

Europe Quantum Brief 유럽연합 양자기술 전략 보고서



Europe Quantum Brief

유럽연합 양자기술 전략 보고서

(Quantum Europe Strategy: Quantum Europe in a Changing World)

[발행일] 2025년 7월

[저 자] 이 영 빈, 이 정 원

[발행인] 이 정 원

[발행처] 한-유럽 양자과학기술협력센터 (KE-QSTCC)

[주 소] Korea-Europe Quantum Science Technology Cooperation Center
Rue de la Science 14A
1040 Brussels, Belgium

[자 문] 류성근 교수 (University of Balearic Islands)

[문 의] 이 영 빈
E-mail: yb.lee@k-erc.eu

※ 본 내용은 무단 전재할 수 없으며, 가공·인용할 때는 원문출처를 명시하셔야 합니다.

※ 본 자료는 KE-QSTCC 웹사이트(<https://k-erc.eu/ke-qstcc/>)를 통해서도 보실 수 있습니다.



01 개요 1

02 5대 전략 영역(Area) 3

03 전략 이행 프레임워크 14

04 국제협력 16

05 결론 및 시사점 17

06 참고문헌 19

01 개요

유럽 양자기술 전략*(Quantum Europe Strategy) 수립의 정책적 배경

*출처: Quantum Europe Strategy: Quantum Europe in a Changing World(COM(2025) 363 final)

- '23년 EU의 양자기술 선언문 서명을 기반으로, 양자기술을 경제안보 및 산업 경쟁력의 핵심 분야로 공식 규정
 - 최근 팬데믹, 러·우 전쟁, 미·중 패권 경쟁 등 급변하는 국제정세에 따른 EU의 경제 위기 직면함에, 핵심 전략기술을 통한 기술 주권·경제 안보 강화 필요성을 인식
 - 이에 따라, EU 집행위원장(우르줄라 폰 데어 라이엔)의 공식 선언('23)과 드라기 보고서('24)를 통해 양자기술을 핵심 전략 분야로 규정과 그 역할이 본격적으로 부상하였음
 - 따라서, EU는 유럽국 간의 양자기술 연구 분절과 중복투자 문제 해소 필요성에 따라, 기술 주권 및 공급망 확보 확립을 위한 단계적 전략*을 마련
- * EU는 AI, 사이버보안(PQC), Chips Act, 양자법('26) 등과 연계하는 통합 프레임워크로 발전시키고자 함
- 이에 따라, EU는 각 회원국의 전문가들로 구성된 자문단(Working Group 1~3) 운영을 통해 전략 추진 결의를 위한 분야별(인력·인프라·산업표준화 등) 정책 권고안*을 '25년 5월에 발표
 - * 양자기술 전략 방향성 및 권고사항 보고서 원문 참조(Shaping a European Strategy in Quantum Technology)
 - 이를 바탕으로, EU는 유럽 전역 양자기술을 산업·안보·사회·경제 전반에 통합하기 위한 5대 핵심 전략 영역(Area)을 나타내는 최종 보고서를 발표('25.07.02)

표 1-1 ◉ 워킹그룹 자문단 기반 최종 전략 영역(Area) 체계

EU 최종 전략 핵심 영역(Area) 체계 개념도	
기존 자문단(WG) 체계(2025.05)	최종 전략 영역(Area) 체계(2025.07)
■ WG1: 연구·인재·파급효과	■ Area 1 : 연구혁신 ■ Area 5 : 인재
■ WG2: 인프라	■ Area 2 : 인프라
■ WG3: 산업 및 표준화	■ Area 3 : 생태계 ■ Area 4 : 우주 및 이중용도

※ 본 표는 EU의 자문단(Working Group: WG1~WG3) 권고를 토대로, 5대 전략 영역(Area) 체계로 재구성·세분화 한 과정을 개념적으로 나타낸 것으로, 완전한 1대1 구조는 아님

EU 양자기술 전략 거버넌스 및 실행 방안

- (거버넌스) EU 양자기술 전략 조정·시행·모니터링을 위한 고위급 자문위원회(High-Level Advisory Board)* 구성과 이를 통한 이해관계자를 포함하는 모든 회원국 간의 참여 보장

* 자문위원회는 양자 분야 노벨상 수상자를 포함한 과학기술 전문가들로 구성

- EU는 유럽 양자 커뮤니티와 적극 협력하여, 학계·스타트업·이해관계자 등 포괄적 협력 도모 역할로 전략 목표 실현과 향후 전략 이행에 대한 독립적 전략 지침 제공
- 모든 회원국이 참여하는 전담 전문가 그룹이 운영 중이며, 주요 실행 플랫폼*을 통한 통합적 전주기(연구·산업·인력) 체계 추진 및 폭넓은 참여를 위한 성별 균형 등 확보

* QERII, EuroHPC JU, EuroQCI, Chips Pilot Lines, QCCs, Quantum Skills Academy 등

- (실행 방안) 유럽 차원 수준의 연구개발부터 산업·표준화 및 인력양성까지의 전주기를 연계하는 통합적 이행 구조 수립

- ① (5대 영역) EU는 5대 전략 영역(AREA)을 중심으로 양자기술을 경제안보 및 기술 주권 확보의 핵심 분야*에서의 활용 추진

* △헬스케어: 신약개발, 바이오 분자 시뮬레이션, △에너지: 신소재 개발, 에너지 최적화, △방위·우주: 보안 통신, 내성 센서, 항법 시스템, △기후: 고정밀 환경 측정 및 모델링, △금융: 고속 리스크 분석, 보안, △AI: 양자 기반 기계학습/최적화 가속

- 특히, 동 전략 특징 중 하나는, 양자기술의 이중용도 활용 가능성을 제시하여, ESA와의 양자 로드맵 등을 통한 전략적 민간·국방 이중용도 기술 육성 내용이 포함

- ② (전략 이행) EU는 양자기술을 전략적 육성을 위해 분야별로 다음과 같은 핵심 목표 설정과 양자 그랜드 챌린지*와 같은 프로그램 실행

* 오류정정 양자컴퓨터, 글로벌 네비게이션 시스템(GNSS) 없이 작동하는 양자기반 항법 시스템 개발

- (컴퓨팅) '30년 오류정정 큐비트 100개, '35년 수천 큐비트 확보를 통한 양자 우위 실현
- (통신) 양자 인터넷 시범망 구축을 위한 '26년 이글-1 QKD 위성 발사 목표
- (센싱) 중력계를 활용한 지하 구조 탐지, Q-MRI 기반 암·치매 조기 진단

- ③ (국제협력) 급변하는 국제정세에 따라 EU의 기술산업 주권 보호를 위한 상호 이익과 신뢰를 바탕으로, 기타 파트너 국가들(Like-minded)과의 개방형 국제협력 도모

- 한국, 일본, 캐나다 등 디지털 파트너십 체결국과의 공동 연구 추진으로, 인프라 상호 개방, 공동 공모, 인재 교류, 공동 로드맵 구축 등 국제 협력 확대 예상
- 또한, 국제표준화 기구 및 다자 협력체(G7, NATO, ESA 등)와의 연계로 글로벌 양자 기술 규범 선도를 통한 기술 주권 강화

02 5대 전략 영역(Area)

❖ 양자기술을 경제안보 및 산업 경쟁력에서의 핵심 전략 분야로 규정

- 이에 따라, 회원국 간 분절·중복투자 등 현 문제점 해소를 통한 과학기술 리더십을 산업·보안 주권으로 전환
- 연구·인프라·산업·안보·인재 등 5대 영역(Area)으로 나누어 전략적 통합을 추진



표 2-1 5대 영역의 설정 배경

영역(Area)	설정 배경
Area 1 (연구·혁신)	EU의 세계 수준의 양자기술 연구 인력 및 학술 성과(논문 1위)에도 불구하고, 회원국 간 기술 분절, 중복투자 등으로 인한 구조적 한계 발생
Area 2 (양자 인프라)	EuroHPC JU, EuroQCI 등 주요 인프라 경우, 현재 회원국·지역별로 물리적 분산형으로 구축됨에 따라, EU 차원의 표준화·통합 거버넌스로서의 연결 및 확장 필요성 제기
Area 3 (생태계·산업화)	EU는 양자기술 분야 스타트업 수, 기초 특허에서는 우위를 보이나, 대기업 초기 수요 창출 및 민간투자·공공 조달 등 구조 미흡함에 따라 산업화 전환에 대한 문제 제기
Area 4 (우주·이중용도)	EU는 갈릴레오(Galileo) 프로그램 속 양자 항법 시스템 및 QKD 통신망(EuroQCI) 등을 통한 외부 의존도 완화와 전략적 자율성 강화의 필요성을 전략적으로 제기
Area 5 (양자 인재)	연간 약 11만 명의 양자기술 분야 졸업생 배출에도 불구하고 양자 SW·보안 등 실무형 전문인력 부족 현상 발생

Area 1: 연구혁신 (Research & Innovation)

◇ 회원국 간 연구 분절 및 중복투자 해소를 위한 Grand Challenge(FTQC, PNT 등)와 QCCs(Quantum Competence Clusters)를 중심으로, 모든 연구혁신 자원*을 통합한 연속적 단계 전주기 연계 체계를 가동하여, 유럽의 과학 리더십을 산업·보안 및 공급망 자립으로 연결하는 전략적 연구·혁신 구조 확립

* 연구산업, 국제협력, Horizon Europe, Digital Europe, EuroHPC, Chips Pilot Lines 등

- 집행위는 EU와 회원국 간 공통 주제 결집과 공유된 목표를 설정함으로써, 정책 일관성 확보 및 중복투자 방지를 위한 유럽 양자연구 혁신 이니셔티브(QERII)* 제안

* Quantum Europe Research and Innovation Initiative

- 지난 5년간 약 110억 유로(EU+회원국) 투자를 통해 세계 최고 수준의 양자 연구 인력 및 학술 성과에도 불구하고 전략 분절 및 중복투자로 인한 구조적 한계 발생
- 이에 전략적 임계 규모를 구축한 글로벌 기술 경쟁에서 유럽의 주도권 선점 계획

표 2-2 • 유럽 연구혁신 이니셔티브 핵심 단계 활동

핵심 활동	내용
발견 (Discover)	컴퓨팅, 통신, 센싱 분야의 교육, 기초연구, 기술개발 및 혁신 등 활동 지원
개발·검증 (From the lab to the fab)	최첨단 양자컴퓨팅·통신·센싱 인프라, 하드웨어 핵심 기술 산업화를 위한 파일럿 라인 구축 및 설계 도구 투자 확대를 통해 산업화 및 생태계 조성 가속화
응용·활성화 (Apply and Use)	주요 민관 분야에서의 양자기술 응용 개발 지원과, 이를 통한 모든 양자 분야의 과학적 성과가 실질적 응용에서 파급효과까지 이어지도록 지원

- 이러한 핵심 3대 이니셔티브 활동을 통해 미래 양자 산업 분야의 전문화된 인력 기반 확보를 위한 인재 유치(Talent attraction) 및 역량 개발(Skills development)에 대한 투자가 포함
 - 본격적인 이행은 향후 제정될 양자법(Quantum Act '26)을 통해 구체화 될 예정이며, 전까지는 EuroHPC JU['25 3분기] 정관 개정*을 통한 권한 확대

* Horizon Europe 양자 연구혁신을 EuroHPC JU로 이관한, 디지털·우주·국방 프로그램과의 연계 강화

- 이를 통해 정책·재정 수단 간 통합적 추진을 체계화하여, 유럽 양자기술의 연구·혁신에서 인프라·산업화·표준화까지 전 주기 이행을 안정적으로 보장

Area 2: 유럽 양자 인프라 (Quantum Europe Infrastructures)

◇ EuroHPC JU, EuroQCI, Chips JU를 기반으로, 파일럿 라인과 첨단 센싱 플랫폼 등 주요 양자 인프라를 공공 재정으로 집중적 구축하고 있으며, 이를 전략 실현의 위한 핵심 수단으로 활용함과 동시에 양자기술 전 분야에 걸친 지속적인 인프라 투자(테스트베드, 인력, 산업)를 확대할 예정

- 고비용 구축, 기술 복잡성, 보안 통신 등 이해관계자와 사용자 간 단독으로 감당하기 어려운 최첨단 시스템에 대해, EU는 이를 공공 인프라로 제공함으로써 광범위한 접근성을 보장
 - EU는 혁신을 위한 테스트베드, 인재 양성을 위한 연구 실습장 확보 및 산학연 간의 신기술을 공동 실험·검증 가능 공간을 구축해 조기 산업화 확장과 역량을 강화
 - 향후 이러한 지속적인 공공 양자 인프라 투자 확대를 통해 양자 3대 분야(컴퓨팅·통신·센싱 등)에서 유럽 산업 경쟁력 강화를 도모
 - 따라서, EU는 양자 핵심 분야(컴퓨팅·시뮬레이션·통신·센싱) 전반에 걸친 공공 양자 인프라에 대한 투자 유지 및 확대 계획에 대해 분야별 전략 방향을 제시

1 양자컴퓨팅·시뮬레이션(Quantum Computing and Simulation)

- (개요) 신약·화학·신소재·에너지(고온 초전도체, 배터리), 물류·금융 등 다양한 분야에 걸친 혁신적 파급효과를 가져올 고전 슈퍼컴퓨터의 차기 잠재적 핵심 기술로 평가*

* 한국·미국·일본·중국·호주·캐나다 등 주요국의 치열한 기술 주도권 확보를 위해 적극적 투자 진행

Technology platform	Superconducting	Ion traps	Cold atoms	Photonics	Spin qubits
 EU machines	 17	 6	 8	 5	 3
 UK machines	4	6	0	5	2
 USA machines	26	7	4	2	0
 Canada machines	13	0	0	1	0
 China machines	2	0	0	0	0
 ROW ²⁹ machines	1	0	0	1	3

그림 2-2 양자컴퓨팅·시뮬레이션 공급 국가 현황

- EU는 EuroHPC JU, 양자 플래그십, 국가 차원 프로그램 등을 통한 세계 최고 수준의 과학기술 기반 구축에도 현재 상용화는 소규모 프로세서 수준에 머물고 있음
- 이에 따라, EU는 '30년 실질적 양자 우위 목표 달성을 위해 규모화, 산업 생태계 조성, 다양한 응용 사례 확대 등의 과제에 직면

- **(이행 전략)** EU는 '25년까지 HPC-양자 하이브리드 시스템(첫 양자 가속기) 구축을 통한 EU Digital Decade 목표 조기 달성과 AI 팩토리*에서도 양자 활용 기반을 마련
 - * EU의 AI 팩토리(European AI Factories)란 AI Continent Action Plan의 5대 전략 중 컴퓨팅 인프라 부문
 - 현재 EU는 초기 하이브리드(HPC-Quantum) 구현을 통해, 산업 초기시장 형성, 공급사 활성화, 사용자 및 활용사례(Use case) 확대를 동시에 달성
 - 향후 QERII*를 통해 현 1세대 장치를 실용적 양자 시스템으로 전환하고, '30년 100 오류정정 큐비트, '35년 수천 큐비트 플랫폼 확보
 - * 유럽 양자연구 혁신 이니셔티브(Quantum Europe Research and Innovation Initiative)
 - 이를 통해, 세계 문제 해결에 필요한 임계점에 도달함으로써, 선도적 지위 확보
- **(계획)** 체계적인 전 과정 관리를 위한 '26년까지 양자컴퓨팅·시뮬레이션 로드맵을 수립
 - 하여, 지속적인 기술 진척도 및 성숙도 평가를 통한 분야별 합리적 공적 투자 순위 배분
 - 또한, 단순 하드웨어 활용을 통한 특정 양자 시스템을 모사하는 양자 시뮬레이터 개발도 병행하여, 신소재·양자화학·기초물리 분야에 조기 성과를 창출
 - 이는 EU가 해당 분야에 선도적 위치를 선점하여, 보편적 양자컴퓨터(Universal quantum computers)보다 더 빠른 유용한 결과 제공을 예상

② 양자통신(Quantum Communication)

- **(개요)** 초고도 보안 데이터 전송을 가능케 하며, 양자 기반 사이버 위협으로부터 핵심 인프라 보호 및 민간, 국방 분야 등 이중용도 기술로 작동할 전략적 수단 가치
 - 이는 센서와 컴퓨터 등 양자 디바이스를 상호 연결하는 양자인터넷(Quantum Internet) 구현을 위한 핵심 기반 기술*로 평가되고 있음
 - *최근 중국의 2,000km 이상 육상 QKD 네트워크 구축 및 미국의 거대 자본 투자가 진행 중
 - 이에 유럽은, IRIS 기반 EuroQCI와 양자인터넷 이니셔티브를 통한 완전 자율적이고 신뢰할 수 있는 양자통신 인프라 구축 필요성 제시
 - 이를 통해, 데이터 흐름과 공공 통신, 국가 기반 시설 보호 및 ProjectEU 전략에 부합하는 내부 보안 강화 계획을 수립하고자 함
- **(이행 전략)** EU는 양자 통신 전략으로, EuropQCI, 양자 인터넷(Quantum Internet) 두 가지 축으로 나누어 추진하는, 유럽 통신 방어체계 강화 전략
 - ① **(EuroQCI)** IRIS* 기반으로 EU 회원국에 지상·위성(QKD, '26년 Eagle-1) 통신망을

구축해 유럽 및 해외 영토 전역을 아우르는 보안 양자 통신 인프라 마련

* Infrastructure for Resilience, Inter-connectivity and Security로 EU의 보안 연결 프로그램

- 26개 회원국이 자국 양자 통신망에 구축 중이며, 의료 데이터, 정부 기관 암호통신, 전력망 제어센터 등 QKD 실증 사업 진행 중
- 완전한 유럽 공급망 확보를 위한 사전 QKD 인증 환경 및 종단 간 시스템 통합 평가 시설을 구축하여 공급망 보안성과 기술 신뢰성을 동시에 확보

② **(양자 인터넷)** 양자 인터넷 이니셔티브를 통한 양자 인터넷 완전 작동 체계 기반 마련과 분산형 양자 컴퓨팅, 센싱, 보안 데이터 공유 생태계 준비

- EU는 이미 양자인터넷 네트워크 아키텍처 정의 및 도시 규모 실증을 마쳤으며, QIA Technology* 포럼을 통한 양자인터넷 관련 기술·표준·산업 글로벌 생태계를 구축 중

* Quantum Internet Alliance로 양자 플래그십 산하로 구성된 유럽 최대 양자인터넷 연구·산업 컨소시엄

- '26년 유럽 양자인터넷 파일럿 시설 가동으로 양자 안전 부품, 초기 활용 사례, 보안 양자 클라우드 서비스, 분산 컴퓨팅 검증을 선제적으로 실험

• **(계획)** 두 이니셔티브를 통한 '25~'30년 최초의 유럽 통합 실험용 지상·우주 보안 네트워크 구축 및 '30년까지 완전 작동 안전 통신망 배치로 향후 연합 양자 인터넷 확장

- 양자통신 기술 프로토콜을 지속적으로 EuroQCI에 통합하여 보안 인증 체계를 EU 차원에서 통일할 계획이며, 이를 통해 글로벌 표준화 주도권 선점
- 동시에, Post-Quantum Cryptography(PQC) 권고와 로드맵을 바탕으로 한 양자 컴퓨팅 발전에 따른 사이버 보안 리스크에 선제적으로 대응할 방침
- 또한, EU 수준의 다양한 규제·정책 수단과의 연계를 통한 양자 3대 인프라의 국방 수준의 보안 기준, 공급망 무결성, 사고 대응 역량 등 초기 단계부터 내재화 계획

③ 양자센싱 (Quantum Sensing)

• **(개요)** 현존하는 센서보다 훨씬 높은 민감도·정밀도로 물리량을 측정하는 기술로 의료·기후 변화·지하수 탐색에서 국방·안보·우주 항법까지 광범위한 혁신 파급력을 지님

- EU는 특히 중력계 및 MRI 분야에 집중한 양자 센싱의 과학 선도 역량을 산업·보건·국방 전반으로 확장할 전략적 기반으로 삼음

• **(이행 전략)** EU는 양자 센싱 전략으로 중력계, Q-MRI 두 축으로 나누어 추진하여, 지하·기후·국방 등 분야에서의 정밀 탐지 및 정밀 의료 진단 혁신 가속화 전략을 구축

- 이는 지진 조기 경보, 지하수 빙하 감소 추적, 재난 예방 등 국방 치안에서 지하시설 탐지 및 주요 인프라 모니터링 등 전략적 응용까지 지원

① **(양자 중력계)** 현재 EU는 이동형 및 고정형 양자 중력계 네트워크 개발*을 통해 지하수·광물·마그마 등 지하 구조 및 변화를 수십 km 깊이까지 탐지하고자 함

* Network of mobile and stationary quantum gravimeters

- 이로써, 지구·기후·자연재해·국방·민간 보호 등 다양한 분야에 활용을 위해 양자 플래그십을 통한 향후 3~5년 내 유럽 전역에 지상 기반 중력계 구축 전략
- 이를 위해, 고고도 플랫폼에 탑재된 중력계와 '30년 이후 최초 양자 우주 중력 측정 (Pathfinder Flight) 추진
- 향후 추진을 기반으로 IRIS 후속 미션과 연계한 지상·항공·우주를 통합한 폴스케일 네트워크로 확장할 계획

② **(양자 Q-MRI)** EU는 양자기술을 의료 진단 분야에서 센서를 활용한 분자 수준의 자기 신호 측정을 통해 양자 기반 고도화 이미징* 기술의 발전 방향을 제시

* Quantum-enhanced imaging

- 이러한 시스템은 향후 암 및 신경퇴행성 질환의 조기 탐지 기술 가속화와 유럽의 진단 인프라를 현대화함으로써 정밀 의료, 개인 맞춤 의료 기술 발전의 가능성을 시사
- 이를 위해, '25년 양자 플래그십 하에 여러 회원국의 유럽 Q-MRI 파일럿 인프라 설치 지원 전략은 양자 기반 고도화 MRI 시스템의 임상 검증을 가능케 함
- 또한, 의료비용 절감 전략을 위해 공동연구센터·병원·산업 간 개방 접근 가능한 환경 제공과 AI 기반 분석 도구를 통합한 높은 진단 정확성 및 조기 개입 지원
- **(계획)** 향후 EU의 지상·우주를 통합하는 양자 중력계 폴스케일 네트워크와 다수 회원국에 단계적으로 확대될 Q-MRI 임상 연구 네트워크를 통해 의료·기후·국방 조기 성과 창출
 - 체계적인 시행을 위해 유럽 양자 센싱 측정 테스트 로드맵('26년) 마련 및 협력을 통한 표준화 추진을 통해 안전하고 규제 준수 가능한 공급망 구축으로 전략적 자율성 확보
 - 이외에도 공중보건 연구 인프라와 통합을 통해 더 높은 감도 및 새로운 영상 대비 기술(예: 치매 조기 진단, 암 대사 영상)을 위한 지속적인 연구 지원
 - 이로써, EU는 센싱 분야에서 양자 중력계와 Q-MRI를 중심으로 글로벌 경쟁 속 유럽의 과학 선도력을 산업·안보 경쟁력으로 직결시키는 안전한 공급망 및 표준화 체계를 구축

Area 3: 유럽 양자 생태계 (Quantum Europe Ecosystem)

- ◇ 양자 파일럿 라인, 설계 시설, 개방형 테스트베드, QCCs를 통한 통합 생태계 조성*과 공공조달·산업별 챌린지 및 투자유인으로 초기시장과 전략 공급망을 동시에 육성하고자, 양자 칩 및 양자 표준 로드맵, 공급망 리스크 분석과 향후 양자법 기반으로 양자 산업화 가속과 글로벌 시장 경쟁력 및 기술 주권 확보

* 스타트업·SMs·연구자·대기업 등 포괄적으로 연결된 생태계

- 현재 약 70여 개의 양자 스타트업, 스케일업, 연구혁신기관, 산업 공급망, 국가별 양자 클러스터 등으로 이루어진 활발한 양자 생태계를 보유
 - 하지만, 여전히 취약한 수준으로 평가되어, 소규모 스타트업 중심의 불안정한 수익 구조, 제한된 투자 자본, 초기 산업 수요 부족 등 성장 저해 요인 발생
 - 특히, 양자 하드웨어 공급사와 시장 수요를 연결하는 앵커 사용자* 부재로 민간투자 활성화 및 전략적 공급망 형성에 한계가 나타나며, 이는 유럽 스타트업 생존과도 연결
- 이에, EU는 생태계 강화 전략으로 총 4대 핵심 전략 축으로 ① 산업화, ② 스케일업 강화, ③ 스타트업 투자, ④ 공급망 강화로 구성

* Anchor End-User

① 개발 검증 및 산업화

- '40년 글로벌 양자 시장은 1,500억 유로 규모로 예상됨에 EU는 Chips Act 산하 Chips JU를 통한 6개 양자 파일럿 라인 운영과 각 파일럿에 4~5천만 유로 투자
- 초기 프로토타이핑, 설계 검증, 공정 개발 지원으로 산업 활용 사례를 촉진하고, 이를 통해 '30년까지 양자 파운드리를 구축하고 '26년에 양자 칩 산업화 로드맵 발간
- 또한, Chips JU 산하 '양자 설계 시설(Quantum Design Facility) 가동을 통한 반도체 산업 클라우드 기반 설계 플랫폼과 연계, 설계·테스트 생태계 육성
- '26년 유럽 양자 표준 로드맵(European Quantum Standards Roadmap)을 통한 기술 상호운용성·신규 표준 마련 및 국제 표준화 기구에서의 산업계 참여 강화

② 생태계 및 스케일업 강화

- 양자 개방형 테스트베드(Open-access testbeds) 네트워크를 양자기술 플래그십 파일럿 시설을 중심으로 유럽 전역에 중앙집중화 및 확대 전략 계획 수립

- QCCs(Quantum Competence Clusters)를 비보유국까지 포함하는, EU 전역의 확장 및 네트워크화로 연구→산업→인재로 연결되는 허브 구축
- 지적 재산(IP) 보호 메커니즘 강화로 핵심 기술 전략적 통제력 유지 및 자산 유출 방지
- 산업별(항공·우주·자동차·에너지·제조·물류·제약 등) 부문 과제(Challenge) 설정을 통한 대기업 및 스타트업의 전략적 공동개발 및 앵커 사용자 육성

③ 스타트업 투자 및 스케일업 금융

- 현재 EU의 글로벌 대비 양자기술 민간투자는 5% 수준으로, 스케일업 단계에서 심각한 투자 공백 평가를 받음
- 따라서 EU는 EIC, EIB, InvestEU 공동 투자, Scale-up Europe Fund를 통한 직접 자본 투자로 전략기술에 재원 집중
- Saving & Investments Union 아래 벤처 성장·자본의 국경 간 투자 장애 요소 제거, 상장규칙 단순화 및 투자회수 지원 방안 추진

④ 공급망 보안 및 전략적 자율성

- Economic Security Strategy 및 Critical Technologies Observatory를 통한 EU 차원의 양자 공급망 전반의 리스크 지도화(Risk Mapping) 및 모니터링
- 이를 통해 공급망 다변화, 유럽 내 생산 역량 강화, Global Gateway를 통한 공급국 파트너십, 리스크 공유 메커니즘 추진 계획 전략으로, '26년 첫 결과 도출을 목표
- 향후 이러한 전략 이행을 위해 양자법을 통한 EU 차원의 통합 거버넌스 및 투자유인 구조 마련과 동시에 유럽 양자 생태계 및 본격적 산업화 실현으로 글로벌 경쟁 속 기술 주권 확보

Area 4: 양자기술: 우주 및 이중용도(Security and Defence)

◇ 양자기술을 국방·안보·우주·분야에서 이중용도 활용 잠재력으로 평가하여, EU의 전략적 자율성과 기술 주권 강화를 위한 핵심 수단으로 부상하고 있음에, 우주 분야에서의 양자 기반 항법 시스템 및 위성 QKD 개발과 양자 센싱·통신을 활용한 군사·국가안보 운영의 보안 통신 체계를 마련하는 전략을 구축, 향후 NATO, G7, ESA(유럽우주국) 등 국제 다자기구와의 연계를 통한 통합적 전략 추진

- EU는 EuroQCI, Galileo, ESA·NATO 연계를 통한 양자기술을 기반으로 보안 통신, 내비게이션, 첨단 센싱 등 이중용도 전략 자산으로 운영하여 안보·국방 강화하고자 함
- 양자기술은 오늘날 민간 국방 모든 영역에 혁신 변화를 주도할 이중용도 핵심 기술로 기대됨에 따라, NATO·ESA·Protect EU와의 전략 연계를 체계적으로 확립

- 특히, 러우 전쟁 이후, GNSS 위성항법 의존 리스크, 사이버공격 대응을 위한 양자 기반 보안 및 네비게이션 솔루션을 필수 자산으로 규정

표 2-3 • 양자기술 분야별 우주 및 보안·군사 활용 용도

분야	내용
양자 컴퓨팅	고급 방산 시뮬레이션(극한 유체, 연소, 내열 신소재 등)과 복잡 작전·물류 문제 해결로 국방 전략 혁신 가능
양자 센싱	중력계, 마그네토미터, 관성항법 등 지하시설 탐지, 잠수함 추적과 같은 고급 위협 탐지로 작전에 우위를 제공
양자 통신	QKD는 지상·위성 네트워크에서의 군사·정보·데이터를 초 보안으로 교환을 통해 양자 사이버 위협으로부터 대응

- 따라서 EU는 동 양자기술의 이중용도 활용 전략에 우주, 보안·군사 2대 핵심 전략 축을 구성

① 우주(Space) 중심 전략

- EU는 갈릴레오 프로그램 내 양자 광학 센서를 활용한 GNSS-Free 양자 항법(PNT) 시스템 개발*을 통한 외부 의존도를 줄임

* 위성항법이 무력화(Disabled)되거나 스푸핑(Spoofed)된 환경에서도 자율적 위치결정을 가능케 함

- IRIS 기반 EuroQCI 위성 세그먼트를 통해 위성 QKD를 활용한 초보안 양자 통신망 구축으로 유럽 우주 인프라 보안성 및 회복탄력성 강화
- 이와 함께, EU 집행위의 ESA(유럽우주국)과의 협력 강화로 양자 우주 기술 로드맵 공동 수립을 통한 관련 프로젝트*의 상호보완성 및 동기화 추진

* 양자 QKD 위성, 중력계(Gravimeter), 양자 항법(PNT) 등 단계적 전략 기술 배치

② 보안·국방(Security & Defence) 중심 전략

- 미국·중국 등의 GNSS-Free 항법, 위성·지상 양자통신, 양자 레이더 등에 대규모 투자 진행에 따라, 글로벌 안보 군사 경쟁 심화
- 따라서, EU 회원국 간의 국방 프로그램에 콜드 아톰, 다이아몬드 센서, 양자컴퓨터 투자 및 GNSS-Free 해저지도 활용 사례를 적극 모색하는 방안 설계
- 집행위는 유럽방위기금(EDF) 및 국방혁신스킴(EUDIS)을 통한 국방용 양자기술 투자 확대와 방위백서(White Paper, 2030)을 통한 전쟁 패러다임 변화 계획

- 나토와의 협력으로 NATO-EDT(신흥·교란기술)* 구조화 대화 및 유럽 국방혁신스킴 (EUDIS)를 통한 Quantum LiDAR, Gravimeter를 국방 보안 인프라에 적용

* Emerging and Disruptive Technologies: 파괴적 신흥기술로, 나토가 지정한 8대 핵심 잠재력 첨단 기술

- EuroHPC JU·디지털 유럽·국방기금과 연계를 통한 이중용도 산업 생태계 확장
- ProtectEU, EDF 모두 양자기술을 장기 보안기술 경쟁력 핵심 분야로 규정함에 따라, 동 전략 방향을 추진하기 위해 '26년까지 양자 우주 센싱 및 국방 기술 로드맵 수립
- 향후 유럽 국방 기술 로드맵에 양자기술 진전과 프로그램을 포함한 국방 혁신 가속화
- EuroQCI 지상-위성 연계를 통한 '30년까지 완전 작동 보안 네트워크 구축
- 또한, ESA와 NATO와의 협력을 통한 우주·안보 분야 양자기술의 국제 표준화 선도 및 유럽의 확고한 전략적 자율성, 내부 보안 강화 계획

Area 5: 양자 인재 (Quantum Skills)

◇ 전문인력을 전략 이행과 유럽의 기술 주권과 산업화의 가장 중요한 요소로 인식, 꾸준한 인력양성 노력에도 불구하고 스타트업과 산업 현장에서 실전 전문성 부족함에 따라, 인재 양성을 5대 핵심 영역에 포함하여 산업·보안·공공 현장에서 즉시 투입이 가능한 고급 양자 전문인력의 대규모 확보를 목표

- 양자기술 분야는 기초과학, SW·시스템 통합, 보안 등 복합 역량을 요구하며, EU는 연간 약 11만 명의 물리·ICT·엔지니어링 관련 인력을 배출하는 세계 최대 양자 유관 인력 풀을 보유
- 특히, 양자 플래그십 연구산업어젠다 전략2030*에 따르면, 유럽 내 40개 이상의 양자기술 및 양자엔지니어링에 관한 석사 프로그램이 진행 중

* Quantum Flagship's Strategic Research and Industry Agenda 2030

- 그러나, 스타트업·산업 현장으로 연결되는 실전 전문인력 부족 현상으로 인한 산업화 및 조기 상용화의 주요 병목으로 작용하고 있음
- 이에 EU는 다양한 인재 양성 관련 프로그램* 등을 통한 중등·대학, 산업 펠로우십, 국제 교류 등을 아우르는 전 주기적 인재 양성 체계 구축

- * ΔQuantum Skills Academy('26), ΔQuantum Talent Portal, ΔMobility Program('26), ΔResearcher-in Residence in Quantum Technology Startup('26), ΔQuantum Apprenticeship Programme 등
- Digital Europe 기반 양자 산업 견습, EIC Fellowship, 非 EU권 국가 간의 인재 교류를 통한 스타트업·중소기업(SMEs)까지 실질적인 전문인력 공급 추진
- 또한, 양자기술 수요 및 인력 시장 변화 모니터링을 위한 Union of Skills Intelligence Observatory 활용 인재

- **인력 강화 전략 핵심 전략 축으로 인재 양성 프로그램을 ① Academy(학계), ② Portal(포탈), ③ Apprenticeship(수습), ④ Residency(거주) 4가지로 설정**
- ① EU의 Union of Skills 이니셔티브 일환인 '26년 European Quantum Skills Academy 설립을 통한 석·박사 수준 공통 커리큘럼 및 장학·펠로우십 통합 교육 플랫폼 구축
 - EU 및 비EU 젊은 인재들의 EU 내 연구·산업 경력 및 전 주기적 인재 파이프 라인 구축 강화를 목표로 함
 - 이를 통해 산업·보안·공공 현장에서의 즉시 투입이 가능한 대규모 고급 인력확보로, 인력 기반 기술 주권 및 공급망 자립 계획
- ② Quantum Talent Portal 구축을 통한 대학·중등 교사 조기 양자기술 기초역량 확보
 - 인재 포탈을 Digital Skills and Jobs Platform내 구축한, 대학·중등 교사 대상으로 teacher-teacher 모듈을 통해 양자기술에 관한 전 범위 기초역량을 확보
 - 이를 통해, 양자기술 분야 인력 및 폭넓은 교육 표준 확산과 대외 커뮤니케이션 활동을 통한 양자기술에 대한 대중 인식 및 사회적 이해·신뢰 제고
- ③ 디지털 유럽 프로그램 산하 Quantum Apprenticeship & Returnship(양자 견습 & 리턴십)을 통한 실제 산업 프로젝트 기반 산학연 연계 전문가 양성
 - '26년부터 유럽 고급 디지털 경진대회를 통해 청년 및 리턴십 인력이 양자기술 기반 솔루션으로 사회·산업 문제를 해결하며 경력 단절 연구자의 현장 재진입 촉진
 - 또한, 기술 발전 및 직무 수요 변화 대응을 위한 European Skills Intelligence Observatory를 통해 교육·훈련 공급, 산업계 수요 등 상시 모니터링을 통한 선제 대응
- ④ 혁신위원회의 '25년 양자기술 스타트업 내 상주 연구자(Researchers-in-Residence)를 위한 시범 프로그램 출범 예정
 - 이는, 연구자와 혁신 스타트업 및 스케일업을 연결하는 전용 플랫폼을 통해 특정 고성장 기업의 특화된 수요에 맞춘 연구자 배치를 원활하게 지원할 계획
- **EU는 회원국 및 파트너국 간의 국제 인력 이동성 및 역량 개발 강화를 위한 유럽 양자기술 인재 모빌리티 프로그램 출범 예정**
 - 비 EU권 박사 및 초기 경력 전문가들을 위한 펠로우십이 포함되며, 브레인 드레인 방지를 위한 기존 인력 유지 및 지원할 계획
 - 또한, 우수한 국제 양자기술 연구자 유치·개발을 유지하기 위해 호라이즌 유럽 프로그램인 마리퀴리(MSCA) Choose Europe 제도를 시범적으로 추진 예정

03 전략 이행 프레임워크

◇ 적극적인 양자기술 혁신의 노력에도, 여전히 다수의 과학·공학적 난제와 낮은 기술 성숙도로 인한 기존의 선형적(기초연구→산업화) 개발 체계로는 산업 및 상업화까지 약 10~15년 이상 소요될 위험 가능성이 존재함에 따라, 연구혁신, 인프라, 초기 시장을 연속적 루프(lifecycle) 통합을 통한 발견→개발→테스트→초기 조달→산업 배치로 반복되는 신속한 상용화를 위한 독자적 기술주기 모델 추진

유럽 양자 전략 주요 이행 구성 요소

- EU는 QERII를 통한 회원국과의 EU 차원 공동 전략 목표를 정렬하고, 이를 통해 과학기술 병목 현상 해소를 위한 상향식-하향식(Top-down) 연계 체계를 구축하고자 함
 - 기존 시장 구조나 산업 생태계를 근본적으로 바꾸는 혁신적 연구 기술 개발 및 초기 수요·인증·표준화를 통한 상용화 위험 분산
 - 이를 위해, 유럽 전역에 분산된 인프라* 역량 통합 핵심 연결축으로 수행

* EuroHPC, QCCs, Chips Pilot Lines, Quantum Design Facility 등

- 이에 동 이행 전략으로 ① A Grand Challenge mechanism, ② A technology lifecycle approach인 두 핵심 축으로 전략을 전개

① A Grand Challenge mechanism : 단순 개별 연구 프로젝트를 넘은 기업·스타트업·국방까지 포함한 참여를 통해 고난제 양자기술 문제를 해결하기 위한 전략 수단

- 스타트업·스케일업이 주도하는 그룹(대기업, 방산)과의 협력을 통한 산업요건 충족·검증과 보조금·지분투자·용자 등 혼합 재정 수단을 활용
- '25년~'27년 사이 최소 2건 분야에 시범 추진 (FTQC, Quantum PNT*)을 통한 산업 전환을 가속화하고, 향후 Q-MRI와 같은 의료영상 기술까지 추가 확대 가능

② Technology lifecycle approach(기술 전 주기 접근): 연구혁신·인프라시장 창출을 하나의 순환 주기로 통합한, 발견→개발→테스트→초기 조달→산업 배치를 연속적으로 수행

- 실현을 위해 EuroHPC, Chips Pilot Lines, Quantum Design Facility 등과 QCCs를 연계하여 산업계가 신 플랫폼에 접근 용이성, 프로토타입을 산업 배치까지 발전
- 이를 통해 KPI·마일스톤·기술 벤치마킹으로 단계별 체계적 진척 상황 관리

- 이러한 연속적 기술주기(Lifecycle) 및 공동 거버넌스 접근법을 통한 EU의 분절된 투자 및 정책 통합 및 시행
 - 이러한 EU 차원의 양자기술 정책 통합 전략을 통해 기존에 발견되었던 국가 간의 연구 분절 및 중복투자 현상을 해소와 공동 목표 아래 임계 규모 형성
 - 향후 글로벌 경쟁 속 유럽이 양자기술 개발, 상용화, 국제 표준화까지 주도권 확보

04 국제협력

◇ 양자기술은 국경을 넘은 글로벌 가치사슬과 표준 체계 속에서 발전 중이며, 유럽은 이에, 경쟁력 및 기술 주권 확보를 위해 주요 파트너국 및 국제기구와의 전략적 협력에 적극 모색 중. 특히, EU는 한국, 일본, 캐나다와 이미 디지털 파트너십 및 FTA, 기술통상 위원회 체계를 통한 양자기술 공동 연구혁신을 본격화하고 있으며, 이를 통해 글로벌 공급망의 다변화 및 규범·표준 선점 병행을 추진 중

■ 글로벌 파트너십과 다자 협력을 통한 EU 양자기술 공급망·표준 주도권 확보

- EU는 양자기술 국제협력 전략으로 Like-minded 국가 즉, 동맹·우호국과의 협력과 다자 국제표준거버넌스 협력 총 두 개 분류로 나누고 있음
 - EU는 디지털 파트너십, 무역·기술협약체(TTC), FTA 등 기존 경제·기술 협력 틀을 바탕으로 Like-minded(가치·규범 공유) 국가들과의 양자기술에서 협력을 확대
 - 이미 한국·일본·캐나다 등 공동 양자 연구혁신 프로젝트가 진행 중이며, 향후 기존 국가 파트너십을 넘어선 '25년 이후 적극적인 신 양자 다자 협력 이니셔티브 추진
- 다양한 국제기구와의 다자 협력을 통해 양자기술의 방위·안보 등 다자 차원에서 협력
 - EU는 Economic Security Strategy 및 유럽 방위준비 백서 2030을 통한 양자기술을 핵심 전략기술로 공식 지정함에, 경제안보, 국방 준비태세를 동시에 강화
 - G7 공동작업반을 통한 선진국 간 양자기술 협력 및 표준을 공동 논의하며, NATO-EDT(신흥·교란기술) 구조화 대화 및 유럽 국방혁신스킴(EUDIS)이 대표적
 - 또한 ESA와 공동으로 양자우주 로드맵 추진을 통해 GNSS-Free 양자항법, QKD 위성 등 단계적인 개발 추진
 - PQC(양자내성암호) 및 QKD 표준화 주도를 위한 ENISA, ISO/IEC 등과의 협력을 통해 유럽이 글로벌 규범 및 시장 질서 설계 주도권 위치 강화
- 이러한 국제협력을 통해, 유럽은 양자기술 분야에서의 기술 주권과 경제안보를 더욱 공고하여 강화하는 글로벌 공급망과 표준화에서의 중심축으로 자리매김 목표 설정

05 결론 및 시사점

◇ 양자기술은 중대한 변곡점에 있으며, 글로벌 경쟁 패권 간 EU는 세계 최고 수준의 양자 연구 역량을 바탕으로 이미 경쟁력 있는 산업, 인프라 기반을 구축하고 있음. 이는 EU뿐만이 아닌 주요국들의 공공 투자 확대, 국가 전략 조정, 연구·산업 파이프라인 통합 등을 통해 기술 주권과 경제적 우위를 선점하려는 움직임이 본격화되고 있음을 시사

EU의 산업화 경쟁력 확보를 위한 통합적 양자기술 전략 방향을 제시

- EU는 양자기술이 이중용도 잠재력을 지닌 기술로 규정하여 향후 안보·국방 역량까지 크게 강화 할 것으로 예상
 - 유럽은 전문 인력 풀, 인프라를 기반으로 이제는 민간 투자가 성공과 실패를 가르는 핵심 변수로 예상
 - 이에 유럽은 기술 경쟁력 유지와 양자혁신을 뒷받침하는 가치체계 선도를 통해 경제 안보 이익 확보를 위한 시급성, 명확성, 공동 대응 총 3대 필수 요소를 제시
- 본 전략은 최종 종착지가 아닌 미래를 위한 진화 설계도(Blueprint in motion) 역할을 수행
 - 동 전략 보고서는 EU, 회원국, 산업, 학계, 시민사회, 파트너국 등 함께 참여해 공동으로 수행하기 위한 척도이며, 차세대 기술혁명 견인을 뒷받침할 핵심 동력
 - EU는 이를 통해 유럽만의 방식으로 선도(Lead on its own terms)하는 글로벌 경쟁력 우위 선점을 최종 목표로 함

향후 한국과 EU 간 국제협력 방향과 기회 확대 가능성을 시사

- EU의 전략 보고서에서 보듯이 가치와 규범을 공유하는 Like-minded, 국제표준, 글로벌 거버넌스를 자국 경제 안보의 중요한 전략 도구로 삼고 있음
 - 이미 한-유럽은 '22년 디지털 파트너십을 체결한 양자·AI·반도체 분야를 포함하는 핵심 기술 표준화에 공동 논의
 - 또한, 호라이즌 유럽 양자 부문 한국 참여 공고 및 퀀테라 참가에 따라서 양자기술 분야에서 한-유럽 간 국제협력이 더욱 활발해질 것으로 기대

- 따라서, 한국은 EU와 산업화 분야와 국제 표준분야에서 구체적이고 실질적인 협력 활동으로 발전시킬 필요성이 있음
- 양자기술은 기술성숙도가 높아지고 있으며, EU와 신뢰 구축을 통해 대규모 공동 프로그램, 로드맵, 인프라 개방에 전략적으로 참여할 수 있는 기반 조성 필요
 - 호라이즌 유럽, 퀀테라 등 주요 프로젝트가 상당수 높은 기술성숙도를 목표로 하고 있음에도 한국은 준회원국의 구조적 한계로 현재는 제한적인 참여만 가능
 - 이에, 한국은 자체적인 기술성숙도 향상과 동시에 향후 글로벌 공동 연구 선도에서 경쟁력을 확보하기 위한 높은 기술성숙도 분야에서도 유럽과의 협력 확대 필요
- 한국은 NATO 과학기술기구(STO) 파트너십 가입('25), NATO가 추구하는 신흥교란 기술(EDT) 프로그램과 연계된 양자기술의 연구표준화 협력 참여가 전략적으로 확대될 것으로 기대
 - 영역 4부문에서 보듯, 양자기술의 이중용도(민간·국방) 활용 잠재성이 주요 전략으로 부각되고 있으며, 향후 안보·산업 분야 전반에서 한국과의 전략적 협력이 가능
 - 따라서, 한국은 향후 이중용도(안보·산업)에서 NATO와의 양자기술 부문 협력을 적극적으로 추진해 나갈 필요가 있음



COM(2025) 363 - Communication on the Quantum Europe Strategy

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/quantum-europe-strategy>

Shaping a European Strategy in Quantum Technology – Report

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/shaping-european-strategy-quantum-technology-main-orientations-and-recommendations>

European Declaration on Quantum Technologies

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies>

※ 본 보고서는 과학기술정보통신부에서 추진하는 양자기술 국제협력 강화사업의 지원으로 작성되었습니다.