

통권 제369호

# 중국 첨단기술 경쟁력과 미래 전략

KISTEP 글로벌R&D혁신센터 서행아  
중국칭화대 이우근, 상해과기대 김종명, 난징농업대 정용삼  
북경항공항천대 김정식, 칭화대 김기환



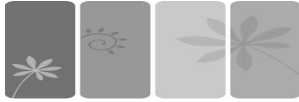
# 중국 첨단기술 경쟁력과 미래 전략

China's Advanced Technology Competitiveness and Future Strategy

서행아·이우근·김종명·정용삼·김정식·김기환

Haenga Seo·Woogeun Lee·Jongmyung Kim·Yongsam Jung·Jungsik Kim·Kihwan Kim

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| I. 중국의 기술굴기가 주는 의미           | I. The Significance of China's Rise in Technology                   |
| II. 한중 반도체 산업 역학과 반(半)격차 전략  | II. Semiconductor Industry Dynamics and the Gap-Narrowing Strategy  |
| III. 새로운 트렌드 만드는 중국 이차전지     | III. Emerging Trends in China's Battery Industry                    |
| IV. 합성생물학, 미중 패권전쟁 대응하는 레버리지 | IV. Synthetic Biology: Leverage in the U.S.-China Hegemony Conflict |
| V. 중국의 야심찬 그린 수소 발전 전략       | V. China's Ambitious Green Hydrogen Development Strategy            |
| VI. '게임체인저' 양자 정보 기술 패권 전쟁   | VI. The 'Game-Changer' Quantum Information Technology Power         |
| VII. 시사점                     | VII. Implications   |
- [참고문헌]



## 요약

- 중국은 과거에는 선진국 기술을 따라잡는 추격자 모델이었으나 이제 선도자 모델로 전환하였고 글로벌 기술 리더십을 확보하려 노력 중

  - 2010~2019년 통계 기준으로 미국의 R&D 지출 규모는 1위이나, 중국의 R&D 지출 평균 연간 성장률은 미국의 거의 두 배에 달함
  - 2024년 과기정통부의 5개국 핵심 과학기술 12대 분야 기술수준 평가 결과, 미국을 100%로 기준할 때 한국 81.5%, 중국 82.6%로 한국이 중국에게 추월당함
- 2006년부터 본격적인 기술 전략을 시작, 산업화 위주 개발 단계를 거쳐 ‘중국제조 2025’ 이후 신산업 첨단기술에 초점을 맞추고 있음

  - 중국의 연구개발 투자 규모는 2010년 1,060억 달러에서 2023년 4,589억 달러로 증가했고 2024년에도 소비 침체 등 경제 난국에도 불구하고 기초연구 지출을 전년 대비 10% 이상 확대
  - 이제 2027년까지 세계 미래산업의 전략적 허브로 부상하겠다는 계획과 함께 글로벌 최고를 실현할 6대 미래산업 육성을 최우선 목표로 설정
- (반도체) 중국내 범용 반도체 시장 공략에선 초격차 보다는 반격차 전략이 유효

  - 중국 반도체 산업을 이해하기 위해서는 기술격차 년수보다는 중국 반도체 시장이 자생할 수 있는 생태계를 갖고 있느냐가 중요
  - 중국의 목표는 삼성이나 인텔을 이기는 것이 아니라 중국 내 반도체 수요 중 수입에 의존하고 있는 절반을 국산화 하는 것임
  - 중국 내 반도체 시장의 강점은 수직계열화로 현재 중국내 팹리스 회사는 한국의 10배가 넘는 3,500개가 가동 중이며 갈수록 시스템 반도체 역량이 높아지고 있음
  - 회로설계 분야에서 중국과의 반도체 관련 협력이 되면 IP 특허 및 시장 지분 공유가 가능해 질 것임

■ (이차전지) 새로운 트렌드를 만드는 중국의 이차전지 산업, LFP, 반고체, 나트륨 이온 등 분야에서 기초연구 단계의 교류 협력이 필요

- 중국 정부의 과감하고도 꾸준한 투자와 거대한 내수시장에 힘입어 중국 이차전지 산업은 새로운 시장을 창출해 나가고 있음
- 중국 리튬인산철(LFP) 배터리는 한국의 주력 삼원계(NCM) 배터리와 치열한 경쟁을 이루고 있으며 전지 소재 원가의 50%를 차지
- 상용화 단계에 들어서고 있는 반고체 전지로 전고체 시장을 선점하려고 있으며, WELLON (웨이란신에너지기술), CATL, 간펑리디안 등이 주요 기업으로 기술 개발에 성공

■ (합성생물학) 중국은 합성 생물학의 영향력이 세계 1위로, 한중간 인재교류 활성화와 인프라 공동 활용 등을 통해 공용 바이오 파운드리 추진이 요구됨

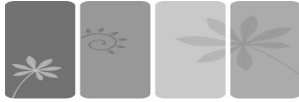
- 중국은 합성생물학 분야에서 세계 최고 기관 중 9개를 보유하고 있고, 영향력 있는 논문 분야에서 미국 대비 3배 이상 높은 52%를 차지
- 베이징, 톈진, 상하이, 충칭에 4대 바이오 비즈니스 클러스터를 구축하였으며, 중국과학원 선전선진기술연구원을 중심으로 바이오 파운드리 구축이 집중되고 있음
- 미국 내 석박사 학위를 마친 인재의 중국 재유입이 증가되고 있으며, 이렇게 양성된 인재는 중국 내 합성생물학 발전에 상당한 기여를 하고 있는 것으로 나타남

■ (수소) 제품 상용화에 대한 한중 상호간 교차 테스트가 필요하며 이를 위해 공동개발 등으로 미래 국제 수소 시장 형성에 참여

- 중국은 전 세계 수소 생산의 25%를 생산하고 있으며, 수소 ISO 표준화에 자국 기술을 반영하여 그린수소 수출국이 되고자 함
- 수전해 기술인 알카라인 전해질 기술은 세계 최고이나, 상업화 기술은 선진국과 수년 이상의 격차가 존재
- 중국내 e-Fuel의 성장성이 아직 과소평가되어 있어, 양국이 기술협력을 통해 제품화를 한다면 국제 시장 진출이 가능해 질 전망

- (양자정보기술) 대규모 연구비로 독자적 가치사슬을 형성하고 있는 중국에 대한 지속적인 모니터링이 필요
  - 양자 정보는 미래를 바꿀 수 있는 기술로 인식되면서 미국과 중국 간 경쟁이 치열해 지고 있으며, 국가안보 및 보안과 관련 순수 과학기술을 뛰어넘는 단계로 진입
  - 중국의 대표적 양자기관으로 허페이 중국과기대학을 들 수 있으며, 255개 광자로 구성된 '지우장 3.0' 양자컴퓨터를 개발하여 슈퍼컴퓨터보다 높은 성과를 달성
  - 우수한 인재를 확보하고 그들에게 적절한 기회와 환경을 제공하여, 장기적 발전을 위한 토대를 마련
  
- 이제 우리는 미중 사이에서 생존 공간을 확보하고 경쟁 우위를 이끌어낼 국가 전략 수립이 시급하고, 한중 과학기술 협력체계의 근본적 개선이 요구
  - 현재 미국은 '좁은 마당 높은 담(small yard, high fence)' 정책을 진행 중인 바 중국과의 협력이 허용되는 '블루존' 영역을 설정하여 민간의 협력 지원이 필요
  - 신재생 에너지, 바이오 기술 등 미래 산업의 핵심 분야에 집중하고, 상호 보완적인 강점을 기반으로 한 실질적 협력 강화
  - 양국의 젊은 인재들이 서로의 시장과 기술을 경험하고 배울 수 있는 기회를 확대함으로써 미래 협력의 기반 구축

※ 본 이슈페이퍼는 한중과학기술협력센터에서 발간한 단행본 「중국 첨단기술 경쟁력과 미래 전략-중국 현직교수들의 분석과 제안」의 내용을 발전시킨 것으로 한국과학기술기획평가원의 공식 의견이 아닌 필자의 견해를 밝힙니다.



## Abstract

- China, once a follower in technology, has now shifted to a leader model and aims to secure global tech leadership.
  - From 2010 to 2019, the U.S. led in R&D spending, but China's average annual growth rate in R&D was nearly double that of the U.S. In 2024,
  - A comparative evaluation of 12 key science and tech fields across five countries showed that, with the U.S. at 100%, South Korea scored 81.5%, while China surpassed it with 82.6%.
  - South Korea's failure to recognize its falling position in the science and technology race with China is its biggest issue, and urgent action is needed.
- China launched its formal technology strategy in 2006, transitioning from an industrialization-focused phase to prioritizing advanced technologies under the "Made in China 2025" initiative.
  - China's R&D investment grew from \$106 billion in 2010 to \$458.9 billion in 2023, and despite economic challenges, it increased basic research spending by over 10% in 2024.
  - By 2027, China aims to become a global hub for future industries, focusing on six key sectors to achieve world leadership.
- China's strategy for the general semiconductor market focuses on narrowing the gap rather than achieving an overwhelming lead.
  - The key is building a self-sustaining ecosystem, not just reducing the technological gap.
  - China's goal is to localize half of its semiconductor demand, which currently relies on imports, rather than surpassing Samsung or Intel.

- China's strength lies in vertical integration, with over 3,500 fabless companies—ten times more than South Korea—continuously enhancing its system semiconductor capabilities.
- Collaboration with China in areas like circuit design could provide significant benefits, including sharing IP and market shares.
- China's battery industry is setting new trends with technologies like LFP, solid-state, and sodium-ion batteries, requiring collaboration in early-stage research.
  - China's LFP batteries are in fierce competition with Korea's NCM batteries, making up 50% of battery material costs.
  - Solid-state batteries, now entering commercialization, aim to dominate the next market phase, with companies like WELLON, CATL, and Ganfeng Lithium leading development.
  - Sodium-ion batteries are also gaining momentum in China, though Korea lacks concrete investment plans.
- China leads the world in synthetic biology, with the highest global impact. There is a need for enhanced talent exchange and shared infrastructure between China and Korea to establish a common bio-foundry.
  - China holds nine of the world's top institutions in this field and contributes 52.42% of influential papers, over three times more than the U.S.
  - Four major bio-business clusters have been established in Beijing, Tianjin, Shanghai, and Chongqing, with a focus on building bio-foundries at the Shenzhen Institute of Advanced Technology of the Chinese Academy of Sciences.
  - According to the ASPI, 32.4% of undergraduates in synthetic biology are Chinese, and 23.3% of professionals in China return after completing graduate studies in the United States, indicating high talent re-inflow.
- Korea and China should engage in mutual cross-testing and joint development to commercialize hydrogen products and shape the future international hydrogen market

- China produces 25% of the world's hydrogen and aims to integrate its technology into ISO standards to become a green hydrogen exporter.
  - While China's alkaline electrolysis technology is world-class, its commercialization still lags behind advanced countries.
  - The potential for e-fuel in China is underestimated, but with joint technology development, international market entry is feasible.
- China is the world's largest investor in quantum information technology, striving to secure its own value chain.
- Monitoring China's progress in this field is essential. As quantum technology is seen as transformative, the competition between the U.S. and China is intensifying, moving beyond pure science into areas of national security.
  - A leading quantum research institution in China is the University of Science and Technology of China in Hefei. They have developed the "Jiuzhang 3.0" quantum computer composed of 255 photons, achieving results that surpass those of supercomputers
  - China is also focusing on long-term talent development by providing the necessary opportunities and environment.
- It is urgent for South Korea to develop a national strategy to secure space for survival and gain a competitive edge between the U.S. and China.
- The U.S. is currently implementing a "small yard, high fence" policy, but creating a "blue zone" for limited cooperation with China could support private collaboration.
  - Focusing on core future industries such as renewable energy and biotechnology, and enhancing complementary strengths, will strengthen practical cooperation.
  - Expanding opportunities for young talent to experience each other's markets and technologies will build a foundation for future collaboration.



# I

## 중국의 기술굴기가 주는 의미

### 1. 중국의 기술 자립·자강

■ 미중 기술 경쟁의 심화속에서 중국은 자립자강을 목표로 기술 굴기 전략을 추진 중

- 중국은 ‘국가 과학기술 발전 중장기 계획(2006~2020)’부터 본격적인 기술 전략을 시작으로 ‘중국제조 2025’, ‘제14차 5개년 계획’을 거쳐 기술자립을 가속화에 주력
  - 16대 ‘국가 중대 과기 전문 프로젝트’를 시작으로 68개 우선 분야, 27개 프런티어 분야, 18개 기초연구 분야로 구성하여 핵심기술 병목현상 해소
  - 2010년부터는 에너지 절약과 친환경, 차세대 IT, 신에너지 자동차 등 ‘전략적 신흥산업 육성계획’ 중심으로 과학기술 정책을 전환
  - 2015년 ‘중국제조 2025’ 정책을 수립하고 제조 초강대국으로의 탈바꿈을 시도하였으나 미국을 비롯한 서방의 대대적인 반발을 초래
  - 2018년부터 미중 기술 패권이 심화되면서 ‘제14차 5개년 계획(2021~25)’을 수립하고 ‘차보즈’ 기술 해결을 위한 7개 전략 기술 분야 관련 프로젝트를 시행

〈표 1〉 중국 과학기술 정책과 중점 기술 분야

국가 과기발전 중장기 계획 (2006~2020)	전략적 신흥산업 육성계획(2009)	중국제조 2025 (2015)	14차 5개년 계획(2021~2025)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심 전자부품·고급 범용 칩 소프트웨어</li> <li>• 집적회로 제조기술</li> <li>• 차세대 광대역 이동통신</li> <li>• 디지털 선박</li> <li>• 대형 오일가스 개발</li> <li>• 선진형 가압수로 및 고온가스 냉각로</li> <li>• 수질 오염 정비</li> <li>• 형질전환 바이오 신물질 육종</li> <li>• 신약, 감염병 예방</li> <li>• 대형 비행기</li> <li>• 고해상도 대지 관측시스템</li> <li>유인우주비행, 달탐사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신흥IT</li> <li>• 첨단장비 제조업</li> <li>• 에너지 절약 및 환경</li> <li>• 신에너지</li> <li>• 신에너지 자동차</li> <li>• 신소재</li> <li>• 바이오</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차세대 IT·고급 수치제어선반, 로봇</li> <li>• 우주항공장비</li> <li>• 해양 엔지니어링 장비, 하이테크 선박</li> <li>• 선진 궤도 교통장비</li> <li>• 에너지 절약 및 신에너지 자동차</li> <li>• 전력 장비</li> <li>• 농업 기계장비</li> <li>• 신소재</li> <li>• 바이오의약 및 의료기기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인공지능</li> <li>• 양자 정보</li> <li>• 반도체</li> <li>• 뇌과학</li> <li>• 유전자, 바이오 기술</li> <li>• 임상의학, 헬스케어</li> <li>• 우주</li> <li>• 심해, 극지 탐사</li> </ul>

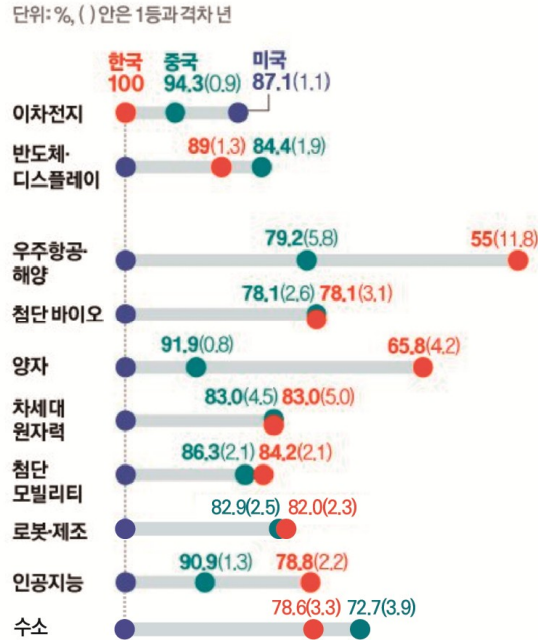
- 2024년 중국 정부는 신질생산력을 제시하고, 2027년까지 세계 미래산업의 전략적 허브로 부상하기 위한 6대 미래산업 육성을 최우선 목표로 설정
  - 2024년 3월 전국인민대표대회에서 고품질발전(高質量發展), 신질생산력(新質生產力)을 제시하고, 양자기술, 바이오기술 등 미래산업 육성 및 인공지능+ 프로젝트 추진 등을 중점 방향에 포함시킴
  - 미래제조, 미래정보, 미래에너지, 미래소재, 미래공간, 미래의료 등을 선정

### 〈6대 미래산업 분야〉

- 미래제조 : 스마트, 바이오, 나노, 레이저, 순환, 스마트 제어, 스마트센싱, 시뮬레이션 등
- 미래정보 : 차세대 이동통신, 위성 인터넷, 양자정보 등
- 미래에너지 : 원자력, 핵융합, 수소, 바이오매스
- 미래소재 : 비철금속, 화학공업, 세라믹
- 미래공간 : 유인우주비행, 달/화성 탐사, 위성항법, 무인시스템, 첨단고효율 항공기
- 미래의료 : 세포 유전자기술, 합성생물학, 바이오 공학

## 2. 중국의 한국 추월

- 중국은 과거에는 선진국 기술을 따라잡는 추격자 모델이었으나 이제 선도자 모델로 전환하였고 글로벌 기술 리더십을 확보하려 하고 있음
  - 중국은 이제 한국을 대부분 영역에서 추월하고 미국을 맹 추격중
    - 2024년 과기정통부의 5개국 핵심 과학기술 12대 분야 기술수준 평가 결과, 미국을 100%로 기준할 때 한국 81.5%, 중국 82.6%로 한국이 중국에게 추월 당함
    - 특히, 향후 폭발적 성장이 예상되는 산업인 첨단 모빌리티, 로봇제조, 인공지능 등 영역에서 한국을 추월



[자료] 과기정통부(2024), 중앙일보(2024)

[그림 1] 주요 분야별 기술 수준

- 특히, 중국의 대학, 연구기관의 과학기술 수준이 빠르게 상승 중
  - 2023년 네이처 인덱스(Nature Index) 교육기관 순위에서 중국과학원이 세계 1위를 차지했으며, 칭화대학, 베이징 대학이 10위에 진입
  - 한국은 서울대와 KAIST 만이 100위권에 진입한 상황이라 향후 우리나라가 글로벌 과학기술 경쟁에서 향후 경쟁력을 상실할 수 있는 리스크가 큼
  - 특히, 반도체 분야는 중국 주요 명문대마다 반도체 대학을 설립하여 향후 수십만 명의 반도체 인력을 양성할 계획
- 2023년 3월 중국은 당이 정책을 결정하고 정부는 집행하는 체계로 국가 운영 방식을 대전환
  - 향후 중국의 정책 결정이 기존처럼 정부, 즉 국무원 중심이 아닌 당 지도부에서 이루어질 전망
    - 정책 결정이 비공개되고 당 조직 등 비정부 조직이 정책 결정에 개입 또는 주도할 가능성을 시사
    - 당 중앙에 기존의 비공식 조직 과학기술자문위원회가 과학기술위원회로 전환되면서 이번 발족한 5대 위원회 중 서열 두 번째 위치를 차지하여 과학기술 위상이 크게 제고

### 3. 중국 기술 경쟁력 우위 요소와 우리의 대응

#### ■ 중국의 기술 경쟁력은 정부주도 정책, 규모역량, 인재양성, 인프라 등에서 기인

- 국가 주도의 일관된 정책 방향과 투자를 유지하여 연구 수행 조직이 안정적이고 국가가 필요로 하는 기술에 연구 자원을 집중하여 개발함으로써 성과를 제고
- 중국 인력, 연구비 등 대규모 역량을 전략적으로 활용하여 타국은 구축하기 어려운 대규모 연구 인프라를 단기간에 구축
- 천인 계획 등 적극적이고 공격적인 해외 인재 확보와 동시 대규모 해외 유학으로 인재의 글로벌 통합을 전면 추진해 왔으며, 대규모 반도체 학원 설립과 같은 방법으로 국내 인력 역량을 확보
- 개별 기업이 투자하기 어려운 대형 또는 고가의 장비와 인프라를 정부가 투자하여 기업에 제공함으로써 기업을 지원

#### ■ 한국은 과학기술 대응 전략 수립과 중국과 가능한 협력을 동시에 모색해야 함

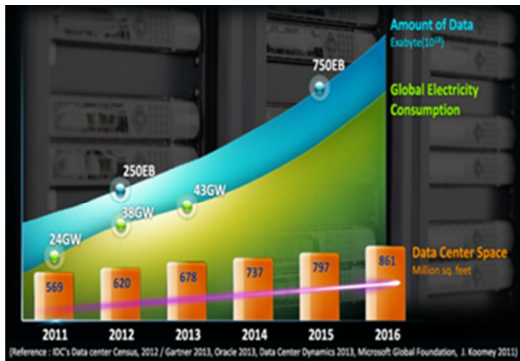
- 반도체, 배터리, 디스플레이 등 기존 강점 분야에서 기술 자립을 유지하고, 첨단기술 분야에 대한 R&D를 지속적으로 강화
- 한국은 미국과의 협력을 승화 발전시키되 유연성을 가지고 중국과의 협력도 도모하는 전략을 고려해야 향후 발전 공간을 확보할 수 있을 것임

# II 한중 반도체 산업 역학과 반(半)격차 전략

## 1. AI 기술 발달에 따른 새로운 반도체 산업 변화

### ■ 최근 AI 기술의 발전은 새로이 급격한 반도체 수요를 야기

- AI 발전은 100배 이상의 컴퓨팅 파워, 1천배 이상의 메모리 용량 등을 요구
  - 하드웨어 용량 증가에 따라 기존의 용량, 속도 문제에서 전력 소비 문제로 이슈가 변화하고 있음
  - \* 인간의 뇌는 1천억 개의 뉴런, 100조 개의 시냅스를 보유하지만 불과 20와트 전력 만을 소비함
  - 이에 따라 전력 관련 기술이 향후 반도체의 게임 체인저가 될 가능성이 높음
- 동시에 반도체 기술의 새로운 이슈로서 메모리 반도체의 위상이 높아지고 있음



(출처: 국제고체회로학회 (ISSCC) 삼성 기조연설, 2015.2)



(출처: 국제고체회로학회 (ISSCC) AMD 기조연설, 2023.2)

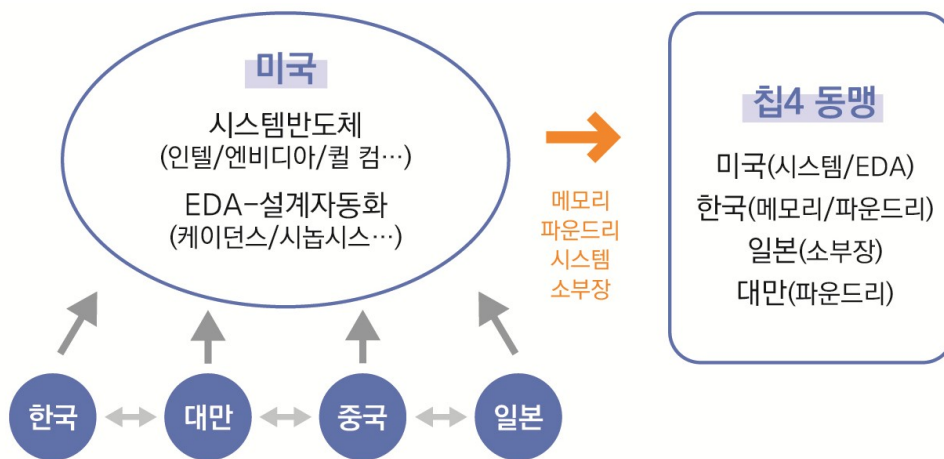
[자료] 국제고체회로학회(ISSCC, 2023)

[그림 2] 반도체 발전과 급증하는 전력량

### ■ AI 반도체에서 메모리 칩의 위상이 높아지고, 첨단 패키징과 같은 후공정이 중요해 지면서 미국은 중국을 견제하는 ‘칩4’ 전략적 동맹을 구축

- 미중 갈등 속에 미국은 반도체 정책을 근본적으로 안보 목적으로 바꾸고 있으며, 중국의 반도체 굴기는 이미 기술 자력화 수준을 초과

- 과거 미국은 인텔의 2018년 중국 다롄 공장 투자, 2014년 칭나유니그룹에 대한 10억 달러 투자로 지분 20%를 소유하는 등 중국 반도체 산업에 기여
- 그러나 2020년 화웨이의 앞서가는 5G 기술에서 안보 위기감을 가지게 되어 에너지 안보보다도 반도체 및 데이터 안보 관점에서 반도체 전략을 수립하고 추진 중임
- 미국이 취약한 메모리(한국), 파운드리(대만), 소부장(일본) 분야를 보강함으로써 아시아 지역에 공급체인을 완성하고 자국의 반도체 생산량을 전세계에서 30%이상 끌어올린다는 장기적 전략 구축



[그림 3] 미국 반도체 공급망 전략의 변화

## 2. 미중 갈등속 중국 반도체 굴기

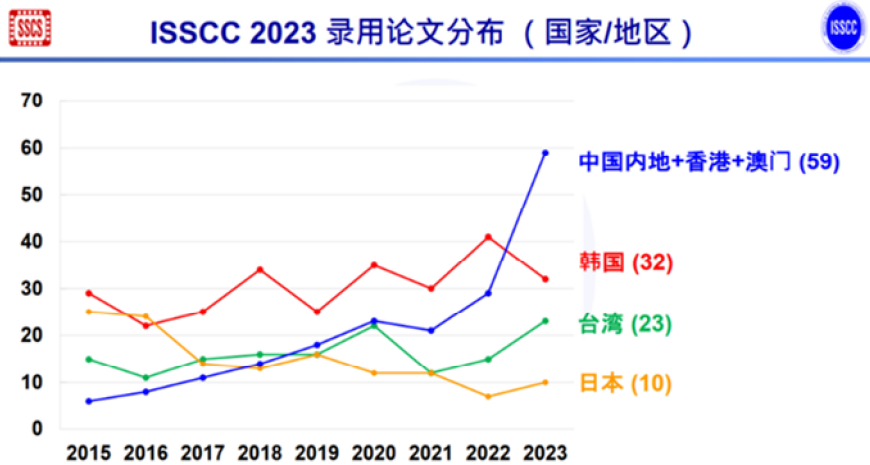
- 중국은 반도체 산업 육성을 본격화하여 2014년부터 장기적 육성 방안 및 슈퍼펀드를 조성하고 국산화, 산업화를 우선 추진
  - 파운드리 분야에서는 중국 정부가 미국 견제 하에도 소재, 부품, 장비 등 반도체 기술 개발에 집중 지원한 결과 SMIC 등 중국 기업이 국내 시장을 주도
  - 중국의 낸드 메모리 기술은 한국 기업의 턱밑까지 도달했고 이제 AI 메모리용 신 메모리 연구에 주력
- 중국 반도체 설계 부문이 약진하고 있어 향후 반도체 응용 분야의 급증이 예상됨
  - 시스템 반도체의 경우, 중국 내에만 한국의 15배 이상인 3,500개가 넘는 팹리스 회사를 설립



[자료] 半導體產業網

[그림 4] 중국 팹리스 회사 증가 추세(2010~2022)

- 후공정 산업에선 전통적인 강세를 기반으로 첨단기술 연구에 대한 지원을 강화하고 있으며 소부장에선 연구 및 지원이 활발히 추진 중
- 국제고체회로학회(ISSCC)에서 채택된 중국 논문 수는 한국, 일본, 대만을 추월



[자료] IEEE China

[그림 5] 중국의 시스템 반도체 논문 약진

- 중국 정부는 국가 병목 기술인 차보즈 산업 재생력을 위해 집중하고 있음
  - EDA 솔루션을 장기간 개발 및 지원하여 화웨이가 국산 EDA를 발표
  - 미국 IP 회피 목적이 강한 오픈소스 RISC-V, 칩렛 기술 이용을 촉진하고 중국이 표준화를 선도하기 위해 노력
  - 미국 제재로 수입이 막힌 반도체 장비를 대체하고자 노력한 결과 중국산 장비의 경쟁력이 급성장함

- 중국은 2024년까지 총 31개의 반도체 공장을 건설할 예정이며 그 중 대만에 19개를 신설할 계획임
  - 2~3년 안에 전세계 범용 반도체 절반이 중국에서 생산될 것으로 보이고, 저가 물량 공세로 세계 공급 시장에서 우위를 점할 예정
  - 2014년부터 국가 차원의 반도체 육성 정책 전개로 반도체 인력이 배출되고 있으나, 턱없이 부족하여 실전 투입 인력의 확보에는 다소 시간이 걸릴 전망

### 3. 한중간 반도체 협력은 가능한가?

#### ■ 반도체가 지정학적 이슈가 되면서 한중간 협력 공간이 축소됨

- 반도체 산업의 안보화가 진행되면서 글로벌 시장에서 패키징 등 후공정 중요도 및 반도체 인력 확보의 중요성이 증가
  - 무엇보다도 AI, 데이터센터, 슈퍼컴퓨팅 등 방대한 데이터를 연산 처리하는 데 드는 막대한 전력을 안정적으로 확보하는 것이 이슈가 되고 있음
- 중국 반도체 산업은 레거시 공정으로도 중국내 많은 반도체 제품을 국산품으로 대체하면 충분히 생존이 가능
  - 반도체 제품의 70% 이상을 차지하는 증저가 반도체 제품을 중국산으로 대체하면 중국은 대량생산에서 오는 노하우를 통해 첨단 공정에도 경쟁력을 확보해 나갈 전망
  - 중국은 2024년까지 총 31개 반도체 공장을 건설할 예정이며 2~3년 안에 전 세계 범용 반도체 절반이 중국에서 생산이 가능해짐
- 한국은 기술협력과 기술유출의 경계선에서 중국과 협력할 수 있는 사업이 제한적임
  - 각국이 공급망 자급주의로 독자적 IDM을 지향하고 있고 메모리에 있어 독보적 위치인 한국에 대한 견제가 미중 양쪽으로부터 있어 지정학적 갈등의 제약이 존재

#### ■ 한국은 반도체 산업에 대한 일관된 중장기 계획, 인력 유출 방안, 고급 인력 양성 방안 등이 필요

- 기존의 초격차 기술을 유지 발전하는 한편 반격차 전략으로 중국 시장을 확보
  - AI에 특화된 메모리인 HBM, PIM 등과 새로운 소재에 기반한 차세대 메모리에 더욱 많은 연구와 투자가 선행



- 중국 시장 공략시 한국 보유 국제 특허를 활용할 수 있도록 중국의 반도체 특허를 이해하는 노력이 필요
- 파운드리 분야에서는 첨단 공정 개발에 지속 투자하고 소부장 개발을 병행
- 전력 이슈에 대비하여 적어도 5년 이후의 전력량 수요를 예측하고 국가 차원의 전력 계획을 수립

**〈표 2〉 한중 반도체 분야 협력 방안 및 난관**

	회로설계	파운드리	소부장
협력방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IP창출 및 라이선스 공유</li> <li>• 차세대 제품 관련 아웃소싱</li> <li>• 레거시 공정으로 AI, IoT, 자율주행 등 공동연구 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중국의 급증하는 팹리스 회사 수요</li> <li>• 레거시 공정 파운드리 및 후공정 협력</li> <li>• 잠재적 고객 확보 및 중국 반도체시장 선점 기회</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중국의 파운드리 산업 확장 수혜</li> <li>• 완제품 장비 및 모듈의 패키징 딜 가능</li> <li>• 메모리, 이미지센서 등 반도체 부품과 모듈의 안정적 공급체인 지속</li> </ul>
난관	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술협력과 기술유출의 경계선에서 원원할 수 있는 사업의 제한성</li> <li>• 공급체인 자급주의로 국가전략산업이 됨으로써 독자적 IDM 사업 지향하는 글로벌 추세</li> <li>• 메모리에서 독보적인 위치를 차지하고 있는 한국에 대한 견제 가능성</li> <li>• 미중간의 무역/외교 갈등에서의 제약</li> </ul>		

### III

## 새로운 트렌드 만드는 중국 이차전지

### 1. 중국 이차전지 경쟁력과 특징

■ 꾸준하고 집중적인 정부지원으로 세계 시장을 잠식

- 이차전지 세계 시장에서 최근 중국 기업들이 빠르게 점유율을 높이고 있음
  - 일례로 전기자동차용 이차전지에서 중국 기업들의 합산 점유율은 2020년 35%에서 2023년에는 60%로 급증

〈표 3〉 전기자동차용 이차전지 연간 누계 세계 공급량(단위:GWh)

순위	회사	2022년 1~9월	2023년 1~9월	성장률	2022년 점유율	2023년 점유율
1	CATL(宁德时代)	117.6	178.9	52.1 %	35.0 %	36.8 %
2	BYD(比亞迪)	44.7	76.6	71.4 %	13.3 %	15.8 %
3	LG에너지솔루션	46.5	69.3	49.1 %	13.8 %	14.3 %
4	파나소닉	25.6	33.8	32.3 %	7.6 %	7.0 %
5	SK온	21.7	24.6	13.2 %	6.5 %	5.1 %
6	CALB(中創新航)	12.9	22.5	74.0 %	3.8 %	4.6 %
7	삼성SDI	15.5	21.7	40.2 %	4.6 %	4.5 %
8	Guoxuan(国轩高科)	9.7	10.6	9.2 %	2.9 %	2.2 %
9	Sunwoda(欣旺達)	6.2	6.8	9.4 %	1.9 %	1.4 %
	기타	31.8	31.0	-2.1 %	9.4 %	6.4 %
	합산	336.6			100 %	100 %

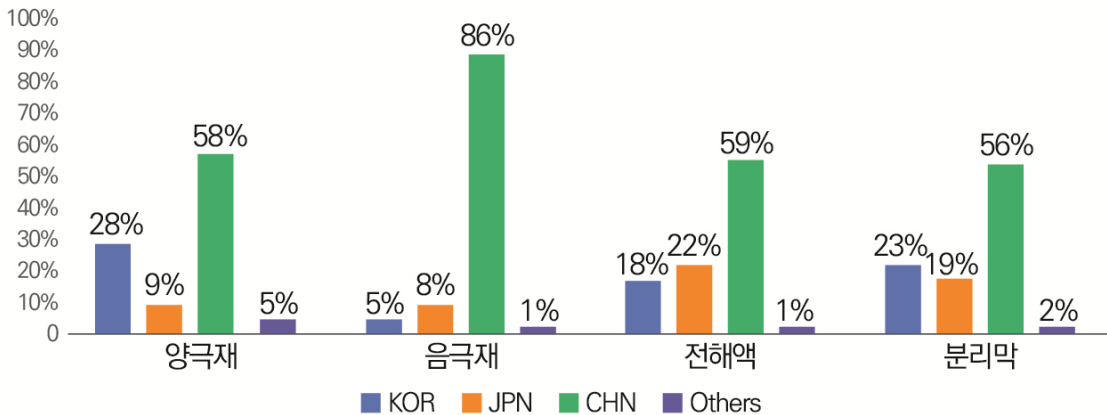
[자료] SNER리서치

- (정부 지원) 제11차 5개년 계획부터 지속적으로 정부의 투자가 집중되어 옴
  - 제11차 5년 계획(2001~2005)부터 전기차 개발을 중점 프로젝트로 지정하면서 관련된 이차전지에도 집중 투자
  - 제13차 5년 계획 기간(2016~2020): 총 18억 4,400만 위안(한화 약 3,300억 원) 규모 투자. 전지 용량 및 안정성 증대를 통한 상용화에 많은 성과 달성

- 제14차 5년 계획 기간(2021~2026): 19개의 국가 핵심 연구 사업을 통해 40~60개의 사업에 각각 100만~1,000만 위안 가량(한화 2억~20억 원) 지원 계획. 탄소 피크와 탄소 중립의 목표치를 달성하기 위해 에너지 저장 장치용의 대용량 전지 개발에의 지원을 확대

● 높은 국산화율과 탄탄한 물류 체인 구축

- 기술, 장비, 소재 등 모든 영역에서 거의 90%에 가까운 국산화율 달성
- 정부 주도로 해외에서 핵심 광물 확보, 2024년 쓰촨성에서 100만t에 이르는 아시아 최대 리튬 광산이 발견되면서 보다 더 안정적인 광물 수급 가능성 증대
- 광물의 제련 단계에서의 세계 점유율은 60~90% 선으로 절반 이상 차지
- 음극재, 양극재, 전해질, 분리막 등 대부분의 부품 제조 단계에서도 55~85%에 달하는 글로벌 점유율 달성



[자료] SNE리서치

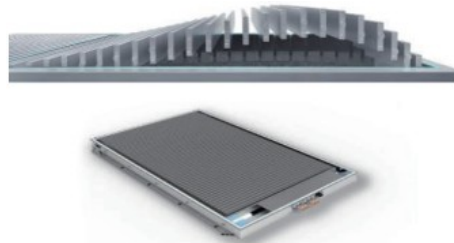
[그림 6] 리튬이차전지 4대 소재 공급업체 2022년 시장금액 기준 국가별 시장

## 2. 새로운 트렌드를 만드는 중국의 이차전지

### ■ 리튬인산철(LFP) 전지를 세계 시장에 확대시키는 중국

- 중국이 리튬인산철 전지에 주력한 요인으로 1) 안정성이 보다 중요시 되는 전기버스의 보급에의 집중, 2) 미국 기업 A123의 인수 등을 통한 관련 기술 확보 성과, 3) 풍부한 인산과 철 원자재 보유 등을 들 수 있음

- 대부분 국가에서는 NCM, NCA 등의 삼원계 전지에 주력한 반면, 유독 중국은 상대적으로 안정성은 높으나 에너지 밀도는 떨어지는 리튬인산철 전지에 집중
- CATL의 Cell-to pack(CTP), BYD의 블레이드 설계 등 배터리 팩 디자인 개선을 통해 LFP 전지의 낮은 에너지 밀도 단점을 극복



[자료] 위키피디아, CATL, BYD

[그림 7] CATL 셀투팩 3.0(좌), BYD 블레이드 배터리(우)

- 이러한 기술 개발을 통해 리튬인산철 전지는 한국의 삼원계 전지와 충분히 겨룰 수 있을 만한 경쟁력을 가지게 됨
- 예를 들어 2020년 테슬라는 중국 CATL과 납품 계약을 맺고, 리튬인산철 전지가 탑재된 차량의 생산을 2021년에는 20%에서 2022년에는 30%까지 늘림
- 특히, 코로나 19 팬데믹 이후 고급사양 보다 가성비 좋은 상품 중심으로 소비 수요가 옮겨지면서 삼원계 전지보다 30~40% 정도 저렴한 리튬인산철 전지의 수요가 증가. 그 결과 전체 배터리 시장에서 리튬인산철 전지의 점유율이 2020년 15%에서 2023년에는 40% 정도로 급격히 확대됨

#### ■ 반고체 전지로 전고체 시장을 선점하려는 중국

- 전고체 전지는 기존 전지의 유기용매 기반의 전해액을 황화물계, 산화물계, 고분자계 등의 고체 전해질로 대체한 전지임
- 이론적으로 에너지 밀도는 450~500Wh/kg 정도에 달해, 기존 전지에 비해 용량이 2배 이상 향상 가능
- 반고체 전지는 젤 상태의 전해질을 사용한 전지이며, 고체보다는 유동적인 특성으로 이온 전도도가 높고, 고체 전극들과 계면도 이루기도 좋아서 전고체 전지의 장점을 공유하면서도 기술적인 장벽이 낮음

- 중국 기업들은 기존 전지와 전고체 전지의 중간 단계로 볼 수 있는 반고체 전지에 집중
  - WELION(웨이란신에너지기술)은 액체 전해질의 현장 증합을 통해 액체 전해질을 고체화하는 방식을 통해 전극과의 계면을 향상하고, 기존 전지 공정 계통과 호환 가능한 기술을 개발
  - \* 360Wh/kg의 에너지 밀도를 가진 150kWh급 반고체 배터리 팩을 생산하고 2023년 상반기부터 NIO(웨이라이)의 ES6 SUV에 탑재
  - CATL은 2023년 4월 에너지 밀도가 500Wh/kg에 달하는 반고체 전지인 ‘응축 배터리 (Condensed Battery)’를 공개
- 최근 반고체 전지의 상용화가 현실화되면서 한국에서도 개발 노력이 시작되고 있음
  - 반고체 전지의 성능은 전고체 전지에서 기대되는 성능 보다는 떨어지기에 그동안 한국에서 외면 받았음
  - 하지만, 최근 에너지솔루션에서 2023년 10월 반고체 전지의 생산 기반을 충북 오창 에너지플랜트에 구축하고, 2026년 상용화를 목표로 하는 계획을 발표

#### ■ 나트륨 이온 전지 시장에서 압도적인 점유율을 보이는 중국

- 나트륨 이온 전지는 리튬 기반의 전지들에 비해 매우 저렴하고 안정성이 높지만, 낮은 에너지 밀도로 인해 대부분의 국가에서 외면 받음
  - 그러나, 이차전지의 용도가 점점 다변화되면서 공간의 제약이 적은 대신 안정성과 대용량이 중요한 에너지 저장 시스템 등에서 관심을 끌기 시작함
- 중국은 나트륨 이온 전지에도 꾸준히 투자해 기초 연구 단계에서부터 많은 성과를 내며 상용화에 성공한데 반해, 한국은 눈에 띄는 투자가 아직 부재
  - 2023년 현재 전세계 20개 나트륨 이온 전지 공장 중 16개가 중국에 있으며, 앞으로 2년 안에 중국이 나트륨 이온 전지의 95%를 점유할 것으로 전망됨
  - 하이나배터리(HiNa Battery Technology)는 2022년 안휘성 푸양에 처음으로 GWh급의 나트륨 이온전지 생산시설을 구축했으며, 에너지 밀도 140 Wh/kg, 145 Wh/kg, 155 Wh/kg 세 종류의 전지를 생산하고 있음
  - 2023년 장화자동차는 Sehol E10X 전기자동차에 시범적으로 자사의 나트륨 이온 배터리를 장착하여 1회 충전 시 주행거리는 약 250km로 현재 전기차의 절반 수준이지만, 세계 최초로 나트륨 이온 전지를 자동차에 적용함

- CATL은 2021년에 160Wh/kg급 1세대 나트륨 이온 전지를 선보이고, 2세대에서는 200Wh/kg 수준까지 끌어올릴 계획을 발표. 또한 2022년에 리튬인산철 전지와 나트륨 이온 전지를 합쳐 양쪽의 장점을 추구한 하이브리드 AB 배터리 시스템을 개발
- BYD는 2023년에 나트륨 이온 전지를 장착한 시걸(Seagull) 자동차 생산 계획을 발표하고, 2024년 장수성 쉐저우에 30GWh급 나트륨 이온 전지 생산 공장 건설을 시작

### 3. 중국 이차전지 공세와 향후 우리의 대응

#### ■ 중국은 일관성 있는 장기정책과 새로운 시장을 창출하는 거대한 내수시장의 힘으로 경쟁력 창출

- 중국 정부는 20년 넘게 전기차와 이차전지 산업에 집중 투자를 유지
  - 기초 연구 및 산업계의 지원 외에도, 자국기업의 경쟁력을 높이기 위한 보호 정책, 배터리 핵심 광물 확보 노력 포함
- 새로운 시장 창출하는 거대한 내수시장의 힘
  - 중국은 리튬인산철 전지를 중심으로 하고 있지만 삼원계 전지, 반고체 전지, 전고체 전지, 나트륨 이온 전지 등 이차전지와 관련된 거의 모든 분야에는 성공 가능성과 관계없이 우선적으로 투자
  - 새롭게 개발된 전지가 기존 전지들에 비해 성능이나 경쟁력에서 당장 떨어지더라도, 자국의 거대한 내수 시장 및 보호 정책을 통해 이를 보완할 시간을 벌어 줌. 이를 통해 세계 시장을 넘볼 수 있는 경쟁력을 만들어 나감

#### ■ 중국 이차전지에 대응을 위해 중국 내 기술 동향을 보다 빨리 정확히 분석

- 기초 연구 단계에서라도 교류를 추진해 나가는 것이 필요
  - 상업화와 관계없는 부분에 있어서는 양국 간 교류의 기회는 충분히 있으며, 이러한 장기적인 노력을 통해 이후 더 참여한 부분에서의 협력 방안도 추진

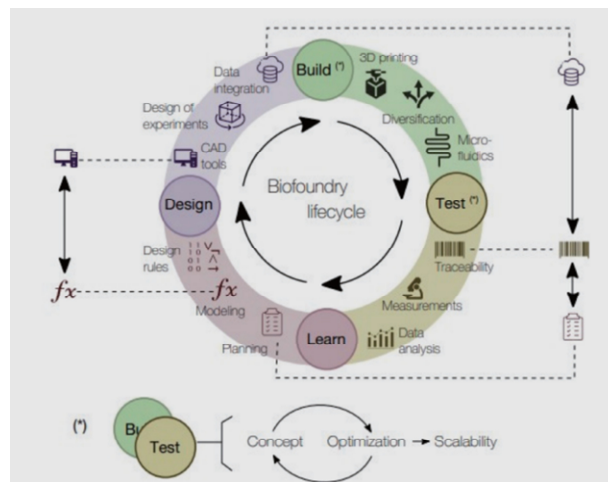
## IV

## 합성생물학, 미중 패권전쟁 대응하는 레버리지

## 1. 왜 합성생물학인가?

■ 합성생물학(Synthetic Biology, Synbio)은 기존 제조를 근본적으로 변경하여 혁신적인 생산이 가능한 기술임

- 합성생물학은 이제 ‘발견’에서 ‘발명’의 시대로 패러다임이 바뀌고 있음
  - 합성생물학은 장기간이 소요되던 물질을 단기간에 개발, 생산이 가능함
  - 전통적인 방식의 백신 개발에 10여 년이 걸린 반면, 모더나의 mRNA 백신 제조 아이디어와 킵코바이오웍스의 mRNA 고속합성, 자동화 설비인 바이오 파운드리와의 협업으로 1년 만에 백신을 제조하였음
- 합성생물학은 작은 생산 설비로 친환경 생산이 가능함
  - 세포는 자가복제가 가능하여, 한번 만들어진 경우 지속적으로 생산에 이용할 수 있어 생산단가 및 생산 효율성을 높일 수 있음
  - AI, 양자컴퓨팅 및 로봇공학기술 등을 이용해 제품제조에서 적용되는과정(DBTL)을 생명체 연구에서도 적용 가능



[그림 8] 합성생물학의 기술 범주 및 주기















● 바이오파운드리(Biofoundry)와 합성생물학의 범위

- 바이오파운드리(Biofoundry)는 로봇과 AI 기술을 융합하여 DNA 조립에서부터 세포 개량까지의 복잡한 과정을 빠른 순환 공정으로 구현하여 생명공학의 낮은 재현성과 생산성 등의 한계를 극복하는 자동화 시설임

## 2. 바이오 파운드리로 완성되는 중국 로드맵

■ 현재 합성생물학은 중국이 미국을 추월하여 선도하고 있음

- 어느 국가이든 이 분야에 투자하고 선도적인 위치를 확보한다면, 기술적 경쟁에서 우위를 차지할 수 있을 것이나 현재 합성생물학은 미중 중심으로 재편 중임
- 호주전략정책연구소(ASPI, Australian Strategic Policy Institute) 가 2023년 기준 주요 국가 중점기술 44가지 기술을 대상으로 분석한 결과 중국은 37개 기술에서 미국에 비해 앞서가고 있는 것으로 나타남
  - 그중 합성생물학 분야는 기술 독점 우려가 있을 정도로 압도적인 위치를 점하고 있음

Technology	Top 5 countries					Technology monopoly risk
Synthetic biology	 52.42%	 16.75%	 3.32%	 3.07%	 2.91%	9/10 3.13 <b>high</b>
Biological manufacturing	 26.01%	 10.35%	 9.08%	 3.85%	 3.17%	6/10 2.51 <b>medium</b>
Vaccines and medical countermeasures	 28.31%	 12.57%	 6.18%	 6.06%	 5.14%	8/10 2.25 <b>medium</b>

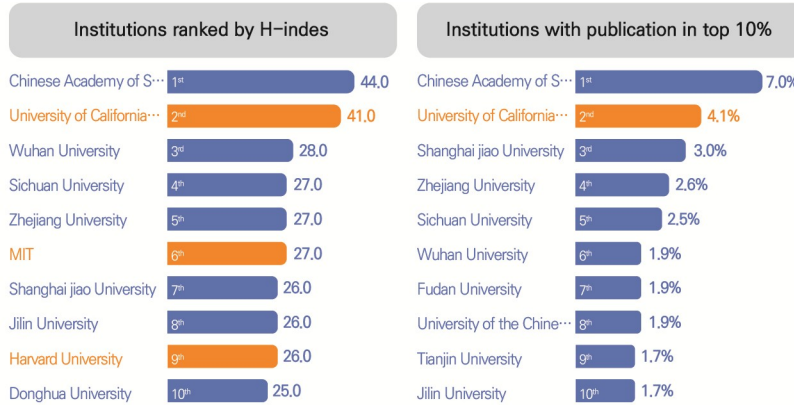
[자료] 호주전략정책연구소(ASPI)

[그림 9] 합성생물학 분야 기술적 우위 분포

- 중국은 합성생물학 분야에서 세계 최고 10개 기관 중 9개를 보유하고 있고 영향력 있는 논문 분야에서도 미국 대비 3배 이상 높은 수치인 52.42%를 차지함
- 합성생물학 세계 최고 기관을 보면, 중국과학원(Chinese Academy of Science)이 1위를 차지



- 상위 10% 중요논문 점유율로 봐도, 9개 기관이 모두 중국이 차지하는 것을 볼 때, 중국 정부 및 기관이 많은 투자를 하고 있음을 시사



[자료] ASPI를 활용 저자 작성

[그림 10] 합성생물학 분야 세계최고 기관들

■ 중국은 합성생물학 전방위 기술을 국가 주도 중장기 계획을 세워 개발할 의지이며 이를 위한 중앙 정부와 지방 정부간 정책 공유 플랫폼을 운영

- 중국 정부는 2008년 합성생물학 중점연구소(Key Laboratory of Synthetic Biology)로 시작하여 합성생물학에 처음으로 공식적으로 지원
  - 2013년까지 중국은 중국과학원과 중국공학원 등의 여러 기관에서 연구 기금을 제공하여 총 약 1천억 달러에 달하는 것으로 추산
  - 제13차 계획에서는 생명공학 기술 분야에 GDP의 4%(약 6,000억 달러)를 2020년까지 투자했고 제14차 5개년 계획에서는 2025년까지 중국의 바이오 경제 규모 증가 및 바이오 기술 강화, 바이오 산업 통합 발전, 생물 안보 향상을 추진

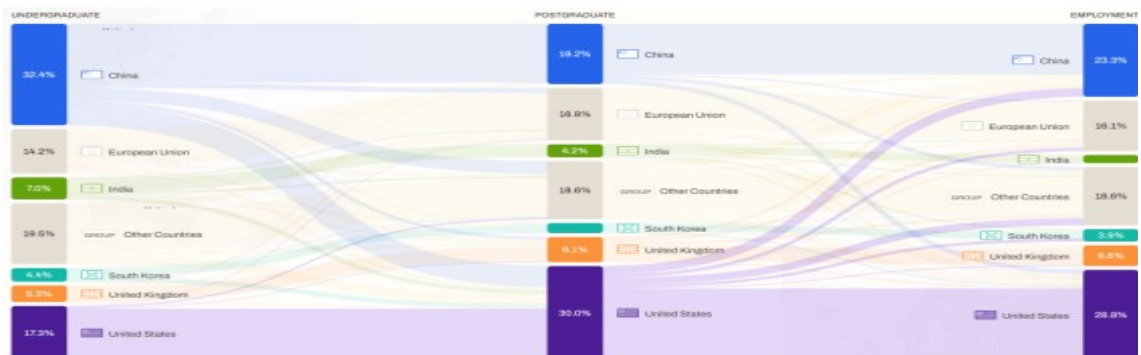
■ 중국 합성생물학은 중국과학원 선전선진기술연구원을 중심으로 바이오 파운드리 구축에 집중

- 중국과학원선전선진기술연구원(中國科學院深川先進技術研究院)은 선전시 정부로부터 7억 5000만 위안의 투자를 받아 합성생물연구 분야 세계 1위 규모 시설을 건설
  - 국가 유전자은행(CNGB)은 현재 세계 최대 게놈정보를 보유하고 있으며 국립게놈데이터센터는 2011년 중국 정부의 승인으로 첫 국가급 유전정보 은행으로 설립
  - 향후 선전시는 합성생물학주기(DBTL)가 모두 가능한 도시가 될 가능성이 높음



[그림 11] CNGB 유전자은행 전경

- 베이징, 톈진, 상하이, 충칭 등 4대 도시에 바이오 비즈니스 클러스터를 형성하여, AI를 활용해 합성생물학 기술분야에서 국제적 경쟁력을 증대할 전망
  - 네오X 바이오텍은 미국 출신 과학자들이 베이징에 설립한 회사로 AI를 활용해 전임상 약물설계 일정 단축을 목표로 하고 있음
  - 상하이 교통대 내 스마트헬스케어센터는 AI기술로 임상진단 딥러닝 서비스 개발등과 같은 업무를 추진 중
- 특히, 중국 전문인력은 학부를 마치고 대학원에서는 미국으로 많이 이동하나, 취업단계에서는 중국으로의 재유입이 늘어나고 있는 추세임
  - 미국 내 석박사 학위를 마치고 중국으로의 재유입된 인재는 중국 내 합성생물학 발전에 상당한 기여를 하고 있는 것으로 나타남



[자료] ASPI를 활용 저자 작성

[그림 12] 합성생물학분야 전문인력 흐름도

### 3. 미래를 바꿀 바이오기술 협력방안

- 한중간 공동 바이오파운드리 구축 및 운영을 통해 합성 생물학 인재교류 활성화 및 표준안 제정시 공동 참여
  - 중국은 바이오 파운드리의 투자 규모로도 세계 최대 규모이므로, 특정 분야를 선정하여 양국 간 협업 또는 공동연구 추진
    - 고가의 장비와 인프라 공유 및 대규모 데이터 분석, DNA 합성 및 편집기술 등 다양한 실험적 연구 진행
    - 한국이 강점을 보이는 AI 기술 및 바이오제조 분야에 특화한다면 중국과의 공동연구 협력 모색
  - 4대 바이오 비즈니스 클러스터내 다양한 연구원, 대학 등이 목표로 하는 특성에 맞추어 한중간 다양한 형태의 협업 추진
    - 부처 간 중소규모의 다양한 정책을 통해 중국 내 기관과 교류 기회 모색 및 연구자 간 상호 신뢰 제고
    - 향후 한중이 주도하고 공동이익을 증진할 수 있는 이상적인 협력 모델 창출

# V

## 중국의 야심찬 그린 수소 발전 전략

### 1. 수소가 주력 에너지로 등장

■ 태양광, 풍력 등 재생 에너지를 활용해 물을 전기 분해해 수소와 산소를 분리하는 그린 수소 생산 방식으로 변환 중

- 세계는 그린 수소를 주요 에너지원으로 하는 산업구조로 점차 바뀌며 오늘날 중국은 수소 대국 (global market 25% 생산 & 20% 소비)으로서 다양한 수소 에너지 기술을 정부주도의 실증 사업을 통해 수소 경제로 변모하는 단계임
- 그러나 신재생 에너지의 기술적문제 등에 의해 국가 전력망에 연결되지 못하고 있어, 수소를 활용하면 신재생 에너지의 수요와 공급에 대한 균형이 수월해 질 수 있음
- 수소의 생산-저장-운송-활용의 가치사슬(value chain)이 이뤄질 때 활용성이 높아지며, 관련한 수소에너지의 전주기 기술에 대해 키워드는 다음과 같음

〈표 4〉 수소 에너지 전주기 기술

수소 원천	수소 생산	수소 전환	수소 저장 및 운송	수소 활용
태양광(그린) 풍력(그린) 수력(그린) 바이오가스(그린) 원자력 (핑크) 천연가스(블루) 석탄(브라운)	알카라인 수전해 AEM PEM 수전해 SOEC 수증기 개질+CCS ATR + CCS 메탄 열분해 열화학 수소	액화수소 압축수소 암모니아 합성 LOHC (액상유기수소운반체)	파이프라인 탱크로리/트레일러 선박 암모니아 수송 및 수소 추출 기체 & 액체 수소 충전소 (HRS)	수송 및 모빌리티 분야(승용차, 버스, 트럭, 열차, 선박, 드론, 항공기, 충전소) 발전(연료전지, 수소 및 암모니아 혼소 가스터빈) 수소환원제철(DRI) 보일러 비료 유리산업 의료 탄소중립 연료 (HVO, e퓨얼)

- 수전해를 통한 그린 수소 생산은 중국의 알카라인 수전해 기술이 높게 평가되고 있으나 수명등의 문제로 내수용으로 대부분 활용
  - 수출시 수입국내의 수소기술과 수소가격 등의 이해관계 등이 수출 걸림돌로 작용
  - 차세대로 평가받는 폴리머 수전해와 세라믹 수전해 분야에서는 상업적 실증도입에는 아직 이른 상태로 분석
  - 세라믹 수전해 기술은 원소재부터 셀의 제조공정과 스택 조립까지 우수한 기술적 진전을 이루었으나, 전기화학을 세라믹에 적용하는 원천 기술은 유럽에 비해 상대적으로 약한 분야로 평가

## 2. 탄소중립 내건 중국의 수소 시장 동향

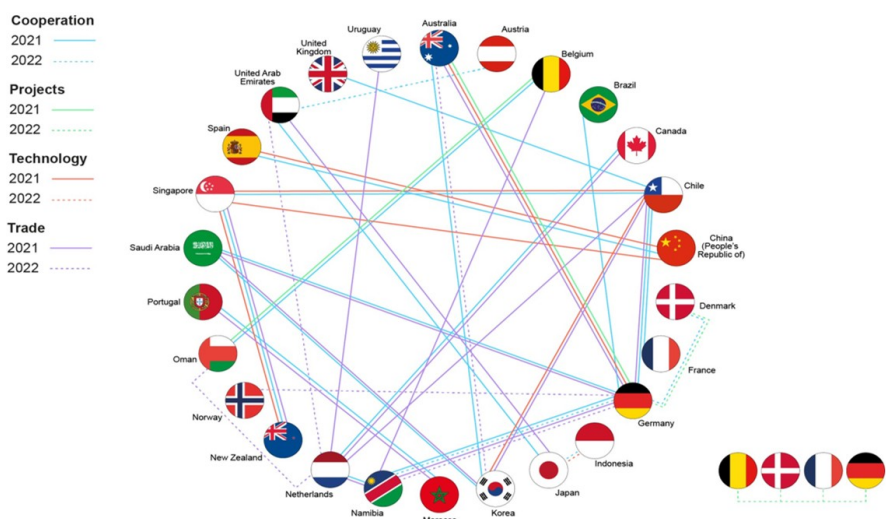
- ‘2030년 탄소정점, 2060년 탄소중립’ 계획을 전세계에 선언하고 ‘수소 굴기’를 통한 기후 위기에 필요한 재생에너지 정책을 급진적으로 추진 중
  - 중앙 정부와 지방정부 모두 수소 기술과 시장 형성을 위해 다양한 정책 지원을 추진
    - 중국은 이미 2020년 신재생 에너지를 활용해 자국내 총전력 생산의 40%를 초과
    - 그러나, 신재생 에너지 생산과 에너지 수요를 효율적으로 연결하지 못하고 있어 탄소 배출이 기대만큼 줄어들지 않고 있음
    - 따라서, 수전해 기술을 통해 신재생 전력의 공급 및 배전을 선진화시키는데 집중

〈표 5〉 중국의 2018-2020년간 전력에너지 생산

중국 재생 에너지 비중	2018	비중	2019	비중	2020	비중
석탄	1,008.4	53.1%	1,040.6	51.8%	1,080.0	49.1%
기타 화석	116.30	6.1%	125.80	6.3%	136.10	6.2%
수력	352.6	18.6%	358.0	17.8%	370.2	16.8%
풍력	184.3	9.7%	209.2	10.4%	281.5	12.8%
태양광	174.3	9.2%	204.2	10.2%	253.4	11.5%
바이오매스	19.5	1.0%	23.6	1.2%	29.5	1.3%
원자력	44.7	2.4%	48.7	2.4%	49.9	2.3%
합계	1,900.1		2,010.1		2,200.6	

[자료] China Electricity Council(2021)

- 중국은 세계 최대 규모의 ESCO(Energy Service Companies) 시장으로 2060년까지 신재생 에너지의 비율을 96% 수준으로 끌어올려 세계 최고 수준의 그린 전력 달성
  - 수소와 탄소배출권의 인센티브와 규제 조치의 조합을 통해 세계 풍력 및 태양광 부문 순위표에서 1위로 급상승
  - 2030년까지 중국에 20GW 이상의 전기분해 설비를 갖출 것이며 대부분은 메탄올과 암모니아 생산을 위한 산업시설을 지지하는 형태로 배치될 예정
  - 만약 기술 산업화가 이루어지지 않거나 수소 가격 경쟁력이 확보되지 않을 경우, 해외 생산형 또는 그린 수소의 수입으로 수요를 충족할 예정



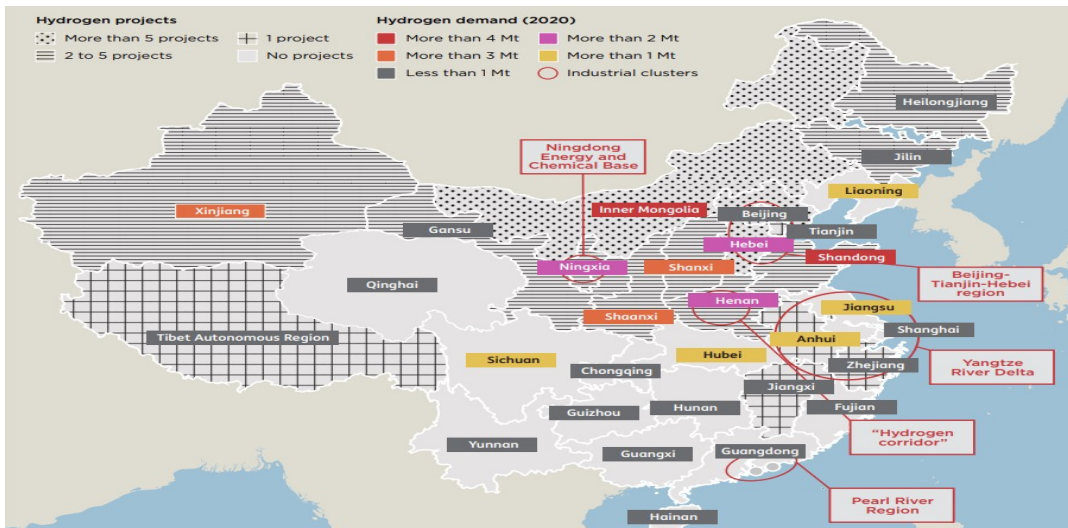
[자료] IEA(2023), Global Hydrogen REVIEW

[그림 13] 국제간 수소 개발의 양자간 협정관계 및 협정건수(2020~2022)

■ 중국은 수소 ISO 표준화에 자국 기술을 반영하여 그린 수소 수출국이 되고자 함

- 중국은 수소 생산대국(25% 담당)이며 동시에 수소 소비대국(20% 정도 담당)이지만 국제 수소 관련 기술 및 표준 제정에서 영향력이 취약함
  - 1세대 수전해 기술인 알카라인 전해질 기술은 세계 최고 수준이나 연료전지 상업화 기술은 선진국과 수년 이상의 격차가 존재
  - 3세대 SOEC 기술 분야는 전기화학적 이론과 경험을 기능성 세라믹 물질에 적용해야 하나, 해당 연구기관이나 기능성 에너지 세라믹 기술 분야에서 세계적인 두각을 나타내는 연구기관이나 인력 부재

- 중국 지방 정부는 다각적으로 수소산업을 지원하며 실제 운용 단계에 진입
  - 상하이(上海)는 연료전지 사용 완제품 자동차에 국가종합평가보상 포인트를 얻은 연료전지 자동차 생산기업에 한해, 매 1포인트마다 20만 위안의 장려금을 지급
  - 선전(深圳)시의 경우 수소생산 및 수소 충전 통합 스테이션 건설 격려를 위해, 해당 설비 건설 기간 동안 사용한 전력의 50% 이상부터는 전기 요금을 면제
  - 칭다오(靑島)시는 연속 3년 수소 산업단지 건설에 1억 위안씩 투자하겠다고 발표
- 제14차 5개년 계획에서 지역 산업이 필요로 하는 그린 수소 수요를 단기간에 산업부생 수소로 지원내용을 포함
  - 매년 1.3M톤 석탄-화학 공정에서 발생하는 산업부생 수소가 생성
  - 그중 87%가 산업에서 소비되므로 석탄 기반의 수소생산을 재생 가능한 수소생산으로 대체한다면 지역 산업이 필요로 하는 그린 수소의 확보 가능
  - e-퓨얼은 그린 수소와 함께 협력이 가능하다면, 2040년 이후 e퓨얼을 통한 탄소중립이 중국에 가장 지속적인 기술로 자리잡힐 것임



[자료] Center on Global Energy Policy at Columbia(2023)

[그림 14] 중국 내 수소 수요, 산업클러스터 및 재생 수소 프로젝트 지도

### 3. 수소분야 한중 협력

- 양국의 기술 협력으로 제품화하고, 이를 양국이 cross-test를 진행하면 자연스럽게 국제 규격에 반영할 수 있는 높은 기술을 발현하는 가능성이 높음
  - 정부 보조금은 유한하므로, 제한된 기간내에 기술성 높은 수소 제품 개발을 해야 하는 환경임
    - 각국 연구 중심 대학들이 수소 기술의 열린 공간, 테스트베드 역할을 할 수 있음
    - 아직은 중국내 e-Fuel의 성장성이 과소평가된 것으로 파악됨
  - 한중 간 제품 상용화 교차 테스트가 필요하며 이를 위해 공동 개발 등을 통해 조기에 국제 수소 시장 형성을 위한 협력이 필요
    - 국제과제를 통해 전문화되고, 미래의 엔지니어를 교육시켜 폭넓은 경험을 갖게 해 주는 것이 기반이 되어야 함
    - 단기 협력 과제를 설정함에도, 10여년 정도의 장기 목표를 단계로 나누어 설정하면 한중의 잠재적인 이해 상충을 피하고 장기적 차원의 협력이 기대
  - 중국 수소기술과 수소시장을 파트너로 인식하고, 국제협력을 이끌어내는게 필요
    - 충전소, 연료전지 스택 등 우리의 기술 우위와 알카라인 수전해 기술 등 중국형 우위기술에서 교류와 협력의 파트너 관계 구축
    - 수소 기술의 장기적 비전을 도모하고 상호 협력을 통해 한국의 기술을 수소 국제표준으로 제정



## VI

## ‘게임체인저’ 양자 정보 기술 패권 전쟁

## 1. 양자정보기술 특징

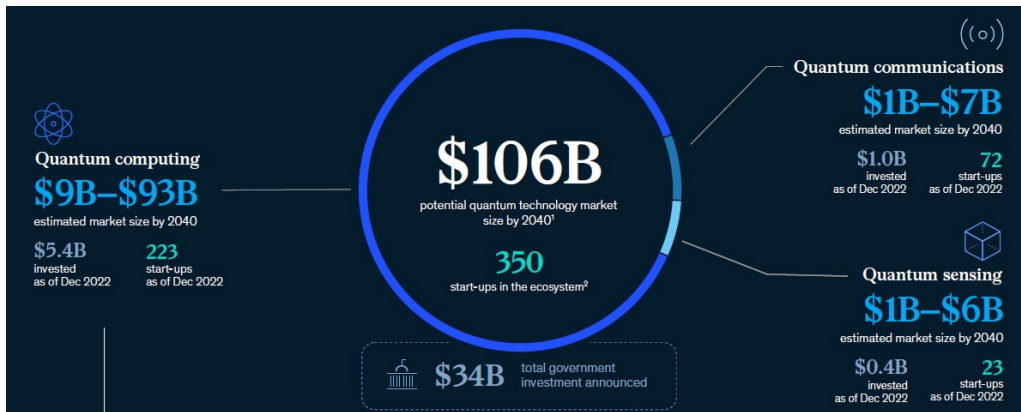
■ 양자정보 기술은 미래를 바꿀 수 있는 기술로 인식되면서 국가안보 측면에서 아주 중요하나, 아직 응용 개발에 진입하지 못한 기초 연구 단계임

- 양자 기술은 원자, 분자, 전자, 광자의 개별 양자상태(individual quantum state)를 제어하는 기술을 바탕으로 하며 양자 컴퓨터, 양자센서, 양자 암호통신 분야로 혁신 추진
  - (양자컴퓨터) 최근 단기 목표로 특정 문제에 대해 현존하는 슈퍼컴퓨터의 성능을 뛰어넘는 양자컴퓨터를 실현하려는 추세이며, 장기적으로는 범용양자컴퓨터 개발이 목표
  - (양자센서) 어떻게 각 물리량들을 하이젠베르크 측정한계에 도달할 수 있도록 할 것인지 등이 중요한 연구 분야 중 하나이고 중력센서, 관성센서, 전자기장센서 등 다양한 센서들이 고전 측정한계를 넘어서고자 개발
  - (양자암호통신) 생성키의 속도를 올리기 위해 측정장비 부분만 양자적 보안이 이뤄지도록 하는 측정장치 독립 프로토콜 또는 광자 발생 부분만 양자적 보안이 되도록 하는 소스 독립적 프로토콜등의 연구가 진행 중

■ 2040년까지 양자정보산업은 1,060억 달러 정도로 성장할 것으로 전망됨

- 양자정보 기술 분야는 아직 핵심 중요 기술이 구현, 확보되지 않았고 점차 기초 연구에서 기초 및 응용 연구로 이동하고 있으며 과학기술 연구, 엔지니어링 연구 개발, 응용 탐색 및 산업 육성을 시도하는 단계에 진입하는 중
- 따라서 핵심적인 양자중첩과 얽힘을 완전히 통제하는 하드웨어 개발에 주요 가치가 집중되고 있음. 초전도 큐비트, 이온트랩, 광자, 중성원자, 반도체 양자점 등 다양한 기술 뚜렷한 승리자 없이 경쟁 중임
- 실용화 이전 기술 개발에 상당한 투자가 필요한 상황으로 궁극적인 양자기술의 실현은 상당한 거리가 있지만, 크고 작은 놀라운 혁신들이 계속해서 보고되며 발전을 가속하고 있음

- 양자컴퓨터 시장 930억 달러, 양자센서 시장 60억 달러, 양자통신 시장 70억 달러로 예상되고 있음
- 양자정보기술 산업은 여러 기반 기술이 확보돼야 하고 많은 투자가 이뤄져야 하는 단계로, 글로벌 통합보다 국가별·지역별로 독자적인 생태계를 구성하려는 경향이 강함



[자료] McKinsey & Company(2023)

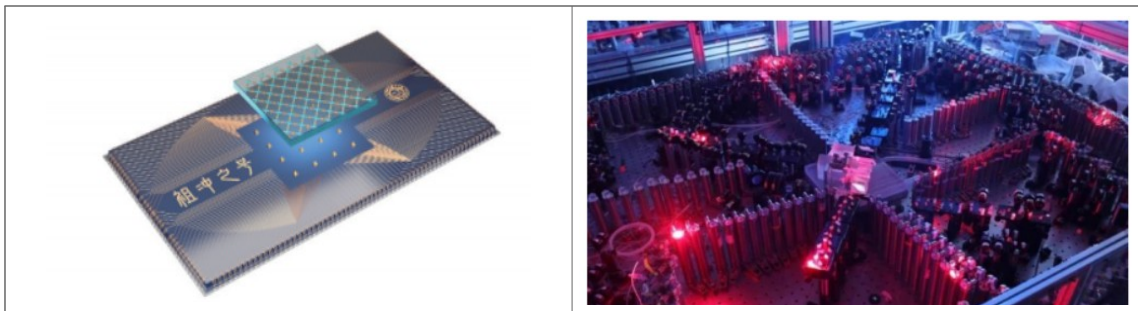
[그림 15] 2040년에 예상되는 양자정보 기술 분야의 시장 양상

## 2. 국가 주도하에 발전하는 중국의 양자정보기술

■ 중국은 양자정보 기술 분야에서 전세계에서 가장 빠른 진전을 보이고 있음

- 중국 양자정보 기술 개발 동력은 강력한 국가 주도 지원임
  - 2011년부터 중앙정부에서 양자정보 기술 분야를 지원하기 시작하여 2011년에서 2016년까지 '973계획'에서 양자정보 기술 분야를 지원
  - 2016년부터 2021년까지는 국가 중점과제로 양자정보 기술을 선정하고 대략 20억 달러 규모를 지원
  - 2021년부터는 14차 5개년 계획으로 시행해 양자국가연구소를 중심으로 양자통신, 양자컴퓨터 과제를 지원해 오고 있으며, 2026년까지 약 100억 위안이 지원될 예정
  - 양자정보 기술 분야에서 2023년에 발표된 전체 논문 수는 중국이 1위이며 논문 인용도 역시 중국이 압도적인 1위임
  - 양자정보 기술 관련 기업 수는 2023년 기준 미국이 158개로 1위이고 중국이 103개로 2위임

- 미중 경쟁으로 양자정보 가치 사슬 자국화 움직임이 커지고 있음
  - 미중 관계 악화로 핵심적 요소 부품 구매가 어려워지면서 이를 대체하려는 중국 회사들이 늘어나고 있음
  - 초전도체, 양자점 시스템의 경우 필수적인 요소부품으로 온도를 수십 밀리켈빈(mK) 정도 낮출수 있는 희석 냉동기를 개발함
  - 반면, 알리바바, 바이두 등 빅테크 기업들은 양자정보 기술 연구는 지원하되, 규모를 키우지 않고 있음
- 중국은 양자컴퓨터 하드웨어 개발에 있어 광자 시스템과 초전도체 기반의 양자시스템 개발에 빠른 진전을 보이고 있음
  - 양자정보 기술 분야는 중국 과거대가 있는 구오광찬 교수, 판지안웨이 교수, 두지양평 교수가 3인방이며 이들의 이니셜을 따서 'GDP'라 불림
    - 중국 과거대 구오광찬 교수는 양자정보 연구의 창시자이며, 판지안웨이교수는 양자 통신 분야에서, 두지양평 교수는 양자센싱 분야에서 많은 성과를 실현
    - 이들 교수팀은 상당한 규모의 양자 회사를 운영하고 있는데, 변위엔 양자는 초전도 큐비트, 반도체 큐비트를 중심으로 하는 양자 컴퓨터 개발에 초점
    - 초전도체 큐비트 분야에서 중국과기대팀은 2021년 주충즈호라는 초전도칩에서 56개 큐비트, 22개 레이어, 2022년 50개 큐비트 24개 레이어의 양자 연산을 수행
    - 광자를 이용한 양자 정보 기술 구현에서 루차오양 교수팀은 2020년 최대 100개 광모드 70개 광자, 2021년 144개 모드 113개 광자를 이용해 슈퍼컴퓨터의 성능을 뛰어넘는 성과 시스템을 개발



[그림 16] 초전도기반 양자시스템 주충즈호(좌), 광자기반 양자시스템 지우장2호(우)

- 2017년 허베이에 국가양자연구소가 설립되었고, 한화 기준 조 단위 예산이 지원될 예정임
  - 이들 연구 기관들은 미중 기술 경쟁이 심화되면서 양자정보 관련된 모든 기술들은 중국에서 확보해야 한다는 관점에서 접근하고 있음
  - 베이징양자정보연구원의 경우는 초전도체 기반으로 120개 이상의 큐비트가 있는 시스템도 제공하고 있다고 함
  - 양자통신 관련으로 중국건설은행, 중국민생은행, 중국이동통신 등이 투자를 하고 있는 것이 알려져 있지만 관련 내용은 대부분 비공개
- 미국은 기업이 기술 개발을 주도하고 중국은 대학과 국가 연구소가 주도하고 있음
  - 양자통신 분야에서는 판지안웨이 교수팀이 세계 최초로 양자통신 장비를 인공위성에 신고 지상과 위성 간 양자키 분배, 텔레포테이션 등 양자 알고리즘을 수행하고 이를 통해 원거리 양자통신이 가능함을 실증함
  - 중국내 연구 기관들은 협력뿐만아니라 경쟁 양상도 보이고 있으며 선진국을 바라보는 빠른 추격자 모델에 머무르고 있어 창의적 돌파구 추구는 아직 미흡
- 2017년 허베이에 국가양자연구소가 설립되었고, 한화 기준 조 단위 예산이 지원될 예정임



[그림 17] 허베이 양자정보 기술 국립연구소 건설현황('21.9)

### 3. 미래 성장엔진 양자 기술 한중 협력방안

- 중국의 많은 인재 유치 및 양호한 연구 환경 등을 모니터링하고 지속적인 논의가 필요함
  - 가능한 개인적, 학술적인 차원에서 교류 협력을 통해 한국 연구자들의 역량을 강화하면서 국제정세에 따른 대처 방안 마련
    - 중국의 양자정보 기술이 빠른 발전을 보이는 배경에는 중국이 많은 인재를 유치하고 좋은 연구 환경을 제공하며 단일 국가로는 가장 큰 규모 연구비를 지원 중
    - 한국의 대응 방안은 정답을 찾기가 쉽지 않은 상황으로 계속되는 동향 파악과 논의가 필요
  - 중국을 제외한 동맹국들과의 협력체계를 형성하고 있어, 중국은 독립적 생태계와 연구환경을 구성해 나가고 있으므로, 이에 대한 모니터링이 필요
    - 양자정보기술 분야에서의 미중 디커플링속에서 단순히 어느 한쪽에 서는 것보다는 현재 국제 정세를 파악하고 고민해야 함

## VII

## 시사점

### ■ 미중 사이에서 생존 공간을 확보하고 경쟁 우위를 이끌어낼 국가 전략 수립이 시급

- 중국은 이미 한국을 다수의 영역에서 추월하고, 미국을 바짝 추격하는 중임
  - 아직까지, 한국 사회는 전반적으로는 중국의 과학 기술 수준을 저평가하는 경향이 있고 이는 향후 한중 과학기술 경쟁에 부정적인 결과를 가져올 가능성이 높음
  - 우리가 현실을 직시하지 않고 근년 중국이 달성한 과학적 성과를 무시한다면 이는 향후 과학기술 개발 경쟁에서 한국이 뒤쳐지는 결과를 가져올 수 있음
- 미중 과학기술 견제와 경쟁은 과학기술 성과가 미중 양국에만 집중되는 양상을 초래하고 있음
  - 가열되는 미중의 지정학적 갈등은 과학기술 영역에서도 양국이 치열한 경쟁과 견제를 하고 있어 미중 양국이 다른 3국들을 멀리 밀어내고 과학 기술 성과를 독과점하는 경향이 이미 나타나고 있음
  - 이로 인해 한국도 향후 과학 기술 개발에서 뒤쳐지고 그 결과 산업 경쟁력 전반에서 더욱 경쟁에 뒤쳐질 가능성이 높음
  - 미중 갈등이 다른 국가들에게 자국의 편에 서고 상대국의 반대편에서 행동할 것을 요구하는 상황에서 상대적으로 자원과 국력이 약한 국가들은 과학기술 성취가 더욱 어려워지고 있음
- 따라서 미중 사이에서 생존 공간을 확보하고 한국의 경쟁 우위를 도모하는 국가 전략이 시급함
  - 현재 미국은 ‘좁은 마당 높은 담(small yard, high fence)’ 정책을 진행 중인 바, 중국과의 협력이 허용되는 ‘블루존’ 영역을 한국 정부가 분명히 하여 해당 기관과 기업이 리스크를 걱정하지 않고 중국과 협력할 수 있는 여건을 조성
  - 또한 미국이 허용하지 않는 영역 역시 한국 정부가 ‘레드존’으로 명시하여 해당 기관과 기업이 중국 유관 기관의 요청이 있을 때 타의로서 협력할 수 없는 입장을 분명히 할 수 있게 하는 등 전략적 모호성을 최소화
  - 미국의 태도가 분명치 않은 ‘그레이존’에서는 정부가 최대한 유연한 태도를 발휘하여 가능한 연구 개발 초기 단계에서부터 협력을 시작하여 연구 진전과 성과에 따라 한국이 폭 넓은 후속 조치를 선택할 수 있는 공간을 전략적으로 확보

■ 미국이 압박하고 있는 중국의 신산업 분야에 대한 한국의 대응 전략을 조속히 구체화하고 실행을 서두를 필요가 있음

- 반도체 산업은 반격차 전략으로 중국 시장 유지, 인력 양성과 전력 확보 방안을 준비
  - 첨단에 치우쳐 상대적으로 관심이 적은 레거시 반도체 시장을 중국이 지배하게 되는 상황 방지
  - HBM, PIM 등과 새로운 소재에 기반한 차세대 메모리에 더욱 많은 연구와 투자가 선행하는 한편 반도체 제조 기업뿐 아니라 다양한 반도체를 공급받아야 하는 국내 기업의 공급망 정비
  - RE100 등 전력 이슈가 반도체 산업의 현실이 되고 있어, 조속히 국가 차원의 전력 계획 수립 추진
- 이차전지는 중국과 경쟁과 협력이 병행되어야 함
  - 무엇보다 중국 이차전지 기술 동향을 파악할 채널과 수단을 확보하는 노력이 필요하고 기초 연구 단계에서라도 협력 확대
  - 중국이 전기자동차 분야에서 앞서 나가는 이상 이차전지 분야에서 한국의 기술 개발 여건이 불리하다는 것을 인지하고 중국의 기술 기초 위에 부가 가치를 구현하는 현실적 기술 개발에 박차
  - 미국의 제재로 중국이 한국과의 합자 등을 통해 우회하려는 시도를 적극적으로 지원하고 기술 방어를 전제로 협력 개발을 강화해 글로벌 경쟁력 확보
- 합성생물학 등 바이오 분야에서는 중국의 인프라를 적극적으로 활용
  - 중국이 건설 중인 대규모 인프라와 함께 다양한 샘플군, 다양한 인종을 대상으로 연구개발이 가능한 장점을 최대한 접근하여 활용
  - 이를 위해서는 정부 차원에서 바이오 분야에 대한 국내 연구자 및 기업의 중국 접근을 지원하고 후원
- 중국의 그린 수소 기술은 정책 중요도와 진행 속도를 보아 한국과 달리 단기간 내에 대규모 상용화가 예상되어 한국의 조기 협력 및 진출이 필요
  - 중국의 수소 정책의 우선도는 높고 기술 수준도 상당하나 상용화의 수준이 높지 않아 협력의 공간이 충분히 존재

- 서방 각국의 중국에 대한 견제가 심한 영역이어서 한국이 전략적으로 접근할 경우 상당한 수준으로 한중 협력이 가능한 분야임
- 상대적으로 충분한 수준의 수소 기술을 보유하고 있는 한국이 보다 적극적으로 대중 협력을 진행하여 향후 시장과 표준 등을 선점
- 중국은 세계에서 가장 많은 연구비를 양자정보에 투자하고 있으며, 양자정보 기술에 있어 미국을 빠르게 추격하고 있으므로, 중국과 적절한 기회를 제공하여 장기적 발전을 위한 토대 마련
- 미국의 견제에 대응해 요소부품에서 응용에 이르기까지 독자적 가치사슬 확보에 주력해가고 있는 중국의 양자정보기술 진전을 주시
- 개인적, 학술적 차원에서 교류 협력을 통해 한국 연구자의 역량 강화



## 참 고 문 헌

### 1. 중국의 기술 굴기의 의미

- 중국 13차 5개년 국가과학기술혁신계획 특징과 시사점, 서행아, ISSUE PAPER 2016-20, KISTEP, 2016.12.
- 기술 패권 시대의 대중국 혁신 전략, KISTEP 차이나 포럼, KISTEP, 2021.1.
- “뒀에 걸린 中경제, 中 반도체 자립 시간문제…빠르게 추격중”, 아시아경제, 2023.8.9.
- “국가경쟁력 핵심기술 136개, 중국에 첫 역전”, 중앙일보, 2024.2.29.
- 2022년도 기술수준평가 결과, 과기정통부 보도자료, 2024.2.
- 중국 과학기술 정책 주간동향, 2023-10호. KOSTEC, 2023.3.
- “一五计划”为新中国经济发展奠基, 中国人民政治协商会议河北省委员会, 2021.3.
- 2023全球数字科技发展研究—科技人才储备实力研究报告, 阿里研究院, 智谱. 2023.1.
- 工业和信息化部等七部门关于推动未来产业创新发展的实施意见, 中国政府网, 2024.1.
- MADE IN CHINA 2025, merics, Dec. 2016.
- Chokepoints: China’s Self-Identified Strategic Technology Import Dependencies, CSET, May 2022.
- “In One Key A.I. Metric, China Pulls Ahead of the U.S.: Talent”, NY Times, March 22, 2024.
- Nature Index Annual Tables 2023: China tops natural-science table, NATURE, June 15, 2023.

### 2. 반도체

- Cramming more components onto integrated circuits, Golden Moore, Electronics, Apr. 1965.
- International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS), Executive Summary, 2005.
- Silicon technologies and solutions for the data-driven world, International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), Kinam Kim, Feb. 2015.

- 중국의 신산업동향과 한국 IT 산업에의 시사점, 이우근. KIET 산업연구원, 중국산업경제 브리프, 2020년 2월.
- 雷峰网, www.zhifu.com, June 2020.
- 한중의 5G 산업 현황과 전망, 이우근, KIET 산업연구원, 중국산업경제 브리프, 2020년 11월.
- 기술패권시대의 대중국 혁신전략, KISTEP 차이나포럼(통권제305호), 2021년 5월.
- 大半导体产业网, www.semi.org.cn, Dec. 2022.
- Innovation for the next decade of compute efficiency, International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), Lisa Su, Feb. 2023.
- Edge learning using a fully integrated neuro-inspired memristor chip, W. Zhang et al., Science, Sept. 2023.
- IBM debuts brain-inspired chip for speedy, efficient AI, Charles Q. Choi, IEEE Spectrum, Oct. 2023.
- Why China is betting big on chiplets, Z. Yang, MIT Technology Review, Feb. 2024.

### 3. 이차전지

- “Batteries: From China’s 13th to 14th Five-Year Plan”, eTransportation 14(2022) 100201
- “In search of the perfect battery”, The Economist, 2008.05.08
- “How China's buses shaped the world's EV revolution”, BBC, 2023.12.06
- “The World’s Leading Electric-Car Visionary Isn’t Elon Musk”, Bloomberg, 2018.09.27
- “[배터리완전정복]③특히 봉인 풀린 LFP, 한국은 中 따라잡을 수 있나”, 아시아경제, 2023.12.02
- “[현문학의 돈되는 중국경제]배터리 기술 확보 음모와 ‘한한령’”, 매일경제, 2021.08.09
- “Lithium iron phosphate comes to America”, Chemical & Engineering News, 2023.01.29
- “Lithium Iron Phosphate Set To Be The Next Big Thing In EV Batteries”, Forbes, 2023.08.16
- “China’s Electric Vehicle Battery King”, Time, 2022.09.29
- “中 최대 전기차 배터리社 CATL, 美 견제에도 세계 1위 질주”, 주간동아, 2022.01.02

- “Can anyone challenge China’s EV battery dominance?” Financial Times, 2023.08.28
- “Chinese Maker of 1,000 Kilometer EV Battery Plans IPO by 2025”, Bloomberg, 2023.08.07
- “전고체보다 먼저 상용화? 반고체 배터리의 추격”, 대학생신재생에너지기자단, 2023.11.30
- “Leapfrogging or Stalling Out? Electric Vehicles in China”, Harvard Kennedy School, Faculty Research Working Paper Series, July 2014.

#### 4. 합성생물학

- 합성생물학의 미래, 한국과학기술평가원 (KISTEP) 2022년 기술영향평가, 2022.
- Biotechnologies to Bridge the Schism in the Bioeconomy. Jim Philp, *Energies* 2021, 14, 8393.
- Fast biofoundries: coping with the challenges of biomanufacturing, *Trends in Biotechnology*, 2022.07.
- Biotech in China 2021, at the beginning of the 14th five-year period (“145”), Rolf D. Schmid & Xin Xiong, *Applied Microbiology and Biotechnology* (2021) 105:3971–3985.
- The roadmap of bioeconomy in China, Xu Zhang, Cuihuan Zhao, Ming-Wei Shao, Yi-Ling Chen, Puyuan Liu, Guo-Qiang Chen, *Eng Biol.* 2022 Nov 30;6(4):71-81.
- 《生物多样性公约》框架下合成生物学谈判新进展及我国对策 (International negotiations on synthetic biology and China’s implementation strategies within the Convention on Biological Diversity framework. Minghao Qiu, Yue Huang, Jieqing Zhang, Yi Huang., *生物多样性* 2016, 24 (1): 114-120.
- 合成生物研究重大科技基础设施概述(Overview on platform for synthetic biology research at Shenzhen), Ting Zhang, Mengtian Leng, Fan Jin, Hai Yuan, *Synthetic Biology Journal* 2022 , 3(1): 184-194.
- Protecting U.S. Technological Advantage, National Academies, 2022.
- Who is leading the critical technology race? ASPI’s Critical Technology Tracker, 69/2023.
- China’s Industrial Clusters, Building AI-Driven Biodiscovery Capacity. Center for security and emerging technology (CSET), June 2022.

## 5. 수소

- ‘China’s pivotal role on green hydrogen highlighted at international meeting’, Green Hydrogen Organisation (GH2), (2023), <https://gh2.org/article/chinas-pivotal-role-green-hydrogen-highlighted-international-meeting>
- ‘Tracking China’s transition to sustainable energy’, China Energy Portal | 中国能源门户, (2023), <https://chinaenergyportal.org/en/>
- ‘Energy in China’s New Era’, The State Council, The People’s Republic of China (2020), [https://english.www.gov.cn/archive/whitepaper/202012/21/content\\_WS5fe0572bc6d0f725769423cb.html](https://english.www.gov.cn/archive/whitepaper/202012/21/content_WS5fe0572bc6d0f725769423cb.html)
- ‘China’s Green Development in the New Era’, The State Council Information Office, The People’s Republic of China, (2023), [http://english.scio.gov.cn/whitepapers/2023-01/19/content\\_85067818.htm](http://english.scio.gov.cn/whitepapers/2023-01/19/content_85067818.htm)
- ‘China’s Hydrogen Strategy: National vs. Regional Plans’, Yushan Lou and Anne-Sophie Corbeau, Center on Global Energy Policy at Columbia (Oct. 2023), [https://www.energypolicy.columbia.edu/wp-content/uploads/2023/10/ChinaHydrogenDevelopment-Commentary\\_CGEP\\_102023-4.pdf](https://www.energypolicy.columbia.edu/wp-content/uploads/2023/10/ChinaHydrogenDevelopment-Commentary_CGEP_102023-4.pdf)
- ‘IHFCFA Establishes Category A Liaison with ISO/TC197 Hydrogen Technologies’, International Hydrogen Fuel Cell Association (IHFCFA), (2023), <http://www.ihfca.net/web/News1.aspx>
- ‘The Hydrogen Map’, Pillsbury Winthrop Shaw Pittman LLP, (2023), <https://www.thehydrogenmap.com/>
- ‘수소생산에서 활용까지, 수소경제에서찾는기회’, 삼정KPMG Vol. 79, (2021)
- ‘The hydrogen horizon’, KPMG, (2023)

## 6. 양자정보기술

- Issue Report 중국의 양자컴퓨팅 R&D 정책 동향, 한중과학기술협력센터, 2019년 4월
- KISTI R&I Report 양자기술 - 과학, 기술, 산업 분석, 이방래, 원동규, 이재민, 윤민영, 장우석, 여운동, 이창환, 한국과학기술정보연구원, 2021년 12월 31일.
- Issue Report 한중 양자정보 기술 동향 비교, 김효실, 한중과학기술협력센터, 2022년 3월

- KISTI Issue Brief 미래 산업의 게임 체인저, 양자정보과학기술: 양자 2.0의 시대, 이방래, 임종연, 원동규, 한국과학기술정보연구원, 2022년 7월 11일.
- Can Europe Catch Up with the US(and China) in Quantum Computing?, François Candelon, Jean-François Bobier, Maxime Courtaux, and Gabriel Nahas, BCG Henderson Institute, 2022 Aug.
- 양자정보 기술 백서, 과학기술정보통신부, 한국지능정보사회진흥원, 2022년 11월
- Quantum technologies and value chains: Why and how Europe must act now, Georg E. Riekeles, EUROPE'S POLITICAL ECONOMY PROGRAMME, 2023 Mar. 23.
- Quantum Technology Monitor, Mckinsey & Company, 2023 Apr.
- [이슈분석 236호] 양자프로세서 기술 동향 및 시사점, 정보통신기획평가원, 2023년 4월 14일
- 量子信息技术发展与应用研究报告, 中国信息通信研究院, 2023年12月(양자정보 기술 개발 및 응용에 관한 연구보고서, 중국정보통신기술학원, 2023년 12월)

## KISTEP 이슈페이퍼 발간목록

발간호	제목	저자
2024-12 (통권 제368호)	ESG활동이 혁신활동과 차기 기업성과에 미치는 매개효과에 대한 실증연구	김유신(KISTEP)
2024-11 (통권 제367호)	국가연구개발사업 혁신도전정책 아이디어 및 제도변화 : 신제도주의 경로의존성 관점에서	이민정(KISTEP)
2024-10 (통권 제366호)	정부의 기업 R&D 지원 효과성 제고를 위한 정책 연계 방안	윤수진, 손영주 (KISTEP)
2024-09 (통권 제365호)	인구구조 변화 대응을 위한 과학기술혁신 정책 방향	오현환, 김유신, 주혜정, 배용국, 김지홍, 김효재, 이충현, 오서연, 김인자, 박수빈, 기지훈 (KISTEP)
2024-08 (통권 제364호)	바이오 클러스터 운영체계 개선을 위한 효율화 방안 연구	김주원, 김종란 (KISTEP)
2024-07 (통권 제363호)	토픽모델링-회귀분석 기반의 투자 포트폴리오 분석 및 예측	오건웅, 홍미영 (KISTEP)
2024-06 (통권 제362호)	과학기술 전공자 취업 현황 분석 및 시사점	이정재, 박수빈, 이원홍 (KISTEP)
2024-05 (통권 제361호)	‘생성형 인공지능’ 시대의 10대 미래유망기술	박창현(KISTEP)
2024-04 (통권 제360호)	반도체 분야 정부연구개발투자의 효과성 분석과 개선방안	김준희(KISTEP), 엄익천(KISTEP), 오승환(경상국립대학교), 전주경(KIPRO)
2024-03 (통권 제359호)	신약개발 분야 정부 R&D 현황과 효율성 제고 방안	송창현(KISTEP), 엄익천(KISTEP), 김순남(KDDF), 이원희(유한양행)
2024-02 (통권 제358호)	국가연구개발 성과분석 프레임워크 개발 및 적용	박재민(건국대학교), 문해주(건국대학교), 이호규(고려대학교), 강승규(KIP), 김수민(건국대학교), 박서현(건국대학교)
2024-01 (통권 제357호)	KISTEP Think 2024, 10대 과학기술혁신정책 아젠다	강현규, 이민정 (KISTEP)

발간호	제목	저자
2023-16 (통권 제356호)	미·중 패권경쟁 시대, 중국이 소재·부품·장비 공급망을 무기화할 수 있을까?	이승필(KISTEP), 이승빈(KICT), 최동혁(KISTEP)
2023-15 (통권 제355호)	다부처R&D사업 표준화 및 IRIS 적용 방안	송혜주, 김병은, 김아름, 김여울, 이혁성 (KISTEP)
2023-14 (통권 제354호)	플라스틱 국제협약 대응을 위한 과학기술의 역할	유새미, 고진원, 박노언 (KISTEP)
2023-13 (통권 제353호)	대학의 기술사업화 전담 조직 현황진단과 개선방안	이길우(KISTEP), 정영룡(CNU), 김성근(PNU), 이지훈(SEOULTECH) 김태현(COMPA) 방형욱(KISTEP)
2023-12 (통권 제352호)	중소기업 경쟁력 강화를 위한 고경력 과학기술인 활용 조사 및 시사점	김인자, 김가민, 이원홍 (KISTEP)
2023-11 (통권 제351호)	학문분야별 기초연구 지원체계에 대한 중장기 정책제언 (국내외 지원현황의 심층분석을 기반으로)	안지현, 윤성용, 함선영 (KISTEP)
2023-10 (통권 제350호)	기술패권경쟁시대 한국 과학기술외교 대응 방향	강진원(KISTEP), 이정태(KIST), 김진하(KISTEP)
2023-09 (통권 제349호)	신입과학기술인 직무역량에 대한 직장상사-신입간 인식 비교 분석	박수빈 (KISTEP)
2023-08 (통권 제348호)	국가연구개발 성과정보 관리체계 개선 제언	김행미 (KISTEP)
2023-07 (통권 제347호)	기업 혁신활동 제고를 위한 R&D 조세 지원 정책 연구 : 국가전략기술 연구개발 기업을 중심으로	구본진 (KISTEP)
2023-06 (통권 제346호)	임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계 및 제언	박노언, 기지훈, 김현오 (KISTEP)
2023-05 (통권 제345호)	STI 인텔리전스 기능 강화 방안 - 12대 과학기술혁신 정책 이슈를 중심으로 -	변순천 외 (KISTEP)
2023-04 (통권 제344호)	국방연구개발 예산 체계 진단과 제언	임승혁, 안광수 (KISTEP)
2023-03 (통권 제343호)	우리나라 바이오헬스 산업의 주력산업화를 위한 정부 역할 및 지원방안	홍미영, 김주원, 안지현, 김종란 (KISTEP)
2023-02 (통권 제342호)	‘데이터 보안’ 시대의 10대 미래유망기술	박창현, 임현 (KISTEP)
2023-01 (통권 제341호)	KISTEP Think 2023, 10대 과학기술혁신정책 아젠다	강현규, 최대승 (KISTEP)

## 필자 소개

- ▶ 서행아(중국과기정책)
  - 전) 한중과학기술협력센터장
  - 현) 한국과학기술기획평가원 글로벌 R&D혁신센터/연구위원
  - 043-750-2325, haseo@kistep.re.kr
- ▶ 이우근(반도체 부문)
  - 중국칭화대 집적회로학과 교수
  - woorhee@gmail.com
- ▶ 김종명(이차전지 부문)
  - 상해과기대 화학과 교수, 재중한인과학기술자협회장
  - fkim@shanghaitech.edu.cn
- ▶ 정용삼(합성생물학 부문)
  - 난징 농업대 수의대 교수
  - ysjung@njau.edu.cn
- ▶ 김정식(수소 부문)
  - 북경항공항천대 중국-프랑스 공학부 교수
  - jskim@buaa.edu.cn
- ▶ 김기환(양자기술 부문)
  - 칭화대 물리학과 교수
  - kimkihwan@mail.tsinghua.edu.cn

---

### KISTEP ISSUE PAPER 2024-13 (통권 제369호)

---

|| 발행일 || 2024년 10월 18일

|| 발행처 || 한국과학기술기획평가원 전략기획센터  
충청북도 음성군 맹동면 원중로 1339  
T. 043-750-2300 / F. 043-750-2680  
<http://www.kistep.re.kr>

|| 인쇄처 || 주식회사 동진문화사(T. 02-2269-4783)

---