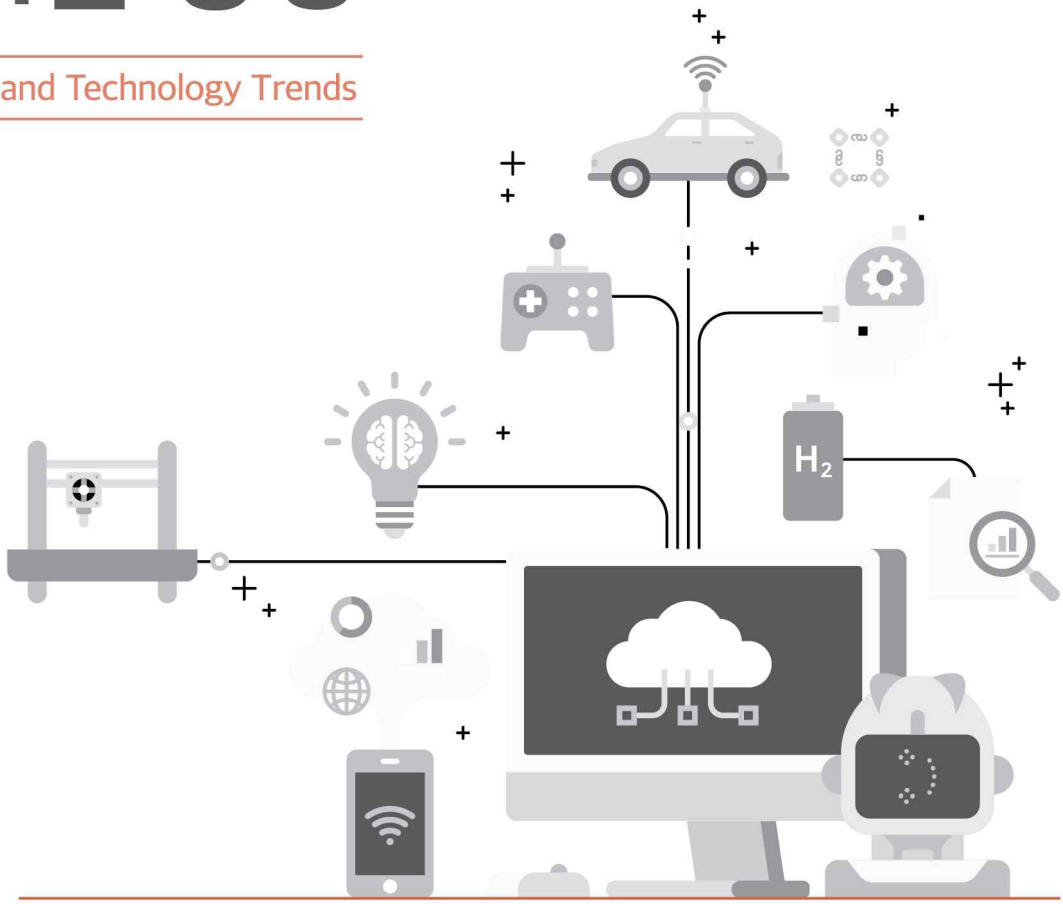
No.276
2024.12.6.

과학기술&ICT 정책·기술 동향

Science, ICT Policy and Technology Trends



CONTENTS

Ⅰ 이슈 분석 : 양자정보기술 동향 및 시사점 1

Ⅱ 주요 동향 19

1. 과학기술 19
- 미국, AIP의 트럼프 2기 행정부 과학기술정책 방향 전망 19
- 미국, 사회에 영향을 미칠 수 있는 세 가지 과학기술 트렌드 발표 21
- 미국, Manufacturing USA 프로그램 2024 전략 계획(Strategic Plan) 발표 23
- 일본, AI의 저작권 이슈에 관한 日·美 동향 비교 25
- 일본, 책임 있는 연구와 혁신(RRI) 측면에서 양자기술 분야 검토 27
- 중국, 기후변화 대응 정책 및 행동에 관한 연례 보고서 발표 29
- 독일, 이전혁신청(DATI) 설립 구상 콘셉트 승인 31
- 독일, 안보 위협 증가에 따른 과학 연구 시스템의 변화와 대응 보고서 발표 33

2. ICT 35
- 생성형 AI 결합한 '하이브리드 검색엔진' 시대로 진입 가속 35
- 가트너(Gartner), 2025년 10대 전략기술 트렌드 발표 39
- 차세대 우주·통신 산업 이끌 'ISL' 기술 경쟁 본격화 41
- 글로벌 TV 신흥 강자 TCL, QLED TV 진위 논란 직면 43
- AI 시대 새로운 도약의 핵심 열쇠 '양자 컴퓨팅' 기술개발 활기 45

Ⅲ 단신 동향 48

1. 해외 48

2. 국내 57

Ⅳ 주요 통계 62

과학기술정보통신부 Ministry of Science and ICT
KISTEP 한국과학기술기획평가원 Korea Institute of S&T Evaluation and Planning
IITP 정보통신기획평가원

- 과학기술&ICT 정책 · 기술 동향 보고서는 한국과학기술기획평가원 기관고유사업의 일환으로 추진되고 있으며, 과학기술정보통신부의 지원 및 정보통신기획평가원(IITP)의 협조를 통해 발간되고 있습니다.
- 관련 자료는 https://www.kistep.re.kr/gps/를 통해서도 서비스를 이용할 수 있으며, 보고서 내용에 대한 문의는 아래와 같이 주시기 바랍니다.

과학기술 동향

KISTEP 한국과학기술기획평가원 Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

TEL: 043-750-2481

E-mail: wona@kistep.re.kr

ICT 동향

IITP 정보통신기획평가원 Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation

TEL: 042-612-8240

E-mail: itzme@iitp.kr

Ⅰ 양자정보기술 동향 및 시사점[1)]

양자기술은 미래 국가사회 패권을 좌우할 핵심 전략기술

- 제2차 양자혁명으로 디지털 한계를 넘어서는 퀀텀 시대의 도래가 전망되며, 기술과 산업이 양자정보기술과 융합되어 새로운 패러다임으로 전환될 것으로 예상
  - 1차 양자혁명이 원자 세계의 질서를 밝힌 학문적 혁명이었다면, 2차 양자혁명은 중첩과 얽힘이라는 물리적 특성을 컴퓨터, 통신, 센서 등과 연계하여 다양한 산업과 기술의 패러다임 변화를 촉진할 기반으로 자리 잡을 것으로 예상
  - 양자적 특성에 기반하여 기존 암호체계를 완전히 무력화하고, 도청 등 정보 탈취를 원천적으로 차단하며, 기존 센서보다 월등한 성능을 통해 금융, 화학, 자동차, 국방, 생명·바이오, 반도체 등 첨단산업과 국가안보 전반에 파괴적 혁신을 이끌 필수기술로 주목
- 각국은 양자기술을 안보의 핵심기술로 인식, 기술 통제 가속화 추세
  - 미국은 이미 상거래 통제 목록에 양자정보 및 양자센싱 기술을 포함하였으며, 에너지부(DOE) 지원 R&D 발명품은 미국 내 제조를 요구하는 등 양자정보 기술뿐 아니라 관련 소재·부품·장비까지 통제하고 내재화에 주력

양자기술은 기초원천연구와 상용화에 따른 산업 확산 기대감이 공존

- 전 세계적으로 양자기술은 초기 연구단계 수준이지만 상용화에 대한 기대감이 점차 증가하는 추세
  - 미 백악관과 시장조사기관인 맥킨지에 따르면 양자암호통신과 양자센서 분야는 비교적 성숙한 시장으로, 다양한 산업영역에서 활용할 수 있는 단기적 산업 활성화가 필요한 분야로 전망
  - 특히 미국 백악관 과학기술정책실(OSTP) 등에서는 양자센서가 양자산업을 촉발하여 기업참여, 인력전환 및 유인 등 양자생태계 확장의 마중물 역할을 함으로써 기술개발과 산업화의 선순환 구조 구축에 기여할 것으로 전망
- 산업화에 대한 기대감과 함께 기초원천 연구에 대한 경쟁도 가속화
  - 현재 양자암호키분배 등에 주력하고 있으나, 향후 양자암호통신 거리 확장과 양자기기 간 양자상태 정보전송 등에 관한 연구개발이 진행 중

---

1) 정보통신기획평가원 디지털인프라단 양자기술산업팀 이민경 팀장(leemk@iitp.kr)
본고는 IITP 기술로드맵('22, '24), 신규사업 기획보고서('19, '20, '23, '24), 양자정보기술백서('22, '23) 등을 참고·활용하여 작성됨.

- 특히 기존 유선광통신망 활용을 위한 양자메모리 기반 중계기 기술이 세계적으로 경쟁 중으로, 주력 플랫폼이 없는 상황에서 이를 선점한 국가가 향후 세계 양자통신 시장을 주도할 것으로 예상
- 양자센서는 기존 센서 대비 정밀도, 정확도, 안정도 등을 바탕으로 일부 상용화 제품이 출시되었으며, 얽힘이나 압착 등을 활용한 양자이득 확보를 위한 기초 연구도 병행 중
- 최근 양자상태를 만드는 연구는 활발히 진행되었으나 측정 방법은 기존 방법론의 실험적 구현·응용 수준에 머물러 있어, 기존 양자계측 한계를 넘는 혁신적 측정 방법인 양자 메트롤러지(Metrology)의 중요성이 증대

1 ICT 관점의 양자기술 개념과 범위

(정의) 양자역학적 특성을 ICT에 접목하여 양자 상태를 생성·제어하고 측정 및 분석하는 기술로 정의

- 넓은 의미에서 양자기술은 양자역학적 현상을 활용한 반도체와 정밀계측 기술 등을 포함
- 그러나 세계적으로 파괴적 혁신을 가져올 것으로 예측되어 국가 전략기술로 주목받는 양자기술은 얽힘, 압착, 중첩, 결맞음 등을 활용한 ICT 기술임

(범위) 양자통신, 양자센싱, 양자컴퓨팅 등으로 구분하고 관련 코어기술과 이의 구현 및 실용화를 위한 연구 영역을 모두 포함

〈 양자기술의 범위 〉

출처 : IITP R&D기술로드맵(2025~2035), 2024.

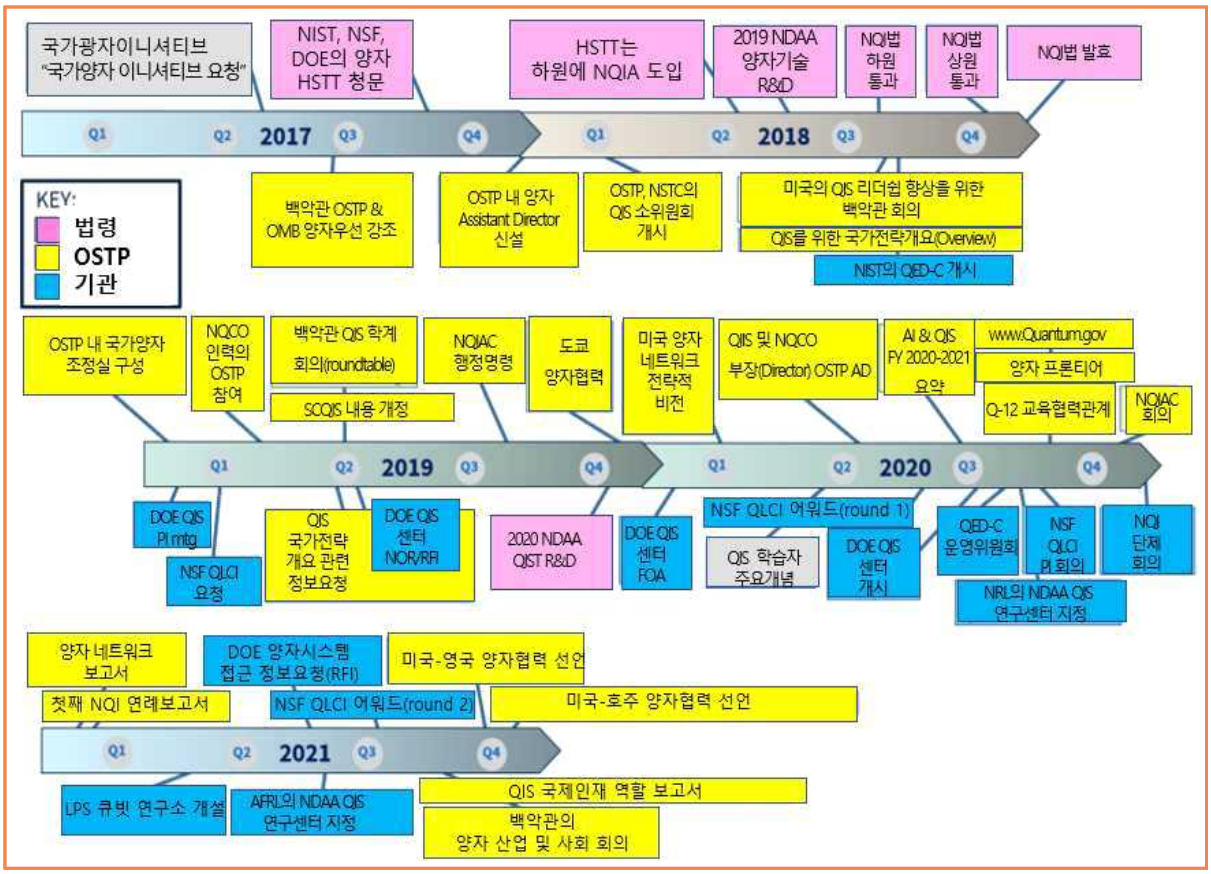
- 미국은 양자 정보 과학 및 기술 분야에서 리더십을 확보하기 위해 2018년 세계 최초로 「국가 양자 이니셔티브법」*을 제정

  * National Quantum Initiative(NQI) Act

  - 이후 양자기술에 대해 QIS, QIST, QISE 등 다양한 용어가 혼용되었으나, 2023년 11월 美 하원에서 발의된 NQI 재승인법안*에서는 'Quantum Information Science, Engineering, and Technology(QISET)'로 명확히 정의하여 기술과 공학 영역까지 포함하는 전략적 투자를 추진

  * National Quantum Initiative Reauthorization Act

〈 미국 양자 이니셔티브 타임라인(2017~2021) 〉



출처 : 과학기술정보통신부, 양자정보기술백서, 2022.

- 한국은 2024년부터 '양자과학기술'로 명명하고 「양자과학기술 및 양자산업 육성에 관한 법률」을 통해 근거를 마련

  - 한국은 2000년대부터 양자기술개발을 추진하여, 2014년에는 국내 최초로 양자기술 정책인 「양자정보통신 중장기 추진전략」을 수립·발표하며 '양자정보통신'이라는 용어를 사용

  - 이를 통해 양자적 특성을 정보통신 분야에 적용하여 보안, 초고속 연산 등 기존 정보통신의 한계를 극복할 차세대 기술로 정의하고, 연구개발을 본격화

- 더불어, ICT 기술 분류체계에 반영하고, 「정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법」에 양자정보통신 기술개발과 활성화를 위한 근거를 마련

(주요 분야) 양자통신, 양자센싱, 양자컴퓨팅 외에 양자코어기술의 시스템화를 선도하기 위한 엔지니어링기술 등이 포함되며, 이 중 본고에서는 양자컴퓨팅을 제외하고 양자통신과 양자센싱 등을 중심으로 구분하여 기술하고자 함

- (양자통신) 송신자와 수신자 간 단일광자 또는 공유된 얽힘에서 고전통신 기술의 도움으로 양자정보를 전달하며, BB84 프로토콜 기반의 양자암호통신 등 차세대 프로토콜 기반 양자암호통신, 얽힘 기반 양자네트워크 및 양자통신을 위한 기반 기술 전반을 포함
- (양자센싱 및 계측) 양자원리를 활용하여 고전 시스템을 사용한 센싱 및 계측 기술의 분해능, 민감도, 측정영역의 한계를 극복하는 기술로, 원자 기반, 간섭, 얽힘, 압착 등 다양한 플랫폼 기반의 양자센싱과 양자 측정을 위한 계측 방법을 포함
  - 현재 양자계측은 세계적으로 기초 연구단계에 머물러 있지만 다양한 물리량과 물리계에 적용 가능하며, 기술적 어려움에도 불구하고 양자기술의 성능 향상을 위한 연구가 필수적이며 중요한 분야로 평가됨
  - 연구 초기 단계임을 고려할 때 한국이 기술적으로 선도할 수 있는 가능성이 존재
- (양자활성화) 양자기술의 구현과 실용화를 위한 엔지니어링 기술로 양자기술 구현에 사용되는 소재, 부품, 장비 및 양자기술 실 응용과 산업화에 필수적인 기술을 모두 포함

(상용화 시점) 양자기술은 양자암호통신 등 일부 영역을 제외하고는 아직 기술 초기 단계이나 빠른 산업 성장세를 보이고 있으며, 향후 10년 전후로 시장에 대한 기대감이 확대

- 상용화 시점[2]은 양자통신 4~6년, 양자센싱 7~9년, 양자컴퓨팅 10년 이후로 상이하며 본격 상용화에 앞서 연구 장비 및 실증 등의 연구산업이 양자산업을 견인하고 있음

2) 과학기술정보통신부, 퀀텀이니셔티브, 2024.4.

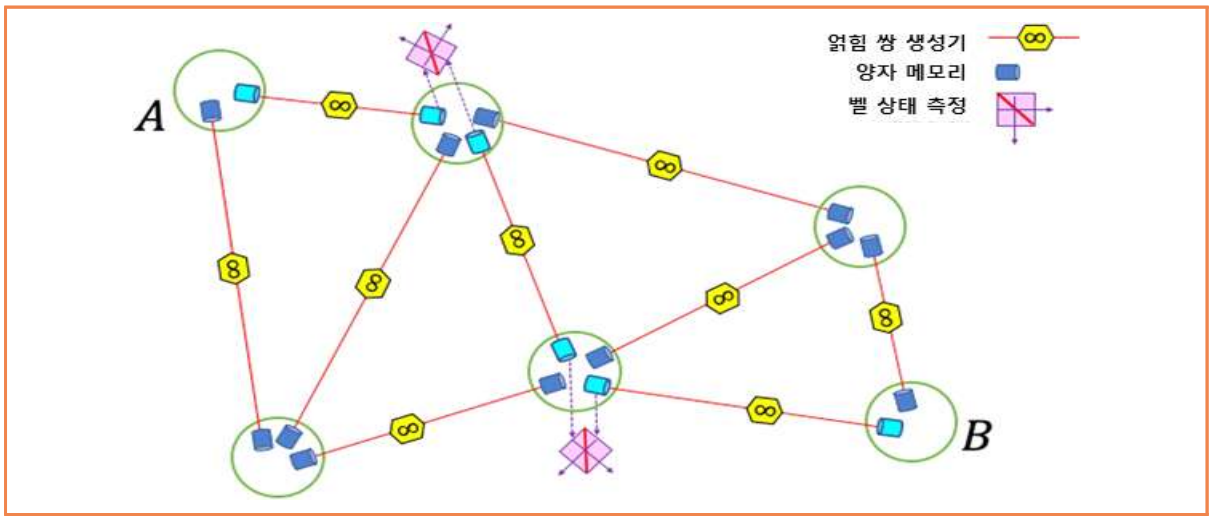
2 각국의 양자통신 정책 및 동향

실용화에 가장 근접해 있는 양자암호통신과 양자센서를 중심으로 상용화를 위한 연구개발을 주력함과 동시에 기초원천연구에 대한 과감한 투자를 진행

가. 양자통신 개요

- 양자통신은 송신자와 수신자 사이에서 단일 양자시스템 또는 공유된 얽힘 양자 시스템을 기반으로 양자정보를 보다 안전하고 효율적으로 전달하는 기술
  - 얽힘 쌍 생성기로 만들어진 얽힘 광자쌍을 광섬유로 전송하여 양자메모리에 저장한 후, 각 노드 사용자가 얽힘 쌍을 요청하면 여러 단계의 얽힘 교환을 통해 노드 간 얽힘 연결을 생성하는 방식임

〈 메모리 기반 양자중계기 〉



출처 : DOE

- 양자통신은 BB84 프로토콜 기반의 단대단 양자암호통신, 초소형화 기반의 N:N이 가능한 장거리, 고속 양자암호통신 시스템 및 서비스로 발전할 것으로 전망
  - 얽힘광자 기반 얽힘 전송은 2030년대 이후 상용화가 예상되며, 양자정보를 전송하는 양자네트워크의 본격화까지는 단광자 기반 양자암호통신 키 분배 기술이 발전할 것으로 전망
  - 또한 기존 양자암호통신뿐 아니라 현재 거리와 속도의 한계를 뛰어넘는 차세대 양자암호통신 기술개발이 세계적으로 병행 연구 중
- 고전 통신의 유·무선 채널은 전파, 전기의 물리적 특성으로 도청(태핑)에 매우 취약하므로, 정보를 탈취해도 해독하지 못하도록 암호화 기술을 사용

- 그러나 광케이블을 살짝 구부리거나 광커플러, 광스플리터 등을 연결하는 방법으로도 도청이 가능하다는 한계가 존재
- 반면, 양자암호통신은 암호화를 위한 비밀키를 안전한 양자채널로 전달하고 암호화된 데이터를 기존 디지털채널로 전송하는 방식으로, 복제 불가 성질, 얽힘 등을 활용해 무조건적인 보안성을 제공하며 양자 노드 간 직접적인 정보 교환이 가능하다는 장점 보유

● 보안 기술 역시 지속적으로 발전하고는 있지만, 물리적 채널이 도청에 취약한 점과 실시간 해독이 어려운 경우의 기밀성 유효기간 측면에서 물리적 채널 보안의 중요성이 부각

- 이러한 상황에서 이론적으로 무조건적 보안성을 제공할 수 있는 현존 유일한 기술은 양자통신뿐임

● 다만 국내에서 세계 세 번째로 양자암호통신 서비스를 상용화했으나, 높은 사용 비용 등으로 산업 확산에는 한계가 있음

- 이로 인해 국내 기업 역시 공격적인 투자를 보류하고 있으며, 사업화 이전의 상용화 기술에 대한 요구가 증가

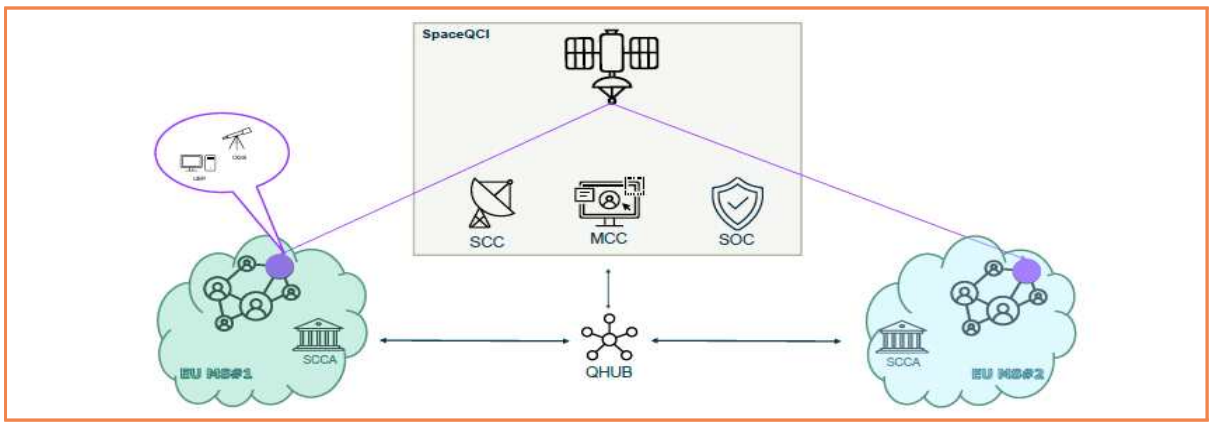
나. 주요국 동향

● **(유럽연합(EU))** EU의 대표적인 기술개발 프로젝트인 '양자 플래그십'은 양자 기기를 양자네트워크로 연결하는 '양자웹(Quantum Web)'을 비전으로, 상용 제품을 EU 역내 및 국제 시장에 최초로 제공하는 것을 목표로 함

- 이와 함께 EU는 지상 부문과 위성을 기반으로 한 유럽 양자통신 인프라(EuroQCI)* 구축 계획을 발표

* Quantum Communication Infrastructure

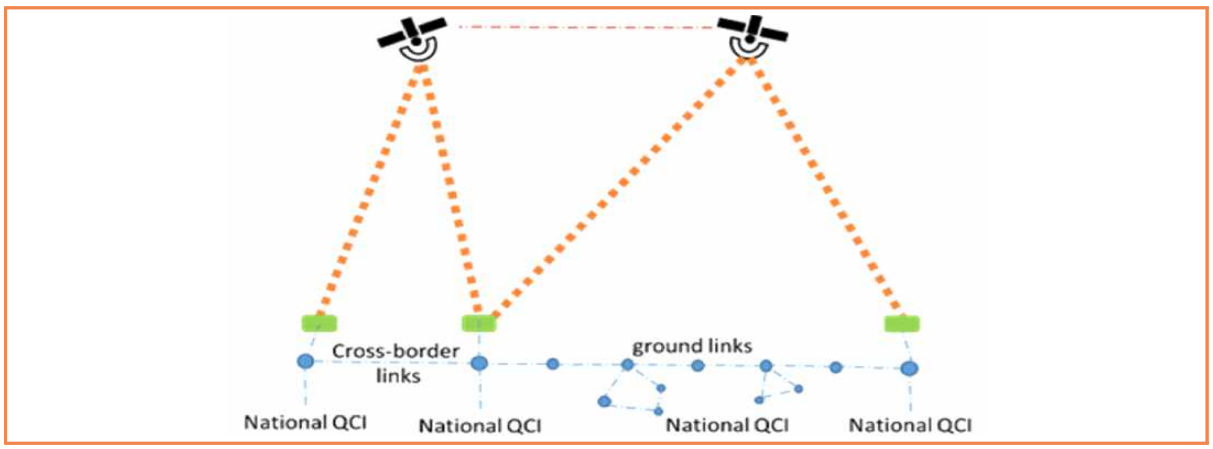
〈 EuroQCI 구축 계획 〉



출처 : IITP, 2023.

- (EuroQCI 지상망; TerrQCI) '22년까지 디자인과 아키텍처를 연구, 국가별 QKD지상망 구축 및 '28년까지 실제 시범 운영 계획
- (EuroQCI 위성망; SpaceQCI) 유럽 위성망은 1st 및 2nd generation단계로 추진되나, 첫 단계인 Eagle-1은 양자 플래그십 사업으로 진행 중
- (EuroQCI QH; 양자허브) CEF(Connection Europe Facilities)는 암호통신 네트워크 간 연결 프로그램으로 지상망-지상망, 위성망-지상망 연결 프로젝트로 이미 공고와 선정 완료

〈 EuroQCI QH 구축 방향 〉



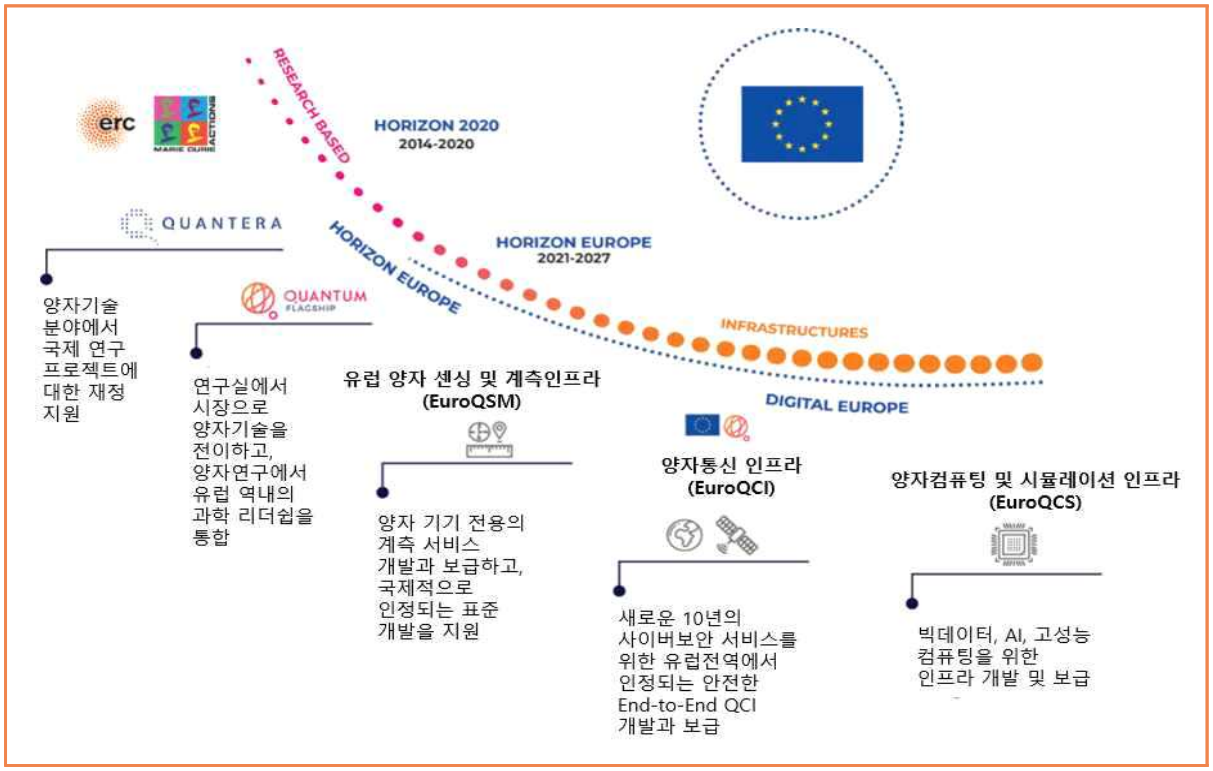
출처 : IITP, 2023.

- 13개 EU 국가와 38개의 파트너로 구성된 'Open QKD' 컨소시엄은 양자기술, 보안, 광네트워킹 및 네트워크 관리를 중심으로 하며, '20년 2월에 발표된 전략연구아젠다(Strategic Research Agenda)를 통해 미래 경제사회 변화와 연구·혁신 과제, 공급망 등을 고려한 양자기술의 단기·중장기 로드맵을 제시
- 또한, 양자통신·센싱·컴퓨팅·양자시뮬레이션 및 투자와 연구 상용화(생태계) 구축을 총괄하는 목표 관리 수단으로, 핵심성과지표(KPI)를 설정

〈 전략연구 아젠다 〉

출처 : EC, 2020.

〈 EU 양자 지원 계획 및 정책의 흐름 〉



출처 : 과학기술정보통신부, 양자정보기술백서, 2022.

- **(미국)** 백악관 국가양자조정실(NQCO)*은 양자네트워크 비전을 제시하며, 양자 인터넷 구축을 목표로 설정

  * National Quantum Coordination Office

  - 이를 위해 얽힘 상태 생성, 양자메모리와 컴퓨터 개발, 지상-우주에서의 얽힘 분재 기술 등 양자네트워크 실현을 위한 기술 플랫폼 개발을 추진
  - 단기적으로는 2025년까지 양자 상호연결, 양자중계기, 양자메모리 개발을 추진하고, 장기적으로는 2040년까지 국가 차원의 양자네트워크 통합 계획을 발표

- **(중국)** 2017년에 북경과 상하이 간 2,000km 양자통신 시험망을 구축하고, 2018년 세계 최초 양자암호통신 위성인 '묵자호'를 통해 7,600km 양자통신에 성공

  - 이와 함께 최대 규모의 양자연구소 설립 등 양자기술에 집중 투자하며, 2030년까지 국가전략 구현을 목표로 6대 중대 과학기술 프로젝트에 양자통신과 컴퓨터를 포함해 우선순위를 강화
  - 중국 과학원(CAS)*은 EU 양자기술 플래그십과 유사한 프로젝트를 통해, 글로벌 양자통신 네트워크, 확장가능한 양자컴퓨팅 및 시뮬레이션, 초해상도 양자계측 등의 연구 수행

  * Chinese Academy of Sciences

다. 기술 동향

- 양자암호통신 고도화 및 경제성 확보를 위한 기술개발이 진행 중이며, 장기적으로는 양자상태 정보 전송이 가능한 얽힘 기반 양자네트워크 기술개발을 추진 중
- 특히 원천단계에서 얽힘 전송과 양자메모리 기술을 개발하고 있으며, 미국 및 중국 등에서 실망(real network)에서 얽힘 전송 기술을 개발 중
  - 미국 국립표준기술연구소(NIST)는 실망 250m가 포함된 100km 장거리 양자 얽힘 전송을 성공한 바 있으며, 중국 전자과학기술대학(UESTC)에서는 실망 42km에서 양자 얽힘 전송을 성공
  - 국내도 최근 한국전자통신연구원(ETRI)에서 실망을 포함한 장거리 양자 원격 전송에 성공한 바 있음
- 양자중계기는 양자 신호의 전송 거리를 확장하기 위해 중간 노드에서 양자 얽힘 상태를 저장하고 얽힘 교환 기술을 이용하여 양자 신호를 중계 및 저장하는 기술
  - 현재 양자네트워크 구현을 목표로 양자메모리 기반의 양자중계기 기술 확보를 위한 기초연구가 활발히 진행 중
- 미국은 양자인터넷 발전 단계에서 양자중계기가 매우 중요하게 작용할 것이라는 인식하에 단계별 로드맵을 제시하고 있으며 장기적 관점에서 양자 상호 연결(Quantum interconnects)을 구현 중[3)]
  - 하버드대학교는 2020년 두 노드 간 양자얽힘을 생성하는 양자중계기 요소기술을 확보했으며, MIT와 공동으로 미국 보스턴 지역에 양자중계기 테스트베드인 'Boston-Area Quantum Testbed'를 설립·운영
  - 브룩헤이븐 국립연구소(BNL)는 스토니브룩대학교와 두 기관을 연결하는 158km에 걸쳐 미국에서 가장 긴 양자네트워크 구축을 목표로 협력 중
  - BNL의 양자네트워크 시설은 사용자 커뮤니티에 개방된 실험 시설로, 얽힘 생성 및 감지, 확장성에 중점을 둔 양자메모리 특성화 등 기본 양자장치 개발에 주력
- 유럽에서도 양자메모리 구현 연구가 활발히 진행되고 있으며, 네덜란드의 큐텍(Qutech)社는 2019년에 양자얽힘 기반 양자네트워크의 link layer 프로토콜 개발에 성공
  - 영국 브리스톨대학교는 양자 순간이동 구현에 성공했음을 발표하며, 관련 연구 결과를 Nature Physics에 게재
- 중국은 이미 2017년에 양자중계기의 핵심기술인 양자 얽힘 교환을 광자의 Time-Bin 큐비트를 이용하여 100km가 넘는 거리에서 성공한 바 있음

3) 미래양자기술백서(2023), 사업기획보고서(IITP, 2022) 활용

- 한편, 장거리 유무선 양자암호통신도 연구개발이 활발히 진행 중
  - 미국은 양자 얽힘 큐빗을 전송하는 데 성공하고 2022년 시카고 지역에 6개 노드를 연결하는 120마일의 양자네트워크 테스트베드 구축
  - 영국은 양자키분배(QKD) 기존 기술의 거리 한계를 극복하는 트윈필드(TF, Twin-field)(1,000km) 연구 등과 함께 송신부와 수신부 전체 광학모듈을 단일칩으로 만드는 소형화 연구 진행
  - 국내에서는 2020년부터 양자암호통신 산업 확산을 위해 기존 QKD의 광학모듈을 집적화하고 벤더 간 호환성 문제를 개선하기 위한 이기종 벤더 간 인터페이스 개발을 진행
  - 단일광자검출기 등 송수신 핵심부품과 소재 등을 개발해 QKD 송신부 광집적화 모듈 등을 개발했으며, 직경 6m 단결정 다이아몬드 웨이퍼 기술의 국산화와 단일광자검출기소자의 상용화 등의 성과 창출
  - 더불어 2024년부터 QKD 산업 확산을 위해 장비 소형화 및 채널 다중화, QKD의 지속적 기술 우위를 위한 TF 및 CV QKD 등 새로운 프로토콜 기반 양자암호통신 기술 확보에 주력하고 위성양자암호통신 등을 위한 원천연구 추진
  - 일본은 2017년에 통신위성 '소크라테스(SOCRATES)'를 활용한 우주-지상 간 QKD 실험에 성공했다고 발표
  - 소크라테스에 탑재된 전송기 '소타(SOTA)'를 통해 10Mbps 속도로 양자암호를 전송했으며, 일본 코가네이에 위치한 지구국에서 이를 성공적으로 수신
    ※ 중국에 이어 두 번째로 양자위성 발사 및 암호 수신에 성공한 사례로 기록

3 각국의 양자센싱 정책 및 동향

➔ 양자센싱은 고전적인 측정 한계를 뛰어넘는 고정밀, 고감도, 고분해능 등을 통해 바이오, 반도체, 국방 등 다양한 분야에서 파괴적 혁신을 이끌 수 있는 기술로 주목

- 전 세계적으로 국방 안보와 국민 안전을 위해 양자센서 개발이 활발히 진행 중이며, 광자, 원자, 점결함 등 양자상태를 활용해 고전적 측정 한계를 극복하고, 소형화와 집적화를 통해 실용화 단계로 발전할 것으로 전망

가. 양자센싱 개요

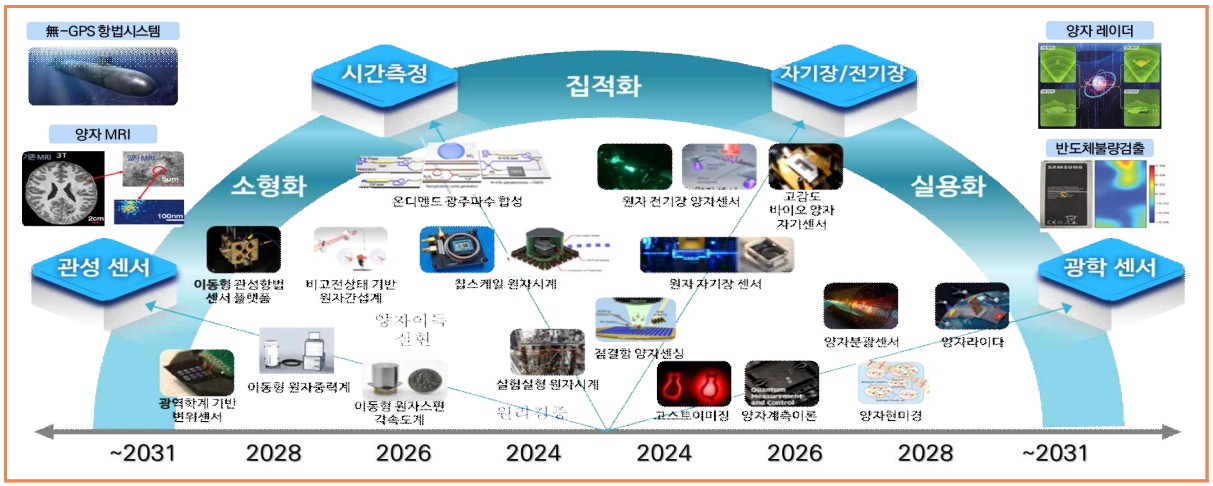
- 양자센싱은 빛, 전기장 등의 영향에 따른 양자상태 변화나 양자 고유특성을 이용하여 초정밀 계측을 가능하게 하는 기술

- 현재는 주로 양자상태 변화에 초점을 맞춘 기술개발이 이루어지고 있으나, 양자 고유 특성을 이용한 연구도 진행 중
- 가령, 원자 기반 양자 중력센서는 고전 중력계가 빛을 전반사하는 반사경의 기계적 자유낙하로 중력을 측정했던 것과 달리, 원자구름을 레이저로 극저온 냉각하여 자유낙하 시킨 뒤 양자상태 변화를 이용해 중력을 정밀 측정하는 방식을 채택

● 양자센싱은 양자상태의 초미세 파동 정보를 계측치로 변환하여 활용하며, 이를 통해 측정 정밀도를 고전 센서에 비해 크게 향상시킬 수 있음

- 이론적으로 고전 센서는 표준양자한계까지 측정이 가능하지만, 양자센서는 이를 넘어 하이젠베르크 한계의 초정밀 측정이 가능

〈 양자센서 발전 전망 〉

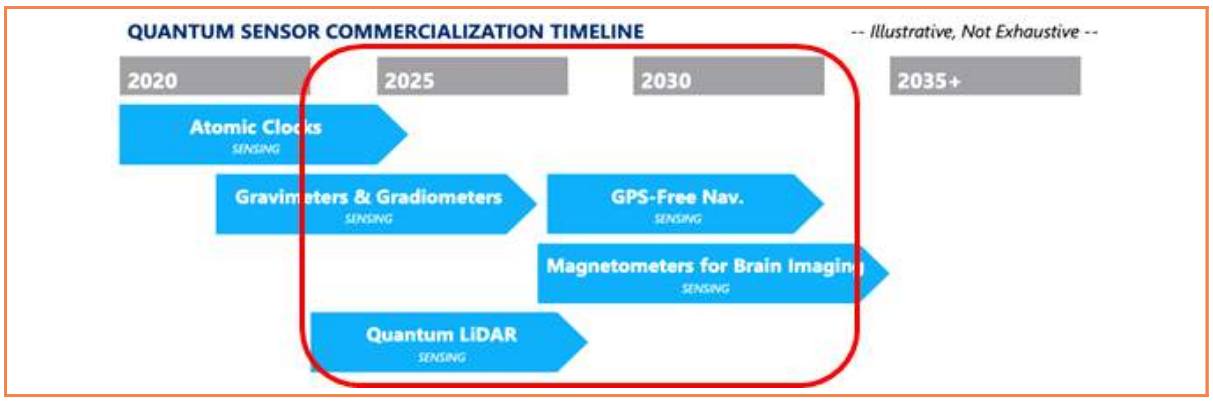


출처 : IITP, 2022.

● 양자센서는 초정밀 계측을 기반으로 산업 패러다임을 전환할 수 있는 혁신 기술로 양자암호통신과 함께 양자산업화에도 선도적인 역할을 할 것으로 평가됨

- 맥킨지(2021) 등에 따르면, 미국과 유럽 등 주요국은 2030년 전후 사업화에 가까운 프로토타입 개발을 예측

〈 미국 ODIA 양자센서 상용화 전망 〉



출처 : OIDA, 2020.

- 양자센서는 관성, 전기장, 자기장, 시간/주파수, 광학 센서 등 5대 플랫폼으로 구분

① **(관성 센서)** 중력이나 가속도 등의 측정을 위해 원자, 물질파, 광역학계 등의 특성을 활용하며, 양자 중력 및 항법 기술과 관련된 소형화 연구가 활발히 진행

- 양자중력센서는 소형화를 통해 운송 수단에 탑재하면 해양 및 자원 탐사, 지진 탐지, 구조물 매핑 등 다양한 분야에 활용될 수 있으며, 재난사고 예방 등에도 응용 가능

② **(전기장 센서)** 최근 주목받고 있는 양자센서로, 고전 기술의 한계를 넘어 전기장의 측정 감도를 크게 향상시키며, 광대역 주파수에서 전기장을 정밀하게 측정 가능

- NASA는 이를 활용해 지상 관측을 목적으로 위성에 탑재하는 연구를 시작

③ **(자기장 센서)** 원자와 점결함 스핀 큐비트의 지만(Zeeman) 효과를 활용해 자기장을 정밀하게 측정하며, 고전적인 자기장 측정 방법의 한계를 극복

- 동 기술은 단일 스핀, 자성 물질, 지구 자기장 왜곡, 바이오 활성 등 다양한 대상에 적용 가능하며, 기초 연구에서 생명과학, 산업, 국방 등 폭넓은 분야에서 응용을 고려할 수 있음

④ **(시간 센서)** 기존 전기신호 기반의 시계를 넘어 빛의 주파수에 공진하는 원자의 양자 상태를 측정하여 동작

- 이 과정에서 나타나는 중첩과 간섭 현상을 활용해 시간 측정의 정확도를 높일 수 있으며, 미국 DARPA를 비롯한 기관에서는 이러한 시간 센서를 소형화하기 위한 연구를 활발히 진행 중

⑤ **(광학 센서)** 광학 센서는 양자조명, 양자라이다, 양자레이다, 양자이미징, 양자가스센싱 등 다양한 분야에서 활발히 연구 중

- 고전 광원 기반 이미징은 분해능한계와 감도한계 이상의 계측이 불가능하지만, 양자이득을 활용하면 분해능 한계를 극복하거나 샷-노이즈 이하의 고감도 측정이 가능해짐

나. 주요국 동향

- 주요국들은 양자센서를 기술개발을 통해 MRI 등 기존 센서의 한계를 극복하고, 첨단 산업과의 융합을 통한 획기적인 개선을 위해 노력 중

- 미국은 에너지부(DOE)와 국립과학재단(NSF) 등에서 양자센서 기술개발 및 생태계 조성을 위한 지원을 추진

- DOE 산하 국립연구기관과 지역 연구기관들의 협력 연구센터를 설립하고 양자센싱 관련 연구기관에 투자

- NSF는 연구소당 2천 5백만 달러 지원으로 대학과 협력 연구를 통해 지역 양자 연구기반 기관(Quantum Leap challenge Institute)을 설립하여 학생, 교수, 스타트업, 산업계 협력을 추진

● 유럽은 일관된 연구정책을 기반으로 2016년 '양자 선언문(Quantum Manifesto)'과 2018년도 '양자 플래그십 프로젝트'를 통해 양자센싱 분야의 연구개발 목표를 제시하고 기술개발을 추진

- 양자 선언문은 양자센서를 비롯해 통신, 시뮬레이터 등 다양한 분야의 기술 개발 타임라인과 연구개발 목표를 제시

〈 양자기술개발 타임라인 및 연구개발 목표 〉

구분	단기 (5년)	중기 (5~10년)	장기 (10년 후)
타임라인	• 정밀한 원자시계 개발 • 중력센서, 양자시계, 자기장 센서 등과 같은 특수 목적의 양자센서 개발	• 자동차, 건설 등의 응용을 위한 큰 부피의 양자센서 소형화 • 소형의 양자 항법장치	• 이동전화와 연계된 온칩 양자 센서소자 • 중력이미지 창출을 위한 중력 센서들 간 측정값 연계 • 가전제품과 양자센서 통합 • 양자신용카드 등 새로운 응용 분야 개발
개발 목표	• 틈새응용을 위한 양자센서 (건강, 지질조사 등) • 스마트네트워크 동기를 위한 정밀한 원자시계	• 실내에서 동작 가능한 낮은 오차 (1mm/일)의 소형 양자네비게이션 • 양자센서의 생산성 및 생산 비용 절감을 통한 메인스트림 산업 진입	• 중력센서에 기반한 중력이미징 장치 • 모바일 장치를 포함한 통합된 중력센서

출처 : 양자선언문 내용 정리(신규사업기획보고서, '19, '20, IITP)

- 양자 플래그십 프로젝트에서는 10년간 양자센서를 주제로 한 4개의 주요 프로젝트를 진행

〈 양자플래그십 양자센서 프로젝트 〉

구분	내용
ASTERIQS	• 다이아몬드 NV센터 기반 양자센서의 소재, 측정, 소자 기술
MetaboliQs	• 다이아몬드 NV센터 기반 의료이미징
iqClock	• 원자 광시계 응용
macQsimal	• MEMS 원자 증기셀 기반 다목적 양자센서

출처 : IITP, 2023

다. 기술 동향

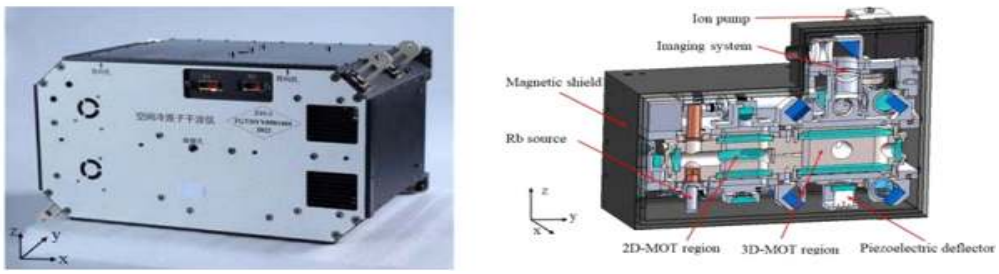
● 원자 중력센서의 기초 기술은 NIST(미국), SYRTE(프랑스), PTB(독일) 및 스탠포드, MIT, 하노버 등 정통적인 선진 대학 등에 오랫동안 연구

- 최근 미국의 AOSense, ColdQuanta, 프랑스의 MuQuans, 영국의 M-Squared 등의 산업체에서 소형화를 통해 상용제품 개발 경쟁

- EU는 국방과 산업 활용을 목적으로 고감도 양자센서 기반의 중력계 원천기술 개발과 상용화 시제품 연구에 매진

- 영국의 Imperial College London은 2021년에 중력센서의 영국해군 선박 테스트를 진행했으며 2024년에는 원자 간섭계 기반의 자이로스코프를 개발 중
- 프랑스 SYRTE 연구소와 소르본대학교는 양자중력계를 이용한 중력 측정, 각가속도 측정, 미세구조상수 측정에 관한 연구를 수행하고 있으며, 2018년 SYRTE는 감도와 정확도 면에서 양자중력계가 고전 중력계를 능가할 가능성을 제시하고 이를 바탕으로 Muquans社를 설립해 상용 이동형 중력계를 개발
- 미국은 중력센서, 탑재형 원자중력계, 양자항법센서 등 다양한 양자센싱 기술에 대한 연구가 활발한 가운데, 최근 보잉社는 AOSense가 개발한 원자간섭계 기반의 가속도 및 회전 센서를 항공기에 탑재하여 4시간 동안 시험 운행에 성공하였다고 발표[4)]
- 또한 미국 Quspin社는 Fieldline社와 NIST에서 파생된 기업으로, 소형 원자자력계 모듈을 생산 및 판매 중
- 한국은 최근에 최고 수준의 양자중력센서 원천기술을 확보하였고 원자분수 방식의 양자중력센서를 개발 중에 있음
- 중국은 중국과학원, 중국과학기술대학교 등이 원자 간섭계 기반의 우주용 cold-atom 자이로스코프를 공동으로 개발했으며, 2024년에 지상 테스트 완료 후 이를 위성에 탑재하여 우주 ISS에 설치함

〈 우주정거장에 설치된 원자 간섭계 기반 양자 자이로스코프 〉



출처 : ICAP 2024, http://virtual.oxfordabstracts.com/#/event/3520/poster-gallery

- 양자 전기장·자기장 센서는 활용도 측면에서 의료부터 다양한 국민 생활권과 밀접한 분야로 다양한 기술개발이 이루어지고 있음[5)]
  - 양자전기장 센서는 미국 고등연구계획국(DARPA)가 양자수신기로 활용하기 위해 2021년부터 양자기술 기반 RF센서의 성능 향상 연구에 착수
  - NASA는 위성에 탑재하여 적설량, 빙상 역학, 강수량 등을 관측하기 위해 VHF 밴드부터 Ku 밴드까지 측정 가능한 양자전기장 센서 개발 프로젝트 진행 중[6)]

4) https://thequantuminsider.com/2024/08/09/boeings-quantum-based-navigation-system-takes-flight-in-historic-test/
5) 미래양자기술백서, 2022
6) www.nasa.gov/directorates/spacertech/nlac/2022/Cryospheric_Rydberg_Radar/

- 양자자기장 센서는 초전도 소자를 이용한 뇌자도(MEG)*와 심자도(MCG)** 측정 기술이 성숙되고 있으며, 공간의 정밀도를 높이는 연구가 진행 중

  * MEG, Magnetoencephalography / ** MCG, Magnetocardiography

  ※ 뇌자도 센서는 소형화를 통해 웨어러블 형태로 진화하고 있으며, 원자 증기셀 플랫폼이 주로 활용됨

- 독일 슈투트가르트대는 단일 및 앙상블 NV 센터(Nitrogen Vacancy Center)를 활용해 자기장 센싱 기술 등을 연구개발하고 있으며, 다이아몬드 NV센터를 기반으로 바이오 세포를 수백nm급 분해능으로 MRI 영상화에 성공

○ 양자광학센서는 양자광학 계측의 효율, 속도, 신뢰성을 증진하며, 집적소자 시스템 구현을 위한 기술개발이 빠르게 진전

- 양자 얽힘광 및 압축광 기반 양자센싱과 이미징 기술을 바탕으로 양자현미경, 라이다, 레이더 등의 기술로 발전할 것으로 전망
- 호주의 Catxere는 광학 노이즈 방지를 위해 양자얽힘을 사용하여 최초의 얽힘 기반 양자현미경을 개발
- 미국 Air Force Research Lab은 2009년 얽힘을 이용한 양자라이다 기술 발표[7)]
- 국내에서도 출연연구기관에서 양자 원격 탐지 관련 양자레이더 개발과 얽힌 광자의 송수신에 관한 연구를 수행 중

〈 양자센싱 기업 동향 〉

구분	주요 내용
Northrop Grumann(미국)	• 고기동 초소형 항법급 원자스핀 자이로 시작품 개발
Lockheed Martin(미국)	• GPS 도움 없이 비행체의 위치파악을 위한 다이아몬드 기반 양자자기장 센서 기반 항법 시스템 개발
QDTI(미국)	• 다이아몬드 양자자기장 센서를 이용하여 바이러스 등의 감염을 정밀 진단하는 바이오 마커 시제품 개발 및 시판중
YAZAKI(일본)	• 다이아몬드 양자자기장 센서를 사용해 배터리의 잔여 전류량 및 온도를 정확히 측정할 수 있는 양자센서 개발
SBQuantum(캐나다)	• 다이아몬드 기반 양자자기장센서를 이용해 GPS가 필요 없는 항법시스템 및 원거리 자성체 탐지용 시스템 등을 개발
Quspin(미국)	• NIST에서 파생된 기업으로, 소형 원자자력계 모듈을 생산 및 판매 중이며 웨어러블 뇌자도 시스템 개발에 활용하는 연구 수행
M Squared (영국)	• 단일파장 레이저, 초고속 안정화 레이저, 3D 용량 이미징 등 상용화
MuQuans (프랑스)	• 레이저냉각 이용 원자시계, 양자 중력장 센서 상용화
Oscilloquartz (스위스)	• 네트워크 동기화 세슘 원자시계 상용화
Teledyne (미국)	• 초소형 원자시계 상용화

출처 : IITP 정리, 2023

7) Air Force Research laboratory, 2009

4 양자계측(퀀텀 메트롤러지) 동향

퀀텀 메트롤러지는 측정하고자 하는 물리량의 불확도나 오류율을 최소화하는 것을 목표로, 불확정성 원리를 기반으로 양자 물리계를 활용한 정밀 측정 기술을 총칭

- 물리량의 불확도는 물리량을 여러 번 측정할 때 하이젠베르크의 불확정성 원리에 따라 나타나는 측정값의 분포를 의미
  - 이때 측정값의 분포가 좁을수록 정밀도가 높다고 할 수 있으며, 그 역수를 불확도로 정의할 수 있음[8)]
- 양자기술이 원자기반, 간섭, 얽힘, 압축 등 발전함에 따라 기존 고전 물리학 기반의 계측 이론은 더이상 적용하기 어려워 새로운 방법론의 접근이 필요
  - 그러나 현재 관련 연구는 부족한 상황으로, 양자상태를 만드는 것에 대한 연구는 많이 진행되었으나 측정 방법에 대한 연구는 기존 방법론의 실험적 구현과 응용 수준에 머물러 있음
- 퀀텀 메트롤러지는 다양한 물리계에 적용 가능하며 양자기술의 성능 향상을 위해 필수적인 연구 분야
  - 다만, 불확정성 원리나 얽힘과 같은 양자역학적 개념을 이해하고 실제로 적용하는 것은 기술적으로 매우 어렵고 복잡한 과제

가. 연구 분야

- 퀀텀메트롤러지는 새로운 정밀 측정 방법론을 탐색하고 개발하는 관점에서 양자파라미터 추정, 양자상태 구별, 양자 토모그래피, 노이즈 메트롤러지 등 4가지 유형으로 구분[8)]

① **(양자파라미터 추정)** 온도, 길이, 전기장, 자기장, 위상 등 다양한 물리량을 정밀하게 측정하여 추정하는 방법론을 의미

- 고전 물리계를 활용한 경우, 측정 정밀도는 샷-노이즈 한계 또는 표준 양자 한계에 의해 제한되므로 양자물리계를 활용해 한계를 뛰어넘는 방법론이 필요

② **(양자상태 구별)** 양자 상태나 채널을 가장 높은 성공 확률로 구별하는 기술

- 이를 통해 두 개 이상의 양자상태를 측정으로 구별하거나, 공간적으로 떨어진 양자 얽힘 상태를 판별하거나, 두 개 이상의 양자 채널을 구별하는 연구 등이 진행 중

8) 양자정보계측 방법론 및 원천기술개발사업기획보고서, IITP, 2024

③ **(양자 토모그래피)** 양자 상태, 연산 프로세스, 검출기의 작동 방식 및 특성을 정확하고 정밀하게 파악하기 위한 연구를 의미

- 측정 및 분석 대상에 따라 양자상태 토모그래피, 프로세스 토모그래피, 검출기 토모그래피로 분류
- 현재 대부분의 토모그래피 연구는 양자상태 토모그래피 방법론에 치중되어 있으며, 일반적인 방법론은 차원 확장성이 부족한 편

④ **(노이즈 메트롤러지)** 양자정보처리 중 발생하는 노이즈에 대한 모델, 특성, 발원 지점, 세기 등에 대해서 구체적인 모델을 설계하고 검증하는 기술

- 현재 일반적인 방법론은 물리계의 차원이 커질수록 확장성이 떨어지는 한계가 있으며, 이를 극복하기 위해 차원 확장성을 갖춘 기술개발이 필요

나. 주요 동향

- 중국 과학기술대학교는 6개의 얽힌 광자 상태를 이용하여 6개의 다른 위상의 평균값의 측정 정밀도 실험뿐만 아니라 각각 위상의 측정 정밀도를 실험
- 미국 MIT는 이중 모드 압축 상태를 사용하는 것이 결맞음 상태를 사용하는 것보다 물체 탐지 오류율이 낮아짐을 확인하고, 신호 대 잡음비(SNR)를 통해 관찰한 결과, 양자 이득이 20% 발생하는 것을 확인
- 인도 보스연구소는 국소 구별을 위한 사전 얽힘 비용에 관한 연구가 진행 중이며, 연구에 따르면 사전에 충분한 얽힘이 존재하는 경우 국소 측정과 고전 통신 활용만으로도 양자상태들은 완벽하게 구별 가능
- 영국 브리스톨 대학은 상관된 위상 및 손실의 양자광학 계측, 유니터리 프로세스의 양자 강화 토모그래피 등의 연구를 수행
- 미국 구글은 초전도 큐비트를 기반으로 양자오류수정 구현에서 가장 앞서 있는 기술력을 보유하고 있다고 평가받고 있으며, 구글의 로드맵에 따르면 표면부호 기반으로 논리 큐비트의 규모를 확장하고 더 안정적으로 제어하는 연구를 수행 중
- 칼텍(Caltech)은 고전 그림자 토모그래피를 제안하고, 양자학습 이론을 최초로 확립
  - 동 연구는 고전 그림자 토모그래피를 활용해 규모가 큰 시스템의 양자얽힘 등 다양한 물리적 성질을 간단한 실험 장치로도 추출할 수 있다는 것을 증명
- 한국은 정부출연연구소와 대학을 중심으로 이론 연구가 진행

5 주요 이슈 및 시사점

- 양자기술은 각국에서 전략기술로 지정되거나 물자화되면서, 기술 보호와 수출 통제 등이 가속화
  - 미국은 양자기술 소재·부품의 수출입 통제를 강화하고 있으며, 에너지부(DOE) 과학실은 양자 소재·부품·장비를 포함한 DOE 지원 R&D 발명품의 미국 내 제조를 통한 내재화를 추진
  - 한국은 양자기술 구현에 필요한 대부분의 소재·부품·장비를 해외에 의존하고 있으며, 특히 양자정보처리에 필수적인 LiNbO3 기판을 전량 수입 중
    - 이러한 상황에서 양자기술의 안정적인 공급망을 구축하여 자급자족 기반을 강화하고, 이를 토대로 기술경쟁력을 확보할 필요
- 세계에서 세 번째로 상용화된 양자암호통신을 기반으로 양자암호통신 지속적인 시장 우위를 확보하고 나아가 양자네트워크 등의 신속한 기술 추격 필요
  - 양자암호통신의 시장확산을 위해 실증뿐 아니라 고도화 연구를 지속적으로 추진하여 산업 경쟁력을 강화할 필요
  - 또한 새로운 프로토콜 기반의 차세대 양자암호통신 기술개발을 통해 다음 세대의 양자암호통신 시장을 선점할 필요
  - 초기 연구단계인 얽힘 기반 양자네트워크 기술과 양자센싱의 원천기술을 빠르게 확보하여 선도국 수준으로 도약해야 함
- 가까운 미래 시장을 대비하여 단기간에 상용화가 가능한 양자센서를 중심으로 양자산업을 선도하고 기초연구를 병행하여 기술경쟁력을 제고해야 함
  - 실 수요를 기반으로 단기간 내 산업 적용이 가능한 양자센서를 산·학·연이 연계하여 집중 개발하고 성공 사례를 조기에 발굴할 필요
  - 고전 센서 한계를 극복하고 양자이득을 확보할 수 있는 양자센서 융·복합 응용 분야에 대한 집중지원을 통해 세계적인 수준의 시제품 확보 필요
- 양자계측은 고전 물리학 기반 기술을 넘어서는 압도적인 성능을 달성하기 위한 주요 기술로, 선도국가들을 중심으로 관련 연구가 활발히 진행 중
  - 양자계측에 대한 관심이 증가하고 있으나, 여전히 초기 연구단계에 머물러 있어 해결해야 할 문제가 많은 분야
  - 우리나라는 이 분야에서 선점할 여지가 크며, 초기 이론 연구 분야의 다양하고 창의적인 과제에 대한 지원을 통해 국내 양자계측 분야의 원천기술을 확보하고, 독자적인 연구 영역을 구축할 필요

Ⅱ 주요 동향(1) : 과학기술

1 미국, AIP의 트럼프 2기 행정부 과학기술정책 방향 전망

미국물리학협회(AIP)는 지난 트럼프 1기 행정부 시절의 경험과 대선 과정의 공약 등을 근거로 트럼프 2기 행정부의 과학기술정책 방향성을 전망*('24.11.)

* Science policy outlook for the second Trump presidency

- **트럼프 2기 행정부**의 과학기술정책은 **중국과의 경쟁상황 및 다양성과 형평성, 공공부문에 대한 트럼프 행정부의 기조에 상당 부분 영향**을 받을 것으로 예상됨
  - 올해 미국 대선에서 과학기술정책은 트럼프 진영의 관심 대상이 아니었기 때문에 구체적인 예측은 어렵지만, 중국에 대한 전방위적 견제는 지속되는 한편 과학기술 인력 다양성과 과학기술의 공공성은 위협받을 가능성이 높음
  - 또한 트럼프는 바이든 행정부의 형평성 이니셔티브*에 대해 반대할 뿐 아니라 과학기술 분야에서도 1기 당시 도입했던 정무직 공무원 제도**를 재도입 예정

    * 행정명령 13985(Advancing equity and racial justice through the federal government)에 따라 연방정부의 모든 정책, 프로그램, 서비스에서 형평성(equity) 증진을 위해 노력

    ** Schedule F 제도는 정책 결정 및 집행에 관여하는 공무원 직급을 기존 공무원 체계에서 분리하여 해고와 교체를 용이하게 함으로써 대통령과 행정부의 관료사회 통제력을 강화
  - 차기 트럼프 행정부의 과학기술 수장은 아직 미정이지만, 작은 정부를 지향하고 공공부문의 비효율을 타파하려는 트럼프 측근 인사*가 유력

    * SpaceX의 창업자이자 정부효율부(DOGE) 수장으로 내정된 일론 머스크는 항공우주국(NASA) 정책에 영향력을 발휘할 것으로 예상되며, 과거 OSTP에서 최고 기술 책임자를 역임했던 마이클 크라치오스는 밴스 부통령 당선인과 긴밀한 관계로 알려짐

- **R&D 예산 삭감을 두고 트럼프 2기 행정부와 의회의 대립이 예상**됨
  - 트럼프 1기 행정부 당시 정부 지출을 줄인다는 명목하에 많은 과학기술 관련 기관들의 예산을 대폭 삭감하려고 했으나 의회가 일관되게 이를 거부하였고, 이번에는 이러한 대립을 피하기 위해 지출유보 통제법*에 이의를 제기할 전망

    * Impoundment Control Act(ICA)는 대통령이 승인된 예산을 의회의 동의 없이 미집행하거나 유보하는 행위를 제한
  - 대선 기간 동안 트럼프 진영은 「인플레이션 감축법」에 따른 에너지 기술 보조금과 「반도체 및 과학법」에 따른 반도체 산업 보조금에 반대 입장이었으나, 이 법안들에 따른 각종 프로그램에 대해 당을 막론하고 지지하는 입장이 우세함

- **STEM 분야에서의 다양성 추구**는 트럼프 2기 행정부에서 **크게 제한**될 것
  - 트럼프 당선인은 정부 기관에서의 다양성, 형평성, 포용성 촉진을 골자로 한 바이든 행정부의 행정명령*을 새 행정부 출범 첫날 취소하겠다고 공언
    * E.O. 13985(Advancing equity and racial justice through the federal government)
  - 상원의 '상업, 과학 및 교통 위원회'* 위원장을 맡을 것으로 예상되는 테드 크루즈 상원의원은 최근 3년 국립과학재단(NSF)에서 집행한 3만여 개의 연구과제 선정 과정에서 다양성 목표가 지나치게 우선시되었다는 논조의 보고서** 발표
    * 국립과학재단(NSF), 항공우주국(NASA), 상무부(DOC) 등을 감독
    ** How the Biden-Harris NSF politicized science
- **연구 보안** 관련해서는 **주로 중국을 타겟으로 한 추가적인 조치가 이어질 전망**
  - 외국인 인재에 대해 폐쇄적이고 배타적인 정책을 추진한 기존 인사들*이 다시 기용될 것으로 전망됨
    * 마이클 왈츠 하원의원과 마르코 루비오 상원의원은 연방정부 지원을 받는 연구자들이 중국, 러시아, 이란 등에서 지원하는 프로그램에 참여하는 것을 금지하는 내용의 법안을 다수 발의하였고, 정책 담당 부보좌관으로 내정된 스티븐 밀러는 중국인 학생 대상 비자 발급 금지 제안
  - 트럼프 2기 행정부에서는 대학과 기업에서 스파이 활동 및 연구 도용을 방지하기 위한 1기 당시 법무부의 China Initiative*를 재도입하겠다고 언급
    * 중국의 기술적, 경제적 스파이 활동을 막고 중국 정부와 연계된 연구 활동을 감시하는 조치
  - 연구 보안에 있어서는 바이든 행정부도 뜻을 같이 했으며, 트럼프 1기 행정부 때 발표된 NSPM-33* 지침이 계속 유지되어 옴
    * National Security Presidential Memorandum 33은 트럼프 1기 행정부가 연방의 연구 개발 활동의 보안과 무결성을 강화하기 위해 발표한 대통령 각서
- 팬데믹을 기점으로 트럼프도 과학기술 분야에 대해 관심을 가지기 시작
  - 트럼프 1기 초기 3년 동안은 과학기술 관련 정책에 소극적이었으나, 임기 마지막에 확산된 COVID-19이 정책에 점차 관여하는 계기가 됨
  - 현재 공화당 내부에서는 팬데믹 대응 정책에 대한 비판적 시각과 함께 국립보건원(NIH)의 운영 방식 등을 개선하려는 움직임이 있음
    ※ 미 의회에서 제기된 국립보건원(NIH) 대상 개혁 및 구조조정 논의가 촉진될 수 있음
- **기후위기 대응** 관련 분야는 **직접적인 도전에 직면**할 것으로 예상됨
  - 트럼프 당선인은 줄곧 기후변화에 회의적인 입장을 취해 왔으며, 같은 생각을 가진 저명한 연구자인 프린스턴 대학 윌리엄 해퍼 교수를 영입할 것으로 전망됨

출처 : 미국물리학협회 (2024.11.14.)
https://ww2.aip.org/fyi/science-policy-outlook-for-the-second-trump-presidency

2 미국, 사회에 영향을 미칠 수 있는 세 가지 과학기술 트렌드 발표

미국 정부책임처(GAO)는 미래 10년간 사회·경제에 영향을 미칠 잠재력이 있는 세 가지 과학기술 트렌드를 분석하고 정책적 고려사항을 제시한 보고서* 발표('24.11.)

* On the Horizon : Three Science and Technology Trends that Could Affect Society

- GAO는 과학자와 엔지니어의 전문지식을 활용하여 대중적인 관심을 받지는 않았으나, **기술 성숙도 측면에서 상당한 진전**을 보인 **세 가지 주요 기술***을 **식별**하고 이를 **평가**

  * 유전자 편집, 우주 기반 반도체, 바이오 플라스틱

  - 이 기술들은 각기 다른 방식으로 **기술적 발전과 규제, 사회적 수용성, 환경적 영향**을 포함한 **여러 분야에 걸쳐 영향**을 미칠 수 있음

- **유전자 편집 기술**(Gene Editing)은 **질병 치료 및 예방**뿐만 아니라 잠재적으로 **인간 능력 강화, 수명 연장 등의 가능성**을 제시

  - 미국에서 사용 허가 승인받은 유일한 유전자 치료법은 겸상 적혈구 빈혈(sickle cell anemia)을 치료하기 위한 유전자 편집이며, 연구자들은 다른 인간 질병*에 대한 다양한 유전자 편집 도구를 지속적으로 테스트하고 있음

    * 낭포성 섬유증, 고콜레스테롤혈증, 알츠하이머, 각종 암 등

  - 비생식세포(비유전적 유전자) 편집 치료는 제한된 질병 치료에만 적용되며 비용이 높고, 유전적 유전자 편집은 윤리적 논란*과 규제**로 인해 연구가 제한적인 상황

    * 치료받은 개인의 자손과 미래 세대에서 장기적인 안전성을 입증할 수 없음

    ** 인간 배아를 의도적으로 생성하거나 유전적 변이를 포함하도록 수정하는 연구에 연방 기금 사용을 제한

  - 가까운 미래의 정책 결정은 질병 치료와 예방을 위한 인간 유전자 편집의 유지 여부, 의료보험 제공자의 보장 가능성, 사회적 수용에 영향을 미칠 것으로 예상

〈 정책적 시사점 주요 내용 〉

- 규제 간소화와 연구 허용성 확대를 통해 치료와 인간 능력 강화 간의 경계를 명확히 설정하고, 치료 비용 구조 개선 및 공공 프로그램 지원을 통해 접근성을 높여야 함
- 기술 오용 방지와 윤리적 논의를 통해 스포츠 도핑 및 군사적 오용과 같은 잠재적 위험을 예방하고, 세대 간 영향과 생명 윤리 문제를 심층적으로 검토할 필요가 있음

- **우주 환경**(미세중력, 진공, 태양 에너지)**을 활용해 고품질 반도체 결정체를 제조***할 수 있는 기술이 대두

  * Space-Based Manufacturing of Semiconductor Crystals

  - 반도체는 현대 기술의 필수적인 결정질 재료(crystalline materials)로, 우주 환경에서 제조된 반도체는 수요증가를 충족시킬 수 있을 것으로 기대

- 동 기술은 지구 기반 제조 대비 순도가 높고 결함률이 낮으며, 태양 에너지를 사용하여 에너지 효율성을 향상할 수 있다는 장점이 있음
- 다만 이러한 우주 환경 기반의 반도체 제조는 우주 환경에 필요한 대규모 자본 투자와 인프라 구축이 필요하며, 우주 방사선에 의한 손상 가능성 등 우주 환경에 대한 위험이 불명확

〈 정책적 시사점 주요 내용 〉

- 국내 반도체 공급망 강화를 위한 투자와 차세대 반도체 재료 개발을 촉진하고, 우주 기반 제조 활동 활성화 및 규제를 위한 프레임워크*가 필요함
  * 충돌, 궤도 잔해, 배출, 수출 통제 및 지적재산권 보호에 관한 표준 또는 규정을 조건으로 하는 운영 라이선스 등이 포함될 수 있음
- 제조 기술의 시연, 우주 공장과 운송 수단과 같은 공동 인프라 구축, 그리고 상업 산업이 수용할 수 있는 수준으로 기술적·재정적 위험을 줄이기 위한 정책 수립의 필요성을 고려해야 함

○ **생분해성 바이오플라스틱**(Biodegradable Bioplastics)은 기존 플라스틱의 환경적 문제를 해결하기 위한 대안으로, **폐기 후 생태계에 미치는 영향을 최소화**

- 가장 일반적인 생분해성 바이오 플라스틱은 폴리락트산(PLA)*과 폴리하이드록시알카노에이트(PHA)**가 있으며, PHA는 자연에서 생분해가 가능하지만, PLA는 산업용 퇴비화 조건에서만 생분해가 가능
  * 옥수수 전분과 사탕수수 같은 재생 가능한 탄소원을 이용한 박테리아 발효 과정을 통해 생산되며, 3D 프린팅과 포장재 등에 사용
  ** 옥수수나 사탕수수에서 얻은 포도당 또는 과당과 같은 식물 당을 이용해 박테리아가 합성하거나, 메탄을 원료로 생산 가능. 식품 포장재를 포함한 다양한 제품에 사용
- 생분해성 문제를 해결하기 위해 **가정용 퇴비화가 가능한 새로운 바이오 플라스틱의 개량 및 개발**에 중점을 둔 연구를 진행 중이며, 생산 비용 절감과 식량 자원 의존 문제를 해결하기 위해 **조류 기반 바이오 플라스틱의 혁신**도 일부 이루어짐
  ※ (주요 개발 기술) 해조류 기반 바이오 플라스틱, 자체적으로 생분해되는 PLA, 가정용 퇴비가 되는 바이오 기반 폴리우레탄

〈 정책적 시사점 주요 내용 〉

- 소비자 교육과 명확한 라벨링 체계를 통해 적절한 폐기 방법을 안내하고, 글로벌 표준 및 인증 체계를 개발하며, 폐기 및 처리 인프라를 확충할 필요가 있음
- 바이오 플라스틱의 생산과 폐기 과정에서 발생하는 환경적 영향을 평가하고 천연자원 사용을 최소화하며, 경제적 효율성을 높이기 위한 혁신적인 대체 소재 연구를 지원해야 함

출처 : 미국 정부책임처 (2024.11.13.)
https://www.gao.gov/products/gao-25-107542

3 미국, Manufacturing USA 프로그램 2024 전략 계획(Strategic Plan) 발표

Manufacturing USA 연구소는 Manufacturing USA 프로그램을 위한 2024 전략 계획과 기관 네트워크의 가치를 소개하는 보고서 발표*('24.11.)

* Strategic Plan for the Manufacturing USA Program

- **Manufacturing USA 프로그램**은 첨단 제조 기술 분야 공공과 민간의 투자 촉진에 그 의의를 두고, 다음과 같은 **비전, 임무, 목표 등의 2024 전략 계획을 제시**
  - **(비전)** 제조 기술 규모의 확장과 적은 비용으로 높은 성과를 내는 제조 역량 개발 및 전환 등을 통해 **미국의 첨단 제조 분야 글로벌 리더십 확보**
  - **(임무)** 사람과 아이디어, 기술을 연결하여 **첨단 제조 분야의 도전과제들을 해결**하고, 개발된 **혁신적인 기술들을 실생활에 적용**하여 미국의 경제적 번영, 공급망 회복탄력성 촉진, 국가 안보 강화 등을 실현
- 이러한 비전과 임무를 달성하기 위해 보고서는 아래 **네 가지 목표와 방안**을 제시

1) 미국 제조업 경쟁력 증가

① **비용 절감과 생산성 향상**을 통한 국내 제조업 개발과 성장 촉진

- AMNPO*을 통해 미국 제조업 네트워크를 활성화하고 이해관계자 간의 소통과 협력을 강화하여 생산 프로세스 개선 및 생산 비용 절감 방안 모색

* Advanced Manufacturing National Program Office, 첨단 제조 관련 연방 부서 및 기관 간의 네트워크를 구축하고 미국 제조 프로그램의 감독 및 조정 역할을 수행하는 미국국립표준기술연구소 산하 사무국

② 새로운 위기에 대응할 수 있는 **시장 중심의 첨단 제조 생태계 촉진**

③ 제조 분야 응용 연구 및 개발 혁신을 위해 **강화된 포트폴리오** 구축

- 첨단 제조 기술 우선순위 바탕 신기술 분야 연구소 신규 설립 및 포트폴리오 추가

④ 선도기관으로서 **첨단 제조기술 혁신에 필요한 우선 사항을 지원**

- 공익보조금, 테스트베드 및 기타 접근 방식의 개발을 통한 핵심사항 지원

2) 혁신적인 기술 확장 및 저비용·고효율·고성과 제조 역량으로의 전환

① **검증된 첨단 제조 기술, 재료 및 장비**를 국내 제조업체에 **제공**

- 국내 제조업체에 리소스, 기술, 전문지식 등의 Manufacturing USA 멤버십 서비스를 제공하고 기존 **TRL과 MRL의 단계를 4~7에서 7~10로 스케일업** 추진

※ 기술성숙도(TRL)는 주로 인수 목적으로 기술의 성숙도 파악을 위해, 제조준비수준(MRL)은 생산을 위한 제품의 준비 수준을 파악하는데 활용

② 첨단 제조 문제를 해결하기 위한 **기술 지식과 모범사례의 공유**

③ 제조 기술의 개발과 도입의 가속화를 위해 **연관 기업 간 협업**을 장려

- 연구소별 고유 기술과 공급망 시스템의 연계를 통한 기술개발 Tool 강화

3) 첨단 제조 인력 발굴 가속화

① 산업 고용 수요 충족을 위한 **첨단 제조 자격 증명과 인증의 개발 및 통합**

- 수요 맞춤 새로운 자격증 개발 및 기존 자격증의 유효성 인증 등을 개발하는 플랫폼 구축

② 업무기반 학습, 등록 견습, 산업 자격증, 이중 등록, 진로 상담, 원격 학습 및 기타 경력 기술 프로그램의 카테고리 확장

③ 여성, 장애인, 유색인종 등 소외 계층이나 소외 지역 학생들에 대한 문화적 지원과 경력 홍보 등을 통해 **제조업 인력 역량 확대**

4) 지역사회 내 지속적 지원 시스템 구축을 위한 기관 간 네트워크 촉진

① 기관 활동에 대한 **위험 분담과 공동투자를 활성화**하는 멤버십 구축

- 비즈니스 운영 모델 및 기대치에 대한 이해관계자 간 견해차를 줄이고 차세대 제품 개발과 출시에 필요한 지속적인 공동투자가 이어질 수 있도록 지원

② 지속적인 운영을 보장하는 **비즈니스 모델 개발**을 지원

③ **지역 네트워크를 통한 협업**과 모범사례, 인프라 등을 공유 및 촉진

- Manufacturing USA 연구소 네트워크는 2500개 이상의 회원기관과 106,000명 이상의 학생, 교사, 근로자가 함께하고 있으며 이해관계자마다 고유한 가치를 제공

〈 Manufacturing USA 기관 네트워크 가치 〉

이해관계자	제공 가치
연방정부	• 범정부적 접근방식을 통해 연구소에 정부 주도 프로그램 및 자금을 지원하고 **발굴된 기술을 산업으로 빠르게 전환**할 수 있도록 협력 가능 ※ DARPA의 AIM포토닉스社 지원을 통한 최첨단 광학 마이크로 시스템 구현 등
지역 생태계	• **지역 간의 기술 공유 클러스터 파트너십을 구축**하고 공동의 공급망을 통해 제품출시 가속화와 지역 일자리 창출 등의 시너지 효과 제공 ※ 미시간 공대, 교통 연구소 등과 리카르도社의 협력으로 미시간 주 방위군 차량 개발 및 납품
산업계	• 차세대 첨단 제조 역량 확보를 위해서는 산업계, 학계, 정부 간의 협업이 필요하며 이때 **산업계의 첨단 '산업 공유지' 역할 수행을 통한 솔루션 제공** ※ 미 국방부가 Software AG社의 솔루션을 통해 코로나19 경보에 필요한 공급망경보자동화(MxD) 개발
학계	• 산업 및 정부의 요구를 이해하고 참여할 수 있는 **숙련 인력 제공** ※ UCLA,UCB등 대학의 협력으로 성공적인 스마트 제조 인력 모델(CESMII) 구축 등

출처 : Manufacturing USA (2024.11.4.)
https://www.manufacturingusa.com/news/manufacturing-usa-releases-2024-strategic-plan

4 일본, AI의 저작권 이슈에 관한 日·美 동향 비교

일본 마루베니경제연구소는 AI 산출물의 증가에 따라 새롭게 발생하는 저작권 이슈와 관련하여 일본과 미국의 동향을 비교한 보고서* 발표('24.11.)

* AIと著作権の邂逅 : 日米最新動向の比較

- 최근 AI의 적용 영역이 확대됨에 따라 글, 음악, 영상 등 AI가 생성한 콘텐츠를 자사의 사업 활동에 활용하는 기업이 증가하면서 새로운 저작권 이슈가 발생

  ※ 가령 넷플릭스는 애니메이션 작품의 배경 제작에 AI를 이용하고, 워싱턴포스트는 AI를 사용해 일상적 기사를 생성

  - 생성형 AI의 **'개발 단계'**에서는 **방대한 데이터 학습 과정의 저작권 침해 위험**이 있으며, **'생성·이용 단계'**는 **AI가 생성한 콘텐츠의 저작권 침해·보호 문제** 제기

- **[개발·학습 단계의 저작권 문제]** 베른협약은 각국에 저작권의 제한과 예외를 두는 재량을 부여하며, 비판·인용 등 공정이용 개념은 많은 국가에서 유사하게 규정

1) 일본의 법적 체계

- 2018년 「저작권법」 개정으로 디지털화·네트워크화에 대응한 유연한 권리 제한 규정이 도입되었으며, 그 중 저작물을 본래의 목적으로 이용하지 않고 권리자의 이익을 해치지 않는다고 평가할 수 있는 행위 유형을 대상으로 한 내용이 포함
- 구체적으로는 **저작권자의 이익을 부당하게 해치는 경우를 제외**하고 **정보분석 목적의 저작물 이용을 인정**하여, AI 학습을 위한 저작물 이용이 원칙적으로 허용
- 다만, 의도적으로 학습 데이터에 포함되는 저작물의 창작적 표현 전부 또는 일부를 출력시키는 것을 목적으로 한 추가 학습 등 **저작물에 표현된 사상이나 감정의 향유 목적과 비향유 목적이 공존하는 경우**에 대해서는 이용 **불인정**

2) 미국의 법적 체계

- 「저작권법」 제107조에 비평, 해설, 뉴스 보도, 교육, 학술 연구 등의 목적을 위해 복제물을 이용하는 **공정이용은 저작권 침해가 되지 않는다**고 규정

  ※ '공정이용'의 판단 기준은 ①사용 목적과 취지, ②저작물의 성질, ③저작물 전체에서 사용된 부분의 양과 실질성, ④저작물의 잠재적 시장 또는 가치에 대한 사용의 영향 등 네 가지가 있으며, 이를 종합적으로 고려하여 공정이용에 해당하는지 사례별로 판단

- 학습 데이터의 공개에 관해서는 '24년 4월 하원에 「**생성형 AI 저작권 공개 법안**(Generative AI Copyright Disclosure Act)」이 **발의**되어 심의 중
- 동 법안이 통과되면 생성형 AI 시스템 구축에 사용되는 학습 데이터셋 작성자 등은 사용한 저작물의 상세 요약 등을 저작권 등록관에게 의무적으로 제출 필요

○ **[생성·이용 단계의 저작권 문제]** AI 생성물의 **이용 단계에서 저작권 침해 위험**이 발생하고 있으며, **AI 생성물의 저작물성과 책임 소재**도 중요 쟁점으로 부각

〈 생성·이용 단계 저작권 문제에 대한 양국 비교 〉

구분		주요 특징
저작권 침해 판단기준	일본	• 저작권 침해 판단기준으로 '유사성'과 '의거성' 개념 사용하며, 「AI와 저작권에 관한 관점('24.3.)」에서 생성형 AI의 의거성 판단에 대한 구체적 가이드라인 제시 - 기존 저작물을 생성형 AI에 입력해 생성물을 얻거나 기존 저작물의 특정 고유명사를 입력하는 등 AI 사용자가 저작물을 인식하고 있던 경우, AI 사용자가 저작물을 인식하고 있지 않더라도 AI 학습용 데이터에 해당 저작물이 포함되는 경우는 의거성이 있어 저작권 침해가 될 수 있음 - 한편 AI 사용자가 기존의 저작물을 인식하고 있지 않고, 또한 AI 학습용 데이터에 해당 저작물이 포함되지 않는 경우는 유사성이 인정되는 경우라도 의거성은 불인정
	미국	• 통상 '복제 행위의 존재'와 '불법 복제' 두 가지 점이 증명되어야 저작권 침해로 간주 - 복제 행위의 직접 증거로는 복제에 관한 목격 증언이나 자백 등이 있고, 간접 증거는 기존 저작물에 접근할 기회가 있었다는 점과 법원이 개별 사건에 맞추어 여러 가지 접근으로 판단하는 실질적 유사성으로 구성 - 복제 행위의 위법성에 대해서는 공정 이용의 적용 가능성, 라이선스 및 허가 여부, 독자적으로 유사한 작품을 창작했다는 항변 등의 요소를 고려하여 판단
책임 소재	일본	• 저작권 침해가 있었을 경우 AI 사용자뿐 아니라 AI 개발자 및 생성형 AI를 이용하여 서비스를 제공하는 사업자가 저작권 침해의 책임을 질 가능성이 있음 - 가령, 침해물이 높은 빈도로 생성되는 경우나 해당 생성형 AI가 기존의 저작물과 유사한 저작물을 생성할 가능성이 높다는 점을 인식하고 있음에도 불구하고, 유사물의 생성을 억제하는 조치를 취하지 않는 경우 등 - 반면, 사업자가 적절한 침해 방지 조치를 강구하고 있는 경우 책임이 경감될 것으로 예상
	미국	• 저작권법 제501조(a)에 규정된 대로 저작권자의 배타적 권리를 침해한 주체에 책임 부과 • 또한 명문 규정은 없으나 MGM Studios, Inc. v. Grokster, Ltd. 사건, Fonovisa, Inc. v. Cherry Auction, Inc. 사건 등에서 기여침해나 대위책임도 인정 • 다만, 미국은 판례법주의를 취하고 있어 AI 산출물이 저작권을 침해했을 경우의 책임은 여러 요인에 근거해 개별적·구체적으로 판단
AI 산출물의 저작물 성과	일본	• 저작권법 제2조제2항은 저작자를 '저작물을 창작하는 자'로 정의하고 있어, 인격이 없는 AI가 저작자가 될 수는 없음 - AI를 사용하여 창작한 사람은 저작자가 될 수 있으나, AI가 생성한 것이 저작물이 되는지 여부는 인간의 창작물과 마찬가지로 '사상 또는 감정을 창작적으로 표현한 것으로서 문예, 학술, 미술 또는 음악의 범위에 속하는 것'에 해당하는지 여부로 판단 - 생성형 AI에 대한 지시의 구체성과 AI 산출물의 저작물성과의 관계에 대해서는 지시의 분량·내용, 생성의 시행 횟수, 여러 개 생성물로부터의 선택 등을 감안하여 창작적 기여로 볼 수 있는 것이 얼마나 축적되어 있는지 등을 종합적으로 고려하여 판단
	미국	• 저작권국은 저작권 실무 개요 sec.306에서 '인간에 의해 창작된 저작물을 등록'하고 '인간이 창작하지 않았다고 판단할 경우 등록 신청을 거부'하여 비인간 저작자를 부인 - AI의 산출물이 저작물이 되는지 여부는 sec.313.2에서 '저작권국은 인간 저자로부터의 창조적인 입력 또는 개입 없이 랜덤하게 또는 자동적으로 동작하는 기계나 단순한 기계적 프로세스에 의해 생성된 작품을 등록하지 않는다'고 규정 - 저작권 보호의 대상이 되기 위해서는 구체적인 형태로 표현된 창작적 저작물이어야 하며, 최근 미 저작권국은 '인간이 창작한 텍스트와 이미지의 인간에 의한 선택과 배치 모두 저작권으로 보호되지만 AI가 산출한 이미지 자체는 보호되지 않는다'고 판단

출처 : 일본 마루베니경제연구소 (2024.11.11.)
https://www.marubeni.com/jp/research/report/data/20241111_HP.pdf

5 일본, 책임 있는 연구와 혁신(RRI) 측면에서 양자기술 분야 검토

PWC는 양자기술개발에 대한 공적 투자가 확대되는 상황에서 '책임 있는 연구와 혁신(RRI)'의 측면에서 양자 분야를 검토한 보고서* 발표('24.11.)

* インパクトを追求する社会を支える「責任ある研究とイノベーション」~ 第二次量子革命が引き寄せた新たなガバナンス構築の波 ~

- **'책임 있는 연구와 혁신(RRI)'***은 시민을 포함한 **다양한 주체가 공통의 가치관을 공유하고 투명하게 소통**하면서 **과학기술의 연구개발 및 상용화를 추진**하는 개념

  * Responsible Research and Innovation

  - 윤리적·법적·사회적 과제(ELSI)*는 신흥 과학기술을 연구개발하여 사회에 구현하는 과정에서 발생할 수 있는 기술적 측면 외의 많은 과제를 포함하는 의미

    * Ethical, Legal and Social Issues/Implications

  - 이후 ELSI의 시야가 한정적이라는 비판이 대두됨에 따라 2010년대 EU는 '책임 있는 연구와 혁신(RRI)'이라는 새로운 개념 제시

  - RRI는 연구의 시작에서 상용화에 이르는 과학기술 전 과정에 대해 **다섯 가지 핵심 개념과 네 가지 측면을 중심으로 과제(ELSI)를 종합적으로 검토**하는 활동

    ※ EU는 정부의 지원 대상이 되는 연구내용을 명시하기 위해 '젠더, 과학교육, 참여, 오픈액세스, 윤리'의 다섯 가지 핵심 개념을 도입하고, RRI를 설명하는 틀로서 '예측능력, 성찰능력, 포괄성, 응답가능성'의 네 가지 측면을 제시

- PWC는 제2의 양자혁명이 초래할 사회·경제적 영향이 매우 클 것으로 보고, 기술의 혁신 과정과 영향에 대응하기 위한 신중하고 새로운 접근이 필요함을 강조

  - 책임 있는 연구와 혁신(RRI)은 앞서 언급한 개념과 측면을 고려하되, 대상 분야의 고유한 특성을 고려하여 문제와 해결 방안을 모색하는 접근이 요구

- **양자기술**을 대상으로 RRI를 검토해보면, **다음의 윤리적·법적·사회적 과제가 존재**

〈 양자기술 분야의 ELSI 주요 예시 〉

과제	주요 내용
투명성	• 양자 계산은 그 프로세스가 불투명하여 '블랙박스화'하고 있다는 지적이 있는데, 이는 양자 계산 특유의 성질로 인해 계산 과정의 추적이나 결과 예측이 어렵다는 점에서 기인 • 이러한 불투명성으로 인해 예상외의 결과가 발생했을 때 책임 소재가 불분명하여 중대한 윤리적 문제 발생할 수 있음
공평성	• 양자기술의 상용화와 관련하여, 특히 초기 단계에서는 기술이 희소하고 비싸기 때문에 접근이 제한될 가능성이 있음 • 기술에 대한 접근이 불공평할 경우 기존의 빈부, 건강, 분배의 격차를 심화할 수 있음
지식재산	• 현행 법제를 양자기술에 그대로 적용할 경우 혁신을 저해하는 과잉보호로 이어질 위험성이 있어 그 결과 '공평성'에도 악영향을 미칠 수 있음

과제	주요 내용
보안	• 양자계산 기술은 기존 암호체계를 무력화할 수 있어 인터넷 통신 및 국가 안보의 관점에서 이미 중대한 문제가 제기되고 있음 • 양자기술에 의해 가능하게 되는 양자키 분배는 비교적 안전성이 높으나, 비용 및 인프라 정비에 관한 과제가 지적되고 있음
민군양용	• 양자기술은 군사 목적으로도 이용 가능하며, 가령 양자암호분석 및 양자키 분배에 의한 안전한 통신, 정밀한 위치 결정, 고정밀 양자센싱기능은 군사 능력을 대폭 향상할 수 있음
경제와 고용	• 양자기술은 자동화·효율화를 촉진하여 의료·금융·물류·제조 등 다양한 산업에 새로운 사업 기회를 제공하여 새로운 기술을 보유한 인재의 수요를 큰폭으로 증가시키는 반면, 변화에 대응할 수 없는 기업 및 노동자는 시장 경쟁에서 뒤처질 위험 수반
자연환경	• 양자기술은 자동화·효율화를 촉진하여 소비 에너지 감축, 기후변화 모니터링 및 오염 검출을 보다 효과적으로 수행할 수 있음 • 그러나 한편으로 양자컴퓨터를 비롯한 양자기술의 가동을 위해서는 방대한 에너지가 필요하며, 양자기술의 연구개발에는 필요한 고도의 설비와 소재의 생산·유지·폐기에 높은 환경비용이 투입된다는 부정적인 측면도 존재
근거없는 주장	• 양자기술의 가능성과 이익, 안전성에 대해 과장된 정보의 확산은 기술에 대한 과도한 기대 기대를 낳게 되며, 이는 단기적으로는 투자를 촉진하나 중장기적으로는 현실과의 차이로 인해 양자기술에 대한 신뢰를 해치는 결과를 초래할 가능성이 있음 • 또한, 양자기술에 관한 과학적으로 근거 없는 주장 즉, '사이비 과학'의 문제도 무시할 수 없으며, 이러한 문제는 양자기술의 건전한 연구개발과 대중의 이해에 악영향을 미초래

○ 이러한 양자기술의 윤리적·법적·사회적 과제에 대응하기 위해서는 **국제협력, 규제·규범, 이해관계자의 참여, 교육 등을 통한 협력적인 의사결정**이 중요

〈 양자기술 관련 ELSI에 대한 대응 〉

대응방안	주요 내용
국제협력	• 양자기술의 연구개발에 필요한 전문 인재 및 풍부한 자원, 프로토콜 및 인터페이스의 호환성 확보는 국제협력을 통해 가능 • 또한 국제적으로 협력 관계를 유지하는 것은 개방적인 연구개발환경 구축과 연계
규제/ 규범	• 법적 규제는 건전한 연구개발과 상용화를 위해 필요하지만, 양자기술의 경우 연구개발의 진전이 빠르고 미래를 예측하기 어려워 규제만으로는 대응 속도 및 절차 면에서 적절하지 않을 수 있으므로 사회적 합의 및 관습에 의한 비공식적인 규범이 중요 • 예를 들어 일정 기간에 걸쳐 효과적으로 기능하는 규제의 틀을 채택하면서 어느 정도 유연하게 변경 가능한 규범을 도입한 탄력적인 거버넌스가 효과적
이해 관계자의 참여	• 양자기술은 기반적 기술로 모든 사람이 이해관계자라고 할 수 있으므로, 양자기술을 다루는 직접 산·학·관 구성원뿐 아니라 일반 시민 등 다양한 이해관계자의 참여를 촉진해야 하여 투명성과 신뢰를 확보
교육 및 대중의 인식	• 양자기술에 대한 전문 인재 확보뿐만 아니라 이해관계자의 지식 향상 등 사회적 수용을 위해서는 양자 기술에 대한 적절한 교육 프로그램 정비가 필요 • 이는 기술에만 한정하지 않고, 윤리학·경제학을 비롯한 인문사회과학적 요소의 도입 포함

○ RRI 거버넌스 실현을 위해 산·학·관은 탄력적인 규제 설계·정비, 양자기술의 ELSI적 측면을 담당하는 인재 육성, 대중 참여 촉진 등을 위한 노력 필요

출처 : PWC (2024.11.8.)

https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/2024/assets/pdf/rri.pdf

6 중국, 기후변화 대응 정책 및 행동에 관한 연례 보고서 발표

중국 생태환경부는 2023년 이후 중국의 기후변화 대응 정책 및 성과를 소개하는 '2024년 중국의 기후변화 대응 정책 및 행동에 관한 연례 보고서'* 발표('24.11.)

* 中国应对气候变化的政策与行动2024年度报告

- 중국은 2020년 시진핑 주석의 UN 총회 선언* 이후 도전적인 탄소 감축 계획을 바탕으로 **국가 차원의 전략적인 기후변화 대응을 추진**

  * 2030년 탄소배출 정점을 찍고 점차 줄여나가, 2060년에 탄소중립을 실현하겠다고 선언

  - 또한 2023년 이후 국제 사회와 협력을 강화하여 기후변화 대응에 관한 새로운 목표를 설정하였으며, 동 보고서에서는 이와 관련한 정책 성과를 종합적으로 소개

- 중국은 **탄소 감축, 오염 감소, 녹색화 및 성장이 시너지를 발휘**하여 현대화를 달성하고 **탄소 중립 목표를 확고하게 이행**할 수 있도록 다양한 정책을 추진

  - 2023년 7월, 생태시스템 개선 및 현대화 정책인 **'아름다운 중국 건설'**의 기본 지침을 제공하고, 같은 해 12월, 세부 전략과 시행 과제를 담은 추진 방안 발표

  - 2024년 7월 중국 정부는 정부 차원에서 사회 전반의 포괄적 녹색전환에 대한 내용을 최초로 다룬 **'경제사회발전의 전면적인 녹색전환 가속화 방안'**을 발표

- 중국은 에너지, 산업 전환, 교통, 도시 및 건축, 非이산화탄소 온실가스 저감, 감축·오염 통합 관리 등의 분야에서 **기후변화 완화 정책을 추진하고 성과를 창출**

〈 중국의 기후변화 완화 정책 및 성과 〉

분야	완화 정책 및 성과
에너지	• '23년 전체 에너지 소비에서 비화석 에너지의 비중은 전년대비 0.3%p 증가한 17.9%이며 지난 10년 동안 석탄 소비 비중은 67.4%에서 55.3%로 12.1%p 감소
제조업 전환	• '중국 인쇄회로 기후변화 대응 정책 및 행동' 등 171개의 기후변화 관련 산업 표준 발표 • 녹색 공장 5,095개, 녹색 산업단지 371개, 녹색 공급망 관리 기업 605개, 생태 산업 단지 73개를 누적 조성 • 196개의 녹색 데이터 센터를 육성했으며 녹색 제품 인증 범위를 92개 제품으로 확대 및 26,000개의 녹색 제품 인증서 발급
교통	• 신에너지 차량 충전 인프라는 338만 6천 대가 추가되어 전년 대비 30.6% 증가하였으며, 1,594개의 변전소가 새로 추가되어 누적 3,567개의 변전소 구축 • '23년 전국 철도의 운송 작업량 단위당 종합 에너지 소비량은 전년 대비 4.1% 감소했으며 민간 항공 연료 소비량과 탄소배출량은 전년 대비 3.6% 감소
도시 및 건축	• '23년 전국 도시와 마을의 신축 건물 중 친환경 건물 면적의 비중이 95%를 차지했으며 116만 평방미터의 에너지 절약형 건물 개조 진행 • '23년 전국 공공기관의 단위 면적당 에너지 소비량과 1인당 종합 에너지 소비량은 '20년에 비해 각각 3.15%, 3.76% 감소
비이산화탄소 온실가스 감축	• '23년 11월 메탄 배출 제어에 관한 국가 최상위 계획인 '메탄 배출 제어 행동 프로그램' 발표 • 키갈리 개정 의정서의 새로운 준수 요건에 따라 개정된 오존층 파괴 물질 규정 시행 및 엄격한 수출입 허가관리를 통해 수소불화탄소(HFC)의 배출 규제 강화

분야	완화 정책 및 성과
생태계 및 탄소 흡수	• '생태계 탄소 흡수 능력 통합 및 강화 이행 프로그램'을 시행하여 '25년까지 생태계 탄소 흡수 기반과 흡수원을 파악하고 생태계 탄소 흡수량 예비 측정 시스템 구축 • 해양 탄소흡수원 표준 기술체계를 개선하여 조사 및 모니터링 기술 규정 6건, 탄소흡수원 사업 개발 지침 2건을 제정 및 발표
감축 및 오염 통합 관리	• 온실가스 대기 배출원 관리 강화, 건설 프로젝트 환경영향평가에서 온실가스 배출 영향 평가 추진, 탄소 모니터링 및 평가 실시 등 지속적인 정책 시스템 개선 • 21개 도시와 43개 산업단지를 대상으로 다부문 오염 저감 및 탄소 협력 혁신 시범사업 1기가 출범하여 교육 시행

◯ 온실가스 감축 등 탄소중립이 주된 목표인 기후변화 완화 정책과 더불어 **기후변화 적응 부문에서도 다양한 정책을 추진했으며 성과를 달성**

- '국가 기후변화적응 전략 2035' 시행 이후 '24년 기준, 29개의 정부 기후변화적응 행동방안을 발표하고 12개 중점분야에서 기후변화적응 정책 문헌 80여 건 발표
- 기후 관측망 확장, 모니터링 및 예보·경보 기능 개선을 통해 **기후 재해 대처 능력 제고**
- 「중국 토양 및 수자원 보존 공보」 발표, 생태품질 모니터링 네트워크 구축 등을 통해 생태를 보호·복원하여 **기후변화에 적응할 수 있도록 자연 생태계 강화**
- 이상 기후에 대한 공중 보건 보호 지침을 발행하고, 악천후 시 영향이 큰 110개 도로 구간에 대한 개선 작업을 진행하는 등 **기후변화 대응 사회 인프라 강화**
- 「티벳고원 생태보호법」 시행('23.) 등 **기후변화 취약 지역에 대한 보호 조치 추진**

◯ 이외에도 다양한 **기후변화 대응 정책 제도를 개선**하고 **글로벌 거버넌스에 적극적으로 참여**하여 기후변화 분야에서 **선도적인 리더십을 발휘하기 위해 노력**

- 2024년 5월, '탄소 배출권 거래 관련 임시 규정'을 시행하고 '탄소 배출권 거래에 관한 행정 조치'와 '온실가스 자발적 배출권 거래제 행정 조치' 시범 실시
- '탄소피크 및 탄소중립 표준 측정 체계 구축 강화 시행방안'을 통해 2023년 말까지 18개의 탄소 배출량 회계 표준, 78개의 의무 에너지 소비 제한 표준 등 발표
- 다양한 투자 및 융자 매커니즘을 구축하였으며 2023년 말까지 23개 지역의 기후 투자 및 금융 시범 기관에서 총 4,553억 8,400만 위안의 신용 제공
- 기후변화 관련 인재 양성을 위해 2023년까지 관련 학부 프로그램 14개를 추가로 신설하고 산학 협력을 통해 300개 이상의 공동 교육 프로젝트 수립 및 시행
- 기후변화 대응에 관한 중국-브라질 공동성명을 발표하고 제4차 및 제5차 중국-EU 환경 및 기후 고위급 대화 개최, 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28), 세계 기후행동 정상회의 참석 등 기후변화 국제 거버넌스에 적극적으로 참여

출처 : 중국 생태환경부 (2024.11.12.)
https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202411/content_6986237.htm

7 독일, 이전혁신청(DATI) 설립 구상 콘셉트 승인

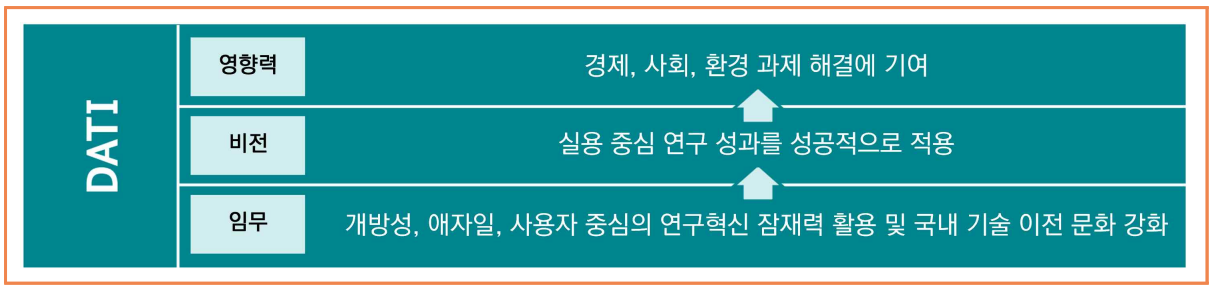
독일 정부는 연방교육연구부가 제출한 독일 이전혁신청(DATI)* 설립안**을 최종 승인('24.11.)

* DATI, Deutschen Agentur für Transfer und Innovation

** Konzept der BReg zur Gr dung der DATI

- 독일 정부는 이전혁신청(DATI) 설립을 통해 **새로운 지식**과 **혁신적인 아이디어**를 보다 **신속하고 효과적으로 실용화하는 문화**를 연구개발 생태계에 정착시키고자 함
  - 독일은 연구개발에 있어 뛰어난 성과를 내고 있지만, 이를 상업적 또는 사회적 혁신으로 전환하는 과정에서 한계가 존재
  - 독일의 미래 번영 가능성은 새로운 지식기반 기술, 제품, 비즈니스의 창출에 달려 있다는 점을 인식하며, 이러한 한계를 극복하고 혁신 생태계를 발전시키기 위해 DATI를 설립
  - 독일 정부는 **민첩한 혁신 이전 및 자금 조달 시스템 구축**이라는 목표를 설정하고, 글로벌 모델을 기반으로 한 **혁신 기관 설립의 필요성을 역설**
- **DATI의 비전**은 대학교 및 연구기관의 **실용 연구 성과를 신속하고 효과적으로 적용**하여 **경제적·사회적·생태적 문제 해결에 기여**하는 것으로, 응용연구 성과의 효과적인 전환을 위한 **사용자 중심적 접근 방식을 채택**
  - **(응용 지향적 혁신 촉진)** 전국에 존재하는 기술·혁신 이전의 행위자들이 신속하고 사용자 중심적으로 변화하는 문화를 장려하고, 특히 응용과학대학교(HAW)의 역할을 강조함으로써 지역 및 초지역적 혁신 생태계를 구축·강화할 계획
  - **(기술 이전 파트너에 대한 접근성 대폭 향상)** 기존 기술 이전 시스템, 관련 지원 조치, 이해관계자 간 **유기적인 네트워크를 구축**하고 이들 간에 교류 활성화를 지원하여 기술 이전 및 혁신 환경의 접근성을 대폭 향상

〈 DATI의 임무, 비전, 영향력 〉



출처 : Bundesministerium für Bildung und Forschun(2024), Konzept der BReg zur Gr dung der DATI – 그림2

- DATI의 주요 임무를 구체화하고 비전을 실현하기 위해 **네트워킹, 역량 강화, 자금 지원**이라는 **세 가지 측면의 핵심과제**를 제시

〈 DATI 3대 핵심과제 주요 내용 〉

과제	주요 내용
(핵심과제 1) 네트워킹 활성화	• 기술 이전 및 혁신 생태계의 다양한 이해관계자를 연결하고 활성화하여 협력 네트워크 구축 - 기술 이전 과정에서 관련 행위자들의 네트워킹을 활성화하여 연구혁신 정책 설계와 구현 과정에서 행위자의 비중 확대 - 이를 위해 새로운 아이디어, 지식, 기술, 관행, 조직 모델, 우수 사례 전파를 위한 현대적인 네트워킹 및 교류 장려하고 글로벌 네트워킹 기회 제공
(핵심과제 2) 정보, 조언, 코칭	• 기술 이전 및 혁신 프로세스에 필요한 정보와 역량을 제공하고 참여자들의 능력 강화 - 기술 이전 및 혁신과 관련된 정보를 투명하고 체계적으로 제공 - 연구 지식 이전과 혁신 프로세스를 촉진하기 위해 맞춤형 상담 및 코칭 프로그램을 통해 기술 이전 및 혁신 역량 개발 지원 - 기존 지원 체계 및 자원을 활용하여 참여자 간의 접근성 제고 • 기술 이전 및 혁신 참여자의 이해와 실행 역량을 높이며, 지속가능한 혁신 생태계 조성
(핵심과제 3) 자금 지원	• 응용연구 및 기술 이전의 효과적인 구현을 위한 재정적 지원 제공 - 2029년까지 DATI 파일럿 프로젝트 기반 연방교육연구부의 「혁신 스프린트」 사업 지원 - 다년간에 걸친 기술 및 혁신 이전 파트너와의 협력 네트워크를 구축하는 「혁신 커뮤니티」 사업 병행 추진

- DATI 파일럿 프로젝트와 연계된 조직 구성을 시작으로 **향후 4년 이후**부터 완전한 기능과 역할을 가진 **전문 '기술 및 혁신 이전 촉진 기관'으로 역할**을 할 전망

〈 DATI 로드맵 〉

시작 단계 (1년)	개발 단계 (2~3년차)	정규 운영 (4년차~)
• 핵심 인력 확보 • 거버넌스, 절차, 인프라, 요구사항 준비 • 활성화를 위한 인적 네트워킹 및 이전 관련 행위자 연계 • 자문 및 정보 제공 채널 확보 • 네트워킹 및 자금 조달 지침 개발 • DATI를 통한 파이낸싱 여건 확보 • 디지털 서비스 플랫폼 구축 • 마케팅, 홍보, 커뮤니케이션 전략 정의	• 업무 분장에 따른 팀 구조 명확화 • 국내 6개 지역 연락창구 구축 • 완전한 형태의 정보 및 자문 서비스 구축 • 새로운 파트너 확인 및 혁신 파트너, 이전 행위자 협력 진행 • DATIpilot 모듈 공개 • 새로운 요구 기반 자금 지원 사업 제안 요청 • 국내 및 글로벌 네트워킹 기반 협업 추진 • 디지털 서비스 플랫폼 역할 확대 • 자체 사업 평가 및 모니터링 시스템 구축 완료	• 독립 기관으로서의 완전한 형태 확립 • 이해관계자들에게 혁신을 위한 중심 역할 자리매김 • 국내 및 해외 네트워크 강화, 확장, 교류 정례화 • DATIpilot을 통한 2개 프로젝트 조율, 완료, 우수 사례 마련 • 새로운 요구 기반 자금 지원 1차 프로그램 공개 • 새로운 아이디어에 대한 펀딩 제안 지속 • 디지털 서비스 플랫폼 기능 추가 확장 • 자체 사업 평가 및 모니터링 추가 개발

출처 : 독일 연방교육연구부 (2024.11.6.)
https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2024/11/061124-DATI.html

8 독일, 안보 위협 증가에 따른 과학 연구 시스템의 변화와 대응 보고서 발표

독일 안전 관련 연구에 대한 공동 위원회(GA)*는 이중 용도 연구(dual-use research)** 문제에 관해 독일 과학 시스템에 조언을 제시한 보고서*** 발표('24.11.)

* GA, Der Gemeinsame Ausschuss zum Umgang mit sicherheitsrelevanter Forschung, 독일연구재단(DFG)과 국립과학원 레오폴디나(Leopoldina)가 설립한 자문 기구로, 안전과 관련된 연구와 오남용에 대한 위험을 지속적으로 관찰하고 필요한 조치를 탐색하며 자문을 제공

** 과학적 발견이나 기술이 민간 및 군사적 목적으로 동시에 사용될 가능성이 있는 연구를 지칭

*** Wissenschaftsfreiheit und Sicherheitsinteressen in Zeiten geopolitischer Polarisierung

- 본 보고서는 **지정학적 분극화와 기술적 발전이 과학 연구에 미치는 영향**을 분석하고, **과학 자유와 안보 이익 간의 균형을 모색**하기 위한 목적으로 작성
  - 지정학적 갈등, 특히 중국과 러시아와의 경쟁은 과학 연구에서 안보의 중요성을 부각했으며, 이로 인해 민간과 군사 연구의 경계가 재평가되고 국제협력의 위험성이 대두
  - 이중 용도 연구는 연구 결과가 오용되거나 국가 간 기술 우위를 위협할 수 있는 위험이 존재하므로, 투명성과 책임성을 바탕으로 국제협력을 관리하고 윤리적 지침과 규제를 통해 신중히 조율하는 전략이 필요
- 공동 위원회는 **오남용으로 인해** 인간 존엄성, 건강, 자유, 재산, 환경, 평화 등의 **핵심 가치를 직·간접적으로 위협할 수 있는 분야를 특정**하고 이에 대한 **우려를 표명**
  - 그러나 해당 분야 연구 중단은 윤리적 관점에서 더 큰 문제가 될 수 있기 때문에 신중한 고려가 수반되어야 한다고 언급

    ※ 치료법이나 백신 개발 중단, 환경과 기후 보호 중단은 공공 이익을 심각하게 저해할 수 있음

〈 주요 연구 분야 및 안전 이슈 〉

과제	주요 내용
병원체 연구 부문에서 위험	• 고병원성 병원체 연구는 자연 발생 위험에 대응하기 위해 새로운 위험을 감수해야 하는 딜레마를 내포 – 조류독감 기능 획득 연구는 질병 전파 이해를 돕지만, 악용 가능성으로 논란된 바 있음 – 코로나19 기원 조사 중 우한 연구소와 관련된 의혹이 제기되었으나, 과학적 가능성이 낮다고 평가 • 이와 같은 논쟁은 미국을 비롯한 여러 국가에서 공공 연구 기획 과정에서 보호 장치와 규제의 필요성을 더욱 부각시키는 계기가 됨
생성형 인공지능으로 인한 오남용 위험	• 머신러닝과 생성형 인공지능 기술은 ChatGPT와 같은 대규모 언어 모델을 통해 큰 잠재력을 보여주는 동시에, 윤리적·안보적 위험을 초래할 수 있음 – 연구자들은 ChatGPT를 활용해 짧은 시간 내 군사 작전 시뮬레이션을 생성했으며, 이는 기존 군사용 프로그램보다 뛰어난 결과를 보임 – 민간용 AI 약물 독성 테스트 소프트웨어가 치명적인 독성 물질을 쉽게 식별할 수 있어, 생물무기 개발에 악용될 가능성이 확인 • 비전문가도 위험 기술을 신속히 도입할 수 있다는 점에서 위험성이 크며, AI 기술의 긍정적 가능성을 유지하면서 오용을 방지하기 위한 윤리적 기준과 안전 관리가 필수적

- 지정학적 갈등과 이중 용도 연구의 잠재적 위험이 드러남에 따라, 독일은 **과학 자유를 보장**하면서도 **연구 결과의 윤리적·안보적 위험을 체계적으로 관리**하기 위해 **'안전 관련 연구 윤리 위원회(KEFs)'***를 **설립·운영** 중

  * Kommissionen für Ethiksicherheitsrelevanter Forschung

  ※ 공동 위원회는 KEFs와의 긴밀한 협력을 통해 과학의 자율 규제 틀 내에서 연구 자유를 책임감 있게 다룰 수 있도록 지원

  - KEFs는 연구 결과가 오용될 가능성을 사전에 평가하고, 필요할 경우 연구 중단을 권고함으로써 과학 자유와 공공 안전 간의 균형을 유지

    ※ 2016년~2023년 동안 KEFs는 최소 124건의 사례를 검토했으며, 이 중 9건에 대해서는 연구가 심각한 위험을 초래할 가능성이 크다고 판단하여 전면적인 연구 중단을 권고

  - 독일 전역에서 최소 122개의 KEFs 또는 유사한 기관이 운영 중이며, 이들은 300개 이상의 연구소에 대해 연구 윤리 및 안보와 관련한 조언을 제공

    ※ KEFs는 사례 분석을 통해 연구 윤리의 기준을 강화하고, 과학자들에게 자율적으로 윤리적 결정을 내릴 수 있는 지침과 지원을 제공

- 보고서는 이러한 **과학의 자율 규제**가 과학자들의 책임 있는 연구 태도를 장려하고, 국제 사회에서 **독일 연구의 신뢰성을 높이는 중요한 도구**임을 강조하며 향후 과제 제시

1) 안전 관련 연구 분야의 절차와 새로운 발전에 대한 모니터링 및 정보 전달

- GA는 작동 가능한 절차와 새로운 연구개발 동향을 지속적으로 모니터링하고, 이를 과학계, 정치권, 대중, 국제 사회에 이르기까지 효과적으로 전달할 계획

2) 독일 연구(지원)기관의 평가 역량 강화

- GA는 연구기관들이 안전 관련 윤리적 측면을 책임감 있게 다룰 수 있도록 평가 역량을 강화
- 이를 위해 KEFs의 자문 경험과 국내·외 관련 정보를 수집하고 이를 네트워크화하여 공유할 계획

3) 연구와 교육에서 안전 관련 윤리적 측면 통합

- GA는 연구와 교육에서 안전 관련 윤리적 측면을 통합하기 위한 권고안의 실행 가능성을 검토하고, 이를 효과적으로 구현하기 위한 방법을 모색할 예정

출처 : 독일연구재단 (2024.11.15.)
https://www.sicherheitsrelevante-forschung.org/publikation-taetigkeitsbericht2024/

Ⅱ 주요 동향(2) : ICT

1 생성형 AI 결합한 '하이브리드 검색엔진' 시대로 진입 가속

'키워드'에서 '대화' 중심으로 이동하는 검색 시장, 전통의 강자 '구글' 위상 흔들

- 챗GPT가 촉발한 생성형 AI 기반의 검색엔진이 사용자 경험을 획기적으로 개선하는 차별화 기능과 서비스를 앞세워 철옹성 같았던 구글 검색엔진을 넘어설 수 있을지 이목 집중
  - 구글 검색엔진은 검색창을 직관적으로 보여주는 단순한 인터페이스에서 뉴스·이미지·동영상 등 다양한 검색이 가능하고 초기부터 다국어를 지원하는 전략을 통해 전 세계 사용자들의 접근성을 높이는 데 성공
  - 이에 더해 온라인 광고 플랫폼을 도입하며 강력한 수익 모델을 확보하면서 구글 검색엔진은 수익 창출의 근원으로 성장
  - 사티아 나델라 마이크로소프트 CEO는 '검색 시장에서 구글로부터 1%의 시장 점유율을 뺏어오면 연간 20억 달러(약 2조 6,000억 원)의 매출을 올릴 수 있다'고 설명할 정도로 중요성이 높은 시장
- '22.11월 챗GPT 등장으로 초거대언어모델 기반의 대화형 AI 서비스 개발이 활기를 띠게 되면서 AI와 검색엔진을 결합한 하이브리드 방식의 AI 검색엔진이 화두로 부상
- 빅테크의 경우 마이크로소프트가 챗GPT를 접목한 New Bing을 선보였고 AI 스타트업 중에서는 퍼플렉시티가 급부상하며 구글에 도전장
- 이에 대응해 구글도 지난 5월 연례 개발자 회의에서 생성형 AI 제미나이를 탑재한 검색 기능 'AI 오버뷰'(6개국, 한국 제외) 출시를 발표하는 등 검색엔진 시장 수성을 위해 고군분투
- 국내에서도 검색 시장을 장악하고 있는 네이버가 자체 초거대언어모델을 검색엔진에 결합한 '큐' 서비스로 경쟁에 가세했으며 AI 스타트업 뤼튼, 솔트룩스 등이 활약
- DATA INTELO 자료에 따르면 글로벌 검색엔진 시장은 2023년 2,055억 달러에서 2032년 5,074억 달러에 달해 CAGR 11.0%의 성장률을 기록할 전망

구글 아성에 도전하는 빅테크의 검색엔진 시장 진출, 오픈AI도 데뷔

- **(오픈AI)** 사용자 질문에 답변하고 응답하는 챗GPT 기술력에 더해, 답변을 요약·비교 정리하고 출처 등을 제시하는 '챗GPT 서치(ChatGPT Search)' 출시(10.31.)
  - 7월 프로토타입을 선보인 후 3개월 만에 챗GPT 유료 구독자를 대상으로 챗GPT 서치 정식 출시를 발표했으며 무료 사용자에게는 몇 달 내 제공 계획
  - 챗GPT 서치는 사람과 대화하듯이 질문하고 답변 가능한데 질문을 길고 복잡한 문장으로 이야기하더라도 질문 의도를 파악해 답변 제공
  - 챗GPT 서치는 사용자가 다른 AI 모델을 선택하여 맞춤형 검색을 수행하기에는 다소 부족하고 한국어 검색에 대한 답변의 질이 상대적으로 낮다는 평가
- **(퍼플렉시티)** 오픈AI 출신 개발자들이 개발·출시('22.7.)한 검색엔진으로, 구글 대항마로서 정보 출처를 상세 제시하며 높은 신뢰성이 강점
  - 기존 검색엔진이 링크 목록을 제공하는 것과 달리, 퍼플렉시티는 실시간으로 인터넷을 검색해 이해하기 쉬운 일상 언어로 빠르고 명확한 답변을 제공
  - 실시간 웹 검색, 답변 출처 제공, 멀티미디어 참고 자료, 다양한 플랫폼(안드로이드·iOS) 지원, 프로 검색 기능 등이 특징
  - 거대언어모델(LLM)을 기반으로 대화형 AI 검색 서비스를 제공하는 기업으로 엔비디아, 아마존 창업자 제프 베이조스 등의 투자를 유치하며 빠르게 성장
- **(MS)** 구글을 견제해 출시했던 빙은 글로벌 2위라는 타이틀에도 불구하고 불과한 자릿수 점유율에 머물렀으나 최근 생성형 AI 도입 후 달라진 변모 과시
  - MS는 오픈AI의 최대 주주로 챗GPT 초거대언어모델 엔진을 자사의 다양한 서비스에 접목
  - 2023년 2월 오픈 AI의 초거대언어모델을 적용한 '뉴 빙' 검색엔진을 발표하고 불과 1개월 만에 GPT-4 버전으로 업데이트하는 등 검색엔진 시장에 승부수
  - 빙은 지난해 12월 점유율 10.53%로 처음으로 10%를 돌파한 뒤 올해를 기점으로 10%대에 완벽히 안착했으며 특히 MS와 구글의 본고장인 미국에서 성장세 두각
- **(구글)** 자사의 생성형 인공지능(AI) 제미나이(Gemini)를 탑재한 새로운 검색 기능인 'AI 오버뷰(AI Overview)'를 6개국(한국 제외)에 추가 제공
  - AI 오버뷰는 구글이 지난 5월 '구글 연례 개발자 회의(Google I/O)'에서 정식 출시한 생성형 AI 탑재 검색 기능
  - 구글 웹사이트에서 검색 시, 관련성 높은 링크를 순서대로 제공하던 기존과 달리 최상단에 제미나이가 요약한 내용을 우선 노출

- **(메타)** AI 에이전트 서비스 '메타 AI(왓츠앱·페이스북 메신저·인스타그램 등)에서 사용할 수 있는 검색엔진 개발에 착수
  - 메타 AI 이용자가 질문을 던지면 AI가 생성한 검색 결과를 대화형으로 제공하는 것이 목표
  - 이를 위해 메타는 최소 8개월 넘게 웹 크롤링(자동으로 웹사이트 정보를 탐색하고 수집하는 작업)을 통해 데이터베이스를 구축 작업 진행
  - 메타의 검색엔진 개발은 생성 AI가 고도화되는 과정에서 경쟁사 검색엔진 의존도가 높아지는 것을 막기 위한 움직임
- **(네이버)** 국내 시장 우위를 점하고 있지만 MS·구글 등 빅테크 대비 AI 서비스가 미약하다는 평을 받으면서 스마트 블록과 같은 AI 기능을 추가해 오다 '큐(Cue:)'를 개발해 테스트 중
  - Cue:는 언어 모델에 추론(reasoning), 검색 계획(planning), 도구 사용(tool usage), 검색 기반 생성(retrieval-augmented generation) 기술을 결합한 AI 생성형 검색 서비스
  - 빅테크의 AI 검색엔진과 유사하게 키워드 방식을 넘어 사용자 의도와 맥락을 이해하여 최적화된 검색 결과를 제공, 현재 PC 버전에서만 시범 테스트 중이며 연내 모바일 버전 출시 예정
  - 특히 모바일 버전은 PC와 달리 카메라나 마이크를 활용하기가 쉽기 때문에 이미지와 음성 등을 처리할 수 있는 멀티모달 기술을 접목할 계획
- **(뤼튼)** 글쓰기와 그림 그리기 기능에 특화되어 있으며 사용자 친화적인 인터페이스를 통해 쉽게 접근 가능
  - 컨슈머 AI(소비자의 경험·편의·놀이에 집중한 AI 서비스) 사용자들의 이용 패턴을 분석한 '2024 뤼튼 유저 리포트'에 따르면 10월 기준 뤼튼의 MAU는 약 532만 명으로 집계
  - 이와 같은 성장세의 배경에는 사람과 대화하는 것처럼 자연스러운 채팅과 간편하고 정확한 검색 서비스가 뒷받침
  - 또한 생성형 AI 서비스 초기에 AI 프로필과 같은 MZ세대를 사로잡는 기능과 AI 검색 등으로 젊은 층 공략에 집중했으며 GPT-4.0을 무료 사용할 수 있다는 점도 접근성을 낮췄다는 평가

- **(라이너)** 대학생과 연구 종사자들을 위해 설계된 AI 연구 도우미로 신뢰할 수 있는 정보와 출처를 빠르게 찾는 데 도움
  - GPT-4o, 클로드, 제미나이, 라마와 라이너만의 고품질 데이터를 결합해 정보 탐색에 최적화된 AI 검색 서비스 제공
  - 연구 과정에서 신뢰할 수 있는 출처(예 : 학술 논문, 신뢰할 수 있는 웹사이트)를 기반으로 답변을 생성하여 필요한 정보를 단일 검색으로 찾을 수 있게 지원
  - 2022년 진행한 시리즈 B1에서 110억 원, 금년 10월 시리즈 B2에서 270억 원, 시리즈 B 라운드에서 380억 원 확보, 총 누적 투자금은 440억 원을 자금을 기반으로 AI 검색 시장 활약 예고
- **(구버)** 솔트룩스의 미국 자회사 구버가 AI 검색 서비스 '구버' 프리뷰 버전을 한국과 미국 시장에 공개(11.6.), 11월 중 정식 출시할 계획으로 B2C AI 시장에 본격 합류
  - 해당 버전은 전 세계의 다국어 웹 정보를 포함해 유료 구독 서비스까지 탐색, 질문에 최적화된 답변과 출처를 제시
  - 자동 생성 AI 리포트, 편리한 소셜 미디어 공유, 개인 자료 및 구독 웹사이트 추가, 맞춤형 콘텐츠 추천 등이 강점
  - 자체 진행한 질의응답 품질 비교 한국어 테스트에서 정확성 98%와 최신성 97%를 기록하며 퍼플렉시티의 70%와 68%를 앞지른 것으로 조사, 챗GPT 서치와 비교해서도 더 높은 최신성 달성
  - 또 자세한 답변을 얻을 수 있는 '심층 답변' 기능을 구현했고 자동 생성 AI 리포트의 형식을 '비교 리포트'와 '소셜 미디어 포스팅' 등으로 다양화

출처 : 서울경제 외 (2024.11.)
http://www.internettrend.co.kr/trendForward.tsp
https://brunch.co.kr/@yongjinjinipln/162
https://www.sedaily.com/NewsView/2DGP8YRO3A'
https://www.etoday.co.kr/news/view/2368736
https://m.sedaily.com/NewsViewAmp/2DGQMA8E3O
https://www.aitimes.kr/news/articleView.html?idxno=32636
https://www.apple-economy.com/news/articleView.html?idxno=74598
https://www.donga.com/news/It/article/all/20241101/130342172/1
https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=164738

2 가트너(Gartner), 2025년 10대 전략기술 트렌드 발표

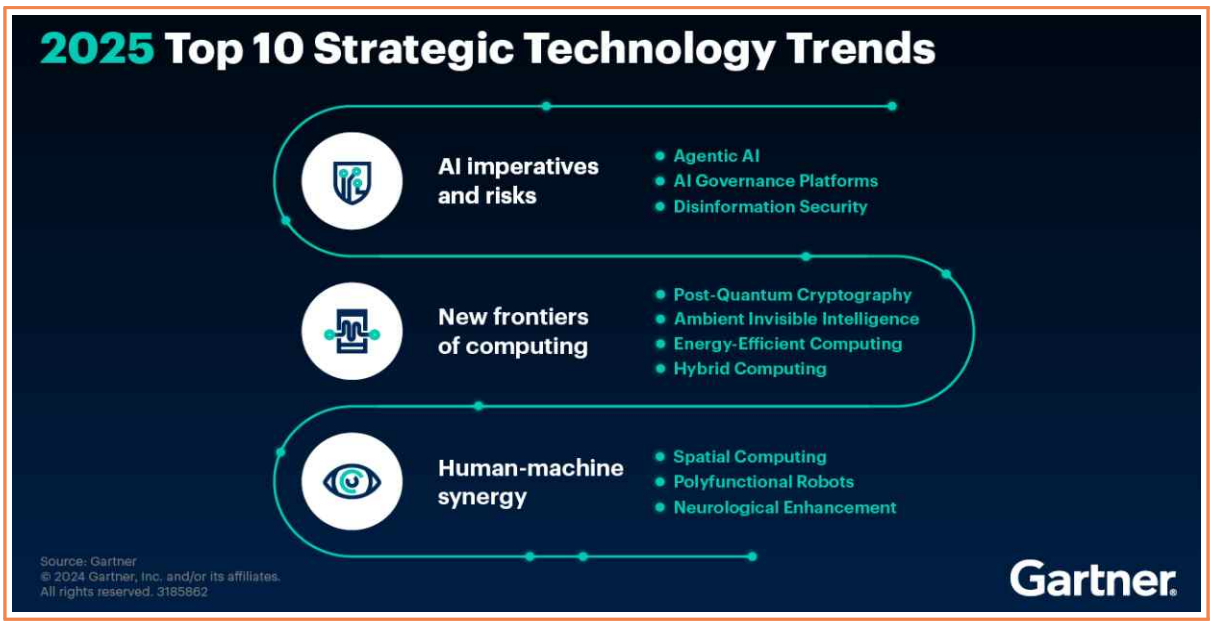
2025년 기술 트렌드, AI 거버넌스 플랫폼·허위 정보 보안·공간컴퓨팅 등 선정

- 글로벌 연구 조사 기업 가트너(Gartner)가 주요 전략 전망을 담은 '2025년 주목해야 할 10대 전략기술'*을 발표(10.21.)

  * Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2025

  - 2025년 10대 전략기술은 △AI 필수 사항 및 위험(AI imperatives and risks), △컴퓨팅의 새로운 지평(New frontiers of computing), △인간과 기계의 시너지(Human-machine synergy) 등 3가지 트렌드 범주로 귀결

〈 가트너의 2025년 10대 전략기술 트렌드 〉



출처 : Gartner, 2024.10.21.

기업의 비즈니스 방향성을 제시하는 10대 전략기술 전망

- AI 필수 사항 및 위험: AI imperatives and risks

  - (① **에이전트형** AI : Agentic AI) 사용자의 목표를 자동으로 계획하고 실행하는 지능형 소프트웨어 시스템으로 사용자의 업무 부담을 완화

  - (② **AI 거버넌스 플랫폼** : AI Governance Platforms) AI 사용에 따른 윤리적, 법적 문제를 관리하고 정책을 시행하기 위한 시스템으로 AI 사용의 투명성과 책임성을 향상

  - (③ **허위 정보 보안** : Disinformation Security) 가짜뉴스 및 딥페이크 등 허위 정보 위협에 대응하기 위한 보안 기술

- 컴퓨팅의 새로운 지평 : New frontiers of computing
  - (④ **포스트 양자 암호화** : PQC) 양자 컴퓨터의 해독 위험에 대응할 수 있는 데이터 보호 기술
  - (⑤ **앰비언트 인비저블 인텔리전스** : Ambient Invisible Intelligence) 초저가의 소형 스마트 태그와 센서를 사용하여 대규모 추적 및 감지를 가능하게 하는 기술
  - (⑥ **에너지 효율적 컴퓨팅** : Energy-efficient computing) AI 발전으로 인한 에너지 소비를 크게 줄이는 컴퓨팅 기술
  - (⑦ **하이브리드 컴퓨팅** : Hybrid computing) 복잡한 계산 문제를 해결하기 위해 컴퓨팅, 저장 및 네트워크 메커니즘을 결합한 시스템으로 연산 능력을 혁신적 향상
- 인간과 기계의 시너지 : Human-machine synergy
  - (⑧ **공간 컴퓨팅** : Spatial Computing) 증강 현실(AR), 가상 현실(VR)과 같은 디지털 기술을 통해 물리적 세계를 디지털 방식으로 향상
  - (⑨ **다기능 로봇** : Polyfunctional Robots) 한 가지 작업만 수행하는 로봇과 달리 여러 가지 작업을 수행할 수 있는 로봇 시스템
  - (⑩ **신경학적 향상** : Neurological Enhancement) 뇌 활동을 읽고 해석하여 인간의 인지 능력을 향상시키는 기술

출처 : 가트너 외 (2024.10.)
https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024
https://kasa.go.kr/web/main.do?screenTp=USER
https://byline.network/2024/10/22-359/
https://byline.network/2024/10/23-364/
https://www.datanet.co.kr/news/articleView.html?idxno=197177
https://www.digitalbizon.com/news/articleView.html?idxno=2337714

3 차세대 우주·통신 산업 이끌 'ISL' 기술 경쟁 본격화

우주 인터넷 실현할 '위성 간 레이저 통신(ISL : Inter Satellite Link)' 기술 주목

- 효율적인 송수신 성능, 소형화·경량화, 저렴한 비용 등을 갖춘 저궤도 위성(LEO, Low Earth Orbit)이 전 세계 광대역 인터넷서비스 제공을 위한 차세대 네트워크 시스템으로 부상
  - 저궤도에서 서비스를 제공해 전파 왕복 시간이 짧고 위성을 통하기 때문에 사막·산지, 바다 위 등 인터넷이 지원되지 않던 곳에서도 네트워크를 따로 구축하지 않고 서비스를 제공할 수 있는 점이 특징
  - 커버리지 제약을 극복하여 선박·자동차·드론 등의 유력한 통신 수단으로 활용할 수 있어 미래 모빌리티 등 초연결 사회를 위한 차세대 필수 네트워크 시스템으로 주목
- 특히, 저궤도 위성에 탑재돼 위성 대(對) 위성의 데이터를 '레이저'로 주고받으며 통신을 가능하게 하는 '위성 간 레이저 통신(ISL)' 기술이 차세대 저궤도 위성 통신의 핵심기술로 각광
  - 기존 정부 주도로 개발하여 발사·운영해 온 중대형 위성은 숫자가 많지 않아 지상국을 통해 제어할 수 있었지만, 최근 스페이스X·아마존·원웹 등 민간 기업들이 수 천대 규모의 위성통신망 구축을 추진하면서 지구 주변 위성 수가 급증하는 추세
  - 지상국을 통해 일일이 제어하기가 어려워 기존 통신용 전자기파인 전파(RF) 대신 레이저를 이용해 한계를 극복한 ISL이 차세대 저궤도 위성통신의 핵심기술로 주목

韓, ISL 기술개발에 속도 내며 글로벌 저궤도 위성통신 시장 맹추격

- 한화시스템은 국내 최초로 '저궤도 위성용 위성 간 레이저 통신(ISL) 프로토타입의 중거리 지상 통신 시연'에 성공했다고 발표(10.15.)
  - 우주 공간에 비해 대기 외란 등 통신 장애 요소와 날씨, 지형 변수가 많은 지상 환경에서 1Gbps 전송 속도의 인터넷 원거리 접속 시연에 성공한 것으로, 레이저 통신 기능을 1차 검증하였으며 국내에서 ISL 장비 개발 및 성능시험에 성공한 것은 이번이 처음
  - 향후 고등광기술연구소, 스위스 베른대학교 응용물리연구소와의 협업을 통해 우주 환경과 유사한 해발 4,000m 이상 산악 고지대에서 추가 시연을 진행할 예정
- KT의 위성통신 자회사 KT샛도 관련 기술을 가진 독일 리바다스페이스네트웍스(Rivada Space Networks)와 업무협약을 맺고 국내 서비스를 넘어 ISL 기반 글로벌 위성통신 사업 협력(5.29.)

- 아울러, 우주항공청은 신규 프로젝트 탐색 연구의 일환으로 '차세대 군집위성 간 ISL 검증 플랫폼 구축 사업 기획'에 착수하며 개발 준비 본격화
  - 한국항공우주연구원을 통해 2025년 7월까지 관련 사업을 구체화하기 위한 기획 연구를 수행할 방침이며 선진국처럼 ISL 기술을 확보하고 관련 인프라 구축을 지원하는 사업을 검토하겠다는 것으로 풀이
  - 올해 초소형군집위성 1호 발사를 기점으로 국산 군집위성 체계도가 구축된 만큼 우주항공청의 과제를 통해 ISL의 사업이 구체화될 것으로 기대

➔ 이미 스페이스X·아마존 등은 전용 레이저 통신 단말기를 개발하고 상용화하는 추세

- 스페이스X는 위성 발사와 운용에 필요한 지상국을 둘 수 없는 극지방 상공으로 스타링크 망을 확장하기 위해 2021년 초 ISL 기술을 탑재한 첫 스타링크 위성을 발사
  - 이를 통해 통신 지연시간도 기존 55ms(1,000분의 1초)에서 20ms로 단축하였으며 당시 일론 머스크는 "광케이블을 이용하는 지상 광케이블보다도 40% 빠른 속도를 바탕으로 지연시간을 극적으로 줄일 수 있다"라고 설명
- 미국 방산기술 기업 CACI 인터내셔널은 국방부 산하 연구기관 국방고등연구계획국(DARPA)과 ISL 기술 시연에 성공('22.5.)
  - 위성을 활용한 군사작전에도 ISL이 필수라는 미국 국방부 판단에 따라 실리콘밸리 기업 SA포토닉스 인수를 통해 관련 기술을 확보하여 40여 분간 100㎞ 이상 거리에서 200Gb의 데이터를 송수신
- 아마존은 스타링크에 대항한 위성통신 사업 '프로젝트 카이퍼(Project Kuiper)'의 일환으로 ISL 기술 공개('23.12.)
  - 관련 장치를 탑재한 프로토타입(시제품) 위성인 '카이퍼샛1(KuiperSat-1)'과 '카이퍼샛2(KuiperSat-2)'는 1시간여 동안 1,000㎞ 거리에서 초당 100Gb의 연결을 유지
- 원웹도 600여 대의 1세대 위성에 이어 준비 중인 2세대 위성에 ISL 탑재를 추진 중

출처 : 조선일보 외 (2024.10.)
https://www.sedaily.com/NewsView/2DGSHUPA9O
https://www.newsis.com/view/NISX20241016_0002922642
https://newsis.com/view/?id=NISX20230417_0002269568&cID=13005&pID=13100
https://www.chosun.com/economy/tech_it/2024/10/15/T3GYHFG22RCZ5EVHSOQEQ5BHHA/?utm_source=naver&utm_medium=referral&utm_campaign=naver-news

4 글로벌 TV 신흥 강자 TCL, QLED TV 진위 논란 직면

한솔케미칼, 'TCL QLED TV' 과대광고 문제로 공정위에 제소

- 디스플레이·이차전지·반도체 등 첨단소재 생산기업 한솔케미칼은 중국 TV 업체인 TCL에 대해 'QLED TV의 광고법 위반'을 이유로 공정거래위원회에 제소한 사실을 공개(11.11.)
  - 퀀텀닷(QD·양자점) 관련 연구개발을 위해 시중에서 판매되는 QLED TV 시장 조사 결과, TCL QLED TV 제품 중 일부에 QD 소재가 사용되지 않은 점을 발견했다는 것이 제소 이유
  - 한솔케미칼이 지난 9월 글로벌 시험인증기관인 인터텍과 SGS에 의뢰해 조사한 결과 TCL QD TV 3개 모델에서 '인듐(In)'과 '카드뮴(Cd)'이 검출되지 않았다는 사실을 확인
  - QD를 만들려면 인듐이나 카드뮴을 반드시 사용해야 하는데 TCL이 국내에서 판매 중인 QD TV 3개 모델(65인치 C655/75인치 C655프로/65인치 C755)에서는 인듐이나 카드뮴이 검출되지 않았으며 이는 표시광고법 위반이라는 주장
  - 디스플레이 전문가들은 새로운 재료에 대한 연구가 진행되고 있으나 현재 TV의 QD에는 카드뮴이나 인듐 중 하나는 무조건 쓰이고 있다며 이들 소재가 없으면 QD 기술 적용을 인정할 수 없다는 견해

TCL, QD TV 논란 반박, 공정위 조사 여부 주목

- TCL은 4mg/kg(1kg당 4mg)의 카드뮴을 사용한 QD 필름을 적용했다고 밝혔는데 이는 한솔케미칼의 신고 내용과 배치되기 때문에 공정위 조사에서 사실 여부가 가려질 전망
  - 중국 TCL 본사는 QD TV에서 카드뮴이나 인듐이 검출되지 않았다는 분석에 대해 공급사들로부터 QD 필름을 받아 TV를 제조하고 있다고 답변
  - 아울러 공급사에 따라 QD 함량에 차이가 있을 수 있지만 확실히 카드뮴 성분이 포함되어 있다고 설명하며 분석 결과 공개
  - QD 필름을 만드는 TCL 협력사 광동리전시어드밴스드머티리얼즈가 시험분석 업체 SGS에 의뢰해 조사한 결과, QD 필름 속 카드뮴 함량이 4mg/kg(1kg당 4mg)으로 드러나며 분명히 사용했다고 반박
  - QD 필름을 확실히 썼기 때문에 TV에는 문제가 없고 시험에 오류가 있다고 주장

- 공정위는 자체적으로 인지하거나 신고가 접수된 사건에 대해 검토 후 착수 여부를 결정하는데, 한솔케미칼이 제기한 내용에서 위반 혐의가 있다고 판단되면 TCL 조사를 시작 예정
  - 위반 여부 조사 시 결과에 따른 조치에 나설 예정이며 만약 위반 사실이 밝혀지면 경고, 시정명령, 과징금, 형벌 및 과태료 처분 가능

글로벌 및 한국 TV 시장 잠식하는 TCL 성장에 제동 가능

- 최근 TV 시장은 가성비를 앞세운 중국 업체들이 미니 LED TV로 중저가형 TV 시장을 완전히 장악했으며 프리미엄 시장 공세도 강화해 한국 TV 업체들의 점유율을 빠르게 침투
  - 미니 LED TV는 LCD TV 대비 백라이트유닛(BLU) 크기는 작지만, 많은 숫자의 LED 소자를 사용해 밝기·명암비·색 재현력 등 개선, OLED 화질에는 열세이나 가성비 측면에서 강점
- 대표주자인 TCL은 글로벌 시장 점유율(출하량 기준)에서 이미 2년 전인 2022년에 LG전자를 따돌리며 2위로 올라섰고 최근 '부동의 1위' 삼성전자도 위협하는 모양새
  - 카운터포인트리서치에 따르면 2024년 2분기 세계 TV 시장(출하량 기준)에서 삼성전자가 15%로 1위를 유지한 가운데 TCL(11%), 하이센스(10%), LG전자(9%), 샤오미(4%) 순
- 프리미엄 TV 시장에서는 삼성전자 33%, LG전자 18%로 과반을 차지하며 우위를 보이고 있으나 중국 기업 역시 빠르게 추격할 것으로 예상, 선도 입지 유지를 위한 전략 다변화 필요
  - 삼성전자는 AI TV를 비롯해 2,500달러 이상, 초대형 TV, 네오 QLED, OLED 등 프리미엄 제품 판매 전략에 집중해 프리미엄 시장을 수성한다는 구상
  - LG전자는 공감지능 TV '올레드 에보'를 필두로 투명, 무선, 벤더블 등 다양한 폼팩터와 업계 최대 라인업을 앞세워 차세대 프리미엄 TV 리더십을 공고히 해나간다는 계획

출처 : 전자신문 외 (2024.11.)
https://www.etnews.com/20241108000184
https://www.tcl.com/kr/ko/tvs/115x955
https://www.etnews.com/20240905000299
https://www.etnews.com/20240908000046
https://biz.chosun.com/industry/business-venture/2024/11/11/4PL65CGE5NH7LIVUDT6762RJNY/

5 AI 시대 새로운 도약의 핵심 열쇠 '양자 컴퓨팅' 기술개발 활기

양자(Quantum) 기술, 미래를 변화시킬 혁신의 시작

- 양자 기술은 양자 고유의 특성(얽힘·중첩 등)을 활용하여 기존 기술 한계를 뛰어넘는 초고속 연산(양자 컴퓨팅)·초신뢰 보안(양자통신)·초정밀 계측(양자 센서)을 가능하게 하는 혁신 기술
  - 중첩, 복제 불가, 얽힘, 불확정성 등 물리적 고유한 특성을 보유하며 기존 컴퓨터의 한계점을 초월해 연산과 통신이 가능한 획기적인 기술로 주목
  - 또한 AI·클라우드 등 ICT뿐만 아니라 화학·제약·의료·금융·물류 등 다양한 산업 분야에 적용되어 생산성을 높이고 새로운 비즈니스 모델을 창출하며 AI 시대 새로운 가능성을 여는 체인저로 주목

IBM·구글 주도로 양자 컴퓨터 기술 경쟁 가열, 후발주자 속속 가세

- 최근 양자 컴퓨팅 선도자 IBM과 구글은 개발 성과를 공개하며 시장 지배력을 강화하고 있으며 마이크로소프트·OptQC 등도 공격적으로 투자 전개
- (IBM) 자사 양자컴퓨터에서 복잡한 알고리즘을 신속하고 정확하게 실행할 수 있도록 해주는 새로운 양자 프로세서 '퀀텀 헤론(Quantum Heron)' 공개(11.14.)
  - 퀀텀 헤론은 IBM의 양자 프로세서로 IBM 글로벌 양자 데이터센터를 통해 사용할 수 있으며 양자 소프트웨어 프레임워크인 퀴스킷(Qiskit)을 활용해 특정 클래스의 양자 회로를 최대 5,000개의 2큐비트 게이트 연산까지 정확하게 실행하는 점이 특징
  - 사용자는 이러한 IBM 퀀텀 헤론의 성능을 활용해 재료, 화학, 생명과학, 고에너지 물리학 등 다양한 분야의 과학적 문제를 양자 컴퓨터로 해결하는 방법을 탐구할 수 있을 전망
- (구글) 양자 컴퓨팅 개발에 속도를 내기 위해 AI 반도체 선두 주자인 엔비디아(NVIDIA)와 협력(11.18.)
  - 구글의 양자 AI 부서는 엔비디아 슈퍼컴퓨터 에오스(Eos)를 이용해 양자 프로세서가 작동하는 데 필요한 물리적 상황을 모의 실험할 예정
  - 소음을 억제하면서 양자 하드웨어의 규모를 키워야만 상업적으로 유용한 양자컴퓨터 개발이 가능한 만큼, 양자 컴퓨팅의 한계를 극복해 낼 수 있을 것으로 기대

- **(마이크로소프트)** 중립 원자(neutral atom) 기술로 유명한 아톰(Atom) 컴퓨팅과 협업을 통해 중성원자를 기반으로 24개의 논리적 큐비트를 만드는 데 성공(11.19.)
  - 캣 상태라고도 하는 얽힘상태는 큐비트가 중첩되는 것으로 양자 컴퓨팅 구현을 위해 필수적으로 요구되는 기술로 24개 큐비트가 모두 논리적으로 얽히는 상태를 구현한 것은 마이크로소프트가 세계 최초
  - 마이크로소프트가 해당 상태를 가장 큰 규모로 성공함에 따라 양자 컴퓨팅의 상용화를 위한 기술이 진일보한 것으로 평가
- **(OptQC)** 2026년 중 독자 개발한 광양자 컴퓨터를 상용화하겠다고 발표(9.17.)
  - 초전도 등을 이용하는 통상의 양자 컴퓨터에 대해서 광양자 컴퓨터는 상온에서 동작할 수 있어 확장 용이한 것이 특징으로 광양자 컴퓨터의 상용화는 세계에서도 드문 상황
  - 향후 지속적인 기술개발을 진행하면서 빛의 조작, 측정 기술을 향상해 2029년에는 3호기로서 완전한 빛의 양자비트를 사용한 양자 컴퓨터를 공개할 계획

〈 글로벌 기업의 양자 기술개발 현황 〉

구분	투자 및 기술개발 현황
IBM	• 양자 컴퓨터에서 복잡한 알고리즘을 실행할 때 높은 수준의 규모, 속도, 정확성을 제공하는 양자 프로세서 '퀀텀 헤론(Quantum Heron)' 출시(11.14.)
Google	• 실제 정보와 소음으로 불리는 간섭 현상을 해결하기 위해 엔비디아와 양자 컴퓨팅 개발을 위해 협력(11.18.)
Microsoft	• 아톰 컴퓨팅과 협업을 통해 세계 최초로 24개의 논리적 큐비트를 얽힘 상태로 구현(11.19.)
OptQC	• 2026년 중에 상온에서 동작할 수 있어 확장이 용이한 광양자 컴퓨터 상용화 계획 발표(9.17.)

자료 : 언론 보도자료 정리

韓 산·학·연, 양자 경쟁력 확보를 위한 준비 한창

- **(연세대학교)** 127큐비트 양자 컴퓨터인 'IBM 퀀텀 시스템 원(IBM Quantum System One)'을 도입(11.20.)했으며 국내 연구진이 고성능의 양자 컴퓨터를 이용할 수 있는 기틀 마련
  - IBM 퀀텀 시스템 원은 127큐비트 IBM 퀀텀 이글 프로세서로 구동되며 연세대 네트워크의 연구자, 학생, 조직 및 파트너만이 전용으로 사용할 수 있는 유용성 단계의 컴퓨팅 자원을 제공할 예정
- **(큐노바)** 화학구조 에너지를 정확하게 계산하는 양자 소프트웨어를 실시간으로 데모(6.25.)

- 이번 데모에서는 큐노바가 기존 양자 알고리즘(VQE) 성능을 획기적으로 개선한 'HIVQE'를 메가존클라우드의 지원을 받아 핀란드 IQM 양자컴퓨터에서 실시간 실행하여 신약의 분자 해석 과정을 시연

○ (ETRI) 실리콘포토닉스 양자 칩을 확장해 광자 8개를 제어할 수 있는 시스템을 완성(9.4.)한 뒤 광자들로 발생하는 양자 현상에 대하여 실험 착수

- 광자기반 기술은 양자컴퓨터를 만드는 방법 중 가장 유력한 기술 중 하나로 손톱 크기의 실리콘 칩에 광자기반 양자 회로를 포함한 실리콘 포토닉스 양자 칩을 만들고 여러 개의 양자 칩을 네트워크로 연결해 범용 양자 컴퓨팅 구현

〈 우리나라 산·학·연 양자 기술개발 현황 〉

구분	투자 및 기술개발 현황
연세대학교 YONSEI UNIVERSITY	• 한국 최초로 127큐비트 양자 컴퓨터 IBM의 'IBM 퀀텀 시스템 원' 도입(11.20.)
QUNOVA COMPUTING	• 150시간 걸렸던 계산을 10여 분으로 줄인 양자 소프트웨어 공개 시연(6.25.)
ETRI	• 실리콘포토닉스 양자 칩을 확장해 광자 8개를 제어할 수 있는 8 광자 큐비트 집적회로 칩 개발 성공(9.4.)

자료 : 언론 보도자료 정리

우리 정부는 양자 기술에 대한 정책적 지원을 강화하며 성장 뒷받침

○ 우리 정부는 「국가전략기술 육성방안」('22.10.), 「대한민국 양자과학기술 비전 및 전략」('23.6.), 「퀀텀 이니셔티브」('24.4.) 등 양자산업 연구개발에 꾸준히 투자 강화

출처 : 매일경제 외 (2024.11.)
https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3185059
https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3184415
https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3185064
https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3184868
https://ettrends.etri.re.kr/ettrends/208/0905208006/
https://www.mk.co.kr/news/it/11168403
https://www.yna.co.kr/view/AKR20241119041100009?input=1195m

Ⅲ 단신 동향

1. 해외

※ 제목 클릭 시 원문 링크(URL)로 연결됩니다.

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
미국	무역 제한 중국 기업 추가…200여 곳 거래 차단 전망 (트렌스포스 / 2024.11.25.)	○ 바이든 미국 행정부는 중국 기업을 겨냥한 반도체 관련 수출 제한 조치를 조만간 추가로 발표할 예정 - 해당 규제 도입으로 중국 반도체 기업 최대 200곳이 '무역 제한 목록(trade restriction list)'에 추가될 것으로 전망 - 일각에서는 對중 반도체 제조장비 판매 제한 내용이 새 규제에 포함될 것으로 예상 - 이와 별개로 12월 중, AI 반도체 수출 제한의 일환으로 고대역폭메모리(HBM)의 중국向 선적을 제한하는 또 다른 규제가 발표될 것으로 예측
	바이든 정부, 임기 내 반도체 보조금 지급 속도 (비즈니스인사이더 / 2024.11.19.)	○ 바이든 미국 행정부는 반도체법(CHIPS Act)에 따른 보조금 지급을 임기 내에 마무리하기 위해 막바지 속도 - 미국 상무부는 반도체법에 따라 지급하기로 한 390억 달러의 보조금 중 대부분을 기업에 배정했으나 아직 정부 협상 단계가 진행 중이며 실제 자금이 지급되지는 않은 실정 ※ 인텔의 경우 공장 프로젝트에 최대 85억 달러, 방위산업 제조 시설에 최대 30억 달러 등 대상 기업 중 가장 많은 보조금을 배정받았지만, 실제로 지급은 받지 못한 상황 - 도널드 트럼프 대통령 당선인은 선거 유세 당시 보조금 지급과 관련해 부정적 입장을 표명한 만큼, 상무부는 차기 정부 출범에 앞서 앞으로 두 달 안에 가능한 많은 보조금을 지급하는 것이 목표 ※ 도널드 트럼프 대통령 당선인은 10월 말 팟캐스트 진행자 조 로건과의 대담에서 정부가 반도체법에 따른 보조금을 주는 대신 수입 반도체에 세금을 부과해 미국 내 반도체 생산을 장려해야 한다고 언급 - 보조금을 지급한 경우 법적 구속력이 있어 의회의 동의 없이 번복하는 것은 불가능하기 때문에 보조금 지급을 빠르게 완료한다는 구상

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
미국	미국 바이오경제를 위한 미국 바이오제조 역량 성장에 관한 보고서 발표 (과학기술정책실 / 2024.11.15.)	○ 백악관 과학기술정책실(OSTP)은 '활기찬 국내 바이오제조 생태계 구축을 위한 보고서*'를 발표 * Building a Vibrant Domestic Biomanufacturing Ecosystem - 본 보고서는 바이든 대통령이 '22년에 서명한 바이오경제 행정명령의 의무를 이행하기 위해 작성 ※ 바이오경제 행정명령(E.O. 14081)은 연방 부처와 기관이 국내 바이오 제조 능력을 확장하기 위한 정책 권장 사항을 식별하는 전략을 개발하도록 지시 ○ 보고서는 이해 관계자 참여를 통해 연방 정부가 바이오 제조 능력을 늘리기 위해 실행할 수 있는 11가지 조치 제시 - 바이오제조 역량뿐 아니라 산업 및 인프라 전반을 확장시킬 수 있도록 다양한 관점에서의 실행방안 도출 ※ 시장 확장을 위한 인센티브 활용, 지적 재산권 보호, 지속가능한 바이오제조 원료 공급망 구축, 생물 위험 관리 역량 발전, 바이오 제조 인재 양성 등 ○ 정부는 이후 동 조치를 이행하기 위해 국가바이오경제 위원회와 연방 기관 내 투자 조정 및 우선순위 설정 등의 작업을 진행할 예정
	미국 해양 이산화탄소 제거 연구 전략 발표 (과학기술정책실 / 2024.11.12.)	○ 백악관 과학기술정책실(OSTP)은 해양 이산화탄소 제거(Marine Carbon Dioxide Removal, mCDR) 기술의 효과, 위험, 트레이드오프에 대한 연구를 강화하기 위한 국가 전략*을 발표 * National Marine Carbon Dioxide Removal Research Strategy - 동 전략은 '23년 발표된 해양기후 행동계획*의 주요 목표에 대한 대응으로, 기후위기에 대응하는 mCDR 기술을 안전하고 책임감 있게 사용할 수 있도록 하는 것이 목표 * Ocean Climate Action Plan ○ 동 전략은 연방연구를 안내하고 연구자의 규제 프로세스를 명확히 하기 위한 조치들을 추진 - 연방 정부, 민간 부문, 지역사회 간 협력을 통해 연구를 활성화하고, mCDR의 안전하고 책임감 있는 사용 가능성을 평가하기 위한 학제 간 연구 강화 - mCDR의 신뢰성을 확보하기 위해 정확한 측정, 모니터링 검증을 진행하고 이를 공유하며, 특정 기준을 달성하는데 가장 큰 가능성을 보여주는 방법론에 대한 우선순위 지정 - mCDR 연구가 관련 법률 및 규정에 따라 융통성 있게 허용되도록 하고 연구에 관심이 있는 다양한 분야 및 커뮤니티 간 조정을 촉진

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
미국	AI에서부터 하드웨어 비용까지 : 트럼프 2.0 시대를 준비하는 테크기업 리더들 (월스트리트저널 / 2024.11.11.)	○ 월스트리트저널은 트럼프 대통령 당선에 따른 정책 변화가 인공지능(AI) 규제, 하드웨어 비용, 인수합병(M&A) 환경 등 기업 기술 리더들에게 미칠 영향을 분석한 기사를 발표 - 트럼프 행정부는 높은 관세, 규제 완화 및 인수합병 장려를 통해 기술 산업에 중대한 영향을 미칠 가능성이 농후 - 기업 정보책임자(CIO)들은 AI와 관련된 전략적 계획과 연방 정부의 역할을 재조정할 필요성을 인지 ○ 관세 및 하드웨어 비용 - 트럼프가 영향을 미칠 수 있는 주요 영역 중 하나는 관세로, 중국에 대해 최소 60%의 관세를, 다른 국가들에 대해서는 10%~20% 수준의 관세를 제안 - 미국 기업 상당수가 외국에서 생산된 하드웨어에 의존하고 있는데, 관세 증가에 따라 제품 가격 상승 시 기업들의 기술 예산에 직접적인 영향을 미칠 것이라고 분석 ○ AI 규제 - 트럼프 대통령 당선인은 AI에 대한 연방 감독을 보다 느슨하게 접근할 가능성이 있으며, 이미 바이든 행정부의 AI 행정명령에 대한 폐기 의사를 밝힘 - 지난해 AI 행정명령이 발효된 이후, 산업계의 반응은 엇갈리고 있으며, 행정명령을 폐지하면 관료주의가 줄어들고 AI 생산이 가속화될 것이라는 기대가 존재 - 그러나 이러한 움직임으로 인해 AI 모델의 안전성과 잠재적 편향에 대한 기업의 조사 책임이 커질 것이라는 분석도 제기
일본	국립연구개발법인 우주항공연구개발기구의 업무운영에 관한 목표(안) 논의 (경제산업성 / 2024.11.20.)	○ 경제산업성 국립연구개발법인심의회 우주항공연구개발기구 실무단은 '우주항공연구개발기구 중장기목표'에 대해 논의 ○ 일본 우주항공연구개발기구의 주요 정책 목표 1) 우주 안전보장 강화 - 위성 시스템의 안정적 운영과 정보 수집 능력을 강화하고 우주 쓰레기 관리 및 궤도 내 충돌 방지 기술 개발 - 국제 규범 및 규칙 형성을 통한 우주 공간 안정성 확보 2) 국토 강인화 및 글로벌 과제 해결 - 위성 관측 시스템을 활용하여 지진, 태풍 등의 자연재해를 사전 모니터링 - 위성 데이터를 통해 지속 가능한 개발 목표를 지원하며 기후변화 및 지구 환경 문제 해결

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
일본		3) 우주 과학 및 탐사와 우주 활동을 위한 기반 강화 - 달과 화성 탐사 협력을 통해 기술 개발과 성과를 형성하고 국제 협력 과제에서 일본의 역할 증대 및 독자적 기술 활용 - 우주 기술과 산업 생태계의 자립화를 위해 노력하며 민간 기업 및 대학과의 협력 확대를 통해 연구개발 인프라 강화 4) 항공 과학기술 개발 및 활용 - 차세대 항공기와 드론, 공중 모빌리티를 개발하고 시험 인프라 개선 및 항공 산업 디지털화로 국제 표준화를 주도
중국	화웨이, 새로운 AI 반도체 2025년 1분기 양산 예정 (트렌드포스 / 2024.11.22.)	○ 화웨이가 AI 그래픽처리장치(GPU) 선두 주자인 미국 엔비디아에 대항할 새로운 AI 칩을 2025년부터 양산하겠다고 발표 - 화웨이는 '어센드(Ascend) 910C' 샘플을 일부 IT 기업에 보냈고 이와 관련해 주문을 받기 시작했다고 언급 ※ 화웨이는 '어센드 910C'가 엔비디아의 주력 AI 칩인 H100과 유사한 성능을 갖추었다고 설명, 엔비디아 H100 칩은 미국 규제에 따라 2023년부터 중국 수출이 금지 - 현재 중국 최대 파운드리 기업 SMIC에서 어센드 910C를 생산을 준비 중인데 낮은 수율이 걸림돌 - AI 반도체가 상업성을 갖추기 위해서는 70% 이상 수율이 필요하지만, 미국의 제재로 수입이 막힌 리소그래피(실리콘 웨이퍼에 회로 패턴을 형성하는 공정) 장비가 부족해 수율이 약 20%에 수준에 불과 - 이전 모델인 910B도 수율이 약 50%에 머물고 있으며 생산 목표가 축소되고 주문 이행 지연되고 있는 실정
	12인치 'SiC 웨이퍼' 최초 공개… 기술력·시장 급성장 (트렌드포스 / 2024.11.20.)	○ 중국 SiC 웨이퍼 전문기업 SICC는 '세미콘 유럽 2024'에서 업계 최초로 300mm(12인치) SiC 웨이퍼를 발표 - SiC는 기존 실리콘(Si)을 대체할 차세대 전력반도체 소재로 실리콘 대비 고온·고압에 대한 내구성이 높고 전력 효율성이 뛰어나 전기자동차 산업을 중심으로 수요가 꾸준히 증가 - SiC 웨이퍼는 기술적 난이도가 매우 높은 분야로 현재 실리콘 웨이퍼가 대부분 8·12인치용으로 제작되는 반면, SiC 웨이퍼는 6인치가 주류를 이루고 있으며 8인치는 울프스피드, 인피니언 등 해외 소수 기업만이 초도 생산을 시작한 상태 - 이러한 상황에서 중국 SICC의 12인치 SiC 웨이퍼의 개발 소식에 업계 이목 집중

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
중국	「과학기술평가인력 능력평가규범」, 「과학기술 성과평가규범」 국가표준 발표 (과학기술부 / 2024.11.4.)	○ 과학기술부는 「과학기술평가인력 능력평가규범」과 「과학기술성과 평가규범」 국가표준을 발표 - 본 표준은 과학기술부 과학기술평가센터 주도로 작성되었으며 관련 사(司)와 국(局)의 전폭적인 지지 획득 ○ 「과학기술평가인력 능력평가규범」의 주요 내용 - 해당 규범은 과학기술 평가인력이 갖추어야 할 지식, 기술, 자질, 경험 등의 능력과 이를 평가하기 위한 등급별 요건을 명확히 규정 - 또한 인력 능력 평가의 절차와 방법, 평가 결과의 활용 및 관리에 대한 규정도 포함 - 이는 과학기술 평가인력에 대해 표준화되고 체계적인 교육, 평가, 관리 매커니즘을 구축함으로써 과학기술 평가 산업의 표준화와 전문적 발전을 촉진하려는 목적 ○ 「과학기술성과 평가규범」의 주요 내용 - 동 규범은 '5대 가치 + 변혁 및 촉진 잠재력*'을 기반으로 한 과학기술 성과 평가지표 틀을 구축하고, 이를 통해 자연과학과 기술 분야의 과학기술 성과에 대한 평가 원칙, 평가 내용, 평가 방법 및 절차를 명확히 규정 * 중국 과학기술평가센터는 과학기술성과를 전반적으로 평가하기 위해 과학적, 기술적, 경제적, 사회적, 문화적 가치를 평가하며 이러한 성과의 혁신 및 사회적 발전 촉진 가능성을 종합적으로 고려하기 위해 변혁 및 촉진 잠재력을 함께 검토
	과학기술보급법 개정(안) 심의 (전국인민대표회의 / 2024.11.1.)	○ 전국인민대표대회 상무위원회는 '02년 「과학기술보급법」 제정 이래 처음으로 개정안을 발표 - 과학 보급의 중요성에 대한 인식 부족, 고품질 과학 제품 및 서버의 공급 부족, 인력 양성, 인프라 확충 등 과학 보급을 위해서는 전반적인 체계 개선 필요 - 「과학기술보급법 개정(안)」은 현행법에 '과학보급활동'과 '과학보급인력' 장을 추가하여 내용을 보완·강화 - 이를 통해 과학기술 혁신뿐 아니라 보급의 중요성을 강조하고, 지원 체계를 강화함으로써 국가 혁신 역량을 향상하고 지속가능한 발전을 촉진할 것으로 기대
영국	차세대 연구자 지원을 위한 대규모 투자 발표 (영국연구혁신기구 / 2024.11.13.)	○ 영국 연구혁신기구(UKRI)는 새로운 2가지의 제도*를 통해 박사과정 학생을 지원할 계획 * Doctoral Landscape Awards, Doctoral Focal Awards - 5억 파운드 이상의 투자를 통해 박사과정 학생들이 ①생물학, ②공학 및 물리 과학, ③자연 및 환경 과학 분야의 기술과 경험을 개발할 수 있도록 지원할 예정

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
영국		- 창의적인 연구를 통해 재생 에너지, 제조 및 재료 과학과 같은 산업 분야의 지식을 발전시켜 경제 성장을 촉진하고 숙련된 인력을 공급하는 것이 목표 ○ 동 기금은 UKRI의 연구위원회 중 3개의 연구위원회를 통해 할당될 예정이며 구체적인 내용은 다음과 같음 1) 생명공학 및 생물과학 연구위원회(BBSRC)와 자연환경 연구 위원회(NERC) : 5개 코호트에 걸쳐 21개 대학에서 2,300명 이상의 학생에게 2억 9,300만 파운드를 투자 2) 공학 및 물리과학 연구위원회(EPSRC) : 2억 7,900만 파운드를 투자하여 연간 3회에 걸쳐 40개 대학에서 약 2,400명의 학생을 지원 3) 자연환경연구위원회(NERC) : 1,140만 파운드를 투자하여 3개의 코호트에 걸쳐 약 90명의 학생을 지원
독일	에너지 분야 혁신 친화적 환경 마련을 위한 규제 정비 (연방경제기후보호부 / 2024.11.13.)	○ 독일 정부는 「에너지 산업법(EnWG)」을 개정하고 「실제 실험실법(Real Laboratories Act)」을 통해 혁신 친화적인 여건을 조성 ○ (에너지 산업법 개정) 발전소가 자체적으로 생산한 전기를 마케팅하여 수익을 창출하고, 이를 통해 전력 시장에 더 빠르고 효율적으로 통합될 수 있도록 함 - 동 개정은 재생 에너지 기반 전원 공급에서도 전력망을 안전하게 운영하고, 관련 장비를 저렴하게 유지할 수 있는 환경을 조성하는 것이 목표 - 또한 스마트 미터 도입의 경제적 효율성을 개선하여 전력 생산자, 소비자 및 네트워크 운영자가 유연성을 확보할 수 있도록 지원하고, 시스템의 안정성과 제어 가능성을 향상 ○ (실제 실험실법) 혁신을 실험하기 위한 조건을 개선하고 규제 학습을 촉진하기 위한 법안 - 기존 법적 틀에서 허용되지 않거나 법적 불확실성이 큰 혁신을 현실적인 조건에서 제한된 기간 동안 감독 하에 실험 ※ 규제 수준이 높지만, 혁신성이 높은 자율주행 차량, 새로운 모빌리티 콘셉트, 무인 항공기, 원격 의료 등이 해당 - 이를 통해 기업, 연구, 사회 및 입법관계자는 혁신의 효과와 기회/위험을 학습할 수 있으며 이를 바탕으로 규제를 개선하고 효율적인 방향으로 혁신을 적용
	독일, 미국에 이어 세계 2위의 국제 학술교류국으로 조사 (독일학술교류처 / 2024.11.8.)	○ 독일학술교류처에 따르면*, 독일은 미국에 이어 세계 2위의 국제 학술 교류 국가로 조사 * Wissenschaft weltoffen 보고서 - 이 조사는 학생과 연구자들의 국제 이동성에 대한 시계열 데이터를 제공하며, 독일 대학의 연구와 교육에서 나타나는 글로벌화의 구조적 특성을 분석

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
독일		○ 독일 내 대학과 공공 연구 기관에 소속된 외국인 수는 약 75,000명으로, '21년에 영국을 추월하였으며, 86,000명인 미국에 근소하게 뒤처짐 - 약 4천 명의 교수를 포함한 약 80%의 연구자가 독일 대학교에 소속되어 있으며, 나머지 20%는 대학이 아닌 연구기관에 소속 - 외국인 연구자의 국적 분포는 인도, 중국, 이탈리아 순 ○ 해외 국적의 독일 유학생 수는 지속적으로 증가 - 2023/24년 겨울학기 기준, 독일 대학에 등록된 유학생 수는 379,000명으로, 전년 대비 3% 증가하였으며 이는 전체 학생 수의 13%에 해당 - 유학생의 주요 국적은 인도, 중국, 터키, 오스트리아, 이란, 시리아 순으로 높은 비중을 보였으며, 유학생이 가장 많이 유입된 지역은 노르트라인-베스트팔렌, 바이에른, 베를린 순 ○ 유네스코에 따르면 '21년 약 640만 명의 학생이 자국이 아닌 해외 대학교에 등록했으며, 이는 '11년 이후 약 240만 명 증가한 수치로, 학생 이동성이 60% 증가한 것으로 나타남 - 미국은 외국 학생 유입이 가장 많은 국가로 꼽히며, 중국은 유학을 가장 많이 보내는 국가이나 팬데믹 이후 감소세
	소버린 테크 펀드 사업 이전 (연방경제기후보호부 / 2024.11.4.)	○ 오픈소스 생태계 강화를 위해 추진된 소버린 테크 펀드(STF, Sovereign Tech Fund) 사업이 연방고등혁신청의 자회사 형태로 전환 - 개방형 디지털 기반 기술은 비즈니스와 과학 연구 분야에서 폭넓게 활용되고 가치 사슬의 기반을 형성하고 있으므로, 이번 전환은 독일의 혁신 생태계와 디지털 주권 강화에 기여할 전망 ○ 독일 정부는 STF 사업을 연방고등혁신청으로 이전하여 지속성을 부여하고, 장기적인 관점에서 기술 주권을 유지하고자 함 - 동 사업은 지난 2년간 성공적으로 운영되며 오픈소스 기술의 유지·관리 업무를 전문화해 옴 - 사업이 지속됨에 따라 중요한 디지털 기초 기술의 잠재력을 식별하고, 이를 확대·개발하는데 필요한 투자를 계속 이어갈 수 있게 됨 - 특히 중소기업과 스타트업은 고품질 소프트웨어를 무료로 제공받는 혜택을 계속 누릴 수 있을 것으로 기대 ○ 지금까지 60개 핵심 기술 프로젝트에 대한 계약이 체결되었으며, 총거래량은 약 2,350만 유로 - 또한 STF는 오픈소스 챌린지를 출범하고, 오픈소스 소프트웨어 인프라의 취약점을 공개하고 해결하기 위한 Bug-Resilience 프로젝트를 시작 - 이와 함께, 핵심 오픈소스 기술 분야의 주요 개발자들을 지원하는 펠로우십 프로그램 운영

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
캐나다	캐나다 의원들, 중국과의 연구협력을 급격하게 줄여야 한다고 제안 (사이언스 / 2024.11.13.)	○ 캐나다 하원의 특별위원회는 민감한 기술 분야에서 중국과 정부 자금 지원을 받는 모든 연구 협력을 즉각 중단해야 한다는 권고를 담은 보고서* 발표 * The Nexus Between Science and National Security in Canada: the case of the national microbiology laboratory in winnipeg - '19년 캐나다 국립 미생물학 연구소(NML)에서 발생한 보안 침해 사건 이후 캐나다 정부는 '민감 기술 연구 및 우려 단체에 대한 정책'*을 발표 ※ 당시 중국계 캐나다인 2인이 중국 우한 바이러스학 연구소의 동료들에게 바이러스 샘플을 부적절하게 보내고 중국 연구원 및 기관과의 전문적 관계를 공개하지 않는 등의 보안 위반을 이유로 해고 * Policy on Sensitive Technology Research and Affiliations of Concern - 이를 통해, 정부 지원을 받는 연구원들은 AI·항공우주·양자과학·바이오를 포함한 11개 연구 분야에서 중국에 기반을 둔 약 100개 기관 소속 인력과의 협업이 금지됨 - 보고서의 권고사항은 NML 및 정부 전반에서 안보강화를 중심으로, 민간 기술 분야 연구자들이 중국의 모든 개인이나 단체와 협력하지 못하도록 기존 정책을 확대할 것을 제안 - 캐나다 정부는 '25년 3월 초까지 이 권고안에 응답해야 하며, 해당 권고는 중국과의 연구 협력에 대한 캐나다의 기존 제한을 크게 확대할 것으로 보임
대만	AI 산업에 3년간 30억 달러 투입 (비즈니스인사이더 / 2024..11.21.)	○ 대만 정부는 인공지능(AI) 산업에 향후 3년간 매년 300억 대만달러(약 1조 2,000억 원)를 투입할 방침 - 투입 자금은 AI 데이터센터 및 기타 업그레이드 작업과 트럼프 미국 대통령 당선인과의 협력 강화 방안을 마련하는 데 사용할 계획 - 특히, AI 데이터센터 인프라 시설 건설을 강화하여 대만 컴퓨팅 능력을 대폭적으로 향상할 방침 - 이를 통해 향후 4년 동안 컴퓨터 성능을 현재('24년) 120PF(페타플롭스)에서 480PF로 끌어올리는 것이 목표

국가	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
국제 기구	디지털 기술이 웰빙에 미치는 영향 (OECD / 2024.11.5.)	○ OECD는 디지털 기술이 개인 및 사회적 웰빙에 미치는 영향을 다각도로 분석한 연구 보고서 발표 ○ 디지털 기술은 노동시장과 생산성 등 경제적 웰빙에 긍정적인 영향을 미치지만, 비경제적 차원에서의 효과는 명확하지 않아 효과와 위험에 대한 면밀한 분석이 필요 - 디지털 기술은 신체적·정신적 건강, 사회적 관계, 안전 등 다양한 측면에 영향을 미침 - 의료 서비스의 디지털화는 접근성을 향상시키고 개인 맞춤형 의료를 가능하게 하지만, 과도한 디지털 미디어 노출은 정신 건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있음 - 기술 숙련도, 소득 수준, 나이, 성별, 지역적 차이에 따라 디지털 기술의 활용도와 접근성이 상이하며, 이는 기존의 사회적 불평등을 심화시킬 가능성이 있음 ○ 디지털 기술을 효과적으로 활용하려면 사용 방식에 대한 인식을 높이고 긍정적 효과를 확장하며, 위험을 완화하고 격차를 줄이는 노력이 필요 - 디지털 기술의 효과와 위험에 대한 인식을 제고하고 디지털 교육을 확대하여 개인이 기술 도구를 통해 웰빙을 증진할 수 있도록 지원해야 함 - 디지털 기술은 개인의 자율성과 통제력을 강화하는 방향으로 설계되어야 하며, 이를 위해 사생활 보호와 관련된 강력한 정책이 수반되어야 함

2. 국내

※ 제목 클릭 시 원문 링크(URL)로 연결됩니다.

분류	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
과학기술정보통신부	민관이 함께 인공지능 세계 3대 강국(G3) 도약을 위한 국가전략 수립 등 본격 착수 (과학기술정보통신부 / 2024.12.2.)	○ 대통령 직속 국가인공지능위원회는 분과위원회 구성*을 마무리하고, 「국가 인공지능(AI) 전략」 수립에 본격 착수할 계획 * ①기술·혁신 분과, ②산업·공공 분과, ③인재·인프라 분과, ④법·제도 분과, ⑤안전·신뢰 분과 등 5개 분과로 구성 ※ 국가인공지능위원회는 지난 9월 출범한 국가 인공지능 정책 전반을 심의·조정하는 기관으로 최상위 민관협치 역할 수행 - 위원회는 첫 연찬회를 개최하여 발표·토론 세미나를 통해 AI 기술·산업동향을 공유하고 「국가 인공지능(AI) 전략」 수립을 위한 분과별 활동 계획, 중점 추진과제 등을 논의 - 인공지능 관련 현안에 대한 신속한 논의·대응과 특정 주제에 대한 집중적인 논의를 위해 특별위원회, 소위원회도 구성·운영할 계획 - 아울러 위원회의 효율적인 운영을 지원하기 위한 국가인공지능위원회 지원단이 12월 중 출범 예정이며, 이를 바탕으로 '25년 1분기 내 「국가 인공지능(AI) 전략」을 수립할 수 있도록 모든 역량을 집중할 계획
	이공계지원 특별법 개정(안) 국회 본회의 통과 (과학기술정보통신부 / 2024.11.29.)	○ 「국가과학기술 경쟁력 강화를 위한 이공계지원 특별법」(이공계지원법) 개정(안)이 국회 본회의를 통과 - 「이공계지원법」은 '04년 제정되어 우수 이공계 인력의 양성·활용을 지원해왔으나 학령인구 감소 등 급변하는 환경 변화를 고려하여 재정비가 필요하다는 지적이 지속 제기 - 이에 따라 개정(안)에서는 이공계 인재 전주기 지원의 공백 부분을 대폭 보완하고 이공계 인재 성장 및 활용을 위한 정책과 사업 추진에 필요한 내용을 추가 ※ ① 초중등·이공계대학/대학원생·박사후연구원에 대한 교육·장학·군복무 등 맞춤형 시책 마련의 근거 신설 ② 해외 이공계 인력의 유치 촉진을 위한 재정지원, 체류 혜택 강화 등 시책 추진 근거 신설 ③ 과학기술인의 일·생활 균형을 위해 필요한 시책 추진 근거 신설 - 이 외에도 고경력 과학기술인 활용 지원을 위한 법적 근거를 최초로 마련하고 과학기술문화 창달 및 창의적 인재육성을 위한 과학기술 콘텐츠 제작 및 유통 장려 등의 내용을 포함

분류	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
과학기술정보통신부	미국 국토안보부와 사이버보안 분야 기술협력을 강화 (과학기술정보통신부 / 2024.11.27.)	○ 과학기술정보통신부는 미국 국토안보부와 사이버보안 기술 공동연구를 위한 기술부속서(Technical Annex, TA) 체결 - 최근 사이버 위협이 지능화, 고도화됨에 따라 이에 대응하기 위한 사이버보안 기술 경쟁력 확보 중요 - 이에 정부는 사이버보안을 12대 국가전략기술로 선정하고 연구개발 규모를 확대 중이며 올해부터는 세계 최고의 기술 경쟁력 확보를 위해 미국·유럽 등 사이버보안 선도국과 국제 공동연구 착수 - 특히, 미국은 세계 최고의 사이버보안 기술 경쟁력을 보유한 국가로 '23년 양국 대통령은 '한미간 전략적 사이버안보 협력 틀'을 체결('23.4.)하는 등 사이버보안 분야에서도 긴밀한 협력관계 지속 - '한미 간 전략적 사이버안보 협력 틀'의 후속조치로 양국 부처가 '디지털 자산 불법 거래행위 추적기술', '대규모 군중 내 이상행동 식별·추적 기술' 등 2개 기술에 대한 공동 연구를 올해부터 착수 - 구체적인 연구범위, 목적, 양국 간 과업 배분, 연구결과물(IP)에 대한 규정 등을 담은 기술부속서 체결
	「한국 인공지능(AI) 안전연구소」 출범 (과학기술정보통신부 / 2024.11.27.)	○ 대통령 주재 'AI 서울정상회의'의 후속조치로 한국 AI 안전 연구소 출범 ※ 지난 5월 'AI 서울정상회의'에서 10개국 정상은 AI 안전연구소 설립과 안전한 AI에 대한 국제협력 약속 - 'AI 안전연구소'는 AI의 기술적 한계, 인간의 AI 기술 오용, 통제력 상실 등으로 발생하는 다양한 위험에 체계적·전문적으로 대응하기 위한 전담조직 - 동 연구소는 산·학·연 기관이 AI 안전분야 연구 협력과 정보 교류를 할 수 있는 대한민국 AI 안전연구 중심지이자, 국제 안전연구소 네트워크의 일원으로 안전한 AI를 위한 세계 연대의 책임 있는 역할을 수행해 나갈 계획 - 이를 통해 AI 안전 분야의 경쟁력 있는 기술·인력을 육성하고 과학적 연구 데이터에 근거한 AI 안전 관련 정책의 개발·선진화를 추진할 방침 - 초대 소장은 AI 기업들이 국제 경쟁력을 확보하는데 장애가 되는 위험 요소들을 최소화하도록 지원하는 협력 기관 역할을 다하기 위해 최선을 다하겠다고 강조

분류	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
산업통상자원부	데이터 개방 확대로 에너지 인공지능(AI) 활용성 증대 (산업통상자원부 / 2024.12.3.)	○ 산업통상자원부는 제32차 에너지위원회를 개최하고 AI를 활용한 에너지 시스템 전환 정책 방향을 비롯한 3개 안건 논의 ① K-그리드 글로벌 진출 전략 - 정부는 발전소와 그리드를 아우르는 통합 패키지 수출 모델을 확립하여 우리나라 그리드 산업의 해외 진출 지원 - 또한 주요국의 첨단산업 대규모 전력수요를 중점 공략하는 한편, 장거리 송전망 구축 시장 선점 지원 ② AI를 활용한 에너지 시스템 전환 정책 방향 - 표준화된 에너지 마이데이터 기반 AI 활용 컨설팅, 효율 진단 등 소비 최적화 서비스 제공 - 신재생에너지 발전량 예측, 기상 예측 정보 등 디지털·AI 기술을 이용한 유연하고 효율적인 계통 운영 - 에너지 시설 간 재난·재해 대응 네트워크를 구축하여 사전 예방 및 사고 발생 시 피해 최소화 ③ 제2차 에너지산업융복합단지 기본계획 - 지역특화 에너지 핵심기술 확보, 지역 에너지산업 생태계 활성화, 융복합단지 운영 고도화 등을 지원할 계획
	미국 신(新) 행정부 출범 대비 공급망 통상환경 불확실성 점검 (산업통상자원부 / 2024.11.27.)	○ 산업부 통상교섭본부장은 학계, 연구기관 등 전문가들이 참석한 가운데 '공급망 통상 전문가 간담회' 개최 - 산업부는 그간 미국 신(新) 행정부의 통상정책 변화에 대비하여 산업별·국가별로 우리 주력산업에 미치는 영향과 대응 방향을 논의 - 이번에는 공급망 통상환경 관점에서 우리 경제의 위기 및 기회요인을 점검하는 한편, 향후 공급망과 관련된 통상 정책의 방향 검토 - 간담회에서 발제를 맡은 산업연구원은 미·중 디커플링 심화, 미국 내 생산증가로 인한 글로벌 공급망의 재편을 예상하며, 관련국들의 수출 품목 분석을 통해 수출지역 다각화 전략 필요성 설명 - 향후 미국뿐 아니라 중국·아세안·유럽연합(EU) 등 우리 주력 수출시장의 공급망 동향 등도 면밀히 주시하는 한편, 유사 입장국들과 긴밀히 연대하고 자원부국 및 기술선도국과 공급망 파트너십 체결을 확대·강화해 나갈 계획

분류	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
기획재정부	세계 최대 반도체 클러스터 조성, 공공과 민간이 함께 전력투구 한다 (기획재정부 / 2024.11.27.)	○ 삼성전자·SK하이닉스·한국전력 등 관계기관은 '용인 반도체 클러스터 인프라 구축 협약식'을 개최하고 원활한 전력·용수 공급 사업 추진을 위한 협약 체결 ※ 용인 반도체 클러스터는 기업 투자가 마무리되는 '53년까지 전체 10GW 이상의 전력공급이 필요하며, 하루 약 133만 톤의 공업용수가 필요할 것으로 예상 - 전력공급 협약에서 합의된 송전선로 및 산단 내 변전소 건설에 대해서는 총 사업비 2.4조 원 중 공공이 약 0.7조 원, 민간이 약 1.7조 원을 분담하여 전력 수요에 대응 - 용수공급 협약에서는 하수재이용수 대체 공급을 통해 부족한 물량을 확보하고 발전용수 활용 등을 통해 대체수원을 확보하며 수원 문제를 해결 - 이번 협약을 통해 용인 반도체 클러스터 구축을 위한 인프라 조성 계획이 차질 없이 마무리되며 '27년부터 가동 예정인 생산시설의 원활한 운영을 뒷받침할 예정 - 또한 600조 원 이상 투자가 예정된 용인 반도체 클러스터에 대한 민간 투자 가속화 예상
중소벤처기업부	글로벌 혁신특구 국제공동 R&D 본격 추진 (중소벤처기업부 / 2024.11.27.)	○ 중소벤처기업부는 4개 글로벌 혁신특구* 사업자들이 독일 프라운호퍼, 미국 존스홉킨스대 병원 등 12개국 29개 기관과 함께 33개 국제 공동 R&D 과제를 추진한다고 발표 * 전남 직류산업, 충북 첨단재생바이오, 강원 AI 헬스케어, 부산 차세대 해양모빌리티 - 이번 사업은 과제당 2년간 4억 원, 총 132억 원이 투입되며 규제로 인한 실증의 어려움을 해소하고 신기술 분야 기업의 글로벌 시장 진출 지원 - 본 과제는 간접비 없이 추진되어 재정의 효율성을 제고하였으며 전문 로펌의 지원을 통해 선제적으로 공동 R&D 추진에 따른 기술보호 리스크를 차단 - 전남 혁신특구는 독일 프라운호퍼의 전략전자기술 연구소와 전력 기자재를 개발하고 직류 배전망 운용기술을 실증 - 충북 혁신특구는 도쿄 의대병원, 큐슈대학 등과 협력하여 관절염 세포치료제 등 세포·유전자 치료제 개발 목표 - 강원 혁신특구는 에스토니아 타르투 대학과 미국 존스홉킨스 대병원과 협력하여 AI 헬스케어 제품 및 서비스를 개발 - 부산 혁신특구는 스트라스클라이드대학과 협력하여 지능형 선박 탄소 관리 플랫폼 실증 등 선박 기술 선점 목표

분류	제목 (발간처 / 발간일)	주요내용
교육부	반도체 인재양성을 위한 산학협력 간담회 개최 (교육부 / 2024.12.3.)	○ 교육부는 반도체 특성화대학 및 산업계 관계자가 참석하는 '반도체 인재양성을 위한 산학협력 간담회'를 개최 - 동 간담회는 「반도체 관련 인재 양성방안」의 추진상황을 공유하고 산업계와 교육계 간 인재양성 협업 활성화 방안을 논의하기 위해 마련 - 먼저 현장에서 필요한 인재를 양성하는데 요구되는 산업계 수요 기반의 교육과정을 보다 활성화하기 위해, 산업계에서 제시하는 문제해결형 과제를 활용하는 방안 논의 ※ 현재는 반도체 특성화대학 재학생을 대상으로 진행되는 경진대회에 산업계에서 제시하는 문제해결형 과제를 활용 중 - 아울러 대학의 현장성 있는 교육과정 운영을 위해 산업계 전문가의 교원 임용을 활성화하고 임용 기준에 맞는 산업 현장 전문가와 대학 간 연결을 지원하기 위한 방안 공유 - 또한 반도체 특성화대학 등의 사업을 통해 양성된 인재를 영역·수준별로 체계적으로 관리하고, 그 성과를 분석하기 위한 '첨단산업(반도체) 인재양성 DB'의 추진 경과와 현황 공유
특허청	인공지능(AI) 보안 산업, 미래 경쟁력 좌우한다 (특허청 / 2024.11.25.)	○ 특허청은 최근 10년('12~'21)간 주요국 특허청(IP5*)에 출원된 AI 관련 보안 기술 특허를 분석하여 발표 * IP5 : 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽 - AI 보안 기술의 특허 출원은 '12년 37건에 불과하였으나 연평균 51%씩 급성장하여 '21년 1,492건 달성 - 출원인의 국적의 비중은 1위 미국(45.9%), 2위 중국(30.2%), 3위 한국(7.6%) 순 - 기술별 출원 동향으로는 'AI를 활용한 해킹 탐지 기술'이 전체 AI 보안 기술의 85%를 차지하였으나, '19년 이후 증가세가 둔화되어 현재는 성숙기에 진입 - 최근 5년간('17~'21)은 AI 시스템에 대한 공격을 차단하는 AI를 위한 보안 기술이 연평균 68.1%씩 급성장 - AI 보안 기술의 10대 다출원 기업에는 IBM, 스트롱포스 등 미국 기업들이 9개를 차지한 가운데 한국의 삼성전자가 6위에 진입 - 전 세계 AI 보안 기술은 기업이 전체 출원의 78.5%를 차지하며 기술개발을 주도하고 있는 것으로 나타남 - 하지만 한국의 경우 기업 출원 비율이 68%, 대학 및 공공기관 출원 비율이 26%로 분석되어, 산학연 협력을 강화하는 것이 중요할 것으로 판단

Ⅳ 주요 통계

1 과학 기술

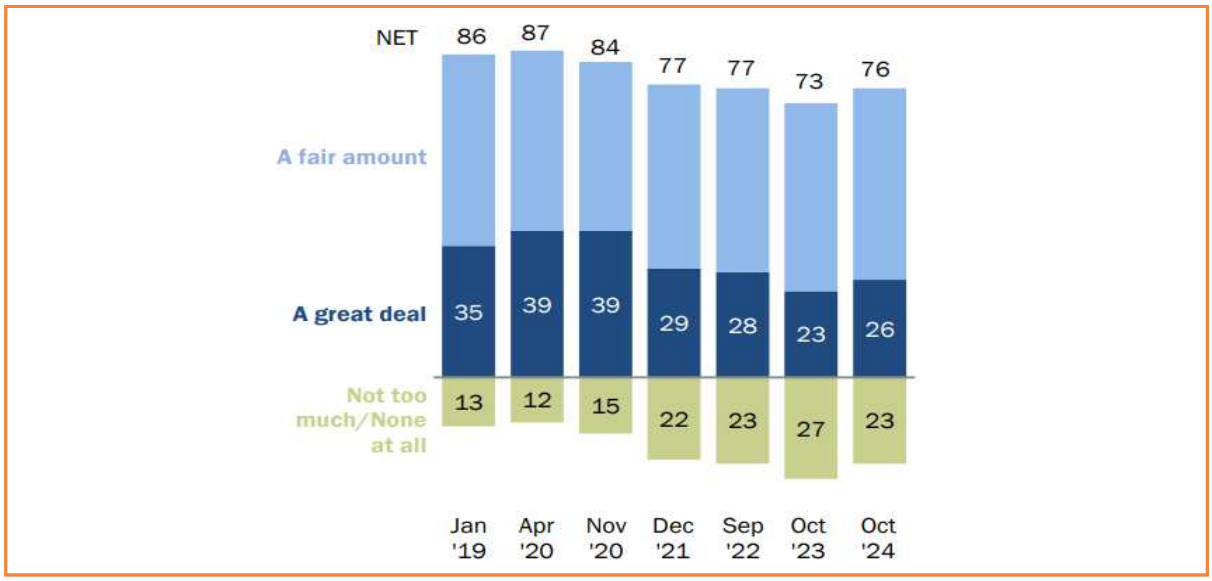
「 미국, 과학자에 대한 대중의 신뢰와 정책 결정에서 과학자의 역할에 대한 의견」 조사 결과

Pew Research Center는 미국인들이 과학자를 바라보는 시각과 공공 정책 수립에 과정에서 과학자들의 역할을 이해하기 위한 목적으로 설문조사를 실시하고 분석 결과 발표*('24.11.)

* Public Trust in Scientists and Views on Their Role in Policymaking

- Pew Research Center는 2024년 10월 21~27일, 9,593명의 미국 성인을 대상으로 과학자에 대한 대중의 신뢰 수준과 이들의 정책 결정 참여에 대한 견해를 조사
  - 미국인의 약 3/4(76%)는 과학자들이 공익을 위해 행동할 것이라는 믿음이 매우 크거나(26%), 상당히 신뢰한다(51%)고 응답

〈 과학자에 대한 대중의 신뢰도 (%) 〉



출처 : Pew Research Center, 2024.11., "Public Trust in Scientists and Views on Their Role in Policymaking

- 이는 2023년 10월 조사 결과인 73%에서 소폭 상승한 결과로, 코로나19 팬데믹 기간의 하락세에서 벗어나고 있음을 시사

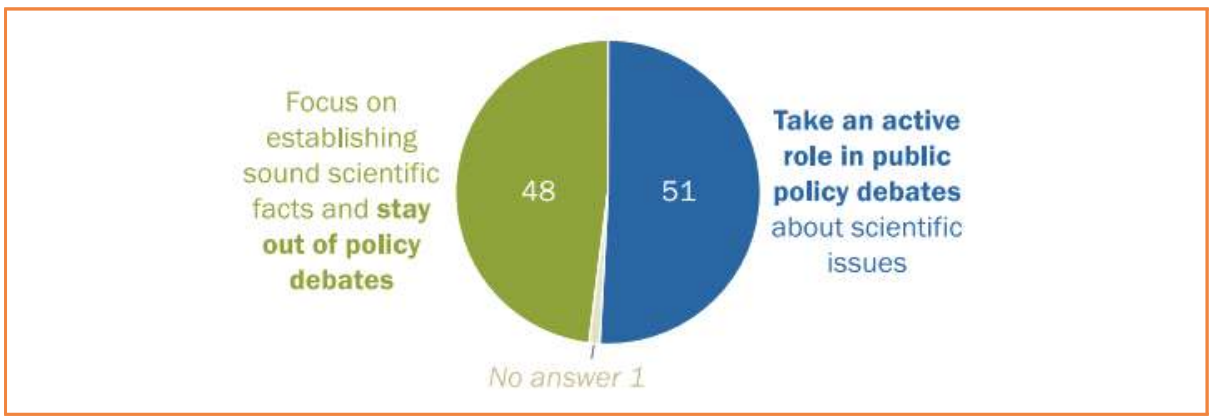
  ※ 코로나19 팬데믹 초기인 2020년 4월에는 87%가 과학자에 대해 신뢰한다고 답했으며, 특히 39%는 매우 신뢰한다고 응답

- 선출직 공무원, 언론인, 비즈니스 리더 등 다른 집단에 대한 평가와 비교 시, 여전히 과학자들에 대한 신뢰가 상대적으로 높은 것으로 분석

- 대다수는 연구 과학자들을 지적이고(89%), 현실 세계의 문제를 해결하는 데 집중하는(65%) 사람들로 인식
  - 또한 65%는 과학자를 정직하다고 생각하고, 71%는 팀워크에 능숙하다고 답한 반면, 커뮤니케이션에 대해서는 45%만이 과학자들이 소통에 능하다고 응답
- 공공 정책 과정에서 과학자의 적극적 역할에 대해서는 의견이 분분한 것으로 분석
  - 응답자의 51%*는 과학자들이 과학 이슈에 관한 정책 토론에 적극 참여해야 한다고 답한 반면, 약 48%는 과학자들은 과학적 사실 규명에 집중하고 정책 논쟁에는 관여하지 않아야 한다고 응답

    * 2019, 2020년 설문조사에서는 60% 이상이 과학자들의 적극적인 참여를 지지하는 것으로 조사되었으나, 코로나19 팬데믹 이후 2022년 48%로 하락

〈 과학자의 정책 결정 참여에 대한 의견 (%) 〉



출처 : Pew Research Center, 2024.11., "Public Trust in Scientists and Views on Their Role in Policymaking

  - 현재 과학자의 정책 참여 수준에 대해서는 41%가 정책 토론에 충분한 영향력이 없다고 답한 반면, 37%는 적절한 정도의 영향력을, 20%는 과도한 영향력을 가지고 있다고 응답

출처 : Pew Research Center (2024.11.14.)
https://www.pewresearch.org/science/2024/11/14/public-trust-in-scientists-and-views-on-their-role-in-policymaking/

2 ICT

중소·중견기업 주요 ICT 품목별 수출 실적(2024.10월)

(단위 : 백만 달러, %)

구 분	2023년			2024년					
				10월 당월			10월 누적		
	금액	증가율	비중	금액	증가율	비중	금액	증가율	비중
정보통신방송기기	54,222	-10.4	100.0	5,343	9.7	100.0	48,836	9.2	100.0
ㅇ 전자부품	34,072	-16.3	62.8	3,628	15.2	67.9	31,576	11.7	64.7
- 반도체	25,554	-17.5	47.1	2,851	17.1	53.4	24,005	13.5	49.2
• 메모리 반도체	833	-22.0	1.5	79	4.5	1.5	948	42.4	1.9
• 시스템 반도체	21,798	-18.1	40.2	2,467	16.5	46.2	20,280	12.3	41.5
- 평판디스플레이	2,242	-15.0	4.1	211	11.6	4.0	1,999	7.4	4.1
- 전자관	8	60.8	0.0	0	-70.4	0.0	3	-47.2	0.0
- 수동부품	1,234	0.2	2.3	109	6.7	2.0	1,112	7.4	2.3
PCB	2,383	-20.6	4.4	209	-1.8	3.9	2,074	4.4	4.2
- 접속부품	2,511	-7.0	4.6	237	20.4	4.4	2,269	7.5	4.6
- 기타 전자 부품	89	11.7	0.2	7	-22.9	0.1	72	-2.7	0.1
ㅇ 컴퓨터 및 주변기기	2,069	-2.3	3.8	214	13.6	4.0	1,829	9.4	3.7
- 컴퓨터	521	14.2	1.0	43	-9.2	0.8	416	0.6	0.9
- 주변기기	1,547	-6.8	2.9	171	21.4	3.2	1,413	12.3	2.9
• 디스플레이장치	537	-16.4	1.0	40	-0.9	0.7	398	-12.1	0.8
• 프린터(부분품 포함)	221	-14.7	0.4	26	63.4	0.5	222	25.4	0.5
• 보조기억장치	105	-13.4	0.2	10	8.5	0.2	99	20.1	0.2
ㅇ 통신 및 방송기기	4,830	8.7	8.9	437	-6.5	8.2	4,290	8.5	8.8
- 통신기기	4,809	9.1	8.9	436	-6.6	8.2	4,274	8.6	8.8
• 유선통신기기	474	-29.2	0.9	32	-4.4	0.6	326	-19.2	0.7
• 무선통신기기	4,335	16.0	8.0	404	-6.7	7.6	3,949	11.7	8.1
휴대폰(부분품 포함)	3,434	26.3	6.3	327	-10.2	6.1	3,235	15.7	6.6
※ 통신장비	1,375	-18.6	2.5	109	6.2	2.0	1,040	-8.9	2.1
- 방송용 장비	21	-41.0	0.0	1	-1.9	0.0	16	-12.0	0.0
ㅇ 영상 및 음향기기	1,002	-9.5	1.8	82	5.7	1.5	827	2.1	1.7
- 영상기기	681	-9.3	1.3	53	7.2	1.0	539	-4.2	1.1
• TV	267	-12.1	0.5	21	5.3	0.4	235	4.1	0.5
LCD TV	10	-73.9	0.0	0	-19.2	0.0	7	3.5	0.0
TV 부분품	254	-3.9	0.5	20	5.9	0.4	225	4.4	0.5
• 셋탑박스	9	93.0	0.0	1	2,104.0	0.0	3	-62.1	0.0
- 음향기기	286	-11.7	0.5	27	9.7	0.5	262	16.4	0.5
- 기타 영상음향기기	35	8.7	0.1	2	-37.9	0.0	26	15.1	0.1
ㅇ 정보통신응용기반기기	12,250	0.9	22.6	981	-0.6	18.4	10,315	2.7	21.1
- 가정용전기기기	1,138	-5.7	2.1	114	21.1	2.1	1,074	15.0	2.2
- 사무용기기	219	12.5	0.4	13	-18.9	0.2	199	8.0	0.4
- 의료용기기	2,074	5.1	3.8	173	3.2	3.2	1,738	4.8	3.6
- 전기 장비	5,193	0.3	9.6	378	-16.7	7.1	4,428	2.6	9.1
• 건전지 및 축전지	2,893	5.6	5.3	194	-32.5	3.6	2,438	2.3	5.0

※ 자료 : 2024년 10월 정보통신산업(ICT) 수출입 동향(IITP·KTSPI, 2024.11.14), 증가율은 전년동월대비

과학기술 & ICT 정책·기술 동향

과학기술	ICT
■ 과학기술정보통신부 과학기술전략과 Tel : (044) 202-6735 E-mail : ghgh0244@korea.kr	■ 과학기술정보통신부 정보통신산업정책과 Tel : (044) 202-6222 E-mail : jooniry@korea.kr
■ 한국과학기술기획평가원 과학기술정책센터 Tel : (043) 750-2481 E-mail : wona@kistep.re.kr	■ 정보통신기획평가원 동향분석팀 Tel : (042) 612-8240 E-mail : itzme@iitp.kr