

May 2019



# AEROSPACE ISSUE

“개인용항공기(PAV) 기술시장  
동향 및 산업환경 분석 보고서”

## 서론

A)  
리프트와 우버는 각각 '19년 3월, 4월, 뉴욕증시 나스닥 시장에 기업공개(IPO) 실시  
※리프트는 IPO 당시, '14년도 중국 알리바바 이후 최대 규모의 기업가치를 기록(약 27조 원)한 것에 이어, 우버는 당초 시장 예측에는 크게 미치지 못했지만, 약82조원의 시가총액 기록(이는, 뉴욕증시 역사상 9번째로 큰 규모)

B)  
JP Morgan社は 순수/하이브리드전기차에 대한 수요가 꾸준히 증가하여 오는 '25년도에는 전체 자동차 판매량의 30%를 차지할 것으로 전망<sup>[3]</sup>

C)  
인구기준국(Population Reference Bureau)의 '16년도 보고서<sup>[4]</sup>는, '50년까지 세계인구가 약100억명에 달할 것이라고 전망하였는데, 이는 현재 인구(약77억명) 대비 30% 증가 수치에 해당  
※UN보고서<sup>[5]</sup>에 의하면, '18년도 기준 세계 인구의 55%가 도심에 거주하고 있는 것에 비해 '50년대에는 68%로 늘어날 전망으로, 실질적인 도심 인구는 더욱 확대 예정

D)  
파리기후변화협약(Paris Agreement, 2015):  
지난 '15년 12월, 전세계 195여개 국가가 글로벌 온실가스 감축을 통해 지구 평균기온 상승폭을 2도(산업화 이전 시기 대비)보다 충분히 낮게 유지함을 목표로 설정

E)  
'하늘을 나는 차'를 두고, 업계는 플라잉카(Flying Car), 수직이착륙기(VTOL), 개인용비행체(Personal Aerial Vehicle) 등 다양하게 부르고 있으나, 본지에서는 개인용비행체(PAV)로 통일

## PAV(Personal Aerial Vehicle) 등장 배경 및 필요성

오늘날 현대 사회는 거리 위 수많은 자동차로 인한 대기오염과 극심한 교통정체로 몸살을 앓고 있다. 글로벌 교통분석 전문기관인 Inrix社の 보고서<sup>[1]</sup>에 따르면, 2016년도 교통체증으로 인하여 미국 사회 전체로는 약 3천억 달러, 운전자들은 인당 약 1,400달러의 비용을 지출하였다. [표-1]은 글로벌 주요 몇몇 도시에서 교통혼잡으로 발생하는 간접비용을 보여주는데, 이들 도시들의 운전자들은 연간 전체 운전시간 중 평균적으로 약15%(80시간)를 교통정체 속에서 보낸다는 것이다. 한국교통연구원이 '15년도 기준 도로정체 등을 반영한 교통혼잡비용으로 약 33조원으로 추산<sup>[2]</sup>한 것으로 보아, 우리나라도 이러한 문제로부터 예외는 아니다.

[표-1] 글로벌 주요도시의 교통정체 상황(2016년도 기준)

도시(국가)	교통정체에 의한 연평균 소비시간	전체 운전시간 대비 비율
LA(미국)	104시간	12.7%
모스크바(러시아)	91시간	25.2%
뉴욕(미국)	89시간	12.8%
샌프란시스코(미국)	83시간	12.8%
상파울로(브라질)	77시간	20.8%
런던(영국)	73시간	12.7%
파리(프랑스)	65시간	11.4%

자료: Inrix(2016), 'Global Traffic Scorecard'<sup>[1]</sup>

전 세계적으로, 우버(Uber), 리프트(Lyft, 舊 Zimride)社<sup>A)</sup> 주도의 차량 공유경제가 서서히 활성화되고, 전기자동차의 시장 경쟁력이 어느덧 일반 자가용 수준으로 올라온 덕에, 친환경차의 수요가 꾸준히 늘어날 전망<sup>B)</sup>으로 향후 자동차발 대가오염 정도는 지금보다는 나아질 여지가 크다. 하지만, 도심 내 교통체증 문제 해결은 친환경차나 차량공유 서비스 도입만으로는 해결되지 못한다. 그렇다고 지하철, 버스, 트램과 같은 대중교통의 공급을 무한정 늘리는 것도 현대 모빌리티의 미래상에는 그다지 어울리지 않을뿐더러, 향후 늘어나는 인구<sup>C)</sup>로 인해 오늘날 주요 도시들이 점점 메가시티에 가까워지고, 추후 도심 변두리 지역마저 포화될 경우, 대중교통 대비 자가용 이용 효율은 지속적으로 악화될 것이다.

1970년대 말부터 도심 내 수요대응형(On-Demand) 항공교통을 주도한 헬기의 경우, 연간 글로벌 생산댓수가 약 1천여대로 매우 제한적이며, 대당 백만달러 이상의 고가인데다, 고도 500피트 상공 비행기준 약 87dB의 소음을 유발하여 도심 한 가운데에서의 대량 운용도 현실적이지 않다. 게다가, 헬리콥터 기체의 비행안전성 문제는 차치하더라도 디젤 차량의 3-5배 이상의 대기오염물질을 배출하여, 파리기후변화협약<sup>D)</sup>과 같은 오늘날 국제 기후변화·환경 기조상, 지상의 교통흐름을 분산할 만한 미래의 지속가능한 대중 교통수단으로 그리 적합해 보이지 않는다.

세계 주요 국가들도 오랜 인류사에 걸쳐 존재해온 2차원적인 교통체계를 정비하여 3차원으로 확장하는 신개념 교통망 구축 필요성에 공감하고 있으며, 여기에 글로벌 민간혁신기업들이 저마다 개발 중인 '하늘을 나는 차(Flying Car)<sup>E)</sup>들을 활용하는 것을 하나의 대안으로 여기고 있는 한편, 각 나라의 정부부처와 지자체, 관련 당국 및 그 밖의 이해관계자들은 PAV 시장 실현을 위한 관련 법·제도 도입 방안을 모색 중에 있다. 두바이와 독일은 이미 유인 PAV 시범비행을 수년 전에 마쳤으며, 싱가포르의 2016년도에 에어버스(Airbus)-싱가포르 민간항공관리국 공동으로 'Skyways' 프로젝트를 출범시킨 이후 2018년도 2월에 시범비행을 수행<sup>[6]</sup>하였고, 금년도 하반기에 독일 볼로콥터社의 PAV 기종으로 항공택시 서비스의 시범운행을 실시할 것으로 전해진다. 가까운 나라인 중국에서도 자국기업인 이항(Ehang)社가 지난해 광저우 등지에서 자체 기종으로 시범비행을 마쳤으며, 일본도 도요타 중심으로 오는 2020년도 도쿄 올림픽에서 PAV를 이용한 올림픽 성화를 준비 중인 것으로 알려져 있다.

도심 내 PAV 운용에 필요한 전기추진수직이착륙, 배터리 성능, 소음저감 비행, 저중량·고강도 복합소재 기술 외, 자율비행, 사이버해킹보안 등에 소요되는 인더스트리 4.0 기술들의 수준이 빠르게 진일보하고 있는 가운데, 본 보고서에서는 PAV의 주요 개발연혁을 시작으로, PAV 시장에서 요구되는 핵심기술들과 관련 유망 비즈니스 모델 및 필요한 기반 인프라·제도 등을 두루 살펴보겠다.

## 주요 개발연혁 및 모델 소개

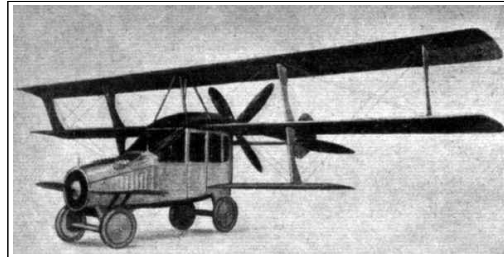
### 【PAV 모델별 특이사항】

- Liberty(PAL-V社)
  - 풍력발전 기반 로터에 의한 양력발생(최고속력: 160km/h)
  - 도로 위 곡선 주행시 틸팅 가능
  - ※고급형(약\$60만불)
  - 보급형(약\$40만불)
  - ※지상-공중 안전 인증 취득 (EASA, FAA)
- Ehang 184(Ehang社)
  - 전기구동 및 승객용 첫 PAV
  - 완전자율비행 가능
  - '19년 5월 기준, 지난 3년간 고도 1000피트에서의 1000회 이상의 시범비행 수행
  - 완충시간: 약1시간
- Transition(Terrafugia社)
  - 30초 이내 비행-도로주행 간 모드 전환 가능
  - 최대비행속력: 100mph
  - 스포츠라이선스 필요
  - 후속모델인 TF-X의 경우, 전기로 추진되며, 자동비행 모드 가능
- Cormorant(Tactical Robotics社)
  - 내부로터(Internal Rotor) 장착으로 도심 내 항행 수월성 확보
  - 2016년도 11월 시범비행
- AeroMobil 3.0(AeroMobil社)
  - 2013년 시범비행
  - 신규모델 4.0의 경우, '20-'21년도 출시예정이며, 3분 이내로 비행-도로주행모드 간 변경 가능
  - 예상가격: 130만달러 이상
- Vahana(Airbus社)
  - 2018년 1월 시범비행
  - 고객인도예정연도: '20년
- Jet(Lilium社)
  - ('19.5) Full-scale 시범비행 성공
  - 경량스포츠항공기에 속하며, 20시간 훈련 이수 필요
  - ESA 후원 하에 첫 eVTOL 개발
  - 고객인도예정연도: ~'25년
  - 순항속도/거리: 250mph/300km
- BlackFly(Opener社)
  - 미국 내 비행 시, 비행라이선스 불필요
  - 고객인도예정연도: '19년
  - 순항속도: 62mph
  - 예상가격: 약\$7만(SUV가격수준)
- ※Kitty Hawk社(Cora; 면허불필요)와 더불어 구글 설립자 Larry Page가 후원하는 기업
- Hoverbike S3(Hoversurf社)
  - 사전주문은 '18년도 11월에 시작되었으며, 고객인도는 주문 후 2~6개월 소요
  - 예상가격대: 약\$15만

## 인류史 첫 PAV, 'Curtiss Autoplane'

일반적으로 인정되는 인류의 첫 PAV는 1917년도에 글렌 커티스(Glenn Curtiss)가 개발한 'Curtiss Autoplane'으로 알려져 있으나, 길이 27피트의 알루미늄 프레임에 자동차 바퀴가 달린 쌍엽기 형태의 동 기체는, 오늘날 흔히 떠올리는 실질적인 비행은 어려웠던 것으로 전해진다.

【그림-1】 Curtiss Autoplane



이미지 출처: 뉴욕타임즈, 2014. 8.22일자<sup>[7]</sup>

성 인증까지 취득하였으나, 비행을 위해서는 프로펠러와 날개를 직접 달아야만 했던 비실용적인 이유 등으로 끝내 양산까지는 이루어지지 못했다. [표-2]에서는 2000년대 이전에 있었던 PAV의 주요 개발이정표와 2000년대 이후의 다양한 PAV 제조사들의 대표 모델에 대한 정보를 정리하였다.

【표-2】 PAV 개발 주요 연혁 및 주요 모델

1917		1937	1949	1966 ~ 1980년대		1989
모델명	Curtiss Autoplane	Waterman Arrowbile	Aero Car	XM-2, XM-3, XM-4, M200X		eVTOL
【개발자】 ·Glenn Curtiss		【개발자】 ·Waldo Waterman	【제작사】 ·Aerocar Int'l	【개발자/제작사】 ·Paul Moller/Moller Int'l ('83년도 설립)		【제작사】 ·Aurora Flight Sciences
【주요특징】 ·첫 도로주행 가능 PAV		【주요특징】 ·꼬리날개無 ·3점식랜딩기어 ·총5대생산	【주요특징】 ·접이식 날개 ·장착 첫 PAV ·총6대 생산	【주요특징】 ·첫 VTOL식 PAV(XM-2) ·2인승(XM-3, 4) ·배터리/Hybrid(XM-4)		【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·2인승/로터9개
2009		2010	2011	2012	2013	2013
모델명	Transition	Cora	BlackFly	Liberty	AeroMobil 3.0	VC 200
【제작사】 ·Terraugia		【제작사】 ·Kitty Hawk	【제작사】 ·Opener	【제작사】 ·PAL-V	【제작사】 ·AeroMobil	【제작사】 ·E-Volo
【주요특징】 ·非VTOL ·非전기추진 ·非자율비행 ·2인승 ·고정익항공기식		【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·자율비행 ·2인승/로터12개 ·On-Demand형	【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·완전자율비행 ·1인승/로터8개	【주요특징】 ·非VTOL ·非전기추진 ·非자율비행 ·2인승/로터1개	【주요특징】 ·非VTOL ·非전기추진 ·자동비행 ·2인승 ·고정익항공기식	【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·자율비행 ·2인승/로터18개 ·On-Demand형
2014		2014	2016	2016	2016	2018
모델명	Ehang 184	Jet	Cormorant	Vahana	PopUp	Hoverbike S3
【제작사】 ·Ehang		【제작사】 ·Lilium	【제작사】 ·Tactical Robotics	【제작사】 ·Airbus	【제작사】 ·Airbus	【제작사】 ·Hoversurf
【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·자율비행 ·1인승/ 프로펠러8개 ·非도로주행		【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·非자율비행 ·6인승/ 로터36개 ·On-Demand형	【주요특징】 ·VTOL ·非전기추진 ·자율비행/ 원격조종	【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·자율비행 ·1인승/로터8개	【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·2인승/로터4개 ·On-Demand형	【주요특징】 ·VTOL ·전기추진 ·자율비행 ·1인승 ·非도로주행

자료: Frost & Sullivan(2017), "Future of Flying Cars, 2017-2035"(29~33pp)<sup>[8]</sup>; Deloitte Insights(2018.1.18.), "Elevating the future of mobility", 4p<sup>[9]</sup>; 각 업체 홈페이지

## 기술동향①

A)

(e)VTOL/STOL :

Electric Vertical/Short Take-off & Landing의 줄임말로, 보통 eVTOL이라 함은 전기추진수직이착륙기를 의미

※eVTOL은 'Uber Elevate' 사업 공개 이후 추진계통 부문에서의 지배적 기술요소로 받아들여지고 있음

B)

건물과 같은 자산 위 몇 미터까지의 영공을 재산권 보호에 포함할지에 대해서는 법적 논의가 진행 중

C)

대표적으로 Mohyi Labs社가 방사형 임펠러 기반 Bladeless Drone 연구를 수행 중

※동 기업은 양력 발생을 방해하는 Vortex와 같은 공기역학적 요소를 역이용하여 추력으로 돌리는 기술인, 덕트형 'Counter-Vortex' 임펠러 기술에 대해서도 연구 중

D)

테슬라社에서의 前 배터리 부문 선임 매니저로, 우버에서 스카웃함

E)

향후 일반 수요자층 극대화뿐 아니라, 가장 우선적으로 적용될 곳 중 하나로 여겨지는 군부대 내의 어느 보직의 군인도 활용 가능하기 위해서는 궁극엔 인간 파일럿을 대체할 수 있는 완전자율비행기술이 추구될 것

## PAV 서비스 실현을 위한 핵심기술

PAV가 통합된 차세대 3차원 교통망 구축을 위해서는 관련 법·제도 정비와 함께, 핵심기술 확보와 이의 지속적인 개선이 필요하다. 이제 막 형성기에 들어선 PAV 시장의 기체 모델들은 [표-2]에서와 같이, 도로주행 가능 여부, 수직이착륙 및 전기추진 여부, 로터 갯수 등 기술 제원이 서로 상이하다. 어느 산업이 그렇듯, PAV 시장에서의 상대우위를 갖는 지배제품(Dominant Design)이 결정되기까지, 앞으로 다양한 비즈니스 시험대에서 서로 다른 기술믹스(Technology Mix)와 형상을 가진 기종들이 가격·기능·디자인 등의 여러 측면에서 경쟁을 겪게 될 것이며, 동 과정에서 시장에서 더욱 선호되는 기술군·제품군들이 자연스럽게 드러나게 될 것이다.

[표-3]은 PAV 시장 개화를 위하여 가장 많이 언급되는 핵심요소기술군들을 정리해 놓은 것이다. 과거 2000년대 초반까지의 많은 PAV 모델들(예: Terrafugia社의 Transition)은 이착륙을 위하여 간이헬주로와 같은 인프라를 필요로 하였으나, 지금의 상당수 모델들은 이를 필요로 하지 않는 수직이착륙(VTOL<sup>A)</sup>) 방식을 적용하고 있다. 토지 및 건물 소유자의 사적재산권은 그 자산에 인접한 영공<sup>B)</sup>에까지 미친다는 미국 대법원 판례<sup>[10]</sup>에서와 같이, STOL과 같이 도심 내 비스듬히 날아와 착륙하는 방식은 차후에도 유사 법적분쟁으로 이어질 수 있다. 이렇듯, PAV의 도심 내 현실적인 운용을 위해서는 고정익 항공기 방식의 PAV 모델보단, VTOL 방식으로 수렴될 것이다.

PAV가 편리한 교통수단으로 받아들여지기 위해서는 비행 중 발생하는 소음문제도 해결해야 할 주요 과제이다. 보통의 경우, 비행체에서 발생하는 상당량의 소음은 엔진과 로터 블레이드로부터 기인한다. 때문에, 향후 PAV 시장에 들어서는 대부분의 기종에는 소음 저감에 유리한 분산전기추진방식(Distributed Electric Propulsion)이 적용될 것이다. 한편, 세계보건기구(WHO)가 발표한 2015년도 보고서<sup>[11]</sup>에서는 일일 권장 안전소음의 정도로, 최대 8시간 노출 기준 85dB 미만으로 정하고 있는데, 오는 2023년 항공택시 서비스 개시를 준비 중인 우버는 고도 500피트 기준 최대 62dB을 넘지 않는 PAV를 해당 사업에 사용할 것으로 알려져 있다. 또한, 최근에는 블레이드가 없는 프로펠러(Bladeless Propeller) 기술<sup>C)</sup>도 한창 개발 중에 있다.

[표-3] PAV 핵심기술군

부문	핵심기술
추진계통	▶전기추진수직이착륙(eVTOL) ▶엔진 출력 효율 개선 ▶동력·추력 계통 부문 소음저감 기술(Ducted Fan 등), 차세대 로터/프로펠러 기술(Bladeless Propeller 등) ▶파워드레인(전력전자장치 등)
소재·구조	▶저중량 고강도 복합 소재 개발·적용 ▶기체 저중량을 위한 최적 설계 기술(Fly-By-Wire 등) ▶Dual Mode(도로주행/비행) 움직임 구현을 위한 형상 변경 기술(Tilttable Fan 등)
제어·안전	▶조종성 향상 및 추력조절 ▶복합 안전구조 메커니즘(Fail-Safe Mechanism) 설계 ▶파일럿사출시스템, 탄도회복패러슈트(Ballistic Recovery Parachute) 등 ▶생체측정센서
공력	▶최적 Body 형상 설계를 통한 양력 극대화 및 항력 최소화 기술
항행·통신	▶자동비행(Automatic Flight) 및 자율비행(Autonomous Flight) 기술 ▶최적항로 예측 기술 ▶집단 PAV 관제 기술 ▶장애물 탐지 및 충돌회피방지 알고리즘/센서, GPS 등
배터리	▶연료전지, 니켈수소전지, 리튬이온배터리 등 차세대 배터리 기술 및 에너지 밀집도 개선
사이버보안	▶무선펌웨어(Firmware Over the Air) 업데이트 기술 등 안티해킹 보호기술

한편, 2018년도 국제배터리세미나에서 우버의 에너지-저장 시스템 부문의 Celina Mikolajczak<sup>D)</sup> 이사는 2030년까지 조종사를 완전히 대체하는 100% 자율비행 실현 의지<sup>E)</sup>를 드러냈으며, 2023년도 항공택시 서비스에서 운용될 PAV는 100% 신재생에너지원으로부터 얻은 전기로 구동될 것이라고 밝혔다.<sup>[12]</sup> 비록 eVTOL 방식의 PAV는 운행 중 대기오염물질을 배출하지 않지만, 배터리에 필요한 전기 자체는 화력발전을 통해 생산되는 경우가 대부분이기 때문에, 우버의 사회경제적 파급력을 고려



## 기술동향②

할 때 상기와 같은 목표제시는, 다른 PAV 제조사는 물론, 신재생에너지 기반 전력산업에도 적잖은 영향을 미칠 것으로 예상된다. 한편, 약 100km(60마일)의 항속거리를 갖는 PAV 운용을 위해 우버가 제시한 이상적인 배터리 사양은 [표-4]와 같다.

[표-4] 'Uber Elevate' 사업에 필요한 PAV 배터리 요구사항

구분	Uber PAV	2017년식 Tesla Model S 100D (※ 항속거리: 335마일)
배터리 크기	150kWh	100kWh
배터리 에너지밀도	300Wh/kg	200Wh/kg
배터리 수명	500사이클('23년도) 1,000사이클('28년도) 2,000사이클('32년도)	500사이클 이상
충전시간	5분 이내 20% 충전	30분 이내 50% 충전

자료: Akshat Rathi(2018.4.11., Quartz)<sup>[12]</sup>

[표-4]에서 Tesla 기종에 탑재되는 배터리 제원과 비교해 보면, 우버의 PAV 배터리 성능은 '17년도 기준, 배터리 크기와 에너지밀도에서 각각 50% 가량씩 개선하면 달성될 수 있는 수치로, 서비스가 개시되는 6년 후까지는 크게 무리가 아닌 것처럼 보일 수 있다. 하지만, 오늘날 리튬이온 배터리 기술이 에너지밀도 부문에서 개선가능한 한계치에 다다르고 있다는 점이 제기<sup>[12]</sup>되고 있어, 2023년 까지 해당 배터리 성능을 달성하기에는 분명 녹록치 않아 보이는 것도 사실이다. 하지만, 미 에너지국이 2021년까지 kg당 500Wh의 에너지밀도를 갖는 배터리 개발을 위하여 약 오천만 달러를 투자 중인 것으로 알려져 있으며, 만일 전기배터리 집적도가 충분하지 않을 경우, 가솔린이나 제트유 기반 발전기를 별도로 부착하여 부족한 배터리 용량을 메우거나, 연료전지<sup>B)</sup> 사용 등 다른 대안들이 제시<sup>[13]</sup>되고 있고, 글로벌 경영전략 전문 컨설팅사인 BCG그룹의 2018년도 보고서<sup>[14]</sup>에서도 전기배터리 에너지밀도 400 Wh/kg 고지 달성 시점을 향후 10년 이내로 보고 있으니, 앞으로 전기배터리 발전양상이 어떻게 흘러갈지 두고보아야 할 것이다.

간과할 수 없는 또 다른 핵심기술로 보안(Security) 부문이 있다. 자율비행 내지 고도화된 자동비행<sup>A)</sup>을 통한 다수의 PAV 운용을 위해서는 기체들 간 안정적인 통신 기술에 기반한 커넥티드 체제 구현이 필요하다. 커넥티드 체제 내 PAV 간 통신이 이루어지는 중 하나의 PAV가 외부 사이버해킹공격에 노출될 경우, 연결된 다른 PAV들의 보안은 물론 항공교통관제(Air Traffic Control) 등 IoT 환경에 놓인 각종 인프라에도 심각한 문제를 야기할 수 있다. 통신 및 자율비행 기술 실현을 위하여 PAV 자체와 관련 인프라가 점점 더 디지털화되고 SW 기반으로 구현되는 기능도 늘어나게 될 것이다. 이로 인해 PAV 내에 필요한 전자제어유닛(Electronic Control Units, ECUs) 수도 크게 증가하게 될 것이고, 결과적으로 사이버해킹 대상의 잠재적 공격포인트도 같이 늘어나게 될 것이다. 향후, PAV 제조사는 ECU 전문업체 및 외부의 전문 사이버보안솔루션 제공업체들과도 긴밀히 협업하여, 사이버해킹 공격 가능성에 선제적으로 대비해야 할 것이다.

이 밖에도, PAV가 군부대나 경찰 임무수행 자원으로써, 도심 내 비좁은 구역을 안정적으로 비행하기 위해서는 틸팅 덕트와 같이 터보프롭 엔진이 여러방향으로 자유롭게 회전·추진이 가능한 차세대 고성능 제어기술이 확보되어야 한다. 그리고 PAV 구매자, 시판 인가 주체인 정부부처, 관련 당국 및 지자체, PAV 비행 영향권에 놓인 도심 내 시민들로부터 충분한 신뢰를 얻기 위하여 PAV에 적용될 안전 관련 기술들이 다양한 측면에서 확보·적용되어야 할 것이다. 가령, PAV 기체 내의 많은 센서로부터 송출되는 데이터 기반으로 고장 예측·진단 기술을 적용한다거나, 유사시 파일럿이나 승객들을 탈출시키는 긴급사출시스템, 문제가 발생한 PAV 자체에 걸리는 탄도회복패러슈트(Ballistic Recovery Parachute)를 장착하여, 기체 내 탑승자와 PAV 추락 영향권에 있는 유무형의 자산 및 인명피해를 방지할 수 있어야 할 것이다. 또한 조종사의 상태를 실시간으로 모니터링하여 조종사가 평상시와 크게 다르게 피곤해 한다가나 건강에 이상징후가 감지될 경우, PAV를 자동 착륙시킬 수 있도록 생체측정센서 고안 등 다양한 고신뢰성 다중 안전구조(Fail-Safe) 기술이 필요하다. 미 FAA의 Dan Elwell 국장도 우버의 '2023 계획'을 두고, 동 서비스가 실현되기 위해서는 최소 오늘날 민간 여객기 수준의 안전성이 확보되어야 할 것임을 강조한 바 있다.<sup>[15]</sup>

### A) 자동비행vs자율비행

비행체의 Radar 장비 등을 활용하는 자동비행은 보통 이륙직후 활성화되고 짙은 안개 등으로 가시거리 확보에 어려움이 없다면, 착륙 직전 해제되는데, 장기적으로 파일럿 대체가 가능한 자율비행과는 달리, 자동비행은 파일럿이 조종간을 지속적으로 잡는 대신, 기상모니터링, ATC와의 주기적 교신, 항행관리 등 다른 주요업무를 수행할 수 있도록 보조역할 기능에 가까움

※자동비행은 충돌회피, 착륙기능 등이 제한적이며, 날씨패턴감지, 항로 최적화, 위기대응관리 기능 등에 한계 존재

### B)

연료전지는 비교적 고가인데다, 큰 사이즈의 저장탱크를 필요로 하지만 에너지집적도가 높은 장점이 있음

## 시장동향①

A)

- Volante Vision (Aston Martin社)
- 2인승 VTOL
- 하이브리드전기
- 완전자율비행 가능

### PAV 유형

PAV 시장 초기에는 Terrafugia, Kitty Hawk, Pal-V社와 같은 PAV 전문 기술스타트업 중심으로 형성되어 오다가, 이후 보잉(Boeing Next), 에어버스(A<sup>3</sup>), 엠브라에르(EmbraerX) 등과 같은 굴지의 글로벌 항공기 제조사와 아우디(Audi), 도요타(Toyota), 애스턴 마틴(Aston Martin)<sup>A)</sup> 등의 자동차 사들의 PAV 시장 합류가 이어졌다. 최근에는 반도체, 인공지능, 사이버보안, 통신 네트워크 등과 같은 이종산업군에 속한 거대기업들의 시장 참여도 이루어지고 있어, 향후 PAV 시장의 가치사슬은 기존의 전통 자동차나 항공기 제조 산업의 가치사슬과는 질적으로 다른 융합 산업의 모습을 가질 것으로 보인다. 한편, PAV는 기능과 형상에 따라 몇 가지 유형으로 구분할 수 있는데, 글로벌 시장조사기관인 Frost & Sullivan社는 [표-5]와 같이 분류·제시하였다. 우선 도로주행 가능 여부에 따라 유형 1, 2와 유형 3, 4로 구분하였고, 도로주행 가능한 PAV 중에서는 고정익(유형 1)/프로펠러(유형 2) 기반으로 나누었다. VTOL 방식에 해당하는 도로주행 불가 유형 중에서는 다인승 승객이나 비교적 다량의 화물을 실어나를 수 있는 드론형 PAV(유형 3)와 1인승 오토바이 형상의 '호버 바이크'(유형 4)로 구분하였다.

[표-5] 기능별·형상별 PAV 분류

유형 1	유형 2	유형 3	유형 4
도로주행 가능 항공기형	도로주행 가능 자이로콥터형	승객·화물수송 드론형	호버 바이크형
【대표모델】 ·Transition ·AeroMobil 3.0, 4.0	【대표모델】 ·Liberty Pioneer	【대표모델】 ·Ehang 184 ·Cormorant	【대표모델】 ·Aerofex Aero-X ·Hoversurf
【주요특징】 ·고정익형 형상 ·비행 및 도로주행가능	【주요특징】 ·프로펠러 기반 ·비행 및 도로주행 가능	【주요특징】 ·승객 및 화물수송 ·도로주행 불가	【주요특징】 ·바이크 형상/호버링 ·도로주행 불가

자료: Frost & Sullivan(2017), "Future of Flying Cars, 2017-2035", 28p. <sup>[8]</sup>

[표-5]는 최소한의 분류기준이 적용된 것으로, 유형 3과 4와 같은 PAV 기체도 이착륙지로부터 가장 가까운 주차공간으로 최소한의 이동이 가능하도록 개발되고 있기 때문에, 향후 PAV 기반의 다양한 비즈니스 모델이 발굴·성숙되는 과정과 넓은 스펙트럼의 기술믹스를 가진 PAV 기종들 간의 시장경쟁이 이루어지면서, 비즈니스 유형별 지배적 모델(Dominant Design)이 결정된 후 비로소, 더욱 포괄적이고 유의미한 분류기준이 마련될 것이다. 한편, 지배적 모델은 핵심기술들의 발전양상 외에도, 경제, 사회, 정치 등과 같은 비기술적인 요인들도 복합적으로 작용하여 결정되는 경우가 일반적이다.<sup>[16]</sup>

### PAV 기반 비즈니스 모델 유형

PAV는 그 유형마다 조금씩 다른 기술과 기능들이 조합되어 있음에도 불구하고, 결국 구현되는 전체 기능 측면에서는 유사한 부분이 많기 때문에, 특정 PAV를 별도의 비즈니스 모델 용도로 한정하여 활용하기에는 다소 부적절할 수 있다. 이에 Frost & Sullivan社는 많이 거론되고 있는 PAV 기반 사업 모델을 서비스성과 수익성으로 구분하여 [표-6]과 같이 비즈니스 유형별 적합도를 정리하였다.

[표-6] 플라잉카 모델별 비즈니스 모델 적합도

모델	공공부문 서비스용					수익목적용		
	군용	경찰순찰	응급의료	재난대책	감시	오락	에어택시	퍼스널모빌리티
Terrafugia Transition	●	●	●	●	●	●	●	●
AeroMobil	●	●	●	●	●	●	●	●
PAL-V	●	●	●	●	●	●	●	●
Ehang184	●	●	●	●	●	●	●	●
Volocopter	●	●	●	●	●	●	●	●
Cormorant	●	●	●	●	●	●	●	●
Airbus Vahana	●	●	●	●	●	●	●	●

※ 적합도: ●(상), ●(중상), ●(중), ●(하)

자료: Frost & Sullivan(2017), "Future of Flying Cars, 2017-2035"<sup>[8]</sup>

## 시장동향②

A)

### 【Cormorant 주요 특징】

- 도로주행 불가
- VTOL / 자율비행
- 적재하중: 500kg미만\*
- 용도: 항공택시, 사람 및 화물 수송
- 예상고객인도: '21년
- \*MTCR에 의해 500kg 이상의 적재하중을 싣고 300km이상 수송 가능한 비행체는 제작 금지

※MTCR:

미사일기술통제체제  
(Missile Technology  
Control Regime)

군경 미션으로는 지뢰탐지, 군병력 및 화물 수송, 국경이나 도심 내 우범지역의 정기적인 순찰을 통한 치안유지, 국가 보안시설 감시 등의 임무를 수행할 수 있다. Hoversurf社は 2017년도 GITEX 기술 박람회에서 자사의 'S3 2019 Hoverbike' 모델을 선보인 바 있으며, 이미 두바이 경찰들은 동 모델을 활용하여 훈련을 수행하기도 했다.<sup>[17]</sup> 또한, 미 고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)과 록히드마틴社は 적군매복, 사제폭탄(IED) 등에 효과적으로 대응하기 위하여 2009년부터 군사용 PAV('Transformer TX')를 개발 중에 있는 것으로 알려져 있다.<sup>[18]</sup>

의료 서비스 부문에서는, 병원의 응급 의료요원이나 수술용 장기 및 의료샘플의 긴급수송과 관련하여 수요가 예상된다. 이스라엘의 Tactical Robotics社は 응급의료서비스 및 긴급대피 등의 목적으로 'Cormorant' PAV<sup>A)</sup>를 개발하여 2016년 11월에 성공적으로 시범비행을 마쳤으며, 미 FAA로부터 PAV 형상 및 승객 수송 관련 인증을 취득하였다. 또한 미국 메릴랜드 주에 위치한 바이오기술 전문회사인 Lung Biotechnology社は 중국의 이항社와 2016년에 계약을 체결하여, Ehang 184 모델을 자사의 R&D 센터 인근에 배치하여 이식용 인간장기, 의료샘플 등을 수요가 발생하는 인근 병원으로 자동적으로 수송하는데 활용할 계획이며, 향후 15년 간 1,000대 이상을 구입할 것으로 알려져 있다. 또한 동 PAV 모델은 추후 Lung Biotechnology社の 니즈에 맞게 전문수송 PAV('MOTH')로 개량되어, 배치 위치로부터 10마일 반경 내에 있는 병원까지의 최적 경로를 사전 설정하여 운용될 예정이다.<sup>[19]</sup> 그 밖에, 자연재난의 심각성 및 피해규모를 가늠한다거나, PAV 기반 경주스포츠용, 자연경관투어, 제초제 및 비료, 물 등의 광역살포, 작황 감시, 도시계획용 등 다양한 용도로도 활용이 가능하다. 그러나, PAV 시장 개화로 무엇보다 기대되는 비즈니스 영역은 단연, 수요대응형 항공택시 서비스가 될 것이다. 스마트폰 앱 기반 차량 공유 서비스로 지난 몇년 간 공유경제의 한 획을 그은 우버는 2016년 10월, 항공택시 기반 공중 모빌리티 사업인 "Elevate"<sup>[20]</sup>를 발표했는데, 내용인 즉슨 사용자가 Uber 전용 앱을 통해 필요 시 항공택시(PAV)를 호출하여 100마일 내외로 비행이동할 수 있도록 한다는 것이다. 이처럼, 향후 우버와 같은 수요대응형 PAV 호출 서비스 신생사업자가 더 많은 나라에 걸쳐 나타나거나 기존 택시 사업자들이 항공택시용 PAV를 대량 도입하여 유사 사업으로 확장하려는 움직임도 보일 것이다.

한편, Frost & Sullivan社は 향후 시판될 PAV에 대하여 군용이나 오락용으로 우선적으로 활용되고, 그 이후 재난대책, 응급의료, 상업용 항공택시 서비스가 순차적으로 이루어질 것으로 보고 있으며, 일반 자가용 구매와 같은 순수 개인용 모빌리티 시장은 가장 늦게 개화될 것으로 보고 있다. PAV 시장이 형성기를 거쳐 지속가능한 자생적 성장기에 이르기 위해서는 [표-6]에서 제시된 유형 외에도, 보다 다양한 범위의 비즈니스 모델이 꾸준히 발굴·개발되어야 할 것이다.

## PAV 시장규모 전망

PAV의 초기 구매 비용은 Opener社の BlackFly 모델(약 7만달러)과 같은 소수의 경우를 제외하면, 대부분 최소 20만 달러 이상의 가격대로 책정될 것으로 예상된다. 일반 자가용 구매 비용을 훨씬 웃돌기 때문에 자금력이 있는 항공택시 사업자 외, 초기 일반수요는 헬기를 대체/보완할 목적인 공공 및 민간기업의 고위관계자나 높은 가격에도 크게 부담을 갖지 않는 부유층 중심으로 발생할 것으로 보인다. 2016년도 기준, 20만 달러 이상의 고급 승용차 판매대수는 전 세계적으로 약 2만 여대<sup>[21]</sup>로, 이러한 소비계층의 일부가 PAV 구매에도 관심을 가질 것이다. 한편, BCG 그룹은 전 세계 부유층으로부터의 PAV에 대한 잠재적 수요로 약 1만여대 내외로 예측하고 있다.<sup>[14]</sup>

[표-7] 주요 PAV별 첫 고객인도 및 예상가격대

PAV 모델 (제조社)	Transition (Terrafugia)	3.0 (Aeromobil)	Liberty (PAL-V)	184 (Ehang)	Volocopter 2X (E-Volo)	Vahana (Airbus)
시장론칭/ 고객인도	2019년	2020년	2020년	2018년	2018년	2020년
예상가격대	\$26만	\$130만	\$40만(일반) \$60만(고급)	\$20~30만	\$20만	N/A
항속거리	400마일	460마일	310마일	25마일	30마일	50마일

자료: Deloitte Insights(2018.1.18.), "Elevating the future of mobility"<sup>[9]</sup>,  
Mobility Foresights(2018), "Flying Car and Flying Taxi Market in US and Europe  
2018-2025"<sup>[21]</sup>

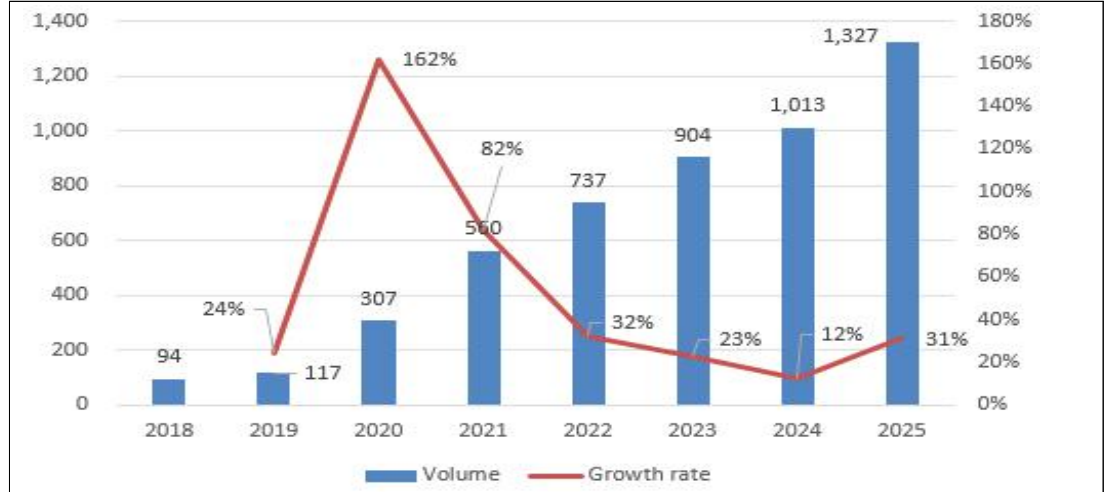
### 시장동향③

글로벌 모빌리티 전문 컨설팅 기업인 Mobility Foresights社의 2018년도 보고서에 따르면, PAV 기반 항공택시 서비스에 공급되는 PAV와 개별 PAV를 합한 댓수는 2018년도 94대 수준에서, 연평균복합성장률(CAGR<sup>A)</sup>) 46% 가정 시, 오는 2025년까지 1,327대 수준으로 성장할 전망이다.

A)

CAGR은, Compound Annual Growth Rate의 줄임말로, 여러 해 동안의 성장률을 기하평균한 것을 의미

[그림-2] 2018-2025년도 PAV 항공택시 및 개별 PAV 수요 댓수로 보는 시장 규모 및 성장률



자료: Mobility Foresights(2018), Flying Car and Flying Taxi Market in US and Europe 2018-2025, 33p<sup>[21]</sup>

동 보고서에 따르면, 2018년도의 94대 중 약 45대는 PAL-V社의 'Liberty' 판매 댓수에 해당한다. 이후, 2019년도에는 항공택시 수요를 위한 Lilum社, Volocopter社의 PAV 기체들이 추가되고, 2020년부터는 Aeromobil社와 'Uber Elevate' 사업을 위한 우버의 PAV 파트너들로부터 본격적으로 시장에 공급될 것이며, 특히 2025년까지는 우버의 항공택시 사업으로 인해 PAV 댓수가 크게 늘어날 것으로 보고 있다.

[그림-3] 2018-2025 항공택시 부문을 포함한 PAV 전체 시장가치 및 성장률



자료: Mobility Foresights(2018), Flying Car and Flying Taxi Market in US and Europe 2018-2025, 33p<sup>[21]</sup>

B)

댓수기준 시장규모 CAGR보다 시장가치 CAGR을 낮게 설정한 이유는 향후 PAV 양산에 따른 생산단가 하락을 고려한 것에 기인

C)

동 수치는 낙관적인 시나리오가 전개될 때에 해당하며, 보다 보수적으로 예측하였을 땐, 약1.5조 달러 규모로 전망

또한, 동 보고서는 PAV 전체 시장가치로 2018년도 약 5천만불 수준에서, CAGR 34.3%로 가정 시<sup>B)</sup> 2025년에는 약 4억불까지 성장할 것으로 전망하고 있다. PAV의 미래 시장가치는 비즈니스 유형별 핵심기술믹스의 발전추이와 이를 제도적으로 받쳐주는 법이나 규제 정비가 얼마나 친 비즈니스적으로 이루어지느냐에 따라 크게 좌우될 것으로 보인다. 한편, 2025년 이후의 PAV 시장가치 예측과 관련하여, 글로벌 투자전문사인 모건스탠리는 2040년까지 2.9조 달러<sup>C)</sup>로 성장할 수 있을 것으로 전망한 바 있다.<sup>[22]</sup>



## 인프라·제도①

### 인프라

미국 전역에 약 66개의 민간용을 포함한 5,664개의 헬리패드(Helipad)가 분포해 있는데,<sup>[23]</sup> 이들 인프라들은 대부분 도심 내 주요 장소에 위치해 있기는 하지만, 실질적인 활용도는 높지 않다고 알려져 있다. 우버社 자료<sup>[20]</sup>에 따르면, VTOL 방식의 PAV 운용을 위해 두 가지 유형의 이착륙장(Vertiports, Vertistops)이 고려되고 있다. 버티포트(Vertiport)의 경우, 비교적 대형 착륙지들을 다수 보유하여 최대 12대의 PAV를 수용하고, 충전 및 그 밖의 핵심 설비와 지원인력들을 겸비하며, 버티스톱(Vertistop)은 단일 PAV의 이착륙 지점으로, 별도의 주차개념 없이 단지 승객이나 화물을 싣고 운반하는 용도에 쓰여, 오늘날 도심 내 헬리패드와 같은 간이이착륙장 유형에 가깝다.

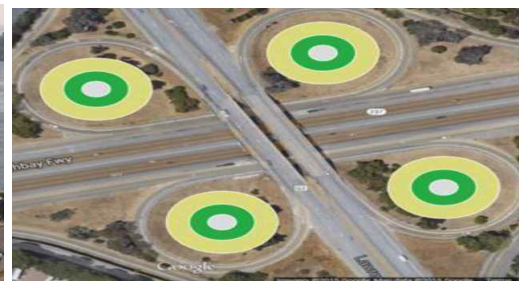
한편, NASA는 버티포트와 버티스톱의 활용방안에 대한 몇 가지 가능성 있는 대안을 제시했다. 첫째는, [그림-4]와 같이 부둣가에 위치한 부유식 바지선의 상부를 활용하는 버티포트 형태로, 주거지역과는 충분한 거리가 떨어져 있는 만큼, 지역사회 민원을 최소화 할 수 있는 이점이 있기 때문에, 현재 뉴욕, 샌프란시스코 등의 대도시에서는 이미 이와 같은 방식을 활용하고 있다. NASA의 두 번째 제시로는 고속도로 인터체인지와 같은 교차로 주위의 유휴공간을, 충전 시설<sup>A)</sup>을 겸한 간이이착륙장용 버티스톱으로 활용하는 것인데, 모습은 [그림-5]와 같다.<sup>[24]</sup>

A)  
전기자동차 시장규모가 향후 지속적으로 확대됨에 따라, 전기추진식 PAV는, 이러한 인프라를 충분히 활용 가능

[그림-4] 샌프란시스코의 부유식 바지선 형태의 버티포트 활용(안)



[그림-5] 실리콘밸리 인근 고속도로 주변 유휴공간의 버티스톱 활용(안)



자료: UBER Elevate(2016), "Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation", 51p.<sup>[20]</sup>

또한, 프로펠러를 접을 시, 일반 주차공간 활용도 가능한 도로주행 가능형 PAV 기종을 제외한 나머지 유형의 경우, 도심 내 위치한 건물식 주차장의 맨 꼭대기 층을 개조하여 다수의 PAV 이착륙을 위한 버티포트로 전용하는 방안도 제시되었다.

[그림-6] LA 공항 인근의 건물식 주차장 꼭대기층의 버티포트 활용(안)



자료: UBER Elevate(2016), "Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation", 52p.<sup>[20]</sup>

상기의 유형 외에도, 상대적으로 크기가 작은 드론형 PAV의 경우, 기존 헬리패드와 함께, 일반 가정용 베란다와 개방형 테라스를 개조하여 활용할 수도 있을 것이다.

## 인프라·제도②

### 제도

시장에 진출 예정인 많은 PAV 기종들은 넓은 스펙트럼의 서로 다른 형상과 제원을 보유하고 있고, 지향하는 주된 활용 목적에도 차이가 있기 때문에, 관련 당국으로부터 요구되는 인증(Certification) 범위와 절차도 서로 다르다. [표-8]에서는 주요 PAV 제조사 마다 취득한 규제 관련 인증 현황을 보여준다.

[표-8] 주요 PAV 제조사별 PAV 인증 취득 현황

<b>Terrafugia社 Transition</b>	▶'16년, FAA가 동 기체에 대한 중량 및 실속 속도 제한을 완화함으로써, 스포츠경비행기 인증 취득
<b>E-Volo社 Volocopter 2X</b>	▶'13년 이후부터 줄곧 독일초경량비행협회(German Ultralight Flight Association)의 시험을 거쳤고, '16년도에 동 협회로부터 초경량항공기 인증 취득
<b>AeroMobil社 3.0</b>	▶'14년도, 슬로바키아초경량비행연맹으로부터 초경량항공기 인증 취득
<b>Ehang社 Ehang 184</b>	▶'16년도 Ehang社は, FAA가 승인한 미 네바다 주의 시험부지에서 승객수송용 드론 방식의 Ehang 184 개발을 위하여 네바다 주와 협약 체결 ▶Ehang社は 항공택시 납품을 위하여 두바이 도로교통부(Roads and Transportation Ministry)와 협업 중

자료: Frost & Sullivan(2017), "Future of Flying Cars, 2017-2035"<sup>[8]</sup>

[표-9]는 주요 글로벌 지역별 드론 규제를 정리한 것으로, 특히 미 FAA는 상업용 드론 비행을 위한 법적 근거 마련을 위하여 드론의 속도, 중량, 비행고도, 형상, 안전성 등을 아우르는 규정(안)을 발표한 바 있다. 약간씩은 상이한 드론 규제들을 살펴봄으로써, 추후 PAV 법·제도 정비에 대한 함의도 생각해볼 수 있을 것이다.

[표-9] 주요 국가별 드론(소형 무인항공기) 관련 규제 현황

<p><b>미국</b></p> <p>▶지역별 드론규정 상이 ▶상업용드론비행은 인가 필요 ▶상업용드론 조종자는 책임보험 가입 필요 ▶지면에서 120미터 상공까지 비행가능 ▶낮시간에만 비행이 가능하나, 이륙중량이 2kg미만인 경우, 고도 50미터를 넘지 않는 선에선 밤 시간 비행도 가능 ▶FPV* 비행 시, 보조 관찰자가 육안으로 드론을 확인할 수 있어야 하며, 조종자와 지속·직접적으로 연락을 취할 수 있어야함 ▶공원 비행시, AESA* 승인 필요 *AESA: State Agency of Air Security (스페인 항공안전청) ※FPV: First Person View의 줄임말로 고글 등의 영상 장비를 통해 드론이나 RC비행기를 실시간으로 관찰하며 조종하는 것을 의미</p>	<p><b>【소형 무인항공기 운영 제한(PART 107) 주요내용(※ 취미용 드론은 예외)】</b></p> <p>▶상업용 드론은 55파운드(약 25kg) 이하로 제한되며, 원격조종자의 육안으로 관측 가능한 시야 내 및 낮시간에만 비행 가능 ▶최소 3마일(약 4.8km) 바깥에서도 볼 수 있는 충돌방지용 등(lightning)이 달린 드론의 경우, 일출 30분 전부터 일몰 후 30분까지 비행 가능 ▶드론의 최대 대지속도는 시속 100마일 이하로 제한 ▶최대 비행고도는 지표면으로부터 400피트로 제한되나, 비행경로에 고층 건물이 있을 경우엔 더 높게도 비행이 가능하나, 해당 건물로부터 400피트 이내 유지 필요 ▶드론조종자는 FAA의 별도의 비행지식시험을 통과해야하거나, 'Part 61 Pilot' 자격증 필요 ▶드론조종자는 최소 16세 이상이어야 하며, 운전 시 드론이 시야 내 존재 필요</p>	
	<p><b>【유럽위원회 가이드라인】</b></p> <p>▶유럽위원회는 민간드론비행 관련 법·규정을 제도화하기 위한 일환으로 '28년까지 영공 내 공공 및 민간 드론 전면 통합 목표 수립 ▶특정 중량(20-25kg) 이상의 드론인 경우, 대부분의 유럽 국가들은 드론조종자로 하여금 관련 자격증 소지와 해당 국가 관할 당국의 인가를 받도록 의무화 하고 있음 ▶대부분의 유럽 국가들은 150kg 미만의 드론의 경우 시계(Visual Line of Sight) 비행만을 허가 ※ 스페인의 경우, 일부 특수 조건에 대해서는 VLOS 바깥의 비행도 허가</p>	
	<p><b>중국</b></p> <p>▶7kg이상인 드론의 경우, 조종사 라이선스 취득 필요 ▶중량 116kg이상인 드론을 유인항공기 비행 구역에서 비행할 경우, 조종사는 파일럿 라이선스와 드론 인가서 소지 필요 ▶UAV 클라우드 접속 의무 대상이 아닌 드론의 경우, 드론 조종사 식별 정보 소지 필요 ▶UAV 클라우드 접속 대상 드론의 경우, 인구밀집지역 비행 시, 매초마다 리포트되어야 하며, 非밀집지역 비행 시, 매 30초마다 리포트 필요 ※ 단, VLOS를 벗어난 15kg이상인 드론은 UAV 클라우드 접속 의무</p>	
	<p><b>UAE</b></p> <p>▶2016년 4월부터, 모든 드론은 관할 당국에 등록 대상 ▶Skydive Dubai 사막 캠퍼스와 Burj Khalifa 주변의 9개 지역(두바이 시내 포함)에서의 드론 비행은 관련 당국의 사전 승인 필요</p>	

자료: FAA(2016.6), "Small Unmanned Aircraft Rule(Part 107)"<sup>[29]</sup>,

Frost & Sullivan(2017), "Future of Flying Cars, 2017-2035"<sup>[8]</sup>; 각종언론보도자료 등 재정리

## 맺음말 및 제언①

### A)

- Uber의 PAV 협력제조社(국가)
  - 1)Karem Aircraft(미국)
  - 2)Aurora Flight Sciences(미국)
    - Boeing이 자회사로 인수한 기업으로 버지니아주에서 '19년 1월 22일 첫 시범비행
  - 3)Pipistrel Aircraft(슬로베니아)
  - 4)Embraer(브라질)
  - 5)Bell Helicopter(미국)

### •전기배터리 공급업체

- 'E-One Moli Energy' 社\* 등
- ※ 대만 리튬이온배터리 전문 제조업체

### B)

- 일반 가솔린 차량보다 52%, 전기 자동차보다 6% 적음

우버 CEO인 Dara Khosrowshahi는 현대 도심 지역의 교통체증 문제를 실질적으로 해소할 수 있는 유일한 해결책은 eVTOL 방식의 PAV를 이용한 3차원 교통체계 구축에 있음을 강조하면서, 지난해 5월 'Uber Elevate 컨퍼런스'에서는 오는 2023년까지 수천여대의 단거리 전용 eVTOL기 기반의 항공택시 대중 서비스를 개시하겠다고 밝혔으며, 향후 동 서비스 비용을 오늘날 지상에서 운용되는 우버의 차량호출 비용 수준으로까지 낮추겠다는 비전을 제시하였다.<sup>[13]</sup> 이에, 우버는 차년도부터 미 캘리포니아주의 로스앤젤레스와 텍사스주의 프리스코 및 댈러스 지역, 그리고 UAE와 두바이 간 운행을 위하여 우버 항공택시에 사용될 PAV 기체들을 대상으로 본격적으로 시범운행에 들어갈 것으로 알려져 있으며, '23년도 교통서비스 실현을 위하여 다양한 PAV 제조사, 전기배터리 공급업체 등<sup>A)</sup>과 협력 중인 한편, 공공부문에서는 미 우주항공청(NASA), FAA 등의 관련 당국과 항공교통관제(ATC)를 포함한 관련 법·제도 준비를 착수·준비 중에 있다.

하지만, 우버의 이러한 계획이 순탄치만은 않을 것이다. 오늘날 많은 일반인들에게도 익숙해진 전기자동차 기업 테슬라와 우주발사체 기업 SpaceX의 창업자인 Elon Musk를 비롯한 일부 PAV 시장 회의론자들은 우버의 동 계획을 두고 실현이 불가능하다는 의견을 내비치거나 하면, 심지어 어떤 이들은 우버의 이 같은 계획공개를 두고, IPO를 앞두고 주식시장 가치를 부풀리기 위한 전략적 움직임이라고까지 폄하하기도 한다.

현재까지 공개 진행되고 있는 PAV 관련 R&DB 프로젝트만 하더라도 약100여개 가까이 있는데, 어느 유형의 PAV이든 간에, 적용되는 핵심기술들이 앞으로 더욱 고도화되고 기존의 오랜 교통체계 내로 안정적인 통합을 이루기 위해서는 아직 가야할 길이 많은 건 사실이다. 인간조종사를 대체하는 완전자율비행은 가까운 시일 내로 적용하기에는 무리가 있지만, 결국 PAV 수요층 극대화를 위해서는 실현되어야 할 기술이다. 또한 PAV 비행 소음으로 인한 주거지역 민원이 발생하지 않을 정도로 소음을 저감시킬 수 있는 기술이 필요하며, PAV 운전자와 시민들이 별도의 위험에 노출되지 않는 철저한 안전구조 메커니즘도 확보되어야 할 것이다. 그리고 버티포트와 버티스톱, 충전·정비시설 등 PAV 운영에 필요한 인프라 구축이 대대적으로 이루어져야 하며, 수천여대 수준의 집단 PAV들을 매끄럽게 운영·관리할 수 있는 차세대 항공교통관제 시스템도 역시 필요하다. 한편, PAV 시장이 환경개선 및 기존 교통량 분산이라는 당초 주요 취지를 충족하기 위해서는 기존 교통수단 대비 연료소비 효율지표 개선 등 충분한 경제성 확보가 이루어져야 할 것이다.

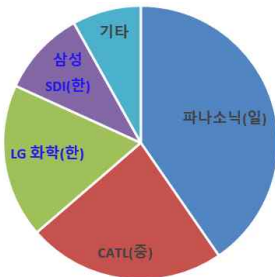
고무적인 점은 최근 Nature Communications지에 실린 연구<sup>[27]</sup>에 의하면, 같은 100km(약 60마일) 주행 시, 4인 기준(조종사 1인, 승객 3인)의 eVTOL식 PAV는 평균 1.54명<sup>[28]</sup>이 탑승하는 일반/전기자동차 대비 온실가스 배출이 적었다.<sup>B)</sup> 전기배터리로 구동되는 자동차나 비행체의 경우, 기본적으로 운행 중 배출되는 온실가스는 없다. 대신, 배터리가 소비하는 전기의 대부분은, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, 미세먼지 등의 대기 오염물질을 배출하는 일반 화력발전으로부터 생산되기 때문에, 이를 감안한 배출율에서 나온 효율을 보인다는 것은 결국 연료소비효율이 좋다는 것을 의미하여, 상기와 같은 연구결과는 친환경 교통정책 수립 관점, 경제성이 확보되는 PAV 운행 구간 관점 등에서 많은 부분을 시사한다.

하지만, 기술과 경제성 관점에서 아무리 합격점에 이르더라도, PAV 운용을 지탱할 관련 법·제도 없이는 PAV 시장의 개화는 불가능하다. PAV의 다양한 제원에 따른 관련 당국으로부터의 복잡하고 상이한 인증 문제와 유/무인기 공역 통합과 같은 영공활용, 인프라 운영 등에 필요한 제도 정비는 아직 이루어진 부분이 거의 없다는 것이 국내외 전문가들의 일관된 견해이다. 도심 내 높은 건물들 사이로 PAV가 날아다닐 때 발생할 수 있는 자산권 및 사생활 침해 이슈, 비행금지 구역 설정 구간, 그리고 그 밖에 예상치 못한 이슈들을 사전에 최대한 발굴하여 이를 해결내지 완화할 수 있는 제도적 장치가 마련되어야 할 것이다. 미국의 경우, 이의 일환으로 NASA와 FAA 등의 항공기술 및 안전 관련 당국에서 소형항공기 인증 과정에 관한 'FAA part 23' 규정을 비롯한 관련 인증 체계를 전면 재검토할 계획인 것으로 보인다.<sup>[29]</sup>

민간여객기와 헬기 활용 수준을 넘어 일반인들도 자유롭게 이용할 수 있는 PAV의 범용적 교통통합은 그야말로 기존 교통체계 패러다임을 넘어서는 파괴적 혁신(Disruptive Innovation)에 가깝다. 이러한 현상은 기존에 존재하는 다양한 유형의 시장들을 예측하기 어려운 방식으로 교란시키는 기능적 역할로써 작용할 뿐만 아니라 신시장을 개발·확장하는

## 맺음말 및 제언②

A)  
전기차 리튬이온배터리 글로벌  
시장 점유율<sup>[3]</sup>



B)  
Dynamic Vehicle Control 기술

강력한 수단이자 단초가 될 수 있다.<sup>[30]</sup> 향후 10년 내외에 걸쳐 이루어질 것으로 예상되는 교통체계 내 이러한 혁신 움직임은 오늘날 글로벌 자본주의의 성장 한계 극복에 기여할 수 있는 차세대 유망산업의 개화·촉진은 물론, 전후방 연관 제조·서비스 산업으로의 연쇄적인 혁신 물결(Waves of Innovation)<sup>[31]</sup>을 유도할 수도 있을 것이다.

세계수출시장에서 신흥경제국가들과 격차를 늘리고, 주요선진국들을 향한 추격 발판을 마련하기 위한 차세대 경제성장동력 발굴 노력의 일환으로, 우리나라도 이러한 PAV<sup>發</sup> 글로벌 시장변화트렌드를 기회로 삼을 필요가 있다. 다행히, 우리나라는 자동차, 설계·조립, 첨단 복합소재, 배터리 산업과 같이 PAV 시장 선도에 필요한 세계적인 수준의 관련 기간산업을 보유하고 있다. 현대기아차와 같은 글로벌 자동차 생산업체는 물론, 독일의 세계적인 자동차 브랜드인 폭스바겐, BMW 등의 전기자동차 생산에 배터리를 공급하는 LG화학, 삼성SDI 등<sup>A)</sup>과 같은 굴지의 대기업도 보유하고 있다. 더욱이 한국항공우주연구원(KARI)은 2000년대 스마트무인기 개발사업을 통해 세계 최초로 1톤급 틸트로터 무인기를 성공적으로 개발하였으며, 무인 전기추진수직이착륙기 핵심기술 R&D 수행 경험을 바탕으로 eVTOL식 PAV에 필요한 주요 요소기술들을 이미 확보하고 있고, 현재 동 기술군들의 고도화를 위하여 지속 연구 중에 있다. 최근엔, 틸트로터 방식의 스마트 무인기 개발에 참여한 한국항공우주산업(주)도 차세대 PAV 개발을 위한 핵심기술로 수직이착륙 무인기 독자개발을 지난 2017년부터 자체적으로 추진하고 있으며 금년도 시험비행을 목표로 하고 있다.<sup>[32]</sup>

PAV 기반 공중 모빌리티 시장은 더이상 20-30년 뒤의 먼 미래 이야기가 아니다. 항공택시 서비스를 대대적으로 공개한 우버 외, 보잉, 에어버스, 릴리움 등 최소 20여개 이상의 기술 경쟁력을 갖춘 기업들이 동 서비스 진출을 앞두고 있거나 준비 중에 있다.<sup>[33]</sup> 글로벌 컨설팅 업체인 딜로이트社は 승객수송용 드론 유형의 PAV는 2020년, 일반 PAV는 2022년, 그리고 보다 성숙된 핵심기술군이 적용된 PAV는 2025년 전후가 되어 본격적으로 시장에 등장할 것으로 예측하고 있고,<sup>[9]</sup> 다소 보수적인 시나리오 기반으로 전망한 BCG 그룹도, '20년대 중반에는 상업용 PAV 시장이 열릴 것으로 전망하고 있는 것으로 보아<sup>[14]</sup>, 이제는 PAV 시장의 개화 가능성을 논하기 보다는, 10년 내외의 미래 어느 시점에, 얼마나 큰 규모로 시장이 형성될 지에 무게중심을 두고 대비하는 것이 필요해 보인다.

PAV 사전 주문을 받은 첫 번째 기업으로 지금까지 수백 대의 예약을 받은 것으로 알려진, PAL-V社('20년 첫 고객인도 예정)의 초기 주요 투자자에는 네덜란드 정부가 포함되어 있다. 이렇듯, 다가올 글로벌 PAV 산업생태계에 전략적으로 대비하기 위하여, 우리나라도 PAV 시장에 진출하려는 기업에 대하여, 초기자금지원이나 법제도 수립 등에 있어서 정부의 마중물 역할이 필요하다. 나아가, 핵심기술개발을 고도화하고, 관련 법·제도 수립을 효과적으로 추진하기 위하여 산·학·연·관 당사자들이 모여 컨소시엄 등을 통한 협력 시스템 구축을 고려할 필요가 있다. 미국·유럽·중국 대비 출발이 조금 늦었던 일본도, 2023년도 PAV 비즈니스 개시를 위하여 2018년 12월에 관련 민관협의회를 출범하여, '항공 모빌리티 혁명' 로드맵<sup>[34]</sup>을 발표하였다. 동 로드맵에 따르면, 관련 비즈니스 모델을 제안한 민간운영사업자가 2019년도에 실증시험과 시범비행을 수행하고, 공공 부문에서는 예비타당성 조사 등을 실시하여, 이를 관련 법 및 규정 수립에 반영한다고 나와 있다. 그리고 '20년대 초반에는 시골 산간 지역의 주민들을 대상으로 물자운송 서비스를 우선적으로 개시하고, '20년대 중반부터는 시골 산간 주민들의 교통 수단, '20년대 후반부터는 도심지 교통 수단으로 확대한다는 것이다.

한편, PAV 시장에 진출하고자 하는 국내 기업은 필요한 핵심기술을 경쟁사보다 빠르고 보다 비용효율적으로 도입하기 위하여 국내외 경쟁력을 갖춘 기업과의 협력의 길을 모색할 필요가 있는데, 해외의 성공적인 협력사례를 적극 벤치마킹하는 것도 방법이 될 수 있다. 네덜란드의 PAL-V社は 도로의 커브길 주행 시, 틸팅 중 기체의 균형을 유지하는 기술로, 같은 국적의 Carver社가 개발한 기술<sup>B)</sup>을 도입하여 기술개발 소요 시간을 효과적으로 단축하였고, 독일의 E-Volo社は 비행제어시스템과 충돌방지 알고리즘 개발을 위하여 역시 같은 국적의 인텔 자회사인 Ascending Technologies社와 파트너십을 체결하였다. Joby Aviation社(미)는 자사의 고정익항공기 방식인 PAV의 전기추진 효율을 개선하기 위하여 NASA, Empirical Systems Aerospace社(미) 등과 공동연구를 수행 중이다. 이 밖에, Airbus社は 자동차에 적용되는 자율주행 기술에 강점을 보유한 이태리의 Italdesign社와 협력 기반으로 PAV

## 맺음말 및 제언③

A)  
자산경량화(Asset-Light) 비즈니스 모델이란, 투자비용이 큰 고정자산을 최대한 가볍게 하는 사업모델을 의미

(‘PopUp’)를 개발 중이며, 보잉社도 블록체인, AI 전문업체와의 공동으로 교통 인프라 구축과 핵심 IT기술 확보를 추진 중이다.

과거에는 하나의, 또는 최소한의 기업들이 모여 발굴한 유망 사업 아이템을 자체적으로 발전시키고 마케팅, 유통, 자금조달 등의 일련의 과정을 모두 수행하는 이른바, ‘폐쇄적 혁신(Closed Innovation)’이 주를 이루었다. 하지만, 요즘처럼 제품수명주기(Product Life Cycle)가 짧아지고, 제한된 투자금액으로 최대의 가치를 내재한 제품을 적기에 시장으로 내놓아야 하는 경우, 강점을 갖는 분야를 제외한 다른 요소기술개발이나 마케팅, 유통 등의 서비스 부문에서, 별도의 경쟁력을 보유한 기업들과 상생파트너십을 구축하는 것이 유리한 경우가 많아졌다. UC버클리 경영대학원의 헨리 체스브루(Henry Chesbrough) 교수는 그의 기념비적인 저서<sup>[35]</sup>에서 이와 같은 개방형혁신(Open Innovation)의 가치를 강조한 바 있다. 우버의 경우, 자체 앱을 통해 시시각각 호출되는 많은 수의 PAV 기체들과 이를 뒷받침하는 항공교통관제를 운영·관리하는 대신, 기체 제작과 정비 등의 사업은 해당 비행체 제조사들에게 맡기는 일종의 ‘자산경량화’ 비즈니스 모델<sup>A)</sup>을 채택할 가능성이 높은데, 이 역시 개방형혁신 가치가 녹아든 사업전략이라고 볼 수 있다. PAV 시장 진출에 다소 늦은 감이 있는 만큼, 국내 기업도 자체적으로 추진할 영역과 외부 협력기관에 맡길 부분을 구분하여 효과적이고 효율적인 시장 진출 전략을 설계하여야 할 것이다.

늘 그렇듯, 시작부터 필요한 사항들을 한꺼번에 떠올리고 이행하는 것은 현기증 나는 일이다. 향후 R&D 추진 및 법·제도 수립 과정 중 갑자기 방향을 잃고 표류하지 않도록, 그리고 공공자금 및 벤처캐피탈 펀딩과 같은 민간자금을 효과적으로 유치하기 위하여 이제부터라도 관련 산·학·연·관이 모여 일정이 명시된 핵심 마일스톤과 각 주요 성장단계, 그리고 국내외 목표 시장 규모 등을 구체화하는 작업이 필요하다.



## 참고문헌①

- [1] Inrix(2016), "Global Traffic Scorecard"  
<http://inrix.com/press-releases/los-angeles-tops-inrix-global-congestion-ranking/>
- [2] 머니투데이(남궁민, 2018.08.31.), "자전거는 맞고 종로는 틀리다"  
<http://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2018083013463635567>
- [3] J.P.Morgan(2018.10.10.), "Driving Into 2025: The Future of Electric Vehicles"  
<https://www.jpmorgan.com/global/research/electric-vehicles>
- [4] Population Reference Bureau(2016), "2016 World Population Data Sheet"
- [5] United Nations(2018), "World Urbanization Prospects: The 2018 Revision"
- [6] Derek Wong(2018.2.8.), "NUS drone tests could signal beginning of unmanned parcel delivery", The Straits Times  
<https://www.straitstimes.com/singapore/manpower/nus-drone-tests-could-signal-beginning-of-unmanned-parcel-delivery>
- [7] Stuart F. Brown(2014.8.22.), "Pie-in-the-Sky Flying Cars From the Past", The New York Times  
<https://www.nytimes.com/2014/08/24/automobiles/pie-in-the-sky-flying-cars-from-the-past.html>
- [8] Frost & Sullivan(2017), "Future of Flying Cars, 2017-2035"
- [9] Deloitte Insights(2018.1.18.), "Elevating the future of mobility"
- [10] Legal Information Institute, "United States v. Causby et ux.," Cornell University Law School. May 1946.  
<https://www.law.cornell.edu/supremecourt/text/328/256> [재 인용: 2019.4.18.]
- [11] World Health Organization(2015), "Make Listening Safe"
- [12] Akshat Rathi(2018.4.11.), "Uber will bring you flying taxis, if you can help build a magical battery", Quartz  
<https://qz.com/1243334/the-magical-battery-uber-needs-for-its-flying-cars/>
- [13] Brad Templeton(2019.3.25.), "A Field Guide To The Types Of Flying Cars", Forbes  
<https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2019/03/25/a-field-guide-to-the-types-of-flying-cars/#21bf01bc16f4>
- [14] Matt Aaronson et al.(2018), "The Aerospace Industry Isn't Ready for Flying Cars", Boston Consulting Group
- [15] Tim Bradshaw (2018.5.10), Uber reveals plans for flying taxi-service by 2023", The Financial Times  
<https://www.ft.com/content/6a22efb0-540d-11e8-b3ee-41e0209208ec>
- [16] Suárez, F. F., & Utterback, J. M. (1995). Dominant designs and the survival of firms. Strategic management journal, 16(6), 415-430.
- [17] Tom Page(2019.3.22.), "Are Flying Motorbikes the Future for Dubai?", CNN  
<https://edition.cnn.com/2018/11/08/middleeast/hoverbike-dubai-police-flying-lessons/index.html>
- [18] Lockheed Martin 웹페이지, "ARES" (<https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/ares.html>)
- [19] Ryan Lahti(2016.5.3.), "Drone Delivery of Organ Transplants", OrgLeader, LLC  
<https://www.orgleader.com/organ-transplants/>
- [20] UBER Elevate(2016), "Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation"
- [21] Mobility Foresights(2018), "Flying car and flying taxi market in US and Europe 2018-2025"
- [22] Adam Jonas(2019.1.23.), "Are Flying Cars Preparing for Takeoff?"  
<https://www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft>
- [23] Matt Rocheleau(2016.1.22.), "Public-use heliports like the one pondered in Boston are rare nationally"  
<https://www.bostonglobe.com/metro/2016/01/22/public-use-heliports-like-one-pondered-boston-are-rare-nationally/wnwxtvevXEE8uPlsI8uHJ/story.html>

## 참고문헌②

- [24] Mark Moore(2016.8), "Intra-Urban Vertical Flight Air-Taxi's, Potential Feasibility and Early Adoption Paths", NASA Langley Research Center
- [25] FAA(2016.6), "Small Unmanned Aircraft Rule(Part 107)"
- [26] UAV Coach, "Spain Drone Regulations", <https://uavcoach.com/drone-laws-in-spain/>
- [27] Kasliwal, A., Furbush, N. J., Gawron, J. H., McBride, J. R., Wallington, T. J., De Kleine, R. D., ... & Keoleian, G. A. (2019). Role of flying cars in sustainable mobility. Nature Communications, 10(1), 1555.
- [28] Oak Ridge National Laboratory. National Household Travel Survey Technical Report. <https://nhts.ornl.gov/> (Oak Ridge National Laboratory, 2017).
- [29] Brad Templeton(2019.5.4), "Where's My Flying Car? Coming In For A Landing Soon"
- [30] Christensen, C.M. (1997). The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Boston, MA Harvard Business School Press.
- [31] Boland Jr, R. J., Lyytinen, K., & Yoo, Y. (2007). Wakes of innovation in project networks: The case of digital 3-D representations in architecture, engineering, and construction. Organization science, 18(4), 631-647.
- [32] 임형준(2019.4.22), "[방산기업이 된다] KAI, 수직 이착륙 무인기 독자개발 추진...연내 시험비행", 매일경제  
<https://www.mk.co.kr/news/special-edition/view/2019/04/247807/>
- [33] Andrew J. Hawkins(2018.8.14), "Electric flight is coming, but the batteries aren't ready", The Verge
- [34] Japanese Public-Private Council(2018.12.20.), "Roadmap towards Air Mobility Revolution", Ministry of Economy, Trade and Industry(METI), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism(MLIT)
- [35] Chesbrough, H. W. (2006). Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Harvard Business Press.

### 양 정 호 연구원

소속 : 한국항공우주연구원 정책총괄팀  
이메일: [jhyang@kari.re.kr](mailto:jhyang@kari.re.kr)

※ 본 보고서는 '항공우주 지식의 유통·확산'이라는 공공(公共) 목적으로 작성되었습니다. 본문의 내용에 오류가 있거나 문의가 있으실 경우, 상기의 이메일로 알려주시면 감사하겠습니다.

