

우리 군과 미 공군의 시스템 안전 정책에 관한 연구

김진성*, 서민성, 박순철
국방기술품질원

A Study on the System Safety Policy of the Korean Military and the US Air Force

Jin-Sung Kim*, Min-Seong Seo, Sun-Cheol Park
Defense Agency for Technology and Quality

요약 무기체계가 첨단화됨에 따라 그 복잡성으로 인한 예상치 못한 안전문제가 야기 될 수 있다. 이러한 안전문제를 허용 가능한 수준으로 관리하기 위해 본 논문은 미 공군의 시스템 안전 적용 사례를 연구하여 시스템 안전의 효용성과 한국군에 유용한 시사점을 제시하였다. 주요 연구 대상은 미 공군의 시스템 안전 정책과 조직이며, 한국군의 시스템 안전과 연관된 정책과 조직이다.

시스템 안전의 효용성과 개념 설명을 위해 미 공군의 10만 비행시간 당 사고율 추세와 개발 시 시스템 안전을 적용한 전투기 사례를 제시하였다. 그리고 MIL-STD-882E를 통해 시스템 안전의 대략적인 의미를 설명하였다. 또한 미 공군의 시스템 안전 정책과 조직 연구를 통해 실질적 사례를 제시하였다.

미 공군은 DoD I 5000.36에 따라 시스템 안전 의무사항을 규정하고 획득체계에서는 Program Manager가 권한과 책임을 가지고 시스템 안전 조직을 구성하여 관리, 감독, 평가를 수행한다. 그에 반해 한국군은 안전과 관련된 전문 조직이 필요한 실정이고 시스템 안전을 무기체계 획득 단계에서 어떻게 적용할지 논의가 필요한 상황이다.

본 연구는 시스템 안전을 한국군의 무기체계 획득단계에 적용해야 하는 필요성을 제안하고 안전한 무기체계 획득을 위한 연구와 논의가 필요함을 제시하였다.

Abstract Subsequent to the weapon systems becoming more advanced, unexpected safety problems arise due to the complexity of advanced weapon systems. This paper studies the US Air Force's system safety application cases and suggests the effectiveness of system safety and useful implications for the Korean military towards addressing the safety issues mentioned above.

Moreover, the US Air Force's aircraft mishap rate per 100,000 flying hours and the case of a fighter that applied system safety during development were presented to explain the effectiveness of system safety. In particular, the meaning of system safety was explained through MIL-STD-882E. In addition, practical examples were presented through the US Air Force's system safety policies and organizations.

The US Air Force has established system safety requirements under DoD I 5000.36. Furthermore, in the acquisition system, the program manager formed the system safety organization with authority and responsibility to manage, supervise, and evaluate. Therefore, the Korean military needs a professional organization related to safety, similar to the one in the US Air Force. Recently, the application of system safety to the acquisition stage is being discussed for implementation in the Korean military.

In essence, this study suggests the need to apply system safety to the acquisition stage and suggests that a safe weapon system be deployed through more research.

Keywords : System Safety, MIL-STD-882E, Acquisition Stage, Safety, Risk Assessment, DoD I 5000.36.

*Corresponding Author : Jin-Sung Kim(Defense Agency for Technology and Quality)
email: jskima@dtq.re.kr

Received September 23, 2021

Accepted January 7, 2022

Revised October 20, 2021

Published January 31, 2022

1. 서론

KF-21 보라매 시제기 출고식과 미사일 사정거리 해제로 인한 우주개발 논의 등 첨단 무기체계에 대한 관심이 높아지고 있다. KF-21만 보더라도 하나의 무기체계를 완성하기 위해 사업관리, 품질관리, 전자광학장비, 레이더, 소프트웨어, 항전장비, 비행동체 등 다양한 분야의 전문지식이 어우러져 개발된다. 이러한 분야 간 융합은 그 복잡성으로 인해 예상치 못한 안전문제를 야기할 수 있다. 2003년에 발생한 KT-1 추락사고의 경우 스위치 인식 문제로 조종사가 오작동을 일으켰고[1], 2010년 K-21 잠갑차의 경우 도하 중 급정차 시 파도 막이 강도가 부족하여 조종석 침수사고가 발생하였다[2]. 그리고 2011년 K-11 복합소총의 경우 사격 중 이상 폭발로 인한 병사 부상으로 개발이 백지화 되는 등 예상치 못한 안전사고로 인명피해 및 경제적 피해가 발생하고 있다[3].

이러한 안전문제는 첨단 무기체계 개발 간 더욱 심도 있게 고려되어 사전에 예방되어야 한다. 본 논문에서는 미 공군 획득체계에서 고려되는 시스템 안전에 대하여 분석한다. 미 공군은 정책적으로 어떻게 시스템 안전을 적용하여 무기 시스템을 관리하고 있는지 연구하고, 이를 수행하기 위한 조직 구성 또한 같이 기술하였다. 그리고 현재 우리군은 안전과 관련된 대응을 어떻게 하고 있는지 그리고 시스템 안전의 적용은 어느 수준인지 연구하였다.

2. 본론

2.1 미 공군 사고율 추이 및 시스템 안전의 영향

현재 미 공군에서 운영 중인 항공기 중 B-52와 KC-153과 같은 항공기는 약 60년 전에 설계 및 제조되었지만 전력 구조의 중요한 요소로 남아 있다. 동시에 F-22와 RQ-4와 같은 최신 항공기는 더 복잡한 기술, 재료 및 소프트웨어 의존도가 높아지면서 운영, 유지 시 잠재적 문제를 야기할 수 있다. 특정 전력체계의 노후화와 최신 군용 항공기의 복잡성 증가, 지속적인 해외 작전, 변동하는 예산 환경으로 일부 미 공군 항공기는 총 수명 주기 동안 손실이 누적될 수 있다. 이러한 우려는 이라크와 조지아 주 사바나에서 발생한 인명 손실 사고로 이어졌고 이는 2019년 미국 군사항공안전에 관한 국가위원회 설립의 원인이 되었다[4].

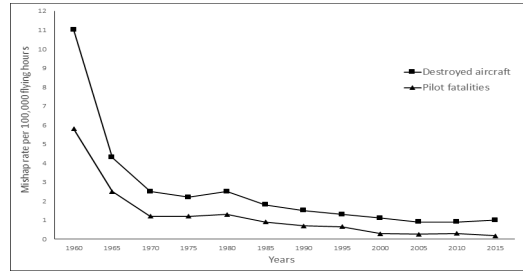


Fig. 1. U.S. Air Force Aircraft Mishap Rates

Fig. 1은 10만 비행시간당 사고율 추세를 연도별로 나타낸 그래프이다. 10만 비행시간 당 손실된 항공기의 수는 1950년대부터 1970년대까지 감소추세를 유지하다가 1970년대부터 1980년대 초반까지 완만하게 상승한다. 이후 지속적으로 감소추이를 보이다 1990년대 중반 이후 10만 비행시간당 1대 이하의 손실로 하락하였다. 특히 조종사 인명피해의 경우 꾸준히 감소추이를 보이다 2010년 이후에는 10만 비행시간당 0.2명 미만까지 떨어진 것을 확인할 수 있다[5].

이러한 사고율 감소는 새로운 재료 적용, 기계적 성능 향상, 구형 항공기의 폐기, 유지 보수 기능강화, 안전 관련 정책적 제도 실시 등 항공기 신뢰성과 안전성 향상을 위한 다양한 노력의 산물이다. 그 중 안전 관련 제도 중 1969년에 제정된 MIL-STD-882 "System Safety Program for Systems and Associated Subsystems and Equipment" 적용은 시스템 설계 단계에서 위험요소와 재해 발생 원인을 예측하고 설계 변경을 통해 위험도를 경감하여 사고를 방지 할 수 있도록 한 것으로 사고율 감소 요인 중 하나라 할 수 있다. 이를 뒷받침 할 수 있는 사례로 미 해군에서 사용한 F-4 팬텀 II와 F-14 톱캣을 들 수 있다. 함대 방어라는 유사한 임무를 수행하기 위해 개발되어 각각 1961년, 1974년에 도입된 전투기이다. 개발 당시 F-4의 경우는 공식적인 시스템 안전 프로그램을 적용하지 않았지만, F-14는 F-4와 달리 시스템 안전 프로그램을 적용하였다. 각 기체의 10만 비행시간당 사고율을 비교해 보면 F-4의 경우 9.52인 반면 F-14는 5.77로 시스템 안전 적용에 따른 사고율 감소를 간접적으로 확인할 수 있는 사례라 할 수 있다[4].

2.2 시스템 안전

2.2.1 국방 획득분야에서 시스템 안전의 정의

19세기 후반 산업혁명 이후 급격한 기술 발전으로 제품의 기술수준은 높아졌으나 안전에 대한 공학적 수준은

그렇지 못했다. 사고가 발생하고 나면 그 사고 원인을 분석하여 개선에 적용하는 ‘Trial-and-Error Approach’ 방식이 대부분이었다. 이는 인명, 재산, 환경 등의 재난을 야기하였고 개선이 필요하였다.

1946년 미국 뉴욕에서 개최된 항공과학학회(Institute of Aeronautical Science) 연례회의에서 Amos L. Wood(1946)가 발표한 ‘항공기 제작사의 항공안전 프로그램 조직’을 통해 설계 시 안전에 대한 지속적인 관심, 사전 및 사고 후 분석, 인적 오류 최소화를 위한 사고 예방적 설계, 사고 후 분석 자료의 통계적 관리, 안전교육에 대한 논의가 시작되었고 이것이 시스템 안전 개념의 시작이었다.

미 공군은 1960년대 초 ICBM을 개발 하면서 운용시험 시 미사일 발사까지 5개소 손실 및 인명피해 발생으로 기존 사고예방 방법의 한계가 드러나게 된다. 원인 분석결과 설계 및 운용계획 결함, 관리활동 부실에 의한 사고로 확인되었고 이는 설계와 제작단계에서부터 사고예방이 필요하다는 결론에 이르게 된다. 이처럼 안전관리에 대한 패러다임 변화가 필요하게 되면서 1969년 군사표준인 MIL-STD-882가 미 국방부의 모든 조달 사업에 적용되기 시작하였다[6].

이렇게 시스템 안전은 발생한 사고의 원인을 분석하고 유사 사고 재발을 방지하는데 그친 기존 안전관리 방식에서 사전 기술 감식을 통해 사고를 예방하는 관점의 전환이라 할 수 있다. 특히 국방 획득분야에서는 무기체계나 전력지원체계와 같은 시스템이 잠재적으로 사람의 사망, 상해와 재산 손실, 상실을 발생시키는 위해조건을 벗어나게 하는 것을 의미한다. 즉, 시스템 안전은 획득대상 장비나 설비 등 시스템의 수명 주기 전체 단계에 걸쳐 운영 유효성, 지속가능성, 시간, 비용의 제약 내에서 수용 가능한 위험 수준으로 통제하기 위한 공학 활동, 관리 원칙·기준·기법으로 정의 할 수 있다[7].

2.2.2 시스템 안전 목적 및 절차

시스템 안전 목적은 시스템의 수명주기 동안 제한된 운영효과, 비용, 시간 내에서 인명의 사망이나 상해, 시스템 손실이나 손상을 발생 시키는 위험요소의 제거 및 완화에 있다.

Fig. 2와 같이 위험이 없는 이상적인 안전수준은 달성될 수 없으므로[8] 사고로 인한 비용과 사고 예방을 위한 비용을 전체 비용 내에서 수용 가능한 안전수준을 달성하기 위해 공학적 능력, 관리 원칙과 기준, 기술을 적용한다. 이를 위한 시스템 안전의 절차는 Fig. 3과 같다.

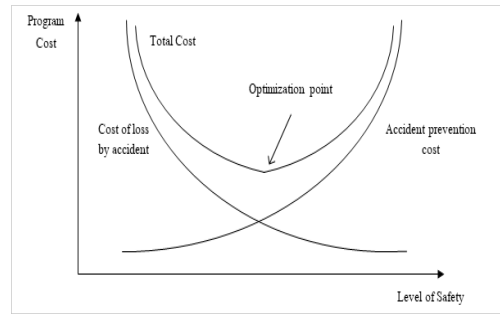


Fig. 2. Acceptability of Risk Model

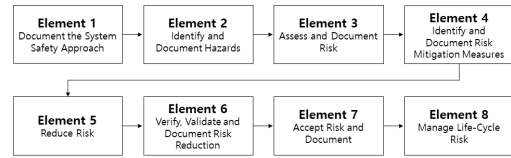


Fig. 3. Eight Elements of the System Safety Process

Fig. 3은 MIL-STD-882E에 명시된 시스템 안전 절차에 대한 설명이다. 이를 상세히 살펴보면 위해성(Hazard)은 위해성 추적시스템에 데이터화 하여 관리되는데 이때 데이터에는 식별된 위험도(Risk), 위험도 평가, 위험도 경감 방법 등 안전성 관련 문서들을 계약자, 정부관계자 등이 적절한 시스템으로 접속할 수 있게 문서화 할 것을 규정한다.

개발 시스템에 발생 가능한 위해성은 심각도와 발생 확률로 구분하여 Table 1과 같이 위험도평가표로 작성하여 평가한다. 심각도의 기준은 인명의 사망 또는 상해, 환경 영향성, 경제적 손실로 나뉜다. 발생 확률은 해당 시스템의 무기체계 분류 및 보유하고 있는 유사 시스템 자료를 참고하거나 없을 시 정성적으로 평가한다.

위험도 완화 방안 역시 위해성 추적시스템 내에 문서화 되어야 한다. 이때 문서에는 완화 수단과 그에 따른

Table 1. Risk Assessment Matrix

RISK ASSESSMENT MATRIX				
Severity	Catastrophic (1)	Critical (2)	Marginal (3)	Negligible (4)
Probability				
Frequent(A)	High	High	Serious	Medium
Probable(B)	High	High	Serious	Medium
Occasional(C)	High	Serious	Medium	Low
Remote(D)	Serious	Medium	Medium	Low
Improbable(E)	Medium	Medium	Medium	Low
Eliminated(F)	Eliminated			

기대 효과를 작성한다. 위해성을 제거할 수 없는 경우 해당 요소의 위험도를 시스템 안전 설계의 우선순위로 적용하여 비용, 일정, 성능 등 제한조건 내에서 수용 가능한 수준이 되도록 설계 변경한다. 위험도를 기술적으로 낮출 수 없는 경우 경고 시스템을 반영하고 위험 표시, 안전 절차, 교육 훈련, 개인보호장비 등을 추가 반영한다[9,10].

수용 가능한 위험수준이 되도록 시스템 안전 설계를 수행 할 때에는 우선 시스템의 요구 안전사항이 효율적으로 설계 되어야 한다. 전자기 환경, 오염물 방지, 소음 기준 등 시스템 요구 사항을 문서화하여 시스템 규격에 포함하고 이러한 요구사항이 시스템 개발자 뿐 아니라 협력업체에 하향 반영되는지 확인 한다[11]. 시스템 안전 설계 수행 시 주요 고려사항은 다음과 같다.

- 요구 안전사항을 시스템에 효율적으로 설계 반영
- 위험을 식별, 평가, 제거하여 시스템 전체 수명 주기 동안 허용 가능한 수준으로 감소하도록 반영
- 유사 시스템의 안전 관련 데이터를 고려하여 적용
- 위험의 제거 또는 허용 가능 수준으로 저감하기 위한 조치를 문서화
- 신규 설계·재료·생산방식·시험 방식 적용 시 위험 최소화하여 반영
- 개조 작업 최소화하여 반영
- 설계, 구성변경, 요구사항 변경 시 허용 가능한 위험 수준을 유지하여 수행
- 시스템과 관련된 모든 위험 물질은 안전하고 폐기가 용이하도록 설계 반영
- 안전 관련 주요 자료는 문서화하여 설계에 반영
- 생산 후 식별된 위험은 시스템 안전 프로그램에 따라 최소화하여 반영

위험도 축소는 위험도 완화 방안 수행 후 그에 따른 비용, 효과 등을 고려하여 평가한다. 기술적 검토는 현존하는 위해성과 그에 수반되는 심각도 및 확률을 평가하고 위험도 완화 현황을 검토한다. 이를 토대로 검증된 위험도 완화 방안은 이행실적, 분석, 시험, 검사에 대한 내용을 문서화하여 위해성추적시스템에 등록한다.

문서화된 자료는 개발 시스템의 전 수명 주기 동안 보관한다. 소요군은 위험도 완화 결과에 대한 승인 검토, 야전배치 후 새로운 위해성 식별, 예상 위험도의 실제 수준 평가에 대한 정보를 제공한다.

시스템 배치 후 수명주기 전반에 걸쳐 발생한 위해성을 식별하여 위해성 추적시스템에 등록한다. 새로운 위

해성이 발견되거나 사전 평가 보다 더 높은 위험도를 보일 경우 공식 절차에 따라 조사하고 시스템 개발자는 이를 지원한다.

이와 같은 시스템 안전 절차를 통해 시스템 전 수명주기 동안의 위험도를 예상하여 완화할 수 있도록 한다. 시스템 개발자는 시스템 개발 완료 후 군 운용 중에도 지속적으로 위험도를 관리하고 타 시스템에도 적용할 수 있도록 한다.

2.3 미 공군의 시스템 안전 적용

2.3.1 미 공군 시스템 안전 정책

미국 국방 획득 절차의 정의 및 정책을 명시한 DoD D 5000.01은 획득절차 전반에 걸쳐 인명, 시스템, 유해 물질, 생산 및 제조, 시험, 시설, 물류, 무기 및 폭발물에 대한 안전 지침을 수행하도록 명시되어 있다. 그리고 DoD I 5000.36 System Safety Engineering and Management에 따라 다음의 시스템 안전 의무 사항이 적용된다[5].

- 시스템 획득 절차 전반에 걸쳐 시스템 안전 프로그램을 수립한다.
- 설계 및 프로그램 내 시스템 안전을 검토한다.
- MIL-STD-882에 따른 시스템 안전 프로그램을 수립한다.
- 과거 획득 시스템에 적용한 시스템 안전 데이터를 유지하여 관련기관에서 사용할 수 있도록 한다.
- 시스템 안전 실무 훈련을 수행하고 시스템 프로그램 지원을 수행한다.
- 시스템 안전 수행 후 이력을 기록하고 유지한다.
- 계약 이행자의 성실 수행 평가를 위한 지침을 개발한다.
- 위험 감소를 위한 안전 기술을 검토한다.

2.3.2 미 공군 시스템 안전 조직

시스템 안전 조직 설명에 앞서 먼저 미 공군 안전 조직을 확인할 필요가 있다. 미 공군장관 산하 Air Staff 조직의 감사부 성격으로 구성되어 있는 안전부서는 안전 규율 의무 수행 자격이 있는 전문가로 구성되며, 각 사령부의 안전 프로그램을 관리한다. 주요 업무는 공군 부대의 모든 안전 요구사항 및 표준을 점검하고 준수하도록 하는 것이다. 또한 안전사고 예방프로그램의 실행 및 감독을 수행한다. Air Staff 산하 조직뿐만 아니라 각 사령부의 안전 담당관과 함께 업무를 수행할 수 있다. 그리고

안전부서의 책임자인 Chief of Safety는 안전부서 내 시스템 안전 부서를 통해 시스템 안전 업무를 지원한다.

공군 안전부서 산하 공군 안전센터는 공군 사고 예방 프로그램 개발, 실행, 감독 등의 업무를 수행한다. 그리고 공군 내 안전프로그램의 정책과 목표를 개발하고 사고 예방프로그램을 지원하며 안전 평가 지침을 설정한다. 구체적으로 폭발물, 원자력 관련 처리 규정 개발, 안전 교육 훈련 및 개발, 병과 별 부상 및 질병 정보 수집, 안전 데이터 수집·분석 및 자료제공 등이다. 또한 시스템 안전과 관련한 정책, 교육 프로그램 등을 개발한다.

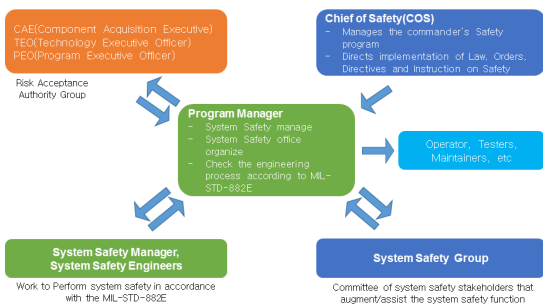


Fig. 4. US Air Force System Safety Work Relationship Diagram

획득 단계에서 시스템 안전은 Fig. 4와 같이 획득 시스템 프로그램 담당 부서의 Program Manager가 책임과 권한을 가진다. Program Manager는 MIL-STD-882와 DoD Standard Practice for System Safety에 명시된 항목들을 단계별 기록, 검토하며 사용자의 운용 요구사항을 충족하기 위해 개발, 생산, 유지에 대한 프로그램 목표를 달성하도록 관리한다. 또한 각 개발 단계별 비용, 일정, 성과에 대하여 보고하며 그에 따른 책임을 가진다. Program Manager는 시스템 안전 Manager를 지정하여 시스템 안전을 관리한다.

시스템 안전 Manager는 MIL-STD-882에 따라 시스템 안전 기능을 수행한다. 운영경험, 시스템 요구 사항 변경, 환경영향, 시스템 수정내역 등을 모니터링 하여 시스템 또는 시설의 수명주기 동안 위험을 식별, 완화조치를 수행하고 조치 효과를 확인하기 위한 감독을 수행한다. 그리고 식별된 위험 및 완화조치에 대한 추적 절차를 개발하고 문서화하여 관리한다.

시스템 안전 기능을 강화하기 위해 System Safety Group이라는 위원회를 운영한다. 위원회 의장은 Program Manager 또는 안전 관련 책임자가 수행하고 필수 구성원으로 System Safety Manager, 각 사령부

안전책임자 및 시스템 안전 담당자, 소요군 대표, 개발 및 시험기관 책임자로 구성된다. 추가 구성원과 자문위원단은 필수 구성원 동의하에 선정 될 수 있다. 대상자는 System Safety Manager, 공군 안전센터, 계약관계자, 프로그램 엔지니어, 방위군, 공군예비역, 국방부 관계자, 방위 산업 관련자가 될 수 있다.

항공기, 무기체계, 우주항공 시스템은 반드시 시스템 안전 위원회를 하위 시스템까지 수행하여야 한다. 주요 검토사항은 프로그램 현황, 우주항공 시스템 등의 안전 평가, 안전설계 장단점 및 수정 사항 분석, 수정 계획, 보류, 승인 또는 비승인 사항 점검, 안전 사항이 시스템에 미치는 영향성 조사 및 권고 조치 등이다[7,12].

2.4 우리 군의 시스템 안전 적용

2.4.1 안전관리 현황

다양한 야전환경과 군사훈련 그리고 고위험 작업이 상존하는 군에서는 위험사고가 발생할 가능성이 높다. 우리 군은 최근까지 매년 안전사고가 발생하고 있으며 다수의 사망자도 발생하는 실정이다. 이러한 안전사고에 따른 손실비용으로 인적, 물적, 경제적 피해가 상당하다고 할 수 있다. 또한 사고 발생 시 대부분 군사경찰에 의한 수사 관점으로 대응 하다 보니, 안전관리 업무처리 방법과 군 문화를 아우르는 종합적인 안전대책과 제도가 미비한 실정이다.

Table 2와 같이 국방부 안전관련 훈령은 대부분 사고, 재난 및 유해물질 대응에 대한 것으로, 위험을 예측하고 예방할 수 있는 안전관리시스템과 무엇보다 안전관리 인식 재고가 필요하다. 안전관리인식이 미흡한 이유를 살펴보면 안전 임무 및 역할이 불명확하다. 각 군은 안전 담당 부서를 운영하고 있지만 안전관련 조직의 임무가 일부 분야에 한정적이기 때문에 지휘관 재량에 따라 업무의 범위 및 관점이 변할 수 있다.

그리고 안전관리 조직인 본부 조직은 정책을 중심으로 운영하고 예하부대는 파견 형태로 관리 되어 사고 조사와 예방을 위한 기관 및 안전 정책 연구부서도 미흡한 실정이다.

이러한 안전에 관한 조직적·제도적 보완을 위해 2020년 12월 국방안전훈령이 제정 되었다. 국방 안전관리 체계, 국방안전관리계획 등 총 7장으로 구성된 훈령에는 국방 안전 관리를 총괄하는 국방안전정책조정위원회를 구성하여 국방안전정책의 목표, 기본방향, 계획수립, 안전증진을 위한 제도 개선, 국방 안전 현안 등을 논

Table 2. Directives Related to Safety by the Ministry of National Defense

Field	Regulation	Note
Accident	Oder of Military Management	An element in the field of health care. Removal of safety element when revised in October 2020.
	Defense Ammunition and Explosives Safety Management Directive	Proposal of standards and norms for the prevention of safety accidents with military ammunition and explosives.
	Guidelines for Ammunition and Explosives Safety Management Criteria	
	Guidelines for Military Battery Safety Management	Suggestion of storage, handling and disposal procedures to prevent military battery accidents.
Environmental, Safety and Occu-pational Health	Military Radiation Safety Management Directive	Prevention of accidents and disturbances caused by radioactive materials managed by the military.
	Military Work Environment and Health Management Directive	Environmental and health standards for health protection of workers in hazardous workplaces in the military.
	Military Indoor Air Quality Control Directive	Management standards for indoor air quality in military operational facilities and residential facilities.
	Handling and Storage Management Instruction for Hazardous Chemicals	Safety management of hazardous chemical substances in the military and measures for primary measures in case of leakage.
Mitigation	National Defense Disaster Management Directive	In case of disaster, response, recovery, public support, and overseas relief procedures are presented.

의 결정한다. 그리고 국방부와 각 군, 국직 부대 등의 안전에 관한 역할을 명시하여 기관별 책임을 명확히 하였다. 이는 개별부서의 행정규칙에 근거하였던 국방 안전 관리 제도를 하나의 훈령으로 통합함으로써, 명확한 국방 안전 개념과 전문적인 관리가 가능하게 되었다.

하지만 무기체계 획득 분야에서는 ‘군용항공기 비행안전성 인증에 관한 법률’이 적용되는 항공분야 외에는 안전관리에 대한 의무 조항이 없고 국방 안전 훈령 내에도 위험성평가의 실시 외에 획득단계에서부터 안전을 확보하고자 하는 구체적 조항이 없다. 이는 무기체계 개발 시 개발자가 안전을 고려하지 않을 경우 반영이 어려운 실정이다. 이로 인해 무기체계 운용 시 설계상 오류로 인한 안전사고가 발생되고 있고 사고에 대한 후속 조치만 이루어져 시스템 안전 관점의 안전 확보 노력은 부족한 상

태이다.

2.4.2 시스템 안전의 적용

군 발생 사고를 줄이기 위해 무기체계 개발 시 안전 반영이 필요하다는 의견이 제시되었고, 2019년 육군 전력발전단에서 ‘국방전력발전업무훈령’에 무기체계 개발 시 시스템 안전적용에 대한 개정 소요를 제기하였다. 이에 국방부에서는 ‘국방안전 혁신방안’ 수립 시 획득단계 안전도 하나의 분야로 포함하여 다음과 같은 사항이 논의되었다[13].

가. 소요기획 단계

초기개념연구 단계에서 운용요구서 등에 안전요소 제시

Table 3. Comparison of System Safety Policies between the US Air Force and Korean Military

Division	US Air Force	Korean Military
Safety Management Perspective	System Acquisition Stage	System Operation Stage
Generalization of Safety Management	Chief of Safety	Logistics Management Office
Applied of System Safety	O	X
System Safety Regulation	MIL-STD-882	Applies to part of the Law on the Military Airworthiness Certification
System Safety Organization	System Safety Manager, System Safety Engineer, System Safety Group	Applies to part of the Law on the Military Airworthiness Certification
System Safety Information Management	Managed by Hazard Tracking Database according to MIL-STD-882	Operating as the Defense Safety Intelligence Management System
User Feedback	Provided by requirement military after system deployment	Request if necessary

나. 사업추진단계

- ① 획득 의사결정에 관여하는 조직 전반이 수행해야 할 안전 임무와 역할 정립
- ② 운전자 안전성을 저해할 요소를 식별하고 평가관리 통제할 수 있는 구체적인 가이드라인 제시('위험성 평가제도' 도입)
- ③ 무기체계 설계 시 운전자 안전 제고를 위한 인체공학 적 설계 기준 마련
- ④ 무기체계 개발 착수 시 시스템 안전 전문가를 개발 팀에 포함
- ⑤ 무기체계 운영 절차 수립 시 안전-효율의 비용-편익 분석 실시 등

2.5 미 공군과 우리 군의 시스템 안전 정책 비교

우리 군은 국방안전훈령으로 안전관리의 조직, 역할, 관리 방안 등을 명시하였지만 시스템 안전에 대한 관점은 반영되지 않았다. 국방안전훈령을 기준으로 미 공군과 우리 군의 시스템 안전 정책 비교를 Table 3에 명시하였다.

미 공군은 안전 관리의 시점을 획득단계에서부터 시작하는데 반해 우리군은 운용 중 발생이 예상되거나 발생한 위험요소에 대한 관리를 중점으로 하고 있다. 또한 명확한 안전관리부서가 존재하는 미 공군에 반해 우리 군은 군수관리실에서 총괄 관리하고 있다. 가장 큰 차이는 시스템 안전을 수행하기 위한 규정의 부재이다. MIL-STD-882로 시스템 안전을 따로 구분하여 규정화한 것에 반해 우리 군은 군용항공기 비행안전성 인증에 관한 법률에 시스템 안전을 일부 적용할 뿐 무기체계 전반에 적용되지 않는다. 미 공군의 경우 시스템이 운용될 때 안전관련 정보를 소요군이 적극적으로 환류하고 공유하지만 우리 군은 안전 관련 사항 필요시에만 요청하기 때문에 정보의 축적이 힘든 상황이다.

3. 결론

본 논문은 MIL-STD-882의 시스템 안전에 대한 주요 개념을 설명하고 미 공군의 적용 분석을 통해 우리 군에 유용한 시사점을 제시하고자 하였다.

우선 시스템 안전 개념 구체화 과정을 통해 그 개념을 이해하고자 하였고, MIL-STD-882E에서 설명하고 있는 시스템 안전의 목적과 절차를 연구하여 구체적인 요구사항들을 분석하였다. 또한 이러한 이론적 개념들이 군에

어떻게 적용되는지 분석하기 위해 미 공군의 사례를 연구하였다. 그 결과 미 공군은 정책적으로 DoD I 5000.36에 따라 시스템 안전 의무사항을 규정하고 이를 반영하고 있으며, 획득단계에서 조직적으로 시스템 안전을 무기 시스템에 적용하고 있다. Program Manager가 권한과 책임을 가지고 시스템 안전 Manager 및 Engineer, 무기 시스템 개발자와 업무를 수행하며 시스템 안전 Group과 각 사령부의 안전 담당자들의 지원을 통해 시스템 안전 관리, 감독, 평가 및 부대 전달이 되도록 하고 있다. 특히 시스템 안전과 관련된 사항들을 문서화하고 이를 공유함으로써 향후 유사체계 개발에 하나의 지표로 참고할 수 있도록 시스템화 하여 관리하고 있음을 기술하였다.

그에 반해 우리 군은 법률로 지정된 항공분야의 경우 표준인증기준에 따라 획득단계에서 시스템 안전을 적용하고 있고 타 분야는 본격적인 시스템 안전 적용을 위하여 활발한 연구와 정책지원이 필요한 상태이다.

향후에는 시스템 안전을 우리 군과 정책 상황에 맞게 적용할 구체적 방법을 제시하고 이를 각 군에 적용 시킬 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한 민·관·군에서 시스템 안전의 유효성에 공감하고 활발한 논의가 수행되어 정책적으로 발전시켜야 한다. 이를 통해 우리 군의 첨단 무기 시스템이 더욱 안전하게 전력이 될 수 있을 것이다.

References

- [1] J. H. Kim, *The cause of the Sacheon pilot training crash was "Immaturity in Operation."* [Internet]. Newsis Newspaper, c2003 [cited 2003 December 16], Available From: <https://news.naver.com/main/read.naver?mode=LSD&mid=sec&sid1=001&oid=003&aid=0000013103> (accessed Sep. 16, 2021)
- [2] K. S. Jang, *K-21 Armored vehicle was judged to pass despite underperformance* [Internet]. Donga Newspaper, c2015 [cited 2015 January 12], Available From: <https://donga.com/news/artical/all/20150112/69031243/1> (accessed Sep. 16, 2021)
- [3] K. W. Yun, *A series of flawed K-11 composite rifles ceased business after 9years of military delivery* [Internet]. Maeil Newspaper, c2019 [cited 2019 December 4], Available From: <https://mk.co.kr/news/politics/view/2019/12/1015567/> (accessed Sep. 16, 2021)
- [4] Thomas, L., Thomas, H., and Spencer, P., 2019. *Trends in U.S. Air Force Aircraft Mishap Rates*, Research Report, Rand Corporation, USA, pp.1-5

- [5] Air Force Safety Agency, *Air Force System Safety handbook.*, p.161, HQ AFSC/SEPP, 2000, pp.2
- [6] Louis J. Gullo., and Jack Dixon. *Design for Safety*, p.520, Wiley, 2017, pp.43-52
- [7] Air Force Policy Directive, *The US Air Force Mishap Prevention Program*, p.203, AFSEC/CV, 2014, pp.11-16
- [8] Rudolph. F. S., *Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design*, p.1068, Springer-Verlag, Inc., 2009, pp.405-420
- [9] U.S. Department of Defense, *System Safety*, p.104, Air Force materiel Command/SES, 2000, pp.9-13
- [10] C.B.H. Edwards., M. Westcott, and N. Fulton, "The Application of Hazard Risk Assessment in Defence Safety Standards", *The Proceeding of Improving Systems and Software Engineering Conference*, ISSEC, pp.135-146, August 2009.
- [11] U.S. Air Force Safety Center, *Aviation Statistics* [Internet]. c2020 [cited 2009], Available From: <https://www.sfety.af.mil/Divisions/Aviation-safety-division/Aviation-Statistics/> (accessed Apr. 20, 2021)
- [12] T.Cant., "System Safety: Where Next?", *International System Safety Conference Incorporating the Cyber Security Conference*, IET, pp.1-10, October 2013.
- [13] Ministry of National Defense, *Defense Safety Innovation Promotion Plan*, p.8, 2020, pp.1-2

김진성(Jin-Sung Kim)

[준회원]



- 2009년 2월 : 인제대학교 나노공학부 (공학사)
- 2012년 2월 : 부산대학교 대학원 전자전기공학과 (공학석사)
- 2012년 3월 ~ 2018년 12월 : LS산전 설계 및 기술개발 과장
- 2019년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 개발품질본부

<관심분야>

전자기응용, 품질경영, 정보통신, 에너지변환

서민성(Min-Seong Seo)

[준회원]



- 2015년 2월 : 창원대학교 기계공학부 (공학사)
- 2016년 2월 ~ 2018년 12월 : 센트랄(주) 생산관리팀
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 개발품질본부

<관심분야>

기계공학, 품질경영, 메카트로닉스, 신뢰성 공학

박순철(Sun-Cheol Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 아주대학교 전자공학부 (공학사)
- 2013년 2월 : 광주과학기술원 정보기전공학 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 개발품질본부

<관심분야>

항공무기체계, 소프트웨어, 무인체계, 품질경영