

DECEMBER 2023.
No. 239

INSS

전략보고

양자과학기술의 국가안보적 의미와 대응전략

윤정현 부연구위원
yjh5791@inss.re.kr

- I. 문제 제기
- II. 국가안보 기술로서 양자과학기술의 의의
- III. 주요국의 정책 동향 및 글로벌 협력 · 갈등 구도
- IV. 우리나라 양자과학기술의 추진현황 진단 및 시사점
- V. 결론 및 정책 제언

양자과학기술의 국가안보적 의미와 대응전략

I. 문제 제기

II. 국가안보 기술로서 양자과학기술의 의의

1. 양자과학기술의 부상과 주요 특징
2. 군사안보 분야의 게임체인저로서 잠재력
3. 사이버·기후변화·감염병 등 신흥안보 분야의 파급력

III. 주요국의 정책 동향 및 글로벌 협력·갈등 구도

1. 미국
2. 중국
3. EU(유럽연합)
4. 일본

IV. 우리나라 양자과학기술의 추진현황 진단 및 시사점

V. 결론 및 정책 제언

양자과학기술의 국가안보적 의미와 대응전략

저자 | 윤정현

국문 초록

오늘날 양자과학기술은 경제·안보적으로 중요한 대표적인 핵심·신흥기술로 주목받고 있다. 양자과학기술이 본격적으로 도입될 경우, 압도적으로 빠른 연산력을 기반으로 국방, IT, 의료, 물류, 금융 등 산업 전반의 파괴적 혁신을 낳는 '게임체인저'로 작용할 것으로 예상된다. 이에 주요국들은 양자과학기술을 미래산업과 군사안보 차원의 핵심기술로 간주하고 있으며, 대규모 투자와 함께 보호와 통제를 강화하고 있어 양자과학기술이 갖는 외교안보적 의미에 대해 면밀한 검토가 필요한 시점이라 할 수 있다.

따라서, 본 연구는 양자과학기술의 광범위한 국가안보적 중요성을 살펴보고 외교안보 차원의 거시적 대응방향을 모색하고자 하였다. 특히, 양자과학기술을 둘러싼 주요국의 추진정책과 시사점을 살펴보고, 우리에게 필요한 전략적 방향성을 제시하고자 하였다. 국가안보적 차원에서 양자과학기술의 부상에 효과적으로 대응하기 위해서는 다음의 실천 방안이 필요하다. 첫째, 미래 신기술 위협에 대한 선제적 대응 수단으로서 활용 방안을 적극 모색해야 한다. 둘째, 한반도 지정학적 맥락에서의 전략적 가치를 고려할 필요가 있다. 셋째, 국가안보와 밀접한 이중용도 기술로서 현실적 제약을 돌파, 우회할 수 있는 방안을 모색해야 한다. 넷째, 한국의 비교우위 분야를 중심으로 동맹-우호국과의 소통 및 공조가 요구된다. 마지막으로 산업·안보 관점에서의 중장기 민간군 협력 기반을 지속적으로 강화해나갈 필요가 있다.

주제어: 양자과학기술, 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자센서, 핵심신흥기술

I 문제 제기

- 오늘날 ‘핵심·신흥기술(critical & emerging technologies)’ 부문에서의 주도권 확보 문제는 단순한 산업·경제적 의미를 넘어 사활적인 국가안보 이슈로 부상 중
 - 과학기술이 민감한 안보범주와 더욱 긴밀히 결합하고 있으며, 각국 정부는 산업적 파급력과 군사적 활용 잠재력이 높은 신흥·핵심기술 역량을 강화하기 위해 다각적인 대응전략을 모색하고 있음
- 양자과학기술(quantum science & technology)은 양자물리학의 특성을 정보기술에 적용하여 ‘초고속 연산’, ‘초신뢰 통신’, ‘초정밀 계측’ 등을 구현해주는 대표적인 핵심·신흥 기술¹
 - 양자물리학의 ‘양자상태(quantum state)’를 기반으로 얽힘, 중첩 등의 특성을 활용하여 기존 정보기술의 도약을 가능하게 함으로써 산업적 측면 뿐만 아니라 안보적 측면에서의 광범위한 활용 가능성 시사
 - 특히, 인공지능, 빅데이터, 5G/6G, 첨단 바이오 등 광범위한 범용성을 갖는 기타 핵심·신흥기술들과 융합될 때, 더 큰 영향력을 발휘하며 IT 산업 뿐만 아니라 보안, 국방 분야의 ‘게임체인저’로 작용 가능
- 이에 주요국은 양자과학기술을 미래산업과 군사안보 차원의 핵심기술로 간주, 법 제정, 대규모 투자 집행 등, 국가적 역량을 집중하고 있음
 - 산업진흥과 생태계 육성을 위한 정부의 투자 뿐만 아니라, 초고속 연산, 안정적 보안 등이 필요한 빅테크 기업을 필두로 기술경쟁이 전개 중
 - 양자과학기술은 특히 ‘양자컴퓨팅’, ‘양자통신’, ‘양자센싱’이라는 기술범위를 중심으로 국가 간 경쟁적 투자와 지원이 이루어지고 있음
 - ※ 양자과학기술 분야에는 공공과 민간의 투자가 함께 증대하고 있으며, 2040년 시장규모는 약 135조원에 달할 것으로 예상(McKinsey&Company 2023)²
 - ※ 미국의 IBM, 구글, 인텔, MS 등과 중국의 알리바바, 화웨이, 레노버 등 글로벌 IT기업들은 양자과학기술을 미래산업의 판도를 바꿀 핵심 기술로 인식하고 차세대 컴퓨팅 개발에 적극 투자 중

1 한국표준과학연구원, “대한민국 양자과학기술 비전: 양자시대를 여는 우리의 도전과 전략” (2023), p. 5.

2 McKinsey&Company “Quantum Technology Monitor”, (2023. 4).

- 양자과학기술은 군사적 활용 가능성이 높은 이중용도 기술이자 수출제한·금지 등 안보적 고려가 중요하게 작용하고 있는 전략기술 품목
 - 양자 컴퓨팅이 해킹이나 보안에 도입될 경우, 이론적으로 기존 암호체계가 무력화되고 데이터 유출, 정보 무결성 훼손 등이 예상되며, 현재와 완전히 다른 새로운 보안체계의 필요성을 제기할 전망
 - 최근 방산기술 위주로 국제교역을 제한해왔던 바세나르체제의 감시 품목이 되는 등 양자과학기술을 둘러싼 통제가 강화되고 있음
 - 주요국은 양자과학기술을 국가 차원의 전략기술로 지정하고 경쟁적 투자와 함께 협력과 제재를 병행하여 추진 중
 - 현재 미중이 치열하게 경쟁하고 있는 반도체, 배터리 등에 이어 향후 첨예한 외교안보 및 통상의 쟁점으로 부상할 가능성이 높음

- 국가안보 전략자산으로서의 특징 뿐만 아니라 신기술로서의 불확실성, 동맹·우호국 간, 경쟁국 간의 협력과 갈등을 낳는 기제로서 외교안보적 의미에 대해 면밀한 검토가 필요한 상황
 - 주요국들은 기술 고도화 뿐만 아니라 글로벌 공급망 경쟁 구도, 수출통제와 규제, 표준 수립에 대응하기 위한 제도적 기반을 마련하고 있음
 - ※ 최근 미국은 '핵심·신흥기술 표준전략'(23. 5), '우려국가 투자제한 행정명령'(23. 8) 등을 통해 양자과학기술 및 핵심기술들에 대한 규칙을 제정하고, 중국의 추격을 원천적으로 차단하기 위한 법·제도적 수단을 강화
 - 동시에 동맹·우호국에는 실험·제조 인프라 등 관련 생태계 정보 공유, 연구인력 교류, 공동의 양자 표준 수립 등 상호 기술교류 수요 제공
 - ※ 최근 한미 정상회담(2022년, 2023년)과 한미일 정상회담(2023년) 통해 참여국들은 양자과학기술 등 주요 핵심·신흥기술에서 공동개발, 국제 표준화, 기술 보호, 인력 교류에 이르는 전주기 협력 플랫폼을 구축하기로 합의

- 본 연구는 양자과학기술의 광범위한 국가안보적 파급력을 전망하고, 거시적 도전 요소 진단 및 기존 연구가 면밀히 살펴보지 못한 협력의 민감성을 고려한 외교적 대응방향을 제시
 - 미래 핵심·신흥기술로서 양자과학기술이 갖는 불확실성과 긍정적·부정적 파급효과를 균형적으로 살펴보고, 도입 확대 시 우리가 직면하게 될 외교안보적 기회와 도전요소 전망
 - 북핵 및 동북아의 안보적 긴장이 상존하는 한반도 지정학적 맥락에서의 양자과학기술의 전략적 활용가치를 검토
 - 외교안보적 측면에서 등 양자과학기술을 둘러싼 주요국의 추진정책과 시사점을 살펴보고, 한국적 맥락에서의 정책방향과 추진 의제 탐색

II 국가안보 기술로서 양자과학기술의 의의

1. 양자과학기술의 부상과 주요 특징

- 양자과학기술은 기존 첨단 기술 분야의 한계를 극복하게 해주는 핵심·신흥기술로서 차세대 유망산업 혁신을 위한 원동력
 - 양자과학기술(quantum science and technology)은 ‘양자역학적 특성에 기반하여 시스템을 만들거나 정보를 생성·제어·계측·전송·저장·처리하기 위한 과학과 기술 일체’로 정의됨³
 - ※ 양자역학에 존재하는 현상인 ‘중첩(superposition)’과 ‘얽힘(entanglement)’ 등을 활용함으로써 기존 IT기술의 난제였던 정보 보호의 한계, 계산 능력과 측정 정밀도의 한계를 돌파할 수 있는 새로운 과학기술 패러다임⁴
 - 이진법 패러다임에 기반한 현재의 컴퓨팅 체계와 달리 동시성을 전제하는 양자컴퓨팅은 이론상 기존과 비교할 수 없는 압도적인 연산력을 확보
 - 양자과학기술이 고도화된다면, 양자 고유의 특성을 활용한 ‘초고속 연산(양자컴퓨팅)’, ‘초신뢰 보안(양자통신)’, ‘초정밀 계측(양자 센서)’ 시스템을 구현할 수 있음⁵

〈그림 1〉 양자과학기술의 기본 개념과 기술 분류, 구현 효과



출처: 한국표준과학연구원(2023), p. 5.

3 국회과학기술정보방송통신위원회, “양자과학기술 및 양자산업 육성에 관한 법률안(대안)”, (2023. 5.)

4 <https://www.paconsulting.com/insights/what-is-quantum-technology>

5 이재훈, “양자센싱기술이 가져올 미래”, 『Future Horizon+』, Vol. 56. (2023년 2·3호), p. 19.

2. 군사안보 분야의 게임체인저로서 잠재력

- 안보 목적으로 주요 전략기술들과 융합될 때, 기존 전력 체계의 우위를 바꾸는 파괴적 영향력을 발휘 가능
 - 양자컴퓨팅과 양자암호를 활용 시, 기존 군사정보 역량과 보안체계를 무력화시킬 수 있는 잠재력을 보유
 - ※ 이론적으로 2,048 비트의 RSA공개키 암호를 해독하는데 슈퍼컴퓨터는 100만년 이상이 소요되는 반면, 양자컴퓨터는 1초에 해결 가능⁶
 - 미·중은 양자 센서를 활용한 양자레이더 기술을 선도하여 추진 중이며 해당 기술 개발 시 현행 스텔스 기능의 무력화 가능성이 높음
 - ※ 최근 미공군은 무인정찰기 영상을 물리적 해킹공격 등으로부터 방어하고자 양자난수생성기의 개념을 적용한 초소형 암호칩의 보안기술을 인증하고 2020년부터 무인정찰기 장착용으로 도입 시작⁷
- 전통적 작전 영역 뿐만 아니라 우주·사이버 영역에서 다양한 안보전략적 우위를 제공하는 핵심 기술로 활용 가능
 - 양자컴퓨팅은 데이터 유출, 인터넷 정보 무결성 훼손, 디지털 문서의 신뢰성 훼손, 암호 화폐 공격 위협의 수단으로 활용될 수 있음
 - ※ IBM Security의 “2022년 데이터 유출 비용연구 보고서”에 따르면, 데이터 유출 사고 건당 평균 피해액은 435만 달러에 달하는 것으로 조사됨⁸
 - 전장 데이터와 접목될 경우, 양자과학기술은 이론적으로 지능화된 ‘C4ISR’ 체계를 구현함으로써 정보·전술적 우위를 보장⁹
 - ※ C4ISR: 지휘통제(Command&Control), 통신(Communications), 연산(Computers), 정보(Intelligence), 감시임무(Surveillance and Reconnaissance) 등
 - 또한, 인공위성에 더 낮은 전력으로 구동되고 민감성이 높은 양자 센서 네트워크를 활용 시, 임무 수행을 위한 좌표 및 궤도 설정에 있어 최적의 공간을 탐색하는데 효과적

6 과학기술정보통신부, “국가전략기술 AHP 평가회의 자료집”, (2022. 7. 12.), p. 120.

7 전자신문, “韓스타트업 ‘초소형 암호칩’ 美무인정찰기에 실린다”, (2020. 1. 13).

8 IBM Security, “Cost of a Data Breach Report 2023: what we learned”, (Aug 1, 2023.)

9 NATO Science & Technology Organization, “Science & Technology Trends 2020–2040: Exploring the S&T Edge,” March, 2020, p. 2.

- GPS와 같은 위성측위시스템 서비스가 미치지 못하는 열악한 환경에서 양자 관성항법 시스템을 도입할 경우, 정확한 위치식별이 가능, 향후 잠수함, 우주선, 드론, 자율주행차, 미사일 등에 탑재되어 다목적 임무를 수행할 수 있음¹⁰

3. 사이버·기후변화·감염병 등 신형안보 분야의 파급력

■ 양자과학기술을 활용한 신종해킹의 위험성 증대

- 양자컴퓨팅이 제공하는 연산력의 획기적인 개선은 사이버 보안 측면에서 현암호화 표준을 무력화시킬 수 있으며 핵심 기업 정보, 군사 비밀 정보의 보안 유지에 커다란 위협을 초래 가능
 - ※ 현재 공인인증서 등에 널리 쓰이는 공개키 암호들은 양자 알고리즘에 의해 손쉽게 풀이될 수 있으며, 암호체계의 붕괴, 데이터 유출, 정보 무결성 훼손 및 공공·민간 보안 인프라 전반에 위협으로 작용
- 이에 따라, 최근 미국 등 주요 양자과학기술 선도국들을 중심으로 포스트 양자암호(Post-Quantum Cryptography, PQC: 양자내성암호)와 ‘양자암호키분배(Quantum Key Distribution, QKD)’ 등 차세대 양자 중심 보안체계 표준화를 위한 전략을 추진하고 있음¹¹

■ 양자컴퓨팅 기반의 대체·재생 에너지 및 에너지 공급·소비 패턴의 정밀 분석을 통해 효과적인 기후변화 대응 정책 수립 가능

- 양자컴퓨팅을 통한 기후변화의 복합적 유발 변수에 대한 측정 및 탄소저감 정책 효과에 대한 시뮬레이션 수행¹²
 - ※ 양자센서를 활용한 혁신적인 계측기술 도입 시, 전기에너지의 생산 및 최종 사용자 전송에 이르기까지의 많은 단계에서 발생할 수 있는 전력 손실 최소화 가능¹³
- 또한, 이산화탄소, 메탄 등 6대 온실가스를 경제적 손실 없이 효과적으로 포집·분해할 수 있는 촉매제를 개발 중

10 Michal Krelina, "Quantum technology for military applications," *EPJ Quantum Technology*, Vol. 8, No. 24, (2021).

11 Samsung SDS, "양자컴퓨팅으로 더 커지는 보안 위협, 지금이 바로 PQC 전환을 시작할 때", (2023. 3. 15).

12 과학기술정보통신부, "2023 기술영향평가위원회: 양자과학기술 회의 자료집," (2023. 9. 1.)

13 <https://blog.naver.com/onoffenglish24/223094125770> (검색일: 2023. 11. 1.)

- 양자컴퓨팅을 활용한 첨단바이오 분야의 유전자 분석 역량 강화 및 신약개발 촉진 효과는 신종감염병 대응 역량을 증진과 직결
 - 수용체 변이에 따른 감염률의 변화, 변이에 따른 인간 단백질의 유연성 변화와 감염의 상관성 분석을 통해 정밀한 분석이 가능
 - 신약물질 개발 시일 및 임상실험 비용의 단축을 통해 신종감염병 대응 역량의 증진 및 백신개발을 촉진
 - ※ 글로벌 제약기업 모더나는 양자컴퓨터와 AI기술을 활용, 최적의 안전성과 효능을 갖춘 메신저 리보핵산 (mRNA) 치료제와 백신을 개발 중¹⁴

14 <https://blog.naver.com/onoffenglish24/223094125770> (검색일: 2023. 11. 1.)

III 주요국의 정책 동향 및 글로벌 협력·갈등 구도

1. 미국

가. 양자과학기술 역량 강화를 위한 법제 및 거버넌스 체계

■ 글로벌 리더십 강화를 위한 국가양자연구집중지원법(NQI) 추진

- 미국은 차세대 핵심·신흥기술인 양자과학기술 분야의 주도권 유지를 위해 2018년 세계최초로 국가차원의 '양자연구집중지원법(The National Quantum Initiative (NQI) Act)'을 공표¹⁵

※ 2016년 중국이 세계최초로 양자인공위성 '묵자호(墨子號)'를 성공적으로 안착시킨 데 대한 위기감으로 시작, 2017년 의회의 집중 논의를 거친 후, 2018년 12월 트럼프 대통령은 양자과학기술에 대한 종합 지원방안에 서명

- 동 법안은 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자센서를 포괄하는 종합 연구 지원하는 프로그램으로, 법정 부적 양자과학기술 거버넌스 추진체계를 구성하고 연구센터 설립과 연계 지원 법률 등을 명시하고 있음¹⁶

※ 양자연구 관련 백악관 직속 '국가양자조정실(NQCO)' 신설 및 산·학·연·관 협력을 위해 초기 5년간 12억 달러(1조 4600억 원)를 투자하도록 규정¹⁷

- NQI의 연구개발(R&D) 예산은 양자과학기술과 관련된 6가지 핵심 목표를 위해 투자되고 있음

※ ①기초과학 지원, ②관련분야 인력 양성, ③산업계와의 긴밀한 연결, ④핵심 인프라 제공, ⑤국가 안보와 경제성장 유지, ⑥국제 협력 증진 등

나. 국제 양자 표준 전략

■ 핵심·신흥기술에 관한 국가표준전략의 8대 기술로 양자과학기술을 선정

- 2023년 5월 바이든 정부는 자국 기술의 안전성과 상호운용성 보장을 위한 국가 차원의 '핵심·

15 NATIONAL QUANTUM INITIATIVE, "THE FEDERAL SOURCE AND GATEWAY TO QUANTUM R&D ACROSS THE U.S. GOVERNMENT", <https://www.quantum.gov/> (2018).

16 <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/12/NQI-Annual-Report-FY2022.pdf>

17 <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=5883943&cid=42107&categoryId=42107>

신흥기술에 관한 국가표준전략(National Standards Strategy for Critical and Emerging Technology)'을 발표¹⁸

- 8대 주요기술 중 하나로 양자과학기술을 포함하고 있으며, 양자 역학을 활용하여 국가 안보 및 경제에 영향을 끼치는 정보의 저장, 전송, 조작 또는 측정 역량의 향상 목표를 명시
- 양자과학기술 분야에서 굴기하고 있는 중국의 도전에 대응하는 한편, 미국이 주도하는 공정하고 투명한 양자 연구개발 환경 조성을 위해 동맹·우호국들과 함께 협력한다는 의지를 천명
 - ※ 양자과학기술에 대한 협력은 2022년과 2023년 한미정상회담에서 양국의 핵심·신흥기술 협력 의제로 언급된 바 있으며, 2023년 한미일 정상회담에서도 반도체, AI, 우주 등과 함께 공동개발과 국제 표준화를 위한 대표 기술로 명시됨¹⁹

■ 포스트 양자암호화 기술의 국제 표준 추진

- 미국 국립표준연구소(NIST)는 2022년 7월, 미래의 양자 기반 사이버 공격에 능동적으로 보호할 수 있는 포스트 양자 암호(Post Quantum Cryptography, PQC) 알고리즘 표준화 논의에 착수
- NIST는 PQC기술 관련 4개의 암호화 알고리즘을 채택하였으며(22. 7), 양자 기반 사이버 공격으로부터 스스로를 보호할 수 있는 표준 초안을 발표(23. 8)²⁰
 - ※ 연방 표준 초안을 IBM, 구글, 아마존 등에 공개하고 피드백을 거쳐 차세대 양자암호 알고리즘 표준 4종을 선정할 바 있음²¹
- NIST 발표 직후, 美하원은 '사이버보안 준비법'을 통과, PQC 기반 차세대 양자보안체계 확립을 위한 법제 기반을 공고화
- 나아가 미국은 유럽과 함께 2031년까지 양자암호 기반의 완전한 전환을 양자암호 국제표준 정책을 추진 중

18 The White House, "UNITED STATES GOVERNMENT NATIONAL STANDARDS STRATEGY FOR CRITICAL AND EMERGING TECHNOLOGY" (April 2023)

19 이코노믹리뷰, "한미일, 반도체·AI 등 미래 핵심기술 밀착 동행한다", (2023. 8. 19.)

20 Infosecurity Magazine, "NIST Publishes Draft Post-Quantum Cryptography Standards", (Aug 24, 2023).

21 Learn to Run, "NIST 양자내성암호 표준 초안 발표" (2023. 8. 29.).

다. 수출입 통제 및 투자 제한

- 양자컴퓨팅에 관한 수출통제개혁법(ECRA) 등 수출관리규정 강화²²
 - 산업안보국(BIS)은 상거래 통제 목록의 14개 신흥-기초기반 기술 중 양자정보 및 양자센싱 기술을 포함(2018. 11)
 - 상무부(DOC) 역시 암호해독 가능성이 있는 양자과학기술 관련 기술 접근 저지 목적으로 27개 해외 기업과 유관 연구기관을 거래 제한 명단에 포함
 - ※ Hefei연구소, QuantumCtek 등 다수의 중국기업이 포함되었으며(2021. 11), 러-우 전쟁 이후, Russian Quantum Cent(RQC), Moscow Institute of Physics and Technology(MIPT) 등 러시아 연구기관이 거래제한 명단에 추가됨(2022. 2)
- 우려국가 투자제한 행정명령(Executive Order 14105)을 통한 미국 자본의 중국 양자 유관기관 대한 투자 금지(2023. 8. 9.)
 - 미국의 개인이나 법인을 대상으로 우려국의 첨단기술 분야와 관련된 기업에 인수합병(M&A), 합작투자, 법인신설 등을 제한하는 행정명령으로 인공지능, 첨단바이오와 함께 양자과학기술을 포함²³
 - ※ 중국은 군사 현대화에 중요한 민감기술 역량을 강화하기 위해 미국의 투자를 이용하고 있다고 판단, 군사 혁신에 중요한 양자과학기술의 유출을 차단함으로써 미국의 안보를 확보할 수 있다는 전제하에 추진
 - 동 행정명령은 우회경로를 통한 대중국 투자와 기술 교류 역시 면밀히 감시하겠다는 미국의 의지를 재확인한 것으로 양자과학기술 분야에서의 미국의 리더십 확립과 중국의 추격 견제를 목표로 함
 - ※ 양자컴퓨터 및 특정 부품의 생산에 관여하는 중국공산당 산하기관에 대한 미국 개인, 기업의 투자 금지 및 특정 양자 센서의 개발, 양자 네트워킹 및 양자 통신 시스템의 개발 등이 재무부 사전 통지 요건에 포함됨

22 과학기술정보통신부(2022), p. 132.

23 윤정현, “국가전략기술 측면에서 본 「美우려국가 투자제한 행정명령」의 의미와 시사점”, 『INSS 이슈브리프』, 제458호, (2023. 8. 21). pp. 4-5.

2. 중국

가. '양자굴기'를 위한 중국의 종합 전략

- 2020 국가전략구현 6대 중대 프로젝트에 양자굴기를 포함²⁴
 - 중국은 2010년부터 본격적인 양자과학기술 개발에 착수하였으며, 2012-2017 5년간 '양자제어 연구 국가 중대 과학기술 프로그램 12-5 전문규획'을 선제적으로 제정한 바 있음
 - 2016년 양자통신을 '13차 5개년 국가과학기술규획(2016~2020)'의 중대 과학기술 프로젝트의 대상 중 하나로 지정, 2030년까지의 국가전략 구현 6대 프로젝트에 양자컴퓨터와 양자통신을 추진 중²⁵
- 대규모 국가주도 중장기 투자를 통한 국제경쟁력 확보²⁶
 - 2017년 세계최대의 국립 양자기술연구소 설립과 20년 6개월간 약 13조원의 투자계획을 발표²⁷
 - 중국 정부의 양자과학기술 투자액은 1980년대 중반부터 2022년까지 최소 250억 달러 이상을 투자한 것으로 추정²⁸
 - 이 같은 국가주도의 투자결과, 중국은 양자통신 분야에서 미국의 특허 수를 압도하였으며, 양자 센싱 분야는 치열하게 경쟁 중
 - ※ 2016년 세계 최초로 양자암호키분배를 적용한 양자통신위성 '묵자호(墨子號)'를 성공적으로 발사, 궤도에 안착시킴으로써 위성양자통신 기술을 선도²⁹

24 과학기술정보통신부, "국가전략기술 AHP 평가회의 자료집", (2022. 7. 12.), p. 124.

25 Center For A New American Security(2018.09). Quantum Hegemony? China's Ambition and the Challenge to U.S. innovation Leadership

26 과학기술정보통신부(2022), p. 124.

27 <https://korean.cri.cn/20200616/4b453964-7d19-cf6a-373c-2b4530ecfcc8.html>

28 임현, "국가전략기술의 이해: 양자기술, 첨단바이오, 6G 중심으로", 『INSS 전략세미나』, (2023. 2. 17)

29 <https://quantumcomputingreport.com/how-much-money-has-china-already-invested-into-quantum-technology/>

나. 양자암호통신 우위를 통한 미-중 양자 패권경쟁 본격화

- 지상·위성을 포함한 4600km의 세계 최대 양자암호통신망 운용
 - 중국은 베이징에서 상하이까지 핵심 도시를 연결하는 2000km 양자 네트워크를 육상으로 연결
 - ※ 또한, 허베이성 상룽(興隆)과 선전(深i) 난산(南山)구를 잇는 2600km 위성 네트워크도 가동 중이며, 신화통신·중국공상은행·중국국가전망공사(中國國家電網公司·SGCC) 등이 기밀 정보 송수신에 활용되고 있음³⁰
 - 중국의 양자암호통신망 구축은 미국 입장에서 양자안보의 균형이 무너진 것을 의미하였으며, ‘제2의 스푸트니크 쇼크’로 간주됨
- 공공 부문에서 민간으로의 대규모 양자통신서비스 확대
 - 민간 기업에선 알리바바가 2015년 중국과학원과 양자계산실험실을 설립하고 2018년부터 클라우드 서비스를 실시 중³¹
 - 2021년 차이나텔레콤社は 양자암호통신 시범 서비스를 개시, 세계 최초의 대규모 양자이동통신 상용화를 시작
 - ※ 인후이성(安徽省)을 중심으로 정부, 군, 금융기관 관계자 대상 서비스를 시작하였으며, 향후 5년 내 100만 명으로 확대 계획을 발표³²
- 양자통신에 이어 양자컴퓨팅 분야의 우위 확보 시도
 - 중국 과학기술대는 구글 시커모어 대비 100만배 이상 빠른 것으로 추정되는 62큐비트 양자컴퓨터 ‘주충즈(趙沖之)’ 개발
 - 알리바바社は 민간 참여 중국 최초의 양자컴퓨팅 프로젝트 및 양자계산·실험실 개설, 2030년까지 1,000큐비트 수준의 양자컴퓨터 개발을 추진³³

30 https://www.chosun.com/economy/int_economy/2021/12/16/UKGV4SUAPRE4RBPTAD2V5SEJ2I/

31 https://www.chosun.com/economy/int_economy/2021/12/16/UKGV4SUAPRE4RBPTAD2V5SEJ2I/

32 진성만, “CET 표준 전략과 과학기술: 양자과학기술”, 『2023 혁신학회 추계학술대회 발표자료』, (2023. 11. 1.), p. 45.

33 진성만(2023), p. 45.

3. EU(유럽연합)

가. EU 차원의 양자과학기술 분야 이니셔티브 추진

■ EU 양자선언문 및 양자 플래그십 추진

- EU는 2016년 5월 '양자 선언문'(Quantum Manifesto)을 발표, 미중에 상대적으로 뒤지고 있는 양자과학기술 분야의 이니셔티브 추진³⁴
- 이어 2018년 산업계, 학계, 정부가 모두 참여, 양자과학기술 분야의 유럽의 선도적 역할을 확립하기 위해 향후 10년간 10억 유로를 지원하는 'EU 양자 플래그십' 프로그램을 출범
 - ※ EU 양자 플래그십은 공개 양자암호키 분배(Open QKD), 암호화된 데이터 통신, 초정밀 측정기기 및 이미징, 고성능 컴퓨터 등 이른바 '2세대 양자과학기술'의 잠재력을 활용하여 전통적인 기술의 한계를 극복하기 위한 프로그램³⁵

■ EU 내 양자암호통신 인프라를 구축하는 'Euro QCI' 합의

- 2021년 EU는 유럽 내 상용망 양자암호통신 인프라를 구축하는 프로젝트 European Quantum Communication Infrastructure(Euro QCI)에 착수
 - ※ 2027년까지 완성을 목표로 하는 EuroQCI는 기존 통신 인프라에 양자 기반 시스템을 통합하여 유럽 정부 기관, 지방 자치 단체 및 대사관, 병원 및 에너지 사업 등 주요 인프라 간 데이터 전송 보호를 목표로 함³⁶

■ 양자암호화 사용 저궤도 위성 발사 추진

- 양자암호키분배(QKD) 시스템을 탑재한 저궤도 위성(Eagle-1)을 2024년 발사할 계획이며, 우주 공간에서 양자암호화 기술의 실전동작을 분석 예정³⁷

34 이방래 외, 『KISTI R&I Report: 양자기술 과학·기술·산업 분석』, (2022. 3. 2), p. 30.

35 https://overseas.mofa.go.kr/de-bonn-ko/brd/m_7690/view.do?seq=1343351

36 <https://www.ddaily.co.kr/page/view/2022060210452839541>

37 진성만(2023), p. 45.

나. EU 개별 국가 차원의 양자과학기술 역량 강화 정책

■ (독일) 양자과학기술 관련 지식, 인재, 활용 저변 확대에 집중

- 유럽 최초로 양자컴퓨터를 가동 개시한 독일은 연방교육연구부(BMBF)를 중심으로 연구기관과 산업계를 연계하여 인재 육성 및 양자분야에서의 글로벌 경쟁력을 확보에 최선을 다할 것을 천명³⁸
 - ※ 독일 연방교육연구부 디지털전환·혁신연구국 볼프-디터 루카스(Wolf-Dieter Lukas) 국장은 전통적으로 강한 물리학 지식기반을 토대로 향후 양자 기술 연구에 6억5천만 유로를 투자할 것임을 발표³⁹
- IBM 양자컴퓨터를 운영 중인 프라운호퍼 협회는 향후 자율주행차 등 다양한 기술혁신 연구에 양자과학기술을 접목 예정

■ (영국) 국가양자기술프로그램(UKNQT) 및 양자센서허브 구축

- 일찍이 영국은 2015년 ‘양자기술혁신전략 2020’을 발표한 바 있음
- 양자센서허브의 경우, 버밍엄대를 중심으로 70개 이상의 파트너로 구성되며, 양자 기반 시간, 주파수, 자기장, 중력 등 센서 정확도 향상이 목표
 - ※ 1억 파운드(1,622 억 원) 수준의 100개 이상 프로젝트를 추진하고 있으며, 기존 양자센서 보다 10배 빠르고 2배 민감한 양자 중력 감지센서 역시 개발 중

■ (네덜란드) 양자연구 전문연구기관 설립에 기반한 연구역량 고도화

- 2020년 설립된 네덜란드의 ‘Quantum Delta NL’재단은 국가양자기술어젠다(NAQT)를 조율·집행하고 있으며, ‘양자컴퓨팅과 시뮬레이션, 국가양자네트워크, 양자센싱 응용분야’ 등 3개 프로젝트에 집중
 - ※ 2027년까지 2000명의 연구 인력과 엔지니어를 양성, 100개에 달하는 스타트업을 육성하고, 3만 개의 첨단 일자리를 창출함으로써, 5억~70억 유로의 경제효과를 누릴 수 있을 것으로 전망⁴⁰

38 한국표준과학연구원, “대한민국 양자과학기술 비전: 양자 시대를 여는 우리의 도전과 전략”, (2023. 6. 27.)

39 BMBF, “Europäisches “Quantum Flagship” nimmt Fahrt auf” (2018. 10. 29.)

40 Quantum Delta NL 홈페이지, <https://quantumdelta.nl/>

4. 일본

가. 3대 국가전략기술로서 양자과학기술을 중점 육성

- 인공지능, 바이오와 함께 양자과학기술을 3대 국가전략기술로 지정
 - ‘2030 일본 양자과학기술 발전 로드맵’ 수립 및 양자혁신거점 구축을 통해 해당분야 선도국과 협력을 강조
 - 2010년 NICT 주도로 양자과학기술 개발에 착수, 2016년 4월 양자과학기술·연구개발기구(QST)를 설립⁴¹
 - ※ 제5기 과학기술기본계획(2016)을 발표하면서 양자과학기술을 우선순위에 포함, 별도의 양자지원법 대신 과학기술혁신기본법을 개정하여 연구개발 지원⁴²
 - 장래 국가 간 패권경쟁의 중핵이 될 중요기술로 양자과학기술을 규정하고 연구지원 거점 및 일본산 양자컴퓨터 1호기 정비 등을 국가성장전략으로 설정(2022. 4)⁴³
 - 특히, 자국 내 핵심 IT기업을 중심으로 양자암호통신에 투자 확대 중
 - ※ 도시바와 NEC는 신사업 영역으로 양자암호통신 기술에 집중 투자하고 있으며, 고성능 QKD 시스템, 양자암호통신장치 등의 개발을 선도 중⁴⁴
- 비교우위 분야인 광(光)양자컴퓨터 개발 강화
 - 광양자는 냉각장치나 진공설비 없이 상온에서도 기능할 수 있는 양자컴퓨터로서, NTT-도쿄대-이화학연구소 등을 중심으로 다양한 산학연 기관이 프로그램에 참여 중⁴⁵

41 이방래 외(2022), p. 30.

42 과학기술정보통신부, “양자기술영향평가위원회 참고자료”, (2023. 7. 8.), p. 12.

43 과학기술정보통신부(2023), p. 13.

44 진성만(2023), p. 45.

45 진성만(2023), p. 45.

나. 미국과 정부·민간의 전방위적 양자과학기술 협력 추진

■ 중국을 견제하는 '미·일 양자컴퓨팅 공조' 강화

- '미·일 양자협력에 관한 도쿄성명' 발표(2019. 12) 및 미·일 정상회담의 중점 기술협력 의제로 명시하였으며(2021. 4), 양자암호통신 품목을 중심으로 양국 정부와 민간의 협력을 강화해나가기로 합의⁴⁶
- 히로시마 G7 정상회의를 앞두고 구글·IBM은 미일 공동 산학협력에 1억 5천만 달러의 투자 계획을 발표(2023. 5)
 - ※ 미국 시카고大와 일본 도쿄大의 양자 컴퓨팅 관련 공동 연구 자금을 구글과 IBM이 지원하며, 물리학 등 인접 분야에 이르기까지 '한 세대의' 양자과학기술 전문가들을 양성하겠다는 계획⁴⁷

46 과학기술정보통신부(2022), p. 132.

47 한국경제신문, “美·日, 中견제 '양자컴퓨팅' 동맹 맺는다…구글·IBM 지원사격”, (2023. 5. 18.)

IV 우리나라 양자과학기술의 추진현황 진단 및 시사점

가. '한국판 양자법'의 수립 과정과 주요 내용

- 우리나라는 범정부 차원의 「양자기술 R&D 투자 전략」을 발표하고(‘21. 4) 양자기술특별위원회를 구성하여 관련 종합정책을 추진해 왔음⁴⁸
 - 후발국으로서 효율적인 연구와 투자 추진을 위한 추격형 R&D 투자 전략을 마련한 바 있으며, 2030년까지 4대 양자과학기술 강국 진입을 목표
 - ※ 2030년까지 국가전략기술로서 양자과학기술을 활용하기 위한 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자센싱 분야별 단계별 연구개발 추진목표를 발표
 - 양자과학기술의 체계적 육성 전략을 마련, 이행하기 위해 활용 측면에서도 경제·안보 분과와 산하 민관 실무위원회를 구성, 운영 중
- ‘한국판 양자법’이라 할 수 있는 「양자기술 개발 및 산업화 촉진에 관한 법률안」이 단일법으로 발의, 통과 됨⁴⁹
 - ’17년 「양자정보통신기술개발 및 산업화 촉진에 관한 법률안」 발의에 이어, ’22년 「양자기술 개발 및 산업화 촉진에 관한 법률안」이 특별법 형태의 단일법으로 발의, ’23년 본회의에서 통과됨
 - 동 법안은 양자과학기술의 효율적인 연구개발과 인력, 산업, 국제협력에 대한 종합적인 생태계 지원 방안 마련에 초점을 맞추고 장기적 관점에서 체계적인 육성 전략을 담고 있음

나. 국내 양자과학기술 정책의 한계점과 주요국 사례의 시사점

- 그러나 한국판 양자법은 양자과학기술의 안보적 중요성을 명시하고 있으나, 제한적인 군사적 관점에서 보고 있음
 - 여전히 산업진흥과 기술개발 상용화에 방점을 둔 전통적인 신산업 육성전략과 유사하게 접근하는 한계점을 내재
 - ※ 실제로 2023년 10월 6일 국회 본 회의에서 통과된 ‘양자과학기술 및 양자산업 육성에 관한 법률’의 경우, 2035년까지 세계 4위 수준의 양자경제 중심국가로 도약한다는 목표를 제시⁵⁰

48 과학기술정보통신부, 『양자과학기술 영향평가위원회 참고자료』, (2023. 7. 8.)

49 과학기술정보통신부(2023. 7. 8.),

50 보안뉴스, “‘양자과학기술 및 양자산업 육성에 관한 법률’ 국회 본회의 통과”, (2023. 10. 7.)

- 관련 연구와 기술영향평가에서 안보적 중요성을 강조하고 있으나, 주로 국방 세부 기술 단위에서 군사무기 활용 유망성 등에 초점을 둔 한계
- 반면 미중 등 양자과학기술 선도국들은 해당 기술범위의 우위적 측면과 열위적 측면을 고려하여 안보적 도전에 대비한 투자 전략을 수립
 - 미국은 양자과학기술에 대한 엄격한 수출입 통제 및 투자 제한을 실시중이며, 국제 양자표준 전략 등을 통해 중국을 견제할 수 있는 동맹·우호국과의 양자과학기술 협력체계를 마련하고 있음
 - 중국의 경우, 양자통신 분야의 우위를 바탕으로 양자컴퓨팅 역시 주도권 확보를 위해 중장기 개발을 추진 중
- EU와 일본의 경우, 미국과 전략적 파트너십과 동맹관계를 바탕으로 긴밀히 공조하고 있으며 이를 통해 수출통제, 보호의 장벽을 극복
 - EU와 일본은 미국의 국제양자표준 전략에 적극적으로 호응하는 한편, 양자암호 저궤도 위성, 光 양자컴퓨팅 등 각자의 비교우위 기술을 중심으로 한 양자연구 교류의 외교적 지렛대를 확보
 - 또한, 국제협력 수요예상 분야에 대한 면밀한 점검 및 세부 실행 분야 탐색을 통해 선제적인 협력 기반을 마련
- 한국의 안보 상황에서의 중장기적 활용 가능성, 기술격차와 국제협력의 도전 요소 등 외교안보적 관점의 추진의제와 실천방안의 고민이 필요
 - 북핵 및 동북아의 안보적 긴장이 상존하는 한반도 지정학적 맥락에서의 양자과학기술의 전략적 활용가치를 검토할 필요
 - 외교안보적 측면에서 기술 난이도, 수출통제 여건 등 양자과학기술을 둘러싼 주요국의 추진정책과 시사점을 살펴보고, 우리에게 우호적인 기술개발, 협력 파트너십 모색을 위한 방향성과 추진 의제 탐색
 - 특히, 양자, 다자 간 정상회의를 통해 동맹 및 우호국들간의 전략적 공조가 필요한 주요 기술협력 의제 대상업에 주목, 향후 연구개발에 필수적인 국제협력을 추진하는데 있어 제약사항의 우회·돌파 방향 모색
 - 산업 및 안보 측면에서의 민관군 협력 방향과 우선순위 과제를 진단하고, 양자과학기술의 국제 표준과 글로벌 거버넌스 주도를 위한 역할과 중장기 대응 전략 제시가 요구됨

V 결론 및 정책 제언

가. 미래 신기술 위협에 대한 선제적 대응 수단으로서 활용 방안 모색

- 양자-인공지능 융합과 양자컴퓨팅 시대를 대비한 중장기 보안체계 강화
 - WEF는 현 양자 컴퓨팅 기술이 아직 무기로 활용될 만큼 정교화되지 못했으나, 약 10년 후에는 실질적인 위협이 현실화될 것으로 전망
 - ※ 세계경제포럼(WEF)은 양자기술이 초래하는 미래 리스크로부터 사이버 시스템과 디지털 경제를 안전하게 보호하는 방안을 강조⁵¹
 - AI의 진화에 따른 악용 가능성 및 양자컴퓨팅을 활용한 미래 해킹 위협에 대응하기 위해 중장기 관점의 양자암호화 기술개발이 필요

나. 한반도 지정학적 맥락에서의 전략적 활용 가치 고려

- 핵, 미사일, 드론 등의 위협에 노출된 한국의 지정학적 환경에서 비대칭적 취약성을 경감시킬 수 있는 양자과학기술의 잠재력 이해
 - 양자 센서는 대량살상무기의 공격 징후를 보다 신속하게 탐지하여 격추시킬 수 있는 요격체로서 방어 수단을 개발하는데 활용 가능
 - 특히, 핵실험·미사일 도발을 통해 무력시위를 하고 있는 북의 위협징후를 조기에 판단하여 즉각적인 대응 가능⁵²
 - ※ 양자 자력계, 양자 레이더 개념을 활용하여 기존 센서 보다 관측 정밀도가 수백 배 이상 높은 방어체계가 개발될 경우, 차량용 미사일, 수중 잠수함 공격 미사일 등 북의 주요 공격징후를 신속히 탐지, 대응하는데 활용 가능
 - 기술적 가치가 증대되고 있는 드론, 무인정찰기 등에 양자난수생성기 등을 활용한 초소형 암호칩을 내장할 경우, 해킹에 보다 안전하고 안정적인 작전임무 수행이 가능
 - ※ 러-우 전쟁을 통해 확인된 무인기 등은 정밀 경로 비행이나 군집 비행 시 적 해킹에 의한 제어 조작 및 전파방해(zamming)에 취약성을 노출

51 WEF, "Global Risk Report 2023 (18th edition)", (Jan. 2023).

52 한국경제, "핵 어뢰 탐지, 도·감청 봉쇄...양자기술이 전쟁 판도 바꾼다", (2023. 5. 10.).

다. 국가안보와 밀접한 이중용도 기술로서 현실적 제약 우회

- 미래의 국가전략자산이자 국가 안보 핵심기술로서 양자과학기술이 내재하고 있는 민감성을 고려한 정교한 우회적 접근 전략이 필요
 - 미중 전략경쟁이 치열해짐에 따라 양자과학기술에 대한 기술이전을 제한하기 위한 관련 기술 및 시스템의 수출통제가 강화되고 있는 추세
 - 특히, 양자과학기술은 국가안보 차원의 전략기술로 기술협력, 기술이전, 소부장 공급망 공유 등 협력 가능 분야가 매우 제한적
 - ※ 관련 기술군 전후방 품목들 거의 모두가 공급망 제한 및 수출 통제 대상

〈표 1〉 양자기술 중 대표적 이중용도 품목

| 통제번호(통제체제) | 통제품목 | 바세나르체제 적용 여부 |
|-------------------|--|--------------|
| 3E003(IL3.E.3.) | “초전도” 전자소자 | 적용 대상 |
| 5A002.a(IL5.A.2.) | 차세대 양자암호화, 양자 시대 안전한 암호화(quantum-safe), 양자-내성암호화 (quantum resistant) | 적용 대상 |
| 5A002.c(IL5.A.2.) | “양자암호화”를 사용하거나 수행하기 위해 설계되거나 개조된 것 | 적용 대상 |
| 6A006.a(IL6.A.6.) | 초전도 양자간섭장치(SQUID) 시스템 | 적용 대상 |

* 출처: 산업통상자원부 고시 제2021-202호 전략물자수출입고시(2021. 12. 2)

- 우호국, 동류국가(like-minded countries)와의 연구협력을 통한 네트워크 강화 및 한미·한미일 정상 간 중점 기술협력 의제로서의 당위성에 기반하여 기술통제 장벽의 돌파·우회 전략 수립
 - ※ “양자기술을 포함한 핵심·신흥 기술 분야의 민관 협력 및 인적교류 강화 필요”(23. 5. 한미 정상회의), “양자과학기술과 같은 원천기술, 첨단기술에서 한미일 3국 간 공조 강화와 공동 리더십 발휘 필요”(23. 8. 캠프 데이비드 공동선언)

라. 한국의 비교우위 분야를 중심으로 양자과학기술 선도국과의 공조 확대

- 실효적인 양자과학기술 국제협력 추진을 위한 상호 협력 수요 모니터링 및 협력채널 확보
 - 한국은 양자 측정과학기술을 기반으로 세계 수준의 양자 센서기술을 개발한 바 있으며, 양자기분배 핵심 기술 등 미래 양자통신 사업화를 추진 중인 민간 기업들을 보유

※ ‘국방양자컴퓨팅 & 센싱기술 특화연구센터 사업(2023-2029)’, ‘양자사이버보안 솔루션을 위한 양자원천기술 및 암호응용기술 개발(2022-2027)’ 등을 진행 중⁵³

- 이 같은 비교우위 분야를 중심으로 양자 분야 기술협력을 약속한 한미, 한미일 간의 협력수요 발굴 및 가능 세부분야 탐색 필요
- 최근 미국의 ‘핵심·신흥기술 분야의 국가표준 전략’에 나타난 양자과학기술 분야의 국제협력 수요예상 분야에 대한 면밀한 점검 및 세부 실행 분야 탐색

<표 2> 양자과학기술에 대한 미국의 국제협력 수요예상 분야

| 관심 수요 | 주요 내용 |
|-------------------|--|
| 글로벌 양자 연구개발 환경 정보 | - 우려국가 양자과학기술 연구동향 및 기술수준 분석 - 국제 양자과학생태계의 성숙도 및 추진 프로그램 탐색 |
| 양자 인프라에 대한 접근 권한 | - 미국 내 민간 기업에 공공 양자과학 인프라(장비, 제조시설, 테스트베드 등)에 제한적 접근 권한 부여 - 연방 시설에 대한 접근성을 높일 수 있는 메커니즘 보완 |
| 양자 인력 확보 | - 양자 인력 및 기술 교류를 위해 양자 분야에 진입하는 새로운 인력에 대한 교육 프로그램 마련 - 해외 양자과학기술 인력 유치를 위한 수단 확충 |
| 동맹국 간 양자 측정표준 확립 | - 국제 양자 표준 기술교류 확대 - 미국 내 양자 기술 기관 간 협력 촉진 |

* 출처: National Strategic Overview for Quantum Information(2018); US Government National Standards Strategy for Critical and Emerging Technology(2023); 진성만(2023), p. 39를 토대로 수정 보완

- 특히, 미국이 주도하는 국제양자 측정표준, 산업표준, 기술개발 과정에 참여하기 위한 기술 공조 체계(기술협력 채널) 마련 필요

■ 양자기술관련 국제표준화 추진 방향 공유 및 민관 파트너십 강화

- 한미 양자 센서, 디바이스, 통신 등 양자기술 분야별 표준화 로드맵 구축

※ 산업통상자원부와 미표준기술원(NIST)는 「한미 표준협력 포럼」을 개최(‘23. 8. 10.), ‘핵심·신흥기술에 대한 국가 표준전략’ 추진을 위한 양국의 협력 일환으로 민간과 함께 양자과학에 대한 국제표준 주도권을 위한 협력 방안을 논의하였으며, (韓)SK텔레콤, GQT코리아, KAIST, (美)NIST, Intel 등이 참여한 바 있음⁵⁴

53 진성만(2023), p. 51.

54 산업통상자원부, “보도자료: ‘미래로 전진하는 행동하는 한미동맹’ 표준으로 뒷받침: 한미 간 표준 파트너십 구축을 위한

- 한영 양자과학기술 공동연구, 인력교류, 산업·표준화 협력 추진

※ 한영 양국은 수교 140주년을 계기로 양국의 과학기술 협력을 강화하기로 하였으며, 특히, 양자과학에서 시너지 창출이 가능한 협력 분야 발굴 및 협력방안 논의 등을 위해 전문가 워킹그룹을 구성·운영하기로 합의(23. 6. 23.)⁵⁵

마. 산업·안보 관점에서의 중장기 민관군 협력 기반 강화

■ 기술성숙도 및 산업·안보 파급효과 등을 고려한 임무 부여, 협력 추진

- 양자과학기술 생태계 조성을 위한 중장기 공공연구개발과 병행, 글로벌 경쟁력을 갖춘 민간기업의 주도적 역할 강화를 위한 민관 협력 추진

- 범정부 연계를 통한 기술개발·확보 및 활용 방안 구체화 및 산·학·연·관의 기술수준 및 응용도, 수요를 고려한 세부 기술의 범위 설정

■ 양자과학기술을 이용한 기존 기술 대비 이점 분야를 탐색하고 이를 기반으로 유효한 활용처를 산업적으로 검토, 확대 추진

- 중장기 관점에서 기술 수요가 존재하는 국방 및 정보보안 분야를 중심으로 확대해 나가는 것이 보다 현실적인 효용성 담보 가능

※ 양자센싱, 양자암호통신 등 감시정찰과 탐지, 보안체계 개선에 활용할 수 있는 양자과학기술 분야를 중심으로 공공 부문의 우선 추진 가능

■ 안보적 측면에서 활용가능한 소재·부품·장비 등 주요 지원기술 개발 및 양자 특화 인프라 확충 방안 제시

- 양자암호, 양자센싱 연구 등 국방분야에 특히 필수적인 소재·부품·장비 등의 수급 난이도와 시급성 등을 고려하여 생산인프라 내재화 추진

※ 기존 ICT 디지털 인프라와 활용연계·시너지 효과 극대화를 위한 '양자 팍' 수립 방안 및 주요국과의 차별적 접근 아이템 발굴 등 선택과 집중 필요

「한미 표준협력 포럼」 열려, (2023. 8. 10.)

55 과학기술정보통신부, “보도자료: 한-영국 수교 140주년 계기 과학기술 협력 확대”, (2023. 6. 23.)

참고문헌

- 과학기술정보통신부. 2022. “국가전략기술 AHP 평가회의 자료집”, (2022. 7. 12.),
 _____ . 2023. 『양자과학기술 영향평가위원회 참고자료』, (2023. 7. 8.).
 _____ . “2023 기술영향평가위원회: 양자과학기술 회의 자료집”, (2023. 9. 1.) .
 _____ . 2023. “보도자료: 한-영국 수교 140주년 계기 과학기술 협력 확대”, (2023. 6. 23.)
 국회과학기술정보방송통신위원회. 2023. “양자과학기술 및 양자산업 육성에 관한 법률안(대안)”,
 (2023. 5.).
 보안뉴스. 2023. “‘양자과학기술 및 양자산업 육성에 관한 법률’ 국회 본회의 통과”, (2023. 10. 7.)
 산업통상자원부. 2023. “보도자료: '미래로 전진하는 행동하는 한미동맹' 표준으로 뒷받침: 한미 간
 표준 파트너십 구축을 위한 「한미 표준협력 포럼」 열려”, (2023. 8. 10.)
 _____ . 2021. 산업통상자원부 고시 제2021-202호 전략물자수출입고시(2021. 12. 2)
 유나리 외. 2023. “美 2023 국방과학기술전략서(NDSTS)의 주요 내용 및 시사점”, 『KISTEP Brief』,
 제75호, (2023. 7. 14).
 윤정현. 2023. “국가전략기술 측면에서 본 「美우려국가 투자제한 행정명령」의 의미와 시사점”,
 『INSS 이슈브리프』, 제458호, (2023. 8. 21).
 이방래 외. 2022. 『KISTI R&I Report: 양자기술 과학·기술·산업 분석』, (2022. 3. 2).
 이재훈. 2023. “양자센싱기술이 가져올 미래”, 『Future Horizon+』, Vol. 56. (2023년 2·3호).
 임현. 2023. “국가전략기술의 이해: 양자기술, 첨단바이오, 6G 중심으로”, 『INSS 전략세미나』,
 (2023. 2. 17).
 전자신문. 2020. “韓스타트업 ‘초소형 암호칩’ 美무인정찰기에 실린다”, (2020. 1. 13).
 전자신문. 2020. “韓스타트업 ‘초소형 암호칩’ 美무인정찰기에 실린다”, (2020. 1. 13).
 진성만. 2023. “CET 표준 전략과 과학기술: 양자과학기술”, 『2023 혁신학회 추계학술대회 발표자
 료』, (2023. 11. 1.), p. 45.
 한국경제신문. 2023. “美·日, 中견제 '양자컴퓨팅' 동맹 맺는다…구글·IBM 지원사격”, (2023. 5.
 18.).
 _____ . 2023. “핵 어뢰 탐지, 도·감청 봉쇄…양자기술이 전쟁 판도 바꾼다”, (2023. 5. 10.)
 한국표준과학연구원. 2023. “대한민국 양자과학기술 비전: 양자시대를 여는 우리의 도전과 전략”,
 (2023. 6. 27.).
 Samsung SDS, “양자컴퓨팅으로 더 커지는 보안 위협, 지금이 바로 PQC 전환을 시작할 때”, (2023.

3. 15).

Center For A New American Security. 2018. Quantum Hegemony? China's Ambition and the Challenge to U.S. innovation Leadership

IBM Security. 2023. "Cost of a Data Breach Report 2023: what we learned", (Aug 1, 2023.)

Infosecurity Magazine. 2023. "NIST Publishes Draft Post- Quantum Cryptography Standards", (Aug 24, 2023).

Krelina, Michal. 2021. "Quantum technology for military applications," *EPJ Quantum Technology*, Vol. 8, No. 24, (2021).

McKinsey&Company. 2023. "Quantum Technology Monitor", (2023. 4).

NATIONAL QUANTUM INITIATIVE, "THE FEDERAL SOURCE AND GATEWAY TO QUANTUM R&D ACROSS THE U.S. GOVERNMENT", <https://www.quantum.gov/> (2018).

NATO Science & Technology Organization 2020. "Science & Technology Trends 2020-2040: Exploring the S&T Edge," March, 2020.

WEF. 2023. "Global Risk Report 2023 (18th edition)", (Jan. 2023).

<https://www.paconsulting.com/insights/what-is-quantum-technology> (검색일: 2023. 10. 28.)

<https://quantumcomputingreport.com/how-much-money-has-china-already-invested-into-quantum-technology/> (검색일: 2023. 10. 22.).

<https://blog.naver.com/onoffenglish24/223094125770> (검색일: 2023. 11. 1.).

https://www.chosun.com/economy/int_economy/2021/12/16/UKGV4SUAPRE4RBPTAD2V5SEJ2I/ (검색일: 2023. 9. 23.)

<https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/12/NQI-Annual-Report-FY2022> (검색일: 2023. 11. 2.)

<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=5883943&cid=42107&categoryId=42107> (검색일: 2023. 11. 2.).

<https://korean.cri.cn/20200616/4b453964-7d19-cf6a-373c-2b4530ecfcc8.html> (검색일: 2023. 10. 22.).

https://overseas.mofa.go.kr/de-bonn-ko/brd/m_7690/view.do?seq=1343351 (검색일: 2023. 9. 9.).

<https://www.ddaily.co.kr/page/view/2022060210452839541> (검색일: 2023. 10. 19.).

Abstract

National Security Implications and Response Strategies of Quantum Science and Technology

Junghyun Yoon

(Institute for National Security Strategy)

This study examines the broader national security significance of quantum science and technology and seeks to explore macro-level responses from the diplomatic and security perspectives. In particular, this study examines the policies and implications of major countries surrounding quantum science and technology and suggests strategic directions for Korea.

In order to effectively respond to the rise of quantum science and technology at the national security level, the following actions are necessary. First, we should actively seek ways to utilize it as a preemptive response to future new technology threats. Second, we need to consider its strategic value in the geopolitical context of the Korean Peninsula. Third, as a dual-use technology closely related to national security, we should seek ways to overcome and bypass practical constraints. Fourth, communication and cooperation with allies and friendly countries is required, centered on areas of Korea's comparative advantage. Finally, it is necessary to continue to strengthen the foundation for mid- to long-term public-private military cooperation from an industrial and security perspective.

Keywords: quantum science and technology, quantum computing, quantum communication, quantum sensors, critical emerging technologies

본지에 실린 내용은 집필자 개인의 견해이며,
국가안보전략연구원의 공식입장이 아닙니다.

INSS

전략보고

DECEMBER 2023.
No. 239