

위험기반 항공안전감독 시스템 적용을 통한 정비조직 제도 개선방안 연구

남승주[†] · 박유림 · 권상욱 · 황유신 · 윤희권

항공안전기술원

A Study on Application of Risk Based Aviation Safety Oversight Approach for Approved Maintenance Organization System

Seungju Nam[†], Yurim Park, Sang Wook Kwon, Yu Shin Hwang, and Heekweon Yoon

Korea Institute of Aviation Safety Technology

Abstract

The need for risk based safety management has been highlighted in accordance with the growth of aviation industry and public interest in aviation safety. Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) in aviation industry is defined to guarantee the safety and reliability. Therefore, state's Civil Airworthiness Authority (CAA) has established safety oversight system dedicated for the development of a healthy MRO industry. The study proposed a risk based oversight system considering Korean environment. Based on literature review including analysis of International Civil Aviation Organization guidance and advance system, we identified two organization risks. Organization complexity can be evaluated in accordance with how large the organization is and how complicated the service they provide are. Organization profile is the organization's characteristic related with safety. This study contributes to improving the process of identifying risk of organization and focusing surveillance capabilities on risk areas for efficient management of CAA's resources.

초 록

항공산업의 성장과 항공안전에 대한 대중의 관심은 안전을 저해하는 위험에 대한 근본적인 분석과 관리에 대한 필요성을 대두시켜왔다. 특히 정비산업은 항공산업의 신뢰성과 안전성을 제공하는 산업으로 위험기반의 점검·감독을 통한 안전 관리가 요구되는 사업이다. 본 연구는 ICAO 및 항공 선진국에서 활용되고 있는 항공안전감독 체계를 기반으로 국내 정비산업 환경에 적절히 적용할 수 있는 체계를 제시하였다. 구체적으로, 정비 분야에서 발생 가능한 조직 측면의 위험을 두 가지로 분류하고, 두 종류의 위험에 대한 발생 가능성과 발생 시 예상되는 심각성을 중심으로 위험을 분석한다. 본 연구는 분석된 결과를 기반으로 제한된 점검·감독 자원을 효율적으로 활용하고 안전을 체계적으로 관리할 수 있는 개선 방안을 제시한다는 데 그 의의가 있다.

Key Words : Risk Based Oversight(위험기반 항공안전감독), Approved Maintenance Organization(정비조직), Maintenance Repair and Overhaul(항공정비), Risk Management(위험관리)

1. 서 론

기술의 발전과 안전에 대한 인식 개선, 항공안전을

위한 지속적 관리는 항공산업의 전반적 사고를 감소시키고 있으며[1, 2], 국제민간항공기구(ICAO; International Civil Aviation Organization)는 부속서 19를 통해, 사고 발생 원인을 보다 근본적으로 이해하고, 제거하여 사고를 방지하고자 노력하고있다[3]. 위험기반 항공안전감독(Risk Based Oversight)은 이러한 기초하에서 위험 요소를 식별하고 선제적 예방 활동을 통하여 일

상적으로 안전을 관리할 수 있는 위험관리 기반의 발전된 안전감독 체계이다[4]. 유럽항공안전청(EASA; European Union Aviation Safety Agency)은 이러한 체계를 적용하여, 위험 요소를 선정하고, 위험도가 높은 영역을 확인하여 고위험 영역에 감독 자원을 집중함으로써 감독의 효율성과 안전성을 확보하고 있다[5]. 미국 연방항공청(FAA; Federal Aviation Administration) 역시 이에 지속적인 항공안전 보증을 위한 안전감독체계(safety assurance system) 구축을 통해 안전한 항공산업을 영위하기 위해 노력하고 있다[6].

항공 정비는 항공산업의 중요한 요소로써, 항공기의 성능을 유지하도록 항공기 성능 유지 및 개선을 수행하고, 안전성 및 신뢰성을 제공한다[7]. 따라서 항공 정비에서 발생 가능한 오류는 항공산업의 인적·재정적 손실을 초래할 수 있어, 안전관리의 중요성이 강조되고 있다[8, 9]. 국제적으로도 해당 산업에 적합한 안전감독의 필요성이 강조되고 있으며 안전감독에 대한 위험기반 체계를 활성화하고자 노력하고 있다[10].

한국은 위험기반 안전감독을 통한 항공안전 확보를 위해 시스템 기반 항공안전감독 체계 개발[11], 국가항공안전프로그램 구축[12] 등 항공운송사업에 대한 안전관리에 노력하고 있다. 일반적으로 새로운 시스템을 국내에 적용하기 위해서는 국제표준 혹은 항공 선진국 체계를 참고하여 도입하는 것이 용이하며 국내 정비산업, 특히 정비조직(AMO; Approved Maintenance Organization)에 대한 안전관리의 경우, 위험기반 안전감독 체계를 국내에 도입하기 위한 초기 연구가 진행되고 있다. 다만, 국내의 경우 항공산업의 청사진인 제도와 법적 근거가 ICAO 국제표준 혹은 FAA, EASA와 비교 시 차이점이 존재하기 때문에[13, 14], 항공 선진국에서 활용되는 위험기반의 점검 감독 체계 그대로를 벤치마킹할 때, 효과성에 있어 의문점이 제기된다.

따라서 본 연구는 위험기반 안전감독에 대한 국제표준과 해외 선진 사례를 종합적으로 분석하여 국내 정비산업에 적합한 위험기반 안전감독의 기반인 위험프로파일 방안을 제시한다. 특히 발생 가능한 위험을 식별하기 위하여 전문가를 대상으로 한 집단 인터뷰를 활용하였으며, 이를 기반으로 ICAO의 권고안 및 선진 사례를 국내 정비산업 현황에 적용할 수 있다는 점에서 본 연구의 의의가 있다.

2. 위험기반 안전감독

2.1 위험관리와 위험기반 안전감독

위험관리(risk management)는 위해 요인(hazard)을 적극적으로 발굴하고 위해 요인으로부터 발생하는 위험에 대하여 선제적으로 관리하는 것을 의미한다[15]. 위험관리에 대한 국제 표준인 ISO 31000은 위험관리를 위한 가이드라인을 통해 안전 확보 방안을 제시하였다[16]. 해당 가이드라인은 위험이 발생할 가능성(likelihood)과 발생 시 예상되는 심각성(severity)을 고려하여 위험도를 분석하고, 이를 기준으로 의사결정의 우선순위를 선정하는 방안을 포함한다[16]. 위험기반의 관리 방안 적용을 위해서는 내·외부 환경에 대한 분석이 선제적으로 수행되어야 한다[16]. 조직을 둘러싸고 있는 환경에 대한 이해를 기반으로 위험식별(risk identification), 위험 분석(risk analysis), 위험 평가(risk assessment)로 이어지는 일련의 과정을 통해 위험이 관리된다[16].

위험기반 안전감독은 위험관리의 일환으로, 발생 가능한 위험을 관리하여 안전증진을 목표로 하며, 여러 선행연구를 통해 적용 방안이 제안되었다. Hameed, Khan and Ahmed은 위험 매트릭스를 활용하여 인적 오류를 고려한 위험기반의 점검/유지관리 구간을 추정하였다. 결과적으로 위험기반의 관리를 통해 운영위험을 감소시키고 가용성 및 신뢰성을 증가시키는 방안을 제시하였다[17]. Zhaoyang, Jianfeng, Zongzhi, Jianhu and Weifeng은 특정 기업의 정비 사례를 대상으로 정비에 활용되는 장비를 5단계의 위험도로 평가하였다. 그들은 평가된 위험도를 기반으로 위험기반 감독을 수행하고, 효과적 정비 방안을 도출하기 위해 의사결정 방안을 제시하였다[18].

위험기반 안전감독 체계는 계획(planning)과 실행(execution)의 두 단계로 구성된다[5]. 안전감독의 첫 단계인 계획은, 위험 프로파일(risk profile)과 안전성과(safety performance)를 중심으로 수행된다[5]. 위험 프로파일은 조직의 성격과 운영상 내재하는 위해 요인을 확인하고 특성을 분석하는 일련의 과정과 그 결과 도출되는 위험 목록을 의미한다[5]. 위험의 목록

들은 조직의 특성, 복잡성, 활동으로 발생하는 운영 특수성에 영향을 받는다는 특징을 가지고 있다. 안전 성과는 조직이 얼마나 효과적으로 위험을 완화하였는지 나타내는 지표로써 안전위험의 식별 및 관리, 안전 운영의 유지, 달성을 포함한다[5].

실행 단계는 규정에 대한 준수(compliance)와 위험 관리를 위한 평가(assessment)를 통해 실행된다[5]. 구체적으로 준수는 안전운영을 보장하기 위한 기본요소이며, 위험관리를 위한 평가는 안전목표 달성을 위한 활동의 효과를 검토하는 것을 의미한다[5]. 즉, 위험기반 안전감독은 위험에 대한 발생 가능성과 발생 시 심각성을 확인하는 위험 프로파일과 조직의 안전 성과를 고려하여, 높은 위험으로 판단되는 영역에 감독역량을 집중해 안전관리를 수행하는 것을 의미한다[5].

2.2 항공산업 위험기반 안전감독 분석

항공산업에서 발생하는 항공기 사고는 전손성, 거대성, 거액성 등 야기하는 피해의 정도가 기타 산업들과 비교할 때 치명적이라는 특성이 있다[19, 20]. 따라서 항공산업에서는 여러 학술 연구를 통해 위험기반 안전감독을 적용하고 활성화하기 위해 노력하고 있다.

대표적으로 Short and Sikora은 항공정비업체의 위험관리 사례를 통해, 위험식별 프로세스에서 위험에 대한 태도와 인식이 필수적인 역할을 한다는 것을 확인하였다. 그뿐만 아니라 지속 가능한 안전관리를 위해서는 정비업체의 인적요인에 대한 인식과 자세가 위험에 대한 적절한 대응에 영향을 미친다고 제시하였다[21]. So and Lee는 항공산업의 안전을 관리하기 위한 국내법, 이행 규정과 같은 법적 근거를 분석하였으며, 그 결과 국내 항공산업의 안전을 확보하기 위한 방향성을 제시하였다[22]. Kim, Jeong and Sim은 FAA의 시스템 기반 안전감독체계의 위험기반 점검 감독 요소를 국내에 적용하려는 방안과 기법을 제시하였다[23]. Baek, Lee, Kim and Lee는 항공인증 관련해서도 위험평가 기반 형식증명모델을 분석하여 우리나라 제도에 적용 및 개선하고자 연구가 진행되었다[24]. 이외에도 위험기반 체계를 국내 항공안전감독에 접목하고자 여러 연구가 수행되었는데, Lee, Sim and Kim은 항공안전감독 업무절차 및 현행 운영시스템의

개선 방향을[15], Ahn, Song and Choi는 국내 항공 안전감독표 개선을 통한 항공안전감독제도 개선 방향을[25] 제시하는 등 항공안전 증진을 위한 다각도의 노력이 지속되고 있다. 하지만 이러한 선행연구들은 항공안전 증진에 필요충분조건인 AMO의 안전감독에 대한 위험기반 체계의 적용을 고려하지 않고 있다. 따라서 본 연구는 우선 ICAO와 항공선진국에서 활용되고 있는 위험기반 안전감독을 분석하여 AMO 안전감독에 적합한 체계 개선방안을 제시하고자 한다.

Table 1 Aviation Risk Management Case

구분	명칭	Likelihood	Severity
ICAO [4]	Risk Based Oversight	<ul style="list-style-type: none"> · Extremely improbable · Improbable · Remote · Occasional · Frequent 	<ul style="list-style-type: none"> · Catastrophic · Hazardous · Major · Minor · Negligible
미국 (FAA) [6]	SAS Risk Assessment Matrix	<ul style="list-style-type: none"> · Extremely improbable · Extremely Remote · Remote · Occasional · Probable · Frequent 	<ul style="list-style-type: none"> · High · Medium · Low
EA SA [26]	European Risk Classification Scheme	<ul style="list-style-type: none"> · Stopped · Remaining Know · Remaining Assumed · Failed Assumed · Not Applicable 	<ul style="list-style-type: none"> · A · E · T · I · M · S · X
싱가포르 (CAAS) [27]	Risk Assessment Matrix	<ul style="list-style-type: none"> · Extremely improbable · Improbable · Remote · Occasional · Frequent 	<ul style="list-style-type: none"> · Catastrophic · Major · Moderate · Minor · Negligible

ICAO와 항공 선진국들은 조직의 특징 및 복잡성에 상응하고 각 국가의 실정에 적합하도록 위험을 목록화하고 관리하고자 노력하고 있다. 예를 들어 각 위험관리의 기반인 위험평가에 활용되는 발생 가능성과 심각성, 두 측면의 적용 사례를 Table 1과 같이 확인할 수 있다. 이는, 동일한 현상에 대해 각 국가 별로 서로 다른 수준의 발생 정도와 심각한 정도로 인식하고 단계를 분류하고 정의하는데 차이있다는 것을 의미한다. 따라서, 위험기반의 안전감독을 수립하기 위해서는 항공산업의 특성과 거시적 환경을 종합적으로 고려하여

야 하며 특수성을 반영한 안전관리가 필요하다.

2.3 정비조직 위험기반 안전감독 분석

AMO는 정비산업의 안전을 관리하기 위한 기본 단위로 AMO에서는 발생 가능한 위험을 분류하여 체계적으로 관리하고자 노력하고 있다[10]. 대표적으로 AMO에서 발생 가능한 위험은 조직적 측면(organizational risk)과 운영적 측면(operational risk)으로 분류하여 관리된다[10].

조직위험은 조직 및 환경요소와 연관된 위험이다[6]. 이는 크게 조직 복잡도(organization complexity)와 조직 프로파일(organization profile)에 영향을 받는다[10]. 첫째, 조직은 구성원의 수가 증가함에 따라 조직의 복잡도가 증가한다[28]. 특히 ICAO[10], 한국교통연구원[29]에서는 항공산업 조직의 규모를 각각 5, 7단계로 분류하여 효과적으로 관리 및 분석이 가능하도록 제시하였다. 또한, 조직이 얼마나 복잡한 업무를 수행하는지도 조직의 복잡도를 결정하는 데 영향을 미친다. ICAO 역시, 조직이 제공하는 서비스가 얼마나 복잡한지를 항공기의 이륙중량과, 정비업무의 범위를 종합적으로 고려하여 4가지 단계로 구분하고 있다. 둘째, 조직의 특성 역시 조직의 위험에 밀접한 영향을 미치는 요소 중 하나이다. 조직 프로파일은 조직이 안전과 관련된 특성을 종합적으로 대변할 수 있는 위해 요인과 관련되어 있다[6]. ICAO에서는 AMO 특성에 기반한 위험을 고려하기 위해서 법 준수(AMO 규정 수용 태도, 감독 결과 조치 및 분석 등), 조직(승인 이후 연도 수, 재무건전성 등), 안전관리(위해 요인 식별 및 위험프로그램 보유, 내부 안전성능지표 등) 등 3가지 측면을 주목해야 한다고 제시하였다[10].

운영 위험은 조직의 운영에 잠재적 영향을 미칠 수 있는 위험이며, 안전성 향상을 위해 조직과 환경요인을 포괄한다[6]. 운영 위험 프로파일은 조직의 성과를 평가하고, 조직이 적절하게 설계되었는지 확인하기 위하여 어떠한 정보를 수집해야 하는지 선제적으로 확인하기 위해 수행된다. 이때 운영 위험은 조직 고유의 특성과 조직을 둘러싼 환경을 고려하여 변화된다는 특징이 있다. 대표적인 예로, FAA는 운영 위험을 관리하기 위해, 항공기 구성정보, 국가의 안전감독 역량, 정

치 및 경제 환경 등 다각도로 조직을 운영함에 있어 영향을 미칠 수 있는 지표들을 활용하여 조직 운영에 있어 발생 가능한 다양한 위험을 식별하고 있다[6].

3. 정비조직 위험기반 안전감독 적용

국내 AMO에 적합한 위험기반 안전감독 체계를 구축하기 위해서, 본 연구에서는 국내 항공산업과 정비산업의 특성을 고려하여 AMO에 잠재된 위험에 대한 프로파일을 수행한다. 우리나라는 ICAO, 항공 선진국과 근본적인 체계는 유사하지만, 세부적으로 정비의 특수 서비스, 부품 체계 등에 있어 고유한 AMO의 한계와 제한 체계를 보유하고 있다. 본 연구는 국내 정비산업 환경에 적합한 위험 프로파일을 제시하고자 문헌 연구와 함께 항공 정비산업에 종사하거나, 관련 연구를 수행한 경험이 있는 경력 10년 이상의 전문가 8인을 대상으로 포커스 그룹 인터뷰(FGI; Focus Group Interview)를 진행한다. FGI는 특정 문제에 대한 아이디어와 정보를 전문성 있는 개인들로부터 집중적으로 획득할 수 있다는 장점이 있다[30]. ICAO, 항공선진국의 사례 분석 및 FGI 결과, 국내 AMO에 대한 위험 프로파일은 Fig. 1과 같이 운영 및 조직 프로파일로 구성하는 것이 적합하다고 판단된다.

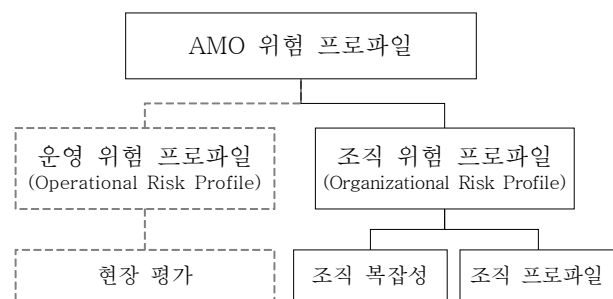


Fig. 1 AMO Risk Profile Components

이때 운영 위험 프로파일은 조직이 적절하게 설계되고, 적합한 성과를 제공할 수 있는지 확인하기 위하여 현장평가 결과를 통하여 수행된다는 특징이 있다. 국내 AMO는 현재 지방항공청의 주관으로 지속적인 안전 점검/관리가 수행되고 있으며 이를 기반으로 산업에 대한 신뢰성을 유지하고 있다. 점검감독 결과는 항공안전법을 근거로 점검/감독 부적합 항목(시정지시·개

선 권고·현장 시정) 등 행정명령 형태로 도출된다[31]. 하지만, 국내 AMO 점검 감독 결과 부적합 항목의 발생률은 낮은 편이며[32], 조직 별 혹은 동일 조직의 점검감독 결과가 유사하기 때문에, 운영 위험의 가중치를 확인하거나, 위험의 발생 정도를 파악하는데 제한사항으로 작용한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 제한과 환경적 특성을 고려하여 국내 AMO 위험 프로파일을 AMO에서 발생 가능한 위험 중 조직의 특성과 관련된 위험을 중심으로 분석하고 제시한다.

3.1 조직 위험 프로파일(Organization risk profile)

국내 AMO의 위험 중 조직과 관련하여 발생 가능한 위험은 조직 위험 프로파일을 통해 구체화한다. 선행 연구 및 FGI 결과를 기반으로, 국내 AMO의 규모를 분류하기 위하여 본 연구는 Table 2와 같이 분류한다.

Table 2 Organization Size Categories

	제시(안)	한국교통연구원 분류	국내 항공정비업 등록업체 비중 (2018 기준)
1	1-5	1	-
		2-4	8.3%
2	5-29	5-9	-
		10-29	25.0%
3	30-49	30-49	16.7%
4	50-99	50-99	8.3%
5	≥100	≥100	41.7%

한국교통연구원에서 항공산업 업종별 규모 분류 체계를 분석한 결과를 기반으로 1명, 2-4명 규모를 단일 집단(1-4명)으로, 5-9명과 10-29명 규모의 분류 역시 5-29명으로 통합하여 분류한다. 이는 2018년 기준, 1명 규모의 항공정비업 등록업체와 5-9명 규모의 업체가 존재하지 않는 것을 고려할 때[29], 전문가들은 해당 규모의 업체의 중요도가 높지 않다고 판단함을 알 수 있으며, 통합·축소하여 관리하는 것이 효율성 측면에서 유리하다고 판단된다.

Table 3 Complexity for Maintenance Service Scope

복잡도		정비업무 범위
저 복 잡 도 ↑	가	· 1인 수행 범용 장비에 대한 매뉴얼 기반 부품 정비 · 회전익항공기 운항정비 및 부품정비 · 고정익 항공기(<5,700Kg) 운항정비 및 부품정비 · 고정익 항공기(>5,700Kg) 일반 부품정비 등
	나	· 보통 정도의 복잡성을 갖는 정비업무 · 대형 고정익 항공기(>5,700Kg) 운항정비, · 회전익 항공기 정시점검(> 100시간), · 대형 고정익 항공기(>5,700Kg) 복잡한 부품정비, · 특수서비스 등
↓ 고 복 잡 도 라	다	· 대형 고정익 항공기(>5,700Kg)의 부품으로서 10명 이상의 작업자가 필요한 부품 정비(e.g. 랜딩기어) · 회전익 항공기 오버홀, 왕복엔진 오버홀
	라	· 정비관리(통제)시스템을 이용한 업무관리가 필요한 경우 (e.g. 대형 고정익 항공기(>5,700Kg)의 경우 C 점검 이상 정비) · 엔진은 수리(repair) 이상 공장 정비 등

정비업무 복잡도는 Table 3과 같이 단순 정비부터 매우 복잡한 정비까지 4가지 수준으로 분류할 수 있다. 해당 수준들은 각 분류에 대한 전문가들의 설문을 기반으로 선정하였으며, 1인의 정비인력이 수행 가능한 가장 간단한 정비업무 (가)부터 복수의 정비인력 투입이 필요하며, 복잡한 프로세스의 구축이 요구되는 (라)수준까지 분류한다.

Table 4 Service Complexity Measurement

구분	정비업무 복잡도 산정 (예시 복잡도 1, 3 정비 업무 제공 업체)	최종 복잡도 (x)
단순 합산법	복잡도 1 + 복잡도 3	4
최댓값 산정법	max(복잡도 1, 복잡도 3)	3
가중치 반영법	max(복잡도 1, 복잡도 3) * (1+α) (α=복수 가중치, 0≤α<1)	3≤x<6

하지만 현실적으로 AMO는 복수 개의 정비업무를 제공하고 있는 경우가 발생한다. 본 연구에서는 이러

한 경우의 서비스 복잡도를 결정하고자 Table 4와 같은 3가지 방안을 제시한다.

첫째, 조직이 제공하는 모든 정비업무에 대한 서비스 복잡도의 합은 해당 조직의 서비스 복잡도를 대변하는 단순 합산법이다. 해당 방법은 정비업무의 범위가 증첩될수록 복잡도가 비례하여 증가하는 방법이며 복수의 정비업무 복잡도를 비교적 간단하게 반영할 수 있다. 하지만 규모의 경제 혹은 규모가 확장됨에 따라 발생하는 효율성을 고려하지 못하기 때문에 세부 정비업무 복잡도들의 합은 전체 조직의 복잡도를 대변하기에 현실적으로 어려움이 존재한다. 둘째, 최댓값 선정법의 경우, 복수의 서비스 범위 중 가장 높은 복잡도의 서비스 범위가 해당 업체의 복잡도를 대변하는 방식이다. 단순 합산법과 마찬가지로 복잡도의 산정이 단순하다는 장점이 있을 뿐만 아니라, 일반적으로 조직은 가장 고도의 복잡도를 필요로 하는 업무를 중심으로 구성, 운영되기 때문에 타당한 방법이라고 판단할 수 있다. 하지만 높은 복잡도를 보이는 단일 업무 범위 제공 업체와 해당 복잡도와 동일한 업무 범위를 제공하면서 다른 정비업무를 제공하는 업체와의 복잡도 차별성을 구분하지 못한다는 단점이 존재한다. 셋째, 가중치 반영법은 최댓값 선정법을 보완할 수 있는 산출법이다. 여러 정비업무 중 가장 복잡한 업무의 복잡도를 그 업체가 제공하는 정비업무에 대표할 수 있고, 대표되는 복잡도를 기준으로 여러 종류의 정비업무를 제공할수록 가중치가 비례하여 증가하는 방법이다. 이는 단순 합산법이 반영하지 못하는 규모의 경제 효과나, 최댓값 선정법의 단점으로 판단되는 복수 업무 가중 등을 고려할 방법이기 때문에 조직 복잡도 선정에 타당성을 확보할 수 있다.

따라서 국내 산업 환경에 가장 적합하고 실제 복잡도를 잘 반영할 수 있는 조직 복잡성 선정 방법은 다음과 같은 3단계로 제시한다.

Table 5 Organization Complexity Measurement

1단계: 정비업무 범위에 따른 복잡도 결정

$$\text{복잡도} = \max(\text{제공 정비업무 복잡도}) * (1 + \alpha)$$

(예시; 1개 업무 $\alpha=0$, 2개 $\alpha=0.2$, 3개 $\alpha=0.4$, 4개 $\alpha=0.6$, 5개 이상 $\alpha=0.8$)

2단계: 조직 복잡도 매트릭스(안)

정비업무 복잡도		정비업무 복잡도(x)			
		$1 \leq x < 2$	$2 \leq x < 4$	$4 \leq x < 6$	$6 \leq x < 8$
조직 규모 (명)		가	나	다	라
1-4	1	가1	나1	다1	라1
5-29	2	가2	나2	다2	라2
30-49	3	가3	나3	다3	라3
50-99	4	가4	나4	다4	라4
≥ 100	5	가5	나5	다5	라5

3단계: 조직 복잡도 선정

구분	조직 복잡도
가1,가2,가1	Very Simple (VS)
가3,가4,나2,나3,다1,다2,라1	Simple (S)
가5,나4,나5,다3,다4,라2,라3	Moderate (M)
다5,라4	Complex (C)
라5	Very Complex (VC)

조직에서 발생 가능한 위험은 조직 자체의 특성, 즉 조직 프로파일과도 밀접한 연관성을 가진다. 본 연구는 ICAO에서 제시한 3가지 요소를 기반으로 국내 환경을 고려하여 산업 환경에 적합한 조직 프로파일을 도출하였으며 Table 6과 같이 제안한다.

Table 6 Organization Profile Parameter

구분	세부 항목
C. 법 준수 Compliance	C1 규정에 의한 평가 수용 C2 부적합 사항 조치 C3 과거 36개월간 부적합 반복 여부 C4 국제산업표준 보유 C5 정비작업계획 준수
O. 조직 Organization	O1 항공기 등록국 연수 참여 O2 안전관리 직위 24개월 유지 O3 안전관리 인원 자격 O4 비정상 상황 대처 능력 O5 재무 건전성 (신용평가 등급)
S. 안전관리 Safety Management	S1 위해 요인 식별 프로그램 보유 S2 안전성능지표 수립 및 최신화 S3 내부 안전조사 수행 S4 안전성능지표 기반 안전모니터링

S5	구성원 교육 훈련 이수
S6	안전 영향요소 변경사항 관리
S7	사내 보고문화(제도)
S8	보고 채널 및 정보 공유
S9	정비인력 자격 능력 평가

제시된 조직 프로파일을 평가하는 방법은 Table 7의 3단계로 표현 가능하다. 1단계는 임의의 구성요소에 포함된 항목들을 평가하는 단계이다. 세부 항목들은 이행되고 있는 정도에 따라 각각 높은 위험(High, 3점), 보통(Average, 2점), 낮은 위험(Low, 1점)로 평가된다. 2단계에서는 임의의 구성요소는 포함된 세부 항목들이 획득한 점수의 산술평균으로 평가된다. 3단계에서, 조직 전체의 특성 평가는 3가지 구성요소(법 준수, 조직, 안전관리)의 산술평균으로 산출된다. 이때 각 요소와 이를 구성하고 있는 세부 항목들은 서로 동일한 중요도로 평가되며 거시적 환경 및 안전관리 목표에 따라 변경될 수 있다. 마지막 단계는 프로파일 점수의 범위를 기준으로 1-5까지의 5수준으로 조직 특성과 관련된 위험 수준을 분류하는 과정이다.

Table 7 Organization Profile Measurement

1단계: 구성요소 세부항목 평가

(예시) 법 준수(C) 수준 평가
· $C_i = 1, 2, 3$ ($i=1, 2, 3, 4, 5$)

2단계: 구성요소 수준 평가

(예시) 법 준수(C) 수준 평가
$C = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} C_i \times (1 + w_i)}{n_c}$
$n_c = C$ 세부항목 수
$w_i =$ 세부항목 C_i 의 중요도 ($0 \leq w_i \leq 1$)

3단계: 조직 프로파일 평가

<i>Organization Profile</i>
$= \frac{1}{3} \{ C \times (1 + W_c) + O \times (1 + W_o) + S \times (1 + W_s) \}$
C, O, S = 각 구성요소 평가 결과
Wc, Wo, Ws = 구성요소 중요도 ($0 \leq W \leq 1$)

4단계: 조직 프로파일 산정

조직 프로파일 점수	조직 프로파일
1 이상 2 미만	1
2 이상 3 미만	2
3 이상 4 미만	3
4 이상 5 미만	4
5 이상 6 이하	5

저위험
↑
↓
고위험

최종적으로 산정된 조직의 복잡도와 조직 프로파일을 기반으로 도출한 조직에 대한 위험 프로파일은 Table 8과 같다. 조직의 복잡도와 조직프로파일 두 요소를 종합적으로 고려할 때, 조직에 대한 위험도는 6수준으로, 위험도가 높아질수록 조직 특성으로 인한 위험 발생 가능성 혹은 심각성이 높아진다는 것을 의미한다.

Table 8 Organization Complexity-Profile Matrix

1단계: 조직 복잡도-조직 프로파일 매트릭스

		조직 복잡도				
		1	2	3	4	5
조직 프로 파일	VS	S	M	C	VC	
	1	VS1	S1	M1	C1	VC1
	2	VS2	S2	M2	C2	VC2
	3	VS3	S3	M3	C3	VC3
	4	VS4	S4	M4	C4	VC4
5	VS5	S5	M5	C5	VC5	

2단계: 조직 위험도 평가

구분	위험도	
VS1	Low	1
VS2,S1		2
VS3,S2,M1		3
VS4,VS5,S3,S4,S5,M2,M3, M4,C1,C2,C3,VC1,VC2	High	4
M5,C4,C5,VC3,VC4		5
VC5		6

3.2 국내 AMO 위험기반 안전감독 모형

본 연구에서는 국내 AMO 안전감독에서 발생 예상되는 위험을 조직, 운영 두 측면으로 구분하고 국내 정비산업 환경을 반영하여 위험 프로파일을 제시하였

다. 더 나아가 위험기반 요소를 적용하여, 여러 잠재된 요인들과 아직 표면화되지 않은 근거들을 기반으로 위험을 예상하고, 이를 기반으로 역량을 집중하여 선제적인 안전관리가 가능한 모형을 도출하였다. 조직과 운영 측면의 위험을 종합적으로 분석하기 위해 두 측면의 중요도를 동일하게 반영하여 평가하고자 한다.

Figure 2는 본 연구에서 제시한 위험 프로파일을 기반으로 도출한 위험기반 안전감독 모형이다. 해당 모형의 첫 단계는 발생 가능한 위험들을 이해하고, 평가하는 위험 프로파일로부터 출발한다. 이러한 위험 프로파일링은 점검 감독의 주기를 중·장기적으로 조정하는 근거가 된다. ICAO에서는 이러한 점검 감독 주기를 최소 3개월부터 최장 30개월까지 탄력적으로 운영하는 안을 제시하였다[10].

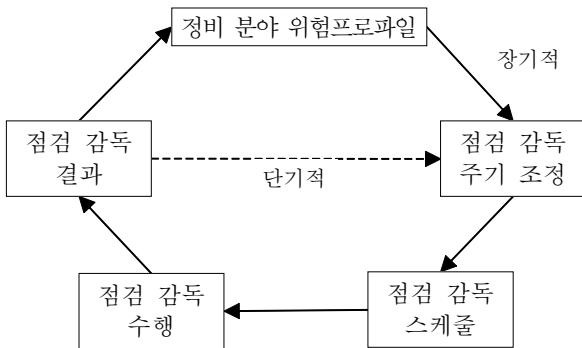


Fig. 2 AMO Safety Risk Based Surveillance Concept Propose for Korea Office of Civil Aviation

하지만 국내의 경우, 항공안전법 및 항공안전법 시행규칙에 따라서 국내 AMO에 대한 점검 감독 주기는 1년으로 규정되어 있고, 해외 AMO의 경우는 규정되어 있지 않지만 유효기간이 2년으로 규정되어 있다[31, 33]. 즉, 감항당국은 국내의 AMO에 대한 안전성을 확보하기 위해서는 1년 이상의 안전감독 주기로는 안전관리에 어려움이 있다고 판단하고 있다는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 인식을 기반으로 위험영역이 발견되는 AMO에만 일부 항목에 대한 위험관리 및 안전감독 활동을 3개월 혹은 6개월 주기의 상시·특별점검의 형식으로 수행하는 방안을 제시한다. 취약분야에 대한 집중적인 안전감독 자원 활용은 국가항공안전프로그램의 구축에 긍정적 영향을 미쳐 전반적인 국내 항공안전 확립에 도움이 될 수 있다[34].

점검 감독 주기 조정은 후속 단계인 점검 감독 스케줄 확정 단계에 있어 항공안전감독관의 점검 감독 과업을 분배하는데 중요한 역할을 한다. 이후, 항공안전감독관의 점검 감독 수행과, 수행으로 인한 결과는 다시 위험 프로파일에 영향을 미친다. 이때, 점검 감독 결과에서 안전에 대한 이슈가 발생할 경우, 이를 집중적으로 관리할 수 있도록 점검 감독 주기가 비교적 즉각적으로 조정될 수 있다. 이와 같이 본 연구에서 제시하는 국내 안전감독 모형은 점검 감독의 결과에 따라 더욱 정교한 위험 프로파일이 가능한 선순환 구조로 설계되었다는 데 의의가 있다.

4. 결 론

본 연구는 향후 AMO의 위험기반 안전감독을 위한 위험 프로파일 기반을 마련하고, 이를 기반으로 안전감독 모형을 제시하고자 하였다. 위험 프로파일을 위해, 위험관리 및 위험도 매트릭스와 관련된 문헌 연구와 더불어 전문가 인터뷰를 수행하였으며, 분석 결과 국내 환경을 반영한 AMO의 위험에 대한 시사점을 도출하였다. 그 결과, 위험을 조직 측면을 중심으로 위험을 식별하고 평가 방안을 제안하였다. 최종적으로 위험도에 따른 효율적 점검 감독 역량 활용이 가능한 안전감독 모형을 정의하여 위험기반의 안전감독을 구성하는 단계들을 확인하였다. 본 연구는 이러한 국내 환경에 적합한 AMO 안전감독을 위한 위험기반의 체계를 제시하여 고위험 분야를 확인할 수 있도록 근거를 제시하였으며, 이를 효과적으로 관리할 수 있는 프로세스를 구체적으로 제시하였다는 데 그 의의가 있다.

하지만 본 연구에서 제시한 항공 정비산업의 위험 프로파일 방안 및 안전감독 모형은 구체적 위험기반 안전감독 수행을 위한 실질적 적용 방안으로 활용하기에는 두 가지 측면에서 보완이 필요하다. 첫째, 본 연구는 국내 AMO 안전감독 현황 내에서 안전관리를 적용하기 위하여 조직적 측면의 위험을 중심으로 위험기반 안전감독 체계를 제시하였다. 종합적이고 다각도의 시각을 통한 안전관리가 이루어지기 위해서는 운영적 측면의 위험이 충실하게 반영할 수 있는 후속 연구가 필요하다. 둘째, 세부적인 시행규칙, 혹은 수행 프로시저에 대한 제도적 및 사회적 기반(e.g. 법적 근거, 위

험기반 안전감독에 대한 이해도, 안전 문화 확립 등)이 뒷받침된다면 효과적인 위험기반 항공안전감독이 가능하다고 판단된다. 또한 본 연구의 향후 산업 전반의 전문가, 이해관계자 등의 전문적 견해를 기반으로 적용 방안과 지원체계 수립에 대한 컨센서스 구축이 필요하며 이를 통해 한국형 AMO 위험기반 안전감독 모형 수립을 위한 체계의 수정 및 보완이 필요하며 후속 연구를 통해 보다 효과적인 위험기반 안전감독을 수행할 수 있는 근거를 마련할 수 있다.

후 기

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호: 21ACTP-B147766-04)

References

- [1] B-J. Kim, YC. Choi, and J-Y. Choi, "The Research on Trend and Safety Management Concept in Aviation," *The Korean Society for Aviation and Aeronautics*, vol. 25, no. 4, pp. 141-153, Nov 2017.
- [2] C. Oster, J. Strong, and C. Zorn, "Analyzing aviation safety: Problems, challenges, opportunities," *Research in Transportation Economics*, vol. 43, no. 1, pp. 148-164, July 2013.
- [3] ICAO, "Annex 19 Safety Management System," 2013.
- [4] ICAO, "Doc 9859 Safety Management Manual," 2018.
- [5] EASA, "Practices for risk-based oversight," 2016.
- [6] FAA, Order 8900.1 Flight Standards Information Management System
https://www.faa.gov/regulations_policies/orders_notices/index.cfm/go/document.information/documentID/15477
- [7] J. Wikstén, and M. Johansson, "Maintenance and reliability with focus on aircraft maintenance and spares provisioning," Bachelor Thesis, Lulea University, 2006.
- [8] K. Latorella, and P. Prabhu, "A review of human error in aviation maintenance and inspection," *International Journal of industrial ergonomics*, vol. 26, no. 2, pp. 133-161, Aug 2000.
- [9] J. Insley and C. Turkoglu, "A Contemporary Analysis of Aircraft Maintenance-Related Accidents and Serious Incidents," *Aerospace*, vol. 7, no. 6, pp. 81, June 2020.
- [10] ICAO, "AMO Safety Risk Based Surveillance Tool," 2020.
- [11] Korea Institute of Aviation Safety Technology, "Development of System Approach Aviation Safety Oversight Assistant Technology," pp. 1-253, Aug 2020.
- [12] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "State Safety Program of Korea," Enforcement Date 23. March 2017.
- [13] Y. Choe, S. Lee and C. Lee, "A Study on the Improvement of Regulations for AMO Global Recognition System of International Civil Aviation Organization," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 14, no. 3, pp. 32-41, June 2020.
<https://doi.org/10.20910/JASE.2020.14.3.32>
- [14] S. Nam, H. C. Lee, "Text based analysis for Regulatory of Aviation Maintenance," *Proc. of Korean Operations Research and Management Science Society Conference 2020*, October 2020.
- [15] BG. Lee, Y-M. Sim and S-G Kim, "Utilizing of Risk Management Technique for Avionics Safety Oversight System Improvement," *The Korean Society for Aviation and Aeronautics*, pp. 117-124, May 2016.
- [16] International Organization for Standardization, "ISO 31000 Risk Management", 2nd Ed, 2018.
- [17] A. Hameed, F. Khan and S. Ahmed, "A risk-based shutdown inspection and maintenance interval estimation considering human error," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 100, pp. 9-21, Mar 2016.
- [18] Z. Tan, J. Li, Z. Wu and W. He, "An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection," *Safety Science*, vol. 49, no. 6, pp. 852-860, July 2011.
- [19] CJ. Lee, "A study on mandatory insurance for

- aircraft operators,” *The Korean Journal of Air & Space Law and Policy*, vol. 33, no. 2, pp. 169-197, Dec 2018.
- [20]JB. Kim, “A Study on the Legal Issues relating to the Aircraft Accident and its Investigation,” *Korea Society of Air & Space Law and Policy*, vol. 19, no. 2, pp. 137-162, Dec 2004.
- [21]J. Short and I. Sikora, “Hazard identification in Part-145 approved maintenance organisations: the management of risk attitude,” *Proc. of Perspectives on Criatian 3PL Industry in Acquiring International Cargo Flow*, pp. 181-191, 2016.
- [22]JS. So and CK. Lee, “A Legal Study on Safety Management System,” *The Journal of Air & Space Law and Policy*, vol. 29, no. 1, pp. 3-32, June 2014.
- [23]Y. Kim, H. Jeong and Y. Sim, “A study on Operating Profile Creation Method for Risk-Based Oversight,” *Journal of the Korean Society for Aeronautical Science and Flight operation*, vol. 26, no. 4, pp. 149-154, Dec 2018.
- [24]U. Baek, E. Lee, J. Kim and K. Lee, “A Study on the Risk-based Model for Validation of Civil Aircraft,” *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 1-8, Aug 2018.
- [25]J. Ahn, BH. Song and YJ. Choi, “A Study on the Composition and Application of Risk Based Aviation Safety Oversight Checklist,” *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, vol. 28, no. 2, pp. 71-77, June 2020.
- [26]EASA, “Commission Delegated Regulation(EU) 2020 /2034”, pp. 1-10, Nov 2020.
- [27]CAAS, “Safety Management System,” pp. 1-20, Aug 2018.
- [28]RH. Hall, Johnson. NJ and Hass. J.E, “Organizational size, complexity, and formalization,” *American Sociological Review*, vol. 32, no. 6, pp. 903-912, Dec 1967.
- [29]The Korea Transport Institute, “Air Transport Industry Job Statistics Report,” pp. 1-221, Feb 2018.
- [30]F. Rabiee, “Focus-group interview and data analysis,” *Proc. of the nutrition society*, vol. 63, no. 4, pp. 655-660, Nov 2004.
- [31]Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Aviation Safety Act,” Enforcement Date 9. June 2020.
- [32]Ministry of Land, Infrastructure and Transport “National Aviation Resource Management Information System,”
<https://www.esky.go.kr/eskyMain.jsp>
- [33]H. M. Joe, “Comparison of AMO System between Korea and US,” *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 27-33, June 2016.