

전기추진 수직이착륙 항공기 인증제도에 대한 고찰

임대진¹ · 이관중^{1,†}¹서울대학교 항공우주공학과

A Study on the Certification System for eVTOL Aircraft

Daejin Lim¹ and Kwanjung Yee^{1,†}¹Department of Aerospace Engineering, Seoul National University

Abstract

As the feasibility of urban air mobility (UAM) service using electric vertical take-off and landing (eVTOL) aircraft increases due to aircraft electrification, distributed propulsion, and artificial intelligence technologies, the U.S. and European aeronautical societies have been improving their certification system and regulations for the type certification of eVTOL. The improved certification system is expected to be ready in the near future, after the European Union Aviation Safety Agency (EASA) proposed the VTOL Special Condition, SC-VTOL in 2019. However, the current domestic certification system is still insufficient to properly respond to eVTOL. This study investigated the development trends of foreign eVTOL and certification systems, identified considerations to improve the domestic certification system, and proposed the measures for type certificates and type certificates validation of eVTOL based on the comparison between SC-VTOL and Korea airworthiness standards (KAS).

초 록

항공기 추진시스템 전동화, 분산추진기술, 자율지능기술의 발달로 전기추진 수직이착륙 항공기(eVTOL: Electric Vertical Take-off and Landing)를 활용한 도심항공교통서비스 구현 가능성이 높아짐에 따라 미국, 유럽 등 항공선진국들에서 전기추진 수직이착륙 항공기에 대한 인증제도 연구가 활발히 진행되고 있다. 2019년 유럽항공안전청이 수직이착륙 항공기를 위한 새로운 기술기준 SC-VTOL을 고시하는 등 근시일 내 인증제도 마련이 예상되나 국내 인증제도는 eVTOL 항공기의 개발과 시장 운용에 대비가 미비하다. 본 연구에서는 해외 eVTOL 개발과 인증제도 마련 동향을 조사하고, 미국/유럽의 제도개선 방향을 분석하여 국내에 관련 인증제도 마련을 위한 고려사항을 분석하였다. 이 후 SC-VTOL과 현행 국내 항공기기술기준을 비교분석하고 국내 eVTOL 항공기 형식증명/형식증명승인을 위한 방안을 제시하였다.

Key Words : Electric Vertical Take-off and Landing Aircraft(전기추진 수직이착륙 항공기), Type Certification(형식증명), Type Certificates Validation(형식증명승인), SC-VTOL(수직이착륙기 특수기술기준), Airworthiness Standard(감항기준)

1. 서 론

2016년 10월 미국 Uber사에서 Elevate로 명명된

도심권역 신개념 항공운송서비스계획을 담은 Uber White Paper를 발표하였다. 2020년대 중반 서비스 개시를 목표로 항공기 개발을 포함하여 관련 기반시설, 운항관제 관련자 및 감항당국 등과의 협업을 기반으로 상용화를 위한 구체적인 기준 모델을 제시함으로써, 북미와 유럽을 중심으로 도심항공교통(UAM: Urban Air Mobility)을 위한 항공기 개발 붐이 일어나고 있

다. 보고되는 UAM 항공기 개발 수만 300여개 (2020.09.기준)에 이르며 현대자동차가 CES 2020에서 Uber와의 협업과 개발 중인 신기술 항공기 개념을 공개함으로써 국내에서도 UAM 항공기 개발 및 운항이 가시권 안으로 들어오고 있다.

도심항공교통을 위해 개발 중인 항공기는 기존의 고정익 항공기 또는 헬리콥터와 구분되는 특징이 있다. 먼저 형상적인 특징으로 UAM 항공기의 경우 기존 고정익 항공기와 헬리콥터의 특징을 모두 가지고 있다. 로터 또는 프로펠러를 이용하여 헬리콥터와 같이 수직이착륙비행을 수행하고, 전진비행의 경우 로터 또는 프로펠러와 날개를 동시에 이용하여 고정익 항공기와 같은 형상으로 비행한다. 추진동력 관점에서는 현재 개발 중인 UAM 항공기의 대부분이 배터리와 모터를 이용한 전기추진시스템 탑재를 기반으로 개발이 진행되고 있다. 이러한 특징들로 인해 대다수의 유관기관에서 UAM 항공기를 eVTOL (electric-powered vertical take-off and landing)로 통칭하고 있다. eVTOL은 기존 항공기와 형상적, 운용적 측면에서 근본적인 차이를 갖고 있기 때문에 eVTOL의 안정성 검증과 상업화를 위해서는 이에 대비한 새로운 인증 기준과 기술이 필요할 것으로 예상되어진다.

현재 미국과 유럽으로 대표되는 항공선진국들을 포함하여 세계적으로 eVTOL 항공기에 대한 인증 제도를 확립한 곳은 없으나, 각 기관 별 고유의 접근방법과 철학을 기반으로 eVTOL 항공기에 대한 인증기술 기준 마련에 힘을 쏟고 있다. 특히 유럽의 경우 2019년 7월 eVTOL을 고려한 새로운 수직이착륙 항공기 대상 특별감항조건인 SC-VTOL을 발표[1]하고 2020년 5월 SC-VTOL의 적합성 입증방법(MOC: Means of Compliance)의 초안을 발표[2]하는 등 eVTOL 항공기 인증기술기준 분야에서 한발 앞서 나가고 있다. 이런 상황에서 국내에서도 이에 대비한 방안이 필요하다고 할 수 있다.

국내에서도 2000년대 이후, 무인헬리콥터 및 무인틸트로터를 대상으로 특별감항증명을 발급한 사례를 존재하지만 이는 상업 목적의 운항이 아닌 군용 및 연구개발 목적의 실험 분류 특별감항증명으로, 헬리콥터를 제외한 민간용 수직이착륙기 항공기 형식증명은 전무하다[3]. 현대자동차, 한화시스템, 한국항공우주연구원

등 국내 기업과 연구소와 관련된 eVTOL 항공기는 단순한 기술실증이 아닌 상용 서비스까지 염두에 두고 있기 때문에 국내에서도 해외와 맞춰가며 단계적으로 eVTOL 항공기 인증에 대한 대비가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 현재 개발 중인 eVTOL 항공기를 중심으로, 미국, 유럽의 인증기술기준 마련 동향을 파악하고 분석하였다. 승객운송을 목적으로 하는 eVTOL 항공기의 개발동향과 항공선진국의 인증제도 마련 방향성 분석을 기반으로 미국과 유럽의 인증제도 마련 예상 시점을 추정하였다. 이 후 SC-VTOL을 포함하여 미국과 유럽의 인증 기술기준과 국내 기술기준의 비교분석을 통해 향후 국내 인증제도 개선안과 발전 방향을 제시하고자 한다. 제시된 개선 방향성에는 해외에서 인증을 받고 국내로 도입되는 eVTOL 항공기에 대한 국내 인증을 위한 절차 및 방법과 현재 우선적으로 필요한 업무를 포함하고 있다. 이러한 연구 결과는 향후 국내의 eVTOL을 포함한 수직이착륙 항공기 감항기준을 마련하는데 초석이 될 수 있을 것으로 예상된다.

2. eVTOL 항공기 개발 및 인증 동향 분석

Morgan Stanley의 시장분석보고서[4]에 따르면 2040년 자율비행항공기산업 시장규모는 \$1.5T(1,664조원)로 예측된다. NASA의 시장분석보고서[5]에서도 Air taxi, Air shuttle 시장은 \$500B(555조원) 규모로 계산하고 있다. 이에 따라 도심항공교통을 위한 eVTOL 항공기와 관련 인증제도에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 따라서 해외 eVTOL 항공기와 인증 동향을 우선적으로 조사하고 분석하였다.

2.1 eVTOL 항공기 개발 동향

전 세계적으로 개발 중으로 보고된 eVTOL 항공기 수는 2020년 9월 기준 300개를 넘어섰다[6]. 이 중 승객탑승을 고려한 항공기는 약 100 여개에 달하고, 비행속도, 비행거리, 탑승객 수와 같은 구체적인 성능수치가 공개된 항공기는 대략 70여종이 조사되었다.

개발 중인 eVTOL 항공기의 경우 형상적 특징을 기준으로 대표적으로 Vectored thrust, Lift+Cruise, Wingless, 세 가지 형상으로 분류할 수 있다. 세 가지

형상에 대한 특징을 Table 1에 정리하였고 대표 항공기 형상을 Fig. 1에 도시하였다.

Table 1 Representative Configurations of eVTOL

Item	Vectored Thrust	Lift+ Cruise	Wingless
형상적 특징	<ul style="list-style-type: none"> Tilt system-equipped propulsor Fixed wing 	<ul style="list-style-type: none"> Independent propulsor Fixed wing 	<ul style="list-style-type: none"> Identical, multiple propulsor No wing
Flight modes	<ul style="list-style-type: none"> Airplane Rotorcraft Transition 	<ul style="list-style-type: none"> Airplane Rotorcraft Transition 	<ul style="list-style-type: none"> Rotorcraft
예상주요 운용방식	<ul style="list-style-type: none"> Intercity Intra-city 	<ul style="list-style-type: none"> Intercity Intra-city 	<ul style="list-style-type: none"> Intra-city
인증 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> Three flight mode, Robustness & Durability of tilt system, Stability in transition mode 	<ul style="list-style-type: none"> Three flight mode, Propeller on-off system 	<ul style="list-style-type: none"> Emergency landing capability (No gliding and Auto-rotation capability)
대표모델	<ul style="list-style-type: none"> Joby S4 Hyundai S-A1 	<ul style="list-style-type: none"> Wisk Cora Terrifugia TF-2A 	<ul style="list-style-type: none"> Ehang 216 Volocopter Velocity



Fig. 1 Various eVTOL Aircraft

Fig. 2은 현재 개발 중인 eVTOL 항공기 111 종을 추진시스템 구성과 에너지원을 기준으로 각각 분류한 결과이다. 추진시스템 구성으로 분류하면 Vectored thrust 형상이 전체의 52%를 차지하고 있고 Lift+Cruise와 Wingless 형상은 각각 23%, 25%로 그 수가 서로 비슷하다. Vectored thrust 형상은 기술적 관점에서 개발난이도가 다른 두 형상에 비해 상대

적으로 높으나 이전 MV-22, AW-609와 같이 개발 경험이 존재하고, AW-609는 미국과 유럽에서 형식증명을 진행하고 있는 점으로 인해 형상 선호도가 작용했을 것으로 추정된다. Lift+Cruise, Wingless 형상 또한 무시할 수 없는 수가 개발이 진행 중이므로 세 가지 형상을 모두 고려한 인증방안이 필요하다.

에너지원에 따라 분류해보면 68%의 eVTOL 항공기가 배터리만을 이용하는 Full Electric 시스템을 채택하고 있고, 엔진과 전기추진을 혼용하는 하이브리드 시스템도 16개의 항공기에서 채택되었다. 에너지원의 차이는 있으나 최종적으로 전기를 이용해 추진부를 구동하는 전기추진시스템을 채택하고 있기 때문에 추진용 전기모터와 배터리에 대한 인증방안을 고려해야 하는 상황이다.

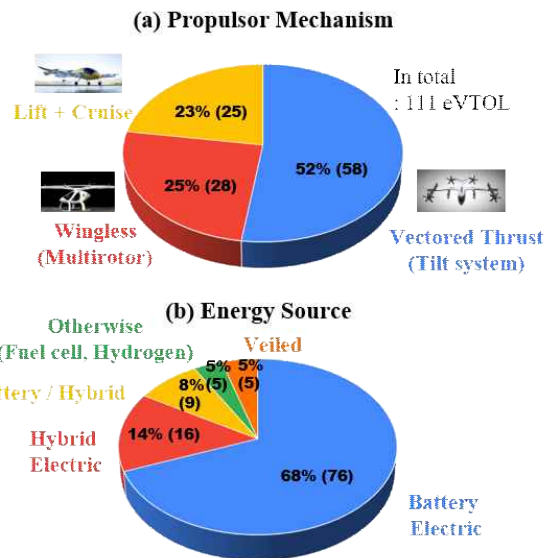


Fig. 2 eVTOL Classification by (a) Propulsor Mechanism and (b) Energy Source

Fig. 3은 성능이 공개된 60종의 eVTOL 항공기에 대해 탑승객 수와 순항속도에 따라 분포시킨 그래프이다. 개발단계수준이 높은 항공기 8종(Lilium jet, Joby S4, 현대 S-A1, KARI OPPAV, Wisk Cora, EHang 216, Volocopter Velocity, Airbus Citybus)은 별도로 이름을 표기하였다. 그림을 보면 개발 중인 eVTOL 항공기들은 대체로 5인승 이하, 250 knots 이하의 성능을 갖는 것을 할 수 있다. 이러한 성능 수준은 미국의 14 CFR Part 23의 항공기 분류 기준에

따르면 수준 1,2 / 저속 항공기로 분류되기 때문에 이에 대해 중점적으로 대비가 필요할 것으로 예상된다.

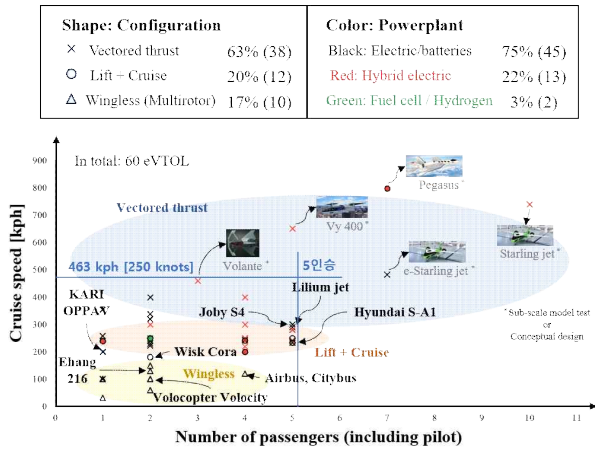


Fig. 3 eVTOL Classification by Number of Passengers and Cruise Speed

동일한 방법으로 비행거리와 탑승객 수에 따라 59종의 eVTOL 항공기를 분포시키면 Fig. 4와 같다. 개발 단계수준이 높은 항공기 중 Joby S4와 Lilium Jet을 제외한 5개의 항공기는 100 km 이하의 비행거리를 갖고 있어 도심내(Intra city)운용을 주 목적으로 개발되고 있다고 유추할 수 있다. 도심내 운용 환경은 고층건물, 지상보행자, 조류충돌, 국소적 날씨 변화(Local weather) 등 중점적으로 고려할 사항이 존재한다. 따라서 이러한 운용환경의 특수성을 고려하여 eVTOL 항공기 인증을 준비해야한다.

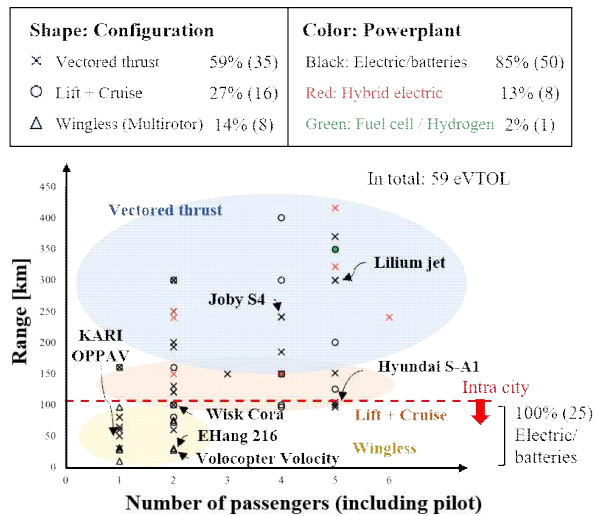


Fig. 4 eVTOL Classification by Number of Passengers and Range

2.2 eVTOL 항공기 인증 동향

현재 전 세계 각국은 UAM 용 eVTOL 항공기를 포함한 무인항공기에 관한 인증체계에 대해 활발히 연구 중에 있다. 미국, 유럽을 포함하여, 일본, 중국, 뉴질랜드 등에서 관련 연구가 진행되고 있으나 각국의 감항당국은 항공기 인증절차 및 감항기준에 대한 일치화(Harmonization)를 위해 미국과 유럽의 제도 마련 동향을 주시하고 있는 것으로 보인다. 따라서 본 절에서는 미국과 유럽의 인증제도를 중심으로 조사하였다. 조사결과를 기반으로 추정하면 미국과 유럽 모두 빠르면 2023~24년에 eVTOL 항공기 최초 형식증명이 수행될 것으로 예측할 수 있다.

2.2.1 미국

미연방항공청(FAA)은 기존의 항공기 인증체계의 틀을 유지하면서 eVTOL 항공기 인증을 진행하는 접근 방식을 택하고 있다. 새로운 기술기준 수립 없이 2017년 8월 발표된 성능기반기술기준 14 CFR Part 23 Amendment 64를 활용하여 eVTOL 항공기 인증을 보통류 비행기(Normal airplane)로 수행하는 것이 하나의 방안이다. 수직이착륙 항공기이기 때문에 14 CFR Part 27, 29를 사용할 수도 있지만, Part 27, 29는 현재 규범적 기술기준으로 eVTOL에 적용할 수 있는 부분이 약 60%정도 밖에 안 되는 것으로 알려져 있다[7]. 이와 별개로 14 CFR Part 21.17(b)에 따라 특수분류항공기(Special class)로 분류하여 인증을 수행할 가능성도 있다. 현 시점에서 eVTOL 항공기 형식증명 방안이 확정되지는 않았으나 미연방항공청의 기본 개념은 기존의 인증체계를 유지하며 eVTOL 항공기 형식증명을 수행하는 것이고 그 과정에서 14 CFR Part 23 Amendment 64가 주로 활용될 것으로 보인다. 이를 위해 미연방항공청은 2018년 5월 미국 재료시험협회(ASTM) “Committee F44”에서 제정한 산업표준 30개를 기반으로 적합성 입증 방안(AMC: Accepted Means of Compliance)을 발표하였다[8].

2020년 1월 미연방항공청의 Jay Merkle은 ‘적어도 6개의 UAM 항공기가 FAA의 형식증명을 위한 절차를 순조롭게 진행하고 있다’라고 언급하였다. 그 중 Joby

S4는 2018년 형식증명 신청했고, 형식증명 취득 후 2023년 상업운항을 목표로 하고 있다[9].

2.2.1 유럽

유럽항공안전청(EASA)은 3개 이상의 양력/추력 발생장치를 탑재한 공기보다 무거운 VTOL 항공기 인증을 목적으로 특별감항조건(Special condition) 모음집 형태의 Special condition, SC-VTOL을 공포하였다. SC-VTOL은 미국의 14 CFR Part 23 Amendment 64, EASA CS-23 Amendment 5와 동일한 성능기반 규정으로 완전한 인증규격(CS: Certification Specification) 이전의 중간적 단계의 규정(Interim regulation)이나 향후 완전한 CS로 발전될 예정이다. 유럽항공안전청은 향후 개발되는 eVTOL 항공기의 형식증명은 SC-VTOL을 기반으로 특수분류항공기(Special Category)로 수행할 예정이며, 2020년 5월 SC-VTOL의 적합성 입증방법(MOC: Means of Compliance)의 초안을 발표하고 약 2달간 의견수렴을 진행하였다. 발표된 적합성 입증방법은 유럽민간항공장비기관(EUROCAE)의 Working Group에서 제정한 산업표준을 다수 채택하여 만들어졌다.

유럽 기반 eVTOL 항공기 개발사인 Lilium과 Volocopter는 현재 SC-VTOL을 기반으로 인증을 진행하고 있는 것으로 밝혀져 있으며, Volocopter사는 2019년 12월 유럽항공안전청으로부터 신규항공업체 중 최초로 설계조직승인(DOA: Design Organization Approval)을 획득하였다[10].

3. 국내외 인증 기술기준 비교분석

미연방항공청과 유럽항공안전청의 eVTOL 형식증명을 위한 제도 마련 접근 방향성이 다른 관계로 국내에서는 두 방법을 모두 고려해야 한다. 따라서 미국과 유럽에서 eVTOL 형식증명에 사용될 것으로 예상되는 기술기준을 유사한 국내 항공기기술기준인 KAS Part 23과 비교하였다.

3.1 14 CFR Part 23 Amendment 64 vs KAS Part 23

2017년 8월 발효된 성능기준기술기준 14 CFR Part 23 Amendment 64와 2018년 7월 개정된 KAS Part

23은 동등한 성능기반규정으로 현재 두 개의 기술기준 사이에는 거의 차이가 존재하지 않는다. 따라서 미국에서 형식증명된 eVTOL 항공기가 국내 도입될 경우, 인증 시 적용된 특수기술기준(Special Condition)을 제외하면 기술기준 수준에서는 동일할 것으로 예상된다. Table 2는 두 기술기준 비교 요약표이다.

Table 2 14 CFR Part 23 & KAS Part 23

Item	14 CFR Part 23 Amdt. 64	KAS Part 23	
적용대상	Airplanes with a passenger seating configuration of 19 or less and a maximum certified take-off weight of 8,618 kg (19,000 lbs) or less.	19인승 이하, 최대이륙중량 8,618 kg (19,000 lbs) 이하의 비행기	
최상위 항목 개수	총 68개 (Subpart A부터 65개)	총 68개 (Subpart A부터 65개)	
차이점	거의 없음		
분류 기준	인증 분류	Level 1: 0~1 passengers seat	수준 1: 0~1개 승객좌석
		Level 2: 2~6 passengers seat	수준 2: 2~6개 승객좌석
		Level 3: 7~9 passengers seat	수준 3: 7~9개 승객좌석
		Level 4: 10~19 passengers seat	수준 4: 10~19개 승객좌석
성능 분류	Low speed VNO and VMO ≤ 250 KCAS*	저속 VNO 및 VMO가 250 KCAS 이하	
	High speed VNO or VMO > 250 KCAS	고속 VNO 또는 VMO가 250 KCAS 초과	
*KCAS: knots calibrated airspeed			

3.2 SC-VTOL vs KAS Part 23

SC-VTOL은 다양한 형상의 수직이착륙기를 고려하여 개발된 기술기준으로 고정익 보통류 비행기 대상의 KAS Part 23과는 다수 차이가 존재하였다. Table 3은 두 기술기준 비교 요약표이다. 두 기술기준 사이에는 적용대상 항공기 정의, 제한성능수치 등 기초적인 분류기준에서도 차이가 존재하였고, 내용적으로도 용어, 항목 개수, 항목의 내용에서 차이가 존재하였다. 특히 SC-VTOL의 경우 승객이 탑승한 상업운항목적

항공기나 밀집지역(Congested Area)을 운항하는 항공기의 경우 반드시 “Category Enhanced”분류로 형식증명을 취득하도록 명시하며 운항성 측면을 고려하였다.

Table 3 SC-VTOL & KAS Part 23

Item	SC-VTOL	KAS Part 23	
적용대상	Not-pressurised aircraft with a passenger seating configuration of 9 or less and a maximum certified take-off mass of 3,175 kg (7,000 lbs) or less.	19인승 이하, 최대이륙중량 8,618 kg (19,000 lbs) 이하의 비행기	
최상위 항목 개수	70 (Reserved 항목 6개 포함)	총 68개 (Subpart A부터 65개)	
차이점	규정 적용 대상 항공기 제원 및 분류 방법		
	SC-VTOL에만 존재하는 상위 항목 5개		
	용어 및 세부 항목의 상세 내용 차이 존재		
다른 항목 개수	SC-VTOL 만의 최상위항목 5개, (a)(b) 규정 수준에서 약 150개 (SC-VTOL Reserved 항목 포함)		
운항측면 고려여부	O	X	
분류 기준	인증 분류	Category Basic	수준 1: 0~1개 승객좌석 수준 2: 2~6개 승객좌석
		Category Enhanced	수준 3: 7~9개 승객좌석 수준 4: 10~19개 승객좌석
	성능 분류	VNO 및 VMO가 250 KCAS 이하	저속 VNO 및 VMO가 250 KCAS 이하
			고속 VNO 및 VMO가 250 KCAS 초과

고유번호가 부여된 SC-VTOL의 최상위 항목 (VTOL.2000 수준) 70개에 대해서 KAS Part 23과 동등성 수준을 분석해보면 Fig. 5와 같이 요약할 수 있다. SC-VTOL의 70개 항목 중 27개 항목은 KAS Part 23 또는 CS-23과 내용상 동일한 항목으로 이에 대해서는 별다른 대응이 필요 없으나, 나머지 43개 항목은 하위 (a)수준 규정 내용에서 차이가 있거나 유보

(Reserved)항목이 포함되어 있어 별도의 대응이 필요 할 것으로 분석되었다.

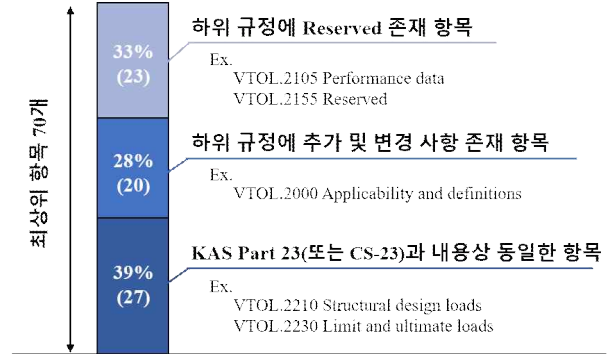


Fig. 5 SC-VTOL Comparison Result

SC-VTOL에서 내용상으로 삭제/추가/변경된 항목들은 주로 수직이착륙 특성과 운용환경이 고려된 항목들이다. 주요 항목들을 예로 들면 다음과 같다.

- VTOL.2135 Controllability: 비행모드별 조종 안정성 유지를 위해 모든 비행 단계(Phase)에서 조종성 확보. 운용 제한 초과 없이 형상 변화(Configuration change) 수행
- VTOL.2165 Flight in icing conditions: 착빙 조건에서의 안전 운항성 필수 증명 및 입증 되지 않은 상황에서 착빙 조건 탐지 능력 및 탈출 능력 입증
- VTOL.2270 Emergency conditions: 화재가 Category Enhanced 항공기의 지속적 안전 비행 및 착륙, Category Basic 항공기의 제어되는 비상착륙 방해 금지

3.3 해외 eVTOL 항공기 형식증명승인 가능성

현대자동차와 같은 국내 개발 업체에서도 현재 eVTOL 항공기를 개발하고 있으나 대부분의 eVTOL 개발이 해외에서 이루어지고 있고 미국과 유럽에서 인증을 받을 것으로 예상되기 때문에, 해외에서 형식증명 되어 도입되는 eVTOL 항공기의 국내인정 가능여부가 중요하다. 앞서 분석한 것처럼 미국과 유럽의 eVTOL 항공기 형식증명 방안의 방향이 서로 다르기 때문에 따로 구분지어 인정 가능성을 분석했다. 두 경우 모두 현재 즉각적인 형식증명승인(TCV: Type Certificates Validation)은 어려울 것으로 분석된다.

3.3.1 미연방항공청 형식증명 항공기

미연방항공청은 eVTOL 항공기를 특수분류항공기(Special Class)로 분류하고 14 CFR Part 23 Amendment 64를 이용해 형식증명을 수행하는 방안을 고려하고 있다. Special Class로 분류된 항공기의 국내 형식증명승인 시 다음과 같은 한계가 있다.

1. 항공기 분류

우리나라의 현행 항공안전법(법률 제 17463호, 2020.06.09. 일부개정, 2020.06.09. 시행) 제1장제2조 제1호에 따르면 항공기 형태를 비행기, 헬리콥터, 비행선, 활공기로 분류하여 제한적으로 정의하고 있다. 따라서 Special class로 분류된 항공기가 국내로 수입될 경우, 이에 대한 국내 분류가 모호하다. 이를 위해 항공안전법 제2조에 항공기 분류를 추가하거나 항공안전법 시행규칙 제3조를 확대해석하여 Special Class 분류 eVTOL 항공기를 국내에서 고려할 수 있도록 방안을 마련해야한다.

2. 형식증명승인 절차

현재 국내의 형식증명승인 절차는 KAS Part 21.29(a)에서 다루고 있다. 따라서 eVTOL 항공기에 대해서도 KAS Part 21.29(a)에 따라 형식증명승인서를 발급하는 절차에는 어려움이 없을 것으로 판단된다. 다만 형식증명승인서 발급을 위해서는 해외 감항당국에서 적용한 감항성 요건에 대해 국내 기술기준과의 동등함을 검증해야한다. FAA에서 14 CFR Part 21.17(b)를 적용하여 항공기 제작사가 제시하는 인증기준(Certification basis)으로 항공기를 인증한 경우, 적용된 인증기준에 대해 국내에서 어떻게 동등성을 인정할 것인가에 대한 대응방안 구축이 필요하다.

3.3.2 유럽항공안전청 형식증명 항공기

유럽항공안전청은 eVTOL 항공기를 특수분류항공기(Special Category)로 분류하고 SC-VTOL을 이용해 형식증명을 수행할 것으로 예상된다. 유럽에서 형식증명받은 항공기의 형식증명승인에 관해서 존재하는 문제점은 우선적으로 미국의 경우와 동일하지만 적용된 기술기준의 동등성 관점에서 추가적인 한계가 존재한다.

1. 항공기 분류
2. 형식증명승인 절차
3. 기술기준 동등성

형식증명승인을 위해서는 기본적으로 해외 감항당국에서 적용한 기술기준과 동등한 기술기준의 국내 존재 여부이다. 현행 국내 항공기 기술기준(KAS)에는 유럽의 SC-VTOL과 일대일 대응되는 기술기준이 존재하지 않는다. 이러한 문제를 해결하기 위해 국내 항공기 인증체계에 SC-VTOL과 일대일 대응되는 Special Condition 모음(가칭 KSC-VTOL)을 신설하는 것이 하나의 대응방안이 될 수 있다 (Fig. 6).

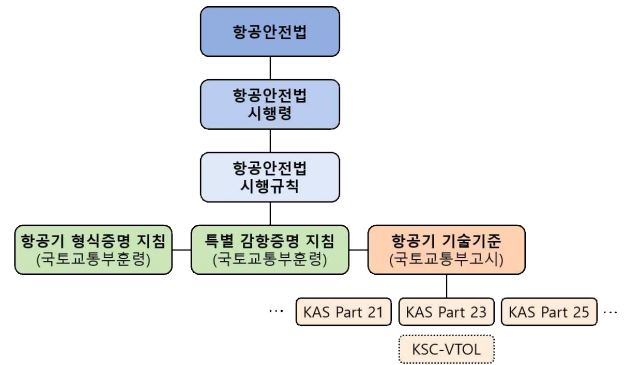


Fig. 6 Special Conditions for eVTOL in KAS

별도의 기술기준 신설 없이 유럽항공안전청과 상호 약정을 통해 SC-VTOL을 그대로 인정하는 방안도 존재한다. 다만 이를 위해서는 유럽항공안전청과 국제 협력을 우선적으로 진행할 필요가 있다.

4. eVTOL 항공기 국내인증 방안

4.1 국내 형식증명 신청 항공기 형식증명 방안

국내 형식증명 신청한 eVTOL 항공기의 인증을 수행하기 위해서 미국/유럽의 방식을 참고하여 국내 인증체도를 개선할 필요가 있다. 미국의 방식을 참고할 경우 별도의 기술기준 제정은 필요가 없으나 현행법에서 항공기 분류체계 개선은 필요하다. 미연방항공청의 Powered-lift Aircraft와 같이 새로운 형상의 항공기를 위한 분류와 용어를 논의를 거쳐 결정해야 한다.

유럽의 방식을 참고하여 eVTOL을 위한 기술기준을 새로 신설한다면 고정익 모드와 회전익 모드의 변환 과정에서의 항공기 시스템의 비행안전성을 검증하고

확보할 수 있도록 추가적인 연구가 필요하다. 별개의 비행모드 사이의 천이구간은 eVTOL 항공기의 경우 반드시 존재하는 영역이므로 천이모드 비행 시 추력발생부/동력전달계통/에너지원계통과 연관된 이슈를 중점적으로 고려하여 기술기준을 수립하고, 개발사와의 협력을 기반으로 설계, 지상 및 비행 시험을 통해 항공기의 안전성과 기술기준의 적합성을 충분히 검증하며 기술기준을 단계적으로 확립할 필요가 있다. 이 과정에서 초기에 SC-VTOL을 참고할 수 있을 것이다.

어떠한 방법을 차용하든지 eVTOL 항공기의 경우 성능기반기술기준을 기반으로 형식증명이 수행될 것이기 때문에 이에 대한 원활한 적합성검사를 위해 감항당국과 인증전문기관의 역량 강화가 수반되어야 한다.

4.2 해외 형식증명 획득 항공기 형식증명승인 방안

현행 항공안전법 제21조에 따라 해외에서 형식증명을 취득한 항공제품(항공기, 엔진, 프로펠러)은 국내에서 형식증명승인을 획득해야 한다. 이를 위해서는 해외 감항당국에서 적용한 기술기준과 국내 기술기준의 동등성 확보가 우선적이고 그 여부에 따라 그 대응방안이 달라져야 한다.

4.2.1 우리나라 보유 감항기술기준 기반

미연방항공청의 14 CFR Part 23, Part 27, 유럽항공안전청의 CS-23, CS-27과 같은 국내 기술기준과 동등한 기술기준을 기반으로 인증기준(Certification Basis)이 수립된 경우 기존의 항공기와 유사하게 항공안전법 제21조3항에 따라 국내 기술기준에 따른 적합성 검사를 수행할 수 있다. eVTOL 항공기는 신기술 적용, 새로운 설계특성과 운용방식을 고려하기 위한 특수기술기준(Special Condition)이 다수 설정될 것으로 예상된다. 이러한 신기술에 대해 “수직이착륙항공기 신기술에 대한 적합성 검사 지침서(가칭)” 마련을 통해 eVTOL 항공기 적합성 검사에서 감항당국이 활용할 수 있도록 준비가 필요하다. 이에 대해 신기술에 대한 국내 감항당국 및 인증전문기관의 적합성 검사 역량을 장기적으로 강화할 필요가 있다.

4.2.1 우리나라 미보유 감항기술기준 기반

미연방항공청의 Special Class, 유럽항공안전청의

Special Category로 분류되어 형식증명 된 항공기의 경우, 국내 항공기 기술기준에 해당되지 않으므로 KAS Part 21의 21.29항 (a)(1)(ii)에 따라 제작국가(SoD: State of Design)에서 적용한 감항성 요건에 대해 적합성을 검사하는 방안을 개발해야 한다. 이를 위해 앞서 분석한 것처럼 우선적으로 “특수 분류 수직이착륙 항공기” 와 같이 eVTOL을 고려하여 항공기 분류를 정의하고, “특수 분류 수직이착륙 항공기 형식증명/형식증명승인 절차 안내 및 지침서”를 마련하여 형식증명승인 세부 절차를 준비할 필요가 있다. 마찬가지로 수입항공기 인증기준에 적용된 감항성 요건 적합성의 직접적인 검사 수행이 가능하도록 국내 감항당국과 인증전문기관의 역량 강화가 수반되어야 한다.

Table 4 Summary for eVTOL TCV

	방안1		방안2	
구분	우리나라 보유 감항기술기준을 기반으로 인증 받은 수입항공기		우리나라 미보유 감항기술기준을 기반으로 인증 받은 수입항공기	
대상	F A A	14 CFR Part 23 또는 Part 27을 기반으로 형식증명을 받은 보통급 비행기 또는 헬리콥터	F A A	14 CFR Part 21.17(b)항에 따라 특수한 분류의 항공기(Special Class Powered-Lift)로 형식증명 받은 항공기
	E A S A	CS-23 또는 CS-27을 기반으로 형식증명을 받은 보통급 비행기 또는 헬리콥터	E A S A	SC-VTOL을 기반으로 형식증명을 받은 항공기
방법	항공안전법 21.3항에 따라 우리나라 항공기 감항 기술기준(KAS Part 23, Part 27)에 따른 적합성 검사를 수행		항공기 기술기준 Part 21에 따라 설계국의 인증기준에 따른 적합성 검사를 수행 - KAS Part 21.19 (a)(1)(ii)항	
개선사항	1. 특수기술기준으로 예상되는 신기술에 대한 적합성검사 안내서(또는 지침서) 마련 필요 2. 국내 감항당국과 인증전문기관의 신기술에 대한 적합성검사를 위한 역량 강화 필요		1. 항공안전법과 시행규칙에 특수 분류의 항공기 (또는 특수 분류 수직이착륙항공기) 정의 마련 2. “특수 분류 수직이착륙항공기 형식증명승인 절차 지침서(가칭)” 필요 3. 국내 감항당국과 인증전문기관의 신기술에 대한 적합성검사를 위한 역량 강화 필요	

4.3 시험비행을 위한 특별감항증명

eVTOL 항공기의 형식증명/형식증명승인을 위해서는 적용된 기술이 국내 항공기기술기준에 적합한 지 입증해야 한다. 기술 특성과 성능분석에 있어 기존 항공기들은 오랜 기간 축적된 데이터가 충분하여 시뮬레이션으로 기술 분석을 수행할 수 있는 반면, eVTOL 항공기는 신기술, 새로운 형상으로 인해 시뮬레이션으로 기술 특성을 확인하는데 한계가 있다. 따라서 개발단계에서 상대적으로 높은 지상시험/비행시험 의존도를 가지고 있다. 국내에서 시험비행을 수행하기 위해서는 특별감항증명 발급이 필요하다. 그러나 현재 “국토교통부훈령 제1028호 특별감항증명지침(2018.05.18. 시행)”은 선언적인 내용만을 다루고 있고 구체적인 절차에 대해서는 부족한 상황이다. 국내 개발 업체의 경우 국내 감항당국과 적절한 협의를 통해 감항성 증명 자료를 요청하고 제출하는 등의 가능성이 있으나 해외 업체의 경우에는 구체적인 지침이 없는 상황이기 때문에 국내 감항당국의 자료요청에 대한 정당성이 없고 해외 개발 업체의 긍정적인 협조를 막연하게 기대하기는 어렵다.

미연방항공청은 2017년 “8130.34D Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems and Optionally Piloted Aircraft” 제목의 order[11]를 발표하여 감항증명절차를 제시하였다. 본 자료에는 비행시험계획, 비행구역, 비상 시 계획 등 특별감항증명 신청기관이 제출해야 할 서류 목록과 양식 및 절차가 제시되어 있다. 또한 중점검토항목, 책임소지자 등의 감항당국의 역할도 구체적으로 명시되어 있다. 국내에서도 이를 참고하여 같은 수준의 특별감항증명지침을 마련하고 eVTOL 항공기의 국내 시험비행에 대한 대비가 우선적으로 필요하다.

5. 결 론

세계적으로 도심항공교통을 위한 eVTOL 항공기 개발이 활발하게 진행되고 있고, 동시에 eVTOL 인증을 위한 인증제도가 미국/유럽에서 활발히 연구되고 있다. 국내에서도 2020년 6월 4일 『한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵』을 확정·발표하고 UAM팀코리아를 출범, 국내 도심항공교통 산업육성을 위해 관련 비행

체 기술 확보, 인프라 구축, 안전운항체계 개발 등 다각도로 연구개발을 지원하고 투자하고 있다. 국내 도심공역에서 안전한 eVTOL 비행을 위해서는 eVTOL 감항성 검증을 위한 인증제도에 개선이 필요하다. 현재 국내 기술기준은 미국/유럽의 기술기준을 재해석하여 적용하고 있으나 새로운 eVTOL 항공기에 대해서는 추가적인 대응이 필요한 실정이다. 현재 미연방항공청과 유럽항공안전청의 정책마련 접근방향에 서로 차이점이 있기 때문에 국내 감항당국과 인증전문기관에서는 두 가지 방향의 장·단점, 현재 국내 인증체계와의 연계성 및 유사성 등을 고려하여 국내의 eVTOL 항공기 인증정책 방향에 대해 고민할 필요가 있다. 현재 미국과 유럽 모두 eVTOL 항공기 개발/인증에 큰 영향력을 가지고 있기 때문에 국내에서는 미국/유럽을 모두 고려할 수 있는 방향으로 인증제도 개선 논의가 되어야 할 것이다.

국내 eVTOL 항공기 형식증명/형식증명승인을 위해서 우선적으로 미연방항공청의 Special Class, 유럽연방항공청의 Special Category 분류 항공기를 국내 법체계에서 적절하게 고려할 수 있는 방안 마련이 필요하다. 항공기기술기준 수준에서는 유럽항공안전청에서 개발한 SC-VTOL에 대응할 수 있는 방안을 마련하는 것이 시급하다. 이에 대해 SC-VTOL과 동등한 수준의 국내 기술기준을 수립하는 것을 제안한다. 동시에 “특수분류 항공기 형식증명/형식증명승인 지침서(가칭)”, “특수기술기준 적합성 검사 지침서(가칭)” 마련하고 인증인력 역량 강화를 병행하여 절차적/실질적인 관점에서 다방면으로 인증제도를 개선하는 것을 제안한다.

References

- [1] European Aviation Safety Agency, “SC-VTOL-01: Special Condition for VTOL Aircraft,” Cologne, July 2019.
- [2] European Aviation Safety Agency, “Special Condition for VTOL and Means of Compliance,” Cologne, May 2020.
- [3] G. Gil, M. Yoo, and J. Park, “A Study on the Development of Airworthiness Standards for VTOL UAS,” *Journal of Aerospace System Engineering*, vol.

14, no. 1, pp. 44-53, Feb. 2020.

- [4] Morgan Stanley, “Are Flying Cars Preparing for Take-off,” Jan. 2019.
URL: <https://www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft>
- [5] NASA, CCI, ASCENSION Global, Georgia Tech ASDL, Mckinsey&Company, “Urban Air Mobility (UAM) Market Study,” Nov. 2018.
- [6] eVTOL Aircraft Directory,
URL: <https://evtol.news/aircraft> (accessed: 2020.09.)
- [7] Jorge, R., Castillo, “FAA Innovation Certification Process,” EASA eVTOL Symposium, Dec. 2019.
- [8] Federal Aviation Administration, “Notice 2018-09990: Accepted Means of Compliance; Airworthiness Standards: Normal Category Airplanes,” May 2018.
- [9] Joby Aviation FAQ in official homepage,
URL: <https://www.jobyaviation.com/press/#press>
(accessed: 2020.09.)
- [10] Volocopter Press Center, “Volocopter First eVTOL Startup to Receive Design Organisation Approval by EASA,” Dec. 2019.
- [11] Federal Aviation Administration, “Order 8130.34D: Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems and Optionally Piloted Aircraft,” Sep. 2017.