

유럽 주요분야별 연구 및 정책 동향 2023



동 보고서는 연구 및 정책에 대한 다양한 참고문헌을 기반으로 작성되었으며,
연구논문이 아닌 보고서의 특성상 별도의 참고문헌은 표기하지 않음

발간사

세계는 기후변화 대응, 전쟁과 구호활동, 팬데믹의 위협, 빈곤 및 식량난, 고령화 사회 등 공동으로 해결해야 하는 사회적 과제들을 직면하고 있습니다. 미국 및 EU 등 선도국들은 이미 임무 중심의 정책 수립을 통해 당면한 사회적 문제 해결을 위한 혁신 기술 개발에 앞장서고 있습니다.

특히, EU는 2030년까지 기후변화 대응을 위한 기후 탄력 지역 달성, 암 환자 살리기, 해양 및 수질 복원, 스마트&기후 중립 도시 건립, 토질 개선을 5대 미션으로 설정하고, 세계 최대 규모의 EU 연구 혁신프로그램, 호라이즌 유럽을 통한 미래 구현을 준비하고 있습니다.

우리 정부도 지난 2023년 12월 미래 성장과 기술 주권 확보를 위해 12대 국가 전략기술을 공식 선정하고, 전략 기술 육성을 위한 임무 중심 로드맵을 수립했습니다. 동 로드맵은 임무 및 세부 중점 기술 등을 중심으로 한 정책 및 투자 집중 지원 계획, 미국·EU 등 기술 강국과의 과학기술 협력 강화 계획 등을 포함하고 있습니다. 특히 국제협력 강화를 위해 기술 분야별 주요 협력국을 선정하여 국제 공동연구, 인력교류, 해외협력거점 구축 등 전략적 파트너십을 강화할 예정입니다.

아울러 지난 3월 우리 정부는 호라이즌 유럽의 준회원국 가입을 발표했습니다. 한국의 준회원국 가입은 한국과 EU 협력 확대를 위한 탄탄한 발판을 제공해 줄 것입니다. 동 보고서는 2023년 한국 정부에서 지정한 12대 국가 전략 기술 중 EU에서 활발한 연구가 진행되고 있는 5개 분야(반도체, 차세대 원자력, 첨단 바이오, 우주 항공, 양자)를 중심으로 2023년 한 해 동안의 분야별 연구 및 정책 동향 파악을 목표로 발간되었습니다. 동 분석보고서가 EU와의 협력을 준비하는 한국 연구자들에게 협력 분야 및 방법 모색 등에 도움이 되기를 바랍니다.

끝으로 집필에 참여해 주신 각 기관의 연구원분들께 감사의 말씀을 전합니다.

한-EU연구협력센터(KERC) 센터장 조유현

목차

반도체분야 연구·정책동향

01 유럽 반도체 분야 연구 동향	8
» 새로운 페러다임으로의 전환 모색	
» 전력 및 통신 반도체	
» 인공지능 반도체 및 메모리	
» 차세대 고성능 센서	
02 유럽 반도체 분야 정책 동향	13
» 유럽 그린딜(European Green Deal) 정책을 위한 반도체 기술	
» 유럽의 디지털 10년(Europe's Digital Decade)	
» 주요 디지털 기술(KDT) 파트너십	
» EU 자금 지원 프로그램	
» The European Chips Act	
03 시사점	17

차세대 원자력 연구·정책 동향

01 유럽의 주요국의 원전 가동 및 SMR개발 현황	20
» 원전 현황	
» SMR(Small modular reactors, 소형모듈원전) 현황	
02 유럽의 차세대 원자로 개발을 위한 다자협력 구상	22
» G7 정상회의	
» COP28 공동선언문	
» EU Nuclear Alliance	
» EU Nuclear Industrial SMR Alliance	
» OECD/NEA Accelerating SMRs for Net Zero Initiative	
03 EU 및 주요국의 정책 현황	24
» EU	
» 프랑스	
» 영국	
04 EU 주요국 및 영국의 R&D 현황	29
» EU	
» 프랑스	
» 영국	
05 GIF 참여를 통한 공동연구 현황	33
06 시사점	34

첨단 바이오 연구·정책 동향

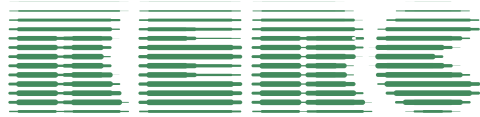
01	유럽의 첨단바이오 연구 동향	36
	» 백신개발	
02	유럽의 첨단바이오 정책 동향	42
	» EU 백신 전략	
	» 재정 지원 프로그램	
	» 보건비상준비대응국 (HERA)	
	» EU FAB 네트워크	
	» eHealth 디지털 헬스케어 정책	
	» 유럽 파트너십	
03	시사점	45

항공우주 연구·정책 동향

01	유럽의 항공우주 연구 동향	48
	» 차세대 CFD 시뮬레이터	
	» 항공우주 분야 속 인공지능	
	» 차세대 우주 발사체 아리안 6	
	» 기타	
02	유럽의 항공우주 정책 동향	54
	» EU 6대 핵심 연구 혁신 정책 과제	
	» EU 항공 우주 분야 주요 정책 및 프로그램	
	» Horizon Europe 내 항공 우주 분야 지원	
	» 보안 및 방위와 항공우주	
	» 우주 교통 관리	
03	시사점	58

양자기술 연구·정책 동향

01	유럽의 양자기술 연구 동향	60
	» 유럽	
	» 영국	
	» 독일	
	» 네덜란드	
02	유럽의 양자과학기술 정책 동향	66
	» 유럽	
	» 영국	
	» 독일	
	» 네덜란드	
03	시사점	71



유럽 주요분야별 연구 및 정책동향 2023

반도체분야 연구·정책 동향

무어의 법칙을 통해 폭발적으로 성장하던 반도체산업은 CMOS 노드축소가 한계에 도달하면서 기존의 실리콘재료 활용 CMOS공정 및 폰노이만 구조기반 시스템설계의 근본적 한계를 벗어나 **재료/소자/시스템의 전 방향으로 완전히 새로운 패러다임 전환**을 시험하고 있음. 2023년에는 특히 반도체로서 **기존 실리콘 재료성능한계를 뛰어넘을 수 있는 2차원 물질 및 화합물 반도체 연구**와 이를 활용한 **광소자 및 전자소자 집적연구**가 활발히 보고됨. 또한 **인공지능 친화적 시스템을 위한 뉴로모픽 컴퓨팅, 차세대 고성능 센서 연구** 등의 연구가 다수 발표되었고, 특히 이종의 재료/공정/시스템을 하나의 칩으로 집적하는 **이종집적 패키징이나 3차원 집적연구**는 반도체 전 분야에서 다수 보고되었음. 유럽연합은 Horizon Europe 연구지원 프로그램을 통해 기후 및 환경 지속가능성에 대해 강조하는 만큼, **다양한 차세대 반도체기술들의 지속가능성 관점에서의 평가 연구**도 보고됨.

EU는 유럽 내 반도체 생태계 구축 및 강화를 목표로 2023년 10월 European Chips Act를 발효하였음. 주요전략인 3개 필라(연구혁신, 공급안정, 위기관리)를 위해 유럽 내 생산시설 및 역량 확보와 차세대반도체 연구지원 및 국제협력에 박차를 가하고 있음.

Key words

이종집적기술, 전력반도체, 인공지능반도체, 차세대센서, 유럽칩스법

01

유럽 반도체 분야 연구 동향

» 새로운 패러다임으로의 전환 모색

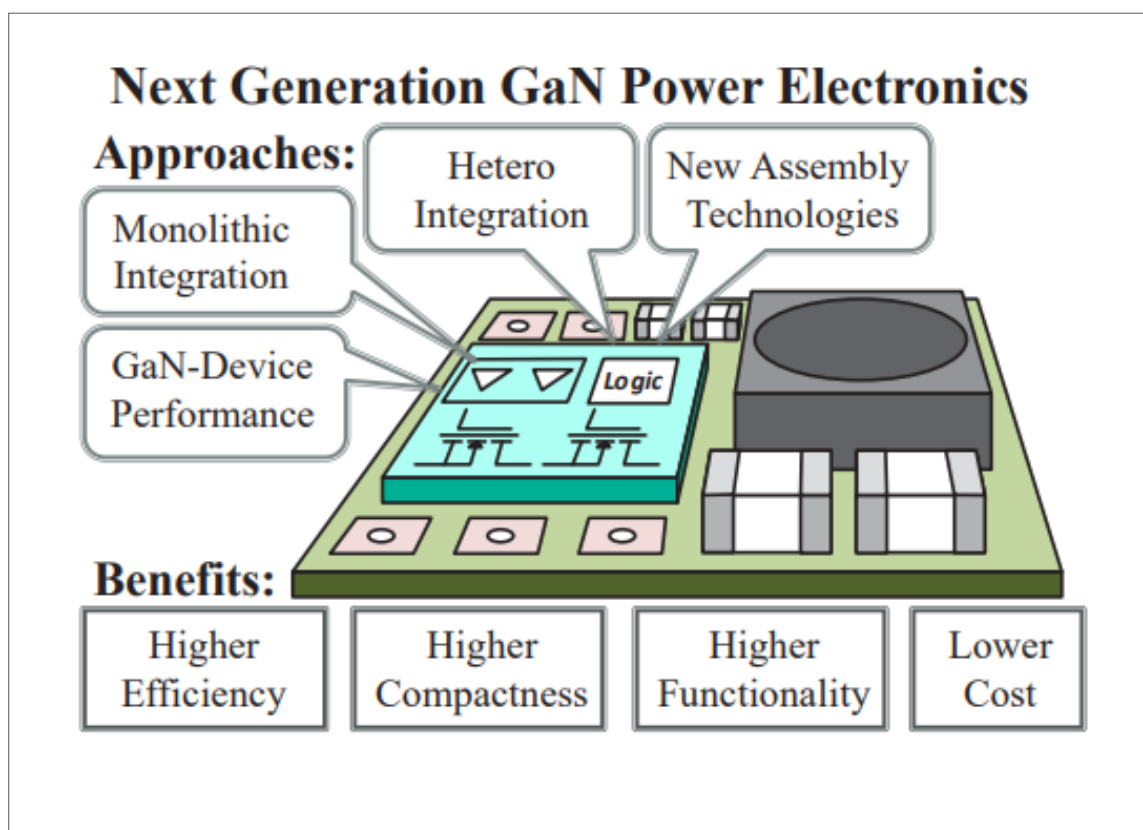
- 반도체산업의 폭발적 성장을 지배하던 큰 패러다임인 무어의 법칙(Moore`s Law)은 반도체소자 노드축소를 통해 성능 및 집적도 향상뿐 아니라 생산비용 효율성 또한 향상될 수 있음을 보여주었으며, 끊임없는 재투자를 통해 CMOS 공정 고도화를 이끌었음
- 하지만 더 이상의 노드축소는 비용과 물리적인 한계에 다다른 만큼, 최근 반도체 관련 전 연구분야의 큰 화두는 재료/소자/시스템 전 방향으로 완전히 새로운 패러다임의 전환 가능성을 시험해 보고 있음
- 재료 수준에서는 기존 CMOS 공정의 기반이 되는 실리콘의 재료적 성능한계를 극복하기 위해 다양한 이차원 물질 혹은 화합물 반도체 도입이 논의되고 있음
- 소자 수준에서는 저항기반 메모리 소자나 광집적 소자 등 완전히 새로운 동작 원리를 통해 기존 폰노이만 구조(Von Neumann architecture) 시스템의 근본적 한계를 벗어나기 위한 뉴로모픽(Neuromorphic) 컴퓨팅, 인공지능 친화적 메모리 등의 새로운 시스템의 설계 가능성을 모색하고 있음
- 또한 집적가능 차원을 넓히는 3차원 집적 및 이종집적 패키징을 통한 센서-인공지능-통신 등의 다양한 기술이 하나로 통합된 시스템의 다양한 설계활용 가능성을 보여주는 접근들이 많은 주목을 받고 있음
- 특히 유럽연합은 Horizon Europe 프로그램을 통해 유럽 전체의 중장기 목표로 기후 및 환경 지속 가능성에 대해 매우 강조하고 있는 만큼 다양한 차세대 반도체기술 후보의 지속가능성 관점 평가 연구가 진지하게 진행되고 있음

» 전력 및 통신 반도체

- 현재 사용되는 에너지의 최종 형태가 대부분 전기인 만큼 막대한 전력을 효율적으로 배분하고 제어하는 것이 중요해지고 있는 시점에서, 전력반도체는 전송선에 사용되는 아주 큰 기가와트 단위 전력부터 스마트폰에 사용되는 밀리وات 수준 전력까지 다양한 시스템에 맞게 배분하는 제어와 변환기능을 가진 소자로서, 교류와 직류 사이의 변환뿐 아니라 모터를 비롯한 모든 전자기기에 전압과 전류를 공급하는 역할 수행함
- 전력반도체 또한 저렴한 실리콘을 활용하여 고전압, 고전류 및 고주파수를 다루기 위해 실리콘 LDMOS (Laterally-Diffused Metal-Oxide Semiconductor), IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor)와 같은 신뢰성 향상을 위한 전력반도체용 특수구조를 개발해 사용해 왔으나, 복잡해지는 시스템의 집적과 모듈 소형화를 위해 전력반도체 또한 노드축소를 지향하고 있음

- 하지만 실리콘 재료가 견딜 수 있는 임계전기장(Critical field)에 따라 노드축소에 한계가 있고 고전력, 고주파 동작 시 발열로 인해 150도 이상의 온도가 되면 실리콘 밴드갭보다 큰 열에너지로 인해 캐리어가 모두 전도대로 전이되어 반도체 특성을 잃는 치명적인 단점이 있음
- 따라서 실리콘보다 밴드갭이 큰 물질인 SiC(Silicon Carbide), GaN(Gallium Nitride) 등의 와이드 밴드갭(Wide-bandgap) 반도체를 통한 소자노드 소형화와 동시에 전력효율 개선 연구가 활발하게 진행되고 있음

차세대 전력 및 통신기술을 위한 GaN/CMOS 이종집적 기술과 장점

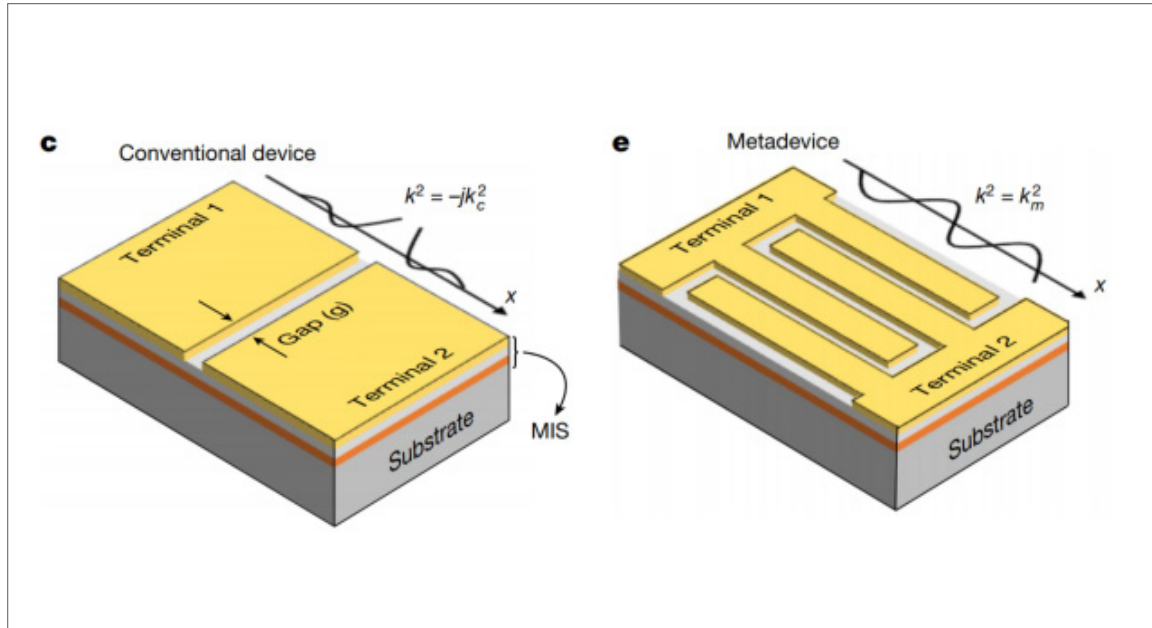


출처: Bristol University, UK

- 큰 전력을 고속으로 제어하기 위한 와이드밴드갭 도체를 활용한 전통적 트랜지스터 연구는 현재 SiC와 GaN이 주를 이루고 있는데, 이미 자동차 반도체로 많이 사용되고 있는 SiC는 고전압 및 고전력 처리에 매우 우수하지만 전자 이동도가 낮아서 On 저항이 높아 전력효율 개선에 한계가 있는 반면, 와이드밴드갭 화합물반도체인 GaN은 높은 전자이동속도를 활용하여 고속동작에 유리하므로 고전력효율전력 및 통신용 차세대반도체로 부각되고 있음

- 특히 5G 및 6G 네트워크 같이 매우 빠르게 작동하면서도 소형화와 발열에 따른 전력효율 열화 문제를 개선하는 연구가 집중적으로 진행되고 있는데, 특히 벨기에의 IMEC, 프랑스의 CEA-LETI, 독일의 Fraunhofer 등이 GaN on Si 자체공정을 통한 프로토타이핑 연구 및 서비스를 진행하고 있으며, 이들의 연구는 GaN on Si/CMOS 이종집적기술로 고집적 고효율 5G, 6G를 위한 차세대통신 반도체로 주목받고 있음

전통적 전자소자와 메타전자소자의 구조 비교



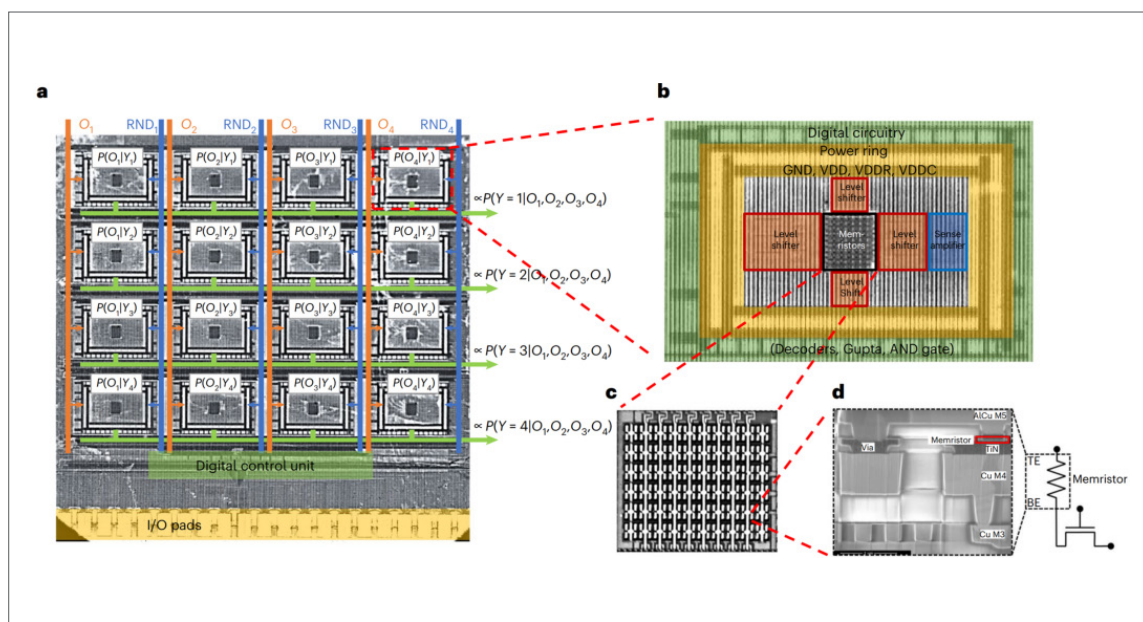
출처: "Electronic metadvice for terahertz applications" EPFL, Switzerland

- 또한, Nature에 공개된 스위스 로잔연방공과대학교(EPFL) 논문 "Electronic metadvice for terahertz applications"은 메타-전자소자(Electronic Metadvice) 라는 신개념의 전자소자 설계방법을 제시해 큰 주목을 받았음
- 다이오드와 트랜지스터 같은 전통적인 전자소자는 고주파에서 커패시턴스나 인덕턴스 등 기생 성분으로 인해 재료 자체가 가진 잠재성을 충분히 발휘하지 못하는데, 스위스 로잔연방공과대학교의 연구는 광학 메타물질 같이 Sub-wavelength 수준에서 RF-Field를 조절하는 접근을 통해 더 빠른 작동 속도와 큰 전압에서도 높은 전력효율로 동작할 수 있음을 증명하였음
- 이와 더불어 취리히연방공과대학교(ETH Zurich) 에서도 InAlN/GaN HEMT 전자소자에 메타전자소자 설계방법을 적용하여 기존 전자소자의 이론적 차단주파수 한계를 끌어올려 테라헤르츠 대역 동작 가능성을 시연하였음

» 인공지능 반도체 및 메모리

- OpenAI ChatGPT 같은 신경망 아키텍처 기반 언어모델의 등장으로 인공지능을 활용한 여러 활용 가능성이 활발하게 개발되고 있지만, 클라우드 서버에서 모델을 실행하는 데 막대한 컴퓨팅 전력 및 네트워크 자원이 필요하다는 점과 데이터 보안 부분에 있어 문제점이 제기되고 있는 상황임
- 최근 인공지능 반도체 연구 동향은 클라우드에 집중되는 컴퓨팅 및 네트워크 부하를 로컬 디바이스로 분산시키기 위해 전력소모를 최소화하면서도 로컬 디바이스의 제한적 데이터를 기반으로도 모델을 충분히 실행할 수 있도록 하는 Edge AI 기술을 위한 뉴로모픽 컴퓨팅과 Process in memory(PIM) 연구가 많은 주목을 받고 있음
- 인공지능 친화적인 메모리 기술을 위한 저항기반 메모리 기술 연구가 다수 보고되었고, 저항기반 메모리를 활용한 인메모리 컴퓨팅 설계 및 Edge-AI 기술 연구가 주목받았음

Memristor/CMOS 이종집적 베이지안 시스템 칩 사진



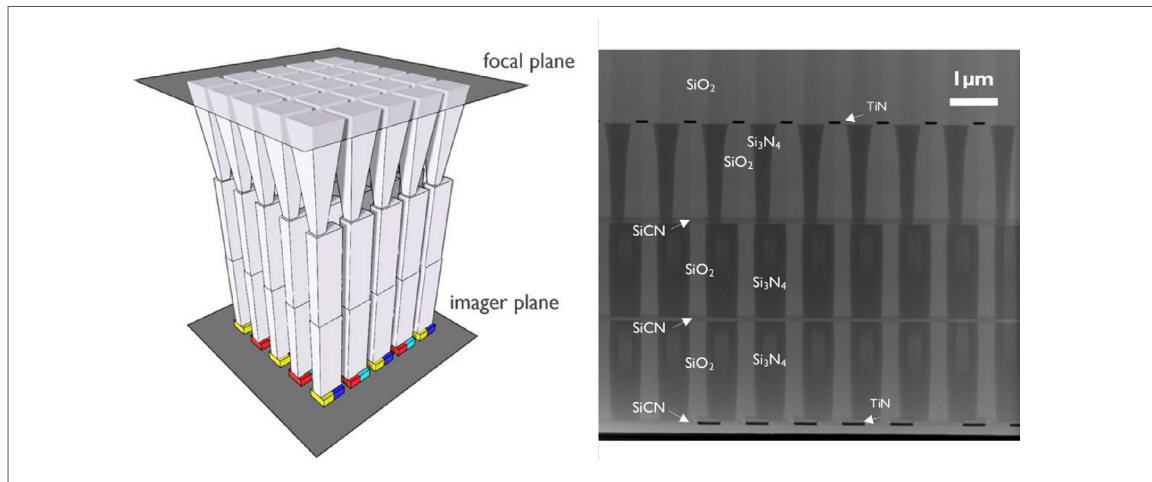
출처: Cea-leti, France

- 특히 프랑스 CEA-LETI에서 발표된 "A memristor-based Bayesian machine" Nature electronics 논문이 주목을 받았는데, 제한적인 데이터만으로 효과적인 추론을 가능하게 하는 기존 Bayesian machine 설계는 많은 컴퓨팅자원을 필요로 하므로 저전력의 로컬디바이스에서는 구동이 어렵다는 단점을 해결하기 위해 저항기반 메모리를 활용한 새로운 Bayesian machine 설계를 도입하였고 저전력으로 컴퓨팅자원을 활용한 Edge-AI를 성공적으로 구현하였음
- 기술성숙도가 높은 CMOS 기술과 저항기반 메모리 혹은 2D 물질의 장점을 동시에 활용하기 위한 이종집적 기술을 통한 뉴로모픽 시스템 연구 또한 많은 주목을 받았음

» 차세대 고성능 센서

- 차세대 센서는 반도체 공정기술의 발전으로 집적화, 고감도화, 소형화가 진행중이며 단순 측정 센서에서 인공지능을 결합한 형태의 스마트센서, 통신기술과 접목된 IoT(Internet of Things) 센서나 디스플레이 기술과 접목된 동작감지 센서 같은 이종의 시스템을 집적하는 연구가 활발히 보고되고 있음

집적광도파로 집적설계를 통한 색분할 필터의 3차원 구조(왼쪽)와 TEM 단면이미지 (오른쪽)



출처: IMEC, Belgium

- 먼저 최신 보고된 CMOS 이미지센서 기술은 파장에 따른 굴절 한계인 Abbe limit 과 낮은 잡음 대비신호(SNR; Signal to Noise Ratio)로 인한 픽셀집적도 한계에 도전하기 위해 기존 마이크로 렌즈 굴절방식이 아닌 광도파로, 집적설계를 통한 RGB 색분할 필터 기술로 저잡음 초고집적 sub-micron픽셀을 구현하여 주목을 받았음
- 한편, 가시광선보다 긴 파장의 적외선 이미지센서 연구도 활발한데, 근적외선 카메라 대비 투과율이 높아 연기나 짙은 안개와 같은 악천후 또는 야간 시야 확보가 가능한 고화질 단파적외선(Short-Wave Infrared, SWIR) 이미지센서를 CMOS 공정상에 집적하여 구현할 수 있는 기술이 Nature electronics에 발표되어 주목을 받았음
- 이는 실리콘 웨이퍼 위에 모놀리식 집적이 가능한 산화물 반도체인 InGaZnO를 통해 수광소자와 채널을 집적한 박막기반 포토게이트 소자를 구현하여 단파적외선 이미지 화질을 획기적으로 개선, 10배 이상의 암부잡음을 줄이는 데 성공하였음
- 또한, 투명 유기반도체 근적외선 검출소자 기술을 활용해 상용 디스플레이와 함께 사용가능한 동작 감지 이미지센서 연구나, DNA 분자검출을 위한 CMOS 공정기반 바이오센서 연구, CMOS와 마이크로LED를 포함한 광전자소자 이종집적을 통한 뉴런프로브 센서, 유기전자재료를 활용한 뉴로모픽 집적 바이오센서 연구 등 다양한 생체인식 센서 연구 또한 많은 주목을 받았음

02

유럽 반도체 분야 정책 동향

» 유럽 그린딜(European Green Deal) 정책을 위한 반도체 기술

- 기후변화와 환경저하를 극복하고 기후 중립을 달성하기 위해 2019년 12월 EU 집행위원회가 발표한 정책으로, ▲2050년까지 온실가스 배출량 제로로 감축, ▲자원 이용과 분리된 경제성장, ▲모든 시민과 지역이 소외되지 않도록 지원하는 것을 목표로 하여, 기후 및 에너지, 운송, 조세 관련 클린에너지 공급 정책을 채택함
- EU의 `NextGenerationEU` 복구 계획의 1조 8천억 유로 중 1/3과 EU의 7년 예산으로 그린딜 자금 지원
- 그린딜 정책 목표 달성을 위해 핵심 기술 중 하나인 반도체 기술을 활용하여 효율적인 전력 소비 가능
 - 에너지 효율적인 제품 및 시스템 개발, 에너지 생산 및 전송 분야에서 반도체 기술 활용 가능
 - 반도체 재료 재활용을 통해 순환경제 촉진, 재활용 가능한 제품 디자인 및 생산
 - 자동차 산업 및 운송 분야에서 친환경 자동차, 스마트 모빌리티 등에 반도체 기술 필요

» 유럽의 디지털 10년(Europe's Digital Decade)

- 디지털 10년 정책을 통해 디지털 사회를 위한 사람 중심의 지속가능한 비전을 추구하며, 모든 시민과 기업이 소외되지 않고 기술과 혁신에 대한 접근 및 활용이 가능하도록 함
- 마이크로일렉트로닉스(microelectronics)를 사람을 위한 첨단기술(cutting-edge technologies for people) 중 하나로 지정
 - 디지털 10년 정책은 그린딜 정책과 연계하여 디지털 인프라와 기술이 더욱 지속 가능하고 에너지 및 자원 효율적이 되도록 보장한다는 목표를 설정하였으며, 이는 반도체와 같은 환경과 사회에 도움이 되는 디지털 기술을 장려함
 - 2023년 현황보고서에 따르면, 2030년까지 세계 반도체 생산의 20%를 달성하는 목표의 절반 달성
- 다국적 프로젝트(MCP)를 통해 회원국이 저전력 프로세서(low-power processor) 등의 분야에 서 연합하여 디지털 10년 목표를 달성하도록 지원
 - 프로세서와 반도체 기술에 관한 MCP는 주로 IPCEI ME/CT와 연계하여 진행
- 프로세서 및 반도체 기술 연합
 - 2021년 7월 집행위원회는 마이크로칩 생산과 기업이 필요로 하는 기술 개발의 격차를 파악하기 위한 유럽 프로세서 및 반도체 기술 연합 개시
 - 연합을 통해 기업의 경쟁력을 증진하고, 유럽의 디지털 자주권 확보하며, 차세대 보안, 에너지 효율성, 강력한 칩과 프로세서에 대한 수요를 해결하고자 함

» 주요 디지털 기술(KDT) 파트너십

- KDP 파트너십은 유럽 그린딜 정책 및 경제·사회 전 분야에 걸친 디지털 전환을 지원을 목적으로 EU 집행위원회가 채택한 유럽 파트너십으로, 전자부품의 디자인, 제조 및 시스템과 소프트웨어 개발 집중
- 반도체는 전자부품과 시스템의 필수 재료이며, 데이터 인프라와 통신, 하이엔드·범용 컴퓨팅을 위한 데이터 처리에서 반도체의 중요성 증대
- 집행위원회와 회원국은 2021~2027년 기간 동안 KDT 파트너십에 18억 유로를 지원하며, 산학연은 산업협회를 통해 25억 유로를 지원함

» EU 자금 지원 프로그램

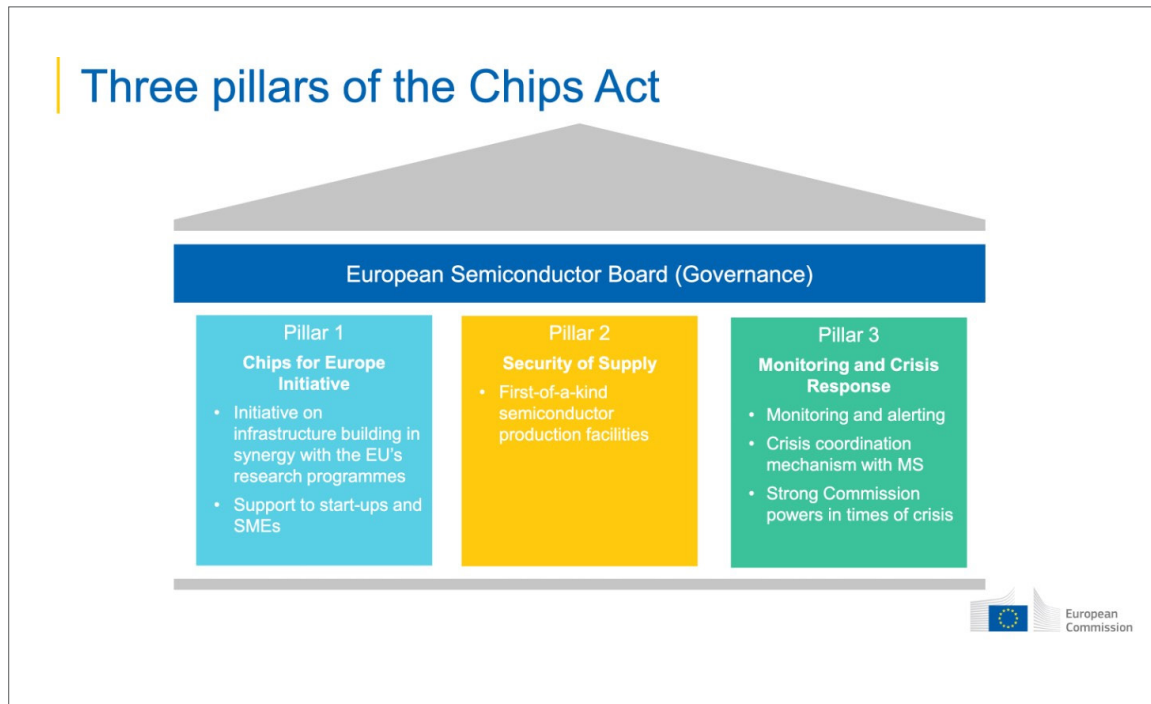
- **마이크로일렉트로닉스 및 통신 기술을 위한 유럽공동이익중요프로젝트(IPCEI ME/CT)**
 - 동 프로젝트는 2023년 6월에 승인되었으며, 19개 회원국에서 총 100여 개의 기업 및 관련 참가자가 공동으로 프로젝트를 진행함
 - 혁신적인 마이크로일렉트로닉스와 통신 솔루션 고안 및 에너지 효율적이고 자원 절약적인 시스템과 제조 방식의 개발을 통한 디지털 및 그린 전환을 목표하며, 통신 (5G, 6G), 자동주행, AI, 양자컴퓨팅 등 다양한 분야에 걸친 기술 진보에 기여
 - 총 210억 유로의 민간 및 공공투자가 진행되는 68개의 다국적 프로젝트(MCP)를 통해 센서, 고성능 프로세서와 마이크로프로세서 등의 향상을 가능하게 할 것
- **Horizon Europe**
 - Horizon Europe 클러스터4 목표4 (경쟁력과 그린딜 적합성을 위한 디지털 및 신기술) 토픽 중 반도체 및 마이크로일렉트로닉스 시스템 관련 프로젝트에 3,500만 유로 지원
 - 반도체 이니셔티브(Chips for Europe Initiative)에 HE 예산 중 7,500만 유로 투입
 - HE 프로그램의 일환인 반도체 국제협력(ICOS)을 통해 유럽 반도체 및 반도체 기반 광산업 (photonics industry) 지원

» The European Chips Act

- **배경**
 - 유럽은 미국과 중국에 이은 세계 3위 반도체시장으로 ASML, Infineon, NXP, Bosch, STMicroelectronics 등 주요한 반도체 관련기업이 포진해 있어 소재/부품/장비 핵심 기술을 다수 보유하고 있음에도 파운더리사업 등 자체생산 능력에는 투자가 저조했음

- 하지만 코로나19 팬데믹, 2022년 8월 발표된 미국 칩스법(Chips and Science Act), 국제정세 등으로 인해 반도체공급망이 불안정해짐에 따라 유럽연합(EU)은 “유럽 프로세서 및 반도체 기술 이니셔티브 공동선언문”을 발표하고 유럽지역 내 자체 반도체생산 능력을 높이기 위한 대형 프로젝트를 추진하며 반도체 생산시설 확보와 자체 생태계 구축을 위한 공동노력에 대한 투자를 확대하고 있음
 - 글로벌 반도체 가치사슬은 대만과 한국의 첨단반도체, 미국의 설계자동화 지적재산, 일본의 웨이퍼, 중국의 칩 어셈블리 산업 등 각 부문에 의존적인 특징으로 존재하는 병목현상을 지목했음
 - 세계시장에서 유럽은 자동차용 전장 및 센서 등의 반도체 산업에 점유율이 높긴 하지만 미세공정 등 첨단 반도체 생산능력은 부족해 반도체 소재 및 공정장비 생태계 전반이 취약한 상황임
 - 유럽 연합은 이러한 문제를 해결하기 위해 2022년 2월 EU반도체법 “Chips Act”를 발의하여 정책주도적 투자를 통해 2030년까지 세계 반도체 생산량의 EU 비중을 기존 점유율의 2배 이상인 20%까지 확대를 목표로 반도체 제조시설 확대를 포함한 전문인력 양성과 차세대반도체 기술연구에 투자계획을 발표함
 - Chips JU를 공식 개시하며 2023년 11월 EU는 새로운 반도체 디자인을 테스트할 수 있는 파일럿 라인(시범생산 라인)을 위한 공고를 개시하였으며, 이는 기술과 생산라인에 대한 기업의 접근 용이성 제고. 이어서 2024년 2월 반도체, 마이크로일렉트로닉스 및 포토닉스 연구혁신을 지원하기 위한 공고를 추가 개시
- **Chips Act에 대한 자금 지원**
 - 총 150억 유로 이상의 공공 및 민간자금이 투입되었으며, 해당 투자는 Horizon Europe과 Digital Europe 프로그램 등 기존의 반도체 연구혁신 프로그램 및 회원국의 지원을 보완함
 - Chips Act는 다음과 같은 지원을 제안함:
 - 차세대 기술에 투자
 - 최첨단 칩의 프로토타입 제작, 테스트, 실험을 위한 설계도구 및 파일럿 라인에 대한 유럽 전역 액세스 제공
 - 품질과 보안을 보장하기 위한 에너지 효율적이고 신뢰할 수 있는 칩에 대한 인증 절차
 - 유럽에 제조시설을 설립하기 위한 투자자 친화적인 프레임워크
 - 혁신적인 스타트업, 스케일업, 중소기업의 주식금융 접근 지원
 - 마이크로일렉트로닉스 분야의 기술, 인재, 혁신 육성
 - 반도체 공급 부족 및 위기를 예측하고 대응하여 공급 안정성을 보장하는 도구
 - 유사입장국과 반도체 국제 파트너십 구축

EU Chips act 3개 필라



• 필라 1: 유럽 반도체 이니셔티브 (Chips for Europe Initiative)

- Chips Joint Undertaking(Chips JU) 사업은 기존 유럽의 반도체 산업 분야 강점을 유지 및 강화하는 것을 목적으로 Horizon Europe과 디지털 유럽 연구지원 프로그램을 전략적으로 개편한 것으로, EU, 회원국, 협력국가 등 민관합동으로 약 11억 유로 자본 확보를 목표로 함
- Chips JU 사업은 혁신적인 아이디어의 상용화를 촉구하기 위한 연구-혁신-생산 간의 격차를 줄이기 위해 2023년 11월 30일 공식발표 되었음
- 첨단 반도체기술 및 시스템 혁신연구 지원을 위한 파일럿생산라인 셋업에 투자를 진행할 것으로 보이며, 특히 sub-2nm GAA 첨단공정, sub-10nm FD-SOI 첨단공정, 이종집적 첨단패키징의 3가지 파일럿생산 라인이 유럽의 전략적 중요 기술로 명시됨

• 필라 2: 반도체 공급안정 확보

- 첨단반도체 생산능력의 혁신적 향상과 공급망 확충을 위해 민관의 투자를 장려함
- 최종적으로는 EU Chips Act에 명시된 규제를 기반으로 반도체공급 생태계의 탄력성과 공급 안정을 뒷받침할 EU 최초- 20개 회원국과 참여자들의 EU 공통관심 주요프로젝트(Important Project of Common European Interest, IPCEI)가 Chips act 제안 직후부터 약 100억 유로의 규모로 운영 중임

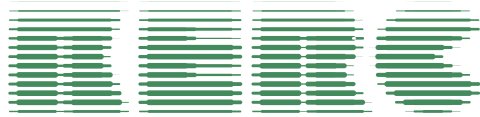
• 필라 3: 위기관리 및 대응

- EU 반도체시장 점유율을 확보하고 공급망 위기 시 협상력을 갖추기 위한 국제 협력관계 및 파트너십 구축을 목적으로 함
- EU회원국 간 위기대응 시스템의 효율적 운영을 위해 유럽 반도체 위원회(European Semiconductor Board)를 설립하였으며, 글로벌 반도체 부족 사태에 대비하여 지속적으로 공급망을 모니터링하고 있음
- 2022년 2월 이후부터 단기적으로 EU 집행위 권고문을 통해 반도체공급망에 대한 조기 경보지표를 수립하거나 EU 회원국 간 정보교류 권장하는 등 EU의 관리 감독을 강화하고 있음
- 향후 한국, 미국, 일본, 싱가포르, 대만 등 반도체 주요국과 기존 포럼을 확장하거나 새로운 포럼을 구성하여 국제협력을 확대해갈 예정임

03

시사점

- 대한민국 정부 선정 12대 국가전략기술 중 반도체산업은 그 특성상 막대한 초기 투자가 필요한 전형적 규모의 경제를 따르는 탓에, 수많은 고급인력 수급과 자본의 유동적 투자가 어려워 국경 없는 분업과 협력은 선택이 아닌 필수로 자리 잡음
- 국제적 분업과 협력을 통해 폭발적으로 성장해온 반도체산업은 과학기술이 외교와 안보를 위시한 국제질서의 중심에 놓이는 지정학 구도에서 국가별 기술패권 경쟁구도로 갈등이 심화되고 있으며, 기존 반도체공급망 가치사슬에서의 역할에 큰 변화를 맞이하고 있음
- 미국은 2022년 8월 반도체와 과학법 (Chips and Science Act)을 제정하여 반도체, 인공지능, 양자 등 전략기술에 집중투자하고 전담조직을 설치하는 등 기술 주도권 확보에 총력을 기울이고 있으며, 일본 역시 경제안전보장법을 제정해 투자기금과 기술육성을 전담할 민관합동 회의체를 신설하는 등 기술패권 경쟁에 적극 뛰어 들고 있음
- Chips act를 통한 유럽의 반도체 생산능력은 단시일 내 경쟁력이 크게 확보되진 않겠으나 유럽이 보유한 다수 핵심기술과 혁신적인 연구기관을 통해 중장기적으로는 국내 기업과 경쟁이 치열해질 것으로 예상됨
- 또한 유럽 내 반도체 생산설비 확충의 반사이익으로 국내의 장비 및 반도체공정 소재업체에 대한 수요가 증가할 것으로 전망됨



유럽 주요분야별 연구 및 정책동향 2023

차세대 원자력 연구 · 정책 동향

2022년 OECD/NEA 및 WNA분석에 따르면 **2050년 탄소중립목표 달성을 위해서는 원자력 에너지 사용량이 세 배 이상 증가**되어야 한다고 평가함. 현재 **EU 회원국 중 12개국에서 100기의 원자로가 가동**되고 있으며, 이는 유럽 전체에서 생산되는 전력의 약 1/4 정도를 차지하고 있음.

EU는 **SMR**이 여러 가지 방식으로 다양하게 활용될 수 있다는 점을 인식하고 기술의 **안전성과 신뢰성의 측면을 강화**하기 위한 연구활동을 지원하고 있음. EU는 **2030년까지 첫 SMR 원자로 건설**을 목표로 산업 연계 파트너십을 신규 발족함.

2023년 EU 및 회원국들은 **G7 정상회의의 원자력 관련 공동 성명, COP28 공동선언문, EU Nuclear Alliance, EU Nuclear Industrial SMR Alliance** 등 유럽의 차세대 원자로 개발을 위한 **다자협력**을 구성하여 원자력의 안전을 보장하면서도 원자력 공급망을 확충하고 SMR배치 가속화를 추진하였음.

EU는 원자력 에너지 개발을 포함하는 **넷제로 산업 법안, RepowerEU 계획, Fit for 55** 등 다양한 탄소중립 달성 방안을 마련하였음. 프랑스는 2023년 9월 원자력 에너지가 중요한 부분을 담당하는 생태 계획 프로그램을 발표하였으며, 영국은 에너지 자립 및 안보를 위한 부서를 신설하는 등 **국가 차원의 원자력 분야 지원 방안**을 마련하였음.

EU는 호라이즌 유럽과 별도로 원자력 안전, 안보, 방사성 방호 등을 지원하는 13.8억 유로 (2021-2025) 규모의 **Euratom프로그램**을 운영하고 있음. **프랑스는 France 2030 투자 계획**을 통해 **혁신 원자로**를 제안한 6개 기업에 1,400만 유로의 기술지원 및 7,720만 유로의 재정지원을 제공하고 있으며, **영국**의 경우, **핵연료 공급 체인 지원**을 위해 8개의 프로젝트에 2,230만 파운드를 지원하고 있음.

Key words

EU원자력정책, 탄소중립, 신규원전도입, SMR개발, 에너지 안보

01

유럽의 주요국의 원전 가동 및 SMR개발 현황

» 원전 현황

- 2022년 OECD/NEA(Nuclear Energy Agency) 및 WNA(World Nuclear Association)분석은 2050 탄소중립목표 달성을 위해서는 2050년까지 원자력 에너지 용량이 세 배로 증가해야 한다고 평가함
 - IEA(International Energy Agency) 분석은 순제로배출 시나리오에서 원자력 발전은 두 배 이상 증가해야하며, 원자력발전 비중 축소는 목표 달성을 어렵게할 뿐 아니라 비용 상승으로 연결 될 수 있다고 전망
- EU 내에서 원자력 에너지 사용 여부 결정은 회원국의 재량 사항이며, 원자력 활용에 대해서는 국가간 첨예한 입장 차이가 존재함
 - 2023년 4월 기준 유럽연합의 27개 회원국 중 12개국에서 100기의 원자로(총 97 GWe)가 가동되고 있으며, 이는 유럽 전체에서 생산되는 전력의 약 1/4를 차지함
 - * EU 원자력 발전량의 과반 이상은 프랑스에서 생산
 - 유럽 연합 이외의 다섯 개 국가(영국, 벨라루스, 러시아, 우크라이나 및 스위스)에서 운영 중인 67기의 발전소는 유럽 나머지 지역 전기 생산량의 약 30%를 차지함

원전 가동 및 건설 현황

국가명	원자력발전량		가동 중		건설 중		계획		제안된 원자로		우라늄
	2021년 기준		2023년 4월 기준								
	TWh	% e	No.	MWe net	No.	MWe gross	No.	MWe gross	No.	MWe gross	tonnes U
Belgium	48	50.8	5	3928	0	0	0	0	0	0	790
Bulgaria	15.8	34.6	2	2006	0	0	1	1000	3	3000	322
Czech	29	36.6	6	4212	0	0	1	1200	3	3600	706
Finland	22.6	32.8	5	4394	0	0	1	1170	0	0	421
France	363.4	69	56	61,370	1	1650	0	0	6	9900	8233
Germany	65.4	11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	521
Hungary	15.1	46.8	4	1916	0	0	2	2400	0	0	320
Lithuania	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2700	0
Netherlands	3.6	3.1	1	482	0	0	0	0	2	2000	69
Poland	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6000	0
Romania	10.4	18.5	2	1300	0	0	2	1440	1	720	185
Slovakia	14.6	52.3	5	2308	1	471	0	0	1	1200	359
Slovenia	5.4	36.9	1	688	0	0	0	0	1	1000	127
Spain	54.2	20.8	7	7123	0	0	0	0	0	0	1221
Sweden	51.4	30.8	6	6885	0	0	0	0	0	0	914
EU 총합	698.9	c 29.7	100	96,664	2	2121	7	7210	25	30,120	14,188
Belarus	5.4	14.1	2	2220	0	0	0	0	2	2400	179
Russia	208.4	20	36	26,802	3	2810	25	23,525	21	20,100	5925
Switzerland	18.6	28.8	4	2973	0	0	0	0	0	0	412
Turkey	0	0	0	0	4	4800	0	0	8	10,500	0
Ukraine	81.1	55	15	13,107	2	1900	0	0	9	11,250	1876
UK	41.8	14.8	9	5883	2	3440	2	3340	10	17,000	1259
Switzerland	18.6	28.8	4	2973	0	0	0	0	0	0	412

출처: WNA

》 SMR(Small modular reactors, 소형모듈원전) 현황

- SMR의 혁신은 여러 국가에서 동시다발적으로 진행되고 있으며, 새로운 개념에 대한 기초 연구부터 발달된 모델의 상업적 배치 및 운영에 이르기까지 다양한 개발 단계에 있음
 - 기존 경수 원자로 기술의 점진적 혁신부터 제4세대 원자로 개념에 이르기까지 다양한 원자로 개념이 있으며, 이는 다중 모듈, 해상 기반, 이동식까지 다양한 형태를 포함할 뿐 아니라 새로운 재료, 다양한 냉각제 및 혁신적인 연료를 포괄하고 있음
 - 이들은 다양한 크기의 상업용 SMR을 생산할 준비가 되어 있으며, 다양한 배출 온도와 새로운 속성 및 안전, 유연성 및 경제 영역에서의 잠재적 이점, 이산화탄소와 폐기물 관리 분야에서의 잠재적 이점 등을 갖추고 있는 것으로 나타남
- 유럽연합은 SMR이 전력생산 뿐 만 아니라 에너지 집약산업, 지역 난방, 해수담수화를 위한 코제너레이션, 산업, 주거지, 수송 분야 탈탄소화를 위한 수소 생산 등 다양하게 응용될 수 있음을 인식하고 기술의 안전성 및 신뢰성과 관련된 측면을 강화하기 위한 연구 활동 지원
 - 벨기에, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 이탈리아, 폴란드, 네덜란드, 루마니아, 스웨덴 등 다수의 EU 회원국 및 EU 회원국 소재의 민간 기업들은 관련 SMR기술 연구, 개발 및 혁신에 연구 자금을 투입하고 있음
 - 특히 프랑스, 영국, 체코, 덴마크 및 스웨덴에서 현재 SMR 개발이 추진되고 있으며, EU는 2030년까지 첫 SMR원자로 건설을 목표로 산업 연계 파트너십을 신규 발족함

SMR 개발 현황

Name	Design organisation	Headquarter (city/ region)	Country	Thermal power (MWth)	Outlet temperature (°C)	Spectrum (thermal/ fast)	Fuel type	Vol
Nuward	EDF ⁵	Paris	France	540	307	Thermal	UO ₂ pellets	Volume I
SEALER-55	Leadcold Reactors	Stockholm	Sweden	140	432	Fast	Uranium nitride	Volume I
Rolls-Royce SMR	Rolls-Royce SMR Ltd	Manchester	United Kingdom	1 358	325	Thermal	UO ₂ pellets	Volume I
U-Battery	Urenco	Stoke Poges	United Kingdom	10	710	Thermal	TRISO prismatic	Volume I
Energy Well	CVŘ ¹	Central Bohemian Region	Czech Republic	20	700	Thermal	TRISO prismatic	Volume II
Jimmy	Jimmy Energy	Paris	France	10	550	Thermal	UCO TRISO prismatic	Volume II
LFR AS 200	newcleo	London	United Kingdom	480	530	Fast	MOX	Volume II
CMSR	Seaborg Technologies	Copenhagen	Denmark	250	670	Thermal	Molten salt fuel	Volume II
TEPLATOR	ZČU and CIIRC CTU ⁶	Prague	Czech Republic	170	180	Thermal	Spent nuclear fuel assemblies from LWRs ¹⁰ or natural uranium	Volume II

출처: OECD/NEA SMR Dashborad Volume I & II

02

유럽의 차세대 원자로 개발을 위한 다자협력 구상

» G7 정상회의

- 2023년 5월 일본에서 열린 G7 정상회의에서 독일, 이탈리아 및 프랑스는 에너지 특히 원자력과 관련한 성명을 공동으로 서명하였으며, 성명의 주요 내용은 아래와 같음
 - 원자력에너지가 저탄소 에너지를 보다 낮은 가격에 제공할 수 있는 잠재력을 인정하며, 화석연료에 대한 의존을 줄이고 기후 위기에 대응하며, 기저부하 에너지원 및 그리드 유연성을 제공하여 전 세계적인 에너지 안보를 보장할 수 있다는 것을 인식
 - 기존 원자로를 최대한 안전하고, 안보가 보장되고, 효율적으로 활용하기 위해 안전한 장기 운영을 확보하는 등 현재의 에너지 위기에 대처하는 데에 집중
 - 또한 국내 뿐 아니라 협력국에서도 고도의 안전한 시스템을 갖춘 소규모 모듈 및 기타 차세대 원자로의 개발, 건설을 지원하고 핵연료를 포함한 강력하고 견고한 원자력 공급망을 구축하며 원자력 기술 및 인력을 유지하고 강화하기로 약속
 - 최고의 원자력 안전 및 안보 기준이 모든 국가와 국민에 중요하다는 점을 강조
 - 이에 더하여 프랑스와 영국은 캐나다, 일본, 미국과 함께 원자력 발전을 위한 공유 공급망 개발을 위한 동맹을 발표

» COP28 공동선언문

- 2023년 12월 프랑스, 스웨덴, 체코공화국 등*은 탄소 중립 달성에 원자력 에너지의 역할을 인정하여 2050년까지 원자력 에너지 용량을 세 배로 늘리자는 COP28 공동선언문에 서명함
 - * 불가리아, 체코 공화국, 핀란드, 헝가리, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스웨덴 및 프랑스
 - 선언문은 2050년까지 전 세계적으로 원자력 에너지 용량을 세 배로 증가시키는 목표를 함께 추진하고 국제 금융 기관의 주주들을 초청하여 에너지 대출 정책에 핵에너지를 포함할 것을 촉구
 - 이 맥락에서 서명국들은 전력생산을 위한 소규모 모듈 및 타 선진 원자로와 같은 원전의 개발 건설 뿐 아니라 수소 또는 합성 연료 생산과 같은 탄소 배출 절감을 위한 산업적 응용에도 지원을 약속

» EU Nuclear Alliance

- 2023년 2월 스웨덴에서 열린 유럽연합 에너지 장관회의에서 프랑스 등 유럽연합 11개국*은 원자력 공급망 구축 등 원자력 협력 강화를 위한 원자력 동맹(nuclear alliance) 결성
 - * 초대 회원으로서 벨기에, 불가리아, 크로아티아, 체코 공화국, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 헝가리, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 슬로베니아, 슬로바키아, 스웨덴, 영국 및 참관국으로 이탈리아 참여
 - 재생 에너지와 함께 원자력이 유럽의 에너지 생산 탄소 중립 달성에 크게 기여 한다는 점을 강조하고, 공동성명서를 통해 원자력 에너지 분야 내 유럽연합의 참여를 촉진하기 위한 협력을 더욱 깊게 발전시키기로 합의

- 주요 협력 분야로는 유럽 에너지 전략에서 원자력 발전의 위치, 안전 및 폐기물 관리, 산업화 및 주권 그리고 기존 원자로의 연장 운영, 소규모 및 고급 모듈식 원자로뿐만 아니라 핵연료 개발 및 원자력 시설에 대한 연구 및 혁신 촉진 등이 있음

» EU Nuclear Industrial SMR Alliance

- 2024년 2월 6일, EC는 유럽 연합 수준에서 이해관계자의 협력을 촉진하고 SMR 배치를 가속화 하며 강력한 유럽 공급망을 보장하기 위한 산업 동맹을 출범시킴
 - EC는 이에 앞서 유럽 내 SMR의 안전한 설계, 건설 및 운영을 위한 요건 및 제약 조건 등을 파악 하기 위하여 European SMR pre-Partnership을 작년 6월 결성한 바 있음
 - 이를 통해 유럽 연합의 제조 및 혁신 능력을 활용하여 최고 수준의 원자력 안전, 환경 지속 가능성 및 산업 경쟁력을 유지하며, 초기 2030년대 초까지 유럽 연합 내 최초의 SMR 프로젝트 배치를 가속화할 예정임

» OECD/NEA Accelerating SMRs for Net Zero Initiative

- 2023년 9월 프랑스 정부와 OECD/NEA가 공동 주최한 “Roadmaps to New Nuclear” 특별 행사에 참여하여 원자력 에너지 로드맵 지원을 위한 행동요령과 지침에 서명
 - * 불가리아, 체코 공화국, 에스토니아, 핀란드, 헝가리, 폴란드, 루마니아, 네덜란드, 슬로바키아, 슬로베니아, 스웨덴, 영국, 프랑스
 - 연구개발(R&D) 증진된 안전성, 효율성 및 지속가능성을 가진 SMR, 제4세대 원자로 및 타 선진 설계를 포함한 선진 원자력 기술의 공공 R&D 노력을 적극 지원하고 증진
 - 안전 문제 및 연료 주기 혁신 원자력 기술에 대한 공동연구 및 개발 노력을 활발히 지원하고 촉진할 의지, 또한 ITER 프로젝트를 포함한 핵융합 에너지에 대한 연구 지원 의사 재확인
 - 청정 에너지원인 원자력 및 재생 가능 에너지원을 포함하여 에너지 전환을 위해 필요한 규모, 속도 및 탄력성에 부합하며, 혁신 에너지 시스템의 모든 배출 에너지원을 통합하는 하이브리드 에너지 시스템의 배치를 촉진하고 장려하였으며, 원자력 기술을 포함한 저탄소 배출 에너지원에서 수소의 역할을 인정할 것을 촉구
- 또한 OECD/NEA는 COP28에서 탄소 중립 달성을 위한 SMR 개발 가속화를 골자로 하는 Accelerating SMRs for Net Zero 신규 이니셔티브를 발족함

다자협력 구상 참여현황

	EU(-France)	France	UK	총
G7 Hiroshima Leaders' Communique	EU, Germany, Italy	○	○	5
COP 28 Joint Statement	불가리아, 체코 공화국, 핀란드, 헝가리, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스웨덴	○	○	12
Nuclear Alliance	벨기에, 불가리아, 크로아티아, 체코 공화국, 에스토니아, 핀란드, 헝가리, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 슬로베니아, 슬로바키아, 스웨덴, 이탈리아(참관)	○	○	15
Roadmaps to New Nuclear	불가리아, 체코 공화국, 에스토니아, 핀란드, 헝가리, 폴란드, 루마니아, 네덜란드, 슬로바키아, 슬로베니아, 스웨덴	○	○	13

03

EU 및 주요국의 정책 현황

» EU

• EU SMR 2030: 연구와 혁신 및 교육 훈련 선언

- 2023년 4월 EU 집행위원회(European Commission, EC)는 지속 가능한 원자력 에너지 기술 플랫폼 (SNETP), 유럽 원자력 학회 (ENS) 및 유럽 원자력 교육네트워크(ENEN)와 함께 'EU SMR 2030: 연구와 혁신, 그리고 교육 훈련'에 관한 선언에 서명함
- EU의 기술적 주권 유지를 위해서는 방사성 폐기물과 사용 후 핵연료를 적절하게 관리하고 미래 기술 개발함에 있어 교육, 훈련, 연구 및 혁신을 위한 공동 노력의 필요성을 강조
- 에너지 및 의료분야에서의 EU 리더십 보장을 위해 Euratom 연구훈련 프로그램을 통해 원자력 안전 분야 연구와 혁신을 계속 지원한다는 진취적인 목표를 담고있으며 LWR(Light-Water Reactor)뿐만 아니라 제4세대 시스템 등 혁신 기술도 포함

• EU SMR 사전 파트너십

- 2021년 EC가 주최한 SMR 워크숍 후속 조치로 2022년 EU SMR 사전 파트너십(1단계)이 발족 되었으며, 유럽에서 SMR 개발 및 배치를 용이하게 하는 로드맵을 작성하고 실행하기 위한 일반적인 지침 제공을 위해 운영위원회(SC)가 조직됨
- 2023년 7월 시장 통합, 라이선스, 자금 조달, 공급망 및 R&I 등 5개 작업 스트림에 대한 각각의 보고서를 발표하였으며, 이에 대한 공개 검토 및 검증 프로세스의 마지막 단계로서 2023년 10월 EC가 개최한 이해 관계자 포럼이 개최됨
- 2023년 2월 28일에 11개의 유럽 국가는 "전체 원자력 공급망이 보다 밀접히 협력하고" 차세대 용량과 소형 원자로와 같은 신기술에서 "공동 산업 프로젝트"를 촉진하기로 약속했으며, 이 동맹은 정기적으로 회의를 개최하고 원자력 분야에 관한 선언을 발표할 예정임

• 유럽 SMR 산업연합

- 2023년 11월 처음 소개된 유럽 SMR 산업연합은 2024년 2월 공식적으로 출범하였으며 현재 공공 및 민간의 회원기관을 모집 중임
- ※ 2024.4.12.까지 지원 가능
- 이 전략적 제휴는 원자력 이해관계자, 금융기관 및 투자자간의 협력을 용이하게 하는 것을 목적으로 하며, 주요 목표는 유럽연합을 SMR의 기술적 성숙도를 달성하는 글로벌 선도 기관으로 위치시키고, 2050년까지의 EU의 탄소 중립 경로에 기여하는 것임

• 유럽의회 SMR 이니셔티브

- 2023년 12월 12일, 유럽 의회는 SMR에 대한 자체 이니셔티브 보고서를 채택하였으며, 이는 의회가 전적으로 원자력과 텍스트를 찬성한 최초의 사례로 유럽의회의 중요한 발전이며 EU의 에너지 전략에서의 원자력의 역할에 대한 인식 변화를 시사함
- SMR 기술지원이 유럽의 에너지믹스 탄소 중립에 도움이 될 것으로 인식되며, 공급의 안정성을 보장하고 산업과 같은 어려운 부문을 지원하는 잠재적 이점을 인정함
- 프랑스를 포함한 몇몇 회원국 및 민간 부문은 Nuward의 디자인을 위한 연구, 개발 및 혁신에 상당한 자금을 배정함

• 유럽의회 넷제로 산업법안 채택

- 2023년 유럽연합 집행위원회(EC)는 미국 인플레이션감축법(IRA)에 대응하고 유럽에서 저탄소 기술 제조를 촉진하기 위한 넷제로 산업법(NZIA) 초안을 지난 3월 16일 상정함
- EC가 제안한 넷제로 산업법 초안은 EU가 2030년까지 기후 및 에너지 목표 달성에 필요한 기술의 최소 40%를 유럽 내에서 생산하는 것을 골자로 하며 패스트트랙 허가 절차를 적용받는 전략적 기술에서 원자력 기술은 빠져 있음
- 유럽의회가 제시한 17개 지원 대상 기술목록에는 원자력(핵분열, 핵융합, 연료 주기)이 포함되어 있으며, 이는 EU 회원국별로 다른 지리적 경제적 상황에 적합한 기술을 개발할 수 있도록 하기 위함임
- 2024년 2월 열린 EU 집행위, 유럽의회, EU 이사회 간 3자 협상에서 원자력 에너지가 전략기술로 분류된 넷제로 산업법에 잠정 합의하였으며, 이르면 연내에 공식 서명 절차를 거쳐 EU 관보 게재 후 발효될 예정임
- 넷제로 산업법은 핵심원자재법(CRMA), 전력시장 개편안(EMD)과 함께 EU 그린딜 산업계획을 위한 3대 핵심 입법안으로 불림

• 리파워EU(REPowerEU) 계획

- 유럽집행위원회(EC)는 2022년 5월 러시아산 화석연료에 대한 의존도를 신속하게 낮추고 녹색 경제 전환을 촉진해 2050 탄소중립 목표를 달성을 위한 REPowerEU계획을 최종 확정
- 이 계획은 현재 40%에 달하는 대러시아 천연가스 의존도를 2022년 말까지 2/3수준으로 감축하고 늦어도 2030년까지 '0' 수준 달성을 목표로 함
- 또한 2030년까지 석유, 석탄 등 기타 화석연료에대해서도 러시아산 화석연료 비중을 큰폭으로 감축시키는 것을 목표로 함

• Fit for 55 입법안 패키지

- 2023년 4월 EU이사회는 탄소중립 입법 패키지인 Fit for 55('21.7발표)에 포함된 탄소국경조정 제도(CBAM)와 탄소배출권거래제(ETS) 개편안 등 핵심 기후법안을 최종 승인함.
- Fit for 55('21.7)는 2030년까지 온실가스 배출량을 1990년 수준 대비 55% 감축하고, 2050년까지 탄소중립을 달성하는 것을 목표로 하며, 유럽 기후법(European Climate Law) 입법('21.6)으로 최종 확정된 유럽 그린딜(European Green Deal, '19.12)의 정책 수단임

• EU 재생 에너지 지침(RED)

- 2023년 10월 EU이사회는 청정에너지가 EU 최종 에너지 소비의 42.5%를 차지하도록 하는 재생에너지 사용 의무 목표를 설정하는 재생에너지지침(RED)을 채택하고, 일반 산업용 수소의 42%를 재생 가능한 그린수소로 대체하는데 동의 함
- 지침에 따라 회원국들은 2030년까지 산업 공정에 사용되는 수소의 42%를 비생물학적 기원의 재생 연료(RFNBO)에서 가져올 계획임
- 신규 문안은 "녹색도 아니고 화석도 아닌" 원자력 전력의 특별한 역할을 인식하며 EU는 원자력 수소를 '저탄소'로 라벨링하는 데 합의함

» 프랑스

- 프랑스는 2019년 2050년 탄소중립 달성목표를 포함한 에너지기후법(LPEC)을 제정하고, 원자력의 비중을 현재 75%에서 50%로 감축하는 방안은 2025년에서 2035년으로 연기함
 - 또한 2021년 산업경쟁력과 미래기술개발을 위한 France 2030를 통해 향후 5년간 총 300억 유로를 투입할 예정이며, 방사성 폐기물 관리 및 SMR을 포함한 원자력, 수소, 태양광, 해상 풍력 등 에너지 전환 부분에 약 80억 유로를 집중 투자할 계획
- 프랑스 마크롱 대통령은 2022년 3월 벨포르에서 원자력르네상스를 선언하고, 원전의 장기 운영, 6개의 신규 EPR2 건설, 혁신적인 소규모 모듈형 원자로에 대한 연구 노력, 그리고 연료 주기 전반에 걸친 주권 유지 및 강화 계획을 발표
 - 또한 프랑스 원자력 정책의 큰 지침을 정의하고 원자력 이용을 감독하며, 원자력 부흥을 위한 프레임워크를 제시하는 원자력정책위원회(CPN)는 2023년 7월 19일에 개최된 회의에서 다음과 같은 결정을 내림:
 - 원자력 발전의 지배력을 크게 강화
 - CEA 인력 확대 및 연구시설 개편

- 독립적인 대규모 원자력 안전 및 방사선 방호 기관 설립 추진
- 신규원전 건설에 관한 절차를 가속화하는 법률 발표를 통해 EPR2 프로그램의 실행 상황 업데이트를 제공하고, Gravelines와 Penly에 추가로 Bugey 부지 선정
- 마크롱 대통령은 2023년 9월 "프랑스식 생태학"을 확립하기 위한 약 50개의 조치를 포함하고 원자력 에너지가 중요한 부분을 담당하는 생태 계획 프로그램을 발표
 - COP28 직후인 2023년 12월 중순, 국가와 관련 산업 간의 생태 전환 계약이 발표되었으며, 이 계약은 온실가스 배출량이 가장 높은 50개 산업 현장을 포함하며, 최고 배출 부문은 산업 배출량의 85%를 차지함: 광업 및 금속 가공, 건축 자재 (석회, 시멘트, 타일 및 벽돌), 화학, 식품 가공 및 유리. 이 현장들은 탄소 배출량 감소 프로젝트를 식별하고 정부에게 탄소 배출량 감소 시나리오를 제안함
 - 이러한 생태 전환 계약은 탄소 배출 경로를 나타내며 각 현장 또는 회사별로 배출량 감소 목표와 그것을 달성하기 위한 레버리지를 명시하고 있으며, 이것은 산업과 정부가 생태계 계획의 프레임워크 내에서 설정된 목표를 달성하기 위해 함께 일하기로 한 것을 나타냄
- 프랑스 정부는 2024년 1월 8일 기존 LPEC법을 대체하고 에너지 전환 목표 및 발전 계획을 규정하는 '에너지주권법(Energy sovereignty bill)' 초안을 공개
 - 이 법안은 이전과 달리 풍력, 태양광 등 신재생 에너지 용량 증대에 대한 내용은 빠진 반면 원자력 신규 건설 세부 목표(6기에서 14기 사이)를 제시하면서 신재생 비중을 낮추고 원자력을 정책적으로 우대한다는 비판을 받음
 - 이에 따라 구체적 에너지 목표를 삭제한 수정 법안을 1월 중순 발표하였으나 논란이 지속됨에 따라 원자력 및 수력 발전 판매가격 규제와 관련된 법안의 일부만 국회 검토를 위해 우선 제출할 것으로 전망됨

» 영국

- 영국 정부는 2019년 기후변화법 개정을 통해 2050년까지 탄소중립 달성을 목표로 설정하고 이를 위해 재생에너지와 함께 원자력을 중심으로 에너지 전략을 구상해 나가고 있음
- 2020년 11월 발표된 녹색 산업 혁명을 위한 10대 계획에 선진 원자력 기술 개발이 포함되어 있으며 정부는 대규모 원자력 프로젝트에 대한 자금 지원을 고려
 - £3.85억의 선진 원자력 기술 기금(SMR 개발 £2.15억, AMR 연구 £1.7억)을 발표하였으며, 2030년 초까지 첫 번째 SMR 및 AMR 실증로 배치를 목표로 함

- 영국 정부는 2020년 12월 에너지 백서에서 2024년 5월까지 최소 1개의 대규모 원자력 프로젝트에 대한 최종 투자 결정을 내리길 원한다고 발표함

 - 백서는 다양한 시나리오를 보여주는 별도의 모델링 문서와 함께 발표되었으며, 이는 2050년까지 최대 40GW의 원자력 설비용량을 필요로하는 시나리오를 보여줌
 - ※ 2030년 초까지 SMR 디자인을 개발하고 AMR 데모를 건설 할 예정임
- 또한 2021년 3월 발표된 산업 부문 탄소 감축 전략에서 영국은 원자력의 비전기적 응용을 포함하여 원자력 기술의 잠재적 응용을 더욱 발전시키기 위한 목표를 수립하고 선진 원자력 기술을 위한 자금 지원 방안을 발표
- 우크라이나 사태로 촉발된 전 세계 에너지 가격 상승과 국가별 에너지 안보에 대한 시급성으로 인해 영국은 2022년 4월 7일 에너지 안보 전략(Energy Security Strategy)을 발표

 - 이번 에너지 정책은 영국의 에너지 독립성을 높이는 것으로 목표로 원자력, 풍력, 수소 등 신재생 에너지 발전과 가스 석유 등을 통한 발전을 확대한다는 계획을 담고 있음
- 영국 정부는 '50년까지 민간 원자력을 최대 24GW 배치하도록 목표를 상향 조정('22.03) 하였으며, '30년까지 8개의 신규 원전 건설 프로젝트 시행 목표를 발표('22.04)

 - 신규 원전 프로젝트 및 원전 산업을 지원하기 위한 전담 조직으로 대영 원자력(Great British Nuclear, GBN)을 신규 설치하고, 원자력 부문 활성화 및 신규 원전 프로젝트 추진을 위해 총 1억 2천만 파운드 규모의 미래 원자력 활성화 기금(FNEF) 출범
- 영국은 2023년 3월 에너지 자립 및 안보를 위해 기존 기업에너지산업전략부(BEIS)에서 에너지 안보 및 넷제로부(DESNZ)를 분할하여 신설함

 - DESNZ는 이어서 에너지 안보계획(Powering up Britain: Energy Security Plan)을 발표하고, 2030년까지 생산가능 전력을 2배로 늘리고, 청정 에너지 생산에 필요한 광물 확보를 위한 공조 확대할 예정
- 2024년 1월 DESNZ는 넷제로 및 에너지 안보 강화 목표 달성을 위한 원자력의 중요성이 강조됨에 따라 2050년까지 영국 민간 원자력 발전분야의 성장 비전을 제시한 로드맵 발표

 - 2050년까지 원자력 발전량을 4배 늘려 현재 6GW에서 24GW로 확대할 예정이며, 이 목표 달성을 위해 부지, 자금 조달, 규제 등의 세부 계획을 제시함
 - 신규 프로젝트 인허가를 간소화하고 개발자와 투자자들이 각각의 원전 프로젝트에 적합한 재정모델(CfD 또는 RAB)을 채택할 수 있도록 융통성을 부여할 예정

04

EU 주요국 및 영국의 R&D 현황

» EU

- 유럽연합은 1984년부터 연구·혁신 분야의 재정지원을 위해 프레임워크 프로그램(Framework Programme)을 운영해왔으며, EU 과학기술연구개발을 지원하는 핵심 프로그램임
 - 지난 8차 프레임워크 프로그램(Horizon 2020)은 2014-2020년 기간 동안 연구혁신 프로젝트 및 관련 활동 지원에 약 702억 유로를 투자하였으며, 이 중 제4세대 시스템과 관련된 실행 프로젝트는 아래와 같음

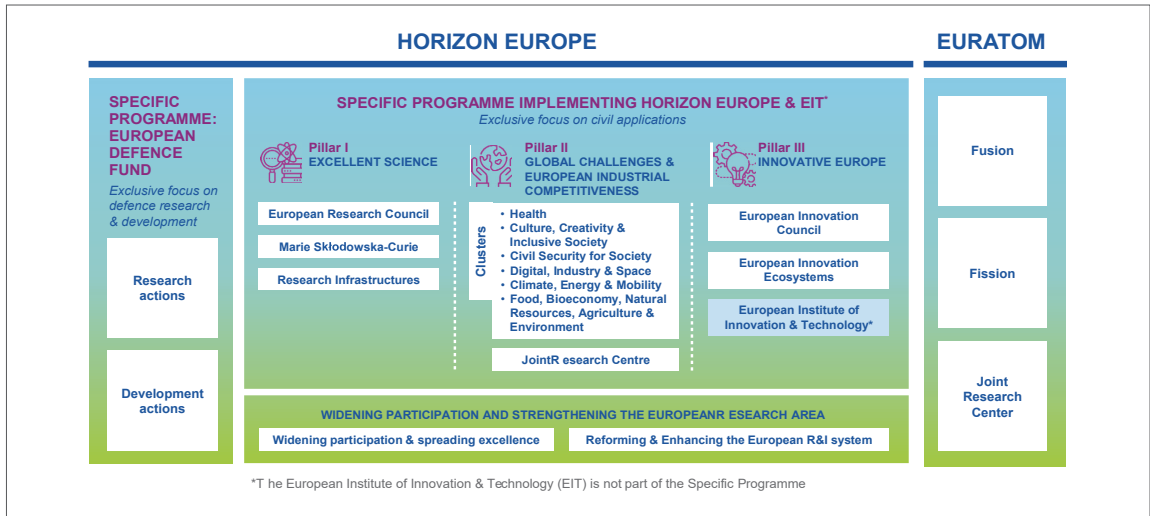
Horizon2020 내 제4세대 시스템과 관련된 프로젝트

H2020 RTD Project	Topic	R&D area	Euratom € M	Total € M	R&D Areas
ESFR-SMART	SFR	Adv.SFR	10.1	5.0	Computer codes
PASCAL	LFR	Adv.HLM ALFRED MTRRHA	3.8	4.6	components
SESAME	HLM	Adv.HLM Safety	5.2	6.6	
SafeG	GFR	Adv.GFR Safety Allegro	3.8	4.5	Tribology and corrosion
VINCO	GFR	Adv.GFR Safety Allegro	1.1	1.1	Fuel
GEMINI+	HTR	Adv.HTR Cogeneration	4.2	5.5	
ECC-SMART	SCWR	Adv.SCWR SMR safety features	4.0	9.0	Material R&D
SAMOFAR	MSR	Adv.MSR Molten Salt	3.5	5.2	Safety analysis and demonstration
SAMOSAFER	MSR	Adv.MSR Molten Salt	3.5	4.5	
PUMMA	FC	FC Fuel Pu management	3.8	7.0	Multi-purpose plant
INSPYRE	FC	FC MOX fuel licensing	4.1	9.5	Design and System Integration
PATRICIA	FC	FC P&T Myrrha	6.5	9.0	
GENIORS	FC	FC Partitioning (P&T)	5.0	7.5	Development of a licensing framework
MEET-(&A)-CINCH	FC	E&T RadioChemistry	4.6	5.1	
GEMMA	MAT.	Adv. Materials	4.0	6.7	Modelling
M4F	MAT.	Fu/Fi materials	4.0	6.5	
McSAFER	MODEL.	Adv. Modeling SMR	4.0	4.1	SMR

출처: European Commission

- 제9차 프레임워크 프로그램(Horizon Europe(2021-2027년))은 역대 최대 예산인 약 955억 유로를 배정하고, 과학적 탁월성 확보를 위한 기초연구 및 인력교류 지원(필러 1), 글로벌 도전과제 대응과 산업경쟁력 제고(필러 2), 혁신역량 강화를 위한 혁신기업 지원(필러 3) 등을 중심으로 추진

Horizon Europe 개요



출처: European Commission

- Euratom 연구·훈련 프로그램은 프레임워크 프로그램을 보완하는 자금지원 프로그램으로, 원자력 안전, 안보, 방사성 방호, 사용후연료 및 폐기물 관리, 핵융합 및 핵분열 기술 개발 등의 업무를 지원하여 유럽연합국 내 원자력 기술 전문성 및 경쟁력을 향상을 목표로 함
 - 2021-2025 유라툼실행프로그램(Euratom Work Programme)은 주제 분야의 지속적인 개선을 위한 원자력 연구 및 훈련 프로그램을 지원하며, 예산 규모는 약 13.8억 유로임
 - EU 집행위는 Work Programme 추진을 위해 2021년과 2023년 각각 3억 유로 및 1.3억 유로 투입을 승인하고, 아래 주제 분야에 대한 2023-2025 프로그램 참여 제안서를 접수함

Euratom Work Programme

분야	분류번호	주제
원자력안전	NRT-01-01	가동중 원전 및 연구용 원자로 안전
	NRT-01-02	경수형 소형모듈원자로(LW-SMRs) 안전
	NRT-01-03	고급 및 혁신적인 설계의 안전
	NRT-01-04	원자력 재료 연구를 위한 공동 유럽 파트너십
	NRT-01-05	산업 응용을 위한 마이너악티나이드의 분리 및 변성
	NRT-01-06	이온방사선의 에너지 및 비에너지 응용의 안전을 위한 개선된 핵자료
안전한 사용후 핵연료 및 방사성 폐기물 관리, 해체	NRT-01-07	로봇 및 인공 지능을 포함한 해체의 안전과 탁월함을 위한 혁신 기술 핵 과학 및 이온화 방사선 응용, 방사선 보호 및 비상 대비
	NRT-01-08	연구 원자로용 저농축 연료의 안전 - 의료 방사성 동위원소 공급 확보
	NRT-01-09	EU의 전략적 자주성, 원형 경제 및 기후 변화 정책을 위한 핵 및 방사선 기술
	NRT-01-10	핵과학, 기술 및 방사선 방호의 혁신을 활용
	NRT-01-11	HALEU 연료 공급 확보를 위한 유럽 생산 능력의 준비 단계
제안서가 적용되지 않는 기타 조치		국제 융합 재료 조사 시설-DEMO 지향 초기 중성자원(IFMIF-DONES)의 합병 단계 지원
		유라툼 핵분열 연구 및 훈련에 관한FISA - EURADWASTE학회 (의장국)
		우크라이나-EU 원자력 연구 강화를 위한 교육, 훈련, 역량 강화 및 네트워킹 조치
		핵 폐기물 관리를 위한 공동 유럽 파트너십

출처: European Commission

» 프랑스

- 현재 플라망빌 원전 부지에 건설 중인 차세대 유럽 가압경수로(EPR)는 모든 용접 결함에 대한 보완 조치를 완료하고 전체 재검증에 들어갔으며, 2024년 봄 연료를 장전할 예정
 - 또한 Penly 원전 부지에 ERP2 2기 건설을 위한 건설 인허가 절차에 착수하였으며 2024년 중반부터 부지 준비 작업에 착수 및 2027년 최초 콘크리트 타설 예정
- 원자력정책위원회는 NUWARD SMR 프로젝트와 AMR 개발의 가속화를 지원하여 적어도 한 개의 FOAK를 2030년대에 완성하는 것을 목표로 하고 있음
 - EDF는 작년 Nuward SMR 사전허가 절차에 착수하였으며, 상세 설계 및 인허가 신청은 2026년, 첫 콘크리트 타설은 2030년으로 예정되어 있음
- France 2030투자 계획을 통해 혁신 원자로 제안한 6개 수혜기업을 선정하였으며, CEA로부터 1400만 유로의 기술 지원과 함께 7,720만 유로의 재정 지원을 받게 됨
 - 선정된 기업은 Jimmy Energy (HTR), Renaissance Fusion (핵융합), Calogéna (SMR), Héxana (SFR), Otrera Nuclear Energy (SFR) 및 Blue Capsule (HTR)임
- 프랑스는 주요 국가 연구기관을 실질적인 사업기관으로 변화시키고자 하는 의지를 확인함. 각 기관은 자신의 분야에서 점점 더 전략적이어야 하며 우선순위 연구주제의 생성에 참여하고 국제적인 동료와 상호작용하며 연구 인프라의 발전을 감독해야 함
 - 이러한 이유로 그들은 실질적인 권한과 특화를 갖추고 있으며 리스크를 감수하고 내일의 주요 연구 프로그램을 준비하는 데 장려됨
 - CEA는 저탄소 에너지, 디지털 시스템 구성 요소 및 인프라를 프로그램을 담당하는 기관이 될 것으로 예상됨
- CEA는 고속로 기술 및 연료에 관한 강력한 R&D 프로그램을 추진해 나가고 있으며, 가장 기술적으로 성숙한 것으로 평가되는 소듐냉각고속로에 우선순위를 부여하는 한편, 타 고속로 개념평가를 병행할 예정임
 - 특히 고속 스펙트럼 용융염 원자로와 같은 기타 고속로 개념은 주요 타당성 문제와 특정 기능 및 잠재적 성능을 식별하기 위해 연구되고 있으며, 이를 위해 CEA, Orano, EDF, Framatome 및 CNRS는 프랑스 2030 국가 프로그램의 지원을 받아 연구프로젝트에 착수
 - 설계 뿐 만 아니라 재료 및 부식 연구도 동시에 추진되며 용융염 제조 및 처리 공정에 관한 R&D 프로그램도 별도로 진행됨. 이 기술의 산업 개발을 가속화하기 위한 국제적인 협력에 대한 논의도 진행 중임
- 미래 원자로의 안전성 향상을 위해 현재 프랑스 남부 카다라쉬에 줄 오로위츠 재료 실험로를 건설 중이며, 방사선 조사에 의한 연료와 재료의 거동 실험 및 핵의학/산업용 방사성 동위원소 생산에 활용 예정

» 영국

- 대영원자력(GBN) 최우선 업무로서 2030년대 중반까지 가동을 시작할 수 있는 최상의 SMR 기술 선정을 위한 기술 선택 과정(TSP)을 진행 중임
 - 영국 에너지안보·넷제로부(DESNZ)는 6개 공급사(EDF, GEH, Holtec, NuScale, Rolls-Royce, WEC)를 후보로 선정한 바 있으며, 2024년 봄에 최종 SMR 공급사를 선정하고, 여름에 계약을 체결할 계획임
 - * 정부-GBN는 최종 선정된 SMR 기술 개발을 위한 자금을 공동 출자하고 부지 관련 지원을 제공할 예정

- 2030년대 초반 AMR 실증로 구축 및 상용화를 목표로 선진 원자력기금(Advanced Nuclear Fund, 녹색산업혁명 10대 중점계획('20))를 활용한 AMR연구, 개발 및 실증 프로그램* 운영
 - * 1단계(2022~): 기본설계관련 예비조사 수행, 2단계(2023~): 상세 설계의 기초가 되는 기본설계 조사, 3단계(2025~): 부지의 건설 및 운전의 인허가 활동 이행
 - 1단계에서는 HTGR실증 및 HTGR용 피복입자연료(CPF) 실증 2개의 영역에서 이와 관련된 총 6개 Pre-FEED(개념설계) 프로젝트를 구성 운영
 - HTGR실증: EDF Energy Nuclear Generation Ltd, National Nuclear Laboratory, U-Battery Developments Ltd, Ultra Safe Nuclear Corporation
 - HTGR용 CPF실증: National Nuclear Laboratory, Springfields Fuels Limited
 - 2단계(2023-2025)에서는 2030년대 초 AMR 실증을 위한 2개의 고온가스로(HTGR) 설계 (FEED+) 프로젝트와 CPF 실증 1단계 수행, 및 이들을 지원하기 위한 규제기관의 협업
 - UK NNL – 일본 JAEA 공동: UKJ-HTR
 - USNC: UK micro modular reactor 3
 - UK NNL: UK Coated Particle Fuel Programme – Step 1(별도 스트림으로 분리)
 - 정부는 AMR RD&D 프로그램의 실행 시간, 위험 및 비용을 줄이기 위해 지식 취합과 공유를 용이하게하기 위해 AMR RD&D 프로그램을 보완하는 AMR 지식캡처프로젝트에 자금 제공

- 2023년 7월에는 영국의 핵 연료 공급 체인을 지원하기 위한 능력을 개발하여 영국 및 전 세계적으로 현재와 미래의 연료 수요를 충족시키기 위해 8개의 프로젝트에 핵 연료 기금 22.3백만 파운드 제공
 - 또한 고순도저농축우라늄(HALEU)을 영국 내에서 생산하기 위해 3억 파운드를 지출하고, 첫 번째 생산 공장은 2030년대 초 영국 북서부에 가동될 예정

05

GIF 참여를 통한 공동연구 현황

- 2001년에 설립된 제4세대 국제포럼(GIF)은 2030년까지 산업 배치를 위해 4세대 원자력 시스템의 타당성과 성능 검증을 위한 연구개발을 위한 국제 협력 노력으로 만들어짐
 - GIF는 추가 연구 및 개발을 위해 6개 원자로 기술을 선정하고 프랑스, 영국, 스위스를 포함한 13개국과 유라툼(27개의 EU 회원국 대표)과 연구 개발 활동 조정
- 2023년 GIF는 산업, 연구자, 정책 결정자, 정부 이해관계자 및 일반 대중을 대상으로 한 소통 활동을 개선하고, GIF 회원국들은 산업과의 협력을 강화하는 데 있어 실질적인 진전을 이뤄냄
 - GIF산업포럼 개최에 이어 SIAP 특별 세션을 개최하여 고급 원자로 설계의 평준화된 단위 전력 비용과 총 자본 투자 비용을 추정하기 위한 모델과 지침을 개요로 제공하고 고급 원자로 시스템의 배치 시간을 줄이기 위한 고급 제조 및 재료 공학 기술의 사용을 촉진
- 2002년 GIF 로드맵은 고급 원자로 개발을 위해 세 가지 연속적인 단계를 식별하였으며, 오늘날, 일부 Gen IV 기술이 실증 단계로 진입하고 있으며 실제 실증로가 운영되고 있음
 - GIF 협력은 고급 원자로 기술에 대한 국제 R&D 인프라의 지속과 효과적인 활용을 목표로 하며 지식 관리, 산업 참여 및 혁신 프레임워크에 대한 GIF 계획의 역할이 강조될 예정
- GIF회원국들은 제4세대 원전의 라이선스 및 성능 개선에 대한 핵심 문제에 집중하며 프로젝트 관리위원회(PMB), GIF작업그룹(WG) 참여를 통해 정기적으로 상호 작용

GIF 국제공동연구 참여현황

	EU(-France)	France	UK	Swiss
VHTR	○	○	○	○
SFR	○	○	○	
GFR	○	○		
SCWR	○	○		
MSR	○	○		○
LFR	○	○		

06

시사점

- 2050 탄소중립 달성을 위한 에너지 생산 개혁 압박과 함께 러시아의 우크라이나 침공 이후 나타난 국제적인 에너지 수급 불안이 유럽 각국의 정책 현안으로 떠오름
 - 이 와중에 4차 산업혁명의 여파로 전기차, 데이터센터, AI 모델 훈련 등으로 세계적으로 에너지 수요는 계속 증가하고 있으며 미국의 경우 최근 전력 부족 위험에까지 직면함
 - 또한 제철, 종이 및 펄프 제조, 배터리 공장, 운송 등 많은 량의 온실가스를 발생시키는 탄소 다배출 산업의 탈탄소화는 국가와 기업이 해결해야 할 중요한 과제로 등장
- 당면한 정책 현안과 과제를 해결하기 위해서는 화석연료의 사용 없이 전기를 생산하는 견고하고 안정적인 전력 시스템에 대한 대규모 투자가 필요함
 - 많은 유럽 국가 들은 원자력을 순제로 배출을 달성을 위한 지속 가능한 해결책이자 각국의 에너지 믹스와 산업을 탈탄소화하는 데 있어 핵심적인 요소로 보고 있음
 - 많은 국가들이 원자력 정책에서 큰 변화를 보이고 있으며, 원자력에 대한 새로운 로드맵을 제시하는 등 원자력 에너지를 활용하기 위한 활발한 움직임이 나타나고 있음
- 원자력은 지속가능하고 다양한 에너지 믹스를 달성하고, 이산화탄소 배출을 제한하며, 에너지 공급의 안전과 독립성을 유지하고, 경제 발전과 고용 촉진과 같은 에너지 목표에 기여
 - SMR은 전기의 탄소 중립 뿐 만 아니라 대규모 원자력 에너지 및 가변 재생 에너지가 제한될 수 있는 새로운 응용 분야의 탄소 중립을 지원할 수 있는 잠재력을 가지고 있음
 - 이러한 새로운 시장과 응용 프로그램에는 온 그리드 전력을 대체하기 위한 석탄 대체뿐만 아니라 지열을 대체하기 위한 화석 연료 코제네이션 대체, 그리고 디젤 대체 등이 포함됨
- 영국, 프랑스 등 주요국들은 선진 원자로 기술 및 SMR 개발을 위한 야심찬 정책과 프로그램을 추진해 나가고 있지만 아직 관련 예산이나 규제지원이 부족한 상황임
 - 특히 원자력이 중장기적으로 역할하기 위해서는 공기 및 예산 계획 내(On time, on budget) 프로젝트 관리가 매우 중요하며 시장 설계와 자금조달 계획을 입증할 수 있어야 함
 - 원자력을 새롭게 고려하는 국가들은 개발 경험, 산업 인프라 및 교육 시스템의 부족 등의 문제를 경험하고 있으며, 이를 해결하기 위한 국경을 초월한 협력 필요성이 강조되고 있음
- 유럽 연합에서는 원자력 발전이 향후 20년 동안 전기 생산의 중요한 원천으로 남을 것으로 예상되며, 선진 원자력 기술 선도와 에너지 시스템의 독립성 향상을 위한 활동 전개
 - 효율성의 향상을 위한 자원 가용성 및 장치, 원자력 규제 및 인허가, 인력 양성 및 이해관계자 참여에 대한 실질적인 국제 공조 기회 확대 전망
 - 또한 신규 프로젝트를 효과적으로 지원하여 원자력의 잠재력을 실현하기 위한 규제 개혁, 새로운 자원조달 모델의 도입 등 다양한 접근법의 등장도 예상됨

첨단 바이오 연구 · 정책 동향

EU에서 개발된 백신 후보물질 중 **바이러스를 대상으로 하는 예방 백신**이 가장 많았고, 하나의 바이러스를 타겟으로 하는 **단일백신** 외에도 여러 바이러스의 조합을 타겟으로 하는 **다중백신**이 다수 개발되고 있음. 백신이 존재하지 않는 질병/바이러스에 대한 **신종 백신**을 개발하거나 **기존 백신**을 향상 시키는 두 가지의 연구가 활발하게 이루어지고 있음. COVID-19 팬데믹 이후, 연령, 성별, 지위, 또는 지리적 위치에 관계 없이 모든 사회 구성원 보호의 중요성이 강조됨에 따라, 위기 상황 뿐 아니라 평생, 그리고 일상적 관행으로서 **백신 접종**의 중요성이 강조되고 있으며, 유럽은 이를 **국가 및 유럽연합 예방 접종 전략**에 반영하여, 인구 연령 전반의 **정기 예방접종, 여행자 백신, 항생제 내성 백신, 감염 관련 치료 백신, 감염 관련 암 백신**의 개발을 전략적으로 지원하고 있음

현재 개발중인 백신의 대부분은 **mRNA 플랫폼**을 사용하였으나, 다른 플랫폼의 활용의 중요성도 부각되었음.

EU는 2021년 감염병 관련 연구 지원 프로그램 **EU4Health Programme**을 마련하여 **COVID-19 팬데믹에 대한 대응과 EU의 위기대비능력 강화**를 목적으로 약 53억유로 규모의 연구를 지원하고 있음.

또한, EU는 **보건비상준비대응국(HERA)**을 설립하여 코로나 이후 주요 의료 대응 조치의 개발, 제조, 조달 및 공평한 분배를 보장함으로써 국경을 초월한 보건 비상 사태를 예방, 탐지 및 대응할 수 있는 유럽 차원의 역량 강화를 꾀함. HERA는 7가지의 과제 중 가장 많은 예산이 책정된 과제 2에서 백신 개발 연구/제조를 지원함.

이

유럽의 첨단바이오 연구 동향

» 백신개발

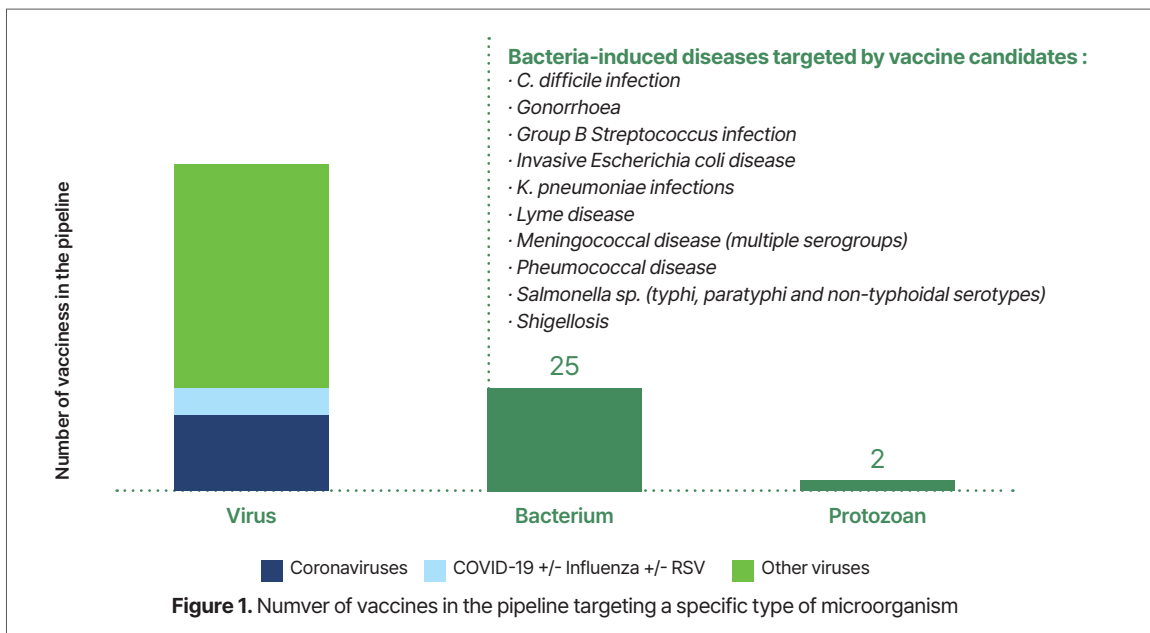
• 조사·분석 대상 및 방법

- 2023년 유럽의 백신개발 연구 동향은 유럽연맹제약산업협회 (EFPIA: European Federation of Pharmaceutical Industries and Association)의 전문 백신그룹인 Vaccines Europe (VE)에서 발간한 Vaccines Europe pipeline review 2023을 참고함
- 2022년 7월부터 2023년 8월까지의 공공 데이터를 대상으로 하였으며, 전임상 개발단계의 백신은 분석에서 제외됨
- VE 주요 주주기관 (DG HERA: Health Emergency Preparedness and Response Authority, EMA: European Medicines Agency, EDQM: European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare 등)의 피드백을 위주로 작성됨

• 백신 개발 분야 현황 분석

- 2023년 8월 말까지 파이프라인 백신 후보물질은 103개로 이 중 예방적 백신이 99개, 치료용 백신(감염원 표적)이 4개였음
- 백신 후보물질은 대부분 바이러스에 의한 감염병을 대상으로 하였으나 세균에 의한 감염도 표적으로 삼는 경우도 많았고 말라리아 원인 기생충인 열원충에 대한 백신 후보물질 2개가 있었음
- 그 중 단일백신 후보군에는 COVID-19 (SARS-CoV-2)가 18개 후보로 가장 많았으며, 인플루엔자 16개 후보, 수막구균 질환 7개 후보, RSV 6개 후보 등이 뒤를 이었음

특정 유형의 미생물을 대상으로 하는 파이프라인의 백신 수



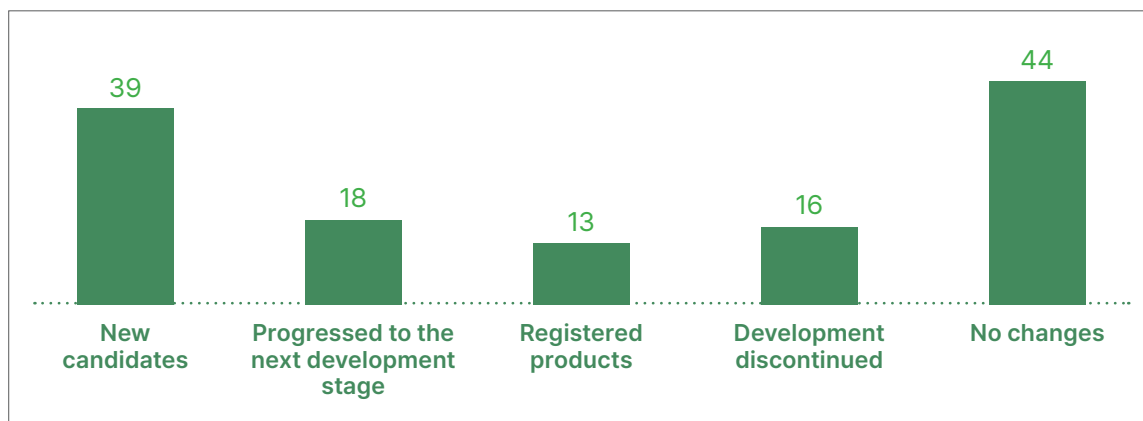
- 이들 외에도 이들 바이러스의 조합을 타겟으로 하는 다중 백신 후보군이 있었음
- 25개 백신 후보가 임상 3상 중에 있으며 7개 후보는 규제기관의 검토 중에 있음
- 거대세포 바이러스 (CMV), 에이즈 바이러스 (HIV), 및 노로 바이러스의 백신개발연구도 이루어지고 있음
- 파이프라인 백신 후보의 42%는 현재까지 백신이 등록되지 않은 질병 또는 그의 조합에 대한 백신을 개발하는 것을 목표로 하고 나머지 58%는 기존 백신을 향상시키거나 새로운 접근방식을 개발하는 것을 목표로 함
- 기존 백신 향상 및 개발 방향

- 의료진 및 환자의 편의성을 높이기 위한 제형 개선
- 백신 적용 가능 인구 확대
- 백신에 더 많은 표적 균주 포함
- 주사 횟수를 줄이고 국가 예방접종 일정에 더 잘 맞는 복합백신 개발
- 새로운 접근방식 (예시: 다른 기술 플랫폼을 이용하여 항원의 다른 부분을 표적으로 함)

• 백신 연구·개발 활발성

- 백신개발 및 임상연구의 어려움에도 백신개발 생태계는 사회의 요구에 맞추어 끊임없이 발전하고 있으며 특히, 팬데믹 기간 중 기존의 백신 연구기관 외에도 새로운 연구진들이 백신연구에 참여하였음
- 2022년도 리뷰에서 보고된 백신 후보 중 13개는 2023년 8월 말 이전에 시장 판매 허가를 받았으며, 같은 기간 18개 후보는 다음 개발 단계로 진행하였고, 16개 개발 프로그램은 중단되었음
 - * 2023년에는 39개의 새로운 백신 후보가 포함되었음
- 감염원을 표적으로 하지 않는 치료제 후보는 2023년 보고서에 포함되지 않았으며, 예방적 사용을 위한 단일클론항체로 개발된 제품들은 최신 트렌드를 반영하여 보고서에 포함되었음

2022 7월 이후 VE 회원 기관 기준 백신 파이프라인 업데이트



출처: Vaccines Europe pipeline review 2023

2022년 7월에서 2023년 8월 사이 VE 회원 기관 기준 백신 파이프라인 업데이트

백신후보 수	전년도 리뷰 대비 변화	질병군
13	시장 판매 허가	코로나, 뎅기열, 에볼라, 호흡기세포융합 바이러스(RSV)
15	다음 개발단계 진행	코로나, 단순 헤르페스 바이러스, 독감, 폐렴구균 질환, RSV, 지카바이러스 감염증
39	새로운 후보	C. difficile 감염, COVID-19+/-독감+/-RSV, 뎅기열, Epstein-Barr 바이러스 감염, 임질, 단순 헤르페스 바이러스, HPV, 인간 메타뉴모바이러스 및 RSV, 독감, 독감+RSV, 유행성 독감, 라임병, MMRV, 폐렴구균 질환, 수막구균 질환, RSV, 살모넬라균(장티푸스, 파라티피, 비장티푸스), 시겔로시스, 대상포진, 수두증
16	개발 중지	치쿤구니아 바이러스, 사이토메갈로바이러스, COVID-19 +/- 독감, 에볼라, HIV, 인간 메타뉴모바이러스 및 파라인플루엔자 바이러스 3, 폐렴구균 질환, RSV, 시겔로시스 및 황색포도상구균에 의한 피부 및 연조직 감염

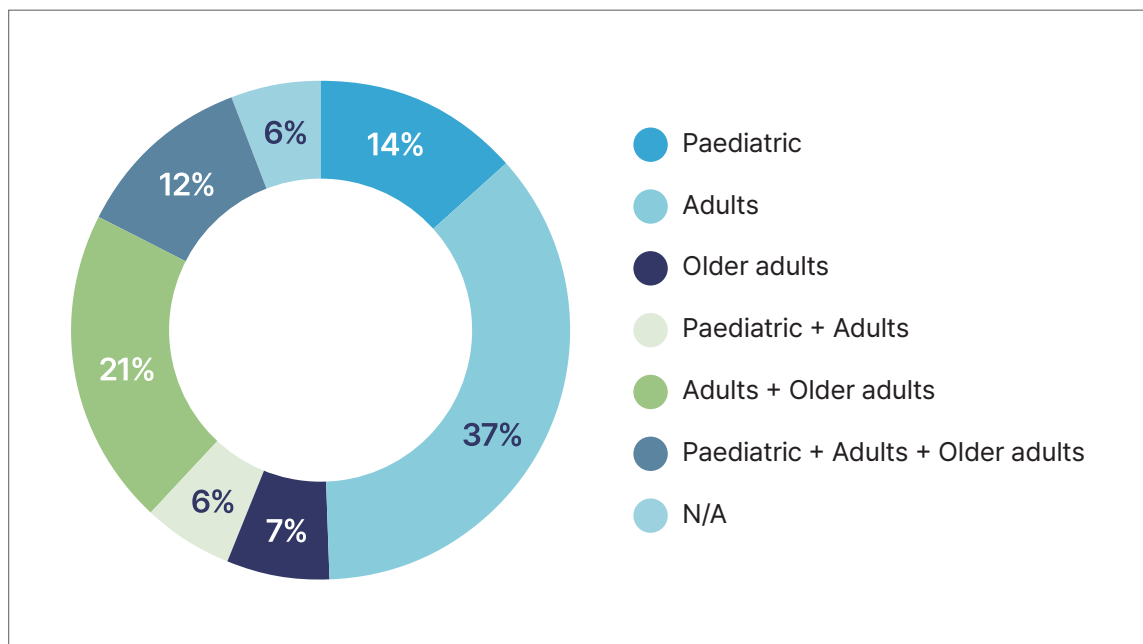
출처: Vaccines Europe pipeline review 2023

- 빌&멜린다 게이츠 재단, 대학, 국립보건원 (NIH), 미국 생물의학 고등연구개발청 (BARDA), 국립 알레르기 및 전염병 연구소 (NIAID), 국제 에이즈 백신 이니셔티브 (International AIDS Vaccine Initiative), 캐나다 정부, 및 전염병 대비 혁신 연합 (CEPI) 등 다양한 민간 및 공공 이해관계자와의 연구협력 및 투자 하에 백신개발이 이루어지고 있음

• **삶속 일상백신 개발**

- COVID-19 팬데믹을 통하여 연령, 성별, 지위, 또는 지리적 위치에 관계없이 모든 사회 구성원 보호의 중요성이 강조되었으며, 이는 위기상황 뿐만 아니라 평생, 그리고 일상적 관행으로서 백신 접종을 포함하는 것으로 유럽은 이를 국가 및 유럽연합 예방 접종 전략에 반영함
- 인구 연령 전반의 정기 예방접종
 - 소아 예방접종 일정은 유럽 전반적으로 체계가 잘 잡혀 있으나, 성인을 위한 예방접종 일정은 그렇지 않으며, 예방접종율도 낮음
 - 조사된 백신 중 대부분이 성인을 대상으로 테스트된 백신이었고, 40%가 노인 대상, 그리고 32%가 소아를 대상으로 테스트된 백신임
 - 2025년 50세 이상 유럽연합 인구가 50%에 이르는 것을 고려하였을 때, 이 분석결과는 인구 고령화 문제와 인구 연령 전반을 아우르는 백신 개발의 필요성을 시사함

인구 연령대별 백신 후보 수



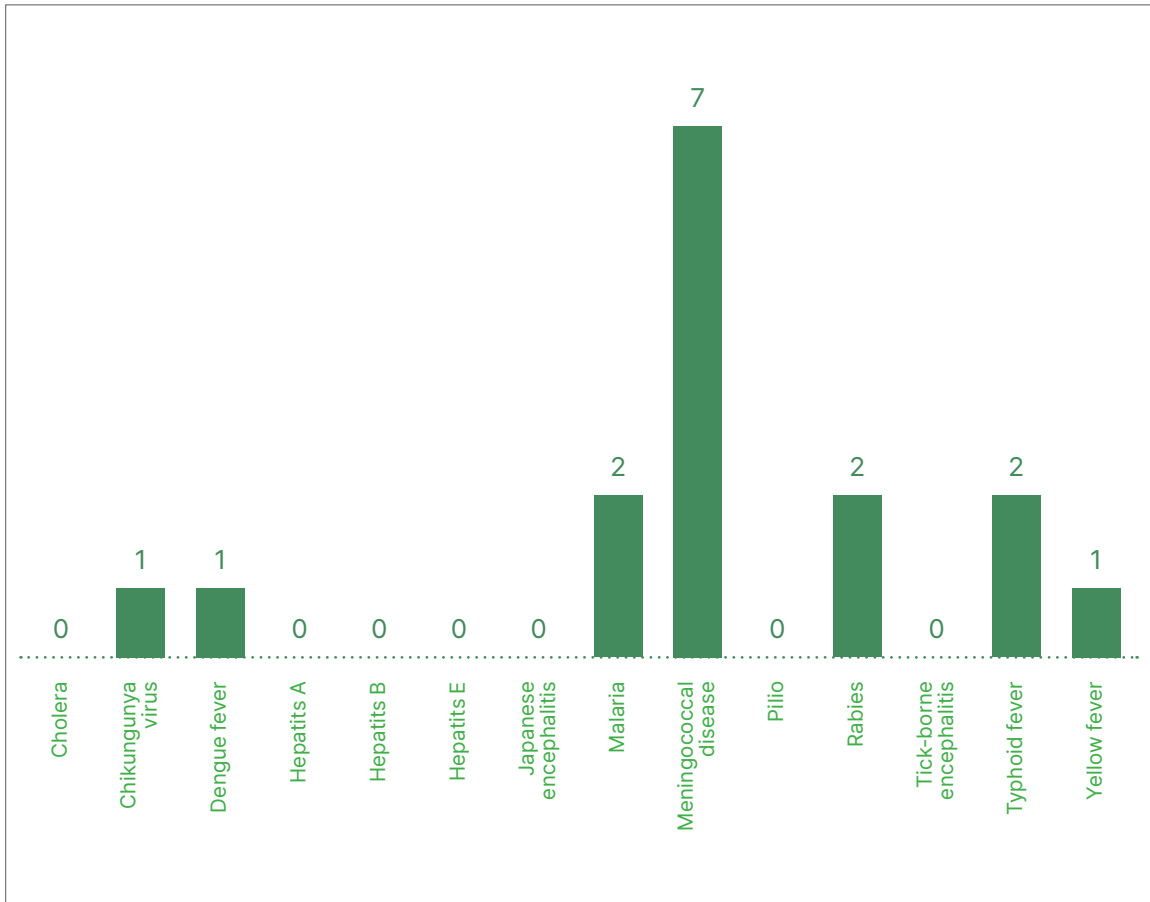
출처: Vaccines Europe pipeline review 2023

- 정기 예방접종이 시행되는 질병 중 특히 호흡기 감염 질환은 성인의 병가, 입원, 및 사망의 원인이며 핵심 과제임
- 독감의 경우, 유럽에서 매년 5천만 명의 환자가 발생하고, 그 중 15,000~70,000명은 복합병에 의해 사망에 이름
- 독감의 연간 경제적, 의료적 부담은 짧은 치료 기간에도 불구하고 상당하며, 정기적 계절성 독감 접종은 입원 및 진료상담을 피하게 함으로써 유럽의 의료비용을 2억 4천 8백만 유로에서 3억 3천 2백만 유로 (약 3천6백억-4천7백억원) 절감할 수 있을 것으로 추정됨
- 임산부를 위한 B군 연쇄상구균 감염에 대한 백신도 개발되고 있는데 산모가 예방접종을 받음으로써 유도된 항체가 임신 중 또는 출생 후 태반을 통해 태아로 전달되어 신생아의 생후 몇 달 동안의 감염을 예방할 수 있음

- 여행자 백신

- 근대에 여행자가 늘어남에 따라, 감염질환의 확산 위험도도 증가함. 개발도상국으로 여행을 다녀온 사람의 42%-79%가 여행관련 질병을 앓는 것으로 추정됨
- 그 중 가장 흔하게 진단되는 질병은 독감과 말라리아이며, 다른 감염 질환들도 증가하는 추세임 (예: 뎅기열, 지카, 황열, 치쿤구니아)
- 2023년 8월까지 개발 중인 백신 후보 중 여행질환 백신은 치쿤구니아바이러스 (Chikungunya), 뎅기열 (Dengue fever), 말라리아 (Malaria), 수막구균 질환 (Meningococcal), 광견병 (Rabies), 장티푸스 (Typhoid fever) 및 황열병(yellow-fever)에 대한 백신 등이 있음

개발중인 여행자 백신 후보 수



출처: Vaccines Europe pipeline review 2023

- 감염 관련 치료백신

- 치료백신은 예방백신에 비해 아직 초기 연구/개발단계 분야로, 치료백신의 목적은 면역 반응을 증진시키거나 재 활성화시켜 감염으로 인한 질병을 조절하거나 제거하는 것임
- 치료백신은 기존의 감염이나 감염 관련 질병과 싸우거나 통제하기 위해 환자 본인의 면역체계를 사용함

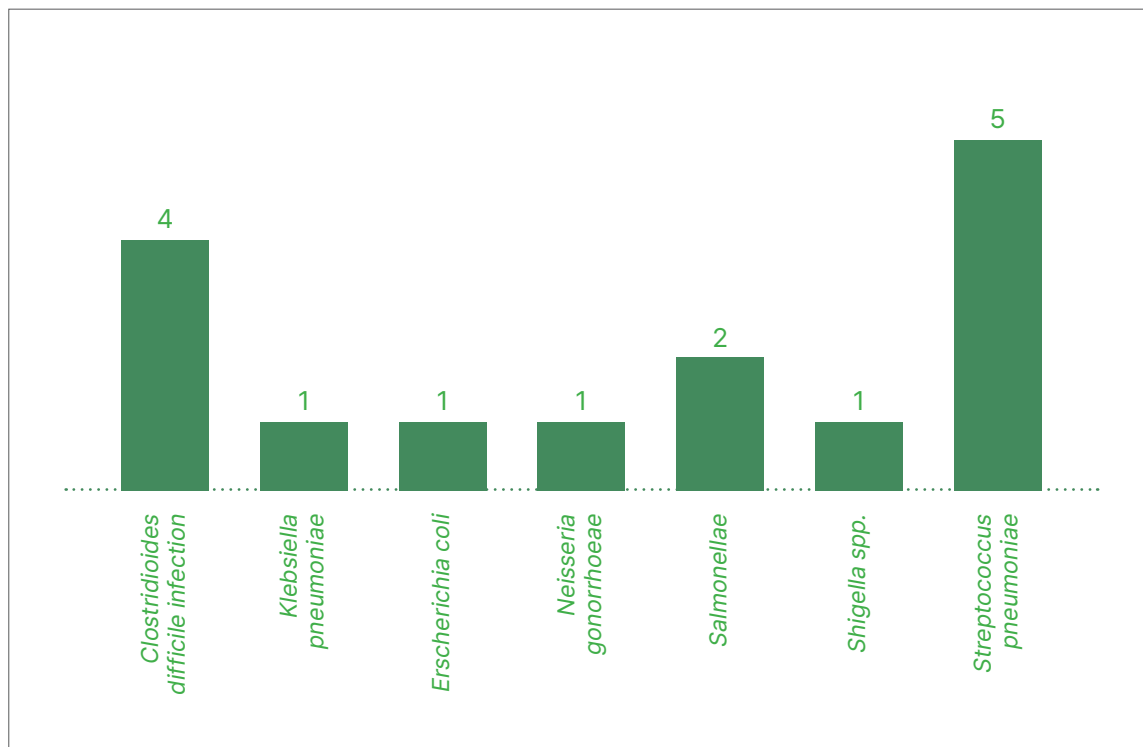
- 감염 관련 암 백신

- 예방백신과 치료백신 두 가지의 연구방향이 있음
- 예방백신: B형 간염 감염의 결과일 수 있는 간암, HPV 또는 Epstein-Barr 바이러스 감염과 관련된 암과 같은 감염 관련 암을 예방함
- 치료백신: 종양의 퇴행을 유도하고, 잔류 질환을 근절하며, 지속적인 항 종양 기억을 확립하고, 비특이적 또는 이상 반응을 피함

• 플랫폼 기술 개발

- 보고서 분석에 포함된 대부분의 백신은 mRNA 플랫폼을 사용하였으나, 다른 플랫폼의 중요성 또한 잘 나타남
- 2023년 처음 포함된 플랫폼 기술은 GMMA (Generalised Modules for Membrane Antigens: 세포막 항원을 위한 일반모듈)와 예방적 사용을 위한 단일클론 항체 플랫폼임

개발중인 AMR 백신 후보 수



출처: Vaccines Europe pipeline review 2023

- 백신 기술의 다양화는 다양한 질병을 해결하는 데 핵심이며, 이를 통해 다양한 병원체를 퇴치할 수 있는 맞춤형 솔루션을 제공함
- 보조제는 많은 백신 후보 물질에 존재하며, 주요 목적은 백신 항원에 대한 신체 면역 반응을 향상시키는 것임
- VE 회원 기관들은 잘 알려진 보조제부터 각 회사에서 개발한 혁신 보조제까지 다양한 종류의 보조제를 개발중인 백신 제품에 사용함
- 보조제의 예로는 알루미늄 (인산염 또는 수산화물), AS01, AS03, E6020, MF58, Matrix-M, 그리고 GM-CSF가 있음. 보조제의 구성은 다양하며, 박테리아 외막에서 발견되는 오일, 지질이나 염, 계면활성제, 사포닌, 리포좀 및 단백질과 같은 다양한 천연 또는 합성 물질로 구성됨

02

유럽의 첨단바이오 정책 동향

» EU 백신 전략

- `20년 6월 EU 집행위원회는 COVID-19에 대응하여 백신의 개발, 제조, 배포를 가속화하기 위한 백신 전략 제시
- 동 전략은 ▲백신의 품질, 안전성, 효능 보장, ▲회원국의 백신에 대한 빠른 접근성 보장 및 글로벌 연대 주도, ▲모든 EU 시민들의 공평하고 합리적인 접근성 보장, ▲EU 국가에서 안전하고 효과적인 백신 출시와 관련하여 준비가 이루어지도록 하는 것을 목표로 함
- 이후 집행위원회는 최대 42억 회 분량의 COVID-19 백신을 확보하였으며, EU 국가로의 백신 배포가 점차 증가하여, `23년 8월 기준으로 성인 인구의 84.8%가 최소 한 번 백신 접종을 받았으며, 유럽연합, 회원국 및 금융기관으로 구성된 Team Europe은 전 세계 국가에 5억 3,000만 회 분량의 백신 기부

» 재정 지원 프로그램

• EU4Health Programme

- 2021-2027년 기간 동안 53억 유로 (약 7.6조 원) 규모의 예산이 투입된 전례 없는 EU 재정 지원 프로그램으로 2021년 COVID-19 팬데믹에 대한 대응과 EU의 위기대비능력을 강화하기 위해 제정됨 (Regulation (EU) 2021/522)
- 동 프로그램은 4가지 목표로 ① 보건 개선 및 협력 조성, ② 사람 보호, ③ 의약품, 의료기기 및 위기관련 제품에 대한 접근, ④ 의료시스템 강화를 설정하였으며, 암에 초점을 맞춘 4개의 주요 활동(위기대비, 건강 증진 및 질병 예방, 의료시스템 및 의료인력, 디지털)을 지원하는 연간 워크 프로그램에 의해 시행됨
- EU4Health 과제의 일환으로 백신 생산 역량 강화를 위한 EU FAB 네트워크를 구축하여 보건 위기 발생 시 빠르게 백신 생산 및 운영 능력 확보

• Horizon Europe

- Horizon Europe 클러스터1 '보건'에 82억 유로의 EU 예산이 투자됨
- 유럽보건디지털집행청(HaDEA)은 Horizon Europe 클러스터1의 6가지 목표*와 관련한 프로젝트 시행

* ① 급변하는 사회 속 건강 유지, ② 건강증진 환경에서 생활, ③ 질병 대응 및 질병 부담 경감, ④ 혁신적, 지속가능, 고품질 의료서비스 접근, ⑤ 기술-디지털 솔루션 활용, ⑥ 혁신적, 지속가능, 경쟁력 있는 보건산업

» 보건비상준비대응국 (HERA)

• 설립 배경 및 목적

- 2020년 11월 11일 유럽위원회 (European Commission)는 유럽이 관련 의료 대책 비축물자에 대한 접근성이 부족함을 강조하며 의료 대책 공급망의 취약성을 지적하며 EU차원의 보건 강화를 위한 계획을 발표함
- 2021년 9월 16일 주요 의료 대응 조치의 개발, 제조, 조달 및 공평한 분배를 보장함으로써 국경을 초월한 보건 비상 사태를 예방, 탐지 및 신속하게 대응할 수 있는 유럽의 능력 강화를 목적으로 The European Health Emergency, Preparedness and Response Authority (HERA)가 설립됨

• HERA 7년 활동 계획

- 2021-2027년 HERA 활동은 준비 및 위기 두 가지 단계로 설계 및 수행됨

- 준비 단계

- 진단, 치료제, 백신을 포함한 관련 기술 및 대책 개발뿐만 아니라 주요 신형 병원체 (질병을 유발할 수 있는 미생물)를 대상으로 하는 연구를 지원하며, 임상시험에서 유럽의 역량을 향상 시키는 것도 목표로 함
- HERA 인큐베이터의 일환으로 시작된 VACCCELERATE가 이 HERA 협력의 첫 번째 이정표임
- VACCCELERATE는 유럽에서 COVID-19백신 시험을 위해 구축한 첫 번째 EU 전역 네트워크임
- HERA는 의료 대책의 대규모 생산 지원 및 시설 유지를 위해 EU FAB를 기반으로 구축될 예정임
- EU FAB는 EU 내 백신 및 치료제 제조를 위한 상시대기 다중 기술 생산 능력 네트워크를 의미하며, 방역 비상시 첫 6개월 이내에 70%의 백신 생산 능력을 확보하는 것을 목표로 함

- 위기 단계

- 위기 단계는 유럽연합 집행위원회의 공공 비상사태 선언에 의해 촉발될 수 있음
- 비상체제에는 연합 전체의 임상시험 네트워크와 데이터 공유 플랫폼의 사용을 포함한 긴급 연구 및 혁신 계획의 활성화와 위기 관련 의료 대책 및 위기 관련 원료의 조달, 구매 및 제조가 포함됨

• HERA 2023 워크플랜

- 5가지 주요 이니셔티브를 통해 의료대책(MCM)의 가용성 및 접근성에 중점을 두고 전염병 및 기타 대규모 보건 위기에 대한 추가적인 대비를 약속함
- 정보수집, 위협평가 등을 위한 최첨단 IT 시스템 구축
- 전염병 대비를 위한 의료대책의 추가 개발 및 의료서비스 접근 보장
- 공중보건 비상사태 발생 시 백신 제조 능력 확보(EU FAB)
- 광범위한 의료대책 개발 및 생산을 위한 민간 투자 활용을 위해 자금 조달 메커니즘 'HERA INVEST' 구축
- EU 수준의 화학, 생물학, 방사선 등 관련 의료대책 비축에 대한 전략 개발

» EU FAB 네트워크

- `23년 6월 EU 집행위원회는 유럽보건디지털집행청(HaDEA)과 협력하여 다양한 백신 유형 (mRNA, 벡터, 단백질 기반)에 대한 충분하고 민첩한 제조 역량을 위해 프레임워크 계약 체결
- 동 네트워크는 EU의 백신 생산국가(벨기에, 아일랜드, 네덜란드, 스페인)의 백신 생산의 제조와 규모 확대의 격차를 줄이는 동시에 생명을 구하는 의약품 생산할 수 있는 업계의 역량 보장을 위해 구축됨
- EU FAB 네트워크는 공중보건 비상사태에 대비하여 EU의 백신 제조 능력 보유
 - 준비 단계: EU FAB 시설을 최신 상태로 유지, 직원 교육, 공급망 모니터링
 - 위기 단계: 공중보건 비상사태 인식 후 집행위원회는 백신 구매 및 EU FAB 활성화하고, EU FAB는 신속하게 백신 생산 및 배포

» eHealth 디지털 헬스케어 정책

- 정보통신기술(ICT)을 사용하여 건강 예방, 진단, 치료, 관리를 개선하고 생활습관을 모니터링하며, 진료에 대한 접근성과 질을 향상하고 보건 부문의 전반적인 효율성을 높일 수 있음
- EU 회원국의 eHealth 담당 기관들이 네트워크를 구성하여 상호 운용성 촉진, 건강 데이터 공유, 시민들이 건강 데이터에 접근 및 공유할 수 있는 권한 부여 등의 활동을 진행함
- `23년 12월 EU 집행위원회와 WHO 유럽은 건강정보시스템을 강화하고 유럽의 건강 데이터 거버넌스와 상호 운용성을 강화하기 위해 1,200만 유로의 계약 체결

» 유럽 파트너십

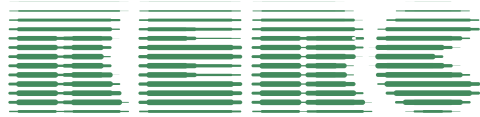
- **유럽 및 개발도상국 임상시험 파트너십(Global Health EDCTP3)**
 - 사하라 이남 아프리카 지역의 감염병 부담을 줄이기 위한 새로운 해결책을 제공하고, 전 세계 감염병에 대비하고 대응하기 위한 연구 역량 강화
 - 2030년까지 전염병에 대처하는 최소 2개의 신기술 개발 및 배포와 재발하는 전염병에 대비한 추가 의료기술 개발을 위해 30개국 100개 이상의 연구기관 지원을 목표로 함
 - 사하라 이남 아프리카 국가의 의약품 규제 시스템을 위한 역량 구축 및 개발 지원을 위한 6개 프로젝트가 선정되어 총 350만 유로의 예산이 투입됨
 - `23년 11월부터 EU 집행위원회로부터 재정적으로 자율화되어 자체 예산 시행 및 필요한 행정, 운영, 재정 조치 직접 관리 가능
- **혁신 보건 이니셔티브(Innovative Health Initiative)**
 - 과학적 지식에서 실질적 혁신으로의 전환을 촉진하는 건강 연구혁신 생태계 조성을 도우며, 공공보건 니즈에 초점을 맞춰 질병의 예방, 진단, 치료 및 관리를 위한 연구혁신 지원

- 동 이니셔티브는 Horizon Europe 및 유럽의 새로운 산업 및 제약 전략인 암 퇴치 플랜(Beating Cancer Plan)의 목표를 달성하는데 기여할 것
- '23년 암 진단·치료 발전을 위한 빅데이터, 영상의 사용, 신경퇴행성 질환 및 기타 질병의 치료를 개선하기 위한 디지털 플랫폼 구축을 포함한 5개 프로젝트 개시하였으며, Horizon Europe과 업계 파트너로부터 총 1억 2,900만 유로를 지원받음

03

시사점

- 개발되고 있는 바이러스 백신 중 COVID-19를 타겟으로 하는 백신후보가 가장 많았으나, VE 보고서 분석 시점 이후인 2023년 5월에 COVID-19 펜데믹이 해제됨에 따라 그 수가 줄어들 것으로 예상됨
- 그러나 높은 감염률이나 전염률을 가진 바이러스나 세균에 대한 백신연구, 또는 아직 백신이 개발되지 않은 질병에 대한 백신연구는 계속될 것으로 보임.
- 2022 대비 2023년도에 새로운 백신후보가 39개 생겨나며 팬데믹 이후에도 백신개발이 더욱 활발히 일어나고 있음을 증명하였으며, 사이클이 긴 제약연구 특성상 2024년에도 활발한 연구 개발이 이루어질 것으로 예상됨
- 인구의 노령화가 진행됨에 따라, 노인을 위한 백신개발 및 테스트가 증가할 것으로 예상됨
- 감염 관련 치료 백신이나 암 백신은 아직 개발 초기단계이나, 최근 활발한 연구가 이루어지고 있는 면역치료와 함께 효과적인 질병의 치료 및 예방에 도움을 줄 것으로 보임
- 일상 백신은 사람들의 질병 감염률을 낮추어 사회에 막대한 경제적 이익을 줄 것으로 예상됨
- mRNA 플랫폼이 개발중인 백신 기술의 주를 이루었으나, 기술의 다양화는 다양한 질병을 해결하는 데 핵심이며, 이를 통해 다양한 병원체를 퇴치할 수 있는 맞춤형 솔루션을 제공함
- 또한 연령, 유전자 및 건강상태와 같은 요인과 개인의 선호도에 따른 인구의 다양한 면역 반응을 고려하여 환자에게 필요한 백신을 선택할 수 있도록 보장함
- 인프라, 자원 및 의료시스템이 지역마다 다르다는 점을 고려하였을 때, 폭 넓은 백신 기술 포트폴리오를 글로벌 수준의 백신 접근을 지원함
- 팬데믹과 같은 글로벌 건강 위협의 경우 여러 플랫폼을 사용할 수 있는 것이 백신 개발을 가속화하고 인구를 질병으로부터 더 빠르게 보호할 수 있음
- EU4Health 프로그램이나 HERA 모두 2021년 제정되어 2027년까지의 지원을 포함하고 있음
- HERA의 운영목표에선 아직 준비단계에 머물러있다는 점을 감안할 때, 앞으로도 3-4년간 백신연구, 네트워크 구축 및 백신제조기술 혁신에 유럽연합 차원의 다양한 재정적 및 정책적 지원이 강화될 것으로 보임



유럽 주요분야별 연구 및 정책동향 2023

항공우주 연구 · 정책 동향

2023년 유럽의 항공우주 연구는 유럽 항공우주 조직 위원회(CEAS), 유럽 항공 안정청(EASA), 유럽 항공우주청(ESA) 등 유럽 내 협력 기구 주도 연구 뿐만 아니라 국가 안보 및 방위 산업에도 깊이 관련이 있는 바, 유럽 각 국의 개별 연구 시설(프랑스 ONERA와 CNES, 독일의 DLR, 이탈리아의 CIRA 스페인의 INTA 등)의 독립 연구 및 다양한 협력이 활발하게 이루어졌음. 특히 유럽의 연구 혁신 정책은 기후 환경을 생각하는 그린 딜 정책을 비롯 디지털 시대에 맞는 유럽, 시민 중심 경제, 유럽형 삶의 질 향상, 세계 영향력 강화, 새로운 유럽형 민주주의 발전 등 여섯 가지 주제를 가지고 고성능 지속 가능한 운영을 위한 계획이 주를 이루었음.

항공우주 분야 역시 위 이러한 정책 기조에 따라 온실가스 감소, 디지털 혁신, 안보 강화 등을 중점으로 다양한 세부분야 연구가 진행되었음. 유럽의 연구 및 혁신 정책은 Horizon Europe을 통해 산업의 경쟁력을 강화하고 기초과학부터 시장 경제 창출에 이르는 일련의 활동들을 지원하고 있음.

Horizon Europe은 다양한 기초 과학 연구분야 뿐만 아니라 산업 전반을 아우르며 유럽의 경제 성장과 경쟁력 향상의 주요 동력이 되고 있으며, 항공우주 분야의 경우 차세대 전산 유체 역학(CFD: Computational Fluid Dynamics) 기술 개발과 데이터 기반 인공지능 솔루션 연구에 집중하고 있음. 2023년 7월 아리안 5 로켓의 성공적인 발사를 끝으로 24년부터는 차세대 로켓 아리안 6가 그 임무를 대신할 예정이며, 아리안 6의 경우 발사체를 재사용하는 기술을 도입하여 추후 우주 항공 산업에도 큰 영향을 미칠 것으로 기대됨.

Key words

Horizon Europe, 차세대 전산 유체 역학 플랫폼, 인공지능 솔루션, 아리안 6

01

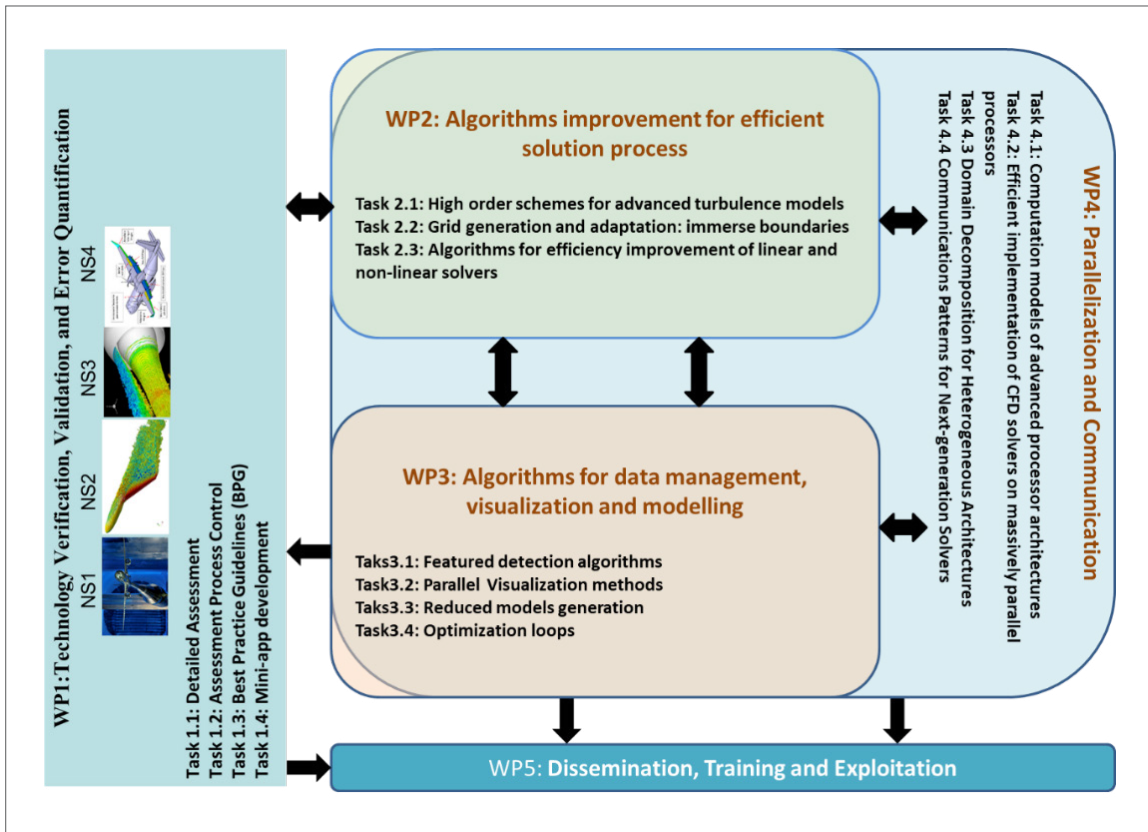
유럽의 항공우주 연구 동향

» 차세대 CFD 시뮬레이터

- **NextSim(Next Generation of Industrial Aerodynamic Simulation Code)**

- NextSim 프로젝트는 유럽의 우수한 연구자 및 산업체가 협력하여 기존의 CFD 성능을 뛰어넘는 차세대 CFD 시뮬레이터 개발에 집중하고 있음
- 스페인, 독일, 프랑스 3개국이 참여하였으며 2024년 2월까지 Horizon Europe으로 부터 390만 유로를 지원받음

NextSim Work Packages and Tasks



출처: nextsimproject.eu

- NextSim은 항공기 설계를 위해 CFD 프로그램이 거대한 규모의 병렬 컴퓨팅 플랫폼에 최적화 되도록 설계하여, 가볍고 조용하면서도 연료 효율성을 높인 항공기로 온실가스 배출을 줄일 수 있도록 유도함
- 기존의 산업용 시뮬레이터는 새로운 하드웨어 향상에 비해 발전된 하드웨어 아키텍처의 성능을 충분히 활용하지 못하고 있었다는 점에 초점을 둔 새로운 알고리즘 및 시스템을 연구하고 유럽 항공 산업의 요구를 충족시킬 수 있는 새로운 CFD 툴 CODA를 개발하고 있음

- 프로젝트 결과는 '미니 앱'이라는 개념을 통해 부분적으로 액세스가 제공 될 것이며, CODA에서 새로 개발된 수학적 방법이나 알고리즘의 사용을 미니 앱을 통해 확인할 수 있으며 이는 과학 커뮤니티에 무료로 배포될 예정임

- **SONICE(So Nextgen and Innovative CFD for Engines)**

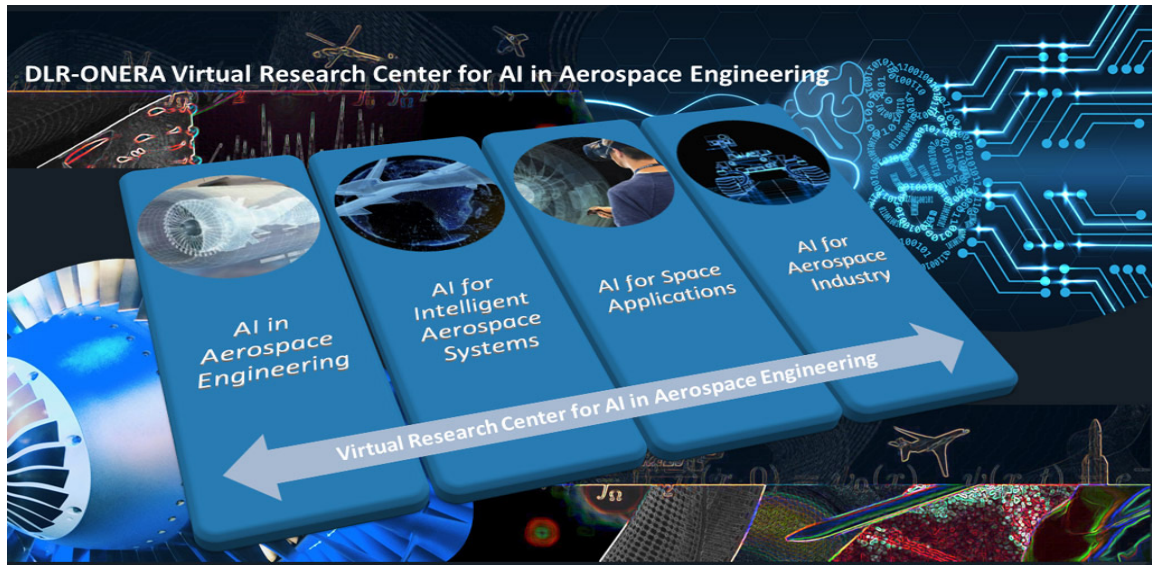
- SONICE 프로젝트는 프랑스 DGAC(항공총국) 관리 감독 하에 프랑스 항공우주 연구소 ONERA와 항공 엔진 방위 업체 Safran이 참여한 고성능 CFD 시뮬레이터 개발을 진행하고 있음
- SoNICS(So Naturally Innovative CFD Solver)는 고성능 CFD 시뮬레이션을 위한 혁신적인 소프트웨어로, 현재 사용 중인 ONERA의 elsA 공기역학 시뮬레이션 소프트웨어를 대체하기 위해 개발되었음
- SoNICS는 elsA와 비슷한 기능 범위를 가지면서도 몇 가지 주요 기능을 추가로 제공하며, 최신 병렬 컴퓨팅 및 소프트웨어 엔지니어링 패러다임, 자동 코드 생성 및 미분을 기반으로 하는 혁신 기술들을 활용하고 있음
- SoNICS의 새로운 아키텍처는 그래프 생성, 코드 생성, 자동 선형 및 적응 코드 생성과 같은 여러 혁신적인 기술을 기반으로 하고 있으며, 다양한 유체 모델을 고려하여 더 높은 작동 온도와 압력을 시뮬레이션하는 데 도움을 주고 있음
- Dynamic mesh adaptation, 향상된 Krylov linear solver, 형상 최적화, 유동 안정성, 역전파를 기반으로 한 임베디드 딥러닝 기능 등을 통해 더 빠른 결과 생성 및 향상된 정확도를 제공할 수 있음
- 사용자 요구 사항 중심 개발을 위해 사용자를 모든 단계에 참여시켜 개발 및 테스트를 진행하는 등의 방법을 적용하여 Safran의 비행기 모터 디자인에 필요한 기능들을 더욱 효과적으로 통합 하였음
- SoNICS는 CPU 및 GPU 활용에 탁월한 성능 향상을 보여주며, 향후 모터 프로그램에서 경쟁 우위를 제공할 것으로 기대됨

» 항공우주 분야 속 인공지능

- **독일(DLR) - 프랑스(ONERA) 협력 AI 공동 가상 연구센터 설립**

- 독일과 프랑스 양국의 AI 및 응용 분야 공동 목표에 달성을 목적으로 ONERA와 DLR이 협력을 시작하였음
- 이 협력은 항공우주 공학 분야에서 인공지능 및 그 응용에 주력하고 있으며 두 기관은 유럽의 디지털화를 반영하여 공동 가상 연구센터를 설립하였음
- AI 기술의 폭넓은 발전에 기여하고 항공우주 산업 내에서 자동화 및 최적화, 데이터 활용, 가상 설계, 클라우드 컴퓨팅 및 빅데이터 기술 분야 등을 선도하는 것을 주요 목표로 함
- 세부목표
 - AI in aerospace: 데이터 기반 및 데이터 주도 물리 모델링, 시뮬레이션 기반 인증, 최적화를 위한 축소(reduction) 모델

DRLO-ONERA 가상 공동연구센터 연구주제 : 항공우주와 AI



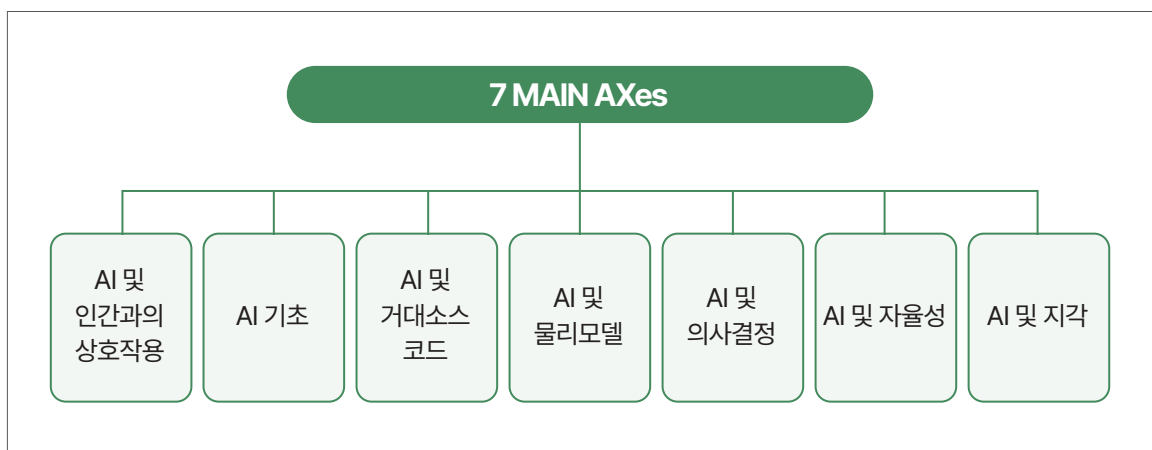
출처: ONERA

- AI for intelligent aerospace systems: AI 기반 설계 전문 시스템, 항공우주 시스템의 인공지능화와 안정성 향상, 인공지능의 신뢰도 및 정확성 구축
- AI for space applications: 로봇 시스템, 파일럿 모니터링 및 지원, 지구 관측, 우주 탐사, 궤도 유지 및 시스템 설계
- AI in the aerospace industry: 제조, 조립 및 유지보수 프로세스에 AI 활용

• AILab 설립

- 23년 11월 ONERA는 항공우주방위(ASD) 부문 이익의 극대화와 AI 연구활동 통합을 위하여 인공지능 연구소 AILab을 신설하였으며, ONERA는 이를 중심으로 현재 수행하고 있는 항공우주, 우주 및 국방 분야 연구 내 AI 주제 활용 분야들을 통합·최적화 할 예정임
- AILab은 AI 기초, AI 및 인간과 상호작용, AI 및 의사 결정 등 7가지 주요 영역으로 구성됨

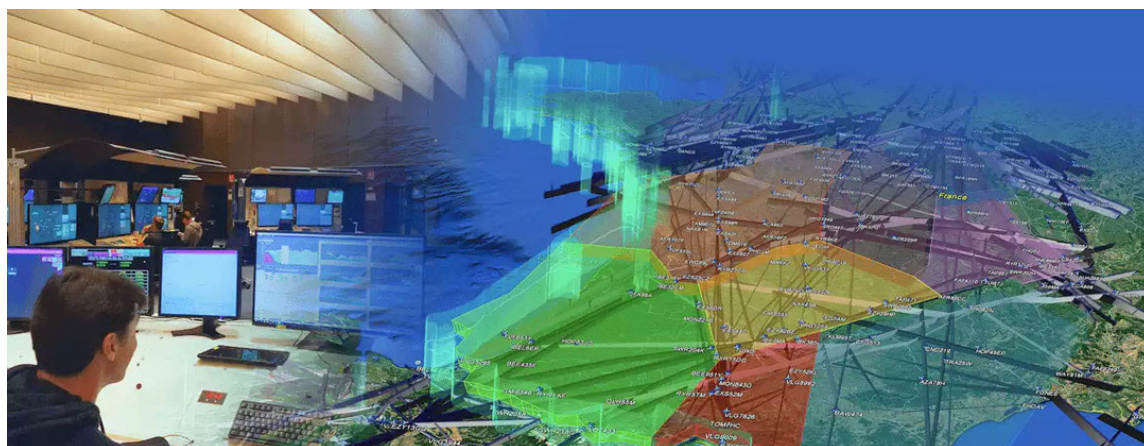
AILab 7개 주요 영역



• 항공 교통 관제 속 AI 활용

- 2019년 말부터 2023년 초까지 진행된 SESAR 2020(유럽 항공 교통 통제 혁신 프로젝트)의 후속으로 공항항공교통관제사(DTIS)와 ONERA가 함께한 AI 기술을 활용한 항공 교통 관리 도구 연구 개발 협력 프로젝트 SINAPS가 2023년 10월에 개시됨
- 이 프로젝트는 항공기 충돌을 피하고 항공 교통의 안전과 원활함을 보장하 항공 교통관리를 목적으로 함
- 공항 주변의 교통이 많은 지역과 바다 위의 지역은 특성에 따라 항공 교통 관리 방식이 달라지는데, CRNA라 불리는 항로 항공 관제 센터마다 배정된 기초 구역으로 교통 모니터링을 분산시킴
- 파악된 교통량에 따라 관리 구역의 수와 구성이 달라지는데, 이러한 구역화는 균형 잡힌 교통 관리를 위한 중요한 도전 과제임
- 또 다른 과제는 항공 상황을 대표하는 제약 조건을 설정하고, 알고리즘에 의해 제안된 솔루션을 운영 직원이 검증하기 때문에, 운영 담당자가 모든 제약 사항들을 인지하고 빠르게 의사결정을 내리는 데에 한계가 있다는 점임
- SINAPS 프로젝트는 항공 교통관제의 이러한 문제점들을 해결하기 위해 인공지능 알고리즘에 기반하여 제어실 구성 최적화에 집중하고 있으며, 특히 항공 트래픽 변화에 유연하게 대응하기 위해 전체 항공 공간 블록을 효과적으로 구성하는 작업을 수행하고 운영 담당자가 직접 검토하고 최적화된 솔루션을 도출 하도록 도움을 줄 수 있음
- 항공 상황에 따라 여러 매개변수가 존재하며 이를 시기반으로 조정함으로써 복잡한 상황에서의 부하를 줄이는데 매우 유용함

Dynamic sectorization in real time



출처: ONERA

» 차세대 우주 발사체 아리안 6

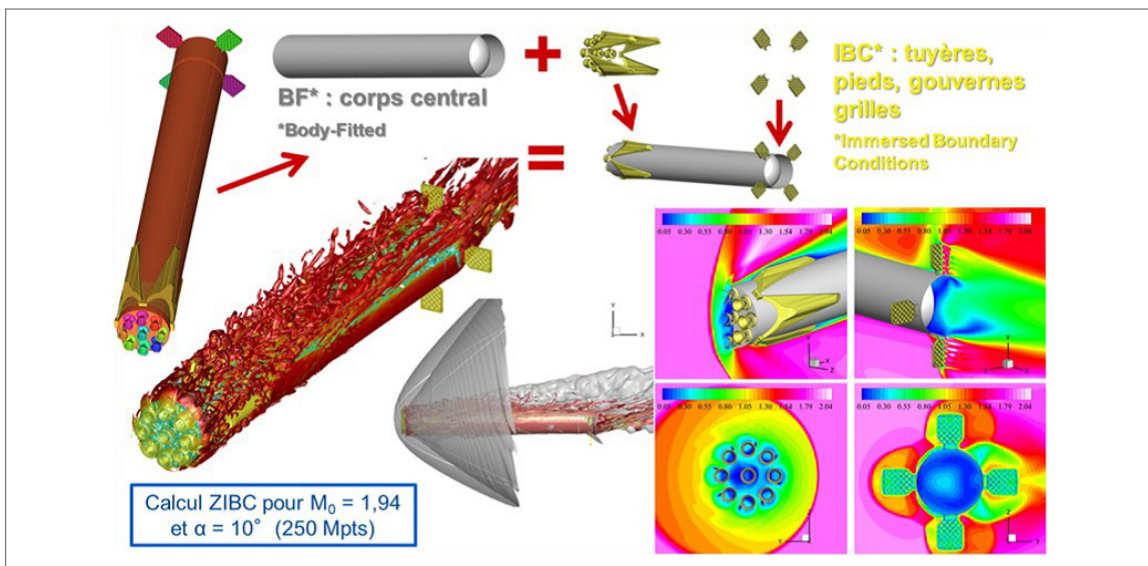
• 아리안 5의 은퇴

- 23년 7월 DLR의 통신위성 Heinrich Hertz와 실험위성 Syracuse 4b를 성공적으로 궤도에 올리며 아리안 5 로켓 VA261호가 임무를 완수하였으며, 이 목성 대기 탐사 임무 ESA의 Juice를 끝으로 아리안 5는 앞으로 은퇴를 하게 되었음
- 아리안 5는 전작인 아리안 4보다 높은 위성 운반 능력을 가지며 두 개의 대형 위성을 한 번에 궤도에 놓을 수 있는 성능을 탑재하고 있음
- 또한, 아리안 5는 혜성 추적 Rosetta, 수 많은 유럽의 갈릴레오 네비게이션 위성, 제임스 웹 우주 망원경 등 다양한 임무에 활용 되었음
- 앞으로 ESA 회원 국가들과 협력 산업 파트너들은 새로운 시장 상황에 대처하기 위해 아리안 시리즈의 최신 버전인 아리안 6를 선보일 예정임

• 재사용 로켓 설계 및 시뮬레이션

- ONERA는 재사용 로켓 프로토타입 설계 단계의 대규모 ZDES(Zonal Detached Eddy Simulation: 난류 모델링 중 하나로 고속 비행이나 난류 시뮬레이션에 특히 유용) 시뮬레이션을 시험하였음
- 이는 아리안 6 후속 재사용 발사 차량 컨셉에 대한 연구이며 비행 중에 발생하는 미지의 연속적인 물리 현상을 해석에 도움을 줌
- ONERA에서 개발한 지역 침투 경계 조건(ZIBC: Zonal Immersed Boundary Conditions) 전략이 재사용 로켓의 위험 감소 연구에 사용 되었는데, 불안정한 물리 현상을 분석하여 성능 제어 및 비행 제어에 영향을 줄 수 있는 여러 문제점을 파악하는데 도움을 주었음

ZDES calculation with IBC of the post-Ariane 6 reusable launch vehicle concept



출처: ONERA

- ONERA는 ZDES와 침투 경계 조건의 결합 모델링을 통해 마하 0.8 및 1.94 상황 속 여러 케이스를 시뮬레이션 하였으며, 실험 결과 엔진 베이, 피트, 그리드 핀 등에서의 최대 변동 압력 수준을 파악하고 정량화하였으며 구조적 응력 계산에 도움을 줄 수 있었음
- 앞으로는 더 다양한 변수(마하, 압력, 온도, 발사체 형상 등)와 조건 속 실험을 진행할 예정임

• 아리안 6의 첫 비행 준비

- ESA의 새로운 아리안 6 로켓이 최초 비행을 위한 핵심 엔진 시험을 성공적으로 마쳤음
- 이 테스트는 로켓의 실제 발사 순서에 따라 코어 스테이지 엔진의 7분간 항속 시험을 진행했는데, 로켓의 하부 액체 추진 모듈에 Vulcain 2.1 엔진을 사용하였으며, 유럽 우주 수송 시설인 프랑스 기아나의 유럽우주센터에서 수행되었음
- 이 성공을 통해 아리안 6 로켓은 유럽 내 자체 우주 접근성을 다시 확보하기 위한 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대되고 있음

» 기타

• 드론

- 4개의 광학 센서가 탑재된 새로운 헥사콥터 드론의 등장은 낮은 속도의 비행으로 토양 또는 채질 오염 특성화 같은 원격 공간 분해 해석 연구를 가능하게 함
- 실험을 통해 드론 비행 역학에 미치는 바람 효과를 분석하였는데 쓰러스트 계수 측정을 통해 공기의 흐름 상 상류에 위치한 로터의 엔진 속도가 하류에 위치한 것보다 낮다는 것을 확인하였음
- 이러한 실험은 난류 환경에서 드론 비행 모델을 개발하여 궤적을 예측하고 비행 안전 문제를 해결하기 위한 새로운 방법을 제시함
- 향후 드론에 윈드월(시간과 공간에 걸쳐 가변 유속을 부과할 수 있는 블로워) 장착 효과에 대한 후속 연구가 진행 될 예정임

• 우주 탐험

- 달 먼지를 모방하는 분말과 달 환경을 재현하는 진공실 등을 사용하여 달 먼지 접착력 특성과 정전기 충전 실험 등을 진행 할 수 있는 새로운 플랫폼 DROP이 개발됨
- 또한, 다중 방향 이동 간섭 측정법이 새로 고안 되었으며 이는 고해상도의 광학 지수를 양적으로 측정할 수 있는 기술을 제공하여 이미지 촬영과 광학 측정 분야에 작은 혁명을 가져왔다고 평가됨

DROP platform. Lunar simulation box equipped with electron/VUU source and centrifugal instrumentation



출처: ONERA

02

유럽의 항공우주 정책 동향

» EU 6대 핵심 연구 혁신 정책 과제

• **항공우주 연구분야에 끼친 영향**

- EU는 2020-2027년도 연구 혁신 핵심 정책 과제인 그린 딜, 디지털 시대에 맞는 유럽, 시민 중심 경제, 유럽형 삶의 질 향상, 세계 영향력 강화, 새로운 유럽형 민주주의의 발전 등 총 6 주제에 맞게 여러 세부 연구분야에 대해 다양한 사업을 진행 및 추진 중에 있음
- 그 중 항공우주 분야의 경우, 유럽 그린딜을 통해 환경 문제에 대응하고 지구 자원을 지속 가능하게 관리하는 방향으로 다양한 정책이 이루어 지고 있음
- (스마트 도시와 깨끗한 에너지) EU 우주 프로그램 갈릴레오는 교통 정체를 식별하고 여행 경로를 최적화하며 재생 에너지 인프라를 효율적으로 배치하는 데 도움을 주며 코페르니쿠스는 바다의 파도와 풍랑, 태양 복사량 등을 예측하여 풍력 발전 및 태양광 패널 설치와 같은 에너지 생성 예측을 가능하게 할 뿐 아니라 대기질을 모니터링하며 다양한 기후 변수 생성을 통해 기후 변화를 계절 및 세기적으로 예측하여 지속가능한 농업을 가능하게 함
- (시민 항공 산업) EU는 COVID-19 팬데믹에 특히 영향을 받은 시민 항공 산업의 위기에 대응하기 위해 산업 및 규제기관과의 조화된 정책 대응을 강화하였으며 유럽 방위기금을 통해 에너지 탄력성 및 탄소 발자국 감소에 기여하는 방위 지향적 솔루션에 자금을 지원하고 있음

- 종합적으로 다양한 정책들이 그린딜 정책과 맞물려 이산화탄소 배출을 크게 줄이고 EU의 탄소 배출권을 제한하는데 중요한 역할을 하고 있으며, 디지털 혁신 정책은 유럽의 삶 자체를 바꾸는 영향을 주며 새로운 비즈니스 모델 개발의 거대한 잠재력을 강조하고 있음

• 2023 EU 국정연설 (State of the Union)

- 2023년 9월 13일에 진행된 유럽 연합 위원회 의장 우르술라 폰 데어 라이언(Ursula von der Leyen)의 국정연설에서는 유럽 연합의 성공과 지난 몇 년 동안의 성과를 기반으로 2024년을 위한 주요 우선 과제와 주요 계획이 제시되었음

2023 국정연설 주요 내용

A European Green Deal	<ul style="list-style-type: none"> · 새로운 유럽형 풍력 발전 · 물 회복력(Water resilience)을 위한 계획 · 2040 기후 목표
A Europe fit for the digital age	<ul style="list-style-type: none"> · EU 우주법 제정 · 우주 데이터 경제 전략 수립 · AI 스타트업을 위한 유럽 슈퍼 컴퓨터개발 계획
An economy that works for people	<ul style="list-style-type: none"> · EU 바이오테크 및 바이오제조 산업 계획 · Val Duchesse Summit의 후속 조치 · 산업을 이끌 신소재
A stronger Europe in the world	<ul style="list-style-type: none"> · 아프리카와 협력 강화 · 유럽 방위 산업 전략
Promoting our European way of life	<ul style="list-style-type: none"> · 유럽 합동 학위 프로그램 증설
A new push for European democrac	<ul style="list-style-type: none"> · 개혁 및 정책 검토에 관한 커뮤니케이션

출처: European Commission

» EU 항공 우주 분야 주요 정책 및 프로그램

• EU 항공 우주 분야 정책 개요

- EU 항공 우주 분야 정책은 유럽 시민의 일상생활 지원과 글로벌 직면 과제 해결을 주요 목적으로 하며 다음과 같은 사항에 중점을 두고 있음

- 유럽 내 투자 및 경제 활성화, 일자리 창출에 기여
- EU가 추구하는 그린 경제, 디지털 경제 활성화 지원
- EU의 전략적 자율성 제고
- 과학 및 연구의 경계 유연화
- 국방 및 보안, 산업 분야 등 다른 정책과의 시너지 효과 창출 추구

- 또한 EU는 고품질의 안전한 우주 데이터 확보를 통해 자연재해 발생 지역의 원활한 구조, 농업 관련 토지 활용 개선, 운송 및 에너지 인프라의 안정성 확보 등을 추구

• EU 항공 우주 분야 주력 프로그램

- 코페르니쿠스(Copernicus)
 - 세계적으로 가장 발전된 지구관측 시스템으로, 일반인을 포함한 모든 사용자에게 무료로 광범위한 데이터를 제공
 - 코페르니쿠스 기후변화서비스에 가입한 사용자는 약 16만명으로 하루 평균 76TB의 기후 관련 데이터를 사용
 - EU는 2030년까지 코페르니쿠스 프로그램을 통해 350억 유로의 가치가 창출될 것으로 예측
- 갈릴레오(Galileo)
 - EU가 개발한 자체 글로벌 네비게이션 위성 시스템(Global Navigation Satellite System(GNSS))으로 무료로 20cm의 고정밀 서비스를 제공함으로써 자율주행 및 드론 상업화 분야의 게임체인저로 급부상
 - 갈릴레오 프로그램은 EGNOS프로그램과 함께 향후 20년간 600~900만 유로 상당의 사회 경제적 가치를 창출할 것으로 예측
- EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service)
 - EU 지역의 인공위성 기반 보정 시스템으로 EU 내 400여 개 공항 및 소규모 이착륙지에서 사용되고 있으며, 항공, 해상, 육상 사용자에게 안전과 관련한 네비게이션 서비스를 제공

» Horizon Europe 내 항공 우주 분야 지원

- EU는 Horizon Europe 필라 2의 클러스터 4(디지털, 산업, 우주)를 통해 2027년까지 우주 항공 분야 연구에 약 16억 유로를 지원할 예정이며, 다음과 같은 연구를 지원
 - 우주 시스템 및 접근성
 - 갈릴레오/EGNOS를 위한 우주 및 지상 인프라 구축
 - 코페르니쿠스, 갈릴레오 및 EGNOS를 위한 서비스 및 새로운 응용프로그램 개발
 - SSA(Space Situational Awareness), GOVSATCOM(European Union Governmental Satellite Communications), 양자 등 혁신적 우주분야 역량 개발
 - 우주 분야 기업(스타트업 및 신생기업 포함) 지원 에코시스템 구축
 - 기술 비의존성, 우주 과학, 궤도 내 시연 및 검증 등을 포함한 EU 항공 우주 분야 전략 사업 지원
- Horizon Europe 내 우주 분야 과제는 유럽집행위원회 뿐 아니라 HaDEA(European Health and Digital Executive Agency), EUSPA(European Union Agency for the Space Programme), ESA(European Space Agency) 등의 기관을 통해 지원됨

- 유럽 집행위원회는 240만 유로의 예산으로 2023-2024 워크 프로그램에 카시니 이니셔티브 (Cassini initiative)를 신규 도입하여 우주 항공분야의 혁신 기업, 스타트업, SMEs 등의 지원을 확대
- 2023년 3월, 유럽이사회는 '연합 보안 연결 프로그램 2023-2027)을 승인하고 IRIS2 (Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite)라는 EU 위성군 배치를 통해 안전하고 자율적이며 신뢰할수 있으면서도 비용 효율적인 정부의 위성 통신 서비스를 제공하기 위한 우주 기반 연결시스템 구축에 착수

» 보안 및 방위와 항공우주

- EU는 우주 자산 보호, 이익 방어, 적대적 활동 억제, 전략 활동 및 자주성 강화 등을 위해 2023년 11월 EU 보안 및 방위를 위한 우주 전략을 수립
- 동 전략은 다음과 같은 주요사항을 포함
 - 우주 위협에 대한 공동 인식 확보
 - EU 우주 시스템 및 서비스 복원력과 보호 강화
 - EU 안보 이익을 위협에 빠뜨리는 모든 공격과 위협에 대응할 수 있는 EU 차원의 역량 강화
 - 안보 및 방위 목적을 포함한 이중용도 우주 역량 개발
 - 글로벌 파트너십 육성

» 우주 교통 관리

- EU는 우주 활동이 안전하고 지속가능한지를 확인하기 위한 우주 교통 관리(Space Traffic Management, STM)에 대한 연구를 지속적으로 지원
- 이를 위해 약 6,500개의 발사를 통해 16,990개의 위성을 궤도에 진입시켰으며, 그 중 9,000개가 현재 작동
- 우주 교통 관리 주요 목적은 다음과 같음
 - STM 관련 민간 및 군사 요구사항과 그 영향에 대한 평가
 - 우주 쓰레기 추적 및 확인 등을 위한 기술역량 강화
 - 입법 및 표준화 측면 강화
 - 다자간 국제 파트너십 구축 및 참여
- 유럽 이사회는 궤도가 점점 더 우주물체로 혼잡해지고 있는 현 상황에 대응하기 위해 2023년 5월 우주 교통관리에 대한 유럽의 적절한 접근방식을 촉구함과 동시에 '공정하고 지속 가능한 우주 사용'에 대한 회의 결과를 발표
- 아울러 2023년 12월, 안전하고 지속가능한 유럽 우주 정책 보장을 위해 STM에 대한 유럽 차원의 공통된 접근방식 확보가 시급하다는 점을 강조하고 민간 및 군사 우주 교통관리 요구사항과 EU 우주 감시 및 추적 시스템의 역할을 모두 고려해야한다는 회의 결과를 발표

03

시사점

- 2020년 이후 유럽은 지속 가능한 경제, 친환경, 디지털 혁신 등을 목표로 항공우주 분야 속 다양한 주제로 연구들이 진행 되고 있으며, 그 중에서도 탄소 배출 감소와 발전된 하드웨어에 따른 소프트웨어 최적화를 목표로 하는 차세대 CFD 프로그램 개발 연구가 주목받음
- 컴퓨터 장비의 발전과 더불어 수학적 기법의 진화로 인해 CFD 시뮬레이션의 정확도가 올라가 시간과 비용이 상당히 많이 소요되는 실제 실험에 비해 큰 강점을 갖게 되었으며, 더 나아가 차세대 프로그램의 경우 병렬 컴퓨팅의 최적화를 통해 전력 소모량 크게 줄여 결과적으로 탄소 배출 감소를 상당히 가져 올 것으로 기대됨
- 인공지능의 발전은 항공우주 분야 뿐만 아니라 모든 산업 전반에 큰 영향을 미치고 있으며, 코로나 이후 무인화 및 자동화의 필요성과 중요성이 더 강조 되면서 AI 기술은 핵심 산업 과제로 꼽히고 있음
- 유럽 각 국의 항공우주 연구소는 다양한 AI 활용 연구를 진행중이며 AI 전문 부서를 신설 운영 중임
- AI 기술 발전의 필요성은 해가 거듭될 수록 더 강조가 되고 있으나 훈련 데이터의 질에 대한 의존도가 매우 높고 아직 수학적으로 불완전하다는 측면에서 인공지능 연구에만 몰두하는 것은 큰 주의가 필요함
- 하지만 인공지능의 효율성 및 효용성은 주목할만 하며 다양한 혁신적인 활용 방안들이 기대됨
- 유럽의 우주 연구 및 산업은 이제 아리안 5에서 아리안 6로 중심으로 새로 교체되며 이 발전된 발사체가 어떠한 성능을 보여줄지 세계의 이목이 집중 되고 있음
- 우주 분야에서 미국의 NASA의 영향력이 큰 가운데 이번 아리안 6 개발을 통해 미국의 의존도를 낮추고 유럽 내 자체 독립 발사를 기대하고 있음
- 현재 아리안 6는 Hot Fire 테스트까지 성공적으로 마친 가운데 24년 하반기 실제 우주로의 첫 임무 수행을 목표로 삼고 있음
- 더불어 재사용 발사체 연구도 활발히 진행 중이며 시뮬레이션을 통한 연구 개발은 어느 정도 완성 단계에 진입하였음
- 추후 아리안 6에 재사용 발사체 기술이 적용될 경우 상당한 시간적 경제적 이익을 가져올 것으로 보이며 더욱 다양한 우주 사업이 발생할 것으로 기대됨

유럽 주요분야별 연구 및 정책동향 2023

양자기술 연구·정책 동향

EU는 양자기술 경쟁력을 확보하기 위해 2018년부터 **양자 플래그십(Quantum Flagship)**을 추진하여 유럽의 산학연 및 공공 자금조달 기관의 역량을 결집하고 있음. 양자 플래그십을 통해 **4대 양자분야(양자통신, 양자컴퓨팅, 양자시뮬레이션, 양자센싱·계측)** 및 기초과학 분야에서 대대적인 연구·혁신 프로그램을 추진하는 한편, 궁극적으로 양자 인터넷 구현을 목표로 **양자통신 인프라 구축 사업(EuroQCI)**을 추진하고 있음.

2023년 발표된 **'유럽 양자기술 선언문'**은 외부 국가에 전략적으로 의존하는 상황을 방지하고 **유럽을 양자 우수성과 혁신을 선도하는 세계 최고의 '퀀텀 밸리'로 도약하는 것**을 목표로 함. 양자 플래그십의 **'전략연구산업아젠다' (SRIA2030)**는 이를 반영하여 EU 차원의 통합된 전략계획을 수립, 4대 양자기술 응용 분야를 중심으로 2030년까지의 전략 목표를 제시함.

유럽의 주요 국가는 최근 몇 년간 국가양자전략 및 프로그램을 보다 더 적극적으로 추진하는 추세이며, **영국 및 독일, 네덜란드**는 각국의 주요 우수기관을 중심으로 산학연을 결집한 **양자허브를 운영**하여 양자 생태계를 조성하는 한편, **양자기술의 연구·개발과 상용화를 위한 지원사업과 투자 확대 계획**을 추진하고 있음.

Key words

양자과학기술, 영국, 독일, 네덜란드, EU, Quantum Flagship

01

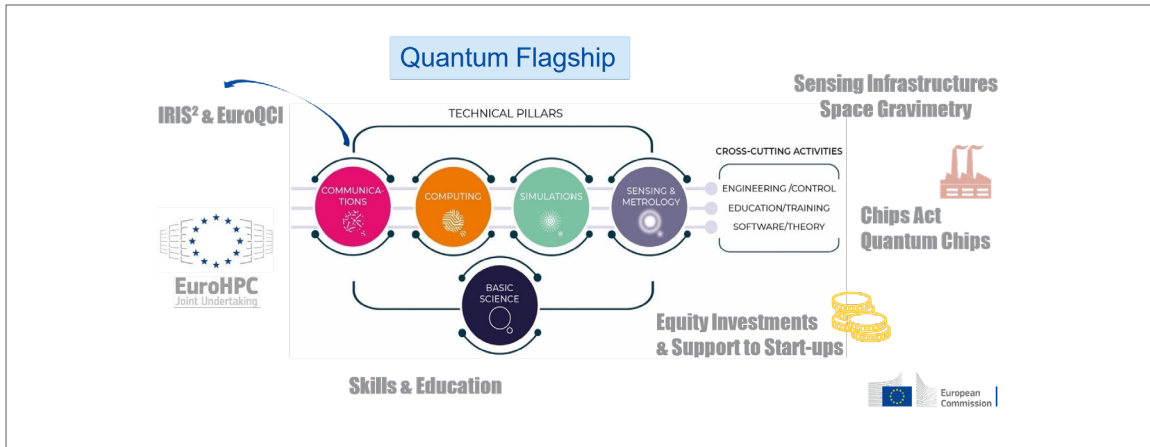
유럽의 양자기술 연구 동향

» 유럽

• 유럽 양자 플래그십(Quantum Flagship) 연구개발 동향

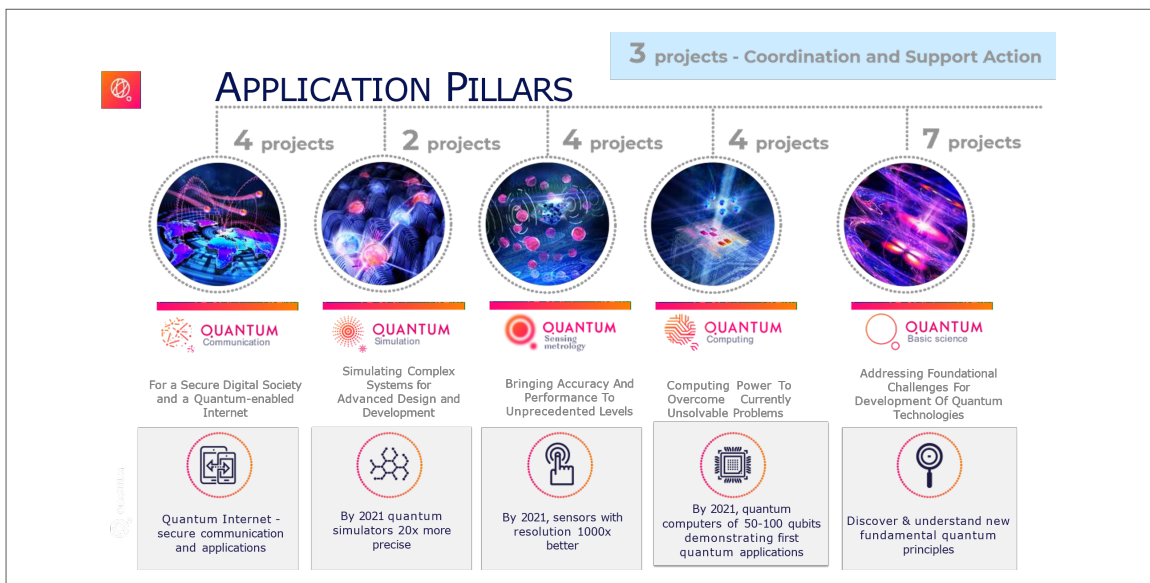
- **[개요]** 유럽연합의 자금을 지원받아 10년간 총 10억 유로('18~'28)를 투입하는 유럽의 대규모 연구혁신 프로그램으로, 전략적 연구산업아젠다(SRIA)를 수립하여 양자기술 플래그십의 전체 프로젝트를 구성 및 추진하고 있음
- **[목표]** 산학연 및 공공 펀딩기관의 역량을 결집하여 유럽의 과학적 리더십과 우수성을 통합, 확장하여 양자기술 산업을 주도하는 것을 목표로 함

EU 양자기술 프로그램 전체 현황



출처: European Commission

양자 플래그십 1단계 주요 응용 분야



출처: European Commission

1단계 사업('18~'21)기간 5개 분야별 주요 핵심성과

양자통신	<ul style="list-style-type: none"> · 중간 노드를 통해 2개의 양자 프로세서 연결, 얽힘 기반 양자 네트워크 원리 증명 · 장시간 저장 가능한 양자 메모리 · EuroQCI 로드맵 마련 · OpenQKD 테스트베드 구축 등
양자컴퓨팅	<ul style="list-style-type: none"> · 초전도 금속으로 만든 통합형 전기회로를 기반으로 한 우수 성능의 100큐비트 양자 컴퓨터 시스템 개발 (독일 울리히 연구소) · 50큐비트 트랩 이온 시스템 개발
양자시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> · 상전이 역학 및 양자수송에 관한 문제에서 실질적인 양자 우위 도달 · 2개의 100 큐비트 아날로그 양자 시뮬레이터 설치(Forschungszentrum Jülich(독일), GENCI(프랑스)) 등
양자 센싱·계측	<ul style="list-style-type: none"> · 초고순도 다이아몬드를 사용하는 양자센서 개발 · 상업용 극저온 스캐닝 프로브 시스템, 대역폭이 확장된 스펙트럼 분석기 등 애플리케이션 개발 · NMR 및 MRI 민감도 증진 등
기초과학	<ul style="list-style-type: none"> · 새로운 단일 광자 검출기 실현 · 양자유체를 기반으로 한 아날로그 양자 시뮬레이션 플랫폼 개발 등

출처: European Commission

• 양자 통신 인프라 사업(EuroQCI)

- **[개요]** 2021년부터 추진되고 있는 EU 전역(지역 간/우주)을 포괄하는 안전한 양자통신 인프라 (EuroQCI) 개발을 위한 이니셔티브로, 2019년 6월 7개 회원국의 안전한 양자인터넷 인프라 구축을 위해 '양자통신 인프라 이니셔티브 선언(European Quantum communication infrastructure, EuroQCI)'을 발표로 시작되었음. '21년부터 27개 EU 회원국, EU 집행위원회 및 유럽우주국(ESA)의 협력으로 추진되고 있음
- **[추진현황]** 디지털유럽 프로그램은 유럽의 양자통신 생태계 확장을 위해 EuroQCI 관련 프로젝트를 지원, 2023년 1월 26개의 국가 양자통신 네트워크 프로젝트 착수. 디지털유럽 프로그램 재원으로 2023년 1월~2027년 1단계를 추진, EuroQCI 구조 설계를 위한 컨소시엄 지원 및 이행 단계가 시작됨. 한편, 2023년 3월부터 EuroQCI는 유럽연합의 우주 기반 보안 통신 프로그램인 IRIS에 통합되어 향후 활동은 IRIS²를 통해 자금 지원

» 영국

• 영국 양자생태계 현황

- 4개 거점 대학을 중심으로 산학연을 결집하여 4대 양자기술허브를 운영 중

영국 양자생태계 현황

4대 허브명
양자컴퓨팅 및 시뮬레이션 허브(QCS)
양자통신 허브(QC)
양자 센싱 및 타이밍 기술 허브
양자이미징기술 허브(QuantIC)

출처: UK National Quantum Technologies Programme (2020)

• 국립양자컴퓨팅센터(NQCC) 설립 및 본격 추진

- **[개요]** 양자컴퓨팅 개발을 목표로 산학연 및 정부기관의 협력을 기반으로 '23년 구축된 NQCC는 EPSRC(Engineering and Physical Sciences Research Council)와 STFC(Science and Technology Facilities Council) 등 영국 연구혁신청(UK Research and Innovation, UKRI)의 2개 연구위원회에 의해 추진되고 있음

* 국립물리연구소(NPL), 정부통신본부(GCHQ), 국방 과학기술 연구소(DSTL)가 영국양자기술프로그램(NQTP)을 통해 자금 지원

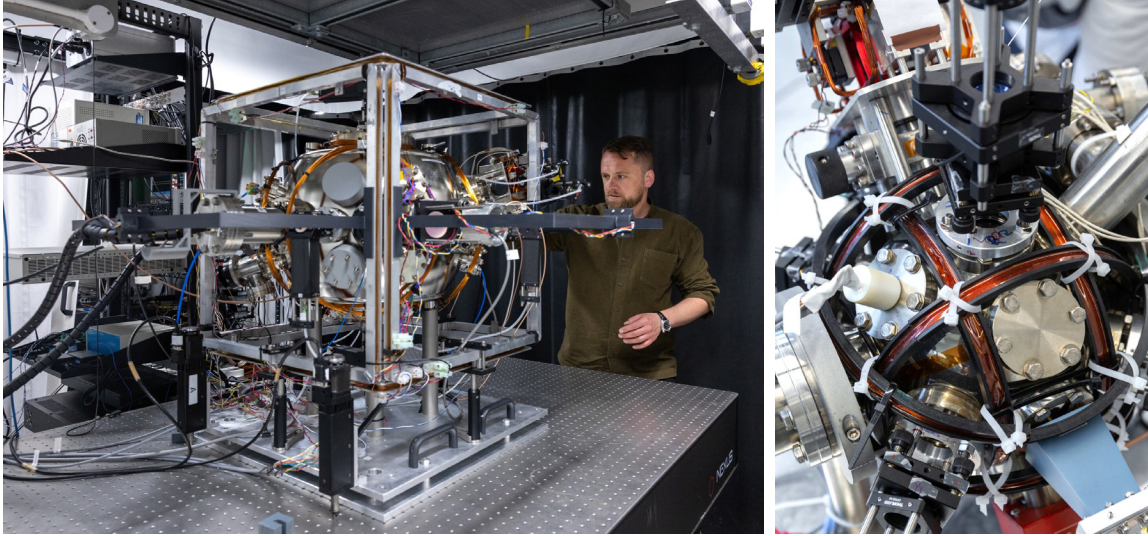
- **[추진현황]** '23년 에든버러 대학교와 파트너십을 체결하여 양자기술 소프트웨어 연구실 개설
- **[지원사업]** 첫 실리콘 양자컴퓨팅 프로토타입 개발 지원사업에 Quantum Motion社를 선정('24.2.10)하여 현재 전자기기 산업에서 사용되는 실리콘 MOS 플랫폼을 기반으로 NQCC의 첫 양자컴퓨팅 테스트베드로 사용될 프로토타입 시스템을 개발할 계획. 또한 양자광학 테스트베드 구축을 위해 ORCA Computing社를 선정, 하이브리드 양자/기존 신경망 구조와 광자 기반 양자 프로세서를 이용, 머신러닝을 위한 광기반 양자컴퓨팅 테스트베드를 배치할 예정

• 양자센서 상용화 본격화

- **[양자네비게이션센서]** 영국 임페리얼 칼리지 런던의 양자네비게이션 연구소는 양자컴퍼스(Compass)로 불리는 양자 네비게이션(양자 자이로) 센서*를 세계 최초 개발
- 영국 국방부과학기술연구소(DSTL), 연구혁신청(Innovate UK), 공학 및 물리과학연구위원회(EPSRC)의 지원을 받아 M Squared社*와 함께 양자 가속도계(양자 자이로) 프로토타입 개발 완료('18)
- 2023년 영국 해군과 협력하여 함선에 탑재, 실험실이 아닌 실제 현장에서 양자 네비게이션 시스템 상용화 실험을 진행

* 양자네비게이션 센서는 전파 방해, 모방 또는 기타 방해 행위에 대한 회피가 가능하고, GPS 없는 항법이 가능하여 미래 국방, 우주 산업의 게임체인저로 기대되는 있는 기술임

(좌) 양자 네비게이션, (우) 레이저 냉각 장치부 확대



출처: Imperial College London

양자 네비게이션 시스템 실험 현장



양자네비게이션 탑재의 XV패트릭브래킷 실험선



실험선 내 양자 네비게이션 수송용 컨테이너

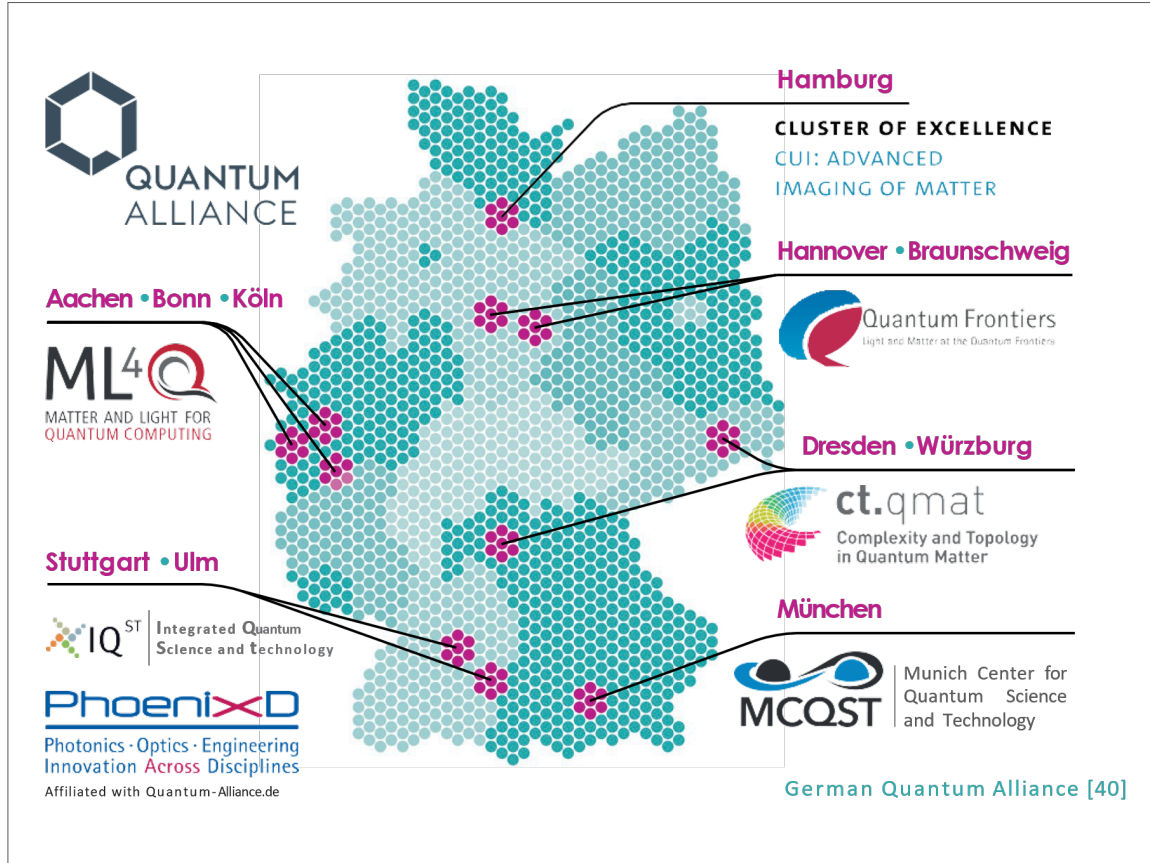
출처: Imperial College London (2023) / SkyNews(2023)

» 독일

• 독일 양자연합(Quantum Alliance)

- 독일 내 양자 과학 및 기술 분야에서 활동 중인 독일 우수 클러스터와 연구센터로 구성된 산업계-연구기관 컨소시엄으로, 독일연구재단(DFG) 지원을 받아 '19년도에 출범되어 운영되고 있음

독일 양자연합 (Quantum Alliance)



출처: UK NQTP (2023)

• 뮌헨 양자밸리(Munich Quantum Valley)

- **[개요]** 주 정부(바이에른주) 이니셔티브(Hightech Agenda+)*의 일환으로 설립된 연구 및 산업계, 투자자, 공공기관으로 구성된 양자허브로, 2022년 1월 출범되었으며, 소속 연구기관** 내 50개 이상의 연구팀이 이온트랩, 초전도, 중성원자 분야를 중점으로 활동

* €900 M의 자금조달을 통해 바이에른주의 기술투자('21~'22)를 강화하는 계획

** The Bavarian Academy of Sciences and Humanities (BadW), The German Aerospace Center(DLR), The Fraunhofer Society(FhG), The Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), The Ludwig-Maximilians- Universität München (LMU), The Max Planck Society (MPG), The Technical University of Munich (TUM)

• 울리히 연구소 (Research Center Julich)*

* 독일 최대 연구단체인 헬름홀츠 연구협회(Helmholtz Association) 산하의 독일 국립연구소로, 에너지, 정보, 바이오 등 학제 간 연구를 수행

- [울리히슈퍼컴퓨팅센터] 독일 최초의 슈퍼컴퓨팅 센터로 1987년에 노르트라인베스트팔렌주에 설립되었으며, '21년 새로운 양자컴퓨팅 건물 개소
- [JUNIQ] 울리히 양자 컴퓨터 통합 인프라(JUNIQ)는 양자컴퓨팅 플랫폼으로, 하이브리드 컴퓨팅시스템을 센터의 모듈형 고성능컴퓨팅 환경에 통합하고 다양한 양자컴퓨팅 기술에 대한 접근성을 제공할 예정
- [QSolid 프로젝트] JUNIQ의 일환으로 2022년부터 4년간 추진되는 프로젝트로 현재 초전도 큐비트에 기반한 데모 시스템 개발을 목표로 현재 25개 기업 및 연구기관이 참여 중이며 첫 번째 프로토타입은 2024년 가동을 목표로 Leibniz IHPT에서 생산 중

* 예산 €76.3 M (연방교육연구부가 대부분 자원 조달)

» 네덜란드

• (양자생태계현황) 지역 거점대학 중심으로 5대 양자 혁신허브 'DELTA'를 운영

- [Delft] 양자컴퓨터, 양자인터넷 및 네트워크
- [Amsterdam] 응용 양자 알고리즘, 양자센서 및 시뮬레이션
- [Leiden] 응용 양자 알고리즘
- [Eindhoven] 양자내성암호, 양자 시뮬레이션 및 소재
- [Twente] 양자 전자 및 광학

네덜란드 양자생태계 현황



출처: Quantum Delta NL(2023), House of Quantum

• **House of Quantum**

- [개요] 네덜란드 양자 생태계 형성에 필요한 국가 캠퍼스로, 네덜란드 5대 양자 허브를 중심으로 6개 캠퍼스*를 설치 예정이며, 델프트 대학 내 개소한 첫 번째 캠퍼스는(Elektronicaweg, '22) 산학연이 협업하고 성장·발전하는 데 필요한 공간과 시설을 제공할 계획

* ⊙ (Delft) Elektronicaweg('22), ⊙ Science House, ⊙ Main Building, ⊙ (Eindhoven) QuBit, ⊙ (Amsterdam) LabQ, ⊙ (Twente) QLab

• **양자응용연구소(Quantum Application Lab, QAL)**

- [개요] 양자컴퓨팅 기술의 응용과 상용화를 목표로 `22년 3월 네덜란드 델프트에 신설된 민간 파트너십 기반 연구소로, 6개 기관*이 컨소시엄을 구성하여 양자컴퓨팅을 위한 알고리즘, 소프트웨어, 하드웨어 등 관련 연구 수행

* ⊙ 암스테르담 대학(University of Amsterdam), ⊙ Centrum Wiskunde & Informatica (CWI), ⊙ 네덜란드 응용과학연구기구(TNO), ⊙ SURF, ⊙ eScience ⊙ Quantum Inspire

• **유럽 양자소프트웨어 연구소(EQSI)**

- 유럽 양자소프트웨어 연구소(EQSI)는 유럽의 양자 소프트웨어 연구 및 교육을 위한 이니셔티브로, 네덜란드 Qusoft 등 6개 연구기관*의 주도로 2022년 설립되었으며, 관련 파트너와 협력하여 연구 및 교육 활동 등 수행

* ⊙ (네덜란드) Qusoft, ⊙ (프랑스) Paris Centre for Quantum Technologies, ⊙ (덴마크) Centre for the Mathematics of Quantum Theory, ⊙ (포르투갈) Portuguese Quantum Institute, ⊙ (독일) Quantum Information Theory - Department of Mathematics - TUM - Department of Mathematics, ⊙ (라트비아) Center for Quantum Computing Science

02

유럽의 양자과학기술 정책 동향

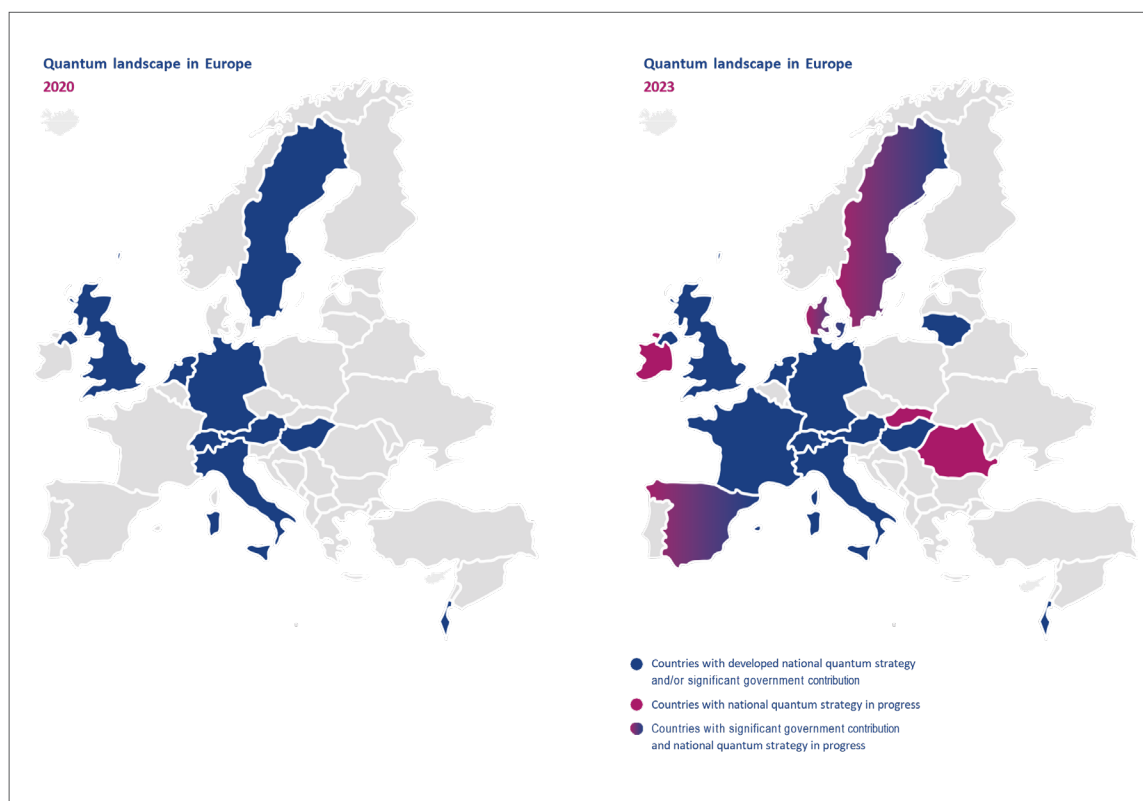
» 유럽

• **유럽 양자기술 정책수립 현황**

- [EU] 유럽연합은 양자기술 경쟁력을 확보하기 위해 2018년부터 양자 플래그십(Quantum Flagship)을 추진하여 유럽의 산학연 및 공공 자금조달 기관의 역량을 결집하고 있으며, 플래그십은 2022년부터 EU 차원의 통합된 전략계획을 수립, 추진하고 있음

- [유럽국가] 유럽의 주요 국가는 국가 과학 및 산업 경쟁력에 있어 양자기술의 전략적 중요성을 인식, 최근 몇 년간 국가양자전략 및 이니셔티브를 보다 더 적극적으로 추진하는 추세임

유럽의 국가 양자기술정책 수립 동향



출처: QuantERA (2023), Quantum Technologies : public policies in Europe

• 유럽 양자기술 선언문(European Declaration on Quantum Technologies)

- **[개요]** 11개 EU 회원국은 EU의 과학 및 산업 경쟁력에 있어 양자 기술의 전략적 중요성을 인식, 유럽 전역에 세계적 수준의 양자 기술 생태계 개발을 위해 협력할 것을 약속하는 선언문을 발표 (23.12.5)

* 현재까지 18개 국가가 서명(크로아티아, 키프로스, 체코, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 헝가리, 이탈리아, 라트비아, 네덜란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스페인, 스웨덴)

- **[목표]** 선언문은 유럽을 양자 우수성과 혁신을 선도하는 세계 최고의 '퀀텀 밸리'로 도약하기 위해 다음과 같은 목표 제시

- 양자기술 연구개발을 통해 글로벌 선도적 입지를 유지하고, 전략적 자산, 이익, 자율성 및 보안을 보호하며, 비EU 국가에 대한 전략적 의존도 감축
- 다양한 과학 및 산업 응용 분야를 지원할 수 있게 글로벌 경쟁력을 갖춘 생태계를 조성하고, 기업들의 양자 혁신 촉진
- 유럽 및 국가 차원에서 양자 기술 및 응용 분야의 우수성을 가속화, 양자 기술 관련 안보와 기술 주권을 보장하는 한편, 뜻을 같이하는(like-minded) 지역 및 국가와의 협력을 통해 양자 기술 분야에서 EU의 입지를 강화

• **유럽 양자 플래그십(Quantum Flagship)**

- **[전략연구산업아젠다, SRIA 2030]** 양자 플래그십은 2024년 2월 핵심부품과 하드웨어 개발에 있어 외부 국가에 대한 의존을 종식하고 유럽을 세계의 '퀀텀밸리'로 도약하기 위한 로드맵인 전략연구산업아젠다(Strategic Research and Industry Agenda 2030: Roadmap and Quantum Ambitions over this Decade, SRIA 2030)를 발표하였으며, 이는 유럽을 우수한 양자 기술과 혁신을 선도하는 글로벌 지역으로 만드는 것을 목표로 2023년 12월 발표된 '유럽 양자기술 선언문'을 반영한 것임

* 전략연구산업아젠다(SRIA2030)는 EU 차원의 유럽 양자기술 전략계획으로, 유럽 양자기술 연구계와 산업계 양측의 로드맵과 비전을 통합하여 4대 양자기술 주요 응용 분야(△양자통신, △양자컴퓨팅, △양자시뮬레이션, △양자센싱 및 계측)를 중심으로 2023~2030년까지의 전략적 목표를 단·중장기적 단계로 제시하고 있으며, '22년에 SRIA2030 사전보고서가 발표된 바 있음

• **유럽 반도체 이니셔티브(Chips for Europe Initiative) 내 양자칩 개발 조치**

- **[개요]** EU 집행위원회는 2022년 2월 유럽 반도체법(Chips Act)을 발의, 크게 3개의 주요 내용을 포함

- 유럽 반도체 이니셔티브
- 공급 안정화(Security of supply) 체계 마련
- 모니터링 및 위기 대응 조정체계 형성

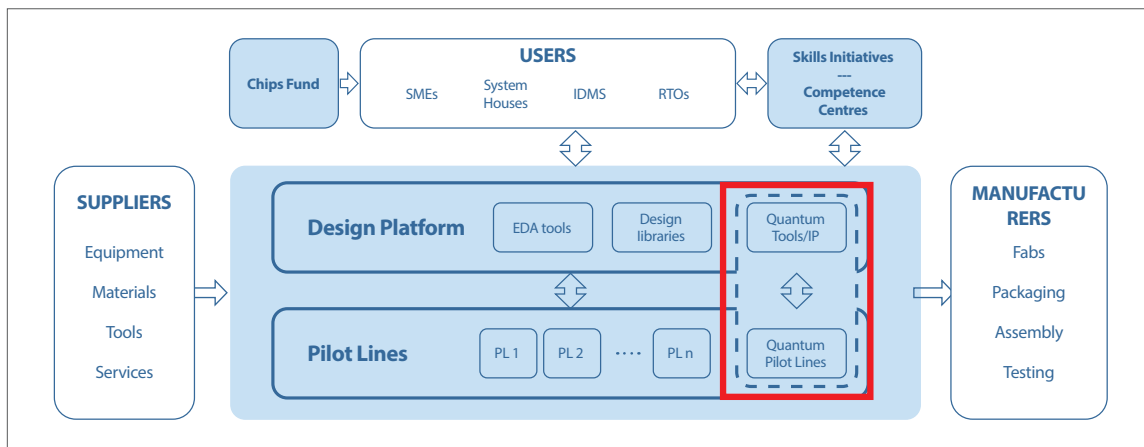
- **[양자칩개발]** 유럽 반도체 이니셔티브는 양자칩(quantum chip)의 저비용 대량 제조를 촉진하여 다양한 혁신적 양자 디바이스를 구동할 수 있도록 하는 조치도 포함

- 이와 관련하여, 다음과 같은 내용을 주요 목표로 함

- 설계 플랫폼 구축
- 기존 첨단 파일럿 라인 강화 및 신규 파일럿 라인 개발
- 양자칩 및 관련 반도체 기술개발을 위한 역량 구축
- EU 전역의 역량센터 네트워크 구축
- 스타트업, 스케일업, 중소·중견기업의 부채 금융 및 주식에 대한 접근을 용이하게 하기 위한 기금(Chips Fund) 설립

- 양자칩 개발과 관련하여 특히 양자칩을 위한 설계 라이브러리, 신규 또는 기존 파일럿 라인, 양자칩 프로토타입 및 생산을 위한 클린룸과 파운드리, 파일럿 라인에서 생산된 첨단 양자 칩을 테스트하고 검증하기 위한 시설 개발을 지원하는 것에 주안

유럽 반도체 이니셔티브 내 양자칩 개발 조치



출처: European Commission

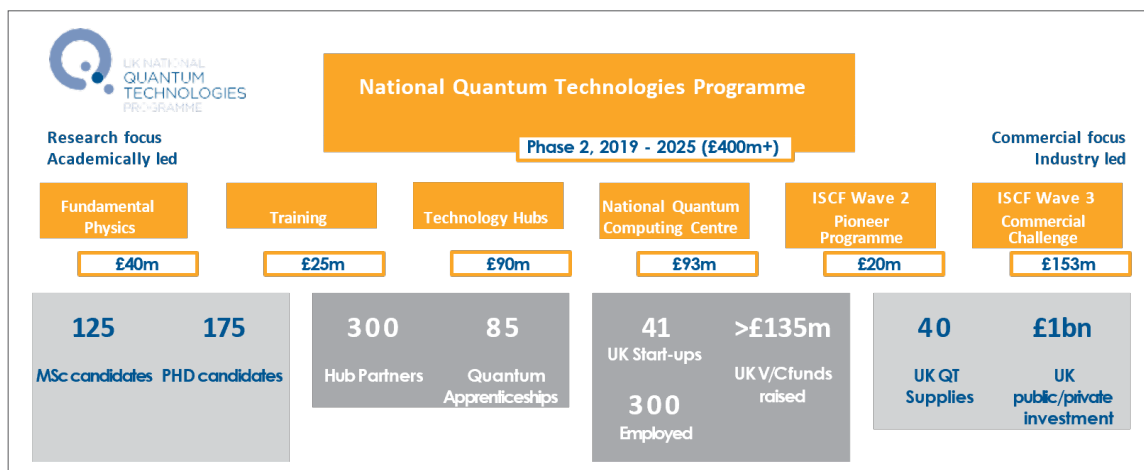
» 영국

• 국가양자전략

- **[개요]** 영국은 2023년 3월 10년간 £ 25억 규모로 추진하는 ‘국가양자전략’을 수립, 선구적인 양자 경제를 수립하는 것을 목표로, 양자과학기술 연구개발 지원, 투자 확대, 인력양성, 국제협력 확대, 규제 필요성 검토, 과학혁신기술부에 양자사무국 개설 등 13개 우선순위를 선정하여 향후 10년(’23~’33)간의 비전 및 실행 조치를 제시
- **[목표]** ① 지식 및 기술 성장과 세계 선도적인 양자 과학 및 엔지니어링의 중심지로 발전, ② 기업, 글로벌 인재 및 투자 유치, ③ 양자기술의 채택과 활용을 촉진, ④ 양자기술의 혁신과 윤리적 사용을 지원하는 국내 및 국제 규제 체계 구축과 국가 역량 및 안보 보호
- **[투자계획]** 국가양자전략 수립을 통해 양자기술 연구개발(NQTP)* 예산을 £1B 규모(’19~’24)에서 £ 2.5B 규모(’24~’33)로 확대하여 3단계를 추진할 방침임

* 영국 양자기술프로그램(NQTP)는 산학연 및 정부 간의 파트너십을 기반으로 하는 영국 내 주요 양자 기술 자금지원 프로그램으로, ’14년부터 1단계(’14~’19)를 추진하며 £380m를 투자하였고, ’19~’24년에 2단계를 추진(£1B)함

NQTP 세부 분야별 추진 현황



출처: UK NQTP (2023)

» 독일

• 양자기술 실행계획(Action Plan on Quantum Technologies)

- **[개요]** 양자기술에서 세계 선두주자로 발돋움하기 위해 2023년 4월 '양자기술실행계획'을 출범하여 2026년까지 4년간 총 €2.8B 예산을 투입하고 이 중 €1.37B는 독일연방교육연구부(BMBF), €800M는 주정부 지원 연구기관 예산으로 배정할 방침

• 양자시스템 연구프로그램 (Quantum Systems)

- **[개요]** 독일연방교육연구부는 2022년부터 양자연구지원 프로그램을 추진, 10년간 양자기술 분야 전반에 걸쳐 연구 지원 계획
- **[주요 미션]** 양자컴퓨팅, 양자센싱 분야에서 독일의 리더십 확보, 유럽 파트너와의 협력을 통해 양자시스템 분야 내 독일의 경쟁력 강화

» 네덜란드

• Quantum Delta NL(QDNL)

- **[개요]** 네덜란드는 2019년 9월 네덜란드를 양자기술의 국제적 중심지로 발전시키기 위한 제안을 담은 전략 보고서인 양자기술 국가 아젠다(NAQT)를 발표하고, 후속 조치로 대표 양자 프로그램인 Quantum Delta NL(QDNL)*를 21년에 수립한 바 있음

* QDNL은 실리콘밸리와 같은 네덜란드 양자기술 생태계 조성을 위한 프로그램으로 국가 역량을 결집하고 '21~'28년 기간 €615 M 규모의 예산으로 추진되고 있음.

- **[주요내용]** 네덜란드의 NAQT 전략은 목표를 달성하기 위한 실행조치를 제안하고, 네덜란드의 양자기술 분야 현황과 경쟁력을 파악, QDNL의 향후 아젠다를 제시함
- **[전략방향]** 3대 중점분야(△양자컴퓨팅 및 시뮬레이션, △국가 양자네트워크, △양자센싱 애플리케이션)와 4대 행동노선 제시(△양자 6대 분야에서 연구혁신 돌파구 실현, △생태계 개발, 시장창출 및 인프라 구축, △인적자본: 교육, 지식 및 기술, △양자기술에 관한 사회적 대화 촉진)
- **[추진현황]** 네덜란드는 NAQT를 발표한 후 대규모 예산을 투입하고 있으며, '21년에는 국가성장기금으로부터 프로그램 1단계로 €54M를 투입하고 2단계사업으로 €228M를 조건부 보조금으로 배정한데 이어, 2022년에 2단계 지원 예산 €228M을 확정하고 3단계를 위해 €330M을 추가 배정함

네덜란드 전략 내 3개 중점분야(Catalyst areas) 및 4대 실행계획



출처: QDNL

03

시사점

- 심화되는 글로벌 기술 경쟁 속에서 양자과학기술이 주요 전략기술로 부상하며 유럽연합 및 유럽의 주요국은 양자 분야의 경쟁력을 확보하고 미래 양자기술 산업을 주도하기 위한 전략을 수립하고 실행에 박차를 가하고 있음
- 최근 EU는 유럽 양자 플래그십의 로드맵(SRIA 2030)을 통해 EU 차원에서 유럽 연구계와 산업계의 비전을 통합하여 4대 양자 분야별 단·중장기적 목표와 함께 전략계획을 수립하였으며, 영국, 독일, 네덜란드 등 유럽의 주요 국가는 양자 분야에 대한 투자를 확대하는 등 양자 분야를 지원하기 위한 정책 및 프로그램 등을 보다 더 적극적으로 추진하는 추세임
- 한편, 양자과학기술은 반도체, 고성능 컴퓨팅 등 분야에서 산업적 활용 가능성이 크고 사회와 산업 전반에 영향력을 미칠 수 있는 잠재력이 있으며, 국가의 안보 및 기술 주권과도 긴밀하게 연결된 것으로 인식되고 있어, EU와 영국 등 유럽의 주요국은 외부 국가에 대한 의존도를 줄이고 관련 규제와 함께 전략적인 국제협력 방안을 추진하는 추세임
- 급변하는 글로벌 산업 및 정치적 여건을 고려하여 한국도 양자과학기술의 연구개발 및 산업화를 위한 적극적인 지원과 투자를 통해 핵심기술을 확보하는 한편, 기술 블록화에 대비하여 유럽과의 협력을 위한 신뢰성을 확보할 필요가 있음

유럽 주요 분야별
연구 및 정책 동향
2023

작성자 IMEC 장이산
OECD/NEA 정서영
VIB-KU Leuven 송희수
ONERA 장용석
KE-QSTCC 송예인 등
KERC 임지윤 등

발행월 2024.4.

발행처 한-EU연구협력센터(KERC)
Rue de la science 14A
1040 브뤼셀, 벨기에
<http://www.k-erc.eu>
+32(0)2 880 39 02

발행인 조우현

담당자 심희원

본 자료는 한-EU연구협력센터(KERC)가 발행한 보고서로
상업적 혹은 정치적 목적의 이용을 제외하고 누구나 자유롭게 열람·인용·재가공 할 수 있습니다.



유럽 주요분야별 연구 및 정책동향 2023