

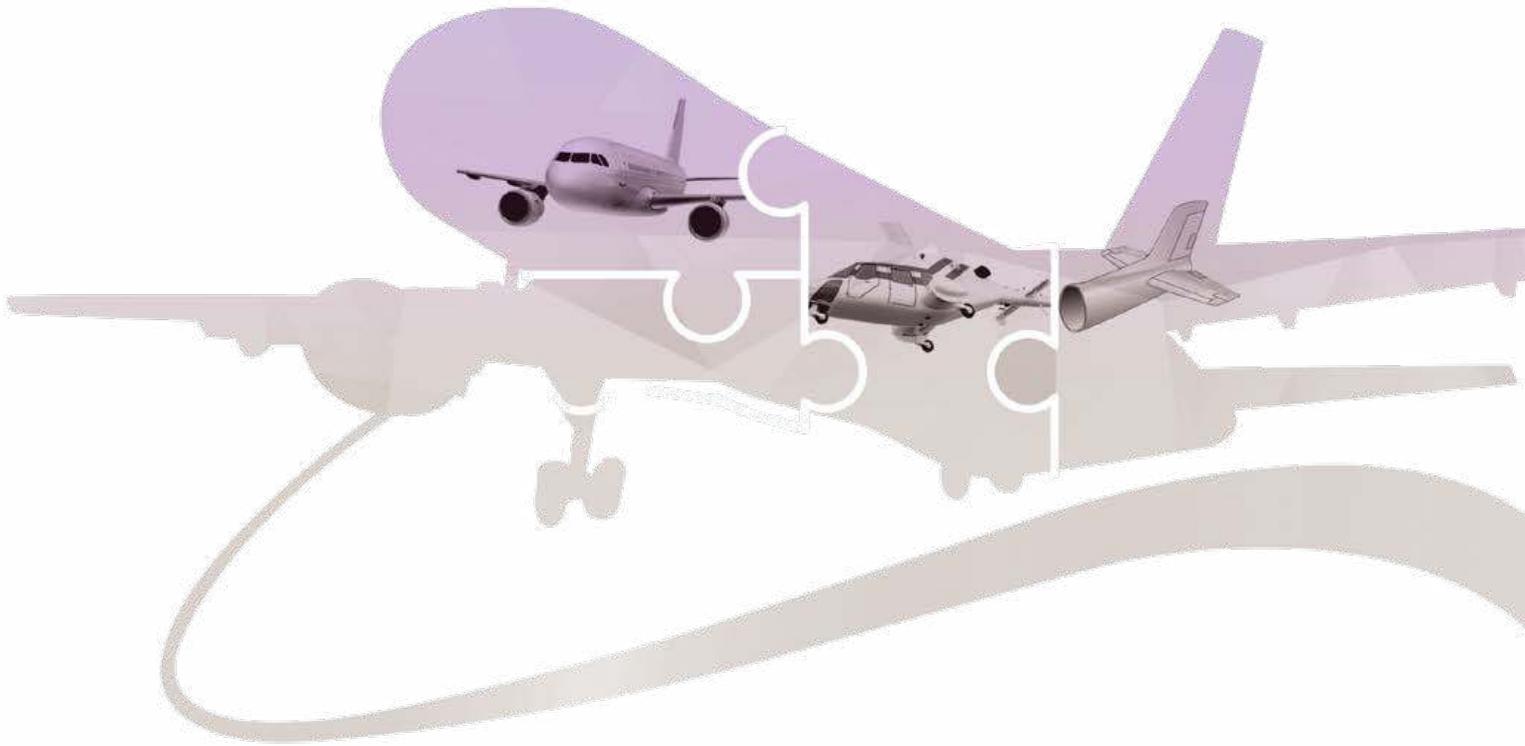


조종사 표준교재
Standard Pilot's Handbook

공중항법 Air Navigation



국토교통부



조종사 표준교재
Standard Pilot's Handbook

공중항법

Air Navigation



국토교통부

발/간/사

우리나라는 지속적인 항공산업 육성을 통해 세계 6위의 항공운송국가로 성장하였으며 더불어 항공 안전과 서비스 측면에서도 세계 최고 수준을 유지하고 있습니다.

이러한 상황 속에서 앞으로 세계 항공시장은 2030년까지 연평균 4.6% 성장이 예상되고 있으며 그 성장의 중심은 아시아, 그 중에서도 동북아시아의 성장이 가장 높을 것으로 예측되고 있어 우리나라 항공산업이 다시 한 번 크게 도약할 수 있는 기회를 맞이하였습니다. 이 기회를 잘 살려 항공산업 발전 동력으로 삼기 위해서는 항공산업 전반의 탄실한 기초 체력 향상과 체질 개선 노력이 필요합니다.

그러나 우리나라 항공산업은 괄목할만한 성장을 이루었지만 항공산업 발전과 항공안전의 주체가 되는 항공종사자에 대한 체계적인 기초 교육과 역량 강화 노력에는 국내 항공산업의 저변이 넓지 못하고 항공분야에 진입하고 싶어도 필요한 교재가 미비하여 접할 수 있는 기회가 부족하여 아쉬웠습니다.

최근에 발생하는 항공사고에서 볼 수 있듯이 대다수의 원인이었던 조종사 과실 또는 정비불량 등 항공종사자의 인적요인에 기인하는 부분이 크다고 볼 수 있기 때문에 기본에 충실한 항공종사자를 양성하기 위해서는 기초교육훈련부터 표준화하여 역량을 향상시킬 필요가 있습니다. 더욱이 다가오는 큰 기회를 선점하고 항공선진국과 경쟁하기 위해서는 글로벌 항공인력 양성을 위한 국제수준의 표준화된 교육 콘텐츠와 체계화된 교육 시스템을 갖춰야 합니다.

이런 이유로 우리 국토교통부에서는 체계적인 항공종사자 인력양성을 위한 「항공종사자 표준교재」 발간을 추진하였습니다. 우선적으로 1년여의 준비 끝에 항공정비분야에 대한

표준교재를 발간하였으며, 향후 조종사, 항공교통관제사 등을 위한 표준교재를 계속해서 개발할 예정입니다.

본 항공정비사 표준교재는 항공정비사가 정비업무를 수행하기 위해 알아야 할 항공기와 장비 등에 대한 기초원리부터 정비실무를 수행하기 위해 필요한 기초 지식을 담았습니다. 또한 국제·국내 항공법 체계와 관련 규정의 관계, 그리고 우리나라 항공정책의 큰 틀을 이해하기 쉽도록 담았고 항공정비사에 꼭 필요한 항공 정비관리 실무 이론을 포함하였습니다.

더불어 본 교재는 국제민간항공기구(ICAO)의 항공정비사 교육훈련 가이드라인의 내용을 충실히 반영하였고, 전 세계 항공산업을 선도하는 미연방항공청(FAA)과 유럽항공안전청(EASA)의 항공정비사 교육훈련 표준교재 내용도 반영하여 글로벌 항공정비사 양성이 가능토록 하였습니다.

바라건대, 항공정비사를 꿈꾸는 학생뿐만 아니라 항공정비사 교육기관의 교수, 현업에 종사하는 항공정비사에게 항공정비사 기초교육의 표준서가 되어 우리나라 항공정비분야의 기초를 튼튼히 하고 저변을 확대하는 데 크게 기여하기를 바랍니다.

끝으로 이 책을 발간하는 데 아낌없는 노력과 수고를 하신 집필자, 연구자, 감수자 등 편찬진과 개발자에게 진심으로 감사드리며 내실 있고 좋은 책을 만들기 위해 노력하신 항공정책실 항공자격과장 이하 직원들의 노고에 감사를 표합니다.

항공정책실장 서훈택

표준교재 이용 및 저작권 안내



표준교재의 목적

본 표준교재는 체계적인 글로벌 항공종사자 인력양성을 위해 개발되었으며 현장에서 항공안전 확보를 위해 노력하는 항공종사자가 알아야 할 기본적인 지식을 집대성하였습니다.

표준교재의 저작권

이 표준교재는 「저작권법」 제24조의2에 따른 국토교통부의 공공저작물로서 별도의 이용허락 없이 자유이용이 가능합니다.

다만, 이 표준교재는 “공공저작물 자유이용허락 표시 기준(공공누리, KOGL) 제3유형  ”에 따라 공개하고 있으므로 다음 사항을 준수하여야 합니다.

1. 공공누리 이용약관의 준수 : 본 저작물은 공공누리가 적용된 공공저작물에 해당하므로 공공누리 이용약관(www.kogl.or.kr)을 준수하여야 합니다.
2. 출처의 명시 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 「저작권법」 제37조 및 공공누리 이용조건에 따라 반드시 출처를 명시하여야 합니다.
3. 본질적 내용 등의 변경금지 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 저작물을 변형하거나 2차적 저작물을 작성할 경우 저작인격권을 침해할 수 있는 본질적인 내용의 변경 또는 저작자의 명예를 훼손 하여서는 아니 됩니다.
4. 제3자의 권리 침해 및 부정한 목적 사용금지 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 본 저작물을 이용함에 있어 제3자의 권리를 침해하거나 불법행위 등 부정한 목적으로 사용해서는 아니 됩니다.



표준교재의 이용 및 주의사항

이 표준교재는 「항공안전법」 제34조에 따른 항공종사자에게 필요한 기본적인 지식을 모아 제시한 것이며, 항공종사자를 양성하는 전문교육기관 등에서는 이 표준교재에 포함된 내용 이상을 해당 교육 과정에 반영하여 활용할 수 있습니다.

또한, 이 표준교재는 「저작권법」 및 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따른 공공 저작물 또는 공공데이터에 해당하므로 관련 규정에서 정한 범위에서 누구나 자유롭게 이용이 가능합니다.

그리고 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따라 이 표준교재를 발행한 국토교통부는 표준교재의 품질, 이용하는 사람 또는 제3자에게 발생한 손해에 대하여 민사상·형사상의 책임을 지지 아니합니다.

표준교재의 정정 신고

이 표준교재를 이용하면서 다음과 같은 수정이 필요한 사항이 발견된 경우에는 항공교육훈련포털 (www.kaa.atims.kr)로 신고하여 주시기 바랍니다.

- 항공법 등 관련 규정의 개정으로 내용 수정이 필요한 경우
- 기술된 내용이 보편타당하지 않거나, 객관적인 사실과 다른 경우
- 오탈자 및 앞뒤 문맥이 맞지 않아 내용과 의미 전달이 곤란한 경우
- 관련 삽화 등이 누락되거나 추가적인 설명이 필요한 경우

※ 주의 : 표준교재 내용에는 오류, 누락 및 관련 규정 미반영 사항 등이 있을 수 있으므로 의심이 가는 부분은 반드시 정확성 여부를 확인하시기 바랍니다.

1편. 항법이론

1-1

| | |
|---------------------------|--------------|
| 1장 항법의 기초 | 1-2 |
| 1.1 개요 | 1-2 |
| 1.2 항법의 요소 | 1-3 |
| 1.3 항공도 | 1-20 |
| 1.4 항법계획 | 1-41 |
| 1.5 픽스 | 1-61 |
| 2장 항행안전시설 | 1-64 |
| 2.1 개요 | 1-64 |
| 2.2 등화시설 | 1-64 |
| 2.3 항공장애등 및 표지 | 1-72 |
| 2.4 항행안전무선시설 | 1-89 |
| 2.5 감시시스템 | 1-104 |
| 2.6 비행로 및 항행안전시설 명칭 | 1-119 |
| 3장 탑재항행장비 | 1-121 |
| 3.1 개요 | 1-121 |
| 3.2 장비 및 계기의 기본조건 | 1-122 |
| 3.3 기본 계기 및 장비 | 1-123 |
| 3.4 지역항법장비 | 1-155 |
| 4장 항법의 종류 | 1-162 |
| 4.1 개요 | 1-162 |
| 4.2 재래식항법 | 1-165 |
| 4.3 극 지역 항법 절차 | 1-217 |
| 4.4 성능기반항법 PBN | 1-227 |

2편. 단계별 비행절차

2-1

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| 1장 비행준비 및 지상 운용 단계 | 2-2 |
| 1.1 개요 | 2-2 |
| 1.2 비행 전 준비 | 2-3 |
| 1.3 비행 전 지상운용 | 2-12 |
| 2장 공중 단계 | 2-21 |
| 2.1 이륙 | 2-21 |
| 2.2 출항 및 상승 | 2-22 |
| 2.3 착륙 후 단계 | 2-48 |
| 2.4 비정상 절차 | 2-59 |
| 3장 항공의학적 요인 | 2-76 |
| 3.1 조종사관련 항공의학적 요소 | 2-76 |
| 3.2 비행 중 조종사 능력에 영향을 미치는 요인 | 2-92 |
| 3.3 비행 안전에 영향을 미치는 인적 요소 | 2-108 |



1편. 항법이론 Navigation theory

1장 항법의 기초

- 1.1 개요
- 1.2 항법의 요소
- 1.3 항공도
- 1.4 항법계획
- 1.5 픽스

2장 항행안전시설

- 2.1 개요
- 2.2 등화시설
- 2.3 항공장애등 및 표지
- 2.4 항행안전무선시설
- 2.5 감시시스템
- 2.6 비행로 및 항행안전시설 명칭

3장 탑재항행장비

- 3.1 개요
- 3.2 장비 및 계기의 기본조건
- 3.3 기본 계기 및 장비
- 3.4 지역항법장비

4장 항법의 종류

- 4.1 개요
- 4.2 재래식항법
- 4.3 극 지역 항법 절차
- 4.4 성능기반항법 PBN



항법의 기초

Basic Navigation

1.1 개요(Introduction)

공중항법은 어느 한 지점에서 다른 지점으로 비행하기 위해 계획(Planning)하고, 기록(Recording)하며, 조종(Controlling)하는 기술이다. 해당 용어가 등장한 배경은 항공기의 발명과 함께 성능이 증대함에 따라 체계적이고 정확한 계획을 세우지 않고는 목적지를 찾아갈 수 없기 때문인데, 이미 수 세기 전부터 발달해온 선박의 항해술을 기반으로 시작되어 그 후 독자적으로 발전해왔다. 그리하여 현대에 이르러서는 항공기 중 몸집이 작은 경량항공기라 할지라도 단독으로 세계일주비행을 할 수 있을 정도로 항법기술은 비약적으로 발달되었다.

항공 산업의 발달은 21세기의 시작과 함께 글로벌 경제를 뒷받침할 수 있는 핵심 운송수단으로 서울에서 개최되는 G20정상회담과 같이 세계의 주요 지도자들이 짧은 시간에 한 장소에 모일 수 있었던 것은 바로 항공 산업의 발달이 뒷받침해주었기 때문이며 그 핵심에는 항공기 성능의 발달뿐만 아니라 공중항법의 발달이 있다.

1.1.1 목적(Purpose)

조종사들은 비행 중 항법장비의 도움을 받거나 지형지물을 참조하여 항로상의 정확한 자기 위치를 식별하고 이를 바탕으로 정확하게 지표면의 한 지점에

서 다른 지점으로 이동한다. 이 책은 목적지를 결정하고 목적지까지 가는 방법을 결정하는 데 있어서 항법장비를 사용하는 방법과 기술을 다루고 있으며, 항법과 관련된 용어에 대한 설명, 지구에 대한 일반 지식, 거리, 위치, 시간, 방향 등 기타 관련된 기본 요소 등에 대한 포괄적 내용을 담고 있다.

1.1.2 공중항법의 특징

(Characteristics of air navigation)

항공기의 항행은 무언가를 나르는 수단으로 본다면 지상의 차량, 해상의 선박과 같은 맥락으로 볼 수 있다. 그러나 다음과 같은 차이점을 고려해야 한다.

- ① 빠른 속도
- ② 지상항행시설의 발달
- ③ 항속시간의 제한
- ④ 계기의 의존성
- ⑤ 기상상태
- ⑥ 공역, 공간의 한계
- ⑦ 기장의 단독 의사결정권
- ⑧ 공중충돌의 위험

항공기는 비록 상업 운송용 항공기라 할지라도 음속에 가까운 속도로 비행을 하며, 콩코드 여객기는 순항속도가 음속의 2배가 넘는 속도로 비행했다. 현

대 전투기의 필수요건 중 하나는 바로 속도이며 전투기의 초음속은 오래전에 일반화되어 있다. 이렇게 항공기의 속도가 빠른 만큼 비행 전 철저한 비행 계획을 통해 정해진 항로를 유지할 수 있도록 해야 하며, 비행 계획에서의 작은 오차나 비행 중의 단순한 실수로도 순식간에 계획된 항로를 이탈할 수 있으므로 조종사의 세심한 계획과 비행 중의 주의가 요구된다.

항공기는 항속시간의 한계를 가지고 있으며 적재할 수 있는 연료량은 제한되어 있다. 그러므로 항공기를 무한정 공중이나 지상에 대기시켜 둘 수는 없기 때문에, 항공기의 수가 증가함에 따라 제한된 공역 속에서 이를 수용할 수 있도록 효율적인 공역관리가 필요하며, 이는 조종사의 비행기량뿐만 아니라, 관제사, 항공 정비, 지상 조업 등 항공 분야 전체의 유기적인 협조가 필요하다. 또한, 어느 산업 분야보다 기상과 밀접하게 관련되어 있으므로 기상을 예측하고 판단하는 것도 매우 중요한 요소로 자리하고 있다.

지상 교통수단은 운행 중 고장이 났을 시 정지해서 수리하거나 도움을 요청하면 되지만 조종사는 문제 발생 시 최악의 경우 비상착륙을 통해 문제를 해결할 수밖에 없다. 이 과정에서 대부분 사고로 이어지게 되고, 이는 탑승자의 부상이나 사망 등 치명적 결과를 초래한다. 또한, 항공기의 운항이 증가하면서 항공기 간의 공중충돌 사고 역시 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 사고를 막기 위해서 항공기 운용자는 관련 법규를 반드시 준수해야 하며, 기장은 항공기에 탑승하고 있는 승객, 화물, 또는 지상의 인원 및 시설에 피해 가지 않도록 끊임없이 경계해야 하고 경험과 지식을 토대로 가장 효과적인 결단을 내릴 수 있어야 한다.

1.2 항법의 요소(Elements of navigation)

1.2.1 항법의 요소(Elements of navigation)

어느 한 지점에서 다른 지점으로 향할 때 비행경로를 계획해야 하는데 이때 목적지까지 어떤 방법으로 갈지 결정해야 한다. 이때 필요한 요소들이 위치, 방향, 거리, 고도, 시간이며 체계적인 계획을 수립하여 목적지까지 가는 데 있어 이러한 요소들의 오차를 최소화하여야 한다.

1.2.2 용어(Terminology)

항법을 공부하는 데 있어서 선행되어야 할 것은 용어의 이해이다. 비행사들은 항법장비를 사용하여 기본적인 위치, 방향, 거리, 고도, 시간을 구해 이를 항법에 활용한다. 이러한 수치들은 비행사들이 실제 항행하는 데 있어서 많은 도움을 준다.

- 위치 - 명시된 지점
비행사는 현재 위치로부터 다른 지점으로 가기에 앞서 항공기의 현재 위치를 반드시 정확하게 파악해야 한다.
- 방향 - 거리엔 관계없이 어느 지점에서 또 다른 지점으로 가는 방향. 방향은 그 스스로 각을 나타내는 것이 아닌 때때로 참조방향으로부터 각 거리로서 측정되기도 한다.
- 거리 - 두 지점 간의 측정된 길이 평면상에서 거리를 잴 경우 이는 간단한 문제이지만 지구와 같은 구형의 표면에서 거리는 재는 것은 상당히 어렵다. 비행계획을 위해 거리를 산출할 때

이는 매우 중요한 요소이다. 거리는 다양한 단위를 사용하여 나타낼 수 있다(e.g., nautical miles (NM) or yards).

- 속도 - 항공기가 목적지까지 이동하는 데 있어서 빠르기의 정도를 나타내는 데 걸린 시간과 이동거리를 바탕으로 측정되는 값으로 노트(knots) 단위를 사용한다.
- 고도 - 항공기의 높이. 고도는 지면으로부터의 절대적 수치 혹은 기압으로서 정해지며 그중 절대고도는 레이더에 의해 정해지고 기압고도는 기준면으로부터의 고도를 나타낸다. 고도를 비교할 때는 기준이 되는 어느 지점으로부터의 높이를 측정하여 양 값의 차를 수치로 표현하게 된다.
- 시간 - 시간을 측정하는 여러 가지 방법이 있지만 항법에 주로 사용되는 방법은 아래와 같다.
 1. Hour of the day.
 2. Elapsed interval.
- 측정방법 - 위치, 방향, 거리, 고도, 시간을 산출하기 위한 방법들은 각각의 단원에서 다루고 있다. 앞서 말한 이러한 수치들 혹은 용어들은 각기 여러 다른 방법으로 나타낼 수 있는데, 예를 들어 어느 한 지점에 있는 항공기는 적도와 위도의 관계 속에서 위치를 나타낼 수도 있으며 혹은 특정 도시로부터 남쪽으로 10마일 떨어져 있다고 나타낼 수도 있다.

1.2.3 위치(Position)

조종사는 항공기가 비행할 때 현재 자신의 위치가 어디에 있는지 지속적으로 파악하고 있어야 한다. 이를 위해 가장 간단한 것은 지상의 눈에 띄는 지형

지물을 참조점으로 하는 것이다. 일반적으로 공중에서 눈에 띄기 쉬운 강, 도로, 건물, 산, 특이한 모양의 지형 등이 참조점으로 쓰인다. 하지만 기상상태가 좋지 않거나, 야간에 지형지물을 제때 확인하지 못하면 위치를 잃을 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지상기반항행시설이 설치되어 있으며 이를 이용하여 언제든지 자신의 위치를 정확히 확인할 수 있다. 항법지도를 사용하여 비행계획을 세울 때 가장 먼저 목적지 혹은 가고자 하는 지형지물까지 일직선으로 긋고 해당 지점의 위치정보를 파악해야 한다. 이를 픽스(fix)라 한다.

공중항법에서 픽스는 지형지물을 기반으로 정해진 위치일 수도 있고 지상기반항행시설에서 받은 정보를 통해 나타낼 수도 있다. 여기서 말하는 지상기반항행시설은 VOR/DME, NDB 등과 같은 무선항법시설로서 방위/레디얼/거리 정보를 알려주며 조종사는 이러한 정보들로부터 정확한 위치정보를 얻을 수 있어야 한다.

1.2.4 방향(Direction)

항법에서 사용되는 방향이라는 단어는 거리가 먼 거리든 가까운 거리든 상관없이 어느 한 지점에서 다른 지점의 상대적 위치라고 정의한다. 방향을 나타낼 때는 방위를 사용하는데 동, 서, 남, 북과 같은 용어를 사용한다. 더 세분화한다면 북북동, 북북서, 남남서, 남남동, 서북서, 서남서, 동북동, 동남동으로 나눌 수 있다. 하지만 실제 비행하는 데 있어서 위와 같은 방위정보를 갖고서는 정확한 위치를 찾을 수 없다. 이러한 방위 정보만으로 비행해서는 비행거리가 길어질수록 오차가 커져 종국에는 위치를 잃

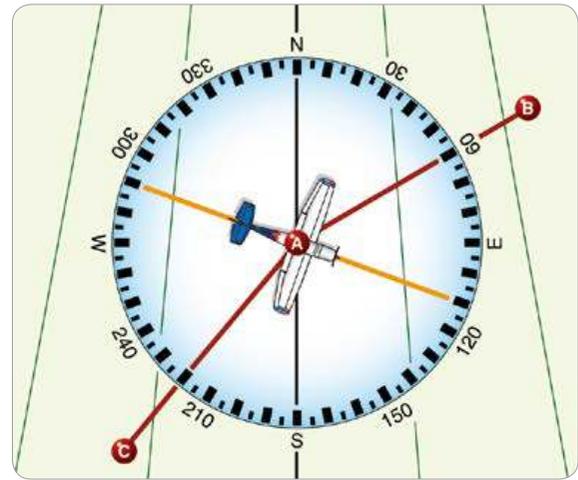
게 될 것이다. 그렇기에, 이러한 고전적인 방법은 수많은 새로운 첨단 장비를 사용하여 더 정확히 표현되고 있다[그림 1-1].

여러 장비들은 360도로 방위를 나누고 있으며 북쪽을 기준으로 000도로 표현하고 있으며 시계방향으로 동쪽은 090도, 남쪽은 180도, 서쪽은 270도로 나타내며 다시 북쪽으로 돌아가게 된다.

공중항법에서 적용하는 방위는 360도를 기준으로 결정되는데 이 360도를 정하는 기준 역시 여러 종류에 기초를 둘 수 있다. 예를 들어 진북, 자북, 나북을 기준으로 방향은 정해지며 기본적으로 항공기에 탑재되어 사용되는 방위를 나타내는 계기는 자북을 기준으로 방향정보를 나타내는 나침반이 사용된다. 실제 항행에 사용되는 방향인 만큼 정확한 방위 지시계인데 이는 항공용 지도를 만들 때 사용되는 방위와 다르다. 항공도는 진북을 기준으로 제작이 되지만 나침반은 약간의 오차를 둔 자북을 지시한다. 여기서 발생하는 오차를 편차(Variation)라 하며 항공도에 나타난 방위는 편차를 적용시켜 자북을 기준으로 다시 계산하여 실제 항행에 사용할 수 있다.

나침도는 수평면을 기준으로 360도에 대한 방위의 정보를 알려주고 있다.

[그림 1-1]의 수직선을 보면 이는 자오선의 한 부분을 나타내고 있으며 A의 위치는 나침도 000도와 180도를 통과하고 있고, B의 위치는 A의 위치로부터 진방위 062도를 가리키고 있다. 그리고 C의 위치는 A의 위치로부터 진방위 220도를 가리키고 있다. 방향을 결정하는 것은 조종사가 공중항법을 위해 결정해야 할 가장 중요한 일 중 하나이며, 사용되는 용어들은 명백하게 표현되어야 한다. 일반적으로 항법에서 방향은 진방향이라고 불린다.



[그림 1-1] 항법에 사용되는 방향표시 방법

1.2.4.1 방향 용어의 정의

(Definition of direction terminology)

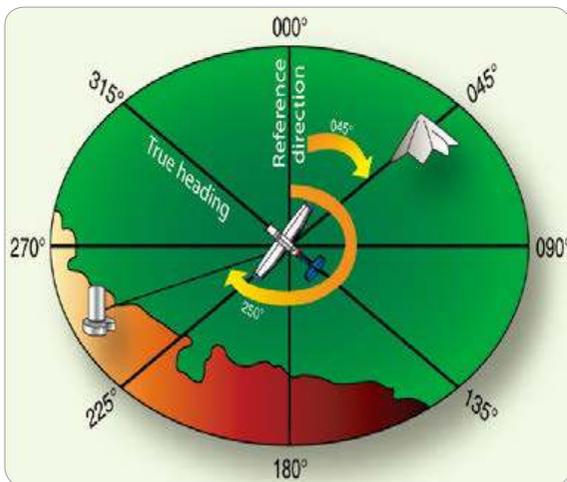
- 기수방위(Heading): 항공기의 기수가 향하는 방향. 진기수방위(TH), 자기수방위(MH), 자기수방위(CH)로 분류할 수 있다.
- 항적(Track): 항공기가 지표면 위를 실제 이동한 수평방향이다. 무풍상태일 경우 항적과 기수방위는 일치하게 된다.
- 편류수정각(Drift angle): 바람의 영향으로 인한 기수방위와 항적 사이의 각도를 나타낸 값이다.
- 대지속도(Ground speed): 항공기가 지표면 위를 이동하는 실제 속도이다.
- 예상도착시간(Estimated Time of Arrival, ETA): 항공기가 최초접근픽스(Initial Approach Fix, IAF) 상공에 도착할 것으로 예상되는 시간이다.
- 예상경과시간(Estimated Elapsed Time, EET): 항공기가 출발한 지점에서 그 다음 지점에 도달하는 데 걸리는 예상되는 시간이다.
- 실제도착시간(Actual Time of Arrival, ATA):

항공기가 목적지에 실제 도착한 시간이다.

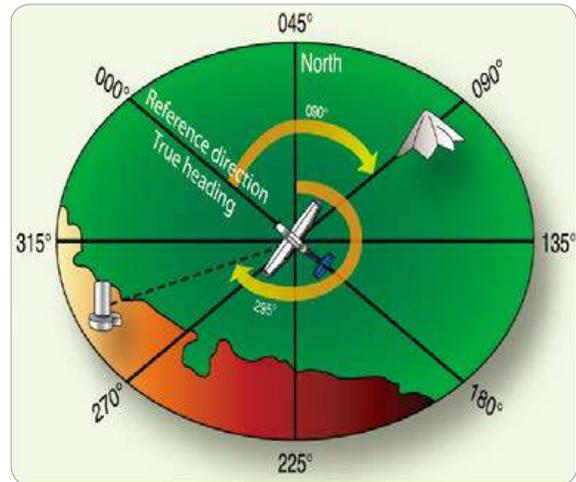
1.2.4.2 방위(Bearing)

방위는 지상에서 다른 하나의 지상 점으로의 수평 방향이다. [그림 1-2]에서 볼 수 있듯이 항공기에서 섬 방향은 가시선 거리(Line of Sight, LOS)라고 일컫는 시각적인 베어링으로 표시된다. 베어링은 대개 진북(TN) 또는 항공기가 지시하는 방향의 두 가지 기준 방향 중 하나로 표시된다. 진북(TN)이 기준 방향이라면 베어링을 진방위(TB)이라고 한다. 기준 방향이 항공기의 헤딩인 경우에 이 베어링은 상대방위(Relative Bearing, RB)라고 한다[그림 1-3].

- 진방위(True Bearing, TB): 진북으로부터 측정된 방위
- 자방위(Magnetic Bearing, MB): 자북으로부터 측정된 방위
- 나방위(Compass Bearing, CB): 나침반자차를 수정하여 얻은 방위



[그림 1-2] 진방위는 진북을 기준으로 측정



[그림 1-3] 상대방위는 항공기의 방향을 기준으로 측정

1.2.4.3 코스(Course)

코스는 목적을 가진 수평방향이라 할 수 있다. 기수방위는 코스에서 항공기가 가진 실제 수평방향이 다. 기수방위 값은 항공기의 세로축이 가지는 방향을 나타내며 의도된 항행이 올바르게 진행되었을 경우 정확한 값의 기수방위와 코스 값이 정해진다. 트랙은 항공기가 지구 상공을 비행하며 그려지는 실제 이동경로를 말한다.

- 진항로(True course): 진북을 기준으로 측정한 항로
- 자항로(Magnetic course): 자북을 기준으로 측정한 항로
- 나항로(Compass course): 나침반을 기준으로 측정한 항로
- 진기수방위(True Heading): 진북을 기준으로 한 기수방위
- 자기수방위(Magnetic Heading): 자북을 기준으로 한 기수방위

- 나기수방위(Compass Heading): 나침반을 기준으로 한 기수방위

1.2.5 거리(Distance)

이전에 정의된 바와 같이 거리는 두지점간의 거리를 측정한 값이다. 기본적으로 항법에 사용되는 거리의 단위는 해리(NM)이며, 때때로 해리 대신 육리(SM)를 사용하기도 한다. 1해리는 위도 1분을 나타내며 feet로 환산하면 6,076feet, 미터로 환산하면 1,852M이다. 이 환산방법은 다음과 같은 비율로 쉽게 적용 가능하다.

$$\text{Number of statute miles} / \text{Number of nautical miles} = 76 / 66$$

대략적으로 1.15 : 1 의 비율로 설명할 수 있다.

항공기가 이동함에 따라 위치가 변화하는데 이는 속도의 개념과 관련이 있다. 속도는 보통 한 시간에 몇 마일을 이동하였는가에 대한 단위로 MPH(Miles Per Hour)를 사용하는데 이는 SM을 기준으로 혹은 NM을 기준으로 표시된다.

만약 해리를 기준으로 속도를 나타내었을 때 Knots로 표시하며 200Knots는 200MPH와 같은 맥락이다.

1.2.6 속도(Speed)

속도의 종류는 지시속도, 수정대기속도, 등가 대기속도, 진대기속도, 대지속도 등이 있다. 여기에서 공중항법에 주로 사용되는 속도는 대지속도

(Ground Speed)로서 실제 항공기가 지표면 위를 지나는 속도를 나타낸다.

- 대기속도(Air speed): 대기 속을 이동하는 항공기의 속도
- 대지속도(Ground speed): 지면에 상대적인 항공기의 속도
- 상대속도(Relative speed): 다른 항공기 또는 물체에 상대적인 속도

공중항법에서 속도, 거리, 시간은 비행을 계획하고 값을 산출하기 위한 기본적인 요소들이다. 항공기가 비행한 거리는 속도와 시간을 곱한 값이며, 속도는 비행한 거리를 시간으로 나눈 값이다. 이러한 값들을 내는 데 있어서 항상 같은 단위를 사용해야 혼돈을 줄일 수 있으며, 해리(NM)를 사용할 경우 속도의 단위는 노트(knots)로 사용해야 하며, 육리(SM)를 사용할 경우엔 MPH를 사용하여 속도를 나타내야 한다.

1.2.7 지구(The Earth)

항법은 지표면의 어느 한 지점을 정하는 것부터 시작된다. 항법에 대한 이해를 위해선 지구에 대한 기본적인 지식이 바탕이 되어야 한다.

1.2.7.1 지구의 모양과 크기(Shape and Size)

정확한 항법을 위해서 지구는 완벽한 구형을 이룬다고 가정하지만, 실제로는 그렇지 않다. 지표면을 조사해보았을 때 가장 깊은 심해 바닥의 높이와 가장 높은 산의 정상 간의 높이 차이는 대략 12마일

정도 차이가 난다. 거대한 구형의 지구를 고려했을 때 특정 산의 높이는 그렇게 큰 영향을 미치지 않는다. 예를 들어 안데스산맥의 가장 높은 정상인 높이는 지구의 중심을 기준으로 측정해 보았을 때 에베레스트 산의 정상 높이보다 높다.

적도를 기준으로 지구의 둘레를 측정한 길이는 6,378km이고, 반면에 북극을 기준으로 했을 때는 6,356km이다. 이 두 길이의 차이는 21,384.6858미터이다. 이는 지구가 타원형이라는 증거이다. 이 결과 지구의 타원율은 아래와 같다.

$$\text{Ellipticity} = 21,384.6858 / 6,378,137 = 1 / 298.257223$$

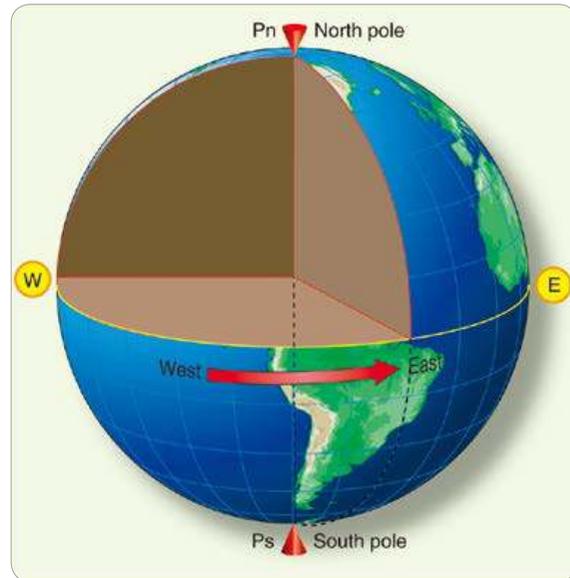
적도를 기준으로 지구의 단면을 자르고 남극과 북극을 기준으로 단면을 잘랐다고 가정해보자. 이 두 단면의 지름 차이는 1/298 정도 차이가 나는데, 이는 지구 전체 크기를 놓고 보았을 때 매우 작은 차이이므로 지구는 거의 구형에 가깝다고 볼 수 있다.

[그림 1-4]를 보자. 북(Pn), 동(E), 남(Ps), 서(W)는 지구의 표면을 나타낸다. 지구는 Pn과 Ps를 기준으로, W에서 E로 자전하게 된다. W에서 E까지 독자의 측면에서 바라보는 앞면과 뒷면의 원주는 적도를 나타내고, 이는 지구의 표면이 이상적인 원을 이루고 있다고 가정했을 때, 자전축의 수직임과 동시에 지구의 중심을 지난다.

1.2.7.2 대권과 소권

(Great Circles and Small Circles)

지구를 하나의 구라 가정하고 이를 절단했을 때, 단면이 가장 큰 것을 대권이라 하며 이는 지구의 어



[그림 1-4] 지구의 회전축과 적도의 개략적인 모습

는 지점을 절단하는 중심을 지나도록 절단했을 때 나타나는 단면을 말한다. 지구상의 임의의 두 지점 사이는 대권을 따라가면 최단 거리가 되고 이는 대권 항로로서 원거리 항행에 사용된다. 즉, 최단거리를 의미하는 대권항로는 공중항법에 매우 중요하게 여겨지고 있다. 반드시 두 지점이 정반대 방향에 있어야만 대권이 만들어지는 것은 아니며, 지구상의 어느 두 지점을 선택하더라도 하나의 대권 항로가 생성된다[그림 1-5].

조종사의 입장에서 볼 때 대권항로를 비행하기 위해선 지속적인 방위 수정을 해야 하므로 비행이 어렵다는 단점이 있지만 최단거리라는 장점이 있다. [그림 1-5]에서 보는 것과 같이 두 도시를 잇는 대권은 항로와 자오선과의 사이사이 각도가 각 위치마다 달라지는 것을 볼 수 있다. 어느 한 지점에서 자오선을 따라 북에서 남으로 비행하면 동에서 서로 비행할 때보다 방위 변화는 더 작을 것이다. 구의 단

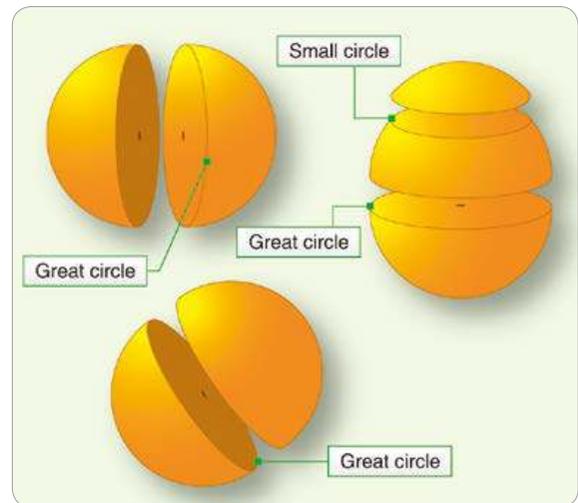


[그림 1-5] 대권항로

면을 잘랐을 때, 지구의 중심을 지나는 원이 대권이라 한다면 중심을 지나지 않는 원은 소권이라 부른다. 적도를 제외한 위도와 평행한 것은 모두 소권이라 할 수 있으며 각 위도별로 무수히 많은 소권이 존재할 수 있다. 소위 말해 적도는 대표적인 대권이다.

1.2.7.3 대권과 항정선 방향(Great Circle and Rhumb Line Direction)

[그림 1-6]에서 볼 수 있는 대권의 방향은 워싱턴 DC 근방의 자오선과 약 40°, 아이슬란드 근처의 자오선과 약 85°, 모스크바 근처의 자오선과의 더 큰 각을 만든다. 쉽게 말하면, 대권의 경로가 만들어지는 과정에서 대권 만나는 모든 점에 각도가 위치에 따라 달라지므로 대권 경로를 비행하는 것은 방향의 끊임없는 변화가 필요하므로 보통의 조건에서는 비행하기가 어렵다. 하지만 두 점 사이의 최단 거리이므로 가장 최적화된 경로라고 할 수 있다. 각 자오선과 동일한 각도를 이루는 선을 항정선(Rhumb Line)이라고 한다. 진기수방향을 유지하는 항공기는 항정선으로 비행할 수가 있다. 이러한 유형의 경로를 비행하면 더 먼 거리를 여행할 수 있고, 조종하기도 더 수월하다는 결과를 가져왔다. 항정선은 지

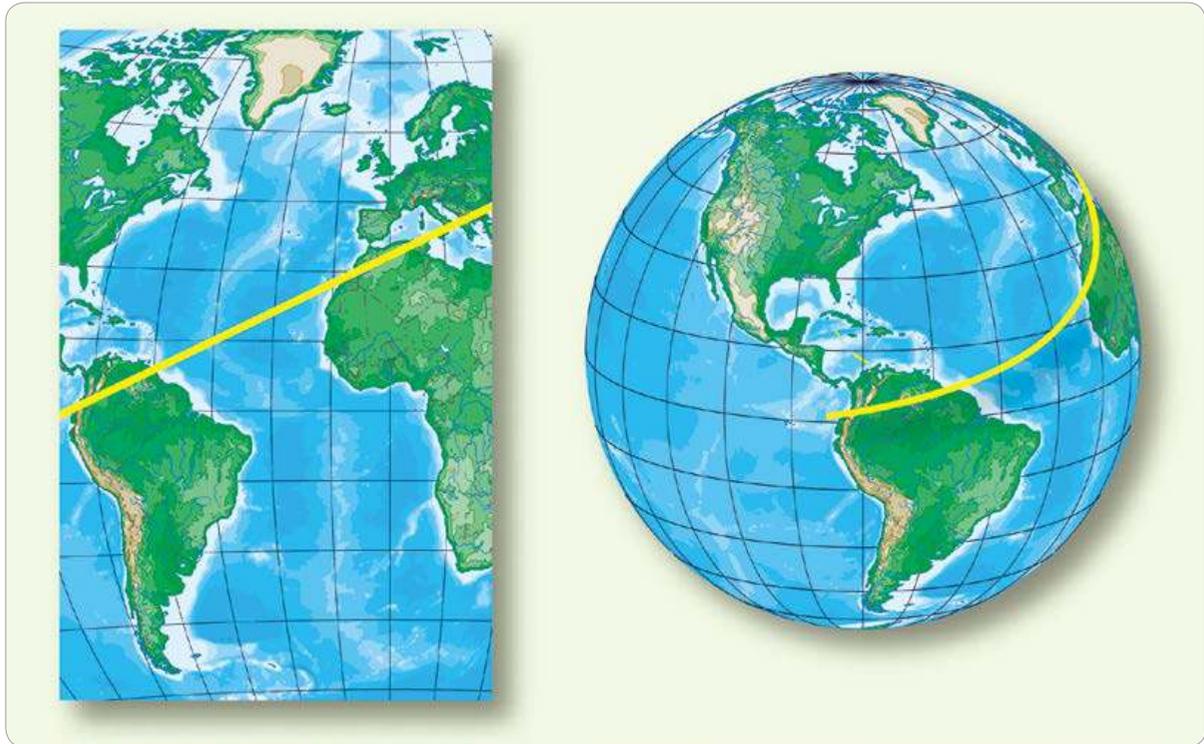


[그림 1-6] 대권과 소권

속적으로 진방위로 지구의 극을 향하여 나선형을 비행해도 결코 지구의 극에 도달하지 않는다. 형성된 나선은 항정선 또는 등사 곡선이라고 불린다. [그림 1-7]에선 지구상의 두 점 사이에서 무시할 정도의 짧은 거리(고위도는 제외) 또는 경도 및 적도에 근접하면 대권은 항정선보다 더 짧은 거리를 나타낸다.

1.2.7.4 위도와 경도(Latitude and Longitude)

적도를 기준으로 남쪽과 북쪽의 위치를 나타내는 것을 위도라 하며 남쪽으로 90도, 북쪽으로 90도로



[그림 1-7] 대권항로

나뉘어 있다. 적도를 기준으로, 북쪽으로 적도와 평행한 원을 그려볼 때 각 원과 적도까지의 각도를 수치로 나타낸 값이 위도이며 북쪽은 북위라고 표현하고 남쪽은 남위라 한다. 우리나라는 북위 34~38도 사이에 위치하고 있다. 위도와는 달리, 경도는 런던의 그리니치 천문대를 지나는 본초자오선을 기준으로 한 지구상 임의의 점과의 각도를 그 지점의 경도라 한다. 본초자오선을 중심으로 동서로 나뉘며, 각각 동경 0~180도, 서경 0~180도라 부른다.

1.2.7.5 가상지시선(Imaginary Reference Lines)

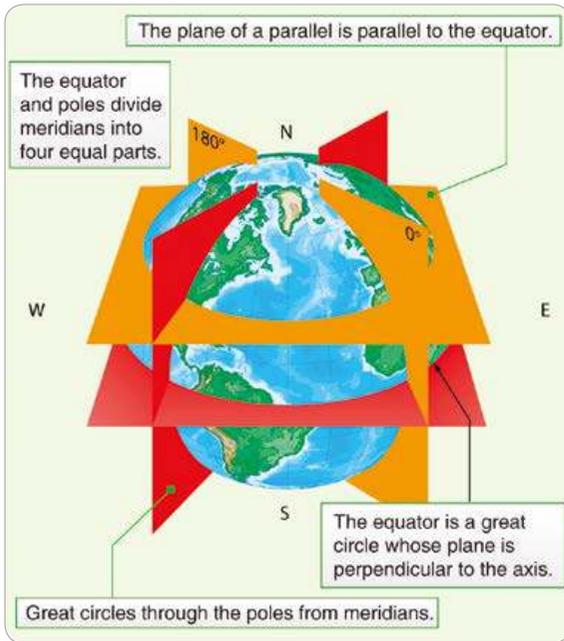
태평양 한 가운데에 있다면 지형지물을 참조하여 항행하는 것은 불가능할 것이다. 이처럼 지리적 특색이 없는 곳에서 쉽게 비행하기 위해 가상 지시선을 만들

어 지구상의 위치를 더욱 쉽게 나타낼 수 있다. 이는 각각 적도, 위도와 평행한 선으로 이루어져 있으며 서로 교차함에 따라 각각의 공간으로 나타나게 된다.

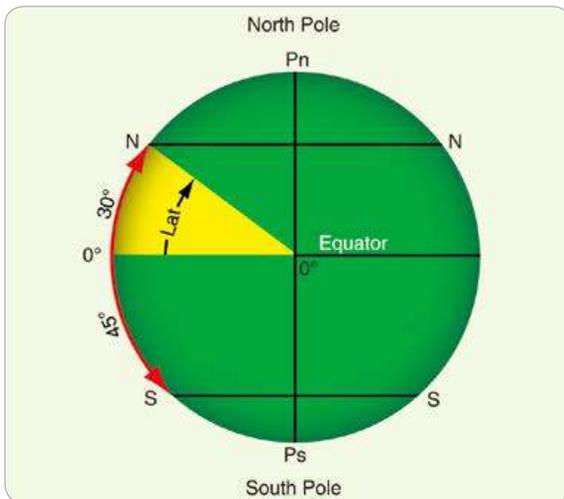
1.2.7.6 위도(Latitude)

지구는 자전축을 기준으로 하루에 한 바퀴를 돈다. 적도의 단면은 자전축의 중심을 지나는 대권을 말하며, 자전축이 끝나는 지점인 북극과 남극을 지나는 대권의 호를 자오선이라 하며 무수히 많은 대권이 존재한다. 각각의 자오선들은 본초자오선을 기준으로 90도 단위로 총 4개 구역으로 나뉜다.

적도로부터 북위 30도에 있는 임의의 점을 잡아보자. 이 지점은 자전축으로부터 수직으로 지나는 원호의 한 점이다. 이 원호가 갖는 면은 적도의 단면과 평



[그림 1-8] 지구의 단면



[그림 1-9] 위도에 따른 각도 측정 방법

행임을 [그림 1-8]에서 보여주고 있다. 적도와 북위 30도에 해당하는 면 사이의 공간에는 무수히 많은 소권이 존재하고 있으며, 원호를 이루는 각각의 점들은 모두 북위 30도의 지점을 나타내고 있다. 북위 10도,

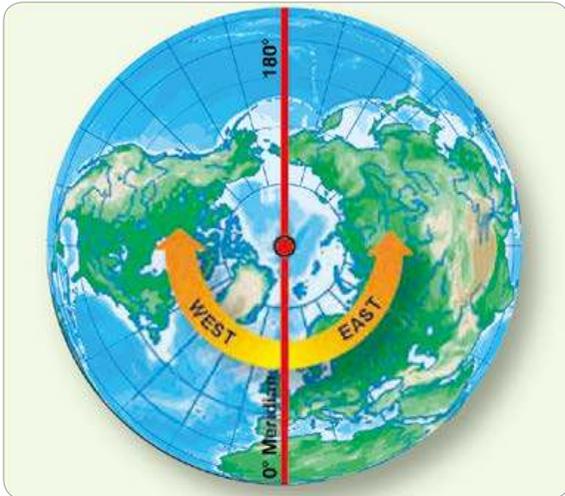
40도 역시 같은 방법으로 설명할 수 있다. 적도는 대권을 나타내며 자전축을 기준으로 극과 적도사이의 많은 원호들이 소권을 이루고 있다[그림 1-9].

1.2.7.7 경도(Longitude)

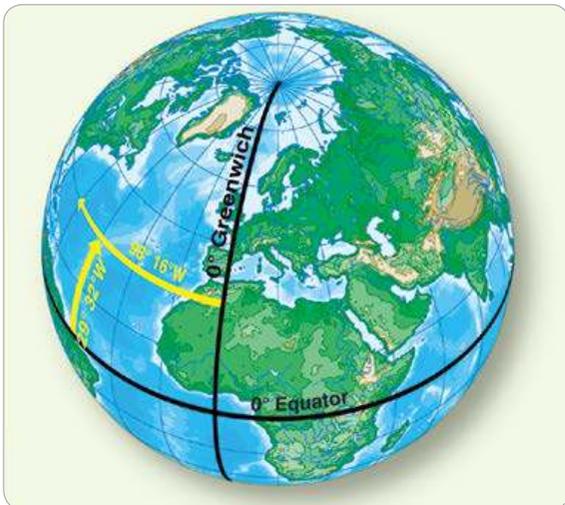
적도의 북위 20도 혹은 남위 20도에 어느 두 지점이 있다고 가정해보자. 각각의 지점들의 서로 상대적인 방향을 알기 위해서 서쪽 혹은 동쪽의 개념을 접목시켜야 하는데 동서 간의 거리를 측정할 때 위도와는 달리 경도의 개념을 대입시켜보면 두 지점 간의 동서 간 거리를 측정할 수 있다. 위도는 자연적으로 적도의 값을 0으로 시작하여 극지방으로 갈수록 값이 커지지만, 과거에 경도는 지구상의 어느 지점을 0으로 시작할지에 대한 논란이 되어왔다. 그 결과 지도를 제작하던 영국인들에 의해 경도의 기준을 정하는 위치가 정해졌고 이는 영국의 그리니치 천문대가 지나는 지점을 경도 0으로 하여 경도 값이 정해졌다.

그리니치 자오선은 본초자오선이라고도 불리며 실제로 0의 값을 가진 자오선이다. 경도는 이 본초자오선을 기준으로 양쪽 180도 방향의 값을 가지며 서쪽과 동쪽으로 나뉘어 있다[그림 1-10]. 즉, 그리니치 자오선은 0도 값을 가진 경도로서 연장선은 양극을 지나게 된다. 자오선은 각각 1도 단위로 나뉘며 동부 1~180도, 서부 1~180도로 나뉜다. 요약하면 지구상의 어느 한 지점은 위도와 경도로서 각각의 수치로 표현되며 거리를 측정하거나 위치를 식별할 때 사용된다[그림 1-11].

이처럼 위치를 파악하기 위해서 위도와 경도를 사용하는 것은 여러모로 편리하다. 하나의 원은 중심으로부터 360도를 나타내고 있으므로 이를 구형에



[그림 1-10] 경도는 그리니치 자오선을 기준으로 동 서 방향으로 측정



[그림 1-11] 위도는 적도를 기준으로 측정되고 경도는 본초자오선을 기준으로 측정

적용시켰을 때 위도는 최대 양극까지 90도까지 나타낼 수 있으며 경도는 좌우 180도까지 나타내게 된다. 1도(°)는 60개의 분(')으로 나눌 수 있으며 다시 1분은 60초('')로 세분될 수 있다. 위치는 각각 위도와 경도에 따라 도, 분, 초로 나타내며 적도로부터의 해당 지점의 위도 값, 본초자오선으로부터의 경도 값

으로 나타낼 수 있다.

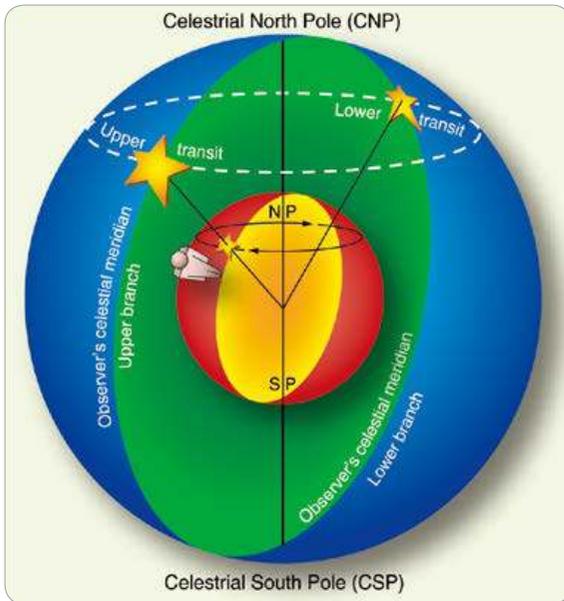
실제로 지도를 제작할 때, 정확한 위도와 경도를 측정하기 위해선 전문가의 도움이 필요하다. 지구는 완벽한 구형이 아니므로 위도와 경도의 값을 정할 때 각각의 지역별로 약간의 차이가 있다. 이를 보완하기 위하여 지도, 각종 차트, 위성기반의 위치표시시스템을 만들기 위한 각각의 기준들이 존재한다. 특정 지점의 좌표와 기준점(Datum)간에 수백 야드 차이가 날 수 있다. 즉, 별의 관측(천문 좌표라고 함)에서 직접 측정한 위도와 경도는 일관되지만, 지도와 차트 또는 측량된 지점과 일치하지 않을 수 있다. 따라서 위도와 경도의 이론적 일관성은 현실에서는 달성할 수 없다. 특정 지도 또는 측량 좌표를 설정하는 데 사용된 기준점에 대한 정보가 없으면 좌표를 위치 정보로 사용할 수 없다.

1.2.8 시간(Time)

옛날 바다를 항해하던 선원들은 하늘의 별을 찾아 자신의 위치를 파악했다. 이를 천문학이라고 하며, 공중항법의 초창기에 조종사들은 선원들에게서 이어져 온 이러한 지식을 활용해 천체를 찾아 항공기의 위치를 결정했다. 시간에 따른 별들의 위치변화를 찾아서 이를 이용하면, 항공기의 위치를 지속적으로 확인할 수 있다. 즉, 항공기의 위치 변화는 시간과 밀접한 관련이 있다. 이와 비슷하게, 오래 전에 사용되었던 해시계는 바닥이나 특정 판 위에 수직으로 세운 막대가 지면에 드리우는 그림자의 이동을 보면서 대략적인 시간을 측정하는 것이다.

시간은 지구의 자전의 결과로 천체의 명확한 움직임에 의해 측정된다. 이번 장에서는 각각의 특별한

용도로 사용되는 몇몇의 차이점이 있는 시스템에 대해 고려되어야 한다. 다양한 시간을 배우기 전에 시간 변환을 이해하는 것이 중요하다. [그림 1-12]에서 지구의 극은 관찰자의 자오선을 반으로 나눈다. 매일 지구의 자전으로 인해 모든 천체가 관찰자의 자오선의 위쪽과 아래쪽으로 움직인다. 여기서 제시되는 첫 번째 종류의 시간은 태양시이다.



[그림 1-12] 지구 자전에 의한 변화

1.2.8.1 시태양일(Apparent solar Day)

우리가 보는 태양을 시태양 또는 진태양(Apparent sun or true sun)이라고 한다. 시태양시(Apparent Solar Time)는 하늘을 가로지르는 태양의 움직임을 기준으로 측정되며 흔히 말하는 해시계의 원리와 같다. 특정 자오선 위에서 양방향의 천체를 기준으로 측정되는데 쉽게 말해서 오늘 정오에서부터 다음 날 정오까지의 간격을 말하며 이를 기초로 한 시간이 시태양시이다.

시태양시는 해가 1년 동안 지구를 한 바퀴 돌며 지표면의 같은 지점에서 해의 이동경로를 측정했을 때 일정한 길이로 측정되지 않으므로 실제로 사용하기에 불편한 점이 있다. 이러한 점을 보완하여 날짜별로 속도를 다르게 설정하여 시계를 만들게 된다. 자오선의 상부 혹은 하부를 지날 때는 정확한 시간을 나타내는데 상부의 경우 정오를, 하부의 경우 자정을 나타내지만 그 외의 시간은 정확히 나타내기 어렵다. 평균태양시의 평균시간에 비해서 3월과 9월에는 일일당 10~20초 정도 길며, 6월과 12월에는 20~30초가량 짧아진다.

1.2.8.2 평균태양일(Mean Solar Day)

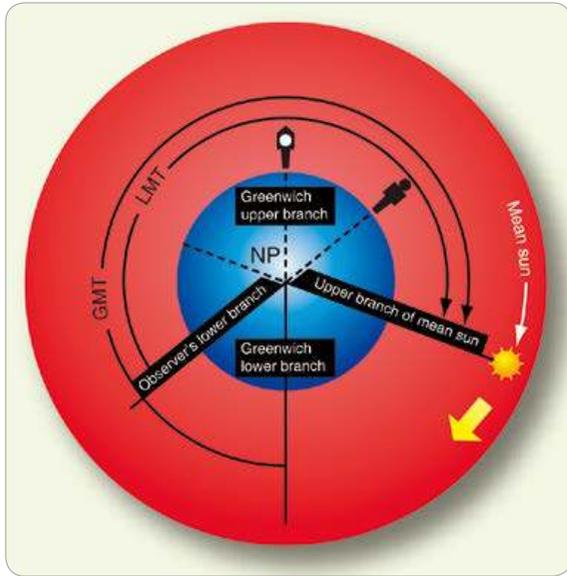
일 년 동안 각각 날들의 평균을 내보았을 때 하루의 시간이 정해지나 따로 측정하였을 때 나날이 다른 길이의 시간을 갖게 된다. 즉, 정확한 시간을 일정하게 보내기 위해 평균을 내어 사용하게 되는 것이다. 평균 태양일 1일은 24시간, 60분, 60초의 평균태양시로 나타내게 된다. 이는 지구가 태양을 공전하며 일정한 각 속도를 갖는다고 가정하였을 때의 시간을 나타내게 된다.

1.2.8.3 그리니치 표준시

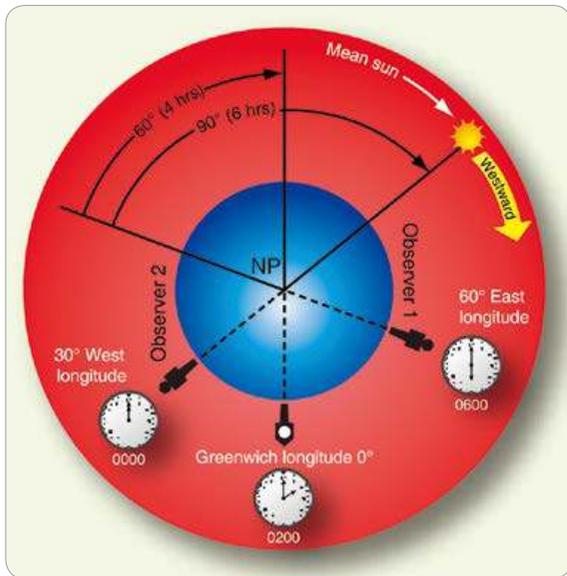
(Greenwich Mean Time: GMT)

그리니치 표준시는 천체의 움직임을 측정하여 나타내는 시간이다. 이는 영국 런던 외곽에 있는 그리니치 천문대를 지나는 본초 자오선상의 평균 태양시를 말한다. 해당 자오선을 그리니치 자오선이라 부르며, 태양이 그리니치 자오선을 지날 때를 기준으로 날짜가 바뀌게 된다. 1925년 이후 12시간을 앞당겨 자정에 날짜가 바뀌도록 변화되었다. 즉, 그리니

치 자오선을 기준으로 GMT 2400(0000)일 경우 지구 반대편에 있는 곳은 GMT 1200시간을 나타낸다. GMT는 줄루(Zulu), 혹은 Z time이라고도 부른다. [그림 1-13]을 참조하라.



[그림 1-13] 그리니치 평균시를 구하는 방법



[그림 1-14] 경도에 따라 달라지는 지방평균시

1.2.8.4 지방평균시(Local Mean Time; LMT)

그리니치 표준시는 그리니치 자오선을 기준으로 측정된 평균태양시이다. 이와는 다르게 지방평균시라는 LMT를 각 지역별로 사용하고 있는데 이는 관측자가 바라본 자오선을 기준으로 측정된 시간을 말한다. 이를 기준으로 하루의 기준이 되며, 관측자가 그리니치 자오선 상에 있다면 GMT와 LMT는 같다. 비행사들은 여러 위도상의 자오선을 기준으로 해당 지역의 일출, 일몰, 박명, 월출, 월몰을 계산하기 위하여 LMT를 사용한다.

1.2.9 경도와 시간과의 관계

(Relationship of Time and Longitude)

하루 24시간은 지구가 한 바퀴 자전하는 동안 흐르게 되는데 다르게는 360도를 일정한 비율로 나눌 수 있다. 아래는 각도를 시간의 비율로 나눈 값이다.

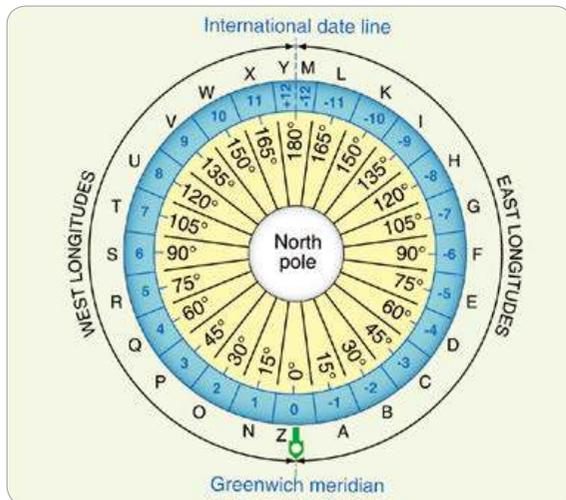
- 24시간 - 360도
- 1시간 - 15도
- 4분 - 1도
- 1분 - 15'(분)

지방시는 하나의 특정 자오선을 기준으로 측정된 값이다. 태양이 동시에 두 자오선을 지날 수 없으므로 하나의 자오선에 하나의 지방시가 존재한다. 두 자오선 사이의 시간 차이는 태양이 하나의 자오선에서 다른 자오선으로 넘어가는 동안의 각거리를 말한다. 한 시간은 15도의 각거리를 가지고 있으며 만일 두 자오선의 간격이 30도라면 해당 지역의 지방시는 2시간의 차이가 난다.

1.2.9.1 표준 시간대(Standard Time Zone)

세계는 24개의 영역으로 나뉘지며, 각 영역은 경도의 15°폭으로 되어 있다. 각 영역은 중앙 자오선의 지방평균시각을 사용한다(세계의 몇몇의 영역은 추가로 나뉘지고 그리니치 표준시를 30분을 증가시켜 사용된다. 조금의 예로 인도, 방글라데시, 뉴펀들랜드, 호주, 태국이 있다). 그리니치 자오선은 영역 중 하나의 중앙 자오선이기 때문이기에, 세계의 각 영역은 15°또는 1시간의 폭으로 그리니치 표준시로부터 정확한 숫자의 시간으로 차이로 존재한다. 각 영역은 0에서부터 12 및 -12의 숫자로 지정되며, 각 숫자는 그리니치 표준시를 얻기 위해 지역표준시에 가감하는 시간을 나타낸다. 그리니치를 기준으로 서쪽 지역의 숫자에 대한 시간은 더해야 하며, 그리니치를 기준으로 동쪽 지역은 숫자에 대한 시간을 빼야 한다[그림 1-15].

육군은 종종 알파벳 문자를 통한 구역을 참조하고, 공군은 그리니치 표준시를 (Zulu: Z) 문자를 사용한다. 영역의 경계는 더 큰 편의를 위해 지리적 경



[그림 1-15] 그리니치 자오선을 기준으로 일정 각도마다 문자를 부여한다

계에 맞게 수정되었다. 예를 들어, 영역의 경계가 도시를 관통하는 경우, 도시의 한부분에서 한 영역의 시간을 사용하고 다른 영역에서는 인접한 영역의 시간을 사용하는 것이 비현실적이다. 그러므로 두 개 또는 세 개의 영역이 겹치는 일부 국가에서는 하나의 시간을 사용한다.

1.2.9.2 날짜 변경 시

(Date Changes at Midnight)

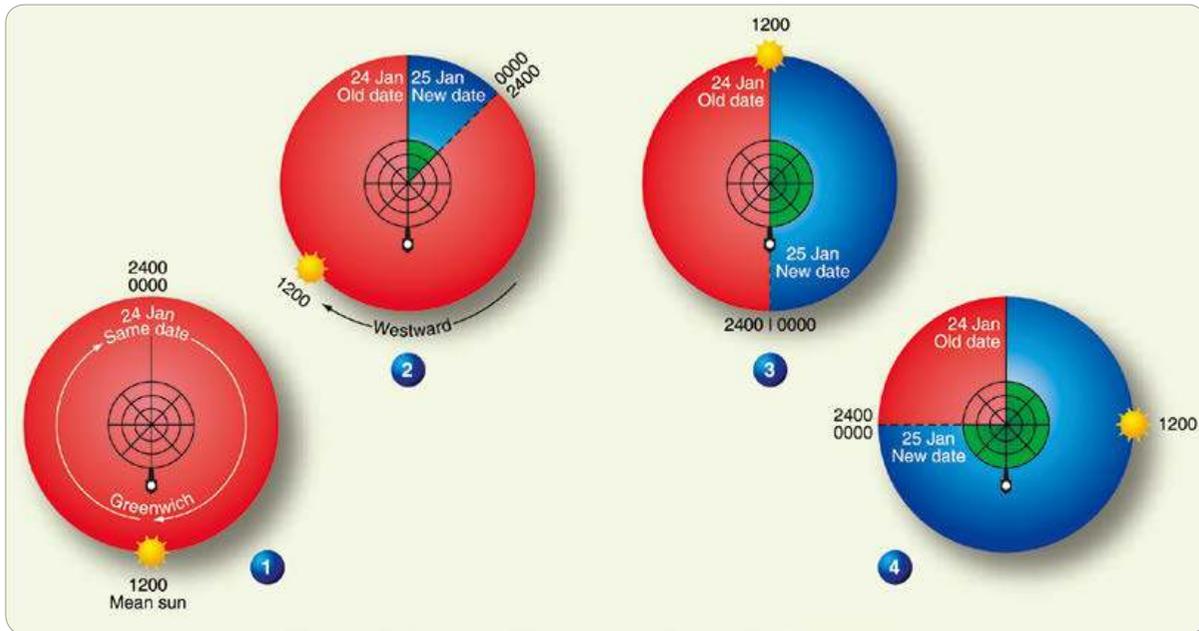
그리니치로부터 서쪽으로 여행하면 시계를 각 시간 영역에서의 한 시간씩을 뒤로 돌려야 하고, 그리니치로 다시 돌아오면 총 24시간을 뒤로 돌렸을 것이며, 날짜는 1일 뒤가 된다. 반대로, 동쪽으로 여행하면, 그 시계는 24시간이 추가되어 1일 앞이 된다. 즉, 동쪽이나 서쪽으로 계속 여행하면 1일이 줄어들거나 늘어나게 되어 일자가 맞지 않게 되는 것이다. 그렇기 때문에 서쪽으로 이동하는 경우 반드시 어딘가에 하루를 추가해야 하며 동쪽으로 가면 하루를 빼야 한다. 이를 위해서 일정한 기준이 필요하기 때문에, 180° 자오선이 하루를 얻거나 잃어버리는 국제 날짜변경선으로 지정되었다.

날짜변경선은 시베리아 동부를 시작으로 알류투스 서부 및 남태평양의 여러 군도 섬을 피하기 위해 우회하는 곳을 제외하고는 자오선을 따라서 설정되어 있다.

현지 시간의 변경은 24:00시 또는 정오에 변경된다. 따라서 태양이 날짜변경선의 자오선을 통과할 때 날짜가 변경된다[그림 1-16].

1.2.9.3 시간 변환(Time Conversion)

때때로 현지 시간(LMT)에서 그리니치 표준시, 또



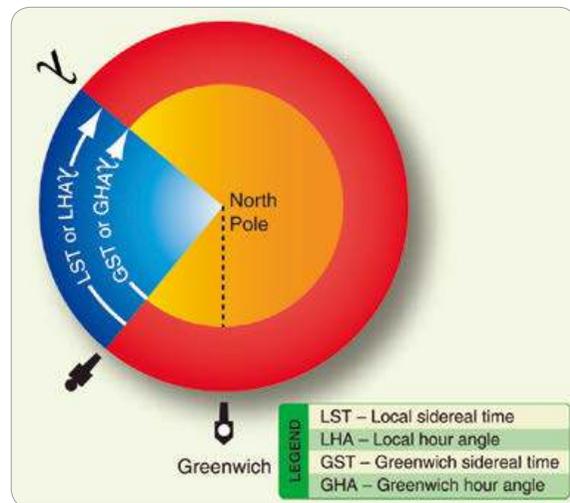
[그림 1-16] 날짜변경구간

는 그리니치 표준시에서 현지시간으로 변환이 필요하다. Air Almanac은 1시간당 15도 비율로 시간을 변화하는 호형태의 변환표이다. [표 1-1]에서의 변환법은 LMT를 GMT로 또는 GMT를 LMT로 변환하기에 좋다. ZT은 일출 시간과 지리적인 위치에 영향을 받는다. GMT를 LMT로 변환하는 예로 126도 36초의 경우 126도는 8시간 24분 00초이고 36초는 2분 24초이다. 그러므로 126도 36초는 8시간 26분 24초이다. GMT에서 LMT로 유도하기 위해서는 서반구 시간에서 빼고 동반구 시간에서는 더하면 된다. LMT에서 GMT는 반대로 적용하면 된다.

1.2.9.4 항성시(Sidereal Time)

태양 시간은 실제 태양 또는 평균 태양을 기준으로 측정된다. 우주의 고정된 점을 기준으로 시간을 측정할 수도 있다. 양자리의 첫 번째 지점을 기준으로

약간의 움직임이 있더라도 고정으로 간주되어 시간을 측정하는데, 이를 항성시 또는 측시성이라 한다. 양자리의 첫 번째 지점은 태양이 봄의 첫날 북쪽의 적도를 건너는 시점으로 정의된다.



[그림 1-17] 그리니치 항성시

[표 1-1] 항공위력변환표

| ° | h | m | ° | h | m | ° | h | m | ° | h | m | ° | h | m | ° | m | s | |
|----|---|----|-----|---|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 60 | 4 | 0 | 120 | 8 | 0 | 180 | 12 | 0 | 240 | 16 | 0 | 300 | 20 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 4 | 61 | 4 | 4 | 121 | 8 | 4 | 181 | 12 | 4 | 241 | 16 | 4 | 301 | 20 | 4 | 1 |
| 2 | 0 | 8 | 62 | 4 | 8 | 122 | 8 | 8 | 182 | 12 | 8 | 242 | 16 | 8 | 302 | 20 | 8 | 2 |
| 3 | 0 | 12 | 63 | 4 | 12 | 123 | 8 | 12 | 183 | 12 | 12 | 243 | 16 | 12 | 303 | 20 | 12 | 3 |
| 4 | 0 | 16 | 64 | 4 | 16 | 124 | 8 | 16 | 184 | 12 | 16 | 244 | 16 | 16 | 304 | 20 | 16 | 4 |
| 5 | 0 | 20 | 65 | 4 | 20 | 125 | 8 | 20 | 185 | 12 | 20 | 245 | 16 | 20 | 305 | 20 | 20 | 5 |
| 6 | 0 | 24 | 66 | 4 | 24 | 126 | 8 | 24 | 186 | 12 | 24 | 246 | 16 | 24 | 306 | 20 | 24 | 6 |
| 7 | 0 | 28 | 67 | 4 | 28 | 127 | 8 | 28 | 187 | 12 | 28 | 247 | 16 | 28 | 307 | 20 | 28 | 7 |
| 8 | 0 | 32 | 68 | 4 | 32 | 128 | 8 | 32 | 188 | 12 | 32 | 248 | 16 | 32 | 308 | 20 | 32 | 8 |
| 9 | 0 | 36 | 69 | 4 | 36 | 129 | 8 | 36 | 189 | 12 | 36 | 249 | 16 | 36 | 309 | 20 | 36 | 9 |
| 10 | 0 | 40 | 70 | 4 | 40 | 130 | 8 | 40 | 190 | 12 | 40 | 250 | 16 | 40 | 310 | 20 | 40 | 10 |
| 11 | 0 | 44 | 71 | 4 | 44 | 131 | 8 | 44 | 191 | 12 | 44 | 251 | 16 | 44 | 311 | 20 | 44 | 11 |
| 12 | 0 | 48 | 72 | 4 | 48 | 132 | 8 | 48 | 192 | 12 | 48 | 252 | 16 | 48 | 312 | 20 | 48 | 12 |
| 13 | 0 | 52 | 73 | 4 | 52 | 133 | 8 | 52 | 193 | 12 | 52 | 253 | 16 | 52 | 313 | 20 | 52 | 13 |
| 14 | 0 | 56 | 74 | 4 | 56 | 134 | 8 | 56 | 194 | 12 | 56 | 254 | 16 | 56 | 314 | 20 | 56 | 14 |
| 15 | 1 | 0 | 75 | 5 | 0 | 135 | 9 | 0 | 195 | 13 | 0 | 255 | 17 | 0 | 315 | 21 | 0 | 15 |
| 16 | 1 | 4 | 76 | 5 | 4 | 136 | 9 | 4 | 196 | 13 | 4 | 256 | 17 | 4 | 316 | 21 | 4 | 16 |
| 17 | 1 | 8 | 77 | 5 | 8 | 137 | 9 | 8 | 197 | 13 | 8 | 257 | 17 | 8 | 317 | 21 | 8 | 17 |
| 18 | 1 | 12 | 78 | 5 | 12 | 138 | 9 | 12 | 198 | 13 | 12 | 258 | 17 | 12 | 318 | 21 | 12 | 18 |
| 19 | 1 | 16 | 79 | 5 | 16 | 139 | 9 | 16 | 199 | 13 | 16 | 259 | 17 | 16 | 319 | 21 | 16 | 19 |
| 20 | 1 | 20 | 80 | 5 | 20 | 140 | 9 | 20 | 200 | 13 | 20 | 260 | 17 | 20 | 320 | 21 | 20 | 20 |
| 21 | 1 | 24 | 81 | 5 | 24 | 141 | 9 | 24 | 201 | 13 | 24 | 261 | 17 | 24 | 321 | 21 | 24 | 21 |
| 22 | 1 | 28 | 82 | 5 | 28 | 142 | 9 | 28 | 202 | 13 | 28 | 262 | 17 | 28 | 322 | 21 | 28 | 22 |
| 23 | 1 | 32 | 83 | 5 | 32 | 143 | 9 | 32 | 203 | 13 | 32 | 263 | 17 | 32 | 323 | 21 | 32 | 23 |
| 24 | 1 | 36 | 84 | 5 | 36 | 144 | 9 | 36 | 204 | 13 | 36 | 264 | 17 | 36 | 324 | 21 | 36 | 24 |
| 25 | 1 | 40 | 85 | 5 | 40 | 145 | 9 | 40 | 205 | 13 | 40 | 265 | 17 | 40 | 325 | 21 | 40 | 25 |
| 26 | 1 | 44 | 86 | 5 | 44 | 146 | 9 | 44 | 206 | 13 | 44 | 266 | 17 | 44 | 326 | 21 | 44 | 26 |
| 27 | 1 | 48 | 87 | 5 | 48 | 147 | 9 | 48 | 207 | 13 | 48 | 267 | 17 | 48 | 327 | 21 | 48 | 27 |
| 28 | 1 | 52 | 88 | 5 | 52 | 148 | 9 | 52 | 208 | 13 | 52 | 268 | 17 | 52 | 328 | 21 | 52 | 28 |
| 29 | 1 | 56 | 89 | 5 | 56 | 149 | 9 | 56 | 209 | 13 | 56 | 269 | 17 | 56 | 329 | 21 | 56 | 29 |
| 30 | 2 | 0 | 90 | 6 | 0 | 150 | 10 | 0 | 210 | 14 | 0 | 270 | 18 | 0 | 330 | 22 | 0 | 30 |
| 31 | 2 | 4 | 91 | 6 | 4 | 151 | 10 | 4 | 211 | 14 | 4 | 271 | 18 | 4 | 331 | 22 | 4 | 31 |
| 32 | 2 | 8 | 92 | 6 | 8 | 152 | 10 | 8 | 212 | 14 | 8 | 272 | 18 | 8 | 332 | 22 | 8 | 32 |
| 33 | 2 | 12 | 93 | 6 | 12 | 153 | 10 | 12 | 213 | 14 | 12 | 273 | 18 | 12 | 333 | 22 | 12 | 33 |
| 34 | 2 | 16 | 94 | 6 | 16 | 154 | 10 | 16 | 214 | 14 | 16 | 274 | 18 | 16 | 334 | 22 | 16 | 34 |
| 35 | 2 | 20 | 95 | 6 | 20 | 155 | 10 | 20 | 215 | 14 | 20 | 275 | 18 | 20 | 335 | 22 | 20 | 35 |
| 36 | 2 | 24 | 96 | 6 | 24 | 156 | 10 | 24 | 216 | 14 | 24 | 276 | 18 | 24 | 336 | 22 | 24 | 36 |
| 37 | 2 | 28 | 97 | 6 | 28 | 157 | 10 | 28 | 217 | 14 | 28 | 277 | 18 | 28 | 337 | 22 | 28 | 37 |
| 38 | 2 | 32 | 98 | 6 | 32 | 158 | 10 | 32 | 218 | 14 | 32 | 278 | 18 | 32 | 338 | 22 | 32 | 38 |
| 39 | 2 | 36 | 99 | 6 | 36 | 159 | 10 | 36 | 219 | 14 | 36 | 279 | 18 | 36 | 339 | 22 | 36 | 39 |
| 40 | 2 | 40 | 100 | 6 | 40 | 160 | 10 | 40 | 220 | 14 | 40 | 280 | 18 | 40 | 340 | 22 | 40 | 40 |
| 41 | 2 | 44 | 101 | 6 | 44 | 161 | 10 | 44 | 221 | 14 | 44 | 281 | 18 | 44 | 341 | 22 | 44 | 41 |
| 42 | 2 | 48 | 102 | 6 | 48 | 162 | 10 | 48 | 222 | 14 | 48 | 282 | 18 | 48 | 342 | 22 | 48 | 42 |
| 43 | 2 | 52 | 103 | 6 | 52 | 163 | 10 | 52 | 223 | 14 | 52 | 283 | 18 | 52 | 343 | 22 | 52 | 43 |
| 44 | 2 | 56 | 104 | 6 | 56 | 164 | 10 | 56 | 224 | 14 | 56 | 284 | 18 | 56 | 344 | 22 | 56 | 44 |
| 45 | 2 | 0 | 105 | 7 | 0 | 165 | 11 | 0 | 225 | 15 | 0 | 285 | 19 | 0 | 345 | 23 | 0 | 45 |
| 46 | 2 | 4 | 106 | 7 | 4 | 166 | 11 | 4 | 226 | 15 | 4 | 286 | 19 | 4 | 346 | 23 | 4 | 46 |
| 47 | 2 | 8 | 107 | 7 | 8 | 167 | 11 | 8 | 227 | 15 | 8 | 287 | 19 | 8 | 347 | 23 | 8 | 47 |
| 48 | 2 | 12 | 108 | 7 | 12 | 168 | 11 | 12 | 228 | 15 | 12 | 288 | 19 | 12 | 348 | 23 | 12 | 48 |
| 49 | 2 | 16 | 109 | 7 | 16 | 169 | 11 | 16 | 229 | 15 | 16 | 289 | 19 | 16 | 349 | 23 | 16 | 49 |
| 50 | 3 | 20 | 110 | 7 | 20 | 170 | 11 | 20 | 230 | 15 | 20 | 290 | 19 | 20 | 350 | 23 | 20 | 50 |
| 51 | 3 | 24 | 111 | 7 | 24 | 171 | 11 | 24 | 231 | 15 | 24 | 291 | 19 | 24 | 351 | 23 | 24 | 51 |
| 52 | 3 | 28 | 112 | 7 | 28 | 172 | 11 | 28 | 232 | 15 | 28 | 292 | 19 | 28 | 352 | 23 | 28 | 52 |
| 53 | 3 | 32 | 113 | 7 | 32 | 173 | 11 | 32 | 233 | 15 | 32 | 293 | 19 | 32 | 353 | 23 | 32 | 53 |
| 54 | 3 | 36 | 114 | 7 | 36 | 174 | 11 | 36 | 234 | 15 | 36 | 294 | 19 | 36 | 354 | 23 | 36 | 54 |
| 55 | 3 | 40 | 115 | 7 | 40 | 175 | 11 | 40 | 235 | 15 | 40 | 295 | 19 | 40 | 355 | 23 | 40 | 55 |
| 56 | 3 | 44 | 116 | 7 | 44 | 176 | 11 | 44 | 236 | 15 | 44 | 296 | 19 | 44 | 356 | 23 | 44 | 56 |
| 57 | 3 | 48 | 117 | 7 | 48 | 177 | 11 | 48 | 237 | 15 | 48 | 297 | 19 | 48 | 357 | 23 | 48 | 57 |
| 58 | 3 | 52 | 118 | 7 | 52 | 178 | 11 | 52 | 238 | 15 | 52 | 298 | 19 | 52 | 358 | 23 | 52 | 58 |
| 59 | 3 | 56 | 119 | 7 | 56 | 179 | 11 | 56 | 239 | 15 | 56 | 299 | 19 | 56 | 359 | 23 | 56 | 59 |

The above table is for converting expressions in arc to their equivalent in time; its main use in this almanac is for conversion of longitude to LMT (added if west, subtracted if east) to give GMT, or vice versa, particularly in the case of sunrise or sunset.

항성일의 첫 번째 지점은 관찰자의 자오선의 상단 지점을 통과할 때 시작된다. 지역 항성시(LST)는 양자리의 첫 지점이 관찰자 자오선에서 서쪽으로 이동한 시간이다. 도 단위로 표현하면, 양자리의 현지 시각 각도(LHA)와 같다[그림 1-17].

그리니치에서의 지역항성시(LST)는 양자리의 GHA와 동등한 그리니치 항성시(GST)이다. 양자리의 GST 또는 GHA는 지구와 관련하여 별의 위치를 결정한다. 따라서 주어진 별은 매일 같은 항성 시간에 지구와 같은 위치에 있다.

1.2.9.5 1년의 날짜의 수

(Number of Days in a Year)

지구는 일 년 내내 태양을 중심으로 회전한다. 1년 동안의 날짜 수는 한 번의 공전 동안 지구의 자전 수와 같다. 지구는 해마다 동쪽으로 공전하면서 366.24번 동쪽으로 자전한다. 1회 공전과 366.24회 자전의 총 효과는 태양이 지구를 중심으로 연간 365.24회 돌고 있는 것처럼 나타난다. 따라서 일 년 365.24일의 항성일이 있다. 항성일은 고정된 지점을 기준으로 측정되기 때문에 항성일의 길이는 지구 자전주기이다. 따라서 연중 항성일 수는 연간 회전 수 366.24와 같다.

1.2.9.6. 일몰과 일출(Sunset and sunrise)

태양의 위치가 관측자를 기준으로 보았을 때 관측자의 머리 위 상공에 왔을 때를 정오라 하며 이때 햇빛의 강도는 가장 강하다고 할 수 있다.

일출과 일몰은 태양의 상반구가 수평선으로부터 나오는 시각과 들어가는 시각을 기준으로 한다. 대기의 영향 때문에 일출 전 혹은 일몰 후 박명이라 불

리는 확산된 빛으로 인한 현상이 발생한다. 대기의 굴절로 인해서 관측자는 천체 수평선 아래의 물체를 볼 수 있으며 실질적인 시각의 한계는 가시 수평선이라 한다. 가시 수평선은 천체수평선보다 약 34분 아래에 위치한다.

1.2.9.7 태양 복각(Solar Magnetic Dip)

일출과 일몰은 태양의 상반구가 관측자의 가시 수평선 위로 나오거나 또는 사라지는 시각으로 정의했다. 이를 조금 더 구체화하여 수치를 계산해보면 태양의 중심은 천체 수평선 아래의 50분 원호가 되며 이를 태양 복각이라 부른다. 이 복각은 대기 굴절 34분에 태양직경의 반인 16분을 더한 값이다. 항공 율력에서 제공되고 있는 일출과 일몰시간은 이 태양 복각을 적용하여 계산되었고 복각 50분은 대략적으로 0.8도에 해당된다.

1.2.9.8 위도에 따른 일출과 일몰 시간의 변화

(Change of sunrise and sunset time by latitude)

태양의 위치와 관측자의 위도가 동일하다고 가정했을 때 관측자의 위도가 높아짐에 따라 일출은 더욱 빠르게 나타나며 일몰은 더 느리게 발생한다. 고위도에서 태양의 위치가 여위도(co-latitude)보다 크다면 태양은 계속해서 수평선 위에 있다. 반대로 태양의 위치가 관측자의 위도와 상반될 때 위도가 높아짐에 따라 일출은 더욱 느리게 그리고 일몰은 더욱 빠르게 발생한다. 적도에서 일출과 일몰은 매년 대략적으로 06:00와 18:00이 되며 춘분과 추분에 일출과 일몰은 모든 위도에서 동일한 시간이 되고 낮과 밤의 길이는 세계 어느 곳에서나 동일하다.

1.2.9.9 박명(Twilight)

박명은 일몰 후 점점 더 어두워지고 일출 전 점점 더 환해지는 시기를 말한다. 이 시기에는 등화가 켜져 있지 않는 활주로라도 이착륙하기 위한 적절한 빛이 제공되는 상태이다. 이는 구름의 양, 그날의 기상상태와 지상의 상태에 따라 달라질 수 있으며, 하늘에 구름이 많거나 실링이 낮을 때 밝기는 감소하지만, 만약 지표면에 눈이 덮여 있다면 어둠을 지연시킬 수 있다. 태양이 완전히 수평선 밑으로 내려갔다 하더라도 이착륙을 위한 빛이 남아있는 것은 대기 속의 먼지, 오염물질과 수분 등이 존재하여 수평선 밑의 태양 빛을 굴절시키기 때문이다. 만약 이러한 요소들이 없다면 태양이 수평선 밑으로 자취를 감추자마자 완전한 어둠이 깔리게 될 것이다. 주간은 태양이 동쪽 수평선에 나타나는 것과 같이 동일한 돌출로 여겨진다. 태양이 지표면을 직접 비추지 않을지라도 때로는 매우 높은 고도에서 대기에 존재하는 각종 입자들이 태양으로부터 산란, 굴절 그리고 반사로 인하여 소산되어 주변을 환하게 할 수 있다. 일출과 일몰에서 붉은 색은 공중에 떠 있는 미립자들이 특정 빛 주파수를 선택적으로 흡수함으로써 발생하는 현상이다. 빨간색과 노란색은 거의 흡수가 되지 않기 때문에 박명 하늘에서 더욱 뚜렷하게 나타난다.

박명의 밝기는 태양의 복각과 대기 조건에 따라 상용박명, 항해박명 그리고 천문박명으로 구분한다. 상용박명은 태양의 중심이 천체 수평선으로부터 6도 아래에 있을 때이고 인공 불빛 없이도 일상생활이 가능하다. 일반적으로 박명의 지속시간은 위도가 높아질수록 길어진다. 적도 부근에서는 25분 정도 지속되고 북위 50도에서는 약 40분 정도 지속된다. 고

위도 지방에서는 한여름에 박명이 밤새도록 계속되는데 이것을 백야라 한다. 백야는 북극권 또는 남극권의 위도 60도 이상의 지역에서 나타나는 일종의 자정박명 현상이다. 태양이 수평선의 6도 아래에 떠 있어 인공불빛을 사용하지 않고도 독서와 같은 주간 활동이 가능하다. 이외에도 적위에 따른 박명의 지속시간은 적위가 높아짐에 따라 증가한다. 항해박명은 태양고도가 지평선 아래 6~12도에 있을 때이다. 이 상태에서 하늘은 상당히 어둡고 밝은 별이 보이기 시작하고 동시에 수평선도 볼 수 있어 천체를 관측하는 데 편리하다. 천문박명은 태양고도가 지평선 아래 12~18도가 될 때까지의 박명으로 하늘은 상당히 어둡고 천문박명이 끝나면 천정에 6등성별이 나타나기 시작한다. 항해력은 박명의 시작과 끝나는 시간을 제공한다. 항공유흥은 대부분의 조종사가 사용하기 때문에 상용박명의 지속시간을 제공한다. 이외에도 천체의 출몰에 대한 정보를 제공하는 다른 도표들도 가용하다. 조종사는 경도의 차이를 수정하는 것에 대해서 주의해야 하고, 조종사가 원하는 위치와 상응하는 위도의 위치를 선택해야 한다. 현대의 휴대용 컴퓨터와 일부 항법장비는 어느 위치에서나 일몰과 일출에 대한 데이터를 제공하기 때문에 굳이 항공유흥을 활용하여 계산할 필요가 없다.

1.2.9.10 비행사가 사용하는 시간

(Navigator's Use of Time)

비행사는 GMT, LMT 및 ZT(Zone Time)의 세 가지 종류의 시간을 사용한다. 세 가지 모두 가상의 평균 태양의 움직임을 기반으로 한다. 평균 태양은 태양을 지구를 중심을 기준으로 평균 속도로 회전하여 24시간 만에 1회전을 완료한다. 시간은 주어진 자오

선에 상대적인 태양의 움직임을 기반으로 한다. 시간은 더 낮은 변환에서 2400/0000이고, 더 높은 변환 시간은 1200이다. GMT에서의 기준 자오선은 그리니치 표준 자오선이고, LMT에서 기준 자오선은 주어진 장소에서의 자오선이며, ZT에서 기준 자오선은 주어진 영역의 표준 자오선이다. 두 시간의 차이는 시간에 표시된 기준 자오선의 경도의 차이와 같다.

GMT는 지역의 표준 자오선의 경도에 따라 ZT와 다르다. LMT는 지역의 표준 자오선과 자오선의 경도 차이로 인해 ZT와 달라진다. ZT와 GMT를 상호 변환할 때 변환표는 지역을 표현하여 항법사가 사용한다. 지역의 차이는 표준 자오선과 GMT 사이의 시간 차이이며, GMT를 얻기 위해 ZT에 대한 보정을 나타내는 기호가 있는데, 이의 경우에 부호는 서쪽 경도의 경우 플러스(+)이고 동쪽 경도의 경우 마이너스(-)로 나타낸다.

1.3 항공도(Charts)

항공도(Aeronautical Chart)는 항공기의 항행에 사용되는 지도로 일반적으로 축척 100만분의 1의 국제민간항공도와 50만분의 1의 구분 항공도, 축척 25만분의 1의 터미널 지역 항공도가 사용되고 있다.

이 장에서는 조종사가 목적지로 방향을 잡기 위해 반드시 보아야 하는 항공도가 어떻게 그려지고, 어떤 의미를 담고 있는지 알아보려고 한다.

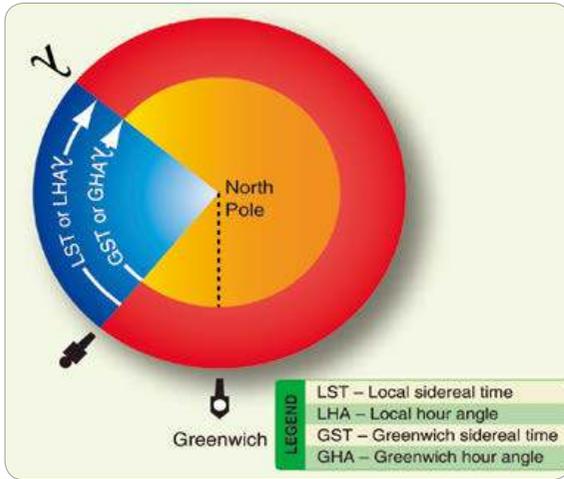
1.3.1 차트와 도법들(Charts and Projections)

차트 작성에 사용된 다양한 도법을 논의하기 전에

익숙해야 하는 몇 가지 기본 용어 및 개념이 있다.

- 차트는 지구 표면 또는 일부의 평면에 작은 크기로 표현된다.
- 투영은 차트가 작성되는 기본 구조를 형성하고 완성된 차트의 기본 특성을 결정한다.
- 평면 위에 구체의 일부분을 표현할 때 해결해야 하는 많은 어려움이 있다. 이 중 두 가지는 왜곡과 원근감이다.
 - √ 왜곡은 완전히 피할 수는 없지만 어느 정도 제어하고 체계화할 수 있다. 특정 목적을 위해 차트가 그려진 경우 목적에 가장 부합하지 않는 유형의 왜곡을 최소화하는 방식으로 차트를 그릴 수 있다. 원뿔 또는 원통처럼 늘이거나 찢어지지 않고 평면에 펼쳐질 수 있는 표면을 현상 가능이라고 하며, 표면 및 구형 또는 회전 타원체와 같이 왜곡 없이 평면으로 형성될 수 없는 것을 현상 불가능이라고 한다. [그림 1-18] 도법을 만드는 문제는 가능한 원하는 특성을 유지하는 방식으로 위도와 경도를 차트에 표시하는 방법을 개발하는 데 있다.
 - √ 원근감 또는 기하학적 투영은 주어진 지점에서 서부터 전개 가능한 표면으로 지구 - 구에 기반을 둔 좌표계를 직접 투영하는 것으로 구성된다. 결과적으로 차트의 속성 및 모양은 두 가지 요소, 즉 전개 가능한 표면의 유형과 투영 지점의 위치에 따라 달라진다.
- 수학적 투영은 기하학적으로 도달할 수 없는 특정 속성이나 특성을 제공하기 위해 분석적으로 유도된다. 이러한 속성 및 특성을 가장 잘 반영한 도법을 선택하는 데 사용할 수 있는 몇 가지

선택 사항을 고려하여야 한다.



[그림 1-18] 현상 가능과 현상 불가능

1.3.2 도법의 선택(Choice of Projection)

이상적인 도법은 두 지점 간의 관계를 정확히 묘사한다. 즉, 방향이 정확하고 거리가 전체 차트에서 일정한 비율로 나타난다. 이로 인해 차트 전체에서 면적과 모양이 실제와 동일해진다. 그러나 그러한 관계는 지구본에서만 나타낼 수 있다. 편평한 차트에서는 모든 지점에서 모든 방향으로 일정한 비율과 실제 방향을 유지하는 것이 불가능하며 지형지물의 상대적 크기와 모양을 차트 전체에 정확하게 묘사할 수도 없다. 투영에서 가장 일반적으로 요구되는 특성은 정각성, 일정한 비율, 대권, 항정선, 진방위각 및 쉽게 배치된 지리적 위치이다.

1.3.2.1 정각성(Conformality)

정각성은 차트에서 매우 중요하다. 모든 도법이 정각 도법인 경우, 임의의 점에서의 비율은 방위각

과 독립적이어야 한다. 그러나 이것은 서로 다른 위도의 두 지점에서의 척도가 동일함을 의미하지는 않는다. 그것은 주어진 점에서의 척도가 근거리에서 모든 방향으로 동일하다는 것을 의미한다. 정각성을 위해 차트상의 구역은 모양이 묘사되는 지형과 일치해야 한다. 이 조건은 좁고 비교적 작은 구역에만 적용된다. 넓은 구역을 투영할 때는 내재된 왜곡을 반드시 반영해야 한다. 자오선과 땅의 평행선이 직각으로 교차하기 때문에 모든 정각 투영의 경도와 위도 라인이 동일한 직각을 보인다. 이 특성은 지리적 좌표로 지점의 구획을 정리하기 용이하게 한다.

1.3.2.2 일정한 비율(Constant Scale)

차트 전체에 걸쳐 모든 지점에서 모든 방향으로 동일한 비율을 가지도록 하는 것이 바람직하지만, 불가능하다.

1.3.2.3 일직선(Straight Line)

항정선과 대권은 조종사가 직선으로 차트에 표시할 수 있는 두 개의 곡선이다. 모든 선을 직선으로 표시하는 유일한 도법은 메르카토르 도법(Mercator projection)뿐으로 대권을 직선으로 보여준다. 그러나 이것은 정각 도법이 아니므로 방향 또는 거리를 얻기 위해 직접 사용할 수는 없다. 마찬가지로 정각 도법이 아닌 차트들은 대권을 모두 직선으로 나타낸다.

1.3.2.4 진방위각(True Azimuth)

차트 전체에 걸쳐 진방향 또는 진방위각을 나타내는 도법을 선택하는 것이 좋다. 이것은 조종사에게 특히 중요하다. 조종사는 날아갈 기수 방향을 경정해야 하는데 한 점에서 다른 모든 점까지의 대권을

직선으로 나타나는 도법은 없기 때문이다.

1.3.2.5 좌표를 쉽게 찾을 수 있을 것 (Coordinates Easy to Locate)

장소의 지리적 위도와 경도는 쉽게 찾을 수 있도록, 위도와 경도를 정확히 알고 차트에 기입해야 한다.

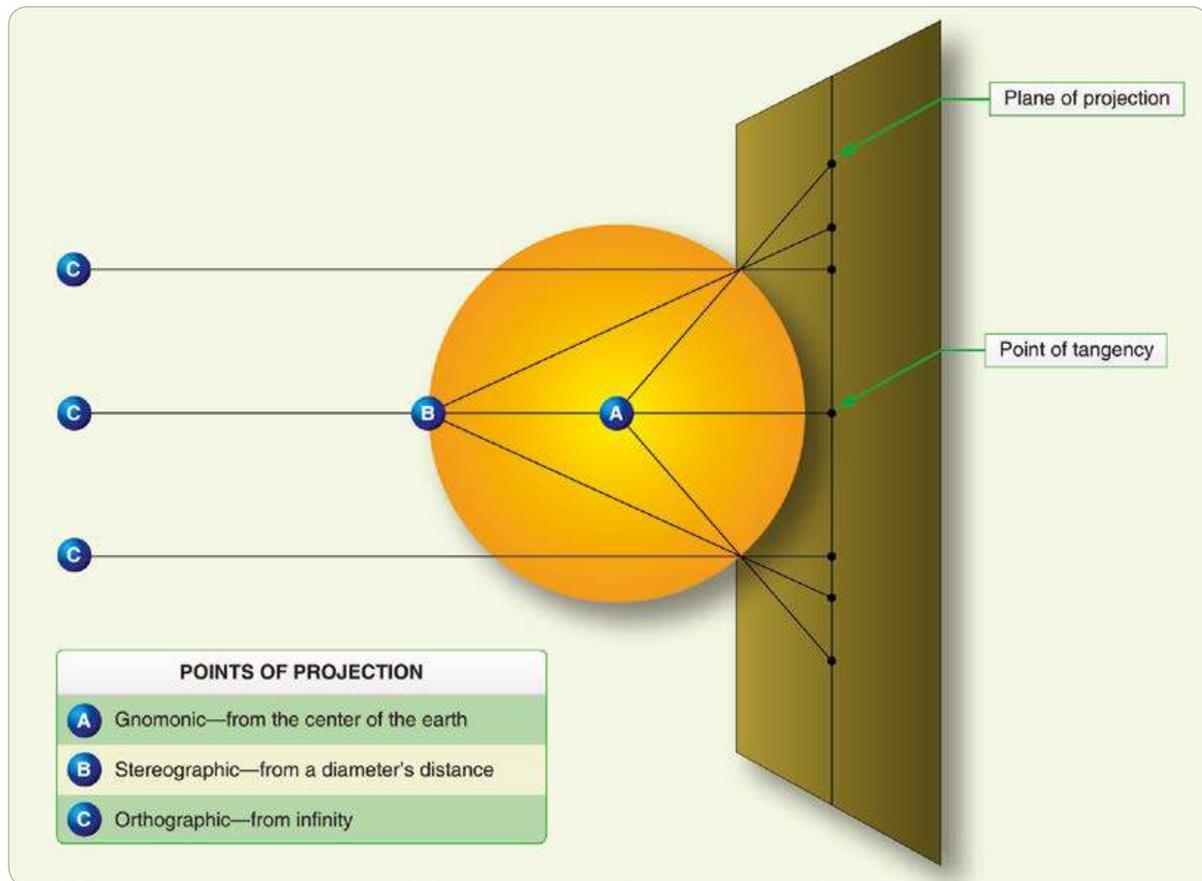
1.3.3 차트를 그리는 데 사용되는 도법들 (Chart Projections)

차트 도법들은 다양한 방법으로 분류할 수 있다.

이 책에서는 다양한 도법들을 방위각, 원통형, 원뿔형 도법으로 유형에 따라 3가지로 분류한다.

1.3.3.1 방위각 도법(Azimuthal Projections)

방위각 또는 정점 도법은 지구상의 점들이 지구에 접하는 평면에 직접 전달되는 방법이다. 평면의 위치 및 투영 지점에 따라, 다양한 기하학적 투영이 도출될 수 있다. 투영 광선(투영 점)의 원점이 구의 중심인 경우 구심 투영이 된다. 접선 평면의 점 반대편에 있는 지구의 표면에 있는 경우 투영은 입체 그래픽이며, 무한대에 있으면 정사영 투영이 된다. [그림



[그림 1-19] 다양한 투영지점들

1-19]는 이러한 다양한 투영 지점을 보여준다.

1.3.3.1 심사 도법(Gnomonic Projection)

모든 심사 도법은 직접 투시 도법이다. 모든 대권의 평면이 구의 중심을 통과하기 때문에 투영 지점은 모두 대권의 평면에 있다. 이것은 가장 중요하고 유용한 특성이다. 각각의 모든 대권은 차트에 직선으로 표시된다. 완전한 반구는 이 평면에 투영될 수 없다. 왜냐하면 차트의 중심으로부터 90도 지점은 투영면에 평행한 선이기 때문이다. 등각 도법이 아니기 때문에 모양이나 육지가 왜곡되고 측정된 각도가 참이 아니다. 투영의 중심인 한 점에서 선들의 방위각이 진방위각이 된다. 이 점에서, 투영으로 방위각을 알 수 있다. 심사 도법은 투영면의 접선 점에 따라 분류된다. 접사 지점으로 선택된 자오선이 적

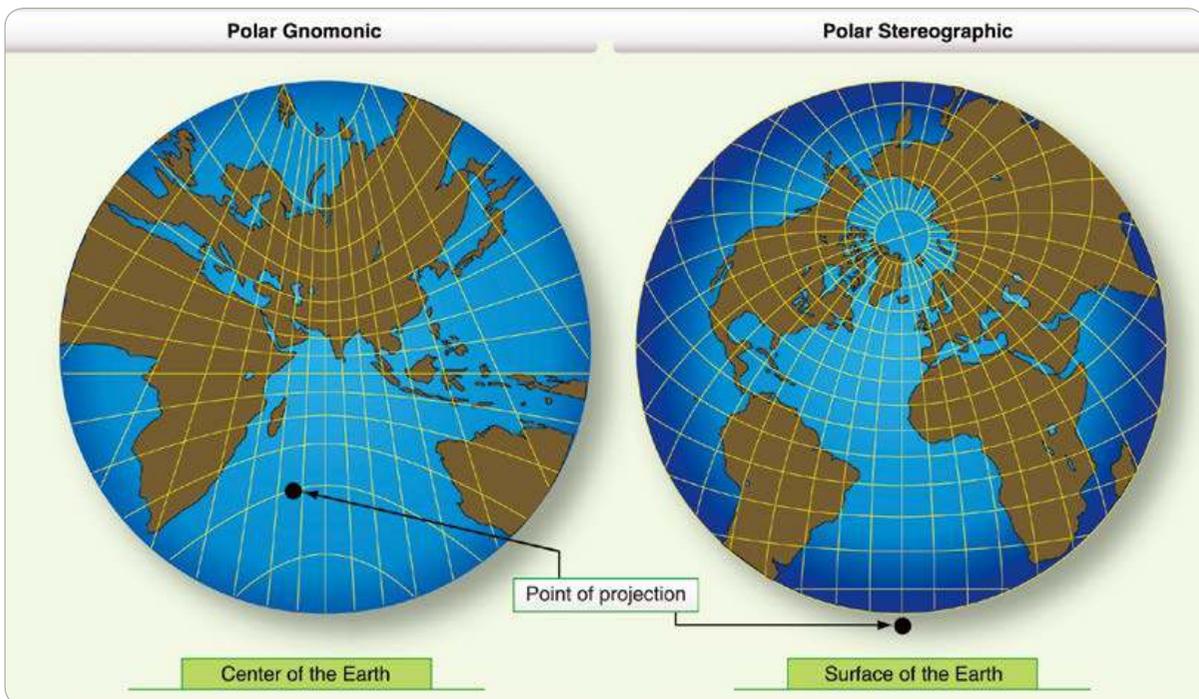
도나 극에 있을 때의 투영은 극심사 도법이라고 한다[그림 1-20].

1.3.3.2 평사 도법(Stereographic Projection)

평사 도법은 구를 투시하는 등각 도법이다. 투영의 중심이 극 또는 적도가 아닌 임의의 지점에 위치하는 모든 평사 도법에 적용된다. 중심이 기준 표면의 극점 중 하나에 일치하는 투영을 평사 도법이라고 부른다. [그림 1-20]은 심사 도법 및 평사 도법의 투영을 보여준다.

1.3.3.2 원통형 도법(Cylindrical Projection)

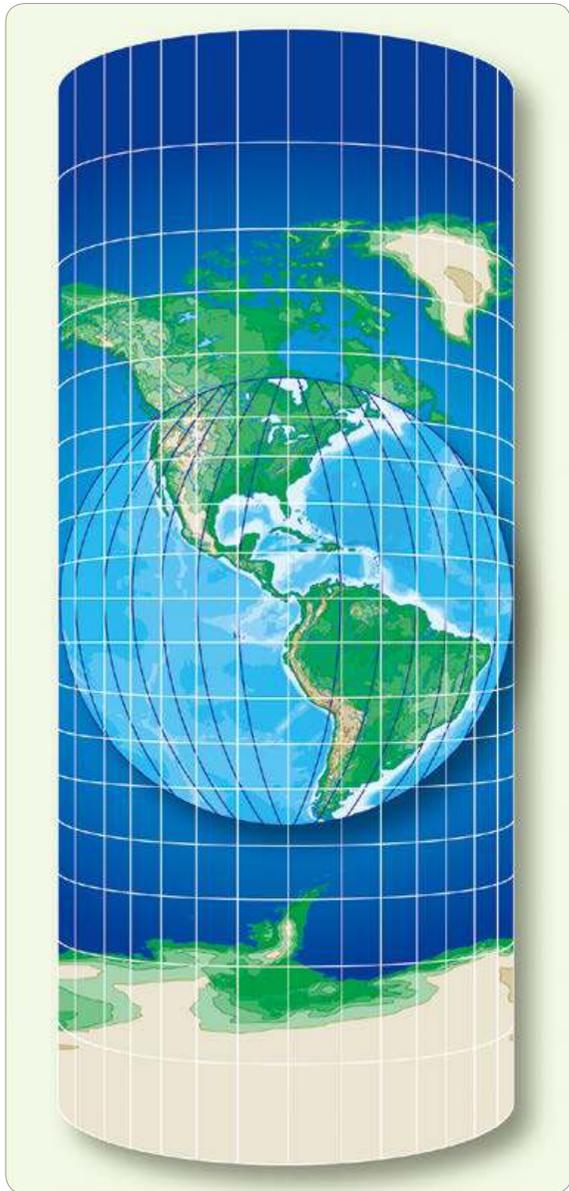
공중 항법에 사용되는 유일한 원통형 도법은 1569년 도법을 창안한 메르카토르(Gerhard Mercator(Kramer))의 이름을 따서 명명된 메르카



[그림 1-20] 심사도법과 평사도법

토르 도법이다. 메르카토르 도법은 등각 도법이며, 항정선을 직선으로 표시한다.

투영의 중심점을 지구의 중심으로 정한 뒤, 거기서 적도에 접하는 원통을 투사 한다고 상상해보자. 자오선은 직선이고, 평행선이 원통 주위에 불균일하



[그림 1-21] 원통형 도법의 투영법

게 간격을 둔 원으로 되어 있는 [그림 1-21]과 비슷한 모습을 상상할 수 있을 것이다. [그림 1-21]에서 볼 수 있듯이 극에 가까운 지표면은 원통이 대단히 길지 않은 한 투영될 수 없으며, 극을 투사하지 않으면 아예 투영될 수 없다.

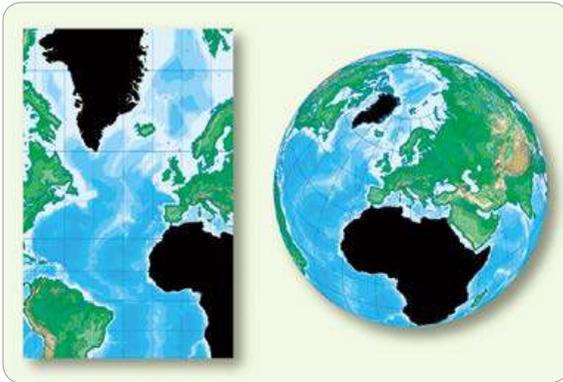
지구상에서 위도의 평행선은 자오선과 직각을 이루며 위도가 증가함에 따라 점차적으로 더 작은 지름의 원을 형성한다. 원통에서 위도의 평행선은 투영된 자오선에 수직으로 표시되지만 원통의 지름은 세로축을 따라 임의의 점에서 동일하기 때문에 투영된 평행선은 모두 동일한 길이이다. 원통을 수직선(자오선)을 따라 자르고 평평하게 펼쳐지면 자오선은 등 간격의 수직선으로 표시되고 평행선은 수평선으로 표시되며 수평선 사이의 거리는 (임의의) 자오선에서 멀어질수록 증가한다.

원통은 적도 이외의 다른 곳에서 지구와 접하여 다른 유형의 원통형 투영을 할 수 있다. 원통이 자오선에 접하는 경우 횡축 원통형 투영이다. 적도 또는 자오선 이외의 다른 점에서 접하는 경우 사선 원통형 투영이라고 한다. 접선과 적도의 선이 더 이상 일치하지 않기 때문에 위도와 경도의 패턴은 이 도법에서 전혀 다른 것처럼 보이게 된다.

1.3.3.2.1 메르카토르 도법(Mercator Projection)

메르카토르 도법은 등각, 비투시 투사이다. 그것은 수학적 변환에 의해 만들어지며 단순 투사를 통해 직접적으로 얻을 수는 없다.

원통형 도법에서 메르카토르 도법의 특징은 다음과 같다. 어떤 위도에서든지 자오선과 평행선의 확장 비율은 동일하므로 지구상의 실측과 같은 관계를 유지한다. 이 확장은 지구의 타원율에 대한 작은 보



[그림 1-22] 메르카토르 도법에 의한 면적의 왜곡

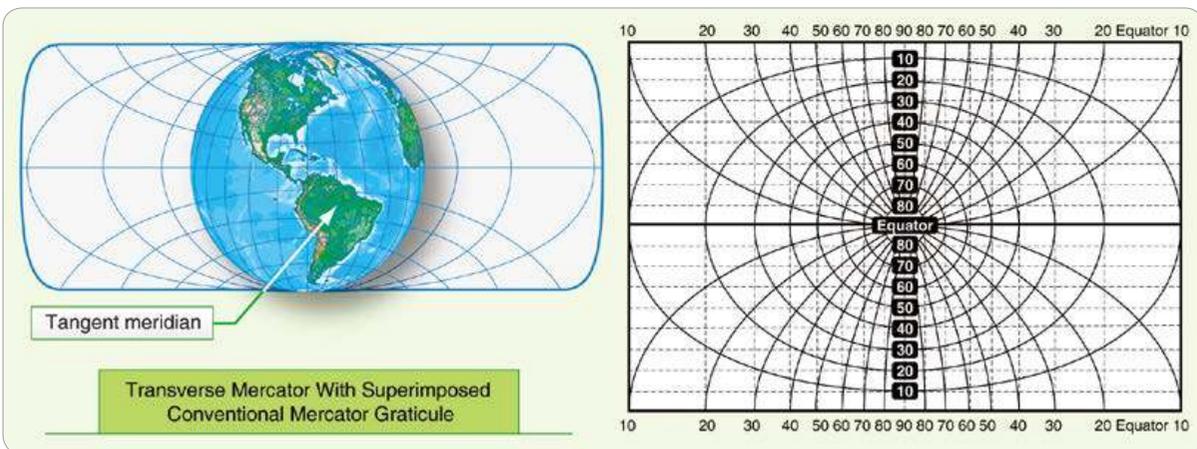
정과 함께 위도의 할선과 동일하다. 확장은 모든 방향에서 동일하며 모든 방향과 모든 각도가 올바르게 표시되기 때문에 이 도법을 등각 투영이라고 할 수 있다.

항정선 라인은 직선으로 나타나며 그 방향을 차트에서 직접 측정할 수 있다. 위도의 확산이 작은 경우가 아니라면 거리를 직접 측정할 수도 있지만 전체 차트에서 단일 거리 척도로 측정할 수는 없다. 대권은 곡선으로 나타나고, 적도에서 오목하거나 가장 가까운 극으로 볼록하다.

작은 영역의 모양은 거의 정확하지만 적도 근처에 있지 않으면 크기가 크게 묘사된다. 메르카토르 도법의 단점은 다음과 같다.

1. 큰 거리를 정확하게 측정하기 어렵다.
2. 계획 전에 대권 방위에 전환 각도를 적용해야 한다.
3. 극지방을 표시할 수 없으므로 80°N 이상 또는 80°S 이하에서는 쓸모가 없다.

횡축 또는 역 메르카토르 차트는 등각 차트로 적도에 접하는 메르카토르 차트로는 표현할 수 없는 지역을 위해 만들어진 차트이다. 횡축 메르카토르에서는 직선 자오선과 평행선의 성질이 상실되고 직사각형 선은 더 이상 직선으로 표시되지 않는다. 평행선들과 자오선이 복잡한 곡선이 되어 지리적 참조를 위해 횡축 메르카토르 차트를 이용하기는 어렵다. 횡축 메르카토르 투영은 종종 원통 투영과 비슷하다고 여겨지지만 실제로는 수학적으로 구축된 비투시 도법이다. 그러나 이것은 횡축 메르카토르 도법이



[그림 1-23] 횡축 메르카토르 도법(Transverse Mercator Projection)

중앙의 자오선을 따라 정확한 비율을 표시한다는 것을 시각적으로 볼 수 있게 해준다.

실제로 [그림 1-23]에서 원통은 일반적인 메르카토르 투영을 위해 90도 회전해 있고 중앙 자오선이라고 불리는 자오선이 접선의 대권이 된다. 이 유형의 투영을 사용하는 일련의 NGA 차트는 실린더가 90° E-0° W 경도에 접하는 위치에 배치한다.

이 도법은 익숙한 자오선들의 관계와 유사하지만 상쇄된 가상의 격자선을 사용한다. 대권의 접선을 가상의 적도라고 하면 그것으로부터 90도에 2개의 가상의 극이 생긴다. 이 극들을 통과하고 접선과 직각을 이루는 대권의 그룹은 허구의 자오선을 구성하며 이때 연속되는 선들은 대권에 접하는 평면과 평행한 가상의 평행선을 형성한다.

이러한 투영에서 가상의 격자선은 일반적으로 메르카토르 도법으로 제작된 차트의 지리학상의 적도에 나타난다. 즉, 가상 자오선과 평행선은 서로 직각인 직선이다. 실제 자오선과 평행선은 접선을 제외하고 곡선으로 나타난다. 지리적 좌표는 일반적으로 전통적인 형식으로 표시된다. 횡축 메르카토르 도법의 직선은 모든 가상의 자오선과 동일한 각도를 이루지만 지구상의 자오선들과는 그렇지 않다. 그러므로 그것은 가상의 직선이라고 할 수 있다.

선택하거나 가상의 적도로 90° E - 0° W 자오선을 사용하는 횡축 메르카토르 도법의 모습이 [그림 1-24]에 나와 있다. 접선은 가상의 투영선이며 중심을 통과하는 N- 자오선은 가상의 적도이다. 다른 모든 원래 자오선은 N- 자오선에서 오목한 곡선을 그리며 오리지널 평행선은 이제 더 가까운 극으로 오목한 곡선이 된다. 이 자오선을 직선화하려면 [그림 1-24]의 그래프를 사용하여 경도를 수학적으로

직선화하는 보정 계수를 추출하면 된다.

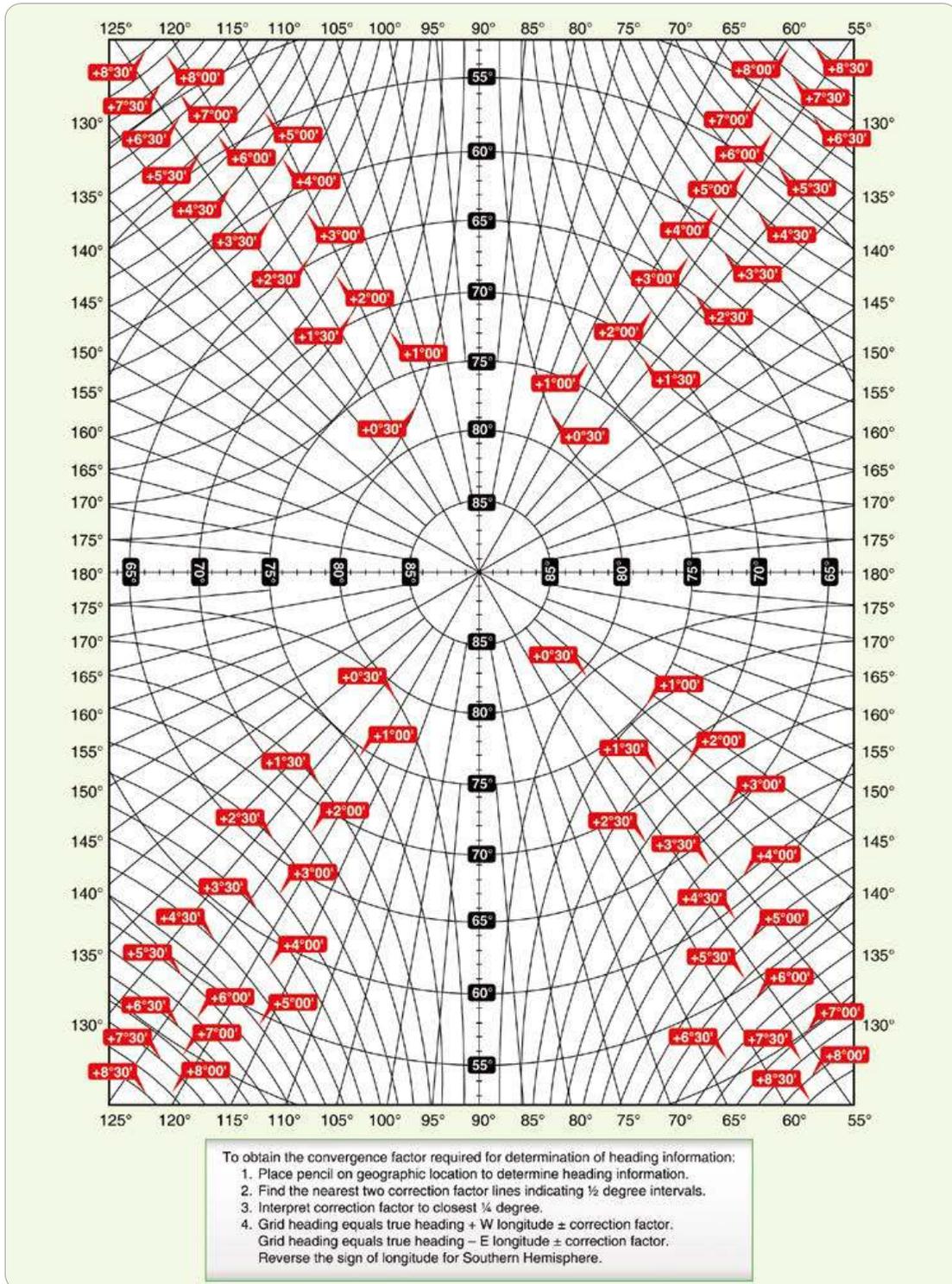
1.3.3.3 원뿔 도법(Conic Projection)

원뿔 도법에는 두 가지 종류가 있다. 첫 번째는 원뿔의 정점을 지구의 일부(대개 극) 위에 놓고 원뿔에 접하는 평행선을 표준 평행선으로 놓고 지구상의 격자선을 점점 줄어드는 원뿔 상에 투영함으로써 만들어지는 간단한 원뿔형 도법이다. 차트는 일부 자오선을 따라 원뿔을 잘라내고 평평한 면을 형성함으로써 얻어진다. 두 번째는 교차하는 원뿔이며, 두 개의 표준 평행선으로 지구와 실제로 접촉한다[그림 1-25]. 이 두 가지 종류는 원뿔이 펼쳐질 때 차이가 나타난다.

1.3.3.3.1 람베르트 정각 원뿔 도법

(Lambert Conformal Conic Projection)

람베르트 장각 원뿔 도법은 자오선이 차트의 한계를 넘어 공통점에서 만나는 직선이고 평행선이 동심원인 원뿔형의 도법이다. 각 중심은 자오선 교차점이다. 자오선과 평행선은 직각으로 교차한다. 지구 표면의 두 선이나 곡선으로 형성된 각도는 올바르게 표현된다. 투영은 그래픽 또는 수학적 방법으로 개발될 수 있다. 차트에 표시할 영역에서 표준 평행선으로 삼은 두 위도 선에서 회전 타원체를 교차하는 원뿔을 사용한다. 표준 평행선은 정확한 축적으로 표현되며, 이 평행선들에서 가까울수록 왜곡이 줄어들며 멀어질수록 왜곡이 커진다. 왜곡을 균등하게 하기 위해 표준 평행선은 선택된 중앙 자오선 길이의 1/6~5/6 사이에서 선택된다. 람베르트 정각 원뿔 도법의 전개법은 [그림 1-25]의 우측 하단에 나와 있다.

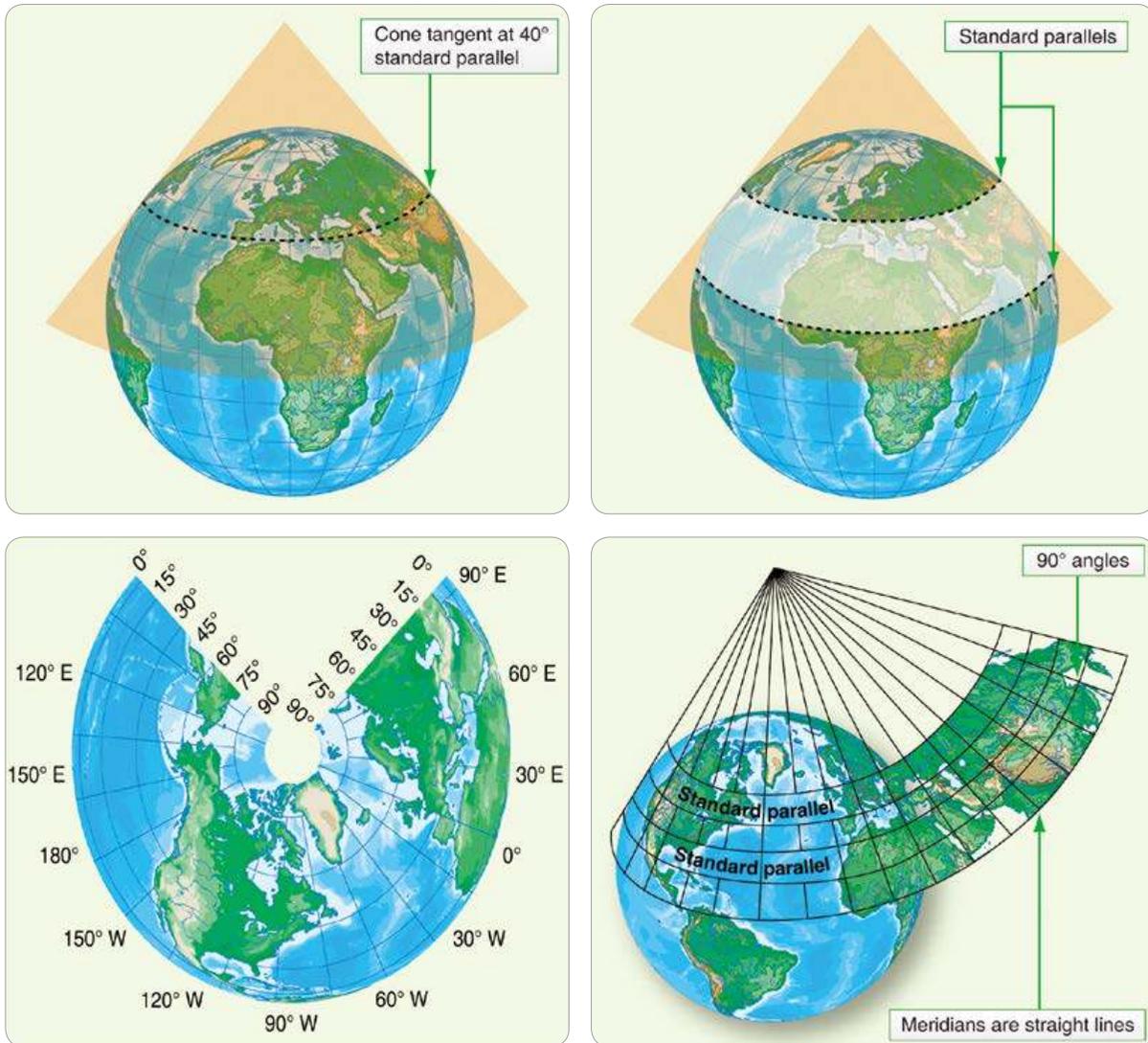


[그림 1-24] 보정 계수의 추출

람베르트 정각 원뿔 도법의 주요 용도는 작은 위도 폭이지만 큰 종단 범위의 영역의 차트를 작성해야 하는 경우다. 어떠한 도법도 정밀하면서 구역을 정확히 표현할 수 없지만, 위도 폭을 제한하여 본래의 정각성을 유지하고 면적 왜곡을 최대한 줄일 수 있도록 한다. 이로 인해 이 람베르트 정각 원뿔 도법은 항공도에 사용하기 매우 적합한 도법이 된다. 람베

르트 정각 원뿔 도법의 장점 중 일부는 다음과 같다.

1. 정각성
2. 대권이 직선에 가까움(실제로 중앙 평행선 쪽으로 오목)
3. 작은 위도 폭의 구역에서 비율이 거의 일정하다. 예를 들어, 미국은 33° N 45° N 두 개의 평



[그림 1-25] 원뿔 도법의 두 가지 종류와 전개시의 차이

행선을 기준으로 했을 때 남부 플로리다에서 2% 정도의 오차가 발생하는 정도에 불과하다. 30° 30' N과 47° 30' N 사이의 최대 비율 오차는 1%의 절반에 불과하다.

4. 위치를 쉽게 위도와 경도로 표시하고 읽을 수 있으며 이해하기 비교적 간단하다.
5. 두 개의 표준 평행선에 따른 정확한 형태와 크기의 묘사가 가능하다.
6. 거리가 매우 정확히 측정될 수 있다. 예를 들어, 람베르트 정각 원뿔 도법으로 제작된 차트에서 측정한 이스탄불과 피츠버그에서의 거리가 5,277NM인데, 같은 배율의, 람베르트 정각 원뿔 도법의 축척 계수를 적용하지 않고 차트에서 측정하면(표준 평행선을 36° N, 54° N에 두었을 때) 5258NM으로 0.4% 이하의 오차를 가진다.

람베르트 정각 원뿔 도법의 일부 중요한 제약사항은 다음과 같다.

1. 항정선이 정확하게 직선이 아니므로 비행 계획 시 정확도가 떨어진다.
2. 위도 폭이 커질수록 왜곡도 커진다.
3. 평행선들이 곡선이 된다.
4. 정각성이 균일하지 못하고 구역에 따라 달라진다. 두 구역이 모두 표준 평행선을 따르고 같은 비율을 가지더라도 임의의 평행선이나 교차점에서는 각각 다른 반경을 가지게 되어 완벽하게 결합하지 않는다.

1.3.3.3.2 원뿔의 상수(Constant of the Cone)

대부분의 원뿔 도법을 이용한 차트에는 원뿔(변환

인자)의 상수가 계산되어 차트의 여백에 쓰여 있다.

1.3.3.3.3 수렴 각도(Convergence Angle, CA)

수렴 각도는 그리니치 자오선과 다른 자오선의 교차점에 의해 형성된 차트의 실제 각도이다. 경도와 같은 CA는 그리니치 자오선에서 동쪽과 서쪽으로 측정된다.

1.3.3.3.4 수렴 인자(Convergence Factor, CF)

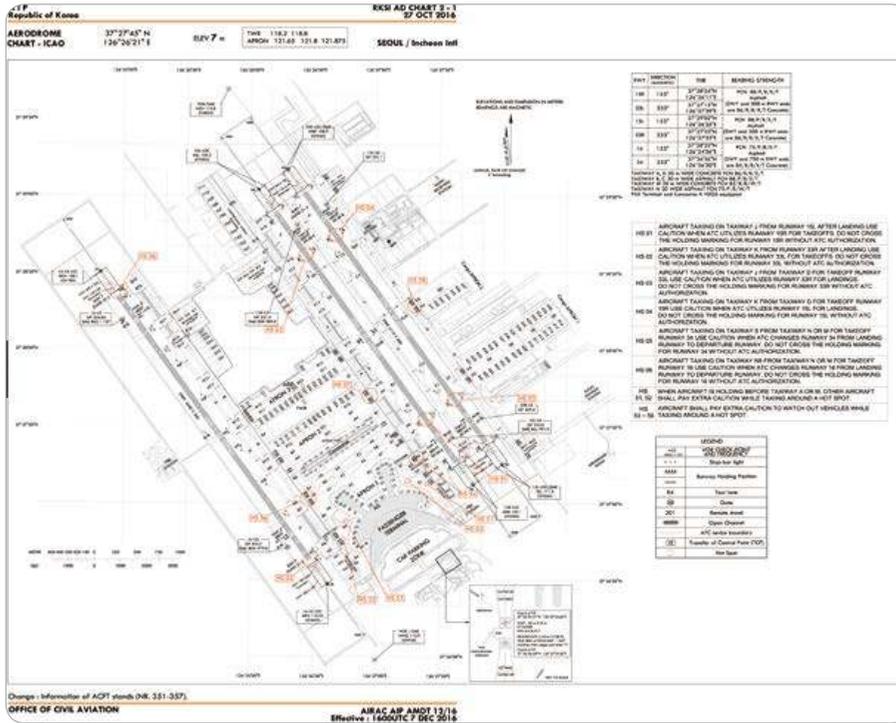
차트의 수렴 인자는 지구상에 실제로 존재하는 자오선의 수렴과 차트에 묘사된 자오선의 수렴 간의 비율을 나타내는 십진수이다. 수렴 각도가 선택된 자오선의 수와 같으면 차트 수렴 인자는 1.0이다. 수렴 각도가 선택된 자오선 수보다 작으면 차트 수렴 인자는 비례적으로 1.0보다 작다.

1.3.4 항공도의 종류(Types of Charts)

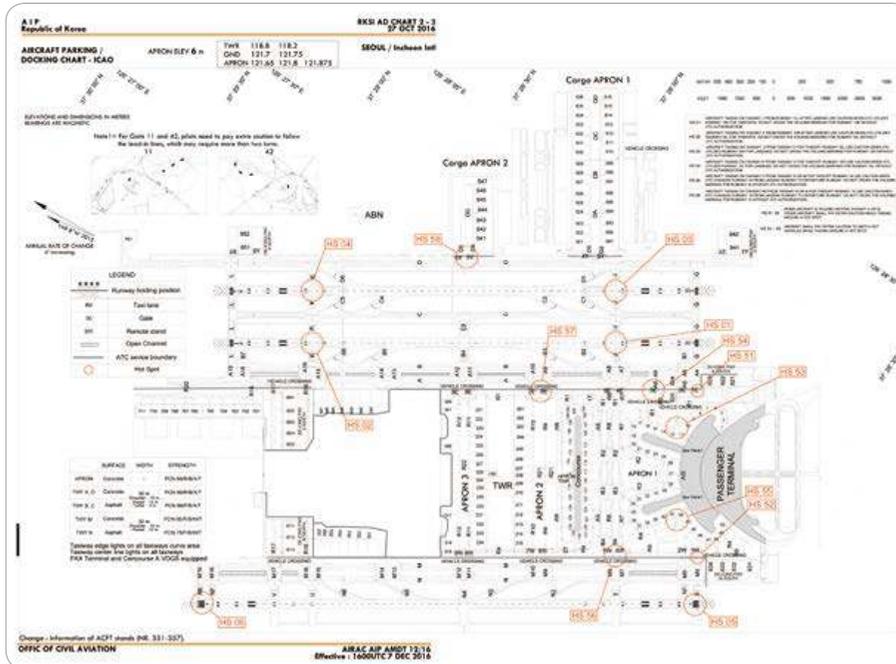
위의 여러 투영법들 중 하나를 선택하여 필요한 구역상의 지형지물을 정확히 묘사하였다면, 그것을 기초로 하여 조종사가 필요로 하는 정보들을 기입하여야 항공도로 사용할 수 있게 된다. 우리나라는 항공정보간행물(Aeronautical Information Publication, AIP)에 항공도와 항공 항행에 필요한 항공 정보를 수록하여 발간하고 있으며 실무에서도 이것이 기준이 되므로 이것을 기준으로 설명할 것이다. 하기의 항공도는 공항의 규모나 시설 등에 따라 일부 제공되지 않을 수도 있다.

1.3.4.1 공항도(Aerodrome Chart)

공항의 구조와 중요 지점에서의 주의사항 및 이행



[그림 1-26] 공항도



[그림 1-27] 항공기 주기/탑승교 항공도

해야 할 사항, 방위 정보와 지상에서 이동할 시에 적용해야 할 관계 절차 등을 알 수 있다.

1.3.4.2 항공기 주기/탑승교 항공도

(Aircraft Parking/Docking Chart)

공항의 주기장 위치와 각 주기장이나 주기장으로 진입하기 위해 주의하여야 할 사항에 대해 적고 있다. 주기를 위한 접근이 어려운 주기장의 경우에는 접근을 위한 경로를 별도로 명시해두었다.

1.3.4.3 항공기 지상이동 경로도

(Aircraft Ground Movement Chart)

대형 공항의 경우 항공기의 원활한 지상 이동을 위하여 특정 활주로/주기장으로의 접근 경로나 속도 등을 사전에 설정해 두는 경우가 있으며, 이 항공도

는 그러한 사전에 설정된 지상 이동 경로나 속도에 대한 정보를 나타낸다. 일방통행 방향, 선회 지점 등에 대한 정보가 담겨 있다.

1.3.4.4 비행장 장애도

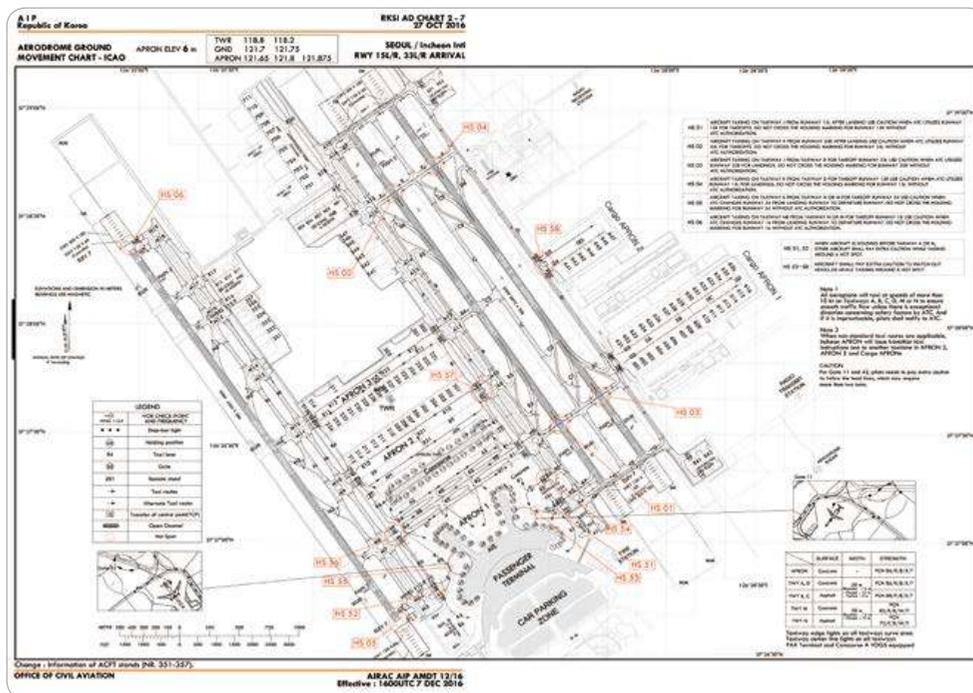
(Aerodrome Obstruction Chart)

비행장을 중심으로 비행장 내외 비행장 장애표면이 적용되는 구역 내의 주요한 장애물 등을 포함하여 작성된 항공도로서 지상의 장애물의 위치와 정보를 확인할 수 있다.

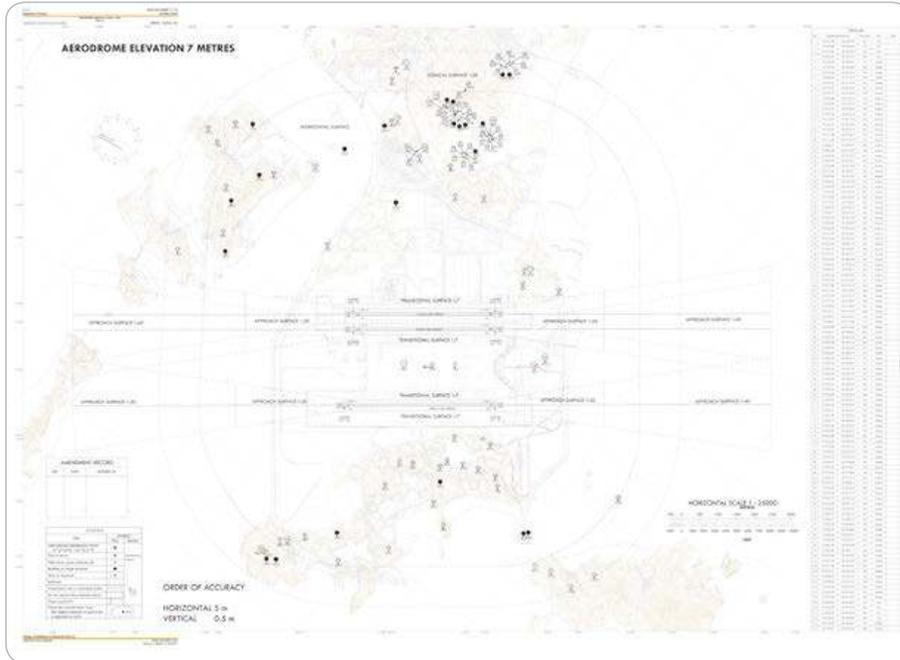
1.3.4.5 터미널 구역도

(Terminal Area Chart, TMA)

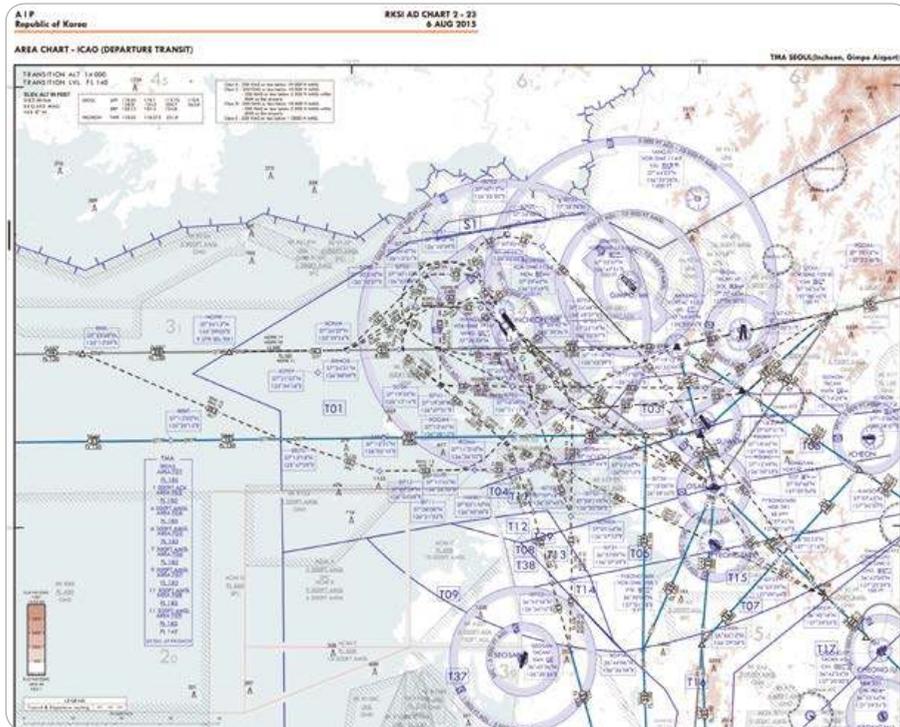
공항 인근 주요 지형지물을 묘사하여 시계비행 조종사들에게 필요한 정보를 제공한다. 또한, 대형 공



[그림 1-28] 항공기 지상이동 경로도



[그림 1-29] 비행장 장애도



[그림 1-30] 터미널 구역도

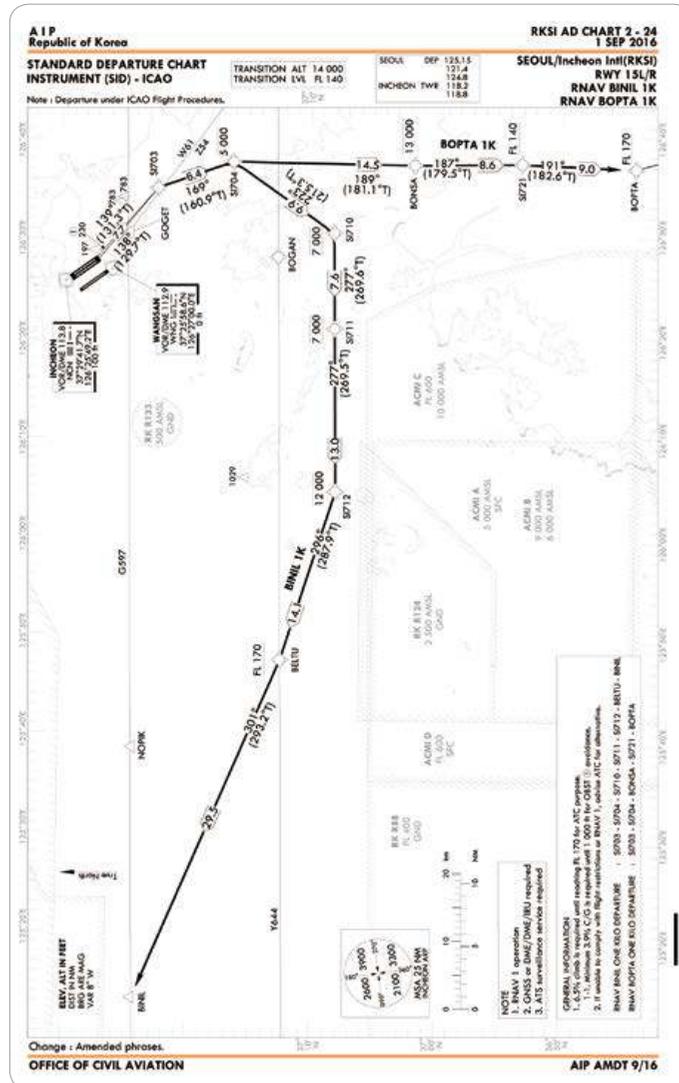
항 주변의 혼잡한 공역에서의 접근, 출발 절차에 대한 정보를 포함한다.

1.3.4.6 표준 계기출발 절차

(Standard Instrument Departure, SID)

표준 계기 출발 절차는 특정 공항에 인가 전달 절차(Clearance delivery procedures)를 단순하게 하

기 위해서 설정된 항공 교통 관제 출발 절차이다. 이를 사용하기 위해서 조종사는 최소한 표준 계기 출발 절차의 원본 기술서(Textual description)를 소지하여야 한다. 사용을 원치 않을 시에는 비행계획(Plan)의 비고(Remarks)란에 “NO SID”를 명시하여야 한다.



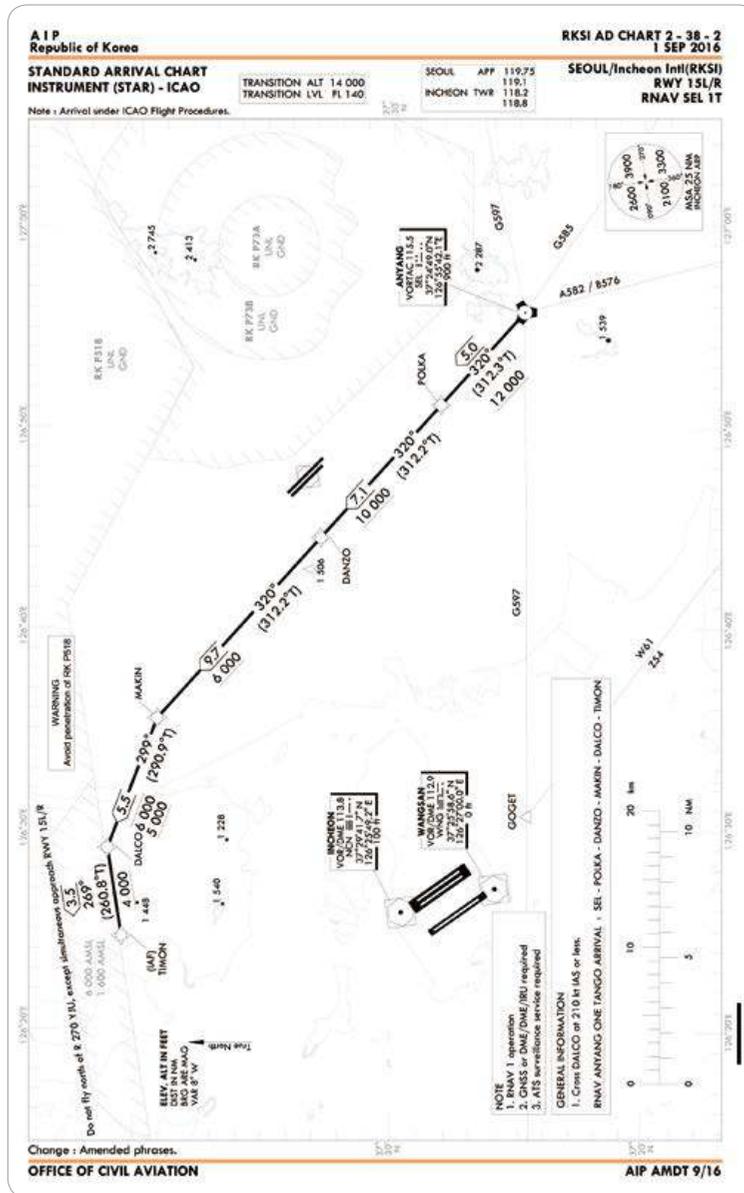
[그림 1-31] 표준 계기 출발 절차

1.3.4.7 표준 입항 절차

(Standard Terminal Arrival, STAR)

표준 입항 절차는 계기비행으로 비행하는 항공기를 위해 목적 공항으로의 비행경로를 부호화한 절차이다. 인가 전달 절차를 간소화하고 항로에서 계

기 접근으로 전환을 쉽게 한다. 이를 수행하기 위해서 조종사는 최소한 표준 입항 절차의 원본 기술서를 소지해야 하며, 사용을 원치 않을 시에는 비행계획서의 비고란에 “NO STAR”를 기입한다.



[그림 1-32] 표준 입항 절차

1.3.4.8 항공교통관제 감시 최저 고도 항공도
(ATC Surveillance Minimum Altitude Chart)

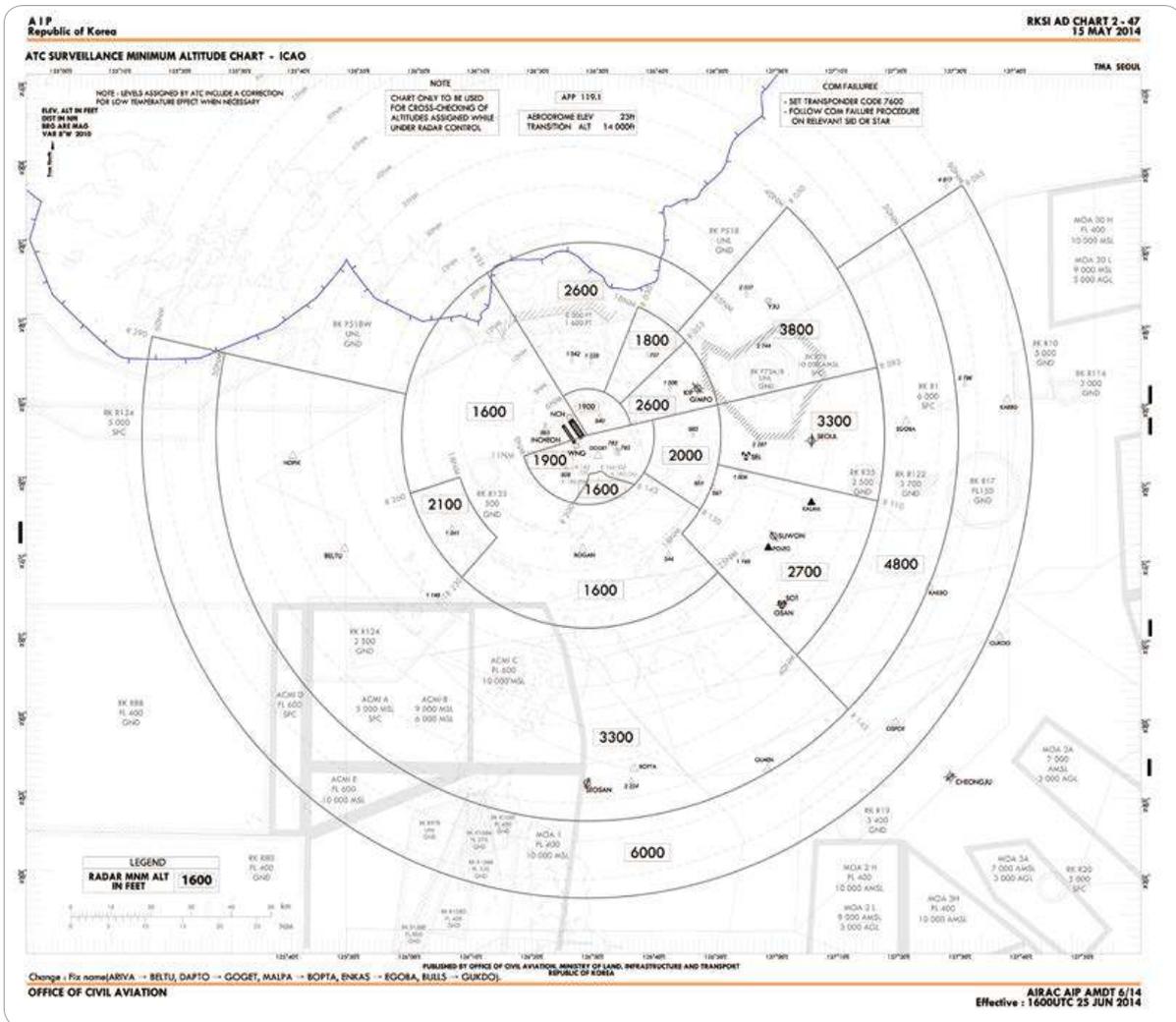
공항 인근의 각 섹터(Sector)들에서 관제기관이 감시 가능한 최저 고도를 나타낸다. 지형지물이나 기타 이유로 그 고도 이하로 내려갈 경우 위험하거나, 관제기관이 감시할 수 없음을 나타낸다. 이 항공도는 항공기가 레이더 관제 하에서 고도를 결정하기

전 대조 확인을 위하여서만 사용되어야 한다.

1.3.4.9 계기 접근 절차도

(Instrument approach procedure chart)

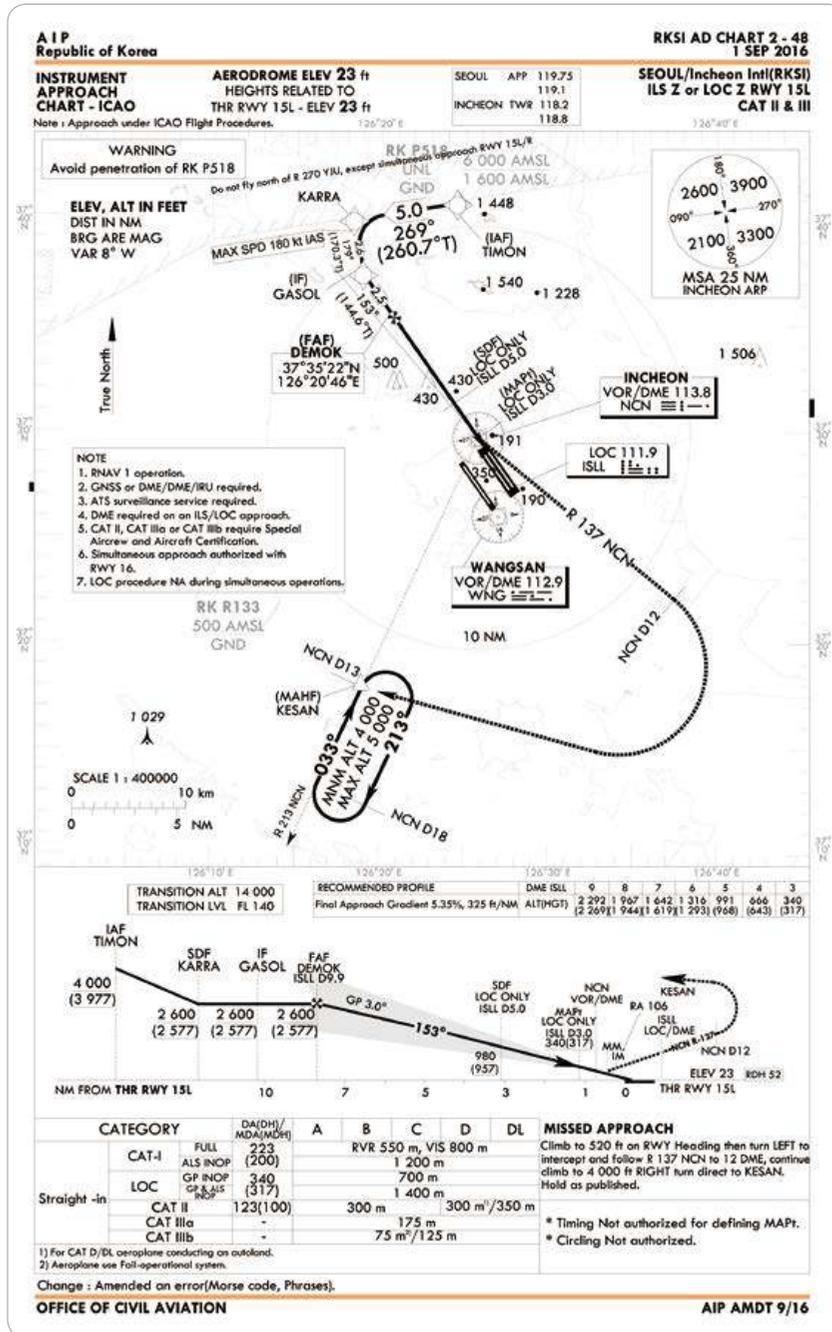
계기 접근을 실시하는 데 필요한 자료를 담고 있다. 해당 접근 절차를 사용하기 위한 항법자료, 통신정보가 기입되어 있고, 지형지물을 묘사한 지도가 있으며, ILS(Instrument Landing System),



[그림 1-33] 항공교통관제 감시 최저 고도 항공도

VOR(VHF Omni-RADAR), NDB(Non-Directional Beacon), RNAV(Area Navigation)

등 특정 항법 보조 장비를 사용한 착륙을 위한 절차와 접근/착륙에 실패했을 때의 절차를 담고 있다.



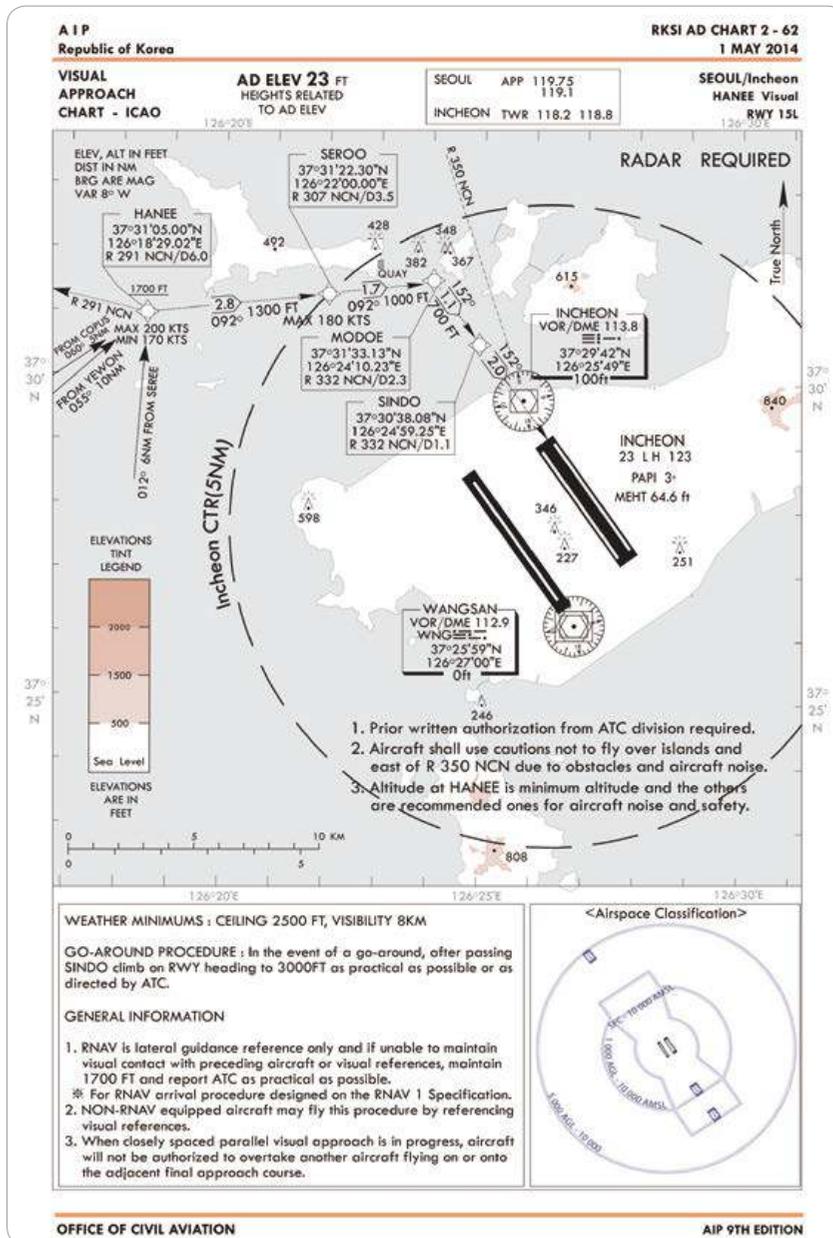
[그림 1-34] 계기 접근 절차도

1.3.4.10 시계 접근 절차도

(Visual approach procedure chart)

계기비행(IFR) 항공기가 계기접근절차의 일부분 또는 전부를 수행하지 않고 지형지물을 육안 참조하

여 접근하고자 할 때의 절차와 기상 최저치 등을 규정하고 있다. 또한, 접근에 실패했을 때의 절차도 포함하고 있다.



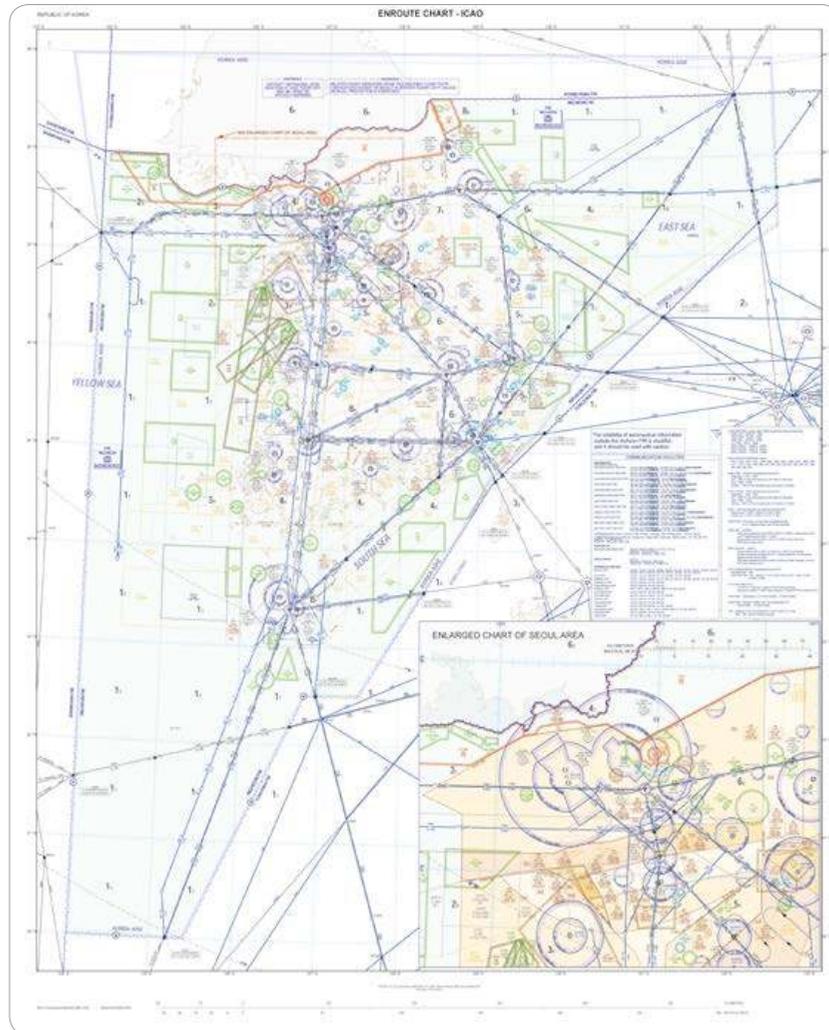
[그림 1-35] 시계 접근 절차도

1.3.4.11 기타 항공도(Other Charts)

위의 항공도 이외에도 공항의 실정에 따라 지형지물에 의해 생기는 난기류를 표시한 항공도 또는 철새의 이동을 관측하여 철새들의 주된 이동 경로를 표시하여 경고하는 항공도 등 각 공항의 실정에 맞춘 다양한 항공도들이 제공되므로 조종사는 공항에서 이륙하거나 착륙하기 전 각 항공도를 확인하여 숙지해 두어야 할 필요가 있다.

1.3.4.12 항로지도(Enroute Chart)

상기의 항공도들이 공항에 대한 내용을 담은 항공도라면 항로지도는 전 세계의 항로를 구역별로 나누어 담은 항공도이다. 비행을 계획하거나 비행 중에 항로에 대한 정보를 알고자 할 때 이를 사용할 수 있으며, 그 외에도 각 공항별 접근관제소(Approach)의 주파수와 간단한 공항 정보도 함께 수록되어 있다.



[그림 1-36] 항로지도

우리나라에서 제공되는 항공정보간행물에서 항로 지도는 비행 금지/비행 제한 구역 및 군 훈련 구역, 민간 훈련 구역, TMA 등을 명시해 두고 있으므로 우리나라에서 비행하기 위한 항로 및 구역에 대한 정보를 모두 갖추었다고 할 수 있다.

1.3.4.13 표식(Symbol)

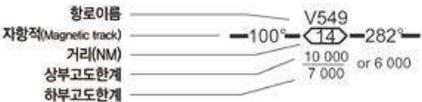
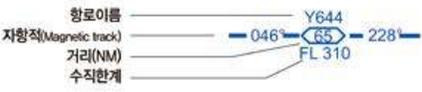
각종 항공도는 한정된 면적 안에 많은 정보를 담아야 하므로 약속된 표식과 틀을 이용해 정보를 제공한다. 그러므로 항공도를 사용하기에 앞서 각 표식의 의미들을 알아두어야 할 필요가 있다.

[표 1-2] 공항 및 구역, 구역에 사용되는 표식

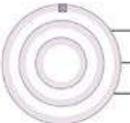
| 기호 | 내용 | 비고 |
|---|---|----|
|  | 민간공항 | |
|  | 군공항 | |
|  | 민군 공동 사용 공항 | |
|  | 공항에 대한 간략한 정보를 나타낸다. INCHEON: 공항의 이름 23: 공항의 표고 L: 풍향풍속계 등의 장비가 활주로 어느 방향에 있는지 나타냄(L=왼쪽, R=오른쪽) H: 활주로 표면에 대한 구분(H: 단단한 포장의 일반적인 4계절 사용 활주로) 123: 공항의 활주로들 중 가장 긴 활주로의 길이에서 뒤의 두 자리를 제하고 백 단위의 feet로 나타낸다. | |
|  | 방공식별구역(Air Defence Identification Zone, ADIZ)의 경계를 나타낸다. | |
|  | 비행정보구역(Flight Information Region, FIR)의 경계를 나타낸다. | |
|  | 비행정보구역에 대한 정보를 나타낸다. INCHEON: 비행정보구역의 이름 UNL: 구역의 상부 고도 한계. 이 경우 무제한 GND: 구역의 하부 고도 한계. 이 경우 지표면 INCHEON ACC: 구역을 관장하는 기관 | |
|  | 공항관제구역(Terminal control Area, TMA)의 경계를 나타낸다. | |
|  | 공항관제구역에 대한 정보를 나타낸다. SEOUL: 공항관제구역의 이름 AREA [T 01]: 공항관제구역 번호 FL185: 구역의 상부 고도한계 1000AGL: 구역의 하부 고도한계 SEOUL APP: 구역을 관장하는 기관 | |
|  | 교통흐름, 관제사 업무량 등을 고려해 나누어진 공항관제구역 내 섹터의 경계를 나타낸다. | |
|  | 민간항공훈련구역(Civil Aircraft Training Area, CATA)에 대한 정보를 나타낸다. CATA 5: 민간항공훈련구역의 이름 7000 AMSL: 구역의 상부 고도 한계 1000 AMSL: 구역의 하부 고도 한계 | |

| 기호 | 내용 | 비고 |
|---|--|----|
|  | 비행장 교통 구역(Aerodrome Traffic Zone, ATZ)에 대한 정보를 나타낸다. Gapyeong ATZ: 비행장 교통 구역의 이름 □ D □ : 공역 구분 SFC-1500ft AGL: 비행장 교통 구역의 고도 범위 | |

[표 1-3] 항공로에 사용되는 표식

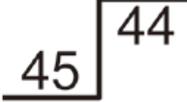
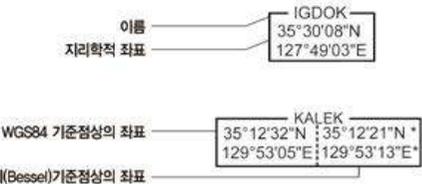
| | |
|---|--------------------|
|  | 항공로 (ATS Route) |
|  | 지역항법 (RNAV) |

[표 1-4] 공역에 사용되는 표식

| | | |
|---|--|---------|
|  | Airway(FL 200 ABV - FL 600) | Class A |
|  | 5NM Radius 10NM Radius 20NM Radius | Class B |
|  | 5NM Radius 10NM Radius | Class C |
|  | 5NM Radius SEOUL TMA | Class D |

* Class E와 Class G는 고도로 지정되어 있으나 별도 표시하지 않음

[표 1-5] 각종 지점에 사용되는 표식

| | |
|--|--|
|  | 항공표식시설 주파수 변경점 (Change - Over Point, COP) |
|  | 중요지점의 표식 |
|  | 의무보고 지점 |
|  | 요청 시 보고 지점 |
|  | VOR의 종류에 따른 표식 |
|  | 방위 표지판 (일반적으로 자북을 기준으로 그려짐) |
|  | 무지향표지시설 (Non - Directional radio Beacon, NDB) |
|  | 항법장비 설명 |

1.4 항법계획(Navigation planning)

1.4.1 Aeronautical chart

항공도는 시계비행(VFR)을 하는 조종사에게 지침서 역할을 한다. 항공도는 차트는 조종사에게 자신의 위치를 확인할 수 있는 정보와 비행 안전을 위한 유용한 정보를 제공한다. 시계비행 조종사가 사용하는 항공도는 다음 3가지이다.

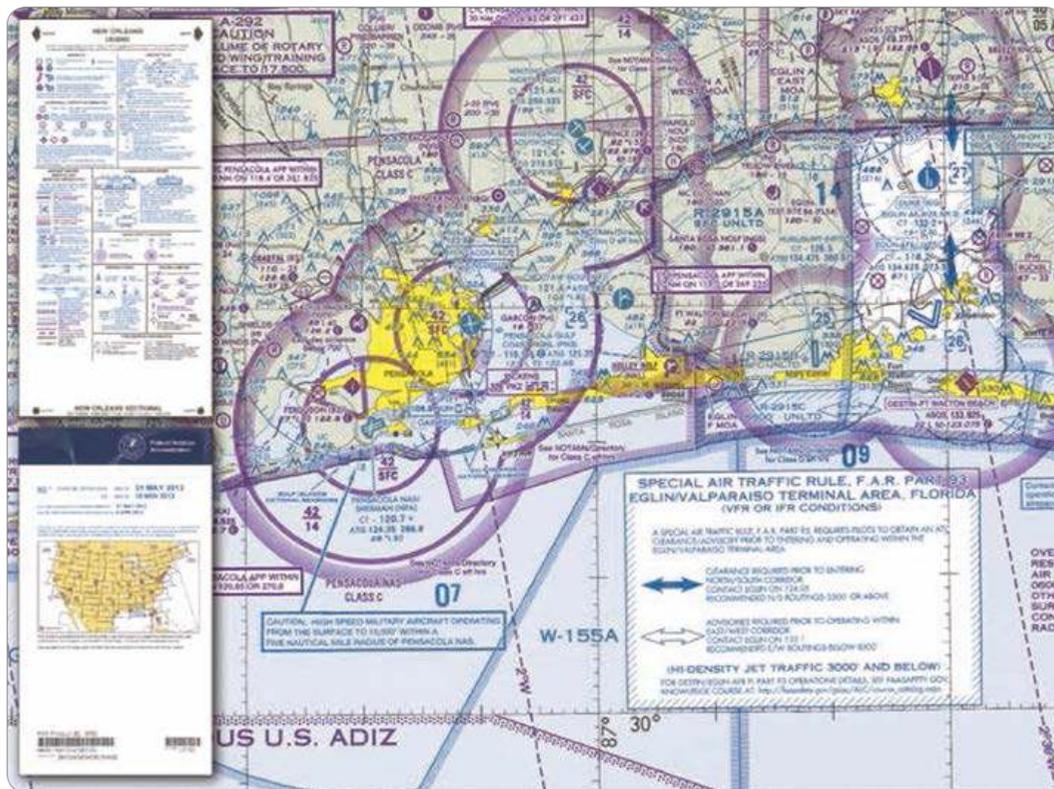
- Sectional
- VFR Terminal Area
- World Aeronautical

무료로 제공되는 항공도와 관련 출판물, 그리고 유료항공도, 출판물의 가격과 주문에 관련한 사항은 NACG(National Aeronautical Charting Group)에서 확인할 수 있다(www.naco.faa.gov).

1.4.1.1 Sectional Charts

Sectional Charts는 현재 조종사들에게 가장 보편적으로 사용되는 지도이다. 지도의 축척은 1:500,000이다. 참고로 1인치는 6.86NM 또는 약 8SM으로 한다. 이 덕분에 보다 자세한 정보가 지도 상 표기될 수 있다.

아래 지도는 공항 정보, 항로표시, 구역 및 지형 등 풍부한 정보를 제공한다.



[그림 1-37] Sectional Chart and Legend

[그림 1-37]은 Sectional charts의 범례를 나타낸 것이다. 조종사는 차트의 범례를 참조하여 차트상의 거의 모든 정보를 해석할 수 있다. 이와 더불어 조종사는 공역이나 항공교통관제(ATC) 주파수를 포함한 다른 내역들도 반드시 확인해야 한다. 이러한 차트는 1년에 한 번씩 개정되는 미국과 인접한 일부 지역을 제외하면 6개월에 한 번씩 개정된다.

이 차트는 저속 및 중속 항공기의 시계비행항법(Visual Navigation)을 위한 것이다. 지형상의 정보(Topographic information)는 시계비행을 위한 모든 시각적 정보를 표시한다. 시각적 정보는 도시와 마을, 길, 철도 등의 지형지물과 문화적 특징을 포함한다. 항공 정보는 시각적인 정보 그리고 라디오 항법 시설, 공항, 관제구역, 특별 사용 공역, 장애물과 관련된 데이터를 포함한다. 축적은 1:500,000(1inch=6.86NM)이며, 펼쳤을 때 60×20인치의 크기이고 접었을 때 5×10인치이다. 일년마다 수정되는 알래스카 지역의 일부 차트를 제외하면 반년마다 수정된다.

1.4.1.1.1 VFR Navigation Chart(TAC)

TAC(Terminal Area Chart)는 Class B공역으로 지정된 공역을 표시한다. TAC는 Sectional Chart와 비슷하지만 축적이 커서 더욱 세밀하다. TAC는 Class B 또는 C 공역 근처 비행장에서의 항공기 운영 및 입출항을 위해 사용된다. TAC의 적용범위는 Sectional Chart상의 ●로 표시된다. 축적은 1:250,000(1inch=3.43NM)이며 1년마다 수정되는 Puerto Rico-Virgin Island를 제외하면 반년마다 수정된다.

1.4.1.2 World Aeronautical Charts

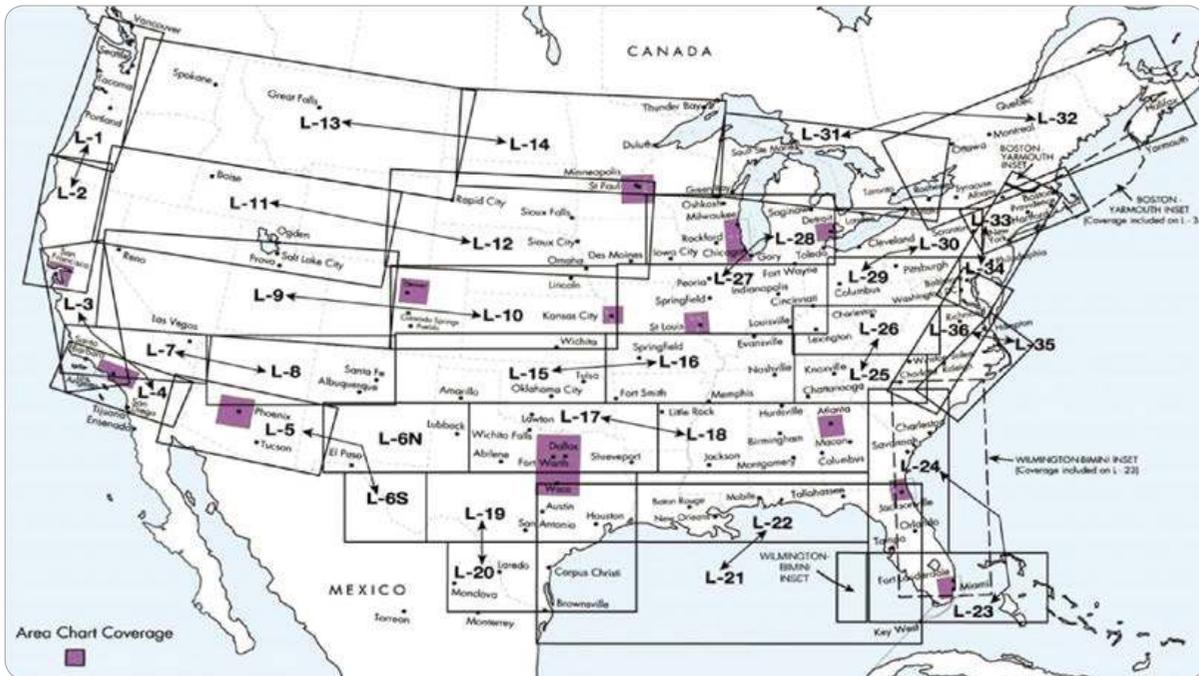
World Aeronautical Charts는 일반적인 속도로 비행하는 항공기에 편리하도록 세계의 지형을 커버하는 표준 항공도로 사용할 수 있게끔 크기와 축적을 고려하여 만들어졌다. 이 차트의 축적은 1:1,000,000이다. 참고로 1인치는 13.7NM 또는 약 16SM으로 표기한다. 이 차트는 Sectional Chart와 비슷하며, 기호는 축적 차이에 의해 sectional chart에 비해 덜 자세한 것을 빼고는 sectional chart와 비슷하다. 알래스카, 멕시코, 캐리비안 지역 등 몇몇 지역을 제외하면 2년에 한 번씩 개정된다.

이 차트는 고고도 중속 항공기의 육상항법에 적합하며 색조로 나타낸 도시, 주요한 길, 철도, 특징적인 지상 참조물 표시, 배수로 형태, 그리고 양각모양이 포함된다. 항공 정보는 시각적인 정보 그리고 라디오 항법 시설, 공항, controlled airspace, 특별 사용 공역, 장애물과 관련 있는 정보를 포함한다. 작은 축적 때문에, WACs는 Sectional 혹은 TACs만큼 자세한 세부사항을 나타내지 못한다. 그러므로 저속, 저고도 항공기 조종사에게는 추천되지 않는다. 1:1,000,000(1inch=13.7NM)의 축적으로 작성된다. 펼쳤을 때 60×20인치의 크기이며 접었을 때 5×10인치 크기가 된다. WACs는 알래스카와 카리브 해의 일부를 제외하고 2년마다 수정된다.

1.4.1.3 IFR Navigation Charts

1.4.1.3.1 IFR Enroute Low Altitude Charts

이 차트는 1만 8,000피트 미만의 저고도 계기비행항법을 위한 항공정보를 제공한다. 이 4색의 차트 시리즈는 아래와 같은 정보를 포함한다.



[그림 1-38] IFR Enroute Low Altitude Charts

- 항로 및 통제된 공역에 대한 정보
- VHF NAVAID의 주파수, 식별부호, 채널, 지리적인 좌표
- 최저 순항고도, 장애물 통과를 위한 허가된 고도
- 항로 길이
- 보고지점
- 특별 사용 공역
- 군 훈련 항로에 대한 정보함

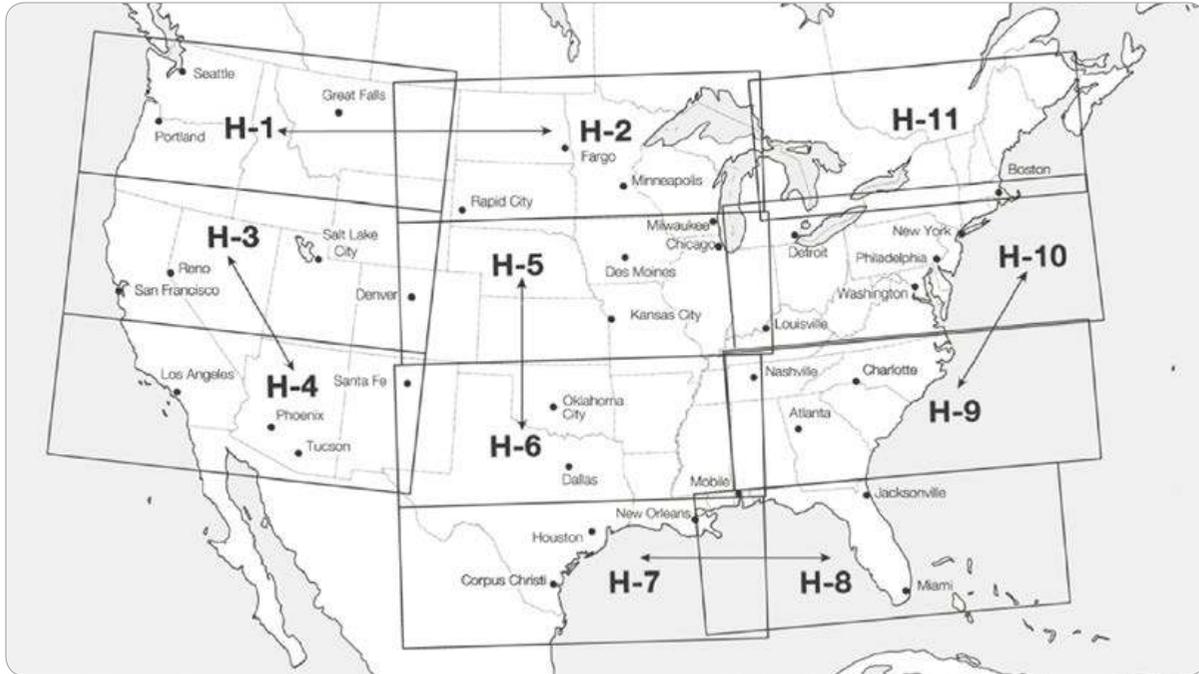
축척은 1inch = 5nm에서 1inch = 20nm이다. 차트는 56일마다 수정된다. 차트상에서조밀 지역은 큰 축척으로 묘사된다. Area Chart는 교통이 혼잡한 지역에서 대축척의 Terminal Data를 제공한다.

1.4.1.3.2 IFR Enroute High Altitude Charts

이 차트는 1만 8,000피트 이상의 고고도 계기비행 항법의 항로 항법을 위한 항공정보 제공을 위해 작성된다. 항공정보는 VHF NAVAID의 주파수, 식별부호, 채널, 지리적인 좌표, 선택된 공항, 보고지점을 포함한다. 축척은 1inch = 45nm에서 1inch = 18NM까지 사용된다.56일마다 수정된다.

1.4.1.4 Terminal Procedures Publication(TPP)

TPPs는 미국, 푸에르토리코와 Virgin 제도를 24권의 가제식(페이지를 뺀다 끼웠다 할 수 있는)이거나 완전한 묶이는 책으로 발표된다. Change Notice는 완전한 묶이는 형태의 개정의 중간 사이에 발행되고, AeroNav 웹 사이트 무료 다운로드를 이용할 수 있다. The TPPs는 다음을 포함한다.



[그림 1-39] FR Enroute High Altitude Charts

1.4.1.4.1 Instrument Approach Procedure(IAP) Charts

IAP Charts는 공항으로 계기접근을 수행하는 데 필요한 항공 자료들을 도시한다. 각 차트는 IAP, 관련된 항법자료, 무선교신정보 및 공항형태도(Airport sketch)를 포함한다. 각 절차는 ILS, VOR, NDB, RNAV 등과 같은 특정한 전자항법 보조 장비의 사용을 지정해 놓고 있다.

1.4.1.4.2 Instrument Departure Procedure(DP) Charts

이 차트는 비행인가 전달을 신속히 하고 이륙 후 항로비행으로의 전환을 용이하게 하기 위해 작성되었다. 그래픽, 또는 원문 형태로 출항경로정보를 제공한다.

1.4.1.4.3 Standard Terminal Arrival(STAR) Charts

이 차트는 ATC 입항 절차를 신속히 처리하고 항로비행으로부터 계기접근 비행으로의 전환을 용이하게 하기 위해 작성되었다. 그래픽과 원문형태로서 지정된 IFR ATC 입항 절차를 제공한다. 각 STAR 절차는 분리된 차트로 작성되며, 주어진 지리적 범위에서 하나 이상의 비행장에 제공된다.

1.4.1.4.4 Airport Diagrams

복잡한 공항의 활주로/유도도에서의 지상이동에도움을 주기 위해 페이지 전체에 비행장이 도시되었으며 항공기에 탑재된 항법장비에 지리적 위치에 관한 정보를 Update하는 데 도움을 준다. 공항 표면도는 AeroNav 웹사이트에서 무료로 다운로드를 할 수 있다.

1.4.1.5 PLANNING CHARTS

1.4.1.5.1 VFR/IFR Low Altitude Planning Chart

이 차트는 VFR/IFR 비행을 위하여 비행 전과 VFR/IFR 항로비행 계획을 위해 작성되어 있다. 이 차트는 낮은 고도 항로들과 총 마일 수, NAVAIDs, 공항, 특별 사용 구역, 도시, 시간대, 주요한 강, 구역 등급에 따른 공항들의 구분, 또한 주요 공항들 사이의 거리를 보여주는 총 마일 수를 포함하여 묘사한다. 축척은 1:3,400,000(1inch = 47nm)이다. 차트는 매년 수정된다. 축척은 1:3,400,000(1inch = 47NM)이다.

1.4.1.5.2 Charted VFR Flyway Planning Chart

VFR Terminal Area Chart 뒷면에 수록되어 있다. 범위는 TAC와 같다. 복잡한 항공교통 지역을 통과하는 추천된 비행경로 및 고도를 나타낸다. 또한, 지상 참조물은 시각적인 항법에 도움을 주고자 제공된다. Flyway planning 차트는 TAC와 sectional charts를 함께 사용하기 위해 디자인되지만 항행을 위해 사용되지는 않는다. 축척은 1:250,000(1inch = 3.43NM)이다.

1.4.1.6 Supplementary Charts and Publications

1.4.1.6.1 Airport/Facility Directory(A/FD)

7권의 소책자 시리즈는 비행장 정보, 수상비행장, 헬리포트, NAVAID, 통신 자료, 기상 자료, 구역, 특별한 주의사항들과 운영절차들을 포함한다. 적용범위는 미국에 인접하는 Puerto Rico와 Virgin Islands의 정보를 포함한다. A/FD는 그림으로 묘사할 수 없는 자료(공항운영시간, 사용 가능한 연료타입, 활주로 폭, 조명시설 등)를 보여준다. Sectional

and Terminal Area Chart가 일반적으로 6개월마다 발행되는 반면 이 책자는 매 56일마다 수정된다. VFR Chart Update Bulletins는 AeroNav web site에서 무료로 다운로드를 할 수 있다.

1.4.1.6.2 Chart Supplement Pacific

이 보충판은 사용에 적합한 VFR 또는 IFR 항로에 사용하기 위한 차트이다. 이 한편의 책자에는 A/FD, 통신 자료, 기상 자료, 구역, 항법 시설, 특별한 주의사항들 그리고 태평양 지역의 절차들이 포함되어 있다. IAP charts, DP charts, STAR charts, airport diagrams, radar minimums 그리고 하와이와 태평양 섬들을 포함하는 보조 자료들이 포함된다. 이 매뉴얼은 매 56일마다 발간된다.

1.4.1.6.3 North Pacific Route Chart

대양횡단 비행을 모니터링하는 FAA 관제사들을 위해 제작되었다. 지리학적 위치의 보고 지점을 포함하는 대륙 간 항로를 보여준다. Composite Chart: Scale 1inch = 164nm/1:12,000,000. Area Charts: Scale 1inch = 95.9nm/1:7,000,000의 비율로 만들어진다. 차트는 매 56일마다 개정된다.

1.4.1.6.4 North Atlantic Route Chart

대서양 횡단 비행을 모니터링하는 FAA 관제사들을 위해 디자인 되었다. 이 다섯 색상의 차트는 대양의 관제 구역, 연안의 항법 보조, 대양의 보고 지점 그리고 NAVIAD의 지리학적 좌표를 나타낸다. Full Size Chart: Scale 1inch = 113.1nm/1:8,250,000. Half Size Chart: Scale 1inch = 150.8nm/1:11,000,000의 비율로 만들어

진다. 차트는 매 56주마다 개정된다.

1.4.1.6.5 Airport Obstruction Chart(OC)

OC는 14 CFR Part 77:Objects Affecting Navigable Airspace, 지표면, 지표면들을 통과하는 대상들에 대한 묘사, 항공기의 이동지역과 에이프런 지역, 항행보조시설, 저명한 공항 건물, 그리고 선택된 도로와 공항 근처의 다른 평면 측량 결과에 대한 세부 사항들을 묘사하는 1:12,000 축척의 도표이다. OC는 또한 활주로 목록과 다른 사용 가능한 자료를 포함한다.

1.4.1.6.6 FAA Aeronautical Chart User's Guide

소책자는 교본과 참조 문서로 사용되기 위해 디자인되었다. FAA's aeronautical 차트와 발행물에 제공된 정보의 상당량을 기술한다. 책자는 차트 용어, 차트 타입에 따른 기호들의 삽화의 설명을 포함한다. 이 책자는 AeroNav web site를 통해 무료로 다운로드를 할 수 있다.

1.4.1.7 DIGITAL PRODUCTS

1.4.1.7.1 The Digital Aeronautical Information CD(DAICD)

DAICD는 NAVAID Digital Data File, Digital Chart Supplement, Digital Obstacle File을 디스크 한 장에 결합한 것이다. 이 세 디지털 제품은 더 이상 부분적으로 판매되지 않는다. 파일은 매 56일마다 업데이트되며 오직 예약으로만 사용 가능하다.

The NAVAID Digital Data File

이 파일은 National Airspace System 내에 호환

되는 NAVAIDs의 현 리스트를 포함한다. 이 파일에는 ILS와 구성요소, U.S, 푸에르토리코와 버진제도를 포함하여 캐나다, 멕시코와 대서양과 태평양지역의 경계선이 포함되어 있다.

The Digital Obstacle File

이 파일은 Pacific, Caribbean, Canada, and Mexico의 제한된 범위와 미국 영토를 비행하는 조종사가 주의하여야 할 모든 장애물을 표시한다. 장애물은 식별자와 정확한 코드가 다른 장애물과 겹치지 않도록 할당되고, 각 주나 지역 안에서 위도가 증가하는 순서에 따라 정렬된다.

The Digital Aeronautical Chart(DACS)

DACS는 즉시 이용할 수 없는 디지털 영공 데이터(Digital Airspace Data, DAT)를 제공하기 위해 특별히 디자인된다. 보충판은 개정판들의 중간에서 IAPFIX, DAT를 위한 Change Notice를 포함한다. Change Notice는 AeroNav 웹사이트에서 무료 다운로드가 가능하다.

1.4.1.7.2 The National Flight Database(NFD) (ARINC 424 [Ver 13 & 15])

NFD는 GPS 운항을 지원하기 위해 국제 표준으로 설계된 기본 정보 모음이다. 초기 데이터 요소는 비행장, 헬리콥터 기록, VHF와 NDB 항법 지원 장비 및 항로와 항로 중간 지점을 포함한다. 몇몇 부가적인 데이터 요소(Departure procedures, standard terminal arrivals andGPS/RNAV instrument approach procedures.)들은 발표 후

에 추가된다. 데이터베이스는 매 28일마다 업데이트된다. 데이터는 CD-ROM 또는 ftp 다운로드를 통해 배포되며 오직 예약으로만 사용 가능하다.

1.4.1.7.3 Sectional Raster Aeronautical Charts (SRAC)

디지털 VFR 차트는 FAA sectional charts의 지표참조물이 데이터를 주사한 이미지이다. 추가적인 디지털 데이터는 일반적으로 Geographic Information System software를 사용하고 있는 Raster image에 쉽게 덮여질 수 있다. 기상이나 일시적인 비행 제한, 장애물 또는 다른 지구공간의 데이터는 여러 가지 필요성을 지원하기 위해 SRAC 데이터와 결합될 수 있다. 대부분의 SRAC는 북부와 남부 두 부분에서 제공된다. 파일의 해상도는 200dots/inch 이며, 8-bit 이다. 데이터는 GeoTIFF로 제공되고, DVD-R 미디어에서 배포된다. 변환 에러는 2 개의 픽셀을 초과해서는 안 된다. SRACs DVD는 매 28일마다 업데이트되며 오직 예약으로만 사용 가능하다.

1.4.2 기초적인 계산(Basic calculation)

야외비행(Cross-Country Flight)을 수행하기 이전에 조종사는 반드시 시간, 속도, 거리 및 연료 요구량에 대해 계산하여야 한다.

1.4.2.1 분을 적절한 시간형태로 변환하기 (Minutes Hours conversion)

빈번히, 속도, 시간, 그리고 거리에 관련한 문제를 풀 때, 분을 시간으로 변환하는 것은 필요하다. 분을

시간으로 변환하기 위해서는 60을 나누면 된다. 이는 1시간은 60분이기 때문이다. 이와 동일하게 30분은 $30/60=0.5$ 시간이 된다. 반대로 시간을 분으로 바꾸기 위해서는 60을 곱하면 된다. 가령, 0.75시간은 45분(0.75×60)이 나오는 것과 같다.

1.4.2.1.1 시간 = 거리/대지속도

$$(Time = Distance/Ground\ speed)$$

비행시간을 구하기 위해서는 거리(Distance)를 대지속도(GS)로 나누면 된다. 210NM을 GS 140Knots로 비행하는 데 걸리는 시간은 해서 1.5시간($210 \div 140$)이 나온다. 즉, 0.5에 60을 곱하면 30분이되기 때문에 1시간 30분이 된다.

1.4.2.1.2 거리 = 대지속도×시간

$$(Distance = Ground\ speed \times Time)$$

주어진 시간에 비행할 수 있는 거리를 구하기 위해서는 시간(T)에 대지속도(GS)를 곱하면 된다. GS 120Knots로 1시간 45분 비행한다면 해서 210NM(120×1.75)이 되는 것이다.

1.4.2.1.3 대지속도 = 거리/시간

$$(Ground\ speed = Distance/Time)$$

GS를 구하기 위해서는 필요시간을 비행거리로 나누면 된다. 항공기가 270NM을 3시간에 비행한다면 GS는 90knots($270 \div 3$)가 되는 것이다.

1.4.2.2 Knots 단위를 MPH(Miles Per Hour)로 변환하기(Knots MPH conversion)

Knots 단위를 MPH 단위로 변환하는 법을 살펴보자. 항공 산업에서는 MPH 단위보다 Knots 단위를

더 빈번히 사용한다. 그러나 속도문제가 생겼을 때 MPH 단위를 쓰는 것을 감안하여 이 둘을 변환하는 것을 살펴보는 것은 흥미로운 일이다. 항공기상청은 Surface wind와 wind aloft를 knots 단위로 발표한다. 그러나 비록 많은 항공기들이 현재 mph 단위와 knots 단위를 둘 다 표시하지만, 일부의 항공기에는 mph로만 속도가 표시된다. 그래서 조종사는 knots로 발표되는 바람의 세기를 mph로 변환시킬 필요성이 생기는 것이다.

1knot는 시간당 1해리(NM)를 의미한다. 1NM은 6,076.1feet이고 1SM은 5,280feet이므로, 이들의 변환율은 1.15이다. knots 단위를 mph 단위로 바꾸기 위해서는 knots 단위의 속도에 1.15를 곱하면 된다. 예를 들면, 풍속이 20knots라면 mph 단위로는 23mph가 되는 것이다.

대부분의 flight computer 또는 전자계산기는 이 변환을 할 수 있도록 되어 있다. 또 다른 빠른 변환 방법은 항공도의 아래쪽에 있는 NM과 SM의 scale을 이용하는 방법도 있다.

1.4.2.3 연료소비량(Fuel Consumption)

항공기의 연료 소비량은 시간당 갤런(Gallons per Hour이나 Pounds)으로 계산된다. 결론적으로 비행에 필요한 연료 요구량을 결정하기 위해서는 비행에 요구되는 시간을 반드시 알아야 한다. 비행시간에 연료가 소비되는 비율을 곱하면 연료 요구량이 구해진다. 예를 들면, 100knots의 속도로 400NM을 날기 위해서는 4시간이 필요하다. 항공기의 연료 소비량이 시간당 5갤런이라면, 총 연료 소비는 4×5, 즉 20갤런이 되는 것이다. 연료소비율은 많은 요소에 의해 결정되는데, 이는 엔진의 상태, 프로펠

러나로터의 피치, 프로펠러/로터의 rpm, 혼합비의 정도, 그리고 특히 순항속도의 비행에서 사용되는 HP(Horse Power)의 비율 등이다. 조종사는 경험이나 cruising performance chart를 이용하여 대략적인 소모율에 대해서 반드시 알아야 한다. 비행 시 필요 연료량에 더불어 비상에 대비한 충분한 연료도 탑재하여야 한다.

1.4.2.4 Plotter

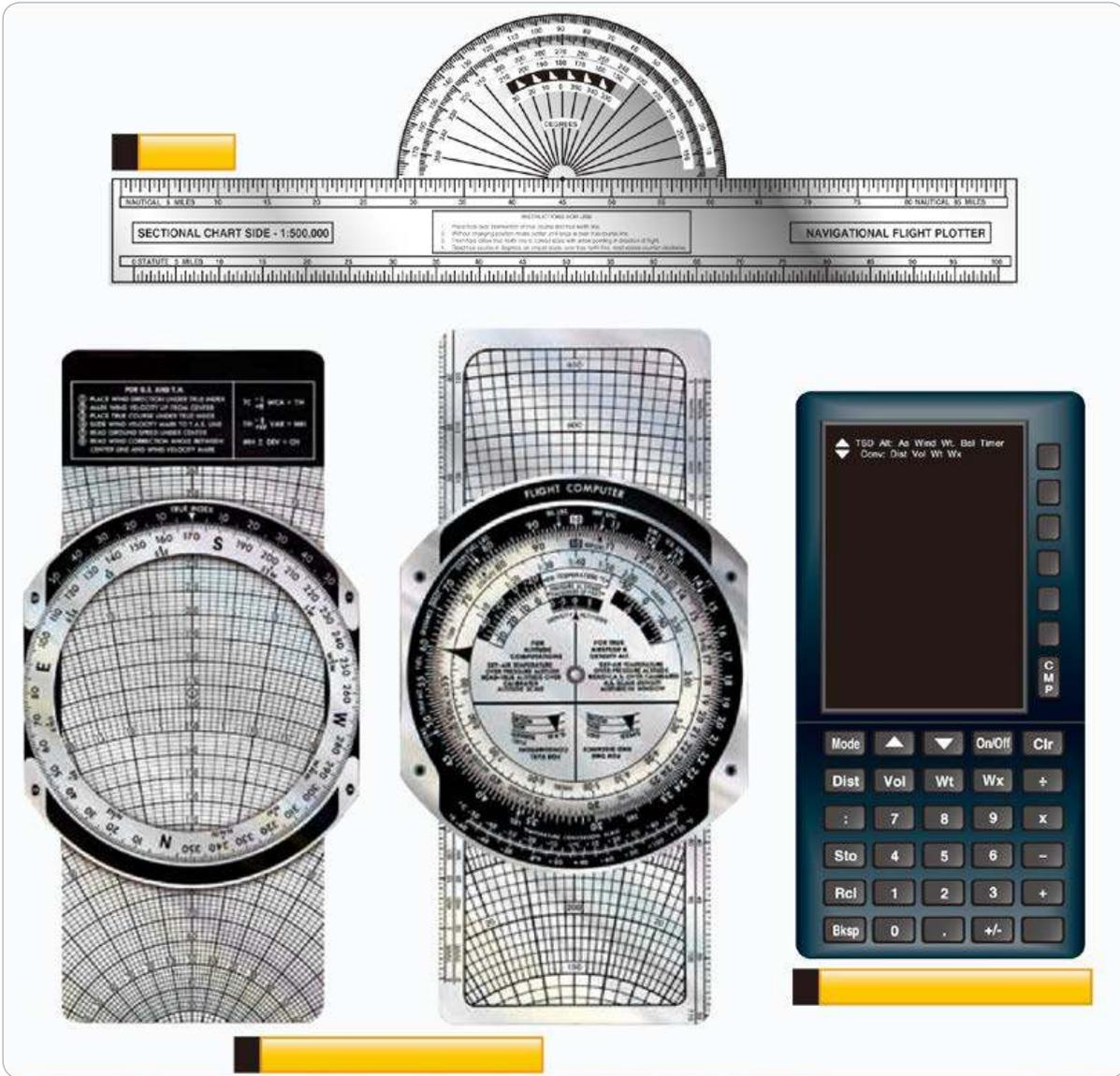
비행 계획에 있어 필요한 또 다른 기기는 자와 각도기로 구성된 plotter이다. 조종사는 true course나 거리를 측정하기 위해 이 plotter를 사용한다. 대부분의 plotter는 NM과 SM을 둘 다 잴 수 있는 자와 한쪽은 Sectional chart를, 또 반대쪽은 aeronautical chart를 위한 축척을 가지고 있다.

1.4.2.5 비행 컴퓨터(Flight Computer)

여기까지 단순히 수학적 계산식만 시간, 거리, 속도, 그리고 연료 소비량을 결정하기 위해 사용되어 왔다. 실제로는 대부분의 조종사들은 수동 또는 전자식의 비행컴퓨터를 사용한다. 이런 장비는 비행 계획과 항법에 사용되는 많은 문제들에 대한 계산을 수행할 수 있다. 수동식 또는 전자식 컴퓨터는 조종사가 기능이나 조작을 쉽게 할 수 있도록 각각 예제 문제를 포함한 설명서를 가지고 있다.

1.4.3 지문항법(Pilotage)

지문항법은 지상의 참조물이나 check point를 참조물로 삼아 비행하는 것이다. 이것은 충분한 check point를 가지고 있는 어떤 경로에서라도 사용할 수



[그림 1-40] Plotter, E6B, Flight Computer

있는 항법의 하나이다. 그러나 이 방법은 지문항법이나 VFR Radio Navigation과 병행하여 쓰이는 것이 일반적이다. 선택될 수 있는 check point는 반드시 비행 중 일반적으로 눈에 잘 띄는 형태여야 한다. Check point를 선택할 때, 도로나 강, 기차길, 호수 또는 발전소와 같이 빠르게 인지할 수 있는 것

으로 하여야 한다. 가능하다면, 고속도로, 강, 기차길이나 산처럼 항로의 각 방향별로 유용한 경계가 될 수 있는 것을 선택한다. 조종사는 지속적으로 항로로부터 많이 벗어나지 않도록 선택된 지형참조물의 경계를 참조하여 비행해야 한다. 이때 절대로 한 가지의 check point에 의존하면 안 되며 만약에 대

비해 충분한 check point를 선정해 놔야 한다. 만약 하나를 놓치게 되면, heading을 그대로 유지하고 다음 check point를 찾도록 한다. check point로부터의 위치를 결정할 때는 sectional chart상의 1인치는 8SM 또는 6.86NM임을 기억하라. 예를 들면, 선정된 check point가 차트상에 항로로부터 약 1.5인치 떨어져 있다면, 그것은 지상의 항로로부터 4SM이나 3.43NM 떨어져 있는 것을 의미하는 것이다. 좀 더 혼잡한 지역이라면, 차트상에 일부 작은 표지들은 기록되어 있지 않을 수도 있다. 만약 혼란스럽다면, heading을 고정하라. heading이 틀어진다면 길을 잃기 쉽기 때문이다. 차트상에 보이는 도로는 우선 교통량이 많은 도로이거나, 하늘에서 보았을 때 가장 분명하게 식별할 수 있는 도로이다. 새로 난 도로나 새로 지어지는 구조물 또는 차트상에 나와 있지 않은 참조물은 다음 차트가 발행될 때까지는 차트에 표시되지 않는다. 안테나와 같은 일부의 구조물은 찾는 데 어려울 수도 있다. 가끔 도시 가까운 곳에 TV 안테나들이 모여서 있을 수도 있다. 그것들은 보이지 않은 당김줄로 고정되어 있다. 가장 높은 안테나 높이를 기준으로 그 위로 500피트 이하로는 절대 접근하지 마라. 대부분의 높은 구조물은 조종사가 쉽게 볼 수 있도록 strobe light가 설치되어 있다. 그러나 특정의 기상상황이나 후광으로 인하여 그것을 찾기 어렵게 될 수도 있다. 항공도는 그것이 발간된 때 가장 신뢰할 수 있는 정보만을 기록하고 있다. 그러므로 조종사는 차트가 발간된 이후에 생기는 새로운 구조물이나 변화에 대해 항상 주의를 기울여야 한다.

1.4.4 추측 항법(Dead Reckoning)

추측항법은 시간, 속도, 거리와 방향에 기본을 둔 계산의 방식으로 수행되는 항법이다. 풍속과 속력, heading과 GS 등의 변동치를 적용함으로써 적절한 값들이 산출된다. 예상 heading은 항공기를 의도된 항로를 따라 비행하게 하고, GS는 각 check point와 목적지에 도달하는 시간을 산출하게 해준다. 수면 위를 비행하는 경우를 제외하고 추측항법은 일반적으로 야외비행을 위해 지문항법과 함께 사용된다. 산출된 Heading과 GS는 check point를 관측하는 지문항법에 의해 지속적으로 확인된다.

1.4.4.1 The Wind Triangle or Vector Analysis

바람이 없다면 항공기의 지표면에 그려지는 궤적은 항공기의 heading과 같을 것이고, GS는 진대기 속도와 같을 것이다. 그러나 이런 경우는 거의 없다. 조종사의 방법으로 방향에 대해 분석하는 Wind Triangle은 추측항법의 기본이 된다.

Wind Triangle은 비행 시에 바람의 영향에 대한 도식적인 설명과 같다. GS, Heading 그리고 비행 시간은 이 Wind Triangle을 이용하여 결정될 수 있다. 이는 간단한 야외비행뿐 아니라 대부분의 복잡한 계기비행에도 적용될 수 있다. 경험이 많은 조종사는 그림을 그리지 않아도 시계비행에 적절한 예상치가 만들어질 수 있도록 핵심적 원리에 매우 익숙해지게 된다. 그러나 새로 시작하는 학생은 바람의 영향을 완전히 이해할 수 있는 수단의 하나로 이 도식을 그리는 기술을 발전시키는 것이 필요하다. 훌륭한 조종사가 되기 위해서는 의식적으로나 무의식적으로나 wind triangle을 적용한 비행에 대해 생각



[그림 1-41] 바람 삼각형(Wind Triangle)

하고 또 적용할 수 있어야 한다.

바람이 북동쪽에서부터 불어올 때, 동쪽을 향하는 항로를 비행하고 있다면, 항공기는 반드시 draft를 상쇄시키기 위해 대충 북동쪽으로 기수가 향하고 있어야 한다. 이것은 그림에서 보듯, 도식으로 형상화할 수 있다. 각 직선은 방향과 속도를 나타낸다. 긴 청색과 흰 점선은 항공기의 기수가 향하고 있는 방향을 보여준다. 그리고 그것의 길이는 시간당 갈수 있는 속도를 나타낸다. 우측의 짧은 청색 화살표는 바람의 방향을 나타내고, 그것의 길이는 시간당 바람의 속도를 나타낸다. 황색 실선은 지표상에서 측정된 항공기 궤적의 방향을 나타내고 길이는 GS 또는 시간당 거리를 나타낸다.

실제로 그릴 때는 그림에 그려진 삼각형(triangle)이 그려지지 않는다. 대신에 그림에서 보이는 파랑, 노랑, 검정색 선으로 이루어진 비슷한 삼각형의 형태가 나타난다. 이는 다음 예에서 설명된다.

E지점에서 P지점으로 비행한다고 가정하자. 이 두 지점을 연결하는 직선을 항공도에 그린다. 자오선을 기준으로 하여 각도기나 plotter로 방향을 측정하라. 이것이 true course이다. 이 예제에서는 090°(동쪽)이라고 가정하자. 항공기상청에서 가고자 하

는 항로상의 고도에서 부는 바람이 40knots이고 바람방향은 045°(북동쪽)이라는 정보를 얻었다. 항공기상청의 풍속 정보가 knots이므로, 만약 항공기의 true airspeed가 120knots라면 풍속을 mph로 변환시킬 필요가 없다.

이제 종이에 남쪽과 북쪽을 표시하는 세로 직선을 긋는다(각각의 단계는 그림을 참조하기 바란다).

Step 1

각도기의 기준면을 세로로 그은 직선에 대고 곡면 쪽이 동쪽을 보게 한다. 기준면 중간 부분에서 “E(출발점)”이라 표기한 점을 찍는다. 그리고 곡선면에 90° 지점에 점을 찍는다(true course의 방향을 표기). 그 다음 45° 지점에 다른 점을 찍는다(바람 방향 표기).

Step 2

자를 이용해 점 E로부터 90° 지점에 표기한 점으로 true course를 표기하는 직선을 긋는다. 그리고 거기에 “TC 090”이라고 표기한다.

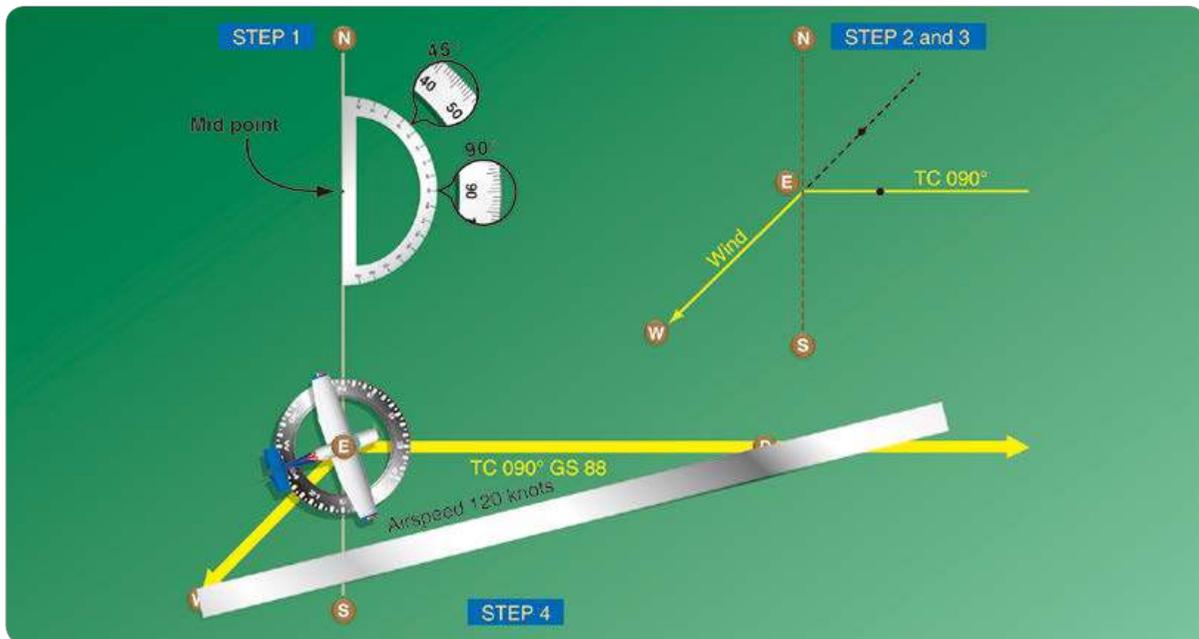
Step 3

그 다음, E 지점과 45° 지점에 찍은 점에 자를 대고 E 지점으로부터 바람을 나타내는 화살표를 긋는다. 이때 45° 지점 쪽으로 긋는 것이 아니라 그 반대 방향으로 긋는다. 화살표 길이는 풍속이 40knots 라는 것을 나타내기 위해 40칸이 되게 한다. 화살표 끝에다 이 화살표가 바람을 나타낸다는 것을 표시하기 위해 “W”자를 적어 넣는다.

Step 4

마지막으로, 자의 눈금 120칸을 재서 이 지점에 점을 찍어 air speed를 표기할 것이다. 여기서 칸이라고 하는 것은 아주 유용한 수치나 값을 대변할 수 있다(말하자면 1/4인치는 10knots 등 말이다). 그러나 한번 칸이 대변하는 값이 정해지면 같은 단위의 수치 값으로 쓰여야 한다. 일단, 자를 화살표 머리

(W)끝과 이전에 자에 표기한 120knots 점이 true course 직선과 만나도록 선을 그은 후 “AS 120”이라 표기한다. 이 만나는 점에 “P”라고 표기한다. 이것이 1시간 비행 후 항공기의 위치를 나타내는 점이다. 이렇게 하면 도식 그리는 것은 끝났다. 1시간 동안 비행한 거리(GS)는 true course line에 자를 대어서 칸의 개수로 측정될 수 있다(88NMPS 또는 88knots). Drift를 상쇄시키기 위한 True heading은 airspeed line의 방향으로 알 수 있다. 이는 다음 두 가지 방법 중 하나로 측정될 수 있다. 첫 번째는 [그림 1-43]과 같이 남북으로 그은 선에 각도기의 직선면을 대고 그 중심을 airspeed line과 남북으로 그은 선과의 교차점에 만나게 한 다음, 몇 도인지 바로 읽는 방법(076°)이다. 두 번째는 [그림 1-44]와 같이 True course line에 각도기의 직선면을 대고, 그 중심을 P와 만나게 한 다음, true course와

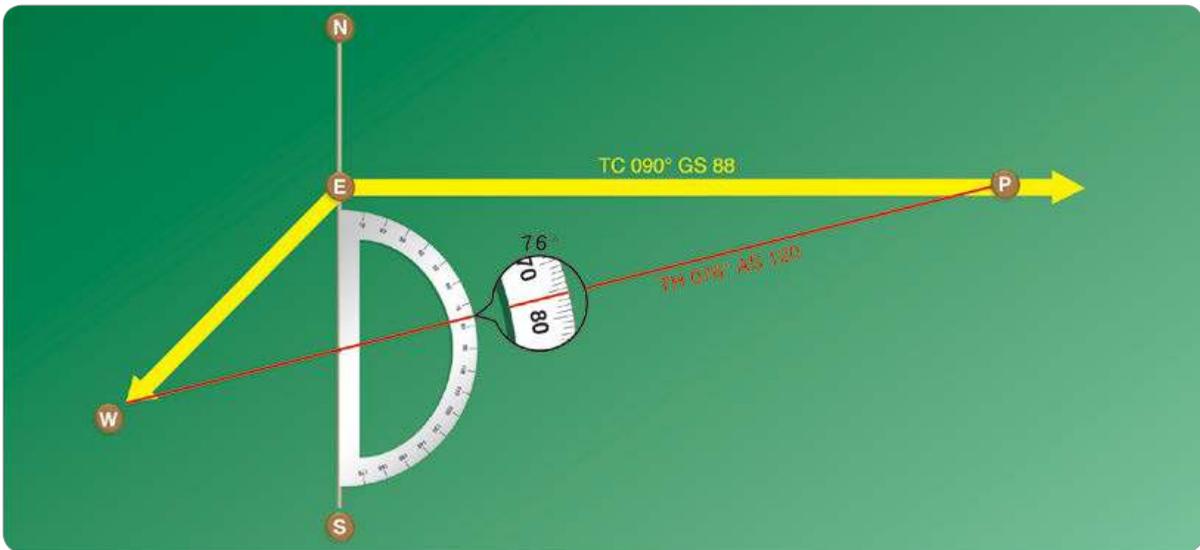


[그림 1-42] 바람 삼각형(Wind Triangle) 그리는 순서

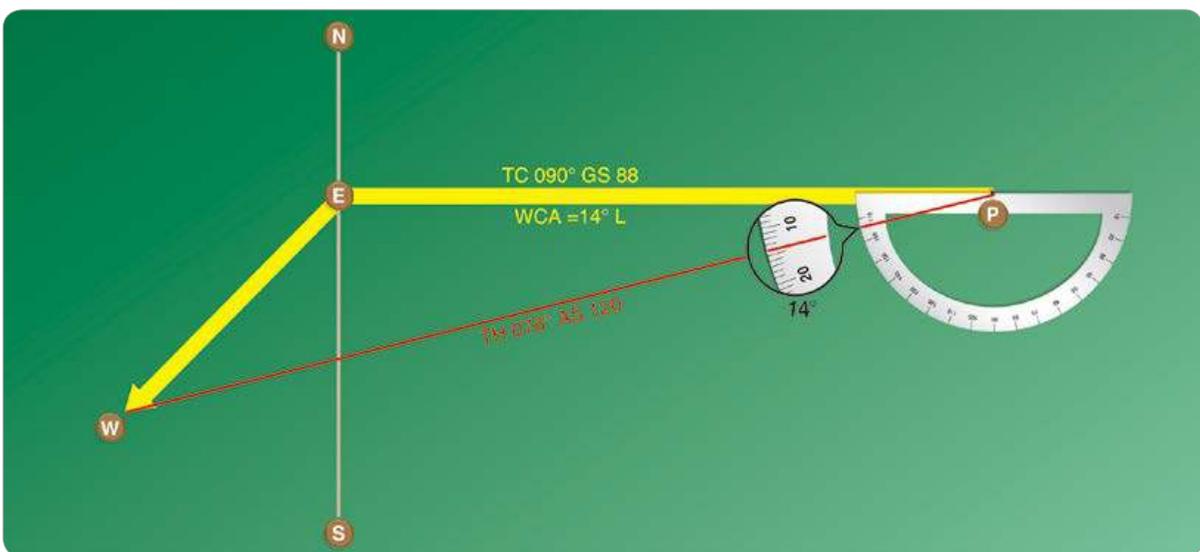
airspeed line 사이의 각도를 읽는다. 이것이 true heading을 얻기 위해 true course에 반드시 적용되어야 할 바람 수정각(WCA)이다. 만약 바람이 true course의 우측에서 불어온다면, 각도를 더하고 좌측에서 불어온다면 반대로 빼야 한다. 주어진 예에

서, WCA가 14°이고 바람이 좌측에서 불어오고 있으므로 True course 090°에서 14°를 빼서 True Heading 076°을 얻는 것이다.

True Heading은 구한 이후에, Magnetic 편차를 적용해 Magnetic Heading을 구한다. 그런 다음



[그림 1-43] 바람 수정을 통한 진기수방위 찾기



[그림 1-44] 각도기를 이용한 진기수방위 찾기

여기에서 나침반 자차(Compass deviation)를 적용하여 Compass Heading을 구한다. 이제 구해진 Compass Heading으로 지문항법을 이용하여 목적지까지 비행하면 된다.

비행에 걸리는 시간과 연료 요구량을 결정하기 위해서는 우선 항공도에 그린 항로의 길이를 재서 목적지까지 거리를 측정해야 한다(차트 하단의 적절한 scale을 이용). 거리가 220NM마일이었다면, 앞서 구한 GS 88knots로 나누면 필요 시간으로 2.5시간(2시간 30분)이 나온다. 시간당 연료소모량이 8갤런이라면, 8×2.5 또는 약 20 갤런이 필요한 것을 알 수 있다.

1.4.5 비행 계획(Flight Planning)

미연방 항공청 규정 91장(14 CFR Part 91)에 의하면 기장(PIC)은 비행 전 비행과 관련된 모든 정보를 숙지하여야 한다고 되어 있다. 공항 주변에서의 비행이 아니더라도, 유용한 기상정보/예보, 연료 요구량, 비행을 예정대로 마치지 못했을 때를 위한 대안, ATC로부터 통보받은 그 어떤 traffic 지연 등에 관한 정보를 포함해야 한다.

1.4.5.1 필요한 물품 챙기기

(Assembling Necessary Material)

조종사는 비행 전 필요한 물품을 잘 챙겨야 한다. 유효기간을 넘기지 않은 적절한 sectional chart와 비행항로가 차트의 테두리 주변에까지 가 있다면 항로 주변에 인접한 지역 chart 등을 챙겨야 한다.

비행컴퓨터나 전자식 계산기, plotter 그리고 비행에 필요한 적절한 아이템도 반드시 포함되어야 한

다. 예를 들어, 야간비행이 이루어져야 한다면 손전등을, 사막 지역을 지나야 하는 비행이 있다면 물과 필요한 공급품을 챙겨야 한다.

1.4.5.2 기상확인(Weather Check)

비행계획의 다른 루트의 기상을 확인하고 어느 루트가 가장 좋을지 비행 전 확인하는 것은 현명한 방법이다. 12장 항공기상 정보에서 기상정보를 얻는 것에 대해 논의되어 있다.

1.4.5.3 Airport/Facility Directory(A/FD)의 이용(Use of the A/FD)

착륙이 계획된 공항의 NOTAMs(Notices to Airmen)과 A/FD가 포함된 유용한 정보를 연구하라. 여기에는 위치, 표고, 활주로와 등화시설, 유용한 서비스, 항공조연 무선국 주파수의 이용 가능 여부(UNICOM), 급유할 수 있는 유종(중간급유 여부를 결정할 수 있는), 공항 내 AFSS/FSS의 위치, 타워와 그라운드 주파수, traffic 정보, 기타 정보 및 적절한 정보가 포함된다.

NOTAMs은 28일에 한 번 발간되며, 반드시 A/FD 발간 이후 생긴 유해한 상태 또는 변경사항 등에 대한 추가정보를 확인해야 한다.

The sectional chart bulletin subsection란에서는 사용되고 있는 sectional chart의 발행일 이후로부터 발생한 중요한 변경사항을 확인하여야 한다. 차트의 유효기간이 6개월인 점을 기억하라. 차트의 유효기간은 맨 앞 차트의 상단에 표기되어 있다. A/FD는 일반적으로 각각의 사안에 대한 가장 최신의 정보가 기록되어 있고, 상이점이 발생할 경우 뒤쪽 차트의 정보에 우선권을 부여한다.

1.4.5.4 Airplane Flight Manual or Pilot's Operating Handbook(AFM/POH)

AFM 또는 POH는 항공기의 적절한 loading을 결정하기 위해 반드시 확인되어야 한다(Weight & Balance data). 사용 가능한 연료의 중량과 배출 가능한 탑재연료(Drainable oil aboard)는 반드시 알아야 한다. 또한, 탑승 승객 및 모든 수화물의 중량, 그리고 항공기의 empty weight의 합이 최대허용중량을 넘지 않아야 한다. 하중의 분배는 CG(Center of gravity)가 허용한도 내에 있다는 것을 파악하기 위해 반드시 알아야 한다. 반드시 empty weight와 empty weight CG 정보를 얻기 위해서는 가장 최신에 FAA로부터 승인된 AFM이나 또 다른 항공기의 영구적 기록에 있는 weight & balance 정보를 사용하라.

계산된 하중, 공항의 표고, 온도에 기초하여, 적절한 차트로부터 이륙과 착륙 거리를 결정하라. 그리고 결정된 거리를 사용 가능한 활주로의 길이와 비교해 보라. 하중이 클수록, 표고와 온도 또는 습도가 높을수록 이륙과 착륙을 위한 거리가 길어지고, 상승률(rate of climb)은 낮다는 것을 기억하라.

예정된 비행 고도 및 추력 세팅에서 연료 소모량을 결정하기 위해서는 연료소모량을 나타낸 차트를 확인하라. 연료소모량을 계산하고 그것을 비행 예정 시간과 비교하여 비행계획에 중간급유가 이루어질 포인트가 포함될 수 있도록 하라.

1.4.6 항로그리기(Charting the Course)

기상정보가 확인되고, 초기 비행 계획이 완성되면, 이제 비행할 항로를 그리고 비행에 적용될 정

보를 결정할 시간이다. 다음은 항로 그리기, flight log 작성하기, flight plan 작성하기에 대한 논리적 순서에 대해 살펴보자. 아래의 예제에서 비행은 다음 그림에 수록된 정보와 sectional chart를 기반으로 해서 계획해 보도록 한다.

우선 첫 번째로 Chickasha 공항(A지점)에서부터 Guthrie 공항(F지점)까지 직선을 긋는다. Course line은 반드시 출발 공항의 중앙부로부터 목적지 공항의 중간점으로 그어야 한다. 루트가 direct라면 course line은 오직 하나의 직선으로 이루어질 것이고, direct가 아니라면 둘 또는 더 많은 직선구간으로 이루어질 것이다. 예를 들면, VOR국이 루트에서는 벗어나 있지만, 이것이 항법을 좀 더 용이하게 도와줄 수 있기 때문에 루트에서 선택될 수도 있으므로 직선 구간 하나로만 course line이 이루어지지 않을 수도 있다는 것이다(Radio navigation-무선 항법은 이 장의 뒤쪽에서 논의될 예정이다).

루트상의 적절한 checkpoint가 선정되어야 하고, 어떤 방법으로든 표기한다. 큰 도시나, 큰 호수, 강 등 찾기 쉬운 참조물이나 또는 공항과 인접한 도시, 고속도로망과 인접한 도시, 철도 등의 알아보기 쉬운 참조물의 조합 등이 좋다. 일반적으로, 차트상 노란색으로 표기되어 있는 도시(마을)를 선택한다. 그러나 조그만 원으로 표기된 마을은 선택하지 말라. 이들은 간혹 몇몇 가구밖에 없는 곳일 수도 있다(단, isolated area에서는 조그만 원으로 표기된 마을이 중요한 지표참조물이 될 수 있다). 이 여행을 위해, 네 개의 참조물이 선정되었다. Checkpoint 1은 course 동쪽에 위치해 있으며 이 지점에서 course 와 거의 평행하게 나 있는 고속도로와 철도로 쉽게 식별할 수 있는 Tower이다. Checkpoint 2는

course 서쪽에 있으며 직선으로 동쪽에 있는 Will Rogers World 공항으로 쉽게 식별할 수 있는 장애물이다. Checkpoint 3은 항공기가 반드시 위로 지나가야 하는 Wiley Post 공항이다. Checkpoint 4는 course 서쪽에 위치해 있고 course 동쪽에 있는 철로와 고속도로로 쉽게 식별할 수 있는 개인 비포장 활주로이다.

계획된 항로의 양 방향의 Course와 지역은 조종사가 주의를 기울여야 하거나 특별한 조건이 요구될 수 있는 어떤 종류의 공역이 포함되어 있는지 결정하기 위하여 반드시 확인되어야 한다. 이 여행에서 Will Rogers World 공항 주변의 C급 공역을 통과하는 것이 확인되었고, 이 공역에서는 2,500ft(MSL) 이상 5,300ft 이하로 비행하여야 한다(Point B). 또한, Wiley Post 공항 주변의 D급 공역에서는 control tower가 업무 중일 때는 3,800ft(MSL) 이상으로 비행하여야 한다.

루트에 걸쳐진 지형 및 장애물을 연구하라. 이것은 가장 높거나 가장 낮은 표고를 결정하는 데 필요하다. 또한, 미연방항공청 규정 91조(12 CFR Part 91)를 만족시키는 적절한 고도를 얻기 위한 비행 중 마주할 수 있는 가장 높은 장애물에 대한 정보를 얻는 데 필요하다. 만약 지형지물로부터 3,000ft 이상의 고도로 비행한다면 비행하는 방향에 적합한 순항 고도에 순항하는 것이 필요하다. 특별히 루트상에 기록이 심한 지형은 확인하여, 이를 회피하여야 한다. 이륙이나 착륙이 이루어지는 지역 모든 높은 장애물은 반드시 주의 깊게 확인되어야 한다. TV 전송탑은 주변 지형으로부터 1,500ft 이상 더 올려 잡아야 한다. 조종사가 자신의 위치에 대해 주의를 기울이는 것을 필수적이다. 이 여행에서 가장 높

은 장애물은 안테나 그룹으로 높이가 2,749ft(MSL) (Point D)이므로 주의해야 한다. 가장 높은 표고를 가진 지형은 북동 사분면에 위치해 있고 2,900ft MSL(Point E)이다.

C급 공역과 D급 공역을 비행할 때 바람의 영향이 없고, 항공기의 성능 내에서 수용할 수 있는 양이기 때문에 고도는 5,500ft MSL을 선택한다. 이 고도는 또한 Magnetic Course가 0~179°일 때 홀수 천 단위 고도에 500ft를 더한 고도를 날도록 한 미연방항공청 규정 91조(14 CFR part 91)의 요구조건을 부합하며, 모든 장애물에 대한 충분한 여유를 가지고 있는 고도이다.

다음으로, 조종사는 checkpoint 간의 거리를 포함하여, course의 총 거리를 측정해야 한다. 총 거리는 53NM이고 checkpoint 간의 거리는 그림의 flight log에 기록된 대로이다.

거리가 결정되면 True course가 측정되어야 한다. 플로터를 사용한다면 플로터의 방향을 따라야 한다. True Course는 031°이다. 그 다음 단계를 거쳐 True heading이 구해지면, 조종사는 Compass heading을 결정할 수 있다.

이것은 이장의 앞에서 설명한 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\text{TC} \pm \text{WCA} = \text{TH} \pm \text{V} = \text{MH} \pm \text{D} = \text{CH}$$

WCA는 수동식 또는 전자식 비행 컴퓨터로 구할 수 있다. 바람이 360°에서 10knots로 분다면 WCA는 3° 좌측이다. 이를 TC에서 빼면 TH는 28°가 산출된다. 그 다음, 조종사는 비행경로로부터 가장 가



[그림 1-45] Sectional Chart

까운 자오선을 살펴 편차(Variation)를 알아낸다. 그림에서 나타는 편차는 6.30°E(7°E로 바뀐다)이고, 이것을 TH로부터 뺀다. 그러면 나오는 MH가 21°이다. 다음으로 MH에 자차 수정치(Deviation Correction)인 2°를 더한다. 이렇게 하면 조종사는 최종적으로 Compass Heading 23°를 구할 수 있다.

이제 GS를 구할 수 있다. 이 작업은 수동식이나 전자식 계산기를 이용하여 수행할 수 있다. 계산하면, GS는 106knots가 된다. 총 비행시간, checkpoint 간의 비행시간, 연료소모량 등을 이 정

보를 이용하여 구할 수 있다. 이런 계산들은 수학적 공식으로도 계산될 수 있고 수동식이나 전자식 계산기를 이용하여 구할 수도 있다.

이 여행에서 GS는 106knots이고 총 비행시간은 35분(30분 + 5분의 상승시간)이다. 그리고 연료 소모량은 4.7gallons이다. 그림의 Flight log에 나와 있는 checkpoint 간의 비행시간을 참조하라.

여행이 진행되는 중간 중간 조종사는 heading, 시간에 대해 확인해야 하며 heading, GS, 시간에 적절한 수정을 하여야 한다.

[표 1-6] 계획서

| PILOT'S PLANNING SHEET | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|-------|------|----------|--------------|----|------------------|-----|-----|------|-------------|---------|------------|-----------|------------|
| PLANE IDENTIFICATION | | | | | | | | | | DATE | | | | | |
| N123DB | | | | | | | | | | | | | | | |
| COURSE | TC | WIND | | ALTITUDE | WCA R+ L- | TH | MAG VAR W+ E- | MH | DEV | CH | TOTAL MILES | GS | TOTAL TIME | FUEL RATE | TOTAL FUEL |
| | | Knots | From | | | | | | | | | | | | |
| From Chickasha | 031° | 10 | 360° | 8000 | 3° L | 28 | 7° E | 21° | +2° | 23 | 53 | 106 kts | 35 min | 8 GPH | 38 gal |
| To Guthrie | | | | | | | | | | | | | | | |
| From | | | | | | | | | | | | | | | |
| To | | | | | | | | | | | | | | | |

| VISUAL FLIGHT LOG | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|---------|---------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| TIME OF DEPARTURE | NAVIGATION AIDS | COURSE | ALTITUDE | DISTANCE | ELAPSED TIME | GS | CH | REMARKS |
| POINT OF DEPARTURE | NAVAID IDENT. FREQ. | TO FROM | TO FROM | POINT TO POINT CUMULATIVE | ESTIMATED ACTUAL | ESTIMATED ACTUAL | ESTIMATED ACTUAL | WEATHER AIRSPACE ETC. |
| Chickasha Airport | | | 8000 10000 | 11 NM | 6 min +5 | 106 kts | 023° | |
| CHECKPOINT #1 | | | 8000 10000 | 10 NM 21 NM | 6 min | 106 kts | 023° | |
| CHECKPOINT #2 | | | 8000 10000 | 10.5 NM 31.5 NM | 6 min | 106 kts | 023° | |
| CHECKPOINT #3 | | | 8000 10000 | 13 NM 44.5 NM | 7 min | 106 kts | 023° | |
| CHECKPOINT #4 | | | | | | | | |
| DESTINATION | | | | 8.5 NM 53 NM | 5 min | | | |
| Guthrie Airport | | | | | | | | |

1.4.7 시계비행 계획서 작성하기 (Filing a VFR Flight Plan)

미국의 경우 비행 계획서를 작성하는 것이 법제화되어 있지는 않다. 그러나 비행 계획서에 기재된 정보는 비상시에 수색, 구조에 쓰일 수 있기 때문에 필요하다.

비행 계획서는 비행 중에도 radio 교신을 통하여 제출될 수 있다. 미국의 경우 출발 전 전화로 비행계획서를 제출하는 것도 가능하다. 이륙 이후, AFSS에 교신하여 이륙 시간을 통보하면 비행 계획서는 발효될 수 있다.

시계비행 계획서가 제시되면, 제시된 출발시간으로부터 1시간 동안은 AFSS에서 유효하다고 간주하지만 실제 출발시간이 통보되거나, 변경된 출발시간이 통보된 경우, 또는 계획서가 제시되었을 때 통신 불량으로 실제 시간이 주어지지 못했지만 AFSS가 제시된 출발시간에 맞게 출발되었다고 통보받았을 때를 제외하고는 그 이후에는 유효하지 않게 된다.

FSS의 비행계획을 승인하는 전문가들은 조종사에게 이런 절차를 통보하지는 않지만, 그림에는 조종사가 AFSS에 제출한 비행계획서를 볼 수 있는데, 전화나 무선을 통해 비행계획을 제출했을 경우에는 정보를 순차적인 공역 순으로 주어서, AFSS 전문가들이 쉽게 효율적으로 이 정보를 복사할 수 있도록 되어 있다. 시계비행 계획서의 대부분의 칸은 분명한 내용이거나 작성할 필요가 없는 칸이다. 그러나 몇몇 칸은 설명이 필요할 수도 있다.

1.4.8 시계비행규칙(VFR) 비행계획서(VFR Flight Plan)

해안, 국가 방공 식별권(ADIZ) 및 조기경보 식별권(DEWIZ)에서 비행하거나 또는 해당 구역을 통과하는 비행계획을 제외하고 시계비행규칙 비행을 위한 비행계획서는 요구되지 않는다. 하지만 비행계획서를 제출하는 것은 권장되어 있다. 왜냐하면 시계비행규칙 탐색과 구조보호를 보장할 수 있기 때문이다. 비행계획서를 작성함으로써 얻어지는 이점을 위하여 비행계획서는 가장 인접해 있는 FSS에 직접 제출하여야 한다. 조종사의 편의를 위하여 비행계획서를 접수할 때, FSS는 항공브리핑 및 기상브리핑을 해준다. 만일 다른 방법이 없다면, 무선통신으로 비행계획서를 제출할 수도 있다. 항공통신시설을 운영하는 어떤 주에서는 비행계획서를 접수하기도 하고, 또 차후조치(Further Handing)를 위하여 FSS에 비행계획서를 전달하기도 한다. 중간기착비행(Stopover Flight)이 예상될 때 1시간 이상 정착하는 각 경로(Leg)에 대해서는 따로 분리된 비행계획서를 작성 제출하는 것이 권고된다.

조종사는 출발공항에 있는 FSS에 직접 이륙시간을 통보하거나 또는 비행계획서를 제출할 때 FSS가 지시한 곳으로 통보하는 것이 권장되어 있다. 그렇게 함으로써, 더욱 효율적인 비행계획서서비스가 확실해지고, FSS는 조종사에게 항공시설의 현저한 변경 또는 기상상태의 변화를 조언할 수 있게 한다. VFR 비행계획서가 제출되었을 때 이륙 예정시간 후 1시간까지 FSS는 그 계획서를 보관(대기)하게 되는데 실제이륙시간을 접수했을 때, 수정된 이륙예정시간을 접수했을 때, 비행계획서를 제출할 때 FSS는 이

륙예정시간에 맞추어 이륙될 것이라는 것을 통보받았으나 통신이 되지 않아서 실제이륙시간을 받을 수 없을 때(이륙한 것으로 간주함)는 제외된다.

운영되고 있는 관제탑이 있는 지역에서는 조종사의 요청에 의해 관제탑에서 FSS에 실제 이륙시간을 항공기 식별부호와 함께 통보할 것이다. 분주한 공항에서는 이 절차를 피하여야 한다. 시계비행규칙으로 비행하는 항공기는 위치보고가 요구되지 않는다 할지라도 항로를 따라 있는 FSS에 주기적인 보고를 하는 것이 좋다. 이러한 교신은 근처의 타 항공기에 중요한 정보가 될 수 있고 또한 어떤 이유로 항공기를 수색해야 할 필요가 있을 때 비행경로를 추적하는 데도 기여한다.

계기비행으로 비행하지 않는 조종사는 순항수평비행을 할 때 비행방향에 맞는 시계비행 순항고도인지 확인하여야 한다. 시계비행계획을 작성할 때 계기비행계획서에서 서술한 것과 같은 방법으로 기종에 다 해당 접미어를 붙임으로써 항공기의 탑재장비능력을 나타내야 한다. 어떤 상황에서는 항공교통관제 컴퓨터 테이프를 이용하여 비상착륙을 한 항공기 또는 추락한 항공기를 찾아내려는 곳에 레이더 항적을 추적할 때 유용하게 사용할 수 있다.

1.4.9 비행계획서 항목의 설명

(Explanation of Flight Plan Items)

- 1항: 해당 비행계획종류에 체크표시를 한다.
(VFR/ IFR 혼합 비행계획일 때는 VFR 및 IFR란 둘 다 체크표시)
- 2항: 접두어 "N"을 포함한 항공기 전체의 식별번호를 기입한다.

- 3항: 항공기 지정명, 혹은 모른다면 FSS 브리퍼와 상의한다.
- 4항: 계산된 진대기속도(TAS)를 기입한다.
- 5항: 출항공항 식별부호 기입한다(식별부호를 모를 때는 공항명).
- 6항: 출항 예정시간을 Coodinated Universal Time(UTC)으로 기입한다.
체공 중일 때는 실제 출항시간 또는 출항예정시간을 적절하게 명시한다.
- 7항: VFR일 때는 해당 VFR 고도를 기입한다.
(브리퍼가 기상 및 바람정보를 제공하는 데 도움을 주기 위해)
- 8항: 항행안전시설의 식별부호와 항로를 사용하여 비행경로를 명시한다.
- 9항: 목적지의 공항식별부호를 기입한다(모르면 공항명 기입).
(명확성을 요한다면 도시명(주명까지도)을 포함시킨다.)
- 10항: 소요예상 비행시간(ETE)을 시, 분으로 기입한다.
- 11항: ATC에 관계되는 비고사항만을 기입한다.
또는 기타 비행계획에 관한 정보사항1
(2항에 기재된 적절한 호출부호와 같은 것)만을 기입한다.
(사적인 사항을 기입해서는 안 된다.)
비고사항이 모든 관제사에게 자동 송신된다고 간주해서는 안 된다.
ATC 및 항로에 관한 특수 요청사항은 해당 관제사에게 직접 해야 한다.
- 12항: 탑재연료량을 시간과 분으로 기록한다.
- 13항: 교체 공항이 요구되면 그 공항을 명시한다.

[표 1-7] FAA 비행계획서 형식

| | | | | | | |
|--|----------------------------|--|------------------|---|-------------------|----------------------|
| U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION | | (FAA USE ONLY) <input type="checkbox"/> PILOT BRIEFING <input type="checkbox"/> VNR | | | TIME STARTED | SPECIALIST INITIALS |
| FLIGHT PLAN | | <input type="checkbox"/> STOPOVER | | | | |
| 1. TYPE | 2. AIRCRAFT IDENTIFICATION | 3. AIRCRAFT TYPE/SPECIAL EQUIPMENT | 4. TRUE AIRSPEED | 5. DEPARTURE POINT | 6. DEPARTURE TIME | |
| VFR | | | | | PROPOSED (Z) | ACTUAL (Z) |
| IFR | | | KTS | | | |
| DVFR | | | | | | 7. CRUISING ALTITUDE |
| 8. ROUTE OF FLIGHT | | | | | | |
| 9. DESTINATION (Name of airport and city) | | 10. EST. TIME ENROUTE | | 11. REMARKS | | |
| | | HOURS | MINUTES | | | |
| 12. FUEL ON BOARD | | 13. ALTERNATE AIRPORT(S) | | 14. PILOT'S NAME, ADDRESS & TELEPHONE NUMBER & AIRCRAFT HOME BASE | | 15. NUMBER ABOARD |
| HOURS | MINUTES | | | 17. DESTINATION CONTACT/TELEPHONE (OPTIONAL) | | |
| 16. COLOR OF AIRCRAFT | | CIVIL AIRCRAFT PILOTS, FAR 91 requires you file an IFR flight plan to operate under instrument flight rules in controlled airspace. Failure to file could result in a civil penalty not to exceed \$1,000 for each violation (Section 901 of the Federal Aviation Act of 1958, as amended). Filing of a VFR flight plan is recommended as a good operating practice. See also Part 99 for requirements concerning DVFR flight plans. | | | | |
| FAA Form 7233-1 (8-82) CLOSE VFR FLIGHT PLAN WITH _____ FSS ON ARRIVAL | | | | | | |

- 14항: 성명, 주소, 전화번호를 기입, 모기지, 공항, 또는 운영자를 식별하기 위한 충분한 자료를 기입한다.
주: 이 자료는 수색 및 구조작업을 할 경우 필수적인 것이다.
- 15항: 승무원을 포함한 전 탑승인원수를 기입한다.
- 16항: 항공기의 주요 색상을 기입한다.
- 17항: 비행계획을 종결 시킬 FSS명을 기입한다.
상이한 FSS 또는 시설에 비행계획이 종결될 경우는, 비행계획을 정상적으로 종결시켜 줄 FSS명을 기입한다.
주 1. ETA 이후 30분 이내에 비행 계획을 보고한다.
또는 취소하지 못했을 경우 수색과 구조 업무

를 돕기 위해서 목적지 전화번호를 기록하라.
주 2. 목적지의 FSS에 송신되는 정보는 2, 3, 9, 10항뿐이다.
예상소요 비행시간(ETE)은 도착예정시간(ETA)으로 환산될 것이다.

1.5 픽스(Fix)

1.5.1 위치선(Lines of Position; LOP)

픽스에 대한 문제를 풀 때, 정확한 위치를 모르고 있더라도 일부는 해결할 수 있다. 예를 들어서, 현재

낮선 동네에 있다고 가정해 보자. 친구에게 전화를 걸어 시내에서 만나자고 한다. 이때 친구에게 “Park Street” 어딘가로 오라고 말을 한다면 친구는 만남의 장소를 “Park Street”이라는 특정 거리로 제한할 수 있다. 이 같은 경우에 “Park Street”은 LOP(위치선)이다. LOP는 일련의 가능한 지점들 또는 픽스를 말한다. LOP는 도시의 거리처럼 직선이거나 강과 같은 곡선일 수 있지만 위치에 대한 명확한 단서를 제공한다. 친구에게 현재 “Park Street”에 위치한 “Karuzas 강”에 있다고 말하면 정확한 위치를 알린 것이 된다. 이때 정확한 위치를 파악하기 위해 두 개의 LOP를 사용한 셈이다. 따라서 두 개의 LOP가 교차하는 지점은 하나의 픽스를 결정하는 식별 수단이다.

조종사 역시 위와 같은 방법을 항행에 사용할 수 있다. 차트에서 “Jedicke Railroad”라고 적힌 철로를 따라 비행하고 있다고 가정해 보자. 이 경로를 따라 비행하면서 Jedicke Railroad 철로와 차트에 “King River”라고 표시된 강이 서로 교차하고 있다는 사실을 알게 되었다. 이와 같이 두 개의 LOP가 교차하는 지점 위를 비행 중일 때는 차트에 나온 정보와 육안으로 확인된 지상 참조물을 통하여 정확한 위치를 파악할 수 있다. 이렇게 파악한 위치는 추측항법(Dead Reckoning)을 통한 항행 시에 이용할 수 있는 픽스가 될 수 있다.

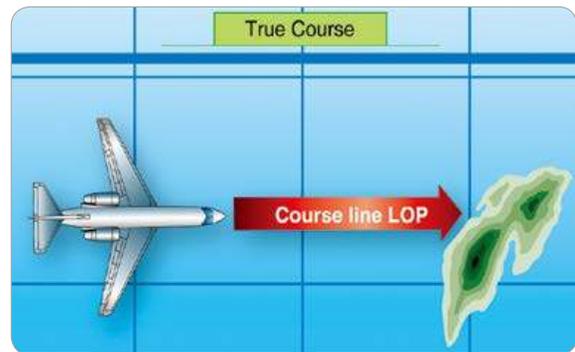
1.5.2 LOP의 종류(Types of LOPs)

픽스는 이전 픽스로부터의 트랙 및 대지속도를 위한 확실한 정보를 제공하지만, 하나의 LOP는 항적 또는 대지속도 중 하나의 정보만을 제공할 수 있으

며 하나의 정보도 정확성을 보장할 수 없다. LOP를 통하여 얻은 정보는 항적을 교차하는 각도에 따라 달라진다. 따라서 LOP는 때때로 이러한 각도에 의해 분류된다.

1.5.2.1 경로선(Course Line)

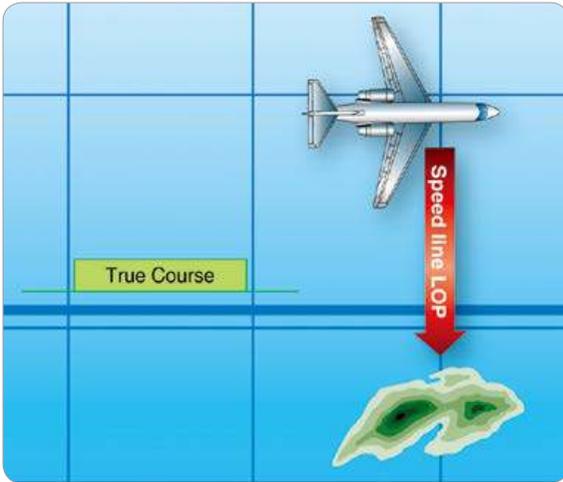
비행경로와 평행하거나 거의 평행한 LOP를 경로선(Course line)이라고 부른다. 경로선은 비행경로를 기준으로 항공기가 경로의 오른쪽에 있는지 또는 왼쪽에 있는지, 다시 말해 수평적으로 위치할 수 있는 지점에 대한 정보를 준다. 이때 항공기의 트랙이 기준이 되는 것이 아니며, 속도에 대한 정보는 제공하지 않는다.



[그림 1-46] 경로선(Course Line)

1.5.2.2 속도선(Speed Line)

항공기의 트랙과 직각을 이루거나 거의 비슷한 LOP를 속도선(Speed line)이라고 부른다. 속도선은 항공기가 트랙을 따라 얼마나 이동했는지를 나타내므로 대지속도를 구하는 수단이 될 수 있다. 그러나 비행경로를 기준으로 한 항공기의 수평적인 위치의 정보를 제공하지는 않는다.



[그림 1-47] 속도선(Speed Line)

1.5.3 베어링에 의한 위치선(LOPs by Bearings)

LOP를 결정하는 방법 중 한 가지는 고정된 대상으로의 가시선(line of sight)의 방향에 의한 것이다. 가시선이 뻗은 방향이 곧 항공기로부터 대상까지의 베어링이며, 베어링의 방향으로 그려진 선이 곧 LOP가 된다. 다시 말해 위와 같은 관측이 이루어질 때 항공기는 LOP선상에 위치했다는 의미이다.

1.5.4 상대방위(Relative Bearings, RB)

상대방위는 항공기의 앞뒤 종축과 목표점에 대한 가시선(Line of sight) 사이의 각이며, 항공기 기수가 기준(000°)이 되어 시계 방향으로 360°까지 측정된다. [그림 1-45]에서 목표점에 대한 항공기의 상대방위는 070°이다. 작도해보기 전에 이를 진방위(True Bearing, 진북을 기준으로 시계방향으로 정해지는 방위)로 바꾸는 방법을 알아보자. 이것은 실제 항공기의 기수방위(True Heading)에 상대방위

를 더하면 구할 수 있다(이때 총 합계가 360°를 초과하면 합계에서 360°를 빼면 된다).

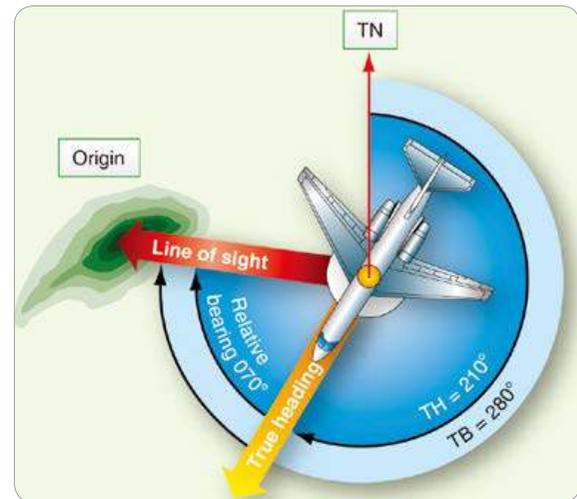
따라서

$RB(\text{상대방위}) + TH(\text{기수방위}) = TB(\text{진방위})$ 로 구할 수 있다.

(“RuB THe TuB”으로 기억하면 쉽다.)

항공기의 기수방위가 210°일 때 해당되는 목표점으로부터의 진방위는 280°이다.

(상대방위 070° + 항공기 기수방위 210° = 진방위 280°)



[그림 1-48] $TB = RB + TH$



항행안전시설 NAVAID

2.1 개요(Introduction)

2.1.1 항행안전시설의 정의(Definition of Navaid)

항행안전시설(NAVAID)이란 항공기의 항행을 보조하며 조종사에게 필요한 정보를 제공하기 위하여 항공기에 탑재되거나 지상에 설치되는 시설을 말하는 것으로, 기상 상태와 관계없이 안전하게 비행과 이·착륙이 가능하도록 지원해주는 역할을 한다. 항행안전시설은 유·무선통신, 불빛, 색깔, 기호 및 형상에 의해 정보를 제공한다. 일반적으로 항행안전시설을 ‘NAVAIDS’ 또는 ‘NAVAID’라고 하는데, 이 어원은 ‘NAVigation(항행, 항법)’과 ‘AIDS(지원시설들)’의 합성어에서 온 것이다.

2.1.2 본 장의 목적(Purpose)

항행안전시설은 어떠한 수치나 데이터를 정밀한 장비를 가지고 정확히 측정하여 조종사에게 필요한 정보를 제공한다. 항법에 있어 조종사의 역할의 대부분은 항행안전시설이 지시하는 정보를 수정하거나, 지시된 결과를 해석하는 것에 있다. 그러므로 조종사는 다양한 항행안전시설을 필요에 맞게 활용할 수 있어야 하며, 각각의 기능과 제한사항에 익숙해질 필요가 있다. 본 장에서는 등화시설, 항공장애등 및 표지, 항행안전무선시설, 감시시설, 비행로 및

항행안전시설 관련 명칭을 다루고 기본계기 및 장비, 지역항법 장비에 대해서는 다음 장에서 다루도록 하겠다.

2.2 등화시설(Lighting Facility)

2.2.1 항공 등화시설의 분류

(Types of Lighting Facility)

항공 등화시설은 비행의 각 단계 중에서 특히 이·착륙 시에 조종사의 안전운항을 돕기 위해 지상이나 항공기에 설치하는 등화나 조명시설을 일컫는 말이다. 항공 등화시설은 크게 항공로 등화시설, 비행장 등화시설, 항공장애등, 항공기 등화시설로 분류된다. 이 장에서는 활주로, 유도로 등 공항 내의 각종 등화시설에 대해 알아보겠다.

2.2.1.1 공항 등화시설(Airport Lighting)

대부분의 공항은 야간비행을 위한 등화시설을 갖추고 있다. 각 공항에 설치된 등화시설의 다양함과 종류는 해당 공항의 크기나 복잡한 정도에 따라 다르다. 일반적으로 공항 등화시설은 모든 공항의 활주로나 유도로가 같은 색상을 사용하도록 규격화되어 있다.

2.2.1.1.1 공항등대(Airport Beacon)

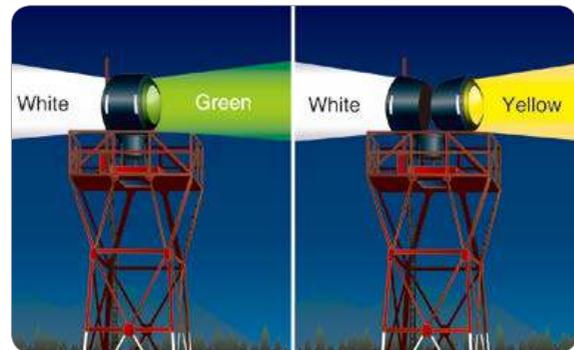
공항등대는 조종사로 하여금 야간에 공항을 어려움 없이 식별할 수 있도록 도와주는 시설물로, 공항의 중심 또는 그 주변에 설치된다. 이 등대는 일반적으로 해질 무렵부터 해 뜰 때까지 운영된다. 그러나 때로는 운고 1,000피트 이하 또는 지상시정 3SM(VFR 최저기상조건) 이하의 기상조건에서 운영되기도 한다. 관제사들이 근무하는 시간 동안에 대부분의 공항 관제탑에서는 공항등대를 임의로 작동시키거나 중지시킬 수 있다. 반면 많은 공항에서 공항등대를 광전지나 시간 기록 장치에 의해 자동으로 작동시키기도 한다. 이때는 관제탑에 근무하는 인력이 등대를 수동으로 제어할 수 없게 된다. 등대의 주간 운영에 대한 사항은 따로 법에 명시되어 있지 않으므로 등대가 주간 운영으로 기상에 대한 판단을 하는 것은 바람직하지 않다. 따라서 기상 최저치를 확인하는 것은 조종사의 몫이다.

공항등대는 지평선으로부터 수직방향으로 1~10°까지의 범위 내에서 가장 효과적으로 식별할 수 있다. 그러나 위 아래로 이 최적의 범위를 다소 벗어나더라도 식별할 수 있다. 등대는 전방향의 축전기 방전(고전압 전기방전으로 단시간에 고광도 섬광을 발생시킴) 방식이거나 일정한 시간 간격차로 회전하며 섬광을 발한다. 이 섬광은 하나 혹은 두 가지의 색깔이 번갈아 나타나며 총 섬광 횟수는 다음과 같다.

1. 공항, 지형지물, 항로 위의 지점: 분당 24~30회
2. 헬기장: 분당 30~45회

다음 등대 색깔의 조합으로 비행장의 용도를 구별할 수 있다.

1. 백색, 녹색 또는 단일 녹색 - 육상 공항
2. 백색, 황색 또는 단일 황색 - 수상 공항
3. 녹색, 황색, 백색 - 헬기장
4. 백색, 백색, 녹색 - 군 공항



[그림 2-1] 항공등대

2.2.1.1.2 진입등시스템(Approach Lighting System)

진입등시스템은 계기비행의 착륙 단계에서 조종사에게 시계비행으로의 전환을 도와주는 기본적인 등화시설이다. 이 등화는 각 공항 활주로의 운영조건에 따라 등화의 구성이나 정밀한 정도가 다르다. 진입등시스템은 활주로에 착륙하려는 항공기에 접근 진입로를 알려주기 위하여 진입 구역에 설치하는 등화로서, 색깔은 백색 및 적색이다. 야간은 물론 날씨가 흐린 주간에도 밝은 불빛으로 조종사가 활주로까지 안전하게 진입할 수 있도록 유도해 주는 등화시설이며, 국내에 설치되어 있는 진입등은 구성 방식에 따라 크게 간이식과 표준식으로 나뉜다.

- 비계기 비정밀 진입활주로는 간이식 진입등을 설치한다.
- 정밀 진입활주로의 경우, CAT-I에서는 표준식 진입등인 ALSF-I을 설치하며, CAI-II/III에서

는 ALSF-Ⅱ을 설치한다.

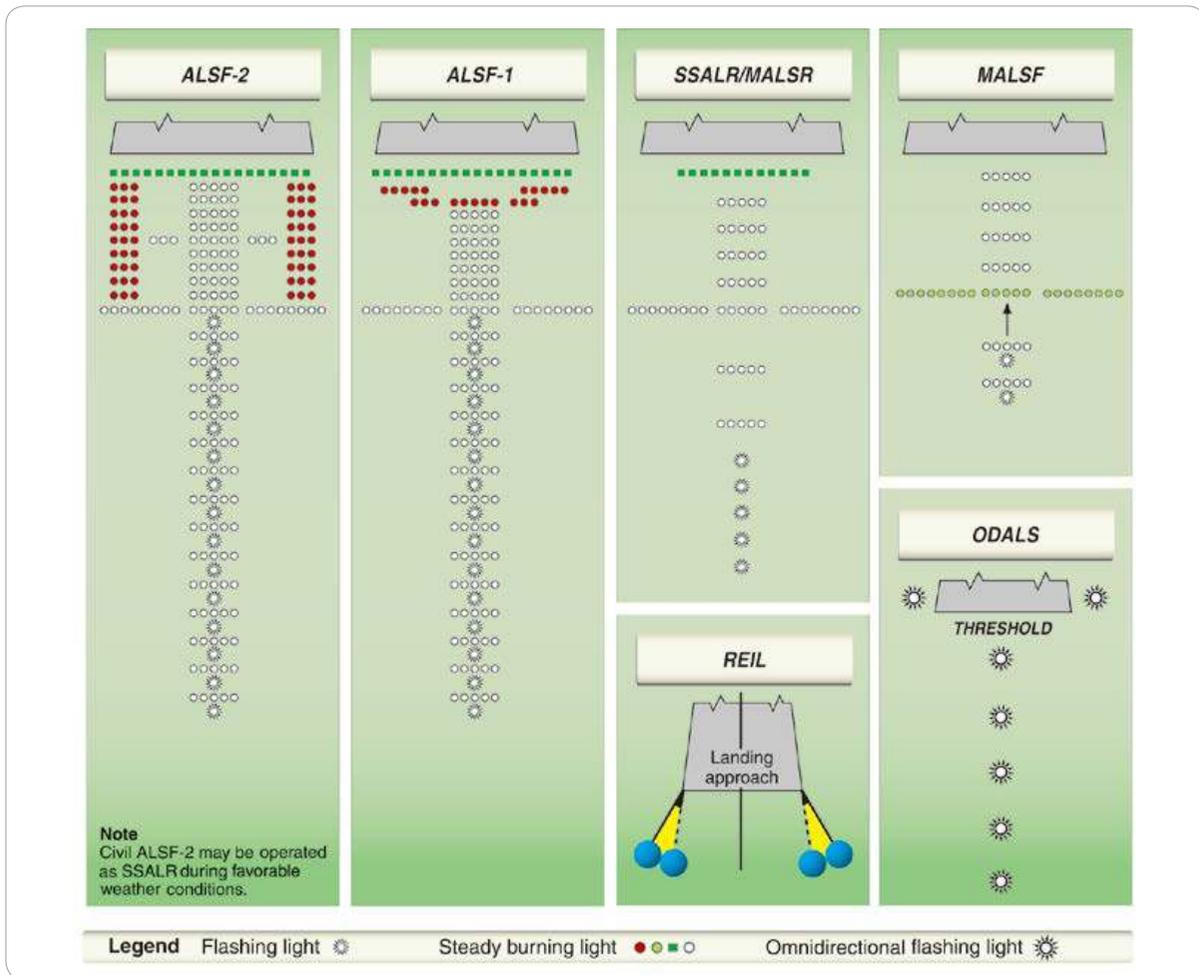
2.2.1.1.3 시계진입각표시등

(Visual Approach Slope Indicator, VASI)

시계진입각표시등(VASI)은 시각 활공경로를 안내하는 가장 일반적인 시설물이다. 최근에는 시계진입각표시등보다 정밀진입각표시등(PAPI)이 보편적으로 사용된다. 시계진입각표시등은 활주로의 시단으로부터 최대 4NM까지 식별이 가능하며, 활주로 중

심선의 연장선상에서 10° 범위 내의 장애물에 대한 안전 확보가 가능하게 한다. 그러나 광선의 퍼짐으로 인하여 200피트 이하에서는 정확도가 비교적 떨어질 수 있고 선명도 또한 옅은 안개나 태양광선에 의하여 떨어질 수 있다. VASI는 막대 형태로 배치된 전구들로 구성되어 있으며, 2-bar 또는 3-bar의 2가지 형태가 있다.

2-bar VASI는 far bar, near bar의 두 개로 구성되어 있고, 3-bar VASI는 far, middle, near bar

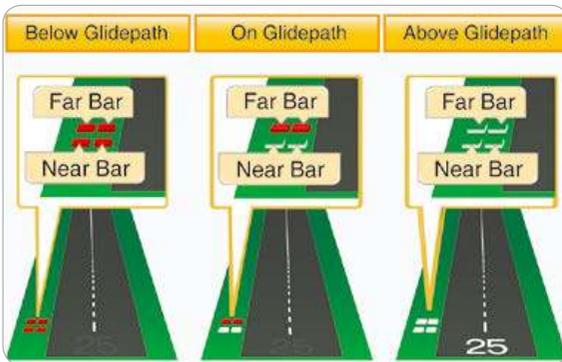


[그림 2-2] 진입등시스템

로 구성되어 있다. 2-bar VASI 시설은 하나의 활공 경로를 제공하며, 이 활공 각은 보통 3°로 설정되어 있다. 반면, 3-bar VASI 시설은 두 개의 활공경로를 제공한다. 둘 중에 더 낮은 활공경로는 보통 3°로 설정되어 있고, 이 중 높은 활공경로는 3° 활공 각에

서 1/4° 정도 높게 설정되어 있다.

VASI의 기본 원리는 적색과 백색 사이의 서로 다른 등화를 통한 색상의 구분과 인지에 있다. 각 등화는 상부와 하부로 나뉘어 광선을 비추는데 상방으로는 백색, 하방으로는 적색의 광선을 발사한다. 조종사는 등화의 적색과 백색의 구성을 보고 아래 [그림 2-3]에서 볼 수 있듯이 활공경로를 잘 따라가고 있는지, 혹은 정상보다 낮은 경로나 높은 경로를 따라가고 있는지 알 수 있다.



[그림 2-3] Two-bar VASI system

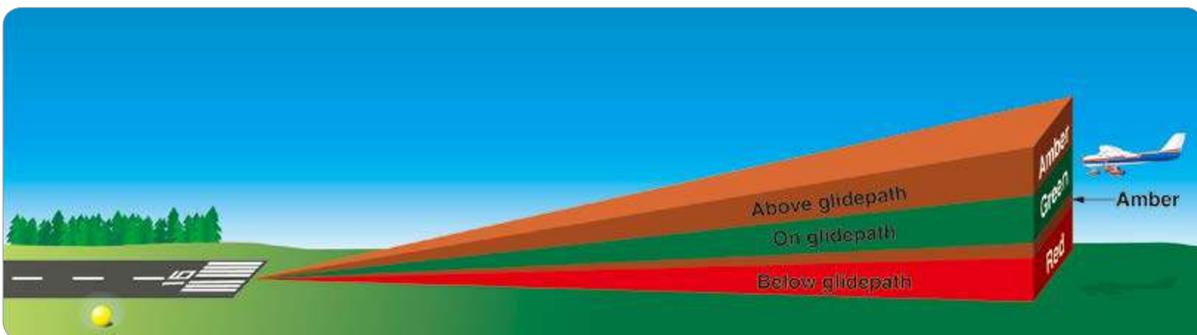
2.2.1.1.4 정밀진입각지시등

(Precision Approach Path Indicator, PAPI)

정밀진입각지시등(PAPI)은 시계진입각표시등(VASI)과 비슷한 등화를 사용하는데 보통 활주로의



[그림 2-4] 일반적인 3° 강하각의 PAPI



[그림 2-5] 3-color VASI

왼편에 일렬로 설치된다.

삼색(tri-color) PAPI의 경우는 하나의 등화가 세 가지 색깔의 광선을 발사하여 활주로의 접근 경로를 안내한다. 정상 강하각은 녹색으로 발사되며, 정상 강하각보다 낮게 접근하면 적색으로, 정상 각하각보다 높게 접근하면 황색으로 발사된다. 정상 강하각 이하로 접근하면 일정 구역에서는 짙은 황색을 발사하기도 하는데, 이때 조종사는 높은 접근의 황색 등화와 정상 강하각 이하에 나타나는 짙은 황색 등화를 착각해서는 안 된다.

2.2.1.1.5 점멸식 시계진입각표시등(Pulsating Visual Approach Slope Indicator, Pulsating VASI)

점멸식 VASI(Pulsating VASI)는 조종사에게 두 가지의 색깔을 발사하여 활주로의 접근 시에 진입각 표시기가 설치된 활주로의 최종 접근구역까지의 시계 진입경로를 알려주는 단일 등화로 구성되어 있다. 정상 강하각의 표시는 고정되는 백색으로 발사된다. 정상 강하각보다 약간 낮게 접근할 경우에는 고정되는 적색으로 발사되며, 그 이상으로 낮아지면 적색등이 깜박이기 시작한다. 정상 강하각보다 높게 접근할 경우에는 깜박이는 백색이 발사된다. 정상

강하각에서 벗어나면 벗어날수록 등화의 점멸률 또한 증가한다. 정밀진입각 표시등의 유효범위는 주간에는 4마일, 야간에는 10마일까지이다.

2.2.1.2 활주로 등화시설(Runway Lighting)

공항의 활주로는 활주로의 각 부분을 구분 짓는 다양한 등화시설이 설치되어 있다. 활주로 등화는 조종사가 야간에도 이륙 및 착륙을 안전하게 수행할 수 있도록 도와준다.

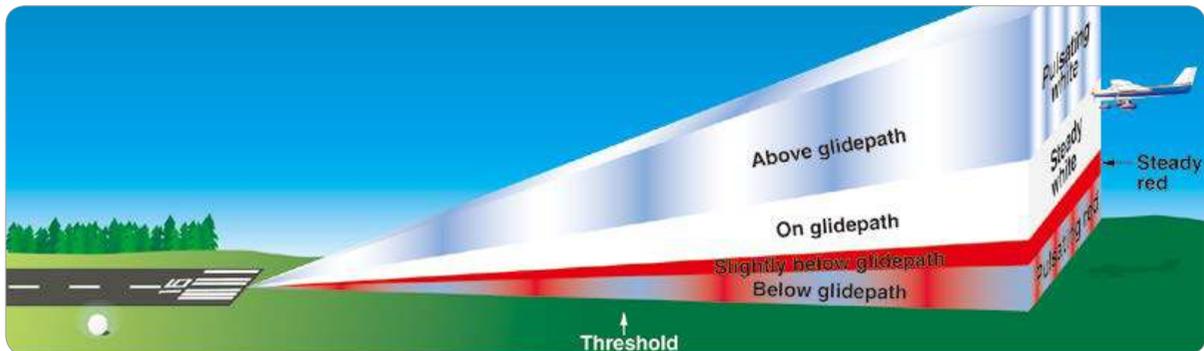


[그림 2-7] 활주로 등화시설

2.2.1.2.1 활주로 말단 식별등

(Runway End Identifier Lights, REIL)

활주로 말단 식별등은 조종사가 해당 활주로의 끝



[그림 2-6] 점멸식 VASI

을 신속하고 확실하게 식별할 수 있도록 돕기 위해 설치되어 있다. 두 개의 등화가 활주로 말단 양쪽에 가로방향에 맞추어 설치되며, 한 쌍이 통합되어 동시에 깜박인다. 활주로 말단 식별등은 무지향성이거나, 접근 구역을 향한 단일 지향성 등화로 되어 있다. 색상의 이륙방향으로는 적색이고 착륙방향에서는 녹색등으로 되어 있다.

2.2.1.2.2 활주로등(Runway Edge Light)

활주로등은 저시정 상태의 주간 또는 야간에 이 · 착륙 하려는 항공기에 불빛으로 활주로의 윤곽을 알려주기 위하여 활주로 양쪽 외측에 설치하는 등화(황색, 백색)를 말한다. 이 등화는 광도에 따라 고휘도 활주로등(High Intensity Runway Lights, HIRL), 중광도 활주로등(Medium Intensity Runway Lights, MIRL), 저광도 활주로등(Low Intensity Runway Lights, LIRL)으로 분류된다. 고휘도 활주로등과 중광도 활주로등은 다양한 강도 조절이 가능하다. 이 등화의 색깔은 백색이지만, 계기비행 활주로의 경우, 활주로의 마지막 2,000피트 또는 활주로 후반 부분 1/2 이내 가운데 더 짧은 부분까지는 잔여 거리에 대한 경고를 위해 황색이 사용된다. 활주로의 끝부분을 표시하는 등화는 적색으로 이루어져 있다.

2.2.1.2.3 활주로 내부등(In-Runway Lighting)

활주로 중심선등

(Runway Centerline Lighting System, RCLS)

활주로 중심선등은 공항이 저시정 기상 상태일 때 항공기의 원활한 착륙을 돕기 위해 주로 정밀접근 활주로에 설치되는 등화이다. 이 등화는 활주로 중

심선을 따라 50피트의 간격으로 설치되어 있다. 활주로 중심선등은 착륙 방향 활주로 시단부터 활주로 3,000피트 지점까지 백색으로 점등된다. 3,000피트 지점부터 다음 2,000피트 지점까지는 백색등과 적색등이 교차로 점등된다. 활주로의 나머지 1,000피트 구역의 활주로중심선등은 적색으로 점등된다.

접지구역등(Touchdown Zone Lights, TDZL)

접지구역등은 항공기가 저시정 기상 상태에서 착륙할 때 활주로 위의 접지구역을 알려주기 위하여 설치되는 등화이다. 접지구역등은 활주로 중심선을 기준으로 양쪽에 두 줄의 등화가 서로 대칭 구조로 설치된다. 이 등화는 활주로 시단 이후 100피트에서부터 시작되어 활주로의 3,000피트 지점 또는 활주로의 중간지점 가운데 더 짧은 지점까지 고정된 백색으로 점등된다.

유도로 개방/진입 안내등

(Taxiway Centerline Lead-Off/Lead-On Lights)

유도로 개방 안내등 및 유도로 진입 안내등은 활주로를 개방하거나 진입하는 항공기에 시각적인 안내를 제공하는 수단이다. 이 등화는 활주로 주변 또는 ILS 취약구역(ILS critical area) 내에서 운영 중인 조종사나 공항 차량 운전자에게 주의를 주기 위해 설치되며, 다음과 같은 등화 색깔로 구분될 수 있다. 활주로 중앙선에서 시작된 녹색의 등화는 활주로 대기 지점 또는 ILS 취약구역까지 계속되는데, 활주로 이후부터는 황색과 녹색이 교차되어 설치된다. 이 등화는 양방향으로 사용되는데 한쪽은 유도로로의 진입 안내에 쓰이며, 다른 한쪽은 유도로의 개방 안내에 쓰인다. 유도로 개방 안내에 쓰이는 황색 등

화는 유도로 진입 안내에도 동일하게 쓰인다고 보면 된다.



[그림 2-8] 유도로 개방/진입 안내등

2.2.1.2.4 착륙 후 대기 안내등

(Land and Hold Short Lights)

이 등화는 착륙 후 대기 운영 절차(Land and Hold Short Operations)가 인가된 공항에서 조종사에게 활주로의 대기지점을 알려주기 위해 설치된다. 착륙 후 대기 안내등은 깜박이는 백색 등화로, 활주로의 대기지점 부근에 활주로를 가로질러 일렬로 설치된다. 이 등화는 착륙 후 대기 운영이 유효할 때에는 항상 점등되며 착륙 후 대기 운영이 중지되었을 때에는 소등된다.

2.2.1.3 무선 조종 공항 등화(Pilot Control of Airport Lighting, PCL)

공항등화는 보편적으로 관제 공항의 관제탑 내에서 조종된다. 비관제 공항의 공항 등화는 타이머에 의해 작동되며, 미국의 경우 비행업무사무소(Flight Service Station, FSS)가 있는 공항의 사무소 근무자에 의해 작동된다. 조종사는 다양한 등화시설의 작동과 해당 등화의 적절한 밝기에 대해

ATC나 FSS 근무자를 통하여 요청할 수 있다. 또한, 몇몇 비관제 공항에서는 조종사가 직접 무선통신 주파수를 이용하여 등화를 작동시킬 수 있다. 조종사는 특정한 무선 주파수를 맞추어 놓은 상태에서 무선통신에 이용되는 마이크의 키(key)를 누름에 따라 공항 등화를 제어할 수 있다. 미국에서는 각 공항의 무선 조종 공항 등화(PCL)에 대한 정보를 Chart Supplement U.S.(중전의 Airport/Facility Directory)를 통하여 제공하고 있다.

[표 2-1] Radio Controlled Runway Lighting

| Key Mike | Function |
|--------------------------|---|
| 7 times within 5 seconds | Highest intensity available |
| 5 times within 5 seconds | Medium or lower intensity (Lower REIL or REIL off) |
| 3 times within 5 seconds | Lowest intensity available (Lower REIL or REIL off) |

2.2.1.4 유도로 등화(Taxiway Lights)

앞서 공부한 활주로 등화와 같이 유도로 등화의 역할은 조종사에게 활주로를 둘러싼 유도로 주변 구역의 확인을 돕기 위하여 설치된다.

2.2.1.4.1 전방향 유도로등(Omnidirectional)

전방향 유도로등은 청색 등화로 구성되며, 유도로 양쪽 가장자리의 윤곽을 나타낸다. 이 등화는 ATC에서 제어하는데, 조종사의 요청이나 상황에 따라 다양한 광도 조절이 가능하다. 유도로 중심선을 나타내는 유도로 중심선등은 녹색의 등화로 공항에 따라 설치되기도 한다.

2.2.1.4.2 클리어런스바 등화(Clearance Bar Lights)

클리어런스바 등화(Clearance Bar Lights)는 저

시정 기상 조건에서 조종사가 유도로의 대기지점(holding positions)을 명확하게 식별할 수 있도록 돕기 위하여 설치된다. 또한, 야간에는 유도로의 교차 지점을 지시하기 위한 목적으로도 사용된다. 이 등화는 고정형으로, 3개의 황색 등화로 구성된다.

2.2.1.4.3 활주로경계등(Runway Guard Lights)

활주로경계등은 유도로 및 활주로의 교차로에 설치되는 등화이다. 이 등화는 모든 기상 조건 하에서 사용될 수 있으나, 주된 설치 목적은 저시정 상태에서 유도로/활주로 교차로가 눈에 잘 띄도록 하는 것이다. 활주로경계등은 한 쌍의 황색 섬광 등화가 유도로의 양쪽 가장자리에 돌출된 형태로 설치되거나, 활주로 진입 전 활주로대기지점표지(Runway Holding Position Marking)를 가로지르는 유도로 표면 내부에 황색 등화가 일렬로 설치되는 형태의 두 가지 종류가 있다.

주: 일부 공항에서는 활주로경계등이 유도로/활주로 교차로의 표면 위의 세 줄 또는 다섯줄의 등화로 설치되기도 한다. 이러한 형태의 등화는 앞서 공부한 클리어런스바 등화와 다른 것이므로 착각하지 않도록 해야 한다.

2.2.1.4.4 정지선등(Stop Bar Lights)

정지선등은 저시정 기상 상태(RVR 1200피트 이하)에서 사용 중인 활주로의 진입하거나 가로지려는 항공기에 ATC의 인가(Clearance) 여부를 보여주기 위해 사용된다. 정지선등은 적색의 등화이며, 활주로 대기 지점의 유도로 표면에 일렬의 고정형 등화 및 양쪽 가장자리의 돌출형 등화로 구성된다. 이 등화는 진입 안내등(Lead-on lights)과 통합되어 설치되는데, ATC로부터 인가가 전달된 후에는

정지선등이 소등되고, 이때 활주로 진입을 안내하는 진입등이 점등된다. 정지선등과 진입 안내등의 상태는 일정 시간이 지난 후에 자동 감지장치 또는 예비 타이머에 의해 리셋된다.

2.2.1.5 최신 등화 기술: 활주로상태 등화시설(Runway Status Lights System)

공항 주변 환경에 다양한 안전시설을 갖추는 것의 가장 큰 목적은 활주로 침범 사고를 막기 위함이다. 공항에서 일어날 수 있는 활주로 침범 사고는 일상적인 교통 흐름 속에서 예고 없이 발생하며, 조종사에게 이를 막을 수 있는 시간은 거의 주어지지 않는다. 공항에 활주로상태 등화시설(Runway Status Lights System)이 작동 중일 때에는 활주로의 안전하지 않은 상태를 의미하는 것이며, 이때 조종사는 활주로의 이·착륙을 포함하여 활주로로 진입이나 횡단을 시도해서는 안 된다.

활주로상태 등화는 적색이며, 활주로의 상태만을 알려준다. 따라서 이 등화의 작동이 활주로로의 진입 허가나 이륙 허가를 의미하는 것은 아니다. 활주로상태 등화시설(RWSL)은 활주로의 유도로가 이륙을 시도하거나 진입, 횡단하기에 위험한 상태일 때 작동되어 조종사들에게 주의를 주기 위한 등화들로 구성되어 있다. 현재 사용되고 있는 등화로는 활주로의 진입등(Runway Entrance Light, REL)과 이륙 대기등(Takeoff Hold Lights, THL)의 두 가지 종류가 있다.

활주로의 진입등(REL)은 활주로의 상에 항공기가 존재할 때 유도로의 교차로에서 활주로로 진입하려는 항공기에 충돌을 막기 위한 주의를 주기 위해 사용되며, 이륙 대기등(THL)은 활주로의 정대하여 이륙



[그림 2-9] 활주로진입등(Runway Entrance Lights, REL)



[그림 2-10] 이륙 대기등(Takeoff Hold Lights, THL)

대기 중인 항공기에 현 활주로 상태가 이륙 불가능을 알려주기 위해 사용된다.

미국의 경우 활주로진입 등화시설(RWSL system)은 2016년 현재 미국 내 가장 혼잡한 14개의 공항에서 사용되고 있으며, 2017년에는 여기에 3개의 공항이 더해질 예정이다.

2.3 항공장애등 및 표지(Air Navigation and Obstruction Lighting)

2.3.1 항공장애등(Obstruction Lights)

2.3.1.1 항공등대(Aeronautical Light Beacons)

항공등대는 공항, 헬기장, 주요 지형지물, 산악지역주변을 지나는 항공기에 장애물의 위치를 알리기 위해 사용된다. 주로 백색등과 채색등, 혹은 이 둘을 조합한 깜박이는 등(flashing light)으로 나타내며 시각항행보조시설(NAVAID)이라고 한다. 하나의 등이 단독으로 사용되기도 하며, 여러 개의 등화를 함께 사용하기도 한다. 해당 등화를 대체하기 위해서, 보다 광도가 적은 여러 개의 지속적으로 켜져 있는 등화를 사용하기도 한다. 때로는 모尔斯 부호를 코드화한 등화가 사용되기도 하는데 이는 착륙장, 주요 지형지물, 장애물, 항로상의 특정 지점을 각각 식별하기 위함이다.

2.3.1.2 코드신호등대와 항로등

(Code Beacon & Course Lights)

2.3.1.2.1 코드 신호등대(Code Beacon)

코드신호등대는 모尔斯 부호를 코드화한 등대이며 전 방향에서 확인이 가능하다. 공항 및 주요 지형지물을 식별하고, 위험물을 표시해주기 위해 사용되며 세 개 또는 네 개의 공항 코드를 모尔斯 부호화하여 1분 동안 6~8회 점멸한다. 녹색은 지상에 있는 공항을 의미하며, 노란색은 수상에 있는 공항을 의미한다.

2.3.1.2.2 항로등(Course Lights)

항로등은 코드신호등대와는 달리 지정된 방향에서만 확인이 가능하다. 즉, 양방향등, 전후방향등, 항로방향을 따라 직선으로 설치되어 있고, 모르스 부호를 사용하여 각각의 코드를 식별할 수 있다. 또한, 산악지역에 있는 항로를 표시하기 위해서도 사용되었으나 지금은 자취를 감추어 대부분 사용되지 않는다.

2.3.1.3 항공장애등(Obstruction Lights)

항공장애등은 주간 혹은 야간비행 시 안전에 저해가 되는 장애물의 존재를 알리기 위해 설치되며 깜박이는 섬광등 또는 지속적으로 점등되는 등화를 켜 놓음으로써 조종사가 육안으로 장애물 식별이 가능하도록 한다. 항공장애등에는 다음과 같은 시설이 있다.

1. 항공 적색장애등

야간에 적색등을 깜박이거나 지속적으로 켜 놓음으로써 장애물의 위치를 알린다(20 to 40 flashes per minute).

2. 중광도 점멸 백색장애등

낮이나 새벽에 사용되며 자동적으로 밝기를 낮추어 밤에도 사용이 가능하다.

3. 고광도 백색장애등

주간에는 고광도 점멸 백색 등을 사용하여 장애물의 위치를 알리고, 일출과 일몰 및 야간에는 주간에 사용되는 등보다 감소된 밝기의 백색등이 사용된다.

4. 이중점등

야간에는 깜박이는 적색등과 지속적으로 켜져 있는 등을 혼합하여 사용하고, 주간에는 여러 개의 고광도 깜박이는 백색 등이 사용된다.

단방향으로 깜박이는 중광도의 백색 등화 시스템은 주로 크고 높은 구조물에 사용되며, 밤에는 물론 낮에도 조종사에게 해당 구조물의 위치 혹은 높이를 알려준다. 강, 협곡, 골짜기 등을 가로질러 설치된 송신탑과 같은 구조물을 식별하기 위해 고광도 백색점멸등을 사용하는데, 이 등은 구조물의 상단, 중간, 하단 순으로 분당 60회 점멸된다. 상단에 있는 등은 구조물의 가장 높은 지점을, 하부에 있는 등은 케이블의 아랫부분을 나타낸다. 고광도 백색점멸등은 굴뚝 및 탑과 같은 높은 구조물을 식별하기 위해 설치되는데, 이 등은 분당 40회 점멸하며, 구조물을 중심으로 360도 전 방향에서 확인이 가능하다. 또한, 구조물의 높이에 따라 한 개의 층에서 일곱 개의 층으로 구성되어 있으며, 한 개 층 이상의 등을 설치할 때 상부 층의 등도 동시에 깜박이도록 설치된다.

2.3.2 비행장표지시설 및 표지판

(Airport Marking Aids and Signs)

2.3.2.1 개요(Introduction)

비행장 표지시설과 표지판은 조종사에게 이륙, 착륙 및 지상 활주에 대한 유용한 정보를 제공한다. 이러한 표지시설은 국제적으로 통일되어 있으며, 항공기의 안전운항을 도와준다. 조종사는 해당 표지시설의 부정확함이나 혼돈을 주는 시설을 발견했을 때에는 공항 운영자에게 이러한 문제를 알리고 신속한

수정 조치를 요청해야 한다.

2.3.2.2. 비행장표면표지 (Airport Pavement Markings)

2.3.2.2.1 개요(Introduction)

비행장 표면표지는 다음과 같이 4가지의 구역으로 나눈다.

- (1) 활주로표지
- (2) 유도로표지
- (3) 대기지점표지
- (4) 기타 표지

2.3.2.2.2 표지별 색채(Marking Colors)

활주로의 표지는 백색이다. 백색으로 된 십자모양에 적색 “H”를 사용하는 병원 헬기장을 제외하면 헬기장 착륙지역을 정하는 표지는 백색이고 유도로, 항공기의 이용을 제한하는 지역(폐쇄지역과 위험지역), 대기지점(활주로 상에 있는 경우일지라도)의 표지는 황색이다. 각각 표지는 색깔로 구분하였기 때문에 조종사는 이를 인지하고 각각의 표지가 나타내는 정보에 대한 정확한 이해가 필요하다.

2.3.2.3 활주로표지(Runway Markings)

2.3.2.3.1 개요(Introduction)

활주로는 크게 3가지 종류의 표지가 있다. 이는 시각 활주로, 비정밀 계기 활주로, 정밀 계기 활주로로, [표 2-2]는 각 활주로의 종류별 구성요소를 보여주고 있고 [표 2-3]은 활주로 시단 표지를 보여주고 있다.

2.3.2.3.2 활주로 지정자(Runway Designators)

활주로의 번호와 문자는 항공기의 접근 방향으로 부터 결정된다. 활주로 번호는 자북으로부터 측정한 활주로 중앙선의 자방위의 가장 가까운 10단위의 숫자로서 2자리를 표시하게 되는데, 예를 들어 활주로의 자방위가 187° 일 경우 마지막 자리의 수를 반올림한 “19” 두 자리 숫자만 활주로 상에 표시하게 된다. 문자는 좌측(Left), 우측(Right), 중앙(Center) 사이에서 아래와 같이 적용되어 구별된다.

- (1) 2개의 평행활주로 “L”, “R”
- (2) 3개의 평행활주로 “L”, “C”, “R”

[표 2-2] Precision Instrument Runway Markings

| Marking Elements | Visual Runway | Non-precision Instrument Runway | Precision Instrument Runway |
|------------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Designation (par.6) | X | X | X |
| Centerline (par.7) | X | X | X |
| Threshold (par.8) | X1 | X | X |
| Aiming Point (par.9) | X2 | X | X |
| TouchdownZone (par.10) | | | X |
| Side Stripes (par.11) | | | |

1. On Runways used, or intended to be used, by intentional commercial transport
2. On Runways 4,000feet(1200m) or longer used by jet aircraft

[표 2-3] 활주로 너비별 Stripe 개수

| Runway Width | Number of Stripes |
|--------------|-------------------|
| 60feet(18m) | 4 |
| 75feet(23m) | 6 |
| 100feet(30m) | 8 |
| 150feet(45m) | 12 |
| 200feet(60m) | 16 |

2.3.2.3.3 활주로중앙선표지

(Runway Centerline Marking)

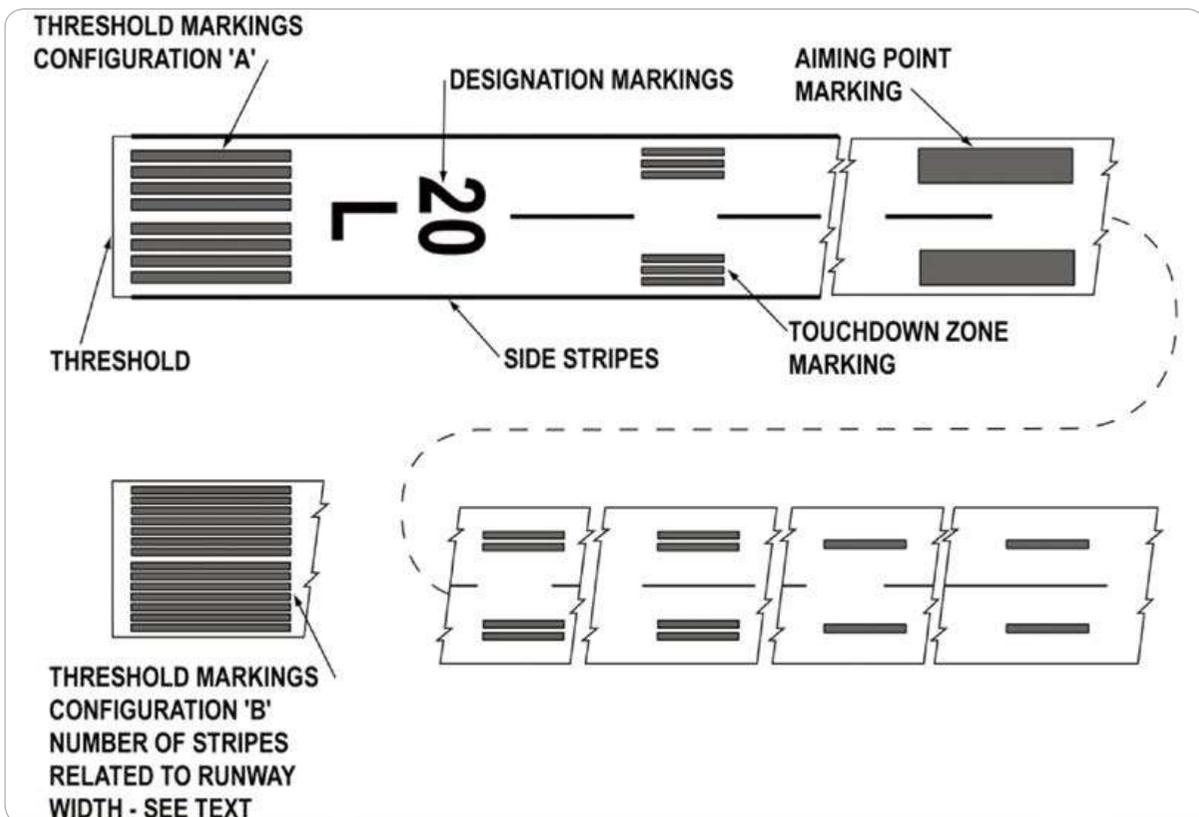
활주로 중앙선은 활주로의 중앙을 나타내며 이륙과 착륙 시에 항공기가 활주로에 정렬하는 것을 도

와준다. 중앙선은 일정한 간격의 백색선으로 표시된다. 또한, 눈이 많이 내리는 지역의 공항에서는 황색으로 표시되어 있다.

2.3.2.3.4 활주로목표점표지

(Runway Aiming Point Marking)

활주로 목표점표지는 착륙항공기에 시각적 목표지점에 대한 정보를 준다. 두 개의 직사각형 표지는 [표 2-2]의 정밀계기 활주로 표지에서 보는 바와 같이, 활주로 중앙선의 양쪽에, 활주로 시단으로부터 약 1,000피트 떨어진 지점에 위치하는 넓은 백색선 표지이다.



[그림 2-11] Precision Instrument Runway Markings

2.3.2.3.5 활주로접지대표지

(Runway Touchdown Zone Markers)

접지대표지는 항공기가 착륙할 때의 접지구역을 알려주며, 조종사가 500피트(150미터)마다 거리의 증가를 알 수 있도록 도와준다. 이 표지는 [그림 2-11]과 같이 활주로 중앙선에 대하여 한 쌍씩 대칭된 1개, 2개, 또는 3개의 직사각형 막대모양으로 되어 있다. 양 끝에 접지대 표지가 있는 활주로에서 활주로 양 끝에 있는 시단을 기준으로 중간지점으로부터 900피트(270미터) 내에 있는 표지들은 생략된다.

2.3.2.3.6 활주로 옆선표지

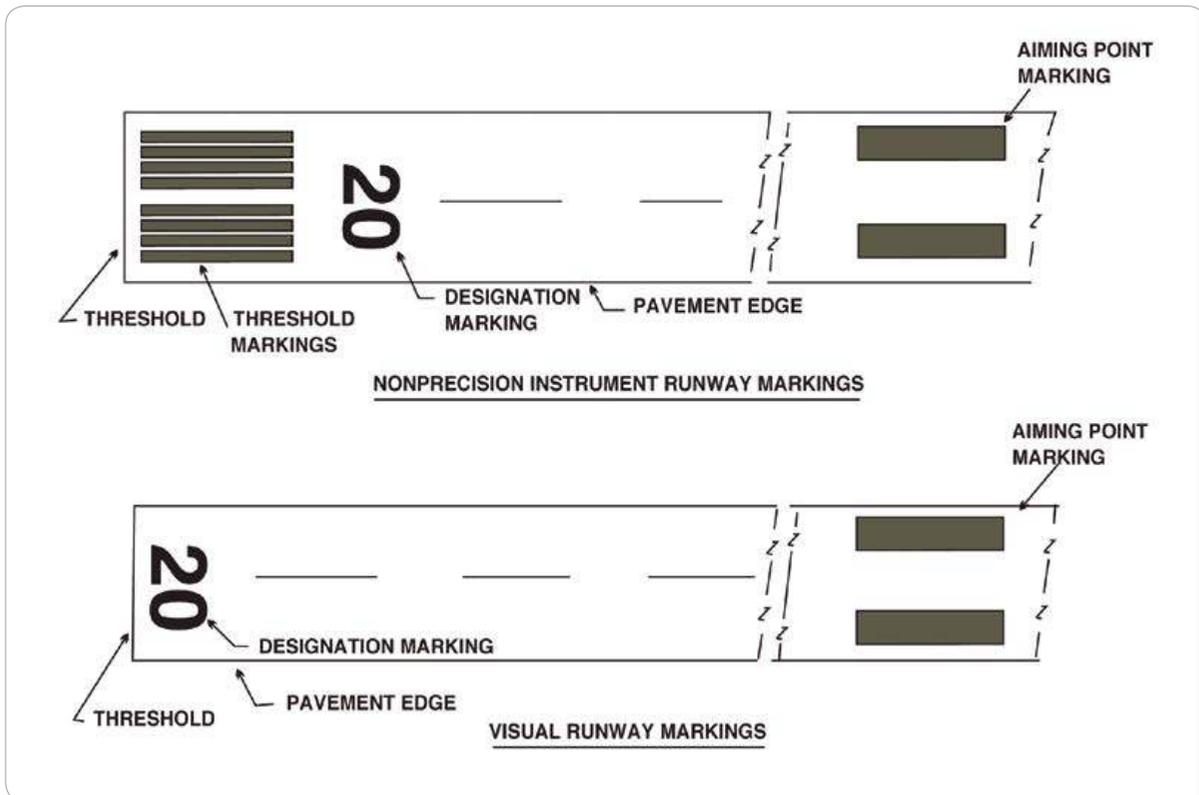
(Runway Side Stripe Marking)

활주로 옆선표지는 활주로 가장자리의 윤곽을 나타낸다. 이 표지는 활주로와 인접한 지대나 활주로의 가장자리를 시각적으로 구별할 수 있도록 도와준다. 옆선은 [그림 2-13]과 같이 활주로의 양 옆에 위치한 연속되는 백색선으로 표시된다.

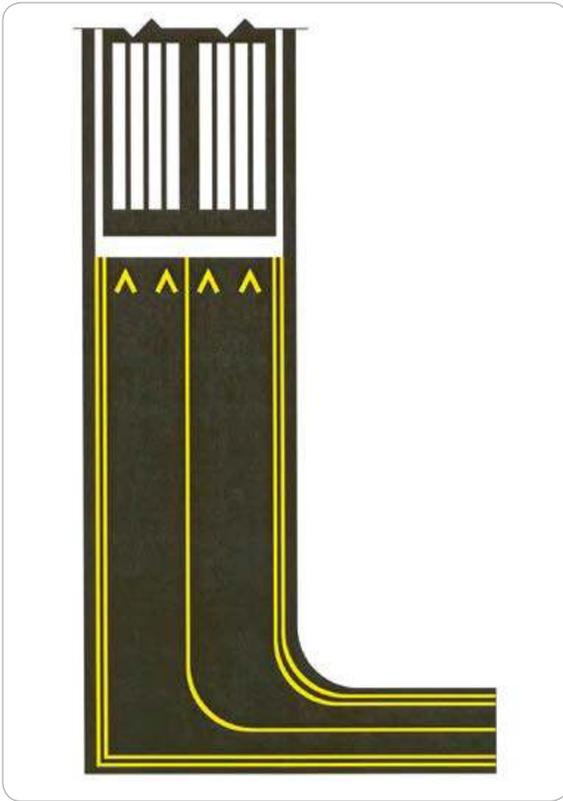
2.3.2.3.7 활주로어깨표지

(Runway Shoulder Markings)

활주로 어깨표지는 항공기가 진입할 수 없는 활주로의 가장자리와 활주로 포장구역을 구별하기 위한 옆줄표지이다. 활주로 어깨 줄은 황색이다[그림 2-13].



[그림 2-12] Nonprecision Instrument and Visual Runway Markings



[그림 2-13] Relocation of a Threshold with Markings for Taxiway Aligned with Runway

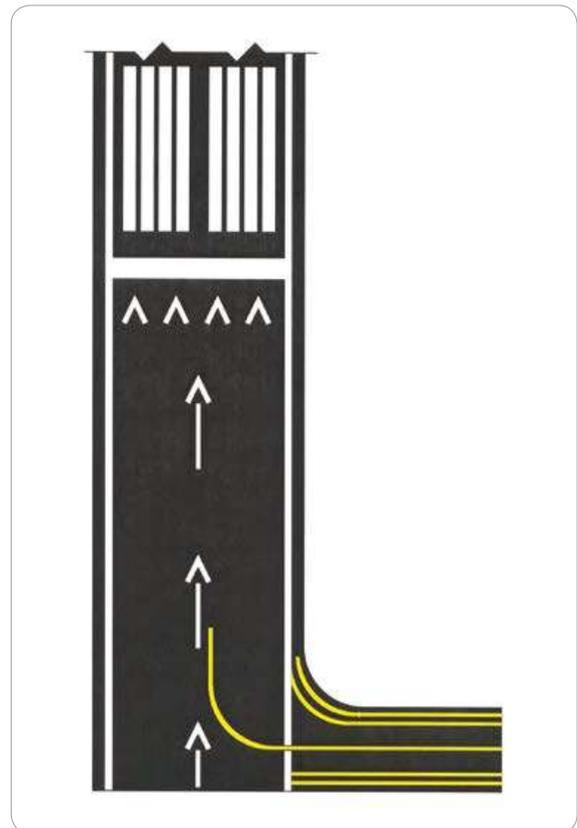
2.3.2.3.8 활주로시단표지

(Runway Threshold Markings)

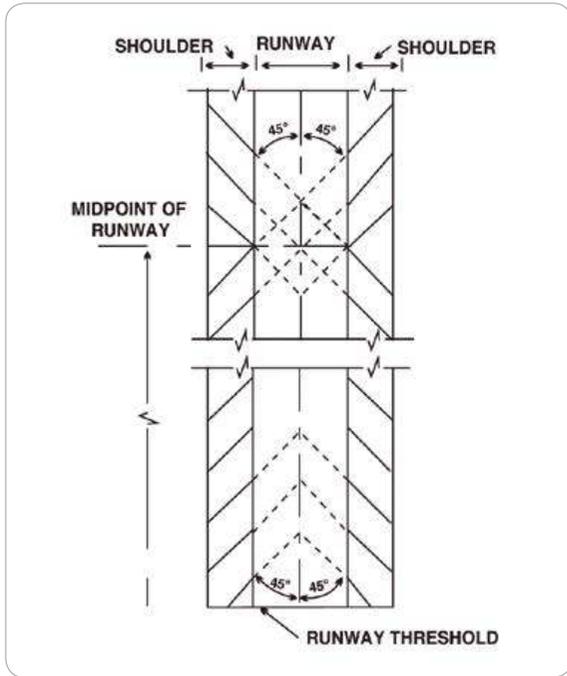
활주로 시단표지는 두 가지 형태를 가지고 있다. 이 표지는 [그림 2-11]에서와 같이 활주로 중앙선에 대칭되어 그려지고 일정한 크기를 가진 세로줄로 구성된다. 이 선의 개수는 [표 2-3]에 지시되는 활주로 너비와도 관련되어 있다. 활주로 시단표지는 착륙에 사용되는 활주로의 너비를 확인함과 동시에 활주로의 시작을 알린다. 활주로 시단표지는 경우에 따라서 재배치되거나 이동될 수도 있다.

재배치된 활주로 시단(Relocation of a Threshold)

건설, 정비, 기타 활동들로 인해 활주로 시단이 재배치되는 경우가 있다. 활주로 시단이 재배치된 경우에는 활주로의 접근방향 시단을 폐쇄하는 것뿐만 아니라 반대 방향 활주로의 길이도 줄어들게 된다. 이런 경우 공항 운영자는 항공고시보(NOTAM)를 통하여 폐쇄된 활주로에 대한 정보를 배포하고 조종사가 확인할 수 있도록 해야 한다. 활주로 시단의 재배치 기간은 수 시간에서 수개월까지 걸릴 수 있으며, 이전의 활주로 시단과 재배치된 활주로 시단 사이의 공간을 사용하지 않더라도 해당 지역의 활주로 표지를 지우거나 수정하지 않아도 된다[그림 2-14].



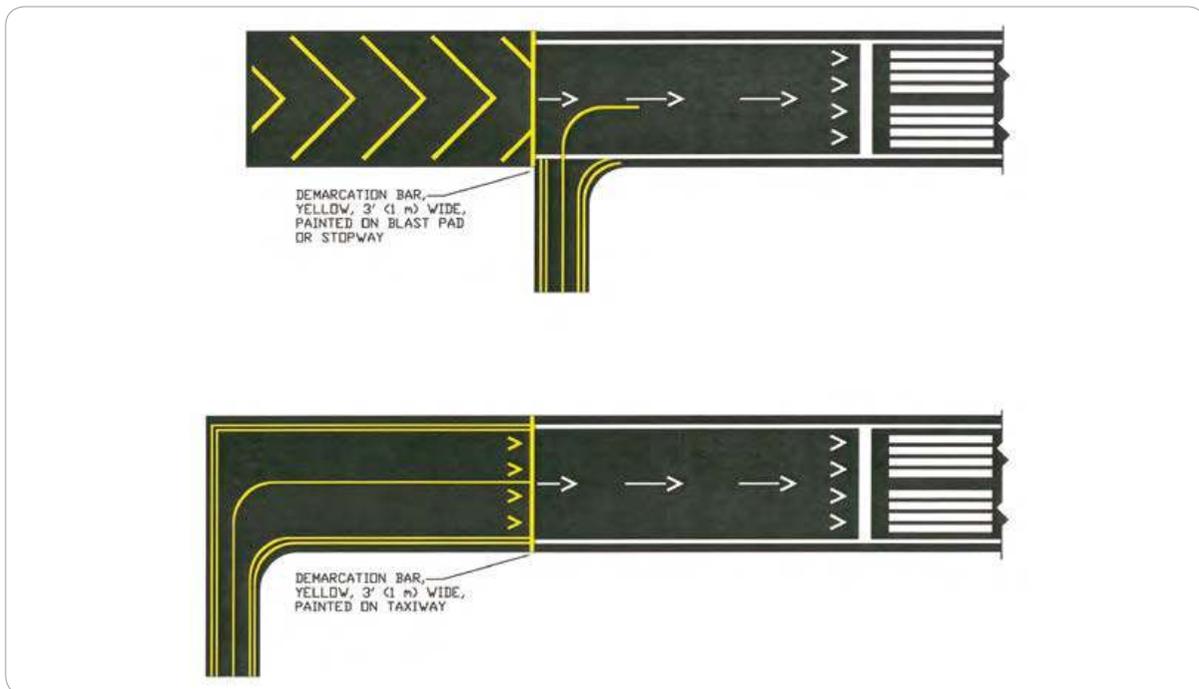
[그림 2-14] Runway Shoulder Markings



[그림 2-15] Displaced Threshold Markings

이동된 활주로 시단(Displaced Threshold)

이동된 활주로 시단은 정상 강하각으로 접근하는 항공기가 소음, 장애물 등으로 인해 활주로를 모두 사용하지 못하고 이동된 활주로 시단에서부터 착륙을 진행해야 할 때 사용된다. 이는 활주로의 한 지점에 위치하는 활주로 시단을 말하는데 이동된 활주로 시단은 착륙에 사용되는 활주로의 길이를 감소시킨다. 이동된 활주로 시단 뒤에 있는 활주로의 나머지 부분은 이륙 시에는 사용될 수 있으며 반대방향으로 착륙하는 항공기 역시 사용 가능하다. 10피트 폭의 백색 활주로 시단선이 이동된 활주로 시단에서 활주로 너비 방향으로 위치하며 백색 화살표가 활주로의 시작점과 이동된 활주로 시단 사이 지역의 중앙선에 위치한다. 화살표의 머리 부분은 [그림 2-14]와 같이 배치된다.



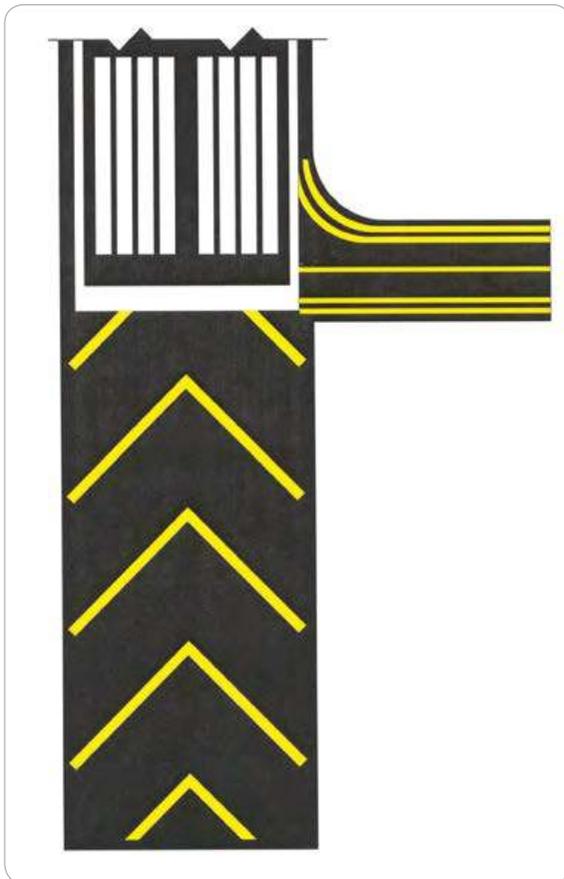
[그림 2-16] Markings for Blast Pad or Stopway or Taxiway Preceding a Displaced Threshold

2.3.2.3.9 경계선(Demarcation Bar)

경계선은 이동된 활주로 시단과 활주로 전방에 위치하는 블라스트 패드(Blast pad), 정지로 지역(Stop way), 유도로 사이를 구분한다. 경계선은 [그림 2-16]과 같이 3피트(1미터)의 폭으로 구성되며, 활주로 상에 위치하지 않으므로 황색이다.

2.3.2.3.10 갈매기모양선(Chevrons)

이 표지는 착륙, 이륙, 지상 활주에 사용할 수 없는 활주로와 정대된 포장지역을 나타낸다. 갈매기모양선은 황색이다[그림 2-17].



[그림 2-17] Markings for Blast Pads and Stopways

2.3.2.3.11 Runway Threshold Bar

Threshold Bar는 threshold 가 이동되거나 제거 되었을 경우 활주로의 시작점을 나타내기 위해 사용된다. Threshold Bar는 폭 10피트(3m)이며 활주로의 폭을 가로질러 그려진다[그림 2-14].

2.3.2.4 유도로표지(Taxiway Markings)

2.3.2.4.1 개요(Introduction)

모든 유도로는 중앙선이 표시되어야 하며, 유도로가 활주로와 교차되는 경우에는 대기지점 표지도 갖추어야 한다. 유도로 경계표지는 항공기의 사용이 허가되지 않은 포장지역을 나타내는 것이며, 유도로를 구별하거나 유도로의 윤곽을 나타내기 위하여 사용된다.

2.3.2.4.2 유도로중심선

(Taxiway Centerline Markings)

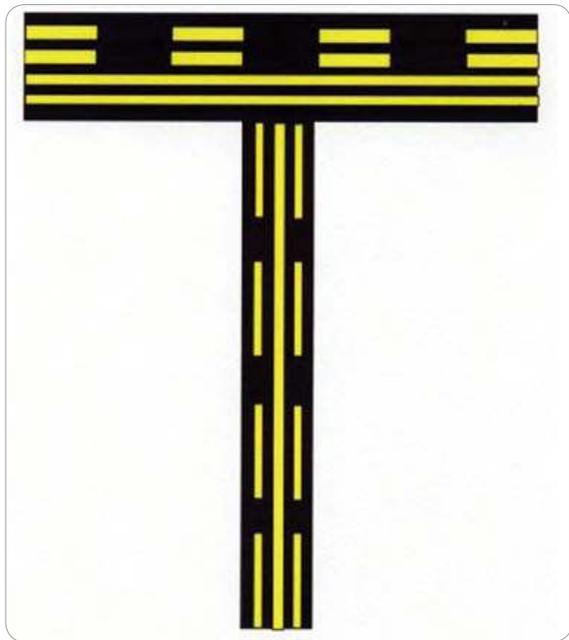
유도로 중심선은 연속되는 황색이며, 폭 6인치(15센티미터)에서 12인치(30센티미터)의 선이다. 이 선은 조종사가 지정된 경로를 따라 지상 활주를 할 수 있도록 시각적인 도움을 준다. 항공기는 날개 끝의 안전을 확보하기 위해 지상 활주 중에 유도로 중심선을 따라서 이동해야 한다. 그러나 이것이 다른 항공기나 다른 물체로부터 항공기 날개 끝의 안전을 보장하지는 않으므로 조종사의 주의가 필요하다[그림 2-18].

2.3.2.4.3 Enhanced 유도로 중심선

(Enhanced Taxiway Centerline Markings)

일부 공항에서는 Enhanced 유도로가 이용된다. Enhanced 유도로 중심선 표시는 노란색 점선으로

되어 있으며, 일반 유도로 중심선과 평행하게 되어 있다. Enhanced 유도로 중심선은 활주로 대기 위치 표시 최대 150피트 이전부터 시작된다. 이 중심선의 목적은 ATC 인가를 받지 않은 항공기가 활주로 대기 지점을 지나가는 것을 예방하려는 목적으로, 조종사에게 곧 대기지점에 도착한다는 것을 알려주기 위함이다[그림 2-18].



[그림 2-18] Enhanced Taxiway Centerline

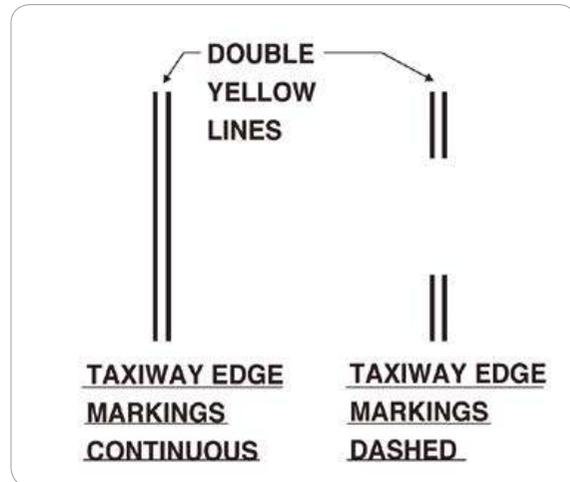
2.3.2.4.4 유도로경계표지(Taxiway Edge Markings)

유도로 경계표지는 유도로의 경계를 정하기 위해 사용된다. 이 표지는 일반적으로 유도로의 경계가 포장의 경계와 일치하지 않을 때 사용한다. 항공기가 유도로를 지나는지의 여부에 따라 두 종류의 표지가 있다.

(1) 연속표지: 이 표지는 유도로의 어깨나 항공기

가 진입할 수 없는 인접한 포장면으로부터 유도로를 구분하기 위하여 사용된다.

(2) 점선표지: 이 표지는 유도로의 경계에 인접한 포장면으로 항공기의 진입이 필요한 경우 포장면 위에 유도로경계나 유도선을 통한 안내가 필요한 경우에 사용된다[그림 2-19].



[그림 2-19] Dashed Markings

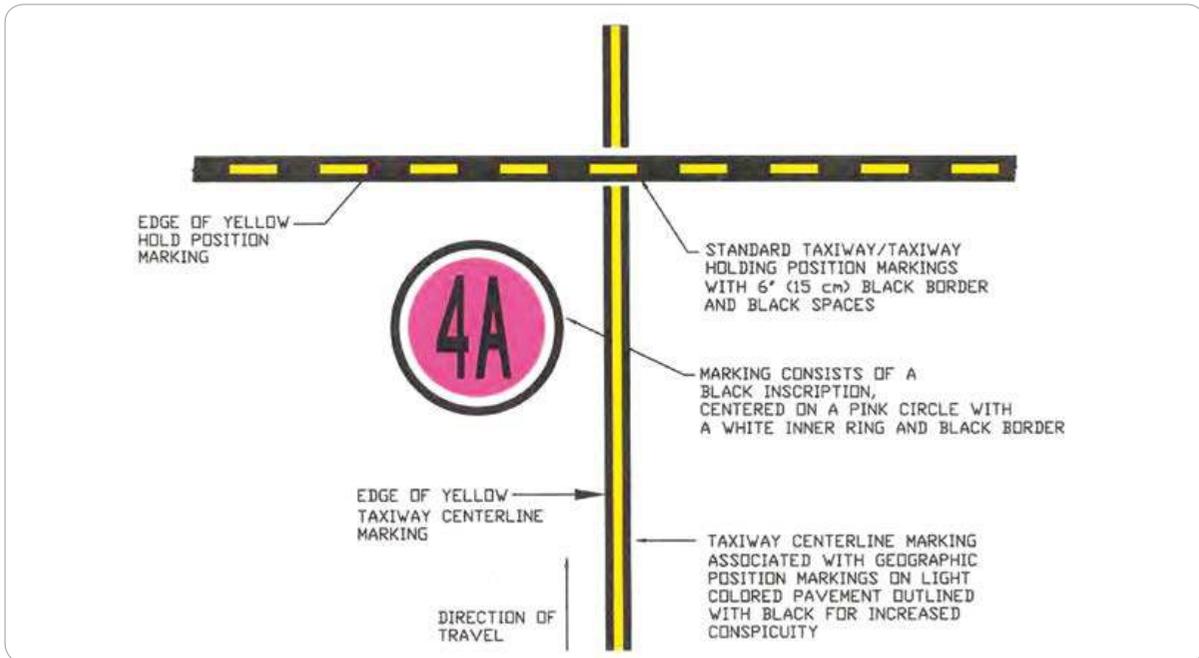
2.3.2.5 대기위치표지

(Holding Position Markings)

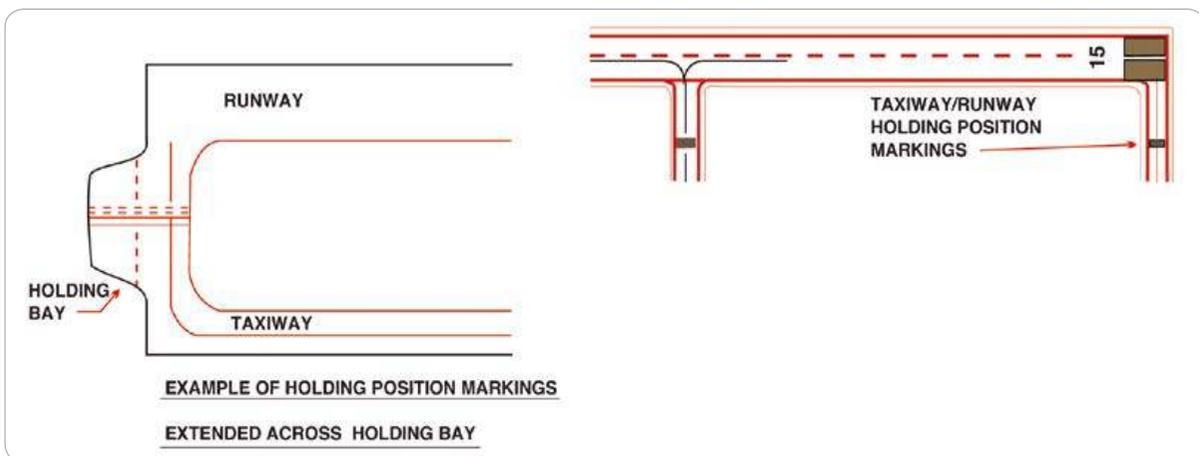
2.3.2.5.1 활주로 대기 위치 표지

(Runway Holding Position Markings)

이 표지는 항공기가 활주로로 접근할 때 정지하여 대기해야 하는 활주로의 지점을 나타낸다. 이 표지는 두 개의 실선과 두 개의 점선으로 구성되는 4열의 황색선이며, 6인치의 간격을 가지고 유도로나 활주로의 너비방향으로 그려진다. 실선은 항상 항공기가 대기해야 하는 지점에 위치한다.



[그림 2-20] Geographic Position Marking



[그림 2-21] Runway Holding Position Markings on Taxiways

(1) 유도로상의 활주로 대기 위치 표시
이 표시는 유도로 상에서 항공기가 활주로의 진입 허가를 받지 못했을 경우 정지해야 하는 지점을 나타낸다. [그림 2-21]은 활주로 대기지점 표시의 모습입니다.

관제기관에 의해 “HOLD SHORT OF(Runway “XX”)”라고 지시받은 경우, 조종사는 항공기의 어느 부분도 대기지점 표시를 넘지 않도록 정지해야 한다. 또한, 착륙 후 활주로에서 유도도로로 나오는 항공기의 일부분이라도 대기지점 표시를 넘지 않았다면

활주로에서 완전히 벗어난 상태가 아니다.

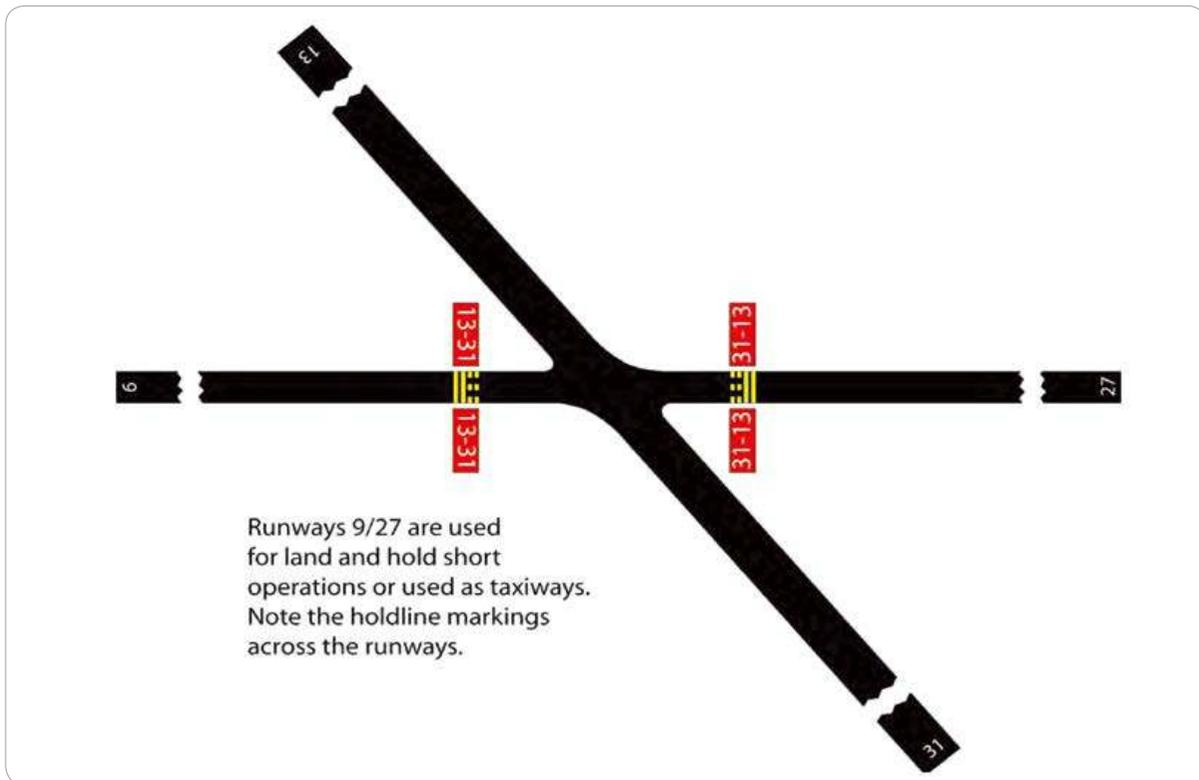
(2) 활주로상의 활주로 대기 위치 표지

이 표지는 활주로를 관제기관에 의해서 “Land and Hold short” 운영이나 지상 활주에 사용되는 경우에만 활주로에 설치되고 위의 두 종류의 운영에서만 의미를 가지게 된다. 적색 배경에 백색문자를 사용하는 기호가 대기지점 표지에 인접하여 설치된다[그림 2-22]. Land and hold short of Runway “yy”라는 지시를 받은 조종사는 활주로 “XX”를 벗어나 활주로 “yy”의 전에서 정지해야 한다. 이 표지는 활주로 접근 대기구역 기호와 같이 위치한다([그림 2-22], [그림 2-23] 참조).

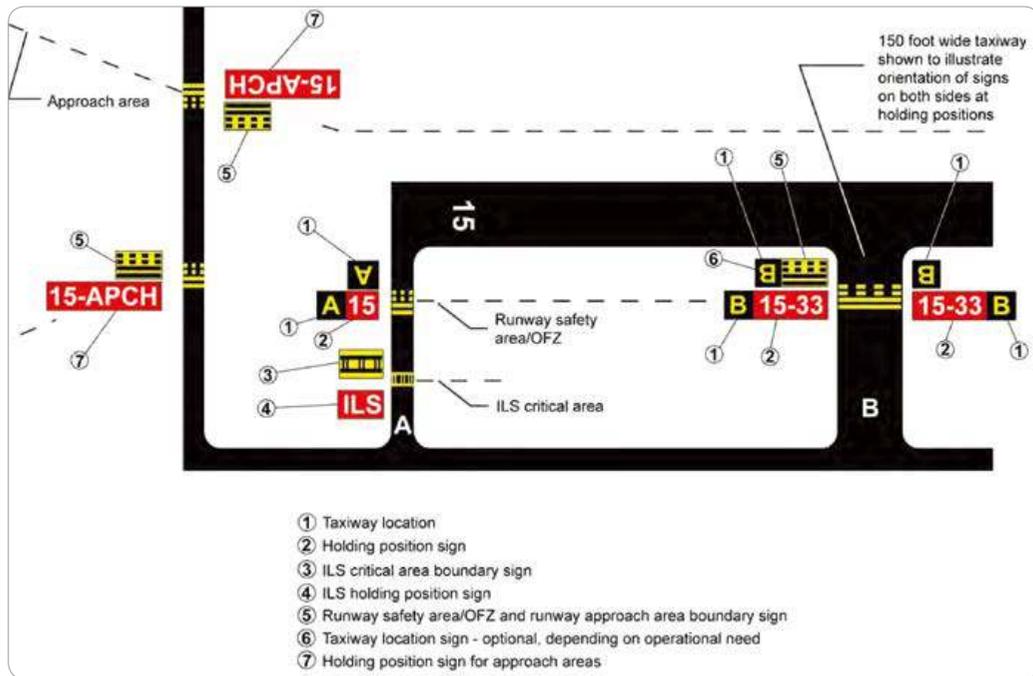
2.3.2.5.2 계기착륙시설(ILS)을 위한 대기지점 표지
(Holding Position Signs and Markings for an Instrument Landing System (ILS) Critical Area)

ILS/MLS 임계구역을 위한 대기지점 표지는 [그림 2-24]에서와 같이 각각 두 줄의 실선과 황색점선으로 구성된다. 적색 배경에 백색문자를 가진 기호가 대기지점 표지에 인접하여 설치된다.

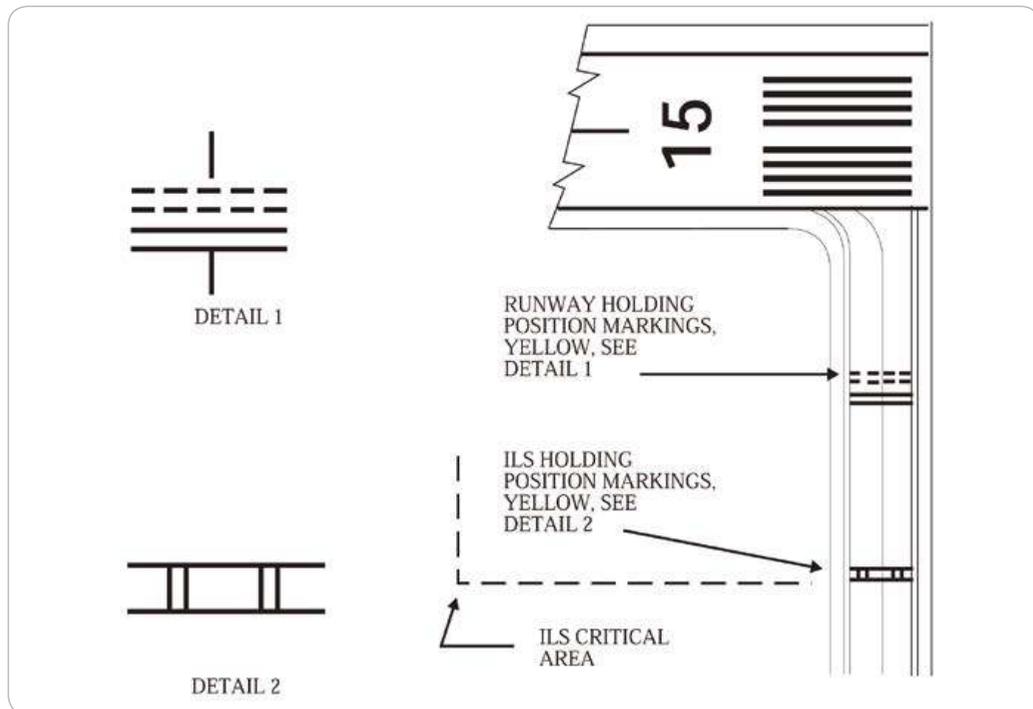
ILS 임계구역을 넘어서면 안 될 경우 조종사는 정지하여 항공기의 어떤 부분도 대기지점 표지를 넘어가서는 안 된다. 대기지점 표지에 접근하는 경우, 조종사는 관제사의 허가 없이는 이 표지를 횡단할 수 없다. 항공기의 어느 한 부분이라도 대기지점 표지를 ILS 임계지역을 벗어난 것이 아니다.



[그림 2-22] Runway Holding Position Markings on Runways



[그림 2-23] Taxiways Located in Runway Approach Area



[그림 2-24] Holding Position Markings: ILS Critical Area

**2.3.2.5.3 유도로 · 유도로교차점을 위한 대기지점 표지
(Holding Position Markings for Taxiway/
Taxiway Intersections)**

유도로 · 유도로교차점을 위한 대기지점 표지는 그림과 같이 한 줄의 점선을 활주로 너비방향으로 표시한다[그림 2-25]. 이 표지는 항공기가 유도로교차점에 이르렀을 때 관제사가 항공기를 대기시켜야 할 목적으로 유도로에 표시된다.

관제기관에 의해 “HOLD SHORT OF (taxiway)”라는 지시를 받은 경우 조종사는 정지하여 항공기의 어떤 부분도 대기지점표지를 횡단하여서는 안 된다. 표지가 없는 경우, 조종사는 교차되는 유도로 상에서 다른 항공기와 충분한 간격분리를 할 수 있는 지점에서 정지하여야 한다.

2.3.2.6 비행장표지판(Airport Signs)

비행장에 설치되는 표지판에는 6가지가 있다. 의무지시 표지판, 위치 표지판, 방향 표지판, 정보 표지판, 활주로 잔여거리 표지판, 목표점 표지판이 있다.

2.3.2.6.1 의무지시표지판

(Mandatory Instruction Signs)

이 표지판은 적색배경에 백색문자를 사용하며 다음을 표시하기 위하여 사용된다.



[그림 2-25] Runway Holding Position Sign

- a. 활주로나 임계지역으로의 진입
- b. 항공기의 진입이 금지된 지역[그림 2-25]

활주로 대기지점 표지판(Holding Position Signs)

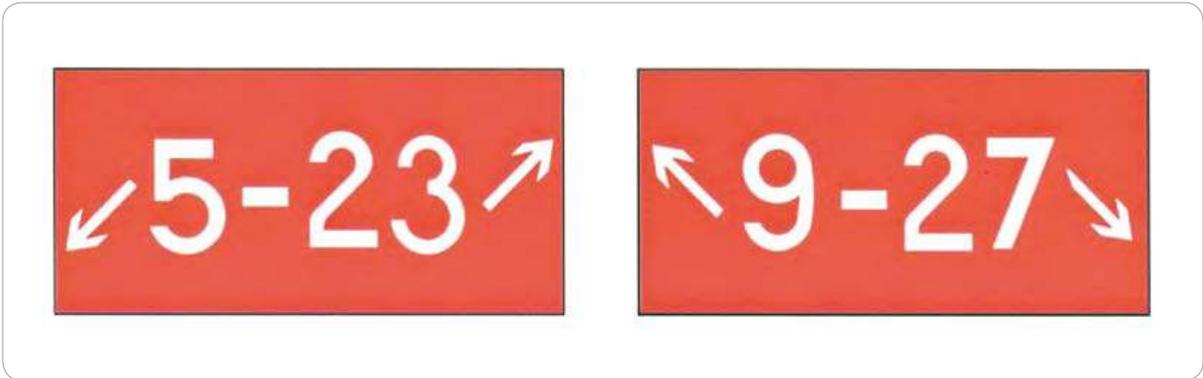
이 표지판은 활주로와 연결되는 유도로 혹은 다른 활주로로 들어가기 전 대기지점에 설치된다. 표지판의 문자는 [그림 2-25]에서와 같이 교차활주로의 지정자를 포함한다. 표지판에 있는 활주로 번호는 각각의 활주로 시단의 방향에 따라 정해진다. 예를 들면, “15-33”은 활주로 15의 활주로 시단은 좌측에 있으며 활주로 33의 활주로 시단은 우측에 있다는 것을 표시한다.

이륙활주로의 시작부분과 유도로가 교차하는 지점에서는 [그림 2-26]에서와 같이 이륙활주로의 지정자만이 표지판에 표시되지만 그 외의 기타 모든 표지판에는 양쪽의 활주로 숫자를 표기해야 한다.



[그림 2-26] Holding Position Sign at Beginning of Takeoff Runway

유도로가 두 개의 활주로와 교차하는 지점에 표지판이 위치하는 경우, [그림 2-27]에서와 같이 각 활주로와 대략적으로 정렬되는 화살표와 함께 양쪽 활주로의 숫자를 표시해야 한다. 대략적인 활주로 정렬표시를 보충하여 화살표는 활주로 지정자의 바로 옆에 표시하여 활주로 시단으로의 방향을 표시해야 한다.



[그림 2-27] Holding Position Sign for Taxiway that Intersects the Intersection of Two Runways

유도로의 위에 있는 활주로 대기지점 표지판은 유도로 포장면의 위에 그려진 대기지점 표지에 인접하여 설치해야 한다.

활주로 접근구역 대기지점

(Holding Position Sign for a Runway Approach Area)

일부 공항에서는, 활주로의 접근구역이나 도착구역에 위치하는 유도로의 공간에 항공기를 대기시켜 항공기가 활주로의 운영을 방해하지 않도록 해야 할 필요가 있다. 이러한 경우 접근활주로의 지정자의 다음에 “-”과 “APCH” 표지를 함께 표시한다. 이 표지판의 예가 [그림 2-28]에 나타나 있다. 이 예에서의 표시는 활주로 15로의 접근과 활주로 33의 출항을 보호할 수 있다.



[그림 2-28] Holding Position Sign for a Runway Approach Area

ILS 임계구역 대기지점 표지판

(Holding Position Sign for ILS Critical Area)

일부 공항에서, 계기착륙장치가 사용되는 경우 유도로에 항공기를 대기시켜야 할 필요가 있다. 이러한 경우 대기지점 표지판은 “ILS”라는 문자를 사용해 유도로의 위에 위치하는 대기지점 표지에 인접하여 설치한다. 이 표지판의 예가 [그림 2-29]에 나타나 있다.

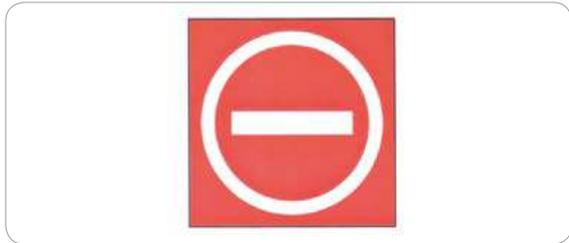


[그림 2-29] Holding Position Sign for ILS Critical Area

진입금지구역표지판

(Sign Prohibiting Aircraft Entry into an Area)

[그림 2-30]에서 보이는 표지판은 항공기의 진입을 금지하는 구역을 나타낸다. 대표적으로, 이 표지판은 일방통행을 하는 유도로나 활주로, 유도로나



[그림 2-30] Sign Prohibiting Aircraft Entry into an Area

기타 항공기의 이동지역으로 오인될 수 있는 주기장과 교차되는 차량차도의 교차점에 설치된다.

2.3.2.6.2 위치표지판(Location Signs)

위치 표지판은 항공기가 위치해 있는 유도로나 활주로의 위치를 식별하는 데 사용된다. 기타 위치 표지판은 조종사에게 어떤 지역을 벗어나는 시기를 결정할 수 있는 지시를 제공한다. 다양한 위치 표지판이 있으며 아래의 그림을 참조하라.

유도로 위치 표지판(Taxiway Location Signs)

이 표지판은 [그림 2-31]에서와 같이 흑색배경에 황색문자와 황색경계선을 가지고 있다. 문자는 항공기가 위치해 있는 유도로의 지정자이다. 이 표지판은 표지판 자체나 방향 표지판[그림 2-37], 활주로 대기지점 표지판[그림 2-33]과 함께 유도로를 따라 설치된다.



[그림 2-31] Taxiway Location Sign



[그림 2-32] Taxiway Location Sign Collocated with Runway Holding Position Sign

활주로 위치 표지판(Runway Location Signs)

이 표지판은 [그림 2-33]과 같이 흑색배경에 황색문자와 황색경계선으로 표시된다. 문자는 현재 항공기가 위치해 있는 활주로의 지정자를 나타내고 있다. 이 표지판은 조종사에게 방향에 대한 정보를 주는 동시에 두 개 이상의 활주로의 인접해 있어 위치에 대한 혼돈을 줄 수 있는 곳에 설치한다.



[그림 2-33] Runway Location Sign

활주로경계표지판(Runway Boundary Signs)

이 표지판은 [그림 2-34]처럼 대기지점 표지를 나타내며 황색 배경에 흑색으로 표시된다. 이 표지판은 활주로를 향하고 있어 활주로를 벗어나는 조종사가 볼 수 있도록 되어 있으며, 대기지점 표지에 인접하여 설치된다. 이 표지판은 조종사가 활주로를 벗어나는 시기를 알 수 있도록 도와준다.



[그림 2-34] Runway Boundary Sign



[그림 2-35] ILS Critical Area Boundary Sign

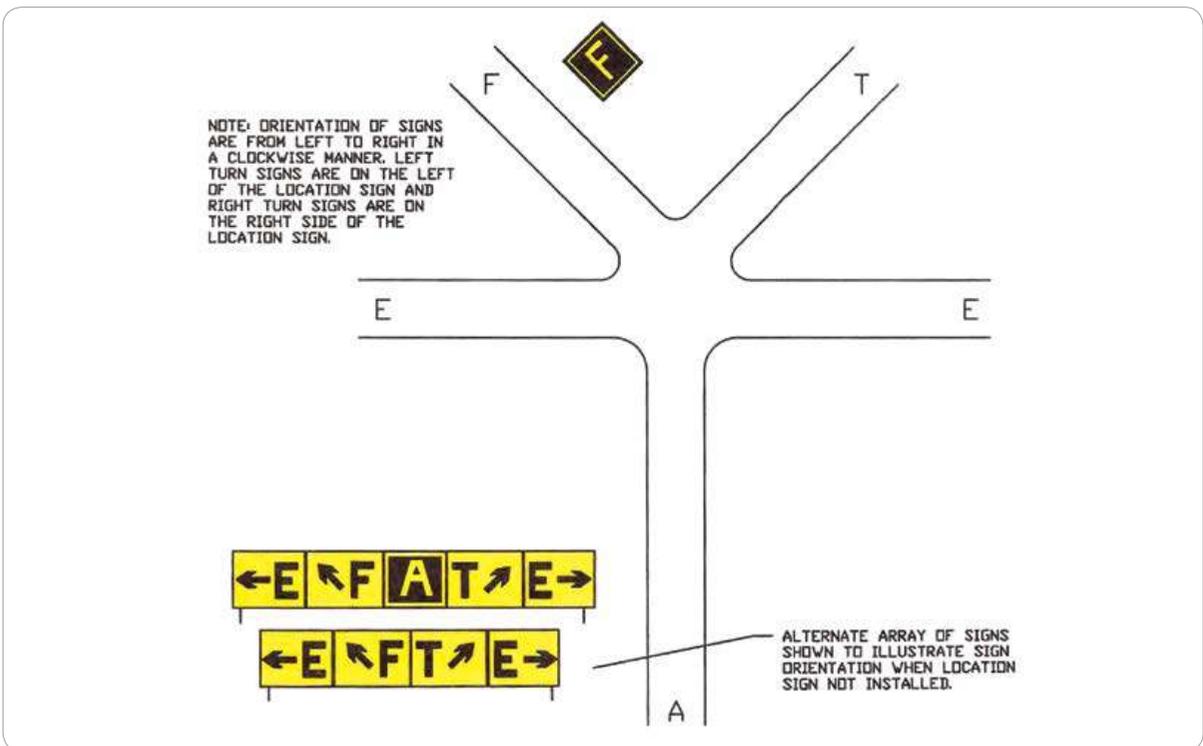
ILS 임계구역 경계표지판

(ILS Critical Area Boundary Signs)

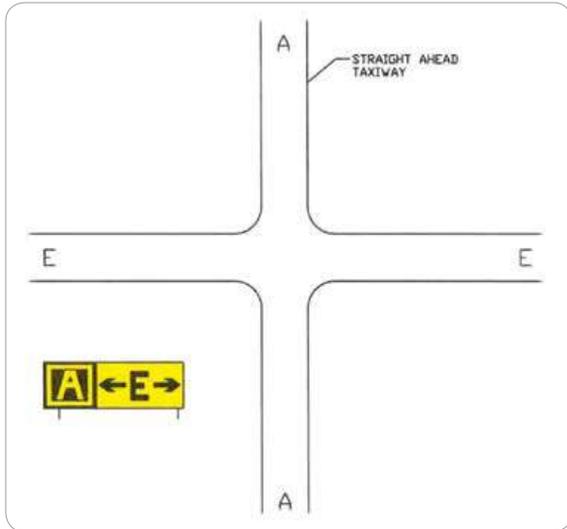
이 표지판은 [그림 2-35]와 같이 황색배경에 ILS 포장면 대기지점 표지를 나타내는 그림으로 흑색으로 표시된다. 이 표지판은 포장면의 위에 ILS 대기 지점 표지에 인접하여 설치되며 임계구역에 접근하는 조종사가 볼 수 있도록 표시된다.



[그림 2-36] Direction Sign Array for Runway Exit



[그림 2-37] Direction Sign Array with Location Sign on Far Side of Intersection



[그림 2-38] Direction Sign Array for Simple Intersection

2.3.2.6.3. 방향표지판(Direction Signs)

방향표지판은 황색배경에 흑색으로 표시된다. 해당 표지는 조종사가 정상적으로 진입하거나 정지해야 하는 교차로 부근에서 교차되는 유도로의 식별문자를 보여준다. 각각의 문자는 방향을 나타내는 화살표와 함께 표시되어 있다. [그림 2-37]에서와 같이 하나 이상의 유도로 식별문자가 표지판에 있는 경우 각 문자와 화살표는 수직으로 분리선이나 유도로 위치 표지판에 의해 분리되어 표시될 수 있다.

2.3.2.6.4 목표지점 표지판(Destination Signs)

목표지점 표지판은 공항에 있는 목표지점을 나타내며 황색배경에 흑색문자로 표시된다. 이 표지판은 그 목표지점으로 가는 방향을 보여주는 화살표와 함께 표시되어 있다. [그림 2-39]는 전형적인 목표지점 표지판의 예이다. 이러한 형태의 표지판에 표시되는 목표지점은 일반적으로 활주로, 주기장, 터미널, 군사구역, 민간항공구역, 화물구역, 국제구역

등이 표시된다. 두 개 이상의 문자를 표지판에 넣을 때는 [그림 2-40]과 같이 점(•)과 화살표를 사용하여 표시된다. 표지판의 문자가 두 개 또는 그 이상의 목표지점을 포함하는 경우, 각각의 목표지점은 화살표와 함께 표시되며 [그림 2-41]과 같이 수직 분리선을 이용하여 다른 목표지점과 분리된다.



[그림 2-39] Destination Sign for Military Area



[그림 2-40] Direction Sign for Common Taxiing Route to Two Runways



[그림 2-41] Destination Sign for Different Taxiing Route to Two Runways

2.3.2.6.5 정보표지판(Information Signs)

정보표지판은 황색배경에 흑색으로 표시된다. 이 표지판은 관제탑에서 볼 수 없는 지역, 무선교신주파수, 소음감소절차와 같은 정보를 조종사에게 제공

하기 위하여 사용한다. 공항운영자는 표지판의 필요성, 크기, 위치를 결정하여 설치하게 된다.

2.3.2.6 활주로잔여거리표지판

(Runway Distance Remaining Signs)

활주로 잔여거리 표지판은 흑색배경에 백색 숫자로 표시되며 활주로의 한쪽 또는 양쪽에 설치된다. 표지판의 숫자는 착륙 활주로의 잔여거리(1,000피트 단위)를 나타낸다. 마지막 표지판, 예를 들어 숫자 “1”을 가진 표지판은 활주로의 시단으로부터 최소 950피트의 이상에 설치된다. [그림 2-42]는 활주로 잔여거리 표지판의 예를 보여준다.



[그림 2-42] 활주로 잔여거리가 3,000피트가 남았음을 알려주는 활주로잔여거리 표지판

2.4 항행안전무선시설(Navigation Aids)

2.4.1 항행안전무선시설(Navigation Aids)

오늘날 다양한 종류의 항행안전무선시설이 각기 다른 비행의 목적에 따라 이용되고 있다. 보편적으로 NDB, VOR, DME, ILS 등의 재래식 항행안전무선시설은 지상에 설치된 안테나(국)에서 송신된 전

파를 항공기에 탑재된 수신 장비에 의해 전달받아 이용할 수 있다.

조종사들은 이들 장비를 항행에 사용할 때 지상의 송신기(Glideslope, VOR, 또는 NDB)가 오작동할 경우에 조종석의 계기가 일시적인 오류를 나타낼 수 있다는 것을 인지하고 있어야 한다. 또한, 항공고시보(NOTAM)를 확인하여 특정 장비의 송신기가 오작동 중이거나 사용이 불가하다고 명시되어 있는지 확인하고, 이에 따라 해당 장비가 지시하는 정보의 신뢰성 여부를 판단해야 한다.

2.4.1.1 무지향 표지시설

(Non-Directional radio Beacon, NDB)

무지향 표지시설(NDB)은 가장 단순하고 전통적인 항행안전무선시설로서, 수평면에서 지상의 안테나(국)로부터 360° 방위의 전 방향으로 무지향성의 전파를 발사하며, 이를 통하여 조종사에게 항공기의 방향정보를 제공한다. 조종사는 무지향성표지시설을 이용하여 방위(Bearing)와 해당 표지시설로 향하는 방향(Homing)을 결정할 수 있다. 무지향성표지시설은 보통 190~535kilocycles(kHz)의 주파수 범위 내에서 운영되며 오랜 기간 항공과 항해 양쪽 모두에서 중요한 역할을 해왔으나 최근에는 초단파 및 극초단파를 이용한 전방향 표지시설(VOR), 마이크로파착륙유도장치(Microwave Landing System, MLS) 또는 위성항법시설(GPS) 등의 최신 항법 시설들이 개발되면서 상대적으로 그 중요성이 감소되고 있다.

무지향 표지시설은 NDB 접근시설, NDB 항로 구성, Compass Locator: ILS의 일부, 고출력 Beacon 등으로 분류되어 활용될 수 있다. 이들 중

ILS marker와 함께 사용되는 NDB를 컴퍼스로케이터(Compass Locator)라고 부르는데, 이것은 계기착륙시설(ILS)의 일부로 사용되며 항공기의 접근 경로 선상에서 조종사에게 정확한 위치를 식별하도록 돕는다. 음성 식별이 제공되지 않는 무지향 표지시설에 대해서는 NDB 송신소의 등급에 “W”자(Without voice에서 따온 글자)를 붙여 구분한다(예: HW).

NDB는 전파의 방해받기 쉬우며 이로 인해 부정확한 방위정보를 지시할 수도 있다. 이러한 전파의 방해는 번개 및 강수 공전 등과 같은 요인에서 비롯되는 것이다. 또한, NDB는 야간에 원거리 송신국에서 오는 전파 간섭에 대하여 취약하기 때문에 야간에는 상대적으로 떨어져 있는 시설로부터의 간섭을 받을 수도 있다.

모든 전파방해는 ADF가 방위를 지시할 때 영향을 줄 뿐 아니라 식별부호에도 영향을 준다. ADF 수신기에는 방위 정보가 정확하지 않게 지시될 때 조종사에게 알려주는 경고 플래그(Flag)가 없기 때문에 조종사는 NDB의 식별부호 청취를 통해 장비의 신뢰성을 확인해야 한다.

2.4.1.2 전방향 표지시설

(VHF Omni-directional Range, VOR)

VOR(전방향 표지시설)은 국내 공역체계 내에서 사용되는 가장 기본적인 항행안전무전시설이다. VOR의 지상국은 자북을 중심으로 지상국으로부터 생성되는 “TO” 또는 “FROM”의 위치정보를 조종사에게 360개 방위를 통하여 제공한다. VOR 시설에 DME가 함께 설치되어 있는 경우에는 이것을 VOR/DME라고 부르며, 조종사에게 방위 정보 및 거리 정

보를 모두 제공한다. 또한, VOR 시설에 TACAN(전술항행표지시설)이 함께 설치되어 있는 경우에는 이것을 VORTAC이라고 부르며, 조종사에게 방위 정보 및 거리 정보를 모두 제공한다.

지상국을 기준으로 전파되는 방위를 Radial(레디얼)이라고 부른다. 조종사가 VOR을 통하여 얻는 정보는 항공기의 자세나 방향과는 무관하다. Radial을 연상할 때는 수레바퀴의 바퀴살을 떠올릴 수 있는데, 항공기가 언제든지 특정 Radial 선상에 놓일 수 있다는 의미이다. 다시 말해 Radial은 001로 시작하는 세 자리 숫자로 식별할 수 있으며, 자북으로부터 1°씩 증가되어 360°에 도달하기까지 원 안에 존재하는 모든 각도를 나타낸다. 항행에 사용되는 항공도에는 조종사가 쉽게 방향 인지를 할 수 있도록 지상국이 위치한 곳에 원형의 방위표시판을 겹쳐 표시하기도 한다.

VOR의 지상국은 108.0~117.95 MHz 사이의 VHF 주파수 범위 내에서 신호를 송신한다. VOR 신호는 VHF 대역 전파를 이용한 시설이기 때문에 가시거리(Line of sight)의 제한이 따른다. 따라서 VOR 신호의 유효 범위는 수신하는 장비가 위치해 있는 고도의 직접적인 영향을 받는다.

일반적으로 1,000피트 AGL에서 수신되는 신호의 유효범위는 약 40~45NM 이내이다. 이 범위는 고도의 증가에 따라 함께 증가한다.

VOR 및 VORTAC 시설은 운영 용도에 따라 다음과 같이 나뉜다.

- T(Terminal)
- L(Low altitude)
- H(High altitude)



[그림 2-43] VOR 송신기(지상국)

2.4.1.3 전술항행표지시설

(Tactical Air Navigation, TACAN)

군에서는 일반적인 항행에 사용되는 항행안전무선 시설인 전방향 표지시설(VOR)/거리측정시설(DME)이 해상 작전 및 군 항공기 운영(위치 이동의 특이성 및 군함의 pitching 및 rolling 특성상)에는 적합하지 않다고 여겼다. 그리하여 군사적 전술 및 군 항공기의 항법 지원을 위한 용도로 항법시설을 개발하게 되었는데 이것이 전술항행표지시설(TACAN)의 시초이다. 실제 전술항행표지시설이 작동하는 원리는 전방향 표지시설/거리측정시설의 원리와는 다른 원리이지만, 조종사의 항법에 있어서는 동일하다. 전술항행표지시설은 본래 200NM 이내 범위에서 정확한 위치 정보를 제공하기 위하여 개발되었다.

전술항행표지시설은 전방향 표지시설과 마찬가지로 지상국으로부터 방사되는 Radial(레이얼) 정보를 제공하며, DME는 전술항행표지시설의 구성요소로서 지속적으로 경사거리(slant-range) 정보를 제공한다. 전술항행표지시설은 극초단파(UHF) 대역에서 운영되는데, X-band 펄스 부호 범위 내에서 126개의 채널 운영이 가능하다. 펄스부호화(pulse

coding)의 발달로 인해 지상 장비는 Y-band 범위 내에서도 추가적인 126개의 채널 운영이 가능해졌다. 지상국의 식별부호는 국제표준 모르스 부호로 35초 간격에 의해 전송된다. 공중 거리측정시설은 1025~1150MHz 범위 내에서 송신되고 관련 지대공(ground to air) 주파수는 962~1024MHz, 1151~1213MHz 범위 내에서 사용된다. 각 채널은 위와 같은 부호 범위 내에서 1MHz의 간격으로 분리된다.

2.4.1.3.1 지상 전술항행표지시설

(TACAN - Ground Equipment)

전술항행표지시설의 지상 장비에는 고정식 시설과 이동식 시설의 두 가지 종류가 있다. 지상 장비는 베어링(bearing) 정보를 송신하는 회전식의 안테나와 위치 정보를 송신하는 송수신기(트랜스폰더)로 구성되어 있다. 지상에는 듀얼 안테나가 설치되는데, 둘 중 한 개는 항상 작동되고 나머지 한 개는 예비용으로, 사용되던 안테나의 오작동 시에 자동으로 예비 안테나가 작동할 수 있도록 해준다. 지상 장비에는 경보 기능이 있는 그라운드 모니터(ground monitor)가 있는데 자북으로부터 1°의 Radial(레이얼) 이동이 발생하였을 때, 이를 감지하여 작동한다. 이 경보 장치는 보통 관제탑이나 접근관제시설에 설치되는데, Radial의 이동이 오차 허용 범위를 벗어나게 되면 경고등과 경고음으로 알려준다.

전술항행표지시설이 정비중일 때에는 잘못된 DME나 방위 정보를 나타낼 수 있다. 이때는 해당 시설의 고유 식별부호를 확인했을 때에도 식별이 잘 안 될 것이다. 따라서 공중에서는 해당 장비를 사용하기 전에 미리 관제 기관에 조연을 구하거나, 비행 전 지상에서는 항공고시보(NOTAMs)의 확인을 통

해 장비의 사용 가능 여부를 확인해야 한다.

2.4.1.3.2 항공기 탑재용 전술항행표지시설 (TACAN - Airborne Equipment)

항공기에 탑재되는 장비 또한 여러 채널의 송수신기(트랜스시버)를 갖추고 있으며, 조종사가 선택하여 맞춘 채널을 통하여 자동으로 베어링(bearing) 정보를 가져온다. 비행 중인 항공기 내에서 조종사가 해당 전술항행표지시설의 채널을 맞추면 지상국으로 신호가 전송되는데, 이때로부터 지상국에서 송신하는 응답신호와의 경과 시간을 계산하여 거리가 결정된다. 항공기의 탑재 송신기에서부터 시작된 이러한 과정은 1NM에 12microsecond(100만분의 1초)가 소요된다. DME는 지표 거리보다는 경사거리(slant range)를 측정하기 때문에 이 시설이 주는 거리 정보를 사용할 때에는 그에 따른 수정이 필요하다.

거리측정시설은 항공기 장비 및 가시거리(Line Of Sight)에 따라서 최대 199NM까지 거리 정보의 신뢰성을 보장한다. 거리정보의 정확도는 $\pm 1/2$ NM 또는 전체 거리의 3% 중 더 큰 것에 해당된다.

많은 항공기들이 같은 지상국에 신호를 보낼 수 있는데 항공기 탑재용 전술항행표지시설은 자체 신호에 응답하는 신호를 골라내어 제외시켜야 한다. 항공기에 탑재되어 있는 송수신기에서 보내는 신호는 불규칙적으로 발생하는데, 이때 자체 신호에 자체적으로 응답한다거나 하는 신호의 방해가 일어날 수 있다. 송수신기의 기억장치는 마지막으로 지시된 거리 정보를 약 10초간 보존할 수 있다. 이것은 탐색 신호가 겹치는 것을 막기 위해서이다. 이와 같은 과정은 새로운 지상국의 채널이 맞추어졌거나 신호의

방해가 크게 감지될 때 자동으로 활성화된다. 지상국으로부터의 실제로 떨어진 거리가 얼마이냐에 따라 이 탐색 과정에 걸리는 시간은 22초까지 소요될 수 있다. 하나의 국에서는 최대 100대의 항공기가 수용이 가능하지만 X-band, Y-band의 확장을 통하여 항공기 수용의 범위는 더 확대될 수 있다.

2.4.1.4 VHF Omni-Directional Range/ Tactical Air Navigation, VORTAC

군 항공기 및 민간 항공기의 조종사에게 같은 항행안전무선시설로부터 위치정보를 얻을 수 있게 하려는 목적으로 전방향 표지시설과 전술항행표지시설을 통합한 시설이 개발되었는데 이것이 VORTAC이다. VORTAC은 하나의 장비로 VOR Azimuth, TACAN Azimuth, TACAN Distance(DME)의 세 가지의 기능을 제공한다.

2.4.1.5 거리측정시설 (Distance Measuring Equipment, DME)

2.4.1.5.1 개요(Introduction)

DME(거리측정시설)는 지상의 기준점으로부터 항공기까지의 경사거리 정보를 제공하는 시설로서 대개 전방향 표지시설이나 계기착륙시설과 함께 설치한다.

2.4.1.5.2 기능 및 특징(Function and characteristic)

DME는 조종사가 항공기가 있는 위치로부터 지상 무선시설까지의 거리를 측정하는 데 필요한 정보를 제공하는 장치이다. 거리측정시설은 960~1215 MHz 범위 내에서 작동하며, 항공기에 장착된 질

문기(Interrogator)와 지상 장비에 설치된 응답기(Transponder)로 구성된다.

DME는 단독으로 운영하기도 하고 무지향 표시시설 또는 전방향 표시시설과 함께 설치되어 조종사에게 항공기의 위치정보(거리, 방위정보)를 제공한다. 또한, 계기착륙시설의 로컬라이저(Localizer) 또는 글라이드슬로프(Glideslope)와 함께 설치되어 마커(Marker) 시설을 대신하여 조종사에게 착륙점까지의 거리 정보를 연속적으로 제공하는 정밀진입 지원 시설로도 사용된다.

DME는 미 해군이 군 항법 지원 장치로서 개발한 전순항행표지시설(TACAN)의 거리 측정기능 부분을 독립시켜 전방향 표시시설이 제공하는 정보를 보강하기 위한 목적으로 민간 항공에서 보편적으로 쓰이는 단거리 지원시설이 되었다.

거리측정시설은 정확한 위치를 알고 있는 지상의 선택된 무선국과 항공기 간의 경사 거리에 관한 정보를 제공한다. 이 거리 정보는 해리, 즉 NM(Nautical Mile)으로 조종사에게 표시되며, 오차는 약 0.2NM 이내이다.

2.4.1.6 계기착륙시설 (Instrument Landing System, ILS)

2.4.1.6.1 개요(Introduction)

ILS(계기착륙시설)는 항공기가 활주로에 착륙하는데 필요한 방위각, 활공각 및 거리 정보를 제공하며, 조종사가 정밀계기접근절차를 수행할 때 사용되는 시설이다.

ILS는 크게 다음 네 가지 요소를 포함하고 있는데, 활주로 중심의 연장선에서 수평(좌/우) 방위각

안내를 제공하는 로컬라이저(Localizer), 일반적으로 3°의 강하각으로 활주로 접지점까지의 수직 활공각 정보를 제공하는 글라이드슬로프(Glideslope), 접근 경로를 따라 활주로까지의 거리 정보를 제공하는 마커비컨(Marker Beacon), 조종사에게 계기접근에서 시계접근으로의 전환을 도와주는 접근 등화(Approach Lights)로 구성된다.

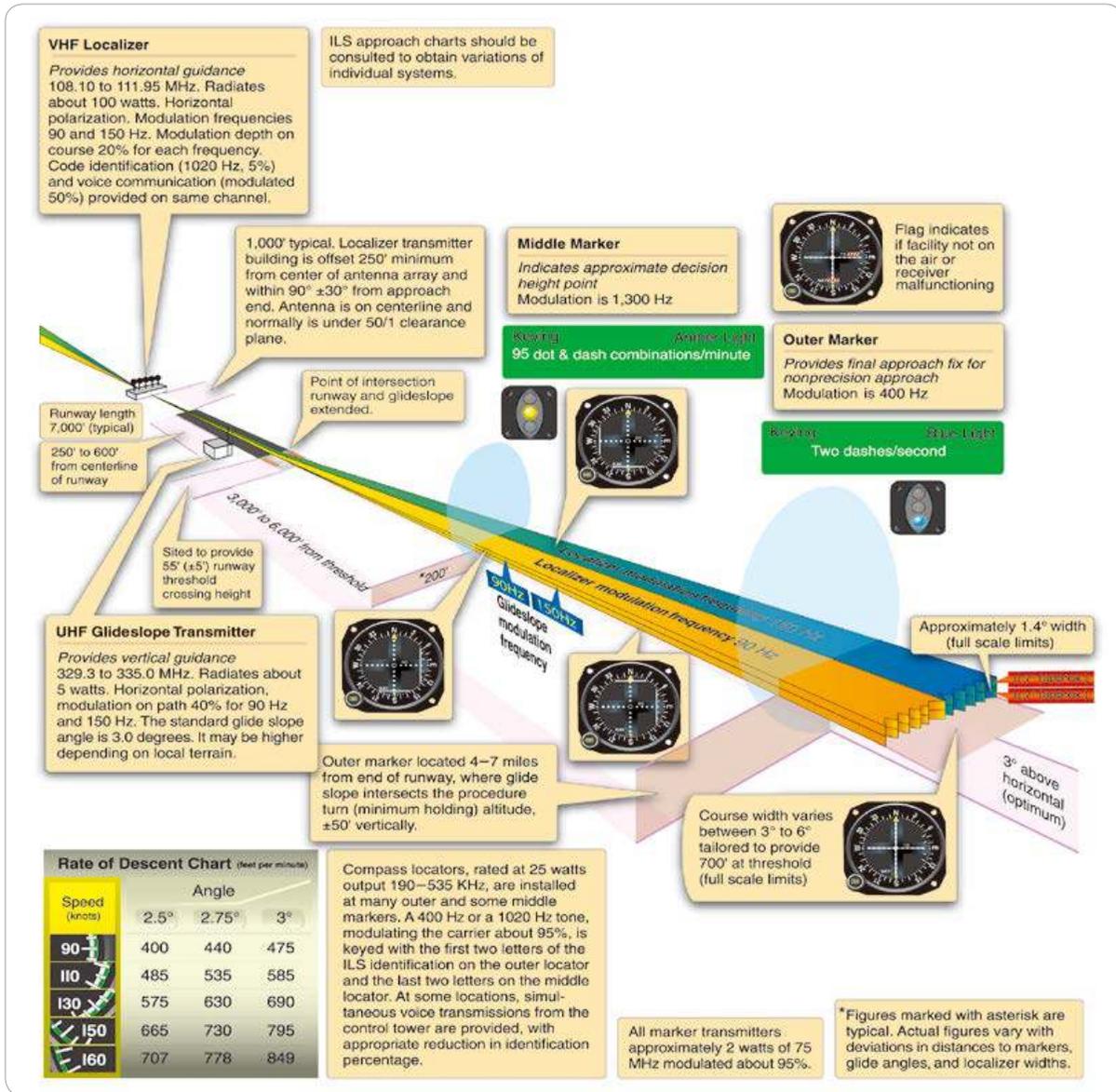
ILS의 보조 장비에는 크게 컴퍼스로케이터(Compass Locator)와 DME가 있는데 이 장비들은 ILS에 필수적으로 구성되어야 하는 요소는 아니지만, ILS의 유용성과 안전을 높이기 위해 ILS 시설에 함께 통합하여 설치할 수 있다.

컴퍼스로케이터(Compass Locator)는 체공절차의 보조, 로컬라이저 방위각의 추적, 마커비컨 설치 지점의 식별, ADF 접근의 FAF(Final Approach Fix) 등을 제공한다. 그리하여 조종사가 항로에서 이용하던 항행시설에서 ILS로 항행장비를 전환하는 것을 돕는다.

DME는 글라이드슬로프(Glideslope) 수신기와 함께 설치되어 조종사에게 활주로 접지점까지의 거리 정보를 제공한다. 또한, ILS 접근 절차에서 DME가 결합된 주변의 다른 항행시설(VOR 등)의 사용이 요구된다면 해당 장비로부터의 거리 정보를 제공할 수 있다.

ILS 접근의 등급은 조종사의 자격 요건과 공항에 설치된 장비의 종류에 따라 세 가지로 분류될 수 있다.

CAT I 접근은 접지점으로부터 200피트 이상 높이까지 접근 정보를 제공하며, CAT II 접근은 접지점으로부터 100피트 이상 높이까지의 접근 정보를 제공한다. CAT III 접근에서는 결심고도의 발행이 의무사항이 아니다. 또한, 보다 더 낮은 고도까지



[그림 2-44] Instrument Landing System, ILS(계기착륙시설)

의 접근 정보를 제공한다. CAT I 접근을 위해서 항공기에는 CAT I 접근에 필요한 탑재장비를 갖추고, 조종사는 계기비행증명만 소지하면 되지만, CAT II 와 CAT III 접근에서는 각 등급에 해당하는 지상 장비 및 항공기 탑재 장비와 더불어 조종사는 접근 방

식에 해당하는 특정 자격을 갖추고 있어야 한다.

2.4.1.6.2 ILS의 구성 장비(ILS Components)

계기착륙시설은 방위각 제공시설, 활공각 제공시설, 마커장비(내측 마커, 중간 마커, 외측 마커) 등

의 시설들로 구성되어 있다.

ILS는 지상의 다양한 시설을 활용할 수 있다. 이 시설들은 ILS의 일부로 쓰이거나 다른 접근 시설의 일부일 수 있다. 예를 들어 컴퍼스로케이터(Compass Locator)는 NDB 접근에 이용될 수 있다.

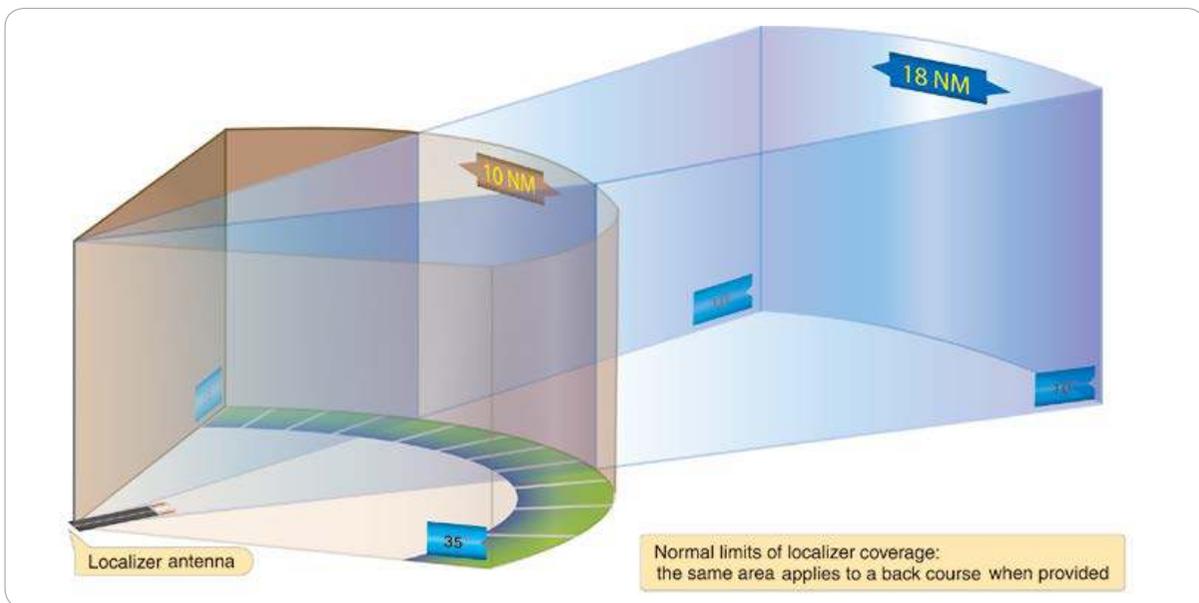
로컬라이저(Localizer)

로컬라이저 지상 안테나(LOC)의 배열은 계기 접근 공항의 활주로 연장선상에 놓이는데, 진입 방향의 반대편 활주로 끝에 설치되어 접근 항공기와와의 충돌 위험을 방지한다.

로컬라이저는 활주로 연장선을 따라 중간마커(Middle Marker, MM), 외측마커(Outer Marker, OM)까지 활주로 양방향의 경로를 제공하는데 이것을 각각 전면접근방위(Front Course)와 후면접근방위(Back Course)라고 칭한다. 로컬라이저의 신호는

108.1MHz에서 111.95MHz 사이 주파수 범위 내에서 송신되며, 신호를 통하여 안테나 위치에서 18NM 떨어진 곳의 4,500피트 지점으로부터 강하 경로를 거쳐 활주로 말단까지 접근 방위각 정보를 제공한다.

로컬라이저 방위각의 폭은 접근 경로 선상의 한 지점에서 “fly-left(CDI가 완전히 왼쪽으로 벗어났을 때)”와, “fly-right(CDI가 완전히 오른쪽으로 벗어났을 때)” 사이에서 각 변위에 따라 결정된다. 각 로컬라이저 시설의 식별은 첫글자 “I(· ·)”에 이어지는 세 글자의 식별부호로 구성된다. 또한, 일정 간격으로 송신되는 모尔斯 부호의 청취를 통하여 해당 장비를 식별할 수 있다(예: 대한민국 전라남도 무안 공항의 로컬라이저 식별부호는 IMUN이다). 로컬라이저는 음성 송신 기능을 포함하고 있으며, 해당 관제 기관은 로컬라이저 사용 주파수를 접근 및 착륙 지시에 이용할 수 있다. 로컬라이저 방위각의 범위는 보통 5°이며 로컬라이저 CDI는 활주로 중심선



[그림 2-45] 로컬라이저 신호감지구역(Localizer Coverage Limits)

으로부터 좌우 각각 2.5°까지 수용할 수 있다. 그러므로 좌우 10°, 전체 20°의 CDI 민감도를 갖는 VOR에 비해 로컬라이저 CDI는 4배에 해당하는 민감도를 갖는다. 따라서 조종사가 편류 수정 조작 시 로컬라이저 CDI의 1/4 이내에서 정밀한 접근 경로를 유지한다면, 항공기는 착륙 활주로로의 정밀한 접근이 가능해지고 활주로 중심에 정대할 수 있게 된다.

글라이드슬로프(Glideslope, GS)

글라이드슬로프(GS)는 지상 장비에서 글라이드패스(활공경로) 신호를 발생시키고, 수신하며 지시하는 시설이다. 글라이드패스는 항공기가 활주로에 접근 시 글라이드슬로프(GS)와 최종접근지점(FAF)이 만나는 지점으로부터 활주로 접지 지점까지 지정된 활공 경로를 따라 강하할 수 있도록 안내해주는 직선의 경사로이다. 글라이드슬로프의 장비는 접근 활주로 말단으로부터 약 750~1,250피트 떨어진 지점과 활주로 중앙선에서 한쪽으로 400~6,000피트 이내로 이격된 지점에 설치된다. 글라이드슬로프가 지시하는 각도는 일반적으로 수평선으로부터 2.5°~3.5° 사이이며, 활주로 높이에서부터 중간마커(MM)를 약 200피트 지점에, 외측마커(OM)를 약 1,400피트 지점에 통과하도록 설계된다.

일반적인 글라이드슬로프 경사각이 최소 장애물 회피 고도와 겹치게 되는 경우에는 활주로 길이가 허용하는 범위 내에서 접근 활주로로부터 일반적으로 글라이드슬로프의 지상 장비가 설치되는 위치보다 더 떨어진 지점에 지상 장비가 설치되며, 그렇지 않으면 글라이드슬로프의 경사각을 4°까지 증가시키기도 한다. 로컬라이저와는 다르게 글라이드슬로프는 최종 접근 경로의 전면접근 신호만을 제공하는

다. 따라서 글라이드슬로프는 후면접근의 수직 경로 안내를 제공하지 않는다.

글라이드패스는 일반적으로 1.4°의 수직 폭을 가지는데, 이는 활주로 접지점으로부터 10NM 떨어진 지점에 해당하는 약 1,500피트의 높이로부터 접지점으로 갈수록 활주로 높이로 줄어드는 수직 거리를 의미한다.

마커비컨 장비(VHF Marker Beacons)

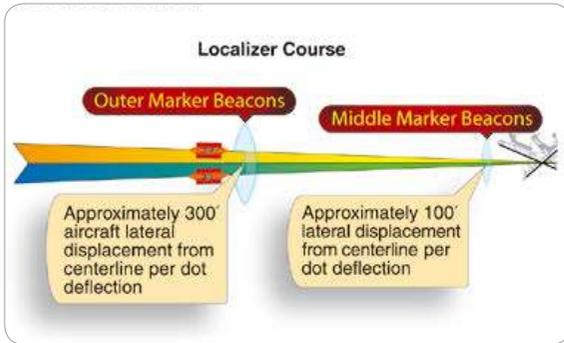
거리측정시설(DME)은 마커비컨의 OM 대신에 사용할 수 있으나, 더욱 정밀한 위치 정보는 접근경로 상에 세 개의 마커 비컨에 의해서 지시된다. 일반적으로 외측마커(Outer Marker, OM)과 중간마커(Middle Marker, MM)의 두 개의 VHF 마커비컨이 이용되는데, 더욱 정밀한 접근을 요하는 CAT II 운영 공항에는 내측마커(Inner Marker, IM)까지도 설치된다. 또한, 마커비컨은 ILS back course에 설치되어 최종접근지점(FAF)의 위치를 지시할 수도 있다.

외측마커(OM)는 로컬라이저 전면접근경로 선상에서 공항으로부터 4~7마일 떨어진 곳에 위치하며, 항공기가 로컬라이저 접근 경로에서 적절한 고도로 글라이드패스를 따라갈 수 있도록 안내한다.

중간마커는(MM) 착륙 활주로 말단으로부터 약 3,500피트 지점에 위치하며, 로컬라이저 전면접근경로 선상에서 활공경로를 따라갔을 때, 활주로 접지점을 약 200피트 고도로 통과하도록 설계되었다.

내측마커(IM)는 전면접근경로에서 착륙 활주로 말단과 중간마커(MM) 사이의 지점에 위치한다. 내측마커는 CAT II ILS 접근에서 결심높이(Decision Height)를 지시한다. 후면경로마커(Back Course

Marker)도 설치될 수 있는데 이 마커는 후면접근경로 선상의 최종접근지점(FAF)을 지시한다.



[그림 2-46] 로컬라이저 수신기 표시 및 항공기의 위치 변화

컴퍼스 로케이터(Compass Locator)

컴퍼스로케이터는 저 주파수 대역의 NDB 형태로 ADF 수신기에서 신호를 받아 위치 정보를 나타낸다. 컴퍼스 로케이터가 ILS 전면접근경로와 함께 사용될 때에는 외측 로케이터(Outer Locator) 또는 중간 로케이터(Middle Locator) 시설과 함께 위치한다. 외측 로케이터의 식별 코드는 해당 로컬라이저 식별코드 세 자리 중 첫 두 글자로 구성된다. 예를 들어 Dallas/Love Field(DAL) 공항 외측 로케이터의 식별 코드는 “DA.”이며, 중간 로케이터의 식별 코드는 로컬라이저 식별코드 세 자리 중 뒤의 두 글자인 “AL.”이다.

2.4.1.7 단순지향성표지시설

(Simplified Directional Facility, SDF)

단순지향성표지시설은 조종사에게 ILS 로컬라이저와 유사한 최종접근경로(Final approach course)를 제공한다. 그러나 이 시설은 글라이드슬로프를 제공하지는 않는다. ILS 로컬라이저에 대한 명확한

이해와 더불어 아래의 내용을 공부하면 SDF의 특성과 사용에 대해 이해할 수 있다.

- SDF는 108.10에서 111.95MHz 주파수 사이에서 신호를 송신한다.
- SDF의 계기비행 접근 절차 및 방법은 근본적으로는 일반적인 로컬라이저 접근 수행과 동일하나, SDF의 경로는 활주로 중앙선에 정렬되지 않을 수 있으며, 접근 경로의 범위가 더 넓게 제공되어 ILS 시설보다는 정확성이 낮다고 할 수 있다.
- 가용 off-course 지시의 범위는 경로선상의 중앙선 양쪽 35°까지로 제한된다.
- SDF 안테나는 활주로 중앙선으로부터 벗어나 있을 수 있다. 이 때문에 최종접근경로와 활주로의 방위 사이에서 항공기의 수렴 각도를 결정할 때에는 계기접근절차 차트를 참고하여야 한다. 이 각도는 일반적으로 3도를 넘지 않는다. 그러나 이때 접근 경로는 SDF 안테나가 설치된 지점으로부터 시작되기 때문에, 활주로 말단을 지난 후 부터는 항공기를 활주로 중앙선의 연장선이 아닌 SDF 안테나 설치지점으로 안내할 것이다.
- SDF 신호는 조종사에게 조종성의 효율과 최적의 경로를 제공하기 위해 6~12도 범위 내에서 필요에 맞게 고정된다.
- 식별부호는 3글자로 구성되며 SDF 주파수에서 모尔斯 부호(morse code)로 전송된다. 해당 공항에서 사용되는 장비의 식별부호는 계기비행차트를 참고하면 된다.

2.4.1.8 방위각식 방향 보전 항법 보조 장비

(Localizer Type Directional Aid, LDA)

방위각식방향보전항법보조장비(LDA)는 로컬라이저에 비등한 시설이지만, 완전한 계기착륙시설(ILS)의 일부가 될 수는 없다. LDA 방위각의 폭은 3°에서 6° 사이로, SDF보다 더 정밀한 접근 경로의 유도를 제공한다. 몇몇의 LDA는 GS(glideslope) 기능도 갖추고 있다. LDA course는 활주로와 정렬해있지 않으나, 활주로 중앙선과 LDA course 사이의 각도가 30°를 초과하지 않을 경우에는 계기접근차트에 직선 진입 최저 기상치(straight-in minimums)가 발행될 수 있다. 만약 이 각도가 30°를 초과할 경우에 해당 접근 절차에는 선회 접근 기상 최저치(circling minimums)만이 발행된다. LDA의 식별부호는 첫 글자 “I”에 이어진 세 글자로 되어 있으며 LDA 주파수에 식별코드가 송신된다(예: I-BUR).

2.4.1.9 마이크로파착륙시설

(Microwave Landing System, MLS)

2.4.1.9.1 개요(Introduction)

마이크로파착륙시설(MLS)는 활주로로 접근 시에 정확한 강하 및 활주로로의 정렬에 관한 정보를 통하여 정밀한 내비게이션이 가능하도록 해준다. 이 장비는 조종사에게 방위각(azimuth), 높이(elevation), 거리(distance)의 정보를 제공한다. 수평(lateral) 및 수직(vertical) 유도 정보는 일반적인 CDI에 의해 표시되고, 거리에 대한 정보는 일반적인 DME 계기에 표시된다. 이들 정보는 최신형 다목적 콤팩트 계기장비에서는 통합되어 다른 형태로 표시되기도 한다.

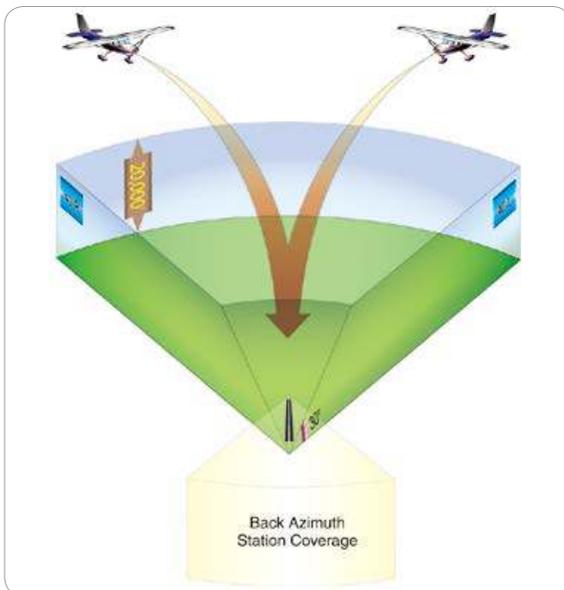
이 장치는 접근 방위각(approach azimuth), 후퇴 방위각(back azimuth), 접근 고도(approach elevation), 거리(range), 정보통신(data communication)의 5가지 기능으로 분류될 수 있다. 일반적으로 MLS의 지상 시설은 위와 같은 기능을 제공하는 방위각 장비로 구성된다. MLS 지상 시설은 항행에 필요한 방위각 정보를 송신해주며, 기본적으로 착륙시설 이용에 직접적으로 필요한 정보, 지상 장비의 성능과 관련한 보조 정보가 제공된다.

2.4.1.9.2 Approach Azimuth Guidance

MLS 지상시설은 5031~5091MHz 주파수 범위 내에서 200개 채널 중 하나를 이용하여 MLS 각도 등의 정보를 송신한다. 이 시설은 일반적으로 활주로 끝단에서 1,000피트 떨어진 곳에 설치되지만, 위치가 항상 고정되어 있다기보다 유연성 있게 설치될 수 있다. 예를 들어 헬리포트에서는 방위각 송신기가 고도 정보 송신기와 같은 위치에 함께 설치될 수 있다. 방위각의 정보가 유효한 지역적 범위는 최소한 2만 피트까지, 20NM 이내의 지역에 해당되며, 이때 가로 범위는 활주로 중심선을 기준으로 최소 양쪽 40°, 고도의 정보는 15° 각도까지 제공된다.

조종사가 MLS의 신호를 수신 받고 이용하기 위해서 항공기에는 별개의 탑재장비가 필요하다. 이것은 일반적으로 항공기에 보편적으로 탑재되어 있는 장비로, 정보 통신 기능, 송신 장비의 성능 및 상태에 대한 청각 정보, 및 기상, 활주로 상태 등 관련 정보를 제공한다. MLS 식별부호는 첫 글자 “M”을 포함한 네 글자로 구성되며, 분당 최소 6번 송신되는 국제표준 모스 부호 청취를 통하여 식별이 가능하다.

MLS 시스템은 자기 감시가 가능하며, 이를 통해서 지상시설의 성능 및 상태에 대한 정보 메시지를 공중의 수신기에 송신한다. 정기적인 정비 기간 또는 특별 정비 기간 중에는 MLS 식별부호의 송수신이 불가능하다. 따라서 이러한 기간에는 소수의 시설만 이용할 수 있다.



[그림 2-47] MLS coverage volumes

2.4.1.10 위성항법시설

(Global Positioning System, GPS)

2.4.1.10.1 개요(Introduction)

GPS(위성항법시설)는 인공위성을 기반으로 한 항행안전무선시설이다. GPS를 이용한 지역항법은 전세계의 범위에 걸쳐 사용할 수 있다. GPS는 전 세계로 제공되는 항법시설이지만, 위성을 기반으로 한 시설이기 때문에 항공도에는 따로 기호화하여 표기되지 않는다. GPS가 전자항법에 있어서 항행장비로

서의 주된 역할을 수행할 수 있도록 GPS의 개발은 계속해서 진행 중이다. 또한, 항공기가 제작될 때 탑재장비로 설치되는 GPS 장비에 더불어 휴대용 GPS 장비 및 요크(yoke) 고정식의 GPS 장비 또한 대중화되는 추세이다. 이러한 GPS 수신 장비들은 모두 광범위한 내비게이션 데이터베이스를 구축하고 있다.

2.4.1.10.2 위성항법시스템의 구성요소

(GPS Components)

GPS는 위성(Space), 지상관제(Control), 사용자(User), 이 세 가지 구성요소로 나뉜다.

위성(Space) 부분은 지구 위에 떠있는 30개의 NAVSTAR(NAVigation Satellite Timing And Ranging system, GPS의 별칭)위성을 포함하고 있다. 이 위성의 무리를 GPS 위성배열(Constellation)이라고 부른다. 이들 중 최소 24개의 위성이 지구를 공전하는 6개의 궤도면에 분포한다. 각 궤도면의 위성들은 GPS의 유효범위가 완전해질 수 있도록 60°의 간격으로 분리되며, 대개는 지구 17,700km(11,000miles) 상공에 위치한다. 또한, 이러한 위성의 분포는 세계 어디에서나 언제든지 최소 5개의 위성의 관측이 가능하도록 해준다. 현재 적어도 31개의 Block II/IIA/IIR(위성의 종류)과 IIR-M 위성이 궤도 내에 있으며, 최소 필요한 24개의 위성에 문제가 생겼을 때 교체될 예비용 여분의 위성도 추가적으로 분포되어 있다. 최근에 미 공군은 31개의 Block IIF 위성의 확보에 대한 금전적인 지원 확보하기도 했다. GPS 위성배열은 pseudo-random(의사 무작위) 타이밍 신호와 메시지를 전파하여 항공기에 탑재된 GPS 수신 장비가

위성의 위치와 상태에 대하여 파악할 수 있도록 한다. 항공기에 탑재된 수신기는 위성들의 정확한 위치, 원자시계의 타이밍에 대한 정보를 가지고 각 신호가 수신기까지 전달되는 시간을 정확하게 측정하여 항공기의 위치를 결정한다.

지상관제(Control) 부분은 지상 기반의 GPS 감시 네트워크와 위성의 위치 및 위성 원자시계의 정확도를 측정하는 통합 운영국(control stations)으로 구성되어 있다. 현재 지상관제 부분은 5개의 감시국, 3개의 지상 안테나, 그리고 하나의 통합운영국으로 구성되어 있다.

사용자(User) 부분은 항공기에 탑재된 안테나와 수신기를 말하는 것이며 사용자에게 항공기의 위치, 속도 및 정확한 시간 정보를 제공한다. 미국의 경우 IFR에 사용되는 GPS 장비는 TSO(Technical Standrad Order) C-129에 해당하는 감항 설치 기준에 적합해야 하며, 해당 항공기의 POH/AFM의

기준에 맞게 사용되어야 한다.

IFR 비행 시에는 해당 운항절차(예: 항로, 터미널, 계기 접근)를 보조해줄 GPS 데이터베이스의 갱신이 필요하다. 항공기에 탑재된 GPS 내비게이션 데이터베이스에는 GPS를 이용한 계기비행이 허가된 지역에 위치한 경로점(WP)들이 포함되어 있다. GPS/WAAS를 이용한 계기비행을 할 경우에 조종사는 비행 시 확인해야 하는 항공 정보 및 항공고시보를 통하여 제한사항이 없는지 확인하여야 한다.

2.4.1.10.3 수신기 단독 무결성 감시(Receiver Autonomous Integrity Monitoring, AIM)

GPS 수신기는 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring)이라는 기능을 통하여 GPS 위성으로부터 수신된 신호에 오류가 있는지를 측정하는데, 이것을 통하여 신호의 정확도를 확인할 수 있다. RAIM 기능이 가능해지려면 일반적으로 항



[그림 2-48] GPS의 지상관제(Control) 부분

법에 필요한 위성신호의 개수에서 적어도 한 개의 위성신호가 수신기에서 추가적으로 감지되어야 한다. 그러므로 위성신호가 정확한지 여부를 확인하기 위한 RAIM 기능의 구현은 GPS 수신기에서 5개의 위성신호가 감지되거나, 또는 4개의 위성신호만이 감지되는 상태에서 barometric altimeter를 추가적으로 구비하면 가능해진다. 이렇게 RAIM 기능이 가능해진 GPS 수신기가 내비게이션 정보로부터 오류를 나타내는 신호를 분리하고 제거하기 위해서는 6개의 위성신호(또는 5개의 위성과 barometric altimeter)가 필요하다.

GPS로부터 얻은 고도의 정보는 정확성을 보장받을 수 없으며, 수직 오차가 나타날 가능성이 있으므로 항공기의 고도를 파악하는 데 사용될 수 없다. 기압고도정보를 보장받기 위해서는 사용 매뉴얼에 따라 수신기에 현 고도계 보정치를 입력해야만 한다.

RAIM의 경고 메시지는 수신기에 따라 다소 차이는 있으나, 일반적으로는 두 가지 형태가 있다. 하나는 RAIM의 정확도 모니터에 필요한 위성의 개수가 충분하지 않을 때 나타나는 Accuracy Low가 있으며, 나머지 하나의 형태는 RAIM이 해당되는 비행 단계에서 나타날 수 있는 잠재적인 오차를 감지했을 때 나타난다. RAIM의 유효성이 보장되지 않는다면 조종사는 GPS 위치 정보의 정확성을 보장받을 수 없다.

2.4.1.10.4 시계비행 중의 GPS 사용

(VFR Use of GPS)

GPS는 시계비행을 하는 조종사에게 이전보다 나은 항행 환경을 제공하고 상황 인식능력의 향상을 돕는 큰 자산이 되었다. 또한, 직선 경로의 비행이 용이해짐으로써 비용의 큰 절감을 가져왔다. GPS는 시계비

행 조종사에게 많은 혜택을 가져다주고 있지만, 조종사는 이러한 장비에 지나치게 의존하거나 장비가 가지고 있는 한계에 대하여 간과해서는 안 된다.

VFR 비행 시 GPS 항법에 사용될 수 있는 수신기는 IFR 비행에 필요한 모든 구성을 갖춘 수신기에서부터 VFR만이 가능한 구성을 갖춘 수신기(VFR 또는 IFR 가능 항공기), 휴대용 수신기까지 다양하다. 조종사는 항법에 사용되는 각 수신기의 제한사항을 숙지하여 장비가 주는 정보를 오용하지 않도록 해야 한다.

시계비행 조종사는 항행 시 한가지의 항법 장비에만 의존해서는 안 된다. GPS 항법은 항법의 기본이 되는 지문항법(pilotage) 또는 추측항법(dead reckoning)과 더불어 다른 형태의 무선 항법장비와 함께 보조되어야 한다. 시계비행 조종사는 이 같은 방법을 통해서 항법의 정확성을 높일 수 있다.

시계비행에서 GPS를 사용할 때 고려해야 할 중요한 것들 중에는 RAIM 기능의 유효성, 데이터베이스의 유효성, 안테나의 위치 등이 있다.



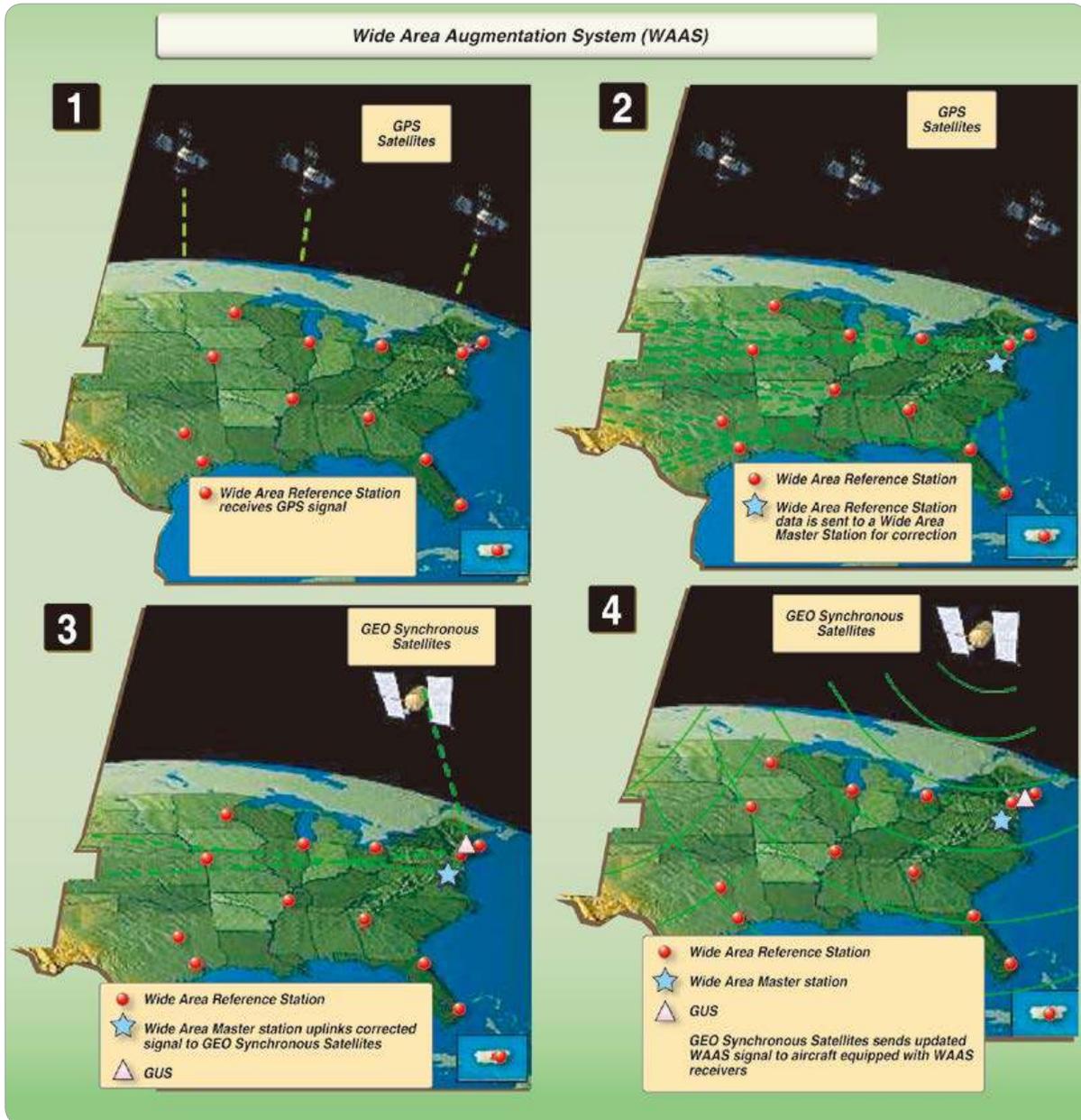
[그림 2-49] GPS 위성 배열

2.4.1.10.5 초정밀 GPS 보정시스템

(Wide Area Augmentation System, WAAS)

초정밀 GPS 보정시스템은 줄여서 ‘와스’라고 부르며, GPS 위성신호의 정확성, 안전성 및 유효성의 증

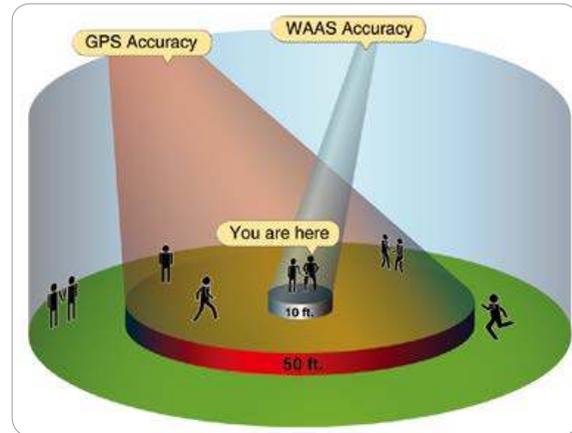
진을 위해 개발되었다. 와스는 이륙부터 CAT I 정밀 접근까지 GPS가 항공기의 항행에 이용될 수 있도록 해준다. 또한, 국제민간항공기구(ICAO)에서는 와스와 함께 앞으로 상호운영이 가능해질 것으로 내다



[그림 2-50] WAAS(초정밀 GPS 보정 시스템)

보는 유럽(EGNOS)과 일본(MSAS) 등지의 초정밀 GPS 보정시스템을 위성기반보정시스템(Satellite-Based Augmentation System, SBAS)이라고 정의하고, 이에 대한 표준을 수립했다. 따라서 GPS와 기능이 유사하지만, 보다 정확성, 완전성, 유효성이 증진된 항행 시스템이 앞으로 전 세계적으로 원활하게 사용될 전망이다.

전통적인 지상기반 항행안전시설과는 달리 와스는 광역 네트워크망에 연결된 지상 광역 기준국에 의해 더욱 광범위한 지역에서 서비스가 가능하다. GPS 위성으로부터 송신된 신호들은 기준국에서 위성시계의 오류나 GPS 위성에 오차가 있는지 감시된다. 통합운영국에서는 기준국에서 감시된 정보를 수신받아 각 GPS 위성의 오차값을 계산하여 보정을 돕는다. 이렇게 다시 가공된 보정 정보는 위성통신국을 거쳐 정지궤도위성(Geostationary Satellite)으로 송신되고, GPS와 같은 주파수를 사용하여 전파 가능 범위 내의 와스 수신기에 전파된다. 와스는 위와 같이 보정 신호를 제공하는 것 이외에도 추가적으로 GPS 위성이 이용 가능할 때 항공기 수신기를 통하여 정보를 수신하여 GPS의 유효성을 더욱 높일 수 있도록 도와준다. 와스는 실시간 감시에 의해 GPS의 완전성을 증진시키며, 오차 감소를 위한 차동 보정을 제공함으로써 정확성을 높인다. 이와 같이 GPS의 성능개량으로 미국에서는 GPS/WAAS 글라이드패스가 제공되는 계기접근절차가 가능해졌다. 미국의 FAA는 현재까지 25개의 기준국, 2개의 통합운영국, 4개의 위성통신국을 설치를 마친 상태이다.

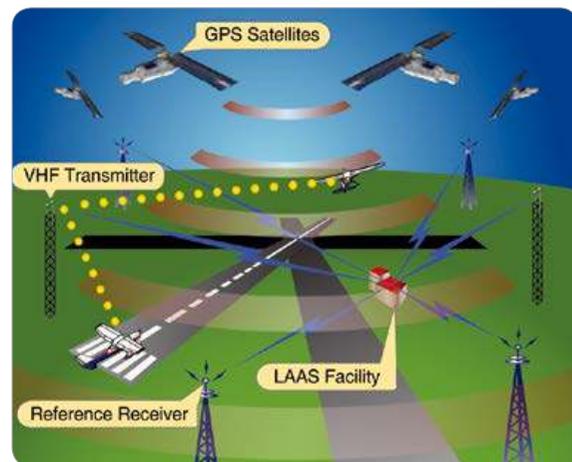


[그림 2-51] WAAS의 실시간 모니터링을 통한 GPS 성능 향상

2.4.1.10.6 지역보정위성항법시설

(Local Area Augmentation System, LAAS)

LAAS는 공항 내 또는 주변에 위치한 GPS 지상시설을 이용하는 지상 기반의 보정시스템이다. 이 시설은 GPS 위성의 의사거리(pseudo-range) 및 타이밍을 측정하고 신호를 재전송한다. LAAS 시설을 갖춘 공항에 착륙하는 조종사는 필요한 항공기 탑재 장비를 갖추었다면 CAT I 등급 이상의 계기접근절차를 수행할 수 있다.



[그림 2-52] LAAS(지역보정위성항법시설)

2.4.1.11 관성참조장비(Inertial Reference Unit, IRU), 관성항법시스템(Inertial Navigation System, INS), 자세방위기준장치(Attitude Heading Reference System, AHRS)

- IRU는 일반적으로 자이로와 가속도계로 구성되어 있으며, 관성 효과를 측정하여 항공기의 자세(피치, 롤 및 헤딩), 위치 및 속도 정보를 제공하는 자립형 항법시스템이다. IRU는 특정 위치를 파악한 이후에도 지속적으로 위치와 속도를 계산한다. IRU에서 계산된 위치 정보의 정확성은 시간이 지남에 따라 감소한다. 이렇게 정확성이 감소되는 현상을 “드리프트(drift)”라고 한다.
- INS는 IRU를 항공기 내부의 내비게이션 컴퓨터에 결합시킨 형태이다. 일련의 경로점(WP)들을 내비게이션 컴퓨터에 설정해두면, 항공기는 미리 정해진 트랙을 따라 이동할 것이다.
- AHRS는 전자 장비로서 기상 레이더 및 오토파일럿과 같은 항공기 내부 시스템에 항공기의 자세 정보를 제공하지만, 위치 정보를 독립적으로 직접 계산하지는 않는다.

2.4.1.12 도플러레이더(Doppler Radar)

도플러레이더(Doppler Radar)는 지상 및 외부 보조시설이 주는 정보에 지속적으로 의존하지 않는 반자동식의 자립형 추측항법시스템(레이더 센서 + 컴퓨터)이다. 도플러레이더는 레이더 신호를 감지하여 항공기의 대지속도를 계산하고, 방향 정보에 대해서는 항공기의 나침반을 이용하여 편류각을 측정한다. 도플러레이더는 INS에 비해서 정확성은 떨어진 다. 따라서 장거리 비행 시에는 위치 정보의 정확성

을 위해서 외부 장비를 이용한 정기적인 업데이트가 필요하다.

2.5 감시시스템(Surveillance Systems)

2.5.1 레이더(Radar)

레이더는 항행 중인 항공기의 고도, 속도 및 위치에 관한 정보를 얻어 항공기를 안전하게 목적 공항까지 접근할 수 있도록 유도하는 시설이다.

2.5.1.1 특성(Characteristic)

레이더는 사물에 의해 반사된 전파를 수신하여 해당 사물의 위치를 파악한다. 사물에 의해 반사된 전파가 안테나에 수신되기까지의 시간(광속)을 측정함으로써 거리를 파악할 수 있으며, 반사된 전파의 일정 부분이 안테나에 수신됨에 따라 물체의 방위가 결정된다. 과거의 레이더 시스템은 잦은 고장과 파손으로 사용유지가 어려웠지만 최근에 들어서는 정비기술의 발달과 첨단 시스템의 결합으로 더욱 완벽한 레이더 시스템을 갖출 수 있게 되었다. 대부분의 장비들은 주요 기능을 하는 장비와 문제 발생 시 이를 보완해주는 장비가 있으며, 오작동이 발생했을 경우 보완을 통해 문제를 해결하게 된다. 이 단원에서는 레이더의 개념, 종류와 우리나라의 각 공항별 보유 중인 레이더가 무엇인지 알 수 있다.

2.5.1.2 레이더시설의 분류

(Classification of radar facilities)

미연방 항공청(FAA)의 항공체계에 사용되는 레이더는 다음과 같다.

- ARSR(Air Route Surveillance Radar): 항로용 1차 감시레이더
- ASR(Airport Surveillance Radar): 공항접근용 1차 감시레이더
- SSR(Secondary Surveillance Radar): 2차 감시레이더
- ASDE(Airport Surface Detection Equipment): 공항지상감시레이더
- PAR(Precision Approach Radar): 정밀접근레이더

(1) 레이더는 운영상 기본 형태인 1차 감시(Primary)와 2차 감시(Secondary)레이더로 구분하고 있으며, 항공교통관제에는 그 업무에 따라 여러 종류의 레이더가 있는데 그 종류는 [표 2-4]와 같다.

[표 2-4] 레이더 종류와 관제 종류

| 레이더 종류/ 관제의 종류 | 항로 관제 | 진입 관제 | 착륙유도 관제 | 공항면 관제 |
|-------------------|----------|----------|------------|-----------|
| ARSR | ○ | ○ | | |
| ASR | | ○ | ○ | |
| SSR | ○ | ○ | ○ | |
| PAR | | | ○ | |
| ASDE | | | | ○ |

(2) 1차 감시레이더는 레이더 탐지거리권 내에 있는 항공기에서 반사되어 온 신호를 계산하여 거리 및 방위정보를 지상의 관제사에게 제공하여 항공기를 유도할 수 있도록 하는 장치이다.

(3) 항로용 1차 감시레이더(ARSR)는 공항접근용

1차 감시레이더(ASR)에 비해 항로(Route)만을 위주로 하도록 변형시킨 것이고, 지상 감시레이더(ASDE)는 Air Target보다 지상을 중심으로 Scanning하도록 변형시킨 것이다. 따라서 ASDE는 항공수요가 많거나 공항 규모가 큰 곳에서 공항 지역(활주로, 유도로, 계류장 등)의 이동 물체(항공기, 지상조업차량 등)의 감시 및 통제기능으로 사용하며, 특히 위험 기상 조건이나 야간에 매우 유용하게 사용되는 시설이다.

(4) 정밀접근레이더(PAR)는 활주로 정밀진입용 레이더로서 항공기의 고도에 대한 정보까지 얻을 수 있으며, 주로 최종접근절차(Final Approach)에 이용된다.

2.5.1.3 레이더 종류별 특징

(Characteristics by radar type)

(1) 항로용 1차 감시레이더(ARSR)

항로에 사용되는 1차 감시레이더로서 통달범위는 200nm 이상이어야 하고, 수평면 기준 0.5~30도 중 수평거리 100nm 이상 및 고도 6만 ft 안에 있을 경우 탐지할 수 있어야 한다. 관제사의 현시장치(Display)에 8~12초 이내에 새로운 자료를 나타낼 수 있어야 하며 수신장치는 레이더 탐지범위 내 비, 구름 등의 기상상태를 탐지하는 기능을 갖추어야 한다.

(2) 공항접근용 1차 감시레이더(ASR)

수평면 위로 0.5~30도 중 수평거리 60nm 및 고도 2만 5,000ft 안에 있을 경우 탐지할 수 있어야 하며 관제사의 현시장치(Display)에 4~5초 이내에

새로운 자료를 나타낼 수 있어야 한다. 또한, 탐지범 위 내의 비, 구름 등의 기상상태를 탐지하는 기능을 갖추어야 한다.

(3) 2차 감시레이더(SSR)(지상에 설치되는 장비)

2차 감시레이더는 1차 감시레이더와 같이 설치되어 운용될 수 있어야 하며 트랜스폰더를 탑재한 항공기 가 수평면 위로 0.5~45도 사이, 수평거리 1~200nm 이내 에 있을 경우 이를 탐지할 수 있어야 한다.

(4) 공항지상 감시레이더(ASDE)

공항지상 감시레이더는 다음 탐지구역에 대한 감 시 성능을 갖추어야 한다.

- 방위각: 360도
- 고도: 비행장 지표면에서 60NM
- 범위: 150~6,000m

공항지상 감시레이더는 가능한 기동지역의 모든 항공기 및 차량의 이동 상황에 대하여 명확하게 탐 지하고 현시할 수 있어야 한다. 또한, 공항 내 지상 의 이동 물체에 대한 지상 관제업무를 쉽게 수행할 수 있도록 침입방지 및 충돌방지 등에 대한 정보 기 능을 갖추어야 한다.

(5) 정밀접근 레이더(PAR)

정밀접근 레이더는 활주로에 착륙하는 항공기의 상하좌우 위치를 탐지하여 관제화면에 현시할 수 있 어야 하며 1초에 한 번씩 갱신되어야 한다. 최소 수 평방위 20도, 수직방위 7도의 공간에서 9nm까지 전파 통달범위를 가져야 한다.

[표 2-5] 우리나라 항행안전 무선시설(감시레이더)

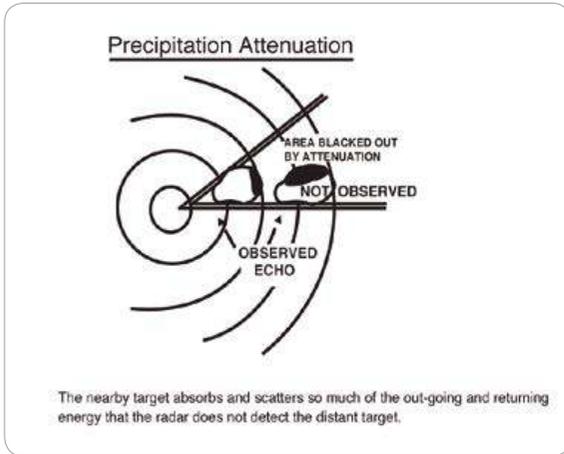
| 공항명 | 레이더 시설명 | 비 고 |
|-----|----------------|-----|
| 인천 | ASR, ASDE | 민간 |
| 김포 | ASR, ASDE | 민간 |
| 김해 | ASR, ASDE, PAR | 민간 |
| 제주 | ASR, ASDE | 민간 |
| 광주 | ASR, PAR | 군 |
| 대구 | ASR, PAR | 군 |
| 울산 | ASR | 민간 |
| 여수 | ASR | 민간 |
| 포항 | ASR, PAR | 군 |
| 사천 | ASR, PAR | 군 |
| 양양 | ASR | 민간 |
| 무안 | ASR | 민간 |
| 군산 | ASR, PAR | 미공군 |
| 청주 | ASR, PAR | 군 |
| 원주 | ASR, PAR | 군 |

2.5.1.4. 제한사항(Limitations)

레이더 서비스에는 제한사항이 있으며, 조종사들 은 관제사들이 ATC 관제 하에 있지 않거나 레이더 상에 보이지 않는 항공기에 대해서 항상 항적 조연 을 제공하지 않을 수도 있다는 것을 명심해야 한다 [그림 2-53].

- (1) 아래의 경우를 제외하고, 전파는 일반적으로 직진하는 특성을 갖는다.
 - a. 기온 역전과 같은 비정상적 대기현상에 의 한 “편향(Bent)”
 - b. 두꺼운 구름, 강수, 지상 장애물, 산, 기타 등 밀집된 물체에 의한 반사 및 약화

c. 산악 지형에 의한 차폐



[그림 2-53] Limitations to Radar Service

(2) 레이더 펄스(fulse)는 일반적으로 직진성을 갖는 특징이 있지만 이상전파 혹은 덕팅(ducting) 현상이 발생함에 따라 직선으로 나아가지 못하고 휘어지는 현상이 발생하게 된다. 이는 레이더 스크프에 이질적인 다수의 블립(extraneous blips) 현상을 동반하며, 전파가 지상과는 반대인 위로 휘어지는 경우엔 레이더가 탐지할 수 있는 범위가 감소하게 된다. 이상전파로 인한 문제를 해결하기 위해 비컨 레이더와 MTI(moving target indicator: 움직임이 없고 천천히 움직이는 표적을 전자적으로 제거하는 기술을 말한다)를 이용하고 있다. 위의 두 기능은 기상현상과 지상으로부터 오는 장애물의 신호를 매우 효과적으로 제거할 수 있다. 단, MTI가 인지할 수 없을 정도의 속도로 항공기가 빠른 속도로 비행할 경우 레이더에 항적이 나타나지 않을 수도 있다.

(3) 항공기에 반사된 전파신호는 스크프에 해당 항공기의 정보를 시현하게 되는데, 이 경우 반사된 전파신호의 연장선상에 있는 항적은 상대적으로 식별하기 어렵다. 레이더에서 보내는 전파신호는 직선으로 뻗어 나가기 때문에 해당 항적 뒤편에 있는 항공기와 같이 직진신호의 사각지대에 있는 항적들은 레이더 스크프에 정확히 표시되지 않을 수 있다. 이와 같은 상황이 발생했을 때 원거리 항적에 대한 정보는 제한되거나 약화될 수 있다.

(4) 상대적으로 저고도 항공기는 구형의 지구가 갖는 곡률에 의해 레이더 빔보다 아래에 있거나 산에 의해 가려진 경우 항적을 식별하지 못할 수도 있다. 이러한 문제점은 특정 지역 내에 다수의 레이더를 설치하여 해결할 수 있다.

(5) 레이더 시스템을 사용하여 관제를 할 때 고려해야 할 몇 가지 사항들이 있다. 레이더 전파는 항공기 표면의 매끄러움 혹은 크기에 따라 반사량이 달라진다. 대형기에 비해 작은 항공기는 매끄러운 전투기, 큰 상업용 항공기, 군용 폭격기에 비해 반사되는 전파량이 적으므로 상대적으로 레이더에 시현되기 어렵다는 한계가 있다. 한국의 대부분의 공항들은 ASR을 통한 Mode C 질문기의 사용이 가능하며, 관제사는 트랜스폰더가 적절하게 장착된 항공기로부터 해당 항공기의 고도정보와 위치정보를 받을 수 있다. 만일 Mode C 정보를 시현할 수 없는 ASR을 갖춘 공항의 관제사는 반드시 조종사에 의해 고도정보를 확인하여야 한다.

2.5.2 ATC 레이더 비컨 시스템(Air Traffic Control Radar Beacon System, ATCRBS)

2.5.2.1 ATCRBS의 구성요소 (ATCRBS Components)

2.5.2.1.1 질문기(Interrogator)

1차 레이더 안테나로부터 송신된 전파신호는 항공기와 같은 물체로부터 반사된 신호를 수신하여 항공관제 레이더 스크오프에 “항적”으로 표시한다. 지상에 설치된 레이더 비컨 송수신기, 즉, 질문기는 1차 레이더와 연결되어 동시에 항적을 스캔하고, 모든 트랜스폰더에 반복적인 질문신호를 송신하고 트랜스폰더가 응답하는 신호를 수신한다. 수신된 응답신호는 1차 응답들과 함께 혼합되고 같은 레이더 스크오프에 표시된다. 즉, 1차 레이더와 2차 레이더 수신기가 받는 각각의 정보들이 항공관제 레이더 스크오프에 함께 표시된다.

2.5.2.1.2 트랜스폰더(Transponder)

이것은 공중 레이더 비컨 송수신기로서 자동으로 질문기로부터의 신호를 수신하고 특정 전파신호에 반응할 수 있도록 되어 있다. 따라서 수신된 질문에 대하여 선택적으로 응답 신호를 송신한다. 이 응답신호는 1차 레이더 수신신호에 비해 강도가 크고 독립적으로 작용한다.

2.5.2.1.3 레이더 스크오프(Radar Scope)

관제사가 사용하는 항공관제 레이더 스크오프는 ATCRBS와 1차 레이더 시스템 모두에 대한 응답신호를 표시한다. 전파의 반사에 의한 항적정보는 항공관제와 분리하기 위해 사용된다.

2.5.2.2 ATCRBS의 장점 (Advantages of ATCRBS)

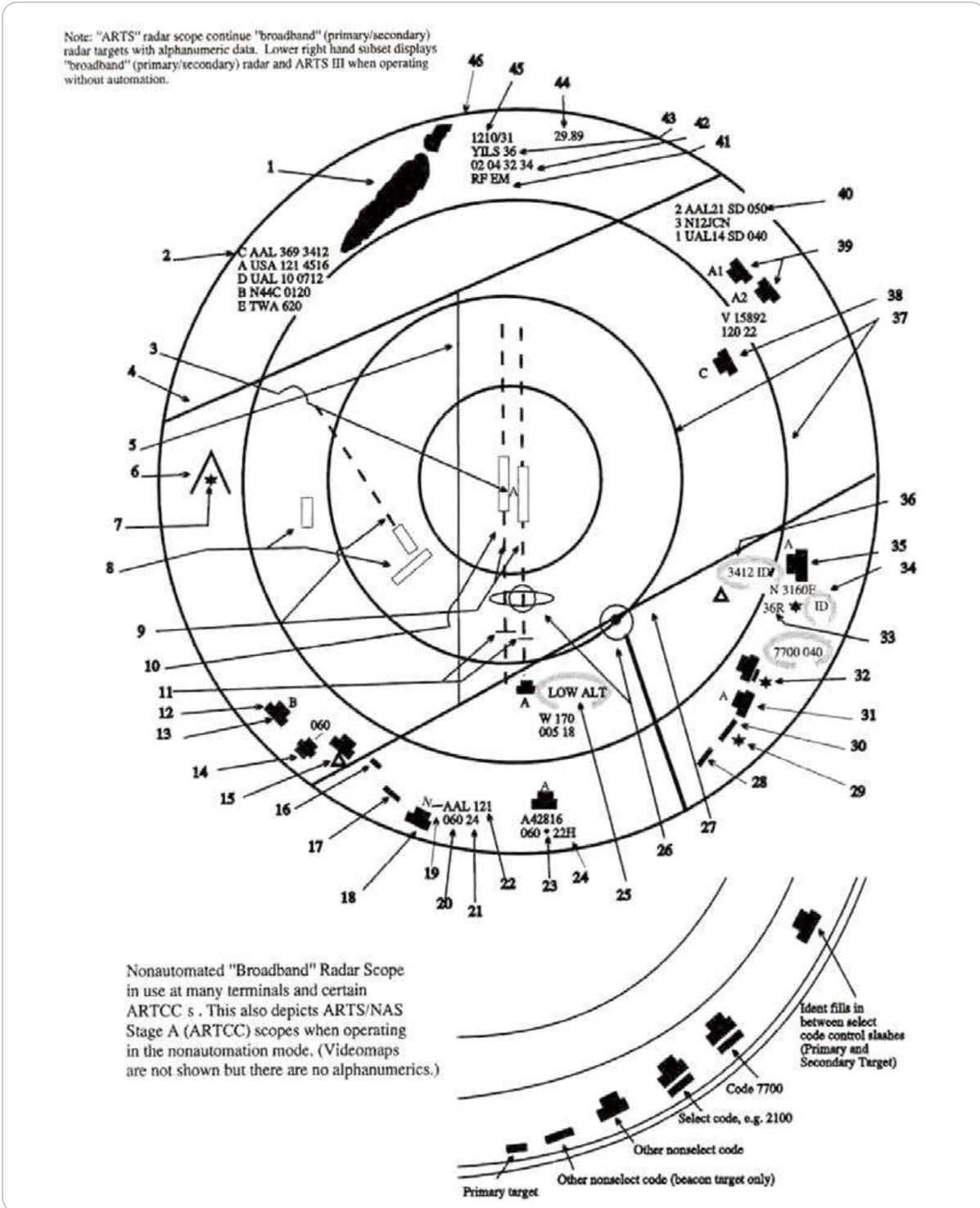
관제사들은 1차 레이더만을 사용하여 항적들의 식별과 식별상태를 유지하기 어렵기 때문에 2차 레이더를 함께 사용한다. 이는 관제사의 업무량을 줄여준다. 1차 레이더와 비교할 때 2차 레이더인 ATCRBS의 장점은 아래와 같다.

- 가. 레이더 항적신호의 증폭
- 나. 신속한 항적 식별
- 다. 선택된 코드로 독자적인 정보표시

ATCRBS의 지상 장비 중 하나는 디코더(Decorder)이다. 이 장비는 관제사가 관제 하에 각각의 항공기에 서로 다른 트랜스폰더 코드를 배정할 수 있도록 해주며 일반적으로 다른 항공기와는 다른 별개의 코드를 각각의 항공기에 배정한다. 코드 배정은 국가 비컨 코드 할당 계획에 근거한 ATC 컴퓨터에 의해 이루어지고 항공기로부터 Mode C 고도 정보를 수신하도록 설계되어 있다.

[그림 2-54]는 일반적인 ARTS 레이더 스크오프의 정보들로 다양한 정보를 담고 있으며 항공기 항적정보를 시현하고 있다.

- (1) 강수지역
- (2) 입/출항의 도표 목록
- (3) 트랙볼 위치 기호(A)
- (4) 항로
(항로들은 부분적으로 나타나지 않을 수 있다.)
- (5) 레이더 통제 한계선
- (6) 장애물(영상 지도)



[그림 2-54] ARTS I, II Radar Scope With Alphanumeric Data

- (7) 장애물이나 지형에 의한 1차 레이더 반사(MTI로 제거 가능)
- (8) 위성 공항
- (9) 활주로 중심선(표지와 간격은 mile로 표시됨)
- (10) 평행 활주로를 포함한 주요 공항
- (11) 접근 관문
- (12) 추적된 항적(1차 혹은 무선표지 항적)
- (13) 통제 위치 기호
- (14) Untracked target select code (monitored with Mode C readout of 5,000’)
- (15) Mode C가 없는 파악 되지 않은 항적
- (16) 1차 항적
- (17) 무선표지 항적(2차 레이더, 트랜스폰더)
- (18) 1차 항적과 무선표지 항적
- (19) Leader line
- (20) Altitude Mode C readout is 6,000’
- (21) Ground speed 해독정보는 240kts
- (22) 항공기 식별부호
- (23) 별표는 관제사에게 Mode C 차폐 상태에 진입했음을 지시함. 이런 경우 5,000피트는 기록되고 Mode C 해독정보와 함께 “05”로 표기됨.
- (24) heavy를 지시
- (25) “low ALT”는 항공기가 지형지물에 근접하여 안전하지 못한 장소가 강하 지점으로 예상될 때 알려주기 위해 점멸한다.
 주: 이 특성은 항공기가 Mode C를 squawk 하지 않은 경우 작동하지 않는다. 헬리콥터 또는 더 낮은 안전 한계치 이하에서 운항하는 것을 알고 있는 경우 “low ALT”는 “inhibit”로 바뀌어 점멸이 중지된다.
- (26) 항행안전시설

- (27) 항로
- (28) 1차 항적만 표시
- (29) 비감시, Mode C 가 아닌 경우 (별표는 Mode C로 감시되지 않음을 지시한다)
- (30) 무선표지 타겟만 표시(항공기 트랜스폰더에 기초한 2차 레이더)
- (31) 추적된 항적(1차 및 무선표지 항적), control position A
- (32) 비감시, 미추적, Mode C 트랜스폰더 코드를 7700으로 squawk 한 항공기
- (33) Mode C 해독정보에 따라 관제사가 RWY 36 지정한 항공기
- (34) 식별 점멸
- (35) 식별 항적의 확대
- (36) 파악되지 않은 항적의 선별적 코드에 의한 식별
- (37) 범위 표지(10과 15miles)
(바꾸거나 차감할 수 있음)
- (38) 중앙 시설에 의해 항공기가 관제됨.
- (39) 보류된 상태의 항적
- (40) Coast/보류 항적 리스트(항공기 홀딩, 일시적인 무선표지 혹은 타겟의 유실 등)
- (41) 무선통신장애(비상상황 정보)
- (42) 선별된 무선표지 코드(감시되고 있음)
- (43) 일반 정보(ATIS, 활주로 등)
- (44) 고도계 세팅
- (45) 시간
- (46) 시스템 자료 지역

그림 [그림 2-55]는 일반적으로 하루에 20시간 이상 운용되는 완전 자동화(RDP)모드의 관제 레이더 스크린을 도식화한 것이다.

[그림 2-55]의 번호 설명

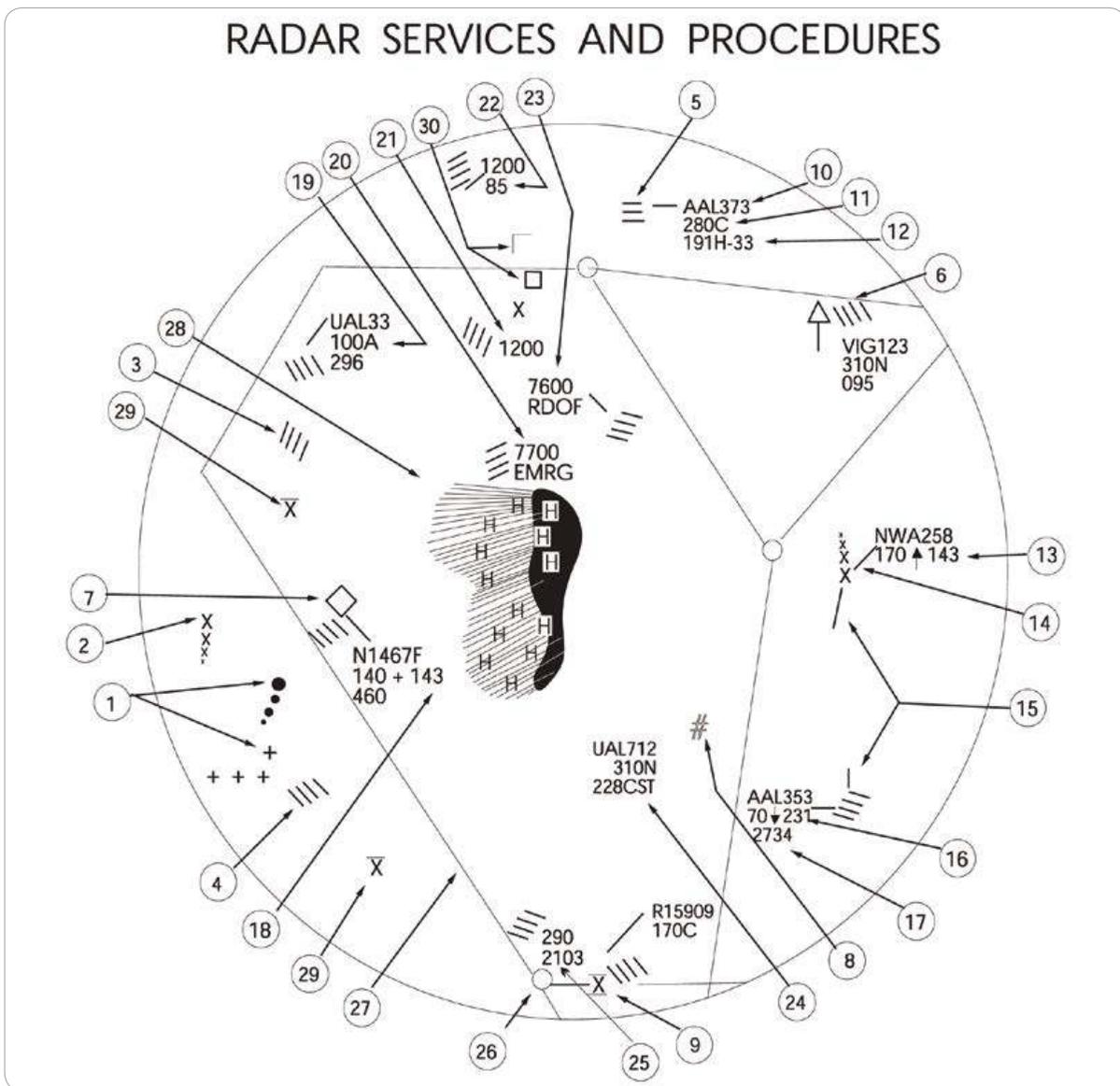
A. 항적기호

- (1) 비연관 1차 레이더 표적 [o] [+]
- (2) 연관 1차 레이더 표적 [X]

주: 2번의 '관련(correlated)'의 의미는 레이더 데이터의 결합으로써 확인된 항공기의 컴퓨터 투영 항적이다.

B. 위치기호

- (3) 비연관 비콘 표적 [/]
- (4) 연관 비콘 표적 [W]
- (5) 확인된 비콘 표적
- (6) 자유 항적(비행계획서 없는 추적)



[그림 2-55] NAS Stage A Controllers View Plan Display

- (7) 일반 항적(비행계획서 있는 추적)
- (8) coast(무선표지 표적 손실) [#]
- (9) 현재 위치 유지

C. Data block 정보

- (10) 항공기 식별 부호
- (11) 지정된 고도 FL280, 모드 C 고도로 지정된 고도와 같거나 ±200피트 이내의 고도
- (12) Computer ID #191번, Sector 33로 이양된다.(0-33은 이양이 허가되었다는 뜻이다.)
주: 10, 11, 12번은 '완전한 데이터 블록(Full data block)'을 형성한다.
- (13) 지정받은 고도 1만 7,000피트로 상승 중으로 Mode C 마지막 질문부호 비콘 신호가 수신된 지점 고도는 1만 4,300피트
- (14) 표적기호와 데이터 블록을 연결하는 선
- (15) 항적속도와 방향벡터 선(항공기의 전방에 투영됨)
- (16) 지정된 고도 7,000피트이고 항공기는 강하 중, Mode C 수신지점(또는 마지막 보고된 고도)는 FL230의 100피트 상공
- (17) 트랜스폰더 코드가 지정된 코드와 다를 경우에만 '완전한 데이터 블록'으로 보인다.
- (18) 항공기가 지정된 고도의 300피트 상공에 있다.
- (19) 보고된 고도(Mode C 수신 없음)가 배정된 고도와 같음('N'은 보고된 고도가 없음을 의미한다.)
- (20) 트랜스폰더기 비상코드인 7700으로 설정되어 있다(EMRG 문구가 주의를 끌기 위해 점멸한다).

- (21) 트랜스폰더 코드가 1200(VFR)으로 설정되어 있고, Mode C 불가
- (22) 코드 1200(VFR)으로 설정되어 있으며 Mode C 장착, 최종고도 수신됨
- (23) 트랜스폰더가 무선통신 고장 코드인 7600으로 설정됨(RDOF 점멸함)
- (24) Computer ID #228, CST는 표적이 표적 손실 상태임을 의미
- (25) 배정된 고도 FL 290, 트랜스폰더 코드화됨(두 아이탬들은 "한정된 데이터 블록"을 구성한다.)

D. 기타 기호

- (26) 항법 보조 시설
- (27) 항로 또는 제트 항로
- (28) 1차 레이더에 반향에 의거한 기상현상의 윤곽이다. 'H'는 고밀도 강우 지역을 의미하며 뇌우가 존재할 수 있다. 빗금은 저밀도 강우 지역을 의미한다.
- (29) 장애물
- (30) 공항(Major: □, Small: ◻)

2.5.3 감시레이더(Surveillance Radar)

감시레이더는 공항감시레이더(ASR)와 항로감시레이더(ARSR), 2종류로 나뉜다.

ASR은 공항 부근의 상대적으로 짧은 거리범위의 정확한 항공기의 위치를 레이더 스크프에 표시함으로써 터미널 지역 교통을 신속하게 처리할 목적으로 사용되도록 설계되었다. ASR은 또한 계기 접근 보조 장비로 사용될 수 있다. 반면 ARSR은 넓은 지역

의 항공기 위치를 표시하기 위해 설계된 장거리 레이더 시스템이다.

CENRAP(Center Radar Automated Radar Terminal Systems(ARTS) Processing)은 ASR 고장이나 오작동으로 인한 비레이더 환경에서 대안을 제공하기 위해 개발되었다. CENRAP은 ARTS가 장비된 ASR 터미널 시설에 항공기 레이더 비콘 항적 정보를 전송한다. CENRAP가 활용되는 특정 상황에서는 레이더 항적정보가 일반적인 ASR 레이더보다 더 느리게 업데이트되기 때문에 항공기간 분리 간격을 증가해야 한다. CENRAP이 운용되는 동안 IFR 항공기에 서비스를 제공하기 위한 추가적인 업무량이 증가되기 때문에 VFR 항공기를 위한 레이더 서비스는 제한될 것이다. 감시레이더는 360도 방위로 스캔을 하고 관제탑이나 센터의 레이더 디스플레이에 항적정보를 표시한다.

2.5.4 정밀접근레이더(PAR)

PAR은 항공기 분리와 간격을 위한 보조 장비보다는 착륙 보조 장비로서 사용되도록 설계되었다. PAR 장비는 착륙의 보조 장비로 사용되거나 다른 종류의 접근을 감시하는 데 사용된다. 이 장비는 방위, 거리, 고도정보가 표시되도록 설계되었다. 두 개의 안테나가 PAR 안테나로 사용되며 하나는 수직으로, 다른 하나는 수평으로 스캔한다. 거리는 10마일, 범위는 수평 20도, 수직 7도로 범위가 제한되기 때문에 오직 최종 접근 구역에서만 사용된다. 각 스코프는 두 부분으로 나뉜다. 보통 위쪽 스코프는 고도와 거리 정보를 표시하고, 아래 스코프는 방위와 거리를 표시한다.

2.5.5 공항표면탐지장비-모델 X(Airport Surface Detection Equipment - Model X, ASDE-X)

공항표면탐지장비-모델 X(ASDE-X)는 FAA가 미국 내 공항에 요구하는 멀티센서 표면감시 시스템이다. 이 시스템은 모든 기상과 시정 조건에서 초근접 범위의 공항의 활주로와 유도로 표면 가까이 위치해 있는 정지하고 있거나 움직이는 항공기와 자동차에 대한 감시 클러스터 정보를 고해상도로 제공한다.

시스템은 다음과 같이 구성되어 있다.

(1) 1차 레이더 시스템

ASDE-X 시스템의 서비스 범위는 공항표면과 표면 위 200피트까지 공역을 포함한다. 일반적으로 공항에 관제탑이나 다른 중요한 지역에 위치해 있는 1차 레이더 안테나는 트랜스폰더가 장착되지 않은 항공기 또는 트랜스폰더가 고장 난 항공기를 탐지하고 표시할 수 있다.

(2) 인터페이스

ASDE-X는 항적식별을 위한 자동제어 항적식별 시스템과 위치정보를 위한 터미널 레이더가 결합되어 작동된다.

(3) ASDE-X 자동제어

멀티 센서 데이터 처리장치(NSDP)는 항공교통관제사가 보고 있는 단일 항적에 모든 센서의 정보를 결합시킨다.

(4) 항공교통관제탑의 표시기

관제탑에 있는 고해상도의 컬러 모니터는 관제사

에게 공항운영에 대한 공항표면의 매끄러운 영상을 제공한다.

멀티 센서로부터 수집된 데이터의 결합으로 관제탑에 가장 정확한 항공기 위치 정보를 제공이 가능하고, 이것은 지상안전을 증가시키고 효율성을 증대시킨다.

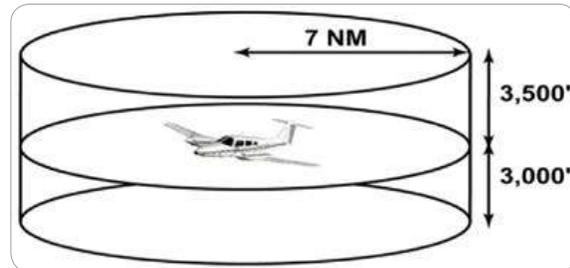
2.5.6 교통정보업무

(Traffic Information Service, TIS)

2.5.6.1 개요(Introduction)

교통정보업무(TIS)는 일반적으로 무선통신에 의해 제공되는 VFR 레이더 항적조언과 유사한 정보를 데이터 링크를 통해 조종석에 제공한다. TIS는 조종사에게 잠재적 충돌상황과 주변 항적정보를 자동표시를 통해 알려줌으로써 “See and avoid”에 대한 효율을 증대시키고 안전 증진을 목표로 하고 있다. 이러한 항적표시는 조종사가 항공기들을 육안으로 확인하는 데 도움을 주기 위한 것이다. TIS는 감시 데이터뿐만 아니라 TIS 클라이언트가 장치된 항공기에 정보를 전송하는 데이터 링크 기능을 포함하는 터미널 Mode S 레이더 시스템의 강화된 기능을 사용한다. TIS는 정보를 받는 비행기의 수평 7NM 이내, 수직 +3500, -3000피트 이내에 있는 8대까지의 다른 항공기의 대략적인 위치, 고도, 고도경향 그리고 지상경로 정보를 제공한다. 7NM 이상의 항적은 단지 34초 이내에 위협이 될 것이라는 정보일 뿐 정확한 거리는 표시하지 않는다. TIS는 고도와는 관계없이 34초 이내에 잠재적 충돌 위협이 있는 항공기를 조종사에게 경고해 준다. TIS 감시 데이터는 ATC가 사용하는 동일 레이더로부터 얻어진다. 이러

한 데이터는 각 레이더 스캔을 통해 정보를 받고 있는 항공기로 전송된다(일반적으로 5초 간격).



[그림 2-56] TIS Proximity Coverage Volume

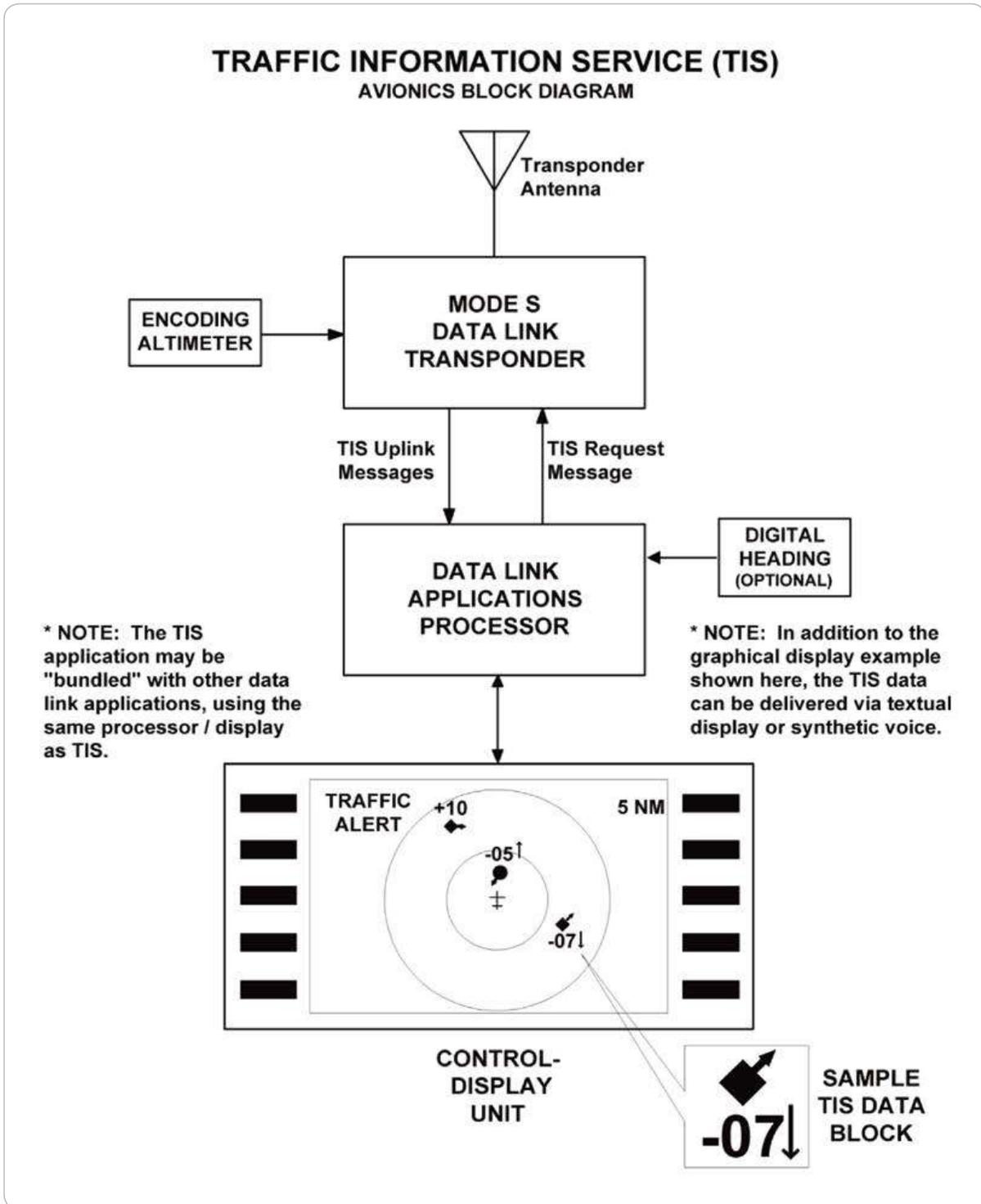
2.5.6.2 요구사항(Requirements)

TIS를 사용하기 위해서는 정보를 받는 항공기와 다른 항공기들은 적절한 조종석 장비를 갖추고 있어야 하고 TIS를 제공하는 Mode S 레이더의 범위 안에서 비행하고 있어야 한다. TIS가 사용되는 특정 공역이나 비행 운영 환경이 요구되겠지만 ATC 통신은 TIS 수신에 있어 요구사항은 아니다.

2.5.6.3 성능(Function)

TIS는 근접한 항적의 육안확인 of 정밀도에 도움을 주기 위해 적절한 장비를 갖추고 정보를 받는 항공기들에 Mode S 데이터 링크를 통하여 지상 기반 감시 정보를 제공한다. 각 장비들의 실제 성능에는 차이가 있을 수 있으며 TIS의 사용 전에는 반드시 매뉴얼을 확인해야 한다. 최대 8대의 항공기를 TIS 화면에 표시 가능하며 8대가 넘어가면 가장 중요한 항공기 순으로 업데이트된다. 가장 중요한 항공기는 일반적으로 가장 근접한 순으로 해당되며, 해당 항공기에 가장 위협이 되는 순서를 말한다.

TIS는 Mode S 지상 센서를 통해 다음과 같이 각 접근하는 항공기의 데이터를 제공한다.



[그림 2-57] Traffic Information Service(TIS) Avionics Block Diagram

- (1) 6도 단위의 상대방위 정보
- (2) 1/8NM에서 1NM 단위의 상대거리 정보(단위는 거리에 따라 다름)
- (3) 접근하는 항공기가 고도정보를 제공하는 항공기일 경우 100피트(1,000피트 이내) 또는 500피트(1,000~3,500피트 이내) 단위의 상대고도 정보
- (4) 접근하는 항공기에 대한 45도 단위의 예상지상경로 정보
- (5) 접근하는 항공기가 고도정보를 제공하는 항공기일 경우 고도경향 정보(500fpm 이내일 경우 수평 500fpm 이상일 경우 상승/하강)
- (6) 접근하는 항공기에 대한 우선순위 정보, “traffic advisory” 또는 “proximate”로 나누어 제공

장비의 디자인에 따라서 TIS는 문자 또는 그래픽 등 여러 가지 방법으로 조종사에게 해당 정보를 제공한다. 음성을 통해 정보가 단독 혹은 시각 정보와 동시에 제공될 수도 있다. [그림 2-57] Traffic Information Service(TIS), Avionics Block Diagram은 현재 많이 사용되고 있는 TCAS와 비슷한 기호들을 이용한 TIS의 사용 예를 보여주고 있다. 가운데 작은 십자표시가 정보를 받고 있는 자신의 항공기이고 화면은 12시 방향을 진행방향으로 정렬된다. 2개의 원은 거리를 나타낸 것으로 각각 2NM, 5NM을 나타낸다. 주위의 항공기들은 대략적인 방위와 거리를 감안하여 디스플레이 장치에 표시된다. 가까운 항공기는 동그란 모양으로 표시되며 “경고”를 의미하며 다이아몬드 모양의 항공기는 “근접” 수준의 위험도를 나타낸다.

[그림 2-57]의 우측 하단에는 TIS에 나타날 수 있는 데이터의 한 예를 표시한 것이며, 다음과 같은 정보들이 포함되어 있다.

- a. 접근 항공기는 4시 방향, 3마일에 위치하고 있으며 “근접” 수준이며 현재 충돌위험은 아니다. “근접” 수준의 위험도라는 것은 항공기 모양이 다이아몬드 모양인 것으로 확인 가능하다.
- b. 접근 항공기의 경로는 자신의 항공기로부터 우측으로 향하고 있으며, 작은 화살표 방향으로 표시된다.
- c. “-07” 표시는 접근 항공기가 자신의 고도보다 700피트 아래에 있음을 보여준다.
- d. “-07” 옆에 있는 화살표를 통해 접근 항공기가 현재 500fpm 이상으로 강하하고 있음을 확인할 수 있다.

주: 접근하는 항공기에 모드 C가 없을 경우 고도에 관한 정보는 나타나지 않는다.

2.5.6.4 제한사항(Limitations)

TIS는 충돌 회피를 위한 직접적인 장비가 될 수 없으며 조종사의 “See and avoid”의 책임을 경감해 주지는 않는다. 따라서 TIS는 IMC 상황 또는 접근하는 항공기에 대해 육안으로 확인되지 않은 상황에서 회피조작을 위한 장비로 사용되면 안 된다. TIS는 단지 VMC 상태에서 육안으로 항공기를 식별하기 위한 보조 장치일 뿐이다.

TIS는 육안으로 항공기 회피하는 데 있어서 훌륭한 장비가 되지만 올바르게 사용하기 위해서는 사용법과 제한사항을 정확히 이해하여야 한다. 이러한 제한사항들은 2차 감시 레이더와 관련된 것들이 많다. 다시 말해 TIS에 의해 제공되는 정보들은 ATC로 제공되는 정보와 동일한 수준의 정보라는 것이다. 다른 제한들은 TIS의 알고리즘과 관련된 사항들이다.

(1) 접근 항공기의 디스플레이 제한

TIS는 Mode S 레이더를 이용한 2차 감시레이더 체제로서 트랜스폰더가 없는 항공기는 나타나지 않는다.

(2) TIS를 사용하기 위한 고도보고 트랜스폰더

TIS를 사용하고자 할 경우 고도정보를 포함한 트랜스폰더의 장착이 의무적이다. 이 장비가 장착되어 있지 않거나 오작동 시 TIS의 사용은 불가능하다. TIS에서는 항공기의 트랜스폰더 오류에 관한 경고 메커니즘이 없는 관계로 오류가 예상되면 ATC와 연락, 확인하는 것을 추천한다.

(3) 접근 항공기 고도보고

접근하는 항공기가 고도 트랜스폰더가 없을 경우 그 항공기는 고도 정보가 제외된 상태로 표시된다. 고도 정보가 없는 항공기는 TIS에서 자신의 항공기와 같은 고도에 있는 것으로 간주되며 그에 해당되는 경고를 나타낸다. 이는 레이더 범위 내 모든 항공기에 대하여 안전을 보장하는 데 도움을 주나 실제로 접근 항공기와는 상당한 고도차이가 있을 수 있으므로 육안으로 식별하기 어려울 수도 있다.

2.5.7 자동종속감시 방송 서비스(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, ADS-B)

2.5.7.1 개요(Introduction)

Automatic Dependent Surveillance - Broadcast(이하 ADS-B)는 NAS[그림 2-58] 주도 하에 발전되어온 감시 기술의 하나이다. ADS-B는 항공기 내의 항공전자기기와 지상 구축시설로 구성된다. 항공기 탑재 전자기기는 GNSS를 사용해서 항공기의 위치정보를 파악하고 그 위치 정보를 항공기의 다른 부가정보와 함께 관제사와 다른 ADS-B 서비스를 위해서 지상국에 전송한다. 이러한 정보들은 거의 1초에 1번의 비율로 전송된다.

미국에서 ADS-B를 장착한 항공기는 두 지정 주파수 중 하나, 즉 978 또는 1090MHz를 사용하여 정보를 교환한다. 1090MHz 주파수는 트랜스폰더 mode A, C 그리고 S와 관련되어 작동된다. ADS-B의 기능이 결합된 1090MHz 트랜스폰더는 ADS-B의 부가적인 정보를 포함한 트랜스폰더 메시지를 전송한다. 이러한 부가적인 정보는 'extended squitter'라고도 하며 1090ES라고 표시한다. 978MHz 주파수 대역에서 작동하는 ADS-B는 Universal Access Transceiver(이하 UAT)라고 한다.

ADS-B 항공전자장비는 정보를 송신함과 동시에 수신도 할 수 있다. 항공기에서 ADS-B 정보를 전송하는 것을 'ADS-B Out'이라고 하며, ADS-B 정보를 수신하는 것을 'ADS-B In'이라고 한다.

일반적으로 1만 8,000피트 이상을 비행하는 자는 1090ES를 사용하는 장비가 요구된다. 반면, 1만 8,000피트 이상을 비행하지 않는 자는 UAT나 1090ES 장비 중 하나를 사용한다.

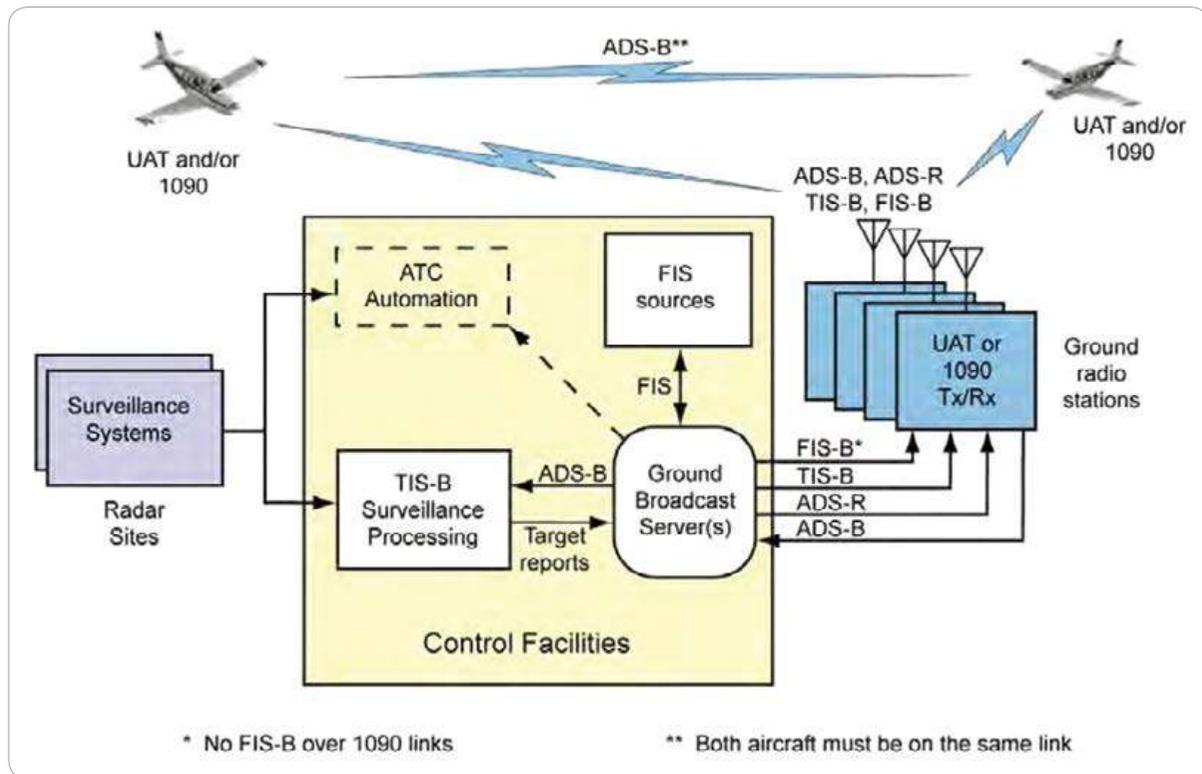
2.5.7.2 ADS-B 성능(Function of ADS-B)

ADS-B는 공대공 및 공대지 모두 향상된 감시 서비스를 제공하며 특히 지형으로 인하여 레이더가 비효율적이거나 사용될 수 없는 지역에서 또는 사용할 경우 금전적으로 막대한 비용이 드는 경우 효과적으로 사용될 수 있다. 초기 공대공 ADS-B의 사용은 단지 “보조수단”으로서 사용되었으며 조종사가 근처에 있는 장치를 장착한 다른 항공기(이륙하여 공중에 있거나 공항의 지상에 있는 항공기)를 정확하게 눈으로 찾는 데 도움을 주는 용도로만 사용되었다.

ATC 시스템은 정해진 공역 안의 항공기를 식별하기 위하여 전송된 FLT IDs를 사용한다. 그리고 그것들을 감시와 분리 서비스를 위해 제출된 비행계획

과 연결시킨다. 만약 FLT ID가 정확하게 입력되지 않는다면, ATC 자동화 시스템은 항공기와 제출된 비행계획을 연결하여 감시 추적하지 못할 것이다. 그렇게 되면 항공교통관제업무는 그것이 수정될 때까지 지연되고 사용할 수 없을 것이다. 따라서 비행승무원과 조종사들은 FLT ID가 정확하게 입력되고 제출된 비행계획과 항공기 식별자가 일치하는지 반드시 확인해야 한다.

트랜스폰더 기능이 결합된 ADS-B는 7500, 7600, 7700가 트랜스폰더에 입력될 때, 자동적으로 비상상태로 적용할 것이다. 트랜스폰더 기능이 통합되어 있지 않은 ADS-B 시스템 또는 선택적으로 비상 트랜스폰더 코드를 사용하는 시스템은 조종사



[그림 2-58] ADS-B, TIS-B, and FIS-B: Broadcast Services Architecture

가 비상상황에 따른 적절한 트랜스폰더 코드를 입력해야 할 것이다. ADS-B는 비행 중일 때와 공항표면에서 사용하도록 만들어 졌다. ADS-B는 비행 중일 때와 공항의 표면을 이동할 때 항상 'ON' 위치에 머물러 있어야 한다. 민/군의 Mode A/C 트랜스폰더와 ADS-B 시스템은 ATC로부터 'standby'에 변경하라는 요구가 있지 않는 한, 정상작동 운용이 가능한 순간 즉시 'ON' 위치에 놓아야 한다.

2.5.7.3 ADS-B의 제한사항

(Limitations of ADS-B)

ADS-B의 조종석 항적 표시기는 충돌방지 시스템으로 사용되도록 고안되지 않았다. 따라서 조종사의 다른 항적에 대한 "See and Avoid"에 대한 책임을 경감시켜주지는 않는다. ADS-B는 IMC 상황이나 접근하는 항공기에 대한 육안으로 식별되지 않는 상황에서 회피 조작을 위해 사용되면 안 된다. ADS-B는 단지 다른 항공기에 대한 육안식별을 보조하는 역할로서 사용되도록 고안되었다. 어떠한 회피 조작도 조종석 내에 시현되는 ADS-B의 표적을 바탕으로 제공되거나 허가되지 않을 것이다.

2.5.7.4 ADS-B 고장에 관한 보고

(Report on ADS-B failure)

ADS-B를 사용하는 사람은 기대에 미치지 못하는 시스템 성능에 관한 기록을 보고함으로써 고장에 관한 수정에 도움을 줄 수 있다. 보고자는 관찰 시간, 위치, 항공기 종류와 식별 그리고 관찰한 상태에 대해 보고해야 한다. 항법 시스템의 종류와 사용 중인 소프트웨어 버전 또한 포함되어야 한다. ADS-B의 성능은 ATC보다 정비직원에 의해 모니터링되고 있다.

2.6 비행로 및 항행안전시설 명칭 (Name of Routes and Navaid)

2.6.1 항공로 및 비행로(Airways and Routes)

항공로(Airway) 또는 비행로(Route)는 다음과 같이 음성 발음식 문자로 기술하고, 숫자는 그룹 형식으로 읽는다.

2.6.1.1 항공로(Airways)

예: "Victor Twelve", "J Five Thirty-Three",
"Victor Seven Ten Romeo." "J Eight Thirty Romeo."
"Offset One Zero miles right of J Eight Thirty Romeo."

2.6.1.2 지역항법(RNAV) 비행로(RNAV Routes)

예: "Lima Twenty.", "Tango Forty-Seven.",
"Yankee Fifty-One."

2.6.1.3 Air Traffic Service(ATS) 비행로(ATS Routes)

비행로 문자의 발음 다음에 그룹 형식의 비행로 숫자로 읽는다.

예: "Romeo Twenty.", "Alfa Fifty.", "Golf Sixty-One.", "Alfa Seven Hundred."

2.6.1.4 군 훈련 비행로(MTR's)

문자 "I-R" 또는 "V-R" 다음에 그룹 형식의 비행로 숫자로 읽는다.

예: "I-R Five Thirty-One.", "V-R Fifty-Two."

2.6.2 항행안전시설 명칭(Name of Navaid)

항행안전시설의 래디얼(Radial), 호(Arc), 진로(Course), 방위(Bearing)의 사분방향 표기방식은 다음과 같다.

2.6.2.1 VOR/VORTAC/TACAN/GPS WAYPOINT
항행안전시설 또는 GPS WAYPOINT 명칭에 각각 분리하여 표시한 숫자(DEGREES 생략)와 “RADIAL”, “AZIUMUTH” 또는 “BEARING”을 붙인다.

예: “Pusan Zero Five Zero Radial.”
“KIP Runway One Four I-L-S, Two Six Zero Azimuth.”

2.6.2.2 VOR-DME/VORTAC/TACAN 시설에 관한 ARCS (ARCS on Navaid)
항행안전시설로부터의 거리를 마일로 표시하고, 다음에 용어 “MILE ARC”를 붙인다. 이어서 8개의 주요 나침 방위로 나타낸 방향과 그 다음에 “OF”와 항행안전시설 명칭을 붙인다.

예: “Two Zero Mile Arc Southwest of PSN.”

2.6.2.3 항행안전시설 반경 내의 사분방향 표시 (Quadrant of Navaid)
항행안전시설로부터의 방향을 NE, SE, SW, NW 등과 같이 사분법으로 표시한 후, 항행안전시설로부터의 거리는 마일로 표시한다.

예: “Cleared to fly Northwest quadrant of Gangwon VOR within four zero miles radius.”

2.6.2.4 무지향표지시설(NDB)

라디오비컨을 향한 진로나, 라디오비컨으로부터의 방위에 DEGREE를 붙이지 않고 표시한 후, 용어 “COURSE TO” 또는 “BEARING FROM”을 붙이고 비컨의 명칭과 용어 “RADIO BEACON”을 순서대로 붙인다.

예: “Three Four Zero Bearing from YS radio beacon.”

2.6.3 항행안전시설을 이용한 픽스(NAVAID Fixes)

VOR/DME, VORTAC, TACAN, ILS/DME로부터의 거리와 Radial/Localizer/Azimuth를 참고하여 결정되는 픽스에 대한 명칭 부여는 다음과 같다.

- 픽스 명칭이 없을 때 항행안전시설 명칭 뒤에 명시된 Radial/Localizer/Azimuth를 붙인다. 그리고 마일로 표시된 거리 뒤에 용어 “MILE FIX”를 붙인다.

예: “Pusan Zero Five Zero Radial Three Seven Mile Fix.”

“Reno Localizer Back Course 4Mile Fix.”

- 픽스가 SID 또는 STAR 절차, 항로지도 또는 접근도면에 도식되어 있는 경우, 그 픽스명을 사용한다.
- 픽스를 서술하는 경우는 픽스를 지칭하는 정확한 용어를 사용한다. “PASSING GOLF FIVE NINER SEVEN” 또는 “PASSING VICTOR ELEVEN”과 같은 표현은 사용하지 않는다.

3장

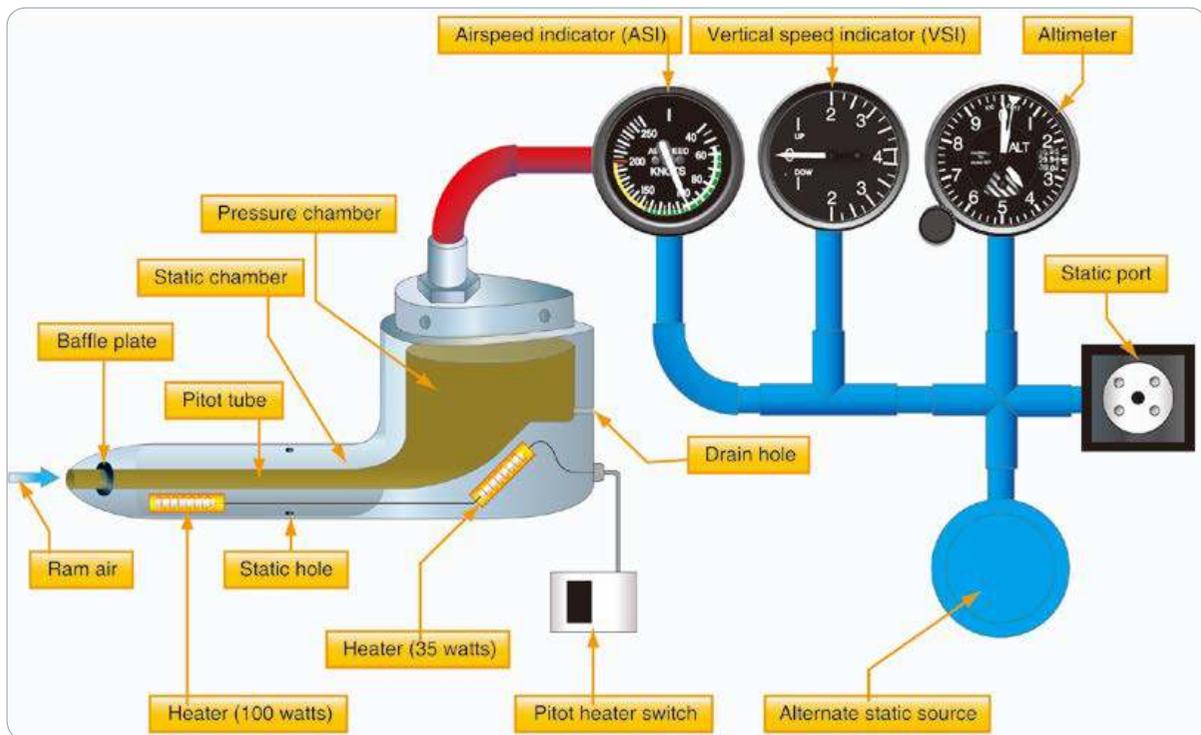
탑재항행장비 Airborne Navigation Equipment

3.1 개요(Introduction)

비행계기는 물리적 양과 물리적 성질을 기계적으로 측정하고 그 변화량까지 정확하게 나타내는 것이다. 대부분의 조종사들은 다양한 많은 계기를 판독하여 수정하고 적용하는 일을 반복한다. 따라서 조종사들은 계기에 친숙해져야 하고 계기의 제한사항과 한계에 대하여 잘 이해하고 있어야 한다. 대표적으로 방향, 고도, 온도, 속도, 편류 그리고 대지속도

와 같은 비행정보를 조종사는 기본계기를 통하여 얻는다. 따라서 이 장에서는 이러한 기본계기에 대하여 설명하도록 한다. 보다 정밀하고, 보다 먼 거리를 항행하기 위한 복잡한 계기에 대해서는 나중에 다루도록 하겠다.

항공기를 안전하게 운항하기 위하여 조종사는 비행계기를 정확하게 판독하고, 작동원리를 정확하게 이해해야 한다. 이를 위해 조종사는 계기들의 오류나 오작동에 관련된 것도 이해하고 있어야 한다. 이



[그림 3-1] 정압 시스템과 계기

장에는 정압 시스템과 관련된 계기, 진공 시스템과 관련된 계기, 자이로 계기, 그리고 나침판에 관련해 자세히 서술되어 있다. 각각의 계기가 오작동 할 수 있는 잠재적인 부분들을 이해하고 있어야 해당 상황에서 안전하게 업무를 수행할 수 있다. 특히 정압 시스템의 경우 항공기가 공중에서 움직임에 따라 정압과 동압을 사용하는 결합된 시스템이다. 이는 속도계(ASI), 고도계, 그리고 승강계(VSI)에 사용된다.

3.2 장비 및 계기의 기본조건 (Basic conditions of equipment and instrument)

3.2.1 계기 및 장비 일반 요건 (General Requirements for Instruments and Equipment)

항공법 제40조(무선설비의 설치·운용 의무) 및 제41조(항공계기 등의 설치·탑재 및 운용 등), 국제민간항공조약 부속서에서 정한 요건에 따라, 항공기를 소유 또는 임차하여 사용할 수 있는 권리가 있는 사람이 항공기를 항공에 사용하고자 하는 경우, 항공기에 갖추어야 할 계기 및 장비 등에 관한 최소의 요건은 다음과 같다.

- 모든 항공기에는 감항증명서 발행에 필요한 최소장비에 추가하여, 각각의 운항에 투입되는 항공기와 해당 운항의 상황에 필요한 계기, 장비 및 비행서류 등을 이 장에서 규정한 것에 적합하도록 장착되거나 탑재되어야 한다.

- 모든 항공기는 감항성 요구조건에 따라 요구되고 인가된 계기 및 장비가 장착되어 있어야 한다.
- 대한민국에 등록되지 않은 항공기를 운항할 경우, 대한민국이 요구하는 계기 및 장비를 장착하지 않은 항공기는 등록국의 요건에 따라 장착되고 검사되어야 한다.
- 항공기 운항 중 1명의 항공기승무원에 의해 사용되는 장비는 좌석에서 쉽게 작동시킬 수 있도록 장착되어야 한다.
- 하나의 장비가 2명 이상의 항공기 승무원에 의해 작동되는 경우에는 어느 좌석에서도 작동이 가능하도록 장착되어야 한다.
- 운항증명소지자는 항공기에 장착된 계기 및 장비가 다음 요건을 충족하지 않는 한 항공기를 운항하여서는 아니 된다.
 - √ 최소성능기준과 운항 및 감항 요건을 충족할 것
 - √ 항로비행 중 통신이나 항법에 필요한 장비들 중에서 어느 하나의 장비에 결함이 발생하여도 안전하게 통신이나 항법을 수행할 수 있을 것
 - √ 최소장비목록(MEL)에 적용되는 경우를 제외하고는 운항에 적합한 작동상태를 유지할 것
- 항행 및 통신장비의 장착은 통신 또는 항행 목적으로 필요하거나 또는 두 목적을 동시에 만족시키기 위해 필요한 하나의 장비가 고장 시, 그 고장으로 인해 통신 또는 항행 목적에 필요한 다

른 장비가 고장 나지 않도록 독립적으로 장착되어야 한다.

3.2.2 비행 및 항법 계기 일반요건(General requirements for flight and navigation instruments)

- 모든 항공기에는 운항승무원이 다음 각 호의 사항을 수행할 수 있도록 비행 및 항법 계기를 장착하여야 한다.
 - √ 항공기 비행경로 조작
 - √ 필요한 절차에 의한 기동행위
 - √ 예상되는 운항조건 하에서 항공기 운용한계 관찰
- 주 작동 시스템에서 예비 시스템으로 전환하는 수단이 장착된 경우에는 확실한 위치제어(positive positioning control)가 포함되어야 하고, 선택된 시스템을 명확히 나타내는 표시가 있어야 한다.
- 운항승무원이 사용하는 계기들은 비행경로에 따라 정상적으로 전방을 주시하였을 때 당해 운항승무원의 좌석 및 시선으로부터 벗어나는 것이 최소화되도록 하고, 운항승무원의 좌석에서 지시치를 쉽게 볼 수 있도록 배열되어야 한다.
- 최대이륙중량 5,700kg 이상 항공기는 주(主) 전력 생산 장치와는 별도로 30분 이상 고도계(artificial horizon) 및 자세계 등을 작동시키고, 기장이 분명하게 식별할 수 있는 조명을 제

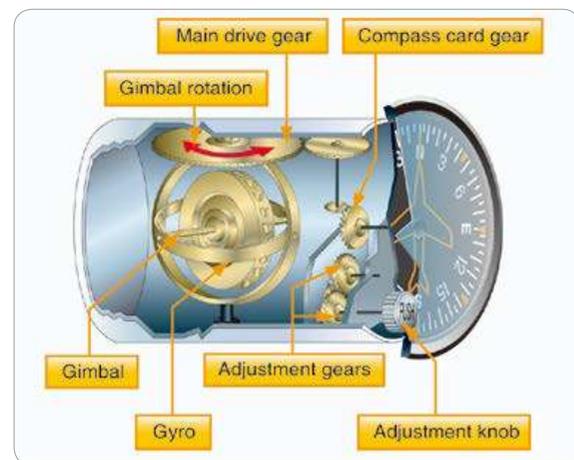
공할 수 있는 비상 전력 생산 장치를 장착하여야 한다. 비상 전력 생산 장치는 주 전력 생산 장치의 고장 시 자동으로 작동하여야 하고 비상 전력임을 표시할 수 있어야 한다.

3.3 기본 계기 및 장비 (Basic instruments and equipment)

3.3.1 기본 계기(Basic instruments)

3.3.1.1 방향 지시계(Heading Indicator)

방향 지시계(Heading Indicator)는 비행 중 마그네틱 컴퍼스(magnetic compass)와 정렬하는 기본적인 계기이다. 마그네틱 컴퍼스는 많은 오차가 있고 난기류 속에서 정확하게 계기를 보기 어렵다. 하지만 방향 지시계는 나침반을 기준으로 방향을 나타내지만 가속오차 및 선회오차에 영향을 받지 않는다. 따라서 정확한 선회와 방향을 유지할 수 있도록 해준다.



[그림 3-2] 방향 지시계

방향 지시계는 360도 방위를 나타내며 마지막 단위 '0'은 생략한다. 예를 들어 "6"으로 표시되어 있을 경우 60도를 나타내고 "21"은 210도를 나타낸다. 계기 아래의 조절 노브(Adjustment knob)는 마그네틱 컴퍼스와 방향 지시계를 정렬시키는 데 사용된다. 계기상의 일정한 방향을 유지하여 비행을 해도 마찰로 인한 자이로(Gyroscopic)의 선행성 영향으로 원래 위치에서 벗어나게 된다. 또한, 비행기가 1시간에 15도씩 자전하는 지구 위를 비행하기 때문에 또 다른 오차를 발생시킨다. 이러한 오차는 조절 노브를 사용하여 최소한 15분 간격으로 방향 지시계와 컴퍼스를 정렬하는 것으로 수정할 수 있다.

3.3.1.2 마그네틱 컴퍼스(Magnetic Compass)

대부분의 항공기에 있어, 방향 지시계를 정렬시킬 수 있는 마그네틱 컴퍼스는 방향 정보를 제공하는 1차적 근원이다. 직진수평 비행 상태에서 마그네틱 컴퍼스의 기준선은 항공기의 자기수방위를 지시한다.

마그네틱 컴퍼스는 항공기가 가속이나 선회, 상승 또는 강하에 진입할 때에는 정확하지 않을 것이고, 나침반 가까이에 자성 물체가 있어도 정확하지 않을 것이다.

3.3.1.2.1 지구의 자기장(Magnetic field of the earth)

지구는 매우 크고 약한 자석과 같다. 지구표면은 캐나다 허드슨 만 근처 땅속 깊은 곳에서부터 시작하여 남극대륙의 사우스 빅토리아(south victoria) 근처 땅속 깊은 지점으로 흐르는 자기력선으로 구성된, 약한 자기장으로 둘러싸여 있다. 진북(True North Pole)과 진남(True South Pole)으로 알려진 지리학적 북극, 남극에 매우 근접해 있기 때문에, 이

러한 자기적 양극을 자북(North Magnetic Pole)과 자남(South Magnetic Pole)이라고 한다.

3.3.1.2.2 편차(Magnetic Variation)

차트에 나타난 위도-경도는 진북과 진남을 기준으로 한 것이다. 그러나 나침반은 진북이 아니라 자북을 지시한다. 지구의 어느 한 지점에서 진북과 자북 사이의 차이를 편차(Variation)라고 한다. 만약에 나침반이 진북을 기준으로 동쪽을 지시한다면 편차는 East라 하고, 만약에 나침반이 진북의 서쪽을 지시한다면 편차는 West라 한다. 자기편차는 근접한 모든 항공기가 같다.

3.3.1.2.3 자차(Deviation)

불행히도, 컴퍼스의 자석은 지구의 자기장에만 영향을 받는 게 아니라, 노출된 다른 모든 자기장에도 영향을 받는다.

금속성의 항공기 기골 부분, 엔진의 회전체 부분, 전기장치 모두 고유의 자기장을 만들어낸다. 이러한 자기장들이 모여 항공기의 마그네틱 컴퍼스에 주는 영향을 '자차(Deviation)'라고 한다. 자차는 컴퍼스가 자북을 정확히 지시하지 못하게 하거나 편향되게 한다. 좀 더 정밀한 자차는 컴퍼스가 항공기에 장착될 때 발생하게 되고, 항공기 기수방위에 따라 각기 다른 항공기 자차를 측정하게 된다.

각 항공기에는 '자차카드(Deviation Card)'라는 작은 카드를 부착하고 있는데 이것은 조종사로 하여금 컴퍼스를 판독, 수정해서 정확한 자방위를 얻도록 해준다. 이러한 수정량은 매우 적은 각도인 경우가 대부분이라서 비행 중에도 암산으로 계산할 수 있을 만큼 쉽다.

3.3.1.2.4 마그네틱 딥과 컴퍼스 오차

(Magnetic Dip and Compass Errors)

자기적도 부근에서 자력선은 지면과 평행하다. 자극(Magnetic Pole)에 가까워질수록 자력선은 자극(Magnetic Pole)을 향해 내려가고, 자석도 기울어져 내려가서 자력선에 일치되려고 한다. 이 기울어지는 각도를 Magnetic Dip이라고 하고 이것은 미국에서는 약 70°이다. 마그네틱 딥은 자기적도에서 0°이고 자극(Magnetic Pole)에서는 90°로 늘어난다.

3.3.1.2.5 마그네틱 딥의 영향

(Impact of Magnetic Dip)

지구의 자기장(Magnetic Field)은 두 가지 요소로 분석된다. 하나는 지표면과 평행한 수평적 요소(컴퍼스가 자북을 향하게 하는)이고, 다른 하나는 컴퍼스 자석을 아래로 기울게 하는 수직적 요소이다. 자기적도에서는 지표면과 평행한 수평적 요소가 가장 강해서 자기 컴퍼스가 안정적이고 정확하다. 그에 반해 고위도에서는 지표면과 평행한 수평적 요소가 약해져서, 컴퍼스 자석이 수평방향을 가리키는 힘이 줄어들게 된다. 남위, 북위 60° 이상의 고위도에서는 자기 컴퍼스는 믿을 수 없다.

3.3.1.2.6 가속오차(Acceleration Errors)

속도를 증가시키거나 감소시키면 마그네틱 컴퍼스에는 순간적인 지시오차가 발생하는데, 이것은 특히 기수방위가 동쪽이나 서쪽으로 향해 있을 때 더 현저히 발생된다. 이러한 현상은 속도가 안정되면 사라진다.

- 동쪽이나 서쪽 방향으로 가속하면, S극 쪽에 있던 자석의 무게중심이 뒤로 처지고, 이 현상은 컴퍼스 card를 돌아가게 해서 컴퍼스가 북쪽으로 돌아가 보이도록 한다(Turn to the North). 가속이 끝나면 항공기 기수방위를 조정하기 전에 컴퍼스가 제자리로 돌아올 것이다.
- 동이나 서쪽방향으로 감속하면, 항공기와 연결된 회전축은 같이 감속하게 되고, 자석은 관성에 의해 앞으로 나가려 한다. 때문에 컴퍼스 카드는 회전하게 되고 남쪽을 지시하는 것처럼 보이게 된다(Turn to the South).

3.3.1.2.7 선회오차(Turning Errors)

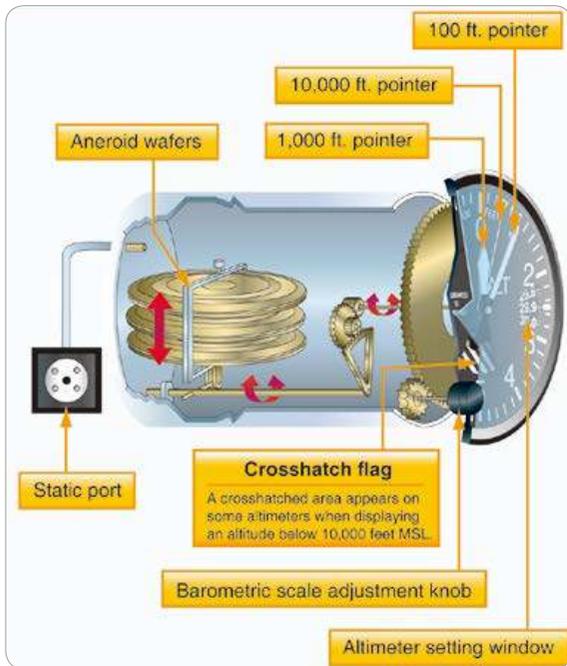
방향이 변화하기 때문에 선회 또한 가속이다. 선회 시, 항공기에 붙어 있는 컴퍼스 선회축에 구심력이 작용하고, 이 구심력은 선회중심 방향으로 가속된다. 진자처럼 매달린 컴퍼스 자석은 관성력 때문에 뒤쪽으로 처지게 된다. 이런 이유로 컴퍼스에 의한 방향 지시는 일시적인 오차를 발생시킨다. 이러한 현상은 선회 완료 후 수평상태가 되면 점차적으로 사라진다. 이 결과로 북쪽을 경유한 선회를 할 때 나침반의 지시가 지연된다. 만약 310°에서 040°로 선회할 시 040°에 도달하기 전인 020°근처에서 수평자세를 만들어야 한다는 것을 의미한다. 이것은 항공기가 선회를 멈출 때에도 컴퍼스는 지연되어 몇 초 동안 계속 돌기 때문이다.

반대로, 남쪽을 지나서 선회할 때, 자기수방위는 항공기보다 앞서서 선회한다. 만약 130°에서 210°로 선회한다면 수평자세를 대략 230°에서 만들어야 한다. 이때 컴퍼스가 안정되면 210°를 지시할 것이다.

3.3.1.3 고도계(Altimeter)

(낮은 기온상태에서 고도 보정 절차)

고도계는 주어진 기준점의 정압을 이용하여 비행기까지의 수직 높이를 나타내는 계기이다. 비행기가 있는 위치의 정압을 표준대기(ISA)에서의 높이로 환산하여 나타낸다. 고도계의 주요 구성요소는 밀봉되어 있는 아네로이드 와퍼(Aneroid Wafer)이다.



[그림 3-3] 고도계

29.92in.hg로 밀봉되어 있는 아네로이드 와퍼는 정압구(Static port)를 통해 들어온 주변의 정압에 따라 팽창 또는 수축이 가능하다. 예를 들어 비행기가 상승하면 정압이 감소되고 아네로이드 와퍼는 팽창하게 된다. 이때 팽창된 아네로이드 와퍼는 기계적으로 연결되어 고도계의 눈금 바늘을 움직이게 된다. 대기압은 장소와 시간에 따라 변하기에 어떤 특정 높이로부터의 고도를 측정하려면 적절한 기압을

맞추고 고도계를 사용하여야 한다.

3.3.1.3.1 고도의 종류(Types of Altitude)

고도의 종류에는 지시고도(Indicated Altitude), 기압고도(Pressure Altitude), 진고도(True Altitude), 절대고도(Absolute Altitude), 밀도고도(Density Altitude), Encoded Altitude가 있다. 지시고도는 현재 고도 수정치에 맞추었을 때 고도계에 지시되는 고도이다. 기압고도는 표준대기압 29.92in.hg를 맞추었을 때 나타나는 고도이다. 진고도는 평균해수면(MSL)으로부터의 실제 고도이다. 공항, 산, 그리고 차트상의 장애물 고도를 나타내는 기준이 된다. 절대고도는 지면으로부터의 높이를 말하며 AGL(Above Ground Level)로 나타낸다. 밀도고도는 공기밀도를 나타내는 것이며 성능을 계산할 때 기준으로 사용된다. Encoded Altitude는 조종사가 볼 수는 없지만 관제사 레이더(RADAR)에 보이는 고도이다. 비행기의 ENCODING 고도계가 고도정보를 비행기의 트랜스폰더에 보내주고 트랜스폰더는 위치와 고도 정보를 레이더에 나타낸다.

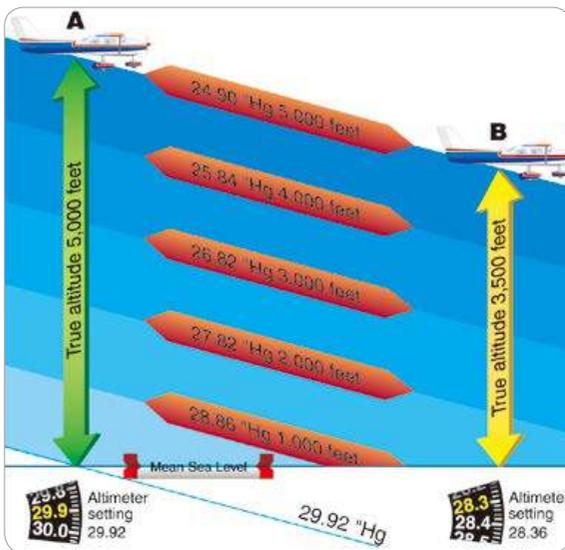
3.3.1.3.2 고도 보정 방법 및 종류

(Setting the Altimeter)

고도계를 이해하고 올바르게 사용하기 위한 방법 및 오류에 대한 보정 방법을 알아보자. [그림 3-4]를 보면 고도계에는 기압을 나타내는 눈금과 조절 가능한 압력 수정 창(Altimeter Setting Window)이 있다. 조종사가 기준면 기압을 선택할 수 있고 이 기준 기압으로부터 고도는 측정된다. 조절 노브를 돌려 압력 수정 창의 기압 치를 바꾸면 고도계의 바늘도 숫자를 따라 움직인다. 예를 들어 기압이

29.92in.hg(표준 대기압)인 기준면으로부터 고도를 측정하려면, 수정 창에 29.92in.hg나 1013 hpa를 맞추면 된다. 이와 같이 고도계 수정 창에 적절한 평균해수면 기압을 맞추는 것이 중요하다.

14,000피트(전이고도) 이하에서 비행을 할 경우, 해당 특정 장소에서의 평균해수면 기압을 맞추고 14,000피트 이상에서 비행할 때는 표준기압인 29.92in.hg로 설정해야 한다. 고고도에서의 표준기압 설정은 지리적인 특성요인으로부터 나온 오차, 기압계 오차, 고도계오차 등을 제거한다.



[그림 3-4] 기압에 따른 실제고도와 지시고도의 차이

비행하기 전 고도계의 정확성을 확인할 수 있는 방법은 비행기가 지상에 있을 때이다. 지상에서 해당 고도계 수정치를 고도계 수정 창에 맞추면 고도계는 대략적인 표고를 ±75피트 이내로 지시해야 한다.

고도계의 정확성은 대기의 비표준 온도, 비표준 대기압력, 항공기 정압계통(위치 오차), 계기 오차의 요인에 영향을 받는다. 예를 들어 비행하는 동안 일정

한 지시고도로 비행을 한다고 하더라도, 고기압 지역에서 저기압 지역으로 이동한다면 실제고도는 변화한다. 지시고도는 변하지 않지만 비행기는 실제로 강하하고 있다. 따라서 주기적으로 고도계 수정치를 세팅하는 것이 중요하다.

낮은 온도와 압력에서 비행할 때 지형 또는 장애물로 접근하면 극도의 주의가 고려되어야 한다. 이것은 특히 극도의 추운 것이 표준 온도와 실제 온도 사이에서 많은 차이를 일으킨다. 매우 추운 저온 지역에서는 계기보다 더 낮게 비행할 수도 있다. 해면에서의 표준온도는 15°C(59°F)이다. 해면으로부터의 기온 체감율은 매 1,000피트 당 2°C(3.6°F)이다. 조종사는 정압계통 및 계기오차가 있으면 수정을 하여야 한다. 항공기의 순항고도 또는 고도층은 고도계 수정치를 조정하고 고도계를 참조하여 유지하여야 한다.

14,000피트 MSL 미만에서 비행할 때 기압치가 31.00in.hg 이하일 경우 항공기로부터 100NM 이내에 있고 항로를 따라 있는 공항의 보고된 현행 고도계 수정치로 수정을 하여야 한다. 만일 이 지역 내에 공항이 없으면, 적당한 사용 가능한 공항의 보고된 현행 고도계 수정치로 수정을 하여야 한다. 항공기가 계기비행계획으로 항로비행을 할 때 ATC는 관할구역에서 항공기가 비행하는 동안 적어도 한번은 조종사에게 이러한 정보를 제공한다. 무전기를 장착하지 않은 항공기일 경우는 출항공항의 표고를 맞추거나 혹은 이륙 전에 적절한 고도치를 활용하여야 한다.

3.3.1.3.3 고도계 오차(Altimeter Errors)

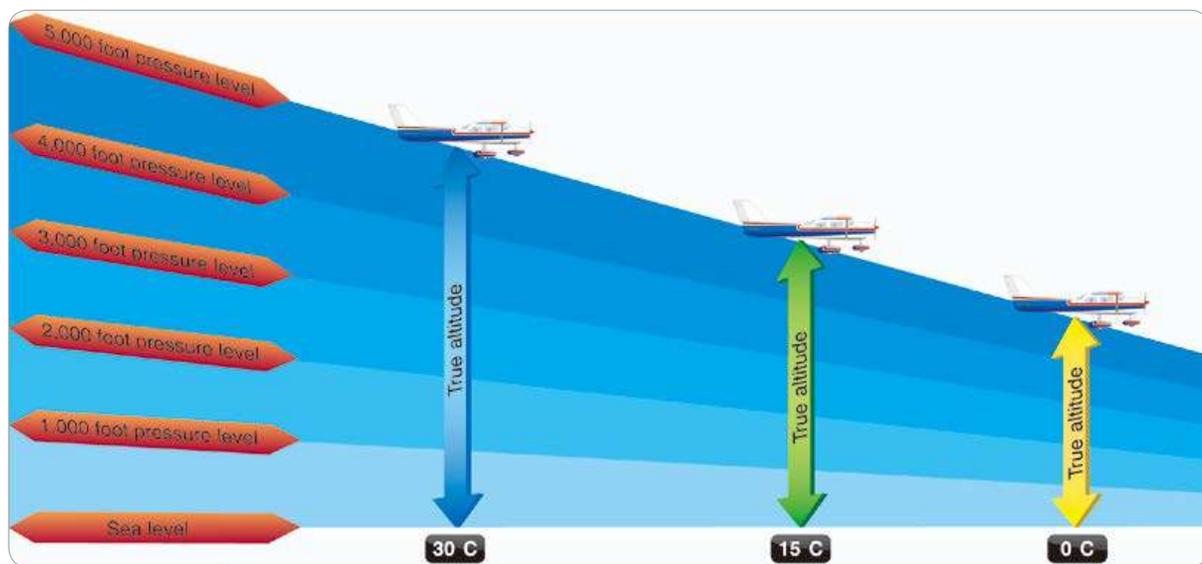
대부분의 고도계는 기계적인 탄성, 온도, 장착오차에 영향을 받는다. 주기적으로 시험과 점검을 요구하는 것과 마찬가지로, 제작과 장착 설명서가 이

러한 오차를 줄일 수 있지만 어떤 눈금오차는 다음 방법으로 관측될 수 있다. 고도계 수정창에 현재 보고받은 기압을 설정한다. 고도계 설정을 위해 사용되었던 같은 지표면의 위치에 있다면 고도계의 고도를 읽는다.

비행 중에 최신의 항로 고도계 수정치를 얻는 것은 중요하다. 만일 조종사가 고도계를 수정하지 않고, 고기압 지역으로부터 저기압 지역으로 비행할 때, 항공기는 고도계가 지시하는 고도보다 지표면에 가깝게 있게 된다. 고도계의 1인치 오차는 1,000피트와 같다. “높은 곳에서 낮은 곳으로 갈 때 아래를 조심하라”는 말이 있다. 온도 또한 고도계나 고도의 정확도에 영향을 미친다. 고려해야 할 중요한 점은 표준온도에 해당하는 고도에서의 주변온도이다. 그 차이는 계기고도에 오차를 발생시킨다. 대기가 표준보다 더울 땐 고도계보다 실제고도는 높다. 또한, 대기온도가 표준보다 낮을 땐 계기상 고도보다 실제고도는 낮다. 오차량을 결정하는 것은 이러한 차이의

크기에 달렸다. 일정한 계기고도를 유지하여 더 찬 기단으로 비행할 경우 진고도는 낮아지게 된다. 그러나 그 차이가 아직 플러스(+)라면 더 찬 기단 속으로의 비행이 이루어질 때 반드시 계기보다 낮음을 의미하진 않는다. 예를 들어, 1만 피트에서 비행할 때(표준온도는 -5도) 외기온도가 +5℃에서 0℃라면 이 온도오차는 항공기를 계기보다 더 높게 할 것이다. 이것이 조종사가 고려해야 할 차이이다. 산악 지역 상공의 냉한 지역에서 비행 시 조종사는 항로상의 적절한 장애물 회피를 확실히 하기 위해서 경로나 고도 비행 계획 시 주의하여야 한다.

또한, 온도오차 역시 고려해야 한다. 무더운 공기에서는 밀도가 표준 상태보다 더 낮고 압력이 팽창될 것이다. 따라서 온도가 높은 대기와 표준 대기와 비교한다면 온도가 높은 대기가 더 높을 것이다. 즉, 온도가 높아지면 고도계는 실제보다 낮게 지시한다. 반대로 온도가 낮아지면 고도계는 실제보다 높게 지시한다.



[그림 3-5] 온도에 따른 실제고도와 지시고도의 차이

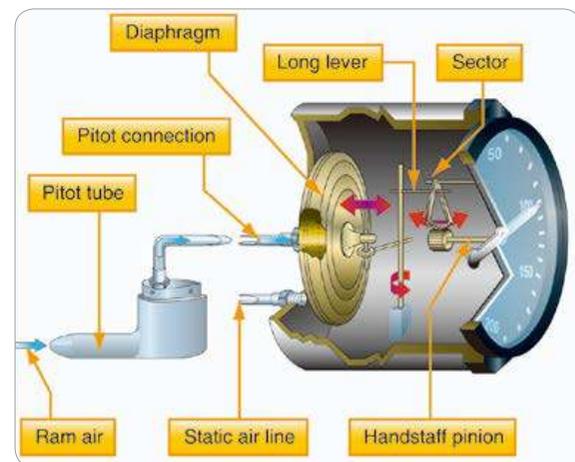
예를 들어 온도가 -10 도이고, 항공기가 1,000피트 공항 위에 있다면 항공기는 계기에 표시된 고도보다 100피트 아래에 있을 것이다. 극도의 낮은 온도에서 비행할 때, 온도 수정을 적용했다면 고도계에 오차가 있다 할지라도, 장애물로부터 안전하게 비행할 수 있을 것이다. 차갑고, 건조한 기단은 수은주가 31.00in.hg를 초과하는 기압을 발생시킬 수도 있다. 대부분의 고도계는 이러한 기압을 정확하게 설정할 수 없다. 고도계에 이러한 기압을 설정할 수 없다면 항공기 실제 고도는 지시치보다 높을 것이다. 31.00in.hg를 초과할 경우 항공 교통 관제사는 실제 고도계 수정치를 읽어줄 것이다. 그리고 항로 비행에서 최종 접근구간에 이르기 전까지 31.00in.hg로 설정한 상태를 유지하도록 조언할 것이다. 의무지고도나 1500피트 AGL 중 낮은 고도에 도달하기 전까지 31.00in.hg를 유지하라고 조언할 것이다. 높은 압력에 의하여 야기되는 고도계 오차는 저온인 경우와 반대가 된다.

낮은 대기 압력의 경우 28.00in.hg 이하의 비정상적인 저기압 상황이 발생하면 실제 고도계 수정을 설정할 수 없는 항공기의 비행은 추천되지 않는다. 이러한 경우 항공기의 진도고는 지시고도보다 낮으므로 주의해야 한다.

3.3.1.4 속도계(Airspeed Indicator)

속도계(Airspeed Indicator)는 동압과 관련된 지시속도(Indicated Airspeed)이다. 피토크관(Pitot Tube)을 통해 측정된 압력에서 정압구(Static Port)를 통해 측정된 압력을 빼면 동압을 얻을 수 있다. 이는 피토크관을 통해 전압을 공급받고 다른 쪽으로는 정압라인을 통해 정압을 공급받는 다이어프램

(Diaphragm)을 이용해 속도가 측정된다. 다이어프램과 지시침은 연결되어 있고 전압과 정압의 차이에 따라 지시침은 움직인다. 같은 고도에서 속도가 증가되면 동압은 증가하지만 정압은 일정하다. 피토크관을 통해 측정된 전압과 정압구에서 측정된 정압의 차이는 다이어프램을 팽창시키고 지침은 더 높은 속도를 지시하게 된다.



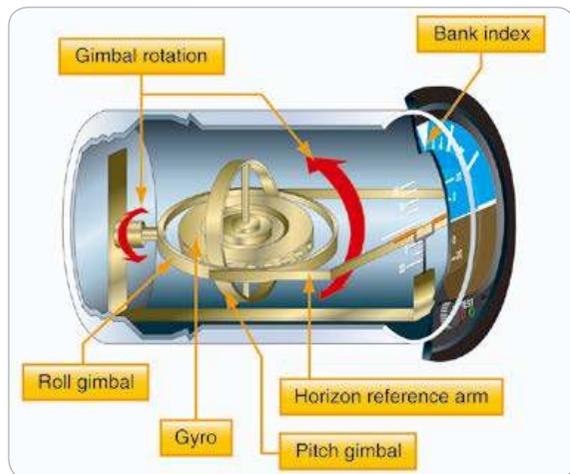
[그림 3-6] 속도계

속도의 종류에는 지시속도(Indicated Airspeed), 수정속도(Calibrated Airspeed), 진대기속도(True Airspeed), 대지속도(Ground Speed)가 있다. 지시속도는 계기에 나타나는 속도로 온도나 고도에 무관하며 공기밀도, 설치오차, 계기 자체의 오차를 수정하지 않은 속도이다. 비행기의 성능을 결정하거나 혹은 이륙, 착륙 시 사용되며 실속속도의 산출 기준이 된다. 수정속도는 지시속도에 설치오차, 계기 자체의 오차를 수정한 속도이다. 진대기속도는 기압 고도, 온도를 수정한 속도로 대기 속을 통과하는 비행기의 실제 속도이다. 이는 대략 1,000피트당 지시속도의 2% 정도씩 증가된다. 대지속도는 바람을 고

려한 비행기가 실제 지면을 이동하는 속도로 항법에 주로 사용된다. 정풍에서 대지속도는 감소되고 배풍에서 대지속도는 증가된다.

3.3.1.5 자세 지시계(Attitude Indicator)

자세 지시계(Attitude Indicator)는 수평선 그림(Horizon Bar)에 작은 모형비행기(Miniature Aircraft)로 구성되어 있다. 실제 수평선에 대한 비행기의 자세가 자세 지시계의 인공 수평선과 작은 모형 비행기에 의해 표시된다. 비행기 자세가 변할 때 자세 지시계의 기본이 되는 자이로(Gyro)는 항상 지표면에 직각을 유지한다. 그러므로 비행기가 자세 지시계의 회전하고 있는 자이로 주위를 도는 것과 같다.



[그림 3-7] 자세 지시계

자세 지시계는 비행기 피치(Pitch)와 경사각(Bank)을 지시한다. 피치는 인공 수평선에 대한 모형 비행기의 중앙에 있는 점의 위치로 표시된다. 경사각은 인공 수평선에 대한 모형 비행기 날개와의 관계로 표시된다. 비행기가 지상에 있거나 직진 수

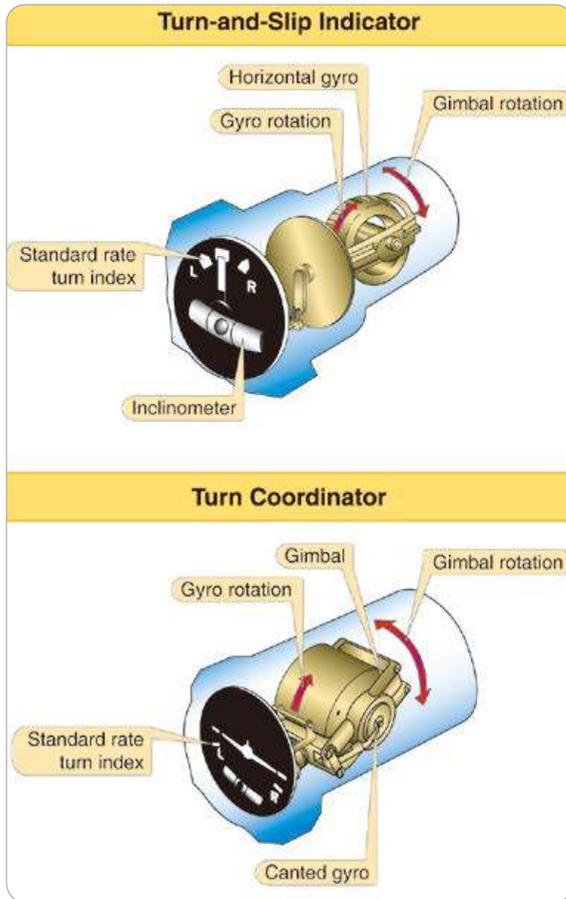
평 비행을 하고 있을 때 자세 지시계에 나타나는 모형 비행기는 가상 수평선과 평행을 이루고 있어야 한다. 자세 지시계 아래의 작은 노브(Knob)를 이용하여 모형 비행기의 위치를 조절한다. 비행기의 해당 자세 지시계의 계기 성능에 따라 피치와 경사각이 나타내는 한계는 모두 다르다. 일반적으로 피치의 경우 60도에서 70도 사이까지 나타낼 수 있고 경사각의 경우 100도에서 110도까지 나타낼 수 있다.

3.3.1.6 선회 및 경사지시계

(Turn and Slip Indicator)

비행기에는 대표적으로 두 가지 종류의 선회 지시계가 있다. 선회 경사계(Turn and Slip Indicator)와 선회 지시계(Turn Coordinator)이다.

두 계기 모두 선회율(Turn Rate)을 지시하지만 계기 안의 자이로가 다르게 장착되어 있어서 선회 지시계는 롤 레이트(Roll Rate)까지 지시한다. 롤 레이트는 비행기가 선회하기 전 경사가 지기 시작할 때 지시한다. 비행기가 왼쪽으로 선회한다고 가정하면 자이로에도 선회하는 힘이 나타난다. 자이로 특성에 의해 회전 방향으로 90도 더 지나서 나타나고 이 힘에 의해 자이로를 기울어지게 한다. 선회하려는 힘이 클수록 자이로가 기울어지려는 힘도 더 커진다. 자이로가 기울어지면 스프링이 늘어나고 이는 자이로가 기울어지는 압력이 비행기의 선회율과 같아질 때까지 늘어난다. 짐벌(Gimbal)의 움직임에 의해 움직여진 지시침은 선회율을 지시한다. 이는 눈금으로 표시되어 있고 표준 선회율(Standard Rate)을 나타낸다. 표준 선회율을 지시하는 상태에서 180도 선회하며 시간을 재고 1분이 소요되는지 확인함으로써 지시계의 정확성을 확인할 수 있다.



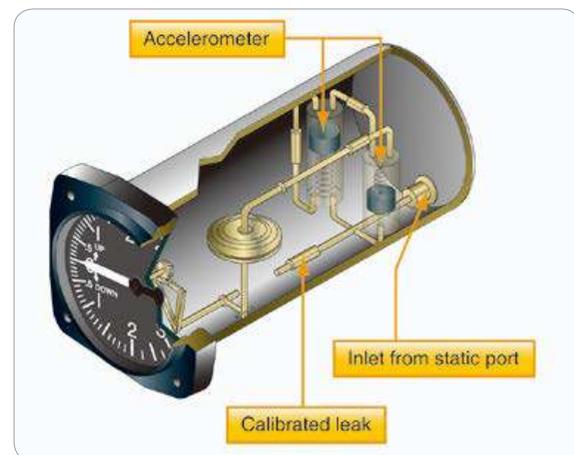
[그림 3-8] 선회 경사계와 선회 지시계

선회 경사계와 선회 지시계안에 포함되어 있는 경사계(Inclinometer)는 코디네이션 볼(Coordination Ball)로 표시하는 간단한 장치이다. 이는 중력가속도(G-Force)를 나타낸다. 지구 중력과 선회하는 힘의 합력을 지시한다. 코디네이션 볼은 액체가 담긴 휘어진 실린더 안에서 움직인다. 조종사는 코디네이트드 컨트롤(Coordinated Control)을 위하여 러더(Rudder)를 조작하여 코디네이션 볼을 정중앙에 위치하도록 해야 한다. 비행기가 균형 상태를 유지하지 못하여 스킨드(Skid)가 발생하면 코디네이션 볼은 선회하는 반대 방향으로 움직이고 바깥쪽으로 밀

려나는 느낄 것이다. 반대로 슬립(Slip)이 발생하면 코디네이션 볼은 선회하는 방향으로 붙고 선회하는 쪽으로 끌려 들어가는 느낌을 받을 것이다.

3.3.1.7 승강계(Vertical Speed Indicator)

승강계(Vertical Speed Indicator)는 고도의 변화율을 나타내는 계기이다. 승강계는 압력의 변화를 고도의 변화로 바꾸어 나타낸다. 분당 피트 단위인 FPM으로 표시한다. 비행기가 강하하면 저고도에서 높아진 압력은 정압구(Static Port)를 통하여서 측정된다. 승강계 안과 외부의 압력 차이가 발생되고 이 차이로 연결된 지침이 승강계의 눈금을 표시한다. 이러한 작동원리로 인해 승강계 자체의 지연오차가 발생하기에 안정된 상승, 강하율을 지시하려면 약간의 시간이 걸린다. 지상 활주를 하기 전 혹은 이륙 전에 승강계는 '0'을 지시해야 한다. 또한, 비행 중 정압구가 열거나 외부 물질로 인해 막히면 비행기가 고도를 변경 하더라도 비행기 밖과 승강계 내부의 압력이 같아지기 때문에 승강계는 '0'을 지시하게 된다.



[그림 3-9] 승강계

3.3.1.8 온도 지시계(Outside Air Temperature)

온도 지시계(Outside Air Temperature)는 비행 중인 외부 온도를 감지하여 섭씨(°C)와 화씨(°F)로 나타낼 수 있는 간단하고 효율적인 계기이다. 감시 센서의 한쪽은 보호관(Protective Tube)으로 다른 쪽은 온도 지시계의 지침으로 연결되어 외부 온도를 계기 상에 나타낸다. 온도 지시계를 통해 고도 변화에 따른 기온 감률에 관한 정확한 정보를 알 수 있다.



[그림 3-10] 온도 지시계

3.3.2 장비(Equipment)

3.3.2.1 무선통신시설

(Radio Communication Equipment)

다양한 형태의 무선통신시설이 각각 특별한 목적으로 사용되고 있다. 이러한 시설을 운용하는 운용자는 정부, 군 혹은 민간 조직 등으로 다양하며 운용을 위한 규정은 공항/시설 안내서(Airport/Facility Directory, A/FD)에 요약되어 있다. 무선통신시설을 사용할 때 송신기에서 전송하는 주요 신호가 발생하지 않아 오류를 나타 낼 수 있음을 항상 주의해야 한다. 또한, 특정 이유로 항공고시보(NOTAM)에

기재 되어 있거나 사용불가 혹은 작동불능 상태라면 신호가 수신되어도 사용하지 않아야 한다.

3.3.2.2 트랜스폰더(Transponder)

트랜스폰더(Transponder)는 시계비행(VFR), 계기비행(IFR) 항공기 모두에게 더 안전한 비행을 할 수 있도록 도와준다. 트랜스폰더의 사용은 항공기를 발견하는 레이더의 성능을 증대시키고 모드(mode)에 따라 잠재적 충돌의 여부 존재를 신속하게 결정할 수 있다. 이를 통해 항공교통관제(ATC)와 교신하지 않고 있는 시계비행 조종사도 교통조언을 받고 있는 시계비행, 계기비행 항공기로부터 보다 많은 보호를 받을 수 있다. 항공교통관제 레이더비컨시스템(ATCRBS)은 군의 코드화된 레이더 비컨(Coded Radar Beacon)과 유사하고 호환성이 있다. 민간 Mode-A는 군의 Mode-3와 동일하다.

3.3.2.2.1 트랜스폰더 사용(Using transponder)

트랜스폰더의 사용은 이륙 전 가능한 늦게 ON 또는 정상 운용 위치로 조정하고 착륙 후 OFF 또는 STANDBY 위치로 맞추어야 한다. 일부 공항에서는 항공기가 움직이기 시작할 때 ON하는 경우도 있다. 운용 가능한 트랜스폰더를 장착한 항공기가 관제구역에 있는 동안에는 항상 Mode-C 또는 관제사가 할당한 코드로 트랜스폰더를 운용해야 한다. 또한, 목적지에 도착하기 전 계기비행을 취소하고자 결심하면 시계비행에 적절한 트랜스폰더 코드를 맞추어야 한다. 조종사는 예측할 수 있는 트랜스폰더의 통달범위가 가시선(Line of Site)의 제한을 된다는 것을 트랜스폰더 사용자들은 주의해야 한다. 저고도에 있거나 항공기 자체의 구조로 인해 안테나의 차폐는



[그림 3-11] 트랜스폰더

통달범위를 제한시킬 것이다. 높은 고도로 상승하거나 안테나의 위치를 조정함으로써 안테나 차폐의 가능성을 최소화할 수 있다.

트랜스폰더 코드는 항공교통관제 사용을 목적으로 4,096개의 독립 코드를 조합 또는 하나로 사용하기 위해 네 개의 숫자 코드로 지정된다. 예를 들어 코드 1200은 ONE TWO ZERO ZERO로 표현된다. 앞서 언급한 Mode-C는 자동고도보고 성능을 갖추고 있

다. 레이더(Interrogating Radar)시설에 Mode-C 조합 신호(Framing Pulse)로 함께 전송된 코드와 디지털 정보(Coded Digital Information)를 100피트 간격의 항공기 고도로 전환한다. 항공교통관제의 특별한 지시가 없고 트랜스폰더 자체의 요구시험을 거쳤다면 항공교통관제에서 지정한 Mode-C, Mode-A, Mode-3 코드와 고도보고 성능을 갖춘 Mode-C에 응답할 수 있도록 조절해야 한다. 반면

[표 3-1] 트랜스폰더 용어

| Radar Beacon Phraseology | |
|---------------------------|--|
| SQUAWK (number) | Operate radar beacon transponder on designated code in MODE A/3. |
| IDENT | Engage the "IDENT" feature (military I/P) of the transponder. |
| SQUAWK (number) and IDENT | Operate transponder on specified code in MODE A/3 and engage the "IDENT" (military I/P) feature. |
| SQUAWK Standby | Switch transponder to standby position. |
| SQUAWK Low/Normal | Operate transponder on low or normal sensitivity as specified. Transponder is operated in "NORMAL" position unless ATC specifies "LOW" ("ON" is used instead of "NORMAL" as a master control label on some types of transponders). |
| SQUAWK Altitude | Activate MODE C with automatic altitude reporting. |
| STOP Altitude SQUAWK | Turn off altitude reporting switch and continue transmitting MODE C framing pulses. If your equipment does not have this capability, turn off MODE C. |
| STOP SQUAWK (mode in use) | Switch off specified mode. (Used for military aircraft when the controller is unaware of military service requirements for the aircraft to continue operation on another MODE.) |
| STOP SQUAWK | Switch off transponder. |
| SQUAWK Mayday | Operate transponder in the emergency position (MODE A Code 7700 for civil transponder, MODE 3 Code 7700 and emergency feature for military transponder). |
| SQUAWK VFR | Operate radar beacon transponder on Code 1200 in MODE A/3, or other appropriate VFR code. |

트랜스폰더 작동을 멈추기를 요구한다면 트랜스폰더의 고도보고 기능을 꺼야 한다. 트랜스폰더가 부정확한 정보를 전송 중이거나 부정확한 고도계 수정치를 전송하고 있다면 할당된 고도와 다른 실제 고도에서 비행하게 된다. 트랜스폰더 식별(IDENT) 기능은 관제사의 요청이 있을 때만 작동시켜야 한다. 또한, 코드를 변경시킬 때 순간적인 허위경고를 유발시키지 않도록 7500(Hijack), 7600(Lost Communication), 7700(Emergency) 코드를 주의해야 한다. 예를 들어 코드 2700에서 7200으로 변경하는 과정에서 먼저 2200을 선택하고 7200을 입력해야지 7700에서 7200으로 입력해서는 안 된다.

3.3.2.3 고도경보장치 시스템

(Altitude Warning System)

항공법의 명시에 따라 항목 중 어느 하나에 해당하는 비행기는 지표면에 근접하여 잠재적인 위험상태에 있을 경우, 적절한 시기에 명확한 경고를 운항승무원에게 자동으로 제공하고 전방의 지형지물을 회피할 수 있는 기능을 가진 지상접근경고장치(Ground Proximity Warning System)를 1개 이상 갖추도록 되어 있다. 항공기에 장착된 장비는 지상접근경고장치의 컴퓨터와 경보기로 구성되어 있다. 해당 컴퓨터는 고도계의 고도, 항공기 상승 또는 하강에 의한 기압고도의 변화율, 착륙장치 및 플랩(flap)의 작동 여부, 계기착륙시스템에서 강하각으로부터 편차정보가 들어간다. 일반적으로 절대고도 2,500피트 이하에서 강하율이 지나치게 클 때, 절대고도 2,500피트 이하에서 산악 또는 지표로 비정상적으로 접근할 때, 이륙 후 착륙장치를 접은 후 안전고도 700피트에 달하기 전에 급강하하기 시작할 때, 착륙자세를 취하

지 않았는데도 플랩(flap) 및 착륙장치가 비정상적으로 낮아지는 경우, 계기착륙시스템에 의한 착륙 진입시, 강하각보다 아래쪽으로 일정 수치 이상 빗나갔을 때 경보를 발생한다. 이러한 정보들을 기반으로 항공기가 지상으로 접근하고 있다고 판단했을 경우는, 조종실에서는 적색 경보등을 확인할 수 있고 음성에 의한 경보를 내도록 되어 있다. 음성 경보는 경보기의 구성에 따라 지상 충돌의 위험과 원인을 알리는 단계로 나뉘어져 있는 것이 있고 혹은 경보음과 음성지시가 제공되는 것도 있다. 경보음을 듣는 순간 조종사는 즉시 엔진의 추력을 높이고 기수를 최대한 올려 충돌을 회피해야 한다. 경보음이 울리면 회피 조작을 수행하고 나서 항공기가 지상접근 위험한 상태로부터 벗어날 때까지 스위치를 끌 수 없도록 되어 있다. 그 외 운항 중이거나 일반적인 착륙 단계에서는 경보를 울리지 않도록 설계되어 있다. 최근에는 지형레이더(Altitude Radar) 및 위성항법장치(GPS) 등을 활용하여 항공기의 정확한 위치를 얻어내고 지리정보시스템(Geographic Information System)을 결합하여 해당 항공기에 더 빠르고 정확한 경고를 제공한다. 또한, 조종석 화면에도 표시가 되고 경고를 알리는 향상된 지상접근경고장치도(EGPWS - Enhanced GPWS)도 있다.

3.3.2.4 ADF

ADF는 수신기와 계기 두 가지를 포함하는 공중 장비이다. 무지향성 신호(NDB)를 감지한다. 방향에 대한 모호함은 신호를 감지하는 것과 루프(Loop) 안테나의 수신기 신호를 이용한다. 계기 종류에는 숫자판이 고정된(Fixed-Card ADF) 또는 움직이는(Rotatable Compass-Card ADF), 그리고



[그림 3-12] ADF 수신기 및 계기

RMI(Radio Magnetic Indicator)가 있다.

숫자판이 고정된 ADF는 RBI(Relative Bearing Indicator)라고도 한다. 이는 항상 계기의 윗부분은 0을 가리키고 바늘은 기지국으로부터 상대방위를 나타낸다. 아래 그림을 보면 상대방위는 135°를 나타낸다. 만약 자기수방위가 045°이면 자방위는 180°이다.

숫자판이 움직이는 ADF는 항공기의 방향이 계기의 윗부분에 나타난다. 그럼으로 화살표 머리가 기지국으로 향하는 자방위이고 화살표 꼬리가 기지국으로부터 자방위이다. 아래 그림을 보면 항공기의 방향은 045°이고 기지국으로 향하는 자방위는 180°, 기지국으로부터 자방위는 360°이다.

모든 전파방해는 ADF 방위지시에 영향을 주며 식별부호에도 영향을 준다. ADF 주파수를 잘못 맞추



[그림 3-13] 숫자판이 고정된 ADF



[그림 3-14] 숫자판이 움직이는 ADF

으로 다른 음성, 음악 또는 틀린 식별부호를 듣게 된다. 방위정보가 부정확할 때 ADF 수신기는 조종사에게 경고해 주는 계기상의 신호기(Flag)가 없기 때문에 조종사는 수신신호의 식별부호를 계속 감청하고 있어야 한다.

3.3.2.4.1 위치결정(Orientation)

ADF 지시침은 항공기의 기수방위와 위치에 관계 없이 송신국(Station)을 향하여 가리킨다(TO the station). 이렇게 나타내어진 상대방위는(Relative Bearing) 항공기 기수방위로(Nose)부터 시계방향으로 측정된 항공기의 기수와 송신국 사이의 각도이다. 즉, 항공기 기수 및 꼬리(Tail)와 왼쪽, 오른쪽 지시침이 나타내는 것을 생각해 보면 항공기의 세로축(longitudinal axis)에 대하여 ADF 계기판을 시각화한 것이다. 예를 들어, 지시침이 0°를 가리킬 때, 항공기의 기수방위는 송신국을 정 방향으로 향한다. 210°를 가리키면 송신국은 꼬리의 왼쪽 30° 방향에 위치한다. 90°를 가리킬 때는 송신국은 오른쪽 날개 끝 방향에 위치하게 된다. 상대방위 하나만으로 항공기 위치를 나타내지 않는다. 상대방위는 송신국을 향하는 방향(TO the Station) 또는 송신국으로부터의 방향(From the Station)인지를 결정하기 위하여 항공기의 기수와 연관되어야만 한다.

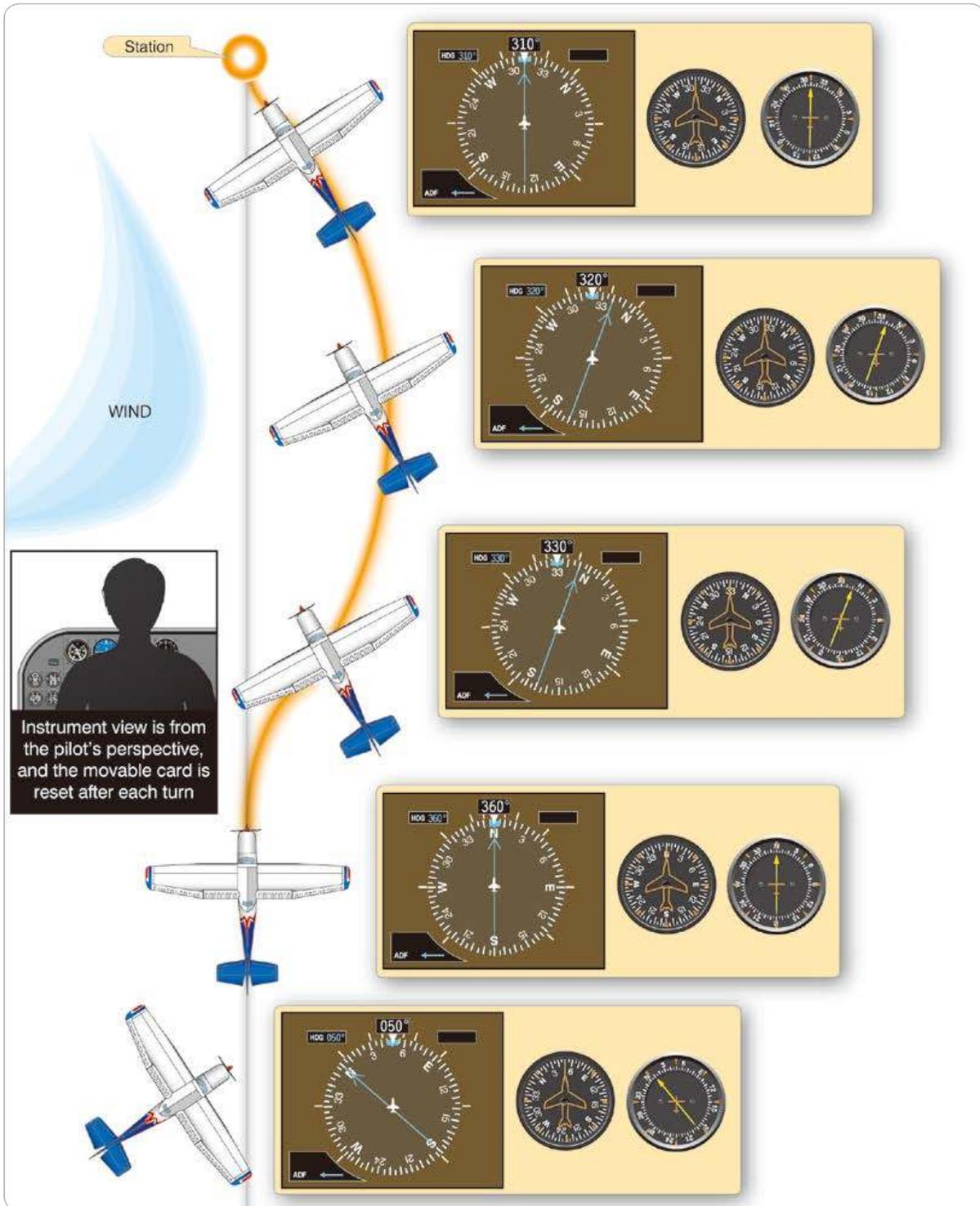
3.3.2.4.2 송신국 통과(Station Passage)

송신국과 가까워질 때, 지시침의 큰 굴절(deflection)로 인한 결과로 원하는 진로(Track)로부터 약간의 편차가 생길 수 있다. 그러므로 가능한 빨리 올바른 편류(Drift) 수정을 설정하는 것이 중요하다. 지시침이 코스로부터 편차가 나타나고, 끊임없이 날개 끝을 향하여 회전하거나 불규칙한 왼/오른쪽 진동이 나타나기 시작할 때까지 적은 양으로 기수 수정을 하여야 한다. 이때의 적은 양은 5° 범위 내를 뜻한다. 지시침이 90° 가리킬 때 진로에서 직각 방향으로 떨어진 곳에 송신국이 위치한다. 마지막으로 수정한 기수를 일정하게 유지하고 지시침이

날개 끝에 위치하거나 180° 또는 180° 가까이 안정된 상태로 보일 때가 송신국을 지나는 시점이다. 송신국 가까이에서의 첫 번째 신호에서부터 기지국을 분명하게 지날 때까지의 시간 간격은 저고도에서는 수 초에서 고고도에서는 3분까지 고도에 따라 다르게 나타난다.

3.3.2.4.3 호밍(Homing)

ADF는 송신국으로 향할 때 호밍이라는 단어를 사용될 수도 있다. 호밍은 지시침을 바로 0°의 상대방위 위치로 유지하기 위해 필요로 하는 어느 기수로 비행하는 것을 말한다. 기지국을 향하여 호밍하기 위해서는 기지국으로 주파수를 맞추고(Tune), 모리스 코드로 된 신호를 감청 식별한 후 항공기 ADF 방위 지시침을 0° 상대방위 위치로 가져오도록 선회하면 된다. 이때 선회는 방향 지시계를 사용해서 선회를 적용해야 한다. 선회가 완료 되었을 때 ADF 지시침을 확인하고 필요시 약간의 수정을 하면 된다. 아래 [그림 3-14]는 050°의 처음 MH과 310°의 RB로부터 homing을 시작하는 것을 나타내고, RB가 0이 되기 위해 왼쪽 50° 선회가 필요로 하는 것을 나타낸다. 왼쪽으로 선회하고, $50^\circ - 50^\circ = 360^\circ$ 에서 선회 정지하면 된다. 이후 약간의 기수 수정은 0의 ADF 지시침을 위해 적용된다. 만약 바람이 없다면, 항공기는 지상으로부터 직행(direct) 진로(track)로 기지국을 향해 home하게 된다. 측풍이 불 경우, 항공기는 기지국으로 직행 진로의 바람이 부는 방향으로 돌아가는 경로를 따라서 가게 된다.

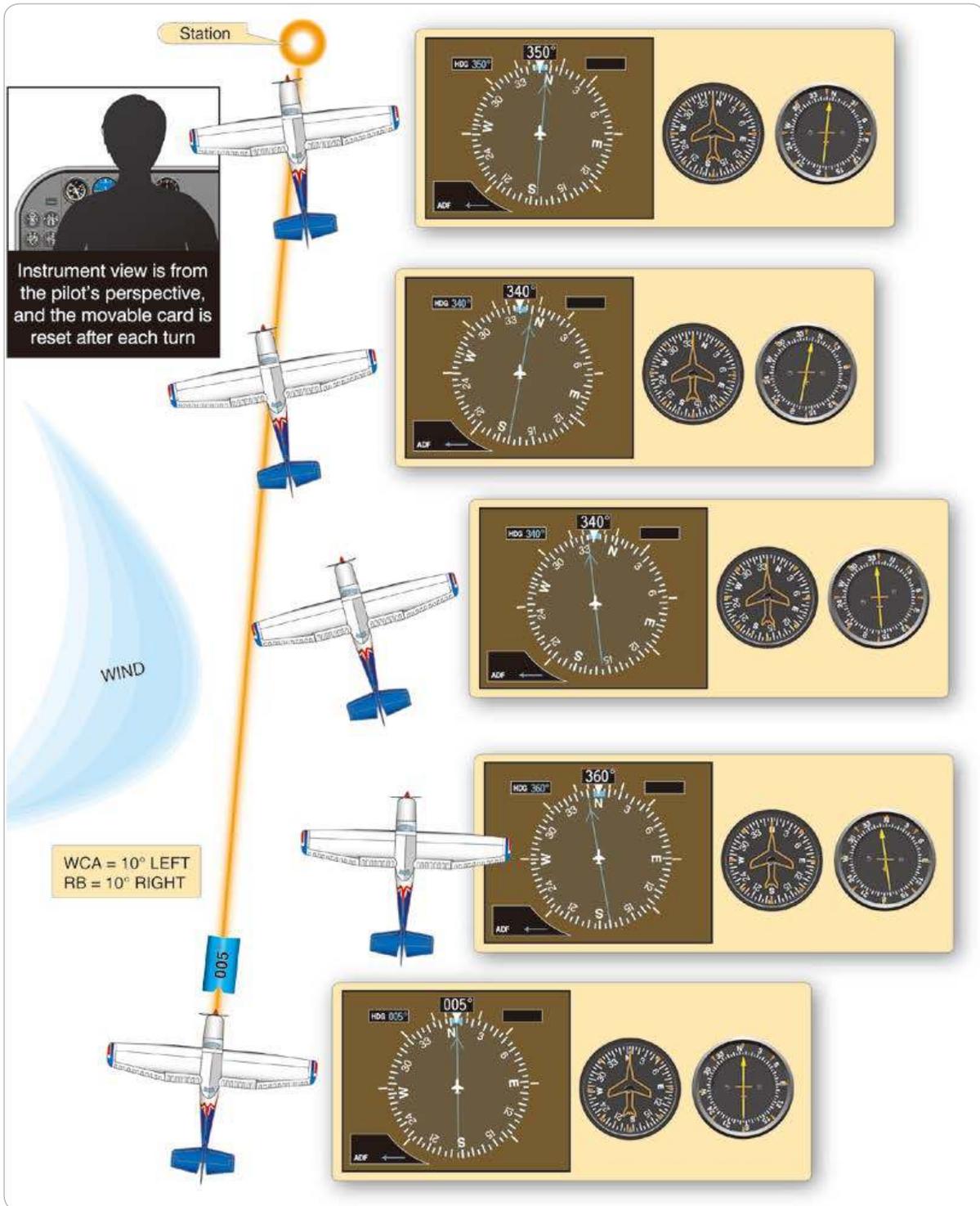


[그림 3-15] 측풍에서 ADF 호밍

3.3.2.4.4 트래킹(Tracking)

트래킹은 측풍상황과 상관없이 송신국을 향하거나, 송신국으로부터 원하는 트랙(Track)을 유지하기 위한 기수로 사용된다. 방향 지시계의 지시침 해석은 송신국을 향하게 하거나 송신국으로부터의 일정한 자방위를 유지하면 된다. 돌아오는 트랙을 위해서 상대방위를 0의 기수로 선회하면 된다. 만약 측풍이 발생하여 코스로부터 떨어져(off-course) 멀어지게 되고 지시침이 이동하는 것으로 나타날 때까지 현재의 기수를 유지하면 된다. 지시침이 왼쪽으로 움직이면 왼쪽에서 부는 바람이다. 반대로 지시침이 오른쪽으로 움직이면 오른쪽에서 부는 바람이다. 일정한 기수를 유지한 상태에서 베어링(Bearing)의 움직임이 빠르면 다음과 같은 두 가지 상황이 동시에 발생한다. 강한 측풍이 불거나 송신국과 가까워졌다는 것이다. 지시침의 눈금값의 변화가 분명하게(2°에서 5°) 변화할 때 처음의 자방위를 잡기 위해서는 지시침의 변화의 방향으로 선회하면 된다. 이때의 선회는 변화를 잡기 위한 이동(Drift)에 의한 각도보다는 더 커야 한다. 그렇지 않다면 항공기는 천천히 바람에 의해 밀려나게 되기 때문에 흘러가게 된다. 만약 이러한 과정이 반복되면 송신국을 향한 트랙은 순회하는(Circular) 형태로 나타나게 되고, 직선의 트랙과 비교하였을 때 거리는 크게 증가하게 된다. 변화를 잡기 위한 각도는 흘러가는 정도(Rate), 항공기의 속도, 송신국과의 근접성에 따라 변화되어야 한다. 처음에는 코스로 향하여 선회할 때 두 배의 상대방위를 적용하는 것이 기준이 된다. 예를 들어 기수가 코스와 같거나 지시침의 왼쪽 10°에 있다면 처음의 상대방위의 두 배가 되는 왼쪽으로 20° 선회한다.

그림과 같이 상대방위를 잡기 위한 수정이 필요하게 된다. 이러한 수정은 지시침이 반대의 방향으로 20° 굴절될 때까지 기수를 유지해야 한다. 지시침의 굴절을 잡기 위한 각도와 동일하게 된다. 이 경우에는 20°이다. 트랙(Track)이 잡혔다면 항공기는 상대방위가 바람 수정각(WCA)과, 원하는 트랙으로 항공기를 트래킹을 해야 한다. 트래킹을 하기 위하여 필수적으로 항공기의 기수와 원하는 트랙 사이의 각과 같은 각도를 유지한다면 트랙을 유지하고 있는 상태가 될 것이다. 트랙을 지나치는 현상(Overshoot)을 피하기 위해 각도 조절을 해야 한다. 인바운드 코스(course)를 향하여 10° 선회하면 된다. 위 그림으로 판단해 본다면 왼쪽으로의 10° 수정각으로 인바운드 중 일 것이다. 그림에서 항공기가 송신국과 가장 가까워지기 위하여 바람수정각(WCA)은 왼쪽 10° 그리고 상대방위는 오른쪽 10°가 된다. 만약 이러한 값들이 변하지 않는다면 항공기는 송신국으로 향하게 된다. 만약 원래의 코스에서 떨어진 방향으로(off-course) 굴절되는 것이 관측된다면, 코스로 돌아가기 위한 기수로 다시 선회를 하여야 한다. 가고자 하는 코스를 다시 잡아야 할 때 인바운드 코스로 향하여 5° 선회하고, 15° 편류수정과 인바운드 해야 한다. 만약 처음의 10° 편류 수정량이 많을 경우 바람으로부터 떨어져 지시침은 굴절되어 보일 것이다. 원하는 코스(course)와 평행하게 선회를 하거나 바람의 편류를 코스(course)로 돌아갈 수 있도록 이용하라. 지시침이 다시 0°가 되었을 때 편류 수정각을 줄이고 바람을 향해 선회하면 된다. 아웃바운드 트랙을 위하여도 같은 원리를 적용하면 된다. 즉, 지시침이 왼쪽으로 움직이는 것은 왼쪽에서 부는 바람을 뜻한다. 반대로 지시침이 오른



[그림 3-16] ADF 인바운드 트랙킹

쪽으로 움직이는 것은 오른쪽에서 부는 바람을 뜻한다. 바람 수정은 지시침이 굴절되는 방향을 향하여 적용한다. 한 가지 예외 사항은 바람수정각(WCA)을 적용한 선회를 수행하는 동안 방위(azimuth) 지시침 굴절의 방향은 반대가 된다. 인바운드로 트랙킹할 때는 지시침의 굴절은 바람수정각(WCA)을 적용한 선회를 하는 동안 줄어들게 된다. 지시침의 굴절은 아웃바운드 트랙킹할 때는 증가하게 된다. 코스를 잡거나 아웃바운드 트랙킹의 예시는 [그림 3-15]에서 나타나고 있다. 특정 방위를 인터셉트하기 위한 ADF 방향과 트랙킹 절차는 인바운드나 아웃바운드의 자방위를 인터셉트하기 위해 적용된다. 355°의 인바운드 방위를 인터셉트하기 위하여 다음과 같은 단계를 수행할 수 있다.

1. 송신국을 기준으로 원하는 인바운드 방위와 평행하게 위치를 결정하라. 이러한 경우 355°의 기수로 선회하라. 송신국은 항공기의 오른쪽 정면 방향이라는 것에 주의하라.
2. 항공기의 기수 방향으로부터 지시침의 굴절의 정도를 결정하라. 이 경우, 항공기의 코로부터의 지시침의 상대방위는 오른쪽으로 40°이다. 조절을 위한 대략의 방법은 두 배의 상대방위 방법을 적용하는 것이다. 위의 그림의 경우는 80° 조절 각도로 적용하라.
3. 결정된 조절 각도로 원하는 자방위로 향하여 항공기를 선회하라. 그러므로 355°의 처음 자방위로부터 오른쪽으로 80° 정도 선회하거나 075° (355° + 80° = 075°)으로 선회하면 된다.
4. 0의 위치로부터 조절 각 080°으로 왼쪽의 같은 양으로 지시침이 굴절될 때까지 075°의 조절된

방향을 유지하라. 방위가 변하는 정도에 따라 적절히 조절하면 된다.

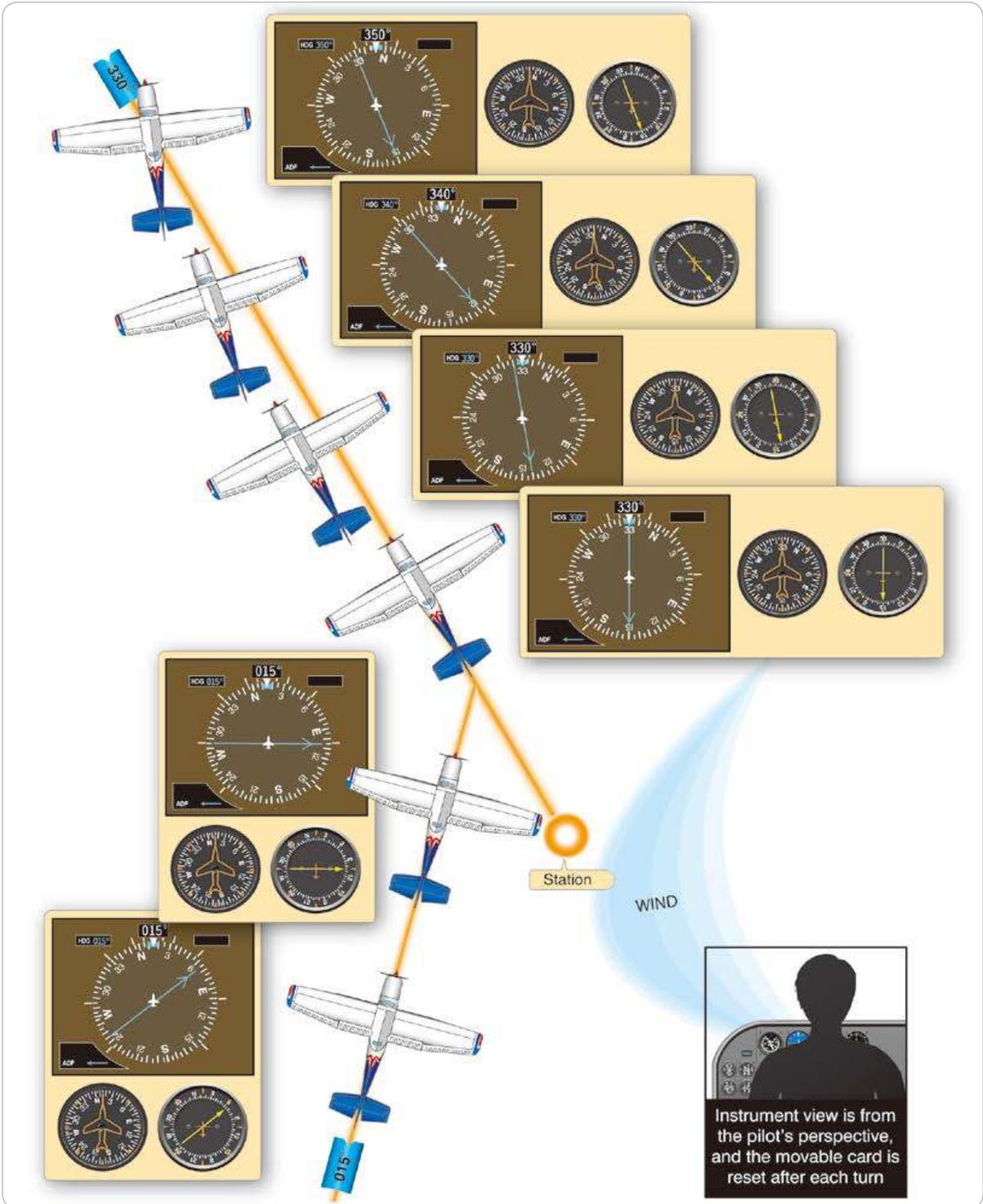
5. 왼쪽 80°로 선회하고 무풍 상태와 ADF 지시침의 움직이는 정도에 따라 상대방위는 항공기 기수 방향과 동일하거나 0°가 되어야 한다. 추가적으로 자방향은 원하는 코스로 적절한 조절을 나타내는 355°가 되어야 한다.

참고로 ADF 지시침의 이동 속도 또는 방위 지시는 항공기 위치가 송신국 또는 WP(WayPoint)에 가까워질수록 더 빨라진다. 아웃바운드 자방향으로 전환될 경우 지시침의 0° 위치를 180° 위치로 바뀌어야 한다는 것을 제외하고는 인바운드 인터셉트와 동일한 절차로 수행할 수 있다.

3.3.2.4.5 ADF 작동상 오류(ADF operational errors)

일반적인 조종사들에 의해 발생하는 ADF 항법과 관련한 몇 가지의 오류는 같은 실수를 피하기 위해 아래에 목록화되어 있다. 다음 오류들은,

1. 수정된 마그네틱 컴퍼스를 읽기 위해 방향지시계 유지에 대한 실패
2. 부적절한 주파수 선택과 기지국 식별. 많은 조종사들이 부적절한 기지국으로의 homing과 tracking의 실수를 범한다.
3. RMI slaving 시스템의 어떠한 오작동을 분명히 식별하거나 주의 신호(flag)를 무시하는 것
4. 적절한 tracking 대신 homing에 의존하는 것. 이것은 방향지시(Heading Indications)와 함께 그들을 연관성 있게 보는 대신 ADF 지시를 단독으로 의존하여 생기는 일반적인 결과

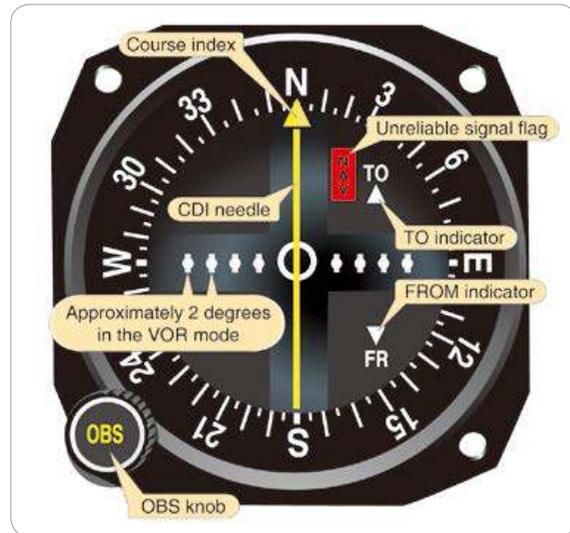


[그림 3-17] 측풍에서 ADF 호밍

5. 방향(orientation)과 tracking의 적절한 단계를 따르지 않음으로 인한 잘못된 방향(orientation) 설정
6. 성급한 초기 방향설정의 절차로 인하여 일어나는 부주의한 각도 조절(interception)
7. 항로(course)를 잡기(interception) 위한 각도를 기억하지 못하여 흔히 생기는 결정된 MBs에서의 Overshoot과 Undershoot.
8. 선택된 기수 유지 실패. 어떠한 기수변화는 ADF 지시침 변화를 동반한다. 계기는 어떠한 조절(interception)이 수행되기 전에 결합하여 읽어야 한다.
9. ADF의 제한치와 그에 따른 사용으로 인한 영향이 미치는 요인을 이해하지 못함
10. 기지국이 다가옴을 인지 또는 이해하지 못하고 가까워짐에 따라 과조작(overcontrolling)으로 track 수정(ADF 지시침을 따라가는 현상)

3.3.2.5 VOR(Very High Frequency Omnidirectional Range) 수신기(VOR Receiver)

VOR의 공중 장비는 안테나, 수신기, 그리고 표시 계기를 포함한다. 수신기 조작은 108.0에서 117.95MHz 사이의 해당 주파수를 주파수 조절 노브를 이용하여 선택한다. ON/OFF/소리 조절은 항법 수신기를 켜거나 소리 크기를 조절하는 데 사용된다. 항법을 위해 계기를 사용하기 전 해당 송신국의 식별부호를 감청하고 확인해야 한다. 아래 그림에 나오는 VOR 표시 계기 부분은 최소한의 필요한 부분들이므로 하나씩 확인해보자.



[그림 3-18] VOR 지시계기

- OBS(Omnibearing Selector): OBS 조절 노브를 돌려 계기상의 코스 인덱스(Course Index)가 원하는 코스와 일치되게 하는 코스를 선택할 수 있다.
- CDI(Course Deviation Indicator): CDI의 구성은 계기 눈금의 표면과 세로축 방향으로 이동하는 지시침으로 구성된다. 항공기가 원하는 코스 선상에 있거나 반대되는 선상에 있다면 지시침은 원하는 코스가 선택된 상태에서 정중앙에 위치해 있을 것이다. 일반적인 민감도의 지시침이 중앙으로부터 완전한 끝으로 벗어나 있다면 12° 또는 그 이상으로 벗어나 있다. 즉, 중앙으로부터 점은 원하는 코스로부터 2° 씩 벗어남을 뜻하고 각각 추가적으로 2°씩 더 벗어나는 것이다.
- TO/FROM 지시계: TO/FROM 지시계는 선택된 코스와 관계없이 항공기가 기지국으로(TO)

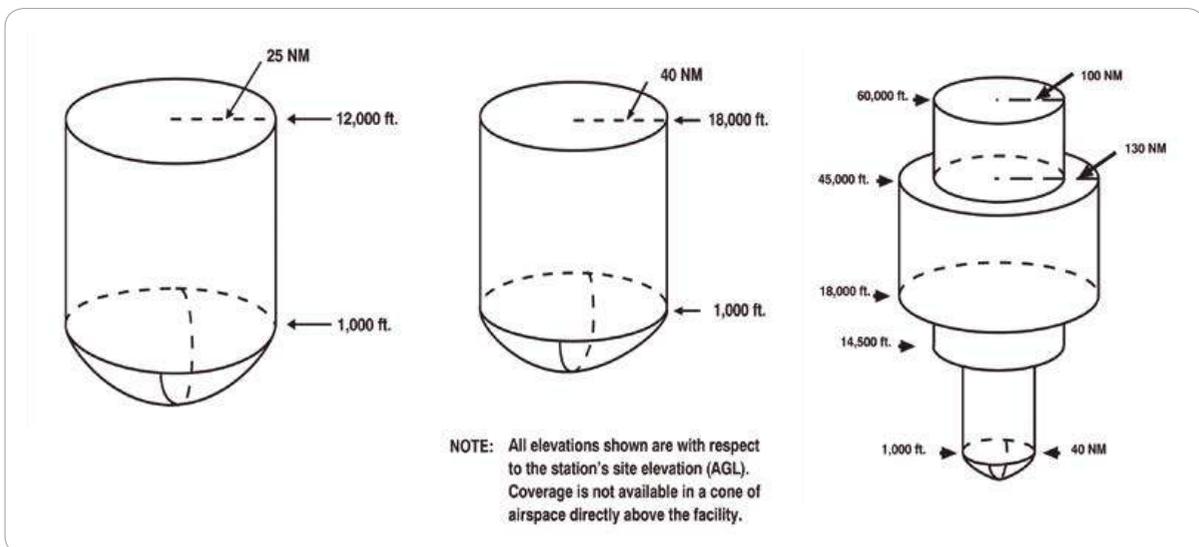
또는 기지국으로부터(FROM) 비행하는지를 나타낸다. 이때 주의할 것이 항공기의 기수가 기지국으로 또는 기지국으로부터인지를 나타내는 것이 아니라는 점이다.

- Flags 또는 신호 강도의 표시: 신호를 이용할 수 없거나 신뢰할 수 없을 경우 “OFF” 표시가 나타난다. 또는 검정색으로 표시가 된다. 반대로 신뢰할 수 있는 충분한 강도의 주파수를 수신하면 사라진다. 이 표시는 항공기 기수와 CDI가 결합된 HSI(Horizontal Situation Indicator)도 동일하다. 항공기 기수와 항행 정보가 결합된 LOC(VOR/Localizer)는 항공기의 위치와 방향을 시각화한 그림으로 정보를 제공한다. 이는 코스를 인터셉트(Intercept)하거나, 역 코스(Back Course) 접근, 또는 홀딩(Holding) 진입과 같이 특히 업무가 많을 때 조종사의 수고를 경감할 수 있도록 해준다.

3.3.2.5.1 VOR의 수신 범위(VOR Service Volumes)

VOR은 국내는 물론 대부분의 국가에서 주요 항법 수단으로 이용되고 있으며 단일 장비로 활용되기도 하는 거리측정장치(DME), TACAN 등과 함께 VOR/DME 또는 VORTAC 등과 같이 운용된다. 해당 시설은 운용범위 내에서 필요한 출력을 낸다. 출력은 초단파(VHF)이기 때문에 가시선(Line of Sight) 내에 있어야 한다. 이러한 제한은 수신거리의 수신 장비가 있는 고도에 비례하여 변한다.

대부분의 VOR은 해당 주파수에 음성을 송신하기 위한 장비가 부착되어 있다. 음성 송신 능력이 없는 VOR은 지정등급에 영문자 ‘W’를 붙인다. 이 의미는 음성 송신 능력이 없다는 것을 나타낸다. 예를 들어 ‘VORW’이다. VOR을 식별하기 위한 정확한 방법은 모스코드(Morse Code) 식별부호를 청취하거나 송신소명 다음에 ‘VOR’이라는 단어를 사용한 녹음된 자동음성 식별부호로 식별할 수 있다. VOR의 식별부호를 정확히 해야 할 경우 FSS(Flight Service



[그림 3-19] VOR 수신범위

Station), 혹은 접근 관제소가 송신하는 음성송신을 듣고, 그것이 원하는 식별명칭이라고 착각하면 안 된다. 왜냐하면 서로 다른 명칭으로 여러 개의 VOR을 원격 조종하는데 어떤 경우는 모국의 명칭을 전혀 사용하지 않는 VOR도 있다. 또한, 정비 기간 중에는 T-E-S-T Code(---)를 사용하거나 Code가 제외되어 있다. 대부분의 VOR은 음성 식별신호를 추가 송신하는데, 이 송신은 음성송신 “AIRVILLE VOR”과 같은 것과 모스크드 식별부호를 교대로 송신하는 것으로 구성되어 있다.

VOR의 효율은 지상표지시설과 항공기의 탑재장비를 적절히 운용하고 조정하는 데 달려 있다. 정밀성(Accuracy)은 경로정렬(Course Alignment)에 관한 정밀성으로 대략 ± 1 도가 될 정도로 정확하다. 요동성(Roughness)의 경우 어떤 VOR에서는 미소한 경로지시의 요동성(흔들림)을 볼 수가 있다. 이는 방위침의 동요 또는 경고기(Alarm Flag)가 나타나는 것으로 알 수 있다. 이를 나타내는 것은 각각의 수신기마다 조금씩 다르다. 어떤 수신기는 다른 수신기보다 불규칙적인 상태를 더 많이 받을 수도 있다. 일반적으로 산악지역에서는 송신소로 근접했을 때 지시하는 것과 흡사한 방위침의 진동을 볼 수 있다. 그러므로 조종사는 익숙하지 않은 항로를 비행할 때 이러한 기현상에 대하여 조심하여야 한다. 특히 송신소 상공의 통과 여부를 판단하기 위하여 TO-FROM 지시계를 사용할 때 조심하여야 한다.

3.3.2.5.2 VOR 수신기 점검(VOR Receiver Check)

VOR 수신기 점검은 시험시설(VOT)에서 점검을 위한 시험신호를 송신한다. 시험시설은 지상에서 VOR 수신기의 정밀성을 점검하기 위하여 설계

된 것이다. 공중에서 점검하는 것을 허용하는 것은 명확히 인가된 지역과 고도에서만 점검하도록 엄격히 규제되어 있다. 이는 VOR 작동상태를 명확하게 점검하기 위해서이다. 계기비행 규칙 하에서 비행 전 VOR 장비의 정밀성 점검을 확실히 하도록 규정하고 있다. 이러한 요구조건을 준수하고 탑재장비 계통의 완벽한 작동을 인식하기 위하여 조종사에게 VOR 수신기의 정밀성을 VOR 시험시설(VOT) 또는 허가된 무선 정비국으로부터 방사되는 시험신호, 인가된 공중점검 지점, 공항 지표면상에 있는 인가된 점검지점 이용하여 점검하도록 규정하고 있다.

시험시설을 이용하기 위하여 VOR 수신기에 시험 주파수를 맞춘다. 그런 후 OBS(Omni Bearing Selector)를 0도로 맞추었을 때 CDI(Course Deviation Indicator)가 중앙에 들어오고, TO-FROM 지시계는 “FROM”을 나타내야 한다. 또는 OBS를 180도로 맞추었을 때 CDI가 중앙에 들어오고 TO-FROM 지시계는 “TO”를 나타내야 한다. 주기적인 VOR 수신기 교정 작업은 대단히 중요하다. VOR이나 VOT에 가까울수록 허용범위 내의 정밀성과 예민성을 나타낼 가능성이 있다. 더 약한 신호 지역이 있는 곳에 위치하고 있을 때 거리가 멀면 멀수록 허용범위를 초과할 가능성이 있다. 이 허용범위 초과 가능성은 수신기에 따라 다르다. 정밀한 수신기를 사용하기 위한 최선의 방법은 1년 주기로 교정 작업을 하도록 추천한다. 그때 허가된 정비국은 제작회사의 설명서에 따라 수신기의 교정 작업을 하여야 한다. 항공기의 소유주와 운전자 또는 정비국의 대표자는 항공기로서 필요한 점검을 수행하고 그 점검결과를 기록부에 기입해야 한다. 시험 Radial을 송신한 해당 정비국의 시험 Radial을 확인할 필요

가 있을 뿐 아니라 “TO” 또는 “FROM” 지시를 받을 수 있었는지 여부를 확인할 필요가 있다. 공중 또는 지상점검지점은 공항 지표면에 있는 특정 지점에서나, 또는 공항 근처 주변에서 체공 중 특정 목표물 상공에서 수신해야만 하는 인가된 Radial로 구성되어 있다. 지상점검 중 오차가 ± 4 도를 초과할 때 또는 공중점검 중 ± 6 도의 오차를 초과할 경우 그 오차의 원인을 수정하지 않고 계기비행을 시도해서는 안 된다. 또한, 동일 VOR 지상시설에 두 개의 장비를 작동시키고 그 송신소로 향하는 지시방위(Indicated Bearing)에 유의한다. 두 개의 지시방위 간의 최대 허용오차는 4도이다.

3.3.2.5.3 VOR의 기능(VOR Function)

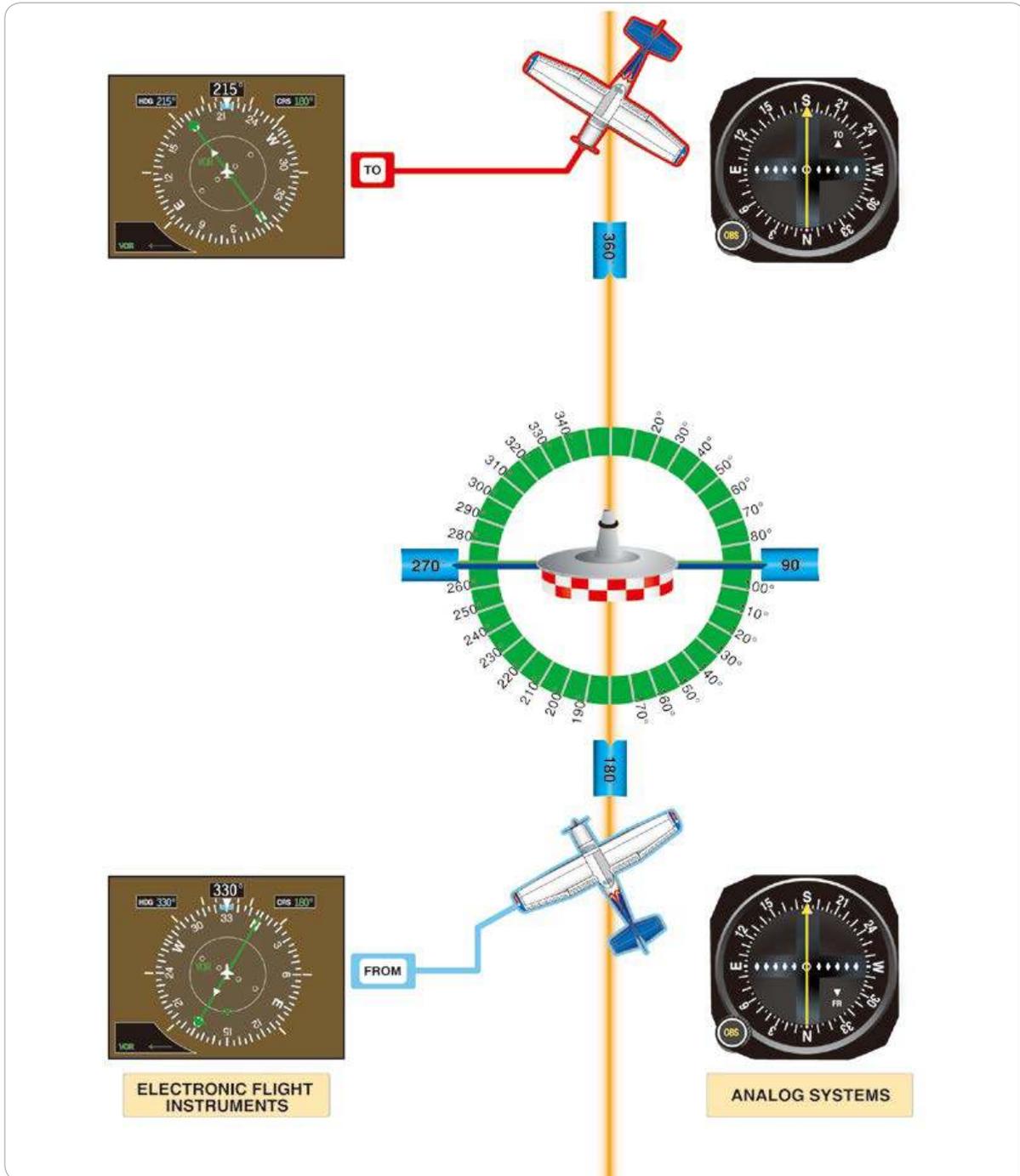
위치결정(Orientation)

VOR은 항공기의 기수방위를 고려하지 않는다. 항공기의 기수가 가리키는 방향과 상관없이 단지 항공기가 송신국으로부터 위치는 방향만 고려된다. VOR의 지상 송신국의 지정된 주파수를 VOR 수신기 주파수를 조율하고 음성을 통해 감청하고 식별 확인한다. 그리고 CDI 지시침이 정중앙에 오도록 OBS를 돌린 후 지시침의 밑 혹은 머리 부분을 통해 코스를 확인한다. 예를 들어 [그림 9-12]에서는 360° TO 지시를 확인한 반면에 [그림 3-20]에서는 180° TO 지시를 확인할 수 있다.

[그림 3-20]과 같이 항공기가 송신국 상공 또는 송신국과 너무 가까이에 있지 않다면 항공기의 기수방위와 관계없이 360° 레디얼 선상의 어떠한 지점이든지 위치할 수 있음을 나타낸다. 항공기가 송신국 상공 또는 송신국과 너무 가까이 있다면 CDI는 양쪽

끝으로 벗어난다. 이는 송신국 상공의 공간은 혼란(Zone of Confusion)이 존재하는 범위이기 때문이다. 혼란의 존재는 송신국 상공의 경우 안테나 복사 형태로 인해 신호가 불충분하기 때문이다. 또한, 반대방향의 신호와 같이 변형된 신호가 존재하기 때문이다. [그림 3-21]은 180° CDI 는 항공기가 송신국의 180° 또는 360° 레디얼에 위치하는 것을 나타낸다. 이러한 모호함은 TO/FROM 지시기를 통해 해결할 수 있다. 만약 TO 지시가 나타내고 있다면 송신국을 향하는 180° 에 위치하는 것이다. FROM 지시가 나타내는 레디얼은 항공기가 현재 위치해 있는 레디얼을 나타낸다. CDI가 중앙으로부터 반대방향으로 일정한 비율로 움직이는 것은 항공기가 180° / 360° 선상으로부터 편류되고 있거나 항공기가 이동하고 있음을 나타낸다. 만약 움직임이 빠르거나 급격하면 이는 항공기가 송신국 근처에 있거나 해당 상공 위를 지나고 있는 것이다. 송신국에 상대적인 항공기 위치를 결정하고자 한다면 OBS를 FROM이 나타나고 CDI 지시침이 중앙에 위치할 때까지 돌리면 된다. 화살표 머리 부분은 항공기가 위치해 있는 VOR 레디얼을 나타낸다. 송신국을 향한 인바운드 코스는 레디얼과 상호 반대적인 개념이다. 만약 가고자 하는 코스의 상호 반대의 VOR 레디얼로 맞춘다면 CDI가 벗어나는 역 반응(Reverse Sensing)이 나타나게 될 것이다. 이때는 벗어난 지시침을 수정하기 위해서 벗어난 반대 방향으로 선회하여야 한다. 이러한 역 반응(Reverse Sensing)을 방지하기 위해서 항상 가고자 하는 코스로 VOR을 맞추는 것이 중요하다. 조종사는 하나의 항행안전시설의 레디얼로부터 상대적인 항공기의 위치를 결정할 수 있다. 하지만 또 다른 항행안전시설이 존재한다면 각

각의 상대적 위치를 통해 더욱 정확한 위치를 판단 할 수 있다.



[그림 3-20] CDI 인터셉트

송신국을 향하거나 송신소로부터 트래킹

(Tracking TO/FROM the Station)

송신국으로 향하도록 트래킹하기 위해서는 TO 지시가 나타나고 CDI가 중앙으로 위치될 때까지 OBS를 돌린 후 지시침 머리가 나타내는 코스로 비행한다. 만약 CDI가 중앙으로부터 왼쪽으로 움직이면 수정을 위해서 20° 이내로 왼쪽방향으로 기수를 수정한다. 지시침 머리가 나타내는 코스로 비행하면 지시침으로부터 왼쪽으로 벗어나는 것은 왼쪽에서 측풍 성분이 부는 것을 뜻한다. 만약 수정량이 지시침을 중앙으로 이동시켰다면 왼쪽으로 현재 수정량의 반으로 줄인다. 만약 CDI가 왼쪽 또는 오른쪽으로 움직이면, 이 움직임이 느리면 느릴수록 적은 양의 수정 반복이 가능하다. CDI를 중앙에 위치한 채로 송신국을 향하도록 유지해야 한다. 송신국을 향하여 트래킹을 하기 위하여 지시침 머리의 OBS는 설정은 변화가 없다. 송신국으로 호밍(Homing)하기 위해서 CDI가 주기적으로 중앙에 위치될 수 있도록 해야 하며 이때마다 항공기의 기수방위는 새롭게 수정되어야 한다. 호밍의 경우 ADF 호밍과 동일하게 송신국으로 향해 직선으로 가는 것이 아니라 우회하는 것이다. VOR 레디얼로부터(FROM) 트래킹하기 위해서는 가장 먼저 송신국에 상대적인 위치를 결정해야 한다. 그리고 FROM지시와 CDI를 중앙에 위치하도록 유지함으로써 가고자 하는 아웃바운드(Outbound) 트래킹을 할 수 있다. 송신국 위를 비행하거나 기수방위를 인터셉트하여 트랙을 인터셉트할 수 있다. 가고자 하는 레디얼의 자향로는 OBS를 사용하여 지시침 머리 반대방향에 놓고 CDI가 중앙에 위치될 때까지 기수방위를 인터셉트하면 된다. 송신국으로부터의 비행(Outbound)은 송신국을 향

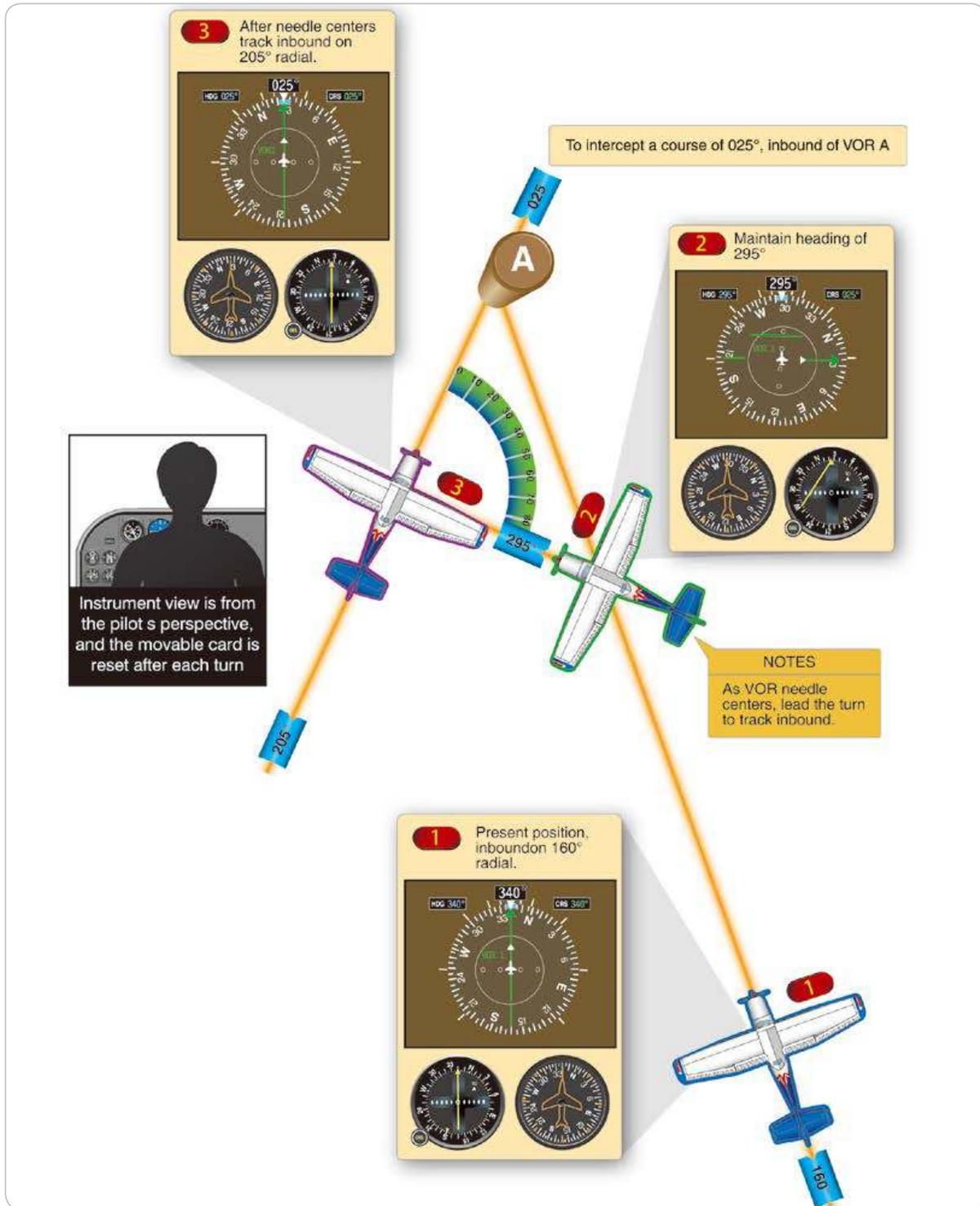
해(TO) 비행할 때의 절차와 동일하게 적용된다.

코스 인터셉트(Course Interception)

만약 가고자 하는 코스로 인터셉트하기 원한다면, 먼저 VOR 송신국으로부터 상대적인 항공기의 위치를 파악해야 한다. 그리고 인터셉트하기 위한 기수방위를 결정해야 한다. 미리 결정된 코스로 인바운드 혹은 아웃바운드 인터셉트를 하려면 아래와 같은 순서로 진행하는 것이 좋다. 제일 처음 가고자 하는 코스와 평행한 방향으로 선회하지 않고 바로 코스로 인터셉트를 위해 선회한다면 1~3번의 순서는 제외해도 된다.

항공기가 위치해 있는 레디얼과 가고자 하는 레디얼의 차이를 파악한다.

- 예) 1. 만약 현재 있는 레디얼이 205° 이고, 160° 레디얼로 가고자 한다면,
 $205^\circ - 160^\circ = 045^\circ$
2. 차이 값의 두 배를 인터셉트 각으로 결정한다. 이때 각의 크기는 20° 보다 크고 90° 보다 작아야 한다.
 $45^\circ \times 2 = 090^\circ$, $205^\circ + 090^\circ = 295^\circ$
3. 가고자 하는 레디얼 또는 인바운드 코스로 OBS를 돌린다.
4. 인터셉트할 기수방위로 선회한다(코스를 지나치지 않고 중앙에 위치시킬 수 있도록 선회를 시작하는 시기에 대한 판단은 조종사들이 경험을 통해 배워 나간다).
5. 해당 기수방위를 항공기가 코스 선상에 위치되어 CDI가 중앙에 위치될 때까지 유지한다.



[그림 3-21] 코스 인터셉트(VOR)

6. 선택된 코스가 자기수방위와 일치될 수 있도록 유지하고 인바운드 또는 아웃바운드 절차를 따라 트랙킹한다.

코스 인터셉트의 과정은 [그림 3-21]을 참고하면 된다.

3.3.2.5.4 VOR 운용 오류(VOR Operational Errors)

아래의 오류들은 전형적으로 조종사가 범하는 오류들이다.

1. 송신국의 식별 부호를 감청하는 것에 부주의하다.
2. 수신기의 정확성과 민감도를 확인하지 않는다.
3. 위치결정을 하는 동안 틀린 방향으로 선회한다.
이러한 오류는 기수방위와 무관하게 위치를 시각화하여 판단하는 과정에서 발생한다.
4. TO/FROM 지시기의 모호함을 확인하는 과정에서 오류가 발생한다. 특히 역 반응(Reverse Sensing) 코스에서 반대 방향으로 수정하는 것이 대표적이다.
5. 인터셉트 트랙킹을 할 때 가고자 하는 레디얼과 평행한 방향으로 기수방위를 선회하지 않는다.
이 순서가 없다면 가고자 하는 레디얼로 위치결정을 할 때 혼란이 오게 된다. 조종사는 코스의 왼쪽 오른쪽에서 항공기의 위치를 레디얼/코스로 정렬시키려고 생각하기 때문이다.
6. 인터셉트를 할 때 레디얼을 지나거나(Overshooting) 레디얼 전에(Undershooting) 인터셉트한다.
7. 트랙킹할 때 혹은 특히 송신국과 가까울 경우 수정을 위한 과한 조작을 한다.

8. 송신국을 지나갈 때 잘못 인터셉트한다. VOR 수신기에 ON/OFF 표시가 없다면, VOR 사용 시 통신과 항행 무선(NAV/COM)을 통해 음성 식별 부호를 확인할 수 있다. 하지만 이때도 송신국을 통과 중이라면 TO/FROM의 모호함은 동일하게 발생한다. 그러므로 항상 판단하기 전 수신기의 TO/FROM, CDI, 그리고 OBS와 같이 전체적인 부분을 확인해야 한다. 송신 중에는 VOR 수신을 신뢰하지 않는 것이 고려된다.
9. CDI만 쫓아다니는 결과 트랙킹이 아닌 호밍을 하게 된다. 기수방위에 대한 부주의와 바람 방향의 편류를 고려하지 않아 나타나는 오류이다.

3.3.2.6 관성참조시스템

(IRS Inertial Reference System)

관성참조시스템(IRS)은 관성효과 신호에 의하여 항공기 자세, 위치와 속도 정보를 제공하는 자이로(Gyro)와 가속도계(Accelerometer)로 구성된 자체적인 시스템이다. 한번 위치가 입력되면 관성참조시스템은 지속적으로 위치와 속도를 계산한다. 관성참조시스템의 위치에 대한 정확성은 시간이 지날수록 저하되며 이 현상을 'Drift'라고 한다. 관성항법장치(Inertial Navigation System)는 관성참조시스템과 관성항법 컴퓨터로 구성되어 있다. 가고자 하는 곳을 프로그램화하면 장치는 미리 정해져 있는 항적을 따라 항행한다. 자세/기수방위참조시스템(AHRS)은 기상 레이더와 자동조종장치(Autopilot)와 같이 자세 정보를 항공기 시스템에 제공하는 전자 장치이다. 하지만 위치 정보를 직접 계산하지 않는다.

3.3.2.6.1 관성항법시스템

(INS Inertial Navigation System)

관성항법시스템(INS)은 항공기 외부로부터의 어떠한 입력된 정보가 없어도 정확하게 항해하는 시스템이다. 이 시스템은 완전히 독립적이며, INS는 조종사에 의해 초기화된다. 비행 전 지상에서 비행기의 정확한 위치를 입력한다. 또한, INS의 특징적인 기능은 원하는 비행경로를 따라 WP로 만들어진다.

3.3.2.6.2 INS 구성요소들(INS Components)

앞서 설명한 것처럼 INS는 독립적인 항법 시스템이다. 더욱이 하나 이상의 독립적인 장치가 항공기에 탑재되어 있는 경우 독립된 시스템으로 간주된다. 항공기의 장비는 가속도를 측정하는 가속도계로 구성되며 시간과 통합되어 속도를 측정하고 방향을 측정하는 자이로(gyros)를 제공한다. 관성 참조 시스템(inertial reference system, IRS)이라고 불리는 INS의 최신 버전은 레이저자이로와 고성능 컴퓨터를 사용한다. 따라서 이에 장착된 가속도계는 더 이상 수평을 유지하고 진북을 정렬할 필요가 없다. 컴퓨터 시스템은 중력 및 방향 오류를 수정하는 데 필요한 계산 작업을 처리할 수 있다. 즉, 짐벌(Gimbal)이 아닌 스트랩(Strap down)으로 고정된 것이 가장 큰 특징이다. 짐벌의 경우는 지평선과 진북을 기준으로 고정된 구조에 탑재된 것이다. 스트랩의 경우는 자이로와 가속도계를 기체에 고정하고 있는 새로운 시스템이다.

3.3.2.6.3 INS 오류(INS Errors)

INS와 관련된 주요 오류는 시간에 따른 위치정보의 저하되는 것이다. INS는 가속도계 및 자이로

가 속도 및 방향 값을 제공하여 지속적으로 변화하는 정확한 위치의 입력으로 위치를 계산한다. 가속도계와 자이로 모두 미세한 오차가 발생할 수 있으며, 시간이 지남에 따라 이러한 오차가 누적된다. 최상의 INS/IRS는 북대서양 횡단 후 4~6시간 사이에서 0.1~0.4NM의 오류를 표시한다. 더 나아가 시간당 1~2NM의 오차를 보이는 더 작고 저렴한 시스템이 구축되고 있다. 이러한 정확도는 GPS와 결합되어 업데이트할 경우 항법시스템에 충분히 사용할 수 있다. 그러므로 GPS와 결합된 INS/IRS로 구성된 항법시스템의 시너지 효과는 두 시스템의 오류와 약점을 해결한다. GPS는 작동 중일 때 정확하지만, 짧거나 정기적인 정전으로 인한 신호의 손실이 발생할 수 있다. 반면에 INS는 지속적으로 업데이트되고 GPS 신호가 손실되는 순간에도 신뢰할 수 있는 정확도로 계속 작동하기 때문에 더욱 정확하게 항법 시스템에 사용된다.

3.3.2.7 항공기 등화(Aircraft lighting)

일몰부터 일출동안 항공기가 지상에서 작동되거나 비행 중에는 위치등(Position Light)을 항상 켜야 한다. 기장(Pilot-In-Command)이 악기상 상태에서 충돌방지등(Anti-Collision Light)을 끄는 것이 안전에 유리하다고 결정할 때를 제외하고 충돌방지등도 항상 켜야 한다. 보조 섬광점멸등(Strobe Light)은 지상에서 작동을 하는 동안 지상에 있는 사람들이나 다른 조종사에게 시각적인 피해를 주거나, 비행 중 구름으로부터의 반사를 피하기 위해서는 꺼야 한다. 항공기 충돌방지등 계통은 한 개 또는 두 개 이상의 회전등 혹은 섬광점멸등을 빨간색 또는 흰색으로 사용할 수 있으며, 항공기마다 빛의 강

도가 다르다. 회전등과 섬광점멸등 계통 둘 다 가지고 있는 항공기가 대다수이다. “See and Avoid” 개념을 높이기 위해 항공등 작동법이라는 자발적인 조종사 안전 프로그램을 운영하고 있다. 조종사는 이륙 중 착륙등을 켜도록 권장되어 있다. 항공기 등화를 켜는 것이 “See and Avoid” 개념에 도움을 주더라도 항상 다른 항공기에 대한 공중경계를 주의해야 한다. 모든 항공기가 등화를 장착하고 있지 않으며 등화를 장착하고 있더라도 꺼져 있을 수 있다. 착륙등과 전기계통의 작동에 관한 항공기 제작회사의 권고사항을 준수해야 한다. 대형 항공기의 프로펠러 후류 또는 제트 엔진 후류로 인하여 소형 항공기가 전복되거나 파손될 수 있다. 또한, 이러한 후류로 인해 지상에 있는 사람들을 쓰러뜨리거나 부상을 입힐 수 있기에 수송기와 사업용 항공기 운영자에게 항공기 엔진을 작동하고 있을 때는 언제나 회전등을 켜도록 권장하고 있다. 회전등을 장착한 항공기를 조종하는 일반항공조종사도 위험이 잠재하고 있다는 것을 경고해 주기 위하여 항공기 엔진을 작동하고 있을 때는 언제나 회전등을 작동하도록 권장하고 있다. 회전등이 항공기 엔진을 작동하고 있는 표시라고 전적으로 믿어서는 안 된다. 왜냐하면 이러한 절차의 참여는 자발적이기 때문이다. 항공기가 활주로에 대기 중에는 최소한 착륙등이라도 켜져 있어야 한다. 이렇게 함으로써 착륙접근 중인 항공기, 지상 활주, 활주로 횡단 중인 항공기에 활주로에서 대기 중인 항공기를 더 잘 보이게 할 수 있다. 가능하면 이륙 시 항공기의 모든 외부등을 켜야 한다. 조종사는 항공기 계통과 제한사항에 대해 잘 알고 이를 준수하며 서로 근접한 곳에서 착륙등이 다른 항공기에 줄 영향에 대해서도 고려하여야 한다.

3.3.2.8 ILS 수신기(ILS Receiver)

VOR, NDB 및 GPS와 같이 계기비행에서의 항로 및 터미널 운영을 위해 승인된 대부분의 항법 시스템들은 계기접근절차도 수행하도록 승인될 수 있다. 일반적으로 사용되는 가장 보편적인 시스템은 ILS, SDF(Simple Directional Facility), LDA(Localizer-type Directional Aid) 및 MLS(Microwave Landing System)이다. 이러한 시스템은 다른 항법시스템들과 독립적으로 작동한다. 요즘에는 WAAS 및 LAAS와 같은 새로운 시스템이 개발되고 있으며 특별한 용도로 다양한 시스템이 개발되고 있다.

3.3.2.8.1 항공기에 탑재된 ILS 구성요소

(Airborne ILS Components)

ILS 시스템에 사용되는 항공기 탑재 장비는 로컬라이저(Localizer) 수신기, GS, 마커비콘, ADF, DME 및 각 해당 표시계기가 포함된다. 일반적으로 VOR 수신기는 로컬라이저 수신기와 공통으로 주파수를 조율할 수 있는 표시계기이다. 일부 수신기에는 별도의 기능을 선택할 수 있는 스위치가 있다. 하지만 대부분의 작동은 주파수를 조율하면 조율된 주파수가 108~111.95MHz 사이의 소수 첫 자리가 홀수임으로 감지되면 VOR과 LOC 사이를 자동적으로 전환한다. 그 외의 경우는 VOR 및 로컬라이저 주파수의 조율은 동일한 노브 및 스위치를 사용하며 CDI는 VOR 레디얼과 마찬가지로 코스선상에 있음을 나타낸다.

GS 수신기의 경우 일반적으로 로컬라이저 주파수를 조율 했을 때 자동으로 조율이 된다. 하지만 일부 GS 수신기의 경우 별도로 조율될 수도 있다.

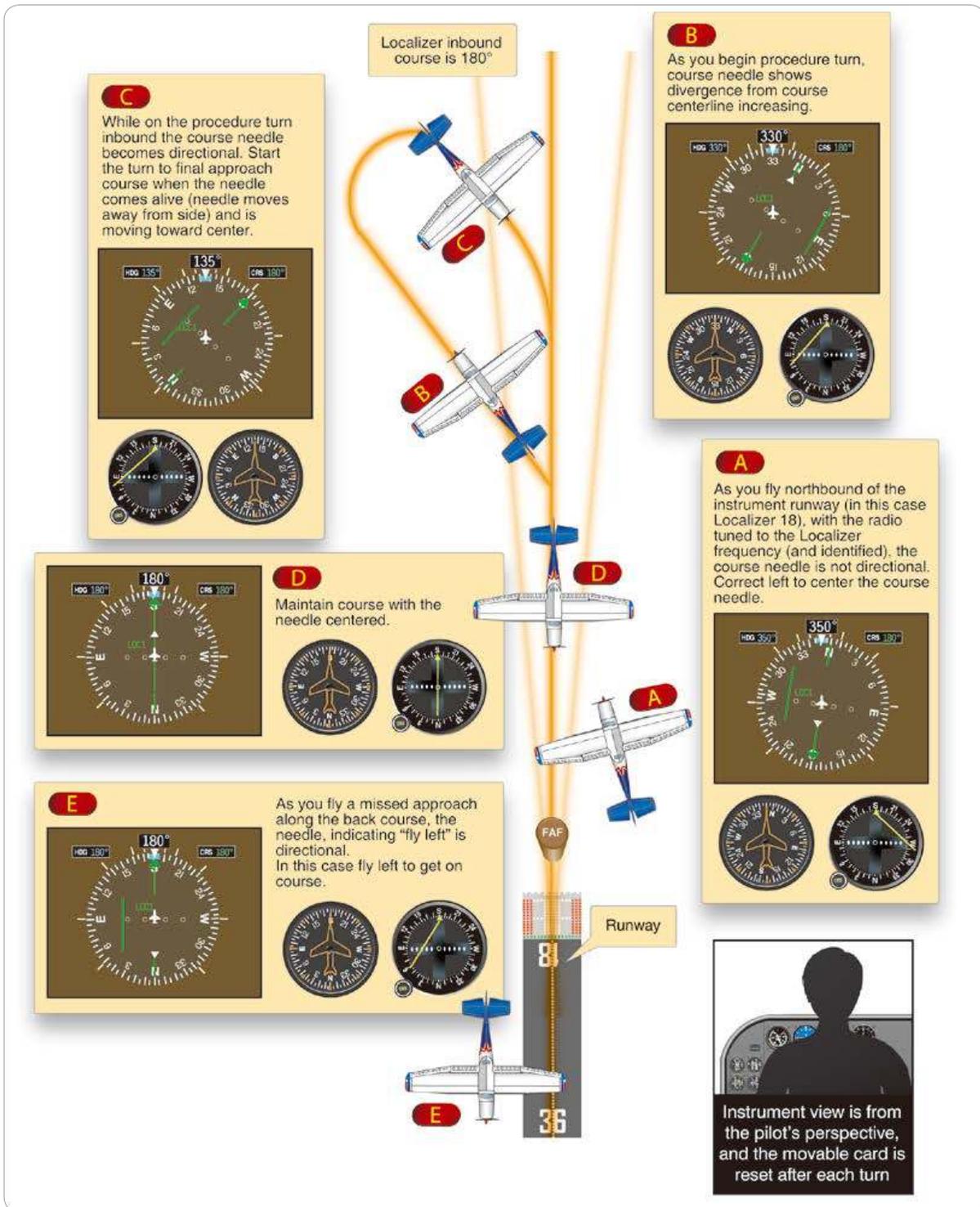
GS 주파수가 자동적으로 조율되는 것은 108.10~111.95MHz 대역의 40개 로컬라이저 채널 각각은 해당 GS 주파수와 연결되어 있기 때문이다. 로컬라이저 지시계에 GS 지시침이 포함되어 있으면 이를 교차 지시 표시계(Cross-Pointer Indicator)라고 칭한다. 교차된 수평(GS) 및 수직(로컬라이저) 지시침은 로컬라이저 코스 및 활공 경로상의 위치를 나타내기 위해 기본 5개의 점으로 이뤄진 지시기 안에서 바늘이 자유롭게 움직인다. 항공기가 활공 경로상에 있을 때, 수평바늘은 기준점 위에 표시된다. 활공 경로가 로컬라이저 코스보다 훨씬 좁기 때문에 지시침은 항공기의 패스 정렬에서의 위치변화에 매우 민감하다. 지시침 위에서부터 아래까지 최대로 가리키는 각도는 약 1.4°이다. 적절한 강하율로 GS를 잡으면 매우 적은 수정으로 항공기는 정렬된다. 지시침이 작동시키기에 충분한 전압이 제공되면 지시계의 로컬라이저 및 GS 경고 깃발(Flag)이 사라진다. 경고 깃발은 불안정한 신호 또는 수신기 오작동이 발생할 때 표시된다. 마커 비컨의 경우 OM은 저음으로 들리는 초당 2개의 연속 대시(— —)와 자주색/파란색 마커 비컨 불빛으로 식별된다. MM은 중음으로 분당 95번의 대시와 점(• —) 조합의 비율을 가진 소리와 황색 마커 비컨 불빛으로 식별된다. IM이 설치된 곳은 고음으로 초당 6개의 연속된 점(••)과 흰색 마커 비컨 표시등으로 식별된다. 역방위 코스 마커(Back-Course Marker)가 설치된 곳은 분당 72~75의 두 점 조합 비율로 두 개의 점(••)이 있는 고음과 흰색 마커 비컨 표시등으로 식별된다. 마커 비컨 수신기의 감도를 높게 하거나 낮게 하도록 선택할 수 있다. 저감도 상태는 가장 정확하게 항공기의 위치를 표시할 수 있도록 제공한다.

따라서 주로 접근 중에 사용해야 한다. 반대로 고감도 상태는 항공기가 마커 비컨 범위에 접근하고 있음을 조기에 경고한다.

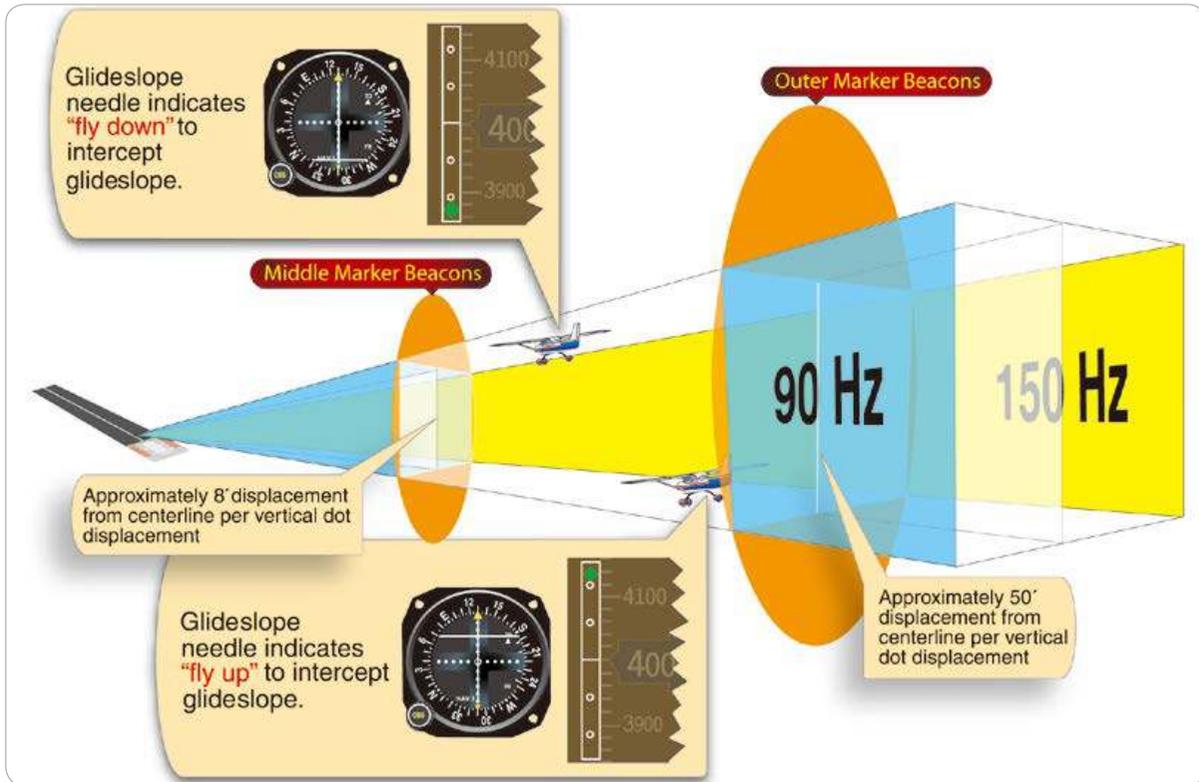
3.3.2.8.2 ILS 기능(ILS Function)

로컬라이저 지시침은 항공기의 위치나 방위에 관계없이 항공기가 로컬라이저의 중앙선으로부터 오른쪽 또는 왼쪽에 있는지를 표시한다. 지시침 머리 반대편으로 로컬라이저 인바운드 경로가 배치될 수 있도록 OBS를 돌리는 것이 유용하지만, OBS를 돌리는 것은 로컬라이저 지시침 작동에 영향을 주지 않는다. 앞 코스 인바운드 또는 후면 코스 아웃바운드를 할 때, 경로지시는 방향을 유지한다. 아래 그림의 aircraft C, D, and E를 참고하라. 항공기가 역반응 감지(Reverse Sensing) 기능이 없거나 사용중이 아니라면, 후면 코스에서 인바운드로 비행하거나 전방 코스에서 아웃바운드로 비행하는 동안 코스 선상에서의 방위 수정은 지시침이 편향된 반대 방향으로 이루어져야 한다. 이는 일반적으로 지시침으로부터 멀리 날아간다는 것으로 묘사된다. 아래 그림의 aircraft A, B를 참고하라.

후면 코스 신호에 대한 접근 절차가 특정 활주로에 발행되고 접근법이 항공교통관제(ATC)에 의해 승인되지 않는다면 이를 사용되면 안 된다. 로컬라이저의 중앙선에 도달하면 CDI가 중앙에서 벗어나지 않도록 인바운드 방위를 유지해야 한다. 코스가 좁아짐에 따라 편류에 대한 보정은 적어지고 이는 거리와 비례하여 줄어들어야 한다. OM에 도착할 때까지 2° 이하의 방위 수정으로 접근을 완료할 수 있도록 철저한 접근 방식으로 편류 보정을 정확하게 설정해야 한다. 이러한 조종사의 섬세한 기술의 요구는 특



[그림 3-22] 로컬라이저 코스 지시계(A지점부터 E지점까지)



[그림 3-23] GS 수신계기 와 항공기 위치

히 OM에서 MM으로 내려갈 때 발생한다. GS 지시계는 활공경로에 관한 항공기의 위치를 나타낸다. 항공기가 활공경로보다 위에 있을 때 지시계는 아래쪽으로 표시된다. 반대로 항공기가 활공경로보다 아래에 있을 때 지시계는 위쪽으로 표시된다.

로컬라이저 코스를 유지하면서 적절한 강하 비율 또한 유지될 수 있도록 피치 자세를 조절하고, 접근 속도를 유지하도록 파워를 조절해야 한다. 동시에 고도계를 점검하고 착륙을 위한 시각 전환을 하거나 실패접근을 준비해야 된다. CDI와 강하경로 표시 지시침 사이의 관계와 로컬라이저 및 강하경로 중심선으로부터 움직임의 알아야 된다. 이를 정확히 이해를 해야 ILS 전체에서의 계기해석과 항공기제어의

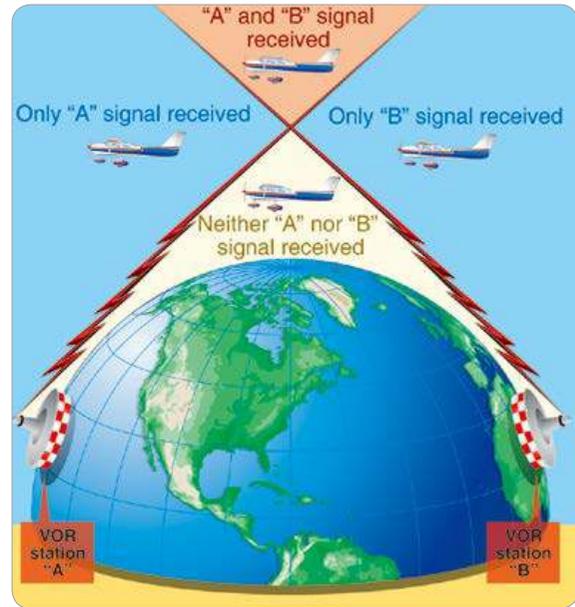
필요를 알 수 있다.

3.3.2.8.3 ILS 오류(ILS Errors)

ILS와 구성요소들은 아래와 같은 오류들이 발생할 수 있다. 로컬라이저와 GS 신호는 단단한 물체처럼 동일한 종류의 공간에 대한 산란을 가진다.

1. 지면에 있는 차량들과 5,000피트(AGL) 이하로 비행하는 항공기에 의해 접근하고 있는 항공기는 신호의 방해를 받을 수도 있다. 이는 해당 물체들에 의해 신호가 반사되기 때문이다.
2. GS 와 관련된 시설들은 더 높은 각도로 추가된 경로들을 내재되어 만든다. 그럼으로 원하

는 경로와 잘못된 경로들을 동시에 제공받을 수 있다. 이러한 잘못된 경로들의 가장 낮은 각도는 대략 9~12°에서 발생한다. 일정한 고도에서 LOC/GS 경로를 비행하는 항공기는 항공기가 다양한 잘못된 경로들을 통과할 때 GS 지시계와 GS 경고 깃발의 회전을 볼 수 있다. 잘못된 코스 중 하나가 수립되면 후면 GS 지시와 같은 혼란이 생기거나 매우 높은 강하율을 필요로 한다. 이러한 혼란의 경우 접근차트상의 명시된 적절한 고도로 접근함으로 예방할 수 있다.



[그림 3-24] 항행안전무선시설 기반 항로 설정 시 문제점. 각 항행안전무선시설간 거리가 지나치게 멀어지면, 신호를 수신할 수 없는 구역이 생긴다.

3.4 지역항법장비 (Area Navigation Equipment)

3.4.1 지역 항법(Area Navigation, RNAV)

기존 항행안전무선시설 기반 항로의 최대 문제점은 지상에 항행안전무선시설이 설치되어 있어야만 그것을 기반으로 항로를 설정할 수 있으며, 대양이나 호수, 사람이 살지 않는 지역 등 항행안전무선시설을 설치할 수 없는 곳에는 항로를 설정할 수가 없다는 것이다. 또한, 그러한 이유로 항행안전무선시설 사이의 거리가 지나치게 멀어지게 되면 오차가 커지거나 신호를 수신할 수 없는 구역이 생기므로 항법에 사용할 의미가 없게 된다.

그러한 문제점을 극복하기 위하여 기존에 설치된 항행안전무선시설을 사용하여 임의의 지점에 항로를 설정할 수 있도록 한 체계가 지역 항법(Area Navigation, RNAV)이다. 지역 항법에서는 항행안전무선시설을 거치는 항로가 아닌, 임의의 좌표를



[그림 3-25] 지역항법 항로 설정의 개념. 항행안전무선시설을 지점으로 하지 않기 때문에 항로 설정이 자유롭고, 불필요한 비행거리가 줄어든다.

지점으로 설정하여 항로를 구성할 수 있으므로 항로의 설정에 제약이 크게 줄어들게 된다.

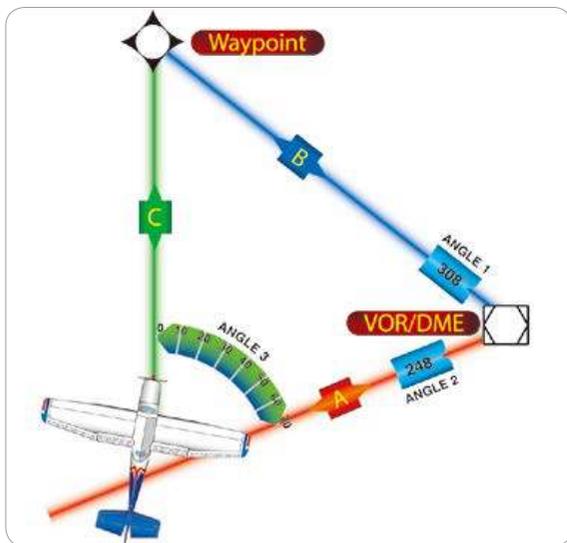
지역 항법에 필요한 장비로는 VOR/DME, LORAN, GPS 및 관성 항법 시스템(INS)이 있다. 지역 항법 장비는 항공기 위치, 실제 항적, 지상 속도를 계산해 조종사에게 의미 있는 정보를 제공할 수 있다. 이 정보는 거리, Cross-track 오류 및 선택한 항적 또는 Waypoint와 관련된 시간 예상치의

형태일 수 있다. 또한, 지역 항법 장비 설치에 계기 비행 규칙 하에서 사용 승인을 받아야 한다. 설치된 장비, 승인된 작업 및 장비 사용의 세부 사항을 확인하려면 조종사 운영 안내서/항공기 비행 매뉴얼 (POH/AFM)을 항상 확인해야 한다. 일부 항공기는 하나 이상의 지역 항법을 위한 정보를 입력할 수 있는 장비를 갖추고 있어 매우 정확하고 신뢰할 수 있는 정보를 제공한다.

3.4.2 VOR/DME RNAV

VOR을 이용한 지역 항법은 현재 VORTAC 또는 VOR/DME 시스템에 의해 생성된 정보를 기반으로 항공기 탑재 컴퓨터를 사용하여 Waypoint를 생성한다. [그림 3-26]에서 볼 수 있듯이, A쪽의 값은 VOR/DME까지 측정된 DME 거리다.

B쪽, VOR/DME에서 Waypoint까지의 거리 및 각도 1(VOR 방사형 또는 VOR/DME에서 Waypoint



[그림 3-26] 지역 항법을 이용한 비행의 개념

까지의 방위)은 조종석의 제어 장치에 설정된 값이다. VOR/DME에서 항공기로의 각도(각도 2)는 VOR 수신기에 의해 측정된다. 항공기 탑재 컴퓨터는 각도 1과 2를 지속적으로 비교하여 항공기에서 Waypoint까지의 거리(NM) 및 자기 코스의 거리인 각도 3과 C쪽의 방향을 결정한다. 이것은 조종석의 화면에서 시각적인 정보로 제공된다.

3.4.3 VOR/DME 지역항법 구성요소 (VOR/DME RNAV Components)

지역항법을 위한 조종석에 장착된 장비는 제조업체마다 다르지만 대부분이 VOR 또는 지역항법 안내를 받기 위해 선택할 수 있는 스위치나 노브로 선택해 작동시킨다. 정보는 항공기 CDI에 표시되도록 연결되어 있으며 조종사에게 VOR 또는 지역항법 중 어느 것이 선택되어 있는지의 여부를 알려주는 등화나 표시등이 있다.

디스플레이에는 Waypoint, 주파수, 사용 모드, Waypoint 방위 및 거리, DME 거리, 지상 속도 및 지상 항법 장비까지의 시간이 표시된다. 일반적으로 VOR/DME 기반 지역 항법 장비는 최소 3가지의 모드를 지원하는데, 이는 VOR(일반적인 VOR 사용), 항로(Enroute), 접근(Approach)을 위한 모드이다. 네 번째 모드인 VOR Parallel은 모든 장비에서 지



[그림 3-27] 지역항법을 위한 장비의 예시. 항공기 기종 또는 항공기 제작 시 선택한 사양에 따라 다양한 장비가 탑재된다.

원하지는 않으며, 일부 모델에서만 지원한다. 지역 항법 장비는 VOR 및 DME 신호가 모두 수신되어야만 RNAV 모드에서 작동하며, 선택된 NAVAID가 DME가 없는 VOR이면, RNAV 모드가 작동하지 않는다.

VOR(또는 non-RNAV) 모드에서는 장치는 간단히 DME 기능을 갖춘 VOR 수신기로 작동하게 되며 이때는 RNAV 장치가 아닌 일반적인 VOR 사용법과 동일하게 사용하게 된다.

항로와 접근 모드의 사용은 비행 중 필요시 조종사가 아래와 같이 조작한다.

1. OFF/ON/볼륨 조절을 사용하여 사용할 VOR/DME 무선국의 주파수를 선택한다.
2. 아래의 VOR/DME 모드 중 하나를 선택하기 위해 사용되는 선택 스위치로 필요한 것을 선택한다.
 - 각도 편차(일반적인 VOR 사용) 또는
 - 선형 수직 이탈 편차($\pm 5\text{NM}$ 풀 스케일 CDI)
3. 필요에 따라 선형 수직 이탈 편차가 $\pm 5\text{NM}$ 인 Waypoint에 직접 연결되는 지역항법 모드 또는 전체 스케일 CDI 편차 $\pm 1.25\text{NM}$ 의 선형 편차를 갖는 접근(Approach) 모드를 사용한다.
4. Waypoint 선택: 어떤 장비들은 하나 이상의 Waypoint를 미리 선택하여 저장할 수 있다.
5. 데이터 입력: 입력 시 Waypoint의 번호 또는 ID, VOR 또는 LOC 주파수, Waypoint의 각도 및 거리를 사용자가 입력할 수 있도록 한다.

DME 지상 속도 판독 값은 VOR/DME 모드에서 VOR/DME를 직접 또는 VOR/DME에서 직접 추적할 때만 정확하지만, 지역 항법 모드에서는 DME의 지상 속도 판독 값이 모든 항적에서 정확하다. 그러나 주의할 것은 항로 비행 시 접근 모드를 사용하여 비행해서는 안 된다. 매우 정밀하게 작동하는 만큼 약간의 오차에도 계기가 매우 민감하게 반응하므로 조종사에게 과도한 집중을 요구하여 쉽게 지치게 만들기 때문이다. 일부 모델에서 지원되는 네 번째 기능인 VOR 병렬(VOR Parallel) 모드를 선택하면 항공기가 VOR/DME로 오고 갈 때 CDI가 선형(각도가 아닌) 편차를 표시할 수 있다. 이 모드의 이름은 조종사가 원하는 경우 선택한 코스나 항로에서 일정한 거리만큼 떨어져서 평행하게 비행할 수 있도록 하는 데서 유래되었다. VOR 병렬 모드는 기존 VOR/DME 위에 직접 Waypoint를 배치하는 것과 동일한 효과를 나타낸다. 일부 조종사는 자동 조종 장치의 추적 기능을 활용하여 VOR/DME 근처에서 보다 부드러운 경로를 따라 항로에 접근할 수 있도록 하는데 VOR 병렬 모드를 사용하기도 한다.

3.4.4 VOR/DME 지역항법의 기능 (VOR/DME RNAV Function)

VOR/DME RNAV 시스템의 장점은 주변의 VOR 및 DME 시설 모두의 수신 범위 내에 있는 한 항공기 탑재 컴퓨터가 Waypoint를 쉽게 찾을 수 있다는 것이다. 이 일련의 과정을 통해 찾아진 Waypoint들이 지역 항법 항로를 구성한다. 또한, 사전에 입력된 항로 외에도 항공 교통 관제(ATC)가 승인하면 무작위 지역항법 경로를 IFR로 비행할 수 있다.

항로상의 비행뿐만 아니라 VOR/DME 지역항법 접근 절차 항공도도 제공된다. Waypoint 식별을 위한 표에는 Waypoint의 이름, 좌표, 주파수, 식별자, 중심까지의 거리(Waypoint에 대한 항행안전무선시설) 및 기준 항행안전무선시설의 고도와 같은 정보를 포함하고 있다. 최초 접근 지점(IAF), 최종 접근 지점(FAF) 및 실패 접근 지점(MAP)이 표시되어 이를 참고하여 비행할 수 있도록 해준다.

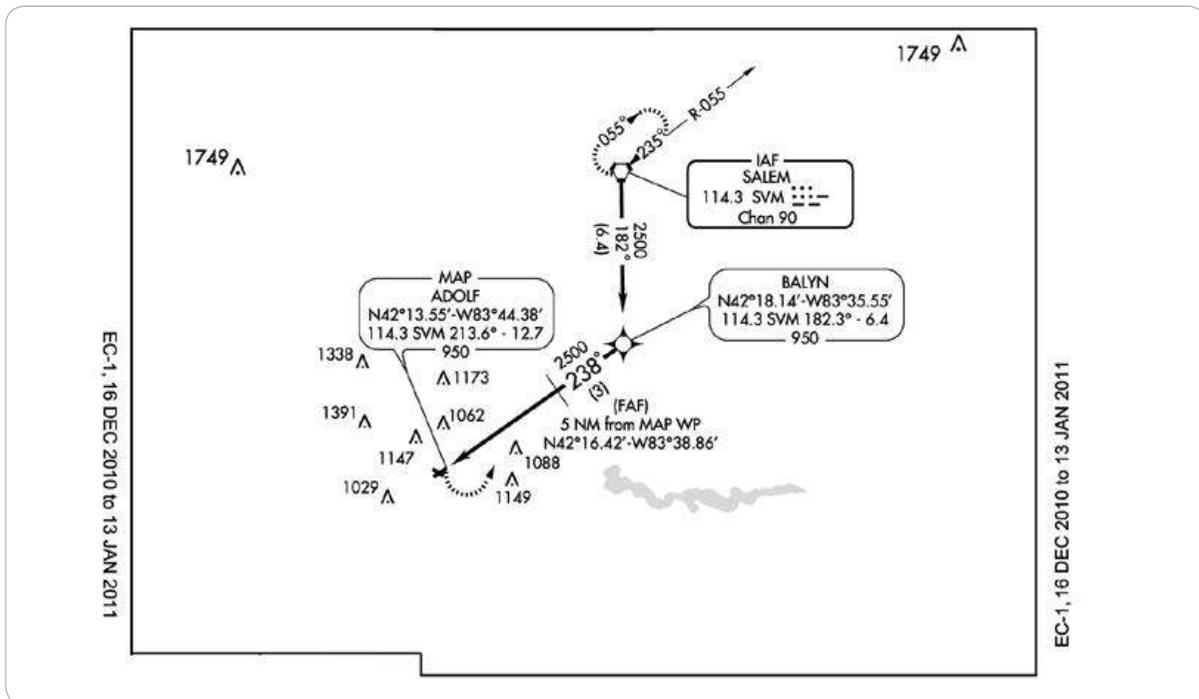
계기 비행 규칙에 따라 항로를 비행하거나 공항에 접근 하려면 항공기에 설치된 지역항법 장비가 계기 비행을 위해 승인되어야 한다.

수직 탐색(VNAV) 모드에서는 일부 설치의 경우 수평 안내뿐만 아니라 수직 안내가 제공된다. 하강이 시작되는 지점에서 Waypoint가 선택되고 하강이 끝나는 지점에서 Waypoint가 선택된다. 지역항

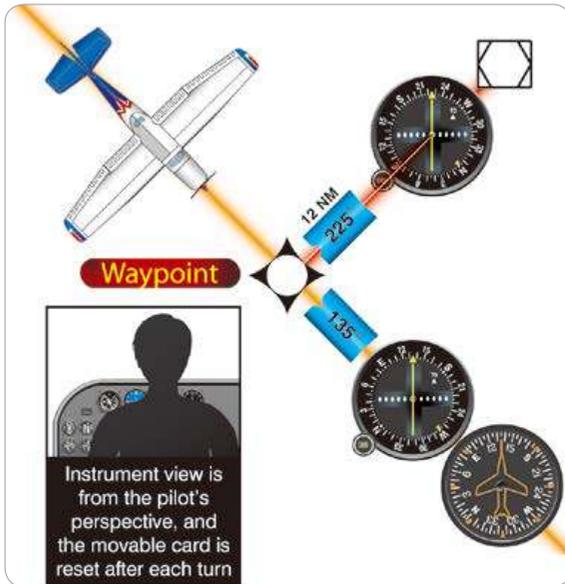
법 장비는 지상 속도에 상대적인 하강 속도를 계산 하며 일부 장비는 지상속도 표시기에 수직 안내 정보를 표시한다. 장비 접근법에서 이 유형의 장비를 사용할 때 파일럿은 제공된 수직 안내 정보가 비정밀 접근의 일부가 아니라는 점을 명심해야 한다. 게시된 비정밀 접근 고도는 ATC가 별도로 지시하지 않는 한 준수해야 한다.

지역항법을 사용하여 Waypoint로 가기 위한 절차를 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

1. VOR / DME 주파수를 선택한다.
2. 지역항법 모드를 선택한다.
3. Waypoint(225°)를 통과하는 VOR의 각도를 선택한다.
4. DME에서 Waypoint(12NM)까지의 거리를 선



[그림 3-28] 지역항법을 이용한 접근 절차의 예시



[그림 3-29] 지역항법을 이용한 비행의 예시

택한다.

5. 모든 입력을 확인하고 TO 표시가 표시된 상태에서 CDI 바늘의 중앙에 위치시킨다.
6. CDI 바늘의 중앙을 유지하기 위해 표시된 방위를 플러스 또는 마이너스로 맞춰 항공기를 조종한다.
7. CDI 바늘은 1 도트 당 1NM 거리의 거리를 나타내며 DME 값은 Waypoint에서 거리(NM)를 나타낸다. 지상속도는 Waypoint에 접근하는 속도를 의미한다. 시간은 time-to-station, 즉 Waypoint에 도착할 때까지 걸리는 시간을 의미한다.

3.4.5 위성항법시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS)

위성항법시스템(GNSS)이란 기본적으로 위성을

이용한 항법시스템을 통칭하는 것으로, 수신기까지 도달하는 고주파 신호의 시간과 거리의 정보를 제공하는 위성 배열(Satellite constellation)에서 비롯된 것이라고 할 수 있다.

여러 개의 위성으로부터 다중 신호를 수집하는 수신기는 이들 위성으로부터 삼각 측량을 통하여 위치를 계산한다. 오늘날의 GNSS에는 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, 유럽의 갈릴레오(Galileo), 이 세 가지가 있다.

1. 러시아의 GLONASS는 GLONASS 사용자가 수신기로 24개의 인공위성 네트워크를 이용하여 자신의 위치를 정확하게 파악할 수 있도록 하는 시스템이다.
2. 유럽의 갈릴레오는 2013년까지 30개의 인공위성 네트워크를 통하여 사용자가 고주파 무선 신호를 통하여 시간과 거리 정보를 수신할 수 있도록 계획했다.
3. 미국의 GPS는 1992년에 24개의 인공위성을 갖추어 운영하기 시작하였으며 현재 30개의 위성을 가동 중이다.



[그림 3-30] 일반적인 독립형 GPS 수신기 및 디스플레이(GNS 480)

3.4.6 운항관리시스템

(Flight Management Systems, FMS)

3.4.6.1 개요(Introduction)

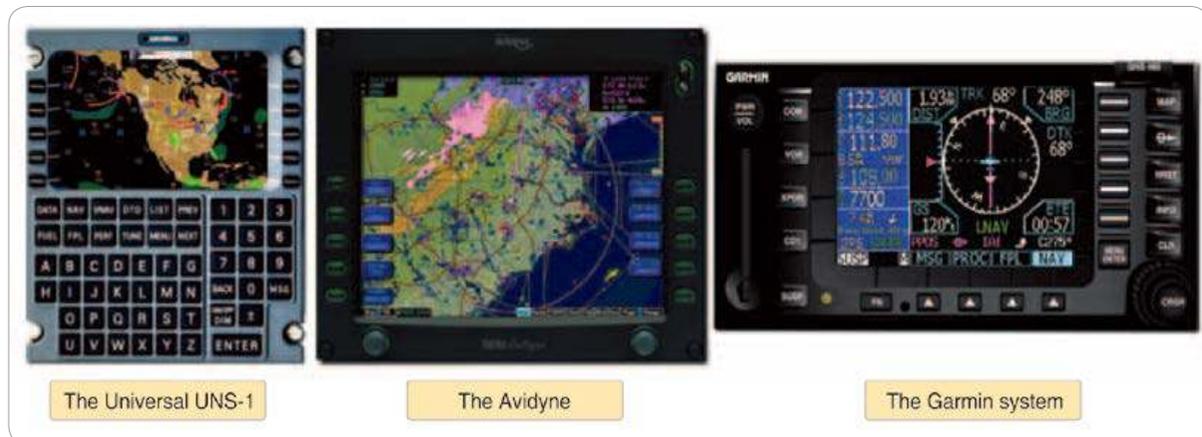
FMS(운항관리시스템)는 항법에 사용되는 시설의 종류는 아니다. FMS는 항공기의 탑재 항행 장비 관리의 자동화를 도와 조종사에게 항행의 최적 정보를 제공하는 일종의 항행 지원 시스템이다. 한마디로 FMS는 조종사와 조종실 내 계기를 연결해주는 역할을 한다. FMS는 공항과 항행안전시설(NAVAID)의 위치 및 관련 정보, 항공기 성능 자료, 항로, DP 및 STAR 등의 방대한 정보를 담고 있는 컴퓨터라고 볼 수 있다. 또한, FMS는 사용자가 지정한 WP(경로점)를 비롯하여 출발, 도착, 접근, 대체 공항 등을 포함한 수많은 비행경로를 수용하고 저장할 수 있는 기능을 가지고 있다.

FMS는 항공기의 현재 위치에서 전 세계 어느 지점으로든 원하는 경로를 신속하게 찾아내고, 해당 비행 계획에 필요한 성능을 계산하며, 조종사에게

전체 비행경로를 시각적으로 나타내어 제공한다. 또한, FMS는 VOR, DME, 로컬라이저(LOC) 등의 항행안전시설을 선택하여 사용하고 컨트롤할 수 있으며, 이들 장비부터 항행에 필요한 정보를 수신할 수 있다. INS, LORAN 및 GPS 항행 정보 역시 FMS 컴퓨터를 통한 수신이 가능하다. FMS는 조종사의 탑재 항행장비 사용 시, 필요한 정보의 입력 및 출력 장치로 활용되므로 조종사와 항행장비 간의 “중개자” 역할을 한다고 볼 수 있다.

3.4.6.2 FMS의 기능(FMS Function)

조종사는 비행 시작 시 FMS에 항공기의 위치, 출발 활주로, DP(해당하는 경우), 경로상의 WP(경로점), 해당 접근 절차 및 대체 경로를 입력한다. 이와 같이 운항 정보는 조종사에 의해 수동으로 입력되거나, 미리 입력되어 저장된 형태이거나, 다른 컴퓨터 장비에서 입력되어 외장 디스크 또는 전자 방식에 의해 FMS 컴퓨터로 전송될 수 있다. 조종사는 해당 운항에 필요한 기본 정보를 통합 CDU(Control/



[그림 3-31] 보편화된 CDU(Control/Display)의 모습. Avidyne(중앙) 및 Garmin 시스템(오른쪽)은 통합형 Control/Display 시스템의 전형적인 형태이다. Universal CDU(왼쪽)는 경항공기에서는 사용되지 않는 것이 일반적이거나, CDU와 독립형(Control/Display의 개별적 운영) 시스템의 기능적 차이는 점차 줄어들고 있다.

Display Unit)에 입력한다.

항공기가 이륙한 후에 FMS 컴퓨터는 해당하는 항행 장비(NAVAID)에 연결하여 레디얼(Radial) 및 거리 정보를 얻어낸다. 보다 정확한 정보를 위해서는 두 개의 항행 장비에 동시에 연결되어 거리 정보를 얻어낸다. FMS는 다음으로 비행경로와 관련하여 항공기의 위치, 항적, 기수 방위 및 대지속도를 나타낸다. 또한, FMS는 INS에 위치정보를 업데이트해준다. 여객기와 같이 보다 정교한 항공기의 FMS는 HSI, RMI, 디지털 항행정보 표시 계기, 헤드 업 디스플레이(HUD), 오토파일럿, 오토스스로틀 등의 장비까지 컨트롤할 수 있다.

3.4.6.3 헤드 업 디스플레이(HUD)

HUD는 조종사와 조종실 앞 유리창 사이의 투명한 스크린에서 항행에 필요한 항공 데이터(접근 기준 속도, 고도, 좌/우 및 상/하 글라이드슬로프)를 제공하는 디스플레이 장비이다. 또한, 항공기 기수를 기준으로 하여 활주로의 조준점을 포함한 기타 정보가 표시될 수도 있다. 이를 통해 조종사는 접근을 위한 비행 중에 창밖을 내다보는 동시에 같은 시야 범위 내에서 필요한 정보를 얻음으로써 바깥과 조종실 내 계기 간의 시선 이동의 필요성을 줄일 수 있다. 사용자 정의가 가능한 HUD를 갖춘 항공기에서는 항공기 장비 내에 포함된 정보라면 어떤 정보이든 스크린에 표시될 수 있다.



[그림 3-32] Head-Up Display(HUD)와 Head-Down Display(HDD)
헤드 업 디스플레이는 조종사의 정상적인 시야 범위 내에서 정보를 제공하며, 헤드다운 디스플레이는 정상적인 헤드 업 시야 범위 밖에서도 정상 비행이 가능하도록 정보를 제공하는 시스템이다.



항법의 종류 Types of Navigation

4.1 개요(Introduction)

공중항법(Air Navigation)은 항해를 시도했던 고대의 해양항법(Ocean Navigation)에 그 기원을 두고 있으며, Navigate(항해하다)라는 어원은 라틴어의 Navis(선박)와 Agere(유도하다)의 두 단어에서 유래한 것이다.

항법은 기본적으로 항공기를 출발지에서 목적지까지 안전하고 효과적으로 항행하는 것이 목적이며 비행 진행에 따른 항공기의 위치를 지속적으로 추적 관찰하고, 원하는 경로를 유지하는 비행기술이다. 항공기가 계속적으로 진행함에 따라 항공기의 위치는 끊임없이 변하고 조종사의 지속적인 항공기의 위치 및 진행방향에 대한 정확한 판단방법이 항법이며 별자리부터 인공위성에 이르기까지 다양한 방법을 동원하여 더욱더 정확하고 빠르게 판단하는 항행기술이 항공의 발전과 함께 비약적으로 발전해왔다.

항법의 종류에는 지문항법(Pilotage), 천측항법(Celestial Navigation), 추측항법(Dead Reckoning), 무선항법(Radio Navigation), 위성항법(GPS, Global Positioning System) 등이 있다.

초창기 국지적인 비행만이 가능하였던 시기의 조종사들은 한 지점에서 다른 지점으로 비행할 때 지상의 저명한 지형지물을 숙지하여 정확한 길을 찾거나 끈게 뺀 길을 따라 비행하였다. 시계비행상태에서 비행 중 눈에 띄는 지상참조물을 식별하여 점

검지점(Checkpoint)을 확인하고 항공기의 위치를 결정하며, 항공기의 진행방향을 선정하여 목적지를 찾아가는 항법이 지문항법이며 초창기에는 이러한 지문항법으로도 적절한 항행이 가능하였다.

그러나 지형지물을 확인할 수 없는 야간에는 지상의 지형지물을 확인하기 어려워 별자리를 이용하여 길을 찾는 항법이 연구되었다. 천측항법은 하늘에 떠있는 별의 위치를 측정하여 관측자의 위치를 찾는 방법으로서 전 세계 어디에서나 지상 장비의 도움 없이 사용 가능하고 특별한 전자장비가 필요 없다는 장점이 있다. 또한, 전파교란이나 전파 발산에 의한 위치노출과 같은 문제점도 없다. 그러나 구름이나 안개와 같이 별을 관측하기 어려운 날씨에서는 사용할 수 없고 비행기가 기류에 의하여 요동치거나 급격한 기동 시에는 정확한 항법에 제한을 받으며 항법계산이 복잡하여 항법사가 필요하다는 것이 단점이 있다.

기상으로 인하여 별자리를 확인할 수 없거나 주간이라도 바다나 사막같이 지형지물을 식별하여 항법에 활용하기 어려운 환경에서 비행하기 위하여 새로운 항법이 필요하게 되었다. 추측항법은 해상, 사막, 구름 위, 야간 등 현저한 지상 참조물이 없는 지역에서 미리 알고 있는 현재의 위치에서 목적지까지의 방향 및 거리를 측정하고 바람의 영향을 고려한 항공기의 성능(Heading, 대지속도 등)을 기준으로

항로유지를 위한 바람수정각과 도착예정시간을 산정하여 찾아가는 항법이다. 추측항법을 사용하여 항행하는 동안 지형지물을 활용할 수 있다면(시계비행 기상상태) 지문항법과 병행하여 항행하면 더욱 정확한 항법을 수행할 수 있다. 추측항법은 장거리나 장시간 사용하면 상층풍에 의한 항법 오차가 축적되어 신뢰성이 떨어진다. 따라서 구간별로 정확한 참조지점을 확인할 수 있는 지문항법의 장점을 살려 보완하고 가능한 짧은 구간을 항행하면 항법의 정확도를 높일 수 있다.

시계비행 기상상태에서 추측항법과 지문항법을 적절하게 사용한다면 상당히 정확한 항법을 수행할 수 있다. 그러나 저명한 지형지물이 없는 환경이거나 시계비행이 어려운 기상상태에서 항법 시에는 추측항법에만 의존해서 비행할 경우 시간이 지남에 따라 오차가 누적되어 정확한 항법을 수행하기가 곤란하다. 다양한 기상환경과 지형에서 더욱 정확한 항법을 수행하기 위하여 전자기파를 송출하는 여러 가지 종류의 무선 항행시설(NDB, VOR, DME 등)을 사용한 무선항법을 사용하게 되었다. 이러한 형태의 무선항법은 지상에 설치된 무선 항행시설, 무선신호를 수신할 수 있는 항공기 탑재 장비, 항행시설의 위치 및 주파수가 잘 나타나 있는 항공지도를 이용하여 수행할 수 있으며 기상상태에 관계없이 항공기의 위치를 식별하고 목적지까지 정확한 항법을 가능하게 하였다. 그러나 고가의 장비라는 점을 고려할 때 설치 및 유지 보수의 어려움이 있고 전자기파의 송출거리에 제한이 있으며 신호 간섭에 취약하다는 단점이 있다. 또한, 지상에 설치된 항행시설의 직 상공으로 항행하도록 항로를 설정해야 되기 때문에 직선 항로를 만드는 데 제한적이다.

항공기 및 항공 산업의 비약적인 발전에 따라 항공기는 점점 대형화되고 고속으로 비행하게 되었으며 복잡한 시스템을 갖추게 되었고 항공기를 관제하는 공역 및 시스템도 이에 맞게 발전하였다. 항공 산업의 발전으로 항공 교통량은 나날이 증가하였으나 재래식 항행시설 및 시스템의 확충은 한계가 있어 항로에서 수용 가능한 교통량은 허용 가능한 수준을 넘어서게 되었다. 따라서 공역을 보다 효율적으로 사용하는 데 중점을 두게 되었고 그에 따른 새로운 항행방법이 등장하게 되었다. 지역항법(Area Navigation)은 외부의 항행시설이나 자체 항행장비의 운용범위 안에서 원하는 지점 간의 경로를 자유롭게 설정하여 항행할 수 있는 항행방법이며 지역항법의 활용으로 효율적인 공역사용과 다양한 지역에서의 항행이 가능하게 되었다. 지역항법을 위해서는 외부 항행시설(지상 항행시설 또는 위성항행시스템 등)과 자체항법장비를 통하며 항법에 필요한 자료를 획득하고 탑재컴퓨터를 활용하여 원하는 경로를 계산하여 항행에 사용한다. 관성항법시스템(Inertial Navigation System)은 항공기 외부 항행시설로부터의 자료나 정보 없이 자체적으로 항공기의 위치 및 필요한 항행정보를 측정하여 항법이 가능한 탑재형 자체항행장비이다. 반면 GNSS는 지구 주위를 도는 항법위성을 기준으로 항공기의 위치를 측정하는 항법이다. 항법위성으로부터 송출되는 신호(거리와 시간정보)를 항공기 탑재장비로 수신하면 항법위성의 위치, 인공위성으로부터의 거리, 인공위성과 항공기의 시간 동조를 위한 시간 정보를 얻을 수 있다. 이러한 정보를 기반으로 항공기 위치를 계산을 계산하는 데 사용하며 한 개의 항법위성으로부터 수신한 정보로는 정확한 위치계산이 어렵고 여러 개의

항법위성이 필요하다.

성능기반항법(Performance Based Navigation)은 위성항법시스템, 관성항법시스템, 비행관리시스템(Flight Management System) 등을 활용하여 기존의 재래식 항법보다 정밀하고 효율적이며 안전하게 항행할 수 있는 항법기술이다. 항공기 탑재장비의 성능, 조종사의 자격기준에 따라 항공기가 항행할 수 있는 항로의 종류와 적용절차가 다르기 때문에 성능기반항법이라는 이름을 가지게 되었다. 성능기반항법은 지역항법(Area Navigation)과 필수항행성능(Required Navigation Performance)으로 나뉜다. 지역항법은 앞에서 설명한 바와 같이 다양한 시스템을 활용하여 원하는 경로를 선택하여 항행 가능한 항법이며 필수항행성능은 지역항법보다 더 진보된 항법으로 성능감시(Performance monitoring)와 경고(alerting)기능을 탑재하고 있다.

성능기반항법은 지역항법과 위성항법의 장점을 활용하여 항공기가 출발지에서 목적지까지 보다 효율적인 경로(직선경로)로 항행을 가능하게 하여 비행시간, 연료소모, 배기가스 등을 줄이는 데 도움이 된다. 항공기의 항행성능이 점점 더 정확해짐에 따라 더 근접한 항로를 설정하거나 더 좁은 폭의 항로를 설정할 수 있으므로 공역활용도가 높아진다.

미국의 경우 과거에는 지상항행시설을 기반으로 한 항로가 대부분이었고 재래식 항로를 따라 비행하기 위해 비행거리도 길어지고 비행시간도 길어지는 경우가 많았다. 그러나 성능기반항법의 상용화로 재래식항법의 제한사항이 해결되었으며 보다 정확하고 효율적으로 원하는 경로를 따라 항행하게 되었다. 상호 간에 보다 더 근접한 항로나 접근경로

를 따라 비행하는 것이 가능해졌고 강하최저고도 또한 낮아져 더 낮은 고도까지 접근시도를 할 수 있게 되었다. FAA는 수천가지의 새로운 절차와 항로를 만들고 시험비행을 거쳐 성능기반항법이 안전하고 효율적이며 친환경적인 항행방법임을 증명하였다. NextGen 프로그램의 일환으로 성능기반항법을 전국적으로 시행하여 비행 전 구간에 사용 가능하도록 할 계획이며 성능기반항법 중심의 공역체계를 계획하였다. 중장기 계획을 통하여 수많은 성능기반항법 사업이 점진적으로 진행 중이며 항공 산업에 큰 영향을 줄 것으로 기대된다.

다음은 성능기반항법 중심의 공역체계에서 예상 가능한 이점들이다.

- 공항 주변 출발/ 도착 구간과 항로상에서 항공기간의 분리간격을 줄일 수 있다.
- 항공교통관제시스템의 효율성을 향상시킬 수 있다.
- 출항 항공기의 빠른 출항을 도모하여 단위시간당 항공기출항수를 늘릴 수 있다.
- 장애물과 지형지물에 대한 안전도를 증가시킬 수 있다.
- 악기상에서의 운용능력 향상으로 공항이용도를 높인다.
- 더 많은 항공기가 수직경로 정보를 사용할 수 있어 안정적인 접근과 착륙을 가능하게 한다.
- 비행거리가 줄어들어 따라 연료소모 및 배기가스 배출을 줄일 수 있고 경제적이고 친환경적으로 비행할 수 있다.
- 항공사에 보다 정확한 운항 예측을 제공하여 스케줄 및 탑승구 관리를 돕는다.

[표 4-1] FAA 성능기반항법 중 · 장기 계획 요약

| Near Term (2016-2020) Increase Utilization | Mid Term (2021-2025) Streamline Service Delivery | Far Term (2026-2030) A Streamlined NAS |
|--|---|---|
| Approach/Terminal <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Implement RNAV (GPS) with LPV and LNAV/VNAV approaches at qualifying runways meeting current Terminal Instrument Procedures (TERPS) criteria <input type="checkbox"/> Criteria to increase the number of runways qualifying for vertically guided approaches <input type="checkbox"/> Expand use of Established on RNP (EoR) at first site <input type="checkbox"/> Expand use of Equivalent Lateral Spacing Operations (ELSO) at first two sites <input type="checkbox"/> Criteria for low-visibility access with LPV <input type="checkbox"/> Use of PBN approaches with visual separation standards <input type="checkbox"/> Expand development of PBN special helicopter approaches to hospitals <input type="checkbox"/> Policy for Enhanced Flight Vision Systems (EFVS) operation to touchdown <input type="checkbox"/> Policy for Synthetic Vision Guidance System (SVGS) to qualifying approaches <input type="checkbox"/> Demonstrate A-RNP at first site <input type="checkbox"/> Initiate expanded DME/DME coverage for Navigation Service Group 1 and 2 airports <input type="checkbox"/> Continue replacing conventional approaches, SIDs and STARs with PBN procedures <input type="checkbox"/> Implement Optimized Profile Descents (OPD) at airports using RNAV STARs <input type="checkbox"/> Enhance community involvement | Approach/Terminal <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Implement Vertically guided RNAV (GPS) approaches at runways meeting new TERPS criteria <input type="checkbox"/> Expand use of RNAV (GPS) approaches (with LPV and LNAV/VNAV) with RF <input type="checkbox"/> Expand use of EoR at sites supported by cost-benefit analysis <input type="checkbox"/> Expand use of ELSO at sites supported by cost-benefit analysis <input type="checkbox"/> Leverage A-RNP at key sites <input type="checkbox"/> DME/DME coverage expanded for Navigation Service Group 1 and 2 airports based on site-specific evaluations <input type="checkbox"/> Continue replacing conventional approaches, SIDs and STARs with PBN procedures | Approach/Terminal <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vertically guided RNAV (GPS) approaches at qualifying airports with an IAP <input type="checkbox"/> A-RNP procedures at sites supported by cost-benefit analysis <input type="checkbox"/> Complete the transition to PBN procedures |
| | En Route <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Transition to improved PBN-based point-to-point navigation <input type="checkbox"/> Replace Jet routes and Victor airways with PBN routes where structure is needed | Oceanic <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Transition to dynamic UPRs where supported by operator capability |
| | Oceanic <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Leverage reduced separation standards to further expand UPRs | NAS Operations <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> NAS transitioned to time- and speed-based management |
| En Route <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Class A airspace is covered by DME/DME (IRJ not required) redundancy <input type="checkbox"/> Shorten development and implementation time for new ATS routes by removing rulemaking requirement <input type="checkbox"/> Initial transition to improved PBN-based point-to-point navigation | NAS Operations <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Expanded time- and speed-based management services for key airports | |
| Oceanic <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Expand User Preferred Routes (UPRs) for navigation between North America and Asia <input type="checkbox"/> Implement reduced separation climb/descent requirements for RNP 4 capable aircraft <input type="checkbox"/> Transition from Minimum Navigation Performance Specification (MNPS) to PBN in the ICAO North Atlantic (NAT) Region <input type="checkbox"/> Analyze further reduced RNP-based separation standards | | |

- 재래식항법 시설에 대한 새로운 투자를 줄일 수 있다.

4.2 재래식항법(Conventional Navigation)

4.2.1 지문항법(Pilotage)

4.2.1.1 기본개념(Basic concept)

지문항법은 공중항법의 한 종류로서 시계비행상태에서 비행 중 외부 저명 지상 참조물을 식별하여 점

[표 4-1]은 FAA가 추진하는 성능기반항법관련 중 · 장기 계획이다.

검지점(Checkpoint)을 확인하고 항공기의 위치를 결정하며, 항공기의 진행방향을 선정하여 목적지를 찾아가는 항법이다. 가능하면 비행계획단계에서 점 검지점 주변의 지형지물을 미리 연구하여 경로상의 좌우구역을 설정하고 구역 밖으로 바람에 의해 밀려나지 않도록 경로를 유지하며 비행하여야 하고 그러기 위해서는 하나의 참조지점보다는 다수의 참조지점을 가지고 비행하는 것이 유리하다. 만약에 참조지점을 놓치더라도 현재의 비행방향을 유지하며 다른 참조지점을 찾는다면 쉽게 길을 잃지 않고 비행할 수 있다. 만약 비행 도중 길을 잃으면 비상절차를 수행하고 도움을 청한다. 참고로 섹셔널차트(Sectional Chart)상의 1inch는 8SM 또는 6.86NM과 같으며 지도상에서 1/2inch만큼 경로에서 벗어났다면 4SM 또는 3.43NM 벗어난 것이다.

지문항법은 지속적으로 지상의 저명한 지점과 지도상의 점검지점을 비교하여 현 위치를 확인하여야 하고 다음의 점검지점을 향해 계속해서 비행하여야 하는 만큼 기본적으로 지상의 지형지물을 확인할 수 있는 기상상태에서 활용 가능한 항법이다.

비행하려는 구간의 점검지점들이 명확하게 구분이 가능하고 시계에 제약이 없는 기상상태라면 지문항법만으로도 적절한 항법이 되겠지만 바다나 사막과 같이 적절한 점검지점을 확보하기 어려운 지역을 운항하여야 하거나 구름, 안개, 야간 등 다양한 기상상태로 인해 지형지물을 확인할 수 없는 경우에는 추측항법이나 무선항법과 병행하여 사용하는 것이 더욱 효과적이다.

4.2.1.2 적용방법(Application)

가. 항공도

항공도의 사용목적은 지형지물을 확인하여 지도에서 항공기의 위치를 식별하고, 항로(Course)나 항적(Track)을 작도하여 방위와 거리를 측정하는 데 있다. 시계 항법비행을 적절하게 수행하기 위하여 항공도와 관련된 용어, 항공도에서 제공되는 정보 및 심볼(표시)에 대한 전문지식이 필요하다. 항공도로 사용되는 축척은 1/250,000(이십오만도), 1/500,000(오십만도) 와 1/1,000,000(백만도)가 있으며, 저고도 저속항공기인 경우 주로 오십만도를 많이 활용하고 있다. 미국의 경우 시계 항법비행을 위하여 가장 많이 사용하는 항공도가 오십만도이며 이를 섹셔널차트(Sectional Chart)라고 한다. 대도시 주변과 같이 복잡한 지형을 참조해야 하는 경우보다 자세하게 지형지물을 참조할 수 있도록 제작된 1/250,000의 터미널지역 시계비행차트(VFR Terminal Area Chart)를 사용할 수 있고 고고도 또는 고속의 비행기를 위해서는 1/1,000,000의 세계항공차트(World Aeronautical Chart)를 사용하여 더 넓은 지역을 하나의 항공도를 사용하여 항행할 수 있도록 하였다.

나. 지문항법의 수행

외부 저명 지상 참조물을 선택하여 지문항법 비행계획을 수립하는 경우, 다음과 같은 절차를 수행한다.

1) 비행계획 수립

- 비행 전 점검사항 확인하기(제2편 단계별 비행 절차 참조)

항공기 탑재서류 확인, 항공정보(출발 및 도착 비행장 활주로 길이, 구역, 항행안전시설, 주파수 등) 및 기상(출발 및 도착 비행장, 항로) 파악, 항공기 무게와 균형 산정, 항공기 성능(이륙 및 착륙 거리) 등을 파악한다.

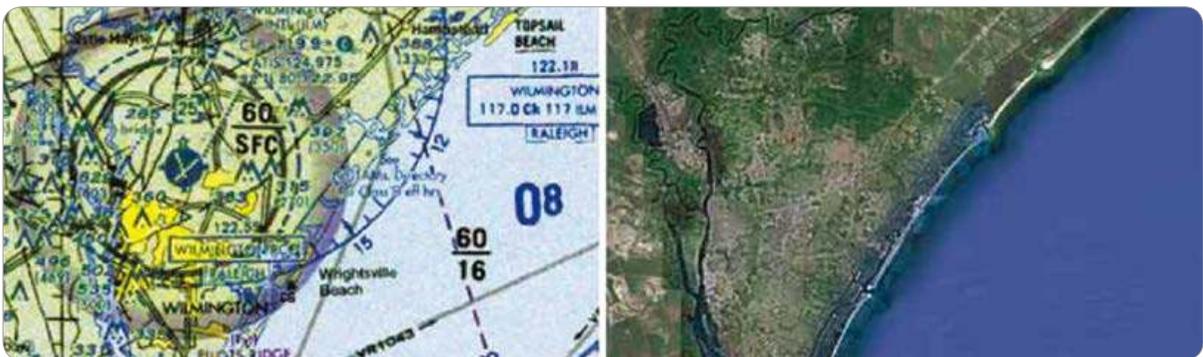
• 점검지점(Check Point) 선정하기

점검지점은 [그림 4-1], [그림 4-2]와 같이 주로 지상 저명지점으로 선정하는데 비행 중 저명지점으로 확인할 수 있는 대상은 도시, 고속도로, 강, 호수, 비행장, 해안선, 고압선로(미국과 캐나다 지역에서는 울창한 침엽수림이 높게 자생하고 있어, 고압선로 설치 시 수림을 제거하기 때문

에 고압선로가 지나가는 곳이 마치 고속도로처럼 잘 보인다. 국내에서는 고압선로 설치 시 대개 수림제거를 하지 않아 현저한 점검지점으로 활용하기는 다소 어려움) 등이 있으며 이를 점검지점으로 선정하면 좋다. 점검지점 간의 거리는 조종사의 비행경험과 능력에 따라 융통성 있게 선정할 수 있으며 대략 15~30NM을 추천한다. 지도상에 표시된 길은 대부분 크고 교통이 많은 도로이며 공중에서 식별이 용이하고, 새로 건설 중인 도로나 건물은 다음 지도가 발행될 때까지는 지도에서 찾을 수도 있다. TV안테나와 같은 구조물은 잘 보이지 않는 경우가 많고 통상 여러 개가 같은 구역에 설치되면 다수의 눈에 띄지 않는 전선



[그림 4-1] 참조지점으로서의 지형지물, 도심지역(Landmarks as checkpoints, populated areas)



[그림 4-2] 참조지점으로서의 지형지물, 해안지역(Landmarks as checkpoints, coastal areas)

들을 동반함으로 비행안전에 저해된다. 이러한 지역은 가장 높은 장애물 상공 500ft보다 낮은 고도로 비행하지 말아야 하며 대부분의 높은 장애물은 등화시설을 설치하여 쉽게 식별할 수 있으나 특정 기상상태나 주변의 불빛들로 인하여 식별이 어려울 수도 있다.

• 순향고도, 항공기 성능 선정하기

① 순향고도

비행계획을 수립 시 순향고도는 다음 사항을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

- 항공법규에서 정한 순향고도 적용

향로(Course)의 자방위(Magnetic Bearing)를 기준으로 000(360)~179방위의 경우 홀수 1,000피트 단위에 500피트를 더한 고도(예, 5,500피트)를 사용하며, 180~359방위의 경우 짝수 1,000피트 단위에 500피트를 더한 고도(예, 4,500피트)를 사용한다.

- 향로상 지형의 고도를 고려

향로비행 시 최저안전고도는 최고로 높은 장애물보다 산악지형의 경우 2,000피트 더 높은 고도를 유지하고, 그 외의 지역은 1,000피트 더 높은 고도를 유지하는 것이 안전을 위해 추천된다.

- 향로 길이를 고려

향로의 길이가 짧은 경우 무리하게 높은 고도를 선택하는 것은 순향고도에 도달하자마자 강하하여야 하는 경우 등이 발생하여 경제적으로 손실이므로 항공기 성능과 함께 향로의 길이를 고려하여 적절한 고도를 선정한다.

- 상층풍(Wind Aloft)을 고려

바람은 고도별로 풍향과 풍속이 다르므로 계획

한 향로를 기준으로 배풍(Tail Wind) 성분이 유리한 상층풍 고도를 선정하는 것이 좋다. 향로상 바람이 정풍이면 대지속도가 감소하여 도착이 지연되고 연료소모율이 커진다. 반대로 배풍일 경우는 대지속도가 증가하여 도착시간이 빨라지고 연료도 절약할 수 있다.

② 항공기 성능

순향고도가 선정되면 해당 항공기의 조종사 운용 교범(POH, Pilot's Operating Handbook)의 "성능(Performance) Section"에서 상승 및 순향성능 자료를 활용하여 항법계획을 수립한다.

- 비행계획서 제출하기(제2편 단계별 비행절차 참조)

2) 지문항법 비행

- 이륙 후 순향고도를 유지하고 항공기의 위치를 식별하기

이륙 후 비행하는 동안 항공기를 조종하는 것은 물론이고 지속적으로 외부 지상 참조물을 항공도와 비교하며 항공기의 위치를 식별한다.

- 선정한 점검지점(Check Point)과 목적지 공항으로 지문항법하기

현재의 항공기 위치가 식별되었으면 예상 기수 방향을 유지하면서 다음의 참조지점을 찾아 비행하여야 한다. 바람 등에 의해 어느 한쪽으로 밀리는지 여부를 파악하여야 하고 원하는 항적을 따라가도록 기수방향을 수정하여 비행하여야 한다. 이때 외부 점검지점을 무리하게 오랫동안 찾거나 항

공도를 고개 숙여 보는 것은 추천되지 않는다. 항공기를 조종하지 않고 다른 업무에 집중하는 동안 항공기의 자세나 기수방향이 많이 변하게 되어 위험한 자세에 진입하거나 길을 잃기 쉽다. 따라서 예상 기수방위(Heading)를 일정하게 유지하면서 참조점을 찾는 것이 목적지를 쉽게 찾아가는 방법이다.

4.2.2 천측항법(Celestial Navigation)

천측항법은 하늘에 떠있는 별의 위치를 측정하여 관측자의 위치를 찾는 방법으로서 전 세계 어디에서나 지상 장비의 도움 없이 사용 가능하며 특별한 전자장비 없이 사용 가능하기 때문에 전파교란이나 전파 발산에 의한 위치노출과 같은 단점이 없다. 그러나 구름이나 안개와 같이 별을 관측하기 어려운 날씨에서는 사용할 수 없고 비행기가 기류에 의하여 요동치거나 급격한 기동 시에는 정확한 항법에 제한 받는다. 추측항법과 같이 사용할 때 더욱 유용한 항법이며 아주 먼 거리에 있는 별의 위치를 측정해야 하기에 그 정확성을 예측하기는 어려우나 관측자의 기술숙련도, 측정 장비의 종류, 날씨 등에 따라 정확도는 많이 차이난다.

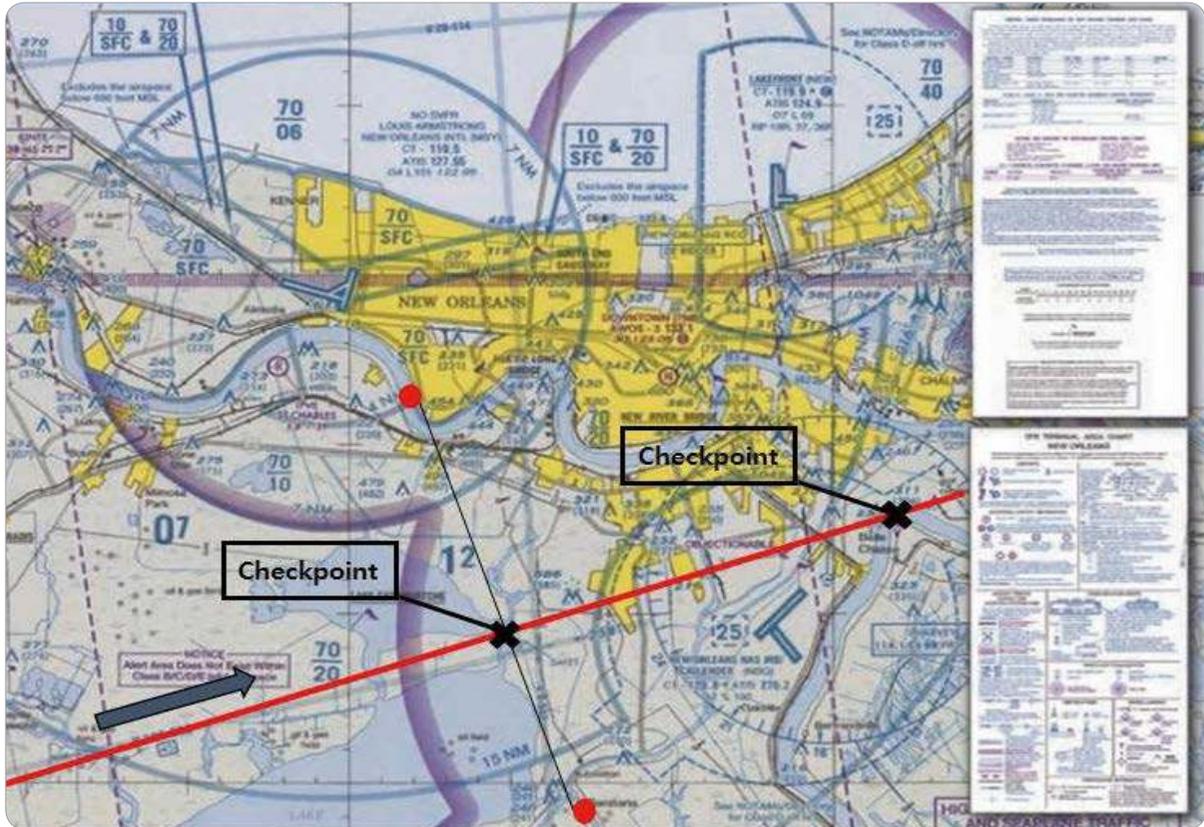
어느 한 지역에서 계절, 날짜, 시간별로 별의 위치를 측정하여 기록하고 실제 비행 중 별의 위치를 측정하여 항공기의 위치를 계산하는 방법이다. 별 하나의 위치를 측정하면 하나의 위치선(Line of Position)을 확보할 수 있으며 낮에는 유일하게 태양만을 측정할 수 있기 때문에 얻을 수 있는 위치선이 하나이지만 밤에는 수많은 별의 위치를 측정할 수 있기에 원하는 만큼 위치선을 확보할 수 있고 더 정확하게 위치를 계산할 수 있다.

하늘에는 무수하게 많은 별들이 떠있지만 천측항법에서는 태양, 달, 금성, 화성, 목성, 토성과 57개의 별을 사용하여 위치 측정을 하고 있다. 주로 선박에서 많이 사용되었던 고전적인 방법이며 휴대 가능한 육분의(Sextant)와 같은 장비를 사용하여 별의 위치를 측정하였으나 무선항법 및 위성항법의 발달로 더 이상 유용하지 않은 항법이다.

4.2.3 추측항법(Dead Reckoning)

4.2.3.1 기본개념(Basic concept)

추측항법은 해상, 사막, 구름 위, 야간 등 현저한 지상 참조물이 없는 지역에서 미리 알고 있는 현재의 위치에서 목적지까지의 방향 및 거리를 측정하고 바람의 영향을 고려한 항공기의 성능(Heading, 대지속도 등)을 기준으로 항로유지를 위한 바람수정각과 도착예정시간을 산정하여 찾아가는 항법이다. 바람수정각을 고려한 예상침로를 유지함으로써 원하는 항로를 유지하고 정풍이나 배풍을 고려한 대지속도를 계산함으로써 참조지점이나 목적지 도착시간을 예측할 수 있다. 시계비행 기상상태에서 지형지물을 참조할 수 있는 비행이라면 구간별로 참조지점을 마련하여 지문항법을 병행하면 더욱 정확한 항법을 수행할 수 있다. 극히 드물지만 만약 바람이 전혀 없다면 예상침로와 속도를 유지하여 비행하면 정확한 도착예정시간에 참조지점상공을 통과하겠지만 일반적으로는 측풍의 영향으로 좌우로 밀리거나, 정풍이나 배풍의 영향으로 예상도착시간이 맞지 않는 경우가 많다. 참조지점 상공에서 좌우로 밀려났다면 그 거리를 계산하여 바람수정각을 다시 계산하여 다음 구간의 침로를 수정할 수 있고 항행 중 원하



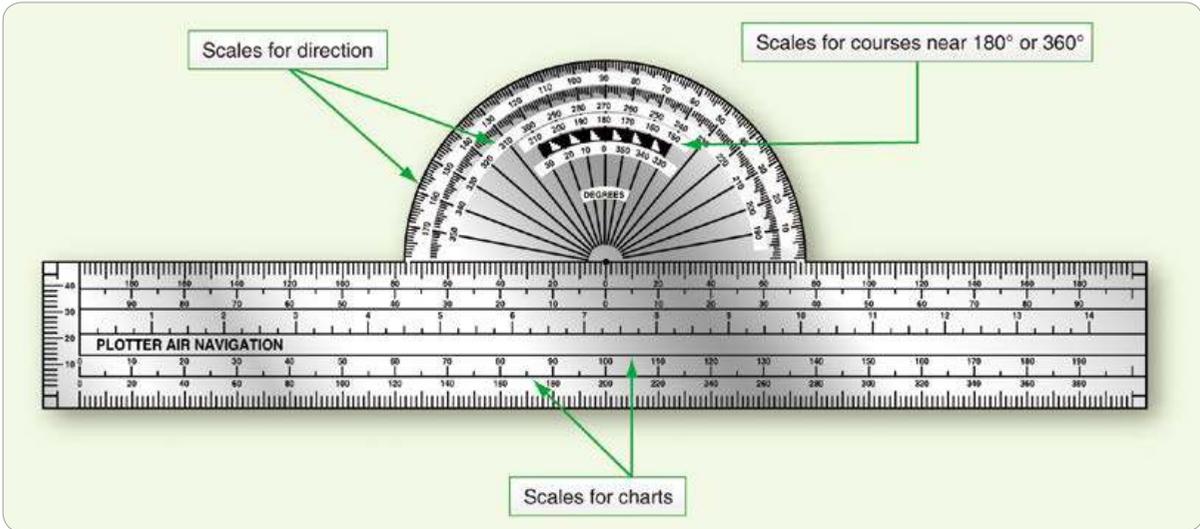
[그림 4-3] 추측항법 시 지도와 실제 지형지물의 참조 예시

는 항로를 따라가기 위한 기수방향을 참조하여 실제 바람을 측정하고 다음 구간에 활용할 수도 있다. 또 도착예정시간과 실제도착시간을 비교함으로써 예보와 다른 실제 바람에 의한 대지속도를 계산할 수 있고 이를 적용하여 다음 구간의 속도를 수정 적용하여 정확한 항법을 수행할 수 있고 이러한 구간별 점검 및 수정이 지속적으로 이루어져야 한다. 따라서 점검구간이 너무 길면 발생 가능한 오차가 커서 점검지점을 찾지 못하고 길을 잃을 수도 있다.

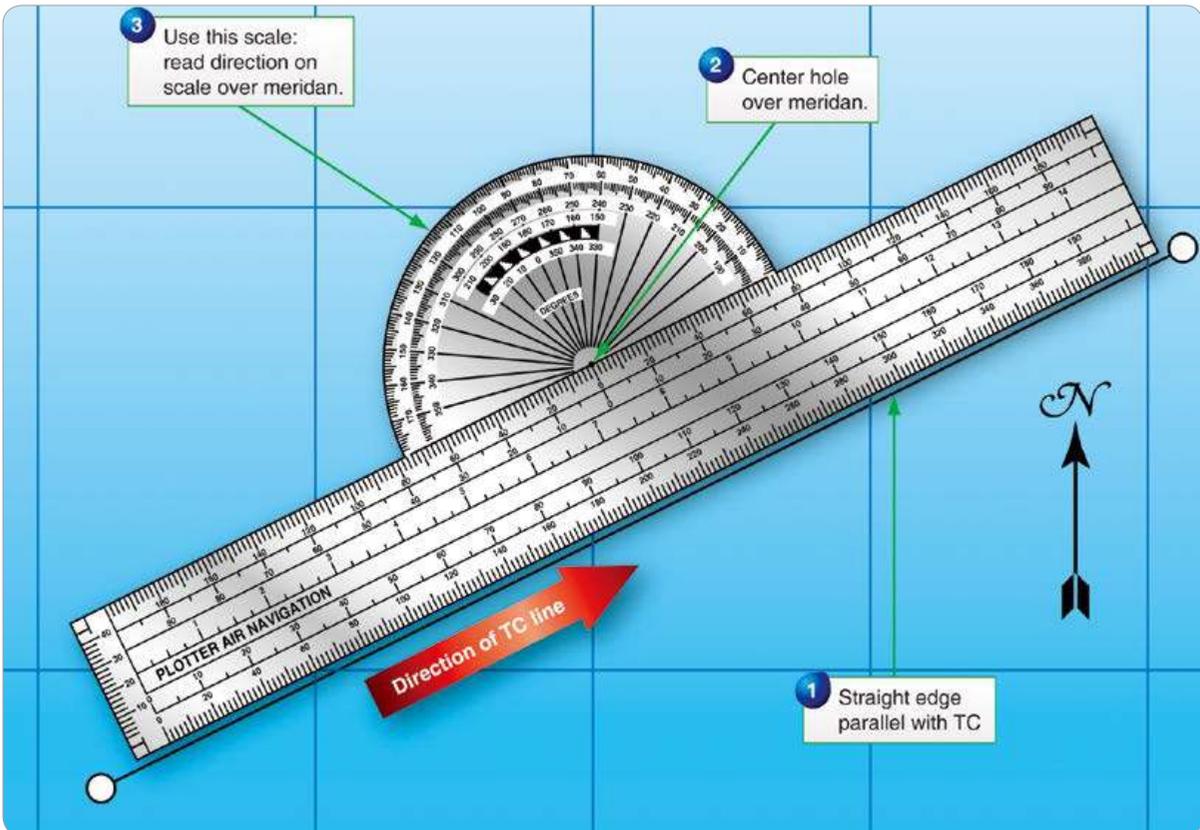
구간별 점검지점에서의 도착시간을 정확히 측정해야 정확한 대지속도를 계산하고 다음 구간을 수정 운영할 수 있기에 점검지점을 정확하게 통과하고 시

간을 측정하는 것이 중요하다. 그러나 항공기의 사각지대로 인하여 점검지점에 가까워지면 그 지점을 볼 수 없기 때문에 점검지점 상공에서 정확한 시간 측정을 위해서는 점검지점 주위의 저명한 지점을 미리 확인해야 한다. [그림 4-3]에서와 같이 섬을 이어주는 다리가 참조지점일 경우 그 상공을 통과할 때는 다리를 확인할 수 없다. 따라서 다리 좌측의 굽은 모양의 강이나 우측의 도로를 참조하여 정확한 도착시간을 측정하여야 한다.

참조지점을 정하는 데 있어 계절적인 요인은 반드시 고려되어야 한다. 작은 호수나 개천은 가뭄으로 물이 말라 식별하기 어려울 수도 있고 겨울철에 눈



[그림 4-4] 플로터(Plotter)



[그림 4-5] 진항로 측정하기

이 왔다면 모든 것이 눈으로 덮여 식별 가능한 참조 점이 드물 것이다. 따라서 겨울철에는 특별히 유의하여 큰 도시나 산, 강과 같은 저명한 참조지점을 정하여야 한다.

4.2.3.2 적용방법(Application)

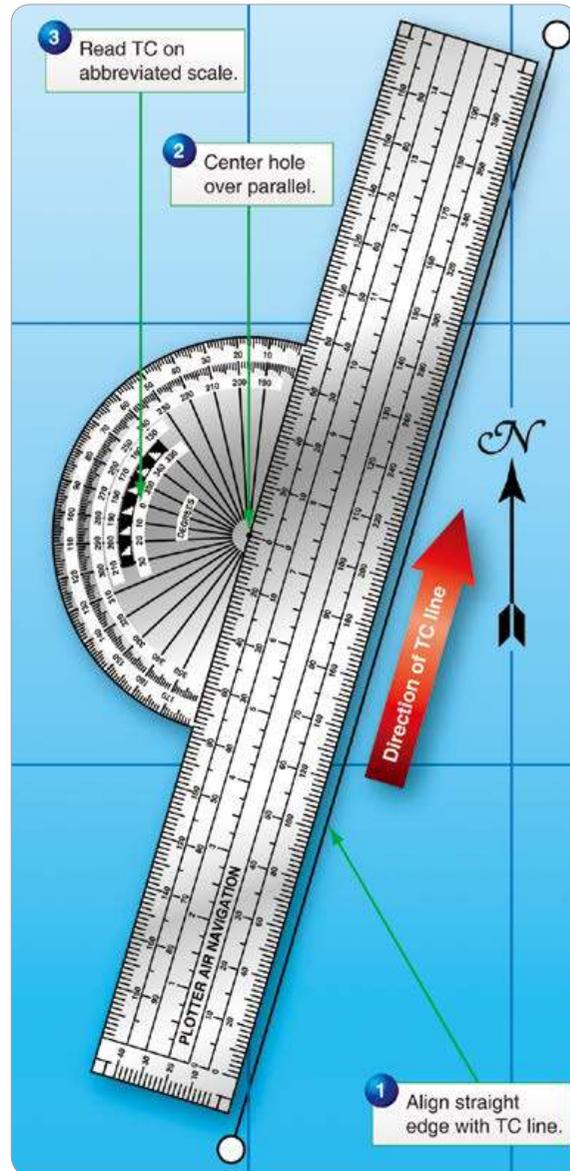
추측항법은 항공기의 진대기속도(True Airspeed), 항로(Course), 바람(풍향/풍속)의 조건 하에서 목적지 비행장으로서의 항공기 기수방향(Heading)과 대지속도(Ground Speed)를 산출하여, 최종적으로 시간경과에 따른 항공기 위치를 예측하고 목적지까지 항로유지와 도착예정시간을 산정하여 비행하는 항법이다. 시계비행으로 항법을 수행할 경우 대개 지문항법과 추측항법을 함께 사용하여 된다. 비행계획 및 작도 단계에서는 기상예보를 활용하여 예상되는 항로와 고도에서의 바람의 정보를 획득한다. 항공기 성능과 예상 바람을 고려하여 기수방향, 대지속도, 구간별 도착예정시간 등을 산출한다. 실제 비행에서는 기 산출된 기수방향과 대지속도를 이용하여 항행을 시작하고 실제 항로를 따라가면 구간별 도착시간을 비교하면 실제로 부는 바람을 측정할 수 있고 그 자료를 근거로 다음 구간의 항행을 수정 운영한다.

지상에서의 계획 및 작도를 위하여 항고도 외에 다음과 같은 도구가 필요하다.

가. 항법준비 도구

1) Plotter

일반적으로 플로터(Plotter)는 [그림 4-4]에서 보는 것과 같이 일반적인 자 형태에 각도기가 붙어



[그림 4-6] 수직에 가까운 진항로 측정하기

있는 모양으로 되어 있으며 각도기 중심에 작은 구멍이 있다. 자형태의 눈금은 지도의 축척에 따라 다양한 눈금이 있어 쉽게 거리를 측정할 수 있다.

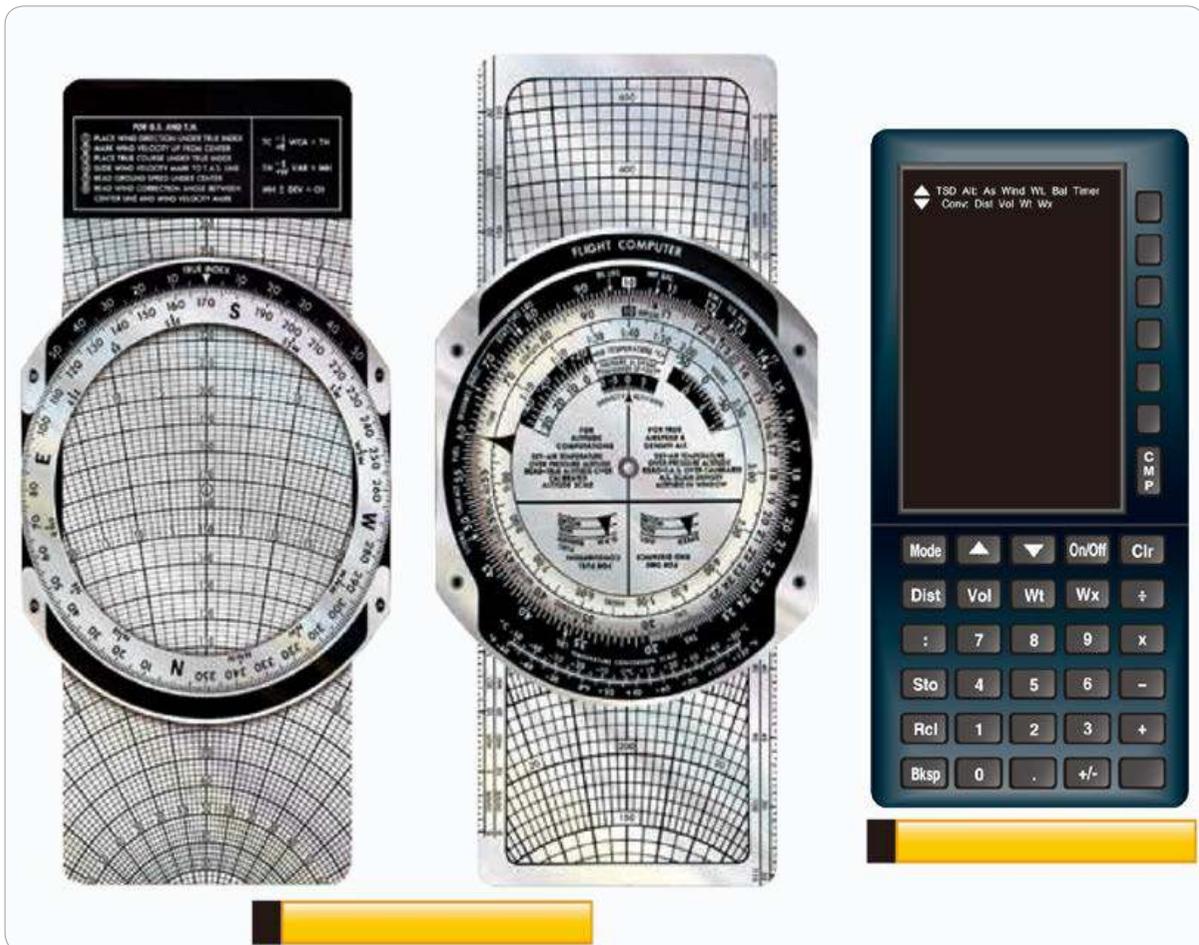
각도기에는 외측으로 0~180°과 180~360°의 두 쌍의 눈금이 있어 동쪽 방향의 진항로나 서쪽 방향

의 진항로를 측정하기 용이하게 되어 있으며 그 안 쪽으로는 수직에 가까운 진항로를 측정할 때 용이하도록 별도의 눈금이 새겨져 있다.

[그림 4-5]에서 두 지점 간의 진항로를 측정하려 할 때 동쪽으로 비행할 경우에는 진항로가 63°이며 반대로 서쪽으로 비행할 경우에는 진항로가 243°가 되는 것이며 [그림 4-6]에서처럼 항로가 수직에 가까운 경우에는 가장안쪽의 눈금을 읽으면 쉽게 진항로(016°)를 찾을 수 있다.

2) DR 컴퓨터

항법의 종류나 방법과 상관없이 조종사는 비행 중 시간, 속도, 거리, 연료 등에 관하여 산술적 계산이 필요하게 된다. 예를 들면 지금 대시속도가 120knots이고 목적지까지의 거리가 300마일이라면 목적지 예상도착시간과 도착예상시간에 남은 연료가 궁금할 것이다. 또한, 비행 중 바람이 항행에 미치는 영향을 고려할 때 바람 또한 반드시 계산해야 한다. 이러한 산술적 계산을 비교적 손쉽



[그림 4-7] DR 컴퓨터 슬라이드 계산반(Dead Reckoning Computer Slide Rule Face), 바람 계산반(Dead Reckoning Computer Wind Face)과 전자식 컴퓨터(Electronic Flight Computer)

고 정확하며 빠르게 수행하기 위하여 다양한 형태의 컴퓨터를 사용한다. [그림 4-7]에서 보는 것과 같이 간단한 산술적 계산을 위한 원형부분이 있고 바람을 계산할 수 있도록 특별히 디자인된 부분이 있으며 최근에는 전자식 컴퓨터도 사용 가능하다.

진향로(True Course, TC), 기수방향(Heading), 점검지점 간 거리(Distance), 대지속도(Ground Speed), 점검지점 간 예상 소요시간/실제 소요시간 등을 계산 및 측정하여 기록하고 수정하는 양식이다.

3) 항법계획서(navigation Log)

[표 4-2]는 추측항법에 주로 사용되는 항법계획서이며 점검지점(Check Point), 바람(풍향/풍속),

나. 항로 작도법

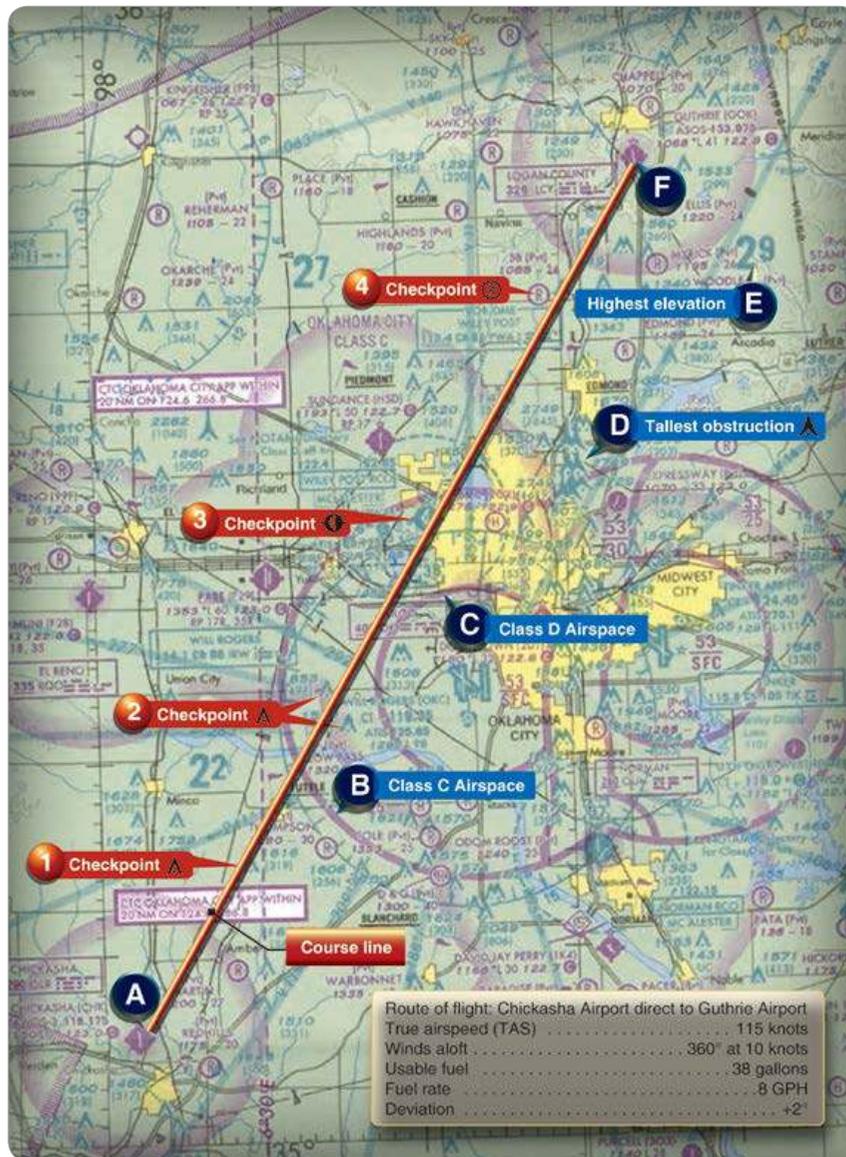
기상을 포함한 비행준비 자료를 검토하여 비행 계획이 완성되면 항로를 작도하고 필요한 자료를

[표 4-2] 항법계획서

| NAVIGATION LOG | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----|------|----------|------|---------------|--------------|-----|-----|--------------------------|------|----------|-----|------------|
| CHECK POINT | ALT | TEMP | NAV AID | WIND | HEADING | | | | SPEED/DISTANCE/TIME FUEL | | | | |
| | | | VOR | DIR | TC | TH | MH | CH | GS | DIST | TIME OFF | | FUEL (gal) |
| | | | MC (OBS) | SPD | WC A (-L, +R) | VAR (-E, +W) | DEV | | EST. | | LEG | ETE | |
| TAS | | | | | | ACT. | REM | ATE | ATA | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

측정하여야 한다. 일반적으로 항로 작도, 편류수정 및 항법계획서 작성 순으로 진행하며 항로 작도부터 설명하고자 한다. [그림 4-8]에서 보는 것과 같이 Chickasha 공항에서 Guthrie 공항으로 직선으로 비행하는 것을 예로 들었으며 아래와 같은 자료를 사용하려한다.

진대기속도(TAS) 115knots
 상층풍 360° at 10knots
 사용 가능 연료 38gallons
 연료소모율 8GPH
 편차 +2°



[그림 4-8] 항로 작도 예시

다음은 항로 작도에 관한 일반적인 절차이며 작도하는 중에 필요한 자료는 다음에 설명할 항법 계획서에 바로 기입하며 진행하는 것을 추천한다. 계산이 필요할 경우에 DR컴퓨터나 전자식컴퓨터를 사용하는 것이 추천되면 일반 계산기를 사용하거나 직접계산도 가능하다.

Step 1 출발지점과 목적지점 선정하기

출발지인 Chickasha 공항과 목적지인 Guthrie 공항을 지도에서 찾아 표시하고 두 지점을 연결하는 선을 긋는다. 시작과 끝 지점은 가능하면 공항 중심으로 하고 특별한 제한사항이 없다면 출발지에서 목적지까지 하나의 직선으로 연결될 것이다. 비행금지구역과 같은 공역상의 제한사항, 순항고도에 영향을 미치는 높은 지형지물, 항로상의 기상현상 등과 같은 다양한 사항을 고려하여 하나의 직선항로가 아닌 여러 개의 직선 구간으로 이루어진 항로를 계획할 수도 있다. 또한, 항로 좌우에 저명한 항행시설이 있다면 이를 무선행법의 용도로 사용하기 위하여 일부러 항행시설 상공을 통과하도록 항로를 계획할 수도 있다.

Step 2 점검지점 선정하기

항로상에서 도시, 호수, 강, 비행장 등과 같은 저명한 지점을 점검지점으로 선정한다. 때로는 여러 가지 지점을 혼합하여 사용하면 보다 효율적이다. 비행장이 동쪽에 있는 도시, 고속도로가 만나는 도시, U자형 강의 안쪽에 위치한 마을 등이 좋은 예이다.

[그림 4-8]에서는 4개의 참조지점을 선정하였다. 1번 참조지점은 항로 우측에 위치한 송신탑형태의 건축물을 참조지점으로 선정하였고 주변에 항로와 평행

하게 있는 고속도로와 철로를 참조하면 더욱 쉽게 찾을 수 있다. 2번 참조지점은 항로 좌우에 있는 송신탑 형태의 건축물을 선정하였으며 우측의 Will Rogers World 공항을 참조하여 더욱 쉽게 찾을 수 있다. 3번 참조지점은 Wiley Post 비행장이며 비행장 상공을 통과하면 된다. 4번 참조지점은 좌측의 개인비행장과 우측의 철로와 고속도로로 확인할 수 있다.

Step 3 항로 주변의 제한사항 확인하기

항로상이나 그 주변지역의 공역이 어떤 공역인지 알아야 하고 각각의 공역에 대해 특별한 운영상의 제한사항이 있는지 반드시 확인하여야 한다. [그림 4-8]에서는 B지점 부근에서 2,500feet mean sea level(MSL)과 5,300feet 사이로 비행할 경우 Will Rogers World 공항 주변에 형성된 C 등급 공역을 통과할 것이고 3,800feet이하로 C지점 부근을 비행할 경우에는 Wiley Post 비행장 주변의 D등급 공역도 주의하여야 한다.

항로를 작도하는 과정에서 항로 주변의 지형지물과 장애물에 관해서도 연구가 이루어져야 한다. 높은 장애물이나 지형지물을 철저히 파악해야 하고 구간별 가장 높은 장애물을 파악하여 순항고도 선정에 주의를 기울여야 한다. 참고로 텔레비전 송신탑의 경우 주변지형보다 1,500feet 이상 치솟은 경우도 있으며 기복이 심한 지형도 피하는 것이 좋다. 이번 비행의 경우는 일련의 안테나가 모여 있는 D지점이 높이 2,749feet의 최고 높은 장애물이며 가장 높은 지형은 E구역으로 2,900feet 이다.

항로 주변의 제한사항과 기상예보를 바탕으로 순항고도를 선정해야 하며 기상상황이 급변하여 나빠지거나 항공기의 고장 등을 대비하여 항로 주변의

대체공항을 선정하는 것이 중요하다. 대체공항의 기본정보 및 항공기 이착륙성능에 적합한지 여부도 확인하여야 한다.

Step 4 구간별 거리 및 진항로 측정하기

항법계획서를 작성하고 비행계획을 완성하기 위하여 출발지에서 목적지 사이의 총거리를 알아야 하고 각 구간별 거리 및 진항로를 측정하여 기록하여야 한다. 이번 비행의 경우 총거리는 53NM이며 진항로는 031°이고 각 구간별 거리 및 진항로를 항법계획서에 자세히 기록한다.

다. DR 컴퓨터 사용법 및 편류수정법

1) DR 컴퓨터 사용법

DR 컴퓨터의 한쪽 면은 슬라이드 계산반으로서 산술적 계산을 하는 데 편리하도록 만들어졌고 반대편은 바람계산을 편리하게 하도록 고안된 바람 계산반이다.

• 슬라이드 계산반 사용법

슬라이드 계산반은 [그림 4-9]에서처럼 두 개의 판으로 이루어져 있으며 위쪽의 둥근판이 가운데를 중심으로 회전하도록 디자인되었고 안쪽과 바깥쪽의 눈금이 동일하게 매겨져 있다. 일반적으로 바깥쪽 눈금은 거리를 나타내고 안쪽 눈금은 시간을 나타내기 때문에 바깥쪽 눈금을 거리눈금, 안쪽 눈금을 분(minute) 또는 시간 눈금이라고도 부른다. 각 판의 눈금마다 해당하는 숫자가 있으며 소수점은 사용자가 임의로 사용할 수 있다. 예를 들어 12는 120, 1200을 나타낼 수도 있고 1.2, 0.12를 나타낼 수도 있다. 속도는 60분에 움직이

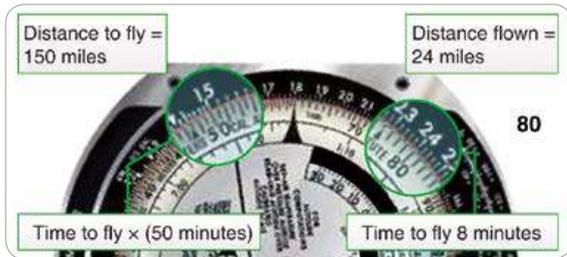


[그림 4-9] DR 컴퓨터 슬라이드 계산반

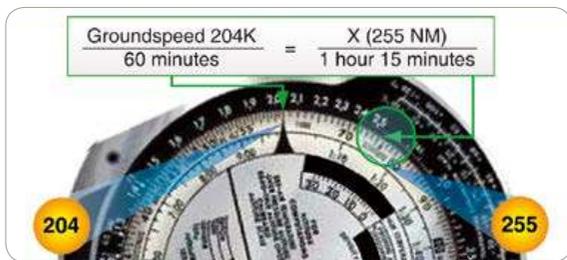
는 거리(mile)를 나타내고 연료소모량은 60분에 사용하는 연료량(gallons or pounds)을 나타내기 때문에 검은색의 큰 화살표와 함께 60이라고 쓰여 있는 속도지표(speed index)가 있다. 눈금은 10에서 100까지 매겨져 있으며 숫자가 커질수록 눈금 간격은 줄어든다. 모든 눈금에 숫자가 매겨져 있지 않기 때문에 정확한 수치를 읽는 것이 매우 중요하다. 숫자가 있는 눈금을 읽는 것은 쉬우나 그 사이의 수치를 읽는 것은 쉽지 않다. 예를 들어 25에서 30 사이에는 4개의 긴 눈금이 있어 각각 26, 27, 28, 29를 나타내지만 25와 26 사이에는 4개의 작은 눈금이 있어 각각 0.2씩 나누어져 있다.

① 속도와 거리를 가지고 시간 계산하기

항공기가 24마일의 거리를 진행하는 데 8분이 지났다. 150마일을 가려면 얼마의 시간이 필요한가?



[그림 4-10] 시간 계산하기



[그림 4-11] 거리 계산하기



[그림 4-12] 거리 계산하기



[그림 4-13] 거리단위 변환하기

이문제의 수식은 다음과 같고 컴퓨터 슬라이드 계산판을 이용하면 [그림 4-10]과 같이 15 밀의 숫자인 50을 보고 쉽게 알 수 있다. 또한, 대지속도

를 구하고 싶다면 속도지표(60)

위의 숫자 18을 보고 180knots임을 알 수 있다.

$$\text{수식: } \frac{24}{8} = \frac{150}{X} \quad X=50$$

② 속도와 시간을 가지고 거리 계산하기

이번에는 대지속도 204knots로 비행하는 항공기가 1시간 15분 동안 비행하면 얼마의 거리를 비행할 수 있는가?

[그림 4-11]에서처럼 속도지표를 204에 맞추고 시간눈금의 75에 대응하는 거리눈금을 읽으면 255NM이다.

1시간은 3,600초이기 때문에 시간눈금 36에 보면 초지표(seconds index)라는 부수적인 표시가 있다. 초지수를 거리에 대응하면 초로 환산한 시간 동안 비행하는 거리를 계산할 수 있다. 예를 들어 36을 대지속도 144knots에 맞추면 50초 동안 2NM을 간다는 것을 알 수 있고 150초(2분 30초) 동안 6NM을 또는 100초 동안 4NM을 비행할 수 있음을 알 수 있다[그림 4-12].

③ 거리단위 변환

항공에 사용되는 거리단위는 해상마일(NM), 육상마일(SM), 킬로미터(km) 등 다양하며 단위를 변환하여 사용하여야 하는 경우가 자주 발생한다. 이러한 단위변환을 쉽게 하기 위하여 부수적인 지표들이 새겨져 있다. 마일눈금 76에는 SM표지(SM index)가 있고 66에는 NM표지(NM index)가 있으며 122에는 km표지(km index)가 있다.

[그림 4-13]에서처럼 136SM을 NM로 변환하려면 시간눈금 136을 SM표지에 맞추고 NM표지 밀

의 숫자를 읽으면 118NM이 된다. NM을 SM로, 또는 km로 변환할 때도 동일한 방법을 적용하면 된다.

④ 곱하기 또는 나누기

두 가지의 숫자를 곱하기 위해서는, 예를 들어 12×2 를 계산하려면 시간눈금의 10을 두 숫자 중의 하나(12)에 맞추고 시간눈금 20 위의 거리눈금을 읽으면 24가 된다.

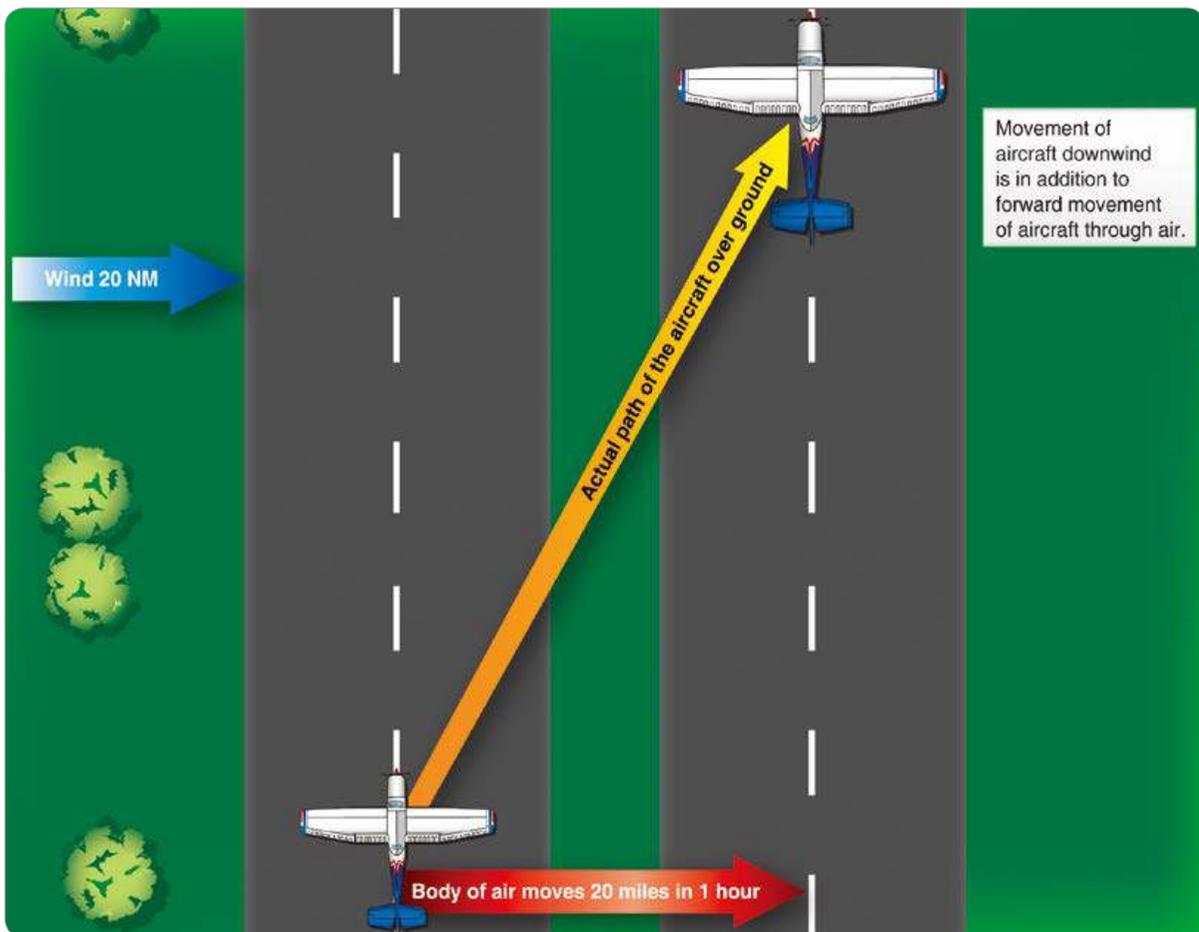
반대로 숫자를 나누려면, 예를 들어 $24/8$ 을 구하

려면 거리눈금 24에 시간눈금 8을 맞추고 시간눈금 10에 상응하는 거리눈금을 읽으면 3이 나온다.

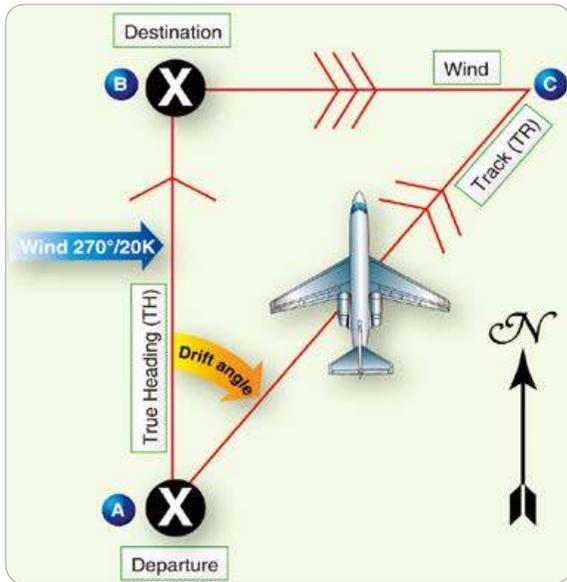
• 편류수정법

① 편류의 이해

자동차가 고속도로를 달리는 경우 좌우로 어느 정도의 바람이 불어도 자동차가 진행하는 경로를 바꾸지 못한다. 자동차의 바퀴가 지면과 닿아있어 마찰에 의해 그 힘이 상쇄되기 때문이다. 하지만 항공기는 원하는 방향으로 기수방향을 유지해도



[그림 4-14] 항공기 항적에 영향을 미치는 두 가지 요소



[그림 4-15] 항공기 편류

바람의 영향으로 대부분의 경우 원하는 경로를 유지하기 힘들다.

공기 중에 떠 있는 풍선은 바람의 속도에 따라 밀려갈 것이며 항공기 또한 풍선과 다르지 않다. 다르다면 항공기는 자체추력에 의한 속도를 가지고 있어서 항공기속도와 바람의 속도의 합에 의해 최종적인 항적(Track)이 결정된다는 점이다. 항공기의 항적은 [그림 4-14]에서처럼 다음 두 가지 요소에 의하여 결정된다.

1. 공기 중 항공기의 움직임
2. 기단(Air mass), 즉 바람의 움직임

항공기의 움직임은 추력에 의해 좌우되고 기단과 항공기움직임의 관계를 진대기속도로 표현하고 바람의 방향과 속도를 바람벡터(Wind vector)로 표현한다.

공기 중을 나는 항공기의 특성상 항공기가 바람에 밀려 계획된 경로와 다르게 진행되는 경우가 종종 발생한다. 지도상의 계획된 경로를 진복을 기준으로 측정하면 진항로가 된다. 진항로와 항적은 같은 의미로 쓰일 경우가 많으며 진항로는 계획된 항공기의 지표상의 경로이며 항적은 실제로 이동한 항공기의 지표상의 경로이다. 진항로는 미래형이며 항적은 과거형으로 이해하면 되겠다.

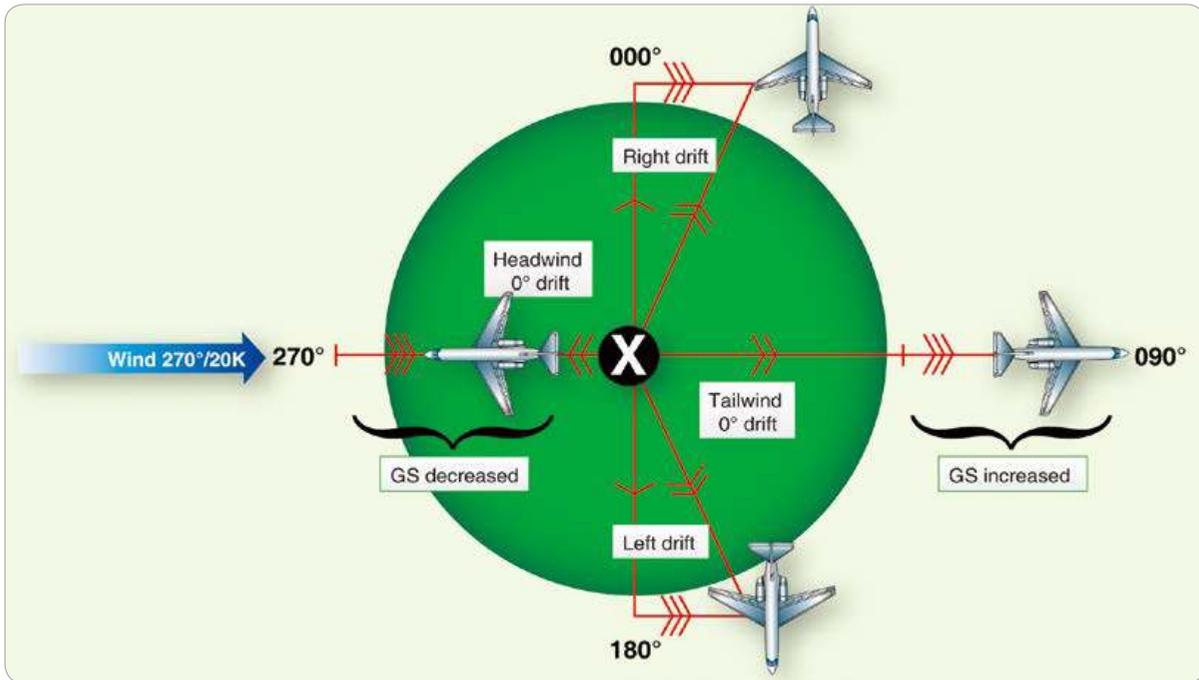
항공기가 바람에 의해 좌우로 밀리는 것을 편류(Drift)라고 한다. 편류는 진기수방향과 항적 사이의 각도이며 [그림 4-15]에서 보듯 우측으로 편류된 경우를 우측편류라 한다.

[그림 4-16]을 보면 270° 방향에서 부는 20knots의 바람이 X지점에서 동서남북으로 진행하려는 각각의 항공기의 대지속도 및 항적에 미치는 영향을 알 수 있다.

북쪽으로 향한 항공기는 우측으로 편류되었고 반대로 남쪽으로 향한 항공기는 좌측으로 편류되었다. 동쪽이나 서쪽으로 향한 항공기는 편류가 없는 반면 대지속도가 변하였다. 동쪽으로 향한 항공기는 배풍의 영향으로 대지속도가 증가하였던 시간 후 예상보다 더 먼 거리를 날아갔으며 서쪽으로 향한 항공기는 정풍의 영향으로 대지속도가 감소하여 한 시간 후 예상보다 짧은 거리를 날아간 결과를 볼 수 있다.

② 편류의 수정

[그림 4-17]에서 조종사가 A지점에서 B지점으로 가려고 할 때 진항로인 000°와 같은 진기수방향 000°을 유지하면 바람(270°/20knots)에 밀려 원하는 B지점으로 가지 않고 풍하(Downwind)쪽

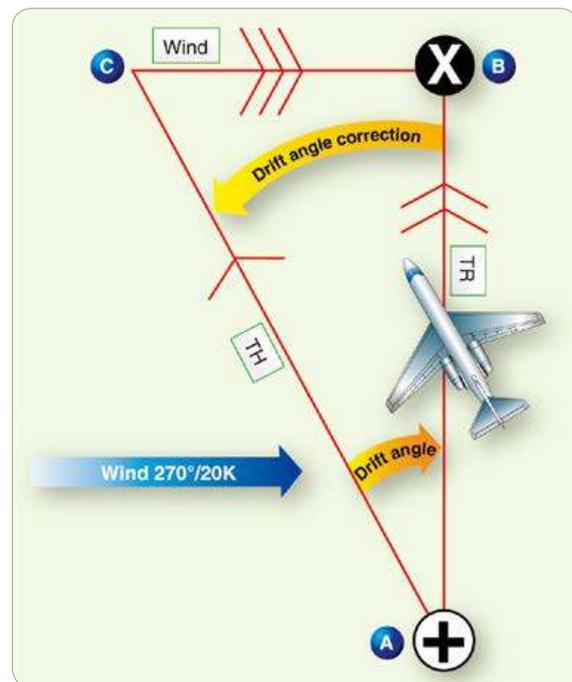


[그림 4-16] 항공기의 항적 및 대지속도에 미치는 바람의 영향

으로 밀려 어는 한 지점으로 이동할 것이다. 이러한 편류를 막고 원하는 항적을 유지하기 위하여 풍상(Upwind)쪽으로 기수방향을 틀어 비행하여야 한다. 편류수정을 위해 유지해야 하는 각도(각도 BAC)를 편류수정각이라 하고 간단히 편류수정이라고도 한다. 편류수정은 진항로를 유지하기 위한 적절한 진기수방향을 찾는 것이다.

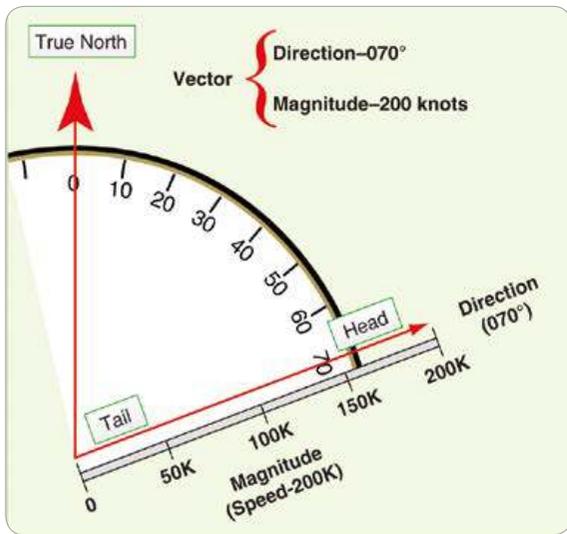
③ 벡터(Vectors)와 벡터 도형(Vector Diagrams)

항법을 하는데 속도와 방향에 관한 다양한 계산을 해야 할 경우가 있으며 벡터를 사용하여 문제를 해결하는 것이 유용한 방법 중의 하나이다. 예를 들어 진기수방향과 진대기속도, 바람벡터를 알고 있는데 항적과 대지속도를 모른다면 벡터도형을 이용하여 쉽게 해결할 수 있다.



[그림 4-17] 항공기의 편류수정

[그림 4-18]에서처럼 벡터는 종이 위에 직선으로 표현할 수 있으며 벡터의 방향은 진북을 기준으로 시계방향으로 측정하여 사용할 수 있다. 속도는 직선의 길이로 표현이 가능하며 화살표로 진행방향을 표시하여 사용할 수 있다. [그림 4-18]에서와 같이 이렇게 벡터를 표현하는 직선이 벡터



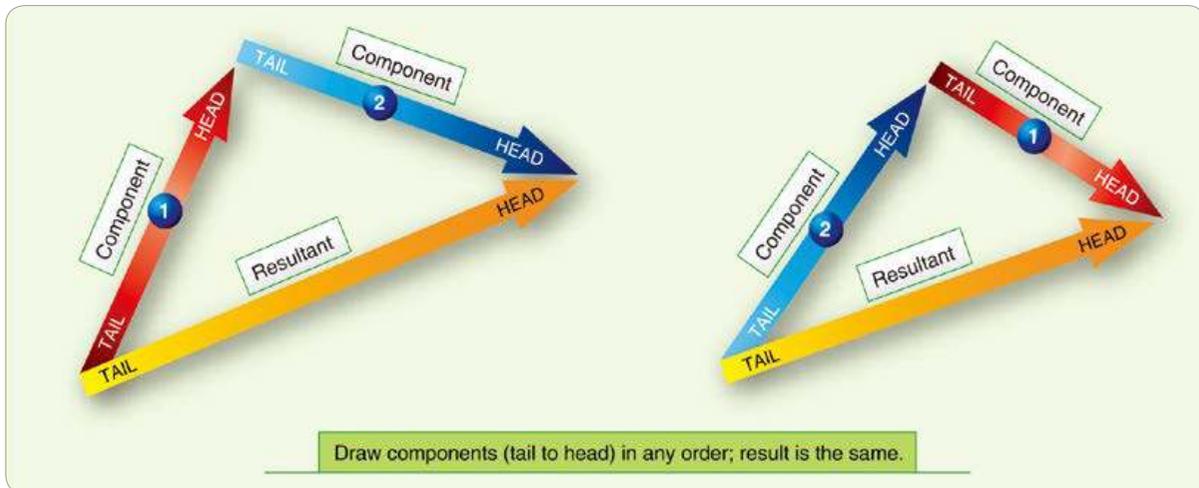
[그림 4-18] 벡터의 방향과 길이

도형이며 간단하게 벡터라고 하기도 한다. 두 개 이상의 벡터를 같이 사용하여 그릴 수 있으며 먼저 그린 벡터의 머리에 다음에 그릴 벡터의 꼬리를 연결하여 사용하며 각각의 벡터를 성분벡터(component vectors), 최종적으로 만들어지는 벡터를 합성벡터(Resultant vector)라고 한다.

④ 벡터 도형(Vector Diagrams)과 바람삼각형(Wind Triangles)

항공기 경로에 대한 바람의 영향을 쉽게 이해하기 위해 벡터를 사용하여 설명하는 것을 바람삼각형이라 한다. 항공기의 방향과 속도(TH and TAS)를 표현하는 벡터를 에어벡터(Air vector)라고 하고 바람의 방향과 속도를 나타내는 것을 바람벡터(Wind vector)라 한다. 에어벡터와 바람벡터를 성분벡터로 연결하여 얻어지는 합성벡터를 대지벡터(Ground vector)라 하며 지표상의 항적과 대지속도를 얻을 수 있다.

세 가지의 벡터를 구분하기 위해 [그림 4-20]



[그림 4-19] 성분벡터와 합성벡터

에서처럼 에어벡터는 한 개의 화살표, 대지벡터는 두 개의 화살표, 바람벡터는 세 개의 화살표로 표시한다. 항공기가 A지점을 출발하여 무풍상태에서 진기수방향 360°, 진대기속도 150knots를 유지하였다면 한 시간 후 항공기는 A지점에서 북쪽으로 150NM 떨어진 B지점에 도착하였을 것이다. 그러나 바람이 270°에서 30knots로 불면 항공기는 한 시간 후에 B지점에서 풍하 쪽으로 30NM 떨어진 C지점에 도착할 것이다. 직선 AB는 에어벡터이고 직선 BC는 바람벡터, 그리고 직선 AC는 대지벡터이다. 대지벡터의 길이 및 방향을 측정하면 대지속도와 항적이 각각 153knots와 011°임을 알 수 있다. 따라서 바람삼각형의 세 가지 벡터 중 두 가지를 알면 나머지 하나를 측정하여 알 수 있다. 세 가지 벡터는 세 가지 속도와 세 가지 방향을 의미

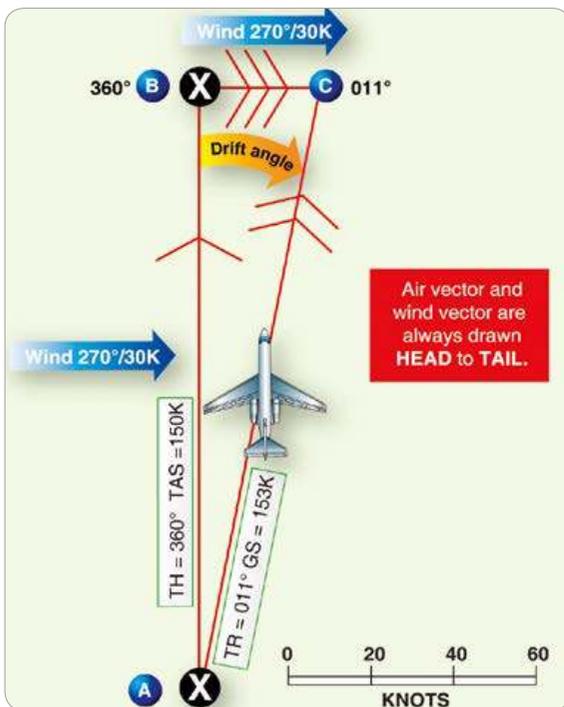
하고 여섯 가지 요소 중 네 가지를 알면 나머지 두 가지 요소를 알아낼 수 있으며 추측항법의 중요한 부분 중 하나이다. 이러한 바람삼각형을 DR 컴퓨터의 바람 계산반에 옮겨 계산하면 편리하게 원하는 자료를 얻을 수 있다.

⑤ 바람삼각형(Wind Triangles)과 바람 계산반 사용법

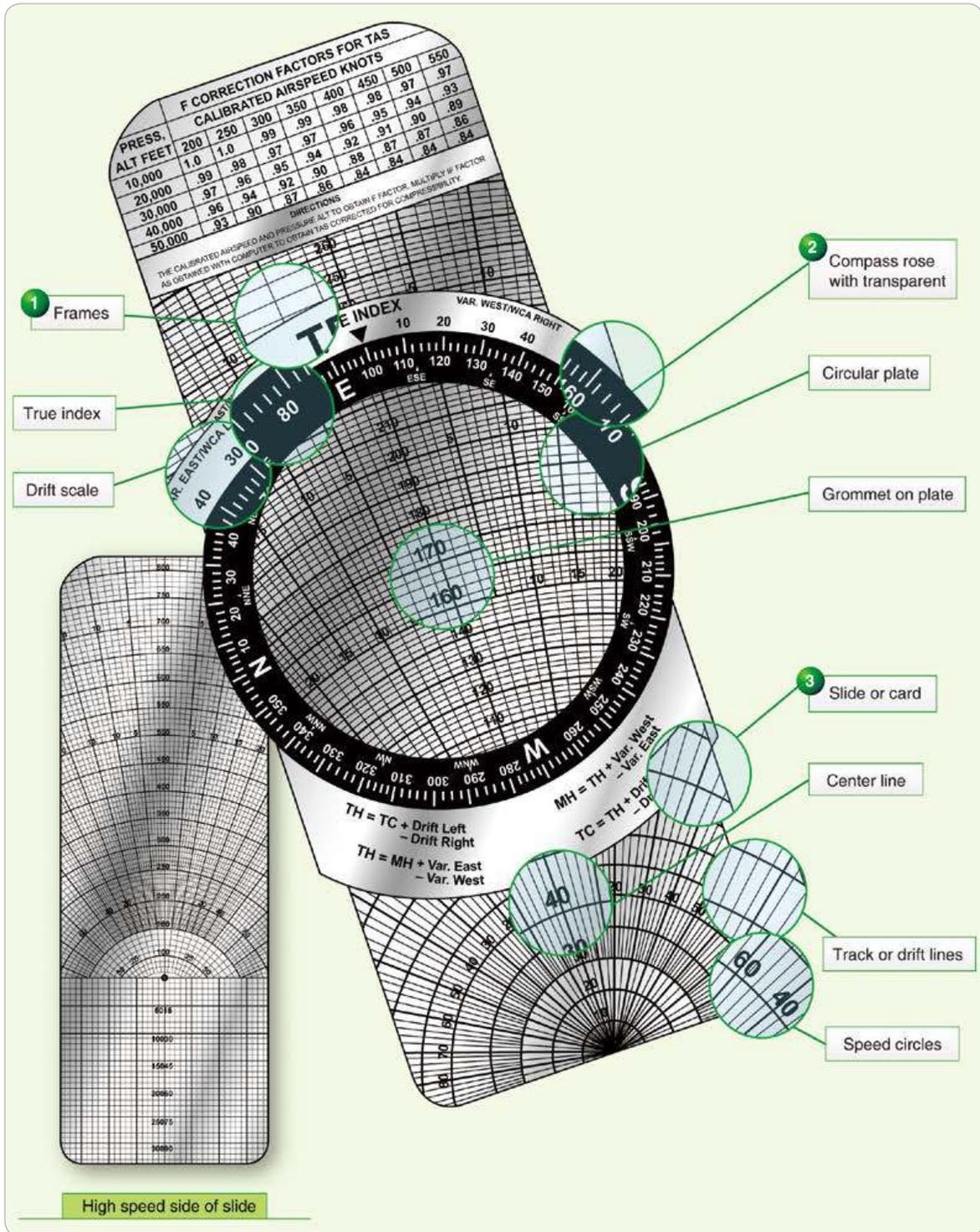
[그림 4-21]에서처럼 DR 컴퓨터의 바람 계산반은 기준틀(1)과 회전 가능한 투명평면(2), 그리고 투명평면 아래에서 위아래로 움직일 수 있는 슬라이드평면(3)으로 이루어져 있으며 기준틀(1)에는 기준지표(True index)를 중심으로 하여 좌우로 45°씩 편류를 구하는 눈금이 새겨져 있다.

투명평면(2)은 360°를 1°간격으로 표시한 방위표시판(Compass Rose)이며 기준지표에 대응하여 방위를 읽을 수 있다. 투명한 부분을 통해서 슬라이드평면(3)을 볼 수 있으며 연필로 적절한 표시도 할 수 있다. 슬라이드평면(3)에는 속도를 눈금으로 표시한 속도서클(Speed circle)이 있으며 동심원을 이루고 있다.

[그림 4-22]에서 보는 것과 같이 진기수방향을 이미 알고 있는 상태에서 다른 두 가지 요소를 구하려고 할 때는 투명평면의 중심선을 에어벡터로 가정한다. 중심의 구멍을 속도에 맞추고 중심구멍으로부터 바람벡터를 표시한다. 중심구멍에서부터 바람벡터를 표시하기 위하여 바람 부는 방향을 기준표지에 맞추고 아래로 바람의 속도 크기를 표시한다. 바람벡터의 화살표가 만나는 속도서클의 중심에서 퍼져나가는 선은 항적을 의미하고 각도는 바람에 의한 편류각이며 길이는 대지속도를 의



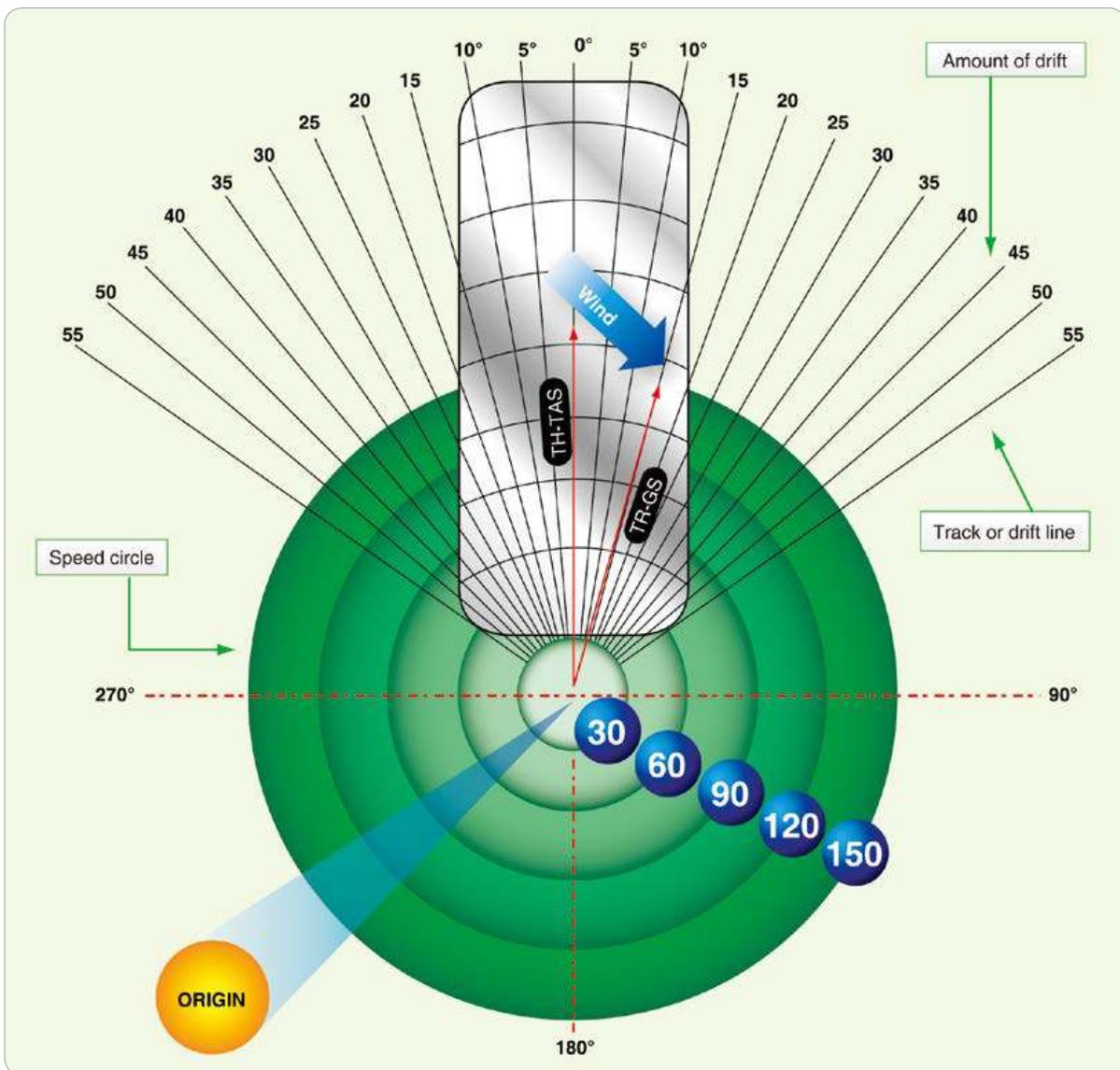
[그림 4-20] 바람삼각형(Wind Triangles)



[그림 4-21] DR 컴퓨터 바람 계산반

미한다. 중요한 것은 에어벡터의 화살표 부분에서 바람벡터의 꼬리부분이 만나야 하고 바람벡터의 화살표가 만나는 부분이 대지벡터의 화살표가 된다는 것이다. 따라서 위의 예와 같이 에어벡터가 중심에 있을 때는 바람벡터를 중심구멍의 아래쪽으로 표시하여야 한다.

반대로 지상에서 항법계획서를 작성할 때처럼 진항로와 바람벡터를 미리 알고 진기수방향을 구해야 하는 경우 대지벡터를 중심선에 맞춘다. 바람벡터의 화살표부분이 중심구멍에 위치하여야 하므로 바람을 표시할 때 중심구멍의 위쪽에 표시하고 표시된 부분을 바람벡터의 꼬리로 간주한다.



[그림 4-22] 속도서클과 바람삼각형

당연히 바람벡터의 꼬리와 만나는 속도서클이 에어벡터가 된다.

바람삼각형을 구성하는 세 가지 벡터는 에어벡터, 바람벡터, 대지벡터이며 이를 구성하는 여섯 가지 요소는 진기수방향, 진대기속도, 풍향, 풍속, 항적(진항로), 대지속도이다. 일반적으로 여섯 가지 중에서 이미 알고 있는 네 가지의 요소를 가지고 두 가지의 요소를 구해야 하는 경우가 자주 발생하고 그중 세 가지 유형은 다음과 같다.

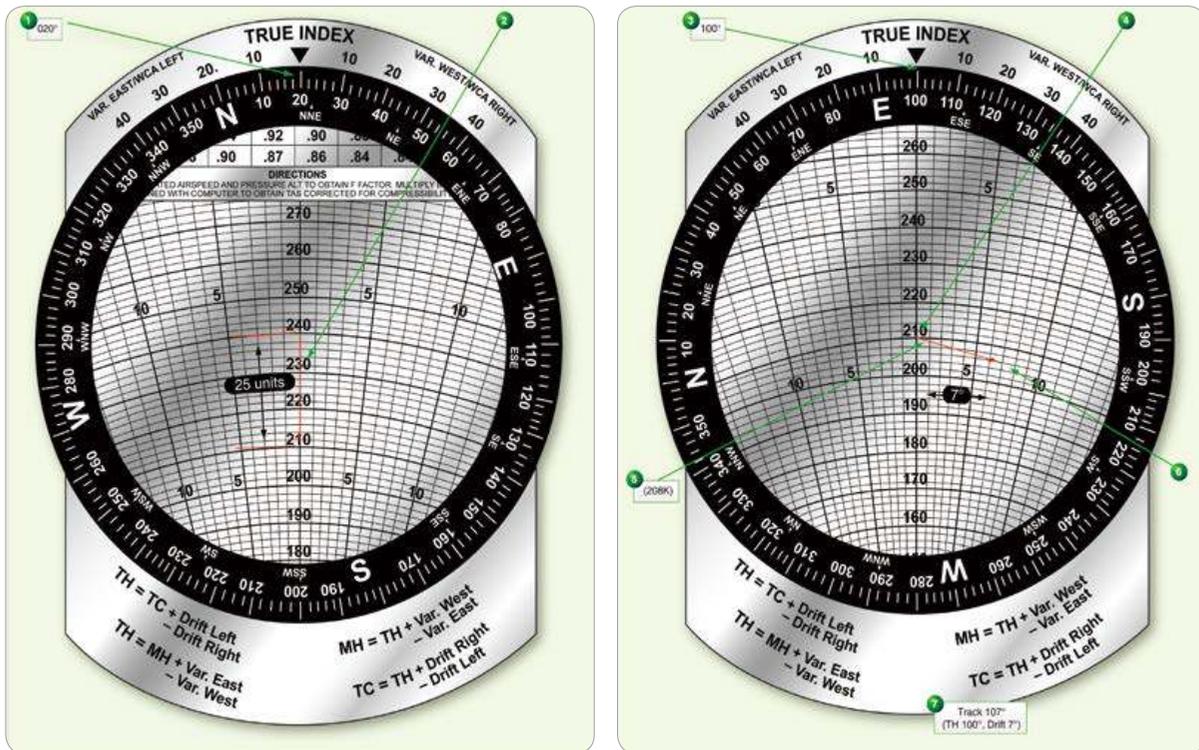
- 대지벡터 구하기(항적과 대지속도)
- 바람벡터 구하기(풍향과 풍속)
- 진기수방향과 대지속도 구하기(비행계획 및 비행 중)

⑥ 대지벡터 구하기(항적과 대지속도) 연습문제

다음 조건(에어벡터와 바람벡터)을 가지고 대지벡터(항적과 대지속도)를 구하시오.

TH = 100°
 TAS = 210knots
 W/V = 020°/ 25knots

이런 형식의 문제는 비행계기를 통하여 진기수 방향과 진대기속도를 알고 비행 전 기상예보를 해석하거나 비행 중 바람삼각형을 이용하여 바람벡터를 구한 경우에 해당하며 에어벡터를 알기 때문에 에어벡터를 중심선에 있는 것으로 가정하고 해결한다[그림 4-22].



[그림 4-23] 대지벡터 구하기

- 기준표지에 020°를 맞추고 중심구멍에서 아래 쪽으로 25knots를 표시한다.
- 기준표지에 100°를 맞추고 중심구멍을 210knots에 맞춘다.
- 바람벡터의 머리가 만나는 곳이 7°Right이므로 편류각은 +7°이며 항적은 107°이다.
- 바람벡터의 머리가 만나는 곳의 속도가 208knots이므로 대지속도는 208knots이다.

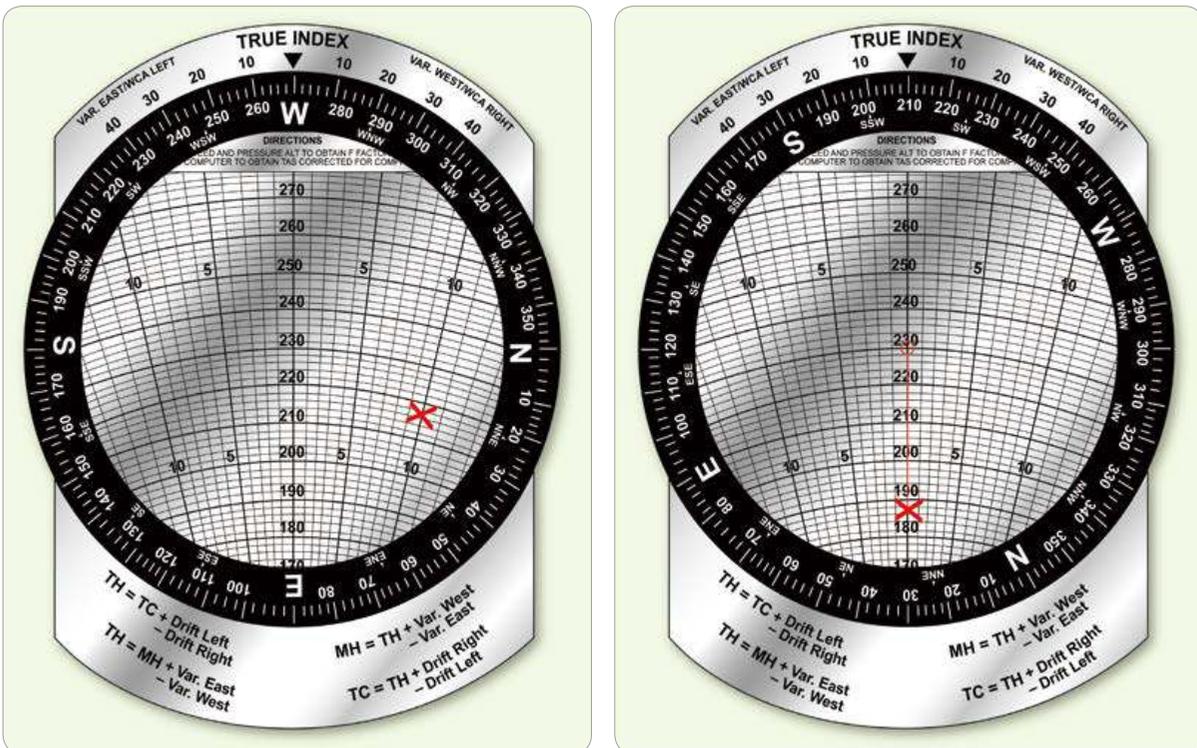
⑦ 바람벡터 구하기(풍향과 풍속) 연습문제

다음 조건(에어벡터와 대지벡터)을 가지고 바람 벡터(풍향과 풍속)를 구하시오.

TH = 270°
Track = 280°
TAS = 230knots
GS = 215knots

이런 형식의 문제는 비행계기를 통하여 진기수 방향과 진대기속도를 알고 실제 비행한 항공기의 두 지점을 활용하여 대지속도를 구하고 항적이나 편류각을 측정할 경우에 해당하며 에어벡터를 알기 때문에 에어벡터를 중심선에 있는 것으로 가정하고 해결한다[그림 4-24].

- 기준표지에 진기수방향 270°를 맞추고 중심구멍에 진대기속도인 230knots를 맞춘다.
- 진기수방향(270°)과 항적(280°)을 기준으로 편



[그림 4-24] 에어벡터 구하기

류각을 구한다. 항적이 진기수방향보다 크면 우측으로 편류된 것이며 항적이 진기수방향보다 적으면 좌측으로 편류된 것이다. 이문제의 경우 항적이 진기수방향보다 크기 때문에 우측으로 10° 편류된 것이다.

- 대기속도 215knots에 부합하는 속도서클을 찾아 바람벡터의 머리 부분을 표시한다.
- 바람삼각형이 완성되었고 바람벡터(풍향 & 풍속)을 알기 위해 방위표지판을 회전시켜 에어벡터의 머리 부분이 아래로 향하게 한다.
- 기준표시를 읽으면 풍향(207°)을 알 수 있고 속도 눈금을 읽으면 풍속(42knots)을 찾을 수 있다.

⑧ 진기수방향 & 대기속도 구하기 연습문제

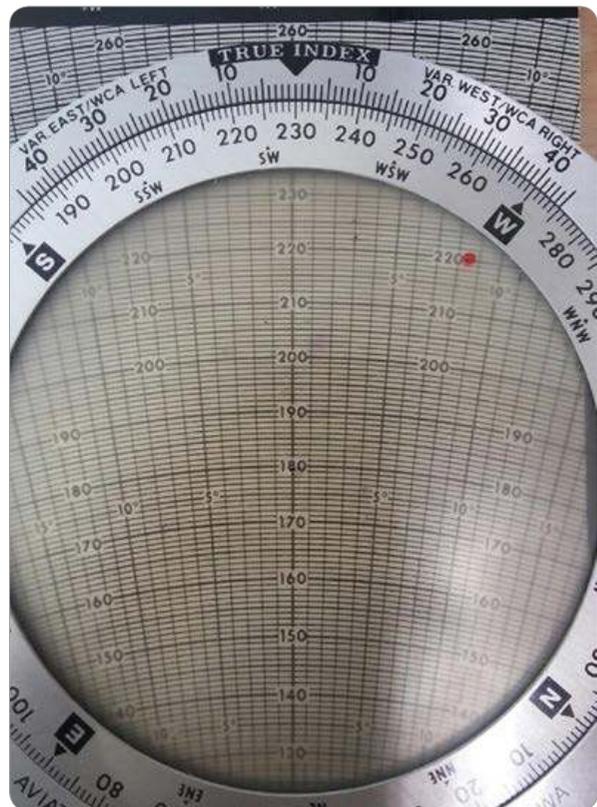
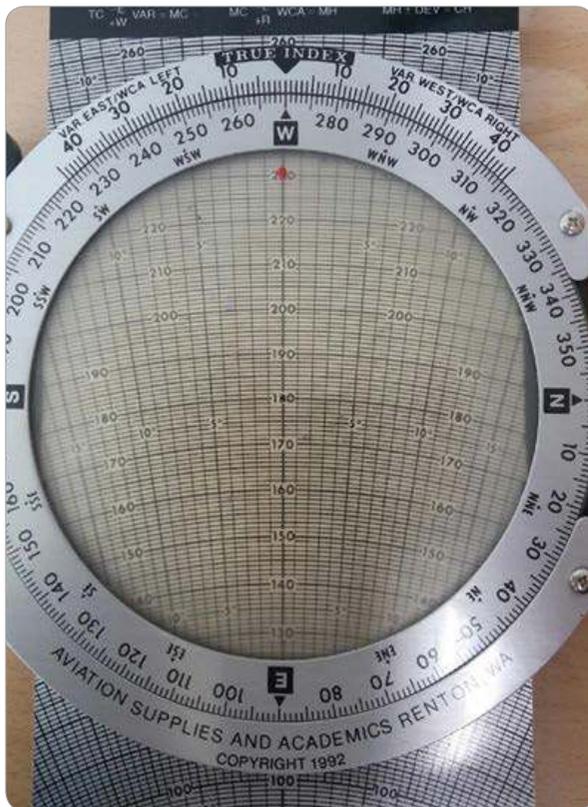
다음 조건(바람벡터, 진항로 & 진대기속도)을 가지고 진기수방향과 대기속도를 구하시오.

TC = 230°

TAS = 220knots

W/V = 270°/ 50knots

이런 형식의 문제는 주로 비행계획단계에서 상층풍예보를 활용하여 예상 기수방향과 예상 대기속도를 구하는 데 사용한다. 또한, 비행 중에는 한 구간의 비행을 통해 실제 바람벡터를 구한 경우 다음 구간의 편류수정각 및 대기속도를 계산하여 다



[그림 4-25] 진기수방향과 대기속도 구하기

음 참조점까지의 진항로를 정확히 유지하지하고 도착예정시간을 맞추기 위해 사용한다. 에어벡터를 모르고 진항로(대지벡터의 일부)를 알기 때문에 대지벡터를 중심선에 있는 것으로 가정하고 해결한다[그림 4-25].

- 기준표지에 풍향(270°)을 맞추고 중심구멍 위쪽으로 풍속(50knots)만큼의 속도눈금에 표시한다. 이 경우 표시된 부분(빨간점)이 바람벡터의 꼬리(시작지점)이며 중심구멍이 바람벡터의 머리부분(끝부분)이 된다.
- 기준표지에 진항로 230°를 맞추고 표시된 바람벡터의 꼬리를 진대기속도 220knots에 맞춘다.
- 바람벡터의 꼬리가 만나는 곳이 8°Right임으로 편류수정각은 +8°이며 진기수방향은 238°이다.
- 바람벡터의 머리가 만나는 곳(중심구멍)의 속도가 179knots임으로 대지속도는 179knots이다.

라. 추측항법 비행계획의 수립 절차(항법계획서 작성)

야외비행을 위해 추측항법 비행계획을 수립하는 경우, 조종사는 비행의 시작부터 끝날 때까지 비행준비에 필요한 모든 자료를 확인하여야 하고 이런 자료를 깊이 있게 해석하고 숙련되게 적용하여야 한다. 비행준비에 필요한 자료는 출발비행장/목적비행장의 정보, 기상보고/예보, 관제정보, 항공기 성능, 연료산정, 목적지 변경에 대비한 자료 등을 포함하며 항법계획서 작성을 위해 다음과 같은 내용을 수행한다. 추측항법 비행계획의 수립 절차는 다음과 같다.

- 비행 전 점검사항 확인하기
- 점검지점(Check Point) 선정하기

- 고도, 상승성능 및 순항성능 선정하기
- 진항로와 거리(True Course/Distance) 측정하기
- 진기수방향(True Heading)와 대지속도(Ground Speed) 산출하기
- 구간예정시간(ETE)과 도착예정시간(ETA)산출하기
- 예상 연료소모량 산정하기
- 비행계획서 제출하기

Chickasha 공항을 출발지, Guthrie 공항을 목적지로 선정하여 비행하는 것을 가정하였고 추측항법을 이용한 항법비행을 계획하기 위해 위의 순서에 따라 비행계획을 수립하고 항법계획서를 작성하려 한다.

① 비행 전 점검사항 확인하기

항공기 탑재서류 확인, 항공정보(출발 및 도착 비행장 활주로 길이, 구역, 항행안전시설, 주파수 등) 및 기상(출발 및 도착 비행장, 항로) 파악, 항공기 무게와 균형 산정, 항공기 성능(이륙 및 착륙거리) 등을 파악한다.

순항공도별 상층풍정보를 포함한 기상자료는 기상청으로부터 획득할 수 있다.

항공기상청 홈페이지나 스마트폰 애플리케이션을 사용하여 볼 수 있으며 주소는 다음과 같고 회원가입 후 로그인하여야 보다 자세한 정보를 획득할 수 있다.

<http://amo.kma.go.kr/new/html/main/main.jsp>
기상자료 중에서 항법계획서 작성을 위해 필요한 기상자료는 다음과 같이 가정한다.

- 상층풍(항로 전 구간 동일)
5,500feet: 360°/ 10knots

- 기압

출발공항(Chickasha Airport): 1013Hpa

도착공항(Guthrie Airport): 1010Hpa

- 공항표고 및 외기온도

출발공항(Chickasha Airport): 13feet 15°C

도착공항(Guthrie Airport): 20feet 15°C

항공기 성능산출을 위하여 C-172S 기종의 교범을 참조하였으며 출발공항과 목적 공항의 활주로는 C-172S 기종으로 이륙 또는 착륙하는 데 제한사항이 없다. 참고로 C-172S 기종의 상승성능은 다음과 같다.

- C-172S 평균해수면(Mean Sea Level)에서

5,500feet까지 상승성능

온도: 평균해수면(15°C), 5,500feet(4°C)

표준기온감율: 대략 1,000feet당 2°C씩 온도감소

항공기 이륙중량: 2550lbs

상승속도: 80knots

소요시간: 9분

소요거리: 11NM

연료소모량: 2.0Gallons

② 점검지점(Check Point) 선정하기

점검지점은 [그림 4-8]에서와 같이 지상의 저명지점을 선택하여 4개의 참조지점을 선정하였다(Checkpoint #1, Checkpoint #2, Checkpoint #3, Checkpoint #4).

③ 고도, 상승성능 및 순항성능 선정하기

순항고도는 항로의 방향(Magnetic Course), 두 비행장 간의 거리, 항로상 지형지물의 높이 등을 고려하여 5,500feet를 선정하였다.

- 항공법규에서 정한 순항고도 적용

항로(Course)의 자방위(Magnetic Bearing)를 기준으로 000(360)~179방위의 경우 홀수 1,000feet 단위에 500feet를 더한 고도(예, 5,500feet)를 사용하며, 180~359방위의 경우 짝수 1,000feet 단위에 500feet를 더한 고도(예, 4,500feet)를 사용한다.

진항로(TC)가 031°이고 자차가 7E, 즉 -7이기 때문에 자항로(MC)가 024°이다.

자항로가 000~179° 사이이기 때문에 순항고도는 홀수 1,000feet + 500feet이다.

- 항로 상 지형의 고도 및 공역을 고려

항로비행 시 최저안전고도는 최고로 높은 장애물보다 산악지형의 경우 2,000feet 더 높은 고도를 유지하고, 그 외의 지역은 1,000feet 더 높은 고도를 유지하는 것이 안전을 위해 추천된다. 또한, 항로 및 항로 주변의 공역제한사항을 고려하여야 한다.

가장 높은 장애물은 D지점의 2,749feet이며 최저안전구역 제한고도는 E지점의 2,900feet 이다. Class D는 C지점 부근에서 3,800feet까지이며 Class C는 B지점 부근에서 2,500feet에서 5,300feet까지이다. 5,300feet를 초과하는 순항고도를 선택하면 장애물로부터 안전고도를 유지하면서 공역 제한사항도 배제할 수 있다.

- 항로 길이를 고려

항로의 길이가 짧은 경우 무리하게 높은 고도를 선택하는 것은 순항고도에 도달하자마자 강하하여야 하는 경우 등이 발생하는데, 경제적으로 손실이므로 항공기 성능과 함께 항로의 길이를

고려하여 적절한 고도를 선정한다.

예시의 경우 총거리가 충분하여 항로 길이에 의한 순항고도 제한은 고려하지 않아도 된다.

- 상층풍(Wind Aloft)을 고려

바람은 고도별로 풍향과 풍속이 다르므로 계획한 항로를 기준으로 배풍(Tail Wind) 성분이 유리한 상층풍 고도를 선정하는 것이 좋다. 항로상의 바람이 정풍이면 대지속도가 감소하여 도착이 지연되고 연료소모율이 커진다. 반대로 배풍일 경우는 대지속도가 증가하여 도착시간이 빨라지고 연료도 절약할 수 있다.

본 예시에서는 고도별 상층풍이 차이가 없거나 미미한 것으로 가정하여 상층풍은 순항고도 선정에 고려사항이 아니다.

④ 진항로와 거리(True Course/Distance) 측정하기

총거리와 각 구간별 거리를 측정하여야 하고 각 구간별 진항로도 측정하여야 한다. 플로터를 사용하여 측정한 결과 총거리는 53NM이며 각 구간별 진항로(TC) 및 거리(Dist)는 다음과 같다.

- Chickasha Airport - Checkpoint #1 구간

TC: 031° Dist: 11NM

- Checkpoint #1 - Checkpoint #2 구간

TC: 031° Dist: 10NM

- Checkpoint #2 - Checkpoint #3 구간

TC: 031° Dist: 10.5NM

- Checkpoint #3 - Checkpoint #4 구간

TC: 031° Dist: 13NM

- Checkpoint #4 - Guthrie Airport 구간

TC: 031° Dist: 8.5NM

⑤ 진기수방향(True Heading)과 대지속도(Ground Speed) 산출하기

진기수방향과 대지속도는 상층풍 정보(풍향 360°, 풍속 10Knots), 항공기 진대기속도(상승속도: 80knots, 순항속도: 115knots, 강하속도: 100knots) 및 진항로(TC:031°)정보를 바탕으로 미리 학습한 DR 컴퓨터를 활용하여 산출할 수 있다.

진기수방향(TH), 자기수방향(MH), 나기수방향(CH)

$$TC + WCA(-L, +R) = TH$$

$$TH + VAR(-E, +W) = MH$$

⇒ "East is Least, West is Best"

$$MH + DEV(+2°) = CH$$

$$TC(031°) + WCA(80knots: -4, 115knots: -3, 100knots: -3) = TH(027°, 028°, 028°)$$

$$TH(027°, 028°, 028°) + VAR(-7) = MH(020°, 021°, 021°)$$

$$MH(020°, 021°, 021°) + DEV(+2°) = CH(022°, 023°, 023°)$$

대지속도(GS)

DR 컴퓨터를 활용하여 산출한 대지속도는 다음과 같다.

상승 대지속도: 73knots

순항 대지속도: 106knots

강하 대지속도: 92knots

⑥ 구간예정시간(ETE)과 도착예정시간(ETA)산출하기

구간예정시간(ETE)

구간예정시간은 산출된 대지속도(73knots, 106knots, 92knots)를 토대로 점검지점 간 해당 거리를 비행하는 데 소요되는 시간이다. 구간예정비행시간은 일반적인 비례식으로도 구할 수 있으나 본 학습에서는 DR 컴퓨터를 이용하여 구할 수 있다.

- Chickasha Airport - Checkpoint #1 구간
Dist: 11NM GS: 73knots ETE: 9분

- Checkpoint #1 - Checkpoint #2 구간
Dist: 10NM GS: 106knots ETE: 6분
- Checkpoint #2 - Checkpoint #3 구간
Dist: 10.5NM GS: 106knots ETE: 6분
- Checkpoint #3 - Checkpoint #4 구간
Dist: 13NM GS: 106knots ETE: 7분
- Checkpoint #4 - Guthrie Airport 구간
Dist: 8.5NM GS: 92knots ETE: 5분

[표 4-3] 항법계획서 작성예시(계획단계) (출처 : 자체 제작)

| NAVIGATION LOG | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|------|----------|------|--------------|--------------|------|----------|--------------------|------|----------|-----|------------|
| CHECK POINT | ALT | TEMP | NAVAID | WIND | HEADING | | | | SPED/DISTANCE/TIME | | | | FUEL (gal) |
| | | | VOR | DIR | TC | TH | MH | CH (Est) | GS | DIST | TIME OFF | | |
| | | TAS | MC (OBS) | SPD | WCA (-L, +R) | VAR (-E, +W) | DEV | CH (Act) | EST | LEG | ETE | ETA | |
| Chickasha Airport | | 15 | | 360° | 031° | 027° | 020° | 022° | 73 | 11 | 9 | | 2.0 |
| Checkpoint #1 | | 80 | | 10 | -4 | -7 | +2 | | | 42 | | | +1.0 (지상) |
| Checkpoint #2 | 5,500 | 4 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 106 | 10 | 6 | | 0.9 |
| | | 115 | | 10 | -3 | -7 | +2 | | | 32 | | | |
| Checkpoint #3 | 5,500 | 4 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 106 | 10.5 | 6 | | 1.0 |
| | | 115 | | 10 | -3 | -7 | +2 | | | 21.5 | | | |
| Checkpoint #4 | 5,500 | 4 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 106 | 13 | 7 | | 1.1 |
| | | 115 | | 10 | -3 | -7 | +2 | | | 8.5 | | | |
| Guthrie Airport | | 15 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 92 | 8.5 | 5 | | 0.8 |
| | | 100 | | 10 | -3 | -7 | +2 | | | 0 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 계 | | | | | | | | | | 53 | 33 | | 6.8 |

도착예정시간(ETA)

도착예정시간은 출발시간부터 각 구간예정을 더한 시간이 각 구간에서의 도착예정시간이 되며, 최종적으로 목적지 비행장의 도착예정시간은 출발시간부터 각 구간예정시간을 모두 더하면 된다. 실제로 이륙한 시간을 기록하고 각각의 구간예정시간을 더해 줌으로써 구할 수 있다.

⑦ 예상 연료소모량 산정하기

예상 연료소모량은 지상 엔진작동, 상승, 순항, 강하에 필요한 예상되는 연료소모량을 모두 더하면 된다. 본 예시의 총 연료소모량은 6.8Gallons로 예상된다.

Chickasha 공항을 출발하여 Guthrie 공항에 도착하는 과정의 모든 자료를 측정 및 계산하여 기록하며 다음 [표 4-3]과 같이 항법계획서를 완성할 수 있다. 출발 및 도착 비행장 간의 총 거리는 53NM로서 주어진 기상조건(바람)과 선택한 항공기 성능 자료를 바탕으로 약 33분이 소요될 것으로 예상되며, 예상되는 연료소모량은 6.8Gallons이다. 만일 12:00에 이륙하였다면 목적지 비행장의 도착예정시간(ETA)은 12:33이 된다.

마. 비행계획서 제출하기(제2편 단계별 비행절차 참조)

양식에 맞게 비행계획서를 작성하여 항공교통관제 기관에 제출하여야 한다.

바. 추측항법의 수행하기

지상에서의 비행준비 및 점검을 마치고 이륙준비가 완료되었다면 다음 절차를 통하여 추측항법을 수행한다.

Chickasha 공항을 출발하여 Guthrie 공항에 도착하는 과정 중 일부를 예시를 통하여 설명하려 하며 이륙 활주로 방향에 따른 고려사항도 설명하고자 한다. [표 4-4]의 예시는 이륙활주로 21의 예시이다.

1) 이륙시간 확인하고 기록하기

이륙 활주로에 정대하여 이륙준비가 완료되었고 항공교통관제기관으로부터(필요하면) 이륙허가를 득하였다면 현재 시간(1200)을 기록하고 이륙을 실시한다.①

Chickasha 공항 활주로 방향이 03-21이고 바람이 360°에서 불기 때문에 이륙활주로는 03이다. 관제기관으로부터 이륙 후 직진 상승하여 공항을 이탈하고 순항고도 5,500feet를 유지하며 조종사가 원하는 항로로 자체적으로 항법(Resume own navigation)을 하라는 지시를 받았다. 따라서 지상에서 계획한 항로와 동일하게 비행하면 되고 우회경로에 따르는 오차는 고려하지 않아도 되며 2번 단계는 생략해도 되겠다.

2) 계획된 항로에 진입하기(Set Course)

출발 비행장의 이륙활주로 방향, 교통상황 및 항공교통관제기관의 관제절차 등에 따라 출발 후 자체항법이 가능한 항공기의 위치가 가변적이다. 따라서 이륙 후 항공기의 위치변화를 지속적으로 확인하여야 하며 지상에서 계획된 항로의 방향 등을 고려하여 항로에 효율적으로 진입할 수 있는 기수방위(Heading)를 선정하여야 한다. 만약에 활주로 21에서 이륙하여 공항 북쪽으로 향한 상태에서 항로를 따라가도록 지시받았다고 가정하자. 처음에는 최초 기수방향인 022°를 유지하며 최초 점검지

점(Checkpoint #1)을 찾는다. 점검지점을 확인하면 점검지점 상공으로 향하도록 기수방향을 조정한다. 일반적으로 점검지점에 도착하기 전에 순항고도에 도달할 것이며 TOC가 별도의 점검지점으로 선

정되었다면 시간을 기록한다. 이륙 후 경로는 변화했으나 순항고도까지 상승하는 데 소요되는 시간은 대략 계획과 비슷하여 9분이 예상된다. 예시의 경우 TOC와 Checkpoint #1까지의 거리가 11NM

[표 4-4] 항법계획서 작성예시(비행단계)

| NAVIGATION LOG | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|------------------------------|----------|------|-----------------------|--------------|------|-------------------------------|-------------------------|-------|-----------------------------|-------------------------------|------------|
| CHECK POINT | ALT | TEMP | NAVAID | WIND | HEADING | | | | SPED/DISTANCE/TIME FUEL | | | | |
| | | | VOR | DIR | TC | TH | MH | CH (Est) | GS | DIS T | TIME OFF | | FUEL (gal) |
| | | | MC (OBS) | SPD | WC A (-L, +R) | VAR (-E, +W) | DEV | CH (Act) | EST | LEG | ETE | ETA | |
| Chickasha Airport | | 15 | | 360° | 031° | 027° | 020° | 022° | 73 | 11 | 9 | 120 ^① ₉ | |
| Checkpoint #1 | | 80 | | 10 | -4 | -7 | +2 | | | 42 | 11 ^② | 121 ^② ₁ | +1.0 (시상) |
| Checkpoint #2 | 5,500 | 4 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 106 | 10 | 6 | 121 ^③ ₇ | 0.9 |
| | | 11 ^④ ₅ | | 10 | -3 ^④ -5 | -7 | +2 | 021 ^④ ₀ | 120 ^⑤ | 32 | 5 ^⑤ | 121 ^⑤ ₆ | |
| Checkpoint #3 | 5,500 | 4 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 106 | 10.5 | 6 ^⑥ ₅ | 122 ^⑥ ₁ | 1.0 |
| | | 11 ^⑦ ₅ | | 10 | -3 | -7 | +2 | | | 21.5 | | | |
| Checkpoint #4 | 5,500 | 4 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 106 | 13 | 7 | | 1.1 |
| | | 11 ^⑧ ₅ | | 10 | -3 | -7 | +2 | | | 8.5 | | | |
| Guthrie Airport | | 15 | | 360° | 031° | 028° | 021° | 023° | 92 | 8.5 | 5 | | 0.8 |
| | | 10 ^⑨ ₀ | | 10 | -3 | -7 | +2 | | | 0 | | | |
| 계 | | | | | | | | | | 53 | 33 | | 6.8 |

로 동일하여 TOC를 따로 점검지점으로 선정하지는 않았다. 이륙 후 우회 경로로 인해 순항고도에 먼저 도달한 후에 Checkpoint #1에 도달할 것이며 진대기속도도 80knots에서 115knots로 변할 것이다. Checkpoint #1에 이르는 경로와 시간이 가변적으로 바뀌어 실제 바람벡터(풍향, 풍속)를 찾는 데 도움이 안 되기 때문에 Checkpoint #1 도착예정시간, 실제 도착시간, 실제 구간시간만 기록한다. ②

3) Checkpoint #1에서 Checkpoint #2까지 계획대로 비행하기

Checkpoint #1에서 Checkpoint #2를 향하여 비행 시 계획된 기수방향(023°)과 진대기속도(115knots)로 비행을 시작하며 Checkpoint #2에서의 예상도착시간을 기록한다. ③ 바람에 의하여 정확한 항적을 유지하기 어려울 경우(예보된 상층풍과 실제 상층풍이 다른 경우)에는 기수방향을 수정하여 비행하며 수정된 기수방향을 기록한다. ④

4) Checkpoint #1에서 Checkpoint #2까지 실제 도착 시간과 실제 구간시간 기록하기

Checkpoint #2에 도착하면 실제 도착시간(1216)을 기록하고 실제 구간시간(5)을 계산하여 기록한다. ⑤

5) 실제 대지속도(Actual GS)와 편류수정각(WCA) 산정하기

10NM을 비행하는 데 5분이 소요 되었고 DR 컴퓨터로 계산한 결과 실제 대지속도는 120knots이며 편류수정각은 -5° (5L)이다. ⑥

6) Checkpoint #3까지의 구간예정시간(ETE), 도착예

정시간(ETA) 산정하기

실제 대지속도(120knots)로 다음 점검지점까지의 거리에 대한 구간예정시간(5분), 도착예정시간(1221)을 산정한다. ⑦

7) 실제 대지속도(Actual GS)와 편류수정각(WCA)을 토대로 바람벡터 구하기

본 예시에서는 항로가 일직선이어서 모든 구간이 똑같은 진항로(031°)를 이루어 비행 중 바람벡터를 구할 필요는 없다. 그러나 일반적인 항로에서는 구간별로 진항로가 변하는 경우가 많으므로 이럴 경우 실제 바람벡터를 구하여 다음 구간의 편류수정각과 예상 대지속도를 다시 구하여야 한다. 본 예시의 실제 대지속도(120knots)와 편류수정각(-5°)을 기초로 DR 컴퓨터를 사용하여 계산한 바람벡터(풍향, 풍속)는 다음과 같다.

275° / 12knots

사. 성공적인 추측항법을 위한 기술

추측항법을 성공적으로 수행하기 위해서는 다음과 같은 사항을 유의하여 비행하여야 한다.

1) 기수방향을 정확히 유지하기

비행 중 항법이나 통신 등 다른 업무를 수행하느라 항공기의 경로유지에 소홀해서는 안 된다. 계획된 기수방향을 정확하게 유지하거나 실 비행 중 편류를 수정하며 정확한 항적을 유지하여야 다음 구간 항법을 위한 정확한 정보를 획득할 수 있다.

2) 지도 활용하기

지도를 정확하게 해석하고 활용할 수 있어야 보다

효과적으로 항법을 할 수 있다. 지도의 범례를 숙지하고 있어야 원하는 정보를 제때에 사용할 수 있으며 지도에 정신을 집중하여 비행경로 유지를 소홀히 하는 오류를 범하지 않는다.

3) 항법계획서 작성하기

비행 중 구간별 도착시간, 기수방향 등을 기록하는 데 많은 시간과 노력이 필요하지 않지만 그 기록은 후에 아주 귀중한 자료로 사용될 것이다.

4) 항상 자기의 현 위치를 포함한 상황파악하기

항공기의 위치 및 이동경로에 대하여 상황판단을 지속적으로 하여야 하고 만약의 사태에 대한 계획도 미리 가지고 있어야 한다.

5) 미리 준비하기

참조지점에 도착하기 몇 분 전부터 참조지점 및 그 주위의 지형지물을 찾기 시작하여야 하며 단지 시간이 되면 참조지점이 나타날 것으로 간주하여서는 안 된다. 계획된 항공기 경로를 유지하면서 지도를 참고하여 주변을 지속적으로 확인하여야 한다.

6) 대안 마련하기

참조지점을 찾지 못하였거나 기상악화 등의 요인으로 정상적인 항법이 이루어지기 어려운 상황에 대비하여 대안을 마련한다. 참조지점을 찾지 못하였다면 대기 장주를 유지하며 참조지점을 찾거나 마지막에 확인한 참조지점으로 돌아가서 다시 항법을 시작할 수도 있다. 기상악화 등의 이유로 대체공항으로 항로를 변경할 경우에는 비행계획을 수정하여야 하고 위치를 상실한 경우에는 위치상실대응절차(Lost

Procedure)를 수행하여야 한다.

위치상실대응절차(Lost Procedure: 5C)

항공기의 위치를 상실한 경우 사각형 형태의 대기장주(원을 그리며 현재 위치를 찾을 경우 자세를 유지하며 위치를 파악하는 데 어려움이 많으며 항공기가 바람에 의하여 지속적으로 편류되어도 숙지하기가 어렵다)를 유지하며 현재 위치를 파악하여야 한다. 여러 번의 시도에도 불구하고 현재 위치를 찾을 수 없을 경우에는 신속히 관제기관의 도움을 청하는 것이 추천되며 일반적인 절차는 다음과 같다.

① Climb

현재의 고도보다 높은 고도로 상승하면 더 먼 곳까지 송수신이 가능하여 관제기관의 도움을 받기가 용이하며 높은 곳에서 지형을 확인하면 현재 위치를 파악하는 데 도움이 된다.

② Communicate

해당 항공교통관제기관과 무선통신한다.

③ Confess

항공교통관제기관에 현재 처한 상황을 알리고 도움을 청한다.

④ Comply

항공교통관제기관에서 도움을 받아 위치를 파악하거나 지시에 따라 비행한다.

⑤ Conserve

항공기 연료 소모를 줄인다.

7) 비행계획과 다르게 비행할 경우 관제기관에 알리기
비행계획과 다르게 경로를 변경해야 하는 경우에는 관제기관에 변경사항을 통보한다.

4.2.4 무선항법(Radio Navigation)

4.2.4.1 기본개념(Basic concept)

시계비행 기상상태에서 추측항법과 지문항법을 적절하게 사용한다면 상당히 정확한 항법을 수행할 수 있다. 그러나 저명한 지형지물이 없는 환경이거나 시계비행이 어려운 기상상태에서 항법 시에는 추측항법에만 의존해서 비행할 경우 시간이 지남에 따라 오차가 누적되어 정확한 항법을 수행하기가 곤란하다. 따라서 전자기파를 송출하는 여러 가지 종류의 무선 항행시설(NDB, VOR, DME 등)이 소개되기 시작하였으며 새로운 형태의 항법으로 자리 잡기 시작하였다.

이러한 형태의 무선항법은 지상에 설치된 무선 항행시설, 무선신호를 수신할 수 있는 항공기 탑재 장비, 항행시설의 위치 및 주파수가 잘 나타나 있는 항공지도를 이용하여 수행할 수 있으며 기상상태에 관계없이 항공기의 위치를 식별하고 목적지까지 항로 유지와 도착예정시간을 산정하여 찾아가는 정확한 항법을 가능하게 하였다. 그러나 고가의 장비라는 점을 고려할 때 설치 및 유지 보수의 어려움이 있고 전자기파의 송출거리에 제한이 있으며 신호 간섭에 취약하다는 단점이 있다. 또한, 지상에 설치된 항행시설의 직 상공으로 항행하도록 항로를 설정해야 되기 때문에 직선항로를 만드는 데 제한적이다.

4.2.4.2 무선항법의 종류 및 적용방법(Types of Radio Navigation and Application Method)

가. 무지향표지시설(NDB)/ 자동방향탐지기(ADF)
무지향표지시설(Nondirectional Radio Beacon,

NDB)는 전 방향으로 전자기파를 송출하는 지상에 설치하는 무선 항행시설이다. 무지향표지시설의 신호를 항공기 탑재장비인 자동방향탐지기(Automatic Direction Finder)로 탐지하여 항공기로부터 항행시설의 방위를 찾아낼 수 있다. 자동방향탐지기는 단순히 무지향표지시설의 위치만을 계기상에 표시해주며 화살표가 가리키는 곳이 무지향표지시설의 방향이다.

1) 무지향표지시설

지상 항행시설인 무지향표지시설은 150kHz에서 535kHz 사이의 주파수를 사용하며 대부분의 자동방향탐지기는 무지향표지시설의 주파수대(150~535kHz)뿐만 아니라 진폭변조(AM) 방송 주파수대인 550kHz에서 1650kHz 사이의 주파수를 수신 가능하다. 진폭변조 방송주파수를 수신하여 방송국의 위치를 지도상에서 찾을 수는 있으나 이러한 시설은 식별(Identify)할 수 없고 상공과의 간섭에 더 민감한 단점들로 인하여 일반적으로는 항법에 사용하지 않는다. 무지향표지시설은 음성신호를 송출할 수 있어 자동기상감시장치(Automated Weather Observing System, AWOS)에 의한 기상정보를 제공하기도 한다. 자동방향탐지기의 지시를 항법에 사용하기 전에 지도상에서 확인한 주파수와 비교하여야 하며 모스 코드를 확인하여 식별하여야 한다.

2) 자동방향탐지기

자동방향탐지기는 센스안테나와 루프안테나의 두 가지 안테나를 사용하며 두 가지 안테나의 기능은 다음과 같다.

- 센스안테나(Sense antenna): 수신되는 방향과 무관하며 수신감도 또한 거의 전 방향에서 동일하다.
- 루프안테나(Loop antenna): 수신되는 방향에 따라 수신감도가 차이가 나며 어느 특정한 방향(두 방향)에서만 수신감도가 뛰어나다.

자동방향탐지기의 계기는 다음과 같이 네 종류로 분류할 수 있다.

① 고정형 자동방향탐지기(fixedcard ADF: the relative bearing indicator(RBI))



[그림 4-26] 고정형 자동방향탐지기

고정형 자동방향탐지기는 [그림 4-26]에서처럼 항상 0°(360°)를 계기 위쪽에 표시하며 고정되어 있고 화살표는 무지향표지시설과의 상대방위(Relative Bearing)를 나타낸다. 상대방위는 135°이며 항공기의 자기수방향(MH)이 45°라면 무지향표

지시설로 향하는 자방위(MB)는 다음과 같다.

$$MB = MH + RB$$

$$MB(180^\circ) = MH(45^\circ) + RB(135^\circ)$$

② 회전형 자동방향탐지기(rotatable compass-card ADF)

회전형 자동방향탐지기는 조종사가 항공기의 기수 방향을 계기판상단에 맞출 수 있도록 만들었으며 화살표가 무지향표지시설로 향하는 자방위(MB)를 나타낸다. [그림 4-27]은 [그림 4-26]의 고정형 자동방향탐지기와 비교한 회전형 자동방향탐지기의 예시이다. 항공기의 자기수방향(MH)이 45°라면 무지향표지시설로 향하는 자방위(MB)는 180°이다.



[그림 4-27] 회전형 자동방향탐지기

③ 일침형 알엠아이(radio magnetic indicator (RMI) with either one needle)

회전형 자동방향탐지기의 경우 조종사가 카드를

회전시켜 현재 기수방향을 계기판 상단에 맞추어야 하는 반면 알엠아이계기의 카드는 항공기의 기수방향을 자동으로 감지하여 계기판 상단에 일치하도록 만들어졌다.

④ 이침형 알엠아이(radio magnetic indicator (RMI) with either dual needle)



[그림 4-28] 알엠아이(Radio Magnetic Indicator)

이침형 알엠아이는 전반적으로 일침형 알엠아이와 같으나 [그림 4-27]에서처럼 두 개의 항행시설의 위치를 하나의 계기에 동시에 나타낼 수 있다. 항공기의 기수방향은 360°이며 일반적으로 하나의 화살표는 무지향표지시설의 방향을 표시하고 다른 화살표는 초단파 전방향표지시설을 나타낸다. 화살표의 머리는 항행시설을 향한 방위(Bearing) 또는 레디얼(Radial)을 나타내며 꼬리는 항행시설로부터의 방위(Bearing) 또는 레디얼(Radial)을 나타낸다.

- ADF
 - √ Bearing TO the station: 005°
 - √ Bearing FROM the station: 185°
- VOR
 - √ Bearing TO the station: 095°
 - √ Radial FROM the station: 275°

3) 적용방법

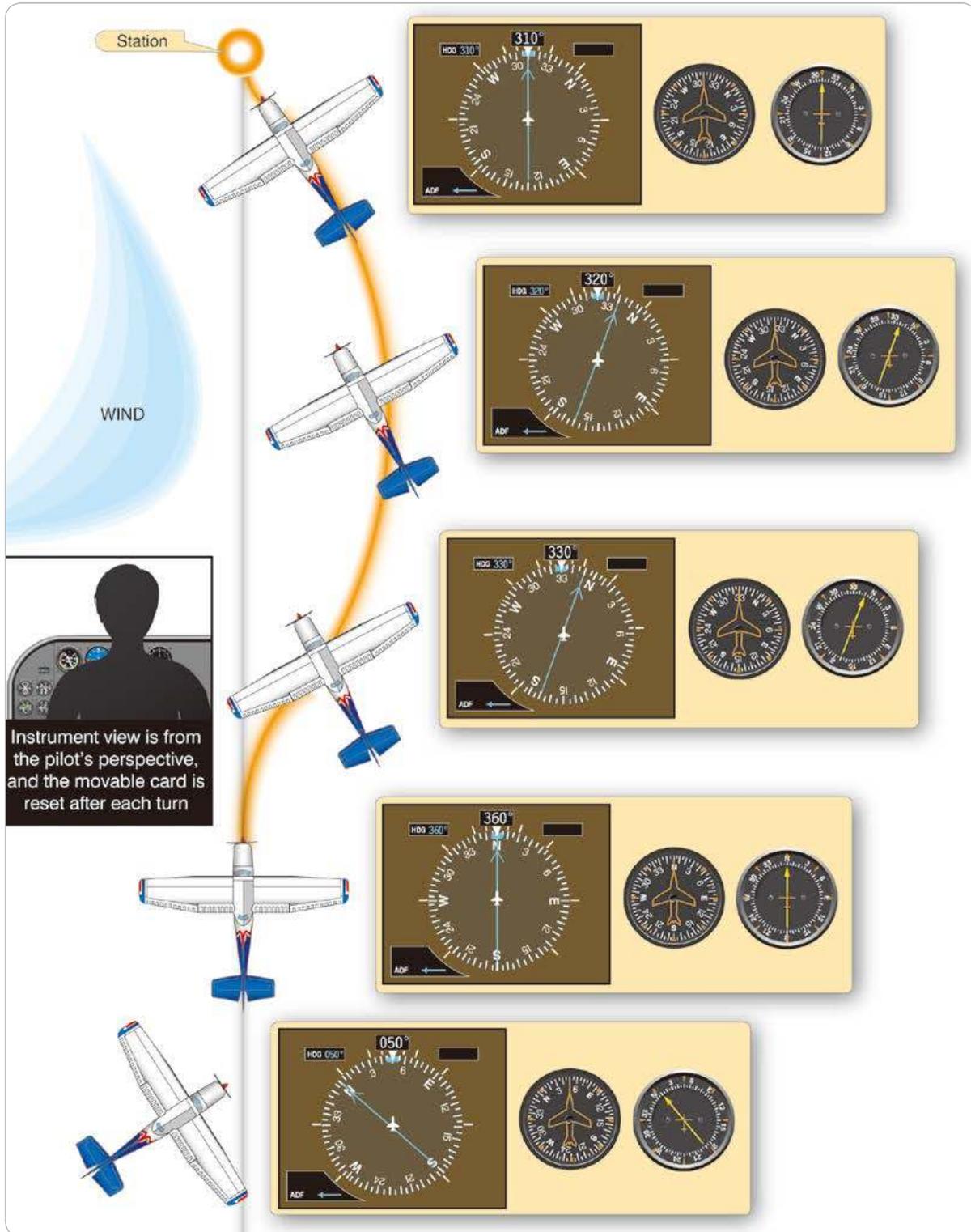
자동방향탐지기를 사용하여 항공기의 위치를 확인할 수 있으며 항행시설을 향하는 방위나 항행시설로부터의 방위를 따라서 비행할 수 있다. 무지향표지시설을 이용하여 다음과 같은 기능을 수행할 수 있으며 비행 중에는 대기 장주를 유지하거나 비정밀접근절차를 수행하는 데 이러한 기능들을 사용한다.

① 위치확인(Orientation)

자동방향탐지기의 화살표는 항공기의 기수방향이나 위치와 상관없이 항상 항행시설을 가리키기 때문에 상대방위는 항공기의 기수방향과 항행시설의 위치를 상관관계로 나타내는 각도이다. 항공기의 기수방향에서 시계방향으로 측정한 각도이며 화살표가 계기상단을 가리키면 상대방위는 0°이며 항공기의 기수 바로 정면에 항행시설이 위치하여 있는 것이다. 상대방위가 210°이면 항공기 꼬리를 지나 30°에 항행시설이 있으며 상대방위가 090°이면 항행시설은 우측날개방향에 있는 것이다.

② 상공통과(Station Passage)

항공기의 경로를 정확히 유지하여 항행시설 직 상공을 통과하며 화살표 바늘이 계기판 상단에서 하단으로 빠르게 돌아갈 것이다. 그러나 경로에서 조



[그림 4-29] 자동방향탐지기 호밍절차

금 벗어나 있으면 원거리에서는 조금 비껴갔으나 근거리일수록 크게 벗어나 있는 것으로 계기 상에 표시될 것이다. 따라서 정확한 경로를 유지하여 항행 시설 상공을 통과하는 것이 중요하며 조금이라도 경로에서 벗어나면 5° 이내의 수정을 통하여 바로 원하는 경로로 되돌아와야 한다. 항행시설에 너무 근접하여 원래 경로로 돌아올 시간이 부족한 경우에는 마지막 기수방향을 유지하여 상공을 통과한다. 상공 통과에 소요되는 시간은 항공기속도, 고도에 따라 짧게는 수 초(second)에서 많게는 수 분(minute)까지 경우에 따라 다르다.

③ 호밍(Homing)

자동방향탐지기를 사용하여 항행시설을 향하여 들어가는(인바운드: Inbound) 절차 중에 호밍이라는 절차가 있다. 호밍은 항공기의 위치에 상관없이 계기판상단, 즉 항공기 기수방향에 항행시설을 위치시켜 비행하는 방법이다. 항상 상대방위를 0°로 유지하며 비행하고 바람이 없는 무풍상태라면 처음 계획한 직선경로를 따라서 항행시설 상공으로 비행할 것이다. [그림 4-29]에서처럼 항공기는 기수방향 050°로 비행 중이고 상대방위가 310°이어서 항행시설로 호밍 인바운드하려면 좌측으로 50°선회하여야 한다. 기수방향 050°에서 항공기를 선회하여 기수방향 360°를 유지하여 비행한다. 이때 무풍상태라면 계획된 직선경로를 따라서 비행하겠지만 좌측에서 바람이 불면 계속우측으로 밀릴 것이고 지속적으로 항행시설을 향하여(상대방위 0°유지) 비행하면 그림과 같이 기수방향 310°를 유지하여 항행시설에 도달할 것이며 곡선의 항적을 유지할 것이다. 적절한 호밍절차는 다음과 같다.

- 무지향표지시설 주파수 맞추기
- 무지향표지시설 식별하기(모르스 코드 확인)
- 상대방위(RB) 0°로 비행하기

④ 추적(Tracking)

추적절차는 바람의 영향과 상관없이 원하는 경로(항적)를 유지하며 비행하는 절차이다. 현재의 기수방향과 상대방위의 상관관계를 잘 파악하여 일정한 자방위(MB)를 유지하며 비행하는 것이다.

[그림 4-30]에서처럼 원하는 항적을 유지하기 위한 자방위는 005°이며 바람방향을 모르는 초기에는 기수방향 005°를 유지하여 상대방위 0°, 자방위 005°를 유지한다.

기수방향을 정확히 유지하였으나 항공기가 우측으로 편류되어 상대방위가 좌측으로 10°를 지시한다고 하자. 바람이 좌측에서 불어오는 것을 알 수 있으며 편류수정각을 구해야 원하는 항적을 유지할 수 있으며 절차는 다음과 같다.

- 상대방위(10°)의 두 배인 20°를 좌측으로 선회하여 기수방향을 345°를 유지한다. 이때 상대방위는 우측으로 10°를 가리킬 것이며 항공기는 원래 경로를 향하여 접근한다.
- 항공기가 원래 경로에 근접할수록 상대방위가 10°에서 20°를 향하여 움직일 것이다. 상대방위 20°에 접근 시 편류수정각(WCA)을 10°로 가 정하여 10°만큼 우측으로 선회하고 기수방향은 355°이다. 이때 상대방위 20°에서 선회를 시작하면 반대방향으로 경로를 이탈할 수 있으므로 리드포인트(Lead point)를 사용한다.
- 편류수정각이 정확하다면 원하는 경로를 따라

비행할 것이고 편류수정각이 모자라다면 항공기는 다시 우측으로 벗어날 것이다.

- 처음의 편류수정각 20°를 적용한 기수방향 345°로 선회하고 원하는 경로에 접근 시 편류수정각을 15°로 가정하고 우측으로 5°만 선회하여 기수방향 350°로 비행한다. 이러한 절차를 반복하여 정확한 편류수정각을 찾아낸다.
- 반대로 편류수정각 10°로 기수방향 355°로 비행 중 좌측으로 밀릴 경우에는 편류수정각이 많은 것이다. 이 경우에는 초기 기수방향 005°를 유지하여 항공기가 원하는 경로로 접근하기를 기다렸다가 편류수정각을 5°로 가정하여 기수방향 360°로 선회한다. 이러한 절차를 반복하여 정확한 편류수정각을 찾아낸다.

나. 전방향표지시설(VOR)

전방향표지시설(VOR)은 장파 또는 중파를 사용함으로써 발생하는 결점을 보완하기 위하여 개발된 것으로 1960년부터 국제민간항공기구(ICAO)에서 단거리용 국제 표준 항행지원 원조시설로 채용되어 무지향표지시설(NDB)과 함께 항행을 위한 주된 표지국으로 이용되어 온 시설이며 초단파를 사용한다.

1) 지상 VOR

지상의 전방향표지시설은 자북을 기준으로 1° 간격으로 다른 방위신호를 송출함으로써 전방향 360°를 식별할 수 있다. 거리측정시설(DME)과 같이 사용되면 방위와 거리정보를 동시에 송출 가능하며 VOR/DME라 부른다. 군용으로 사용되는 전술항행표지시설(TACAN)과 같이 사용되면 VORTAC이라 부르며 VOR/DME와 마찬가지로 방위정보와 거리정

보를 동시에 송출한다. 전방향표지시설은 모르스코드나 음성정보로 식별할 수 있고 때로는 두 가지 정보를 모두 이용하기도 한다. 108.0에서 117.95MHz의 주파수를 사용할 수 있고 108.0에서 112.0 MHz까지의 주파수 중 계기착륙시설(ILS)을 위해 할당된 주파수는 사용할 수 없다.

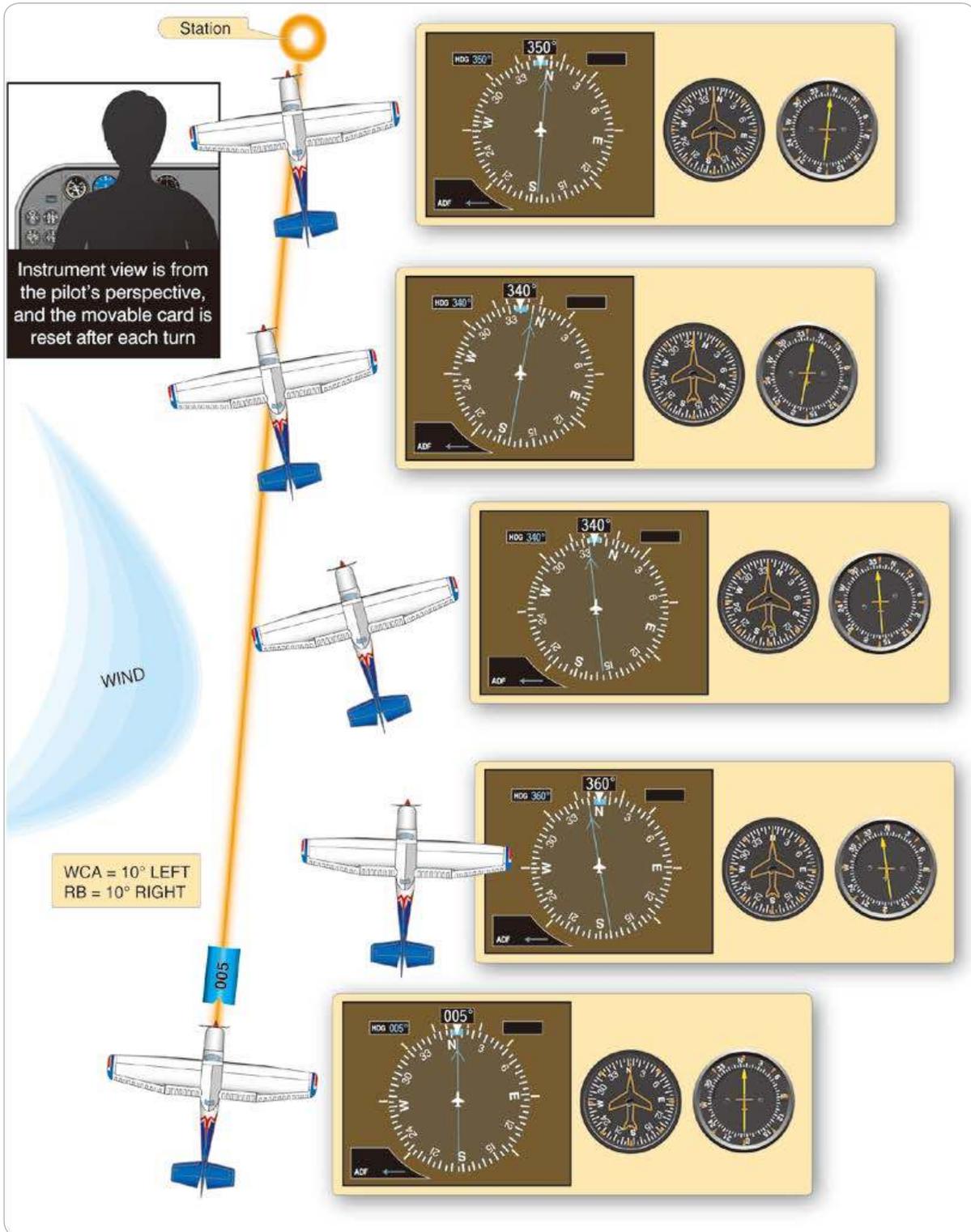
2) 탑재 VOR

전방향표지시설 탑재장비는 안테나, 수신기와 전방향표지시설 계기로 이루어져 있다. 지상무선국에 의해 제공되는 일정한 방위각을 탐지하여 항공기의 정확한 위치를 알려주고 조종사는 원하는 방위각을 따라 비행함으로써 인바운드 및 아웃바운드할 수 있다.

3) 적용방법

위치확인(Orientation)

전방향표지시설 계기는 항공기의 기수방향과 상관없이 항행시설로부터의 항공기 레디얼(Radial)을 지시하며 무지향표지시설을 사용하는 것에 비해 아주 간편하게 항공기의 위치를 알 수 있다. 주파수를 맞추고 식별이 완료되면 OBS를 이용하여 CDI를 중심에 오게 하면 항공기의 레디얼을 알 수 있다. [그림 4-31]에서처럼 전방향표지시설은 자북을 기준으로 시계방향으로 1° 간격으로 360°의 레디얼 정보를 제공한다. 항행시설 북쪽의 항공기를 예로 들면 180°에 TO지시를 보이고 있다. 이 상태에서 OBS를 계속 회전시켜 360°(반방위)를 계기상단에 맞추면 CDI는 좌나 우로 벗어났다가 다시 중심으로 이동하고 TO 대신에 FROM을 지시할 것이다. FROM지시와 함께 CDI가 중심에 있다면 상단에 있는 방위가 항공기가 위치한 레디얼이며 TO지시와 함께 CDI



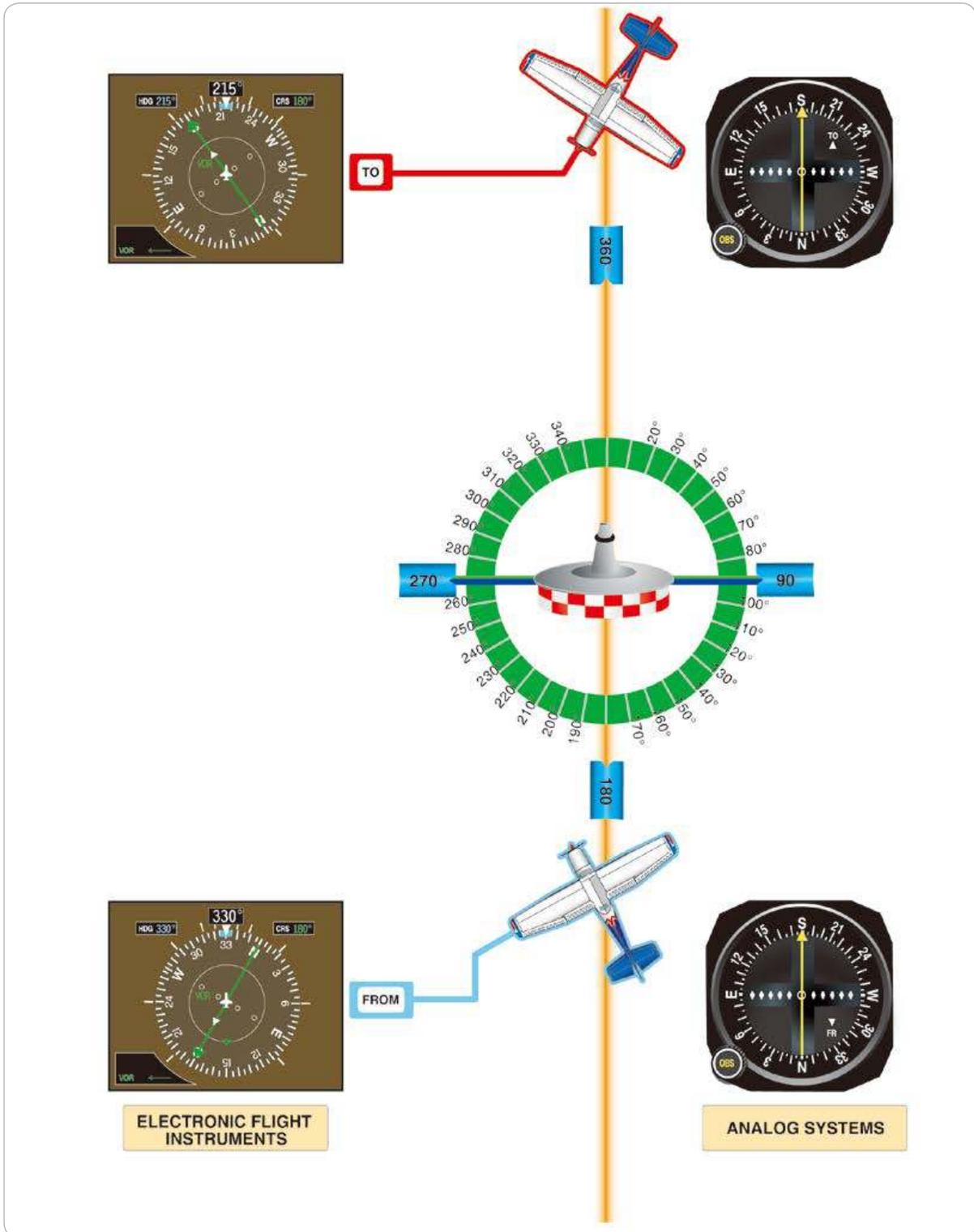
[그림 4-30] 자동방향탐지기 추적절차

가 중심에 있으면 하단의 방위가 항공기의 레디얼이다. 일반적으로 레디얼을 찾기 위해서는 FROM지시에서 상단의 방위를 참조하지만 속달된 경우 TO지시에서도 항공기의 위치를 쉽게 알 수 있다. 이 경우 TO지시와 함께 CDI가 중심에 있으므로 하단의 방위인 360°가 항공기 레디얼이며 남쪽의 항공기는 180° 레디얼에 위치한 것이다. 중요한 것은 항공기의 레디얼을 결정하는데 항공기의 기수방향은 아무런 관계가 없다는 것이다. 항행시설 상공을 통과하면 OBS를 만지지 않아도 CDI가 한쪽으로 치우쳤다가 다시 중심으로 돌아오고 To, FROM지시가 바뀐다. 항행시설 상공이나 근처에 도달 시 CDI가 좌우로 치우치고 정확한 정보를 제공하지 못하는 것은 항행시설 직 상공에 혼동구역(Zone of confusion)이 존재하기 때문이다. CDI가 일정하게 지속적으로 치우치며 바람의 영향으로 편류되고 있는 것이며 CDI가 많이 흔들리거나 급히 한쪽으로 치우치면 항행시설 상공통과를 의미하는 것이다. [그림 4-31]의 북쪽에 있는 항공기가 270°에서 불어오면 바람에 대해 편류수정각을 가지고 비행 중이었다고 가정하자. 항공기의 기수방향은 215°이지만 항공기는 180°/360°선을 따라서 내려올 것이다. 이때 갑자기 바람이 멈춘다면 항공기는 우측(서쪽)으로 진행할 것이며 CDI는 좌측으로 벗어난다. 항공기의 기수방향과 계기상단의 방위가 비슷하기 때문에 정상적으로 지시하는 것이며 원래 경로로 돌아오기 위해서는 좌측(CDI쪽)으로 선회하여야 한다. 반대로 남쪽에 있는 항공기는 기수방향과 계기상단의 방위가 반대이다. 이럴 경우 역센싱(Reverse sensing)이 일어난다. 갑자기 바람이 없으면 항공기는 좌측(서쪽)으로 진행하고 이때 CDI는 좌측으로 치우친다. 조종

사가 역센싱임을 인지하지 못하고 원래 경로로 진입하고자 좌측으로 선회하면 CDI는 더 빠른 속도로 벗어날 것이다. 전방향표지시설 계기 하나만을 사용하면 항공기의 레디얼을 찾을 수 있으며 두 개를 사용하면 항공기의 정확한 위치를 측정할 수 있다.

추적(Tracking)

- 인바운드 추적(Traking inbound)
 - ① 주파수를 맞추고 식별한다(Tune & ID).
 - ② OBS를 돌려 TO지시에 CDI가 중심에 오도록 한다.
 - ③ 상단 인덱스에 일치하는 방위로 선회하여 기수방향을 맞춘다.
 - ④ CDI가 한쪽으로 움직인다면 바람에 의해 밀리는 것이다. 만약 좌측풍이 있다면 CDI는 왼쪽으로 벗어나기 시작할 것이다.
 - ⑤ 풍향과 풍속을 알 수 없으므로 20°의 편류수정각에서 시작한다.
 - ⑥ CDI가 다시 중심 쪽으로 움직이기 시작하며 편류수정각을 반(10°)으로 줄인다.
 - ⑦ 다시 좌로 벗어나거나 계속 중심 쪽으로 들어오거나 CDI가 천천히 움직일 것이고 이러한 기동을 반복해서 정확한 편류수정각을 찾는다.
 - ⑧ 편류수정각을 적용한 기수방향이 기준이 되며 세밀한 조종을 통하여 인바운드한다.
- 아웃바운드 추적(Traking outbound)
 - ① 주파수를 맞추고 식별한다(Tune & ID).
 - ② OBS를 돌려 FROM지시에 CDI가 중심에 오도록 한다.



[그림 4-31] CDI 해석

- ③ 상단 인덱스에 일치하는 방위로 선회하여 기수방향을 맞춘다.
- ④ 인바운드와 같은 절차를 사용하여 아웃바운드한다.

항로 인터셉션(Course Interception)

비행하려는 항로가 항공기가 위치한 레디얼이 아니면 원하는 항로로 진입하기 위해 인터셉션 기수방향(Interception Heading)으로 비행하여야 한다. 인바운드나 아웃바운드 시 항로를 인터셉트하기 위하여 다음 절차를 사용할 수 있다.

• 인바운드 인터셉션(Interception inbound)[그림 4-32]

- ① 주파수를 맞추고 식별한다(Tune & ID).
- ② OBS를 돌려 TO지시에 CDI가 중심에 위치하도록 한다(현재의 레디얼(160°)을 찾는다).
- ③ 원하는 인바운드 코스(025°)로 선회한다. 인바운드 코스(Inbound course)는 인터셉션하려는 레디얼(205°)의 반방위이다.
- ④ 현재의 레디얼(160°)과 인터셉션하려는 레디얼(205°)의 차이(45°)를 구하여 두 배 곱한다. $45^\circ \times 2 = 90^\circ$ 이며 인터셉션각이 된다. 인터셉션각은 20°보다 작거나 90°보다 큰 것은 추천되지 않는다.
- ⑤ OBS를 돌려 TO지시에 상단에 인바운드 코스가 위치하도록 하고 CDI의 치우친 방향을 찾는다. 이 경우 좌측으로 편향된다.
- ⑥ 현재의 기수방향(인바운드 코스)에서 좌측으로 90°(인터셉션각) 선회하면 기수방향은 295°가 되고 원하는 항로로 인터셉션하는 것이다.

- ⑦ CDI가 중심 쪽으로 움직이기 시작하며 리드 포인트를 가지고 선회를 시작한다.
- ⑧ 이후는 인바운드 추적 절차와 동일하다.

• 아웃바운드 인터셉션(Interception outbound)

- ① 주파수를 맞추고 식별한다(Tune & ID).
- ② OBS를 돌려 FROM지시에 CDI가 중심에 위치하도록 한다(현재의 레디얼을 찾는다).
- ③ 원하는 레디얼로 선회한다.
- ④ 현재의 레디얼과 인터셉션하려는 레디얼의 차이를 구하여 두 배 곱하면 인터셉션각이 된다. 인터셉션각은 20°보다 작거나 90°보다 큰 것은 추천되지 않는다.
- ⑤ OBS를 돌려 FROM지시에 상단에 인터셉션하려는 레디얼이 위치하도록 하고 CDI의 치우친 방향을 찾는다.
- ⑥ 현재의 기수방향에서 CDI쪽으로 인터셉션각만큼 선회하면 새로운 기수방향은 원하는 항로로 인터셉션하는 것이다.
- ⑦ CDI가 중심 쪽으로 움직이기 시작하며 리드 포인트를 가지고 선회를 시작한다.
- ⑧ 이후는 아웃바운드 추적 절차와 동일하다.

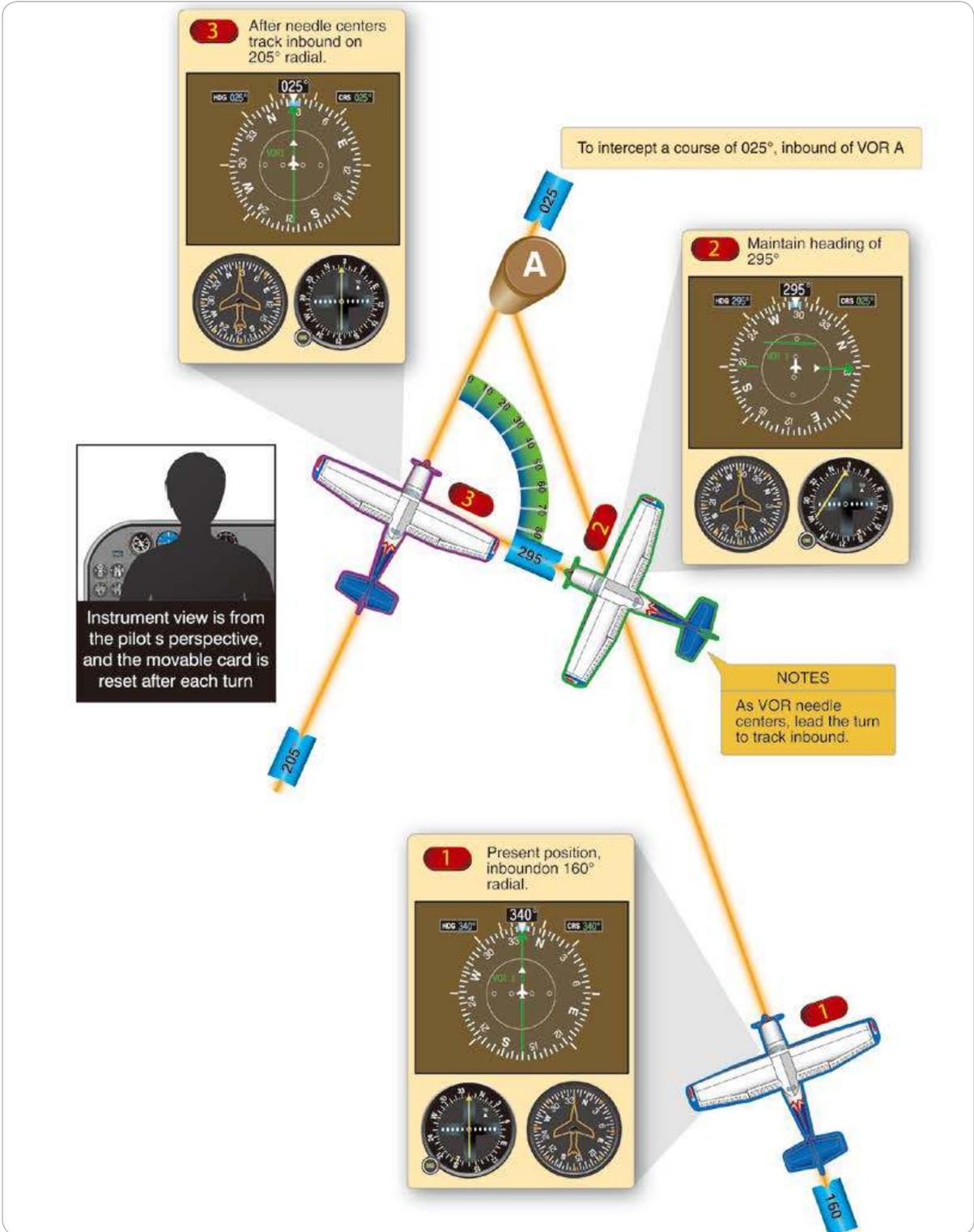
4) 항행시설까지의 시간과 거리 계산하기

항행시설까지의 시간과 거리를 계산하기 위해서는 다음과 같은 절차를 사용한다.

현재의 레디얼에서 좌측이나 우측으로 90° 선회하고 시간을 적는다.

CDI가 10° 변하거나 RMI 바늘이 10° 움직일 때까지 현재 기수방향을 유지한다.

10° 변하는 데 소요된 시간을 측정하고 다음 계산



[그림 4-32] 인바운드 인터셉션(Interception inbound)

식을 사용하여 시간이나 거리를 계산한다.

시간 공식

항행시설까지의 시간을 계산하기 위해서는 다음 공식을 사용한다.

$$\frac{\text{방위변화하는 시간동안 소요된 시간(초)}}{\text{방위 변화량}} = \text{시간}$$

예를 들어 10° 방위변화를 위하여 2분(120초)간 비행하였다면 항행시설까지의 소요되는 시간은 12분이다.

$$\frac{120}{10} = 12 \text{ minutes to the station}$$

거리 공식

항행시설까지의 거리를 계산하기 위해서는 다음 공식을 사용한다.

$$\frac{\text{진대기속도(TAS) 또는 대지속도(GS)}}{60} \times \text{시간} = \text{거리}$$

예를 들어 항행시설까지의 소요되는 시간은 12분이고 항공기의 대지속도가 12knots라면 항행시설까지의 거리는 24NM이다.

$$\frac{120}{60} \times 12 = 24$$

5) VOR 운영상 유의사항

조종사들이 흔히 범하는 운영상의 실수는 다음과 같다.

- ① 항행시설의 주파수입력과 식별(Tune & ID)을 소홀히 하여 실수하는 경우
- ② VOR 수신기의 정확도 및 민감도를 점검하지 않고 사용하는 경우
- ③ 항공기 위치를 착각하여 반대방향으로 선회하는 경우
- ④ TO/FROM지시를 착각하여 역센싱(Reverse sensing)에서 비행하고 반대방향으로 수정하는 경우
- ⑤ 인터셉션 절차 중 선회방향을 잘못 판단하는 경우
- ⑥ 인바운드 추적 절차 중 과도한 편류수정각을 가지고 비행하는 경우(특히 항행시설에 근접한 경우)

다. 거리측정시설(DME)

거리측정시설을 전방향표지시설과 같이 사용하면 조종사는 항행시설로부터의 레디얼과 거리를 바탕으로 정확한 지리적 위치를 찾을 수 있다. 항공기의 DME 수신 장치는 지상의 거리측정시설에 질문신호를 보내고 거리측정시설로부터 응답신호를 받는다. 질문 및 응답에 소요되는 시간을 측정하여 항공기로부터 거리측정시설까지의 거리를 계산한다. 일부 항공기의 DME 수신 장치는 항행시설에 대한 항공기의 위치변화를 감지하여 항공기의 대지속도를 계산할 수 있다. 단, 항공기가 항행시설을 향해 인바운드 추적하거나 항행시설로부터 아웃바운드 추적하는 경우에만 정확성을 유지할 수 있다.

1) 지상 DME

경로와 거리정보를 동시에 얻을 수 있는 항행시설

은 VOR/DME, VORTAC, ILS/DME, LOC/DME 등이 있으며 거리측정시설은 극초단파인 962MHz에서 1,215MHz의 주파수를 사용한다. DME 자동수신기능을 가진 항공기는 DME와 연동되는 항행시설의 주파수를 입력하면 자동으로 DME 정보를 수신하고 일부의 항공기는 두 개의 항행시설을 따로 운영할 수 있다. 또한, 일부의 항공기는 DME의 사거리 오차를 수정할 수 있다.

2) 적용방법

거리측정시설은 항행시설로부터 정확한 거리정보를 제공하기 때문에 항공기의 방위와 거리정보를 이용하는 정확한 위치를 확인할 수 있으며 DME Arc와 같은 절차를 가능하게 한다.

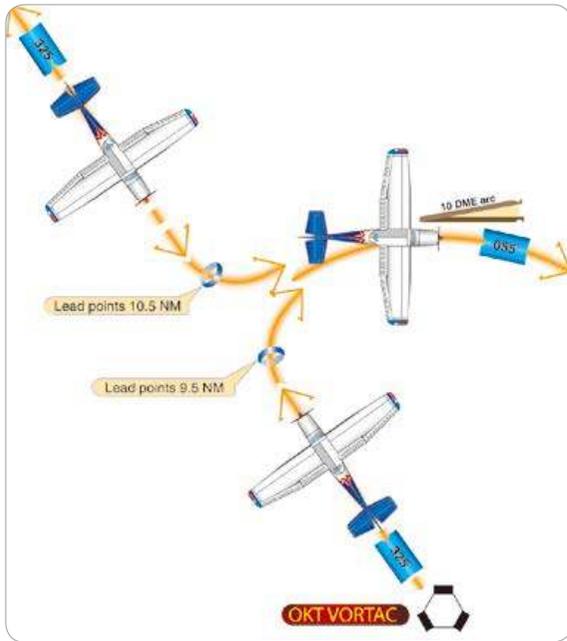
DME Arc

실제로 상용되는 계기접근절차를 살펴보면 그중 많은 절차들이 DME Arc 절차를 포함하고 있다. 다음은 DME Arc를 인터셉트하여 정확히 유지하는데 사용되는 절차와 기술에 대하여 기술하였으며 항공기의 위치와 항행시설의 위치를 심상화(Mental picture)하여 이해하는 것이 중요하다. 특히 바람의 영향이 많은 상황에서는 방향지시계(Heading indicator)나 알앰아이와 같은 계기를 사용하여 심상화하면 바람의 방향과 영향을 측정하는 데 도움이 된다.

DME Arc를 인터셉트하는 절차, 유지하는 절차, 레디얼을 인터셉트하는 절차는 다음과 같다.

• Intercepting a DME Arc [그림 4-33]

- ① OKT 325°R을 따라 인바운드하는 가운데 DME의 수치를 수시로 확인한다(인바운드 코스는 145°이다).
- ② Arc에 진입하기 위하여 0.5NM(10.5NM) 전에 좌선회한다. 150knots 이하의 대지속도에는 0.5NM의 리드포인트면 충분하고 속도가 빨라지면 그에 합당한 리드포인트를 계산한다.
- ③ 무풍기준으로 90° 선회하면 기수방향은 055°이다.
- ④ 90°선회를 마치고 롤아웃(Roll-out)하기 전에 DME 수치를 유심히 봐야 한다. 항공기가 배풍이나 선회반경의 영향으로 Arc를 오버슈트(Overshot)하려고 하면 미리 계획된 기수방향(055°)에 롤아웃하여야 한다. 오버슈트하여 Arc 안쪽에 위치한 상태에서 055°의 기수 방향을 유지하면 Arc구조상 자동으로 Arc와 가까워지며 결국 Arc를 교차하게 되기 때문에 기수 방향을 수정하여 롤아웃할 필요가 없다. 반대로 언더슈트(Undershot)하려고 하면 미리 롤아웃(060° or 065°)하여 Arc쪽으로 들어와야 한다. 오버슈트 하는데도 수정하지 않고 계획된 기수방향(055°)으로 롤아웃하고 유지하려 하면 Arc와 점점 멀어져 더 큰 수정각이 필요하게 되기 때문에 055°보다 미리 롤아웃하는 것이 도움이 된다.
- ⑤ 레디얼 아웃바운드 중(기수방향 325°)에 DME Arc를 인터셉트하는 절차도 인바운드하는 경우와 같고 단지 리드포인트 9.5NM에서 선회를 시작하여야 한다(10-0.5).



[그림 4-33] DME Arc 인터셉션(DME Arc Interception)

• Maintaining a DME Arc with RMI [그림 4-34]

- ① 알엠아이계기의 화살표가 우측 날개방향(90°)이고 DME 거리가 10NM이라면 계획대로 Arc 인터셉션에 성공한 것이다. 현재의 기수방향(055°)을 유지하며 진행하면 화살표가 우측 날개 뒤쪽으로 이동할 것이다. 5~10° 정도 움직일 때까지 기다린다. DME 거리는 다소 증가할 것이다.
- ② 안쪽(우선회)으로 선회하여 화살표가 날개 앞쪽 5~10°에 위치하도록 몰아온다. 현재의 기수방향을 유지하며 화살표가 다시 뒤쪽으로 이동할 때까지 기다린다. 이런 절차를 지속적으로 반복한다.
- ③ 측풍이나 조작상의 실수로 항공기가 Arc 바깥쪽에 위치하면 안쪽으로 선회하여 화살표가 날개 앞쪽으로 오도록 조작한다. 반대로

항공기가 Arc 안쪽에 위치하면 바깥쪽으로 선회하여 화살표가 날개 뒤쪽에 위치하도록 한다.

- ④ 3번과 같이 경로수정이 필요한 경우 일반적으로 0.5NM당 10~20°의 수정각을 사용한다. 예를 들어 항공기가 Arc 바깥쪽으로 0.5NM 벗어났다면 화살표를 날개 앞쪽 20°(RB 70°)에 위치시켜 수정하고 항공기가 Arc 안쪽 0.5NM에 위치했다면 화살표를 날개 뒤쪽 10°(RB 100°)에 위치시켜 수정한다.

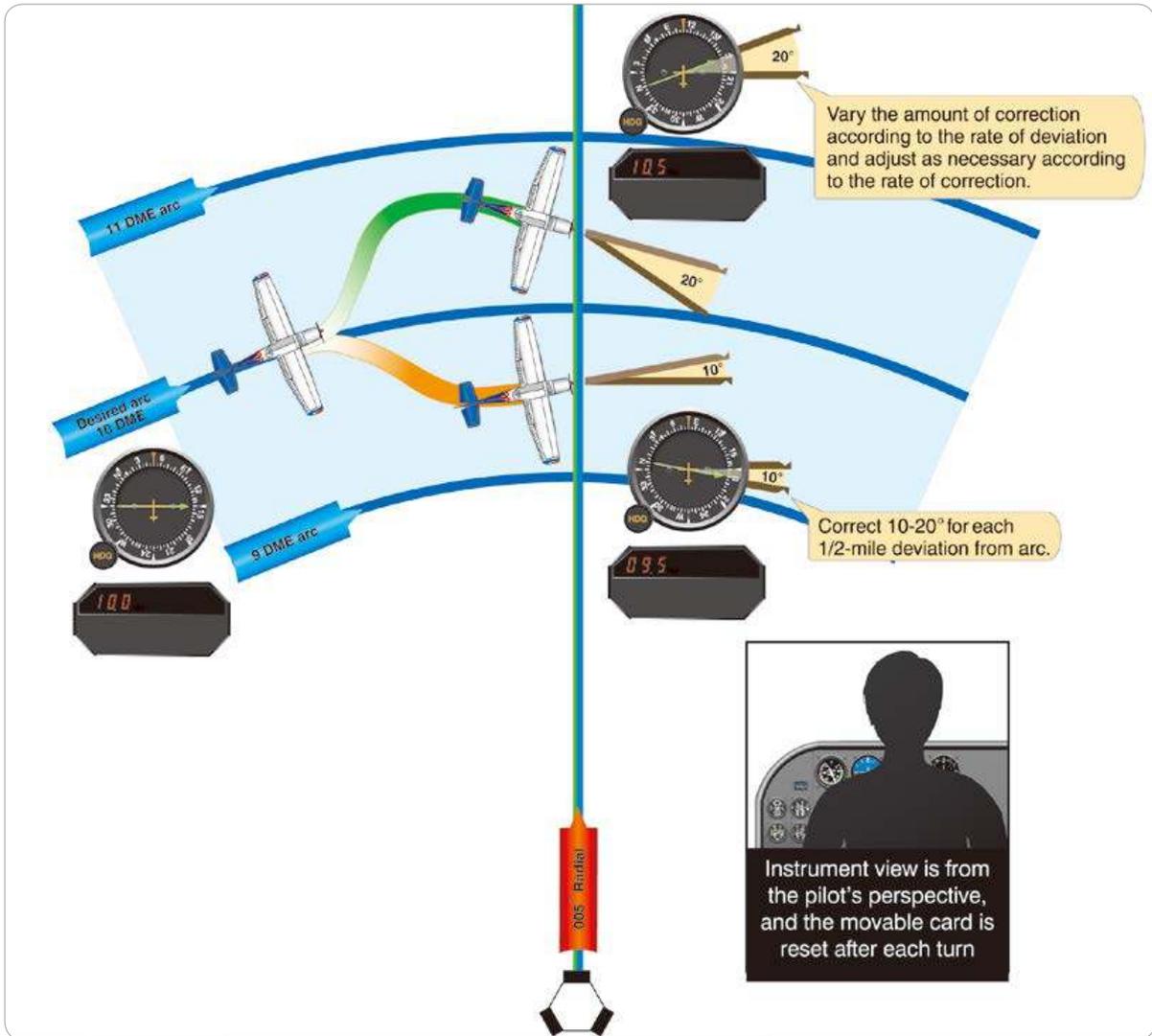
• Interception Lead Radials

- ① 리드 레디얼(Lead Radial)은 Arc에서 인바운드 코스로 정확히 진입하기 위해 선회를 시작해야 하는 레디얼이다. 리드 레디얼은 Arc의 반지름과 항공기의 대지속도에 따라 영향을 받으며 속도 150knots 이하의 일반 항공용 항공기를 위한 리드 레디얼은 5° 이내로 사용하는 것이 일반적이다.
- ② 화살표의 움직임을 지속적으로 점검하며 리드 레디얼을 놓치지 않도록 주의한다. 헤딩 벅(Heading bug)을 사용하여 리드 레디얼을 표시하는 것도 좋은 방법 중의 하나이다.
- ③ Arc에서 로컬라이저(Localizer)를 인터셉션 하는 방법도 레디얼 인터셉션과 같다.

4.2.5 기타 항법(Other Navigation Method)

4.2.5.1 RNAV

앞에서 살펴본 바와 같이 다양한 재래식항법을 수행하기 위해 여러 가지 복잡한 작업이 필요하고 경



[그림 4-34] DME Arc 유지(Maintaining a DME Arc)

항공기의 경우 업무량이 경미하나 대형항공기로 갈수록 업무량이 급격히 증가하였다. 이러한 대형항공기를 운용하기 위해서는 조종사 이외에 항법사가 필요하게 되었고 항법사는 비행 중 조종사의 항행업무를 도와주는 역할을 수행하였으며 항공기 기종에 따라서는 법적최소 운항승무원에 포함되었다. 그러나 조종사의 업무 부담을 줄여 주기 위한 비행관리시스

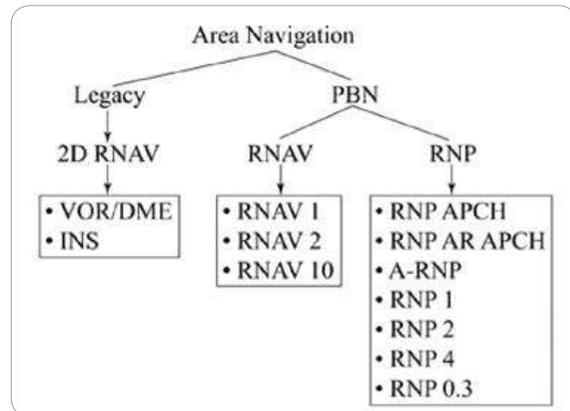
템(Flight Management System)과 같은 탑재 컴퓨터가 등장하고 상용화되면서 최근의 대형항공기를 운용하는 데 더 이상 항법사가 필요하지 않게 되었다. 비행관리시스템은 자체적으로 항행 데이터베이스(Navigation Database)와 성능 데이터베이스(Performance Database)를 갖추고 있으며 이를 기반으로 다양한 업무를 수행할 수 있다. 항로의 구성,

시간/거리 계산, 연료소모율계산 및 도착예정시간 계산 등 항행에 필요한 다양한 기능을 수행하고 조종사에게 시현해주며 항공기 성능 계산도 손쉽게 하도록 설계되었다. 또한, 비행관리시스템은 지상항행 시설이나 위성항행시설로부터 수신한 정보와 자체 항법시설의 정보를 통합적으로 관리 운영하여 다양한 지역항법의 기능이 가능하도록 하였으며 오늘날도 지속적으로 발전을 거듭하고 있다.

지역항법(Area Navigation)은 외부의 항행시설이나 자체 항행장비의 운용범위 안에서 원하는 지점 간의 경로를 자유롭게 설정하여 항행할 수 있는 항행방법이다. 지역항법을 사용하면 지도상의 어느 지점을 위도와 경도를 사용하여 웨이포인트(Waypoint)로 지정할 수 있고 원하는 경로를 자유롭게 만들어 항행할 수 있다. 항공기에 탑재된 지역항법 장비는 항공기의 현재 위치를 결정할 수 있으며 위치정보를 사용하여 다음 경로를 위한 방위와 거리를 계산할 수 있다. 이런 방식으로 지역항법은 지상 무선항행시설을 따라서 항행해야 하는 무선항법의 단점을 극복하고 효율적인 항행을 가능하게 하였다.

지역항법의 활용으로 공역을 보다 효율적으로 사용할 수 있게 되었으며 다양한 지역에서 항행이 가능하게 되었고 비행의 전 구간에 걸쳐 정확한 항행이 가능해졌다. VOR/DME, LORAN, GPS와 같은 외부 항행시설과 INS, IRS와 같은 자체항법장비를 통하여 필요한 정보를 획득하고 탑재컴퓨터를 활용하여 원하는 경로를 형성한다. 지역항법을 수행하기 위해 필요한 외부 항행시설로 초기에는 기존의 지상 무선 항행시설을 활용하였고 위성항법이 항공에 상용화되면서 지역항법의 활용도가 더욱 높아졌다. 지

역항법의 종류 및 분류를 이해하는데 [그림 4-35]를 참고하기를 바라며 성능기반항법은 별도로 설명하려 한다.



[그림 4-35] 지역항법의 분류

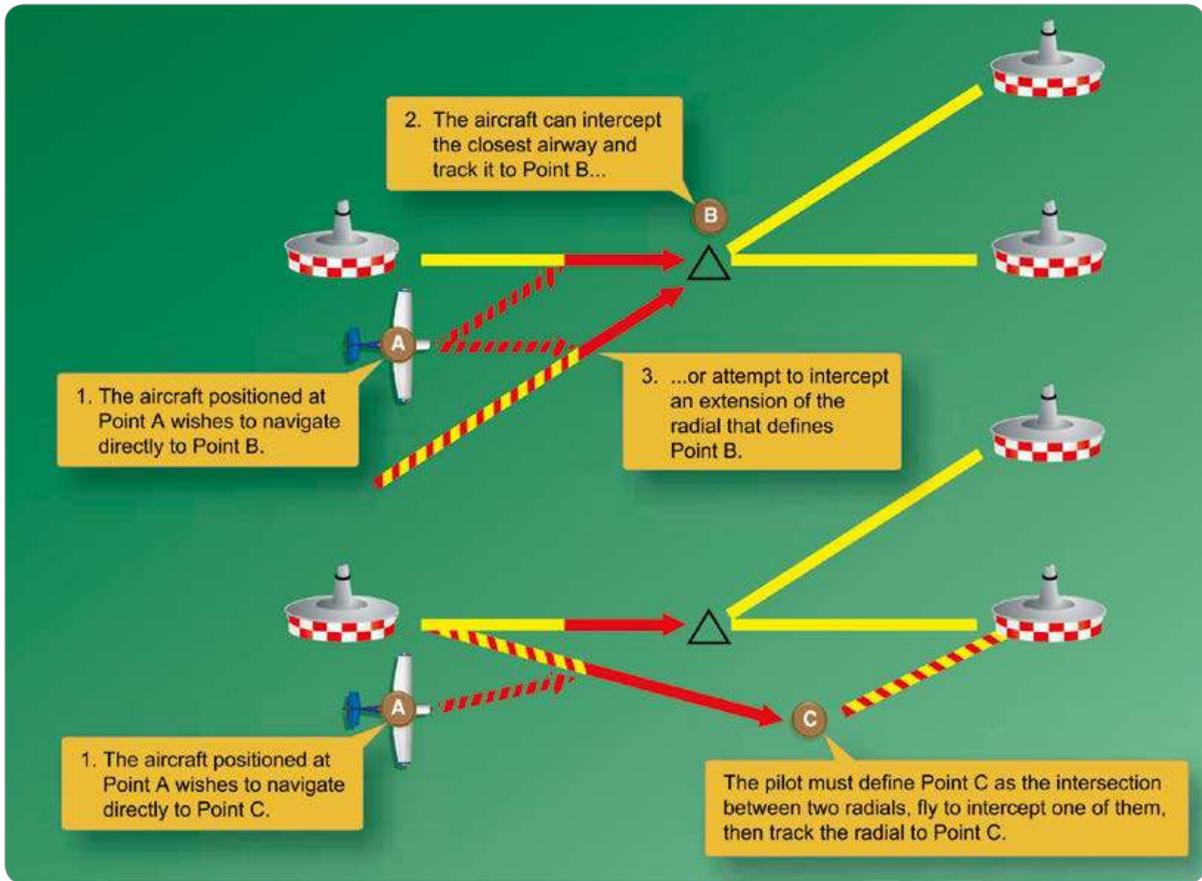
4.2.5.1.1 2D 지역항법(2D RNAV)

[그림 4-36]에서 위쪽 A지점에 위치한 항공기는 재래식 항법장비인 VOR만 가지고 있으며 조종사는 B지점으로 직선 단거리 경로로 비행하기를 원하지만 적절한 항행방법이 없다. 그림상으로는 여러 개의 지상 VOR 항행시설이 사용 가능한 것처럼 보이지만 개별 항행시설의 무선항법 가용거리에 위치하는지가 불확실하다. 모든 시설이 가용하다고 하더라도 조종사가 B지점으로 직선으로 항행하는 것은 불가능하며 두 가지의 선택을 할 수 있다.

첫째, 가장 근접한 항로를 인터셉트하여 교차점(B지점)으로 항행하는 방법과

둘째, B지점을 통과하는 지상 VOR 항행시설의 레디얼 연장선을 인터셉트하여 교차점으로 항행하는 것이다.

같은 항공기가 그림 하단의 A지점에 위치하였다고 가정하고 조종사가 이번에는 C지점으로 비행하려 한



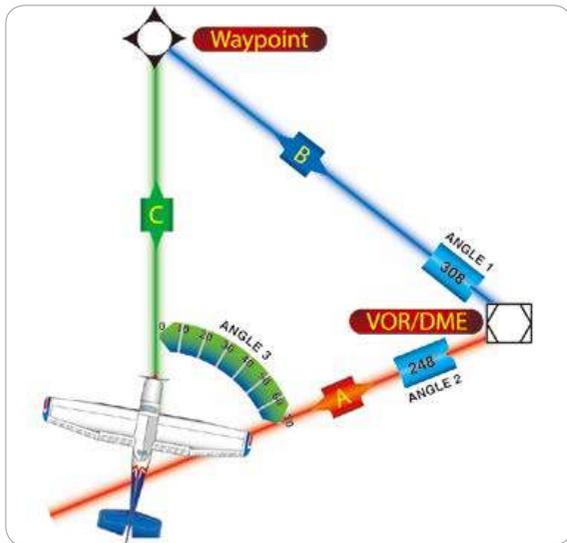
[그림 4-36] 재래식 항법의 한계

다고 가정하자. C지점은 항행시설 상공도 아니고 항로상에 위치한 교차점도 아니어서 더욱 어려운 상황에 처한다. 조종사는 C지점을 통과하는 두 개의 VOR 레디얼을 측정하여야 하고 첫 번째 VOR의 레디얼을 따라 아웃바운드 추적을 하면서 두 번째 VOR의 레디얼을 확인하여야 C지점에 도달할 수 있다.

[그림 4-37]에서처럼 지상의 VORTAC이나 VOR/DME와 같은 지상 항행시설의 좌표와 그로부터 원하는 목표지점의 거리 및 방향을 탑재 컴퓨터로 계산하여 원하는 경로와 거리 등 항행에 필요한 자료를 산출한다. 재래식 항법의 제한사항에 구애받

지 않고 항행할 수 있어 공역을 효율적으로 사용할 수 있으나 항로를 벗어나는 경로를 항행할 경우 장애물 안전고도나 지상 무선항행시설 신호수신에 대한 보장이 없으므로 주의하여 항행하여야 한다.

1. 항공기에서 지상 항행시설까지의 거리와 방위를 측정한다(A).
2. 지상 항행시설에서 목표지점까지의 거리와 방위를 계산한다(B).
3. 현 위치에서 목표지점까지의 거리와 방위를 계산하고 항행에 필요한 각종 자료를 산출한다.



[그림 4-37] 지역항법

이런 방식을 통하여 VOR/DME 지역항법을 수행할 수 있으나 가용한 지상 무선평행시설이 없는 공역이나 지상 무선평행시설의 신호 수신범위를 벗어나는 공역에서 항행하는 경우에는 VOR/DME 지역항법이 제한될 수밖에 없다. 위성항법의 상용화에 따라 지상 항행시설뿐만 아니라 위성항법정보도 활용이 가능하여 가용한 모든 정보를 통합하는 사용하는 최근의 지역항법에 이르렀다.

4.2.5.2 GNSS

천측항법이 우주에 있는 별을 기준으로 항공기의 위치를 측정하는 것과 같이 GNSS는 지구 주위를 도는 항법위성을 기준으로 항공기의 위치를 측정하는 항법이다. 항법위성으로부터 송출되는 신호(거리와 시간정보)를 항공기 탑재장비로 수신하면 항법위성의 위치, 인공위성으로부터의 거리, 인공위성과 항공기의 시간 동조를 위한 시간 정보를 얻을 수 있다. 이러한 정보를 기반으로 항공기 위치를 계산을 계산

하는 데 사용하며 한 개의 항법위성으로부터 수신한 정보로는 정확한 위치계산이 어렵고 여러 개의 항법위성이 필요하다.

GNSS는 다음과 같이 미국에서 운용하는 GPS, 러시아에서 운용하는 GLONASS, 유럽연합에서 운용하는 Galileo가 대표적이며 다른 나라들도 고유의 위성 시스템을 갖추어 가고 있다. 미국은 GPS를, 러시아는 GLONASS를 민간에서 무료로 사용할 수 있도록 개방해 놓았으며 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization)에서는 이 두 시스템을 국제민간항공에 사용이 적절하다고 인정하고 있다. 시스템의 특성 및 종류는 미국의 GPS를 기준으로 살펴보려 한다.

- GLONASS
- Galileo
- GPS

4.2.5.2.1 위성항법시스템

(GPS, Global Positioning System)

GPS는 항법위성을 기반으로 하는 무선평행시스템이며 지구상의 궤도를 회전하는 항법위성은 지속적으로 무선신호를 송출하고 지상이나 항행 중인 항공기에서 신호만 수신할 수 있으면 항공기는 정확한 위치계산을 위한 정보를 획득할 수 있다. GPS는 현재 6개의 회전 평면상에 32개의 항법위성이 있고 1만 1,000마일 상공을 비행하며 지구상 어디에서나 5개 이상의 항법위성신호를 감지할 수 있도록 설계되었다. GNSS의 한 종류인 GPS는 미국에서 초기 군용으로 개발되어 군사목적으로 사용되었으나 1998년에 민간에서도 사용 가능하도록 허가하였다.

GPS의 정확한 항행성능을 민간항공분야에서 활용하여 보다 안전하고 효율적으로 비행하는 것이 목적이었으나 다른 목적으로 악용되는 것을 방지하기 위하여 초기에는 SA(Selective Availability)라는 신호를 포함시켜 민간에 개방하였다. SA는 GPS의 성능을 고의적으로 감소시키는 신호이며 2000년부터 사용이 중지되어 GPS의 정상적인 기능이 가능하게 되었다. 기본 GPS는 비행의 95% 시간 동안 약 7.8미터의 정확도를 유지하도록 설계되었고 여러 항법 위성으로부터 수신한 신호와 시간을 비교 측정하여 항공기의 위치를 산출한다. 각각의 항법 위성으로부터 수신한 신호를 이용하여 거리를 계산하고 반원을 그리면 항공기의 삼차원적인 위치를 측정할 수 있다. 정확한 거리측정을 위해 시간을 동조하는데 여기에 네 번째 항법위성을 사용한다. 따라서 항공기에서 동시에 네 개의 항법 위성 신호를 수신할 수 있다면 정확한 위도, 경도, 고도, 시간을 측정할 수 있는 것이다.

4.2.5.2.2 RAIM Capability

RAIM(Receiver autonomous integrity monitoring)은 항법 위성으로 받은 신호를 비교 분석하여 신호의 신빙성과 사용 가능성을 판단한다. RAIM 기능이 없는 GPS 수신기를 사용하여 항행할 경우 항법에 필요한 항법 위성의 신호에 문제가 있거나 수신 가능한 항법 위성의 숫자가 기준보다 작아져도 이를 조종사에 알려주는 경보장치가 없다. 따라서 조종사는 정확도가 감소한 상태에서 오차를 가지고 항행하고 있음을 알지 못한다. 다른 항법계기와 교차점검을 통하여 오차를 발견하고 수정할 수도 있으나 일반적으로 RAIM 기능이 장착된 GPS 수신

기를 사용하는 것을 추천한다.

4.2.5.2.3 DGPS

(Differential Global Positioning Systems)

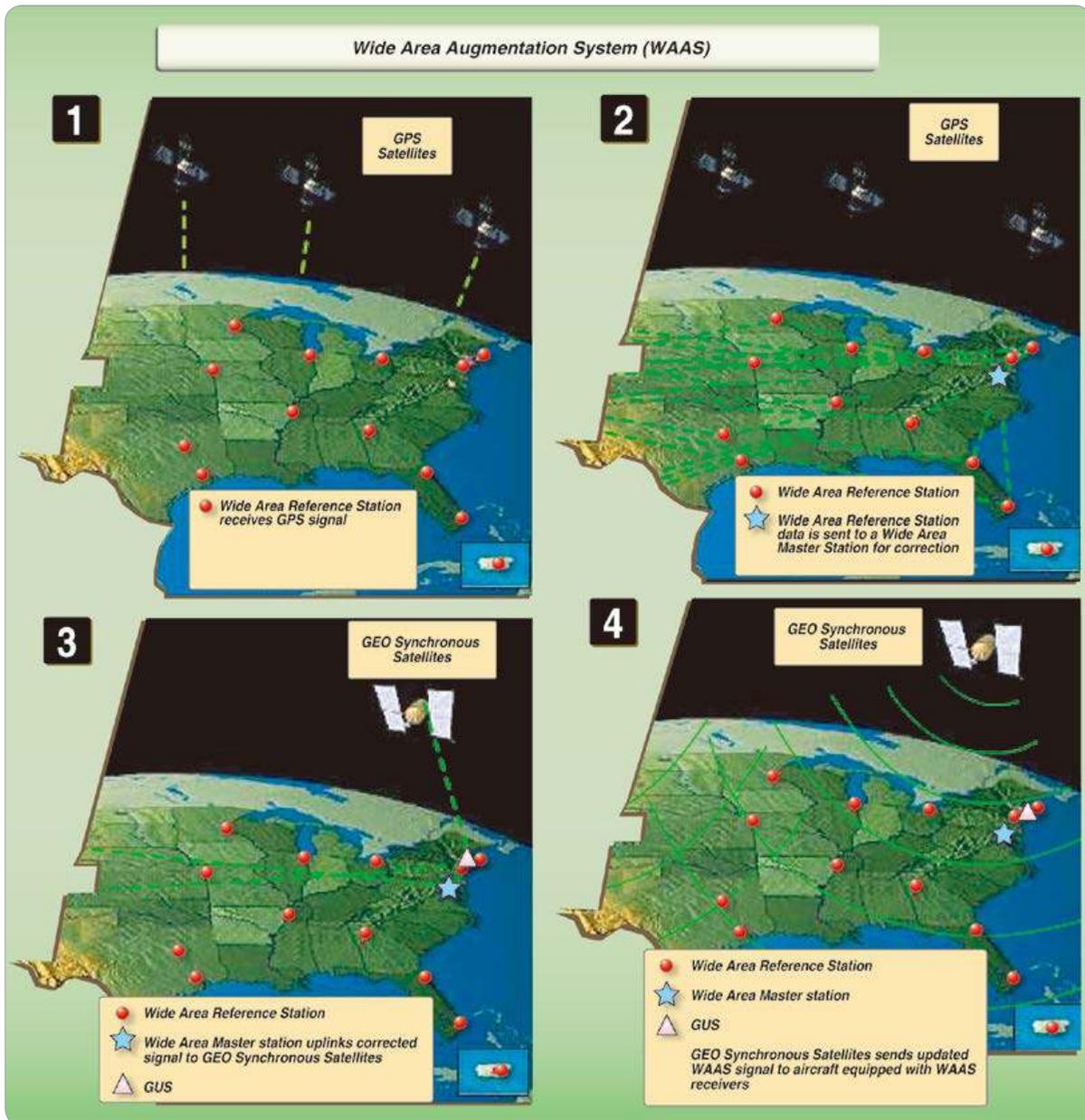
DGPS는 GPS의 정확도를 향상시키기 위하여 고안된 시스템으로 항법 위성의 위치수정에 필요한 변수 차이를 측정하도록 설계되었다. 만약 여러 대의 수신기가 항법 위성으로부터 같은 신호를 수신할 경우 각각의 수신기가 계산하는 항법 위성의 위치는 비슷한 오차를 나타낼 것이고 부정확한 정보로 인하여 항공기의 위치도 잘못 계산할 것이다. 이때 우리가 알고 있는 위치에 고정된 지상의 수신기를 통해 같은 신호를 계산하게 하면 지상의 수신기는 항법 위성 신호의 오류를 측정할 수 있고 그 신호를 수정할 수 있는 기준신호를 항법 위성에 전달할 수 있다. DGPS의 종류는 다음과 같이 WAAS(Wide Area Augmentation System)와 LAAS(Local Area Augmentation System)이다.

4.2.5.2.4 WAAS

WAAS는 위성항법시스템의 정확성, 무결성, 유효성을 증가시키기 위하여 지상에 모국(Master station)을 설치하여 항법 위성신호의 오차를 수정하고 이륙단계에서부터 CAT-I 정밀접근단계까지 이용할 수 있다. 국제민간항공기구에서는 WAAS를 SBAS(Satellite Based Augmentation System)로 규정하고 있으며 유럽이나 일본 등 다른 나라에서는 이에 호환 가능한 시스템을 개발하고 있다. 거의 전 공역에서 사용할 수 있으며 정확성과 신뢰성을 향상시킬 수 있다. [그림 4-38]에서처럼 WAAS를 위하여 지상에는 참조국(Reference station)과 모국

(Master station)이 네트워크를 이루어야 한다. 참조국에서 항법위성의 신호를 수신하고 감시함으로써 위성의 위치와 시간에 대한 오차를 결정하게 된다. 각각의 참조국에서 수신한 자료를 네트워크를

통하여 모국으로 전송하고 모국에서는 수집된 자료를 분석하여 수정신호를 생산한다. 전송국을 통하여 지구정지위성(geostationary satellite)에 수정신호를 전송하고 지구정지위성에서는 수정된 신호를 송



[그림 4-38] WAAS

출하여 WAAS 수신기에서 사용할 수 있게 한다.

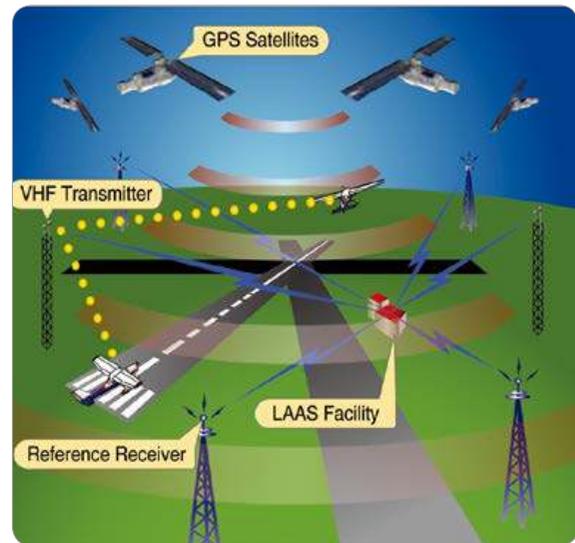
4.2.5.2.5 LAAS

LAAS는 GBAS(Ground Based Augmentation System)라고도 하며 공항이나 그 주변에 참조시설(Reference facility)을 설치하여 활용한다. [그림 4-39]에서처럼 참조시설은 공항 주변에 여러 개의 수신안테나를 가지고 있으며 각각의 수신안테나는 항법위성신호를 수신하고 그 자료를 참조시설로 전송한다. 참조시설은 수정신호를 생산하여 송출하고 항공기의 LAAS 수신기에서 사용 가능하게 한다.

LAAS가 갖추어진 공항에 착륙하려는 조종사는 항공기 탑재 장비 및 조종사의 자격 수준에 따라 CAT-I 이상의 정밀접근 수행이 가능하다.

4.2.5.3 INS

관성항법시스템(Inertial Navigation System)은 항공기 외부 항행시설로부터의 자료나 정보 없이 자체적으로 항공기의 위치 및 필요한 항행정보를 측정 가능한 탑재형 항행장비이다. 자이로를 이용하여 항공기의 자세 및 현재의 위치를 인식하고 가속도계를 활용하여 항공기의 진행방향과 속도를 측정한다. 항공기가 지상에 정지해있을 때 조종사는 정확한 위치를 INS에 입력하고 INS는 자이로의 특성을 이용하여 초기 위치를 산정한다. 가속도계는 기존의 위치에 대한 항공기의 움직임(가속도)을 감지하여 항공기의 움직임 방향, 속도, 거리 등을 산출할 수 있다. 산출된 거리와 방향을 이용하여 새로운 위치를 나타내고 비행 중 이러한 과정을 지속적으로 수행한다. 외부환경에 무관하고 정확한 항법이 가능한 반면 시간이 지남에 따라 오차가 축적되



[그림 4-39] LAAS

어 항법의 정확도가 떨어진다. 장비고장에 대비하거나 자료의 정확도를 비교 분석하기 위하여 두 개 이상의 INS 사용이 추천되며 지상 무선항행시설 상공이나 위성항법을 사용하여 항공기 위 위치를 갱신하여주면 오차를 줄여 항법의 정확도를 높일 수 있다. 최신버전의 INS는 IRS(Inertial Reference System)라고 부르며 레이저자이로(Laser gyro)와 고성능의 컴퓨터를 사용한다.

4.3 극지역 항법 절차(Polar Regions Navigation Procedure)

4.3.1 개요(Introduction)

극 지역 항법은 극지방의 전자기적 특성 및 기상을 이해하여 극지방 경유 대권 항로를 효율적으로 비행하기 위한 항법이다.

4.3.2 극지역의 환경적 특성(Environmental Characteristics of Polar Regions)

4.3.2.1 극지역의 정의

(Definitions of Polar Regions)

북위 78도 이상 알래스카와 시베리아를 포함한 지역과 남위 60도 이상 지역이다.

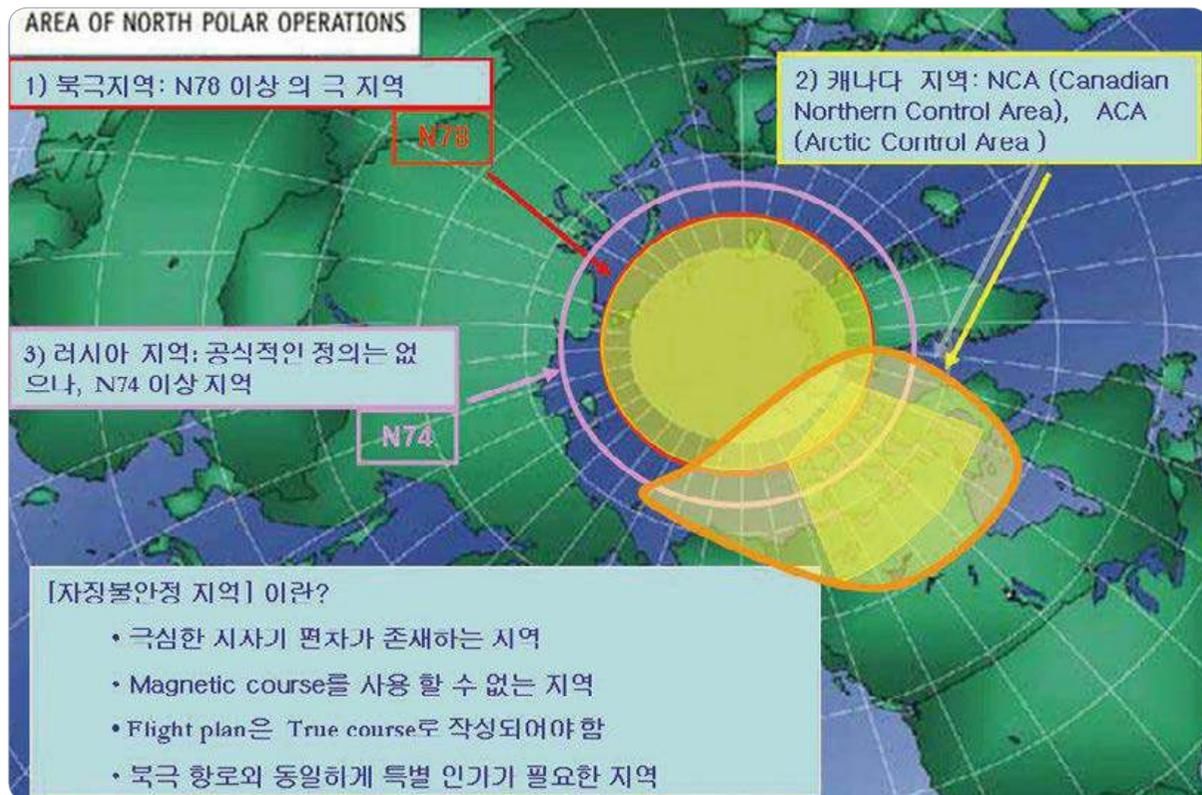
4.3.2.2 극지역 비행 특성

(Polar Regions Flight Characteristics)

극지방의 기상은 제트스트림의 영향이 없어 바람이 약하여 난류의 영향이 없으며 여름은 백야 겨울은 극야로 표면이 영하 30도 이하로 유지된다. 따

라서 동절기에는 항공기 순항고도에서는 제트유가 결빙하는 온도까지 도달하여 비행안전에 위협요소가 된다. 민항기에서 사용되고 있는 제트유의 항공기 정제 시 준수해야 할 제트유 결빙온도인 규격 (SPECIFICATION) 결빙온도는 JET A(미국급유) -40°C , JET A1(한국, 유럽, 캐나다 급유) -47°C , TS-1(러시아급유) -50°C 이다. 비행 중 허용되는 최저 허용온도는 항공기 기종마다 차이가 있으며 예를 들어 보잉 777/747-8은 SPECIFICATION 결빙 온도에 $+3^{\circ}\text{C}$ 를 적용한다.

FL250-FL300에서 권계면 고도가 형성되어 다른 지역의 권계면 형성고도인 FL320-FL600보다 낮아 기상현상은 변화가 적으며 권계면 고도 이상에서

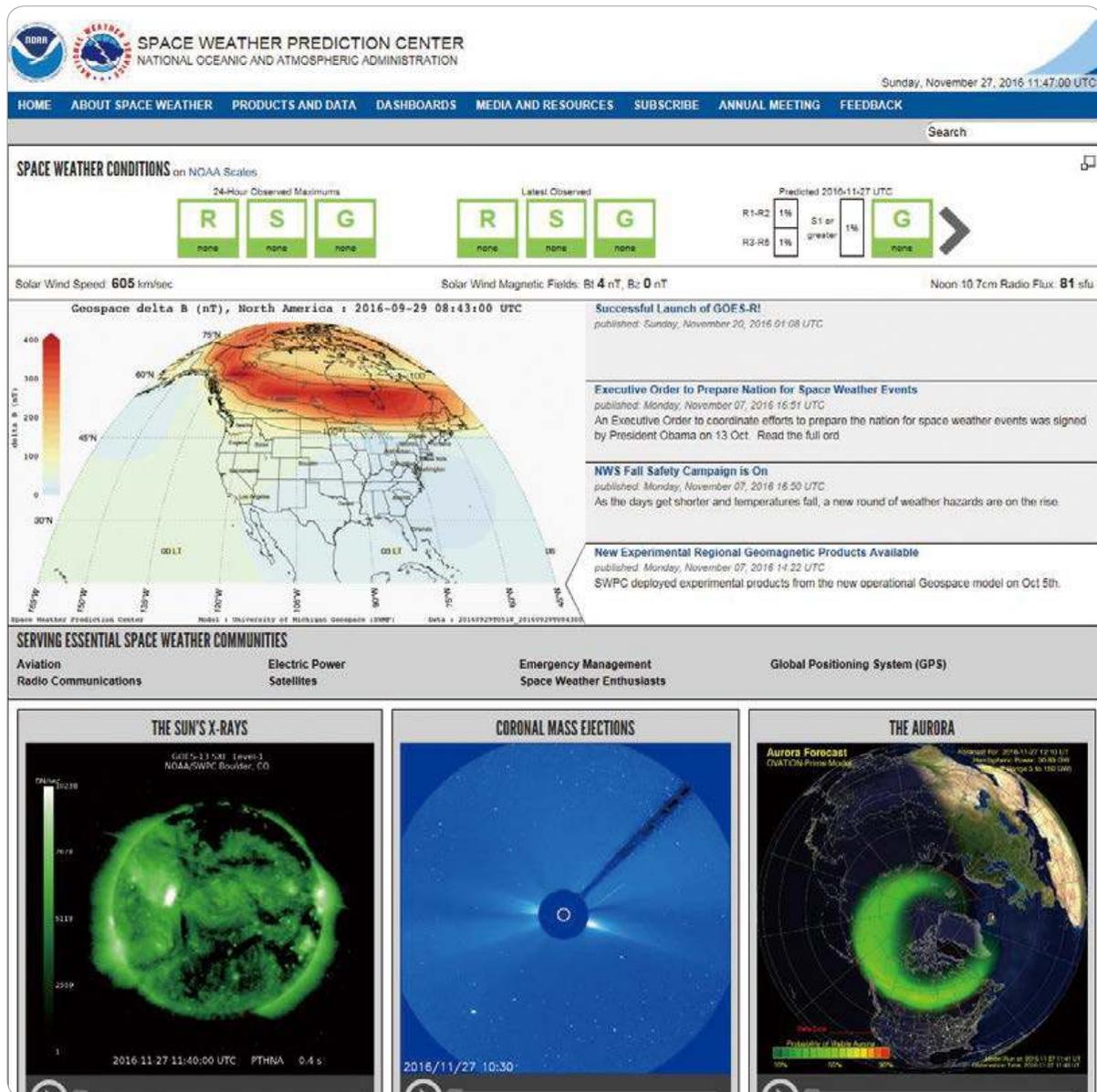


[그림 4-40] 극지역 개요 및 자장불안지역

기온 역전현상이 발생하기도 한다.

우주 기상(SPACE WEATHER)인 태양플레어(SOLAR FLARE)의 지구대기 충돌로 장파 무전기의 통신 지표 감소저하, 위성항법 시스템의 위치 오차 발생 및 승객과 승무원의 태양 방사능 노출이 발

생한다. 이러한 영향은 무전기의 통신 지표(RADIO BLACK INDEX, R로 표시), 위성항법 시스템의 위치 지표(GEOMAGNETIC INDEX G로 표시) 태양 방사능 지표(SOLAR RADIATION INDEX, S로 표시)로 분류되며 강도는 5단계로 구성되어 있다. 단



[그림 4-41] SPACE WEATHER (출처: 미국 NOAA 사이트 참조)

계는, 1은 MINOR, 2 MODERATE, 3 STRONG, 4 SEVER, 5 EXTREME을 뜻한다. 위성항법 시스템의 위치 지표 G1-G3, 태양 방사능 지표 S1-S2, 무전기의 통신 지표 R1이면 정상비행하고 S3면 비행 고도 제한, R2-R3는 북극항로 중 고위도로 비행하는 항로에 제한을 받고 장파 무전기의 통신이 불가하거나 제한받게 된다.

SATCOM(위성전화) 부작동 시 R2 이상이거나 G4, R4, S4 이상인 경우는 극지역 운항이 금지된다.

[표 4-5] 태양 방사능 기준 (출처: 운항기술 기준 2006-41호)

| 강도 | 인체, 항법, 통신에 미치는 영향 |
|-------------|--|
| S5 Extreme | <ul style="list-style-type: none"> 고위도 지역에서 고고도로 비행하는 항공기의 승객과 승무원은 과다 방사선에 노출될 위험이 있음 북극지역에서 HF 무선통신 두절이 발생할 수 있음 위치오차 발생으로 항법비행이 매우 어려움 |
| S4 Severe | <ul style="list-style-type: none"> 고위도 지역에서 고고도로 비행하는 항공기의 승객과 승무원 방사선위험에 노출될 수 있음 북극지역에서 HF 무선통신 두절이 발생할 수 있음 일정기간 동안 항법 오류가 발생할 수 있음 |
| S3 Strong | <ul style="list-style-type: none"> 고위도 지역에서 고고도로 비행하는 항공기의 승객과 승무원 방사선위험에 노출될 수 있음 북극지역에서 HF 무선 송수신 품질저하 발생 가능 항법 위치오류 발생 가능 |
| S2 Moderate | <ul style="list-style-type: none"> 고위도 지역에서 고고도로 비행하는 항공기의 승객과 승무원은 방사선위험(Elevated Radiation Risk)에 노출될 수 있음 북극지역에서 HF 송수신에 경미한 영향이 있음 북극점 주변에서 항법에 영향을 미칠 수 있음 |
| S1 Minor | <ul style="list-style-type: none"> 인체에 미치는 영향이 미미함 북극지역에서 HF 송수신에 미미한 영향이 있음 |

[표 4-6] 자기 폭풍 기준 (출처: 운항기술 기준 2006-41호)

| 강도 | 인체, 항법, 통신에 미치는 영향 |
|-------------|--|
| G5 Extreme | <ul style="list-style-type: none"> 위성 방향조정, 송수신 및 추적 기능 이상 발생 HF 무선 신호 송수신 불가능(1~2일) LF 무선항법 불가능(몇 시간) |
| G4 Severe | <ul style="list-style-type: none"> 위성 추적기능 이상 발생, 방향조정 문제 발생 가능 HF 무선 신호 송수신 불안정 및 위성항법 불안정(몇 시간) LF 무선항법 불가능(몇 시간) |
| G3 Strong | <ul style="list-style-type: none"> 저고도 궤도위성 항력(Drag) 증가 방향조정 기능 이상 발생 가능 간헐적으로 위성항법 이상 및 LF 무선항법 이상 발생 가능 HF 무선 송수신 간헐적으로 가능 |
| G2 Moderate | <ul style="list-style-type: none"> 위성 방향조정 및 궤도 예측 수정 필요 HF 무선 송수신 고위도 지역에서 악화 |
| G1 Minor | <ul style="list-style-type: none"> 위성 운영에 미미한 영향 있음 |

항법 시 일반 항법과 극지역 항법의 가장 큰 차이점은 북위도로 갈수록 자기 나침판의 수평분력의 이 약해져 자침이 자기 나침판 아래쪽으로 향하고 이에 따라 자기 나침판이 일정한 방향을 유지하지 못하고 회전하고 떨림이 발생한다. 경도의 간격은 북극점에서는 근접할수록 줄어들어 자북을 지시하는 자침의 변화가 빨라 자북의 상대 방위인 일정한 기수방향을 유지기 힘들어 통상적인 항법 절차로는 극지방을 비행할 수 없다. 이러한 자장불안정 현상으로 항법에 자북을 이용하지 못하는 지역을 자장불안정 지역 AMU(Area of Magnetic Unreliability)이라 하고 NCA(Northern Control Area), ACA 그리고 Polar 지역이 포함된다. 또한, 러시아의 지역에서는 북위 74도 이상의 지역도 자장불안정 지역으로 간주된다. 자장불안정 지역을 극복하기 위해 고위도지역의 비행

[표 4-7] 통신 교란 기준 (출처: 운항기술 기준 2006-41호)

| 강도 | 인체, 항법, 통신에 미치는 영향 |
|-------------|--|
| R5 Extreme | <ul style="list-style-type: none"> • 몇 시간 동안 태양을 볼 수 있는 전역에 걸쳐 HF 무선통신 교란 발생 가능 • 항공로 운항 중인 항공기와 HF 통신 불가 • 몇 시간 동안 태양을 볼 수 있는 전역에 걸쳐 LF 무선항법장비 부작동 발생하여 위치 확인에 지장을 줄 수 있음 • 몇 시간 동안 태양을 볼 수 있는 전역에 걸쳐 위성항법 위치오차 발생 증가 |
| R4 Severe | <ul style="list-style-type: none"> • 1~2시간 동안 태양을 볼 수 있는 대부분의 지역에 걸쳐 HF 무선통신교란 발생 가능. 이 기간 동안 HF 무선교신이 불가능함 • 1~2시간 동안 LF 항법신호 두절로 위치 오차심화 발생 • 태양을 볼 수 있는 지역에서 위성항법 미미한 장애 발생 가능 |
| R3 Strong | <ul style="list-style-type: none"> • 약 1시간 동안 태양을 볼 수 있는 넓은 지역에 걸쳐 HF 무선통신 교란 및 통신두절 발생 가능 • 약 1시간 동안 LF 항법신호 불량 발생 |
| R2 Moderate | <ul style="list-style-type: none"> • 수십 분 동안 태양을 볼 수 있는 지역에서 제한된 HF 무선통신 교란 및 통신두절 발생 가능 • 수십 분 동안 LF 항법신호 불량 발생 |
| R1 Minor | <ul style="list-style-type: none"> • 태양을 볼 수 있는 지역에서 미미한 HF 무선통신 품질저하 발생 및 간헐적인 통신두절 발생 • 잠깐 동안 LF 항법신호 불량 발생 |

시 Grid navigation(격자항법)을 사용한다. 관성항법 장치가 자북을 지원하지 못하고 격자 항법을 수행하기 위해 고위도 항로 기준은 진북으로 되어 있다.

4.3.3 극지역에서 비행절차 (Polar Regions Flight Procedure)

4.3.3.1 비행 전 단계(Preflight)

극지역 비행을 위해서는 비행 전에 FAA가 권고한

사항은 다음과 같다

- 1) Requirements for Designation Alternates: 운항 중 사용 가능한 비상대체공항 필요하다. 따라서 비행단계에서 계획된 항로 중에 기상, 항공기 성능을 고려하여 선정하여야 하고 필요한 운항정보를 확인해야 한다.
- 2) Passenge Recover Plan: 극지방 운항은 대체공항까지 비행시간이 길다. 따라서 비행 중 발생하는 환자에 대한 보호대책이 강구되어야 한다.
- 3) Fuel Freez Strategic and Monitoring.: 극지방 비행특성에서 언급한 바와 같이 동절기 극지방 순항고도에서 제트유의 결빙이 발생할 수 있다. 따라서 비행 중에 제트유의 결빙을 모니터링할 수 있는 항공기 시스템이 필요하며 출발 전에 항로상의 외기온도가 일정 온도 이하로(민항기준 -65°C , 이하 기준외기온도) 예측될 때 제트유 결빙을 예측할 수 있는 연료 온도 예측프로그램(FUEL TEMPERATURE PREDICTION PROGRAM, FTTP)을 이용하여 외기 온도에 따른 연료 탱크 내 온도 변화를 예측한다. 항공사에 따라 기준외기온도 이하인 구간이 일정시간 이상일 경우만 FTTP를 구동하기도 한다. FTTP의 예측값이 특정온도 이하(민항기준: -35°C)이면 실질 연료 결빙온도(ACTUAL FUEL FREEZING POINT)를 측정한다. 실질 연료 결빙온도는 측정하고 약 1시간 30분 이상 소요될 수 있어 비행 중에 결과를 받을 수도 있다.

운항 중 외기온도가 낮을 것으로 예상이 되면 비행 준비 단계에서 추가적인 연료 탑재를 고려하여야 한다.

- 4) Communication Capability: 장파 무전 통신기나 위성 전화, 데이터 통신장비 등을 갖추고 비행하여야 하며 기본 통신장비는 장파 무선통신기가 된다. 캐나다 북부의 극지방인 경우 데이터 통신이 유지되고 장파 무선통신기를 통한 음성통신으로 위치보고 및 통신유지를 요구하고 있다.
- 5) MEL Considerations: 극지방 운항 시 안전운항을 위해 MEL은 중요한 요소가 된다. 연료계 및 연료온도계, 보조 동력장치(APU), 자동비행장치, 자동출력장치(AUTO THROTTLE), 통신기, 비상약품(자동심폐동기 등) 등의 작동 여부는 비행 전에 고려되어야 한다.
- 6) Training: QFE/QNE 변환 절차, 극지방 및 해당 항로에 발생 가능한 기상에 대한 기상학, 항공기 작동 제한 사항(예: 연료온도 제한사항), 기내 탑재 방한복 사용법, 방사능 노출관련 교육, 교체공항으로 회항 시 승무원 임무와 절차, 환자 발생 시 승무원 임무와 절차, 항공기 결함 발생 시 정비본부에서 지원을 받기 위한 절차 등이 교육되어야 한다.

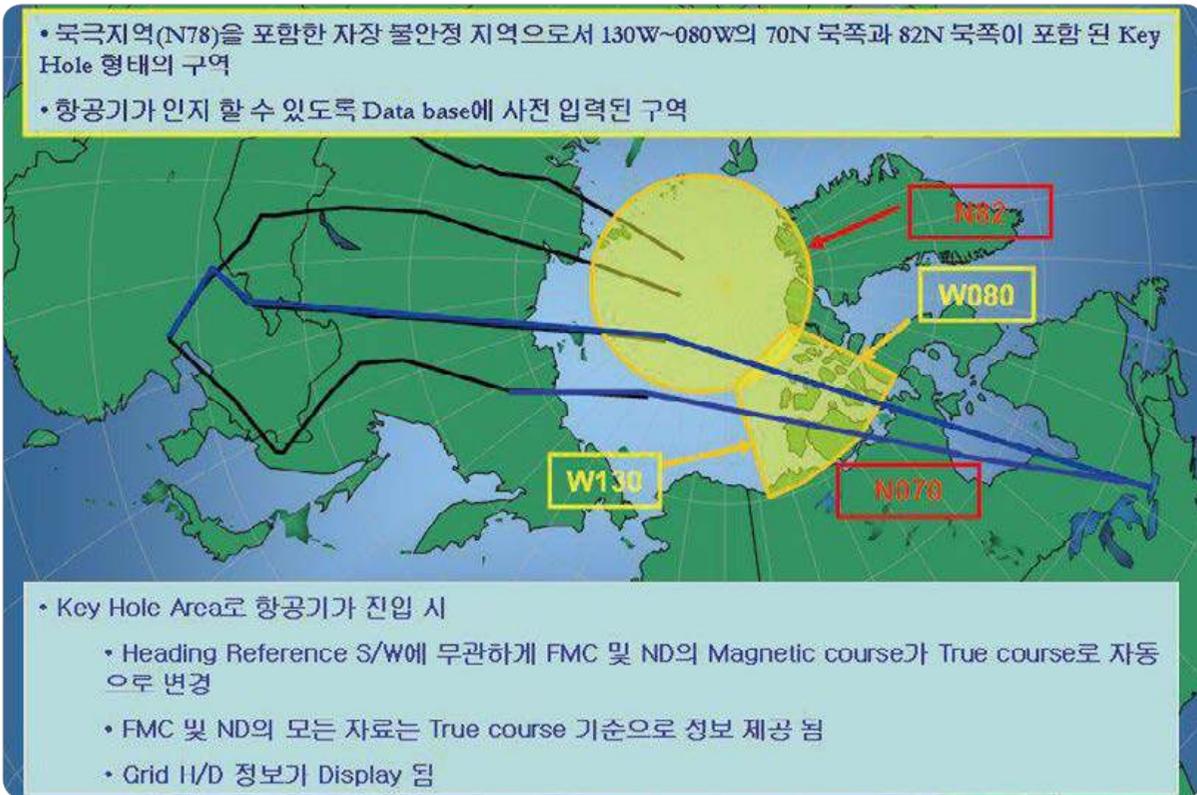
위의 권고사항이 충족되었다면 비행 전 승무원은 우주 기상 예보(SPACE WEATHER FORECAST)를 확인하여 비행계획 중 수정 여부 및 운항 여부를

결정한다. 격자항법을 위한 항법지도 및 작도 도구(PLOTTER)의 준비 상태를 확인하고 비행계획성에서 예상되는 외기온도를 확인한 연료온도 예측프로그램 지원 여부를 확인한다. 특정 연료는 상기 절차가 필요 없을 수도 있다. 이후 예상 온도에 따라 위에서 설명한 절차를 수행한다. 실질결빙 온도가 규격 결빙 온도보다 낮으면 고도나 항로 속도를 변경하여 결빙을 방지하여야 한다.

4.3.3.2 비행 중 단계(Flight Operation)

극지방은 자장 부정확 지역으로 극지방 진입 전 기수 방향지시계(HEADING INDICATOR)의 기준을 진북으로 변경한다. 관성항법장치를 기반으로 한 지역항법(AREA NAVIGATION)으로 운항 중에도 절차는 동일하다. 관성항법 장치가 없거나 고장 난 항공기는 GRID 항법을 수행하여야 한다.

비행관리시스템(FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM)을 사용 시 진북 변경지점은 KEY HOLE(북위 70도 서경 080도에서 130도 사이의 지역)에 진입 시 진북으로 변경하고 극지방 이탈 시 기수방향지시계의 기준을 자북으로 변경한다. 러시아는 북의 74도 남쪽이 되면 자북으로 변경한다. KEY HOLE은 항공기 FMC Database에 사전 입력된 북위 82도 북쪽과 서경 130도와 서경 080도 사이의 북위 70도 북쪽이 포함된 FMC Polar Region20을 말하며 이 지역으로 항공기가 진입하게 되면 H/D Reference S/W에 관계없이 자동으로 NorthHeading을 기준으로 변경된다. 그러나 이 지역은 국제적으로 정의된 자장 불안정지역 내에 위치하지만 자장 불안정지역과 완전하게 일치하지는 않는다.



[그림 4-42] KEY HOLE AREA 설명 (출처: 민간항공의 북극 항공로 운항 절차와 법률 연구)

4.3.3.2.1 격자 항법(Grid Navigation)

불안정한 자북기준 항법을 극복하고 극지역에서 안정적인 항법을 위해 미육군에서 개발한 것이 격자 항법이다. 이 항법은 그리드 기수방향을 이용한 방법으로 대권항로를 비행하기 위한 저위도 지역에서 자북기준 기수방향 변화를 본초자오선(그리니치 천문대 기준의 자오선)에 평행하게 만든 임의의 자오선을 기준으로 자오선과의 각을 일정하게 유지하는 그리드 기수방향을 이용한 항법이라고 할 수 있다.

항공기가 가고자 하는 웨이포인트(WAYPOINT)의 경도를 본초자오선을 기준으로 평행한 자오선상에 격자 경도를 변환하기 위해서는 항공기가 위치한 경도값을 더하거나 빼주어야 한다. 측정된 진



[그림 4-43] Great circle true direction is constant

항적(TRUE TRACK)을 이용하여 격자항적(GRID TRACK)을 계산하기 위한 공식은 아래와 같다

- GRID TRACK = TRUE TRACK + WAYPOINT 지점의 WEST 경도

- GRID TRACK = TRUE TRACK - WAYPOINT 지점의 EAST 경도

예제) 웨이포인트 위치: N70° W105°, N73° W115° 일 때 격자항적을 구하라.

두 웨이포인트 간의 진항적은 진북을 기준으로 각도계를 이용해 측정하면 319°이다. 격자항적은 진항적 319°에다 진항적으로 출발하는 웨이포인트의 경도값 서경이므로 105° 더하여 구한다. 두 값의 합은 424°로 360°를 초과하여 424°에서 360°를 뺀 값인 64°가 격자항적이 된다. 진항적에 웨이포인트 경도값이 360°가 넘지 않으면 그 값을 그대로 사용한다. 경도값이 동경인 경우는 경도값을 빼주어야 한다.



[그림 4-44] GRID 항법 예제 설명

시작 Waypoint를 지나는 자오선기준으로 Plotter를 사용하여 True Course를 구한다음 Track Line 위쪽에 접미사 “T”를 붙여 기록한다. 측정된 TrueCourse를 사용하여 공식에 의해 Grid Track을 산출한 다음 TrackLine 아래에 접미사 “G”를 붙여 기록한다.

비행 중 관성항법장비의 고장으로 격자항법을 실시할 경우는 자신의 위치에서 경도를 확인하고 항법 지도를 이용하여 진항적을 구한 다음 격자항적을 구해 비행하면 된다. 일반적으로 북극항로 비행 시 극지방 진입 전 비행계획서에 나온 항로를 북극항로 지도에 작도하여 진항적을 구하여 격자항적을 미리 구하여 운항한다.

4.3.3.2.2 항공기 연료 온도 조절법

(Aircraft fuel temperature control)

제트유가 제한치에 도달하면 추가 냉각을 방지하기 위해 비행 중 필요한 조치를 취해야 한다.

1) 일반적으로 저고도의 온도가 고고도보다 낮아 강하가 필요할 수 있다 단, 극지방 대기 특성상 권계면 고도가 낮으면 기온 역전이 발생하여 권계면 고도 이상에서는 저고도보다 온도가 높을 수 있어 상승을 고려할 수 있다. 고도 변경 전에 통신 장비를 이용하여 항공사, 관제기관, 인근 항공기에 최신 기상 정보를 요청하고 활용하여 참고하는 것이 필요하며 상승 강하 시 연료소모가 증가하고 강하 시 순항고도보다 더 많은 연료가 소모되는 것을 고려하여 한다.

2) 항공기 속도를 증가하면 마하 0.01 증가 시



[그림 4-45] GRID 항법시 표기에

TAT(TOTAL AIR TEMPERATURE)는 0.5~0.7°C 증가하나 연료 소모율 증가를 고려하여 실시한다.

3) 관계기관과 협조하여 따뜻한 지역으로 항로를 변경한다.

상기 방법을 혼용하여 사용하면 최대의 효과를 얻을 수 있으나 연료 소모율 증가를 고려하여야 한다.

4.3.3.2.3 극지역 진입 전 항로 점검 절차

(Procedures before Polar Regions)

극지역 진입 전 특정 위도에 도달하면 운항관리사는 승무원에게 대체공항의 기상과 공항 상태, 최신

상층풍 정보과 항로 외기 온도, 최신 우주 기상 자료, 실제 연료 빙결 온도(측정 시)를 제공한다.

4.3.3.2.4 극지역 통신 절차

(Polar Regions Communication Procedure)

Polar 지역 내에서 ATC Communication Primary 장비는 HF이다. 따라서 2개 HF 장비는 필수적으로 작동되어야 한다. SATCOM은 Polar 지역 내에서 ATC Communication Secondary로 사용된다.

Edmonton ACC와 항공기 간의 증계를 Arctic Radio가 수행하며 통상 최초교신은 Arctic Radio에게 단파라디오(VHF)로 통화하다가 VHF Cover Area를 넘어가게 되면 장파(HF)로 통신하게 된다.

Arctic Radio와 통신이 어려운 경우에는 Iceland, Stockholm, Bodo Radio와 통신하여 필요한 내용을 전달한다.

Arctic Radio와 통신이 되면 HF Primary와 Secondary frequency에 대해 SELCAL Check을 실시하고 운항 중에는 BOTH Frequency를 모니터링해야 한다.

서경141도를 통과하면 SanFrancisco ARINC 또는 Arctic Radio를 통해서 앵커리지ACC에 보고한다. SanFrancisco와 교신이 안 될 때는 기존 통신 설정이 된 Arctic Radio와 교신하여 보고 내용 중계를 요청한다.

러시아 공역은 Magadan ACC에서 담당하고 있으며 Magadan Oceanic 내에서 사용

하고 있는 HF는 중계기능이 아닌 관제사와 직접 통신하는 ATC HF Radio이다.

2MagadanACC에서 담당하고 있는 Polar지역은 CPDLC를 사용할 수 있다. 따라서 CPDLC를 사용할 수 있는 항공기는 Magadan FIR 진입 전에 CPDLC LOG ON(GDXB)을 실시한다.

4.3.3.2.5 고장과 비상사태 발생 시 절차 (Contingency Procedures)

1) 항법계기의 고장

비행관리시스템이 고장 나면 다른 모드를 사용한 자동조종은 가능하나 비행관리시스템을 활용한 항로 자동 비행은 불가하다. 따라서 격자항법에서 구한 격자 항적을 유지하기 위해 격자항적 과 항공기가 위치한 경도를 이용하여 진항적을 구하여 수동으로 방향지시계의 기수방향을 진항적 기수 방향으로

조절한다. 일정한 시간 간격을 두고 가용한 항법장치를 이용하여 위치를 확인하여 항로지도에 작도를 하고 격자항적이 정확한지 확인 하여야 한다. 극지방은 경우에는 원하는 항적을 위해 수시로 기수방향을 바꾸어야 한다.

관성항법 장치 고장으로 자동비행이 불가 시 대체 공향으로 회항하여야 한다.

2) 통신 장비의 고장

장파 무선통신 장비의 고장 시 특정한 위도 남쪽이면 운항은 가능하며 위성전화로 관제기관과 통신 연결을 요청하여 필요한 인가나 요청사항을 전달한다.

위성 전화 고장 시 장파 무선통신 장비가 작동하며 R1 이하로 예보되면 운항 가능하며 위성 전화 필요 내용은 PHONE PATCH을 이용하거나 초단파 무선 통신장비 사용 가능 구역이면 ACARS(AIRCRAFT COMMUNICATION ADERSsing &REPORTING SYSTEM)를 이용한다.

PHONE PATCH 사용방법

폰페치란 장파 무선통신 장비를 이용하여 장파 무선 기지국의 중계에 의해 일반 사무실과 전화선을 이용하여 통화가 가능한 시스템을 말한다.

장파무선국을 무선으로 접속한 후 “REQUEST PHONE PATCH PHONE NUMBER 00-000-000”로 요청하고 전화처럼 이용하면 된다.

ACARS

지상과 운항 중인 항공기간 데이터 통신을 위한 시스템으로 항공기 운항에 대한 제반 보고사항 및 필요 정보를 지상에 자동 혹 수동으로 제공한다.

통신은 항공기에 따라 장파, 초단파, 위성전화를 사용한다.

3) 운항 중 승객 및 승무원의 의학적 비상 상태

승객 중 의사나 의료관계자에 도움을 받고, 없는 경우 통신망을 활용하여 항공사에 연락하여 조인을 받을 수 있다. 의학적으로 회항 필요한 경우 대체 공항으로 회항할 수 있다.

4.4 성능기반항법 PBN (Performance-based Navigation)

4.4.1 일반 개념(General Concept)

4.4.1.1 성능기반항법의 배경 및 발전 과정

(Background and Development of PBN)

항공교통은 인류의 활동이 글로벌화가 되면서 사회 경제적 발전에 보다 긴요한 교통수단으로 인식되고 있으며 국제민간항공기구(ICAO)나 국제항공운송협회(IATA) 등 국제항공관계기관은 항공수요의 증가율이 GDP 증가율을 상회하는 증가율로 성장할 것이라고 예측하고 있다. 이러한 수요 증가는 항공 교통 공급량 증가를 동반할 것이다. 따라서 증대되는 항공교통량을 효율적으로 관리하기 위해서는 개선된 공역 활용이 필수적이다.

이를 위해 항공기 운항과 관련된 각종 인프라 구축 및 개량, 운영 유지비의 절감에 관한 연구발전으로 비행로를 직선화하거나 단축하는 방법을 통한 항공기 운항 단가를 줄이는 방안과 항공기로부터 배출되는 가스나 소음 피해를 최소화하면서 유연한 비행항

로의 구축에 필요한 비행 방식의 발전을 통하여 보다 경제적이고 친환경적인 운항의 구현 등이 있다.

지금까지 항공선진국의 주도 하에 여러 유형의 항법방식이 연구되어 왔으며 앞서 열거한 요구조건들을 가장 잘 충족시켜 줄 수 있는 항법방식은 세계 모든 국가가 지역항법(Area Navigation, RNAV)이라고 인정하고 있다. 지역항법은 새로운 개념은 아니며 20세기 말부터 적용되어 발전해온 개념이다.

미국에서 처음 소개된 초기의 지역항법은 VOR/DME나 TACAN과 같은 지상에 설치된 무선표지국으로부터 발사되는 신호를 항공기 탑재 컴퓨터로 항공기 위치를 계산하는 수준에 불과하였으나 지금은 인공위성 신호를 이용하여 위치를 계산하고 전시함으로써 항공기 위치에 대한 감시와 경고 기능을 갖춘 수준(Required Navigation Performance, RNP)으로까지 발전하였다.

그동안 지역항법 기술에 관한 연구와 개발은 미국을 위시하여 유럽, 남미, 캐나다, 호주, 중국, 일본은 물론 항공기 제작사인 보잉, Airbus에 의해 독자적으로 추진되어 왔으며 그 결과 많은 발전을 거두었지만, 각 지역별 상이한 기준을 적용함으로써 안정성과 효율성 및 경제성을 저해하는 요인이 발생하게 되었다.

따라서 국제민간항공기구에서는 이를 해소하고 지역항법의 국제적인 통일과 조화를 이룬다는 목표 하에 2007년도에 개최된 제36차 국제민간항공기구 정기 총회에서 성능기반항법(PBN)을 적용한 항공로 및 비행절차의 도입에 모든 체약국이 동참하여 공동 노력한다는 합의에 이르렀다.

성능기반항법이란 「ATS Route, 계기접근절차 또는 지정된 공역 안에서 비행하는 항공기 성능에 기

반을 둔 지역항법』이라고 ICAO는 PBN 매뉴얼에 정의하였다. 따라서 지상기반의 VOR/DME RNAV나 DME/DME RNAV, 위성기반의 GNSS RNAV를 모두 통칭하는 항법인 것이다.

4.4.1.2 성능기반항법용어 정리(PBN Terms)

- 1) 지역항법(Area navigation, RNAV): 위성을 포함한 항행안전시설의 통달범위 이내, 또는 자체 항행장치의 성능 범위 내, 또는 이들을 함께 이용하여 항공기가 의도한 비행경로를 항행할 수 있는 항행기법을 가리킨다.
- 2) 필수항행 성능(Required Navigation Performance, RNP): 지역항법에 더하여 항공기내 항법 성능 모니터와 경고 기능을 장착한 것으로 별도의 지상 레이더 모니터가 필요 없다.
- 3) RNAV 항공로(Area navigation route): 지역항법능력이 있는 항공기가 이용할 수 있도록 설정된 ATS 항공로를 말한다.
- 4) 항행요건(Navigation specification): 지정된 공역에서 성능기반항법(PBN)을 하기 위해 요구되는 항공기와 운항승무원의 요건을 말하는 것으로, 다음 두 종류가 있다.
 - 가) RNAV 요건(RNAV specification). RNAV 1, RNAV 5 등 접두어 RNAV에 의해 지정되며, 성능 감시 및 경고에 관한 요건을 포함하지 않은 지역항법을 기반으로 하는 항행요건
 - 나) RNP 요건(RNP specification). RNP 4, RNP APCH 등 접두어 RNP에 의해 지정되며, 성능감시 및 경고에 관한 요건을 포함하는 지역항법을 기초로 한 항행요건

- 5) 수신기 자체 무결성 감시(Receiver autonomous integrity monitoring, RAIM) : 항공기 GNSS 신호수신 처리장치가 GPS 신호만을 이용하거나, 또는 탑재된 기압 고도계로 보정한 GPS 신호만을 이용하여 GNSS 항행신호의 무결성을 측정하는 ABAS의 한 형태이다. 위성항법신호의 무결성은 다중의 의사거리(pseudo-range)를 측정하는 동안 일관성을 측정하여 결정된다. RAIM 기능이 탑재된 수신기는 정확한 위치측정을 위해 최소 한 개의 위성이 추가로 필요하다.
- 6) RNAV 운항(RNAV operations): 항공기가 RNAV 항행이 적용되는 공역에서 지역항법을 사용하여 운항하는 것을 말한다.
- 7) RNAV 시스템(RNAV system): 항공기에 탑재된 지역항행시스템을 가리키며, 자체 탑재항행장비 또는 항행안전시설의 통달범위 내에서 이들을 병행 사용하여 항공기가 어디든지 원하는 비행경로를 비행하게끔 지원하는 항행시스템을 말한다. RNAV 시스템은 비행관리시스템(Flight Management System, FMS)의 한 부분으로 포함될 수 있다.
- 8) RNP 운항(RNP operations): 항공기가 RNP 항행이 적용되는 공역에서 RNP 시스템을 사용하여 운항하는 것을 말한다.
- 9) RNP 항공로(RNP route): 지정된 RNP 항행요건에 따라 항공기가 이용하도록 설정된 ATS 항공로를 말한다.
- 10) 항법 적용: 터미널공역 등에 PBN 개념을 적용하여 운영하는 것을 말한다.

4.4.1.3 성능기반항법 정의(Definition of PBN)

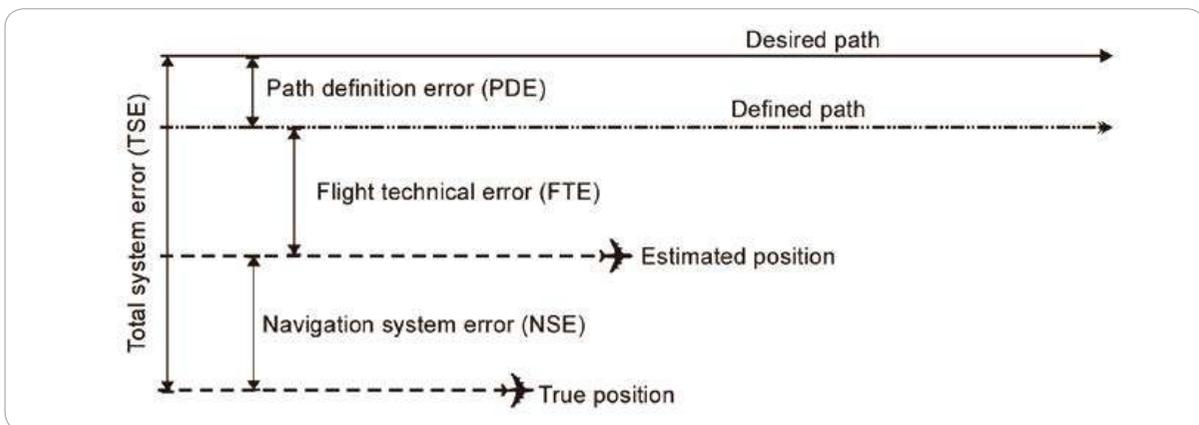
과거 항공기는 지상에 설치된 항행안전시설이 제공하는 전파를 따라서 비행하는 ‘재래식(Conventional) 항법’을 수행하였지만, 현대의 항공기는 탑재장비 및 인공위성을 활용한 항법장비 등이 발전함에 따라, 많은 항공기들이 ‘원하는 어떠한 경로라도 비행이 가능한 지역항법(aRea NAVigation, RNAV)’을 수행할 수 있게 되었다.

항공기 비행관리시스템(FMS)에 목적지 및 경유 지점의 좌표만 입력하면, 시스템이 지속적으로 현재 위치를 계산하면서 입력된 지점으로 항공기를 운항이 가능하게 되었고 이러한 지역항법(RNAV)과 지역항법에 모니터 기능과 경고(ALERT) 기능을 추가한 및 항법정밀도를 기준하여 비행로를 구분하여 적용하는 것이 바로 성능기반 항행이다.

다시 말해 성능 기반 항행이라 함은 지정된 공역이나 계기접근절차, ATS 항로를 따라 운항하는 항공기의 성능 요구조건을 기반으로 하는 지역항법을 말한다. 이때 항공기의 성능요건은 가용성, 기능성, 지속성, 무결성, 정확성의 용어로서 항행요건에 기술된다.

정확성(Accuracy)은 항공기 운항 트랙의 수평 정확도를 말하는 것으로 항공기가 정의된 경로를 똑바로 비행할 수 있는지를 나타내며, 총 시스템 오류(Total system error)가 전체 비행시간의 95% 이상 요구되는 항법 성능 이내에 있어야 한다. 무결성(Integrity)은 항법 시설 등 여러 RNAV 시스템에 의해 탐지된 항공기의 위치를 신뢰하고 인정할 수 있는 수준인가를 의미한다. 지속성(Continuity)은 운항의 시작점에서부터 항공기와 그 시스템이 요구되는 항공기 운영을 정확하게 지속적으로 수행할 수 있는 능력을 의미한다. 또한, 항법 적용과 인허가 절차, 항공기 적합성(Eligibility)과 운항승인 등의 요건을 충족시키기 위한 기능성(Functionality)이 요구된다.

항로이탈 측정치로 총 시스템 오류는 항공기가 어떠한 종류의 오류 요인에 의하여 의도한 경로에서 얼마만큼 이탈하는지를 정의하는 것이다. 우선 오류 요인에는 세 가지가 있다. 첫째는 경로 결정 오류(Path Definition Error, PDE)이다. 이는 항법 데이터베이스가 결정한 비행로와 실제로 설계된 비행로 사이의



[그림 4-46] 위치오류 개념도 (출처: DOC 9613 PBN Manual II-A-2-2)

오차를 의미한다. 즉, 항공기가 비행하기로 의도된 지상 위에 정의된 항로와 RNAV 시스템에 의해 정의된 항로와의 차이를 의미하는 것이다. 주로 RNAV 시스템의 계산상 오류나 디스플레이 오류가 포함되는데 이는 매우 작은 오류가 된다. 둘째는 비행 기술적 오류(Flight Technical Error)이다. 이 오류는 항법 데이터베이스에 의해 결정된 항로를 따르는 조종사의 능력이나 오토파일럿 시스템의 오류를 반영하므로 path steering error라고도 한다. 마지막으로 항법 시스템 오류(Navigation System Error, NSE)는 항공기의 진위치(true position)와 산정된 위치(estimated position) 간의 차이를 의미한다.

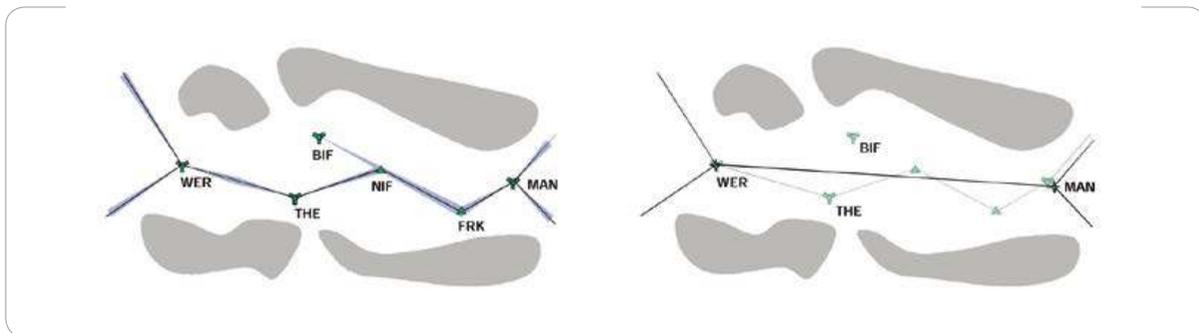
4.4.1.4 지역기반 항법 소개
(Overview of Area Navigation)

지역항법은 1960년대에 처음 개발되어 1970년대에 RNAV를 이용한 루트가 처음 민간에게 소개된다. 이는 “위치참조기준 항행시설(Station-referenced navigation aids), 또는 항공기 자체탑재장비 또는 두 가지 조합의 운용한계 내에서 항공기가 원하는 어떠한 경로라도 비행이 가능한 항법”으로 정의된다.

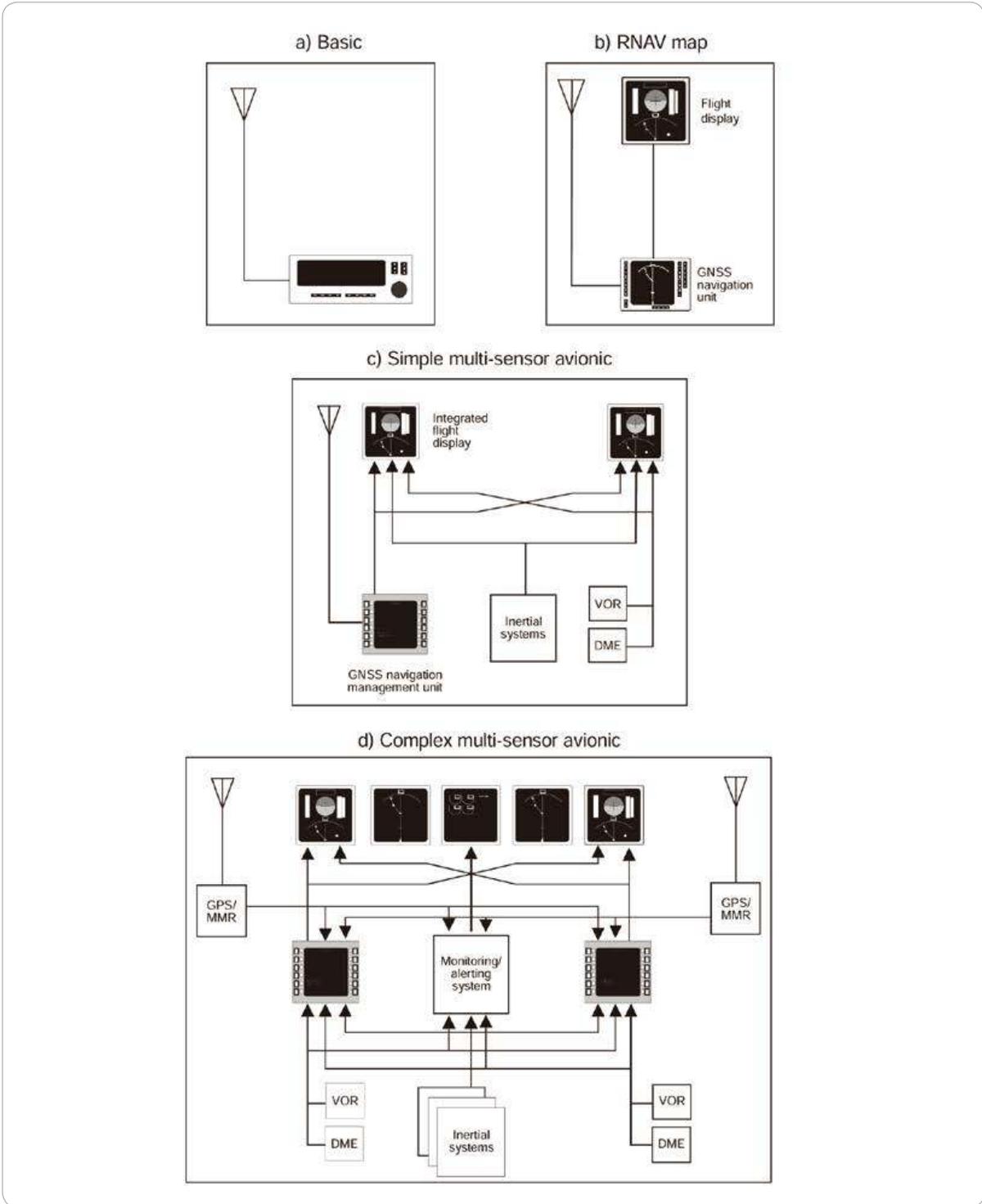
지역항법은 공역활용의 유연성을 기반으로 가용 공역을 최대한 효과적으로 활용하기 위하여 개발되었다. 이러한 항행방법(RNAV)은 특정 무선평행시설들을 연결하는 비행로를 필요로 하지 않으며 주로 다음 세 가지 개념으로 비행로를 구성 운영한다.

- 1) 출발지점에서 도착지점(Arrival point)까지 비행거리 및 교통 분리를 단축하기 위한 비행로 구성
- 2) 다양한 출·도착 경로를 이용한 교통흐름 촉진
- 3) 계기 착륙시설이 없는 공항에도 계기접근절차 수립 이다.

RNAV 성능을 제공하는 항행시스템에는 GNSS(GPS 등), INS, IRS, DME, VOR 등이 있으며, 조합된 여러 형태의 항법센서들을 이용하여 위치정보에 대한 지속적인 업데이트가 이뤄진다. 지상 항행시설 없이 항법이 가능한 항공기 탑재 장비인 INS IRS가 이용하여 위치를 파악하는 방법이 있고 지상 항행시설 장비를 기반으로 두 개의 거리 지시계를 이용하여 위치를 파악하는 DME/DME 방법과 전방향 표지시설의 레디알과 거리를 이용하여 위



[그림 4-47] 재래식 비행로와 지역항법 비행로 비교 (출처: DOC 9613 PBN Manual ATT-A-1)



[그림 4-48] 지역항법 장치 발전 개념도 (출처: DOC 9613 PBN Manual ATT-A-2)

치를 파악하는 DME/VOR 방법이 있다. 마지막으로 인공위성으로부터 거리를 이용하여 3차원 위치를 파악하는 GNSS(GPS) 방법이 있다.

4.4.1.4.1 위치 확인 장비별 지역항법

(Area Navigation by Navigation Equipment)

1) 자체 탑재장비 지역항법

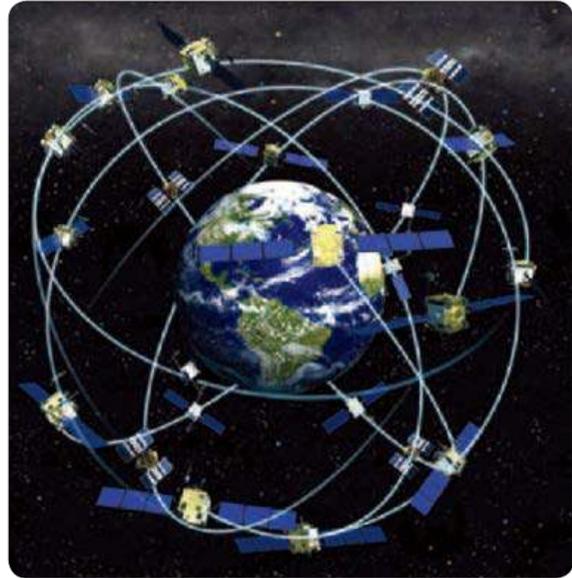
항공기가 관성항법이 가능할 경우 지상항행시설의 지원이 없이 지역항법이 가능하다. 이러한 관성항법을 위한 장비는 Mechanical Gyro를 사용한 INS(Inertial Navigation System)와 Laser Gyro를 사용한 IRS(Inertial Reference System)가 있다. 관성항법 장치는 시간에 따른 위치오차 증가로 주기적인 위치보정이 필요하다.

2) 지상항행시설을 이용한 지역항법

DME/DME는 지상시설의 위치(위도, 경도)정보가 있는 2개의 DME로부터 거리를 이용하여 위치(위도, 경도)를 계산한다. 다만, 두 DME가 일직선상에 가까울수록 오차가 커지므로 항공기를 기준으로 상대각이 30~150도에 위치한 DME를 자동적으로 선택하게 된다. VOR/DME는 VOR로부터의 레디얼(Radial)과 DME로부터의 거리를 이용, 계산하여 위치를 파악하며 VOR/DME의 위치(위도, 경도)정보자료가 필수적이다.

3) 인공위성을 이용한 지역항법

인공위성을 이용한 지역항법은 항행용으로 사용하고 있는 인공위성을 이용한다. 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, 유럽의 Galileo(2020년 완성예정)가 대표적이며, 인공위성을 이용할 경우, 위성이 제



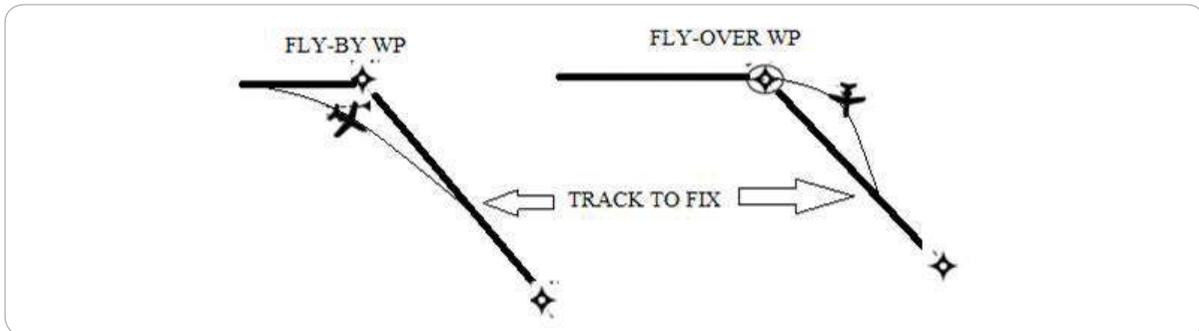
[그림 4-49] GPS 개념도

공하는 전파(위성의 위치, 시각)를 이용하여 항공기의 3차원 위치 파악이 가능하다. 그러나 위성이 전파의 대기층을 통과 시 대기층의 영향이나 강수현상 등의 기상상황으로 인하여 위치정보의 오차가 발생할 수 있고 오차로 인해 사용 불가능한 위치정보를 송신할 수 있어 사용이 불가능한 위성 정보 확인 및 식별, 오차 보정을 위한 보정 시스템(Augmentation System)이 필요하다.

4.4.1.4.2 지역 항법에서 사용하는 선회

(Types of Turn)

Fly-by 선회는 선회를 예상하여 선회지점 웨이포인트 이전에 미리 선회를 시작한다. 선회하는 구간의 항로에 시작점이 명시적으로 없으면 선회를 시작하는 인바운드 트랙의 접선 방향으로 선회를 시작하고 선회가 끝나는 시점에서는 아웃바운드 트랙 접선으로 접속하여 새로운 방향으로 비행한다.



[그림 4-50] FLY-BY와 FLY-OVER 개념도

Fly-over 선회는 선회를 미리 시작하지 않고 웨이포인트를 지난 후에 선회를 시작한다. S자 형태로 굴곡 비행을 하여 방향 전환 후의 항로에 접속한다. 루트나 절차에 대한 다음 구간에 합류하기 위해 선회가 시작되는 Fix로 RNAV가 가능한 모든 항공기는 Fly-over 선회를 할 수 있다. Fly-over Fix 통과한 후에 트랙은 항공기 속도, 경사각, 다음 구간의 leg 타입에 따라 달라진다. 일부 선회는 반드시 fly-over 선회로 정의되어야 하는데 예를 들면 실패접근 선회(missed approach turn)이나 체공 패턴 선회, 항로역행을 위한 선회는 Fly-over 선회를 해야 한다. 또한, 한 점을 중심으로 하는 일정한 반지름의 원호를 비행하는 것을 RF 선회라고 하는데 RNP 요건에서만 가능하다.

4.4.1.4.3 지역항법의 leg 유형(Types of Leg)

1) 터미널지역 공역 절차에는 Leg를 사용하며 기본적인 leg는 “track to fix(TF)”와 “course to fix(CF)”이다. 총 23개의 leg 유형이 활용되는데, 9개 유형은 RNP leg 구성에 이용되고 14개 Leg는 RNAV에 사용된다.

2) 각 leg 유형은 다음과 같다.

- Initial Fix(IF): 비행경로가 시작되는 지점
- Track to Fix(TF): 두 waypoint 사이의 대권 트랙
- Direct to Fix(DF): 항공기의 현재 위치에서 fix까지 항로구간이 시작되는 지점
- Procedure turn(PI)
- Course to Fix(CF): Fix로 향하는 inbound 자항로
- Course to Radial(CR): 레디알로 향하는 자항로
- Course to Altitude(CA): 종료 고도에 도달할 때까지의 자항로
- Course to Intercept(CI): 인터셉터 포인트까지 자항로
- Course to DME Distance(CD): 특정 DME 거리까지 향하는 자항로
- Course from
- Fix to DME Distance(FD): 특정 DME거리로부터의 자항로
- Fix to Altitude(FA): 특정 고도로부터 자항로
- Fix to Manual(FM): 수동 조정에 의해 종료되는 픽스로부터의 자항로

- Holding legs
 At fix(HF): 한번 홀딩한 후에 홀딩 종료
 At Altitude(HA): 특정 고도에서 홀딩 종료
 Manual(HM): 수동으로 홀딩 종료
- Heading to 바람에 대한 보정이 없다.
 Heading to Radial(VR): Radial 향하는 자방위
 Heading to Altitude(VA): 종료 고도에 도달할 때까지의 자방위
 Heading to Intercept(VI): 다음 leg에 교차할 때까지의 자방위
 Heading to DME Distance(VD): 특정 DME 거리로 향하는 자방위
 Manual Heading(VM): 수동 조정에 의해 종료되는 자방위
- Arcs
 Radius to Fix(RF): 두 픽스를 연결하는 호
 DME Arc to Fix(AF)

3) 성능기반항법 이점

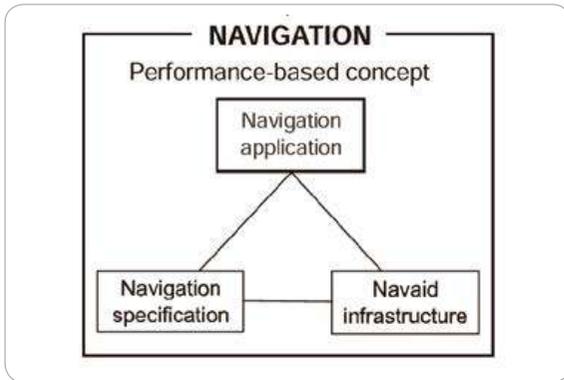
가) PBN의 기본 개념인 지역항법(Area Navigation, RNAV)은 지상 항법 장비에 엄격하게 구애받지 않고 가장 정확도가 높은 정보를 선택적으로 이용하여 유연하게 비행로를 선정할 수 있어서 공역을 효율적으로 활용하는 비행이 가능하고 재래식 항법에 비해 항공로의 폭이 좁고 일정하기 때문에 공역의 용량과 가용성을 향상시킬 수 있는 최적의 비행항적 구성이 가능하다. PBN 항법은 대양횡단 비행로, 일반항공로, 터미널공역, 비정밀 접근 등에 모두 적용되는 개념이다. 기능적으로는 직선구간(straight leg),

선회구간(fixed curve), fly by, fly over 등에 적용 가능하고, 성능(performance)에 있어서도 정확성(Accuracy), 무결성(Integrity), 연속성(Continuity), 유용성(Availability)을 향상시킬 수 있다. 특히 출·도착 공항에서 장애물 회피가 용이하여 공항접근성을 개선할 수 있으며, 주거 밀집 지역 회피가 용이하여 소음문제 경감에 기여할 수 있다. 장거리 재래식 항법에 비하여 운항거리를 단축으로 연료절감에 따른 경제성 향상 및 탄소배출을 감소할 수 있다.

- 나) 항공기 내에 항공로 이탈에 대한 경보 기능을 갖는 탑재 장비를 장착한 RNP 개념은 RNAV보다 더 좁은 항공로 운영할 수 있다. 이러한 이점으로 신규 항로 신설이 쉽고 항로상 교통체증 해소 및 수요증가에 대처할 수 있으며 항로상 항공기 감소로 항공기간 공중충돌방지예방 효과를 증대할 수 있다.
- 다) 지상항법 장치(ILS, PAR 등)가 없어도 일정한 강하 각도로 착륙할 수 있어 비행 안전성 및 접근성이 개선 및 착륙 기상 제한치를 낮출 수 있어 공항이용률을 향상시킬 수 있다.
- 라) 조종사와 관제사 간 통신업무량 감소로 업무 개선에 도움을 준다.
- 마) 지상 항법시설 설치 및 유지 필요성이 감소되어 예산절감에 기여한다.

4.4.2 성능기반항법 구성(PBN Specification)

항공기의 성능이 지속적으로 발전함에 따라 성능이 향상된 지역항법(RNAV)이 가능해졌으나, 국제



[그림 4-51] PBN 개념 (출처: DOC 9613 PBN Manual 1-A-2-2)

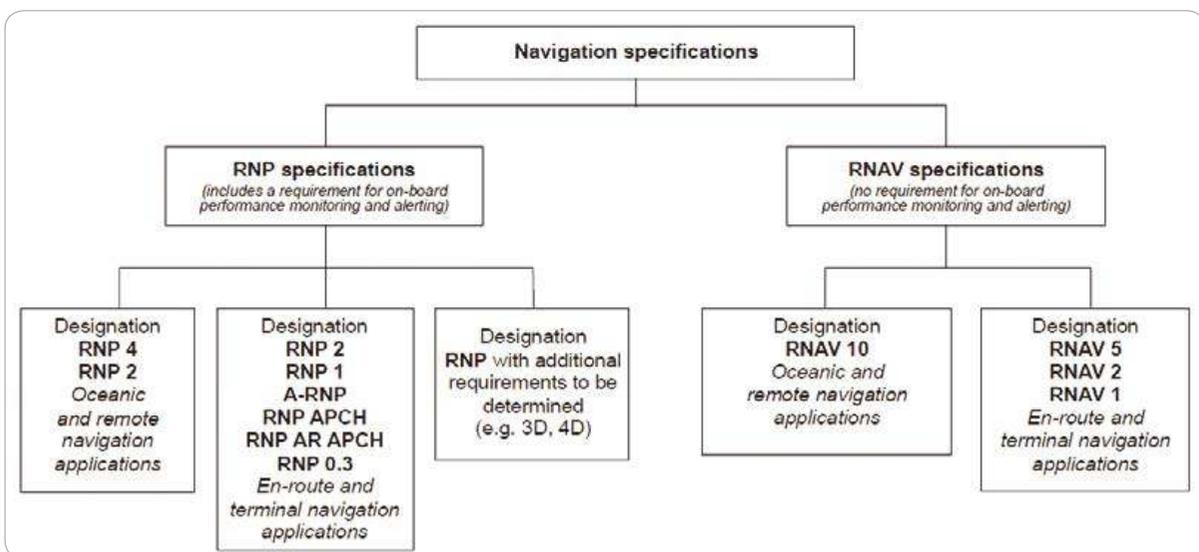
적 통일기준이 확립되지 못해 항공기제작사 및 지역과 산업계별로 적용기준이 따로 발전하게 되어 운영자는 여러 차례의 운항승인을 받아야 하는 등의 어려움이 발생하게 되었다. 이에 ICAO는 이러한 문제점 해결을 위한 조정그룹으로서 RNPSORSG(RNP Special Operation Requirement Study Group)을 구성하게 되고, 그 결과 성능기반항행(PBN)에 대해 개념을 항법 적용(Navigation Application), 항

법요건(Navigation Specification), 항행기반 시설(Navigation Infrastructure)로 정립하게 된다. 즉, PBN 적용을 위해서는 항법 요건과 항법기반시설이 요구되고 이들을 활용하여 항법 적용을 수행한다.

가. 항법요건

원거리 대륙 항공로를 적용하며, 터미널 구역에는 RNAV 1을 적용한다. RNP 체제에서는 대양항공로에 RNP 4, 내륙항공로에 RNP 2, 터미널 구역에는 RNP 1, RNP APCH, RNP AR APCH를 적용한다. 터미널 지역의 항법 요건에 대하여 추가적 설명을 하면, RNP APP는 RNP 성능이 요구되는 정밀(GLS), 비정밀(LNAV), 유사정밀접근절차(LNAV/VNAV, LPV)를 모두 가리키는 용어이다.

국가의 공역 계획 및 관리 기관은 공역에 운영되는 항법 장비나 항공사 항공기의탑재 장비 능력 등을 고려하여 항법 요건을 정하여야 하는데, 역으로 항법 요건을 먼저 정하고 이를 달성하기 위한 장비를



[그림 4-52] 항행 요건의체계 (출처: DOC 9613 PBN Manual 1-A-1-3)

구비하거나 항공사에 구비를 요구할 수도 있다. 항법 요건은 비용대 효과 분석, 항공기 운전자 및 장비 제공자의 능력 등을 종합적으로 고려하여 최소 비용으로 최대 효과를 달성하도록 결정한다.

1) 항법 요건에 따른 인증 및 운항 승인

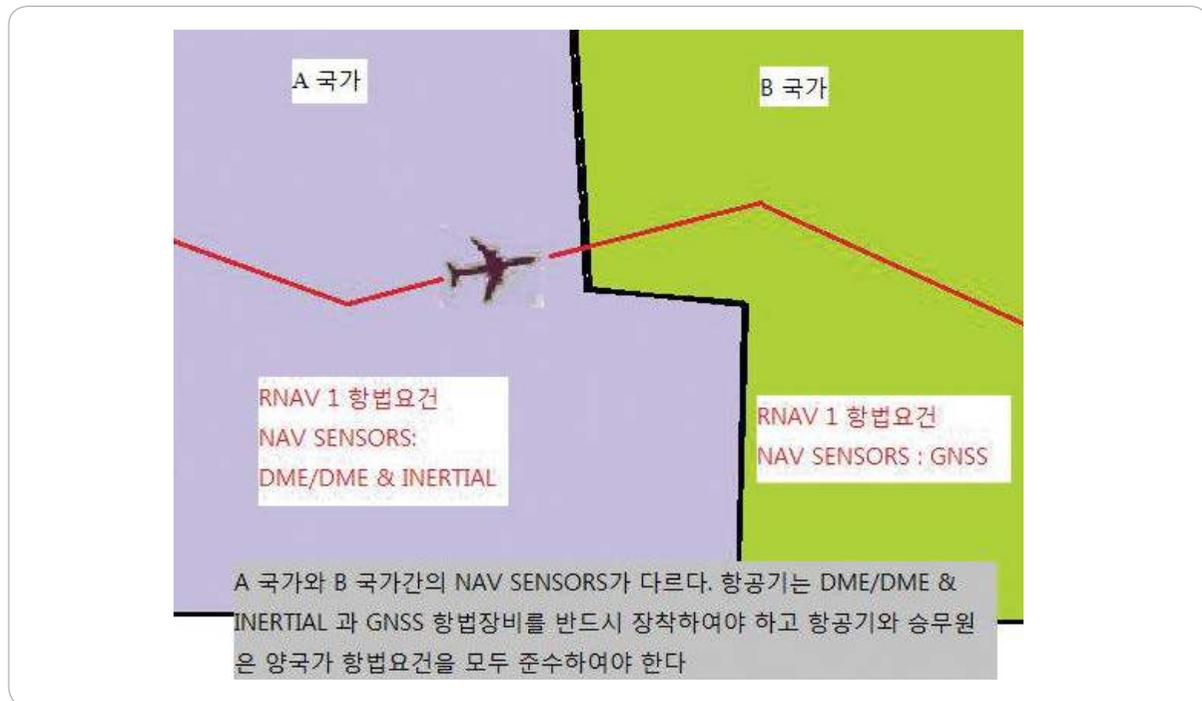
항법 요건에 의해 항공로의 폭이 정의되고 조종사는 정의된 항로 폭 내에서 일정 비율 이상의 시간을 비행할 수 있어야 한다. 이것을 준수하기 위해 각국 정부는 필요한 지상 항행지원시설을 제공해주어야 하며 항공사는 적절한 항법성능을 갖는 항법 장비를 탑재하여 정의된 비행로를 준수하고 이행할 수 있도록 해야 할 것이다.

ICAO에서 제시한 항법 요건은 각 국가에서 항공기 및 승무원의 인증과 운영 승인을 위한 기준으로

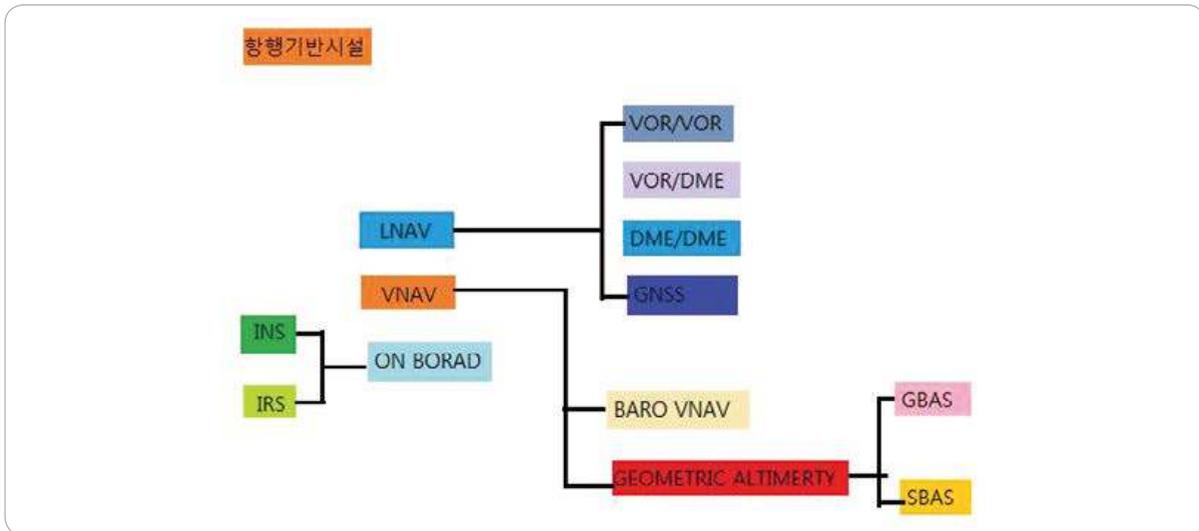
사용된다. 각 국가들은 항법 요건 지정할 때 사용 가능한 항행 시설에 부합하도록 탑재 항법 센서의 종류와 개수를 제한할 수 있다. 즉, 항법 요건이 같은 숫자를 가지고 있다고 하더라도 비행가능 여부는 각 지역의 항법 센서에 따라 달라질 수 있다.

아래 그림에서 A라는 국가의 RNAV 1 항로의 자체 탑재장비 지역항법의 하나인 DME/DME이고 B 국가의 RNAV 1항로의 항법 센서는 GNSS일 때 두 국가 모두 RNAV 1로 항법 요건은 같지만 항행 시설이 다르다. 따라서 이 항로를 운항하기 위해서 항공기는 DME/DME와 GNSS를 모두 이용할 수 있어야 하며, 항공기와 승무원은 양쪽 국가의 항법 요건을 모두 준수해야 한다.

항공기와 운항 승무원이 특정 항법 요건에 인가되었다고 하더라도 이것이 그보다 더 낮은 정확도를



[그림 4-53] 항법요건에 따른 비행 여부



[그림 4-54] 항행기반시설의 구성

요구하는 항로에 대해 자동적으로 승인됨을 의미하지는 않는다. 즉, RNAV 5 승인이 RNAV 10에도 적용된다는 것을 의미하지는 않는다. 또한, RNP 요건의 승인을 획득했다고 해서 자동적으로 같은 숫자를 가지는 RNAV 요건을 갖추었다는 것을 의미하지는 않는다.

나. 항행기반 시설

1) 항행기반시설의 구성

- PBN의 항행 기반 시설은 ANNEX 10 항공통신에 정의된 DME, VOR 등의 지상 기반 시설과 GNSS와 같은 우주 기반 시설로 구성되어 있다. 단, NDB는 PBN 사용에서 제외된다.
- PBN 이행(RNAV, RNP 항법 이행)을 위한 기반 시설 및 소요 장비는 다음 그림과 같이 구성된다. 즉, 횡적 항법을 위해서는 VOR/VOR, VOR/DME, DME/DME, GNSS 등이 활용될 수 있고, 수직적 항법에는 Baro-VNAV,

Geometric Altimetry(GBAS, SBAS)가 활용될 수 있으며 항공기 탑재 장비로는 INS, IRS가 활용된다.

다. 장비별 항법 원리 - 횡적 항법 시설(Lateral Navigation, LNAV)

1) VOR/VOR 또는 VOR/DME

VOR/VOR은 2개 이상의 VOR로부터의 방위로 삼각측량을 이용 항공기 위치를 결정하는 것이고, VOR/DME는 VOR과 DME 두 시설을 이용해 방위와 거리를 고려한 삼각측량으로 항공기 위치를 결정한다. 그러나 지상에 너무 많은 시설이 설치되어 있으면 오히려 정확성이 떨어지기도 한다. 왜냐하면 항공기는 비행하는 곳에서 다수의 VOR로부터 정보를 받게 될 것이고, 그렇게 되면 ‘최적의 루트’라는 개념보다 ‘최적의 포인트’가 산출되기 때문이다. 또한, 해당 시설로부터 거리가 멀어지면 정확도가 감소하며 지상 기반 항법시설의 가용성과 VOR 위치

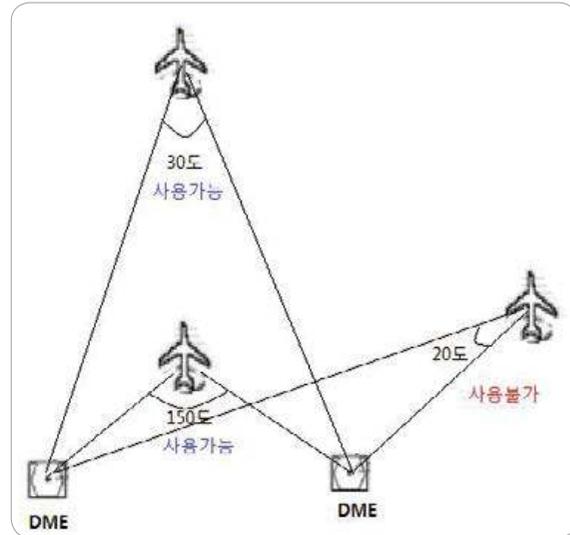
의 기하학적 구조에 의존해야 하는 문제점이 있다.

2) DME/DME

DME/DME는 거리와 거리를 이용해 항공기의 위치를 산출하는 방법이다. 2개 이상의 DME가 사용되며, 최종 접근 픽스에서 사용하고 있다. 사용할 DME의 선정은 고도에 따라 조건이 달라지는데, 1만 2,000피트 이하인 경우, 가장 가까운 DME 한 쌍을 선택하여 위치를 결정한다. 1만 2,000피트를 초과하는 경우에는 공간적으로 최적을 나타내는 한 쌍을 선택하여 위치를 결정하며, DME 간의 대각이 90도에 가까운 것을 택하게 된다. 정확도는 DME의 기하학적 위치와 거리에 좌우된다. DME/DME는 거리에 근거해 항공기의 위치를 산출하는데, 시설로부터 멀어질수록 범위가 넓어지기 때문에 정확성이 떨어진다. 구체적으로 말하면, 정확도는 DME 위치의 기하학적 관계와 거리에 좌우된다.

- DME 정확도 = 0,25NM + 거리의 1,25%
 - 두 DME가 공통된 직선상에 있으면 Fix Tolerance Area 증가
 - 항공기 기준으로 상대각 30° 이내, 150° 이상에 존재하는 DME는 사용 불가(30~150°만 허용)
 - 거리: 3~160NM 범위
 - 상하 범위는 수평선 위로 40° 아래에서만 사용 가능

2개의 DME를 이용할 수 없는 구간(DME Gap)에서는 INS, IRS, GNSS 또는 VOR/DME(75마일 이내에 위치함)를 이용한 RNAV를 통하여 비행할 수



[그림 4-55] DME/DME를 이용한 지역 항법

있으며, 이 경우 DME Gap으로 인해 요구되는 센서가 항공정보간행물(AIP)에 수록되어야 한다.

3) GNSS(Global Navigation Satellite Systems)

횡적항법(Lateral Navigation, LNAV) 중 위성을 기반으로 하는 GNSS는 때때로 GPS와 혼동하는 경우가 많다. 따라서 GNSS는 'ICAO' 용어이고 GPS는 미국에서 개발한 GNSS의 한 기술적 적용의 명칭이라는 점을 명확히 이해하기 바란다.

GNSS에 의한 위치 결정 원리는 GNSS 수신기가 전파가 도착한 시간을 측정하여 이 시간을 가지고 위성으로부터의 거리를 산출하는 것이다. 3개의 위성신호를 이용하여 산출한 거리를 활용해 항공기의 3차원에서의 위치가 결정되고 4번째 위성은 시간을 결정하는 데 활용된다. 따라서 항공기 위치 파악을 위해서는 4개의 위성으로부터의 신호가 필요하다. 또한, 항공기 위치 파악을 위한 GNSS 운용에는 세 개의 구성요소가 필요하다. 즉, 우주에는 인공위

성이 있어야 하고 지상에는 시스템 전체를 추적하고 조정하기 위한 통제소가 있어야 하며 항공기에는 수신기가 있어야 할 것이다.

횡적 항법에 상용되는 GNSS를 위치 정보오차를 보정하는 별도의 장비가 없고 오차 여부만 확인하는 LNAV 항법에 이용되는 일방방식인 ABAS(Aircraft Based Augmentation System)가 있고, VNAV 항법 시설로 사용되는 GNSS를 위치오차를 보정하는 보정방식인 SBAS(Satellite Based Augmentation System), GBAS(Ground Based Augmentation System)이다. 이러한 분류는 시스템의 위치(즉, 항공기, 위성, 지상)에 따른 것이며, 각각의 시스템은 ABAS < SBAS < GBAS 순으로 높은 정밀도를 제공한다.

일방 방식

일방 방식은 항공기 자체로 인공위성의 정상적인 운영을 확인하는 것으로 ABAS라 하고 ABAS의 한 형태인 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring)은 항공기에 탑재된 위성수신기(GNSS Receiver)는 정보의 무결성(Integrity)을 확보를 위하여 잘못된 위성정보를 감지하는 및 위치오차 보증을 위한 장비이다. RAIM은 위성신호의 무결성을 감시하여 위치결정이 적절히 수행될 수 있는지를 결정하며, 그렇지 않을 경우에는 조종사에게 경보를 제공한다. 4개 이상의 위성의 정보를 수신할 수 있으면 기하학적으로 독립적 위치를 계산할 수 있으며 5개의 위성정보를 수신 시 각각의 독립적인 위치가 계산된다. 이 다섯 개의 위성으로 FD(Fault Detection)를 수행한다. 이것들이 일치하지 않으면 한 개 또는 그 이상의 위성들이 부정확한 정보를

보내는 것이다. 이러한 원리에 의하여 위성에 문제가 발견되면 'RAIM alert' 메시지가 조종석에 현시된다. 가시 위성이 너무 적은 경우에는 'RAIM not Available'이라는 메시지가 현시되며, RAIM이 이용 가능하지만 불량 위성의 발견으로 테스트에서 실패한 경우 "Bad Satellite Signal, Serious"라는 메시지가 현시된다. FAF(Final Approach Fix) 이전에 RAIM alert이 울렸지만 접근을 계속할 경우 "stop relying on GPS"라는 메시지로 경고한다. 위성의 상태가 계속 나쁠 경우 수신기를 멈추고 "stop using GPS"라는 메시지가 현시된다. 만약 6개 또는 그 이상의 위성 정보가 수신되면 좀 더 독립적인 위치들이 계산되고 수신기는 하나의 잘못된 위성을 식별하여 그것을 위치 결정 계산으로부터 제외할 것이다. 이를 Fault Exclusion이라 한다. 이 정보에 기초하여 조종사는 사용 가능한 성능 수준을 결정하고 요구되는 운용을 수정한다. RAIM의 기능은 운용중단(사전 발간된)을 예측하며, 위성수신기의 운용이 불가능한 지역/시각을 결정하여 알려준다.

위성수신기는 비행단계별로 자동적으로 Mode가 선택되며, Mode별로 서로 다른 RAIM Alert Limit(IMAL)값과 CDI(Course Deviation Indicator) 민감도(Sensitivity) 값을 가진다. 항로 모드는 공항표점(ARP)으로부터 30NM 밖에서 작동되며 터미널 모드는 공항표점으로부터 30NM 이내에서 작동, CDI상의 한 점(dot)은 1NM을 의미한다. 접근 모드는 최종접근지점(FAF) 외측 2NM 지점부터 작동, CDI 한 점은 0.3NM을 의미한다.

라. 장비별 항법 원리 - 수직 항법 시설(Vertical Navigation, VNAV)

1) Baro-VNAV(Barometric Vertical Navigation)

PBN 개념은 RNAV를 기본으로 하는 횡적 항로 폭 중심으로 정의하고 있으나, 터미널 공역에서는 수직적 개념이 중요해지는데 이를 VNAV(Vertical Navigation)라 한다.

Baro-VNAV는 계산된 수직 안내 유도를 제공함으로써 조종사가 수직 비행로 각도(VPA)를 알 수 있도록 하는 항법 시스템이다. 이 시스템은 Barometric Altitude에 근거해 RDH로부터의 수직 비행로 각도(VPA)를 계산하는데, 주로 3° 각도가 적용된다.

온도 값은 이 절차를 이용해 최종 접근하는 항공기에 영향을 미치게 되는데 최적인 상태는 국제표준대기로 VPA는 3°를 갖고 접근하는 것이다. 최저 VPA를 설정해 그 이하로는 접근하지 못하도록 해야 하는데, 이 최저 VPA는 비행장 높이에서 일 년 중 가장 추웠던 한 달에 대한 데이터를 5년 동안 추출해 이에 대한 평균을 구하고 최저 온도에 의해 결정된다. 국제적으로 ISA+15°를 표준대기온도로 사용하고 있기 때문에 이를 기준으로 3° 각도를 기준으로 접근하는 것이 바로 최적의 VPA인 것이다. 날씨에 따라 그 온도가 변화되기 때문에 더운 날에는 대기압력이 높게 설정되고 추운 날에는 대기 그 온도에 대한 FAS에 적용되는 각도는 온도가 낮으면 접근로의 경사도가 낮아지고, 온도가 높으면 접근로 경사도가 높아진다.

만약 2.5° 미만이면, 최저 온도에서의 FAS에 적용되는 각도가 2.5°와 같거나 혹은 보다 크도록 VPA를 증가시켜 하는데, VPA는 최대 3.5°까지 증가시

킬 수 있다. 이전 구간의 길이는 수직 비행로와 교차하기 전에 적용되는 최저 거리에 대한 요구 기준을 충족하도록 설정되어야 한다.

VNAV의 하나인 Baro-VNAV는 기압고도계를 이용하여 수직정보를 제공하는 항행시설로, 기압 측고법(Barometric Altimetry)은 대기 압력에 근거해 고도 값을 산출한다.

Baro-VNAV 접근 절차는 수직 안내가 유도되는 접근 및 착륙 운영을 위한 계기 절차로 분류된다. 그렇기 때문에 MDH/A나 FAF 대신 DA/H와 FAP를 사용하고, MAPt는 사용하지 않는다. 수직 안내가 유도되는 절차이기에 ILS와 유사한 장애물 평가 표면을 갖지만, Baro-VNAV 절차는 횡적 유도 안내 시스템에 의해서 정의된다. 즉, Baro-VNAV 절차는 LNAV 절차와만 사용되어 FAF와 MAPt가 적용되어야 하지만, FAF와 MAPt는 VNAV 절차에는 적용되지 않기 때문에 이를 사용하지 않는 것이다. Baro-VNAV 절차의 구축단계는 크게 3단계로 이루어져 있다. 첫 번째가 VPA와 최종 접근 표면(FAS)을 결정하고, 두 번째로 APV-OAS를 구축하며, 마지막이 APV-OAS를 투영하는 장애물을 기준하는 OCA/H를 계산하는 것이다. OCH가 90m(300ft) 미만이 아닌 경우 비정밀 접근 절차가 적용되는 활주로 기준을, OCH가 90m(300ft) 미만인 경우 CAT I 정밀 접근 절차가 적용되는 활주로 기준을 충족해야 한다.

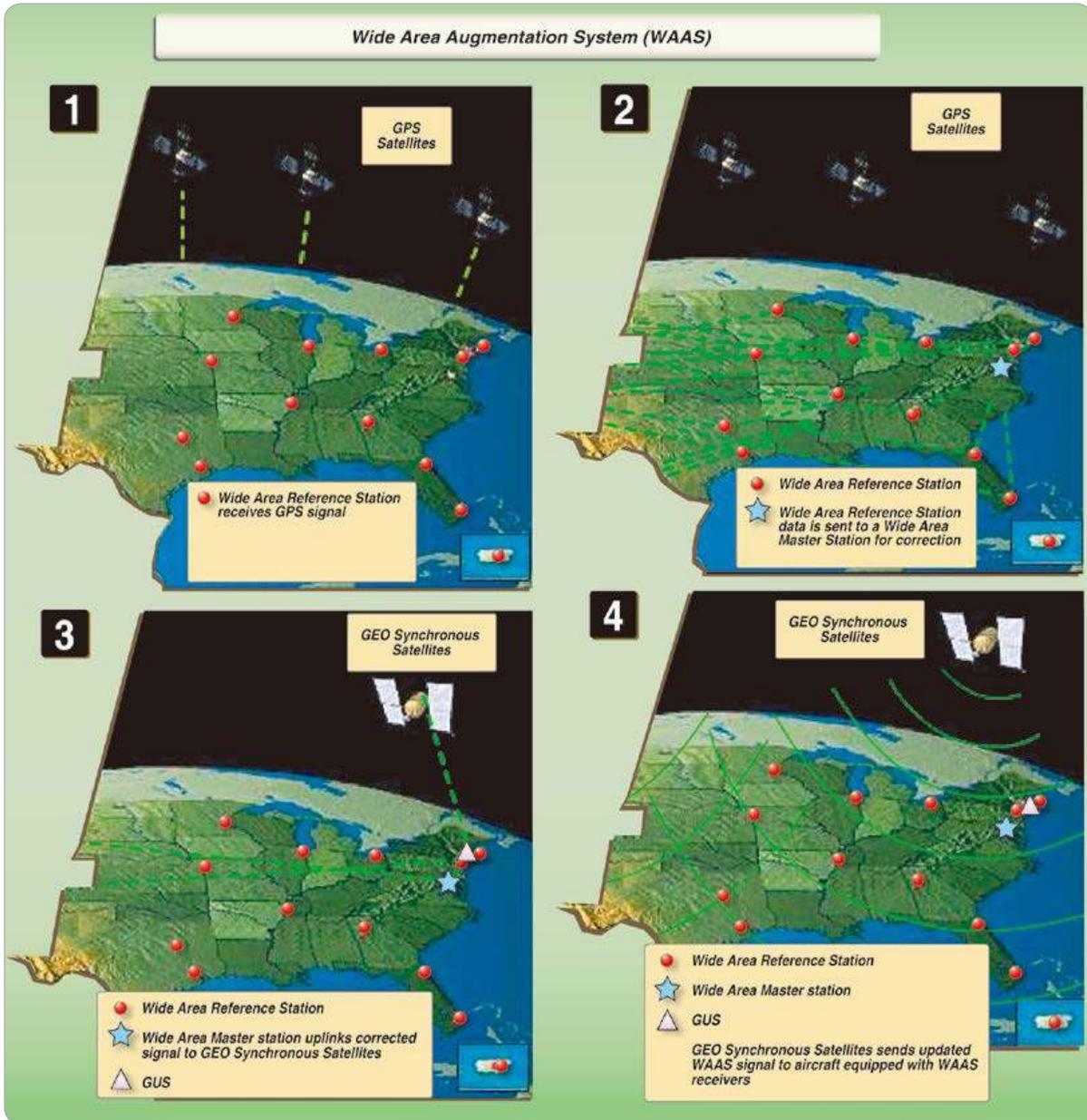
2) 고도측량법(Geometric Altimetry)을 이용한 GNSS 보정 방식

GNSS 위치 보정을 위한 기하학적 고도측량법(Geometric Altimetry)에는 대표적으로 GBAS와

SBAS가 있다.

GNSS 보정은 GNSS 항법의 높은 유효성과 지속성을 확보하기 위해 고안되었다. 잘못 수신

된 위성신호 또는 메시지는 Satellite Based Augmentation System(SBAS), Ground Based Augmentation Systems(GBAS)를 통해서 발견되



[그림 4-56] WASS 시스템 설명도

고 수정되기 때문에 정밀접근의 정확도를 높여준다.

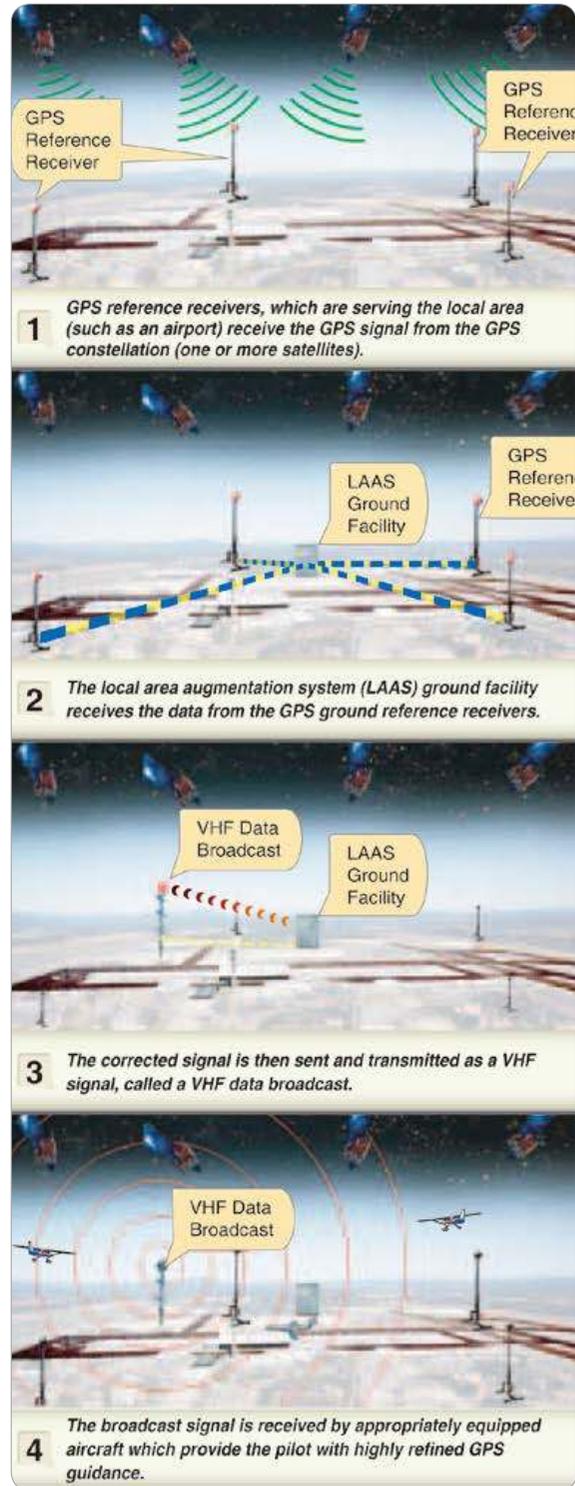
SBAS보다 넓은 지역으로 보정정보를 제공하기 위하여 위성을 사용하여 보정 정보를 제공한다. WASS(USA), EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service-EUROPE), MTSAT(Multi-Functional Transport Satellite-JAPAN) 등이 있다. CAT I 정밀 접근까지 지원할 예정이다.

SBAS에 의해서는 비행 전 RAIM Check 생략이 가능하며, LNAV/VNAV approach, LPV approach가 가능하고, GPS/WAAS를 지상에 있는 항행보조 시설의 교체 없이 사용 가능함과 더불어 GPS 대체공항을 제안할 수 있다.

미국의 WASS(Wide Area Augmentation System) 광역 보정 시스템으로 미국에서 2003년부터 공식적으로 운영하고 있는 무결성(Integrity), 정확성(Accuracy), 가용성(Availability)의 성능이 향상된 초정밀 GPS 보정시스템을 말한다. 운영 방법은 아래 그림과 같다.

WASS는 광범위 지역 기준국(Wide Area Reference Station)이 GPS 신호를 받은 다음 광범위 지역 기준국의 신호를 광범위 지역 중앙국(Wide Area Master Station)으로 보내 보정을 실시한다. 위치정보의 보정이 이루어지면 보정된 신호를 중앙국에서 위치 조정 위성(GEO Synchronous Satellites)을 보내고 이 위성에서 보정된 신호를 발사하여 항공기가 위치 오차를 수정하는 방법이다.

지상을 기반으로 하는 GBAS는 RNAV 항공기의 정밀접근을 뒷받침하게 위해 개발되었다. GBAS를 위해서는 GNSS Monitor가 공항이나 인근에 위치하여야 한다. 지상에 설치된 송신기를 통하



[그림 4-57] LAAS 시스템 설명도

여 Signal이 20NM 이내의 항공기로 보낸다. 이 Signal 은 Satellite Integrity 정보와 함께 지역적으로 위치의 정확도를 증대시키기 위한 수정을 해주며 큰 항공기일수록 적은 비용이 소요된다. 따라서 ILS보다 가격이 저렴하고 보호구역이 적어서 효율적이다. GBAS signal은 ARP로부터 30마일까지 가능하고, Curved approach, 또는 Non standard glide-slope도 지원 가능하며, 하나의 지상 시설로 복수 활주루에 대한 운영이 가능하다.

현재 절차가 개발 중이며 Ground-based Augmentation은 궁극적으로 CAT III 정밀접근까지 지원할 예정이다.

GBAS의 일종인 LAAS(Local Area Augmentation System)는 미국에서 개발한 GBAS 보정방법으로 지상에서 위성신호를 GPS reference receivers(위성신호 기준 수신국)에서 수신한 후 보정된 위치데이터를 VHF data broadcast(단파 무선 송신국)으로 보낸다. VHF data broadcast에서 수정된 위치 데이터를 항공기에 보내 위치오차를 수정하는 방법이다.

4.4.3 RNAV 10(RNP 10)

RNP-10(RNAV-10)이란 RNP-10(RNAV-10) 공역 운항 시 총 비행시간의 95% 동안 10NM의 오차 내에서 운항하여야 함을 말한다. RNP 수행능력은 비행 장비 및 항법시설에 의해 영향을 받는다. RNP 10은 항공기에 탑재된 RNAV 항법장비에 대한 성능감시 기능이 있음을 말한다.

해양 또는 원격 지역공역에서 횡적 및 종적 최소 분리 거리가 50NM인 RNP 10이 적용된다. 단 일부 공역에서는 종적 분리 시 시간을 기준으로 하지

도 한다. RNP 10은 RNAV 10과 같은 의미로 정의되며, 이미 RNP 10으로 승인받은 항공기 운전자 또는 항공사에 대하여 추가적인 요건을 요구하거나 영향을 미치지 않는다.

가. 항공기 탑재장비 요건

최소한 2개의 독립적인 장거리항행시스템(LRNS)을 장착하여야 하며, 그 구성은 INS, IRS/FMS, GNSS이다. 두 개의 GNSS와 두 개의 IRU/FMS 장착 시 항공기 비행시간에 제한은 없다. GNSS 없이 두 개 INS 또는 IRU 장착(표준시간 제한) 시 비행시간의 6.2시간까지 RNP 10 성능요건을 만족하며 연방항공규칙 MNPS(Minimum Navigation Performance Specification) 기준에 따라 장착되어야 한다.

항로 비행 중 업데이트하여 RNP 10 항행 성능을 연장할 수 있다. 각각의 업데이트 방법에 따라 얻어지는 연장 운항가능 시간은 아래와 같다.

- DME/DME를 이용한 Automatic Update = 기준시간 - 0.3시간 (예: 6.2시간이 기준시간인 경우는 $6.2 - 0.3 = 5.9$ 시간)
- VOR/DME를 이용한 Automatic Update = 기준시간 - 0.5시간

MNPS는 항공기간의 안전한 분리 유지 및 공역의 효율적 활용을 목적으로 설정한 공역에서 운항하기 위한 최소 항행성능 요건을 말한다. 일반적인 민항기의 MNPS요건은 FMS, Dual IRS 및 Single VOR/DME 또는, FMS, Dual IRS 및 Dual DME 또는, FMS, Dual IRS 및 Single GPS이다.

복수 INS 또는 IRU를 장착한 항공기가 연장 운항 가능 시간 기준을 적용받기 위해서는 미연방항공규칙에 의거 항공기의 INS 정확도가 방위 오차 시간당 3.7km(2NM)보다 향상되었음을 입증하는 추가 인증을 받아야 한다.

나. 운항절차

1) 비행 전 절차

항공기 운전자 및 항공사는 해양과 원격 지역에서 RNP 10 운항을 하고자 할 경우, 비행계획 단계에서 운항승무원은 RNP 10 시간제한 확인, GNSS의 경우 필요시 FDE 가용성 확인(RAIM prediction 및 GNSS NOTAM 확인)을 포함하여 항공기가 운항할 지역의 GPS 가용성을 확인, RNP 10 승인과 관련된 운항제한 사항을 확인한다.

비행 전 RNP 10 장비의 정비일지, 결함 개선사항 등 확인, 항공기 외부 점검 시 장비의 안테나/표피 손상 여부 확인, RNP 10 공역 또는 항로에서의 비상절차 확인, RNP 10 운항 불가 상태 확인 및 관제사 통보방법 확인한다.

비행계획서 제10번 장착장비 항목에 “R” 표기, 제18번 비고 항목에 “A1” 표시를 확인한다. 또한, RNP 10 공역 또는 항로의 항행안전시설의 가용성을 확인하여야 한다.

IRU Initialization을 정확히 실시하며, 초기화 도중 비정상적인 항공기의 움직임에 주의하고 만약 IRU의 정확도에 영향이 있다고 판단되면 IRU Initialization을 재수행한다.

2) 항로 비행 중 절차

해양 RNP 10 공역 진입 전에 두 개의 LRNS가 정

상작동 확인하고 미충족 시 조종사는 LRNS를 이용하지 않는 대체항로 또는 장비수리를 위한 회항을 고려해야 한다. ATC가 지시한 항로에서 이탈하지 않도록 비행 중 수시로 항공기 항행성능 충족 확인한다. 해양공역 RNP 10 비행 중 공역 요구 항행수준에 미달하거나, 또는 비정상상황 절차를 수행해야 할 정도로 탑재 항행장비 기능이 저하되거나, 고장 발생 시에는 관제기관에 즉시 이 사실을 통보하여야 한다. Lateral 항법 오차 15NM 이상, Longitudinal 항법 오차 10NM 이상 Longitudinal 항법 오차로 인해 next position 예상도착시간과 실제도착시간이 2분 초과, 항법장비고장 등이 해당한다. 조종사는 해양 공역 RNP 10 운항 중에는 수평이탈 지시계(Lateral Deviation Indicator) 또는 MAP display 와 Auto Pilot in Lateral Navigation mode(or FD)를 사용해야 한다. 조종사는 ATC 지시에 의하거나 또는 비상상황의 경우를 제외하고는 항로 중심을 비행하도록 하여야 한다.

3) 비행 후 절차

정상적인 Post Flight 절차를 따르고 비행 중 항법장치의 비정상적인 작동으로 인하여 RNP-10(or RNAV-10) 공역 밖으로 항로를 변경하였거나 Diversion을 실시하였을 경우 효과적인 정비를 위하여 자세히 Logging을 하고 ASR/FOR을 제출한다.

다. 조종사 지식 및 훈련

운항승무원은 RNP 10 운항에 관련된 일반적인 지식, 허용된 RNP 10 운항의 제한사항, 업데이트의 효과 및 방법, 비정상 상황 대응절차 등에 대한 지식 습득 및 훈련이 되어야 한다.

라. 적용 구역

RNP-10(or RNAV-10) 운영 구역 및 항로는 아래 지역 등에서 적용하며, 적용고 도는 해당 Enroute Chart를 참조한다.

- 아프리카
 - Canarias FIR(남부 sector), Dakar Oceanic FIR, Recife, Sal Oceanic FIR
 - 종분리 50nm, 횡분리 50nm
- 카리브해
 - San Juan FIR, Miami Oceanic FIR, Houston Oceanic FIR, Gulf of Mexico(Oceanic Portion) in Mexico FIR, WATRS(West Atlantic Route System), New York Oceanic FIR(CAR 구역 내)
 - 횡분리 50nm
- 아시아
 - 아래 FIR의 해양구역
Auckland Oceanic, Brisbane, Fukuoka, Ho Chi Minh, Hong Kong, Honiara, Kuala Lumpur, Melbourne, Nauru, New Zealand, Port Moresby, Sanya, Singapore
 - 종분리 50nm, 횡분리 50nm
- 북미
 - Anchorage Arctic FIR, Anchorage Continental FIR, Edmonton FIR
 - 횡분리 50nm
- 북대서양(NAT)
 - New York Oceanic FIR,(북대서양 MNPS 구역 전체로 확대)
 - 횡분리 50nm

• 태평양

- 아래 FIR의 해양구역
(Anchorage Oceanic, Auckland Oceanic, Nadi, Oakland Oceanic, Tahiti)
- 종분리 50nm, 횡분리 50nm

• 남미

- 아래 FIR의 해양구역
(Canarias 남부, Atlantico, Dakar Oceanic, Recife, Sal Anchorage Oceanic, Auckland Oceanic, Nadi, Oakland Oceanic, Tahiti)
- 횡분리 50nm, 종분리 50nm

* Note: 단, Santiago - 페루 Lima FIR 간 UL780, UL302 항로구간 일부에서는 횡분리 50nm, 종분리 10분(80NM)을 적용한다.

4.4.4 RNAV 5

RNAV 5의 항로 비행에 요구되는 항법 성능으로 비행시간의 95% 동안 $\pm 5\text{nm}$ 이하의 오차 범위 내에서 정확성이 유지되어야 한다. RNAV5 공역을 운항하는 모든 항공기는 필수적으로 RNAV5 장비 성능에 인가되어 운항 승인되어야 하며 B-RNAV 운항승인을 이미 받은 항공기 운전자 또는 항공사는 RNAV 5 운항 승인을 받은 것으로 본다. 적용 국가는 Jeppesen Airway Manual(ATC)을 참조한다. RNAV 5 항행기준은 과도한 항행 오류가 발생했을 때 조종사에게 이를 경고하도록 요구하지 않고 복수 시스템의 탑재를 요구하지 않기 때문에 잠재적인 RNAV 기능상실에 대비하여 대체 항행 수단이 필요

하다. RNAV 5 항행기준은 항행 데이터베이스의 탑재를 요구하지 않는다. 그러므로 지점 좌표 자료를 수동 입력하는 과정에서 유발되는 제한성(입력 오류 발생과 업무량 증가) 때문에 RNAV 5 항행은 항로 단계에만 국한된다.

가. 항공기 탑재장비 요건

RNAV 5 운항은 VOR/DME, DME/DME, INS 또는 IRS, GNSS 중 하나 또는 조합으로 입력된 항공기 위치정보를 자동적으로 산출하는 RNAV 장비 사용을 기반으로 한다.

탑재장비의 기능적 요건으로 무선 항행시설의 통달범위 밖에서 위치정보를 산출할 수 있는 INS 또는 IRU를 단독적으로 사용할 수 있다. VOR의 정확도는 일반적으로 시설로부터 60NM, 도플러 VOR의 경우 75NM까지는 RNAV 5 요건을 만족한다.

DME 신호는 발간된 통달범위와 관련 없이 신호가 수신되고 동일 채널에 더 근접한 DME가 없는 어느 곳에서든지 RNAV 5 요건을 만족하는 것으로 간주한다.

나. 운항절차

1) 비행 전 절차

RNAV 5 운항을 하고자 하는 항공기 운영자와 조종사는 항행안전시설의 가용성, 계획한 항로의 요구 조건, 비정상상황 대응 절차 등을 확인하여야 한다. 또한, 운항 중 탑재 항행장비에 대하여 적절한 기능성 확인을 수행 및 항행 데이터베이스를 이용할 경우에는 항로상의 항행안전시설, 지점 등 운항지역에 관련된 사항이 최신의 것인지를 확인하여야 한다.

RAIM 수준은 RNAV 5 수준으로 요구되며,

NOTAM이나 예측서비스를 통해서 확인할 수 있다. RNAV 5 운항 중 실패 감지수준이 5분 이상 지속될 것으로 예측될 경우, 계획을 지연하거나 타 항행수단을 이용하는 등 비행계획을 수정하여야 한다. GNSS 일부 요소의 비계획적인 고장으로 운항 중에 대체 회항가능성을 고려하여야 한다. 그러므로 조종사는 GNSS 항행의 기능상실 시 대체수단으로 항행할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

조종사는 항공기 운항 전 성능요건을 만족하는 데 필요한 제작사의 절차와 지시사항 이행 여부, 항공기에 항행데이터베이스가 장착되어 있다면, 데이터베이스의 최신 여부를 확인하여야 한다. RNAV 5 운항을 인가 받은 항공기는 ATS Flight Plan Item 10a에 “R”이 명시되고, item 18의 PBN/에 “B1~B6”이 표시된다.

2) 항로 비행 중 절차

운항승무원은 항행시스템의 CPDLC나 ND의 자료 또는 도면과 허가된 비행계획을 비교하면서 비행하며 RNAV 조절 및 시현 장비와 관련된 주 시현장치를 이용하여 항행안전시설과 교차 점검함으로써 항행의 신뢰성을 모니터하여야 한다.

항공기의 횡적 편차 시현은 항로/절차와 관련된 항행 정확도에 맞도록 횡적 편차 수치가 부합되어야 한다(전체 수치: $\pm 5\text{NM}$).

ATC 허가 또는 비상상황을 제외하고 RNAV 운항을 하는 동안, 횡적 편차 계기와 비행 지시계에 묘사된 항로 중앙선을 유지하여야 한다. ATS 관제사가 항공기 기수가 항로를 벗어나도록 지시하였다면, 조종사는 항로로 재진입하도록 지시받거나 새로운 허가를 발부할 때까지는 RNAV 시스템의 비행계획을

수정하여서는 안 된다.

조종사는 RNAV 성능이 RNAV 5의 요건에 충족하지 않음을 관제사에게 알려야 하며 통신두절의 경우, 운항승무원은 발간된 통신두절 절차에 따라 비행계획대로 비행을 계속하여야 한다.

단독 GNSS 장비를 이용 중 RAIM 탐지기능을 상실한 경우, GNSS 위치는 항행에 이용할 수 있다. 이때, 운항승무원은 항행성능의 유효수준을 확인하기 위하여 다른 위치정보 자료(VOR, DME, NDB 등)를 이용하여 항공기 위치를 상호 확인하여야 한다. RAIM 경고로 인해 항행 전시장비에 무효 표시가 전시된 경우, 운항승무원은 항행의 대체수단으로 회귀하고 관제사에게 이를 보고하여야 한다.

3) 비행 후 절차

정상적인 Post Flight 절차를 따르고 비행 중 항법 장치의 비정상적인 작동으로 인하여 RNAV-5 구역 밖으로 항로를 변경하였거나 Diversion을 실시하였을 경우 효과적인 정비를 위하여 자세히 Logging을 하고 ASR/FOR을 제출한다.

다. 조종사 지식 및 훈련사항은 필요 사항은 아래와 같다.

- 1) 장착된 RNAV 시스템의 성능과 제한
- 2) 인가된 RNAV 시스템의 운항절차, 구역사용
- 3) RNAV 5 운항과 관련된 항행안전시설의 제한사항
- 4) RNAV 실패에 관한 비정상상황 대응절차
- 5) 무선통신 용어 항공교통 관제절차
- 6) RNAV 운항에 필요한 비행계획 요건
- 7) 도면 해석과 문자 표시에 따른 RNAV 요건

8) 다음 RNAV 시스템 정보

- 가) 자동화 수준, 모드 변화, 경고 등
- 나) 타 항공기 시스템과의 기능적 통합
- 다) 각 비행단계별 감시절차
- 라) 항행 센서의 종류(DME, IRU, GNSS 등)
- 마) 속도와 고도에 따른 선회율
- 바) 전자적인 표시 및 심볼의 해석

9) RNAV 장비의 운영절차

- 가) 항공기 항행자료의 최신 여부 확인방법
- 나) 시스템 자가 테스트 완료의 확인방법
- 다) 시스템 위치 초기화 방법
- 라) 지점으로의 직행 비행 방법
- 마) 항로에 진입하는 방법
- 바) 절차에서 벗어나거나 재진입하는 방법
- 사) 횡적 편차량을 판단하는 방법
- 아) 항행 센서 입력을 제거하거나 재설정하는 방법
- 자) 특정 항행안전시설의 배제를 확인하는 방법(해당 시)
- 차) 일반적인 항행안전시설을 이용하여 전체 항행 오류를 확인하는 방법

4.4.5 RNP 4

RNP 4는 해양구역(이하 해양 RNP 4 구역이라 한다)에서 지역항법으로 사용된다. RNP 4 구역에서 요구되는 항공기의 항법성능은 RNP 4 구역 총 비행 시간 중 95% 이상 기간 동안 항공기의 횡적 위치 오차(cross track or lateral error)와 종적 위치 오차(along track or longitudinal error)가 4NM 이내 이어야 한다. RNP-4 공역을 운항하기 위해서는 상

기 항공기 항법 성능 인가를 득해야 한다. RNP-4 공역에서는 30NM 횡적분리 및 30NM 종적분리 적용이 가능하며, 이 경우 CPDLC 및 ADSC 기능이 요구된다(ADS-B와 VHF 통신이 가능한 일부 해양 공역 제외).

가. 항공기 탑재장비 요건

해양 공역 RNP 4 운항을 위한 최소한 2개의 독립적인 장거리항행시스템(LRNS)을 장착 및 인가된 위성항행시스템(GNSS)을 사용하여야 한다.

나. 운항절차

1) 비행 전 절차

ATS Flight Plan Item 10a에 “R”이 명시되고, item 18의 PBN/에 “L1”이 표시된다. 해양 RNP 4 공역에서 종적, 횡적 분리기준이 30/30NM 적용을 위해서는 항공기의 ADS-C 및 CPDLC 기능이 요구되어 항공기 ADS/CPDLC 인가 취득을 확인한다. CPDLC/ADS-C가 인가된 항공기는 비행 계획서 Item 10a에 “J5”, Item 10b에 “D1”이 기재된다. 탑재된 NAV database는 현재 유효한 것이어야 하며 사용할 운항절차를 수록하고 있어야 한다.

정비 로그북을 점검하여 RNP 4 공역 요구항행장비 상태 및 해양 RNP 4 공역 필요장비가 결합이 있었던 경우 이에 대한 정비완료 여부를 확인한다.

해양공역 RNP 4 운항 시 비정상 운항절차는 기타 해양공역에서의 비정상상황 절차와 같다. 다만 조종사는 항공기의 항행능력이 해양 RNP 4 요구수준에 미달될 것이 우려될 때 ATC에 통보해야 한다.

RAIM prediction 기능과 GPS NOTAM을 통해 GPS가 운항 중 사용 가용성을 확인한다.

2) 항로 비행 중 절차

해양 RNP 4 공역 진입 전에 두 개의 독립적 장거리항행장비(LRNS)가 정상 작동하고 있는지 확인하고 항행성능 미충족 시 조종사는 대체항로 또는 장비수리를 위한 회항을 고려해야 한다. ATC가 지시한 항로에서 이탈하지 않도록 비행 중 수시로 항행 정확도를 확인하여야 한다. 해양공역 RNP 4 비행 중 공역요구 항행수준에 미달하거나, 또는 비정상상황 절차를 수행해야 할 정도로 탑재 항행장비 기능이 저하 되거나, 고장 발생 시에는 관제기관에 즉시 이 사실을 통보하여야 한다.

조종사는 해양공역 RNP 4 운항 중에는 수평이탈 지시계(Lateral Deviation Indicator) 또는 MAP display와 AP Lateral Navigation mode(or FD)를 사용해야 한다. 조종사는 CDI scale(full scale deflection)이 항로상의 항행정확도 요건인 $\pm 4\text{NM}$ 을 나타내도록 하여야 한다. 조종사는 ATC 지시에 의하거나 또는 비상상황의 경우를 제외하고는 항로 중심을 비행하도록 하여야 한다.

RNP-4 공역에서의 비상절차는 해양 공역에서의 비정상 절차를 따른다.

RNP-4 공역 비행 중 RNP-4 공역 요구 항법 수준에 미달하거나, 또는 비상 절차를 수행해야 할 정도로 탑재 항법 장비 기능이 저하되거나 고장 발생 시에는 관제 기관에 즉시 이 사실을 통보하여야 한다.

3) 비행 후 절차

정상적인 Post Flight 절차를 따르고 비행 중 항법 장치의 비정상적인 작동으로 인하여 RNP-4 공역 밖으로 항로를 변경하였거나 Diversion을 실시하였

을 경우 효과적인 정비를 위하여 자세히 Logging을 하고 ASR/FOR을 제출한다.

다. 조종사 지식 및 훈련사항은 필요 사항은 아래와 같다.

1. RNP 4 운항에 관련된 일반적인 지식
2. RNP 4 운항의 제한사항
3. 업데이트의 효과 및 방법
4. 비정상 상황 대응절차 등

라. 적용 공역

• 아시아

- 아래 FIR의 해양공역

Auckland Oceanic, Brisbane, Fukuoka, Honiara, Melbourne, Nauru, New Zealand, Port Moresby, Hong Kong FIR 내 L642, M771 항로(CPDLC 및 ADS-C 요구사항 없음)

- 종분리 30nm, 횡분리 30nm

• 태평양

- 아래 FIR의 해양공역

Anchorage Arctic, Anchorage Continental, Anchorage Oceanic, Auckland Oceanic, Nadi, Oakland Oceanic, Tahiti

- 종분리 30nm, 횡분리 30nm

• 북대서양

- 북대서양 NAT OTS 일부 항로
- 종분리 30nm, 횡분리 30nm

4.4.6 RNAV 1 & RNAV 2

RNAV 1 & RNAV 2 지정된 항로 및 접근관계구역에서 운용된다. 종전의 지침에 의거 P-RNAV 운항 승인을 받은 경우, RNAV 1 운항 승인을 받은 것으로 본다. 항법성능으로 비행시간의 95% 동안 RNAV 1은 $\pm 1\text{nm}$, RNAV 2은 $\pm 2\text{nm}$ 이하의 오차 범위 내에서 정확성이 유지되어야 하며 RNAV 1 과 RNAV 2는 Radar 환경에서 운영된다. RNAV 1 & RNAV 2 절차는 Departure 절차, Arrival 절차, IAF or IAWP(Initial Approach Waypoint)에서 FAF 또는 FAWP(Final Approach Waypoint)까지의 접근에 적용된다.

가. 항공기 탑재장비의 요건

RNAV 1 & RNAV 2 운항은 DME/DME RNAV, DME/DME/IRU RNAV, GNSS 장비로부터 입력 자료를 이용하여 수평면에서의 항공기 위치를 자동적으로 산출하는 RNAV 장비 사용을 기반으로 한다. 또한, 유효한 항행자료(Navigation Database), One FD in NAV Mode, Single FMC, Single (M) CDU, Dual IRU, Single ND가 필요하다.

RNAV 1 공역 운항 시 장비요건과 RNAV 2 공역 운항 시 장비요건은 일치하며 아래 항법용 Sensor 장비 중 하나를 충족해야 한다.

- Single GPS Receiver(RAIM 기능 포함)
- DME/DME 수신 장비
- VOR/DME 수신 장비(사용 가능한 VOR이 40nm 이내에 위치)
- DME/DME/IRU 수신 장비

(DME/DME로부터 위치확인이 어려워 IRU에 의존해야 하는 구간에서, 운항승무원은 40nm 밖에 위치한 VOR로부터의 위치확인을 방지하기 위해 필요한 조치를 취하여야 한다.)

나. 운항절차

1) 비행 전 절차

RNAV 1 & RNAV 2 인가 확인을 위해 ATS Flight Plan 의 item 10a에 “R”이 표기되고, item 18의 PBN/에 “D1~D4”또는 “C1~C4”의 표시를 확인 및 NOTAM을 통해 해당 공항의 RNAV 1 & RNAV 2 절차 수행에 사용되는 항법 시설의 정상 운영 여부를 확인한다. 탑재된 항행자료는 운항하려는 지역에서 사용할 수 있는 것이어야 하고, 항행안전시설, waypoint, 출발/도착/교체 비행장에 대한 터미널 공역 절차를 수록 여부를 확인한다.

시스템 초기화 수행 시 조종사는 항행자료가 유효한 것인지, 항공기 위치가 정확하게 입력되었는지 확인하고, 비행계획서는 차트, SID, 기타 사용할 수 있는 자료 내용과 Map display 및 MCDU를 대조하여 확인 점검해야 한다. 이 점검은 waypoint sequence, track angles & distances 정확성, 고도/속도 제한, Fly-by/Fly-over waypoint 구별 등을 확인하는 것을 포함한다.

점검 결과 탑재항행자료에 수록된 RNAV 1 & RNAV 2 절차의 타당성에 관해 의심이 있을 경우 해당 절차를 사용하지 말아야 한다.

정밀지역항법 수행을 위해 GPS만(Stand Alone GPS) 사용된다면, 수신기 RAIM 기능에 관한 상세한 정보를 주는 최신정보를 제공받는지 확인하여야 하며 RNAV 1과 RNAV 2에서 요구되는 RAIM 수

준은 NOTAM이나 기타 예보 등을 통해 확인한다. DME를 이용하는 경우, 비상용 DME 시설에 대한 정보를 NOTAM을 통해 확인하여야 한다. 항공 당국이 RNAV 1 또는 RNAV 2 절차 사용을 금지한 DME 시설은 항공기 Position Update에 사용되지 않도록 Inhibit시켜야 한다.

조종사가 수동 입력방식으로 RNAV System에 새로운 Waypoint를 생성하는 것은 관련된 RNAV 항행절차를 무효화하기 때문에 허용되지 않는다.

※ RNAV SID 운항 시에는 다음 사항을 확인 및 수행하여야 한다.

- 조종사는 이륙하기 전에 항공기의 RNAV 시스템 정상작동, 정확한 공항 및 활주로 정보 입력 여부
- 조종사는 이륙하기 전에 운항절차, 항로 전환 등에 관한 사항을 확인
- 이륙 전 최종점검 시 올바른 활주로 진입 및 항로 입력을 최종 확인
- 조종사는 RNAV 1 운항을 위해 인증된 수단(횡적 편차 지시계, Map display, FD/AP)을 이용
- GNSS 기능을 사용할 때는 항공기 이륙활주로를 시작하기 전에 신호가 감지되어야 한다.

2) 출발 절차

이륙 전에 조종사는 RNAV System이 사용 가능한지, 또 정확하게 운영되고 있는지를 확인하고, 공항과 활주소에 대한 자료가 정확히 입력되었는지를 확인해야 한다.

출발점검은 최소한 해당 절차에 대한 Map display를 통하여 이 장에 수록된 간이점검(simple

inspection)을 수행하는 것이다.

터미널 지역에서 Radar heading이나 'direct to clearance'의 형식으로 항로변경 요청이 있을 경우, 조종사는 신속하게 대처할 수 있어야 한다.

GNSS가 사용되는 경우 take-off roll 개시 전에 signal을 받아야 하고 GNSS position은 runway update 대신 사용할 수 있다. 실제 이륙지점에 대한 GPS로 Automatic Updating이 안 될 경우, 조종사는 FMS에 활주로 말단을 Manual Update 지점으로 설정 또는 Intersection 위치를 Manual Update 하여 활주로 상에서 Initialization을 실시해야 한다. 이는 항공기 이륙 후에 부적절하고 예상치 못한 위치 이동(position shift)이 발생하는 것을 방지해야 한다. 만일 출발 절차가 재래식 항행시설을 사용하여 이륙한 뒤에 SID 수행 중 RNAV 항행으로 전환하도록 설계된 절차라면 해당 차트에 전환할 지점이 표시된다. 그러나 조종사가 RNAV 항행절차를 재래식항행을 이용하여 시작하였다면 전환 지점은 Chart에 표시되지 않을 것이다. 이륙지점에서 항공기 위치 Update가 이루어지지 않았을 경우 항공기는 재래식 항법장비(VOR, NDB, DME)로 구성된 출발절차 또는 Radar Vector 출발절차를 이용하여 이륙해야 한다. 그 후 RNAV로 전환하는 지점은 항공기가 DME/DME 통달범위 내에 들어가 적절한 Update 입력을 받기에 충분한 시간이 경과된 후에 전환한다. RNAV 절차로 전환하는 지점은 Chart에 표시되지 않는다. 이륙 후 MSA 이상 또는 발간된 Enroute Segment에 Establish되었을 때 DME/DME Update가 가능할 수 있다. 절차 수행 중 가능한 곳에서 항행의 적절성 확인을 위해, MCDU와 연계한 주 표시기(Primary Display)를 사용하여 재래

식 항행 보조 장비와 상호 비교 점검하여 비행과정을 감시하여야 한다.

3) 도착(Arrival)

도착경로 이전에 조종사는 정확한 터미널절차가 입력되었는지를 확인해야 한다. Chart와 Map display 및 MCDU를 대조 비교하여 비행계획서를 점검해야 한다. 수동 입력방식으로 RNAV System에 새로운 Waypoint를 생성하는 것은 관련된 RNAV 1과 RNAV 2 운항절차를 무효화하기 때문에 허용하지 않는다. 또한, 재래식 Arrival Procedures로 전환해야 하는 비정상상황이 발생할 경우, 조종사는 필요한 준비를 수행하여야 한다.

절차 수행 중 항행의 적절성 확인을 위해, MCDU와 연계한 주 표시기(Primary Display)를 사용하여 재래식 항행시설과 Cross-check 방식으로 비행과정을 감시하여야 한다. GNSS Updating되지 않는 RNAV system은 최초진입지점(Initial Approach Waypoint, IAWP)에 도달하기 전의 강하단계에서 항행 적격성 점검을 실시해야 하며, GNSS based RNAV system인 경우 경고메시지(integrity alarm)가 없으면 충분한 것으로 인정된다. 만일 Check가 Fail되면 Conventional Procedure로 수행되어야 한다. Radar Heading이나 'direct to Clearance'의 형식으로 수행되는 터미널 지역의 항로변경 지시에 대하여 조종사는 신속하게 대처할 수 있어야 하고, 이는 Database로부터 loaded된 waypoint를 flight plan에 삽입하는 것을 포함한다. AIP 등으로 발간된 고도와 속도 제한사항은 준수해야 한다.

4) 비상 절차

비상 절차는 Flight Director나 Autopilot 장비 고장 등과 같이 항공기의 Flight Technical Error 를 유발할 수 있는 RNAV 장비의 고장, Multiple System Failure, Navigation Sensor Failure, 지상 항법 시설없이 Inertial Sensor만으로 RNAV 1 & RNAV 2 항법 수행 가능 시간범위를 초과했을 경우 조종사에게 적절한 Caution과 Warning을 제공하기 위해 수립되었다.

터미널 공역에서 위와 같은 Contingency 상황 발생 시 또는 RNAV 시스템의 고장으로 RNAV 1 & RNAV 2 절차 수행에 요구되는 항법 성능을 상실한 것을 인지했을 경우(UNABLE RNP/NAV ACCUR DOWNGRAD 등) 운항승무원은 가능한 빨리 ATC에 통보하고 대체 절차를 요구하여야 한다.

RNAV 1 & RNAV 2 기능 상실 시 운항승무원은 가능한 대체 항법 수단을 사용하여 비행하여야 한다. 통신 두절 발생 시 운항승무원은 발간된 Lost Communication 절차에 따라 RNAV 1 & RNAV 2 절차를 계속 수행한다.

다. 장애 발생 보고

운항의 안전을 침해할 수 있는 항공기의 운항과 관련된 아래와 같은 장애 발생 시 보고해야 한다.

- 항공기 시스템 고장으로 인한 장애 발생
 - 중대한 항법 오차 발생
 - 부정확한 자료나 Navigation Database Coding Error로 발생된 것으로 생각되는 중대한 항법 오차 발생
 - Lateral 혹은 Vertical 비행경로 이탈

- Failure Warning 없이 중대한 Misleading Information 발생

- 항법장치 중 전체 또는 복수 장비의 기능상실

- 지상 항법시설의 고장으로 인한 중대한 항법 오차 발생

라. 조종사 지식 및 훈련사항은 필요 사항은 아래와 같다.

모든 조종사는 RNAV 절차에 의거한 출항과 도착에 관한 적절한 훈련과 브리핑 및 지침자료를 받아야 한다. 이 훈련내용에는 이 장에 기술된 정상절차와 비정상절차에 정한 사항을 포함하여야 하고, 훈련교재에는 RNAV 1과 RNAV 2 운항을 위한 적절한 자료를 포함시켜야 하며, 최소한 다음에 열거한 항목들을 다루어야 한다.

- 항공기 장비/항행의 접두어 의미와 그 사용
- charts와 문구로 묘사된 절차의 특성
- RNAV 5, RNAV 1, RNAV 2 간의 차이점을 포함한 RNAV 이론
- RNAV의 제한사항
- Charting, Database 탑재 Avionics 관련사항, Waypoint Naming 개념, RNAV Path Terminator 개념, Fly-by & Fly-over Waypoint
- RNAV 항로/SIDs/STARs에서 요구하는 항행장비(DME/DME, DME /DME/IRU, GNSS 등)
- RNAV Equipment의 사용
- 항로 중앙을 유지하기 위한 cross-check를 최소화하는 방법을 포함한 비행단계별 자동화 수

- 준 및 업무내용
- RNAV 운항 시 사용하는 무선통신 용어(RT Phraseology)
 - RNAV/RNP 고장에 따른 비상절차
 - RNAV와 관계되지 않은 장비 고장(예: 유압계 통 고장 또는 엔진 고장)이 RNAV 운항에 미치는 영향
 - RNAV/RNP 고장에 대한 우발사건 처리절차

※ RNAV 1 & RNAV 2 운항 관련 ATC Phraseology

- 운항 승무원

“Unable (designator) departure (or arrival) due RNAV type”

ATC로부터 특정 RNAV 1 & RNAV 2 도착 또는 출발 절차가 운항승무원에게 지시되었을 경우 RNAV 장비나 장비의 사용과 관련된 이유로 절차를 수락할 수 없을 경우

“Unable (designator) departure (or arrival) (reasons)”

특정 사유로 운항승무원이 지정된 터미널 지역 절차를 따르지 못할 경우

- ATC

“Unable to Issue (designator) departure (or arrival) due RNAV type”

운항승무원이 요청한 RNAV 1 & RNAV 2 Arrival 또는 Departure 절차를 비행계획서에 표시된 항공기 탑재 RNAV 장비와 관련된 이유로 지시할 수 없을 경우

“Unable to Issue (designator) departure (or arrival)(reasons)”

특정 사유로 운항승무원이 요청한 RNAV Arrival이나 Departure 절차를 지시하지 못할 경우

“Advise if able (designator) departure (or arrival)”

특정 RNAV 1 & RNAV 2 도착이나 출발절차의 수락 가능 여부를 운항승무원에게 ATC가 확인할 경우

4.4.7 Basic-RNP 1

항법성능으로 비행시간의 95% 동안 $\pm 1\text{nm}$ 이하의 위치오차 및 항공기의 Monitoring and Alerting 기능이 요구된다. Basic-RNP 1 항행요건은 ATS 감시가 없거나 또는 제한적으로 제공되는 항로에서 연결되는 중·저밀도 관제권(TMA)에서 적용한다.

가. 항공기 탑재장비 요건

Basic-RNP 1 운항은 다음 형태의 장비 하나 또는 조합의 항공기를 기반으로 한다. 해당 지역 항공 당국이 허용한다면 DME/DME 또는 DME/DME/IRS를 사용한 운항도 가능하다.

- 유효한 Navigation Database
- One FD in NAV Mode
- Single FMC, Single (M)CDU, Dual IRU, Single ND
- Single GPS Receiver(RAIM 기능 포함)

나. 운항절차

1) 비행 전 절차

Basic-RNP 운항을 하고자 하는 항공기 운영자와 조종사는 비행계획서에 운항할 항행 기준을 기재하여야 한다. ATS Flight Plan 의 Item 10a에 “R”이 표기되고, Item 18의 PBN/에 “O1” 표시를 확인한다. 조종사는 운항 중 탑재 항행장비에 대하여 적절한 기능성 확인을 수행하여야 한다. 또한, 항행 데이터베이스를 이용할 경우에는 항로상의 항행안전시설, 지점 등 운항지역에 관련된 NOTAM 사항이 최신의 것인지를 확인하여야 한다.

RAIM 수준은 Basic-RNP 1 수준으로 요구되며, NOTAM 또는 RAIM Prediction 정보를 통해 운항 예정 시각에 GNSS(GPS) 위성의 가용 여부를 확인한다. RAIM 가용성 예측은 최신의 GPS 배열 NOTAM과 전자장비 모델을 감안하여야 한다. Basic-RNP 1 운항 중 실패 감지수준이 5분 이상 지속될 것으로 예측될 경우, 출발시간을 지연하거나 타 항행수단을 이용하는 등 비행계획을 수정하여야 한다. PIC 는 Unplanned GPS Out 등으로 비행 중 RAIM 미확보 상황에 대비하여 대체 절차를 미리 검토한다.

비행점검 중 시스템 초기화(Initialization) 시 항공기의 현재 위치가 정확히 입력되었는지 확인이 필요하며 Chart, SID 혹은 기타 관련 서류와 Map Display 및 (M)CDU의 FIGHT PLAN PAGE Active Flight Plan의 Waypoints Sequence 및 명칭, Track angles and Distances, 고도 또는 속도 제한사항, Fly-by 또는 Fly-over 표시사항 등을 점검한다. 점검 결과 Navigation Database에 수록된 RNP1 절차에 이상이 발견되거나 타당성에 관해

확신이 없는 경우 상기 절차를 사용하지 말아야 한다. 수동으로 새로운 Waypoint를 만들고 수정은 금지된다.

항행 데이터베이스에 수록된 SID 혹은 STAR 절차의 내용이 사실과 다른 경우, 항공사는 이 사실을 NAV DB 제작사에 통보하고, 조종사에게 발견된 불일치가 해소될 때까지 이 절차를 NAV DB에서 사용하지 말 것을 고지하여야 한다.

각국 항공당국이 RNP 1 절차에 사용을 금지한 DME 시설은 항공기 Position Update에 사용되지 않도록 FMS의 NAVIAD PAGE를 이용하여 수신 금지 조치를 해야 한다. GNSS(GPS) 수신에 문제가 있다는 Message(Integrity Alarm)가 없다면 적합한 항법성능을 유지하고 있다고 볼 수 있다.

2) 출발 절차

이륙이 시작되기 전, 조종사는 항공기의 Basic-RNP 1 시스템이 유효하고, 정상적으로 작동하고 있고, 공항과 활주로에 관한 정확한 데이터가 입력되었는지 확인해야 한다. GNSS를 사용하는 항공기의 경우, 이륙 전, GNSS(GPS) 수신에 문제를 알려주는 Message(Integrity Alarm)를 확인하여 항공기 위치 Update가 이루어졌는지 확인한다. 메시지가 없으면 정상적인 위치 Update가 이루어지고 있는 것이다. 만약 Update가 이루어지지 않았을 경우 대체 절차를 ATC에 요구한다. 조종사는 이륙 후 500ft AFE 도달 전에 LNAV/NAV를 Engage해야 하며 MAP display/FD /AP 등을 사용하여 Basic-RNP 1을 위한 적절한 성능 수준으로 항공기를 운항하여야 한다. Procedure를 수행하는 동안 GNSS(GPS) 수신에 문제가 있다는

Message(Integrity Alarm)가 없으면 지상 항법 시설과의 Cross Check를 생략할 수 있다. 메시지가 시연되어도 자체항법 장비의 정확성이 보장되면 Cross Check를 수행하면 절차를 수행할 수 있다. 항공기별 대응절차는 숙지하여야 한다.

터미널 공역에서 ATC는 Radar Heading이나 “Direct to” Clearance로 Route 변경을 지시할 수 있으며 지시에 따른다.

강하 전에 조종사는 정확한 터미널 절차가 입력되었는지 확인한다. Chart와 Map Display 및 (M) CDU와 비교하여 Active Flight Plan을 비행 전 Flight Plan 점검 절차와 동일한 방법으로 확인한다. 이때 웨이포인트 순서, 트랙 각도/거리의 합리성, 고도 또는 속도 제약, 웨이포인트가 근접경로비행(“Fly-by”)이고, 어떤 웨이포인트가 상공통과비행(“Fly-over”)인지 식별하는 확인 내용이 포함된다. 비행승무원의 Basic-RNP 1 시스템으로의 수동 입력으로 인한 새로운 WPT의 생성은 항로를 무효하게 만들며, 허용되지 않는다. 차트에 명시된 고도와 속도 제한은 준수해야 한다. 운항승무원은 Arrival 절차가 시작되는 Waypoint 전에 RNP 1 항법성능의 유지 여부를 확인한다.

3) 비상절차

절차 수행을 위한 성능 미충족(UNABLE RNP 등) 또는 신뢰도가 의심스럽다고 판단되거나 GNSS(GPS) Failures(RAIM 포함) 등을 ATC에 통지해야 한다(완전성 경고 또는 항법 고장 등). 이 경우, 조종사는 대체절차를 ATC에 함께 알려야 한다. 통신 고장의 경우, 조종사는 접근차트에 공시된 “통신 실패” 절차를 따르고 RNP1 절차를 계속 수행하

며 비행한다.

다. 장애 발생 보고

운항의 안전을 침해할 수 있는 항공기의 운항과 관련된 아래와 같은 장애 발생 시 보고해야 한다.

- 항공기 시스템 고장으로 인한 장애 발생
 - 중대한 항법 오차 발생
 - 부정확한 자료나 Navigation Database Coding Error로 인한 것으로 생각되는 대한 항법 오차 발생
 - Lateral 혹은 Vertical 비행경로 이탈
 - Failure Warning 없이 중대한 Misleading Information 발생
 - 항법장치 중 전체 또는 복수 장비의 기능상실

라. 조종사 지식 및 훈련사항은 필요 사항은 아래와 같다.

1. 장착된 RNAV 시스템의 성능과 제한
2. 인가된 RNAV 시스템의 운항절차, 공역사용
3. 차트와 텍스트 설명으로 파악되는 절차 특징
4. 관련된 항공기 비행경로뿐 아니라 웨이포인트 유형(Fly-over, Fly-by 등)
5. Basic-RNP 1 SID 및 STAR에서의 운항을 위한 필수항법장비
6. RNP 시스템 관련 정보
7. RNP 시스템 운영절차
8. 비행단계 별 운영자가 추천하는 자동화 수준과 작업량(항로 중심선이 유지될 수 있도록 크로스트랙 오류를 최소화하는 방식 포함)
9. RNAV/RNP 적용에 관한 무선통신 용어

4.4.8 RNP APCH / RNP AR APCH / RNP 0.3

접근단계의 운영에서는 RNAV 개념은 사용하지 않고 RNP 개념만 사용한다. 접근개념은 계기 접근의 모든 구역, 즉 첫 접근, 중간접근, 최종접근, 실패접근을 포함하며, 0.3~0.1NM 또는 그 이하의 정확도를 요구하는 RNP 요건을 필요로 한다.

RNP APP는 RNP 성능이 요구되는 정밀(GLS), 비정밀(LNAV), 유사정밀접근절차(LNAV/VNAV, LPV)를 모두 가리키는 용어이며, 차트 제목은 「RNAV(GNSS)」로 표기된다.

RNP APCH는 RNAV(GNSS) 접근 개념을 바탕으로 하며 자립형 장비와 FMS와 같은 다중 센서 시스템을 이용한다.

RNP AR APCH의 AR은 authorization required의 약자이며 반드시 인가가 필요하다. RNP AR 접근을 위한 항공로의 경우 항공로의 보호구역을 축소시키기 때문에 항공사, 항공기, 운항 승무원에 대한 인가가 필요하다.

RNP AR APCH는 매우 혼잡한 공역이나 환경적 문제를 가지는 지역에서 유연하게 공역을 설정하여 이러한 문제를 해결할 수 있으며, 정확도의 향상으로 산악지형과 같이 기상과 지형에 영향을 많이 받는 구역에서도 유연하게 적용될 수 있다.

보통 기존의 개념으로 접근절차는 활주로 연장선 상으로부터 30도 이내의 직 진입절차와 선회 절차로 나뉘나 RNP AR APCH의 경우 직 진입 구간과 Radius to Fix 구간이 함께 사용된다는 점이 특징이다. RNP AR APCH는 이 중 GNSS, 관성 코스팅 기능을 가진 FMS 시스템, 지형 인식 경보 시스템과 같은 높은 무결성을 가지는 항행 시스템을 요구한다.

또한, RNP AR APCH는 부수구역 없이 2 × RNP의 축소된 장애물 허가고도를 가지며, 수직 유도 정보가 필수적으로 제공되어야 한다. 주로 RNP 0.3 이하와 RF leg가 이용되고, 차트 제목은 RNAV(RNP)로 표기된다.



2편. 단계별 비행절차

1장 항법의 기초

- 1.1 개요
- 1.2 비행 전 준비
- 1.3 비행 전 지상운용

2장 공중 단계

- 2.1 이륙
- 2.2 출항 및 상승
- 2.3 착륙 후 단계
- 2.4 비정상 절차

3장 항공의학적 요인

- 3.1 조종사관련 항공의학적 요소
- 3.2 비행 중 조종사 능력에 영향을 미치는 요인
- 3.3 비행 안전에 영향을 미치는 인적 요소



비행준비 및 지상 운용 단계

Preflight and Ground Operation Phase

1.1 개요(Introduction)

본 편 “비행단계 및 절차”는 항법을 수행하는 조종사가 비행임무를 안전하고 효율적으로 수행하기 위하여 비행단계별로 상기 기술한 다양한 지식과 정보를 어떻게 활용하는지에 대한 구체적이고 실무적인 설명을 서술하였다. 이 책을 접하는 조종사의 수준에 따라 난이도를 조절하기에 어려운 점이 많아 자가용 조종사에서 운송용 조종사에 이르는 사항을 별도로 구분하지 않고 모두 포함하였다.

비행단계는 다음과 같이 비행 준비 및 지상 운용 단계(비행 전 준비, 이륙 전 지상운용), 공중 단계(이륙, 출항 및 상승, 항로 비행, 강하 및 접근, 착륙), 착륙 후 단계(착륙 후 지상 운용, 비행종료)로 분류하여 설명하였으며 비정상절차에 대하여 별도로 설명하였다. 비행단계별 대략적인 내용은 다음과 같다.

1) 비행 전 준비

항공기상과 항공고시보, 정보 간행물을 해독하고 항공기 성능을 산출하여 비행을 계획하고 항공기의 내·외부를 점검하여 항공기를 출발시키기 위해 비행준비를 하는 단계를 기술

2) 이륙 전 지상운용

항공기의 엔진을 시동하여 자력으로 주기장으로부터 이륙활주로까지 유도로를 따라 항공기를 이동시키는 단계를 기술

3) 이륙

이륙단념을 고려하며 기상상황에 따라 항공기를 안전하게 부양하여 상승단계까지 조종하는 단계를 기술

4) 출항 및 상승

관제사와 통신하며 항공기 절차에 따라 상승하여 항로로 진입하는 단계를 기술

5) 항로 비행

지상항행안전무선 시설과 항공기 항행 성능을 기반으로 비행규칙을 준수하여 정해진 항공로를 따라 비행하는 단계를 기술

6) 강하 및 접근

관제사와 통신하며 지상 항행안전무선 시설과 항공기 강하성능을 기반으로 정해진 절차에 따라 안전하고 효율적으로 강하하여 착륙하고자 하는 공항에 접근하는 단계를 기술

7) 착륙

항공기 중량, 기상, 활주로 상태에 따라 착륙성능을 산출하여 해당 절차에 따라 활주로에 접지시켜 지상 활주 속도로 감속하는 단계를 기술

8) 착륙 후 지상 운용

착륙 후에 지상 관제사와 통신을 유지하며 공항도면을 이용하여 항공기를 원하는 경로를 따라 지상이동 후 주기시키는 단계를 기술

9) 비행종료

비행을 안전하게 종료하는 단계를 기술

10) 비정상절차
비상 상황에 대한 정의, 특징과 본 장의 목적 등을
기술

1.2 비행 전 준비(Preflight Preparation)

모든 비행의 시작과 끝이 지상에서 시작해서 지상에서 끝나는 것을 감안할 때 지상에서의 비행준비 및 지상운용이 얼마나 중요한지 모든 조종사는 명확히 인지하여야 한다. 정확한 기준과 지식이 없이 비행준비를 하는 경우에는 비행안전에 위협이 되는 요소를 미리 확인하여 방지하거나 감소시킬 수 없으며 안전성 확보에 취약하게 된다. 안전하고 효율적인 비행을 수행하기 위해 가장 기본적으로 선행되어야 하는 절차가 비행 전 준비 단계이며 비행 전 준비 단계는 비행 전 브리핑(Preflight Briefing)과 항공기 지상점검(Preflight Inspection)으로 나눌 수 있다. 지상에서 항공법 및 기타 규정, 항공기의 상태 파악, 공항 및 공역의 제한사항, 조종사의 비행준비 상태 등을 살필 수 있는 시간을 가짐으로써 전체 비행을 엄밀히 검토하고 안전위험요소를 제거할 수 있는 매우 중요한 시간이 비행 전 브리핑단계이며 비행 전에 최종적으로 비행이 준비되었음을 확인하고 안전비행에 문제가 없음을 결정하는 단계가 지상점검이다.

1.2.1 비행 전 브리핑(Preflight Briefing)

비행 전반에 영향을 미치는 다양한 요소를 수집하여 점검할 수 있는 첫 번째 단계이며 조종사자원

관리(SRM)나 승무원자원관리(CRM)를 통하여 각 단계별 발생 가능한 위협요소를 관리하고 안전을 증진시킬 수 있는 매우 중요한 단계이다. 비행 전 조종사는 브리핑에 필요한 자료를 수집하여 준비하고 비행계획서를 제출하여야 한다. 브리핑에 필요한 자료 및 정보는 가능한 최신의 정보를 획득하여 브리핑에 사용하여야 하며 특히 기상정보와 항공고시보(Notice To Airman, NOTAM)는 관계기관으로부터 최신정보를 획득하여야 한다. 미국의 경우 비행정보실(Flight service station)에서 자료를 수집할 수 있으며 필요한 경우 직접방문, 전화, 무선통신 등을 통하여 개별 브리핑도 가능하며 비행계획서의 제출도 가능하다. DUATS(Direct User Access Terminal System)를 사용하면 온라인으로 기상자료를 얻거나 국내 비행계획서 제출이 가능하다.

1.2.1.1 브리핑 점검사항(Briefing Check Items)

1) 기상정보

기상현상은 운항환경에 대표적으로 장애를 주는 요인 중 하나이다. 조종사는 비행을 위험하게 할 수 있는 기상이 있는 지역은 피해야 하고, 운항에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 기상예보에 대해서도 적절히 대응조치를 취하여야 한다. 이러한 관점에서 조종사는 운항하게 될 공항과 비행경로를 따라 그 주변의 현재 기상과 예보를 확실하게 알고 있어야 한다.

우리나라 대부분의 공항은 기상실을 운영하며, 통상적인 기본업무에 해당하는 기상관련 사항을 조종사가 요청할 시 비행 전 기상 브리핑 서비스를 제공한다. 항공사 소속 조종사일 경우에는 항공사의 운항

관리실에서 수집한 기상정보에 대한 비행 전 브리핑을 제공받을 수 있다. 그러나 자가용 조종사는 비행 전 기상 브리핑 자료나 관련 정보를 수집하고 조언을 듣기 위하여 공항 기상실을 방문하여야 한다. 공항 기상실에서는 다음과 같은 사항에 대해 간단하게 설명도 하고 조종사가 요청할 시 비행계획에 대하여 상담과 조언도 한다.

- ① 조종사가 비행 계획을 수정해야 될 부득이한 위험기상 정보
- ② 시계비행 운항 가능성 여부 조언
- ③ 기상 일기도에 근거하여 개괄적인 기상 전망과 분석
- ④ 정시관측, 예보자료에 의거 특정한 지역의 특성과 상세한 정보제공
- ⑤ 항로기상 예보나 상층풍 예보
- ⑥ 기타 운항에 필요한 사항 협조

공항의 기상실 외에도 온라인을 통하여 다음과 같이 항공기상 정보서비스를 이용할 수 있다.

- ① 항공기상청 대표 홈페이지
 - 가. URL: kama.kma.go.kr, www.kama.go.kr, kma-awo.go.kr, www.skyinfo.go.kr
 - 나. 서비스 대상: 일반국민
 - 다. 서비스 내용
 - 국내공항 실황, 특보, 예보, 기상정보
 - 세계공항 실황, 예보
 - 일기도 및 영상
 - 기관소개, 기관장과의 대화, 홍보, 민원, 행정, 자료 서비스 등

② 글로벌 항공기상 지원서비스

가. URL: flight.kama.go.kr, global.kama.go.kr

나. 서비스 대상: 국제선 운항 항공사

다. 서비스 내용

- 비행편 입력으로 항공로상의 기상정보 출력
- 비행예보철 서비스
 - 고고도(FL250 - FL630) 중요기상예상도(SIGWX), 중고도(FL100 - FL450) 중요기상예상도, 화산재 예상도, 고도별 바람/온도 차트(WINTEM), 권계면, 최대풍, 지오폠텐셀고도, 연직단면차트(CROSS SECTION CHART)
- 중고도 및 고고도 예보, 위험기상정보(SIGMET), 저고도 위험기상정보(AIRMET), WARNING
- 공항별 비행장 자동 기상관측 시스템(AMOS) 및 인천공항 저고도 윈드시어 경보장치(LLWAS) 실황
- 세계공항 정시관측(METAR), 공항예보(TAF), 세계공항 연직시계열
- 과거 정시관측, 공항예보 조회

③ 저고도 및 항공레저용 기상정보

가. URL: [항공기상청 대표 홈페이지 링크](#)

나. 서비스 대상: 저고도 항행용 헬기, 경비행기

다. 서비스 내용

- 육군 관측자료, 국내 정시관측(군공항 포함), 기상청 자동기상관측(AWS) 자료
- 바람, 시정, 온도 등 기상요소를 그래픽으로 실시간 제공

④ 공항관제 기상정보

가. URL: [항공기상청 대표 홈페이지 링크](#)

나. 서비스 대상: 항공교통기관(관제탑, 접근관

제소, 지역관제소)

- 다. 서비스 내용: 공역관제 지원을 위해 공역, 항공로별 기상정보 제공
- 공역, 항공로 정보
- 레이더 영상, 위성영상, 낙뢰영상

⑤ 모바일 항공기상 서비스

- 가. 접속방법: 스마트폰으로 항공기상 앱 무료 다운로드 가능
- 나. 일반 서비스: 공항기상실황, 공항예보, 공항특보, 공항 기상레이더(TDWR)
- 다. 회원 전용서비스: 비행장 자동 기상관측 시스템 실황, 공역예보, 위험기상정보, 저고도 위험기상정보, 저고도 레저용 기상예보

2) 항공고시보

항공고시보는 비행운항에 관련된 종사자들에게 긴급히 알려야 하는 항공시설, 업무, 절차 또는 위험의 신설, 운영상태 또는 그 변경에 관한 정보를 수록, 전기통신 수단에 의하여 배포되는 공고문을 말한다. 항공고시보는 예측할 수 없는 불가피한 경우를 제외하고 상황 발생 전에 관련 정보를 전파하는 것을 기본목적으로 하며, 이러한 목적달성을 위하여 항공고시보는 사용자에게 관련 조치를 취할 수 있도록 충분한 시간 전에 고시되어야 한다.

3) 항법계획서

항법계획서 작성에 필요한 각종 정보와 기상예보를 바탕으로 항법계획서를 작성하여야 한다. 항법계획서가 완성되면 최신의 항공고시보와 기상정보를 활용하여 기 계획에 대한 수정 여부를 최종적으로 판단한다. 교통량 증가에 따른 운항지체가 예상되거

나 악 기상에 의한 대기가 예상되는 등 법적 요구 연료량 외에 연료가 더 필요한 경우도 있다. 이런 경우 기장은 안전에 영향이 없도록 충분한 연료를 탑재하여야 한다. 다만 연료를 필요 이상으로 탑재할 경우 항공기 무게 증가로 인하여 연료소모율이 증가하기 때문에 주의하여야 한다.

항공법에서 정한 연료는 다음 기준에 따라 산정된다.

- ① 항공기는 계획된 비행을 안전하게 완수하고 계획된 운항과의 편차를 감안하여 충분한 연료를 탑재해야 한다.
- ② 탑재연료량은 적어도 다음 사항을 근거로 산출되어야 한다.

가. 항공기제작회사에서 제공된 자료 그리고/또는 연료소모량 감시시스템에서 얻은 최신 특정 항공기의 자료

나. 비행계획에 포함되어야 할 운항 조건

- 예상 항공기 중량
- 항공고시보(NOTAM)
- 현재 기상보고 또는 기상보고 및 기상예보의 조합
- 항공교통업무 절차, 제한사항 및 예측된 지연
- 정비이월 및/또는 외장변경의 영향

- ③ 비행 전 요구되는 탑재연료량 산정은 다음 사항을 포함해야 한다.

가. 지상이동연료(taxi fuel)

나. 운항연료(trip fuel)

다. 보정연료(contingency fuel)

라. 목적지교체공항 연료(destination alternate fuel)

마. 최종예비연료(final reserve fuel)

- 바. 추가연료(additional fuel)
- 사. 재량연료(discretionary fuel)

목적지공항과 교체공항의 거리, 각 공항의 기상상태, 연료탑재현황 등을 모두 고려하여 교체공항을 선정하여야 하며 교체공항 선정에 필요한 기상제한 사항은 다음과 같다. 목적지 교체공항과 항로 교체공항은 물론이며 필요하면 이륙 교체공항도 고려하여야 하며 교체공항을 어디로 선정하는지에 따라 탑재연료는 크게 차이가 날 수 있고 합리적인 교체공항 선정이 탑재연료 최적화에 중요한 역할을 한다. 비행 중 실제로 교체공항으로 회항하는 주된 원인은 기상악화, 공항사용 제한, 항공기 결함, 환자 발생 등이며 가까운 공항을 교체공항으로 선정하는 것이 유리하나 비상의 경우에 따라서는 항공사나 관제 기관과 협의하여 더 멀리 있는 공항으로 회항하기도 한다.

시계비행방식 비행을 위한 기상제한
(운항기술기준 8.1.9.8)

시계비행방식에 의한 비행을 하고자 하는 자는 시계비행방식에 의한 비행을 하고자 하는 비행노선 또는 지역에서 이용 가능한 현재의 기상보고 또는 예보 등의 기상조건이 시계비행방식에 의한 비행을 하는데 적합하지 않을 경우에는 비행을 시작하여서는 아니 된다.

계기비행방식 비행 시 목적공항 기상
(운항기술기준 8.1.9.9)

계기비행방식에 의한 비행을 하고자 하는 자는 최초착륙예정비행장 및 최소 1개의 교체공항(필요시에

한한다)의 기상정보가 도착예정시간을 기준으로 다음에서 정한 기준을 충족하지 않는 한 비행을 시작하여서는 아니 된다.

- ① 사용하고자 하는 표준계기접근절차에 포함된 최저 운고 및 시정치 이상일 것
- ② 계기접근절차가 없는 공항의 경우에는 시계비행기상상태에서 강하할 수 있는 최저고도 이상일 것

주. 항공운송사업을 위한 계기비행에 있어서 목적지의 기상정보가 접근최저치 미만인 조건에서 교체공항의 기상정보가 계기비행방식의 비행을 위한 교체공항 선정기준을 충족하는 경우 비행인가 및 출발할 수 있도록 예외적용할 수 있다.

계기비행방식 비행 시의 교체비행장 요건
(운항기술기준 8.1.9.10)

- ① 계기비행방식에 의한 비행을 하고자 하는 자는 다음 각 호에서 정한 경우를 제외하고 비행계획서에 최소한 1개의 목적지 교체비행장을 정하지 아니하고 계기비행방식에 의한 비행을 시작하여서는 아니 된다.

가. 선회접근(Circling approach)이 요구되는 비행장의 운고(Ceiling)가 당해 비행장의 가장 낮은 선회접근 최저치(MDA)보다 1,500피트 이상일 때, 또는

나. 선회접근이 적용되지 않는 비행장의 경우 운고가 당해 비행장의 가장 낮은 계기접근 최저치보다 1,500피트 이상이거나 비행장표고로부터 2,000피트 이상 중 높은 쪽을 충족할 때, 그리고

다. 시정(Visibility)이 최소한 3마일(4,800미

터) 이상이거나 해당 비행장에 적용할 수 있는 계기접근절차 중 가장 낮은 최저 시정치(Visibility Minimum)에 3,200미터를 가산한 시정치 중 높은 쪽을 충족할 때

- ② 도착 예정시간 2시간 전부터 2시간 후까지의 기상상태가 다음 각 호와 같이 예보되어 있을 것
 가. 운고가 계기접근절차의 최저치보다 300미터(1천 피트) 이상일 것
 나. 시정이 5,500미터 이상이거나 표준계기접근절차의 최저치보다 4,000미터 이상일 것
- ③ 적당한 목적지 교체비행장이 없는 상태에서의 항공운송사업을 위한 운항에 대하여 국토교통부장관의 허가 하에 낮게 조정하여 적용할 수 있다.

계기비행방식의 비행을 위한 교체비행장 선정기준
(운항기술기준 8.1.9.11)

- ① 도교체비행장 최저기상치가 공표된 경우 기장은 계기비행방식(IFR)에 의한 비행계획 시 교체비행장 도착예정시간의 기상예보가 공표된 교체비행장 최저 기상치 이상인 비행장을 선정하여야 한다.
- ② 도교체비행장 최저기상치가 공표되지 않았고 계기비행방식에 의한 교체비행장의 사용이 가능한 경우 기장은 교체비행장 도착예정시간의 기상조건이 다음 각 호에서 정한 기상치 이상임을 확인하여야 한다.
 가. 정밀접근: 운고 600피트 및 시정 2마일 이상
 나. 비정밀접근: 운고 800피트 및 시정 2마일 이상
- ③ 도가항 및 나항의 규정에 불구하고 항공운송사업에 사용되는 항공기의 기장의 경우에는 운영

기준(Operations Specifications)에 정하여 항공당국의 인가를 받은 경우, 승인 받은 교체비행장 최저 기상치를 적용할 수 있다.

이륙교체비행장(운항기술기준 8.4.4.2)

- ① 항공운송사업자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 운항비행계획서에 적합한 이륙교체비행장을 명시하지 않은 상태에서 항공기의 비행을 허가하거나 이륙하여서는 아니 된다.
 가. 출발공항의 기상조건이 해당항공기가 운항하기에 적합한 착륙최저치 미만인 경우
 나. 기타의 사유로 항공기가 이륙하는 출발공항으로의 회항이 불가능할 경우
- ② 운항비행계획서에 명시한 이륙교체비행장은 다음 각 호에서 정한 거리 내에 위치하여야 한다.
 가. 쌍발엔진 항공기: 실제이륙중량을 사용하여 무풍상태 및 국제표준대기(ISA)로 산정되고 항공기운용교범에서 결정된 1개 엔진 부작동 시 순항속도로 1시간의 비행시간
 나. 3발 또는 4발 엔진 비행기: 실제이륙중량을 사용하여 무풍상태 및 국제표준대기(ISA)로 산정되고 비행기운용교범에서 결정된 모든 엔진 작동 시 순항속도로 2시간의 비행시간
 다. 회항시간연장운항(EDTO)을 인가받은 비행기: 실제이륙중량을 감안하여 운영자가 인가받은 최대회항시간
- ③ 항공운송사업자가 이륙교체비행장을 선정할 때에는 예상되는 이용시간 동안의 기상조건이 해당 운항에 대한 공항운항최저치 이상이어야 한다.

- ④ 회항시간 연장운항을 신청하려는 자는 회항시간 연장운항 승인 신청서에 운항기술기준에 적합함을 증명하는 서류를 첨부하여 운항 개시 예정일 20일 전까지 국토교통부장관에게 제출하여야 한다.

4) 항공기 중량 및 평형(Weight and Balance)과 항공기 성능계산

항공기의 중량 및 평형과 성능계산에 앞서 운항환경(시계비행, 계기비행, 항공기 사용사업, 항공운송사업 등)에 따른 항공기의 감항성에 영향을 미치는 계기 및 장비 등이 적절히 작동하는지 여부를 확인하여야 하고 최소장비목록(Minimum Equipment List)에 해당하는 계기 및 장비의 고장 시 적절한 절차에 의하여 조치사항이 수행되었는지 확인하여야 한다. 기장은 탑재된 모든 화물이 적절히 배분되고 안전하게 고정되지 않는 한 항공기를 운항시켜서는 아니 된다. 항공기 중량과 무게중심의 위치를 계산하여 예상되는 비행조건 하에서 해당 비행을 안전하게 수행할 수 있는지 확인하여야 된다. 항공기의 승객, 화물 현황 및 연료량을 기준으로 항공기의 이륙중량을 산출하고 무게중심을 계산한다. 중량이 초과하거나 무게중심이 한계치를 벗어나는 경우 그에 따른 적절한 조치를 취한다. 출발공항의 활주로 제원과 현재기상에 따른 항공기의 이륙성능을 계산하고 도착공항의 활주로 제원과 기상예보를 활용하여 항공기 착륙성능을 산출한다. 그 외의 상승, 순항, 강하에 관한 성능도 기상예보를 기준으로 산정한다.

5) 비행계획서

① 비행계획서의 제출

가. 다음 비행을 하고자 하는 자는 비행을 시작하기 전에 시계비행방식 또는 계기비행방식의 비행계획서를 제출하여야 한다.

- 항공교통관제업무를 제공받는 비행(일부 구간의 비행인 경우 포함)
- 조연공역 내에서의 계기비행방식에 의한 비행
- 국토교통부장관이 지정한 공역 또는 항공로를 따라 행하는 비행으로서 비행정보업무, 경보업무, 수색 및 구조업무를 용이하게 하기 위하여 항공교통관제기관이 요구하는 경우
- 국토교통부장관이 지정한 공역 또는 항공로를 따라 행하는 비행으로서 군 기관 또는 인접국의 항공교통관제기관의 피아 식별을 용이하게 하기 위하여 항공교통관제기관이 요구하는 경우
- 국가 간 경계선을 통과하는 비행

나. 기장은 반복비행계획서가 제출된 경우를 제외하고 출발 전 또는 비행 중에 반드시 비행계획서를 항공교통관제기관에 제출하여야 한다.

다. 기장은 항공교통관제 당국이 별도로 정하지 않는 한 다음 중 하나에 따라 항공교통관제기관에 비행계획서를 제출하여야 한다.

- 항공기 출발 최소 60분 전
- 비행 중 제출할 경우, 다음 각 목에서 정한 지점의 도착예정시각 최소 10분 전
- 관제구(Control Area) 또는 조연구역(Advisory Area)으로의 진입이 계획된 지점
- 항로 또는 조연항로(Advisory Route)를 횡단하는 지점

② 비행계획서의 내용[표 1-1]

- 항공기의 식별부호
- 비행의 방식 및 종류
- 항공기의 대수(1대 이상일 경우) · 형식 및 최대이륙중량등급(Wake Turbulence 등급)
- 탑재장비
- 출발비행장 및 이륙교체비행장(필요시)
- 출발예정시간
- 순항속도
- 순항고도
- 운항 예정항로

- 최초착륙예정비행장(목적공항) 및 교체비행장(필요시)
- 탑재된 연료로 비행할 수 있는 최대시간
- 승무원을 포함한 총 탑승인원
- 비상 및 구명장비
- 기타 정보

6) 비행허가 및 기타 운항에 필요한 사항
 부정기 운항의 경우 항로상의 통과 국가와 그 영공 허가 번호 및 목적지 착륙허가를 미리 획득하여야 한다. 그 외 운항에 필요한 사항이 있으며 브리핑 전

[표 1-1] Flight plan form

| | | | | | | | |
|--|----------------------------|--|-----------------------|---|-------------------|---------------------|----------------------|
| U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION | | (FAA USE ONLY) <input type="checkbox"/> PILOT BRIEFING <input type="checkbox"/> VNR <input type="checkbox"/> STOPOVER | | | TIME STARTED | SPECIALIST INITIALS | |
| FLIGHT PLAN | | | | | | | |
| 1. TYPE | 2. AIRCRAFT IDENTIFICATION | 3. AIRCRAFT TYPE/SPECIAL EQUIPMENT | 4. TRUE AIRSPEED | 5. DEPARTURE POINT | 6. DEPARTURE TIME | | 7. CRUISING ALTITUDE |
| VFR | | | KTS | | PROPOSED (Z) | ACTUAL (Z) | |
| IFR | | | | | | | |
| D/VFR | | | | | | | |
| 8. ROUTE OF FLIGHT | | | | | | | |
| 9. DESTINATION (Name of airport and city) | | | 10. EST. TIME ENROUTE | | 11. REMARKS | | |
| | | | HOURS | MINUTES | | | |
| 12. FUEL ON BOARD | | 13. ALTERNATE AIRPORT(S) | | 14. PILOT'S NAME, ADDRESS & TELEPHONE NUMBER & AIRCRAFT HOME BASE | | | 15. NUMBER ABOARD |
| HOURS | MINUTES | | | | | | |
| 16. COLOR OF AIRCRAFT | | CIVIL AIRCRAFT PILOTS. 14 CFR Part 91 requires you file an IFR flight plan to operate under instrument flight rules in controlled airspace. Failure to file could result in a civil penalty not to exceed \$1,000 for each violation (Section 901 of the Federal Aviation Act of 1958, as amended). Filing of a VFR flight plan is recommended as a good operating practice. See also Part 99 for requirements concerning DVFR flight plans. | | | | | |
| FAA Form 7233-1 (8-82) | | | | CLOSE VFR FLIGHT PLAN WITH _____ FSS ON ARRIVAL | | | |

에 미리 확인하여 준비한다.

1.2.1.2 브리핑 절차(Briefing Procedures)

1.2.1.2.1 조종사 브리핑(Flight Crew Briefing)

브리핑에 필요한 자료를 통합적으로 고려하여 다음 사항이 운항환경에 적합한지 여부를 결정하고 필요시 비행계획서에 서명하여 운항관리사에게 전달 되도록 한다. 일반 항공의 경우 조종사는 셀프브리핑(Self Briefing)을 실시한다.

- 항공기의 장비 현황 및 시스템 작동현황
- 조종사의 자격 및 유지현황
- 공항제한사항을 고려한 항공기 성능 및 절차 검토
- 비행계획의 적합성(경로, 시간, 연료, 교체공항 등)
- 기타 항공사 제한사항 등

1.2.1.2.2 합동브리핑(필요시)(Joint Briefing)

기장은 승객 탑승 전에 비행임무와 관련된 전반적인 내용을 다른 승무원들에게 브리핑함으로써 각 승무원 상호 간 긴밀한 협조 체제가 유지될 수 있도록 한다. 브리핑 방식이나 절차는 항공사 자체절차를 따르며 브리핑 항목은 일반적으로 다음과 같다.

- 보안고려사항
- 계획된 비행시간, 고도, 항로
- 항로 및 공항기상(특히 예상되는 난기류 구간의 고도와 시간)
- 승객 예약 상황(필요시)
- 화물 상황(필요시)
- 조종실 출입 절차

- 스테릴콕핏(Sterile Cockpit) 절차
- 안전 고려 사항(항공기 운항 및 승객안전에 영향을 줄 수 있는 장비 부작용 또는 비정상적인 작동을 포함)
- 비상 시 대응절차
- 기타 협조 사항 등

1.2.2 항공기 지상점검(Ground Inspection)

대부분의 자동차 운전자는 매일 아침에 자동차의 시동을 걸기 전에 자동차 주위를 돌면서 자동차 바퀴의 압력 등을 점검하지는 않는다. 가끔 장거리 운행을 계획한 경우에 미리 서비스센터에 가서 점검을 받는 경우도 있으나, 흔하지는 않다. 매년 운행 전에 지상점검을 한다면 만약에 있을 고장을 미리 예방하고 보다 안전하게 운행할 수 있을 것이다. 그러나 운행 중 고장이 발생하더라도 자동차의 경우는 갓길에 세우고 보험회사에 전화하면 큰 문제없이 해결할 수도 있는 반면 항공기의 경우는 갓길도 없고 공중에 멈출 수도 없다. 비행 전에 지상외부점검 시보다 전문적인 지식과 절차를 활용하여 세밀하게 점검한다면 비행 중에 발생할지도 모를 결함이나 고장을 미리 방지할 수 있을 것이다. 비행 전 지상점검의 목적은 항공기의 법적 감항성 여부와 비행에 적합한 상태로 유지되었는지를 직접 눈으로 확인하는 절차이다. 감항성이란 항공기와 그 부품품이 비행 조건 하에서 정상적인 성능과 안전성 및 신뢰성이 있는지 여부를 말하며 성능, 비행성, 진동, 지상(수상) 특성, 강도, 구조 등의 견지에서 고려되어야 한다.

지상점검은 일반적으로 감항성검사와 외부점검으

로 나누며 항공기에 도착하면 기장은 항공기에 법적으로 탑재하여야 하는 서류들이 모두 있는지 확인하여야 한다.

법정서류는 다음과 같다.

- 항공기등록증명서
- 감항증명서
- 탑재용 항공일지(Flight & Maintenance Logbook)
- 운용한계 지정서 및 비행교범
- 운항규정
- 항공운송사업의 운항증명서 사본 및 운영규정 사본
- 소음기준적합증명서
- 각 운항승무원의 유효한 자격증명서 및 조종사의 비행기록에 관한 자료
- 무선국 허가증명서
- 탑승한 여객의 성명, 탑승지 및 목적지가 표시된 명부(항공운송사업용 항공기만 해당)
- 수송화물의 화물목록(항공운송사업용 항공기만 해당)
- 이전협정서 사본(임대차 항공기의 경우에만 해당)
- 점검표(Checklist)
- 그 밖에 국토교통부장관이 정하여 고시한 서류

항공기소유자 또는 운영자에게 항공기의 정비에 대한 우선적인 책임이 있으나 매 비행 전에 항공기의 안전비행을 위한 감항성 여부를 판단하는 것은 기장의 책임이다.

항공기의 감항성을 판단하기 위해 기장은 다음 두 가지를 행해야 한다. 첫째, 탑재용 항공일지의 기록

을 세밀히 확인하여야 한다. 항공기의 각종 법적 점검이 준수되었는지 여부와 장비점검은 제때에 이루어졌는지를 확인하여야 하며 감항성에 문제가 되는 계기나 장비의 고장은 없는지를 확인하여야 한다. 둘째, 탑재용 항공일지의 기록에 의거 항공기의 감항성이 문제가 없다고 판단된다면 기장은 항공기의 비행교범과 외부점검용 점검표에 의거하여 항공기의 외부점검을 실시하여야 한다. 조종사는 세밀히 외부점검을 실시하면서 실제로 항공기가 감항성에 적합한지 여부를 판단하여야 하고 조금이라도 의심되는 부분이 있다면 적어놓았다가 정비사와 상의하거나 해당 교범을 통하여 확인하여야 한다. 외부점검 중 연료와 오일 보급상태도 확인하여야 하며 외부점검 후 특이사항이 없다면 탑재용 항공일지에 서명한다. 항공기의 감항성에 문제가 있었으나 기장이 발견하지 못하고 탑재용 항공일지에 서명했다라도 서명하는 순간부터 기장이 책임지게 된다. 기장이 외부점검을 실시하는 것을 원칙으로 하나 경우에 따라서는 다른 승무원에게 위임할 수도 있다.

외부점검이 완료되면 점검표에 의거 내부점검을 실시하며 공항정보 자동방송업무(Automatic Terminal Information Service, ATIS)와 같은 실시간 기상정보를 활용한다. 공항정보 자동방송업무는 항공기 운항에 필요한 실시간 공항정보 및 기상정보를 제공하며 일반적으로 1시간 간격으로 갱신된다. 음성으로 방송되는 공항정보 자동방송업무를 무선으로 수신할 수 있는 반면 에이카스(Aircraft Communications Addressing and Reporting System)를 통한 데이터통신을 이용하여 문자형식의 디지털 공항정보 자동방송업무(Digital Automatic Terminal Information Service)를 사

용할 수도 있다. 공항정보 자동방송업무를 수신할 수 없는 공항에서는 에이카스로 정시관측(METAR)을 수신하여 사용하거나 관제탑에 공항 현재기상에 대하여 문의할 수 있다.

비행준비가 완료되면 이륙을 위한 브리핑을 실시하며 최종 탑승승객 및 화물현황에 따라 새로 계산된 중량 및 평형(Weight and Balance)을 활용하여 항공기의 최종 중량을 계산하고 그에 따른 이륙성능을 검토한다. 일반항공의 경우 비행단계와 실 비행 사이의 중량 변화 요인이 적어 비행계획단계의 중량 및 평형과 이륙성능을 사용 가능하다. 그러나 사용 가능한 활주로가 바뀌거나 풍향이 정풍에서 배풍으로 바뀌는 등 항공기 성능에 지대한 영향이 있을 것으로 예상될 경우에는 이륙성능을 다시 계산하여야 한다.

1.3 비행 전 지상운용(Ground Operation)

비행 전 지상운용단계는 항공기의 엔진을 시동하여 자력으로 주기장으로부터 이륙활주로까지 유도로를 따라 항공기를 이동시키는 단계를 이른다. 공항의 주기장은 지상근무요원, 승객, 차량, 항공기 등 다양한 환경에 노출된 복잡한 지역이다. 그럼에도 불구하고 조종사에게는 항상 항공기를 안전하게 운항해야 하는 책임이 있으며 다양한 종류의 지상 위협요소를 관리하기 위하여 조종사는 지속적으로 지상 운항환경에 대한 상황파악을 통하여 적절한 운용계획을 세워야 한다.

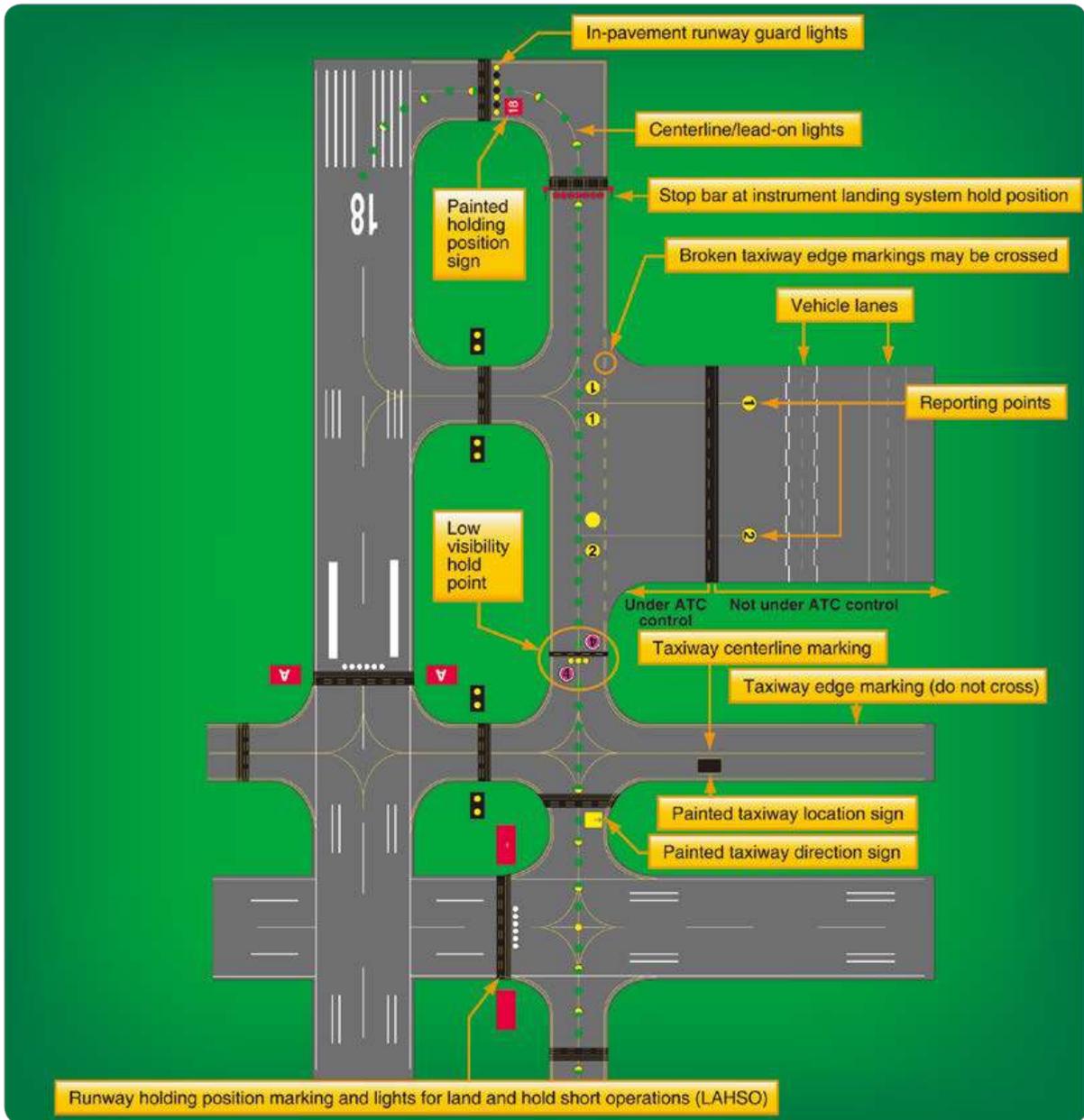
항공기의 원활한 지상운용을 보조하기 위해 [그림 1-1]처럼 항공기의 현재 위치, 진행방향, 경로 등

을 안내하는 다양한 공항 표지나 등화를 사용하고 있다. 항공정보간행물(Aeronautical Information Publication)의 공항도면(Aerodrome Chart)과 같은 자료를 활용하면 공항의 활주로와 유도로를 포함한 다양한 정보를 얻을 수 있으며 지도와 같이 사용 가능하다. 자동차가 차선을 따라가고 신호등의 신호에 따라 진행하며 지도를 참고하여 길을 찾는 것과 비슷하게 항공기는 공항도면을 지도삼아 교통관제기관의 지시(신호등)에 따라 주기장에서 유도로를 거쳐 활주로로 진행한다. 항공기의 지상운용에 필요한 정보를 얻고 적절한 상황 인식을 위하여 각종 표지와 등화에 대한 지식이 필요하며 다음과 같은 사항에 대한 이해가 필요하다.

1.3.1 지상안전(Ground Operation Safety)

1) Surface Movement Guidance Control System (SMGCS)

저시정지상이동절차(Surface Movement Guidance Control System)는 저시정(활주로 가시거리 1,200 피트 미만)에서 항공운송용 항공기의 지상운용을 위하여 1990년대에 개발된 절차이다. 유도로와 활주로의 표지 및 등화를 향상시키고 조종사가 저시정지상이동절차를 위해 특별히 개발된 스믹스차트(SMGCS Chart)를 사용하여 저시정 하에서의 지상이동능력을 향상시키고 활주로 및 유도로 침범 위험성을 감소시키는 데 목적이 있다. 조종사는 필요시 출발공항 지상이동 전 또는 도착공항 접근 브리핑에 저시정지상이동절차를 포함하여 시정이 저하된 상황에서도 적절한 상황 인식을 유지하면서 안전하게 지상이동할 수 있도록 노력하여야 한다.



[그림 1-1] 공항 등화 및 표지

2) Advanced Surface Movement Guidance Control System(A-SMGCS)

저시정 기상조건에서 운용하려는 교통량의 증가에 따라 저시정지상이동절차를 운용하는 공항은 점

차 늘어나게 되었고 저시정지상이동절차를 보완할 필요성이 대두되었다. 보다 안전하고 효율적인 서비스를 제공하기 위하여 공항지상탐지장비(Airport Surface Detection Equipment-Model X,

ASDE-X)와 첨단저시정택시절차(A-SMGCS)를 개발하여 상용화하게 되었다. 저시정에 상황에서 관제사가 항공기를 육안으로 확인할 수는 없으나 지상 감시레이더와 항공기의 트랜스폰더(Transponder)로부터 항공기의 위치 자료를 수집하여 관제사의 모니터에 항공기의 정확한 위치 시현 및 식별을 가능하도록 하였다. 이러한 첨단 장비를 사용함으로써 관제사의 상황판단 향상 및 효율적인 관제를 도모함과 동시에 지상에서의 충돌사고위험을 감소시키는데 크게 기여하고 있다.

3) 활주로 침범(Runway Incursions)

특성상 대량의 교통량을 처리하는 공항의 복잡한 구조와 효율적으로 운영하기 위해 필요한 복잡한 인적 네트워크에도 불구하고 높은 안전도를 유지하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으며 그중에서도 활주로의 안전관리에 만전을 기하고 있다.

활주로 침범은 비행장에서 항공기, 차량 또는 사람이 항공기 이착륙을 위하여 지정된 표면상의 보호 구역에 잘못 진입하는 경우를 말한다. 연방항공청의 자료에 의하면 활주로 침범의 65%는 조종사에 잘못에 의해 발생하며 그중 75%는 일반항공의 조종사에 의해 발생한다. 일반적으로 활주로 침범은 침범원인에 따라 네 가지 종류로 분류할 수 있으며 자주 발생하는 경우를 예로 들면 다음과 같다.

조종사 실수: 조종사나 항공기를 자력으로 이동하려는 자에 의해 발생하는 경우

- √ 허가 없이 대기지점을 넘어 활주로 침범
- √ 허가 없이 이륙
- √ 허가 없이 착륙

관제사 실수: 관제사의 적절한 관제 부재 또는 부적절한 관제에 의한 경우

- √ 항공기가 착륙 접근하는 활주로에 다른 항공기를 진입하도록 허가함
- √ 활주로에 항공기나 차량이 점유하고 있는 상황에서 다른 항공기의 이륙을 허가함

차량운전자나 보행자 실수: 차량운전자나 보행자에 의해 발생하는 경우

- √ 허가 없이 대기지점을 넘어 활주로 침범

기타: 조종사, 관제사, 차량운전자, 보행자에 의한 실수나 잘못으로 규정하기 어려운 경우이며 장비고장이나 다른 요인이 원인인 경우가 해당함

활주로 안전프로그램에 따른 활주로 침범 방지를 위한 조종사 절차는 다음과 같다.

- ① 안전 운항을 위해 지상이동을 위한 사전 계획을 수립한다. 지상이동을 위한 계획은 조종사의 비행계획 과정의 한 부분으로서 필수 사항으로 두 단계로 종결된다.
 - 가. 조종사는 공항정보자동방송업무(ATIS)에서 제공하는 정보, 당해 공항에 대한 경험, 공항도면을 사전에 확인하여 지상이동 전(Pre-taxi) 또는 착륙 전(Pre-landing)에 공항 내 이동경로를 파악하고 있어야 한다.
 - 나. 관제사로부터 지상이동 지시를 받은 경우 지상이동 지시내용을 검토하고, 부적절한 경우 수정을 요청할 수 있으며 지상이동 경로가 확정되면 반드시 관제사의 지시에 따라야 한다.

② 조종사가 브리핑 수행 시에는 다음 안내 사항에 대하여 검사하여야 한다.

가. 조종사는 최근의 항공고시보를 확인하여 출발지 및 도착지 공항의 공사(작업) 및 활주로나 유도로의 폐쇄 등에 관련된 정보를 숙지하여야 한다.

나. 조종사는 반드시 다음 사항을 이행하여야 한다.

- 공항의 배치형태에 대하여 사전에 충분히 확인하여야 한다.
- 공항지도 또는 지상이동 지도를 대조하여 예상된 지상이동 경로를 확인하여야 한다.
- 지상이동 경로상의 교차지점에서는 주의하면서 이동하여야 한다.
- 정보공유 및 항공기 항법자료 수정 시에는 기장과 부기장 간에 구두협력을 시행하여야 한다. 또한, 지상이동 시 이륙을 위한 제한시간 및 위치식별에 주의를 기울여야 한다.
- 항공기 점검리스트 업무수행과 회사교신은 적합한 시간 및 위치에서 지상이동을 담당하지 않는 조종사가 수행하도록 한다.
- 지상이동 전에 복잡한 교차로 위치, 활주로 횡단, 시정악화 등을 고려하여야 한다.
- 저시정 상태인 경우 출발 전(Pre-departure) 점검리스트 수행은 항공기가 정지했을 때 또는 교차로가 없는 유도도에서 직진으로 이동을 하는 동안에 수행하여야 한다.

③ 지상이동 중인 조종사가 공항 내 다른 항공기와 차량·장비의 이동 등 공항 전반에 대한 상황인식(Situational Awareness), 현재 위치 파악

등을 위하여 다음 사항을 이행하여야 한다.

가. 관제사의 지시 및 허가를 이해하고 준수하여야 한다.

나. 사용 가능한 공항지도를 소지하고 있어야 한다.

다. 공항에 설치된 표지판(Signs), 표지(Markings), 등화 등 모든 시각정보 장치를 이용하여야 한다.

④ 조종사 간에는 지속적인 의사교환을 통해 지상 이동 중의 위치, 과정 및 다음 진행위치에 대하여 상호 확인 활동을 계속하여야 한다.

⑤ 조종사는 관제사로부터 선회, 이동, 활주로 횡단, 대기지시(Hold Short) 등 복잡한 지시를 받은 경우 관제지시를 기록하는 것이 추천되며 다음과 같은 상황에 이용한다.

가. 관제사에게 복창(Read back) 시에 참조

나. 지정된 활주로 및 지상이동 경로에서 조종사 간 상호협력에 이용

다. 공항에서 착륙 전 또는 지상이동 전 브리핑에 활용

라. 공항에서 이동하는 동안 지상이동 경로 및 제한사항의 재확인 수단으로 이용

⑥ 조종실 내에서 조종사 간 구두협력은 다음 사항에 대하여 수행하여야 한다.

가. 출발을 위한 지상이동 지시, 활주로의 교차 횡단, 대기지시 또는 활주로, 유도 경로 등 중요한 지시 사항

나. 착륙을 위한 지시가 관제사로부터 발부되었을 때 관제사가 지정한 활주로 또는 착륙 후

- 활주로 교차점에서 대기지시 등의 사항
- 다. 착륙 및 활주로를 개방 후 활주로 교차점에서 대기지시 등의 지시를 포함하여 관제사의 지상이동 지시
- 라. 복잡한 지시에서 교차점을 정확하게 인지하였는지 확인 여부
- 마. 활주로 교차점에 도달하였을 때 활주로 식별 지시 또한 활주로 횡단 또는 대기지시 등의 관제사 지시
- 바. 이륙 또는 착륙을 위한 활주로 진입 또는 활주로를 횡단하기 전에 활주로 및 착륙 접근 경로 등을 살펴보아야 하고 장애 확인 여부
- 사. 이륙을 위하여 활주로에 진입하기 전에 허가 받은 활주로 확인 여부
- 아. 통신담당 조종사가 관제기관 주파수 모니터링을 하지 못할 경우에 다른 조종사에게 이를 알려서 관제 주파수 모니터링을 하도록 하고 관제기관으로부터 송수신된 지시 또는 정보에 대하여 통신담당 조종사에게 전달
- 자. 비행관리시스템 작업을 하는 조종사는 지상이동을 담당하는 조종사에게 작업의 시작과 끝을 통보

⑦ 관제사와 조종사는 교신을 유지하여야 하고 관제사의 허가 및 지시에 대해서 명확히 복창하여야 한다. 항공사는 조종사의 교신절차에 대한 자체 지침서를 수립하여야 한다.

⑧ 다음 각 목은 지상이동 중 조종실 활동과 관련하여 필요한 사항을 정하는 것으로 조종사는 이를 준수하여야 한다.

- 가. 지상이동 전에 조종사가 이용할 수 있는 공항도면을 휴대한다.
- 나. 항공기의 나침반 또는 표시된 기수방위를 이용하여 유도로 또는 활주로에서 항공기가 정확히 정렬하는지를 확인하고 복잡한 교차점 및 두개 활주로가 근접한 곳에서는 확인하여야 한다.
- 다. 사용 활주로에 진입하기 위해 접근 중일 때, 조종사 상호 간 활주로 대기 또는 횡단허가를 준수하는지 확인하여야 한다.
- 라. 활주로가시거리가 1,200피트(350미터) 이하인 저시정 상태에서는 항공기 기수방향지시계, 공항표지판, 표지 및 등화, 공항도면 등 가용할 수 있는 장비나 시설을 이용하여야 한다. 이러한 경우 비행관리시스템 입력 및 변경, 이륙 자료 계산 등 헤드다운(Heads down) 임무는 한 명의 조종사만이 하되, 지상이동 지시 또는 교차점이 복잡하면 교차점이 없는 지상이동 중에 하거나 정지하는 동안에 수행하여야 한다.
- 마. 공항 이동지역에서 항공기의 위치에 확신이 없는 조종사는 언제든지 항공기를 정지하고 관제사의 조언을 받거나 관제사에게 지상이동 지시를 요청한다. 이러한 경우 조종사는 주변에 표지판, 표지 및 위치 참조물로부터 항공기의 위치정보를 항공교통관제기관에 제공하여야 한다.
- 바. 이륙하거나 활주로 상을 이동할 경우 적절한 시간 이내에 이행하여야 하며 사용 중인 활주로에 오래 머무르지 말아야 한다. 사용 중인 활주로에서 대기 중 지연 발생 시 지연과 관련

된 정보를 제공받지 못한 경우에는 관제사에
게 대기 중임을 알리고 지연이유를 문의하여
야 한다.

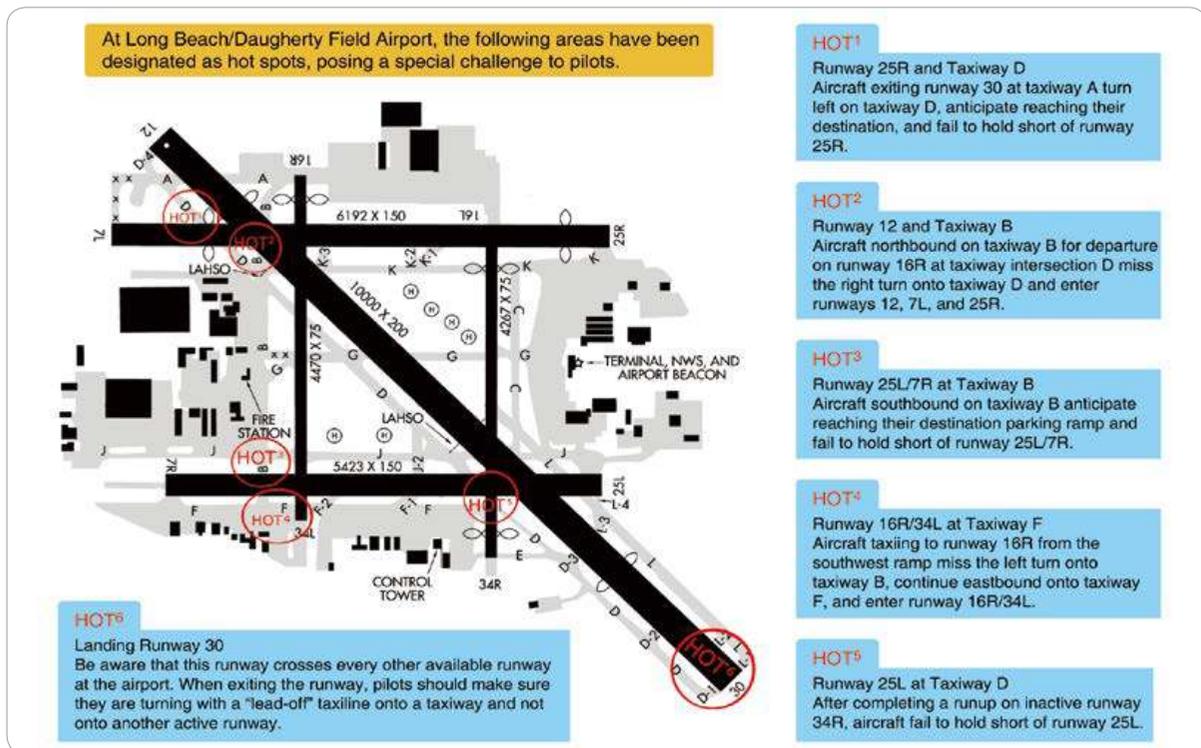
사. 야간에 “Line Up and Wait” 중일 때는 항
공기를 중심선에서 약간 좌측 또는 우측으로
정대하여 착륙하는 항공기에 활주로등과 항
공기 간에 차이를 나타나게 하여야 한다.

아. 착륙 후 조종사는 관제사의 승인 없이 다른
활주로로 이동하지 말아야 한다.

4) 활주로 주의구역(Runway Hotspot)

국제민간항공기구(International Civil Aviation
Organization)는 복잡한 공항에 대하여 활주로 주
의구역을 설정하여 운용하는 것을 추천하고 있다.

활주로 주의구역은 비행장의 이동지역 중 과거에
충돌이나 활주로 침범사례가 있었거나 발생확률이
높은 지역으로서 조종사와 차량운전자의 주의집중
이 요구되는 구역으로 정의된다. 공항 및 활주로 유
도로의 구조, 교통량, 공항 표지 및 등화 체계, 인
적 요소 등에 의하여 공항별로 주의지역이 있으며
이 지역을 특별히 설정하여 [그림 1-2]에서처럼 붉
은색 원형으로 표시한다. 어떤 이유에서든 항공기
의 안전거리 분리기준이 잘 지켜지지 않으면 항공기
간 또는 항공기와 지상차량이나 보행자와의 충돌위
험은 높아진다. 활주로 침범과 지상 충돌사고를 막
기 위하여 비행 계획 또는 브리핑 시 주의구역에 대
하여 면밀히 살펴야 하고 활주로 주의구역을 지나갈
것으로 예상되는 경우 조종사는 특별한 주의를 기울



[그림 1-2] 활주로 주의구역

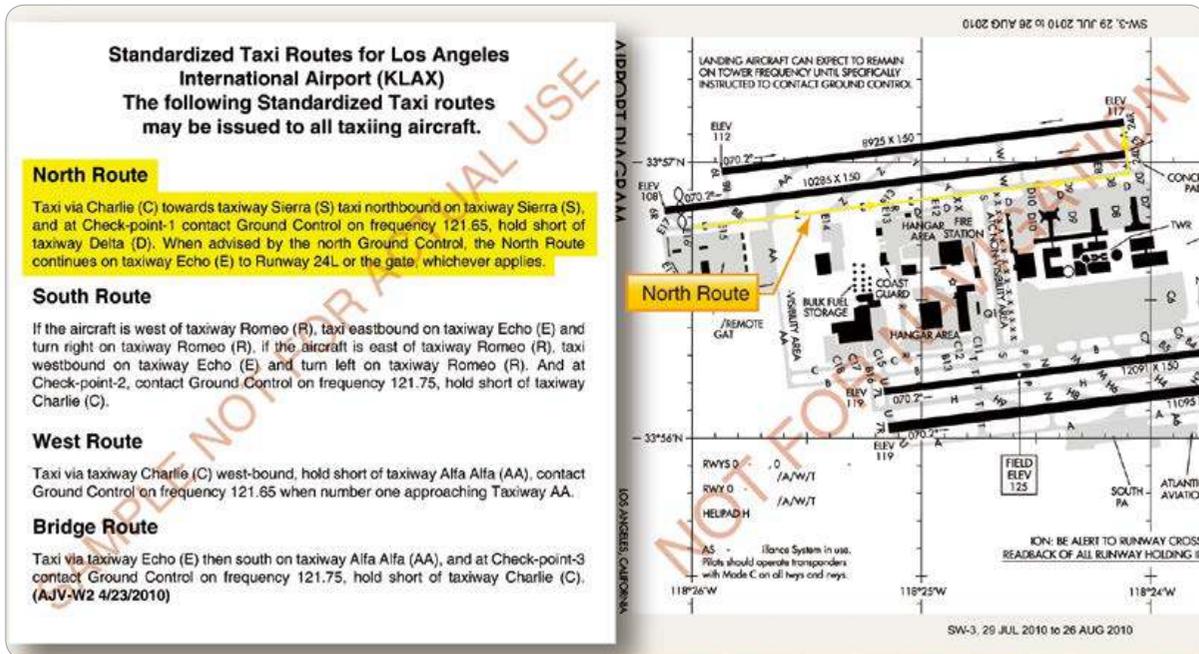
여야 한다. 활주로 및 유도로의 주의구역을 적절하게 표시하기 위하여 실제 사용자인 조종사의 협조가 필요하며 다음과 같은 사항은 관제기관이나 공항에 보고해야 한다.

- √ 혼동 가능한 교차로 구조
- √ 불분명한 표지나 등화
- √ 이해할 수 없는 표지나 표지의 부재
- √ 주의를 산만하게 만드는 공항 환경
- √ 부적절한 관제 또는 교신 절차

출처: Instrument Procedures Handbook(FAA, 2015) Chapter 1, 1-6

5) 표준 지상이동 경로(Standardized Taxi Routes) 복잡한 공항에서 지상이동을 위한 관제지시를 전

달할 때 시간을 절약하고 교신실수를 줄이기 위해 미리 약속된 경로의 이름만 지시하여도 주기장에서 활주로 또는 활주로에서 주기장으로의 세부 지상이동경로를 알 수 있는 표준 지상이동 경로 절차를 운영할 수 있다. 예를 들어 [그림 1-3]에서처럼 KLAX 공항의 주기장에서 지상이동을 위하여 관제 지시를 기다리는 항공기에 North Route를 따라 지상이동하라는 지시가 내려졌다고 가정하자. 조종사는 활주로 주기장에서 24L까지 이동경로를 일일이 지시받고 복명복창할 필요 없이 간단한 교신(Taxi to R/W 24L via North Route)을 통하여 미리 약속된 경로를 따라서 이동이 가능하다. 만약에 조종사가 North Route에 대해 명확하지 않거나 또는 어떤 이유에서든 표준지상이동경로절차를 원하지 않으면 관제기관에 지시를 이행할 수 없음을 알려야 한다.



[그림 1-3] 표준 지상이동 경로

1.3.2 관제허가(ATC Clearance)

관제기관은 조종사에게 다른 계기비행 항적과 다음과 같은 항적분리를 포함하는 계기비행허가를 제공한다.

- 수직분리(Vertically): 고도를 다르게 허가함으로써 분리함
- 거리분리(Longitudinally): 같은 경로의 항공기를 시간간격으로 분리함
- 수평분리(Laterally): 경로를 다르게 허가함으로써 분리함
- 레이더 분리(By radar): 위의 모든 것을 포함하여 분리함

그러나 다음과 같은 경우에 관제기관은 항적분리 업무를 제공하지 않는다.

- 관제구역 밖에서 운항하는 항공기
- 계기비행허가상태에서 비행 중
- 특정고도로 허가받는 대신 VFR-On-Top 허가를 받은 경우
- 상승 또는 강하 중 시계비행기상상태(VFR conditions)를 유지하라는 지시를 받은 경우
- 시계비행 기상상태에서 항행 중 같은 공역에 관제기관의 관제를 받지 않는 시계비행항적(VFR flight)이 존재하는 경우

1) 이동 전 관제허가절차

(Pre-taxi Clearance Procedures)

계기비행으로 출항하려는 조종사가 이동 전(Pre-taxi)에 관제허가를 미리 받을 수 있는 프로그램을 운영하는 공항들이 있으며 다음과 같은 절차를 따라야 한다.

- 프로그램의 사용은 조종사의 결정에 따른다.
- 프로그램에 참여를 원하는 조종사는 예상 지상이동시간 10분 이내에 허가관제(Clearance delivery)나 지상관제(Ground control)에 승인을 요청하여야 한다.
- 계기비행허가(또는 허가를 바로 줄 수 없는 상황이라면 지연정보)는 조종사의 요청에 의해 발부될 수 있다.
- 조종사는 허가관제주파수에서 계기비행허가를 받고 지상관제에 지상이동허가를 요청한다.
- 일반적으로 조종사는 지상관제에게 계기비행허가 유무를 고지할 필요는 없으나 이러한 고지절차가 요구되는 공항도 있다.
- 만약에 지상이동 준비가 완료될 때까지 허가관제를 교신할 수 없거나 계기비행허가를 받지 못한 경우에 조종사는 지상관제와 교신하며 이러한 사실을 보고한다.

2) 출발 전 자동관제허가절차(Automated Pre-Departure Clearance Procedures)

많은 공항에서 출항 전 허가(PDC¹⁾: Pre-Departure

1) PDC: 공항데이터링크시스템(Terminal data link system)을 사용하여 관제기관의 허가내용을 사용자 또는 조종사가 문자 형식으로 수신 가능한 서비스

Clearance)나 출항관련 조종사관제사 데이터링크 통신(CPDLC²⁾-DCL: Controller Pilot Data Link Communication - Departure Clearance)과 같은 데이터통신을 사용하여 보다 정확하고 효율적으로 관제허가를 받을 수 있게 되었으며 사용범위가 점점 더 확대될 것으로 예상된다.

PDC의 경우 Clearance Delivery는 데이터링크를 통하여 출항허가를 사용자(항공사)에게 제공하고 항공사는 공지통신(ACARS³⁾: Aircraft Communications Addressing and Reporting System)과 같은 시스템을 사용하여 항공기에 있는 조종사에게 전송한다. CPDLC-DCL의 경우 관제기관에 의해 업링크(uplink)된 출항허가를 조종사가 항공기에서 직접 받을 수 있다. 두 가지 시스템 모두 주파수 혼잡과 관제사의 업무량을 감소시키며 조종사 관제사 간의 통신상의 실수를 줄이는 효과가 있다. 이러한 서비스를 원하는 사용자는 서비스제공자와 개별계약을 사용 가능하며 다음과 같은 제한사항이 있으므로 허가받은 자동관제사항에 의문이나 문제점이 있는 조종사는 관제기관에 확인하는 것이 바람직하다.

• PDC

- √ 다수의 비행계획을 제출한 항공기의 경우 18 시간 안에 하나의 PDC만 허용되며 추가적인 허가는 음성통신을 사용하여야 한다.
- √ 허가를 발송하기 전에 수정이나 변경이 필요

한 경우 PDC는 거절되고 음성통신을 사용하여야 한다.

- √ PDC 수신을 접수하거나 복창할 필요가 없다.

• CPDLC-DCL

- √ 허용되는 허가의 숫자에 제한이 없다.
- √ 출항절차 수정을 포함하여 허가내용을 변경하여 전송할 수 있다.
- √ 조종사의 대응이 필요하다.
- √ 서비스 사용을 위하여 로그온(logon)하여야 한다.
- √ 담당 항공국으로부터 사용승인을 받아야 한다.

3) 지상이동 허가(Taxi Clearance)

계기비행을 계획한 조종사는 반드시 엔진시동 전에 시동시간, Taxi, 그 외 필요한 사항에 대한 허가를 받기 위하여 적절한 관제기관과 교신하여야 한다.

2) CPDLC: 지상 또는 위성기반 통신시스템을 사용하여 관제사와 조종사 간에 문자형식의 관제 메시지를 상호 주고받을 수 있는 서비스

3) 데이터통신을 이용하여 항공기와 지상국 사이에 간단한 메시지를 주고받을 수 있는 시스템



공중 단계 Airborne Phase

2.1 이륙(Takeoff)

항공사고의 대부분이 항공기 이착륙단계에서 발생하며 조종사의 업무량이 가장 많은 구간이기도 하다. 모든 비행단계에서 항공기에 결함이 발생하면 비행안전에 저해되나 특히 이륙단계에서는 비행안전에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 이륙단계란 이륙을 위하여 이륙추력을 적용하는 시점부터 항공기가 활주로 상공 35피트에 도달하거나 Landing gear를 올리는 시점까지를 이른다. 이용 가능한 제반 정보를 분석하여 사용하고자 하는 공항의 기상과 사용할 활주로의 상태가 항공기의 안전한 이륙 및 출발에 적합한지 여부를 확인하여야 한다. 또한, 항공기의 이륙방향 활주로가시범위(RVR) 또는 시정(Visibility)이 이륙기상최저치와 같거나 그 이상임을 확인하는 등 이륙하기 전에 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

2.1.1 이륙기상제한치(Takeoff Minimum)

이륙 직후 비상착륙을 요하는 상황에서 조종사가 취할 수 있는 결정은 출발공항에 다시 착륙하거나 이륙공항 기상이 착륙기상제한치(Landing minimum) 미만이라면 이륙교체공항으로 비행하여 착륙하는 두 가지 밖에 없다.

예전에는 항공운송사업용 항공기의 Takeoff

minimum이 일반적으로 Landing minimum보다 높고 시정뿐만 아니라 운고(Ceiling)제한치를 적용하여 기상이 좋지 않으면 이륙하지 못하는 경우가 많았고 이륙 후에 비상이 발생하더라도 다시 출발공항에 착륙하는 것이 큰 문제가 아니었다. 하지만 최근에는 일반적으로 Takeoff minimum이 Landing minimum보다 낮으며 출항경로상의 장애물을 확인하기 위해 필요한 특별한 경우가 아니면 Ceiling 제한치는 적용하지 않는다. 따라서 기상이 Takeoff minimum보다 높으나 Landing minimum보다 낮은 경우가 종종 발생하며 이 경우 이륙교체공항을 선정하여야 하고 비상시 이륙교체공항으로 회항하여야 한다.

FAA는 표준계기접근 절차를 운영하는 공항에 대하여 Takeoff minimum을 설정하여 운영하고 있으며 항공 사업용 항공기에 적용한다. Takeoff minimum이 없는 공항은 다음 Standard takeoff minimum을 적용한다.

- Single-and twin-engine aircraft: 1 statute mile
- More than two engines aircraft: 1/2 statute mile

2.1.2 이륙 성능 검토(Takeoff Performance)

이륙을 위한 항공기 성능검토는 활주로 길이, 공항의 기압고도, 외기온도, 활주로 경사, 활주로 표

면 상태, 항공기 중량, 바람, 출항구간의 장애물, 제동에너지(Brake Energy) 및 구조상 제한치 등을 고려하여 산출한다. 정확한 성능 검토를 바탕으로 이륙과 이륙단념을 결심하여야 하며 성능에 영향을 미치는 여러 가지 변수에 대하여 잘 알고 있어야 한다. 이륙단념단계는 이륙단념을 결심한 시점에서부터 항공기기를 정지시키고 활주로에서 taxi를 시작하는 시점까지를 이른다.

공항사용률을 올리고 관제의 효율성을 향상시키기 위하여 또는 Taxi거리를 줄이고 이륙지연을 감소하기 위하여 인터섹션출항(Intersection Departure) 절차를 사용할 수 있다. Intersection Departure는 시간과 연료를 절약할 수 있는 절차이며 관제기관의 지시에 조종사가 동의하거나 필요에 따라 조종사가 요구할 수 있다. 그러나 상대적으로 활주로의 가용거리가 줄어들기 때문에 Intersection Departure 절차에 동의하거나 요청하기 전에 항공기 성능을 다시 산출하여야 한다.

조종사: "Tower, (call sign), request Intersection departure R/W 07 via P7"

관제사: "(call sign), Tower, cleared for takeoff R/W 07 via P7 2,700 meters remaining"

기상상황이 변경되어 기존에 허가받은 활주로와 다른 활주로로 이륙활주로의 변경되는 경우도 발생한다. 이 경우 새로 허가받은 활주로의 성능을 다시 산출하여야 하며 필요한 사항에 대한 이륙브리핑도 다시 이루어져야 한다.

2.2 출항 및 상승(Departure and Climb)

2.2.1 계기출항절차

(Instrument Departure Procedures)

계기출항절차는 조종사가 공항을 출발하여 터미널 구역을 거쳐 항로단계로 진입하는 과정에서 장애물 안전고도를 확보하고 최적의 경로를 제공하기 위하여 미리 만들어 놓은 IFR 절차이며 장애물 출항절차(Obstacle Departure Procedures, ODP)와 표준계기출항(Standard Instrument Departures, SID)의 두 가지 형태가 있다.

계기출항절차를 제작한 첫 번째 목적은 장애물 안전고도를 제공함으로써 안전을 도모하고 두 번째 목적은 SID를 활용하여 바쁜 공항에서 주파수 혼선 없이 효율적인 항공교통관제서비스를 제공하고 출발지연을 줄이기 위함이다. 처음 공항의 계기접근절차를 제작하려고 할 때 계기출항절차의 필요성도 검토한다. 출항절차와 관련된 장애물을 면밀히 검토하여 이륙 후 어느 방향으로 선회하여도 장애물 안전고도에 문제가 없다면 포괄출항평가(Diverse Departure Assessment)를 통과한 것으로 간주하며 ODP를 제작할 필요가 없다. Diverse Departure Assessment는 항공기가 비산악지역에서는 최소 1,000피트 요구장애물안전고도(Required Obstacle Clearance, ROC)를 산악지역에서는 최소 2,000피트 ROC를 얻을 때까지 장애물 안전고도를 충족하며 상승 가능성을 말한다.

그러나 항공관제 목적으로 SID를 제작할 수 있으며 이때 40:1의 장애물제한표면(Obstacle Clearance Surface, OCS)을 통과하는 장애물이 있다면 다음 절차를 사용한다.

- 정상상승경사(Normal climb gradient)보다 가파른 상승경사를 설정한다. 또는
- 조종사가 직접 육안으로 장애물을 회피할 수 있는 기상을 제공하는 Takeoff minimum을 대안으로 하는 정상상승경사보다 가파른 상승경사를 설정한다. 또는
- 장애물 회피를 위한 특별한 경로를 제작한다. 또는
- 위의 방법을 복합적으로 사용한다.

ODP는 문장형식이나 그림형식으로 발행할 수 있고 SID는 항상 그림형식으로 발행한다. 계기출항절차는 재래식 항법절차를 이용하여 제작하거나 또는 RNAV를 사용하여 제작하기도 하며 RNAV를 사용하면 다음과 같이 제목에 RNAV를 포함하여 명칭을 만든다.

ex) SHEAD TWO DEPARTURE(RNAV)

1) Obstacle Departure Procedures(ODP)

ODP는 장애물 안전고도를 제공하는 터미널구간에서 항로구간을 연결하는 가장 부담 없는, 제한 없는 경로이며 장애물 안전고도 확보를 위하여 사용하는 것을 추천한다. ODP는 장애물 안전고도를 확보하기 위해서만 사용되며 관제에서 요구하는 상승제한사항은 포함하지 않는다. 관제기관으로부터 SID나 레이더벡터(Radar vector)와 같은 절차를 인가받지 않았다면 관제기관의 허가 없이 ODP 절차를 따르는 비행이 가능하다.

OCS를 통과하는 장애물이 있는 경우에 활주로 하나당 한 개의 ODP를 설정한다. IFR 출항 시 기본절차이며 조종사는 절차를 숙지함은 물론 Radar

vector나 SID가 없는 공항에서는 사용하도록 만들어졌다. ODP는 일반적으로 문자 형태로 되어 있으나 때로 복잡한 절차를 명확하고 알기 쉽게 표현하기 위해 그림형태로 발행하기도 한다. 이 경우 그림형태의 ODP는 제목에 다음과 같이 (OBSTACLE)이라고 명시한다.

ex) GEYSR THREE DEPARTURE(OBSTACLE),
CROWN ONE DEPARTURE(RNAV)(OBSTACLE)

ODP는 항공기 분리를 위해 꼭 필요한 경우가 아니면 관제기관으로부터 할당되지 않으며 ODP 절차를 확인하는 것은 조종사 책임이다. 따라서 비행준비단계에서 공항에 ODP가 설정되었는지 확인하여야 한다. ODP를 수행하기 위해 때로는 정상 상승률보다 빠르게 상승하여야 하는 경우도 있으며 원하는 방향과 반대방향으로 선회를 해야 하는 경우도 있을 것이다. 따라서 기상예보, 이륙 예상활주로, ODP 등을 고려하여 비행경로, 상승성능, 연료소모율 등을 계획하여야 한다.

2) Standard Instrument Departures(SID)

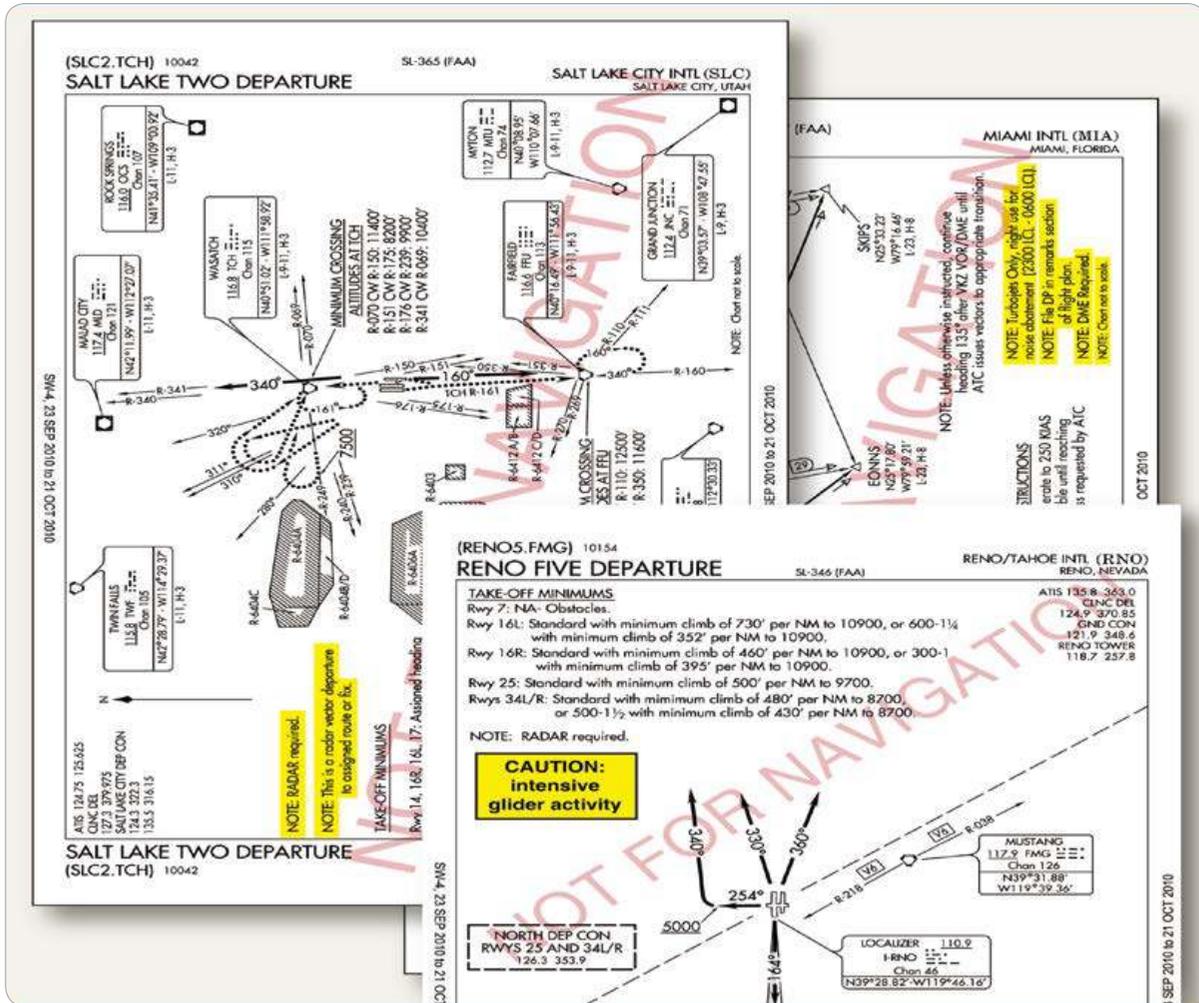
SID는 조종사와 관제사 간의 관계절차를 명시한 그림형태의 출항절차이며 장애물 안전고도와 항로와 터미널구간을 연결하는 적절한 출항경로를 제공한다. SID는 바쁜 공항에서 많은 양의 항적을 효율적으로 관리하기 위하여 관제기관의 요청에 의하여 제작되며 조종사와 관제사 간의 음성통신을 최소화하여 조종사/관제사의 업무량을 줄이고 소음경감절차를 통해 환경영향을 감소하는 등 시스템을 향상시키기 위하여 고안되었다. 장애물 안전고도 확보는 기본이며 조종사/관제사의 업무량을 줄이면서 항로로의 원활한 전환이 이루어지도록 설정하는 것이 주된 목적이다.

SID를 따라 비행하기 위해서는 관제기관의 허가가 선행되어야 하며 출항절차를 사용함에 있어 다음과 같은 사항을 유의하여야 한다.

- 계기출항절차가 제공되는 공항에서는 계기출항절차를 포함하는 관제허가를 예상할 수 있으며 절차를 수행하기 위해 조종사는 최소한 문장형태로 표현된 절차를 소지하고 있어야 한다.
- 만약 조종사가 계기출항절차를 소지하고 있지

않거나 어떤 이유에서든 절차수행을 원치 않는 경우에는 관제기관에 미리 그 사실을 통보하는 것이 바람직하며 비행계획서 제출 시 “NO DP”라고 명시하여 제출할 수 있다. 관제기관은 조종사가 계기출항절차를 수행할 수 없음을 인지하고 적절한 대안을 강구한다.

- 계기출항절차를 인가 받았다면 조종사는 반드시 그 절차를 따라야 한다.
- 여러 가지 SID 경로를 검토하여 비행방향과 어울



[그림 2-1] Departure procedure notes and cautionary statement

리는 SID를 선정하여야 하며 비행준비 단계에서 상승제한, 상승성능, 상승시간, 연료 소모 등을 계산한다.

[그림 2-1]에서처럼 절차상 요구사항을 주석으로 만들어 명시하는 경우가 있다. 그 외 반드시 지켜야 하는 절차상의 요구사항의 예는 다음과 같으며 해당사항을 충족하지 못할 경우에는 해당 SID를 요청하거나 허가받아서서는 아니 된다.

- Aircraft equipment requirements(DME, ADF, etc.)
- ATC equipment in operation(radar)
- Minimum climb requirements
- Restrictions for specific types of aircraft(turbojet only)
- Limited use to certain destinations

절차수행에 도움이 되는 사항을 조언하기 위해 경고 문구를 추가하기도 한다. 그러나 이 경우는 조언사항이며 강제사항은 아니다.

3) 레이더출항(Radar-Controlled Departure)

바쁜 공항에서 출항하는 다수의 IFR 항적을 관제하기 위하여 출항관제(Departure control)에서 Radar vector를 사용하는 것은 매우 일반적이며 조종사의 항법을 돕는 데 유용하다. 이륙 즉시 Radar vector가 예상되면 이륙 전에 이륙 후 유지할 Heading이 미리 주어진다.

레이더출항은 아주 간단한 절차로 이루어진다. 이륙 후 관제탑에서 Departure control로 관제 이양된다. Departure control을 교신하면 레이더로 위

치를 확인한 후 Heading, 고도, 상승지시 등을 제공하여 터미널 지역을 신속하게 벗어나도록 도와준다. 관제사로부터 항로 연결지점과 함께 “Resume own navigation”이란 지시가 있을 때까지 조종사는 관제사의 지시를 지속적으로 따라 Heading과 고도를 유지하여야 한다.

ex) (Call Sign), (Name Of) Departure Control, Direct MALPA, Resume own navigation.

그러나 관제사로부터 레이더출항절차를 받는다고 하여 조종사의 항법에 대한 책임이 경감되는 것은 아니다. 조종사는 관제사의 지시에 따르는 동시에 가용한 항법장비를 사용하여 지속적으로 위치를 파악하여야 하며 관제사의 지시에 의문이 있을 경우에는 지시사항을 확인하여야 한다.

4) 조종사의 책임

IFR로 공항을 출항하기 전에 조종사는 반드시 다음 사항을 수행한다.

- ① 공항 또는 공항 주변의 지형이나 장애물을 검토한다.
- ② ODP가 설정되었는지 확인한다.
- ③ 시각적으로 장애물 회피가 가능한지 또는 ODP를 수행하여야 하는지를 결정한다.
- ④ 출항 중 엔진고장에 의한 상승성능 감소와 해당 절차를 고려하여야 하며 상승성능 감소가 절차수행에 영향을 미친다면 관제기관에 가능한 빨리 알려야 한다.

조종사는 SID의 각 지점을 통과하기 전에 해당 지점의 속도제한사항을 초과하여서는 아니 된다.

SID를 수행 중 Radar vector를 받거나 또는 SID를 벗어나는 지시를 받은 경우에 조종사는 관제사가 “expect to resume SID”이라고 덧붙이지 않는 이상 SID가 취소된 것으로 간주한다. SID가 고도 제한 사항을 포함하는 경우 고도인가를 예상할 수 있으며 발행된 고도제한과 다른 고도를 인가할 수도 있다.

속도 또는 고도 제한사항을 포함한 출항절차나 SID를 다시 수행(Resume)하라고 지시하는 경우에는 반드시 다음 사항을 지시한다.

- ① 모든 제한사항을 지시 또는 재지시하여야 한다.
- ② 제한사항을 따르라고 지시하여야 한다.

ex) “Resume the Solar One departure, comply with restrictions.”
 “Proceed direct CIROS, resume the Solar One departure, comply with restrictions.”

고도제한사항을 포함한 SID를 인가 시 “Climb via” 용어를 사용할 수 있다. Climb via는 절차에 포함된 횡적경로를 포함한 속도 및 고도 제한사항을 준수해야 하는 단축허가(Abbreviated clearance)의 형식이다. Climb via가 포함된 허가를 받은 조종사는 다음과 같이 항행할 수 있다.

- ① Climb via 허가가 IFR 출항허가에 포함된 경우는 이륙 후에, SID상의 한 지점으로의 허가와 같이 사용된 경우에는 SID 합류 후에 절차를 수행한다.

② 수직항법(Vertical navigation)이 중단되거나 현재 유지하는 고도가 발행된 절차상의 고도와 상이한 상태에서 Climb via 허가를 받은 경우 현재 고도에서 다음 고도제한까지 상승시점은 조종사의 결정에 따른다.

③ 발행된 SID절차에 합류하면 횡적경로를 유지하여 항행하며 각 지점의 고도 및 속도제한사항을 준수한다.

ex)

- Lateral route clearance:

“Cleared Loop Six departure.”

SID의 횡적경로를 유지하며 속도제한사항을 준수한다.

- Routing with assigned altitude:

“Cleared Loop Six departure, climb and maintain four thousand.”

SID의 횡적경로를 유지하며 속도제한사항을 준수한다. 또한, 중간고도제한 없이 4,000피트까지 상승한다.

- 조종사는 Johnston Airport까지의 원하는 경로 (the Scott One departure, Jonez transition, then Q-145)와 고도(FL350)를 포함한 비행계획서를 제출하였으며 Scott One은 고도 및 속도 제한사항, Top altitude⁴⁾, 주석(expect the filed altitude ten minutes after departure) 등을 포함하고 있다. 관제기관으로부터 다음과 같

4) 조종사가 유지하여야 하는 고도제한사항으로 SID상에 명시되거나 관제기관에 의해 할당됨

이 허가한 경우 조종사는 Scott One departure의 횡적경로와 속도 고도 제한사항을 준수하며 Top altitude까지 상승할 수 있다.

“Cleared to Johnston Airport, Scott One departure, Jones transition, Q-One-Four-five, Climb via SID.”

- 위의 예에서 관제기관이 Top altitude를 FL180로 변경하여 허가하려는 경우에는 다음과 같이 허가한다. 조종사는 FL180까지 상승 가능하며 그 이후의 상승은 관제기관의 허가에 따른다.

“Cleared to Johnston Airport, Scott One departure, Jones transition, Q-One Four-five, Climb via SID except maintain flight level one eight zero.”

- Suzan Two departure에 대하여 Climb via SID 허가를 받고 이륙하였으며 관제기관에서 중간지점(Mkala)의 고도를 제한해야 하는 경우 다음과 같이 지시한다. 이 경우 조종사는 정상적인 SID 절차를 따라 항행하며 Suzan Two departure에 명시된 Top altitude까지 상승하는 과정에서 Mkala를 7,000피트 이상으로 통과하도록 비행하여야 한다.

“Climb via SID except cross Mkala at or above seven thousand.”

- Teddd One departure에 대하여 Climb via SID 허가를 받고 SID에 명시된 Top altitude(FL230)와 다르게 1만 피트까지 상승 허가를 받았으며 조종사는 추가허가를 받기 전

까지는 1만 피트까지만 상승이 가능하다. 이륙 상승과정에서 고도제한요인이 해소되어 관제기관이 Top altitude까지 허가하려는 경우 다음과 같이 지시한다.

“Climb via SID.”

- Bbear Two departure에 대하여 Climb via SID 허가를 받고 SID에 명시된 Top altitude(FL190)와 다르게 FL160피트까지 상승허가를 받았다. 이륙 후 관제기관에서 Top altitude(FL300)까지 상승하며 SID 명시고도 제한사항을 지키기를 원한다면 다음과 같이 지시한다. 조종사는 초기에 FL160피트까지 상승가능하고 추가허가 후 FL300까지 상승 가능하다. 이때 중간지점의 속도 및 고도 제한사항을 준수하여야 한다.

“Climb via SID except maintain flight level three zero zero.”

- Susan Two departure에 대하여 Climb via SID 허가를 받고 이륙 후 Radar vector를 통해 SID 경로를 벗어났다가 Dvine 지점을 경유하여 SID에 합류하도록 하려면 다음과 같이 지시한다. 조종사는 Dvine 지점으로 항행 후 절차에 명시된 속도 및 고도 제한사항을 준수하며 Top altitude까지 상승한다.

“Proceed direct Dvine, Climb via the Susan Two departure.”

- Bizee Two departure에 대하여 Climb via SID 허가를 받고 이륙 후 Radar vector를 통

해 SID 경로를 벗어났다가 Rockr 지점을 경유하여 SID에 합류하도록 하려면 다음과 같이 지시한다. 이때 Rockr 지점에는 고도제한사항이 없으나 관계기관은 1만 피트 이상으로 통과하기를 원한다. 조종사는 Rockr 지점으로 향하여 1만 피트 이상으로 통과하고 절차에 명시된 속도 및 고도 제한사항을 준수하며 Top altitude까지 상승한다.

“Proceed direct Rockr, cross Rockr at or above one-zero thousand, climb via the Bizee Two departure.”

Climb via를 통해 Vertical navigation 허가를 받은 조종사는 관계기관과 처음교신 시 통과고도와 할당된 고도(SID에 명시된 Top altitude와 다른 경우)를 포함하여 Climb via를 통보한다.

ex)

- Cactus 711은 Climb via the Laura Two departure를 허가 받았으며 Laura Two는 FL190가 Top altitude로 명시되어 있는 경우:
“Cactus Seven One One leaving two thousand, climbing via the Laura Two departure.”

- Cactus 711은 Climb via the Laura Two departure를 허가받았으며 관계기관으로부터 Top altitude(FL190)와 다른 고도인 FL160을 Top altitude로 할당받은 경우:
“Cactus Seven One One leaving two thousand for one-six thousand, climbing via the Laura Two departure.”

이륙 전이나 후에 고도를 다시 허가하는 경우 SID에 명시된 고도 제한사항을 포함한 이전에 할당된 고도제한이 취소된다(미국의 경우). 조종사는 횡적경로를 유지하며 여전히 속도제한사항을 준수하여야 한다. 그러나 ICAO의 경우 특별한 지시사항 (altitude restrictions canceled)이 없는 한 SID에 명시된 고도제한사항을 준수해야 한다.

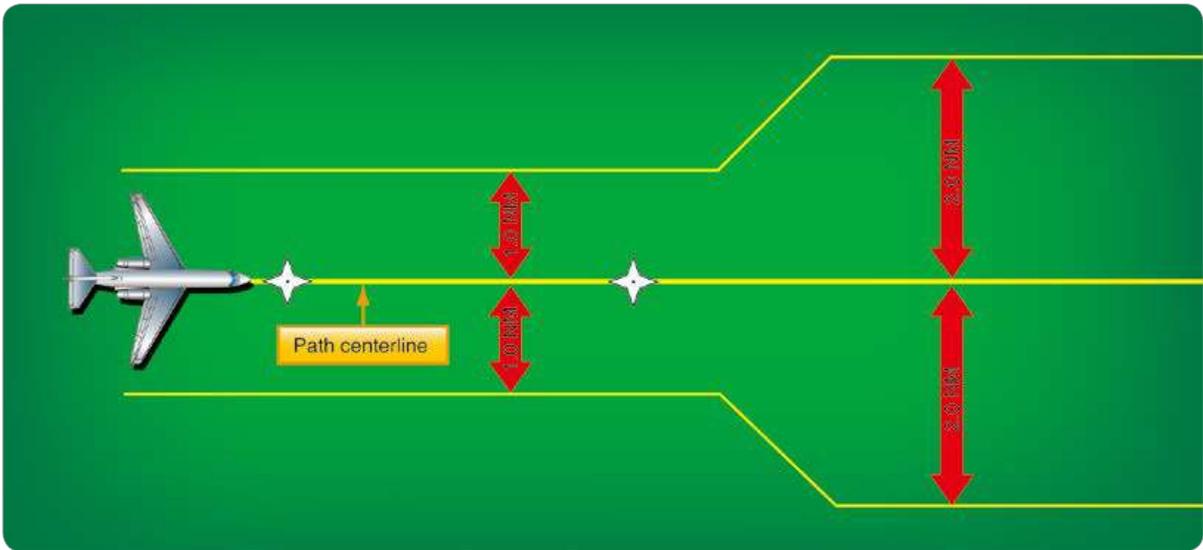
“Climb and maintain flight level two four zero.”

5) RNAV Departure Procedures

전통적으로 출항절차를 디자인할 경우 기존의 지상항행시설을 기반으로 경로를 계획하여야 했고 여러 가지 제한사항을 감수하여야 했다. 종종 출항절차와 입항절차가 같은 지상항행시설을 사용하는 등 많은 교통량을 효과적으로 관리하기에는 어려운 점이 많았다. 그에 반해 RNAV는 지상항행시설, 위성항행시설, 자체항행시설 등을 기반으로 원하는 다양한 경로를 설정할 수 있게 했다. 기존의 항행시설이나 Fix의 위치에 상관없이 새로운 경로를 만들 수 있으며 터미널지역에서의 복잡한 절차를 간소화하고 효율성을 증대할 것으로 기대된다.

새로운 RNAV 출항절차를 디자인함으로써 조종사와 관제사 간의 최소한의 통신절차와 Radar vector만으로 운영이 가능하며 각 지점에서의 항공기의 정확한 위치, 시간, 고도 등을 예상하여 정시출항 및 공역활용도를 높이고 정확한 수요예측을 가능하게 한다.

모든 RNAV SID와 ODP는 RNAV 1 절차이며 일반적으로 활주로 끝 지점 부근에서부터 시작한다. GPS or DME/DME/IRU RNAV 시스템과 같은 장비의 적합한 성능이 요구되며 제목에 (RNAV)가 포



[그림 2-2] RNP departure levels

함된다. RNP 관점에서 보면 RNAV 출항경로는 아래와 같이 1 또는 2NM의 표준성능을 기반으로 설정하며 [그림 2-2]에서처럼 조종사와 항공기는 항로 중심으로부터 1 또는 2NM 안에서 경로를 유지할 수 있어야 한다.

- RNAV 1절차는 항공기의 시스템오차가 총 비행 시간의 95% 동안 $\pm 1\text{NM}$ 안에 유지되어야 한다.
- RNAV 2절차는 항공기의 시스템오차가 총 비행 시간의 95% 동안 $\pm 2\text{NM}$ 안에 유지되어야 한다.

RNP는 Monitoring and Alerting기능을 갖춘 RNAV이다. 출항절차에 RF leg가 포함되거나 DME/DME/IRU를 사용한 절차 중 레이다 감시서비스가 필요하지 않은 경우 RNP 1절차가 사용되며 제목에 (RNP 1)이라고 명시된다.

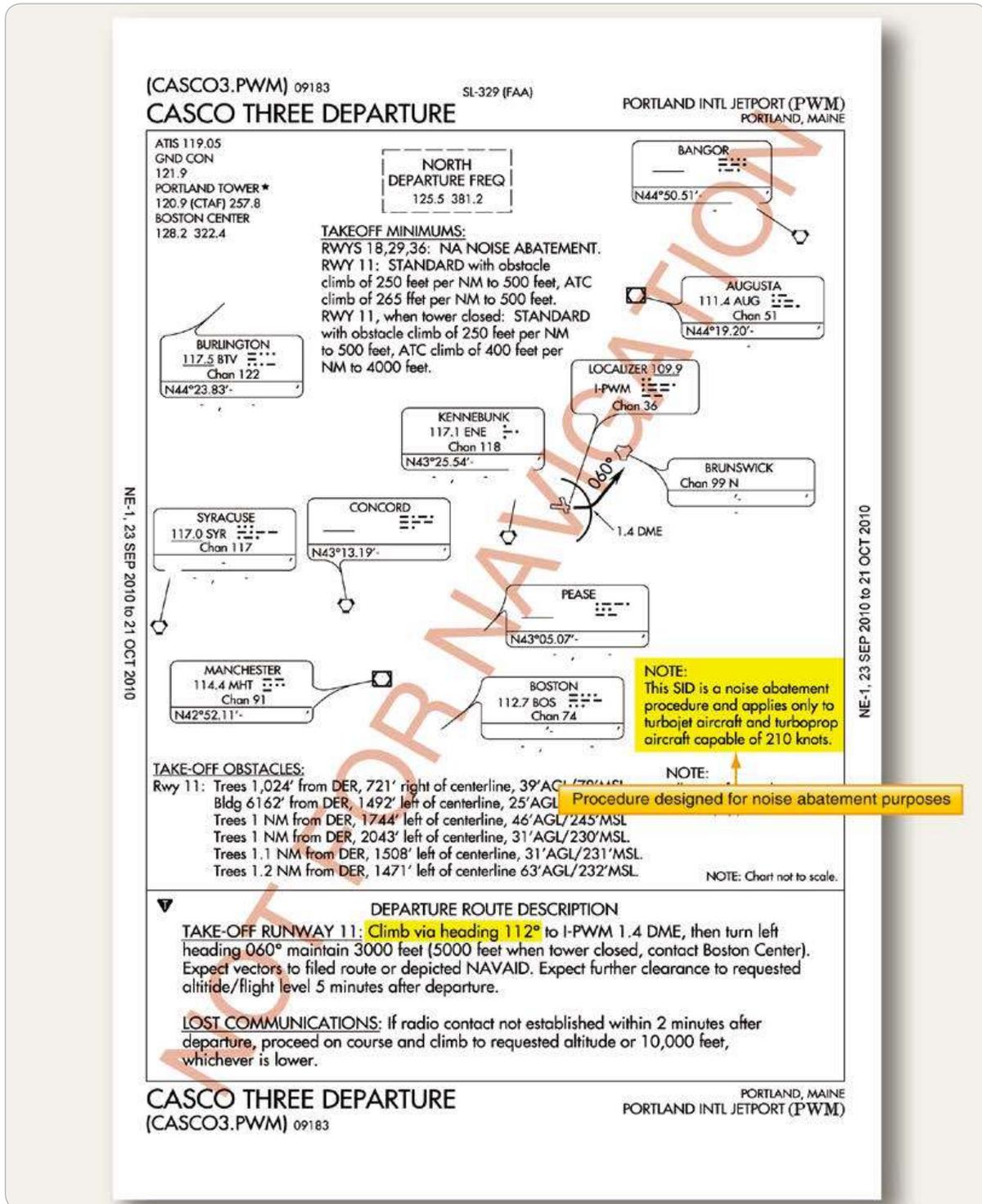
RNAV나 RNP 절차를 사용하여 항행 중 성능요구 사항을 만족하지 못하는 경우에는 반드시 관계기관

에 가능한 빨리 통보하여야 한다.

ex) “N1234, failure of GPS system, unable RNAV, request amended clearance.”

2.2.2 소음경감절차(Noise abatement procedure)

항공 산업이 발전하여 항공교통량이 급격히 증가한 것처럼 공항 주변의 인구 또한 증가하였으며 대부분의 공항에서 소음경감절차를 사용하는 것은 흔한 일이다. 대부분의 출항절차가 장애물 안전고도와 업무량감소에 중점을 두어 개발된 것이지만 어떤 SID는 소음경감에 중점을 두어 개발되었으며 [그림 2-3]의 Portland International Jetport가 그 일례이다. 공항 주변 소음민감지역의 소음 발생을 줄이기 위해 소음경감시간대, 소음경감 활주로, 소음경감항로 등을 운영하며 SID를 설계하는 단계에서도 높은 출항고도, 높은 상승률, 적은 속도, 민감지역 회피선회 등과 같은 소음제한사항을 적용한다. 이러



[그림 2-3] Noise abatement SID

한 절차를 따르는 것이 번거로워 보일 수도 있으나 공익을 위하여 반드시 준수하여야 한다.

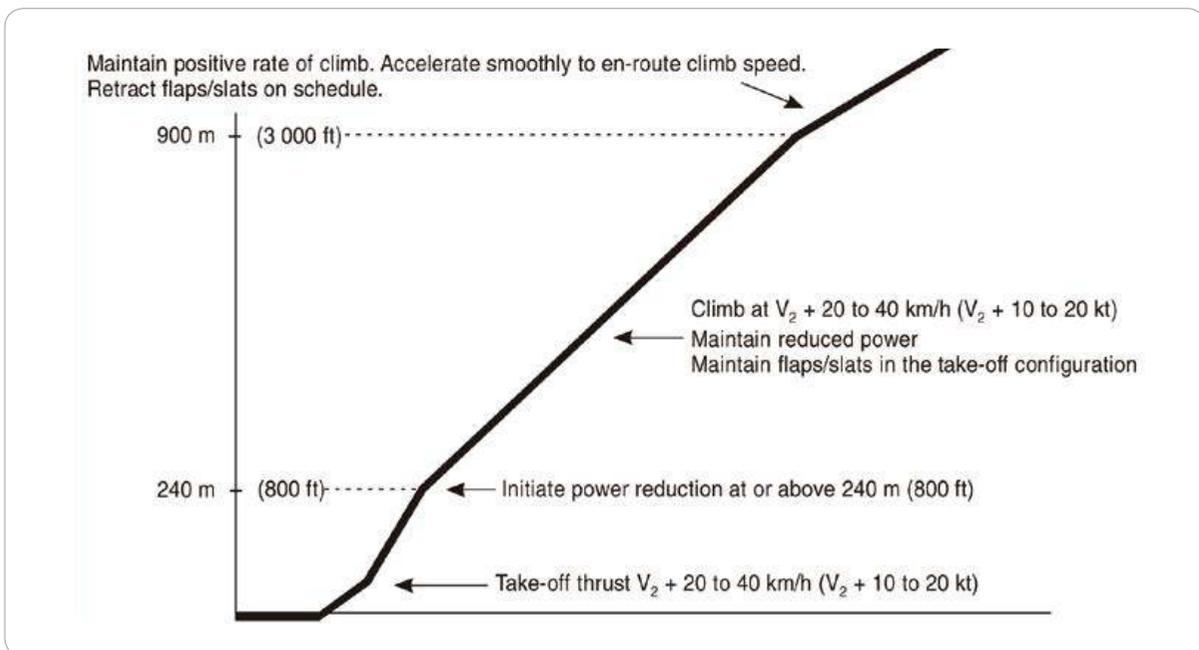
1) 소음경감출항절차(Noise Abatement Departure Procedure, NADP)

NADP는 비행안전을 유지하며 지상에 대한 소음영향을 최소화하기 위해 고안된 출항상승 절차이다. 그러나 항공기의 형식, 엔진 형식, 요구추력, 추력경감고도 등의 차이로 인하여 하나의 절차로 통일하여 만들기는 어렵다. 가장 소음경감에 효과적인 절차는 항공기 형식에 따라 다를 수 있고 같은 형식의 항공기라도 엔진의 형식에 따라 다를 수도 있다. 따라서 ICAO에서는 소음민감지역이 공항 주변에 위치한 경우에 효과적이라 판단된 NADP 1절차와 소음민감지역이 원거리에 위치한 경우에 안전하면서도 소음경감에 효과적이라고 판단된 NADP 2절차를 소개하였다. 각국

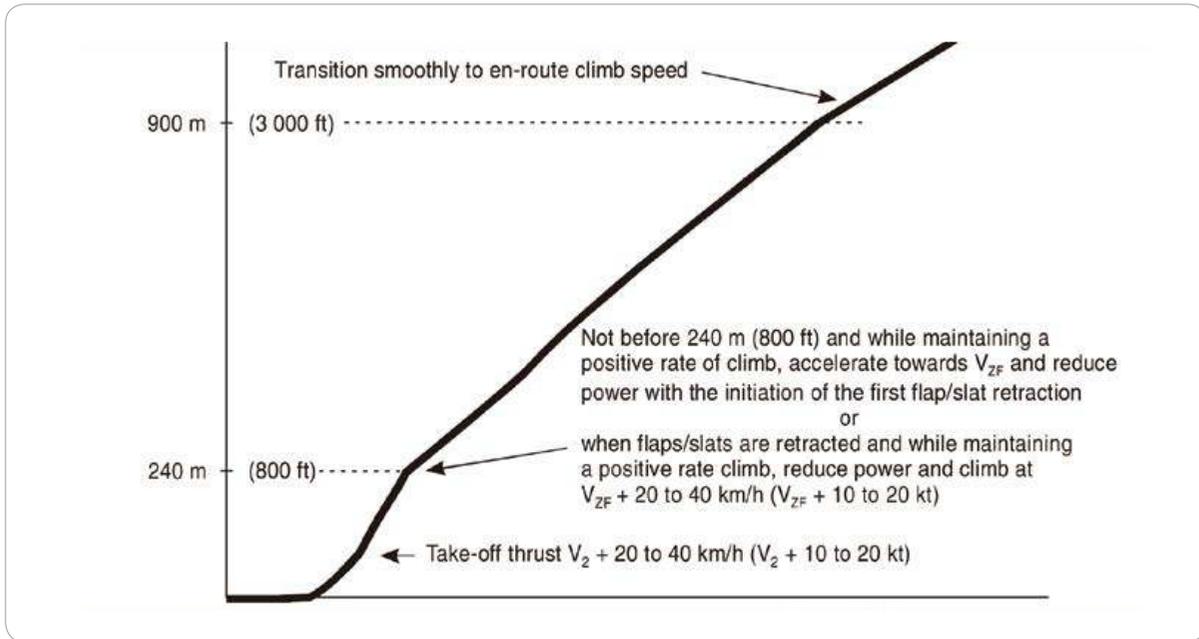
의 관계당국은 ICAO에서 제시한 절차를 강제하지 말고 항공사에서 기종별로 적합한 소음경감출항절차를 만들도록 장려하여야 하며 필요한 경우 ICAO 절차를 기반으로 대안을 만들어 제시할 수 있다.

① NADP 1

NADP 1절차는 공항에서 가까운 소음민감지역에 대한 소음영향을 최소화하기 위한 절차이며 가능한 빨리 상승하는 데 목적이 있다. 추력경감고도를 최저고도(800피트) 이상으로 설정하고 이륙 flap/slat을 최고고도(3,000피트)에 도달할 때까지 유지하여 상승률을 유지한다. 최고고도에 도달하면 정상상승속도로 증속하며 flap/slat을 올린다. 최초상승속도는 안전을 고려하여 V_2+10 knots보다 적지 않도록 한다. [그림 2-4]에서처럼 800피트까지 이륙추력을 사용하며 $V_2+10\sim 20$ knots를 유지한다. 800피트에



[그림 2-4] Noise abatement take-off climb – Example of a procedure alleviating noise close to the aerodrome(NADP 1)



[그림 2-5] Noise abatement take-off climb – Example of a procedure alleviating noise distant from the aerodrome(NADP 2)

서 상승에 적합한 추력으로 조절하고 속도는 그대로 유지한다. 3,000피트에서 flap/slat을 올리면서 속도를 증속한다. 전 구간에서 지속적으로 상승성을 유지하여야 한다.

② NADP 2

NADP 2절차는 공항에서 멀리 떨어진 소음민감 지역에 대한 소음영향을 최소화하기 위한 절차이다. flap/slat을 최저고도(800피트) 이상의 고도[최고고도(3,000피트)에 도달하기 전까지]에서 올리며 증속하고 항공기 성능을 고려하여 최저고도 미만에서 중간단계까지 flap/slat을 올릴 수도 있다. 추력은 증속 중에 조절하며 상승과 증속성을 모두 만족시키는 지점에서 실시한다. 최고고도에 도달하면 정상상승속도로 증속하며 최초상승속도는 안전을 고려하여 V_2+10 knots보다 적지 않도록 한

다. [그림 2-5]에서처럼 800피트까지 이륙추력을 사용하며 $V_2+10\sim 20$ knots를 유지한다. 800피트에서 V_{zf} 속도로 증속하며 flap/slat을 속도에 맞춰 올린다. 증속성을 보장하는 적절한 지점에서 추력을 조절한다. 3,000피트에서 정상상승속도로 증속한다.

2.2.3 항로 비행(Enroute Operation)

항로구간은 출항절차의 종료지점에서부터 입항절차의 시작지점까지의 구간을 이르며 항로 비행절차는 비행항로, 주변 교통 환경, 관제기관 등 다양한 요소에 영향을 받는다. 일례로 IFR 비행이 레이다관제범위 내에서 이루어지는 경우도 있고 범위 밖에서 조종사가 관제기관의 도움 없이 항법을 해야 하는 경우도 있다.

1) 항로상 항법(Enroute Navigation)

항로상에서의 IFR 항법은 지속적으로 발전하여 최근에는 GNSS를 사용하여 위성기반의 위치, 항행, 시간 정보를 실시간으로 받을 수 있고 거의 모든 구간에서 PBN이 가능하게 되었다.

① 항로(Airways)

항로비행은 항로를 따라 항행하는 과정이며 항로는 항공기를 위한 3차원적인 고속도로라고 생각하면 된다. 대부분의 공역에서 출발공항과 도착공항사이의 항로를 비행하게 되며 일반적으로 8NM폭으로 이루어져 있다. 진행방향, VFR과 IFR 구분, 순항고도에 따라 항행 가능한 고도가 다르며 다음과 같이 세 가지로 구분할 수 있다.

• 연방항로시스템(Federal airway system)

Federal airway는 1,200ft AGL에서부터 1만 8,000ft MSL 미만의 구역에 설정된 VOR과 NDB를 이용한 항로이며 IFR Enroute Low Altitude Charts에서 찾을 수 있다. 알래스카를 제외한 지역에서 VOR 항로는 VOR이나 VORTAC만을 사용하며 검은색으로 표현하고 일반적으로 숫자 앞에 V가 붙는다. ex) V12
NDB 항로는 갈색으로 표현되며 색 이름과 숫자로 식별한다. ex) Amber one
동서방향의 항로는 Green과 Red를 사용하고 남북방향의 항로는 Amber와 Blue를 사용한다.

• 제트항로시스템(Jet route system)

Jet route는 1만 8,000ft MSL에서 FL450까지의 구역에 설정된 항로이며 IFR Enroute High

Altitude Charts에서 찾을 수 있다. 검은색으로 표현하고 숫자 앞에 J가 붙는다. ex) J12
Jet route는 특정 지역을 제외하면 VOR 항로처럼 VOR이나 VORTAC으로만 이루어졌다.

• 지역항법항로시스템(RNAV Route system)

RNAV Route는 RNAV가 가능한 항공기가 사용하도록 구축한 항로이며 차트에 명시된 제한 사항 및 요구사항을 따라야 한다. 파란색으로 표현하며 숫자 앞에 Q나 T를 붙인다. ex) Q-13, T-205

Q-route는 RNAV 가능항공기가 1만 8,000ft MSL에서 FL450까지의 구역에서 사용 가능하며 Enroute High Altitude Charts에서 찾을 수 있다.

T-route는 GPS 또는 GPS/WAAS 장착 항공기가 1,200ft AGL에서부터 1만 8,000ft MSL 미만의 구역에서 사용 가능하며 Enroute Low Altitude Charts에서 찾을 수 있다.

② 우선계기항로(Preferred IFR Routes)

더 많은 항적에게 더욱 효율적인 항공교통서비스를 제공하기 위해 복잡한 공항들 사이에는 Preferred IFR 항로가 설정되기도 한다. 조종사와 운항관리사가 효율적으로 항로를 설정할 수 있도록 하여 비행계획을 좁고 터미널 지역의 원활한 교통흐름을 유도한다. [그림 2-6]에서처럼 추천되는 Preferred IFR 항로로 비행계획을 제출하면 최소한의 관제지연과 보다 나은 각 단계별 관제서비스를 기대할 수 있다.

| PREFERRED IFR ROUTES | | |
|--|--|-----------------------|
| Terminals | Route | Effective Times (UTC) |
| | (60-170 incl 210 kts plus, non-turbojet) V14 CEDOR DNY051 DNY V449 LHY V93 LVZ V613 FJC PTW..... | 1100-0300X |
| | or | |
| | (70-170 turbojets only) V14 CEDOR DNY051 DNY SLATT-STAR..... | |
| Trenton (TTN) | (90-170, non-turbojet) V14 CEDOR DNY051 DNY LHY LVZ V613 FJC V149 MAZIE ARD | 1100-0300X |
| | or | |
| | (90-170, turbojet) V14 CEDOR DNY051 DNY LHY LVZ V29 ETX V30 V149 MAZIE ARD | 1100-0300X |
| BALTIMORE (BWI) —See Washington/Baltimore Metro | | |
| BOSTON METRO AREA (BOS) | | |
| Cleveland (CLE) | (60-170) MHT V490 UCA V2 SYR V84 GEE V464 V115 TDT V72 V232 CXR | 1000-0300X |
| Kennedy (JFK) | (110-170, jets) LUCOS SEY067 SEY PARCH CCC ROBER | 1100-0300X |
| | or | |
| | (110-170, Props) LUCOS SEY067 SEY HTO V46 DPK | |
| | or | |
| | (AOB 100) BOSOX V419 V14 ORW V16 DPK | |

[그림 2-6] Preferred IFR routes

2) 항로상 고도제한

① 최저항로고도

(Minimum Enroute Altitude, MEA)

MEA는 두 지점(Fix) 간의 항행신호수신범위와 장애물안전고도를 만족하는 최저고도로 설정하며 RNAV 사용자를 위해 RNAV MEA를 설정하기도 한다. MEA는 지형이나 인공장애물로부터의 안전고도, 항법시설 성능 적합성, 통신요구사항 등을 고려하여 결정한다.

② 최저수신고도

(Minimum Reception Altitude, MRA)

MRA는 항로상의 항행시설이나 항로 밖의 항행시설(Fix를 확인하는 데 필요한 항행시설)의 신호가 수신 가능한 최저고도를 설정하기 위해 항로 전

구간의 비행점검을 거쳐 결정한다. 어느 Fix에서 MRA가 MEA보다 높으면 설정된 MRA는 항로교차점을 결정하기 위한 최저고도이다.

③ 최대허용고도

(Maximum Authorized Altitude, MAA)

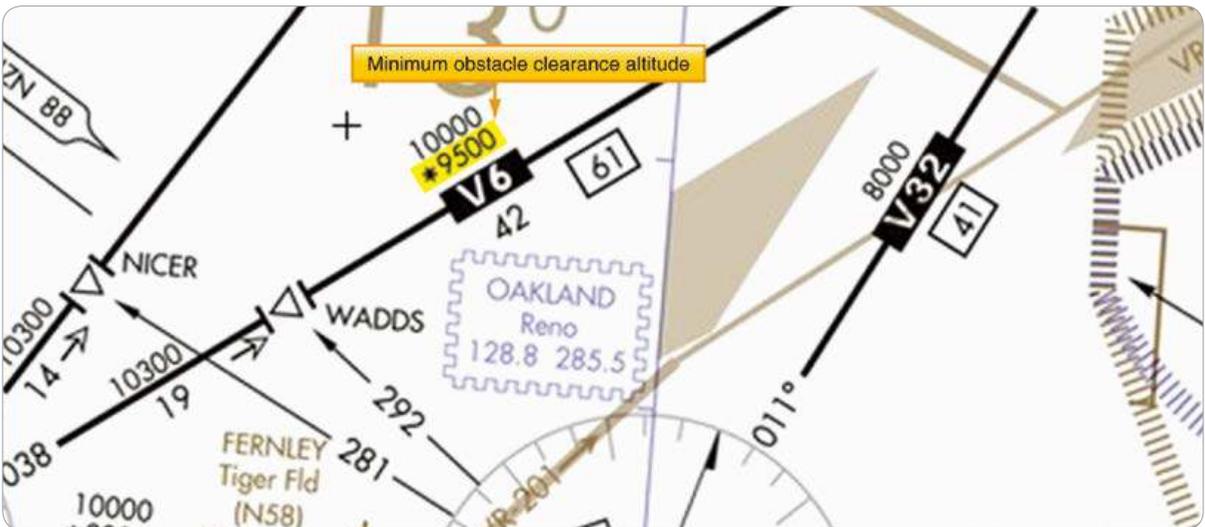
공역과 항로를 고려하여 사용 가능한 최고고도를 말하며 [그림 2-7]에서처럼 표현한다. 공역상한 또는 신호혼선 등의 이유에 따른 절차상의 제한이다.

④ 최저장애물회피고도(Minimum Obstruction Clearance Altitude, MOCA)

MOCA는 항로상의 장애물 안전고도를 충족하는 두 지점 간의 최저고도이며 [그림 2-8]에서처럼 표현된다. MOCA는 또한 VOR에서 22NM 범위 안에서 항행신호의 수신도 보장한다.



[그림 2-7] Maximum authorized altitude(MAA)

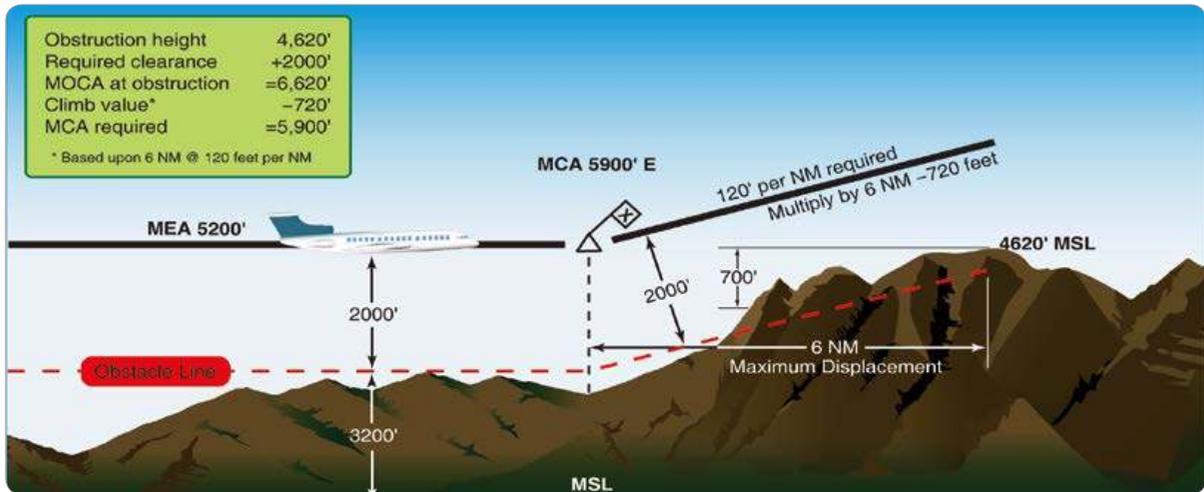


[그림 2-8] Minimum obstacle clearance altitude(MOCA)

⑤ Minimum Turning Altitude(MTA)

1만 피트 이상의 고도에서는 항공기의 운항속도가 증가하고 그로인한 항공기 선회반경의 증가로 MEA를 통해 보장된 장애물 안전고도가 충분하지 않을 수도 있다. 이런 경우 선회반경을 고려하여 선회지

점 주변의 더 넓은 지역에 대하여 장애물 안전고도를 산정하여야 하며 새로운 장애물로 인하여 더 높은 고도를 안전고도로 선정하여야 하는 경우가 발생한다. MTA는 특정 지점의 선회기준에 기반을 둔 수직적, 수평적 장애물 안전고도이다.



[그림 2-9] Minimum crossing altitude(MCA)

⑥ 최저통과고도

(Minimum Crossing Altitude, MCA)

MCA는 [그림 2-9]에서처럼 다음 구간의 최저고도를 충족하기 위해 특정 지점을 통과하기 위한 최저고도이다. MCA는 MEA가 바뀌는 지점을 통과 후 정상적인 상승을 하여서는 장애물 안전고도를 유지할 수 없는 경우에 설정한다.

⑦ 최저계기고도(Minimum IFR Altitude, MIA)

MIA는 특별히 최저고도가 설정되어 있지 않은 구역에서 비행경로의 수평으로 4NM 안의 가장 높은 장애물보다 산악지형에서는 2,000피트 그 외의 지역에서는 1,000피트 높은 고도를 말한다.

⑧ 최저벡터고도

(Minimum Vectoring Altitudes, MVA)

MVA는 레이더관제를 위하여 관제기관이 설정한다. 가장 높은 장애물보다 산악지형에서는 2,000피트 그 외의 지역에서는 1,000피트 높은 안전고도

를 제공한다. 특정 장애물을 제외할 수 있어 때론 MEA, MOCA, 또는 다른 최저고도보다도 낮게 설정할 수도 있다.

⑨ 수직분리축소공역(Reduced Vertical Separation Minimums, RVSM)

RVSM은 FL290에서 FL410까지의 공역에서 수직분리기준을 2,000피트에서 1,000피트로 줄이는 것을 의미하며 RVSM 공역 내에서 더 많은 항적이 안전하게 항행하도록 하는 데 그 목적이 있다. 기압고도계의 정확성이 고도가 증가함에 따라 줄어드는 것을 감안하여 정상적인 수직분리기준은 FL290까지는 1,000피트, FL290에서 FL410까지는 2,000피트이며 FL410부터는 4,000피트이다. 그러나 항공기술의 발전으로 보다 정밀한 고도계와 더불어 자동조종장치가 급속도로 발전하여 항공기의 정확한 고도유지가 가능하게 되었다. 이에 2,000피트의 수직분리가 지나친 것으로 판단되어 RVSM이 제기되었다. 1997년과 2005년 사이에 유럽, 북아프리카, 동남아

시아, 북미, 남미와 대서양, 태평양 상공 공역에 대하여 RVSM이 점진적으로 실시되었다.

특별히 인증된 고도계와 자동조종장치 등 RVSM을 위한 장비조건을 만족하는 항공기에 한하여 RVSM 공역에서의 비행이 가능하며 그렇지 않은 항공기는 RVSM 공역 위나 아래로 항행하거나 특별한 허가를 받아야 한다.

3) 보고절차(Reporting Procedures)

① 관제보고(ATC Reports)

모든 조종사는 비행 중 예기치 못한 기상상황에 조우하거나 비행안전에 영향을 미치는 정보가 있는 경우 관제기관에 보고하여야 한다. 관제공역에서 IFR 비행 중인 기장은 항법, 접근, 통신장비의 고장에 대하여 가능한 빨리 관제기관에 보고하여야 한다.

- VOR, TACAN, ADF 수신기의 기능상실
- ILS 수신기의 기능상실 또는 부분상실
- 공지통신장비의 기능 장애

기장은 보고 시 다음 사항을 포함하여야 한다.

- 항공기 식별정보
- 고장 난 장비
- 관제시스템 안에서 IFR 수행에 영향을 미치는 정도
- 관제기관으로부터 원하는 지원의 성격 및 범위

② 위치보고(Position Reports)

항로상의 의무보고지점(Compulsory reporting point)에서 조종사는 고도에 상관없이 위치보고를

하여야 하며 보고지점(reporting point)에서는 관제기관이 요청하는 경우에 한하여 위치보고를 한다. 관제기관으로부터 “RADAR CONTACT”되었음을 통보받은 경우에는 위치보고를 중단하여야 하며 “RADAR CONTACT LOST” 또는 “RADAR SERVICE TERMINATED.”라고 통보받은 경우에 다시 위치보고를 시작한다.

위치보고 시 다음 사항을 포함하여 보고한다.

- 식별부호
- 항공기 위치
- 시간
- 고도 또는 FL(VFR-on-top인 경우 실제 비행 고도 또는 FL)
- 비행계획서의 종류(IFR 위치보고를 항로관제나 접근관제에 직접 하는 경우는 예외)
- 다음 보고지점의 명칭과 ETA
- 그 다음 보고지점의 명칭
- 참고사항

일반적으로 항로단계에서의 위치보고는 항로관제에 직접 하게 되며 차트상의 주파수를 사용한다. 위치보고를 위해 최초교신 시 다음과 같이 위치보고지점의 명칭을 덧붙여 통보하며 관제기관은 위치보고를 받을 준비를 한다.

조종사: “Atlanta Center, Cessna 1230 Alpha at JAILS intersection.”

관제사: “Cessna 1230 Alpha, Atlanta Center.”

조종사: “Atlanta Center, Cessna 1230 Alpha at JAILS intersection, 5,000, estimating Monroeville at 1730.”

③ 추가보고사항(Additional Reports)

위치보고와 더불어 관제기관의 요청이 없어도 다음과 같은 사항을 보고하여야 한다.

• 항시 보고사항

- √ 새로 인가받은 고도나 FL로의 고도변경을 위하여 기존의 지정고도나 FL을 떠날 때
- √ VFR-on-top허가 상태에서 고도변경 시
- √ 최소 500fpm으로 상승이나 강하가 불가능할 때
- √ 실패접근(Missed approach)이 이루어질 때 (교체공항으로의 비행이나 재접근 등 의도를 포함한다.)
- √ 순항고도에서 실제비행 True airspeed의 평균치와 비행계획에 반영된 True airspeed를 비교하여 5% 또는 10knots(whichever is greater) 이상 변했을 때
- √ Holding fix에 도달한 시간과 고도
- √ Holding fix를 떠날 때
- √ 관제구역에서 VOR, TACAN, ADF, GPS 등의 항법장비 기능상실이나 ILS수신기의 기능상실 또는 부분상실, 공지통신장비의 기능장애 등이 발생 시
- √ 비행안전에 영향을 미치는 상황 발생 시

• 비 레이더관제(not in radar contact) 시 보고 사항

- √ 최종접근단계에서 비정밀접근은 FAF, 정밀접근은 OM 또는 그에 상응하는 지점을 떠날 때
- √ 실제 ETA가 미리 통보한 시간과 3분 이상 오차가 있을 때

4) 선회대기절차(Holding Procedures)

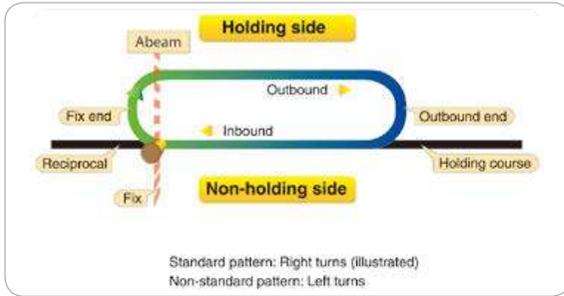
도착공항 이외의 지점까지 관제허가를 받은 항공기가 지연이 예상된다면 관제기관은 조종사에게 Holding 지시(차트상에 공표되지 않은 경우), 추가 허가예상(Expected Further Clearance, EFC) 시간, 지연예상 등을 발부하여야 한다. 차트상에 공표된 선회대기장주(Holding pattern)가 있으면 관제사는 Holding 지시를 생략할 수도 있으며 조종사는 공표된 Holding pattern을 예상할 수 있다. 그러나 조종사가 요구하면 관제사는 언제든지 생략된 Holding 지시를 모두 주어야 한다. 공표된 Holding pattern도 없고 관제사의 지시도 없다면 조종사는 관제사에게 Holding 지시를 요구하여야 한다. 그럼에도 불구하고 Holding 지시를 얻지 못한 경우에는 진입 경로상에 Standard pattern을 사용하여 Holding을 수행한다.

허가한계점(Clearance limit)까지 3분 이내로 접근한 상태에서 추가 허가를 받지 못하였다면 조종사는 속도를 줄여 최고 Holding 속도 이하로 Clearance limit을 통과하도록 계획하여야 한다. 지연이 예상되지 않는다면 관제사는 가능한 빨리, 최소한 Clearance limit 도착 5분 전에는 Clearance limit 이후에 대하여 허가를 발부하여야 한다.

① 무풍상태에서의 표준선회대기 장주

(Standard Holding Pattern With No Wind)

[그림 2-10]에서처럼 바람의 영향이 없다고 가정하면 Standard Holding Pattern을 따라 항행하기 위해 조종사는 정해진 경로(Inbound)를 따라 Holding fix로 진입하여야 한다. Holding fix 상공에서 우선회를 실시하여야 하며 180°를 선회하여 진



[그림 2-10] Standard holding pattern—no wind

입경로와 평행하게 반대방향(Outbound)으로 1분간 비행하여야 한다. 1분 후 다시 180° 선회하여 처음의 진입경로를 따라간다. 반대로 비표준선회대기 장주 (Nonstandard Holding Pattern)에서는 선회반향이 좌선회이며 그 외의 절차는 동일하다.

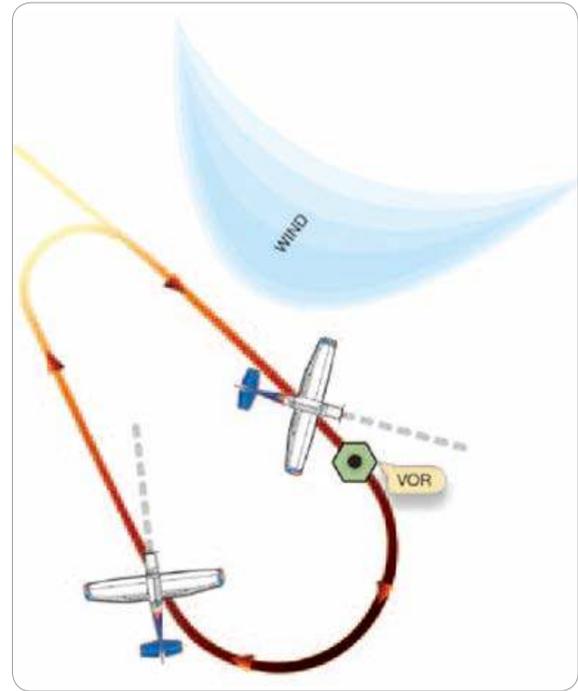
② 바람 부는 상태에서의 표준선회대기 장주
(Standard Holding Pattern With Wind)

실제로 비행하는 경우에는 바람이 없는 이상적인 날씨는 없으며 따라서 바람이 부는 환경에서 Standard Holding Pattern 절차를 수행하기 위해 조종사는 다음과 같은 절차를 수행할 것이다.

- 선회 시 바람의 영향을 감안하여 선회한다.
- Inbound 비행경로를 1분(1만 4,000피트 초과에서는 1분 30초)으로 맞추기 위하여 Outbound 비행 시 시간을 조절한다.

Inbound 방향 기준으로 좌측에서 바람이 불 경우 [그림 2-11]과 같은 모양이 된다.

Inbound와 Outbound 시 바람의 영향을 수정하여 비행하여야 하며 Outbound의 비행시간도 조절하여야 한다.



[그림 2-11] Drift correction in holding pattern

③ Holding Instructions

Clearance limit에 도착하기 전에 그 이후에 대한 허가를 얻지 못하였다면 조종사는 마지막 인가된 고도를 유지하며 차트에 명시된 Holding pattern을 따른다. 차트에 명시된 절차도 없고 Holding 지시도 받지 못하였다면 진입경로를 따라 Standard Holding Pattern 절차를 수행하며 가능한 빨리 허가를 얻는다. 차트에 명시된 Holding 절차가 없다면 관제기관이 다음과 같은 사항들을 포함하여 Holding 지시를 하는 것이 정상적이다.

- Fix로부터의 Holding 방향(N, NE, E, SE, etc.)
- Holding fix
- Holding경로(Radial, course, bearing, airway, route, etc.)

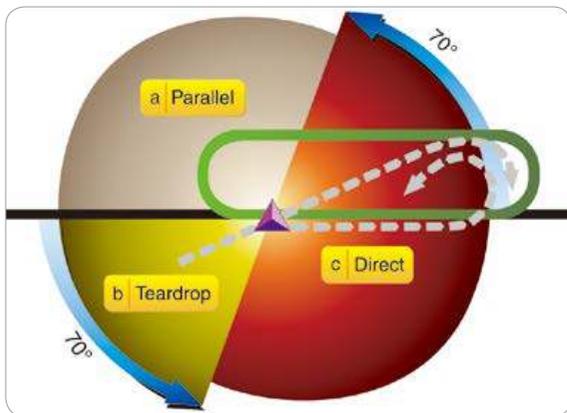
- Inbound leg의 길이(miles 또는 minutes)
- 선회방향(비표준일 경우)
- EFC와 추가 정보

④ Standard Entry Procedures

항공기 고도에 따른 장애물 안전고도를 고려한 최대선회대기속도(Maximum Holding Speed)는 다음과 같다.

| Altitude Mean Sea Level (MSL) | Airspeed (KIAS) |
|-------------------------------|-----------------|
| Up to 6,000feet | 200 |
| 6,001~14,000feet | 230 |
| 14,001feet and above | 265 |

다른 Holding 진입절차도 사용이 가능하나 [그림 2-12]와 같이 세 가지의 진입절차가 추천된다.



[그림 2-12] Holding pattern entry procedures

- Parallel Procedure
Holding fix에 (a)구역을 경유하여 진입하는 경우 사용하는 절차로서 Fix를 지나면 선회하여

진입경로와 평행한 방향으로 1분간 Outbound 한다. 180° 이상(일반적으로 225°)의 선회를 통하여 진입경로를 Intercept한다.

• Teardrop Procedure

Holding fix에 (b)구역을 경유하여 진입하는 경우 사용하는 절차로서 Fix를 지나면 Holding side(장애물 안전고도가 확보된 지역)로 30° 선회하여 1분간 Outbound한다. 선회하여 진입경로를 따라 Inbound한다.

• Direct Entry Procedure

Holding fix에 (c)구역을 경유하여 진입하는 경우 사용하는 절차로서 Fix를 지나면 바로 선회하여 Outbound 경로를 형성한다.

⑤ 시간조절(Timing)

- 1만 4,000피트 이하: 1분
- 1만 4,000피트 초과: 1분 30초

최초 Outbound는 1분 또는 1분 30초간 비행하며 이후에는 Inbound leg의 시간을 맞추기 위하여 조절한다. Outbound의 시작은 Fix 상공이나 직각방향(abeam)일 때 측정하며 abeam 지점을 확인할 수 없는 경우에는 선회종료시점을 기준으로 한다.

⑥ Pilot Action

- Holding fix에 도달하기 3분(3minutes or less) 전에 감속을 시작하여 Holding fix를 Maximum holding speed 이하로 통과한다.
- 선회 시 사용하는 뱅크(Bank)는 다음 중에서 선회율이 가장 작은 것을 사용한다.
- 표준선회(Standard rate turn: 초당 3°의 선회율)

- 30° bank angle
- 25° bank angle(flight director 시스템을 사용하는 경우)
- 바람의 영향을 고려하여 Inbound와 Outbound leg를 비행한다. 선회 시 받는 바람의 영향을 고려하여 Outbound 비행 시 Inbound에서 찾아낸 WCA를 세 배하여 사용한다. ex) Inbound 시 좌측으로 8°의 WCA를 가지고 비행하였다면 Outbound 시 우측으로 24°의 WCA를 가지고 비행한다.
- Holding fix에 도달했을 때의 항공기 Heading $\pm 5^\circ$ 를 기준으로 Holding 진입절차를 선정한다.
- Turbulence, Icing 등으로 인하여 유지해야 하는 속도를 넘어서야 하거나 절차준수에 문제가 있는 경우에는 관제기관에 즉시 통보하여야 한다. 상황이 호전되어 속도 준수가 가능한 경우에도 통보하여야 한다.

5) 항로상 안전 고려사항

(Enroute Safety Considerations)

① 연료상태파악(Fuel State Awareness)

비행 중 조종사는 연료잔량과 비행가능시간을 지속적으로 모니터링하여야 하며 연료상태에 대하여 항상 알고 있어야 한다. 예를 들어 총 비행시간이 한 시간 이하인 짧은 구간의 비행인 경우 조종사는 아마도 TOC와 비행계획서상의 다른 한 지점을 추가로 선택하여 도착시간과 연료량을 기록하고 연료상태를 파악한다. 총 비행시간이 한 시간을 넘어가는 비행인 경우 TOC 지점과 적당한 간격(대략 한 시간 간격)의 지점들을 선택하여 도착시간과 연료량을 기

록하고 연료상태를 파악한다. 실제사용연료와 계획한 연료의 차이를 계산할 수 있다.

② 회항절차(Diversion Procedures)

Diversion은 어떠한 이유로 운항 중인 항공기가 목적 공항에 착륙이 불가능하거나 목적 공항까지의 비행 자체가 불가능하여 교체공항에 착륙하거나 출발공항으로 되돌아오는 경우를 말한다. 항로비행 중 교체공항에 대한 요구사항은 항공사 운영기준에 따른다. 운영자는 항로 주변에 충분한 교체공항을 미리 설정하여 기상이나 다른 이유로 특정 교체공항을 사용할 수 없는 경우에도 불구하고 하나 이상의 교체공항이 가용하도록 계획하여야 한다.

③ 고장 또는 사용불가 장비 대체(Substitutes for Inoperative or Unusable Components)

ILS의 지상 기본장비는 Localizer, Glideslope(G/S), Outer marker(OM), Middle marker(MM), and Inner marker(IM: 필요시)이며 OM이나 MM은 Compass locator나 정밀레이더서비스로 대체가 가능하다. OM은 또한 DME, VOR, NDB 등에 의하여 확인 가능한 지점이거나 또는 레이더서비스에 의하여 확인이 가능한 경우 대체가 가능하다.

IFR 인가를 받은 GPS 장비는 NDB 계기접근절차를 수행하는 경우를 제외하면 ADF와 DME를 대체하여 사용이 가능하다. 특히 다음과 같은 경우에 GPS로 ADF와 DME를 대체할 수 있다.

- DME arc를 비행할 때
- NDB를 향하여 또는 NDB로부터 항행할 때
- NDB 상공에서 항공기 위치를 결정할 때

- NDB bearing을 항공기 위치를 결정할 때
- NDB 상공에서 Holding할 때
- DME fix 상공에서 항공기 위치를 결정할 때

2.2.4 강하 및 접근(Descent and Approach)

강하와 접근을 성공적으로 수행하기 위해서는 강하 전 단계인 순항 중에 충분한 시간을 두고 필요한 사항을 준비하는 것이 바람직하다. 조종사의 업무량이 상대적으로 적고 바쁘지 않은 단계에서 강하 및 접근에 대한 준비를 하고 브리핑함으로써 가장 바쁘고 안전에 취약한 단계에 대비할 수 있다.

이 장에서는 IFR을 기준으로 조종사가 강하 및 접근을 위해 고려해야 하는 사항을 설명하겠다.

2.2.4.1 도착단계에서의 항행

(Navigation in the Arrival Environment)

가장 중요하고 필수적인 항행의 요건은 항공기의 안전한 간격분리이다. 레이더관제범위 밖에서는 관제기관을 항공기의 적절한 간격분리를 위한 자체적인 방법이 없으며 조종사가 보고하는 정보에 의존하여 항공기의 위치를 판단하고 관제하여야 하고 조종사의 정확한 보고와 정밀한 항행능력이 적절한 간격분리의 중요 요소가 된다.

심지어 레이더 관제범위에서도 조종사의 정확한 보고와 정밀한 항행능력이 적절한 간격분리를 위해 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 대부분의 경우 항공기를 항행할 수 있는 능력이나 정밀한 항행의 책임은 관제기관이 아닌 조종사에게 있으며 조종사가 수행하는 정밀항법에 의존하기 때문에 IFR 단계에서의 비행안전은 조종사가 얼마나 정밀한 항행성능

을 유지할 수 있는지 여부에 달려있다. 관제기관은 레이더를 사용하여 항행성능을 감시하고 항행오차를 찾아내며 교통의 흐름을 촉진시킨다. 공역에 따라 다양한 항행성능을 요구하고 있으며 조종사는 필요한 항행성능 이상으로 고도와 경로를 유지하는 정확한 항행을 수행하여야 한다.

1) 강하계획(Descent Planning)

안정된 접근을 위해서는 고도의 적절한 강하, 속도 감속, 외장변경 등을 적절한 시기에 적절한 방법에 의하여 수행하여야 하기 때문에 순항단계에서의 강하계획은 매우 중요하다. 계획보다 일찍 강하하면 저고도에서 수평비행을 하여야 하고 이는 연료소모와 소음을 증가시킨다. 반대로 너무 늦게 강하를 시작하면 적절한 시점까지 고도와 속도처리를 수행하기가 어렵다. 조종사는 도착공항의 사용 활주로, 접근절차, 처리할 고도 및 속도, 바람을 포함한 기상상황 등을 고려하여 강하에 필요한 거리, 시간, 연료소모 등을 포함한 강하계획을 수립한다.

강하계획에 사용하는 간단한 방법(Rule of thumb) 중의 하나는 처리하여야 하는 고도에 대한 거리를 계산하는 방식으로 강하해야 하는 고도를 300으로 나누면 강하를 시작해야 하는 거리가 된다. 예를 들어 현재 고도가 9,000피트이고 FAF 고도가 3,000피트인 경우 강하하여야 하는 고도는 6,000피트이다. 먼저 강하할 고도를 300으로 나누면 20이 나온다. 즉, 20NM 이전에 강하를 시작하면 된다. 이때 필요한 강하율(Rate of Descent, ROD)을 얻으려면 3°경로를 기반으로 계산 시 GS에 5를 곱하여 구한다. GS 120knots로 비행 중이라면 ROD는 600fpm(120×5=600)이며 20NM 이후

FAF에 도달하는 데 10분이 걸리고 10분간 600fpm으로 비행하면 6,000피트를 강하하는 것이다. 여기에 항공기 기종별 성능특성을 고려하여 속도감속에 필요한 거리를 고려하여야 하며 바람과 온도 등 예상한 기상상황과 실제기상의 차이에 따라 비행하면서 지속적으로 강하계획을 확인하여야 한다. 계획된 경로에서 벗어나서 비행하여야 한다면 강하계획을 다시 하여야 하며 활용 가능한 모든 정보를 사용하여 상황을 판단한다.

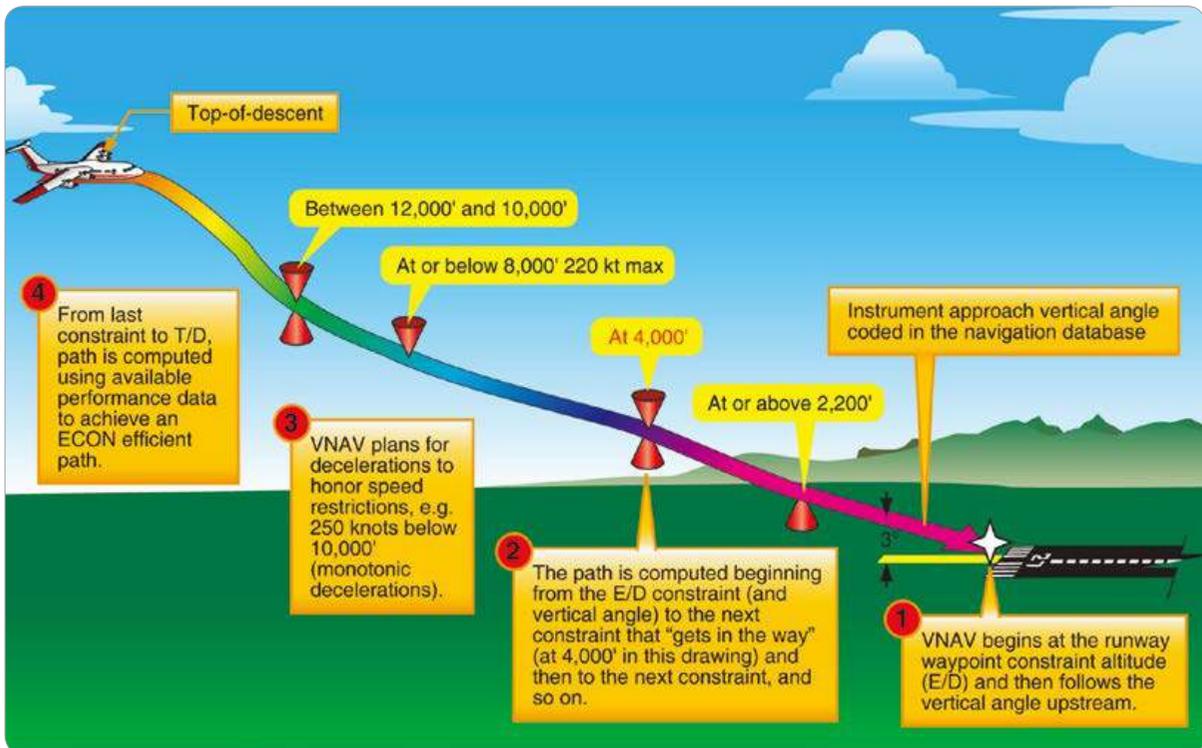
2) 수직항법(Vertical Navigation, VNAV)

VNAV는 비행계획의 수직적인 부분이며 강하종점(End of Descent)에서부터 강하시점(Top of Descent)에 이르는 수직적인 경로를 [그림 2-13]에

서처럼 각 지점의 고도 및 속도 제한사항을 고려하여 계산한다. VNAV 경로는 항공기 성능, 접근 제한사항(속도, 고도 등), 기상현황(바람, 온도, 착빙가능 여부 등)과 항공기 무게를 기반으로 계산한다.

3) 고성능항공기의 강하계획(Descent Planning for High Performance Aircraft)

제트항공기의 강하계획은 일반적으로 비행관리시스템(Flight Management System, FMS)을 사용하여 자동으로 계산한다. 그러나 비행 중 다양한 변수를 고려하여 지속적으로 직접 계산하여 FMS의 강하계획 확인을 추천한다. 강하계획을 직접 하기 위해 자주 사용되는 Rule of thumb은 3 to 1 공식으로 1,000피트를 강하하기 위해 3NM이 필요하



[그림 2-13] VNAV path construction

다는 의미이다. 예를 들어 항공기가 FL310에 있고 IAF고도가 6,000피트라면 강하하여야 하는 고도는 2만 5,000피트(31,000~6,000)이다. 따라서 고도강하를 위하여 필요한 거리는 75NM(25×3=75)이다. 최소추력(Idle Thrust)으로 강하가 예상되는 항공기의 대략적인 성능은 속도 M0.74~0.78, VS 1,800~2,200fpm이다. 또한, 배풍 10knots 당 2NM의 거리가 더 필요하며 미리 강하를 시작하여야 하며 정풍 10knots당 2NM의 거리가 덜 필요하여 강하시점을 지연시켜야 한다. 활주로와 그에 따른 표준입항절차(Standard Terminal Arrival Route, STAR)의 종류에 따라 경로가 많이 바뀌어 강하계획 시 최신기상과 ATIS를 활용하여 사용할 활주로와 STAR를 정하는 것이 중요하다.

2.2.4.2 표준입항절차(Standard Terminal Arrival Routes, STARs)

STAR는 특정 공항에 입항하는 IFR 항공기의 경로를 미리 최적화되도록 만들어놓은 절차이며 허가 절차를 간편하게 만들고 항로단계와 접근단계를 보다 원활하게 연결한다. STAR는 중간 지점에 속도와 고도 제한사항이 있을 수 있으며 “Expect”를 사용하여 허가가 예상되는 고도나 속도를 제공하기도 한다. “Expect” 고도나 속도는 반드시 지켜야 하는 제한사항은 아니며 강하계획상의 목적으로 사용이 가능하다.

STAR 절차를 따라 항행하는 조종사는 관제기관으로부터 다르게 지시받지 않은 이상 마지막 인가받은 고도를 유지하여야 한다. STAR로부터 벗어나도록 지시받거나 Vector를 받았다면 STAR 절차는 취소된 것으로 간주한다.

“Descent via”허가를 받은 조종사는:

- STAR 경로를 따라 항행하고 명시된 제한사항(속도 및 고도)을 따르며 조종사의 재량에 따라 강하한다.
- STAR상의 지점으로 항행이 허가되고 명시된 고도가 현고도와 다른 상태라면 이전에 지시된 고도에서 명시된 고도로 조종사의 재량에 따라 강하한다.
- 명시된 STAR 절차에 진입하면 차트에 명시된 제한사항들을 지키며 강하한다.

ex)

– 횡적/경로 허가

“Cleared Tyler One arrival.”

조종사는 STAR 절차의 경로만을 따라 항행하는 것이 요구된다. 속도제한사항이 있다면 반드시 지켜야 하면 강하는 허가되지 않았다.

– 고도지시를 포함한 경로허가

“Cleared Tyler One arrival, descend and maintain flight level two four zero.”

조종사는 STAR 절차의 경로를 따라 항행하며 FL240로 즉시 강하한다. 속도제한사항이 있다면 준수한다.

“Cleared Tyler One arrival, descend at pilot’s discretion, maintain flight level two four zero.”

조종사는 STAR 절차의 경로를 따라 항행하며 조종사의 재량에 따라 FL240로 강하한다. 속도제한사항이 있다면 준수한다.

- 횡적/수직 경로 허가

“Descend via the Eagul Five arrival.”

조종사는 STAR 절차의 경로를 따라 항행하고 STAR 절차상의 모든 제한사항을 지키며 조종사의 재량에 따라 강하한다.

“Descend via the Eagul Five arrival, except, cross Vnnom at or above one two thousand.”

조종사는 STAR 절차의 경로를 따라 항행하고 STAR 절차상의 모든 제한사항을 지키며 조종사의 재량에 따라 강하한다. 다만, Vnnom은 1만 2,000피트이상으로 통과한다.

- 절차에 명시되지 않은 고도를 포함한 횡적/수직 경로 허가

“Descend via the Eagul Five arrival, except after Geeno, maintain one zero thousand.”

조종사는 STAR 절차의 경로를 따라 항행하고 Geeno까지 STAR 절차상의 모든 제한사항을 지키며 조종사의 재량에 따라 강하한다. Geeno에서부터는 1만 피트를 유지하여야 하며 관제기관의 지시 없이 강하하면 아니 된다.

“Descend via the Eagul Five arrival, except cross Geeno at one one thousand then maintain seven thousand.”

조종사는 STAR 절차의 경로를 따라 항행하고 Geeno까지 STAR 절차상의 모든 제한사항을 지키며 조종사의 재량에 따라 강하하고 Geeno를 1만 1,000피트로 통과한다. Geeno에서부터는 다시 강하하여 7,000피트를 유지한다.

- Radar vector를 포함한 횡적/수직 경로 허가

“Proceed direct Leoni, descend via the Leoni One arrival.”

Leoni에 고도제한이 없다면 이전 인가고도를 유지하여 Leoni를 통과하고 이후 조종사 재량에 따라 강하한다. Leoni에 고도제한이 있다면 명시된 고도로 Leoni를 통과하고 이후 조종사 재량에 따라 강하한다. Leoni에 속도제한이 있다면 속도제한을 준수하기 위해 미리 감속하여야 한다.

“Proceed direct Denis, cross Denis at or above flight level two zero zero, then descend via the Mmell One arrival.”

Denis에 명시된 고도제한이 없고 관제기관이 지시한 FL200로 Denis를 통과하고 STAR 절차를 준수하며 강하한다.

2.2.4.3 접근단계(Approaches Phase)

1) 연속강하접근(Continuous Descent Operations)

연속강하접근은 항공기 소음, 배출가스 발생 및 연료소모가 가장 많은 수평비행구간을 최첨단 항법 장비를 활용, 착륙지점까지 가장 최적의 하강 각도로 비행하여 항공기 소음, 조종사와 관제사 간의 통신 및 연료사용 등을 감소시키는 동시에 안전, 비행 예측을 증대시키며 공역 수용량을 늘리고 원활한 교통흐름을 촉진한다. 항공기의 성능에 최적화된 수직 경로를 최소한의 엔진작동과 최저 항력 외장을 유지하여 공항 접근 중 연료소모와 배출가스 발생을 줄이는 항공운항기술이며 적절한 공역/접근절차 디자인 및 관제기관과의 협조가 필요하다.

연속강하접근을 위해 가장 이상적인 항공기의 수직 경로 각도는 항공기 유형, 실제 중량, 바람, 온

도, 대기압, 결빙 상태 및 다양한 항공 역학적 요소 등에 따라 달라지나 효율적인 연속강하접근을 위하여 연료소모율이 비교적 적은 항로단계의 비행을 최대한 늘리고 강하를 지연한다. TOD(top of descent)로부터 시작하여 최종접근지점(final approach fix)이나 계기착륙시설(instrument landing system)과 같은 착륙유도시스템으로 연결되도록 계획하여야 하고 저고도에서의 수평비행구간이나 타 항적과의 거리분리를 위한 기동을 최소화하여야 한다.

비교적 항적이 적은 공항을 위해 쉽게 표준계기절차를 디자인할 때는 접근 강하각을 2°에서 3.3° 사이에서 디자인하면 크게 무리는 없으나 대부분의 정밀 계기접근절차의 경우 활주로에서 최종접근지점까지는 3°로 디자인하고 최종접근지점에서 중간접근지점(intermediate fix) 사이는 3°보다 완만한 경사로 디자인하여 항공기별 착륙외장에 적합한 속도로 감속할 여력을 제공하며 안정된 접근을 할 수 있도록 하고 있다.

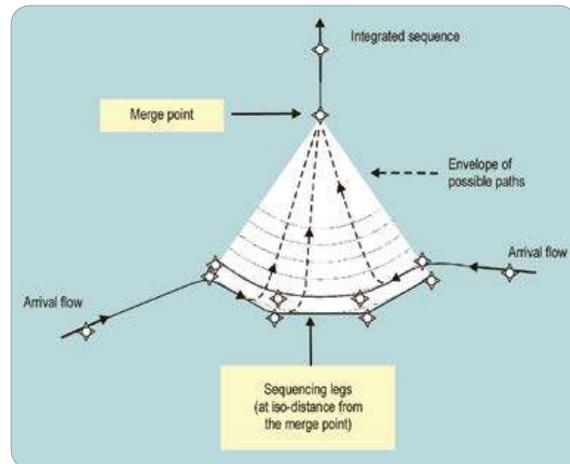
연속강하접근절차 수행을 통한 이점은 다음과 같다.

- 공역 및 접근경로 설정의 효율성 증대
- 보다 일정하고 안정적인 접근 경로
- 조종사와 관제사의 업무량 감소 효과
- 무선통신의 필요성 감소
- 연료소모를 줄여 비용절감
- CO₂ 배출을 줄인 친환경 운항기술
- 조종상태지상충돌(Controlled Flight Into Terrain, CFIT)사고 위험의 감소
- 인구 밀집지역 상공의 소음문제 경감

2) 포인트 머지 기법(Point Merge Technique)

Point merge는 항공 교통량을 보다 효율적으로 처리하기 위해 기존의 Radar vector를 통해 비행경로를 변경하는 기법대신 사용하는 새로운 관제 기법이다. STAR, 계기접근절차 또는 전환절차의 효율적인 관리를 위하여 Point Merge 절차를 사용할 수 있으며 [그림 2-14]에서처럼 절차구성상의 특징은 다음과 같다.

- 항적 통합을 위한 경로상의 합류지점(Merge point)을 사용한다.
- 미리 차트에 명시된 순차적인 경로(Sequencing legs)를 사용하여 경로를 연장하고 항적간의 횡적/수직 간격분리를 유지한다.



[그림 2-14] Point merge system

관제사가 Radar vector 기법을 사용하는 경우 조종사는 관제경로를 예측하기가 힘들고 FMS를 이용한 VNAV경로 조연도 얻을 수 없다. 그에 반해 관제사가 Point merge 기법을 사용하면 조종사는 관제경로를 예측하고 FMS를 사용한 VNAV 정보를 활

용하여 보다 정확하게 CDO 절차를 수행할 수 있다.

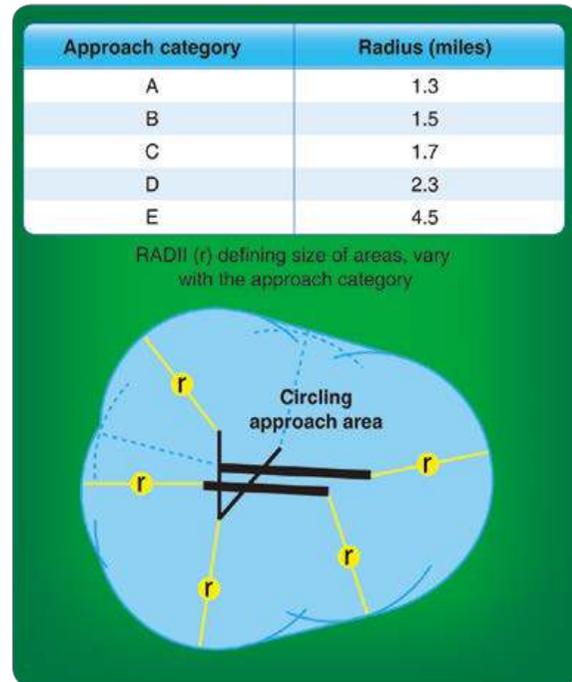
포인트 머지 기법은 기존의 레이더 유도 방식에 비해 관제사와 조종사의 업무량을 줄이고, 교통 흐름의 예측성을 증가시켜 항공기 운항의 안전성을 높이며, 연속강하운항을 가능하게 하여 연료소비 절감 효과를 거둘 수 있다고 알려져 있다. 또한, 항공기 연료 소모와 소음, 환경오염물질의 감축을 위하여 사용되는 연속강하접근 절차는 항로단계에서부터 착륙을 위해 활주로에 이르기까지 최적의 강하각도를 유지하여 비행안전 및 효율성을 극대화하는 절차로서 그 중요성이 더욱 주목받고 있다.

3) 항공기 접근범주(Aircraft Approach Category)

항공기의 Approach Category는 V_{ref} (V_{ref} 이 지정되어 있으면 V_{ref} , 없으면 최대착륙중량 시 1.3 V_{so})에 따라 항공기를 구분하는 것이다. 조종사가 접근 시 해당 Category의 속도보다 빠르게 접근을 계획한 경우 조종사는 상위 Category의 제한치를 사용하여야 한다. 예를 들어 Category B에 해당하는 항공기로 145knots를 유지하며 선회접근(Circling Approach)을 수행한다면 조종사는 Category D의 제한치를 준수하여야 한다. Category구분은 다음과 같다.

- Category A: 속도 91knots 미만
- Category B: 속도 91knots 이상, 121knots 미만
- Category C: 속도 121knots 이상, 141knots 미만
- Category D: 속도 141knots 이상, 166knots 미만
- Category E: 속도 166knots 이상

Circling Approach는 주야간 구분 없이 저고도에



[그림 2-15] Construction of circling approach area

서 비행에 영향을 미치는 다양한 기상현상 속에서 수행해야 하는 어려운 기동이며 아마도 Category C와 Category D의 운송용 항공기에는 더욱더 그러하다. 대부분의 경우 지상무선항행시설의 도움 없이 육안으로 강하 접근하여 착륙하여야 한다.

Circling 제한치는 [그림 2-15]처럼 Category에 따른 보호구역 안에서 기동하는 항공기에 대한 장애물 안전고도를 보장하기 때문에 Circling Approach 속도가 해당 Category보다 빠르면 상위 Category의 제한치를 준수하여야 한다.

4) 절차선회 제한(Limitations on Procedure Turns)

차트상에 Procedure Turn이 명시된 경우 절차를 수행하여야 하나 다음과 같은 경우에는 Procedure Turn을 제한한다.

- 접근차트의 경로상에 “NoPT”가 표시된 경우
- 최종접근경로(Final Approach Course)로 Radar vector받는 경우
- Procedure turn 대신에 Holding pattern이 명시된 경우
- Holding fix로부터 시간차접근(Timed approach)을 수행하는 경우
- 관제기관에 의해 다르게 지시받은 경우

5) 시간차접근(Timed Approaches)

Timed Approaches는 다음 조건이 만족되면 수행할 수 있다.

- Timed Approaches가 수행되는 공항의 관제탑이 운영 중일 것
- 관제탑으로 관제 이양될 때까지 조종사와 향로 관제 또는 접근관제 사이의 직접 교신이 유지되어야 한다.
- 한 개 이상의 실패접근절차(Missed Approach Procedure)가 있다면 그중 어느 것도 향로반전(Course Reversal)을 요구하지 않아야 한다.
- 한 개의 Missed Approach Procedure만 있다면 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.
- Course Reversal요 요구되지 않는다. 그리고
- 보고된 운고(Ceiling)와 시정(Visibility)이 계기접근절차에 명시된 선회접근(Circling Approach) 제한치 이상일 것

2.2.5 착륙(Landing)

착륙단계는 비행의 마지막 단계로서 일련의 비행을 마치고 항공기를 다시 지상으로 안착하는 과정이다.

항공기는 일반적으로 활주로에 착륙하며 항공기의 중량, 활주로와 공항환경, 기상상황 등을 고려하여 항공기의 착륙성능을 산정하여야 한다. 기술적으로 착륙을 위한 플레어(Flare)에서부터 항공기가 착륙하여 활주로를 개방하는 시점, 활주로에 정지, 또는 재이륙을 위해 추력을 증가시키는 시점까지를 이른다.

항공기가 활주로 끝단을 통과할 때 다음과 같은 상황이 유지되어야 한다.

- Flare할 때까지 허용범위 내에서 속도를 유지하여야 한다.
- 정상적인 기동으로 활주로에 착륙할 수 있는 안정적인 비행경로에 있어야 한다.
- 착륙지대(Touchdown zone: 첫 3,000피트 또는 활주로 길이의 1/3중 적은 것)에 정상적으로 착륙할 수 있는 위치에 있어야 한다.

계기접근절차에 명시된 시정 미만인 경우는 착륙할 수 없으며 관제기관은 착륙에 사용하는 활주로의 실시간 시정을 제공하여야 한다. 시정이 제한치 이상인 경우 조종사는 계기접근에 명시된 착륙고도제한치에서 착륙을 위해 계속 접근을 할 것인지 또는 실패접근을 수행할 것인지를 결정하여야 한다.

착륙 후에는 교범에 기술된 절차에 따라 안전한 Taxi 속도까지 감속하여 활주로를 개방한다.

2.3 착륙 후 단계(After Landing Phase)

활주로를 안전하게 개방하면 Checklist를 사용하여 적절한 점검을 실시하고 관제기관의 지시에 따라

주기장으로 Taxi한다. 안전하게 주기를 완료하면 항공기를 완전히 정지시키고 엔진을 정지함으로써 비행을 종료한다. 엔진 정지 후 교범 및 Checklist에 의거하여 각종 절차를 수행한다.

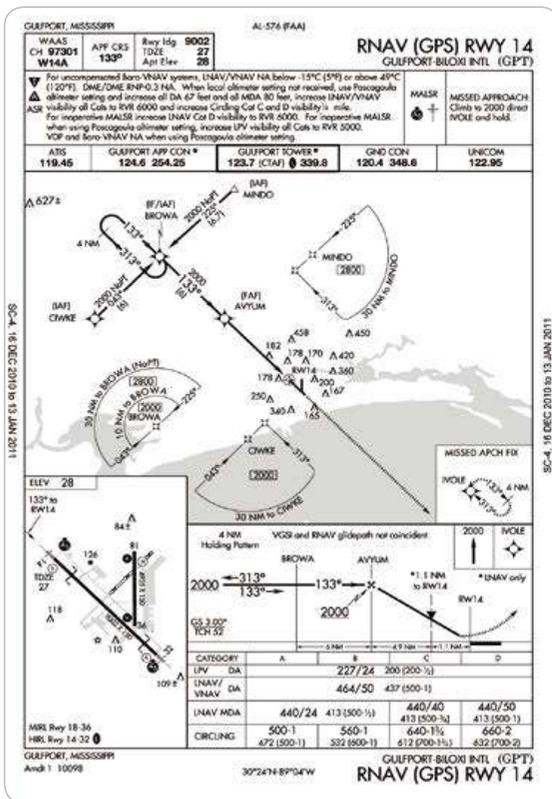
2.3.1 실제 계기비행 예제 (Conducting an IFR Flight)

이제까지 살펴본 학습을 종합하여 [그림 2-16]에서와 같이 Birmingham, Alabama에 있는 Birmingham International Airport(BHM)에서 출발하여 Gulfport, Mississippi의 Gulfport-Biloxi International Airport(GPT)에 이르기까지

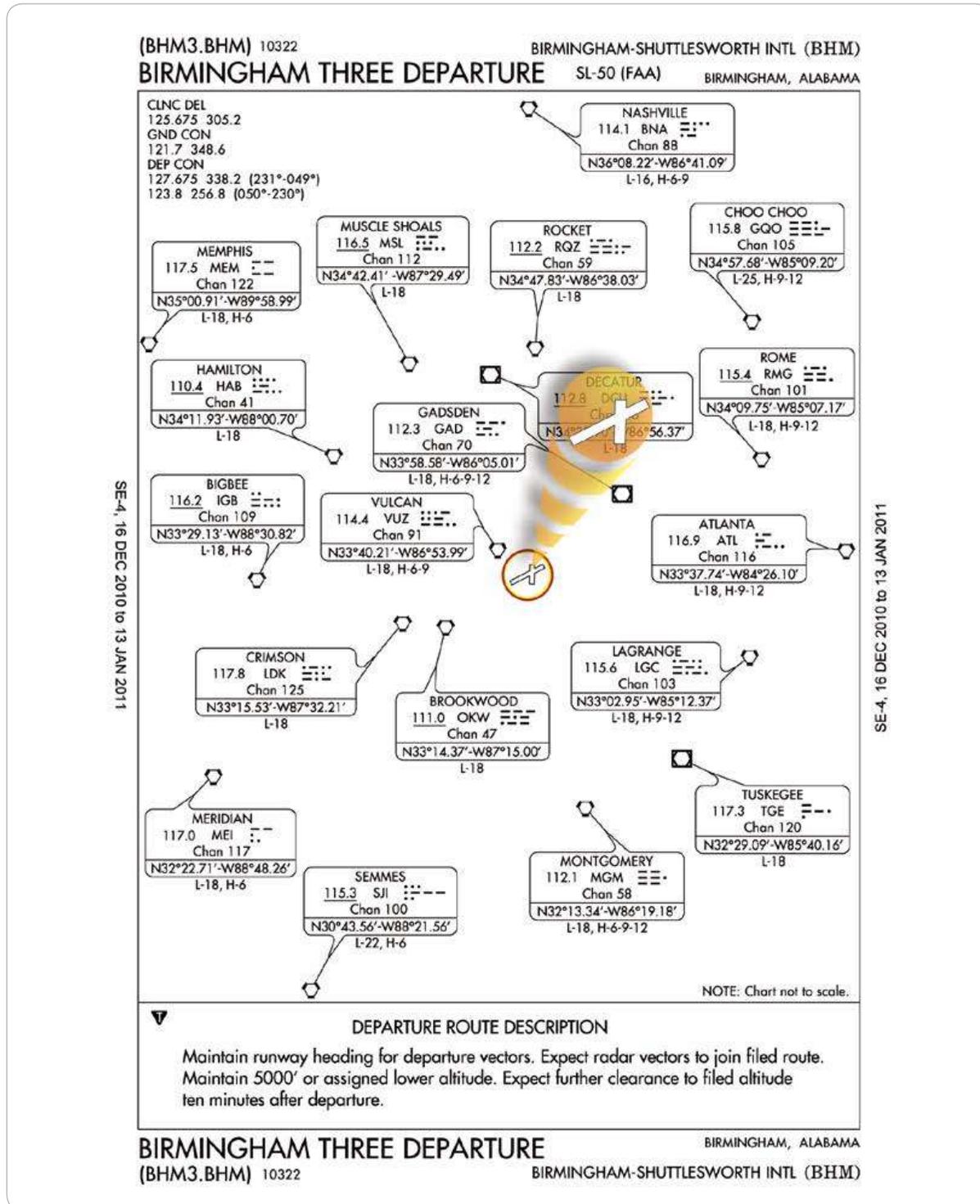
의 비행을 예로 단계별 비행절차를 기술하려 한다. 사용할 항공기는 4인승 단발 항공기인 C-182로서 호출부호는 N1230A이며 무선향행 및 통신 시설과 트랜스폰더를 장착하고 있으며 계기비행 적합검사를 마친 GPS 장비도 갖추고 있는 것으로 가정한다.

1) Preflight

비행을 성공적으로 수행하기 위해 가장 먼저 해야 하는 것은 비행준비이며 성공적인 비행은 대부분 철저한 비행 준비에 의해 판가름된다. 내일 비행을 위하여 오늘 저녁부터 기상예보에 주의를 기울이는 것부터 비행계획의 시작이며 최고의 컨디션을 유지하려 며칠 전부터 자기관리를 하며 노력한 것 또한 비



[그림 2-16] Route planning



[그림 2-17] Departure procedure(DP)

행계획의 시작이다.

뉴스에서 날씨를 보니 중서부지역에 대규모의 저기압대가 발달하였고 멕시코 만으로부터 대량의 수증기를 흡수하여 앞으로 며칠 동안은 저시정(Low Visibility), 저실링(Low Ceiling) 상태가 나아지지 않을 것으로 예보하고 있다. 비행계획을 위해 필요한 각종 Chart와 자료를 준비하며 이때 최신자료를 준비해야 함을 명심한다. 이러한 자료에는 출발공항, 도착공항, 교체공항(필요시) 및 항로에 대한 각종 자료 및 Chart가 포함되며 항공기 성능 산출을 위한 교범과 항법계획서, 비행계획서도 포함된다. 또한, 내일 비행에 앞서 조종사인 나 자신의 최근비행경험 및 자격, 신체검사 증명 및 비행 적합성, 개인별 기상 제한치를 살펴보는 것을 추천한다.

출발공항과 도착공항의 Chart를 검토하며 공항의 구조나 입출항 절차를 숙지하여야 하고 추천된 경로가 있는지도 살펴본다. 경로 설정을 위하여 En-route Chart를 검토하고 특히 구간별 장애물이나 최저고도를 유의해서 살피고 최적의 경로를 찾는다. 이 경우 [그림 2-17]에서처럼 Birmingham Three Departure를 사용하여 이륙, 상승하고 Brookwood VORTAC, V 209, Kewanee VORTAC을 거쳐 Gulfport 공항으로 가는 경로를 선정하였다. 각종 법규와 항공기 성능, 장애물 등을 고려하여 순항고도는 4,000피트로 선정하였다.

FSS에 전화(1-800-WX-BRIEF)를 걸어 예상 비행계획에 대한 브리핑을 요청한다. 출발공항과 도착공항의 기상예보는 물론 항로상의 기상과 상층풍정보도 제공할 것이며 NOTAM을 살펴볼 수 있는 좋은 기회이기도 하다. 브리핑을 통하여 출발공항과 도착공항의 기상이 출발 및 도착시간대

에 착륙최저기상에 매우 근접한 것을 확인하였고 기상뉴스에서 예보한 것과 크게 다르지 않다. NOTAM을 확인한 결과 R/W 18/36은 사용이 불가하고 R/W 32의 Localizer는 점검 중이어서 사용이 불가하다. 또한, 항로상의 임시비행제한구역도 확인하였다.

비행계획의 일환으로 미리 작성 가능한 정보를 항법계획서에 기록한다. 항법계획서에 경로상의 Fix를 거리, 고도, 주파수, 기타 필요한 정보 등을 짜임새 있게 적어 넣음으로써 비행 중 업무 부담을 줄일 수 있다.

다음날, 비행을 위하여 공항에 도착하면 제일 처음 FSS로부터 표준기상브리핑을 받는다. 출발공항 및 도착공항의 현재 기상(METAR)은 low IFR 상태이고 시정은 1/4mile이다.

SURFACE WEATHER OBSERVATIONS(공항 정기기상보고, METAR)

METAR KBHM 111155Z VRB04KT 1/4 SM FG
- RA VV004

06/05 A2994 RMK A02 SLP140

METAR KGPT 111156Z 24003KT 1/4 SM FG
OVC001 08/07

A2962 RMK A02 SLP033

외기온도(Outside Air Temperature)와 이슬점(Dew Point)이 큰 차이가 없는 것이 low visibility와 low ceiling의 원인인 듯하다. 오후가 되면서 온도가 올라가면 날씨가 좋아질 것으로 추측할 수 있지만 예보를 보고 확인해야겠다.

TERMINAL FORECASTS(공항예보, TAF)
 TAF KBHM 111156Z 111212 VRB04KT 1/4 SM
 FG VV004
 TEMPO1316 3/4 SM OVC004
 FM1600 VRB05KT 2SM BR OVC007 TEMPO
 1720 3SM
 DZ BKN009
 FM2000 22008KT 3SM -RA OVC015 TEMP
 2205 3SM
 -RA OVC025 FM0500 23013KT P6SM OVC025
 FM0800 23013KT P6SM BKN030 PROB40
 1012 2SM BR
 OVC030

TAF KGPT 111153Z 111212 24004KT 1/4 SM
 FG OVC001
 BECMG 1317 3SM BR OVC004
 FM1700 24010KT 4SM -RA OVC006 FM0400
 24010 5SM
 SCT080 TEMPO 0612 P6SM SKC

TAF뿐만 아니라 지역예보(Area Forecast, FA)를
 분석한 결과 항로상의 기상은 점진적으로 향상되는
 것으로 보인다. 공항 5mile 반경의 기상을 예보하는
 TAF보다 넓은 지역에 대해 예보하는 FA를 참고하
 면 항로상의 기상예측에 도움이 된다.

SYNOPSIS AND VFR CLOUDS/WEATHER
 FORECASTS
 SYNOPSIS... AREA OF LOW PRESSURE
 CNTD OV AL

RMNG GENLY STNRY BRNGNG MSTR AND
 WD SPRD
 IFR TO E TN, ALF...LOW PRES TROF ACRS
 CNTR PTN
 OF THE DFW FA WILL GDLY MOV EWD
 DURG PD.

NRN LA, AR, NRN MS
 SWLY WND THRUT THE PD. 16Z CIG
 OVC006. SCT
 -SHRA, OTLK... IFR SRN ½ ... CIG SCT -
 BKN015
 TOPS TO FL250 SWLY WND THRUT THE
 PD. 17Z AGL
 BKN040. OTLK...MVFR CIG VIS.

LA MS CSTL WTRS
 CIG OVC001 - OVC006. TOPS TO FL240.
 VIS ¼ - ¾ SM
 FG, SWLY WND. 16Z CIG OVC010 VIS 2 SM
 BR, OCNL
 VIS 3-5SM -RN BR OVC009. OTLK...MVFR
 CIG VIS.

FL
 CIG BKN020 TOPS TO FL180. VIS 1-3 SM
 BR, SWLY
 WND. 18Z BRK030. OTLK...MVFR CIG.

현재 항로상에 발령된 악기상 경보나 조종사가 보
 고한 특별한 기상상태는 없다. 전 구간에 걸쳐 IFR

상태이고 Turbulence에 주의하여야 하며 항로 복단은 착빙예상지역임을 알 수 있다.

WAUS44 KKCI 111150
DFWS WA 0111150

AIRMET SIERRA FOR IFR VALID UNTIL 111800

AIRMET IFR...OK TX LA AR MS AL FL
TS IMPLY SEV OR GTR TURB SEV ICE
LLWS AND
IFR CONDS.

NON MSL HGHTS DENOTED BY AGL OR CIG.

최신 NOTAM을 재검토하니 GPT 공항의 R/W 32의 Localizer와 R/W 18/36가 사용불가인 것을 확인하였다.

GPT 12/006 GPT LOC OS UFN
GPT 12/008 GPT MIRL RWY 18/36 OS UFN

개략적으로 동쪽이 날씨가 양호하고 현재 기상과 예보를 확인한 결과 Pensacola Regional Airport(PNS)를 교체공항으로 계획한다.

METAR KPNS 111150Z 21010Z 3SM BKN014
OVC025
09/03 A2973

TAF KPNS 111152Z 111212 22010KT 3 SM BR
OVC020
BECMG 1317 4 SM BR OVC025
FM1700 23010KT 4SM - RA OVC030
FM 0400 25014KT 5SM OVC050 TEMPO1612
P6SM
OVC080

기상 및 NOTAM에 대한 검토가 끝나며 [표 2-1]에서처럼 항법계획서를 작성을 완료할 시간이다. 항공기 교범을 이용하여 TAS, 단계별 추력사용, 예상 온도 및 압력을 고려한 연료소모율 등을 계산하고 W&B를 산정한다. 주어진 자료를 기반으로 이륙 및 착륙성능을 계산한다. GPT 공항의 R/W 14로 착륙을 계획한 경우에는 측풍착륙이 예상되고 10knots의 측풍을 고려하여 착륙성능을 계산하여야 한다. 상층풍과 PNS를 교체공항으로 선정한 것을 고려하여 비행시간과 연료소모를 산정하여야 한다. 연료가 가득 신고 출발할 경우 교체공항 및 예비연료를 고려하더라도 연료 재보급 없이 비행이 가능하다.

다양한 기상 Chart를 활용하여 비행 중 주의하여야 하는 위협요소를 분석하고 항법계획서가 완성되면 [표 2-2]에서와 같이 비행계획서를 작성하여 제출한다.

FSS에서 최종적으로 확인한 현재기상은 다음과 같다.

출발공항(BHM): Ceiling 700피트, 시정 3SM
도착공항(GPT): Ceiling 400피트, 시정 2SM
교체공항(PNS): Ceiling 2000피트, 시정 3SM

[표 2-1] Navigation log

| FLIGHT LOG | | | | | | | |
|------------------------|---------|-------------|-----------|----------|-------|-----------|---------|
| TIME | | DISTANCE | | FUEL | | | |
| TAKE OFF | LANDING | | TOTAL | REQUIRED | | AVAILABLE | |
| 1600 E | | | 228 | 51 Gal | | 87 Gal | |
| ROUTE (Check Point) | IDENT | MAG CRSE | LEG | ETE | ETE | ALTITUDE | REMARKS |
| | FREQ | | REMAINING | ATE | ATE | GND SPD | |
| Brookwood | OKW | 230 | 31 | +16 | 16:16 | 4000 | 3 Gal |
| | 111.0 | | 197 | | | 120 | |
| Kewanee | EWA | 225 | 80 | +40 | 16:56 | 4000 | 8 Gal |
| | 113.8 | | 117 | | | 120 | |
| Mindo | | 195 | 110 | +54 | 17:50 | 4000 | 12 Gal |
| | | | 17 | | | 125 | |
| Appr | | | 17 | +08 | 17:58 | | 2 Gal |
| | | | 0 | | | | |
| | | | | 118 | | | |
| | | | | 1+58 | | | |
| Rascagoula Regional | PNS | 085 | 91 | +35 | | 3000 | 18 Gal |
| | | | 0 | | | 158 | |
| | | | | | | | |

| ATIS | | | |
|-----------------|---|-----------------|---|
| DEPERTURE | | ARRIVAL | |
| INFORMATION | | INFORMATION | |
| CEILING | | CEILING | |
| VISIBILITY | | VISIBILITY | |
| TEMP / DEWPOINT | / | TEMP / DEWPOINT | / |
| WINDS | | WINDS | |
| ALTIMETER | | ALTIMETER | |
| RWY IN USE | | RWY IN USE | |
| REMARKS | | REMARKS | |

[표 2-2] Flight plan form

| U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION | | (FAA USE ONLY) <input type="checkbox"/> PILOT BRIEFING <input type="checkbox"/> VNR | | | TIME STARTED | | SPECIALIST INITIALS |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------------|---|--|--|------------------------------|
| FLIGHT PLAN | | | | <input type="checkbox"/> STOPOVER | | | |
| 1. TYPE VFR <input checked="" type="checkbox"/> IFR D/VFR | 2. AIRCRAFT IDENTIFICATION n/230a | 3. AIRCRAFT TYPE/SPECIAL EQUIPMENT C182/g | 4. TRUE AIRSPEED 140 KTS | 5. DEPARTURE POINT BHM | 6. DEPARTURE TIME PROPOSED (Z) 1600 ACTUAL (Z) | | 7. CRUISING ALTITUDE 4000 |
| 8. ROUTE OF FLIGHT OKW V 209 EWA MINDO | | | | | | | |
| 9. DESTINATION (Name of airport and city) Gulfport, Biloxi | | 10. EST. TIME ENROUTE HOURS 1 MINUTES 58 | | 11. REMARKS | | | |
| 12. FUEL ON BOARD HOURS 04 MINUTES 20 | | 13. ALTERNATE AIRPORT(S) PMS | | 14. PILOT'S NAME, ADDRESS & TELEPHONE NUMBER & AIRCRAFT HOME BASE James Jones, 841 Oak St. Gardendale, Ala. 205-555-6028 | | | 15. NUMBER ABOARD 2 |
| 16. COLOR OF AIRCRAFT blue/white | | 17. DESTINATION CONTACT/TELEPHONE (OPTIONAL) | | | | | |
| <small>CIVIL AIRCRAFT PILOTS: FAR Part 91 requires you file an IFR flight plan to operate under instrument flight rules in controlled airspace. Failure to file could result in a civil penalty not to exceed \$1,000 for each violation (Section 901 of the Federal Aviation Act of 1958, as amended). Filing of a VFR flight plan is recommended as a good operating practice. See also Part 99 for requirements concerning DVFR flight plans.</small> | | | | | | | |

FAA Form 7233-1 (8-82) CLOSE VFR FLIGHT PLAN WITH _____ FSS ON ARRIVAL

현재 항로상에 착빙구역은 없으며 온도가 높아지는 단계여서 크게 걱정할 필요는 없으나 지상점검 시 피토타(Pitot heat)시스템을 세밀히 점검하여야 하며 비행 중 착빙구역 진입에 대비하여 BMH로 귀항하거나 다른 공항으로 회항하는 것을 포함한 대책을 강구하여야 하며 도착공항을 향해 계속 비행할지 여부를 지속적으로 결심하여야 한다.

항공기에 도착하면 철저한 비행 전 점검을 실시한다. 탑재용 항공일지를 살펴보고 IFR을 위한 항공기의 감항성을 검토한다. IFR 수행에 필요한 장비 목록을 확인하고, 각종 장비 테스트 및 점검이 이루어졌는지 확인한다. Pitot heat 시스템을 On시키고 정상 작동하는지 여부를 확인한 후 Off시킨다. Checklist

에 의한 정상적인 지상점검을 실시하며 특히 IFR 기상상태에서 비행할 것이 예상되므로 IFR 비행과 관련된 장비 점검에 유의한다. 지상점검이 완료되면 Chart, 항법계획서 등 다양한 서류와 필요한 도구(연필, 항법계산반 등)를 잘 정리하여 비행 중 언제든지 필요할 때 사용할 수 있도록 관리하여야 한다. GPS에 항로를 입력하여야 한다면 미리 입력하여야 한다.

2) Departure

엔진시동을 걸고 기본 점검이 끝나면 ATIS를 청취하고 항법계획서에 정보를 기록한다. 출발공항의 기상은 여전히 Ceiling 700피트에 시정 3SM이다. Clearance Delivery(허가관제)에서 다음과 같이 허

가를 받는다.

“Clearance Delivery, Cessna 1230A IFR to Gulfport–Biloxi with information Kilo, ready to copy.”

“Cessna 1230A is cleared to Gulfport–Biloxi via the Birmingham Three Departure, Brookwood, Victor 209 Kewanee then direct Mindo, Gulfport. Climb and maintain 5,000. Squawk 0321.”

조종사는 허가받은 사항에 대하여 복창(Readback) 하고 허가사항을 검토한다. 허가사항에 출항관제 (Departure Control) 주파수는 주어지지 않았지만 허가받은 Birmingham Three Departure를 참고하면 출항경로가 형성되어 있는 남쪽지역 관제를 위해 123.8이 할당되어 있음을 알 수 있다. 뒷면을 확인하니 다음과 같은 출항 제한사항을 확인할 수 있으며 R/W 24를 사용하여 이륙할 것이 예상됨으로 이륙 후 선회하기 전 최소한 2,300피트까지 직진 상승을 예상할 수 있다.

DEPARTURE ROUTE DESCRIPTION

TAKEOFF RWY 6: Climb heading 058° to 1500, thence....

TAKEOFF RWY 18: Climb heading 183° to 2300, thence....

TAKEOFF RWY 24: Climb heading 238° to 2300, thence....

TAKEOFF RWY 36: Climb heading 003° to 1400, thence....

....Expect vectors to filed route. Maintain 5000 or assigned lower altitude. Expect clearance to filed altitude ten minutes after departure.

이륙 후에 사용할 관제 주파수 및 무선행행시설의 주파수를 미리 맞추어 준비하고 지상관제와 교신한다. 다음과 같은 Taxi 허가를 받았으며 Readback하고 공항도면을 참조하여 지상이동경로를 검토한다.

“Cessna 1230A taxi to runway 24 via taxiway Mike.”

허가받은 경로로 Taxi하면서 항법계기를 포함하여 필요한 점검절차를 수행한다.

R/W24에 진입대기 상태에서 이륙 전 점검을 완료하면 관제탑에 이륙준비가 완료되었음을 통보하고 이륙허가를 득한다.

“Cessna 30A cleared for takeoff runway 24. Caution wake turbulence from 737 departing to the northwest.”

활주로 주변의 항적을 확인하며 이륙을 위해 활주로에 정대하면 Magnetic compass의 방위에 Heading Indicator의 방위를 맞추고 활주로 방향과 일치하는지도 확인한다. 트랜스폰더를 작동시키고, Pitot heat를 포함한 필요한 항공기 장비 및 외부등을 작동시킨다. 항법계획서에 이륙시간을 적고 이륙준비가 완료되면 최종적으로 측풍의 방향을 확인하

고 이륙을 실시한다. 바로 전에 이륙한 B-737의 후류를 피하기 위하여 이륙시점을 고려하고 가능하면 B-737의 이륙지점 이전에 이륙이 이루어지도록 계획한다.

3) Enroute

이륙 후 Birmingham Three Departure에 명시된 데로 최소한 2,300피트까지 직진 상승하였고 지시받은 4,000피트까지 계속해서 상승하는 중에 다음과 같은 지시를 받았다.

“Cessna 30A contact Departure.”

Birmingham Three Departure에 명시된 주파수로 다음과 같이 교신을 시도하며 출항관제를 처음 교신할 때는 항공기 실제고도와 트랜스폰더를 통하여 레이더에 표시되는 고도를 확인할 수 있도록 현재 고도를 통보하여야 한다.

“Birmingham Departure Cessna 1230A climbing through 2,700 heading 240.”

관제사는 다음과 같이 응답한다.

“Cessna 30A proceed direct to Brookwood and resume own navigation. Contact Atlanta Center on 134.05.”

계기비행 인가된 GPS나 VOR 계기를 사용하여 Brookwood VOR로 항행하며 Atlanta Center와 교신한다. Kewanee VORTAC으로 향하는 중에

Atlanta Center에서 Memphis Center로 관제 이양되었으며 다음과 같은 지시를 받았다.

“Cessna 1230A, Meridian altimeter is 29.87. Traffic at your 2o'clock and 6miles is a King Air at 5,000 climbing to 12,000.”

계기비행 중이더라도 공중충돌 방지책임은 여전히 조종사에게 있으며 IMC 상태에서 비행하는 관계로 항적을 찾지 못하였음을 다음과 같이 보고한다.

“Roger, altimeter setting 29.87. Cessna 1230A is in IMC negative contact with traffic.”

항로비행 중 중간 점검지점에서 항법계획서를 작성하고 비행 진행상황을 모니터한다. 도착공항의 최신기상을 확인하고 PIREP를 통보하기 위하여 FSS와 교신한다. 이 경우 수신만 가능한 Greenwood FSS(122.1)를 사용 가능하다. Memphis Center에 의도를 통보하고 주파수 변경허가를 득한 후 122.1을 통하여 Greenwood FSS에 송신하고 113.8(Kewanee VORTAC)을 통하여 수신한다.

“Greenwood Radio Cessna 1230A receiving on frequency 113.8, over.”

“Cessna 30A, this is Greenwood, go ahead.”

“Greenwood Radio, Cessna 30A is currently 30miles south of the Kewanee VORTAC at 4,000feet enroute to Gulfport. Requesting an update of en-route conditions and current weather at GPT, as well as PNS.”

“Cessna 30A, Greenwood Radio, current weather at Gulfport is 400 overcast with 3miles visibility in light rain. The winds are from 140 at 7 and the altimeter is 29.86. Weather across your route is generally IFR in light rain with ceilings ranging from 300 to 1,000 overcast with visibilities between 1 and 3miles. Pensacola weather is much better with ceilings now at 2,500 and visibility 6miles. Checking current NOTAMs at GPT shows the localizer out of service and runway 18/36 closed.”

“Roger, Cessna 30A copies the weather. I have a PIREP when you are ready to copy.”

“Cessna 30A go ahead with your PIREP.”

“Cessna 30A is a Cessna 182 located on the Kewanee 195° radial at 30miles level at 4,000feet. I am currently in IMC conditions with a smooth ride. Outside air temperature is plus 1° Celsius. Negative icing.”

“Cessna 30A thank you for the PIREP.”

최신기상 획득 및 PIREP 제공이 완료되면 다시 Memphis Center와 교신한다.

“Memphis Center, Cessna 1230A is back on your frequency.”

“Cessna 1230A, Memphis Center, roger, contact Houston Center now on frequency 126.8.”

“Roger, contact Houston Center frequency 126.8, Cessna 1230A.”

“Houston Center, Cessna 1230A level at

4,000feet.”

“Cessna 30A, Houston Center area altimeter 29.88.”

4) Arrival

GPT 공항 북쪽 40마일 부근에서 NO 2 Radio로 ATIS를 청취하니 도착공항의 기상은 변함없고 ILS R/W 14가 주로 사용되고 있다. Houston Center에서 Gulfport Approach로 관제 이양되었고 다음과 같은 지시를 받았다.

“Gulfport Approach, Cessna 1230A level 4,000feet with information TANGO. Request GPS Runway 14 approach.”

“Cessna 30A, Gulfport Approach, descend and maintain 3,000feet.”

“Descend to 3,000, Cessna 30A.”

3,000피트로 강하하면서 GPS Runway 14를 위한 Chart를 준비하고 착륙준비를 한다. GPS 입력을 포함하여 각종 주파수와 Course를 맞춘다. #1 VOR에 GPT VORTAC(109.0)을 맞추고 OBS를 최종접근경로(133°)에 맞추어 접근 중 GPS가 정상 작동하지 않을 경우에 재래식 항법계기(VOR)를 사용하여 위치를 파악할 수 있고 더 나아가 VOR R/W 14 Approach에 대비할 수 있다. GPS는 항로 모드(En-route mode)에서 터미널모드(Terminal mode)로 자동으로 변환하여 정밀도를 높인다.

“Cessna 30A your position is 7miles from MINDO, maintain 3,000feet until MINDO,

cleared for the GPS runway 14 approach.”

위와 같이 GPS approach에 대한 허가를 받았다. 최초접근지점(IAF)인 MINDO까지 3,000피트를 유지하고 Chart에 따라 MINDO에서부터 2,000피트로 강하하기 시작한다. BROWA에서 최종접근경로(133°)로 선회하고 최종접근지점(FAF)인 AVYUM으로 향한다. GPS는 FAF 도착 바로 전에 접근모드(Approach mode)로 다시 바뀌며 더욱 정밀해진다.

“Cessna 30A contact Tower on 123.7.”

“123.7, Cessna 30A.”

“Tower, Cessna 1230A outside AVYUM on the GPS runway 14.”

“Cessna 30A Gulfport Tower, the ceiling is now 600 overcast and the visibility is 4miles.”

“Cleared to land runway 14, Cessna 30A.”

GPT 관제탑으로 관제 이양되었으며 R/W 14에 착륙허가를 받았다. 계속해서 접근하며 착륙외장(Landing configuration)을 만들고 착륙 전 점검을 완료한다. AVYUM을 지나면서 최종적으로 강하를 시작하고 육안으로 R/W를 확인하자마자 시계비행으로 전환하여 착륙한다. 착륙 후 관제탑으로부터 다음과 같은 지시를 받고 활주로를 벗어나 주기장으로 향한다. 관제탑은 자동으로 계기 비행계획을 취소한다.

“Cessna 30A turn left at taxiway Bravo and contact ground on 120.4.”

“Roger, Cessna 30A.”

2.4 비정상 절차(Abnormal Procedures)

2.4.1 개요(Introduction)

항공기운항에 영향을 미치는 요소는 조종사와 승무원, 항공기, 공항 및 관제환경, 각종 규정절차, 기상환경 등 여러 가지 가변적인 요인에 의하여 영향을 받을 수 있다. 조종사는 지속적인 교육과 훈련을 통하여 지식과 기술을 겸비하고 승무원자원관리(Crew Resource Management)를 활용하여 이러한 가변적인 비행안전 요소들을 미리 관리하여야 한다. 조종사는 실제 비행에서 언제든지 마주칠 수 있는 작은 위협요소나 실수를 적극적으로 관리하여야 하며 상황이 악화되어 비정상상황이나 비상상황으로 발전하는 것을 막을 수 있는 최후의 보루이다. 기장은 항공기 운영의 최종적인 권한을 가지고 있으며 비행안전에 직접적인 책임이 있다. 또한, 비상상황을 대처함에 있어 비행안전을 위하여 불가피하다면 어느 정도 법에 명시된 규정과 절차를 벗어나는 것이 허용된다.

비상상황(Emergency)이란 조난(Distress)이나 긴급(Urgency)한 상황을 말하며 조난은 심각하거나 또는 급박한 위험에 처해있고 즉각적인 도움이 필요한 상태를, 긴급은 항공기, 기타 차량, 또는 사람의 안전에 관해 긴급한 상황이나 즉각적인 도움은 필요치 않은 상태를 말한다. 화재, 장비고장, 기체결함 등의 위급한 상황에 처한 조종사는 주저하지 말고 비상상황을 선포하여야 하며 불필요한 반복교신을 피하기 위해 의도를 명확히 밝히고 침착하게 교신을 시도해야 한다. 간혹 조종사가 판단 시 긴급해 보이지 않아 잠재적으로는 치명적인 상황임에도 불

구하고 긴급함에 대한 보고를 주저하는 경우가 있다. 항공기의 위치, 연료 잔량, 기상상태, 기타 상황 등에 관하여 조종사가 정확히 판단하기 어려워 비행 안전에 악영향을 미칠 수 있는 경우는 항공기가 최소한 긴급한 상황에 처한 것이며 상황이 더 악화되기 전에 도움을 요청하여야 한다. 어떤 이유에서든 조종사가 비행안전에 대해 우려가 있는 상황이라면 즉시 도움을 요청하여야 하며 통신, 레이더, 지상 장비, 다른 항공기와 같은 다양한 형태의 방법을 통하여 언제든지 도움을 받을 수 있다. 이러한 요청을 주저한다면 항공사고로 이어질 수도 있고 생명이 위협이 될 수도 있다.

비상상황이나 비정상상황이 발생하지 않도록 미리 예방하는 것이 중요하나 비행 중 이러한 상황이 발생한 경우 조종사의 대처 방법 또한 중요하다. 일반적으로 각각의 발생 가능한 비상상황이나 비정상 상황에 대하여 항공기 기종별 교범을 따르며 일반적인 대처요령은 다음과 같다.

2.4.1.1 Aviate

항공기에 무슨 일이 발생하였는지 조종사는 우선 항공기를 조종해야 함을 명심해야 한다. 항공기에 화재가 발생할 수도 있고 엔진고장으로 더 이상 비행이 불가능할 수도 있다. 항공기의 안전한 비행 자세 및 속도를 유지하면서 어떤 상황인지 파악하여야 하며 긴급한 비상착륙이 필요한지 여부도 판단하여야 한다. 수동비행 상태라면 비상상황에서 당황하거나 상황판단에 몰두하여 항공기의 자세 및 속도를 유지하는 등 기본적인 항공기의 조종을 소홀히 하는 경우가 있다. 하지만 어느 단계에서든 항공기 조종이 우선임을 명심하여야 한다. 자동비행 상태라면

빨리 사용 가능한 적절한 모드를 사용하여 항공기를 조종하여야 하며 경우에 따라서는 수동조종으로 변경하여야 한다. 그러나 일반적으로 자동비행이 가능하면 자동비행 상태를 유지하는 것을 추천한다. 다른 승무원과 협조가 가능한 상황이라면 많은 부분에서 도움을 받을 수 있으나 업무분담을 명확히 하여야 그 어떤 상황에서도 최소한 한사람은 조종을 하고 있어야 한다.

긴급한 비상착륙이 필요치 않은 경우에는 Navigate 단계 수행 전에 시간의 여유를 가지고 다른 승무원을 포함한 가용한 모든 자원을 동원하여 적절한 상황판단을 하여야 하며 필요하면 관제기관이나 항공사 통제센터의 도움을 받는 것도 고려한다. 평소의 교육과 훈련을 통하여 비상상황 대처능력을 향상시킬 수 있으며 항공기 비상점검표에 따라 적절한 절차를 수행한다.

2.4.1.2 Navigate

항공기를 상황을 판단한 결과 비상착륙이 요구된다면 항공기의 고도, 속도, 활공비와 같은 성능과 주변 환경을 고려하여 적절한 착륙지점을 선정하여야 한다. 공항이나 비행장에 착륙이 가능할 수도 있으나 그렇지 않은 경우도 많다. 또한, 적절한 착륙지점을 선정하기 위하여 아까운 시간을 낭비하는 경우도 있다. 따라서 비상상황에 접하기 전에 항상 비상상황에 대비하여 착륙가능지점을 선정하고 기상 등을 확인하는 절차를 수행하는 것이 매우 중요하다.

2.4.1.3 Communicate

항공기를 비상착륙 시키기 위하여 경로를 선정하고 나면 관제주파수나 비상주파수를 통하여 비상상

항임을 알리고 트랜스폰더나 ELT와 같은 가용한 장비를 사용하여 가능한 신속하게 수색 및 구조작업이 진행되도록 하여야 한다.

2.4.1.4 'Don't forget to fly'

조종사라면 누구나 Aviate-Navigate-Communicate에 대하여 알고 있으나 실제 사고사례를 보면 Navigate-Communicate를 하는 동안에 Aviate를 잊는 조종사들이 있다. 따라서 최근에는 Aviate-Navigate-Communicate를 가르치는 대신에 항상 항공기를 조종해야 함을 강조하기 위해 Aviate-Aviate-Aviate를 가르치는 경우도 있다.

항공기가 비상상황에 처하여 불가피하게 비상착륙하는 경우는 다음과 같이 구분 가능하다.

- 불시착: 항공기가 엔진고장과 같이 계속 비행이 곤란한 상태에서 비행장이나 또는 적당한 곳에 불가피하게 착륙하는 것
- 비상선포착륙: 비행은 가능하나 계속해서 비행하는 것이 추천되지 않는 상태에서 비행안전을 위하여 비행장이나 또는 적당한 곳에 착륙을 계획하고 착륙하는 것
- 비상착수: 지면이 아닌 수상의 적당한 곳에서 행하여지는 불시착이나 비상선포착륙

이 장에서는 조난 및 긴급 시 절차와 비상절차에 대하여 기술할 예정이며 특성상 모든 비정상상황이나 비상상황에 대한 절차를 전부 설정할 수는 없다. 따라서 대표적인 비상상황에 대한 절차를 위주로 기술하였으며 기타 상황에 대하여는 현명한 조종사의 합리적인 판단에 맡긴다.

2.4.2 조난 및 긴급 시 절차

(Distress and Urgency Procedures)

2.4.2.1 트랜스폰더 운용(Transponder Operations)

조난이나 긴급한 상황에 조우하였을 때, 트랜스폰더를 장착한 항공기의 조종사는 트랜스폰더 Mode 3/A에 Code 7700과 Mode C를 맞추으로써 지상의 레이더 관제소에 경보를 제공할 수 있고 즉시 교신을 통하여 관제사에게 상황을 전파할 수 있다. 통상 Code 7700은 레이더 포착범위 내에서 지상의 경보장치를 자동으로 작동시키고 레이더 화면상에 특별한 표시를 제공한다. 그러나 레이더 포착범위 밖에서는 Code 7700이 작동되지 않을 수도 있고 장비의 트랜스폰더 장비의 고장으로 관제기관에 비상상황이 전달되지 않을 수도 있다. 따라서 조종사는 Code 7700의 작동상태를 유지한 채 가능한 빨리 관제기관과 교신을 시도하여야 한다. 상황을 인지한 관제기관은 즉시 절차에 따라 비상조치를 취할 것이며 다른 모든 항적에 우선하여 비상항공기에 우선권을 부여할 것이다.

2.4.2.2 비상위치송신기(Emergency Locator

Transmitter, ELT) 운용

ELT는 추락한 항공기의 위치를 찾기 위해 개발된 장비로서, 미국의 경우 대부분의 항공기(FAR 91.207의 예외 적용)에 우리나라의 경우는 모든 항공기(항공법 시행규칙 122조)에 ELT를 장착하도록 되어 있다. ELT는 내장된 건전지로 작동 가능하며 기존의 121.5MHz, 243.0MHz와 최근에 새로 배정된 406MHz의 세 가지 주파수를 사용 가능하다. 121.5MHz와 243.0MHz에서 작동

되는 ELT는 아날로그형태로 작동하는 장비이며 406MHz를 사용하는 신형 장비는 항공기 소유주의 정보와 항공기 자료를 암호화하여 송출할 수 있는 디지털 형태의 장비이다. 최신의 406MHz ELT는 더욱 신속히 추락한 항공기의 위치를 파악하여 수색 및 구조에 도움을 주려고 항공기의 위치자료 또한 송출할 수 있도록 설계되었으며 기존의 121.5MHz ELT보다 강한 신호를 송출한다. 미국의 경우 406MHz ELT를 탐지할 수 있는 위성을 보유하고 있으며 보다 효율적인 관리를 위하여 406MHz ELT의 등록을 의무화하고 있다. 정상적으로 등록된 406MHz ELT를 장착한 항공기가 추락하면 the Cospas-Sarsat satellite system을 통하여 소유주의 정보를 해독하여 수색 및 구조기관에 정보를 제공한다.

ELT가 작동(Armed) 중인 상태에서 강한 충격을 받으면 자동으로 구조신호를 아날로그나 디지털 방식으로 송출하도록 되어 있고 폭넓은 온도범위에서 최소한 48시간 동안 지속적으로 작동하도록 설계되었다. 조종사나 승객은 장비가 자동으로 작동하지 않을 경우에 대비하여 장비를 수동으로 작동시키는 방법을 숙지하여야 하고 ELT의 정상 작동 여부를 판단할 수 있어야 한다.

ELT는 수색 및 구조작업이 신속하게 이루어져 귀중한 생명은 구조할 수 있도록 개발된 매우 중요한 장치이나 ELT의 고장이나 오작동에 의하여 불필요한 수색 및 구조작업이 많이 이루어졌다. ELT 장비의 오작동은 불필요한 수색 및 구조작업을 야기할 뿐 아니라 다른 항공기의 정상적인 사고신호를 방해할 수도 있어서 공중이나 지상에서 ELT 장비를 다룰 경우에는 매우 신중하여야 한다. 장비의 오작동

은 주로 특수기동이나 경착륙(Hard landing) 또는 지상에서 정비요원이 ELT 장비가 장착되어 있는 주변에서 다른 작업을 하거나 ELT를 이동할 때 취급 잘못으로 발생한다.

조종사는 비행 중 121.5MHz 또는 243.0MHz주파수에서 ELT 신호를 청취하였다면 해당 관제기관에 다음 사항을 보고하여 수색 및 구조작업을 도와야 한다. 가능하면 위치는 항행시설과 관련시켜 보고하도록 한다.

- 최초로 신호를 수신했을 때의 위치
- 최종적으로 신호를 수신했을 때의 위치
- 최대강도의 신호를 수신한 위치
- 비행고도 및 비상 신호를 수신한 주파수

2.4.2.3 조난 및 긴급 무선통신(Distress and Urgency Communications)

조난이나 긴급한 상황에 처한 조종사는 단순히 항공교통관제기관이나 해당 공역을 담당하는 기관과 연락을 취함으로써 도움을 받을 수 있다. 조종사가 처한 상황, 조종사의 의도 또는 원하는 바를 알림으로써 도움을 요청할 수 있다. 위와 같이 격식 없이 의도를 전달하여도 도움을 받을 수 있으나 보다 효율적으로 의도를 전달하기 위하여 국제민간항공기구에서 만든 다음의 조난 및 긴급 무선통신절차를 사용하는 것을 추천한다. 다음 절차는 조종사와 관제사 간의 공지통신을 가정하여 기술하였다.

1) 조난 및 긴급 무선통신절차

(Distress and Urgency Communications)

조난이나 긴급호출은 일반적으로 현재 사용 중인

주파수를 사용하여 이루어지며 보다 나은 서비스를 제공하기 위해 필요하다고 판단되는 경우에 다른 주파수로 변경하여 사용할 수 있다. 121.5MHz와 243.0MHz는 국제적으로 비상주파수로 지정되어 사용되며 거의 모든 지상관제소와 항공기에서 항상 모니터한다.

조난(Distress)인 경우는 'MAYDAY'를, 긴급(Urgency)인 경우는 'PAN-PAN'을 세 번 반복하여 교신을 시작하고 원하는 내용을 추가한다. 조난호출은 다른 모든 교신보다 우선권을 가지며 긴급호출은 조난호출을 제외한 다른 모든 교신에 우선권을 가진다. 'MAYDAY'나 'PAN-PAN'을 청취한 다른 사용자는 주파수 사용을 자제하고 경청하여 비상항공기가 적시에 도움을 받을 수 있도록 하여야 한다.

최초 조난이나 긴급 상태의 호출은 현재 사용하고 있는 주파수로 하고 필요하면 비상주파수인 121.5MHz 또는 243.0MHz(대양에서 운항 시는 2182KHz)로도 송신할 수 있다. 조난이나 긴급호출을 수신한 기관은 즉시 응답할 것이며 필요한 기관과 협조하여 적절한 도움을 제공하고 필요시 수색 및 구조기관에 통보한다. 다른 항공기의 정상운항을 위하여 가능하면 다른 주파수를 지정하여 사용할 수 있다.

2) 비상 시 협조를 얻는 방법

(Obtaining Emergency Assistance)

조난 및 긴급 상태에 처한 조종사는 도움을 받기 위하여 즉시 다음과 같은 조치를 취한다. 도움을 요청하기 위해 순서를 반드시 따를 필요는 없다.

- 교신 범위를 향상시키고 레이더나 위치추적 장

비의 포착범위를 높이기 위하여 가능하면 고도를 상승한다. 그러나 불가피한 경우를 제외하고는 관제구역에서 계기비행 중에 관제기관의 허가 없이 상승하여서는 아니 된다.

- 관제기관과 교신 중이었다면 관제기관이 지시한 트랜스폰더 Code를 사용할 수 있으며 즉시 교신이 이루어지지 않아 비상상태임을 통보할 방법이 없다면 Code 7700을 사용한다.

- 조난 및 긴급호출 시 다음 정보를 필요에 따라 제공한다.

- √ MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY(Distress) or PAN-PAN, PAN-PAN, PAN-PAN(Urgency)
- √ 호출할 기관
- √ 항공기 호출부호
- √ 조난 또는 긴급한 상황
- √ 기상
- √ 조종사 의도 또는 요구사항
- √ 현 위치, Heading(위치를 모른다면 최종적으로 확인된 지점과 통과시간과 그로부터 유지한 Heading)
- √ 고도
- √ 분으로 환산한 연료 잔량(제공 가능시간)
- √ 탑승 인원수
- √ 기타 유용한 정보

교신이 이루어진 후에는 관제기관의 조언이나 지시를 적극적으로 따르고 협조한다. 지시에 의문이 있거나 따를 수 없을 경우에는 주저하지 말고 관제기관에 통보한다.

낙하산 탈출, 육상불시착 또는 비상착수가 임박하였다면 다음과 같은 추가적인 조치를 취하여 수색

및 구조기관의 구조작업을 원활하게 한다.

- 시간과 상황이 허락하면 조난 및 긴급 상태 송신 내용에 추가하여 다음 사항을 송신한다.
 - √ ELT 상태
 - √ 저명한 지형지물
 - √ 항공기의 색상
 - √ 탑승 인원수
 - √ 탑재 비상장비
- 장착상태가 허용한다면 ELT를 작동시킨다.
- 추락 후 화재의 염려가 없다면 송수신기를 계속 송신하도록 설정한다.
- 비상착수인 경우 해상의 선박근처에 착수하도록 노력한다.
- 추락한 곳이 항공기나 지상수색으로 찾기 어렵다고 판단되는 곳이 아니면 추락 후 가능한 항공기에 있는 것이 추천되며 수색항공기에 신호할 방법을 강구하는 것이 좋다.

2.4.2.4 긴급 메시지 중계(Message Relay)

다른 항공기의 조난이나 긴급 상태를 알게 된 조종사는 조난이나 긴급항공기의 송신을 경청하고 있다가 다음 경우에는 관제기관에 전달해 준다.

- 조난상태에 있는 항공기가 스스로 조난신호를 송신하지 못할 경우
- 조난항공기가 보낸 조난메시지를 지상 기관에서 청취하지 못하고 있다고 간주될 경우
- 추가로 조언해줄 사항이 있다고 판단되는 경우

조난메시지를 전달할 때에는 다음 순서로 호출한다.

- MAYDAY RELAY - 3회
- 긴급메시지를 전달하는 항공기의 호출부호-3회
 - 주1) 조난항공기가 사용하는 주파수나 조난 시 사용하도록 지정된 주파수를 사용하여 전달한다.
 - 주2) 조난 메시지를 청취한 항공기는 조난을 당한 항공기와의 거리가 너무 멀다고 판단되면 조난메시지를 접수했다는 응답송신을 하는 동안 잠시 시간을 두고 기다리면서 조난항공기에 가까이 있는 또 다른 항공기가 다른 항공기의 간섭 없이 응답을 보낼 수 있도록 하여야 한다.
- 조난항공기가 다른 항공기의 통신에 의해 방해를 받고 있다면, 조난항공기 주변에 있는 다른 항공기는 필요하다고 판단되면, 방해하고 있는 항공기에 침묵을 유지하라고 지시할 수 있다. 이와 같은 경우에는 자신의 항공기 호출부호 다음에 긴급신호 대신에 'DISTRESS'라는 용어를 사용한다.
- 조난당한 항공기를 알게 된 다른 항공기는 비록 구조 활동에 참여하는 것은 아니지만 조난항공기를 감시하면서 추적하고 있다가 필요시 도움을 주어야 한다.
- 조난당한 항공기의 진행을 감시하고 있는 항공기는 조난항공기가 사용하고 있는 동안에는 그 주파수로 송신을 해서는 안 된다.
- 조난 항공기를 따라서 추적한 항공기는 조난항공기가 비상처치를 잘하고 있으면 통상적인 조업업무만 수행한다. 어떤 경우에도 조난항공기를 방해해서는 안 된다.

조난 메시지를 보낸 항공기의 조난상황이 종료된 경우에 조난항공기는 신속히 조난메시지의 취소를

통보한다.

예: “All stations, (call sign) CANCEL DISTRESS (time) (reason)”

더 이상 침묵을 유지할 필요가 없거나, 조난상황이 종료된 경우에 조난항공기를 관제했던 지상 관제소는 다음과 같이 조난상황이 종료되었음을 알려주는 메시지를 관여되었던 모든 기관에 보내준다.

2.4.3 비상절차(Emergency Procedures)

2.4.3.1 통신장비 고장

(Communication System Malfunction)

조종사가 비행 중 통신장비의 고장으로 교신에 문제가 발생하는 경우가 발생 가능하며 이는 송신기, 수신기, 또는 송수신기 전부 고장 나는 경우일 것이다. 송신기만 고장 난 경우에는 수신기를 통하여 다른 교신내용을 다 들을 수 있으나 내가 송신할 때는 고유의 잡음을 들을 수 없으며 송신에 대한 응답 또한 없는 경우이다. 여러 번의 시도에도 불구하고 상대방의 응답은 없고 다른 교신내용만 수신된다면 송신기 고장으로 볼 수 있다. 트랜스폰더를 사용하여 비상상황을 알리면 관제기관에서 수신기 고장 여부를 판단하려 식별(Identify)기능을 사용하라고 지시하는 경우도 있다. 조종사가 관제사의 식별기능 사용지시에 응답하면 관제사는 항공기의 수신기는 사용 가능한 것으로 간주하고 그에 따른 절차를 수행할 것이다. 이와는 반대로 수신기가 고장 났을 때는 아무 소리도 들리지 않고 조종실이 조용하다. 너무 오랫동안 아무런 교신도 들을 수 없을 때는 관제기관과 통신장비 감도점검(Radio Check)을 수행하는

것을 추천한다. 조종사가 몇 차례의 송신을 하였음에도 그에 대한 응답이 없다면 수신기 고장으로 볼 수 있으나 수신기 고장과 송수신기가 모두 고장 난 경우는 구분하기가 쉽지 않다. 송신기는 제대로 작동하나 그에 대한 응답을 수신할 수 없는 것인지 송수신기 고장으로 처음부터 송신조차 되지 않았는지 구분하기가 어렵기 때문이다. 따라서 송신기 작동 여부를 판단하기 어려우므로 송신기가 작동한다는 가정 하에 조종사는 비행 단계별로 맹목방송을 하여야 한다.

통신장비고장과 관련한 다양한 상황별로 규정과 절차를 만들기는 어려우며 일반적인 상황에 대한 다음 절차를 따르고 특이한 상황에 대한 절차는 조종사의 판단에 따른다.

비행 중 항공교통관제기관과의 무선통신이 두절된 항공시의 조종사는 트랜스폰더를 장착한 경우 Code 7600을 맞추어 통신장비 고장을 알려야 한다. 공항별로 특별히 발행된 무선통신두절절차(Lost Communication Procedure)에 의하여 다르게 명시되지 않는 한 시계비행 기상상태와 계기비행 기상상태에 따라 다음과 같은 절차를 수행한다.

1) 시계비행 기상상태

시계비행 기상상태에서 무선통신이 두절된 경우에는 시계비행 기상상태를 지속적으로 유지하며 비행을 계속하고 가장 가까운 착륙가능 비행장에 착륙하여야 한다. 계기비행 중이거나 Class A에서 운행 중이던 항공기의 경우에도 시계비행 기상상태에서 강하, 접근 및 착륙이 가능하면 가능한 빨리 가까운 착륙가능 비행장에 착륙하여야 한다. 착륙 후에는 도착사실을 지체 없이 관계 기관에 통보하여야 한다.

2) 계기비행 기상상태

계기비행 기상상태에서 무선통신이 두절되거나 시계비행 기상상태를 지속적으로 유지하여 착륙하기 어려운 경우에는 다음 절차를 수행한다(국내절차).

- 필수위치보고지점(Compulsory Reporting Point)에서 위치 보고를 하지 못한 항공기는 당해 비행로의 최저비행고도와 항공교통관제기관으로부터 최종적으로 지시받은 고도 중 높은 고도와 항공교통관제기관으로부터 최종적으로 지시받은 속도를 20분간 유지한 후 비행계획에 명시된 고도와 속도로 변경하여 비행한다.
- 무선통신이 두절되기 전에 항공교통관제기관으로부터 최종적으로 지정 또는 지정예정 통보를 받은 비행로(지정 또는 지정예정 통보를 받지 못한 경우에는 비행계획에 명시된 비행로)로 목적비행지의 항행안전시설, 계기접근절차상의 첫 접근지점 또는 체공지점까지 비행한다.
- 무선통신이 두절되기 전에 항공교통관제기관이 최종적으로 통지한 접근예정시간 또는 이에 가장 가까운 시간(접근예정시간에 관하여 통지하지 아니한 경우에는 비행계획상 도착예정시간 또는 이에 가장 가까운 시간)에 당해 비행장의 계기접근절차에 따라 접근을 시작한다.
- 가능한 위의 접근예정시간과 도착예정시간 중 더 늦은 시간으로부터 30분 이내에 착륙한다.

미국에서 비행 중 계기비행 기상상태에서 무선통신이 두절되거나 시계비행 기상상태를 지속적으로 유지하여 착륙하기 어려운 경우에는 다음과 같은 절차를 수행한다.

- 경로유지(Route): 다음 순서에 따라 경로를 유지한다.
 - √ 항공교통관제기관으로부터 최종적으로 인가받은 비행로
 - √ 레이더 벡터(Radar vector) 중이었다면 인가받은 지점까지의 직선경로
 - √ 항공교통관제기관으로부터 인가받은 경로가 없다면 인가예정 통보를 받은 비행로
 - √ 비행계획서에 명시된 비행로
- 고도유지(Altitude): 다음 중 구간별로 가장 높은 고도를 유지한다.
 - √ 항공교통관제기관으로부터 인가받은 고도
 - √ 구간별 최저비행고도
 - √ 인가예정 통보를 받은 고도
- 관제승인한계점통과(Leave clearance limit)
 - √ Clearance limit가 계기접근을 시작할 수 있는 지점이라면 추가인가예정(Expect Further Clearance, EFC)시간(EFC를 받지 않은 경우에는 비행계획상의 도착예정시간(Estimated Time of Arrival, ETA)에 가장 가까운 시간에 강하 및 접근을 시작한다.
 - √ Clearance limit가 계기접근을 시작할 수 있는 지점이 아니라면 EFC(EFC를 받지 않은 경우에는 도착 즉시)시간에 계기접근 시작점을 향하여 비행하고 ETA에 가장 가까운 시간에 도착할 수 있도록 강하 및 접근을 시작한다.

2.4.3.2 위치상실(Lost Position)

비행 중 위치상실을 하는 경우, 특히 연료가 충분하지 않은 경우에는 체공시간이 매우 제한적이기 때문에 잠재적으로 위험한 상황에 직면할 수 있다. 조종

사가 위치를 상실한 경우 다음과 같은 절차를 통하여 문제를 해결하는 것이 가능하다. 길을 잃어버렸다고 판단되면 주변의 VOR이나 NDB와 같은 지상 무선 항행시설을 이용하여 길을 찾거나 GPS와 같은 위성 항법시설을 활용하여 현 위치를 확인할 수 있을 것이다. 만약 가용한 장비나 시설이 없다면 근처에 있는 도시나 마을 상공으로 비행하여 도시 이름이나 큰 건물에 쓰여 있는 이름으로 위치를 찾을 수도 있다. 주변에 참조할만한 마을이나 도시 또한 없다면 자체적으로 길을 찾으며 시간과 연료를 낭비하는 것보다 외부에 도움을 요청하는 것을 추천한다.

외부의 도움을 요청하기 위해 가장 먼저 해야 하는 것은 주변의 항적과 기상상태에 유의하며 상승하는 것이다. 더 높은 고도로 상승할수록 주변 장애물에 대한 제한사항이 적어져 무선교신 및 무선허행시설 수신에 용이하다. 따라서 더 멀리 있는 관제시설과 교신하거나 더 멀리 있는 항행시설의 신호를 수신할 수 있다.

조종사는 지도상의 가용한 주파수를 사용하여 관제기관과 교신을 시도하여야 한다. 관제기관과 교신이 이루어지고 관제기관의 레이더 탐지거리에 있으면 관제사는 레이더에서 항공기를 식별한 뒤 벡터서비스(Vector Service)를 제공할 것이다. 관제기관에서 레이더를 이용하여 길을 잃은 항공기에 벡터서비스를 제공하더라도 조종사는 항공법을 준수해야 함을 명심해야 한다. 일반적으로 위치를 상실하는 항공기는 시계비행항공기이며 이 경우 조종사는 계기비행 기상상태에 진입하지 않도록 유의하고 항상 시계비행 기상상태를 유지해야 한다. 경험상 계기비행에 익숙하지 않은 시계비행 조종사는 구름 속에 들어가거나 시정이 저하된 상태에서는 항공기의 자세

유지를 제대로 못 하는 경우가 많으며 관제사는 조종사의 경력, 자격이나 비행능력에 대하여 알지 못한다. 그리고 벡터서비스를 제공하는 관제사는 조종사가 어느 비행환경에 있는지 정확히 알지 못하고 어떤 기상상태로 변하고 있는지 또한 모르기 때문에 조종사는 항공기 경로상에 다음과 같은 기상상태가 예상되면 관제기관에 적극적으로 정보를 제공하여야 한다.

- 벡터서비스 중 계기면장이 없는 조종사가 시계비행 기상상태를 유지하며 안전하게 착륙할 비행장을 찾았다면 벡터를 유지하여 계기비행 기상상태로 진입하는 것보다는 관제기관에 의도를 통보하고 시계비행 가능 비행장에 착륙하여야 한다.
- 벡터서비스 중 계기면장이 없는 조종사가 더 이상 시계비행 기상상태를 유지하며 안전하게 비행할 수 없는 상황이 되면 관제기관에 계기비행 능력이 없음과 계기비행 기상상태에 진입하고 있음을 통보하고 조난상태를 선포하여야 한다.
- 계기비행 능력이 있는 조종사가 계기비행 가능 항공기를 조종하고 있다면 조종사는 계기비행 허가를 요청하여 계기비행으로 전환하여 비행할 수도 있다.

만약에 레이더가 없고 위치탐색(Direction finding) 장비만 보유하고 있다면 관제사는 다음과 같은 절차를 통해 항공기의 위치를 확인할 것이다. 관제사는 조종사에게 송신버튼을 몇 초 동안 누르고 있다가 놓으라고 요청할 것이다. 그리고 항공기의 방향변화를 지시한 후 이러한 절차를 수행하라고 반복적으로 요

청할 것이다. 몇 차례 절차를 반복하여 항공기의 위치를 찾아내면 주변의 공항이나 비행장을 향하는 대략적인 방향을 제공할 수 있다.

가용한 모든 수단을 사용하여도 외부의 도움을 얻지 못하고 상황이 계속 악화되어 위험해 진다면 트랜스폰더에 Code 7700을 맞추고 비상주파수(121.5MHz 또는 243.0MHz)로 비상상황을 통보한다.

국내의 경우 다음과 같은 절차를 사용하여 관제레이더나 방공용 군용레이더의 도움을 요청할 수 있다.

- 만약 송수신이 둘 다 가능하면, 사용 중인 주파수나 또는 비상주파수로 가장 가까운 관제기관을 호출하여 다음 순서에 의거 통보한다.

√ 관제기관의 레이더 호출부호 또는 가장 가까운 방공용 레이더의 개별 호출부호 또는 공통 호출부호인 “STAR GAZER”

√ 자신의 항공기 호출부호

√ 대략적인 위치

√ Heading

√ 고도

√ 비상의 개요 및 필요한 지원 사항

예) 조종사: “STAR GAZER, (Call sign), EMERGENCY, around Jeju Island, 35,000feet, lost position VOR and ADF being inoperative, request radar pick up.”

- 만약 송신이 불가능한 경우에는(수신은 가능)
 - √ 가능하면 항로를 피하여 최소한 2번 우측으로 삼각형 비행(제트 항공기: 1분 길이, 기타

항공기: 2NM 길이)을 실시한 후 원래의 경로로 비행한다.

√ 상기와 같은 조작을 20분마다 반복하고, 관제기관으로부터의 호출에 대비하여 비상주파수를 계속 감청한다.

- 만약 송수신이 모두 불가능한 경우에는

√ 가능하면 항로를 피하여 최소한 2번 좌측으로 삼각형 비행(제트 항공기: 1분 길이, 기타 항공기: 2NM 길이)을 실시한 후 원래의 경로로 비행한다.

√ 위와 같은 조작을 20분마다 반복하고, 엄호를 받도록 대기한다. 위와 같은 경우 만약 트랜스폰더를 장착하고 있으면, Code 7700을 맞추거나, 7700과 7600을 교대로 맞추고 송신하면 신속한 도움을 기대할 수 있을 것이다.

주) 방공용 군용레이더에 의한 레이더 조업업무는 고유의 임무관계로 사전에 아무런 통보 없이 중단될 수도 있다.

2.4.3.3 공중 납치(Air Piracy)

불법간섭(Unlawful Interference)은 항공기의 안전이나 승객에게 위협이 되는 공중 납치나 항공기에 탑승한 자가 적대행위를 하는 상태를 말한다. 일반적으로 이를 “공중 납치(Hijacking 또는 Air Piracy)”라 한다. 범인의 요구 때문에 조종사는 관제기관의 비행허가나 지시를 따를 수 없게 방해받을 수 있다. 이러한 경우에 공중 충돌 방지나 관제기관의 대혼란을 피하기 위하여 공중 납치 상황이 발생하였음을 지상에 통보하여야 한다.

불법간섭 상황 하에서 조종사는 아래 요령으로 송

신하고 트랜스폰더를 적극 활용한다. 불법간섭에 관한 모든 상황을 다 포함하는 절차를 기술한다는 것은 어려운 일이며 아래의 절차는 일반적인 것을 열거하였다. 조종사와 관제사는 각각의 상황에서 최선의 판단을 하여야 한다.

1) 레이더 관제 하에 있는 경우

① 무선통신이 가능한 상태

만약 무선으로 공중 납치를 통보할 수 있는 상태라고 판단되면 불법간섭행위의 발생, 현재의 상태, 조종사의 의도 등을 한국어와 영어로 보고하고 트랜스폰더 Code를 7500에 맞춘다.

주) 관제사는 조종사의 특별한 요구가 없으면 해당 항공기에 대하여 정상적인 항공교통관제절차에 의거 관제한다. 만약 조종사의 요청이 있는 경우에는 예상되는 가능성에 대비하여 추가 지원을 제공할 수 있다.

② 무선통신이 제한된 상태

만약 항공기 내의 상황으로 인하여 무선으로 공중 납치를 통보할 수 없다고 판단되면 트랜스폰더 Code를 7500에 맞추고, 다음과 같은 관용구를 사용하여 상황을 통보한다(상황이 허락하는 경우).

조종사: TRANSPONDER SEVEN FIVE ZERO ZERO

만약 범인이 무선통신을 방해하면, 트랜스폰더 Code만 7500에 맞추어 상황을 알린다.

주) 관제 레이더에 Code 7500을 인지하는 장비가 갖추어져 있다면 자동적으로 이 장비를 작동시켜서 레이더 화면상에 불법간섭을 받고 있는 항적임을 표시해 주고, 경보를 울려 관제사의 주의를 끈다. 불법간섭을 인지하면 관제사는 다음 관용구를 사용하여 불법간섭행위의 발생인지

단순한 실수로 Code 7500을 맞춘 것인지를 반드시 확인해야 한다.

관제사: CONFIRM YOU ARE SQUAWKING 7500

조종사는 송신단추를 눌러 이 질문에 응답한다. 만약 조종사가 Code 7500임을 확인해 주거나 응답이 없다면 관제사는 불법간섭행위가 발생한 것으로 간주하여 관계기관에 통보하고, 해당 항공기가 안전하게 비행을 할 수 있도록 항공교통관제절차에 따라 조치한다.

2) 레이더 관제 중에 있지 않은 경우

① 무선통신이 가능한 상태

만약 공중 납치를 무선을 통보할 수 있다고 판단되면 무선으로 통보한다. 가까운 관제기관, 공지통신소, 공군 방공관제소 등의 기구에 불법간섭행위의 발생, 현재 상황 그리고 조종사의 의도 등을 한국어나 영어로 통보하고 트랜스폰더에 Code 7500을 맞춘다. 이 보고를 접수한 관제사는 관계당국에 통보하고 예상되는 추가상황을 대비하여 항공기를 대기시킨다.

주) 항공기가 레이더 관제 하에 있지 않더라도 레이더 탐지 범위 안에서 비행하는 항공기가 Code 7500을 맞추면 자동 감시시스템이 작동된다.

② 무선통신이 불가능한 상태

만약 관제사에게 불법간섭행위의 발생을 통보할 수 없다고 판단되면 트랜스폰더에 Code 7500을 맞춘다. 레이더장비가 있는 곳의 관제사는 Code 7500을 접수하는 즉시 관계기관에 현재까지 파악된 정보를 통보하고 항공기에 대한 레이더 추적을 계속한다.

안전한 비행이 보장되는 범위 안에서 공중 납치를 당한 여객기의 기장은 인가된 비행항로로부터 이탈 후 상황이 허락하면 다음과 같이 시도하여야 한다.

- 진대기속도를 400kts 이하로 줄이고, 고도는 10,000~25,000피트 사이에서 비행한다.
- 범인이 원하는 목적지 방향으로 비행한다.

이러한 절차를 통하여 무선교신이 이루어지거나 공중요격을 받았을 경우, 조종사는 요격기가 지정한 비행장에 착륙하는 것을 포함하여 어떤 지시라도 따르려고 노력하여야 한다.

2.4.3.4 연료관련 비상절차(Fuel Emergency)

1) 연료배출절차(Fuel Dumping Procedure)

항공기의 무게에 관한 제한사항에는 최대이륙중량(Maximum Takeoff Weight)과 최대착륙중량(Maximum Landing Weight) 등이 있으며 탑재 연료량은 이러한 무게 제한사항의 중요한 고려사항 중 하나이다. 최대이륙중량은 항공기가 이륙할 주를 시작하는 시점을 기준으로 구조적 제한사항을 포함한 다양한 제한사항을 고려한 최대 허용 가능중량을 말하며 최대착륙중량은 착륙 시 허용 가능한 최대중량이다. 이륙과 착륙 시 항공기에 가해지는 하중의 차이로 인하여 일반적으로 최대착륙중량이 최대이륙중량보다 가볍고 운송용 항공기의 경우 그 차이가 10만 lbs 이상인 경우도 있다. 정상적인 경우에는 최대이륙중량으로 이륙한 항공기가 출발공항에서 목적 공항에 이르는 동안 연료를 자연스럽게 소모하여 최대착륙중량 이하로 착륙이 가능

하다. 그러나 이륙 직후 비상이 발생하여 긴급히 착륙하여야 하는 경우에 연료를 배출하지 않으면 최대착륙중량 이상으로 착륙하게 되며 항공기 기체에 무리를 가하게된다. 따라서 연료배출 없이 착륙하여야 하는 급박한 비상상황이 아니라면 연료배출절차에 따라 연료를 배출하거나 대기 장주에서 연료를 소모하고 최대착륙중량 이하로 착륙할 수 있도록 계획하여야 한다.

연료배출이 필요한 경우에 조종사는 관제기관에 연료배출 필요성을 알리고 방출예정시간을 통보하며 방출구역을 지정받는다.

조종사: Incheon Departure, (call sign) lost one engine, request fuel dump about 10minutes then return to Incheon, we can not transmit any message or acknowledge during fuel dump.

항공교통관제기관은 조종사의 업무량을 줄여주기 위하여 예상되는 문제까지 고려하여 협조해 두어야 하며 만약 레이다 관제 하에 있다면 관제사는 연료 방출구역으로 향하는 방위를 알려 줄 것이다. 대기 장주를 비행하면서 연료를 방출하는 것은 바람직하지 못하다.

관제사: (call sign) Incheon Departure roger, fly heading 270° vector for fuel dump, maintain 6,000, you may commence dumping any time, report completion.

항공교통관제기관이 연료방출 통보를 접수하였을

때에는 다른 항공기를 위하여 주의사항이 포함된 권고나 지시를 다음과 같이 발부하여야 한다.

- VFR 항공기에 연료방출 구역과 시간을 매 3분 간격으로 방송하여야 한다. 이를 청취한 VFR 항공기는 해당 구역을 이탈하여야 한다.
관제사: Attention all aircraft fuel dumping in progress over (location) at (altitude) by (type aircraft) (flight direction).
- 연료방출과 관련되는 경로를 비행하게 되는 IFR 항공기나 Special VFR(특별시계비행) 항공기는 해당 구역을 피하여 비행하여야 하며 관제기관의 지시에 따른다.
- 연료방출이 종료되면 조종사는 관제기관에 보고하여야 하며 보고를 접수한 관제기관은 해당 주파수로 다음과 같이 알려 주어야 한다.
관제사: Attention all aircraft fuel dumping by (type aircraft) terminated.

2) 최소연료 통보(Minimum Fuel Advisory)

조종사는 착륙 시 잔여 연료량이 계획된 최종예비연료(Final Reserve Fuel)보다 적지 않도록 지속적으로 확인해야 하며 목적 공항 상공에서 기상 또는 다른 이유로 착륙이 지연되어 목적지를 변경하는 경우에도 적용된다. 비행계획과 비교하여 연료소모가 많거나 기상 또는 관제기관에 의한 지연으로 연료를 많이 소모한 경우 연료로 인한 비정상 상태를 피하기 위해 연료소모를 줄이기 위한 속도, 항로 또는 고도로 비행하는 등 다양한 노력을 해야 한다.

최소연료(Minimum Fuel)란 특정 공항에 착륙을 결심한 상태에서 관제 허가상에 변경(지연요소)이

발생할 경우 계획된 Final Reserve Fuel 미만으로 착륙할 가능성이 있다고 판단되는 경우를 말하며 다음과 같은 절차를 수행한다.

- 조종사
 - √ 목적지에 도달했을 때의 연료잔량이 부족하여 예기치 못한 시간지연을 받아서는 안 될 최소연료상태인 경우 이를 관제기관에 통보하여야 한다.
 - √ 이것은 비상상황이 아님을 명심하며 단순히 지나친 시간지연이 발생하면 비상상황에 이를 수 있음을 관제기관에 통보하는 것이다.
 - √ 최초 교신 시 호출부호 다음에 “Minimum fuel”을 사용하여야 한다.
조종사: Seoul Approach, (call sign), “Minimum fuel”
 - √ 최소연료 통보는 비행우선권을 요구하는 것이 아님을 명심하여야 한다.
 - √ 사용 가능한 연료잔량을 기준으로 안전하게 착륙하기 위하여 관제우선권이 필요하다고 판단되는 경우 조종사는 연료부족에 의한 비상을 선포하고 연료잔량을 분 단위로 계산하여 통보하여야 한다.
- 관제사
 - √ 조종사가 최소연료를 선포하였다면 관제권을 이양받을 관제기관에 이러한 정보를 전달하여야 한다.
 - √ 해당 항공기에 불필요한 지연이 발생하지 않도록 주의하여야 한다.

3) 비상연료 통보(Declare Fuel Emergency)

비상연료(Fuel Emergency)란 안전하게 착륙할 수 있는 가장 근접한 공항에 착륙 시 잔여 연료량이 Final Reserve Fuel보다 적을 것으로 예상되어 관제기관의 관제우선권 부여가 필요한 비상상황을 말하며 조종사는 비상연료상황임을 “MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY, FUEL”를 사용하여 통보한다.

조종사: Seoul Approach, (call sign), MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY, FUEL

2.4.3.5 여압계통 고장

(Pressurization Malfunction)

통제 불가능한 화재, 여압계통고장 또는 그밖에 급강하가 필요한 상황에 대처하기 위하여 저고도(안전고도)로 강하 또는 비상착륙을 시도하기 위해 항공기를 가능한 빨리 강하하는 조작을 비상강하(Emergency Descent)라 하며 항공기의 구조적 제한치 내에서 최대한 빨리 강하함을 의미한다.

고고도에서 운항하는 항공기의 경우 여압장치를 사용하여 기내기압을 8,000피트이하로 맞추고 운항한다. 기내압력 저하는 여압계통의 고장 또는 누출로 서서히 발생하는 경우도 있으며 기체손상 등으로 인하여 급격하게 발생할 수도 있다. 점진적인 기내압력저하인 경우 비상 점검표에 따라 절차를 수행하고 관제기관의 협조 하에 안전고도로 강하를 계획할 수도 있다. 급격한 기내압력저하인 경우 필요에 따라 조종사는 산소마스크를 착용하고 승객들의 산소마스크도 작동 여부를 확인하여야 한다. 비상 점검표에 따라 절차를 수행하며 기내압력 조절이 더 이상 불가능하여 급격한 강하가 필요한 경우에는 비상

강하를 수행한다. 비상강하의 목적은 가용한 모든 수단을 사용하여 항공기의 구조적 제한치 안에서 최소한의 시간 안에 항공기를 안전고도로 강하하는 것이며 승객에 대한 고려도 포함하여야 한다.

항공기 운항 중 장비의 고장이나 기체손상 등으로 인한 갑작스런 기압저하로 비상강하가 필요한 경우 조종사는 가능한 다음 조치를 취한다.

- 비상강하를 수행하기 전에 주어진 항로를 벗어나는 방향으로 선회를 시작한다.
- 가능한 빨리 관제기관에 비상강하에 대해 통보한다.
- 가능하면 트랜스폰더 Code를 7700에 맞추거나 자동종속감시장치/씨피디엘씨(automatic dependent surveillance/controller-pilot data link communications: ADS/CPDLC)의 비상모드를 선택한다.
- 모든 외부등화를 밝힌다.
- 직접적인 외부경계나 공중충돌방지장치 등의 탑재장비를 사용하여 다른 항적을 감시한다.
- 관제기관과 협조를 유지하며 최저비행고도 미만으로 비행하지 않도록 주의한다.

2.4.3.6 기타 비정상 절차 기술

(Other Abnormal Procedures)

1) 해상 공역 비행 중 우발상황대처(Contingency) 절차

발생 가능한 모든 상황에 대한 Contingency절차를 명시하기는 어려우나 다음과 같은 대표적인 경우에 대하여 절차를 기술하였다.

- ① 악기상 조우, 항공기 성능저하, 여압계통고장 등과 같은 상황에 의해 더 이상 인가된 고도를 유지할 수 없는 경우
- ② 항적이 많은 경로를 통과하여 항로 교체공항으로 목적지를 변경해야 하는 경우
- ③ 성능기반항법 구간에서 항법성능의 정확도가 저하되어 필수항행성능에 미치지 못하는 경우

①과 ②가 발생하여 비상강하, 귀환(Turn-back), 회항(Diversion)이 필요한 경우에는 다음과 같은 절차를 따른다. 조종사는 모든 변수를 반영하여 적절한 순서를 정하여 절차를 수행하고 관제사는 가용한 모든 수단을 동원하여 협조한다.

③과 같이 더 이상 인가된 비행경로를 지킬 수 없거나 항법성능의 정확도를 유지할 수 없는 경우에는 경로를 이탈하기 전에 반드시 관제기관으로부터 허가변경(revised clearance)을 받아야 한다.

상황에 따라 조난호출이나 긴급호출을 사용 가능하며 관제기관은 그에 맞는 절차를 수행할 것이다.

적시에 관제기관의 허가변경을 받을 수 없는 상황에서 지정된 항로와 고도를 벗어나야 하는 경우 조종사는 다음과 같은 절차를 수행하고 가능한 빨리 관제기관의 허가를 받아야 한다.

- 좌우로 90° 선회하여 경로를 이탈한다. 가능한 면 선회방향 선정 시 주변의 항로 시스템을 고려하고 다음과 같은 요소도 고려한다.
 - √ 교체공항의 방향과 장애물 표고
 - √ 기존의 오프셋(Offset) 방향
 - √ 주변 항로의 순항고도
- 선회에 이어 조종사는 다음 절차를 수행한다.

- √ 고도유지 불가 시 가능한 최소 강하율을 유지한다.
- √ 주위의 offset 절차 수행 중인 항공기에 유의한다.
- √ 지정된 항로에서 좌우로 28km(15NM) offset 하여 경로를 유지한다.
- √ 상승 또는 강하하여 원하는 순항고도 ±500ft를 유지한다.

- 현재 사용 중인 주파수나 121.5MHz(또는 123.45MHz)로 다음 사항을 적절한 간격으로 방송함으로써 주변에 있는 다른 항공기에 경고한다.

- √ 호출부호
- √ 고도
- √ 현재 위치(항로 명칭 또는 항로 코드)
- √ 조종사의 의도

- 육안 또는 ACAS를 사용하여 외부경계를 한다.
- 가용한 모든 항공기의 외부등을 켜다.
- 트랜스폰더를 적절히 활용한다.
- 항공기의 안전을 보장하기 위해 필요하다고 판단되는 조치를 취한다.

2) 위험기상 회피(Weather deviation)절차

항공기 운항 중 쉽게 접할 수 있는 대표적인 위험기상은 뇌우(Thunderstorm)이다. 모든 Thunderstorm에는 위험한 난류(Turbulence)가 잠재적으로 존재하며 강력한 윈드시어(Wind shear)를 동반한다. Thunderstorm에 진입하면 Turbulence뿐만 아니라 착빙(Icing), 우박(Hail), 번개(Lightening), 강우(Rain), 강설(Snow)과 같은 위험에 접하게 된다. 따라서 조종사는 Thunderstorm에 진입하지 말아야

하며 기상레이더 없이 야간이나 구름 속에서 비행하는 것은 위험하다. Thunderstorm의 크기나 강도와 상관없이 Thunderstorm을 피하여 비행하는 것이 추천되며 야간이나 구름 속에서 비행하다 보면 기상레이더에 탐지되지 않은, 숨어 있는 Thunderstorm에 예기치 않게 진입할 때도 있다. 따라서 조종사는 항상 갑작스럽게 Thunderstorm에 진입하는 경우나 청천난류에 진입하는 것에 대비하여야 하며 조종사와 승객은 자리에 앉아있을 때 항상 좌석벨트를 착용하고 있어야 하고 객실에는 고정되지 않은 물건이 없도록 조치하여야 한다.

예기치 않은 Thunderstorm에 피하지 못하고 진입한 경우 조종사는 먼저 항공기의 조종에 전념하여야 하며 객실승무원 및 승객의 안전을 위하여 신호를 제공하여야 한다. 항공기 교범에 따른 적절한 난류통과속도(Turbulence penetration speed)를 맞추어 통과하여야 하며 일반적으로 선회하지 말고 직진 비행하는 것이 가장 빠르게 위험지역을 벗어나는 방법이다. Thunderstorm에 진입한 경우 일반적으로 착빙의 위험이 있으므로 외기 온도가 착빙의 범위에 있는 경우 제/방빙장치를 적극적으로 사용하여야 한다.

위험기상을 회피 운항하기 위하여 다음 절차를 수행한다. 관제기관으로부터 Weather Deviation에 대한 허가를 받아야 하는 경우 “Weather Deviation Required”라는 용어를 사용하여 통보함으로써 신속한 조치를 기대할 수 있다. 필요하면 “PAN-PAN, PAN-PAN, PAN-PAN”을 사용함으로써 긴급함을 알릴 수 있다. Weather deviation이 더 이상 필요 없거나 완료되었다면 조종사는 관제사에게 사실을 통보하고 기존 항로로 복귀하여야 한다.

① 조종사 관제사 간의 교신이 이루어지는 경우
조종사는 관제기관에 Weather Deviation에 대한 허가를 관제기관에 요청하여야 하며 가능하면 Weather Deviation이 필요한 좌우 폭과 구간도 통보하는 것을 추천한다. 조종사의 요청에 대한 관제기관의 조치는 다음과 같다.

- 다른 항적과의 거리분리가 충분하다면 Weather Deviation을 허가할 것이다.
- 다른 항적과의 충돌 위험이 있고 적절한 거리분리가 어려울 경우에 관제기관은 Weather Deviation이 불가함과 다른 항적정보를 통보하고 조종사의 의도를 묻는다.

관제사: (call sign), Unable deviation, traffic Jinair 301, 10minutes behind you, same altitude, advise intention.

조종사는 관제사의 지시에 따라야 하고 위급한 경우 의도를 통보하고 다음에 설명할 절차를 수행하여 항로를 이탈할 수 있다.

② Weather deviation에 관한 허가를 적시에 받지 못한 경우

조종사와 관제사 간에 교신이 이루어지지 않는 상태이거나 적시에 Weather Deviation 허가를 받지 못한 경우 안전유지를 위한 정당한 사유가 있다면 조종사는 다음과 같은 방법으로 항로를 이탈할 수 있으며 가능한 빨리 관제기관의 허가를 받아야 한다.

- 가능하면 경로나 항로 밖으로 이탈한다.
- 현재 사용 중인 주파수나 121.5MHz(또는

123.45MHz)로 다음 사항을 적절한 간격으로 방송함으로써 주변에 있는 다른 항공기에 경고한다.

√ 호출부호

√ 고도

√ 현재 위치(항로 명칭 또는 항로 코드)

√ 조종사의 의도

- 육안 또는 ACAS를 사용하여 외부경계를 한다.
- 가용한 모든 항공기의 외부등을 켜다.
- 지정된 항로의 19km(10NM) 이내에서는 인가된 고도를 유지한다.
- 항로로부터 19km(10NM) 이상 이탈할 경우에는 항로로부터 대략 19km(10NM)되는 지점에서부터 다음과 같이 고도를 변경한다.

√ 동쪽으로 향한 항로(000 ~ 179° magnetic)에서 좌측으로 이탈하는 경우에는 300ft를 강하하고, 우측으로 이탈하는 경우에는 300ft를 상승한다.

√ 서쪽으로 향한 항로(180 ~ 359° magnetic)에서 좌측으로 이탈하는 경우에는 300ft를 상승하고, 우측으로 이탈하는 경우에는 300ft를 강하한다.

- 이전의 항로로 되돌아 올 경우에는 항로의 중심에서 대략 19km(10NM) 지점 부터는 인가된 고도를 유지하여야 한다.
- 관제기관과 교신을 유지하지 못한 상태에서 항로를 이탈한 경우에는 계속해서 허가를 얻도록 시도하여야 하며 항로를 이탈하여 비행 중 무선통신이 이루어지면 조종사는 수행한 절차와 의도를 통보하고 허가나 항적정보 등의 지원을 받는다.

3) Strategic Lateral Offset Procedures(SLOP)

비행 시 항법장비의 정확도의 증가에 따라 항공기는 더 정확한 경로를 따라갈 수 있게 되었고 그로 인해 수평적으로 같은 경로를 유지한다. 정확히 같은 경로를 수직 분리만 가지고 교차하는 항적이나 위로 추월하는 항공기와의 수직분리가 줄어들면 충돌위험이 예전보다 증가하였고 위로 지나가는 항공기의 와류(Wake turbulence)에 영향도 무시할 수 없다. 따라서 해양공역에서의 Wake turbulence의 영향이나 비정상상황에서 고도를 이탈하는 다른 항공기와의 충돌위험을 줄이기 위해 항로 중심에서 offset 하는 SLOP 절차를 수립하였다.

- SLOP의 적용은 관제사의 지시가 아닌 조종사의 판단에 따른다.
- 반드시 SLOP가 허용되는 공역에서 automatic offset tracking 기능이 있는 항공기에 한하여 실시할 수 있다. automatic offset tracking 기능이 없는 항공기는 항로 중심으로 비행한다.
- automatic offset tracking 기능이 있는 항공기는 항로 중심이나 항로 중심에서 우측으로 1NM 또는 2NM offset하여 비행할 수 있다.
- 항로 좌측으로의 offset은 허용되지 않으며 offset 시 2NM을 초과하지 말아야 한다.
- 조종사는 필요한 경우 123.45MHz를 이용하여 인접항공기와 협조한다.
- SLOP을 수행하기 위하여 관제사의 허가를 받을 필요는 없다.
- 위치보고 시에 offset을 보고할 필요는 없다.

Aeromedical Factor)



항공의학적 요인 Aeromedical Factor

3.1. 조종사관련 항공의학적 요소 (Pilot-related Aeromedical Factor)

3.1.1 개요(Introduction)

지상에서는 정상적인 환경에서 비정상 상태의 생리 현상을 의학적으로 진단 치료 하지만 공중에서는 반대로 정상적인 신체에 비정상적인 환경에 노출되어 신체에 비정상적인 환경에 의한 생리적인 스트레스가 가해진다. 공기 압력변화, 저산소증, 감가속, 기온변화 및 생체리듬 변화 등이 조종사에게 생리적인 스트레스를 만들고 비행 능력에 영향을 미친다. 외부의 비정상적인 환경변화는 비행기 기체의 시스템으로 완화될 수 있지만 많은 부분은 스스로 직접 극복하여야 한다. 이번 장에서는 비행에 영향을 미치는 의학적 요소들에 대하여 다루고자 한다.

3.1.1.1 항공신체검사증명(Medical Certificate)

비행업무를 수행하는 항공종사자(airman)는 비행에 적합한 적절한 정신 신체적 기준을 만족해야 하고 이것을 항공신체검사를 통하여 항공법에서 정하는 항공자격증명으로 나타낼 수 있어야 한다. 항공

자격증명은 국토교통부의 위임을 받은 항공 전문의사인 항공 전문의사(air medical examiner)에 의하여 항공 신체검사를 받은 후 항공업무 적합 유무를 결정 하게 된다.

항공신체검사 증명의 종류 및 유효기간은 항공종사자의 나이 및 수행하는 업무에 따라 3종류로 분류된다⁵⁾. 제1종은 운송용, 사업용 조종사 및 부조종사 등이 해당하고 기본적으로 12개월간 유효하다. 제2종은 자가용, 조종 연습생 및 경량항공기 조종사 등이 해당하고 40세 이하인 경우 5년, 40~50세는 2년, 50세 이상인 경우는 1년간 유효하다. 3종은 항공교통 관제사에 해당한다. 항공 전문의사의 판정결과와 항공 신체검사 기준에 적합한 경우는 “적합”으로 판정한다. 적합하지 않은 경우는 “부적합”으로 판정하고 항공 업무를 수행할 수 없다. 다만 일부 기준에 미달하였으나 비행 안전을 위협하지 않는 경우, 항공 종사자의 경험, 능력 등을 고려하여 필요하다고 인정하는 경우는 항공우주의학협회의 자문을 받아서 제한 사항을 부가하여 “조건부 적합”으로 항공신체 검사 증명을 발부하여 항공 업무를 수행하게 할 수 있다.

5) ICAO, 한국 및 미국에서의 등급분류는 3개이나 EU 및 일본에서는 2개 등급으로 분류하고 있다.

[표 3-1] 항공종사자 신체 검사증명의 종류와 유효기간

| 구분 | 제1종 | 제2종 | 제3종 |
|----------|--|---|---|
| 자격 종류 | 운송용조종사, 사업용조종사 | 조종업습생, 항공기관사, 항공사, 자가용조종사, 사업용활공기 조종사 | 항공교통 관제사 |
| 유효 기간 | 12개월(항공운송 사업에 종사하는 60세 이상과 1명 의 조종사로 승객 운송하는 40세 이상은 6개월) | 항공기관사, 항공사: 12개월 · 기타: 40세 미만 60개월, 40~49세 24개월, 50세 이상 12개월 | 40세 미 만 48개월, 40~49세 24개월, 50세 이상 12개월 |

3.1.2 비행에 영향을 주는 신체적 요소 (Physical Factors Affecting Flight)

비행에는 여러 가지 질병인자 및 생리적인 상태들이 영향을 미칠 수 있다. 경미한 경우도 있지만 때로는 비행 중 위급한 상황을 만들기도 한다. 그중에서 조종사로서 비행 중에 중요하게 겪을 수 있는 신체적 요소에 의한 의학적인 문제들은 다음과 같은 것들이 있다. 저산소증(hypoxia), 과호흡증(hyperventilation), 중이 및 부비동 관련 이상(middle ear and sinus problems), 멀미, 일산화탄소 중독, 스트레스와 피로, 탈수 및 일사병(heatstroke) 등이 있고 알코올과 여러 가지 약물 복용도 비행 중에 문제를 일으킬 수 있다. 또한, 비행 중의 과도한 긴장 및 비행 전 스쿠버다이빙도 비행에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 신체적 요인과 외부 환경요인이 결합하여 비행할 때 조종사에게 공간 착각(spacial disorientation)이 발생하여 비행 안전에 영향을 주기도 한다.

3.1.2.1 저산소증(hypoxia)

인체 내의 세포들은 생존에 필요한 에너지를 산소 대사를 통하여 얻고 있다. 호흡으로 폐를 통하여 체내로 진입한 산소분자들은 폐의 모세혈관벽을 투과하여 모세혈관 내를 흐르고 있던 적혈구의 헤모글로빈에 결합하게 된다. 산소를 결합한 적혈구는 전신 순환을 통하여 몸 전체의 세포들에게 필요한 산소를 날라 주게 된다.

저산소증은 체내에 산소가 부족한 상태를 의미하는데, 저산소증의 가장 중요한 문제는 뇌로의 산소공급 부족이다. 각 조직에 따라 산소 소모량이 달라서 산소의 요구량이 다른데 뇌는 인체 조직 중 산소 소모가 가장 많은 조직으로 저산소증에 가장 취약하다.

조종사는 운항 중의 비행기를 최종적으로 통제하는 가장 중요한 사람이므로 비행 중에는 어떠한 경우라도 조종사에게는 적절한 산소가 가장 우선적으로 공급되어야 한다.

저산소증은 주변 환경이 산소가 절대적으로 부족한 경우가 있을 수 있고, 반면 산소는 충분히 존재하고 있으나 빈혈 등의 신체 이상으로 적혈구의 산소 운반 능력이 저하되어 체내 조직에 충분히 산소를 공급해주지 못하는 상태도 있을 수 있다. 원인에 따라 산소의 공급부족, 체내에서의 산소 운반능력 저하, 조직 내에서의 산소 이용능력저하 등으로 나누어 볼 수 있는데 원인별로 분류하면 저산소성 저산소증(hypoxic hypoxia), 빈혈성 저산소증(hypemic hypoxia), 허혈성 저산소증(stagnant hypoxia), 조직독성 저산소증(histotoxic hypoxia) 등으로 나눌 수 있다.

3.1.2.2 저산소성 저산소증(hypoxic hypoxia)

저산소성 저산소증은 신체는 정상이지만 신체 외부 환경에서 산소가 부족하여 산소가 신체로 공급되지 않는 상태를 말한다. 대표적으로 기관지 폐색 등으로 숨 쉬는 길(airway)이 막히거나 물에 빠져서 공기를 들이 마시지 못하는 경우 등이 있다. 조종사 입장에서는 고고도에서의 공기 희박에 따른 산소 분압 감소가 주된 원인이 된다. 대기에서 산소의 분포도는 항상 일정하지만 고도의 상승에 따라서 공기 밀도가 감소되고 이에 따라 산소 분압도 감소하게 되어 호흡기계로 공급되는 절대 산소 양이 감소되어 저산소증에 빠지게 된다. 대략 해면고도(mean sea level) 1만 피트 정도의 고도에서는 지상에 비하여 절반 정도만의 산소 분압을 유지하므로 그 이상의 고도에서는 조종사에게는 추가적으로 산소를 공급하여야 한다. 비행 중 저산소증의 원인 가운데 가장 흔하며 산소 공급 없이 고고도로 상승한 경우나 산소공급 장치에 이상이 나타난 경우에 발생한다.

3.1.2.3 빈혈성 저산소증(hypemic hypoxia)

외부의 환경에 산소가 충분하고 체내의 산소 공급 과정도 문제가 없으나 일단 폐를 통하여 체내에 흡수된 산소가 적절하게 운반이 되지 않는 경우를 의미한다. hypemic은 혈액이 충분하지 않은(not enough blood) 의미로서 산소의 운반 수단인 적혈구가 부족한 경우가 가장 흔한 원인이다. 적혈구가 부족한 질환인 빈혈(anemia)이 대표적이다. 사고 등으로 급성 실혈이 있거나 항문질환이나 여성에서의 과다 생리 등에 의한 만성 실혈 등이 흔히 보는 예들이다. 드물게는 조혈기능 이상으로 빈혈이 생기거나 적혈구 내 헤모글로빈의 유전적 이상으로 빈혈

이 발생하기도 한다. 현혈에 의하여도 이러한 저산소증이 나타날 수 있는데 현혈한 경우는 수 주는 지나야 정상 혈액으로 돌아올 수 있다.

비행 시에 우발적으로 겪을 수 있는 원인 중에는 일산화탄소 중독에 의한 저산소증도 있다. 일산화탄소 중독은 일반적으로 치명적인 비행사고로 이어지므로 뒤에서 다시 다루도록 한다.

빈혈은 지상에서는 일반적으로 증상이 없으며 인체에 미치는 영향이 현저하지 않으나, 비행 중 고도 상승에 의하여 산소분압이 감소할 때는 건강한 조종사에 비하여 영향이 현저하게 나타날 수 있다. 아울러 야간 비행에도 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다.

3.1.2.4 허혈성 저산소증(stagnant hypoxia)

정체성 저산소증은 혈액이 잘 흐르지 않아서 생기는 저산소증을 의미한다. 심장마비 때문에 혈류가 순환되지 않아서 쇼크에 빠진 경우가 대표적이다. 빠른 기동을 필요로 하는 항공기에서는 비행 중에 과도한 가속(acceleration of gravity: G)에 의한 혈류 순환장애(stagnation)가 조종사에게 일어날 수 있다. 이 경우 과도한 중력 가속도에 의하여 한곳에 몰리면 혈액이 순환하지 못하고 정체되어 뇌로의 혈류 공급이 차단되면 시야 감소 등에 이어서 의식 상실(loss of consciousness, LOC)로까지 발전하게 되고 많은 비행사고의 원인이 된다. 이것을 방지하기 위하여 이를 위하여 인체 하부를 압박하여 불필요하게 피가 신체 하부로 몰리지 않게 하는 압박복을 사용하기도 한다. 추위에 노출되는 경우도 손과 발의 말초혈관이 수축되어 혈액순환의 장애가 혈관 수축으로 말단 사지로의 혈액순환이 저해되는 원인이 되기도 있다.

3.1.2.5 조직독성 저산소증(histotoxic hypoxia)

조직독성 저산소증은 조직까지 잘 운반 되어온 산소를 인체 조직에서 잘 활용하지 못하여 저산소증 영향이 나타나는 경우를 의미한다. 주요 원인은 알코올이나 마약류 등의 약물 복용에 의하여 세포 대사가 장애를 받아서 생기는 경우이다. 알코올 일 온스를 섭취하는 경우 신체적으로는 2,000피트의 고도 상승에 의한 저산소증 영향이 생긴다고 한다.

3.1.2.6 저산소증의 증상(Symptoms of hypoxia)

고고도 비행 시에는 조종사에게 대기의 산소분압 감소에 의하여 항상 저산소증의 위험이 있다. 산소부족에 따라서 점차적으로 뇌기능 및 시각 기능의 장애가 오는데 특이한 점은 처음부터 고통이 없고 행복감(euphoria)에 도취되면서 주변 상황에 무관심하게 되는 것이다. 산소결핍이 진행함에 따라 사지의 근육 기능도 떨어지면서 조종사는 조종면의 변화에 적절하게 반응하지 못하면서 조화된 기체조종이 어렵게 된다.

저산소증의 증상은 각 개인의 상태에 따라 다르나 대개 다음과 같은 증상들이 공통적으로 나타난다.

- 청색증(cyanosis) - 손톱 및 입술이 파래짐
- 두통
- 반응시간의 증가
- 판단능력의 저하
- 행복감(euphoria)
- 시각장애
- 졸림
- 어지러움
- 손발 저림
- 무감각

비행 중에 저산소증이 계속 진행하면 조종사의 시야가 좁아지고(tunnel vision), 비행계기의 지시값들에 대한 판단력이 떨어지게 된다. 아울러 이러한 증상들의 발현에도 불구하고 잘못된 비행 정보를 신뢰하게 되면서 비행안전에 대한 잘못된 신뢰를 가지게 된다. 결국 저산소증에 빠진 조종사는 자신의 신체 및 기체에 나타난 여러 이상 징후들에도 불구하고 자신의 비행에 문제가 없다는 잘못된 믿음을 가지게 된다.

이렇게 신체에 나타나는 악영향은 비행착각으로 진행되어 비행 중 의도하지 않게 실속에 들어가게 하거나, 실속으로부터 회복하는 조종을 적절하게 하지 못하여 사고에 이르게 할 수 있다. 비행착각이 심해지면 비행 중 지면 충돌(controlled flight into terrain, CFIT)을 초래하기도 한다.

고도 1만 피트 이상에서는 저산소증의 증상이 현저해지므로 산소공급에 유념하여야 한다. 산소결핍은 훈련에 의한 순화나 지구력 증가 등에 의하여 극복되지 않기 때문에 비행 중 저산소증을 피할 수 있는 모든 조치를 하여야 한다. 비행 중에는 저산소증 유발 상황에 직면하면 신속히 고도를 낮추어서 대기 산소분압이 증가되게 하거나, 산소공급 장비를 이용하여 추가로 산소를 공급하여야 한다. 특히 고고도에서는 산소공급이 없이는 의식을 유지하는 기간이 매우 짧아지므로 산소공급은 필수적이다.

다음 표는 고도에 따라서 산소 공급 없이 의식을 유지할 수 있는 시간을 나타낸 것이다. 조종사에게 공급하는 산소는 별도의 첨가제가 없는 항공용 산소를 사용하여야 하며 고공에서 수분 결빙에 의하여 산소 장구가 작동하지 않는 경우가 있을 수 있으므로 수분도 없어야 한다.

저산소증의 증상은 초기에는 거의 없고 조종사가 인지하지 못하는 상태에서 비행에 영향을 미치므로 저산소증의 상황을 조기에 인지하고 이에 맞게 대응하는 훈련을 받는 것이 중요하다.

[표 3-2] 고도에 따른 유효의식 유지시간

| 해면 고도(피트) | 유효의식시간 |
|-----------|--------|
| 45,000 | 9~15초 |
| 40,000 | 15~20초 |
| 35,000 | 30~60초 |
| 30,000 | 1~2분 |
| 28,000 | 2.5~3분 |
| 25,000 | 3~5분 |
| 22,000 | 5~10분 |
| 20,000 | 30분 이상 |

3.1.2.7 과호흡(Hyperventilation)

과호흡은 과도하게 빠르고 깊게 숨을 쉬어서 체내의 이산화탄소가 정상적인 상황보다 과도하게 체외로 소실되는 상황을 의미한다. 이산화탄소는 체내에서 적정량이 존재할 때는 체액의 산도를 중성으로 유지하는 데 역할을 한다. 이산화탄소의 비정상적인 과도한 소실은 체내의 산-염기 평형을 깨뜨려서 일시적으로 과알칼리 상태에 빠지게 되어 신체 대사 기능이 악영향을 받게 된다.

과호흡의 증상은 대개는 일시적인데 심한 경우는 의식상실에 이르기까지 한다. 과호흡의 일반적인 증상은 저산소증과 비슷하므로 만약증상이 발생하면 꼭 저산소증과 감별하여 판단하여야 한다. 이런 경우 보조적인 추가 산소를 사용하고 있다면 산소가 제대로 공급되고 있는지 우선 살펴보는 것이 중요하다. 과호흡의 일반적인 증상은 다음과 같다.

- 시각장애
- 의식상실
- 어지러움
- 손발 저림
- 뜨겁거나 차게 느끼는 이상 감각
- 근육강직

인체는 긴장하게 되면 호흡 횟수가 증가된다. 비행 중에 발생하는 긴장 상황에 조우한 조종사는 무의식적으로 호흡횟수가 증가되는데 산소가 부족한 고고도를 비행할 때는 산소 공급 여부에 상관없이 정상보다 빠르게 호흡하게 된다.

과호흡은 알려진 것보다 많이 발생한다고 하고 이들이 다른 요인들과 복합하여 비행 중에 문제를 악화시키는 경우가 많다. 비행 중에 발생하는 과호흡의 대처법은 호흡을 정상적으로 하여 체내에 이산화탄소가 적절히 다시 쌓이도록 하는 것이다. 호흡을 느리게 하기 위하여 이야기를 하거나, 종이백 같은 것에 대고 호흡을 하는 것이 쉽게 할 수 있는 방법들이다. 과호흡증은 호흡수가 정상화되면 대부분 금방 회복된다.

3.1.2.8 중이 및 부비동의 문제

(Middle Ear and sinus Problems)

고도의 상승이나 하강에 의하여 신체 외부 공기 압력이 변화하면 신체의 체강(body cavity) 내에 존재하는 공기가 확장 혹은 수축을 하면서 신체의 관을 통하여 체외로 배출되기도 하고 흡수되기도 한다. 어떤 원인에 의하여 이러한 공기의 이동에 장애가 생기서 체강 내의 공기가 빠져나가지 못하고 있는 상태에서 확장되면 체강 내 공기압이 증가되고 체강

에 압력이 가해지면서 통증이 생기고 일시적으로 청력장애가 발생하기도 한다. 비행할 때 발생하는 이통 및 부비동 통증이 대표적인 현상이다.

중이(middle ear)는 구개골에 있는 작은 체강의 일종인데 외이(external ear)와는 고막으로 구분되어 있다. 중이와 외부 사이에는 중이 부분과 목구멍 사이에 이관(Eustachian tube)이 존재하여 공기를 흐르게 하여 정상적으로는 중이와 외부 사이에 공기압력의 차이가 없게 된다[그림 3-1]. 보통은 이 이관은 닫혀있으나 음식을 씹거나 삼키기 혹은 하품 등에 의하여 일시적으로 열려서 공기를 유통시키고 압력 차이를 없앤다. 만약 이 공기 유통 과정이 저해되어 중이와 외부 사이에 압력차가 발생하면 중이 부분을 중심으로 불쾌감 및 통증이 발생할 수 있다.

비행 중에 상승하게 되면 외부의 공기압은 감소하는데 이때 이관이 막혀있으면 외부와 중이 사이의 공기의 유통이 저해되면 중이 내의 공기가 확장되어 압력이 증가하고 가장 약한 부분인 고막이 압력에 외이 부분으로 밀리게 된다. 조종사는 이 순간 귀 울림 또는 귓속이 팍 찬 느낌을 느끼게 된다. 이관이 개방되어 공기가 유통이 되면 압력이 같아지면서 이러한 불편한 느낌은 사라지게 된다. 이관 개방 때는 개방음(popping)이 들리는 수도 있다. 하강 시에는 반대 현상이 일어난다.

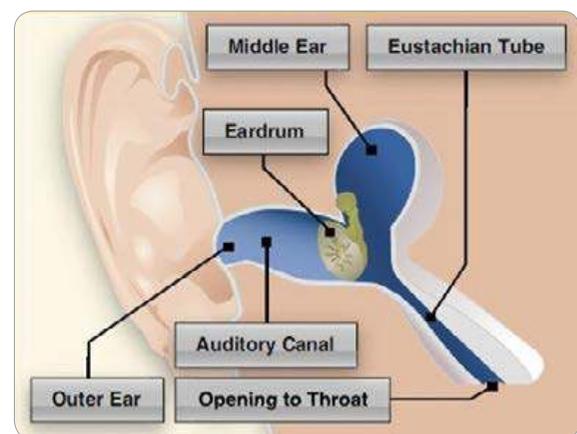
압력변화에 의하여 이관 내에 부분적인 진공 상태가 되어 이관이 수축을 하여 공기의 흐름을 막는 경우가 발생할 수 있는데 이러한 압력 차이에 의하여 일시적으로 청력이 저하되면서 중이부에 상당한 통증이 유발되기도 한다.

비행 중에 이러한 문제를 해결하는 방법은 이관 내의 압력을 증가시켜 막혔던 이관이 다시 부풀어서

공기 유통이 재개되게 하는 것이다. 간단하게는 침삼키기, 하품하기 등이 있고 코와 입을 막고 강제로 숨을 내쉬어서 입안과 콧속으로 바람을 불어넣어 이관을 부풀리는 방법이 있다(Valsalva maneuver).

조종사가 귀나 목구멍에 염증이 있어서 유통이 동반되어 있다면 이 방법은 잘 되지 않을 수 있고 이런 경우에는 비행 전에 소염 작용이 있는 비강 내 점적액이나 경구용 약제를 사용하여 유통을 완화시킨 다음 비행하는 것이 좋다. 다만 약제에 따라서는 비행에 영향을 주는 것들이 있으므로 비행 여부는 항공전문의사와 상의를 하여야 한다.

이와 비슷하게 부비동(sinus)에서도 작은 공기 유통 구멍을 통하여 외부와 공기 유통을 하여 압력 차이를 완화시키고 있다. 감기나 부비동염 혹은 비강부의 알레르기 등으로 염증에 의하여 부비강 공기 유통구멍 주변에 유통이 발생하면 구멍이 막혀서 해당 부비강 주변에 심한 통증이 발생한다(부비동 막힘, sinus block). 이런 경우는 주로 비행 중에는 하



[그림 3-1] 이관과 주위 구조. 이관(eustachian tube)은 인후(throat)로 연결되고 이를 통하여 외부와 연결된다. 이관을 통하여 중이(middle ear) 내의 압력이 외부와 같아지는 것을 볼 수 있다. 중이 내의 압력이 증가되면 고막(eardrum)이 외이(outer ear)쪽으로 밀리면서 귀에 통증이 발생하게 된다.

강할 때 많이 발생하는데 하강 속도를 줄이면 통증 완화에 도움이 된다. 상악부 부비동에서 울혈이 발생하면 상악부 이외에 위 치아 부분에도 전이되어 치통으로 나타나기도 한다. 가끔 부비동 내의 혈성 점액물이 비강 내로 분비되기도 한다.

상기도 감염이 있거나 비강 내 알레르기 질환이 있는 경우에는 비행하지 않는 것이 부비동 울혈을 피하는 가장 좋은 방법이다. 전술한 소염 작용이 있는 도포제들이나 경구 복용제들이 부비동 내 공기 유통 구멍 주변의 울혈을 해소하는 데 도움을 주기도 하지만 항상 효과적이지는 않고 경구용 제제는 전신효과에 의하여 비행에 영향을 미칠 수 있음을 유념하여야 한다. 착륙 후에도 본 증상이 개선되지 않는다면 추가 진료를 받아야 한다.

3.1.2.9 멀미(motion sickness)

뇌는 신체 각부에서 위치, 자세 등에 대한 정보를 받게 되는데 어떠한 이유로 신체 상태에 대하여 서로 일치하지 않는 신호들을 받으면 뇌에서는 신체 자세 등에 대하여 정확한 판단을 내리지 못하고 여러 가지 다양한 신체 증상이 나타나는데 이를 멀미라고 한다. 조종사로서 비행을 처음 시작하는 초기에는 비행 중 멀미를 겪기도 하지만 비행 경험이 쌓이면서 대부분 없어지게 된다. 비행 훈련을 처음 시작하면서 겪게 되는 긴장, 불안 등이 멀미 발생에 역할을 하기도 한다.

멀미의 증상은 전신불쾌감을 느끼기 시작하면서 나타나는 데 어지러움, 창백함, 발한 등이 이어서 나타나고 구역 구토가 동반되기도 한다. 멀미를 겪는 것 자체로는 조종사로서의 잠재적인 비행 능력에 영향을 미치지 않는다고 한다.

다만 학생 조종사로서 멀미를 자주 겪는다면 교관과 미리 상의하여 멀미를 극복할 수 있는 방법들을 찾아보는 것이 좋다. 예를 들면, 경험이 쌓여서 비행이 편하게 느껴질 때까지는 기류가 불안정하여 난류(turbulence)가 심한 날은 비행을 피해보거나, 처음에는 비행 교육을 짧은 시간만 하고 단계별로 비행 시간을 늘려가는 것도 좋은 방법의 하나이다. 만약 비행 중에 멀미가 오면 조종실 내 환기구를 열어 신선한 외부 공기를 마시고, 비행기 외부로 시선을 돌려서 바깥의 풍경이나 지상의 물체를 잠시 바라보는 것도 좋다. 아울러 비행 중에는 불필요한 머리의 움직임은 하지 않는 것도 멀미의 증상을 완화시키는 데 도움이 된다. 멀미 예방약제로서 많이 쓰이는 드라마민(Dramamine) 약제 같은 것을 사용해볼 수는 있으나 부작용으로 졸음 등이 있어서 비행 중에 사용할 수 있는 약물로는 추천되지 않는다.

3.1.2.10 일산화탄소중독

(Carbon Monoxide (CO) Poisoning)

일산화탄소는 내연기관 연소에서 발생하는 무색, 무취의 부산물 가스이다. 일산화탄소는 호흡을 통하여 혈액 내로 녹아들면 혈액 내에서 산소 운반을 담당하는 헤모글로빈과 결합하게 된다. 호흡을 통하여 혈액 내로 녹아든 산소는 적혈구 내의 헤모글로빈과 결합하는데, 산소를 결합한 적혈구는 전신을 순환하면서 인체 각 조직세포에 필요한 산소를 운반하는 역할을 한다. 일산화탄소는 혈액 내에서 헤모글로빈과의 결합능력이 산소의 200배에 달하여 산소는 헤모글로빈과 결합하지 못하게 된다. 산소가 없는 적혈구가 전신을 순환하면서 정상적인 산소 운반능력이 없어지게 되어 조직에 산소부족증(hyperemic

hypoxia)을 초래하게 한다. 일단 일산화탄소가 호흡을 통하여 체내로 들어오면 이것의 제거에는 최장 48시간 정도까지 소요된다고 하므로 주의하여야 한다.

소형 항공기의 경우는 조종실 내 히터나 서리제거기 등에서 필요한 열을 엔진 배기구에서 얻는데 배기구에 미세하나마 균열이 생기면 일산화탄소가 포함된 배기가 새어나와 열전달관을 통하여 열과 같이 조종실 내로 유입되게 될 수 있다. 따라서 조종실 내에 배기가스 냄새가 나면 일산화탄소도 같이 오염되어 있을 가능성이 있으므로 일산화탄소중독에 매우 주의하여야 한다. 조종실 내에서는 일산화탄소의 존재를 간단히 알 수는 없으므로 일산화탄소 감지기를 설치하여 사용하는 것이 좋다. 현재 간단하게 변색 여부를 통하여 일산화탄소 존재를 알려주는 일회용 패치형이 많이 사용되고 있다.

일산화탄소 중독의 증상은 두통, 몽롱한 상태에서 눈이 잘 보이지 않거나, 어지러움, 졸음 등이 나타나고 진행하면 근육이 풀려서 힘을 쓸 수가 없게 된다. 조종사들이 알아야 할 중요한 점은 이러한 증상이 나타나서 조종사가 일산화탄소 중독을 인지할 때는 저산소증으로 이미 근육마비 등이 일어나 신체는 움직일 수가 없어서 환기 등 회피 조작을 못 하게 되는 경우가 발생한다. 비행 중에 가스 냄새가 나거나 위에 언급한 증상들이 나타나면 주저 없이 환기구나 보조 창문 등을 열어 환기를 하면서 히터도 끄고 필요하다면 비행기 내 비치된 산소 흡입 등 필요한 조치를 하여야 한다.

위에 언급한 급성 중독과 달리 흡연은 전형적인 만성 일산화탄소 중독에 해당한다. 흡연하게 되면 혈중에 일산화탄소 농도가 증가하고 신체는 해수면 고도로 마치 8,000피트에서 비행하는 것 같은 산소부

족 효과가 나타나게 된다. 산소부족 이외에 장기간 흡연은 피로 등 만성 신체 질환의 원인이 되고 조종사에게 있어서는 신체 이상에 의한 비행 부적합의 원인이 되므로 조종사로 오랫동안 활동하고자 하는 경우는 금연은 필수적이다.

3.1.2.11 스트레스(Stress)

스트레스는 신체에 가해지는 여러 정신 및 신체 자극에 반응하여 체내에서 일어나는 생물반응이다.

자극 호르몬인 아드레날린이나 다른 여러 가지 호르몬이 혈액 내로 분비되어 우리 몸을 보호하려고 하며 체내에서의 대사를 증가시켜서 근육에 힘과 에너지를 제공하여 위협에 대처해 싸우거나 그 상황을 피할 수 있게 한다. 이 과정에서 근육, 뇌, 심장에 더 많은 혈액을 보낼 수 있도록 심장 박동과 혈압의 증가가 나타나고 더 많은 산소를 얻기 위해 호흡이 빨라진다. 추가 에너지 공급을 위해서 혈액 내에 당분의 양이 증가한다. 행동을 할 준비 때문에 근육이 긴장하고 상황 판단과 빠른 행동을 위해 정신이 더 명료해지고 감각기관이 더 예민해진다. 대신에 혈액이 적게 요구되는 곳인 피부, 소화기관으로 가는 혈류는 혈관 수축을 통하여 감소되고 이 과정에서 땀이 나기도 한다.

스트레스를 일으키는 해로운 인자나 자극 등의 스트레스 유발인자를 스트레스(stressor)라 하는데 소음, 진동 같은 신체적 스트레스, 피로 등의 심리적 스트레스와 힘든 업무나 개인 사정 같은 정신과적 스트레스들이 있다.

스트레스가 일어나는 단계는 3단계로 나누어지는데, 1단계는 경고반응기로 생체가 스트레스에 대해 적극적으로 저항을 나타내는 시기로 1~48시간 안에

반응이 나타난다. 처음에는 체온 및 혈압 저하, 저혈당, 혈액농축 등의 쇼크가 나타나고 다음에는 그것에 대한 저항이 나타난다. 2단계는 저항기로 경고반응기를 지나고도 계속 스트레스에 노출되면 저항기로 이행된다. 스트레스에 대한 저항이 가장 강한 시기이다. 그러나 다른 종류의 스트레스에 대해서는 저항력이 약화된다. 3단계는 피폐기로서 스트레스에 대한 저항력이 떨어져 생체에 여러 불리한 증상들이 나타나며 생체는 결국 죽음에 이르게 된다.

스트레스는 무조건 건강에 좋지 않은 영향만 끼치는 것이 아니다. 적당하면 오히려 신체와 정신에 활력을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다. 크게 급성과 만성 스트레스로 나눌 수 있다. 급성은 당장 코앞에 닥친 위협에 대한 위협의 내용이 구체적이며 당장 적당한 반응을 하여야 하는 상황에 직면한 경우이다. 건강한 사람은 보통 이런 급성 스트레스를 잘 견뎌내며 스트레스의 과부하에서 벗어날 수 있다.

하지만 급성 스트레스가 계속되어 결국 만성화되면 내·외적 자극에 대하여 개체가 감당할 능력이 약화된다. 이러한 상태에 장기간 반복적으로 노출되면 스트레스는 만성화되는데 이때부터는 스트레스는 한도를 초과하여 견디기 어렵게 되고 즉각적인 반응 능력도 떨어지게 되면서 조종사로서의 업무 능력이 현저하게 감소하게 된다. 이런 정도의 스트레스를 경험하는 조종사는 비행 안전에 위협을 초래할 수 있으므로 의료진의 도움을 받는 것이 좋다.

만성 스트레스는 정서적으로 불안과 갈등을 일으키고, 자율신경계의 지속적인 긴장을 초래하여 정신적·신체적인 기능장애나 질병을 유발시킨다. 결국 심신장애의 병적인 증상이 진행하거나 악화되어 온갖 장애와 만성질환에 걸리게 된다.

3.1.2.12 피로(Fatigue)

피로는 조종사 실수의 중요한 원인의 하나이다. 전형적인 피로의 악영향은 주의가 산만해지고 임무에 집중하기 힘들어지는 것이다. 아울러 비행 시에는 비행면 조작을 위한 신체의 조정력도 떨어지고 조종실 내에서 승무원 간의 상호 의사소통 능력도 감소하게 되며 비행 중 필요한 시기에 적절한 판단을 내리기 어렵게 된다.

육체적 피로는 수면이 부족하거나 육체적인 노동에 의하여 발생하고, 정신적 피로는 스트레스나 인지 능력을 사용하는 장시간의 정신노동 등에 의하여 발생한다.

스트레스와 마찬가지로 피로도 급성과 만성으로 나뉜다. 급성 피로는 힘든 일을 오래하거나 장시간 긴장하거나 흥분해있는 상태 혹은 잠이 부족한 상태에서 권태, 피로, 지친 느낌 등을 느끼는 것이라고 할 수 있고 일상에서는 정상적으로도 흔히 일어나며 단기간 지속된다. 이러한 급성 피로는 작업 후 휴식이나 8시간 충분히 수면을 취한다면 해소될 수 있다.

급성 피로의 특별한 예는 기량 피로(skill fatigue)이다. 기량 피로는 일반적인 작업 수행에 있어서 다음 두 가지 영향을 미친다.

적절한 시기 선택의 어려움 - 작업을 수행할 때 평상시 같이 하고 있는 것처럼 보이는 하지만 각 작업 구간별 타이밍이 약간씩 벗어나곤 한다. 비행할 때 조종사는 각 비행 조작을 서로 유기적으로 융합하여 조화가 되게 하여야 하는데 이런 타이밍 오류가 반복되어 누적되면 각 조작이 서로 자연스럽게 연계되지 않고 따로 걸돌게 되어 전체적으로 비행 과정이 자연스럽지 못하게 된다.

지각 영역의 붕괴 - 사물의 형상이나 움직임을 판

단할 때 중심 시야에서의 정보에만 편중하고 주변 시야에서의 정보를 무시하게 된다. 이렇게 되면 항공기의 움직임을 정확하고 매끄럽게 조종하지 못하게 된다.

급성 피로의 원인은 다양한데 조종사에게는 다음과 같은 것들이 상당한 영향을 미칠 수 있다.

- 경도의 저산소증
- 지속적인 육체적 및 심리적 스트레스
- 심리적 스트레스로 인한 신체 에너지 고갈

스트레스는 이것에 관련된 호르몬 분비를 관장하는 내분비샘을 자극해서 유사시에 신체가 신속하게 위협에 반응하게 한다. 스트레스 호르몬 분비에 따라 순환기, 호흡기계 신체기관의 활성이 증가되며 근육과 뇌의 활동 증가에 따른 추가 에너지 소모를 보충하기 위하여 간에서는 에너지 대사를 증가 시켜서 에너지원인 당분을 혈중으로 분비시킨다. 만약 지속적인 스트레스로 이러한 과정이 장시간 지속되면 이러한 에너지 예비 능력이 고갈되어 인체는 전반적으로 피로 상태에 빠지게 된다.

급성 피로는 적절한 식사, 충분한 휴식 및 수면으로 예방할 수 있다. 균형 잡힌 식사 및 적절한 휴식은 체내에 과도한 에너지 소모를 막고 적절한 에너지를 비축하여 신체에 활력을 유지하게 할 수 있다.

만성 피로는 장기간 지속되는 피로인데 기저 신체 질환 등 특정한 원인이 있는 경우도 있지만 대부분 심리적인 원인에 기인하는 경우가 많다. 지속적인 높은 수준의 스트레스가 만성 피로를 일으키는데, 급성 피로와는 달리 적절한 식사, 휴식, 수면 등으로 잘 해소되지 않고 의학적 치료를 요하는 경우가 많

다. 만성 피로를 겪는 조종사는 쇠약감, 피로감, 두근거림, 숨이 차고 자주 짜증을 내기도 한다. 가끔 위와 장애 문제를 일으켜서 복통이나 전신동통을 일으키기도 한다. 이러한 현상들이 깊어지면 정서적 질환으로 이행하기도 한다.

만약 급성 피로를 느끼면 가능하다면 비행하지 않는 것이 좋다. 비행할 때 조종실 내에서 급성 피로를 느낀다면 충분한 휴식만이 유일한 해결책이다. 비행 훈련의 양을 늘려서 기량을 향상시킨다고 급성 피로의 악영향에서 벗어날 수는 없다. 예를 들면 밤새 비행하였거나 장시간 와류 속을 비행하여 스트레스로 체력이 탈진하였을 때는 간밤에 충분히 쉬지 않았으면 비행하지 말아야 한다. 정기적인 비행을 하는 조종사는 한 번에 8시간 이상은 조종업무를 하지 않도록 법적으로 권고하고 있다. 일반적인 아울러 조종사는 만성 피로가 문제가 된다고 느끼면 기꺼이 의료진의 도움을 받아야 한다.

3.1.2.13 탈수 및 열사병

(Dehydration and heatstroke)

탈수는 신체에 이상을 초래할 정도로 체내에서 수분이 많이 빠져나간 상태를 의미한다. 비행 중 탈수의 원인은 조종실 안이 너무 덥거나 건조하고 혹은 이노작용을 많이 일으키는 커피, 차, 알코올음료나 카페인 함유 음료 등을 과도하게 섭취하는 경우에 발생할 수 있다. 탈수의 흔한 증상들은 두통, 피로감, 근육경직 및 졸음이 오거나 어지러움 등이 있다. 진행하면 심한 갈증을 느끼면서 전신 쇠약감, 구역질, 손발 저림 및 복통까지 나타나게 된다.

우선적으로 문제가 되는 탈수 증상은 피곤함인데 이로 인하여 조종사로서 비행에 최상의 상태를 유지

하지 못하게 된다. 여름 날씨에 고온에 고고도로 장시간 비행하는 경우 땀 등으로 과다한 체액의 손실이 발생하여 탈수의 원인이 될 수 있다. 탈수를 예방하기 위해서는 대략 하루에 2~4리터 정도의 수분 보충이 필요하다고 알려져 있다.

조종사에게 중요한 것은 탈수가 될 수 있는 상황에서는 언제든지 탈수에 빠질 수 있음을 염두에 두는 것이다. 일반적으로 성인에서는 1.5리터 정도의 수분 결핍이 있거나 체내 총 수분의 2% 이상이 소실되면 인체는 갈증을 느끼게 된다. 문제는 탈수가 상당히 진행된 후에야 탈수를 느끼게 된다는 것인데 약간의 수분 섭취만으로 탈수 느낌이 희미해지면서 탈수 현상을 간과해버리는 것이다. 예를 들면 탈수가 심한 사람도 물 한 모금만 섭취하면 일단 심한 탈수감은 없어지지만 실제 체내의 심각한 탈수 현상은 그대로 남아 있는 것이다.

탈수를 예방할 수 있는 방법들로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 본인이 하루에 수분을 얼마나 섭취하는지 알아본다. 계량이 되는 컵을 준비하여 가지고 다니면서 자신이 하루에 수분을 얼마나 섭취하는지 가능해볼 수 있다.
- 탈수에 미리 대비한다. 갈증을 느낄 때까지 기다리지 않고 미리 적절하게 음료를 섭취한다. 맹물을 먹기 어려울 경우는 향미가 가미된 스포츠 음료를 선택할 수도 있다.
- 섭취하는 음료 중에 비행 중에는 가능하면 커피나 알코올의 과다한 섭취는 자제한다. 커피와 알코올은 배뇨를 촉진하여 체내의 수분을 고갈시키는 역할을 한다.

열사병은 인체가 체내의 온도를 적정하게 조절하지 못하는 상태를 의미한다. 열사병 증상은 탈수 증상과 비슷하게 나타나는데 많은 경우에 증상이 악화되어 쓰러질 때가 되어서야 발견되기도 한다.

열사병의 증상을 예방하기 위해서는 수분의 공급이 중요하다. 특히 장거리 비행을 하는 경우에는 갈증의 유무에 상관없이 가능하면 충분한 양의 수분을 자주 공급해주는 것이 도움이 된다. 인체는 정상적으로는 시간당 1~2리터 정도의 수분을 흡수한다고 알려져 있으므로 열사병 가능성이 높은 상황에서는 시간당 1리터의 수분을 섭취해야 하고 이보다 가능성이 적은 경우는 그 절반 정도의 양이라도 수분을 섭취하여야 열사병의 발생을 막을 수 있다.

비행기의 조종실이 햇볕에 가림막이 없는 캐노피 형태로 되어 있거나 천장에 창문이 설치된 루프 윈도우 형태의 경우에는 햇볕에 많이 노출될 수밖에 없으므로 비행할 때는 가능하면 햇볕을 잘 반사하는 밝은 빛깔의 옷을 선택하고 땀을 잘 배출할 수 있는 통기성 의류를 착용하고 햇빛을 가릴 수 있는 챙이 있는 모자를 쓰는 것이 좋다. 아울러 조종실 내 환기를 하여 실내의 열기를 외부로 배출하여 실내 온도를 적절히 낮추는 것도 필요하다.

3.1.2.14 알코올(Alcohol)

일반적으로 알코올은 섭취하였을 때 신체 효율을 저하시킨다고 알려져 있다. 여러 연구들에 의하면 음주와 업무 활동도는 밀접히 연관되어 있다고 한다. 조종사는 비행 중에 크고 작은 수많은 결정을 내려야 하는데 조종사의 정확한 판단 및 실행이 안전한 비행에 가장 필수적이다. 이것은 통상적인 비행에서도 중요하지만 기체 고장, 기상악화에 조우하는

등 비정상 상황에서는 더욱 중요해진다. 알코올 섭취는 이러한 안전 비행의 가능성을 현저히 줄일 수 있다.

알코올은 소량만 섭취하여도 신체에 다방면으로 영향을 미치는데 판단력 저해, 책임감 감소, 신체 조정력 감소, 추론 능력 및 기억력이 감소하고 주의 집중 시간도 짧아진다. 근육반사의 강도가 저하되고 반응시간이 길어지면서 조종면의 변화에 따른 조종사 신체의 반응 민첩성이 떨어지게 된다. 시야도 좁아지고 안구 운동이 효율적으로 되지 않아서 비행 차트를 보는 데 어려움을 겪기도 한다. 이러한 여러 가지 악영향들은 사고 발생으로 이어지는 일련의 유발 고리로 작용할 수 있다. [표 3-3]에는 알코올 섭취량에 따른 혈중 농도 및 증상들을 요약하였다.

음주 중에 섭취된 알코올은 에틸알코올인데 약리적으로는 뇌신경계에 다양한 영향을 미친다. 음주 초기에 혈중 농도가 낮은 상태에서는 일시적으로 뇌신경계에 대한 자극제로 작용한다. 이때는 말이 많아지고 기분이 좋아지는데(euphoria), 혈중 농도가 증가함에 따라서는 뇌신경계에 억제제로 작용한다. 이때부터는 상황에 대한 판단력과 반응력이 떨어지고 근육운동의 조화가 잘되지 않으면서 신체가 균형감을 잃게 된다. 더 진행하게 되면 급기야 의식이 저하되기까지 한다. 맥주 한잔 정도의 약간의 음주로도 시각과 청력의 능력이 감소되는데 이러한 신체 기능 저하 현상이 야간 비행 중에는 더욱 현저해지므로 주의하여야 한다.

알코올은 약리적으로는 기본적으로 뇌신경계의 정상적인 억제기작을 마비시키는 일종의 마취 약제라고 할 수 있다. 섭취 용량에 따라 나타나는 증상은

다양하지만 신체에 미치는 영향은 기본적으로 비슷하다.

알코올은 섭취 후 위와 소장에서 신속히 흡수되어 간으로 간 후 이곳에서 이산화탄소와 물로 분해되며 이산화탄소는 폐를 통한 호흡을 통하여 배출된다. 공복에 음주하면 섭취 후 30분 이내에 80~90% 정도의 알코올이 혈중으로 흡수된다. 간에서의 대사 과정 중에 아세트알데하이드라는 독성 물질이 중간 생성물로 잠시 발생하는데 과음으로 알코올이 혈중에 많이 흡수되었거나 간 대사 중인 병용 약물이 동시 투여 중이어서 간의 대사 능력의 한계를 벗어나거나, 간 질환 등으로 대사능력이 떨어져 있는 상태에서는 미처 대사되지 못한 아세트알데하이드가 혈중에 증가되면서 독성증상이 나타나게 된다. 맥주 한잔 정도의 음주를 하는 경우에도 3시간 정도는 경과해야 알코올의 영향에서 벗어난다.

음주 후 숙취 중에는 아직 알코올의 영향에서 벗어날 수 없는 상태인데 이 상태에서 조종사는 전신 상태가 괜찮다는 잘못된 느낌을 갖게 되면서 비행업무를 충분히 잘할 수 있다고 느끼게 되는데 실제로는 아직 운동능력이나 정신적 판단 능력이 떨어져 있는 상태이다. 상당량의 음주를 한 상태라면 체내에 알코올은 최소 16시간 이상 잔류하므로 조종사가 비행 전 음주를 하는 경우 이런 점을 고려하여 충분한 경과 시간을 두고 비행하여야 한다. 일반적으로는 음주 후 최소 8시간 이상은 지나서 조종석에 앉는 것이 좋고 운송용 조종사의 경우는 24시간 이상 경과한 후에 비행하도록 권고하고 있다.

고도상승은 뇌에 대한 알코올의 영향을 배가시킨다. 예를 들면 맥주 2잔 하고 고고도 비행을 하는 경우 조종사 신체에서의 알코올 영향은 지상에서 3~4

잔 한 것과 같은 영향을 보인다. 알코올은 뇌에서 산소 이용을 방해하여 저산소증(histotoxic hypoxia)에 쉽게 빠지게 한다. 뇌는 혈관이 풍부한 기관인 데다가 알코올의 혈액 내 흡수가 신속하게 이루어지므로 음주에 의하여 뇌는 금방 영향을 받게 된다.

조종사가 비행 전이나 비행 중의 음주를 하는 경우, 고고도 비행에 따른 산소부족에 알코올에 의한 산소 이용 방해 효과까지 겹치면서 조종사 비행 능력 발휘에 최악의 조합이 된다.

[표 3-3] 알코올 섭취와 신체 기능 저하 정도

| Type Beverage | Typical Serving (oz) | Pure Alcohol Content (oz) |
|---|---|---------------------------|
| Table Wine | 4.0 | .48 |
| Light Beer | 12.0 | .48 |
| Aperitif Liquor | 1.5 | .38 |
| Champagne | 4.0 | .48 |
| Vodka | 1.0 | .50 |
| Whiskey | 1.25 | .50 |
| 0.01-0.05 (10-50 mg%) | average individual appears normal | |
| 0.03-0.12* (30-120 mg%) | mild euphoria, talkativeness, decreased inhibitions, decreased attention, impaired judgment, increased reaction time | |
| 0.09-0.25 (90-250 mg%) | emotional instability, loss of critical judgment, impairment of memory and comprehension, decreased sensory response, mild muscular incoordination | |
| 0.18-0.30 (180-300 mg%) | confusion, dizziness, exaggerated emotions (anger, fear, grief) impaired visual perception, decreased pain sensation, impaired balance, staggering gait, slurred speech, moderate muscular incoordination | |
| 0.27-0.40 (270-400 mg%) | apathy, impaired consciousness, stupor, significantly decreased response to stimulation, severe muscular incoordination, inability to stand or walk, vomiting, incontinence of urine and feces | |
| 0.35-0.50 (350-500 mg%) | unconsciousness, depressed or abolished reflexes, abnormal body temperature, coma; possible death from respiratory paralysis (450 mg% or above) | |
| * Legal limit for motor vehicle operation in most states is 0.08 or 0.10% (80-100 mg of alcohol per dL of blood). | | |

3.1.2.15 약물(Drugs)

여러 가지 질환으로 인하여 복용하는 약물들이 비행업무에 영향을 줄 수 있다.

진정제, 신경안정제, 일부 진통제, 기침 억제약 등은 판단력을 흐리게 하고 각성상태를 저하하게 한다. 또한, 신체 조정능력을 감소시키고 시각이상을 초래하기도 하며 기억력 및 계산 능력을 저해하기도 한다. 이외에 항히스타민제, 혈압강하제, 근육이완제, 설사 몇개 하는 약, 멀미 방지약 등도 비슷한 이상반응이 생길 수 있다. 진정제나 신경안정제, 혹은 항히스타민제는 신경계에 억제제로 작용하므로 조종사가 비행 시에 노출되는 저산소증에 좀 더 취약하게 되므로 대부분 이러한 약물을 복용하는 경우는 비행하지 않도록 한다[표 3-4].

진통제 중에서 약국에서 처방전 없이 일반인이 구매할 수 있는 약 중에서 아스피린, 아세트아미노펜 제제(예, 타이레놀), 이부프로펜 제제는 적절한 용량으로 사용한다면 비행에 특별한 악영향이 없으므로 비행을 제한하지는 않는다. 그러나 병원 처방약제들로서 마약성 제제로 분류된 옥시코돈(oxycodon), 메페리딘(meperidin), 코데인(codein) 등은 어지러움, 구역, 정신착란, 두통, 시각장애 등을 유발할 수 있어서 비행 업무 시에는 투여하지 않도록 하고 있다. 치과 치료나 수술 중에 사용되는 마취약제는 치료 당시에만 사용되므로 짧은 기간의 관찰 기간만 가진 후에는 비행이 가능하다.

중추신경계 자극제(central nervous system stimulant)는 중추신경계의 흥분도를 증가시켜서 각성상태 및 신체 활동 상태를 증가시키는 약물들이다. 암페타민계(amphetamine) 약물, 카페인 및 니코틴 등이 포함된다. 이러한 약물들은 식욕을 억제

[표 3-4] 약물의 부작용들

| | Psychoactive Drugs | Range of Effects | | Development of Tolerance | Prolonged Use of Large Amounts | Withdrawal Symptoms After Prolonged Use |
|--------------|---|---|--|--------------------------|--|--|
| | | From | To | | | |
| Alcohol | Beer Wine Hard Liquor | Relaxation, lowered inhibitions, reduced intensity of physical sensations, digestive upsets, body heat loss, reduced muscular coordination. | Loss of body control, passing out (also causing physical injuries), susceptibility to pneumonia, cessation of breathing | Moderate | Liver damage, ulcers, chronic diarrhea, amnesia, vomiting, brain damage, internal bleeding, debilitation | Convulsions, shakes, hallucinations, loss of memory, uncontrolled muscular spasms, psychosis |
| | Barbiturates: - Nembutal - Phenobarbital - Seconal Tranquilizers: - Valium - Librium - Quaaludes | Relaxation, lowered inhibitions, reduced intensity of physical sensations, digestive upsets, body heat loss, reduced muscular coordination | Passing out, loss of body control, stupor, severe depression of respiration, possible death (Effects are exaggerated when used in combination with alcohol— synergistic effect.) | Moderate | Amnesia, confusion, drowsiness, personality changes | |
| Opiates | Opium Morphine Heroin Codeine Dilaudid Percodan Darvon Methadone | Suppression of pain, lowered blood pressure and respiratory rate, constipation, disruption of menstrual cycle, hallucinations, sleep | Clammy skin, convulsions, coma, respiratory depression, possible death | High | Depressed sexual drive, lethargy, general physical debilitation, infections, hepatitis | Watery eyes, runny nose, severe back pains, stomach cramps, sleeplessness, nausea, diarrhea, sweating, muscle spasms |
| Stimulants | Dexedrine Methamphetamine Diet Pills Ritalin Cocaine Caffeine | Increased blood pressure and pulse rate, appetite loss, increased alertness, dilated and dried out bronchi, restlessness, insomnia | Paranoid reaction, temporary psychosis, irritability, convulsions, palpitations (not generally true for caffeine) | High | Psychosis, insomnia, paranoia, nervous system damage (not generally true for caffeine) | Severe depression, both physical and mental (not true for caffeine) |
| Psychedelics | LSD Mescaline Psilocybin PCP | Distorted perceptions, hallucinations, confusion, vomiting | Psychosis, hallucinations, vomiting, anxiety, panic, stupor. With PCP: Aggressive behavior, catatonia, convulsions, coma, high blood pressure | High | Psychosis, continued hallucinations, mental disruption | Occasional flashback phenomena, depression |
| THC | Marijuana Hashish | Sedation, euphoria, increased appetite, altered mental processes | Distorted perception, anxiety, panic | Moderate | Amotivation (loss of drive) | No true withdrawal symptoms except possible depression |

하고 피로감을 감소시키고 기분을 고조시켜서 자신감을 갖게 하는 효과가 있다. 그러나 사용기간이 길어지거나 적절한 용량을 초과하면 불안증이 생기고 감정 기복이 심해지는 현상이 나타나서 비행 시 위

험을 초래할 수 있다. 따라서 중추신경계 자극제 약물들은 장기간 사용하지 않도록 권고되고 있으며 암페타민계 약물은 비행에 사용 금지 약물이다.

반대로 중추신경계 억제제(central nervous system

depressant)는 신체 기능의 일부 억제 작용을 나타내는데 혈압을 낮추고, 정신 작용을 둔화시키고, 외부 반응에 대하여 신체 반응도를 감소시킨다. 여기에 속하는 약물들은 진정제, 멀미약, 위장운동 조절 약물, 항히스타민제 등이 포함되며 알코올도 대표적인 중추신경계 억제제의 하나이다.

일부 항균제는 위에 나온 약제부류에 속하지 않으면서 비행에 영향을 미칠 수 있다. 약물 투여 후 몸의 균형 감각을 잡기 어려워지거나 청력저하, 구역 및 구토 등 비행에 위험한 부작용들이 발생할 수 있다. 대부분의 항균제들이 비행하는 데 안전하기는 하지만 항균제의 사용이 필요한 감염병이 있는 상태에서는 일반적으로 비행하지 않는 것이 좋다. 항균약제를 투여하는 경우에는 의사가 특별히 처방하지 않는 한 여러 약제들을 한꺼번에 복합하여 투여하는 것은 좋지 않다.

약제 간에 예상하지 않은 상호 약물반응이 일어나 비행에 악영향을 미치는 부작용이 될 수 있기 때문이다.

허가 받지 않은 약물이나 환각을 일으키는 약물의 사용은 조종사에게는 어떠한 경우도 절대 허용되던 안 된다.

조종사는 일반적으로는 비행업무 중에는 약물의 영향에서 벗어나 있는 것이 안전 유지에 도움이 된다. 예를 들면 멀미약을 사용하는 경우라면 최소 24시간은 경과한 후에 비행하는 것이 좋다. 하지만 비행 안전에 영향이 없거나 적다고 인정된 약물이 아닌 약물을 투여하고 있는 상태라면 원칙적으로 비행하지 않는 것이 좋다. 투여 중인 약물의 부작용 범위가 분명하지 않으면 항공 전문의사에게 상담하는 것이 좋다.

3.1.2.16 비행 중 발생하는 감압병(Altitude-

Induced Decompression sickness, DCS)

정상적인 대기압 상태에서는 호흡에 의하여 체내에 들어온 산소 및 질소기체는 혈액 및 조직 내에 녹아 있게 된다. 인체가 대기 저압력 상태에 노출되면서 혈액과 조직 내에 녹아 있어야 할 질소가 혈액이나 조직 내에서 기화되어 기포가 형성되고 이것이 여러 신체 조직에 끼어서 폐색 증상을 일으키는 것을 감압병이라고 한다. 보통 해면고도 1만 8,000피트 이내에서는 잘 발생하지 않으나 스쿠버다이빙을 한 후에 비행하는 경우는 훨씬 낮은 고도에서도 발생할 수 있다. 보통 기포 생성에 시간이 소요되므로 상승 직후 보다는 20~60분 정도는 소요된 후에 증상이 발생한다.

폐색 증상을 유발하는 가장 흔한 장기는 관절이고 이때 발생하는 관절통의 증상을 감압통(bends)이라고 한다. 폐색 장기에 따라 드물게 호흡곤란(choke), 시력장애, 허탈 등이 나타날 수도 있다.

이렇게 비행 중에 감압병이 발생하면 다음과 같은 조치들을 취하여야 한다.

- 산소마스크를 즉시 착용하고 100% 산소로 흡입하여 질소를 제거하여야 한다.
- 대부분의 감압병은 1만 피트 이하의 저고도로 내려오면 완화되므로 우선 긴급 하강하거나 착륙함으로써 대기압을 높여서 질소의 체내 기화를 막는다. 하강하여 증상이 일시적으로 좋아져도 산소를 계속 흡입하면서 의학적 도움을 받는다. 색전 증상이 관절에만 생기지 않고 폐, 뇌 등 주요 장기에 발생할 수 있기 때문이다.
- 관절통이 있다면 통증이 있는 관절은 쉬도록 내

버려둔다. 관절운동을 해서 통증을 완화하려고 해서는 안 된다. 관절을 움직이면 기포가 없어 지지 않을뿐더러 통증이 더 악화된다.

- 착륙 후에는 감압병에 경험이 있는 의료진을 찾아서 진료를 받아야 한다. 가장 결정적인 치료는 고압산소탱크(hyperbaric chamber)를 이용한 가압 산소 치료이다.
- 비행 중에 나타나지 않았더라도 비행 종료 후 지상에 돌아온 뒤에도 뒤늦게 위에 언급한 감압병의 증상들이 나타날 수 있으므로 관찰 시간을 갖는 것이 좋다.

- 감압병 예방을 위해서 비행 전에 미리 100% 산소를 흡입하여 체내에서 질소를 제거하는 방법을 쓰기도 한다.

3.1.2.17 스쿠버다이빙 후의 감압병 (DCS After Scuba Diving)

스쿠버다이빙으로 물속에 들어가면 신체에 가압이 되면서 더 많은 질소가스가 체액에 녹아 들어가게 된다. 스쿠버다이빙 후에 다시 지상으로 서서히 올라오면 감압이 서서히 되면서 감압에 따라 다시 기화하는 질소 가스가 충분한 시간에 서서히 체내에서

[표 3-5] 감압병의 증상들

| DCS Type | Bubble Location | Signs & Symptoms (Clinical Manifestations) |
|----------------------------------|---|--|
| BENDS | Mostly large joints of the body (elbows, shoulders, hip, wrists, knees, ankles) | <ul style="list-style-type: none"> • Localized deep pain, ranging from mild (a "niggle") to excruciating—sometimes a dull ache, but rarely a sharp pain • Active and passive motion of the joint aggravating the pain • Pain occurring at altitude, during the descent, or many hours later |
| NEUROLOGIC Manifestations | Brain | <ul style="list-style-type: none"> • Confusion or memory loss • Headache • Spots in visual field (scotoma), tunnel vision, double vision (diplopia), or blurry vision • Unexplained extreme fatigue or behavior changes • Seizures, dizziness, vertigo, nausea, vomiting, and unconsciousness |
| | Spinal Cord | <ul style="list-style-type: none"> • Abnormal sensations such as burning, stinging, and tingling around the lower chest and back • Symptoms spreading from the feet up and possibly accompanied by ascending weakness or paralysis • Girdling abdominal or chest pain |
| | Peripheral Nerves | <ul style="list-style-type: none"> • Urinary and rectal incontinence • Abnormal sensations, such as numbness, burning, stinging and tingling (paresthesia) • Muscle weakness or twitching |
| CHOKES | Lungs | <ul style="list-style-type: none"> • Burning deep chest pain (under the sternum) • Pain aggravated by breathing • Shortness of breath (dyspnea) • Dry constant cough |
| SKIN BENDS | Skin | <ul style="list-style-type: none"> • Itching usually around the ears, face, neck, arms, and upper torso • Sensation of tiny insects crawling over the skin • Mottled or marbled skin usually around the shoulders, upper chest, and abdomen, accompanied by itching • Swelling of the skin, accompanied by tiny scar-like skin depressions (pitting edema) |

제거되면 특별한 신체적 문제가 생기지 않는다. 그러나 조종사나 탑승객이 스쿠버다이빙을 한 후 충분한 적응 시간을 갖지 않고 비행하는 경우 급속한 감압이 되는 효과가 발생하여 감압에 의한 체내 질소 가스 방출 생성으로 인하여 비행 중에 인체에 치명적인 감압병의 응급상황이 발생할 수 있다.

다이빙 후 비행까지 권고되는 적응시간은 다음과 같다.

1) 8,000피트 이내로 비행하는 경우라면, 잠수 후 떠오르는 중간에 멈추어 감압 조치를 할 필요가 없는(nondecompression stop diving) 정도의 잠수라면 다이빙 후 최소 12시간의 지상 적응 시간을 가져야 한다. 중간에 감압 조절 조치가 필요한 정도의 잠수(decompression stop diving)라면 24시간 이상의 적응시간이 필요하다.

2) 8,000피트 이상으로 비행하는 경우라면, 어떠한 경우라도 24시간 이상 적응 시간을 가져야 한다. 언급된 고도는 해수면 고도(mean sea level, MSL)이다.

3.2 비행 중 조종사 능력에 영향을 미치는 요인(Factors Affecting Pilot's Performance during Flight)

3.2.1 비행 착각(Spatial Disorientation and Illusions)

비행 착각은 비행 중에 비행기의 자세, 위치 및 운동방향 등에 대하여 조종사가 적절한 지향점을 잃어

버리고 착각에 빠지는 것을 의미한다. 비행 착각은 시각 정보가 제한된 계기비행 상태에서 조종사들이 비행기에 대한 감각이 올바르지 못하여 자신의 감각 기관에서의 감각에만 의지하여 비행하고자 하는 경우에 많이 발생한다.

해상 비행 중에 바다를 하늘로 착각하고 바다로 강하게 들어간다는 것, 같은 고도에서 가속하면 상승하는 느낌이 드는 것 등이 비행 착각의 예들이다.

인체는 공간에서 운동방향, 속도 및 자세 등을 확인할 때는 다음과 같은 3가지 인체 기관에서의 정보를 통합하여 판단한다.

1) 전정계(Vestibular system)

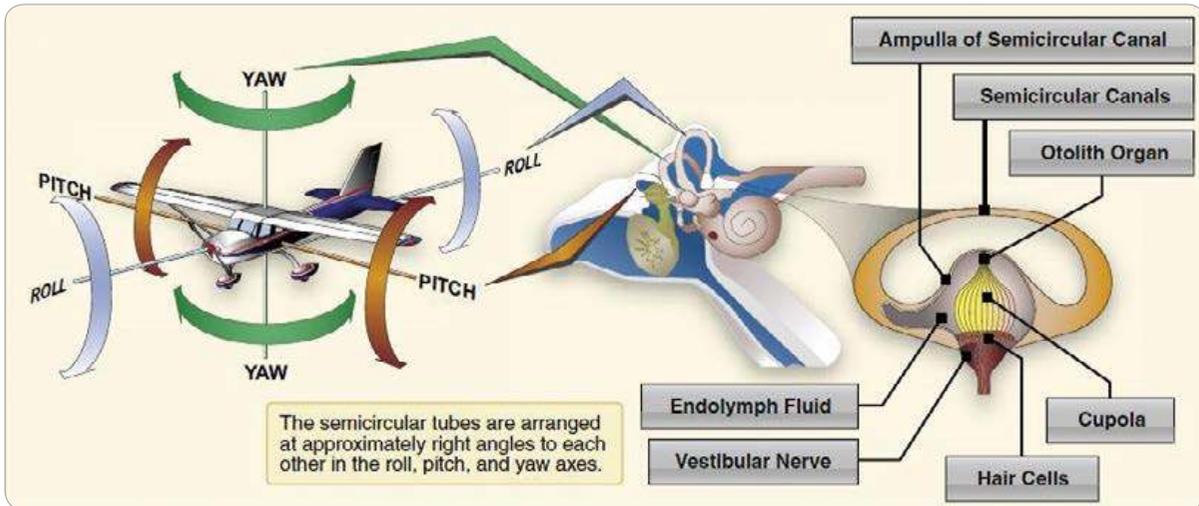
내이(inner ear)에 있으며 3개의 반고리관(semicircular canal)과 난형낭(utricle), 구형낭(sacculle)으로 구성된 이석기관(otolithic organ)으로 이루어져 있다. 반고리관은 머리의 회전운동에서 각 가속도(angular acceleration)를 감지하고, 이석기관은 수평방향과 수직방향의 머리운동을 감지한다. 자세유지에 중요한 역할을 담당한다[그림 3-2, 3-3].

2) 체성감각신경계(Somatosensory system)

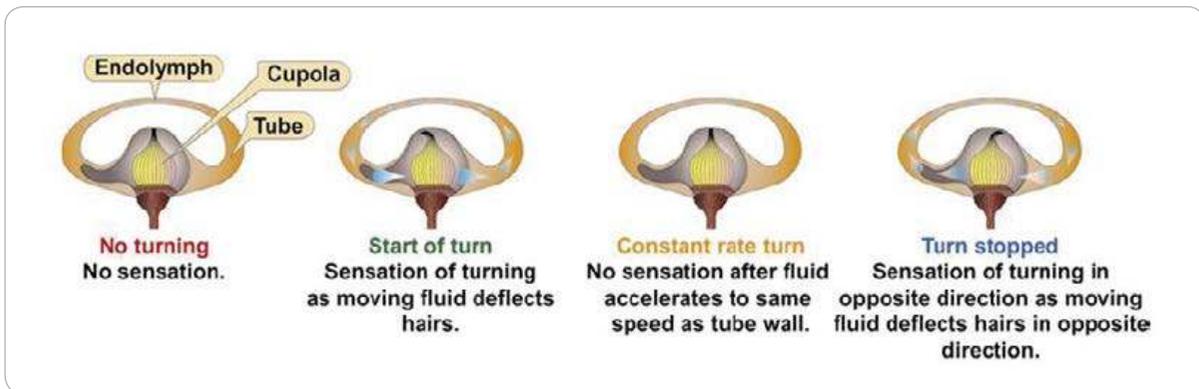
인체 구심성 감각은 피부, 골격근, 관절에서 발생하여 신경계를 통하여 뇌로 전달되는 감각이며, 중력, 소리 등 자극 특성에 따라 소리를 듣고 진동을 느끼며, 위치 감각을 느낄 수 있다.

3) 시각계(Visual system)

시각에 의하여 얻어진 시각정보를 통하여 위치를 파악한다.



[그림 3-2] 반고리관의 역할. 비행 시에 세 개의 반고리관은 각각 세 개의 평면에서 롤, 피치 및 요의 운동 감각을 느끼게 한다.



[그림 3-3] 각 가속도(angular acceleration) 감각

이상의 각 감각기관에서 얻어진 정보들은 뇌에 모여서 이것들을 바탕으로 뇌는 신체 위치 등에 대한 종합적으로 판단하게 되는데 이 3개 기관에서의 정보들이 서로 일치하여야 뇌는 인체의 위치나 운동 상태에 대한 분명한 판단을 하게 된다. 비행 중에 이 기관들에서의 정보가 불일치하고 상반되는 경우 비행 착각에 빠지게 된다.

시계비행 상황(visual meteorological conditions, VMC)에서는 시각에 의하여 분명한 위치 정보를 얻

을 수 있으므로 잘못된 신체 감각에 의한 착각을 막을 수 있으나 야간이나 기상 악화에 의하여 시각 정보 획득이 제한되는 계기 비행 상황(instrument meteorological conditions, IMC)에서는 명료한 시각정보를 얻을 수 없으므로 잘못된 신체 감각에 의하여 비행 착각에 빠지기 쉽다.

전정계는 내이에 있으면서 비행할 때 조종사가 움직임을 감지하고 이에 맞추어 주변 환경에 대한 신체의 상대적인 자세(orientation)를 결정한다. 고리

모양의 3개의 관이 3차원적으로 서로 수직 형태로 결합되어 있으면서 각 방향에 맞게 몸의 회전 및 가속을 느끼는 청각기관이다. 이러한 형태 덕분에 3차원 공간의 모든 방향에서 감각속을 느낄 수 있다. 각 반고리관 내부는 림프액으로 가득 차 있으며 그곳에 짧은 섬모가 나 있는데, 몸이 가속되면 관성으로 인해 림프액은 처음에는 정지해 있게 되고 반고리관만 먼저 움직인다. 이때 반고리관 섬모는 림프액이 한 쪽으로 흐름에 따라 눕혀진 모양이 되게 된다. 이렇게 고리관 내 섬모가 눕혀지게 되면 섬모가 심어진 모세포에 활동전위가 일어나게 되며 전정계 신경을 통하여 뇌로 신경신호를 전달하여 몸의 가속을 감지하게 된다.

전정계 신경은 이외에 난형낭(utricle), 구형낭(sacculle)에서의 신호도 동시에 뇌로 전달하는데 뇌에서는 이러한 신호들을 종합하여 움직임에 대한 최종적인 판단을 하게 한다.

체성(몸)감각계는 피부, 관절 및 근육에서 지구 중력에 의하여 무게를 느끼는 정도에 따라 뇌로 신호를 보낸다. 뇌에서는 이러한 신호들을 바탕으로 신체의 두부, 체간, 사지의 상대적 위치관계와 중력의 정도 및 방향 등의 정보를 바탕으로 역학 관계를 계산하여 체위를 정하게 된다. 신체가 움직이면 지속적으로 신호가 갱신되어서 뇌는 움직임에 따른 체위의 변화를 인식하게 된다. 시계 비행 조건에서 계기에 의존하지 않고 반사적인 비행감만으로 비행할 때는 주로 이러한 감각에 의존한다. 정상적인 비행 조건에서 비행할 때는 이러한 체성 감각은 시각 및 전정계 감각과 함께 상당히 믿을만한 감각이 된다. 하지만 신체는 중력에 의한 가속과 항공기 기동에 의한 가속을 구분하지 못하는 경우가 많고 비행 환경

의 변화 등과 맞물려서 조종사가 비행 중에 항공기의 자세와 움직임에 대한 착각을 유발하기도 한다.

비행 시 주요한 시계 참조점인 수평선이 분명한 정상적인 시계 비행상태에서는 내이의 감각기관은 항공기의 피치, 롤, 요 운동을 정확하게 느끼지만 안개 등으로 수평선이 불분명해져서 시각 참조점이 없다면 전정계에서의 감각은 신뢰할 수 없게 된다. 결국 비행에 따른 항공기의 움직임과 가해지는 힘의 변화가 합쳐져서 착각에 빠지게 된다.

이러한 비행 착각에 빠지면 극복하기가 힘들기 때문에 예방이 최선의 방법이다. 즉, 계기 비행 훈련이 부족한 조종사는 시정(visibility)이 저하되어 있거나 해가 진 후에 수평선이 보이지 않는 상태에서는 비행을 삼가는 것이 좋다. 또한, 비행착각에 잘 빠지지 않도록 하는 훈련 및 비행 착각을 미리 인지하는 훈련을 적절하게 받도록 하여야 한다.

계기 비행 기상 상태(instrument meteorological conditions, IMC) 상황에서는 자신의 신체 감각을 믿지 말고 비행계기를 우선적으로 믿고 의지하여 비행하는 훈련을 충분히 쌓는 것이 중요하다.

3.2.2 전정계 착각(Vestibular Illusions)

3.2.2.1 경사착각(lean)

항공기 선회 기동 중에 속도 자세 등의 변화 없이 완만하게 선회가 계속되면 세 반고리관 내의 림프의 이동이 없어지면서 반고리관 내의 섬모의 신경 세포의 자극 한계치 내에 있게 되면서 일시적으로 반고리관 내의 신경 세포에서 움직임을 나타내는 신호가 발생하지 않게 된다. 이에 따라서 조종사는 이 상태에서는 선회를 느끼지 못하고 수평 비행감을 느끼게

된다. 여기에서 갑자기 선회를 멈추고 수평비행으로 돌아오면 반고리관 내의 림프가 가속도에 의하여 반대로 이동하게 되고 반고리관 섬모의 자극 한계치를 초과하여 반대방향의 운동감으로 신호가 생겨서 뇌로 전달된다. 이때 조종사는 일시적으로 반대편으로 경사진 것(banked) 같은 착각을 느끼게 된다. 예를 들면 장시간 좌선회하다가 선회를 멈추고 수평비행으로 돌아오면 조종사는 수평상태에서 불구하고 우측으로 쏠려 있는 것처럼 느끼게 돼서 수평비행 상태에서 좌측으로 몸을 기울이거나 다시 좌선회로 들어가려고 하는 착각을 의미한다. 전정계 착각 중에 가장 흔하게 경험할 수 있다.

3.2.2.2 전향성착각(Coriolis Illusion)

항공기가 선회할 때 머리의 움직임에 의하여 나타나는 흔한 착각이다.

장시간 안정된 선회 중에는 반고리관 내의 림프의 움직임이 없게 되는데 이러한 선회 중에 조종사가 비행 차트나 계기를 보기 위하여 머리를 움직이면 반고리관 내의 림프의 이동이 갑자기 일어나게 되면서 실제의 항공기 이동방향과는 다르게 항공기의 자세나 진로가 급변하는 것 같은 착각을 일으키는 것을 의미한다. 이 착각에 빠진 조종사는 항공기의 자세나 속도가 갑자기 변한 것으로 착각하고 항공기 자세를 역으로 교정하려고 하게 되는데 이 과정에서 항공기가 이상자세로 들어가게 된다.

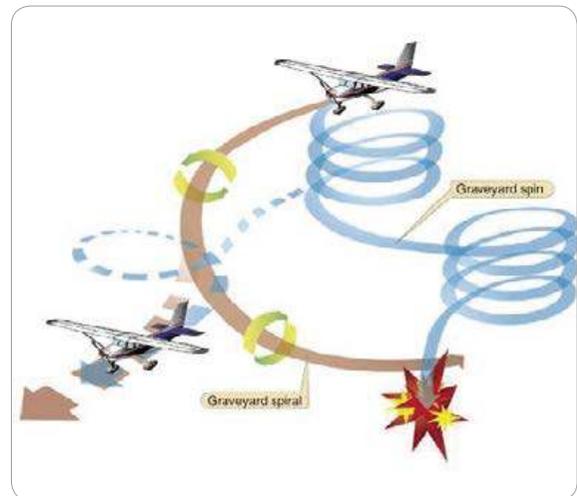
이 착각을 막기 위해서는 비행 중 선회할 때는 조종사는 머리 움직임을 최소화 하여야 한다. 선회 중 비행계기나 차트를 보거나 바닥에 떨어진 차트를 주울 때 머리 움직임을 최소화하도록 주의하여야 한다.

3.2.2.3 악성나선강하

(graveyard spiral: 악성 스파이럴)

선회 비행 초기에는 조종사는 선회하는 방향을 잘 인지하지만 선회가 안정적으로(constant rate coordinated turn) 계속되면(20초 이상) 선회 감각이 반고리관 내 신경의 감각 역치 이하로 되면서 감각이 둔감해져서 더 이상 선회를 느끼지 못하게 된다. 이때 수평비행 자세로 복귀하면 반고리관 내 림프의 관성에 의하여 다시 자극을 느끼면서 반대 방향으로 선회하는 것 같은 착각에 빠진다. 이때 비행기는 수평 자세로 복귀하였음에도 불구하고 조종사는 반대 방향으로 선회한다는 착각에 의하여 이를 교정하고자 반대로 조작하게 된다. 이러한 반대방향으로 선회한다는 착각에 따라 이를 만회하여 수평 비행으로 들어가고자 역 선회를 시도하여 선회를 종료하지 못하고 원래의 선회를 계속하는 경우가 발생할 수 있다.

정상적으로는 선회 중에는 선회 방향 벡터로 양력이 분산되므로 전체 양력이 감소되므로 추력의 추가 없이는 고도를 잃게 된다. 이때에 회전 감각이 없어



[그림 3-4] 악성 나선 강하(graveyard spiral)

진 조종사는 실제로는 선회 비행에도 불구하고 수평 비행을 한다는 착각을 하게 되는 상태에서 잃어버린 고도를 회복하기 위하여 상승자세를 위하여 조종간을 뒤로 당기는 조작까지 하게 되면 더욱 심한 나선 하강 자세에 빠지면서 고도 침하가 현저하게 일어나게 된다. 이를 악성 나선강하(graveyard spiral)라고 하며 어느 시점에서는 비행기를 통제할 수 없어서 추락하기도 한다.

3.2.2.4 신체중력 착각(Somatogravic illusion)

가장 흔한 신체 중력 착각으로 시계가 제한된 상황에서 이륙할 때 느낄 수 있는 상승 착각이 있다. 이륙 때 발생하는 갑작스러운 가속은 이석(평형석, otolith)계를 자극할 수 있는데 가속에 의하여 항공기 탑승객의 목이 뒤로 젖히는 것 같은 상승 감각효과가 이석에서도 일어날 수 있다. 이러한 경우 양호한 시계 참조점이 없으면 조종사는 이륙 시 비행기 기수가 정상보다 들려 있다는 착각에 빠지고 이것을 교정하기 위하여 기수를 정상보다 급격히 낮추는 조종간 조작을 할 수 있다. 이 착각은 시계 참조점이 없는 야간 이륙 시에 활주로 내 추락의 원인이 될 수 있다.

반대로 추력감소에 의한 급격한 감속은 반대 효과를 보여서 하강 착각에 빠진 조종사는 비행기의 기수를 비정상적으로 들어 올려서 실속에 빠지게 할 수도 있다.

3.2.2.5 배면감착각(Inversion Illusion)

상승자세에서 수평비행으로 갑자기 비행자세가 변화하면 이석계가 자극이 되어 조종사는 마치 뒤로 넘어가거나 배면 비행하는 듯한 착각에 순간적으로 빠지게 된다. 착각에 빠진 조종사는 이를 만회하기

위하여 급격한 조작을 하게 될 수 있고 이를 통하여 착각이 더 심해지기도 한다.

3.2.2.6 승강타 착각(Elevator Illusion)

와류나 상승기류 속에서 갑작스럽게 수직가속이 되면 이석 기관은 상승되고 있다는 착각에 빠질 수 있다. 이에 따라 조종사는 조종간을 앞으로 밀어서 비행기를 하강자세로 들어가게 하려고 한다.

하강가속상태에서는 반대 현상이 일어난다.

3.2.3 시각 착각(visual illusion)

조종사는 비행 중에 기본적으로 시각정보에 의거하여 판단하므로 시각 착각은 상당한 위험을 초래할 수 있다. 대표적인 시각 착각은 허위수평선(false horizon)과 자동운동(autokinesis)이 있다.

허위수평선은 안개나 구름 등으로 수평선이 모호해지거나 야간에 별빛이나 지상의 불빛 등으로 원래의 수평선이 원래와는 다르게 왜곡되어 보이는 것을 의미한다. 대표적으로 넓은 지역에 경사진 구름층을 지평선으로 착각하는 것이다. 조종사가 조종실 내 작업에 몰두하다가 갑자기 외부를 보는 경우 발생하기 쉬운데 조종사가 비행기를 잘못된 가상의 수평선에 맞추면서 비행기가 이상 자세에 들어가게 된다.

야간에 정지해있는 불빛을 오랫동안 응시하면 마치 움직이는 불빛을 보는 것으로 착각을 일으킬 수 있는데 이를 자동운동이라고 하고 착각에 빠진 조종사는 접근 시 여기에 비행기를 정렬시켜서 접근할 수 있다.

이러한 착각들은 시야가 제한되거나 야간에 비행할 때 많이 발생할 수 있는데 예방을 위해서는 항공

기 자세 기준을 잡을 때 외부의 참조물보다는 계기를 의지하여야 한다.

3.2.4 비행 중 자세문제(postural consideration)

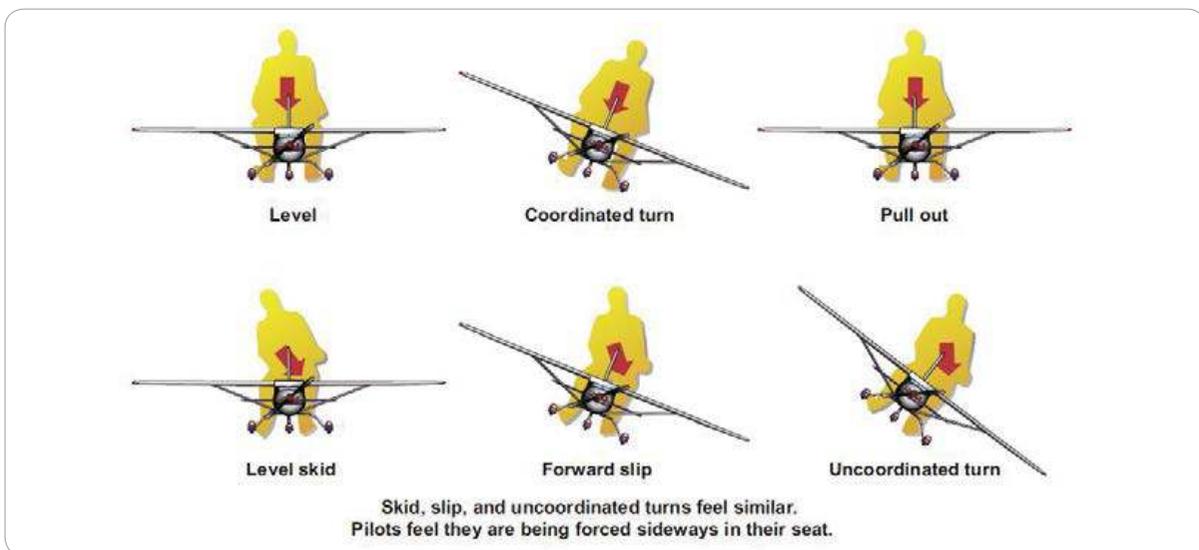
인체에서는 중력의 방향에 따라서 피부, 관절 및 근육 등에서의 자세가 다르고 이에 따라 그에 맞는 자세 신호를 뇌에 보내게 된다. 이렇게 뇌에 모아진 신호를 종합하여 신체 자세를 판단하게 되는데 신체 움직임의 변화를 지속적으로 감지하여 변화에 맞게 적합한 자세에 대한 정보를 갱신하게 된다. 직감적인 반사운동에 의한 비행은 이러한 신체 자세 정보들에 의하여 가능해지는데 여기에 시각 및 전정기관에서의 정보들까지 더해지면 비행 중 신체 자세에 대하여 상당히 믿을만한 정보가 된다.

하지만 비행 중에 가속하는 경우 여러 가지 비행자세에 의하여 인체에 가해지는 힘의 방향이 달라질 수 있게 되는데 중력이 여러 방향에서 가해

지면서 잘못된 신체 정보들이 뇌에 전달될 수 있다[그림 3-5]. 이러한 자세 문제를 유발할 수 있는 비행 자세로는 3타가 일치하지 않는 부조화된 선회(uncoordinated turn), 상승 선회 및 와류(turbulence)에서의 비행 등이 있다.

3.2.5 공간착각의 경험 (spacial Disorientation Training)

비행 중에 일어나는 여러 가지 착각은 중요함을 알고 미리 피하거나, 발생하는 경우에도 빨리 인지하여 벗어나는 것이 중요하다. 착각은 논리에 의한 학습으로 극복하기 어려우므로 실제로 체험하여 감각으로 익히는 것이 좀 더 좋은 방법이다. 훈련 비행 중에 비행 착각을 겪어서 실제로 체험해 보는 것은 비행 착각의 인식 및 극복에 좋은 실제적인 방법이다. 기동 중에 잘못된 감각을 느끼거나 반대로 비정상적인 롤이나 선회경사각(bank)이 있는데도 이것을 느끼지 못하



[그림 3-5] 원심력 감각

는 것도 착각의 일종이라고 할 수 있는데 이런 것들을 경험하는 것도 좋은 착각시범교육이 될 수 있다.

정상적인 비행 기동 중에서도 기동별로 특색 있는 공간착각을 경험해볼 수 있다.

공간 착각시범을 위한 기동의 목적은 다음과 같다.

- ① 조종사에게 인체가 공간 착각에 쉽게 빠질 수 있음을 이해시킨다.
- ② 신체 지각에만 의지한 비행기 자세 제어는 틀리는 경우가 많다는 것으로 보여준다.
- ③ 비행기 운동방향과, 머리의 움직임 및 이러한 것에 의하여 발생한 착각의 관련성을 잘 이해함으로써 착각의 발생을 줄일 수 있다.
- ④ 이것들을 통하여 비행기 자세를 판단하는데 신체 감각에 대한 믿음보다는 계기에 대한 신뢰가 중요함을 고취할 수 있게 한다.

다음과 같은 기동을 통하여 착각을 경험해 볼 수 있다.

• 가속 중 상승

조종사는 눈을 감은 상태에서 수평 비행상태에서 교관조종사가 수 초간 접근 속도를 유지하다가 수평 가속을 한다. 시계 참조점이 없는 상태에서 이 기동에서 흔히 느끼는 착각은 비행기가 상승하고 있는 느낌이다.

• 선회 중 상승

조종사는 역시 눈을 감은 상태에서 수평 비행 상태에서 교관조종사가 완만하면서 1.5배의 중력가속도가 걸리는 (약 50도 선회 경사각으로) 3타가 잘 조

화된 선회를 약 90도 방향까지 선회한다. 시계 참조점이 없는 상태에서 이 기동에서도 흔히 느끼는 착각은 비행기가 상승하고 있는 느낌이다. 비행 중에 이전 조작을 반복하면서 선회하다가 선회를 종료가 절반쯤 끝날 때쯤 선회를 종료하면 선회 중에 급강하하는 착각을 일으키게 된다.

• 좌우로 기울기(tilting to right or left)

조종사가 눈을 감은 상태에서 수평 비행 중에 교관 조종사가 날개를 수평으로 유지한 상태에서 비행기를 좌측으로 적당하게 바깥쪽으로 밀려나가게 하면 (외할: skid) 조종사는 신체가 우측으로 기울어지는 착각을 느끼게 된다.

• 운동 반전감(reversal of motion)

조종사가 눈을 감은 상태에서 수평 비행 중에 교관 조종사가 비행 방향과 피치를 일정하게 유지하면서 서서히 45도 선회각(bank)으로 항공기를 기울이면 (roll) 조종사는 항공기가 반대방향으로 기울어져 있다는 착각에 빠지게 된다. 이 착각은 롤, 요, 피치의 3개 운동면 모두에서 일어날 수 있다.

3.2.6 비행 중의 공간 착각에 대한 대처법
(Coping with Spatial Disorientation)

비행 중에 조종사가 겪는 여러 가지 착각들은 신체의 정상적인 지각에 의한 감각에 의하여 생기는 것으로 모든 조종사들에게 발생할 수 있고 완벽하게 예방할 수 있는 방법은 없다. 그러나 충분한 훈련을 통하여 착각을 유발하는 감각을 억제하거나 착각을 조기에 인지하여 억제함으로써 착각이 치명적인 사

고로 확대되지 않도록 하여야 한다. 이를 위해서는 착각을 일으키는 잘못된 인체의 감각 신호에 따르지 말고 최대한 비행계기를 믿고 따르는 것이 중요하고 이러한 기량은 훈련을 통하여서만 얻을 수 있다. 이 부분은 계기 비행 과정에서 계기를 신뢰하고 계기 지시값을 판독하는 훈련에 숙달되면 이러한 착각들을 극복하는 기량이 양성될 것이다.

비행 착각을 방지하기 위하여 조종사는 다음과 같은 것들을 하여야 한다.

- ① 비행 중 착각을 일으키는 요소들에 대해 이해하고 경각심을 갖고 비행한다. 훈련 목적으로 착각을 유발하는 기구들을 지상에서 경험해보는 것도 좋다.
- ② 비행 전에는 항상 기상 정보를 충분히 숙지한다.
- ③ 저시정(시정거리가 3마일 미만의) 상태나 야간에 수면 위를 비행할 때처럼 지평선을 육안으로 구분하기 어려운 상황에서는 비행계기 운용이 능숙해지도록 충분히 훈련을 받은 후 비행에 나서는 것이 좋다.
- ④ 비행계기 운용 능력이 충분하기 전에는 악기상, 해가 지는 황혼녘 및 야간 시간대에는 가능하면 비행하지 않는다. 야간 비행을 꼭 하고자 한다면 장거리 야외 비행이든 지역 비행이든지 최근의 야간 비행 경험과 숙달된 기량을 가지고 있어야 한다.
- ⑤ 외부의 시계 참조점을 이용하는 경우에는 지표면에 안정적으로 고정되어 있는 지점을 선택하는 것이 중요하다.
- ⑥ 이륙, 선회 및 접근 중에는 갑작스러운 머리의

움직임을 피한다.

- ⑦ 저시정 비행을 앞두고는 신체 컨디션을 최상의 상태로 해놓는다. 비행 전에는 충분히 쉬고 적절한 식사를 하여야 한다. 야간 비행인 경우는 야시 적응도 한다. 각종 질환, 약물복용, 음주, 피로, 불면 등은 비행 중 비행 착각의 가능성을 증가시킬 수 있다.
- ⑧ 이상의 내용 중에 가장 중요한 것은, 비행계기의 운용이 능숙하게 되도록 하고 비행 중에는 자신의 신체 감각보다는 계기를 신뢰하도록 하는 것이다.

3.2.7 착시(Optical Illusions)

감각 중에서 시각이 비행에 있어서 가장 중요하다. 하지만 산악지형이나 기상변화 등에 의하여 시각의 능력이 제한되기도 하고 착시 현상도 나타날 수 있다.

비행 과정 중에 착시 현상이 비행안전에 가장 문제가 되는 것은 착륙할 때이다. 특히 계기 비행 때는 착륙시기가 다가오면 고도가 낮아지면서 최종적으로는 계기 패널로부터 비행기 외부의 지형지물 등의 시계 참조점으로 시각적 주의를 옮겨야 하므로 이러한 지상의 지형지물 등과 관련되어 일어날 수 있으므로 착시 현상에 매우 유의하여야 하고 필요하면 착시를 극복할 수 있는 조작을 할 수 있어야 한다.

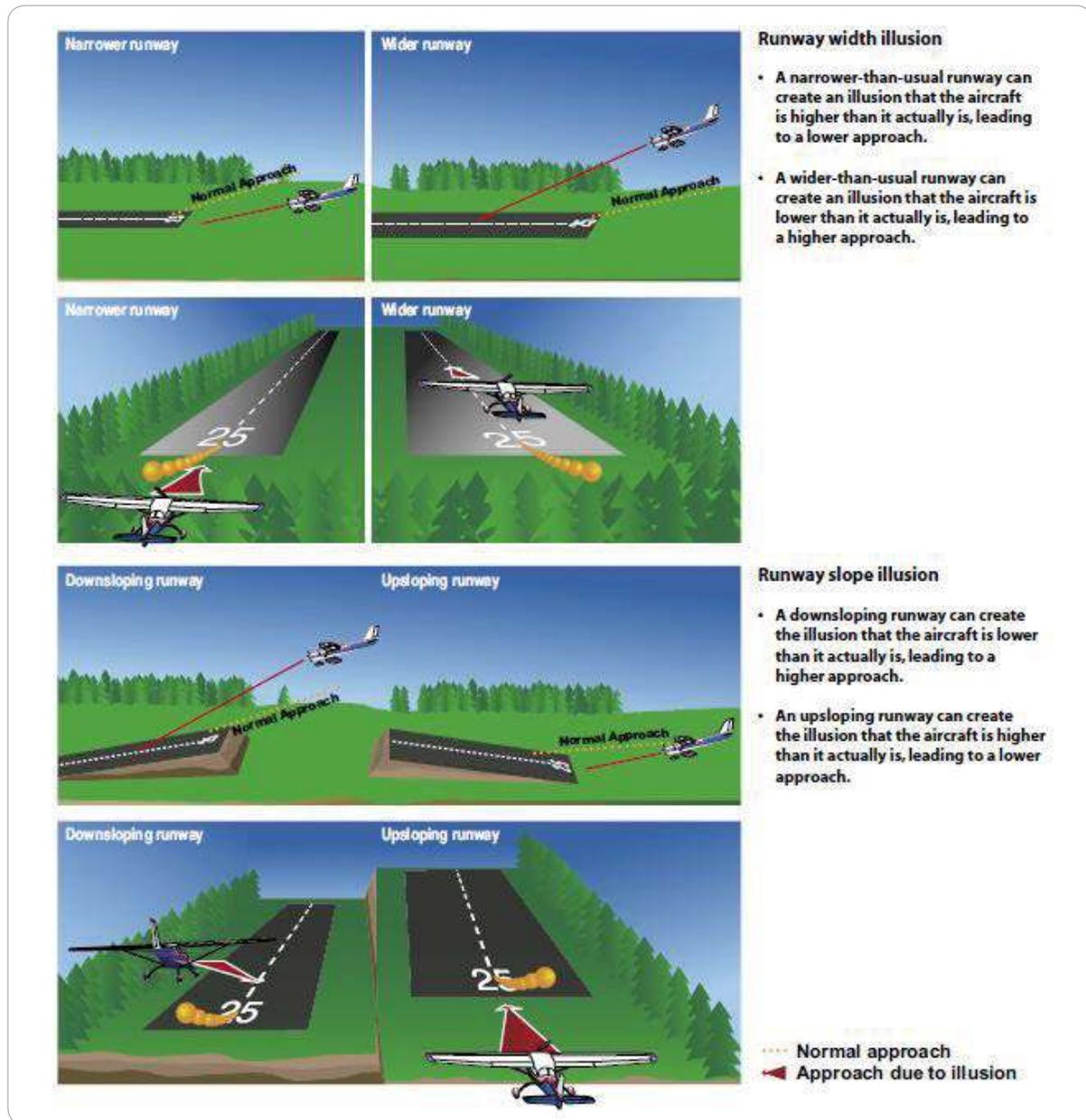
3.2.7.1 활주로 폭 착시(Runway Width Illusion)

일반적인 착륙 접근 시에 조종사는 3도의 강하 각을 유지한다. 폭이 좁은 활주로에 착륙하고자 하는 경우는 조종사는 자신의 고도가 높다고 하는 착각에 빠지게 되는데 이에 맞추어 정상보다 낮게 착륙 접근을 하

게 된다. 낮은 접근 중에 지상의 구조물과 충돌하거나 활주로에 못 미쳐 착륙하는 사고가 발생할 수 있다.

반면에, 폭이 넓은 활주로의 경우는 반대로 자신의 고도가 낮은 것처럼 보여서 높은 고도로 접근

하고 착륙 직전 활주로 상방에서의 착륙자세 전환 (flare)을 정상보다 높게 해서 거친 착륙이 되거나 심지어 적절한 활주로 내 착지점을 지나쳐 버려서 (overshoot) 착륙하지 못하는 경우도 발생한다.



[그림 3-6] 활주로 착시

3.2.7.2 활주로 및 지형 경사 착시

(Runway and Terrain Slopes Illusion)

위로 경사진(upslope) 활주로나 지형은 실제보다 항공기가 높게 있다는 착각에 빠지게 되고 조종사는 접근 시 정상보다 낮은 고도를 유지하게 된다.

아래로 경사진(downslope) 활주로의 경우는 반대의 현상이 일어난다[그림 3-6].

3.2.7.3 희미한 지형 착시

(Featureless Terrain Illusion)

수면 위로 비행하면서 접근하거나 캄캄한 밤이나 혹은 지면이 눈으로 덮인 경우에는 주변에 배경이 되는 지형지물이 없어서 주변 지형과 분간이 안 되는 경우가 많다. 이러한 경우에 접근 하는 비행기의 조종사는 실제보다 높게 있다는 착각에 빠지게 된다. 이 착시는 블랙홀 접근이라고도 불리며 의도하지 않게 낮은 고도로 접근하게 되는 원인의 하나이다.

3.2.7.4 수분에 의한 굴절(water refraction)

비행기 방풍창에 빗물이 묻어 있으면 지평선이 실제보다 낮게 보여서 자신의 비행기가 실제보다 높은 고도에 있다는 착각에 빠지게 된다. 이 때문에 접근 시 정상보다 낮은 고도로 하게 된다.

3.2.7.5 연무(haze)

아지랑이 낀 활주로에 착륙 접근 중에는 자신의 항공기가 활주로에서 실제보다 더 멀리 더 높게 있다는 착각에 빠지게 된다. 이에 따라 정상보다 낮게 접근하게 된다. 반대로 매우 청명한 날씨에서는 활주로를 실제보다 가깝게 느껴져서 보다 높은 고도로 접근하게 돼서 적절한 착륙점을 찾지 못하여 활주로를 지나

치거나 복행해야 하는 상황이 생기기도 한다.

조종사는 지상에서의 불빛과 지형지물의 모양에 의하여 고도를 목측하는데 항공기 방풍창에 붙은 수분에 빛이 퍼져서 산란되면 고도 판단에 어려움이 발생하기도 한다.

3.2.7.6 안개(fog)

비행 중에 안갯속으로 들어가는 경우에는 피치가 들린다는 착각이 발생할 수 있는데 이 경우에는 조종사는 갑자기 접근각도를 깊게 하려는 경향이 생긴다.

3.2.7.7 지상 불빛 착시(Ground Lighting Illusions)

도로의 가로등이나 길게 늘어선 열차의 불빛 같이 직선으로 늘어선 지상의 불빛은 활주로나 활주로 접근 등화 같은 착각이 생기게 할 수 있다. 특히 주변 지상 지형에 배경 불빛이 별로 없는 경우에 밝은 활주로 등이나 접근 등화는 활주로를 실제보다 가까이 있다는 착각에 들게 하고 정상보다 높게 접근하게 된다.

3.2.7.8 착시에 의한 착륙 실수를 방지하는 법

(Coping with Optical Illusions)

안전한 착륙을 위해서는 접근 중인 상태에서 조종사는 비행기의 자세, 속도 활주로 축선과의 위치 등 공간적 상황을 정확히 인식하고 있어야 한다. 여러 계기의 도움에도 불구하고 착륙의 최종단계에서는 조종사는 시각적 정보가 중요한 역할을 한다. 착륙 시에 위와 같은 착시 현상에 의한 사고를 방지하기 위해서는 조종사는 다음과 같은 내용들을 숙지하여야 한다.

- ① 야간이나 기상이 좋지 않은 상황에서 익숙하지 않은 공항에 접근할 때는 착시가 일어날 수 있음을 예상하고 대비하여야 한다. 차트상의 비행장 요약도(diagram)와 비행장 정보서(Airport/Facility Directory)에서 착륙하려는 활주로의 구배, 길이, 주변 지형 및 활주로 등화 및 접근 등화 시설 등에 대하여 비행 전에 숙지하는 것이 좋다.
- ② 비행 중 특히 접근 중일 때는 고도계를 자주 확인한다.
- ③ 익숙하지 않은 공항에 착륙하고자 할 때는 먼저 공항 상공에서 공항을 육안으로 살펴보는 것이 좋다. 가능하면, 활주로 상공을 통과하면서 풍향계, 활주로의 상태를 살피고 접근할 때 문제가 될 수 있는 주변 지형 및 인공물을 육안으로 확인하는 것이 좋다.
- ④ 시계 접근 시에는 Visual Approach Slope Indicator(VASI)나 Precision Approach Path Indicator(PAPI) 등의 착륙보조 장치를, 계기 접근 시는 활공각 지시계(glideslope) 등의 장비를 적극적으로 활용하여야 한다.
- ⑤ 착륙을 위한 하강 시에는 비정밀 계기접근 절차 차트에 나와 있는 시계 강하 시작점(visual descent point, VDP)을 적절히 참조하여 활용하는 것도 좋다.
- ⑥ 착륙접근 중에 응급상황이 발생하거나 정상적인 수행 절차 중에 주의를 흐트리는 일들이 생기면 접근 중에 사고가 생길 가능성이 커짐을 유념하여야 한다.
- ⑦ 비행 시에는 착륙 절차에 숙달하고 적절한 기량을 유지하여야 한다.

전정계에 의한 비행 착각 이외에도 비행 중에 조종사는 여러 가지 다양한 착시를 경험할 수 있다. 착시는 치명적인 비행 사고를 일으키는 가장 흔한 원인이다.

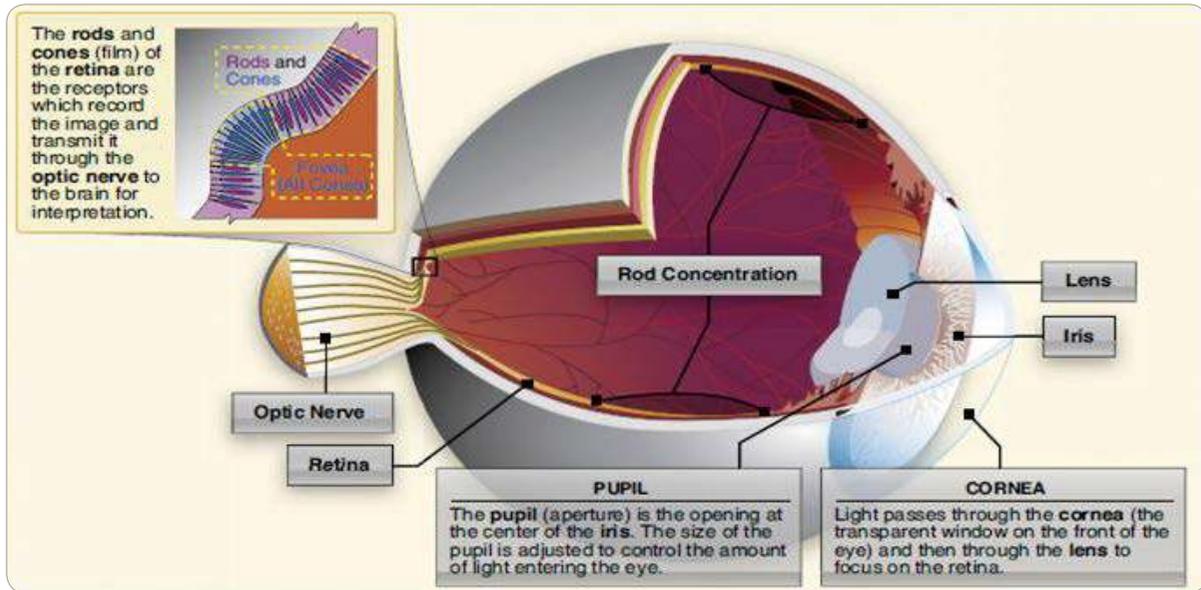
착륙하는 경우 고도를 낮추어 지상에 접근하게 되는데 이때 시계가 양호하지 않은 상황에서는 구름군이 경사지어 있거나, 안개 등으로 지평선이 잘 보이지 않는 경우, 야간에 별빛 및 지상의 불빛 등에 의하여 조종사가 착륙 접근 중 실제의 지평선을 정확하게 인식하는 데 어려움을 겪을 수 있다. 착륙할 때 여러 가지 다양한 양상의 지형지물과 기상변화는 비행 착각을 유발하여 정확한 접근 경로 선택을 어렵게 하기도 한다.

이러한 착각에 의한 착륙 실수를 예방하려면 착륙 접근 중에는 상황에 따라 비행 착각이 일어날 수 있음을 예상하고 대비하여야 하고, 익숙하지 않은 공항인 경우는 착륙 전에 미리 충분히 공항 및 주변 지역의 상황을 잘 숙지하고 있어야 한다. 아울러 VASI나 활공각 지시계 같은 착륙보조시설을 잘 활용하는 것도 중요하다.

3.2.8 비행 중 시각(Vision in Flight)

신체의 모든 감각들 중에서 안전한 비행을 위하여 우리 신체에서 가장 중요한 신체 기능은 시각이다.

비행 중 얻어지는 대부분의 정보는 시각을 통하여 얻어진다고 할 수 있다. 시계 비행 중에 조종사가 소모하는 시간의 약 70% 정도가 외부의 비행체나 시각 참조점을 확인하는 시계확인(scan) 작업에 소요된다고 한다. 그러나 시각은 중요한 역할을 하는 만큼 한계도 있는데 대표적으로 착시(illusion)과 맹점(blind



[그림 3-7] 안구의 구조

spot)의 존재이다. 비행하려는 조종사는 눈의 구조와 기능에 대하여 잘 숙지하여 시각정보를 잘 활용하는 법을 배우고 아울러 동시에 발생할 수 있는 여러 시각 관련 문제들에 대처하는 법도 배워야 한다.

눈은 우리가 사용하는 카메라와 비슷하게 역할을 한다. 눈의 작용 구조는 눈조리개, 렌즈, 초점 맞추는 눈의 작은 근육들, 상이 맺혀서 이미지를 인식하게 하는 망막(retina) 표면 등이 있다[그림 3-7].

외부의 빛은 안구 앞쪽에 있는 각막을 통해 안구 안으로 들어와 렌즈를 통하여 굴절된 다음 망막에 도달한다. 망막에는 빛에 민감한 세포들이 있어서 빛 에너지를 전기적 자극으로 변환하여 신경계를 거쳐 뇌로 전달한다. 뇌에서는 이 전기적 신호를 해석하여 이미지들을 만들고 우리가 이미지로 느끼게 된다. 망막에는 간상세포(rods)와 원추세포(cone)라는 빛에 민감한 2가지의 대표적 세포들이 있다.

원추세포는 색깔이 있는 시각 정보(color vision)

를 담당한다. 우리가 다양한 색깔로 그린 풍경을 감상하거나 비행 중에 찬란하게 색상이 바뀌는 석양을 볼 때는 원추세포가 주로 작용한다.

원추세포는 망막에 골고루 분포하기는 하지만 주로 중심 시야 부위에 집중적으로 분포되어 있다. 특히 렌즈의 초점이 주로 맺히는 망막 뒷부분에 중심와(fovea)라고 불리는 작은 함몰 부위가 있는데 여기에 원추세포들이 밀집되어 있다. 이 부위에서의 시각 정보는 이미지가 세밀하고, 색상에 민감하며, 해상도가 가장 높은 부위로서 대부분 우리가 주간에 사물을 바라보고 구체적으로 인식하는 작용이 일어나는 곳이다. 반면 주변 시야는 이미지가 분명하지 않고 색상도 선명하지 않다. 일반 시력검사에서 측정하는 시력은 중심와를 중심으로 한 시각능력이고 시야 검사는 중심 시야 및 주변 시야에서의 인식 능력을 검사하는 것으로 별도의 검사를 요한다.

원추세포는 빛이 밝은 상태에서 물체의 형상과 색

상을 잘 감지하는 데 적합한 반면에, 망막에 존재하는 또 다른 세포인 간상세포는 움직임을 더 잘 감지하고 빛이 어두운 상태에서는 원추 세포에 비하여 훨씬 나은 이미지를 제공한다. 간상세포는 색상을 구별할 수는 없으나, 빛이 어두운 상태에서는 원추 세포에 비하여 빛의 존재에 매우 민감하다.

간상세포의 중요한 특징의 하나는 많은 양의 빛에 갑자기 노출되었을 경우, 빛 감지 능력이 다시 “초기화”되어서 어두운 환경에 적응하는 데 많은 시간이 걸린다는 것인데 야간 비행하는데 조종사가 갑자기 밝은 빛을 보는 경우 일시적으로 시각 능력을 잃어버리는 문제가 생길 수 있다.

망막에 초점이 맺히는 중심와가 있는 중심 시야부는 원추세포가 풍부한 반면, 망막의 주변부는 간상세포가 풍부하다. 따라서 빛이 적은 상태에서는 중심 시야 부분은 빛에 대한 민감도가 떨어져서 우리가 잘 보지 못하게 된다. 하지만 중심와로부터 멀어져서 주변으로 갈수록, 간상세포는 숫자가 늘어나서 사물의 구체적 영상이나 색상 정보는 얻을 수 없지만 주변 사물의 형태에 대한 이미지는 얻을 수 있어서 야간 시야에서 중요한 역할을 담당하게 된다. 우리가 밤에

움직일 때 눈앞의 사물은 구체적으로 인식하지는 못하지만 주변은 대략적으로 인식이 되어 활동에는 큰 지장이 없는 것은 이 간상세포들 덕분이다.

망막에서 원추세포와 간상세포에서 얻어진 시각 정보는 시신경(optic nerve)을 통하여 뇌로 전달되는데 망막표면의 미세한 시신경들이 한데 뭉쳐서 안구 바깥으로 나가는 부위가 있고 이 부분은 시각세포가 존재할 수 없게 된다. 결국 망막 중에 이 부분은 시각 세포가 없어서 시각 정보가 생기지 않게 되는데 이 부분을 맹점(blind spot)이라고 한다.

시각을 느끼지 못하는 영역은 시야 검사를 하게 되면 정상적으로 검출되기는 하지만 일상생활에서는 맹점의 존재를 느끼지는 못한다. 그 이유는 뇌에서 망막으로부터 받은 이미지 정보를 연산할 때 한쪽 눈의 정보가 다른 쪽 눈의 맹점을 서로 보상해주기 때문이다.

비행할 때 조종사의 외부 시야(visual scan) 확인은 매우 중요한데 시야에서 맹점의 존재를 인위적으로 느껴보는 것도 좋다. 방법을 예를 들면 본 교재의 [그림 3-8]을 참조하여 본 그림을 보면서 오른쪽 눈을 가린 후 팔 길이만큼 떨어져서 왼쪽 눈으로 오른



[그림 3-8] 안구의 맹점(Blind Spot)

쪽의 'X' 표시를 응시한 채로 그림과의 거리를 좁혔다가 넓혔다 하면, 왼쪽의 비행기 모양이 사라졌다가 다시 나타나는 현상을 경험해볼 수 있는데 주변 시야에서 좌측의 비행기 이미지가 사라진 순간에는 그 비행기 이미지가 맹점에 맺혀져 있는 것이다.

[그림 3-8]은 안구의 맹점(Blind Spot)에 대한 전형적인 예를 보여준다.

3.2.8.1 빈 공간 근시(Empty-Field Myopia)

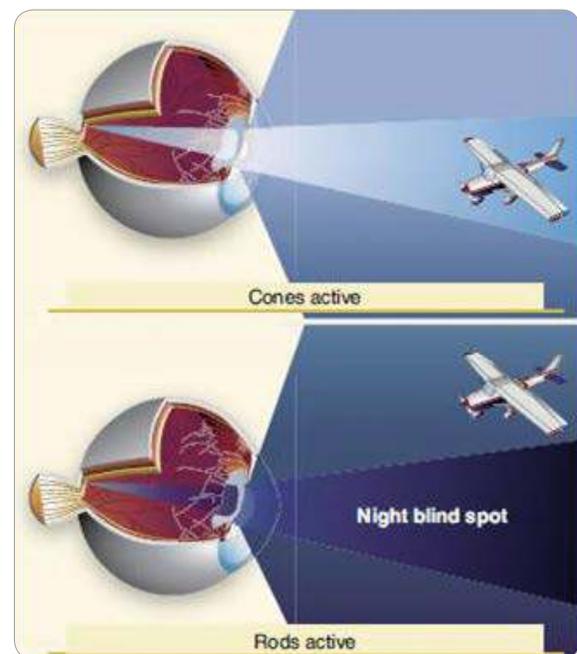
보통 구름 위나 연무(Haze)층 안에서 비행할 때는 조종사는 외부에 특별한 지형지물이나 사물이 없기 때문에 눈의 초점을 특정하게 맞추지 못하는 상태가 된다. 보통 구체적인 사물을 보게 되면 눈은 그 거리에 맞게 눈 근육을 긴장시켜 초점 거리를 조절하게 된다. 계속 눈이 특정한 초점을 맞추지 못하면 눈의 근육의 긴장이 풀려서 가장 근육긴장이 적은 편안한 상태인 10~30피트 정도 거리의 전방으로 초점 거리를 유지하게 되는 것을 빈 공간 근시라고 한다. 이런 상태에서는 조종사는 전방을 보고는 있으나 10~30피트 정도 거리만 주시하는 것으로 그 이상의 먼 거리는 전방 주시는 하지 못하고 있는 상태가 된다.

이 현상을 극복하려면, 조종실 외부에 눈 초점을 맞출 수 있는 시각점을 찾아서 시각적 접촉을 유지해보도록 노력하고 가능하면 먼 거리에라도 있는 광원에 눈의 초점을 맞추어 보려고 노력해 보는 것이 좋다.

3.2.8.2 야간 시야(Night Vision)

일단 사람이 어두움에 완전히 순응되고 나면, 간상세포는 원추세포보다 약 1만 배정도 빛에 더 민감하게 되어 야간에서 주요한 시각 감각기 역할을

맡게 된다. 중심와(fovea) 주변에 집중 분포되어 중심 시야를 주로 담당하고 있는 원추세포와는 달리 간상세포는 주변 시야(peripheral vision)를 더 많이 담당하고 있다. 원추세포는 야간에는 시각 작용을 못하므로 중심와 근처에 집중되어 있는 원추세포들로 인하여 시야의 중심 시야에서는 야간 맹점이 발생할 수 있다[그림 3-9]. 따라서 조종사가 야간에 어떤 물체를 명확히 보려면, 그 물체의 형상이 원추세포보다는 간상세포에 노출되도록 하여야 한다. 이를 위해서는 중심 시야를 벗어나서 주변 시야를 이용하여야 하므로 현재 보고 있는 물체의 중심으로부터 5~10도 정도 벗어난 곳을 바라보면 사물의 인식에 도움이 된다. 구체적인 예로서 만일 광원을 그대로 중심 시야로 그대로 바라본다면, 광원이 어두워진다는지, 아예 사라지는 현상이 나타나게 되지만 광원 중심에서 약간 벗어난 곳을



[그림 3-9] 야간 맹점(Night Blind Spot)

바라보면, 이미지가 보다 분명하고 밝게 살아나는 것을 볼 수 있을 것이다.

[그림 3-9]를 참조하면, 물체를 직접 바라볼 때에는 물체의 이미지가 중심좌를 중심으로 초점이 맞추어지게 되면서 물체의 세부적인 이미지를 볼 수 있게 된다. 그러나 야간에는 시야의 중심에 밀집되어 있는 원추세포의 민감도가 떨어지므로 시야의 중앙으로 물체를 바라보는 능력이 감소하고 대신 간상세포의 민감도가 증가하기 때문이다. 이에 따라 야간에는 사물이 선명하게 보이지 않게 되고 크기, 거리 등을 판단하기 어려워지며 색상의 판단능력도 떨어지게 된다. 중심에서 약간 빗겨보는 것이 이러한 야간 맹점을 보완할 수 있는 좋은 방법이다.

원추세포는 빛의 강도변화에 빠르게 순응하는 데 비해, 간상세포는 훨씬 더 많은 시간이 걸린다. 밝은 태양빛 아래에 있다가, 어두운 영화관으로 들어갔을 때 경험하는 암 순응 시간이 대표적이다. 간상세포가 완전하게 암 순응하는 데 걸리는 시간은 약 30분 정도이다. 암순응이 되었다 하더라도, 갑자기 밝은 빛에 다시 노출되면 암순응이 완전히 없어지고, 다시 30분 동안 암순응 과정을 거쳐야 한다.

저산소증(hypoxia)도 시각에 영향을 미친다. 특히 야간에 좋은 시각 능력을 유지하려면 충분한 산소를 공급받아야 한다. 고도가 증가할수록, 가용한 산소는 줄어들게 되며 야간시각 능력 역시 감소된다. 여기에 피로까지 쌓이면 비행 중에 문제가 발생할 가능성이 높아진다. 실제로, 만일 야간에 1만 2,000피트의 고도로 비행 중이라면, 조종사는 실제로 시야에서 일부를 놓쳐서 사물을 인식하지 못하거나 초점을 잘 맞추지 못하여 희미한 이미지로만 볼 수 있게 되기도 한다. 마치 디지털 이미지의 픽셀이 일부 없

어진 것 같은 현상이다. 시계비행 중에는 분리되고 있는 주변 비행 항적(traffic)은 처음에는 픽셀 정도의 크기로 밖에 보이지 않기 때문에 공중 충돌의 위험성이 커질 수 있다.

만약 고고도에서 저산소성 저산소증(hypoxic hypoxia)의 영향으로 시각 장애를 겪고 있는 조종사는 고도를 다시 내려서 시각 기능을 금방 회복할 수 있을 것이라고 착각해서는 안 된다. 예를 들어 8,000피트에서 1만 2,000피트로 상승한 후 30분을 비행한 조종사가 다시 8,000피트로 하강했다고 해서 문제가 바로 해결된다고 판단하면 안 된다. 왜냐하면 시각 능력을 충분히 발휘하는 시각적 예리함(acuity)은 1시간이 지나도록 회복이 안 될 수도 있기 때문이다. 조종사는 고도와 피로가 조종사의 시력에 심각한 영향을 미친다는 점을 잘 인식하고 있어야 한다.

눈이 암순응을 잘하도록 하는 몇 가지 방법이 활용되고 있다. 가장 우선적인 것들은 비행 전 혹은 비행 중에는 밝은 빛을 피하는 것이다. 야간 비행시작 최소 30분 전 동안에는 헤드라이트, 착륙 등(landing lights), 항공기 위치표시등(strobe lights), 플래시라이트 같은 밝은 광원들로부터 눈을 피해야 한다. 만일 밝은 빛을 바라보아야만 하는 상황에 직면했다면, 한쪽 눈을 감아서 반대편 눈은 앞으로 계속 빛에 민감하게 유지하도록 해야 한다.

조종석 불빛을 적색으로 하는 것도 야간시야 보존에 도움이 된다. 그러나 적색 불빛은 특정 색상을 심각하게 왜곡시켜서 특히 같은 붉은색상은 완전히 보이지 않게 되어서 야간에 항법지도를 보는 것을 어렵게 하기도 한다. 이러한 경우에는 어두운 백색등이나 플래시라이트를 조심스럽게 사용 해볼 수 있을 것이다. 야간에 비행할 때에는, 계기패널과 내부등

이 필요한 만큼보다 더 밝지 않도록 해야 한다. 이렇게 함으로써 외부 시각 참조물들을 보다 용이하게 인식할 수 있게 할 수 있다. 만일 눈이 흐릿해진다면 눈을 자주 깜박거리면 도움이 될 수 있다.

조종사의 일반적인 신체적 건강 상태와 식사는 야간 환경에서의 시각 능력에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 비타민 A와 비타민 C가 모자라면 야간 시력이 떨어지고 일산화탄소 중독, 연기, 음주, 약물, 산소부족 같은 다른 요소들도 또한 야간에 시각 능력을 떨어뜨린다.

3.2.8.3 야간 시각 착시(Night Vision Illusions)

야간에는 전술한 다양한 종류의 착시현상이 흔하게 발생한다. 이러한 착시현상들을 미리 예측하고 적시에 인지하는 것이 착시현상을 피할 수 있는 최선의 방법이다.

3.2.8.4 자동운동(Autokinesis)

자동운동은 어두운 배경에서 한 점의 불빛을 수 초 이상 응시할 때 발생한다. 잠시 후면, 가만히 있는 그 불빛이 마치 스스로 움직이고 있는 것처럼 보이는 착시현상이 발생한다. 이 착시현상을 방지하려면, 한 개의 물체만 고정하여 보지 말고, 다양한 거리를 두고 여러 물체들을 번갈아 가며 주시하도록 하여야 한다. 일반적인 스캔 패턴으로 10도씩 공간을 순차적으로 분할하여 시계확인을 하면 도움이 될 것이다.

3.2.8.5 허위 수평선(False Horizon)

허위 수평선은 실제 수평선이 가려져 있거나 분명하게 판별할 수 없을 때 발생한다. 비행할 때 상공에



[그림 3-10] 어두운 지형과 지상의 불빛 패턴으로 인하여 실제의 수평선 인지하기가 어려움을 보여 준다

서 멀리 밝은 별빛이나 지상의 도시 불빛들을 길게 늘어선 상태로 볼 때 수평선과 혼동하면서 발생할 수 있다. 또는 큰 호수나 바다의 해안선을 향해 비행할 때에도 발생할 수 있다. 물이 상대적으로 어둡기 때문에, 해안선을 따라 보이는 불빛들을 마치 하늘에 떠있는 별빛으로 착각할 수 있다[그림 3-10].

3.2.8.6 야간 착륙 착시(Night Landing Illusions)

야간에 착륙할 때 발생하는 착시는 다양한 형태로 나타난다. 야간에 어두워서 지형지물을 분간할 수 없는 상태에서는 지형 위를 비행할 때에는 정상보다 더 낮게 접근하려는 경향이 생긴다. 강우, 연무(haze) 같은 시각적 장애요소나 어두운 활주로 환경도 낮은 접근경향을 유발시킨다. 반면, 밝은 불빛, 주변이 가파르게 내려가 있는 지형, 폭이 넓은 활주로 등은 마치 조종사가 고도가 낮게 있다는 착시를 유발하여 더 높게 접근하는 경향을 유발시킨다.

도로나 고속도로에 일정한 간격으로 설치된 불빛들도 마치 활주로등인 것으로 착각을 일으킬 수 있다. 운행 중인 기차의 불빛들을 마치 활주로나 활주로 접근등(approach lights)인 것으로 착각하는 사례도 있었다. 주변에 불빛이 별로 없는 경우에, 밝은 활주로 혹은 활주로 접근등 시스템은 특히 비행기가

활주로와 가깝다는 착시를 유발할 수 있다.

미국연방항공청(FAA)에서는 계기 비행같이 신체 조화 및 집중이 더 많이 필요하거나 조종사가 흡연 자이거나 건강상태가 좋지 않을 경우에는 주간 비행 시 산소 공급이 필요한 수준의 고도가 아니더라도 야간에 비행하는 경우에 가능하면 조종사는 산소공급을 받도록 권고하고 있다.

3.3 비행 안전에 영향을 미치는 인적 요소 (Human Factors Affecting Flight Safety)

3.3.1 들어가기(Introduction)

현생 인류의 시작이라고 불리는 “호모 사피엔스(Homo sapiens)”는 약 20만 년 전에 출현하였다고 한다. 그로부터 구석기, 신석기 시대를 거쳐 도구와 불을 다룰 줄 알면서 인류는 다른 동물들과 차별화 되기 시작했고 청동기와 철기시대를 거치며 국가 조직을 완성하였다. 그러나 인류 행동 발달 측면에서 보면 산업혁명이 일어나기 전까지는 인간 행동 패턴에 큰 변화는 없었다. 해가 뜨면 일어나고 해가 지면 잠을 자는 인간 본연의 행동은 그대로 유지되었다. 말이나 수레 등을 이용한 거리의 이동은 있었으나 자동차와 기차같이 빠른 이동 수단에 의한 왕래는 없었다.

따라서 인간은 지상에 거주하는 능력 이상의 진화는 이루어지지 않은 상태에서 산업혁명 이후 점차 빠른 이동 수단들에 의한 이동이 가능해졌다. 증기기관의 발명으로 말보다 빠른 이동이 가능해지고 먼 원양까지 항해할 수 있게 된 것이다.

1903년 라이트형제가 유인항공기를 띄운 후 항공 산업은 급격히 발전하였으며 인류는 자신이 사는 곳을 떠나 다른 대륙까지 빠른 시간 내에 도달할 수 있게 되는 획기적인 변화가 일어났다. 이러한 빠른 속도와 장거리, 높은 고도에서 비행은 인간이 지금까지 경험해 보지 못한 다양한 문제에 부딪히게 된다. 1만 피트 이상의 고도로 비행 시 산소부족에 의한 산소결핍증(Hypoxia)에 노출되고 장거리 비행 시 시차(Jet-lag) 및 활동일주기(Circadian Rhythm) 변화에 따른 부적응을 경험한다.

항공기 제작사들은 고가의 장비와 고귀한 인명을 보호하기 위해 인간이 실수할 수 있는 부분들을 자동화 또는 조기 경보를 통해 해결하기 위해 노력해 왔다. 그 결과 장비의 고장이나 결함에 의한 사고는 획기적으로 줄어든 반면 인간의 실수에 의한 사고는 여전히 발생하고 있다. 오히려 항공기와 장비가 첨단화됨에 따른 또 다른 실수 또는 부적응으로 사고가 발생하기도 한다. 지금까지 밝혀진 사고 조사 결과에 의하면 사고 원인의 약 70% 이상이 인적 요인에 기인하는 것으로 나타나고 있다.

인적요인은 크게 두 가지로 나뉘는데 하나는 신체적(Physical) 분야, 다른 하나는 심리적(Psychology) 분야로 나뉜다. 인적 요인이 연구되기 시작한 초기에는 주로 신체적 부분에 초점이 맞추어져 왔으나 지금은 심리적인 요소에도 많은 관심과 연구를 하고 있다. 특히 2015년 3월 24일 스페인 바르셀로나 국제공항을 출발하여 독일 뒤셀도르프 국제공항으로 가던 저먼윙스 9525편이 알프스 산맥에 추락하는 사고가 부조종사의 의도적인 조작이었다는 결과가 밝혀진 이후 항공전문가들은 조종사들의 정신 건강의 중요성을 인식하는 계기가 되었다.

항공 운항 분야에서 인적요인이 가장 성공적으로 활용되는 것은 승무원자원관리 프로그램으로 알려져 있다. 해양 분야와 의료 분야에서도 승무원지원 관리 프로그램을 도입하여 각 분야에 맞게 변형하여 활용하고 있는데 해양 분야에서는 브릿지자원관리(Bridge Resource Management), 의료분야에서는 메디컬자원관리(Medical Resource Management)라고 부른다.

본 장에서는 인적 요인 분야 중 심리적 부분에 초점을 맞추어 인적 요인의 발달 과정부터 인적 요인의 중요성 등 기본적인 이론 학습 및 항공 분야에 적용되는 승무원 자원관리, 항공 사고 조사 시 인적 요인의 활용 등 항공 실무에 필요한 과제를 학습함

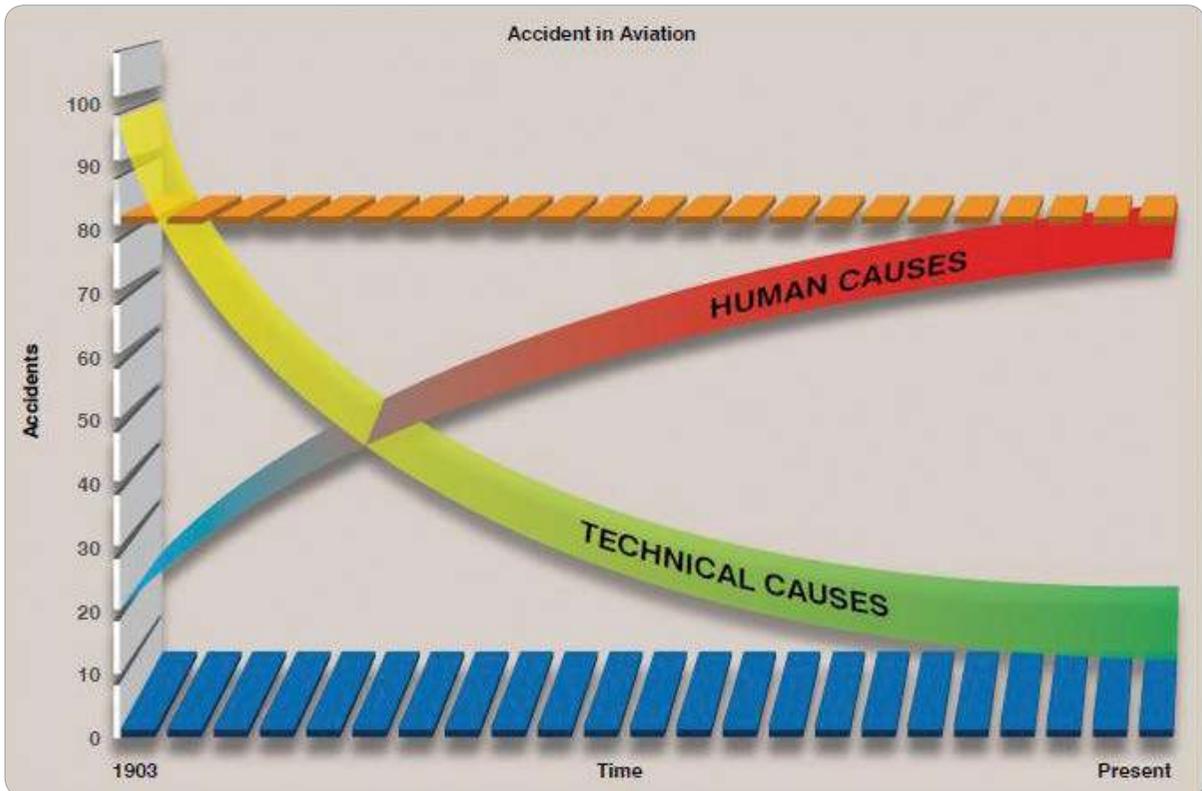
으로써 안전하고 효율적인 운항에 도움이 되길 기대한다.

3.3.2 인적요인에 대한 이해 (Understanding Human Factors)

3.3.2.1 인적요인이란 무엇인가?

(What are human factors?)

왜 인간에게 피로, 스트레스, 자기도취와 같은 상태들이 항공에서 중요하게 다루어지는지 살펴볼 필요가 있다. 이러한 상태들은 다른 많은 것들과 함께 우리는 인적 요인이라 부르며 항공 사고에 직접적인 영향을 주고 있으며 실제 항공사고에서 주요 원인의



[그림 3-11] 항공사고 발생원인의 변화



[그림 3-12] 조종사, 정비사, 관제사에 영향을 미치는 인적요인

70% 이상을 차지하고 있다.

전형적으로 인적요인 사고/준사고들은 항공기 운항과 관련되어 있으나 최근에는 항공 정비 분야와 관제분야에서도 중요한 요인으로 다루어지고 있다 [그림 3-12].

지난 수년 동안 국제민간항공기구(ICAO)를 비롯한 미국 연방 항공국(FAA), 국제항공운송협회(IATA) 등에서는 엔지니어, 조종사, 정비사 및 관제사들과 긴밀히 협조하며 인적요인에 대해 심도 있는 연구와 조사를 진행하여 왔으며 이러한 결과들이 항공 운항 및 정비 분야에 접목되어 보다 안전하고 효율적인 운영에 도움이 되도록 노력하고 있다.

인적요인과학 또는 인적요인 과학기술이라는 것은 심리학, 엔지니어링, 산업디자인, 통계학, 연구조사 및 인체공학 등 여러 학문과 다기능적으로 연관되어 있다. 따라서 인적요인은 인간 능력에 대한 이해를 바탕으로 한 과학으로 인적 요인 원리를 조종사, 관제사, 정비사 등 항공 전 분야에 대한 시스템 설계나 응용에 활용할 수 있는 학문이다.

인적요인은 항공분야에서 승무원 자원관리(Crew Resource Management, CRM) 또는 정비사 자

원관리(Maintenance Resource Management, MRM)와 비슷한 의미로 취급하고 있으나 훨씬 넓은 광범위한 의미로 사용되고 있다.

인적 요인은 인간의 능력, 한계 및 기타 특성에 대한 특정 상황(예: 비행, 항공정비, 스트레스 수준, 지식)에 대한 자료를 수집하고 연구한 결과를 도구 설계, 기계, 시스템, 업무, 직업 및 작업 환경에 적용하여 안전하고 편안하며 효과적으로 사람이 사용할 수 있게 해 주는 것이 목적이다.

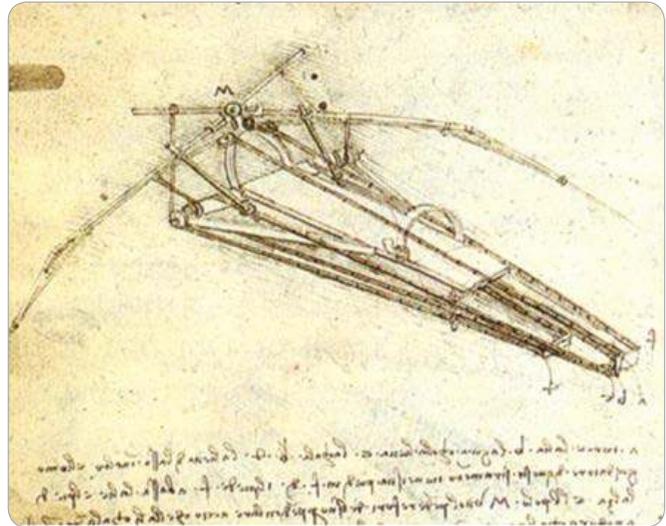
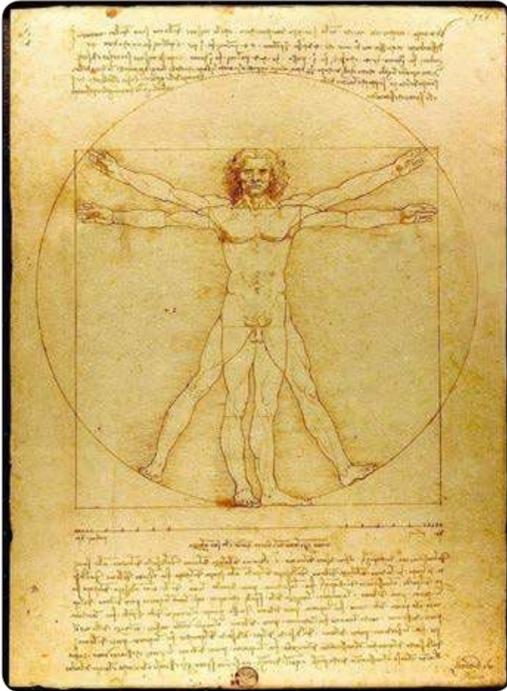
인간이 가장 안전하고 효율적으로 업무를 수행하고 상호 작용하는 도구와 시스템을 개선할 수 있는 방법을 더 잘 이해할 수 있게 됨에 따라 전체 항공 커뮤니티는 인적 요인 연구 및 개발을 통해 큰 혜택을 보고 있다.

3.3.2.2 인적요인의 도입

(Introduction of human factors)

인적요인은 이미 발견되거나 발명된 것보다 훨씬 진화된 지식이 필요한 분야이다. 인적요인이 처음 적용된 시점을 찾는다는 것은 불가능하다. B.C. 5000년 또는 그 이전의 고대문명에서부터 인간은 지식을 그들의 생활에 적용했을 것이라고 추측할 수 있다. 따라서 인적 요인(Human Factor)이라는 영문 용어가 처음 등장했는지를 살펴보는 게 더 의미가 있을 것 같다.

1487년 경, Leonardo Da Vinci는 인체 계측 분야에 대한 연구를 시작했다. 그의 가장 유명한 그림 중 하나인 비트루비안맨(Vitruvian Man)은 인체 계측을 위한 가이드라인을 제시하는 초기 자료 중 하나로 묘사될 수 있다[그림 3-13]. 같은 시기에 그는 새의 비행을 연구하기 시작했다. 그는 인간이 팔에



[그림 3-13] Vitruvian Man 과 Flying Device 스케치

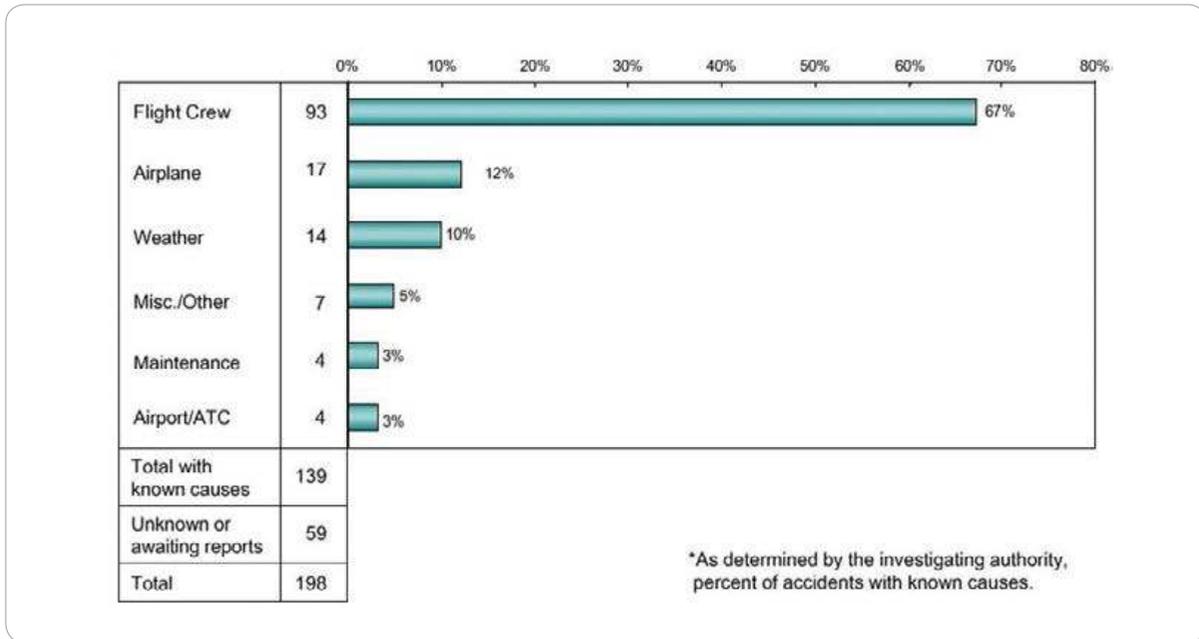
무거운 날개를 달고 날아갈 만큼 강하지 않다는 것을 파악했다. 따라서 그는 조종사가 판자 위에 누는 장치를 스케치하고 손잡이, 풋 페달 및 도르래 시스템을 사용하여 두 개의 커다란 날개가 있는 장치를 사용하도록 했다. 오늘날 인체 계측은 컴퓨터 설계, 액세스 및 유지 보수성 설계, 지침의 간소화 및 인간 공학 관련 문제 분야에서 중요한 역할을 한다.

1900년대 초, 산업 기술자 프랭크와 릴리안 길브레드는 인간의 실수를 줄이려고 노력했다. 수술실에서 의사소통을 할 때 콜백(call-back)을 사용한다. 예를 들어, 의사가 “메스(scalpel)”라고 말하면 간호사는 “메스(scalpel)”를 복창한 다음 의사에게 메스를 건네준다. 이를 챌린지 - 응답 시스템이라고 하는데 크게 말하기는 의사 전달을 명확히 하고 요청을 받은 간호사가 복창을 할 때 필요한 도

구가 아닌 경우 의사에게 교정할 수 있는 기회를 제공한다.

이 같은 언어적 프로토콜은 오늘날 항공에서 널리 사용된다. 조종사는 항공 교통 관제소(ATC)가 발부한 지시나 허가를 반드시 복창하도록 하고 있는데 이는 조종사들이 지시를 정확히 받았는지 확인하고 ATC에 정보가 잘못되었을 경우 이를 수정할 기회를 제공하기 때문이다. 프랭크와 릴리안 길브레드는 피로에 대한 연구로 유명하다.

인적요인이라는 용어는 항공에 기원을 두고 있으며 1940년대에 영국 왕립 공군 사고 조사 보고서에서 이 용어가 비공식적으로 사용된 후 거의 사용되지 않다가(ATSB Human Factors training material) 1957년 현대식 훈련을 기술하는 데 공식적으로 처음 사용되었다(Edwards, 1988).



[그림 3-14] 항공사고 발생원인 비율

이 용어는 과학 지식, 개념, 모델 및 심리학, 생리학, 의학, 인체 측량학 등 인간 과학 분야에서 주로 파생된 이론의 적용을 언급하는 데 사용되었으며 운항의 효율성과 항공기 사고로 이어지는 인적 오류를 감소시키는데 활용되고 있다.

공기보다 무거운 항공기가 탄생한 이후 거의 대부분의 항공기 사고 및 준사고는 항공기와 관련된 일부 문제(기계적 오작동과 같은)가 아닌 항공기 운항과 관련된 사람들의 행동과 의사결정과 관련이 있다. 전 세계의 대부분의 항공기 사고 조사 기관은 모든 항공기 사고 및 준사고의 70~90%가 조종사 또는 정비사와 같이 항공기에 관련된 사람들의 행동과 의사결정의 결과라고 추정하고 있다[그림 3-14].

항공 전문가들이 항공 운항 분야의 모든 부분을 개발하고 있었지만 항공기를 설계하고 제작한 엔지니어들은 최소한 처음에는 항공기 운영에 책임 있는

사람들의 특성과 한계를 잘 이해하지 못했다고 인정했다. 제1, 2차 세계대전을 거치면서 보다 사용자 친화적인 항공기를 설계해야 한다는 것이 강조되었다.

본질적으로 인적 요인의 목표는 인간 운영자, 기술 및 환경 간의 관계를 최적화하는 것이다. 인적 요인에 대한 정의를 찾아 보면 약간씩 다른 내용으로 기술되는데 그래도 이들의 다음 두 가지의 공통점을 찾을 수 있다.

- 인적요인은 대부분 인간 과학이 포함된 많은 인정된 분야의 사실(fact), 이론 및 개념의 적용을 포함하고 있다.
- 인적요인의 목표는 작업의 오류를 제거하거나 최소한으로 줄이기 위해 사람의 최상의 특성을 최상의 시스템(장비, 교육, 절차, 관리 등) 설계 및 건설, 정비, 관리 및 운영의 특성과 연결시키

는 것이 목표이다(항공기, 기차, 휴대 전화, 선박, 원자력 발전소 또는 핵 잠수함 또는 조립 라인 등 어떤 종류이든 관계없다). 기존 이론적 학설 중 어느 것도 인간이 어떻게 그리고 왜 우리가 하는 방식으로 작동하는지에 대한 모든 부분을 설명할 수 없었다.

결과적으로, 인간의 성과를 그 자체의 주제로 간주하려는 과정은 새로운 용어를 필요로 했으며 이것이 일반적으로 사용되는 용어인 인적 요인(Human Factors)이다.

3.3.2.2.1 비행 여명기부터 제1차 세계대전까지 (The dawn of the flight – World War I)

인적요인은 그 명칭을 사용하기 약 50년 전부터 이미 항공분야에서 실질적으로 적용되고 있었다. 그러나 항공의 발전을 따라갈 만큼 학문화되지 못하였으며 현대적 형태의 심리학 분야만 1800년대 말쯤부터 발전하기 시작했다.

항공 분야는 민간에 의해 시작되었지만 제1차 세계대전(WWI)이 시작되면서 항공기가 장난감이 아닌 진정한 역할을 수행하는 제품으로 간주되기 시작했다. 군의 요구에 의해 비행기는 군용 항공기로 급속히 발전했다. 제1차 세계대전 초기에 항공기는 전투 현장을 관찰하는 정찰기 정도로 사용되었지만 폭탄을 투하하고 적기를 격추시키는 데 사용되면서 곧 전쟁 무기로 발전하였다.

영국 옥스퍼드 대학의 연구에 의하면 제1차 세계

대전 중 영국 왕실 비행 전단에서 비행 중 사망한 조종사들의 원인을 분석한 결과 각 100명당 2명만 적군에 의해 사망했고, 8명은 항공기의 기계적 또는 구조적 결함으로 사망했으며, 90명은 조종사 자신의 개인적인 결함으로 인해 사망하였다(미 육군 기술 매뉴얼, 1941).

군 지휘관은 조종사의 개인적인 결함으로 항공기와 승무원을 잃는 손실을 줄이기 위한 노력에 관심을 갖게 되었다. 이런 관심과 노력들이 현실화되면서 사고 조사에서 인적 요소의 실효성이 등장했다.

조종사가 성공적으로 그리고 반복적으로 항공기를 조종하더라도 모든 것을 감당할 능력이 있는 것은 아니라는 것이 일찍이 인식되었지만 인간의 능력 특성과 한계에 대한 지식수준은 그리 발달되지 못했다.

조종사를 지원하는 사람들 중 어떤 사람들은 똑똑하고, 어떤 사람들은 어리석을 수 있으며 어떤 사람들은 키가 크고, 어떤 사람들은 작다. 아주 다양한 자원들이 조종사가 되고자 한다(1989, ch 3, p.7-8).⁶⁾ 인간과 인간 능력 간의 다양성을 직관적으로 관찰한 결과 항공기 조종사로는 올바른 기량과 태도를 가진 사람들을 선정하는 것이 매우 중요하며 다양한 선택 기준에 따라 선발하는 절차는 보다 과학적이어야 한다.

그러나 이러한 선택 기준에 따라 능력 있는 사람을 선발해도 여전히 사고 또는 준사고로 이어지는 오류가 발생한다. 이러한 사건의 상당수는 훈련 부족으로 인해 발생하는데 항공기가 더 크고 빠르며 복잡

6) Bond, N.A., Bryan, G.L., Rigney, J.W., & Warren, N.D. (1989). Aviation Psychology. Los Angeles, CA: University of Southern California.

해짐에 따라 조종사 훈련은 어떤 상황에서도 능력의 변동성이 크지 않도록 하는 데 초점을 맞추고 있다. 쉽게 설명하면 정상적인 비행 상태나 비상상황 발생 시에도 별 차이 없이 항공기를 안전하게 운항할 수 있는 능력을 갖게 하자는 것이다.

한편, 엔지니어들은 항공기 설계 및 제작을 지속적으로 개선하여 조종사와 항공기의 성능 제한 사항에도 보다 안전하게 운용될 수 있도록 많은 부분을 개선했다. 인체 공학, 조종사 선발 및 훈련 분야에서 인적요인이 지속적으로 연구되면, 인간의 실수 및 항공 사고는 조종사의 판단, 인지 및 감각과 같은 일련의 과정과 관련이 있다는 것이 분명해졌다. 인적요인은 인간 공학, 조종사 선발 및 훈련 분야에서 지속적으로 발전했지만, 인간의 실수와 항공 사고는 조종사의 판단, 인지 및 감각 인식과 같은 과정과 관련되어 있음이 분명해졌다. 이러한 과정들은 모두 생리학적 기반을 가지고 있지만, 심리적 프로세스라고 볼 수 있다. 이와 같이 인적 요인은 현재 일반적으로 ‘항공 심리학’이라고 불리는 것에 크게 의존하기 시작했다.

3.3.2.2.2 제1차 세계대전 이후부터 제2차 세계대전의 시작까지(World War I – World War II)

제1차 세계대전 후, 항공기의 제작과 운영은 다시 민간의 주요 관심사가 되었다. 전직 군용기 조종사와 항공기가 에어쇼를 위한 곡예비행을 하였으며 20세기 초반에는 최초의 민간 항공 및 항공 우편 서비스가 도입되었다.

1920년대와 1930년대에는 주로 출력이 약한 복엽기가 목재, 캔버스, 와이어 등의 부품으로 만들어져 주로 시계 비행 상태에서 운용되었으나 이후 강철과

알루미늄 등으로 만든 단엽기가 개발되면서 계기 비행 기상에서도 안전하게 비행할 수 있게 되었다.

이 기간 동안 인적 요인 또는 인간 공학은 계속 발전했지만 공식적으로 별도의 명칭은 갖지 못했다. 이 개발에 대한 흥미로운 예가 ‘링크 트레이너’의 개발에서 찾아 볼 수 있다. 조종사는 외부 시각적 참조 없이 계기만을 활용하여 항공기를 조종할 수 있다. 그러나 실제 비행기로 이러한 훈련을 시키는 과정은 위험성을 내포하고 있다. 이때 미국인 에드윈 알버트 링크가 링크 트레이너(Link Trainer)를 개발하여 실제 비행기가 아닌 시뮬레이터를 이용한 훈련이 시작되게 되었다[그림 3-15].

링크 트레이너는 오늘날 모든 항공사 및 군용 항공기에서 교육에 사용되는 비행 시뮬레이터의 선두 주자로 널리 알려지게 되었다. 링크 트레이너는 나무로 만들어진 조종실 형태의 좌석에 나무로 만들어진 캐노피로 덮여 있어 외부를 볼 수 없다. 트레이너 내부는 계기 비행에 필요한 계기들이 장착되어 있으며 내부 계기와 조종 장치는 외부 교관 콘솔 및 공기로 작동되는 벨로우즈와 연결되어 있다. 링크 트레이너는 1929년 처음 특허를 받은 후 미 육군



[그림 3-15] 링크 트레이너

에 납품할 계획이었으나 거절되고 1932년 게임용으로 판매가 되었다. 1935년 일본 해군에서 이 장비를 구입하여 훈련을 시작한 이후 2차 세계대전이 시작될 무렵 35개국에서 링크 트레이너를 구입하여 훈련에 사용하였다. 이 장비의 사용은 위험 부담 없이 조종사들에게 계기비행 훈련을 시킬 수 있는 장점이 있었다.

3.3.2.2.3 제2차 세계대전에서 1970년대에 이르기까지 (World War II - 1970's)

제2차 세계대전의 출현과 더불어 제1차 세계대전 중 발생했던 항공기 손실에 대한 지식을 가지고 1920년대와 1930년대 항공기 및 항공기 운영 방식이 크게 바뀌었음을 인식한 영국과 미국은 모두 크게 투자하기 시작하였으며 인적요인 지식을 항공 작전에 적용하게 된다.

이러한 노력은 현재 조종사 및 엔지니어와 같은 실무자뿐만 아니라 대학의 학문 전문가들의 관심도 증가하고 있다.

인적요인의 중요성은 빠르게 확산되어 더 나은 조종사 선발을 위해 지식과 기술을 적용하고 더 엄격한 의료 및 심리 기준을 수립하였다. 새로운 정신 측정 도구가 개발되었고 비행 시뮬레이터와 같은 장치가 개발되어 사용되었다.

인적요인에 대한 연구는 공간 방향 상실, 피로 및 조종사 정보 처리 능력 등으로 확대되었다. 그러나 이러한 발전은 계속해서 개별 조종사에 초점을 맞추고 있으며 인적요인에 대한 이론은 항공기의 기계적 고장과 관련이 없는 모든 사고에서 '조종사 에러'라는 개념을 사용하여 설명할 수 있는 유일한 방법이라고 할 수 있다.

제2차 세계대전이 끝나갈 무렵 인적요인에 대한 학술 연구는 민간 차원에서 계속되었으며 전 세계 많은 대학으로 확대되었다. 특별히 항공을 겨냥하여 인적 요인을 전문으로 하는 학교를 설립한 최초의 대학 중 하나는 1946년 일리노이스 대학(Illinois University of Aviation) 설립자였다. 또한, 1946년에 영국은 크랜필드 항공 전문대학(Cranfield College of Aeronautics)을 설립하였다. 그러나 1969년까지 대학 지위를 인정받지 못했다. 하지만 현재 항공 및 인적요인에 관련된 연구를 하는 대학이 상당히 많아졌다. 국내에도 최근 수년 사이에 항공운항을 전공하는 대학 학과가 상당수 생겼으나 항공분야 인적요인을 전문적으로 연구하는 대학은 없다.

1970년대 중반부터 인적 요인의 연구, 조사 및 비행 현장 적용에 대한 관심이 확대되어 인적 요소 문제를 광범위하게 적용하기 시작했다. 그러나 인적 요인의 연구가 확대된 계기는 1972년 12월 29일 발생한 미국 동부 항공(Eastern Air 401)의 록히드 L-1011 트리스타(TriStar) 항공기 사고였다.

미국 국립 교통 안전위원회(NTSB) 조사 보고서는 사고의 추정 원인이 '승무원이 비행 마지막 4분 동안 비행계기를 모니터링하지 못한 것'이라고 명시했다



[그림 3-16] 사고기와 동일기종의 항공기

미 동부항공 401편 사고(Eastern Air 401 Accident)

동부항공 401편은 미국 뉴욕 존 เอฟ 케네디 국제 공항을 이륙하여 마이애미 국제공항으로 비행 중이었다. 부조종사가 조종을 담당하였고 조종실에는 비행정비사(Flight Engineer)를 포함하여 3명의 운항 승무원이 탑승하고 있었다. 마이애미 공항 접근 중 착륙 기어(Landing Gear)를 내렸으나 전방 착륙기어표시장치(Nose Gear Indicator)가 나타나지 않았다. 조종사들은 관제탑 앞으로 복행 후 다시 착륙하기 위해 재진입하였다. 문제 해결을 위해 관제탑의 허가를 받고 대기장주(Holding Pattern)에 진입하여 고도 2,000피트를 유지하며 3명 모두 착륙 기어표시장치 결함 해결에 몰두하였다. 착륙기어표시장치는 단지 전구의 결함이었지만 3명 모두 이에 몰두하는 동안 원인을 알 수 없는 이유로 자동 비행장치가 풀어져 고도가 서서히 내려갔다. 고도 이탈 경고음이 들렸지만 야간인 관계로 조종사들은 인지하지 못했고 결국 밤 11시 42분경 공항 인근 습지에 추락하여 163명 승객 중 101명이 사망하였다.

(NTSB보고 AAR- 73-14). 추정 원인에 대한 이 조사는 정확하지만, 보고서에서 어떻게 이러한 사고를 막을 수 있을 것인지에 대한 대안은 제시되지 못했다.

어떻게 고도로 훈련되고 경험이 풍부한 승무원이 무의식적으로 일어나는 일을 깨닫지 못하고 완벽하게 기능하는 항공기를 추락시킬 수 있을까? 물론 간단한 대답(NTSB 보고서에 포함되어 있음)은 승무원이 랜딩 기어 지시등에 주의를 집중하느라 다른 상황에 대하여 인식하지 못했다는 것이지만 왜 3명

모두 한 곳에 주의가 고정되었는지에 대한 자세한 설명은 없다. 그러면 앞으로 유사 사고를 예방하기 위해서 어떻게 해야 할까?

이스턴항공 401 사고 이후 처음 조종석 자원관리(Cockpit Resource Management)라는 훈련 프로그램이 처음으로 등장하게 된다(Helmreich, 1987).

초기 연구는 항공기 기장이 승무원들에게 어떻게 업무를 분담했으며 승무원들은 어떻게 대응했는지 살펴봤다. 이 연구에 따르면 승무원 간 업무 분담이 제대로 이루어지지 않아 에러가 발생했다. 비행 임무를 맡은 조종사(Pilot Flying, PF)는 항공기 조종에 전념하고 비행을 담당하지 않은 조종사(당시 기장이 담당, Pilot Not in Flying, PNF)⁷⁾는 항법 및 계기, ATC를 담당하여야 하나 항공기관사를 포함한 3명 모두 착륙기어 지시등에 몰두하여 사고가 발생한 것이다.

이 문제의 근원은 많은 요인들이 개인특성, 문화적 편향, 의사소통 기술 및 사람들이 서로 상호 작용하는 방식에 영향을 미치고 문제를 관리하고 해결하는 방법에 영향을 줄 수 있다는 것이다.

위 사고에서, 기장은 착륙기어 지시등 문제를 해결할 충분한 조종실 자원과 시간적 여유를 가졌음에도 적절히 활용하지 못하여 사고를 유발한 경우이다. 따라서 조종실 자원관리 프로그램은 초기에 조종실 자원에 초점을 맞추어 개발되었으나 다양한 비행 환경에서 정비사, 객실 승무원, 관제기관까지 모두 활용하는 개념의 ‘승무원자원관리(Crew Resource management)’로 발전하게 된다.

7) PNF(Pilot Not in Flying)라는 용어는 모니터링이 강조되면서 PM(Pilot in Monitoring)으로 변경되어 사용되고 있다.

텍사스 대학교(University of Texas)의 Robert Helmreich 교수가 개발한 CRM은 현재 대부분의 항공사에서 시행하고 있으며 법적인 필수교육으로 자리 잡았다. 이 프로그램은 객실 승무원, 운항관리사들에게도 필수 교육으로 되었으며 항공 정비사 역시 동일한 훈련을 하고 있다. 승무원 자원관리 프로그램에 대해서는 다시 설명하기로 한다.

3.3.2.3 인적요인 연구의 중요성(Importance of Human Factors Research)

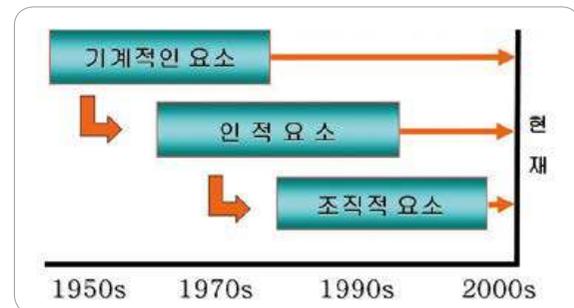
항공 분야에서 인적 요인은 인간이 어떻게 기술과 가장 안전하고 효율적으로 통합될 수 있는지를 보다 잘 이해하기 위한 학문이다. 이러한 이해는 설계, 교육, 정책 또는 절차 수립에 활용되어 인간의 성과(performance)를 향상시키는 데 도움이 된다.

기술의 급속한 향상에도 불구하고 인간은 궁극적으로 항공 산업의 성공과 안전을 보장해야 할 책임이 있다. 사람은 훌륭한 판단력을 발휘하면서 지식, 융통성, 헌신 및 능률을 유지해야 한다. 한편, 업계는 장기적인 영향을 미치는 교육, 장비 및 시스템에 지속적으로 투자하고 있다. 인간이 인간과 상호 작용하는 방식을 예측하는 능력보다 기술이 빠르게 발전하고 있기 때문에 업계는 인간의 성과와 관련된 의사결정을 이끌기 위한 경험과 직관에 더 이상 의존할 수 없다. 대신 새로운 날개를 개발할 때 공기역학적인 공학이 요구되는 것처럼 설계, 교육 및 절차에서 인간의 성능에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 건전한 과학적 근거가 필요한 것이다.

항공 분야는 이미 앞에서 기술했듯이 초창기에는 항공기 결함이나 장비의 결함, 기상 요인 등에 의해 사고들이 많이 발생했으나 제1, 2차 세계대전 중 획

기적으로 발전한 항공 기술의 발달로 기계적인 결함보다 인적 요인에 의한 사고가 더 많이 발생하게 되었다. 따라서 1970년대부터는 인적 요인에 대한 연구가 더 활발해지고 1970년대 후반에는 문화가 포함된 조직 요인에 대해서도 활발한 연구가 이루어지고 있다.

3.3.2.4 인적요인과 인간공학



[그림 3-17] 인적요인 연구의 발달 과정

(Human Factors and Ergonomics)

일반적인 의미에서 두 가지 용어는 기원과 학문적 용도 이외에 의미 있는 차이가 없다(따라서 이 두 용어를 모두 언급하기 위해 “인적 요인”이라는 용어를 사용한다).

인체 공학이라는 용어는 유럽에서 시작되었지만 인적 요인이라는 용어는 미주에서 더 일반적으로 사용되었다. 이 분야의 개발 초기에는 주로 전문가 사회와 저널 용어의 맥락에서 이 두 용어가 분리되었다. 지난 20년간 이 용어는 상호 교환이 가능하도록 사용되었으며 주요 전문가 협회(HFES)는 두 용어를 인적 요인과 인체공학이라는 명칭으로 묶었다. 일부 학계에서는 인체 공학이라는 용어가 산업 상황과 더 관련을 가지고 “소비 제품, 가정, 도로 교통 및 안전을 포함하는 방향으로 확장되었다.

인간과 기계의 효율성을 높이기 위해 공정 및 기계 설계, 작업 장소 배치, 작업 방법 및 물리적 환경 제어에 적용되는 작업 상황에서 일반 사람들에 대한 과학적 연구에 기반을 둔 지식이라고 할 수 있다.

3.3.2.5 인간 특성에 대한 이해

(Understanding Human Characteristics)

3.3.2.5.1 인간의 능력과 한계

(Human Performance & Limitations)

1) 인간의 선택능력

① 신호탐지 이론

‘신호탐지 이론’에 관한 이론은 금세기 상반기에 통신 및 레이더 장비의 발전으로부터 발전했다. 초기에는 감각과 인식의 일부로 여겨지다가 심리학 분야로 옮겨졌는데, 전통적인 문턱 이론(threshold theories)에 의해 설명되지 않았던 희미한 자극을 탐지할 때 인간 행동의 특징을 이해하기 위해 1950년대에서 1960년대에 시도되었다.

사람은 때로 매우 희미하거나 혼란스런 자극에 직면하는데 우리는 단순히 이 자극을 신호라고 부른다. 사람이 이것을 판단하는 과정에서 이 상황을 혼란스럽고 어렵게 만드는 것은 신호와 비슷한 다른 혼동을 주는 존재가 있을 경우 정확한 판단을 하기 어렵다는 것이다. 이것을 노이즈(noise)라고 부르기도 한다.

전통적인 문턱 이론과 다른 점은 신호가 존재하는지 여부에 관계없이 주체가 결정하고 인지적 행동을 한다는 점이다. 자극이 현재 발생했다면 결정을 위한 감각적인 행동은 인지적인 구성 요소를 갖는 것

으로 이해된다. 신호탐지 이론이 중요하게 인식된 것은 레이더 시스템이 개발되면서 레이더를 판독하는 관제사들이 레이더에서 번쩍이는 항적 정보가 실제 정보인지 아니면 노이즈 정보인지 판별해야 하는데 만약 잘못 판별된 항적을 유도할 경우 심각한 위험을 초래할 수 있다.

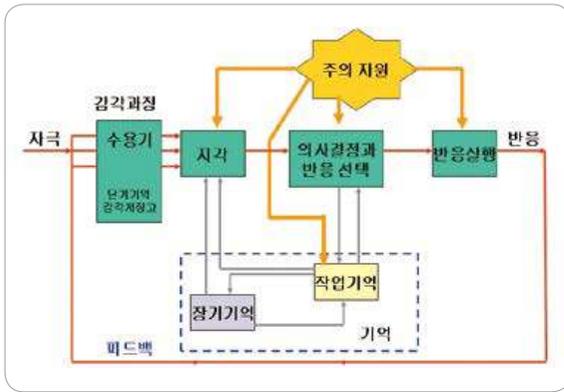
예를 들어 이지스함(전투함)의 무기통제사가 적진 부근에서 작전을 하고 있을 때 레이더에 번쩍 나타났다가 사라진 항적 정보가 적인지 혹은 아군인지 판별하지 못하면 공습에 대비할 수 없거나, 아군인데 적군으로 오인하여 미사일 발사를 지시한다면 아군이 추락하는 상황이 발생할 것이다. 자극에 대한 감각 반응은 자극의 크기에 의해 결정되는 것이 아니라 의사결정 과정을 거치게 된다. 신호가 있는 경우 사람은 그것이 ‘존재’하거나 ‘존재하지 않는다’라고 결정할 수 있다. 이러한 결과를 적중 및 빠트림(miss)이라고 한다. 신호가 없어도 사람은 여전히 신호가 존재하거나 존재하지 않는다고 판단할 수 있다. 이를 각각 잘못된 경보(false alarm) 또는 정기각(Correct Reject)이라고 한다[그림 3-18].



[그림 3-18] 신호탐지 이론과 반응 모델

② 정보처리 과정

사람은 감각기관을 가지고 있어 외부로부터 자극이 들어오면 인지하는 과정을 거쳐 자극을 정보화하



[그림 3-19] 인간의 정보처리 모형(Wickens & Flach, 1998)

게 된다. [그림 3-19]의 정보처리 모형⁸⁾에서 정보가 들어오면 감각 등록기를 거쳐 지각하게 되는데 감각등록기는 모든 자극정보가 그대로 저장되므로 용량은 무한대이나 약 1~4초의 매우 짧은 시간 동안만 저장된다. 컴퓨터의 플래시메모리와 유사한 기능을 가지고 있다고 보면 된다. 이곳에 들어온 자극은 주의(attention)가 다음 단계로 자극을 넘겨 정보화 할지를 결정하게 된다. 주의를 끈 자극은 다음 단계로 넘어가는데 의미와 형태를 파악하는 지각단계가 된다. 지각하는 데 장기기억 또는 작업 기억이 관여하게 되고 판단과 반응을 선택하는 결정 단계로 넘어간다. 주의 자원은 이 모든 것에 관여하게 되고 이 과정이 지속되는 동안 이것보다 강하지 않은 다른 자극들은 대부분 무시된다. 그래서 운전 중 심각한 전화통화를 하게 되면 전방에 장애물이 나타나도 인지하지 못하는 것이다.

2) 주의 집중과 방해 요소

① 주의 집중

주의는 선택적 주의(selective attention), 분할된 주의(divided attention)와 지속된 주의(sustained attention)로 구분할 수 있다. 선택적 주의는 정보처리를 위해 필요한 자극만 선택하고 나머지 자극은 무시하는 것을 말하며 이전 기억 등에 의해 중요하다고 판단되는 자극에 주의 자원을 배분하는 것이다.

선택적 주의는 심각한 비상상황이 발생하거나 예기치 못했던 상황이 발생하면 주로 그곳에 집중적으로 주의 자원을 배분하는 것이다. 상황 파악을 위해 일상적인 부분은 약간의 주의 자원을 배분해도 쉽게 파악이 되지만 생소한 환경이나 집중을 요하는 업무가 발생하면 주의 자원을 집중하게 된다. 너무 과도하게 주의 자원이 집중되는 것을 주의 고정(Fixation)이라 하여 3차원 공간에서 움직이는 조종사에게는 피해야 할 상황이다.

분할된 주의는 두 개 이상의 태스크에 한정된 주의 자원을 나누어 배분하는 것이다. 비행하는 과정에서 동시에 2개 이상의 계기를 점검하거나 비행 조작과 ATC와 통화해야 하는 경우가 해당한다.

지속된 주의는 장시간 동안 동일한 자극에 주의를 기울이고 있는 상황이다. 지속된 주의는 주의의 폭(attention span)과 초점화된 주의(focused attention), 두 가지가 있는데 한 과제에 주의를 기울이고 있는 시간을 주의의 폭이라 하고 다른 과제에 주의를 돌리지 않고 한 과제에 집중하고 있는 상태를 초점화된 주의라 한다.

8) Wickens, C.D., & Flach, J.M (1998). Information processing. In E. L. Wiener, & D.C. Nagel(Eds.), Human Factors in Aviation. San Diego, CA: Academic Press.

② 방해 요소

주의 집중은 일상에서뿐만 아니라 비행 환경에서도 매우 중요한 일이다. 주의를 집중하지 못하는 것을 평상 용어로 ‘산만하다’고 한다. 비행에서 때로는 집중하고 때로는 주의를 분산하는 일을 상황에 따라 지속적으로 반복해야 하는데 비행 중 한 곳에 30초 이상 집중하는 것은 바람직하지 않다. 너무 산만하게 주변을 살펴도 불안정해 보이는데, 집중할 곳과 집중을 분산하여 스캐닝할 대상을 잘 선정하면 상황 인식에 도움이 된다. 이러한 주의 집중과 분산도 훈련을 통해서 향상될 수 있다.

주의 집중을 방해하는 요소로는 건강상태, 피로, 수면 부족, 배고픔 등과 같은 신체적 조건과 자신의 주변 환경, 예를 들어 기상, 소음, 많은 인파, 주제와 상관없는 잡담, 외부와 교신 등 환경적인 요소들이 있다. 송수신 장비의 성능도 주의 집중에 영향을 줄 수 있다. 기타 문화적인 요인, 교육 효과, 경험 등도 방해 요소가 될 수 있다.

3) 기억(Memory)

인간이 기억을 통해 학습하고 학습된 내용을 추가적으로 기억함으로써 인류의 문명이 발전해왔다. 기억이란 인간의 인지적 능력을 설명하는 데 필요한 가설적인 개념이다. 기억에는 자극을 받아 잠시 자극을 저장하는 감각기억, 단기기억, 작업기억, 장기 기억 등으로 구분한다.

① 감각기억

감각 등록기는 정보가 추후 처리를 위해 선택되거나 폐기될 때까지 수용체 세포에 의해 수신된 정보의 기록을 저장하는 매우 짧은 기간 동안 작동하는

기억 시스템이다.

- 감각 기억 장치는 개인의 감각에 따라 다르다.
 - 시각적 정보를 위한 아이콘 메모리
 - 청각 정보를 위한 에코 메모리
- 기간은 매우 짧다.
 - 시각 정보에 대해 150~500msec
 - 청각 정보 1~2초
- 감각 기록부의 용량은 무한대이다.
- 정보는 노력을 기울여 추가 처리를 위해 선택하지 않는 한 의미가 없다.
- 감각 등록기의 일반적인 목적은 추가 처리를 위해 간단히 정보를 보관

② 단기기억(Short term Memory)

- 감각기억에서 넘어 온 정보가 장기기억으로 가기 전 기억되는 저장소
 - 작업 기억이라고도 한다.
- 머무는 기간이 짧다.
 - 약 15~30초 정도 유지된다.
 - 더 오랜 시간 유지하기 위해서는 계속 암송하거나 장기기억으로 넘겨야 한다.
 - 새로운 정보에 의해 계속 지워진다.
- 정보 처리 용량에 제한이 있다.

③ 장기 기억(Long-term Memory)

- 장기 기억은 기억자가 의식적으로 기억하고 있지 않지만 저장고에 남아 있다.
- 기억되는 기간은 상대적으로 가장 긴 편이나 기억자와 대상에 따라 다르다.
- 강한 충격에 의한 기억은 평생을 가기도 한다.
- 비행 준비를 할 때 체크리스트를 자주 오랜 기

간 사용하다 보면 자동적으로 압기가 된다. 일부 조종사들은 체크리스트를 꺼내지 않고 압기 하여 사용하는 경우가 있는데 대부분은 별 문제가 없으나 중간에 주의를 분산시키는 사건(예를 들어 ATC에서 부른다거나 다른 사람이 끼어들 경우 기억의 연결고리가 깨져 항목을 빠트리는 경우가 발생한다. 따라서 체크리스트는 반드시 항목과 기재 취급을 비교하면서 수행해야 한다.

④ 정보 저장 유형

저장되는 유형에 따라 의미기억(Semantic memory), 일화기억(Episodic memory), 절차기억(Procedural memory)으로 구분하기도 한다.

3.3.2.5.2 인간의 감정(Human emotion)

1) 동기와 정서

① 동기

동기(Motivation)란 사람들이 특정 이슈, 과제, 목표 및 전략 달성에 관심과 노력을 집중할 수 있도록 하는 내부 프로세스 세트이다.⁹⁾ 동기는 본질적으로 개인적인 것이다. 개인은 목표를 달성하기 위한 우선순위와 경로가 다르다. 동기는 무엇을 추구할 것인가에 대한 신념, 추구의 중요성 및 추구 방법에 따라 형성되기 때문에 서로 다른 종족 집단의 구성원들과는 근본적으로 다른 접근법을 가질 수 있다. 가족 가

치와 사회적 정체성의 차이는 동기와 관련된 인식 및 행동 양식을 결정하는 데 중요한 역할을 한다.

동기는 내재적 동기(intrinsic motivation)와 외재적 동기(extrinsic motivation)로 구분하는데 내재적 동기는 흥미나 호기심과 같이 개인의 내부적인 요인에 의해 유발되는 동기를 말한다. 내재적 동기가 유발된 사람들은 자기 보상적이고, 즐겁고, 만족하며 열정적인 경우가 많다.

외재적 동기는 좋은 성적이나 보상을 받기 위해, 처벌을 피하기 위해 또는 과제 자체와는 무관한 다른 이유 때문에 그 과제를 학습하는 경우를 말한다.¹⁰⁾

조종사들은 어느 집단보다 동기가 높은 것으로 알려져 있다. 실제 텍사스대학교의 Helmreich 교수팀의 FMAQ(Flight Management Attitude Questionnaire) 설문조사 결과에 의하면 응답자 90% 이상의 조종사들이 직업에 만족하고 있는 것으로 나타났다.

② 정서

항공분야에서 정서에 대해 연구된 부분은 많지 않다. 그러나 우리나라의 문화적 특성상 정서는 조종실 안전 문화에 큰 영향을 주고 있는 것으로 보인다. 전체주의 의식이 강한 우리나라에서 성장한 사람들은 조종실에서도 윗사람에게 공손하려는 태도를 보이며 연장자 또는 지위가 높은 사람은 정서적인 부분에서 감정이 상하는 경우가 많다. 조종실에서 두 사람의 승무원이 각각 맡은 업무를 수행하도록 되어

9) Mitchell, T. R., & Daniels, D. (2003). Motivation. In W. C. Borman, D. R. Ilgen, R. J. Klimoski, & I. B. Weiner (Eds.), Handbook of psychology: Vol. 12. Industrial and organizational psychology (pp. 225-254). New York, NY: Wiley.

10) Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000) Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development and wellbeing. American Psychologist.

있지만 그렇지 못한 경우 제대로 조연을 하지 않아 사고가 난 경우가 많다.

- 정서의 특성
 - 정서는 개인마다 차이가 있다.
 - 정서는 신체변화를 가져온다.
 - 정서는 강도가 있다.
- 정서의 기능¹¹⁾
 - 행동을 유발하는 기능: 다양한 생리적 변화를 유발, 정해진 행동 패턴을 따르게 하는 구체적 기능
 - 인지적 기능: 정서를 유발하는 자극을 인식하고 처리하는 기능
 - 지각적 기능: 지각 과정에 영향을 준다.
 - 성격 형성의 기능: 생각하고 행동하는 방식에 영향을 준다.

2) 집단 수행

비행은 단일 조종사에 의한 임무 수행도 있지만 민간 항공사에서는 대부분 2인 이상이 팀으로 업무를 수행한다. 이 경우 집단 수행이 되는데 상호 협조가 잘 되면 좋은 결과를 가져오겠지만 서로 의견이 맞지 않거나 일방적인 지시와 복종이 이루어진다면 오히려 한 명이 하는 것보다 나쁜 결과를 초래할 수 있다.

집단 수행을 하는 과정에서 집단 의사결정이 이루어질 수 있는데 예를 들어 3명의 사람 중 2명이 옳다고 우기면 나머지 한 사람은 정답을 알고 있더라도 말하지 못하게 된다. 따라서 집단 의사결정의 오류를 줄이기 위한 노력이 필요할 것이다.

3) 리더십과 리더십 유형

① 리더십

리더십은 어느 조직에서나 중요한 역할을 하지만 특히 항공분야에서는 위기의 상황에서 절대적인 역할을 한다. 리더(Leader)와 지휘관(Commander)은 다른 의미로 사용되지만 조종실에서는 두 가지 역할을 동시에 수행해야 한다. 그래서 기장을 PIC(Pilot In Commander)라고 하며 운항, 안전, 보안까지 책임을 지게 된다. 비상상황에서 PIC의 지시는 절대적으로 준수되어야 하며 승객들 역시 지시를 따라야 한다.

② 리더십 유형

- 선두 주자형 리더: 최상을 추구하고 스스로 방향을 설정하는 타입, 나처럼 하면 된다. 유형. 팀 구성이 이미 동기부여가 되어 있고 숙련되어 있다면 리더가 신속한 결과를 원할 때 가장 효과적이다.
- 권위주의형 리더: 공동의 비전을 향해 팀을 동원하고 최종 목표에 중점을 두고 각 개인에게 수단을 제공한다. 상황이 바뀌거나 명시적 안내가 필요하지 않기 때문에 팀이 새로운 비전을 필요로 할 때 가장 효과적이나 자신보다 뛰어난 전문가와 일하는 것을 원치 않는다.
- 제휴형 리더: 유대감과 조직에 속한 정서적 유대감을 창출하기 위해 노력한다.
- 코칭형 리더: 미래에 대비해 인재를 양성하는 유형이며 리더가 팀원들이 전반적으로 더 성공

11) 박수애 외(2005). 항공심리학, 학지사.

적으로 개인의 힘을 길러줄 수 있도록 돕기를 원할 때 가장 효과적이다.

- **강압적 리더:** 즉각적인 준수를 요구하는 유형이다. 다른 모든 것이 실패할 때 문제가 있는 팀원을 제어하는 데 도움이 될 수 있으나 사람들을 멀리하고 유연성과 창의력을 저해할 수 있으므로 거의 모든 경우에 피해야 한다.
- **민주적 리더:** 참여를 통해 공감대를 형성한다. 팀이 결정, 계획 또는 목표를 자체적으로 수립할 수 있으며 신선한 아이디어가 있는 팀이 필요한 경우에 가장 효과적이나 긴급 상황에서는 효과적이지 않다.

3.3.2.5.3 조직과 문화(Organization & Culture)

1) 문화적 특성

항공사고의 경우 문화적 요소가 많은 영향을 미친다. 1994년 보잉사의 운항사고 분석 자료에 의하면 지역별로 사고 원인이 달랐는데 미국과 유럽 국가의 항공사고는 주로 미흡한 기체정비와 소홀한 검사가 주 원인이었다. 반면, 아프리카 국가는 열악한 공항 시설과 부족한 기상정보 등이 원인이었다. 중남미와 아시아 국가에서는 미숙한 조종기술, 절차 무시, 문화적 특성에 의한 것이라고 분석하였다.¹²⁾

문화는 한 집단이 다른 집단과 다른 독특한 행동 양식이나 사고방식을 가지고 있을 때 이를 설명하기 위해 문화라는 용어를 사용한다.¹³⁾

2) 홉스테드(Hofstede)의 문화 이해

① 권력거리(Power Distance, PD)

이것은 권력이 있는 사람과 없는 사람들 사이에 존재하는 불평등의 정도를 나타낸다. 즉, 권력이 약한 사람이 권력이 강한 사람에게 느끼는 거리라고 할 수 있다. 높은 권력거리 지수는 사회가 불평등한 권력 분배를 받아들이고 사람들이 시스템에서 “그들의 위치”를 이해한다는 것을 나타낸다. 낮은 권력거리는 권력이 공유되고 잘 분산된다는 것을 의미한다. 그것은 또한 사회 구성원들이 스스로를 평등하다고 생각한다는 것을 의미하기도 한다.

적용: 홉스테드의 모델에 따르면, 말레이시아(104)와 같은 높은 권력거리 국가에서는 최고 경영자에게만 보고서를 보내고 엄선된 영향력 있는 관리자만 참석하는 비공개 모임을 가질 것이다.

[표 3-6] 권력 거리의 특성과 대응방안

| 구분 | 특성 | 대응 방안 |
|---------------------|--|--|
| 높은 권력 거리 High PD | - 중앙집중식 구조 - 강력한 위계질서 - 보상, 권위 및 존경에서 큰 격차 | - 리더의 권한에 대한 이해 - 답을 얻으려면 최고위층에게 가야 할 수 있다는 것을 인식 |
| 낮은 권력 거리 Low PD | - 수평적 조직구조 - 감독자와 고용자가 거의 대등한 권한 | - 팀워크 활용 - 의사결정에 가능한 많은 사람이 참여 |

12) 박수에 외(2005), 항공심리학, 학지사.

13) ibid

[표 3-7] 개인주의/전체주의의 특성과 대응 방안

| 구분 | 특성 | 대응 방안 |
|---------------------|--|--|
| 높은 개인주의 High INV | <ul style="list-style-type: none"> - 개인의 시간과 자유에 대해 높은 가치를 둠 · 도전의 즐거움, 노력에 대한 보상 기대 · 개인 정보 보호 존중 | <ul style="list-style-type: none"> - 성과에 대한 인정 - 개인 정보를 너무 요구하지 않는다. - 자신의 아이디어에 대한 토론과 표현 장려 |
| 낮은 개인주의 Low INV | <ul style="list-style-type: none"> - 기술 연마와 어떤 분야에 대한 전문가가 되는 데 중점 - 내재적 보상을 위해 일을 함 - 정직함보다는 조화로우 을 더 중요하게 생각함 | <ul style="list-style-type: none"> - 나이와 지혜에 대한 존경심을 보여 줌 - 조화로운 내에서 느낌 과 감정을 자제하면서 업무 추진 - 전통을 존중하고 변화는 천천히 도입 |

② 개인주의/집단주의

(Individualism/Collectivism, IDV)

이것은 사람들이 지역 사회 내의 다른 사람들과 맺는 유대감의 강도를 나타낸다. 높은 IDV 점수는 다른 사람과의 연결 정도가 느슨하다고 볼 수 있다. 개인주의 지수가 높은 국가의 경우 대인 관계가 부족하고 가족이나 친한 친구들과 공동 책임감을 별로 느끼지 않는다. 개인주의 지수가 낮은 사회는 강한 집단 응집력을 가지며 집단 구성원들에 대한 충성도와 존경심이 커진다. 그룹 자체도 커지고 사람들은 서로의 행복에 더 많은 책임을 져야 한다.

쉽게 설명하면 개인주의 지수가 높을 경우 자신이 맡은 일만 끝내면 다른 사람들의 일에 개의치 않으며 간섭 받는 것 역시 싫어한다. 대부분의 전문직에 종사하는 사람들의 특징으로 나타나기도 하며 운항 스케줄에 따라 비행 업무를 담당하는 조종사들은 개인주의 지수가 다른 직종에 비해 높게 나타난다. 주로 미국, 유럽 등 서구 문화권에서 나타나는 현상이다.

반면 아시아 문화권에서는 집단주의가 강하게 나타나는데 혈연, 지연, 학연 등에 집착하는 경향을 보이며 내 집단을 형성하여 문제가 되기도 한다. 좋은 면에서는 가까운 사람 간 서로 돕고 부모를 봉양하는 등의 사회 현상을 나타내기도 한다.

적용: 흡스테드의 분석에 따르면 개인주의 지수가 매우 낮은 중미 국가(파나마와 과테말라)에서는 지역 사회에 혜택을 주거나 대중 정치 운동에 연계된 마케팅 캠페인이 효과를 발휘한다.

③ 남성성/여성성(MAS, Masculinity/Femininity)

이것은 사회가 전통적인 남성과 여성의 역할에 얼마나 많은 가치를 부여하고 있는지를 나타낸다. 높은 남성성 지수 국가에서는 남성이 대체로 거칠고 능동적이며, 자기주장을 강하게 하는 편이다. 미국을 비롯한 일본 등은 강한 남성성 사회이며 북유럽 국가들은 강한 여성성을 나타내고 있다. 남성성이 강한 국가는 전쟁을 잘 일으키며 약자에게 관대하지 않다. 예를 들어 길거리에 걸인이 있으면 강한 남성성 사회에서는 그를 몰아내거나 냉정하게 대한다. 반면 여성성이 강한 국가에서는 약자 보호를 큰 목표로 삼고 여성의 사회 진출도 활발하게 이루어진다. 양성이 평등하게 대우를 받는다.

강한 남성성 사회에서 만약 여성이 집 밖에서 일하면 남성과 분리된 전문직을 가지려는 경향이 있다. 낮은 남성성 지수는 성 역할을 바꾸지 않는다. 낮은 남성성 사회에서는 성 역할이 분명하지 않다. 여성과 남성이 여러 직업에서 똑같이 함께 일하는 것을 볼 수 있으며 남자들이 여성스러운 것이 허용되고 여자들은 전문적인 성공을 위해 열심히 일할 수 있

는 여건이 조성된다.

적용: 일본은 남성 점수가 95점으로 가장 높으며 스웨덴은 5점으로 가장 낮다. Hofstede의 분석에 따르면 일본에 사무실을 개설할 경우 팀을 이끌 강력한 남성 직원을 임명하면 큰 성공을 거둘 수 있다. 반면 스웨덴에서는 성별보다는 기술 측면에서 균형을 이룬 팀을 목표로 하는 것이 좋을 것이다.

[표 3-8] 남성성/여성성 특성과 대응 방안

| 구분 | 특성 | 대응 방안 |
|--------------------|--|---|
| 높은 남성성 High MAS | <ul style="list-style-type: none"> - 남자는 남자답고 여자는 여자다워야 한다. - 남자의 일과 여자의 일이 잘 구분되어 있다. | <ul style="list-style-type: none"> - 사람들은 남성과 여성의 역할이 뚜렷하게 구분되어 있다고 생각하는 것을 깨달아야 한다. - 감정을 논의하거나 감정에 근거한 결정이나 주장을 하지 않도록 남성들에게 조언 |
| 낮은 남성성 Low MAS | <ul style="list-style-type: none"> - 여성은 남성이 할 수 있는 모든 일을 할 수 있다. - 강력하고 성공적인 여성은 인정받고 존경 받는다. | <ul style="list-style-type: none"> - 정신적으로 여성을 멀리하는 행동을 하지 말 것 - 직무 설계와 훈련이 성적 차별이 없도록 명확히 할 것 - 남성과 여성을 동등하게 대우 |

④ 불확실성의 회피

(Uncertainty/Avoidance Index, UAI)

이것은 불확실하거나 알려지지 않은 상황에서 사회 구성원이 느끼는 불안의 정도와 관련이 있다. 높은 UAI 지수 국가에서는 구성원들이 가능할 때마다 모호한 상황을 피하려고 노력할 것이다. 규칙과 질서의 지배를 받으며 집단적인 “진리”를 추구한다. 낮은 UAI 지수는 사회가 새로운 사건과 가치 차이를 누리

고 있음을 나타낸다. 강제된 규칙이 거의 없으며 사람들은 그들 자신의 진실을 발견하도록 권장된다.

적용: UAI 지수 94점을 받은 벨기에 사람들과 프로젝트로 논의할 때 다양한 옵션을 조사한 다음 제한된 수의 선택 사항을 제시해야 하며 예비계획에 대해 매우 상세한 정보를 제공해야 할 것이다(벨기에서 프랑스어와 네덜란드어를 사용하는 사용자는 문화적 차이가 있다).

[표 3-9] 불확실성의 회피 특성과 대응 방안

| 구분 | 특성 | 대응 방안 |
|-------------------------|--|--|
| 높은 불확실성의 회피 High UAI | <ul style="list-style-type: none"> - 많은 규칙과 정책을 수반한 매우 공식적인 비즈니스 행동을 함 - 구조적 형태에 대한 필요와 기대를 가짐 - 조바심이 감정과 표현력을 억제함 - 차이가 나는 것을 원치 않음 | <ul style="list-style-type: none"> - 리더의 권한에 대해 인정 - 기대심과 조건에 대해 명확하고 간결하게 표현할 것 - 계획, 준비, 의사소통은 자주 그리고 미리하고 준비는 세세히 할 것. 업무에 대해서는 전문적인 관점에서 추진할 것 - 자신의 감정은 손짓 또는 목소리를 높이는 방식으로 표현할 것 |
| 낮은 불확실성의 회피 Low UAI | <ul style="list-style-type: none"> - 비공식적인 비즈니스 방식 - 매일의 변화보다는 장기적인 관점에서 전략을 세움 - 변화와 위험을 수용함 | <ul style="list-style-type: none"> - 불필요하게 규칙이나 구조화를 강요하지 말 것 - 말하기 전에 침착하고 상황을 고려하여 감정적인 반응을 최소화할 것 - 다른 점을 발견하면 호기심을 나타낼 것 |

3.3.2.5.4 인간 행동(Human Behavior)

인간의 행동에 대한 연구는 위험을 감수하는 개인의 경향과 개인의 사고 연관 수준을 판단하려고 노력했다. 1951년 미네소타 대학의 엘리자베스 미첨 휠러(Elizabeth Mechem Fuller)와 헬렌 바운

(Helen B. Baune)이 부상을 당하기 쉬운 어린이에 관한 연구 결과를 발표했다.

연구는 초등학교 2학년 학생을 대상으로 진행되었으며 2개의 그룹으로 분리하여 수행되었다. 사고를 반복적으로 발생하는 55명의 학생을 한 그룹으로 묶고, 48명의 학생은 사고를 발생하지 않는 그룹으로 구분하였다. 두 그룹 학생 모두 같은 학교 600명 중에 속해 있었으며 그들의 가족 이력은 비슷했다.

사고를 내지 않는 그룹에 속한 학생들은 안전에 대한 뛰어난 지식과 부지런함을 보여 주었고 다른 사람들과 협조적이었지만 육체적 능력이 특별히 다른 점은 없었다. 사고를 반복적으로 유발하는 그룹 학생들은 더 나은 운동 능력을 가졌으나 공격적이고 충동적인 특성이 있는 것으로 여겨졌고, 스트레스를 받을 때 반항적인 행동과 불쌍한 패배적 모습을 보였으며 타인의 관심을 받는 것을 좋아했다.

어린 시절의 행동과 환경에 기인하여 부상을 당하기 쉬운 성향을 가지게 된 성인에 대한 데이터를 해석해 보면 조종사 그룹은 안전 의식이 강하고 근면하며 협동적인 사람들로 구성되어야 한다는 결론을 도출할 수 있다.

그러나 이것은 정확하지 않은 추론일 뿐만 아니라 불가능한 일이다. 조종사는 일반인 중에서 양성되며 모든 유형의 성격 특성을 나타낸다. 따라서 중요한 것은 모든 조종사에게 올바른 의사결정 기술을 가르치는 것이라는 최선책이라 할 수 있다.

과거 사례를 살펴보면 “조종사 오류”라는 용어는 조종사가 한 행동이나 의사결정이 원인이 되거나 사고로 이어지는 한 원인이 된 사고를 설명하는 데 주로 사용되었다. 따라서 이 정의에는 조종사 과실로 올바른 결정을 내리지 못했거나 적절한 조치를 취

하지 못했음을 포함하고 있다. 더 넓은 관점에서 볼 때, “인적 요인과 관련된”이라는 문구는 이러한 사고를 보다 적절하게 설명하고 있다. 하나의 의사결정 또는 하나의 사건이 사고로 이어지지는 않지만 일련의 사건과 그 결과로 생긴 결정이 합쳐져서 사고로 이어지는 경우가 발생한다.

아래 사례연구에서 에브리맨 기장의 경우 운이 없었다고 해야 할까? 아니면 사고를 내기 쉬운 경향성의 조종사라고 해야 할까?

체크리스트의 세부 사항을 제대로 수행하지 않은 것이 두 사고의 공통점이었다. 대부분의 조종사들이 유사한 실수를 하지만 사고가 발생하기 전 경고 장치나 예리한 부조종사, 적절한 판단력 덕분에 사고를 미연에 방지하게 된다.

그러면 사고를 잘 내지 않는 조종사들은 어떤 성향을 가졌는지 알아보자.

성공적인 파일럿은 집중력, 작업 부하(workload) 관리 능력, 여러 가지 작업을 동시에 모니터링하고 수행할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 최근 조종사 선발 시 멀티태스킹 능력, 여러 과제에 동시에 주의를 분배할 수 있는 능력 및 정확도 등을 측정하고 있다. FAA는 무사고 조종사와 사고를 낸 조종사의 특성에 대한 광범위한 연구 조사를 실시했는데 4,000명 이상의 조종사를 대상으로 조사한 결과, 절반이 사고에 연루된 반면, 절반은 사고를 내지 않은 “깨끗한” 기록을 보유하고 있었다.

이 연구 결과, 사고가 발생하기 쉬운 조종사들에게서 아래와 같은 5가지 특성이 발견되었다.

- 자주 규칙을 무시한다.
- 운전 중 교통법규 위반을 한다(비행사고 기록과

사례 연구

패트릭 블렛(Patrick R. Veillette) 박사는 그의 연구 논문 중 “사고를 내기 쉬운 조종사”라는 글에서 “에브리맨 기장”의 사례를 사용하여 항공기 사고가 하나의 잘못된 선택보다는 잘못된 선택의 연결에 의해 발생한다는 것을 설명하고 있다.

에브리맨 기장의 경우 동체 착륙 사고가 발생한 후 그는 비치 58P 바론 항공기로 주기장지역에서 지상 활주 중 또 다른 사고에 연루되었다. 운항관리사의 무선 호출로 방해 받은 에브리맨 기장은 이륙하기 전에 연료 크로스 피드 점검을 빠트렸다. 에브리맨 기장은 단독 비행 중이었으며 크로스 피드 위치에 우측 연료 선택스위치를 위치시켰다. 이륙 후 순항단계에서 항공기가 우측으로 경사가 들어가는 것을 인지하고 보조익 트림(Aileron trim)으로 수정하였다. 그는 두 엔진이 모두 왼쪽 날개 탱크로부터만 연료를 공급받아 좌

측 날개 쪽이 가벼워졌다는 사실을 깨닫지 못했다.

2시간여 비행 후, 항공기는 깊은 협곡 지역에서 오른쪽 엔진이 멈췄으며 에브리맨 기장이 엔진 고장 원인을 해결하려고 시도하는 동안 왼쪽 엔진도 멈췄다. 에브리맨 기장은 강가 모래 위에 비상착륙 했지만 3미터 깊이의 강물에 빠지게 되었다.

몇 년 후 에브리맨 기장은 소형 화물기를 조종하는 직업을 갖게 되었는데 착륙 중 활주로를 이탈해 100여 미터 떨어진 습지에 빠졌다. 기체와 엔진이 크게 손상되어 사고 조사를 받게 되었다. 사고 조사 중 사고 조사관이 중립에 있어야 할 방향타 조정 장치가 중립에 있지 한쪽으로 쏠려 있는 것을 확인했다. 결국 조종사는 앞에서 발생했던 사고와 유사하게 체크리스트를 제대로 수행하지 않은 오류를 범함으로써 같은 유형의 사고를 발생했던 것이다.

안전 운전 위반 기록 간에 매우 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다).

- “스릴과 모험을 추구”하는데 자주 몰입하는 경향이 있다.
- 비행을 위한 정보 수집과 지켜야 할 속도 선택 등 중요한 업무를 절차적이고 체계적으로 하는 것이 아니라 충동적으로 하는 경향이 있다.
- 조종사, 객실 승무원, 비행 지원 요원, 비행 교관 및 ATC를 포함하여 외부의 정보를 무시하거나 잘못 사용하는 경향이 있다.

3.3.2.5.5 위험한 태도(Hazardous Attitude)

비행에 적합하다는 것은 조종사의 신체 상태 및 최근의 경험 이상이다. 예를 들어, 태도는 의사결정

의 질에 영향을 미친다. 태도는 주어진 방식으로 사람, 상황 또는 사건에 반응하는 동기가 있는 기질인데 건전한 결정을 내리고 적절한 권한을 행사할 수 있는 능력을 방해할 수 있는 5가지 위험한 태도, 즉 반권위형, 충동형, 무적형, 용맹과시형, 패배주의형 등으로 구분하였다.

위험한 태도는 조종사의 잘못된 판단에 영향을 미치지만 위험한 태도에 대응하여올바른 조치를 효과적으로 취할 수 있다. 위험한 생각에 대한 인식이 위험한 태도를 해결할 수 있는 첫 걸음이다. 위험한 것으로 생각한 후에 조종사는 그것을 위험하다고 표시한 다음 대응 방안을 생각해야 한다. 각각의 위험한 태도에 대한 대응책은 필요할 때 사용할 수 있도록 기억하는 것이 좋다.

[표 3-10] 위험한 태도와 대응책

| 5가지 위험한 태도 | 대응책 |
|--|--|
| <p>반-권위형(Anti-authority): “말하지 마.” 이 태도는 누군가가 자신에게 무엇을 하라고 지시하는 것을 싫어하는 사람들에게서 발견된다. 어떤 의미에서 “아무도 나에게 무엇을 하라고 말할 수 없다”고 말하고 있는 것이다. 누군가가 자신에게 해야 할 일을 말 하는 것에 분개하거나 규칙, 규정 및 절차를 어리석거나 불필요하게 간주할 수 있는 형이다. 그러나 그것이 잘못되었다고 생각하면 권한에 의문을 제기하는 반드시 필요하다.</p> | <p>규정과 절차를 따르게 한다. 규정과 절차는 대부분 옳게 기술되어 있다.</p> |
| <p>충동형(Impulsivity): “빨리 해.” 이것은 원가를 즉각적으로 할 필요성을 자주 느끼는 사람들의 태도이다. 그들은 자신이 하려고 하는 것에 대해 끊임없이 생각하고, 가장 좋은 대안을 고려하지 않으며, 생각하고 있던 것을 가장 먼저 하려고만 한다.</p> | <p>서두르지 말고, 먼저 생각하라.</p> |
| <p>불사신형(Invulnerability): “내게 일어나지 않을 것이다.” 많은 사람들은 사고는 다른 사람들에게나 일어날 것이라고 믿는다. 그들은 사고가 발생할 수 있다는 것을 알고 있으며, 누군가가 영향을 받을 수 있다는 것을 알고 있다. 그러나 그들은 실제로 자신들도 포함될 수 있다는 것을 믿지 않는다. 이런 식으로 생각하는 조종사는 위험에 더 노출될 수 있고 위험을 증가시킬 수도 있다.</p> | <p>‘그 일이 나에게도 일어날 수 있다’는 것을 인식하라.</p> |
| <p>용맹과시형(Macho): “나는 그것을 할 수 있어.” 항상 다른 사람보다 뛰어나다는 것을 증명하려고 노력하는 조종사는 “나는 그것을 할 수 있다. 내가 그걸 보여 주겠다.” 이런 태도의 조종사는 위험을 감수함으로써 스스로를 증명하려고 노력할 것이다. 다른 사람들을 감동시키기 위해서. 이런 유형은 남성적인 특성으로 생각되지만 여성들 중에도 이러한 유형이 존재한다.</p> | <p>그렇게 하는 것은 어리석은 짓이라 는 걸 깨달아야 한다.</p> |
| <p>체념형(Resignation): “내가 무슨 소용이 있겠어?” 이렇게 생각하는 조종사는 자신에게 일어나는 일을 잘 처리할 수 없다고 생각한다. 일이 잘 풀리면 조종사는 그것이 행운이라고 생각하기 쉽고 일이 심각하게 어려워질 때는 누군가가 그렇게 만들었고 운이 없기 때문이라고 생각한다. 그 조종사는 더 좋은 나쁜 간에 다른 사람들에게 행동을 맡기는 경향이 있다. 때로는 그러한 조종사는 단지 “좋은 사람”이 되기 위해 불합리한 요청을 하는 경우도 있다.</p> | <p>‘나는 무기력하지 않다. 나는 변화를 가져올 수 있다’고 자신감을 갖는다.</p> |

3.3.2.5.6 문화와 비행 안전(Culture and Flight Safety)
 항공 분야에서는 전문성, 조직 및 국가의 세 가지 문화가 비행안전에 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 수 있다. 비행 안전은 적시 위험 인식 및 효과적인

오류 관리의 긍정적인 결과이다. 조직의 책임은 긍정적인 측면을 강조하면서 각 문화 유형의 부정적인 요소를 최소화하는 것이다.¹⁴⁾
 조종사는 전문성을 지니면서 조직에 속해 있고 크

14) Helmreich, R.L., Wilhelm, J.A., Klinec, J.R., & Merritt, A.C. (in press). Culture, error and Crew Resource Management. In E. Salas, C.A. Bowers, & E. Edens (Eds.), Applying resource management in organizations: A guide for professionals. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

계는 국가에 속해 있다. 물론 자기가 태어난 국가가 아닌 곳에서 근무할 수도 있지만 기본적으로 국가, 조직, 전문성 문화의 영향을 받을 수밖에 없다. 예를 들어 미국 또는 유럽 출신의 조종사가 한국에서 근무할 때 문화적인 격차가 크게 나타날 것이다. 자라온 배경이나 환경이 말과 습관을 형성했을 때 새로운 환경에 적응하기는 쉽지 않을 것이다. 서로 다른 문화적 환경에서 성장한 두 사람의 조종사가 아무리 동일한 절차와 규정을 가지고 비행하더라도 상황에 대한 이해, 언어에 대한 이해 등이 차이가 날 수밖에 없다. 따라서 비행 안전에 영향을 미치는 각 문화에 대해 알아본다.

1) 전문성 문화(Professional Culture)

우리가 직업과 개인 능력에 대한 조종사의 태도를 체계적으로 평가하기 시작했을 때, 우리는 20개국 이상에서 1만 5,000명 이상의 조종사가 '조종사 문화'를 일관성 있게 유지한다는 것을 발견했습니다 (Helmreich & Merritt, 1998). 긍정적인 측면에서 뛰어난 파일럿들은 자신의 직업에 대해 압도적인 만족감을 나타냈습니다. 조종사는 자신이 하는 일에 자부심을 가지고 일에 대한 그들의 애정을 유지합니다. 대부분의 국가에서 5점 만점 척도에 4.5점 이상을 나타내고 있습니다.¹⁵⁾ (Culture at work: National, organizational, and professional influences)

텍사스 대학의 연구에 의하면 승무원 행동 및 태도

에 대한 조사에서 조종사의 전문 문화의 존재 및 일부 현상을 인식했지만 안전에 미치는 영향력을 바로 이해하지 못했다. 조종사들에게는 강력한 전문 문화가 존재한다는 것이다. 항공의 발전 초기 단계에서는 전투 비행, 우편 수송, 곡예비행 등이 아주 위험한 임무였다. 하지만 이런 임무는 오히려 개인의 자존감과 효능감을 고양시켰다. 청소년 세대들 사이에서 발생한 존경심과 부러움은 스피트 파이어 조종사들이 "소수"라는 자부심을 키웠다.

2) 조직 문화(Organizational Culture)

조직 문화는 어떤 조직이 갖는 공통된 문화적 현상을 나타낸다. 조직이 외부환경에 대한 적응과 내부통합문제를 해결해 나가는 과정에서 가지게 된 지식과 믿음을 공유할 때 형성되는 조직의 가치관, 신념, 행동 유형 등이다. 전문 기술이 중심이 되는 조직에서 발생하는 사고 또는 준사고의 원인을 조사할 때 점점 조직 문화의 중요한 역할에 초점을 맞추고 있다. 최초의 심리학자이자 인적 요인 전문가인 존 루버(John K. Lauber)가 승무원이나 정비 요원에 의한 오류를 중심으로 한 항공 사고에서 조직 문화의 역할을 조사하고 확인하기 위한 노력을 주도했으며 영국에서는 제임스 리즈(James Reason)가 원자력 발전과 석유 정제를 포함한 산업 재해에서 조직의 역할에 대한 연구를 진행했다.¹⁶⁾

조직의 행위는 개인이 조직을 위해 일한다는 자부심을 결정하는데 중요한 영향을 미친다. 이러한 태

15) Helmreich, R.L., & Merritt, A.C. (1998). Culture at work: National, organizational, and professional influences. Aldershot, United Kingdom: Ashgate.

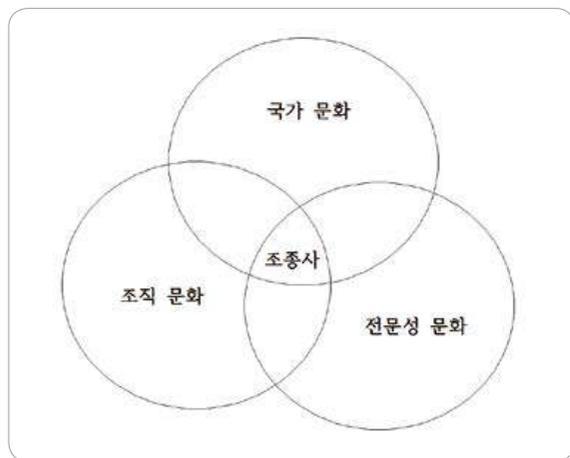
16) National Transportation Safety Board (1991). Aircraft Accident Report Britt Airways, Inc., In-flight Structural Breakup, Eagle Lake, Texas, September 11, 1991. NTSB AAR-92/04. Washington, DC: Author.

도는 의심할 여지없이 간접적으로 안전과 규정준수 정도에 영향을 미친다. 텍사스 대학의 조종사에 대한 비행태도 연구 결과에 의하면 어떤 항공사는 조종사의 97%가 “나는 이 조직에서 일한다는 것이 자랑스럽다”는 설문에 동의했으나 어떤 항공사는 20% 미만이 동의했다. 고위 경영진에 대한 신뢰에 관한 태도에서 비슷한 연관성이 발견되었는데 조직 문화는 조종사 및 기타 그룹이 승무원 자원관리 등과 같은 새로운 개념을 보다 쉽게 수용할 수 있도록 때문에 매우 중요하다.

3) 국가 문화(National Culture)

국가 문화는 한 국가의 사람들 사이에 존재하는 규범, 행동, 신념 및 풍습의 집합을 말하며 국제 기업은 그들이 운영하는 기업이 위치한 국가의 문화에 따라 경영 및 기타 관행을 만들어 간다.

조종실은 문화로부터 자유로운 구역이며, 모든 국



[그림 3-20] 조종사와 문화와의 관계

적의 조종사가 한 지점에서 다른 지점으로 안전하게 비행하는 공통의 임무를 수행한다는 견해가 항공에서 널리 보급되었다. 그러나 연구 자료가 축적되면서 조종사가 국가 문화의 영향으로 업무를 수행하는 방식에 상당한 차이가 있음을 발견되었고 차이점은 안전에 영향을 미친다는 것을 확인했다.¹⁷⁾

3.3.3 승무원 자원관리와 위협 및 에러 관리 (CRM/TEM)

3.3.3.1 승무원 자원관리

(Crew Resource Management)

3.3.3.1.1 승무원 자원관리의 정의(Definition of CRM)

승무원 자원관리는 학자, 컨설턴트 및 다양한 조직에 의해 다양하게 기술되고 정의되었다. 항공 상황에서의 수입 및 적용을 이해하기 위해 다음과 같이 정의할 수 있다.

- 문제를 해결하기 위해 인력, 하드웨어(기술) 및 정보(프로세스)를 포함한 모든 자원을 사용하여 인적 오류의 영향을 줄임으로써 인적 및 직원 성과를 최적화하는 방법
- 오류의 본질을 강조하고 비 처벌적 문화를 촉진하며 명확하고 포괄적인 표준 운영 절차(SOP)를 중심으로 하는 시스템적 접근 방식
- 승무원 성과를 향상시키기 위해 인적 요소를 능동적으로 적용할 수 있는 포괄적이고 운영 중심

17) Helmreich, R.L., & Merritt, A.C. (1998). Culture at work: National, organizational, and professional influences. Aldershot, United Kingdom: Ashgate.

적이며 실용적인 시스템

승무원 자원관리를 성공적으로 수행하기 위해서는,

(1) 승무원 태도 및 행동이 안전에 미치는 영향에 초점을 맞추고, (2) 기술적으로 유능한 개인보다는 표준 승무원을 표준 훈련 단위로 채택하고, (3) 적극적인 훈련을 실시하며, (4) 리더십과 팀워크 기술을 부여하고, (5) 권한과 명령 체계를 보존하면서 승무원 팀을 승진시키고, (6) 개인과 승무원에게 자신의 의견을 검토하고 분석할 수 있는 기회를 제공한다. 자신의 성과를 평가하고 적절한 개선을 해야 한다.

3.3.3.1.2 승무원 자원관리의 세대별 구분 (Generations of CRM)

1980년대 초반에 처음 소개된 승무원 자원관리는 최근까지 6세대 CRM으로 발전했다. 각 세대별 CRM은 이전 세대에서 얻은 성공과 교훈을 토대로 점차 향상되었다. 다음은 각 세대의 개요이다.

1) 제1세대: 조종실 자원관리 (Cockpit Resource Management)

유나이티드 항공(UA)은 1981년 승무원 훈련에 착수하여 1981년 최초의 공식적으로 승무원 중심의 조종실 자원관리 교육 과정을 시작했다. 이 훈련의 시작은 심각한 사고들을 경험하고 나서부터이며 기계적 결함을 포함한 여러 가지 문제들이 안전한 비행을 저해할 수 있다는 것을 인식시켰다.

유나이티드 항공은 비즈니스 관리 개선에 대한 전문가의 의견을 수렴하여 프로그램을 개발했다. 다른 항공사는 초기 CRM 프로그램에서 동일한 관리 중심 접근 방식을 사용했다. NASA의 연구 결과에 따라 그들 중 일부는 강의실 교육 외에도 현장 지향 비행훈련¹⁸⁾을 포함했다. 유나이티드 항공은 프로그램을 계속 조정하여 항공사 자체 운항승무원 훈련의 필수 요소로 만들었다. FAA 권고안에 따른 이 프로그램의 주된 특징은 다음과 같다.

- 승무원 성과 향상을 위한 포괄적인 시스템
- 안전 개선에 관한 운영 중심
- 팀 구성원의 태도와 행동이 안전에 미치는 영향에 관한 연구
- 훈련 단위로서 개인이 아닌 팀을 사용하는 훈련 방법
- 참가자들이 경험하고 참여하는 능동적인 훈련

1세대 CRM 프로그램의 관리 초점은 조종실 자원에 한정하여 지나치게 좁았다. 거의 모든 프로그램은 계급이 낮은 조종사들의 자기주장(Assertion) 부족과 기장에 의한 권위주의 행동과 같은 개인적 행동 결함을 수정하는 데 초점을 맞추었다. 프로그램은 심리 테스트를 특징으로 하고 리더십과 같은 추상적 개념을 도입했다. 이 프로그램은 대인 행동의 일반적인 방법론은 제시했지만 적절한 조종실 행동 규범의 모범 답안을 명확하게 제시하지는 못했다.

18) 현장지향비행훈련(Line Oriented Flight Training, LOFT): 비행 현장에서 발생했거나 할 수 있는 문제점들을 시나리오화해서 시뮬레이터 훈련 시 실제 비행과 같이 실시한다. 교관은 관제사, 정비사 등 조종실 외 인원의 역할만 수행하며 조연이나 교육을 하지 않는다. 또한, 훈련 결과에 대해 합격/불합격을 부여하지 않는다. 훈련 후 승무원들이 서로 결과에 대해 토의하고 문제점을 개선하는 훈련프로그램이다.

전반적으로 여러 가지 단점에도 불구하고 초기 승무원 자원관리 프로그램은 일반적으로 잘 받아들여졌다. 그러나 일부 조종사는 이 프로그램을 받아들여 하지 않았고 자신의 특성을 교정하려는 시도에 대해 반감을 가졌다.

2) 제2세대: 승무원 관리

(Crew Resource Management)

1980년대 중·후반기에 많은 미국 내 항공사와 외국 항공사가 자체 승무원 자원관리 프로그램을 개발하여 시행했다. NASA가 1986년 5월 산업 워크숍을 개최할 무렵, 새로운 세대의 승무원 자원관리 프로그램이 소개되었는데 이 프로그램은 1세대 프로그램의 지평을 넓히면서 실제 운항 환경에 더 잘 맞춰진 모듈로 개발됐다.

2세대 프로그램은 조종실 그룹 역학(팀 역학)을 강조하고 ‘조종실 자원관리’에서 ‘승무원 관리’라는 이름으로 그 범위가 확장된다. 승무원의 범위에는 조종사, 객실승무원, 정비사, 관제사, 지상 조업사 등 비행에 관련된 모든 사람이 포함된다. 확장된 교육에는 팀 빌딩(Team Building)¹⁹⁾, 브리핑 전략, 상황 인식 및 스트레스 관리와 같은 새로운 주제가 포함되어 있으며 의사결정 및 위기 재발을 초래할 수 있는 오류 사슬(error chain)을 깨는 별개의 모듈이 포함되어 있는 것이 특징이다. 이러한 개선 사항은 1세대 프로그램에 대한 조종사의 저항을 해결하기 위한 부분도 있지만 이론적 개념을 비행에 실제 활용

할 수 있는 도구로 전환하려는 시도로 볼 수 있다.

그러나 승무원 자원관리 개념을 가르치기 위해 2세대 프로그램 역시 항공과 관련 이 적은 연습 및 게임(예: 달에서 생존하는 데 필요한 물품 나열하기 등)에 의존했다. 따라서 새로운 과정이 1세대보다 훈련생들에게 더 잘 받아들여졌음에도 불구하고 심리학적인 부분이 많이 포함된 이론적 프로그램이라는 평가가 많았다.

3) 제3세대: 승무원 자원관리 범위 확대

1990년대 초, 승무원 자원관리 교육은 실제 비행 업무와 관련성을 높이기 위해 시작되었다. 승무원 자원관리는 LOFT에서 조종사의 비행 테크닉과 같이 특정 기술 및 행동에 초점을 맞춘 기술(skill) 교육과 통합되었다. 몇몇 항공사는 승무원 자원관리와 조종실 자동화(Cockpit Automation)를 연결하는 모듈을 도입했다.

따라서 3세대 승무원 자원관리 프로그램은 승무원이 조종하는 항공 시스템과 관련된 문제뿐만 아니라 안전에 영향을 미치는 조직 문화 요소 등도 포함되었다.

승무원 자원관리에 대한 교육은 승무원, 운영자 및 유지 보수 직원을 포함하여 항공 안전에 대한 책임을 공유하는 다른 그룹으로 확대되었다. 사실 많은 항공사들이 합동 조종석 - 객실 승무원 자원관리(Joint CRM) 교육을 시작했다. 다수의 항공사가 기장 리더십(Captain Leadership) 교육을 도입하였

19) 팀 빌딩은 사회적 관계를 향상시키고 팀 내의 역할을 정의하는 데 사용되는 다양한 유형의 활동에 대한 집합적인 용어로서 종종 협업 작업을 포함한다. 대인 관계보다 효율성을 향상시키기 위해 설계된 팀 훈련과는 조금 거리가 있다.

으며 고급 승무원 자원관리 교육은 교육을 담당하는 교관 승무원들을 위해 개발되었다.

4) 제4세대: 승무원 자원관리 통합 및 공식 절차 수립
1990년 미연방항공국은 승무원 자원관리에 대한 AC(Advisory Circular)를 발행했다. 종합적인 승무원 자원관리 교육은 선택 사항이 아니라 법적 요구 교육이 되었다. 미연방항공국은 또한 AQP(Advanced Qualification Program)를 도입하면서 또 다른 중요한 변화를 가져 왔다.

AQP는 항공사가 자체 조직을 위해 맞춤형 CRM 교육을 개발할 수 있도록 했다. 이처럼 더 큰 유연성을 얻는 대가로 사업자는 다음과 같은 기본 요건을 갖추어야 한다.

- 모든 승무원에게 CRM 훈련과 LOFT를 제공할 것
- 승무원자원관리 개념을 기술(skill) 교육에 통합
- 각 항공기 기종별 교육 요구 분석(Task analysis)을 작성
- 훈련의 각 측면에서 인적 요인을 다루기 위한 프로그램 개발

대부분의 미국 내 주요 항공사와 일부 지역 항공사가 AQP를 선택했다. AQP 훈련 방식은 운항 승무원 훈련 품질을 개선하고 자격 부여/유지에 긍정적인 효과를 발휘하였다. AQP 이전의 전통적인 훈련 방식은 특정 훈련 요목(예를 들면 Critical Engine out training, 측풍이착륙, 비상강하절차 등)들을 기종이나 훈련 숙련도에 상관없이 일정한 주기와 횟수로 훈련했다. 그러나 항공기 장비의 발달과 노선의 다양성 등이 훈련 방식의 변화를 요구했다. 예

를 들어 구형 항공기와 신형 항공기는 위험 방지 기능에서 많은 차이가 났다. 특히 플라이바이 와이어(Fly-by wire)는 실속에 진입하지 않도록 설계되어 매년 실속회복 훈련을 할 필요가 없었다. 또한, 비행 노선 역시 단거리와 장거리 국제노선의 차이가 있어 기종별, 노선별 특성에 맞는 맞춤형 훈련이 필요하였던 것이다.

훈련 방식은 첫날 퍼스트 룩(First Look)이라는 관찰을 통하여 지난 번 훈련 효과가 아직 유효한지 아니면 다시 재훈련을 하여야 하는지를 평가(Evaluation)한다. 만약 평가 결과 많은 조종사들이 지난 번 훈련의 효과를 유지하고 있다면 다시 훈련주기를 늘려 퍼스트 룩을 실시하게 된다. 이 경우 지난번 훈련 효과가 역시 유지된다면 다시 훈련 주기를 늘리게 된다. 그러나 훈련 주기는 무한정 늘어나는 것이 아니고 특정 주요 요목(Critical Engine out training 등)은 1년 이내 주기를 유지하게 된다. 그러나 나머지 항목들은 36개월 또는 48개월을 유지하는 경우도 있다. 그러나 이러한 훈련 주기 조정은 항공사에서 훈련프로그램을 개발한 다음 국가 감독기관의 승인을 거쳐 훈련의 유효성을 증명 받아야 한다. AQP 프로그램은 전 보유 기종에 대해 적용할 수도 있고 특정 기종에만 적용할 수도 있으며 재래식 프로그램을 고수할 수도 있다.

승무원자원관리를 실제 비행업무에 적용시키기 위해 항공사들은 비행 중 점검표(checklist)에 구체적이며 표준화된 동작(standard call-out, action)을 추가하였다. 이것은 의사결정과 행동을 할 때 빠트림 없이 할 수 있도록 도와주며 비표준 상황에서 승무원자원관리의 기본 사항을 갈등 없이 준수하도록 보장하기 위함이다.

CRM을 모든 비행 훈련의 필수 요소로 삼음으로써 4세대 CRM은 사람의 실수로 인한 지속적인 문제를 해결하는 데 진전을 보였다. 그러나 더 많은 발전이 필요했다.

5) 제5세대: 오류 관리(Error Management)

5세대 승무원자원관리 프로그램은 운항 중 발생한 사고/준사고/비정상 상황 등에서 발생한 인적에러를 다른 승무원들이 유사사례를 재발하지 않도록 훈련하기 위해 만들어졌다. 5세대 이전의 훈련 프로그램들은 훈련 중 어떤 특정한 행동을 하도록 연습시키지만 그 이유에 대해서는 설명하지 않았다. 따라서 운항승무원들은 교관이 시키는 대로 특정 행동을 반복 연습할 뿐이었다.

Robert Helmreich(승무원자원관리 프로그램 개발의 선구자)와 그의 동료들은 전 세계 조종사의 지지를 받을 수 있는 하나의 국제적 프로그램을 개발하여 교육의 문제점을 해결하려 노력하였다. 그들은 기본으로 돌아가기(back to basics)를 통해 오류를 회피할 수 있는 하나의 방법으로 원 개념의 CRM을 채택했다. 효과적인 오류 관리는 효과적인 승무원 업무 성과를 나타내며 잘 관리된 오류는 효과적인 업무 성과를 나타내는 지표라고 할 수 있다.

Helmreich 팀은 사전 예방적 조직 지원을 통한 긍정성 확보의 필요성을 강조했다. 5세대 승무원자원관리 프로그램은:

오류 관리의 개념을 도입하고 강조한다: 인간의 오류와 함께 생활하고 관리한다. 인간의 실수는 어디에나 존재하며 피할 수 없지만 가치 있는 정보라는 인식을 갖는다. 따라서 CRM은 각 상황에 적용할 수 있는 오류 대응 방안에 집중하여야 한다.

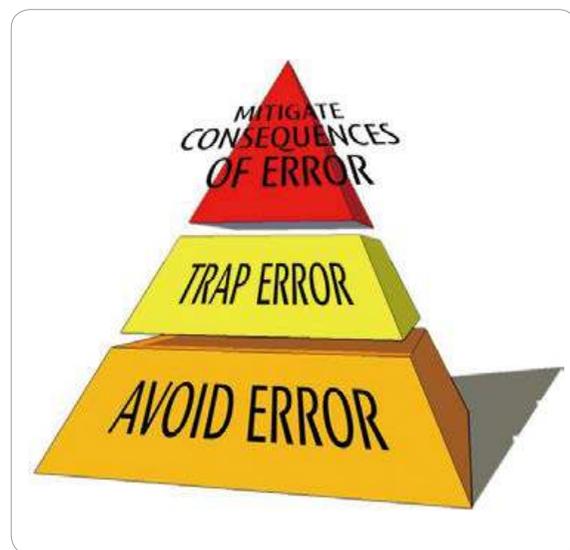
제5세대 CRM은 인지 오류 및 실수의 본질, 피로, 업무 과부하 및 비상사태와 같은 스트레스 요인의 성능 저하 효과를 포함하여 인간 수행 능력의 한계에 대한 공식적인 내용 등을 포함한다.

제5세대 CRM에서는 (1) 오류는 필연적으로 발생하고 (2) 모든 오류에 대해 비차별적인 접근 방식을 채택해야 오류 관리 접근법이 호응을 받을 수 있을 것이라고 강조한다. 단, 규칙이나 절차의 고의적인 위반은 포함하지 않는다.

6) 제6세대: 위협 및 에러 관리

(Threat & Error Management, TEM)

6세대 CRM은 5세대 CRM인 오류 관리 개념을 기반으로 개발되었다. 6세대 CRM은 조종사 오류에 대한 5세대 CRM의 관점이 적절하다는 것을 확인했다. 조종사는 조종실 내부의 인적 오류 대처뿐만 아니라 작업 환경 전반에서 발생하는 안전 위협에 대처해야 한다는 현실을 더욱 강조하고 있다.



[그림 3-20] 조종사와 문화와의 관계

따라서 6세대 CRM은 오류 관리에서 오류 및 위협 관리로 확대되었다. 요즘에는 전통적인 승무원자원 관리 기술과 방법이 오류를 제거(avoid), 트랩(trap) 또는 완화(mitigate)할 뿐만 아니라 안전에 대한 시스템적 위협을 식별하는 데에도 적용된다.

3.3.3.2 승무원 자원관리(CRM, Crew Resource Management) 기법(CRM Skills)

승무원 자원관리의 원칙은 승무원 간 상호 협동을 통하여 업무를 분담하고 목표를 관리하며 전향적으로 문제를 해결함으로써 업무 성과(운항효율 및 안전)를 높이는 것이다. 승무원 자원관리를 통해 얻는 이점은 안전도 향상, 운항 효율 증진, 직문 만족도 증가 및 안전 문화 정착이 될 수 있는 것이다.

3.3.3.2.1 의사소통(Communication)

커뮤니케이션이란 말은 공동 또는 공통성을 의미하는 라틴어 Communis를 어원으로 Communicare(공통된 것을 나누는 의미)에서 Communication으로 변형되었다. 커뮤니케이션의 목적은 둘 또는 그 이상의 사람들 사이에 사실, 생각, 의견 또는 감정의 교환을 통하여 공감대를 형성하고 수신자(듣는 사람) 측의 의식이나 태도 또는 행동에 변화를 일으키게 하는 것이다. 따라서 의사소통이란 정보와 이해의 전달과정으로 발신자가 수화자에게 생각, 사실, 사고, 느낌, 및 가치관을 전달하

는 것이다.

사람 사이의 의사소통은 어떤 사람이 다른 사람에게 영향을 주고 다른 사람을 이해하는데 사용되는 모든 수단을 포함한다. 즉, 개인의 감정, 태도, 신념 및 사실을 전달하는 과정이다. 이때 언어가 일차적인 수단으로 사용될 수 있으나 얼굴표정, 몸짓, 눈짓 혹은 침묵과 같은 비언어적 신호나 단서를 통해서 의미 전달을 주고받을 수도 있다.

의사소통은 조직 및 경영 성과와 항공 환경을 포함한 모든 노력의 성공에 필수적인 요소이다. 관리 이론의 아버지인 체스트 바나드는 매니저의 주요 기능은 의사 전달 시스템을 개발하고 유지하는 것이라고 명시했다.²⁰⁾ 노벨 경제학상 수상자인 허버트 사이먼(Herbert Simon)은 효과적인 의사결정과 관련하여 ‘의사소통’이 조직 기능에 필수적이라고 생각했다.²¹⁾ 수서맨(Sussman, 1976)은 그의 논문에서 “정보의 흐름은 조직의 ‘생명의 피’와 같다. 의사 결정권자가 일련의 대안 결정에서 최적의 결정을 내리기 위해서는 정확한 정보가 필요하다”²²⁾고 강조했다.

의사소통은 오랫동안 인간 상호 작용의 모든 측면에서 중요한 문제로 제시되어 왔다. 항공분야에서는 조종사와 관제사 간 인터페이스에서부터 조종실 내 조종사 간 상호 작용, 안전 관리 및 안전 문화 창출에 이르기까지 항공 및 항공 안전에 통신은 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

20) Barnard, C.I. (1938). The functions of the executive, Boston, MA: Harvard University

21) Simon, H.A. (1965). Administrative behavior: a study of decision making processes in administrative organizations, New York: The Free Press

22) Sussman, L. & Krivonos, P.D. (1976). Reducing the distortion in upward distortion data. Paper presented at the meeting of the Western Speech Communication Association, San Francisco, CA, November, 1976.

네빌(Nevile, 2006)은 항공 사고/준사고 연구에서 의사소통의 중요한 역할을 다음과 같이 명시하였다. “...정보 수집 및 공유, 계획, 리더십, 의사결정, 오류 및 문제 파악 및 관리와 같은 인적 요소가 구현되거나 구성원 간에 구현될 수 있도록 하는 의사소통이 특히 중요하다.”²³⁾

항공에서 의사소통은 지상에서와 다른 약간 특수한 상황에서 대부분 이루어진다. 예를 들면 통신장비 또는 인터폰을 통해 의사전달이 되고 통신 시 소음이나 다른 통신 시도가 통화를 방해하는 경우도 있다. 사람이 대화를 할 때 언어와 함께 표정, 제스처, 입술 모양 등이 언어의 전달의 의미를 명확하게 해 줄 수 있다. 그러나 항공에서는 얼굴을 대면하지 않은 상태에서 통화해야 하므로 명확하게 의사를 전달하지 않으면 안 된다.

따라서 항공에서 의사소통은 다음과 같은 기본 원칙을 지키는 것이 바람직하다.

- 간단성(Simplicity): 전달하고자 하는 의도를 간단하게 표현한다.
- 명료성(Clarity): 잘 전달될 수 있는 톤으로 천천히 또박또박 발음함으로써 다시 물어봐야 하는 시간적 손실과 오류를 줄일 수 있다.
- 명확성(Accuracy): 의도한 내용을 정확하게 전달해야 한다. 얼버무리거나 무엇을 의미하는지

모르게 표현해서는 안 되며 이해할 수 있도록 명확해야 한다.

미국 NASA에서 실시한 자율보고 결과 분석에 의하면 조종사와 관제사와 통신 중 부정확한 통신이 80%, 통신을 빼먹는 경우가 33%, 그리고 정확하지만 늦은 대답이 12%로 나타났다.²⁴⁾

의사소통에 영향을 준 요소를 살펴보면 아래 표와 같다.

[표 3-11] 의사소통에 영향을 준 요소

| Mode of Communication | % of Report |
|-----------------------|-------------|
| Listening | 45% |
| Speaking | 30% |
| Reading & Writing | 25% |

접근 및 착륙 사고 중 30% 이상이 부적절하거나 부정확한 ATC 지시, 기상 또는 항적정보, 비상 시 조연 등이 원인으로 나타났다.²⁵⁾

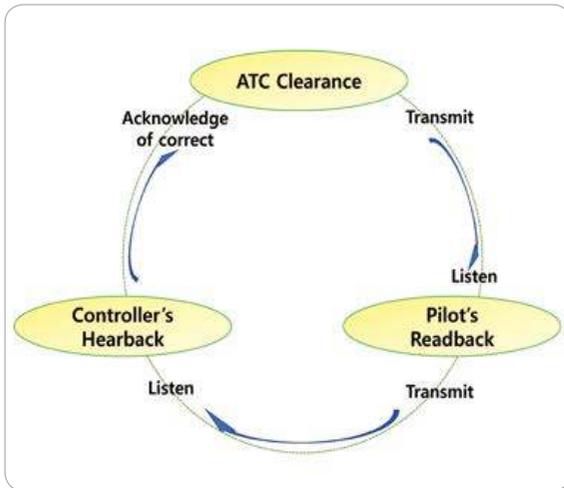
조종사와 관제사 간 의사소통과 일반적인 의사소통의 차이점을 살펴보면 조종사와 관제사 간 의사소통은 read-back과 hear-back을 통해 상호 의사전달을 확인하는 프로세스를 가지고 있다[그림 3-22].²⁶⁾

23) Nevile, M (2006). Communication in context: a conversational analysis tool for examining recorded data in investigations of aviation occurrences. ATSB Research and Analysis Report B2005/0118, ACT Australia Electronic version retrieved March 6, 2007

24) Airbus, "Human Performance Effective Pilot / Controller Communications", Flight Operations Briefing Notes, 2004.

25) ibid.

26) ibid.



[그림 3-22] 조종사와 관제사 간 커뮤니케이션

3.3.3.2.2 승무원 협동(Crew Coordination)

승무원 협동은 승무원 간 의사소통을 통해 상황을 공유하고 안전하고 효율적으로 업무를 함께하는 것이 목적이다. 초창기 승무원 자원관리 프로그램은 승무원협동에 많은 부분을 할애해서 교육했으며 롤 플레이 등을 통해 훈련하였다. 승무원 간 협동이 잘 이루어지기 위해서는 먼저 대화를 할 수 있는 팀 분위기(Team Climate)가 조성되어야 자유롭게 자신의 생각을 말할 수 있게 된다. 또한, 상대방의 발언에 대해 경청(Listening)하고 피드백함으로써 건전한 의사결정을 하는데 도움을 받을 수 있다.

조종사 각 개인의 기량, 경험, 의사소통 기술을 바탕으로 동기부여, 역할 분담, 상호확인, 위임 등의 기술을 공동으로 수행하는 것이라고 할 수 있다.

효율적인 승무원 협동이 운항안전으로 연결되기 위해서는 여러 능력들과의 조화가 필요하다. 우선 승무원 협동이 잘 되기 위해서는 그 바탕이 되어 주는 기본 능력이 필요하다. 팀을 구성하는 승무원들 각각은 기본적인 기량과 경험, 그리고 의사소

통 기술을 갖추고 있어야 한다. 이러한 기본 능력을 배경으로 하여 역할 부여, 동기 부여, 업무의 위임, Monitoring이라는 구체적인 과정을 통해서 효율적인 승무원 협동이 이루어질 수 있다.

지금은 운항승무원뿐만 아니라 운항/객실 승무원 간 합동 CRM 훈련을 통하여 유사 시 상호 협동이 원활히 이루어질 수 있도록 훈련하고 있다. 대표적인 훈련은 비행 중 화재, 폭발물 탑재, 환자 승객 발생 등 다양한 주제를 활용하여 훈련하고 있다.

3.3.3.2.3 계획/업무 분담

(Planning/Workload Management)

효과적인 워크로드 관리는 작업 과부하를 피하기 위해 업무를 계획하고, 우선순위를 지정하며 업무 순서까지 계획하여 필수 작업을 수행하도록 하는 것이다. 경험에 따라 조종사는 향후 작업 부하 요구 사항을 인식하고 작업 부하가 낮은 시간 동안 높은 작업 부하 시간대를 대비할 수 있다. 예를 들어 조종사는 이륙 전부터 순항공도에 도달할 때까지 바쁘고 순항고도에서는 상대적으로 업무 부하가 적다. 다시 항공기가 강하하는 단계부터 착륙하여 주기장에 도착할 때까지 작업 부하가 높은 구간이다. 따라서 비행 브리핑이나 개인 신체적 용무는 순항 고도에서 해결하는 것이 좋다.

업무 부하는 비행 노선에 따라서도 차이를 나타낼 수 있다. 미주 노선의 태평양 상공에서는 항공기 모니터링 외에는 업무가 없다. 반면 공항 인근에서는 어느 지역보다 바쁘다. 유럽지역으로 비행 시에는 비행정보구역이 많아 지속적으로 ATC와 교신해야 하고 항적도 많으며 특히 중국지역을 비행할 때 미터 고도를 사용하여 주의를 기울여야 한다.

따라서 적절한 차트를 검토하고 필요할 때 라디오 통신 주파수를 미리 맞춰 놓으면 공항에 접근 시 작업 부하를 줄일 수 있다.

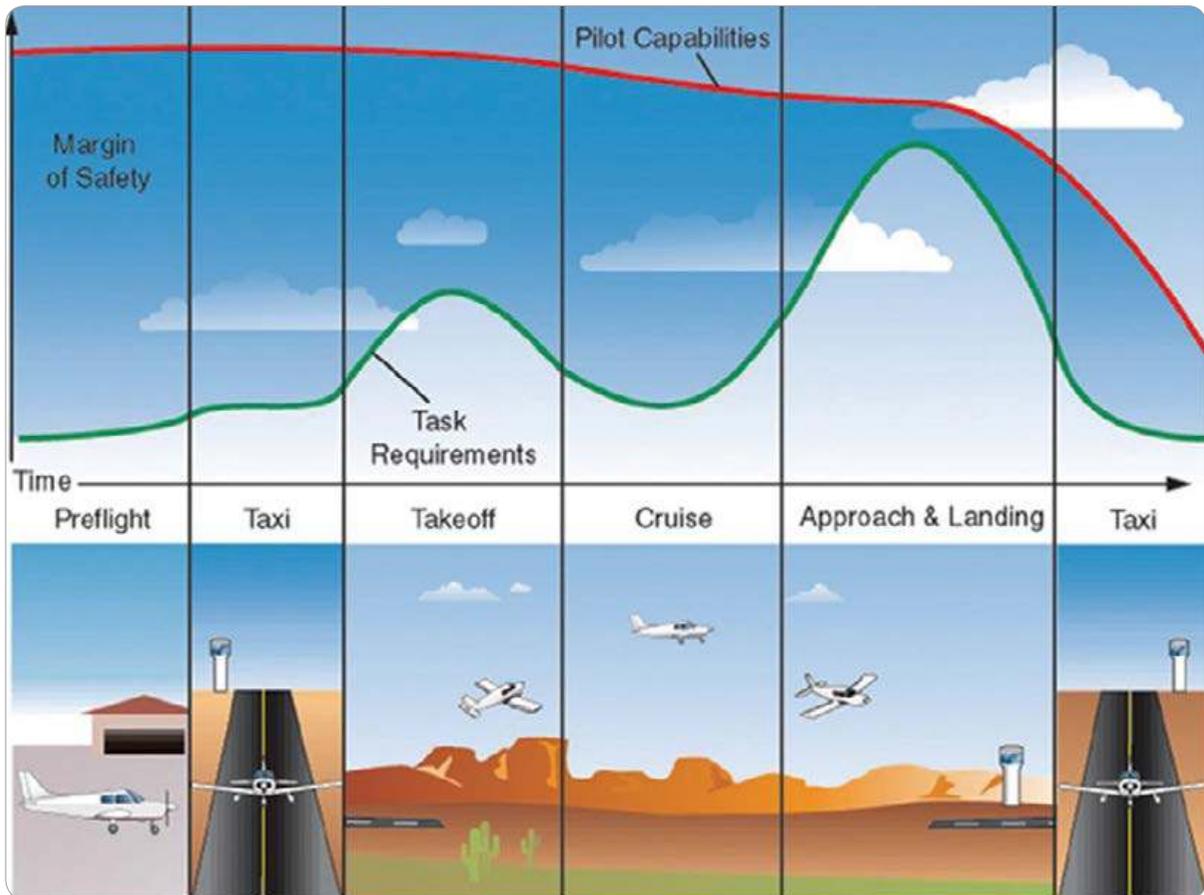
또한, 조종사는 가능한 경우 ATIS, ASOS(Automatic Surface Observing System) 또는 AWOS(Automatic Weather Observing System)를 청취하고 타워 주파수 또는 CTAF(Common Traffic Advisory Frequency)를 모니터링하여 항적 상태를 예측할 수 있다. 체크리스트는 사전에 잘 수행되어야 항적과 ATC 지시에 집중할 수 있다.

이러한 절차는 B급 공역과 같은 고밀도 교통 지역

에 진입하기 전에 특히 중요하다.

작업 과부하 상황을 인식하는 것도 작업 부하를 관리하는 중요한 구성 요소다. 높은 작업 부하의 첫 번째 영향은 조종사가 더 열심히 일할 수도 있지만 오히려 적게 수행한다는 것이다. 작업량이 증가함에 따라 한 번에 여러 가지 작업에 동시에 집중할 수 없으며 조종사가 한 항목에 집중하게 된다. 조종사는 작업 포화 상태가 되면 다양한 소스로부터의 정보입력에 대한 인식이 없어져 불완전한 정보에 의한 결정이 내려질 수 있으며 오류의 가능성이 높아질 수 있다.

작업 과부하 상황이 발생하면 조종사는 멈추고,



[그림 3-23] 비행 단계별 업무 하중과 조종사 능력

생각하고, 속도를 줄이고, 우선순위를 매길 필요가 있다. 작업 부하를 줄이는 방법을 이해하는 것도 중요하다. 예를 들어, VFR 비행에서 캐빈 도어의 개방은 작업 부하에 미미한 영향을 미치지만 IFR 조건에서 비행 시 캐빈 도어를 열면 워크로드에 미치는 영향이 커지게 된다. 따라서 적절한 시점에 적절한 상황이 이루어지도록 조절해야 한다.

안정된 상태로 합리적으로 생각하게 되면 스트레스도 줄이고 안전하게 비행할 수 능력을 높일 수 있다. 이러한 능력은 경험, 규율 및 훈련에 의해 영향을 받는다.

일반항공(General Aviation)에서 자동화된 항공기는 일반적으로 기본 비행 표시 장치(Primary Flight Display, PFD), 항적 및 지형 그래픽이 있는 계기, 위성위치시스템(GPS)을 포함한 다기능 비행 표시장치(MFD)가 장착된 고급 항공 전자 시스템으로 구성되어 있다. 이런 유형의 항공기는 기술적으로 진보된 항공기(TAA)로 알려져 있는데 이런 항공기에는 일반 비행 표시장치와 다기능 비행 표시 장치라는 두 가지 표시화면으로 구성되어 있다.

3.3.3.2.4 상황 인식(Situational Awareness)

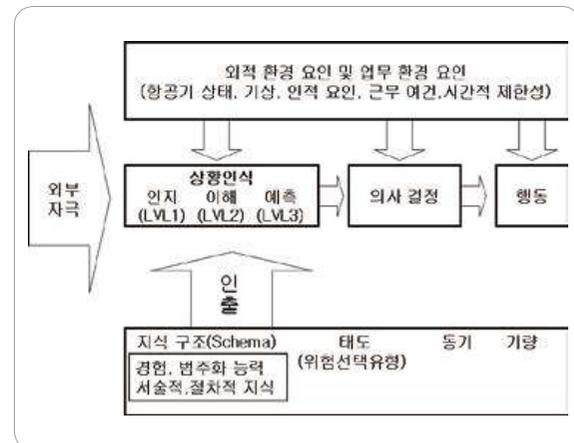
상황 인식은 비행 전, 비행 중 및 비행 후 안전에 영향을 미치는 5가지 기본 위협 요소(비행, 조종사, 항공기, 환경 및 주어진 항공 상황을 구성하는 작동 유형) 내의 모든 요소와 조건에 대한 정확한 인식과 이해라고 할 수 있다. 비행, 항적, 기상 토론 및 ATC 통신에 대한 무선통신 모니터링은 조종사가 무슨 일이 일어나고 있는지에 대한 정신적인 그림을 그릴 수 있도록 도와줌으로써 상황 인식을 향상시킬 수 있다.

상황 인식을 유지하려면 모든 비행 관련 요소의 상대적 중요성과 비행에 대한 향후 영향을 이해해야 한다. 조종사가 무슨 일이 일어나고 있는지를 파악하고 전체 업무의 개요를 알게 되면 어떤 중요한 항목 중 하나에 고정되지 않을 것이다.

조종사가 항공기의 지리적 위치를 아는 것도 중요하지만 무슨 일이 일어나고 있는지를 이해하는 것도 중요하다. 상황 인식을 잘 유지하기 위해서는 비행 중 의사결정(ADM)과 관련된 모든 기술이 사용될 수 있다.

상황 인식은 [그림 3-24]에서처럼 외부 자극에 대해 인지하고 인지된 사항을 이해함으로써 앞으로 어떻게 상황이 전개될 것인지 예측하는 정신적 모형이다.

연구 결과에 의하면 초보자들은 상황에 대한 초기 인지는 별문제가 없으나 예측하는 부분에서 전문가와 큰 차이를 나타냈다. 즉, 지금 인지된 상황이 어떻게 전개될 것인지에 대해 예측을 하는 것이 부족한데 경험 유무도 하나의 중요한 원인이 된다.



[그림 3-24] 상황 인식 모델

3.3.3.2.5 상황 인식 유지의 장애물

(Obstacles to Maintaining SA)

피로, 스트레스 및 작업 과부하로 인해 조종사는 중요한 항목 하나에 고정되어 비행의 전반적인 상황 인식을 감소시킬 수 있다. 많은 사고에서 기여 요인 중 하나는 조종사의 주의를 장비 모니터링이나 항공기 외부 스캔을 소홀히 하게 만든 산만함이다. 많은 조종실에서 계기를 정확하게 읽지 않는 것과 같은 사소한 문제로 시작하지만, 조종사는 감지된 문제에 주의를 빼겨 항공기를 적절히 제어하지 못하는 조종 상실(Loss of Control) 상황이 되어 사고가 발생하였다.

자동화는 항공 기술에서 하나의 가장 중요한 발전이다. 전자 비행 디스플레이(EFD)는 정보가 표시되는 방법과 조종사가 사용할 수 있는 정보를 크게 개선했다. 조종사는 전통적으로 여러 핸드북에 포함된 모든 정보가 포함된 전자 데이터베이스(Electric Flight Bag, EFB)에 액세스하여 편리하고 손쉽게 정보를 찾을 수 있으며 조종실에 탑재되었던 많은 서적들을 더 이상 탑재하지 않게 되었다.



[그림 3-26] 재래식 계기판과 Glass Cockpit 계기판

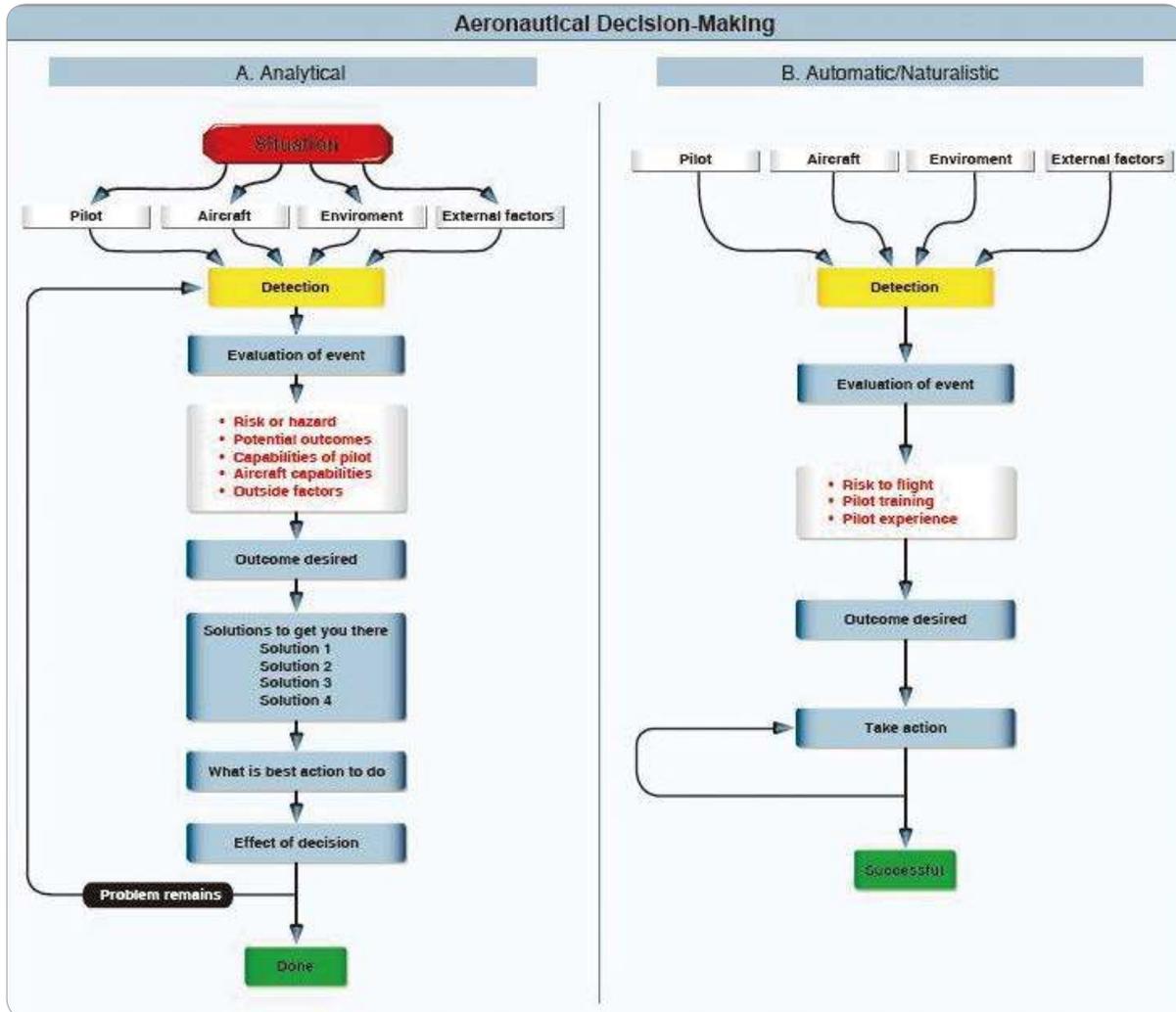
다기능 비행 표시장치는 항공 차트를 반영한 이동형 지도를 표시할 수 있다. 이 상세한 디스플레이는 임시 비행 제한(Temporary Flight Restrictions, TFRs) 사항을 포함하여 모든 영역을 나타낼 수 있다. 이러한 장비들은 조종사로 하여금 적은 노력으로 정확하고 많은 정보를 얻는 데 도움을 주고 있다.

상황 인식은 ‘현재’ 상태를 인지하여 분석하고 이해해서 ‘미래’를 예측함으로써 대응을 할 수 있게 해주는 것이다. 그러나 대응행동을 하는 것으로 끝나는 게 아니라 다시 주의 분배와 관찰을 통해 진행 상황을 계속 인식해 나가는 과정을 갖게 된다[그림 3-25].

항공기 제작사들은 조종실 계기판을 아날로그 방식에서 집적표시 방식으로 설계해 조종사의 상황 인식 향상에 기여하고 있다[그림 3-26].



[그림 3-25] 상황 인식 단계별 고려사항



[그림 3-27] 항공의사결정 모델

3.3.3.2.6 의사결정(Decision Making)

의사결정 과정에 대한 이해는 조종사에게 항공의사결정(Aeronautical Decision Making, ADM) 및 단독자원관리(Single Resource Management, SRM) 기법 개발을 위한 기초가 된다. 엔진 부작동과 같은 일부 상황에서는 수립된 절차를 사용하여 즉각적인 대응이 필요하지만 일반적으로는 비행 중 발생하는 모든 변경 사항을 분석하고 정보를 수집하

며 결정을 내리기 전에 위험을 평가할 시간이 있다.

[그림 3-27]의 각 단계들이 의사결정 과정을 구성하고 있다. 문제 해결 및 의사결정을 위한 구조화된 프레임 워크의 세 가지 모델은 5P와 PAVE, CARE 및 TEAM을 사용하는 3P 그리고 DECIDE 모델이다. 이러한 방법들은 의사결정 과정을 조직화하는 데 도움을 줄 수 있으며 혼자 비행하는 조종사가 중요한 의사결정을 할 때 도움이 되는 것으로 확인되었다.

3.3.3.3 단일조종사자원관리

(Single Resource Management, SRM)

승무원자원관리(CRM) 프로그램이 2인 이상 다수의 승무원이 함께 운항하는 환경하의 조종사에 초점을 맞추었다면 단일 조종사 운영에는 많은 개념이 적용된다. 지금까지 많은 승무원자원관리 원칙이 단일 조종사 항공기에 성공적으로 적용되어 단일조종사자원관리(Single-Pilot Resource Management, SRM) 프로그램 개발로 이어졌다. SRM은 비행의 성공적인 결과를 보장하기 위해 단일 조종사(비행 전 및 비행 중)가 이용할 수 있는 모든 자원(항공기 내외 및 외부의 자원)을 관리하는 기술 및 과학으로 정의된다. SRM에는 항공의사결정(ADM), 위험 관리(RM), 작업 관리(TM), 자동화 관리(AM), 지상충돌사고(CFIT) 인식 및 상황 인식(SA) 개념이 포함된다.

SRM 교육은 조종사가 자동화 및 관련 항공기 조종과 항법 업무 관리를 통하여 상황 인식을 유지할 수 있도록 도와준다. 이를 통해 조종사는 위험을 정확하게 평가하고 관리하며 정확하고 시의 적절한 결정을 내릴 수 있다.

SRM은 조종사가 정보 수집, 분석 및 의사결정 방법을 배우도록 도와준다. 단일 조종사가 운항하는 비행은 다른 승무원과 함께하는 것이 아닌 한 명의 조종사에 의해 조종되지만 자동 조종 장치 및 항공 교통 관제 시스템(ATC)과 같은 가용 자원을 사용하는 CRM의 원칙이 그대로 적용된다.

SRM은 어떻게 정보를 수집하고, 분석하여 의사결정을 하는지에 대한 것이다. 문제를 식별하고, 정보를 분석하여, 정보에 입각한 적시적절한 의사결정을 내리는 방법을 학습하는 것은 특정 기동을 배우는

것과 기술적 교육만큼 쉽지는 않다. 실제 비행에서 발생하는 다양한 사례에서 상황을 판단하고 “생각하는 법”을 배우는 것이 더 어렵다고 할 수 있다.

ADM에서는 유일한 하나의 정답만 있는 것은 아니므로 각 조종사는 경험 수준, 개인 최저 및 현재 신체적, 정신적 상태를 고려하여 각 상황을 분석한 다음 자신의 결정을 내려야 한다.

3.3.3.3.1 5가지 'P' 점검(5 Ps Check)

SRM은 책을 보면 알 수 있을 것 같지만 조종사가 매일 비행에서 SRM을 이해하고 사용할 수 있는 방법이 필요하다. 실용적인 적용 사례는 “5Ps”라고 불린다. 5Ps는 “계획(Plan), 항공기(Plane), 조종사(Pilot), 승객(Passenger) 및 프로그래밍(Programming)”으로 구성된다.

이들 각각은 모든 조종사가 비행 시 마주치게 되는 일련의 상황들이다. 이런 상황들은 조종사가 정보에 입각하여 내린 의사결정을 기반으로 비행을 수행하는 과정에서 위험을 실질적으로 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 5P는 비행 중 또는 비상 상황에 조우하였을 때 주요 결정 포인트에서 조종사가 현재 상황을 평가하는 데 사용될 수 있다. 여기서 주요 결정 포인트라고 하는 것은 ‘비행 준비 단계(pre flight)’, ‘이륙 전 점검 단계(pre take-off)’, ‘시간 대별 또는 비행 중간 지점(midpoint)’, 강하 전(pre descent), 최종 접근 시작점(final approach fix) 직전 또는 VFR 구간 등을 말한다.

5P 개념은 현재의 의사결정 모델이 본질적으로 어떤 문제점이 발생하면 반사적 대응을 하게 되는 구조에서 나온 것이다. 어떤 변화가 발생했을 때 조종사가 위험 관리를 결정하기 위해서는 이 변화가 반

드시 탐지되어야 한다. 예를 들면, 많은 조종사들이 이륙하기 전에 위험 관리를 위해 당일 발생할 수 있는 위험 목록을 작성해 보고 각 항목들을 되짚어 보는 것과 같은 것이라 할 수 있다.

위험관리 결정은 조종사가 직감이나 경험에 의해 하는 것이 아니라 위험을 심각도와 발생빈도를 조합하여 만든 위험지수 판단 매트릭스를 이용하여 수치화한 것을 활용한다. 이 수치가 허용 한계를 초과하면 해당 비행편은 변경되거나 취소되는 것이 바람직하다. 그러나 이 매트릭스는 비행편수가 많고 통계적으로 유의한 데이터를 가질 수 있는 대형 항공사 등에서는 유용하지만 개인 또는 항공기 사용사업체와 같은 소규모 조직에는 적합하지 않다. 5P 개념은 이런 문제점을 해결하고자 쉽고 간단한 체크리스트를 만들어 안전에 도움을 주고자 하는 것이다.

5P의 개념은 각 비행 단계의 중요 변수에 대해 조종사가 결정을 가장 효과적으로 수행할 수 있는 계획된 시점에 검토하는 것이다. 예를 들어, 약천후로 인해 비행을 취소하기 가장 효과적인 시점은 승무원이나 승객이 항공기에 탑승하기 전이다.

따라서 첫 번째 결정 포인트는 비행 전에 활용 가능한 모든 정보를 손쉽게 구할 수 있는 비행 계획실이며 이곳에서 정보들을 활용하여 대체 계획을 수립할 수 있다.

중요한 안전 결정을 내리기 쉬운 두 번째 시점은 이륙 전 단계이다. 이륙 중 비상 상황을 경험한 조종사는 많지 않다. 이륙 전 5P의 정확한 적용은 활용

가능한 정보를 이용하여 합리적인 Go/No-Go 결정을 내리는 데 큰 도움을 준다. 그 결정은 일반적으로 특정의 제한사항 및 변경 조건 내에서 “Go”가 될 가능성이 크지만 “No-Go”일 수도 있다. 핵심은 전 비행 과정에서 이 두 시점이 Go / No-Go의 핵심 포인트(critical point)라는 것이다.

세 번째는 비행의 중간 지점이다. 조종사들은 착륙을 위해 목적지 공항의 기상정보를 ATIS(Automated Terminal information Service)에서 얻으려고 하고 있는데 더 좋은 정보들은 다른 경로를 통해서도 얻을 수 있다. 예를 들어 VOLMET²⁷⁾, 지역 관제소, PIREP(Pilot Report), 기상정보를 제공하는 회사 중 합통제센터 등을 통해서도 정보를 획득할 수 있다.

장시간 비행에 의한 조종사 피로, 저고도 산소결핍증 등도 조종사 조종 능력에 영향을 줄 수 있다. 이런 요소들은 조종사들을 의사결정 모드에서 수용 모드로 넘어가게 만드는데 만약 2시간 이상 비행하는 경우라면 매 시간 5P를 점검하는 것이 좋다.

또 다른 중요 의사결정 시기는 공항 관제구역으로 진입하기 위해 강하를 시작하기 직전과 최종접근 구역에 진입하기 전이다. 만약 시계비행조건에서 비행 중이라면 착륙을 위한 비행 장주에 진입하기 전이 될 것이다.

대부분의 조종사들은 매번 착륙 방향 또는 접근 방식에 대해 예상을 하지만 예상과 다른 방식의 접근이나 활주로를 배정받은 경험을 가지고 있다. 따라서 접근 조건의 변화로 인한 다른 공항으로의 회항,

27) 단파 주파수를 이용하여 TAF(터미널지역예보), SIGMET(악기상 정보) 및 METAR(정시 기상정보) 보고서를 방송하는 전 세계 라디오 방송국 네트워크에 적용되는 용어

복행 등을 해야 할 경우가 많으며 이런 요인들이 안전 비행에 위협이 될 수 있다는 것에 대한 경각심을 지녀야 한다.

만약 순항고도에서 비행 중 다른 곳으로 회항할 경우에는 연료도 다소 절약되고 시간적 여유가 있어서 두르지 않아도 되지만 최종 접근 경로에서 접근을 포기하고 다른 곳으로 가야 할 경우 위험성이 증대될 수 있으므로 복행보다는 사전에 불안정한 접근이 이루어지지 않도록 계획하고 잘 조절하는 것이 훨씬 안전하다. 그래도 불안정한 접근이 될 경우에는 과감하게 복행하여 다시 재접근을 하는 것이 바람직하다.

1) 계획(Plan)

“계획”에는 장거리비행 계획, 날씨, 노선, 연료, 가지고 있는 비행관련 서류의 유효성 등의 기본 요소들이 포함되는데 비행 과정에서 여러 번 검토되고 업데이트되어야 한다. 정비로 인한 이륙 지연, 기상 이변, 단기 비행 제한(Temporary Flight Restriction, TFR)으로 인해 계획이 변경될 수 있다.

“계획”은 비행 계획뿐만 아니라 비행을 둘러싼 모든 사건 속에서도 조종사가 임무를 완수할 수 있도록 해 준다. 계획은 항상 업데이트되고 수정되며 다른 나머지 4개 P의 변화에 특별히 영향을 줄 수 있다.

다른 이유가 없다면, 5P 점검은 조종사에게 당일의 비행 계획이 실제 상황이며 언제든지 변경될 수 있음을 상기시켜 줄 것이다.

항공 운항에서 기상은 모든 계획에서 큰 부분을 차지하고 있는데 데이터 링크를 통해 얻을 수 있는 기상 정보는 조종사가 상황 인식을 유지하면서 실시간으로 날씨를 검색하고 분석할 수 있어 악기상 상황에서 매우 도움이 될 수 있다. 데이터 링크로 기상을

확인할 수 없는 항공기를 조종하는 경우 관제 기관을 통하여 기상 정보를 획득하는 방법도 있다.

2) 항공기(Plane)

“항공기”는 누구나 식별할 수 있는 일반적인 기계적 형태와 외부 도색으로 이루어져 있다. 고급 항공 전자 장비의 출현으로 “항공기”는 데이터 통신, 자동화 상태 및 비상 백업 시스템을 포함하는 것으로 확장되었다. 그러나 단일 조종사에 의한 IFR 비행은 자동 조종 장치 유무와 상관없이 위험성을 내포하고 있다. 자동화 장비가 장착된 항공기를 선택하는 것은 개인적인 판단에 의하겠지만 자동 조종 장치가 장착되지 않은 항공기로 저시정 상태에서 계기비행을 해야 한다면 다른 ‘P’들을 고려해야 할 수 있다. 조종사 기량, 최근 경험 및 피로도 그중 하나일 것이다.

3) 조종사(Pilot)

사업용 항공기는 조종사가 높은 고도, 장시간의 비행, 악기상 등으로 위험에 노출될 가능성이 높다. 첨단 항공전자 장비를 장착하면 그 기능들은 안전에 도움이 될 수 있지만 장비 사용법을 익혀야 하는 등의 스트레스를 조종사에게 줄 수 있다.

조종사가 위험(risk)을 관리해야 한다면 “IMSAFE” 체크리스트를 활용하는 것도 좋은 방법 중의 하나일 것이다.

늦은 밤, 조종사가 피로한 상태에서 5,000피트 이상의 고도를 장시간 비행할 경우 조종사는 정보에 대한 식별력과 의사결정 능력이 저하되고 상황에 적응하려는 태도를 보이게 된다.

비행에서 중요한 단계(야간 계기 접근, 악기상 상태 비행, 4시간 이상의 비행)에서 조종사의 안전에

대한 경각심이 매우 저하된다. 5P 프로세스는 조종사가 항공기 이륙 전에 비행 전 과정에서 직면하게 될 개인의 생리적인 문제에 대비할 수 있게 하고 비행 중 지속적으로 개인 상태를 업데이트할 수 있게 한다. 또한, 위험이 확인되면 조종사는 이러한 요소의 영향을 줄이고 보다 효과적이고 안전한 대비책을 제공하는 대체 계획을 세우는 데 도움이 된다.

4) 승객(Passenger)

CRM과 SRM의 주요 차이점 중 하나는 승객이 조종사와 상호 작용하는 방식이다. 매우 유능한 단발 엔진 항공기 조종사는 승객들과 훨씬 더 개인적인 관계를 유지하며, 승객들은 비행 중에 조종사와 아주 가까운 위치에 앉아 있게 된다.

승객은 또 다른 조종사가 될 수 있다. 명령으로 조종사(PIC)로 지정된 사람이 없고 계획되지 않은 상황이 발생하면 자신이 옳다고 생각하는 탑승자들 사이에 내부적인 의견 충돌이 발생할 수 있다.

그리고 조종사는 승객이 비행과 관련된 위험 수준을 이해하지 못할 수도 있음을 이해해야 한다. 모든 비행에는 위험 요소가 존재한다. SRM은 위험을 제거하는 것이 아닌 위험 관리를 하는 것이 기본 개념이다. 조종사가 야간 IFR 비행 시 존재하는 위험에 대해 편안하다고 느낄 수도 있지만 승객은 그렇지 않을 수도 있다. SRM을 사용하는 조종사는 승객을 의사결정에 참여시키고 그들을 바쁘게 할 수 있는 작업과 의무를 부여하는 것이 좋다.

존재하고 있는 위험에 대한 사실적 설명을 듣고 승객들이 항공권을 구매하거나 자동차를 렌트하기로 결정한 경우 일반적으로 좋은 결과를 가져왔다. 조종사는 승객들 입장에서 생각함으로써 실제 그들이

무엇을 원하는지 발견하게 되고 조종사는 스스로 만든 중압감에서 벗어날 수 있다.

5) 프로그램(Program)

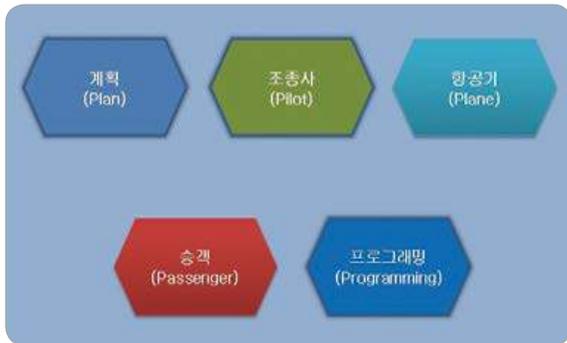
첨단 항공 전자 장비는 일반 항공 비행 방식을 새로운 차원으로 끌어 올렸다. 전자계기 화면, GPS 및 자동 조종 장치는 조종사의 작업 부하를 줄이고 조종사 상황 인식을 향상시키는 데 도움을 준다. 이러한 장치의 프로그래밍 및 작동은 매우 간단하고 복잡하지 않지만 이전의 아날로그 장비와 달리 조종사의 주의를 장시간 붙잡는 경향이 있다.

이러한 현상을 피하기 위해 조종사는 접근 방식, 경로 변경 및 공항 정보 수집시기와 장소를 미리 계획하고 시기를 정해야 한다. 자동화와 관련하여 장비, 경로, 지역 관제 환경 및 개인 기능에 대한 조종사의 친숙성은 자동화가 언제, 어디서, 어떻게 프로그래밍되고 사용되어야 할지 결정하는 데 영향을 준다.

조종사는 항공기를 수동으로 비행하는 동안 접근 방식의 최종 변경 및 재 프로그래밍 필요시, 대규모 비행 작업 변경(예: 항로 변경)이 필요할 경우 자신의 능력이 어느 정도인지 판단해야 한다.

제작 형식이 표준화되지 않았다면, 한 제조업체의 장비에서 다른 제조업체의 장비로 옮길 경우 조종사는 약간의 시간을 가지고 보수적인 계획과 결정을 해야 한다.

SRM 프로세스는 간단하다. 비행 전과 비행 중 적어도 다섯 번 정도는 조종사가 “계획, 항공기, 조종사, 승객 및 프로그램”을 검토하고 고려해야 하며 현 상황에서 요구되는 적절한 결정을 내려야 한다. “잘못된 결정도 결정이다”라고 말한다. SRM 및 5P 하에서 현재 계획에 변화를 주지 않기로 한 결정을



[그림 3-28] SRM '5 Ps' 체크리스트

내리더라도 현재 존재하고 있는 위험 요인을 신중하게 고려하여야 한다.

3.3.3.3.2 3P 모델: 지각, 처리, 수행(3P Model)

ADM의 3P 모델은 지각(Perceive), 처리(Process), 수행(Perform)으로 모든 비행 단계에서 사용할 수 있는 간단하고 실용적이며 체계적인 접근 방식을 제공한다. 조종사가 해야 하는 방법 아래와 같다.

- 비행 주변 상황에 대한 인지
- 비행 안전에 미치는 영향 평가 처리
- 최상의 행동 방침 수행

지각, 처리, 수행 및 평가 방법을 모든 항공 결정 시 연속 모델로 사용할 수 있다. 인간은 필연적으로 실수를 저지르지만, 안전에 대한 잠재적인 위협을 인식하고 최소화하기 위해 할 수 있는 일은 더 능력 있는 조종사가 되는 것이다.

대부분의 비행 훈련 활동은 위험 관리를 위한 “시간-심각성” 프레임워크를 기반으로 한다. 조종사는 비정상 상황이 되면 가장 먼저 해야 하는 것이 항공기 조종(Aviate)이며 그 다음이 항법(Navigate) 그리

고 커뮤니케이션(Communication)이다. 따라서 비정상 상황에서 어느 것을 먼저 해야 할 것인가를 고려할 때 시간적인 제한이 있는 것을 먼저 할 것인지 아니면 심각성이 높은 것을 먼저 할 것인지 반드시 고려하여야 한다. 최근 항공기들은 비정상 상황 처리 체크리스트에 처리해야 할 내용들을 순서대로 나열해 놓았기 때문에 큰 문제는 없으나 체크리스트에 기술되어 있지 않은 부분들은 지식이나 경험, 규정 절차에 따라 처리하는 것이 원칙이다.

예를 들어 시간을 우선순위에 뒤야 하는 비정상 상황은 연료 부족, 긴급 고도 강하, 항공기 화재 발생, 긴급환자 발생 등이며 심각성을 우선순위에 뒤야 하는 비정상 상황은 항공기 엔진 정지와 같은 장비 결함 등이라 할 수 있을 것이다. 따라서 시간적 상황을 우선순위에 둘 것인지, 비행 상황의 심각성을 우선 처리 대상으로 할 것인지는 조종사의 판단에 달려 있다.

또한, 처리 방법 역시 3가지로 나눌 수 있는데 조종사의 스킬(skill)에 의해 즉시 처리되어야 하는 상황, 지식과 규정 절차에 의해 처리될 수 있는 상황 및 조종사의 경험과 CRM을 활용하여 해결해야 하는 방법이 있다.

조종사가 스킬을 이용하여 즉시 수행해야 하는 상황은 이륙 중 이륙 단념(rejected takeoff), 공중 충돌 회피, 지상충돌 회피, 윈드시어(windshear) 회복 등을 들 수 있다. 이러한 조종은 시간적 중요성이 강조되며 인지 즉시 거의 반사적으로 실시하여야 한다. 상황에 대한 인지는 항공기에 장착된 경고 시스템, 외부의 조언 또는 본인의 감각에 의해 이루어지며 인지된 상황에 따라 적절한 처리 조종을 수행한다. 긴급한 상황에서는 선 조작, 후 보고를 해야 할 경우가 많다. 예를 들면 공중충돌 상황이 발생하면

먼저 회피 조작을 수행한 후 회피 조작으로 인한 고도 이탈이 이루어졌음을 보고한다. 또한, 훈련은 상황의 심각성도 동반하므로 매 훈련마다 반복적인 처치 절차 연습과 평가를 통한 기량을 유지해야 한다.

규정과 절차를 이용하여 해결해야 할 상황들은 항공기 결함 발생, MEL(Minimum Equipment List) 적용, 악기상에 의한 이착륙 제한 등을 들 수 있다.

마지막으로 CRM과 경험 등을 이용해서 해결해야 할 상황들은 비행 중 기내 환자 발생, 폭발물 탑재 정보 입수, 기타 규정이나 절차에 명시되어 있지 않은 상황을 해결해야 될 때이다.

[표 3-12] 문제 해결 방법과 사례

| 해결 방법 | 관련 사례 | 긴급성 |
|-------------------|---|----------|
| 스킬에 의한 해결 | 이륙 단념, 공중 충돌 회피, 지상충돌 회피, 윈드셰어 등 | 즉시 |
| 지식, 규정, 절차에 의한 해결 | 항공기 결함, MEL 적용, 악기상에 의한 회항 등 | 시간 소요 |
| CRM, 경험 등에 의한 해결 | 기내 환자 발생, 폭발물 탑재 정보 입수, 기타 규정이나 절차에 명시되어 있지 않은 상황 등 | 많은 시간 소요 |

리스크 관리의 6단계를 실용적으로 위험을 관리할 수 있고 기억하기 쉬운 3P 모델로 결합할 수 있다. 3P 모델은 지각(Perceive), 처리(Process), PAVE, CARE 및 TEAM 점검 체크리스트를 이용한 수행(Perform)이다. 조종사는 PAVE(Pilot, Aircraft, enVironment, and External pressures) 체크리스트를 이용하여 위험을 감지하는 데 도움을 받을 수 있다. 그리고 결과(Consequences), 대안(Alternatives), 현실성(Reality), 외부 요인(External factor)에 대한 CARE 체크리스트를 사

용하여 위해요인을 처리할 수 있다. 마지막으로 조종사는 TEAM이라는 Transfer(이송), Eliminate(제거), Accept(수용) 또는 Mitigate(완화) 방법을 이용하여 위험 관리를 수행할 수도 있다.

3.3.3.3.3 PAVE 체크리스트: 위해요인 식별과 개인적 최저치(PAVE Checklist)

PAVE 체크리스트를 사용하기 위한 첫 번째 단계는 원치 않는 미래의 사건에 기여할 수 있는 현상, 대상 또는 상황인 위해요인을 인지하여 상황 인식 모델을 개발하는 것이다. 이 단계에서 조종사는 비행과 관련된 모든 위해요인을 체계적으로 파악하여 목록으로 작성한다. 조종사(P), 항공기(A), 환경(V) 및 외부 압력(E)은 PAVE 체크리스트를 구성하는 항목들이다.

각 요소에 대해 “무엇이 나, 승객, 항공기에 어떤 악영향을 줄 수 있는가?”라고 자문해 보면 위의 네 가지 요소가 결합되어 상호 작용하여 비행에 특이한 상황을 만드는 것을 알 수 있다. 조종사-항공기 조합에 특별한 주의를 기울이고, 결합된 “조종사-항공기” 구성이 원하는 임무를 수행할 수 있는 성능이 되는지 검토해야 한다.

예를 들어, 매우 경험 많고 능숙한 조종사일지라도, 기상 회피 장비가 없는 1970년대식 항공기를 조종한다면 악기상 상황에서의 비행 능력은 제한적이 될 것이다. 반면, GPS가 장착된 지도, 날씨 데이터 링크 및 자동 조종 장치를 갖춘 새로운 기술의 고성능 항공기를 조종한다고 했을 때, 이 기종의 장비를 사용하는 계기 비행 경험이나 훈련이 부족한 경우, 항공기 기능이 뛰어나다 할지라도 항공기 장비에만 의존하여 비행할 수는 없다는 것이다.

Pilots can perceive hazards by using the **PAVE** checklist:

| | |
|---|--|
| <p>Pilot</p> <p>Gayle is a healthy and well-rested private pilot with approximately 300 hours total flight time. Hazards include her lack of overall and cross-country experience and the fact that she has not flown at all in 2 months.</p> | <p>EnVironment</p> <p>Departure and destination airports have long runways. Weather is the main hazard. Although it is VFR, it is a typical summer day in the Mid-Atlantic region: hot (near 90 °F) hazy (visibility 7 miles), and humid with a density altitude of 2,500 feet. Weather at the destination airport (located in the mountains) is still IMC but forecast to improve to visual meteorological conditions (VMC) prior to her arrival. En route weather is VMC, but there is an AIRMET Sierra for pockets of IMC over mountain ridges along the proposed route of flight.</p> |
| <p>Aircraft</p> <p>Although it does not have a panel-mount GPS or weather avoidance gear, the aircraft—a C182 Skylane with long-range fuel tanks—is in good mechanical condition with no inoperative equipment. The instrument panel is a standard “six-pack.”</p> | <p>External pressures</p> <p>Gayle is making the trip to spend a weekend with relatives she does not see very often. Her family is very excited and has made a number of plans for the visit.</p> |

[그림 3-29] PAVE 체크리스트 사용 예제

Pilots can perceive hazards by using the **CARE** checklist:

| | |
|--|---|
| <p>Pilot</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consequences: Gayle’s inexperience and lack of recent flight time create some risks for an accident, primarily because she plans to travel over mountains on a hazy day and land at an unfamiliar mountain airport that is still in IMC conditions. • Alternatives: Gayle might mitigate the pilot-related risk by hiring a CFI to accompany her and provide dual cross-country instruction. An added benefit is the opportunity to broaden her flying experience in safe conditions. • Reality: Accepting the reality that limited experience can create additional risks is a key part of sound risk management and mitigation. • External Factors: Like many pilots, Gayle must contend with the emotional pressure associated with acknowledging that her skill and experience levels may be lower than she would like them to be. Pride can be a powerful external factor! | <p>Aircraft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consequences: This area presents low risk because the aircraft is in excellent mechanical condition and Gayle is familiar with its avionics. • Alternatives: Had there been a problem with her aircraft, Gayle might have considered renting another plane from her flight school. Bear in mind, however, that alternatives sometimes create new hazards. In this instance, there may be hazards associated with flying an unfamiliar aircraft with different avionics. • Reality: It is important to recognize the reality of an aircraft’s mechanical condition. If you find a maintenance discrepancy and then find yourself saying that it is “probably” okay to fly with it anyway, you need to revisit the consequences part of this checklist. • External Factors: Pilot decision-making can sometimes be influenced by the external pressure of needing to return the airplane to the FBO by a certain date and time. Because Gayle owns the airplane, there was no such pressure in this case. |
| <p>Environment</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consequences: For a pilot whose experience consists mostly of local flights in good VMC, launching a long cross-country flight over mountainous terrain in hazy conditions could lead to pilot disorientation and increase the risk of an accident. • Alternatives: Options include postponing the trip until the visibility improves, or modifying the route to avoid extended periods of time over the mountains. • Reality: Hazy conditions and mountainous terrain clearly create risks for an inexperienced VFR-only pilot. • External Factors: Few pilots are immune to the pressure of “get-there-itis,” which can sometimes induce a decision to launch or continue in less than ideal weather conditions. | <p>External pressures</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consequences: Any number of factors can create the risk of emotional pressure from a “get-there” mentality. In Gayle’s case, the consequences of her strong desire to visit family, her family’s expectations, and personal pride could induce her to accept unnecessary risks. • Alternatives: Gayle clearly needs to develop a mitigating strategy for each of the external factors associated with this trip. • Reality: Pilots sometimes tend to discount or ignore the potential impact of these external factors. Gayle’s open acknowledgement of these factors (e.g., “I might be pressured into pressing on so my mother won’t have to worry about our late arrival.”) is a critical element of effective risk management. • External Factors: (see above) |

[그림 3-30] CARE 체크리스트

3.3.3.3.4 CARE 체크리스트: 위해 요인 검토와 위험 평가(CARE Checklist)

두 번째 단계에서는 식별된 위해요인이 위험으로 계속 진전되어 위험으로 발전하고 있는지 판단할 수 있는 정보를 처리하여야 한다. 주어진 위해요인으로 인한 위험도는 노출정도(영향을 받는 인원 또는 자원 수), 심각도(손실 가능성 정도) 및 확률(위험 요소가 손실을 유발할 가능성)로 측정할 수 있다. 목표는 비행 안전에 미치는 영향을 평가하고 “왜 이러한 상황에 유의해야 하는가?”에 대해 의문을 제기하여야 한다.

1단계에서 감지한 각 위해요인에 대해 CARE 체크리스트를 사용하여 분석한다.

예를 들어 비즈니스 회의에 참석하기 위한 야간 비행을 하는 경우를 평가해 보자.

결과 - 하루 종일 근무한 후에 출발하여 피로와 압박감 발생

대안 - 아침까지 지연, 회의 일정 변경, 진행

현실 - 피로 위험과 산만은 사고로 연결 가능

외부 압력 - 목적지 비즈니스 회의가 나에게 영향을 줄 수 있다.

처리 단계에서 좋은 경험 법칙: 자신이 “아마” 관찮을 것이라고 생각한다면 현실에 대해 면밀히 분석해야 할 가능성이 크다. 회의를 놓치는 것이 걱정된다면 처음의 Go/No-Go 결정뿐 아니라 비행을 계속하거나 회항 결정에도 이 압력이 어떻게 영향을 미칠 것인지 파악할 필요가 있다.

3.3.3.3.5 TEAM 체크리스트: 위험 관리 선택 및 실행 (TEAM Checklist)

1단계에서 위해 요인을 감지하고,

2단계에서 비행 안전에 미칠 영향을 분석했다면,

3단계에서는 TEAM 체크리스트를 이용해 위험(Risk) 관리를 하는 것이다.

TEAM 체크리스트 항목은 이송(Transfer), 제거(Eliminate), 수용(Accept), 완화(Mitigate)이다.

이송 - 위험 결정을 다른 누구에게가 이송해야 하는가?(수석 교관 조종사에게 상담을 받아야 할 것인가?)

제거 - 위해 요인을 제거할 방안이 있는가?

수용 - 위험을 수용했을 때 비용 면에서 이점이 있는가?

완화 - 위험을 완화하기 위해 할 수 있는 일은 무엇인가?

목표는 위해요인을 제거하거나 위험을 완화하기 위한 조치를 취한 다음, 이 작업의 결과를 지속적으로 평가하며 수행하는 것이다. 예를 들어, 목적지 공항의 운고가 낮다면 조종사는 ADM을 사용하여 적절한 예비공항을 선택하고, 기상이 좋은 곳이 어디인지 파악하여야 한다. 이런 행동 과정은 위험을 완화할 수 있고 기상 상태가 호전될 때까지 기다려 위해요인을 제거할 수도 있는 것이다.

일단 조종사가 3P(지각(Perceive), 처리(Process), 수행(Perform)) 결정 과정을 완료하고 행동 과정을 선택하면 프로세스가 새로 시작된다. 이것은 수행 과정에서 발생된 일련의 상황에 대한 분석이 필요하기 때문이다.

조종사는 안전을 위한 결정이 이루어졌을 때 이를 따르려는 의지가 필요하다. 특히 비행이 지연되거나 회항해야 할 경우 더욱 고려되어야 한다.

방법은 다음과 같다.

개인별 최소 체크리스트를 개발한다. 좋은 개인별 최소 체크리스트를 개발하려면 비비행 환경에서 자신이 할 수 있는 능력과 수용 가능 정도를 평가해야 한다. 개발된 체크리스트는 Go/No-Go 또는 지속/중단 결정에 대한 명확하고 간결한 참조 점을 제공할 수 있다.

일부 조종사는 ADM 및 위험 관리 프로세스를 위해 비행 전(pre-flight) 위험 평가 체크리스트를 사용하기도 한다. 이러한 종류의 양식은 특정 위험 및 상황을 숫자로 표시할 수 있어 위험 정도를 파악하기 용이하다.

분석 단계에서 대체 목록을 개발한다. 예를 들어 기상이 운용 제한치에 가까울 경우 경로의 25~30 마일 구간마다 적절한 대체 공항을 파악하여 위험을 완화할 수 있다.

지연 및 회항 가능성을 대비하여 승객을 비행 전 준비 과정에 참여시켜 상황에 대한 이해도를 증진시킨다.

많은 조종사가 간과하는 또 다른 중요한 도구는 비행 후 분석이다. 비행기를 안전하게 주기하고 나면 가능한 여유시간에 객관적으로 비행과정을 검토하고 분석하는 것이 좋다. 실수와 판단 오류는 필연적이지만 가장 중요한 것은 다음 비행 전에 그 것들을 인식하고, 분석하고, 배우는 것이다.

3.3.3.3.6 DECIDE 모델(DECIDE Model)

영문 머리글자 “DECIDE”를 사용하여 만든 6단계 프로세스 DECIDE 모델은 조종사에게 논리적인 의사결정 방법을 제공하는 또 다른 연속 루프 프로세스다. DECIDE는 상황을 탐지하고 예상하여 행동 방법을 선택하고, 해법을 찾아 필요한 행동을 한 다음, 행동의 효과를 평가하는 것을 의미한다.

D: Detect(탐지): 문제 탐지는 의사결정 프로세스의 첫 번째 단계이다. 변화가 발생했거나 예상된 변화가 발생하지 않았음을 인식하는 것으로 시작한다.

E: Estimate(예상): 탐지된 문제점에 대한 행동의 필요성을 예상한다.

C: Choose(선택): 문제가 확인되고 영향이 평가된 후에 조종사는 바람직한 결과를 결정하고 행동 방침을 선택한다.

I: Identify(식별): 목표를 달성하기 위해 해결책을 찾는다. 조종사는 결정하지 못하고 프로세스에 집착하는 일이 없어야 한다.

D: Do(실행): 필요한 행동을 실행한다.

E: Evaluate(평가): 행동의 결과에 대해 평가하여 제대로 수행되었는지 확인한다. 이러한 평가는 프로세스 전반에 대해 지속적으로 수행되어야 한다.

3.3.3.3.7 위험(Risk)

각 비행 단계에서 단일 조종사는 위험한 상황에서 많은 결정을 내려야 한다. 안전하게 비행하기 위해 조종사는 위험도를 평가하고 위험을 줄이기 위한 최선의 행동 방침을 결정해야 한다.

3.3.3.3.8 위험 평가(Assessing Risk)

단일 조종사의 경우 위험을 평가하는 것이 생각처럼 간단하지 않다. 예를 들어, 조종사는 의사결정 과정에서 자신의 품질을 관리하는 것처럼 행동을 한다. 만약 16시간 비행한 피곤한 조종사에게 비행을 계속하기에 너무 지쳐 있는지 묻는다면, 대답은 “아니오”일 것이다.

대부분의 조종사는 목표 지향적이며 비행을 수락하라는 요청을 받으면 개인의 한계를 무시하고 받아들여려는 경향을 가지고 있다. 또 다른 예는, 헬리콥터 응급 서비스(EMS)의 조종사는 비행 결정을 할 때 환자의 건강에 중요한 가중치를 추가하는 경향이 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 조종사는 무형 요소(이 경우 환자)에 가중치를 부여하고 비행 결정을 내릴 때 피로나 날씨와 같은 실제 위험을 적절히 고려하지 못할 수 있다.

단일 조종사는 2명 이상이 탑승하는 비행임무보다 더 큰 취약점을 가지고 있다. 따라서 다른 승무원이 없는 단일 조종사는 비행을 위험한 상태에 빠지게 하는 무형의 요소를 이겨내야 한다.

위험을 평가하는 과정에서 여러 가지 위험 평가 모델을 사용할 수 있다. 모두 약간 다른 접근 방식을 취하지만 객관적인 방식으로 위험을 평가하는 공통의 목표를 가지고 있다. 가장 기본적인 도구는 위험 지수 매트릭스인데 사건의 발생 가능성과 그 사건의 심각성이라는 두 가지 항목을 가지고 계량화한다.

계량화를 위한 매트릭스는 4×4 또는 5×5로 할 수 있는데 각 조직에서 활용하기 편리한 매트릭스를 선택하여 사용하면 된다. 일단 4×4 형태의 매트릭스를 이용하여 설명하도록 하겠다. 매트릭스의 가로

[표 3-13] 위험 분석 매트릭스

| | | Severity | | | |
|------------|------------|--------------|----------|----------|------------|
| | | Catastrophic | Critical | Marginal | Negligible |
| Likelihood | Probable | High | High | Serious | |
| | Occasional | High | Serious | | |
| | Remote | Serious | Medium | | Low |
| | Improbable | | | | |

축(x축)은 사건의 심각도를 표시하고 세로축(y축)은 발생 가능성을 표시하였다.

1) 이벤트의 발생 가능성

가능성은 상황을 파악하고 발생 가능성을 결정하는 것이다. 위에서부터 ‘가능성 높음’, ‘가끔 있음’, ‘거의 없음’, ‘희박함’으로 표시하고 있다. 가로축은 좌로부터 ‘매우 심각(재난)’, ‘심각’, ‘허용한계치’, ‘무시할 정도’로 표시하였다.

배정을 위한 지침은 아래와 같다.

- 가능성 높음(Probable): 예상 가능한 이벤트가 여러 번 발생
- 가끔 있음(Occasional) 이벤트가 발생할 수 있음
- 거의 없음(Remote): 이벤트가 발생하지 않지만 가능함
- 희박함(Improbable): 이벤트 발생 가능성이 낮음

2) 이벤트의 심각도

다음 요소는 조종사의 행동의 심각성 또는 결과이다. 부상 및 / 또는 손상과 관련될 수 있다.

다음은 배정을 위한 지침이다.

- 매우 심각(재난): 치명적인 결과, 전체 손실
- 심각: 심각한 증상, 중대한 손상
- 허용한계치: 경미한 부상, 경미한 손상
- 무시할 정도: 사소한 부상보다 작음, 사소한 시스템 손상보다 적음

위 매트릭스를 활용하는 예를 들어 보자.

어떤 조종사가 한계 시계비행규칙(MVFR) 조건에서 A지점에서 B지점(50마일)으로 비행 중이라고 했을 때 잠재적 계기기상조건(IMC)이 발생할 가능성은 조종사가 대답해야 할 첫 번째 질문이다. 예측과 결합된 다른 조종사의 경험으로 조종사는 IMC와 마주 칠 확률(발생 가능성)을 결정하기 위해 “가끔 있음”을 선택했다. 심각도 면에서는 개인이 계기비행 등급의 조종사가 아닌 경우 실수로 계기비행기상조건을 조우했을 때의 결과는 무엇일까? 이 경우 조종사는 계기비행자격 등급이 아니므로 그 결과는 재앙이 될 수 있다.

위의 두 가지 조건이 만나는 곳을 찾아보면 빨간색의 ‘High’라는 칸으로 나타난다. 이 경우 조종사는 위험을 완화, 제거 또는 제어할 수 있는 방법을 찾은 후에 비행하거나 비행을 취소하여야 한다.

[표 3-14]의 매트릭스는 일반 상황에 대한 일반적인 견해를 제공하지만 조종사의 비행에 맞추어 보다 포괄적인 프로그램을 만들 수 있다. [그림 3-33] 프로그램은 조종사에 특화된 다양한 항공 관련 활동을 포함하고 있으며 건강, 피로, 날씨, 기능 등이 포함된다. 점수가 추가되고 전체 점수를 이용하여 판단할 수 있다.

[표 3-14] 5×5 위험 평가 매트릭스

| 심각도 | 의 미 | | | | |
|-----------|-----------|---------|------|---------|---------|
| | 아주 큰 사고 A | 매우 심각 B | 심각 C | 작은 영향 D | 영향 없음 E |
| 아주높은 빈도 5 | 5A | 5B | 5C | 5D | 5E |
| 높은 빈도 4 | 4A | 4B | 4C | 4D | 4E |
| 중간 빈도 3 | 3A | 3B | 3C | 3D | 3E |
| 작은 빈도 2 | 2A | 2B | 2C | 2D | 2E |
| 아주작은 빈도 1 | 1A | 1B | 1C | 1D | 1E |

3) 위험 완화

위험 평가는 매트릭스의 일부일 뿐이다. 위험 수준을 결정한 후에 조종사는 위험을 완화해야 한다. 예를 들어, MVFR 조건에서 지점 A에서 지점 B(50마일)로 비행하는 조종사는 위험을 줄이는 몇 가지 방법이 있다.

- 날씨가 좋은 시계 비행 규칙(VFR) 조건으로 개선될 때까지 기다린다.
- 현재 기상 등급의 조종사를 배정한다.
- 비행을 연기한다.
- 비행을 취소한다.

단일 조종사가 위험을 줄일 수 있는 가장 좋은 방법 중 하나는 “IMSAFE” 체크리스트를 사용하여 비행에 대한 신체적, 정신적 준비 상태를 결정하는 것이다.

| RISK ASSESSMENT | |
|---|---|
| 조종사성명 <input style="width: 100%;" type="text"/> | 비행 from <input style="width: 50%;" type="text"/> To <input style="width: 50%;" type="text"/> |
| <p style="text-align: center; margin: 0;">수면</p> <p>1. 8시간이상 수면을 취하였는가? <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="2"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>2. 숙면을 취하였는가? <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> | <p style="text-align: center; margin: 0;">오늘 상황은?</p> <p>1. 실수를 많이 함 (늦음, 실수, 절차 벗어남) <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>2. 좋은 날임 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> |
| <p style="text-align: center; margin: 0;">오늘 기분은?</p> <p>1. 감기증상 또는 질병상태 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="4"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>2. 기분 좋음 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>3. 평소보다 좋지 않음 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="2"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> | <p style="text-align: center; margin: 0;">비행시간은?</p> <p>1. 주간? <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>2. 야간? <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> |
| <p style="text-align: center; margin: 0;">공항 기상</p> <p>1. 시정 5 마일 운고 3,000 피트 이상 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>2. 최소 3 마일 시정과 1,000 피트 운고 그러나 운고 3,000 피트 이하 및 시정 5마일 이하 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>3. IMC 기상 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="4"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> | <p style="text-align: center; margin: 0;">비행 계획</p> <p>1. 지상에서 서두름 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>2. 서두르지 않음 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>3. 차트 사용과 컴퓨터 도움 <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>4. 모든 계획에 컴퓨터 사용 Yes <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/> No <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>5. 확인 및 수정 작업은? Yes <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/> No <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>6. 능력을 평가해 보았는가? Yes <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/> No <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> <p>7. 지상에서 승객들에게 브리핑 하였는가? Yes <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/> No <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="2"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: #0056b3; color: white; float: right;" type="button"/></p> |
| <p>소계 <input style="width: 100px;" type="text"/></p> | <p>소계 <input style="width: 100px;" type="text"/></p> |
| <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">총 계</p> | |

[그림 3-31] 위험 평가 매트릭스(조종사를 위한 매트릭스)

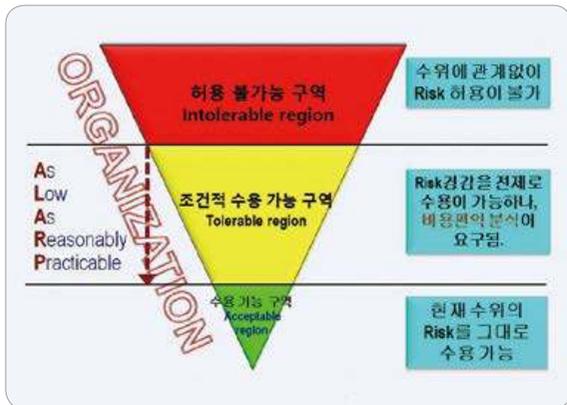
3.3.3.3.9 위험관리(Risk Management)

위험 관리(risk management) 및 위험 해결(risk intervention)은 용어의 간단한 정의처럼 쉬운 것은 아니다. 위험 관리 및 위험 해결은 체계적으로 위해

요인을 식별(hazard identification)하고 위험 정도를 평가(risk assessment)하며 최선의 행동 방침을 결정하기 위한 의사결정 프로세스이다. 이러한 프로세스에는 위해요인 식별, 위험 평가, 통제 분석, 통



[그림 3-32] 위험관리절차 모델



[그림 3-33] 위험 구분과 ALARP 모델

제 결정, 통제 사용 및 결과 모니터링이 포함된다.

3.3.3.3.10 IMSAFE 체크리스트(IMSAFE Checklist)

I: Illness(질병) - 나는 아픈 것인가? 질병은 조종사에게 위험요소이다.

M: Medication(약물 복용) - 내 판단에 영향을 미칠 수 있는 약을 복용하거나 나를 졸리게 하는가?

S: Stress(스트레스) - 나는 직장에서 심리적 압력을 받고 있는가? 돈, 건강 또는 가정 문제가 있는가? 스트레스로 인해 집중력과 기량에 문제가 발생

한다. 조종사는 스트레스가 성능에 미치는 영향을 고려해야 한다.

A: Alcohol(술) - 8시간 이내에 술을 마셨는가? 24시간 안에 마셨는가? 1온스의 주류, 1병의 맥주 또는 4온스의 와인은 비행 기량을 저하시킬 수 있다. 알코올은 또한 조종사의 방향 감각 상실과 저산소증에 더 취약하게 만든다.

F: Fatigue(피로) - 피곤하고 적절하게 쉬지 않고 있는가? 심각한 오류가 발생할 때까지 조종사에게 명백하지 않을 수 있으므로 피로는 비행 안전에 있어 가장 잠재된 위험 요소 중 하나이다.

E: Emotion(감정) - 나는 감정적으로 화가 나 있는가?

3.3.3.3.11 PAVE 체크리스트(PAVE Checklist)

위험을 완화하는 또 다른 방법은 위험을 감지하는 것이다. 조종사는 비행 전 계획에 PAVE 체크리스트를 포함시켜 조종사가 의사결정을 할 때 PIC(Pilot in-Command), 항공기, 환경 및 외부 압력(PAVE), 이 네 가지 비행 위험 요인을 검토하도록 한다.

PAVE 체크리스트를 통해 조종사는 매 비행 전에 위험을 검토하기 위해 각 카테고리를 기억하는 간단한 방법을 익힐 수 있다.

조종사가 이해해야 하는 가장 중요한 개념 중 하나는 규정의 측면에서 “합법적”인 것과 조종사 경험 및 숙련도면에서 “현명한”또는 “안전한”것의 차이다.

P: Pilot in Command(지휘기장)

조종사는 비행의 위험 요소 중 하나이다. 조종사

는 경험, 최신성, 자격, 신체적, 정서적 측면에서 “이 비행 준비가 되어 있는가?”라고 자문해야 한다.

A = Aircraft(항공기)

- 이 항공기는 비행에 적합한가?
- 이 항공기에 익숙한가? 항공기 성능 수치와 AFM은 전문 테스트 파일럿이 비행 한 새로운 항공기를 기반으로 한다.
- 이 항공기는 비행 준비가 되어 있는가? 계기? 항행등? 항법 및 통신 장비가 적절한가?
- 이 항공기는 비행 조건 하에서 충분한 여유를 가지고 이륙할주로를 사용할 수 있는가?
- 이 항공기가 계획된 하중을 운반할 수 있는가?
- 이 항공기는 순항에 필요한 고도에서 운항 가능한가?
- 이 항공기는 충분한 연료 용량을 가지고 있으며 예비 연료를 가지고 있는가?
- 보급된 연료량이 주문된 연료량과 일치하는가?

V = EnVironment(환경)

1) 기상

기상은 환경의 주요 고려 사항이다. 조종사는 특히 날씨와 관련하여 조종사 자신의 개인 최저치를 설정하는 것이 좋다. 조종사는 특정 항공편의 날씨를 평가할 때 다음 사항을 고려해야 한다.

- 현재 운고 및 시정은 얼마인가? 산악 지형에서는 특히 지형에 익숙하지 않은 경우 운고 및 시정에 대한 최저치를 고려해야 한다.
- 날씨가 예측과 다를 가능성을 고려. 예상치 못한 변화가 발생하면 예비 계획을 세우고 수행해야 한다.

- 사용 중인 공항에서의 바람과 측풍 강도를 고려한다.
- 산악 지형에서 비행한다면, 강한 바람이 불어올 지를 확인. 산악 지대에서의 강한 바람은 심각한 난기류 및 하강 기류를 유발할 수 있으며 항공기에 매우 위험할 수 있다.
- 천둥 번개가 있는가?
- 구름이 있다면, 어떤 형태이며, 현천 또는 예보는 어떤가? 온도/이슬점 분포 및 현재 고도의 온도는 얼마인가? 강하는 절차를 따라 안전하게 할 수 있는가?
- 착빙 조건이 발생하면 조종사는 항공기의 제빙 장치 또는 제빙 장치를 작동한 경험이 있는가? 이 장비는 상태가 양호하고 작동이 되는가?

2) 지역

지형의 평가는 비행 환경 분석의 또 다른 중요한 구성 요소이다.

- 지형과 장애물을 피하기 위해, 특히 야간이나 시야가 좁은 경우, 비행 전 계획 중에 VFR과 IFR 차트에 표시된 고도를 사용하여 사전에 안전한 고도를 결정하여야 한다.
- 지형이나 장애물과의 항공기 충돌 가능성을 최소화하기 위해 최대 고도 지도(Maximum Elevation Figure, MEF) 및 기타 쉽게 얻을 수 있는 데이터를 사용한다.

3) 공항

- 목적지 공항과 대체 공항에서 사용할 수 있는 조명/항행 보조 시설은 무엇인가? VASI/PAPI 또는 ILS 글라이드 슬로프(Glide Slope)

- 폐쇄된 활주로 또는 공항에 대해서는 노탐 (NOTAM)을 확인, 활주로 또는 표지 등, 유도 로 등
- 엔진 고장 시 회항할 인근 공항은 어디인가?

4) 공역

- 비상 공항으로 착륙 시 승무원에게 적절한 의 류, 식수 및 생존 장비가 있는가?
- 수평선을 시각적으로 잃어버릴 가능성이 있는 경우 조종사는 IFR 비행 준비가 되어 있는가?
- 비행경로를 따라 공역 및 임시 비행 제한(TFR) 을 확인할 것

5) 야간

야간 비행 시에는 특별한 준비가 필요하다.

- 야간에 비공식 비행이 포함되거나 시각적 기준 을 잃을 가능성이 있는 경우 조종사는 계기비행 (IFR flight)을 할 준비가 되어 있어야 한다.
- 밤에 안전하게 비상 착륙할 수 있는가?
- 야간 비행을 위해 모든 항공기 조명, 내부 및 외 부의 비행 전 확인을 수행, 적어도 두 개의 손전 등을 휴대할 것, 하나는 외부 점검을 위한 것이 고 다른 하나는 조종실에서 사용할 수 있는 더 작은 플래시 라이트이다.

E = External Pressures(외부 압력)

외부 압력은 비행을 완료해야 한다는 압박감을 유발 하는 비행 외적 영향이며 종종 안전 저해 요소로 작용 한다. 외부 압력이 될 수 있는 요인은 다음과 같다.

- 공항 도착을 기다리고 있는 누군가가 있을 경우
- 조종사가 실망시키지 않으려는 승객

- 자신의 능력을 과시하고자 하는 욕구
- 누군가를 감동시키려는 욕망
- 특정한 개인적인 목표
- 조종사의 임무 목표 완수 욕구

3.3.4 인적 요인 분석을 위한 체계적인 접근 (Systematic Approach to Human Factor Analysis)

기술 및 경험 수준을 인정하는 것과 관련된 정서적 압력은 조종사가 원하는 것보다 낮을 수 있다. 자부 심은 강력한 외부 요소가 될 수 있다.

- 외부 압력 관리

외부 압력 관리는 파일럿이 다른 모든 위험 요소를 무시할 수 있는 위험 요인 범주 중 하나이기 때문에 위험 관리의 가장 중요한 핵심 요소이다. 외부 압력 은 조종사에게 시간과 관련된 압력을 가하고 사고의 대부분을 차지한다.

3.3.4.1 셸 모델(SHELL MODEL)

인적 요인에 대한 설명을 위해 많이 활용되는 것이 모델이 SHELL 모델이다. 이 개념적 모델을 설명하 기 위한 실용적인 다이어그램은 블록을 사용하여 인 적 요인의 다양한 구성 요소를 나타낸다. 모델은 한 번에 하나씩의 블록으로 구성될 수 있으며 각 블록 간의 관계를 나타내기 위해 두 개를 나란히 배열할 수도 있다.

SHELL 개념(Software, Hardware, Environment, Liveware의 초두 문자에서 파생된 이름)은 1972 년 Edwards가 처음 개발하여 사용하였으나 1975년



[그림 3-34] SHELL 모델

KLM 기장이던 Hawkins가 L을 하나 더 첨가해서 SHELL 모형으로 만든 후 많이 사용되기 시작했다. L은 라이브웨어(인간), H는 하드웨어(기계) 및 S는 소프트웨어(절차, 기호 등), L은 환경(L-H-S 시스템이 작동해야 하는 상황)을 나타낸다. 이 빌딩 블록 다이어그램은 인적 요인이 포함되지 않는, 예를 들면 하드웨어 - 하드웨어, 하드웨어 - 환경, 소프트웨어 - 하드웨어 관계와 같은 부분은 다루지 않으며 인간과의 관계를 설명하기 위해 만들어진 모형이다. 각 요소들에 대해 알아보자.

- ① 인간(Liveware): 이 모델의 중심은 인간으로 가장 민감하고 유연한 시스템 구성 요소이다. 그러나 사람들은 능력 및 한계가 개인별로 상당한 차이가 있을 수 있다. Liveware는 모델의 핵심 구성 요소이며 다른 모든 구성 요소들이 인간에게 “적합”하도록 설계 또는 제작되어야 한다.
- ② 육체적 크기와 형태: 작업장과 대부분의 장비의 디자인에서 신체 측정과 동작에 대한 측정

이 중요한 역할을 한다. 이것은 나이, 인종 및 성별에 따라 다르다. 의사결정은 디자인 프로세스의 초기 단계에서 이루어져야 하며, 이러한 결정을 위한 데이터는 인체 계측 및 생체 역학에서 가져올 수 있다.

- ③ 신체적 요구: 식품, 물 및 산소에 대한 사람들의 요구 사항을 생체학 및 생물학에서 자료를 찾을 수 있다.
- ④ 정보 처리: 이러한 인간의 능력에는 많은 한계가 있다. 인간 정보 처리 시스템의 기능 및 한계를 고려하지 않고 설계할 경우 잘못된 계기 및 경고 시스템을 설계하게 된다. 단기 및 장기 기억뿐만 아니라 동기와 스트레스도 관련되어 있다. 필요한 배경 지식은 심리학이라고 할 수 있다.
- ⑤ 입력 특성: 인간은 주변의 정보를 수집하여 외부 사건에 대응하고 필요한 업무를 수행할 수 있게 하는 감각 시스템을 가지고 있다. 그러나 모든 감각은 한 가지 이유 또는 다른 이유로 기능이 저하될 수 있다. 예를 들어 주의 고정 또는 산만으로 인해 제대로 상황 인식을 할 수 없는 경우이다. 여기에 필요한 지식은 생리학, 감각 심리학 및 생물학이다.
- ⑥ 출력 특성: 일단 정보가 감지되고 처리되면 메시지가 근육으로 전송되어 원하는 반응을 시작한다. 육체적인 움직임을 할 것인지 또는 의사소통을 할 것인지 여부를 결정한다. 수용 가능

한 통제력과 운동 방향이 알려져야 하며, 생체 역학, 생리학 및 심리학이 그러한 지식을 제공할 수 있다.

- ⑦ 환경 내성: 온도, 압력, 습도, 소음, 하루 중 시간, 밝음과 어둠 등은 모두 성과와 삶의 질에 반영될 수 있다. 쾌적한 환경, 밀폐된 공간 및 지루하고 스트레스가 많은 작업 환경 또한 행동과 성과에 영향을 미칠 수 있다. 여기에 필요한 정보는 생리학, 생물학 및 심리학에서 찾을 수 있다.

다음은 인간과 주변의 상관관계에 대해 알아보자.

⑧ L-H(인간과 하드웨어)

이 인터페이스는 인간 - 기계 시스템과 관련하여 가장 일반적으로 고려되는 인터페이스이다.

- 인체의 착석 특성에 맞는 좌석 설계
- 사용자의 감각 및 정보 처리 특성에 부합하는 디스플레이
- 올바른 동작 제어, 코딩 및 위치

사용자는 L-H 관계에 문제가 있더라도 이에 적응하는 인간의 특성이 문제점을 가려 줄 수 있으나 문제점을 제거해 주지 않을 경우 사고와 같은 재앙을 초래할 수도 있다. 이는 설계자가 주의해야 할 잠재적 위험으로 경각심을 가져야 한다.

⑨ L-S(인간과 소프트웨어)

이것은 인간과 절차, 매뉴얼 및 체크리스트 레이아웃, 기호 및 컴퓨터 프로그램과 같은 시스템의 비물리적 측면을 포함한다. 문제는 이 인터페이스에서는

볼 수 없는 경우가 많으므로 결과적으로 확인하기 어려울 수 있다(예: 체크리스트 또는 표식의 오역).

⑩ L-E(인간과 환경)

인간 - 환경 인터페이스는 비행 초기에 가장 먼저 인지된 인터페이스 중 하나였다. 초기에는 모든 조치가 인간을 환경에 적응시키는 것을 목표로 삼았다(헬멧, 비행복, 산소마스크, G 슈트). 그러나 현재 추세는 사람의 요구 사항(가압 및 공기 조절 시스템, 방음)에 맞게 환경을 조정하여 인간에 맞는 환경을 조성하는 것이다.

오늘날, 고고도 비행에서의 오존 농도와 방사선 위험 및 고속으로 시간대를 넘나드는 장거리 비행으로 인한 불안정한 생체 리듬 및 수면 장애 등도 해결해야 할 과제로 대두되었다.

비행 착각과 공간 지각력 상실 등이 항공 사고의 원인으로 밝혀지고 있기 때문에 L-E 인터페이스는 접근 및 착륙 단계에서 비행 착각과 같은 상황에 의해 유발되는 지각 오류를 고려해야 한다. 항공 시스템은 광범위한 정치적 및 경제적 제약의 맥락에서 운영되며, 이러한 사회 환경적 측면은 이 인터페이스에서 상호 작용할 수 있다.

이러한 사회적 환경은 인적 요인 실무자가 해결할 수 있는 범위를 벗어나므로 경영진에 의해 문제 해결이 시도되어야 한다.

⑪ L-L(사람과 사람)

이것은 사람과 사람 사이의 인터페이스이다. 승무원 훈련 및 숙련도 평가는 전통적으로 각각의 개인 위주로 수행되었다. 각 개별 승무원이 능숙하면, 이들 개인으로 구성된 팀도 능숙하고 효과적인 것이

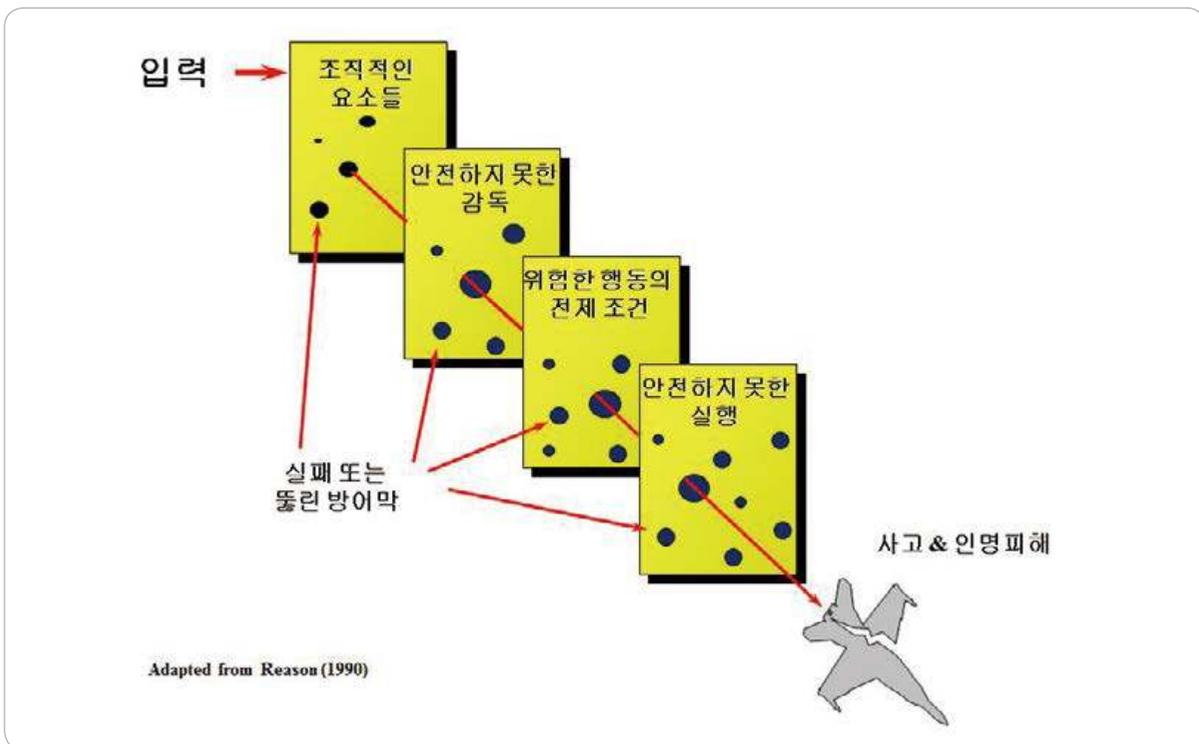
라고 추측했다. 그러나 항상 그런 것은 아니며, 수 년 동안 팀워크 문제로 사고가 유발되는 것이 알려졌다. 운항 승무원은 그룹으로 업무를 수행하고 그룹 영향은 행동과 성과를 결정하는 데 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 이 인터페이스에서 우리는 리더십, 승무원 협력, 팀워크 및 개인 성격의 상호 작용에 관심을 가져야 한다.

3.3.4.2 제임스 리즌(James Reason)의 사고 발생 모형(Reason's Model)

제임스 리즌은 스위스 치즈 모델을 이용하여 하나의 이벤트가 몇 가지 방어막을 통과하였을 때 사고가 날 수 있다는 사고발생 모델을 제시하였다. 방어,

방벽 및 보호 장치는 시스템 접근 방식에서 핵심적인 위치를 차지하는데 첨단 기술 시스템은 여러 가지 방어 계층을 갖추고 있다. 경보, 물리적 장벽, 자동 종료와 같은 일부 기술자, 외과 의사, 마취사, 조종사, 제어실 운영자에게 의존하는 사람들과 절차 및 관리 제어에 의존하는 사람들이 있다.

이상적인 세계에서 각 방어 계층은 손상되지 않는다. 치즈와 달리 이 구멍은 계속해서 열리고 닫히고 이동한다. 어떤 “슬라이스”에 구멍이 존재하더라도 일반적으로 나쁜 결과가 발생하지 않지만 많은 계층의 구멍이 사고가 발생할 수 있는 허점을 허용하는 경우가 발생한다. 사고는 단 하나의 원인으로 발생하는 것이 아니라 여러 가지 요인이 겹쳐서 발생하기 때문이다.



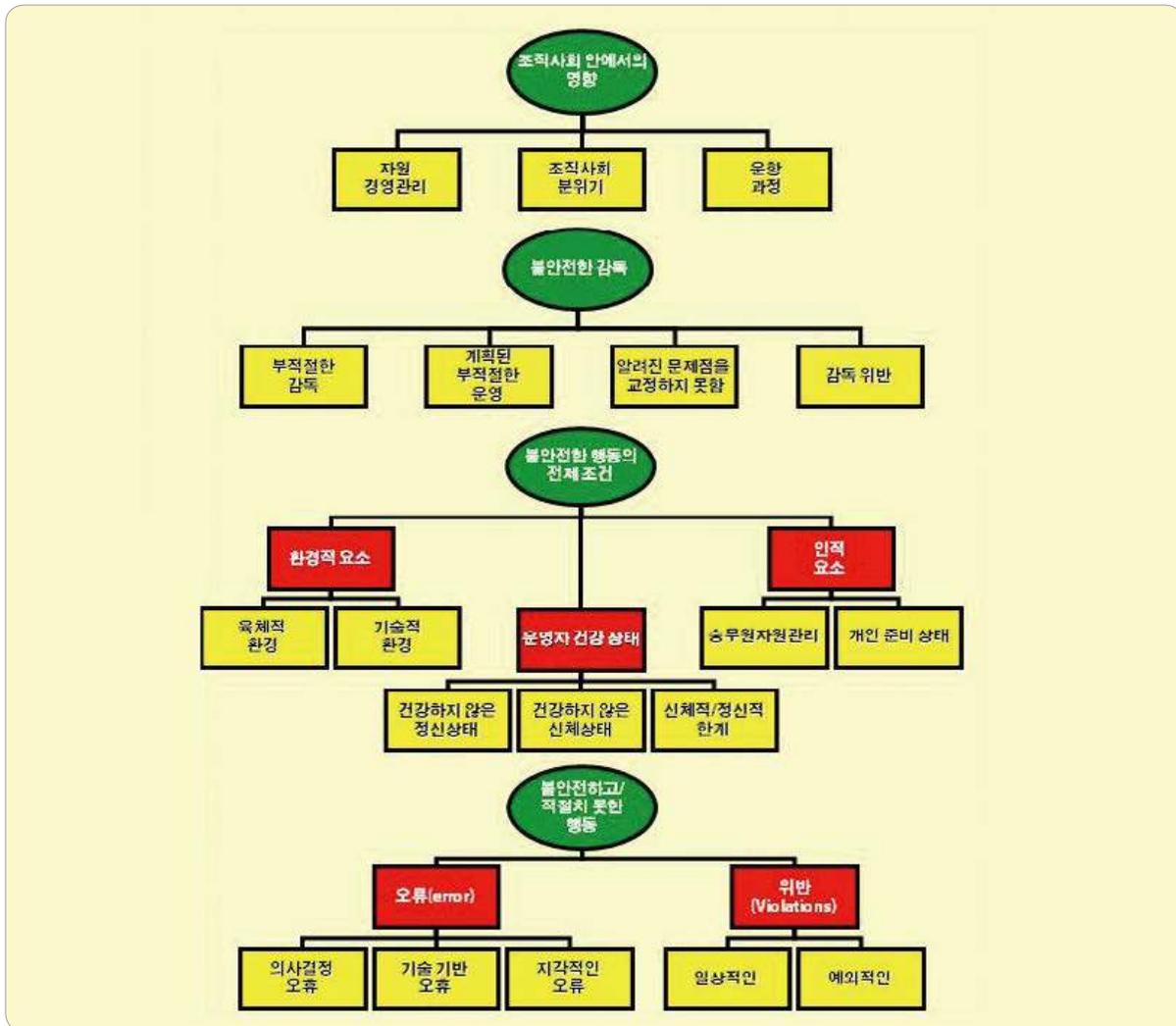
[그림 3-35] 사고 발생 모델(James Reason)

3.3.4.3 인적 요인 분석 및 분류 시스템(Human Factors Analysis and Classification System, HFACS)

인적 요인 분석 및 분류 시스템은 스위스 치즈 모델에서 항목들을 더 세분화하여 만든 분석도구이다. 사고의 인적 원인을 확인하고 조사 프로세스를 지원하고 교육 및 예방 노력을 타깃으로 하는 도구를 제공

한다. 이것은 미국의 Urbana-Champaign에 있는 Scott Mappell 박사와 Doug Wiegmann 박사에 의해 개발되었으며, 어떤 유형의 인간 실수가 80%의 주요 인과관계 요인이었음을 보여주는 추세에 대응하여 해군과 해병대의 모든 비행 사고를 분석하게 되었다.

HFACS는 안전하지 않은 행동, 안전하지 않은 행동의 전제 조건, 안전하지 않은 감독 및 조직 영향을 포함하는 네 가지 수준의 능동적 오류 및 잠재적 실



[그림 3-36] 인적 요인 분석 및 분류 시스템(HFACS) 모델

패를 보는 인간 실수의 스위스 치즈(Swiss Cheese) 모델을 기반으로 한다. Reason의 아이디어를 4가지 수준의 인적 실패 내에서 19가지 인과 범주를 만들어 포괄적인 인적 오류 프레임 워크를 완성하였다. 분석된 자료는 나노코드를 이용하여 입력함으로써 정량적인 분석이 가능하도록 개발하였다.

3.3.4.4 위협 및 에러 관리(TEM) 모델과 이론 (TEM Model and Theory)

3.3.4.4.1 TEM 모델(TEM Model)

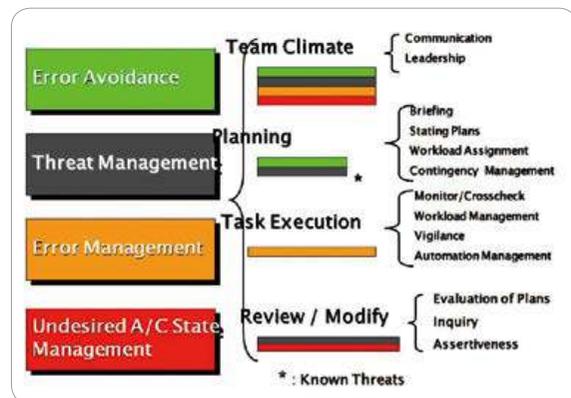
- 1) TEM은 차량 운전자의 방어운전과 유사한 개념으로 운항승무원이 방어적 운항으로 인한 복잡성이 있는 운항환경에서 안전여유범위를 최대화하고 사전 예측적으로 관리하는 운항안전 기법이다.
- 2) 사전 준비성과 적극적인 모니터링으로 오류를 회피하며, 위협을 관리하고 이미 발생한 오류와 불안정한 항공기 상태를 관리하는 것이 TEM의 핵심요소이다.
- 3) 운항안전은 사전에 알려진 위협과 예기치 않은 위협 그리고 외부의 오류가 운항승무원으로 하여금 오류를 발생하게 한다.
- 4) 운항승무원이 유발한 오류를 탐지하고 제거하며, 불안정한 항공기 상태(UAS)를 탐지하고 식별하여 안전운항으로 회복하는 과정이며, 위협, 오류, UAS가 미관리될 때 사고나 준사고가 발생하게 된다.
- 5) TEM 전략 과정은 사전에 예측하여 위협요인을 전략적으로 대비하고, 경고장치와 규정, 표준화 절차, 훈련, 체크리스트 등의 시스템을 저항수단(Resist)으로 사용하여 운항승무원이 오류를

포착하여 회복할 수 있도록 해결하는 것이다.

- 6) TEM 이론을 조종석에서 잘 수행하기 위한 효과적인 방안은 승무원 협력이므로, 리더십을 중심으로 의사소통을 하여 올바른 의사결정을 하도록 하며 상호 비교확인, 경계와 감시 등으로 서로를 보완하여 위협과 오류를 관리하여야 한다.
- 7) 아래 그림은 TEM 모델에 대한 설명으로 위협이 관리되지 않으면 오류로 발전하며, 위협 및 승무원들이 발생시킨 오류가 승무원들의 탐지로 관리되지 않으면 불안정한 항공기 상태로 연계되는 과정을 의미한다.



[그림 3-37] 위협 및 에러 관리 모델



[그림 3-38] TEM 대응 관리 방법

3.3.4.4.2. 위협(Threat)의 정의 및 개요

(Definition and Overview of Threats)

위협은 운항 승무원에 의한 것이 아닌 운항승무원의 영향 밖에서 발생한 사건이나 오류들로 비행 운영의 복잡성을 증가시키고, 안전 마진을 유지하기 위해서는 운항승무원의 주의와 관리를 필요로 한다.

1) 위협의 개요

위협은 높은 지형, 착빙 조건, 항공기(예를 들어, 작동 불능의 역 회전 장치), 또는 운항관리사에 의한 연료 탑재의 부정확과 같은 다른 사람의 실수를 포함할 수 있다. 이러한 모든 이벤트는 승무원과 관계 없이 별개로 발생하지만 결국 승무원의 워크로드를 증가시키고 안전을 위해서는 관리되어야 하는 위협 요소이다.

때로는 개별로 관리할 수 있으나 때로는 위협 요소가 서로 상호 작용하여 필요한 관리를 더욱 복잡하게 만드는 경우도 있다. 상업용 항공기에 영향을 주는 위협은 항공사 유발 위협 요소와 외부 환경적 요인의 위협 요소 두 가지 범주로 나눌 수 있다.

- ① 항공사 유발 위협 요소: 운항지연 등의 운항압박(operational pressure), 승객을 포함한 객실 요인, 정비 결함을 포함한 항공기 요인, 지상 조업, 운항 관리(dispatcher), 불완전한 법, 규정과 절차를 포함한 문서 요인 등 항공기 운항과 관련된 위협 요인들이다.
- ② 외부 환경적 위협 요소: 활주로의 폭과 길이가 짧은 공항, 항공기 운항이 많은 혼잡한 공항과 공역, 따르기 어려운 관제 지시, 악기상, 지형 지물 등 항공사의 직접 통제 범위를 벗어나는

요인들을 들 수 있다.

2) 위협 관리

운항 승무원의 오류를 방지하는 차원에서 위협을 인지하고 반응하여 그 영향이 줄어들도록 관리하는 것이 위협 관리이다. 운항승무원은 비행 시 위협을 인지해야 하며, 위협을 인지한 후에 제대로 대처하지 못하면 운항승무원의 오류를 초래할 수 있다.

항공사에서는 운항승무원들이 운항안전기법과 방법들을 사용하여 위협을 관리하고 오류를 예방해야 한다. 위협 요소는 운항승무원의 영향 밖에 있으므로 운항승무원이 원하지 않아도 발생하게 되어 운항 승무원의 업무를 증가시키게 되므로 사고를 방지하기 위해서는 위협에 적절하게 대처해야 한다.

위협의 유형들에 대하여 알기 위해 LOSA(Line Operational Safety Audit)를 통하여 위협 정보를 수집하고 분석하여 특성을 파악하고 대책을 수립하는 방법이 있다.

3.3.4.4.3 오류의 정의 및 개요

(Definition and Overview of Errors)

운항승무원의 오류는 실행을 잘못하거나 실행하지 않음으로 인해 조직이나 승무원의 의도 또는 계획으로부터 이탈하는 것이며, 안전 마진을 축소시켜 지상 또는 공중에서 항공기 운항에 불안정한 결과의 발생률을 증가시키는 행위로 정의된다.

1) 오류의 개요

운항승무원 외의 사람들이 실수하는 것은 위협(threat)으로 간주하며, 승무원들이 범하는 것을 오류라고 한다. 운항 승무원의 오류는 순간적인 망각

(Lapse)이나, 착오(Slip) 또는 예상하거나 예상하지 못한 위협에 의해 발생한다.

운항 임무 수행 중에 갑자기 순간적인 방해나 변경이 생기면 운항승무원의 주의가 분산되어 오류가 발생할 수 있다. 고의적으로 절차를 생략하거나 절차대로 임무를 수행하지 않는 경우에도 오류가 발생할 수 있다. 한 번에 여러 가지 상황이 발생하거나 업무 부하가 많은 경우 및 피로한 경우에도 오류가 쉽게 발생한다.

2) 오류의 유형²⁸⁾

운항승무원에 의한 오류는 항공기 조작 오류, 절차적 오류 그리고 의사소통 오류의 세 가지 유형으로 분류된다.

- ① 항공기 조작오류에는 자동비행, 수동 비행/비행조작, 지상 항법, 시스템/라디오/계기 조작 오류가 있다.
- ② 절차오류에는 브리핑, 복창(Callout), 체크리스트, 문서, PF/PM 임무수행, 상호비교 확인, 기타 절차 오류가 있다.
- ③ 의사소통 오류는 외부 의사소통, 운항승무원 간 의사소통 오류로 구분된다.

3) 오류의 관리

운항승무원들은 인간이기 때문에 실수를 할 수밖에 없으므로 운항 시 TEM을 사용하여 오류를 인지하고 그 영향을 저감하여 오류로 인해 더 나쁜 결과가

가 초래되지 않도록 관리해야 한다. 인지되지 않은 오류는 관리할 수 없기 때문에 오류의 관리를 위해서는 오류의 인지가 가장 중요하다.

운항 승무원은 비행 중 오류를 회피(avoid)하도록 하며, 이미 범하게 된 오류는 감시와 상호비교점검을 통해 제거(trap)하며 발견된 오류는 약화시켜 허용 가능한 수준으로 경감(mitigate)하도록 한다.

효과적인 오류관리는 오류가 발생하자마자 운항승무원들이 바로 인지하여 상호 간에 알리어 이를 조치하는 것이다. 이미 발생한 오류를 지속적으로 감시하고 상호비교 점검을 통해서 탐지해 내는 것이 오류관리의 핵심이다.

3.3.4.4 불안전한 항공기 상태(UAS)의 정의 및 관리 (Definition and Management of UAS)

1) 불안전한 항공기 상태의 정의

불안전한 항공기 상태는 항공기의 위치, 속도, 고도 또는 외장(Configuration)이 운항 승무원에 의해 안전도가 급격히 낮아지는 상황으로 정의한다. 불안전 항공기 상태의 예를 들면 비정상적인 항공기의 고도, 속도, 위치, 형상, 항적, 착륙의 발생, 잘못된 활주로 진입 등을 말하며, 불안전한 항공기 상태는 사고나 준사고의 전 단계로 위협과 오류가 미관리되어 발생한다.

2) 불안전한 항공기 상태의 관리

오류가 관리되지 못하면 다른 오류나 불안전한 상

28) 최진국(2014), 복행실패로 발생한 CFIT사고의 공통요인 및 외항사 복행게이트 운영 실태에 대한 연구(한국 대표적 CFIT사고의 TEM 분석을 중심으로), 한국항공운항학회지.

태로 발전하게 되며, 오류로 인해서 정상적인 상태로 유지되어야 하는 것이 이탈되면 불안전 상태가 된다. 불안전한 상태의 관리에 실패하게 되면 준사고나 사고로 이어질 수 있으므로 항공사 내의 관리되지 못한 위협과 오류를 정확히 파악하고 집중관리를 하여 사전예방적인 안전관리를 해야 한다. TEM 관리에서 가장 핵심적인 사항은 불안전한 항공기 상태로 이어지는 위협과 오류를 제거하도록 규정과 절차를 개선하고 훈련을 통해 개선하는 것이다.

3) 불안전한 항공기 상태의 유형

불안전한 항공기 상태는 항공기 조작, 지상 항법, 부정확한 항공기 외장(configuration)의 세 가지 유형으로 구분된다.

- ① 항공기 조작유형: 종적, 횡적 이탈 또는 속도의 오차, 악기상 지역으로 불필요한 진입, 불안정한 접근, 경착륙, 중심선 이탈 착륙 등의 항공기 조작과 관련한 것을 말한다.
- ② 지상 항법유형: 활주로/유도로 침범, 잘못된 유도, 램프, 게이트 진입, 제한 속도 이상으로의 지상 활주 등으로 지상에서 활주 중 발생한 것이다.
- ③ 부정확한 항공기 외장(configuration) 유형: 자동화 조작, 엔진, 항공기 조작, 시스템 등의 불안정한 항공기 상태를 말한다.

3.3.4.4.5 TEM 대응책(TEM Countermeasure)

운항승무원들은 대응책을 가지고 위협 및 오류를 관리하여 안전운항을 하는데, 운항 훈련과 심사를 관찰한 연구에 따르면 운항승무원 활동의 70%에

해당하는 임무가 대응책 활동이라고 한다. 이러한 대응책은 항공 시스템에 의해서 수행되는 시스템 기반 대응책과 개인 및 팀에 의한 대응책으로 구분된다.

1) 시스템 기반 대응책

위협 및 오류관리에 대한 시스템적 대응책으로 항공 시스템에 의해서 구성된 물적 자원을 사용하여 관리한다. 공중충돌 회피 장치(TCAS), 지상충돌 경고장치(GPWS), 표준화 절차(SOP), 점검표(Checklist), 브리핑, 훈련 등 시스템적으로 사용되며 안전운항에 있어 조직적인 방어막이 된다.

이러한 체계 기반 대응책으로 각 개인마다 다르게 판단하거나 조작하는 오류를 체계적으로 관리할 수 있다. 운항승무원의 안전문화와 안전태도 없이는 이들 대응책들이 있어도 준수하지 않기 때문에 지속적으로 안전문화가 정착하도록 조직의 문화를 관리해야 한다. 항공사가 조직적 관리에 중점을 체계 기반 대응책을 효과적으로 운용하게 되면, 운항승무원들이 오류를 할 가능성이 체계적으로 감소하게 되는 환경을 제공하게 된다.

2) 개인 및 팀의 대응책

개인 및 팀의 대응책은 팀문화 대응책, 계획 대응책, 실행 대응책, 검토 대응책으로 구성된다. 팀문화 대응책에는 의사소통환경, 리더십, 종합 편조임무 수행능력(팀워크)이며, 계획 대응책에는 브리핑, 계획 진술, 업무분담, 위기관리가 포함된다. 실행 대응책에는 감시/상호비교확인, 업무부하 관리, 자동화 관리가 있으며, 검토 대응책에는 계획의 평가 및 수정, 질의, 자기주장이 있다.

3.3.4.4.6 TEM 활용(Utilizing TEM)

1) 위협(Threat) 식별

① 환경 위협

- 기상: 폭풍, 착빙, 난기류, 윈드시어, 측풍/배풍, 흑한/흑서 등
- 항공교통관계: 교통량 과밀, TCAS RA/TA, ATC 지시, ATC 오류, ATC 용어 상이함, ATC 비표준 용어 사용, ATC 활주로 변경, ATIS 통신, 측정단위 (QFE/meters).
- 공항: 활주로 오염, 짧은 활주로, 오염된 유도로, 표식 시설 혼동/부족/부식 등, 새폐, 복잡한 지면 항법 절차, 공항 건물 등
- 지형: 높은 표고, 경사, 참조점 부족 등
- 기타: 유사한 호출 부호

② 조직 위협

- 조직 압력: 시간 지연, 장비 교환, 도착 지연 등
- 항공기: 항공기 고장, 자동화 고장, MEL/CDL 등
- 객실: 비행 승무원 오류, 객실 사건 방해, 객실 문 보안 등
- 정비: 정비 실수/오류
- 지상: 지상 조업 문제, 착빙, 지상 요원 오류 등
- 운항관리사: 운항관리사 문서 작업 오류 등
- 문서: 매뉴얼 오류, 차트 오류 등
- 기타: 승무원 스케줄 이벤트

2) 오류(Error) 식별

① 항공기 조작 오류

- 수동 조작/비행 조종: 수직/수평 또는 속도 오차, 부적절한 플랩/속도제어기, 추력 조절 등

- 자동화: 부적절한 고도, 속도, 방향, 자동 스톱들 조절, 부정확한 모드 수행, 또는 진입
- 시스템/라디오/계기: 부적절한 방빙, 고도계, 연료 스위치 조절, 속도 조절, 라디오 주파수 입력
- 지상 항법: 잘못된 유도로/활주로 선회 시도, 과속 활주, 정지 대기 실패, 유도로/활주로 지나침

② 절차 오류

- 절차 표준: 자동화 입력 상호 확인 실패
- 점검표: 잘못된 C&R, 항목 누락, 점검표 수행 지체, 잘못된 시점
- 복창: 누락/부적절한 복창
- 브리핑: 브리핑 생략, 항목 누락
- 서류: 잘못된 중량 및 중심, 연료 정보, ATIS, 허가 정보 기록, 잘못된 로그북 입력, 부적절한 MEP 절차 적용 등

③ 의사소통 오류

- 외부 교신: 호출부호 누락, 지시 오해, 부적절한 복창, 잘못된 허가 및 유도로, 게이트, 활주로
- 조종사 간: 승무원 간 잘못된 의사소통 및 오해

④ 불안전한 항공기 상태

- 항공기 조작
 - 항공기 조종(자세)
 - 수직, 수평 또는 속도 오차
 - 불필요한 기상 통과
 - 미인가된 공역 통과
 - 항공기 제한치 초과 운항
 - 불안정한 접근
 - 불안정한 접근 후 지속적 착륙

- 긴 활주로의 중심에서 벗어나 착륙

⑤ 대처 방안 [표 3-15] 참조

[표 3-15] 위험 및 오류 관리 대처방안

| 대처방안 계획 | | |
|-------------|---|--|
| 표준운항 절차 브리핑 | 전체 운항 및 상호 행동에 대한 브리핑 | · 간명하지만 급하지 않은 표준운항 절차 브리핑 · 최저 기준 수립 |
| 계획 공유 | 운항 계획 및 결정에 대한 대화 및 확인 | · 계획에 대한 이해 공유 |
| 업무부하 지정 | 정상 및 비정상 상황에 대한 역할과 책임 분담 | · 업무부하 지정에 대한 의사소통 및 확인 |
| 우발상황 관리 | 승무원들의 안전 위협 관리에 대한 효과적 전략 개발 | · 위험과 초래 결과에 대해 예상함 · 위험 관리를 위해 가능한 모든 자원을 사용함 |
| 대처방안 수행 | | |
| 관찰/ 상호확인 | 시스템 및 다른 승무원에 대한 승무원들의 적극적인 관찰과 상호 확인 | · 항공기 위치, 설정, 승무원 행동 확인 |
| 업무부하 관리 | 주요 비행업무 수행을 위한 운항업무의 적절한 관리와 우선순위 지정 | · 업무 고착 회피 · 업무 과부하 방지 |
| 자동화 관리 | 상황 및 업무부하 요구 조건 조절을 위한 적절한 자동화 관리 | · 자동화 설정에 대한 승무원 상호 브리핑 실시 · 자동화 고장 시 효과적인 회복 절차 기술 |
| 대처방안 검토 | | |
| 계획 평가/ 수정 | 필요시 현존 계획에 대한 검토 및 수정 | · 승무원 의사결정 및 행동은 현존 계획이 최선인지 여부를 확인하기 위해 개발되어 분석되어야 함 |
| 문의 | 승무원은 현재 행동계획을 명확하게 하고 조사하기 위한 의문을 가져야 함 | · 승무원은 지식 부족에 대한 표현을 두려워하면 안 됨 · 당연시 여기지 않는 태도 유지 |
| 평가 | 비행승무원은 지속적으로 비판적인 정보와 방안을 언급하여야 함 | · 승무원은 주저 없이 말하여야 함 |

3.3.5 인적 요인 사고조사의 필요성(Necessity of Accident Investigation for Human Factors)

3.3.5.1 인적 요인과 항공사고

(Human Factors and Accidents)

국제민간항공조약 부속서 13, 제3장 3.1항과 제5장 5.4.1항에 의하면 “사고나 준사고 조사의 궁극적인 목적은 사고나 준사고를 방지하기 위함이므로 비난이나 책임을 묻기 위한 목적으로 사용하여서는 아니 된다. 비난이나 책임을 묻기 위한 사법적 또는 행정적 소송절차는 본 부속서의 규정 하에 수행된 어떠한 조사와도 분리되어야 한다”고 규정하고 있다. 그러므로 대한민국 항공·철도 사고조사에 관한 법률과 국제민간항공조약 부속서 13에 의거 실시하는 항공사고 조사는 항공안전을 증진 시킬 목적 이외에 사용하여서는 아니 된다.

대한민국 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제4장 제30조에 의하면 “사고조사는 민 형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정처분절차, 또는 행정 쟁송 절차와 분리 수행되어야 한다”고 규정하고 있다.

3.3.5.2 인적 요인과 항공사고

(Human Factors and Accidents)

1970년대 일련의 항공 사고가 승무원 자원관리 프로그램 개발로 이어지는 혁신적인 변화를 촉발시켰다. 이러한 변화를 촉발한 사고에는 보잉 747 두 대가 활주로에 충돌하여 582명이 사망하는 1977년 카나리아 제도 테너리프 공항 사고를 포함하여, 1972년 록히드 L-1011(미국 이스턴 항공 401편) 항공기가 플로리다의 습지에서 추락하여 99명의 승객이 사망한 사고, 그리고 1978년 12월 28일 항로 비행

후 포틀랜드 국제공항에 최종 접근 중 연료 고갈로 주저 지역으로 추락하여 승객 8명과 승무원 2명을 사망케 하고 23명이 심각하게 부상당한 유나이티드 항공 173편의 사고 등이 포함되어 있다.

각각의 사고는 모두 인적 요인에 의한 사고로 밝혀졌다.

테네리페 공항 충돌 사고(Tenerife airport disaster):

1977년 3월 27일 17시 6분(현지시각) 스페인 카나리아 제도 테네리페 섬의 로스 로데오 공항 활주로에서 지상 활주 중이던 팬암 항공 1736편과 이륙 활주를 시작한 KLM 4805편 보잉 747 항공기 2대가 활주로에서 충돌, 승객과 승무원을 포함한 583명이 사망하고 61명이 부상을 당하는 대참사가 발생했다. 단일 사고로는 항공 업계 사상 최악의 사고로 기록되고 있다.

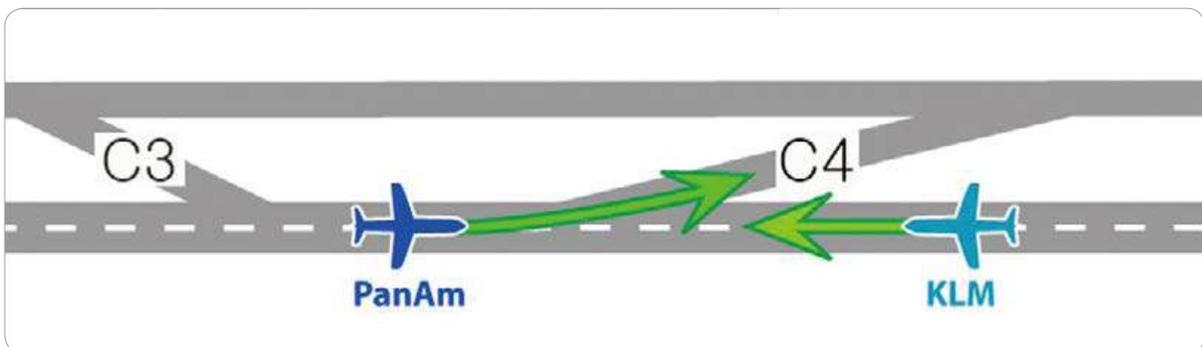
두 항공기가 목적했던 공항은 라스 팔마스 공항이었으나 테러 사건으로 라스 팔마스 공항이 임시 폐쇄된 후, KLM기와 팬암기를 포함한 모든 비행기들에게는 근처에 있던 테네리페 섬의 로스 로데오 공항으로 회항하라는 지시가 떨어졌다. 로스 로데오 공항은 소규모였으나 많은 항공기들이 회항하여 지상유도로까지 항공기들이 주기하게 되었다. 2

시간여 기다리며 급유를 마친 KLM 항공기는 활주로를 경유하여 이륙 대기하고 있었고 팬암 항공기는 마찬가지로 활주로를 경유하여 지상 유도로로 이동하도록 지시되었다. 그러나 당시 공항의 짙은 안개와 관제사와 팬암 조종사 간 잘못된 의사소통으로 관제사가 의도한 유도로(C3)가 아닌 다음 유도로(C4)로 이동하게 되었고 기다리던 KLM 항공기는 이륙 허가가 나지 않은 상태로 이륙 활주를 시작하여 결국 활주로 상에서 충돌하는 사고로 이어졌다.

사고 직전 팬암 조종사는 관제사와 KLM 조종사 양쪽이 교신하는 내용을 듣고 즉시 “No, we are still taxiing down the runway”라고 경고하였으나 누구도 듣지 못하였다.

KLM 조종사는 안개로 인해 팬암 보잉 747기가 활주로에서 자신들의 방향으로 이동 중인 것을 보지 못했다. 관제사 역시 두 항공기를 보지 못하고 있는 상태였으며 조종사 보고에 의해 항공기 위치를 파악하고 있었다.

팬암 항공기가 활주로에서 이동 중일 때 KLM은 이륙 활주를 시작하고 있었으며 KLM 기관사가 기장에게 의문을 제기하였으나 목살 당했다.



[그림 3-39] tenerife 공항 사고 상황

KLM기관사: 아직 활주로가 비워지지 않았는데?

KLM기장: 무슨 소리냐?

KLM기관사: 아직 팬암기가 활주로를 벗어나지 않았다.

KLM기장/부조종사: (강한 어조로) 괜찮다.

반 잔틴 기장은 B747 기종 소장이었을 뿐만 아니라, KLM에서 가장 경험이 풍부한 조종사 중 한 명이었기 때문에 기관사는 더 이상 의문을 제기하지 않았다.

스페인, 네덜란드, 미국에서 파견된 70명 이상의 항공 사고 조사관, 양쪽 항공기의 운영사인 팬 아메리칸 항공과 KLM이 사고조사에 들어갔다. 사고가 KLM기에 책임이 있다는 스페인 측 조사결과와 복잡한 원인에 의해 벌어진 것이라는 네덜란드 측 조사결과가 대립하였으나, 후에 네덜란드 측이 공평한 조사라는 평가를 받았다.

이스턴 항공 401편 사고: 본질적으로 비행기가 의도하지 않게 강하하고 있는 것을 몰랐기 때문에 추락했다. 조사 결과, NTSB(National Transportation Safety Board)는 기장이 의도치 않게 조종간을 건드렸을 때 자동 조종 장치가 “Altitude Hold” 모드에서 “Control Wheel Steering” 모드로 전환되었음을 확인했다. 항공기 승무원들은 착륙 장치의 경고등에 주의를 몰두해 아무도 시스템의 고도 이탈 경고를 보거나 듣지 못했다.

앞에서 언급된 영국 왕실 비행 전단에 대한 연구에서 알 수 있듯이, 1차 세계대전 당시의 손실은 ‘항공기 고장’과 ‘조종사 실패’의 두 가지 문제와 관련이 있는 것보다 손실의 대다수가 조종사에 기인한 것이기 때문에, 항공 조사에서 인적 요인의 주된 초점은 조

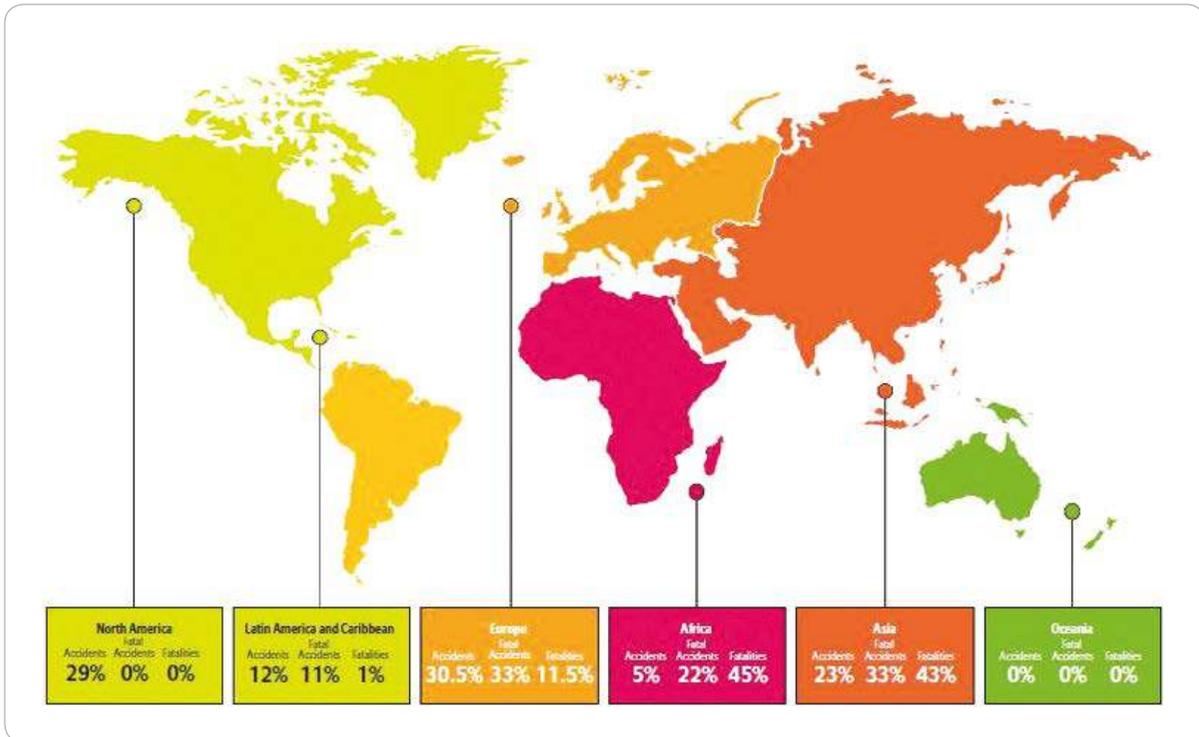
종사, 특히 개별 조종사의 실패에 있었다. 사고나 심각한 사건에 연루된 사람들에게는 불행한 일이었다.

조종사에 대한 인적 요인의 초점은 비난할 누군가를 찾아내서 처벌함으로써 나머지는 관련이 없음을 증명하고자 했던 문제점을 인간은 누구나 실수할 수 있으며 실수는 자연스런 현상이고 이를 인지하고 관리해야 한다는 것이다. 아울러 인적 오류는 완전히 없앨 수 있는 것이 아니라 최소화해야 하는 것이다. 아무리 유능하고 경험이 많은 조종사도 실수를 하고 사고를 발생시키고 있다는 사실은 많은 항공 사고 조사 결과가 말해 주고 있다.

조종사의 기량에 대한 엄격한 초점이 조종사 및 조사관에게 조종사 오류 이외의 요인의 중요성을 무시하거나 보지 못하게 하는 원인이 되었다는 사실을 항공계 전체가 빨리 깨우치지는 못했지만 다른 분야에 비해서는 매우 빨리 인지한 편이다.

대부분의 항공기 운영자와 사고 조사관은 ‘개별적인 인간의 결함’에 대한 정확한 원인 또는 특성을 조사할 수 있는 충분한 배경 교육이나 지식을 갖추지 못한 조종사 또는 엔지니어들이었다. 사실 이때까지 이런 분야에 대한 학문이나 지식이 없는 상태였다. 결과적으로 조종사의 능력과 항공기 사고에 대한 조사는 해당 사고에서 발생한 일에 대해 객관적인 단서나 증거자료는 제공했지만 그 일이 왜 발생했는지에 대하여는 제대로 설명할 수 없었다. 결과적으로 대부분의 항공 사고에 대한 일반적인 원인 규명은 ‘조종사 오류’였으며 자세한 설명은 ‘조종사가 지정된 고도를 유지하지 못함’과 같은 문구로 표현되었다.

1980년대 초반까지 국제 사고 조사 기관이 보고서를 작성하고 동일한 언어를 사용하는 데이터베이스에 정보를 입력했다.



[그림 3-40] 지역별 항공사고 분포(Global Aviation Safety Study)

조종사 오류만으로 대부분의 사고를 설명하는 접근 방식을 취하는 주된 문제점은 그들이 실패한 이유와 반대로 수행하지 못한 것에 초점을 맞추고, 조종사 오류에 기여하는 모든 요소를 식별할 수 있다는 관점을 가졌다. 이에 따라 현실성이 부족하거나 인간의 능력을 벗어나는 것을 요구함으로써 사고 방지를 위한 현실적인 대응책을 마련하기 어려운 점이 있었다. 조사 결과가 불완전하거나 부정확하게 나온다면 특정 문제에 대해 부정확하거나 불완전한 해결책을 제시하게 된다. 예를 들어 사고조사에서 ‘조종사가 고도를 제대로 유지하지 못한 것이 사고의 원인으로 추정됨’이라고 명시했다면 대응책은 조종사가 고도를 잘 유지하는 데 초점을 맞추게 될 것이다. 실제 중요한 것은 ‘고도로 훈련받은

조종사가 왜 고도를 맞추지 못했을까’에 사고조사의 초점이 맞추어져야 함에도 현상만 적시함으로써 현실적인 대응책을 마련하지 못하고 조종사들에게 시뮬레이터에서 고도 유지 훈련을 하는 비합리적으로 대응하게 된다.

어쨌든 인적 요인에 대한 초점의 확대는 조사관에게 사고를 설명하는 데 매우 유용한 방법을 제시하게 되었다.

사고에 따라 사실로 입증될 수 있는 조종사의 상태와 관련된 조종실 음성 녹음기(CVR), 항공 교통 관제 녹음테이프, 항공 데이터 레코더(DFDR) 등과 절차 매뉴얼, 운항 정비 기록부 등이 사고 조사에 활용된다.

다른 고려 사항과 같은 인적 요인 문제는 특정 사

건이 특정 원인과 관련이 있는 합리적인 확률을 뒷받침하는 증거에 근거하거나 적어도 입증되어야 한다. 이러한 유형의 딜레마에 대한 간단한 예로 조종사 피로(pilot fatigue)가 있다. 죽은 조종사가 피로로 인해 특정 결정이나 통제 입력을 했다는 것을 어떻게 증명할 수 있을까? 짧은 대답은 다음과 같다. ‘할 수 없다’이다. 그러나 피로는 일반적으로 많은 사고 유형, 특히 교통사고의 요인으로 확인되고 있다. 조종사나 운전자도 피로를 겪었다는 것을 증명하는 것이 불가능할 때가 있어서 특정 행동이 피로의 결과라고 결론짓는 것은 더욱 어렵다.

어떤 인적 요인의 문제를 다루기 위해 ATSB는 조사관들이 직접 증거가 아닌 확률에 근거한 결론에 도달할 수 있도록 증거 축적에 도움이 되는 많은 조사 분석 도구를 개발했다. 대부분의 다른 조사 기관은 동일한 유형의 도구를 사용한다. ATSB에서 사용하는 도구 중 하나는 ‘존재/영향 테스트’라고 한다. 이 시험에서 피로를 계속해서 사용하는 경우 조사자는 조종사가 피로를 느낀 만큼 많은 증거를 제시해야 하며 피로가 조종사의 행동이 결과 또는 영향을 미쳤다는 증거를 제시해야 한다.

극단적인 예를 들자면 사고 직전 48시간 동안 특정 조종사가 잠을 자지 못했다는 증거를 발견할 수 있었고 극도의 기분에 대해 논평을 한 경우 피곤하면 조종사가 “피로감을 느낀다”는 합리적인 결론을 내릴 수 있다.

또한, 지난 12시간 동안 조종사가 실수한 횟수가 크게 늘어났으며 조종사의 실수로 인해 최종 사고 순서가 발생했다는 증거를 발견할 수 있다면 합리적인 결론은 피로로 인해 그의 행동이 “아마도 영향을 받았다”고 결론 내렸다. 물론 극단적이지 않은 예들

에서, 관계의 확률은 덜 설득력 있게 된다.

결론적으로 특정 요인이나 그 영향력의 존재를 증명할 수 없다면 대안은 존재의 합리적인 확률에 근거하여 문제를 추구하거나 단순히 문제를 무시하는 것이다. 그러나 사고가 발생한 이유를 이해하고 사고 유형이 다시 발생하지 않도록 권고하는 안전 수사를 수행하는 경우 그러한 문제를 무시할 여유가 없다. 이전 단락에서 간략히 설명된 문제 유형은 약간 다른 이유로 조직 조사를 수행하는 과정에서 발생한다.

● 집필위원

장재호(항공대학교)

권보현(대한항공)

류종현(초당대학교)

장정순(중앙대학교병원)

● 연구 및 감수위원

김진곤(에어부산)

윤정건(에어부산)

정종철(아시아나항공)

● 기획 및 관리

국토교통부

황성연(항공안전정책관)

장만희(항공안전정책과장)

유희준(항공안전정책과)

고상룡(항공안전정책과)

홍덕곤(항공안전정책과)

교통안전공단

김원호(항공교통안전처장)

김용석(항공교통안전처)

이강준(항공교통안전처)

정재상(항공교통안전처)

최성원(항공교통안전처)

김울림(항공교통안전처)

(주)월드에어텍

하재구(연구팀)

이근성(연구팀)

강창진(연구팀)

정동호(연구팀)

● 편집 및 디자인

도서출판 **성진문화**

주소 | 서울특별시 영등포구 당산로41길 11 당산 SK V1 Center W동 430호

TEL | 02-2272-4641 FAX | 02-2272-4643

출판등록 | 2007년 9월 20일 제 2015-000120호

ISBN 978-89-85682-34-3 93530

조종사 표준교재 **공중항법**

발행일 | 초판 2016년 12월

발행처 | 국토교통부 항공안전정책과(세종특별자치시 도움6로 11)



조종사 표준교재

Standard Pilot's Handbook

