

## Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2021.29.2.036>  
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

## 한국공군의 첨단 항공기 도입에 따른 안전관리방안 연구

구본언\*, 이강준\*

## A Study on Safety Management Methods for Introduction of the Advanced Aircraft by the Republic of Korea Air Force

Bon Ean Koo\*, Kang Jun Lee\*

### ABSTRACT

The purpose of this study is to ensure safety by proactively identifying hazards that could be derived from changes in mission form and environment as the advanced aircraft such as F-35A stealth fighter, KC-330 Multi-role transport and tanker, RQ-4B high altitude unmanned reconnaissance aircraft, etc are introduced that the Republic of Korea Air Force(ROKAF) has never been operated so far. To this end, the safety management methods based on proactive and predictive approaches used in advanced countries(US Air Force, UK Royal Air Force, Royal Australian Air Force) operating aircraft types same or similar things being newly powered by the ROKAF were reviewed. In addition, the direction for improvement of the safety management methods operating in the ROKAF and the measures necessary for establishment of the new safety management techniques to be applied were suggested.

**Key Words** : MFOQA(군용기 비행자료분석시스템), ASAP(비행임무요원 안전보고제도), ASAM(항공안전 관리시스템), LOSA(항공운항안전감사), UAS(무인항공기시스템)

### 1. 서 론

전략 환경의 변화, 전장 확장, 현대 과학의 눈부신 발달에 의한 무기체계 발전 등으로 인하여 지금껏 알고 있던 군사력 분야는 우리가 인지하지 못하는 사이에 엄청난 혁신을 가져오고 있다.

이러한 무기체계의 발달로 과거부터 운용해 오던 장비들의 위력과 성능은 상상할 수 없을 정도로 급속히 발전되어 왔으며, 한반도의 안보위협과 전쟁 양상의 변화에 따라 한국공군에서 새롭게 전력화하고 있는 F-35A,

다목적 공중급유수송기(MRTT) KC-330, RQ-4B 등의 항공기도 이러한 무기체계의 대표적인 예라고 할 수 있을 것이다.

이와 같은 항공기들은 기존에 운영해 왔던 항공기와 여러 면에서 상당히 다른 형태의 최신 항공기들이며, 운영 경험도 많지 않아 안전저해 요인이 언제든지 발생할 가능성이 있다고 판단된다.

간단하게 살펴보면, F-35A의 경우 파노라믹 디스플레이 방식 채용과 터치스크린 방식 적용, HMS(Helmet Mounted Sight, 헬멧 시인 조준 장치) 등을 채택한 새로운 형태의 Cockpit내 시스템으로 설계되어 있고, 단좌 항공기로 설계되어 있어 훈련 시에 어려움이 있을 수 있다. 다목적 공중급유수송기(MRTT) KC-330의 경우에는 공중급유라는 새로운 임무와 기존의 수송기 임무를 대체한 무착륙 장시간 비행임무와 비계획

Received: 03. Mar. 2021, Revised: 05. Apr. 2021,

Accepted: 05. Apr. 2021

\* 공군항공안전단 연구과

연락처 E-mail : miragegu@naver.com

연락처 주소 : 서울 동작구 여의대방로 36길 92

임무의 증가로 조종사의 피로도가 증가하고 있음이 근 내 연구용역 결과로도 분석되었다. 고고도무인정찰기 RQ-4B는 기존의 항공기 Cockpit 내에서의 조종환경이 아니라, 지상의 통제시스템 내에서 조종이 이루어지며, 장시간의 임무 시간과 항공기 통제체계의 이원화(이·착륙 통제체계 및 임무통제체계)로 인하여 조종사들이 어려움을 겪을 수 있다는 연구결과도 있다.

따라서, 이러한 첨단 항공기의 다음과 같은 특징들로 인하여 안전에 대한 새로운 접근방법의 모색이 필요하다.

첫째, 디지털 기반 시스템으로의 세대교체를 들 수 있다.

비행제어가 기존의 기계식과 유압방식을 사용하였다면 이제는 Fly-By-Wire로 바뀌어감에 따라 실시간의 디지털 데이터를 통한 비행자료분석(FDA, flight data analysis)이 가능해졌다.

둘째, 민·군 공용 시스템의 확대로 호커사의 호커 800XP, 보잉사의 B-737, 에어버스의 A-330 등의 상용 항공기를 기반으로 하여 군용으로 개조한 항공기의 전력화가 점차 확대됨에 따라 민간항공에서 적용하고 있는 검증된 다양한 비행안전프로그램의 활용이 가능해졌다.

셋째, 무인항공기(UAS) 시대의 도래에 따라 C2 링크(무인항공기 통신 모듈)를 통한 지상에서의 항공기 원격통제와 유·무인기 복합운영을 통한 비행작전환경의 구축으로 조종환경의 변화에 따른 비행상황인식 요소의 재검토가 필요해졌다.

본 연구에서는 한국공군에서 지금까지 접해보지 못한 새로운 형태의 항공기 도입으로 임무 및 임무 환경이 변화하고 있기 때문에 이에 따른 위험에 대비하고자 하며, 이를 위하여 유사 기종을 운영하는 선진국에서 군(軍)에서 사전적 예방 안전을 위하여 사용하고 있

는 안전관리 기법 검토를 통해 한국공군의 안전관리에 벤치마킹할 수 있는 요소들을 식별하고, 적용에 필요한 방안들을 제시하고자 한다.

## II. 선진국 군(軍)안전관리 기법

### 2.1 미 공군

미 공군은 2015년에 AFI 91-202 ‘미 공군 사고방지 프로그램’을 전 세계적으로 항공안전관리의 표준으로 사용하고 있는 SMS(safety management system, 안전관리시스템)와 통합하여 운영하고 있다.

또한, 미 공군 안전센터에서는 사전적 예방 안전을 위해 MFOQA(military flight operations quality assurance, 군용기 비행자료분석시스템), ASAP(airman safety action program, 항공안전조치프로그램), LOSA(line operations safety audit, 항공운항안전감사)와 같은 안전관리기법에 대해 강조하고 있다.

Fig. 1은 미 공군 전투사령부 안전지에서 인용한 그림이다. 미 공군 비행 안전프로그램의 변천사와 미 공군 전투사령부의 사고자료를 보여주고 있으며(Combat Edge, 2017), 항공기의 발전과 더불어 지속적인 안전 프로그램 개발 및 적용으로 항공기와 인명의 손실이 감소되었음을 알 수 있다.

#### 2.1.1 MFOQA

MFOQA(Military FOQA)는 군용 항공기의 일상 비행데이터를 분석하여 승무원 신원을 보호하면서 사고 전조를 감지, 측정 및 완화하는 안전프로그램이다.

민간에서는 ICAO(International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구)의 권고에 따라 2000년대 초부터 대부분 국가에서 FDA(flight data analysis)

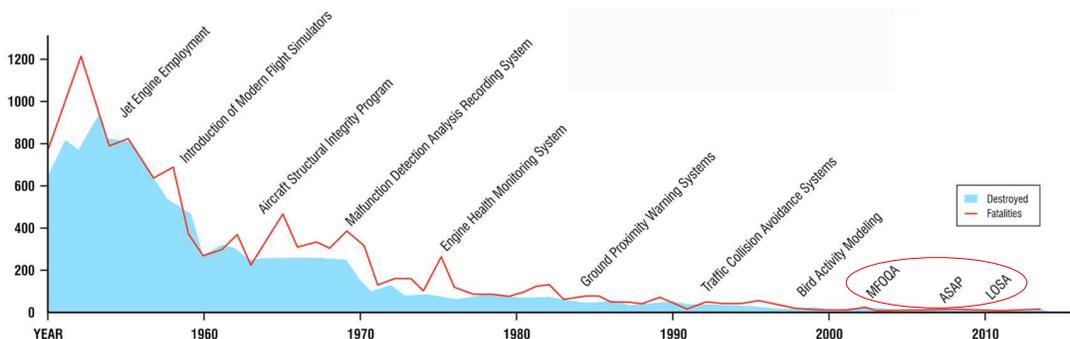


Fig. 1. Air force flight safety program and historical mishap rates

를 활용하여 법정 적용하고 있으며, 이러한 민간분야의 FOQA(flight operations quality assurance) 안전 프로그램 효과성을 인정한 미 공군은 Military FOQA로 명칭을 변경하여 적용하고 있다.

MFOQA 안전프로그램은 미 공군의 전투사령부, 교육훈련사령부, 기동사령부에서 시작한 후, 2017년에는 특수작전사령부 및 범세계타격사령부로 확대하여 시행 중에 있다. MFOQA의 운영·감독은 미 공군 안전센터가 담당하고 있으며, 퇴역 공군 조종교관을 계약직으로 활용하여 월 6,000회의 비행데이터(200 GB)를 분석하고 있다. 또한, 조종승무원, 비행운영지휘관, 안전요원들을 위한 MFOQA 월간보고서를 발간하고 있다.

Fig. 2는 '13. 5월~'14. 4월까지의 KC-135 공중급유기에 대한 MFOQA 분석 일부를 보여주고 있으며, 이는 MFOQA 데이터베이스에서 85,000번 이상의 KC-135 공중급유기 접근을 포함하고 있다. 전체 KC-135 공중급유기 중 불안전 접근율은 12%로 분석되어 있으며, 공항별 불안전 접근율을 함께 분석하여 보여주고 있다.

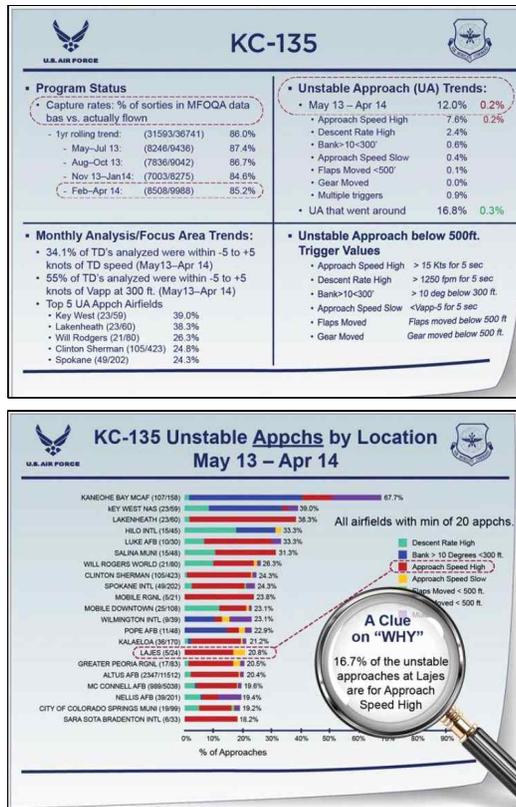


Fig. 2. MFOQA analysis

Fig. 2의 하단 그래프는 LAJES 공항의 특이사항을 파악하여 분석하였으며, 결론적으로 불안전 접근의 원인이 '조종사' 문제가 아니라, 지역 특성에 따른 '강한 바람'의 영향 때문이라는 것이 MFOQA를 통해 분석되었음을 보여주고 있다. 결국, MFOQA 분석은 외부 요인(바람, 지형, 비행장 제한, 장비접근 요구사항 등)과 불안정한 접근방법 사이의 연결을 제공하여 그 이유에 대한 논리적 결론을 제공할 수 있는 충분한 단서를 제공하였다.

또한, 미 공군은 항공기 개발단계에서부터 비용-편익 분석을 사용하여 MFOQA 프로세스 수행 여부를 결정하며, 평가 기준은 항공기 비용, 서비스 수명, 사고율, 사망률, 통합비용/효과 등 5가지를 사용한다. 평가 기준별 정의는 다음과 같다.

- 1) 항공기 비용 : 기존의 공군 비용 인플레이션 방법을 사용하여 전년도 항공기 가격으로 결정
- 2) 서비스 수명 : 항공기 프로그램 사무소에서 결정한 항공기 수명
- 3) 사망률 : 지난 10년간 항공기의 10만 비행시간당 총 사망률
- 4) 사고율 : 지난 10년간 항공기의 10만 비행시간당 Class A Mishap(인명손실, 신체의 영구장애, \$200만 이상의 피해) 비율
- 5) 통합비용 : 주요 사령부가 원하는 품질로 항공기 개조 가능 여부 및 관련 비용. 통합수명관리 AFI 63-101/20-101에 기술된 항공기 정보관리계획이 통합비용을 결정하는 참조자료로 활용

각각의 평가 기준에 대한 기준값 범위는 미 공군 규정 AFI 91-225에 기술되어 있으며, Table 1에서 기술하고 있는 해당 범위의 기준값을 할당하면 된다. 평가 기준의 총점이 12점 이하이면 비용대비 편익이 높지 않으며, 총점이 13~19점 사이이면 비용대비 편익이 높을 수 있으나, 추가 연구가 필요하다. 총점이 19점 이상이면 MFOQA 프로세스를 사용하는 것이 비용대비 편익이 높아 안전에 효과적이라 볼 수 있다.

### 2.1.2 ASAP

FAA(Federal Aviation Administration, 미연방 항공국)에서는 항공안전 강화 차원에서 자발적 보고시스템을 활용한 사고 예방 안전프로그램인 ASAP(aviation safety action program, 항공안전조치프로그램)를 활

Table 1. Cost-benefit analysis

기준값	항공기 비용(M\$)	서비스 수명(year)	사망률	사고율	통합비용(M\$)
1	0 ~ 25	1 ~ 5	0 ~ 0.25	0 ~ 0.50	36 이상
2	25 ~ 50	6 ~ 10	0.26 ~ 0.50	0.51 ~ 1.00	32 ~ 36
3	50 ~ 75	11 ~ 15	0.51 ~ 0.75	1.01 ~ 1.50	28 ~ 32
4	75 ~ 100	16 ~ 20	0.76 ~ 1.00	1.51 ~ 2.00	24 ~ 28
5	100 ~ 125	21 ~ 25	1.01 ~ 1.25	2.01 ~ 2.50	20 ~ 24
6	125 ~ 150	26 ~ 30	1.26 ~ 1.50	2.51 ~ 3.00	16 ~ 20
7	150 ~ 175	31 ~ 35	1.51 ~ 1.75	3.01 ~ 3.50	12 ~ 16
8	175 ~ 200	36 ~ 40	1.76 ~ 2.00	3.51 ~ 4.00	8 ~ 12
9	225 ~ 250	41 ~ 45	2.01 ~ 2.25	4.01 ~ 4.50	4 ~ 8
10	250 이상	45 이상	2.26 이상	4.51 이상	0 ~ 4

용하고 있으며, 미 공군은 FAA의 ASAP(Aviation safety action program)를 ASAP(Airman safety action program, 비행임무요원 안전보고제도)라는 명칭으로 변경하여 모바일 버전으로 운영하고 있다.

미 공군 안전센터에서는 ASAP를 모든 공군 요원이 언제 어디서나 항공안전 앱을 사용하여 위험을 식별하고, 위험 완화 해결책을 제공할 수 있도록 모든 종사자에게 권한을 부여함으로써 이러한 필요성을 충족시키도록 특별히 모바일 버전으로 설계하여 출시하였다. 원래 이 프로그램은 항공 커뮤니티의 안전표준을 높이기 위해 만들어졌지만, 직업, 우주 및 무기 분야의 작업 안전문제도 포착하도록 재설계하였다. ASAP로 보고된 모든 자료는 적절한 주요 사령부로 전달되고, 문제점을 개선하거나 해결하기 위한 자원을 할당한다.

미 공군에서는 2009년 이후 5,000건이 넘는 ASAP 보고서가 주요 사령부로 제출되었으며, 미 공군 전투사령부는 'Combat Edge'라는 자체 안전지에 ASAP 보고 자료 중 공유할 가치가 있는 정보를 수록하여 전파하고 있다. 이러한 자율보고는 각각의 보고내용에 대한 사전분석, 집계된 보고서의 동향분석, 위험감소에 대한 완화조치 효과 분석 등을 통해 DoD Instruction 6055.01 'Safety and Occupational Health'의 위험 프로세스를 지원하고 있다.

### 2.1.3 LOSA

LOSA(line operation safety audit, 항공운항안전감사) 프로그램은 1990년대 항공산업에서 승무원자원관리(CRM)의 성공을 확인하기 위해 FAA와 대학 연구

원 간의 공동 노력으로 시작되었으며, 이 프로그램의 목적은 관리자에게 안전문제를 조기에 경고하기 위한 것이다.

이 프로그램은 정상비행 상태일 때 실시하는 안전 관찰기법이며, 자격을 갖춘 조종사를 선정하고 훈련시켜 안전관찰자로 조종석에 탑승시켜 불안전 요인을 식별하는 것이며, 항공승무원이 직면한 비행여건 관련 위험, 승무원의 오류 유형 및 승무원이 안전을 유지하기 위해 위험과 오류를 어떻게 관리하였는지를 모니터링하여 비행 단계별로 수집된 자료들을 통계적으로 분석한 후 안전취약 분야를 관리할 수 있게 한다.

ICAO(International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구)와 IATA(International Air Transport Association, 국제항공운송협회)에서는 2002년 LOSA 매뉴얼(Doc. 9803)을 통해 LOSA 운영방법을 상세히 설명하고 있으며, 사고 예방과 비행안전을 위해 LOSA 프로그램을 회원국들이 이행하도록 권고하고 있다. 1996년 이후 United, Air Canada 등 약 70개 항공사/기관이 LOSA 프로그램을 운영하고 있으며, 2009년부터는 ICAO ANNEX-6에 의거하여 항공사에서 실행해야 하는 SMS(비행안전관리시스템)의 가장 효율적인 위험요소 식별 및 위험관리 수단으로 인식되고 있다.

미 공군은 2010년 기동사령부가 LOSA 협회인 TLC(The LOSA Collaborative)와 최초로 계약하여 LOSA 프로그램을 C-17, C-130 등에 적용하여 훈련, 교범(tech order), 지침(instruction), 절차(process) 등 개선을 하였으며, 미 공군 안전센터는 기동사령부의 LOSA를 모범사례로 평가하고, 모든 주요 사령부에 LOSA 시

행을 권장하고 있다.

이에 따라 미 공군은 LOSA 프로그램을 공군규정에 명문화하여 운영하고 있으며, 미 공군 기동사령부는 LOSA 프로그램을 지속적으로 실시하기 위하여 2012년부터 5년간 TLC와 추가계약을 통하여 KC-135, KC-10 등의 조종사, 화물적재사(loadmaster) 뿐만 아니라, 공중급유기의 급유통제사 임무에서까지도 확대하여 운영하고 있다.

최근 들어서는 UAS(unmanned aircraft system, 무인항공기시스템)에도 LOSA 프로그램을 적용하고 있는데, MQ-9 무인항공기시스템에 대한 LOSA 적용은 2017년 MCE(mission control element; 임무통제체계)를 시작으로, 2018년에는 LRE(Launch & recovery element; 이·착륙통제체계)로까지 확대하여 운영하고 있다. 2017~2018년 기간 동안 약 1,610시간의 비행 시간(전투 중) 동안 230건의 LOSA 관찰을 통하여 812 개의 사건(event)과 2,500개 이상의 위협 및 오류(threat and error)를 수집·분석하여 이에 대한 대응조치를 수행하였다.

Fig. 3은 미 공군 전투사령부 안전지에서 발췌한 자료로, MQ-9 임무를 위한 MCE(임무통제체계)와 LRE(이·착륙통제체계) 내부 모습을 보여주고 있다(Combat Edge, 2019).

## 2.2 영국 공군

영국은 2010년 창립한 국방부 내의 MAA(Military Aviation Authority, 군 항공 당국)에서 모든 국방항공 활동에 대한 감독과 항공안전 관련 제반 요소들을 규제하고 있다. MAA는 항공안전에 대한 체계적, 사전 예방적 검사 및 실효성 있는 접근방법을 제공하기 위해 ICAO Doc. 9859 'Safety Management Manual'을



Fig. 3. MQ-9 MCE and LRE system

응용한 regulatory article(RA) 1200 'Air Safety Management'를 적용하고 있다.

영국 공군이 운영하는 ASMS(air safety management system, 항공안전관리시스템)는 민간항공의 항공안전관리시스템(SMS)을 벤치마킹하여 개발되었으며, 항공기의 운영, 통제 및 유지보수, 항공 시스템 및 전방위 항공기 개발 라인(DLoD) 운용 관련 활동을 포함한 군(軍) 항공에 대한 SMS 시스템이다.

ASMS는 영국 국방항공 안전관리 규정 RA-1200 'Air Safety Management'에 포함되어 있으며, 국방항공에 직·간접적으로 관련된 ADH(Aviation duty holders, 항공 임무 보유자), AM(Accountable managers, 책임관리자), 대상 조직의 DH(Duty holder, 임무 보유자) 등 모든 사람은 ASMS 효과 보장을 위해 이 시스템을 확립하고 유지해야함을 강조하고 있다.

Fig. 4 ASMPM 자료는 MAA(Military aviation authority, 군 항공 당국)를 대신하여 Baines Simmons Ltd.가 개발한 ASMPM(Air safety management performance matrix, 항공안전관리성능모형)의 표지이다. 이 모형은 RA-1200에 따라 영국 공군의 항공안전관리시스템을 지원하도록 설계되어 있으며, 항공안전관리 성과보고서와 함께 사용한다.

ASMS는 ICAO의 SMS와 유사한 구조를 가지지만 국방항공의 특성을 고려하여 일부 수정되어 있으며, Fig. 5는 MAA(Military Aviation Authority)에 기술되어 있는 ASMS의 4개 구성요소들이 어떻게 상호작용하는지를 보여주고 있다.

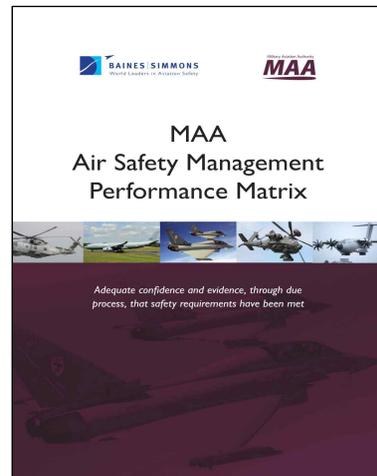


Fig. 4. MAA air safety management performance matrix

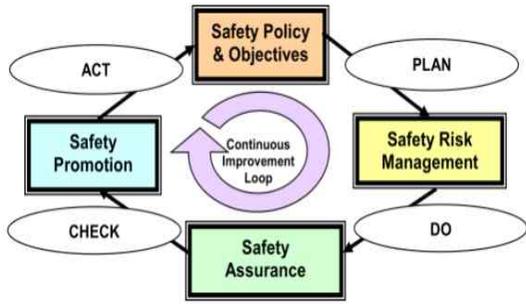


Fig. 5. ASMS key components continuous improvement loop

### 2.3 호주 공군

호주군은 영연방과의 역사적 관계로 영국의 제도를 도입하여 운영하고 있으며, 영국과 유사한 안전관리기법을 적용하고 있다. 2011년에 ICAO ANNEX-19의 요구사항을 반영하여 DASP(defence aviation safety program, 국방 항공안전 프로그램)를 도입하였다. 이후 2016년 민간의 ASMS를 포함하고 있는 유럽 항공안전 협약과 일치시킨 DASR(defence aviation safety regulation, 국방 항공안전 규정)을 새로 마련하고, 육·해·공군이 표준화된 국방 ASMS를 사용하도록 의무

화하였다.

Fig. 6은 DASR에 포함되는 각종 세부 규정들의 구성을 보여주고 있으며, 항공안전관리(aviation safety management)에 관한 세부지침은 호주군 SMS.A.10 - Scope (AUS)와 SMS.A.25 - Safety Management System (AUS)에서 별도로 설명하고 있다.

## III. 한국공군의 첨단 항공기 도입에 따른 안전관리 개선방안

### 3.1 MFOQA 도입 및 적용

민간항공사와 미 공군이 활용 중인 (M)FOQA를 한국공군의 안전관리 방안으로 사용하기 위해서는 다음의 요구사항이 충족되어야 한다고 판단한다.

첫 번째, 첨단 항공기 도입 추진시 해당 항공기에 적용할 수 있는 MFOQA와 같은 선진 안전관리 기법을 적용을 위한 시스템 탑재를 고려해야 한다.

이를 위해 항공무기체계 및 전력지원체계 획득을 위한 소요제기 절차를 일원화하고, 항공안전 관련 전문가를 참여시킬 수 있도록 제도적 장치를 마련하여 항공기 특성에 적합한 안전시스템은 무엇인지, 효과는 어느

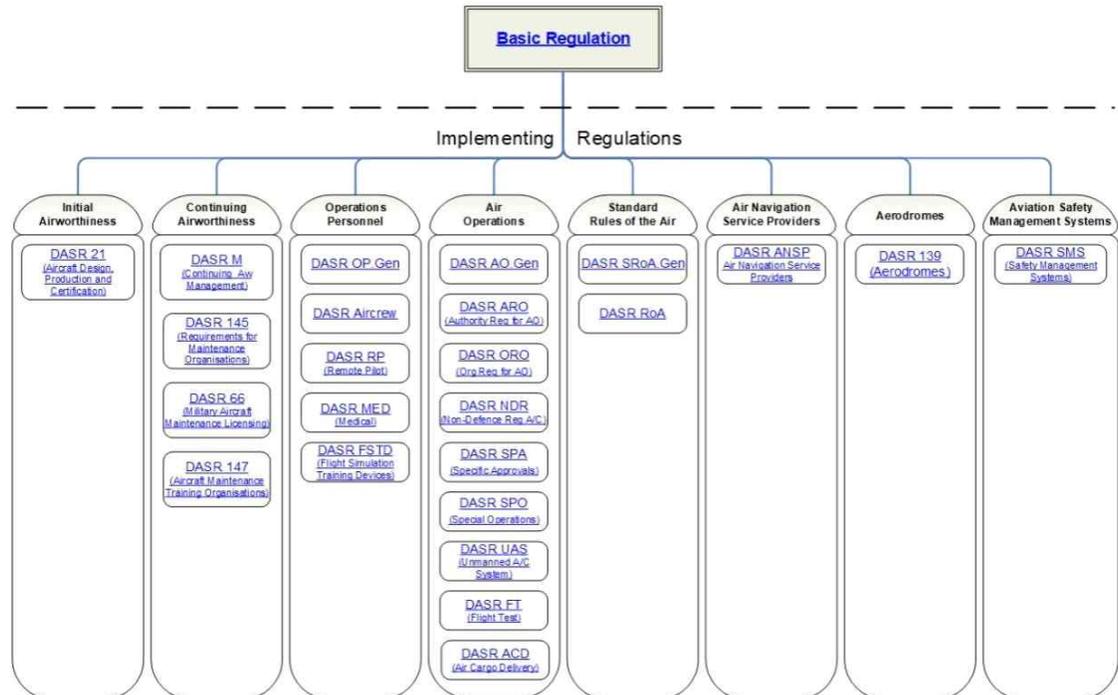


Fig. 6. Defence aviation safety regulation

정도인지, 외국군에서 유사한 항공기 운용 시 어떻게 안전관리를 하고 있는지 등의 내용을 사전에 검토·분석하여 무기체계 도입과 동시에 관련 안전관리 효과를 보장할 수 있는 시스템이 작동될 수 있도록 해야 한다.

예를 들면, FOQA를 위해 에어버스사 A-330 민간항공기에 기본적으로 장착되어 있는 FDIMU(flight data interface management unit) 장비가 한국공군의 다목적 공중급유수송기(MRTT) KC-330 무기체계 도입 시 제외된 것은 시사점이 크다고 할 수 있다. MFOQA 분석을 위한 장비가 제외된 원인은 정확히 알 수 없으나, 항공안전 지식 부족이나 예산 부족 또는 보안상의 문제일 것으로 추측된다.

두 번째, 기종별 비용-편익 분석을 수행하여 MFOQA 적용 대상 항공기의 분류가 필요하다.

모든 항공기에 MFOQA를 구현한다면 사고 예방 차원에서는 도움이 될 수 있을 것이나 MFOQA 수행을 위해 비행데이터 기록 장비가 장착되어 있지 않은 항공기를 개조하여 운영한다면 비용대비 효과가 낮을 수도 있다.

Table 2는 한국공군에서 신규 전력화한 F-35A 항공기의 MFOQA 수행을 위한 항목별 평가 기준을 분석한 내용이다.

항공기 비용은 한국공군 도입 당시 구매비용이며, 사망률과 사고율은 10년간 항공기 운영자료를 기초로 산출되지만, 전 세계적으로 항공기 운영 기간이 짧아 미 공군의 8년간의 자료를 참고하여 산출하였다. 통합비용 기준은 한국공군의 정책에 의해 복합적으로 산출되는 항목이기 때문에 연구자의 범위를 벗어나는 부분이며, 따라서 본 비용-편익 분석에서는 계산이 불가한 관계로 생략하였다.

- 1) 항공기 비용: 대당 1,850억원 ≒ \$154M(수의계약 방식에 의해 40대를 7조 4천억원에 도입하기로 결정)
- 2) 서비스 수명: 약 40년(F-35A 제안서에 따르면 기체는 8,000 비행시간의 운용수명을 가지며 월 평균 기체당 비행시간은 15~17시간으로 계산)
- 3) 사망률: 0('12 ~ '19년)
- 4) 사고율: 3.11('12 ~ '19년 사이 Class A mishap rate)
- 5) 통합비용: ?(생략)

통합비용 기준을 제외한 항목별 평가 점수는 Table 2와 같으며, 기준값의 총점을 계산한 결과는 23점이 나왔다. 따라서, 앞에서 살펴본 미 공군 규정 AFI 91-225에 의거하여 MFOQA 사용을 위한 적용 기준인 19점 이상이 되어 MFOQA를 적용하는 것이 항공기의 운영적 측면에서 안전에 효율적인 것으로 평가된다.

이와 같이 첨단 항공기 도입 시에 비용-편익 분석을 활용한 FOQA 분석 장비 도입 유·무를 결정한다면 총점이 낮은 항공기는 MFOQA 장비의 사용이 불필요하므로 전력화지원요소 검토 및 제안요청서 작성 시 비용을 절감할 수 있고, 총점이 높은 항공기는 MFOQA 장비를 도입 및 활용하여 운영유지 단계에서 위험을 사전에 파악할 수 있어 장기적인 측면에서 사고 예방에 효과적일 수 있을 것이다.

세 번째, 별도의 전문적이고 독립적인 MFOQA 운영관리 조직구성이 필요하다.

MFOQA를 통해 위험요소를 식별하고, 정확한 위험도를 분석하기 위해서는 기종별 전문가(조종사)와 기술

Table 2. F-35A cost-benefit analysis

기준값	항공기 비용(M\$)	서비스 수명(year)	사망률	사고율	통합비용(M\$)
1	0 ~ 25	1 ~ 5	<b>0 ~ 0.25</b>	0 ~ 0.50	36 이상
2	25 ~ 50	6 ~ 10	0.26 ~ 0.50	0.51 ~ 1.00	32 ~ 36
3	50 ~ 75	11 ~ 15	0.51 ~ 0.75	1.01 ~ 1.50	28 ~ 32
4	75 ~ 100	16 ~ 20	0.76 ~ 1.00	1.51 ~ 2.00	24 ~ 28
5	100 ~ 125	21 ~ 25	1.01 ~ 1.25	2.01 ~ 2.50	20 ~ 24
6	125 ~ 150	26 ~ 30	1.26 ~ 1.50	2.51 ~ 3.00	16 ~ 20
7	<b>150 ~ 175</b>	31 ~ 35	1.51 ~ 1.75	<b>3.01 ~ 3.50</b>	12 ~ 16
8	175 ~ 200	<b>36 ~ 40</b>	1.76 ~ 2.00	3.51 ~ 4.00	8 ~ 12
9	225 ~ 250	41 ~ 45	2.01 ~ 2.25	4.01 ~ 4.50	4 ~ 8
10	250 이상	45 이상	2.26 이상	4.51 이상	0 ~ 4

적, 공학적 지원을 위한 FOQA 기술공학 분석팀원들이 다. 미 공군 MFOQA 조직은 프로그램 감독자, 프로그램 관리자, 비행데이터 분석가, 게이트 키퍼(위험이나 오류를 적절하게 평가하고 완화하기 위해 필요한 세부 사항을 수집하기 위한 장치나 승무원 정보에 대한 접근 권한이 있는 사람)로 구성되고, 미 공군 안전센터에서 운영, 감독하고 있다.

한국공군은 항공기 수명관리를 위하여 일부 기종에 한하여 군수사 예하의 항공기수명연구소 항공기수명관리실에서 항공기 운영데이터를 수집하여 관리하고 있으며, 항공기의 구조적 손상과 수명관리에 많은 도움을 주고 있다. 하지만, 민간항공이나 미 공군과 같이 비행 안전을 위해 비행기록장치에 저장된 데이터를 분석하고 평가하여 피드백을 주는 별도의 주관부서나 전문인력은 운영되고 있지 않다.

한국공군은 안전사고 예방을 위해 ‘항공안전단’이라는 독립된 안전관리 전문부대가 있기 때문에 한국공군이 MFOQA를 운영하게 된다면 항공안전단이 미 공군 안전센터와 같이 MFOQA의 운영, 감독에 관한 기능을 수행할 수 있을 것이라 판단한다. 더불어 비행데이터 수집은 기존의 각 비행단 데이터 수집 담당자들을 활용한다면 추가 인력의 보충없이도 데이터 수집이 가능하여 효과적으로 운영이 가능할 것이다.

### 3.2 위험요소 건의체계 운영 활성화

한국공군은 안전보고제도 활성화를 위하여 미 공군의 ASAP과 유사한 ‘위험요소 건의체계’라는 보고제도 운영을 통해 전 임무 요원들이 자발적으로 사고 유발 가능 요소들을 보고할 수 있도록 유도하고, 사고를 유발시킬 수 있는 제반 요소들을 사전에 인식 및 공유하여 차단함으로써 사고를 예방하고자 안전관리를 수행하고 있다.

비행, 정비, 지상, 기타 분야로 구분하여 관리 및 운영하고 있으며, 위험요소 건의 건수에 대한 분석결과, 최근 5년간(‘16. 1월~’20. 12월) 평균 약 350건이 제출된 것으로 분석되었으며, 연도별/분야별 건의 건수는 Fig. 7과 같이 분석되었다.

한국공군의 ‘위험요소 건의체계’ 건수는 앞에서 살펴본 미 공군 자료와 비교하여도 적은 편은 아니지만, 현장 요원들의 보고 참여 향상을 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 하지만, 문헌에 따르면 개인이 안전보고의 적극성을 감소시키는 이유는 보고로 인한 부정적 영향의 존재에 대한 우려, 편의성, 사건의 중요성, 보고



Fig. 7. Number of hazard factors suggestions

프로그램 가치 등 다양한 것으로 알려져 있다. 이러한 안전보고에 대한 임무 요원들의 적극성에 부정적 영향을 미치는 요소들에 대한 고려를 바탕으로 한국공군도 ‘위험요소 건의체계’ 운영활성화를 위한 개선방안 도입이 필요하다.

첫 번째, ‘위험요소 건의체계’ 사용의 편의성을 향상하기 위한 하드웨어 측면의 시스템이 개선되어야 한다.

현재는 부대 내 사무실 컴퓨터를 활용하여 입력하는 시스템을 사용하고 있어 위험요인이 존재하는 현장에서 즉각적으로 위험요인에 대한 조치를 건의하기가 쉽지 않다. 또한, 수기식 작성 시스템으로 운영되어 보고자들의 시스템 사용에 소극적인 요인으로 작용할 수 있다. 활용성을 높이기 위해서는 사용자가 접근하기 쉽게 시스템을 개선할 필요가 있으며, 미 공군에서 활용 중인 ASAP(airman safety action program, 비행임무요원 안전보고제도)와 유사한 모바일 버전의 앱을 도입한다면 많은 현장 요원들이 쉽게 ‘위험요소 건의체계’에 접근할 수 있을 것이고, 메뉴-바 형식의 터치 방식 시스템으로 프로그램을 구성한다면 보고된 데이터의 분석과 활용도를 높일 수 있을 것이다.

두 번째, ‘위험요소 건의체계’에 보고된 내용에 대하여 즉각적이고 시기적절한 피드백 강화가 필요하다.

건의된 사안에 대한 조치가 예상되지 않는 경우에 개인들은 정보를 제공하는 것이 무의미하다고 느낄 수 있다. 위험요소 건의에 대한 피드백 기간은 사안에 따라 다를 수 있지만, 가능한 한 피드백 기간을 짧게 하여 안전향상에 효과적이라는 긍정적 생각을 제한한 당사자에게 심어 주어야 한다. ‘위험요소 건의체계’에 대한 자발적 참여와 관심을 유도하기 위해서는 건의사항에 대해 상위부서에서 관심을 가지고 적극적으로 해결하고 있다는 느낌을 건의한 당사자에게 주어야 하며, 가장 좋은 방법은 최대한 빠른 해결과 정보를 제공해

주는 것이다.

한국공군에서 운영 중인 통합안전 홈페이지 내의 ‘위험요소 건의체계’는 비행, 정비, 지상, 기타의 4개 분야로 구분되어 있으며, '16. 1월~'20. 5월까지 조치 완료된 건수는 1,348건으로 총 제안 건수 대비 약 87.5%를 조치 완료하였다. ‘위험요소 건의체계’ 건의 안에 대한 분야별 평균 조치 완료 기간 분석결과를 Fig. 8과 같이 대체적으로 3개월 내·외로 비교적 양호한 편이었지만 6개월 이상 소요되는 건의들도 약 10%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

또한, 사안에 따라서는 조치 완료 시까지 3년 이상 소요되는 건의도 있어 단계별 진행사항을 건의 당사자에게 알려줄 수 있는 시스템적 절차를 통하여 건의 내용이 차질없이 진행되고 있다는 것을 보여줌으로써 상 위부서에서 관심을 가지고 진행하고 있다는 신뢰를 제 공할 필요가 있다.

세 번째, ‘위험요소 건의체계’에 건의된 우수제안에 대하여 안전증진 차원의 홍보 활동이 강화되어야 한다.

현재 한국공군 통합안전사이트에는 ‘위험요소 건의 체계’에 건의된 내용 중 공군의 안전사고 예방에 크게 기여하였다고 판단된 우수제안들이 별도의 목록으로 탑재되어 있으며, 공본지침서 6-7-1 ‘공군 안전관리’에 의거하여 포상을 수여하고 있다. 하지만, 개인 자격으로 ‘위험요소 건의체계’에 올린 건의사항이더라도 공군의 안전에 이바지하고 있다는 자긍심을 가질 수 있도록 공군 차원의 홍보 강화가 필요하다.

미 공군 전투사령부에서는 안전지 내에 안전분야별 시상자와 안전 비행대대에 대한 홍보내용을 사진과 함께 소개하고 있으며, 한국공군도 대표 발간지에 별도의 세션을 구성하여 안전분야 시상자에 대한 내용과 우수 제안 내용을 탑재하여 공군이 수행하고 있는 안전증진 활동에 대하여 모든 공군인에게 널리 홍보 및 전파한

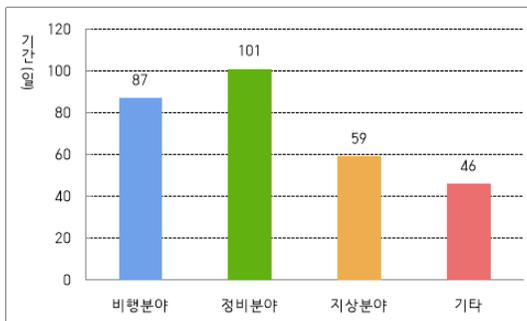


Fig. 8. Average period until hazard factors action are completed

다면 건의를 제안한 개인 및 부대로써는 안전에 대한 자긍심을 고취시키고, 이 안전에 대한 높은 관심도를 타 부대에 전파함으로써 안전증진의 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

### 3.3 LOSA 시행 추진 및 확대

한국공군은 2017년부터 2년 간 LOSA 프로그램 수행을 위한 연구용역을 진행하였지만, 여러 가지 현실적 어려움으로 인하여 실제 항공기에 적용하는 단계까지는 하지 못하였다. 첨단 항공기 도입에 따른 신기술 적용, 변화된 임무 환경 등이 향후 안전에 어떤 영향을 미치는지 분석하기 위한 위험식별관리 도구로써 LOSA 프로그램은 반드시 필요하며, 민간항공과 선진국에서의 적용 실패 사례를 바탕으로 한국공군에 시행을 셋업(set-up)하기 위해서 다음과 같은 몇 가지 사전 준비 단계가 필요하다고 판단한다.

첫 번째, 관련 부대(서)에 LOSA 프로세스를 이해시켜 이 안전프로그램이 유익하며 중요하다는 것을 충분히 홍보하고, 자료를 작성하여 배포 및 교육하여 필요성에 대한 공감대를 형성해야 한다.

실무부대에서는 LOSA 프로그램 특성상 관찰자(observer)가 비행 중에 조종실 내에 탑승한다는 것에 대해서 표준화 평가와 유사한 느낌으로 받아들이는 부정적인 경향이 있었으며, 가장 중요한 이러한 부분에 있어서 공감대를 형성하지 못한다면 LOSA 프로그램을 수행하더라도 신뢰성 있는 자료를 얻기가 쉽지 않다. LOSA 프로그램의 성공과 실패를 가름하는 중요한 요인 중의 하나는 조종사의 신뢰를 얻는 것이며, 조종사가 LOSA 프로그램의 목적을 의심하게 되면 이를 불신하게 되고 자발적 참여가 불가능하게 된다. 이러한 문제 해결을 위한 하나의 방법으로 실무부대 조종사를 대상으로 LOSA 프로그램을 수행하는 항공사 방문이나 관련 교육과정에 참여시켜 위험식별관리 도구로써 효과적이라는 것을 명확히 인지시켜야 한다.

두 번째, 해당 조직의 안전개선 의지가 LOSA 프로그램의 성공적인 실행 요소임을 감안하여 도입 및 운영을 위한 추진력 있는 조직구성이 필수적이다.

미 공군 LOSA 프로그램과 관련한 자료는 획득이 불가하여 조직구성의 내용을 파악할 수 없었지만, TLC의 LOSA 분석보고서를 근거로 SIB(Safety Investigation Board, 안전조사위원회)에서 Class E급의 안전조사를 실시 및 권고안을 작성하여 사령관 및 지휘관과 보직자에게 결과를 보고하는 시스템을 가지고 있다는 사실

을 알 수 있었다.

한국공군에서 LOSA 프로그램의 성공적 도입과 운영을 위한 의사결정기구를 구성할 시에는 권한과 책임이 있는 지위에 있는 관리자로 구성하여 추진하는 것이 효율적이라 생각한다.

세 번째, 장기적 관점에서 LOSA 프로그램을 적용할 시에 가장 효과적인 결과를 얻을 수 있는 기종이 무엇인지 선정하는 것이 중요하다.

한국공군에서 운영하는 C-130이나 CN-235 기종에 LOSA 프로그램을 적용하는 것도 가능하지만, 오랜 기간 운영한 항공기라는 점에서 어느 정도 안전이 확보되어 있다고 생각하며, 새롭게 전력화한 항공기를 선정하여 문제점을 도출하고 개선하는 것이 효과적일 수 있다.

이런 측면을 고려할 때, 조종실 내에 관찰자(observer)가 탑승할 수 있는 여분의 좌석을 보유하고 있는 최근 전력화된 다목적 공중급유수송기(MRTT) KC-330이 적절하다고 할 수 있으며, 조종사 및 급유통제사에 대한 동시 관찰이 가능하여 데이터 수집에 효과적일 수 있다. LOSA 프로그램의 효과가 인정된다면 지속적으로 해당 기종에 LOSA 프로그램의 적용이 가능하며, 한국공군에서 운영하는 타 항공기에도 확대 적용하는데 긍정적인 요인으로 작용할 수 있을 것이다.

#### IV. 결 론

한국공군은 디지털 기반의 신세대 기종 증가와 세대를 달리하는 5세대 스텔스 전투기 도입, 무인항공기 운용, 민간항공기를 기반으로 하는 군용 개조 항공기의 전력화 확대 등으로 최근 10년간 역대 어느 때보다 큰 폭의 항공기 세대교체를 진행 중에 있다. 따라서, 기존의 안전관리기법의 운용과 더불어 첨단 항공기에 적합한 새로운 방식의 안전관리기법 도입이 필요한 것이 사실이다.

본 연구에서는 첨단 항공기 도입에 따른 안전관리 방안으로 외국군 및 민간 항공기관에서 최신 안전관리 기법으로 사용하고 있는 안전관리 방안이 무엇인지, 적용은 어떻게 하고 있는지에 대해서 문헌과 사례를 중심으로 내용을 구성하였다.

결론적으로, 동일한 첨단 기종을 운영하는 운영국 군(軍)에서는 민간항공분야에서 이미 검증된 FOQA, ASAP, LOSA, SMS 등과 같은 과학화되고 체계화된 안전관리 기법들을 자군의 여건과 특성에 맞게 조정하여 운영하

고 있음이 파악되었다.

따라서, 한국공군도 첨단 항공기를 운영하는 운영국 및 민간항공의 안전관리기법을 장기적인 관점에서 한국공군 특성에 맞게 벤치마킹하여 구체적인 action plan을 수립하여 도입·추진한다면 지금도 운영 중인 K-ORM, 항공안전경험 공유체계, 위험요소 건의체계 등을 포함하는 총화적 안전관리가 한 단계 더 도약할 수 있는 계기가 될 것으로 예상된다.

#### References

1. Choi, J. T., "A study on the effective management of the force improvement programs", Security Thesis, Korea National Defense University, Korea, 2014.
2. ROKAF, "Pilot Fatigue Management Program Development Research Service", 2020.
3. Koo, B. E., "Analysis of Potential Vulnerability Factors related to Human Error of Pilots of UAS of the Republic of Korea Air Force", 2018.
4. Air Force Instruction 91-202, "Mishap Prevention Program", 2015.
5. ACC, "ASAP", Air Combat Command's Safety Magazine Combat Edge (Spring Edition), 2017, p.14.
6. Brainerd, J., "Proactive safety programs: AFSOC's latest safety and readiness tolls", AFSOC's Commando Safety Journal, 2019.
7. Bordenave, S., "The proper use of military flight operations quality assurance (MFOQA) analysis and unstable approach rates", AMC, 2014.
8. AFI 91-225, "Aviation Safety Programs", Air Education and Training Command, 2019, pp.26-32.
9. DoD Instruction 6055.19, "Aviation hazard identification and risk assessment programs (AHIRAPs)", Line Operations Safety Audit, 2019, <http://www.safe.af.mil/site>
10. Final Report on Research Services, "A study on the development of LOSA program for the air mobility aircraft of the ROKAF",

- Aviation Safety Agency, 2017.
11. ACC, "Learning from LOSA", Air Combat Command's Safety Magazine Combat Edge (Fall), 2019, pp.14-19.
  12. MAA, "Regulatory Article(RA) 1200", gov.uk site.
  13. MAA(Military Aviation Authority), "Manual of Air Safety (MAS)".
  14. Baines Simmons & MAA, "Air Safety Management Performance Matrix", 2015.
  15. DASA(Defence Aviation Safety Authority), "Introduction to Defence Aviation Safety", Guidebook edition 2.1, 2019.
  16. DASR(Defence Aviation Safety Regulation) "Aviation Safety Management Systems", Australian Government Department of Defence, 2019.
  17. "Aviation Safety Division > Aviation Statistics", <http://www.safe.af.milsite>
  18. Kim, D. H., "A Study on the Introduction of MFOQA", ROKAF Aviation Safety Agency, 2014.
  19. AFI 91-225, "Aviation Safety Programs", Air Education and Training Command, 2019, p. 14.
  20. Choi, J. Y., "A Study on the ROKAF Suggestion System", ROKAF Aviation Safety Agency, 2020.
  21. Freiwald, D. R., "The effects of ethical leadership and organizational safety culture on safety outcomes", Doctoral Dissertation, Embry-Riddle Aeronautical University, College of Aviation, 2013.
  22. Probst, T., and Estrada, A., "Accident under-reporting among employees: Testing the moderating influence of psychological safety climate and supervisor enforcement of safety practices", *Accident Analysis and Prevention*, 42(5), 2010.