

항공기 및 부품 생산승인을 위한 품질시스템 평가기준 개선 연구

이강이^{1,†} · 한재훈¹ · 이정삼¹

¹(주)케이엠앤아이

A Study on Improvement in Quality System Evaluation for Production Approval of Aircraft and Parts

Kang-Yi Lee^{1,†}, Jae-Hoon Han¹, and Jung-Sam Lee¹

¹KM&I Co., Ltd. (Koryo Motors and Interior)

Abstract

Most of the aerospace industries establish the SAE AS9100 Quality Management System, and acquire commercial certification by the 3rd party. Nevertheless, they repeatedly have to cope with similar quality system evaluation by the airworthiness authority for the production certificate, parts manufacturer approval, and technical standard order authorization in accordance with the applicable regulations. The current quality system evaluation criteria of the airworthiness authority could be recommended for reforms in order to reduce duplication and correspond to the industrial development and environmental changes. In this paper, we propose measures to reform the authority's evaluation criteria through comparative analysis among the IAQG SAE AS9100, the FAA quality system codes, and the MOLIT ACSEP requirements.

초 록

세계 각국의 항공우주산업체는 SAE AS9100 품질경영시스템을 구축하고, 제3자에 의한 인증을 획득하여 제품 생산에 적용하고 있다. 그렇지만, 항공기에 대한 제작증명, 부품등제작자증명, 기술표준품 형식승인을 받기 위해서는 AS9100과 유사한 감항당국의 품질시스템 평가기준에 따라 법적인 평가를 다시 받아야 한다. 이러한 일부의 중복성을 배제하고, 산업 발전과 환경 변화에 대응할 수 있도록 생산승인 품질시스템 평가기준을 마련할 필요가 있다. 본 연구에서는 국제항공우주품질그룹(IAQG)의 SAE AS9100 품질경영시스템, 미국 연방항공청(FAA)의 생산승인 품질시스템, 우리나라의 항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP) 요구조건을 비교 분석하고, 감항당국의 평가기준을 개선하는 방안을 제시하고자 한다.

Key Words : ACSEP(항공기 인증시스템 평가 프로그램), Production Approval(생산승인), Quality System(품질시스템), Risk-Based Resource Targeting(위험기반자원배분), SAE AS9100(항공·우주·방산 품질경영시스템)

1. 서 론

항공기는 감항기준에 따른 형식증명(TC)과 품질시스템 평가기준에 따른 제작증명(PC)이 요구되고, 부품등제작자증명(PMA)과 기술표준품 형식승인(TSOA)은 설계승인(DA)과 생산승인(PA) 단계로 나뉘어 인증이 진행된다. 이와 같은 제작증명과 생산승인을 받거나

감항성 유지 확인을 받기 위해서는 감항당국의 품질시스템 요구조건에 따라 평가를 받아야 한다[1].

우리나라를 포함한 세계 각국의 항공산업체는 대부분 SAE AS9100 항공·우주·방산 품질경영시스템을 갖추고 있다[2, 3]. 미국 연방항공청(FAA; Federal Aviation Administration)은 2013년에 위험기반자원배분(RBRT; Risk-Based Resource Targeting) 기법을 도입하여 제작자 조직에 대한 위험 레벨을 정하고 품목별 특성에 따른 카테고리 분류를 통하여 품질시스템 평가에 유연성을 갖추게 되었다[4-6]. 한편, 우리나라 감항당국은 미국에서 폐지된 항공기 인증시스템 평가 프로그

Received: Oct. 06, 2023 Revised: Nov. 27, 2023 Accepted: Nov. 27, 2023

† Corresponding Author

Tel: +82-10-2846-8530, E-mail: kylee@kmni.co.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

램(ACSEP; Aircraft Certification System Evaluation Program)을 기반으로 하는 평가기준을 일률적으로 적용하고 있는 실정이다[7, 8].

항공·우주·방산 분야 품질시스템에 관하여 J. A. White는 부품등제작자증명(PMA)에 ISO9001 적용에 관한 연구[9], Z. Zhang은 품질경영시스템과 설계보증시스템에 관한 연구[10], S. J. Lee는 AS9100 적용 및 발전방향에 관한 연구[11], C. Y. Kim은 군용 항공기 생산확인을 위한 AS9100 및 ACSEP에 관한 연구[12], K. Y. Lee는 PMA와 TSOA를 위한 생산승인에 관한 연구[13, 14]를 수행하였다.

본 연구에서는 AS9100 품질경영시스템, FAA의 생산승인 품질시스템, 우리나라의 ACSEP 요구조건을 비교 분석하여 공통항목을 도출함으로써 중복성을 배제하고, 효율화를 기할 수 있는 평가기준 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 항공분야 품질시스템 분석

2.1 생산승인을 위한 법규

민간에서 사용되는 항공기, 엔진, 프로펠러에 대한 제작증명(PC), 그리고 부품등제작자증명(PMA)과 기술표준품 형식승인(TSOA)을 위한 생산승인(PA)을 획득하기 위해서는 법적으로 지정한 요구조건에 따른 시스템을 구축하고 평가를 받아야 한다[1, 8].

감항당국이 법적으로 지정한 요구조건은 단체규격 형태의 일반적인 품질시스템 요구조건에 항공기 및 부품의 감항성 또는 안전성을 보장하고 신청자의 책임을 강화하는 요건이 추가된 형태이다. 또한, ISO9001이나 AS9100 등과 같은 일반적인 품질시스템과 구별하기 위하여 감항당국 품질시스템, 생산승인 품질시스템, 또는 항공기 인증시스템 등으로 지칭되고 있다.

미국의 경우, 연방항공규정 FAR Part 21 항공기 및 부품 인증절차의 Subpart G 제작증명(PC)과 Subpart K 부품등제작자증명(PMA), 그리고 Subpart O 기술표준품 형식승인(TSOA)에서 법적인 요구조건을 규정하고, FAA Order 8120.22A 생산승인 절차와 Order 8120.23A 생산승인 소지자 인증관리 지침에서 세부사항을 규정하고 있다[4, 5].

우리나라는 항공안전법 제22조(제작증명), 제27조(기

술표준품 형식승인), 제28조(부품등제작자증명)에 따라서 제작에 관한 평가를 받아야 하고, 국토교통부(MOLIT) 훈령 제1336호 제작증명 및 생산승인 지침, 훈령 제1529호 부품등제작자증명 지침, 훈령 제994호 기술표준품 형식승인 절차규정의 세부지침에 따라 시스템을 구축하고 평가를 받아야 한다[8].

군용 항공기에 대해서는 군용항공기 비행안전성 인증에 관한 법률에 따른 생산확인 단계에서 국방기술품질원의 군용 항공기 생산확인 평가기준에 의거한 시스템을 구축하여 평가를 받아야 한다[12].

2.2 AS9100 품질시스템 요건

SAE AS9100은 항공우주산업체가 결성한 국제항공우주품질그룹(IAQG; International Aerospace Quality Group)이 제안한 항공·우주·국방 품질경영시스템 요건을 규정한 표준(industry consensus standard)이다[2].

AS9100 품질경영시스템 요건이 발행되기 전, 수십 년 동안 산업체는 MIL-Q-9858에 의한 품질보증시스템을 주로 적용하였으나, 1996년에 미군이 해당 군사규격을 폐지하고 미정부가 ISO9001 품질경영시스템을 채택함으로써 이를 기반으로 발전하게 되었다.

미국 국방성(DoD), 미국 항공우주청(NASA), 미국 연방항공청(FAA), 그리고 미국과 유럽의 항공우주산업체는 1994년판 ISO9001에 항공우주 및 국방산업에서 요구되는 품질요건을 추가해 1997년에 Fig. 1과 같은 AS9000 표준서를 처음으로 발행하였다. 이후 1999년에 규격번호를 AS9100으로 전환하고, 이후 수차례 개정을 통하여 현재는 2016년에 발행된 AS9100D를 적용하고 있다.

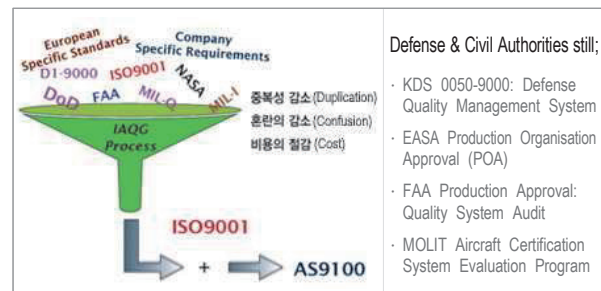


Fig. 1 Industrial AS9100 and Authorities' Systems

SAE AS9100 품질경영시스템은 ISO9001 품질경영시스템의 246개 구절(paragraph)을 기반으로 항공·우

주·국방에 관한 149개 구절을 추가하여 총 395개 구절로 구성되었다. 이를 통하여 AS9100에서는 위험관리, 통제, 과제관리, 형상관리, 위조품 식별, 윤리행동, 안전요건, 인적요소, 설계개발, 구매절차, 생산공정, 불합치품 등에 대한 내용이 구체화 되었다.

Table 1 AS9101 Quality System Audit Checksheet [3]

No.	AS9100 Clauses	Y	N	Comments
4.	Context of the Organization			
4.1	Understanding the Organization and its Context	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.2	Understanding the Needs and Expectations of ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.3	Determining the Scope of the Quality Management ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.4	Quality Management System and its Processes			
4.4.1	The organization shall establish, implement, maintain ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.4.2	To the extent necessary, the organization shall: ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.	Leadership			
5.1	Leadership and Commitment			
5.1.1	General	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.1.2	Customer Focus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.2	Policy			
5.2.1	Establishing the Quality Policy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.2.2	Communicating the Quality Policy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.2.3	Establishing and Communicating the Safety Policy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3	Organizational Roles, Responsibilities, and Authorities	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3.1	Accountable Manager	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3.2	Quality Manager	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3.3	Other Appointed Manager(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.	Planning			
6.1	Actions to Address Risks and Opportunities			
6.1.1	When planning for the quality management system ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.1.2	The organization shall plan: ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.2	Quality Objectives and Planning to Achieve Them			
6.2.1	The organization shall establish quality objectives at ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.2.2	When planning how to achieve its quality objectives ~	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.3	Planning of Changes (skipped below in this paper)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

현재의 SAE AS9100D 항공·우주·국방 품질경영시스템은 총 11장으로 구성되어 있는데, 제1장 적용범위, 제2장 인용문서, 제3장 용어정의, 그리고 제11장 주기를 제외하면, 품질 요구조건은 다음과 같이 제4장부터 제10장까지 7개 분야로 구분될 수 있다.

- 4. 조직상황(context of the organization) : 5항목
- 5. 리더쉽(leadership) : 9항목
- 6. 계획(planning) : 5항목
- 7. 지원(support) : 14항목
- 8. 운영(operation) : 36항목
- 9. 성과평가(performance evaluation) : 8항목

10. 개선(improvement) : 4항목

AS9100D 품질경영시스템의 각 구절은 AS9101G 감사(audit) 요구조건에 따라 평가되는데, 이에 따르면 총 107개 요건에 대하여 Table 1과 같이 81개 항목을 Yes/No로 직접 평가한다[3].

국제항공우주품질그룹(IAQG)의 AS9100 품질경영시스템 표준서 제정 과정에 미국 연방항공청(FAA)과 유럽 항공안전청(EASA)도 참여했지만, 이는 산업표준에 대한 미정부의 정책에 따라 참관한 것이며, AS9100을 국가 인증기준으로 채택하기 위한 것은 아니었다.

2.3 미국의 생산승인 품질시스템

미국 연방항공청(FAA)은 항공기, 엔진, 프로펠러에 대한 제작증명(PC), 그리고 부품제작자증명(PMA)와 기술표준품 형식승인(TSOA)에 대한 생산승인(PA) 및 정기감사를 위하여 1994년에 Order 8100.7 항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP)을 시행하였다[7]. 그렇지만, FAA는 2013년에 ACSEP을 폐지하고 효과적인 평가관리를 위하여 Order 8120.22 생산승인 절차 지침과 Order 8120.23 생산승인 소지자에 대한 인증관리 지침을 제정하여 평가제도를 개편하였다[4, 5].

FAA는 Order 8120.22A와 AC 21-43A 생산승인 절차에서 항공기 등의 제작증명을 위한 세부절차를 규정하고, 제작증명위원회(PCB; Production Certification Board), 제조검사지역사무소(MIDO; Manufacturing Inspection District Office), 그리고 인증관리사무소(CMO; Certification Management Office)의 역할을 구체적으로 명시하고 있다[5, 6].

FAA는 제작증명과 생산승인 관리를 위하여 기존의 인증관리정보시스템(CMIS; Certification Management Information System) 운영을 중단하고, 새로운 항공기 인증감사정보시스템(ACAIS; Aircraft Certification Audit Information System)을 사용하도록 하였다. 또한, 제작증명 및 생산승인 과제에 대한 위험기반자원배분(RBRT) 평가를 수행하여 위험을 식별하고, 그 위험에 따라 자원을 배분하고, 여러 과제의 우선순위를 정하도록 하였다.

FAA의 위험기반자원배분(RBRT) 평가는 항공기인증감사정보시스템(ACAIS)을 활용하여 해당 제품이 공역(airspace)에 노출되는 빈도, 품질시스템 및 불합치품

생산 가능성에 따른 조직적 위험을 결정하고, 위험 레벨에 따라 감사주기 결정 단계로 진행된다. 이 중에 조직적 위험(organizational risk) 평가에서는 위험 레벨(risk level)을 다음과 같이 3가지로 구분한다.

- 높음: 불일치품 생산 가능성 높은 생산승인 소지자
- 중간: 불일치품 생산 가능성 중간 생산승인 소지자
- 낮음: 불일치품 생산 가능성 낮은 생산승인 소지자

위험 레벨 평가는 항공기인증감사정보시스템(ACAIS)의 인증 소지자 정보와 사전에 설정된 질문에 Yes/No 답변을 통해서 Fig. 2와 같은 과정으로 결정된다. 또한, 치명부품(critical part)은 고장 시에 완성제품의 기능, 성능, 수명 등에 중대한 영향을 미치는 부품으로 인증과정에서 특정된 부품을 말하며, 이밖에 고장의 유형에 따라서 카테고리 부품 목록(CPL; Category Part List)을 정하여 위험 레벨 결정에 적용한다. 이와 같은 과정으로 결정된 위험 레벨에 따라서 Table 2와 같이 감사주기와 감사팀 인원규모가 정해지게 된다.

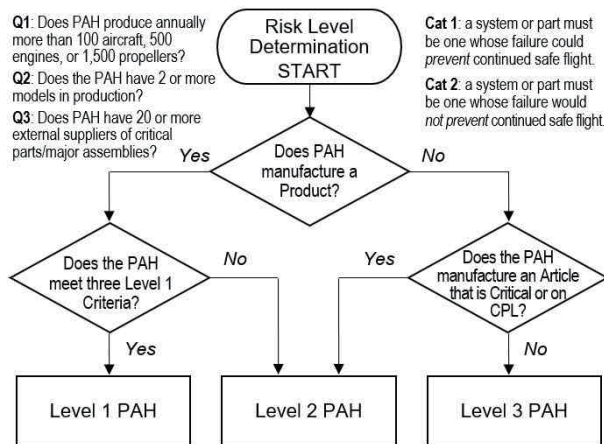


Fig. 2 Risk Level Determination Process [5]

Table 2 Audit Frequency i.a.w. Risk Level [5]

Level 1			Level 2			Level 3	
High	Medium	Low	High	Medium	Low	Medium	Low
18+Audits within 12 months	12+Audits within 12 months	6+ Audits within 12 months	4+ Audits within 12 months	3+ Audits within 24 months	1+ Audits within 36 months	1+ Audits within 48 months	1+ Audits within 60 months
1 QSA NTE 24 months	1 QSA NTE 24 months	1 QSA NTE 36 months	1 QSA NTE 24 months	1 QSA NTE 36 months	1 QSA NTE 48 months		

위험기반자원배분(RBRT) 평가를 통하여 결정된 위

험 레벨에 따른 제작증명 및 생산승인 소지자의 품질 시스템 감사는 다음과 같이 16개 분야 161개 항목에 대하여 수행된다.

- (a) 설계자료관리(design data control) : 11항목
- (b) 문서관리(document control) : 3항목
- (c) 협력업체관리(supplier control) : 22항목
- (d) 제조공정관리(manufacturing process) : 21항목
- (e) 검사 및 시험(inspection and testing) : 15항목
- (f) 검사/측정/시험장비(insp/meas/test equip): 7항목
- (g) 검사 및 시험상태(insp and test status): 3항목
- (h) 불합치품 관리(nonconforming control): 10항목
- (i) 시정조치 및 예방활동(corrective actions): 6항목
- (j) 취급 및 저장(handling and storage) : 4항목
- (k) 품질기록관리(quality records control) : 3항목
- (l) 내부감사(internal audit) : 4항목
- (m) 고장보고절차(in-service feedback) : 3항목
- (n) 품질불합치관리(quality escapes) : 5항목
- (o) 보증서 발행(authorized release doc.): 2항목
- (p) 기타 품질절차(others) : 42항목

Table 3 FAA Quality Noncompliance Codes [5]

Description of Noncompliance	PC	PMA	TSOA
001. The audited facility did not have written procedures for controlling design data and subsequent changes to ensure that only current, correct, and approved data are used.	\$21.137(a)	\$21.307	\$21.607
002. The audited facility did not follow procedures for controlling design data or subsequent changes to ensure that only current, correct, and approved data are used.	\$21.146(b)	\$21.316(b)	\$21.616
003. The approval holder did not approve minor design changes under a method acceptable to the FAA.	\$21.95	\$21.319	\$21.619
004. The approval holder did not submit major design changes, including process specification changes, to the FAA for approval.	\$21.97 \$21.99	\$21.319	\$21.619
005. The approval holder did not submit appropriate design changes for approval to correct unsafe conditions under an AD.	\$21.99(a)(1)	\$21.307	\$21.607
006. The approval holder did not make available to a user descriptive data and information on FAA-approved design changes resulting from ADs.	\$21.99(a)(2)	\$21.99(a)(2)	\$21.99(a)(2)
007. The approval holder did not keep an ICA current with design changes or make it available to appropriate persons.	\$21.50	\$21.50	\$21.50
008. The approval holder did not provide the FAA all required information to support inclusion of a commercial parts list in an ICA.	\$21.50	\$21.50	N/A
009. The audited facility did not follow approved procedures to coordinate and obtain approval from authorized personnel. (skipped below in this paper)	\$21.146(b)	\$21.316(b)	\$21.616(b)

FAA의 품질시스템 감사 평가기준 161개 항목에 대

하여 항공기, 부품, 기술표준품에 적용되는 항목으로 분류하면 다음과 같다.

- 항공기, 엔진, 프로펠러 제작증명(PC) : 161항목
- 부품등제작자증명(PMA)의 생산승인 : 153항목
- 기술표준품 형식승인(TSOA)의 생산승인: 152항목

FAA는 Table 3과 같이 품질시스템 요구조건을 제작자의 품질시스템에서 부적합(Noncompliance)을 식별하는 방식으로 설정하였으며, 총 161개 항목 중에 감항성(안전성)에 직접 관계된 항목은 다음의 Table 4와 같이 중급 설계변경, AD 설계변경, 감항성지침서 등을 포함한 15개 항목 이상으로 볼 수 있다.

Table 4 Safety Dominant Requirements in FAA Codes

Unique Airworthiness Items required by FAA Quality Codes only
004. The approval holder did not submit major design changes, including process specification changes, to the FAA for approval.
005. The approval holder did not submit appropriate design changes for approval to correct unsafe conditions under an Airworthiness Directive.
007. Approval holder did not keep Instruction for Continued Airworthiness current with design change or make it available to appropriate person.
023. A supplier did not follow PAH procedures to report a quality escape to the PAH.
031. A supplier with direct shipment authority was not controlled to ensure that only conforming parts were released.
036. The audited facility did not follow approved procedures for preparing an interface quality document for consortium manufacturing activities.
057. The audited facility did not follow approved procedure to retest product or article that had been adjusted or reworked after test acceptance.
060. The audited facility used an inspection method which did not ensure a product or article conforms to FAA-approved design data.
090. A disposition for a nonconforming product or article resulted in a major design change that was not approved by the FAA.
110. The audited facility does not have a procedure for receiving and processing feedback on in-service failures, malfunctions, and defects.
118. The PAH has issued authorized release documents that were not in accordance with approved written procedures.
128. The PAH did not immediately notify the FAA in writing of a change to the manufacturing facility that affects the inspection, conformity, or airworthiness of its product or article.
145. A completed product or article did not have proper identification markings.
156. An unauthorized person issued an airworthiness approval (FAA Form 8130-4 or 8130-3).
162. The PAH was manufacturing and installing an interface component that was not identified on the production limitation record (PLR).

2.4 우리나라 생산승인 품질시스템

항공기, 엔진, 부품, 기술표준품에 대한 우리나라 인증 신청자의 품질시스템은 국토부 훈령 제1336호 제

작증명 및 생산승인 지침의 [별표 1] 항공기 인증시스템 평가 점검표에 따라서 평가된다.

국토교통부의 항공기 인증시스템 평가 점검표는 2003년에 미국 연방항공청(FAA) Order 8100.7A를 근거로 15개 분야 129개 항목을 “품질보증체계 평가 점검표”를 제정한 것이 그 효시이다. 이후 2005년과 2006년에 FAA와 동일한 명칭의 “항공기 인증시스템 평가 점검표(ACSEP Survey Sheet)”로 수정하여 Table 5와 같은 형태로 현재까지 적용되고 있다.

항공기 인증시스템 평가 점검표의 6개 분야와 각 분야의 항목은 다음과 같다.

- (1) 조직관리(organization) : 17항목
- (2) 설계관리(design control) : 10항목
- (3) 소프트웨어 품질보증(SQA) : 15항목
- (4) 제작공정(manufacturing process) : 37항목
- (5) 제작관리(manufacturing control) : 34항목
- (6) 공급업체관리(supplier control) : 19항목

Table 5 MOLIT ACSEP Survey Sheet [6]

평가 항목 (Requirements)	결과 (Result)			비고 (Remark)
	Yes	No	NA	
101. 제작증명서, 부품등제작자증명서, 또는 기술표준품 형식승인서가 당해 제작공장에 적절하게 전시되어 있는가? Is the production approval/authorization displayed prominently in the main office of the evaluated facility in which the product is manufactured?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
102. 당해 제작공장은 생산승인서(제작증명/부품등제작자증명/기술표준품 형식승인)의 생산제한조건 범위 내에서 운용되고 있는가? Is the evaluated facility operating within the production limitations of the production approval?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
103. 각 기능을 담당하는 제작공장 및 개별 조직의 책임과 권한 범위를 규정하고 있는 전반적인 정책 및 절차적인 문서가 있는가? Is there an overall policy/procedural document that describes the facility and each organization responsible for various functions; including a description of responsibilities and their levels of authority?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
104. 당해 제작공장은 정책 관련 문서의 적절성과 최신성을 주기적으로 검토하고, 정해진 일정에 따라서 이를 개정하고, 책임자가 정책 및 절차 문서를 쉽게 이용할 수 있는가? Is the policy document reviewed periodically by the evaluated facility for adequacy and currency, and updated as warranted and are the policy and procedures documents available to responsible personnel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
105. 당해 제작공장은 책임 및 권한 범위에 대한 정의를 포함하여, 품질관리 관련 사항을 기술하고 있는 품질관리매뉴얼을 가지고 있으며, 이를 사용하고 있는가? Does the evaluated facility have and use a Quality Manual to describe the management of quality-related subjects, including a description of responsibilities and their levels of authority defined? (skipped below in this paper)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

항공기 인증시스템 평가 점검표의 132개 항목에 대하여 항공기, 부품, 기술표준품에 각각 적용되는 항목

수는 다음과 같다.

- 항공기, 엔진, 프로펠러 제작증명(PC) : 131항목
- 부품등제작자증명(PMA)의 생산승인 : 121항목
- 기술표준품 형식승인(TSOA) 생산승인: 123항목

국토교통부는 훈령의 별지 제1호 서식에 따라 생산승인 평가계획을 수립하고 그에 따른 평가를 수행한다. 이를 통해서 확인된 부적합 사항은 별지 제4호 서식에 기록하여 일정기간 내에 보완하도록 통지한다.

항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP)에 따른 평가항목 132개 중에 AS9100 등과 같은 제3자 품질시스템 요건과 차별화되는 항목은 다음의 Table 6과 같이 생산승인서 게시, 품질자료 제출, 생산시설 이전 등을 포함한 17개 항목 이상으로 볼 수 있다.

Table 6 Safety Dominant Requirements in MOLIT ACSEP

Unique Airworthiness Items required by MOLIT ACSEP only
101. Is the production approval displayed prominently in the main office of the evaluated facility in which the product is manufactured?
106. Is quality system data, and changes thereto, submitted to the MOLIT?
109. Are relocations of the manufacturing facility at which products are manufactured reported to the MOLIT in writing?
110. Are failures, malfunctions, and defects reported to the MOLIT?
111. Are service bulletins and maintenance manuals approved by authorized personnel and coordinated with a MOLIT engineer/inspector?
205. Are changes to technical data referenced on MOLIT-approved design data appropriately documented and approved?
209. Are the instructions for continued airworthiness kept current with design changes, and made available to appropriate persons?
210. Is descriptive data on MOLIT-approved design changes resulting from incorporation of Airworthiness Directive's?
301. Is there a Software Configuration Management Plan (SCMP) or procedure to control airborne software configuration?
402. Are all special processes in use identified and defined by MOLIT-approved design data and detailed in process specifications?
429. Have Statements of Conformity and Compliance for products or parts been submitted to the MOLIT for airworthiness determination?
430. If an export airworthiness approval has been issued, have necessary documents been forwarded to aviation authority of importing country?
434. Have aircraft been properly identified with nationality and registration marks prior to airworthiness certification?
435. Have applicable airworthiness certificates or special flight permits been obtained for the purposes for which the aircraft is flown?
517. Have flight test procedures and subsequent changes been submitted to and approved by the MOLIT?
518. In the case of aircraft, is the evaluated facility using flight test pilots that have been fully qualified?
608. Does the PAH notify the MOLIT of suppliers authorized to direct ship?

3. 품질시스템 평가 개선방안

3.1 품질시스템 비교분석

항공우주산업체를 중심으로 구성된 국제항공우주품질그룹(IAQG)은 SAE AS9100 품질경영시스템을 제정하여 항공·우주·방산 제조분야에 적용할 수 있도록 하였다. 이와 달리 미국, 유럽, 우리나라의 민간 감항당국은 AS9100과 별개의 생산승인 품질시스템 요구조건을 국가기준으로 운영하고 있으며, 군수당국의 경우에도 KDS 0050-9000 국방품질경영시스템 요구서 및 군용 항공기 생산확인 평가기준을 적용하고 있다.

SAE AS9100 품질경영시스템은 ISO9001 품질경영시스템에 항공·우주·국방에 관한 요구조건을 추가로 반영하여 조직상황, 리더쉽, 계획, 지원, 운영, 성과평가, 개선의 7개 분야에 총 107개 요구조건으로 구성되었으며, AS9101의 감사(audit) 점검표에 따라 81개 항목을 평가한다. AS9100 제정에 미국 연방항공청(FAA), 유럽 항공안전청(EASA), 미국 항공우주청(NASA), 미국 국방성(DoD)이 참여해 항공·우주·국방 분야의 요구조건이 충분히 반영되었다고 볼 수도 있지만, 제3자에 의해 상업적으로 인증되는 자율적인 제도로서 법적 구속력이 없다는 한계를 가지고 있다.

미국 연방항공청(FAA)의 생산승인 품질시스템은 기존의 항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP)을 폐지하고, 위험기반자원배분(RBRT) 평가를 통한 품질시스템 감사(audit) 주기와 인력 투입을 조정하는 탄력적인 제도로 운영하고 있다. 즉, 신청자 또는 소지자의 조직적 위험 레벨을 3단계로 분류하고, 해당 부품의 치명성이나 유형에 따라 2개의 카테고리 분류하여 평가 수준을 달리하고 있다. FAA의 생산승인 품질시스템 평가는 설계자료, 문서관리, 협력업체 등을 포함한 16개 분야에 대하여 총 161개 항목이며, 이 중에 부품등제작자증명과 기술표준품 형식승인에는 각각 153개와 152개 항목을 평가한다. FAA 생산승인 품질시스템 평가항목은 기존에 긍정적 질문을 통해 적합(compliance)을 식별하는 방식을 바꾸어 부정적 질문으로 부적합(Noncompliance)을 식별하는 방식으로 전환하였다.

우리나라의 생산승인 품질시스템은 10년 전에 미국에서 폐지된 항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP)을 인용한 제도를 현재까지 운영하고 있다. 이는 평가항목을 조직관리, 설계관리, 소프트웨어, 제작공정, 제

작관리, 공급업체의 6개 분야로 분류하여 총 132개 항목에 대하여 평가한다. 이 중에 부품등제작자증명과 기술표준품 형식승인을 위한 생산승인에서는 각각 121개와 123개 항목을 평가한다. 본 연구에서 AS9100과 ACSEP 항목을 비교 분석한 결과 Table 6에 제시된 바와 같이 ACSEP에서는 17개 이상의 항목을 더 요구함을 알 수 있다. 이들 추가 요건은 항공기 및 부품의 안전성 보장을 위하여 법적인 강제성과 제작자의 책임성을 강조한 항목으로 판단된다.

이와 같은 3가지 품질시스템 평가항목을 비교 분석해 보면, AS9100 단체규격에 비해 감항당국의 생산승인 품질시스템은 조직운영, 설계변경, 협력업체, 증명서관리 및 식별표시, 고장 보고 및 조치 등에서 제작자의 책임을 강조하고 있다. 각 품질시스템의 평가항목 수는 다음과 같다.

- AS9100D (AS9101G 평가표) : 81개
- FAA 생산승인 (Order 8120.23A) : 161개
- 국토부 ACSEP (훈령 제2020-1336호) : 132개

3.2 AS9100-ACSEP 전환 사례

(주)케이엠앤아이(KM&I)는 2021년부터 수송급 비행기 승객용 좌석을 개발하고 있으며, 기존의 품질시스템을 기술표준품 형식승인(TSOA)을 위한 품질시스템으로 전환하고 있다. KM&I는 1995년에 ISO9001 품질경영시스템, 2016년에 IATF 16949 자동차 품질경영시스템, 2021년에 KS Q(AS)9100 항공·우주·방산 품질경영시스템 인증을 획득하여 운영하고 있다.

KM&I의 품질매뉴얼(KR-QEMS)은 13개 프로세스, 12개 절차서, 29개 지침서로 구성되어 있으며, 이를 국토교통부 제작증명 및 생산승인 지침에 따라 항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP) 요구조건을 충족하는 품질시스템으로 전환하고 있다.

다음의 Table 7과 같이 KM&I의 KR-QEMS 품질시스템과 국토부 ACSEP의 각 항목을 비교 분석(gap analysis)하여 YES, REV, ADD, N/A로 분류하고, 보완이 필요하거나 추가해야 하는 항목을 도출하였다.

- ACSEP 총 항목 : 132개 (PC, PMA, TSOA)
- 비적용(N/A) 항목 : 32개 (항공기 8, 제작증명 1, 소프트웨어 15, SQC 5, AAT 발급 1, 협력공장 2)
- 만족(YES) 항목 : 55개 (현재 품질매뉴얼로 충족)

- 개정(REV) 항목 : 28개 (부분개정 또는 보완)
 - 추가(ADD) 항목 : 17개 (절차서 제정, 항목 신설)
- 국토교통부 ACSEP의 132개 항목 중에 기술표준품 및 부품에 적용되지 않는(N/A) 32개를 제외하면, 실질적인 요구조건은 100개이며, 이 중에 55개는 KM&I의 현재 품질시스템으로 충족(YES)할 수 있는 것으로 판단되었고, 개정(REV) 항목으로 분류된 28개 항목은 충실도를 높이기 위하여 도출된 것이므로 반드시 보완할 필요는 없는 것으로 판단된다. 다만, 추가(ADD) 항목으로 도출된 17개 항목에 대해서는 반드시 신규로 품질시스템 절차를 마련할 필요가 있다.

이와 같이 ACSEP 충족을 위하여 추가 또는 개정의 필요한 항목에 대응하기 위하여 다음과 같이 3개의 절차서 및 지침서를 신규로 제정하여 반영하고 있다.

- KR-A1-G-001 항공품질시스템 관리 지침서
- KR-A1-I-001 항공부품 자재심의 절차서
- KR-A1-I-003 항공부품 감항성 유지관리 절차서

Table 7 Gap Analysis between MOLIT ACSEP and KM&I Quality System

SCSEP Requirements	Gap Analysis	Actions
101. Is the production approval/authorization displayed prominently in the main office of the evaluated facility in which the product is manufactured?	ADD	Establish new procedure
102. Is the evaluated facility operating within the production limitations of the production approval?	N/A	PC only
103. Is there an overall policy/procedural document that describes the facility and each organization responsible for various functions; including a description of responsibilities and their levels of authority?	YES	See current manual
<i>(skipped intermediate)</i>		
201. Are there procedures for the control of technical data/documents and do they include storage, maintenance and protection?	YES	See current manual
202. Are the issuance, retrieval, distribution, and currency of design and technical data documents controlled?	YES	See current manual
203. Do the manufacturing, quality, and service/support organizations participate in the review of design and technical data changes?	REV	Revise current/new procedure
<i>(skipped intermediate)</i>		
401. Are work instructions and revisions to work instructions reviewed, approved, controlled, and documented?	YES	See current manual
402. Are all special processes in use identified and defined by MOLIT-approved design data and detailed in process specifications?	ADD	Establish new procedure
403. Are new or changed processes substantiated and approved by appropriate personnel?	REV	Revise current/new procedure
<i>(skipped below in this paper)</i>		

3.3 품질시스템 평가기준 개선방안

민간 감항당국은 항공기 및 부품의 개발과 인증 단계에서 설계자료에 대한 합치성(conformity) 보장을 위하여 인증 시제품의 제작을 위한 품질시스템을 요구하고, 해당 품목의 운용 단계에서는 감항성 유지를 위한 양산품에 대한 품질시스템을 요구한다.

미국 연방항공청(FAA)은 효율적인 조직운영과 항공기 안전성 확보를 위하여 2013년부터 위험기반자원배분(RBRT) 평가기법을 적용하고 있다. 이를 통해 제작자 조직의 위험 레벨과 해당 품목의 카테고리를 분류하고, 품질시스템 감사(audit) 주기와 감사팀 인력을 조정하는 탄력적인 제도를 운영하고 있다.

이에 반하여 우리나라는 미국에서 폐지된 항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP)을 모든 제작자 품질시스템 평가에 일률적으로 적용하고 있다. 국토교통부 훈령 제작증명 및 생산승인 지침의 제9조(제작증명 평가팀 구성)에 따라서 제작자의 근무직원 규모를 고려해 평가팀의 인원을 달리 조정할 수 있지만, 제작자 품질시스템의 성숙도나 품목별 특성을 고려한 위험기반자원배분(RBRT) 기법은 적용하지 못하고 있다.

본 연구에서는 산업 발전과 환경 변화에 대응하기 위하여 우리나라의 생산승인 품질시스템 평가기준을 개선하는 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 우리나라 평가기준에 위험기반자원배분(RBRT) 기법을 도입할 필요가 있다. 이는 제작자 조직의 특성과 능력에 따라 위험 레벨을 정하고, 대상 품목의 유형에 따라서 카테고리를 분류하여 평가 주기와 평가팀 규모를 결정한다는 점에서 항공기 및 부품에 대한 안전성을 저해하지 않으면서 제작자와 감항당국 모두의 자원을 효과적으로 운영할 수 있다는 장점이 있다.

둘째, 평가기준을 감항성(안전성)에 직결된 필수항목으로만 구성할 필요가 있다. FAA와 EASA는 AS9100 품질경영시스템 제정에 참여하여 기본적인 요건을 충분히 검토하였다. 다만, 제3자에 의한 자율적 인증이라는 한계를 지적하였다. 본 연구에서 제시된 바와 같이 AS9100(395구절) 요건은 ISO9001(246구절) 대비 62.3%, FAA 품질시스템(161항목) 요건은 AS9100(81항목) 대비 50.3%, 우리나라 ACSEP(132항목) 요건은 AS9100(81항목) 대비 61.4%의 동일성을 갖는다고 볼 수 있다. 이는 AS9100 인증을 받은 KM&I 품질시스

템에 대한 사례분석에서 100개의 적용항목 중에 55개 항목(55.0%)이 만족하고, 여기에 보완의 의미로 개정(REV)하는 28개 항목을 더하면 83개 항목(83%)가 만족하는 것으로 볼 수 있어 공통적인 요건이 매우 많다는 것을 실질적으로 보여주고 있다. 이러한 분석은 항목의 숫자에 기반하거나 각 요건을 피상적 단어(superficial words)로 비교한 것이므로 이들 요건의 의미를 고려(meaningful interpretation)해 비교하면 공통 요건이 70~80% 이상에 이를 것으로 판단된다. 이와 같은 중복 요건에 대하여 효율적이고 실효성 있는 평가기준 마련이 필요하다.

4. 결 론

본 연구에서 항공기 및 부품의 인증과 감항성 유지를 위한 법적인 요구조건, SAE AS9100 품질경영시스템, FAA의 생산승인 품질시스템, 우리나라의 항공기 인증시스템 평가 프로그램(ACSEP) 요건에 대한 차이를 분석하였다. 또한, 항공기 좌석 기술표준품 형식승인을 위한 제작자 품질시스템을 ACSEP 요건과 비교 분석하여 동등한 항목과 개정이 필요한 항목을 도출하였고, 이로써 감항당국의 ACSEP 요건은 AS9100 요건과 최소 55%에서 최대 83% 이상 동일하다는 것을 확인하였다.

이와 같은 연구결과로 감항당국의 생산승인 품질시스템 평가기준에 대한 2가지 개선방안을 제시하였다. 첫째로 산업 발전과 환경 변화에 대응할 수 있는 위험기반자원배분(RBRT) 기법의 도입과 둘째로 AS9100 등의 산업규격과 감항당국 품질시스템 요건의 중복성을 배제하는 동시에 법적인 요건도 만족할 수 있는 평가기준 개선 필요성을 제시하였다. 이로써 항공기 및 부품의 감항성 보장에 기여할 뿐만 아니라, 감항당국과 제작자 모두의 자원 운영에 효율성이 증대될 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 항공기 승객용 좌석 인증기술개발(RS-2021-KA164240) 연구과제 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] The National Assembly, “*Legislation 19394: Aviation Safety Act*”, Korean Law Information Center, Sejong City, Korea, Apr. 2023.
- [2] SAE International, “*SAE AS9100D: Aerospace Quality Systems*”, Revision D, SAE, Warrendale, Pennsylvania, USA, Sep. 2016.
- [3] SAE International, “*SAE AS9101G: Requirements for Conducting Audits of Quality Management Systems*”, Rev. G, SAE Warrendale, Pennsylvania, USA, Nov. 2022.
- [4] Federal Aviation Administration, “*Order 8120.22A: Production Approval Procedures*”, Revision A, FAA, Washington D.C., USA, Jan. 2016.
- [5] Federal Aviation Administration, “*Order 8120.23A: Certificate Management of Production Approval Holders*”, Revision A, FAA, Washington D.C., USA, Mar. 2017.
- [6] Federal Aviation Administration, “*AC 21-43A: Production under 14 CFR Part 21, Subpart F, G, K, and O*”, Revision A, FAA, Washington D.C., USA, Oct. 2015.
- [7] Federal Aviation Administration, “*Order 8110.7E: Aircraft Certification Systems Evaluation Program*”, Revision E, FAA, Washington D.C., USA, Aug. 2010.
- [8] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “*Directive 1336: Production Certification and Approval Procedures*”, MOLIT, Sejong City, Korea, Nov. 2020.
- [9] J. A. White, “*An ISO9001:2000 and Federal Aviation Parts Manufacturer Approval based Quality Manual*”, Thesis for Master of Science, California State University, pp. 1-24, Fall. 2003.
- [10] Z. Zhang, T. Song, and J. Song, “*Analysis of Relationship between Quality Management System and Design Assurance System*”, Proceeding of the 3rd ISAA, pp. 565-572, ENAC Toulouse, France, Nov. 2013.
- [11] S. J. Lee, and J. H. Byun, “*Comparison of Quality Standards and Evolutionary Direction*”, *Journal of QM*, Vol. 32, Issue 3, pp. 126-140, Sep. 2004.
- [12] C. Y. Kim, and Y. G. An, “*Quality Management System Specification and Airworthiness Certification Application in Defense Aerospace Industry*”, *Journal of QM*, Vol. 42, No. 3, pp. 423-432, Sep. 2013.
- [13] K. Y. Lee, B. J. Lee, and H. G. Cheong, “*Study on Certification Procedures for Aircraft Parts Manufacturer Approval*”, *Journal of KSAS*, Vol. 42, No. 12, pp. 1075-1079, Dec. 2014.
- [14] K. Y. Lee, G. Y. Park, and H. G. Cheong, “*A Study on Certification Procedures for Technical Standard Order Authorization of USA and Europe*”, *Journal of SASE*, Vol. 9, No. 1, pp. 19-27, Mar. 2015.