

미래항공모빌리티 eVTOL개발동향분석

윤용현¹

국민대학교 미래모빌리티학과

Development Trend Analysis of Advanced Air Mobility eVTOL

Yong Hyun Yoon¹

Department of Future Mobility , Kookmin University

초 록

본 연구는 현재 개발이 진행되고 있는 미래항공모빌리티 eVTOL의 상용화 시기를 예측해 보고자 한다. 오늘날 전통적인 항공기 제작사나 스타트업, 그리고 많은 자동차 제조사들까지 eVTOL항공기 개발을 서두르고 있다. 전 세계적으로 개발이 진행 중인 eVTOL 항공기의 대수와 형상들의 동향을 분석한다. 최근 개발 성공 가능성이 높은 업체들의 현황을 조사한다. 현재 700여 대 미래 항공비행체들이 설계되고 있지만 시험비행을 마치고 인증단계에 이른 기체는 아직 없는 상태다. 가트너의 하이퍼 사이클은 미래 항공비행체가 10년 이사이 지나야 생산성 안정화 단계에 이를 것으로 전망한다.

ABSTRACT

This research attempts to predict the commercialization period of advanced air mobility eVTOL in the aviation industry. Nowadays eVTOL developments has been worldwide performed by start-ups to legacy airframers as well as car manufacturer companies. The number and configuration of eVTOLs being developed globally are analyzed. The current status of companies with a high possibility of development success are investigated. Currently 700 eVTOLs are being designed, but none of aircraft have yet completed test flight and reached the certification stage. Gartner's hyper cycle predicts that the eVTOL aircraft will reach a productivity stabilization stage after 10 years.

Key Words : 미래항공모빌리티(Advance Air Mobility), 도심항공교통(Urban Air Mobility), 전기수직이착륙기(Electric Vertical Take-Off Landing), 항공택시(Air Taxi), 하이퍼 사이클(Hype cycle), 동력양력(Powered Lift), 편향추력(Vectored Thrust)

1. 서 론

글로벌 메가트렌드의 시대적 흐름은 ① 도시화의 가속(Accelerating urbanization), ② 기후변화와 자원부족(Climate change and resource scarcity), ③ 인구구조의 변화(Demographic shifts), ④ 글로벌 경제력 이동(Shift in global economic power), ⑤ 기술의 도약(Rise of technology)이다.[1] 이러한 글로벌 사회의 변화에 따라 육·해상 모빌리티 뿐 만 아니라 항공모빌리티분

¹ 윤용현, yhyoon525@kookmin.ac.kr

야에도 큰 패러다임의 변화가 일고 있다. 심화하는 도시화의 가속으로 인해 지상 교통망은 도심 내 이동속도가 급격히 저하되고 승객 및 물류운송비용이 지속적으로 증가하면서 사회경제적 손실이 막대하다. 기존 2차원 지상교통체계가 점차 수용한계에 도달하면서 마침내 도심 내에서도 3차원 항공교통체계의 필요성이 대두되고 있다. 기후변화를 일으키는 이산화탄소 배출량의 25%를 교통수단이 차지하고, 도로교통의 탄소집약도(Carbon Intensity)가 일반산업에 비해 높기 때문에 자동차의 탄소배출량은 2000년 이후 40% 이상 늘어났고, 세계 각국의 탄소배출 감축목표 상향에 따라 친환경 교통수단(전기자동차 등)의 적극적인 도입 필요성 증대하면서 전기동력의 항공모빌리티의 등장은 매우 자연스러운 시대적 산물이다.

탄소배출 없이 낮은 소음으로 승객이나 화물을 항공으로 도심지역에서 운송하는 도심항공모빌리티(UAM, Urban Air Mobility)로 초기출발하였지만 곧이어 미항공우주국(NASA)을 중심으로 UAM 뿐 만 아니라 지역항공모빌리티(RAM, Regional Air Mobility)까지 개념을 넓혀 미래항공모빌리티(AAM, Advanced Air Mobility)를 탄생시켰다. AAM은 “도심 내에서 또는 다른 도심지역 사이의 승객이나 화물을 안전하고 효율적으로 운송하는 무인항공교통체계”²라 정의하였다. 미국은 법률에서도 “AAM은 통제된 영공과 통제되지 않은 영공 모두에서 첨단기술을 적용한 전기 항공기 또는 전기 수직 이착륙(eVTOL)항공기를 사용하여 미국 내 두 지점 간에 승객과 물류를 항공으로 운송하는 교통체계”³로 규정하고 있다.[2]

최근 미래항공모빌리티가 부상하면서 기존의 항공산업계에 커다란 변화와 파장을 주고 있다. 특히 도심지역에서 운항할 운용환경 및 안전요구 조건 등에 부합하는 기체설계와 이를 운용할 인프라 구축, 그리고 운항서비스체계 등에 관한 운용개념의 정립이 필요하였다. 따라서 미항공우주국과 미연방항공청(FAA)은 도심지역에서 항공기 운항을 위한 “UAM운용개념서 2.0” [3]에 이어 “AAM 시행계획서”를 발표하였다.[4] AAM시행계획서에서 가장 관심을 가지고 산업적 비전을 제시하는 것은 새로운 기체설계와 시스템기술이다. 새로운 기체설계는 전통적으로 날개가 있는 항공기일 수도 있지만 도심지역에서 운항을 위해 수직이착륙 기능을 갖추어야 하기 때문에 동력양력(powered lift)발생장치와 분산전기추진(DEP, Distributed Electric Propulsion)시스템을 갖춘 eVTOL(Electric Vertical Take Off and Landing)이다.

우버가 항공모빌리티에 대한 구상을 처음 밝힌 것은 지난 2016년 이후 eVTOL기체가 서비스할 형태는 미래모빌리티체계에서 일정에 따른 탑승(metro)보다 필요에 따른 탑승(taxi)을 선호하므로 항공택시(air taxi), 나는 차(flying car), 비행택시(flying taxi), 드론택시(drone taxi), 개인용 항공기(Personal Air Vehicle)등의 다양한 용어들로 부르고 있지만 기본적인 운항서비스는 버티포트를 중심으로 한 멀티모달 모빌리티 중의 하나로 MaaS(mobility as a Service)체계내에서 운영될 것으로 예상된다.

따라서 미래 항공모빌리티에서 사용하게 될 비행체인 eVTOL은 기존의 항공기와 다른 새로운 다음과 같은 요구조건들을 충족해야 한다.

- ① 도심에서 운항을 위해 수직으로 이륙과 착륙을 할 수 있을 것.
- ② 자동화된 공역 통제하에서 조종사없이도 자율비행을 할 수 있을 것
- ③ 저렴하고 충분한 전기동력시스템 및 동력원을 이용하는 친환경적 기체일 것

2. a safe and efficient system for air passenger and cargo transportation within an urban area, inclusive of small package delivery and other urban Unmanned Aerial Systems (UAS) services

3. A transportation system that transports people and property by air between two points in the United States using aircraft with advanced technologies, including electric aircraft or electric vertical take-off and landing aircraft, in both controlled and uncontrolled airspace.

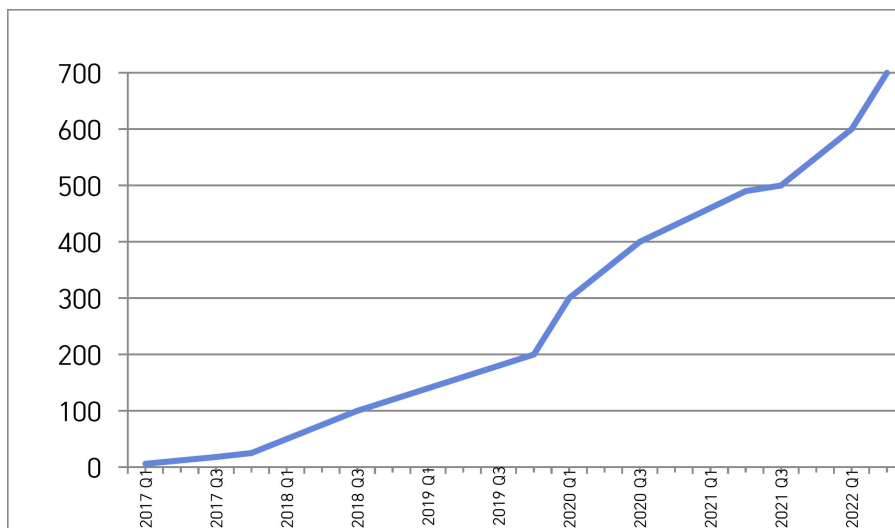
- ④ 기존의 교통수단 보다 더 경제적으로 운용이 가능할 것.
- ⑤ 운용지역에서의 소음 영향을 최소화할 것
- ⑥ 소형항공기 급으로 새로운 인증 및 안전기준을 충족하는 안전도를 보장할 것
- ⑦ 저고도에서도 전천후에 가까운 기체운용 능력을 가질 것 등이다.

따라서 다음 장에서는 이상과 같은 요구조건을 충족해야 하는 eVTOL의 개발형태와 유망한 개발 업체들의 분석을 통하여 언제 어떤 기체가 조기에 상용화가 가능한지를 가늠해 보고 미래비행체의 기술적 과제와 이슈 분석을 수행한다. 제3장은 미래비행체의 산업동향을 파악하기 위해 eVTOL 생태계를 구성하는 각 분야별 항목에 대해 국가별 항공택시의 준비지수를 살펴본 후, 아직 실증단계에 이르지 못한 미래 항공모빌리티의 기체를 선제적으로 확보하기 위한 각 항공운항사들의 업체별 기체주문현황과 향후 전망을 알아 보았다. 특히 가트너의 하이퍼 사이클 분석을 통해 언제 eVTOL이 생산성 안정화 단계에 이르러 안정적인 산업으로 정착할 수 있는 시기를 전망해 본다.

II. 미래비행체 eVTOL개발동향

2.1 형태별 eVTOL개발 동향

2010년에 Moore[5]가 도심에서 운용하기에 적합한 저렴하고 조용하며 친환경적인 단거리용 전 기추진 eVTOL항공기의 잠재력을 강조한 이후부터 많은 연구자, 기업, 스타트업들이 eVTOL항공기 개발에 경쟁적으로 뛰어 들고 있다. 2017년 수직이착륙 항공기 웹사이트[6]에 등록된 기체수가 7대였으나 2018년에 100대, 2019년 200대, 2020년 전반기 300대, 2020년 후반기 400대, 2021년 500대, 2022년 600대, 2023년 현재 700여 대의 기체들이 등록된 상태다. 연간 100여 종류의 eVTOL기체가 개발되고 있다.<그림 1> 참조



<그림 1> 연도별 eVTOL 개발 증가 추세(2023.08.31.)

최근까지 세계 각국에서 경쟁적으로 개발을 시도한 eVTOL기체 700여 대를 기체형상을 크게 분류해 보면 멀티콥터(multicopter)형이 248대(35%), 리프트 앤드 크루즈(Lift & Cruise)형이 148대(21%), 그리고 추력편향(vectored thrust) 틸트형이 297대(44%)를 차지하고 있다.

개발 초기 비교적 기술적 난이도가 낮은 멀티콥터형을 많이 개발했기 때문에 35%를 차지하고

있지만 최근들어 기술적 난도가 가장 높은 틸트형이 44%로 증가하고 있는 추세다. 두가지 형태의 절충적 형상이라고 할 수 있는 리프트 앤 크루즈 형도 최근 증가하고 있어 21%를 점유하고 있다. 초기 멀티콥터 형을 개발했던 업체들도 최근 멀티콥터를 개발해 오던 개발사들 중에는 최근 장거리 운항능력에 성능이 보다 나은 틸트형이나 리프트 앤 클르즈형으로 개발방향을 바꾸기도 한다. 최근 개발 중에 이미 개발을 포기한 기체도 100여 대가 있는 것으로 예측된다.

일반적으로 항공기 개발은 개념설계, 기본설계, 상세설계, 시제품제작, 그리고 시험평가 단계를 거쳐 인증을 받아야 상용화에 이르게 되는데 현재 개념설계 중이거나 축소기를 제작하여 시험하는 수준이 대부분이며 완제기를 제작하여 비행시험 중인 eVTOL기체는 전 세계적으로 불과 몇십대에 불과하고 더구나 감항당국으로부터 최종 인증을 받아 상용화에 이른 기체는 아직 전무한 상태다.

2.2 업체별 eVTOL개발 동향

eVTOL항공기는 아직 실용되지 않은 미래비행체로 현재 개발에 도전하고 있는 업체들을 크게 나누면 전통적인 항공기제작사와 자동차제조업체, 그리고 나머지는 스타트업(start-up)들이 대부분이다. 전통적인 항공기 제작사들 중 몇몇 회사를 제외하고는 스타트업으로 기술력을 가진 업체들을 흡수하거나 투자하여 개발협력을 하고 있는 실정이며, 제조업의 기반이 튼튼한 자동차제조사들도 서로의 기술력과 장점들을 감안하여 협업하는 추세다. 이것은 미래비행체가 기존의 항공기술이나 모빌리티기술로 개발하기에는 기술개발에 여러 한계가 있기 때문이다.

2.2.1 항공기 제작사의 개발동향

전통적인 세계적 항공기 제작사인 에어버스, 보잉, 벨 테스트론, 엠브레어, KAI 등이 각자의 eVTOL개발모델들을 내놓고 있다. 보잉사는 위스크 에어로사와 공동으로 코라 모델을 개발 중이고 다른 항공사들은 독자적인 모델을 개발 중에 있다.

1) 에어버스는 2015년 eVTOL개발을 시작하여 초기 시범기인 바하나프로젝트를 종료한 후 멀티콥터형식의 기술 시범기로 총104회 하였으나 이 또한 종료한 후 리프트 앤 크루즈형 시티 에어버스 넥스트젠 모델의 형상과 개발 계획을 공개(21년 9월)한 후 현재 개발 중에 있다.

2)보잉사는 2018년 7월 미래항공모빌리티 사업을 총괄하는 내부 조직을 신설하고 2019년 키티 호크(Kitty Hawk)와 UAM 분야의 협력을 발표하고 위스크 에어로 (Wisk Aero)를 공동 설립하고 현재 기체모델 코라(Cora)를 개발 중이며 1,000회 이상의 시험비행 실적을 기록하고 있다. Lift+Cruise eVTOL인 코라는 수직이착륙을 위해 11m 길이의 날개에 장착된 독립적인 전기동력 프로펠러 12개와 전진 비행을 위해 추력을 제공하는 한 개의 별도 프로펠러가 있는 2인석 자율 비행 eVTOL이다. 코라의 2인승 모델은 4인승 이상의 객실 보다 빠른시간 내에 채울 수 있어 기다릴 필요가 없는 강점을 내 세우고 있다.

3)세계적인 헬리콥터 제조사인 미국의 벨 테스트론은 벨 넥서스' 프로그램을 진행하고 있다. 벨 테스트론은 세계 최초의 틸트로터 항공기인 V-22 오스프리(V-22 Osprey)'를 개발한 기업으로 틸트로터형은 eVTOL의 여러 유형 중 기술적 완성도를 가장 높은 수준이다. 벨 테스트론은 이와 같은 높은 기술력을 바탕으로 넥서스 6HX'/4EX' 모델개발을 발표할 뿐 아직 시제기의 구체적인 시험비행 자료를 공개하지 않고 있다. 엠브레어는 1969년 설립된 브라질의 상용 항공기 전문 제조사로 150인석 이하급의 상용 항공기 분야 제조사로는 보잉과 에어버스에 이어 세계 3위 수준이다.

4) 엠브레어는 2017년 미국에 전략적 전초기지로 엠브레어X를 설립하고 2020년에 eVTOL Eve 모델개발을 본격적으로 시작하였다.

5) 세계적 항공기 제작사인 우리나라의 KAI는 eVTOL개발 항공기 웹사이트 등록된 eVTOL은 개념설계 중인 것으로 나타나 있다.

〈표 1〉 주요항공사의 eVTOL 개발모델

항공제작사	eVTOL 개발모델	기체형상
Airbus	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : City Airbus Next Gen - 기체형식 : Lift& Cruise type - 탑승인원 : 조종사 1, 승객3인 - 순항속도 : 120km/h - 항속거리 : 80km 	
Boeing	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : Cora - 기체형식 : Lift& Cruise type - 탑승인원 : 승객2인 - 순항속도 : 180km/h - 항속거리 : 100km 	
Bell Textron	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : Nexus 6EX - 기체형식 : Tilt ducted type - 탑승인원 : 승객 4인 - 최대속도 : 288km/h - 항속거리 : 97km/241km(hybrid) 	
Embraer	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : Eve - 기체형식 : Lift& Cruise type - 탑승인원 : 조종사 1, 승객 4인 - 순항속도 : - - 항속거리 : 100km 	
KAI	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : Night Intruder - 기체형식 : Tilted rotor - 탑승인원 : Uncrewed - 순항속도 : - - 항속시간 : 5 시간 	

이상에서 살펴본 바와 같이 글로벌 항공기제작사가 개발 하고 있는 eVTOL의 기체 형식은 Bell Textron사와 KAI를 제외하고 대부분 리프트 앤 클리즈형의 기체 형식이고 탑승인원은 4~5인 내외이며 항속거리가 100km 내외인 점이 주목된다.

2.2.2 자동차 제조사의 개발동향

항공사 못지않게 세계 굴지의 자동차사인 폭스바겐, 도요타, 포드, 메르세데스-벤츠, 스텔란티스, 혼다, 제너럴 모터스, 현대차 등이 AAM사업 참여에 매우 적극적이다. 전통적인 자동차 제조사들은 고유의 기체제작 및 생산능력의 강점을 살리면서 미래 비행체 개발에 따른 새로운 기술적 장벽을 극복하기 위해 기술력을 가진 스타트업들과 파트너십을 맺고 투자를 하거나 별도 법인을 세워

eVTOL을 개발하고 있다. 세계 자동차제작 업체상위 11대 업체(21년 매출기준)들은 표<2>와 같다.

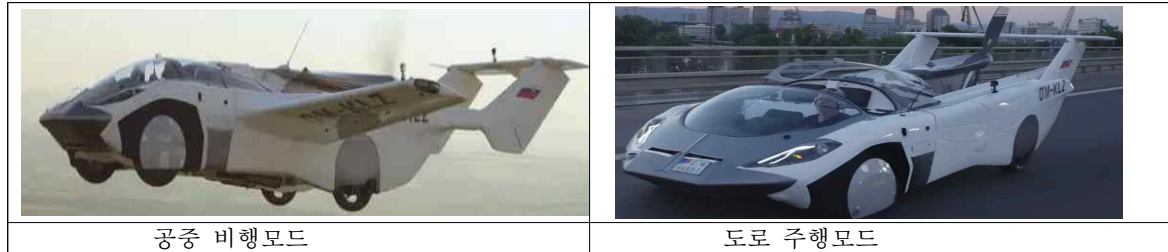
- 1) 세계 1위 자동차 그룹인 독일의 폭스바겐 그룹(Volkswagen Group)이 eVTOL 시제품을 중국 현지 법인에서 첫 모델인 V.MO(4인승, 리프트& 크르즈형, 항속거리 200 km)을 '22년 말 본격적인 비행시험에 착수하였으며 '35년까지 완전한 eVTOL기를 유럽에 공급하고, 이후 미국과 중국에 공급할 예정이라고 발표하였다.[6]
- 2) 자동차 업계 2위인 일본의 도요타는 eVTOL기 개발 및 실용화를 위해 미국의 스타트업 조비 에비에이션과 협업하기로 합의('20.1.15)하고 조비 에비에이션'에 3억 9400만 달러를 투자하였다. 도요타는 전기자동차 생산 기술개발 노하우를 조비에비에이션과 공유하고 일본 스마트 시티인 '우븐 시티'에서 UAM 실증사업을 진행할 예정이다.
- 3) 독일의 메르세데스-벤츠는 볼로콥터사(독일)와 제휴하고 있는가 하고, '11년 첫 유인비행 시연 이후 한국, 두바이, 싱가포르, 슈투트가르에서 볼로콥터사의 eVTOL기 비행을 시연했고, 현재는 후속 모델인 '볼로 커넥트'를 개발 중이다.
- 4) 미국과 유럽 자동차회사의 연합으로 탄생한 세계 4위 자동차회사 스텔란티스는 미국의 스타트업인 아처 에비에이션(Archure Aviation)의 Maker를 개발하고 있다. Mark는 143kWh 배터리 팩과 12개의 로터를 갖춘 5인승(조종사와 승객 4명) eVTOL로 최고 약 240km/h 속도로 비행이 가능하다.

〈표 2〉 주요 자동차 제조사의 eVTOL 개발 현황

자동차 제조사	eVTOL모델	비고
Volkswagen	V.MO(Vertical Mobility)	자체 모델개발
Toyota Motor	S-4(Joby Aviation)	Joby Aviation과 협업
Mercedes-Benz	Volo Connect(Volocopter)	Volocopter와 협업
Stellantis	Maker(Archer Aviation)	Archer Aviation 협업
Porsche Automobile	Porsche model	미공개
Ford Motor	Flying Car(Concept)	개념설계 중단
BMW	Air Car	듀얼모드 개발
Honda	Honda Air Taxi	자체 하이브리드 모델
General Motors	VOLT	자체모델개발
SAIC Motor	Traveler X1	Geely)와 XPeng협업
Hyundai Motors	S-A1(Supernal)	독자 모델 개발

- 5) 독일 포르세(Porsche)는 2019년 보잉과 플라잉카 설계를 위해 손잡는다고 발표했지만 이후 추가적인 소식은 아직 없는 상태다.
- 6) 포드는 '19년 미시건대와 산학 공동으로 플라잉카 연구를 했지만 이후 특별한 관련 소식을 내놓지 못하고 있다.
- 7) BMW의 2인승 나스 차(Air Car)는 160bhp 1.6리터 가솔린 엔진으로 구동되고, 최대 1,000km까지 날 수 있으며 시속 190km/h 속도로 비행 가능하며, 도로 주행 시 날개와 꼬리가 자동으로 접히는 기능이 있는 듀얼모드다. 이 에어카는 감항인증을 위해 70시간의 비행시험과 200회가 넘는 이착륙을 마치고 유럽항공안전국(EASA)기준에 부합하여 인증을 획득하였으나 도심항공모빌리티로 활용하기에는 문제가 있어 BMW가 향후 어떤 방식으로

플라잉카에 접근할지에 대한 더 구체적 사항은 아직 나오지 않고 있다.



<그림 2> BMW의 Air car

- 8) 일본의 완성차 업체 혼다 자동차는 자체 개발한 하이브리드 전기 eVTOL을 개발 중이며 ‘하이브리드형 동력’으로 항속거리를 400km를 목표로 하고 있다.
- 9) 미국의 제너럴 모터스(General Motors)가 공개한 eVTOL기체 ‘VOLT는 수직 이착륙이 가능하며 탑승 인원은 최대 2명으로 최대 시속 90km/h 단거리용으로 개발하고 있다.
- 10) 중국의 상하이 자동차(SAIC Motor)자동차는 자사의 전기 수직 이착륙기술과 지리(Geely) 자동차의 자동차 대량 생산 능력을 결합해 에어택시 생산과 운영을 위한 규모있는 사업 모델을 창출할 계획이다.
- 11) 세계자동차제조사 중 가장 AAM개발에 노력을 기울이고 있는 현대자동차 그룹은 독립적인 자회사 ‘슈퍼널(Supernal)’을 ‘20년 미국 워싱턴 D.C에 설립하고 미국시장에서 2028년부터 본격 서비스를 목표로 eVTOL 모델 S-A1 개발에 매진하고 있다. 기체형식은 Vectored thrust인 Tiltrotor형으로 조종사 1명에 승객 4명이 탑승하고 순항속도 240km/h에 100km의 항속거리를 비행할 수 있는 것으로 본다.



<그림3> 현대 자동차 그룹의 S-A1형상 및 인테리어 콘셉트

2.2.3 스타트업의 eVTOL 개발

- 1) 현재 eVTOL개발에 단연 선두를 달리고 있는 스타트업으로는 미국의 조비 에비에이션이다. 스타트업 업체로 초기 UAM사업을 시작한 우버 엘리베이터사를 인수하고 NASA와 미공군의 기술 지원을 받아 eVTOL 개발을 선도해 왔으며 최근 시제기로 8,530 km 누적 비행거리를 달성하고 있다. 일본의 자동차사인 도요타로부터 많은 투자를 받았으며, 우리나라 통신업체인 SKT와 전략적 업무협약을 맺고 금년부터 시작하는 우리나라 도심항공교통(K-UAM)사업의 실증사업인 그랜드 챌린지 사업에도 참여한다. 현재 조비에이션은 AAM용 미래비행체 개발에 가장 먼저 상용화에 안착할 수 있는 eVTOL항공기로 볼 수 있다.
- 2) 조비에이션에 버금가는 베타테크놀로지는 eVTOL 항공기 분야의 경쟁사들이 여객운송

에 초점을 맞추어 사업을 진행하고 있는 것과 달리, 베타는 화물운송시장에 우선 진입하는 것을 목표로 하고 있다. 베타는 교외 지역의 물류창고를 오가는 화물운송에 중점을 두고 개발 UPS(United Parcel Service)로부터 많은 물량을 수주하는가 하면 특히 인간장기 운송을 주요 분야로 꼽고 있다. 인간장기운송을 주요 분야로 꼽고 있는 것은 베타의 설립에 초기투자자금을 지원한 유나이티드 테라퓨틱스(United Therapeutics)와 연관이 있기 때문이다. 유나이티드 테라퓨틱스는 폐질환 및 장기제조분야의 환자를 위한 새로운 생명연장기술을 개발하는 기업으로 인간장기 배달을 위해 베타의 eVTOL항공기를 사용하는 것을 목표로 한다.

〈표 3-1〉 주요 Start-up의 eVTOL 개발모델

Start-up기업	eVTOL 개발모델	기체형상
Joby Aviation	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : S-4 - 기체형식 : Tilted rotor 형 - 탑승인원 : 조종사 1, 승객4인 - 순항속도 : 320km/h - 항속거리 : 240km 	
Beta Technologies	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : ALIA-250 - 기체형식 : Lift&Cruise type - 탑승인원 : 6명(조종사1, 승객5) - 순항속도 : 233km/h - 항속거리 : 460km 	
Lilium	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : Jet - 기체형식 : Vectored thrust - 탑승인원 : 7명(조종사1, 승객 6인) - 최대속도 : 280km/h - 항속거리 : 250km 	
Vertical Aerospace	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : VX4 - 기체형식 : Tilted rotor 형 - 탑승인원 : 조종사 1, 승객 4인 - 순항속도 : 322km/h - 항속거리 : 160km 	
Korea Aerospace Research Institute (KARI)	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : OPPAV - 기체형식 : Tilted rotor 형 - 탑승인원 : Optionally piloted, 승객없음 - 순항속도 : 200km/h - 항속거리 : 60km 	

3) 릴리움(Lilium)은 2021년에는 5세대에 속하는 제트(Jet-7인석)를 개발하여 EASA와 FAA의 인증을 완료하고 상용화를 목표로 추진하고 있다. 릴리움의 제트는 형식상 벡터드 쓰러스트 eVTOL에 속하지만, 대부분의 벡터드 쓰러스트 VTOL이 로터를 사용하는 틸트-로터 방식인 데 비해 제트는 Ducted Fan을 사용하는 Tilt-Duct 형식이다. 릴리움은 이를 DEVT(Ducted Electric Vectored Thrust)라고 부르고, 틸트로터를 오픈 프로펠러(Open Propeller)라고 부른다. DEVT의 장점은 100m 떨어진 곳에서 60dBA의 낮은 소음과 높은 탑재 중량이 가능(현재 7인승이나 향후 16인승까지 개발 가능)하다는 점이다. DEVT의 단점이라면 이착륙 시 에너지가 많이 필요해 비에너지가 큰 배터리가 필요한 데 있다.

4) 버티칼 에어로스페이스사는 2018년 영국 최초로 완전 eVTOL 시험비행에 성공하고 2019년 10월에는 세계 최초로 250kg을 운반할 수 있는 eVTOL을 제작하여 시험비행에 성공했다. 2020년 8월에 공개한 VX4 모델은 5명이 탑승할 수 있고, 리프트 플러스 크루즈와 벡터드 쓰러스트가 혼합된 형태다. VA-4X 형은 측면에서 승하차가 가능하고 좌석에 별도 수하물 공간이 여유가 있다.

5) 우리나라 한국항공우주연구원(KARI)이 주관이 되고 현대자동차, 한화시스템, 한국항공우주산업(KAI), 베셀 등이 참여하여 국책 연구개발 과제로 추진한 '미래형 자율비행 개인 항공기'다. 유무인 겸용 전기 수직이착륙 형태로 이륙-천이-최대속도-천이-착륙으로 구성된 전 비행영역에 대한 자동비행에 성공했다.


6) 오버에어는 미국의 방산 기업인 카렘 에어크래프트와 한국의 방산 및 ICT 기업인 한화시스템이 eVTOL 개발을 위해 2020년 설립한 회사로 오버에어와 한화시스템은 현재 버티플라는 이름의 eVTOL을 공동으로 개발하고 있다. 버티플라는 OSTR(Optimum Speed Tiltrotor, 최적 속도 틸트로터)특허 기술을 바탕으로 상세 설계를 진행하고 있기 때문인데 이는 일반적인 틸트로터형 대비 높은 성능을 보여 줄 것으로 기대하고 있다. OSTR은 로터의 회전 속도를 기체의 고도, 탑재중량, 속도 등에 따라 최적의 회전속도로 바꿔 주는 기술로 기존의 회전익 항공기보다 에너지효율이 보다 높고 소음이 낮다는 데 있다. 기체로부터 100m 기준으로 소음이 버티컬은 VX4가 70dBA, 조비의 S-4가 65dBA, 릴리움의 제트가 60dBA인 데 비해 버티플라는 55dBA로 가장 낮다고 주장한다.

7) 독일의 볼로콥터는 EASA로부터 설계조직승인과 생산조직승인을 모두 획득한 최초의 eVTOL 제조기업이다. 볼로시티 모델은 조종사를 포함하여 2인석이고 교체식 배터리 방식이다. 기체의 좌석수는 eVTOL의 디자인이나 경제성 측면에서 매우 중요한 항목이기 때문에 개발자들은 많은 고민을 하게되는데 일반적으로 많은 좌석을 확보하면 더 많은 유료 승객의 수송이 가능해져 운영비용 분산을 기대할 수 있지만 한편 탑재 하중이 높아져 더 많은 전력을 필요로 하고 이착륙 시 높은 소음 발생으로 이어질 우려가 있는 부담이 있다. 2인석 볼로시티는 NASA의 2016년 연구 논문을 근거로 160km 미만 도로 여행객의 70%가 혼자여행하며, 평균 하중 계수는 1.3명이어서 조종사없이 완전 자율비행 시 2인석으로도 UAM 운영에 문제가 없을 것으로 전망하고 있다. 좌석수가 많으면 운항일정을 최적화해도 대기시간이 발생하여 AAM의 시간 절감이라는 큰 장점이 훼손될 거라고 판단했기 때문이다. 볼로시티의 비행 가능거리가 약 35km이므로 실제 뉴욕이나 파리, 런던, 도쿄, 상하이, 베이징, 상파울루, 뭍바이 등의 도심 넓이는 도시 중심부에서 30km 미만이고 서울의 경우 횡단 거리는 37km, 종단 거리는 31km이므로 메가시티도심용으로 최적화하였다고 한다. 현재 볼로콥터는 리프트 플러스 크루즈 형식의 4인승eVTOL 4인석 볼로 커넥트를 개발 중에 있다. 이는 승객 3명을 태우고 항속거리는 100km, 운항속도는 시속 180km 이므로 볼로시티 보다 약 2배의 성능을 낼 수 있다.

8) 이항(EHang)은 2014년에 설립된 중국의 스타트업 기업으로 EH116은 1인석이며 EH284가 2인석 개량된 모델로 멀티콥터형이다. 이항은 EH216를 조종사가 없는 자율운항 eVTOL로 인증을 진행 중이다. EH216은 2020년 11월 우리나라에서 열린 시연 행사에 참여하여 서울, 대구, 제주 곳곳에서 시험비행을 했을 뿐 아니라 중국, 네덜란드, 카타르, 오스트리아, 미국 등에서 시연 비행을 한 바 있다.

9) 국내 스타트업체 플라나(PLANA)의 특징은 UAM과 RAM을 포괄하는 AAM용 항공기체 상용화 목표는 차세대 항공유(SAF, Sustainable Aviation Fuel)를 사용하여 500km를 비행할 수 있는 하이브리드 eVTOL을 개발목표로 두고 있다. 플라나의 하이브리드 구동계는 배터리의 부담을 줄이고, 컨디션을 꾸준히 유지해 유지보수 비용을 줄이고, 안전성을 확보하는 특징이 있다. 플라나 모델 VX4는 현재까지 AAM으로 소개되는 순수 전기배터리로 작동되어 150~200km를 비행할 수 있는 eVTOL과 다르게 차세대 항공유(SAF, Sustainable Aviation Fuel)를 사용해, 별도의 충전 인프라가 없이도 쉽게 급유가 가능하며, 500km를 비행할 수 있는 하이브리드 eVTOL을 개발 중이다. 플라나는 최근 현재 1/5 사이즈의 축소 항공기체를 제작하고 테스트 중이며, 2025년에는 완전한 시제모델을 제작하고 비행 절차에 돌입할 예정이다.

<표 3-2> 주요 Start-up의 eVTOL 개발모델

Start-up기업	eVTOL 개발모델	기체형상
OverAir (Hanhwa)	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : Butterfly - 기체형식 : Tilted rotor 형 - 탑승인원 : 조종사 1, 승객5인 - 순항속도 : 320km/h - 항속거리 : 160km 	
Volocopter	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : vollo city - 기체형식 : Multicopter type - 탑승인원 : 2명(조종사1, 승객1) - 순항속도 : 90km/h - 항속거리 : 35km 	
EHang	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : EH216 - 기체형식 : Multicopter type - 탑승인원 : 2명 - 최대속도 : 100km/h - 항속거리 : 30km 	
PLANA	<ul style="list-style-type: none"> - 기체모델 : CP-1 - 기체형식 : Tilted rotor - 탑승인원 : 7명(조종사1, 승객 6인) - 순항속도 : 300km/h - 항속거리 : 563 km 	

2.3 미래비행체의 기술적 이슈

미래비행체인 eVTOL은 기존의 헬리콥터나 소형항공기와 다른 중요한 특징 중의 하나는 인공지능 기반 자율비행이 가능한 분산전기추진동력(DEP, Distributed Electrical Power)시스템과 자율비행 능력을 구비하고 저소음 상태로 저고도 항로로 대도시 위의 항로를 따라 운행해야 한다는 것이다. 이 미래비행체시스템은 다음과 같은 기술적 특성을 가져야 한다.

- 안전성을 보장하기 위해 기존의 싱글 로터 헬기와 달리 여러 개의 분산된 전기동력 시스템을 가지고 있기 때문에 한 두 개에 결함이 발생해도 나머지로 보상해서 비행을 지속하여 안전 착륙이 가능해야 한다.
- 상용화를 위한 인증기준 또한 새로운 DEP시스템의 안전 요구수준을 인증받아야 상용화 운항이 가능하다.

• 도심 상공을 여러 대가 온종일 동시에 운항한다. 따라서 소음은 지역사회 민원 대상이 되기 때문에 버티포트(Vertiport)입지, 이착륙 경로, 항로의 고도나 경로, 운항시간 등을 고려하여 소음의 최소화를 기할 수 있어야 한다.

• eVTOL의 추력시스템은 이착륙모드와 순항모드의 분리(Lift+Cruise 또는 Vectored Thrust)를 통해 비행성능을 획기적으로 향상해야 한다.

• 완전 자율비행을 실현하여 운용경비 절감 및 안전성을 증대해야 한다. 하지만 고객 수용성 측면서 초기 운항 조건은 조종사가 탑승을 전제로 하나 점차 안전성의 신뢰도가 증가할 시기에 완전 자율비행(pilotless)시기에 대비해서 기체를 설계 개발해야 한다.

이상에서 언급한 미래비행체(eVTOL)의 주요 기술적 과제는 항속거리에 영향을 미치는 배터리, 고출력 전동장치, 경량화 소재, 운용비용절감을 위한 자율운행 기술, 그리고 기체 자동화 및 제어와 기체생산 등이다. 따라서 미래비행체 핵심기술과제는 배터리(Battery), 분산추진(Distributed Propulsion)동력기술, 인공지능(Artificial Intelligence) 및 자율비행(Autonomous flight), 4G/5G Network, 항법 및 위치정보(Navigation & Positioning) 등에 대해 기체에 도시하면 다음과 같다.

〈표3〉 eVTOL의 분야별 중점기술 항목

분야	중점기술	세부기술
기체 구조	고신뢰성 기체설계 제작기술	eVTOL기체, 착륙장치 등 기계시스템 설계·제작 기술
		미래비행체 해석·설계 및 제작 기술
		미래비행체 고신뢰도 비행시뮬레이션 기술
		인공지능기반 다분야 통합최적설계 프레임워크개발
	기체 경량화 제작기술	AAM용 항공기 복합재·신소재 구조 및 제작 기술 3D 프린팅(적층제조) 활용 기체구조 및 부품 제작 기술
동력 추진 시스템	친환경·초경량·고성능동력원	AAM용 고성능 배터리팩 기술
		하이브리드(수소연료전지+배터리) 전기동력 기술
	도심내 운항 전기추진기술	고밀도 배터리용 전기추진 기술
		초경량 고출력 전기동력 기반 추진 기술(수소연료전지 등)
기계 시스템	승객운항 안전성확보기술	AAM 비상낙하산 시스템
		AAM용 생존성 향상을 위한 비행체 구조 설계 기술
	기체안전장치 설계기술	AAM 상태정보 관리·건전성·사고원인 분석 및 고신뢰 전기전자시스템 기술

		All weather capability를 위한 AAM 체계 결빙/착설 방지 장치 해석·설계 기술
		전천후AAM 낙뢰 기상예보 및 보호장치 해석·설계·인증 기술
인증시험평가	기체인증시험평가기술	기체 설계·제작 인증기준 및 절차 개발/수립
		AAM 내추락성 등 안전성 인증
		동체·날개 제작공정등시험인증
		AAM 프로펠러 제작공정 및 시험인증
		AAM용 비행체 인증을 위한 지상·비행 시험평가 기술
		AAM 유지감항 및 적합성 검증 체계 구축
		AAM 비행체 인증시험 인프라
	AAM기체용 소재부품 인증시험평가기술	요소 시스템 설계 및 안전성 시험평가·인증 기술
		AAM 비행체/부품 경량화 소재 인증기술 개발 및 체계
		AAM동력시스템 인증(배터리,모터,수소연료전지, 하이브리드 등)
		AAM을 위한 차세대 추진시스템 인증 체계 구축
		AAM 안전운용을 위한 전자기 및 무선 성능 기술기준
		AAM 전자기 환경 기준 및 시험평가 기술
자율비행기술	완전자율비행조종기술	비행체용 Vertiport 접근 및 자동 이착륙 기술
		AAM용 Integrated Flight Deck System
		완전 자율비행을 위한 UAM SW 플랫폼 기술
		자율비행시스템 무결성 확보를 위한 핵심 알고리즘 및 센서 시스템 기술
		완전자율비행 탑재 알고리즘 개발 및 실증기술
	비행체탑재통신기술	비행체용 온보드 다중매체 통신모듈 기술
		비행체용 다중링크 (5G, C대역, LEO위성 등)통신 기술
		재밍, 스푸핑 등 전파기반 불법공격 대응기술
		비행체용 보안통신 및 원격조종권 탈취 방지를 위한 보안 기술
	자율항법기술	AAM 운용을 위한 영상(라이다 등), 대기센서, 통합센서 기술
		위성항법 불용 환경에서 AAM en route 운항을 위한 대체항법-상대항법 복합기술
		센서 불용 및 고장에 강인한 항법장치 제작 기술
		악기상/시계제한 상황에서 정밀이착륙을 위한 정밀복합 항법기술
	전천후 상황인지 및 충돌회피기술	자율비행을 위한 공중 장애물(동적, 정적) 탐지 및 충돌회피 기술
		충돌회피 비행을 위한 기체탑재용 소형 레이다시스템
		영상감시 기술
기체소음진동저감	도심운용을 위한 소음진동저감프롭로터기술	도심 운용조건을 고려한 프롭·로터 시스템 성능강건 설계(robust design) 기술
		AAM용 프롭·로터 시스템 저중량/저소음/진동저감설계기술
		AAM용 다중 프로펠러 저소음 설계 및 능동제어 기술
	AAM기체용 소음진동제어	AAM용 비행체 저진동 능동제어 시스템 설계 기술
		객실 내 소음저감을 위한 음장 최적화 기반기술

Ⅲ. 미래비행체산업전망

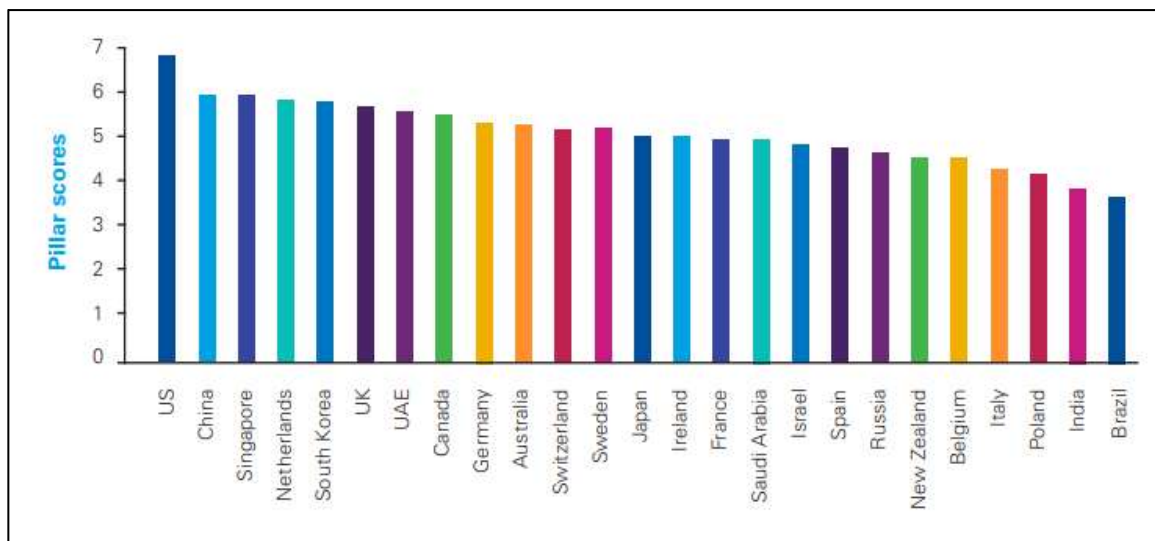
3.1 미래비행체 생태계 동향

미래비행체 eVTOL의 산업생태계를 이루는 미래항공모빌리티산업의 국가별 준비상태를 글로벌 컨설팅사인 KPMG가 국가별 항공택시 준비지수(Air taxi Readiness Index)를 발표하였다. 선진국 25개국을 대상으로 소비자수용성(Consumer acceptance), 인프라(Infrastructure), 정책 및 규제(Policy and legislation), 기술 및 혁신(Technology and innovation)부문 총25개 항목에 대해 준비지수를 도출하였다.[8]

<표 5> 준비지수 도출을 위한 세부평가 항목

부문	평가항목
소비자수용성 (Consumer acceptance)	민간부문 기술 활용도, (Civil technology use)
	개인의 기술 활용 준비도(Individual readiness to use technology)
	디지털 기술 수준(Digital skill)
	시장 규모(Market size)
	혁신 능력(Innovation capability)
	소비자의 ICT 채택률(Consumer ICT rate)
	승차공유 및 택시 서비스 보급률(Ride hailing & taxi market penetration)
	1인당 항공 교통량(Passenger air traffic volumes per capital)
인프라 (Infrastructure)	전기차 충전소(EV charging station)
	4G 커버리지(4G coverage)
	항공 교통량(Quality of air traffic)
	기술 인프라 전환 준비도(Technology infrastructure change readiness)
	모바일 연결 속도(Mobile connection speed)
	광대역통신망(Broadband)
	기후적합성(climate suitability)
	지상 혼잡도(Ground congestion)
	고층빌딩 밀도 등을 측정(Sky scraper density)
정책 및 규제 (Policy and legislation)	투명성(Transparency)
	에너지 효율성 규제(Energy efficiency regulation)
	변화에 대한 정부의 준비도(Government readiness for change)
	정부의 미래지향성(Future orientation of government)

	데이터 공유 환경(Data-sharing environment)
	규제개선을 위한 법적 시스템 효율성(efficiency of the legal system in challenging regulation)
	드론규제(drone regulation)
	사업용이성(Ease of doing environment)
	창업 비즈니스 환경 평가(Start-up business environment)
기술 및 혁신 (Technology and innovation)	최신 기술의 가용성(Availability of latest technology)
	혁신 능력(Innovation capability)
	사이버 보안(Cybersucurity)
	클라우드 컴퓨팅 평가(Assessment of cloud computing)
	드론기술에 대한 산업 투자(Industry investment in drone technology)
	드론기술기업 수(본사기준),(Drone technology firm HQs)
	드론관련 특허(Drone-related patents)
	드론시장 점유(Drone market share)



<그림 6> Air Taxi Readiness Index : Total score

에어택시 준비지수 종합순위는 ①미국 ②중국 ③싱가폴 ④네델란드 ⑤대한민국 ⑥영국 ⑦UAE ⑧캐나다 ⑨독일 ⑩오스트렐리아 ⑪스위스 ⑫스웨덴 ⑬일본 ⑭아일랜드 ⑮프랑스 ⑯사우디아라비아 ⑰이스라엘 ⑱스페인 ⑲러시아 ⑳뉴질랜드 ㉑벨기에 ㉒이태리 ㉓폴란드 ㉔인도 ㉕브라질이다.

미국은 전 부문에서 높은 점수를 받으며 1위를 차지한 것은 세계 최대 규모의 항공 교통량, 여객 수요시장으로 이미 많은 사업자가 수직이착륙 시장에 진입해 기술뿐 아니라 정책과 규제를 마련한 것이 선두에 오른 배경으로 해석된다. 특히, 조 바이든 행정부는 AAM시장 선점을

위해 국가적 차원의 민간 지원 정책을 마련하고 FAA을 중심으로 기체 안전성을 확인하는 인증기준과 기체 운항 허용 규제 제정과 개혁을 동시에 진행한 결과로 평가한다. 중국은 드론 보급률에서 높은 점수를 받는 등 인프라 분야에서 선두주자로 평가받아 2위 차지하였다.

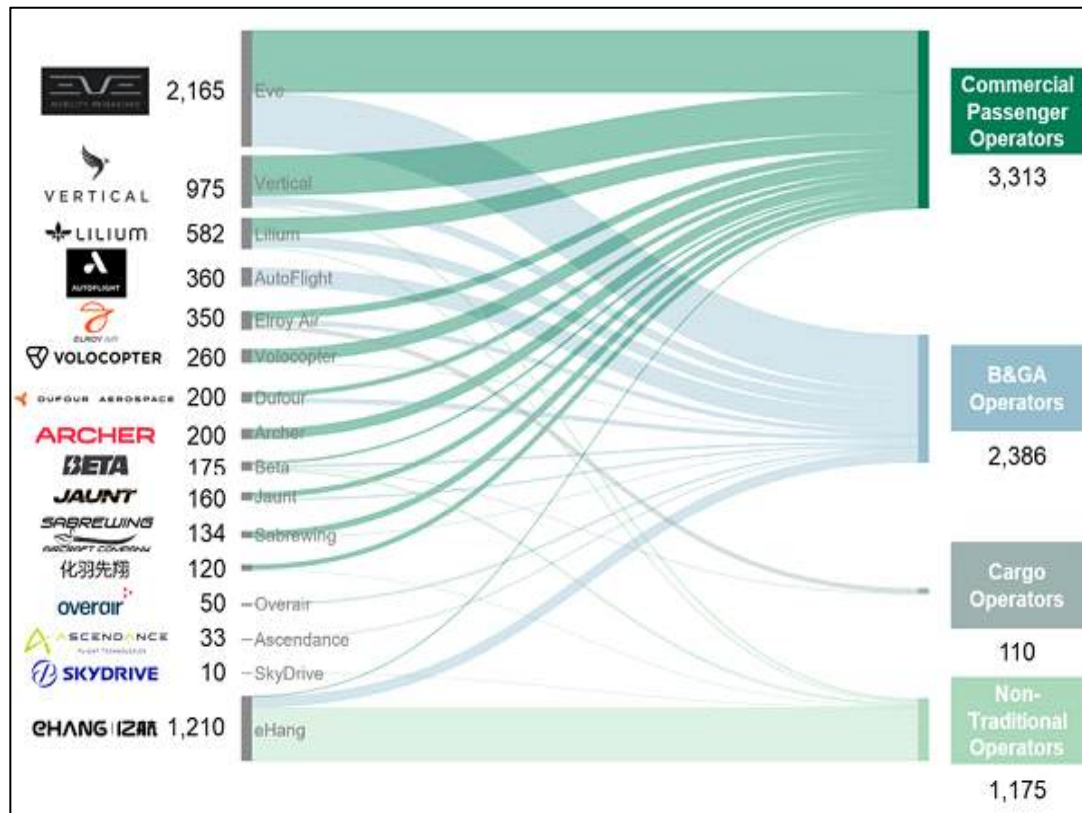
싱가포르의 정책 및 규제부문에서 미국보다 높은 점수를 얻었으나 인프라부문에서는 다소 낮은 점수를 받아 3위였고, 네덜란드는 인프라부분에서 낮은 점수를 받았지만 정책 및 규제 부분에서 높은 점수를 획득하며 최종 4위에 자리매김하였으며, 우리나라는 정책 및 규제 부문에서 비교적 낮은 평가를 받았지만 K-UAM 로드맵[9]을 발표한 후 UAM Team Korea의 워킹 그룹을 가동시키면서 그랜드 챌린지사업을 적극 추진하고 있고 인프라·기술 및 혁신·소비자 수용성 등에서 높은 산업잠재력을 인정받아 5위에 자리 매김하였다.

3.2 eVTOL개발 업체별 수주동향

미래 항공 모빌리티(Advanced Air Mobility) eVTOL기체에 대한 새로운 기술개발과 기체운용에 대한 강한 낙관적 기대가 커짐에 따라 많은 투자 유치는 물론 기체 주문이 최근까지 약 7,000대에 이르고 있다. eVTOL을 주문한 운용업체들을 분석해 보면 전체 주문의 약 50%(3,313대)를 상업용 여객 운송업체가 주문하였고, 약 30%(2,386대)는 비즈니스 및 일반 항공(Business and General Aviation)운송업체, 1.5%(110대)는 화물 운송업체, 그리고 의료분야 등 비전통적인 항공운송업체가 17%(1,175대)를 차지하고 있다.[11]

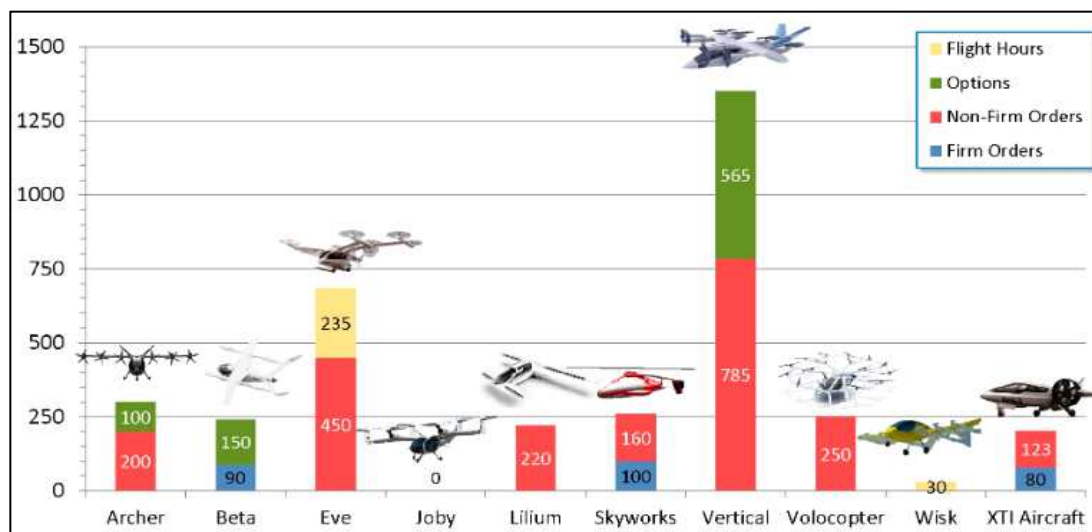
상업용 여객기 운항사로부터 가장 많은 수주를 받은 eVTOL개발 업체는 이브(Eve)를 개발한 엠브레이(Embraer)사와 버티칼 에어로스페이스(Vertical Aerospace)사로 전체 주문의 약 55%를 차지하고 있다. 더욱 주목할 만한 것은 전통적인 항공기 운항사인 유나이티드 에어라인사가 아처에이비에이션사의 Maker와 엠브레이사의 Eve를 400여대를 주문했으며, 아메리칸에어라인사는 버티칼 에어로스페이스사의 eVTOL 250대를 주문한 것이다.

한편, 주요 화물 운송업체인 UPS는 eVTOL 150여대를 베타 테크놀로지(Beta Technologies)사와 구매계약을 맺었고, 글로벌 항공운송업체 FedEx는 Elroy Air사, Express, Pipistrel 등과 파트너십을 체결하고 eVTOL 제작업체들을 유심히 분석하면서 관망하고 있다. 선도적인 글로벌 수직이착륙항공기 운항업체인 Bristow Group은 Beta Technology, Eve, Lillium, Over air, Vertical Aerospace와 같은 여러 eVTOL 제작사들에게 분산 주문을 했다. 이렇게 주문을 다각화하여 주문하는 전략의 근거는 다음과 같다. 첫째, 운영자는 여객 비행, 화물 운송, 의료 후송 등을 포함하여 AAM에 대한 다양한 애플리케이션 세트를 염두에 둘 수 있으며 모든 사용 사례에 완벽하게 맞는 단일 제품이 없을 수도 있기 때문이다. 둘째, 제한된 수의 OEM만이 결국 성공할 것이라는 전반적인 인식이 잠재적으로 있기 때문이다. 셋째, 항공기운항사가 eVTOL 운영의 리더가 되는 것을 목표로 하는 경우 모든 달걀을 한 바구니에 담는 것은 새롭게 진출하는 AAM사업 부문에 투자할 때 이상적인 전략이 아닐 수 있기 때문이다. 넷째, 아마존과 같은 화물 운송업체들은 전자 상거래의 빠른 성장에 따라 중간 및 라스트 마일 배송의 효율성을 높이기 위해 베타 테크놀로지에 지속적인 투자가 늘고 있기 때문에 승객운송과 화물운송을 미리 분리하여 제한할 필요가 없다는 판단의 결과라고 분석된다. 최근의 이러한 자료를 기반으로 추정해 볼 때 2040년경에는 미국에서만 76,000개 이상의 eVTOL이 운영될 것이다.



<그림7> 세계 eVTOL개발사들의 수주현황

Source: CAPA, JetNet, SMG Consulting, Lilium, AutoFlight, Alton('22.12)



<그림8> 상업용 승객운송 eVTOL항공기 주문 현황

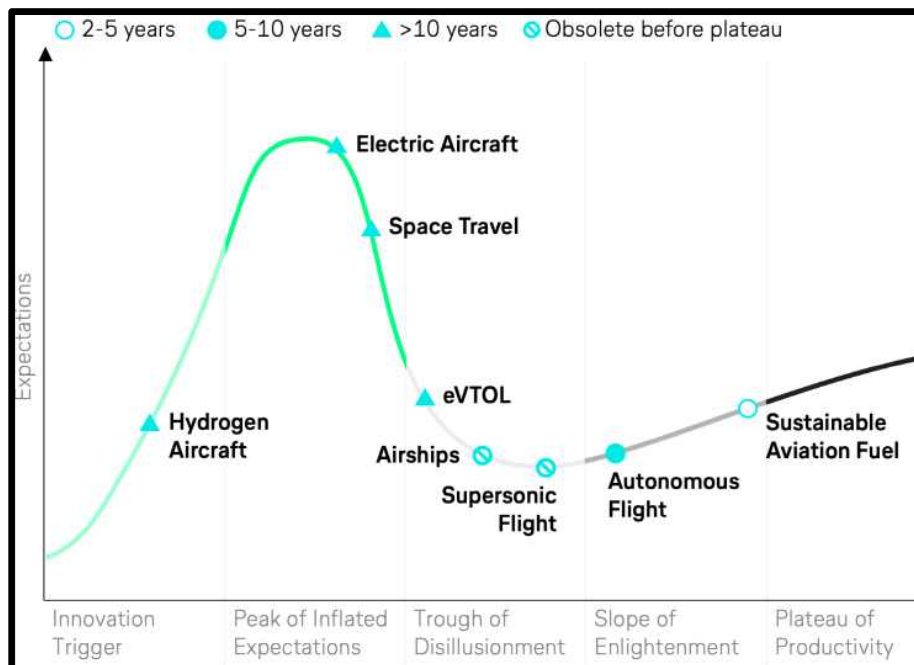
Sources: SMG Consulting AAM Reality Index('21.12)

3.3 eVTOL산업전망

미래항공모빌리티산업의 핵심인 eVTOL산업전망을 분석하는 가트너의 하이퍼 사이클을 통해 분석한다. 미래 항공우주산업에서 새로운 비행체개발의 핵심 이슈는 의심할 것도 없이 바로 탄소 배출이 없는 수직이착륙 항공기개발이다. 전기나 수소 연료추진시스템과 같은 탄소배출이 없는 상업용 항공기를 개발전망을 예측하기 위해 미래 항공운송산업에 가장 주요한 8대 연관기술들을 식별하고 이러한 8대 기술들이 eVTOL을 중심으로 선행 또는 후행하면서 언제 가능할 것인가를 조망하기 위해 가트너 하이퍼 사이클을 적용해 보기로 한다. 8대 연관산업들은 다음과 같다.

- ① 수소연료를 사용하는 나는 항공택시(hydrogen flying air taxis)
- ② 전기추진으로 나는 항공택시(electric flying air taxis)
- ③ 우주여행용 제트기(space-travel jets)
- ④ 전기분산추진 수직이착륙기(eVTOL)
- ⑤ 미래형 비행선(futuristic airships)
- ⑥ 상업용 초음속비행제트(commercial supersonic jets)
- ⑦ 자율비행 항공기(autonomously-flying aircraft)
- ⑧ 지속 가능한 항공연료(Sustainable Aviation Fuel)

이상의 첨단항공 8대 기술 중 탄소배출감소의 기술적 잠재력을 갖고 향후 항공산업 신기술에 대한 가트너 하이퍼 사이클에 각각 도식하면 <그림9>와 같다.



<그림9> 8대 미래항공기술의 하이퍼사이클

출처: Lufthansa Innovation Hub, TNMT.com, inspired by Gartner(2022.11)

- 1) 하이퍼 사이클에서 가장 후행하는 수소연료 항공기(hydrogen flying air taxis)는 이제 잠재적 기술이 관심을 받기 시작하는 기술촉발(Innovation Trigger)로 대중의 관심을 불러일으키는 초기단계로 앞으로 기대의 정점을 향해 상승할 것으로 본다.
- 2) 전기추진 항공기(electric flying air taxis)는 부풀려진 기대의 정점(peak of Inflated Expectations)에 있는 기술단계에 있다.

3) 우주여행제트기(space-travel jets)는 부풀려진 기대의 정점을 지나 거품이 빠지는 단계로 일부 기업들이 실제사업에 착수하지만 대부분의 기업들이 관망하는 기술로 사업 안정화까지는 10년 이상이 걸릴 것으로 예상되며 환멸의 늪을 지나야 하는 관문이 남아 있다..

4) 에어택시인 eVTOL기술은 기대에 대한 거품이 제거되면서 환멸 단계(Trough of Disillusionment)에 막 진입하려는 단계다. eVTOL기술은 아직 업체들이 실험 및 기술구현이 결과물을 내놓거나 제품화를 시도한 업체들이 포기하는 사례가 나타나고 살아남은 사업 주체들이 소비자들을 만족시킬만한 제품개발에 성공사례가 없으며 환멸단계의 늪에서 빠져 나오기 위해 부단한 핵심기술과 제품개발에 성공했을 경우 투자가 이루어질 수 있다. 환멸단계와 계몽단계를 지나 생산성 안정단계(Plateau of Productivity)에 이르기에는 최소 10년 이상이 소요될 것이다.

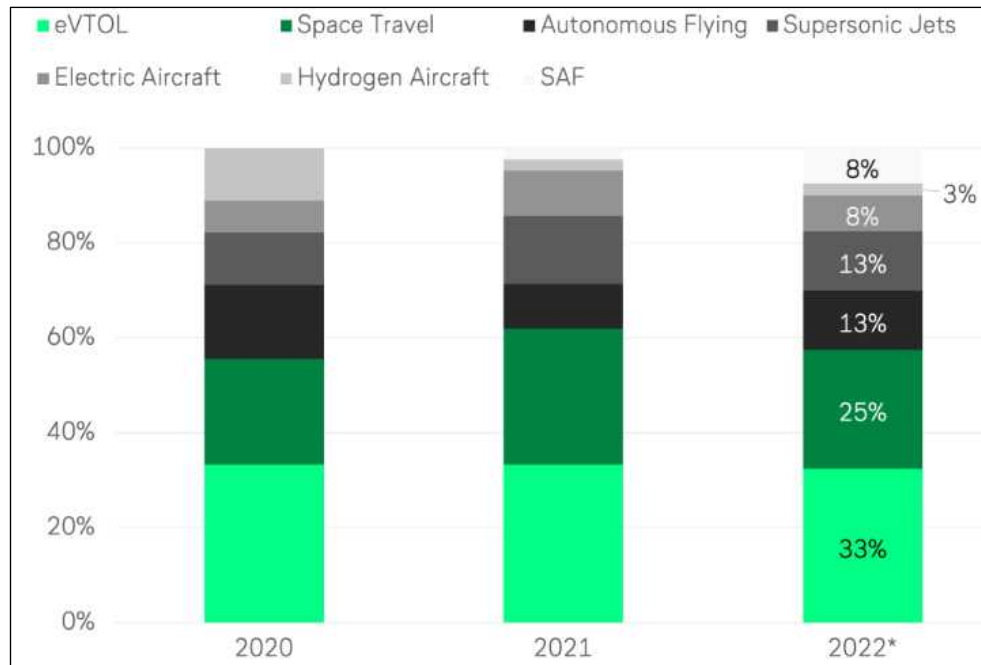
5) 미래형 비행선(futuristic airships)기술은 현재 환멸 단계(Trough of Disillusionment)의 늪에 빠져 있고 더 이상 사업화가 어려워지는 상태에 이며 투자가 거의 이루어지지 않는 상태다. 아마 8대 기술 중 가장 먼저 쇠퇴할 기술로 여겨진다.

6) 상업용 초음속비행기(commercial supersonic jets)기술 또한 현재 환멸단계의 늪에서 탈출하지 못하고 더 이상 상용화를 기대하기에는 절망적이다.

7) 자율비행 항공기(autonomously-flying aircraft)는 기술의 수익 모델을 보여주는 좋은 사례들이 늘어나고 후속제품들이 출시되고 있다. 최근 드론 등 무인항공기시장이 활성화 되면서 더 많은 기업들이 사업에 투자하기 시작하는 계몽 단계(Slope of Enlightenment)에 있지만 향후 5~10년 이내 생산성 안정단계에 이르면 eVTOL산업을 이끄는 선행기술로서 역할을 기대한다.

8) 지속 가능한 항공연료(SAF, Sustainable Aviation Fuel)는 기존의 화석 제트 연료보다 탄소 배출량을 최대 80%까지 낮출 수 있는 지속 가능한 제트 연료로 하이퍼 사이클에서 계몽 단계를 지나 2~5년 이내에 생산성 안정단계(Plateau of Productivity)에 진입하여 기술이 시장에서 많은 성과를 거두게 될 것이다.

가트너의 하이퍼 사이클의 가장 우측에 있는 지속 가능한 항공연료는 확실하게 미래항공산업에서 가장 뜨거운 녹색 주제이며 2050년까지 탈탄소화라는 야심 찬 목표를 달성하기 위해서는 가장 확실한 솔루션을 제공하게 될 것으로 본다. 계몽단계에 있는 자율비행항공기술은 지금까지 거의 모든 eVTOL의 비행시험이 무인으로 이루어졌기 때문에 항공택시 산업에 큰 탄력을 줄 것으로 기대되지만 거품이 제거된 환멸단계에 진입하게 되는 eVTOL산업이 환멸의 골짜기를 탈출할 수 있을 것인가가 문제다. 보다 구체적으로 eVTOL개발사가 2030년대까지 상업용 항공편으로 승객들을 지속적으로 운송할 것이라는 데 회의가 남아 있다. 향후 환멸단계와 계몽단계를 지나 eVTOL제품의 생산성 안정화 단계(Plateau of Productivity)에 이르기까지는 10년 이상이 소요될 것으로 보고 있다. 하지만 분명히 희망적인 것은 미래항공모빌리티 신기술 8개 분야 중 연도별 벤처 캐피탈 투자순위는 eVTOL(33%), 우주여행제트기(25%), 자율비행 항공기(13%), 상업용 초음속비행제트(13%), 전기추진 항공기(8%), 수소항공기(3%), 지속가능한 항공연료(8%)이며 미래형 비행선에 대해서는 투자가 전혀 없는 상태다. 따라서 환멸단계 진입을 앞 두고 있는 eVTOL기술제품에 대해 최근 투자가 다른 미래항공기술제품에 비해 가장 활발하게 이루어지고 있음을 볼때 환멸의 늪으로부터 빠르게 탈출하여 계몽단계를 거쳐 생산성 안정화 단계에 이르게 되는 시기가 10여 년 후가 될 것으로 전망된다.



<그림10> 미래항공기술분야별 벤처캐피탈 투자현황

출처: Lufthansa Innovation Hub, TNMT.com, PitchBook Data Inc.('22.12)

IV. 결 론

도시화의 가속으로 인한 교통혼잡문제와 도심에서의 친환경 모빌리티의 사회적 요구에 따라 새롭게 부상한 항공모빌리티로서 eVTOL이 출현한지 10여년이 지나면서 기존 항공산업의 패러다임은 크게 변화시키고 있다. 기존의 항공기제작사는 물론 자동차제조사와 많은 스타트업들에 미래항공모빌리티 개발에 참여하면서 최근까지 약 700여 종류의 eVTOL개발시도가 있었으나 아직 상용화에 이른 제품은 없다. 개발되고 있는 주요 eVTOL모델 중 개발전망이 가장 우수한 20여개 업체의 대표모델을 분석하였다. 미래비행체 설계요구조건의 가장 중요한 분석요소인 비행체 형상, 탑승인원, 자율비행 및 조종사 탑승 여부, 순항속도 및 항속거리 등이다. 선정된 20여개의 개발되고 있는 eVTOL형상 중에 벡터 트러스 틸트형이 가장 많고 다음은 리프트 앤 크르즈형이었다. 멀티콥터형 개발이 초기 보다 점차 후퇴하는 것은 항속거리가 100km 이내로 짧고, 탑승인원도 1~2인 승용이므로 비즈니스모델로는 제한적이기 때문으로 생각된다. 우수 업체모델들은 탑승인원은 4~5인승의 좌석설계가 가장 많았다. 당초 eVTOL은 탑승조종사없이 자율비행을 기반으로 운항하는 것으로 설계하였는데 사회적 수용성 때문에 대부분 조종사 탑승을 위한 조종석을 겸하여 설계하고 있으며, 순항속도는 300km/h 내외이고, 항속거리 또한 300km 내외로 개발되는 비행체들이 주류를 이루고 도시간 운행을 전제로 설계요구조건을 설정한 것으로 보아 멀티콥터형 eVTOL으로는 구현하기 어려운 비행성능일 것이다.

이상과 같은 미래비행체 개발에 수반되는 기술적 이슈인 핵심기술개발 항목들을 식별하였다. 이는 개발사들이 독자적인 기술을 보유하고 있지 않을 경우 기술력을 보유한 기업과 기술협력을 도모하는 것이 필요하다. 미래비행체 생태계를 구성하는 각 분야별 준비지수도출 자료를 분석하여 각 국가별로 미래항공도심교통체계에 대한 준비순위에서 우리나라는 25개 나라 중 5위를 차지하

고 있다. 미래항공모빌리티산업에서 우리나라가 선도적 역할을 할 수 있는 기반이 다져지고 있음
의 보여 준다.

지금 개발되고 있는 eVTOL제품이 향후 언제 생산안정단계에 진입할 수 있을 것인가를 가트너
의 하이퍼싸이클 해석과 미래항공기술분야 투자현황을 바탕으로 예측하였다. 현재 개발 붐이 일고
있는 미래항공모빌리티의 eVTOL은 그 동안의 많은 기대의 거품이 빠지고 조만간 환멸의 계곡에
진입하게 될 것으로 예측된다. 이 계곡으로부터 반등하여 계몽단계를 지나 생산성 안정화 단계에
이르기까지는 최소 10년 이상이 소요될 것으로 본다.

참고문헌

- [1] PwC(Price Waterhouse Coopers) : <https://www.pwcconsulting.co.kr/>
- [2] The AAM Coordination and Leadership Act(PUBLIC LAW 117-203, 136), October 17, 2022,
- [3] FAA, “ Urban Air Mobility (UAM) Concept of Operations” Version 2.0 , April 26, 2023
- [4] FAA, “Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan Near-term (Innovate28) Focus
with an Eye on the Future of AAM Version 1.0 / July 2023
- [5] Moore, M. NASA Puffin Electric Tailsitter VTOL Concept. In Proceedings of the 10th AIAA
Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, Fort Worth, TX, USA,
13-15 September 2010
- [6] 웹사이트(www.eVTOL.news), Vertical Flight Society Electric VTOL Directory Hits 700
Concepts, 2023.8
- [7] <https://www.mk.co.kr/news/business/view/> 2022.08.29.
- [8] <https://home.kpmg/ie/en/home.html> 2021.10.17
- [9]관계부처 합동, 도시의 하늘을 여는 한국형 도심항공교통(K-UAM)로드맵, 2020,5
- [10] CAPA, JetNet, SMG Consulting, Lilium, AutoFlight, Alton(‘22.12)
- [11] SMG Consulting AAM Reality Index(‘21.12)
- [12] Lufthansa Innovation Hub, TNMT.com, PitchBook Data Inc.(‘22.12)