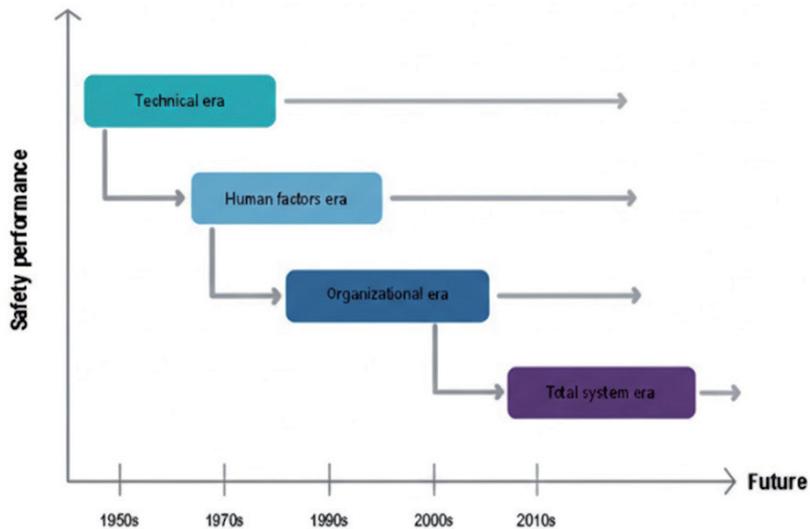


1장. 인적요인 및 안전관리 기초

주요 키워드

- 인적요인(Human Factors)
- 안전관리시스템(Safety Management System)
- 인적 수행(Human Performance)
- 안전 문화(Safety Culture)
- 총체적 시스템(Total System)



1. 항공 안전의 본질적 이해

항공 산업은 인류 역사상 가장 빠르고 비약적인 발전을 이룬 기술 분야 중 하나이다. 불과 100여 년 전 동력 비행이 성공한 이래, 오늘날 항공 운송은 전 세계를 연결하는 가장 안전하고 효율적인 교통수단으로 자리 잡았다. 그러나 이러한 안전성은 우연히 얻어진 것이 아니다. 이는 수많은 시행착오와 비극적인 사고들을 겪으며, 그 원인을 규명하고 시스템을 개선하려는 끊임없는 노력의 결과물이다.

국제민간항공기구(ICAO)는 인적요인에 대한 고려가 안전 관리의 필수 불가결한 부분임을 명확히 하고 있다. 현대의 안전 관리는 위험(Risk)을 식별하고 완화하며, 조직의 안전 성과에 대한 인간의 긍정적인 기여를 최적화하는 통합적인 프로세스를 요구한다. 본 장에서는 항공 전문가로서 필수적으로 갖추어야 할 인적요인과 안전 관리의 기초 이론을 ICAO Doc 9859(안전관리매뉴얼) 제4판을 기반으로 학습한다.



Approved by and published under the authority of the Secretary General

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION

1) 안전(Safety)의 정의와 현대적 해석

가. 안전에 대한 오해와 진실

일반적으로 '안전'이라 함은 '사고가 없는 상태(Zero Accidents)' 또는 '위험이 전혀 없는 상태(Freedom from Hazard)'로 인식되기 쉽다. 그러나 항공과 같이 복잡하고 역동적인 시스템(Complex Socio-technical System)에서 모든 위험을 제거하는 것은 현실적으로 불가능하다.

나. ICAO의 안전 정의

따라서 ICAO는 안전을 다음과 같이 정의한다.

"항공기 운항과 직접적으로 관련되거나 이를 지원하는 항공 활동과 관련된 위험들이 감소되고 허용 가능한 수준(Acceptable Level)으로 통제되는 상태"

이 정의는 두 가지 중요한 시사점을 가진다.

- ① 안전은 정적인 상태가 아니라 끊임없는 관리의 과정이다. 위험은 완전히 제거되는 것이 아니라 감소되고 통제되어야 한다.
- ② '허용 가능한 수준'이라는 개념이다. 완벽한 안전은 존재하지 않으며, 사회적, 경제적, 운영적 맥락 안에서 이해관계자들이 합의할 수 있는 수준의 안전 성과(Safety Performance)가 목표가 된다.

허용 가능한 안전 성과는 국내외의 규범과 문화에 의해 영향을 받으며, 시간과 기술의 발전에 따라 변화한다.

2. 인적요인과 인적 수행의 구분

항공 안전 분야에서 자주 혼용되는 '인적요인(Human Factors)'과 '인적 수행(Human Performance)'은 명확히 구분되어야 하는 개념이다. 이 두 용어는 상호 연관되어 있지만 동일하지 않으며 교차 사용될 수 없다.

1) 인적요인(Human Factors, HF)

인적요인은 "인간과학(Human Sciences)과 시스템 공학(Systems Engineering)의 체계적인 통합을 통해 사람과 그들의 활동 간의 관계를 최적화하는 노력의 분야"로 정의된다. 이는 심리학, 생리학, 인체공학 등 다양한 학문이 융합된 다학제적(Interdisciplinary) 접근 방식이다. 인적요인은 장비 설계, 절차 수립, 훈련 등을 통해 시스템의 효율성과 안전성을 극대화하는 것을 목표로 한다. 즉, 인적요인은 안전을 달성하기 위한 방법론이자 학문적 도구이다.

2) 인적 수행(Human Performance, HP)

반면, 인적 수행은 "항공 운항의 안전과 효율성에 영향을 미치는 인간의 능력(Capabilities)과 한계(Limitations)"를 의미한다. 간단히 말해, 인적 수행은 시스템 내에서 인간이 실제로 무엇을 하는가(What people do)에 대한 결과론적 개념이다.

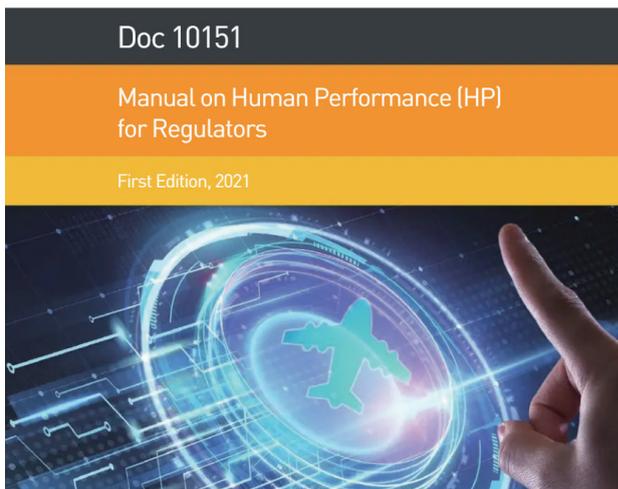
인적요인 VS 인적수행



3) 인적 수행의 5가지 원칙(ICAO Doc 10151)

규제 당국과 운영자는 다음의 5가지 원칙을 반드시 이해해야 한다.

1. 사람의 수행은 그들의 능력과 한계에 의해 형성된다.
2. 사람들은 상황을 각자 다르게 해석하고 자신에게 합당한 방식으로 행동한다.
3. 사람들은 복잡하고 역동적인 작업 환경의 요구에 적응한다.
4. 사람들은 끊임없이 위험을 평가하고 트레이드오프(Trade-offs, 상충 관계 조정)를 수행한다.
5. 사람의 수행은 다른 사람, 기술, 환경과의 상호작용에 의해 영향을 받는다.



Approved by and published under the authority of the Secretary General

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION

3. 항공 안전 관리의 진화: 4단계 접근법

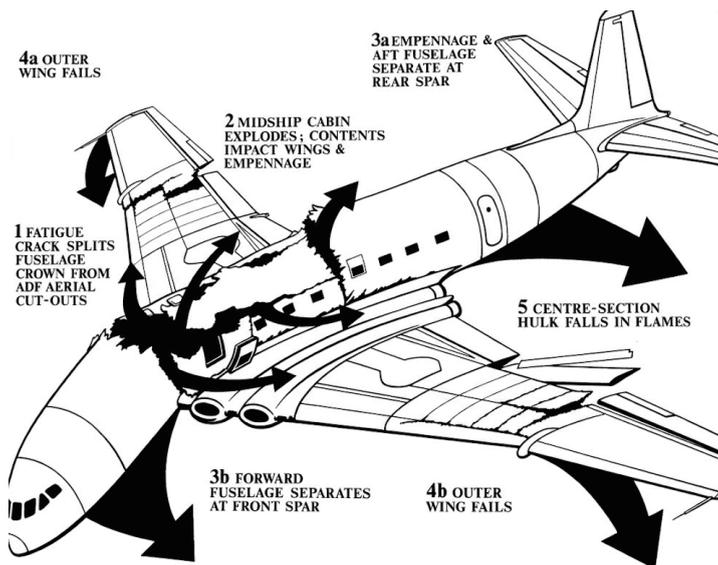
ICAO Doc 9859 제4판은 항공 안전의 역사를 기술적, 인적요인, 조직적, 총체적 시스템의 4단계로 구분하여 설명한다. 각 단계는 이전 단계를 폐기하는 것이 아니라, 기존 토대 위에 새로운 관점을 더하며 확장된 개념이다.

1) 기술적 시대(Technical Era): 1900년대 초 ~ 1960년대 말

항공 산업 태동기로부터 1960년대 후반까지는 항공기가 대중적인 교통수단으로 자리 잡는 시기였다. 사고는 주로 기계적 결함이나 기술적 요인에 기인했으며, 안전 관리의 초점은 더 튼튼한 항공기와 엔진을 만드는 공학적 해법에 맞춰졌다. 사고 조사는 주로 "무엇이 고장 났는가(What broke?)"를 규명하는 데 집중했다.

[주요 사례] 드 하빌랜드 코멧(De Havilland Comet) 연쇄 추락 사고(1954)

세계 최초의 제트 여객기인 코멧이 취항 1년 만에 공중에서 연이어 분해되는 사고가 발생했다. 수조 실험을 통한 정밀 조사 결과, 원인은 '금속 피로(Metal Fatigue)'였다. 당시 사각형 창문 모서리에 발생한 응력 집중 현상이 기체 균열을 유발한 것이다. 이 사고는 항공기 설계 철학을 근본적으로 변화시켰다. 창문은 둥근 모서리로 변경되었고, 기체 일부가 파손되어도 안전하게 착륙할 수 있는 '페일 세이프(Fail-Safe)' 설계 개념이 의무화되었다.



2) 인적요인 시대(Human Factors Era): 1970년대 초 ~ 1990년대 초

기술적 진보로 기계적 결함 사고는 줄었으나, 통계 분석 결과 사고의 70~80%가 인간의 실수(Human Error)에 기인한다는 사실이 밝혀졌다. 안전 관리의 초점은 기계에서 인간으로 이동했다. 초기에는 인간-기계 인터페이스(Man/Machine Interface) 개선과 개인의 오류 통제에 집중했으나, 조직적 맥락을 충분히 고려하지 못하는 한계가 있었다.

[주요 사례] 테네리페(Tenerife) 공항 참사(1977)

짙은 안개 속에서 이륙하던 KLM기와 이동 중이던 팬암기가 충돌하여 583명이 사망한 최악의 사고이다. 기계적 결함은 없었으며, 권위적인 기장과 이에 이의를 제기하지 못한 부기장, 비표준 관제 용어("We are at take off") 사용 등 인적요인이 주원인이었다. 이 사고를 계기로 조종실 내 의사소통과 팀워크를 강조하는 CRM(Crew Resource Management) 훈련이 전 세계적으로 도입되었다.



3) 조직적 시대(Organizational Era): 1990년대 중반 ~ 2000년대 초

제임스 리즌(James Reason) 교수의 '스위스 치즈 모델'이 도입되면서 사고를 시스템적 관점에서 바라보게 되었다. 사고는 개인의 실수가 아니라 조직 내부의 잠재적 결함(Latent Conditions)이 복합적으로 작용한 결과라는 '조직적 사고(Organizational Accident)' 개념이 확립되었다.

[주요 사례] 에어 온타리오 1363편(드라이튼) 사고(1989)

눈 내리는 드라이튼 공항에서 이륙 직후 추락한 사고로, 조사 결과 조종사의 판단 착오뿐만 아니라 경영진의 무리한 스케줄 압박과 자원 부족, 규제 당국의 감독 소홀 등 총체적인 시스템 문제가 드러났다. 이는 단순한 개인의 실수가 아닌 조직적 실패였다. 이 사고 이후 지상 제빙 절차가 표준화되었고, 경영진이 안전에 대한 최종 책임을 지는 원칙이 SMS의 초석이 되었다.



4) 총체적 시스템 시대(Total System Era): 21세기 초 ~ 현재

항공 시스템은 단일 조직만으로 운영되지 않으며, 항공사, 공항, 관제기관 등이 연결된 거대한 네트워크이다. 현대의 안전 관리는 개별 조직을 넘어 전체 항공 시스템 관점에서 조직 간의 인터페이스(Interface)와 상호작용을 관리하는 데 중점을 둔다. 국가 안전 프로그램(SSP)과 데이터 공유가 핵심이다.

[주요 사례] 위버링겐(Überlingen) 공중 충돌 사고(2002)

독일 상공에서 화물기와 여객기가 충돌한 사고로, 서로 다른 조직(스위스 관제소와 러시아 조종사) 및 기술(TCAS) 간의 상호작용 실패가 원인이었다. TCAS는 상승을 지시했으나 관제사는 하강을 지시했고, 조종사는 관제 지시를 따랐다. 이 비극은 TCAS의 회피 조언이 관제 지시보다 우선한다는 국제 규정의 통일과 조직 간 인터페이스 관리의 중요성을 일깨웠다.

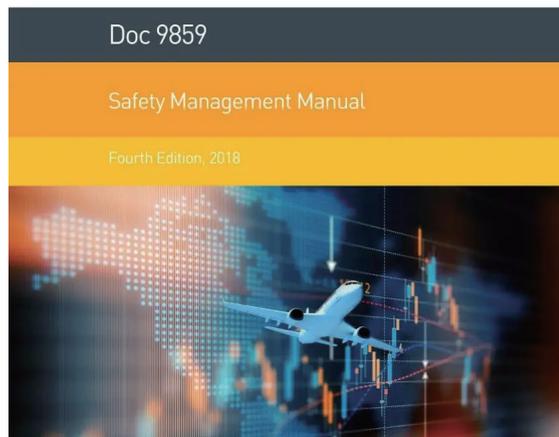


4. 시스템 속의 인간

현대 안전관리시스템(SMS) 내에서 인적요인은 통합적으로 고려되어야 한다. ICAO Doc 9859는 다음과 같은 통합 원칙을 제시한다.

- 경영진의 의지: 최고 경영자는 인적 수행을 최적화하는 근무 환경을 조성하고 자원을 배분해야 한다.
- 비처벌 보고 문화: 실수나 위험 요소를 처벌의 두려움 없이 보고할 수 있는 정책을 수립해야 한다.
- 데이터 기반 관리: 안전 데이터 분석 시 피로, 스트레스 등 인간의 가변적인 수행 능력과 한계를 고려해야 한다.
- 인간 중심 절차 설계: 절차는 명확하고 현장에서 실행 가능해야 하며 (Workable), 비현실적인 절차는 위반을 유발함을 인지해야 한다.

이 모든 과정의 기저에는 '안전 문화(Safety Culture)'가 있다. 이는 보고 문화, 공정 문화(Just Culture), 학습 문화, 유연한 문화를 포함하며, 조직 구성원이 공유하는 안전에 대한 가치관과 태도이다.



Approved by and published under the authority of the Secretary General.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION

5. 최신 안전 관리 트렌드

현대의 안전 관리는 데이터와 기술에 기반한다. IATA는 'IATA Connect'와 같은 플랫폼을 통해 전 세계적인 안전 데이터를 공유하고 위험을 사전에 예측(Predictive)하는 것을 목표로 한다. 또한, 과거에는 신체적 피로에 집중했다면, 최근에는 조종사와 항공 종사자의 정신 건강(Mental Health)과 웰빙(Well-being)이 중요한 안전 이슈로 대두되었다.

IATA는 'IMSAFE' 모델 등을 통해 종사자의 상태를 자가 진단하고 조직 차원에서 지원할 것을 권장한다.

