

2026년판 유럽 분야별 연구 및 정책동향



2026년판 유럽 분야별 연구 및 정책 동향

발행인 이대명 센터장
담당자 임지윤 연구원
발행월 2026. 5.
발행처 한-EU연구협력센터(KERC)

Rue de la science 14A 1040 브뤼셀, 벨기에
<http://www.k-erc.eu>
+32 (0)2 880 39 06

본 자료는 한-EU 연구협력센터(KERC)가 발행한 보고서로, 공개된 정보를 바탕으로 작성되었으며 타인의 지적 재산권을 침해하지 않도록 최선을 다하였습니다. 상업적 혹은 정치적 목적의 이용을 제외하고 누구나 자유롭게 열람·인용·재가공 할 수 있습니다.



발간사

오늘날 세계는 변화하는 글로벌 질서 속에서 지정학적 환경의 변화, 기술혁명, 그리고 기후 위기라는 복합적인 도전에 직면해 있습니다. 이러한 격변의 시대에 과학기술은 지속가능한 성장을 견인하는 핵심 동력이자, 소중한 전략 자산이 되고 있습니다.

우리 정부가 글로벌 기술 경쟁에 능동적으로 대응하고 있는 것과 마찬가지로, 유럽 또한 연구혁신(R&I)을 핵심 성장 전략으로 설정하고 제도적 지원과 적극적인 재정 투입을 통해 지속가능성 확보와 산업 경쟁력 제고를 동시에 도모하고 있습니다. 실제로 최근 발표된 「유럽혁신지수(EIS) 2025」에 따르면, 유럽연합의 혁신 역량은 2018년 대비 12.6%p 상승하며 견고한 성장세를 증명해 보였습니다.

이는 호라이즌 유럽(Horizon Europe), AI 적용(Apply AI) 전략, 과학을 위한 선택(Choose Europe for Science) 패키지, 그리고 유럽단일연구공간(ERA) 고도화 등 정교한 정책 수단을 통해 연구 성과와 산업 현장을 밀착시키고 체계적인 혁신 생태계를 구축해 온 결과라 할 수 있습니다.

이러한 흐름 속에서 한국과 유럽의 과학기술 협력을 확대하기 위해서는 개별 기술 성과에 대한 이해를 넘어, 그 성과 창출을 가능하게 한 정책 환경과 연구 지원 체계를 심도 있게 살피는 것이 중요합니다. 이에 본 「2026년판 유럽 분야별 연구 및 정책 동향」 보고서는 우리 정부가 지정한 12대 국가전략기술을 중심으로, 현지 11개 분야 연구자가 유럽의 연구개발 및 정책 방향을 정밀하게 분석한 결과를 담았습니다.

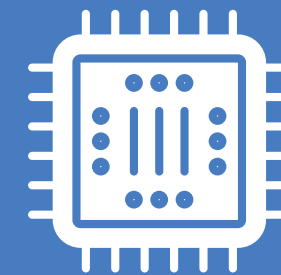
한-EU연구협력센터(KERC)는 재유럽 한인 연구자들로 구성된 ‘KERC 서포터즈’를 운영하며, 현지에서 축적된 정보와 전문적인 분석을 바탕으로 한·유럽 간 협력의 지평을 넓히는 데 기여하고 있습니다. 본 보고서 또한 이러한 노력의 소중한 결실이며, 향후 양 지역 간 협력 기반을 공고히 하는 데 의미 있는 자료가 되기를 기대합니다.

마지막으로, 바쁜 연구 일정 중에도 보고서 기획과 집필에 헌신적으로 참여해 주신 KERC 서포터즈 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 현장의 통찰과 전문성을 바탕으로 한 본 자료가 한·유럽 과학기술 협력에 기여하고, 우리 연구자들이 글로벌 무대로 나아가는 데 든든한 밑거름이 되기를 바랍니다.

2026년 5월
한-EU연구협력센터 센터장
이대명

CONTENTS

I. 유럽 반도체·디스플레이 연구 및 정책 동향	8	VI. 유럽 수소 연구 및 정책 동향	102
1. 유럽의 반도체·디스플레이 연구 동향	9	1. 유럽의 수소 연구 동향	103
2. 유럽의 반도체·디스플레이 정책 동향	17	2. 유럽의 수소 정책 동향	107
3. 시사점	24	3. 시사점	116
II. 유럽 차세대 이차전지 소재 및 셀 연구 및 정책 동향	32	VII. 유럽 사이버 보안 연구 및 정책 동향	120
1. 유럽의 차세대 이차전지 소재 및 셀 연구 동향	33	1. 유럽의 사이버 보안 연구 동향	121
2. 유럽의 차세대 이차전지 소재 및 셀 정책 동향	37	2. 유럽의 사이버 보안 정책 동향	123
3. 시사점	42	3. 시사점	126
III. 유럽 첨단 모빌리티 연구 및 정책 동향	46	VIII. 유럽 인공지능 연구 및 정책 동향	130
1. 유럽의 첨단 모빌리티 연구 동향	47	1. 유럽의 인공지능 연구 동향	131
2. 유럽의 첨단 모빌리티 정책 동향	53	2. 유럽의 인공지능 정책 동향	138
3. 시사점	57	3. 시사점	150
IV. 유럽 첨단 바이오 연구 및 정책 동향	60	IX. 유럽 차세대 통신 연구 및 정책 동향	154
1. 유럽의 첨단 바이오 연구 동향	61	1. 유럽의 차세대 통신 연구 동향	155
2. 유럽의 첨단 바이오 정책 동향	67	2. 유럽의 차세대 통신 정책 동향	160
3. 시사점	75	3. 시사점	169
IV. 유럽 우주관측·센싱 연구 및 정책 동향	80	X. 유럽 첨단로봇 제조 연구 및 정책 동향	172
1. 유럽의 우주관측·센싱 연구 동향	81	1. 유럽의 첨단로봇 제조 연구 동향	173
2. 유럽의 우주관측·센싱 정책 동향	88	2. 유럽의 첨단로봇 제조 정책 동향	183
3. 시사점	95	3. 시사점	187
		XI. 유럽 양자 연구 및 정책 동향	190
		1. 유럽의 양자 연구 동향	191
		2. 유럽의 양자 정책 동향	195
		3. 시사점	199



유럽 반도체 · 디스플레이 연구 및 정책 동향

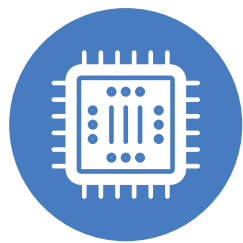
I



반도체·디스플레이 분야
황현정 서포터

유럽 반도체 · 디스플레이 연구 및 정책 동향

작성자: 황현정(반도체·디스플레이 분야 KERC 서포터즈)



유럽은 2025년을 전후로 반도체 · 디스플레이 정책을 ‘랩-투-팩(lab-to-fab)’ 전환이라는 큰 흐름 속에서 단계적으로 고도화하고 있다. 상반기에는 Chips Act를 기반으로 양자, 포토닉스, 뉴로모픽, 첨단 패키징 등 차세대 기술 축을 중심으로 연구 · 산업 방향을 정립하고 대규모 협력 생태계를 구축하는 데 집중했다. PIX Europe을 통한 광자 집적회로 파일럿 라인 구축, AI · HPC 시대를 겨냥한 glass core substrate 및 뉴로모픽 컴퓨팅의 부상은 유럽이 차세대 기술 패러다임 전환에 대응하고 있음을 보여준다. 동시에 GENESIS 프로젝트와 Chips Act 2.0 논의는 기술 주권과 지속 가능 제조를 핵심 정책 목표로 부각시켰지만, 2030년 글로벌 점유율 20% 목표의 실현 가능성에 대한 회의적 평가 속에서 완전한 자급자족보다는 특정 핵심 분야에서의 영향력 확보, 즉 “선택적 불가결성” 전략이 현실적인 방향으로 제시되었다.

하반기에는 이러한 전략이 보다 구체적인 실행 체계로 전환되었다. Chips Joint Undertaking은 2026년 공모에서 전력전자, 포토닉스, SDV, 양자칩 등 세부 응용 분야 중심으로 과제를 세분화하며 기존의 포괄적 지원에서 병목 해결 중심의 타깃형 R&I 구조로 변화했다. 동시에 Open EU Foundry와 Integrated Production Facility 제도를 통해 특정 생산 시설을 EU 공급망의 핵심 인프라로 지정하고 행정 지원과 위기 대응 의무를 제도화함으로써 산업 거버넌스를 강화했다. 금융 측면에서는 유럽 투자은행이 TechEU를 통해 대규모 장기 자본을 공급하여 고금리 환경에서도 Fab과 패키징 투자를 지속 가능하게 만들었으며, Digital Europe Programme은 반도체 정책을 HPC, AI, 사이버보안, 인력 정책과 통합해 디지털 경쟁력 강화의 핵심 수단으로 재정립했다.

디스플레이 분야에서도 유럽은 대량 생산보다는 OLED 마이크로디스플레이와 MicroLED를 중심으로 AR/VR, 의료, 자동차 등 고부가가치 시장에 집중하는 전략을

명확히 하며 기술 · 응용 중심 허브로 자리 잡고 있다. 전체적으로 보면 유럽은 기술적으로는 양자 · 포토닉스 · 뉴로모픽의 융합, 산업적으로는 첨단 패키징과 특화 생산 인프라, 정책적으로는 타깃형 R&I와 전략적 팍 지정, 구조적으로는 친환경 · 디지털 · 인재 정책의 통합을 통해 글로벌 공급망에서 핵심적인 위치를 확보하려 하고 있다. 향후에는 아시아 의존도를 완화하기 위한 협력 다변화, 미국과의 기술 동맹 강화, 그리고 2030년까지 예상되는 대규모 인력 부족에 대응하기 위한 체계적 인재 확보가 경쟁력 유지의 핵심 과제로 남아 있다.

1. 유럽의 반도체 · 디스플레이 연구 동향

□ 디스플레이 기술 동향: Micro-LED와 QD-OLED의 유럽 시장 확대

○ Micro-LED 시장 급성장과 기술 혁신

- **(시장 규모와 성장률)** 유럽 Micro-LED 시장은 2023년 6,091만 달러에서 2030년까지 연평균 78.9% 성장하여 49억 5천만 달러 규모 달성 전망. 2024년 기준 1억 1,500만 달러에서 2025년 1억 3,500만 달러로 17.6% 성장 예상
- **(응용 분야 다변화)** AR/VR 디바이스, 스마트 글래스, 게임 콘솔에서 고해상도 시각 경험 제공이 주요 성장 동력. 유럽 AR/VR 협회에 따르면 2022년 유럽 내 마이크로디스플레이 출하량의 60% 이상이 AR/VR 기기용. 자동차 HUD, 산업용 디스플레이, 웨어러블 기기에서도 활용 확대
- **(기술적 우위)** Micro-LED는 기존 OLED · LCD 대비 높은 밝기, 개선된 색 재현 정확도, 더 작은 최소 픽셀 크기, 긴 수명 제공. IoT 지원 시스템 장착 기기에서 디스플레이 밝기 40% 향상 달성, 유럽 방사선학회 보고

○ QD-OLED 시장 급성장과 기술 혁신

- **(QD-OLED 시장 성장)** 유럽 QD-OLED 디스플레이 시장은 2024년 15억 달러에서 2033년 100억 달러로 급성장 예상. 전체 유럽 양자점 시장은 2024년 4억 1천만 달러에서 2032년 19억 5천만 달러로 연 평균 23.5% 성장 전망
- **(친환경 기술 전환)** 유럽의 엄격한 환경 규제(RoHS, REACH)로 카드뮴 프리 양자점 기술 개발 가속. 인듐 인화물, 실리콘 기반 양자점이 카드뮴 기반 대체재로 부상. 영국 맨체스터 기반 Nanoco Group PLC 등이 카드뮴 프리 양자점 개발 선도

- **(AI 기술 융합)** AI 기술이 양자점 합성 · 특성화 과정의 대용량 데이터셋 처리를 통해 최적 소재 조성 · 합성 매개변수 신속 식별, R&D 주기의 시간 · 비용 대폭 단축. AI 기반 시뮬레이션과 예측 모델링으로 특정 응용에 맞는 정밀한 광학 · 전자 특성 설계 가능

○ 독일 제조 역량 강화와 럭셔리 브랜드 전략

- **(독일 내 OLED 제조)** 독일 크로나흐 소재 럭셔리 AV 브랜드 Loewe가 자체 OLED TV 제조 라인을 회사 본사에 구축, 유럽 내 고부가가치 디스플레이 제조 능력 시연. BMW 등 주요 자동차 제조사들이 Micro-LED 디스플레이를 차량용 HUD 시스템에 통합하기 위한 대규모 투자 진행
- **(자동차 산업 연계)** BMW가 2019년 iNext 전기차의 곡면 디스플레이를 공개, 정보와 제어 기능을 운전자 쪽으로 구부러진 단일 유닛으로 통합한 혁신적 디스플레이 솔루션 제시. 독일이 Micro-LED 시장에서 최대 매출 점유율을 기록하는 주요 요인

○ 유럽 특화 응용 분야와 혁신 동력

- **(의료 · 진단 분야)** 양자점의 정밀한 광학 특성을 활용한 고감도 바이오센서, 표적 약물 전달 시스템 개발로 의료기기 응용 분야가 급성장 동력. 고해상도 이미징, 진단, 표적 치료에서 양자점의 독특한 장점이 헬스케어 기술의 새로운 영역 개척
- **(원예 · 스마트시티 조명)** 양자점 기반 특수 조명이 원예용 LED, 스마트시티 조명 시스템에서 에너지 효율성과 광 품질을 동시에 개선하는 솔루션으로 활용. 유럽의 지속가능성 목표와 정합하는 녹색 기술로 인식
- **(소비자 전자기기 주도)** 2024년 기준 소비자 전자기기 부문이 유럽 마이크로 디스플레이 시장의 40.9% 점유, AR/VR 기기, 스마트 글래스, 게임 콘솔의 광범위한 채택이 주요 성장 동력. 스마트홈 생태계 확산으로 첨단 마이크로 디스플레이 수요가 연간 10% 성장률 기록

□ 첨단 패키징 및 공급망 동향

○ 유럽 첨단 패키징 시장 - 두 가지 추정치

- Mobility Foresights(2025.9): 유럽 첨단 패키징 시장을 2025년 435억 달러, 2031년 782억 달러로 추정하며 연평균 10.2% 성장 전망 ¹⁾
- Grand View Research 자회사 플랫폼 'Horizon'(2022.12, 2024년 기준 데이터 업데이트): 유럽 첨단 패키징 시장 매출을 2024년 기준 91억 9,390만 달러로 추산하고, 2025~2030년 연평균 5.5% 성장해 2030년 126억 1,830만 달러에 이를 것으로 제시 ²⁾

1) <https://mobilityforesights.com/product/europe-advanced-semiconductor-packaging-market>

2) <https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/advanced-packaging-market/europe>

- 또한 2025년 11월 발표된 링크드인(LinkedIn) 차트 분석은 유럽 첨단 패키징 시장 가치를 2025년 121억 5,000만 달러, 2026~2033년 연평균 10.46% 성장, 2033년 220억 7,000만 달러 수준 추정 ³⁾
- 수치 간 편차는 크지만 공통적으로 (1) 유럽 첨단 패키징 시장의 고성장, (2) 글로벌시장에서 유럽 점유율이 20~30%대로 상당한 비중을 차지한다는 점을 시사

○ 기술 · 응용 측면 변화

- 최근 분석들은 2.5D/3D, 팬아웃 웨이퍼 레벨 패키징(FOWLP), 시스템인패키지(SiP) 등 첨단 패키징 기술이 자동차(ADAS/EV), 5G, AI/HPC, IoT 수요와 결합되어 시장을 견인하고 있다고 공통적으로 평가 ⁴⁾
- 유럽은 자동차 · 산업용 전자에서의 강점을 바탕으로, 고신뢰 · 고온도안정성 · 장수명 요구가 큰 응용에 특화된 패키징 기술(예: 고온용 전력 모듈, 산업용 SiP, 신뢰성 중심 설계)을 발전시키고 있으며, 이는 Chips JU의 전력전자 · 포토닉스 공모와도 방향성 일치

□ 실리콘 포토닉스와 광자 집적(PIC): 데이터·AI 기반 시설의 핵심 전환 축

○ (연구 · 산업 집중화) PIX Europe 파일럿 라인과 4억 유로 투자 생태계

- **(대규모 투자 프로그램)** 2024년 12월 유럽 집행위원회가 PIX Europe 컨소시엄을 선정, 바르셀로나 ICFO 주도로 약 4억 유로를 투자하여 유럽 최초의 개방형 광자 집적회로(PIC) 파일럿 라인 구축. 11개국(오스트리아, 벨기에, 핀란드, 프랑스, 아일랜드, 이탈리아, 네덜란드, 폴란드, 포르투갈, 스페인, 영국) 참여로 대륙 규모 협력체 형성
- **(기술 플랫폼 다변화)** 데이터센터 · AI 워크로드의 전력 · 대역폭 병목 해결을 위한 전기-광 통합뿐만 아니라, 6G 통신, 자율주행차, 이미징 · 센싱, 양자 컴퓨팅까지 응용 확장. 특히 위성 레이저 · 프리스페이스 광통신과 코패키징 포토닉스가 차세대 인프라의 핵심 기술로 부상
- **(소재 기술 혁신)** Project ELENA 완료(2025년 6월)로 유럽 최초 상용 리튬 나이오베이트 온 인슐레이터(LNOI) 웨이퍼 공급과 박막 리튬 나이오베이트(TFLN) 칩 양산 능력 확보. CSEM 스피노프 CCRAFT를 통해 연간 수백만 개 TFLN 칩 생산 파운드리 서비스 시작

○ (제조 인프라와 생태계 고도화) lab-to-fab 가속화 메커니즘

- **(파일럿 라인 네트워크)** Chips JU를 통해 5대 파일럿 라인(공정개발 · 시험 · 소량생산)과 컴피턴스센터(모든 회원국+노르웨이)가 가동, 중소 · 스타트업의 인프라 접근성 강화. VTT는 PIX Europe에 참여하여 두꺼운 실리콘 온 인슐레이터(SOI) 기술과 Micronova 클린룸 인프라 제공

3) <https://www.linkedin.com/pulse/europe-advanced-semiconductor-packaging-market-chart-dzo5e/>

4) <https://www.researchandmarkets.com/reports/6053242/europe-advanced-packaging-market-size-share-and>

- **(산업 표준화와 MPW)** PIX Europe가 운영 단계에서 칩-패키지-테스트까지 통합된 MPW(Multi-Project Wafer) 런 제공 예정, 연간 1,000명 대상 고급 PIC 제조 교육과정 운영으로 숙련 인력 양성. 파운드리 호환 PDK(Process Design Kit) 개발로 설계-제조 간 원활한 연결 보장
- **(클린룸 인프라 확충)** 하이테크 캠퍼스 아인트호벤(HTCE)에 1억 5,300만 유로 투자로 고정밀 클린룸 시설 구축 진행, Deerns가 기술 설계 주도. 이는 유럽의 포토닉 디바이스 개발 · 파일럿 생산을 위한 전용 고품질 클린룸으로 차세대 데이터 센터, 스마트 디바이스, AI, 고급 통신 기술의 혁신 기반 마련

○ (산업 동향) Glass Core Substrate 기반 차세대 첨단 패키징 기술 부상

- **(Glass Core Substrate 시장 급성장)** 유리 기반 첨단 패키징(패널/웨이퍼 레벨)이 차세대 AI/HPC 패키징에서 핵심 기술로 부상. 글로벌 시장 규모가 2024년 1억 9,500만 달러에서 2031년까지 연평균 17% 성장 예상. 특히 AI 서버 배치용 2.5D/3D 패키징 솔루션에서 유기 기판 대비 50% 우수한 열 방출 성능 입증
- **(유럽 시장 지위와 성장 동력)** 유럽은 글로벌 유리 기판 시장의 3%를 차지하며, EU Chips Act의 430억 유로 투자가 간접적으로 유리 기판 생태계 성장 지원. 독일이 파일럿 생산 시설에서 선도적 역할, 특히 자동차 · 산업용 반도체 응용에서 유리 기판의 열 안정성 활용
- **(기술적 우위 요소)** Glass core substrates는 실리콘과 유사한 열팽창계수(CTE: 3-7 ppm/°C)로 첨단 패키징에서 열기계적 스트레스 대폭 완화. 유기 기판 대비 10-20% 낮은 신호 손실과 5-10배 우수한 치수 안정성으로 10μm 이하 고급 패키징 노드에 필수적

○ (정책적 연계) 공급망 자주성과 국제협력 전략

- **(유럽 산업 연합 주도권)** 2023년 11월 유럽 8대 통합 포토닉스 기업 CEO들이 유럽 집행위원회에 42억 5천만 유로 8년 계획 제출, 유럽 PIC 공급망 구축을 위한 구체적 로드맵 제시. 현재 유럽은 인듐 인화물 · 질화 실리콘 PIC 제조의 6% 미만, 글로벌 조립 · 테스트 · 패키징 용량의 4% 미만 보유로 아시아 의존도 심각
- **(PhotonDelta 국제화 전략)** 네덜란드 기반 통합 포토닉스 산업 허브 PhotonDelta가 실리콘 밸리 사무소 개설로 글로벌 공급망 구축과 대량 PIC 제조 추진. 규모 확대 실패 시 생태계 붕괴 위험을 인식하고 EU 전역 공급망 구축을 통한 산업화 가속 필요성 강조
- **(국제협력 CSA 연계)** 'International cooperation in semiconductors' CSA는 실리콘 포토닉스 등 전략 분야에서 글로벌 공급망 매핑, 표준화 기여, 협력국과의 공동행동을 지원하여 기술 주권과 경쟁력 동시 확보

○ 기타

- **(PhotonixFAB 프로젝트)** EU 자금 지원으로 유럽 포토닉스 디바이스 밸류체인과 초기 산업 제조 역량 구축 추진, 혁신적 제품 개발자들에게 확장 가능한 대량 제조 경로 제공. X-FAB, LIGENTEC, SMART Photonics 등 주요 파운드리 · 테스트 업체와 Nokia, NVIDIA 등 응용 개발사 참여

- **(EDA 도구와 설계 지원)** 유럽 내 첨단 패키징과 PIC의 동시 추적은 설계-공정-패키징-시스템 통합의 수직적 고도화를 전제. Chips Act 2.0 제안들은 특히 '설계' 생태계 강화와 R&D → 산업화 고속 전이를 강조하여 유럽의 기술 자주성 확보
- **(양자-포토닉스 융합)** 양자 기술과 포토닉스의 경계 영역에서 광자 소자 · 집적, 저온 제어, 설계 플랫폼 통합이 차세대 혁신의 핵심. PIX Europe 등 파일럿 라인이 양자 컴퓨팅 · 통신 시스템 구현을 위한 필수 인프라로 기능할 전망

□ 뉴로모픽 컴퓨팅: 에너지 효율형 AI의 유럽형 해법 모색

○ 스파이킹 신경망(SNN)과 멤리스터 기반 시냅스 구현

- **(하드웨어 플랫폼 발전)** 유럽은 HBP(Human Brain Project) 성과를 바탕으로 하여 BrainScaleS-2와 SpiNNaker2 등 차세대 뉴로모픽 칩 개발을 주도. BrainScaleS-2는 아날로그 뉴런 · 시냅스 모델링으로 생물학적 실시간 처리의 10,000배 가속 달성, SpiNNaker2는 100만 개 ARM 프로세서 코어로 대규모 뇌 모델 실시간 시뮬레이션 지원
- **(멤리스터 시냅스 기술)** RRAM(Resistive RAM)과 PCM(Phase Change Memory) 기반 시냅스에서 STDP(Spike-Timing Dependent Plasticity)와 BCM(Bienenstock-Cooper-Munro) 학습 규칙을 동시 구현하는 하이브리드 CMOS-멤리스터 아키텍처 개발. HfOx/AlOx RRAM 소자로 생물학적 STDP 특성을 모방한 아날로그 학습 달성, 50ns 펄스로 시냅스 가중치 다단계 조절 실현
- **(2세대 멤리스터)** Ta2O5-x 기반 2차 멤리스터가 비중첩 스파이크로 STDP 구현, 내부 온도를 2차 상태변수로 활용하여 시간 의존적 가중치 변조 성공. 2D 소재(그래핀, MoS2, WSe2) 기반 멤리스터는 원자층 두께로 고밀도 집적과 저전력 동작을 동시 달성

○ 광자 뉴로모픽 컴퓨팅과 보안 강화

- **(NEUROPULS 프로젝트)** Horizon Europe 지원으로 증강 실리콘 포토닉스 플랫폼에서 광자 물리적 복제 불가능 함수(PUF)를 활용한 보안 뉴로모픽 가속기 개발. CMOS 호환 광자 컴퓨팅 아키텍처와 RISC-V 인터페이스로 시스템 호환성 확보, 엣지 컴퓨팅에서 필수적인 강력한 보안 계층 구현
- **(SpinAge 프로젝트)** 스피트로닉스 나노 진동자와 통합 플라스모닉 레이저를 결합한 16×16 뉴로모픽 시스템으로 기존 CMOS 대비 4-5배 성능 향상 목표. 레이저 펄스 조사로 스핀 기반 나노 진동자의 시냅스 가중치를 동적 조절하는 혁신적 접근법 채택

○ SpiNNcloud Systems의 상업적 성공 모델

- **(자금 조달과 사업화)** 2025년 7월 EIC 가속기에서 1,000만 유로 혼합 자금(그랜트+지분투자) 확보, GenAI4EU 이니셔티브 하에서 유럽 생성AI 챔피언으로 선정. 드레스덴공대 스핀오프로 2021년 설립 후 4년 만에 글로벌 뉴로모픽 시장의 선도기업으로 성장

- **(대규모 시스템 구축)** 2025년 4월 드레스덴 공대에 35,000개 SpiNNaker2 칩, 500만 프로세서 코어로 구성된 세계 최대 뉴로모픽 슈퍼 컴퓨터 SpiNNcloud 가동. GPU 대비 18배 에너지 효율성, 1ms 미만 초저지연 실시간 처리로 스마트시티, 자율주행, 촉각 인터넷 응용 개척
- **(상용화 전략)** SpiNNaker2 기술이 독일 연방 파괴적 혁신청(SPRIN-D) 파일럿 프로젝트로 선정, GlobalFoundries에서 대량 생산 진행. 클라우드-엣지 연속체에서 실시간 AI 서비스 제공을 위한 SpiNNnode 엣지 시스템 개발로 시장 접근성 확대

○ Fraunhofer 연구소의 산업화 플랫폼 구축

- **(PREVAIL 프로젝트)** 2022-2026년 Fraunhofer IPMS, IZM, IIS, EMFT가 참여하여 엣지 AI용 뉴로모픽 칩의 설계-제조-테스트 통합 플랫폼 구축. CEA-Leti, imec, VTT와 협력으로 유럽 차원의 300mm 제조 인프라 확립, 기초연구에서 상용 제품으로의 기술이전 가속화
- **(Edge AI 전문화)** Fraunhofer IIS가 배터리 구동 디바이스에서 직접 AI 작업 수행을 위한 확장 가능한 뉴로모픽 프로세서 유닛과 DNN/SNN용 CMOS 집적회로 개발. 하드웨어-소프트웨어 co-design 흐름으로 시장 출시 시간 단축과 성능 최적화 동시 달성
- **(FeFET 기반CIM)** FeEdge 프로젝트(2024-2028)에서 강유전체 전계효과 트랜지스터(FeFET) 기반 compute-in-memory 가속기를 개발, 대만 성공대학교와 협력으로 글로벌 경쟁력 확보. 메모리-연산 통합으로 폰 노이만 병목 해결과 극저전력 동작 실현

□ Chips JU 2026 공모 구조와 연구 축 재편 ⁵⁾

○ (ECS R&I Calls 2026) 응용축의 세분화

- 노르웨이 연구위원회가 2026년 2월 공정한 'Chips EU-calls within semiconductor technologies in 2026'은 Chips Joint Undertaking(Chips JU)이 2026년에 개시할 연구·혁신 공모 구조를 체계적으로 정리 진행 하였으며, 주요 특징으로는 다음과 같이 발표:
 - **(GLOBAL IA)** HORIZON-JU-CHIPS-2026-1-IA: 예산 4,000만 유로, 글로벌 협력형 혁신 행동(IA)을 통해 유럽 반도체 기술 전반의 경쟁력을 강화하는 것이 목표
 - **(Reinforcing Europe's Strength in Power Electronics)** HORIZON-JU-CHIPS-2026-FT1-IA: 2,000만 유로 규모로, 전력전자(특히 차량·에너지·산업용)에서 유럽의 강점을 강화하는 프로젝트 지원
 - **(AI-assisted methods and tools for Software-Defined Vehicle Engineering Automation - FT4-IA)** 2,000만 유로 규모로, 소프트웨어 정의 차량(SDV) 공학 자동화용 AI 기반 도구 개발 지원
- 이는 2025년 상반기까지 상대적으로 포괄적으로 정의되었던 Chips JU R&I 축이, 2025년 하반기~2026년 초에 전력전자·포토닉스·헬스·자동차(SDV)를 중심으로 보다 명확한 응용축으로 재편되고 있음을 보여 주는 발표

⁵⁾ <https://www.forskningsradet.no/en/call-for-proposals/International-joint-calls/chips-eu-calls-within-technologies-2026/>

○ (Chips for Europe) Lab-to-Fab, Quantum, Skills 공모

- 동일 문서는 Chips for Europe 이니셔티브 하에 2026년에 시행될 '핵심 역량 구축' 공모 제시
- **(Lab to Fab Accelerator)** DIGITAL-JU-CHIPS-2025-SG-LFA: 2026년 5월 7일 마감 예정으로, 연구실 수준 기술을 산업 파일럿·양산 단계로 전이하는 lab-to-fab 가속 목표 (예산 5,000만 유로)
- **(Quantum Chips Design)** HORIZON-JU-CHIPS-2026-QUANTUM-1-RIA (3,000만 유로) 및 Quantum Chips: Enabling Technologies - QUANTUM-2-RIA (2,000만 유로): 양자칩 설계와 이를 뒷받침하는 공정·재료·패키징·제어 기술 개발 지원
- Skills Hubs of Excellence (2,000만 유로), Pilot Federation (1,000만 유로), Stimulation of Chip Design (1,500만 유로) 등 반도체 설계·인력 양성·스킬 허브 구축 공모 포함
- 이러한 공모 구조는 최근 6개월 사이 EU가 반도체 R&I 정책에서 (1) 응용 분야(전력전자·포토닉스·헬스·자동차)를 정교하게 표적화하고, (2) 양자칩·lab-to-fab·설계·스킬 허브를 통합한 생태계 강화를 중점 과제로 설정함을 시사

□ OEF·IPF 제도 도입과 제조 역량 강화 ⁶⁾

○ OEF·IPF 제도의 주요 내용

- 2025년 10월, 유럽집행위는 Chips Act 하에서 새롭게 도입된 Open EU Foundry(OEF) 및 Integrated Production Facility(IPF) 제도를 처음으로 적용하고, 일부 프로젝트에 IPF·OEF 지위를 부여
- **(OEF(Open EU Foundry))** 외부 고객용 생산능력을 일정 부분 개방하는 first-of-a-kind 제조 시설로, 위탁생산을 통해 공급망 복원력 확보에 기여하는 시설에 부여
- **(IPF(Integrated Production Facility))** 설계·제조·테스트·패키징을 통합하는 수직 계열 제조 시설로, 내부·외부 수요를 동시에 충족할 수 있는 전략적 생산 시설로 정의
- **(Priority-rated orders)** 해당 지위를 부여받은 시설은 행정 절차 간소화·허가 우선 처리·파일럿라인 우선 접근 등의 혜택을 받는 동시에 위기 시 '위기 관련 주문'을 우선 수행해야 하는 의무를 부담

○ ESMC 및 Ams OSRAM 사례

- **(ESMC, 독일(드레스덴) - OEF)** TSMC, Bosch, Infineon, NXP가 설립한 합작법인으로, 300mm FinFET 기술(28/22nm, 16/12nm)을 활용해 연간 48만 장 규모의 웨이퍼 생산 계획
- **(Ams-OSRAM, 오스트리아 - IPF)** 180nm 혼성신호(mixed signal) 공정을 포함한 전방공정을 구축해, 센서·광전자 소자 등 고부가 응용을 위한 수직 계열 생산 시설로 기능하도록 설계
- 이는 기존 보고서에서 다뤄지던 투자·보조금 승인(예: ESMC 합작투자)과 달리 최근 6개월 이내에 생산 시설의 '전략적 지위'를 제도적으로 규정하고 집행한 첫 사례로, Chips Act 이행이 선언·계획 수준을 넘어 집행·운영 단계로 진입했음을 시사

⁶⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/milestone-strengthening-europes-semiconductor-manufacturing-capacity-under-chips-act-reached>

□ EIB 177억 유로 금융 패키지와 반도체 지원

○ TechEU를 통한 반도체 · 혁신 금융

- 유럽투자은행(EIB) 그룹은 2025년 11월 이사회에서 총 177억 유로 규모의 금융 패키지를 승인함. 이 중 42억 유로는 TechEU 프로그램 하에서 혁신 기업 · 기술을 지원하는 데 배정되며, 반도체 제조와 배터리 저장, 전략 인프라가 주요 수혜 분야로 대두됨 ^{7) 8)}
- 보도 자료는 해당 패키지가 EU 내 반도체 제조 혁신 프로젝트를 포함하여 에너지 인프라 · 철도 · 사회 인프라 등 광범위한 분야의 경쟁력 · 회복력 제고를 목표로 한다고 명시함. EIB 그룹은 2024년 한 해 동안 900개 이상의 프로젝트에 약 890억 유로를 공급했으며, 이 중 약 60%가 기후 · 환경 관련 투자
- EIB의 177억 유로 패키지는 직접적인 반도체 수처(개별 프로젝트 금액)는 공개하지 않지만, TechEU를 통해 EU 내에서 개발된 기술 · 기업이 유럽 안에서 성장할 수 있도록 하는 장기 · 대규모 금융 백스톱이라는 점에서 Chips Act · IPCEI와 다른 차원의 정책 도구로서 기능함. 특히 고금리 환경에서 대규모 팹 · 패키징 · 테스트 투자를 위한 자본비용을 낮춘다는 점에서 2025.9~2026.3 기간의 중요한 거시적 변화로 평가

□ Digital Europe Programme 중간평가와 반도체 파일럿 · 컴피턴스센터

○ DIGITAL 프로그램 성과 (2025.12.18 기준) ⁹⁾

- Digital Europe Programme(DIGITAL)은 고성능 컴퓨팅(HPC), AI, 사이버보안, 고급 디지털 스킬, 디지털 기술 보급 등 EU 전략 디지털 역량을 구축하는 데 초점을 둔 프로그램
- 2025년 12월 18일 발표된 중간평가 · 성과 스냅샷은 다음과 같은 정량적 성과를 제시
- JUPITER(유럽 최초 엑사스케일 슈퍼컴퓨터) 구축 - TOP 500 순위 4위 진입
- 4개의 대규모 부문별 AI 시험 · 실험(Testing and Experimentation Facilities) 구축
- 150개 이상 European Digital Innovation Hubs(EDIH)를 90%의 EU 지역에 배치, 5만 4,600개 기업에 2만 9,000개 이상의 서비스를 제공
- 고급 디지털 분야에서 2만 700명 이상 교육 · 훈련, 26개 CyberHub 조달, 27개 국가 사이버보안 조정센터 설립
- 반도체 파일럿라인 및 컴피턴스센터에 대한 유의미한 투자가 진행 중임을 명시

○ 경쟁력 의제와의 연계

- 동 평가를 해설한 기사에 따르면, 2026년 초 EU 경쟁력 논의에서 DIGITAL 프로그램이 “경쟁력 전략의 핵심 이행 수단(core implementation instrument)”으로 자리매김하고 있으며, 반도체 파일럿라인 및 컴피턴스센터에 대한 투자는 단순 산업정책을 넘어 경제 회복력 · 디지털 인프라 · 고급 인력 양성과의 직결임을 강조

9) <https://dedep.eu/news/how-eus-competitiveness-agenda-reinforcing-digital-europe-programme-2026>

- 이는 최근 6개월간 반도체 · 디스플레이 연구 동향을 볼 때, 개별 기술 프로젝트뿐 아니라 디지털 · HPC · AI 인프라와 통합된 구조로 R&I가 설계되고 있음을 보여주는 거시적 배경

2. 유럽의 반도체 · 디스플레이 정책 동향

□ Chips Act(2023) 이행과 평가: 목표-수단 간 간극과 보완 필요

○ 유럽회계감사원(ECA) 특별보고서의 현실적 평가와 개선 권고사항

- **(목표 달성 가능성 평가)** 2025년 4월 28일 발표된 ECA 특별보고서 12/2025는 EU가 2030년까지 글로벌 반도체 시장 점유율 20% 목표 달성이 “매우 불가능(very unlikely)”하다고 결론. 현재 궤적으로는 2022년 9.8%에서 2030년 11.7%로 소폭 증가에 그쳐 목표와 현실 간 심각한 괴리 존재
- **(예산 구조의 분산과 집행력 한계)** Chips Act의 2030년까지 총 예산 860억 유로 중 유럽 집행위원회 직접 관리분은 45억 유로(5%)에 불과하며, 나머지 95%는 회원국과 민간 부문에 의존. 이는 글로벌 주요 제조사들의 2020~2023년 3년간 4,050억 유로 투자 대비 현저히 부족한 수준으로, 통합 투자 전략 부재 문제 심각
- **(구조적 도전과제)** 높은 에너지 비용, 원자재 의존성, 숙련 노동력 부족, 지정학적 불안정성이 Chips Act 이행의 핵심 저해 요인. 특히 AI 윤리 가이드라인이 없는 관찰구역이 40%에 달해 첨단 칩 개발 지원 체계 미비

○ IPCEI 메커니즘을 통한 범유럽 반도체 생태계 구축

- **(IPCEI ME/CT의 대규모 투자)** 2023년 6월 승인된 제2차 마이크로 일렉트로닉스 IPCEI는 14개 회원국, 68개 프로젝트, 56개 기업이 참여하는 총 217억 유로 규모의 범유럽 프로젝트. 최대 100억 유로의 국가 보조금이 202억 유로 이상의 민간투자를 유도하여 전체 밸류체인 강화 추진
- **(제1차 IPCEI 성과와 확장)** 2018년 승인된 제1차 IPCEI는 오스트리아, 프랑스, 독일, 이탈리아, 영국 5개국 32개 기업이 참여, 19억 유로 국가지원으로 65억 유로 민간투자 창출. 소비자 기기부터 자율주행차, 배터리 관리 시스템까지 다양한 하위 응용 분야 혁신 기술 개발 성공
- **(국제경쟁력 확보 전략)** IPCEI는 EU 산업전략의 핵심 도구로서 시장 실패와 사회적 도전 해결을 위한 범유럽 컨소시엄 구성. 연구개발과 최초산업화(FID)에 특화된 프로젝트로 글로벌 경쟁에서 유럽의 기술 자주성 확보와 전체 회원국 혜택 보장

○ 모니터링 시스템 개선과 Chips Act 2.0 논의 본격화

- **(목표 재설정과 현실성 검토)** ECA는 20% 목표가 본질적으로 “열망적(aspirational)”이었다고 평가하며, 2030년까지 생산능력을 약 4배 늘려야 달성 가능한 비현실적 목표로 판단. 집행위원회는 급변하는 글로벌 경쟁 환경과 지정학적 위험(미국 트럼프 정부 관세 정책 등)을 고려한 전략 재평가 필요

- **(정기 모니터링 체계 구축)** ECA는 조기 장애물 식별과 해결을 위한 정기 모니터링 시스템 도입을 권고. 목표 명확성 부족과 주류 마이크로칩 산업 수요 반영 부족 문제 해결을 위한 체계적 점검 메커니즘 구축 필수
- **(회원국-산업계 협력 강화)** 집행위원회가 EU 차원에서 국가 투자를 조정할 권한이 없어 Chips Act 목표와 일치성 보장 어려움. 27개 회원국의 공동선언을 바탕으로 한 Chips Act 2.0은 전용 예산 라인, 규칙 간소화, 설계 생태계 강화를 핵심으로 추진

□ Micro-LED 및 관련 디스플레이 시장

○ 유럽 Micro-LED 시장 전망

- 유럽 Micro-LED 시장은 AR/VR, 대형 디지털 사이니지, 자동차 HUD, 웨어러블 등에서의 고휘도 · 고효율 요구에 힘입어 빠르게 성장할 것으로 예상
- 공개 리포트 일부는 2030년까지 유럽 Micro-LED 시장이 수십억 달러 규모에 도달할 것으로 예상하면서, 생산원가 · 수율 · 레드 픽셀 효율을 핵심 과제로 지적¹⁰⁾
- Micro-LED는 고휘도 · 고명암비 · 장수명이라는 장점에도 불구하고 대량 전사 공정 · 불량 픽셀 복구(repair) · 칩 크기 축소(10 μm 이하)에서 비용 · 기술 난제 지속
- 유럽의 대규모 생산 팹 비중은 낮지만, AR/VR용 LEDoS(LED-on-Silicon) 구조, 광학 설계, 헤드업 디스플레이 모듈과 같이 가치 사슬 상류 · 시스템 통합 영역에서 역할을 확대하는 전략 채택

□ Microdisplay 전반 (통합 시장 관점)

○ 유럽 통합 시장 분석

- 2026년 2월자 글로벌 마이크로디스플레이 분석은 마이크로디스플레이 시장이 2025년 50억 달러 수준까지 확대될 수 있다고 보면서, OLED · Micro-LED · LCoS 등 다양한 기술이 AR/VR · MR · HUD · 웨어러블에서 경쟁 · 보완 관계를 형성할 것으로 전망
- 이는 유럽의 OLED 마이크로디스플레이 · Micro-LED · 반사 저감 디스플레이 연구가 단일 기술 독점이 아닌 멀티 플랫폼 경쟁 환경에서 위치를 잡아야 함을 시사

□ 유럽 OLED 마이크로디스플레이 시장: 고성장과 리스크 인식¹¹⁾¹²⁾

○ 시장 규모 · 전망(2024~2032)

- 2025년 10~11월 발표된 유럽 OLED 마이크로디스플레이 시장 분석에 따르면, 유럽 OLED 마이크로디스플레이 시장은 2024년 약 3억 8,000만 달러 규모로 평가. 2025~2032년 연평균 약 20% 성장하여 2032년 약 16억 달러 수준에 도달할 것으로 전망

10) <https://www.researchandmarkets.com/report/europe-microled-market>

11) <https://www.linkedin.com/pulse/europe-oled-microdisplay-market-overview-2025-comprehensive-a6toe/>

12) <https://www.hdinresearch.com/news/772>

- 주된 성장 동력은 AR/VR · MR 헤드셋, 스마트 글래스, 군 · 산업 · 의료용 HMD(Head-Mounted Display)의 확산
- 고해상 전자식 뷰파인더(EVF), 의료 영상 장비, 열영상 카메라, 군수 · 보안 장비 등 전문 · 산업용 마이크로 디스플레이 수요도 성장세에 크게 기여할 것으로 분석

□ Reflection-free(무반사) 디스플레이 시장: 안구 피로·야외 가시성 이슈 대응

○ 반사 저감 · 무반사 디스플레이 유럽 시장 전망

- 2월 HDIN Research는 Reflection-free Display Market Forecast 2026 분석을 통해, 반사 저감 · 무반사 디스플레이 시장이 2026년 59억~97억 달러 규모로 형성될 것으로 추정¹³⁾
- 2026~2031년 예상 연평균 성장률은 8.5~12.4%로, 일반 디스플레이 시장 대비 높은 성장세 예상
- 기술적으로는 나노 텍스처 표면 처리와 다층 반사 방지(AR) 코팅을 결합해 반사율을 2% 이하로 낮출 수 있는 솔루션을 핵심으로 제시
- 주요 응용은 전자 선반 라벨(ESL), 옥외 디지털 사이니지, 스마트시티 키오스크, 자동차 계기판 · 인포테인먼트 패널 등으로, 밝은 환경에서의 가독성 · 시인성이 중요한 세그먼트로 인식
- 다른 시장 분석은 전자책 리더, ESL, 고휘도 디지털 사이니지 수요를 바탕으로 반사 저감 디스플레이 시장이 2025년 125억 달러 규모, 2033년까지 연평균 8.5% 성장할 것으로 제시¹⁴⁾
- 유럽의 대형 패널 생산기지로서의 비중은 상대적으로 낮지만, 의료 · 산업용 · 스마트시티 · 교통 인프라용 디스플레이에서 무반사 · 고가독성 요구가 크다는 점에서 해당 세그먼트에서 장기적인 수요 · 프로젝트 기회 확대 예상

□ 글로벌 디스플레이 기술·시장과의 접점

○ OLED 마이크로디스플레이 - 글로벌 관점¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

- 글로벌 OLED 마이크로디스플레이 시장은 2025년 18억 8,000만 달러에서 2033년 114억 2,000만 달러로 연평균 25.3% 성장할 것이라는 전망 제시
- 유럽 시장은 이 중 고부가 AR/VR · 의료 · 산업용 세그먼트에서 높은 비중을 차지하며, 자동차 HUD · 항공 · 군수용 HMD 등 특수 응용에서도 성장 예상
- AR/VR · HMD, 전자식 뷰파인더, 군용 · 산업용 디스플레이 등 고성장 세그먼트에서 유럽 기업 · 연구기관의 R&D 파이프라인이 두드러지도록 확대
- 다만, 제조 비용, 공급망 집중, 관세 등 리스크가 동반되므로, 유럽 내 생산기지 및 공급선 다변화가 핵심 과제로 부각

13) <https://www.hdinresearch.com/reports/159998>

14) <https://www.marketreportanalytics.com/reports/reflection-free-display-378146>

15) <https://www.linkedin.com/pulse/2026-europe-oled-microdisplay-market-risks-challenges-m3tje/>

16) <https://www.skyquestt.com/report/oled-microdisplay-market>

17) <https://www.linkedin.com/pulse/challenges-opportunities-microdisplays-ijltf/>

□ 최근 6개월 분석에서 부각된 리스크 요인

○ 리스크 · 제약 요인

- **(고비용 제조 구조)** 실리콘 백플레인과 정밀한 유기 물질 증착 공정 등으로 인해 생산 단가가 높고 수율 관리가 어려워 대량 상용화에 제약이 존재한다는 점을 반복적으로 지적
- **(공급망 집중도)** 특수 소재 · 장비 공급업체가 소수에 집중되어 있어 지정학 · 무역 규제 · 공급 차질에 취약
- **(관세 · 통상 리스크)** 일부 보고서는 관세 · 무역 갈등이 OLED 마이크로디스플레이 공급망을 단편화하고 비용을 상승시켜 유럽 내 생산 기반 구축 또는 공급선 다변화 압력을 높일 것이라고 분석
- 해당 논의는 유럽이 단순히 '성장 시장'으로서가 아니라 공급망 리스크 관리와 전략적 생산 거점 확보 관점에서 OLED 마이크로디스플레이를 바라보기 시작했음을 시사

□ 제조 · 투자: 유럽 내 역량 증설과 전략 자율성

○ (사례) 드레스덴 반도체 생산공장의 전략적 의미와 파급효과

- **(ESMC 프로젝트 개요)** European Semiconductor Manufacturing Company (ESMC)는 TSMC 70%, 보쉬 · 인피니온 · NXP 각 10% 지분으로 구성된 합작법인으로 드레스덴에 300mm 팹 건설. 총 투자액 100억 유로, 28/22nm 및 16/12nm 공정, 월 4만 장(40K wspm) 목표, 2027년 양산 개시 예정
- **(기술적 특화와 시장 포지셔닝)** 최첨단 노드가 아닌 성숙/특수 기술에 특화하여 자동차 · 산업용 · IoT 칩 생산에 집중. 이는 유럽의 강점 분야인 자동차 · 산업 자동화와 직결되어 아시아 의존도 완화와 공급망 회복력 강화에 핵심 역할
- **(고용 창출과 인력 생태계)** 2,000명 직접 고용과 수천 명 간접 고용 창출로 유럽 반도체 인력풀 확대. 드레스덴 지역은 "Saxon Silicon Valley"로 불리며 Globalfoundries, 인피니온, 보쉬 등 기존 생태계와 시너지 창출을 통한 클러스터 효과 극대화

○ (전략적 의미) 기술 주권과 지속가능성의 동시 추진

- **(공급망 자주성 확보)** 차량용 · 산업용 반도체의 유럽 내 안정적 공급을 통해 2020-2021년 글로벌 칩 부족 사태와 같은 공급망 충격에 대한 회복력 강화. 특히 전기차 · ADAS · 산업 IoT 등 유럽이 글로벌 리더십을 유지하는 분야의 핵심 부품 현지 조달 가능
- **(실리콘 색소니(Silicon Saxony) 생태계 심화)** 작센주 반도체 클러스터는 독일 반도체 생산의 60% 이상을 담당하며, ESMC 투자로 연구 · 개발 · 제조 · 테스트 · 패키징 전 밸류체인이 지역 내 완성. Fraunhofer CNT, TU 드레스덴 등 연구기관과의 산학연 협력으로 혁신 생태계 고도화
- **(탄소 중립과 에너지 효율)** 수요지 인접 생산으로 물류비용 · 탄소발자국 저감과 동시에 독일의 재생에너지 확대 정책과 연계한 친환경 제조 실현. ESMC는 녹색 에너지 사용과 공정 최적화를 통한 지속가능한 반도체 제조의 유럽 모델 구축 목표

○ 글로벌 파트너십과 기술 이전 모델

- **(TSMC의 유럽 진출 전략)** TSMC의 첫 유럽 팹 투자는 지정학적 위험 분산과 고객 근접성 확보를 위한 전략적 결정. 아리조나, 일본 구마모토에 이어 세 번째 해외 생산기지로서 글로벌 제조 네트워크의 균형적 배치 완성
- **(기술 이전과 현지화)** 한국 · 대만에서 축적된 28nm 이하 공정 기술의 유럽 이전을 통해 현지 엔지니어 교육과 기술 노하우 축적. 장기적으로 유럽 자체 제조 역량 구축의 토대가 되어 기술 종속성 완화에 기여
- **(산업 연관효과)** 장비 · 소재 · 화학물질 등 반도체 제조 생태계 전반의 유럽 내 투자와 공급업체 육성 유도. 특히 ASML(네덜란드), AIXTRON(독일) 등 유럽 장비업체와의 협력 강화로 제조-장비 산업의 상호 발전 도모

□ 지속가능 반도체(녹색 제조)와 에너지 정책 정합성

○ GENESIS 프로젝트: 친환경 반도체 제조의 유럽 표준 구축

- **(프로젝트 개요와 목적)** GENESIS(Green Efficient Sustainable Integrated Systems)는 Chips JU 지원 하에 총 5,500만 유로 규모로 추진되는 유럽의 지속 가능한 반도체 제조 전환 프로젝트. PFAS(과불화화합물) · GHG(온실가스) 저감, 대체물질 · 공정 개발, 자원효율성 혁신을 통한 green transition 선도
- **(기술 · 혁신 영역)** 웨이퍼 세정 공정에서 PFAS 대체 화학물질 개발, 에칭 · 증착 공정의 온실가스 배출 최소화, 물 사용량 · 폐수 처리 최적화, 희토류 · 크리티컬 머티리얼의 재활용 · 회수 기술 개발. 이는 EU Green Deal과 REPowerEU의 세부 실행 방안으로서 반도체 산업의 환경 규제 선제 대응
- **(국제협력)** 스위스 SERI(State Secretariat for Education, Research and Innovation) 공동 참여로 EU-스위스 과학기술 협력 강화. CSEM, imec 등 유럽 주요 연구기관이 컨소시엄을 구성하여 기술 개발에서 상용화까지 전주기 지원

○ 에너지 정책과의 정합성: REPowerEU와 탄소 중립 목표 연계

- **(재생에너지 활용 확대)** 반도체 제조의 높은 전력 소비(전체 제조업 전력의 2-3%)를 고려하여 태양광 · 풍력 등 재생에너지 비중 확대 정책과 연계. 독일 드레스덴 ESMC의 경우 작센주의 재생에너지 확대 계획과 맞물려 탄소 중립 제조 실현 목표
- **(순환경제 모델 구현)** SCHOTT의 제품탄소발자국(PCF) 가이드라인 개발은 유리 기판 제조에서 원료 채취부터 폐기까지 전 생애주기 탄소 배출량을 정량화하는 업계 최초 시도. 이는 EU 공급망 실사 지침(CSDDD)과 텍소노미 규정 준수를 위한 선제적 대응
- **(그린딜 연계 효과)** EU 그린딜의 "Fit for 55" 패키지와 연계하여 반도체 제조업의 탄소국경조정메커니즘(CBAM) 적용 대비와 환경규제 준수를 통한 글로벌 경쟁력 확보. ESIA(European Semiconductor Industry Association)는 반도체 산업이 디지털 전환을 통해 다른 산업의 탄소 감축에 기여한다는 점을 강조

○ 산업 생태계 차원의 지속가능성 통합

- **(공급망 탈탄소화)** 반도체 제조에서 scope 3 배출(공급망 배출)이 전체의 70~80%를 차지함을 고려하여 원자재 · 화학물질 · 가스 공급업체의 친환경 전환 유도. 특히 실리콘 웨이퍼, 포토레지스트, 특수가스 등 핵심 소재의 유럽 내 친환경 공급망 구축 추진
- **(순환 설계 원칙)** 설계 단계에서부터 수명 연장, 재사용성, 재활용성을 고려한 "eco-design" 원칙 적용. 이는 EU 배터리 규정, 폐전자제품 지침(WEEE) 등과 연계하여 반도체 제품의 전 생애주기 환경 영향 최소화 추구
- **(혁신 금융과 ESG 연계)** EU 택소노미와 지속가능금융 분류체계에 따른 녹색 반도체 프로젝트 자금 조달 우대. European Investment Bank의 InvestEU 프로그램과 연계하여 환경 기준을 충족하는 반도체 투자에 대한 저금리 융자 및 보증 제공

□ 국제협력, 표준 및 인력

○ (Horizon Europe) 반도체 국제협력의 체계적 확대

- **(ICOS CSA)** 2023년 1월 출범한 3년 간 조정지원사업으로 19개 파트너가 참여하여 글로벌 공급망 매핑, 위험분석, 표준화 기여, 협력국과의 공동행동 제안 수행. 반도체 공급망의 지정학적 위험 평가와 신뢰할 수 있는 파트너국과의 전략적 제휴 강화가 핵심 목표
- **(한-유럽 공동공모 확대)** 이종집적 · 뉴로모픽 컴퓨팅 분야에서 한국과의 공동 연구개발 사업 추진으로 상호 보완적 기술 역량 결합. 특히 메모리 반도체 강국인 한국과 시스템 반도체 · 설계 강점을 가진 유럽의 협력으로 차세대 AI 칩 생태계 구축
- **(Chips Diplomacy Support)** EU 대외행동청(EEAS)과 연계하여 반도체 분야 디지털 파트너십 확대. 인도-태평양 전략의 일환으로 일본, 대만, 싱가포르 등과의 반도체 협력 프레임워크 구축 추진

○ (산업연합 및 얼라이언스) 민관협력 플랫폼의 실질적 운영

- **(프로세서 · 반도체 기술 산업 얼라이언스 본격 가동)** 2025년 5월 6일 플레너리 회의 개최로 공식 활동 시작. EU 집행위원회가 촉진자 역할을 수행하며 유럽 전자산업 밸류체인의 기업 · 연구기관 · 사용자 기업이 참여하여 기술격차 식별과 경쟁력 강화 방안 도출
- **(설계 생태계 강화)** 유럽이 취약한 첨단 노드 설계와 오픈소스 하드웨어 솔루션 개발을 위한 workstream 운영. 차세대 고성능 · 자원효율적 프로세서 개발을 위한 설계 역량 강화와 EDA 도구 · IP 생태계 구축이 핵심 과제
- **(제조 역량 다변화)** 지역 · 글로벌 혼합 플레이어를 통한 조립 · 테스트 · 첨단 패키징 역량 구축으로 신뢰할 수 있는 차세대 프로세서와 전자부품 생산. 2030년까지 생산능력 10% 확보를 목표로 하는 구체적 로드맵 추진

○ (인력 및 역량센터) 유럽 반도체 인재 양성의 체계적 접근

- **(ECSA의 전면 가동)** Erasmus+ 프로그램 지원으로 2023년 10월부터 2027년 9월까지 4년간 운영되는 범유럽 반도체 인재 양성 플랫폼. SEMI Europe 주도로 18개 파트너, 11개국이 참여하여 연구 · 교육 · 산업 연계 강화
- **(인력 부족 위기의 정량적 분석)** ECSA Skills Strategy Report 2024는 유럽 반도체 산업의 75,390개 직종 부족을 분석, 하드웨어 엔지니어링 52%, 기술자 31% 부족 상황 확인. 2030년까지 35만 명의 추가 전문가가 필요하나 25만 명만 공급 가능하여 10만 명 부족 예상
- **(Digital Europe Programme 연계)** "Reinforcing Skills in Semiconductors" 공모를 통해 고등교육 네트워크와 직업훈련 네트워크 구축. 최소 5개국, 5개 기관 참여로 연간 500명(학위과정), 1,000명(기술자) 양성 목표, 프로젝트당 최대 500만 유로 지원

○ 교육-산업 연계 강화와 다양성 증진

- **(RESCHIP4EU 이중학위 프로그램)** EIT Digital 주도로 9개 고등교육기관이 참여하여 임베디드 시스템 설계 석사과정(120 ECTS) 개발. 실리콘에서 시스템온칩 설계, 제조, 스마트 · 안전 필수 플랫폼 · 응용 소프트웨어 까지 전방위 교육과정 구성
- **(European Chips Diversity Alliance (ECDA))** SEMI Europe 주도로 반도체 분야 다양성 · 형평성 · 포용성 (DEI) 증진을 통한 인력 확충. 과소대표 그룹의 진입 장벽 완화와 학계-산업 협력 강화를 통한 혁신적 훈련 프로그램 개발
- **(컴피턴스 센터 네트워크)** 전 27개 회원국과 노르웨이에 설치된 국가별 컴피턴스 센터가 교육 · 접근 · 서비스 제공. 파일럿 라인과 연계한 실습 기반 학습으로 이론과 실무의 격차 해소, 중소기업과 스타트업의 반도체 기술 접근성 향상

○ 국제 표준화와 기술 외교

- **(표준화 기구 참여 확대)** IEC, IEEE, JEDEC 등 국제 표준화 기구에서 유럽 기업 · 연구기관의 참여 확대를 통한 기술 표준 선도권 확보. 특히 양자 컴퓨팅, 뉴로모픽 컴퓨팅, 첨단 패키징 분야의 새로운 표준 개발에 유럽의 기술적 관점 반영
- **(디지털 파트너십 연계)** EU의 디지털 파트너십(일본, 한국, 싱가포르, 캐나다 등)을 활용한 반도체 기술 · 표준 · 인력교류 확대. 상호 연구개발 성과 공유와 공동 표준 개발을 통한 아시아-태평양 지역과의 협력 심화
- **(제3국 인재 유치 전략)** EU Blue Card 제도와 연계하여 반도체 전문가에 대한 우선 비자 발급 및 장기 거주 지원. 특히 인도, 중국, 미국 등에서 유럽으로의 두뇌 유입을 통한 기술 역량 보강과 다문화 혁신 생태계 구축

3. 시사점

□ (정책·산업 전략) 기술 주권의 현실적 접근과 전략 재편

○ Chips Act 2.0의 전주기 통합과 실행력 강화 필요성

- **(전략적 자율성의 현실적 재정의)** 유럽이 1990년대 44%에서 현재 8-10%로 급락한 글로벌 반도체 시장 점유율을 고려할 때, 완전한 자급자족보다는 "선택적 불가결성(selective indispensability)" 전략이 현실적. 2030년 20% 목표 달성은 ECA 평가에 따르면 "매우 불가능"하지만, 핵심 분야에서의 기술적 주도권과 공급망 초크포인트 확보가 진정한 전략 목표
- **(전주기 최적화 메커니즘)** Chips Act 2.0의 핵심은 "설계-제조-패키징-표준-지속가능성"의 연쇄를 하나의 실행 로드맵으로 묶어 예산·인허가·평가를 신속히 집행하는 것. 특히 유럽이 취약한 설계(EDA·IP·플랫폼) 생태계와 첨단 패키징(유리·HPC·HBM) 역량 강화가 기술주권의 결정요소
- **(민관협력 거버넌스 혁신)** 기존 Chips Act의 예산 분산 문제(EU 직접 관리 5%, 회원국·민간 95%)를 해결하기 위해 전용 예산 라인 신설과 IPCEI 확대가 필수. 27개 회원국 공동선언으로 추진 중인 Chips Act 2.0은 규칙 간소화·의사결정 신속화를 통한 실행력 제고가 관건

○ Chips Act 2.0/개정 논의를 전제로 한 전략 재편

- ECA 보고서·SciencelBusiness 기사 등은 20% 목표의 비현실성과 투자·거버넌스 한계를 지적하면서 차기 반도체 전략(Chips Act 2.0)을 위한 현실적 재설계 필요성 제기
- 한국은 향후 Chips Act 개정 과정에서 설계·패키징·공급망·ESG·디스플레이·디바이스 등 세부 영역별 규범·프로그램 재편이 예정되어 있음을 감안할 때 관련 협·규제 대응 전략의 선제적 준비가 필요

○ 양자-포토닉스-뉴로모픽 융합의 유럽형 차별화 전략

- **(기술 융합 생태계)** 양자 전략과 Chips Act의 접속은 광자·저온제어·테스트·표준 등 접속지점에서 '유럽형 불가결성'을 창출할 기회. PIX Europe 4억 유로 투자와 SpiNNcloud 1,000만 유로 EIC 지원은 기술 융합을 통한 차세대 경쟁 우위 확보의 실증 사례
- **(2026년 표준화 로드맵의 전략적 중요성)** 양자칩 산업화 로드맵과 표준 로드맵은 기업·연구기관의 CAPEX·인력계획의 중요한 기준점으로 작용. 표준화 선도권 확보를 통해 글로벌 밸류체인에서 핵심 위치 점유가 가능하며, 이는 시장 점유율보다 중요한 전략적 자산
- **(응용 중심 혁신 생태계)** 실리콘 포토닉스(데이터센터), 뉴로모픽(자율주행), 양자광자(보안통신) 등 각각의 killer application을 중심으로 한 수직 통합 생태계 구축이 성공 요인. 범용 기술 개발보다 특화 응용에서의 글로벌 리더십 확보가 현실적

○ 지정학적 환경 변화에 대한 적응형 전략 필요

- **(미중 경쟁 심화와 유럽의 전략적 위치)** 트럼프 2기 행정부의 거래적(transactional) 정책과 중국의 기술 굴기 가속화 속에서 유럽은 "제3의 극"으로서 균형자 역할과 기술 자주성 확보의 이중 과제 직면. 네덜란드 ASML의 대중 수출규제 압박 사례처럼 기술 무기화(weaponization)에 대한 대응 전략 필수
- **(공급망 다변화와 파트너십 전략)** 완전한 독립보다는 "신뢰할 수 있는 파트너"와의 상호의존성 구축이 현실적. 한-유럽, 일-유럽, 대만-유럽 등 기술 협력 확대를 통한 아시아 과도의존 완화와 동시에 미국과의 기술 동맹 강화 필요

○ EIB·TechEU·DIGITAL의 '재정·디지털 인프라' 결합 구조

- 반도체·디스플레이 관련 대규모 프로젝트는 이제 Chips Act·IPCEI·국가 보조 + EIB·TechEU + DIGITAL/Horizon의 복합 자원 구조로 추진되는 경향 강력
- 이는 프로젝트 참여·투자 시 단일 프로그램 대응을 넘어, 복수의 EU 금융·R&I·디지털 인프라 프로그램을 결합한 구조 설계 능력이 중요성 증가의 의미 보유

□ (연구·협력 전략) 글로벌 네트워크와 기술 생태계 구축

○ 파일럿 라인 중심의 Lab-to-Fab 가속화

- **(인프라 투자의 승수효과)** PIX Europe 파일럿 라인, ECSA 인재양성, GENESIS 녹색제도가 연계된 통합 생태계가 TRL 향상과 상용화를 가속화. VTT, imec, CEA-Leti 등 연구기관과 X-FAB, SMART Photonics 등 파운드리 협력에 "유럽형 반도체 생태계"의 핵심 자산
- **(중소기업·스타트업 접근성 강화)** 27개 회원국+노르웨이 컴피턴스 센터 네트워크와 파일럿 라인의 연계로 혁신 기업들의 프로토타이핑·소량생산 접근성 획기적 개선. 이는 실리콘밸리나 선전의 창업 생태계에 대응하는 유럽만의 차별화된 혁신 지원 모델
- **(MPW와 교육훈련 통합)** PIX Europe의 연간 1,000명 고급 PIC 제조 교육과정과 MPW 런의 결합은 인력 양성과 기술개발의 선순환 구조 창출. 이론과 실무를 결합한 hands-on 교육 모델이 아시아의 대량 인력 공급에 대응하는 유럽의 질적 우위 전략

○ 국제 공동 공모와 CSA 활용의 전략적 확대

- **(“R&I+정책” 패키지형 접근)** 실리콘 포토닉스·뉴로모픽·양자광자 분야에서 ICOS CSA의 공급망 매핑·표준 참여·위험분석과 기술개발 프로젝트의 연계를 통한 시너지 극대화. 단순한 기술개발을 넘어 글로벌 거버넌스 참여와 규범 설정 능력 확보가 핵심
- **(한-유럽 전략적 파트너십의 심화)** 메모리 반도체 강국 한국과 시스템 반도체·설계 강점 유럽의 상호 보완성을 활용한 차세대 AI 칩 생태계 구축. 이종집적·뉴로모픽 공동 공모를 HBM-PIM, CXL, 첨단 패키징까지 확장하여 포괄적 기술 동맹 구축 필요

- **(디지털 파트너십 네트워크 확장)** 일본(소재·장비), 대만(파운드리), 싱가포르(설계·테스트) 등 과의 기술별 특화 협력을 통한 아시아-태평양 기술 생태계 참여. 미중 갈등 심화 속에서 "제3국" 네트워크 구축이 전략적 선택권 확대의 핵심

○ 녹색제조와 순환경제모델의 글로벌 표준화 주도

- **(GENESIS 프로젝트의 파급효과)** PFAS·GHG 저감, 대체물질 개발, 자원순환 기술이 EU Green Deal·REPowerEU와 연계되어 글로벌 환경규제의 선도 모델로 작용. 이는 기술적 차별화뿐만 아니라 ESG 공급망 요구사항을 통한 시장 접근 장벽 창출 효과
- **(PCF 가이드라인과 공급망 투명성)** SCHOTT의 제품탄소발자국 가이드라인이 업계 표준으로 확산될 경우, 유럽 기업들의 환경 규제 준수 경험이 글로벌 경쟁 우위로 전환. EU 공급망 실사 지침(CSDDD)과 탄소노미 규정이 글로벌 공급망 재편의 동력으로 작용
- **(그린 파이낸싱과 혁신 생태계)** EIB InvestEU 프로그램과 연계한 녹색 반도체 프로젝트 우대 금융이 기술 혁신과 환경 목표의 동시 달성을 유도. 이는 아시아의 저비용 대량생산에 대응하는 유럽의 고부가가치·친환경 차별화 전략

□ (기업·투자관점) 밸류체인 재편과 새로운 기회 창출

○ 드레스덴 ESMC 중심의 생태계 외부성 활용

- **(“앵커 팹” 효과와 클러스터 형성)** ESMC 100억 유로 투자가 Silicon Saxony 생태계에 미치는 파급효과는 단순한 제조 역량 확충을 넘어 연구·개발·테스트·패키징 전 밸류체인 고도화. Fraunhofer CNT, TU 드레스덴 등 연구기관과의 산학연 협력이 혁신 생태계의 임계질량 형성
- **(차량용·산업용 반도체의 전략적 중요성)** 최첨단 노드가 아닌 28/22nm, 16/12nm 성숙 기술에 특화된 ESMC의 전략적 선택이 유럽의 강점 분야(자동차·산업자동화)와 정합. 전기차·ADAS·산업IoT 등에서 유럽의 글로벌 리더십을 뒷받침하는 핵심 인프라로 기능
- **(공급업체 육성과 연관산업 발전)** ASML, AIXTRON 등 기존 유럽 장비업체뿐만 아니라 소재·화학물질·특수가스 등 전방위 공급망의 유럽 내 투자 유도. 이는 아시아 의존도 완화와 동시에 유럽 내 고부가가치 일자리 창출의 선순환 구조

○ 첨단패키징과 Glass Substrate의 시장기회

- **(AI/HPC 패키징 시장의 급성장)** Glass core substrate 시장이 2024년 1억 9,500만 달러에서 2031년까지 연평균 17% 성장하여 유럽 기업들에게 새로운 성장 동력 제공. 유기 기판 대비 50% 우수한 열 방출 성능과 10-20% 낮은 신호 손실이 차세대 AI 서버의 필수 기술로 부상
- **(유럽의 소재·장비 강점 활용)** SCHOTT 등 특수유리 기업과 장비 업체들이 CTE 정합성, 평탄도, 표면처리 기술에서 차별화된 경쟁력 보유. 아시아가 주도하는 대량 생산 시장에서 고부가가치 특수 응용 분야의 프리미엄 시장 창출 가능

- **(2.5D/3D 패키징과 HBM 연계)** Glass substrate 기반 첨단 패키징이 HBM, 칩렛, 웨이퍼 레벨 패키징과 결합하여 시스템 성능 혁신을 주도. 이는 메모리-로직 통합, AI 가속기 등에서 새로운 아키텍처 혁신의 핵심 요소

○ ESG와 규제 준수의 경쟁력 전환

- **(선제적 환경 규제 대응)** EU의 엄격한 환경 규제(PFAS 규제, CBAM, 공급망 실사 지침)를 준수하는 과정에서 축적된 기술·노하우가 글로벌 시장에서 차별화 요소로 작용. 조달·설계 단계부터 PCF, 재생전력, 폐수·가스 저감 솔루션 채택이 필수
- **(순환경제 비즈니스 모델)** 회토류·크리티컬 머티리얼의 재활용·회수 기술 개발이 자원 의존성 완화와 동시에 새로운 수익 모델 창출. 특히 반도체 제조 공정에서 발생하는 부산물의 재활용을 통한 원가 절감과 환경 성과 동시 달성
- **(ESG 금융과 투자 유치)** EU 탄소노미 적격 활동으로 분류되는 녹색 반도체 프로젝트는 저금리 용자, 그린본드 발행, ESG 투자자 유치에서 유리한 위치. 이는 아시아 경쟁사 대비 자본비용 우위를 통한 경쟁력 확보 수단

○ 인재 확보와 다양성 전략의 전략적 중요성

- **(인력 부족 위기의 기회 전환)** 2030년까지 10만 명 반도체 전문가 부족 예상 상황에서 ECSA, RESCHIP4EU 등 체계적 인재양성 프로그램 참여가 인재 확보의 핵심. 특히 하드웨어 엔지니어링 52%, 기술자 31% 부족 상황은 기업의 전략적 인재 투자가 경쟁 우위 창출의 직접적 수단임을 의미
- **(제3국 인재 유치와 다문화 혁신)** EU Blue Card 제도와 연계한 글로벌 인재 유치가 기술 혁신과 시장 다변화의 동력. 특히 인도, 중국, 미국 등에서 유럽으로의 두뇌 유입을 통한 기술 역량 보강과 글로벌 네트워크 확장 효과
- **(다양성·형평성·포용성(DEI) 투자)** ECDA를 통한 과소대표 그룹의 진입 장벽 완화가 인력 확충과 동시에 혁신 다양성 증진으로 이어져 장기적 경쟁력 강화. 이는 단순한 사회적 책임을 넘어 혁신 역량 확대의 전략적 투자

□ 종합 평가 및 한국 측 시사점

○ 첨단 패키징·전력전자·포토닉스 협력

- 유럽 첨단 패키징 시장의 성장과 Chips JU의 전력전자·포토닉스 공모는 한국의 HBM·전력반도체·광통신·이미징 기술과의 공동 연구·파일럿 생산 기회 제공
- 특히 EV·ADAS·재생에너지·산업 자동화 분야에서, 한-유럽 공동 패키징·모듈 플랫폼을 개발해 글로벌 OEM·티어1에 공동 제안하는 전략 모색

○ OLED 마이크로디스플레이 · 무반사 디스플레이의 고부가 세그먼트 공략

- 유럽 OLED 마이크로디스플레이 시장의 고성장과 무반사 디스플레이 시장 확대는 한국 디스플레이 기업 · 소재 · 장비 업체에 AR/VR · 의료 · 산업용 · 스마트시티용 고부가 세그먼트에서의 협력 기회 제공
- 한국은 대형 패널 · OLED · Micro-LED 제조 역량을, 유럽은 의료 · 산업 · 모빌리티 · 공공 인프라 수요 및 규제 · 표준화를 강점으로 보유하고 있어, “한국 제조+유럽 응용 · 규제” 결합형 비즈니스 모델 설계 가능성 주목

○ 정책 · 표준 · ESG 연계 전략

- 반도체 · 디스플레이 R&I 과제의 설계 단계에서부터 에너지 효율, 탄소 발자국, 유해 물질(PFAS 등) 규제, 순환 경제 요소를 반영하는 것이 EU 프로그램 참여 및 시장 진입에 점점 더 필수 요건으로 대두
- 한국 정부 · 기업은 Chips Act 개정, DIGITAL · Horizon 워크프로그램, 디스플레이 · 반도체 관련 환경 · 제품 규제(무반사 코팅, 안구 피로 기준 등)의 변화를 모니터링하면서, 한-EU 디지털 파트너십 · 공동 공모 · 표준화 포럼 등을 통해 협력과 규범 형성에 동시에 참여하는 이중 전략을 추진할 필요성을 제시

○ 기술 · 연구 측면 요약

- **(연구 축의 세분화와 응용 지향성 강화)** Chips JU 2026 공모는 전력전자, 포토닉스, 헬스, SDV, 양자칩, lab-to-fab, 설계 · 스킬 등으로 연구 축을 세분화하여, 기존의 포괄적 R&I에서 응용 · 생태계 병목 지점을 겨냥한 타기팅 전략으로 전환 ¹⁸⁾
- **(제조 인프라의 전략적 지원 제도화)** OEF/IPF 제도 도입과 ESMC · ams-OSRAM 지정은, 특정 제조 시설을 전략 인프라로 규정하고, 우선 지원 · 우선 의무를 동시에 부여하는 새로운 거버넌스 메커니즘을 도입한 사례
- **(첨단 패키징 · 디스플레이 고부가 세그먼트의 부상)** 첨단 패키징 시장에서 유럽은 2024년 기준 91.9억 달러(글로벌 23.2% 비중) 또는 2025년 121억 5,000만 달러 수준의 시장을 형성하고 있으며, 2025~2033년 4~10%대의 성장률 예상
- 디스플레이에서는 OLED 마이크로디스플레이, Micro-LED, 무반사 디스플레이 등에서 고부가 · 니치 마켓 중심으로 유럽 수요와 연구 확대

□ 기타

○ Chips Act 투자 모멘텀에 대한 평가(언론 · 분석)

- Science|Business 등은 2026년 2월 기사에서 Chips Act가 유럽 내 대규모 반도체 투자(ESMC, Infineon MEGAFAB-DD, STMicroelectronics · GlobalFoundries 확장 등)를 촉진했으나, 법 개정(Chips Act 2.0)을 앞둔 상황에서 여전히 더 많은 투자 · 정책 조정이 필요하다고 평가 ¹⁹⁾

- 링크드인(LinkedIn) 등 민간 분석 역시 2025~26년 초 ESMC에 대한 50억 유로 규모 독일 국가 보조 승인, Infineon MEGAFAB-DD에 대한 9억 2,000만 유로 국가 보조 승인 등을 언급하며, 국가 보조 · Chips Act가 대규모 팹 투자 실현에 핵심 역할을 했다고 분석 ²⁰⁾

○ Digital Europe - 경쟁력 의제와의 통합 ²¹⁾

- 앞서 살펴본 DIGITAL 중간평가와 이를 해설한 기사들은 2026년 초 EU 경쟁력 · 산업정책 논의에서 DIGITAL 프로그램이 핵심 수단으로의 자리매김을 강조
- HPC, AI, 사이버보안, 스킬, EDIH 네트워크 등은 반도체 · 디스플레이 산업의 수요 · 활용 측면과 직접 연결
- DIGITAL 프로그램은 Chips Act의 Pillar I(연구 · 파일럿 · 컴피턴스센터)와 중첩되는 영역을 갖고 있으며, 반도체 파일럿라인 · 컴피턴스센터에 대한 DIGITAL 재원이 경쟁력 의제의 일부로 재정렬
- 이는 최근 6개월간 유럽이 반도체를 단독 산업이 아니라 디지털 인프라 전체와 통합된 전략 자산으로 다루고 있음을 시사

○ ECA 특별보고서(12/2025)의 함의 ²²⁾

- 유럽회계감사원(ECA)의 Special Report 12/2025 - The EU's strategy for microchips는 Chips Act 전략에 대한 최초의 포괄적 외부 평가로, 2025년 9~12월 정책 논의에 큰 영향 행사
- 2030년까지 글로벌 시장점유율 20% 목표는 “매우 야심적”이며 현 추세(11.7% 예상치)로는 도달에 한계가 있음
- Chips Act를 통해 동원될 수 있는 공공 · 민간 투자 규모는 글로벌 주요 기업들의 설비투자 계획과 비교할 때 여전히 규모 · 속도 측면에서 불충분함
- 반도체 관련 EU 투자 · 국가 보조는 Horizon Europe, 구조 기금, InvestEU, EIB 등 여러 수단으로 분산되어 있으며, 집행위가 전체를 조정 · 모니터링할 충분한 권한 · 데이터를 보유 부족
- ECA는 전략의 현실성 재점검(Reality Check), 명확한 중간목표 · KPI 설정, 정기 모니터링 및 장애요인 조기 발견 메커니즘 구축, 국가 보조 · IPCEI 집행에 대한 투명성 · 거버넌스 강화 등을 권고

¹⁸⁾ <https://www.forskningsradet.no/en/call-for-proposals/International-joint-calls/chips-eu-calls-within-technologies-2026/>

¹⁹⁾ <https://sciencebusiness.net/news/semiconductors/chips-act-spurs-semiconductor-investments-europe>

²⁰⁾ <https://www.linkedin.com/pulse/europes-semiconductor-momentum-2025-26-strategic-investments-nwu8e/>

²¹⁾ <https://dedep.eu/news/how-eus-competitiveness-agenda-reinforcing-digital-europe-programme-2026>

²²⁾ https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2025-12/SR-2025-12_EN.pdf



유럽 차세대 이차전지 소재 및 셀 연구 및 정책 동향

II



이차전지 분야
임은미 서포터

유럽 차세대 이차전지 소재 및 셀 연구 및 정책 동향

작성자: 임은미(이차전지 분야 KERC 서포터즈)

II



유럽 이차전지 산업은 2025년을 전환점으로 친환경·자립형 생태계 구축을 목표로 빠르게 진화하고 있다. 상반기에는 전고체전지, 리튬-황, 소듐이온전지 등 차세대 기술이 부상하는 가운데, Fraunhofer의 건식 전극 및 파일럿 라인, BATT4EU 프로그램을 중심으로 연구개발과 제조 간 연계를 강화하고 저탄소 공정, 순환경제 소재, LCA 기반 품질관리 체계를 확장하였다. 동시에 EU 배터리 규정 도입으로 탄소발자국 산정 및 선언 의무가 본격화되면서 배터리 패스포트와 디지털 정보 요구가 산업 구조에 직접적인 영향을 미치기 시작했다. CRMA와 NZIA 역시 원자재 자립과 역내 생산 확대를 유도하며 공급망 재편 방향을 제시하였고, 이에 따라 기술과 규제가 결합된 '규제-기술 병행형 혁신 모델'이 형성되었다.

이후 하반기에는 기술 개발 중심에서 벗어나 제조 실증과 규제 적용 단계로 진입하였다. 연구개발은 소재 성능 향상을 넘어 공정 스케일업, 품질 균일성, 탄소발자국 검증까지 포함하는 산업 적용 중심으로 재편되었으며, 파일럿 라인을 활용한 공정 검증과 재현성이 핵심 과제로 부상하였다. 전고체전지는 대면적 셀과 스택 설계 최적화, 소듐이온전지는 ESS 중심 실증 확대와 장주기 데이터 확보로 구체화되었고, 저코발트·고망간 소재 및 재활용 연계 소재, 건식 전극 등 저탄소 공정 기술이 주요 축으로 자리 잡았다. 정책 측면에서도 배터리 규정의 세부 이행 기준이 기업 운영과 제품 설계에 반영되기 시작했으며, CRMA와 NZIA의 실행을 통해 원자재 정제부터 재활용까지 포함하는 순환형 가치사슬 구축과 제조 투자 유도가 동시에 진행되고 있다.

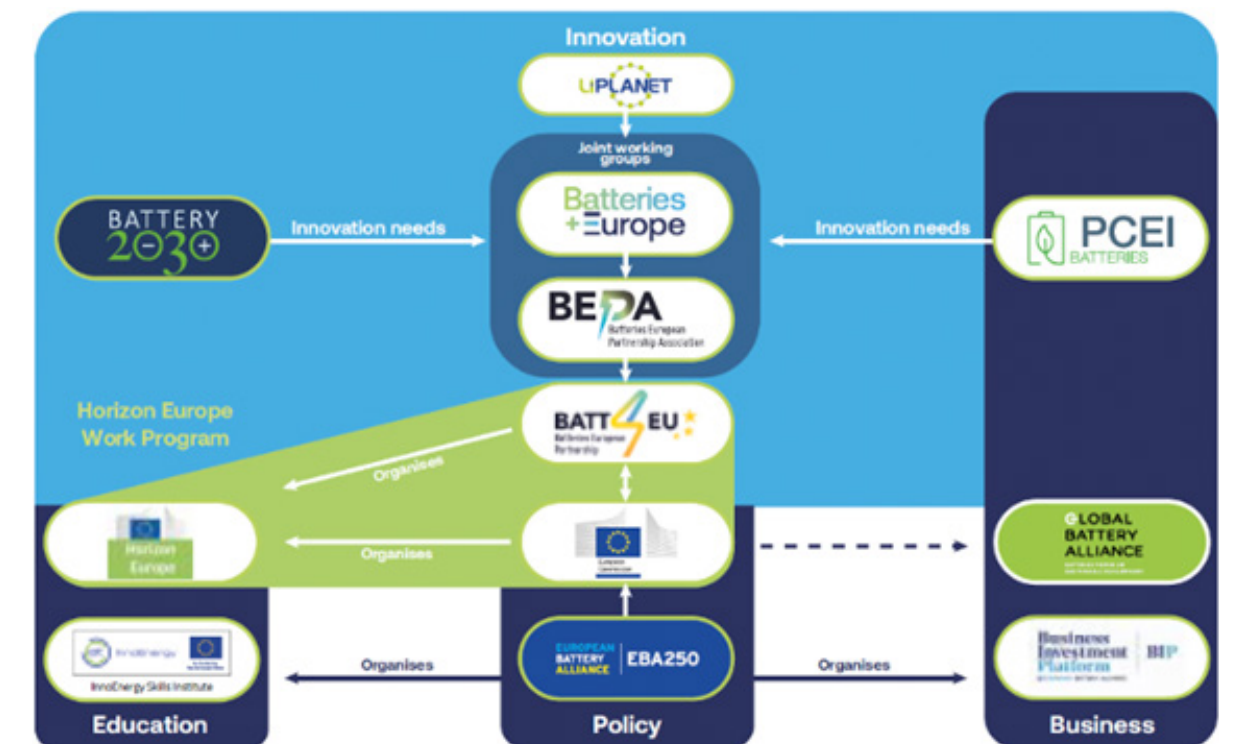
이와 같은 변화는 유럽 배터리 산업이 기술 중심 경쟁을 넘어 제조, 데이터, 규제가 결합된 구조로 전환되고 있음을 보여준다. 향후 경쟁력은 단순 성능이 아닌 생산 가능성, 데이터 대응 역량, 공급망 전략을 포함한 전주기 대응 능력에 의해 좌우될 것으로 예상되며, 이에 따라 기업은 LCA 기반 데이터 관리, 차세대 기술 이중 투자, 규제 정합적 공급망 설계를 병행해야 하는 상황에 놓여 있다.

1. 유럽의 차세대 이차전지 소재 및 셀 연구 동향

□ 유럽 배터리 R&D 사업

○ (연구 생태계 전반) Horizon Europe-BATT4EU, Fraunhofer 트랙 중심의 응용 제조 연계

- 유럽 배터리 연구는 Horizon-Europe-BATT4EU 파트너십을 축으로, 고에너지·차세대 이차전지, 공정 및 저탄소화, 순환경제(재활용 및 재자원화)를 통합적으로 추진하고 있음. 2025년 과제 공고에서는 배터리 탄소 발자국 관리, 유럽 내 생산조달, KPI 모니터링 보고 요구 등이 명시됨
- Fraunhofer(FFB, IWS, ISI 등)는 건식 전극(예: DRYtraec) 확산, 셀 제조 인프라 (FFB PreFab/ELLB) 가동 등으로 '연구 → 파일럿 → 양산공정' 연결을 가속화하고 있음. 2025년 상반기에는 에너지 비용 저감형 전극 제조 솔루션을 공개하였고, 독일 뮌스터의 FFB는 유럽형 대면적 파일럿 라인을 기반으로 기업 공동실증을 확대 중에 있음



<그림 1. 유럽 배터리 R&I 생태계(from business to education)>

(출처: Batteries Europe R&I Roadmap | EVBoosters)

○ 차세대 이차전지 I: 전고체(ASSB)-황화물계 리튬금속 지향, 제조공정 신기술

- 전고체 로드맵은 유럽 내에서 2030년대 전반 상용화를 목표로 소재(세라믹/고분자 복합체)와 공정(드라이 코팅 및 저온공정)에서 브레이크스루 (break-through)를 탐색. Fraunhofer BATT4EU로 로드맵/리뷰가 비교 평가와 기술성숙도 전망을 제시함
- 유럽 컨소시엄(H2020/HEU 프로젝트(SOLiDIFY, SOLiD, ASTRABAT 등))은 고체전해질(세라믹, 고분자 복합)과 저온매 건식 공정, 계면 안정화 코팅을 중심으로 TRL 상향을 도모하고 있음
- 2030년대 전반 상용화를 목표로 대면적, 균일성, 주기수명 및 저온성능 개선이 핵심 과제로 남음

○ 차세대 이차전지 II: 소듐이온(SIB)-자원 리스크 완화, 저원가, ESS/저가형 모빌리티 선점

- 2025년 유럽에서는 상업 규모 SIB ESS 시범이 독일 브레멘 공항 인근에서 가동(수 MW, MWh 급). SIB는 리튬/코발트/니켈 의존도를 낮추며 CRM(중요 원자재) 리스크 완화 수단으로 부상. 프랑스 Tiamat 등은 파워풀 및 ESS 중심에서 자동차용으로 확장 계획 발표
- 정책 측면에서도 SIB는 CRMA(중요원자재법)의 공급다변화 목표와 정합적이며, 원가 저온성 수명에서의 '적소시장(ESS, 경량 모빌리티)'공략이 유럽형 포지셔닝으로 평가

구분	주요 강점	핵심 과제	주요 적용 영역(유럽)
전고체전지	고에너지 및 안정성	대면적, 균일성, 계면저항 및 공정 스케일업	EV 주력(중장기)
리튬-황전지	고에너지 밀도 및 저원가	전지수명, 폴리설파이드 생성 억제	장거리EV (장기), 항공 모빌리티(연구)
소듐이온 전지	저원가 및 CRM 대체 가능	에너지 밀도 향상	ESS, 경형 모빌리티

〈표 1. 차세대 이차전지 기술 성숙도 (2025 기준) 및 적용영역 요약〉

○ 양극/음극 전해질 분리막 등 소재 공정

- (양극) LFP/LF(M)P (망간 도핑)로 희유금속 저감 원가 안정, 니켈 리치 계열은 고에너지 사용차 프리미엄 EV에 잔존. 황화계/고망간계는 전고체 고에너지 옵션으로 TRL이 점진적으로 상승 중임

- (음극) 흑연 공급 리스크 대응으로 실리콘 복합 적용이 확대됨. 소듐이온배터리(SIB)용 하드카본의 최적화 연구가 가속되고 있으며, 건식 전극 및 저온매 코팅 기술 개발은 제조비 및 탄소 발자국 동시 저감에 중요한 역할로 대두됨
- (전해질 분리막) 고체전해질(세라믹/폴리머 복합), 난연 전해질, 재활용 친화 설계(용출/재자원화 용이) 요구가 강화되고 있음

○ 제조 품질 디지털 패스포트 대응형 R&D

- EU 배터리 규정 시행에 따라 탄소발자국 산정 라벨링, 디지털 제품/배터리 패스포트에 필요한 LCA 데이터 체계 연구 수요 급증함
- 2025년 JRC는 산업용 배터리 탄소발자국 규칙(CFB-IND)을 발표, LMT · EV 대상 세부 가이드도 순차 보완 중에 있음
- 이와 연동해 2025년 과제들은 유럽 내 생산 · 부품 조달 명확화, KPI 모니터링 보고를 의무화하여 R&D 단계부터 규제 적합 설계를 내재화함

○ 연구 방향: 제조 실증 및 스케일업 중심 전환^{23) 24) 25)}

- 2025년 하반기 유럽 이차전지 연구는 소재 성능 중심에서 벗어나 실제 제조 공정에서 구현 가능한 성능 확보로 전환되고 있음
- 동일한 소재라도 공정 조건에 따라 성능이 크게 달라질 수 있다는 점이 주요 이슈로 부상하면서, 소재 특성과 공정 변수의 상호작용을 동시에 고려하는 연구가 확대되고 있음
- 이에 따라 연구의 평가 기준 또한 변화하고 있음. 단순 최고 성능이 아니라 반복 생산 시 성능 편차를 최소화 하고, 대면적 셀에서도 안정적인 성능을 유지할 수 있는 재현성이 핵심 지표로 작용하고 있음
- 이는 연구 결과의 산업 적용 가능성을 판단하는 중요한 기준으로 자리 잡고 있음

○ 공정-소재 통합 설계 (process-material coupling)

- 최근 유럽 연구에서는 소재 개발과 공정 설계를 분리하지 않고 동시에 최적화하는 접근이 확대되고 있음
- 전극의 밀도, 공극 구조, 바인더 조성 등은 전기화학적 성능뿐 아니라 공정 안정성 및 제조 효율에도 직접적인 영향을 미치기 때문에, 이러한 요소들을 통합적으로 고려한 설계가 요구되고 있음
- 특히 건식 전극 공정과 같은 신규 제조 기술에서는 소재의 기계적 특성과 공정 조건 간의 상호작용이 중요하게 작용하며, 공정 조건 변화에 따른 성능 변화를 함께 분석하는 연구가 증가하고 있음

23) <https://www.ffb.fraunhofer.de/en.html>

24) <https://www.iws.fraunhofer.de/en.html>

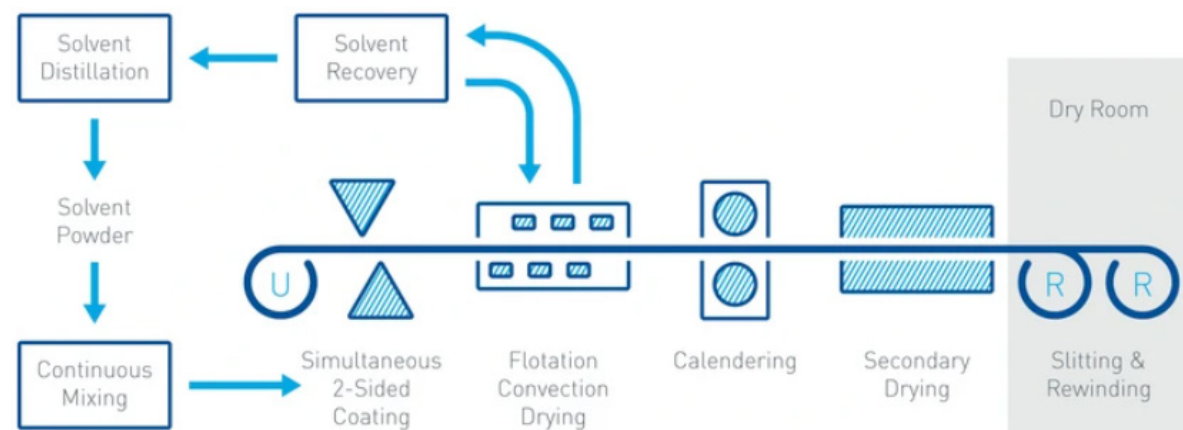
25) <https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions>

○ 파일럿 라인 기반 실증 연구 확대

- 파일럿 라인 기반 연구는 대면적 전극 제조, 연속 공정, 장시간 운전을 포함한 실증 단계로 확대되고 있음
- 이러한 환경에서는 실험실 수준에서 확인하기 어려운 공정 안정성 및 열화 거동을 분석할 수 있으며, 이는 산업 적용 가능성을 판단하는 핵심 요소로 작용함
- 특히 셀 간 성능 편차를 줄이고 공정 균일성을 확보하는 것이 중요한 과제로 부상하고 있으며, 이는 대량 생산 단계에서 필수적인 요소로 평가되고 있음

○ 제조 공정 저탄소화

- 배터리 제조 공정에서의 에너지 소비 감소 및 탄소 배출 저감이 중요한 연구 방향으로 자리 잡고 있음 ²⁶⁾
- 특히 전극 제조 공정은 높은 에너지 소비를 요구하는 단계로, 이를 개선하기 위한 다양한 공정 기술이 개발되고 있음
- 건식 전극 공정은 용매 제거를 통해 에너지 소비를 줄일 수 있는 기술로 주목받고 있으며, 공정 단순화와 비용 절감 측면에서도 중요한 의미를 가짐



<그림 2. 유럽 배터리 연구-파일럿-양산 공정 연계 구조>

(출처: Simultaneous two-sided electrode coating and drying - Dürr)>

26) https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en

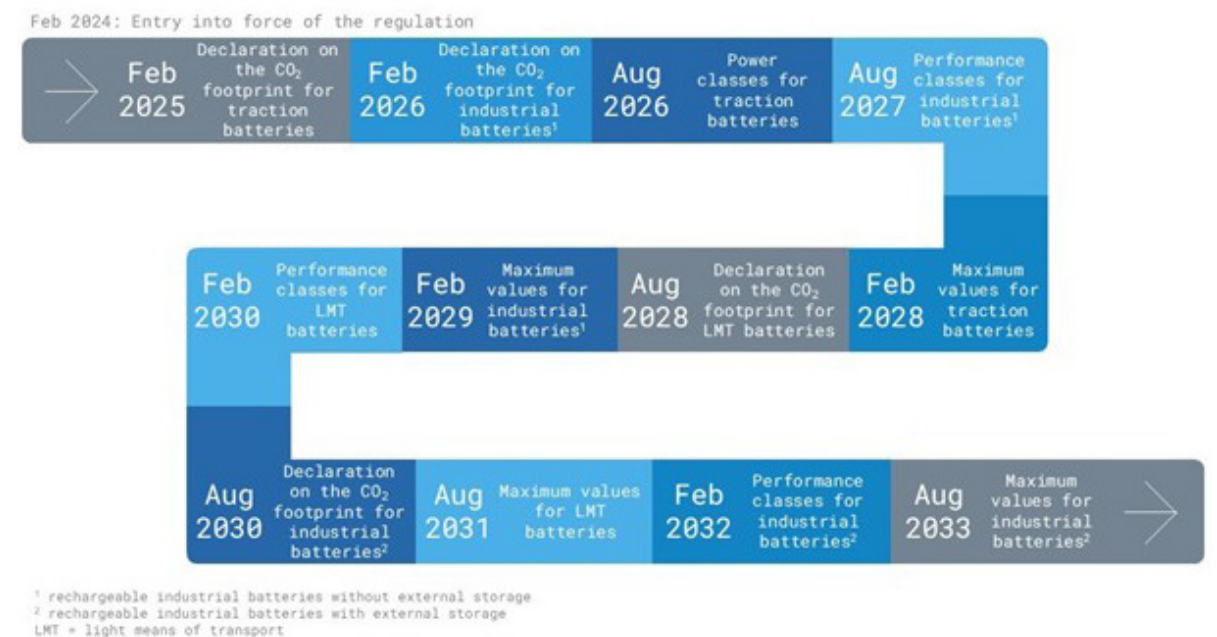
2. 유럽의 차세대 이차전지 소재 및 셀 정책 동향

□ EU 이차전지 규정(2023/1542) 본격 이행

○ 탄소발자국(CF) 라벨링 패스포트 이행 로드맵

- 2025년은 탄소발자국 선언 · 라벨링 체계의 본격 적용 준비 구간임. 2025년 2월 18일을 기준으로 EV 배터리 탄소발자국 계산 · 선언이 요구되고 있으며, 후속 단계로 최대치 상한 성능 클래스 도입 예정임
- 산업용 LMT 배터리 CF는 CFB-IND 등 JRC 방법론과 후속 규정을 통해 단계적으로 적용됨

EU battery regulation: roadmap for the introduction of the CO₂ footprint



¹ rechargeable industrial batteries without external storage
² rechargeable industrial batteries with external storage
 LMT = light means of transport

<그림 3. EU 이차전지 탄소발자국 계산 규정 가이드>

(출처: EU Battery Regulation: guide to calculating the carbon footprint)

- 재활용 효율 물질 회수 규칙의 세부 계산 검증 규칙이 2025년 7월 24일 공포 발효되어 CRM 회수율 향상이 촉진됨
- 2025년 업계는 CE 마킹 기술 문서, 유해물질 제한, 라벨/QR 코드 및 향후 배터리 패스포트 필수화(유형 시점별 단계적 적용)에 대비 중에 있으며, 기존 배터리 지침 (2006/66/EC)은 규정(2023/1542)으로 전환되며, 2025.08.18 이후 전면 폐지가 예정되어 있음

연도/시점	주요 내용	근거
2025.02~	EV 산업용 배터리 탄소발자국 계산 준비 본격화	JRC, CFB-IND 가이드
2025.07.04	재활용 효율 및 회수율 계산/검증 규칙 공표	EC 환경총국 공지
2026.01~	라벨 등 정보요건 적용 확대 (일부 항목)	EUR-Lex 요약
2027.07~	QR 코드, 배터리 패스포트 본격 시행	EUR-Lex 요약

<표 2. 2025~2027 배터리 규정 연관 제도 및 타임라인 요약>

○ 중요원자재법(CRMA): 2030 벤치마크와 공급다변화

- 2030 벤치마크: 역내 채굴 10%, 제련/가공 40%, 재활용 25%, 단일국 의존 65% 이하 목표를 설정. 이는 리튬, 니켈, 흑연 등 핵심소재의 내재화 및 다변화를 강하게 요구하는 프레임이며, 유럽 내 정제, 전구체, 활물질, 리사이클 밸류체인 투자가 집중되는 근거가 됨

○ Net-zero산업법(NZIA): 제조역량 40% 목표, 시속 인허가

- NZIA는 2023년까지 EU내 전략적 net-zero 기술 제조역량을 연간 수요의 40% 수준으로 확대하는 것을 목표로함. 배터리는 대표적인 전략 기술로 포함
- 2025년 6월 18일, EC는 NZIA 하에서 net-zero 전략 프로젝트 심사지침을 채택하여, 배터리 기가팩토리 등을 포함한 전략 프로젝트에 대해 ‘신속 인허가(허가 기간 상한, ‘원스톱숍’ 절차 등을 구체화함

○ 산업, 투자 촉진: EBA (European Battery Alliance), IPCEI 행사 생태계



<그림 4. 유럽 기가팩토리 분포 지도>

(출처: Gigafactories: Europe’s major commitment to economic recovery through the development of battery factories, CIC energiGUNE)

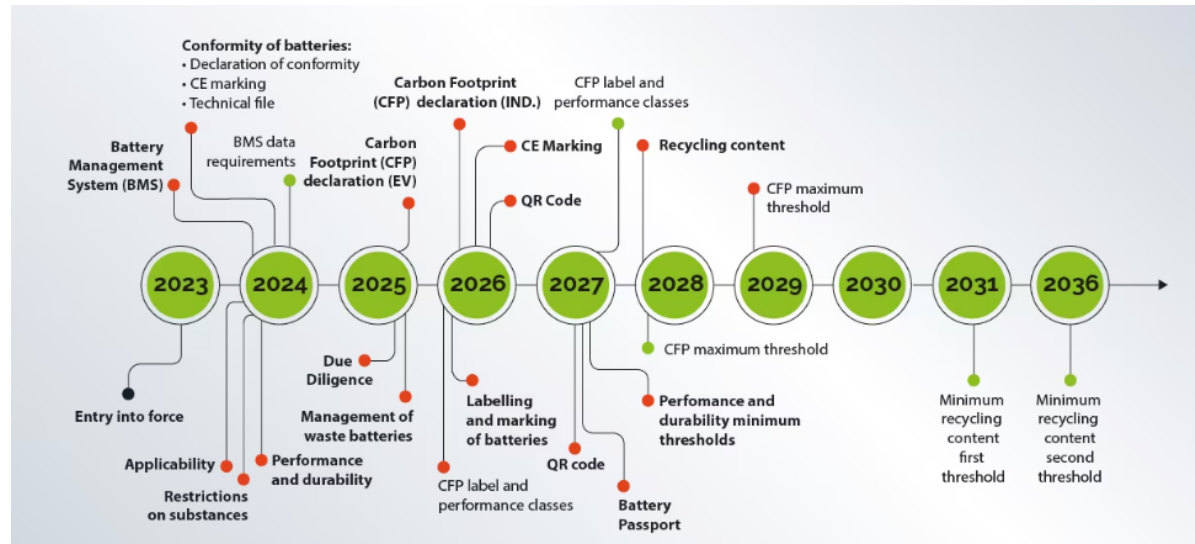
- European Battery Alliance(EBA)는 2025년에 신속 집행 자금(약 852만 유로) 환영 성명 등으로 프로젝트 연속성을 강조함
- Giga Europe 2025, Battery Innovation days 등 주요 행사를 통해 연구-산업-규제 연계를 촉진함
- 일부 대형 프로젝트 변동 (파산 및 M&A)과 지역 간 리쇼어링 경쟁 심화로 공급망 재편이 진행됨. 정책 측면에서 리스크 분산과 프로젝트 선별이 더욱 중요해짐

○ 디지털(배터리 패스포트) 및 LCA 인프라

- 2025년 JRC와 EC는 탄소발자국 계산 규칙 및 선언 포켓을 순차적으로 발표하고 있으며, 산업계는 LCA(ISO 14040/44, PEF 기반) 내재화와 제품 데이터 관리(BoM 공정 원산지)를 병행하고 있음
- 배터리 패스포트는 2027.02.18부터 EV 및 산업용(>2 kWh), LMT 배터리에 의무화되며, QR코드를 통해 탄소발자국, 원자재 및 제조 위치, 재활용 및 EoL 정보 등을 디지털로 제공해야 함

○ 국제협력

- CRMA의 공급다변화 요건에 따라 EU-비EU간 전략광물 협력, 재활용 파트너십 확대 중에 있음
- 2025년 유럽 내 SIB 및 리사이클 파일럿 프로젝트들은 비CRM 지향 배터리와 순환자원 비중 확대라는 정책 취지를 산업 현장에서 구현하는 사례로 평가됨



<그림 5. EU 배터리 규정(출처: EU Battery Regulation 2023/1542: obligations and updates)>

○ 규제의 “적용 단계 전환”: 선언 → 검증 → 책임

- 2025년 하반기 유럽 배터리 정책은 선언 중심에서 검증 중심으로 전환되고 있음 ^{27) 28)}
- 기업은 단순히 탄소발자국 값을 제출하는 수준을 넘어, 해당 데이터의 산출 과정과 신뢰성을 함께 입증해야 하는 요구에 직면하고 있음
- 이는 규제가 단순 보고 의무에서 벗어나 기업의 데이터 관리 체계를 평가하는 방향으로 변화하고 있음을 의미하며, 향후 인증 및 검증 체계 확대가 예상됨

○ 배터리 패스포트: 제품 단위 데이터 관리 체계 구축

- 배터리 패스포트는 제품 단위에서 생성되는 데이터를 전주기적으로 관리하는 시스템으로, 원자재 출처, 제조 공정, 탄소발자국, 재활용 정보를 통합적으로 포함하고 있음 ²⁹⁾
- 이는 공급망 전체를 데이터 기반으로 연결하는 구조를 형성하며, 기업은 생산 역량뿐 아니라 데이터 관리 및 추적 체계를 동시에 확보해야 하는 상황에 놓여 있음

27) <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj>
 28) <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/>
 29) <https://thebatterypass.eu/>

○ 탄소발자국과 공정 설계 ³⁰⁾

- 탄소발자국은 단순 환경 지표를 넘어 제조 공정 설계에 직접 영향을 미치는 요소로 작용하고 있음. 동일 성능의 제품이라도 공정 조건과 에너지 사용량에 따라 탄소발자국이 달라질 수 있기 때문에, 공정 단계에서의 최적화가 중요해지고 있음
- 이에 따라 에너지 집약 공정의 축소 및 공정 효율 개선 기술이 핵심 경쟁 요소로 부상하고 있음

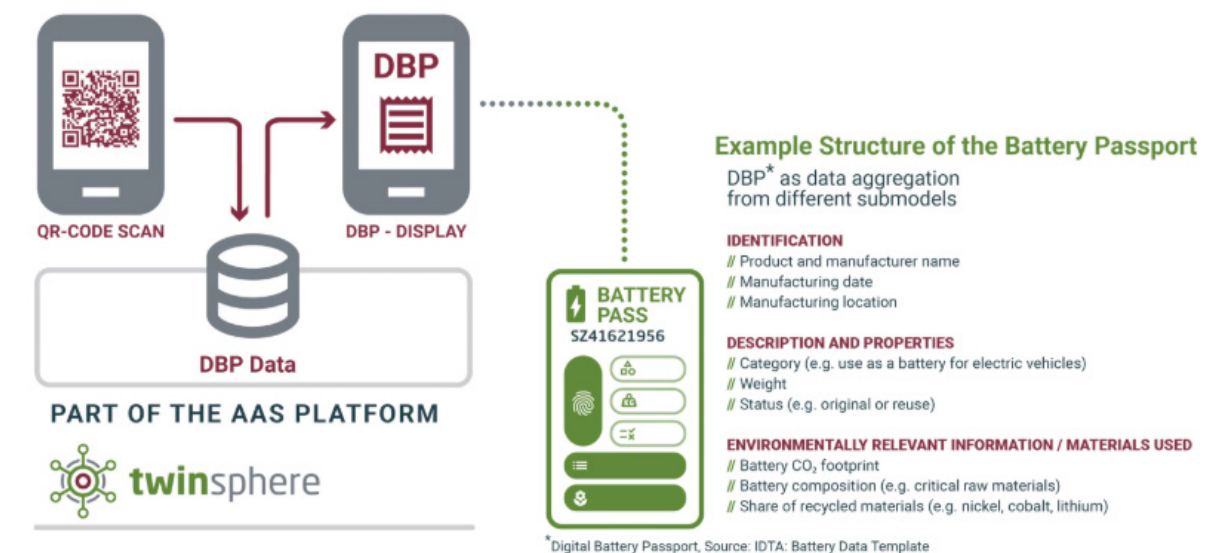
○ CRMA 실행 단계: 공급망 구조의 재편 가속

- 유럽은 원자재 확보뿐 아니라 정제, 전구체, 재활용을 포함한 공급망 내재화를 동시에 추진하고 있음 ³¹⁾
- 특히 재활용을 통한 소재 회수 및 재투입 구조가 핵심 산업 모델로 부상하고 있음
- 이는 단순 자원 확보를 넘어 순환 경제 기반 산업 구조로의 전환을 의미함

○ NZIA 기반 제조 투자 및 인허가 구조 변화

- NZIA는 배터리 생산 시설 확대와 인허가 절차 간소화를 통해 제조 투자 확대를 유도하고 있음. 특히 대규모 생산 시설에 대한 승인 속도가 개선되면서 기업의 투자 결정에도 영향을 미치고 있음 ³²⁾

Digital Battery Passport (DBP) — Simplified Illustration



<그림 6. 배터리 패스포트 기반 데이터 관리 구조 (출처: Digital Battery Passport)>

30) <https://www.eea.europa.eu/>

31) https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en

32) https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en

정책	주요 내용	산업 영향
EU Battery Regulation	탄소발자국, 패스포트	데이터 기반 제조 전환
CRMA	원자재 확보 및 재활용	공급망 재편
NZIA	제조 투자 및 인허가	생산 확대

<표 3. 정책-산업 영향 구조>

3. 시사점

○ 규제-기술 동시 구현이 경쟁력의 핵심

- 2025년은 탄소발자국·재활용성 라벨/패스포트 등 규제 요건이 R&D 제조 설계 변수로 고정되는 전환점으로 사료됨
- 국내 기업(소재/장비/셀)은 EU 납품을 위해 배터리 LCA 데이터 인프라 및 공정 모니터링, eBoM 트레이스 체계 내재화가 필수적임

○ 규제-기술 통합 대응 필요

- 유럽 시장에서는 기술 개발과 규제 대응이 분리될 수 없는 구조로 변화하고 있으며, 연구개발 단계에서부터 규제 요건을 반영하는 접근이 요구되고 있음
- 이에 따라 기업은 성능 중심 개발에서 벗어나 제조, 데이터, 규제 대응을 통합적으로 고려한 전략을 수립해야 하며, 이러한 통합 대응 능력이 향후 경쟁력을 결정하는 핵심 요소가 될 것으로 판단됨

○ 공정 혁신 기술의 중요성 확대

- 탄소발자국 규제 강화와 제조 비용 압박이 동시에 작용하면서, 공정 효율을 개선하고 에너지 소비를 줄이는 기술의 중요성이 크게 증가하고 있음
- 특히 건식 전극 공정과 같은 기술은 비용 절감뿐 아니라 규제 대응 측면에서도 핵심 기술로 평가되고 있음
- 이러한 공정 혁신은 단순 생산성 향상을 넘어, 향후 유럽 시장에서의 경쟁력 확보를 위한 필수 요소로 작용할 것으로 예상됨

○ 제조 중심 경쟁 구조로의 전환

- 유럽 이차전지 산업은 기존의 소재 성능 중심 경쟁에서 벗어나, 실제 제조 공정에서 구현 가능한 기술과 품질 재현성을 중심으로 경쟁 구조가 전환되고 있음. 이는 동일한 소재라도 공정 조건에 따라 성능이 달라질 수 있다는 점이 산업적으로 중요해졌기 때문임
- 이에 따라 소재 기업 역시 단순한 성능 향상뿐 아니라 공정 적용성, 대면적 균일성, 양산 적합성을 동시에 고려한 개발 전략이 요구되고 있으며, 공정-소재 통합 접근이 핵심 경쟁 요소로 작용할 것으로 판단됨

○ 데이터 기반 경쟁력의 부상

- 배터리 패스포트와 탄소발자국 규제의 도입으로 인해 데이터 관리 역량이 중요한 경쟁 요소로 부상하고 있음. 특히 원자재부터 제조 공정, 재활용까지 이어지는 데이터의 추적성과 신뢰성이 요구되면서, 기업은 단순 생산 능력을 넘어 데이터 생성 및 관리 체계를 구축해야 하는 상황에 직면하고 있음
- 향후 이러한 데이터는 제품 경쟁력 비교 및 시장 진입 조건으로 활용될 가능성이 높으며, 데이터 인프라를 선제적으로 구축한 기업이 유리한 위치를 확보할 것으로 예상됨

○ 소재 포트폴리오 다각화- SIB/전고체 투트랙

- SIB는 ESS 경형 모빌리티 등에서 TCO(총 소유비용) 자원 리스크 측면의 장점을 활용한 조기 매출화가 가능함
- 전고체는 EV 주력 세그먼트를 겨냥한 중장기 해법으로 2025-2030년 사이 건식 전극, 라미네이션, 세라믹 가공 등의 제조공정 혁신과 대면적 균일성 확보가 성패를 좌우함
- 소재 및 장비 기업은 '소재-공정 패키지 제안(공정-소재 동시 제안)'을 통해 차별화할 필요가 있음

○ CRMA·NZIA 연계 투자전략

- CRMA의 10/40/25/≤65% 목표와 NZIA의 제조역량 40% 및 신속 인허가 체계를 동시에 충족하는 벨류체인 설계(정제, 전구체, 활물질, 셀 팩 리사이클)는 보조금 허가 측면 시너지가 큼
- 특히 재활용-리파이닝(25%) 타깃을 겨냥한 블랙매스→정제소→활물질 재투입의 순환 모델은 유럽형 사업의 핵심 축으로 부상하고 있음

○ 기가팩토리 리스크 관리

- 최근 몇 년간 일부 유럽 기가팩토리 프로젝트의 파산, M&A 축소 사례가 나타나면서, 단계적 증설(모듈식 증설), 주요 OEM과의 장기 공급계약, 국가별 인센티브 및 규제 리스크 분산, 재무 파트너 구조 다변화 등의 리스크 관리가 중요해짐

※ 참고자료

EU Battery Regulation (2023/1542)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R1542-20250731>

JRC (2025). Carbon Footprint of Industrial Batteries (CFB-IND)

https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EU_BatteryRegulation_Art7.html

European Commission (2025-07-04). Recycling efficiency and recovery verification rules

https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en

Critical Raw Materials Act (CRMA)

https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en

Net Zero Industry Act (NZIA) - 2025.6.18

https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en

Fraunhofer IWS DRYtraec® / FFB PreFab

https://www.iws.fraunhofer.de/en/newsandmedia/news/2025-03_news_battery_cell_production.html

Electrive (2024). Tiamat Na-ion 5GWh Plant

<https://www.electrive.com/2024/01/12/tiamat-to-build-a-5-gwh-factory-for-na-ion-batteries-in-france/>

Cicenergigun

Gigafactories: Europe's major commitment to economic recovery through the development of battery factories | CICenergiGUNE



유럽 첨단 모빌리티 연구 및 정책 동향

III



첨단 모빌리티 분야
이영희 서포터

유럽 첨단 모빌리티 연구 및 정책 동향

작성자: 이영희(첨단 모빌리티 분야 KERC 서포터즈)



유럽연합의 첨단 모빌리티 전략은 연구 중심 단계에서 실증과 상용화를 포함한 통합 체계로 확장되고 있다. 상반기에는 호라이즌 유럽 클러스터 5를 중심으로 약 34억 유로 규모의 투자를 통해 전동화, 자율주행, 수소 모빌리티, 스마트 교통 등 핵심 분야에 자원을 집중 배분하고, EIC와 CINEA를 활용하여 스타트업 지원과 도시·인프라 연계 실증을 병행함으로써 연구개발과 산업 적용 간 연결을 강화하였다. 특히 CCAM, 수소 연료전지, UAM 등 미래 교통 기술을 중심으로 정책과 산업을 결합하는 구조를 형성하며 탄소중립과 산업 경쟁력 확보를 동시에 추진하였다.

하반기에는 이러한 기반 위에서 실증, 상용화, 인프라, 법제를 포함하는 전주기 시스템 구축으로 발전하였다. 자율주행 분야에서는 레벨 3~4 안정화와 SDV 전환이 핵심으로 부상했고, 첨단항공모빌리티는 eVTOL 개발과 U-Space 공역관리, 도심 교통 통합 실증을 중심으로 구체화되었다. 동시에 주요 국가 간 역할 분담이 뚜렷해지면서 국가별 산업 전략이 차별화되었고, 정책적으로는 내연기관 규제, 충전 인프라 확대, 디지털 교통 통합 정책이 결합되어 시장 형성을 주도하였다. TEN-T 기반 충전망, V2X 통신, 도심 항공 인프라 구축도 병행되었으며, EASA-FAA 협력을 통해 글로벌 규제 및 표준 경쟁력 확보가 추진되었다.

이러한 흐름은 유럽 모빌리티 산업이 기술 중심에서 벗어나 정책, 인프라, 법제, 산업 생태계를 통합하는 방향으로 전환되고 있음을 보여준다. 향후 경쟁력은 개별 기술 수준이 아닌 시스템 구축 및 운영 역량에 의해 결정될 것으로 보이며, 이는 유럽이 규제와 표준을 통해 글로벌 시장에서 영향력을 확대하려는 전략으로 해석된다.

III

1. 유럽의 첨단 모빌리티 연구 동향

□ 연구 및 혁신 프레임워크

- 유럽연합은 호라이즌 유럽 클러스터 5, 유럽혁신위원회(EIC) 및 유럽 기후·인프라·환경집행기관(CINEA) 등을 중심으로 지속가능 모빌리티, 자율주행, 전동화, 도심 항공 모빌리티 등 핵심 기술 영역에 집중 투자함

- 2025년 워크프로그램에서 기후·에너지·모빌리티 클러스터(Cluster 5)에 약 34.5억 유로가 배정됨
- 또한 유럽혁신위원회는 첨단 모빌리티 스타트업 및 스케일업 지원을 위해 14억 유로를 추가 투자함

구분	주요 프로그램	핵심 내용	예산 (2025년 상반기)
호라이즌 유럽 클러스터5	기후·에너지·모빌리티	지속가능·스마트 교통 솔루션 탄소중립, 스마트 도시 교통, 전동화 등 핵심 기술 영역 포함	€ 3.45B
유럽혁신위원회 (EIC)	혁신 스타트업 지원	전기차·자율주행 기술 상용화 첨단 기술 스타트업 지원을 통해 상용화와 시장 확산 촉진	€ 1.4B
유럽기후·인프라·환경집행기관 (CINEA)	도시형 모빌리티	저배출 교통시스템, 스마트 물류 도시 교통 실증사업과 스마트 물류 인프라 연구 지원	€ 0.43B

<표 1. 2025년 상반기 기준 EU 첨단 모빌리티 연구 투자 프로그램별 예산과 연구 분야>



□ 유럽연합의 연구개발 추진 구조 및 최신 프로그램

- 2025년 하반기 기준 유럽의 첨단 모빌리티 관련 연구는 단일 기술 개발에서 시스템 통합 및 실증 중심으로 전환되고 있음
 - 에너지, 디지털, 도시 정책과 연계된 복합적 구조의 첨단 모빌리티 연구를 진행
 - 산학연 협력 기반 대형 프로젝트의 수행, 특히 호라이즌 유럽 프로그램의 “기후, 에너지 및 모빌리티(Climate, Energy and Mobility)” 클러스터를 통해 다음과 같은 교통 · 에너지 · 디지털 전환 연구를 통합적으로 추진
 - 기후변화, 기술변화, 사회 변화 대응 교통 시스템 연구
 - 멀티모달 교통 데이터 통합 연구
 - 인프라 · 차량 · 사용자 데이터를 통합한 교통 최적화 연구

□ 주요 연구 프로그램 (호라이즌 유럽 클러스터 5)와 주요 연구 프로젝트 예시

- 유럽연합에서 추진 중인 프로그램 중 호라이즌 유럽 클러스터 5는 지속가능 모빌리티, 자율주행, 스마트 도시 모빌리티 기술 연구를 집중 지원함
 - 2025년 상반기 유럽연합은 전동화 및 자율주행 기술에 전략적 우선순위를 두고, 도시형 스마트 모빌리티 및 데이터, 인프라 연구를 진행

프로그램명	연구 분야	설명
청정 수소 파트너십	수소 모빌리티	수소 연료전지 차량 개발, 수소 충전 인프라 및 생산 기술 집중
유럽혁신위원회(EIC) 엑셀러레이터	첨단 스타트업 지원	전동화, 자율주행, 도심항공모빌리티(UAM) 등 스타트업 기술 상용화 · 사업화 지원
CINEA CCAM 파트너십	자율주행 · 연결형 이동	자동화 및 연결형 모빌리티 (Connected, Cooperative and Automated Mobility(CCAM)) 연구와 도시 · 도로 인프라 연계 지원

<표 2. 클러스터 5 내의 세부 프로그램의 연구 분야>

프로젝트명	핵심 기술/목표	참여 기관	프로젝트 설명
Move2Zero	전동화 대중교통 실증	CINEA	전기버스 · 트램 등 무탄소 대중교통 시스템을 도입하고, 인프라 · 운영 모델의 실증을 통해 탄소중립 도시 교통으로의 전환을 가속화하는 프로젝트
DELPHI	AI 기반 교통 시뮬레이션	EIC	인공지능과 데이터 분석을 활용해 도시 교통흐름을 예측 · 최적화하는 시뮬레이션 플랫폼 개발로 교통 혼잡 및 배출가스 감축을 목표로 함
AMBITIOUS	차세대 자율주행용 반도체	Horizon Europe	고성능 · 저전력 자율주행 칩셋을 설계해 차량 센서 융합과 실시간 의사결정을 지원하는 차세대 반도체 기술 개발
ENTRANCE	지속가능 물류 솔루션	EIT Mobility	친환경 물류 혁신(전기 트럭, 라스트마일 솔루션 등)을 위한 스타트업 · 산업 연계를 촉진하는 오픈 혁신 플랫폼 구축
CityLoops	도심 순환형 교통모델 실험	JRC	도시 내 자원순환과 교통 체계를 통합적으로 실험하여 순환경제 기반의 지속가능 도시 교통 모델을 검증
HorizonUAM	UAM 차량 · 운영 · 시장 분석	DLR	도심 항공 교통(UAM)의 기술, 운영 체계, 사회적 수용성 및 시장 가능성을 종합적으로 평가하여 유럽 UAM 전략 수립에 기여

<표 3. 기술별 프로젝트 현황>

□ 연구 동향

○ (도심 항공 모빌리티(UAM)) 전기수직비행기(eVTOL)와 같은 혁신적인 항공 기술을 활용하여 도시 내 단거리 이동을 효율적으로 수행하는 새로운 교통 수단으로 주목받고 있음

- 도심 항공 모빌리티 연구는 차량 기술(eVTOL), 인프라(Vertiport), 운영 시뮬레이션, 시장 수용성 네 가지 축으로 구성됨
- 향후 UAM은 도시 혼잡 해소, 친환경 이동 수단 제공, 기존 모빌리티와 연계된 통합 교통 생태계 형성에 기여할 것으로 예상됨

프로젝트명	주관 기관	연구 내용	주요 성과	참여국/지역
HorizonUAM	독일항공우주센터(DLR)	eVTOL 차량 개발, Vertiport 운영 시뮬레이션, 산업 기대 분석	차량 안전성 강화, 효율적 운영 모델 도출, 상용화 가능성 평가	독일 중심 EU
Volocopter Urban Air Mobility	Volocopter	도심 항공 택시 운영, Vertiport 설계, 통합 모빌리티 연계	도심 내 시험 비행 성공, UAM 상용화 전략 마련	독일, 싱가포르
Urban Air Mobility Korea Pilot	한국 국토부, 민간기업	eVTOL 운영 테스트, 통신·교통 연계, 정책·제도 검증	시험 운항 완료, 정책 로드맵 작성	한국
NASA UAM Project	NASA, US Industry	도시형 eVTOL 설계, 운영·인프라 검증, 안전 기준 수립	시뮬레이션 기반 운영 모델 개발, FAA 규제 연계	미국
Joby Aviation Test	Joby Aviation	eVTOL 상용화, 배터리·충전 기술, 운항 시뮬레이션	상업 운항 파일럿, 안전 인증 획득	미국

<표 4. 유럽의 관련 대표 프로젝트를 미국과 한국 사례와 비교>

○ (전기차 및 배터리) 단순 성능 경쟁에서 나아가, 비용·공급망·환경요소를 동시에 고려하는 방향으로 전환

- **(통합적 접근)** 특히 유럽연합의 배터리 연구는 다음과 같이 생산·사용·재활용 등 전 과정을 포함하는 통합적 접근이 특징
- **(공급망 안정화 연구)** 희토류 및 니켈·코발트 의존도 감소 기술, 배터리 원료 추적 시스템 연구
- **(순환 경제 기반 배터리)** 폐배터리 재활용 기술 고도화, 탄소발자국 계산 모델 개발
- **(차세대 배터리)** 전고체 배터리 실험 단계 유지, 저가형 배터리 최적화

○ (자율주행 및 소프트웨어중심모빌리티(SDV)) 단순 성능 경쟁에서 나아가, 비용·공급망·환경요소를 동시에 고려하는 방향으로 전환

- 유럽은 자율주행기술의 실제 운영이 가능한 레벨 3-4 단계 안정화에 집중 투자하고 있음
- 특히 다음과 같이 차량을 디지털 플랫폼으로 정의하고 소프트웨어중심 모빌리티(SDV) 관련 연구를 강화하고 있음
 - 차량 운영체계(OS) 및 소프트웨어 플랫폼 관련 연구
 - 인공지능 기반 주행 판단 시스템
 - 무선 업데이트(OTA) 관련 기술의 안정성 검증

○ (첨단항공모빌리티(IAM/AAM/UAM)) 2025년 하반기 기준 유럽은 첨단항공 모빌리티 관련 기술 개발 초기 단계를 넘어서 다음과 같은 실증 단계로 진입

- 전기 수직 이착륙 항공기(eVTOL) 개발
- 첨단항공모빌리티의 수직이착륙장(Vertiport)의 설계 및 실증
- 도심항공교통 구역관리 시스템(U-Space) 연구
- 도심 교통 통합 시스템 연구
- 위치와 시간을 포함한 4D 경로 계획 기반 드론 군집 운용
- 5G 기반 실시간 데이터 통신
- 사이버 보안 및 자율 비행 알고리즘
- 관련 실제 실증 프로젝트의 증가 및 비가시권 비행 확대 요구 증가
- **(SESAR 프로젝트)** 4단계 도심항공교통 구역관리 시스템(U-Space) 통합 서비스 구조 구축을 목표로 함
 - U1: 등록·식별
 - U2: 비행 승인 및 추적
 - U3: 충돌 회피 자동화
 - U4: 완전 자동화 공역 운영
- **(VERTIFIED 프로젝트)** 독일항공우주연구원(DLR)을 중심으로 첨단항공모빌리티 수직이착륙장의 상용 인프라 구축을 목표로 함



<그림 1. 독일항공우주연구원(DLR)의 첨단항공모빌리티의 수직이착륙장 조감도. '28년까지 상용화를 목표로 함'
(출처: <https://www.dlr.de/de/fl/forschung-transfer/projekte/verified>)>

□ 유럽 내 주요 국가별 연구 동향 비교

○ 유럽 내 주요 국가는 국가별 산업 구조 및 정책 방향에 따라, 다음과 같은 전략을 기반으로 첨단 모빌리티 연구를 추진

국가	주요 연구 분야	특징	연구 단계
독일	자율주행, 전기차	산업체와의 연계	상용화 직전
프랑스	첨단항공모빌리티	항공 중심의 연구전략	실증 단계
스웨덴	친환경 교통 시스템	탄소중립기술 중심의 연구	확산 단계
스페인	첨단항공모빌리티 (실증 중심)	첨단 모빌리티를 통한 관광 및 물류 활용의 고려	초기 단계

<표 5. 국가별 주요 연구 분야 개요>

2. 유럽의 첨단 모빌리티 정책 동향

□ 유럽연합의 정책 전략 및 추진 구조

- 유럽연합은 2025년 하반기 탄소중립 및 관련 산업 경쟁력 강화를 핵심 목표로 설정
 - 첨단 모빌리티와 관련하여 탄소중립을 위한 내연기관 차량 규제, 배터리 규제정책의 강화, 디지털 전환 정책의 강화 등과 같은 정책 방향을 수립
 - 특히 보조금 중심의 정책에서 규제 및 산업 구조 개편으로의 변화가 주목됨

□ 유럽 내 주요 국가별 정책 비교

국가	정책 특징	핵심 제도	정책 수준
독일	자율주행 선도	Level 4 자율주행 법제화	최고 수준
프랑스	항공모빌리티 관련 정책에 적극적	공항 중심 항공 시스템 구축	선도
영국	규제 완화 시도	자율주행 테스트 확대	빠른 실행
네덜란드	스마트 교통	통합형 서비스 관련 (MaaS) 정책	실증
스페인	관광 · 물류형 항공모빌리티 개발 중심	드론 활용 정책	초기

<표 6. 국가별 정책 및 핵심 제도>

□ 국제 협력 제도

○ 유럽연합 내 협력 구조

국가	주요 협력 제도	주요 내용	특징
연구개발	유럽연합의 호라이즌 유럽 프로그램	공동 연구개발 및 기술 혁신 지원	최대 규모 연구 지원 프로그램
항공교통	SESAR 공동 프로그램	항공 및 도심 내 항공모빌리티를 위한 공역 관리 시스템 개발	유럽 내 U-Space 시스템 구축이 핵심
규제 협력	유럽항공안전청의 구축	도심 내 항공모빌리티의 안전 기준 통합	유럽연합 내 단일 규제
교통 인프라	범유럽 교통망(TEN-T)	국가 간 교통 인프라 연결	물류 · 이동성 통합
산업 협력	민관협력	기업-정부 공동 프로젝트	상용화 촉진

<표 7. 분야별 주요 협력 제도 개요>



○ 유럽연합 외 글로벌 협력 구조

구분	협력 대상	주요 내용	특징
항공 규제	미국연방항공청(FAA)	항공 안전 기준 협력	글로벌 표준 경쟁
기술 협력	미국	자율주행 및 인공지능 기술 협력	민간 중심
정책 협력	일본	항공 및 스마트시티 협력	실증 중심
산업 경쟁/협력	중국	전기차 및 배터리 공급망	경쟁과 협력 병존
표준화	기타 국제기구(ISO, ICAO)	기술 표준 공동 개발	글로벌 규칙 설정

<표 8. 유럽 외 글로벌 협력 주요 내용>

□ 스타트업 및 혁신 생태계 지원

○ 유럽은 EIC Accelerator, EIT Urban Mobility 등의 프로그램을 통해 첨단 모빌리티 스타트업 상용화 지원

- 2025년에 14억 유로를 EIC 예산으로 배정하였으며, 호라이즌 유럽 클러스터 5와의 연계를 통해 효과적인 혁신 생태계 지원을 계획

프로그램	주요 목표	지원 분야	비고
EIC Accelerator	혁신 스타트업 기술 상용화	전동화, 자율주행, UAM	Horizon Europe 연계
EIT Urban Mobility	도시 모빌리티 스타트업 지원	스마트 교통, 실증사업	도시 · 산업 협력

<표 9. 관련 프로그램 세부 사항>

□ 기술별 법 제도 및 규제 정책

○ 전기차 및 배터리 관련 정책

- 생산부터 재활용까지의 전 과정 규제
- 탄소발자국 공개 의무화
- 공급망 관리 강화

○ 자율주행 관련 정책

- 인공지능을 사용한 자율주행 차량의 시험 운행 허용 확대
- 단, 사용자 데이터 보호 중심의 규제는 유지

○ 첨단항공모빌리티 관련 정책

- 유럽항공안전청 중심 인증 방식에 관한 논의 진행 및 수립
- 항공기 내 파일럿 탑승 방식에 관한 논의 및 점진적 무인화 계획
- 다만 첨단항공모빌리티 관련 법은 존재하나, 규제기관 인력 부족 등으로 인해 실제 적용이 지연되고 있음 (실제 운영 가능한 공역의 부재)
- 유럽연합 내 국가별 정책에 속도 차이가 존재
- 초기 시장 불확실성으로 인한 사업성에 관한 논의 존재

○ 인프라 구축 관련 정책

- 전기차를 위한 범유럽 교통망(TEN-T)을 기반으로 한 초고속 충전망 확대 및 수립
- 차량-인프라 간 통신(V2X) 기술 확산 및 교통 데이터 통합 플랫폼 구축 추진
- 첨단항공모빌리티의 수직이착륙장(Vertiport)의 설계 및 실증 단계. 다만, 상용 인프라는 아직 부재

□ 기타 정책

○ (Research & Innovation (R&I)) 거버넌스 정책 2025년 5월 유럽이사회는 ERA Policy Agenda 2025-2027 채택을 통해 연구와 산업 간의 연계 강화, 유럽 내 기술자립 및 산업혁신 경쟁력 제고 추진

- 또한 호라이즌 유럽 총 예산 중 2025년 기준 약 73억 유로 추가 투자 및 클러스터 5 중심 전략적 배정을 계획함

- (지속 가능 모빌리티 정책) 유럽은 탄소중립-지속가능한 모빌리티 시스템 및 스마트 교통 정책을 위해 Fit for 55 패키지 및 EU Green Deal을 실행하고, 이를 통해 연구개발 투자와 실증사업 병행하고 전기차·수소차를 확산하고자 함

정책	주요 내용	적용 범위	비고
Fit for 55	2030년 자동차 CO ₂ 배출 55% 감축	EU 전체	배출 규제·인센티브 병행
EU Green Deal	탄소중립 도시, 스마트 교통	도시·도시권	R&D + 실증사업 연계

<표 10. 관련 정책 및 세부 사항>

○ (도심 항공 모빌리티) 유럽연합 항공청(EASA)은 유럽 내 도심항공 모빌리티의 안전 규제, eVTOL 인증, Vertiport 인프라 가이드라인을 설정하고자 함

- 이를 통한 도심 항공 모빌리티의 상용화 안전·운영 규제 수립, 도심 통합교통(UAM-UTM) 구축, 국제 협력 활성화를 목표로 함

국가/기관	정책·프로그램	주요 목표	적용 범위	비고
EU/EASA + HorizonUAM	UAM 안전·인프라	eVTOL 인증, Vertiport 가이드	EU 도심	통합 교통 연구· 시뮬레이션 수행
한국/국토부	UAM 시범운항	eVTOL 통신·교통 연계, 정책 로드맵	한국	실증 중심
미국/FAA	UAM 규제·운영	eVTOL 안전 기준, Vertiport 인증	미국	상용화 기준 마련
싱가포르	도심 항공 테스트베드	공공·민간 공동 규제	싱가포르	운영 실증

<표 11. 유럽의 정책 및 프로그램을 한국, 미국, 싱가포르와 비교>

○ (자율주행 자동차) 유럽연합의 관련 정책

- EU 집행위원회는 자율주행 자동차를 안전하고 효율적인 교통 시스템의 핵심 요소로 보고, 이를 위한 전략을 수립함. 이 전략은 자율주행 기술의 개발, 테스트, 배치 및 규제 프레임워크를 포함
- 특히, 호라이즌 유럽 클러스터 5는 자율주행 및 연결된 모빌리티 시스템의 연구 및 혁신을 촉진하는 주요 프로그램으로, 자율주행 자동차의 안전성, 데이터 공유, 사이버 보안, 인프라 통합 등의 분야를 다룸

- 호라이즌 유럽 클러스터 5의 자율주행 자동차 관련 연구

- **(안전한 인간-기술 상호작용(HTI))** 자율주행 시스템의 운전자와의 상호작용을 개선하여 사고를 줄이고 도로 안전을 향상시키는 것을 목표로 함. 이러한 연구는 자율주행 시스템의 사회적 준비 상태를 평가하고 개선하는 데 중점을 둠
- **(원격 운송을 통한 지속 가능하고 스마트한 모빌리티 구현)** 자율주행 차량의 원격 운송을 위한 원칙, 지침 및 요구 사항을 정의하여 교차 국가 운용, 안전성, 사이버 보안, 인증, 운영자 교육 등을 포함한 포괄적인 접근 방식을 개발함
- **(신뢰할 수 있는 데이터 모델 개발)** 자율주행 차량이 의존하는 데이터의 신뢰성을 평가하고 보장하기 위한 새로운 데이터 모델을 개발하여, 도로 인프라와 차량 간의 통신에서 발생할 수 있는 위험을 최소화함

국가/기관	정책·프로그램	주요 목표	적용 범위	비고
EU/DG MOVE + Horizon Europe Cluster 5	AV 안전·데이터 표준	레벨 3~5 자율주행 안전 규제, 데이터 공유, 시범사업	EU 회원국	스마트 교통· 자율주행 통합 연구
한국/국토부	자율주행차 시범도시	AV 시범운행, 안전 평가, 정책 로드맵	한국 주요 도시	규제 샌드박스 활용 실증
미국/FAA + USDOT	AV 안전 규제	AV 상용화 기준, 데이터 보안, 도로 안전	전국	상용화 중심, 기업·주정부 협력
일본/국도교통성	자율주행 시범사업	고속도로 및 도심 AV 테스트, 규제 개선	일본 전국	스마트시티 연계 실증

3. 시사점

○ 정책 및 제도 측면

- 유럽은 기존 보조금 중심 정책에서 규제 및 시장 기반 정책으로 전환 중이며, 자율주행 및 항공모빌리티 분야에서는 기술과 제도를 병행하며 시스템 단위의 설계를 진행. 한국도 기술 발전 단계부터 법제 및 시스템 설계가 병행되어야 할 것으로 판단됨
- 유럽은 Fit for 55, ERA Policy Agenda 2025-2027 등을 통해 기후·산업·연구 정책과 R&I 투자를 긴밀히 연계하고, 연구개발-실증-산업 적용을 아우르는 통합적 전략을 추진 중이며, 이에 따라 정책과 투자 간 연계성이 기술 개발 성과와 상용화 성공률을 좌우하는 핵심 요소로 작용
- 전동화·스마트 교통·UAM 분야에서 규제, 인증, 인프라 정책을 R&I와 유기적으로 결합하여 실효성을 제고하고 있으며, 기술 개발 초기 단계부터 정책·제도·인프라를 통합적으로 설계하는 접근이 중요해지는 추세

- 글로벌 공급망 안정성과 기술 표준 확보를 위해 EU 외 연구기관 및 기업과의 협력을 강화하고 있으며, UAM(eVTOL 인증), CCAM 표준, 탄소중립 기술 등 주요 분야에서 국제 공동개발을 추진하여 연구 효율성과 기술 상용화 속도를 제고
- 이러한 흐름은 단일 국가 중심 전략을 넘어 다국적 협력 기반의 기술 · 산업 생태계 구축이 경쟁력 확보의 핵심 요소로 작용하고 있음을 시사

○ 국제 협력 및 표준화 측면

- 유럽연합 내부의 규제 통합 및 공동 연구와 동시에, 유럽연합 외부의 국가(예: 미국, 일본)와의 국제 협력을 통해 국제 기술 표준 수립을 도모. 한국도 국제 기술 표준화 관련 참여 확대 및 글로벌 협력 기반 산업 전략이 필요함
- 유럽은 EIC Accelerator, EIT Urban Mobility 등 스타트업 지원 프로그램을 통해 혁신 기술의 시장 진입을 촉진하고 있으며, 전동화 · 자율주행 · UAM 분야에서 상용화 속도와 시장 확산을 가속화
- 또한 실증사업과 정책 인센티브를 연계하여 초기 시장에서 기술 검증을 가능하게 하고, 연구 성과가 실제 산업화로 이어지도록 정책 · 투자 체계를 통합적으로 설계하는 접근을 강화

○ 연구개발 및 산업 생태계 측면

- 유럽은 연구에서 실증 및 상용화까지 연결되는 전주기 연구개발 구조를 구축하며 산 · 학 · 연 협력 기반 대형 프로젝트를 시도. 한국도 실증 중심의 연구 산업 구조가 필요하고, 산업 간 융합 연구 촉진이 필요함
- 유럽은 전기차 · 디지털 · 항공모빌리티의 기술 개발과 인프라를 동시에 구축하는 통합적 접근을 취함. 인프라 구축이 첨단 모빌리티 관련 연구의 핵심인 만큼 한국도 단일 기술 개발과 동시에 통합 인프라의 구축이 필요 (예: 전기차 충전 시스템, 항공 모빌리티의 수직이착륙 인프라)
- 유럽연합은 전동화, 자율주행, 도심항공모빌리티(UAM) 분야를 전략적 우선순위로 설정하고, 호라이즌 유럽 클러스터 5, EIC, CINEA 등을 통해 집중적인 연구 · 실증 투자를 수행
- 또한 예산 배분과 프로그램 설계를 통해 기술 개발 초기 단계부터 실증 · 상용화까지 전주기 지원을 추진하고 있으며, 이러한 전략적 자원 배분이 향후 기술 리더십 확보에 결정적 역할을 할 것으로 예상됨

○ 전략적 시사점

- 유럽연합은 단일 기술 중심에서 정책 · 인프라 · 데이터 통합 전략을 통한 산업 전환 추진하며 이를 핵심 성장 동력으로 설정
- 첨단 모빌리티 경쟁력은 단일 기술이 아니라 시스템 구축 능력에 의해 결정될 것으로 보임
- 한국도 강점 기반 산업 전략 수립에서 나아가, 단기 기술 개발 중심에서 벗어나 시스템 구축 중심의 중장기 산업 구조로의 전환 전략 수립이 필요



유럽 첨단 바이오 연구 및 정책 동향

IV



첨단 바이오 분야
박설아 서포터

유럽 첨단 바이오 연구 및 정책 동향

작성자: 박설아(첨단 바이오 분야 KERCC 서포터즈)



유럽연합은 첨단 바이오 분야에서 디지털 헬스데이터와 AI를 중심으로 한 혁신 기반을 구축하고 이를 점진적으로 제도와 투자 체계로 확장하고 있다. 상반기에는 EHDS 규정 발효를 통해 의료 데이터의 안전한 공유와 활용을 위한 법적 기반이 마련되었고, 진료와 연구를 아우르는 데이터 활용 구조가 형성되었다. 동시에 Horizon Europe, GenAI4EU 등을 통해 생성형 AI와 바이오의학 데이터 분석을 결합한 연구가 확대되었으며, TEHDAS2, i2X, EUCAIM 프로젝트를 통해 대규모 데이터 통합이 추진되었다. 정책적으로도 바이오기술 및 바이오제조 전략과 Innovative Health Initiative를 통해 규제, 투자, 인력, AI 활용을 연계한 기반이 마련되었다.

이러한 기반을 토대로 2025년 하반기에는 규제 프레임워크와 투자 전략이 구체화되었다. EU 생명과학 전략은 2030년 글로벌 바이오 허브 도약을 목표로 제시되었고, Apply AI 전략은 헬스케어에 포함한 산업 전반에서 AI 적용을 확대하는 실행 계획을 담았다. AI Act의 의료 적용이 본격화되면서 고위험 AI 시스템에 대한 규제가 구체화되었으며, Biotech Act 제안을 통해 투자 확대와 규제 간소화가 동시에 추진되었다. 연구 측면에서도 EUCAIM 등 데이터 인프라가 실질적 성과를 창출하기 시작했고, COMPASS-AI를 중심으로 임상 적용 협력 네트워크가 형성되었다. 또한 한국의 호라이즌 유럽 가입은 국제 협력 확대의 계기가 되었다.

결과적으로 유럽은 데이터, AI, 규제, 투자를 통합한 구조를 기반으로 바이오 산업 경쟁력을 강화하고 있으며, 이는 단순 연구 경쟁을 넘어 글로벌 표준과 생태계 주도권 확보 전략으로 이어지고 있다. 향후 경쟁력은 데이터 활용, AI 적용, 규제 대응, 국제 협력 역량의 결합에 의해 결정될 것으로 보인다.

IV

1. 유럽의 첨단 바이오 연구 동향

□ 유럽 헬스데이터 공간(EHDS) 구현 프로젝트와 후속 진전

○ TEHDAS2 공동 행동 프로젝트

- TEHDAS2(Towards the European Health Data Space 2)³³⁾는 EU4Health 프로그램의 핵심 프로젝트로, EHDS의 2차 데이터 사용을 위한 기술 사양과 가이드라인을 개발하고 있음
- EU4Health³⁴⁾는 2021~2027년 기간 약 50억 유로 이상 규모로 팬데믹 대응, 건강 시스템 강화, 디지털 헬스 전환 등을 지원하는 EU 역사상 가장 큰 보건 프로그램. 이 프로젝트는 국경을 넘어 건강 데이터에 안전하게 접근할 수 있도록 하며, 연구, 혁신, 정책 수립에 활용될 수 있는 표준을 제공
- 정기적인 이해관계자 공개 협의를 통해 의견을 수렴하고 있으며, EU 회원국들이 EHDS 규정 이행을 준비하는 데 필요한 결과물을 제공

○ i2X 프로젝트 - 300만 시민의 건강 데이터 연결

- 2025년 4월 출범한 i2X(Intelligent Implementation of the European Electronic Health Record Exchange Format)³⁵⁾ 프로젝트는 12개 EU 회원국의 38개 컨소시엄 파트너가 참여하는 약 800만 유로의 규모의 대규모 상호운용성 프로젝트
- 포르투갈 헬스테크 기업 UpHill이 주도하며, 향후 4년간 전자처방, 실험실 검사 결과, 환자 요약, 의료 영상, 퇴원 보고서 등 5개 핵심 영역에서 35개 파일럿 프로젝트를 실시
- 이 프로젝트의 핵심은 X-Format(European Electronic Health Record Exchange Format)으로, 1차 사용(환자 진료)과 2차 사용(정책, 연구, 혁신)을 모두 지원
- AI와 첨단 기술을 활용하여 의료 전문가의 추가 업무 부담 없이 원활한 상호운용성을 구현하는 것을 목표로 함
- 프로젝트 종료 시까지 환자의 건강 데이터 접근성을 75% 증가시키고, 국내외 전자건강기록(EHR)의 고품질 구조화 데이터 가용성을 80%까지 향상시킬 계획이며, 최소 1,200명의 의료 전문가가 참여하고 300만 명 이상의 유럽 시민이 직접 혜택을 받을 것으로 예상됨

33) https://hadea.ec.europa.eu/news/eu-funded-projects-contributing-implementation-european-health-data-space-2025-03-28_en

34) https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/eu4health_en

35) <https://www.digitalhealth.net/2025/04/eu-project-launched-to-connect-health-data-of-three-million-citizens/>

○ TEHDAS2 가이드라인 개발 및 공개 협의

- TEHDAS2 공동 행동 프로젝트는 EHDS의 2차 데이터 사용을 위한 기술 사양과 가이드라인 개발을 지속하고 있음. 2025년 1월 종료된 첫 번째 공개 협의에서는 국가 메타데이터 카탈로그 기술 사양 등 4개 문서에 대해 350건 이상의 의견이 접수되었으며, 최종 가이드라인은 2025년 4분기에 발표될 예정 ³⁶⁾
- 2025년 9월에는 데이터 보유자를 위한 가이드라인 초안, 2차 사용 옵트아웃 구현, 데이터 가명화 프로세스 등 10개 추가 문서에 대한 협의가 시작되었음. 11월에는 브뤼셀에서 '데이터 발견 및 다국가 신청 협력' 워크숍이 개최되어 EHDS 하에서의 국경 간 데이터 접근 방안이 논의됨

○ EUCAIM - 암 영상 인프라 확장

- EUCAIM 프로젝트는 2025년 하반기에 주목할 만한 진전을 이룸. 2025년 9월 기준 인프라는 9개 암 유형에 걸쳐 83개 영상 데이터셋, 약 107,000건의 사례를 연결하고 있음 ³⁷⁾
- 2025년 1월에는 에스토니아, 노르웨이, 라트비아의 새로운 파트너가 합류하여 범유럽 네트워크가 강화되었으며, 현재 17개국 95개 컨소시엄 회원이 참여하고 있음
- 플랫폼은 EHDS 규제 프레임워크와의 정합성을 확보하는 작업을 진행 중이며, 2026년 말까지 100,000건 이상의 사례와 6,000만 건 이상의 영상을 보유하는 것을 목표로 함. 11월에는 공개 웨비나를 개최하여 환자, 의료 전문가, 일반 대중에게 프로젝트 성과를 공유하였음

□ 생성형 AI(GenAI)와 바이오의학 연구

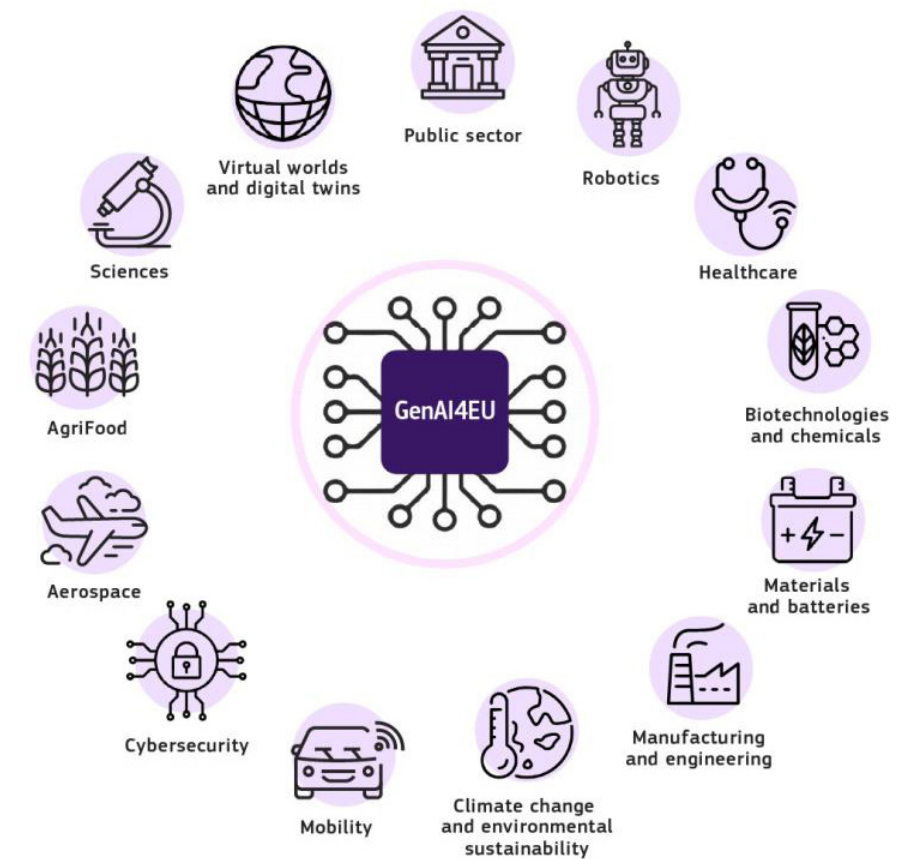
○ GenAI4EU 이니셔티브 ³⁸⁾

- 집행위원회는 2024년 1월 AI 혁신 패키지에서 발표한 5억 유로 규모를 초과하여 약 7억 유로에 달하는 GenAI4EU 플래그십 이니셔티브를 통해 유럽의 전략 부문에 생성형 AI를 통합하고 있음

³⁶⁾ <https://www.digitalhealth.net/2025/04/eu-project-launched-to-connect-health-data-of-three-million-citizens/>

³⁷⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cancer-imaging>

³⁸⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/genai4eu>



<그림 1. GenAI4EU는 헬스케어·바이오기술을 포함 유럽의 14개 전략 산업 생태계와 공공부문에서 생성형 AI 혁신을 통합 지원>

- Horizon Europe, Digital Europe Programme, European Innovation Council을 통한 지원이 이루어지며, 특히 건강 분야에서는 바이오의학 연구의 경쟁력 향상과 치료 효과 개선을 목표로 함
- 2025년 4월 발표된 AI Continent Action Plan과 10월 발표된 Apply AI 전략의 일환으로, GenAI4EU는 현재 13.5%에 불과한 EU 기업의 AI 채택률을 높이고 경쟁력과 경제 성장을 촉진하는 것을 목표로 함

□ AI 기반 헬스케어 연구의 새로운 전개

○ COMPASS-AI 이니셔티브 출범

- 집행위원회는 2025년 10월 COMPASS-AI를 출범 ³⁹⁾ 하였으며, 동 이니셔티브는 Apply AI 전략 핵심 플래그십 조치 중 하나로 AI의 안전하고 효과적인 임상 현장 통합을 촉진하기 위한 전문가 커뮤니티를 구축
- 암 치료와 원격지 의료를 2대 우선 분야로 선정하였으며, 병원, 전문 학회, EU AI-헬스케어 프로젝트에 걸친 광범위한 네트워크를 기반으로 운영함. AI 배치 가이드라인 제공, 모범 사례 매핑을 위한 인터랙티브 디지털 플랫폼 구축, 의료 전문가·병원 관리자·환자의 AI 리터러시 향상을 주요 활동으로 함

³⁹⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-launches-flagship-initiative-increase-use-ai-healthcare>

- 보건·동물복지 담당 집행위원 Olivér Várhelyi는 AI가 정밀 의료 발전, 진단 정확도 향상, 치료 의사결정 최적화, 업무 흐름 개선을 통해 헬스케어를 혁신할 수 있으며, 신뢰할 수 있는 AI 솔루션의 광범위한 도입과 통합이 필요하다고 강조

○ EuroHPC AI Factories와 헬스케어 슈퍼컴퓨팅

- EuroHPC 공동 사업체는 19개 AI Factories를 출범시켰으며, 이 중 17개가 헬스케어를 다루는 분야에 포함되어 있음 ⁴⁰⁾. AI Factories는 스타트업과 중소기업에 AI 개발을 위한 슈퍼컴퓨팅 자원에 대한 접근을 제공
- AI Continent Action Plan(2025년 4월)에서 제시된 AI Gigafactories 구상도 진행 중이며, 차세대 AI 모델 개발·훈련을 위한 대규모 인프라가 생명과학 분야(약물 발견, 유전체 분석 등)에도 활용될 예정임. 이는 EU가 AI 인프라 측면에서 헬스케어 분야에 전략적 우선순위를 부여하고 있음을 보여줌

○ SHAIPEP 프로젝트 - AI와 헬스데이터 접근 기관

- Digital Europe Programme의 지원을 받는 SHAIPEP 프로젝트는 2025년 3월부터 HealthData@EU 인프라를 활용하여 AI 모델과 도구의 개발, 검증, 배치를 시범운영하고 있음 ⁴¹⁾
- 이 프로젝트는 EHDS 하에서 건강 데이터 접근 기관(Health Data Access Bodies)이 AI 연구에 어떻게 기여할 수 있는지를 탐색하며, 향후 EHDS 2차 사용 규정이 본격 적용될 때를 대비한 실증적 경험을 축적하고 있음

□ Innovative Health Initiative(IHI) 프로그램과 후속 동향

○ IHI 개요 및 규모

- Innovative Health Initiative(IHI) ⁴²⁾는 집행위원회와 COCIR, EFPIA(Vaccines Europe 포함), EuropaBio, MedTech Europe 등 여러 건강 산업 협회 간의 공공-민간 파트너십
- 2021~2027년 기간 동안 총 24억 유로의 예산을 보유하며, 이 중 12억 유로는 Horizon Europe에서, 10억 유로는 IHI 산업 파트너에서, 2억 유로는 기타 생명과학 산업 또는 협회의 기여 파트너에서 제공됨
- IHI는 제약, 생명공학, 디지털 헬스, 의료 기술 부문과 함께 대학, 중소기업, 환자, 규제 당국 등 다양한 이해관계자를 모아 질병 부담이 높거나 사회적 영향이 큰 질병 분야를 다루는 협력 프로젝트를 지원
- 이 이니셔티브는 예방부터 진단, 치료에 이르기까지 전체 치료 스펙트럼을 포괄하는 안전하고 효과적인 건강 혁신을 제공하는 데 중점

40) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/artificial-intelligence-health>

41) https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/artificial-intelligence-healthcare_en

42) https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/health/innovative-health-initiative_en

○ IHI Call 11 주요 주제 ⁴³⁾

- 2025년 6월 개최된 IHI Call 11은 5개 주제로 구성된 2단계 공모로, 다음 분야를 다룸
 - 정밀 의학: 뇌 기능 장애의 진단 횡단적 계층화를 위한 플랫폼
 - 감염이 비전염성 질병을 촉진하고 유도하는 방식에 대한 이해
 - 약물 감시에서 AI 기반 신호 탐지
 - 1형 당뇨병에 대한 세포 치료를 가속화하기 위한 유럽의 전문 지식 활용
 - 유럽에 정형외과 및 심장 외래 수술 센터 설립

○ IHI Call 12 공모 준비

- IHI는 2025년 10월 Call 12 초안을 공개하고 12월 IHI 운영위원회의 승인을 거쳐 2026년 1월 공식 출범함. ⁴⁴⁾ Call 12는 IHI의 전략적 연구 혁신 아젠다(SRIA)의 5개 특정 목표에 부합하는 5개 주제를 다루며, 지원자 주도(applicant-driven) 방식의 단일 단계 공모
- 주제에 따라 최대 6,000만 유로의 IHI 재정 기여가 가능하며, 총프로젝트 예산의 최소 45%는 산업 파트너의 현물 기여로 충당해야 함. 특히 한국이 2025년 Horizon Europe에 가입함에 따라, Call 12의 일부 주제에서 한국 기관도 자금 수혜 자격이 부여됨

□ 암 연구를 위한 디지털 헬스데이터 프로젝트

○ BigPicture - 디지털 병리학 혁명 ⁴⁵⁾

- BigPicture 프로젝트(2021~2027)는 Innovative Medicines Initiative 2의 지원을 받아 병리학 실무를 혁신하고 있음
- 이 프로젝트는 고품질의 주석이 달린 병리 데이터의 대규모 저장소를 구축하여 진단 정확도와 효율성을 향상시키는 AI 도구를 개발
- 약 300만 개의 디지털 슬라이드를 수집하여 다양한 질병 영역을 포괄하며, 책임감 있고 지속 가능한 방식으로 데이터에 접근할 수 있도록 함

○ EUCAIM 유럽 암 영상 이니셔티브 ⁴⁶⁾

- EUCAIM(European Cancer Imaging Initiative, 2023~2027) 프로젝트는 Europe's Beating Cancer Plan의 플래그십 이니셔티브 중 하나로, 암 치료와 진료에서 디지털 기술의 혁신과 배치를 촉진하여 암 환자를 위한 더 정밀하고 신속한 임상 의사결정, 진단, 치료 및 예측 의학을 달성하는 것을 목표로 함

43) <https://www.ih.europa.eu/apply-funding/ih-call-11>

44) <https://www.ih.europa.eu/apply-funding/ih-call-12>

45) <https://bigpicture.eu/>

46) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cancer-imaging>

- 이 이니셔티브의 핵심은 DIGITAL 프로그램의 지원을 받는 EUCAIM (EUropean Federation for CAncer IMages) 프로젝트로, 1,800만 유로의 EU 공동 자금을 지원받음
- 프로젝트는 12개국 21개 임상 현장에서 시작하여 프로젝트 종료 시까지 15개국 최소 30개의 분산 데이터 제공자를 확보하는 것을 목표로 함
- 이 프로젝트는 EU 수준 및 국가 이니셔티브, 병원 네트워크, 암 영상 데이터를 보유한 연구 저장소를 연결하는 중앙 허브를 제공
- 일반 암과 희귀 암을 모두 포함하며, 익명화된 이미지와 주석을 통해 10만 건 이상의 사례가 제공될 것으로 예상됨
- 프로젝트 종료 시까지 최소 50개의 AI 알고리즘, AI 도구 및 임상 예측 모델이 인프라 내에 배치될 계획
- EUCAIM은 20개국 86개 제휴 기관이 참여하는 “AI for Health Imaging”(AI4HI) 네트워크의 작업 결과를 기반으로 함. 이 네트워크는 암 영상 분야의 빅데이터와 AI에 관한 5개 대규모 EU 자금 지원 프로젝트 (Chaimeleon, EuCanImage, ProCancer-I, Incisive, Primage)로 구성

□ HealthData@EU 파일럿 프로젝트 성과

○ 감염병 감시 및 의약품 모니터링 사례

- HealthData@EU 파일럿 프로젝트는 EHDS의 국경 간 2차 데이터 사용 가능성을 검증하는 5개 사용 사례를 수행함
- 유럽의약품청(EMA)은 COVID-19 환자의 혈액 응고 관련 이상 반응을 분석하고, 유럽질병예방통제센터(ECDC)는 항균제 내성 감시를 위한 HealthData@EU의 실현 가능성을 평가함. 파일럿 결과, 표준화된 절차가 데이터 발견 및 신청 단계에서 매우 유용한 것으로 확인되었으나, 각 노드별 고유 요구사항이 진행 속도를 저하시키는 요인으로 나타남
- 분산 분석 방식과 안전한 처리 환경(SPE)의 조합이 성공적으로 수행되어, 향후 EHDS 본격 이행시 참고할 수 있는 실증적 경험이 축적됨

2. 유럽의 첨단 바이오 정책 동향

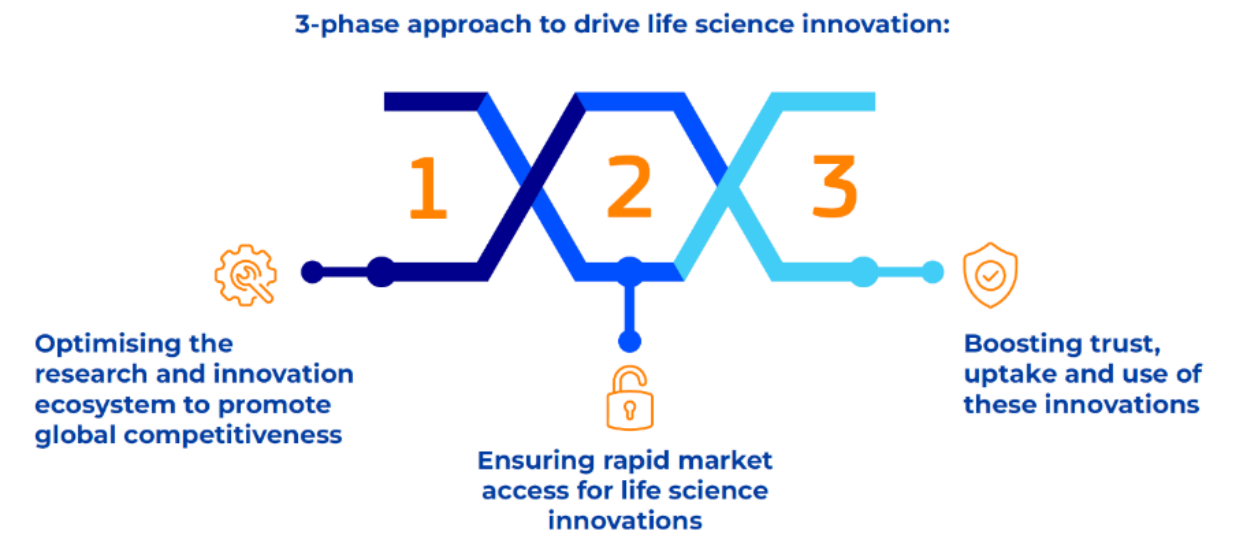
□ EU 생명과학 전략

○ 전략 개요 및 비전

- 집행위원회는 2025년 7월 2일 “Choose Europe for Life Sciences” 전략을 발표하여, 2030년까지 EU를 세계에서 가장 매력적인 생명과학 허브로 포지셔닝하겠다는 비전을 제시⁴⁷⁾
- 생명과학은 EU 경제에 약 1.5조 유로의 부가가치를 기여하고 2,900만 개의 일자리를 지원하고 있으나, 연구 성과를 실제 솔루션으로 전환하는 과정에서 글로벌 경쟁국에 뒤처지고 있다는 문제 인식에 기반함

○ 3대 정책 축

- **(연구·혁신 생태계 최적화)** 첨단치료의약품(ATMP) 유럽 우수센터 네트워크 구축(2026년), 다국가 임상시험 지원을 위한 임상 연구 투자 계획(2026년), 바이오클러스터 강화
- **(시장 접근 가속화)** EU Biotech Act를 통한 규제 간소화, AI 기반 규제 탐색 도구(2026년), 혁신 친화적 규제 환경 조성
- **(혁신 활용 촉진)** 3억 유로 규모의 공공 조달을 통한 생명과학 혁신 지원(기후 적응 기술, 차세대 백신, 암 치료 솔루션), 시민 신뢰 구축 및 정보 오류 대응



<그림 2. EU 생명과학 전략의 3단계 접근 체계 (출처: European Commission)>

47) https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/strategy-european-life-sciences_en

□ EU 바이오기술 및 바이오제조 전략의 2025년 실행

○ 배경

- 2024년 3월 발표된 EU 바이오기술 및 바이오제조 전략의 핵심 조치들이 2025년 본격 실행되고 있음. 2018년 기준 EU 바이오기술 산업은 GDP에 310억 유로를 기여하고 약 21만 개의 직접 일자리를 창출 ⁴⁸⁾

○ 2025년 주요 실행 조치

- EU 바이오기술 및 바이오제조 허브 출범(2025.01.30) ⁴⁹⁾: 스타트업과 중소기업이 규제 탐색, 자금 지원, 지적재산권 보호, 제품 승인 절차 등에 접근할 수 있는 원스톱 플랫폼을 Your Europe 포털에 구축
- EU 바이오기술법(EU Biotech Act) 준비 ⁵⁰⁾: 2025년 중반까지 규제 프레임워크 간소화를 위한 연구를 완료하고 법안 기반을 마련할 예정이었으나, 2026년 3분기로 연기됨
- EU 바이오경제 전략 검토: 2025년 말까지 현재의 사회적·환경적 과제를 고려하여 바이오경제의 산업적 차원과 바이오기술·바이오제조와의 연계를 강화

□ EU Biotech Act 법안 제출 (2025년 12월)

○ 법안 개요

- 2025년 12월 16일 집행위원회는 EU Biotech Act 규정안을 공식 제출함 ^{51) 52)}. 이 법안은 상반기 보고서에서 언급한 '2025년 중반까지 연구 완료 후 법안 기반 마련'이 2026년 3분기로 연기된 것과 관련하여, 실제로는 2025년 12월에 법안이 제출된 것임
- 건강 바이오 기술 중심의 동 법안은 EU 바이오 기술 산업의 경쟁력 강화를 목표로 하며, EU 바이오 기술 산업이 GDP에 400억 유로를 기여하고 90만 개 이상의 일자리(75%가 헬스케어 분야)를 창출하고 있음을 감안한 것임

○ 7대 정책 축

- **(자금 접근 강화)** EIB와의 BioTechEU 파일럿을 통해 2026-2027년 100억 유로의 공공-민간 투자 동원
- **(규제 간소화)** 다국적 임상시험 인가 기간 단축, 규제 샌드박스 도입, 복합 혁신 제품을 위한 단일 인가 절차
- **(SPC 연장)** EU에서 개발된 최고 수준의 바이오 기술 의약품에 대해 12개월 SPC(보충보호증명서) 연장
- **(바이오시밀러 경쟁력 강화)** EMA의 바이오시밀러 인가 간소화 가이드라인 개발

48) https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/47554adc-dffc-411b-8cd6-b52417514cb3_en

49) <https://www.vbb.com/insights/european-commission-launches-biotech-and-biomanufacturing-hub>

50) <https://www.biosliceblog.com/2025/04/eu-biotech-act-what-we-know-so-far/>

51) https://health.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-establish-measures-strengthen-unions-biotechnology-and-biomanufacturing-sectors_en

52) https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_25_3076

- **(AI·데이터 활용)** EHDS 이행과 연계하여 바이오 기술 분야의 AI 및 디지털 솔루션 활용 촉진, 데이터 품질 가속기 설립
- **(바이오 제조 역량 강화)** ATMP 우수센터 설립, 전략적 건강 바이오 기술 프로젝트 지정 및 신속 허가
- **(바이오 안보)** 오남용 가능성이 높은 바이오 기술 제품 목록 도입, 핵산 합성 장비의 내장 스크리닝 메커니즘 의무화
- 이 법안은 현재 유럽의회와 이사회의 입법 협상 절차에 들어갔으며, 최종 채택은 2026년 말 또는 2027년으로 예상됨 ⁵³⁾. 건강 이외의 바이오 기술 부문을 다루는 제2차 Biotech Act는 2026년에 별도로 추진될 예정

□ Horizon Europe 2025 보건 클러스터

○ 2025 Work Programme 개요 ⁵⁴⁾

- 2025년 Horizon Europe 보건(Health) Cluster 워크프로그램은 2025-2027 전략 계획에 따라 새로운 단계를 시작 ⁵⁵⁾. 이 프로그램은 2024-2029년 집행위원회 정책 지침과 밀접하게 연계되어 있으며, 의료 회복력 강화, 바이오기술 및 인공지능 활용, 긴급한 공중 보건 필요 사항 해결에 중점을 둠
- 이 프로그램은 오염 및 환경 악화로 인한 건강 영향, 유럽 그린딜 및 제로 오염 행동 계획과 같은 정책 지원 등의 주요 영역에 초점을 맞추고, 또한 비전염성 질병, 정신 건강, 팬데믹 대비, 항균제 내성을 다룸
- 여기에는 새로운 치료 옵션, 팬데믹 대응을 위한 AI 기반 도구, 유럽 뇌 건강 파트너십, 지적 장애를 가진 개인의 삶의 질을 개선하기 위한 조치가 포함
- 또한 프로그램은 EU의 건강 및 의료의 디지털 전환을 향상시키는 것을 목표로 함. 세포 및 무세포 치료 접근법, 바이오의학 연구를 위한 생성형 AI 모델, 전임상 및 임상 개발 간의 격차 해소를 포함하여 의료를 개선하기 위해 바이오기술과 AI를 지원하며, 또한 의료 기기 제조 프로세스를 발전시켜 EU 산업 정책을 지원하고, 단일 시장의 회복력을 보장하며, 산업 경쟁력을 촉진하고, 지속 가능한 관행을 장려

○ 공모 주제 ⁵⁶⁾

- **(Destination 1)** Staying healthy in a rapidly changing society
 - HORIZON-HLTH-2025-03-STAYHLTH-01-two-stage: 지적 장애인과 가족의 삶의 질 향상
- **(Destination 2)** Living and working in a health-promoting environment
 - HORIZON-HLTH-2025-01-ENVHLTH-01: 오염이 뇌 질환 및 장애의 발달과 진행에 미치는 영향
- **(Destination 3)** Tackling diseases and reducing disease burden
 - HORIZON-HLTH-2025-01-DISEASE-01: 항생제 내성 감염 치료를 위한 파지 치료

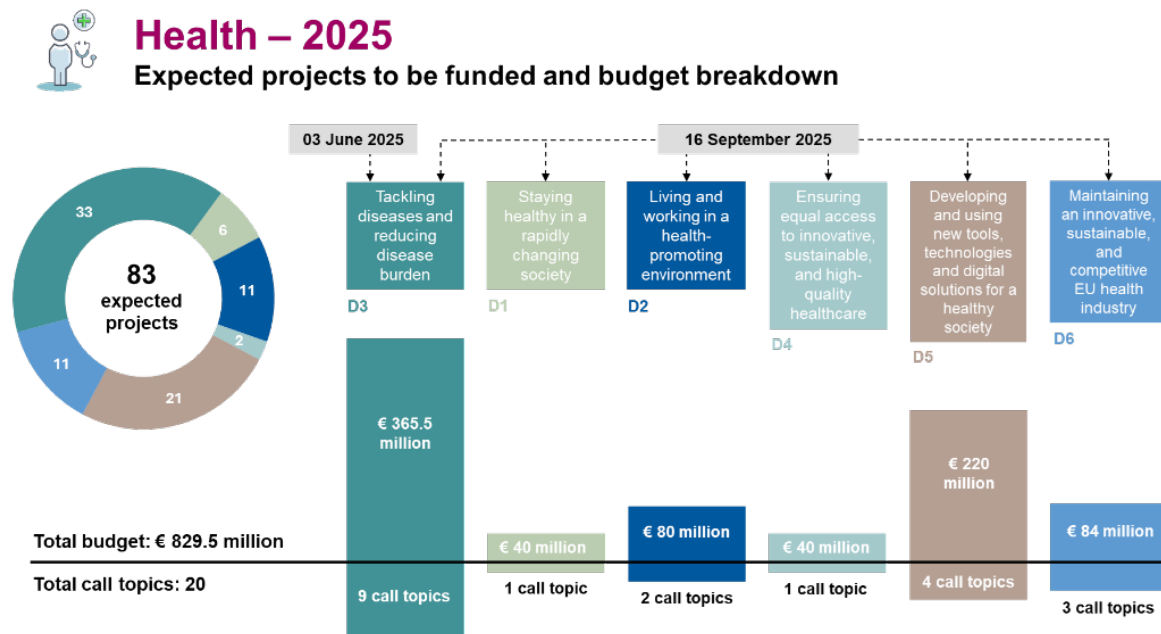
53) https://commission.europa.eu/news-and-media/news/commission-proposes-new-measures-improve-health-and-healthcare-sector-2025-12-16_en

54) https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/889d60c2-3cfb-4d94-8e17-8ebdd238b0c3_en

55) <https://accelopment.com/service/proposalwriting/horizon-pillar-cluster-1-health-work-programme-2025-just-pre-published/>

56) https://www.kowi.de/en/Portaldata/2/Resources/heu/wp/HORIZON-CL1-2025_10_29_2024.pdf

- HORIZON-HLTH-2025-01-DISEASE-02: 정신, 행동 및 신경발달 장애 혁신 치료
- HORIZON-HLTH-2025-01-DISEASE-03: 전염병 예방 및 치료를 위한 항체 개발
- HORIZON-HLTH-2025-03-DISEASE-04-two-stage: 팬데믹 대비 및 대응을 위한 AI 활용
- HORIZON-HLTH-2025-01-DISEASE-05: GloPID-R 지원
- HORIZON-HLTH-2025-03-DISEASE-06-two-stage: 비전염성 질병 맥락의 보건 시스템 강화
- **(Destination 4)** Ensuring equal access to innovative, sustainable, and high-quality healthcare
 - HORIZON-HLTH-2025-01-CARE-01: 의료 분야 생성형 AI 모델 적용 (GenAI4EU)
- **(Destination 5)** Developing and using new tools, technologies and digital solutions
 - HORIZON-HLTH-2025-03-TOOL-01-two-stage: 유전체 기술을 통한 세포 치료 강화
 - HORIZON-HLTH-2025-01-TOOL-02: 세포 분비물 기반 치료법 발전
 - HORIZON-HLTH-2025-01-TOOL-03: 바이오의학 연구에 GenAI 적용성 향상을 위한 다중모달 데이터 활용
 - HORIZON-HLTH-2025-01-TOOL-05: 바이오기술 연구를 혁신적 건강 치료로 전환 촉진
- **(Destination 6)** Maintaining an innovative, sustainable, and competitive EU health industry
 - HORIZON-HLTH-2025-01-IND-01: 첨단 치료 의약품(ATMP) 제조 최적화
 - HORIZON-HLTH-2025-01-IND-02: 의료기기 및 체외 진단 의료기기의 적합성 평가 절차 디지털화
 - HORIZON-HLTH-2025-01-IND-03: 희귀 의료기기 및 혁신 의료기기의 다국적 임상 연구 촉진



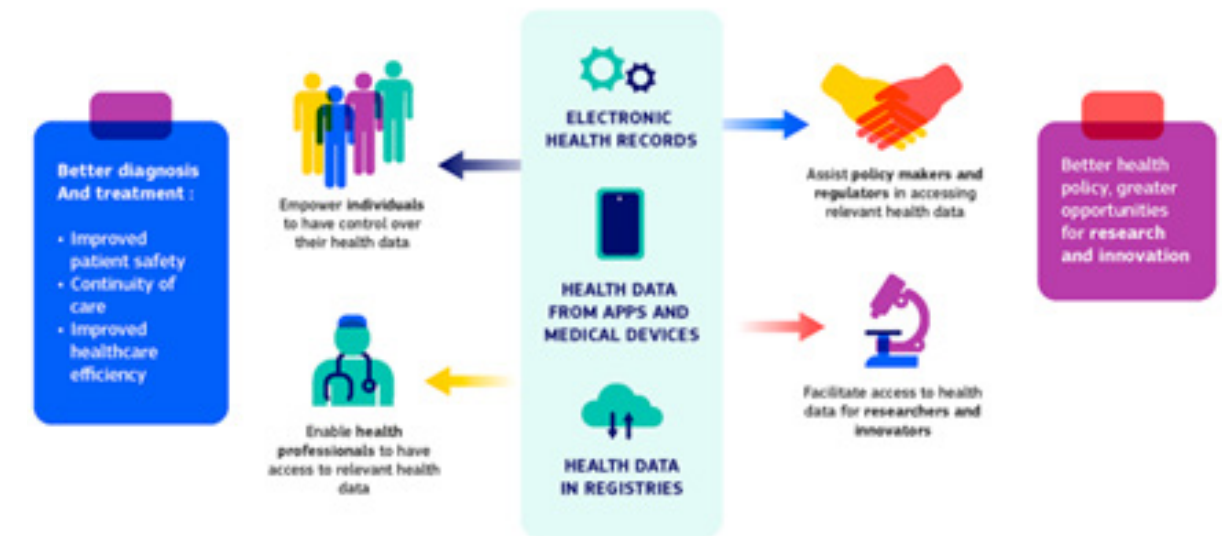
<그림 3. Horizon Europe 2025 Health WP의 목표별 예산 배분 및 예상 펀딩 프로젝트 수>

□ 유럽 헬스데이터 공간(EHDS) 규정 및 이행의 구체화

○ EHDS 규정의 발효 및 목표 ⁵⁷⁾

- 2025년 3월 26일 유럽 헬스데이터 공간(EHDS) 규정이 발효되어 적용을 위한 전환 단계가 시작됨
- EHDS 규정은 EU 전역에서 전자 건강 데이터의 사용 및 교환을 위한 공통 프레임워크를 구축하는 것을 목표로 하며, EHDS의 주요 목표는 다음과 같음:
 - 개인이 국경을 넘어 의료 서비스 제공(1차 데이터 사용)을 위해 자신의 전자 건강 데이터에 접근하고 제어하며 공유할 수 있도록 권한 부여
 - 연구, 혁신, 정책 수립, 규제 활동(2차 데이터 사용)을 위한 건강 데이터의 안전하고 신뢰할 수 있는 재사용 가능
 - 1차 및 2차 사용을 모두 지원하는 전자건강기록(EHR) 시스템을 위한 단일 시장 육성

EHDS in a Nutshell what is it about?



<그림 4. 유럽 헬스데이터 공간(EHDS)의 핵심 구성 요소>

※ 전자건강기록, 의료 앱, 레지스트리 등 다양한 데이터 소스를 중심으로, 개인(데이터 통제권 강화), 의료 전문가(환자 정보 접근), 정책입안자(의사결정 지원), 연구자(데이터 활용성 향상) 등 주요 수혜자를 나타냄

⁵⁷⁾ https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/digital-health-and-care_en

○ EHDS 지원 프로그램 및 예산

- EU의 건강 및 디지털 집행기구(HaDEA)는 EU4Health, Horizon Europe, Digital Europe 프로그램을 통해 EHDS 구현을 지원하는 프로젝트와 이니셔티브를 관리
- EU4Health 프로그램 하에서 HaDEA는 EHDS 구현을 지원하는 68개 프로젝트를 관리하며, 총 EU 자금 지원액은 1억 520만 유로에 달함
- 또한 HaDEA는 현재 EU 국가 및 준회원국에 대한 65개 EU4Health 직접 보조금을 관리하여 EU 국가에서 건강 데이터를 교환하고 재사용하는 신뢰할 수 있는 시스템 설정과 EHDS 구현을 지원
- 이 중 21개 보조금은 연구, 혁신, 개인 맞춤형 의학, 정책 수립 등의 목적으로 건강 데이터의 안전하고 윤리적인 재사용을 가능하게 하는 국가 인프라 및 서비스 설정을 지원
- 12개 보조금은 의미론적 상호운용성 향상에 중점을 두어 건강 데이터가 국경과 시스템을 넘어 이해되고 재사용될 수 있도록 보장하며, HaDEA가 관리하는 3개의 진행 중인 조달 계약은 총 380만 유로 이상으로 EHDS를 지원하고, 계획된 유럽 헬스데이터 공간(EHDS) 및 관련 서비스의 출시와 사용을 지원하기 위한 커뮤니케이션 및 정보 활동에 중점을 둠

○ 단계적 이행 로드맵

- 2025년 3월 발효된 EHDS 규정(Regulation (EU) 2025/327)의 단계적 이행이 본격 진행 중 ⁵⁸⁾
- 주요 이정표: 2027년 3월까지 각 회원국의 국가 디지털 건강 당국 및 건강 데이터 접근 기관(HDAB) 설치, 집행위원회의 핵심 시행법(implementing acts) 채택, 2029년 3월까지 1차 사용(환자 요약, 전자 처방·전자 조제)의 전 회원국 교환 및 대부분의 2차 사용 규정 적용, 2031년 3월까지 2차 그룹 우선 데이터(의료 영상, 검사 결과, 퇴원 보고서) 교환 및 유전체·임상시험 데이터의 2차 사용 적용

○ 기업 및 연구기관에 대한 영향

- EHDS 규정은 건강 데이터를 보유한 기업, 의료 제공자, 연구기관에 상당한 준비를 요구
- 모든 전자 건강 데이터는 구조화되고 상호운용 가능한 형식으로 수집·유지되어야 하며, 2차 사용을 위한 데이터는 적절한 익명화 또는 가명화 처리와 엄격한 데이터 보안 요건을 충족해야 함
- EHDS Board가 EU 차원에서 설치되어 회원국 간 협력과 정보 교환을 촉진하며, 각 회원국에서는 2차 사용 데이터 신청을 처리하는 건강 데이터 접근 기관(HDAB)이 핵심 역할을 수행

⁵⁸⁾ https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space-regulation-ehds_en

□ AI Act 핵심 규정의 적용과 헬스케어 영향

○ 고위험 AI 시스템 규정 적용 개시

- EU AI Act의 핵심 규정의 적용이 2025년 8월 2일부터 시작하였으며 ⁵⁹⁾ 이에 따라 고위험 AI 시스템(의료 AI 포함)의 분류 및 공급자 의무가 본격화
- 의료 AI는 진단, 치료, 임상 의사결정에 직접 영향을 미치므로 거의 모든 경우 고위험으로 분류되며, 위험 관리 체계, 고품질 학습 데이터, 투명한 문서화, 인간 감독 조치, 사이버 보안 표준 등의 요건을 충족해야 함
- 의료기기법(MDR)에 따른 제3자 적합성 평가를 받는 AI 제품은 AI Act의 고위험 시스템으로 자동 분류되어 양 규정을 병렬적으로 준수해야 함

○ 업계 반응 및 Digital Simplification Package

- MedTech Europe 등 업계 단체는 AI Act와 의료기기법 간의 정합성 확보를 촉구하면서, 임상시험 및 성능 연구에 대한 AI Act 의무 면제와 적용 기한의 2029년 8월까지 연장을 요구. 실제로 일부 EU 회원국은 동 기한까지 국가 집행 당국 지정 및 제재 체계 마련을 완료하지 못한 상황
- 이에 집행위원회는 2025년 11월 19일 Digital Simplification Package를 통해 AI Act의 일부 조항에 대한 맞춤형 수정안을 제안하여 시의적절하고 비례적인 이행을 도모하고 있음 ⁶⁰⁾

□ Apply AI 전략과 헬스케어 AI 추진

○ Apply AI 전략

- 2025년 10월 8일 발표된 Apply AI 전략은 AI Continent Action Plan(2025년 4월)을 보완하는 포괄적 정책 프레임워크로, 헬스케어를 포함한 11개 핵심 산업에서 AI 채택을 가속화하는 것을 목표로 함 ⁶¹⁾
- **(헬스케어 분야의 주요 조치)** AI 기반 첨단 스크리닝 센터 설립(암 및 심혈관 질환 조기 진단), 2027년 4분기 까지 헬스케어 AI 배치 전문성 유럽 네트워크 구축, 2026년 4분기 AI 약물 발견 챌린지 출범, AI 의료기기 시장 진입 간소화 조치(2026년) 등
- 동 전략은 호라이즌 유럽의 AI 연간 투자를 30억 유로 이상으로 2배 확대하는 계획도 포함함. GenAI4EU 이니셔티브(상반기 보고서 참조)의 추진 방향도 해당 전략 내에서 구체화되어, 유럽 기업의 AI 채택률 향상과 산업 경쟁력 강화를 목표로 함

⁵⁹⁾ <https://www.medtecheurope.org/2025/08/01/one-year-of-ai-act-medtech-europe-calls-for-coherent-implementation-to-unlock-the-full-potential-of-ai-in-healthcare/>

⁶⁰⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>

⁶¹⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/apply-ai>

○ Apply AI Alliance 및 AI Observatory

- 동 전략의 거버넌스 체계로 Apply AI Alliance가 2025년 4분기에 출범하였으며, 이 포럼은 AI 제공사, 산업 리더, 학계, 공공 부문을 연결하는 조정 체계로 정책이 현장의 실제 필요에 기반하도록 함
- 2026년 2분기에는 AI Observatory가 설치되어 AI 동향을 모니터링하고 부문별 영향을 평가할 예정

□ 심혈관 질환 대응: Safe Hearts Plan

○ Safe Hearts Plan⁶²⁾ 개요

- Biotech Act와 동일한 2025년 12월 16일 패키지의 일부로, 집행위원회는 유럽의 주요 사망 원인인 심혈관 질환에 대응하기 위한 Safe Hearts Plan을 발표
- 동 계획은 예방, 조기 발견, 치료 전반에 걸친 EU 차원의 조치를 포함하며, 개인 맞춤형 예측 도구와 치료법 개발, AI 및 디지털 헬스 솔루션의 활용, 연구 격차 해소를 주요 내용으로 함
- Apply AI 전략에서 제시된 AI 기반 첨단 스크리닝 센터가 심혈관 질환 조기 진단에도 활용될 예정이며, 이는 암과 함께 EU 헬스케어 AI의 2대 우선 적용 분야로 자리 잡음

THE EUROPEAN BIOTECH ACT WILL

- | | |
|---|---|
| ◆ Accelerate and enable EU-clinical trials authorisations | ◆ Foster the use of artificial intelligence (AI) in health biotechnology |
| ◆ Encourage innovation with increased support, one regulatory pathway and regulatory sandboxes | ◆ Enhance EFSA's capacity to provide scientific advice to companies |
| ◆ Support funding, investment and access to capital, in a pilot together with the EIB Group | ◆ Incentivise human and veterinary biotech medicine with high added value |
| ◆ Boost bio-manufacturing capacity | ◆ Reinforce security by preventing the misuse of biotech and strengthen biodefence |

<그림 5. EU Biotech Act의 8대 핵심 조치(출처:European Commission)>

62) https://health.ec.europa.eu/non-communicable-diseases/cardiovascular-health_en

3. 시사점

○ EU의 생명과학 경쟁력 위기 인식과 전략적 대응

- 2025년 하반기 EU의 잇따른 전략 발표와 법안 제출은 글로벌 바이오 기술 경쟁에서 EU가 연구 역량에 비해 상업화와 투자 유치에서 뒤처지고 있다는 위기 인식에 기반함. 2015년부터 2025년까지 미국 바이오의약품 스타트업이 약 2,190억 유로의 벤처캐피탈 투자를 유치한 반면 EU는 약 250억 유로에 그쳤고, 상업적 임상 시험의 글로벌 점유율도 10년간 22%에서 12%로 하락함. 이러한 위기 인식은 규제 간소화, 투자 확대, 인력 양성을 통합하는 포괄적 전략으로 이어졌으며, 한국의 바이오헬스 정책 수립에도 글로벌 경쟁 환경 분석과 자국의 강점·약점에 기반한 전략적 접근의 중요성을 시사

○ 국제 협력과 표준화 주도권 확보의 중요성

- BigPicture 프로젝트가 디지털 병리학 및 AI 기반 이미지 분석 표준 개발에 기여하는 것처럼, EU는 글로벌 표준 형성 과정에서 주도권을 확보하고 있음
- 한국도 디지털 헬스 분야의 국제 표준화 활동에 적극 참여하고, EHDS와 같은 EU의 데이터 인프라와의 협력 방안을 모색하여 글로벌 헬스데이터 생태계에서 입지를 강화해야 함. 이를 통해 한국 기업과 연구기관이 유럽 시장에 진출하고 공동 연구 프로젝트에 참여할 수 있는 기회를 확대할 수 있을 것

○ 호라이즌 유럽 가입을 통한 한-EU 협력 기회 확대

- 2025년 7월 한국이 아시아 최초로 호라이즌 유럽에 공식 가입한 것은 한-EU 첨단 바이오 협력에 있어 중요한 전환점⁶³⁾임. 한국 연구자와 기관은 이제 EU 회원국과 동일한 조건으로 필라 2(글로벌 도전과 유럽 산업 경쟁력) 공모에 참여할 수 있으며, IHI Call 12 등 공공-민간 파트너십에도 자금 수혜 자격이 부여됨. 이를 적극 활용하여 EU의 대규모 헬스데이터 인프라(EHDS, EUCAIM)와 한국의 우수한 IT·의료 인프라를 연결하는 공동 연구 프로젝트를 추진하는 것이 중요

○ 규제와 혁신 촉진의 양면 전략에서 배우는 균형

- 2025년 하반기 EU의 정책 동향에서 가장 두드러지는 특징은 AI Act를 통한 엄격한 규제와 Apply AI 전략 및 Biotech Act를 통한 혁신 촉진을 동시에 추구한다는 점임. 고위험 의료 AI에 대해 투명성, 인간 감독, 데이터 품질 등의 요건을 부과하면서도, 규제 샌드박스, AI 약물 발견 챌린지, 시장 진입 간소화 등을 병행하는 접근은 규제가 혁신의 장벽이 아닌 신뢰 기반의 촉진제로 기능하도록 설계되었음. 한국도 의료 AI 인허가 체계를 고도화하면서 동시에 혁신 촉진 정책을 균형 있게 추진할 필요가 있음

63) https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/europe-world/international-cooperation/association-horizon-europe/korea_en

○ 생성형 AI와 헬스데이터의 융합을 통한 혁신 가속화

- GenAI4EU 이니셔티브는 약 7억 유로 규모의 투자로 AI가 바이오의학 연구의 핵심 도구로 자리 잡고 있음을 보여줌
- 특히 다중모달 데이터(의료 영상, 유전체, 전자건강기록 등)를 통합하여 질병 예측, 개인 맞춤형 치료, 신약 개발을 가속화하는 방향은 주목할 만함
- 한국도 우수한 IT 인프라-의료 데이터를 AI 연구에 체계적으로 활용하기 위한 대규모 연구 프로젝트와 산학연 협력 생태계 구축이 필요

○ 데이터 거버넌스와 상호운용성 기반 구축의 중요성 및 이행의 구체화와 대비

- EHDS 규정은 단순한 데이터 공유를 넘어 법적 프레임워크, 기술 표준, 윤리적 원칙을 통합한 종합적인 데이터 생태계를 구축하고 있음
- TEHDAS2와 i2X 프로젝트가 보여주듯이, 국가 간 건강 데이터 교환을 위해서는 의미론적 상호운용성 (semantic interoperability)과 표준화된 메타데이터 체계가 필수적
- 한국도 의료 데이터의 2차 활용을 확대하기 위해서는 병원 간, 기관 간 데이터 표준화와 상호운용성 확보가 선행되어야 하며, 개인정보 보호와 데이터 활용 간의 균형을 이루는 법제도적 기반 마련이 필요
- EHDS 규정은 2029년 3월까지 1차 사용(환자 요약, 전자 처방)의 국경 간 교환과 대부분의 2차 사용 규정 적용을 목표로 단계적 이행 중. 각 회원국은 디지털 건강 당국과 건강 데이터 접근 기관(HDAB)을 설치해야 하며, 전자건강기록 시스템의 상호운용성 인증도 요구됨. 이러한 EU의 체계적 접근은 한국이 의료 데이터 2차 활용 확대를 추진할 때 참고할 만한 모델이며, 특히 데이터 접근 기관의 역할, 옵트아웃 메커니즘, 가명화 기술 사양 등에서 구체적인 시사점을 제공

○ 질병 특화 데이터 인프라 구축의 전략적 가치 및 실질적 성과와 확장

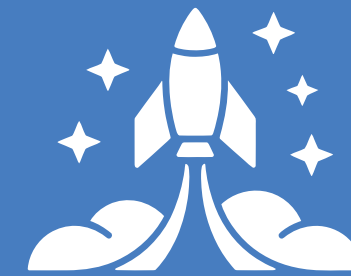
- BigPicture와 EUCAIM 같은 암 중심 프로젝트는 100만 건 이상의 디지털 병리 이미지와 암 영상 데이터를 표준화하여 AI 기반 진단 및 치료 개발의 기반을 마련하고 있음
- 이는 특정 질병 영역에 집중된 고품질 데이터 인프라가 혁신을 촉진하는 핵심 자산임을 보여줌
- 한국도 암, 치매, 심혈관 질환 등 주요 질병별로 다기관 데이터를 통합하는 국가 단위 데이터 허브를 구축하고, 이를 AI 개발과 임상 연구에 개방하는 전략이 필요
- EUCAIM이 107,000건 이상의 사례를 연결하고 2026년 말 6,000만 건 영상을 목표로 한다는 것은 질병 특화 데이터 인프라가 단순한 구상을 넘어 실질적 성과를 내고 있음을 의미함. 연방 학습(federated learning) 기반의 프라이버시 보존 아키텍처는 데이터 주권을 유지하면서도 대규모 다기관 AI 연구를 가능하게 함. 한국도 국가 단위 암 영상 데이터 허브를 구축하고, EUCAIM과의 상호운용성을 확보하여 글로벌 암 AI 연구 생태계에 참여하는 전략을 모색해야 함

○ 공공-민간 파트너십 모델

- IHI는 24억 유로 규모로 제약, 의료기기, 디지털 헬스, 바이오테크 산업이 공동으로 참여하는 모델을 통해 전임상 연구부터 임상 적용까지 전 주기 지원
- 이러한 파트너십은 기업의 실질적 수요와 공공 연구의 혁신성을 결합하여 시장 진입까지의 시간을 단축시킴
- 한국도 바이오헬스 분야의 글로벌 경쟁력을 높이기 위해 정부 출연금과 민간 투자를 결합한 대형 공동 연구 프로그램을 확대하고, 산업계가 연구 초기 단계부터 적극 참여할 수 있는 체계를 마련해야 함

○ 대규모 투자 동원 모델의 시사점

- EU Biotech Act와 연계된 BioTechEU 파일럿은 EIB를 통해 100억 유로의 공공 · 민간 투자를 동원하는 모델을 제시함. 미국의 바이오 기술 벤처캐피탈 투자가 EU의 약 9배에 달하는 상황에서, EU는 공공 금융기관의 역할을 전략적으로 활용하여 민간 자본을 유인하는 접근을 취하고 있음. 한국도 바이오헬스 스타트업의 성장 단계별 자금 지원 체계를 강화하고, 정책 금융과 민간 투자의 연계 모델을 발전시킬 필요가 있음



유럽 우주관측·센싱 연구 및 정책 동향

V



우주항공·해양 분야
김민재 서포터

유럽 우주관측·센싱 연구 및 정책 동향

작성자: 김민재(우주항공·해양 분야 KERC 서포터즈)



유럽의 우주관측·센싱 분야는 2025년 상반기에는 기술·정책 기반을 강화하고, 하반기에는 발사 성과와 대규모 투자 확보를 통해 우주 자율성을 본격적으로 확대하는 흐름을 보이고 있다. 상반기에는 ESA 50주년을 계기로 Biomass 위성 발사와 PLATO 우주선 조립 완료 등 주요 성과가 이어지며 지구 관측과 우주 과학 역량이 강화되었고, Copernicus 프로그램의 Sentinel 위성 운영 및 데이터 고도화를 통해 기후·해양 모니터링 정확도가 크게 향상되었다. 동시에 EU Space Act가 발표되며 안전, 회복력, 지속가능성을 축으로 하는 통합 규제 프레임워크가 마련되었고, 우주 쓰레기 관리와 사이버보안 등 산업 전반의 기준이 구체화되었다. 대형 과학 미션과 국제 협력도 지속적으로 확대되며 유럽은 기술력과 협력 네트워크를 기반으로 한 우주 전략의 방향성을 확립했다.

하반기에는 이러한 기반 위에서 실제 발사 성과와 재정적 뒷받침이 결합되며 정책의 실행력이 크게 강화되었다. Ariane 6을 통한 차세대 기상위성 발사, Sentinel-1C·1D의 이중 위성 체계 구축, Sentinel-6B 발사를 통한 해수면 관측 연속성 확보 등은 관측 인프라의 안정성과 정밀도를 동시에 끌어올렸다. 특히 ESA 각료회의에서 사상 최대 규모인 223억 유로 예산이 승인되면서 향후 3년간 우주 개발 전반에 대한 투자 기반이 확정되었고, Ramses 소행성 탐사, Enceladus 탐사 준비, NewAthena 망원경 개발 등 신규 및 중장기 프로젝트도 본격화되었다. 국제적으로는 캐나다의 참여 확대와 Artemis 프로그램을 통한 유럽 우주인의 달 탐사 참여 확정 등 협력 범위가 더욱 확장되었다.

이러한 흐름은 유럽이 기술 개발을 넘어 발사체, 데이터, 규제, 재정, 국제 협력을 통합한 종합적 우주 역량을 강화하고 있음을 보여주며, 이를 기반으로 독자적 우주 접근 능력과 글로벌 영향력을 동시에 확보하려는 전략이 뚜렷해지고 있다.



1. 유럽의 우주관측·센싱 연구 동향

□ 유럽우주국(ESA) 50주년

※ 유럽우주국(ESA)은 2025년 창립 50주년을 맞아 다양한 기념행사와 함께 미래 비전을 제시

○ ESA 50주년 오픈 데이 개최 및 결과

- 2025년 9월부터 10월까지 유럽 주요 센터(독일 ESOC, 이탈리아 ESRIN, 스페인 ESAC, 네덜란드 ESTEC, 프랑스 본부)에서 일반인 대상 공개 행사 개최
- 우주 과학, 지구 관측, 우주 탐사 등 ESA의 주요 활동 소개 및 유럽 청소년 과학 인재 발굴 프로그램 진행
- 차세대 우주 인재 육성을 위한 교육 프로그램 강화
- ESA Strategy 2040 홍보를 통해 '녹색 미래를 위한 우주', '신속한 위기 대응', '우주 자산 보호'의 3대 가속기에 대한 대중 인지도 제고
- 각 센터에서 PLATO, LISA, Ramses 등 차세대 우주 과학 미션 전시 및 홍보 진행

○ ESA Strategy 2040 발표

- 2025년 초 ESA 이사회에서 채택된 장기 전략
- 녹색 미래를 위한 우주(Space for a Green Future), 신속한 위기 대응(Rapid Crisis Response), 우주 자산 보호(Protection of Space Assets)를 3대 가속기로 설정
- 빙하 달 샘플 귀환 미션과 유인 우주 탐사를 2대 영감 프로젝트로 지정

□ 지구 관측 분야

※ 2025년 상반기 유럽의 지구 관측은 새로운 위성 발사와 기존 시스템의 성능 향상을 통해 큰 발전을 이룸

○ Biomass 위성: 산림 탄소 관측의 새 시대

- 2025년 4월 29일 Vega-C 로켓으로 프랑스령 기아나에서 발사 성공
- 세계 최초 P-밴드(435 MHz) 합성개구레이더(SAR)를 이용한 우주 관측
- 12m 메쉬 반사경과 7.5m 붐(boom)의 복잡한 전개 작업 성공
- Living Planet Symposium(2025년 6월, 비엔나)에서 첫 고해상도 산림 이미지 공개
- 전 지구 산림 바이오매스 측정으로 탄소 순환 모델 정밀도 획기적 개선 기대세계 최초 P-밴드(435 MHz) 합성 개구레이더(SAR)를 이용한 우주 관측

○ Copernicus 프로그램(지속적 강화와 데이터 품질 향상)

* Copernicus는 유럽의 대표적 지구 관측 프로그램으로, 2025년 상반기에도 여러 Sentinel 위성의 성능 개선과 데이터 품질 향상을 달성

- (Sentinel-1C) 차세대 레이더 관측

- 2024년 12월 발사 후 2025년 1월부터 SAR 시운전 본격 시작
- 2월 14일 첫 간섭계(InSAR) 데이터셋 공개: 칠레 아타카마 사막 지각 변동 정밀 관측
- 10월 15일 새로운 처리 기준선(Baseline 4.0.0) 배포
- 분산 범위 오차 보정으로 간섭계 정확도 향상
- 대역 내외 전력비 변수 값 비교 등으로 보정 능력 강화

- (Sentinel-2C) 육지 · 식생 모니터링 확대

- 2024년 9월 발사된 Sentinel-2C의 10m 해상도 데이터 본격 제공
- 2025년 8월 Collection-1 Phase-2 재처리 완료 (2022년 1월 ~ 2023년 12월 데이터)
- Baseline 05.10 적용으로 데이터 일관성 및 품질 대폭 향상

- (Sentinel-6 및 Sentinel-3) 해양 모니터링 정밀도 향상

- 2025년 9월 10일 Sentinel-6 Baseline Collection 008 공개
- 해수면 높이 측정 정확도 1cm 이내 달성
- 2025년 9월 10일 Sentinel-3 재처리 데이터 공개
- 해양 수온, 해색, 수증기 관측 데이터 품질 개선

□ (지구 관측) 사상 최대 발사 성과

※ 2025년 하반기 유럽은 세 기의 지구 관측 위성을 연달아 발사하며 Copernicus 프로그램의 역량을 획기적으로 강화함

○ (MetOp-SG-A1 및 Sentinel-5) 차세대 기상 관측의 시작

- 2025년 8월 13일 02:37 CEST, Ariane 6 로켓(VA264)으로 프랑스령 기아나 우주센터에서 발사 성공
- Airbus Defence and Space(프랑스 툴루즈) 주관 제작, ESA 위탁으로 개발되었으며, 약 4톤급 위성으로 궤도 진입 후 04:47 CEST에 태양 전지판 전개 완료가 확인되었으며, 1세대 MetOp 대비 정확도 · 해상도 대폭 향상됨
- 총 6기(A형 3기+B형 3기)로 구성된 MetOp-SG 위성 계열의 첫 번째 위성으로, 향후 20년 이상 기상 관측 연속성 보장
- 탑재된 Copernicus Sentinel-5는 오존, 이산화질소, 이산화황, 포름알데히드, 일산화탄소, 메탄 등 대기 추적 가스 및 에어로졸 일일 전 지구 측정

- ESA-EUMETSAT 협력 체제: ESA는 위성 설계 · 개발, EUMETSAT은 발사 서비스, 지상 시스템 개발, 위성 운용 및 데이터 배포 담당
- 미국 NOAA와의 합동 극궤도 시스템(Joint Polar System) 첫 유럽 기여 위성으로 국제 기상 예보 정확도 향상에 기여

○ (Sentinel-1D) 레이더 관측 이중 체계 완성

- 2025년 11월 4일 22:02 CET, Ariane 6 로켓(VA265)으로 프랑스령 기아나에서 발사에 성공하였으며, 발사 34분 후 목표 궤도 안착
- 남극 트롤(Troll) 위성 지상국에서 22:22 CET 최초 신호 수신 확인 후, 태양 전지판 및 레이더 안테나를 10시간에 걸쳐 순차 전개
- Thales Alenia Space(탈레스 67%, 레오나르도 33% 합작) 제작, 무게 2,184kg: C-밴드 합성개구레이더(C-SAR) 탑재로 약천후 · 야간을 불문한 지구 표면의 고해상도 영상을 취득함. 고도 693km 태양동기 궤도(경사각 98.18°)
- Sentinel-1C와 180도 간격으로 동일 궤도를 비행하여 어떤 지점이든 6일 주기 레이더 관측이 가능한 이중 위성 체계를 완성하면서 기존 12일 주기 대비 관측 빈도 2배 향상
- 자동 선박 식별 시스템(AIS) 및 Galileo 항법 수신기 탑재로 해상 선박 추적 및 정밀 위치 결정 기능 강화
- Ariane 6 상단부가 발사 후 능동 이탈 궤도 기동을 수행하여 우주 쓰레기 생성을 방지하는 등 EU Space Act 지속가능성 원칙 실천
- Sentinel-1A(2014년 발사, 임무 수명 11년 초과 운용)의 역할을 순차적으로 인계받을 예정

○ (Sentinel-6B) 해수면 측정 30년 연속성 보장

- 2025년 11월 17일(UTC) SpaceX Falcon 9 로켓으로 미국 캘리포니아 반덴버그 우주군기지 SLC-4E에서 발사에 성공하면서, SpaceX의 500번째 재사용 부스터 궤도 발사 기록과 동시에 달성
- 발사 57분 후 고도 1,336km 비태양동기 궤도(경사각 66°)에 성공적으로 분리하여 TOPEX/Poseidon · Jason 시리즈부터 이어온 동일 궤도 유지로 30년 이상의 해수면 데이터 연속성을 보장하였으며, ESOC가 캐나다 Inuvik 지상국을 통해 06:54 UTC 첫 신호 수신
- 11월 20일 Darmstadt EUMETSAT 임무통제센터가 위성 운용권을 공식 인수함. 11월 26일 Poseidon-4 레이더 고도계 최초 데이터를 취득하고, 12월 16일 ESA 공개
- 이중 주파수(C-밴드 · Ku-밴드) 레이더 고도계 Poseidon-4 탑재로 해수면 높이를 약 1cm(단일 측정 기준) 수준의 높은 정밀도로 측정함. 비태양동기 궤도(1,336km, 경사각 66°)를 10일 주기로 회전하며 전 지구 해양 95% 커버
- ESA는 EUMETSAT 및 집행위원회 위탁으로 조달 · 발사 초기 궤도 단계(LEOP) 담당함. NASA · NOAA · CNES가 미국 측 관측기기 · 기술 지원
- ESA 발표 자료에 따르면 지난 25년간 전 지구 해수면이 약 10cm(4인치) 상승하였으며, Sentinel-6B는 이러한 기후변화 핵심 지표를 지속 추적

□ 우주 과학 분야

○ PLATO 미션 개발 진행

- 2025년 9월 PLATO 우주선 최종 조립 완료(네덜란드 ESTEC)
- 태양 전지판 및 선선티드 장착, 전개 시험 성공
- 2026년 12월 Ariane 6 로켓 발사 예정
- 26개의 카메라로 태양형 항성 주변 지구형 외계행성 탐사 목표

○ LISA 미션 건설 시작

- 2024년 1월 정식 채택 후 2025년 주 계약자 선정
- 2034년 발사 목표의 우주 기반 중력과 관측소
- 250만 km 간격의 3개 우주선으로 초대질량 블랙홀 충돌 관측

○ LISA 중력과 관측소 계약자 선정 및 산업의 날

- 2025년 5월 7-8일 (상반기) ESA-ESTEC(네덜란드)에서 LISA 산업의 날(LISA Industry Days)을 개최하여 CM25 대비 산업계와의 사전 조율
- 2025년 주 계약자 선정 프로세스 가속화: 2035년 발사 목표의 우주 기반 중력과 관측소로, 250만km 간격으로 배치된 3기의 우주선이 레이저 간섭계 형성
- 초대질량 블랙홀 충돌, 은하 병합, 초기 우주 중력과 배경 복사 등 관측 목표: 지상 기반 LIGO · Virgo보다 훨씬 낮은 주파수(밀리헤르츠) 대역 포착
- CM25에서 과학 프로그램 예산이 인플레이션 대비 연 3.5% 증가로 확정됨에 따라 LISA 개발 예산을 안정적으로 확보

○ ATHENA X-선 망원경 개발

- 2030년대 초반 발사 목표
- 2025년 NASA 예산 삭감 우려로 협력 재조정 논의 시작
- 블랙홀, 은하단 등 고에너지 천체 현상 관측 목표

○ NewAthena X선 망원경 중간 검토 완료

- 2025년 6월 산업 활동 중간 검토(Interim Review)를 완료하였으며, 전체 비용 상한 13억 유로 내에서 설계 유지를 확인

- 2026년 6월 기기 컨소시엄의 시스템 요구사항 검토(I-SRR) 및 2026년 4분기 독립 미션 채택 검토(Mission Adoption Review) 실시 예정
- 2027년 ESA 과학프로그램위원회(SPC) 최종 채택 후 2037년 발사 목표로 개발 지속 - 기존 2030년대 초반 계획에서 일정 조정
- 주요 탑재 기기: X선 적분 시야 장치(X-IFU, 50밀리켈빈 냉각 고분해능 분광기, 프랑스 IRAP 주도)와 광역 영상기(WFI, 독일 MPE 주도)
- ESA Director of Science Carole Mundell이 LISA, EnVision와 함께 NewAthena가 NASA 예산 삭감의 영향을 가장 많이 받는 미션 중 하나임을 공개적으로 언급하면서 국제 협력 대응책을 모색 중

○ Hera 미션 화성 플라이바이

- 2024년 10월 발사된 Hera가 2025년 3월 12일 화성 근접 통과
- 2027년 소행성 Dimorphos 도착 예정
- NASA DART 충돌 후속 조사로 행성 방어 기술 검증

○ Hera 미션: Didymos 향해 비행 중

- 2024년 10월 발사된 ESA 최초의 소행성 미션 Hera가 2026년 11월 초기 도착을 목표로 Didymos 소행성계를 향해 항행 중
- NASA DART의 소행성 Dimorphos 충돌(2022년 9월) 후속 조사 임무로서 Dimorphos의 질량, 구조, DART 충돌로 인한 물리적 변화 측정
- 두 기의 큐브셋(Milani, Juventas)을 탑재하여 소행성 표면 분진 분석 및 내부 레이더 탐사 계획
- Ramses 미션 설계의 기반 모델로 활용: Hera 개발 경험이 Ramses의 2028년 발사 달성을 뒷받침

○ Ramses(Rapid Apophis Mission for Space Safety) 미션: 아포피스 랑데부 결정

- 2025년 11월 26-27일 CM25에서 ESA 23개 회원국이 Ramses 미션을 공식 승인하고, 우주 안전 프로그램 예산 € 9.55억(전기 대비 30% 증가)에 Ramses를 포함하여 예산을 확보
- ESA와 JAXA의 공동 미션으로, JAXA는 태양 전지판, 열 적외선 촬영기 제공 및 H3 로켓 공동 발사 검토 (2025년 8월 JAXA가 일본 정부에 공식 예산 요청)
- 2028년 4월 발사, 2029년 2월 아포피스 랑데부 (지구 최근점 통과 2개월 전) - 지구 중력에 의한 아포피스 표면 · 궤도 · 회전 변화를 '이전-최근점-이후'로 관측
- OHB 이탈리아가 우주선 버스 제작(6,300만 유로 계약 체결, 2025년 10월 발표) - Hera 설계 기반 개량형으로 추진제 탱크 및 안테나 크기 조정

- 2개의 큐브셋 탑재: Farinella(이탈리아 Tyvak 제작, 먼지 분석기+저주파 레이더), Don Quijote(스페인 Emxys 제작, 아포피스 착륙 목표)
- 스위스 베른대학이 제작한 고해상도 카메라 CHANCES(Colour High-resolution Apophis Narrow-angle CamEra System) 탑재하여 10cm 해상도 전 지구 영상 취득을 목표로 함
- 2025년 9월 EPSC-DPS 학술대회에서 프로젝트 매니저 Paolo Martino가 일정 완전 준수 확인을 발표

□ 기후 변화 대응 연구

○ CO2M 위성 개발 동향

- Copernicus Carbon Dioxide Monitoring(CO2M) 미션: 도시 및 산업 단지의 이산화탄소 배출 정밀 측정을 위한 위성으로, 2026년 발사 목표로 개발 진행 중
- 2026년 발사를 목표로 Thales Alenia Space 제작 지속하며 EU 탄소 배출권 거래 시스템 검증 데이터로 활용 예정

○ 극지방 관측 강화

- CryoSat-2의 후속 미션 계획 수립
- 빙하 두께 및 변화량 측정 정밀도 향상 목표

○ Sentinel-5 대기 오염 모니터링 개시

- MetOp-SG-A1에 탑재된 Sentinel-5가 대기 추적 가스 관측을 시작하여 유럽 대기 모니터링 서비스(CAMS)와 기후변화 서비스(C3S)에 데이터 공급
- 전작 Sentinel-5P(2017년 발사)보다 개선된 분광기로 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 이산화질소(NO_2), 등의 일일 전 지구 분포 지도 제공
- 국가 온실가스 인벤토리 검증, 대기질 경보 서비스, 산불 연기 추적 등 다양한 응용 분야에 활용 예정

□ 우주 안전 및 Vigil 우주 기상 미션

※ CM25는 우주 기상 및 소행성 감시 체계 구축을 위한 전례 없는 예산을 확보

○ Vigil 우주 기상 관측소 개발 확정

- CM25 이후 2026년 초 예비 설계 검토(PDR) 예정: 태양-지구 L5 라그랑주점에서 태양 활동 측면 관측
- 코로나 질량 방출(CME) 등 태양 폭풍의 조기 경보를 기존 L1 위성보다 수 시간 앞당겨 제공할 예정으로 위성, 전력망, 통신 시스템 보호에 핵심적 역할
- ESA, NASA, NOAA 등 기존 우주 기상 관측 자산과 상호 보완적 운용 계획

○ Flyeye 소행성 탐지 망원경 첫 번째 배치 준비

- 이탈리아 시칠리아에 배치될 첫 번째 Flyeye 망원경이 2025년 내 가동 시작을 목표로, 시야를 복수 서브 이미지로 분할하여 매일 밤 자동으로 지구 근접 소행성을 탐색
- CM25에서 남미에 배치될 두 번째 Flyeye 망원경 건설 예산도 확보하는 등 전 지구 소행성 조기 경보 네트워크 구축

□ 우주 쓰레기 관리

○ ClearSpace-1 미션 재구성

- 2024년 8월 원래 목표물(VESPA) 충돌 사고로 PROBA-1 위성으로 변경
- 2024년 4월 OHB SE가 위성 버스 제공, ClearSpace는 랑데부 및 포획 담당으로 역할 분담
- 2029년 발사로 일정 조정
- 4개의 로봇 팔을 이용한 우주 쓰레기 포획 및 대기권 재진입 기술 실증

○ Space Situational Awareness(SSA) 강화

- 광학 및 레이더 센서 결합한 우주물체 추적 시스템 구축
- 실시간 충돌 위험 경보 시스템 개선

2. 유럽의 우주관측·센싱 정책 동향

□ EU Space Act: 유럽 우주 산업의 패러다임 전환 (2025.06.25)

※ 유럽연합 집행위원회가 발표한 EU Space Act는 유럽 우주 산업의 통합 규제 프레임워크를 구축하는 역사적 법안. 13개 회원국의 분절된 규제를 하나로 통합하여 단일 시장을 창출하고, 스타트업과 중소기업의 국경 간 성장을 촉진하는 것이 핵심 목표

○ 3대 핵심 기준 및 목표(Three Pillars)

안전(Safety) - 우주 환경 보호	• 2024년 우주물체 추적 및 충돌 회피 서비스 의무화 • 위성 수명 종료 후 25년 이내 안전한 폐기 규정 • 우주 쓰레기 발생 최소화 및 능동적 제거 기술 촉진
회복력(Resilience) - 사이버 안보 강화	• 우주 미션 운영 및 환경의 전 생애주기 위험 평가 의무 • 우주 부문 특화 사이버보안 규정(NIS2 Directive와 연계) • 중대 사고 보고 체계 및 사업 연속성 계획 수립 • EU Space Resilience Network(EUSRN) 구축
지속가능성(Sustainability) - 환경에 대한 책임	• 위성 생애주기 평가(LCA) 공통 규칙 설정 • 환경 영향 검증 데이터베이스 구축 • 우주 자원의 지속 가능한 이용 촉진

○ 주요 내용

- **(시행 시기)** 2030년 1월 1일 (2년 전환 기간)
- **(적용 대상)** EU 내 우주 서비스 제공 모든 상업 사업자(비EU 기업 포함)
- **(예외)** 국방·안보 목적 우주물체, 2030년 이전 발사 물체
- EU Space Resilience Network(EUSRN) 구축: 집행위원회, ESA, 회원국 규제 당국 간 협력 네트워크

○ 정책적 의의

- 13개 회원국의 서로 다른 규제를 통합하여 단일 시장 창출
- 스타트업과 중소기업의 국경 간 성장 지원
- 연간 6억 7,750만 유로의 경제적 편익 예상

□ 유럽 우주 안보 전략

○ 안보와 방위를 위한 유럽 우주 전략 (2023년 발표, 2025년 이행)

- 우주 위협 환경 연간 분석 체계 구축
- EU Space Law 제안 준비
- 정보 공유 및 분석 센터 설립
- Space Domain Awareness 서비스 개발

○ Ariane 6 상업 운용 본격화

- 2025년 3월 CSO-3 관측 위성으로 Ariane 6의 첫 상업 비행(VA263) 성공 이후, 8월 MetOp-SG-A1(VA264), 11월 Sentinel-1D(VA265) 등 2025년 총 3회 상업 발사 완료
- Aschbacher는 "Ariane 5 이후 Ariane 6이 2025년 유럽의 주력 대형 발사체로 자리를 확립하여 유럽 우주 자율성의 결정적 진전을 이루었다"라고 설명
- CM25에서 Ariane 6 후속 개발 및 운용 지속 예산이 우주 수송 분야 € 44억의 핵심 항목으로 포함됨

○ EUSTAR 프로젝트 시작

- 2025년 11월 출범(2027년 11월까지)하여 EU 우주 안보 및 방위 전략 이행 현황을 검토
- 2028~2034 다년간 재정 프레임워크(MFF) 대비 정책 권고안을 개발할 예정이며, 이는 EU Space Act 이행과 연계
- ※ 2025년 하반기 유럽은 미국의 SpaceX 급부상과 지정학적 불확실성에 대응하여 자율적 접근성 강화를 핵심 안건으로 추진

□ EU-ESA 협력 강화

○ EU-ESA 기본 협정 20주년

- 2004년 5월 28일 첫 기본 협정 발효 후 20주년
- 2025년 상반기 회의에서 우주 교통 관리 시스템 개발 로드맵 논의
- 기후 변화, 디지털화, 위기 대응 등 글로벌 과제 해결을 위한 우주 활용 협력 강화

□ ESA 각료회의 2025(CM25): 사상 최대 예산 합의 (2025.11)

- ※ ESA 50년 역사상 처음으로 요청 금액에 근접한 예산을 확보하면서, 독일 브레멘에서 개최된 이번 각료회의는 유럽 우주 정책 패러다임의 전환점이 됨

○ 전체 예산 규모 및 의의

- 총예산 221억 유로(확정치 223억 유로, 2025년 12월 2일 ESA 공식 수정됨)로 전기(2022-2025) 169억 유로 대비 31% 증가한 ESA 50년 역사상 최대 규모
- ESA 사무총장 Josef Aschbacher는 "이 수치를 보았을 때 믿을 수 없었다. 이 메시지가 각료들에게 진지하게 받아들여졌다"라고 언급
- 두 개 결의안 채택: '우주를 통한 유럽의 미래 격상에 관한 결의안' 및 '2026~2030년 의무 활동 재정 수준에 관한 결의안'

○ 분야별 예산 배분

순위	분야	예산(3년 합계)
1위	우주 수송(Space Transportation)	44억 유로(20% 증가)
2위	지구 관측(Earth Observation)	전기 대비16% 이상 증가
3위	과학(Science)	37.87억 유로(인플레이 대비3.5%/년 증가)
4위	유인 및 로봇 탐사(HRE)	29억 유로(요청액 미달)
5위	우주 안전(Space Safety)	9.55억 유로(30% 증가)

<표 1. 분야별 3년 총예산>

○ 국가별 주요 기여

- 독일 € 50억(총 기여의 23.11%), 프랑스 € 36억, 이탈리아 € 34.62억, 스페인 € 18.54억(전기 대비 2배 증가)
- 영국은 € 17.06억으로 전기(€ 18.78억) 대비 감소하였으며, 비율로는 11.2%에서 7.7%로 하락, 5위로 내려앉음
- 캐나다(협력국)가 기여금을 5배 증가시켜 ESA와의 파트너십 대폭 강화하였으며, 폴란드, 덴마크, 오스트리아 등도 기여금을 대폭 증가

○ 핵심 정책 결정

- **(ESA 우주인 달 탐사)** Aschbacher 사무총장이 Artemis 미션 탑승 3석을 독일, 프랑스, 이탈리아 우주인에게 배정하겠다고 발표하면서 독일 우주인이 첫 번째로 달 비행
- **(유럽 우주 회복력 이니셔티브(ERS))** 안보 · 방위 특화 신설 프로그램으로 예산 협상 진행하면서, ESA가 처음으로 안보 · 방위 분야 활동을 공식 임무로 채택함

- **(ISS 운용)** 2030년 폐기 전까지 유럽 우주인의 ISS 접근성 보장을 위한 단기 조치 합의
- **(LEO 화물 귀환 서비스)** ISS 도킹을 목표로 하는 2회 시연 미션 개발 확정 (The Exploration Company의 Nyx 캡슐, Thales Alenia Space 캡슐)
- **(노르웨이 Tromsø 북극 우주센터 의향서 체결)** ESA와 노르웨이 우주청(NOSA)이 2026년까지 범위 · 우선 순위 · 거버넌스 모델 수립

○ 3대 핵심 축(CM25 결과 반영)

분야	특징
안전(Safety)	<우주 환경 보호> • Sentinel-1C/1D 이중 위성 체계로 6일 주기 레이더 관측 완성 • Ariane 6 상단부 능동 이탈 궤도로 우주 쓰레기 최소화 • Ramses 미션 승인으로 소행성 방어 대응 능력 시험
회복력(Resilience)	<사이버 안보 강화> • EU Space Resilience Netwo-rk(EUSRN) 가동 준비 • 우주 인프라 생애주기 사이버 위험 평가 의무화 • CM25에서 유럽 우주 회복력 이니셔티브(ERS) 예산 합의
지속가능성(Sustainability)	<환경 책임> • MetOp-SG 20년 기상 관측 계속성 보장 • Sentinel-6B로 해수면 측정 30년 이상 연장 • CO2M 개발 지속으로 탄소 배출 모니터링 강화

<표 2. 안전 · 회복력 · 지속가능성의 핵심 축>

□ EIB-ESA-집행위원회 우주 기술 금융 협력

※ CM25를 계기로 유럽투자은행(EIB)이 우주 스타트업 전용 금융 프로그램을 출범시킴으로써 유럽 상업 우주 생태계 지원 체계 강화

○ Space TechEU 프로그램 출범

- CM25 기간 중 EIB가 우주 분야 최초 전용 금융 시설인 Space TechEU 프로그램을 발표
- EIB 5억 유로를 포함하여 상업 은행과의 파트너십으로 총 14억 유로 규모 조성 목표로 ESA가 참여 은행에 기술 전문성 제공
- 우주 가치 사슬 전반의 기업을 지원하며 기존 ESA Business Incubation Centres(현재 유럽 내 80여 개)와 시너지 효과 기대

□ 국제 협력

○ Artemis 프로그램 참여 및 유럽 우주인 달 탐사 확정

- European Service Module(ESM) 제작 지속
- Artemis 2호(2025년), 3호(2026년) 탑재 예정
- CM25에서 Aschbacher 사무총장이 향후 Artemis 달 비행 3석을 독일 · 프랑스 · 이탈리아 국적 ESA 우주인에게 배정할 것을 발표
- ESA의 유럽 서비스 모듈(European Service Module, ESM) 제작을 지속하며 이는 Orion 우주선의 추진 · 전력 · 생명 유지 시스템을 담당
- Artemis 2호(2026년), 3호(2027년) 탑재 계획이 진행 중

○ JAXA와의 협력

- BepiColombo 미션 공동 수행
- 2025년 JAXA-ESA 공동 성명 발표

○ 중국과의 협력

- SMILE 미션: 2026년 발사 최종 준비(2026년 4월 현재 계속 발사 준비 중: 발사창은 현재 2026년 4월 8일 ~5월 7일, 봄 발사 계획)
 - ESA-중국과학원(CAS) 공동 SMILE(Solar wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer) 미션은 2024년 11월~2025년 9월 (총 10개월) ESTEC 우주 환경 시험을 완료하고 발사 준비 단계에 진입
 - 지구 자기권과 태양풍 상호작용 연구 목적으로 Vega-C 로켓 발사 예정: 발사 57분 후 위성 분리, 이후 3년 운용 계획
 - 미국 등 전통적 파트너 외 중국과의 우주 과학 협력을 병행함으로써 유럽의 우주 전략적 자율성 강화 의지를 반영
- 2025년 1월 유럽(ESA)과 중국(CAS) 제작 부분 결합 완료
- 2025년 2월~9월 ESTEC에서 우주 환경 시험 진행
- 2026년 Vega-C 로켓 발사 예정

○ 캐나다와의 협력 대폭 강화

- CM25에서 캐나다가 ESA 프로그램 기여금을 5배 증가 (기존 대비 400% 증가, 약 € 4.077억 규모)
- Aschbacher는 "일본, 한국, 호주와의 파트너십도 그 어느 때보다 강하다"라고 언급하며 아시아 · 태평양 협력 심화 방향을 확인

○ Enceladus 탐사 미션 초기 계획 수립 시작

- CM25에서 토성의 위성 엔켈라두스(Enceladus) 탐사 미션 초기 계획 수립 개시 합의하였으며, 2040년대 초 발사를 목표로 함
- Aschbacher는 "생명 탐색을 위한다면 이것이 바로 당신이 찾아야 할 곳. 우리가 생명의 흔적을 발견한다면 그 의미를 상상해보라"라고 덧붙임
- CM25에서 확보된 과학 프로그램 예산(인플레이션 대비 연 3.5% 증가) 틀 안에서 사전 타당성 연구를 진행할 예정

□ 지구 관측 정책 및 데이터 개방

○ Copernicus 프로그램 진화 전략

- 2025년 5월 Joint Research Centre에서 전략 의제 발표
- AI 기반 데이터 분석 플랫폼 개발 가속화
- 오픈 액세스(Open Access) 정책 확대

○ Copernicus 오픈 액세스 정책 확대

- Sentinel-1D, MetOp-SG Sentinel-5, Sentinel-6B 등 신규 위성 데이터는 모두 Copernicus Data Space Ecosystem을 통해 무료 공개 원칙이 적용됨
- AI 기반 데이터 분석 플랫폼 개발 가속화로 Joint Research Centre(JRC)와 민간 기업 협력 강화
- 우주에서의 지구 관측 데이터가 기후 정책, 재난 대응, 해양 관리 등 광범위한 공공 서비스에 활용되는 데이터 공공재 성격을 강조

○ Living Planet Symposium 2025

- 2025년 6월 23-27일 비엔나 개최
- 세계 최대 지구 관측 컨퍼런스
- 기후 행동, 디지털 혁신, 산업 파트너십, 글로벌 협력 논의

□ 우주 산업 육성 정책

○ European Launcher Challenge (ELC)

- 2025년 3월 공식 출범, 7월 5개 기업 사전 선정
- 소형 발사체부터 시작하여 유럽의 자주적 발사 능력 육성
- 신생 우주 기업 지원 강화

○ ESA Business Incubation Centres 확대

- 2025년 5개소 신설 목표 (현재 유럽 내 80여 개)
- 우주 기술 스타트업 대상 연간 1억 유로 규모 펀딩

□ 유럽 발사체 챌린지(ELC) 급속 성장

※ 2025년 3월 출범한 유럽 발사체 챌린지(ELC)가 CM25에서 초과 구독을 기록하며 유럽 뉴 스페이스 혁명의 핵심 동력으로 부상

○ ELC 예산 및 진행 현황

- CM25에서 ELC가 높은 초과 구독을 달성함. Aschbacher 사무총장이 9억 유로 이상 구독되었다고 발표 (요청액 대비 상회)
- 우주 수송 분야 € 44억 총예산의 핵심 축으로, 2025년 3월 공식 출범 후 7월 5개 기업을 사전 선정할 계획
- 스페인이 ERS 및 ELC에 대규모 기여하여 총기여 순위 4위로 급부상하며 우주 수송 부문에서 유럽 내 영향력을 강화
- Isar Aerospace(독일), Rocket Factory Augsburg(독일), Orbex(영국), PLD Space(스페인) 등 신생 발사체 기업들이 개발 단계 가속화

□ 우주 교통 관리

○ EU Space Traffic Management 이니셔티브

- 우주물체 간 충돌 위험 최소화
- 국제 협력 및 정보 공유 시스템 구축
- 각국 우주 기관과의 협력 네트워크 강화

□ 연구 예산 및 지원

○ ESA 2025년 예산

- 2004년 총 약 77억 유로 (2024년 77억 9천만 유로에서 안정적 유지)
- 분야별 배분:
 1. 지구 관측(Earth Observation): 33.6% (최우선)
 2. 항법(Navigation): 12.5%
 3. 통신(Connectivity and Secure Communications): 10.6%
 4. 우주 수송(Space Transportation): 9.8%
 5. 유인 및 로봇 탐사: 7.8%
 6. 기타: 25.7%

3. 시사점

○ (산업 전환) 2025년 상반기 유럽 우주 산업 전환기와 전략 방향성 확립

- Biomass 발사, PLATO 완성, EU Space Act 발표로 대표되는 이 시기의 성과들은 단순한 기술적 진보를 넘어 유럽이 추구하는 우주 개발의 가치를 명확히 보여주고 있음. 기후 위기 대응, 지속 가능한 우주 환경 조성, 규제 혁신을 통한 산업 경쟁력 강화라는 세 축은 향후 수십 년간 유럽 우주 정책의 근간이 될 것으로 기대됨
- 특히 EU Space Act는 2030년 시행을 앞두고 전 세계 우주 산업에 새로운 기준을 제시할 가능성이 큼. 안전 · 회복력 · 지속가능성이라는 명확한 원칙은 단순한 유럽의 내부 규제를 넘어 글로벌 우주 거버넌스의 모델이 될 수 있음. 이는 유럽이 우주 강국으로서 기술력뿐 아니라 규범과 가치를 선도하는 '소프트 파워'를 발휘하고 있음을 의미
- 2030년대를 바라보며, 유럽은 PLATO, LISA, ATHENA 등 대형 과학 미션을 통해 우주 과학의 최전선에서 인류의 근원적 질문에 답하는 동시에, Copernicus와 Biomass를 통해 지구의 건강을 지키는 파수꾼 역할을 충실히 수행할 것임

○ (규제) 규제 통합을 통한 유럽 우주 산업 경쟁력 강화

- EU Space Act는 13개 회원국의 서로 다른 우주 관련 규제를 하나로 통합함으로써 스타트업과 중소기업이 국경을 넘어 성장할 수 있는 환경을 조성
- 안전 · 회복력 · 지속가능성이라는 3대 기둥은 단순한 규제를 넘어 글로벌 우주 산업의 새로운 표준이 될 가능성이 큼. 특히 2030년 시행을 앞두고 기업들이 준비할 시간을 충분히 제공함으로써 점진적이고 실효성 있는 전환을 도모했다는 점이 주목할 만함

○ (지구 관측) 기후 위기 대응의 과학적 인프라 구축

- Biomass 위성의 성공적 발사와 Copernicus 프로그램의 지속적 강화는 유럽이 기후 변화 대응에서 과학적 리더십을 확보하고 있음을 보여줌. 특히 Biomass의 P-밴드 SAR 기술은 세계 최초로 산림 바이오매스를 직접 측정할 수 있게 하여, 탄소 배출권 거래와 산림 보전 정책에 객관적 데이터를 제공할 것으로 예측. Sentinel-1C의 향상된 InSAR 능력은 지진, 화산 활동, 지반 침하 등 자연 재해 모니터링을 실시간으로 가능하게 하여 유럽의 재난 대응 능력을 크게 향상시킬 전망

○ (우주 쓰레기 관리) 위기를 기회로

- ClearSpace-1 미션의 목표물 변경(VESPA→PROBA-1)과 발사 연기(2029년)는 단순한 차질이 아니라 우주 쓰레기 문제의 복잡성을 보여주는 실제 사례임. 2023년 8월 원래 목표물이 다른 쓰레기와 충돌하여 파편화된 사건은 능동적 제거 기술의 시급성을 입증함

- EU Space Act의 우주 쓰레기 관련 규제와 결합하여, 유럽은 우주 환경 보호의 글로벌 선도자로 자리매김하고 있으며, 이는 향후 우주 쓰레기 제거 서비스라는 새로운 산업 분야 창출로 이어질 가능성이 큼

○ (대형 과학 미션) 2030년대 우주 과학 리더십 준비

- PLATO(2026년 발사), LISA(2034년 발사), ATHENA(2030년대 초) 등 차세대 대형 우주 과학 미션들이 순조롭게 개발되면서, 유럽은 2030년대 우주 과학 분야에서 확고한 리더십을 확보할 전망이다. 특히 PLATO의 9월 최종 조립 완료는 예정대로 2026년 12월 발사가 가능함을 시사하며, 이는 외계행성 연구에서 새로운 장을 열 것으로 예측
- PLATO가 발견할 수천 개의 암석형 행성 데이터는 제임스 웹 우주망원경(JWST)의 후속 관측 타겟이 되어 생명체 존재 가능성 탐색에 결정적 기여를 할 것으로 기대

○ (국제 협력) 전략적 다변화와 자율성 강화

- 전통적 파트너인 NASA, JAXA와의 협력을 유지하면서도 중국과의 SMILE 미션을 진행하는 것은 유럽의 우주 전략적 자율성 강화 의지를 보여줌. SMILE은 2025년 1월 유럽과 중국 제작 부분의 결합에 성공했으며, ESTEC에서 진행 중인 최종 시험은 2026년 발사의 기술적 준비가 순조롭게 진행되고 있음을 의미함
- 한편 ATHENA 미션에 대한 NASA의 2026 회계연도 예산 삭감 움직임은 국제 협력의 불확실성을 상기시키며, 유럽의 독자적 역량 강화 필요성을 재확인시켜주고 있음

○ (예산 배분) 기후 위기를 우선순위로

- ESA 2025년 예산(약 77억 유로)에서 지구 관측이 33.6%로 최대 비중을 차지한 것은 기후 변화 대응이 유럽 우주 정책의 최우선 과제를 명확히 보여주고 있음. 이는 우주 기술이 과학적 호기심 충족을 넘어 인류의 실존적 위기 해결에 어떻게 기여해야 하는지에 대한 유럽의 명확한 철학을 반영함
- 특히 Copernicus 프로그램의 지속적 투자는 기후 데이터의 공공재적 성격을 강조하며, 오픈 액세스 정책을 통해 전 세계가 혜택을 받을 수 있도록 하고 있음

○ (상업 우주 생태계) 유럽판 뉴스페이스 혁명

- European Launcher Challenge(ELC)와 Business Incubation Centres 확대는 SpaceX로 대표되는 미국의 뉴스페이스 혁명에 대응하여 유럽 자체의 상업 우주 생태계를 육성하려는 전략적 선택임. 2025년 3월 ELC 출범 후 7월 5개 기업 사전 선정은 신속한 추진력을 보여주고 있음
- 연간 1억 유로 규모의 스타트업 펀딩과 80여 개의 비즈니스 인큐베이터는 유럽이 단순한 제도 개선을 넘어 실질적 자본과 인프라를 투입함을 의미

○ (사이버 안보) 우주와 사이버 공간의 융합

- EU Space Act가 NIS2 Directive, CER Directive와 연계하여 우주 부문의 사이버 안보를 강화한 것은 우주 인프라가 국가 핵심 인프라의 일부임을 인식한 선제적 조치임. 물리적 우주 자산의 안전뿐 아니라 지상 시스템, 데이터 전송, 암호화까지 포괄하는 통합적 접근은 우주 시대의 사이버 보안이 어떠한 방향으로 제시하고 있음.
- 특히 EU Space Resilience Network(EUSRN) 구축은 회원국 간 사이버 위협 정보를 실시간으로 공유하여 신속한 대응을 가능하게 할 것으로 예측

○ (사상 최대 예산 확보) 유럽 우주 자율성의 전략적 전환

- CM25에서 확보된 222억 유로(3년)는 단순한 예산 증가를 넘어 유럽이 미국·중국과의 우주 경쟁에서 독자적 역량을 갖추겠다는 정치적 의지의 표현
- 미국이 전 세계 우주 예산의 60%를 차지하고, 방위 분야가 전 세계 우주 예산의 50%를 구성하는 현실에서 유럽은 현재 각각 10%와 15% 수준에 머물러 있음. 이런 상황에서 이번 CM25는 이러한 격차를 줄이기 위한 출발점이며, 특히 ERS(European Resilience from Space)를 통해 방위·안보 분야로 ESA의 활동 범위를 공식 확장한 것은 패러다임적 변화

○ (연속 발사 성과) Copernicus 2세대 체제의 완성

- 2025년 하반기 MetOp-SG-A1, Sentinel-1D, Sentinel-6B의 잇따른 발사는 Copernicus 1세대 위성들의 노령화에 대응하여 2세대 체제로의 전환을 공고히 하는 역사적 성과
- 특히 Sentinel-1D 발사로 완성된 이중 SAR 위성 체계는 지구 어느 지점이든 6일 이내 레이더 관측을 가능하게 하여 재난 대응, 농업 모니터링, 극지 빙하 관측의 효율성을 2배 향상시키는데, 세 위성 모두 Ariane 6 또는 Falcon 9으로 성공적으로 발사됨으로써 유럽의 자율적 우주 접근성(Ariane 6 세 차례 상업 발사)과 국제 파트너십(NASA-ESA 협력 Sentinel-6B)을 동시에 입증

○ (Ramses 미션) 유럽 행성 방어 역량의 실질적 시험대

- 2029년 4월 아포피스가 지구 표면에서 3만 2,000km 이내를 통과하는 것은 7,000년에 한 번 있는 천문학적 사건인데, Ramses는 실제 위협적 소행성이 출현했을 때 유럽이 수년 이내에 신속히 우주선을 설계·발사·운용할 수 있음을 실증하는 행성 방어 역량 시험
- ESA-JAXA 협력과 OHB 이탈리아 주도의 산업 생태계 참여는 유럽의 우주 과학·산업 통합 역량을 보여주며, 이는 NASA OSIRIS-APEX, JAXA DESTINY+와 함께 아포피스를 세 방향에서 동시에 연구하는 국제 협력의 최고 수준을 보여줌

○ (상업 우주 생태계 육성) ELC와 EIB Space TechEU의 결합

- CM25에서 ELC가 9억 유로 이상의 초과 구독을 달성한 것은 유럽 회원국들이 SpaceX로 대표되는 미국 뉴 스페이스 혁명에 대응하여 자국 상업 발사체 산업 육성을 최우선 과제로 인식하고 있음을 보여줌
- 여기에 EIB의 Space TechEU 프로그램(14억 유로)이 더해짐으로써, 유럽은 처음으로 규제 · 예산 · 민간 금융을 아우르는 통합적 우주 산업 생태계 지원 체계를 갖추게 되었으며, 기존 80여 개의 ESA Business Incubation Centres와 결합한 동 생태계는 향후 10년 내 유럽에서 글로벌 경쟁력을 갖춘 우주 스타트업들이 대거 성장하는 기반이 될 것으로 기대됨

○ (자율성) NASA 예산 불확실성과 유럽의 전략적 자율성 강화 필요성

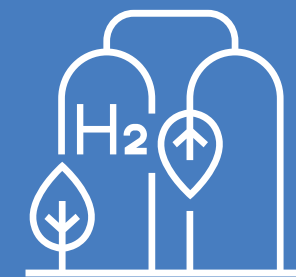
- ESA Director of Science Carole Mundell이 NewAthena, LISA, EnVision가 NASA 예산 삭감에 가장 취약한 미션임을 공개 언급한 것은 유럽 우주 과학의 국제 협력 의존도가 지닌 구조적 취약성을 드러내고 있음
- 이번 CM25에서 과학 프로그램 예산이 인플레이션 대비 3.5% 이상 증가로 확정된 것은 이러한 위험에 대한 사전 대비이며, Enceladus 탐사 등 완전한 ESA 독자 미션의 가능성을 높이고 있음
- 유럽은 전통적 파트너(NASA, JAXA)와의 협력을 유지하면서도 중국(SMILE), 캐나다(기여금 5배 증가), 한국, 호주 등 다변화를 추진함으로써 특정 파트너 의존도를 낮추는 전략을 병행

○ 한국 우주 정책에 대한 시사점

- 유럽이 CM25를 통해 보여준 방향성은 한국의 우주 정책에도 중요한 참고 사례를 보여줌
- **(예산의 전략적 집중)** 유럽은 우주 수송(44억 유로)과 지구 관측(16% 증가)에 예산을 집중하여 자율성과 기후 대응을 동시에 달성
- **(민관 협력 생태계 구축)** ELC와 EIB Space TechEU의 결합은 공공 예산과 민간 금융의 시너지를 극대화
- **(다자 협력의 전략화)** 특정 파트너 의존 없이 미국 · 일본 · 중국 · 캐나다 등과 분야별로 협력을 다변화함
- KASA는 현재 추진 중인 한국형 위성 발사체 개발과 달 탐사 프로그램에 이러한 통합적 접근 방식을 참조해야 함이 사료됨

※ 참고자료

- [1] ESA 공식 웹사이트: <https://www.esa.int>
- [2] ESA CM25 각료회의: https://www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2025
- [3] Copernicus Data Space Ecosystem: <https://dataspace.copernicus.eu>
- [4] EU Space Act: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-act_en
- [5] ESA Science & Technology: <https://sci.esa.int>
- [6] European Commission - Space: https://commission.europa.eu/topics/space_en
- [7] Sentinel Online: <https://sentinels.copernicus.eu>
- [8] Sentinel-1D 발사: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Sentinel-1D_reaches_orbit_on_Ariane_6
- [9] MetOp-SG-A1 발사: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Meteorological_missions/MetOp_Second_Generation
- [10] Sentinel-6B 발사: <https://science.nasa.gov/mission/sentinel-6b>
- [11] Ramses 미션: https://www.esa.int/Space_Safety/Planetary_Defence/Ramses_ESA_s_mission_to_asteroid_Apophis
- [12] NewAthena: <https://www.the-athena-x-ray-observatory.eu>
- [13] ESA Space Safety 예산: https://www.esa.int/Space_Safety/Boost_in_funding_expands_Space_Safety_programme
- [14] SpaceNews CM25 보도: <https://spacenews.com/esa-raises-more-than-22-billion-euros-at-ministerial>



유럽 수소 연구 및 정책 동향

VI

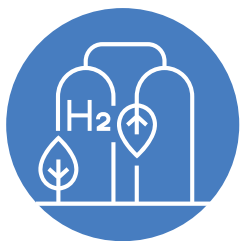


수소 분야
박준범 서포터

유럽 수소 연구 및 정책 동향

작성자: 박준범(수소 분야 KEREC 서포터즈)

VI



유럽연합은 재생수소를 중심으로 한 에너지 전환 전략을 상반기에는 정책 정비와 연구 기반 확보에 집중하고, 이후에는 실증 확대와 인프라 구축 단계로 확장하고 있다. 초기 단계에서는 태양광·풍력 기반 수소 생산이 탄소중립 달성의 핵심 수단으로 부각되면서 각국이 2030년 목표를 설정하고 정책 지원을 강화하였다. 호라이즌 유럽의 청정 수소 파트너십을 통해 연간 약 2억 유로 규모의 연구개발이 추진되었고, 수소 생산·유통·활용 전주기를 검증하는 수소 밸리 프로젝트가 유럽 전역으로 확산되며 기술과 정책이 결합된 실증 환경이 조성되었다.

이후에는 기술 고도화와 산업 적용이 본격화되며 수전해 기술 발전과 함께 MW급 이상의 대형 프로젝트가 확대되고 있다. 동시에 수소 저장 및 운송 인프라 구축이 핵심 과제로 부상했으며, 기존 천연가스 배관을 활용한 전환 전략을 통해 비용 효율성을 확보하려는 시도가 두드러진다. 탄광 지역을 수소 클러스터로 전환하는 사례처럼 에너지 전환과 산업 구조 재편을 결합한 모델도 등장하고 있으며, LOHC 기반 운송 기술 실증도 병행되고 있다.

이와 같은 흐름은 유럽이 재생수소 분야에서 연구 중심 단계를 넘어 대규모 생산과 인프라 구축을 포함한 수소경제로 빠르게 이동하고 있음을 보여준다. 특히 규모의 경제 확보와 기존 인프라 활용을 통한 경제성 확보 전략이 핵심 축으로 자리 잡고 있다.

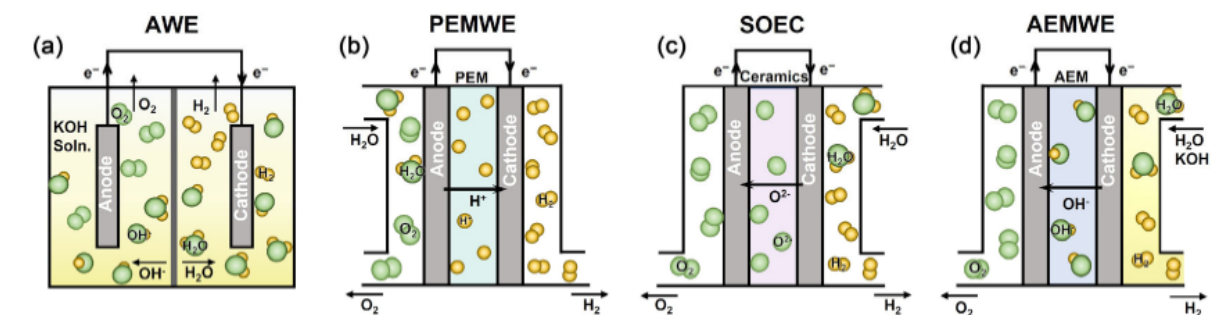
1. 유럽의 수소 연구 동향

□ 개요

- 최근까지 수소는 대부분 천연가스에서 생산, 화학제품(플라스틱, 비료 등)에 활용
- 유럽연합(EU)의 정책에 따라, 재생수소는 EU 에너지전환의 핵심 분야로 선정됨⁶⁴⁾
 - (유럽그린딜)⁶⁵⁾ 2030년까지 탄소배출 50%, 2050년까지 탄소배출 0% 달성
 - (RePowerEU)⁶⁶⁾ 화석연료를 대체하는 신재생에너지와 재생수소 생태계 구축

□ 재생 수소 생산^{67) 68)}

- 신재생에너지(태양, 풍력, 수력, 지열 등)의 전기에너지를 활용해 생산



<그림 1. 4가지 친환경 수소 생산 방법>

○ 알칼리전해조(Alkaline Water Electrolyzer, AWE)

- (장점) 저비용(비 귀금속 촉매), 상업화기술
- (단점) 긴 시동시간, 저순도, 저 에너지밀도, 낮은 적응성

64) https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/hydrogen_en

65) https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

66) https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en

67) K. Zhang et al., Nano Research Energy 2022, 1: e9120032, DOI: 10.26599/NRE.2022.9120032

68) 가스신문, 양인범기자, 2023.08.08, <https://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=111399>

○ 양이온교환막전해조

(Proton Exchange Membrane Water Electrolyzer, PEMWE)

- **(장점)** 고 에너지밀도, 고 에너지효율 및 고순도, 높은 적응성, 고압수소
- **(단점)** 고비용(교환막, 귀금속 촉매층, 초기 투자비용), 교환막 내구성 문제

○ 고체산화물전해조(Solid Oxide Electrolysis Cell, SOEC)

- **(장점)** 비 귀금속 촉매, 빠른 반응속도, 고 에너지밀도, 확장성(이산화탄소 분해)
- **(단점)** 고비용 (고온, 고압 환경, 초기 투자비용), 장비 내구성 문제

○ 음이온교환막전해조

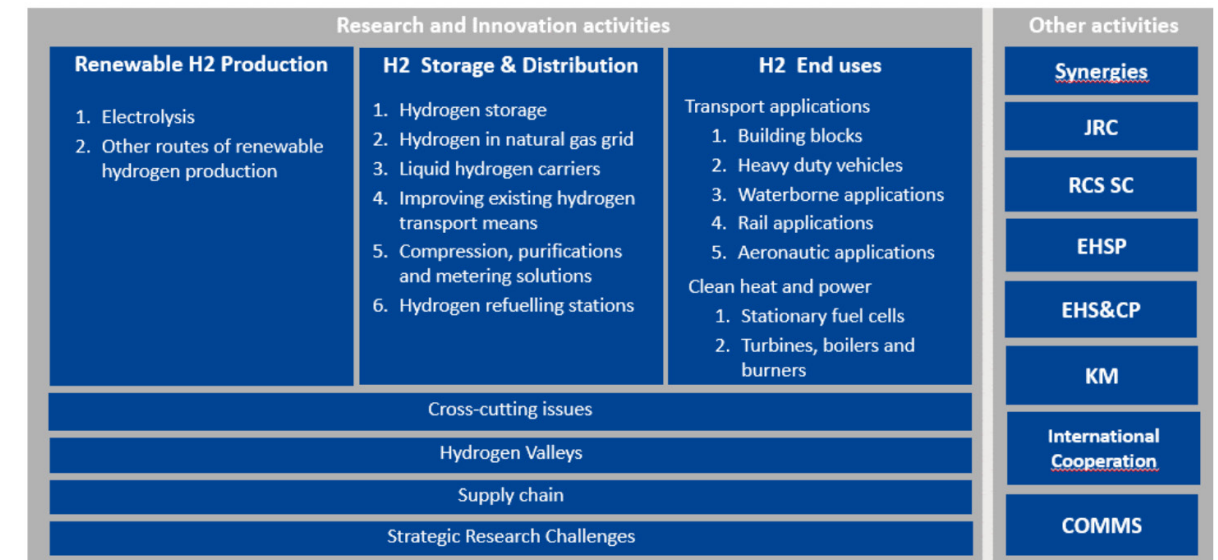
(Anion Exchange Membrane Water Electrolyzer, AEMWE)

- **(장점)** 저비용, 고 전기밀도, 고효율 및 고순도, 높은 적응성, 고압수소, 모듈형
- **(단점)** 교환막 내구성 문제, 촉매 및 전극 활성도 문제

□ 청정 수소 파트너십(Clean Hydrogen Partnership)- 연구 혁신 전략 아젠다⁶⁹⁾

○ 호라이즌 유럽 프로그램 하에 설립된 공공-민간 파트너십

- 유럽 수소 기술의 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 최상위 연구 실증 로드맵을 수립하여 2030년까지 그린 수소의 생산 단가 절감, 안정적인 수소 저장 및 운송 인프라를 구축함으로써 유럽 그린딜 및 REPowerEU 목표 달성을 지원
- **(필라 1)** 수전해 기술 고도화를 통한 청정 수소 생산: 저온(양이온교환막(PEM), 알카라인수전해(AEL), 음이온 교환막(AEM)) 또는 고온(고체산화물수전해(SOEC) 수전해 기술의 효율 향상, 귀금속 촉매 사용량 축소, 스택의 대형화(GW급 이상) 및 내구성 확보에 집중
- **(필라 2)** 인프라 혁신을 통한 수소 저장 및 운송: 기존 천연가스 배관의 개조, 액화 수소기술, 암모니아(NH₃) 및 액상유기수소 운반체(LOHC)와 같은 차세대 운반체 실증을 병행
- **(필라 3)** 산업 및 모빌리티 등 최종 사용자 적용: 철강이나 화학 분야 등 탄소 배출이 많은 산업 공정의 청정수소 도입과 대형 트럭, 선박, 항공기 등 장거리 수송 수단의 수소 연료전지적용기술을 개발



<그림 2. 청정 수소 파트너십의 주요 활동 프로그램 안내도>

○ 유럽 수소 연구 주도 핵심 기관 및 네트워크

- 유럽 내 수소 연구는 Hydrogen Europe Research(HER)⁷⁰⁾ 단체 회원사를 중심으로 산학연 협력이 긴밀하게 이루어지고 있으며, 특히 아래의 국책 연구소들이 각 기술 분야의 프로젝트 설계를 주도
- 독일 헬름홀츠 협회: 울리히연구소(FZJ)가 LOHC 및 전해조 시스템 분석을 주도하며 독일 항공우주센터(DLR)는 고체산화물수전해(SOEC) 및 태양광 수소 생산 연구의 핵심
- 프랑스 원자력 및 대체에너지 위원회(CEA): 고체산화물수전해(SOEC) 및 수소 모빌리티 분야에서 유럽 최고 수준의 기술력을 보유
- 네덜란드 응용과학연구기구(TNO): 수전해 장치의 계통 연계 및 시스템 통합 연구를 담당하며 북해 수소 허브 구축의 기술적 중추 역할을 수행
- 노르웨이 SINTEF: 북유럽 최대 독립 연구소로 양이온교환막(PEM) 수전해 및 탄소 포집 저장(CCS) 연계 수소 생산 연구에 강점

○ MW급 수소 생산 관련 주요 프로젝트

- REFHYNE2⁷¹⁾ (2021~2029): 약 1.5억 유로(약 2,400억 원), 독일 라인란트(Rhineland) 정유소 내 100MW급 양이온교환막(PEM) 수전해 시설 구축, 주요 참가 기관으로 SINTEF, Shell, ITM Power, Linde 등이 있음
- DJEWELS⁷²⁾ (2020~2026): 약 4,200만 유로(약 670억 원), 네덜란드 Delfzijl 내 20MW급 알카라인 수전해(AEL) 시설 구축, 주요 참가 기관으로 HyCC, McPhy, De Nora 등이 있음

69) https://www.clean-hydrogen.europa.eu/about-us/key-documents/strategic-research-and-innovation-agenda_en

70) <https://hydrogeneurope.research.eu/>

71) <https://2.refhyne.eu/>, <https://cordis.europa.eu/project/id/101036970>

72) <https://djewels.eu/>, <https://cordis.europa.eu/project/id/826089>

- MULTIPLHY ⁷³⁾ (2020~2025): 약 980만 유로(약 160억 원), 네덜란드 로테르담 정유소 내 2.5MW급 고체 산화물 수전해(SOEC) 시설 실증, 주요 참가 기관으로 CEA, Sunfire, Neste 등이 있음
- H2FUTURE ⁷⁴⁾ (2017~2021): 약 1,785만 유로(약 290억 원), 오스트리아 린츠(Linz) 제철소 내 6MW급 양이온교환막(PEM) 수전해 시설 구축, 주요 참가 기관으로는 Voestalpine, SIEMENS Energy, ECN/TNO 등이 있음

○ 차세대 수소 운반체 관련 주요 프로젝트

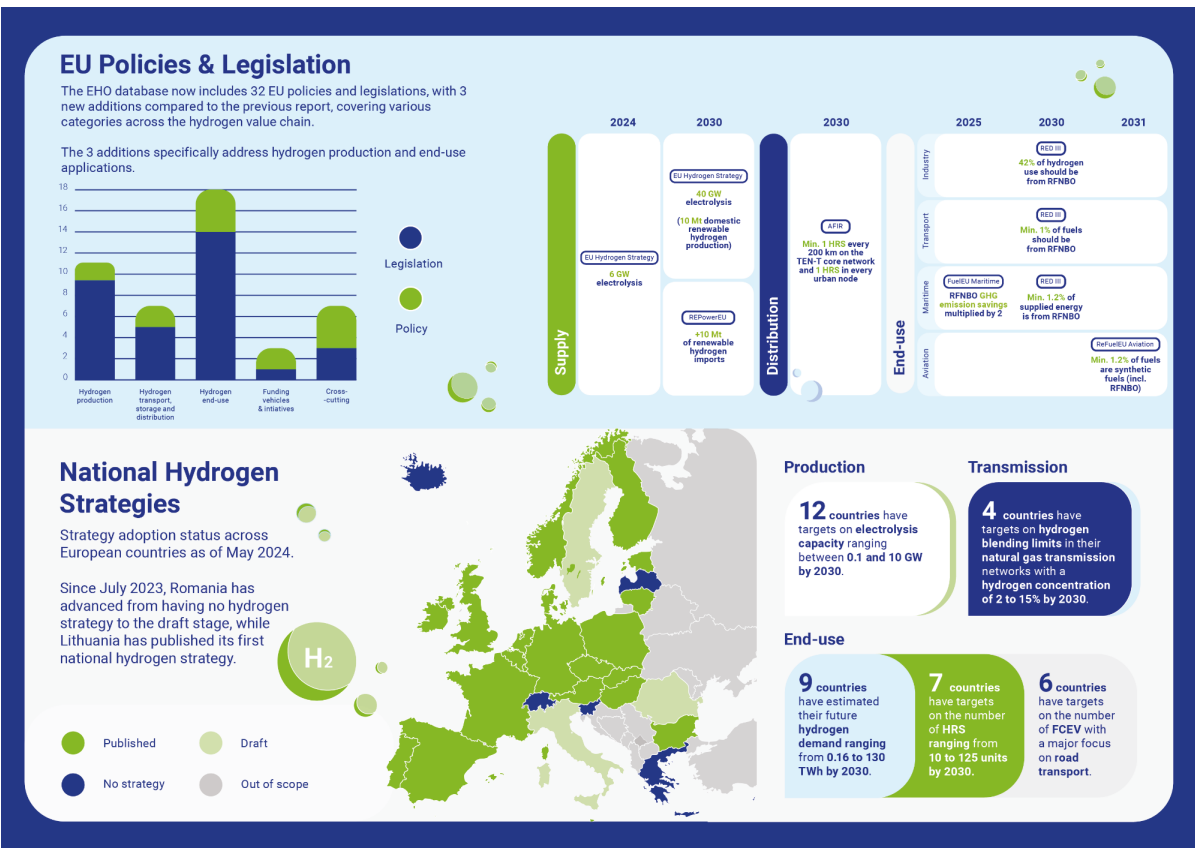
- HySTOC ⁷⁵⁾ (2018~2022): 약 250만 유로(약 40억 원), 액상유기수소운반체(LOHC) 실증연구, 수소 충전소 연계 및 기존 액체 연료 인프라 활용 가능성 검증, 주요 참가 기관으로는 Hydrogenious LOHC, VTT 등이 있음
- ARENHA ⁷⁶⁾ (2020~2025): 약 568만 유로(약 91억 원), 그린 암모니아 기반의 전주기 가치사슬 실증연구 및 암모니아 분해를 통한 고순도 수소 공급 기술 연구, 주요 참가 기관으로는 Tecnia, Proton Ventures, Elcogen 등이 있음

2. 유럽의 수소 정책 동향

□ 유럽 수소 정책 현황 보고서 ⁷⁷⁾

○ 보고서 요약 그림

- (EU 정책 방향별 타임라인) 공급, 분배 및 산업 분야별 수치 목표 제시
- (각국 수소전략 발표현황) 2024년 5월까지 대부분의 국가에서 발표됨



<그림 3. EU 수소 정책 및 국가별 채택 현황>

○ 2030 재생 수소 생산 목표 상위 10개국 요약

- 독일(10 GW): 전해조 생산 100%, 녹색 수소 중심
- 영국(10 GW): 최소 절반 이상 전해조 생산
- 프랑스(6.5 GW): 국내 수소산업 발전 및 기술 자율성 강화
- 덴마크(5.0 GW): PtX 기술을 해운, 항공, 중장비 등 난감축 부문에 사용

⁷³⁾ <https://cordis.europa.eu/project/id/875123>
⁷⁴⁾ <https://www.h2future-project.eu/en>, <https://cordis.europa.eu/project/id/735503>
⁷⁵⁾ <https://cordis.europa.eu/project/id/779694>
⁷⁶⁾ <https://arenha.eu/>, <https://cordis.europa.eu/project/id/862482>

⁷⁷⁾ <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/policies-and-standards/national-strategies/>

- 스페인(4.0 GW): PtX 기술 ⁷⁸⁾에 대한 규제 프레임워크 구축
- 네덜란드(3.5 GW): 해상 풍력 에너지와 연계 생산, 국제 수소 무역 허브
- 포르투갈(2.3 GW): 플랜트 허가 관련 입법 변경, 녹색 에너지 제품 수출
- 리투아니아(1.3 GW): 핀란드-독일 파이프라인 활용 운송 허브
- 오스트리아(1.0 GW): 재생 및 기후 중립 수소 생산 우선, 원자력 명시적 배제
- 체코(0.4 GW): 신재생에너지뿐만 아니라 원자력에너지도 고려

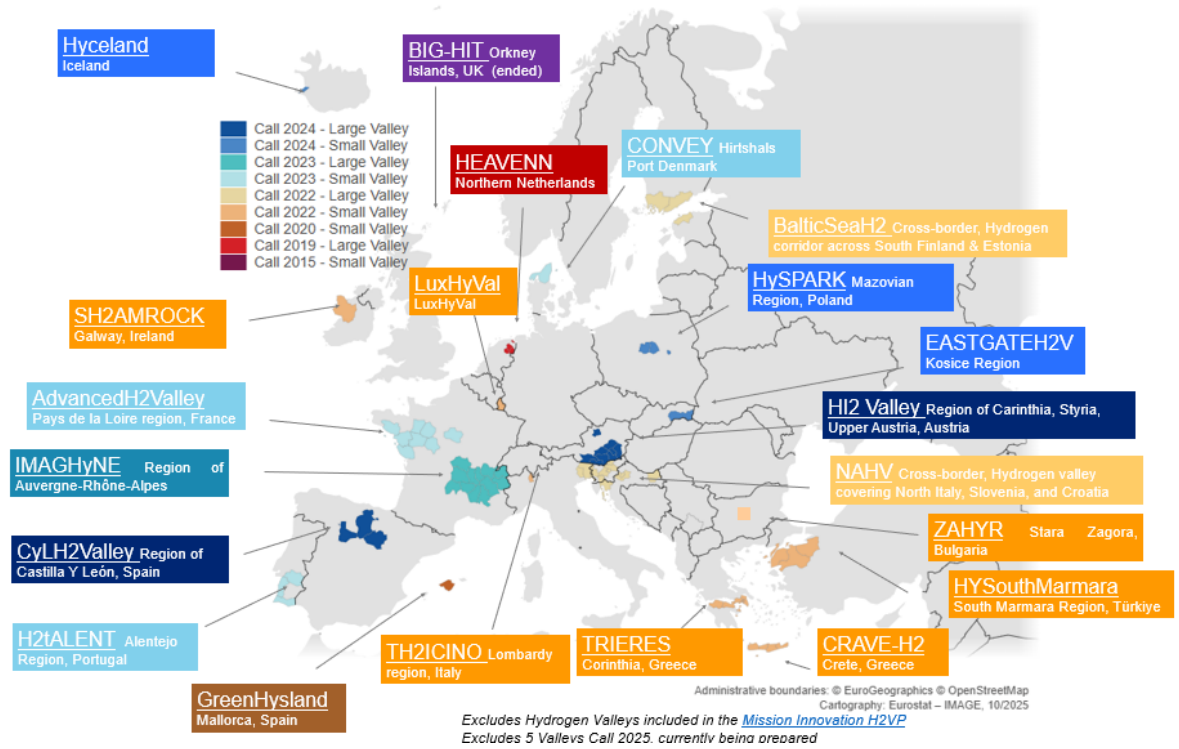
□ EU의 수소 연구 과제 지원 현황

○ 청정 수소 파트너십(Clean Hydrogen Partnership) ⁷⁹⁾

- 현재 수소분야 연구과제는 호라이즌 유럽의 워크프로그램에 포함되지 않고, 주로 청정 수소 파트너십이라는 별도 조직에서 관리, 발표하게 되어있음
- 위 조직에서 제안되는 워크프로그램은 크게 재생 수소 생산, 저장 및 분배, 최종 사용 산업 분야별 응용, 수소 밸리 등으로 구성됨
- 매년 약 20여 과제가 공고되고, 약 2억 유로가 배정되어 있음
- 2025년 워크프로그램에는 수소 생산 전해조의 수명 및 비용 개선, 제조 공정의 확장 및 최적화, 암모니아 크래킹을 이용한 암모니아 수소 운반체 활용 등이 포함됨

○ 수소 밸리(Hydrogen Valley) ⁸⁰⁾

- 청정 수소 파트너십 프로그램의 일부로, 수소 경제가 실제로 운영되는 시범지구를 구축하여 실현 가능성을 입증하는 것이 목표임
- 2015년 영국의 BIG-HIT 프로젝트가 최초로 선정되어 운영되었으며, 종료 후인 2019년부터 현재까지 지속적으로 새로운 수소 밸리들을 선정, 운영 중임
- 2025년에도 5개의 새로운 수소 밸리들을 추가 선정할 계획임
- 소규모 시범지구(연간 5백톤 이상 생산/소비): 14개 운영 중, 1개 운영 종료
- 대규모 시범지구(연간 4천톤 이상 생산/소비): 6개 운영 중



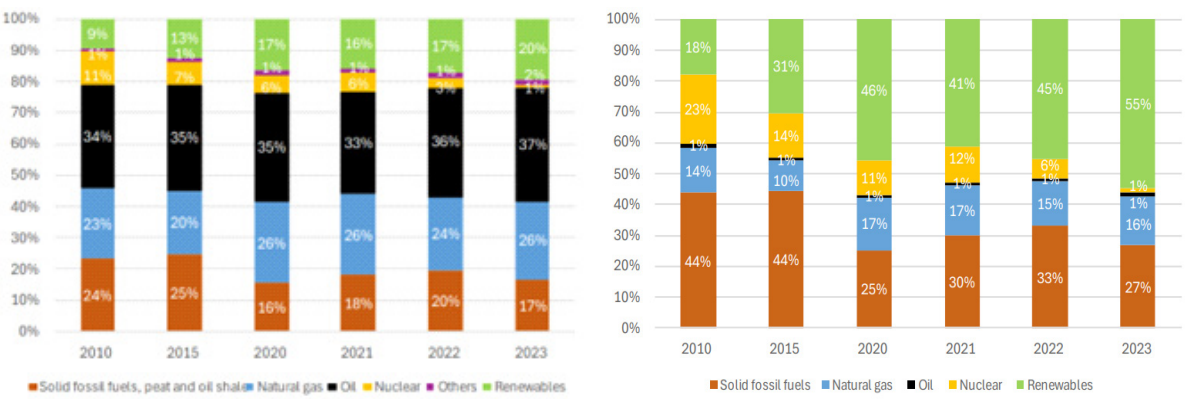
<그림 4. 2024년까지 선정된 수소 밸리 지역 표기 지도>

□ REPowerEU 3년간 진행현황 ⁸¹⁾

- (목표) 에너지 절약, 신재생에너지 생산 확대 및 러시아산 연료 의존 축소
- 러시아로부터의 각종 화석연료(천연가스, 석탄, 석유) 수입량이 큰 폭으로 감소함
- 다만, 국가별로 원자력에너지 사용 여부에 따라 화석연료 의존도가 다름
- 원자력에너지 반대 예시(독일)
 - 총 에너지소비에서 화석연료 사용 비율이 약 80 %에서 줄어들지 않음
 - 전력생산의 경우 신재생에너지가 50%를 넘었지만, 화석연료를 약 45% 사용 중
 - 도입된 신재생에너지 대다수가 원자력에너지 대체에 사용

⁷⁸⁾ PtX (Power-to-X) 기술: CO₂를 활용가능한 화합물 (CO, CH₄, NH₃등)로 변환하는 기술
⁷⁹⁾ https://www.clean-hydrogen.europa.eu/index_en
⁸⁰⁾ <https://h2v.eu/>

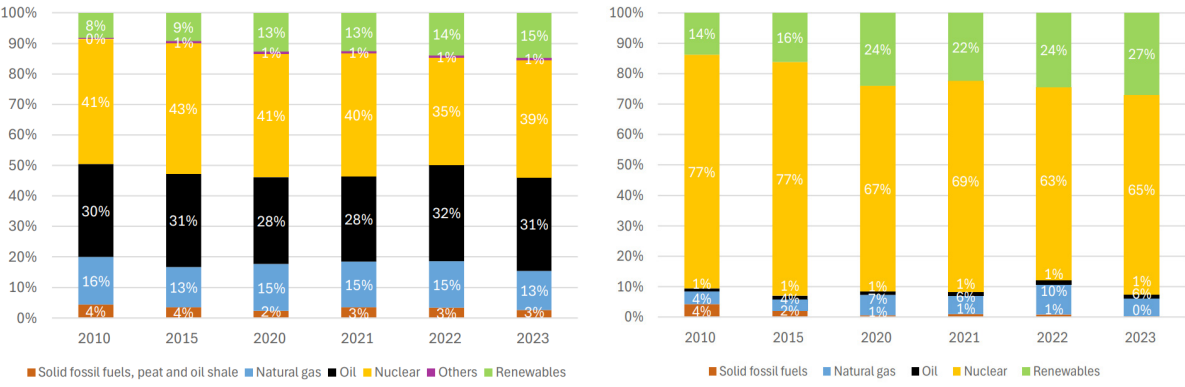
⁸¹⁾ https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/actions-and-measures-energy-prices/repowereu-3-years_en



<그림 5. 독일의 총 에너지 소비 원료 비율 및 전력 생산 원료 비율>

○ 원자력에너지 찬성 예시 (프랑스)

- 총 에너지 소비에서 화석연료 사용비율이 약 50% 수준임
- 전력생산의 경우 원자력과 신재생에너지를 통해 90% 이상을 생산하면서, 화석연료를 약 7% 수준으로 매우 적게 사용 중
- 신재생에너지 생산이 증대되고 있으나, 아직 원자력에너지 비중이 60%를 넘음

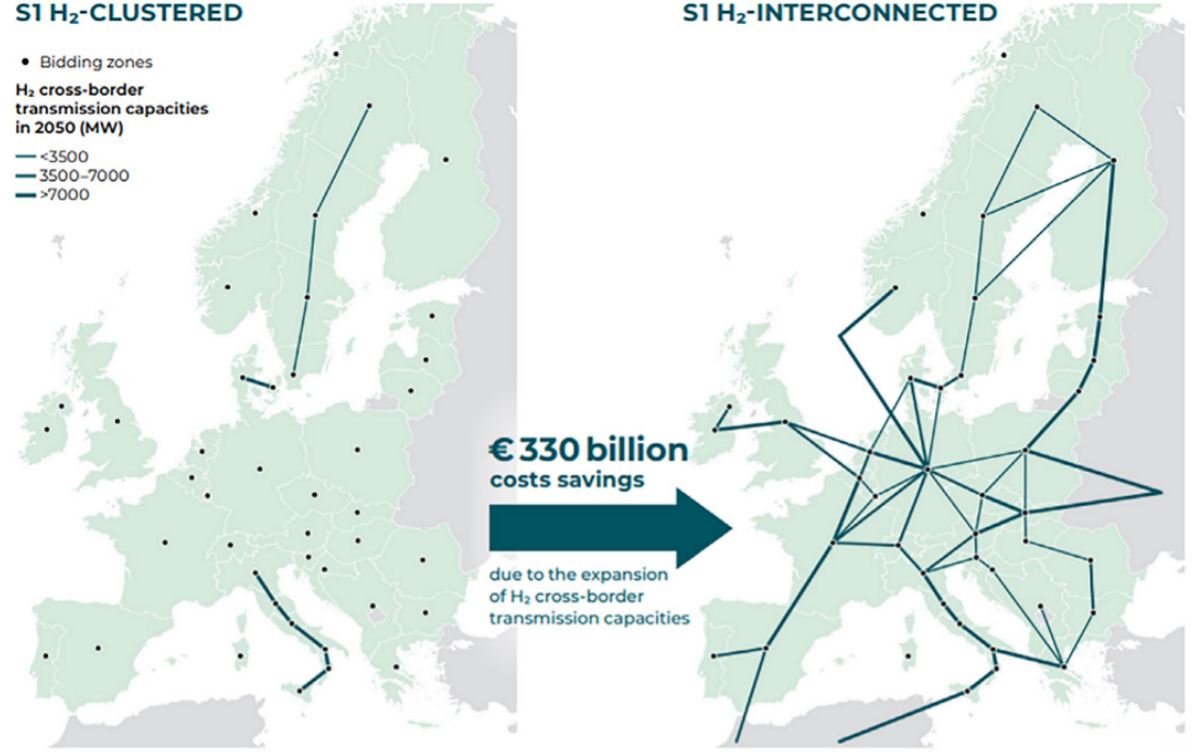


<그림 6. 프랑스의 총 에너지 소비 원료 비율 및 전력 생산 원료 비율>

□ 유럽 수소 백본(European Hydrogen Backbone, EHB) 이니셔티브 ⁸²⁾

○ 유럽 전역의 수소 전용 배관망 인프라 구축을 통한 수소 생산 지역-주요 산업 수요처의 효율적 연결 및 유럽 에너지 안보 강화

- 2040년까지 약 53,000km 규모의 유럽 전역을 연결하는 수소 배관망 완성을 목표로 함
- 전체 배관망의 약 60% 이상을 차지하는 기존 천연가스 배관을 수소 전용으로 개조함으로써 신규 건설 대비 70~90%의 비용을 절감하고 구축 기간을 대폭 단축하고자 함
- 남유럽 및 북아프리카의 태양광과 북해의 해상 풍력을 활용해 생산한 저렴한 그린수소를 중유럽의 산업 단지로 운송하는 최적의 경로를 설계하면서, 수소 1kg당 운송 비용을 1,000km당 약 0.11-0.21 유로로 대폭 낮추어 그린수소의 가격 경쟁력을 확보
- 2030년까지 주요 산업 클러스터를 연결하는 초기 거점을 마련하고 2035년 이후 국가 간 국경을 넘는 범유럽 네트워크로의 확장을 목표로 하며, 국가별로 상이한 수소 운송 규정 및 기술 표준을 통합하여 유럽 내 단일 수소 시장 형성을 촉진

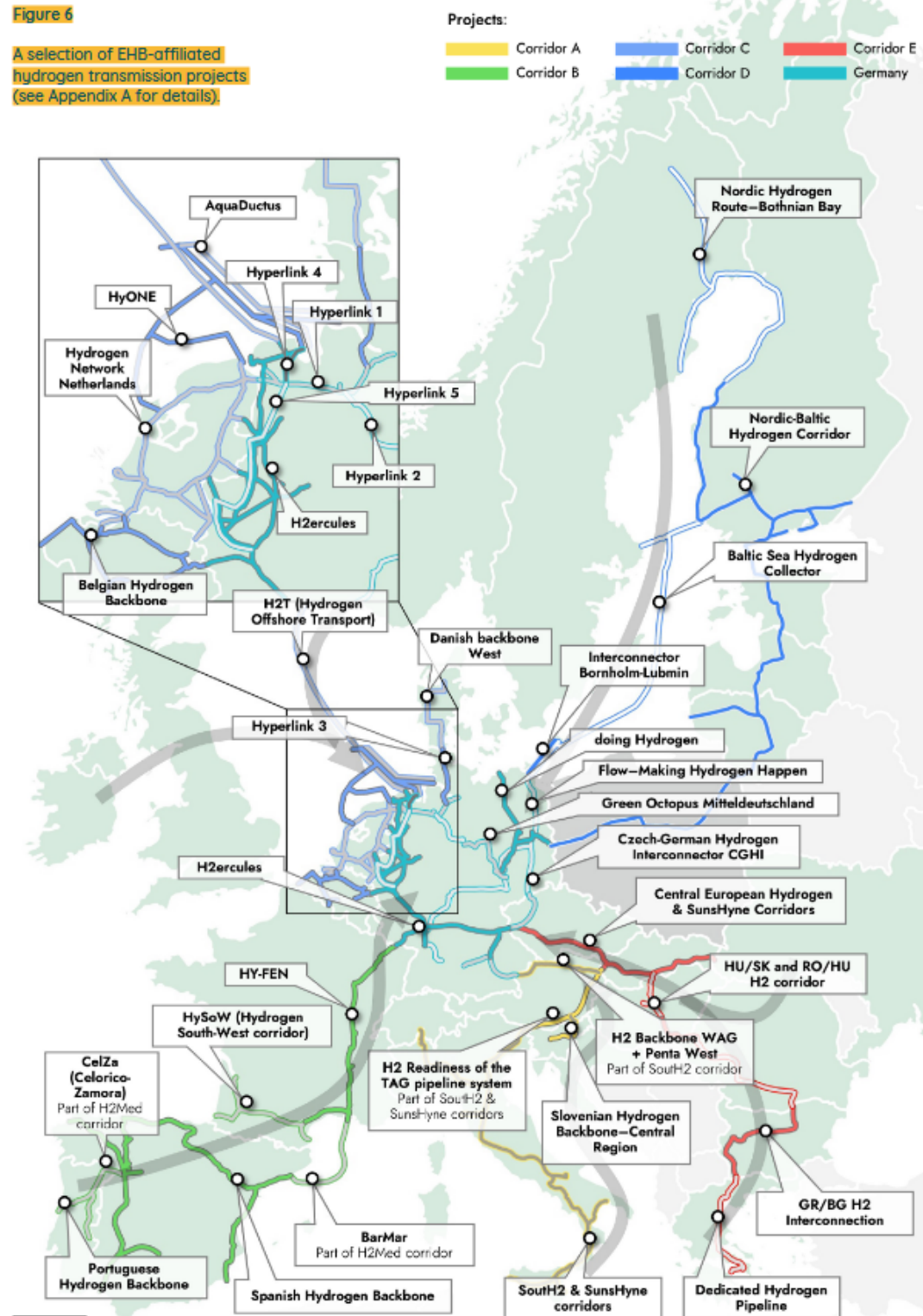


<그림 7. 권역별 수소 클러스터(좌)와 상호 연결된 수소 공급 네트워크(우) 비교>
(출처: EHB 2023 Implementation Roadmap Part 1. p.10)

82) <https://ehb.eu/>

Figure 6

A selection of EHB-affiliated hydrogen transmission projects (see Appendix A for details).



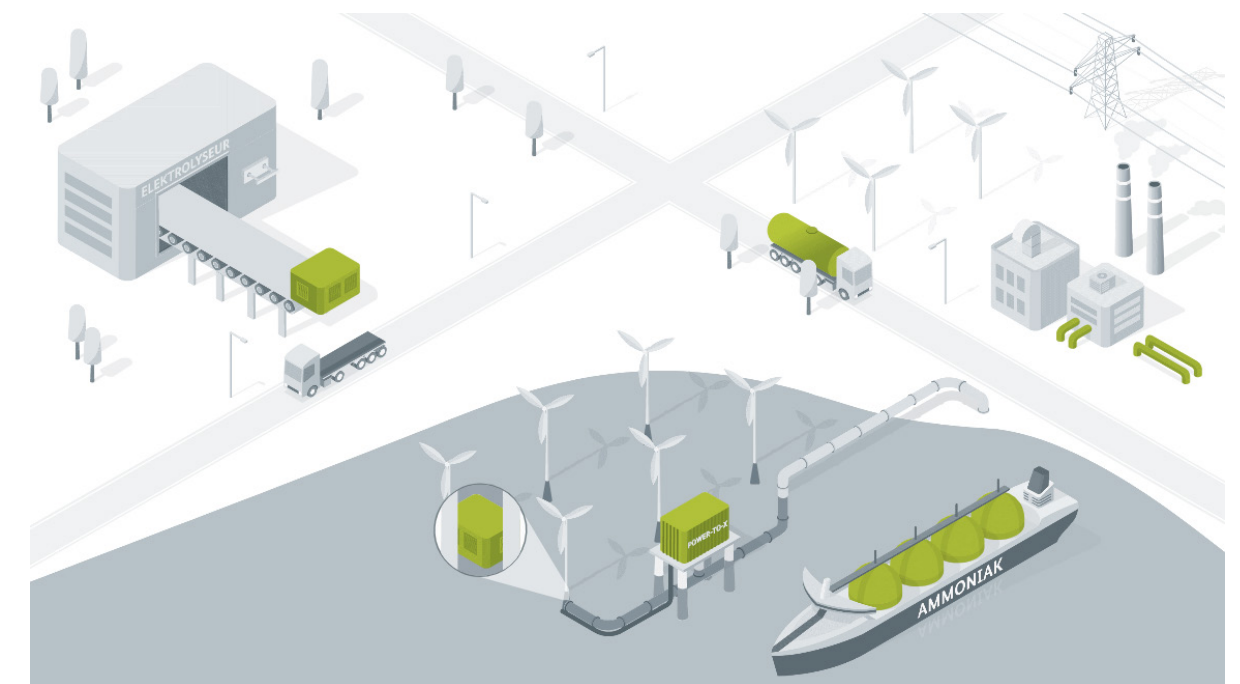
13 / EUROPEAN HYDROGEN BACKBONE

<그림 8. EHB 이니셔티브 관련 주요 수소 운송 프로젝트 현황>
(출처: EHB 2023 Implementation Roadmap Part 1. p.13)

□ 독일 수소 플래그십 프로젝트 (Hydrogen Flagship Projects) ⁸³⁾

○ 독일 연방정부의 3대 수소 플래그십 프로젝트는 수소의 생산-운송-활용 전 주기의 기술적 장벽을 극복하고 산업화를 앞당기는 데 목적을 두고 있음

- 독일 연방정부는 탄소중립 달성과 미래 에너지 주권 확보를 위해 국가수소전략(NWS)을 수립하고, 이를 구체화하기 위해 연방연구기술우주부(BMFT) 주도로 5년간 7억 유로(약 1.1조 원) 이상의 예산을 동 프로젝트에 투입
- H2Giga(수전해 장치 양산 체계 구축): 실험실 수준의 수전해 기술을 산업적 대량 생산 단계로 끌어올리며, 기가와트(GW)급 생산을 목표로 수전해 장치의 자동화 제조 공정 및 소재 기술 최적화를 통해 생산 단가를 낮추는 데 집중
- H2Mare(해상 그린수소 생산 실증): 먼바다의 강력한 풍력 에너지를 활용해 전력망 연결 없이 현지에서 직접 수소를 생산하는 기술을 개발함. 거친 해상환경을 견디는 내구성 있는 수전해 시스템 개발과 더불어, 현장에서 바로 암모니아나 메탄올 같은 파생 연료를 생산하는 기술도 구축
- TransHyDe(수소 운송 인프라 혁신): 생산된 그린수소를 수요처까지 효율적으로 전달하기 위한 물류의 표준 제시를 목표로 기존 천연가스 배관의 개조, 액화 수소 운송, 암모니아, 액상유기수소운반체(LOHC) 등 다양한 운송 방식의 안정성과 경제성을 평가하며 전국 단위의 수소 그리드 구축을 지원



<그림 9. 독일 수소 플래그십 프로젝트(Wasserstoff Leitprojekte) 개념도>

⁸³⁾ <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/home>

○ H2Giga: 지상에서의 수전해 기술을 이용한 수소대량생산 및 산업화 ⁸⁴⁾

- 기가와트(GW) 규모의 생산능력을 확보하기 위해 기존의 수작업 중심에서 자동화 및 연속생산 방식으로 전환하는 것을 목표로, 대량 생산으로 수전해 장치 가격 하락을 유도해 그린수소의 시장 경쟁력을 강화와 관련 분야 일자리 창출에 기여
- 시장에 출시된 기술들(양이온교환막(PEM) 수전해, 알칼리수전해(AEL), 고온수전해(HTEL) 등)의 대량 생산을 연구함과 동시에 차세대 기술들(귀금속 촉매를 사용하지 않는 음이온교환막(AEM) 수전해 등)도 연구
- 리사이클링을 고려한 친환경 생산공정을 개발하며, 재생에너지의 변동성에 대응하기 위해 전해조의 전력을 신속하게 켜고 끌 수 있는 가변적 운영 기술을 확보
- 주요 참여 기업: Heraeus, Linde, Siemens Energy, Sunfire, Thyssenkrupp 등

○ H2Mare: 해상에서의 친환경에너지를 활용한 수소 및 파생 연료 생산 구현 ⁸⁵⁾

- 육상 전력망 연결 없이 해상 풍력 터빈에서 수소를 직접 생산하여 에너지 손실과 비용을 최소화하는 기술을 개발하면서, 수소뿐만 아니라 메탄올, 암모니아 등 파생 연료(Power-to-X)까지 해상에서 원스톱으로 생산하는 기술을 목표로 함
- 해상의 혹독한 환경(염분, 습도, 파도)을 견딜 수 있는 작고 튼튼한 수전해 장치를 개발하여 외부 보급 없이 운영이 가능한 시스템을 개발하고, 동시에 이러한 해양 수소 생산에 특화된 풍력 터빈 및 관련 통합 플랫폼 개발
- 수소 이외에 공기나 해수로부터 질소, 이산화탄소 등을 포집하여 고부가가치인 메탄올, 암모니아 등의 연료를 해상플랫폼에서 직접 제조하는 기술을 시험하고, 특히 직접 해수 수전해 기술을 통한 혁신을 목표로 함
- 주요 참여 기업: Fumatech, Hereon, RWE, Siemens Energy, Thyssenkrupp 등

○ TransHyDe: 효율적인 수소의 운송 및 저장을 위한 기술 개발 및 성능시험 ⁸⁶⁾

- 수소 경제의 핵심인 운송 문제 해결을 위해 다양한 저장 및 운송 기술을 실증하고, 전국적인 수소 그리드 구축을 위한 청사진을 제시
- 4대 중점 운송 방식:
 - 기체 수소(gas H₂): 기존 천연가스 배관망을 활용하거나 신규 배관 구축
 - 액화 수소(LH₂): 극저온(-253°C) 상태로 부피를 줄여 대량 운송
 - 암모니아(NH₃): 운반이 쉬운 NH₃ 형태로 변환한 뒤 운반 후 다시 추출
 - 액상유기수소운반체(LOHC): 유기 화합물에 결합시켜 상온에서 운송

⁸⁴⁾ <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/projects/h2giga>

⁸⁵⁾ <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/projects/h2mare>

⁸⁶⁾ <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/projects/transhyde>

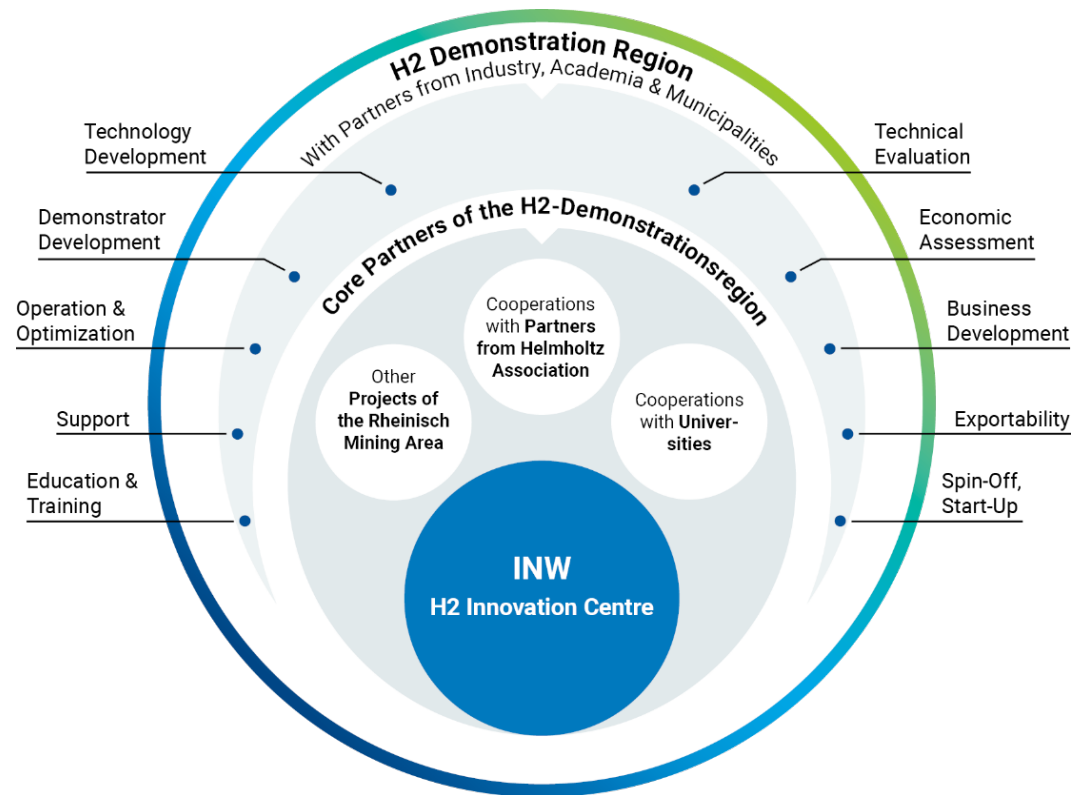
- 기존 천연가스 배관망을 수소 배관으로 전환할 때의 재료 안정성 및 센서 기술을 시험하고, 암모니아를 선박에서 연료로 활용하거나 및 수소 추출을 위한 촉매를 개발하고, 액화 수소를 에너지 효율적으로 운송 및 저장하는 시스템을 구축
- 주요 참여 기업: Bayernwerk, DVGW, OGE, Sunfire, Vaillant 등

□ 독일 헬름홀츠 수소 클러스터 (Helmholtz Hydrogen Cluster, HC·H₂) ⁸⁷⁾

○ 독일 연방연구기술우주부(BMFTR)와 독일 NRW 지방정부가 협력하여 2038년까지 약 10억 유로(약 1.6조 원)를 투자

- 화석연료 중심에서 친환경에너지 시대로의 전환을 위해 독일 서부 라인(Rheinish) 지역의 탄광 폐쇄에 따른 경제적 공백을 그린수소 거점 구축으로 극복하고자 하는 광산 폐쇄 지역의 구조 개혁을 통해 원천 기술의 상용화와 고부가가치 일자리 창출을 동시에 꾀함
- **(산학연 협력의 중심)** 헬름홀츠 협회 소속 율리히연구소(FZJ) 내에 지속 가능한 수소 경제 연구소(IHE, 구 INW)를 설립하고, 이를 중심으로 수소 생산부터 소비(산업, 교통 등)까지의 전주기 가치사슬을 한 지역 내에서 구현
- **(인프라 호환형 기술 실증)** 액상유기수소운반체(LOHC) 기술을 핵심으로 기존 액체 연료 인프라(탱크로리, 주유소 등)를 활용한 수소 보급망을 구축함. 연구소의 기초연구 성과를 실제 현장에 즉각 적용할 수 있도록 대규모 실증 단지를 조성하여 기업의 시장 진입장벽을 낮춤
- **(지역 경제 체질 개선 및 확산)** NRW 주의 강력한 에너지 정책 지원 하에 지역 중소기업 대상 기술 자문 프로그램을 운영함. 이곳에서 검증된 수소 인프라 모델을 독일 및 유럽 전역으로 확산시키기 위한 표준화 및 비즈니스 모델 구축을 병행

⁸⁷⁾ <https://hch2.de/en/>



<그림 10. 독일 헬름홀츠 수소 클러스터(Helmholtz Hydrogen Cluster, HC · H2) 구성도>

3. 시사점

○ 재생수소 중심 에너지 전환과 에너지 주권 확보

- 유럽연합은 신재생에너지 확대를 기반으로 탄소중립 달성을 추진하는 동시에, 러시아-우크라이나 전쟁 이후 화석연료 수급 불안정에 대응하기 위해 에너지 주권 확보 노력을 강화하고 있음
- 재생에너지를 활용한 수소 생산은 기존 화석연료 기반 산업에 신재생에너지를 간접적으로 공급하는 수단으로 작용하며, EU 다수 국가가 2030년 재생수소 생산 및 활용 목표를 제시하고 있음

○ 에너지 믹스에 대한 국가 간 이견과 정책 효과의 차별화

- EU 회원국들은 화석연료 감축에는 공감대를 형성하고 있으나, 원자력 활용 여부에 대한 입장 차이로 인해 신재생에너지 확대 효과와 정책 추진 속도에 국가별 편차가 발생하고 있음

○ 정책 · 연구 · 산업 연계를 통한 수소경제 구현 구조

- 호라이즌 유럽 청정 수소 파트너십을 통해 연간 약 20여 개 과제와 2억 유로 규모의 연구개발이 추진되고 있으며, 생산 · 운송 · 소비 전주기를 통합한 수소 밸리 프로젝트를 통해 실제 작동 가능한 수소경제 모델을 구현하고 있음
- 수소경제는 에너지 시스템 전반의 구조적 변화를 의미하며, 기술 개발뿐 아니라 정책 수립과 산업 적용이 유기적으로 연계된 장기적 협력 체계 구축이 핵심 요소로 작용함
- 청정 수소 파트너십과 같은 거버넌스를 통해 정부의 정책 목표와 산업계의 기술 개발 수요를 일치시키고 있음. 이러한 체계적인 로드맵은 기업들이 장기적으로 투자 계획을 세울 수 있는 예측 가능성을 제공하며, 연구기관이 원천 기술을 개발하고 기업이 이를 즉각 상용화하는 선순환 구조를 형성

○ 기술 실증을 넘어선 산업 생태계의 조기 선점

- 유럽은 단순히 연구실 수준의 성과에 머물지 않고 MW급 및 GW급 대규모 실증 프로젝트들(REFHYNE2, H2Giga 등)을 통해 기술의 상용화 단계를 대폭 앞당기고 있음. 특히 독일은 수전해 장치의 자동화 연속생산 체계를 구축하여 제조 원가를 절감하고 글로벌 시장에서의 표준을 선점하려는 전략이 명확함

○ 기존 인프라의 재활용을 통한 경제성 확보

- 유럽 수소 백본(EHB) 계획에서 나타나듯, 신규 건설 대신 기존 천연가스 배관망의 60% 이상을 수소용으로 전환하여 비용을 70-90% 절감하는 전략은 한국에 큰 시사점을 줌. 이는 초기 인프라 구축 비용 부담을 줄이고, 수소 경제로의 전환 속도를 높이는 핵심 동력으로 작용

○ 지역 재생에너지 특성을 반영한 생산 모델의 다각화

- 광산 폐쇄 지역을 수소 클러스터로 전환하는 HC H2 사례와 해상 풍력을 직접 활용하는 H2Mare와 같이 지역의 지리적 · 산업적 특성에 최적화된 생산 모델을 구축하고 있음. 한국 역시 해상 풍력이나 원자력 발전 거점을 활용한 지역 맞춤형 수소 생산 및 클러스터 조성 전략이 필요

○ 차세대 수소 운반체(LOHC, 암모니아 등) 기술의 상용화 경쟁

- 기체 배관망 연결이 어려운 지역이나 장거리 운송을 위해 LOHC 및 암모니아 등의 차세대 운반체 기반 기술을 병행 실증하며 물류의 유연성을 확보하고 있음. 특히 암모니아 분해를 통한 고순도 수소 공급 (ARENHA) 및 LOHC 안정성 검증(HYSTOC)은 향후 글로벌 수소 교역량 증대에 대비한 필수 기술로, 해당 분야의 독자적인 기술력 확보가 시급



유럽 사이버 보안 연구 및 정책 동향

VII



사이버 보안 분야
정해식 서포터

유럽 사이버 보안 연구 및 정책 동향

작성자: 정해식(사이버 보안 분야 KERK 서포터즈)

VII



유럽의 사이버보안 정책과 기술 환경은 2025년 동안 제도 정비 단계에서 실제 운영 체계 구축 단계로 점진적으로 발전하고 있다. 초기에는 NIS2 지침을 중심으로 제도 기반을 마련하는 동시에 ENISA의 기술 가이드라인과 위협 분석을 토대로 AI·IoT 기반 실시간 탐지, 공급망 리스크 관리, DDoS 대응 기술 연구가 활발히 이루어졌다. 아울러 인력 부족 문제 해결을 위한 교육 표준화와 중소기업 지원 모델도 함께 추진되었다. 일부 회원국의 NIS2 전환 지연에도 불구하고 EU 차원에서는 위기 대응 블루프린트와 Cyber Resilience Act 연계를 통해 핵심 인프라 보호와 리스크 기반 규제 방향이 제시되었다.

이후 단계에서는 정책 집행과 공동 대응 체계가 보다 구체화되었다. Cyber Solidarity Act 발효를 통해 탐지·대응·복구 체계가 제도적으로 강화되었고, 실제 운영 수준의 사이버 위기 대응 훈련도 진행되었다. 연구 영역에서는 공급망 보안, OT 및 중요 인프라 보호, AI 기반 보안 기술이 핵심 분야로 자리 잡았으며, 생성형 AI를 활용한 보안 기술 투자도 확대되었다. 동시에 위협 데이터 분석을 통해 공격 유형과 리스크 구조가 보다 명확히 파악되면서 정책과 기술 간 연계성이 강화되는 양상이 나타났다.

결과적으로 유럽은 사이버보안을 규제 준수 수준을 넘어 운영 보안, 제품 보안, 공동 대응 체계를 아우르는 구조로 발전시키고 있으며, 이를 통해 디지털 경제 전반의 신뢰성과 회복력을 강화하고 있다.

1. 유럽의 사이버 보안 연구 동향

□ NIS2 지침에 따른 사이버 리질리언스 모델 개발 연구

○ ENISA의 기술 구현 지침 및 위협 랜드스케이프 분석

- 2025년 상반기 유럽 사이버보안 연구는 NIS2 지침의 구현을 중심으로 사이버 리질리언스(회복력) 강화에 초점
- ENISA(European Union Agency for Cybersecurity)는 6월에 'NIS2 기술 구현 지침'을 발표하며, 회원국들이 국가별로 설정한 사이버 리스크 관리 요구사항을 지원하는 기술 가이드를 제공
- 이 지침은 공급망 보안, 인시던트 대응, 그리고 공급자 리스크 평가를 강조하며, NIS2의 핵심 요구사항인 '관리 및 감독 체계'를 위한 실증적 프레임워크를 제시
- 또한, 2025 ENISA Threat Landscape 보고서는 위협 그룹들이 기존 도구와 기법을 재사용하며 새로운 공격 모델을 도입하는 경향을 분석, NIS2 적용 기업의 실시간 위협 탐지 연구를 촉진함
- 이러한 연구는 AI 기반 자동화 도구 개발로 이어져, 유럽 내 핵심 부문(에너지, 교통 등)의 네트워크 안정성을 높이는 데 기여하고 있음

○ 사이버보안 스킬 갭 해소를 위한 교육 연구

- Cadmus 프로젝트를 통해 유럽의 사이버보안 인력 부족 문제를 다룬 연구가 활발히 진행됨
- 2025년 1분기 보고서에 따르면, NIS2의 공급자 관리 요구로 인해 전문 인력 수요가 급증함에 따라, 교육 프로그램 개발과 스킬 매핑 연구가 강조됨
- 이 연구는 NIS2의 '인적 자원 교육' 조항을 바탕으로, EU 회원국 간 표준화된 커리큘럼을 제안하며, 특히 중소기업(SMEs)의 준수 역량 강화를 위한 실증 사례를 제시

□ NIS2 구현 과제에 대한 실증 연구

○ 회원국 전환 추적 및 사례 연구

- ECSO의 NIS2 전환 추적 연구에서 아일랜드(1월), 스웨덴(1월), 이탈리아(2월) 등 국가의 등록 마감에 상반기 초에 집중됨에 따라, 구현 지연 요인 분석 연구가 활발했음
- Nature 저널의 사이버 리질리언스 개념 모델 연구는 NIS2 국가 구현 전략 최종화에 활용 가능성을 제시하며, EU 전체의 조화로운 적용을 위한 프레임워크를 제안
- 이러한 연구는 NIS2의 범위 확대(핵심·중요 엔티티 증가)를 고려해, 중소기업의 준수 부담을 완화하는 실증 데이터를 축적

□ NIS2 이행 지원과 인력, 역할 체계 연구

○ NIS2 기술 구현 및 역할 기반 정렬

- ENISA는 2025년 6월 NIS2 기술구현 가이드(Technical Implementation Guidance)를 발간해 NIS2 디지털 인프라, ICT 서비스 관리, 디지털 제공자 분야의 요구사항을 실제로 구현할 수 있도록 실무 가이드를 제공하였음
- 같은 시기 ENISA는 NIS2 의무 사항을 ECSF 역할 프로파일과 매핑한 자료를 통해 법·정책 요구를 실제 조직 내 역할과 역량 체계로 연결하는 접근을 제시하였음. 하반기 유럽 연구 및 실무 논의는 이 같은 “정책의 운영화(operationalisation)”에 크게 의존했다고 볼 수 있음

□ AI와 IoT 통합을 통한 NIS2 위협 탐지 연구

○ DDoS 공격 패턴 분석 및 공공 인프라 보호 연구

- ENISA의 2025년 보고서에 따르면, 공공 행정 부문이 해커티비스트의 DDoS 공격 대상으로 급증하며, NIS2의 인시던트 보고 의무를 충족하기 위한 AI 기반 탐지 연구가 두드러짐
- 진행된 연구들은 IoT 기기 취약점과 연계된 NIS2 공급망 리스크를 모델링, 머신러닝 알고리즘을 활용해 실시간 대응 프레임워크를 개발. 예를 들어, Cyber-Resilience Act와의 연계 연구에서 IoT 보안 표준화가 NIS2의 '본질적 엔티티' 보호에 필수적임을 강조

○ 시장 성장과 AI 규제 연계 연구

- 유럽 사이버보안 시장이 2025년 상반기 13% 성장한 가운데, AI 도입과 NIS2 규제 준수를 결합한 연구가 증가
- ECSO(European Cyber Security Organisation)의 백서에서는 NIS2 구현 과제와 우선순위를 분석하며, AI 기반 자동화가 리스크 관리 비용을 절감할 수 있음을 실증
- 이는 NIS2의 '리스크 관리 조치' 조항을 실무적으로 지원하는 방향으로, 공급자 평가와 보안사고(incident) 보고 프로세스를 최적화하는 데 초점

□ AI 기반 사이버보안 기술 연구 확대

○ 사이버보안 적용을 위한 생성형 AI

- ECCC가 시행한 HORIZON-CL3-2025-02-CS-ECCC 공모는 사이버보안 적용을 위한 생성형 AI(Generative AI for Cybersecurity applications)에 4,000만 유로를 배정하였으며, AI 기술을 활용해 사이버보안을 강화하는 기술·도구·프로세스 개발을 요구함
- 이는 2025년 하반기 유럽 연구가 AI를 실제 보안 운영과 탐지 자동화에 접목하는 방향으로 구체화되고 있음을 보여주는 직접적인 근거

□ 공급망, OT 중심의 위협 분석 연구 강화

○ ENISA Threat Landscape 2025 기반 연구

- 2025년 하반기 유럽의 연구 담론에서 가장 자주 참조된 기반 자료 중 하나는 ENISA의 Threat Landscape 2025였음
- 동 보고서는 4,875건의 보안사고를 분석해 EU가 직면한 주요 위협과 동향을 정리했으며, 그 중 OT 위협 18.2%, 공급망 리스크10.6%를 제시함. 이는 유럽 연구가 단순 IT 침해 대응을 넘어 산업 시스템과 제3자 의존성 리스크를 중심으로 이동하고 있음을 보여줌

2. 유럽의 사이버 보안 정책 동향

□ NIS2 지침의 국가별 전환 및 구현 정책

○ 회원국 전환 지연과 EU 집행위원회 대응

- 2025년 5월 EU 집행위원회는 불가리아, 체코, 덴마크 등 19개 회원국에 NIS2 전환 지연에 대한 '이유 있는 의견'을 발송하며, 준수 촉구를 강화
- 상반기 중 독일(2025년 말 시행 예상), 이탈리아(국내 법안 통합 완료) 등 일부 국가에서 정책이 진척됐으나, 전체적으로 중반까지 대부분의 조치 채택이 예상됨
- NIS2는 18개 핵심 부문의 네트워크·정보 시스템 보호를 위한 통합 프레임워크를 구축하며, 리스크 관리와 인시던트 보고 의무를 강화하는 정책 방향을 제시

○ 기술 구현 지침과 리스크 관리 정책

- ENISA의 6월 NIS2 기술 구현 지침은 회원국 국가 요구사항을 지원하며, 운영 리스크 관리, 사이버 위생, 보안 사고 대응을 포괄하는 정책 가이드라인을 제공
- 이는 NIS2의 '고도의 공통 사이버보안 수준' 목표를 실현하기 위한 것으로, 공급망 보안과 공급자 리스크 평가를 핵심 정책 요소로 삼음

□ NIS2 집행 준비 및 회원국 전환 압박 지속

○ 19개 회원국에 대한 의견서(reasoned opinion)

- 집행위원회는 2025년 5월 7일 NIS2의 완전한 전환 미통보를 이유로 19개 회원국에 의견서를 발송함. 이는 하반기에도 NIS2 정책 논의가 새 규칙 제정보다는 국가별 법제화 완료와 집행 체계 정비에 초점이 있었음을 보여줌
- 또한 EU 공식 NIS2 페이지는 회원국들이 2024년 10월 18일까지 NIS2를 전환 및 이행해야 했다고 명시

○ NIS2의 적용 범위와 규제 성격

- NIS2는 EU 18개 핵심 부문에 대한 공통 사이버보안 법적 틀을 제공하며 회원국에 국가 사이버보안 전략, 협력, 집행을 요구함. 따라서 2025년 하반기의 핵심은 단순한 선언이 아니라, 어떤 기관이 감독하고 어떤 방식으로 보고 제재·리스크 관리를 시행할 것인지에 대한 실제 집행 구조 정착이었음

□ EU 사이버 위기 관리 전략 및 국제 협력 정책

○ EU 사이버 블루프린트(Cyber Blueprint) 정책

- 2월 24일 EU 이사회가 'EU 사이버 위기 관리 블루프린트' 초안을 발표하며, NIS2와 연계된 지역적 사이버보안 협력을 강화함
- 이 정책은 현대적 사이버 위협 대응을 위한 운영적 통합을 강조하며, NIS2의 보안사고 공유 메커니즘을 기반으로 EU 회원국 간 협력을 촉진
- 10월 ITIF 보고서에 따르면, 이 블루프린트는 NIS2와 조화되어 유럽의 사이버 실드(보호벽)를 모델화, 국제적 협력 프레임워크로 확장될 전망

○ NIS2와 Cyber Resilience Act 연계 정책

- NIS2는 Cyber Resilience Act와 보완적으로 작용하며, IoT 및 디지털 인프라의 사이버 복원력을 높이는 정책을 추진함
- 2025년 3월 Noerr 업데이트에 따르면, 일부 국가의 구현 지연에도 불구하고 여름~가을 시행을 목표로 정책 조정이 이뤄짐

□ Cyber Solidarity Act 기반 공동 대응 체계 출범

○ EU 사이버연대법(Cyber Solidarity Act) 발효

- EU Cyber Solidarity Act는 2025년 2월 4일 발효되었으며, EU의 대규모 사이버 위협, 공격에 대한 탐지, 준비, 대응 역량 강화에 목적을 두고 있음. 동 법안은 유럽 사이버보안 경보 시스템(European Cybersecurity Alert System)과 사이버보안 비상대응 메커니즘(Cybersecurity Emergency Mechanism)을 포함하며, 국가·국경 간 사이버허브(Cyber Hub) 구축의 법적 토대가 됨

○ BlueOLEx 2025와 EU Cyber Blueprint 연계

- 유럽연합의 공식 정책 페이지에 따르면 2025년 11월 4일 회원국 사이버보안 당국과 집행위원회가 BlueOLEx 2025에 참여하였으며, 이는 새로운 EU Cyber Blueprint 채택 이후 첫 번째 운영 수준 연습
- 동 훈련의 교훈은 향후 EU 차원의 위기 대비 체계에 반영될 예정이라고 설명됨. 즉, 하반기 유럽 정책은 규제만이 아니라 실제 공동 위기 대응 연습까지 연결됨

□ CRA와 제품 보안 규제의 정착

○ 사이버복원력법(Cyber Resilience Act, CRA)의 법적 상태와 적용 일정

- EU 공식 정책 페이지에 따르면 Cyber Resilience Act는 2024년 12월 10일 발효되었으며, 주요 의무는 2027년 12월 11일부터, 보고의무는 2026년 9월 11일부터 적용됨
- CRA는 CE(인증) 마킹과 연계되며 제품의 전체 수명주기에 걸쳐 사이버보안 요구사항을 부과함. 따라서 2025년 하반기 유럽 정책의 중요한 특징은 CRA가 새로 발효된 법이 아니라, 실제 적용을 준비하는 제품 보안 체계의 기준점으로 자리 잡았다는 점임

○ 설계 단계 보안(Secure-by-design) 및 취약점 대응 의무

- CRA 원문은 제품별 핵심 사이버보안 요구사항과 취약점 대응 의무를 규정하고 있으며, EU 정책 설명 자료는 이를 설계 및 기본설정 단계에서의 보안(secure by design and by default), 자동 보안 업데이트, 보안사고 보고(incident reporting), 제조사의 주의의무(duty of care)로 요약함
- 이는 운영 보안 중심의 NIS2를 넘어 제품 자체의 보안 책임까지 EU 규제가 확장되었음을 보여줌

□ 관리형 보안서비스(MSS) 인증 체계 확대

○ ENISA의 EUMSS 추진

- ENISA 인증 포털은 2025년 4월 말 집행위원회가 ENISA에 MSS(관리형 보안 서비스) 인증제도 초안 마련을 요청했다고 밝혔으며, 2025년 10월에는 EUMSS 초안 작성을 위한 임시 워킹그룹 첫 회의가 열렸다고 공지
- 이는 하반기 실제 정책 움직임이 인증 체계 설계 단계로 진입했음을 보여주는 구체적 근거

□ 인프라 보호 및 규제 강화 정책

○ 핵심 인프라 리스크 기반 규제 정책

- 마이크로소프트의 11월 보고서(상반기 동향 반영)에서 NIS2의 리스크 기반 규제가 핵심 인프라 보호의 핵심임을 강조
- 2025년 상반기 정책은 NIS2의 범위 확대(중요 엔티티 포함)를 통해 제조·디지털 서비스 부문 인프라를 강화, 벌금(매출 2%)과 감독 체계를 도입함
- 또한, 9월 항공 산업 사이버 공격 사례를 통해 NIS2 구현 교훈을 정책에 반영, 네트워크화된 인프라의 시스템적 취약점 대응을 우선시함

3. 시사점

○ EU 사이버보안 규제 강화와 정책적 시사점

- NIS2 지침의 본격 구현을 통해 리스크 관리와 국제 협력의 중요성을 재확인
- 정책적으로는 회원국 전환 지연에도 불구하고 EU 블루프린트와 같은 위기 관리 체계가 안정성을 높인 사례를 통해, 한국은 한-미, 한-EU 협력을 강화해 글로벌 공급망 보호를 위한 다자간 프레임워크를 구축해야 함
- 궁극적으로 NIS2의 엄격한 준수 요구는 기업의 사이버 복원력을 제고하지만, 중소기업 부담 증가를 고려한 유연한 정책 설계가 필요하며, 이는 한국 기업의 EU 진출 시 경쟁력을 좌우할 전망

○ 사이버보안 기술 발전 및 대응 체계 고도화

- 연구 측면에서 AI·IoT 통합과 스킬 개발이 강조된 점은, 한국의 국가 사이버보안 전략(K-사이버보안 프레임 워크 등)에서 유사한 기술 도입을 촉진할 수 있으며, 공급망 리스크 평가 모델을 벤치마킹할 가치가 큼
- 2025년 하반기 유럽 사이버보안 동향의 핵심은 NIS2의 집행 정착, Cyber Solidarity Act를 통한 공동 대응 체계화, CRA를 통한 제품 보안 책임 명확화로 요약할 수 있음
- 이는 유럽이 사이버보안을 더 이상 개별 기업의 내부 통제 문제가 아닌, 공급망, 제품, 서비스, 국가 간 협력을 모두 포괄하는 체계로 다루고 있음을 의미

○ 한국에 대한 시사점

- 공급망 및 제3자 리스크를 법, 감독 체계 안으로 더 명확히 끌어들이 필요 있음
- 운영 보안뿐 아니라 디지털 제품의 secure-by-design, 취약점 처리, 보고의무를 강화하는 방향의 제품 보안 정책이 중요해지고 있음
- 국가 또는 부문 간 공동 대응 훈련과 허브형 대응 체계는 중요 인프라 보호 측면에서 참고할 가치가 큼. 유럽의 2025년 하반기 흐름은 결국 규제의 확대보다 “규제의 실행 및 운영화”에 더 가까웠다고 평가할 수 있음

※ 참고자료

○ 연구 동향 관련

https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/2025-06/ENISA_Technical_implementation_guidance_on_cybersecurity_risk_management_measures_version_1.0.pdf

<https://www.enisa.europa.eu/news/etl-2025-eu-consistently-targeted-by-diverse-yet-convergent-threat-groups>

<https://insurance-edge.net/2025/10/01/lets-check-in-on-european-cyber-security-initiatives/>

<https://www.enisa.europa.eu/news/public-administration-increasingly-targeted-by-ddos-attacks>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212473X25000768>

<https://securitybrief.co.uk/story/eu-cyber-security-market-up-13-amid-ai-regulation-push>

<https://ecs-org.eu/?publications=white-paper-nis2-implementation-challenges-and-priorities>

<https://ecs-org.eu/activities/nis2-directive-transposition-tracker/>

<https://www.nature.com/articles/s41598-025-12829-3>

○ 정책 동향 관련

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis-transposition>

<https://www.enisa.europa.eu/publications/nis2-technical-implementation-guidance>

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cybersecurity-policies>

<https://hyperproof.io/understanding-the-relationship-between-nis2-and-the-eu-cyber-resilience-act/>

<https://www.microsoft.com/en-us/security/blog/2025/11/05/securing-critical-infrastructure-why-europes-risk-based-regulations-matter/>

○ 정책 동향 관련

- [1] <https://certification.enisa.europa.eu>
- [2] https://certification.enisa.europa.eu/news/eu-managed-security-services-certification-drive-cybersecurity-market-2025-06-25_en
- [3] <https://cybersecurity-centre.europa.eu>
- [4] https://cybersecurity-centre.europa.eu/funding-opportunities/calls-proposals/increased-cybersecurity-horizon-cl3-2025-02-cs-eccc_en
- [5] https://cybersecurity-centre.europa.eu/news/new-eccc-funding-opportunities-under-digital-europe-and-horizon-europe-programmes-are-open-2025-06-12_en
- [6] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cyber-resilience-act>
- [7] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cybersecurity-act>
- [8] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cybersecurity-policies>
- [9] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cyber-solidarity>
- [10] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis2-directive>
- [11] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis-transposition>
- [12] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/inf_25_982
- [13] https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2025/wp-6-civil-security-for-society_horizon-2025_en.pdf
- [14] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024R2847>
- [15] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A32024R2847>
- [16] <https://research-and-innovation.ec.europa.eu>
- [17] <https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2025>
- [18] <https://www.enisa.europa.eu/publications/nis2-technical-implementation-guidance>
- [19] <https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/2025-06/Mapping%20NIS%20%20obligations%20with%20ECSF%20role%20profiles.pdf>
- [20] <https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/2025-11/ENISA%20Threat%20Landscape%202025.pdf>



유럽 인공지능 연구 및 정책 동향

VII



인공지능 분야 안전성 서포터

유럽 인공지능 연구 및 정책 동향

작성자: 안현섭(인공지능 분야 KERC 서포터즈)

VIII



유럽연합의 인공지능 전략은 정책 방향 설정 중심 단계에서 대규모 투자와 실행 중심 단계로 빠르게 이동하고 있다. 초기에는 '신뢰할 수 있는 AI'와 '디지털 주권'을 핵심 가치로 설정하고, AI 액션 플랜과 응용 AI 전략을 통해 기존 규제 중심 접근에서 혁신 중심 전략으로의 전환을 시도하였다. 동시에 기초 연구 역량과 윤리적 AI, 산업별 전문성을 기반으로 차별화된 생태계 구축을 추진하며 글로벌 경쟁 구도 속에서 입지 변화를 모색하였다.

이후에는 이러한 전략이 구체적인 실행 정책으로 이어졌다. 디지털 옴니버스 패키지와 데이터 연합 전략을 통해 규제 유연화가 추진되는 한편, EuroHPC 기반 AI 기가 팩토리, 2,000억 유로 규모 InvestAI, RAISE 파일럿 등 대규모 투자와 인프라 구축이 병행되며 기술 역량 확보가 가속화되었다. 주요 국가들은 주권형 오픈소스 모델과 산업용 AI 클라우드를 구축하며 자체 생태계를 강화하고 있고, 유럽 전반에서는 언어·법체계에 특화된 AI 모델 개발도 확대되고 있다. 글로벌 차원에서는 AI 거버넌스의 중심이 안전에서 성장으로 이동하는 가운데, 미국의 규범 참여 축소가 유럽의 규범 주도 기회를 확대시키는 요인으로 작용하고 있다.

이러한 흐름은 유럽이 규제와 혁신을 병행하는 방식으로 AI 경쟁력을 강화하고 있음을 보여주며, 데이터·인프라·모델·규범을 포괄하는 종합 생태계 구축으로 이어지고 있다.

1. 유럽의 인공지능 연구 동향

□ 대형 언어모델 및 생성형 인공지능 부문

○ 프랑스 Mistral AI, 2025년 6월 유럽 최초의 AI 추론 모델 Magistral 출시⁸⁸⁾

- Chain-of-thought 기법을 특징으로, 복잡한 문제 해결 시 중간 추론 단계 생성 가능하며, 영어, 프랑스어, 스페인어, 아랍어, 중국어 지원
- 이 추론 모델은 기존 스케일링업 접근법의 한계를 극복할 잠재적 경로로 대규모 자본력을 무기로 한 경쟁 업체 추월할 기회이자 유럽의 AI 역량 입증 이정표
- ※ OpenAI(2024년 최초 추론 모델 출시), Google(수개월 후 추론 모델 출시), DeepSeek(중국): 2025년 1월 저비용 오픈소스 추론 모델, Meta(독립형 추론 모델 미출시)
- 중국의 DeepSeek-R1 출시는 OpenAI의 프론티어 모델과 동등하거나 능가하는 성능의 모델을 극소 비용으로 출시하여 AI 업계에 충격 → 대규모 투자 아닌 효율성 및 오픈소스의 역량을 통한 작은 모델 또는 미니 모델 접근성 재조명

○ 보고서 <State of AI Report 2025⁸⁹⁾>에 따르면 생산성 기준 미국 40개, 중국 15개, 프랑스 3개의 영향력 있는 모델 출시하여 과감하고 지속적인 투자 필요성 제시

○ Mistral AI, Mistral 3 계열 모델 출시⁹⁰⁾

- 유럽의 대표 인공지능 모델인 프랑스의 Mistral AI는 Mistral Large 3과 소형 모델군 Ministral 3을 동시 공개하였으며, 이는 오픈소스·멀티모달·다국어 기능을 단일 모델에 통합한 유럽 최초 오픈 프론티어 모델로 평가
- Ministral 3는 단일 GPU로도 구동 가능하기 때문에 드론, 차량, 로봇, 노트북 등 엣지 환경에 최적화되어 분산 지능(Distributed Intelligence) 시대를 선도
- 코딩 특화 모델 Devstral 2(123B 파라미터), 코드 어시스턴트 CLI 툴인 Mistral Vibe 추가 출시된 바 있으며, AI 컴퓨팅 플랫폼인 Mistral Compute (NVIDIA Grace Blackwell 18,000개 기반) 개발 추진 중
- 2025년 9월 시리즈C에서 20억 유로 조달(기업가치 117억 유로), ASML의 13억 유로 투자로 전략적 파트너십을 체결
- ※ 'State of AI Report 2025' 기준 영향력 있는 모델 수는 미국 40개, 중국 15개, 프랑스 3개로 나타나 생산성 격차 해소를 위한 과감하고 지속적인 투자 필요성 제시

⁸⁸⁾ https://nationaltechnology.co.uk/France_mistral_launches_first_european_ai_reasoning_models.php

⁸⁹⁾ <https://www.stateof.ai/>

⁹⁰⁾ <https://techcrunch.com/2025/12/02/mistral-closes-in-on-big-ai-rivals-with-mistral-3-open-weight-frontier-and-small-models/>

○ 독일, SOOFI 프로젝트 출범: 주권 오픈소스 기반 모델 ⁹¹⁾

- 프라운호퍼 IAIS/IIS, 독일 인공지능센터, 하노버대 등 6개 연구기관과 2개 스타트업 컨소시엄은 약 1,000억 파라미터 규모의 유럽어 특화 오픈소스 LLM 개발을 추진
- 독일 연방경제에너지부가 2,000만 유로를 지원(~'26년 7월)하며 산업, 행정, 교육, 의료 등 고신뢰 분야가 주된 응용 대상
- 도이치 텔레콤과 NVIDIA가 공동으로 10억 유로를 투자한 산업용 AI 클라우드를 훈련 인프라로 활용, 2026년 3월부터 SOOFI 전용 DGX B200 시스템 130개(GPU 1,000개+) 가동
- 추론 모델, AI 에이전트 기술 적용을 통한 구체적 사용 사례 구현이 계획되어 있으며, EU AI법 준수 및 유럽 가치 반영 설계 기대

○ 구글 딥마인드, 英 정부와 자율화학연구소 파트너십 체결 ⁹²⁾

- 2026년 중 개소 예정인 DeepMind의 최초 자동화 연구 실험실 설립(로봇 · AI 기반 실험 수행)하여 초전도 신소재 개발에 집중
- AI 모델 · AlphaGenome 등 최신 기술을 과학자에게 개방하여 배터리, 반도체, 의료 이미징, 태양광 신소재 발견 가속화
- 영국 AI 안전 연구소(AISI)와 독점 모델 · 데이터 공유 협약 체결하여 AI 기반 공공 서비스 혁신, 에너지 · 교육 분야의 돌파구를 목표로 함
- **(성과)** AI 기반 재료과학 연구의 상업화 경로 개척, 영국 '과학 강국 전략'과 연계한 산학연 협력 모델을 제시

○ RAISE(과학을 위한 유럽 AI 자원) 파일럿 출범 ⁹³⁾

- AI 과학 정상회의에서 RAISE(Resource for AI Science in Europe) 파일럿 공식 출범 (호라이즌 유럽에서 1.07억 유로 지원)
- RAISE는 AI 연구 역량(컴퓨팅 파워, 데이터, 인재, 연구 자금)을 단일 가상 연구소로 통합하는 'AI 분야의 CERN' 개념으로, 핵심 AI 역량 연구를 담당하는 Science for AI와 과학 전 분야에서 AI 적용 담당하는 AI in Science로 구분
- 5,800만 유로 규모 우수성 네트워크와 박사 과정 네트워크 운영하여 최우수 AI 및 과학 인재의 유치 · 양성
- 호라이즌 유럽에서 6억 유로 투입하여 AI 기가팩토리 전용 접근권 확보하며, 더 나아가 AI 투자를 연간 30억 유로 이상으로 확대(AI 과학 투자 2배) 목표
- **(성과)** AI 과학 전략 · 청정산업딜 연계 강화 ▲EU 기초 AI 연구 협력 생태계 조성 ▲분산된 유럽 AI 연구 자원의 통합 접근 구조 마련

⁹¹⁾ <https://www.heise.de/en/news/Soofi-Germany-to-develop-sovereign-AI-language-model-11083336.html>

⁹²⁾ <https://www.siliconrepublic.com/machines/google-deepmind-open-first-research-lab-discovering-new-materials>

⁹³⁾ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/our-digital-future/european-ai-science-strategy_en

○ 스위스 SNAI, Apertus 다국어 언어 모델 출시 ⁹⁴⁾

- ETH Zurich 주도, 2024년 설립된 스위스 국립 AI 연구소(SNAI)가 스위스 최초 다국어 주권 언어 모델인 Apertus 출시
- 1,000개 이상 언어(스위스 독일어 및 로망슈어 포함) 약 15조 토큰 훈련, Alps 슈퍼컴퓨터 활용하여 아키텍처, 데이터셋, 소스코드, 모델 가중치를 전면 공개
- 연방 대법원 · 법무부와 협력, 스위스 사법 시스템 맞춤형 적용 추진 중
- **(성과)** 오픈소스 완전 공개를 통한 기업 · 연구자 맞춤화가 가능하며, 소규모 언어 보존을 위한 AI 언어 다양성 모델을 제시

○ 포르투갈 Amalia 주권 AI 모델 개발 추진 ⁹⁵⁾

- NOVA 과학기술대 주도 포르투갈 대학 컨소시엄은 포르투갈어 질문, 답변, 코드 생성, 개념 설명, 텍스트 요약, 정보 해석 특화된 모델 Amalia 연내 출시할 예정
- 2025년 9월 베타 버전 테스트 완료하였으며, 코드 오픈소스는 공개 예정 (챗봇 형태 공개는 제한)
- 정부 온라인 포털 공공행정 서비스에 우선 적용, 과학 분야 분석 지원 활용 계획
- **(성과)** 포르투갈어 공공행정 AI 효율화 선도 및 소규모 국가의 언어 주권 확보 전략 사례 제시

□ 주요 연구소 및 대학교 실용 연구개발 프로젝트 성과

○ AI 기반 폐암 종양 변화 탐지 시스템(SPIRABENE) ⁹⁶⁾

- Fraunhofer MEVIS 외 2개 기관 참여
- **(내용)** 딥러닝 기반 소프트웨어 폐 병변의 위치, 파악, 측정, 잠재적 신규 병변을 탐지하고 신경망 최적화로 이전 CT 스캔과 최신 이미지를 비교하고 해부학적 대응 관계 확인
- **(성과)** ▲기존 소프트웨어 기반 등록 방식 대비 11% 더 많은 종양 자동 탐지 ▲처리 시간 1초 미만으로 기존 방식의 1/10 수준 ▲컴퓨팅 성능 요구량 감소로 에너지 절약 실현

○ 체외수정 성공률 향상을 위한 AI 시스템 ⁹⁷⁾

- Imperial College London외 3개 기관 참여
- **(내용)** 19,082명의 IVF 치료 완료 환자 데이터를 Explainable AI 기법으로 분석하여 난포 크기와 성숙 난자 회수율 및 출산율 간의 상관관계를 규명하고 치료 개인화 방안 도출

⁹⁴⁾ <https://www.euronews.com/next/2025/12/01/which-european-countries-are-building-their-own-sovereign-ai-to-compete-in-the-tech-race>

⁹⁵⁾ <https://www.euronews.com/next/2025/12/01/which-european-countries-are-building-their-own-sovereign-ai-to-compete-in-the-tech-race>

⁹⁶⁾ <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2025/june-2025/using-artificial-intelligence-to-detect-changes-in-lung-tumors.html>

⁹⁷⁾ <https://www.nature.com/articles/s41467-024-55301-y>

- **(성과)** ▲13-18mm 크기의 중간 크기 난포 비율이 높을 때 성숙 난자 회수율과 출산율 향상 확인 ▲18mm 이상 대형 난포 과다 시 프로게스테론 조기 상승으로 인한 부작용 발견 ▲IVF 각 단계의 임상 의사결정 지원 AI 도구 개발 기반 마련

○ 의료 이미지 분석을 위한 연합 학습 및 차등 프라이버시 적용 기법 ⁹⁸⁾

- 뮌헨 공대 헬스케어/의료 연구실 및 디지털 의료/건강 센터가 주도
- **(내용)** 연합 학습 시스템으로 AI 모델이 데이터 대신 병원 간을 이동하며 학습하고, 차등 프라이버시 기법으로 데이터에 노이즈를 추가하여 환자 프라이버시 보호를 강화하며 폐 움직임 및 뇌 이미지에서 질병 관련 변화 탐지
- **(성과)** ▲민감한 환자 데이터를 배포하지 않고 병원 간 협력 AI 학습 구현 ▲MRI 및 CT 기기 측정 횟수 대폭 감소로 검사 시간 단축 ▲불필요하거나 긴 검사의 필요성 제거로 환자 편의성 증대 및 더 많은 검사 가능

○ 인공지능 연구재단의 AI 연구 교육과정 민주화 플랫폼 ⁹⁹⁾

- University College London, Google DeepMind, African Institute for Mathematical Sciences, Deep Learning Indaba 공동 개발
- **(내용)** UCL과 Google DeepMind가 공동 개발한 무료 온라인 커리큘럼으로 학부생부터 초기 경력 연구자까지를 대상으로 책임 있는 혁신 활동, 코딩 연습, 언어 모델 미세 조정 기회 결합하며 아프리카 전역 교육자 및 학습자를 위한 현지화 제공
- **(성과)** ▲Google Cloud Skills Boost 플랫폼에서 전 세계적으로 공개 ▲기후 회복력 구축 또는 지역 질병 대응 등 지역 및 글로벌 연구 과제 해결에 기여할 AI 연구 기술 습득 지원 ▲최첨단 AI 모델의 기본 원리를 자신 있게 이해하여 혁신 창출 가능 ▲전 세계 교육자를 위한 세계 최고 수준의 AI 교육 접근성 보장

○ 유럽 AI-on-Demand 플랫폼 확장 ¹⁰⁰⁾

- Aalto University - Center for Knowledge and Innovation Research (Fraunhofer IAIS 조정, 13개국 28개 파트너)
- **(내용)** AI-on-Demand 플랫폼(AIoD)의 차세대 인프라로 확장되어 연구용 트랙(EU 자금 지원 AI 프로젝트 결과물 집계 및 공유)과 산업용 트랙(시장 준비 완료된 엔터프라이즈급 AI 도구 및 서비스 제공)으로 구성된 € 28M 규모 프로젝트 (2024년 1월~2027년 12월)

⁹⁸⁾ <https://www.research-in-bavaria.de/artificial-intelligence-in-medicine-and-healthcare/>

⁹⁹⁾ <https://www.edtechinnovationhub.com/news/ucl-partners-with-google-deepmind-to-create-a-new-ai-curriculum-aiming-to-democratize-access-to-education>

¹⁰⁰⁾ <https://www.eit.europa.eu/news-events/news/europes-ai-demand-platform-powering-research-and-innovation>

- **(성과)** ▲이전에 분산되어 있던 유럽 AI 생태계 전반의 자원을 접근 가능하고 재사용 가능하게 통합 ▲과학적 혁신과 산업 혁신 모두의 영향 발휘 시간 단축 ▲생태계 구축 및 부문 간 시너지 촉진 ▲신뢰할 수 있고 포용적인 유럽의 디지털 미래를 향한 핵심 단계 마련

○ 적응형 토큰화 및 메모리 연구 (AToM-FM) ¹⁰¹⁾

- University of Edinburgh - School of Informatics (연구책임자: Dr. Edoardo Ponti, NLP 강사)
- **(내용)** € 1.5M 규모의 5년 ERC Starting Grant를 받아 대형 AI 시스템의 정보 표현 및 기억 방식을 재설계하며, 문제의 복잡성에 따라 해상도 조정하는 적응형 토큰화 및 메모리 메커니즘 개발하고 기존 모델을 더 효율적인 적응형 아키텍처로 개선
- **(성과)** ▲전력 소비 및 데이터 센터 배출 감소로 AI를 더 지속 가능하게 만드는 그린 인공지능 구현 ▲개인이 제어하는 장치(휴대폰, 노트북, 로컬 서버)에서 직접 모델 실행 가능으로 데이터 프라이버시 유지 ▲영구 메모리를 통한 평생 학습 및 더 긴 추론 체인으로 계획 및 수학적 문제 해결 능력 강화

○ 생성형 AI 이후 시대를 위한 학제간 컨소시엄(PostGenAI@Paris) ¹⁰²⁾

- 소르본 대학교 및 다수 파트너 기관 참여
- **(내용)** 학제간 AI 연구 컨소시엄으로 자연어 처리, 컴퓨터 비전, 로봇틱스, 윤리학 등 다양한 학문 분야의 연구자 결집하고 AI의 윤리적 및 정치적 이슈 논의
- **(성과)** ▲과학적 및 사회적 야망의 중심에 AI 배치 ▲다학제 협력을 통한 혁신적 AI 솔루션 개발 ▲유럽 가치에 기반한 책임 있는 AI 개발 주도 ▲소르본 인공지능 센터(SCAI)의 연구 활동 통합 및 박사 과정 계약 제공으로 차세대 AI 연구자 육성

○ AI 기반 극한 기상 조기 경보 시스템 ¹⁰³⁾

- 막스플랑크 생화학 연구소가 주도
- **(내용)** 시공간 고해상도 측정, 정밀 기상 예보, 생태적 · 경제적 영향 예측, 커뮤니케이션 과학, 심리학적 방법, Copernicus 위성 데이터 활용 등 6개 모듈로 구성된 AI 지원 조기 경보 시스템 개발 → 토양 조건, 식생, 지형 등을 20m 해상도로 고려하고 인과 관계 이해하는 설명 가능한 AI 구축
- **(성과)** ▲20m 해상도로 모든 발이나 정원에 대해 가뭄 피해 예측 가능 ▲재해 지원 조직과 재난 관리 기관이 자원을 더욱 목표화하고 효율적으로 배치 ▲단기/장기 조기 경보로 급성 보호 조치와 전략적 예방 조치 모두 지원 ▲남반구 포함한 모든 지역에 소규모 정보 제공 목표로 기후 정의 실현

¹⁰¹⁾ <https://cordis.europa.eu/project/id/101222956>

¹⁰²⁾ <https://www.sorbonne-universite.fr/en/news/launch-postgenaiparis-ai-heart-scientific-and-societal-ambition>

¹⁰³⁾ <https://www.mpg.de/24966451/extreme-weather-early-warning>

○ 농식품 안전 위협 · 식품 사기 탐지용 AI 플랫폼 TraceMap 공개 ¹⁰⁴⁾

- EU가 공개한 해당 플랫폼은 AI를 활용해 식품 안전 리스크 평가를 간소화하였다는 점에서 혁신적
 - 분산된 핵심 데이터를 통합 · 분석하여 위험 징후를 조기 식별할 뿐 아니라, 운영자(사업자)와 배송 물량 간 연결 고리를 신속히 추적하고 공급망 전체를 실시간 모니터링
 - 위험 확인 즉시 부적합, 사기 제품의 신속 회수 지원
 - 기존 농식품 관리 시스템 데이터와 RASFF(식품 · 사료 신속 경보 시스템), TRACES(무역 통제 · 전문가 시스템)를 각각 연동시켜 거래 패턴 및 생산 흐름을 고속으로 추적하여 의심 사업자 탐지 정확도 및 속도 향상
- ※ 실제로 파일럿 버전이 이미 중국산 ARA 오일 오염 영유아 분유 식별 및 회수 지원에 활용된 바 있음

○ 유럽 암 이미징 AI 인프라 구축— EUCAIM ¹⁰⁵⁾

- 유럽 암 이미징 이니셔티브(Cancer Image Europe) 인프라는 2026년 말까지 6,000만 건의 암 이미지 접근 제공을 목표로 함
- 2026년 2월 유럽 AI 기반 고급 스크리닝 센터 네트워크 출범하여 AI 영상 데이터 기반 개인 맞춤형 암 예방 · 치료 · 케어 AI 솔루션을 가속화
- Apply AI 전략과 연계, 의료 부문 AI 도입 플래그십 사례로 선정
- **(성과)** EU 전역 연구자와 임상자의 AI 영상 데이터 접근성을 획기적으로 향상하였으며, 개인화 암 진단과 치료용 AI 적용 확산의 기반을 마련함

○ 유럽 게놈 데이터 인프라(GDI) 확대 구축(2026 상반기) ¹⁰⁶⁾

- 26개 회원국이 Genomic Data Infrastructure(GDI)를 구축 중이며, 2026년 말까지 15개국 완전 운영을 목표로 함(공통 기술 규격 구현 및 게놈 데이터 접근 관리)
- 게놈 데이터 · 임상 정보의 국경 초월 연구 지원을 통해 희귀 · 미진단 질환 해결 가속화, AI 활용 확산
- **(성과)** 유사 환자 사례 식별 고도화 ▲EU 전역 정밀 의료 연구 역량 향상 ▲AI 기반 질환 예측 모델 고도화 기반 마련

¹⁰⁴⁾ <https://foodsafetyplatform.eu/news/european-commission-launches-tracemap/>

¹⁰⁵⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/artificial-intelligence-health>

¹⁰⁶⁾ <https://gdi.onemilliongenomes.eu/>

○ 구글 딥마인드와 스완지 대학교의 AI 연구 교육 프로그램 ¹⁰⁷⁾

- 영국 스완지 대학교가 사회경제적 취약계층 학부생 대상으로 한 Google DeepMind Research Ready 프로그램 수행 기관으로 선정됨('26년 6-7월 운영 예정)
- 머신러닝, 로보틱스, 자연어처리, 설명 가능한 AI, 생물정보학, 딥러닝 등 분야 연구 프로젝트 수행 기회를 제공
- **(성과)** AI 연구 접근성 민주화 ▲차세대 다양한 AI 인재 발굴 · 육성 ▲기초 연구에서 실용 AI 연구로의 교량 역할

○ EURO-3C: EU 최초 대규모 통신-엣지-클라우드 연합 인프라 ¹⁰⁸⁾

- 2026년 MWC에서 유럽 집행위원회가 7,500만 유로 규모의 EURO-3C 프로젝트를 발표
- 유럽 최초의 대규모 연합(Federated) 통신-엣지-클라우드 인프라의 구축으로 공공 · 산업 AI 워크로드를 유럽 주권 인프라에서 처리
- **(성과)** 대형 통신사 · 클라우드 사업자와의 협력 생태계 구축 ▲AI 및 데이터 처리 전 과정의 유럽 내 완결 가능성 제시

○ 호라이즌 유럽 2026~27 AI 과학 파일럿 과제 공모(1억 유로 규모) ¹⁰⁹⁾

- 집행위원회가 RAISE 전략 구체화를 위한 호라이즌 유럽 2026~27 워크 프로그램 내 5개 AI 전용 과제를 신설 (총예산 약 1억 유로, Cluster 4 · 6 재원)
- 기존 클러스터 중심의 구조를 탈피하고, 수평적 워크프로그램 방식을 채택하여 AI와 청정기술의 학제 통합을 강조
- **(성과)** AI 과학 전략과 청정산업 딜의 연계 강화 ▲국경 초월 AI 기초 연구 협력 생태계 조성 ▲RAISE 가상 연구소 실질화의 초석 마련

○ SAP, OpenAI, Microsoft, ‘독일을 위한 OpenAI’ 파트너십 체결 ¹¹⁰⁾

- SAP, OpenAI, Microsoft가 독일 공공부문 AI 혁신을 위한 ‘OpenAI for Germany’ 발표
- 데이터 주권 준수를 위해 SAP 자회사인 Delos Cloud(MS Azure 기반)에서 운영되며, 국가 행정, 연구기관 직원의 일상 업무(기록 관리 · 행정 데이터 분석 등) 자동화 및 개선을 지원
- **(성과)** 독일 공공부문 AI 전환의 주권 모델 제시 ▲데이터 주권 · 보안 · 법적 기준 충족 전제의 공공 AI 적용 사례 마련

¹⁰⁷⁾ <https://www.swansea.ac.uk/press-office/news-events/news/2026/02/swansea-university-to-deliver-prestigious-google-deepmind-supported-ai-research-programme.php>

¹⁰⁸⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-act-standardisation>

¹⁰⁹⁾ <https://euraxess.ec.europa.eu/worldwide/india/news/eu100-million-ai-science-pilot-projects-under-horizon-europe-2026-27>

¹¹⁰⁾ <https://openai.com/global-affairs/openai-for-germany/>

2. 유럽의 인공지능 정책 동향

□ EU 연구·기술 인프라 전략¹¹¹⁾

- 단편화된 운영 인프라, 자금 조달의 어려움, 인공지능 기술의 부상으로 인한 증가하는 컴퓨팅 수요, 지정학적 변화와 공급망 자율성 제한으로 야기된 높은 불확실성 등에 적극 대응 위한 방안을 제시

구분	역할	예
연구 인프라(RI)	과학, 연구 및 혁신을 위한 최첨단 장비 및 데이터 보관 시설로 국가가 소유, 유지 및 관리의 주체	대형 연구 장비 및 기자재, 기록 보관소, 과학 데이터 인프라 등
기술 인프라(TI)	기술 개발, 테스트, 검증 및 확장을 위한 시설로 상용화 지원 및 기업의 위험을 줄이는데 중점	파일럿 라인, 파일럿 플랜트, 시연 시설, 클린룸, 테스트베드, 리빙랩 등

<표 1. 유럽연합이 분류한 연구 및 기술 인프라의 정의와 사례>

○ 폭넓은 의견 수렴을 통해 5대 우선순위 정의 및 제안사항 도출

- **(역량·투자·지속가능성)** 연구·기술 인프라 간 시너지를 촉진, EU 우선순위와 연계된 전략적 투자 로드맵을 구축하며, 5~10년 주기의 장기 자금 조달 방안 마련
- **(디지털화 잠재력 극대화)** 연구 인프라 전반에 걸친 공통 데이터 형식과 상호운용성 표준을 제정하고, AI 컴퓨팅 자원 접근을 간소화하는 통합 플랫폼을 창설하며, 디지털 트윈 등 AI 기반 도구 통합으로 혁신과 효율성 향상
- **(접근성 강화)** 행정 절차를 간소화, 가용 인프라 정보 제공을 위한 중앙화된 EU 포털 구축, 낙후지역 대상 맞춤형 자금 지원과 국경 간 협력 촉진
- **(인재 유치 및 개발)** 국경간·인프라간 훈련 및 학제간 경력 프로그램 투자, 공정한 근무 조건과 정규직 계약 중심 운영으로 두뇌 유출 방지, 연구 인프라를 유럽 내 인재 개발 허브로 육성
- **(조정 강화)** 국가·지역 정책과 일치하는 응집력 있는 EU 전략 수립, EU 연구·기술 인프라 포럼 설립, 통합 투자 메커니즘과 공통 표준 개발

111) https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_2097

□ 인공지능 대륙 액션 플랜(AI Continent Action Plan)¹¹²⁾ 발표

- 인공지능 부문에서 EU의 목표 달성을 위해 AI 개발과 활용 모두에서 5대 실행 영역* 으로 정의된 통합 전략과 리더십을 강조

* ① 인프라 투자 ② AI 모델 개발 지속 ③ 산업 전반에 AI 기술의 광범위한 도입 ④ EU, 국가, 지역 수준에서의 공동 노력 ⑤ 공공 및 민간 부문의 역할 및 자체 역량 강화

○ 인공지능 데이터 및 컴퓨팅 인프라 구축

- **(AI 팩토리 구축)** 2024년 AI 혁신 패키지의 일환으로 시작된 프로젝트로 AI 최적화 슈퍼컴퓨터, 대규모 데이터 자원, 프로그래밍·교육 시설, 인재를 통합한 혁신 생태계이며, 유럽 전역의 연구기관, 스타트업, 산업체, 공공 기관 연계 통한 협력 강화
- **(AI 기가팩토리)** 프론티어 AI 모델 개발을 위해 현재 AI 팩토리보다 훨씬 더 큰 컴퓨팅 파워 필요하며, 그 첨병 역할 수행하는 인프라로 수십 조 개의 매개변수를 가진 복잡한 AI 모델을 개발하고 훈련하는 대규모 장비
- **(클라우드 및 AI 개발법 제안)** 5-7년 내 데이터 센터 용량 3배 증가시켜 2035년까지 관련 수요 충족하고자 함

○ AI를 위한 데이터 잠재력 활용

- 하반기에 데이터 연합 전략 발표하여 상호운용성 및 데이터 가용성 향상 통한 EU 데이터 생태계 강화
- ※ ▲부문 간 상호운용성과 데이터 가용성 향상 ▲모델 훈련을 위한 고품질 데이터 부족 문제 해결 ▲고신뢰 데이터 공유 환경을 조성 ▲기존 데이터 법률 간소화로 행정 부담 경감 ▲효율적인 데이터 거버넌스 구조 구축 등이 주된 목표
- AI 개발자에게 데이터 제공 골자로 하는 데이터랩(Data Labs) 이니셔티브 추진

○ AI 혁신 촉진 및 도입 가속화

- 드라기 보고서가 제안한 <Apply AI> 전략은 EU가 인공지능 도입을 통해 가장 크게 잠재력을 개발할 수 있는 분야* 를 지정
- * 첨단 제조, 항공우주, 안보 및 방위, 농식품, 에너지 및 핵융합 연구, 환경 및 기후, 이동성 및 자동차, 제약, 생명공학, 첨단 소재 설계, 로봇공학, 전자 통신, 문화 창의 산업, 과학
- EU 회원국과 10개 기타 유럽 국가(후보국 포함)에 위치, 유럽 지역의 85%를 담당하는 유럽 디지털 혁신허브 네트워크를 2025년 말부터 인공지능 경험 센터로 개명 및 다양한 역할 배정(자금 조달 자문, 네트워킹, 교육 제공)

112) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ai-continent-action-plan>

○ <메이드 인 유럽 인공지능> 연구에서 시장까지 개념 강화

- 대표 이니셔티브 GenAI4EU는 생성형 AI에 대한 연구와 혁신을 재정적으로 지원하고, 강력한 유럽 AI 생태계 강화 → 호라이즌 유럽과 디지털 유럽 프로그램 공모를 통해 다양한 분야의 고급 AI 모델 및 솔루션 개발을 위해 약 7억 유로 편성
- 유럽 AI 연구 협의회의 주도로 <유럽의 AI 과학을 위한 자원(RAISE*)> 사업은 AI의 기술적 경계 허물기 위한 조율 노력의 일환

* Resource for AI Science in Europe(RAISE)

○ AI 기술 및 인재 강화

- 차세대 AI 전문가 교육 및 훈련 강화 필요성에 따라 유럽 인공지능 인재의 잔류 및 복귀 장려, 비 EU 국가로 부터 숙련된 AI 인재 유치 및 유지 전략 다수 개발
- ※ 각종 장학금, 학석박 프로그램 확대 지원, 여성 전문가 복귀 프로그램(리턴십), 인공지능 기술 아카데미 출범, AI펠로우십, MSCA Choose Europe 과의 연계, 블루카드 지침 개선 등
- 업스킬 및 리스킬링, 전문가 및 일반 대중의 인공지능 역량 강화, 인공지능 도입에 대한 사회적 대화를 통한 노동시장 기술 요구 해소 및 직무능력의 공정하고 포용적 채택 촉진 등

○ 규제 준수 및 간소화

- 2027년 8월 2일까지 단계적으로 전면 적용 예정인 EU 인공지능법 도입을 통해 국경 간 자유로운 유통과 EU 시장 접근에 대한 조화된 조건 보장하고 고위험 AI 애플리케이션에만 요구사항 부과
- 역량이 부족한 소규모 AI 솔루션 제공업체와 배포자의 요구에 대응하기 위한 중앙 정보 허브 역할 수행하는 인공지능법 서비스 데스크 출범

□ Apply AI 전략 발표 ¹¹³⁾

○ Apply AI 전략은 AI 대륙 액션플랜의 후속 조치로, 10개 산업 섹터별(제조, 의료, 모빌리티, 에너지, 농업, 과학, 사이버보안, 공공서비스, 금융, 미디어, 문화) 플래그십 조치를 포함

- Apply AI 얼라이언스를 출범하여 AI 공급자 · 산업계 · 학계 · 공공부문이 참여하는 정책 조율 포럼, 연간 회의 · 섹터별 보드 운영
- AI 관측소를 설치하여 AI 도입 동향 추적 및 공공정책 권고 생성
- AI 우선(AI First) 정책 기조를 통해 조직의 전략 · 정책 결정 시 AI를 우선 검토하도록 장려하고, 중소기업 대상 유럽산 '오픈소스 AI 솔루션 바이 유러피언' 방식 촉진

- 2025년 12월 유럽 디지털 혁신 허브(EDIH)를 AI 경험 센터(AI Experience Centres)로 개편하여 EU 회원국 및 10개 유럽 국가 소재, 유럽 지역 85% 커버

섹터	주요 AI 플래그십 조치	연계 이니셔티브
의료 · 헬스케어	EUCAIM 암 이미징 인프라 확대, 유럽 보건 데이터 공간(EHDS) 연계 AI	게놈 데이터 인프라(GDI)
제조	산업 디지털 트윈, 로봇공학 AI 통합, SOOFI 산업 응용	SOOFI, 독일 AI 팩토리
에너지	에너지 분야 AI 전략 로드맵, 그리드 최적화 AI	InvestAI 청정기술 파일럿
농식품	AI 기반 기후 위해 탐지, 정밀 농업 디지털 트윈	JRC 기후 AI 도구
공공서비스	공공부문 AI 상호운용성, 행정 자동화	'독일을 위한 OpenAI'
과학 · R&D	RAISE 파일럿, AI 기반 과학 발견 가속화	호라이즌 유럽 AI 과제

<표 2. Apply AI 전략 주요 섹터별 플래그십 조치>

□ 유럽 데이터 연합 전략(Data Union Strategy) 발표 ¹¹⁴⁾

○ 3대 목표: ①AI용 데이터 접근성 확대 ②데이터 규제 간소화 ③국제 데이터 흐름에서 EU의 글로벌 위상 강화

- 데이터 랩(Data Labs): AI 개발자에게 고품질 데이터 공급을 위한 데이터 공간 내 특수 시설을 제공하고, EuroHPC AI 팩토리 이니셔티브 통한 최초 데이터 랩 구축
- 헬스케어 · 제조 · 에너지 · 법률 · 공공행정 · 환경 등 핵심 분야 유럽 공통 데이터 공간에 1억 유로 투자
- 3,000만 건의 문화유산 디지털 객체를 AI 훈련용으로 개방함으로써 합성 데이터 활용을 촉진하고, 고부가가치 데이터셋 확대
- EU 데이터 국외 처리 공정성 평가 지침 및 부당 관행 대응 툴박스 발간 (2026년 2분기 예정)
- **(전략적 합의)** 데이터를 단순 규제 대상에서 AI 경쟁력의 전략 자산으로 재편하였으며, 유럽 특유의 고품질 공공 · 문화 데이터를 AI 개발에 활용하는 독창적 경로를 제시

113) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/apply-ai>

114) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ai-continent-action-plan>

□ 범용 인공지능 실천 강령 발표

○ 중소기업, 학계, 인공지능 안전 전문가, 시민단체 등으로 구성된 1,000명 이상의 전문가 의견을 반영한 <범용 인공지능 실천 강령¹¹⁵⁾>* 발표

- * General-Purpose AI Code of Practice (GPAI)
- EU 인공지능법 발효에 맞춰 범용 인공지능 모델 제공자(공급업체)로 하여금 실무적 준수사항을 안내
- 2027년 8월 이후로 예정된 공식 유럽 표준이 마련될 때까지 과도기적 조치이며, 유럽시장에 출시되는 범용 인공지능 모델의 안전하고 투명한 작동 보장이 목표
- 투명성, 저작권 보호, 안전·보안의 관점에서 EU 인공지능법이 제시하는 조건을 실무자들로 하여금 이행하고, 향후 표준 도입 전환 검토
- ※ 준수 여부에 강제력 없으나 업체들은 자발적 이행을 통한 행정부담 경감 및 인공지능법 준수 여부 입증 순위위점

내용	목적	주요 조치
모델 문서 작성 및 관리	모델에 대한 상세 문서 작성 및 최신 상태 유지	• 모델 출시 시 정해진 양식에 따라 모든 필수 정보 문서화 • 모델 업데이트 시 문서도 함께 업데이트 • 출시 후 10년간 모든 버전의 문서 보관
정보 제공	AI 사무국과 다른 업체들에게 필요한 정보 제공	• 웹사이트 등을 통해 연락처 정보 공개하여 정보 청구권 보장 • AI 사무국의 감독 업무 관련 요청 시 지정된 기간 내 최신 정보 제공 • 타사의 모델 활용을 위해 기밀정보 보호와 동시에 필요 정보 제공 (특별한 사정 제외하고 14일 이내 응답) • 가능한 한 공개적으로 정보를 투명하게 공유
문서의 품질과 보안 관리	문서화된 정보의 정확성과 무결성 지속 관리	• 문서화된 정보의 정확성과 무결성 지속 관리 • 법적 의무 준수의 증거로 활용할 수 있도록 안전하게 보관 • 무단 변경이나 손상으로부터 보호 • 업계 표준과 기술 규범 준수 권장

<표 3. 범용 인공지능 실천 강령 중 투명성 분야 세부 지침 예>

□ 범용 AI 실천 강령(GPAI CoP) 서명 및 집행 체계 구축¹¹⁶⁾

○ GPAI CoP 서명·집행 현황

- GPAI CoP 최종본 발표 후 수백 개 기업이 서명 (OpenAI, Anthropic, Google, xAI 등 글로벌 프론티어 모델 업체 포함)
- 2026년 8월 중 AI 사무국 운영을 통한 정보 요청, 모델 접근, 모델 리콜 등 집행 조치 가능
- AI 사무국 역량 강화를 요구하여, 전문가 그룹이 AI 안전 유닛을 100명 규모로 확대하고 전체 집행 인력을 200명까지 증원할 것을 촉구
- 독립 전문가 과학 패널 공모를 개시하여 GPAI 모델의 시스템적 리스크 자문, AI 사무국 및 국가 당국 대상 권고 기능을 수행

□ EU AI법 적용 간소화를 위한 디지털 옴니버스 패키지 발표¹¹⁷⁾

○ EU 집행위원회는 AI법, GDPR, 데이터법, NIS2 등 주요 디지털 규제에 대한 집중 개정안을 발표하여 규제 중복 해소 및 법적 명확성 강화, 혁신 친화적 규제 환경 조성을 추진

- AI법의 고위험 AI 시스템 의무 적용 시점을 최대 16개월로 연장 제안
- 중소기업 대상이던 간소화 기술 문서 작성, 조정된 과태료 등의 혜택을 상당히 큰 기업에도 확대 적용할 것을 제안
- AI 사무국 권한 강화와 범용 AI 모델 기반 AI 시스템 감독 중앙 집중화 조치 포함
- AI 생성 콘텐츠 마킹·라벨링 실천강령(Article 50) 적용은 2027년 2월로 연기 제안
- ※ (EU AI법 시행 타임라인) ‘25년 2월 (금지 AI 관행·AI 리터러시 의무 발효) → ’25년 8월 (GPAI 모델 의무 발효) → ’26년 8월 (고위험 AI 시스템 대부분 적용) → ’27-’28년 (연장 적용)

범주	기존 적용 시점	변경 후	비고
금지 AI 관행·AI 리터러시	2025.2.2	변동 없음	이미 발효
GPAI 모델 의무	2025.8.2	변동 없음	이미 발효, 기존 모델 '27.8.2까지 유예
고위험 AI(Annex III, 일반)	2026.8.2	2027.12	최대 16개월 연장 제안
고위험 AI(Annex I, 고조화)	2027.8.2	2028.8	연장 제안
AI 생성 콘텐츠 마킹·라벨링	2026.8	2027.2	6개월 연장 제안

<표 4. EU AI법 주요 의무 적용 일정 (디지털 옴니버스 패키지 반영)>

115) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/contents-code-gpai>
116) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/contents-code-gpai>

117) https://commission.europa.eu/news-and-media/news/simpler-digital-rules-help-eu-businesses-grow-2025-11-19_en



□ EU AI법 최초 조화 표준 공개 심의(2025.10.30) AI법 규제 표준화¹¹⁸⁾

○ 규제 목적 품질관리 시스템 표준안을 공개 심의하였으며, 이는 AI 법 관련 최초 조화 표준

- CEN · CENELEC에 10개 핵심 분야 표준 개발 요청: 리스크 관리, 데이터 거버넌스, 기술 문서화, 투명성, 인간 감독, 정확성 · 견고성 · 사이버보안 등
- GPAI 모델 의무('25.8 발효)~공식 표준 도입('27년 이후) 사이 과도기 동안 범용 AI 실천 강령(GPAI CoP)이 준수 입증 수단으로 기능
- 조화 표준 EU 관보 등재 후 해당 표준 적용 시 AI 법 준수 → 기업의 규제 대응 비용 절감 기대

장(Chapter)	주요 내용	적용 대상
투명성 (Transparency)	모델 문서화, AI 사무국 정보 제공, 문서 품질 · 보안 관리 (출시 후 10년 보관)	모든 GPAI 모델 공급업체
저작권 (Copyright)	웹크롤러의 robots.txt 준수, 저작권 유보 식별 · 이행, 파이렛 사이트 배제	모든 GPAI 모델 공급업체
안전 · 보안 (Safety & Security)	시스템적 리스크 식별 · 평가 · 완화 · 보고 체계, 사전 배포 안전 평가, 지속 모니터링	시스템적 리스크 GPAI 모델만 해당 (OpenAI o3, Anthropic Claude 4 Opus, Google Gemini 2.5 Pro 등)

<표 5. 범용 AI 실천 강령(GPAI CoP) 3개 장(Chapter) 구성 및 적용 범위>

□ EuroHPC 규정 개정: AI 기가팩토리 법제화¹¹⁹⁾

○ AI 기가팩토리 규정을 법제화

- EU 이사회 EuroHPC 규정 개정안 채택하여 AI 기가팩토리(최대 5개) 건립의 법적 근거 마련
- AI 기가팩토리는 수십~수백조 파라미터 대형 모델 훈련용, 100,000개 이상 고성능 AI 프로세서 · 에너지 효율 데이터센터 · AI 자동화 통합 필수 요건

- (공모 현황) 16개 회원국 60개 부지에서 76건 관심 표명 접수, 신청 총규모 2,300억 유로 이상으로, 도이치 텔레콤 · Brookfield 컨소시엄, 프랑스 AION(Scaleway · Iliad), 포르투갈 Altice · NOS 공공 · 민간 컨소시엄 등 참여 의사 표명
- 복수 회원국 분산 설치 허용, 비 EU국도 참여가 가능하나, EU 기업 과반 소유 의무
- 양자 기술 필라 추가: 호라이즌 유럽에서 EuroHPC로 양자 연구 · 혁신 활동 이관, 양자 컴퓨팅 역량과 AI 인프라 통합 운영

○ EIB-집행위 MoU 체결

- AI 기가팩토리 자금 조달 및 개발 프레임워크를 수립하여 EIB가 기가팩토리 컨소시엄에 맞춤형 자문 지원 제공할 예정

구분	AI 팩토리	AI 기가팩토리	InvestAI
규모	최대 25,000개 AI 최적화 칩	100,000개 이상 고성능 AI 프로세서	4~5개 기가팩토리 지원
목적	중형 AI 모델 훈련 · 응용 지원, 스타트업 · 연구기관 접근성	차세대 초대형 프런티어 모델 개발 · 훈련, 의료 · 과학 · 산업 돌파구	기가팩토리 자원 조성, 민간 투자 유인
현황	19개 추진 중 (‘25~’26 운영, 13개국)	2026년 공모 후 최대 5개 선정 예정, ‘27~’28년 운영 목표	€ 200억 유럽 펀드 (이 중 € 20억 기가팩토리 전용)
현황	EuroHPC JU + 회원국 공동 투자	InvestAI 시설+ EIB 용자+ 회원국 결속 기금	EU 예산(Digital Europe · Horizon · InvestEU) + 민간 약 € 150억

<표 6. AI 팩토리 · 기가팩토리 · InvestAI 비교>

□ InvestAI 이니셔티브 2,000억 유로 조성 선언¹²⁰⁾

○ EU 집행위원장 폰데어라이엔은 파리 AI 행동 정상회담에서 2,000억 유로 규모의 InvestAI 발표하였으며, 여기에는 AI 기가팩토리 전용 200억 기금도 포함됨

- EIB 그룹이 InvestAI 시설 운영 및 기가팩토리 컨소시엄 자문 · 용자 검토 담당, 회원국 결속기금 투입 허용

118) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-act-standardisation>

119) <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2026/01/16/artificial-intelligence-council-paves-the-way-for-the-creation-of-ai-gigafactories/>

120) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/eu-launches-investai-initiative-mobilise-eu200-billion-investment-artificial-intelligence>

- AI 기가팩토리 4~5곳: 각 100,000개 최신 AI칩, 현 AI 팩토리 대비 4배 규모로 의료·과학·청정기술 등 핵심 분야 특화
- 'AI 분야의 CERN'으로 포지셔닝하여 대형 기업뿐 아니라 스타트업·중소기업·연구기관도 대규모 컴퓨팅에 접근할 수 있는 개방·협력형 혁신 모델
- ※ **로드맵**: '26년 1분기 공식 공모'→'26년 상반기 법적 구조 확정·자본 모집'→'27년 민간 투자 레버리지 중간 평가'→'27~'28년 기가팩토리 운영

□ AI 리터러시 의무 이행 권고

○ AI 리터러시 의무 이행 및 인재 전략¹²¹⁾

- AI법 제4조(AI 리터러시) 의무 발효를 통해 조직이 AI 시스템 운용 관련 직원의 충분한 AI 리터러시를 확보 하도록 의무화
- EU 27% 공공행정만 AI 적극 활용 중인 것으로 나타나 공공부문 AI 인식·리터러시 제고가 구조적 과제로 부상
- **(AI 인재 유치·유지 위한 조치)** ▲장학금·박사 프로그램 확대 ▲여성 전문가 복귀 프로그램(리턴십) ▲AI 기술 아카데미 ▲AI 펠로우십 ▲MSCA Choose Europe 연계 ▲블루카드 지침 개선
- **(재교육/업스킬링)** AI 대체·보완 직무 노동시장 전환 지원, 생성형 AI 시대의 직업능력 재설계 사회적 대화 촉진
- **(인재 유출 방지)** EU-US 디지털 협력 중단(EU-US TTC 회의 미개최)으로 독립적 인재 생태계 구축 필요성 더욱 부각

□ 독일 정부의 <하이테크 아젠다¹²²⁾>

○ 2029년까지 약 180억 유로를 투입하여 핵심 기술을 집중 육성, 기술 강국으로서의 입지 강화, 이를 통한 가치 창출, 경쟁력, 주권 강화 그리고 핵심기술 분야에서 세계 선도 지위 확보를 목표로 설정

- 6대 핵심기술 (양자컴퓨팅, 인공지능, 반도체, 생명공학, 핵융합·기후중립 에너지, 기후 중립 모빌리티), 5대 전략 연구(항공우주, 보건, 안보·국방, 해양·기후·지속가능성, 인문사회과학) 부문 정의
- 향후 관련 부처 및 주 정부의 구체적인 과학기술 정책 로드맵과 포트폴리오로 연결되어, 메르츠 내각 임기 내 과학기술 분야 정책의 근간으로 활용되며, 인공지능의 경우 3대 목표 제시

○ (목표1) 2030년까지 인공지능의 경제 비중 10%까지 확대, 노동생산성 향상, 인공지능 역할을 연구 및 응용 기술의 핵심 도구로 활용

- <인공지능-로보틱스 부스터>사업 추진: 다목적 로봇을 위한 주요 프로젝트 지원, 내재형 인공지능 분야 잠재력 확대, 과학기술계 및 산업계를 위한 연구인프라 확충, 인공지능 테스트·교육센터 구축
- 핵심 산업(자동차, 화학, 바이오, 청정기술, 의학, 농식품)과 주요 연구 부문(재료, 기후, 생물다양성, 에너지 및 지속가능성)에서 인공지능 응용을 위한 사업 추진 및 중소기업들을 위한 (생성형) 인공지능 주권 도입 위한 청사진 개발
- 기여정된 IPCEI 인공지능 사업 참여를 통한 유럽 전역에서 산업용 주권적, 고도로 전문화된 인공지능 모델 개발 추진
- 예측형, 예방형 의학을 위한 인공지능 활용 촉진하여 건강 연구, 의약품 개발 및 의학에서의 인공지능 개발과 사용을 위한 광범위한 지원 이니셔티브 포트폴리오 시작
- EXIST(중소기업 특화)사업을 통한 인공지능 스타트업 육성
- ※ ▲AI-Nation 통한 인큐베이션 ▲인공지능 스타트업 업스케일 적극 지원 ▲ German Accelerator 활용 통한 글로벌 스케일업 지원 등
- 인공지능 스타트업과 중소기업들을 위한 여건 개선 및 스타트업 서비스의 공공 조달 참여 절차 간소화

○ (목표2) 과학, 연구, 경제, 행정, 사회 전반에서 인공지능 역량(알고리즘, 데이터, 컴퓨터, 소프트웨어 도구, AI 칩)과 가용성 강화 및 사용성 개선

- 유럽 인공지능 기가팩토리 중 최소 1개 국내 유치, 2027년 중반부터 운영 시작
- 산업 응용 목적 지역 분산 데이터 처리 역량 촉진 위해 기 계획된 IPCEI 사업에 엣지 노드 인프라 참여 검토
- 금년 내 인공지능 서비스센터 2단계 사업 시작 → EU 회원국의 AI 팩토리 포함을 통한 네트워크 추가 개발
- 인공지능 기술주권 확보 위해 상호 운용성 높은 개방형 표준/인터페이스, 자유로운 학습·훈련 데이터 활용, 재사용 가능하고 오픈소스 솔루션 촉진
- 대학, 연구소, 정부 유관 산하기관에서 인공지능 컴퓨팅 역량, 데이터 생태계, 인공지능 및 데이터 역량 강화를 위한 다음과 같은 논의 추진
- ※ ▲국가고성능컴퓨팅(NHR) 연합 단계적 확장▲국가 연구 데이터 인프라(NFDI) 및 인공지능 캠퍼스 내 지원 이니셔티브 ▲대학총장회의(HRK)와 공동으로 대학포럼 디지털화 추가 개발 및 대학 간 교류

○ (목표3) 차세대 인공지능 부문 기술 주도 및 세계적 위상 확보

- 인공지능 연구 커뮤니티(사용자, 혁신가, 스타트업 등) 내 교류 강화
- 차세대 인공지능 모델 개발 이니셔티브 시작을 통해 고성능 기초 모델 기반 기술 강화 및 새로운 인공지능 방법론 탐색
- 2027년 <소프트웨어 공학 연구 프로그램> 제안, 인공지능 기초 기술을 연구 중심 접근으로 강화
- 수개월 내 국내에서 <AI 액션 서밋> 개최
- 지원 프로그램과 부처 간 통합 이니셔티브를 통해 공공 이익과 및 민주주의를 위한 잠재력 강화

¹²¹⁾ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775923/EPRS_BRI\(2025\)775923_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775923/EPRS_BRI(2025)775923_EN.pdf)

¹²²⁾ <https://www.deutschland.de/en/topic/business/high-tech-agenda-federal-government-germany-innovation>

강점	약점
• 글로벌 최고 수준의 AI 연구 • 차별화 및 입체적인 과학 및 산업 R&D 환경 • 산업 분야에서 AI 활용, 산업용 로봇, B2B 고역량 • 강력한 오픈소스 커뮤니티 • 독일의 엔지니어링 및 AI 전문 인력 우수 교육 수준 • 인간 중심의 AI 개발 접근 • 산업계 내 AI에 대한 인식 긍정적	• 응용 분야로의 이전 지연 • 국내 기본 AI 모델, 시스템, 도구 부족 • 국내 대형 AI 개발업체 부재 • 데이터 가용성과 접근성 제한 • 상용 요구를 위한 자주적 컴퓨팅 인프라 격차 • 중소기업의 인공지능 관련 노하우, 재정, 인력 부족 • 다수의 기본 기술 솔루션과 인프라의 해외 업체 의존
기회	위험
• AI 개발과 시장 성장 초기 단계 • 오픈소스 AI 모델과 자유 훈련 데이터 가용성 증대 • 안전하고 신뢰성 높은 지속가능 · 인간 중심 AI에 집중 • 구조화된 상호 운용 가능한 데이터 생태계 구축 • 고도로 통합된 독자적 산업 솔루션 구축 가능	• 지정학적 갈등과 빅테크 기업의 폐쇄적 시스템 • 경쟁 증가, 높은 역동성, 막대한 투자 규모 • 컴퓨팅 집약적 AI 모델에서 높은 에너지 비용 • 사회 및 환경에 대한 위험 증가 • 가치 사슬에서 시장 권력의 중앙집중화 증가

<표 7. 독일 정부 관점에서의 인공지능 분야 SWOT 분석>

□ 스위스 국립 AI 연구소 설립 ¹²³⁾

○ ETH Zurich와 EPFL이 2024년 공동 설립한 SNAI는 스위스 전역 10개 대학 및 연구기관의 800명 이상 AI 연구자로 구성되며, 투명하고 공개적으로 접근 가능한 AI 언어 모델 개발 및 스위스 법률 분야 특화 모델 개발 추진

○ 2025년 여름까지 스위스 AI 언어 모델 개발 목표 설정하여 다음과 같은 활동 추진

- 연방 대법원 및 법무부와 협력하여 스위스 사법 시스템 맞춤형 모델 개발 진행
- Alps 슈퍼컴퓨터 활용으로 AI 분야 지리적 이점 확보하고 투명하고 신뢰할 수 있는 AI 개발의 세계 최고 거점

□ 영국-프랑스 AI 연구 파트너십 체결 ¹²⁴⁾

○ 연구자 이동성 장려, 컨퍼런스 행사 조직, 협력 연구 프로젝트 시작, 산업 및 혁신 주체 참여, 양자 협력 강화 등 5대 핵심 영역을 중심으로 영국-프랑스 간 전략적 AI 파트너십 구축

- 옥스퍼드 대학교, 케임브리지 대학교, 파리 폴리테크니크 연구소, HEC 파리, 파리-사클레 대학교 참여

○ 영국과 프랑스의 과학기술 우수 역량 결집을 위해 다음과 같은 목표 설정

- 학술 우수성, 교육 및 혁신에 기반한 신뢰할 수 있는 AI 발전
 - 유럽 AI 생태계의 경쟁력 및 협력성 강화
- ※ Oxford는 ELLIS 유닛 및 영국 10대 Turing AI World-Leading Researcher Fellows 중 4명 보유

□ 인도 AI 임팩트 정상회담 참여 및 <델리 선언> 채택 ¹²⁵⁾

○ 유럽연합은 인도 AI 임팩트 정상회담(AI Impact Summit)에 참여하여 '델리 선언' 지지: "AI의 약속은 혜택이 인류 전체와 공유될 때에만 실현된다"는 원칙 천명

※ 선언문 전체에 리스크 및 안전 용어를 사용하지 않고 성장 · 확산 중심으로 키워드를 전환

회의	시기 · 장소	핵심 의제	EU 포지션
블레츨리 정상회담	2023.11, 영국	'프론티어 AI' 안전 · 리스크 관리	안전 중심 규제 지지
파리 AI 행동 정상회담	2025.2, 프랑스	AI 행동 · 투자 · 경쟁력	InvestAI 2,000억 발표
인도 AI 임팩트 정상회담	2026.2, 인도	AI 확산 · 혜택의 글로벌 공유	델리 선언 지지, 주권 AI 협력
스위스 AI 정상회담(예정)	2027, 제네바	거버넌스 통합 · 글로벌 표준	EU 표준 수출 전략 추진 예정

<표 8. 글로벌 AI 정상회담 거버넌스 의제 변화 추이>

- 미국 백악관 대표의 '글로벌 AI 거버넌스 전면 거부' 선언으로, EU의 독자 규제 노선과 대조, 유럽의 규범 설정 여지 오히려 확대
- 중간 강국(유럽 · 캐나다 · 인도)의 AI 주권 강화 의지를 확인하고 미 · 중 기술 패권에 대한 전략적 독립 필요성에 대한 공감대를 형성
- 유럽연합-개도국과의 AI 디지털 파트너십 확대 의제를 제시하여 '신뢰할 수 있는 AI' 수출 · 보급을 통한 글로벌 리더십 모색

¹²³⁾ <https://www.swissinfo.ch/eng/swiss-ai/swiss-universities-to-releaselarge-language-model/89655364>

¹²⁴⁾ <https://www.ox.ac.uk/news/2025-07-09-oxford-joins-franco-british-partnership-cooperate-ai-research-training-and>

¹²⁵⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/european-union-endorses-leaders-declaration-ai-summit-india>

3. 시사점

○ 규제자에서 혁신 주도자로의 전략적 전환

- 인프라 투자, 모델 개발, 산업 도입의 통합 전략 제시는 제시했으며, AI 팩토리 및 기가팩토리 구축으로 하드웨어 격차 해소 노력
- 미중 경쟁 속에서 기술 주권 확보를 목표로 한 유럽만의 차별화 생태계 구축

○ 규제 간소화와 인프라 가속화 전략 병행은 실용주의로의 전략 재조정

- 디지털 옴니버스 패키지의 AI법 적용 연장 · 중소기업 혜택 확대는 규제 경직성 완화 신호인 동시에 기가팩토리 법제화, InvestAI 2,000억 유로 조성, RAISE 출범 등 혁신 인프라는 오히려 가속됨
- 이는 미국의 전면 규제 완화 · 대규모 투자, 중국의 오픈소스 공세에 맞서 유럽만의 '신뢰할 수 있는 AI'와 '디지털 주권'을 실용적으로 재설정하는 균형 전략으로 해석됨
- 규제 역량 강화와 투자 확대가 병행되는 점에서, EU의 정책 기조는 규제 완화가 아닌 규제 스마트화에 가까움

○ 연구-산업-교육의 통합 생태계 구축 및 전략적 협력

- 연구 결과의 상용화 지연 문제 해결을 위해 연구 · 기술 인프라의 전략적 통합 주목할 만함
- 분야별, 국가별 전문성에 특화된 각종 파트너십과 이니셔티브는 회원국 간 자원 공유로 규모의 경제를 실현하여 글로벌 리더십 확보를 위한 공동 프로젝트 기반을 마련

○ 데이터를 핵심 전략 자산으로: 데이터 연합 전략의 구조적 의의

- 데이터 연합 전략은 AI 훈련용 고품질 데이터 부족 문제를 구조적으로 해결하는 접근으로, 데이터 랩, 공통 데이터 공간, 데이터 연계를 통해 유럽연합 데이터 생태계를 AI 경쟁력의 핵심 축으로 재편
- 문화유산 3,000만 건의 AI 훈련 개방, 합성 데이터 촉진, 부문별 데이터 공간 등은 유럽연합 특유의 역사적 · 공공적 데이터 자산을 AI 개발에 활용하는 독창적 경로
- 미국 AI 기업의 훈련 데이터 논란(저작권 · 개인정보 침해)과 대조적으로, 유럽연합의 데이터 연합 전략은 합법적 · 투명한 데이터 거버넌스를 AI 신뢰 기반으로 삼는 차별화 전략

○ 데이터 주권과 프라이버시를 경쟁력으로 전환

- 강력한 유럽의 기준에 맞춘 범용 AI 실천 강령으로 투명성 기준을 제시
- 이는 <신뢰할 수 있는 AI>를 핵심 차별화 요소로 포지셔닝하고, 데이터 연합 전략으로 상호운용성을 강화하는 효과

○ 효율성과 특화 모델 중심의 연구 방향

- 유럽 대표 인공지능 모델인 Mistral AI 출시는 대규모 자본 없이 효율성으로 경쟁할 수 있는 경로를 제시
- 범용 거대 모델보다 의료, 법률, 기후 등 특정 분야 특화 솔루션에 집중하고 틈새 전문성을 통한 경쟁력 확보 전략을 추진

○ 국가별 주권 AI 모델의 유럽 생태계 효과와 분산 강점의 통합

- 독일 SOOFI, 스위스 Apertus, 포르투갈 Amalia 등 국가별 주권 언어 모델은 자국어 · 자국법 · 자국 가치 반영이라는 독자적 강점을 가지며, 오픈소스 공개를 통해 EU 전역 스타트업 · 기업의 상용화 기반이 됨
- 이 모델들은 범용 거대 모델(GPT · Gemini 등)과 직접 경쟁하기보다, 특정 산업 · 언어 · 규제 환경에 특화된 틈새 전략을 추구한다는 점에서 유럽 본위의 구조적 강점 활용
- 그러나 SOOFI의 2,000만 유로 예산 대비 구글의 연간 AI 예산 \$930억의 투자 규모 격차는 여전히 해결해야 할 구조적 도전으로, InvestAI와 기가팩토리의 공공 민간 레버리지 효과가 핵심 변수

○ 인프라 구축에서 산업 적용을 통한 Apply AI의 실행 단계 진입

- AI 팩토리 · 기가팩토리 · RAISE · Apply AI 전략이 동시에 이행 단계에 진입하면서 EU의 AI 정책이 개념 수립에서 실질적 산업 전환으로 이동 중
- 의료(EUCAIM · 게놈 인프라), 농업(JRC 기후 AI), 공공서비스(OpenAI for Germany) 분야에서 AI 도입 가속화는 향후 EU AI 경쟁력의 실증적 척도가 될 전망
- AI 경험 센터(구 EDIH)의 중소기업 AI 도입 지원 · 연계 기능 강화는 혁신의 민주화 측면에서 주목할 만하며, 대기업 중심의 AI 전환이 유럽 산업 전반으로 확산하는 데 핵심적 역할을 수행할 것으로 기대됨

○ 글로벌 AI 거버넌스의 지형 변화를 통한 유럽연합의 규범 수출 기회 확대

- 델리 정상회담에서 안전 중심의 거버넌스 담론이 성장 · 확산으로 급격히 이동한 것을 확인할 수 있으며, 미국의 '글로벌 AI 거버넌스 거부' 선언은 유럽연합의 독자 규범 설정 공간을 오히려 확대하는 역설적 효과
- EU는 중간 강국 연대(캐나다 · 인도 · 스위스 등)를 통한 신뢰할 수 있는 AI 규범의 글로벌 보급 전략 강화, 특히 개도국 대상 AI 파트너십을 통한 EU 표준 수출 창구 확보에 주력
- GPAI CoP 집행 본격화는 글로벌 AI 기업이 EU 시장 접근을 위해 EU 기준을 사실상 글로벌 표준으로 수용케 만드는 '브뤼셀 효과'의 AI 버전으로 이어질 가능성



유럽 차세대 통신 연구 및 정책 동향

IX



차세대 통신 분야
서상원 서포터

유럽 차세대 통신 연구 및 정책 동향

작성자: 서상원(차세대 통신 분야 KERCC 서포터즈)

IX



유럽의 6G 전략은 표준 준비 중심 단계에서 실증 및 표준 연계 중심 단계로 발전하고 있다. 초기에는 3GPP 기반 표준 논의가 본격화되는 가운데 SNS JU-6G IA-3GPP로 이어지는 구조를 통해 연구, 산업, 표준화를 연결하는 체계를 구축하였다. 동시에 AI-네이티브 네트워크, 통신·센싱 통합, 초연결성, 자동화 네트워크, 보안·신뢰성 등 핵심 기술 방향이 정립되며 차세대 네트워크 패러다임 선점을 위한 기반이 마련되었다.

하반기에는 연구 성과를 실증과 표준으로 연결하는 단계로 진입하였다. SNS JU 중심 프로젝트 확대와 시험 인프라 구축을 통해 연구-실증-표준 간 연계 구조가 구체화되었으며, ESA와 협력을 통해 지상망과 비지상망(TN/NTN) 통합 실증이 본격화되었다. 특히 NTN은 연결성 확대와 네트워크 회복력 확보 측면에서 핵심 요소로 부상하며 전략 중심 축으로 자리 잡았다. 동시에 3GPP Release 19 이후 단계로 이어지는 로드맵을 통해 규격화 전환 경로도 명확해졌다.

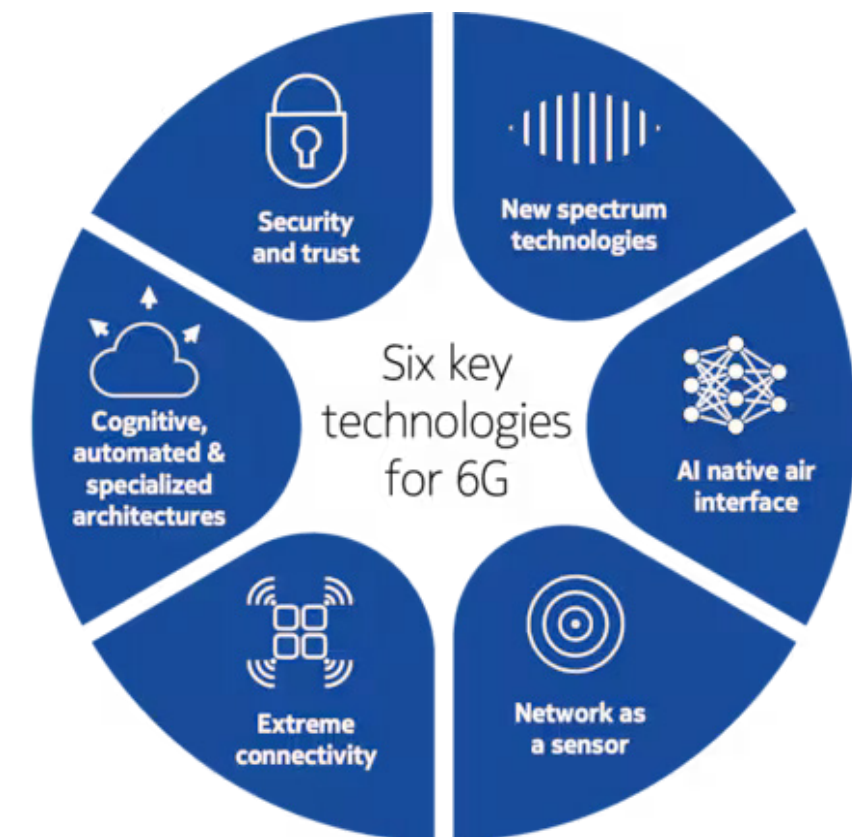
결과적으로 유럽은 6G 분야에서 거버넌스 기반 연구를 넘어 실증과 표준화를 통합하는 체계로 발전하고 있으며, 글로벌 기술 주도권 확보를 위한 기반을 강화하고 있다.

1. 유럽의 차세대 통신 연구동향

□ 유럽의 5G 및 6G 연구 동향

○ 5G 및 6G 핵심 기술 방향¹²⁶⁾

- 6G는 AI-네이티브 인터페이스, 네트워크의 센서화, 초연결성, 새로운 스펙트럼 대역 활용, 인지형 및 자동화 네트워크 구조, 보안 및 신뢰성이 주요 개발 기술
- 5G에서는 Key Performance Indicator(KPI, 성능지표)에 큰 중점을 두었지만, 6G는 KPI와 함께, Key Value Indicator(KVI, 사회 환경 경제 가치) 평가가 함께 병행
- 본 연구 동향에서는 상기한 각 핵심 기술별 연구 초점과 필요 해결점, 거버넌스 프로젝트들과의 매핑을 탐구



<그림 1: 6G 주요특징>

¹²⁶⁾ <https://www.nokia.com/6g/6g-explained/>

□ 연구 주제별 동향

○ AI-네이티브 네트워크

- 네트워크 전 계층(RAN-코어-데이터-서비스)의 설계 운영 보증에 AI를 탑재. 오픈 및 클라우드 기반 아키텍처(Open-RAN/Open-Cloud)로 상호 운용성 극대화
- **(핵심 기술)** RAN-Intelligent Controller(지능형 제어, RIC), 자율운영, 머신 러닝 모델 배치 및 수명주기에 대한 연구(ML Ops for Telco), 연합학습(Federated Learning, FL), 신뢰 가능한 AI, Open-RAN 인터페이스, 컨테이너 기반의 텔코 클라우드 최적화 등
- **(최신 기술)** 학습 추론을 분산하는 온디바이스/온엣지 AI 기술, 네트워크 디지털 트윈을 통한 시뮬레이션 ¹²⁷⁾ 등이 있음
- 실시간성 제약 내 학습 및 추론 지연과 리소스 부족, 멀티벤더 환경에서의 상호 운용 및 보증, 데이터 주권 및 보안 등 AI 데이터 접근성의 불균형 등의 해결이 필요
- 주요 거버넌스 연계
 - SNS JU: Deterministic6G(Data-Driven 방식의 머신러닝을 활용한 네트워크 KPI 예측 ¹²⁸⁾ ¹²⁹⁾, Predict6G(AI 기반의 컨트롤 평면 프레임워크 ¹³⁰⁾
 - 6G-RIC: Open-RAN RIC 구현과 엣지 어플리케이션 패키징/배포 기술로 AI 모델의 온엣지 기술 ¹³¹⁾

○ 네트워크의 센서화: 통신-센싱 융합 기술 (ISAC)

- 무선 자원을 통신 및 센싱(물체 감지 등)에 공동 사용하여 산업 도시 로봇틱스 헬스 등 영역에서 실시간 인지와 제어를 강화
- **(핵심 기술)** 자원 스케줄링(통신/센싱 동시 최적화), 다중 기지국 협력 센싱(거리/각도/속도 등 위치의 정밀 추정), Extended Reality(XR)/로봇/제조라인 등과 디지털 트윈 연동
- 통신과 센싱의 상충(신뢰성/통신용량과 정밀도/탐지거리의 트레이드오프), 개인정보/안정성 등의 문제 상기 가능
- 주요 거버넌스 연계
 - SNS JU: Hexa-X-II(ISAC의 KPI, KVI 정의와 대규모 트라이얼 스트림으로 통신/센싱 파형을 현장 검증) ¹³²⁾
 - 6G-LIFE: 인간-기계 협업을 통한 ISAC, 초저지연 시나리오 집중 추진, 디지털 트윈과 연계한 공장/캠퍼스의 정밀 센싱 지표 실측 ¹³³⁾
 - 3GPP: Rel-20 범위의 TR38.765에서 5G (NR)의 ISAC 연구 추진 ¹³⁴⁾

¹²⁷⁾ <https://www.nvidia.com/en-us/on-demand/session/gtc24-s63199/>

¹²⁸⁾ <https://foryou.ericsson.com/deterministic-6g-final-project-summit-registration.html>

¹²⁹⁾ <https://deterministic6g.eu/index.php/home>

¹³⁰⁾ <https://predict-6g.eu>

¹³¹⁾ <https://6g-ric.de/the-project/>

¹³²⁾ <https://hexa-x-ii.eu>

¹³³⁾ <https://6g-life.de>

¹³⁴⁾ <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=4446>

- Federated Telecoms Hub: HASC와 JOINER에서 멀티벤더 환경의 ISAC 파형 측정 ¹³⁵⁾ ¹³⁶⁾

○ 새로운 스펙트럼 대역 활용: Sub-THz/THz 및 신규 물리계층 소자

- 100-300GHz 대역의 초광대역/Tbps 급 전송. 사용자/백홀 초정밀 센싱 실현이 주요 목적
- 채널모델/파형/빔포밍 등이 주요 연구과제로 전파 감쇠와 차폐/민감성, 빔 얼라인먼트/모빌리티 등에서 발생되는 문제점 해결 필요
- 거버넌스 연계
 - SNS JU: Tera6G(포인트-투-멀티포인트 THz 백홀/프론트홀 연구) ¹³⁷⁾
 - 6GEM: sub-THz 주파수 대역, 지능형 재구성 표면 Reconfigurable Intelligent Surface(RIS), 빔 얼라인먼트/모빌리티 연구 ¹³⁸⁾

○ 초연결성: NTN 통합 및 커버리지 확장

- 위성/UAV/High Altitude Platform Station(HAPS) 등 Space-Air-Ground의 통합으로 전 지구의 커버리지, 재난상황에서의 통신 복구, 해상 및 항공 등 원격지역의 서비스 제공
- 3GPP-NTN 규격의 다중접속과 핸드오버, 스케줄링 알고리즘, 위성 단말의 안테나 파형(도플러, 지연), LEO Mega-Constellation과 기기 간 직접 접속(Direct-to-device) 시험, 항공/철도/해상에서 수직 실증과 SLA 모델 도입의 연구가 활발
- 거버넌스 연계
 - 3GPP: NTN 규격화 연구 및 표준화 진행 ¹³⁹⁾
 - SNS JU: ETHER 프로젝트의 지상-비지상 통합 RAN과 AI 자원관리 아키텍처 개발 ¹⁴⁰⁾

○ 인지형 및 네트워크 자동화 구조

- 네트워크가 인지로 환경을 파악하고, 자동화를 통한 폐루프(Closed-Loop) 운영과 서비스 목적에 맞추어 전문화된 마이크로 아키텍처를 조합하여 6G를 운영
- 공장 자동화 등의 분야에서 AI-네이티브 기반의 인지 네트워크 구조, 산업용 Ultra-Reliable and Low Latency Communications(초신뢰성 및 저지연 네트워크 URLLC)/XR, 등의 시나리오에 활용 가능. 앞서 설명한 6G 특징의 유기적인 결합이 필요
- 거버넌스 연계
 - SNS JU: Deterministic6G (산업용 URLLC 구현)[D2], DESIRE6G (제로터치 및 자율 운영 플랫폼 설계) ¹⁴¹⁾

¹³⁵⁾ <https://allspectrumhub.org/category/hasc-updates>

¹³⁶⁾ <https://joiner.org.uk>

¹³⁷⁾ <https://sns-trackers.sns-ju.eu/vertical-engagement-tracker/vertical-cartography>

¹³⁸⁾ <https://www.6gem.de/en/>

¹³⁹⁾ <https://www.3gpp.org/technologies/ntn-overview>

¹⁴⁰⁾ <https://ether-project.eu>

¹⁴¹⁾ <https://desire6g.eu>

○ 보안 및 신뢰

- 제로트러스트/공급망 보안/양자내성 등 프라이버시 보호 통합. Cloud와 Virtual RAN의 보안 등이 핵심
- 거버넌스 연계
 - SNS JU: iTrust6G(제로트러스트 보안 오케스트레이션 연구로 6G 관리와 연계) ¹⁴²⁾, SAFE-6G(차등 프라이버시에 관한 연구로, 6G에 미치는 AI 학습 추론 등 영향 분석 및 가이드 마련) ¹⁴³⁾

□ 비 지상망 (Non-Terrestrial Networks, NTN) 연구 동향

○ ESA-SNS JU 협력

- 6G-SANDBOX를 통한 실증. ESA는 2025년 9월 SNS-JU 6G-SANDBOX 프로젝트를 발표함. ARTES 기반 5G/6G NTN 실험 포트폴리오와 전문성을 결합한 유럽 규모의 대규모 NTN 실증을 추진하며, 실증은 2026년 초 시작돼 EuCNC & 6G Summit 2026에서 발표될 예정 ¹⁴⁴⁾
- ESA와 SNS JU는 2025년 10월 MoI를 체결하였으며, 이는 6G에서 지상망(TN)과 비지상망(NTN)의 통합을 가속하기 위한 전략적 협력임. 협력의 목표는 유럽 전역에 ubiquitous · seamless · resilient connectivity를 구현하고, 위성 · 모바일 네트워크 생태계를 함께 묶어 6G 연구개발과 기술 주권을 강화하는 것임 ¹⁴⁵⁾
- MoI의 핵심은 동 실증이 표준화로 연결되는 대규모 시험 체계 설계. SNS JU와 ESA는 TN/NTN 대규모 시험을 통해 성능 데이터, 벤치마크, 상호운용성 인사이트를 축적하였으며, 산업계 및 표준화 기구와의 협업을 통해 글로벌 통합 연결성 표준에 반영하겠다고 명시
- SNS JU 6G 프로젝트들은 ESA 5G/6G Hub, 5G/6G Telecom Lab, in-orbit laboratory 등 ESA의 지상 · 궤도 실험 인프라에 접근 가능함. 유럽이 실제 시험 환경에서 TN/NTN 융합 성능을 검증하고 표준화 입력으로 전환할 수 있는 실험 기반을 확보하는 구조

○ NTN 핵심 기술 연구 동향 ¹⁴⁶⁾

- **(AI 기반 종단 간 자원 제어 · 오케스트레이션 · 관리)** 긴급 · 재난 상황에서의 신속한 재구성, TN-NTN 간 핸드오버 · 트래픽 오프로딩 · 선제적 무선 자원 제어, 지상-우주 AI 모델의 라이프사이클 최적화, 저장 · 추론 측면에서의 우주 세그먼트 요구사항 정의, 최적 네트워크 선택이 포함됨. 수직산업과 사용자에게는 투명하게 TN과 NTN을 활용하는 중립적 네트워크 운영자 구조, 이를 위한 API · 인터페이스 설계도 검토 대상

- **(통합 통신 · 측위, GNSS 없는 운용)** 네트워크 중심, 단말 중심, 다중위성 등 다양한 아키텍처. Integrated communication and sensing도 포함됨. GNSS 신호의 가용성이 완전하지 않고 보안 · 복원력 문제가 있을 수 있어 GNSS-independent operation이 중요한 과제임. 저전력 IoT 단말의 제약, 대형 빔 환경에서 현행 Rel-18 위치 검증 방식의 한계, 빔이 국경을 넘을 때의 규제 이슈, 위치정보의 보안 (사용자 서비스용 vs 운영용)
- **(멀티액세스 및 캐리어 집성)** 고주파 대역에서 위성 접속으로도 높은 신뢰도의 광대역 연결을 제공하기 위한 주제. 멀티액세스는 동적 라우팅과도 연결됨. 여러 흐름을 지원하는 multi-PDU session 및 단말 내 multipath transport 프로토콜까지 포함한 종단 간 설계를 요구함. 현재의 MPTCP, MPQUIC 같은 3GPP 전송 솔루션은 고정적 NTN+TN 환경에서 그대로 작동하지 않을 수 있음을 시사
- **(NTN 자원의 자율 · 자가 구성, TN 자원관리 연동)** 코어 네트워크 연결이 없거나 불안정한 상황에서 위기 관리용으로 특정 지역에 네트워크를 신속히 구축할 필요가 있음. 자율성 개념을 다층 NTN 네트워크(드론, 항공기)까지 확장하였으며, 지구 관측망 등 다른 네트워크와의 융합, 안전 중요 시나리오를 위한 semantic communications
- **(위성보안)** 보안이 충분히 반영되지 않았으므로, post-quantum cryptography (PQC)를 하이브리드 방식으로 도입하는 아키텍처를 연구함. 다른 보안 활동과 연계해 다룰 수 있는 보다 넓은 의제
- **(RAN)** Use case별 최적의 구성이 다른 유연한 RAN 기능 분할, light indoor · automotive 등 커버리지 확장, 가변 도플러와 단말-위성 거리 차이를 반영한 5G NR 표준의 NTN 요구 통합, 대규모 IoT 단말을 위한 grant-free access, 동일 빔 내 4G IoT · 5G · 6G 공존, 단말 능력 차이를 반영한 유연한 무선링크 최적화
- **(접속 방식)** TN과 NTN 사이의 접속 방식 차이(시 분할 vs 주파수 분할, TDD vs FDD). TN은 TDD 중심, NTN은 FDD로 표준화. 대규모 단말 생태계 측면에서 불균형이 존재. FDD 생태계가 충분히 형성되지 않을 경우, NTN에서도 수정된 TDD 접근에 대해 검토가 가능하지만, 단일 위성이 서비스하는 단말들 사이의 왕복 지연(RTT) 편차 같은 새로운 문제가 발생할 수 있음

¹⁴²⁾ <https://www.sns-itrustr6g.com>

¹⁴³⁾ <https://safe-6g.eu>

¹⁴⁴⁾ <https://connectivity.esa.int/archives/news/esa-and-sns-ju-6g-sandbox-join-forces-to-pioneer-large-scale-non-terrestrial-network-trials>

¹⁴⁵⁾ <https://smart-networks.europa.eu/sns-ju-and-esa-strategic-partnership-opens-new-era-of-collaboration-for-ubiquitous-connectivity-for-europe/>

¹⁴⁶⁾ <https://6g-ia.eu/wp-content/uploads/2025/10/ntn-6g-ia-workshop-2-report-final.pdf>

2. 유럽의 차세대 통신 정책 동향

□ 유럽의 5G 및 6G 정책 동향 개요

- EU의 5G/6G 정책은 거버넌스 위주의 형태로 진행. SNS JU(5G/6G 연구 거버넌스) - 6G IA(산업계-학계 간 파트너십) - 3GPP(기술 표준화) 형태로 관계를 가짐
- 주요국 이니셔티브는 독일 6G Platform, 스웨덴 SweWIN, 네덜란드 FNS, 영국 Federated Hub, 프랑스 France2030으로 구성됨. 각 이니셔티브는 기술 부품 테스트베드 현장 실증을 담당
- 인프라와 테스트베드는 국가 실험망(영국 JOINER, 네덜란드 6G Testbed, 독일 6G-RIC) 차원에서 진행. 주요 기술 어젠다는 Open-RAN, AI-네이티브 네트워킹, NTN, ISAC, 에지 클라우드
- 이러한 기술의 연구 개발은 거버넌스 주도형으로 EU 산하의 SNS JU가 상위 R&I를 이끌고, 국가단위 허브 플랫폼에서 중 하위 실행과 산업화 경로를 담당하고 3GPP를 통해 기술의 표준화를 도출

□ EU 거버넌스

- 3GPP(3rd Generation Partnership Project) ¹⁴⁷⁾
 - 3G 표준화부터 현재는 5G Advanced 및 6G까지 기술 규격 표준화 거버넌스
 - 회원 및 파트너사 중심의 워킹그룹이 참여하고, 주로 대형회사(Ericsson 등)
 - Radio Access Network, 코어 네트워크, 프로토콜 등 표준 정의. 이외에도 Non-Terrestrial Network(NTN), ISAC, XR, AI 네이티브 기능의 요구사항 정의
 - Technical Specification(표준 문서), Technical Report 문서 발간, 각 Release 별 기능 정의
 - Release 19(5G Advanced) 문서가 2025년 12월 12일부로 동결되었으며, Release 20과 Release 21을 통한 6G 표준화를 수립 ¹⁴⁸⁾

¹⁴⁷⁾ <https://www.3gpp.org>

¹⁴⁸⁾ <https://portal.3gpp.org/Releases.aspx>

- Release 20은 5G Advanced에서 6G 표준화로의 전환 연구 단계(Study)로 5G Advanced의 동결 및 6G Use case의 정의 · 연구 기술 항목에 대한 협의점을 도출
- Release 21에서는 6G 목표 성능을 구현하기 위한 기술 정의(주파수, Radio Access Network(RAN), 코어 네트워크 등)

○ Smart Networks and Services Joint Undertaking(SNS JU) ¹⁴⁹⁾

- 유럽의 5G/6G 네트워크 서비스 분야의 산업적 리더십 촉진 및 발전 목표로 하는 공공-민간 파트너십 거버넌스
- 2021~2027년 동안 총 예산 18억 유로(한화 약 3조원, 1유로당 약 1654원 가정) 규모의 과제의 포트폴리오 지원
- **(6G 분야의 유럽 기술 주권 강화)** 6G 개념 정립과 표준화 주도. 6G 기술의 조기 시장 도입. 엣지 클라우드 기반 서비스 제공부터 스마트폰을 넘어서는 새로운 부품과 디바이스 시장 도입 준비
- **(유럽 내 5G 보급 가속)** 디지털 그린 전환 지원. Connecting Europe Facility 산하 관련 프로그램(CEF2 Digital) 중심의 전략 조정, Recovery and Resilience Facility(RRF)와 Digital Europe Program(DEP), InvestEU 등 EU 및 국가 프로그램 간 시너지
- 5G/6G 통신 산업 뿐만 아닌 사물인터넷(IoT), 클라우드, 부품 및 디바이스 분야를 아우르는 광역 산업 로드맵 정렬
- 5G 사이버 보안 톨박스에 부합하는 지속 가능하고 다양한 공급 가치사슬 육성
- SNS JU는 다음의 두 층위에서 변화함: ①2026 R&I WP(브릿지형) 공개, ②2026년 3월 116백만 유로 규모의 프로젝트 발표(대형 포트폴리오 확대) ¹⁵⁰⁾

○ 2026 R&I 워크프로그램

- “phase two에서 final phase(2027)로 넘어가는 브릿지”로 설계하며 세 가지 전략 기둥(결과 통합 · 가시화, 미래 산업 역량 기반, 글로벌 포지셔닝 · 파트너십)을 명시
- 2026년 워크프로그램은 Stream B에서 AI-native 6G를 위한 고품질 데이터셋 수집 · 생성 · 검증(8백만 유로), Stream C에서 실험 인프라 고도화(8백만 유로), CSA에서 운영 · 성과 최적화(3백만 유로), 디바이스 로드맵(2백만 유로), EU-India 협력(1백만 유로)을 배정
- RAN · 코어 신규 기능 연구보다 AI 학습 자산 · 실증 인프라 · 디바이스 공급 역량 · 국제 공조 및 표준화 관여를 전면에 놓음
- 2026 공모의 일반 조건은 전략 자산 · 자율성 · 보안을 이유로 참여 제한(예: 특정 주제는 회원국 · 연관국으로 한정, 고위험 공급자 관련 제한)과 소유 · 지배 구조 점점, 결과물(IP) 통제, 보안 접근 차단 등을 요구함. “공급망 · 보안”이 연구 기획 · 컨소시엄 구성의 전제조건

¹⁴⁹⁾ <https://smart-networks.europa.eu>

¹⁵⁰⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/europe-advance-6g-innovation-20-projects-set-receive-e>

○ 2026년 3월, 116백만 유로 규모의 프로젝트 발표

- EU는 SNS JU를 통해 20개 프로젝트를 지원하겠다고 발표
- 2021년 이후 누적 630백만 유로, 포트폴리오 100개 프로젝트로 확장하였으며, 2026~2027년에 추가 270백만 유로, 2027년에 230백만 유로 이상 규모의 플래그십 공모를 예고
- “브릿지형 연간 2,200만 유로”와 별개로 대형 실증·전환 프로젝트를 가속하는 상위 투자 흐름이 존재 ¹⁵¹⁾
- 20개 프로젝트 목록에서 NTN과 직접 연결되는 것은 “6G-NTN2 Nexus (지상-위성 통합)”과 “IoT-ZERO(에너지 하베스팅·위성 연계 저전력 IoT)”로 명시되어 ‘우주·NTN’이 핵심 영역의 프로젝트 묶음에 포함됨 ¹⁵²⁾

○ 6G Smart Networks and Services Industry Association(6G-IA) ¹⁵³⁾

- 유럽의 차세대 네트워크 서비스의 산-학 연합체. SNS JU의 민간 파트너 역할로 유럽의 5G/6G 연구 리더십에 기여
- **(주요활동)** 비전, 백서 발간, 표준화 연계(3GPP/ETSI)와 피드백 채널 운영, 국가별 6G 이니셔티브와 교류 등
- **(참여회원)** 네트워크 장비, 통신사, 반도체, 소프트웨어, NTN/위성 수직산업, 대학 및 연구소까지 250개의 민간 기관 구성
- 6G-IA는 Bharat 6G, Next G Alliance, XGMF 등과 함께 6G를 secure, open, resilient, inclusive, sustainable by design 원칙으로 추진하겠다는 공동 입장을 공개함. 신뢰·보안, 개방형·포용적 표준화, 공급망 다양성, NTN 통합, 기술 인력 등 9개 우선 원칙을 설립 ¹⁵⁴⁾
- 2026년 1월에는 실증·시험 인프라 연계도 강화함. AIOTI WG의 스마트 커넥티비티 테스트베드 문서에 기여하여 유럽 전역의 실험 시설을 DIH가 활용해 혁신적 사용 사례를 시험할 수 있도록 지원하는 방향을 제시함. 6G-IA의 활동 무게중심이 연구비전을 포함한 테스트베드·실험 생태계 연결까지 확장됨 ¹⁵⁵⁾
- EU 정책 영향력 행사가 전면화됨. 6G-IA는 유럽 정책 결정자들에게 디지털 연결성과 통신을 차기 MFF·FP10의 전략 우선순위로 인정하라고 촉구하는 공식 서한을 전송 ¹⁵⁶⁾

□ EU 주요 국가별 거버넌스

○ (독일) 6G Platform ¹⁵⁷⁾

- 연방교육연구부(BMBF) 주도의 국가 6G 이니셔티브. 총 7억유로 규모, 2단계로 과제를 나누어 진행
- 연구성과를 백서/로드맵-표준화/EU 과제 배치로 넘기는 파이프라인. 베를린 6G 컨퍼런스를 통한 독일 내 6G 프로젝트 생태계 결속

¹⁵¹⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/europe-advance-6g-innovation-20-projects-set-receive-eu116-million>

¹⁵²⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/europe-advance-6g-innovation-20-projects-set-receive-eu116-million>

¹⁵³⁾ <https://6g-ia.eu>

¹⁵⁴⁾ https://6g-ia.eu/single_post/?slug=leading-research-alliances-endorse-shared-principles-for-6g-secure-open-resilient-inclusive-and-sustainable-by-design

¹⁵⁵⁾ <https://6g-ia.eu/6g-ia-contributes-to-paper-on-smart-connectivity-testbeds/>

¹⁵⁶⁾ <https://6g-ia.eu/6g-ia-letter-to-the-key-policy-makers-re-fp10/>

¹⁵⁷⁾ <https://www.6g-platform.com>

- (1단계) 4대 연구 허브(2021~2025년) 지원

- 6G-Life (TU Dresden & TU Munich, 4년간 7천만 유로): 인간 기계 협업, XR, 6G 네트워크-지능 결합
- Open6Ghub (DFKI 주관 컨소시엄, 총 6천7백만 유로): Open Radio Access Networks (O-RAN), AI-네이티브 RAN, 보안, 에너지효율
- 6GEM (RWTH Aachen 주관, 4천 3백만 유로)
- 6G-RIC (Fraunhofer HHI, 과제별 연구비 상이)

- (2단계) 산업 주도 과제

- 6G-ANNA (총 3천8백만 유로 규모): “6G를 현장에”라는 모토로 기타 응용 및 산업화. 산업 주도 컨소시엄 후속 지원

○ (스웨덴) SweWIN ¹⁵⁸⁾

- 스웨덴 6G 핵심 및 혁신 역량을 강화하는 Vinnova(스웨덴 혁신청)의 컴피턴스 센터. KTH와 RISE를 주축으로 6G를 포함한 차세대 무선통신의 지속가능성 및 회복 탄력, 공정성 등을 연구
- 산업계로는 Ericsson, Saab, ABB, CellMax Technologies, Northern Waves, BeamWave 등 참여
- 파형, 안테나, 빔포밍 등 6G 핵심 무선, 센싱 융합 (ISAC), 지속가능성 지표 (Sustainability), AI-네이티브 네트워킹, 보안 등 다방면의 주제
- 센터 자체 지원금 약 2천7백만 SEK와 컴피턴스 센터 패키지 5년간 총합 약 10억 SEK 규모 예산 보유

○ (네덜란드) Future Network Services (FNS) ¹⁵⁹⁾

- 국가지원 펀딩(National Growth Fund)로 추진하는 6G 프로그램. 정부-산업-학연 총 60여 개의 파트너 컨소시엄 지원, 6G 핵심부품 및 지능형 네트워크 및 응용까지 아우름
- 2024~2030년 동안 최대 2억 유로 규모 예산 확보
- 지능형 라디오/안테나, AI 기반 소프트웨어, 국가 규모의 6G 테스트베드 구축을 목표

○ (영국) Federated Telecoms Hub ¹⁶⁰⁾

- 영국의 차세대 통신 혁신을 가속하기 위해 CHEDDAR, HASC, TITAN, JOINER 총 4개의 허브를 묶은 연합 거버넌스
- 학계-산업-정부의 협업을 체계화하고 영국의 연구 역량을 한 파이프라인으로 묶어, 아이디어부터 시제품, 상용화까지 도달하려는 전략
- 27개의 대학 및 연구기관이 소속. 총 1천6백만 파운드 지원

¹⁵⁸⁾ <https://www.kth.se/swewin/swedish-wireless-innovation-network-swewin-1.1346634>

¹⁵⁹⁾ <https://futurenetworkservices.nl/en>

¹⁶⁰⁾ <https://www.ukri.org/news/future-communications-research-hubs-for-a-connected-uk/>

- 각 허브 별 역할

- CHEDDAR: Imperial College London 주도의 분산 클라우드, 데이터 집약형 응용 연결
- HASC: Oxford 대학교 주도의 전 스펙트럼 연결 및 레퍼런스 실험
- TITAN: Cambridge 대학교 주도의 “network of networks”라고 명명한 유무선 스펙트럼-클라우드-분산 컴퓨팅의 3가지 분야의 문제 해결, 양자분야
- JOINER: 영국 전역 실험 인프라 연결 허브. 전국 규모 실험을 가능케 하는 핵심 백본

○ (프랑스) France 2030 “5G 및 미래 통신 네트워크 가속 전략”¹⁶¹⁾

- 국가 가속 전략으로, 5G 미래 네트워크 가속전략 가동. 최대 5천만 유로 지원, 민간 레버리지 포함 최대 1조 7천만 유로 투자 유도
- (산업용 5G 미션) 프랑스 제조/산업 현장에 5G 인프라 구축
- 10개 대형 프로젝트 그룹인 PEPR을 통해 기술 성숙도 단계(TRL) 1-4의 원천연구 기술 확보
- (프랑스 6G 미션) 2030년 상용화 예정인 6G를 대비하여 국가 미션 운영

□ 비 지상망 (Non-Terrestrial Networks, NTN) 정책 동향

○ European Space Shield(ESA)의 6G NTN 백서

- 백서는 NTN을 지상망의 지리·환경적 한계를 넘어서는 혁신적 확장으로 정의하고 있으며, 안전·복원력·보편 접속을 위해 공간·공중 플랫폼을 모바일 생태계에 통합해야 한다고 주장
- 직접 접속(D2D), 지능형 자동화, 확장 가능한 온보드 처리, 다중궤도 설계 및 광·양자 기반의 보안 고용량 링크가 핵심 도전 과제¹⁶²⁾

○ EU 정책 차원에서 GOVSATCOM 및 IRIS²

- 이들은 NTN을 통해 유럽 주권·안보의 핵심이 됨. GOVSATCOM 운영 개시는 기존·국가 위성 자산 풀링을 통해 즉시 보안 통신을 제공하는 모델을 현실화하며, IRIS²는 EU 소유 인프라로 장기적 의존성 제거를 목표로 함¹⁶³⁾

○ GOVSATCOM

- GOVSATCOM은 secure communications를 유럽의 주권과 안보를 지탱하는 핵심 인프라로서 위치시킴. 재난 대응, 민방위, 군 임무, 국경 관리처럼 실패 비용이 큰 공공 영역에서 신뢰 가능하며 중단이 없는 연결성을 보장하는 것이 핵심 목표
- 집행위원회는 2026년 2월 “지난달 GOVSATCOM operations를 시작했다”라고 게시하였으며, 2026년 1월부터 모든 회원국은 유럽이 구축·운영·통제하는 정부·군용의 보안·암호화 위성통신에 접근할 수 있게 됨. 즉, GOVSATCOM이 준비 단계에서 실제 운용 단계로 돌입
- GOVSATCOM의 기본 구조는 회원국이 보유한 정부·군 위성통신 역량을 EU 차원에서 pooling and sharing 하는 모델로, 국가별 자산을 공동 풀로 묶어 승인된 정부 사용자들이 함께 활용하는 공동 활용형 secure connectivity 체계
- 동 구조는 자체 위성 역량이 없는 회원국에도 secure satcom 접근을 제공한다는 점에서, 민감 통신을 비EU 또는 상용 사업자에만 의존하지 않도록 함과 동시에 EU 전체의 전략적 자율성과 복원력을 높이는 역할을 수행
- 운영의 중심에는 GOVSATCOM Hub가 있으며, 사용자는 이 전용 지상 인프라를 통해 자원에 안전하고 익명적인 방식으로 접근할 수 있음. Hub 기능은 EUSPA가 감독
- 동시에 GOVSATCOM은 IRIS²와 Space Shield로 이어지는 선행적 정책임. 집행위가 GOVSATCOM, Galileo PRS(암호화 항법 서비스)¹⁶⁴⁾, IRIS²를 함께 묶어 유럽의 복원력 강화와 의존성 축소를 추진하고 있으며, 이는 개별 통신사업을 넘은 EU 우주 안보 인프라의 출발점

○ IRIS²¹⁶⁵⁾

- EU의 차세대 secure connectivity constellation. 장기적으로는 유럽의 안보·복원력·디지털 주권을 뒷받침 하는 우주 기반 통신 인프라로 제시
- 집행위는 2024년 12월 SpaceRISE 컨소시엄과 concession contract를 체결하며 IRIS²의 개발·배치·운영 단계로 넘어감. 이는 구상단계에서 실제 구축에 들어간 EU의 세 번째 flagship space 프로그램
- LEO와 MEO를 결합한 다중궤도 체계로 설계되었으며, 총 290기 위성으로 구성될 예정임. 저지연성과 광범위한 커버리지를 함께 확보하여 정부통신과 민간 연결 수요를 동시에 수용하는 구조를 지향하며, 안보 목적과 공공·상업 목적을 함께 포괄하는 이중용도적(dual-use) 인프라의 성격을 띠
- 적용 영역은 국경·해양 감시, 위기관리, 핵심 인프라 보호, 외교공관 통신, 안보·방위 임무 등으로 넓게 설정
- GOVSATCOM의 뒤를 잇는 중장기 secure satcom 체계이며, DEFIS는 2026년 2월 GOVSATCOM 행사에서 2029년까지 IRIS²의 첫 simplified version, 이후 full system을 목표

¹⁶¹⁾ <https://www.entreprises.gouv.fr/priorites-et-actions/autonomie-strategique/soutenir-linnovation-dans-les-secteurs-strategiques-de-2>

¹⁶²⁾ https://connectivity.esa.int/wp-content/uploads/2026/01/ESA_6G_NTN_White_Paper_v8.0_2025-11-11.pdf

¹⁶³⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-govsatcom-securing-europe-ground-space-2026-02-26_en

¹⁶⁴⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/galileo-satellite-navigation_en

¹⁶⁵⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/iris2-secure-connectivity_en

○ Space Shield¹⁶⁶⁾

- 목표는 EU 우주시스템과 기존 국가 역량을 기반으로 방위 목적에 복무하는 포괄적 유럽 우주 역량 체계를 구축하고 보호하는 것
- **(첫 번째 마일스톤)** 2025년 말까지 EUCO가 European Space Shield를 우선적 flagship으로 승인
- **(두 번째 마일스톤)** 2026년부터 Space, IRIS², EDF, EDIP 작업프로그램에서 관련 조치를 우선 추진하고, 회원국 조달계획 조정을 지원하고 2026년 2분기 European Space Shield를 출범

□ 표준화 동향^{167) 168)}

○ 3GPP는 NTN을 Release 17에서 처음으로 공식 규격화

- NR 기반 NR-NTN과 함께 NB-IoT · eMTC 기반 IoT-NTN 지원 본격 도입
- NTN-TN 간 서비스 연속성, NTN · TN 간 로밍, 최적화된 네트워크 선택, NTN을 포함한 이기종 접속 간 이동성 지원을 요구사항에 반영하였으며, 초기 단계부터 NTN을 지상망과 연동되는 5G 접속 계층으로 다룸

○ NTN 규격화는 위성 환경의 물리적 특성을 매우 구체적으로 반영

- 3GPP NTN overview 문서에서 긴 전파지연, 도플러 보상, 이동 셀(moving cells), 위성 에페머리스 기반 동기화, 빔 이동에 따른 잦은 핸드오버 과제를 통해 timing advance · frequency pre-compensation · earth-fixed tracking area 등의 세부 메커니즘을 규격화 대상으로 제시

○ Release 18에서는 Release 17 기반 위에 기능을 확장

- 3GPP는 NR-NTN의 커버리지 향상, network-verified UE location, 불연속 커버리지 환경에서의 이동성 관리와 전력 절감, NTN-TN 및 NTN-NTN 간 이동성 · 서비스 연속성 강화 및 10GHz 이상 Ka-band에서의 NR-NTN 운용을 구성하고 NTN을 5G-Advanced의 확장 축으로 발전

○ 그 다음 단계로서의 Release 19

- NTN의 Phase 3 확장을 통해 regenerative payload, store-and-forward, UE-satellite-UE communication, GNSS-independent operation, positioning enhancements 등의 주제를 다룸

○ Release 20에서도 위성 접속 Phase 4 등의 NTN 관련 연구를 진행할 예정

※ 3GPP 표준화 회의 동향¹⁶⁹⁾

- 2025년 3월, 서울(인천)에서 첫 3GPP 표준화 회의가 열림. 회의에서 6G 스터디 현황 업데이트, 차세대 통신에 대한 전체 비전 및 우선순위 논의가 진행됨
- 회의 주제의 주요 기술은 앞선 개요에서 말한 기술을 포함하여, 왜5G가 약속한 것이 실현되지 않았는지에 대해 논의되었고, 차세대 핵심 기술로는 ISAC, AI-네이티브 기술, NTN 기술들이 선정됨
- 새로운 6G 기술의 키워드로 Intelligence, Efficiency, Security, Sustainability, Expanded spectrum use 가 선정
- 5G-6G로 전환 방향은 기존 5G 업그레이드 및 소프트웨어화로 기존 기술 활용
- Radio 기술(TSG RAN)
 - **(AI 네이티브 RAN)** 실시간 대역폭, 전력, 스펙트럼 할당 기술, 트래픽 예측, 네트워크 파라미터 자동 최적화
 - NTN 기술과 Wi-Fi 등을 포함한 다중 액세스 기술의 매끄러운 통합 지향
 - 초저지연(1ms 이하 지연시간) 및 서비스 인지 RAN
 - 에너지 절감형 RAN: AI 기반의 전력 관리
 - Open RAN, vRAN, Cloud-RAN 의 지원과 지능형 컨트롤러의 도입으로 프로그래머블 및 멀티벤더 구조 지원
 - 5G와의 부드러운 연동: 5G-6G 간의Carrier Aggregation/Dual Connectivity
- 시스템 아키텍처, 코어 네트워크, 프로토콜(TSG SA/AT)
 - 완전한 클라우드-네이티브+ 엣지 컴퓨팅 통합
 - **(네트워크 전 구간에 AI-네이티브 기술 적용)** 트래픽 예측/유지보수, 자원 최적화
 - **(보안)** 제로 트러스트 아키텍처, 양자내성 암호(향후 양자 위협 대비)
 - **(통신+컴퓨팅 통합)** 디바이스가 연산을 망에 오프로딩(eXtended Reality(XR), 디지털 트윈, AI 추론 등)
 - **(에너지 탄소 인지 네트워크)** 실시간 에너지 사용/탄소량 모니터링 및 최적화

¹⁶⁶⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-defence-industry/readiness-roadmap-2030_en

¹⁶⁷⁾ <https://www.3gpp.org/technologies/ntn-overview>

¹⁶⁸⁾ <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-20>

¹⁶⁹⁾ <https://www.3gpp.org/technologies/6gworkshop-2025>

□ 규제 동향 ¹⁷⁰⁾

○ 집행위는 2027년 5월 이후 2GHz Mobile Satellite Service(MSS) 대역의 미래 이용 방안을 정하기 위해 2025년 5월 28일~6월 30일 targeted consultation을 실시

- 현재 쟁점은 기술 검토를 넘어, 2027년 이후 제도 재설계를 위한 공식 정책 검토 단계
- consultation에는 규제기관, 위성 사업자, 이동통신사업자, 협회 등 다양한 이해관계자가 참여하였으며, 논의 대상 서비스도 정부 · 긴급통신, D2D, IFC, IoT, M2M, 자동차 연결성까지 넓게 제시

○ 밴드 구조

- 현행 MSS Decision의 단일 신청자당 최대 2x15MHz 제한을 전제로 여러 분할 옵션이 검토 중이며, 응답자 다수는 2개 사업자에 각 2x15MHz를 배분하는 옵션을 선호

○ 스펙트럼 공유

- broadband 성격이 강하거나 서로 다른 기술이 공존하는 경우 공유가 어렵다는 시각을 가지고 있으며, 위성 IoT 같은 narrowband 서비스에는 공유 가능성이 더 높게 평가됨.
- 규제상 핵심 쟁점은 공유 허용 여부가 아닌 어떤 서비스 유형까지 공유를 허용할 것인가임

○ 스펙트럼 효율성

- 응답자 다수가 이 대역을 3GPP NTN 기술(광대역 또는 협대역) 중심으로 쓰는 것이 더 효율적이라고 결론을 내림. 2GHz MSS 대역의 미래 규제가 기존 MSS 틀 유지보다, 3GPP NTN 중심 활용을 더 유력한 방향으로 검토하고 있음을 시사

○ 사용권

- 현행 사용권의 갱신 여부와 MSS Decision의 선정 기준 개정도 핵심 규제 이슈. 응답은 전면 갱신, 부분 갱신, 비갱신으로 갈림. 다수는 기준이 EU 안보 · 주권, 스펙트럼 효율성, 기술 · 비즈니스 모델 간 공정경쟁 반영을 희망하며, 집행위는 회원국과 함께 제출 의견을 평가해 사용 방안을 결정할 예정

¹⁷⁰⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/summary-report-targeted-consultation-mobile-satellite-services>

3. 시사점

○ 대규모 투자와 연구 생태계 확장

- 대륙 규모의 대규모 투자(SNS JU 약 3조 원) 및 국가 규모(독일, 영국, 프랑스, 네덜란드, 스웨덴 등)의 투자들로 활발한 6G 연구가 이루어지고 있음
- SNS JU를 포함한 다양한 거버넌스들의 프로젝트에서 유럽 내 다양한 국가의 기관들이 협력하여 6G에 대한 정의 및 기술개발을 목표로 운영되고, 특히 프로젝트별 6G 주요 특징에 따른 연구분야가 두드러짐

○ 연구-표준화 연계 구조와 전략적 경쟁 환경

- SNS JU-6G IA-3GPP의 연계성으로 연구→표준화의 기반이 명확
- 유럽에서는 프로젝트 기반으로 6G 기술이 개발되고 있으며, 한국에서 개발하는 다양한 기술들이 표준화에 탑재될 수 있도록 노력 필요.
- 유럽은 6G와 NTN 경쟁이 표준화 기여, 실증 인프라, 규제 재설계, 공급망과 보안 역량을 결합한 국가 단위 경쟁으로 전환함. 한국도 표준-실증-주파수 · 보안 제도-산업생태계를 한 전략 프레임으로 묶는 중장기 대응이 필요

○ 테스트베드 및 실증 기반 기술 검증 체계

- 테스트베드 기반의 실증/상호운용 강화. 6G-RIC, JOINER, 네덜란드의 FNS 테스트베드에서 실험을 통한, 표준 기여와 초기 시장 적용의 기반을 마련한 것과 같이 한국도 산업계 뿐만 아닌 학연에서 사용가능한 국가 규모의 테스트베드 필요
- 유럽의 정책은 실증을 표준화 입력을 만드는 수단으로 활용함. 한국도 TN-NTN 통합, 이동성, 핸드오버, 국경 간 연속성, D2D, 저궤도 환경의 지연 · 도플러 등에 대해 측정 가능한 실증 데이터를 확보하여 국제 표준화 논의와 직접 연결하는 체계 강화를 요함
- 대규모 테스트베드와 현장 실증 자산 구축이 필요. 지상망-비지상망 통합 검증이 가능한 시험망, 산업 · 재난 · 국방 등 수직 시나리오 기반 실증, 위성 사업자와 이동통신사업자가 함께 참여하는 개방형 실험 구조가 필요

○ 6G-NTN 통합 전략과 핵심 아키텍처 대응

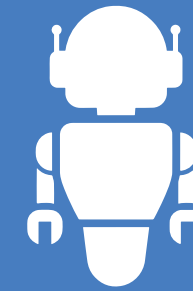
- 6G와 NTN을 연구-실증-표준화-정책을 연결하는 통합 전략 의제로 다루고 있음. 한국도 6G와 NTN을 표준 기여와 인프라, 주파수, 보안 제도 등을 함께 설계하는 방식으로 접근 필요
- NTN은 차세대 6G 네트워크의 기본 구성요소로 편입. 한국도 NTN을 6G 핵심 아키텍처의 일부로 포함한 대응을 요함

○ 정책 · 주파수 · 안보 기반 NTN 전략 확장

- 유럽은 2GHz MSS 재설계, GOVSATCOM, IRIS² 등을 통해 NTN을 주권 · 복원력 · 공공안전과 연결하고 있으며, 한국도 NTN의 다양한 활용이 필요
- 주파수와 면허 제도를 선제적으로 검토할 것을 요함. 유럽은 NTN 확산의 병목이 주파수 재할당, 간섭 기준 등 정책 유도 간 균형

○ 단말 · 부품 · 공급망 경쟁력 확보 필요

- 단말 · 칩셋 · 안테나 · 모듈 연구. 유럽은 long-tail device와 마이크로일렉트로닉스가 별도의 전략과제로 설정한 것처럼, 한국도 위성-지상 겸용 단말, 저전력 IoT 모듈, 다중밴드 안테나, NTN 대응 칩셋 등 통합 공급망 전략을 마련할 필요



유럽 첨단로봇 제조 연구 및 정책 동향

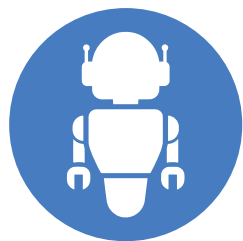
X



첨단로봇 제조 분야
황준선 서포터

유럽 첨단로봇 제조 연구 및 정책 동향

작성자: 황준선(첨단로봇 제조 분야 KERC 서포터즈)



유럽의 첨단 의료 로봇 분야는 기술 혁신 중심 단계에서 데이터·AI 기반 산업 적용 단계로 확장되고 있다. 초기에는 자율 혈관 시술 로봇, 마이크로·나노 로봇, 자기장 제어 기술 등 다양한 기술이 연구 및 초기 임상 단계에서 빠르게 발전했으며, 일부 사례에서는 실제 임상 적용 가능성도 확인되었다. 동시에 EU는 의료기기 규정과 AI Act를 연계하여 안전성과 투명성을 강화하고, EHDS를 통해 데이터 기반 임상 검증 환경을 구축하였다. Horizon Europe과 Robotics Action Plan을 통해 연구개발부터 상용화까지 이어지는 지원 구조도 마련되었다.

이후에는 로봇 기술이 AI와 데이터 중심 산업 요소로 재정의되었다. 관련 워크 프로그램과 파트너십을 통해 AI·데이터·로봇 통합 연구 방향이 설정되었고, AI Act의 위험 기반 규제가 실제 적용 기준으로 작용하기 시작했다. 산업 현장에서는 디지털 트윈 기반 생산 최적화와 휴머노이드 로봇 파일럿 등 적용 사례가 확대되고 있으며, Digital Europe Programme과 실증 인프라를 통해 검증 환경도 강화되고 있다.

이러한 변화는 유럽이 첨단 로봇을 디지털 전환의 핵심 요소로 통합하고 있으며, 기술과 데이터, 규제, 산업 적용을 결합한 구조를 통해 경쟁력을 강화하고 있음을 보여준다.

1. 유럽의 첨단로봇 제조 연구 동향

□ AI 기반 로봇으로의 전환

○ 최근 유럽 첨단로봇 분야에서 가장 중요한 기술 변화는 인공지능(AI) 기반 로봇으로의 전환임

- 기존 산업용 로봇은 반복적이고 구조화된 환경에서 사전 정의된 작업을 고정된 방식으로 수행하는 데 최적화되어 있었음. 그러나 최근에는 로봇이 주변 환경을 인식하고, 다수의 센서 정보를 통합하고, 데이터 기반으로 행동을 조정하는 방향으로 발전하고 있음
- 이러한 변화는 단순한 제어 알고리즘의 고도화가 아니라, 로봇의 핵심 작동 원리가 물 기반 제어에서 학습 기반·인지 기반 제어로 이동하고 있음을 의미

○ 이러한 변화의 배경에는 유럽이 AI, 데이터, 로봇을 개별 기술이 아닌 하나의 통합된 기술 생태계로 결합하려는 전략이 있음

- 유럽의 AI, Data and Robotics Association(ADRA)의 Strategic Research, Innovation and Deployment Agenda(SRIDA)는 AI·데이터·로봇을 통합적으로 다루며, 신뢰할 수 있는 ADR 기술의 장기 비전을 제시¹⁷¹⁾
- 세 기술 영역 간의 긴밀한 연계와 융합을 통해 산업과 사회 전반에서 활용 가능한 기술 생태계를 구축하는 것이 핵심 목표로 제시됨. 특히 자율적인 로봇 시스템과 AI 기반 의사결정 시스템이 다양한 산업 분야에서 활용되며, 데이터 기반 인프라와 결합된 형태로 발전해야 함을 강조함
- 즉, 유럽은 AI, 데이터, 로봇을 분리된 기술이 아닌 상호 연결된 시스템으로 통합하여 산업 경쟁력과 기술 주도권을 강화하려는 방향을 취함

○ 이러한 전환은 유럽의 산업현장에서 점점 더 구체적인 형태로 나타나고 있음

- BMW Group은 생산 시스템의 디지털화와 인공지능 활용을 지속적으로 확대하고 있으며, 특히 'Physical AI' 개념을 통해 실제 생산 환경에서 AI와 로봇의 결합을 추진하고 있음
- 최근 BMW는 독일 라이프치히 공장에서 휴머노이드 로봇 파일럿 프로젝트를 시작했으며, 이는 BMW의 독일 생산 현장에서 휴머노이드 로봇을 도입한 첫 사례에 해당함. 이 프로젝트는 BMW가 유럽 내 생산 현장에 'Physical AI'를 적용하는 대표적 초기 실증 사례로 볼 수 있음¹⁷²⁾. 이는 AI 기반 로봇이 단순한 개념 검증 단계를 넘어, 일부 제조 현장에서 초기 실증 형태로 도입·검증되기 시작했음을 보여줌

¹⁷¹⁾ Adra Strategic Research, Innovation and Deployment Agenda 2025-2027.

¹⁷²⁾ "BMW Group to deploy humanoid robots in production in Germany for the first time", Press Release, BMW Group.

○ 유럽이 AI 기반 로봇 전환을 중요하게 보는 이유는 단순히 기술 혁신 뿐만 아니라 노동력 부족, 생산 공정의 복잡화, 제품 다변화, 에너지 효율 요구, 공급망 불확실성 증가 등으로 인해 기존의 경직된 자동화 시스템만으로는 대응이 어려워졌기 때문임

- AI 기반 로봇은 변화하는 작업 조건에 적응하고, 작업 순서를 재구성하며, 결함과 비정상 상황을 보다 빠르게 감지할 수 있음. 이러한 기능은 제조 현장의 유연성과 회복탄력성을 높이는 데 직접적으로 기여함. 따라서 유럽의 AI 기반 로봇 전환은 기술 트렌드이면서 동시에 산업 운영 전략의 변화라고 볼 수 있음

□ 첨단 제조와 로봇의 통합

○ 유럽 첨단 로봇 산업의 중요한 흐름 중 하나는 로봇 기술이 첨단 제조, 인공지능, 소재 기술과 통합된 형태로 발전하고 있다는 점임

- 과거에는 로봇의 동작 정밀도나 제어 성능과 같은 개별 기술 요소가 중심이었다면, 현재는 이러한 기술들이 산업 시스템 전반과 결합되어 실제 생산과 가치 창출에 어떻게 기여하는지가 중요한 연구 주제가 되고 있음
- 특히 호라이즌 유럽 클러스터 4¹⁷³⁾에서는 로봇을 단독 기술로 다루기보다, 첨단제조(advanced manufacturing), 혁신소재(innovative advanced materials), 인공지능(AI) 기반 생산 시스템과 함께 통합적으로 지원하고 있음. 이는 로봇이 산업 전반의 디지털 전환과 생산 혁신을 구현하는 핵심 구성 요소로 간주되기 때문임
- 이러한 정책 방향은 로봇 기술의 경쟁력이 단순한 하드웨어 성능이나 알고리즘 수준을 넘어, 제조 공정과의 통합, 데이터 기반 운영, 그리고 산업 시스템 내 적용 가능성에 의해 결정된다는 점을 보여줌. 실제로 해당 프로그램은 디지털 전환과 친환경 전환을 동시에 달성하기 위해, 제조 공정 혁신, 순환 경제, 에너지 효율성 등과 결합된 기술 개발을 강조하고 있음
- 결과적으로 유럽은 로봇을 독립적인 장비가 아니라, 첨단 제조와 산업 시스템을 구성하는 핵심 요소로 보고 있으며, 이를 통해 산업 경쟁력과 기술 주권을 동시에 확보하려는 전략을 취하고 있음

□ 디지털 트윈 기반 로봇 시스템

○ 최근 유럽 로봇 산업에서 디지털 트윈은 단순한 부가 기술을 넘어, 산업 디지털화와 자동화를 지원하는 핵심 기술 중 하나로 자리 잡고 있음

- 디지털 트윈은 실제 물리 시스템과 연동된 가상 모델을 구축하여 설계, 시뮬레이션, 검증, 운영 및 유지보수를 통합적으로 수행할 수 있도록 하는 접근 방식임

- 특히 유럽 제조 산업에서는 로봇을 개별 장비 단위로 도입하기보다, 가상 환경에서 공정과 시스템을 사전에 시뮬레이션하고 최적화한 뒤 실제 생산 현장에 적용하는 방식이 확산되고 있으며, 디지털 트윈은 이러한 흐름을 가능하게 하는 핵심 기술로 활용되고 있음
- 디지털 트윈의 중요성은 로봇 시스템의 복잡성이 증가함에 따라 더욱 부각되고 있음. 현대의 로봇 시스템은 인공지능, 센서, 기계 구조, 소프트웨어, 통신 인프라가 통합된 복합 시스템으로 구성되어 있어, 실제 생산 환경에서 초기 단계부터 최적 성능을 확보하기 어려우며 시행착오에 따른 비용도 매우 큼. 이에 따라 가상 환경에서 생산 레이아웃을 검증하고, 로봇 동선 및 작업 흐름을 분석하며, 병목 구간과 잠재적 위험 요소를 사전에 평가하는 과정이 필수적인 단계로 인식되고 있음
- 유럽의 연구 및 산업 정책에서도 이러한 시뮬레이션 기반 접근을 강조하고 있으며, 실제 도입 이전 단계에서의 가상 검증 및 테스트 환경 구축을 적극적으로 지원하고 있음
- 이와 같은 흐름은 BMW의 Virtual Factory 사례에서 잘 나타남¹⁷⁴⁾. BMW는 디지털 트윈 기반 'Virtual Factory'를 활용해 생산 설비, 물류 시스템, 작업 공정을 가상 환경에서 시뮬레이션하고 있으며, 이를 통해 실제 생산라인 변경 이전에 공정 구성과 운영 효율을 사전에 검증하고 있음. 이러한 사례는 디지털 트윈이 단순한 시각화 도구를 넘어, 공정 설계와 운영 최적화를 위한 실질적인 의사결정 지원 도구로 활용되고 있음을 보여줌

○ 정책적으로도 유럽연합은 디지털 트윈을 산업 디지털화와 AI 기반 시스템의 적용을 지원하는 핵심 수단 중 하나로 활용하고 있음

- 호라이즌 유럽과 디지털 유럽 프로그램은 디지털 전환과 AI 인프라 구축을 주요 목표로 설정하고 있으며, 특히 Testing and Experimentation Facilities(TEF)는 실제 환경에서 AI 기반 시스템을 시험하고 검증할 수 있는 인프라를 제공함
- 이러한 정책적 지원은 로봇 시스템이 설계, 시뮬레이션, 검증, 도입 및 운영에 이르는 전 주기를 데이터 기반으로 통합 관리하도록 유도하고 있음. 따라서 디지털 트윈은 유럽 첨단 로봇 산업에서 중요한 기술적 기반으로 작용하며, 향후에도 그 중요성이 더욱 확대될 것으로 예상됨

□ (유럽연합) ARTERY 프로젝트¹⁷⁵⁾

○ ARTERY(Autonomous Robotics for Transcatheter dEliveRy sYstems) 프로젝트는 유럽연합(EU) Horizon 2020 연구혁신 프로그램의 지원을 받아 2021년 1월부터 2024년 9월까지 진행한 국제 공동 연구

¹⁷³⁾ Horizon Europe Work Programme 2026-2027, 7. Digital, Industry and Space, (European Commission Decision C(2025) 8493 of 11 December 2025).

¹⁷⁴⁾ BMW Group, "BMW Group to deploy humanoid robots in production in Germany for the first time," Press Release, 27 February 2026.

¹⁷⁵⁾ <https://cordis.europa.eu/project/id/101017140>

- 이탈리아의 Politecnico di Milano, 벨기에의 KU Leuven 대학 등이 참여
- 전통적인 개심수술의 위험성과 긴 회복기간을 대체하기 위해 완전 자율 또는 공유 자율 제어가 가능한 로봇 시스템을 개발하는 것을 목표로 하였음
- 이 시스템은 초음파, 광학, 전자기 센서를 융합해 혈관 내부를 실시간 3차원으로 시각화하고, 의사가 필요할 때 제어권을 부분적으로 공유할 수 있는 가변 자율성 구조를 갖추
- 방사선 노출을 최소화하면서도 미세 혈관 내에서 정밀하게 움직일 수 있도록 설계되었으며, 좌심방 부속기 폐쇄술이나 승모판 교체와 같은 복잡한 심혈관 시술에 적용하는 것을 목표로 하였음

○ 특히 프로젝트에는 첨단 로봇 제어 · 정밀 제조 기술이 적극적으로 접목됨

- 로봇의 미세 구동부와 유연 카테터는 마이크로 제조기술 및 소프트 재료 기반 연속체 구조 설계로 제작되었으며, 정밀한 움직임 구현을 위해 고분해능 힘 · 위치 센서, 유연 액추에이터, 인공지능(AI) 기반 예측 제어 시스템이 통합됨
- 또한 복잡한 혈관 환경을 시뮬레이션하기 위해 디지털 트윈 모델과 3D 프린팅 기반 생체모델 제작 기술이 병행되어, 로봇의 설계-검증-임상 적용 단계를 하나의 제조 프로세스로 연결함

○ ARTERY 프로젝트는 첨단 로봇공학과 정밀 제조기술이 결합된 대표적인 유럽형 융합 프로젝트로, 향후 완전 자율형 혈관 시술 로봇 및 원격 중재 의료 시스템의 핵심 기술 기반을 제공

□ (스위스) 로잔 연방 공과대학교(EPFL) ^{176) 177)}

○ 스위스 로잔연방공과대학(EPFL)의 MicroBioRobotic Systems Laboratory 연구팀은 첨단로봇공학적 설계와 마이크로로봇 기술을 결합해 초소형 혈관 중재 로봇 시스템을 개발함

- 연구진은 기존의 가이드와이어 기반 카테터가 직경 0.5 mm 이하의 미세혈관을 통과하지 못하는 한계를 극복하기 위해, 유체역학적 추진(flow-driven propulsion)과 자기장 기반 조향(magnetic steering)을 통합한 로봇 마이크로카테터 'MagFlow'를 개발함
- 이 시스템은 고분자 기반의 팽창형 마이크로튜브를 반도체 제작 공정으로 제작하여, 초유연 구조로 형성됨
- 튜브는 평상시 납작한 상태로 혈류에 의해 이동하고, 목표 위치에 도달하면 내부 압력으로 원형 단면으로 팽창해 약물 또는 색전 물질을 주입할 수 있게 설계됨

- 이러한 구조는 기계적 강성을 크게 낮춰 기존 카테터보다 훨씬 유연하게 혈관 내에서 자율적으로 움직일 수 있게 함

○ 또한 연구진은 협동로봇 팔에 부착된 OmniMag이라는 구형 전자기 구동 시스템을 개발해, 세 개의 직교 전자석과 중심 영구자석을 이용해 3차원 전방위 자기장을 생성함

- 이 장치는 자기 토크 제어 알고리즘을 통해 MagFlow의 자기 헤드를 실시간으로 정밀 조향하며, 기존 임상용 시스템 대비 매우 낮은 전력으로 작동함
- 이러한 하드웨어 · 제어 통합 구조는 첨단로봇공학에서 강조되는 휴대형 로봇 플랫폼과 저전력 정밀 구동 기술의 구현 사례라 할 수 있음

○ 실험적으로는 돼지 모델에서 직경 180 μm , 곡률 반경 0.69 mm의 뇌혈관을 손상 없이 통과하고, 자기장 기반 원격조작을 통해 안동맥까지 접근하여 조영제 및 색전 물질 주입을 성공함

- 이러한 결과는 유체역학적 자가추진, 자기장 토크 제어 기반 로봇 조향, 마이크로스케일 다물리 통합 설계라는 첨단로봇공학의 핵심 개념을 실제 생체 혈관계에 적용한 사례로 평가됨

○ 본 연구는 초소형 스케일에서 로봇 시스템의 구조 · 제어 · 환경 상호작용을 통합적으로 설계해, 기존 기계식 접근이 불가능했던 뇌 · 척수 원위혈관을 자율적으로 탐색하고 치료할 수 있는 기반을 마련했으며, 향후 의료 마이크로로봇, 소프트로봇, 생체적응형 로봇 제어 기술로 확장될 수 있는 첨단로봇공학적 전환점을 제시함

¹⁷⁶⁾ Pancaldi, L., Özelçi, E., Gadir, M. A., Raub, J., Mosimann, P. J., & Sakar, M. S. (2025). Flow-driven magnetic microcatheter for superselective arterial embolization. Science Robotics, 10(107), eadu4003.

¹⁷⁷⁾ arXiv:2508.05312 [physics.med-ph]

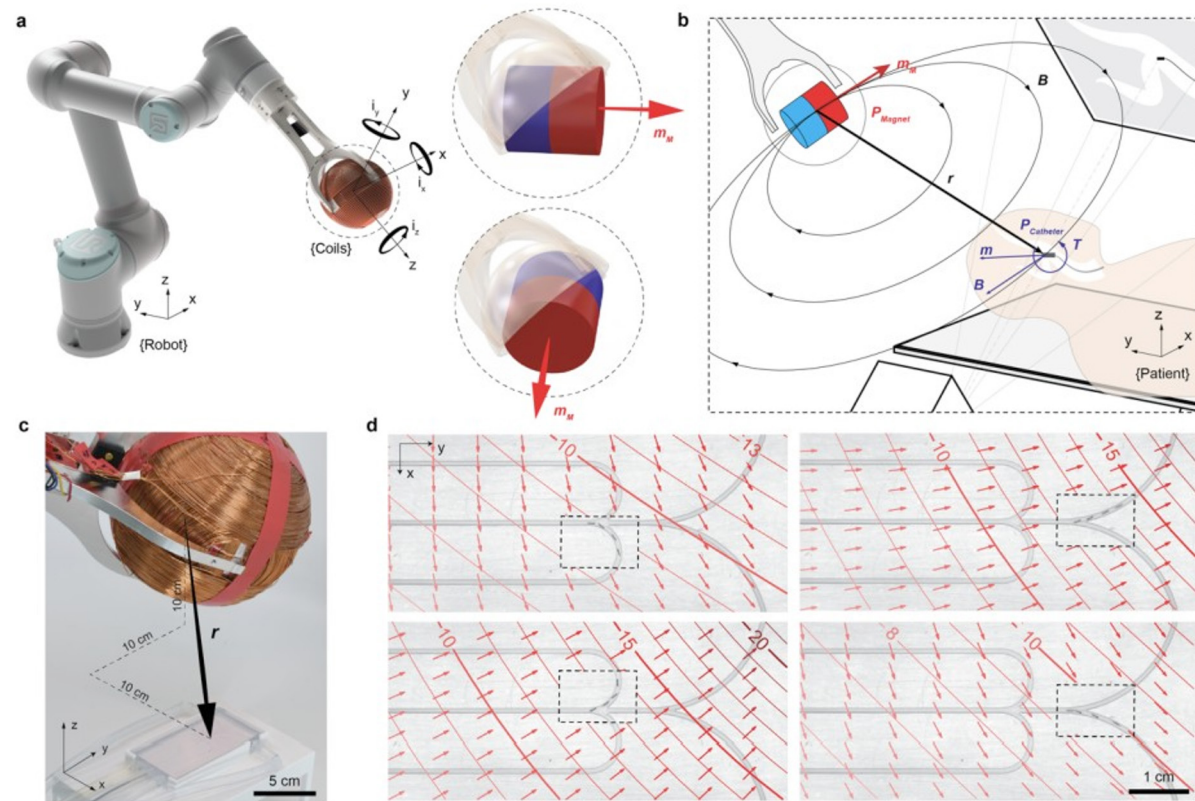


그림 1. 스위스 EPFL 연구팀이 미세혈관 중재시술을 위해 개발한 자기장 제어 기반 첨단 의료로봇 기술
(출처: arXiv:2508.05312 [physics.med-ph])

□ (스위스) 취리히 연방 공과대학교(ETH Zurich) ¹⁷⁸⁾

- 스위스 취리히 연방 공과대학교(ETH Zurich)의 Multi-Scale Robotics Lab 연구팀은 기존의 수동식 중재시술 기구가 좁고 구불한 혈관을 통과하기 어려운 문제를 해결하기 위해, 회전 운동과 자기 제어를 결합한 나선형 혈관 로봇을 개발한 연구임

- 연구팀은 외부 자기장으로 원격 조종할 수 있는 Helical Magnetic Continuum Robot을 설계했으며, 로봇의 표면에 나선처럼 생긴 나선 구조를 넣어 회전 시 혈관 벽을 따라 스스로 전진할 수 있게 함. 또한 로봇의 끝부분에는 자기 조향 팁을 달아 3차원 방향 제어가 가능하도록 했음. 이러한 구조 덕분에 기존 기계식 카테터보다 훨씬 부드럽고 정밀하게 혈관을 따라 움직일 수 있음
- 시스템은 세 개의 전자석으로 구성된 전기자기 내비게이션 장치와 모터 구동 유닛으로 이루어져 있으며, 회전과 전진을 동시에 제어할 수 있고 시술자가 근거리 또는 원격으로 로봇을 실시간 조작할 수 있음
- 로봇은 유연한 고분자와 금도금 자성 재료로 만들어졌으며, 자기 모멘트와 탄성의 균형을 유지하도록 설계됨

¹⁷⁸⁾ Dreyfus, R., Boehler, Q., Lyttle, S., Gruber, P., Lussi, J., Chautems, C., ... & Nelson, B. J. (2024). Dexterous helical magnetic robot for improved endovascular access. Science Robotics, 9(87), eadh0298.

- 실험에서는 인공 혈관 모델, 인간 태반 조직, 돼지 실험을 통해 로봇이 혈관 안에서 버클링 없이 전진하며 기존 가이드와이어보다 훨씬 깊고 복잡한 혈관 구조를 통과할 수 있음을 입증함

- 특히 직경 약 1 mm의 혈관까지 진입해 초정밀 혈관 조영과 조영제 주입을 성공적으로 수행함

- 이 연구는 첨단 로봇공학적으로 연속체 로봇 구조, 회전 기반 추진 메커니즘, 자기장 제어 기술을 실제 생체 환경에 적용한 중요한 사례로 평가됨

- 향후 자율 주행형 혈관 중재 로봇 및 AI 기반 조향 시스템 개발로 이어질 수 있는 핵심 기술적 기반을 제시함

□ (독일) Max Planck Institute for Intelligent Systems ¹⁷⁹⁾

- 독일 Max Planck Institute for Intelligent Systems 연구팀은 초고자기장 자기 공명영상 (MRI) 환경에서도 작동할 수 있는 자기 조향 가이드와이어 기술을 제시한 연구임

- 기존 자기 구동형 카테터·가이드와이어는 1.5~3 T 이하의 저자기장 시스템에서만 작동해 MRI 내 실시간 시술에 통합하기 어려웠던 반면, 본 연구는 7 T MRI 내에서 안정적 제어를 가능하게 함

- 연구진은 네오디뮴 영구자석의 단축 자화 거동을 초고자기장에서 모델링해, 자화 벡터가 외부 자기장 방향과 완전히 평행하지 않아도 안정적으로 작동할 수 있음을 보였음

- 이를 바탕으로 광섬유 로드 + 소형 영구자석 팁 구조의 가이드와이어를 제작하고, 자기 토크와 자기 힘을 정확히 예측·제어할 수 있는 수학적 모델을 구축함

- 이 가이드와이어는 자석의 배향에 따라 평행, 수직, 반평행 세 가지 자기 구성으로 조향할 수 있으며, MRI 내에서 기초 자기력만으로 팁의 방향과 곡률을 제어함

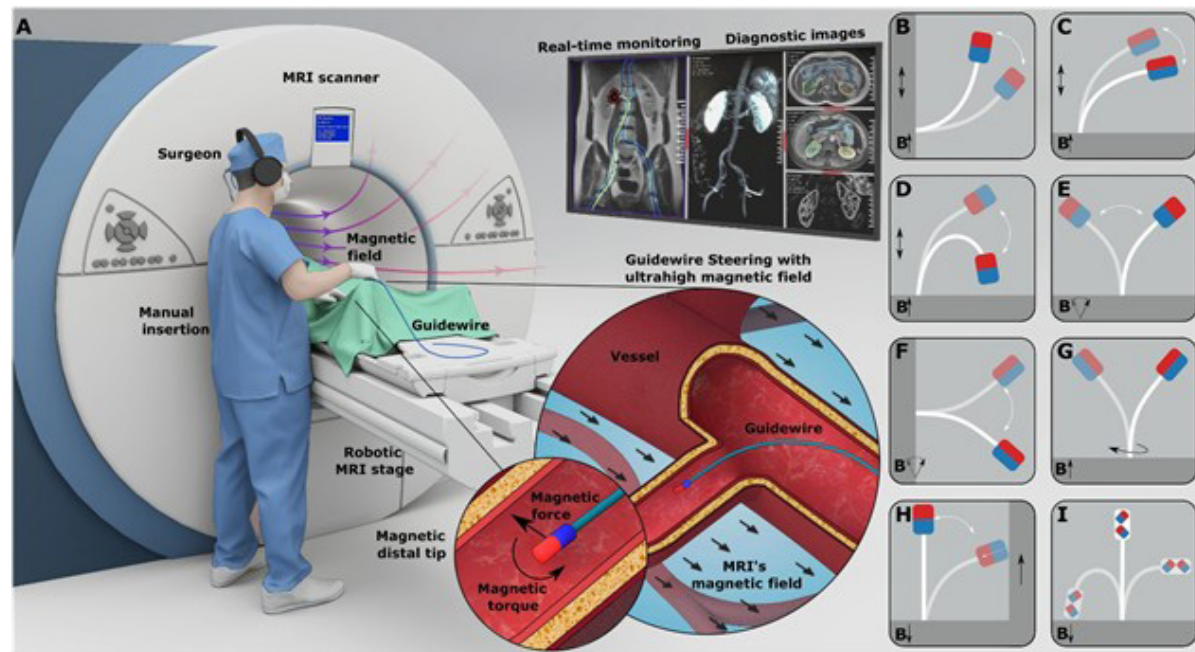
- 특히 자기장 세기가 4 테슬라 이상일 때 자화 방향이 동시에 변하는 현상을 활용해, 가이드와이어 팁의 자기 극성을 실시간 전환시켜 조향 방향을 바꿀 수 있음을 보임. 또한 두 개의 자석을 수직 배치한 이중 자석 팁 설계로 0°, 90°, 180°의 복수 안정 자세를 확보해 다양한 혈관 방향에 대응하도록 함

¹⁷⁹⁾ Tiryaki, M. E., Elmacioğlu, Y. G., & Sitti, M. (2023). Magnetic guidewire steering at ultrahigh magnetic fields. Science Advances, 9: eadg643.

- 2D 및 3D 혈관 모델과 실제 돼지 신장 실험에서 가이드와이어가 혈류 조건하에서도 매끄럽게 조향되며, MRI 영상 중에도 조영제 주입 및 혈관 탐색이 가능함을 검증함
 - 특히 3D 신경·신장 혈관 모델에서 기존 전기 구동식 카테터보다 더 정밀하고 안전하게 선택적 혈관 접근이 가능했음

○ 이 연구는 초고자기장 MRI 자체를 로봇 구동원으로 활용하는 새로운 의료 로봇 패러다임을 제시함

- 첨단로봇공학적으로는 ①자기 포화 상태의 연속체 모델링, ②자기 토크·힘의 정밀 예측과 물리 시뮬레이션, ③자기장 내 실시간 형상 제어 및 자기화 방향 스위칭이라는 새로운 제어 방식을 통합했다는 점에서 의의가 있음
- 결론적으로 본 연구는 MRI 환경 내 완전 비전기식·비접촉식 혈관 중재 로봇의 기초 물리와 제어 원리를 정립하며, 차세대 MRI 유도 중재 시술용 로봇의 핵심 이론적 기반을 제시함



<그림 2. 독일 Max Planck 연구팀이 개발한 자기장 제어 가능한 혈관 로봇>

□ (영국) 리즈 대학교(University of Leeds) ¹⁸⁰⁾

- 영국의 리즈대학(University of Leeds) 연구팀은 글라스고 대학(University of Glasgow) 및 에든버러 대학(University of Edinburgh)와의 공동연구를 통해 자기장으로 움직이는 의료 로봇의 회전 제어 한계를 극복하고, 이를 이용해 고해상도 초음파 이미징을 구현한 연구임

- 기존 자기 구동형 캡슐이나 내시경 로봇은 자기장의 방향이 로봇의 자화축과 평행할 때 회전이 제한되어 정밀한 스캔이나 방향 제어가 어려웠음. 이를 해결하기 위해 연구진은 ‘오로이드(oid)’ 형상을 도입
- 오로이드는 두 개의 수직 교차 원을 연결한 곡면체로, 회전 시 선(line)으로 접촉하며 구불구불하게 굴러가는 독특한 운동을 함. 이러한 비대칭 구조는 자기 토크가 작용할 때 자동으로 회전 자유도를 생성해, 기존 자기 로봇의 운동 제약을 극복할 수 있게 함

○ 연구진은 이 개념을 자기 유연 내시경 플랫폼에 적용하여 오로이드 자기 내시경을 개발함

- 로봇 내부에는 32채널 28MHz 마이크로 초음파 센서가 내장되어 있으며, 자기장 조향을 통해 롤링·스위핑 운동을 수행하면서 조직을 3차원으로 스캔
- 실험 결과, 돼지 대장 모델에서 $\pm 60^\circ$ 회전 범위를 정밀하게 제어하며 상·하 표면을 모두 촬영할 수 있었고, 자동 접촉 감지 알고리즘을 통해 영상 품질을 유지함
- 이 로봇은 실제 조직 구조를 9.6% 이내 오차로 재구성할 수 있을 만큼 높은 영상 정확도를 보임

○ 첨단로봇공학적으로 본 연구는 형상지능(embodied intelligence)을 이용해 자기 토크의 물리적 제약을 해결하고, 비대칭 구조를 통해 수동 구동 없이 회전 운동을 생성한 최초의 자기 로봇 설계로 평가됨

- 또한 자기장 제어, 초음파 센서 융합, 실시간 폐회로 제어 등 다중 시스템을 통합해 소프트 로봇, 마이크로 로봇, 의료 영상 로봇 분야 간 융합 플랫폼을 제시함

¹⁸⁰⁾ Greenidge, N. J., Calmé, B., Moldovan, A. C., Abaravicius, B., Martin, J. W., Marahrens, N., ... & Valdastrì, P. (2025). Harnessing the oloid shape in magnetically driven robots to enable high-resolution ultrasound imaging. Science Robotics, 10(100), eadq4198.

- 제조 측면에서도 이 연구는 첨단로봇 제조 기술의 전형적인 특징을 갖고 있음.
오로이드 로봇의 제작에는 다축 3D 마이크로프린팅, 정밀 자성소재 배향 공정, 센서-구조 일체화 설계 같은 기술이 활용됨

- 이러한 제조 접근은 복잡한 곡면 형상을 가진 로봇을 한 번의 공정으로 제작할 수 있게 하며, 고주파 초음파 센서 및 자성 입자 배열을 미세 정렬해 고정밀 · 고집적 의료 로봇 제조 기술의 새로운 가능성을 제시함

- 이 연구는 오로이드의 특이한 기하학적 운동을 이용해 자기 의료 로봇의 자유도를 확장하고, 첨단 제조 기술을 통해 구조 · 센서 · 자기 구동 시스템을 하나로 통합함으로써, 차세대 자율형 진단 및 치료 로봇 플랫폼의 기술적 토대를 제시한 연구임

□ (프랑스) 로보캐스(Robocath)¹⁸¹⁾

- Robocath는 2009년 프랑스 루앙(Rouen)에서 설립된 혈관 중재로봇 전문기업으로, 심혈관 및 신경혈관 질환 치료를 위한 정밀 로봇 시술 시스템을 연구 · 개발 · 상용화하고 있으며, 현재 여러 국가에서 임상적으로 사용되고 있음

- 최근 발간된 <Future of Robotics in the Cathlab> 보고서에 따르면, 미국 · 유럽 · 아시아 지역의 중재심혈관 전문의를 대상으로 한 설문조사 결과, 87%의 응답자가 로봇 기술이 시술의 품질과 일관성을 향상시킨다고 평가했으며, 77%는 실제 도입을 고려 중이라고 답함

- 의료진이 가장 기대하는 효과는 정밀한 기구 제어, 방사선 노출 감소, 원격 시술 가능성이었고, 반대로 높은 장비 가격(60%), 임상 근거 부족(57%), 기술 숙련도 문제(50%) 등이 주요 도입 장벽으로 지적됨

- 또한 67%의 응답자가 방사선 노출과 근골격계 피로 누적을 우려한다고 밝혀, 로봇 시스템이 의료진의 안전과 작업환경 개선에 기여할 것으로 기대됨

- 응답자의 93%는 로봇이 복잡 병변까지 다룰 수 있다면 즉시 도입하겠다고 답했으며, 87%는 영상진단장비(IVUS, OCT, FFR 등)와의 통합을 로봇 시술 확산의 핵심 조건으로 꼽음

- 이 보고서는 의료진의 실제 수요를 반영해, 향후 혈관 중재 로봇이 정밀 제어, 영상 융합, 원격 조작 등 첨단 로봇 제조 기술의 발전과 함께 차세대 첨단 의료기술로 자리 잡을 가능성을 제시

¹⁸¹⁾ Future of Robotics in the Cathlab (2024)

2. 유럽의 첨단로봇 제조 정책 동향

□ 호라이즌 유럽

- 최근 워크프로그램의 특징은 로봇 관련 연구가 단독 기술 주제로 제시되기보다, AI, 데이터, 시뮬레이션, 산업 운영 등과 결합된 형태로 제시된다는 점임

- 호라이즌 유럽 2026-2027 클러스터 4 워크프로그램에는 AI, 데이터, 로봇을 연계하는 연구 과제가 포함되어 있으며, 관련 주제들은 ADRA 파트너십과도 연결되어 있음. 이는 로봇이 단순한 제조 자동화 기술을 넘어, 유럽 산업의 디지털 및 지능형 전환을 지원하는 주요 기술 요소로 활용되고 있음을 의미함

- 워크프로그램에 실제로 AI 기반 로봇 시스템, AI-driven robotics, 인간-AI 협업 등 다양한 통합형 과제가 포함되어 있음. 이는 유럽이 로봇을 독립적인 장비가 아니라, AI 및 데이터 기반 기술을 산업현장에 적용하기 위한 통합 시스템의 일부로 인식하고 있음을 보여줌

- 또한 해당 프로그램은 AI, 데이터, 로봇 통합 파트너십을 중심으로 연구개발을 추진하고 있으며, 이를 통해 개별 기술이 아닌 유럽 전체 디지털 기술 생태계의 강화를 목표로 하고 있음. 따라서 호라이즌 유럽은 개별 과제 지원을 넘어, 기술 간 통합과 산업 적용을 중심으로 연구 방향을 설정하는 정책 수단으로 기능하고 있음

- 아울러 본 워크프로그램은 기술 개발 자체보다 산업적 도전 과제 해결과의 연계를 강조하고 있음. 제조 경쟁력 강화, 공급망 안정성 확보, 에너지 전환, 지속 가능한 생산 시스템 구축 등이 주요 목표로 제시되며, 로봇 및 AI 기술은 이러한 목표를 달성하기 위한 수단으로 활용되고 있음. 이는 유럽 로봇 정책이 기술 중심 접근에서 산업 전환 중심 접근으로 이동하고 있음을 보여줌

□ EU AI Act

- EU AI Act¹⁸²⁾는 인공지능 시스템을 위험 수준에 따라 규율하는 포괄적 법 체계로 고위험 AI 시스템에 대해서는 엄격한 요구사항이 적용됨

- AI Act는 AI 시스템을 허용 불가 위험, 고위험, 제한된 위험, 최소 위험으로 분류하며, 위험 수준에 따라 서로 다른 규제 요구사항을 적용함

- 고위험 AI 시스템은 위험관리 체계를 구축해야 하며, 데이터 품질 관리, 기술 문서 작성, 로그 기록, 인간 감독, 정확성 및 안전성 확보 등의 의무를 충족해야 함. 또한 시장에 출시되기 전 적합성 평가를 수행해야 함

- 일부 AI 시스템에는 투명성 의무가 적용됨. 예를 들어, 사용자가 AI 시스템과 상호작용하는 경우 이를 인지할 수 있어야 하며, 생성된 콘텐츠가 AI에 의해 만들어진 경우 이에 대한 표시가 요구될 수 있음

- AI Act는 유럽연합 내에서 사용되거나 시장에 제공되는 AI 시스템에 적용될 수 있음. 따라서 유럽연합 외 기업이라도 AI 시스템을 EU 시장에 제공하는 경우 해당 법의 적용 대상이 될 수 있음

¹⁸²⁾ Regulation - EU - 2024/1689 - EN - EUR-Lex - European Union

□ The Digital Europe Programme 및 AI 인프라

- Digital Europe 프로그램은 고성능 컴퓨팅, 인공지능, 사이버보안, 디지털 역량 강화, 디지털 기술의 광범위한 도입을 주요 분야로 설정하고 있음. 이를 통해 기업과 공공기관이 디지털 기술을 효과적으로 도입하고 활용할 수 있도록 지원하는 것이 핵심 목표

- Digital Europe Programme¹⁸³⁾은 유럽연합이 디지털 기술의 실제 도입과 확산을 촉진하기 위해 운영하는 핵심 실행 프로그램임. 본 프로그램은 연구개발보다는 기술의 시장 적용과 활용에 초점을 두고 있으며, 연구 중심의 호라이즌 유럽과 상호 보완적인 역할을 수행함

- 특히 TEFs(Testing and Experimentation Facilities)는 Digital Europe 프로그램 하에서 운영되는 실증 인프라로, AI 기반 소프트웨어와 하드웨어 기술이 실제 환경에서 시험·검증되고 시장 도입 이전에 성능과 신뢰성을 점검할 수 있도록 지원함. 이러한 시설은 기술의 시장 도입을 촉진하고, 실제 적용 과정에서 발생할 수 있는 문제를 사전에 검증하는 역할을 수행

- 또한 Digital Europe Programme은 고성능 컴퓨팅과 데이터 인프라를 포함한 디지털 기반 역량을 강화하는 데 중점을 두고 있음. 이는 인공지능과 데이터 기반 기술의 활용을 확대하고, 유럽 산업 전반의 디지털 전환을 지원하기 위한 기반을 구축하는 데 목적이 있음

- 결과적으로 Digital Europe Programme은 디지털 기술의 실증과 확산을 담당하는 정책 수단으로 기능함. 이는 연구개발을 중심으로 하는 호라이즌 유럽과 함께, 기술 개발부터 산업 적용까지를 연결하는 유럽의 정책 구조를 구성하고 있음

□ 인력양성 및 의료현장 인프라 확충

- 유럽은 로봇수술의 보급 확대를 위해 의료진 훈련 체계를 제도적으로 운영하고 있음

- 국가별로 로봇수술 전문의 인증제도를 도입함으로써 외과의사의 숙련도와 안전성을 표준화하고 있음

- 예를 들어, 독일과 프랑스는 로봇수술 자격 인증 과정과 전문 교육센터를 국가 주도로 설립하여 체계적인 교육과 평가를 시행하고 있음

- 의료로봇의 장비비용이 높고 운영이 복잡하다는 점을 고려하여, EU는 보험 상환체계 개편을 통해 의료기관의 재정 부담을 완화하려는 정책을 추진 중임

- 또한 의료진 교육의 균질화를 위해 EU 공동훈련 플랫폼 구축이 논의되고 있으며, 이를 통해 회원국 간 의료 로봇 보급 격차를 줄이려는 노력이 병행되고 있음

- 결국 유럽의 정책 방향은 단순한 ‘기술 도입’이 아닌 ‘기술의 안전한 활용’에 중점을 두고 설계되고 있음

- 이는 의료로봇을 단순한 첨단 장비가 아닌, 의료 시스템의 핵심 인프라로 자리 잡게 하려는 전략적 접근을 보여줌

□ 산업경쟁력 강화와 기술주권 확보

- 유럽은 의료로봇을 포함한 디지털 헬스케어 산업을 미래 핵심 전략산업으로 인식하고 있음

- EU 집행위원회는 의료기기 및 로봇산업의 기술자립(technological sovereignty)을 달성하기 위해 다양한 지원정책을 시행하고 있음

- 대규모 자금이 의료기기 혁신 및 스타트업 지원에 투입되고 있으며, 이를 통해 유럽 내 기술 생태계의 자립성과 경쟁력을 강화하고 있음

- 특히 「Robotics Action Plan for Europe (2025)」은 산업경쟁력 강화를 위한 전략 문서로, 로봇 기술을 의료·재활·돌봄 분야 전반으로 확산시키는 것을 목표로 함

- EU는 또한 EIT Health, Horizon Europe 등 대형 연구 프로그램을 통해 기술개발, 임상시험, 상용화를 연계 지원함으로써 연구성과의 시장 진입을 촉진하고 있음

- 아울러 EU는 외국 기업, 특히 중국 기업의 공공조달 참여를 제한함으로써 자국 산업을 보호하는 정책을 병행하고 있음

- 이러한 접근은 단순한 산업지원 정책을 넘어, 기술주권 확보를 위한 전략적 조치로 해석됨

¹⁸³⁾ The Digital Europe Programme, European Commission

□ 규제체계의 통합 및 고도화 ^{184) 185)}

○ 유럽연합은 의료로봇을 의료기기 체계 내에서 통합적으로 관리하고 있음

- 의료기기 규정(MDR, Medical Device Regulation)을 기반으로, 의료로봇이 수행하는 모든 임상 기능과 자율적 판단 과정을 엄격히 검증하도록 함
- 특히 인공지능이나 자율제어 기능이 포함된 경우, 인공지능법(AI Act)을 추가로 적용함으로써 의료기기 규제와 인공지능 규제가 동시에 작동하는 구조를 형성함
- 이러한 통합 규제 체계를 구축함으로써 EU는 의료로봇의 안전성과 책임성을 보장하기 위한 기반을 마련하고 있음

○ MDR은 제조사에게 제품의 임상적 성능, 추적성, 사이버보안 체계를 의무화함으로써 전주기적 품질관리와 안전 확보를 강화함

- 한편 AI Act는 의료용 인공지능 시스템을 ‘고위험 AI(High-risk AI)’로 분류함으로써, 데이터 품질, 인간 개입 가능성, 설명가능성(explainability), 로그 기록 유지 등에 대한 엄격한 기준을 제시함

○ 이러한 규제 체계에 따라 의료로봇은 ‘고위험 의료 AI 시스템’으로 간주되며, CE 인증을 위한 문서심사 및 임상시험 절차가 점점 더 강화되는 추세를 보임

- 또한, 의료로봇이 의료진의 판단을 대체하지 않고 보조적 역할을 수행하도록 함으로써, 자율 기능이 확대 되더라도 인간의 통제권(human oversight)을 유지하려는 유럽식 안전철학을 반영하고 있음

□ 윤리·책임·사회적 신뢰 확보

○ 의료로봇의 자율성 확대는 필연적으로 법적·윤리적 책임 문제를 동반

- 이에 따라 EU는 AI 책임지침을 통해 의료로봇의 오작동, 판단 오류, 데이터 왜곡 등으로 인한 손해 발생 시 책임 주체를 명확히 규정하려 하고 있음

○ 특히 AI의 의사결정 과정은 설명가능성을 확보해야 하며, 사용자는 시스템이 내린 판단의 이유와 근거를 이해할 수 있어야 함

- 이는 의료현장에서의 신뢰 구축과 책임 분배의 투명성을 보장하기 위한 핵심 원칙으로 작용함

¹⁸⁴⁾ New Regulations, Medical Devices regulations, European Commission.

¹⁸⁵⁾ “Aboy, Mateo, Timo Minssen, and Effy Vayena. "Navigating the EU AI Act: implications for regulated digital medical products." NPJ Digital Medicine 7.1 (2024): 237.

○ 이러한 윤리·법적 체계를 구축함으로써 EU는 의료로봇의 사회적 수용성을 높이고 환자 안전을 제도적으로 확보하고자 함

- 결국 EU의 의료로봇 정책은 기술혁신을 단순히 촉진하는 데 그치지 않고, ‘안전한 혁신’을 제도적으로 뒷받침하는 방향으로 진화하고 있음

3. 시사점

○ 현재 첨단 로봇 기술은 유럽을 중심으로 의료 분야에 빠르게 확산되고 있으며, 정밀 수술·혈관 중재·재활·원격 치료 등 다양한 임상 영역에서 인간의 한계를 보완하는 방향으로 발전하고 있음

○ 유럽연합은 의료로봇을 전략 산업으로 규정하고, Horizon Europe과 AI, Data and Robotics Partnership 등을 통해 자율형 수술로봇, 중재용 마이크로로봇, 인간-로봇 협업(HRI) 기반 재활 시스템 개발을 적극 지원하고 있음

- 또한 2024년 발효된 EU AI Act와 의료기기 규정(MDR)을 통해 의료로봇의 안전성, 투명성, 데이터 신뢰성을 확보하기 위한 제도적 기반을 마련함으로써, 기술 혁신이 임상 현장으로 안전하게 이전될 수 있는 환경을 조성하고 있음
- 이러한 흐름은 첨단 로봇공학과 정밀 제조기술—예를 들어 고정밀 센서, 유연 구동부, 디지털 트윈, 소프트 재료 기반 연속체 설계 등—의 융합을 가속화하고 있음

○ 이와 같은 유럽의 움직임은 한국에도 중요한 시사점을 제공함

- 한국은 로봇 및 반도체 제조 기술력, 정밀 제어 및 센서 기술, ICT 인프라, 의료진의 기술 수용성 측면에서 세계적 경쟁력을 보유하고 있음
- 특히 정밀 가공, 반도체 기반 센서, 모션 제어 기술은 의료로봇의 핵심 구성요소와 직접적으로 연결되어, 기술 이전과 융합에 유리한 환경을 형성함
- 또한 한국은 병원 중심의 연구 생태계와 대형 상급종합병원의 임상데이터 접근성이 높아, 실제 의료현장 기반의 기술 검증에 강점을 지님

○ 다만, 의료기기 인허가 절차의 복잡성, 임상 실증 인프라의 부족, 그리고 산학연 협력 구조의 단절은 여전히 첨단 의료로봇 산업의 성장을 제약하는 주요 요인으로 작용하고 있음

- 한국은 기존의 기술적 강점을 기반으로, 첨단 로봇 제조 기술을 의료기기 설계 및 임상 검증 체계에 조기에 통합하고, 연구-산업-임상 간 연계와 제도적 지원을 강화함으로써 첨단 로봇 및 제조 기술의 의료 분야 응용을 선도할 수 있을 것으로 전망됨

○ 유럽의 최근 첨단로봇 관련 정책과 산업 적용 사례는 한국이 이미 구축해 온 정책 기반과 산업 구조를 한층 발전시키는 데 유의미한 방향성을 제시함

- 한국은 그동안 AI, 데이터, 제조 혁신 등 다양한 정책을 통해 디지털 전환을 추진해 왔으며, 이러한 기반은 첨단로봇 산업과의 연계를 더욱 강화할 수 있는 충분한 토대를 제공하고 있음. 향후에는 개별 기술 중심의 접근을 넘어, 다양한 디지털 기술이 상호 연계되는 통합적 산업 전략으로 발전시켜 나가는 것이 중요

- 또한 한국은 스마트 공장, 테스트베드, 규제 샌드박스 등 다양한 실증 기반을 이미 구축하고 있으며, 이를 통해 기술의 현장 적용을 확대할 수 있는 여건을 갖추고 있음. 이러한 기반 위에서 실제 산업 환경에서의 시험과 검증을 더욱 활성화할 경우, 첨단로봇 기술의 상용화와 확산을 보다 효과적으로 추진할 수 있을 것으로 기대됨. 이는 기술 개발과 산업 적용 간의 연계를 강화하는 방향으로 이어질 수 있음

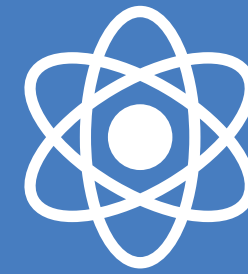
○ 규제 정책 측면에서도 긍정적인 발전 가능성이 존재함. 유럽은 AI Act를 통해 위험 기반 규제 체계를 도입하고 있으며, 이를 통해 산업계가 준수해야 할 기준을 보다 명확히 제시하고 있음

- 한국 역시 관련 제도 정비를 지속적으로 추진하고 있는 만큼, 기술 발전과 산업 활성화를 동시에 고려하는 방향에서 정책의 정교화를 이어갈 수 있을 것으로 보임. 이러한 접근은 기업이 보다 안정적으로 기술을 개발하고 시장에 적용할 수 있는 환경을 조성하는 데 기여할 수 있음

○ 한편, 한국은 제조업 경쟁력이 높은 산업 구조를 기반으로 첨단로봇의 활용 확대에 유리한 조건을 갖추고 있음

- 로봇을 생산성 향상과 공정 혁신을 위한 수단으로 적극 활용할 경우, 기존 산업의 경쟁력을 강화하는 동시에 새로운 산업적 기회를 창출할 수 있음. 이는 로봇 산업의 성장과 제조업 혁신을 동시에 촉진하는 방향으로 이어질 수 있음

- 아울러 디지털 기반 인프라 측면에서도 한국은 고성능 컴퓨팅, 데이터, 인공지능 등 핵심 기술 역량을 지속적으로 확충해 왔으며, 이러한 기반은 향후 다양한 산업 분야에서의 디지털 기술 활용을 확대하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대됨. 특히 데이터와 AI 기반 기술의 활용이 확대될수록, 이를 뒷받침하는 인프라의 중요성도 함께 증가할 것으로 보임



유럽 양자 연구 및 정책 동향

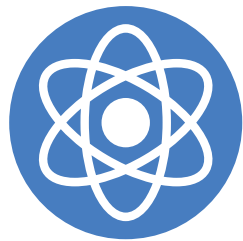
XI



양자 분야
박기민 서포터

유럽 양자 연구 및 정책 동향

작성자: 박기민(양자 분야 KERCC 서포터즈)



유럽의 양자 기술 전략은 방향 설정 중심 단계에서 산업 구현과 기술 안보를 포함한 실행 단계로 빠르게 전환되고 있다. 초기에는 'Quantum Europe Strategy'를 통해 기초 연구부터 산업화까지 이어지는 구조 구축이 제시되었으며, 양자 컴퓨팅-HPC 통합, EuroQCI 기반 통신망, 양자 센서 상용화 등 주요 기술 축이 정립되었다. 동시에 분산된 연구 및 투자를 통합하기 위한 거버넌스 재편이 이루어지고, 향후 양자법 제정을 통한 제도 기반 마련 방향이 설정되었다.

이후에는 'lab-to-fab' 전환이 가속화되며 산업화가 본격적으로 진행되었다. EuroHPC JU를 중심으로 양자 컴퓨터와 슈퍼컴퓨터 연동이 실제 운영 단계에 진입했고, Chips JU 기반 양자 칩 파일럿 라인이 가동되면서 하드웨어 기반도 구체화되었다. 정책적으로는 기술 안보가 핵심 의제로 부상하며 수출 통제 체계가 도입되었고, 공급망 내재화와 회복력 강화가 제도적으로 추진되고 있다.

결과적으로 유럽은 양자 기술을 연구 중심에서 산업·인프라·안보를 포괄하는 전략으로 확장하고 있으며, 글로벌 양자 생태계에서 주도적 위치 확보를 추진하고 있다.

XI

1. 유럽의 양자 연구 동향

□ 개요

○ 유럽 양자 기술의 연구 기반과 산업 잠재력

- 2025년 유럽의 양자 연구는 개별 기술의 성숙도 제고와 더불어, 이들을 통합하고 실제 산업 문제에 적용하는 방향으로 나아가고 있음
- 특히, 유럽연합 집행위원회(European Commission)와 공동연구센터(JRC)는 유럽의 강력한 연구 및 혁신 생태계를 바탕으로 양자 기술 분야에서 유리한 위치를 점하고 있다고 평가함. 현재 전 세계 양자 기술 기업의 32%가 유럽에 기반을 두고 있으며, 이는 미국(약 25%)과 중국(5%)을 앞서는 수치임 ^{186) 187)}

○ 특허 격차와 기술 상용화 전환 가속

- 다만, 특허 활동 면에서는 전 세계의 6%만을 차지하여 중국(46%)과 미국(23%)에 뒤처져 있으나, 2021년에서 2024년 사이 연평균 특허 성장률이 두 배 이상 증가하며 빠른 속도로 격차를 좁히고 있음. 이는 유럽의 연구 성과가 상용화 단계로 빠르게 이동하고 있음을 시사함

○ EU 양자전략과 제도 기반 구축

- EU 집행위원회는 'EU 양자 전략(Quantum Europe Strategy)'을 발표하며 2030년까지 양자 분야의 글로벌 리더로 도약하겠다는 목표를 명확히 함 ¹⁸⁸⁾. 이를 위해 기초과학부터 산업화까지 이어지는 선순환 구조를 구축하고, '양자법(Quantum Act)' 제정도 추진할 예정 ¹⁸⁹⁾

○ 산업화 단계 진입과 응용 확장

- 2025년 하반기에는 실험실 수준의 개별 기술 증명을 넘어, 대규모 제조 역량 확보(파일럿 라인) 및 고성능 컴퓨팅(HPC)과의 실질적 통합 운영 단계로 진입. 더불어 국방 및 우주 분야로의 양자 기술 도입(스핀-인)이 구체화되며 실용적 응용 연구가 가속화됨

¹⁸⁶⁾ https://intellectual-property-helpdesk.ec.europa.eu/news-events/news/new-jrc-policy-report-future-directions-quantum-technology-europe-2025-10-14_en

¹⁸⁷⁾ https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/quantum-technology-32-companies-only-6-patents-are-eu-2025-10-13_en

¹⁸⁸⁾ <https://www.kita.net/board/overseasMarketNews/overseasMarketNewsDetail.do?postIndex=1859953&boardType=0>

¹⁸⁹⁾ <https://zdnet.co.kr/view/?no=20250703090722>

□ 주요 연구 분야별 동향

○ 양자 컴퓨팅 및 시뮬레이션

- **(고성능 컴퓨팅(HPC)과의 통합)** 유럽은 세계적인 HPC 역량을 바탕으로 양자 컴퓨터를 기존 슈퍼컴퓨터와 통합하는 'QC-HPC' 통합에 집중하고 있음. 이는 단기적으로 하이브리드 양자-고전 알고리즘의 성능을 극대화 하고, 장기적으로는 양자 컴퓨터가 HPC 인프라의 핵심 요소로 자리 잡게 하려는 전략임 ¹⁹⁰⁾
- 주요 통합 사례
 - 독일: 월리히 슈퍼컴퓨팅 센터(JSC)는 JURECA DC 슈퍼컴퓨터와 프랑스 파스칼(Pasqal)사의 100큐비트 급 중성원자 양자컴퓨터를 연동하여 HPCQS 프로젝트를 진행중 ¹⁹¹⁾
 - 이탈리아: 볼로냐의 CINECA 슈퍼컴퓨팅 센터는 유럽 최초의 EuroHPC 양자 컴퓨터인 'EuroQCS-Italy' 설치를 위한 입찰을 시작했으며, 이는 Leonardo 슈퍼컴퓨터와 통합될 예정 ¹⁹²⁾
 - 폴란드: 포즈난 슈퍼컴퓨팅 및 네트워킹 센터(PSNC)에는 오스트리아 AQT사의 20큐비트 이온 트랩 양자 컴퓨터 'PIAST-Q'가 설치되어 ALTAIR 슈퍼컴퓨터와 연동 운영을 시작. 이는 EuroHPC 양자컴퓨터 중 최초로 운영을 개시한 사례임 ¹⁹³⁾
 - 이외에도 스페인, 체코 등에서 EuroHPC JU 주도로 양자컴퓨터가 구축되어 각국의 슈퍼컴퓨터와 통합될 예정 ¹⁹⁴⁾
- **(파일럿 라인 구축)** Chips Joint Undertaking을 통해 6개의 양자 칩 파일럿 라인 구축이 곧 시작될 예정이며, 이는 양자 프로세서의 설계, 제조, 테스트 역량을 유럽 내에 확보하기 위함임 ¹⁹⁵⁾
 - SUPREME 컨소시엄: 대표적으로 8개국 23개 파트너가 참여하는 'SUPREME' 컨소시엄은 초전도 양자 칩의 안정적인 대량 제조 기술 개발을 목표로 하며, 2026년 파일럿 라인 가동을 계획하고 있음 ¹⁹⁶⁾. 이를 통해 유럽 내 기업과 연구소가 공정설계키트(PDK)를 활용해 직접 칩을 설계하고 개발할 수 있는 환경을 제공할 것

○ 양자 통신

- **(EuroQCI 이니셔티브)** 유럽 전역에 양자 키 분배(QKD) 및 양자 암호 기술을 기반으로 한 보안 통신 네트워크 구축이 계속 진행 중임. 2025년에는 지상 및 위성 네트워크 간의 연동 테스트와 함께, 다양한 회원국 인프라 간의 상호 운용성 확보가 주요 과제로 부상하고 있음 ¹⁹⁷⁾

¹⁹⁰⁾ <https://www.frenchexpertinireland.com/blog/europes-quantum-gamble-the-strategic-industry-roadmap-2025-unveiled/>

¹⁹¹⁾ https://www.eurohpc-ju.europa.eu/boosting-europes-quantum-computing-infrastructure-2024-12-02_en

¹⁹²⁾ <https://eurohpc-ju.europa.eu/news/eurohpc-ju-signs-contract-euroqcs-italy-newest-eurohpc-quantum-computer-2023-06-28>

¹⁹³⁾ <https://www.psnec.pl/inauguration-of-piast-q-a-leap-for-european-quantum-computing/>

¹⁹⁴⁾ https://www.eurohpc-ju.europa.eu/vlq-europes-next-leap-towards-quantum-powered-research-and-innovation-2025-09-23_en

¹⁹⁵⁾ <https://sciencebusiness.net/news/quantum-computing/eu-unveils-plan-boost-quantum-research-and-innovation>

¹⁹⁶⁾ <https://quantumcomputingreport.com/eu-backs-supreme-consortium-for-industrialization-of-superconducting-quantum-chip-fabrication/>

¹⁹⁷⁾ <https://www.frenchexpertinireland.com/blog/europes-quantum-gamble-the-strategic-industry-roadmap-2025-unveiled/>

- 지상-위성 연동의 핵심, EAGLE-1: 유럽우주국(ESA) 및 EU 집행위원회와의 협력 하에 유럽 최초의 양자 암호 위성인 EAGLE-1 프로젝트가 추진중 ¹⁹⁸⁾. 20개 이상의 유럽 파트너가 참여하는 이 프로젝트는 저궤도 위성을 통해 장거리 QKD 기술을 실증하고, 이를 EuroQCI의 우주 부문과 통합하는 것을 목표로 함. EAGLE-1은 2026년 말 발사될 예정이며, 3년간의 임무를 수행하게 됨
- **(우주 및 국방 연계)** 유럽우주국(ESA)과 협력하여 양자 통신 기술의 우주 적용 로드맵을 개발하고 있으며, 민간의 양자 혁신을 국방 및 안보 분야로 이전하는 '스핀-인(spin-in)' 이니셔티브가 2026년부터 계획되어 있음
- SAGA 프로젝트: ESA와 유럽 위원회가 협력하는 SAGA 프로젝트는 위성 기반 QKD를 통해 정부 및 군사 통신을 위한 초보안 채널을 제공하는 것을 목표로 함 ¹⁹⁹⁾

○ 양자 센서 및 계측

- **(산업 및 국방 응용)** 정밀 의료 진단, 자율주행차를 위한 내비게이션, 국방 분야의 감지 기술 등 특정 산업 분야에서의 활용 사례를 창출하는 데 연구가 집중되고 있음. 특히 우주 및 국방 기술 로드맵을 통해 전략적 응용 분야를 구체화하고 있음
- 의료 분야: 양자 센서의 높은 민감도를 활용해 뇌파(MEG) 및 심장 자기 신호(MCG) 측정 장비의 정확도를 높여 알츠하이머나 암의 조기 진단을 돕는 연구가 활발함 ²⁰⁰⁾. 2025년부터는 '양자 자기공명영상(Q-MRI)' 구축을 통해 진단 기술을 한 단계 더 발전시킬 계획
- 자율주행 및 항법: GPS 없이도 작동 가능한 '양자 기반 항법시스템(PNT)' 개발이 진행 중 ²⁰¹⁾ 특히 양자 자이로스코프와 가속도계는 자율주행차, 잠수함, 항공기의 정밀 항법을 가능하게 할 핵심 기술로 주목받고 있음
- 자원 탐사: 2026년부터 '양자 중력계 네트워크'를 개발 및 배포하여 지하에 위치한 석유, 지하수, 가스 등의 탐지에 활용할 예정
- **(유럽 내 주요 플레이어)** 스위스의 Qnami는 양자 자기장 센서를 상용화하여 반도체 결함 분석 및 의료 진단에 적용하고 있으며, 독일의 프라운호퍼 IAF는 광학 기반 양자 센서 및 시스템 통합 기술 개발을 주도 ²⁰²⁾

○ 양자 컴퓨팅 및 시뮬레이션 (QC-HPC 통합 및 대량 제조)

- 고성능 컴퓨팅(HPC)과의 성공적 통합: 유럽 각지에 구축된 중성원자 기반 양자 컴퓨터가 슈퍼컴퓨터 시스템과 성공적으로 연동을 개시 ²⁰³⁾

¹⁹⁸⁾ https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/Quantum_encryption_to_boost_European_autonomy

¹⁹⁹⁾ https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/Advancing_Europe_s_quantum_secure_communications_from_space

²⁰⁰⁾ <https://www.frost.com/growth-opportunity-news/techvision/quantum-sensing-in-healthcare-growth-opportunities-in-diagnosis-monitoring-and-precision-medicine-tgc-cim-sn/>

²⁰¹⁾ <https://www.cnas.org/publications/reports/atomic-advantage>

²⁰²⁾ <https://www.iaf.fraunhofer.de/en/media-library/press-releases/smaraq-integrates-quantum-optics-on-a-chip.html>

²⁰³⁾ <https://eurohpc-ju.europa.eu/news/european-supercomputing-integrates-pasqal-quantum-systems-2025>

- (9월) 체코의 'VLQ' 시스템 연동 완료 ²⁰⁴⁾
- (11월) 독일 올리히 슈퍼컴퓨팅 센터(JSC)의 'Jade', 프랑스 원자력청(CEA)의 'Ruby' 시스템이 성공적으로 통합 가동 시작 ²⁰⁵⁾
- 양자 칩 파일럿 라인 가동: Chips Joint Undertaking의 지원(1억 4,500만 유로)을 받아 초전도, 광자, 중성 원자 등 6개 모달리티를 포괄하는 양자 칩 파일럿 라인이 본격 가동됨 ²⁰⁶⁾
- SUPREME 컨소시엄 등을 필두로 양자 칩의 안정적 대량 생산과 공정설계키트(PDK) 고도화를 통한 상용화 기반 확립 ²⁰⁷⁾
- 양자 주권 클라우드 인프라 구축: 8월, EU 지원을 받은 QCDC(Quantum Computers for Data Centres) 프로젝트가 성공적으로 종료되며, 이온 트랩 양자 컴퓨터를 위한 유럽 독자적 클라우드 컴퓨팅 서비스를 출범함. 이는 미국 등 비(非)EU 클라우드 제공업체에 대한 의존도를 완전히 탈피하기 위한 핵심 조치임 ²⁰⁸⁾
- EuroHPC '양자 그랜드 챌린지(Quantum Grand Challenge)' 출범: 10월, 역대 하드웨어 챔피언 육성을 위한 이중 단계(Dual-phase) 조달 파이프라인이 가동됨. 2026년 1월 마감인 1단계 프로토타이핑 지원(400만 유로)을 통과한 스타트업은 2단계 유럽투자은행(EIB)의 대규모 벤처 부채(Venture Debt) 펀딩과 직접 연계되어 양산 자금을 확보하게 됨 ²⁰⁹⁾

○ 양자 통신 (EuroQCI 및 위성)

- 네트워크 실증 및 운영 이관 준비: 유럽 양자 키 분배(QKD) 기술 검증을 위한 NOSTRADAMUS 프로젝트가 크게 확장되었으며, 2026년 초 이탈리아의 공동연구센터(JRC)로 운영을 완전 이관하기 위한 준비를 마침 ²¹⁰⁾
- 위성 양자 암호 통신망 구축: 유럽우주국(ESA) 주도의 유럽 최초 양자 암호 위성 'EAGLE-1'이 발사를 앞두고 독일 항공우주센터(DLR)와 네덜란드 등에서 핵심 지상 터미널 테스트를 성공적으로 수행 ²¹¹⁾

○ 양자 센서 및 이중 용도(Dual-Use) 기술

- 국방 및 안보 분야 적용 가속화: 12월, 유럽방위기금(EDF)은 양자 센싱을 상황 인식 및 사이버 작전을 위한 '핵심 역량'으로 공식 지정 ²¹²⁾

- 스핀-인(Spin-in) 이니셔티브: 기존 위성항법장치(GNSS)에 의존하지 않는 독립적인 '정밀 시간 및 주파수 항법 서비스'를 목표로 민간 양자 혁신의 국방 분야 도입 가속화 ²¹³⁾
- 국방 및 안보 분야 적용 가속화: 12월, 유럽방위기금(EDF)은 양자 센싱을 상황 인식 및 사이버 작전을 위한 '핵심 역량'으로 공식 지정 ²¹⁴⁾
- EDF 이중 용도 핵심 이정표(ADEQUADE 프로젝트 가동): 2025년 유럽 국방 준비 태세 백서의 전략적 의무에 발맞춰, 위성항법장치(GNSS) 거부 환경(GNSS-denied environments)에서도 작동하는 정밀 위치 · 항법 · 시각(PNT) 양자 센싱 국방 플래그십 이니셔티브인 'ADEQUADE' 프로젝트가 본격 출범하며 하드웨어의 군사적 자산화가 완료됨 ²¹⁵⁾

2. 유럽의 양자 정책 동향

□ 개요

○ 2025년 유럽의 양자 정책은 '전략적 집중'과 '거버넌스 통합'으로 요약

- JRC의 정책 보고서는 EU의 공공 투자가 여러 프로그램에 분산되어 있어 잠재력을 완전히 실현하지 못하고 있다고 지적하며, 보다 집중적이고 전략적인 접근이 시급하다고 강조함 ²¹⁶⁾
- 이에 따라 EU는 'Quantum Europe Research and Innovation Initiative'를 발표하고, 기초 연구부터 산업화, 인프라 구축까지 아우르는 통합된 비전을 제시함 ²¹⁷⁾

○ 2025년 하반기 정책은 '강력한 거버넌스 확립'과 미국 · 영국과 동기화된 '공급망 안보화'로 요약

- EU는 개방형 R&D 환경에서 벗어나, 동맹국 중심의 조달을 강제하고 핵심 부품의 수출입을 통제하는 강력한 산업 규제 생태계로 선회 중

²⁰⁴⁾ https://www.eurohpc-ju.europa.eu/vlq-europes-next-leap-towards-quantum-powered-research-and-innovation-2025-09-23_en

²⁰⁵⁾ <https://quantum2025.org/iyq-event/joint-inauguration-of-ruby-and-jade-quantum-computers/>

²⁰⁶⁾ <https://chips-ju.europa.eu/calls/quantum-pilot-lines-supreme-2025>

²⁰⁷⁾ <https://www.iaf.fraunhofer.de/en/media-library/press-releases/supreme-consortium-scale-up-superconducting-quantum-chips.html>; <https://www.hll.mpg.de/3082330/SUPREME>

²⁰⁸⁾ https://qt.eu/news/2025/2025-08-28_eu-gives-unprecedented-access-to-quantum-computers

²⁰⁹⁾ https://www.eurohpc-ju.europa.eu/quantum-grand-challenge_en

²¹⁰⁾ https://joint-research-centre.ec.europa.eu/projects-and-activities/quantum-technologies_en

²¹¹⁾ https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/Eagle-1_infographic

²¹²⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/from-ai-to-quantum-how-the-european-defence-fund-shapes-the-future-of-eu-defence-technologies_en

²¹³⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/edf-quantum-technologies-situational-awareness-2025_en

²¹⁴⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/from-ai-to-quantum-how-the-european-defence-fund-shapes-the-future-of-eu-defence-technologies_en

²¹⁵⁾ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/a09e0f8f-6f57-4d73-8ab0-b108fa840204_en?filename=Factsheet-Quantum-in-Defence_0.pdf

²¹⁶⁾ https://intellectual-property-helpdesk.ec.europa.eu/news-events/news/new-jrc-policy-report-future-directions-quantum-technology-europe-2025-10-14_en

²¹⁷⁾ <https://sciencebusiness.net/news/quantum-computing/eu-unveils-plan-boost-quantum-research-and-innovation>

□ 주요 정책 및 이니셔티브

○ Quantum Europe Research and Innovation Initiative

- **(목표)** 유럽의 강력한 연구 기반을 경제적 리더십으로 전환하기 위해 EU 회원국들의 역량을 결집하는 것을 목표로 함 ²¹⁸⁾
- **(주요 내용)** 기초 연구 지원, 기술 개발 및 혁신, 양자 인프라 및 파일럿 라인 투자, 공공 및 산업 응용 프로그램 개발을 포괄함
 - 통합 예산 및 관리: 기존에 'Horizon Europe', 'Digital Europe Programme' 등 여러 곳에 분산되었던 양자 관련 예산을 통합적으로 관리하여 투자 효율성을 높임
 - 전 주기 지원 강화: 기초 연구(ERC 등) 지원은 물론, 기술 개발 및 혁신(EIC), 양자 인프라 및 파일럿 라인 투자, 공공 및 산업 응용 프로그램 개발까지 양자 기술 발전의 전 주기를 포괄적으로 지원
 - 2025년 핵심 목표: 양자 컴퓨팅, 통신, 센싱 분야에서 유럽이 기술 주권을 확보할 수 있는 핵심 기술 영역을 식별하고, 이에 대한 전략적 투자를 집중하는 로드맵을 구체화 중

○ EU 차원의 정책 (다자간 규제 동기화 및 역내 공급망 통제) 및 국가별 동향

- 유럽 양자 전략(Quantum Europe Strategy, 7월): 2030년까지 양자 패권 확보를 위한 5대 축을 확립하고, EuroHPC의 권한 확대 및 2026년 '유럽 양자 스킬 아카데미' 출범을 의무화함. ²¹⁹⁾ 특히 해당 전략 문서 (COM(2025) 363 final)는 유럽의 '노벨상 수준의 과학적 리더십'을 전략적 자율성과 하드웨어 보호주의의 핵심 명분으로 삼아, 2026년 양자법 도입의 강력한 수사적·법적 정당성을 부여 ²²⁰⁾
- R&I 거버넌스 중앙화: 7월 '유럽 양자 전략'에 따라, EuroHPC JU의 설립 규정이 개정되어 기존 Horizon Europe 등으로 분산되어 있던 양자 연구 및 혁신(R&I) 예산과 프로젝트 통제권이 EuroHPC JU라는 단일 거버넌스 우산 아래로 완전히 중앙화됨 ²²¹⁾
- 상호운용성 및 기술 표준화 로드맵 배포: 산업 규모 전환(Lab-to-Fab)에 선제적으로 대응하기 위해, 유럽 표준화기구(CEN-CENELEC, JTC 22 위원회)는 역내 규제 및 하드웨어 인터페이스 표준을 통일하는 '양자 기술 표준화 로드맵' 최신판을 전격 도입 ²²²⁾
- 다자간 수출 통제 블록 형성(500 Series, 11월): 바세나르 체제 내 러시아의 거부권 행사로 인한 교착 상태를 타개하기 위해, EU는 위임규정(Delegated Regulation)을 통해 이중 용도 통제 목록인 '500 시리즈'를 전격 도입함. 이는 미국 및 영국의 임시 최종 규칙(Interim Final Rules)과 동기화된 조치로, 양자 컴퓨터뿐만 아니라 극저온 냉각기(Cryocoolers), 파라메트릭 신호 증폭기 등 공급망 병목 지점을 포괄적으로 통제 ²²³⁾

²¹⁸⁾ EuropeanCommissionlaunchesstrategytomakeEuropeQuantumleaderby2030-QT.eu

²¹⁹⁾ <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/>

²²⁰⁾ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32025R2003>

²²¹⁾ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/eurohpc-regulation-amended-strengthen-europes-ai-and-quantum-capabilities>

²²²⁾ <https://www.vdma.eu/en/viewer/-/v2article/render/157425299>

²²³⁾ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32025R2003>

- 양자법(Quantum Act) 입법 본격화: 집행위원회는 역내 산업 생산 능력 확장 및 하드웨어 공급망 회복탄력성 강화를 위한 '의견 수렴(Call for Evidence)'을 12월에 성공적으로 마무리함. 2026년 2분기 중 공식 법안 초안이 발표될 예정 ²²⁴⁾
- **(네덜란드)** 양자 분야 민간 투자가 1억 6천만 유로를 돌파하였고, 12월 네덜란드 연구재단(NWO)은 1,050만 유로의 신규 기초연구 펀딩 개시 ²²⁵⁾
- **(독일·영국)** 양국은 1,400만 파운드 규모의 국방 및 센서 파트너십을 체결하고, 영국 글래스고의 프라운호퍼(Fraunhofer) 센터를 활용한 안보 기술 공동 연구를 구체화 ²²⁶⁾
- **(프랑스)** PyTorch 등 표준 AI 프레임워크에 양자 기계학습(QML)을 통합하는 'MerLin' 이니셔티브를 발표함. 또한 클라우드 기업 OVHcloud는 2026년까지 관델라(Quandela) 양자 프로세서를 자체 주권 클라우드에 호스팅하기로 합의 ²²⁷⁾
- **(핀란드)** IQM은 9월 미국 자본(Ten Eleven Ventures)의 주도하에 2억 7,500만 유로(3억 2,000만 달러) 규모의 시리즈 B 투자를 유치한 데 이어, 11월 말 4,000만 유로의 연장 라운드를 추가로 성공시켜 하반기에만 총 3억 1,500만 유로의 스케일업 자금을 확보 ²²⁸⁾
- **(유럽)** 2025년 유럽 양자 스타트업 벤처 펀딩은 전년 대비 170% 증가한 총 15억 유로의 사상 최고치를 달성했으며, 하드웨어 스케일업에 자본이 집중됨

○ 국가별 전략 및 유럽 양자 협약(European Quantum Pact)

- **(이중 전략(Dual Strategy))** 독일, 프랑스, 네덜란드 등 주요 회원국들은 자체 국가 전략을 지속 추진하는 동시에, '유럽 양자 협약' 서명을 통해 EU 차원의 공동 비전과 협력을 강화하고 있음. 이는 개별 국가의 강점(독일의 산업 연계, 프랑스의 기초 연구, 네덜란드의 스타트업 생태계)을 유지하면서도 유럽 전체의 시너지를 극대화하려는 전략임 ²²⁹⁾
- 주요 국가 동향
 - 독일: 2023-2026년간 30억 유로를 투입하는 '양자 기술 실행 계획'을 통해 산업 적용 및 상용화에 집중하고 있으며, 특히 자동차, 제약, 화학 산업과의 협력 프로젝트를 강화하고 있음 ²³⁰⁾
 - 프랑스: 2030년까지 18억 유로를 투자하는 '프랑스 양자 계획(France Quantique)'을 통해 기초 연구와 인력 양성에 강점을 보이며, 최근에는 양자 스타트업 육성을 위한 지원을 확대하고 있음 ²³¹⁾

²²⁴⁾ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/quantum-act-call-for-evidence_en

²²⁵⁾ <https://www.iamsterdam.com/en/business/dutch-quantum-boom-netherlands-ranks-second-globally-as-funding-soars-1600>; <https://www.nwo.nl/en/news/nwo-and-quantum-delta-nl-open-new-call-for-qu>

²²⁶⁾ <https://www.developmentaid.org/news-stream/post/202632/uk-germany-quantum-technology-partnership-14-million-funding>

²²⁷⁾ <https://www.quandela.com/about-us/newsroom/merlin-unveiled-photonic-quantum-layer-for-ai/>

²²⁸⁾ <https://meetiQM.com/press-releases/iqm-quantum-computers-raises-over-300-million-in-series-b-funding-round/>

²²⁹⁾ https://commission.europa.eu/news-and-media/news/eus-plan-become-global-leader-quantum-2030-2025-07-02_en

²³⁰⁾ <https://qbn.world/eur-3-billion-action-plan-for-quantum-technologies-by-german-government/>

²³¹⁾ <https://world.businessfrance.fr/nordic/the-rise-of-quantum-technologies-in-france/>

○ 거버넌스 개편 - 'Quantum Act'와 EuroHPC JU의 역할 강화 ²³²⁾

- **(새로운 거버넌스 체계)** 차기 'Quantum Act'의 일부로 새로운 거버넌스 체계가 제시될 예정. 이 법안은 EU 차원의 양자 기술 개발 및 도입을 위한 법적, 윤리적 프레임워크를 제공하고, 회원국 간의 협력을 촉진하는 내용을 담을 것으로 보임
- **(EuroHPC JU의 권한 확대)** 그전까지는 EuroHPC JU(European High Performance Computing Joint Undertaking)가 모든 양자 기술 분야를 통합 관리하도록 권한이 확대됨. 이는 양자 컴퓨팅과 슈퍼컴퓨팅의 시너지를 극대화하고, 유럽의 HPC 인프라를 양자 기술 발전의 핵심 허브로 활용하려는 전략임

○ 세부 정책 주제별 동향

- **(인력 양성)** EU는 양자 기술 분야의 심각한 인재 부족 문제를 해결하기 위해 다각적인 프로그램을 본격화하고 있음
 - 고급 인력 이동성 강화: 2026년부터 '유럽 양자 인재 이동성 프로그램'을 가동하여 EU와 파트너 국가 간 양자 기술 전문가의 국제적 교류와 역량 개발을 촉진할 계획임 ²³³⁾
 - 산업 연계 교육: 유럽혁신위원회(EIC)는 2025년 '연구자-스타트업 파견 파일럿 프로그램'을 시작하여 연구 인력이 양자 스타트업에 직접 파견되어 현장의 기술적 난제를 해결하고 지식 이전을 가속화하도록 지원함
 - 교육 인프라 구축: 2026년 설립 예정인 '유럽 양자 기술 아카데미'는 석·박사 학위 과정과 전문가를 위한 단기 집중 교육 모듈을 제공하는 온라인 허브 역할을 할 것임. 또한, 'DigiQ' 프로젝트를 통해 유럽 전역에 16개의 양자 기술 융합 석사 과정을 개발하는 등 학제 간 교육을 강화하고 있음 ²³⁴⁾
- **(국제 협력)** 미·중 기술 경쟁 속에서 EU는 '개방성'을 원칙으로 유사 입장국과의 협력을 통해 공급망을 강화하고 기술 발전을 가속화하는 전략을 추구
 - 전략적 파트너십 구축: 2025년부터 EU는 디지털 파트너십을 체결한 국가들을 중심으로 새로운 양자 및 다자간 협력 이니셔티브를 출범시킬 예정임
 - 범대서양 협력 강화: 미국 등 동맹국과 자원을 공동으로 활용하여 국방 등급의 신뢰할 수 있는 공급망을 개발하고, 범대서양 혁신 생태계 내에서 양자 기술 적용을 가속화하는 것을 목표로 함
 - 협력 프레임워크 수립: 2025년 이후 '유럽 양자 국제 협력 프레임워크'를 수립하여 국제 파트너십을 체계적으로 관리하고, 공동의 목표 달성을 위한 시너지를 극대화할 계획임
- **(윤리적, 사회적 영향)** EU는 양자 기술이 책임감 있게 개발되고 사회에 수용될 수 있도록 선제적으로 법적·윤리적 기반을 마련하고 있음
 - 양자법(Quantum Act) 제정 추진: 2026년 입법이 제안될 '양자법'은 양자 기술의 개발과 활용에 대한 법적·윤리적 가이드라인을 제시할 것임. 이 법안은 R&D 촉진과 산업 역량 강화를 넘어, 공급망 안정성과 거버넌스 체계를 포괄하는 것을 목표로 함

²³²⁾ <https://www.utwente.nl/en/eciu/archive/new-eu-quantum-strategy/>

²³³⁾ <https://sciencebusiness.net/news/quantum-computing/eu-unveils-plan-boost-quantum-research-and-innovation>

²³⁴⁾ https://commission.europa.eu/news-and-media/news/eus-plan-become-global-leader-quantum-2030-2025-07-02_en

- 책임 있는 혁신과 사회적 합의: EU는 '의견 수렴 절차(Call for Evidence)'를 통해 학계, 산업계, 시민사회의 폭넓은 의견을 수렴하며 법안을 설계하고 있음. 이는 기술 개발 초기 단계부터 경제적, 사회적 요구를 균형 있게 반영하려는 '책임 있는 혁신' 원칙을 실현하는 과정임 ²³⁵⁾
- 균형 잡힌 규제 접근: 산업계에서는 기술이 충분히 성숙하기 전에 선부른 규제를 도입하는 것을 경계하고 있으며, EU 역시 이러한 의견을 반영하여 혁신을 저해하지 않는 유연하고 균형 잡힌 규제 프레임워크를 지향하고 있음 ²³⁶⁾

3. 시사점

○ 전략적 통합과 거버넌스 재편

- 유럽은 분산된 연구 및 투자 프로그램을 'Quantum Europe Initiative'라는 단일 거버넌스 아래 통합하여 효율성을 극대화하는 방향으로 나아가고 있음
- 특히, 2025년 3분기부터 EuroHPC JU가 EU의 모든 양자 R&D 활동을 총괄 조정하게 되는 것은 상징적인 변화임
- 이는 제한된 자원으로 글로벌 경쟁에 대응하기 위한 핵심 전략으로, 여러 부처에 걸쳐 투자가 분산된 한국의 양자 기술 정책 수립에 중요한 참고 사례가 될 것임

○ 프로토타입에서 기술 주권 확보로의 전환

- 2025년은 유럽 양자 기술이 실험실 프로토타입 단계를 넘어, 실제 환경에서 운영되는 TRL 9 수준의 기술을 확보하는 원년으로 설정됨.
- 이는 단순 기술 개발을 넘어 인프라 구축, 공급망 내재화, 산업 표준 주도 등을 통해 '기술 주권'을 확보하려는 장기적 비전을 보여줌
- 'Chips Joint Undertaking'을 통한 6개 산업용 양자 칩 파일럿 라인 구축과 2026년 발표될 '양자 칩 산업화 및 표준화 로드맵'은 이러한 목표를 실현하기 위한 구체적인 실행 계획임

○ 강점 기반의 생태계 구축 전략

- 유럽은 세계 최고 수준의 HPC 인프라와 강력한 기초 연구 역량이라는 자신들의 강점을 활용하여 양자 기술 생태계를 구축하고 있음
- 특히 QC-HPC 통합 전략은 단기적으로 가장 빠르게 성과를 낼 수 있는 현실적인 접근법으로 평가됨

²³⁵⁾ <https://www.insideglobaltech.com/2025/11/04/european-commission-launches-a-call-for-evidence-on-the-impact-assessment-for-the-forthcoming-eu-quantum-act/>

²³⁶⁾ <https://www.euroquic.org/strategic-industry-roadmap-2025/>

- 또한, 전 회원국에 '양자 역량 클러스터(QCCs)'를 네트워킹하여 각국의 강점
- 예: 독일의 산업 연계, 프랑스의 기초 연구 등을 유기적으로 연결하고 유럽 전체의 시너지를 창출하려는 전략이 돋보임

○ 개방적 국제 협력과 안보

- 미국, 중국과의 치열한 경쟁 속에서도 유럽은 동맹국과의 개방적인 R&D 협력을 강조하고 있음
- 이는 기술 발전의 가속화와 글로벌 공급망에서의 핵심적 역할 확보를 위한 실용적인 외교 전략임. 특히 민간의 양자 혁신을 국방 및 안보 분야로 이전하는 '스핀인(spin-in)' 이니셔티브(2026년 계획)와 유럽우주국(ESA)과의 협력 강화는 기술 패권 경쟁이 안보와 직결되는 현실을 반영함
- 한국 역시 글로벌 양자 생태계 내에서 신뢰받는 파트너로서 유럽과의 전략적 협력 분야를 적극적으로 모색할 필요가 있음을 시사함 ²³⁷⁾

○ 다자간 수출 통제 블록의 공식화

- 서방 3개 축(미·영·EU)이 동기화된 500 시리즈 통제를 도입함에 따라, 글로벌 양자 하드웨어 공급망은 전면적인 안보화 단계에 접어들
- 이는 단순 기술 수출 제한을 넘어 극저온 시스템, 특수 소재 등 후방 산업 전반에 걸친 서방 동맹국 중심의 블록화를 의미

○ '동맹국 조달(Allied-Origin)' 프레임워크 강화 전망

- 2026년 발표될 EU 양자법은 단순한 보호무역을 넘어, Chips JU 인프라 등을 활용하는 역내 기업들에게 비동맹국(중국 등) 장비 및 소재에 대한 의존도 감축과 동맹국 중심의 부품 조달을 강제하는 가이드라인을 제시할 가능성이 큼

○ 한국의 선제적 전략 파트너십 확보

- 폐쇄적으로 변모하는 유럽 하드웨어 생태계에서 배제되지 않기 위해, 한국은 한-EU 디지털 파트너십을 적극 활용할 수 있음
- 양자법의 구체적인 '원산지 요건(Sourcing Quotas)'이 확정되기 전인 2026년 초, EuroHPC 벤치마킹 프로젝트 및 Chips JU 양자 파일럿 라인에 '신뢰할 수 있는 파트너'로서 선제적으로 합류하는 실용적 과학 외교 전략이 시급

²³⁷⁾ https://ecipe.org/wp-content/uploads/2025/01/ECI_25_PolicyBrief_03-2025_LY02.pdf

제2기 KERC 서포터즈

“

KERC 서포터즈는 12대 국가전략분야의 유럽 연구 및 정책 동향을 발굴·분석·제공하며, 유럽진출을 희망하는 한국 연구자들의 유럽 연구경력개발을 지원합니다.

다양한 서포터즈 활동은 KERC 홈페이지에서 만나실 수 있습니다.

<https://k-erc.eu/kerc-supporters/>

”



황현정
반도체·디스플레이

Researcher at RAAAM Memory Technologies



임은미
이차전지

Postdoc at Forschungszentrum Jülich



이영희
첨단 모빌리티

Postdoc at Deutsches Zentrum für Luftund Raumfahrt (DLR)



박설아
첨단 바이오

Postdoc fellow at Czech Technical University in Prague



김민재
우주항공해양

Researcher at University College London



박준범
수소

Postdoc at Forschungszentrum Jülich



정해식
사이버 보안

Researcher at FrieslandCampina



안현섭
인공지능

Senior Product Owner at HERE Technologies



서상원
차세대 통신

PhD Candidate at KTH Royal Institute of Technology



황준선
첨단로봇제조

PhD Candidate at École olytechnique Fédérale de Lausanne



박기민
양자

Researcher at Palacký University Olomouc

