

자동차와 부품

비중확대 (유지)



분석의 기본 가정

- 현재 52%인 글로벌 도시화율이 2050년 66%까지 상승
- 도시화율 상승에 따른 교통혼잡 심화로 3차원 공간으로 이동 수단을 확장
- Advanced Air Mobility 구현을 위한 비출력, 비토크, 에너지 밀도 기술 R&D 지속 가정

전기차와 전기 비행기

자동차/타이어 담당 문용권
T.02)2004-9175
moon.young_kwan@shinyoung.com

2022년 들어 Advanced Air Mobility 시대를 열어줄 기술들이 빠르게 발전 중. 세계 최초 전기 상용 여객기인 Eviation의 Alice가 지난 9월 첫 비행에 성공했으며, e-VTOL 분산 추진 기술의 게임 체인저가 될 잠재력이 큰 극저온 초전도 모터 기술도 발전 중. Toshiba ESS는 6월 2MW급 모빌리티용 극저온 초전도 모터 시제품을 공개. Amprius는 지난 2월 450Wh/kg, 1,150Wh/L급 배터리 상용화에 성공. e-VTOL 구현을 위해 필요한 비토크, 비출력, 에너지 밀도 기술이 발전함에 따라 AMM 시장은 완성차, 부품 업체들에게 새로운 기회가 될 것으로 예상. DENSO는 친환경차 모터, 인버터 기술을 기반으로 Lilium에 전기 추진 시스템을 공급. 현대차그룹의 Supernal도 Rolls-Royce, Safran, Electric Power Systems와 e-VTOL 전기추진 시스템, 배터리 기술 개발 분야에서 협력 발표. Volkswagen과 Honda도 AMM 시장 진출을 천명. 이에 EV와 e-VTOL의 기술적 유사점, 차이점을 알아보고 중장기 투자 아이디어를 모색하고자 함.

Content

I. 도시화와 교통혼잡.....	7
1. 2020년 도시 인구 67억명.....	7
2. 도시화율과 교통수단.....	9
3. 새로운 이동 수단 필요.....	11
II. e-VTOL 구성 요소.....	15
1. AAM 생태계 & 시장 전망.....	15
2. 가외성의 역설.....	23
3. 전동화.....	28
III. 분산추진시스템.....	34
1. 터보 전기 추진 & 병렬/직렬 하이브리드.....	36
2. 수소/수소연료전지를 활용한 하이브리드.....	39
3. EV와 e-VTOL 권선 기술.....	56
4. 모터 열관리.....	60
5. 게임 체인저가 될 극저온 초전도 모터.....	62
6. e-VTOL 배터리.....	65
7. 인버터와 SiC 전력 반도체.....	70
IV. 항공 모터 업체 동향.....	75
1. H3X.....	75
2. DENSO.....	78
3. MagniX.....	81
V. 게임의 규칙이 바뀌며 신생 업체 증가.....	86
1. Supernal(현대자동차).....	88
2. Honda.....	94
3. Denso & Honeywell + Lilium.....	97
4. Volkswagen.....	101
5. Stellantis & Archer.....	102
6. Joby & Toyota.....	103
VI. 우리나라의 UAM 기술 수준 & 계획.....	105
1. 기체 & 부품 기술.....	108
2. UAM 인프라 기술.....	114
3. UAM 핵심 기술.....	115
VII. UAM 시장의 구지를 찾아서.....	120
VIII. 기업분석.....	129

Summary

업체별 AAM 사업 현황 및 계획

EM 업체	국가	사업개시 목표	첫 비행	ARI	자금조달 (억 \$)	용도	추진 방식	동력원	비행 방식	기체
Joby Aviation (NYSE: JOBY)	미국	2024	2018	8.7	18.4	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	-
Volocopter	독일	2024 2026	2021 / 2022	8.4	5.8	Air Taxi	Multicopter Lift + Cruise	Electric	Piloted	VoloCity / VoloConnect
Beta Technologies	미국	2024	2020	8	8.0	Cargo, Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Alia S250c / S250
Eve Holding (NYSE: EVEX)	브라질	2026	2022	7.7	3.6	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Eve
Lilium (NASDAQ:LILM)	독일	2025	-	7.7	9.4	Regional, Cargo, Biz Av	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Jet
Wisk	미국	-	2018	7.5	7.8	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Autonomous	Cora
Archer (NYSE: ACHR)	미국	2025	2021	7.4	8.6	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Maker
Ehang (NASDAQ: EH)	중국	2022 / -	2018 / 2021	7.4	1.3	Air Taxi, Tourism	Multicopter / Lift + Cruise	Electric	Autonomous	EH-216S / VT-30
Elroy Air	미국	2023	2022	7.4	0.5	Cargo	Lift + Cruise	Hybrid	Autonomous	Chaparral C1
Kitty Hawk	미국	-	2018	7.3	사모	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Autonomous	Heaviside
Pipistrel (Textron)	미국	2023	2022	7.2	기업 후원	Cargo	Lift + Cruise	Hybrid	Autonomous	Nuuva V300
Vertical Aerospace (NYSE: EVTL)	영국	2025	2022	7.2	3.4	Air Taxi, Cargo, EMS	Vectored Thrust	Electric	Piloted	VX4
Airbus	프랑스	2025	2023	7	기업 후원	EMS, Tourism, Air Taxi	Multicopter	Electric	Piloted	CityAirbus NextGen
Supernal (현대차)	미국	2028	2023	7	기업 후원	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	S-A1
Overair	미국	2026	2023	6.2	1.7	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Butterfly
Honda Motor	일본	2030	2023	6	기업 후원	Air Taxi Regional	Lift + Cruise	Hybrid	Piloted	-
eAviation (Textron)	미국	2030	-	5.9	기업 후원	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Nexus
Eviation	미국	2025	2022	5.9	2.0	Regional, Cargo, Biz Av	Conventional	Electric	Piloted	Alice
REGENT	미국	2025	2023	5.9	0.3	Regional	Augmented Lift	Electric	Piloted	Viceroy
Auto Flight	중국	2025	2022	5.8	2.0	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Prosperity I
Ascendance Flight Technologies	프랑스	2025	2023	5.4	0.1	Regional, Cargo	Lift + Cruise	Hybrid	Piloted	Atea
Dufour Aerospace	스위스	2026	2022	5.2	0.1	EMS, Regional	Vectored Thrust	Hybrid	Piloted	Aero3
Electra	미국	2027	2022	5.2	0.5	Cargo, Regional	Augmented Lift	Hybrid	Piloted	-
Jaunt Air Mobility	미국	2026	2023	4.4	0.03	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Journey
Volkswagen	독일	-	2022	3.4	기업 후원	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Autonomous	V.MO

자료 : 신영증권 리서치센터

주요 업체별 AAM 관련 사업 내용

기술 분야	기업	국가	상장	세부 기술
e-VTOL	Supernal (현대자동차)	미국	X	현대차그룹의 미국 AMM 독립 법인으로 미국 앨바인에 R&D 건립하고 Rolls-Royce, Safran, Electric Power Systems와 e-VTOL 기술 분야에서 협력 발표 & 2028년 AMM 서비스 개시 목표
항공	한화에어로스페이스	한국	KRX: 012450	"2022년 8월, 버티컬에어로스페이스와 1억6500만 달러 규모의 EMA 개발·공급 계약 체결 2022년 1월, UAM용 수소연료전지시스템 개발 착수, 2025년까지 핵심기술 확보 계획 발표"
항공	한화시스템	한국	KRX: 272210	"2022년 6월, 한화 에어로스페이스와 함께 미국 UAM 기업 오버에어에 1억1500만 규모 시리즈 B 공동 투자 참여 2022년 9월, 공항공사 및 SKT와 함께 2025년 제주UAM 상용화 추진을 위한 MOU 체결"
기체	TORAY	일본	TYO: 3420	Joby Aviation과 Lilium에 탄소섬유 등 경량 소재를 활용한 기체 구조, 내장, 외장재 공급
배터리	Amprion Technologies	미국	NYSE: AMPX	실리콘 나노 리튬이온 배터리 전문 업체로 지난 2월 고고도 유사 위성에 쓰일 450Wh/kg, 1,150Wh/L급 배터리 상용화 성공
배터리	Customcells	독일	X	독일의 차량용, 항공용, 군용 배터리 업체로 Lilium, Porsche 등에 고성능 하이 니켈 리튬이온배터리 공급
배터리	Electric Power Systems	미국	X	2019년, 2021년 Boeing과 Safran이 투자한 항공용 ESS, DC 고속 충전, 배터리 업체로 Archer에 배터리 공급 & Supernal과 협업
배터리	Molicel	대만	X	Vertical Aerospace의 e-VTOL VX4에 리튬이온 배터리 공급
배터리	Cuberg	미국	X	e-VTOL 리튬메탈 배터리 업체로 현재 매월 1,000 5-Ah 셀 생산 중 Beta와 더불어 4개의 e-VTOL 업체 등과 협업 중
e-VTOL	Honda	일본	TYO: 7267	5년 연속 Small Business Jet Category 글로벌 1위 수성 중 자동차 & 완제기 생산 기술을 바탕으로 e-VTOL 개발 착수
e-VTOL	Lilium	독일	NASDAQ: LILM	Ducted Electric Vectored Thrust 기반의 e-VTOL 업체로 2022년 9월, Lilium의 CFO은 연 400대 생산능력을 갖출 것이라고 밝힘
e-VTOL	Eviation	미국	NASDAQ: EVTNF	2022년 9월, 순수 전기 기체인 Alice 첫 비행 성공 DHL이 12대, Cape Air가 75대, GlobalX Airlines가 50대를 주문 2027년 초도 물량 인도 예정
e-VTOL	Joby Aviation	미국	NYSE: JOBY	Toyota가 최대 외부 투자자로 있는 e-VTOL 업체로 Uber Elevate를 인수. 2022년 7월에는 SK텔레콤과 이동통신, UAM 특화 서비스, 운항 및 UAM 기체 등 전방위 상호협력 체결
e-VTOL	Vertical Aerospace	영국	NYSE: EVTL	2022년 7월, 아메리칸 항공에 eVTOL 항공기(VX4) 최대 250대 조건부 예약 판매 계약 체결

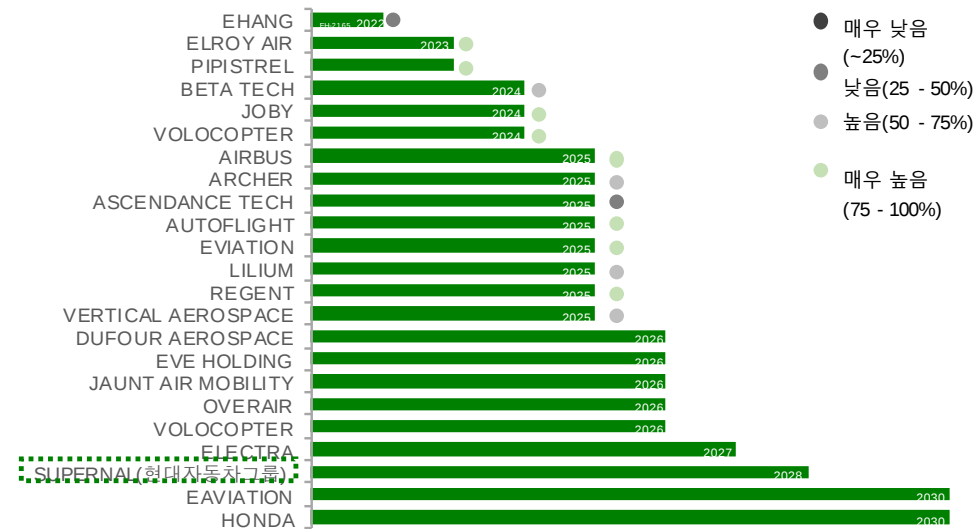
자료 : 신영증권 리서치센터

주요 업체별 AAM 관련 사업 내용

기술 분야	기업	국가	상장	세부 기술
추진 시스템	MaGicALL	미국	X	2022년, Boeing과 MaGicALL은 전기추진 비행체를 위한 전기 모터 기술 개발 협력 발표
추진 시스템	MagniX	미국	X	2022년 9월, MagniX의 전기 추진시스템을 탑재한 Eviation의 Alice(순수 전기 여객기) 첫 비행 성공
추진 시스템	DENSO	일본	TYO: 6902	Honeywell과 합작으로 e-VTOL 모터 개발 & Lilium에 공급
추진 시스템	Honeywell Aerospace	미국	X	Denso와 합작으로 e-VTOL I 모터 개발 & Lilium에 공급
추진 시스템	Safran S.A	프랑스	EPA:SAF	2022년 7월, 현대차그룹 AAM 기체에 활용 가능한 전기 추진시스템을 공동 연구 개발하는 협력 발표
극저온 초전도 모터	Toshiba ESS	일본		최대 출력은 2MW, 크기 50x70cm 급의 모빌리티용 극저온 초전도 모터 시제품 공개 & 추가적인 기술 개발을 통해 상용화 추진 계획
인버터	Honeywell Aerospace	미국	X	Denso와 합작으로 Evtol 인버터 개발 & Lilium에 공급
센서/반도체 소자	Analog Devices	미국	NASDAQ:ADI	크기, 무게, 전력 소비를 최소화한 무인항공 & 정밀 전술 등급 MEMS IMU (관성측정장치) 기술 보유
전력반도체	ST Micro	스위스	EPA: STM	항공기 전동화 & SIC 전력 반도체 분야에서 AIRBUS와 협력
자율비행	Sightec	이스라엘	X	2022년 7월, GPS가 불가능한 상황에서 컴퓨터 비전과 AI를 활용한 영상항법(대체항법)으로 세계최초 비행 성공
자율비행	Honeywell Aerospace	미국	X	레이더 기반의 충돌회피 기술 & Flightdeck를 Vertical Aerospace의 Evtol VX-X2 공급
통신	KT	한국	KRX: 030200	2022년 9월, 현대차그룹과 UAM 위성 활용을 위한 자사주 교환 진행. KT는 국내 통신사 중 유일하게 위성을 보유하고 있음
통신	KT	한국	KRX: 030200	2022년 10월, 국내 최초 UAM 전용 5G 항공망 구축 완료
통신	SKT	한국	KRX: 017670	"2022년 2월, 미국 UAM 기업인 JOBY와 전략적 업무 협약 체결 2022년 4월, 2025년 시범적으로 10대의 조비 e-VTOL을 도입하여 관광, 의료용 활용할 것"
여행	대한항공	한국	KRX: 003490	2022년 4월, 국토부 주관 UAM 감시정보 획득체계 연구개발에 공동연구기관으로 참여, UAM 운항 시스템 개발 할 것
항공	한국항공우주	한국	KRX: 047810	2022년 6월, 2024년 개발 완료를 목표로 UAM 축소기 개발 착수

자료 : 신영증권 리서치센터

주요 Advanced Air Mobility 업체들의 서비스 개시 시점



자료 : Porsche Consulting, 신영증권 리서치센터

EV와 e-VTOL 차이

	차량용: HEVs, BEVs	eVTOL (5인승 기준)	eVTOL 중요 기술적 요구 요인
전체 중량	≤ 2,000kg	2,000-3,500kg	➢ 경량화 ➢ 비출력, 비토크 ➢ 간결성
전기추진시스템	≤ 50kg	≤ 300kg	
배터리	≤ 400kg	≤ 700kg	
Electric Propulsion Unit (전기추진장치)	전원 전압	≤ 800Vdc (향후 1,000Vdc)	➢ High-torque continuous drive ➢ 냉각 & 열 관리
	토크	≤ 200kW ≤ 200Nm 최대 1,000Nm	
	냉각 방식	유랭식	
1회 충전 주행/비행	≤ 1,000km	≤ 300km	➢ 신뢰성 ➢ 가외성 ➢ Fault tolerance, ➢ 유지 보수
총 주행/비행 거리	≤ 240,000km	≤ 3백만 km	
주요 부품 유지 보수	원칙적으로 불필요	정기적인 검사 및 교체	
주행 중 긴급상황	갓길 주차 후 대응	가외성 확보	

자료 : 신영증권 리서치센터

I. 도시화와 교통혼잡

2050년 도시 인구 67억명

글로벌 도시화율은
2020년 52%에서
2050년 66%까지 증가

주요 국가의 산업화와 함께 글로벌 도시화율은 빠르게 상승했다. 1950년 글로벌 도시 인구는 7.5억명으로 전 세계 도시화율은 30%에 불과했다. 그러나 1960년대 이후 일본, 한국, 중국 등 아시아 국가의 경제성장과 함께 도시화율이 빠르게 상승했다. 소득 수준과 경제 수준이 낮은 개발도상국의 도시화율도 1950년 18%에서 2020년 52%까지 상승했다.

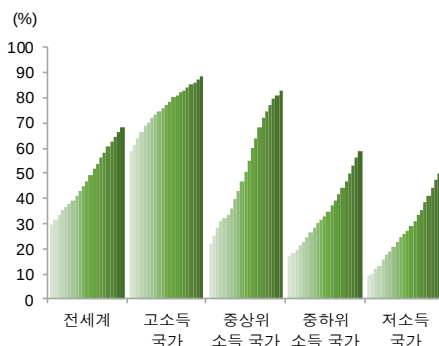
세계 최대 인구를 자랑하는 중국의 도시화율은 1950년 12%에 불과했으나 2020년에 61%를 넘어섰다. 하지만 여전히 미국(83%), 한국(81%), 일본(92%)과 비교해서 주요 개발 도상국의 도시화율은 낮은 수준을 보인다. 2020년 글로벌 도시화율은 56%이며 선진국의 도시화율은 79%에 이른다.

도시화율 상승과 함께
교통혼잡 증가

도시화는 고정자산 투자 확대와 산업육성, 그리고 이에 따른 고용 창출 효과를 유발한다. 다른 한편으로는 부정적 외부효과를 낳기도 했는데 대표적인 것이 혼잡이다. 도시에 거주하는 인구가 늘어남에 따라 주요 대도시의 인구 1천만 명을 넘어갔으며, 이에 거주 지역과 도로 등은 포화 상태에 이르렀다.

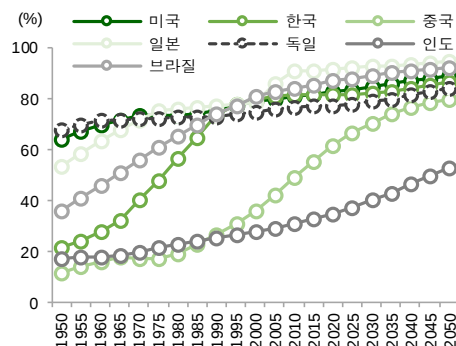
이러한 도시화율 상승은 2050년까지도 지속될 전망이다. UN은 2020년 52%인 글로벌 도시화율이 2050년 66%까지 증가할 것으로 보고 있다. 도시에 거주하는 인구가 2020년 44억명에서 2050년 67억명까지 증가하게 되는 것이다.

도표 1. 전세계 & 소득 수준별 도시화율 (1950~2050)



자료 : UN, 신영증권 리서치센터

도표 2. 주요 국가별 도시화율 (1950~2050)



자료 : UN, 신영증권 리서치센터

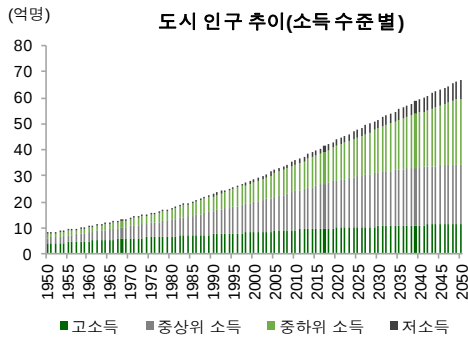
2050년 선진 국가의
도시화율은 90%에
이를 전망

2050년경 미국, 한국, 일본, 독일 등 주요 선진 국가의 도시화율이 90% 수준에 육박할 것으로 전망된다. 중국의 도시화율도 80%까지 상승하고, 현재 34%에 불과한 인도의 도시화율도 경제 성장과 함께 2050년에는 53%에 이를 전망이다.

도시화율 상승과 함께
주요 도시의 교통 혼잡도
심화될 전망

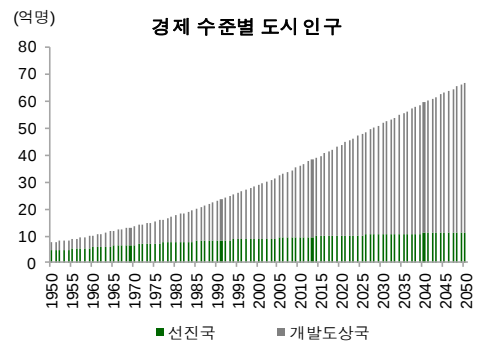
이처럼 도시에 거주하는 인구가 증가하게 되면 교통 혼잡은 더욱 심화할 것으로 예상된다. 이미 세계 주요 대도시에서 거주하는 시민들은 교통혼잡으로 인해 상당한 시간과 금액을 허비하고 있다. 도시화율에 따른 교통수단 변화를 중국의 사례를 통해 알아보려고 한다.

도표 3. 소득별 도시 인구 (1950~2050)



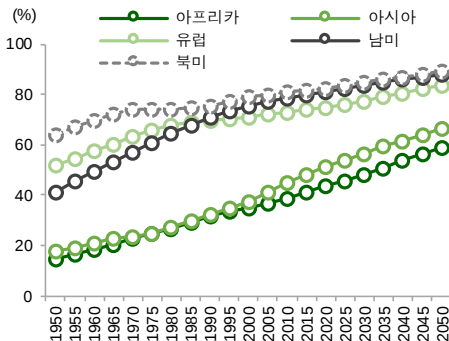
자료 : UN, 신영증권 리서치센터

도표 4. 경제 수준별 도시 인구 추이 (1950~2050)



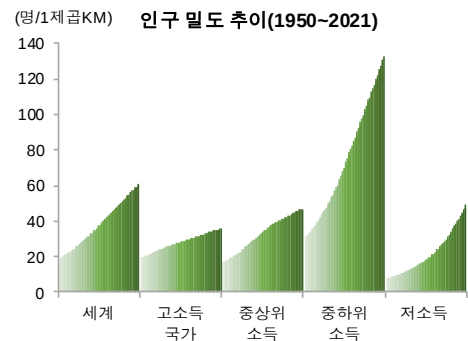
자료 : UN, 신영증권 리서치센터

도표 5. 대륙별 도시화율 추이 (1950~2050)



자료 : UN, 신영증권 리서치센터

도표 6. 인구 밀도 추이 (1950~2021)



자료 : UN, 신영증권 리서치센터

도시화율과 교통 수단의 변화(중국 사례)

1980년대 이전까지만 중국의 도시화는 해도 매우 더디었다. 1950년부터 중국의 도시화율이 20% 도달하는 데 무려 31년이 걸렸다. 처참히 실패한 대약진 운동과 문화 혁명 혼란으로 30여 년간 중국은 도시화에 진전을 이루지 못했다. 그러다가 1988년 헌법개정(헌법10조 4항)을 계기로 중국에서 ‘토지 사용권의 양도’가 허용되며 도시화가 빠르게 진행되었다.

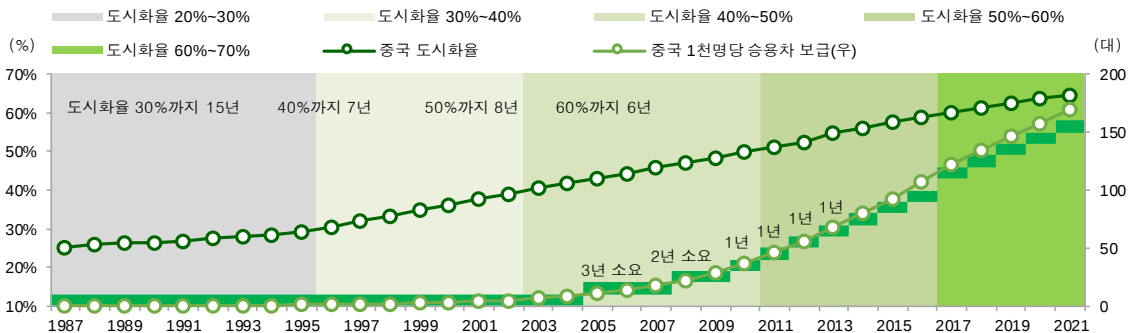
1988년 이후 중국의 도시
화가 빠르게 진행

중국 도시화율이 20%에서 30%까지 도달하는 데 15년이 걸렸으나 1990년대 들어서는 도시화율이 10%p 상승하는 데 8년밖에 걸리지 않았으며, 50%에서 60%까지 상승하는 데는 6년이면 충분했다. 경제 발전과 함께 노동인구가 1차 산업에서 2차로, 다시 3차 산업으로 이동하는 패티-클라크 법칙에 따라 중국의 도시화율이 빠르게 상승한 것이다.

중국 도시화율 상승과 함께
오토바이에서
승용차로 중국 국민들의
교통 수단도 변화

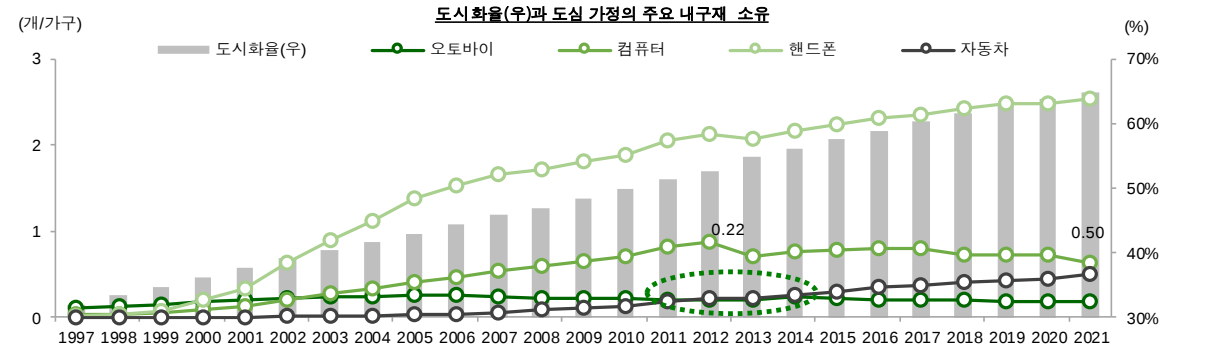
중국의 경제 성장과 이에 따른 도시화는 중국인들의 소득 수준과 교통수단에도 변화를 주었다. 중국의 도시화율과 자동차 보급 추이를 보면 도시화 진행에 따라 자동차 보급 수준이 가속화되는 것을 확인할 수 있다. 중국 도시화율이 40%에 이르기까지 인구 1천 명당 자동차 보급 대수는 큰 변화를 보이지 않았다. 2005년 1천 명당 승용차 보유가 10대를 넘어서기까지 무려 18년이나 걸렸다. 그러나 2003년 도시화율이 40.5%를 넘어선 후 2011년 51%에 도달하는 과정에서 중국의 자동차 보급은 괄목상대할 증가를 했다. 인구 1천 명당 승용차 보급이 10대 증가하는 데 18년이 걸렸지만, 해당 기간에는 3년, 2년이면 충분했다. 도시화율이 60%를 향해 증가하던 2010년부터는 매년 인구 천 명당 승용차가 10대씩 증가 중이다.

도표 7. 중국의 도시화를 변화와 인구 1천명당 승용차 보급 : 도시화율 상승과 함께 자동차 보급 증가



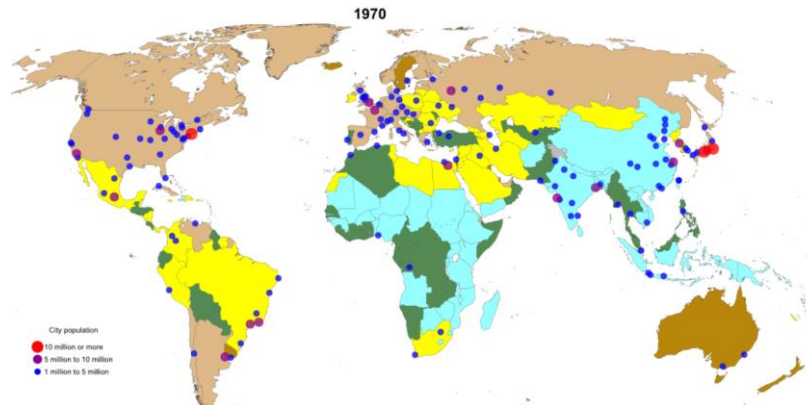
자료 : 중국 통계청, 신영증권 리서치센터

도표 8. 중국의 도시화를 상승과 함께 오토바이에서 자동차로 소유 변화



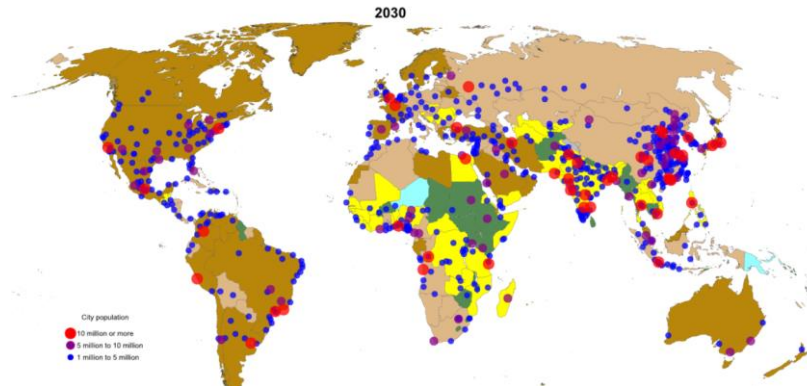
자료 : 중국 통계청, 신영증권 리서치센터

도표 9. 1970년 주요 도시/지역별 인구



자료 : UN, 신영증권 리서치센터

도표10. 2030년 주요 도시/지역별 인구



자료 : UN, 신영증권 리서치센터

교통혼잡으로 인해 새로운 이동 수단 필요

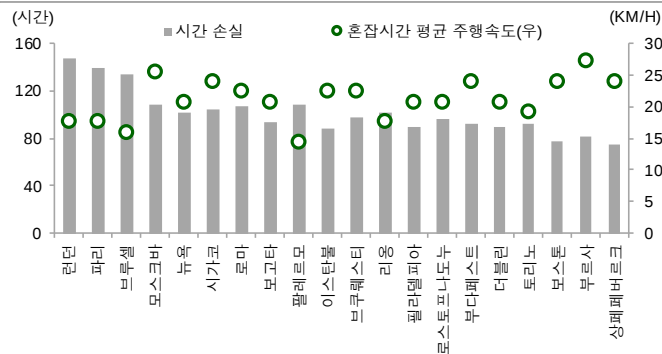
도시화율 상승과 함께
교통 혼잡으로 인한
사회적 비용 문제 대두

교통 혼잡으로 인한 사회적 비용은 상당히 크다. INRIX에 따르면 세계에서 가장 혼잡한 도시는 런던, 파리, 브뤼셀, 뉴욕, 모스크바이다. 2021년 통근 시간 교통 혼잡으로 인한 미국 운전자의 평균 시간 손실은 36시간이다. (코로나 발생 이전인 2019년은 평균 99시간).

뉴욕은 102시간, 시카고 104시간, 필라델피아 90시간 등 글로벌 주요 도시의 교통 혼잡에 따른 시간 손실은 더욱 심각하다. 영국도 상황은 비슷하다. 2021년 교통 혼잡에 따른 영국 운전자의 평균 시간 손실은 73시간(2019년 115시간)으로 미국보다 심각하며, 런던은 148시간에 이른다.

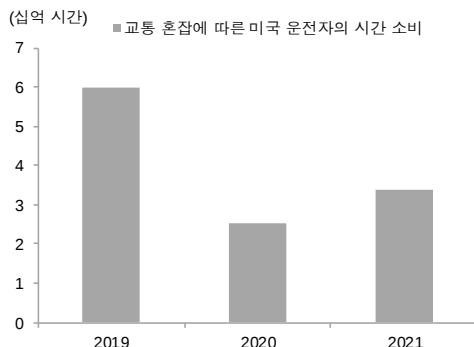
시카고 등 글로벌 주요 도시에서는 통근 시간 교통 혼잡으로 인한 시간 손실이 120시간을 넘어선다. 2019년, 교통 혼잡에 따른 미국 운전자의 시간 소비는 60억 시간에 이른다. 이를 금액으로 환산하면 인당 \$500이다. 대도시일수록 통근 시간의 교통 혼잡이 심한데 시카고, 뉴욕 등 미국 대도시 거주자의 통근 시간 교통 혼잡 비용은 \$1,500를 넘어선다.

도표 11. 출퇴근 교통혼잡으로 인한 시간 손실 상위 20개 도시 (2021)



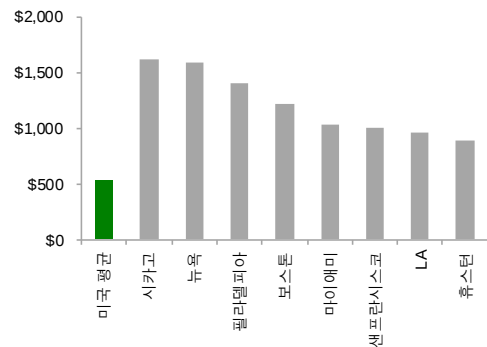
자료 : INRIX, 신영증권 리서치센터

도표 12. 교통 혼잡으로 인한 미국 운전자의 연간 시간 손실



자료 : INRIX, 신영증권 리서치센터

도표 13. 미국 운전자 당 교통혼잡 비용 (2021)



자료 : INRIX, 신영증권 리서치센터

도시화율과 교통혼잡으로
3차원 교통수단
VTOL 필요성 대두

도시화율 상승과 교통혼잡, 이에 따른 비용을 줄이기 위해 새로운 모빌리티 필요성이 커지고 있는데 이에 따라 주목받는 새로운 교통수단이 수직 이착륙이 가능한 VTOL이다(Vertical Take-Off and Landing). 도로라는 물리적 제약에서 벗어나 3차원 공간으로 이동 수단을 확장하는 것이다.

수직 이착륙이 가능한 VTOL 기체는 과거에도 군사용 목적으로 개발 시도가 지속해서 이뤄졌던 기체이다. 일반적으로 전투기, 전폭기 등 고정익 기체는 전시에 활주로나 파괴되는 순간 무용지물 자산이 된다. 따라서 엔진 추력만으로 수직 이착륙이 가능한 전투기에 대한 필요성이 컸기 때문이다.

대표적인 수직이착륙기는 세계 최초의 수직이착륙 전투기인 영국의 해리어다. 하나의 엔진을 4개의 수직/수평 변환 노즐과 결합하여 수직 이착륙 성능을 구현한 해리어는 포클랜드 전쟁에서 전술적 가치와 성능을 보여주었다. 수직 이착륙 과정에서 막대한 연료를 소모하기에 동급의 고정익 전투기 대비 전투행동반경, 무장 탑재 능력이 떨어진다는 단점이 있지만 비좁은 공간에서도 이륙할 수 있다.

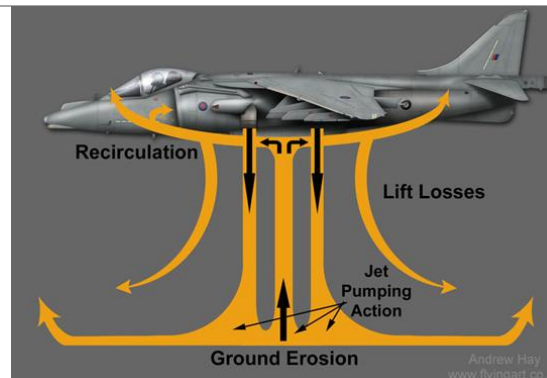
이함/착함 능력이 우수하다는 전략적 이점으로 인해 VTOL 기체 개발은 해리어 이후에도 Yak-38, F-35B JSF 등으로 지속해서 이루어지고 있다. 하지만 터보 팬 제트엔진을 활용한 전투기, 또는 헬리콥터를 도심에서 이동 수단으로 활용하는 데는 소음과 안전성 등에서 문제가 생길 수 있다는 것이 문제였다.

도표 14. Harrier II (AV-8B) 수직 이착륙기



자료 : ACS, 신영증권 리서치센터

도표 15. VTOL 시스템 원리



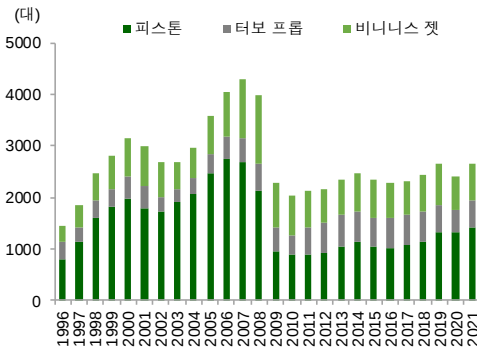
자료 : Flygart, 신영증권 리서치센터

그래서 주목받는 것이 전기 추진시스템을 활용한 e-VTOL이다. 엔진이 아닌 모터 기반 전기 추진시스템을 활용하기 때문에 소음이 적고, 여러 개의 로터를 활용하여 안전성을 높일 수 있다. E-VTOL 역시 수직이착륙이 가능하므로 활주도가 필요 없어서 도심 빌딩 숲에서도 활용할 수 있다.

이러한 수직 이착륙 모빌리티는 과거 만화에도 자주 등장했던 아이디어이다. 그러나 그동안은 모터 기술, 전기 추진시스템의 기술적 한계로 인해 상상 속에 머물러있었다. VTOL은 인구밀도가 높은 도시를 날아야 하기 때문에 높은 신뢰성과 가외성, 그리고 높은 비추력과 비토크 성능이 필요한데 이를 구현할 기술 수준이 충분하지 않았기 때문이다.

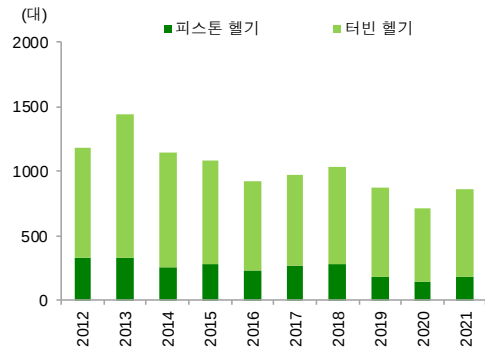
그러나 최근 모터 효율성 개선, 배터리 에너지 밀도 증가, 다양한 센서 기술 및 경량화 소재 기술 발전에 따라 수직 이착륙 모빌리티를 구현하려는 업체들이 늘어나고 있다.

도표 16. 전세계 피스톤, 터보프롭, 비즈니스 젯 시장 규모



자료 : GAMA, 신영증권 리서치센터

도표 17. 전세계 민항 헬리콥터 시장 (피스톤 & 터빈 헬기)



자료 : GAMA, 신영증권 리서치센터

도표 18. VTOL 관련 주요 용어

분류방식		기체형식	정의
운용 방식	단일모드(Single Mode)		일반 항공기의 비행모드 운행하는 비행체
	이중모드(Dual Mode)		지상에서는 일반 자동차 주행모드 운행, 공중에서는 비행모드 운행하는 비행체
이착륙 방식	Non electric	CTOL (Conventional Take-off and Landing)	고정익 항공기와 유사한 형태로 이착륙 시 보통의 활주 거리를 필요로 하는 통상적인 비행체
		STOL (SHORT Take-off and Landing)	짧은 활주로 또는 저속으로도 이착륙이 가능한 비행체
		VTOL (Vertical Take-off and Landing)	활주로 없이 수직으로 이착륙하는 비행체
	Electric	e-CTOL (electric Conventional Take-off and Landing)	활주로 없이 전력을 사용하여 수직으로 이착륙하는 비행체
		e-STOL (electric SHORT Take-off and Landing)	기존 엔진을 전기 모터로 레트로피트(retrofit)하는 방식
		e-VTOL (electric Vertical Take-off and Landing)	짧은 활주로 또는 저속으로 전기 모터로 이착륙이 가능한 비행체
동력원	내연기관(Internal Combustion Engine)		화석연료를 에너지원으로 사용하는 전통적인 추진 방법
	전기 추진 시스템(Electrical System)		이차전지, 태양전지 등의 동력원에서 전력을 공급받아 모터를 구동하는 방법
	하이브리드 시스템(Hybrid-System)		전기 동력을 이용하는 시스템에 연료전지, 내연기관, 발전기 등을 결합하는 방법

자료 : 신영증권 리서치센터

2. e-VTOL 구성 요소

Advanced Air Mobility 생태계와 시장

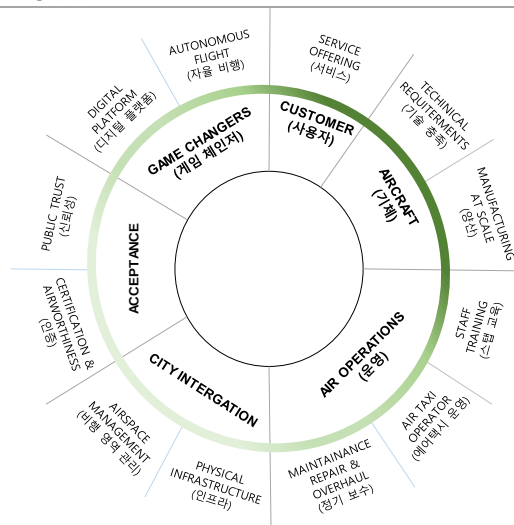
AAM = UAM + RAM

AAM(Advanced Air Mobility)는 도심 항공 모빌리티(Urban Air Mobility)와 지역 간 항공 모빌리티(Regional Air Mobility)를 포함하는 항공 서비스로 UAM과 RAM 모두 기존 민항기 대비로는 비행거리가 짧은 근거리 항공 서비스이다. NASA는 AAM을 항공 서비스를 받지 못하는 장소 사이에 사람과 화물을 이동하는 항공 운송 시스템으로 정의한다.

UAM은 Air Taxi 등 혼잡한 도심 내 신속한 이동에 초점을 맞추고 있다. UAM은 교통 체증이 극심한 도심 내에서 Air Taxi를 활용한 신속한 이동과 활용에 초점이 맞추어져 있고, 따라서 도심 내 이착륙을 위한 버티포트 등의 새로운 인프라 시설이 필요하다. 도심 주요 거점 간 이동에 중점이 맞추어진 UAM 기체는 높은 기동성과 더불어 저소음 성능이 중요하다.

RAM은 UAM이 커버하는 지역보다는 더 장거리 지역을 연결하는 중소형 항공 모빌리티이다. 수직 이착륙 방식과 더불어 기존의 지역 공항 인프라를 활용한 일반적인 이착륙 방식 운용도 가능하며 비행거리가 100km 내외인 UAM 대비 장거리 비행에 중점을 두고 있다. RAM은 지역 간, 도시 간 이동에 집중하는 만큼 비행거리도 200km 내외이다. 이처럼 UAM 대비 더 긴 비행 능력이 요구되는 만큼 추진시스템, 배터리 등에서 추가적인 기술 발전이 필요하며, 이에 따라 RAM 시장의 상용화 시점은 UAM 보다는 2년~5년 가량 늦은 2030년 전후가 될 전망이다.

도표 19. UAM 생태계



자료 : Volocopter, 신영증권 리서치센터

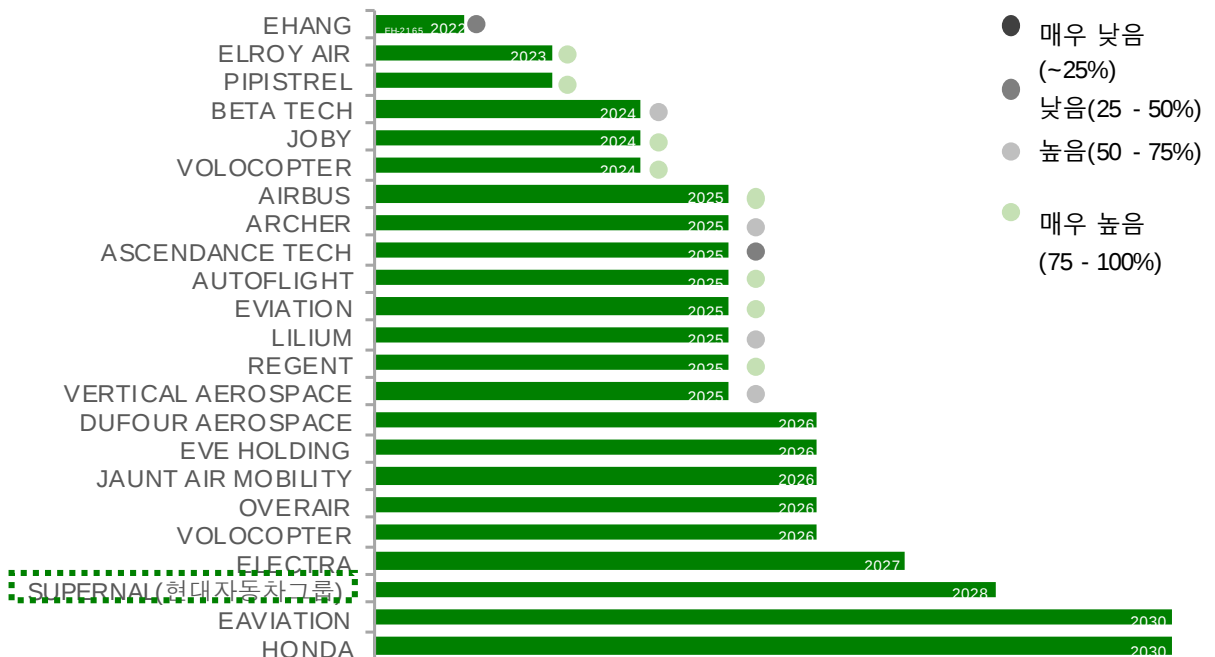
UAM과 RAM을 포함한 AAM 생태계는 크게 부품, 제조, 운항, 인프라 시장으로 구분할 수 있다. AAM 제조 시장은 UAM, RAM 등 AAM 완제기를 개발/생산하는 시장이다. 글로벌 완제기 업체인 Airbus를 필두로 현대자동차그룹, Honda, Geely 자동차, Volkswagen, Denso 등 주요 완성차 & 부품 업체들도 진출 의사를 천명한 바 있다.

AAM 시장에서는
전동화에 따라
모터, 배터리 등 새로운
게임의 규칙이 대두

내연기관 엔진을 사용하는 기존 항공기와 달리 일반적인 AAM 기체는 모터 추진시스템을 동력원으로 사용한다. 엔진, 변속기(Drive Unit) 등 기존 항공 산업의 기술적 진입 장벽이 낮아지고, 모터, 배터리 등 새로운 게임의 규칙이 적용되는 것이다. 이에 따라 Joby, Ehang, Lilium 등 다수의 신생 업체들도 AMM 시장 선점을 노리고 있다. (도표 19 참고) 부품 시장은 AAM 완제기를 생산하는데 필요한 모터 기반 전기 추진시스템, 배터리와 더불어 경량화 & 고강도 신소재 부품과 센서 등을 개발, 제작하는 시장이다.

이렇게 생산된 기체를 활용해 Air Taxi와 같은 모빌리티 서비스로 제공하는 AAM 운항 시장이 있고, AAM의 도심 수직 이착륙과 운항을 위해 필요한 버티허브(이착륙/충전/정비), 버티포트(이착륙/충전), 버티스탑(이착륙) 등 지상 인프라를 건설, 운영하는 시장이 존재한다.

도표 20. AMM 시장에 진출한 주요 업체들의 VTOL 서비스 개시 계획



자료 : SMG, 신영증권 리서치센터

다양한 기술이 융복합된 AAM 생태계 구축을 위해서는 항공, 모터, 배터리, 항법, 통신 기술 개발과 더불어 다양한 산업과 민관 협업이 필수적이다. 현재 E-VTOL 기체를 개발/생산하는 업체들이 가장 큰 주목을 받고 있지만 AAM 기체 생산 외에도 부품, 인프라 등 다른 산업과 시장도 중요하다. AAM을 활용한 운송/운영 사업, AAM 기체를 정기적으로 검사하고 정기 보수하는 서비스, 그리고 도심 내 기체 관제(Urban Air Traffic Management) 등 다양한 분야가 향후 동반 성장할 것으로 예상된다.

2035년 전후 글로벌 주요 대도시에서 본격적인 AAM 시장 성장과 함께 버티포트 등 AAM 인프라 시장도 동반 성장하게 될 것이다. 버티포트 등 AAM 육상 인프라는 소비자의 접근성을 좌우한다. 하지만 아무리 도심 주요 거점에 버티포트 등을 구축해도 소비자의 First & last miles를 완벽히 없애는 것은 불가능하다. 따라서 PBV(Purpose Built Vehicle)와 같은 육상 이동 수단과 연계를 통해 소비자의 AAM 접근성을 높여야 한다.

AAM에 대한 시민들의 접근성이 낮으면 소비자들이 기존 교통수단에서 AAM으로 전환할 이유가 적어질 수 있기 때문이다. 이는 과거 서울의 한강 수상 택시가 실패한 사례에서 충분히 확인할 수 있다. 따라서 로봇 택시 등 육상 이동 수단과 연계를 통해 소비자의 버티포트 접근성을 향상하고, 이동 시간과 비용을 최소화할 수 있어야 한다. 이에 따라 인프라 & AAM 연계 육상 모빌리티 시장도 향후 높은 성장을 보여줄 것이다.

도표 21. UAM 성공을 위해서는 다른 교통 수단과 연계가 필수



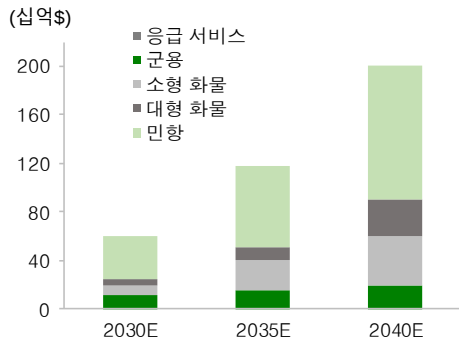
자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

AAM 승용 시장
\$1,200 억달러

KPMG에 따르면 2040년 AAM 경제 규모는 \$2,200억 달러에 이를 전망이다(도표21). 이중에서 \$1,200 억달러에 이를 것으로 예상되는 AAM 승용 시장(Passenger Total Addressable Market, 도표 22) 중 AAM 개발/생산 시장과 Fleet Operation 시장이 각각 \$500억 달러에 이를 것으로 예상되며, 검사 및 정기보수 시장이 \$150억 달러, Air Traffic Management 시장이 약 \$50억 달러에 이를 것으로 예상된다.

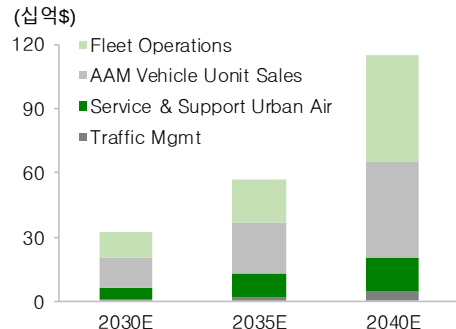
글로벌 AAM 기체 판매는 2025년까지는 연 2,000대 수준에 머무를 전망이다. 하지만 이후 고성능 모터, 차세대 배터리가 탑재된 e-VTOL 기체들이 본격적으로 출시되며 2040년에는 25,000대 규모까지 성장하며 2025년부터 2040년까지 사이에 연평균 18% 성장세를 보여줄 것으로 기대한다..

도표 22. 글로벌 AAM 경제 규모



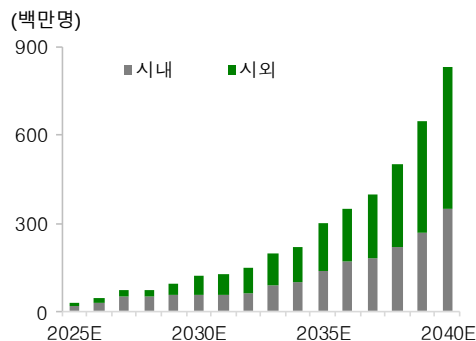
자료 : KPMG, 신영증권 리서치센터

도표 23. 글로벌 AMM 승용 시장 규모



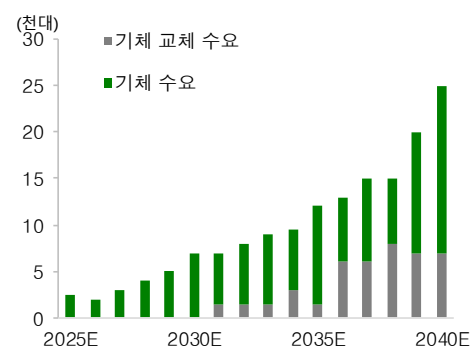
자료 : KPMG, 신영증권 리서치센터

도표 24. 글로벌 AAM 승객 수요



자료 : KPMG, 신영증권 리서치센터

도표 25. 글로벌 AMM 기체 수요



자료 : KPMG, 신영증권 리서치센터

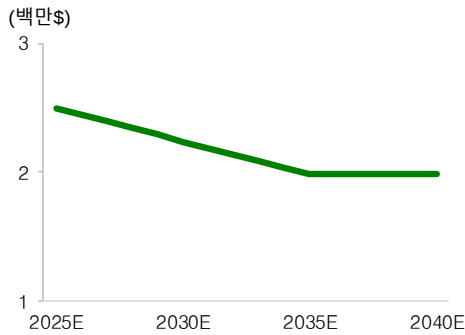
도표 26. UAM과 RAM 특징

현대차그룹 UAM과 RAM

도심 항공 교통(UAM)	구분	지역 간 항공교통(RAM)
배터리	동력원	수소연료전지 + 배터리
도심 내 사람 · 화물 운송	특징	지역 거점 간 사람 · 화물 운송
100km 이상	이동 거리	200km 이상
2028년 이후	상용화 시기	2030년 이후
S-A1	명칭	프로젝트 N
날개 15m, 전장 10.7m	크기	직경 6m

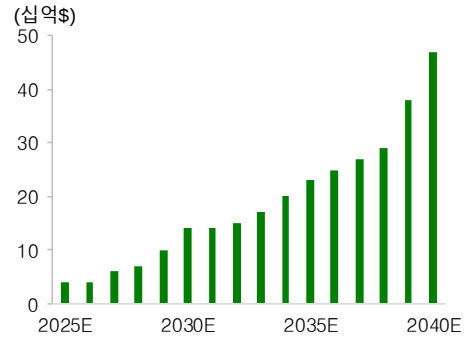
자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 27. AMM 기체 대당 평균 가격



자료 : KPMG, 신영증권 리서치센터

도표 28. 글로벌 AMM 기체 시장



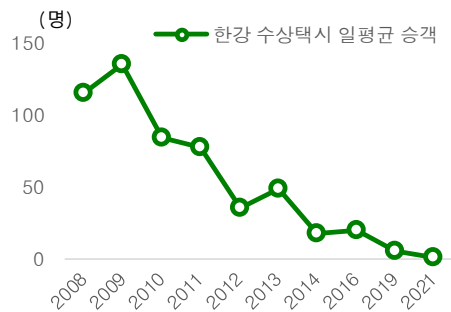
자료 : KPMG, 신영증권 리서치센터

도표 29. 접근성이 떨어져 실패했던 한강 수상 택시



자료 : Google, 신영증권 리서치센터

도표 30. 한강 수상 택시 일평균 이용자수 추이



자료 : 서울시 신영증권 리서치센터

e-VTOL 기체 종류

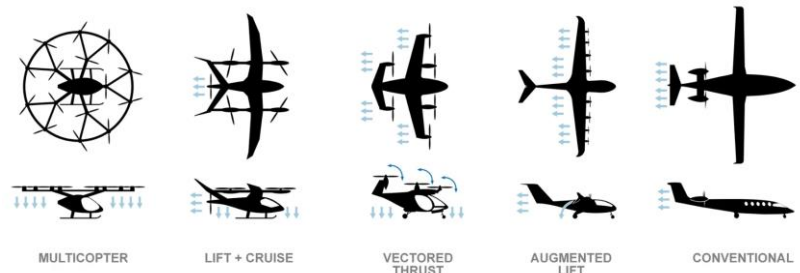
수직 이착륙이 가능한 VTOL은 비행 추진 방식에 따라 분류할 수 있다. 현재 개발 중인 e-VTOL 기체 중 Multicopter 방식이 40%, Lift & Cruise 방식이 22%, Tilt 방식이 38% 를 차지하고 있다.

일반적으로 수직 이착륙이 가능한 기체는 헬리콥터와 같은 회전익 기체이다. 회전익 기체는 고정익 기체와 달리 이륙과 착륙에 활주로가 필요 없다는 장점이 있지만, 고속 비행이 어렵다는 단점이 있다. 반대로 전통적인 고정익 기체는 빠른 비행이 가능하지만 수직 이착륙을 할 수 없어 활주로가 필요하고, 소음이 크다는 단점이 존재한다. 이러한 장단점으로 인해 e-VTOL은 회전익 기체의 수직 이착륙 능력과 고정익 기체의 고속 비행 능력을 혼합하는 방식으로 개발이 이루어지고 있다.

멀티콥터:
고정익 없이 다수의
회전익으로 구성

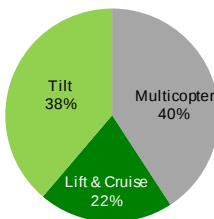
대표적인 e-VTOL 방식은 멀티콥터 방식이다. 멀티콥터 방식의 VTOL은 기체에 부착된 2개 이상의 프로펠러를 활용해 이착륙과 비행에 필요한 추진력을 얻는 방식으로 Ehang 184, Volocopter가 이러한 방식의 기체를 개발하고 있다. 혼잡한 도심 위를 날아다니는 e-VOTL 기체는 안전성 확보는 필수이다.

도표 31. 주요 e-VTOL 기체 방식



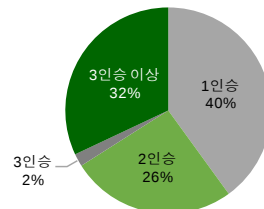
자료 : elnfochips, 신영증권 리서치센터

도표 32. e-VTOL 컨셉 기체 유형별 비중



자료 : Porsche Consulting 신영증권 리서치센터

도표 33. e-VTOL 좌석 수 별 비중



자료 : Porsche Consulting, 신영증권 리서치센터

혼잡한 도심 위를 날아다니는 e-VOTL 기체는 안전성 확보는 필수이다. 멀티콥터 방식은 Volocopter가 채택한 비행 기체 방식으로 **부품 수 최소화**를 통해 기체 결합이나 오작동 가능성을 줄일 수 있다. 다수의 로터를 통해 비행하는 멀티콥터 방식의 기체는 가외성을 확보하는데 유리하다. 아울러 멀티콥터 방식은 대표 회전익 기체인 헬리콥터, 그리고 드론과 유사한 방식이기 때문에 기술 노하우가 상대적으로 많이 축적된 분야이며, 이에 따라 상대적으로 기술 개발이 쉬울 뿐만 아니라 이에 따라 FAA 등 감항 당국의 인증을 받기가 상대적으로 쉬울 수 있다는 장점이 있다.

멀티콥터 방식은 양력을 발생시키는 날개가 없어 기체 경량화에 유리하고, 호버링 능력이 우수하다. 하지만 익단 면에 의한 양력이 없고, 고정된 로터로 인해 수평 비행 속도와 비행거리가 다른 방식의 기체에 비해 열위에 있다. 따라서 도심 내 근거리 이동에는 적합할 수 있으나 RAM으로는 부적합하다는 시각이 지배적이다.

Lift & Cruise:
독립적인 양력. 추력 추진

이에 멀티콥터 대비 더 긴 비행거리를 목표로 Boeing의 Aurora, Kitty Hawk 등의 업체들이 회전익과 고정익 방식이 혼합된 Lift & Cruise 방식의 e-VTOL을 개발하고 있다. Lift & Cruise 방식의 e-VTOL은 헬리콥터처럼 수직 방향으로 장착된 로터를 통해 수직 이착륙하고 이륙 후에는 비행기처럼 수평 방향으로 장착된 프로펠러를 활용해 추진력을 얻어 비행한다. 전진 비행 시에는 고정익 기체 방식으로 비행하기 때문에 멀티로터 방식 대비 상대적으로 빠른 비행 속도를 낼 수 있다는 장점이 있으며, 이에 RAM 등 상대적으로 긴 비행에도 활용할 수 있다.

Vectored Thrust:
추진체가 방향을 바꾸어 양력과 추력을 발생

추진력 변환 방식인 Vectored Thrust는 Lift & Cruise 방식 기체처럼 고정익, 회전익 방식이 복합되어 있다. 하지만 Vectored Thrust 기체는 이착륙 시에는 날개 방향을 수직 방향으로 하고, 수평 전진 비행 때는 날개 방향을 바꾸어 추진력을 얻는다. 즉, 수직 이착륙을 위해 필요한 양력을 만드는 추진체와 전진 비행을 위해 필요한 추력을 담당하는 추진체가 독립적으로 운영되는 Lift & Cruise와 달리 Vectored Thrust는 추진체가 방향을 바꾸어 양력과 추력을 동시에 만들어낸다는 것이 차이점이다. 날개와 로터를 함께 움직이기 때문에 비행 중에 받음각을 조절할 수 있으며, 이에 전통적인 수직 이착륙 방식으로도 비행기 가능하다. 이처럼 수직 이착륙이 가능하고, 수평 비행 속도도 빠르다는 장점이 있지만, 기술 난이도가 상대적으로 높은 기체 방식으로 평가받는다.

상기 언급한 방식 외에도 수직 이착륙을 위해 필요한 추진력을 생성하는

로터나 덕티드 팬을 비행 상황에 맞게 변환하여 비행하는 방식도 있다. 무엇을 변환하느냐에 따라 틸트 로터, 틸트 덕트, 틸트 프로프, 틸트 wing 등으로 분류할 수 있다. 전통적인 회전익 기체인 헬리콥터는 수직으로 탑재된 로터의 회전으로 이착륙과 전진 비행한다. 반면 틸트 로터 기체는 수직 이륙 이후 프로펠러 고정익 기체처럼 로터 방향을 수평으로 하여 추력을 얻어 비행하는 개념으로 1950년대부터 군사용으로 연구되어 세계 최초의 틸트 로터 기체 Transcendental 1-G이 개발된 바 있다.

도표 34. 다수의 로터를 활용하는 멀티로터 Ehang



자료 : Ehang 신영증권 리서치센터

도표 35. Tilt Rotor 방식의 현대차 SA-1



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 36. Ducted Fan 방식의 Lilium Jet



자료 : Lilium 신영증권 리서치센터

도표 37. Lift & Cruise 방식의 Honda E-VTOL



자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

도표 38. e-CTOL 방식의 Eviation Alice



자료 : Eviation, 신영증권 리서치센터

도표 39. Tilt Wing 방식의 Dufour Aerospace



자료 : TransportUP, 신영증권 리서치센터

가외성의 역설

불확실성 하에서 안전성을
높이는 방법으로
가외성 확보가 중요

효율성이 중요하게 여겨지는 다양한 분야에서 기능, 역할의 중첩, 중복을 뜻하는 가외성(Redundancy)은 과잉, 비효율 의미로 통용되었다.

그러나 기계적 결함으로 인한 비행기 비상 착륙을 경험하고 난 뒤 Martin Landua 교수는 1969년 불확실성 하에서는 가외성이 오류 발생 확률을 기하급수적으로 감소시킨다는 가외성의 타당성을 주장했다.

이러한 가외성의 역설은 자율주행 분야에서도 쉽게 찾아볼 수 있다. 미세한 오차로 인해 대형 인명사고가 발생할 수 있으므로 자율주행에서는 주변 도로 환경에 대한 정확한 인지 과정이 선행되어야 한다.

이에 다수의 완성차 업체들은 한 가지 센서에만 의존하기보다는 카메라, 레이더, GPS, 초음파, 라이다, 지도 등 다양한 센서를 보완재로 사용하여 자율주행 차량의 주변 환경 인지 성능 향상을 추구하고 있다.

항공 산업에서도 가외성은 중요하다. 따라서 일반적으로 비행기는 이중 안전 방식(Fail-safe) 방식으로 설계되어 특정 기능 또는 계통에서 고장이 발생하면 2차, 3차 제어 계통이 활성화되는 방식이다.

이와 더불어 항공 산업은 매우 엄격한 안전 규제를 적용 받는다. 비행 중 추락 등 사고가 발생하면 그 어떤 이동 수단보다 막대한 인명, 재산 피해가 발생할 수 있기 때문이다.

도표 40. 비상 착륙 후 가외성을 강조한 Martin Landau

Redundancy, Rationality, and the Problem of Duplication and Overlap

Martin Landau

Not so long ago I experienced an emergency landing. We had been aloft only a short time when the pilot announced some mechanical failure. As we headed toward the nearest airport, the man behind me, no less frightened than I, said to his companion, "Here's where my luck runs out." A few minutes later we touched down to a safe landing amidst foam trucks and subzero-clad fire fighters.

On the ground I ran into the pilot and asked him about the trouble. His response was vague, but he did indicate that something had been wrong with the rudder. How, then, was he able to direct and land the plane? He replied that the situation had not really been as ominous as it had seemed: the emergency routines we had followed were necessary precautions and he had been able to compensate for the impairment of the rudder by utilizing additional features of the aircraft. These were, he said, safety factors built into all planes.

Happily, such matters had not been left to chance, luck, as we say. For a commercial airliner is a very redundant system, a fact which accounts for its reliability of performance; a fact which also accounts for its adaptability.

도표 41. 가외성과 안전성을 강조하는 항공 부품



자료 : City University of New York, 신영증권 리서치센터

자료 : Embention, 신영증권 리서치센터

항공 산업은 매우 엄격한 안전 기준과 규제를 적용 받는 분야이다. 도로 위를 달리는 자동차는 주행 중 엔진 등에 결함이 발생했을 때 운전자가 갓길에 차를 세우는 등 비상 대처가 어느 정도는 가능하다. 하지만 하늘을 나는 비행기의 엔진에서 기계적 결함이 발생했을 때는 파일럿이 응급 대처를 미처 하기 전에 추락 등 대형 인명사고가 발생할 수 있다.

이러한 특성으로 인해 비행기의 추력을 담당하는 엔진에서 고장이 났을 때도 비행기가 남아있는 엔진을 활용해 인근 공항까지 비행하여 착륙할 수 있도록 비행 항로를 제한하는 규제를 적용 받아 왔다.

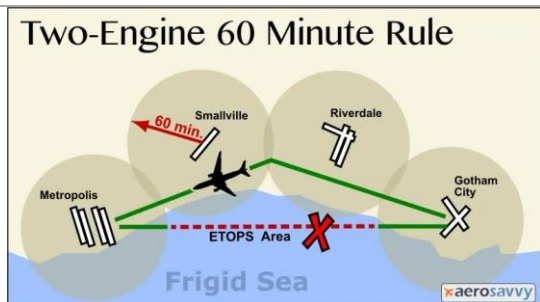
1953년 미국 연방항공청(FAA)는 3개 이하의 엔진이 탑재된 항공기의 항로가 인근 공항으로부터 60분 비행시간 이상 벗어나는 것을 금지하는 규제를 도입했다(도표 41). (FAA와 달리 국제민간항공기구 ICAO는 90분 규칙을 적용) 당시 항공 엔진 기술로는 엔진 1개가 고장 났을 때 남아있는 엔진의 추력으로 100마일, 60분 이상 비행하여 안전하게 공항에 착륙하는 것이 위험할 수 있다고 판단했기 때문이다.

‘60분 규칙’은 쌍발기의 국제 비행 항로를 제한하였음

이 같은 규제는 특히 쌍발기, 삼발기의 대서양 횡단 비행 등을 제한하는 요인이었으며, 이에 항공사들은 수요가 충분하지 않은 노선에도 엔진이 4개 탑재된 B747과 같은 대형 항공기를 투입해야 하거나, 쌍발기로는 최단 항로 대신 공항 인근으로 제한된 비효율적인 항로를 활용해야 했다.

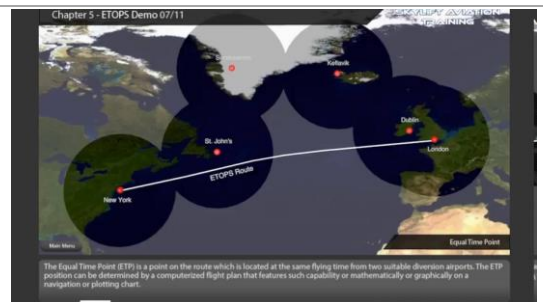
1960년대 들어 제트 엔진 기술 발전과 함께 항공 여객/운송 업계에서 60분 규칙 완화 요구가 커졌다. 이에 삼발기 이상의 기체에 대해서는 60분 규칙을 완화해 주었으나 엔진 1개가 고장 났을 때 남아있는 1개의 엔진에 추력을 의존해야 하는 쌍발기들은 여전히 규제 대상에 묶여있었다.

도표 42. 쌍발기의 비행 항로에 제약을 둔 60분 규칙



자료 : aerosavvy, 신영증권 리서치센터

도표 43. 쌍발기의 복대서양 시대를 열어준 ETOPS



자료 : Skylift-aviation, 신영증권 리서치센터

기술 발전과 함께 쌍발기의 항로 규제 완화 요구가 더욱 커졌고, 이에 1985년 쌍발기의 항로를 인근 공항으로부터 120분 이내까지 확장해주는 ETOPS(Extended Twin-engine Operational Performance Standards)가 도입되었다. 마침내 뉴욕과 런던으로 오가는 북대서양 항로가 쌍발기에도 본격적으로 개방된 것이다. 이후 B777을 통해 보잉이 ETOPS를 180분까지 확장했으며, 이는 쌍발기 기체로도 대부분의 국제선 항로를 커버할 수 있게 되었음을 의미했다.

나아가 2011년, Boeing은 General Electric사의 GE90 제트엔진을 탑재한 B777-300ER, 200LR, 200ER 등에 대해서 FAA로부터 ETOPS 330분 허가를 획득하였다. 이에 Air New Zealand의 오클랜드와 부에노스아이레스 항공편이 2015년 취항했으며, 이에 오세아니아-남미 항로 시대가 본격적으로 개막하게 되었다.

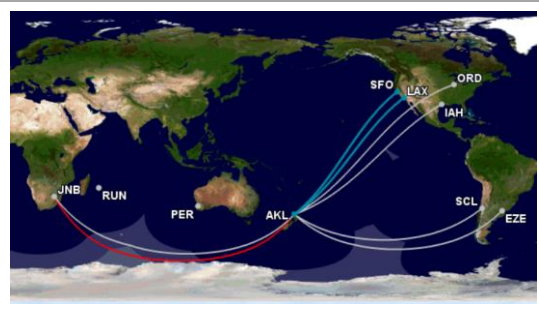
반면 4개의 엔진을 탑재해 ETOPS 규제 수혜를 누렸던 B747, A380과 같은 점보기들은 2020년대 들어 항공 여행 산업이 애초 예상과 달리 Hub & Spoke가 아니라 Point To Point 방식으로 바뀌며 퇴역 수순에 있다.

도표 44. 쌍발기의 ETOPS 180분 시대를 열어준 B787



자료 : Boeing, 신영증권 리서치센터

도표 45. ETOPS 330분을 획득한 B787 NZ-남미 항로



자료 : GCMaP, 신영증권 리서치센터

도표 46. B747를 퇴역시킨 영국 항공



자료 : International Flight Network, 신영증권 리서치센터

도표 47. 조기 퇴역 수순에 있는 A380



자료 : International Flight Network, 신영증권 리서치센터

인구 밀도가 높은 도심 상공을 비행하는 만큼 e-VTOL도 엄격한 항공 안전기준을 적용받는다. 유럽, 미국 등 항공 선진국들은 e-VTOL에 대한 인증기술 기준 마련을 추진 중인데 2019년 유럽이 수직이착륙 항공기 대상 특별 감항조건 SC-VTOL을 선보였다.

Society of Automotive Engineer는 항공기 운영 환경과 기능을 고려하여 항공기 시스템을 개발하기 위한 SAE ARP 4754 지침을 갖고 있다.

SAE ARP 4754 Annex B.1는 '안전'에 대한 정의를 위험이 허용 가능한 위험 수준(acceptable risk)의 최상단 이내에 있는 상태로 규정한다.

허용 가능한 위험 수준
1 비행시간 당 10^{-6}

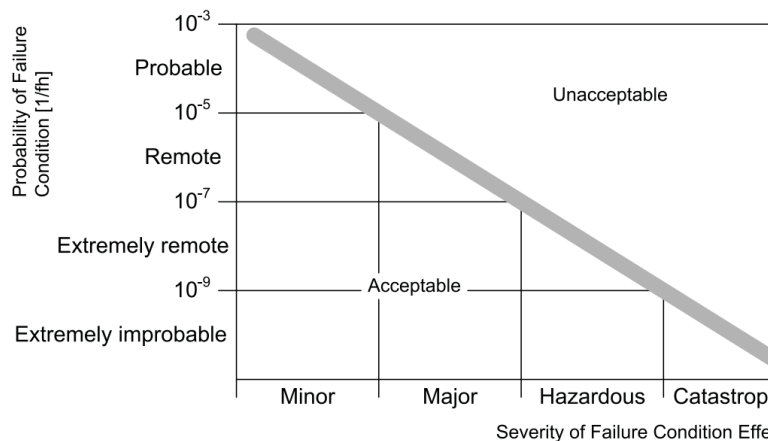
유럽 항공 안전청(EASA)의 "대형 항공기 인증 규격 CS-25(Certification Specifications for Large Aeroplanes)는 '허용 가능한 위험 수준'을 항공기 운용 또는 항공기 기술로 인해 발생하는 심각한 사고(serious accident) 확률이 1백만 비행 시간 당 1이하(10^{-6})일 때로 규정한다. 나아가 항공 사망 사고(fatal accident)의 10%가 기술적 결함으로 인해 발생하고 있기 때문에 항공 사망 사고 확률은 1천만 비행 시간 당 1 이하(10^{-7})로 요구하고 있다.

항공 사망 사고
1 비행시간 당 10^{-7}

치명적인 결함 확률
1 비행시간 당 10^{-9}
= 1,142세기 당 1번

이와 더불어 최대 100개의 결함으로 인해 안전한 비행과 착륙이 불가능할 수 있기 때문에 궁극적으로 치명적인 항공 결함(Catastrophic) 확률이 10억 비행시간 당 1회 이하(10^{-9})인 상태일 때를 안전한 상태로 요구하고 있다. 치명적인 항공 사고 확률이 무려 1,142세기 동안 1번 이하여야 한다고 규정하고 있는 것이다. (Catastrophic failure Condition은 안전하게 비행하여 착륙할 수 있도록 하는 것을 막는 고장 상태를 뜻 함)

도표 48. Probability versus severity of failure condition effects



자료 : German Aerospace Center, 신영증권 리서치센터

유럽 항공안전청은 SC-VTOL-1 VTOL, 2005(b), (1)를 통해 밀집지역을 운항하거나, 또는 상업적인 승객 운송을 목적으로 개발된 항공기는 Category Enhanced 인증을 받아야 한다고 명시하고 있다.

치명적인 항공 사고(Catastrophic) 발생 확률을 10억 비행 시간 당 1회 이하(10^{-9})로 낮추기 위해서는 가외성이 필수적이다. 일반적으로 항공용 모터의 고장 발생 확률을 10^{-6} 수준인데 이는 상기 요구사항(10^{-9})에 미달이다. 그러나 비행체에 2개의 모터가 탑재되어 있고, 이 중 2개가 모두 고장이 나서, 추진력을 100% 상실할 확률은 10^{-12} 로 10^{-9} 보다 발생 확률이 낮아진다. 모터를 4개 사용할 경우 3개의 모터에서 고장이 발생해 치명적인 항공 사고가 발생할 확률은 3.999×10^{-18} 로 더욱 낮아진다.

이처럼 1개의 로터로는 감항 당국의 안전성 요구 수준을 충족시킬 수 없다. 하지만 모터의 수를 늘려 분산 추진시스템을 활용하면 엄격한 안전성 요구도를 충족하는 것이 가능해진다.

이에 따라 e-VTOL에는 다수의 로터를 조합하여 이러한 사고 확률을 낮출 수 있는 분산 추진 기술(Distributed Propulsion)이 안전성 요구를 충족할 수 있는 방법이다.

도표 49. 유럽 항공안전청의 상업적 운송(Category Enhanced)에 대한 안전성 요구: 1 비행시간 당 치명적인 결함 확률 10^{-9}

AMC VTOL.2510 Equipment, systems, and installations

The table below provides the relationship between failure condition classifications and quantitative safety objectives/Function Development Assurance Levels (FDAL) for an aircraft with flight crew onboard.

	Maximum Passenger Seating Configuration	Failure Condition Classifications			
		Minor	Major	Hazardous	Catastrophic
Category Enhanced	-	$\leq 10^{-3}$ FDAL D	$\leq 10^{-5}$ FDAL C	$\leq 10^{-7}$ FDAL B	$\leq 10^{-9}$ FDAL A
Category Basic	4 to 5 passengers	$\leq 10^{-3}$ FDAL D	$\leq 10^{-5}$ FDAL C	$\leq 10^{-7}$ FDAL C	$\leq 10^{-8}$ FDAL B
	2 to 3 passengers	$\leq 10^{-3}$ FDAL D	$\leq 10^{-5}$ FDAL C	$\leq 10^{-6}$ FDAL C	$\leq 10^{-7}$ FDAL C
	0 to 1 passenger	$\leq 10^{-3}$ FDAL D	$\leq 10^{-4}$ FDAL D	$\leq 10^{-5}$ FDAL D	$\leq 10^{-6}$ FDAL C
[Quantitative safety objectives are expressed per flight hour]					

자료 : EASA, 신영증권 리서치센터)

전동화

항공 운송 산업의 탄소 배출량은 세계 탄소 배출량의 약 2.5%를 차지한다. 차지하는 비중 자체가 크지 않다고 여겨질 수 있다. 하지만 **승객 1인당 1km를 비행하는데 배출되는 CO2가 약 285g으로 자동차의 1.8배에 해당한다는 점을 간과해서는 안 된다.**

글로벌 항공 여객/운송 수요 증가에 따라 **글로벌 탄소 배출 중 항공 여객/운송 비중은 2040년 약 10%까지 증가할 것으로 예상되기 때문이다.** 따라서 차량 운송처럼 항공 분야의 탄소 배출 규제와 탄소중립 필요성도 지속해서 커지고 있다.

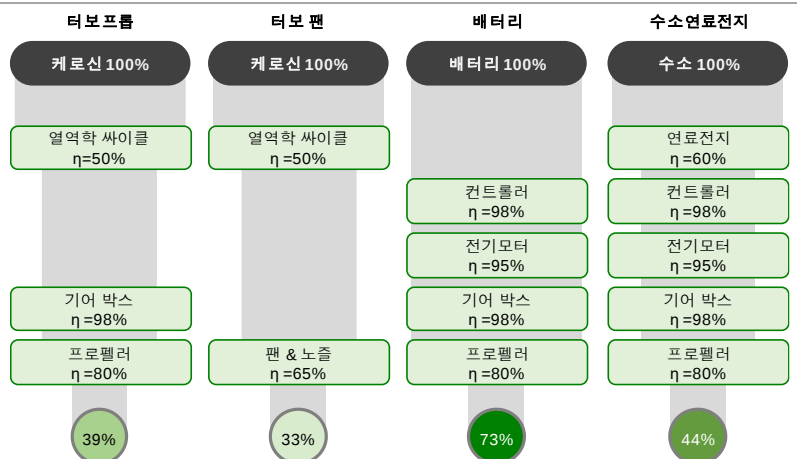
에너지 전환 효율을
고려해야 함

내연기관 엔진의
열 효율은 높아 봐야
40%~50%

여러 운송 수단에서 친환경이 중요시됨에 따라 연료의 에너지에서 얻을 수 있는 일을 뜻하는 **에너지 전환 효율을 고려해야 한다.** 화석 연료를 에너지로 사용하는 내연기관의 에너지 전환 효율은 높아 봐야 40%~50% 수준이다. Toyota Camry에 탑재되는 Dynamic Force Engine은 구조 개선과 흡기 압력 손실 경감을 통해 열효율 40%를 달성했는데 이는 세계 최고 수준으로 평가 받고 있다.

항공기도 가스 터빈 엔진을 주로 활용하기 때문에 에너지 효율이 낮고, 이에 따라 엔진을 모터로 대체하는 기술이 주목받고 있다. **항공유로 널리 쓰이는 케로신을 연료로 하는 터보 프롭의 경우 에너지 효율이 39% 수준에 불과하지만, 모터를 활용한 전기 추진의 경우 효율이 73%까지 개선될 수 있다.** 물론 충전과 충전 과정에 발생하는 15%~20%의 손실을 고려하면 배터리 & 모터 기반 항공기의 에너지 효율도 73%보다 낮아질 수 있다.

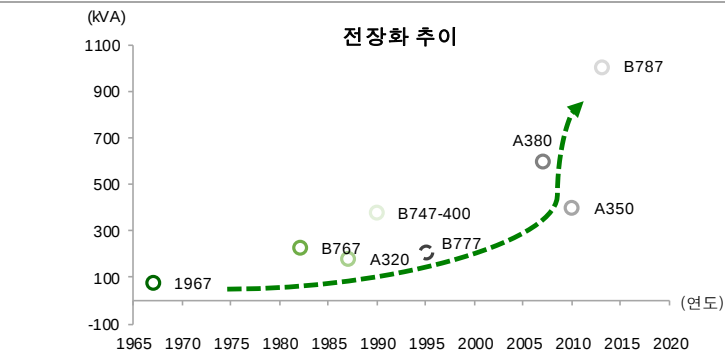
도표 50. 주요 추진체의 열 효율 (On-board conversion)



자료 : German Aerospace Center, 신영증권 리서치센터

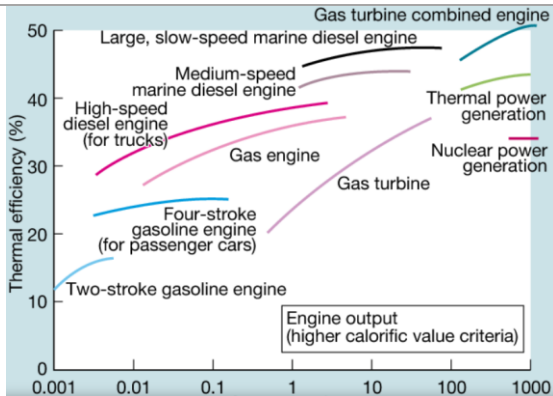
이처럼 내연기관 엔진을 사용하는 항공기의 전동화를 통한 에너지 효율 향상과 배출가스 저감 필요성이 커지고 있다. 자동차가 HEV, PHEV에서 EV로 바뀌며 전동화가 이루어지고 있는 것처럼 항공기 산업에서도 전동화가 추진되는 것이다.

도표 51. 민항기 전장화 추이



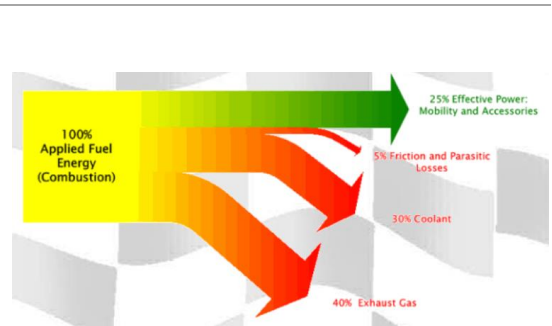
자료 : Aerospace Engineering, 신영증권 리서치센터

도표 52. 각종 엔진의 열 효율



자료 : Semantic Scholar, 신영증권 리서치센터

도표 53. 내연기관 엔진의 에너지 손실



자료 : Formula 1-Dictionary, 신영증권 리서치센터

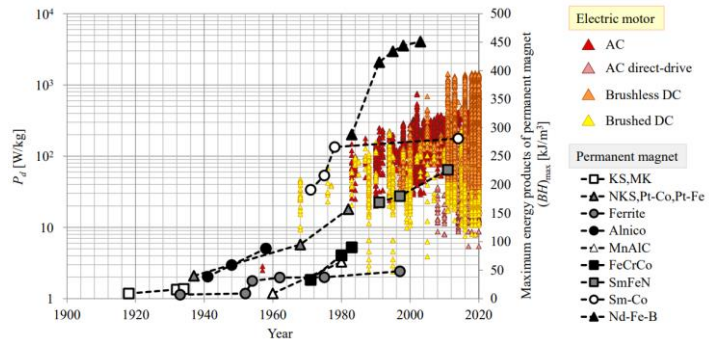
항공기의 전동화를 견인하는 주요 동인 중 한 가지는 모터 성능 향상이다. 1990년대 이전까지만 해도 전기 모터의 비출력은 유압 모터에 크게 미치지 못했다. 모터의 출력을 높이기 위해서 더 큰 자석을 사용할 수 있지만 이는 무게 증가와 결국 비용 증가를 동반하는 문제가 있다.

1982년 네오디뮴 자석
개발과 함께
모터의 비출력이 크게 개선

그러나 1982년 Sumitomo Metal Industries의 Masato Sagawa 박사가 개발한 네오디뮴(Nd-Fe-B) 자석이 등장하며 영구자석의 자력과 모터의 비출력이 급격히 향상되었다. 나아가 2005년에는 Shinetsu Chemical이 잔류 자속 밀도를 유지하면서 자력 유지율을 30% 이상 강화하는 네오디뮴계(Nd자석) 자석 성능 향상 기술 개발에 성공했다. (도표 53참고)

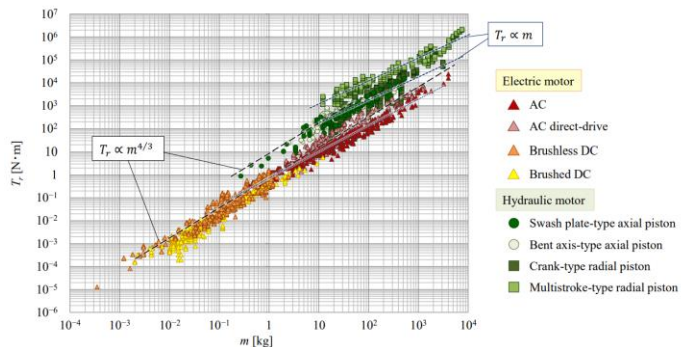
이러한 자석 기술 발전과 더불어 마이크로 컴퓨터 성능과 인버터 기술 발전, 그리고 1990년대의 권선 기술 발전에 힘입어 전기모터 성능은 빠르게 발전했다. 그러나 승객과 화물을 싣고 하늘을 비행하기 위해서는 토크와 출력을 향상하는 추가적인 기술 발전이 여전히 필요한 상황이다.

도표 54. 자석 & 모터 종류별 비출력 추이: 80년대 네오디뮴 자석 개발과 함께 모터 출력 급등



자료 : AIST, 신영증권 리서치센터

도표 55. 전기 모터와 유압 모터의 비토크



자료 : AIST, 신영증권 리서치센터

엔진 회전 수 등 자동차 주행 환경은 운전자의 의지뿐만 아니라 주변 교통 상황 등 다양한 변수에 영향을 받는다. 경사진 오르막길에서는 낮은 RPM(Revolutions per minute)과 높은 토크가 필요하지만, 고속도로 등에서 정속 주행할 때는 높은 RPM과 낮은 토크로도 충분하다. 이러한 주행 환경과 이에 필요한 출력, 토크는 상황에 따라 달라지며, 이에 따라 EV는 단편적인 운전 점이 아니라 넓은 영역에서 모터 회전속도와 토크 효율성이 중요하다. 따라서 EV 다양한 상황에 걸쳐 모터의 사양과 성능, 그리고 효율성을 추구하는 방식으로 개발된다. (도표 55, 56)

e-VTOL은
낮은 RPM 영역에서
높은 토크 능력이
특히 중요

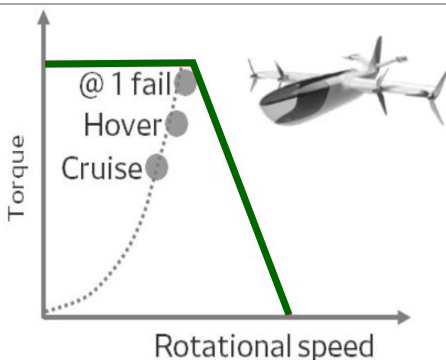
반면 하늘을 나는 VTOL은 이륙 & 상승-순항-하강 & 착륙 등 비행 과정이 항로에 걸쳐 확실하게 정해져 있으며, 그에 필요한 출력과 토크 성능도 비교적 명확하다. 하늘을 날아야 하는 e-VTOL은 낮은 RPM 영역에서 이륙과 상승에 필요한 충분한 토크를 낼 수 있는 능력이 특히 중요하다.

아울러 도로 위를 주행하는 EV와 달리 E-VTOL은 하늘을 날아야 하며, 따라서 무게 대비 출력과 토크가 높아야 한다. 즉, **중요한 것은 비토크, 비출력 성능이다**. 하늘을 날아야 하는 만큼 안전성과 더불어 경량화 요소를 중요하게 고려해야 하는 것이다.

추진시스템은 비행 기체 무게의 25%~50% 차지

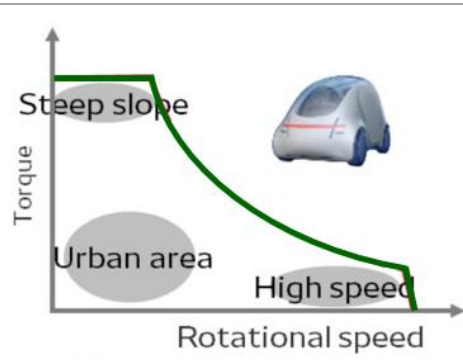
Boeing Research에 따르면 e-VTOL 기체의 무게는 추진시스템의 경량화 수준에 크게 좌우된다. 모터, 인버터, 프로펠러를 포함한 추진시스템은 비행 기체 무게의 25%~50%를 차지한다. 따라서 모터의 출력과 토크 성능과 더불어 경량화가 매우 중요하다. 추진 시스템과 더불어 e-VTOL 기체의 중량을 좌우하는 것은 배터리다. 비행 거리 100마일 4인용 기체의 경우 배터리(400wh/kg 기준)가 전체 중량의 25%를 차지한다.

도표 56. eVTOL 모터에 요구되는 토크와 RPM



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 57. EV 모터에 요구되는 토크와 RPM



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

결국 e-VTOL에게
중요한 것은
비추력, 비토크
그리고
에너지 밀도

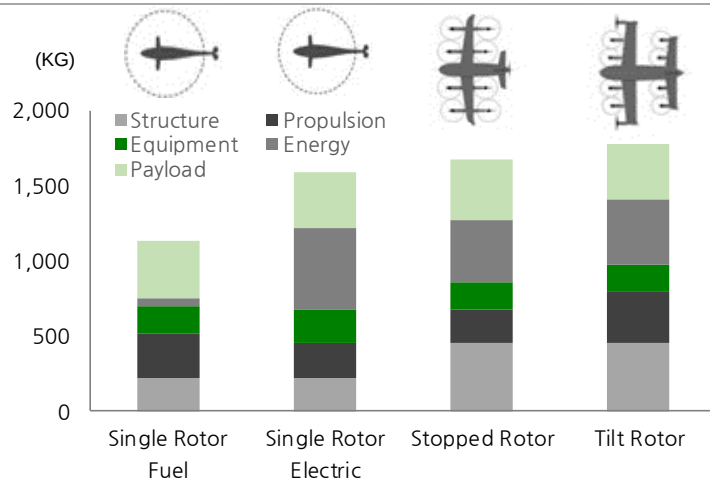
무게 증가는
비용 증가와
상용화, 대중화에
장벽

기체의 사양에 따라 다를 수 있지만 전반적으로 추진시스템과 배터리가 비행체 무게의 50%~75% 가량을 좌우하는 것으로 볼 수 있다.

즉, 모터의 출력, 토크가 아무리 높다고 해도, 배터리 용량이 아무리 크다고 해도 무겁다면 하늘을 나는 e-VTOL에는 크게 유용한 기술이 아닐 수 있다.

특정 부품의 무게 증가는 전체 비행 기체의 무게 증가로 이어지고, 이는 비행시간, 비행 거리 축소와 비용 증가를 통해 새로운 항공 모빌리티 상용화, 대중화에 걸림돌이 될 수 있다. 따라서 모터의 비출력, 비토크 그리고 배터리의 에너지 밀도가 e-VTOL에는 특히 중요한 성능 지표이다.

도표 58. e-VTOL 기체 종류별 중량



자료 : Boeing Research and Technology, 신영증권 리서치센터

도표 59. 차량용 모터와 E VTOL 모터의 주요 소재 차이

		차량용 구동 모터			eVTOL 모터		
		Steel (S45C)	SUS (SUS 304)	Aluminum (A6061)	Titanium (Ti6Al4V)	MMC (Al/SiC)	CFRP (pre-preg)
Density	g/cm³	7.9	7.9	2.7	4.4	2.8	1.8
Tensile Strength	MPa	690	520	309	980	495	2910
Specific strength	kNm/kg	88	65	114	221	174	1617
Thermal conductivity	W/mK	45	15	≤ 180	7.5	≤ 150	≤ 25

자료 : Denso, 신영증권 리서치센터 / MMC: Metal Mix Composite

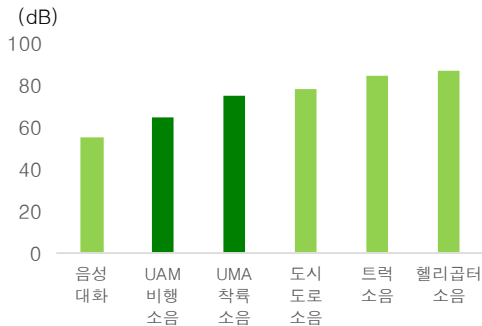
저소음

인구 밀도가 높은 도심 상공을 비행하는 UAM 기체는 높은 수준의 안전성만큼이나 정숙성이 뛰어나야 한다. 일반적으로 우리 인간의 대화는 약 50~60dB가량의 소음이고, 도시 내 도로의 소음은 약 78dB, 시속 50km/h로 주행하는 트럭은 약 85dB 정도의 소음을 만들어낸다.

e-VTOL의 소음은 유럽 소비자들이 Air Taxi에 대해 우려하는 요인 중 3번째로 큰 걱정거리이며, 특히 Air Taxi가 이착륙하는 Vertiport 인근의 소음 증가에 대한 유럽 시민들의 우려가 큰 것으로 집계되었다. 우리나라도 저고도(300~600m)로 비행 과정에서 인근 지역 주민에게 소음 피해가 없도록 하는 것을 e-VTOL 친화 필수 기술로 명시하고 있다. 이에 UAM 기체에 요구되는 소음 수준은 비행 중 65dB (120m 떨어진 곳에서 측정 기준), 착륙 시에는 75dB 정도이다(30m 떨어진 곳에서 측정 기준). 즉, 높은 수준의 모터 비출력, 비토크, 배터리 에너지 밀도와 더불어 높은 수준의 정숙성이 e-VTOL에게 요구된다.

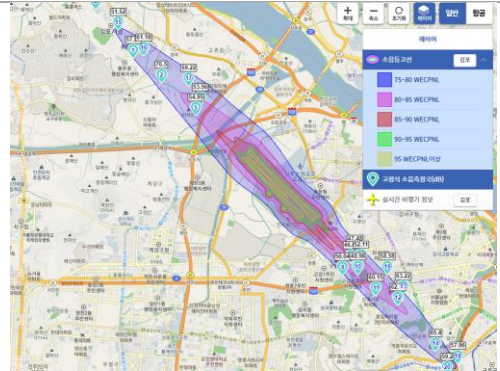
소음 기준: 비행 중 65dB, 착륙 시 75dB

도표 60. 주요 소음 수준



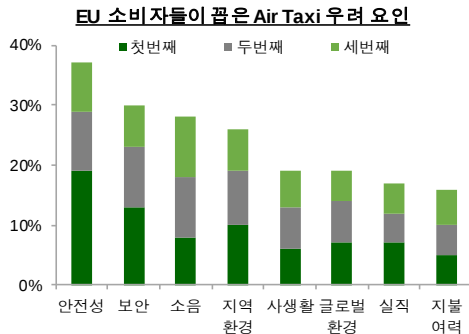
자료 : Volocopter, 신영증권 리서치센터 / UAM 비행 소음은 120m 밖에서 측정, UAM 착륙 소음은 30m 밖에서 측정 기준

도표 61. 김포공항 주변 소음 수준 (신월동 60dB 수준)



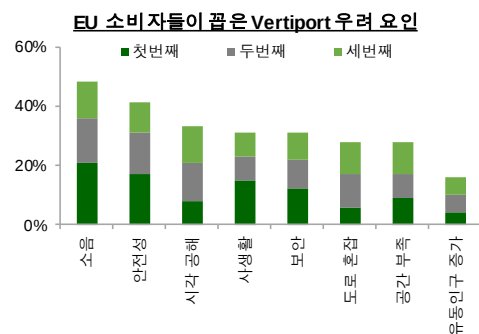
자료 : ANPS, 신영증권 리서치센터

도표 62. 소음이 Air Taxi 3번째 우려 요인



자료 : EASA, 신영증권 리서치센터

도표 63. 소음이 Vertiport 최대 우려 요인



자료 : EASA, 신영증권 리서치센터

Distributed Electric Propulsion

저소음, 가외성, 매연 제로를 위해서는 DEP가 필수적

인구 밀도가 높은 도심 상공을 안전하고 저소음으로 비행하기 위해서는 분산 전기 추진시스템(이하 DEP: Distributed Electric Propulsion) 기술이 필수적이다. 배터리를 활용해 여러 개의 로터를 독립적으로 구동시키는 DEP는 개별 로터에 문제가 생겨도 다른 로터가 구동되기 때문에 비상 상황에서도 비행할 수 있고, 이에 따라 도심 내 추락 등 대형 사고를 방지할 수 있기 때문이다. 아울러 개별 로터 제어를 통해 이착륙 등 비행 상황에 필요한 로터만 작동시키기 때문에 발생 소음을 최소화하는 데도 유리하다.

현대차도 항공 모빌리티 상용화를 위해 DEP를 필수적인 기술로 꼽고 있으며, 현대차가 CES 2020에서 공개한 UAM 비전 콘셉트 S-A1에도 총 8개의 로터가 탑재된 틸트 로터 방식이다. NASA도 2014년부터 DEP를 활용한 항공기의 전동화를 위해 LEAPTech 프로그램을 진행하며 X-57 기체를 개발한 바 있다. 이 프로그램에는 Joby도 참여하여 DEP 기술을 개발하고 있다.

모터의 효율성과 출력 밀도는 모터의 크기와 무관.

따라서 여러 개의 소형 모터를 기체의 다양한 부분에 탑재하여 비행 가능

Joby의 엔지니어인 A.M Stoll의 2014년 논문(Drag Reduction Through Distributed Electric Propulsion)에 따르면 내연기관 엔진과 달리 전기 구동 모터의 효율성과 출력 밀도는 모터의 크기와 무관하다. 따라서 내연기관 기반 추진시스템을 대신하여 여러 개의 소형 모터를 기체의 다양한 부분에 탑재하여 비행하는 것이 가능하다. 모터는 터빈과 같은 내연기관 엔진 대비 넓은 영역에서 효율이 뛰어나며, 비출력 또한 우수하다. 이와 더불어 배출가스가 없으므로 친환경성이 뛰어나고 소음도 적다.

그러나 배터리 에너지 밀도 한계로 인해 DEP의 경량화, 가격 경쟁력은 아직 부족한 상황

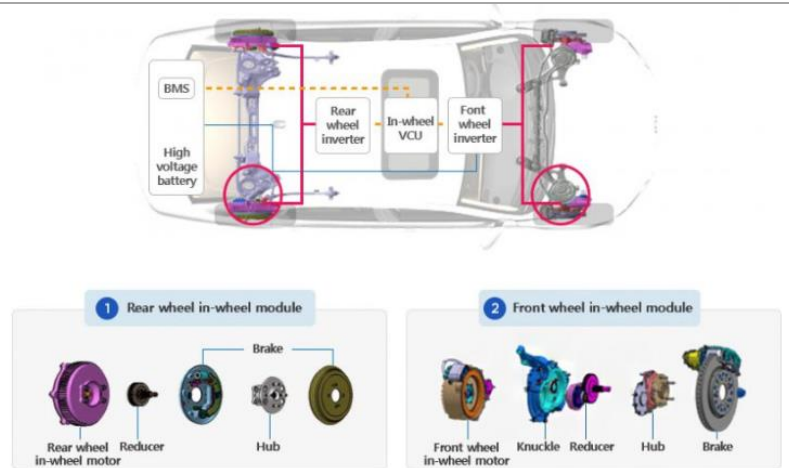
물론 DEP에도 단점은 존재한다. 현재 배터리 에너지 밀도 한계로 인해서 DEP 기반 추진 시스템의 무게는 케로신과 같은 화석 연료를 쓰는 내연기관 추진 시스템보다 무겁다. 내연기관 기반 기체의 경우 비행 과정에서 항공유를 소진하고, 그만큼 무게가 가벼워지는 효과를 기대할 수 있다. 하지만 이러한 효과를 DEP 기반 비행체는 누릴 수 없다. 또한 배터리 가격은 항공유 대비 가격이 훨씬 고가이다. 이에 따라 DEP 경쟁력 강화를 위해서는 배터리의 에너지 밀도를 향상 시키고, 배터리 원가 경쟁력을 강화해야 하는 문제가 남아있다.

이러한 DEP는 현대모비스 등 주요 글로벌 부품 업체가 차세대 전기차에 적용하기 위해 개발하고 있는 In-Wheel Motor와 유사한 점이 있다. 오늘날의 전기차는 차량 내부에 있는 모터의 회전에 따라 차축을 통해 연결된 바퀴가 구동하는 In-Line 방식을 주로 쓰고 있다.

이와 달리 In-Wheel 방식은 휠 안에 내장된 모터를 통해 각 바퀴가 독립 구동하게 된다. 각각의 바퀴를 직접 구동/제어하기 때문에 배터리의 전기 에너지가 차량 중앙의 모터를 통해 운동에너지로 바뀌어 바퀴로 전달되는 In-line 방식 대비 에너지 효율, 토크 응답성 등이 뛰어나다.

또한 모터 위치가 차량 내부에서 각각 휠 안으로 이동하기 때문에 차량 설계의 자유도가 크게 증가하여 사용자의 목적/취향에 알맞은 차량 제작이 쉬워진다. 상당히 새로운 개념이라고 여겨질 수 있다. 그러나 인휠 모터는 1890년대 페르니난드 포르쉐 박사가 고안해 낸 유서 깊은 아이디어이다. 상기 언급한 장점에도 불구하고 휠 내부에 장착하기에는 모터가 크고 무거우며 바퀴별로 정교한 에너지를 배분하는 기술적 난이도로 인해 아직 상용화되지 못하였다. 그러나 주요 완성차 업체와 부품업체가 연구를 지속 중인 만큼 2025년 전/후로 인휠 시스템을 장착한 전기차를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

도표 64. 전기차의 In-Wheel 모터 개념도



자료 : 현대모비스, 신영증권 리서치센터

터보 전기 추진과 병렬 & 직렬 하이브리드

분산 추진 시스템은 크게
전기, 하이브리드,
터보 전기 추진으로 구분

e-VTOL의 분산 전기 추진시스템은 크게 4가지 방식으로 나눌 수 있다. 에너지원과 추진력을 얻는 방식에 따라 전기추진, 터보 전기추진, 그리고 직렬 하이브리드, 병렬 하이브리드로 구분할 수 있다. 오늘날에 쓰이는 전통 항공 추진 시스템은 화석 연료를 연소시켜 터보프롭, 터보팬 엔진을 통해 추력을 얻는다. 따라서 비행 중 온난화 가스를 배출한다는 단점이 있지만 비행할수록 연료 소진과 함께 무게가 감소하여 연비가 개선되는 장점이 있다.

DEP 기반의 VTOL을
위해서는
모터 10Kw/kg 이상,
배터리 에너지 밀도
450Wh/kg 이상 필요

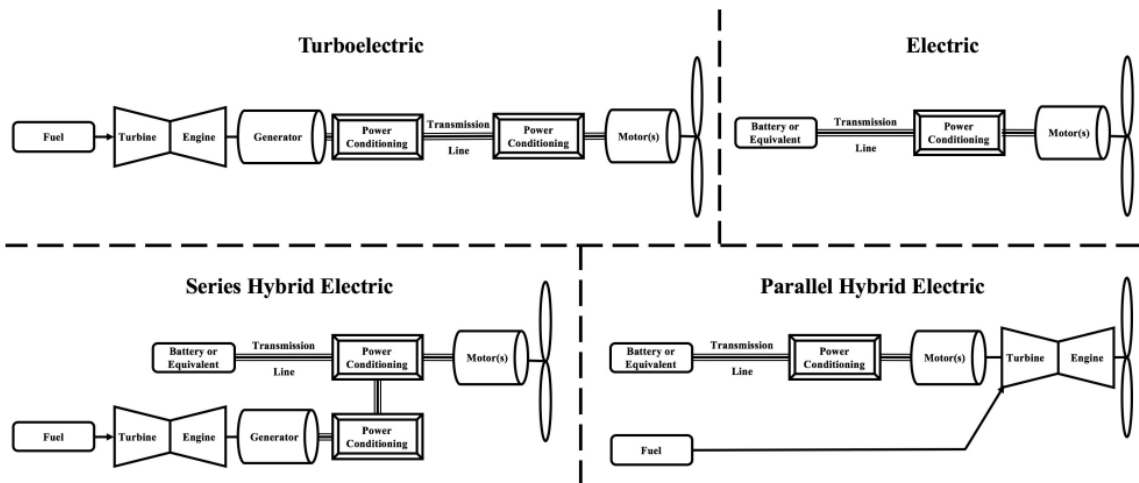
전기 추진은 BEV처럼 배터리와 모터를 통해 비행을 위한 추력을 얻는 방식이다. 내연기관 부품이 없는 BEV 구조가 PHEV, HEV 대비 간단한 것처럼 전기 추진 시스템의 주요 부품은 배터리-인버터-모터 등으로 간단하다. 하지만 높은 비추력, 경량화, 가외성 등 요구되는 기술 수준이 높다는 것이 상용화에 걸림돌로 작용하고 있다. 모터의 경우 비추력이 10kW/kg 이상 되어야 하고, 배터리의 에너지 밀도는 400Wh/kg 이상 되어야 한다.

터보 전기 추진:
항공유로 모터를 회전

병렬 하이브리드:
항공유와 엔진이 주 동력원
이륙 & 상승 구간에서
전기 추진시스템을 활용

하지만 배터리의 낮은 에너지 밀도로 인해 e-VTOL의 비행거리는 짧을 수밖에 없다. 이러한 단점을 극복하고, 당장 상용화를 위해 배터리가 아닌 항공유를 사용해 모터를 회전시켜 비행 추력을 얻는 방식이 터보 전기 추진 방식이다. 그다음은 항공유와 엔진이 주 동력원이지만 이륙과 고도 상승 구간에서 추가적으로 배터리 기반 전기 추진시스템의 힘을 사용하는 병렬 하이브리드 기술이 있다.

도표 65. Electric Propulsion Architecture (전기 추진 파워트레인) 개념



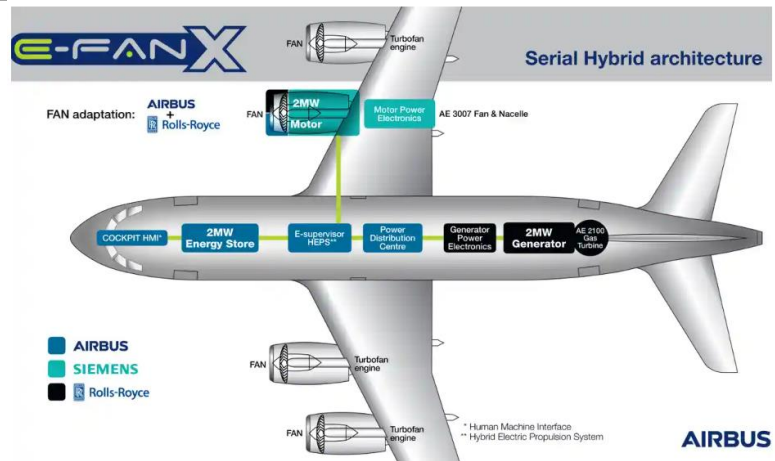
자료 : NASA Langley Research Center, 신영증권 리서치센터

비행기는 이륙과 순항 고도에 이르는 과정에서 최대 출력이 필요하다. 이때 전기 추진 시스템의 힘을 추가로 사용해 비행체의 연비를 끌어올리는 방식이 병렬 하이브리드인 것이다. 감속할 때 회생 제동과 고부하 상태에서 모터로 엔진을 보조하여 연비를 향상하는 HEV 기술과 개념이 유사하다. HEV와 마찬가지로 기존 내연기관 비행기에 사용하는 부품들을 상당수 사용할 수 있고, 이륙과 상승 등 강한 출력이 필요할 때만 전기 추진 시스템의 도움을 얻는 방식이기 때문에 배터리에 대한 의존도가 높지 않다는 장점이 있다.

직렬 하이브리드:
전기 배터리와 항공유로
발전용 엔진을 구동하여 전
력을 얻고, 이를 활용해
추진 모터를 구동

그 다음은 전기 배터리와 함께 항공유로 발전용 엔진을 구동하여 전력을 얻고, 이렇게 얻은 전력으로 모터를 회전시켜 비행에 필요한 추진력을 만들어내는 직렬 하이브리드 방식이 있다. 이 또한 배터리의 에너지 밀도가 충분하지 않기에 고안된 과도기 기술로 볼 수 있다.

도표 66. AIRBUS, Rolls-Royce, SIEMENS의 직렬 하이브리드 추진 시스템



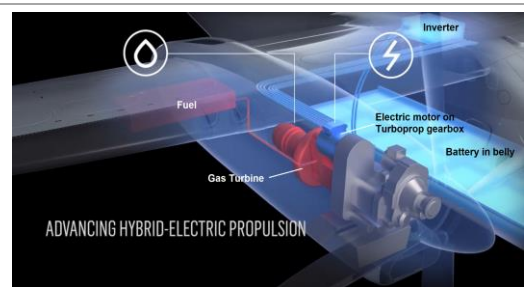
자료 : AIRBUS, 신영증권 리서치센터

도표 67. 2028년 출시 예정인 70인+ Hybrid Electric 기체



자료 : EAG, 신영증권 리서치센터

도표 68. Hybrid Electric 추진 (모터 + 가스 터빈 엔진)



자료 : Pratt & Whitney, 신영증권 리서치센터

도표 69. UAM용 친환경·초경량·고성능 추진동력원 기술 정의 및 주요 분야

부분	세부 분야	내용
초경량 고출력 전기 동력 기반 추진 기술	정의	도심 운항에 적합한 초경량고토크 모터, 차세대 전력 반도체(SiC) 소자를 활용한 저전력·고효율·고용량 인버터 및 냉각 기술 최적화를 통한 고출력 전기 추진 시스템 개발 기술
	저전력· 고효율· 고용량	복합소재 및 저전력·고효율·고용량의 차세대 전력 반도체(SiC)을 활용한 인버터 및 모터를 포함한 도심 운항용 초경량 고출력 전기 추진 시스템 기술
		UAM 실 부하 및 MTOW를 고려한 영구 자석형 동기모터(PMSM) 상세 손실 분석 기반의 냉각 구조 최적화를 통한 고출력 밀도 경량화 모터·인버터 시스템 기술
		모터, 인버터, 배터리 통합 열관리 및 냉각구조 최적화 기술
		분산전기추진 시스템 통합 설계, 감항 증명을 만족하기 위한 지상 통합 시험 및 성능·내구성 시험 평가 기술
	동력 추진 모터 최적 형상 설계	UAM 프로파일링 형태 및 시스템 구성에 따른 동력 추진 모터 사양 분석 기술, 모터의 성능 향상을 위한 다목적 알고리즘 기반의 형상 최적 설계 기술
	고속 회전 및 냉각을 고려한 최적 구조 설계	고속 회전 추진 모터의 전자계 성능과 회전자 응력 및 강성 간의 trade-off를 고려한 최적 설계, 다 물리계 연성 해석을 기반 NVH 및 냉각을 고려한 추진 모터 최적 설계 기법 연구
	출력 밀도 향상 을 위한 고밀도 권선 기술	모터의 공간 활용도를 극대화하는 고밀도형신기술 권선 기법을 적용한 모터 설계 기술, 신소재 물질 특성 분석 및 권선 적용 기술 개발을 통한 동력 추진 모터의 출력 밀도 향상 기술
	고토크 경량형 모터 개 발	구조적 공간 제약 하에서 출력 토크를 향상 시킬 수 있는 고토크형 모터 타입 및 토폴로지 연구개발, 경량형 고강성 소재 및 고속 운전 저철손 강판 등의 고밀도 소재를 적용한 무게 저감을 통한 경량화 기술
	고효율 인버터 기술	고속 스위칭이 가능한 차세대 반도체 SiC 소재의 MOSFET Drivers를 적용한 고효율 인버터 설계 기술 및 고성능 센서리스 제어기술연구 개발
	통합 냉각 구조 최적화 설계 기	비출력 밀도 향상을 위한 냉각 효율 극대화를 위한 양면 냉각 구조 설계 기술

자료 :K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

수소를 활용한 하이브리드 전기 동력

비행 거리 확대와 상용화를
위해서는 400Wh/kg
이상급 에너지 밀도가 필요

수소차가 친환경차의 한 축으로 주목을 받는 것처럼 수소를 결합한 하이브리드 전기 동력 기술이 차세대 항공 동력 기술로 주목 받고 있다. 이 또한 배터리의 에너지 밀도가 충분하지 않기 때문이다. 현재 개발 중인 e-VTOL 기체의 배터리 팩 에너지 밀도는 약 180~250Wh/Kg 내외로 알려져 있다. 하지만 비행 거리 확대와 상용화를 위해서는 400Wh/kg급 내외의 에너지 밀도가 필요하다.

아울러 AAM의 상용화를 넘어 대중화를 위해서는 사업 수익성 확보가 필수적이다. 이러한 수익성 확보를 위해서는 Air Taxi 등 AMM 기체의 가동률이 적정 수준 이상으로 유지되어야 함을 의미한다. 하지만 리튬이온 배터리는 용량, 에너지 밀도, 그리고 사이클 라이프 측면에서 아직 그 기술 수준이 충분하지 않다.

수소를 항공기에 활용하는
방법은
1) 수소 연소,
2) 수소연료전지

이에 따라 장시간 비행 능력을 확보하고, 이륙 등 초기 기동 및 비상 상황 시 필요한 고출력을 만들어내기 위해 수소와 배터리 동력원을 결합하여 상호 보완하는 것이다. 수소를 항공기에 활용하는 방법은 크게 a) 수소로 항공유인 케로신을 대체하는 방법과 b) 수소연료전지를 활용하는 방법으로 나눌 수 있다.

민간 항공기용 연료로 쓰이기 위해서는 에너지 밀도와 비열용량, 윤활성이 높아야 할 뿐만 아니라 점성과 빙점이 낮고 저온, 저압 상태에서도 잘 증발해 증기 폐쇄 현상을 일으키지 않아야 한다.

이러한 특성을 만족시키면서도 가장 싸고, 그에 따라 널리 쓰이는 항공유는 케로신(Kerosene)이다. 하지만 케로신은 연소 과정에서 CO₂(이산화탄소)와 산성비의 주요 원인인 SO₂(이산화황)와 같은 온난화 가스를 배출하고 있다. 이러한 이유로 케로신을 대체하거나, 의존도를 낮출 수 있는 차세대 동력원을 개발하기 위한 연구 개발이 지속 중이다.

수소는 다양한 생성원을 통해 얻을 수 있으므로 석유 등 다른 주요 희귀 자원과 달리 지역성 편재성이 낮다. 특히 우리나라처럼 에너지 수입 의존도가 97%에 이르는 자원 빈국에서 수소 에너지는 에너지 자립을 위한 중요 수단으로 주목받고 있다.

낮은 지역성 편재성,
지속 가능성, 친환경성,
높은 비에너지가
수소의 장점

이와 더불어 수소는 연소 과정에서 수증기(H_2O)와 소량의 질소산화물만 부산물로 배출한다. 산화황 등 다른 온난화 가스는 나오지 않는다. 물론 질소산화물이 미세먼지와 산성비의 원인이고, 광화학 반응을 통해 글로벌 온난화의 주범인 오존을 만들어낸다. 따라서 100% 청정 연료라고 할 수는 없다. 그러나 수소 연소 과정에서 생성되는 질소산화물은 케로신에 비하면 매우 미미한 수준이며, CO_2 를 전혀 배출하지 않는다는 장점이 있다.

무게당 에너지 밀도가 높은
것은 장점이지만,

부피당 에너지 밀도가 낮은
것이 수소의 단점

수소의 질량당 에너지 밀도가 $142kJ/g$ 로 휘발유의 4배, 천연가스의 3배, 케로신의 2.5배에 이른다는 것도 장점이다. 앞서 언급한 것처럼 지속 가능하면서도 지역적 편재성이 낮고, 친환경성이 뛰어나다는 점에서 차세대 연료로 수소가 주목 받는 것이다.

수소를 비행체의 연료로 쓰기 위한 시도는 20세기 초부터 있었다. 경식 비행선의 고유명사가 된 독일의 Zeppelin이 대표적인 예이다. 질량당 에너지 밀도가 뛰어난 수소는 우주 로켓의 주 연료로도 쓰이고 있다. NASA가 50년 만에 추진하는 유인 달 탐사 Artemis 프로젝트에도 액체 수소가 연료로 쓰이고 있다. 하지만 수소의 부피당 에너지 밀도가 케로신의 1/4에 불과할 정도로 열악하다는 것이 연료로써 수소의 치명적 단점이다.

도표 70. 수소를 활용한 경식 비행선 Graf Zeppelin



자료 : tinsa, 신영증권 리서치센터

도표 71. Artemis 프로젝트 로켓 연료로 쓰이는 액체 수소



자료 : The Wall Street Journal, 신영증권 리서치센터

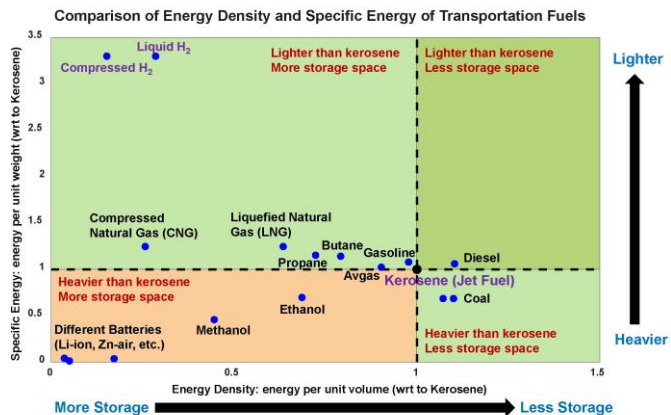
액화 수소의 비에너지는 117MJ/kg로 케로신(44MJ/kg)의 약 2.7배이다. 따라서 케로신 중량의 37%에 해당하는 액화 수소만 실어도 동일한 에너지를 갖게 된다.

하지만 부피당 에너지 밀도가 1/4에 불과하기 때문에 케로신 대비 약 4배 큰 연료 저장 공간이 필요하게 된다. 이처럼 액화 수소의 질량당 에너지 밀도가 높지만, 저장 온도가 -253°C 이고 부피당 에너지가 에너지 밀도가 케로신의 1/4에 불과할 정도로 열악하다는 것이 연료로서 수소의 치명적인 단점이다.

A350-900은 연료탱크에 케로신 항공유 138,000리터를 저장할 수 있는데 이는 113톤에 해당한다. 세계 최대 민항기인 A380-800은 무려 324,540리터(265톤)의 케로신 연료를 저장할 수 있다. 만약 A350와 A380의 연료를 케로신 대비 약 2.7배의 비에너지를 갖는 액화 수소로 대체한다면 연료 무게는 A350의 경우 113톤에서 42톤으로, A380의 경우 265톤에서 99.7톤으로 기존의 40% 수준으로 줄어든다.

하지만 수소의 부피당 에너지 밀도가 케로신의 1/4에 불과하다는 것이 문제다. 즉, 케로신을 대신해 액화수소를 항공 연료로 쓰면 무게는 기존 대비 40% 줄어들지만, 부피가 약 4배 증가하는 심각한 문제가 발생한다. 따라서 수소 탱크로 인해 비행 기체의 추가 설계 변경이 필요하고 이는 기체 전체 무게 증가로 이어진다.

도표 72. 다양한 연료의 질량당 & 부피당 에너지 밀도:

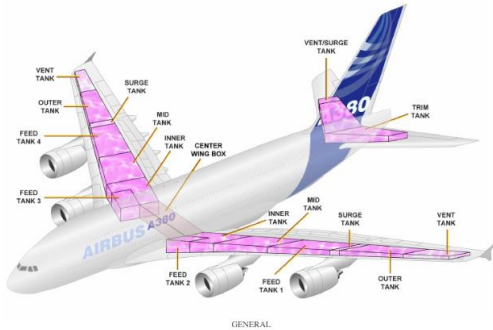


자료 : Evtol.news, 신영증권 리서치센터

수소 연료를 활용하는데 있어서 열악한 부피당 에너지 밀도 문제와 더불어 그린 수소 생산 기술, 액화 수소 운반 기술, 충전 인프라 측면에서 더 많은 기술 발전이 필요하다. 기체 상태의 수소는 부피 당 에너지 밀도가 더욱 열악하다. 따라서 수소를 영하 235도에서 액화시켜 부피를 1/800 수준으로 줄이는 방식이 일반적이다. 하지만 이는 대규모 설비 투자와 그에 따른 에너지 소모, 비용 증가를 수반한다. 이러한 단점이 존재하기는 하지만 액화된 수소는 부피가 1/800 수준으로 줄어들기 때문에 수소 연료 탱크 부피를 줄일 수 있다. 아울러 온도가 낮기 때문에 고압 기체 수소 대비 폭발 위험성도 낮아진다.

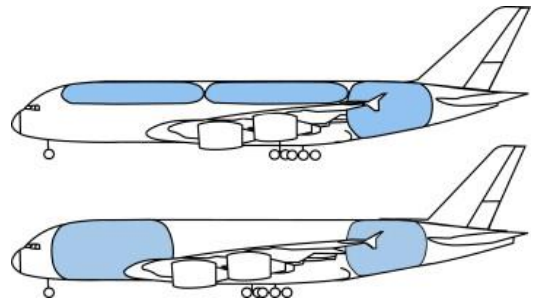
이러한 단점을 극복하기 위한 연구는 지속 중에 있다. 미국이 Gloyer-Taylor Laboratories(이하 GTL)은 최대 9시간 비행이 가능한 항공용 수소 탱크를 개발했다. GTL은 탄소 복합 기술을 기반으로 BHL Cryotank 라는 길이 2.4m 지름 1.2m, 무게는 12kg, 액화 수소 저장 용량 150kg 급의 초경량 수소 탱크를 개발했으며, 수소연료비행기 제작 업체 Hypoint는 이를 통해 비행 거리를 획기적으로 늘릴 수 있었다고 밝혔다..

도표 73. 항공유를 쓰는 A380 연료 탱크



자료 : AIRBUS, 신영증권 리서치센터

도표 74. 수소 비행기를 위해 해결되어야 할 수소 저장 문제



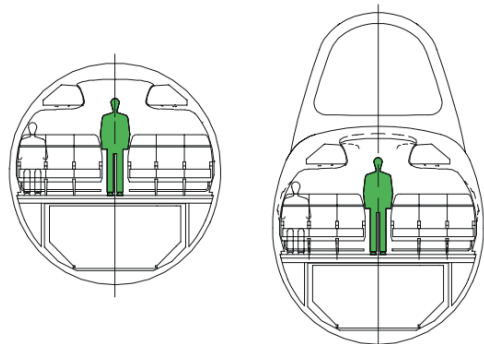
자료 : International Journal of Hydrogen Energy, 신영증권 리서치센터

도표 75. GTL의 항공용 수소 탱크 BHL Cryotank



자료 : GTL, 신영증권 리서치센터

도표 76. 수소 비행기를 위해서는 기체 설계 변화 필요



자료 : NATO, 신영증권 리서치센터

수소를 연소하여 비행하는 방법과 더불어 수소연료전지를 e-VTOL에 활용하는 기술도 개발 중에 있다. e-VTOL은 높은 비추력을 필요로 한다. 이러한 점에서 수소연료전지는 강점을 갖는다. **수소의 단위 중량당 발열량이 화석연료 대비 약 세 배 정도 높기 때문이다.** 하지만 연료전지의 출력 응답이 느린 특성 때문에 배터리와 하이브리드 방식으로 구성하여 e-VTOL에 적용하는 기술이 개발 중에 있다.

수소와 산소가 가진 화학적 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 수소연료전지 그 자체는 질소산화물을 전혀 배출하지 않고 물과 산소만을 배출한다. 또한 소음과 진동이 적기 때문에 다양한 분야에서 활용성이 큰 것으로 평가 받는다. 수소연료전지는 전해질 종류에 따라 종류를 세분화할 수 있는데 우주 발사체 전원으로 주로 사용하는 알카리(AFC), 중대형 건물에 쓰이는 인산형(PAFC), 용융탄산염형(MCFC), 가정용, 차량용으로 쓰이는 고분자전해질형(PEMFC), 소형 이동형으로 쓰이는 직접메탄올(DMFC)등으로 나눌 수 있다. **이처럼 다양한 수소연료전지 중에서 항공용으로는 Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) and Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)가 적합하다는 평가를 받고 있다.**

세라믹을 전해질로 사용하는 고체산화물형(SOFC)의 동작온도는 1,200 이하이며 85%의 높은 효율을 자랑한다. 이온교환막을 전해질로 사용하는 고분자전해질형(PEMFC)의 동작 온도는 100 이하로 효율성은 75% 수준이며, 자동차에는 4세대 PEMFC가 쓰이고 있다. **세계 최초의 수소연료전지 유인 항공기는 2008년 Boeing과 Technology Europe이 실험 비행을 한 2인승 경항공기이다.**

도표 77. Boeing의 세계 최초의 수소연료전지 항공기 (2008)



자료 : h2worldnews, 신영증권 리서치센터

도표 78. 최초의 상업용 수소연료전지 항공기 HY4(2020)



자료 : Stuttgart Airport, 신영증권 리서치센터

2008년 Boeing과 Technology Europe이 실험 비행을 한 세계 최초의 수소연료전지 유인 항공기는 PEMFC 수소 연료전지를 탑재해서 시속 100km/h 속도로 약 20분 가량의 비행을 기록했다. 2020년에는 H2FLY가 세계 최초의 수소연료전지 기반 상업용 항공기(Commercial grade) DLR-HY4를 선보였다. Cummins의 수소연료전지를 탑재한 4인승 HY4는 최대 시속 200km로 날 수 있으며 비행거리는 하중, 속도 등 여건에 따라 750km~1,500km에 이른다.

현대차는 2023년 출시를 목표로 100kW 급의 연료전지를 조합하여 500kW, 1MW 등의 다양한 출력을 낼 수 있는 기술을 개발하고 있다고 밝힌 바 있다. 수소연료전지를 차량 외 선박, 지게차, 건물 등으로 확대 적용하기 위한 것으로 풀이된다. 현대차의 연료전지 개발은 성능 크게 “개발 단계→내구성 확보 단계→ 원가절감 단계로” 진행된다. 현재 수소연료전지 기반 승용차 부분은 원가 절감에 집중하고 있으며, 상용은 내구성을 향상 시키는 단계에 있고, 도심형 항공모빌리티(UAM)는 현재 성능 개발 단계에 있는 것으로 판단한다.

수소연료전지의 핵심인 멤브레인이 도심형 항공모빌리티에 사용할 수 있는 충분한 내구성과 효율성을 달성하는지도 관건이다. 일반적으로 대형 상용차의 경우 100만km 이상의 내구성이 필요하다. 현재 NEXO의 수소 연료전지 무료 보증기간은 10년 16만km이며, 유럽 시장에서 현대차 수소 트럭은 최소 1회 연료전지 스택을 교체하는 내용이 포함된 Pay per Use 방식이 리스 판매이다. 2021년 현대차는 향후 50 만 km 이상 주행거리가 가능한 고내구형 연료전지시스템을 개발할 것이라고 밝힌 바 있다. 아직 UAM 활성화까지는 최소 10년의 세월이 남아 있는 만큼 해당 기간 동안 수소 연료전지 MEA 내구성이 얼마나 개선되는지가 중요하다.

도표 79. 현대차의 수소연료전지 기반 드론 Project N



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 80. NEXO의 수소탱크는 기존 모델 대비 1 개 추가



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

현대차와 Toyota가 판매하고 있는 수소연료전지차 NEXO, MIRAI는 직전 세대 대비 주행거리가 늘어났다. 수소연료전지 효율성 향상, 수소압축 탱크 성능 향상 효과도 있었지만 탱크 수가 늘어난 효과도 컸다고 판단한다. MIRAI는 수소 탱크를 기존 2개에서 3개로 늘렸으며, 이에 따라 수소 탱크 용량도 4.6kg에서 5.6kg으로 증가했다. MIRAI의 WLTP 주행거리는 약 30% 가량 개선되었는데, Toyota도 수소연료 전지의 효율성 향상보다는 탑재 수소 탱크 추가로 인한 주행거리 연장 효과가 압도적으로 컸다고 밝힌 바 있다.

현재 판매 중인 수소연료전지차 NEXO는 기체 상태의 수소를 700bar의 고압으로 압축하여 3개의 수소 탱크에 저장한다. 하지만 기체 상태의 수소는 부피 대비 에너지 밀도가 더욱 열악하기 때문에 수소연료전지를 활용한 비행기의 경우 영하 235도에서 액화시켜 기체 수소 대비 부피를 1/800 수준으로 줄인 액화 수소를 사용하는 기술이 개발 중에 있다.

액화 수소가 e-VTOL의 게임 체인저로 불리는 극저온 초전도 모터와 기술적 시너지를 낼 수 있다는 가능성도 장점이다. 액화 수소를 모터 초전도선에 흘리면 영하 235도 수준의 극저온 환경을 만들 수 있어 극저온 초전도 모터에 필요한 무거운 냉각 시스템을 대체할 수도 있기 때문이다. 현재 AIRBUS가 영하 253도의 극저온 액화 수소를 활용해 초전도 현상을 유도하는 기술을 개발하고 있다. (극저온 초전도 모터는 63 페이지 참고)

현대차그룹은 수소연료전지 기반 전기 추진 시스템 개발을 위해 Rolls Royce와 협력할 것으로 판단한다. 현대차그룹의 슈퍼넬은 정의선 회장의 참석 하에 2022년 7월 Rolls-Royce와 2025년까지 수소연료전지 기반의 AMM 추진 시스템을 공동으로 연구 개발하기로 했다. 현대차그룹의 수소 연료 전지 노하우와 Rolls-Royce의 모터, 전기 분산 추진시스템 기술이 협업할 것으로 예상된다.

한편, 우리나라는 2025년까지 수소 1kg 당 10kWh 이상의 수소 연료전지 출력 성능을 확보하고, 배터리만으로 5분 비상 비행이 가능한 배터리 성능 확보하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 통해 연료 전지 출력 성능만으로 호버링이 가능하고 15m/s 돌풍에서도 자세를 유지할 수 있는 출력 제어가 가능한 하이브리드 시스템을 구성하는 것이 기술 개발 목표이다

도표 81. 현대자동차그룹과 Rolls-Royce의 수소연료전지 기반 AAM 추진 시스템 개발 목표(MOU)

The Memorandum of Understanding (MOU) between Rolls-Royce and Hyundai Motor Group includes five strategic aims:

- Collaborating on the technology development and requirements of power and propulsion systems for Hyundai's Advanced Air Mobility Division.
- Collaborating on the industrialisation of Rolls-Royce power and propulsion systems for the Advanced Air Mobility market.
- Development of electric propulsion systems based upon hydrogen fuel cells as an energy source for Hyundai's RAM platforms.
- Collaborating to bring to market a joint fuel-cell electric propulsion system to the wider AAM market.
- Delivering a joint fuel-cell electric aircraft demonstration by 2025.

자료 : Rolls-Royce, 신영증권 리서치센터

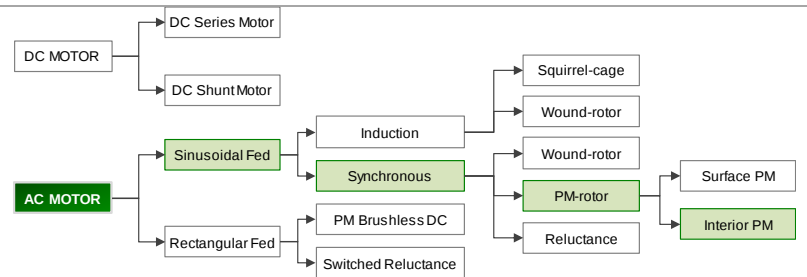
전기차 모터와 항공용 모터

전기차와 VTOL에는
일반적으로 영구자석 교류
동기 모터가 쓰임

전자기 작용을 거쳐 전기 에너지를 운동 에너지로 변환하는 장치를 전동 모터라고 일컫는다. 이러한 전동모터로부터 얻어지는 운동 에너지 대부분이 회전 운동일 경우, Rotor Motor로 분류한다. 또한, **모터의 전원(電源)에 따라 직류모터(Direct Current)와 교류모터(Alternating Current)로 나눌 수도 있다. 친환경차 구동모터와 VTOL에는 일반적으로 교류모터가 널리 쓰인다.** 직류 모터는 전류의 크기가 일정하고, 흐르는 방향도 변하지 않기 때문에 제어가 쉽지만 모터 구조상 Brush와 Commutator(정류자)의 기계적 접점이 필요하며, 이 과정에서 발생하는 마모로 인해 정기적인 교체, 보수 필요하다는 단점이 있기 때문이다. Brush를 없앤 BLDC(Brush-Less Direct Current)가 있지만 정격 출력의 제한과 발열 문제, 그리고 비용문제로 인해 EV 구동용으로는 널리 쓰이지 않고 있다.

자석 사용 여부에 따라 모터를 동기 모터(Synchronous Motor)와 유도 모터(Induction Motor)로 구분할 수도 있다. 유도 모터의 원리는 아라고 원판 (Arago's disk)으로 영구자석을 사용하지 않고 전자 유도 작용에 의한 유도 전류로 모터가 회전하게 된다. 유도 모터는 영구자석이 필요 없고 도선을 사용하여 전자석을 만들 수 있어 고출력 및 대형화가 쉽다. 또한 모터 원리와 구조가 단순하며, 일정한 속도를 요구하는 엘리베이터 모터, 철도 모터 등에 널리 쓰인다. 이러한 특성으로 인해 단순 제어를 통한 회전용 모터로 적합하다. 하지만 회전 속도를 실시간으로 변화시키기 위해서는 회로가 복잡한 제어용 인버터가 필요하고, 기술이 까다로워 유도 모터의 가격 경쟁력을 확보하기가 어렵다. 아울러 유도 모터는 희토류를 사용하지 않는다는 점이 장점이나 외전류에 의한 토크 발생에 의존하는 특성상 동기 모터 대비 효율이 10%~30%가량 떨어진다는 단점이 있다.

도표 82. 전기모터 분류



자료 : Paderborn University, 신영증권 리서치센터

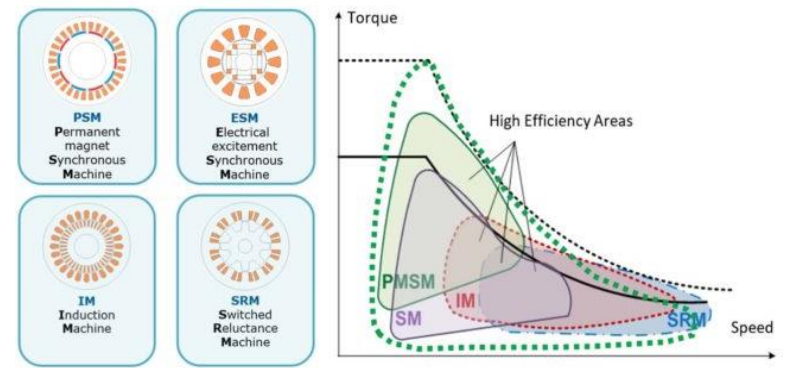
반면 동기 모터는 자석에 의해 토크가 발생하며, 외측 자계의 회전 자계와 내측의 영구자석 회전자가 동일 속도로 회전한다. 이처럼 회전 자계의 회전 속도와 회전자의 회전 속도가 동기되는 것이 특징이다. 회전자의 종류에 따라 동기 모터를 더욱 세분화할 수 있는데 영구자석을 사용한 모터를 영구자석형 동기모터라고 분류하고, 영구자석을 전자석으로 대체한 모터는 권선형 동기 모터라고 한다. 영구자석 모터는 희토류를 사용한다는 점과 열 발생에 따른 자력 손실이란 문제가 있지만, 효율적인 제어가 쉬운편이다.

도표 83. 모터의 종류와 특징

모터 종류 Items		소형모터			대형모터(트랙션모터)	
		DC모터 (Brush)	스테핑모터	동기모터		유도모터
				BLDC (영구자석형)	BLAC (영구자석형 ,Wound-rotor)	
특징		-자동차 모터 중 가장 오랫동안 사용되어 왔음 - 모터에 DC전원 인가하여 운전하여 인버터가 단순하고 저가격	-펄스형 전압을 모터에 인가하여 위치를 직접 제어함 -저용량 응용에 유리	-DC모터에서 Brush와 Commutator가 없어 효율향상, 신뢰성 증가함 -인버터가 DC모터에 비해 높음	-영구자석의 가격이 낮아지면서 고효율, 고밀도의 모터 제작 트랙션모터, 에어컨 압축기 모터로 가장 널리 사용	-회전자에 영구자석을 배제하여 회전자의 신뢰성 확보 -효율과 인버터의 가격에서 다소 단점이 있음
부품별 구성	고정자	영구자석	권선	권선	권선	권선
	회전자	권선 (Brush, Commutator)	영구자석 or 돌극형구조	영구자석 (표면자석)	영구자석(매립자석) or 권선	권선
모터가격		낮음	낮음	높음	높음	낮음
모터드라이브 지칭명		제어기	제어기	제어기 or 인버터	인버터	인버터
모터드라이브 가격		낮음	다소 높음	높음	높음	높음
장점		저가격	정밀한 위치 제어	고효율, 고밀도, 저소음	고효율, 고밀도	모터 신뢰성
용량		1W ~ 10W	< 3W	20 ~ 1kW	1KW ~ 200kW	70 ~ 200kW
대표적 응용		연료펌프, 전동시트, 와이퍼	AGS (Active Grill Shutter)	쿨링팬, 전동식 워터펌프, 연료펌프	EV 구동모터 에어컨 컴프레서	트랙션모터 (테슬라)

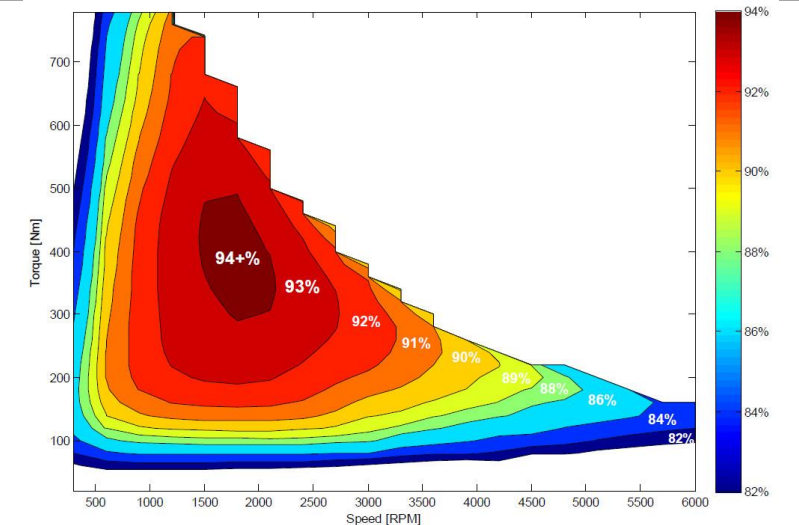
자료 : 과학기술정보통신부, 신영증권 리서치센터

도표 84. 모터 종류별 토크 & 출력 & 고효율 영역



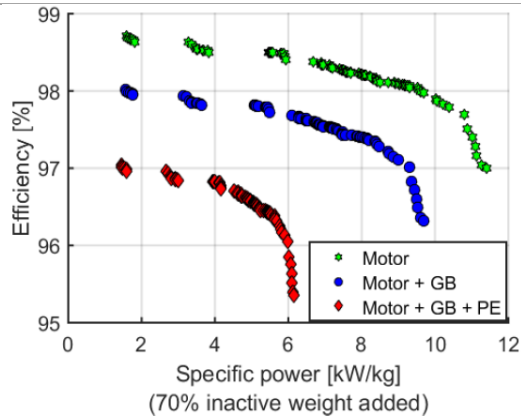
자료 : BluE Nexus, 신영증권 리서치센터

도표 85. 구동 모터의 토크 & RPM에 따른 효율성



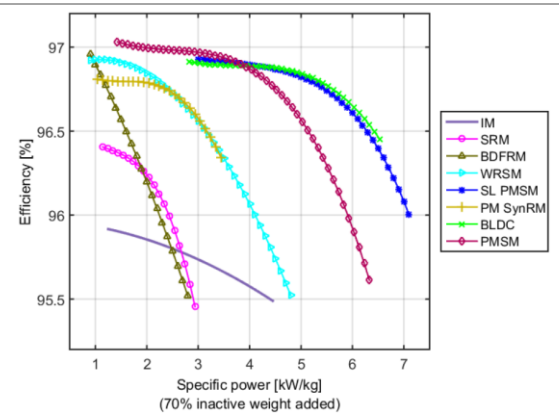
자료 : BluE Nexus, 신영증권 리서치센터

도표 86. PM 모터의 Optimal Pareto-front



자료 : Journal of Propulsion and Power, 신영증권 리서치센터

도표 87. 모터 종류 별 효율성 & 비추력



자료 : Journal of Propulsion and Power, 신영증권 리서치센터

영구자석 동기모터는
표면 자석형 동기모터
(SPMSM)와
매입 자석형 동기모터
(IPMSM)으로 구분

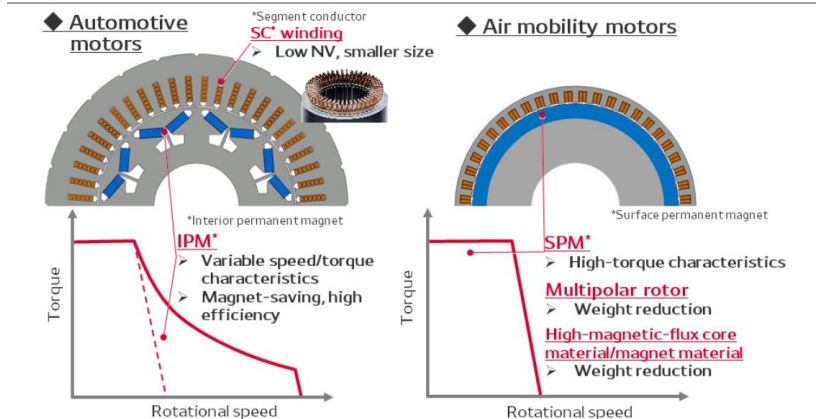
일반적으로
EV에는 IPMSM,
VTOL에는 SPMSM

차량용 구동 모터는 주행 상황에 맞게 속도를 실시간으로 변화하는 것이 쉬워야 한다. 따라서 EV 등 차량용 구동 모터에는 모터 회전을 **교류 전원**의 주파수로 제어하는 **영구자석 동기모터(PMSM: Permanent Magnet Synchronous Motor)**가 널리 쓰인다. 영구자석 동기모터는 회전자에 영구자석을 결합하는 방식에 따라 **표면 자석형 동기모터(SPMSM: Surface Permanent Magnet Synchronous Motor)**와 **매입 자석형 동기모터(IPMSM: Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)**로 분류할 수 있다.

모터 내부는 크게 고정자(Stator)와 회전하는 부분인 회전자(Rotor)로 구성된다. 자석은 서로 다른 자극 사이에는 흡인력을, 같은 극 사이에는 반발력을 발생시키는 특성이 있다. 따라서 일반적으로 한쪽에는 영구자석을 배치하고, 반대쪽에서는 극성을 바꿀 수 있는 전자석을 사용한다. 이를 통해 고정자와 정류자 간의 흡인력과 반발력을 유지하여 회전력을 창출한다. SPMSM은 회전자 표면에 영구자석을, IPMSM는 회전자 내부에 영구자석을 삽입한 구조이다.

친환경차 구동 모터로는 출력 성능과 경량화가 쉬운 IPMSM가 일반적으로 널리 쓰인다. 이러한 구동 모터용 자석은 고온에서도 높은 자력을 유지하는 것이 핵심이며, 이를 위해 자석의 30%가 희토류로 구성되는 것이 일반적이다. 아울러 동기 모터의 토크 성분이 자석에 따라 좌우되기 때문에 자석의 성능도 매우 중요하다.

도표 88. Evtol에 널리 쓰이는 SPMSM(우)와 전기차 구동 모터에 널리 쓰이는 IPMSM(좌) 구조



자료 : Denso, 신영증권 리서치센터

동손은 모터의 저속에서,
철손은 모터의 고속
영역에서 발생

동손을 낮추기 위해서는
높은 자속 밀도 필요

철손을 낮추기 위해서는
낮은 자속 밀도 필요

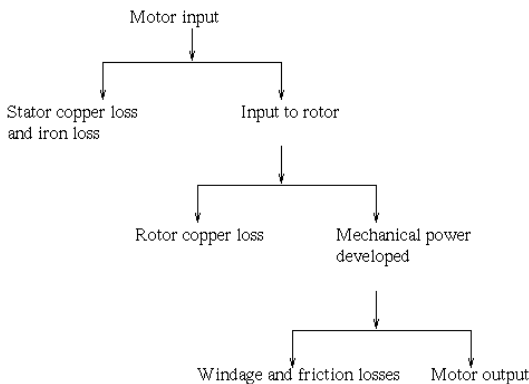
모터의 저속과 고속에서
요구되는 자속 밀도가 다름

따라서 다양한
속도 영역에서
영구자석 모터의 고효율을
기대하기 어려움

영구자석 매입형 동기모터의 경우 전기 손실은 크게 2가지 영역에서 발생한다. 모터의 코어인 자성재료의 철심에서 발생하는 철손(iron loss: 시간적으로 변화하는 자화력에 의해서 발생하는 철심의 전력 손실)과 코일에서 발생하는 동손(Copper loss: 전기 기기에 생기는 손실 중 권선 저항으로 생기는 손실)이다. 이 2가지 손실 중 전기 에너지가 도체의 전기 저항에 의해 열에너지로 바뀌는 손실인 동손은 모터의 저 회전수 영역에서 큰 편이다. 따라서 저속 구간에서 효율성과 토크를 향상하기 위해서는 높은 자속 밀도가 필요하다. 이는 동손이 자속밀도 2승에 반비례하는 특성이 있기 때문이다. 그러나 또 다른 손실인 철손은 모터의 고속 영역에서 발생한다. 이러한 철손을 낮추기 위해서는 자속 밀도가 낮을수록 유리한데 이는 철손이 자속 밀도 2승에 거의 비례하기 때문이다. 즉 모터의 저속과 고속에서 요구되는 자속 밀도가 상반되는 것이다. 다양한 속도 영역에서 영구자석의 고효율을 기대하기 어려운 이유이다

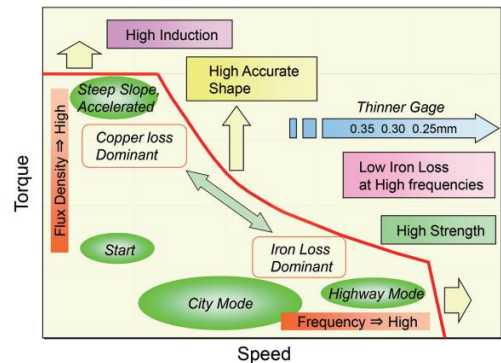
영구자석을 활용해 고속에서는 낮은 자속밀도를, 저속에서는 높은 자속밀도를 양립시키는 것은 한계가 있다. 따라서 영구자석 매입형 동기모터 방식의 구동 모터는 고속과 저속 사이의 중간 영역을 정격 점으로 설정하여 사용한다. 따라서 전기차의 주행 속도 범위가 넓을수록 효율성 하락은 심각해진다.

도표 89. 모터 출력 과정에서 발생하는 손실



자료 : Electrical4U, 신영증권 리서치센터

도표 90. 저속에서는 동손, 고속에서는 철손이 크게 발생



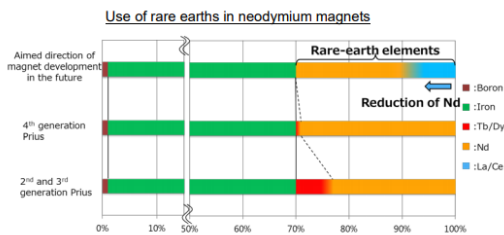
자료 : Nippon Steel, 신영증권 리서치센터

영구자석 모터의 또다른 문제는 중국이 핵심 소재인 Dysprosium (Dy), Neodymium (Nd) 등의 희토류 공급량 95%를 점유하고 있다는 것이다. 자원민족주의와 지정학적 리스크가 확대됨에 따라 최근에는 Neodymium 사용량을 50%까지 줄이는 네오디뮴 저감 내열 자석도 개발 중이다.

2018년 2월, TOYOTA는 세계 최초로 Neodymium 사용량을 50%까지 줄인 네오디뮴 저감 내열 자석(Neodymium-reduced heat-resistant magnet)을 개발했다. 새롭게 개발된 네오디뮴 저감 내열 자석은 희토류 중 Terbium(Tb), Dysprosium(Dy)을 사용하지 않으며, Neodymium 사용량 일부를 상대적으로 매장량이 많고 저렴한 Lanthanum(La)과 Cerium(Ce)으로 대체한 것이 특징이다(2 & 3세대 Prius에 사용된 자석의 Tb와 Dy 비중은 8%).

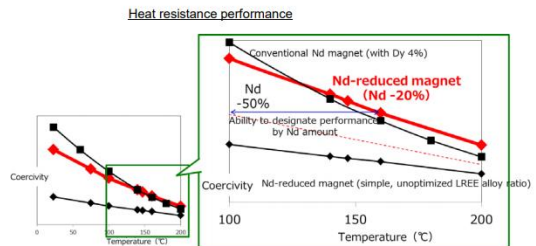
희토류 사용량을 줄이면서도 보자력 유지를 위해 Toyota는 1) 입자 미세화 2) 2층 구조 자석 표면 3) Lanthanum(La)과 Cerium(Ce) 혼합비율 최적화 기술을 사용했다. Neodymium 을 Lanthanum, Cerium과 단순 혼합하면, 내열성 및 자력 등이 크게 저하될 수 있으나 Toyota는 특성 악화를 억제할 수 있는 특정 혼합비를 발견했다고 한다. 상기 기술을 통해 Toyota는 100° C 이하에서의 네오디뮴 저감 내열 자석의 성능은 기존보다 열등하지만, 150° C 이상에서의 성능은 기존 자석보다 우월한 자석을 개발했다고 밝혔다.

도표 91. Tb, Dy 희토류 사용량을 줄인 Toyota의 모터



자료 : Toyota, 신영증권 리서치센터

도표 92. La와 Ce 특정 혼합비를 통해 고온 보자력 개선



자료 : Toyota, 신영증권 리서치센터

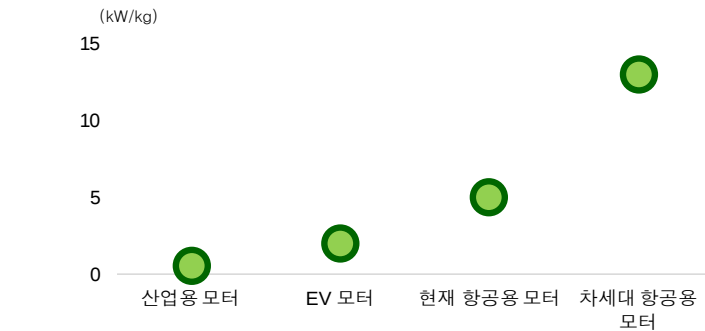
VTOL 모터는
높은 수준의
비토크, 비출력 필요

VTOL 모터는 높은 수준의 비출력과 비토크를 요구하며, 영구자석 동기 모터(PMSM)가 널리 쓰이고 있다. 앞서 언급한 것처럼 전기차는 회전자 내부에 영구자석을 삽입한 IPMSM(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)를 널리 사용한다. IPMSM는 전자기 토크(Electro Magnetic Torque)와 더불어 고정자가 철극을 끌어당겨 발생하는 자기저항 토크(Reluctance Torque)로 인해 더 큰 토크를 낼 수 있다는 장점이 있다. 하지만 자기저항 토크 변화로 인한 진동 및 소음이 SPMSM 대비 크다는 것이 IPMSM의 단점이다.

VTOL에는 영구자석을
로터 표면에 부착한
SPSMS 모터를
선호하는 경향

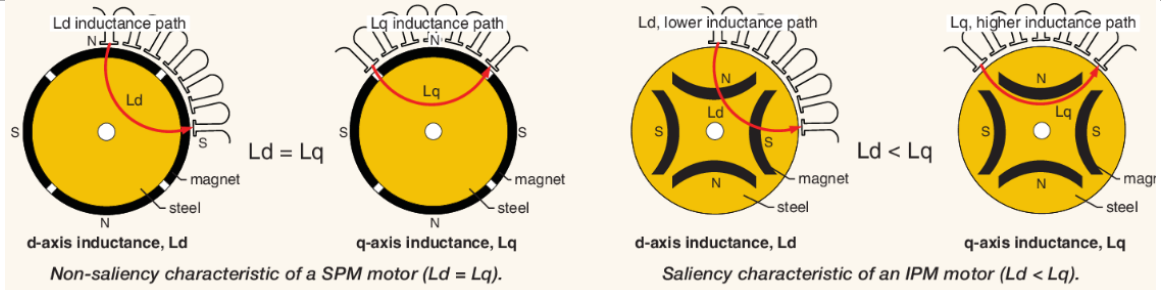
VTOL은 로터 표면에 영구자석을 부착한 SPSMS(Surface Permanent Magnet Synchronous Motor)를 주로 사용한다. SPSMS는 영구자석이 회전자 표면에 일정한 두께로 배치되어 있어 회전자 위치에 따라 자기 저항이 변하지 않기 때문에 자기 인덕턴스 및 상호 인덕턴스는 일정한 값이다. 돌극성이 없으므로 소음이 적고 간단한 알고리즘으로 토크/속도를 제어하기 쉬운 것이 SPMSM 대비 이점이다. 하지만 IPMSM도 내고장성(failure tolerance)을 높이면 출력이 저하되는 것이 단점이다.

도표 93. 주요 분야별 모터의 비출력



자료 : IET, NASA, 신영증권 리서치센터 /

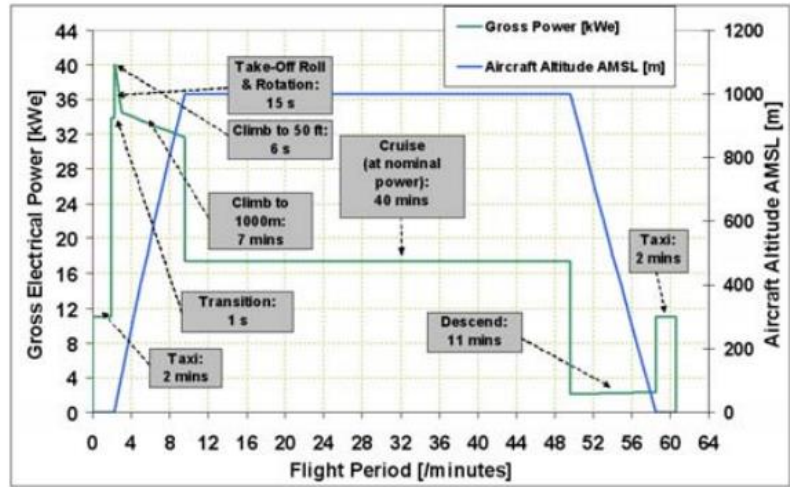
도표 94. 모터 단자의 인덕턴스 값이 회전자 위치에 따라 다른 IPMSM과 동일한 SPMSM



자료 : Semantic Scholar, 신영증권 리서치센터

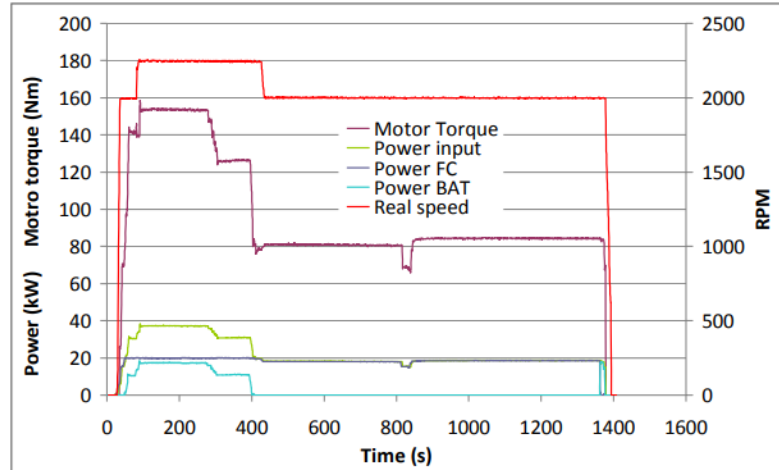
Denso에 따르면 넓은 회전 속도 영역에서 우수한 효율성을 달성해야 하는 EV 구동 모터와 달리 VTOL 모터는 상대적으로 낮은 회전 속도 구역에서의 효율성과 높은 토크 성능이 중요하다. 이러한 특성으로 인해 회전자 표면에 붙이는 자석 수를 늘리고, 자속 활용을 최대화하는 것으로 높은 토크 성능을 끌어내기 쉬운 SPSMS를 VTOL 모터로 선호한다고 한다.

도표 95. 비행 고도와 비행 고도에 따라 필요한 전기 추진력



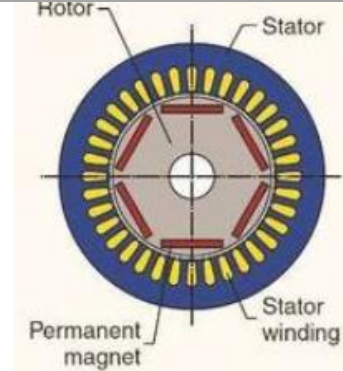
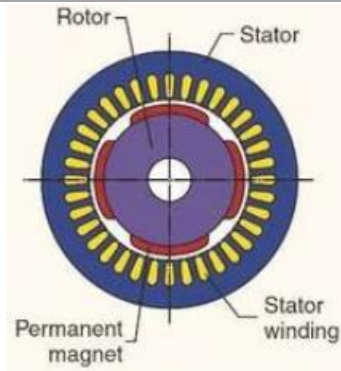
자료 : Politecnico di Torino, 신영증권 리서치센터

도표 96. 비행 시간에 따른 토크 & RPM 변화 추이



자료 : Politecnico di Torino, 신영증권 리서치센터

도표 97. IPMSM과 SPMS 특징과 차이

	매립 자석형 영구동기모터 (Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)	표면 자석형 영구동기모터 (Surface Permanent Magnet Synchronous Motor)
구조		
구조	영구자석을 로터 내부에 매입	영구자석을 로터 표면에 부착
자석 비산 방지 부품	불필요 (장점)	필요 (단점)
제어	모터 전류 위상을 변경해야 하므로 복잡	모터 전류 위상이 항상 일정하므로 간단
회전 수 범위	확대하기 용이	확대하기 어려움
소음 & 진동	상대적으로 큼	상대적으로 조용
토크 특징	자석 토크 + 리럭턴스 토크 병용	영구자석 단면적 증가에 따른 자석 토크
착자성	대	중
적용 분야	자동차	VTOL

자료 : Vector magnets, 한국과학기술정보연구원, 신영증권 리서치센터

EV와 E-VTOL 모터 권선 기술

권선(Magnet Wire)은 모터 등 전자 장치에 감는 도선으로 모터 고정자에 코일 형태로 감겨 전기에너지를 운동에너지로 변환하는 임무를 수행한다.

권선의 형태에 따라 전류 흐름 특성이 달라지며, 이에 권선은 모터의 효율성과 전기차의 주행 성능에 큰 영향을 미친다. 모터 권선의 재질은 일반적으로 동이며 단면 형상은 원형을 각형 등이 있다.

권선 기술은
모터 성능과 효율성 좌우

전기차의 경우 구동 모터용 권선에 요구되는 특성은 1) 강한 자기력을 위한 높은 점적률 2) 와인딩 작업에서 가해지는 높은 인장으로 인한 절연 성능 저하 개선 및 지연 능력 3) 용접 부위의 절연 피막의 탄화로 인한 성능 저하 최소화 능력 등이다.

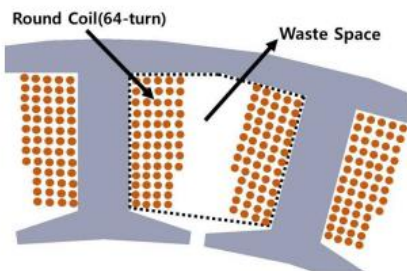
최근에는 전기차 구동 모터의 효율을 향상하기 위해 환형 권선 대신 각형 권선을 사용하여 코일이 감기는 슬롯 면적 대비 권선 도체 면적인 점적률과 토크 밀도를 높이는 방법을 쓰고 있다.

점적률을 높여 고정자,
모터의 소형화,
효율성 향상

환형 권선은 각 권선의 원주로 인해 권선과 권선 사이에 공간이 발생하며, 이에 일반적인 상용 모터의 점적률은 30%~40%에 그치기도 한다. 하지만 환형 대신 직사각형 권선을 사용하면 이러한 공간을 줄여 점적률을 끌어올리고 고정자를 소형화 할 수 있으며 동손을 감소시킬 수 있기 때문이다.

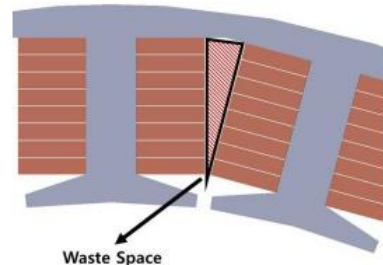
이에 최근 들어 EV에는 각형 권선을 활용한 헤어핀 공법이 널리 쓰이고 있으며, 현대차그룹도 e-GMP에 헤어핀 권선 기술을 적용해 기존 환형 대비 약 10%가량 효율성을 향상한 것으로 알려져 있다.

도표 98. 원형 권선과 공간 낭비



자료 : KITECH, 신영증권 리서치센터

도표 99. 각형 권선과 공간 낭비



자료 : KITECH, 신영증권 리서치센터

그러나 각형 권선을 사용한 헤어핀 공법을 써도 모터 중심에서 외경으로 갈수록 원주 때문에 빈 곳이 발생한다. 그런데도 슬롯 내부의 낭비되는 공간이 줄어들어 기존 원형 권선 대비 높은 점적률(50% 수준)을 기대할 수 있으며, 구조 최적화를 향상할 수 있다.

점적률
원형 30%~40%,
각형 50%,
MSO 70%~90%

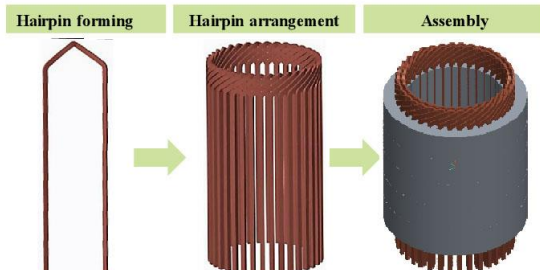
EV 모터 대비 더 높은 수준의 경량화가 필요한 UAM용 모터에도 고정자 권선 최적화 설계, 신기술 권선법 적용이 중요하다. 따라서 더 높은 단면적을 가지는 코일을 모터 내부에 넣어서 모터의 전기적 저항을 감소시키기 위한 권선 기술이 개발 중에 있다. 그중에서 각형 권선 및 헤어핀 기술에 이어 3세대 권선 기술로 한국생산기술연구원이 개발한 **Maximum Slot Occupation (MSO)** 권선 기술이 주목받고 있다.

MSO는 방열 성능이
우수하여
모터 소형화에 유리

MSO는 슬롯에 삽입할 수 있도록 미리 성형된 권선을 끼워 넣는 방식으로 점적률을 70%~90%까지 높일 수 있는 기술이다. MSO는 분산형보다는 집중형 구조와 유사한 방식으로 볼 수 있으며, 코어와 넓은 면 접촉을 통한 방열 성능이 우수하므로 유냉식 대비 부품 수가 적고 경량화, 소형화에 유리한 공랭식 냉각이 가능하다는 장점이 있다. 이는 경량화가 중요한 E-VTOL 모터에는 중요한 장점이 될 수 있다.

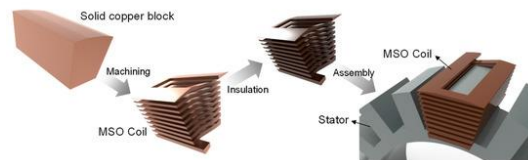
하지만 아직 EV에는 기존의 분산형, 또는 집중형 구조가 쓰이고 있다. 현대차 E-GMP 개발자들은 모터 효율과 양산성 측면에서 아직은 집중권이거나 MSO 대비 코일 점적률이 낮고, 동손이 높은 단점이 있지만 고조파와 방열, 양산성 측면에서 분포권 방식이 더 유리하다는 시각을 내비친 바 있다. 다만, MSO 기술이 여전히 개발 중이고, 고사양 슈퍼 카, 또는 니치마켓에서는 충분히 활용할 수 있음을 시사했다.

도표 100. Hair-pin 권선 방식



자료 : Honest Automation, 신영증권 리서치센터

도표 101. Maximum Slot Occupation 권선



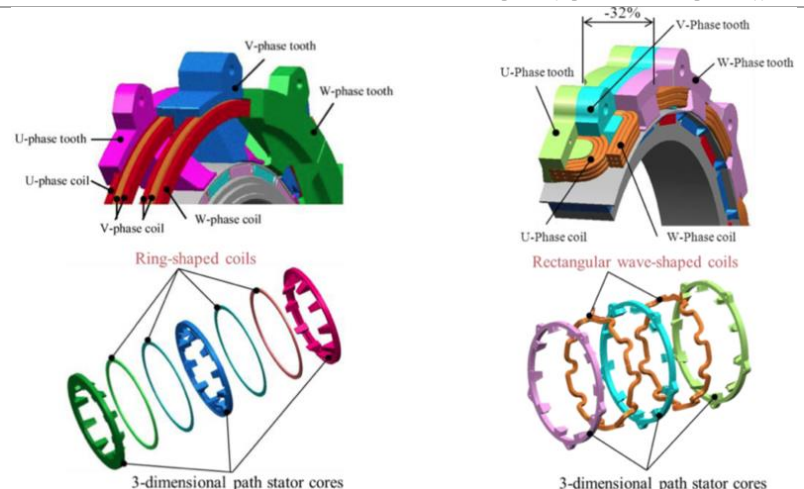
자료 : MDPI, 신영증권 리서치센터

MSO 방식은 6,000RPM 이하에서 최적의 성능이 구현되기 때문에 EV에는 부적합하다는 시각도 있지만 E-VTOL은 EV와 달리 높은 RPM 성능보다는 낮은 RPM 대역에서 높은 토크 성능이 중요하다. 또한 수냉식 열관리를 사용할 수 있고, 이에 따라 소형화와 경량화가 가능하다는 장점이 있다. 따라서 추가적인 기술 향상이 이뤄진다면 e-VTOL 모터에서 MSO 방식의 활용 가능성도 높아질 수 있을 것이다.

미리 성형된 권선을 끼워 넣는 방식으로 점적률을 70%~90%까지 높이는 MSO와 유사한 방식이 자동차에서도 시도 중이다. 2016년 이후 출시한 HEV 구동 모터의 권선을 환형에서 직사각형으로 바꾸어 점적률을 48%에서 60% 수준까지 끌어올린 Honda 자동차의 엔지니어들은 구동모터 소형화를 위해 토크 창출에 불필요한 코일 엔드 삭감 기술에 주목했다. 직사각형 코일을 활용하여 U 모양으로 만든 후 이를 고정자 코어의 축 방향에서 삽입하는 공법이다.

상기 공법을 활용하면 코일 엔드 길이와 축 길이를 기존 대비 각각 18%, 32% 단축할 수 있는 것으로 알려졌다. 아울러 권선이 느슨해지는 것을 방지하기 위해 구부리고 끈으로 결속하는 공정이 줄어들어 자동화와 대량 양산에 쉽다고 한다.

도표 102. 코일 엔드를 단축시키기 위한 Honda의 권선 공법: 수공업을 줄여 자동화에 유리



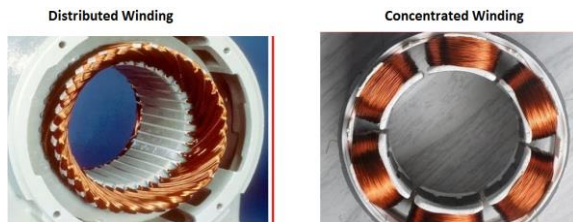
자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

도표 103. 유형별 권선의 특징

구분		내용
권선	원형	* 권선(Magnet wire)에서 가장 일반적이고 널리 사용되는 유형 * 다양한 사이즈로 제작이 가능하고 절연 물질인 바니시를 균일하게 도포하여 보다 안정적인 절연 특성을 유지 * 자동차의 전장 부품과 냉장고, 세탁기 등의 가전 제품의 모터, 산업용 모터, 발전기, 변압기 등에 사용
	각형	* 일반 권선인 환선으로는 효율 증대를 위한 점적을 향상에 한계 존재 * 높은 점적율을 위해서 각형 권선의 필요성이 대두 * 자동차용 구동모터/발전기 등, 다양한 고전압 모터와 EV 구동모터 등으로 점차 확대 적용 중 * 헤어핀 공법 적용을 위한 고가의 권선 공정 장비 필요
	MSO	* 슬롯에 삽입이 가능하도록 미리 성형된 권선을 끼어 높은 점적율 구현 * 70%~80% 수준의 점적율 (환형 40%~50%, 각형 50%~60% 수준) * 높은 점적율 & 권선 저항이 낮고, 이에 따라 발열량 감소 * 코어와 넓은 면 접촉을 통한 방열 성능이 우수 & 공랭식 열관리가 가능하기 때문에 부품 수가 적고 경량화, 소형화에 유리 * 6,000RPM 이하에서 최적의 성능이 구현 & 따라서 EV 보다는 HEV, 또는 UAM 등 니치 마켓에서 주목

자료 : 신영증권 리서치센터

도표 104. 분산형과 집중형 구조 차이



자료 : Electrical4U, 신영증권 리서치센터

도표 105. MSO 권선 방식



자료 : 한국생산기술연구원, 신영증권 리서치센터

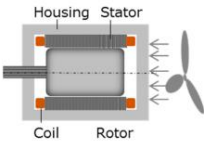
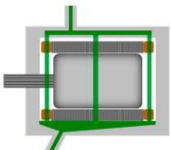
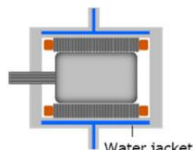
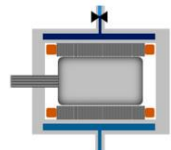
공랭식 모터 열 관리

희토류 자석 기반의 영구자석 방식 모터는 열 발생에 따른 자력 손실과 불가역 감자(demagnetization)라는 문제가 있다. 따라서 모터에서 발생하는 열을 효과적으로 냉각하여 모터 및 전력 변환 부품 성능을 안정적으로 유지하는 것이 중요하다. e-VTOL도 모터를 활용한 전기 구동 시스템을 통해 비행 추진력을 얻기 때문에 전기 추진 모터의 고속 회전 시 발생하는 진동과 고출력 비행 시 발생하는 발열을 효과적으로 냉각하여 모터와 인버터 효율과 안전성을 유지할 수 있는 열 관리 냉각시스템 개발이 중요하다.

차량용 구동 모터의 냉각 방식은 일반적으로 공기를 이용하는 공랭식, 냉각수를 이용하는 수냉식, 오일을 이용하는 유냉식 등이 있다. 하지만 공랭식은 냉각 성능이 부족하여 EV 구동 모터 냉각 방식으로는 부적합하다는 의견이 일반적이며, 이에 수냉식이나 유냉식이 EV 구동 모터 열관리에 일반적으로 쓰이고 있다.

수냉식, 유냉식 냉각 방식은 차량 주행 환경에 영향을 덜 받는 장점이 있다. 하지만 펌프, 열 교환기, 오일 쿨러 등 추가 부품이 필요하며, 이는 열 관리 부품의 복잡성과 전체 무게 증가라는 단점이 있다. 이에 따라 경량화와 그리고 신뢰성이 더욱 중요한 e-VTOL 전기 구동시스템의 경우 그 구조가 간단하고, 경량화가 쉬운 공랭식이 주목받고 있다.

도표 106. 유형별 모터 냉각 기술 개념 및 특징

	Air Cooling	Oil Cooling	Water Cooling	Refrigerant Cooling
Schematic Illustration				
Heat exchange by	Heat exchange by wind	Heat exchange by oil directly flowing into heat source	Heat exchange by flowing water in a water jacket	Heat exchange by flowing refrigerant and vaporization heat
Cooling Performance	Low	High	Average	High
Cooling Uniformity	Uniform	Non-uniform	Uniform	Uniform
Application Example	Mainly Train	Outlander PHEV(front)	i-MiEV, Outlander PHEV(Rear)	HERE PROPOSED

자료 : Mitsubishi Motors, 신영증권 리서치센터

공랭식 열 관리는 모터 하우징 외부에 Cooling fins을 배치한 간단한 구조로 외부로부터의 공기 흐름을 통해 모터의 열을 식히고 모터 하우징으로 전도된 열이 Cooling fin을 통해 밖으로 빠지는 방식이다.

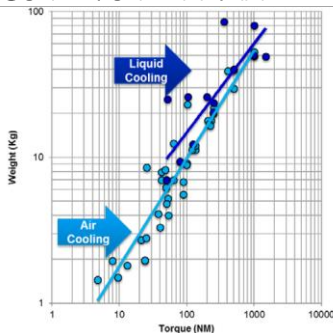
EV: 수냉/유냉식

e-VTOL: 공랭식

하늘을 나는 e-VTOL 기체 특성상 공랭식에 필요한 공기 흡기가 용이하다는 것도 공랭식 열 관리에 유리한 점이다. 수랭식, 유냉식에서 필요한 부품이 수냉식에서는 적기 때문에 때문에 경량화와 정기 보수와 경량화 측면에서 유리하다.

다만 모터의 회전자와 고정자를 직접 냉각하는 공랭식 열 관리는 일반적으로 20kW 급 소형 모터에 쓰인다. 따라서 발열이 높은 100kW 급 e-VTOL 모터를 열효율적으로 냉각시키기 위해서는 추가적인 기술 개발이 필요한 것으로 판단한다.

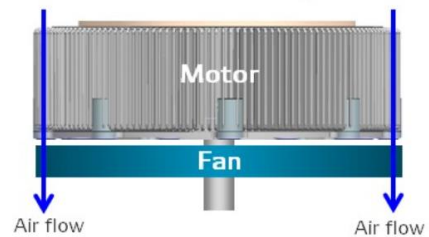
도표 107. 공랭식 & 수냉식 모터의 무게와 토크



자료 : Boeing Research & Technology, 신영증권 리서치센터

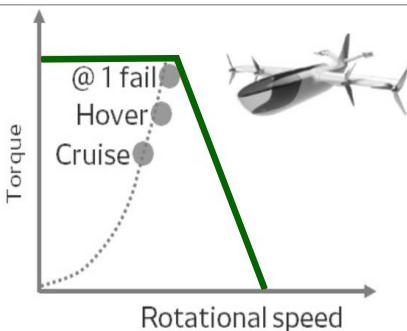
도표 108. Denso의 공랭식 eVTOL 기체용 모터

A fan is installed on the motor output shaft to introduce a cooling air flow.



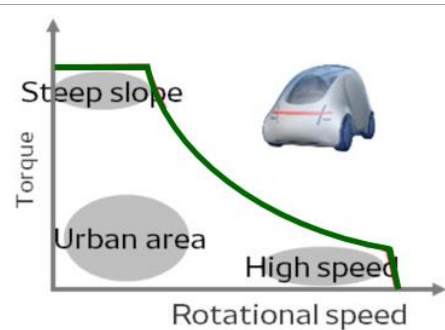
자료 : Denso, 신영증권 리서치센터

도표 109. eVTOL 모터에 요구되는 토크와 RPM



자료 : Denso, 신영증권 리서치센터

도표 110. EV 모터에 요구되는 토크와 RPM



자료 : Denso, 신영증권 리서치센터

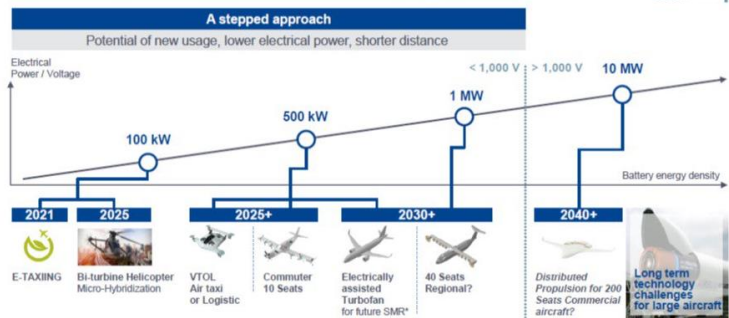
모터 추진 기술의 게임 체인저: 초전도 모터

모터의 효율, 출력 밀도 향상을 위해서는 효과적인 냉각 기술 필요

모터가 전기 에너지를 운동 에너지를 변환하는 손실과 모터 내부의 권선, 스테이터, 로터, 그리고 자석에서 열이 발생한다. 권선과 같은 모터의 주요 구성품은 각각 내열 등급이 있으며, 특수한 경우가 아니라면 모터는 이러한 내열 등급 이내에서 작동한다. 따라서 **모터에서 발생하는 온도를 효과적으로 냉각시킬 수 있으면 모터의 발열 손실을 줄이고, 출력 밀도와 효율을 높일 수 있다.**

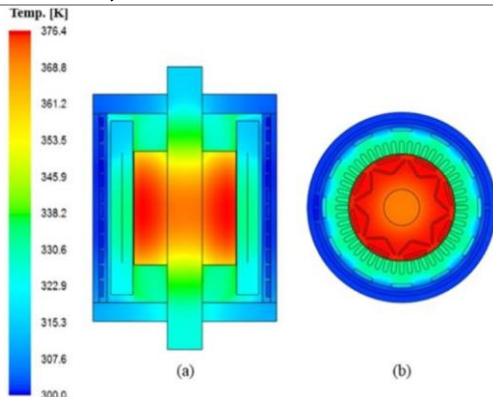
현재 개발 중인 있는 e-VTOL은 10인 이내의 소형 기체가 일반적이는데 이는 배터리, 모터 등 주요 전기 추진시스템의 에너지 밀도와 출력 밀도에 한계가 있기 때문이다. Safran에 따르면 200인승 이상의 민항기에는 10MW급 이상의 출력이 필요하다. 그러나 DENSO에 따르면 현재의 공랭 기술로는 출력 100kW급의 모터를 효율적으로 냉각시키는 것도 기술적으로 쉽지 않으며, 공랭, 수냉 기술을 혼합해도 경량화를 달성하면서 MW급 출력의 항공 모터를 냉각하는 데는 한계가 있다.

도표 111. 200인승 이상의 비행기에는 10MW 이상의 모터 필요



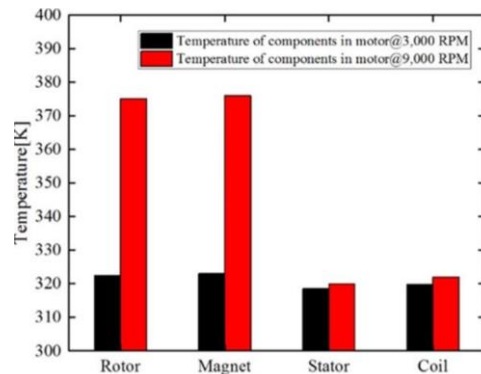
자료 : Safran, 신영증권 리서치센터

도표 112. 9,000RPM에서 모터 내부의 온도



자료 : 한양대학교, 신영증권 리서치센터

도표 113. RPM에 따른 로터, 자석, 스테이터, 권선의 온도



자료 : 한양대학교, 신영증권 리서치센터

항공 산업은 2050년까지 CO2 배출량을 0으로 줄이는 무탄소(Carbon Free)를 목표로 하고 있다. 이러한 항공 산업의 탄소 중립을 달성하기 위해서는 케로신 등 기존 화석 연료를 지속 가능 항공 연료(Sustainable Aviation Fuel)로 대체하고, 초경량 고효율 모터 추진 시스템이 필요하다.

항공기의
전동화를 위해서는
초경량, 고효율
추진 시스템 필요

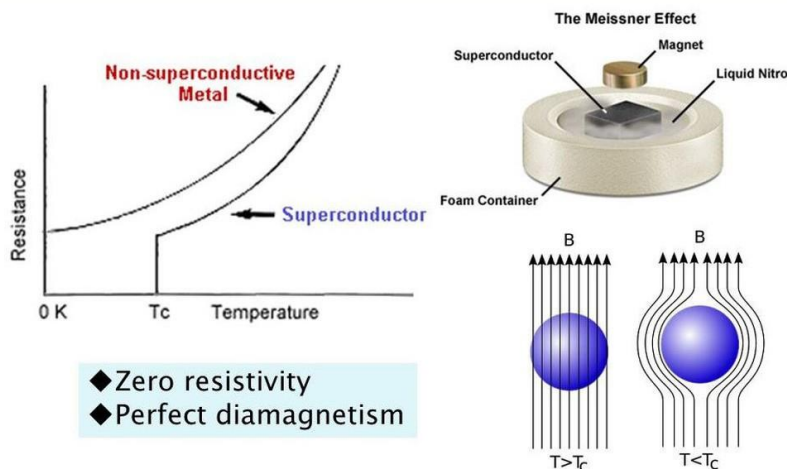
따라서 항공기의 전동화, e-VTOL의 대형화를 위해서는 새로운 모터 기술이 필요하다는 의견이 지배적이며, 이에 주목 받는 기술이 초전도 모터이다. 도체는 온도가 증가하면 전기 저항도 함께 증가하여 전기가 잘 흐르지 않고, 온도가 낮아지면 저항도 작아지며, 이에 전도도 잘된다.

반면 초전도(Superconductivity)는 절대 온도(영하 273.15도)인 극저온 상태에서 모든 전기 저항이 0이 되는 현상으로 1911년에 발견되었다. 이러한 초전도 현상이 나타나는 도체를 초전도체라고 하는데 전기 저항이 없으므로 에너지가 손실 없이 무한히 흐를 수 있다. (1986년에는 영하 273.5도 보다 상대적으로 높은 영하 135도에서 초전도 현상이 나타나는 Cuprate 물질이 개발되어 해당 물체의 임계 온도가 영하 109도까지 상승)

초전도 모터를 통해
전기 추진시스템의 무게와
크기를 줄이고,
전력 밀도를 높일 수 있음

이처럼 극저온 상태에서 전류가 장애 없이 흐르는 초전도 현상을 이용한 초전도 모터는 권선을 전기 손실이 없는 초전도체로 대체한 것이다. 전기 저항과 손실 없이 기존 구리 권선 모터에 비해 수십~수백 배 높은 전류를 흘릴 수 있는 초전도 기술은 초경량, 고효율 항공기 전기 추진시스템을 현실화 시킬 수 있는 게임 체인저로 볼 수 있다.

도표 114. 절대 온도 이하에서 모든 전기 저항이 없어지는 초전도 현상



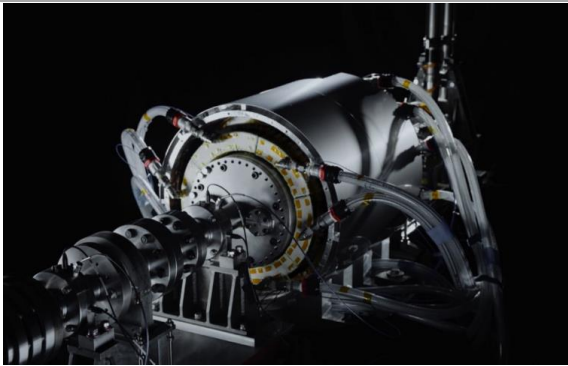
자료 : Physicsfeed, 신영증권 리서치센터

Toshiba ESS,
모빌리티 용 초전도 모터
시제품 발표,
2020년대 말 상용화 목표

AIRBUS,
극저온 액체 수소를 활용한
초전도 전기 추진시스템
연구

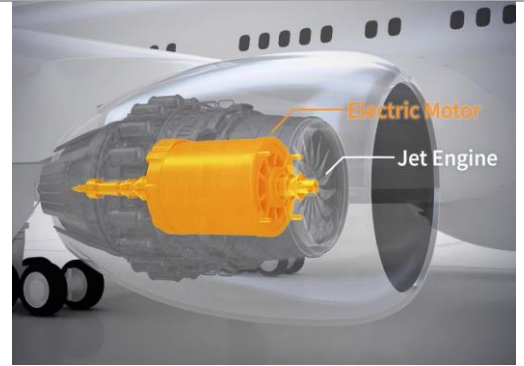
2022년 6월, Toshiba Energy Systems & Solutions는 모빌리티 용 초전도 모터를 개발했다고 밝히며, 시제품을 공개했다. Toshiba의 모빌리티용 초전도 모터의 최대 출력은 2MW, 크기는 50x70cm 동급 전기 모터 대비 크기와 무게를 1/10 미만 수준으로 줄인 것이 특징이다. Toshiba는 추가 기술 개발과 성능 향상을 통해 2020년대 말 중대형 모빌리티 수단에 상용화 시키는 것을 목표로 하고 있다. AIRBUS도 2035년까지 무공해 항공기를 개발하기 위해 영하 253도의 극저온 액체 수소를 활용한 극저온 초전도 전기 추진시스템 기술을 연구하고 있다.

도표 115. 22년 6월 공개된 Toshiba의 초전도 모터



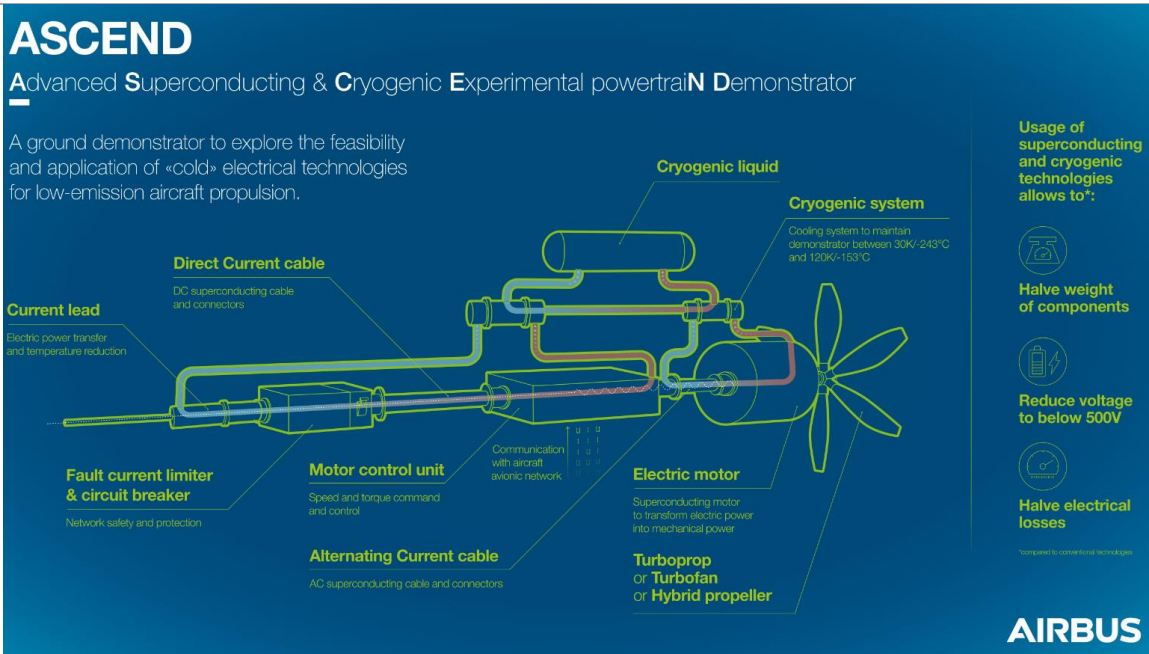
자료 : TOSHIBA, 신영증권 리서치센터

도표 116. Toshiba의 항공 모빌리티용 초전도 모터



자료 : TOSHIBA, 신영증권 리서치센터

도표 117. 영하 253도의 극저온 액체 수소(극저온 초전도 기술)를 활용한 AIRBUS의 전기 추진 시스템 개념도



자료 : AIRBUS, 신영증권 리서치센터

e-VTOL 배터리

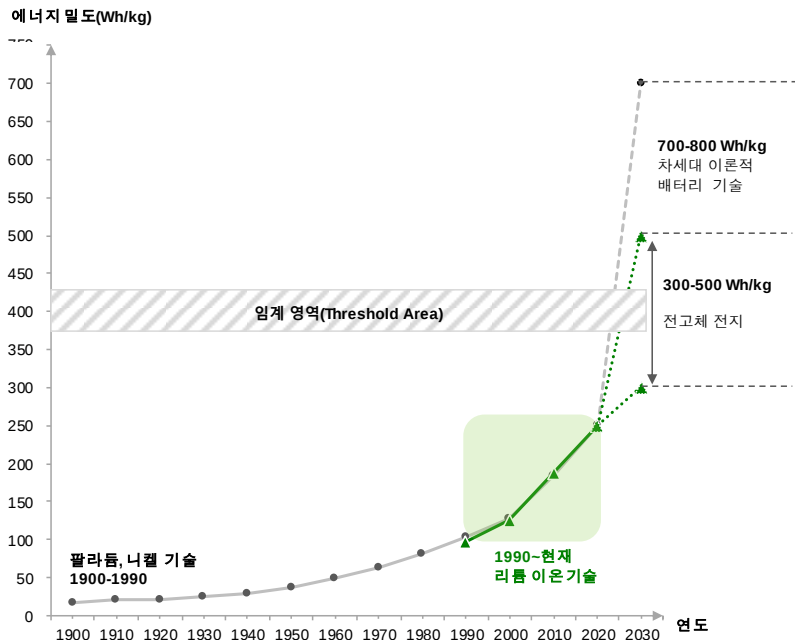
AMM 대중화를 위해서는
에너지 밀도
400Wh/kg 이상의
배터리 팩 필요

화재 방지를 위해
신뢰성 높은 BMS,
열관리 기술,
고체 전해질
필요성 존재

모터와 배터리를 활용한 전기 추진시스템은 화석 연료를 활용하는 내연기관 대비 효율성이 높고 배기가스, 소음 등 친환경 측면에서도 경쟁 우위에 있다. 그러나 e-VTOL의 상용화를 넘어 대중화를 위해서는 비행 거리, 비행시간 확대가 필요하며, 이를 위해서는 에너지 밀도 향상이 필요하다. 현재 개발 중인 e-VTOL 기체의 배터리 팩 에너지 밀도는 대체로 180~230Wh/kg 수준이다. 하지만 운항 거리, 비행 횟수 증가와 배터리 교체 주기를 단축하여 AMM 사업성을 확보하기 위해서는 400Wh/kg 이상의 에너지 밀도를 갖춘 차세대 배터리가 필요하다는 시각이 지배적이다.

EV와 마찬가지로 e-VTOL에서도 배터리 화재 가능성은 큰 위험 요소이다. 현재 상용화된 2차 전지 중에서는 리튬이온 배터리가 에너지 밀도 측면에서 다른 배터리 대비 경쟁 우위에 있지만 과충전/방전으로 인한 화재 발생 가능성이 크다는 것은 단점이다. Lillium의 CFO도 배터리 열 폭주 가능성을 없애는 것은 불가능하며, 따라서 그 위험을 낮추어 엄격한 항공 안전 규제에 대응해야 한다고 밝힌 바 있다. 이에 따라 EV와 마찬가지로 e-VTOL도 신뢰성 높은 BMS(Battery Management System)와 열관리 시스템이 필요하며, 고체 전해질을 사용해 외부 충격 및 온도 변화로 인한 화재 위험을 낮추는 전고체 전지를 대안으로 보는 시각도 있다.

도표 118. 배터리 기술 발전 추이 : e-VTOL에는 최소 400Wh/kg 이상의 에너지 밀도 필요



자료 : Porsche Consulting, 신영증권 리서치센터

배터리팩 에너지 밀도 향상과 더불어 경량화와 강건한 배터리 팩 구조 설계도 필수적이다. 좌우 주익 내부에 항공유를 저장하는 기존 여객기와 달리 e-VTOL은 동체 프레임 내부에 배터리 팩을 넣는 방식이 일반적이다. 하늘을 날아야 하기 때문에 경량화가 매우 중요하지만 e-VTOL 수직 이착륙 과정에서 발생할 수 있는 낙하 충격을 견딜 수 있는 강건한 배터리 팩 구조 설계도 필요하다.

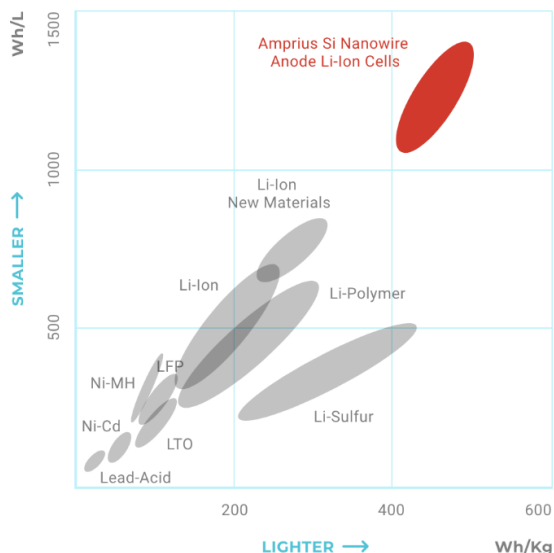
이처럼 e-VTOL에 쓰이는 배터리는 EV 배터리 대비 요구되는 에너지 밀도와 안전성 수준이 높다. 이러한 e-VTOL 배터리 분야에서 주목을 받는 업체가 2008년 설립되어 실리콘 나노 와이어 양극 기술을 활용하는 Amprius Technologies이다. 실리콘은 흑연과 같은 탄소 대비 에너지 저장 능력이 10배가량 뛰어나 새로운 음극재로 주목 받고 있다. 다만 충전과 방전 과정에서 발생하는 실리콘 음극재의 부피 변화가 크고, 이에따라 잘 깨지는 고질적인 문제가 있다는 것이 기술적 단점이다.

Amprius에 따르면 나노 형상을 띤 3D구조의 실리콘 음극은 기계적 손상 없이 이론 전하 축적 용량을 달성할 수 있다. 실리콘 나노 와이어로 만들어진 매트가 쉽게 구부러지기 때문에 충전과 방전 시에 발생하는 기계적 응력을 해소시키기 때문이다. 2022년 2월, Amprius는 고고도 유사 위성(High-Altitude Pseudo Satellites)에 쓰일 450Wh/kg, 1,150 Wh/l 급의 리튬이온 배터리 셀을 상용화하여 납품했다. 이는 e-VTOL에 필요한 배터리 에너지 밀도 수준에 근접한 수준이다.

실리콘 나노 와이어 기술을
통해 기계적 손상 없이
이론 전하 축적 용량 달성

2022년 2월,
고고도 유사 위성(HAPS)
용 450Wh/kg,
1,150Wh/l
배터리 상용화 & 납품

도표 119. 높은 에너지 밀도와 비에너지의 Amprius의 실리콘 나노 와이어 리튬이온 배터리



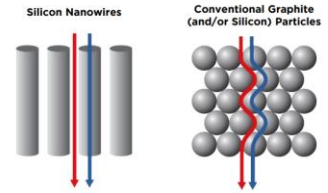
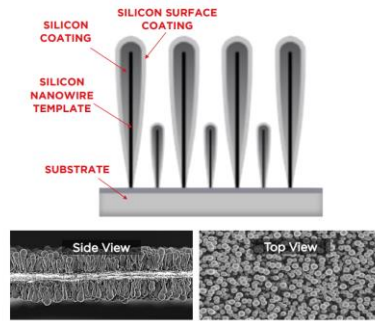
자료 : Amprius, 신영증권 리서치센터

도표 120. 실리콘 나노 와이어 리튬 이온 배터리

SILICON ANODE STRUCTURE

Amprius Solved the #1 Problem with Silicon Anodes

100% Silicon Nanowires⁽¹⁾ Allow Volume Expansion without Binders, Graphite or any Inactive Materials

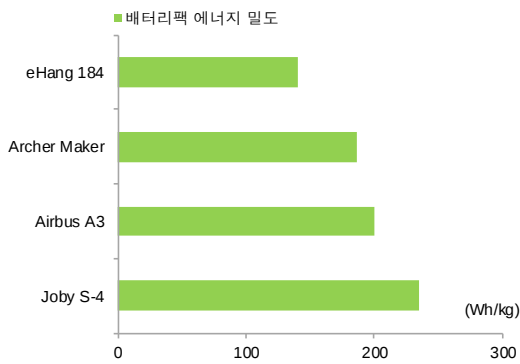


- Spacing between nanowires and silicon porosity **accommodate silicon volume expansion**
- Ions and electrons travel straight paths
- Most conductive path for ions and electrons results in **high power capability and fast charge rate**

(1) Actual percentage of silicon is 99.5-99.9% which is within the range of acceptable purity levels for materials that are considered 100%.

자료 : Amprius, 신영증권 리서치센터

도표 121. 주요 Evtol의 배터리 팩 에너지 밀도



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 122. Amprisu의 450 WH/KG, 1150 Wh/L



자료 : Amprius, 신영증권 리서치센터

도표 123. amprius의 배터리를 사용하는 AIRBUS

AIRBUS

- ❖ Amprius has enabled Airbus to set World Records for HAPS endurance and flight
- ❖ Amprius is designed into Airbus' HAPS platform
- ❖ Airbus Defence and Space 2021 Innovative Supplier of the Year Award
- ❖ Current Amprius Strategic Investor⁽¹⁾

자료 : amprius, 신영증권 리서치센터

도표 124. Lilium Jet의 배터리 탑재 위치 (녹색)



자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터

신속한 충전을 위해
높은 C-Rate 필요

에너지 밀도만 높다고 e-VTOL 배터리로 충분한 것은 아니다. 배터리의 주요 성능 지표 중 하나가 배터리의 충전/방전 속도를 나타내는 C-Rate(Current Rate)인데, e-VOTL는 높은 C-Rate를 필요로 한다. 기체가 작은 소형 VTOL의 경우 배터리를 교체하는 방식도 가능하지만 중대형 e-VTOL 기체의 배터리를 교체하는 것은 물리적으로 한계가 있다.

신속한 고도 상승을 위해
높은 방전 C-Rate 필요

따라서 신속한 충전을 위해서는 높은 C-Rate가 필요하다. 또한 VTOL 기체가 순항 고도까지 신속하게 상승하기 위해서는 높은 출력이 있어야 하는데 이러한 고도 상승 구간에서는 높은 방전 C-Rate가 필요하다.

이와 더불어 EV와 달리 e-VTOL은 비행 중 방전량이 많고, 또한 다음 비행까지 허용된 충전 시간 역시 매우 짧을 가능성이 크다. 따라서 배터리의 상태 및 수명을 정밀하게 예측 & 관리하는 BMS 기술이 중요하다.

Amprius의 C-rate는
최대 10C

2021년 12월 Amprius의 발표에 따르면 2,750mAh 배터리(370Wh/kg)의 충전 상태가 0%에서 80%까지 이르는 속도는 6분(10C) 미만으로 미국의 'Advanced Battery Consortium 2025'의 15분 목표를 초과 달성했다.

실리콘 나노 와이어는 흑연 음극보다 훨씬 얇고, 가벼울 뿐만 아니라 집전체와 높은 전기 연속성을 갖기 때문에 전도성이 높으며, 이에 빠른 충전이 가능하다고 한다. 단, 충전 상태 90%까지는 약 8분, 100%까지는 26분 정도가 걸렸기 때문에 추가적인 기술 발전이 필요한 것으로 판단한다.

도표 125. EU 집행위의 2030년 e-VTOL 배터리 주요 전망

구분	사용 조건	시스템/팩/셀	단위	2020	2030E
Cell/Pack(%)	-	팩	%	70	80~90
사용 년수	-	팩	년	-	2
사용 싸이클	80% DoD, 23°C	셀	싸이클	-	>3,000
충전 시간	80% SoC	-	분	-	30
에너지 밀도	2C Discharge - 23°C	-	Wh/kg	-	500~600
비용	-	셀	€/kWh	-	100~200
비용	-	팩	€/kWh	-	200~300
시장 크기	-	-	GW/년	-	1

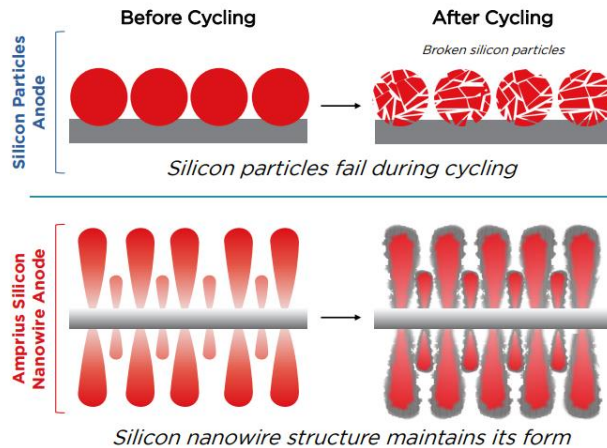
자료: European Commission, 신영증권 리서치센터/ 소형-중형 기체, 배터리 사이즈 250~1,000kWh 기준

도표 126. Amprius의 실리콘 나노 와이어 리튬 이온 배터리 특징

Performance Metric	Graphite Anode Battery Cells ⁽¹⁾	amprius ⁽³⁾
Anode Capacity (mAh/g) ⁽¹⁾⁽²⁾	335-355	1,500-2,500
Specific Energy (Wh/kg)	-215-285	360-500
Energy Density (Wh/L)	-530-715	890-1,400
Charging Time to 80%	30 minutes	<6 minutes ⁽⁴⁾
Rate Capability/Power	Up to 10C	Up to 10C
Cycle Life	500-1,000 cycles	200-1,200 cycles
Operating Temperature	-20 to 60°C	-30 to 55°C

자료 : Amprius, 신영증권 리서치센터

도표 127. 실리콘 나노 구조를 활용해 충방전 시 발생하는 기계적 응력을 해소



자료 : Amprius, 신영증권 리서치센터

도표 128. 우리나라의 UAM용 친환경·초경량·고성능 추진 동력원

	내용
~2025년 목표	~2025년까지 상용화 기반 기술개발 목표
	A) UAM용 고성능 배터리 팩: 에너지 밀도 250Wh/kg 이상 확보, 배터리 방전 요구도 8C 만족
	B) 하이브리드 전기 동력 : 수소 1kg 당 10kWh 이상의 수소 연료전지 출력 성능 확보
	* 배터리만으로 5분 비상 비행 가능하도록 배터리 성능 확보
	* 연료전지 출력 성능으로만 UAM이 호버링 가능하도록 전력 설계 및 제어
~2030년 목표	* 15m/s 수준의 돌풍에서도 자세를 유지할 수 있는 출력 제어가 가능한 하이브리드 시스템
	~2030년까지 상용화 기술 개발 목표
	A) UAM용 고성능 배터리 팩
	* 배터리 팩 에너지밀도 450 Wh/kg 이상 확보, 배터리 팩 BMS 성능 추정 정밀도 5%
	B) 하이브리드 전기 동력
~2035년 목표	* 하이브리드 전기 추진 시스템 통합 제어/냉각 시스템 및 전력관리 기술 개발
	* 하이브리드 전기 추진 시스템 건전성 예측 및 관리시스템 개발
~2035년 목표	~2035년까지 대중화 기술개발 목표
	* UAM 배터리 팩 안전성 입증을 위한 성능시험 수행

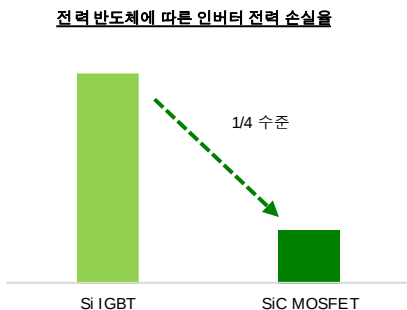
자료 : K-UAM 로드맵, 신영증권 리서치센터

인버터와 SiC & GaN 전력 반도체

기존에는 전기차에 모터, 인버터, 감속기가 개별적으로 탑재되는 것이 일반적이었다. 하지만 최근 모터와 감속기, 인버터를 일체화한 구동 시스템이 새롭게 선보여지고 있다. 이처럼 인버터를 모터와 통합하면 모터와 인버터를 이어주는 와이어링 하네스를 단축하거나 버스바로 대체할 수 있고, 감속기를 통합하면 모터 냉각유와 기어 윤활유를 공유할 수 있어서 냉각 시스템과 구동 시스템을 소형화시킬 수 있다. 따라서 그만큼 경량화, 그리고 비용 절감에서 유리해지는 것이다. **e-VTOL 파워트레인 분야에서도 이러한 일체형과 경량화 기술을 추진 중이다.** DENSO와 Honeywell는 2개의 모터와 2개의 인버터가 병렬 연결된 e-VTOL 파워트레인을 공개했으며, 미국의 H3X도 모터와 인버터를 일체화하여 세계 최고 수준의 비출력을 달성하였다.

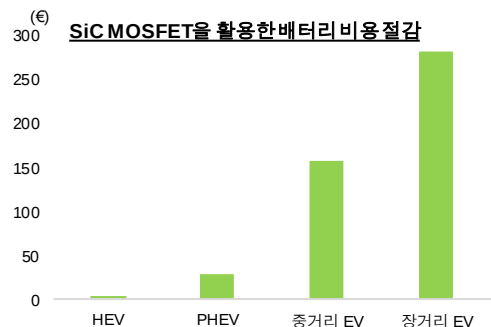
모터, 인버터 통합과 더불어 전력 반도체를 활용해 인버터의 저전력, 고효율, 고용량 성능을 향상하는 기술 개발도 이루어지고 있다. 배터리로 구동하는 디바이스가 최소한의 전력으로 작동할 수 있도록 하게끔 하는 전력 반도체는 이미 스마트폰의 작동 시간을 늘리기 위해 널리 쓰여 왔으며, HEV/EV 친환경차에도 전력 반도체가 쓰이고 있다. 20KW~120KW 전기차용 모터 인버터에 최적화된 실리콘 소자의 Si IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)가 그 예이다. **단 이론적으로 한계치에 근접한 Si 기반 IGBT보다는 SiC 전력 반도체를 활용한 E-VTOL 인버터 기술 개발이 이루어지는 중이다.** 전력 반도체는 기반 소재에 따라 크게 실리콘 전력 반도체와 화합물 기반 소자 전력 반도체로 나눌 수 있다. 기존 전기차용 전력 반도체에는 지구상 물질의 25%를 차지하여 가격이 저렴하고 작동 온도가 넓으며 산소와 쉽게 반응하여 산화막이 얇은 실리콘(Si)이 주 원료로 사용되어 왔다.

도표 129. 전력반도체 종류에 따른 인버터 전력 손실률



자료 : Infineon, 신영증권 리서치센터

도표 130. SiC 반도체 적용에 따른 친환경차 배터리 비용 절감



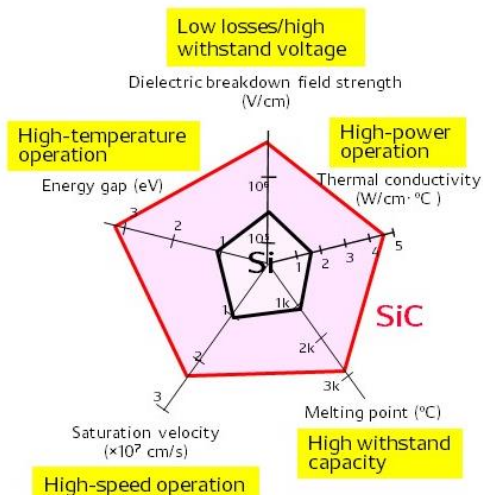
자료 : Infineon, 신영증권 리서치센터

새로운 소자를 활용하여 IGBT 대비 스위칭 에너지 손실을 낮출 수 있다면, e-VTOL 인버터 모듈의 소형화, 경량화와 더불어 열관리 시스템 간소화를 달성할 수 있다. 이에 따라 스위칭 손실과 속도에서 Si-IGBT 대비 경쟁우위에 있는 탄화규소(Silicon Carbide, 이하 SiC)가 화합물 기반의 새로운 반도체 소자로 부상했다. SiC는 높은 내압 특성을 가지면서도 높은 열적 내구성을 갖춘 양립성이 특징인데 Si 대비 8배 높은 전압을 견디고 100배 더 많은 전류를 흘릴 수 있다.

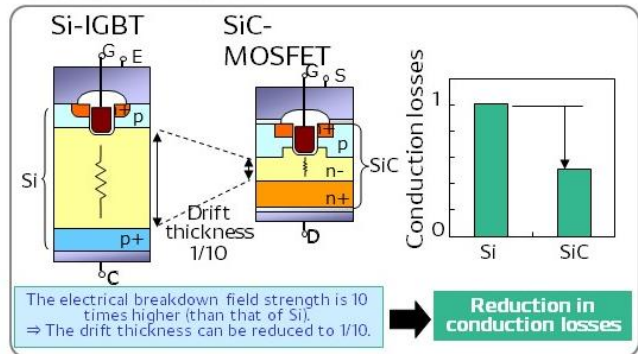
EV에서는 이미 높은 스위칭 효율성을 자랑하는 SiC 반도체가 인버터 고밀도, 소형화와 전력 손실률 개선을 통해 전기차 주행거리 확장에 기여하고 있다. TESLA Model 3 인버터에 ST Microelectronics의 SiC MOSFET가 탑재되는 것으로 파악되는데 과거 TESLA CTO였던 J.B. Straubel에 따르면 인버터의 효율을 0.5% 향상하면 기존 대비 배터리 용량을 0.5% 줄이거나, 같은 배터리로 주행거리를 0.5% 늘릴 수 있다. DC/AC 변환과 주파수 제어 성능이 중요한 EV에서 높은 스위칭 효율성을 자랑하는 SiC 반도체가 인버터 고밀도, 소형화와 전력 손실률 개선을 통해 EV 주행거리 확장에 기여하는 것이다.

도표 131, Si 전력반도체 대비 SiC 전력반도체 성능 & 효과

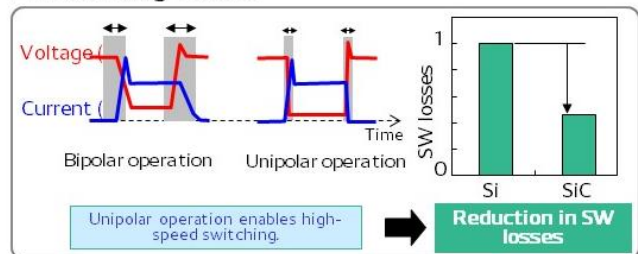
■ Comparison of SiC and Si materials



■ Conduction losses



■ Switching losses



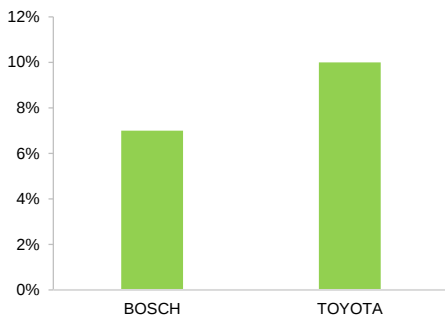
자료 : Toyota, 신영증권 리서치센터

아이오닉5와 EV6도 Infineon의 SiC 전력 반도체를 인버터에 탑재하고 있는 것으로 파악한다. SiC 전력 반도체와 양면 냉각 기능을 갖춘 인버터는 기존 대비 무게를 40%, 크기를 30% 줄일 수 있다고 한다. 이처럼 SiC 전력 반도체를 활용한 고효율, 경량화, 소형화 인버터 기술은 UAM에서도 매우 필요한 기술이며, 항공용 모터 추진체 선두 업체인 MagniX의 인버터 Magni Drive와 H3X의 인버터에도 SiC 전력 반도체가 쓰이고 있다,

항공용 전력 반도체 역시 비출력과 스위칭 속도, 이에 따른 경량화가 중요 고려 요소이다. 갈륨과 질소를 혼합한 질화갈륨을 기반으로 한 GaN 반도체의 전력 효율성도 주목받고 있다. 반도체의 전도대(Conduction band)와 가전자대(Valence band)의 차이인 Band gap이 넓어지면 전력 손실이 적게 일어나 효율성이 올라가기 때문이다.

GaN은 이러한 Band gap이 넓어 실리콘 반도체 대비 높은 주파수, 온도, 전압 환경에서 전력 손실이 낮은 것이 장점으로 평가 받고 있다. INI에 따르면 GaN 전력 반도체 소자를 인버터에 탑재하면 전체 에너지 손실을 실리콘 반도체 대비 75% 줄일 수 있다고 한다. 다만 Hendrik Schefer et al. (2020)에 따르면 2020년까지 항공용으로 GaN 전력 반도체가 쓰인 사례는 없는 것으로 파악된다. SiC 전력반도체는 구동 시 많은 열을 발생시키는데 이는 전력 반도체 디바이스의 성능을 감소시킨다. 따라서 SiC 전력반도체의 성능이 제대로 발휘되기 위해서는 그에 걸맞는 최적화된 전력 모듈 패키징과 냉각 기술이 필요하다. 차량용의 경우 방열판과 절연 기판을 접합하는 직접 냉각 방식이 일반적이었다. 하지만 e-VTOL의 경우 방열판을 전력 반도체의 양면에 배치하여 열이 양쪽으로 빠져나가는 양면 냉각을 통해 디바이스의 방열 성능을 높이고, 출력 밀도를 높인다.

도표 132. SiC전력 반도체 사용에 따른 주행거리 확장 효과



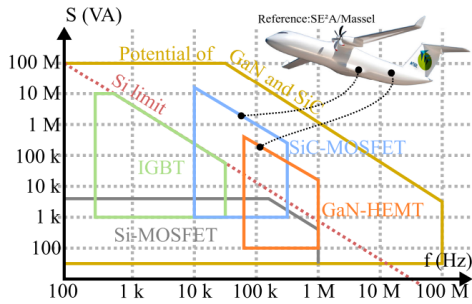
자료 : 각 사, 신영증권 리서치센터

도표 133. Si와 SiC 전력 반도체 손실 비교



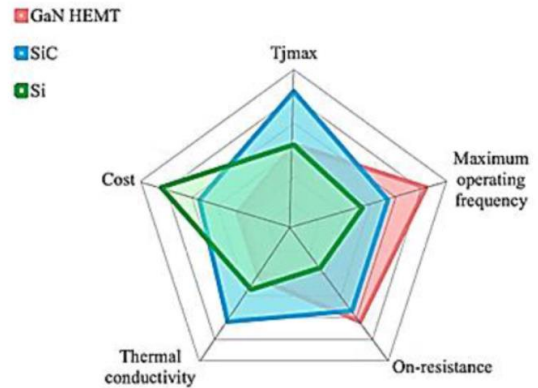
자료 : ROHM, 신영증권 리서치센터

도표 134. 반도체의 밴드갭(Band Gap)



자료 : IEEE, 신영증권 리서치센터

도표 135. Si, SiC, GaN 반도체 특성



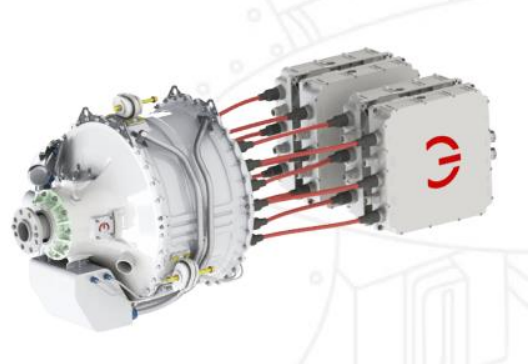
자료 : Progress in Aerospace Sciences, 신영증권 리서치센터

도표 136. SiC전력 반도체를 사용한 MagniDrive 인버터



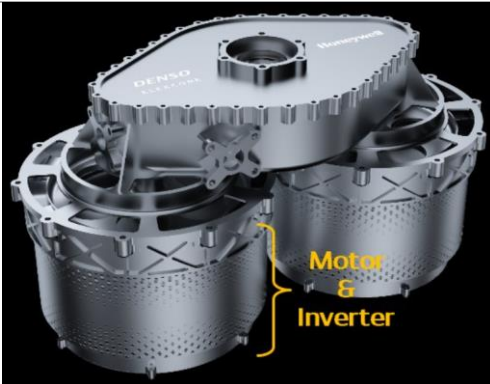
자료 : MagniX, 신영증권 리서치센터

도표 137. Magni650에는 4개의 인버터 탑재



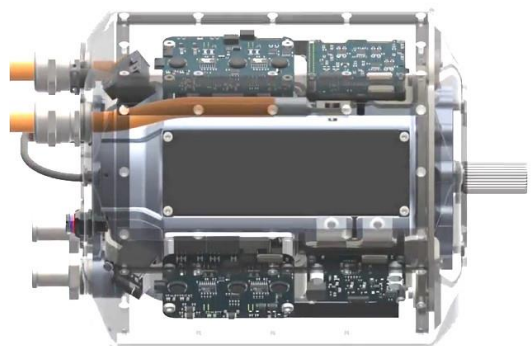
자료 : MagniX, 신영증권 리서치센터

도표 138. 2개의 모터 & 인버터가 병렬 연결된 Denso



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 139. SiC전력 반도체를 쓰는 H3X의 모터+인버터

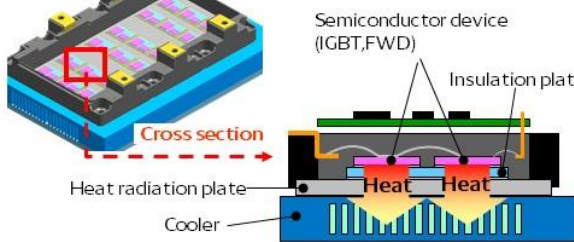


자료 : H3X, 신영증권 리서치센터

앞서 언급한 것처럼 SiC 반도체를 활용하면 스위칭 과정에서 발생하는 에너지 손실을 줄임으로써 인버터의 효율성 향상과 더불어 UAM 부품의 필수 조건인 경량화, 소형화를 가능하게 한다. 이에 우리나라도 UAM 인버터 기술 개발을 추진 중이다.

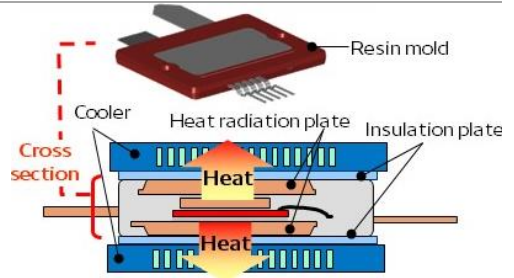
우리나라는 2025년까지 항공기용 인버터 출력 밀도를 10kW/kg, 최대 효율 97%를 목표로 하며, 2035년 이후 장기 기술 개발 방향은 출력 밀도 25kW/kg 최대 효율 98%를 기술 개발 로드맵으로 수립했다.

도표 140. 인버터 단면 냉각



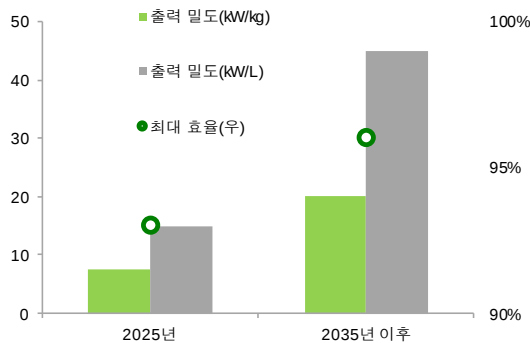
자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 141. 인버터 양면 냉각



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 142 우리나라의 항공용 인버터 기술 개발 목표



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 143 SiC반도체 관련 Airbus와 ST Micro 협력



자료 : ST Micro, 신영증권 리서치센터

도표 144. 전력 반도체 종류와 특징

시기	특징	내용
실리콘 기반	<u>IGBT</u>	* 절연 게이트 바이폴라 트랜지스터 (IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor) * IGBT는 입력부가 MOSFET 구조, 출력부가 바이폴라 구조인 복합 디바이스로, 전자와 정공의 2종류 캐리어를 사용하는 바이폴라 소자 * 낮은 포화 전압 (파워 MOSFET의 저 ON저항에 해당)과, 비교적 빠른 스위칭 특성을 양립 * 비교적 빠른 스위칭 특성이라고 해도, 파워 MOSFET에 비해서는 열등한 것이 IGBT의 약점
	<u>MOSEFT</u>	* 전력용 금속산화물 전계효과 트랜지스터 (MOSEFT: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) * 반도체 소자의 구조가 Metal (금속) - Oxide (반도체 산화물) - Semiconductor (반도체)의 3층 구조로 이루어진 Field-Effect Transistor (전계 효과 트랜지스터)
	<u>Bipolar</u>	* 바이폴라 소자를 사용하여 p 타입과 n 타입 2종류의 반도체를 n-p-n 및 p-n-p로 구성한 트랜지스터
	특징	* 허용 전류: IGBT > Bipolar > MOSEFT * 스위칭: MOSEFT > IGBT > Bipolar * On저항: IGBT > Bipolar > MOSEFT
화합물 기반	<u>SiC(탄화규소)</u>	* 실리콘 (Si)과 탄소 (C)로 구성된 화합물 반도체 소자로 Si의 한계를 뛰어넘는 파워 디바이스용 소자 * 밴드갭이 Si의 3배로 매우 우수 → 고온에서 동작 가능 * 절연 파괴 전계 강도가 Si의 10배 → 600V~수천V의 고내압 파워 디바이스를 Si 디바이스에 비해 높은 불순물 농도 및 박막의 드리프트 층에서 제작 * 고내압 파워 디바이스의 저항 성분의 대부분은 이 드리프트 층의 저항 * 따라서 SiC에서는 단위 면적당 ON 저항이 매우 낮은 고내압 디바이스를 실현 * 이론상 동일한 내압의 경우, Si에 비해 1/300로 면적당 드리프트층 저항을 저감
	<u>GaN(질화갈륨)</u>	* 최대 150℃ 동작온도범 위를 갖는 Si기반 전력반도체에 비해 최대 400℃ 까지의 고온동작이 가능 * 타 물질 기반 전력반도체 대비 본질적으로 높은 전하 이동 & 가속도가 특징*
	특징	* SiC와 GaN 기반 전력소자는 중전력 범위를 공유 * 주요 연구 범위는 양분: SiC는 고전력 저속 스위칭, GaN는 저전력 고속 스위칭 연구가 진행 중

자료 : ROHM, Infineon, 홍익대학교, 신영증권 리서치센터

항공 모터 업체 기술 동향

H3X

하늘을 날 수 있는 추진력을 만들어야 하는 VTOL의 모터는 전기차 구동 모터보다 더 높은 비출력과 비토크를 필요로 한다. 따라서 현재 주요 업체들은 모터의 비출력과 비토크를 끌어올리는 기술 개발에 열을 올리고 있으며, Denso & Honey well, EMRAX, H3X 등의 업체들이 VTOL에 활용할 수 있는 모터를 선보인 바 있다.

위스콘신 대학 시절 Formula SAE 대회 참여를 통해 전기 모터와 전기추진 시스템에 관심을 두게 된 3명이 설립한 전기 모터 스타트업 H3X는 항공용, 해양용 모터를 시작으로 항공용, 우주용 모터를 개발 중이다. H3X는 모터, 인버터, 감속기를 통합한 HPDM-250과 MW급 통합형 모듈러 모터(Integrated Modular Motor Drive) HPDM-3000를 선보인 바 있는데 HPDM-250은 출력 250kW 급이지만 무게는 16kg에 불과하여 높은 수준의 경량화를 달성했다.

경량화, 내열성,
신뢰성(가외성)이
핵심 요구 조건

H3X에 따르면 ARPA-E는 Boeing 787 비행기가 5시간 비행하기 위해서는 추진 시스템의 비추력이 12kW/kg 이상이 되어야 한다고 보고 있다. 현재 시중에 있는 최고 성능의 모터와 인버터는 약 3~4Kw/kg의 비추력을 낼 수 있는데 2020년 11월 H3X의 보도 자료에 따르면 H3X의 HPDM 제품은 이러한 제품 대비 3배 뛰어난 13.3 kW/kg을 내며 ARPA-E 요구 조건을 충족시킬 수 있다. VTOL의 모터는 이륙, 상승 시 높은 토크 영역에서 지속 회전 운동을 생성시켜야 하며, 이에 높은 내열성이 요구된다. 따라서 얼마나 신속하게 모터의 고열을 낮춰줄 수 있는가도 주요 경쟁력이다.

도표 145. H3X 창업자



자료 : Automotive News, 신영증권 리서치센터

도표 146. H3X, 미공군의 Direct Phase II SBIR에 선정



자료 : H3X, 신영증권 리서치센터

2022년 7월,
미 공군의 Direct
Phase II SBIR 선정

2021년 4월, Metaplanet 등 외부 투자자들로부터 \$380만 달러의 시드 머니를 조달한 H3X는 2022년 7월 미국 공군의 혁신 벤처 프로그램 (AFWERX)으로부터 약 \$125만 달러 규모의 Direct Phase II SBIR 지원 받게 된다.

1982년 레이건 대통령의 서명과 함께 자리 잡은 미국의 우수 스타트업 발굴, 지원 프로그램인 SBIR에 선정된 것이다. 특히 H3X 기술이 상용화에 근접했고, 시장성을 갖추고 있다고 인정받아 H3X가 상용화 가능성을 입증해야 하는 SBIR Phase I을 건너뛰고 Direct Phase II에 선정된 것이 특징이다. H3X는 앞으로 2년간의 2단계 SBIR 기간 동안 H3X는 HPDM-250 모터 개발과 항공용, 방산용 전기 모터 제품 상용화에 열을 올릴 것으로 예상된다.

도표 147. H3X HPDM-250 모터 (EPU)



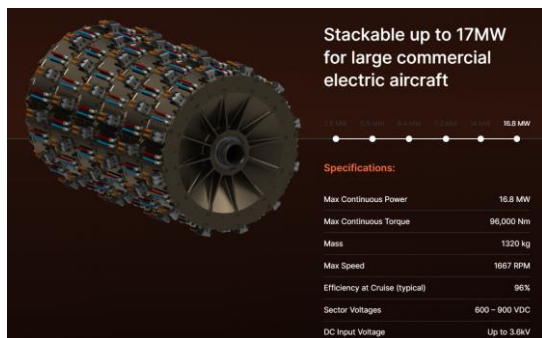
자료 : h3x, 신영증권 리서치센터

도표 148. H3X의 주요 투자자



자료 : H3X, 신영증권 리서치센터

도표 149. H3X의 HPDM-3000 모터(EPU)



자료 : h3x, 신영증권 리서치센터

도표 150. 22년 10월 공개된 HPDM-3000 컨셉 시제품



자료 : H3X, 신영증권 리서치센터

DENSO

Lilium에 전기 추진시스템
(EPU) 공급

Toyota 산하의 종합 부품업체 Denso와 100년 이상의 항공 기술 노하우를 축적해 온 Honeywell Aerospace은 2019년부터 전기 추진 시스템(Electric Propulsion systems)를 포함한 항공 모빌리티 분야 공동 리서치를 시작했다. 2021년 두 업체는 각자가 보유한 자동차와 항공 분야 기술을 협력하여 VTOL 전기 추진체를 개발해 왔다고 밝혔다. **Fly-by-wire, actuation system** 등 Honeywell Aerospace의 항공 기술과 Denso의 친환경차 모터, 인버터, SiC 전력 반도체 기술 및 양산 능력을 활용하여 항공용 전기 추진 시스템을 개발 중이다. Denso와 Honeywell이 개발 중인 모터는 Lilium의 e-VTOL에 탑재될 예정이다. Lilium Jet에 탑재될 모터는 로터, 스테이터로 구성되어 있으며 무게는 4kg으로 100kW 출력을 낼 수 있다. 2022년 시험, 2024년 전후 양산될 것으로 예상된다.

DENSO가 개발한 전기 추진시스템(Electric Power Unit)은 2개의 모터와 2개의 인버터가 병렬로 통합된 형태로 가외성을 강화했으며, 이에 1개의 모터와 1개의 인버터가 고장 나도 프로펠러는 작동할 수 있다고 한다. DENSO는 VTOL에 탑재될 전기 추진 시스템의 경량화, 소형화 그리고 비토크 향상 등에 집중할 계획이다.

도표 151. DENSO & Honeywell의 Rotor



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 152. DENSO & Honeywell의 Stator



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

경량화, 소형화를 위해
공랭식 모터 열관리 기술
개발 중

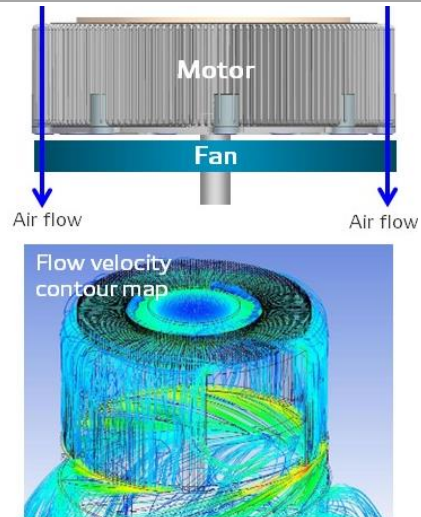
이와 더불어 DENSO가 집중하고 있는 분야가 전기 추진 시스템, 모터의 공랭식 모터 열 관리 기술이다. VTOL 모터에 널리 쓰이는 영구자석 모터는 열 발생에 따른 자력 손실이라는 문제가 있다. 따라서 높은 토크를 내면서도 적정 온도를 유지해야 한다. EV와 같은 차량은 수랭식 냉각 기술을 널리 쓰기도 하지만 이는 펌프 등 부수적인 부품과 무게 증가로 이어진다. 자동차보다 더 엄격한 경량화 필요한 VTOL 특성상 부품 수가 적고, 이에 따라 무게가 더 가벼운 공랭식 기술에 집중하고 있다. 다만 공랭만으로 100kw 급 모터를 열 관리가 쉽지 않음은 Denso도 인정한 바 있다.

도표 153. DENSO의 공랭식 e-VTOL 모터 냉각



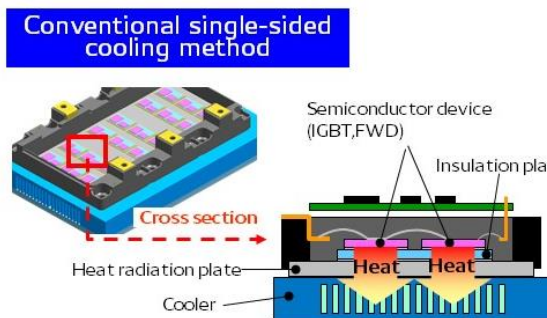
자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 154. DENSO의 공랭식 e-VTOL 모터 냉각



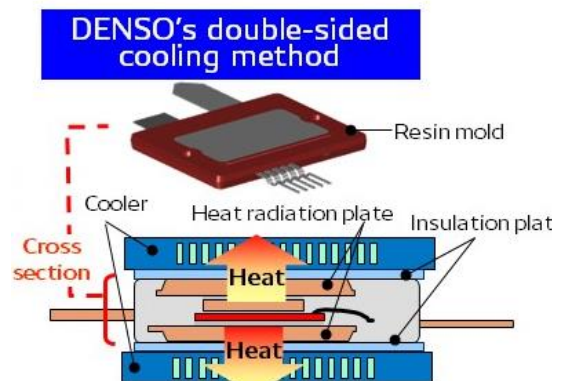
자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 155. DENSO의 차량용 인버터 단면 냉각 열관리



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 156. DENSO의 e-VTOL 인버터 양면 냉각 열관리



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

EMRAX

로터가 축 회전 방향으로
회전하여 더 큰 직경과
토크를 갖는
축 방향 자속 모터
(AFPMM)

2005년 슬로바니아 최초로 전기 비행을 시도했다가 불시착한 Roman Sunik이 2008년 설립한 EMRAX도 VTOL에 활용할 수 있는 **축 방향 자속 모터(Axial Flux Permanent Magnet Motor)** 기술로 주목 받는 업체이다. VTOL의 경우 비토크가 중요한 성능 지표인데 토크는 힘에 반지름을 곱한 것과 같다. 이러한 특성을 고려해 **EMRAX는 로터가 축 회전 방향으로 회전하여 더 큰 직경을 갖고, 더 큰 토크 밀도를 낼 수 있는 축 방향 자속 모터** 구조를 택한 것으로 판단한다. 축 방향 자속 모터는 회전자가 고정자 내부나 외부에서 회전하는 방사형 전기 모터(Radial-flux motor) 대비 30% 이상의 토크 밀도를 얻을 수 있다.

EMRAX는 현재 5개의 축 방향 자속 모터 라인업을 갖추고 있다(188, 208, 228, 268, 348). 이중 348 모터는 무게 42kg로 최대 출력 420kW, 회전속도 RPM 4500에서 최대토크 1000Nm을 낼 수 있다. 또한 2개의 모터를 결합하여 출력과 토크를 2배 늘리는 것도 가능하다. 현재 생산 표준화를 추진 중이며, 품질 경영시스템 국제 공인 표준 ISO 9001:2015 인증 절차를 밟고 있다.

도표 157. EMRAX의 모터를 사용하는 항공 & VTOL 업체



자료 : EMRAX, 신영증권 리서치센터

도표 158. EMRAX의 Axial flux-e Motor 라인업



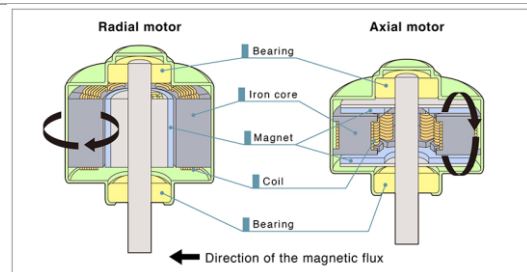
자료 : EMRAX, 신영증권 리서치센터

도표 159. EMRAX의 모터를 사용하는 자동차 부품 & 기타 업체



자료 : EMRAX, 신영증권 리서치센터

도표 160. 방사형 자속 모터와 축방향 자속 모터 구조 차이



자료 : NIDEC, 신영증권 리서치센터

MagniX

또 다른 대표적인 전기 추진 시스템(Electric Propulsion Unit) 업체는 Tony Guina가 2005년 호주에서 설립한 MagniX이다. 2005년 당시 Guina Energy로 설립되었으나 2017년 MagniX로 사명을 변경하였고 2018년에는 본사를 호주 Gold Coast에서 미국 워싱턴으로 이전했으며, 현재는 Clermont Group에 속해있다. MagniX는 다수의 업체와 전기 추진 비행기 분야에서 협력하며 기술력을 인증받아 왔다

2018년, MagniX 2018년에는 이스라엘 전기 비행기 신생기업인 Eviation의 세계 최초 전기 여객기 Alice의 전자식 추진 시스템으로 선정되었다. 그리고 2022년 9월 27일, Eviation Alice가 워싱턴에서 8분간 비행 후 착륙하며 첫 비행에 성공했다. 2019년에는 De Havilland Beaver(DHC-2)에게, 2020년에는 Cessna Grand Caravan에 MagniX 750HP Magni500 EPU를 공급했으며, 그리고 2022년 6월에는 MagniX의 전기 추진기를 탑재한 Robinson eR44 전기 헬리콥터가 첫 비행에 성공했다.

도표 161. MagniX 모터를 활용한 DHC-2 전기 비행기



자료 : Bloomberg, 신영증권 리서치센터

도표 162. MagniX 모터를 활용한 Electric Grand Caravan



자료 : AIN, 신영증권 리서치센터

도표 163. MagniX 전기 모터를 활용한 eR44 헬리콥터



자료 : Robb Report, 신영증권 리서치센터

도표 164. NASA와 MagniX가 추진하는 EPFD



자료 : MagniX, 신영증권 리서치센터

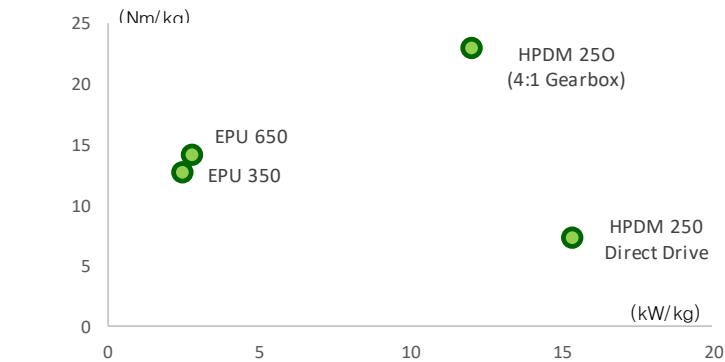
MagniX,
세계 최초 전기 여객기
Alice에 전기 추진시스템
공급

2018년 MagniX는 이스라엘 전기 비행기 스타트업 Eviation 세계 최초 전기 여객기 Alice의 전자식 추진 시스템 공급 업체로 선정된 바 있다. 그리고 2022년 9월 27일, Eviation Alice가 워싱턴에서 8분간 비행 후 착륙하며 첫 비행에 성공했다. Alice에 탑재된 각각의 Magni 650 EPU는 1개의 Magni motor 650과 4개의 인버터 Magni Drive 100, 그리고 통합형 열관리 시스템으로 구성되어 있다. Alice의 배터리 용량은 900kWh로, 약 3천 비행시간 이상의 내구성 테스트를 완료했다. 배터리 교체 비용은 약 \$250,000로 동급 비행기의 피스톤 엔진 교체 비용보다는 저렴하다고 하다. 1시간 비행을 위해서는 30분 충전이 필요한데, 향후 배터리 성능 향상과 함께 비행시간 확대와 충전 시간 단축이 가능할 전망이다.

Eviation, 2027년
Alice 상용화 목표
DHL 12대 주문,
Cape Air 75대 주문
GlobalX Airlines
50대 주문

9인승 전기 비행기 Alice는 MagniX의 전기 추진시스템(EPU) Magni 650 2개를 활용해 최대 815km를 비행할 수 있으며, Eviation은 2025년 양산용 Alice를 시험 비행하고, 2027년 이후 상용화하는 것을 목표로 하고 있다. 2021년에는 Eviation의 첫번째 고객이 DHL이 12대를 주문했으며, 북미와 캐리비안 지역에서 민항 사업을 영위하고 있는 Cape Air도 2022년초 75대를 주문했다, 2022년 8월에는 GlobalX Airlines가 50대를 주문해서 2027년 초도 물량을 인도 받을 것으로 알려져 있다.

도표 165 MagniX와 H3X 항공용 전기 모터의 비토크와 비출력



자료 : MagniX, H3X 신영증권 리서치센터 /

도표 166. Alice에 탑재된 Magni 650 EPU (모터+인버터)



자료 : MagniX, 신영증권 리서치센터

도표 167. 세계 최초 전기 통근기 Alice



자료 : Aviation, 신영증권 리서치센터

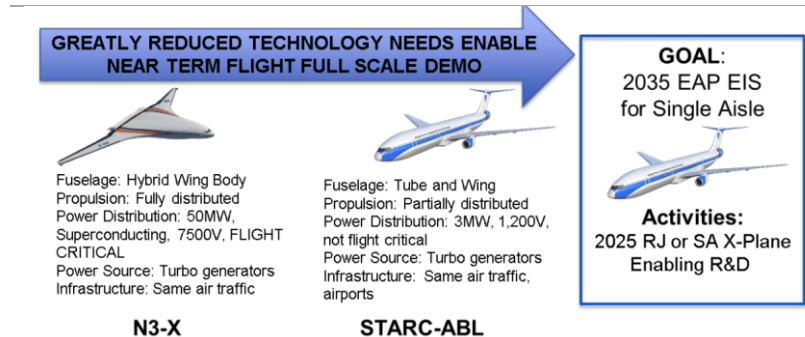
상용화까지는 감항 당국의 인증 등 여러 절차가 남아있지만 추진 시스템 Magni가 FAA 인증을 획득한 만큼 큰 난관들 중 하나는 넘었다고 볼 수 있다. 2019년 MagniX는 항공용 전기 추진 시스템 Magni350, 650에 대해 미국 연방 항공청의 형식 증명을 신청했고, 이에 미국 연방항공청FAA는 2021년 9월 7일 Magni 350, 650에 대해 특별 조건 전기 엔진 감항 표준(Special Conditions: Electric Engine Airworthiness Standards)을 발행한 바 있다.

NASA, 하이브리드
파워트레인 기술을 통해
2035년까지 항공용 전기
추진 기술을 중-단거리 협
동체에 적용하는 것을 추진

NASA는 차세대 항공 기술 개발의 하나로 메가와트급 하이브리드 전기 파워트레인 기술을 고도화하고, 실증을 추진 중이며, 파워트레인 비행 실증 프로젝트(Electronic Powertrain Flight Demonstration, 이하 EPFD)를 통해 2035년까지 항공용 전기 추진 기술(Electric Aircraft Propulsion)을 중-단거리 협동체에 적용하는 것을 목표로 하고 있다.

이에 2021년 NASA는 EPFD 프로젝트를 추진하기 위해 GE Aviation과 MagniX에게 각각 \$1.79억 달러, \$7천4백만 달러의 예산을 지원한다고 밝혔다. GE와 MagniX는 앞으로 5년간 EAP를 활용한 지상/테스트 비행을 수행하고 성능을 입증할 계획이다. 2022년 4월, MagniX는 EPFD 프로젝트를 위해 AeroTEC과 Air Tindi와 협력을 발표했다. Air Tindi가 De Havilland Canada Dash 7 기체를 제공하고, AeroTEC은 시험 비행을 설계하고 추진할 계획이다.

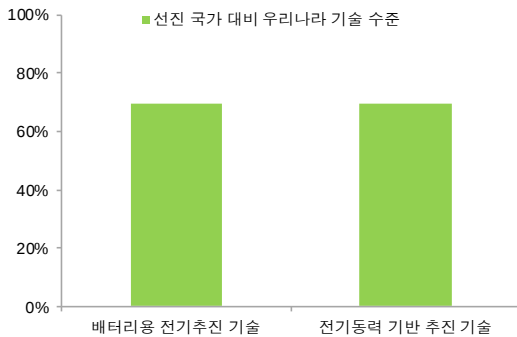
도표 168. NASA의 항공기 전동화 계획: 2035년까지 협동체에 전기 추진 기술 적용 추진



자료 : NASA Glenn Research Center, 신영증권 리서치센터

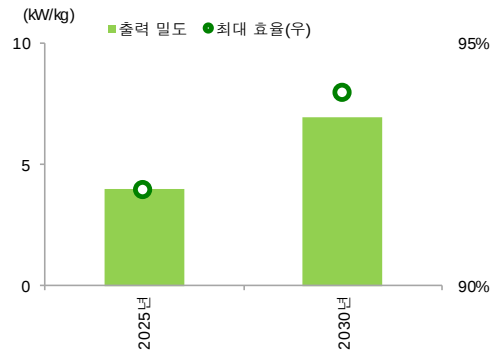
항공용 전기 추진 모터는 차량용 구동 모터 대비 높은 출력 밀도를 요구한다. 현재 전기차(EV)용 구동 모터의 최대 출력 밀도는 약 3~4kW/kg 수준인 반면 항공 및 유인 드론에 사용되는 모터의 출력은 4~11 kW/kg 이다. 우리나라의 항공용 전기 모터 기술 개발 방향은 2025년(단기) 7.5kW/kg, 30kW/L, 최대 효율 93%이며, 2035년 이후(장기) 출력 밀도 20kW/kg, 50kW/L, 최대 효율 96%를 목표로 하고 있다.

도표 169. 선진 국가 대비 우리나라의 항공용 전기추진 기술 수준



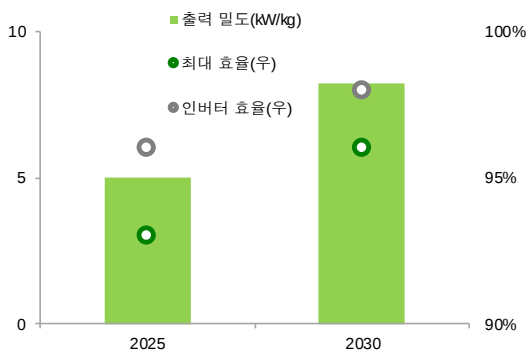
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 170. 우리나라의 배터리용 전기추진 기술(모터) 목표



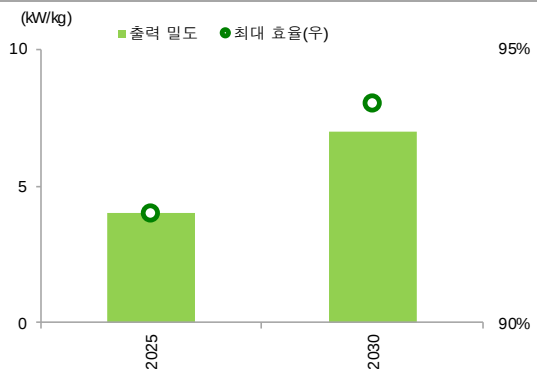
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 171. 우리나라의 전기동력 기반 추진 기술(모터) 목표



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터 / 하이브리드 기준

도표 172. 우리나라의 배터리용 전기추진 기술(모터) 목표



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 173. 우리나라의 eVTOL 추진 시스템 분야 세부 기술 로드맵

주요분야	요소 기술	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
		상용화 기술 마련				상용화				대중화					
UAM용 전기추진 기술 (고밀도 배터리용)	동력 추진 모터 최적 형상 설계														
	고속 회전 및 냉각을 고려한 최적 구조 설계														
	출력 밀도 향상을 위한 고밀도 권선 기술														
	UAM용 고효율 모터 평가 기술														
조경량 고출력 전기동력 기반 추진 기술 (수소연료전 지 등)	고토크 경량형 모터 개발														
	모터 제어용 고효율 인버터 기술														
	모터, 인버터, 배터리 통합 냉각 기술														
	지상통합 시험 RIG 개발 및 제 작														
	파워트레인 통합 설계 및 시험 평가														

자료 : MagniX, 신영증권 리서치센터

도표 174. 전기 추진 주요 기술

	내용
최적 형상 설계	* UAM 프로 파일링 형태 및 시스템 구성에 따른 동력 추진 모터 사양 분석 기술
	* 모터의 성능 향상을 위한 다목적 알고리즘 기반의 형상 최적 설계 기술
고속회전 및 냉각	* 고속회전 추진 모터의 전자계 성능과 회전자 응력, 강성의 trade-off 를 고려한 최적 설계
	* 다물리계 연성 해석을 기반 NVH 및 냉각을 고려한 추진 모터 최적 설계
고밀도 권선기술	* 모터의 공간 활용도를 극대화하는 고밀도형 신기술 권선 기법을 적용한 모터 설계 기술
	* 신소재 물질 특성 분석 및 권선 적용 기술 개발을 통한 동력 추진 모터의 출력밀도 향상
고토크 경량형 모터	* 공간 제약 하에서, FSCW·외전형·Axial Flux, Dual Stator Winding 등 출력 토크를 향상시킬 수 있는 고토크형 모터 타입 및 토폴로지 개발
고효율 인버터 기술	* 고속 스위칭이 가능한 차세대 반도체 SiC 소재의 MOSFET Drivers를 적용한 고효율 인버터 설계 기술 및 고성능 센서리스 제어 기술
통합 냉각구조 최적화	* 비출력 밀도 향상과 냉각 효율 극대화를 위한 양면 냉각 구조 설계 기술
파워트레인 통합설계	* 추진 시스템 통합 설계 및 시스템 통합 성능·내구성 시험평가 기술

자료 : 신영증권 리서치센터

게임의 규칙이 바뀌며 VTOL 신생 업체 증가

게임의 규칙이 바뀌며,
신생 업체들의 자동차
시장 진출 확대

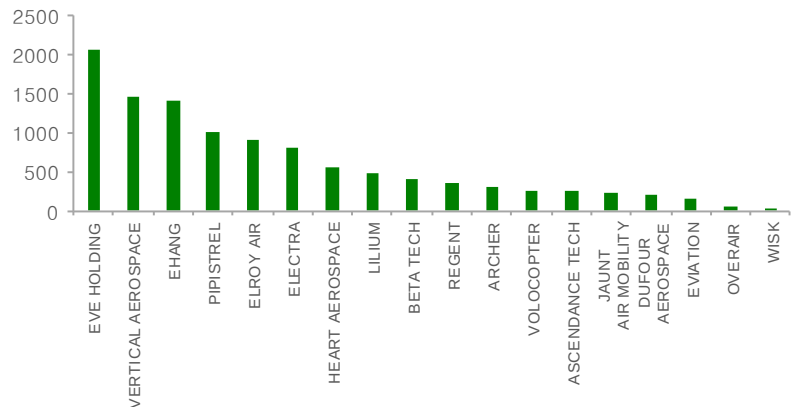
모터, 인버터, 배터리 등을 활용한 전기 분산 추진시스템은 Air Mobility 시장에서 신규 진입자들에게 기회 요인이다. 자동차 산업에서 내연기관 엔진과 변속기 기술은 높은 기술 장벽으로 작용해왔다. 그러나 EV로 패러다임 변화는 GM, Ford 등 전통 완성차 업체들이 지배해 온 자동차 시장에 Tesla를 필두로 한 신생 업체들을 대거 불러들였다.

게임의 규칙이 바뀌며,
신생 업체들의 AMM
시장 진출 확대

대표적인 수직이착륙기인 헬리콥터 시장에서 터빈 엔진과 엔진에서 발생한 동력을 로터로 전달하는 기어 박스는 자동차 산업의 엔진, 변속기와 같은 기술적 진입 장벽이었다. 그러나 배터리와 구동 모터를 기반으로 한 e-VTOL에서는 새로운 게임 규칙이 적용되며, 이에 신생 업체들에도 승산이 있는 게임으로 부상했다.

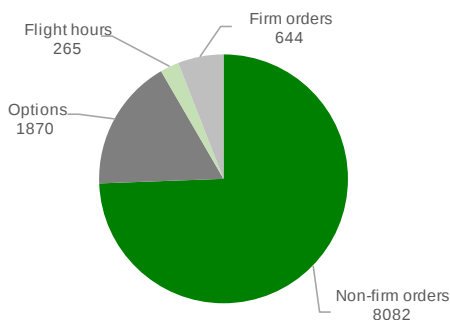
도표 175. 주요 e-VTOL 업체의 수주 (2022년 8월 기준)

(단위: 대)



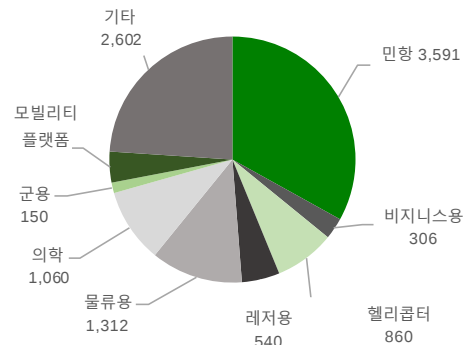
자료 : 신영증권 리서치센터

도표 176. AAM 유형별 발주



자료 : SMG, 신영증권 리서치센터 / 단위: 대

도표 177. AAM 용도별 발주처



자료 : SMG, 신영증권 리서치센터 / 단위: 대

도표 178. 주요 업체별 AMM 사업 추진 현황 (2022년 8월 기준)

EM 업체	국가	사업개시 목표	첫 비행	ARI	자금조달 (억 \$)	용도	추진 방식	동력원	비행 방식	기체
Joby Aviation (NYSE: JOBY)	미국	2024	2018	8.7	18.4	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	-
Volocopter	독일	2024 2026	2021 / 2022	8.4	5.8	Air Taxi	Multicopter Lift + Cruise	Electric	Piloted	VoloCity / VoloConnect
Beta Technologies	미국	2024	2020	8	8.0	Cargo, Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Alia S250c / S250
Eve Holding (NYSE: EVEX)	브라질	2026	2022	7.7	3.6	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Eve
Lilium (NASDAQ:LILM)	독일	2025	-	7.7	9.4	Regional, Cargo, Biz Av	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Jet
Wisk	미국	-	2018	7.5	7.8	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Autonomous	Cora
Archer (NYSE: ACHR)	미국	2025	2021	7.4	8.6	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Maker
Ehang (NASDAQ: EH)	중국	2022 / -	2018 / 2021	7.4	1.3	Air Taxi, Tourism	Multicopter / Lift + Cruise	Electric	Autonomous	EH-216S / VT-30
Elroy Air	미국	2023	2022	7.4	0.5	Cargo	Lift + Cruise	Hybrid	Autonomous	Chaparral C1
Kitty Hawk	미국	-	2018	7.3	사모	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Autonomous	Heaviside
Pipistrel (Textron)	미국	2023	2022	7.2	기업 후원	Cargo	Lift + Cruise	Hybrid	Autonomous	Nuuva V300
Vertical Aerospace (NYSE: EVTL)	영국	2025	2022	7.2	3.4	Air Taxi, Cargo, EMS	Vectored Thrust	Electric	Piloted	VX4
Airbus	프랑스	2025	2023	7	기업 후원	EMS, Tourism, Air Taxi	Multicopter	Electric	Piloted	CityAirbus NextGen
Supernal (현대차)	미국	2028	2023	7	기업 후원	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	S-A1
Overair	미국	2026	2023	6.2	1.7	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Butterfly
Honda Motor	일본	2030	2023	6	기업 후원	Air Taxi Regional	Lift + Cruise	Hybrid	Piloted	-
eAviation (Textron)	미국	2030	-	5.9	기업 후원	Air Taxi	Vectored Thrust	Electric	Piloted	Nexus
Eviation	미국	2025	2022	5.9	2.0	Regional, Cargo, Biz Av	Conventional	Electric	Piloted	Alice
REGENT	미국	2025	2023	5.9	0.3	Regional	Augmented Lift	Electric	Piloted	Viceroy
Auto Flight	중국	2025	2022	5.8	2.0	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Prosperity I
Ascendance Flight Technologies	프랑스	2025	2023	5.4	0.1	Regional, Cargo	Lift + Cruise	Hybrid	Piloted	Atea
Dufour Aerospace	스위스	2026	2022	5.2	0.1	EMS, Regional	Vectored Thrust	Hybrid	Piloted	Aero3
Electra	미국	2027	2022	5.2	0.5	Cargo, Regional	Augmented Lift	Hybrid	Piloted	-
Jaunt Air Mobility	미국	2026	2023	4.4	0.03	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Piloted	Journey
Volkswagen	독일	-	2022	3.4	기업 후원	Air Taxi	Lift + Cruise	Electric	Autonomous	V.MO

자료 : SMG, 신영증권 리서치센터

현대차그룹의 Supernal

2019년, 현대차는
미래 사업 비중을
자동차 50%,
플라잉 카 30%,
로봇 20% 전망

CES2020에서
현대차는 UAM 비전 발표

UAM은
PAV, PBV, Hub로
구성

2019년 현대차는 UAM 사업부를 신설하고 NASA 출신 신재원 박사를 부사장으로 영입하며 UAM 사업에 본격적으로 착수했다. 같은 해 10월, 당시 현대차그룹 수석 부회장이었던 정의선 회장은 임직원과의 타운 홀 미팅에서 사업 중 자동차 비중이 미래에는 50% 수준으로 감소하고, 플라잉 카가 30%, 로봇이 20%를 차지하게 될 것이라고 밝힌 바 있다.

이후 CES 2020에서 현대차는 새로운 미래 모빌리티 비전으로 **Urban Air Mobility (UAM)**을 제시했다. UAM은 PAV(Personal Air Vehicle), PBV(Personal Built Vehicle), PAV 이착륙을 위한 Hub로 구성되어 있는데 개인용 비행체 PAV를 통해 사람과 하늘을 연결하고, 맞춤형 서비스 차량 PBV를 통해 땅에서 사람과 사람을 연결하는 모빌리티 서비스이다. 이처럼 하늘과 땅을 연결하는 모빌리티 개념은 기존 자동차 생산/판매에서 벗어나 **Smart Mobility Device**와 **Smart Mobility Service**를 2대 사업 구조로 만들겠다는 현대차의 '중장기 혁신 계획 2025' 전략과도 일치하는 방향이었다.

CES 2020에서 현대차가 공개한 UAM은 3개의 축으로 구성되어 있는데 그중 핵심은 E-vtol 기체 S-A1이다. S-A1은 전기 추진 기반 수직이착륙 기로 총 5명이 탑승할 수 있으며, 도심 내 주요 Hub 거점 이동을 담당한다. UAM 초기에는 파일럿이 조종하는 방식이지만 향후 완전 자율비행 개발을 목표로 한다. 육상에서 주요 HUB로의 이동은 PBV가 담당한다.

도표 179. 현대차그룹의 Urban Air Mobility 개념도



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

AMM 대중화를 위해서는
안전 신뢰성, 접근성,
연결 편리성 필요

2022년 1월, 현대차그룹은 기존 UAM 사업을 근거리 항공 모빌리티 RAM을 포함한 AAM(Advanced Air Mobility)으로 확장했다. AAM 사업의 성공을 위해서는 안전성, 신뢰성과 더불어 접근성, 그리고 연결 편리성이 필수적이다. 하늘을 나는 e-VTOL이 교통체증을 피할 수 있다고 하더라도, 최종 목적지까지 신속한 이동을 위한 연계 교통수단, 환승이 어렵다면 과거 서울시의 수상 택시처럼 시민들의 외면을 받기 쉽다. 따라서 최초 출발지와 출발 버티포트, 그리고 도착지 버티포트와 최종 도착지 사이의 이동을 원활하게 해줄 이동 수단이 필수적인데, 이러한 역할을 PBV가 수행할 수 있다.

PBV는 박스 모듈형 전기차로 사용자의 목적에 맞게 차체가 4m에서 최대 6m까지 확장되며 이동형 사무실, 병원 등으로도 사용할 수 있다. 하늘의 eVTOL과 육상의 PBV는 Hub에서 연결된다. Hub 최상층에는 PAV 이착륙장이 위치하며 1층에는 PBV가 승객의 도심 위 이동을 돕는다. 현대차는 미래 도시 전역에 Hub를 배치해 UAM-PBV-Hub 모빌리티 생태계를 구축할 계획이라고 밝혔다.

CES 2020에서 현대차와 UAM 사업 협력을 발표했던 Uber가 Air Taxi 사업부 Uber Elevate를 2020년 12월에 Joby Aviation에 매각하는 등 지금까지 AAM 사업에서 차질이 없었던 것은 아니었다. CES 2020에서 밝혔던 현대차의 AMM 청사진을 현실화 시키기 위한 작업이 착실히 진행 중인 것으로 판단한다. 우선 현대차는 2020년 미국에 설립했던 UAM 법인 사명을 슈퍼널(Supernal)로 확정하고 본격적으로 AMM 사업을 추진하고 있다.

도표 180. UAM 성공을 위해서는 다른 교통 수단과 연계가 필수



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

Rolls-Royce와
수소연료 추진시스템,
EP Systems와 UAM
배터리, Safran과 추진
시스템 협력 발표

최근 슈퍼널은 글로벌 항공, VTOL 업체와 협업을 통해 기술 협력을 확대해 나가고 있다. 현대차는 2022년 7월 영국 판버러 에어쇼에서 Rolls-Royce와 추진시스템 개발 협약을 체결하며 2025년까지 배터리 추진 시스템을 공동 연구하기로 하였다. 터빈 엔진 분야의 글로벌 선두주자인 Rolls-Royces는 E-vtol 사업 능력 강화를 위해 2019년 Siemens의 항공용 전기 추진시스템(eAircraft) 사업부를 인수한 바 있다.

현대차그룹과 Rolls-Royces는 5개 전략적 목표를 수립하고 협력을 강화할 것으로 알려져 있다. 협력을 통해 수소 연료전지 기반 전기 추진 시스템을 개발할 계획으로, 신재원 사장은 언론과의 인터뷰에서 “롤스로이스의 항공 전문 지식을 활용해 수소 연료 전지 추진 시스템 개발을 가속화하게 된 것을 기쁘게 생각한다”고 밝혔다. 이와 더불어 Supernal는 항공기 배터리 제조 업체인 Electric Power systems와도 더 안전하고 가벼운 e-VTOL 배터리를 개발하고 생산하는 협약을 맺었다.

도표 181. 롤스로이스와 슈퍼널 추진시스템 개발 업무협약



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 182. Electric Power System과 배터리 업무협약



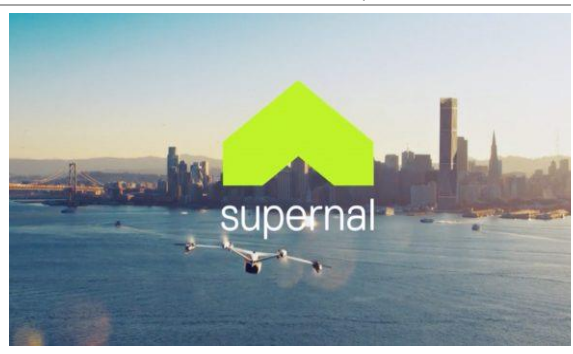
자료 : Electric Power Systems, 신영증권 리서치센터

도표 183. 슈퍼널(현대차)의 VTOL 기체 캐빈 컨셉



자료 : Supernal, 신영증권 리서치센터

도표 184. 현대차그룹의 AAM 법인 Supernal



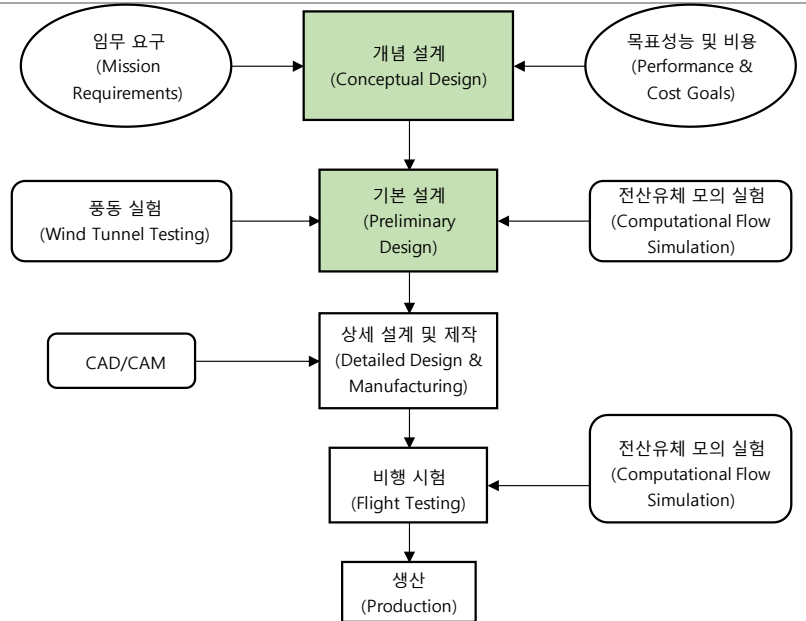
자료 : 현대자동차, 신영증권 리서치센터

기체 설계,
체계 종합 능력,
양산 능력 및 핵심부품,
SW 기술 필요

KPMG에 따르면 글로벌 승용 AMM 판매 시장은 2025년부터 2040년까지 CAGR +40% 증가하여 연 2.5만대 약 \$500억 달러 규모 시장으로 성장할 전망이다. 현대차그룹이 AAM 제조 업체 시장에서 입지를 구축하기 위해서는 항공기 하위 구성 부품을 하나의 기체로 통합하는 체계 종합 능력과 기체 설계, 양산 능력과 더불어 핵심부품/기술인 고풍력 전기 분산 추진 시스템과 비행 SW 기술을 확보해야 한다.

현대차그룹이 높은 수준의 자동차 개발/생산 능력과 공급망 관리 능력을 쌓아왔고, 자동차의 기술 패러다임이 내연기관에서 전기차로 바뀌고 있는 것처럼 차세대 Air Mobility에서도 기술 패러다임이 터빈 엔진에서 전기 추진 방식으로 넘어가기 때문에 AMM 시장의 신규 진입자에게도 기회가 존재한다. 하지만 자동차와 AMM에는 분명한 차이가 존재한다. 자동차의 부품 개수가 대당 3만개 가량이지만 항공기 부품의 경우 10만개가 넘기도 한다. E-vtol도 배터리, 모터를 포함한 추진 시스템, 그리고 경량화 기체 등 다양한 부품의 체계 종합이 필수적이다. 현대차그룹 내에서 어느 계열사도 항공기 체계 종합, 기체 설계 사업을 영위해본 적이 없다는 것은 보완해야 할 부분이다.

도표 185. 기체 개발 단계



자료 : elnochips, 신영증권 리서치센터

엄격한 감항 인증 기준에 맞추어 다양한 구성 비행 부품을 통합하여 하나의 기체로 만드는 체계 종합, 그리고 기체 설계 및 항공 비행 소프트웨어 분야에서는 경험이 짧다는 것은 현대차그룹이 경쟁 업체 대비 열위에 있는 분야이다.

하지만 현대차그룹의 계열사가 자동차 외에 다양한 사업 영역을 영위하고 있는 것은 현대차그룹의 경쟁력이 될 수 있다. VTOL 기체의 도심 이착륙을 위해 필요한 버티허브, 버티포트, 버티스탑의 경우 건설 역량이 필수적이며, 이에 현대건설이 버티포트 설계, 건설을 담당할 수 있을 것이다.

다만, 공항과 마찬가지로 안전성과 공공성을 위해 버티포트도 정부 관련 부처가 경영하거나, 관리할 가능성이 있다. 민간에서 운영하는 공항도 있긴 하지만 미국의 경우 민간 소유 공항 비중은 3%에 불과하다. 영국 히드로 공항처럼 민간 영리단체가 공항을 소유, 운영하더라도 항공/공항 이용료만으로는 수익이 충분하지 않기 때문에 부대시설 운영과 임대를 통해 추가 수익을 확보하는 것이 일반적이며, 버티 포트도 비슷한 사업 방식이 될 것으로 예상된다.

현대차그룹이 자동차 생산, 공급망 관리에서 깊은 노하우를 쌓아왔고 전 기차, 하이브리드, 수소연료전지차 등 다양한 친환경차 파워트레인 기술력을 보유하고 있다는 점도 다른 E-VOTL 신규 진입자 대비 경쟁우위 요인으로 볼 수 있다.

완제기 업체도 신기종을 개발하는데 약 10년 이상이 소요된다. Honda의 경우 항공 R&D센터 설립부터 판매까지는 무려 29년이 걸렸다. 비행체 설계, 생산 경험이 없는 현대차그룹이 관련 인력과 기술을 흡수하여 엄격한 감항 당국의 인증을 획득하는 것이 만만한 작업은 아닐 것이다.

따라서 현대차그룹은 자동차, 방산 분야에서 습득한 기술을 AMM 분야로 고도화하는 동시에 해외 유망 업체 인수, 또는 협업을 통한 인력 & 기술 흡수를 병행할 것으로 판단한다. 국내에는 KAI를 제외하고는 완제기 개발/생산 사업을 수행할 수 있는 업체가 없고, 관련 밸류 체인도 적기 때문에 국내 기업보다는 해외 기업을 고려할 것으로 판단한다. E-vtol 분야의 선두주자 중 하나로 평가받는 Joby도 엄격한 FAA 인증 획득을 수월하게 하기 위해 2022년 5월 항공 소프트웨어 엔지니어링 전문기업 Avionyx를 인수한 것으로 알려져 있다.

도표 186. Supernal 주요 연혁

연도	내용
2019.09	UAM 사업부 신설 & NASA 출신 신재원 박사를 부사장으로 영입
2019.10	정의선 수석부회장 “미래에는 자동차 사업의 50%, 플라잉카 30%, 로봇이 20%될 것”
2020	미국에 UAM 독립법인 설립
2020.01	CES 2020 에서 UAM 프로토 타입 'S-A1'과 UAM 사업 비전 공개
2021.02	Scaled Composites, Opener 출신 Ben Daichun 을 CTO 로 영입
2021.09	영국 스타트업 Urban-Air port 와 전세계에 65 개의 UAM 포트를 건립하기로 합의
2021.11	미국 UAM 독립 법인 사명을 '슈퍼널(Spuernal)'로 확정
2022.01	UAM 사업부를 AAM 본부(Advanced Air Mobility)로 격상 & RAM 까지 포괄하는 비전
2022.01	슈퍼널, 영국 스타트업 Urban-Air port 에 지분 투자 (금액 미공개)
2022.05	AAM 을 포함한 미래 모빌리티 분야에 8.9 조원을 투자할 것이라고 발표
2022.05	첫 Regional Air Mobility 기체인 Project N(수소 연료전지드론) 공개
2022.07	슈퍼널, 영국 판버러 국제 에어쇼 참석 & VTOL 기체 내장 컨셉 모델 공개
2022.07	롤스로이스와 '25 년까지 수소연료전지 추진 시스템과 배터리 추진 시스템에 공동 연구 진행 업무협약 체결
2022.07	프랑스 Safran 과 AMM 기체에 탑재될 추진 시스템을 공동 개발하는 업무 협약 체결
2022.07	배터리 제조업체 Electric Power System 과 AMM 기체 배터리 공동개발 업무 협약 체결

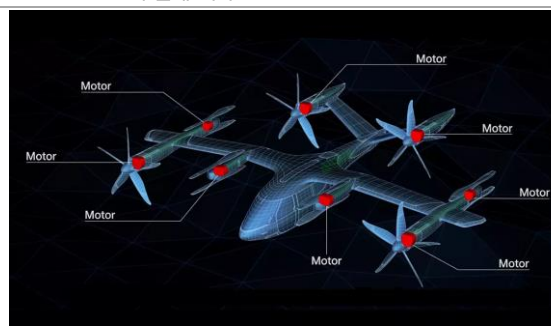
자료 : 신영증권 리서치센터

도표 187. 배터리 탑재 위치



자료 : Supernal, 신영증권 리서치센터

도표 188. 모터 탑재 위치



자료 : Supernal, 신영증권 리서치센터

Honda

창업자 혼다 소이치로가 비행기 사업을 천명하고 53년이 지난 **2015년 12월, Honda는 7인승 비즈니스 제트기 판매를 개시**했다. 1986년 Honda R&D Fundamental Research Center를 설립하며 본격적으로 항공기 개발을 연구한 지 29년만에 완제기 시장에 발을 디딘 것이다.

Honda, 2015년부터 완
제기 Honda Business
Jet 판매 개시

일반적인 비즈니스 제트기와는 다르게 Honda Jet는 비행기 주 날개 윗부분에(OTWEM:Over-The-Wing-Engine Mount 방식) GE社와 공동 개발한 HF 계열 터보팬 엔진을 장착한 것이 특징이다. 탄소섬유로 제작된 기체와 OTWEM 방식 설계로 인해 Honda Jet의 실내 공간은 동급 경쟁 모델인 Embraer Phenom 100, Cessna M2보다 넓으며, 최고 속도도 420kt(778km/h)로 더 빠르고, 연비도 10%가량 뛰어나다.

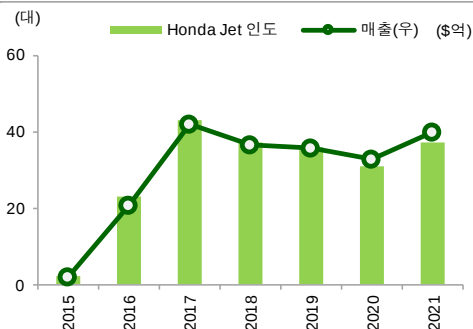
2015~2021
누적 209대 인도

2015년 2대를 시작으로 Honda는 2021년까지 Honda Jet 209대를 인도하며 5년 연속 “Small Jet Category” 분야 시장 1위를 유지하고 있다. 단, 아직 수익을 내지는 못하고 있다. 영업적자가 FY2016 710억 엔에서 FY2021 337억 엔까지 줄어들긴 했으나 흑자 달성을 위해서는 고객 인도가 현재 연 40대 수준에서 더 늘어나야 할 것으로 판단한다.

Small Business Jet
시장 5년 연속 1위 추정

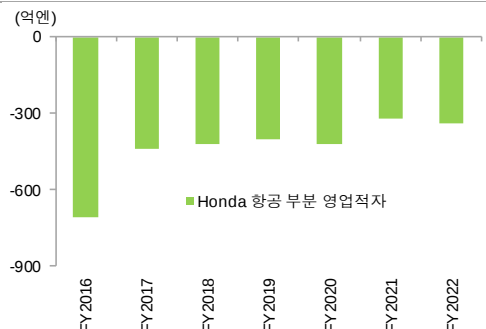
Business 완제기 사업을 통해 감항 인증 경험, 그리고 상용기 정비, 유지 사업 경험이 있다는 것도 Honda의 경쟁력이다. Honda는 미국 연방 항공청으로부터 HACI(Honda Jet Aircraft Company)는 최고 등급인 다이아몬드 등급의 AMT(Aviation Maintenance Technician)을 수상하며 항공기 정기/보수에서도 노하우를 쌓아가고 있음을 보여주었다.

도표 189. Honda 5년 연속 Small Jet Category 1위



자료 : GAMA, 신영증권 리서치센터 / 매출은 신영증권 추정

도표190. Honda 항공 부문 영업적자 추이



자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

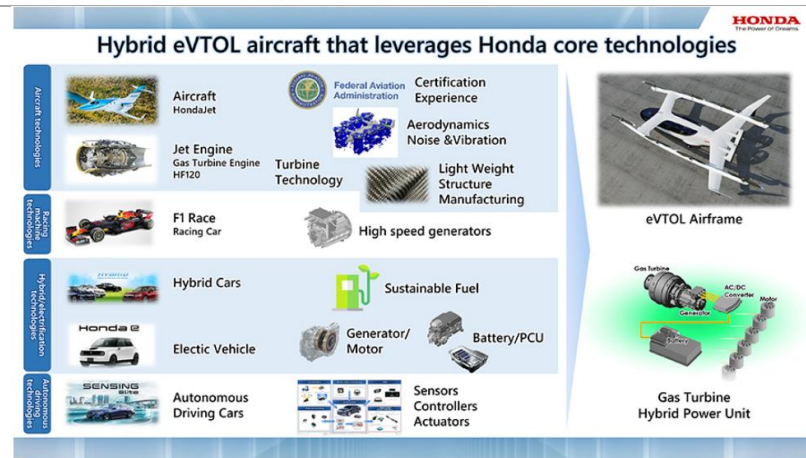
항공 분야는 자동차보다 더욱 엄격한 안전 규제가 적용되는 분야이다. 따라서 항공 관련 당국으로부터 안전 인증을 획득하는 것도 매우 높은 시장 진입 장벽으로 작용한다.

Business Jet 생산/판매를 통해 FAA 인증을 획득한 바 있는 Honda의 노하우는 다른 완성차 업체 대비 차별화된 능력이다. 이처럼 오랜 시간 항공 산업에 공을 들여온 Honda는 Honda Jet 기술을 UAM/RAM 사업에 적극적으로 활용할 것으로 보인다.

2021년 9월, Honda는 향후 미래 기술 개발 방향성을 발표하며 기존 핵심 기술을 항공 모빌리티로 확대 적용할 것이라고 밝혔다. 기존 내연기관, 전동화, 자율주행 및 로봇 기술을 활용하여 육-해-공 모빌리티 분야를 3차원, 4차원과 우주 영역으로 확대하는 것이 목표이다.

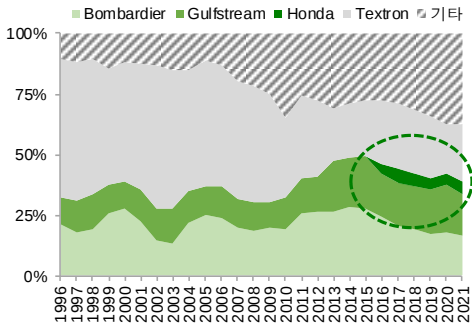
Honda는 e-VTOL에 Gas Turbine Hybrid Power System을 적용하여 도시 간 항공 이동에 중점을 둔 RAM 시장에 집중할 것으로 전망한다. 비즈니스 상용기 관련 기술을 적극 활용할 수 있다는 점이 RAM을 선택한 배경으로 보인다. 도심 내 이동보다 더 긴 장거리 비행 능력이 요구되는 Inter-City, RAM에서는 Honda Jet을 축적한 항공/비행 기술이 차별화 요인이 될 수 있기 때문이다.

도표 191. 기 보유 중인 자동차/항공 분야 기술을 e-VTOL에 적용할 계획



자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

도표 192. 전세계 Business Jet 점유율



자료 : GAMA, 신영증권 리서치센터

도표 193. 소형 비즈니스 젯 점유율 1위인 Honda Jet



자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

도표 194. Honda Jet 내부



자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

도표 195. Honda가 개발 중인 e-VTOL 기체 개념도



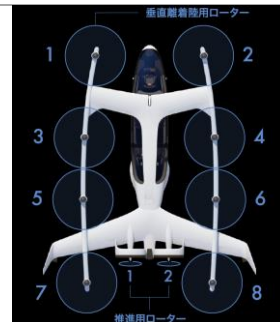
자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

도표 196. Honda Jet 생산 라인



자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

도표 197. Honda가 개발 중인 e-VTOL 기체



자료 : Honda, 신영증권 리서치센터

Lilium (DENSO + Honeywell)

DENSO의 모터, 열관리,
SiC반도체 기술과
Honeywell의
항공전자/부품 기술
협업 중

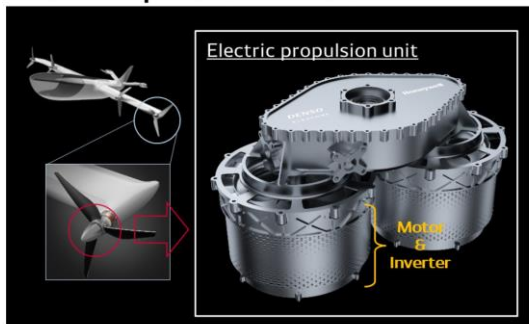
DENSO와
Honeywell의
전기 추진시스템은
Lilium에 공급

2021년, Toyota 산하의 종합 부품업체 Denso와 Honeywell Aerospace (이하 Honeywell)은 자가 보유한 자동차와 항공 분야 기술을 협력하여 차세대 항공 모빌리티 기체의 추진체를 개발하고 있다고 밝혔다. Honeywell의 항공 부품 기술과 Denso의 친환경차 모터, 인버터 및 양산 기술을 활용하여 상용 및 방산 기체를 위한 전기 모터 등 전기 추진시스템을 개발 중이다.

이후 DENSO는 Air Mobility에 쓰일 모터와 인버터를 발표했다. **2개의 모터와 2개의 인버터가 병렬 형태로 통합된 방식으로 가외성을 강화**했으며, 이에 1개의 모터와 1개의 인버터가 고장 나도 프로펠러는 작동할 수 있다고 한다. Honda와 Honeywell이 개발 중인 전기 추진시스템 (Electric Power Unit)은 Lilium의 e-VTOL에 탑재될 예정이다.

Lilium은 2015년 설립되어 미국 플로리다를 시작으로 주요 대도시와 인근 지역을 연결하는 에어 셔틀 사업을 추진 중인 독일 E-VTOL 업체이다. Lilium은 DEVT 기술(Ducted Electric Vected Thrust)을 기반으로 주익과 카나드에 30개의 분산 전기 추진제(DEP)를 활용한 7인승 RAM E-vtol을 개발 중이며, 향후 16인승 VTOL 개발 가능성도 시사한 바 있다. 경쟁 VTOL 업체들이 일반적으로 Open Propellers 방식을 택한 것과 달리 Lilium이 DEVT 방식을 택한 것이 특징인데 Lilium은 소음과 진동이 적고, 날개 손실(blade loss)을 억제할 수 있어 안전성을 향상시킬 수 있다고 한다. 물론 DEVT 방식으로는 e-VTOL에 필요한 충분한 추력을 얻기 어려울 것이라는 부정적 시각도 있다.

도표 198. DENSO와 Honeywell의 E-VTOL EPU
Electric Propulsion Unit for Electric Aircraft



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

도표 199. Lilium의 탑재될 Denso의 모터



자료 : DENSO, 신영증권 리서치센터

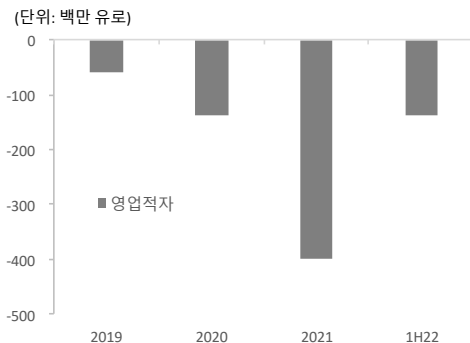
Lilium이 개발 중인 Lilium Je와 Honeywell이 개발한 전기 추진체(EPU)를 탑재할 예정으로 **비추력 25kW/kg급의 전기 모터를 목표로** 하고 있다. 동체 좌우 벽면 하단에 탑재된 72개의 하이-니켈 양극, 하이-실리콘 음극 리튬이온 배터리 모듈로부터 전기를 공급받게 된다. **에너지 밀도는 330Wh/kg 이상, 수명 사이클(Cycle life)은 800 사이클 이상을 목표로** 하고 있다.

독일의 리튬 이온 배터리 업체 Customcells가 Lilium에 파우치 형태의 리튬이온 배터리 셀을 공급하며, 에너지 밀도는 330Wh/kg~350Wh/kg, 80% 충전까지 15분, 100%까지는 30분 충전 속도를 목표로 한다. UAM 보다는 궁극적으로 RAM 시장을 목표로 하는 Lilium에게 배터리 에너지 밀도 향상과 더불어 전기차와 마찬가지로 e-VTOL에서도 배터리 화재 위험성을 낮추는 것이 과제이다.

2022년 2월, Lilium의 시제품 기체의 배터리 모듈 하우징 안에 금속 이물질이 들어갔고, 이로 인해 기체가 전소되고, 시험 비행이 연기되는 사고가 발생한 바 있다. Lilium의 CFO는 배터리 열 폭주 가능성을 없애는 것은 불가능하며, 따라서 그 위험을 낮추어 엄격한 항공 안전 규제에 대응해야 할 것이라고 밝힌 바 있다.

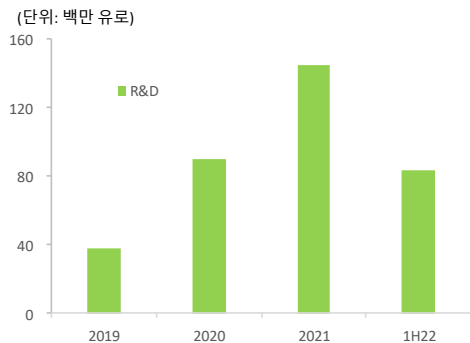
2022년 9월, Lilium의 CFO는 연 400대의 E-vtol 생산 능력을 갖출 계획이라고 밝혔으며, 2023년부터 조건부 주문을 발주한 고객으로부터 인도 전 지급금(Pre-delivery payment)을 받을 것이라고 덧붙였다.

도표 200. Lilium 영업적자 추이



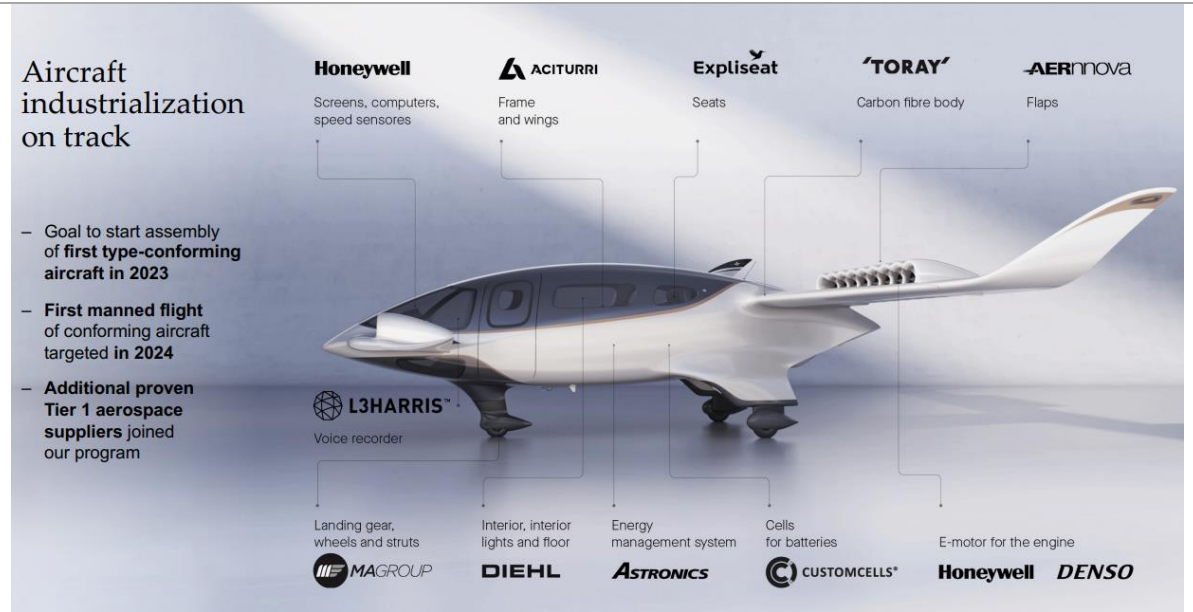
자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터

도표 201. Lilium 연구개발비 추이



자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터

도표 202. Lilium의 주요 협력사 (전기모터: DENSO & Honeywell, 배터리: Customcells, 탄소 섬유: TORAY 등)



자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터

도표 203. Lilium Jet 외관



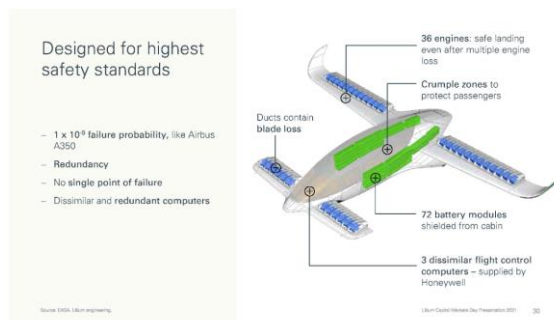
자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터

도표 204. Lilium Jet 내부



자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터

도표 205. 배터리 모듈과 DEVT 탑재 위치



자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터 /

도표 206. Ducted Electric Vectored Thrust 추진체



자료 : Lilium, 신영증권 리서치센터

GM

세계 2차대전 기간 동안 Grumman TBF/TBM Avenger 뇌격기, FM-2 Wildcat 등을 라이선스 생산한 바 있는 GM은 그동안 e-VTOL에 대해서는 다른 완성차 업체 대비 특별한 행보를 보이지 않았다.

그러다 2020년 9월, GM의 CEO Mary Barra는 항공 모빌리티 등 EV 외 다른 분야에서도 GM의 미래 사업 기회가 있을 것이라고 밝히며 처음으로 Air Mobility 산업 진출 가능성을 시사한 바 있다. 이와 관련 GM의 대변인은 항공 모빌리티는 GM이 흥미를 갖고 지켜보고 있는 분야라고 언급했다. 사업 계획 등 구체적인 언급이 없었음에도 당시 GM의 주가는 장중 5.4%까지 급등한 바 있다.

이후 약 4개월이 지난 CES 2021에서 GM은 Cadillac 브랜드를 활용한 수직 이착륙 도심형 모빌리티 컨셉 기체(e-VTOL) 공개했다. GM은 4개의 모터 프로펠러로 최대 시속 55 마일(89km/h)로 도심 내 주요 거점을 비행하는 차세대 운동 수단으로 고려하고 있다고 설명했다. 구체적인 기체 출시 및 사업 개시 시점을 공개하지 않았지만 Cadillac 브랜드를 활용하여 럭셔리 항공 모빌리티 사업 진출할 의사가 있음을 보인 것이다.

CES 2021 이후 GM은 아직까지 e-VTOL 사업에 대해 새로운 계획 등을 밝히지 않고 있다. 다만 현대차그룹, Honda, Volkswagen 등 경쟁 업체들이 VTOL 사업에 박차를 가하고 있는 만큼 이에 대한 GM의 대응 전략을 지켜볼 필요는 있을 것이다.

도표 207. GM이 생산했던 TBM-3E 뇌격기



자료 : WardDrawings, 신영증권 리서치센터 /

도표 208. GM Cruise의 e-VTOL 컨셉



자료 : GM, 신영증권 리서치센터

Volkswagen

2021년 2월, Volkswagen은 중국에서 VTOL 실증 조사에 착수할 것이라고 밝히며, e-VTOL 항공 모빌리티가 향후 Volkswagen의 차세대 모빌리티 진출 분야가 될 수 있다고 밝혔다. 중국 조사는 향후 Air Taxi 등에 활용 가능한 수직 이착륙기의 컨셉과 더불어 협력 업체 등을 조사하기 위한 것이었으며, Volkswagen은 중국 Air Mobility 잠재 성장성이 크다고 판단한 것으로 보인다.

약 반년이 지난 2022년 7월, Volkswagen China는 e-VTOL 컨셉 기체 V.MO를 공개했다. Flying Tiger라는 별명을 가진 V.MO는 길이 11.2m, 너비 10.6m의 e-VTOL 기체로 수직 이착륙을 위한 8개의 로터와 수평 비행을 위한 2개의 프로펠러를 탑재하고 있는 Lift & Cruise 방식의 e-VTOL 기체이다.

현재 V.MO는 궁극적으로 4명의 인원을 태우고 최대 200km 자율 비행을 목표로 개발 중이다. VW China는 2022년말 수 차례 시험비행을 실시하여 기체의 컨셉을 최적화하고, 이후 채택된 기체를 2023년 말까지 추가 심화 테스트할 계획이라고 밝혔다.

도표 209. VW의 e-VTOL 시제품 V.MO



자료 : Volkswagen, 신영증권 리서치센터 /

도표 210. VW의 eVTOL V.MO 개발팀



자료 : Volkswagen, 신영증권 리서치센터

Stellantis & Archer

2021년 1월, FCA(現 Stellantis)는 미국 e-VTOL업체 Archer와 협력을 발표했다. Archer는 4인승 e-VTOL 기체를 개발해 항공 모빌리티를 추진하는 업체로 2021년 도심형 기체를 공개하고, 뉴욕, 샌프란시스코 등 대도시에서 도심형 항공 모빌리티를 추진하고 있다.

Archer가 개발 중인 e-VTOL 기체는 전기를 활용하여 다수의 승객을 태우고 97km를 비행 가능하며, Archer CEO는 연간 수 천 대의 기체를 생산할 계획이라고 밝힌 바 있다. Archer의 주요 전략적 투자자인 Stellantis는 보유한 부품 공급망과 주요 재료, NVH 등 엔지니어링 기술을 활용하여 e-VTOLs 생산 비용 절감에 기여할 계획이다.

즉, Stellantis가 생산 부분을, Archer가 기체 개발, 디자인 등을 주도하며 개발된 기체를 활용해 도심형 UAM 웨어링 모빌리티 Archer UAM과 United항공과 같은 민항 항공사들에게 E-VTOL 기체를 공급하는 Archer Direct를 추진할 계획이다.

도표 211. Archer의 E-VTOL



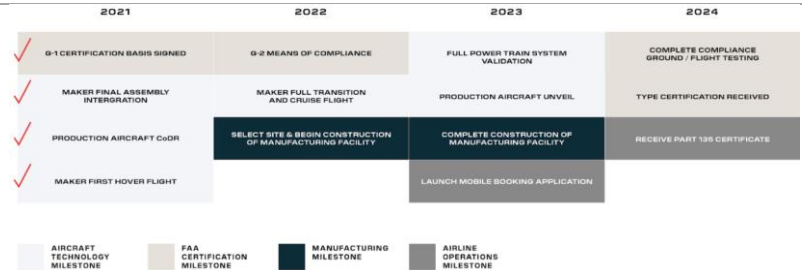
자료 : Archer, 신영증권 리서치센터 /

도표 212. Stellantis CEO와 Archer CEO



자료 : Archer, 신영증권 리서치센터

도표 213. Archer의 비즈니스 로드맵 (2Q22 기준)



자료 : Archer, 신영증권 리서치센터

Toyota & Joby

Toyota는 Joby와 4인승 Air Taxi 생산을 위한 캘리포니아 공장을 추진 중이다. Joby는 자체 기술 고도화와 인수를 통한 기술 흡수, 그리고 외부 업체와 협력에 균형을 맞추며 Evtol 사업을 추진하고 있다.

우선 Joby는 자체 설계한 5인승용 틸트 로터 시제기 SA를 선보인바 있다. 4개의 배터리가 메인 날개 양쪽에 탑재되어 있으며, 2개의 인버터를 통해 6개의 전기모터를 제어하여 비행한다. Joby는 이러한 배터리와 모터 기반 추진 시스템 분야 기술을 내재화하고 있는데 상대적으로 기술 습득이 적었던 것으로 보이는 연료전지 기반 분야에서는 독일의 H2FLY를 인수하였다.

양산과 원가 절감을 위한 엔지니어링 분야에서는 Toyota와 협력을 하고 있다. 2020년, Toyota는 Joby Aviation과 협력을 발표하며 항공 기반 운송수단(Air transportation)이 Toyota의 장기적인 목표라고 밝힌 바 있다. Toyota는 \$3.94억 달러를 Joby에 출자하며 최대 외부 투자자가 되었으며, 이사를 선임하여 전략에도 적극적으로 개입할 것임을 밝혔다. 아울러 단순 투자를 넘어 생산, 품질 및 비용 절감 노하우를 Joby의 VTOL 기체 생산에 기여할 것이라고 밝혔다.

2022년 5월, Joby는 미국 연방 항공청(FAA)로부터 Evtol을 활용해 Air Taxi를 개시할 수 있는 Part 135 Air Carrier Certificate를 획득했다. 이러한 인증 과정을 가속화하기 위해 Joby는 항공용 소프트웨어 엔지니어링 업체 Avionyx를 인수하기도 했다. 현재 Joby는 캘리포니아 Marina에 E-vtol 생산 공장 건립을 추진하고 있다.

도표 214. Joby의 E-VTOL 기체



자료 : Joby, 신영증권 리서치센터

도표 215. Joby의 투자자이 파트너 Toyota



자료 : Toyota, 신영증권 리서치센터

도표 216. Joby 2026년 비즈니스 모델 목표

Revenue Drivers		Cost Drivers	
24 Miles	Avg Flight Length	~22¢	Pilot
~165 mph	Cruising Speed	~19¢	Maintenance cost (including labor)
2.3 Passengers	Avg Load Factor	~11¢	Skyport Support & Landing Fees
~6 Minutes	Turnaround Time	~13¢	Battery & Charging (~30 kWh/Trip, 1Y Replacement)
\$3.00	Price / Seat Mile	~9¢	Aircraft & Insurance
		~12¢	Other expenses
Revenue per Available Seat Mile \$1.73		Cost per Available Seat Mile \$0.86	

자료 : Joby, 신영증권 리서치센터

도표 217. Uber Elevate를 인수한 Joby



자료 : Joby, 신영증권 리서치센터

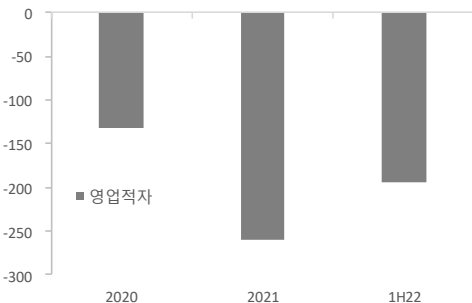
도표 218. Joby의 주요 파트너 업체



자료 : Joby, 신영증권 리서치센터

도표 219. Joby의 영업적자 추이

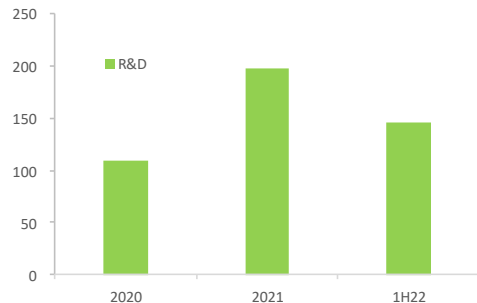
(단위: 백만 달러)



자료 : Joby, 신영증권 리서치센터

도표 220. Joby 연구개발비 추이

(단위: 백만 달러)



자료 : Joby, 신영증권 리서치센터

우리나라의 UAM 기술 수준

2023~2029
상용화를 위한 핵심 기술 확보

2030~2035
UAM 상용화

2035년 이후
UAM 대중화 목표

우리나라의 UAM 기술은
최고 선진국의
60%~70% 수준

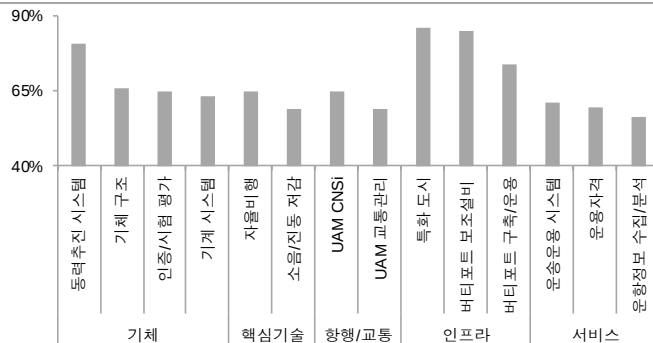
우리나라는 UAM 산업을 미래 먹거리로 육성하기 위해 연관 산업의 기술 경쟁력을 높이는 한국형 도심항공교통 기술 로드맵(K-UAM 로드맵)을 수립했다. 2023년~2029년 상용화를 위한 핵심 기술을 확보하고, 2030년~2035년 UAM 상용화를 이루어, 2035년 이후 UAM의 대중화 시대를 여는 것이 우리나라 UAM 기술 로드맵의 목표이다.

2022년 KF-21이 첫 시험 비행에 성공하며 우리나라는 세계에서 8번째로 초음속 전투기 개발 국가에 등극했다. 하지만 K-UAM 기술 로드맵에 따르면 우리나라의 UAM 기술 수준은 아직 최고 선진국의 60%~70% 수준에 그치고 있다. 미국 등 최고 선진 국가 대비 우리나라의 기체 & 부품 기술은 67.2%, 핵심 기술은 63%, 서비스 분야 기술은 58.9%에 그쳐 '선진 기술을 모방할 수 있는 수준'에는 이르지 못한 것으로 평가받는다. 전반적으로 우리나라의 UAM 기술은 선진 국가로부터의 기술 이전 또는 역설계와 역공학(Reverse engineering)을 통해 자체적 연구 기술이 가능한 정도이다.

주요 UAM 기술 중
최고 선진국과
기술 격차가
가장 적은 분야는
UAM 인프라
(79% 수준)

한편 우리나라가 보유하고 있는 주요 UAM 기술 중 최고 선진 국가와 기술 격차가 가장 적은 분야는 UAM 인프라이다. 우리나라의 UAM 인프라 기술은 최고 선진국 기술 대비 79% 수준으로 해외 선진 기술을 모방할 수 있는 수준(70%~90%)으로 평가받고 있다. 우리나라의 주요 UAM 기술 중 기체 부품 분야에서 미국과 EU 대비 2년 내외, 항행/교통 관리 분야에서는 3년 내외, 서비스 분야에서는 미국과 2.2년, EU와 1.6년의 기술 격차가 존재하는 것으로 볼 수 있다.

도표 221. 최고 선진 국가 대비 우리나라의 주요 UAM 기술 (최고 선진 국가 100% 기준)



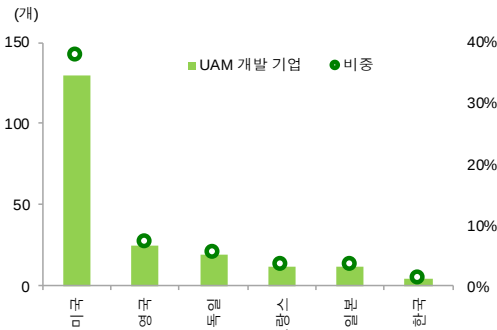
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터 / 90% 이상은 해외 선진기술과 경쟁할 수 있는 수준

도표 222. 우리나라와 주요 국가의 주요 UAM 기술 분야별 격차 (연수)

부문	주요분야	미국	EU	일본	중국
기체·부품	기체구조	-3	-2.1	-0.5	-0.3
	동력·추진 시스템	-1.4	-0.8	0	★0.3
	기계·전기전자 시스템	-2.8	-2	-0.2	★0.2
	인증·시험평가	-2.5	-2.1	★ 0.1	★0.4
항행·교통관리	UAM 통합 교통관리	-3.6	-3.2	-0.8	-1
	UAM CNSi(통신, 항법, 감시, 경보)	-3.1	-2.3	-0.5	-0.8
인프라	버티포트 구축 및 운용 시스템	-2.2	-0.9	★0.8	-0.6
	버티포트 보조설비 시스템	-1.4	-0.3	★1.3	0
	특화 도시	-0.6	★0.4	★1.8	★0.5
서비스	운송·운용 시스템	-2.4	-1.5	-0.1	-0.5
	운항정보 수집분석 및 공유 시스템	-2.5	-1.4	-0.1	-0.4
	운용자격 체계	-1.9	-1.7	-0.1	-0.2
핵심기술	자율 비행	-1.8	-0.8	★0.7	★0.6
	기체소음진동 저감	-2.6	-2.4	★0.2	★0.8

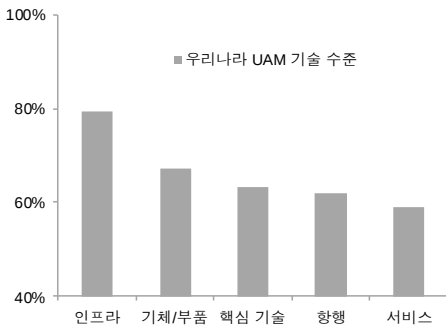
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터 / 양수는 우리나라가 앞서 있는 분야, 음수는 우리나라가 뒤처져 있는 분야

도표 223. 주요 국가별 UAM 기체 개발 기업 수



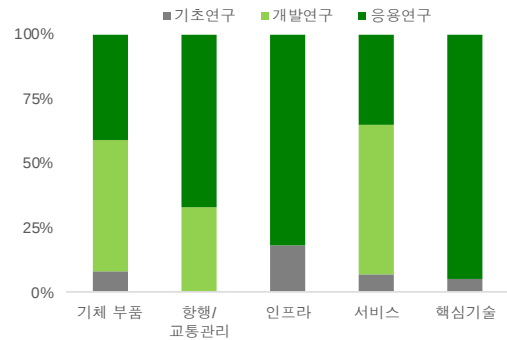
자료 : 전경련, 신영증권 리서치센터

도표 225. 선진 국가 기술 대비 국내 UAM 기술 수준



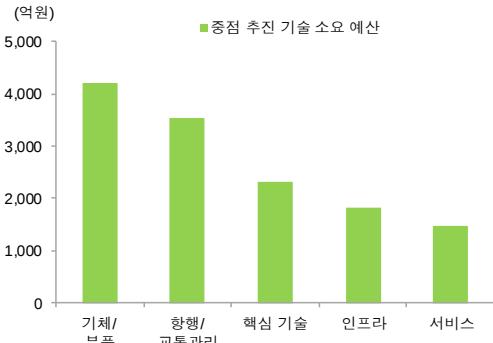
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 224. 우리나라의 핵심 부문별 연구개발 단계



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터,

도표 226. 중점 추진 기술 소요 예산



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터,

도표 227. 한국형 도심항공교통 미래 시나리오

〈표 III-9〉 한국형 도심항공교통 미래시나리오

부문	요구항목	단계별 목표(년도)		
		초기(2025년~)	성장기(2030년~)	성숙기(2035년~)
기체·부품 (핵심기술)	자율비행 수준 (조종사 운용)	On Board (조종사 탑승)	Off Board (원격조정)	Autonomous (자율비행)
	공급작식 수	4	4	5
	순항속도	150km/h(80kts)	240km/h(130kts)	300km/h(161kts)
	항속거리	100km(62miles)	200km(124miles)	300km(186miles)
	배터리 밀도 (팩 기준)/용량	300Wh/kg, 130kWh	450Wh/kg, 270kWh	680Wh/kg, 500kWh
	소음(기체)	150m에서 70dBA	150m에서 65dBA	150m에서 60dBA

자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 228. 주요 국가별 UAM 추진 현황

		설계 및 제작	시험평가(무인)	시험평가(유인)	시험서비스	상업운용
	현대자동차	2020				
	한화시스템	2020				
	Joby Aviation			2017		2024
	KittyHawk		2018	2019		
	Lilium Jet	2013	2017	2019		2024
	CityAirbus	2015	2019			
	Volocopter	2011		2017	2020	2023
	Ehang	2014		2017	2018	2024

자료 : 신영증권 리서치센터

우리나라의 기체 & 부품 기술

기체 부품 최고 선진국은
미국, EU

우리나라는
최고 선진국의 67%

기체 & 부품
분야에서 기술 격차가
가장 큰 분야는
기체 구조(-2.1년)

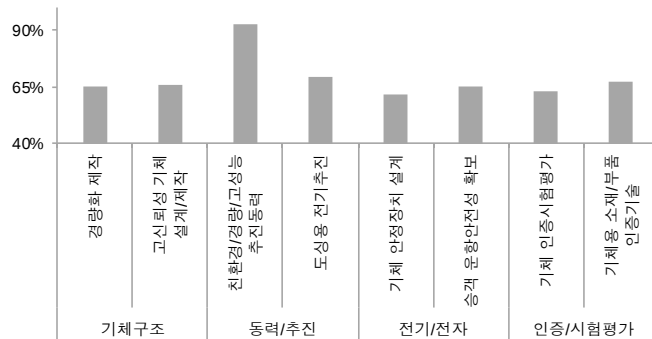
UAM 기체 & 부품 기술은 비행체 설계, 제작, 기체 구조 기술, 동력 추진 시스템, UAM 기체 시스템 인증, 시험 평가를 위한 필수 기술을 포함한다.

이러한 기체 & 부품 기술 분야에서 미국, EU 등 최고 선진 국가 대비 우리나라의 기술 수준은 67.2%로 ‘해외 선진 기술을 모방할 수 있는 수준’에는 아직 이르지 못하고 ‘기술 이전 또는 reverse-engineering 등을 통해 자체적으로 기술 연구가 가능한 수준’ 정도(30%~70%)로 평가받고 있다. 우리나라의 UAM 기체 & 부품 기술과 미국과 EU의 기술 격차는 2년 내외 수준이다.

기체 & 부품 분야 중에서 미국, EU 등 선진국과 우리나라의 대비 기술 격차가 가장 큰 분야는 e-VTOL에 적합한 최적 설계 기술을 개발하고, 양산성을 고려한 기체 구조 기술 분야인 ‘기체 구조’이다. 고신뢰성 기체 설계 & 제작 기술과 경량화 제작 기술이 중요한 기체 구조 분야에서 우리나라 기술 대비 미국 기술이 약 3년, EU 기술이 2.1년 앞서 있다.

이러한 기체 구조 기술 격차를 줄이기 위해 우리나라는 2025년까지 최대 40km 지점까지 UAM 서비스를 위한 비행체 설계 기법을 개발하여, 이를 2030년 80km, 2035년 최대 100km까지 끌어 올릴 계획이다. 이를 공력, 구조해석, 중량 분석 등 UAM 다분야 해석 기술을 통합한 최적 설계 프레임 워크를 구축 & 시뮬레이션하는 기술과 3D 프린팅 및 복합재 공정 기술을 활용한 비행체 제작 비용 절감 기술 확보가 중요할 전망이다.

도표 229. 최고 선진 국가 대비 우리나라 UAM 기체 부품 기술 (최고 선진국 100% 기준)



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터 / 90% 이상은 해외 선진기술과 경쟁할 수 있는 수준

이와 더불어 도심 비행 시 발생할 수 있는 돌발 상황에서도 안전성을 확보할 수 있는 ‘기계/전기전자 시스템’ 부문과 e-VTOL의 안전성 확보와 신기술 검증을 위한 ‘인증, 시험 평가 기술’ 분야에서 우리나라의 기술 수준은 선진국 기술을 모방할 수 있는 수준(70%)에는 이르지 못하고 있다.

우리나라에서 UAM 기체를 개발하고 있는 업체는 현대차, 한국항공우주, 한국항공우주연구원, 대한항공 4곳으로 현재 기체 설계 단계에 있다. 반면 해외 선두 업체인 Lilium, Joby 등은 시제품 기체를 활용해 시험 비행을 추진하고, 모빌리티 플랫폼 업체와 협업을 추진하며 앞서고 있다.

도표 230. 기계 구조 분야 K-기술 로드맵

	내용
~2025년 목표	~2025년까지 상용화 기반 기술개발 목표
	* 최대 40km 지점까지 UAM 서비스를 위한 비행체 설계 기법 개발
	* UAM 비행체 공력 및 구조, 로터 및 추진 시스템 해석 기술 개발
~2030년 목표	~2030년까지 상용화 기술개발 목표
	* 최대 80km 지점까지 UAM 서비스를 위한 비행체 설계
	* UAM 기체 중량 절감을 위한 복합재 구조 제작 및 성형기술 개발
	* 공력 및 구조해석, 중량분석, 등의 UAM 다분야 해석 기술을 통합한 최적설계 프레임워크 구축
~2035년 목표	~2035년까지 대중화 기술개발 목표
	* 최대 100km 지점까지 UAM 서비스를 위한 비행체 설계 및 제작
	* 3D 프린팅 및 복합재 공정기술을 적용한 비행체 제작비용 절감
	* 통합 최적설계 프레임워크를 적용하여 UAM 비행체를 설계, 운동 시뮬레이션을 통한 적합성을 검증하고 도출된 결과를 비행체 제작에 적용

자료 : 신영증권 리서치센터

반면 ‘기체 & 부품’ 분야에서 우리나라가 선진국 수준의 경쟁력을 갖춘 분야는 원활한 도심 비행을 위한 동력 시스템과 이를 활용한 전기 추진 시스템 기술이 포함된 ‘동력 & 추진시스템 분야’이다. 동력 & 추진시스템 기술은 크게 1) UAM 고성능 배터리팩 기술과 2) 하이브리드(수소연료전지+배터리) 전기동력 기술로 나눌 수 있다.

UAM 고성능 배터리팩 기술은 UAM용 경량 고성능 배터리팩을 통합 설계하고 제작하는 기술이다. 비행체의 운용 환경을 고려한 배터리팩의 출력 성능, 수명, 안전성 등을 충족 시키고, 비행체 운용 시간 향상을 위한 배터리팩 경량화, 수명 예측 기술을 포함한다.

우리나라는 이미 개발된 ESS, 차량용 2차전지를 UAM 분야로 확장하는 방향으로 기술 로드맵을 수립했다. 하늘을 날아야 하는 UAM에 적용이 적합하도록 배터리 팩을 소형화 시키고 경량화하는 구조 설계 기술, 그리고 비행 및 이착륙 충격에 강건한 패키지 플랫폼을 개발하는 기술, 고에너지 밀도 및 고출력, 급속 충방전 기술을 주요 경쟁력으로 꼽을 수 있다.

도표 231. 동력·추진 시스템 분야 K-기술 로드맵

	내용
~2025년 목표	~2025년까지 상용화 기반 기술 개발 목표
	* UAM 전기 추진 시스템 적용 기술 개발
	* 전기추진시스템을 적용하기 위한 배터리 팩 모니터링 및 소형화 기술 개발
	* 전기모터 중량 절감을 위한 고 비출력 모터 설계 및 제작 기술 개발
~2030년 목표	~2030년까지 상용화 기술개발 목표
	* UAM 임무 요구도 만족을 위한 배터리 및 고출력/고토크 추진시스템 성능 향상 기술 개발
	* 450Wh/kg 이상의 에너지 밀도 향상을 위한 차세대 배터리, 연료전지-배터리 하이브리드를 적용
~2035년 목표	~2035년까지 대중화 기술개발 목표
	* 연간 UAM 임무시나리오 만족을 위한 성능 고도화 기술 개발
	* Turn Around Time 이내 충방전 요구도를 만족하고 동력원수명을 50,000km 이상으로 향상
	* 인버터 및 모터의 효율향상(96%~99%)을 위한 냉각시스템(복합 냉각 및 극저온) 개발

자료 : 신영증권 리서치센터

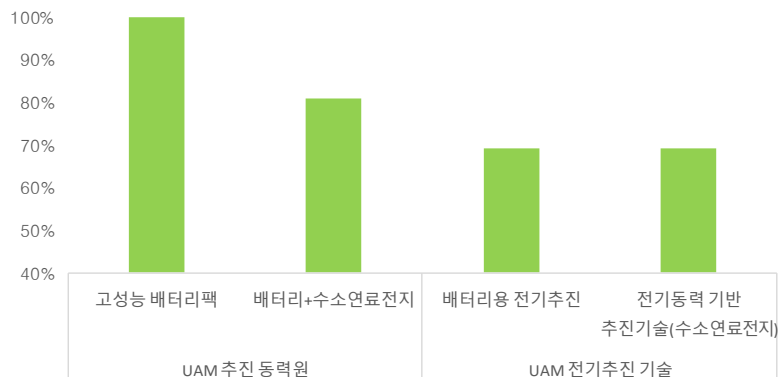
우리나라의 UAM 고성능 배터리팩 기술, 하이브리드 전기동력 기술(배터리+수소연료전지)은 최고 선진국의 100%, 85.1%로 세계 적인 기술 수준이다. 하지만 도심 운항을 위한 고밀도 배터리용 전기 추진 기술과 초경량 고출력 전기동력 기반 추진기술(수소연료전지 등)은 각각 최고 선진국가 69.4% 수준으로 기술력 향상이 필요하다. 이를 위해서는 높은 비출력을 내는 모터 기술과 더불어 신기술 권선, 고강성 저철손 강판 기술과 더불어 SiC 전력 반도체를 적용한 인버터 기술이 통합되어야 한다.

하이브리드 전기 동력 기술은 수소연료전지와 배터리를 결합 & 상호 보완하여 UAM의 장거리 비행 능력을 향상 시키는 기술이다. 이륙 초기 기동 및 긴급 고출력 대응을 위한 수소연료전지와 배터리 동력원 결합 기술, 그리고 수소연료전지와 배터리를 결합하는 만큼 이중 에너지원 제어 알고리즘 개발로 추진 동력에서 필요한 전력량을 공급하는 기술이 중요하다

우리나라의 관련 수소연료전지를 활용한 하이브리드 전기 동력 기술은 선진국 기술의 81% 수준으로 평가 받고 있다. e-VTOL 동력, 추진 시스템에서는 초경량, 고에너지 밀도 동력원 기술과 저 RPM 대역 고토크 모터 기술, 고효율 인버터 & 열관리 기술이 핵심인데 우리나라가 세계적인 2차 전지 기술력과 EV/HEV 기술을 보유하고 있는 것도 경쟁력이다

우리나라의 동력 & 추진시스템 기술 목표는 2025년까지 적기 추진시스템에 적용 가능한 배터리팩 모니터링 및 소형화 기술과 비출력 모터 설계 및 제작 기술을 개발하여 상용화 기반을 갖추는 것이다. 이를 통해 2030년까지 고출력, 고토크 경량 모터 성능을 향상 시키고, 에너지 밀도 450Wh/kg 이상의 차세대 배터리와 연료전지-배터리 하이브리드 기술을 확보하여 상용화 기술을 확보하고자 한다.

도표 232. 최고 선진 국가 대비 우리나라 UAM 기술 (최고 선진국 100% 기준)



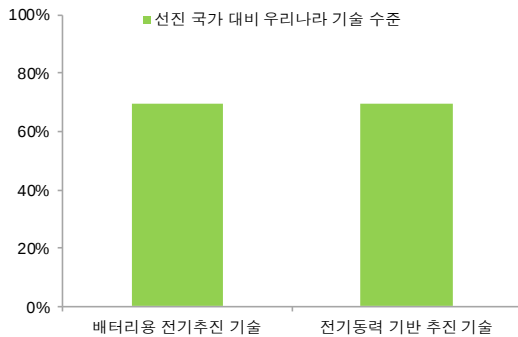
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터 / 90% 이상은 해외 선진기술과 경쟁할 수 있는 수준

도표 233. UAM용 친환경·초경량·고성능 추진 동력원

	내용
~2025년 목표	~2025년까지 상용화 기반 기술개발 목표
	A) UAM용 고성능 배터리 팩: 에너지 밀도 250Wh/kg 이상 확보, 배터리 방전 요구도 8C 만족
	B) 하이브리드 전기 동력 : 수소 1kg 당 10kWh 이상의 수소 연료전지 출력 성능 확보
	* 배터리만으로 5분 비상 비행 가능하도록 배터리 성능 확보
	* 연료전지 출력 성능으로만 UAM이 호버링 가능하도록 전력 설계 및 제어
	* 15m/s 수준의 돌풍에서도 자세를 유지할 수 있는 출력 제어가 가능한 하이브리드 시스템
~2030년 목표	~2030년까지 상용화 기술 개발 목표
	A) UAM용 고성능 배터리 팩
	* 배터리 팩 에너지밀도 450 Wh/kg 이상 확보, 배터리 팩 BMS 성능 추정 정밀도 5%
	B) 하이브리드 전기 동력
	* 하이브리드 전기 추진 시스템 통합 제어/냉각 시스템 및 전력관리 기술 개발
	* 하이브리드 전기 추진 시스템 건전성 예측 및 관리시스템 개발
~2035년 목표	~2035년까지 대중화 기술개발 목표
	* UAM 배터리 팩 안전성 입증을 위한 성능시험 수행

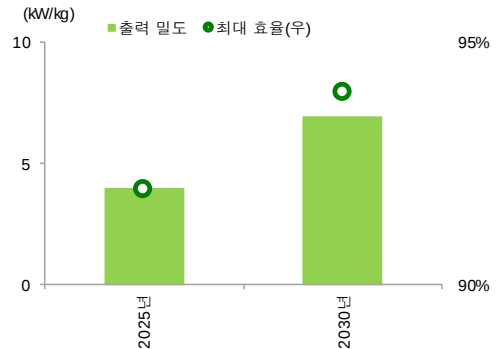
자료 : 신영증권 리서치센터

도표 234. 선진 국가 대비 우리나라의 항공용 전기추진 기술 수준



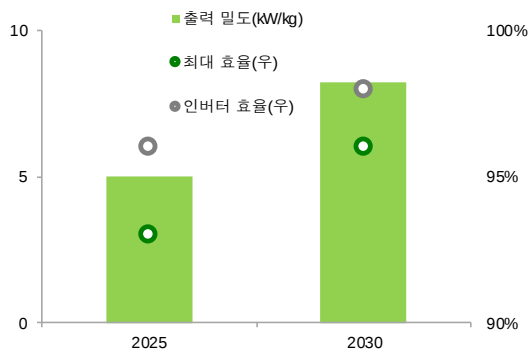
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 235. 우리나라의 배터리용 전기추진 기술(모터) 목표



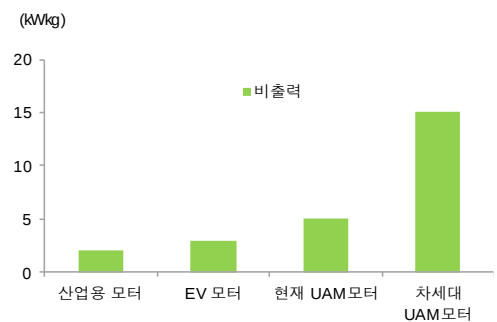
자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터

도표 236. 우리나라의 전기동력 기반 추진 기술(모터) 목표



자료 : K-UAM 기술 로드맵, 신영증권 리서치센터 / 하이브리드 기준

도표 237. 주요 분야별 모터의 비출력



자료 : IET, NASA, 신영증권 리서치센터

도표 238. 우리나라의 전기 추진 기술 로드맵

	내용
~2025년 목표	~2025년까지 상용화 기반 기술개발 목표
	A) 고밀도 배터리용 전기 추진 기술 * 모터 출력 밀도 4.0kW/kg, 최대 효율 92%
	B) 초경량 고효율 전기 동력 기반 추진 기술(수소연료전지): * 모터 출력 밀도 5.0kW/kg, 최대 효율 93%, 인버터 최대 효율 96%
~2030년 목표	~2030년까지 상용화 기술개발 목표
	A) 고밀도 배터리용 전기추진 기술 * 모터 출력 밀도 7.0kW/kg, 최대 효율 94%
	B) 초경량 고효율 전기 동력 기반 추진 기술(수소연료전지): 모터 출력 밀도 8.22kW/kg, 최대 효율 96%, 인버터 최대 효율 98%
~2035년 목표	~2035년까지 대중화 기술개발 목표
	A) 고밀도 배터리용 전기추진 기술 *모터 출력 밀도 7.0kW/kg 이상, 최대 효율 94% 이상
	B) 초경량 고효율 전기동력 기반 추진 기술(수소연료전지) * 모터 출력 밀도 8.22kW/kg 이상, 최대 효율 96% 이상, 인버터 최대 효율 98% 이상

자료 : 신영증권 리서치센터

도표 239. 우리나라의 eVTOL 추진 시스템 분야 세부 기술 로드맵

주요분야	요소 기술	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
		상용화 기술 마련				상용화				대중화					
UAM용 전기추진 기술 (고밀도 배터리용)	동력 추진 모터 최적 형상 설계														
	고속 회전 및 냉각을 고려한 최적 구조 설계														
	출력 밀도 향상을 위한 고밀도 권선 기술														
	UAM용 고효율 모터 평가 기술														
초경량 고출력 전기동력 기반 추진 기술 (수소연료전 지 등)	고토크 경량형 모터 개발														
	모터 제어용 고효율 인버터 기술														
	모터, 인버터, 배터리 통합 냉각 기술														
	지상통합 시험 RIG 개발 및 제 작														
	파워트레인 통합 설계 및 시험 평가														

자료 : MagniX, 신영증권 리서치센터

우리나라의 UAM 인프라 기술

UAM 서비스 구현을 위해서는 VTOL의 도심 이착륙을 위한 버티허브, 버티포트, 버티스탑 건설이 필요하며, 관련 기술을 크게 3가지로 구분할 수 있다. UAM 이착륙 인프라를 도심 거점에 구축하고 운용하는 ‘버티포트 구축 및 운용 시스템’ 그리고 안전하고 효율적인 도심형 버티포트 운용을 위해 필요한 사이버 보안 등 디지털 인프라와 안정적인 통신 환경을 구축하고 고효율 자동화 충전 시스템 등을 구현하는 ‘버티포트 보조 설비 시스템’, 마지막으로 이러한 UAM 관련 인프라를 스마트 모빌리티와 연계하여 다양한 기능이 집적된 스마트 시티를 구현하는 ‘특화 도시’기술이 있다.

상기 UAM 인프라 관련 기술은 우리나라가 강점을 갖고 있는 분야이다. 우리나라의 UAM 인프라 기술은 최고 선진국의 79% 수준으로 해외 선진 기술을 모방할 수 있는 수준(70%~90%)으로 평가 받고 있다. 특히 특화 도시 부분의 경우 우리나라의 기술은 최고 선진 국가의 86%로 버티 포트 구축 및 운용 시스템을 제외하고는 인프라 기술 분야에서 기술 선진국과의 기술 격차를 1년 이내로 좁힌 상태이다.

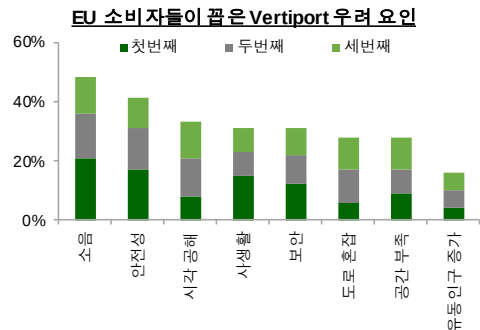
단, UAM 시장이 개화되지 않은 만큼 관련 인프라도 안전 기준 등과 같은 전례가 없어 미국의 FAA, 유럽의 EASA가 헬리포트에 기반을 둔 기준과 기술을 추진하고 있다. 이에 따라 우리나라도 선제적으로 버티포트 인프라 구축 및 운용 기술, 시스템 등을 확보해 나가야 할 것이다.

도표 240. 버티포트 개념도



자료 : aviationtoday, 신영증권 리서치센터

도표 241. 유럽 시민들의 버티포트 우려 요인



자료 : EASA, 신영증권 리서치센터

우리나라의 UAM 핵심 기술 (자율비행)

UAM 핵심 기술은 소비자들이 도심 UAM 서비스를 수용할 수 있도록 UAM 운용의 안전성과 신뢰성을 확보하는 기술을 뜻하며, **자율 비행 기술과 기체 소음 & 진동 저감 기술**을 포함한다. 자율 비행 기술은 비행체를 이륙 지점부터 착륙 지점까지 스스로 비행하게 하고, 승객 편의와 안전 운항 정보 제공을 위한 전자 하드웨어, 소프트웨어 시스템과 관련 기술을 뜻한다. **조종사 운용 비용 절감과 비행 가능 시간 확대를 가능하게 할 자율 비행 기술은 UAM 핵심 기술이자 게임 체인저로 평가 받는다.** 이를 위해서는 **정밀 자동 이착륙을 위한 주변 환경 인식, 유도 제어 및 자율 비행 제어 & 알고리즘 기술이 필수이다.**

주변 환경 인식,
유도 제어 및 자율 비행 제
어, 알고리즘 기술 필요

위성항법
대체 항법 기술
개발 필요

그동안 여객 항공기, 군용기 및 무인항공기 분야에서 상당한 자율 비행 기술이 연구되어왔다. 하지만 **아직까지 승객을 태우고 자동으로 도심 위를 비행하는 UAM 자율 비행에 대한 연구는 상대적으로 부족한 상태이다.** 소형 드론에 쓰이는 위성항법 기반 경로 비행(Waypoint Navigation) 기술이 상용화되었으나 아직까지 **돌풍, 난기류 등 열악한 기상 상황에서 자동 이착륙 기술은 추가적인 연구가 필요하다.** 아울러 인공위성의 오작동, 해킹 등으로 GPS를 활용한 위성항법이 불가능한 상황이 발생할 수 있으며, 따라서 안전한 비행을 위해서 대체 항법 기술 개발이 필요하다.

도표 242. UAM 완전 자율 비행 조종 기술

	내용
Integrated Flight Deck System	UAM 센서 통합 기술, UAM 멀티 디스플레이 개발 개발된 통합 자율비행시스템에 대한 지상 시험과 비행 시험을 통해 효율성을 입증
완전 자율비행 SW 플랫폼 기술	OS/미들웨어 등의 운영체제, 응용프로그램 개발 지원 툴(SDK), 신뢰성인증을 위한 SITL 위성 항법 불용 환경에서 UAM en route 운항을 위한 대체 항법-상대 항법 복합 기술 탑재 HW/SW의 각 구성 품들간의 데이터 교환 표준화 기술 등
완전자율비행 알고리즘 개발 및 실증 기술	비행 과정 전 구간에 대한 자율비행기술과 기체 관리 승객 지원 및 안전보장을 위한 알고리즘
Vertiport 접근 및 자동 이착륙 기술	* 정밀 자동 이착륙을 위한 주변 환경인식, 유도 제어 * 다중 센서 융합을 통한 충돌 회피 기술 * 기체 탑재용 소형 레이더 시스템, 영상감시, 대기 센서 기술 * 원거리/초방향 감시 및 소형 비행체 탐지가 가능한 레이더 반도체 칩 기술 * Low RCS 장애물 탐지 및 다중 추적을 위한 신호처리 기술
자율비행시스템 무결성 확보를 위한 핵심 알고리즘 및 센서 시스템	자율 비행을 위한 고장 진단 및 대처, 안전성 및 신뢰성 보장 기술 비행제어컴퓨터, 항법·탐지·기상센서, 비행체 상태 모니터링 센서, 센서정보처리장치, 비행 지도(Digital Map)/기상정보/교통 관리 DB, 전자 장비간의 네트워크

자료 : 신영증권 리서치센터

하지만 위성 항법이 불가능한 상황에서 영상 항법과 같은 대체 항법으로 비행하는 기술 연구는 아직 초기 단계이다. 영상 항법 기술은 카메라, 라이다, 관성 항법 장치, 기압계 등의 센서만을 활용해서 비행체의 3차원 위치를 측정하는 기술이다. 이스라엘의 Sightec이 2022년 7월 세계 최초로 GPS 신호 없이 카메라를 활용한 컴퓨터 비전 기술 NaviSight와 AI를 활용해서 목적지까지 드론 비행을 하는 데 성공한 것이 의미 있는 기술적 발전으로 평가받고 있는 정도이다.

아울러 UMA 비행체는 3차원 공간에서 비행경로를 생성해야 하므로 2차원 교통수단인 자동차 보다 최적의 항로 계산을 위해 더 많은 계산을 해야한다. 따라서 신속한 연산을 위한 GPU, 효율적인 알고리즘 개발도 필수적이다. 우리나라는 2020년에서야 과학기술정보통신부와 한국항공우주연구원의 주도하에 2020년부터 2026년까지 1,703억원을 투자해서 무인 이동체 원천 기술을 개발하는 사업이 본격 추진된 상태이다.

도표 243. 완전 자율 비행 조종 기술 로드맵

	내용
~2025년 목표	~2025년까지 상용화 기반 기술개발 목표
	* 소형 드론, 군용 무인기, 유인항공기에 사용된 탑재 전자HW시스템, SW시스템, 자율비행 등을 개조 개량해 UAM기술 실증기에 적용
	* 버티포트 정밀 이착륙 및 상승·순항·접근의 전 비행 과정에 대한 자동 비행을 기술 실증
	* 오픈소스로 개발된 탑재SW 등을 기반으로, UAM에 적용 가능한 SW플랫폼과 기타 HW장치를 제어하기 위한 드라이버, 데이터 교환을 위한 프로토콜 등에 대한 시범 연구 완료
~2030년 목표	~2030년까지 상용화 기술개발 목표
	* 자율비행을 구현하기 위한 탑재전자컴퓨터(avionics) HW/SW와 탑재 센서, 전기 작동기 등을 포함하는 공통 표준 플랫폼 구현
	* 이착륙, 악기상, 다수 비행체와의 충돌 회피 등이 구현된 자율비행 기술을 개발하고 비행 시험을 완료
	* UAM기체의 지상 및 비행 실증시험 체계를 구축하고, 정밀 이착륙 및 순항 전 과정에 대한 자율 비행 데이터 플랫폼을 구축해 연구자 및 개발 기업에 제공
~2035년 목표	~2035년까지 대중화 기술개발 목표
	* UAM용 통합탑재항전시스템 개발완료 및 상용화
	* 자율비행 성능평가 시스템 구축 완료 및 서비스 착수

자료 : 신영증권 리서치센터

자율 비행 분야에서
미국과 우리나라의
기술 격차는 약 2~3년

기술 격차가 가장
큰 분야는
UAM용 소형 레이다
시스템

자율 비행 분야에서 가장 높은 수준의 기술력을 갖춘 나라는 미국이다. 미국 기술이 우리나라의 기술보다 약 2~3년 앞서 있다. 기술 격차가 가장 큰 분야는 기체 주변 상황 및 장애물을 인지하여 충돌 회피를 위한 실시간 정보를 제공하는 **UAM용 소형 레이다 시스템**으로 미국이 우리나라보다 2.9년 앞서 있으며, 우리나라는 현재 전량 수입에 의존하고 있다.

UAM의 비행 속도는 여객 비행기(약 900km/h)보다 느리고, 드론(약 60km/h)보다는 빠르다. 따라서 UAM 레이다의 탐지 거리는 여객 비행기용보다는 짧아도 괜찮으나, 드론용 레이다보다는 탐지 거리가 길어야 한다. 이와 더불어 전파 기반 불법 공격 대응 기술 분야에서 약 2.8년, 완전 자율비행 알고리즘 개발 및 실증 기술 분야에서 미국이 2.3년 가량 앞서 있다.

자율 비행 분야에서 우리나라가 미국 보다 경쟁 우위에 있는 분야는 센서 정보를 통합하고 이러한 정보를 멀티디스플레이를 통해 제공하는 **Integrated Flight Deck System(0.9년)**, 그리고 UAM 보안 통신과 원격 조종권 탈취 방지 보안 기술(0.85년)이다.

UAM 센서도 여객 항공기처럼 차량용 센서 대비 더 높은 안전성과 정확성을 요구 받는다. 특히 2010년 이후 약 2천여대의 항공기가 GNSS 교란 피해를 입어온 만큼 전파 교란 등으로 위성 항법 비행기 불가능한 상황에서 대체 항법 기술과 이를 위한 이중 센서를 사용한 통합 항법 기술 개발이 중요해지고 있다.

무인 UAM 안전성
확보를 위해
Redundant IMU
기술 중요

GPS 기반(스푸핑) 탐지를 위해서는 GPS에서 제공하는 위치 정보와 비행체에 탑재된 센서에서 제공하는 위치 정보를 비교해야 한다. 이를 위해서는 비행체의 3차원 방향과 속도를 측정하고 자세 제어를 담당하는 관성측정장치(IMU: Inertial Measurement Unit) 센서와 카메라 등이 필요하다. 특히 다양한 환경에서 무인 UAM의 안전성 확보를 위해 IMU의 측정치를 융합하는 **Redundant IMU 기술(중첩 관성측정장치)**이 중요해지고 있으며, 센서 융합이 용이하고, 센서가 고장 날 경우 고장 난 센서 필터를 제거하여 시스템의 연속성을 확보하는 분산형 필터 기반 Redundant IMU 연구 개발이 활발히 진행 중이다. 단, UAM 비행 고도는 일반 여객 항공기 대비 상대적으로 낮기 때문에 자력 센서, 관성 센서, GNSS 수신기 등을 모듈 형태로 결합한 제품들이 현재 개발 중에 있다.

도표 244. 최고 선진국 대비 우리나라 자율 비행 기술 수준 (최고 선진국 100% 기준)

		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
UAM용 안전자율비행조종기술	비행체용 Vertiport 접근 및 자동 이착륙 기술	62.9%										
	UAM용 Integrated Flight Desk System	100.0%										
	완전 자율비행을 위한 UAM SW 플랫폼 기술	54.3%										
	자율비행시스템무경설 확보를 위한 핵심 알고리즘 및 센서 시스템 기술	45.0%										
	완전자율비행 탑재 알고리즘 개발 및 실증 기술	50.0%										
UAM 비행체용 탑재 통신 기술	UAM 비행체용 온보드 다중매체통신모듈 기술	73.5%										
	UAM 비행체용 다중링크(5G, C대역, LEO위성 등)통신 기술	71.4%										
	UAM 제밍, 스푸핑 등 전파 기반 불법공격 대응 기술	60.0%										
	UAM 비행체용 보안통신 및 원격조종권 탈취방지를 위한 보안 기술	100.0%										
UAM/자율항법 기술	UAM 운용을 위한 영상(라이다 등), 대기센서, 통합센서 기술	64.7%										
	위성항법 불용 환경에서 UAM enroute 운항을 위한 대체항법-상대항법 복합기술	60.0%										
	센서 물용 및 고장에 강인한 항법장치 제작 기술	60.0%										
	악기상/시계제한 상황에서 정밀이착륙을 위한 정밀복합항법기술	45.0%										
자율비행체용 충돌회피기술 및 상황인지 및 회피 기술	UAM 자율비행을 위한 공중 장애물(동적, 정적) 탐지 및 충돌회피 기술	60.0%										
	UAM 충돌회피 비행을 위한 기체탑재용 소형 레이다 시스템	62.5%										
	UAM 영상감시 기술	66.7%										

자료 : 신영증권 리서치센터

도표 245. K-UAM 기술 로드맵 추진 전략



자료 : ehfchips, 신영증권 리서치센터

UAM 시장의 구지(衢地)를 찾아서

KPMG는 2040년 AAM Target Addressable Market(TAM)이 연 \$1,200억 달러 규모로 성장할 것으로 전망하고 있다. 이러한 성장 잠재력으로 인해 많은 업체가 VTOL 기체를 개발하며 AAM 시장 진출을 천명했고, 지금까지 약 \$80억 가량이 AAM 분야에 투자된 것으로 파악한다. 그러나 AAM 시장은 2030년 전후로 일부 지역에서만 UAM 시장부터 개화될 가능성이 크다.

AAM 시장의 대중화를 위해서는 기술 개발, 감항 당국 규제 충족과 더불어 소비자들의 수용성(Acceptance)이 필수적이다. 시장 초기에는 수요와 규모의 경제가 크지 않을 수 있다. 따라서 기업용이나, 공항과 기차역을 연결하는 특정 지역의 Air Taxi로 AMM 시장이 형성될 가능성이 크다.

상당수의 VTOL 업체가 재무 조달 능력이 제한적인 신생 업체라는 점을 고려했을 때 VTOL 시장 개화기에 주요 시장을 선점하는 것이 지속적인 자금 조달과 사업 확대를 가능하게 할 것이다. 따라서 세계 시장에서 어느 지역, 도시가 구지가 될 것인지 가늠해 보고자 한다.

우선 도로 교통 혼잡에 따른 사회적 비용이 큰 지역이 AAM 주요 시장으로 부상할 것이다. 시장 초기에 AAM 이용 요금이 대중적인 가격 경쟁력을 갖추지 못해도, 교통 혼잡에 따른 사회적 비용, 또는 소비자들의 불만이 큰 도시에서는 AAM 이용자가 있을 수 있기 때문이다. 아울러 전례 없는 새로운 모빌리티에 대한 민간 투자가 적극적으로 이루어질 수 있는 곳이어야 이러한 새로운 시도가 현실화될 것이다. 이러한 점에서 미국이 세계 최대 AAM 시장으로 부상할 잠재력이 있다. 따라서 미국 근로자들의 통근 데이터를 활용해 미국 UAM 시장을 가늠해 보고자 한다.

2020년과 2021년은 코로나 사태와 이에 따른 봉쇄 조치, 그리고 재택근무 시행으로 인해 근로자들의 통근 데이터에 왜곡이 존재하는 시기이다. 따라서 코로나가 발생하기 이전인 2019년 미국의 통근 근로자 데이터(재택근무자 제외)를 대상으로 분석하였다. 우선 분석 대상은 재택 근무자를 제외한 미국의 16세 이상의 통근 근로자 1.5억명이다. 통근 근로자만 해도 우리나라 전체 인구의 3배에 육박하는 만큼 그만큼 UAM에 대한 잠재 수요도 크다고 볼 수 있다.

美 통근 근로자 시간 비중
20분 미만 40%,
20분~30분 21%
30분~45분 21%
1시간 이상 10%

16세 이상 미국 통근 근로자들의 통근 소요 시간을 살펴보면 통근 근로자의 40%는 통근 소요 시간이 20분 미만이다. 통근 소요 시간이 20분 미만에 불과 한 만큼 통근 시간 단축을 위해 UAM을 통근 수단으로 채택할 유인은 극히 적다고 봐야 할 것이다. 반면 통근 소요 시간이 20분~30분 미만인 근로자는 3천1백만명(통근 근로자의 21%)이며, 30분~45분 미만인 근로자도 3천1백만명(21%)에 이른다.

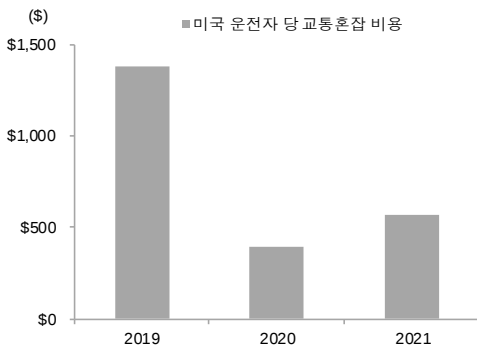
비용 부담이 터무니없는 것이 아니라면 통근 시간이 오래 걸릴수록 근로자들은 UAM과 같은 새로운 모빌리티를 활용해 도로에서 버리는 시간을 아끼고 싶을 것이다. **통근 시간이 1시간 이상인 근로자는 1,456만명으로 미국 16세 이상 통근 근로자의 10%를 차지하고 있다.** 이러한 근로자들이 UAM 통해 자신들의 통근 시간을 줄이고 싶은 유인이 클 것이다.

대중교통 활용한 통근
미국 근로자 비중
축소 추세
1960년대 12%
2019년 5%까지 감소

우리나라에서는 통근 시간이 1시간 이상 걸리는 것이 특이하지 않은 환경이다. 하지만 **미국 통근 근로자들의 60%에 해당하는 약 0.89억명의 근로자들의 통근 시간이 30분 미만이라는 것을 고려해 보면 미국에서 1시간 이상 통근 시간은 상당히 부담스러운 수준일 것이다.**

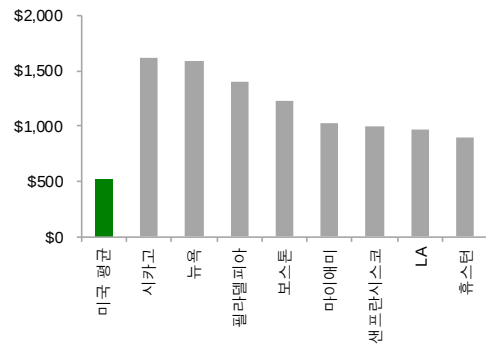
16세 이상의 미국 통근 근로자의 통근 시간에 이어 통근 수단을 살펴본다. 특이한 점은 **미국 근로자들의 통근 수단으로서 대중 교통의 역할이 추세적으로 줄어들고 있다는 것이다.** 1960년대에는 대중교통을 활용해 통근하는 근로자 비중이 12.1%에 달했다. 하지만 이 비중은 2019년 5%까지 감소했다. 미국의 자동차 보급 증가도 이러한 추세 변화에 기여한 것으로 보인다.

도표 246. 교통 혼잡으로 인한 미국 운전자의 연간 시간 손실



자료 : INRIX, 신영증권 리서치센터

도표 247. 미국 운전자 당 교통혼잡 비용 (2021)



자료 : INRIX, 신영증권 리서치센터

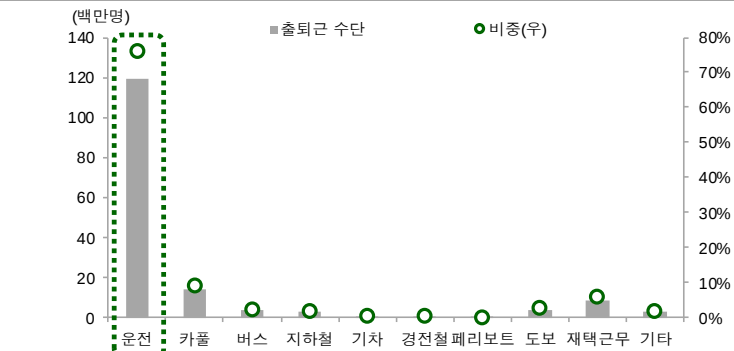
미국 통근 근로자의
81%는 운전을 통해 통근

16세 이상 통근 근로자의
2%는 버스로 통근

대중교통에 대한 의존도가 낮은 만큼 운전이 미국 통근 근로자의 첫번째 통근 수단이다. 16세 이상 미국 통근 근로자의 81%, 약 1.2억명이 운전을 통해 통근하며, 그 뒤를 이어 카풀(9%)이 두 번째 통근 수단으로 뒤를 잇고 있다.

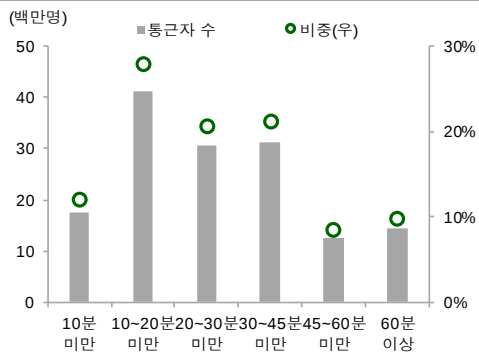
예전만큼의 중요성은 아니지만, 대중교통을 통해 통근하는 16세 이상 통근 근로자는 약 778만명에 달한다. 대중교통 중 가장 의존도가 높은 통근 수단은 버스이다. 대중교통을 통해 통근하는 근로자의 46%, 약 360만명의 근로자가 버스를 통해 통근하고 있다(16세 이상 전체 통근 근로자의 2%). 그다음으로는 지하철(38%, 2%)과 기차(12%, 1%)를 활용해서 통근하는 근로자가 많으며 경전차를 활용해 통근하는 근로자도 3%(0.2%)를 차지한다.

도표 248. 미국 출퇴근 수단 (코로나 발생 전인 2019)



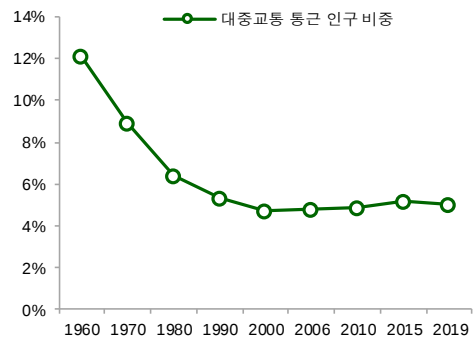
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터

도표 249. 미국 근로자 통근 소요 시간별 근로자 수와 비중



자료 : ACS, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 근로자 대상

도표 250. 대중교통을 활용해 통근하는 근로자 비중 추이



자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터

운전, 카풀로 통근하는
근로자는 전체의 90%.

운전, 카풀로 통근하는
근로자의 8%가 1시간
이상 소요

반면 대중교통으로
통근하는 근로자의 38%가
1시간 이상 소요

버스 통근 근로자의
34%가
1시간 이상 소요

지하철 통근 근로자의
34%가
1시간 이상 소요

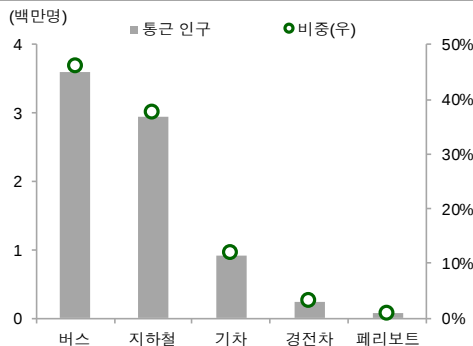
기차 통근 근로자의 70%
이상이 1시간 이상 소요

통근 수단별 통근 소요를 살펴보면 다음과 같다. 우선 운전, 또는 카풀을 활용해 통근하는 16세 이상 근로자는 1.3억명(전체 통근근로자의 90%)인데 이중 통근 소요 시간이 30분 이내인 근로자가 약 8천만명으로 62%를 차지하고 있다. 반면 60분 이상을 운전하거나 카풀을 해서 통근하는 근로자는 약 1,117만명으로 8%를 차지하고 있다.

대중교통을 활용하는 통근 근로자 수는 778만명인데 운전/카풀 통근 근로자와는 다른 양상을 보인다. 운전/카풀 통근 근로자 중 92%의 통근 소요 시간이 1시간 이내였다. 반면 대중교통 통근 근로자의 경우 통근 소요 시간이 1시간 이내인 경우는 62%에 그쳤다. 대중교통을 활용해 통근 근로자의 무려 38%(299만명)가 1시간 이상을 통근에 쓰고 있는 것이다. 이러한 근로자들은 가격이 합리적이라면 길에서 허비하는 시간을 아끼기 위해 AAM과 같은 새로운 모빌리티를 활용할 유인이 클 것이다.

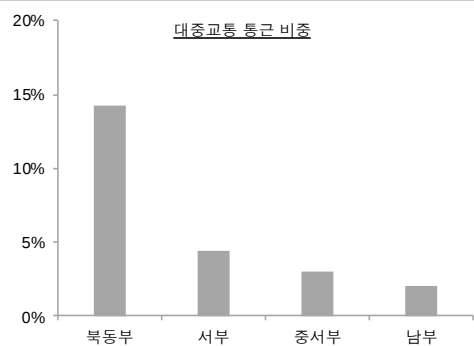
대중교통 중에서는 미국 통근 근로자의 활용 비중이 가장 큰 버스를 우선 살펴본다. 버스를 활용해 통근하는 근로자는 360만명이다. 이중 통근 시간이 60분 이상인 근로자는 34%로 122만명이다. 지하철도 상황은 비슷하다. 지하철을 통해 통근하는 근로자는 약 318만명인데 이중 34%, 107만명의 통근 소요 시간이 1시간 이상이다. 기차의 경우 통근 근로자(99만명) 중 70%(70만명) 이상이 1시간 이상을 써서 통근하고 있다. 즉 운전, 카풀통근 근로자의 경우 통근 시간이 1시간 이내인 경우가 92%로 압도적이었던 반면 버스, 지하철, 기차 등 대중교통 통근 근로자 중 통근 소요 시간이 1시간 이내인 경우는 62%에 불과하다.

도표 251. 미국 대중교통 통근 인구 & 대중교통 수단별 비중



자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 대중교통 통근 근로자 중 교통수단 비중

도표 252. 미국 지역별 대중교통 통근 비중 (2019)



자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 중 대중교통으로 통근하는 인구 비중 & 택시 통근 근로자 제외

지하철과 기차는 교통 혼잡으로 인한 정체 현상이 없으니 AAM을 통해 통근 시간을 줄이는 효과는 제한적일 것이다. 반면 1시간 이상 버스를 활용해 통근하는 근로자 122만명에게 UAM은 이용 금액만 합리적이라면 충분한 통근 대안 수단이 될 것이다.

통근 시간 60분 이상 미국
근로자는 1,456만명

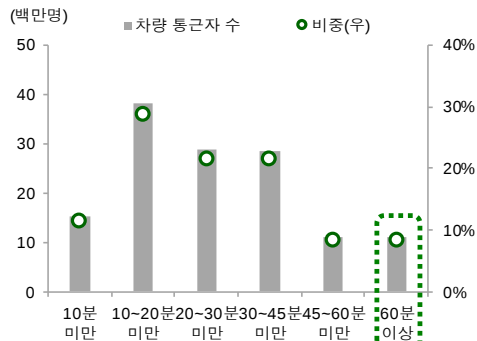
운전,카풀 1,102만명
버스 122만명
지하철 107만명
기차 70만명

60분 이상 운전,카풀
또는 60분 이상
버스로 통근하는
1,204만명이
미국 AAM 잠재 고객

즉 차량,카풀과 버스를 활용한 통근 근로자 중 통근 소요 시간이 60분 이상인 근로자들이 통근 소요 시간을 줄이기 위해 UAM을 활용할 의지가 있는 잠재 고객 군으로 볼 수 있다. 이러한 조건에 해당하는 16세 이상 통근 근로자 중 통근 시간이 60분 이상인 근로자는 1,456만명인데, 60분 이상 운전, 또는 카풀을 활용해 통근하는 근로자와 60분 이상 버스를 타고 통근하는 근로자는 1천2백4만명이다..

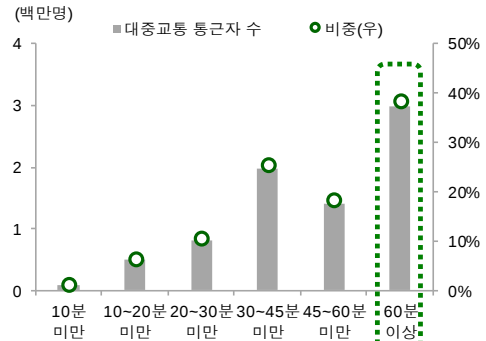
1천2백4만명은 우리나라 인구의 1/5에 해당하는 엄청난 규모이다. 하지만, 이러한 통근 근로자들이 미국 전역에 흩어져 있다면 UAM 시장을 형성하는데 한계가 있을 것이다. 따라서 이처럼 60분 이상 시간을 할애해서 통근하는 근로자들이 미국 어느 지역에 집중되어 있는지 살펴 보아야 한다.

도표 253. 운전 통근 근로자의 통근 소요 시간



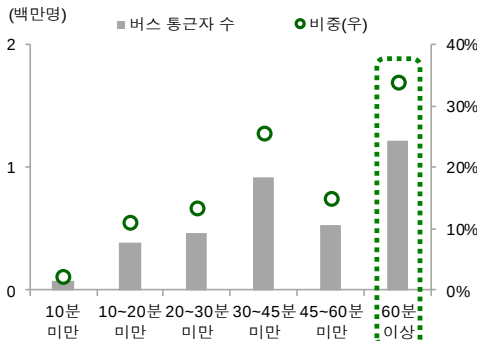
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 대중교통 통근 근로자 중 교통수단 비중

도표 254. 대중교통 통근 근로자의 통근 소요 시간



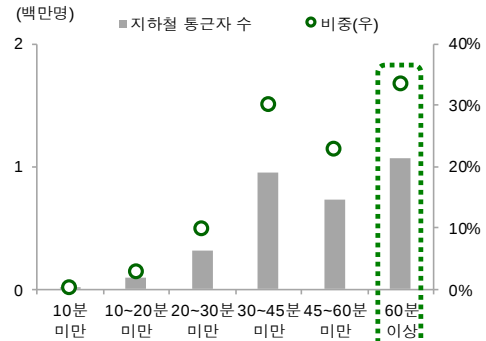
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 중 대중교통으로 통근하는 인구 비중 & 택시 통근 근로자 제외

도표 255. 버스 통근 근로자의 통근 소요 시간



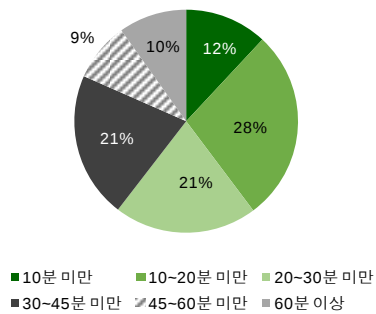
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 대중교통 통근 근로자 중 교통수단 별 비중

도표 256. 지하철 통근 근로자의 통근 소요 시간



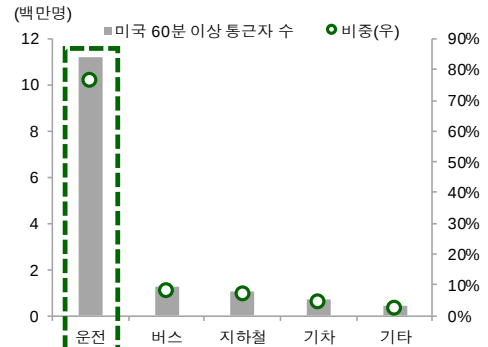
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 중 대중교통으로 통근하는 인구 비중 & 택시 통근 근로자 제외

도표 257. 미국 통근 근로자들의 통근 소요 시간 비중



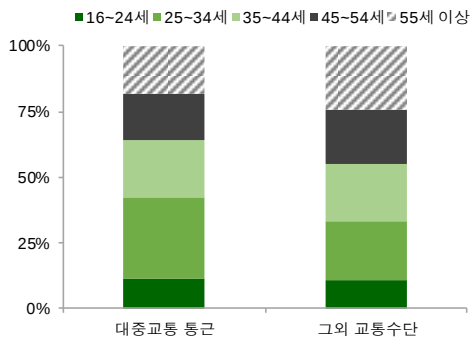
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 대중교통 통근
근로자 중 교통수단 비중

도표 258. 미국 통근 근로자들의 통근 소요 시간 비중



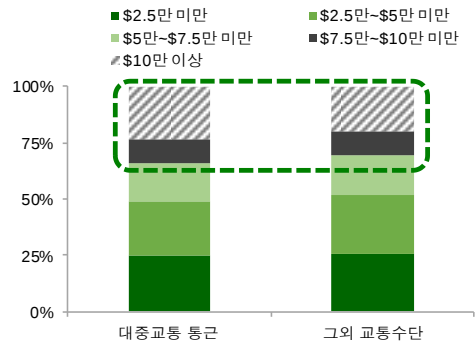
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자
중 대중교통으로 통근하는 인구 비중 & 택시 통근 근로자 제외

도표 259. 연령별 통근 수단 비중 (대중교통 VS 그외)



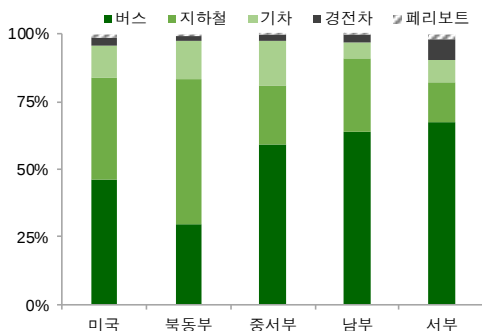
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 대
상

도표 260. 소득별 통근 수단 비중 (대중교통 VS 그외)



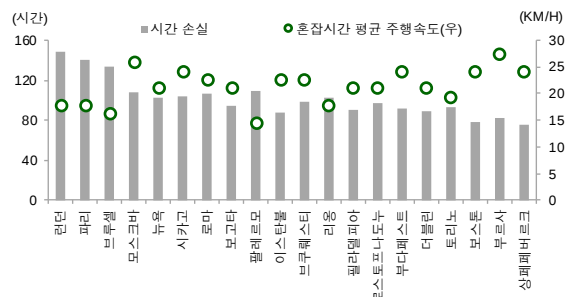
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 // 16세 이상 통근 근로자 대상

도표 261. 지역별 통근 근로자의 대중 교통별 이용 비중



자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 중 대중 교통을 활용해 통근하는 근로자 대상

도표 262. 교통 혼잡에 따른 도시 별 시간 손실과 평균 주행 속도



자료 : ACS, 신영증권 리서치센터

뉴욕, 캘리포니아 등이
AAM 최대 시장이 될 것

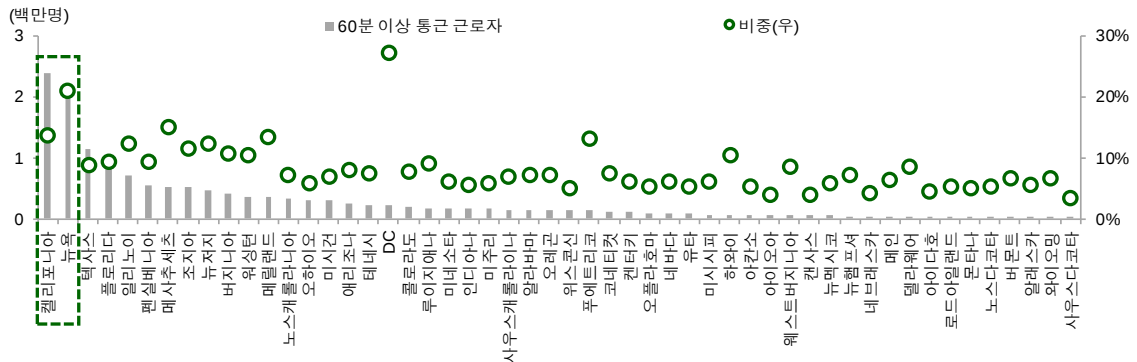
통근 시간이 60분
이상인 근로자
미국 1,456만명
캘리포니아 239만명
뉴욕 197만명
텍사스 114만명
플로리다 83만명

60분 이상 운전해서 통근
해야 하는 미국 근로자 중
17%가 캘리포니아,
6%가 뉴욕 거주

미국 내에서 뉴욕, 캘리포니아, 매사추세츠, 일리노이, DC 등에서 AAM을 활용한 통근 수요가 클 것으로 판단한다. 해당 지역은 전체 통근 근로자 중 통근 시간이 60분이 넘는 근로자 비중이 10%를 넘어서는 지역이다. 이른바 Metro 지역의 운전 통근 근로자가 UAM 시장의 잠재 수요의 한 축이 될 것으로 예상된다.

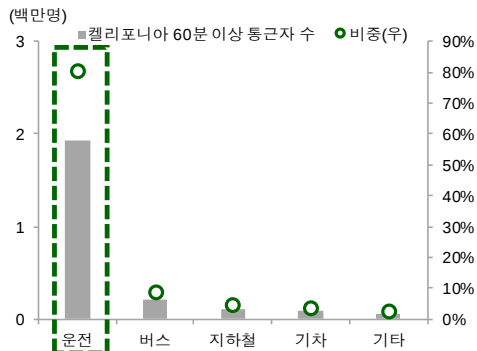
특히 캘리포니아와 뉴욕은 미국 내 최대 AAM 수요 시장이 될 잠재 수요를 보유하고 있다. 통근 시간이 60분 이상 걸리는 캘리포니아 통근 근로자는 239만명으로 미국 내 최대 규모이다. 뒤를 이어 뉴욕 197만명, 텍사스 114만명, 플로리다 83만명, 일리노이 72만명이 있다. 미국에서 통근 시간이 60분 이상 소요되는 근로자가 1,456만명인데 이중 캘리포니아에 16%, 뉴욕에 14%, 텍사스에 8%가 있는 것이다. 특히 캘리포니아와 뉴욕에서 60분 이상 운전을 해서 통근해야 하는 근로자는 각각 192만명, 64만명에 이른다. 미국에서 60분 이상 운전해서 통근해야 하는 근로자의 17%가 캘리포니아에, 6%가 뉴욕에 있는 것이다.

도표 263. 미국 주요 지역의 통근 근로자 중 통근 시간이 60분 이상인 근로자 규모와 비중



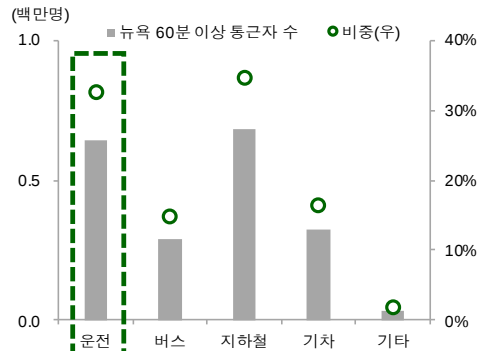
자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 대상

도표 264. 캘리포니아의 60분 이상 통근 근로자



자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 대상

도표 265. 뉴욕의 60분 이상 통근 근로자

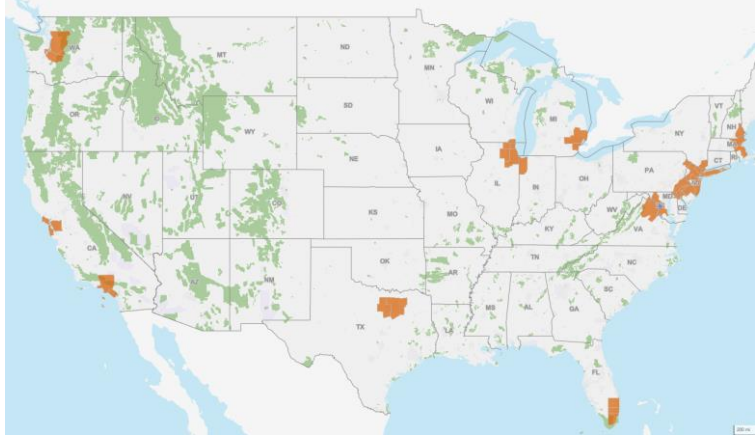


자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 16세 이상 통근 근로자 대상

캘리포니아와 뉴욕 인근의
메트로는 RAM 잠재 시장

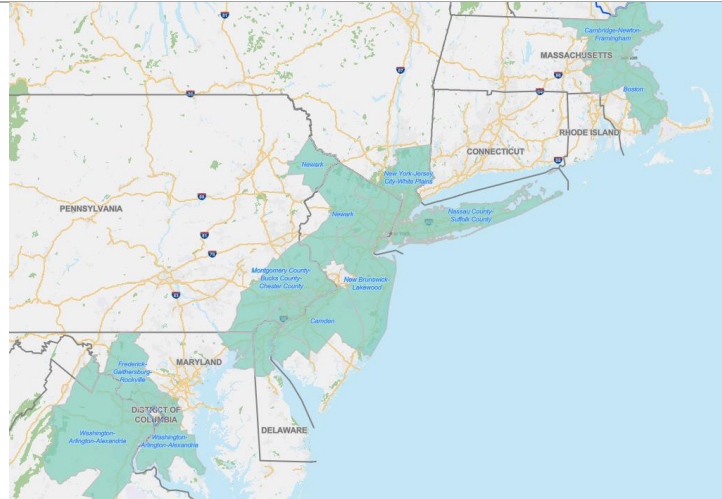
뉴욕과 캘리포니아는 상대적으로 소득이 높을 뿐만 아니라 인근 주변 지역을 포괄하는 메트로 지역을 끼고 있다. 샌프란시스코에는 샌프란시스코-오클랜드-버클리 메트로와 더불어 LA-롱비치-애너해임 메트로가 있다. 뉴욕에는 뉴욕-뉴욕-저지시티 메트로와 더불어 RAM으로 대응이 가능한 보스턴-캠브릿지-뉴턴 메트로도 있다. 교통 혼잡 때문에 하루 1시간 이상을 고통받는 시민들이 몰려 있는 곳이다. 이 두 지역을 선점하는 업체가 결국 미국 AAM 시장과 세계 최대 시장을 선점하는 효과를 얻게 될 것으로 판단한다.

도표 266. 미국 Metro 지역 (붉은색 지역)



자료 : UCB, 신영증권 리서치센터

도표 267. New York Metro - Philadelphia Metro - Boston Metro (붉은색 표시)

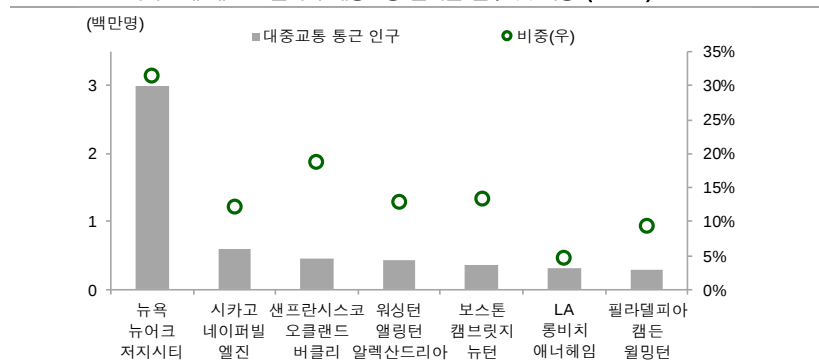


자료 : UCB, 신영증권 리서치센터

대중교통을 활용해 통근 하는 근로자는 미국 전체 16세 이상 통근 근로자의 5%에 불과하긴 하지만 뉴욕-뉴욕크-저지시티 등 미국의 주요 Metro 지역에서는 대중교통에 대한 의존도가 미국 평균 보다 2~6배 높다.

대중 교통을 통해 통근하는 근로자 수가 20만명을 넘는 지역 중 뉴욕-뉴욕크-저지시티 통근 근로자의 32%가 대중교통을 통해 통근했으며, 샌프란시스코-오클랜드는 19%, 시카고-네이퍼빌-엘진은 12% 수준이다. 2030년 이후 자율비행 AMM 시대가 개막한다면 비행기체 조종 인건비 부담 감소에 따라 UAM, RAM 비용은 빠르게 낮아질 것이다. 그렇게 된다면 메트로 지역에서 대중교통을 통해 통근하는 근로자들을 AAM 고객으로 확보하기가 한결 쉬어질 것이다.

도표 268. 미국 7대 메트로 권역의 대중교통 출퇴근 인구 및 비중 (2019)



자료 : 미국 통계청, 신영증권 리서치센터 / 7대 Metro 권역 거주 인구 중 대중교통 통근 인구와 비중

기업분석

종목명	투자의견	목표주가
현대차(005380.KS)	매수(유지)	280,000원(유지)
기아차(000270.KS)	매수(유지)	120,000원(유지)
현대모비스(012330.KS)	매수(유지)	280,000원(유지)
현대위아(011210.KS)	매수(유지)	75,000원(유지)



현대차(005380.KS)

분기 최대 영업이익 기록할 것으로 전망

매수(유지)

현재주가(10/13) 164,500원
 목표주가(12M) 280,000원

분석의 기본 가정

- 점진적인 반도체 수급 불균형 완화

• 우호적 환율 효과와 ASP 인상 효과 맞물리며 호실적 지속

3Q22 연결 매출 37조원(YoY+28%), 영업이익 3.4조원(+111%) 기록하며 시장 기대치 부합할 것으로 예상.

• 유로화, 리라화를 제외한 주요 통화의 우호적 환율 환경

3Q22 원/달러 평균 환율은 YoY+16%, QoQ+6% 상승. 1H22 연결 영업이익이 YoY+1.4조원 증가하는데 +1.2조원을 기여한 환율 효과가 3Q22에도 주요 증익 요인이 될 것. 단, 기말 원/달러 환율 급등(QoQ+10%)에 따른 판보충 증가 요인(+3천억원 추정)은 아쉬운 점

• 판매 증가와 북미 판매 비중 확대에 따른 믹스 개선 기대

3Q22 YoY+16%, QoQ+0.5% 증가한 출고에 힘입어 3Q22 도매 판매는 YoY+14%, QoQ+4.8% 증가(중국 제외한 연결 대상은 YoY+4%, QoQ+0%). 이러한 판매 증가와 북미 판매 비중 증가에 따른 지역 믹스 개선(연결 대상 중 YoY+4%p, QoQ+0.3%p)이 분기 최대 영업이익을 견인할 것으로 예상.

• 수요 둔화로 인한 글로벌 완성차 업체들의 밸류에이션 디레이팅

급격한 물가 상승, 금리 인상으로 인해 미국, 유럽 등 주요 시장의 수요 회복이 더딘 상황이며 이에 주요 글로벌 완성차 업체들의 PER 밸류에이션이 기존 대비 20%~30% 할인 중. 이에 동사 주가도 PER 4배(22년 보통주 기준)까지 하락한 상태. 수요 둔화 우려가 주가에 기반영된만큼 투자 추가 하락은 제한적일 것으로 판단. 투자 의견 매수와 목표주가 280,000원을 유지함

결산기(12월)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액(십억원)	103,998	117,611	143,396	146,280	151,899
영업이익(십억원)	2,395	6,679	11,837	11,217	11,312
세전순익(십억원)	2,093	7,960	14,537	13,814	14,026
지배순이익(십억원)	1,424	4,942	9,420	8,951	9,089
EPS(원)	5,143	17,846	34,015	32,323	32,819
증감율(%)	-52.2	247.0	90.6	-5.0	1.5
ROE(%)	2.0	6.8	11.8	10.0	9.1
PER(배)	37.3	11.7	4.8	5.1	5.0
PBR(배)	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5
EV/EBITDA(배)	19.6	13.1	7.2	7.2	6.7

Key Data (기준일: 2022. 10. 13)

KOSPI(pt)	2162.87
KOSDAQ(pt)	651.59
액면가(원)	5,000
시가총액(억원)	351,484
발행주식수(천주)	276,939
평균거래량(3M, 주)	836,004
평균거래대금(3M, 백만원)	158,904
52주 최고/최저	218,500 / 163,000
52주 일간Beta	1.1
배당수익률(22F, %)	3.1
외국인지분율(%)	29.0
주요주주 지분율(%)	
현대모비스 외 8 인	29.4
국민연금공단	7.8

Company Performance

주가수익률(%)	1M	3M	6M	12M
절대수익률	-18.0	-10.4	-9.1	-22.0
KOSPI대비 상대수익률	-7.1	-3.5	14.1	6.1

Company vs KOSPI composite

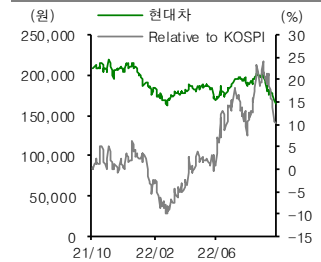


도표 1. 분기별 실적 전망

(단위: 십억원)

구 분	2021A				2022F				연간		
	1Q21A	2Q21A	3Q21A	4Q21A	1Q22A	2Q22A	3Q22F	4Q22F	2021A	2022F	2023F
매출액	27,391	30,326	28,867	31,026	30,299	36,000	36,894	40,204	117,611	143,396	146,280
매출총이익	5,037	5,731	5,234	5,929	5,773	7,400	7,942	8,694	21,931	29,809	30,136
GPM	18.4%	18.9%	18.1%	19.1%	19.1%	20.6%	21.5%	21.6%	18.6%	20.8%	20.6%
판매관리비	3,380	3,845	3,627	4,399	3,844	4,421	4,559	5,149	15,252	17,972	18,919
판매비율	12.3%	12.7%	12.6%	14.2%	12.7%	12.3%	12.4%	12.8%	13.0%	12.5%	12.9%
영업이익	1,657	1,886	1,607	1,530	1,929	2,980	3,383	3,545	6,679	11,837	11,217
OPM	6.0%	6.2%	5.6%	4.9%	6.4%	8.3%	9.2%	8.8%	5.7%	8.3%	7.7%
세전이익	2,046	2,502	1,937	1,474	2,279	3,889	4,331	4,039	7,960	14,537	13,814
지배순이익	1,327	1,762	1,306	547	1,585	2,803	2,697	2,334	4,942	9,420	8,951
NIM	4.8%	5.8%	4.5%	1.8%	5.2%	7.8%	7.3%	5.8%	4.2%	6.6%	6.1%
YoY											
매출	8%	39%	5%	6%	11%	19%	28%	30%	13%	22%	2%
매출총이익	18%	54%	2%	10%	15%	29%	52%	47%	19%	36%	1%
판매비	-1%	23%	-33%	7%	14%	15%	26%	17%	-5%	18%	5%
영업이익	92%	219%	흑전	22%	16%	58%	111%	132%	179%	77%	-5%
지배순익	186%	675%	흑전	-49%	19%	59%	106%	327%	247%	91%	-5%
세부 실적											
자동차 사업부	21,700	24,674	22,578	25,191	24,075	28,504	29,424	33,305	94,143	115,308	118,691
금융사업부	4,287	4,038	4,571	3,886	4,372	5,448	5,421	4,979	16,782	20,220	19,385
기타사업부	1,403	1,614	1,718	1,950	1,852	2,047	2,049	1,920	6,685	7,868	8,204
매출액 계	27,391	30,326	28,867	31,026	30,299	36,000	36,894	40,204	117,611	143,396	146,280
자동차 사업부	1,189	1,137	950	850	1,342	2,497	2,651	2,893	4,126	9,382	8,688
금융사업부	530	554	570	541	549	609	594	526	2,195	2,277	2,024
기타사업부	77	96	79	76	104	127	117	115	328	463	492
영업이익 계	1,657	1,886	1,607	1,530	1,929	2,980	3,383	3,545	6,679	11,837	11,217
YoY											
자동차 매출	11%	54%	5%	7%	11%	16%	30%	32%	17%	22%	3%
금융 매출	3%	-7%	3%	0%	2%	35%	19%	28%	0%	20%	-4%
기타 매출	-12%	10%	4%	4%	32%	27%	19%	-2%	2%	18%	4%
연결 매출	8%	39%	5%	6%	11%	19%	28%	30%	13%	22%	2%
YoY											
자동차 영익	109%	285%	흑전	20%	13%	120%	179%	240%	522%	127%	-7%
금융 영익	143%	104%	13%	45%	4%	10%	4%	-3%	60%	4%	-11%
기타 영익	9%	130%	9%	-33%	35%	32%	48%	52%	10%	41%	6%
연결 영업이익	92%	219%	흑전	22%	16%	58%	111%	132%	179%	77%	-5%
자동차 OPM	5.5%	4.6%	4.2%	3.4%	5.6%	8.8%	9.0%	8.7%	4.4%	8.1%	7.3%
금융 OPM	12.4%	13.7%	12.5%	13.9%	12.6%	11.2%	10.9%	10.6%	13.1%	11.3%	10.4%
기타 OPM	5.5%	5.9%	4.6%	3.9%	5.6%	6.2%	5.7%	6.0%	4.9%	5.9%	6.0%
연결 OPM	6.0%	6.2%	5.6%	4.9%	6.4%	8.3%	9.2%	8.8%	5.7%	8.3%	7.7%

자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터 / 차량사업부 영업이익은 연결조정 미포함 기준

도표 2. 현대차 분기별 출고 전망

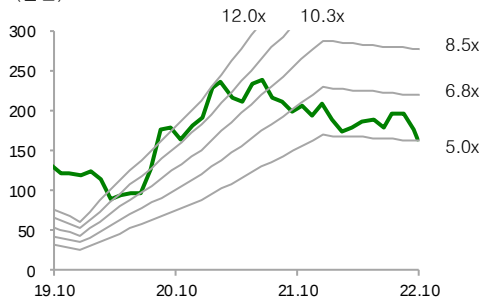
(단위: 천대)

구 분	2021A				2022F				연간		
	1Q21A	2Q21A	3Q21A	4Q21A	1Q22F	2Q22F	3Q22F	4Q22F	2021A	2022F	2023F
글로벌 출하	1,025	1,010	888	999	929	981	1,034	1,132	3,923	4,076	4,228
국내공장	417	423	364	443	375	438	427	479	1,647	1,719	1,761
내수	185	201	155	186	152	182	162	200	727	695	716
수출	231	222	209	257	223	256	266	279	920	1,024	1,044
해외공장	608	588	524	556	554	543	607	653	2,276	2,357	2,467
미국	82	74	55	77	83	86	85	96	289	350	371
중국	96	98	67	99	58	36	83	93	361	270	289
인도	187	144	165	139	162	169	189	197	635	717	738
체코	65	77	66	68	74	90	78	89	276	332	332
터키	41	43	44	35	49	58	44	51	162	202	202
러시아	59	63	56	56	39	5	0	0	234	44	0
브라질	46	53	40	50	45	48	58	53	188	203	214
CHMC	1	3	2	1	1	1	0	1	8	3	3
Others	32	32	30	30	43	49	69	74	124	236	318
중국 제외	941	933	831	921	845	894	948	1,035	3,634	3,726	3,857
글로벌 출하(%)	18%	43%	-11%	-15%	-9%	-3%	16%	13%	5%	4%	4%
국내공장(%)	11%	12%	-11%	-5%	-10%	4%	17%	8%	1%	4%	2%
내수(%)	17%	-11%	-22%	-9%	-18%	-9%	4%	8%	-8%	-4%	3%
수출(%)	7%	46%	0%	-2%	-4%	15%	27%	8%	10%	11%	2%
해외공장(%)	23%	80%	-11%	-21%	-9%	-8%	16%	17%	7%	4%	5%
미국(%)	11%	203%	-28%	-14%	1%	16%	54%	25%	9%	21%	6%
중국(%)	46%	-18%	-43%	-31%	-40%	-63%	24%	-6%	-19%	-25%	7%
인도(%)	40%	254%	7%	-28%	-13%	17%	14%	41%	22%	13%	3%
체코(%)	15%	89%	-1%	-12%	15%	17%	20%	31%	15%	20%	0%
터키(%)	3%	51%	31%	-4%	22%	37%	2%	45%	18%	25%	0%
러시아(%)	-1%	95%	-3%	-21%	-34%	-92%	-100%	-100%	6%	-81%	-100%
브라질(%)	28%	188%	-15%	-9%	-2%	-10%	44%	7%	21%	8%	5%
CHMC(%)	-3%	-27%	-57%	-75%	-35%	-84%	-78%	-9%	-47%	-64%	2%
Others(%)	2%	74%	2%	-18%	36%	54%	130%	145%	7%	90%	35%
중국 제외 (%)	18%	38%	-9%	-15%	-10%	-4%	14%	12%	4%	3%	4%

자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 3. 현대차 12M Forward PER 밴드차트

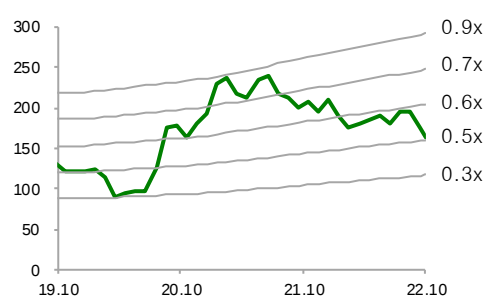
(천 원)



자료 : ValueWise, 신영증권 리서치센터

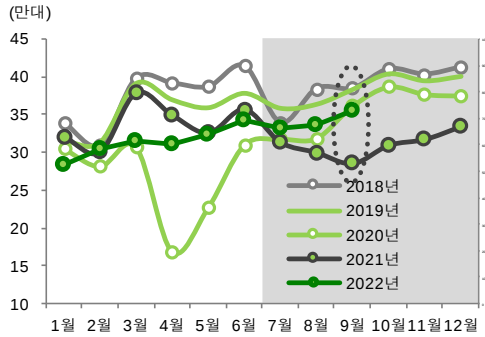
도표 4. 현대차 12M Forward PBR 밴드차트

(천 원)



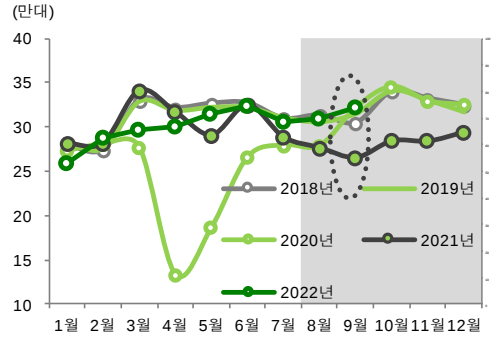
자료 : ValueWise, 신영증권 리서치센터

표 5. 현대차 글로벌 도매 판매



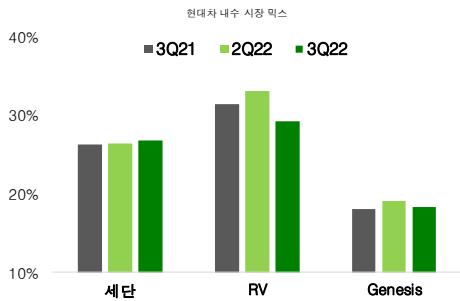
자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 6. 현대차 중국 제외 글로벌 도매 판매



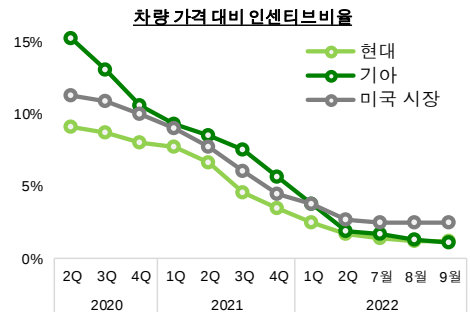
자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 7. 현대차 내수 믹스 추이



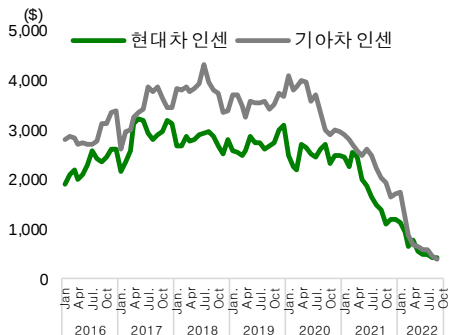
자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 8. 현대차 미국 판매 가격 대비 인센티브 추이



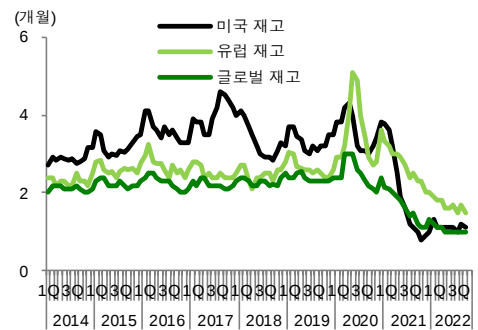
자료 : Truecar, 신영증권 리서치센터

도표 9. 현대차 미국 인센티브 추이



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

도표 10. 현대차 주요 지역별 재고 추이



자료 : 현대차, 신영증권 리서치센터

현대차(005380.KS) 추정 재무제표

Income Statement

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액	103,998	117,611	143,396	146,280	151,899
증가율(%)	-1.7	13.1	21.9	2.0	3.8
매출원가	85,516	95,680	113,587	116,144	120,628
원가율(%)	82.2	81.4	79.2	79.4	79.4
매출총이익	18,482	21,930	29,809	30,136	31,270
매출총이익률(%)	17.8	18.6	20.8	20.6	20.6
판매비와 관리비 등	16,087	15,252	17,972	18,919	19,959
판매비율(%)	15.5	13.0	12.5	12.9	13.1
영업이익	2,395	6,679	11,837	11,217	11,312
증가율(%)	-33.6	178.9	77.2	-5.2	0.8
영업이익률(%)	2.3	5.7	8.3	7.7	7.4
EBITDA	6,580	11,235	16,592	15,697	15,625
EBITDA마진(%)	6.3	9.6	11.6	10.7	10.3
순금융손익	-142	364	293	122	151
이자손익	39	44	43	66	87
외화관련손익	-190	-12	-40	-34	-26
기타영업외손익	-322	-387	-160	-236	-254
종속및관계기업 관련손익	162	1,303	2,567	2,711	2,817
법인세차감전 계속사업이익	2,093	7,960	14,537	13,814	14,026
계속사업손익법인세비용	169	2,266	4,070	3,868	3,927
세후중단사업손익	0	0	0	0	0
당기순이익	1,925	5,693	10,467	9,946	10,099
증가율(%)	-39.6	195.7	83.9	-5.0	1.5
순이익률(%)	1.9	4.8	7.3	6.8	6.6
지배주주지분 당기순이익	1,424	4,942	9,420	8,951	9,089
증가율(%)	-52.2	247.1	90.6	-5.0	1.5
기타포괄이익	-1,022	2,168	2,168	2,168	2,168
총포괄이익	903	7,861	12,635	12,114	12,267

주) K-IFRS 회계기준 개정으로 기존의 기타영업외수익/비용 항목은 제외됨

Balance Sheet

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
유동자산	51,090	53,313	66,041	75,884	85,144
현금및현금성자산	9,862	12,796	21,787	30,227	38,172
매출채권 및 기타채권	7,628	7,722	8,724	9,456	9,818
재고자산	11,334	11,646	14,009	14,290	14,839
비유동자산	88,589	99,605	101,123	102,922	104,391
유형자산	34,092	35,543	36,806	37,871	38,270
무형자산	5,678	5,847	4,229	3,090	2,287
투자자산	22,766	26,275	28,148	30,022	31,895
기타 금융업자산	69,665	81,029	81,029	81,029	81,029
자산총계	209,344	233,946	248,193	259,835	270,565
유동부채	59,460	64,237	66,049	66,296	66,751
단기차입금	13,781	13,088	13,088	13,088	13,088
매입채무및기타채무	19,824	20,213	22,025	22,271	22,726
유동성장기부채	16,104	20,579	20,579	20,579	20,579
비유동부채	73,544	87,094	88,344	89,076	88,540
사채	48,795	63,459	63,459	63,459	63,459
장기차입금	12,727	10,668	11,918	12,650	12,114
기타 금융업부채	0	0	0	0	0
부채총계	133,003	151,331	154,393	155,372	155,291
지배주주지분	69,481	74,986	85,124	94,793	104,593
자본금	1,489	1,489	1,489	1,489	1,489
자본잉여금	4,190	4,070	4,070	4,070	4,070
기타포괄이익누계액	-3,410	-1,773	395	2,564	4,732
이익잉여금	68,912	73,168	81,137	88,638	96,271
비지배주주지분	6,860	7,630	8,676	9,671	10,681
자본총계	76,341	82,616	93,800	104,464	115,274
총차입금	92,724	108,886	110,136	110,868	110,332
순차입금	75,375	88,897	68,722	60,719	51,934

Cashflow Statement

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
영업활동으로인한현금흐름	-410	-1,176	10,900	10,886	11,066
당기순이익	1,925	5,693	10,467	9,946	10,099
현금유출이없는비용및수익	16,808	15,778	6,255	5,605	5,363
유형자산감가상각비	2,750	2,938	3,137	3,340	3,511
무형자산상각비	1,436	1,618	1,618	1,140	803
영업활동관련자산부채변동	-16,992	-20,288	-1,795	-863	-555
매출채권의감소(증가)	-131	281	-1,002	-732	-362
재고자산의감소(증가)	-39	177	-2,363	-282	-549
매입채무의증가(감소)	1,639	569	1,813	246	455
투자활동으로인한현금흐름	-9,338	-5,183	-4,658	-4,530	-3,941
투자자산의 감소(증가)	-366	-2,192	694	838	944
유형자산의 감소	134	113	100	95	90
CAPEX	-4,688	-4,304	-4,500	-4,500	-4,000
단기금융자산의감소(증가)	-2	293	-282	-293	-305
재무활동으로인한현금흐름	11,352	8,792	-689	-1,338	-2,576
장기차입금의증가(감소)	12,477	11,524	1,250	732	-536
사채의증가(감소)	0	0	0	0	0
자본의증가(감소)	0	0	0	0	0
기타현금흐름	-425	500	3,438	3,423	3,395
현금의 증가	1,180	2,933	8,991	8,441	7,944
기초현금	8,682	9,862	12,796	21,787	30,227
기말현금	9,862	12,796	21,787	30,227	38,172

Valuation Indicator

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
Per Share (원)					
EPS	5,143	17,846	34,015	32,323	32,819
BPS	257,028	277,875	314,481	349,395	384,784
DPS	3,000	5,000	5,500	5,500	5,500
Multiples (배)					
PER	37.3	11.7	4.8	5.1	5.0
PBR	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5
EV/EBITDA	19.6	13.1	7.2	7.2	6.7

Financial Ratio

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
성장성(%)					
EPS(지배순이익) 증가율	-52.2%	247.0%	90.6%	-5.0%	1.5%
EBITDA(발표기준) 증가율	-11.5%	70.7%	47.7%	-5.4%	-0.5%
수익성(%)					
ROE(순이익 기준)	2.5%	7.2%	11.9%	10.0%	9.2%
ROE(지배순이익 기준)	2.0%	6.8%	11.8%	10.0%	9.1%
ROIC	2.6%	10.0%	13.7%	12.7%	12.7%
WACC	4.0%	3.7%	3.5%	3.5%	3.6%
안정성(%)					
부채비율	174.2%	183.2%	164.6%	148.7%	134.7%
순차입금비율	98.7%	107.6%	73.3%	58.1%	45.1%
이자보상배율	6.6	21.9	17.9	12.6	11.4

기아(000270.KS)

역대 최대 분기 영업이익 신기록 예상

매수(유지)

현재주가(10/13) 68,300원
목표주가(12M) 120,000원

분석의 기본 가정

- 반도체 수급 불균형 완화 & 4Q22 국내공장 무분규 입단협 타결

• 물량 & 우호적 환율 효과에 따른 호실적

3Q22 연결 매출 23조원(YoY+28%), 영업이익 2.4조원(+81%)

기록하며 시장 기대치 부합할 것으로 예상

• 미국과 인도가 견인하는 출고, 도매 동반 증가

3교대 전환에 따른 인도 공장 출고 증가와 미국, 한국 공장 출고 반등에 힘입어 3Q22 글로벌 출고(CKD 제외)는 YoY+22%, QoQ+1% 증가. 이러한 출고 증가에 힘입어 3Q22 글로벌 도매 판매도 YoY+10%, QoQ+2% 증가 (중국 제외 연결대상 +11%, +2%)

• 우호적 환율 효과가 맞물리며 역대 최대 분기 실적 기대

판매 증가와 더불어 1H22 연결 영업이익이 YoY+1.3조원 증가하는데 0.85조원을 기여한 우호적 환율 효과도 지속될 전망. 단, 기말 환율 급등(QoQ+10%)에 따른 판매보증충당금 증가 요인(약 +2천억원 추정)과 내수 카니발 판매 감소(YoY-21%)는 아쉬운 점.

• 글로벌 수요 둔화 우려 존재하나 이는 주가에 기 반영된것으로 판단

중국 부진과 러시아 판매 차질에도 불구하고 미국 판매 호조와 인도 시장 진출 효과에 힘입어 글로벌 판매는 코로나 이전 수준을 회복. 그럼에도 불구하고 미국, 유럽 등 주요 시장의 신차 수요 회복 지연 여파로 글로벌 완성차 업체들의 PER 밸류에이션은 약 20%~30% 디레이팅된 상태이며, 동사 주가도 22년 PER 3.8배 수준까지 하락. 수요 둔화 우려가 밸류에이션에 기 반영된 만큼 추가 하락은 제한적일 것으로 판단. 투자의견 매수와 목표주가 120,000원을 유지

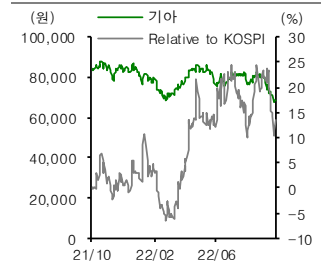
Key Data (기준일: 2022. 10. 13)

KOSPI(pt)	2162.87
KOSDAQ(pt)	651.59
액면가(원)	5,000
시가총액(억원)	276,863
발행주식수(천주)	405,363
평균거래량(3M, 주)	1,223,754
평균거래대금(3M, 백만원)	95,703
52주 최고/최저	88,100 / 67,400
52주 일간Beta	1.2
배당수익률(22F, %)	5.6
외국인지분율(%)	37.2
주요주주 지분율(%)	
현대자동차 외 5인	35.6
국민연금공단	7.5

Company Performance

주가수익률(%)	1M	3M	6M	12M
절대수익률	-16.0	-14.4	-12.3	-18.9
KOSPI대비 상대수익률	-4.9	-7.9	10.1	10.4

Company vs KOSPI composite



결산기(12월)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액(십억원)	59,168	69,862	87,693	91,401	95,697
영업이익(십억원)	2,066	5,066	8,783	8,412	8,579
세전손익(십억원)	1,841	6,394	9,900	9,738	9,986
지배순이익(십억원)	1,488	4,760	7,326	7,206	7,390
EPS(원)	3,670	11,744	18,073	17,777	18,230
증감율(%)	-18.6	220.0	53.9	-1.6	2.6
ROE(%)	5.1	14.7	19.2	16.2	14.6
PER(배)	17.0	7.0	3.8	3.8	3.7
PBR(배)	0.8	0.9	0.7	0.6	0.5
EV/EBITDA(배)	5.2	3.7	1.5	1.3	1.0

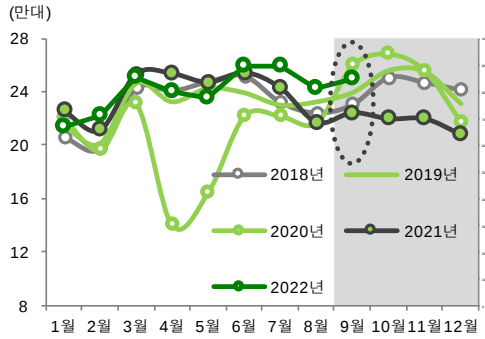
도표 1. 기아 분기별 실적 전망

(단위: 십억원,%)

구분	2021A				2022F				연간		
	1Q21A	2Q21A	3Q21A	4Q21A	1Q22A	2Q22A	3Q22F	4Q22F	2021A	2022F	2023F
매출액	16,582	18,339	17,753	17,188	18,357	21,876	22,746	24,714	69,862	87,693	91,401
매출총이익	2,894	3,432	3,195	3,404	3,591	4,577	4,858	4,809	12,925	17,834	18,363
GPM	17.5%	18.7%	18.0%	19.8%	19.6%	20.9%	21.4%	19.5%	18.5%	20.3%	20.1%
판매비	1,818	1,944	1,868	2,229	1,985	2,342	2,454	2,271	7,860	9,052	9,951
판매비율	11.0%	10.6%	10.5%	13.0%	10.8%	10.7%	10.8%	9.2%	11.3%	10.3%	10.9%
영업이익	1,076	1,487	1,327	1,175	1,606	2,234	2,404	2,538	5,066	8,783	8,412
OPM	6.5%	8.1%	7.5%	6.8%	8.8%	10.2%	10.6%	10.3%	7.3%	10.0%	9.2%
세전이익	1,319	1,838	1,606	1,631	1,518	2,624	2,792	2,967	6,394	9,900	9,738
순익(지배)	1,035	1,343	1,135	1,248	1,033	1,881	2,066	2,347	4,760	7,326	7,206
NIM	6.2%	7.3%	6.4%	7.3%	5.6%	8.6%	9.1%	9.5%	6.8%	8.4%	7.9%
매출(YoY)	14%	61%	9%	2%	11%	19%	28%	44%	18%	26%	4%
매출총이익(YoY)	28%	99%	9%	13%	24%	33%	52%	41%	30%	38%	3%
판매비(YoY)	0%	23%	-32%	28%	9%	20%	31%	2%	0%	15%	10%
영업이익(YoY)	142%	925%	580%	-8%	49%	50%	81%	116%	145%	73%	-4%
지배순익(YoY)	289%	963%	749%	30%	0%	40%	82%	88%	220%	54%	-2%
글로벌 출고	677	683	592	625	663	713	724	774	2,577	2,874	2,984
국내	361	385	319	349	334	356	365	404	1,415	1,458	1,496
내수	130	148	125	132	122	141	133	154	535	549	560
수출	231	237	194	218	212	215	232	250	880	909	937
해외생산	315	298	273	276	329	357	359	371	1,162	1,416	1,488
미국	70	68	55	62	75	92	89	90	255	345	373
중국	35	38	34	45	35	26	36	38	152	135	141
슬로바키아	84	80	72	71	78	86	73	79	308	316	316
멕시코	59	58	55	48	64	71	68	71	220	274	288
인도	67	55	57	49	77	83	93	93	228	345	370
(YoY)											
글로벌 출고	12%	41%	-8%	-10%	-2%	4%	22%	24%	7%	12%	4%
국내	20%	28%	-7%	-2%	-8%	-8%	14%	16%	9%	3%	3%
내수	11%	-8%	-9%	-4%	-6%	-5%	6%	17%	-3%	3%	2%
수출	26%	69%	-6%	0%	-8%	-9%	19%	15%	18%	3%	3%
해외생산	5%	64%	-8%	-18%	4%	20%	31%	35%	4%	22%	5%
미국	10%	194%	-19%	-9%	7%	36%	61%	44%	15%	35%	8%
중국	-15%	-45%	-48%	-33%	1%	-33%	6%	-15%	-37%	-11%	5%
슬로바키아	4%	59%	13%	-3%	-7%	7%	2%	11%	15%	3%	0%
멕시코	-12%	131%	8%	-25%	8%	23%	23%	49%	6%	25%	5%
인도	37%	281%	16%	-25%	15%	52%	63%	88%	28%	52%	7%

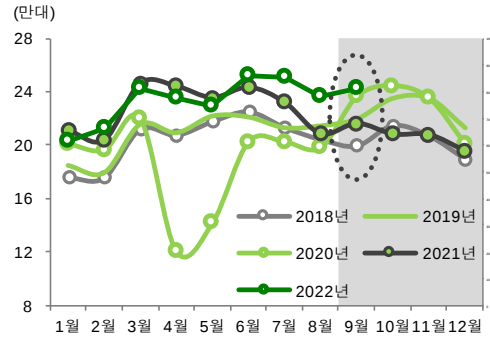
자료 : 기아, 신영증권 리서치센터

도표 2. 기아 글로벌 도매 판매 추이



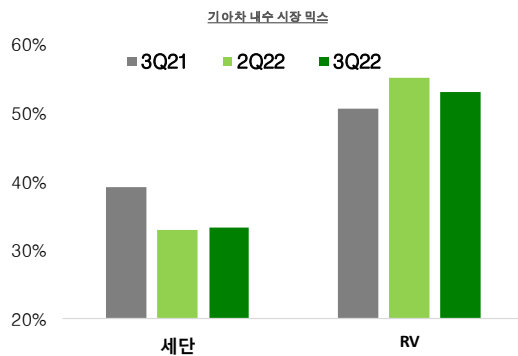
자료 : 기아, 신영증권 리서치센터

도표 3.기아 중국 제외 글로벌 도매 판매



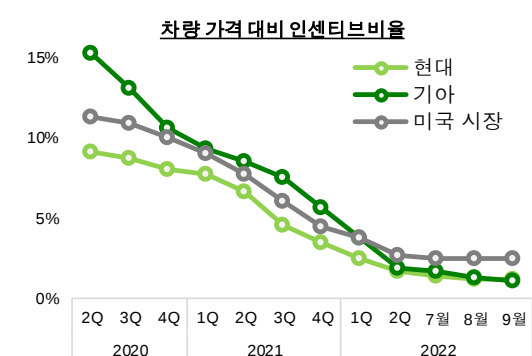
자료 : 기아, 신영증권 리서치센터

도표 4. 기아 내수 믹스 추이



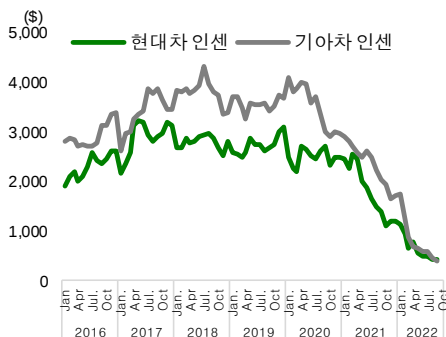
자료 : 기아, 신영증권 리서치센터

도표 5. 기아 미국 판매 가격 대비 인센티브 추이



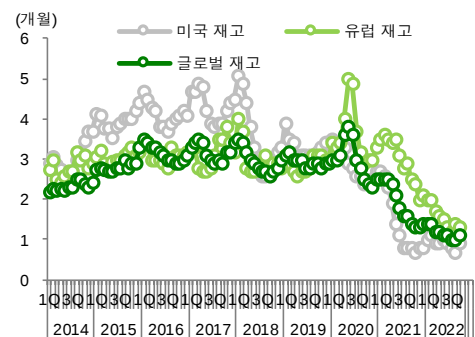
자료 : 기아, 신영증권 리서치센터

도표 6. 기아 미국 인센티브 추이



자료 : 기아, 신영증권 리서치센터

도표 7. 기아 주요 지역별 재고 추이



자료 : 기아, 신영증권 리서치센터

기아(000270.KS) 재무제표

Income Statement

12월 결산(실역원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액	59,168	69,862	87,693	91,401	95,697
증가율(%)	1.8	18.1	25.5	4.2	4.7
매출원가	49,223	56,937	69,859	73,039	76,380
원가율(%)	83.2	81.5	79.7	79.9	79.8
매출총이익	9,946	12,925	17,834	18,363	19,317
매출총이익률(%)	16.8	18.5	20.3	20.1	20.2
판매비와 관리비 등	7,879	7,860	9,052	9,951	10,739
판매비율(%)	13.3	11.3	10.3	10.9	11.2
영업이익	2,066	5,066	8,783	8,412	8,579
증가율(%)	2.8	145.2	73.4	-4.2	2.0
영업이익률(%)	3.5	7.3	10.0	9.2	9.0
EBITDA	4,286	7,287	11,426	11,158	11,397
EBITDA마진(%)	7.2	10.4	13.0	12.2	11.9
순금융손익	-83	29	-64	-17	4
이자손익	-64	-28	-29	73	124
외화관련손익	-37	-36	-70	-90	-90
기타영업외손익	-204	131	100	120	110
종속및관계기업 관련손익	61	1,168	1,082	1,223	1,293
법인세차감전계속사업이익	1,841	6,394	9,900	9,738	9,986
계속사업손익법인세비용	354	1,633	2,574	2,532	2,596
세후중단사업손익	0	0	0	0	0
당기순이익	1,488	4,760	7,326	7,206	7,390
증가율(%)	-18.6	219.9	53.9	-1.6	2.6
순이익률(%)	2.5	6.8	8.4	7.9	7.7
지배주주지분 당기순이익	1,488	4,760	7,326	7,206	7,390
증가율(%)	-18.6	219.9	53.9	-1.6	2.6
기타포괄이익	-113	664	638	638	638
총포괄이익	1,375	5,425	7,964	7,844	8,028

주) K-IFRS 회계기준 개정으로 기존의 기타영업수익/비용 항목은 제외됨

Balance Sheet

12월 결산(실역원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
유동자산	26,093	29,205	35,455	40,425	44,478
현금및현금성자산	10,161	11,534	14,168	16,438	19,019
매출채권 및 기타채권	3,788	3,763	4,266	4,789	5,186
재고자산	7,094	7,088	9,744	11,425	11,962
비유동자산	34,397	37,645	38,632	40,311	43,162
유형자산	15,580	15,584	16,679	17,556	19,482
무형자산	2,666	2,832	2,312	1,890	1,545
투자자산	15,266	18,057	18,600	19,811	21,025
기타 금융업자산	0	0	0	0	0
자산총계	60,490	66,850	74,087	80,736	87,640
유동부채	21,098	21,563	22,739	23,448	24,227
단기차입금	4,479	3,108	3,108	3,108	3,108
매입채무및기타채무	11,667	12,458	13,534	14,143	14,823
유동성장기부채	789	1,308	1,408	1,508	1,608
비유동부채	9,501	10,375	10,075	9,775	9,475
사채	2,723	3,297	3,297	3,297	3,297
장기차입금	2,176	1,631	1,331	1,031	731
기타 금융업부채	0	0	0	0	0
부채총계	30,599	31,937	32,813	33,222	33,702
지배주주지분	29,892	34,910	41,271	47,512	53,937
자본금	2,139	2,139	2,139	2,139	2,139
자본잉여금	1,716	1,726	1,726	1,726	1,726
기타포괄이익누계액	-921	-406	232	870	1,509
이익잉여금	27,173	31,683	37,405	43,008	48,794
비지배주주지분	0	2	2	2	1
자본총계	29,892	34,913	41,273	47,514	53,938
총차입금	10,485	9,634	9,434	9,234	9,034
순차입금	-2,849	-6,700	-11,239	-14,111	-17,327

Cashflow Statement

12월 결산(실역원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
영업활동으로인한현금흐름	5,424	7,360	7,473	8,354	9,939
당기순이익	1,488	4,760	7,326	7,206	7,390
현금유출이없는비용및수익	5,961	4,686	5,317	5,295	5,380
유형자산감가상각비	1,676	1,702	2,125	2,324	2,474
무형자산상각비	544	519	519	423	344
영업활동관련자산부채변동	-1,798	-1,320	-2,567	-1,688	-358
매출채권의감소(증가)	-118	120	-503	-523	-397
재고자산의감소(증가)	842	-143	-2,656	-1,681	-537
매입채무의증가(감소)	-263	932	1,076	609	680
투자활동으로인한현금흐름	-2,865	-4,424	-3,536	-4,234	-5,469
투자자산의 감소(증가)	-639	-2,792	-543	-1,211	-1,213
유형자산의 감소	59	69	0	0	0
CAPEX	-1,662	-1,320	-3,200	-3,200	-4,400
단기금융자산의감소(증가)	148	-1,548	-373	-403	-435
재무활동으로인한현금흐름	3,517	-1,621	693	450	410
정기차입금의증가(감소)	3,941	-1,753	-300	-300	-300
사채의증가(감소)	100	636	0	0	0
자본의 증가(감소)	0	0	0	0	0
기타현금흐름	-184	58	-1,995	-2,299	-2,299
현금의 증가	5,892	1,373	2,635	2,270	2,581
기초현금	4,269	10,161	11,534	14,168	16,438
기말현금	10,161	11,534	14,168	16,438	19,019

Valuation Indicator

12월 결산(실역원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
Per Share (원)					
EPS	3,670	11,744	18,073	17,777	18,230
BPS	74,274	86,692	102,384	117,779	133,628
DPS	1,000	3,000	4,000	4,000	4,000
Multiples (배)					
PER	17.0	7.0	3.8	3.8	3.7
PBR	0.8	0.9	0.7	0.6	0.5
EV/EBITDA	5.2	3.7	1.5	1.3	1.0
Financial Ratio					
12월 결산(실역원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
성장성(%)					
EPS(지배순이익) 증가율	-18.6%	220.0%	53.9%	-1.6%	2.6%
EBITDA(발표기준) 증가율	3.6%	70.0%	56.8%	-2.3%	2.1%
수익성(%)					
ROE(순이익 기준)	5.1%	14.7%	19.2%	16.2%	14.6%
ROE(지배순이익 기준)	5.1%	14.7%	19.2%	16.2%	14.6%
ROIC	10.9%	30.6%	43.2%	36.4%	33.1%
WACC	8.0%	8.5%	8.4%	8.6%	8.6%
안전성(%)					
부채비율	102.4%	91.5%	79.5%	69.9%	62.5%
순차입금비율	-9.5%	-19.2%	-27.2%	-29.7%	-32.1%
이자보상배율	8.8	29.8	37.2	30.4	31.7

현대모비스(0123330.KS)

매수(유지)

출고 증가 & 물류비 부담 완화로 실적 회복 구간 진입

현재주가(10/13) 195,500원
 목표주가(12M) 280,000원

분석의 기본 가정

- 반도체 수급 불균형 개선 & 국제 물류비 부담 완화

• 현대기아 글로벌 출고 반등과 물류비 부담 완화에 따른 증익 구간

현대차, 기아 출고 증가와 항공 운송 등 물류비 부담 완화에 힘입어 3Q22 매출 13조원, 영업이익 602억원(YoY+32) 기록하며 시장 기대치(583억원) 소폭 상회할 것으로 예상

• 3Q22 현대차 & 기아 합산 출고 반등 (YoY+19%, QoQ+1%)

기저 효과 속 반도체 수급 여건 개선에 힘입어 3Q22 현대차, 기아 출고는 반등. 2Q22에 이어 신차 재고가 1개월 수준에 불과해 재고 확충이 필요한 미국 공장(YoY+57%, QoQ-2%)과 인도 공장(YoY+27%, QoQ+11%) 물량 반등이 지속되었으며, 기저 효과와 봉쇄조치 완화에 힘입어 중국 공장 출고도 YoY+18%, QoQ+91% 반등. 이에 2Q22까지 2개 분기 적자를 기록한 모듈 사업부가 가동률 개선에 힘입어 3Q22에는 흑자 전환할 것으로 예상(모듈 사업 영업이익률 0.9% 추정). 원달러 평균 환율 상승(YoY+16%, QoQ+6%)과 물류비 부담 완화에 따라 A/S 사업부 영업이익률도 1Q22 이후 처음으로 20% 이상을 회복한 20.7%를 기록하며 증익에 기여할 전망

• 물류비 하락과 여전히 낮은 신차 재고 수준은 기대 요인

유럽, 미국 등 주요 시장의 수요 둔화 우려가 존재하나 3Q22말 현대차, 기아 글로벌 재고는 약 1개월 수준으로 코로나 이전 대비 약 1개월 이상 낮기 때문에 과잉 생산 우려는 없는 상황. 21년 약 4천억원 감익 요인으로 작용했던 물류비도 2H22부터 하락 추세. 이에 3Q22부터 이익 회복 구간에 진입할 것으로 판단하여 투자의견 매수와 목표주가 280,000원 유지(22년 PER 8.7배에 해당)

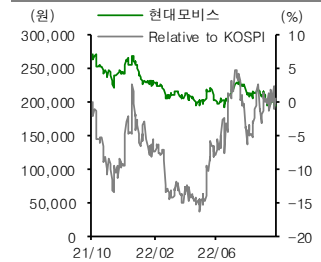
Key Data (기준일: 2022. 10. 13)

KOSPI(pt)	2162.87
KOSDAQ(pt)	651.59
액면가(원)	5,000
시가총액(억원)	184,890
발행주식수(천주)	94,289
평균거래량(3M, 주)	208,129
평균거래대금(3M, 백만원)	44,446
52주 최고/최저	273,000 / 191,000
52주 일간Beta	1.0
배당수익률(22F, %)	2.0
외국인지분율(%)	35.7
주요주주 지분율(%)	
기아 외 8 인	31.4
국민연금공단	9.5

Company Performance

주가수익률(%)	1M	3M	6M	12M
절대수익률	-9.9	-6.9	-6.9	-27.9
KOSPI대비 상대수익률	2.0	0.2	16.9	-1.8

Company vs KOSPI composite



결산기(12월)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액(십억원)	36,627	41,702	50,463	54,455	58,923
영업이익(십억원)	1,830	2,040	2,088	2,511	2,764
세전손익(십억원)	2,118	3,195	4,146	4,506	4,837
지배순이익(십억원)	1,529	2,352	3,054	3,332	3,577
EPS(원)	16,082	24,818	32,317	35,343	37,936
증감율(%)	-32.6	54.3	30.2	9.4	7.3
ROE(%)	4.7	6.9	8.3	8.3	8.1
PER(배)	15.9	10.3	6.0	5.5	5.2
PBR(배)	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4
EV/EBITDA(배)	8.7	8.1	6.2	5.3	4.7

도표 1. 현대모비스 분기별 실적 전망

(단위: 십억원)

구 분	2021A				2022F				연간		
	1Q21A	2Q21A	3Q21A	4Q21A	1Q22A	2Q22A	3Q22F	4Q22F	2021A	2022F	2023F
매출액	9,816	10,285	9,990	11,611	11,308	12,308	12,985	13,862	41,702	50,463	54,455
매출총이익	1,199	1,316	1,277	1,472	1,244	1,387	1,514	1,608	5,265	5,753	6,546
GPM	12.2%	12.8%	12.8%	12.7%	11.0%	11.3%	11.7%	11.6%	12.6%	11.4%	12.0%
판매관리비	709	753	820	943	857	984	911	913	3,224	3,664	4,035
판매비율	7.2%	7.3%	8.2%	8.1%	7.6%	8.0%	7.0%	6.6%	7.7%	7.3%	7.4%
영업이익	490	564	458	529	387	403	602	696	2,040	2,088	2,511
OPM	5.0%	5.5%	4.6%	4.6%	3.4%	3.3%	4.6%	5.0%	4.9%	4.1%	4.6%
지분이익	271	303	232	116	285	506	450	509	922	1,750	1,790
지배순익	600	667	534	552	519	769	834	932	2,352	3,054	3,332
YoY											
매출	17%	36%	0%	9%	15%	20%	30%	19%	14%	21%	8%
매출총이익	13%	55%	-2%	-1%	4%	5%	19%	9%	12%	9%	14%
판매비	2%	10%	16%	20%	21%	31%	11%	-3%	12%	14%	10%
영업이익	36%	234%	-24%	-25%	-21%	-28%	32%	32%	11%	2%	20%
지배순익											
연결매출(사업부별)											
모듈사업부	7,953	8,273	7,717	9,323	8,956	9,870	10,508	11,382	41,702	50,399	54,455
전동화	1,150	1,364	1,531	2,048	1,886	2,101	2,492	2,610	33,265	40,716	44,697
부품제조	1,956	1,984	1,871	2,168	2,085	2,305	2,363	2,590	6,093	9,090	11,480
모듈조립	4,847	4,925	4,315	5,107	4,985	5,464	5,653	6,181	7,979	9,342	9,792
A/S 사업부	1,863	2,012	2,273	2,288	2,352	2,438	2,477	2,480	19,193	22,284	23,425
연결매출 YoY	17%	36%	0%	9%	15%	20%	30%	19%	13.9%	20.9%	8.0%
모듈사업부	22%	36%	-5%	6%	13%	19%	36%	22%	12.4%	22.4%	9.8%
A/S 사업부	-1%	39%	24%	22%	26%	21%	9%	8%	19.8%	15.5%	0.1%
연결 영업이익	490	564	458	529	387	403	602	696	2,040	2,088	2,511
모듈 사업부	56	90	-33	43	-36	-48	90	153	155	161	393
A/S 사업부	435	474	491	486	422	451	512	542	1,885	1,928	2,118
연결 OPM	5.0%	5.5%	4.6%	4.6%	3.4%	3.3%	4.6%	5.0%	4.9%	4.1%	4.6%
모듈사업부	0.7%	1.1%	-0.4%	0.5%	-0.4%	-0.5%	0.9%	1.3%	0.5%	0.4%	0.9%
A/S 사업부	23.3%	23.5%	21.6%	21.2%	18.0%	18.5%	20.7%	21.9%	22.3%	19.8%	21.7%
연결 매출 (지역별)	9,816	10,285	9,990	11,611	11,308	12,243	12,985	13,862	13.9%	20.9%	8.0%
한국 매출	4,954	5,308	5,083	6,209	5,563	6,388	6,482	6,706	12.4%	22.4%	9.8%
미주 매출	2,204	2,193	2,114	2,330	2,778	2,896	3,038	3,217	19.8%	15.5%	0.1%
유럽 매출	1,389	1,477	1,462	1,584	1,628	1,804	1,714	1,829	2,040	2,088	2,511
중국 매출	603	720	650	859	594	411	707	789	155	161	393
기타 매출	667	587	681	630	745	745	1,045	1,322	1,885	1,928	2,118
연결 OP (지역별)	490	564	458	529	387	403	602	696	2,040	2,078	2,511
한국 영업이익	319	370	268	426	240	254	385	460	1,383	1,339	1,617
미주 영업이익	72	81	76	18	30	35	57	58	248	180	212
유럽 영업이익	51	55	63	59	67	67	77	80	229	291	297
중국 영업이익	-6	11	-10	-25	-11	-25	-9	-15	-30	-60	-64
기타 영업이익	54	46	60	51	61	71	93	113	210	328	449
연결 OPM (지역별)	5.0%	5.5%	4.6%	4.6%	3.4%	3.3%	4.6%	5.0%	4.9%	4.1%	4.6%
한국 영업이익률	6.4%	7.0%	5.3%	6.9%	4.3%	4.0%	5.9%	6.9%	6.4%	5.3%	5.9%
미주 영업이익률	3.3%	3.7%	3.6%	0.8%	1.1%	1.2%	1.9%	1.8%	2.8%	1.5%	1.7%
유럽 영업이익률	3.7%	3.7%	4.3%	3.7%	4.1%	3.7%	4.5%	4.4%	3.9%	4.2%	4.2%
중국 영업이익률	-1.0%	1.6%	-1.5%	-2.9%	-1.9%	-6.0%	-1.3%	-1.9%	-1.0%	-2.4%	-2.4%
기타 영업이익률	8.1%	7.7%	8.8%	8.1%	8.2%	9.6%	8.9%	8.5%	8.2%	8.5%	8.7%

자료 : 현대모비스, 신영증권 리서치센터

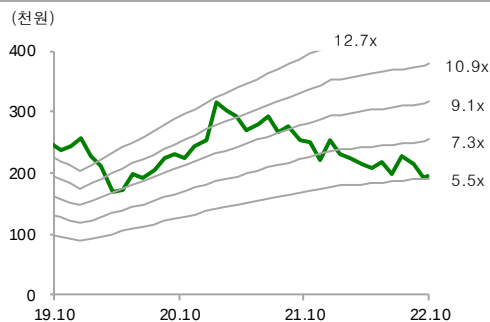
도표 2. 현대/기아 출고

(단위: 천대)

구 분	2021A				2022F				연간		
	1Q21A	2Q21A	3Q21A	4Q21A	1Q22A	2Q22A	3Q22F	4Q22F	2021A	2022F	2023F
현대/기아 글로벌	1,702	1,694	1,481	1,624	1,592	1,694	1,758	1,906	6,500	6,950	7,212
현대차 글로벌	1,025	1,010	888	999	929	981	1,034	1,132	3,923	4,076	4,228
기아차 글로벌	677	683	592	625	663	713	724	774	2,577	2,874	2,984
현대/기아 한국	778	808	683	793	709	794	792	883	3,062	3,177	3,257
현대차 한국	417	423	364	443	375	438	427	479	1,647	1,719	1,761
기아차 한국	361	385	319	349	334	356	365	404	1,415	1,458	1,496
현대/기아 중국	131	136	101	144	93	62	119	131	512	405	430
현대차 중국	96	98	67	99	58	36	83	93	361	270	289
기아차 중국	35	38	34	45	35	26	36	38	152	135	141
현대/기아 미국	152	142	111	139	158	177	174	186	544	695	744
현대차 미국	82	74	55	77	83	86	85	96	289	350	371
기아차 미국	70	68	55	62	75	92	89	90	255	345	373
출고(YoY)											
현대/기아 글로벌	17%	43%	-9%	-15%	-6%	0%	19%	17%	5%	7%	4%
현대차 글로벌	19%	45%	-10%	-14%	-9%	-3%	16%	13%	6%	4%	4%
기아차 글로벌	12%	41%	-8%	-16%	-2%	4%	22%	24%	4%	12%	4%
현대/기아 한국	15%	19%	-9%	-6%	-9%	-2%	16%	11%	4%	4%	3%
현대차 한국	11%	12%	-11%	-6%	-10%	4%	17%	8%	1%	4%	2%
기아차 한국	20%	28%	-7%	-7%	-8%	-8%	14%	16%	7%	3%	3%
현대/기아 중국	23%	-28%	-45%	-33%	-29%	-54%	18%	-9%	-26%	-21%	6%
현대차 중국	46%	-18%	-43%	-31%	-40%	-63%	24%	-6%	-19%	-25%	7%
기아차 중국	-15%	-45%	-49%	-37%	1%	-33%	6%	-15%	-39%	-11%	5%
현대/기아 미국	11%	198%	-24%	-13%	4%	25%	57%	33%	11%	28%	7%
현대차 미국	11%	203%	-28%	-14%	1%	16%	54%	25%	9%	21%	6%
기아차 미국	10%	194%	-19%	-11%	7%	36%	61%	44%	14%	35%	8%

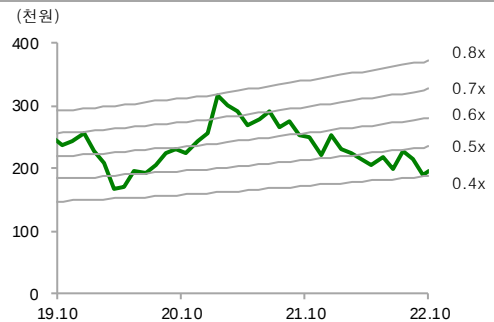
자료 : 현대모비스, 신영증권 리서치센터

도표 3. 현대모비스 12M Forward PER 밴드차트



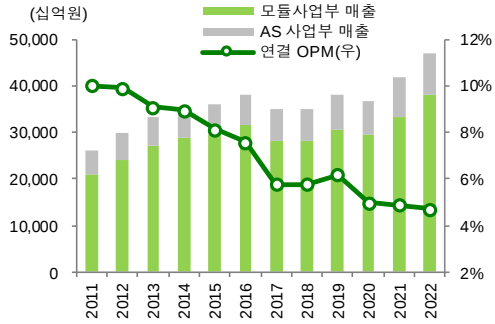
자료 : Valuwis, 신영증권 리서치센터

도표 4. 현대모비스 12M Forward PBR 밴드차트



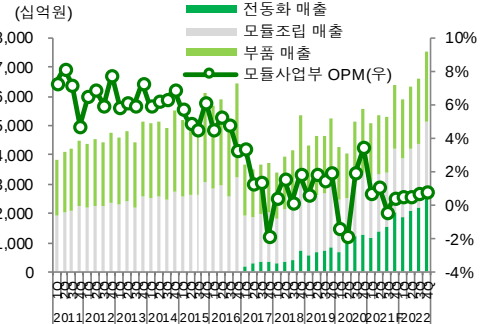
자료 : Valuwis, 신영증권 리서치센터

도표 5. 현대모비스 연간 실적 추이



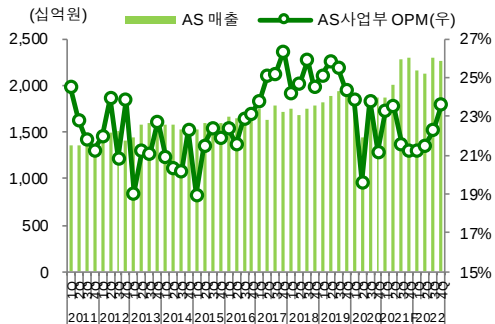
자료 : 현대모비스, 신영증권 리서치센터

도표 6. 현대모비스 모달 사업부 분기 실적 추이 & 전망



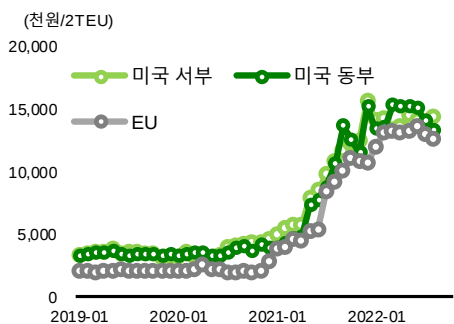
자료 : 현대차, 기아 신영증권 리서치센터

도표 7. 현대모비스 AS 사업부 분기 실적 추이 & 전망



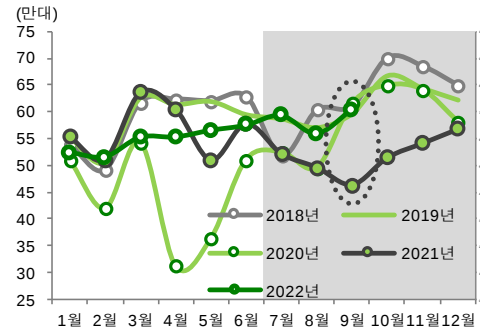
자료 : 현대모비스, 신영증권 리서치센터

도표 8. 우리나라의 주요 지역간 컨테이너 운임



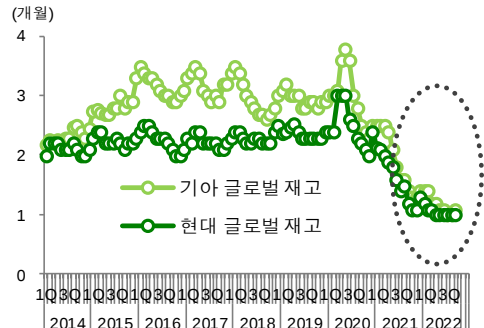
자료 : 관세청, 신영증권 리서치센터

도표 9. 현대차 & 기아 글로벌 합산 출고



자료 : 현대모비스, 신영증권 리서치센터

도표 10. 현대차 & 기아 글로벌 재고 추이



자료 : 현대차, 기아 신영증권 리서치센터

현대모비스(0012330.KS) 재무제표

Income Statement

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액	36,627	41,702	50,463	54,455	58,923
증가율(%)	-3.7	13.9	21.0	7.9	8.2
매출원가	31,922	36,438	44,711	47,909	51,883
원가율(%)	87.2	87.4	88.6	88.0	88.1
매출총이익	4,704	5,265	5,753	6,546	7,040
매출총이익률(%)	12.8	12.6	11.4	12.0	11.9
판매비와 관리비 등	2,874	3,224	3,664	4,035	4,276
판매비율(%)	7.8	7.7	7.3	7.4	7.3
영업이익	1,830	2,040	2,088	2,511	2,764
증가율(%)	-22.4	11.5	2.4	20.3	10.1
영업이익률(%)	5.0	4.9	4.1	4.6	4.7
EBITDA	2,686	2,877	2,970	3,408	3,768
EBITDA 마진(%)	7.3	6.9	5.9	6.3	6.4
순금융손익	19	107	50	31	49
이자손익	115	93	76	71	69
외화관련손익	-102	21	-27	-41	-21
기타영업외손익	-109	125	257	174	201
종속및관계기업 관련손익	378	922	1,750	1,790	1,823
법인세차감전 계속사업이익	2,118	3,195	4,146	4,506	4,837
계속사업손익 법인세비용	591	832	1,080	1,174	1,260
세후중단사업손익	0	0	0	0	0
당기순이익	1,527	2,362	3,066	3,332	3,577
증가율(%)	-33.4	54.7	29.8	8.7	7.4
순이익률(%)	4.2	5.7	6.1	6.1	6.1
지배주주지분 당기순이익	1,529	2,352	3,054	3,332	3,577
증가율(%)	-33.3	53.8	29.8	9.1	7.4
기타포괄이익	-107	548	613	613	613
총포괄이익	1,420	2,911	3,679	3,945	4,190

주) K-IFRS 회계기준 개정으로 기존의 기타영업수익/비용 항목은 제외됨

Balance Sheet

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
유동자산	22,903	23,552	27,455	30,345	32,803
현금및현금성자산	4,202	4,156	4,211	4,142	4,259
매출채권 및 기타채권	8,132	8,134	9,847	10,633	12,179
재고자산	3,057	4,275	6,308	8,378	9,065
비유동자산	25,595	27,930	28,216	29,365	30,404
유형자산	8,721	9,131	9,387	10,113	10,719
무형자산	881	916	856	810	775
투자자산	15,129	16,593	16,681	17,150	17,619
기타 금융업자산	0	0	0	0	0
자산총계	48,498	51,483	55,671	59,710	63,206
유동부채	10,082	10,077	11,151	11,808	11,722
단기차입금	1,405	1,206	1,206	1,206	1,206
매입채무및기타채무	6,475	6,818	7,892	8,549	8,464
유동성장기부채	535	470	470	470	470
비유동부채	5,087	6,048	5,848	5,648	5,448
사채	0	349	249	149	49
장기차입금	1,136	1,238	1,138	1,038	938
기타 금융업부채	0	0	0	0	0
자재총계	15,170	16,125	16,999	17,456	17,170
지배주주지분	33,253	35,273	38,575	42,158	45,939
자본금	491	491	490	490	490
자본잉여금	1,398	1,399	1,399	1,399	1,399
기타포괄이익누계액	-907	-409	204	817	1,430
이익잉여금	32,851	34,679	37,370	40,340	43,508
비지배주주지분	75	84	97	97	97
자본총계	33,328	35,357	38,672	42,254	46,036
총차입금	3,290	3,547	3,347	3,147	2,947
순차입금	-1,057	-753	-867	-999	-1,316

Cashflow Statement

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
영업활동으로인한현금흐름	2,477	2,609	1,299	2,070	2,281
당기순이익	1,527	2,362	3,066	3,332	3,577
현금유출이없는비용및수익	1,329	933	1,912	2,041	2,216
유형자산감가상각비	789	777	822	851	969
무형자산상각비	67	59	59	46	36
영업활동관련자산부채변동	-232	-454	-2,675	-2,201	-2,322
매출채권의감소(증가)	-719	368	-1,714	-786	-1,546
재고자산의감소(증가)	-93	-1,087	-2,033	-2,070	-687
매입채무의증가(감소)	607	-517	1,074	657	-86
투자활동으로인한현금흐름	-1,257	-1,953	-819	-1,699	-1,695
투자자산의 감소(증가)	-469	-1,464	-89	-469	-469
유형자산의 감소	46	59	22	23	26
CAPEX	-1,096	-922	-1,100	-1,600	-1,600
단기금융자산의감소(증가)	8	-8	0	0	0
재무활동으로인한현금흐름	-232	-962	6,090	6,186	6,186
장기차입금의증가(감소)	377	476	-100	-100	-100
사채의증가(감소)	0	349	-100	-100	-100
자본의 증가(감소)	0	0	-1	0	0
기타현금흐름	-128	261	-6,516	-6,627	-6,654
현금의 증가	860	-46	55	-69	117
기초현금	3,342	4,202	4,156	4,211	4,142
기말현금	4,202	4,156	4,211	4,142	4,259

Valuation Indicator

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
Per Share (원)					
EPS	16,082	24,818	32,317	35,343	37,936
BPS	355,702	382,120	418,310	456,304	496,409
DPS	4,000	4,000	4,000	4,000	4,500
Multiples (배)					
PER	15.9	10.3	6.0	5.5	5.2
PBR	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4
EV/EBITDA	8.7	8.1	6.2	5.3	4.7
Financial Ratio					
12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
성장성(%)					
EPS(지배순이익) 증가율	-32.6%	54.3%	30.2%	9.4%	7.3%
EBITDA(발표기준) 증가율	-15.5%	7.1%	3.2%	14.7%	10.6%
수익성(%)					
ROE(순이익 기준)	4.6%	6.9%	8.3%	8.2%	8.1%
ROE(지배순이익 기준)	4.7%	6.9%	8.3%	8.3%	8.1%
ROIC	10.3%	13.3%	9.2%	9.5%	9.1%
WACC	12.5%	12.3%	12.1%	12.2%	12.3%
안전성(%)					
부채비율	45.5%	45.6%	44.0%	41.3%	37.3%
순차입금비율	-3.2%	-2.1%	-2.2%	-2.4%	-2.9%
이자보상배율	33.6	52.8	41.6	46.9	46.9

현대위아(O11210.KS)

러시아, 중국 부진을 믹스로 상쇄

매수(유지)

현재주가(10/13) 55,900원
목표주가(12M) 75,000원

분석의 기본 가정

- 우크라이나 사태로 인한 현대차 러시아 공장 가동 중단 지속 가
- 그러나 러시아 시장 철수는 가정하지 않음

• 기계 사업 흑자 지속과 차량 사업부 실적 개선

기계 사업부 흑자 지속과 기아 한국, 멕시코 공장이 견인하는 차량 부품 매출 축소, 가동률 개선에 따른 중국 적자 폭 축소에 힘입어 3Q22 매출 2조원, 영업이익 57십억원 기록하며 컨센 부합 예상.

• 기아 국내, 멕시코 생산 증가와 현대/기아 중국 공장 출고 반등

동사의 모듈 조립 실적을 좌우하는 기아 공장의 3Q22 출고 증가(YoY+14%, QoQ+3%)와 더불어 멕시코 엔진, 등속 조인트 매출을 좌우하는 기아 멕시코 공장 출고 증가(YoY+23%, QoQ-6%)가 차량 사업부 3Q22 실적 기대 요인. 기저효과와 봉쇄조치 완화에 따른 현대/기아 중국 출고 반등(YoY+18%, QoQ+19%)에 힘입어 중국 산둥 법인 적자 폭도 축소될 전망. 이에 3Q22 현대차 러시아 생산 차질(YoY-100%, QoQ-100%)에도 불구하고 차량 부품 매출이 1.8조원 원, 영업이익 55억원을 기록하며 전사 실적 증익을 기록할 전망.

2Q22까지 2개분기 흑자를 지속한 기계사업부도 고정비 감소, 방산 매출 증가에 힘입어 2분기와 유사한 영업이익률(1.1% 추정)을 기록하며 흑자 지속할 것으로 예상.

• 중국과 러시아 불확실성 지속 중이나 기계 사업부 기대 요인 존재

적자를 지속 중인 러시아 엔진 공장과 중국 엔진 공장이 불확실성 요인이지만 반도체 수급 개선에 따른 기아 한국, 멕시코 공장 물량 반등이 이를 상쇄 중. 2H22 모니터링 요인은 냉각수, 냉매 통합 열 관리 모듈 수주 여부와 현대차/기아 미국 EV공장 건립에 따른 기계 사업 수주 규모. 투자의견 매수와 목표주가 75,000원 유지

결산기(12월)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액(십억원)	6,592	7,528	8,119	8,473	8,913
영업이익(십억원)	72	103	223	251	293
세전순익(십억원)	84	101	375	261	303
지배순이익(십억원)	61	62	295	205	228
EPS(원)	2,242	2,292	10,853	7,554	8,366
증감율(%)	10.4	2.2	373.6	-30.4	10.7
ROE(%)	2.0	2.0	8.5	5.4	5.5
PER(배)	23.9	34.9	5.2	7.4	6.7
PBR(배)	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4
EV/EBITDA(배)	8.1	8.0	4.7	4.1	3.3

Key Data (기준일: 2022. 10. 13)

KOSPIKOSPI(pt)	2162.87
KOSDAQ(pt)	651.59
액면가(원)	5,000
시가총액(억원)	15,202
발행주식수(천주)	27,195
평균거래량(3M, 주)	224,405
평균거래대금(3M, 백만원)	15,320
52주 최고/최저	89,700 / 50,400
52주 일간Beta	1.9
배당수익률(22F, %)	1.1
외국인지분율(%)	10.6
주요주주 지분율(%)	
현대자동차 외 2 인	40.7
국민연금공단	11.4

Company Performance

주가수익률(%)	1M	3M	6M	12M
절대수익률	-28.3	-4.4	-10.7	-37.7
KOSPI대비 상대수익률	-18.8	2.9	12.2	-15.2

Company vs KOSPI composite

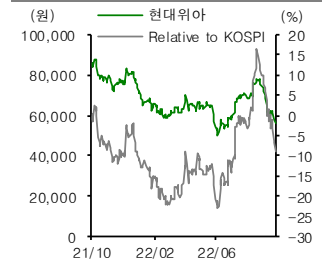


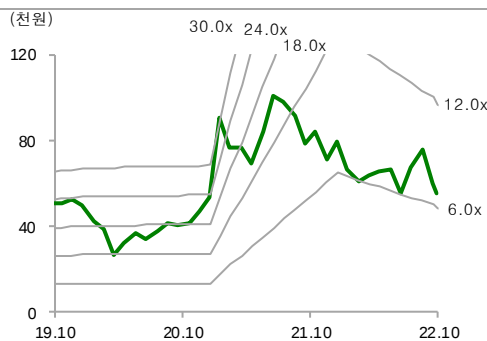
도표 1. 현대위아 분기별 실적 전망

(단위: 십억원)

구 분	2021A				2022F				연간		
	1Q21A	2Q21A	3Q21A	4Q21A	1Q22A	2Q22A	3Q22F	4Q22F	2021A	2022F	2023F
매출액	1,855	1,980	1,770	1,923	1,907	1,972	2,045	2,196	7,528	8,119	8,473
매출총이익	108	143	123	122	134	139	148	162	497	583	637
GPM	5.8%	7.2%	7.0%	6.4%	7.0%	7.0%	7.2%	7.4%	6.6%	7.2%	7.5%
판매관리비	81	98	92	123	83	85	91	100	394	359	386
판매비율	4.4%	4.9%	5.2%	6.4%	4.3%	4.3%	4.4%	4.6%	5.2%	4.4%	4.6%
영업이익	27	45	31	-1	51	53	57	61	103	223	251
OPM	1.5%	2.3%	1.8%	-0.1%	2.7%	2.7%	2.8%	2.8%	1.4%	2.7%	3.0%
금융&기타손익	2.6	-3.4	5.1	-14.4	-31.0	169.4	7.2	-1.9	-10	144	1
세전이익	31	49	38	-17	21	224	66	63	101	375	261
지배순이익	31	38	17	-24	23	210	50	12	62	295	205
NIM	1.7%	1.9%	1.0%	-1.2%	1.2%	10.6%	2.5%	0.6%	0.8%	3.6%	2.4%
YoY											
매출	13%	63%	-4%	2%	3%	0%	16%	14%	14%	8%	4%
매출총이익	-31%	695%	65%	20%	24%	-3%	20%	32%	42%	17%	9%
판매비	12%	73%	50%	39%	3%	-13%	-2%	-19%	41%	-9%	7%
영업이익	-68%	흑전	137%	적전	88%	18%	83%	흑전	43%	117%	13%
지배순이익	-60%	흑전	-79%	적지	-25%	453%	189%	흑전	2%	374%	-30%
연결매출	1,855	1,980	1,770	1,923	1,907	1,972	2,045	2,196	7,528	8,119	8,473
차량사업매출	1,686	1,783	1,577	1,729	1,715	1,773	1,851	2,000	6,776	7,339	7,628
모듈	474	510	434	516	511	597	612	682	1,934	2,402	2,529
부품	1,212	1,273	1,143	1,213	1,204	1,176	1,238	1,319	4,842	4,937	5,099
기계사업매출	169	197	193	193	192	199	194	196	752	780	845
공작	121	149	144	143	142	150	144	144	557	579	608
산업/특수	48	48	49	50	50	49	50	52	195	201	237
연결OP	27	45	31	-1	51	53	57	61	103	223	251
차량사업OP	42	59	39	8	49	51	55	60	148	216	237
기계사업OP	-15	-14	-8	-9	2	2	2	2	-45	8	14
연결OPM	1.5%	2.3%	1.8%	-0.1%	2.7%	2.7%	2.8%	2.8%	1.4%	2.7%	3.0%
차량사업OPM	2.5%	3.3%	2.5%	0.4%	2.9%	2.9%	3.0%	3.0%	2.2%	2.9%	3.1%
기계사업OPM	-8.6%	-7.2%	-3.9%	-4.5%	1.1%	0.8%	1.1%	0.8%	-6.0%	1.0%	1.7%

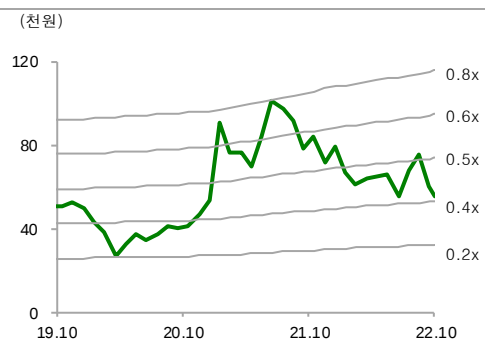
자료 : 현대위아, 신영증권 리서치센터

도표 2. 현대위아 12M Forward PER 밴드 차트



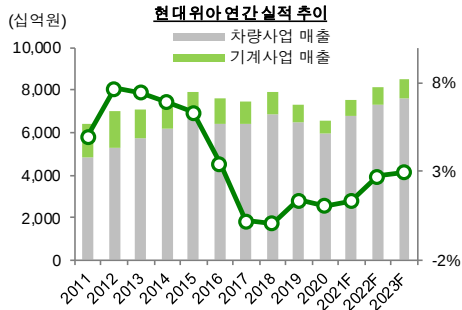
자료 : Valuwis, 신영증권 리서치센터

도표 3. 현대위아 12M Forward PBR 밴드 차트



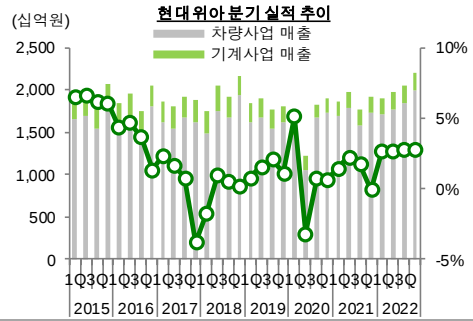
자료 : Valuwis, 신영증권 리서치센터

도표 4. 현대위아 연간 실적 추이



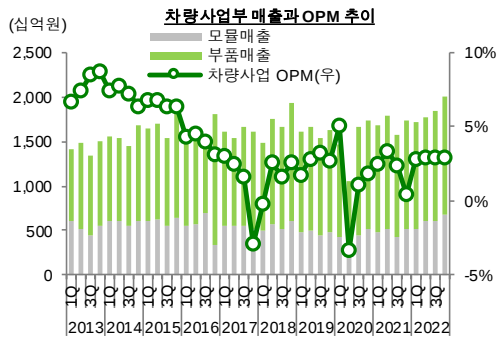
자료 : 현대위아, 신영증권 리서치센터

도표 5. 현대위아 분기 실적 추이



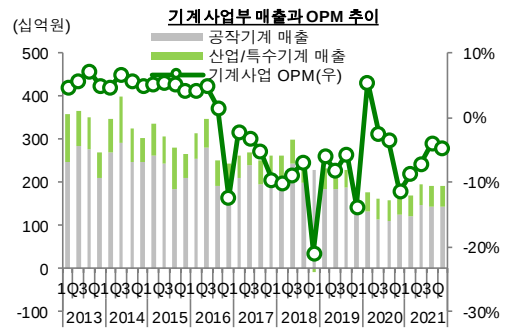
자료 : 현대위아, 신영증권 리서치센터

도표 6. 차량 부품 사업 매출과 수익성 추이



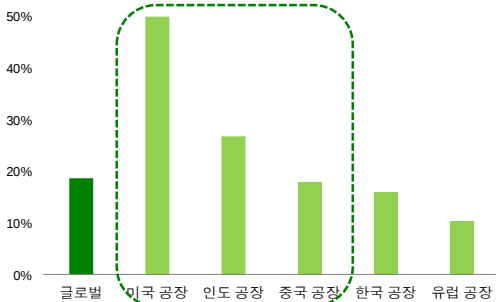
자료 : 현대위아, 신영증권 리서치센터

도표 7. 현대위아 기계 사업 매출과 수익성 추이



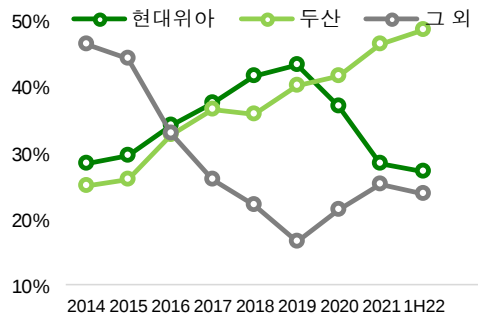
자료 : 현대위아, 신영증권 리서치센터

도표 8. 현대차 & 기아 합산 주요 공장 출고(YoY)



자료 : 현대위아, 신영증권 리서치센터

도표 9. 국내 공작 기계 점유율 추이



자료 : 현대위아, 신영증권 리서치센터

현대위아(011210.KS) 재무제표

Income Statement

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
매출액	6,592	7,528	8,119	8,473	8,913
증가율(%)	-9.9	14.2	7.9	4.4	5.2
매출원가	6,241	7,031	7,537	7,836	8,220
원가율(%)	94.7	93.4	92.8	92.5	92.2
매출총이익	351	497	583	637	692
매출총이익률(%)	5.3	6.6	7.2	7.5	7.8
판매비와 관리비 등	279	394	359	386	399
판매비율(%)	4.2	5.2	4.4	4.6	4.5
영업이익	72	103	223	251	293
증가율(%)	-29.4	43.1	116.5	12.6	16.7
영업이익률(%)	1.1	1.4	2.7	3.0	3.3
EBITDA	361	421	543	549	573
EBITDA마진(%)	5.5	5.6	6.7	6.5	6.4
순금융이익	-37	-33	-25	-25	-27
이자손익	-35	-32	-28	-28	-30
외환관련손익	0	0	0	0	0
기타영업외손익	77	23	168	26	26
종속및관계기업 관련손익	-28	8	8	9	11
법인세차감전계속사업이익	84	101	375	261	303
계속사업손익법인세비용	31	45	94	65	76
세후중단사업손익	0	0	0	0	0
당기순이익	54	56	281	196	228
증가율(%)	-1.8	3.7	401.8	-30.2	16.3
순이익률(%)	0.8	0.7	3.5	2.3	2.6
지배주주지분 당기순이익	61	62	295	205	228
증가율(%)	10.9	1.6	375.8	-30.5	11.2
기타포괄이익	-22	132	132	132	132
총포괄이익	31	188	413	328	359

주) K-IFRS 회계기준 개정으로 기존의 기타영업외손익/비용 항목은 제외됨

Balance Sheet

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
유동자산	3,988	4,156	4,765	5,255	5,785
현금및현금성자산	555	435	795	1,115	1,446
매출채권 및 기타채권	1,589	1,628	1,774	1,874	2,006
재고자산	761	815	850	887	933
비유동자산	3,732	3,593	3,438	3,318	3,196
유형자산	3,159	3,103	2,983	2,884	2,777
무형자산	172	160	128	104	86
투자자산	295	180	177	180	183
기타 금융업자산	0	0	0	0	0
자산총계	7,720	7,750	8,203	8,573	8,981
유동부채	1,986	2,126	2,195	2,261	2,334
단기차입금	97	26	26	26	26
매입채무및기타채무	1,165	1,215	1,274	1,325	1,387
유동상장기부채	649	786	796	811	821
비유동부채	2,208	1,928	1,918	1,913	1,908
사채	1,047	748	748	748	748
장기차입금	981	976	966	961	956
기타 금융업부채	0	0	0	0	0
부채총계	4,194	4,054	4,113	4,174	4,242
지배주주지분	3,118	3,250	3,658	3,977	4,318
자본금	136	136	136	136	136
자본잉여금	501	501	501	501	501
기타포괄이익누계액	1	75	207	339	471
이익잉여금	2,594	2,651	2,928	3,115	3,324
비지배주주지분	408	445	431	421	421
자본총계	3,526	3,695	4,090	4,399	4,739
총차입금	2,791	2,545	2,545	2,555	2,560
순차입금	1,051	757	478	142	-197

Cashflow Statement

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
영업활동으로인한현금흐름	189	290	472	400	383
당기순이익	54	56	281	196	228
현금유출이없는비용및수익	266	437	441	391	386
유형자산상각비	246	286	288	274	262
무형자산상각비	43	32	32	24	18
영업활동관련자산부채변동	-79	-157	-129	-93	-124
매출채권의감소(증가)	22	-86	-147	-100	-132
재고자산의감소(증가)	35	-14	-35	-37	-46
매입채무의증가(감소)	-129	19	59	51	62
투자활동으로인한현금흐름	-325	-200	-274	-240	-208
투자자산의 감소(증가)	60	123	3	-3	-3
유형자산의 감소	5	8	20	5	5
CAPEX	-252	-152	-200	-180	-160
단기금융자산의감소(증가)	-114	-169	-61	-25	-13
재무활동으로인한현금흐름	333	-242	63	61	56
장기차입금의증가(감소)	596	356	-10	-5	-5
사채의증가(감소)	428	149	0	0	0
자본의 증가(감소)	0	0	0	0	0
기타현금흐름	-25	32	99	99	99
현금의 증가	172	-120	360	320	331
기초현금	383	555	435	795	1,115
기말현금	555	435	795	1,115	1,446

Valuation Indicator

12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
Per Share (원)					
EPS	2,242	2,292	10,853	7,554	8,366
BPS	118,819	123,670	138,689	150,409	162,940
DPS	700	700	700	700	700
Multiples (배)					
PER	23.9	34.9	5.2	7.4	6.7
PBR	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4
EV/EBITDA	8.1	8.0	4.7	4.1	3.3
Financial Ratio					
12월 결산(십억원)	2020A	2021A	2022F	2023F	2024F
성장성(%)					
EPS(지배순이익) 증가율	10.4%	2.2%	373.6%	-30.4%	10.7%
EBITDA(발표기준) 증가율	-0.6%	16.6%	29.0%	1.1%	4.4%
수익성(%)					
ROE(순이익 기준)	1.6%	1.6%	7.2%	4.6%	5.0%
ROE(지배순이익 기준)	2.0%	2.0%	8.5%	5.4%	5.5%
ROIC	2.3%	1.6%	3.7%	4.1%	4.9%
WACC	7.1%	9.0%	8.2%	8.5%	8.5%
안정성(%)					
부채비율	119.0%	109.7%	100.6%	94.9%	89.5%
순차입금비율	29.8%	20.5%	11.7%	3.2%	-4.2%
이자보상배율	1.3	1.8	3.8	3.3	3.8

Compliance Notice

■ 투자등급

종목 매수 : 향후 12개월 동안 추천일 종가대비 목표주가 10% 이상의 상승이 예상되는 경우
 중립 : 향후 12개월 동안 추천일 종가대비 ±10% 이내의 등락이 예상되는 경우
 매도 : 향후 12개월 동안 추천일 종가대비 목표주가 -10% 이하의 하락이 예상되는 경우

산업

비중확대 : 향후 12개월 동안 분석대상 산업의 보유비중을 시장비중 대비 높게 가져갈 것을 추천
중립 : 향후 12개월 동안 분석대상 산업의 보유비중을 시장비중과 같게 가져갈 것을 추천
비중축소 : 향후 12개월 동안 분석대상 산업의 보유비중을 시장비중 대비 낮게 가져갈 것을 추천

- 본 자료는 당사 홈페이지에 게시된 자료로, 기관투자자 등 제 3 자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.
- 본 자료 작성한 애널리스트는 발간일 현재 본인 및 배우자의 계좌로 등 주식을 보유하고 있지 않으며, 재산적 이해관계가 없습니다.
- 본 자료의 작성 담당자는 자료에 게재된 내용이 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 작성되었음을 확인합니다.
- 본 자료는 과거의 자료를 기초로 한 투자참고 자료로서 향후 주가 움직임은 과거의 패턴과 다를 수 있습니다.
- 본 자료의 괴리율은 감자 등 주가에 영향을 미치는 사건을 반영하여 계산하였습니다.

본 자료에 수록된 내용은 당 리서치센터가 신뢰할 수 있는 자료 및 정보로 얻어진 것이나 정확성을 보장할 수 없으므로 어떠한 경우에도 본 자료는 고객의 주식투자의 결과에 대한 법적 소재에 대한 증빙자료로 사용될 수 없습니다.

[당사의 투자위험 비율 고지]

당사의 투자위험 비율			
기준일 (20220930)	매수 : 89.06%	중립 : 10.94%	매도 : 0.0%

[당사와의 이해관계 고지]

종목명	LP(유동성공급자)	시장조성자	1%이상보유	계열사 관계여부	채무이행보증	자사주신탁 계약
	ELW	주식선물	주식옵션			
기아	-	-	-	-	-	-
현대차	-	-	-	-	-	-
현대모비스	-	-	-	-	-	-
현대위아	-	-	-	-	-	-



