

통권 제338호

기술수용주기 모형 기반 2045년 미래혁신기술 분석

KISTEP 기술예측센터 이재민 · 박창현 · 전해인



기술수용주기 모형 기반 2045년 미래혁신기술 분석

(2045 Future Innovative Technology Analysis using Technology Adoption
Lifecycle Model)

이재민·박창현·전해인

Jae-Min Lee·Chang-Hyun Park·Haein Jeon

I. 연구 배경

II. 연구 절차

III. 미래혁신기술 분석

IV. 결론 및 시사점

[참고문헌]

I. Research Background

II. Research Process

III. Future Innovative Technology
Analysis

IV. Conclusions

[References]



한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning



요약

■ 미래 불확실성과 다양성이 높아지고 세계가 기술패권 경쟁 시대로 접어들면서 미래 기술환경 예측의 중요성이 증대

- 세계적으로 기술패권 시대에 접어들면서 기술이 우리 사회에 미치는 영향이 점차 확대
- 미래사회 환경 및 니즈를 고려한 과학기술의 발전 방향을 합리적으로 전망하는 과학기술예측 활동 필요성이 강조
- 기술이 우리 사회에 수용되는 과정을 예측하고 미래사회에 미칠 영향을 다양한 관점에서 미리 분석해 과학기술정책의 전략성 제고 필요성 증대

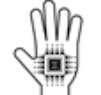
■ 미래 기술환경은 우리 사회의 발전 방향을 선도하는 핵심 동인으로서 기술의 확산 과정을 살펴보는 것이 매우 중요

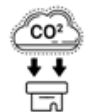
- 기술패권 시대는 기술환경이 국가 간 경쟁구도를 주도할 뿐만 아니라 사회를 구성하는 모든 것을 변화시키는 원동력으로 작용
- 특히, 디지털, 에너지, 바이오 등 인류의 삶을 영위하는 방식을 근본적으로 변화시키는 기술을 예측하는 것은 우리 사회의 미래를 예측하는 가장 핵심적인 과정
- 미래 우리 사회에 미치는 영향이 클 것으로 예상되는 15개 미래혁신기술을 도출하고, 전문가 델파이 조사를 통해 미래혁신기술의 확산 과정을 예측

■ 기술수용주기 기반의 미래혁신기술 기술확산점과 미래 전망 분석

- 미래혁신기술이 우리 사회 내 확산 과정을 살펴보기 위해 소비자의 기술 수용과정을 설명하는 기술수용주기 모형(Technology Adoption Lifecycle Model)을 적용

〈표 1〉 미래혁신기술 기술확산점 정의 및 도달 예상시기

분석 대상 기술	기술확산점 정의	도달 예상시기	
		세계 (최고기술보유국)	국내
완전 자율 비행체	 완전 자율 비행체가 기존의 비행체 시장에서 차지하는 비중이 8%가 되는 시점	2031년 (미국)	2036년
완전 자율 주행차	 Level4+ 자율주행 차량이 시장에서 차지하는 비중이 1.6%가 되는 시점	2030년 (미국)	2033년
맞춤형 백신	 병원체의 확산으로부터 임상시험 진입까지 백신 개발이 통상 1년 이내에 이루어지는 시점	2025년 (미국)	2029년
수소에너지	 수소의 대량생산이 가능한 고효율의 저장 및 운송 기술로 전환, 산업, 수송 등 다양한 분야에서 연간 240만톤 이상의 수소 수요가 발생하는 시점	2030년 (미국)	2032년
초개인화된 인공지능	 디바이스에서 개인화된 인공지능 서비스를 사용하는 사용자 비율이 16%가 되는 시점	2029년 (미국)	2031년
생체칩	 금융서비스의 개인인증방법에 생체인증기술이 적용되는 비중이 16%에 도달하는 시점	2030년 (미국)	2033년
복합재난 대응시스템	 인구 100만명 이상의 도시에 복합재난 신속대응 시스템이 처음 등장하여 구축되는 시점	2029년 (미국)	2032년
양자암호통신 기술	 네트워크 기반의 양자암호통신기술을 이동통신사들이 양자암호통신망의 통합연동과 양자중계기 없이 보안 데이터를 100km 이상 전송하는 시점	2030년 (미국)	2034년
인공지능 시스템	 인공지능 반도체가 시스템반도체 전체시장에서의 비중이 5%가 되는 시점	2028년 (미국)	2030년
자율작업로봇	 제조업(생산 자동화, 물류 등)에서 자율 이동 및 작업 로봇의 보급률이 10% 이상이 되는 시점	2028년 (미국)	2030년
소형 원자력 배터리	 소형원자력배터리(또는 초소형원자로)가 인허가를 받고 에너지(전력 또는 열) 공급을 실증하는 시점	2030년 (미국)	2035년

분석 대상 기술		기술확산점 정의	도달 예상시기	
			세계 (최고기술포유국)	국내
재난재해예측		개별 재난요소 예측 정확도의 평균이 70% 이상 도달하는 시점	2029년 (미국)	2033년
탄소중립연료		탄소중립연료가 신재생연료로 인증이 되고, 신재생 연료 혼합의무 비율이 10% 이상 되는 시점	2030년 (미국)	2034년
탄소순환관측 기술		지상, 항공, 드론, 위성관측 등에 의한 탄소관측이 가능하여 통합 관측망이 실현되는 시점	2029년 (미국)	2033년
세포 리프로그래밍 기술		세포 리프로그래밍 기술이 노화 관련 질환 치료제로 공공보험 적용을 받는 시점	2030년 (미국)	2034년

- 기술수용주기 모형으로부터 미래혁신기술의 도입 시점과 기술확산점을 분석하고, 기술의 수용되는 과정에서 기술의 정부가 취해야 할 대안 모색
- 특히, 초기시장에서 주류시장으로 나아가는 시점을 기술확산점(tipping points)으로 정의하고, 전문가 델파이 조사를 통해 기술확산점 예측 및 국내외 도달시기 비교 분석
- 또한, 미래혁신기술이 미래 사회에 미치는 긍정적 기회와 부정적 위험을 전망하고 기술 도입 시 우리 사회가 고려해야 할 대응 관점을 미래사회 변화모습에 대한 시나리오 전망을 통해 조망

■ 미래혁신기술의 기술확산을 위한 정부와 우리 사회의 대응 방안을 제시

- 미래혁신기술의 특징을 고려한 정책적 우선순위를 제공하여 기술의 잠재력과 파급력을 사전 인지하고 대응할 수 있는 논의의 장 마련
- 정부는 정책 우선순위를 바탕으로 미래혁신기술의 확산을 위한 공공 및 민간 생태계 조성에 노력을 기울일 필요
- 사회적 편익이 높지만 초래할 수 있는 위험이 큰 미래혁신기술은 미래 모습을 고려해 기술 도입 전 규제 등을 통해 사회 안전망 강화

■ 분석결과는 미래혁신기술이 우리 사회에 더 나은 가치를 창출할 수 있는 구체적인 방향을 제안

- 미래사회에 지대한 영향을 미칠 미래혁신기술 분석은 미래의 불확실성을 줄이고 미래에 대한 적응능력을 키우는데 기여
- 미래혁신기술은 기회와 위험을 함께 초래할 수 있으므로 미래 대응 방안 모색을 위한 구체화 된 시나리오 제안
- 특히, 소홀해질 수 있는 기술의 인문학적 가치를 지키기 위해 인류 문제 해결, 삶의 질 향상을 위한 기술수용 자세 견지를 위한 통찰력 제공

※ 본 이슈페이퍼는 2021년 한국과학기술기획평가원의 연구과제인 “제6회 과학기술예측조사 연구” 결과를 토대로 보완 작성한 것으로 필자의 개인적인 견해이며, KISTEP의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.



Abstract

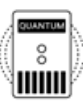
- As uncertainty and diversity of future increase and the competition for technological hegemony is fierce, predicting the future technology environment becomes more important than ever.
 - As the world enters an era of technological hegemony, the influence of technology on our society is gradually expanding.
 - There are the needs for S&T forecasting activities that reasonably forecast the direction of S&T considering the future social environment and needs.
 - It is necessary to build the strategy of S&T policies by predicting the process of the introduction of technology and analyzing the impact on the future society from various perspectives in advance.
- Since the future technological environment is a key driver that determines the direction of our society's development, it is very important to examine the process of technology diffusion.
 - In the era of technological hegemony, the technological environment not only leads competition between nations, but also acts as a driving force that changes everything that makes up our society.
 - Especially, predicting technologies that fundamentally change the way our lives, such as digital, energy, and biology, is the most important process for predicting the future of our society.
 - Firstly, we derive the 15 future innovative technologies that are expected to give a significant impact on the society, and secondly, conduct forecasting of the future innovative technologies using the Delphi method.

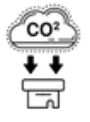
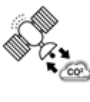
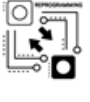
■ Applying the technology adoption lifecycle model, the technology tipping point and future prospects for the future innovative technologies are analyzed.

- In order to examine the diffusion process of the future innovative technologies in our society, the Technology Adoption Lifecycle Model, which explains the technology acceptance process by consumers, is applied.
- By applying the technology adoption lifecycle model, we analyze the year of the introduction of the future innovative technologies and the technology tipping point, and seek the government plan from the perspective of technology adoption process.
- In particular, tipping points are defined as points which pass from early markets and major markets, and tipping points are foresighted based on expert delphi analysis and domestic as well as overseas tipping points are compared.
- Also, we look at the opportunities and risks that the future innovative technologies have on the society, and find the points of view to be considered when introducing the technologies according to scenario analysis of future outlook.

[Table 1] Definitions and Expected Tipping Points of Future Innovative Technologies

Innovative Technology		Definitions of Tipping Points	Expected Tipping Point	
			Overseas	Korea
Fully Autonomous Air Vehicle		When fully autonomous air vehicles account for 8% in the air vehicle market	2031 (U.S.)	2036
Fully Autonomous Vehicle		When Level4+ autonomous vehicles account for 1.6% in the market	2030 (U.S.)	2033
Personalized Vaccine		When a vaccine is typically developed within one year from the spread of the pathogen to the start of a clinical trial	2025 (U.S.)	2029

Innovative Technology		Definitions of Tipping Points	Expected Tipping Point	
			Overseas	Korea
Hydrogen Energy		When there is a transition to high-efficiency storage with mass hydrogen and annual hydrogen demand from industry and transportation reaches more than 2.4 million tons	2030 (U.S.)	2032
Hyper-personalization using AI		When the percentage of users using personalized AI services on their devices reaches 16%	2029 (U.S.)	2031
Biochip		When the proportion of biometric authentication technology in personal authentication methods in financial services reaches 16%	2030 (U.S.)	2033
Response System for Compound Disaster		When the first rapid response system for hybrid disasters is introduced and deployed in cities with a population over 1 million	2029 (U.S.)	2032
Quantum Cryptography Communication Technology		When mobile carriers transmit security data over 100km using network-based quantum cryptography communication technology without integrated quantum cryptography communication networks and quantum repeaters	2030 (U.S.)	2034
AI Semiconductor Chip		When the AI semiconductor chip accounts for 5% of the total logic chip market	2028 (U.S.)	2030
Autonomous Working Robot		When the penetration rate of autonomous mobile and working robots reaches 10% or more in manufacturing(production automation, logistics, etc.)	2028 (U.S.)	2030
Small Nuclear Battery		When small nuclear batteries(or microreactors) obtain permits and licensed and demonstrate the supply of energy(power of heat)	2030 (U.S.)	2035

Innovative Technology		Definitions of Tipping Points	Expected Tipping Point	
			Overseas	Korea
Disaster Prediction		When the average prediction accuracy of individual disaster elements reaches 70% or more	2029 (U.S.)	2033
Carbon-neutral Fuel		When carbon-neutral fuel is certified as a new and renewable fuel, and the mandatory blending ratio of new and renewable fuels turns 10% or more	2030 (U.S.)	2034
Carbon Cycle Observation Technology		When the integrated/hybrid observation network is realized as carbon observation by ground, air, drone, and satellite becomes possible	2029 (U.S.)	2033
Cell Reprogramming Technology		When the cell reprogramming technology is covered by public health insurance as a treatment for aging-related diseases	2030 (U.S.)	2034

■ The attitudes that the government and our society should take for the diffusion of the future innovative technologies are presented.

- Policy priorities considering the characteristics of future innovative technologies are provided, and opportunities for discussion are prepared to recognize and respond to the potential and ripple effects of technologies in advance.
- Based on policy priorities, the government should make efforts to create a public and private ecosystem for the diffusion of the future innovative technologies.
- In particular, for the future innovative technologies with high social benefits but high risks, the social safety net should be strengthened through regulations before introducing the technologies in the society.

- The analysis results suggest a specific direction in which the future innovative technologies can create better values for the society.
- The analysis of the future innovative technologies, which will have a profound impact on the future society, will contribute to reducing uncertainty and increasing the ability to adapt to the future.
- The future innovative technologies can cause both opportunities and risks to the society in various aspects, technology development should be planned based on future scenarios.
- Also, the government should strive to create a public and private ecosystem for the diffusion of the future innovative technologies.

I

연구 배경

- 디지털전환, 코로나 19 등으로 인해 미래의 불확실성과 변화의 다양성이 높아진 미래 환경을 예측하고 과학기술정책의 수립 및 집행의 중요성이 증대
 - 미래사회 환경 및 요구의 변화를 고려하여 과학기술의 발전 속도와 방향 등에 대한 합리적 전망을 제시하는 과학기술예측 활동이 필요
 - 중장기 관점에서의 우리사회의 미래변화 전망 및 수요 도출, 과학기술 발전방향 등의 설정을 통한 관련 정책 수립의 기틀 마련 요구
- 기술이 우리 사회에 수용되는 과정을 예측하고 미래에 미칠 영향을 다양한 관점에서 분석해 과학기술예측 결과의 전략성을 제고
 - 미래혁신기술*을 도출하여 기술확산점** 도달시기를 예측하고, 각 기술의 중요성, 파급효과, 기술이 초래하는 기회 및 위험의 미래모습 등 다양한 관점에서 심층분석을 수행
 - * 미래사회에 파급효과가 클 것으로 예상되고, 국민들의 실생활에 관련된 융합기술
 - ** 기술이 초기시장에서 주류시장으로 나아가며 사회에 급속도로 확산되는 시점
 - 미래혁신기술의 전망과 경제사회적 이슈 정보는 과학기술 발전방향 설정의 근간이 될 뿐 아니라 향후 연구개발 과정에 의사결정을 지원하는 등 R&D 기획에 전략적 개념을 부여
- 우리나라의 특수한 상황을 반영한 미래변화 전망을 통해 미래에 실현될 기술의 영향을 예측함으로써 국가적 과학기술기획의 토대 마련
 - 미래 트렌드로부터 도출된 미래혁신기술과 발전방향 제시로 국가과학기술 기획의 고도화와 국민적 관심 제고 필요
 - 미래혁신기술의 도출을 통해 과학기술기본계획 수립에 활용하고 과학기술정책 전략 수립의 기초자료로 활용

II

연구 절차

■ 첨단기술의 수용 과정을 분석하기 위해 미래혁신기술을 도출하고 ‘기술수용주기 모형’을 적용

- 국내외 미래유망기술 사례 분석과 비교·검토를 통해 44개 미래혁신기술 후보군 도출
- 전문가 대상으로 미래사회에 사회·경제적 영향력이 높고 파급효과가 클 것으로 예상되는 후보 기술을 설문 조사하여 상위 후보기술 선정하고 검토를 거쳐 최종 15개 미래혁신기술을 선정

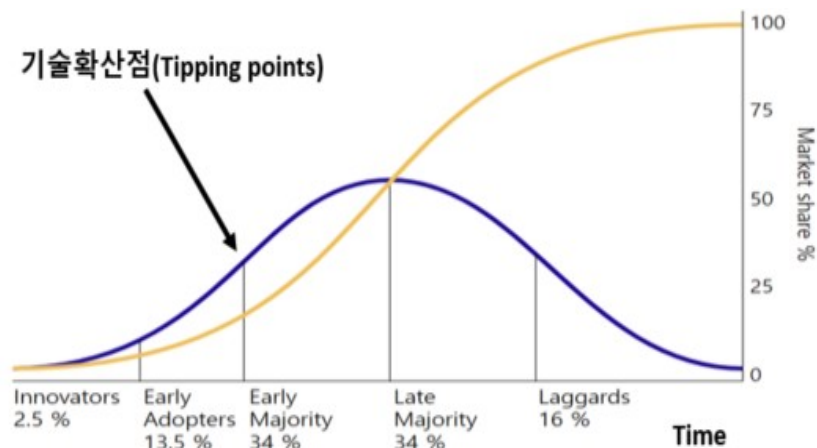
〈표 2〉 15개 미래혁신기술

구분	기술명	구분	기술명
1	완전 자율 비행체	9	인공지능 반도체
2	완전 자율 주행차	10	자율작업로봇
3	맞춤형 백신	11	소형 원자력 배터리
4	수소에너지	12	재난재해예측
5	초개인화된 인공지능	13	탄소중립연료
6	생체칩	14	탄소순환관측기술
7	복합재난 대응시스템	15	세포 리프로그래밍 기술
8	양자암호통신기술		

- 소비자들이 첨단기술로 구현된 제품과 서비스를 수용하는 정도를 분석하기 위해 ‘기술수용주기 모형’을 도입하고 미래혁신기술에 적용
 - * 미 사회심리학자인 에버렛 로저스(Everett Rogers)가 제품수명주기 모델에 소비자집단의 유형을 결합한 모델로서 소비자의 유형에 따라 시장의 단계를 분류
 - 기술수용주기 모형은 스마트 기기, AI, 클라우드 컴퓨팅, 비대면 학습 등의 시대에 따라 도입되는 기술의 수용 과정 분석에 활용되는 유용한 사회과학 도구
- ‘기술수용주기 모형’에서 기술확산점*은 초기시장에서 주류시장으로 확산되는 시점이며, 기술 특성에 따라 정의를 다양화
 - * 기술의 수용자 비율의 정규분포에서 혁신수용자(Innovators, 2.5%)와 선각수용자(Early Adopters, 13.5%)를 합하여 전체 수요자의 약 16% 수준에 도달하는 시점

※ 기술수용주기 모형은 혁신확산이론(Diffusion of Innovations)에서 기술의 사용자에 따라 사회의 기술수용 비중을 나타내는 Bell curve와 비중의 누적을 나타내는 S-curve로 표현

- 기술확산점은 기존 시장의 16% 대체 시점 뿐만 아니라 일정 규모 이상의 이용자수 확보시점, 제품최초 사용화시점 등 기술의 특성을 반영하여 적용



※ 출처 : Wikipedia

[그림 1] 기술수용주기 모형과 기술확산점

■ 미래혁신기술의 기술확산점 도달 시기를 예측하고, 기술이 초래할 미래 모습을 전문가 델파이 조사를 통해 분석

- 미래혁신기술의 기술수용주기 분석을 위해 조사 항목을 설정하고 전문가 대상의 2-round 델파이 조사 실시

※ 델파이 조사에 참여한 전문가는 1차 840명, 2차 678명이며, 국내 15개 미래혁신기술 관련 학회 소속 연구자 및 5차 과학기술예측조사 참여 전문가를 대상으로 실시

〈표 3〉 미래혁신기술 델파이 조사 항목 및 분석방법

조사 항목	분석방법	척도
기술확산점에 먼저 도달할 국가	가장 많은 응답	주요국가 ¹⁾
기술확산점 도달 시기	응답의 중앙값을 산출	'21년부터 5년 단위
중요도	응답의 평균값 산출	1~5점
정부 우선 시행 방안	방안별 응답수 비중산출	주요방안 ²⁾
해당기술이 초래한 기회, 파급효과의 미래모습	주체별 응답 답변 정리	주관식
해당기술이 초래할 위험, 사회적 갈등의 미래모습	주체별 응답 답변 정리	주관식

- 미래혁신기술의 기술수용주기 모형 적용을 위해 기술확산점에 가장 먼저 도달할 국가와 해당 국가 및 국내의 기술확산점 도달 시점 조사
- 미래혁신기술의 중요도, 정부의 우선 대응 방안, 해당 기술이 초래할 기회, 파급효과와 위험, 사회적 갈등의 미래모습에 대해 조사

1) 대한민국, 중국, 일본, 미국, 유럽(28개국 중 선택), 기타, 없음

2) 인력 양성, 협력 활성화, 인프라 구축, 연구비 확대, 제도 개선

III

미래혁신기술 분석

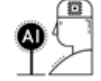
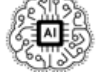
■ 기술확산점 정의

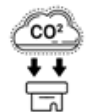
- 미래혁신기술은 기술마다 개발과정과 사회에 수용되는 동기가 다르므로 기술의 특성에 따라 기술확산점을 개별 정의
 - 전체수요자 대비 수용자 비중(16%)을 기준으로 정한 기술확산점을 활용하되 기술이 확산하는데 핵심적인 지표를 적용하여 재정의
 - ※ 예) 완전 자율 비행체의 기술확산점 도달 시기는 기존 비행체 시장에서 차지하는 완전 자율 비행체의 비중이 8%가 되는 시점으로 정의

■ 전문가 델파이 조사를 통해 수렴한 미래혁신기술의 기술확산점 도달 시기는 세계 최고기술 보유국은 2029년, 우리나라는 2032년으로 조사

- 미래혁신기술의 기술확산점에 가장 먼저 도달할 것으로 보이는 국가는 15개 기술 모두 미국으로 조사되었으며, 기술확산점은 2025년에서 2031년 걸쳐 도달할 것으로 전망
- 반면, 우리나라는 2029년에서 2036년 사이 기술확산점에 도달할 것으로 전망되어 최고기술 보유국 대비 평균 약 3년 늦게 기술 도입 예상
 - 기술별 최고기술 보유국과 우리나라의 기술확산점 도달 시기 격차는 최소 2년에서 최대 5년으로 조사
- ‘맞춤형 백신’ 기술의 기술확산점이 국외 2025년, 국내 2029년으로 가장 빨리 도입될 것으로 전망되며, 완전 자율 비행체는 가장 늦은 국외 2031년, 국내 2036년으로 예상

〈표 4〉 미래혁신기술 기술확산점 정의 및 도달 예상시기

분석 대상 기술		기술확산점 정의	도달 예상시기	
			세계 (최고기술보유국)	국내
완전 자율 비행체		완전 자율 비행체가 기존의 비행체 시장에서 차지하는 비중이 8%가 되는 시점	2031년 (미국)	2036년
완전 자율 주행차		Level4+ 자율주행 차량이 시장에서 차지하는 비중이 1.6%가 되는 시점	2030년 (미국)	2033년
맞춤형 백신		병원체의 확산으로부터 임상시험 진입까지 백신 개발이 통상 1년 이내에 이루어지는 시점	2025년 (미국)	2029년
수소에너지		수소의 대량생산이 가능한 고효율의 저장 및 운송 기술로 전환, 산업, 수송 등 다양한 분야에서 연간 240만톤 이상의 수소 수요가 발생하는 시점	2030년 (미국)	2032년
초개인화된 인공지능		디바이스에서 개인화된 인공지능 서비스를 사용하는 사용자 비율이 16%가 되는 시점	2029년 (미국)	2031년
생체칩		금융서비스의 개인인증방법에 생체인증기술이 적용되는 비중이 16%에 도달하는 시점	2030년 (미국)	2033년
복합재난 대응시스템		인구 100만명 이상의 도시에 복합재난 신속대응 시스템이 처음 등장하여 구축되는 시점	2029년 (미국)	2032년
양자암호통신 기술		네트워크 기반의 양자암호통신기술을 이동통신사들이 양자암호통신망의 통합연동과 양자중계기 없이 보안 데이터를 100km 이상 전송하는 시점	2030년 (미국)	2034년
인공지능 시스템		인공지능 반도체가 시스템반도체 전체시장에서의 비중이 5%가 되는 시점	2028년 (미국)	2030년
자율작업로봇		제조업(생산 자동화, 물류 등)에서 자율 이동 및 작업 로봇의 보급률이 10% 이상이 되는 시점	2028년 (미국)	2030년
소형 원자력 배터리		소형원자력배터리(또는 초소형원자로)가 인허가를 받고 에너지(전력 또는 열) 공급을 실증하는 시점	2030년 (미국)	2035년

분석 대상 기술		기술확산점 정의	도달 예상시기	
			세계 (최고기술보유국)	국내
재난재해예측		개별 재난요소 예측 정확도의 평균이 70% 이상 도달하는 시점	2029년 (미국)	2033년
탄소중립연료		탄소중립연료가 신재생연료로 인증이 되고, 신재생 연료 혼합의무 비율이 10% 이상 되는 시점	2030년 (미국)	2034년
탄소순환관측 기술		지상, 항공, 드론, 위성관측 등에 의한 탄소관측이 가능하여 통합 관측망이 실현되는 시점	2029년 (미국)	2033년
세포 리프로그래밍 기술		세포 리프로그래밍 기술이 노화 관련 질환 치료제로 공공보험 적용을 받는 시점	2030년 (미국)	2034년

1. 완전 자율 비행체

- (정의) 최적의 자동 이착륙, 자동 장애물 탐지와 충돌회피, 자동경로설정, 자동항법, 자동 관제연결이 가능하고, 비행경로 상의 돌풍 등 기상 환경에 대비하여 비행 안정성이 확보된 완전자율 인공지능 비행체
- (기술확산점) 완전 자율 비행체가 기존의 비행체 시장에서 비중이 8%가 되는 시점
 - (정의) 완전자율비행체의 보급은 다양한 비행환경에서 안전한 자율비행 기술이 완전하게 기존 비행체 시장을 50% 점유되는 시점에서 기술 확산이 예상($0.5 \times 16\% = 8\%$)
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2031년, 국내는 2036년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 완전자율비행제어와 완전분산 전기추진기술이 완성되어 수직 이착륙 자율비행기가 등장하고, 개인용 장비에 적용되면서 유무인기가 산업 전반에 확산. 기술이 완전화되어 승객의 안전이 보장되는 시점에 자율주행 화물 여객 산업의 활성화 예상
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인프라 구축, 연구비 확대, 제도 개선, 협력 활성화, 인력 양성 순으로 조사

〈표 5〉 완전 자율 비행체 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인프라 구축	• 시험체 개발과 기술의 안전성 검증에 필요한 연구개발을 지원할 수 있는 인프라 구축 선제적 추진 • 자율 비행을 위한 정밀 위치, 시각(PNT) 정보를 위한 한국형 GPS 구축, 자율비행을 위한 기체시험, 지상관제시스템, 지상 운송 수단과의 연계 등 네트워크 구축을 위한 인프라 요구 • 국내 고층빌딩, 아파트 및 운동장, 헬기장 등 자율 비행체 운영 인프라 구축 필요
2	연구비 확대	• 비행체는 대형사고 발생 위험이 높기 때문에 신뢰도 안정성이 높은 시스템을 충분히 확보하기 위한 기술개발 투자가 선행되어야 함 • 중대형 비행체는 기업의 자체 투자로 개발하기 어렵기 때문에 상용화 이전에는 정부차원의 지원 및 연구비 확대
3	제도 개선	• 완전 자율 비행체가 운행할 수 있도록 수도권 내 공역개방 등 규제 해소 및 법적 제도 개선 필요
4	협력 활성화	• 개별 요소에 대한 연구 성과의 유기적 활용 및 연계를 위한 법/제도적 이해와 제품화에 대한 이해 필요 • 미국 등 높은 기술력을 보유한 국가와 협력이 절실
5	인력 양성	• 항공, 첨단센서, SW 등의 능력을 보유한 인재가 매우 부족하므로 항공지식과 SW지식을 함께 갖춘 인재 양성 필요 • 자율비행을 위한 조종사, 드론 운용에 필요한 운용 기술자 등 관련 분야 인력 양성 시급

- (미래사회 변화 전망) 완전 자율 비행체가 이동수단의 혁신적 변화를 가져올 것으로 전망되나, 도심 내 운용 시 안전 문제에서 많은 위험성을 내포

〈표 6〉 완전 자율 비행체가 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 완전자율 비행체를 활용한 공공 서비스 및 모니터링(산불, 화재, 조난 등) 분야 응용이 가능하며, 농업, 물류 이송 등 산업의 다양한 분야 적용으로 신규산업 및 신규 일자리 창출 • 상용화에 따른 개인의 이동 행태를 혁신적으로 바꿀 수 있을 것이며, 개인의 일상에도 큰 영향을 미칠 것 • 국방관련 기술로서 탐지, 정보수집, 무인공격시스템으로 활용될 가능성 높음
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 소음, 안전, 개인 프라이버시 침해 등과 개인 및 소집단 이기주의 팽배와 윤리적인 문제가 대두 • 도시 내 추락 시 지상의 건물, 인명 손실 등의 대형사고가 발생할 수 있으며, 위험물질의 항공배송 등 테러, 안전 등에 위험요소가 있을 수 있음

■ 2. 완전 자율 주행차

- (정의) 초고속 무지연 통신으로 연계하여 자동차 스스로 안전한 차량 운행이 가능한 완전 자율 주행(Level 5) 기술
- (기술확산점) Level4+ 자율주행 차량이 시장에서 차지하는 비중이 1.6%가 되는 시점
 - (정의) Level4+ 자율주행차가 확산되면 전체 자동차 시장의 10%를 차지할 것으로 예상되므로, 기술확산점은 전체 자동차 시장의 1.6% ($0.1 \times 16\%$)로 설정
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2030년, 국내는 2033년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 자율주행차가 자율주행 가능여부를 스스로 판단하는 자율형 ODD³⁾ 기반 Level5 자율주행 기술이 확산되고, 6G 통신의 확산으로 무인 자율주행이 불가한 경우 원격으로 자율주행차를 제어하여 완전 무인 자율주행이 완성될 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인프라 구축, 제도개선, 인력 양성, 협력 활성화, 연구비 확대 순으로 조사

〈표 7〉 완전 자율 주행차 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인프라 구축	• 지속적인 운행 정보 수집이 가능한 환경이 구축되어야 하며, 데이터가 국가 또는 권역별로 관리할 수 있는 인프라 구축 필요 • 완전 자율 주행을 위한 기반 인프라(도로, 교통, 관제, 신호 등) 개발이 필요하고, 아전 확보를 위한 실증 인프라 구축 요구
2	제도 개선	• 무인운전, 자율주행에 대한 법적허용 기준과 교통법규 개선 필요 • 자율주행차가 운행되기 위한 사회적인 공감대 확보 필요
3	인력 양성	• 자율주행은 차량, 통신, 교통 등 분야 간 융합이 필수이므로, 분야 간 융합인력의 양성이 절실 • 자동차, 센서, 3신호처리, 통신, S/W, 컴퓨팅 등 다양한 전공의 전문인력이 필요
4	연구비 확대	• 자율주행차는 국가 주력산업인 부품, 소재, 장비, 제조, 건설 등의 후방산업과 연계되므로, 기술자립 및 미래 시장 선점을 위한 연구비 확대 시급 • 자율주행 안전성 담보를 위한 연구개발 확대 필요
4	협력 활성화	• 정부와 산학 간의 긴밀한 협력이 이루어지고 기술개발과 관련된 정보를 종합적으로 취합하고 관리할 수 있는 거버넌스 구축 요구 • 관련 소재부품장비의 종합적인 연구개발이 필요한 분야이며, 다양한 전공이 연계된 융합연구 활성화가 필수

3) Operation Design Domain : 자율주행차 운행 중 도로종류, 기상 등의 여러 제약사항 발생 시 어떤 기능들이 실행되어야 하는지에 대한 세부조건을 설계

- (미래사회 변화 전망) 인간이 운전に関여하지 않아 생산성이 높아질 것으로 전망되지만, 자율주행차의 악용에 대한 우려 상승 예상

〈표 8〉 완전 자율 주행차가 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과와 미래 모습	• 노약자나 장애인 등 교통이용 약자들의 안전하고 저렴한 비용의 교통서비스 이용가능 • 인간의 생체적 판단오류(졸음)와 의식적 결정오류(과속, 난폭운전) 등을 사전에 예방할 수 있어 인명 안전 확보 가능 • 자율 물류 택배 등 비대면 배송 및 제조 서비스를 통한 산업 생산성 향상
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 기존 비즈니스를 대체할 새로운 비즈니스의 출현으로 인력 재교육을 통한 재취업 등의 기회가 준비되지 않으면 사회적 갈등 초래 • 자율자동차 해킹을 통한 테러 등 범죄 이용 가능성 증가 • 사고 발생 시 시스템 오류 등 인간이 관여하기 곤란한 상황이 발생할 우려가 큼

■ 3. 맞춤형 백신

- (정의) 신·변종 감염병 및 새로운 병원체에 대응하기 위하여 특정 항원이나 원하는 유전정보가 포함된 백신을 생산할 수 있는 면역세포 플랫폼 기술
- (기술확산점) 병원체의 확산으로부터 임상시험 진입까지 백신 개발이 통상 1년 이내에 이루어지는 시점
 - (정의) 유효성과 안전성의 데이터를 확보하는 임상시험 기간이 일정하다고 가정할 때, 백신 플랫폼으로 임상시험을 시작하는 데까지의 기간이 1년 이내로 단축되는 시점
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2025년, 국내는 2029년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 기존 치료 방법의 적용이 불가하거나 효과가 낮은 질병에 대해 면역치료 적용(1단계), 환자 개인 특성을 고려해 항원-항체 반응을 극대화할 수 있는 면역치료(2단계), 유전자 분석으로 향후 발병 가능한 질병을 예측하고 백신 조기 접종으로 질병을 예방하는 예방치료(3단계) 단계로 발전할 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 연구비 확대, 인력양성, 인프라 구축, 협력 활성화, 제도 개선 순으로 조사

〈표 9〉 맞춤형 백신 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	연구비 확대	- 고위험 고수익형 기술로서 민간에서 수행하기 어려운 영역이므로 국가 R&D 투입이 필수 - 타 기술 대비 과학적 중요도는 물론 문화, 사회, 및 경제적 파급력이 매우 크기 때문에 집중적인 예산 투입 필요 - 해당 분야 연구를 위해 임상 및 기초과학연구가 필요하며, 필요한 인력과 자원을 확보하기 위해 연구비 확대 시급
2	인력 양성	- 유전자 및 특성 분석 등에 활용할 인력이 부족하여 해당 인력 양성을 위한 대학에 대한 지원 요구 - 바이러스를 타겟으로 하여 In Silico(시뮬레이션)적 관점에서 생물정보분석 전문가 양성과 In Vitro(시험관내) 전문가 양성이 필요
3	인프라 구축	- 병원체에 대한 백신개발을 위해서는 타 연구에 비해 높은 방역수준이 갖춰진 연구시설 필요 - 개발단계에서 임상시험을 위한 시제품 생산 등 중간과정 설비투자 인프라 구축 필요
4	협력 활성화	- 맞춤형 백신은 항원개발과 생산기술이 동시에 진행되어야 하는 복합기술로서 산학계와 협력이 매우 중요 - 대학, 연구기관, 제약업체가 공동연구를 통한 백신 개발이 글로벌 트렌드로 자리 잡음
5	제도 개선	- 추후 새로운 감염병이 도래했을 때 신속한 대응을 위해 제도적 완화가 필요함 - 백신이 개발된 이후 맞춤형 백신에 대한 보건당국의 사용 승인 제도 마련

- (미래사회 변화 전망) 맞춤형 백신이 인류를 질병으로부터 상당 부분 해방시킬 것으로 전망되나, 백신기술의 확보 여부에 따라 집단 간 갈등 발생 소지가 큼

〈표 10〉 맞춤형 백신이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	- 바이러스 유전체 분석을 통해 생산되는 데이터를 기반으로 다양한 치료제 및 백신을 선제적으로 적시 생산 가능 - 개인형 다품종 소량 생산이 가능하여 오픈소스 하드웨어, 맞춤형 의료보조품, 맞춤형 전자제품 등 다양한 신산업 발전 및 신규 일자리 창출 가능
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	- 해당 기술의 주권을 소수의 집단이 차지하면 기술의 보편적 이용이 어려워 기술 격차는 물론 경제, 사회, 문화 격차 가속화 우려 - 자국 우선주의로 인하여 감염병에 대한 백신을 확보하기 위해 국가 간 전쟁이나 테러 등 심각한 갈등 발생 - 백신개발 기술을 응용하여 다양한 신종 병원체를 생산, 생물학적 무기로 사용 가능

■ 4. 수소에너지

- (정의) 국내외에서 다양하게 생산된 수소를 물리적·화학적 방법으로 단위 체적 당 높은 밀도를 유지하면서 안전하게 저장하고 운송하는 기술
- (기술확산점) 수소의 대량생산이 가능한 고효율의 저장 및 운송 기술로 전환, 산업, 수송 등 다양한 분야에서 연간 240만톤 이상의 수소 수요 발생 시점
 - (정의) 2050년 전체 수소시장(약 2천만톤)에서 해외 수소가 차지하는 비중을 75%로 전제할 때, 기술확산점은 전체 수소 시장에서 240만톤($2\text{천만톤} \times 0.75 \times 16\%$)으로 설정
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2030년, 국내는 2032년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 물리적으로 수소를 저장하는 고압 수소저장시스템, 수소액화플랜트 및 고체저장시스템 시장이 확대되고, 화학적으로 수소를 저장하게 되면서 장거리·대용량 수소 저장이 가능해질 것. 중·장거리 수소 배관망 설치로 국가 간 수소의 무역 거래가 일상화
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인프라 구축, 연구비 확대, 협력 활성화, 제도 개선, 인력 양성 순으로 조사

〈표 11〉 수소에너지 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인프라 구축	- 수소 생산부터 현장까지 공급 인프라와 사용자의 접근이 가능한 충전소 구축 시급 - 모관 및 용접재의 상온 및 고온에서의 내수소 특성평가를 위해서는 압력용기의 안전 기준을 만족하는 평가 전용 인프라 구축 필수
2	연구비 확대	- 세계적으로 표준화된 저장/운송 시스템이 없으므로 세계 표준을 선점하기 위한 원전기술 확보에 연구비 확대 필요 - 수소 저장 및 운송 기술은 기초연구가 선행되어야 하므로 투자가 절실
3	협력 활성화	- 소재-부품-시스템이 유기적으로 연계되어야 성공할 수 있는 기술이므로 연구개발 기획 단계에서부터 관련 기관 간 협력이 필수 - 선진기술 보유국과 적극적인 협력을 통해 국내 기술 도입 가속화
4	제도 개선	- 수소저장 및 충전소의 설치 조건, 안전성 확보를 위한 법적/제도 개선 및 수소 보급 확대를 위한 보상제도와 인센티브 마련 필요 - 수소, 암모니아 등 새로운 에너지원 활용을 위한 법, 시험평가, 인증 기준 마련 요구
5	인력 양성	산업계 인력 공급이 부족하고 기술장벽이 매우 높아 특성화 대학 등의 정책적 지원을 통한 전문인력 양성 필요

- (미래사회 변화 전망) 청정에너지 사용으로 탄소 중립 시대에 기여할 수 있지만, 수소 이용에 따른 부정적 인식 개선이 필요

〈표 12〉 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 친환경 수소에너지 사회로 전환이 가속화되어 탈탄소화로 탄소 중립 시대를 앞당길 수 있음 • 수서 생산, 저장, 운송, 이용과 관련한 다양한 산업 분야의 발전과 신규 일자리 창출 가능
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 수소 저장 및 운송 시 폭발 위험이 높아 제어 기술이 뒷받침되지 않으면 자칫 대형사고로 이어질 가능성 높음 • 수소를 위험물질로 인식하여 사회적으로 NIMBY 현상이 발생할 우려 큼 • 에너지원 변화에 따라 기존 에너지 관련 업종 종사자들의 대규모 실업 문제 등 관련 업종 구조 변화에 따른 갈등 발생 우려 존재

■ 5. 초개인화된 인공지능

- (정의) 개인별 특성을 이해하고 개인의 필요에 따라 지식과 도메인이 확장될 수 있는 다양한 디바이스에 탑재된 인공지능(AI) 기술
- (기술확산점) 디바이스에서 개인화된 인공지능 서비스를 사용하는 사용자 비율이 16%가 되는 시점
 - (정의) 과거 AI 스피커 보급률이 2018년 7%, 2019년 14%, 2020년에는 전년 대비 45.7%가 증가되는 패턴으로 약 16%를 기준으로 확산되는 패턴을 보임에 따라 AI 스피커와 유사한 확산 패턴을 가정하여 사용자 비율이 16% 되는 시점을 기술확산점으로 설정
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2029년, 국내는 2031년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 개인과 상호작용하고 사용패턴을 인지하여 계속 성장하는 자율성장형 개인화 AI, 사용자의 관심 영역을 확장하여 사용자와 연결된 구성원까지 이해하는 전이형 복합개인화 AI, 여러 인공지능 서비스가 상호 협업하여 사전 학습되지 않은 내용이나 복잡한 상황도 수행하는 협업형 초개인화 AI의 단계로 발전해 갈 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인력 양성, 인프라 구축, 협력 활성화/연구비 확대, 제도 개선 순으로 조사

〈표 13〉 초개인화된 인공지능의 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인력 양성	• 우리나라의 초개인화를 위한 새로운 인공지능 알고리즘 개발이 필요하며, 그에 따른 전문적인 인력 양성 필요 • 도메인/기술 지식을 모두 갖춘 S/W 인력이 절대적으로 부족하고 융합형, 실무형 인재 필요 • 초·중·고등 S/W 인재 조기발굴 및 육성을 위해 학교에서 AI 관련 교육과 코딩 교육 등이 원활히 이루어질 수 있도록 정부지원 필요
2	인프라 구축	• 연동·연계시스템이 필수이므로 리빙랩을 통해 인프라 규모/운용기술을 획득하고 실생활 적용을 위한 노력 필요 • 분야별 인프라 구축을 통해 데이터 수집, 처리, 공유가 가능한 테스트베드 확보 • 산업별 소프트웨어 개발을 위한 데이터 인프라를 갖추는 것이 중요
3	협력 활성화	• 사용자와 기업 간 상호작용을 늘려 실생활에 사용될 수 있는 기술과 비즈니스 모델 개발 필요 • 도메인 지식을 기반으로 다분야 전문가가 필요하며, 산학연 협력을 통해 많은 사회적 문제를 해소할 수 있음
3	연구비 확대	• 인프라, 데이터 구축에 비용이 수반되고 장기간 원천기술 연구와 산업계 응용시도 등을 위한 안정적 예산 확보가 요구됨 • AI 기술 적용 연구는 전문성 확보 및 글로벌 협력연구 강화를 위한 연구활성화 유도차원에서 연구비 확대가 필요 • 적용 가능하고 활용도가 높은 비즈니스 모델에 개발비 지원 필요
5	제도 개선	• 개인정보 활용에 구체적인 제도 개선이 필요하며 개인의 동의 시 활용할 수 있는 기술 적용에 공격적인 정책을 추진해야 함 • 공익적 목적과 비상시에 활용하는 개인정보 범위에 대한 사회적 합의와 제도적 개선 필요

- (미래사회 변화 전망) 개인에게 기존에 없던 편의성을 제공할 수 있지만, 잘못된 사용에 따른 사회적 문제 다수 양산 가능성

〈표 14〉 초개인화된 인공지능이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 개인별 맞춤형 AI를 통한 학습과 사용성 확대는 재학습과 기능 고도화라는 선순환구조를 낳고, 이른바 특이점을 넘는 순간 기술이 기하급수적으로 성장할 것 • 빅데이터 처리를 통해 경제성 및 사업기획 포착 자료를 근간으로 다품종 소량 생산하거나 개인 맞춤형 제품 생산 기회를 제공한다면 다양한 신산업 발전 및 신규 일자리를 창출할 것으로 판단됨 • 공공효율성 제고, 시민편의 제고, 재난안전 위협으로부터 국민 보호, 치안 강화 등 다양한 도메인에서의 사회문제 해결이 가능하며 생산성 제고를 통한 비용절감 및 생산효율성 제고 기대

미래 구분	미래 모습
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• AI 기술 접근 가능 계층 vs. AI 기술 접근 불가능 계층의 대립 구도와 양극화, 단순 노무 일자리 감소 • 비윤리, 범죄에 이용, 인류위협 등 인공지능 편향성, 불안정성으로 인한 사회적 문제 발생이 예상 • 획득된 데이터나 모델 자체가 외부로 유출되면 개인정보보호에 악영향을 끼치고 사생활 침해의 우려가 있음 • 부정적 데이터를 가진 사람은 지금까지 수집된 사람의 정보에 따라 가능성이나 새로운 기회를 주지 않음으로써 특정 직업이나 회사에 취업이 지속 제한될 수 있음

6. 생체칩

- (정의) 최소 메모리와 무선 송수신 장치로 구성되며, 칩 안에 전력이 흐르는 형태로 배터리는 포함되지 않은 마이크로칩으로서, 이를 이식하여 개인인증을 위해 사용할 수 있는 장치
- (기술확산점) 금융서비스의 개인인증방법에 생체인증기술이 적용되는 비중이 16%에 도달하는 시점
 - (정의) 현재 스마트 디바이스를 통한 생체인증기술 활용이 증가하고 있으며, 국내 스마트 디바이스 보급률은 약 93%에 달하고 있으나, 금융서비스에서 사용되는 수준은 매우 미비. 따라서, 스마트 디바이스 기준 생체인증기술이 적용되는 비중을 기준으로 기술확산점 정의
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2030년, 국내는 2033년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 금융결제 및 개인인증이 간소화되는 RFID 기반 생체칩, 인간의 단백질, 지방 등으로 에너지를 얻는 NFC 전력공급기술을 활용하는 NFC 기반 생체칩, 초연결사회를 기반으로 개인 맞춤형 서비스를 지원할 수 있는 IoT 기반 생체칩, 인공 장기 및 조직을 제작하고 이를 인체에 이식 가능한 단계로 발전할 것으로 예상
- (기술확산 실현을 위한 과제) 제도 개선, 인프라 구축, 인력 양성/협력 활성화/연구비 확대 순으로 조사

〈표 15〉 생체칩 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	제도 개선	• 생체 적용을 위한 윤리적·비윤리적 제도 등을 개선 • 정보의 양과 관리방안, 사회구성원에 미치는 위해성에 대한 정책적, 제도적, 윤리적 평가/연구가 선행
2	인프라 구축	• 생체칩을 인식할 수 있는 인프라를 국가적으로 구축하여 개인 비밀 등을 보호하여야 함 • 생체칩은 개인 인증 이외에도 개인 건강 증진을 위한 모니터링 도구로 활용이 가능하고, 관련 의료기관과 IT 개발사 간 협업 활성이 필요함
3	인력 양성	• 블록체인 및 가상화폐가 안정성을 찾고 통용화가 되기까지는 많은 시간이 소요될 것으로 사료되며, 체계적인 인프라 구축이 우선시 되어야함 • 안정성 및 보완성 있는 생체칩 개발을 위해서는 소재분야, 생명과학분야, 컴퓨터공학 분야 등에 지식을 갖춘 융복합 인재 양성이 필요
3	협력 활성화	• 생체칩 분야는 생명과학 기술, 정보통신 기술 등이 융합되어야 발전 가능성이 높으므로 공동연구 활성화가 필수 • 개인인증 이외에도 개인 건강증진을 위한 모니터링 도구로 활용이 가능하고, 관련 의료기관과 IT 개발사 간 협업 활성이 필요함
3	연구비 확대	• 임상실험이나 안정도에 대한 검증 등에 대한 연구 확대를 통한 연구비 필요 • 생체칩에 대한 소재, 전기전자 기술 등의 개발을 위한 연구비 확대 필요

- (미래사회 변화 전망) 실시간 모니터링을 통해 몸에 나타난 변화를 신속히 감지할 수 있으나, 개인정보 유출 가능성이 높은 디바이스의 한계 극복 요구

〈표 16〉 생체칩이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 인체칩을 통해 신체 상태를 실시간으로 모니터링하고 병증을 신속히 검진 및 관련 의료기관에 통보해 빠른 치료 대책 수립 가능 • 우리나라가 가지고 있는 반도체 및 부품 개발 노하우를 바탕으로 외연을 확대할 수 있는 기회이며, 소재, 부품, 장비 산업과 연계함으로써 우리나라의 해외 산업 영향력과 수출 스펙트럼을 확대할 수 있음 • 웨어러블 디바이스에 비하여 동력 전달 등이 자유로우며 도난, 분실의 염려가 적은 장점. 특히 IoT 기술과 접목되어 유비쿼터스 환경을 실현할 수 있는 파급효과가 있음
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 인체에 삽입하는 디바이스이므로 체내에서 소재 및 전자기적 안정성에 대한 검증 여부에 따라 부작용 발생 가능 • 의료 현장에서 활용범위에 따라 개인 유전자 정보 혹은 질환 정보가 대량으로 검색되고 데이터화 되어 개인정보문제 등장 가능성 높음 • 체내의 미세 전류를 이용하여 구동하거나 극소의 전류를 사용하여야 하므로 외부로부터의 전자기 에너지에 의한 오작동이 발생할 수 있음

■ 7. 복합재난 대응시스템

- (정의) 자연적/사회적 유인에 따른 복합재난 조건별 직접-2차-3차 피해 최소화 및 사회적 조기 안정화를 위한 조기경보-신속대응-복원 정보제공 통합 시스템
- (기술확산점) 인구 100만 이상의 도시에 복합재난 신속대응 시스템이 처음 등장하여 구축되는 시점
 - (정의) 세계적으로 인구 100만 이상의 대도시들이 지역 거점으로 확대되고 있고 특수한 목적을 반영한 거점 도시들(행정수도, 도시 간 연계 등)이 개발되고 있음에 따라, 인구 100만 이상 도시 등에 4차 산업혁명 기술을 연계한 복합재난 신속대응 시스템 구축·운용을 기준으로 기술확산점 정의
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2029년, 국내는 2032년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 확장현실(XR), 메타버스(Metaverse) 등을 활용한 복합재난 신속대응 시스템이 인구 50만 지역 주요 도시들에 확산되고, 해당 기술의 발전에 따라 고정밀 재난대응 시스템을 적용한 포괄적 전국 서비스 시행. 이후 시공간을 초월한 국가 간 실시간 정보공유 체계가 구현될 것으로 예상됨
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인프라 구축, 연구비 확대, 협력 활성화, 제도 개선, 인력 양성 순으로 조사

〈표 17〉 복합재난 대응시스템 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인프라 구축	• 통합시스템 구축을 위해 각 분야의 인프라가 구축이 선행되어야 후속 연구 및 산업화가 가능 • 모든 유관기관이 동일한 통신프로토콜을 사용하여 상호연계가 될 수 있도록 지자체 간 정부가 통일된 플랫폼을 구축해야 함 • 전국 혁신도시들을 중심으로 관련기술의 개발 및 발전 그리고 시범운영이 가능하도록 예산, 조직, 인력의 지원 필요
2	연구비 확대	• 공익적인 공공성 개념이 큰 분야이기 때문에 항목별 정부와 지자체의 연구비 투자가 필요 • 복합재난 신속대응 시스템에 필요한 요소 기술 연구, 시스템 개발, 활용성 검증에 연구비가 절대적으로 부족한 현실

순위	정책	정책제언
3	협력 활성화	• 복합재난은 풍수해 등 전통적 자연재난과 사회재난의 결합 형태로 발현되기 때문에 다학제적 또는 산학연·국제 협동 연구가 반드시 수반 • 재난 발생 시 자동으로 상황을 부처에 전파해야 하는데 원활한 상황전파체계를 위해서는 유관기관 간 사전 협력 관계 수립 필요 • 정부/지자체 단위에서 학계/연구계/산업계 협력공동체를 운영할 필요가 있으며, 시스템 구축을 실현할 수 있는 전담기관 설립하는 제도적 장치 마련 필요
4	제도 개선	• 복합재난 대응시스템의 필요성과 중요성의 인식 전환을 위해 설치 강제성이 부여되는 제도로 국민 인식 개선 • 부처 간 협력을 위한 제도를 개선하여 문제 발생 시 장애물 없이 대응 가능한 원시스템(one-system) 제도 지원
5	인력 양성	• 재난대응 연구, 감시, 통제 등 전문지식을 갖춘 고급 인력 양성 필요 • 복합재난시스템 관련 연구자원의 양적, 질적 범위를 확대할 수 있는 전문교육기관 및 연구기관 인력 필요

- (미래사회 변화 전망) 대형 재난 발생의 사전 예측을 통해 피해를 최소화할 수 있지만, 시스템 오작동, 해킹 등의 위험성에 따른 사회적 비용 상승 가능성

〈표 18〉 복합재난 대응시스템이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 대형 재난재해 발생을 사전에 예측하여 대응시간을 확보하고 재해, 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호 • 중앙과 지방정부 간 연결성 및 지원체제 강화로 복합재난 발생 시 신속한 대응과 관련 부처 간 상황 전파로 효율적인 초동대처 가능 • 재난 예측 및 대응 시스템은 우리나라의 가치를 크게 상승 시킬 수 있고 'SAFE KOREA'를 알리는 홍보 외교로 국가적 신뢰도 향상
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 잘못된 데이터에 근거한 예측 오경보로 인한 문제로 불편함 초래할 수 있고 기술적 결함에 따른 사회적 비용이 크게 발생할 가능성 • 공동주택, 고층건축물, 복합시설, 사회기반시설 등에 대한 상시 모니터링 시스템 강화와 데이터 활용에 있어 일부 민감한 개인정보의 활용에 관해 개인 사생활 침해에 대한 문제 발생 • 온라인해킹과 사이버테러 기술로 인한 재난대응 시스템 마비 사태 발생 • 기존의 장비에 익숙해 있는 인력에 대한 재교육이 필요하고 그 과정에서 신기술에 적응하지 못한 집단이 갈등을 초래될 수 있음

8. 양자암호통신기술

- (정의) 양자역학적 특성을 갖고 있는 빛에너지의 최소단위인 광자를 이용하여 양자암호키를 생성하고 데이터를 암호화하여 통신하는 기술

- (기술확산점) 네트워크 기반의 양자암호통신기술을 이동통신사들이 양자암호통신망의 통합 연동과 양자중계기 없이 보안 데이터를 100km 이상 전송하는 시점
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2030년(미국), 국내는 2034년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 장거리 유무선 통신기술개발로 국가 간 연결이 가능해진 후, 양자키 분배용 핵심 부품의 고성능화·소형화로 양자암호통신기술의 대중화가 가능해져 공공 및 민간에서 양자컴퓨터 도입이 활발해짐에 따라 사회 전반에서 양자암호통신기술 기반의 새로운 암호체계가 일반화될 것으로 예상
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인력 양성, 연구비 확대, 인프라 구축, 협력 활성화, 제도 개선 순으로 조사

〈표 19〉 양자암호통신 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인력 양성	• 양자암호통신 기술은 최첨단 기술로 광학 및 양자역학에 대한 이해도가 높은 인력 필요 • 상대적으로 취약한 공개키 암호분야 연구 인력 확보에 집중
2	연구비 확대	• 양자암호의 기본적인 보안성 및 인프라 구축을 위한 원천기술에 관한 연구비 배정 필요 • 기존의 통신기술과 다른 개념으로 막대한 예산과 시간 및 인력이 요구되므로 국내 학계/연구소가 핵심기술 개발 및 응용이 가능하도록 지속적인 정부의 지원 필요 • 양자암호통신기술 관련 불확실한 연구 분야에도 정부 투자가 반드시 수반
3	인프라 구축	• 양자암호통신기술 테스트 기기 및 모니터링에 대한 인프라 구축 필요 • 이론이나 기존 IT 부품을 재활용 할 수 있는 분야가 아닌 필요한 장비를 만들어가면서 결과물을 도출하는 분야임, 따라서 초기 인프라 구축에 정부의 예산 투입 필수
4	협력 활성화	• 하나의 연구주체가 진행하기에는 불확실성이 높으므로 중장기 단계별로 연구주체를 다르게 설정하여 융합협력 연구가 요구됨 • 수학, 물리, 전자공학, 통신공학, 정보보호 분야 간 상호협력이 중요한 기술 • 양자암호 기술개발을 추진하는 연구소, 서비스 등 실용화를 추진할 대기업 및 서비스 기업, 그리고 제품을 개발하고 실무를 진행할 중소, 중견기업 간 긴밀한 협력체계 구축을 통한 상생 요구
5	제도 개선	• 표준화 정책을 통해 양자암호통신을 실제로 활용하는 사례를 다수 창출하는 것이 필요

- (미래사회 변화 전망) 통신의 안전성과 신뢰성이 보장될 수 있지만, 높은 사용료, 악용 시 큰 위험성 내포 등에 따라 사회적 갈등 발생 소지가 큼

〈표 20〉 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과 미래 모습	• 대용량 데이터처리기술이 발전하고 처리속도 향상에 따른 업무 속도가 증진 • 기존의 암호통신을 대체할 수 있으며, 고도화된 암호기술을 이용하여 보안에 민감한 군사 및 금융 분야에서 활용될 것으로 전망 • 안전성과 신뢰성이 보장되고 국가안보의 핵심으로 타국과의 기술력 교류도 어렵기 때문에 해당 기술이 개발 시, 국제적 관계에서 독자 기술력 확보라는 중대한 가치를 가짐
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 해킹 및 사이버 범죄에 악용될 경우 범죄자를 추적하기 어려움 • 양자암호통신 적용에 대한 비용이 증가하여 초기에는 적용 방향에 대한 사회적 갈등 발생 가능성 • 양자 컴퓨터의 등장과 적절한 내성 암호가 없는 경우, 기존 암호 기술 붕괴 가능성이 있으므로 사회적 혼란이 야기될 수 있음

■ 9. 인공지능 반도체

- (정의) 학습·추론 등 인공지능 서비스 구현에 필요한 대규모 연산을 높은 성능, 높은 전력효율로 실행하는 반도체
- (기술확산점) 인공지능 반도체가 시스템반도체 전체시장에서의 비중이 5%가 되는 시점
 - (정의) 인공지능 반도체가 시스템반도체 시장에서 차지하는 비중은 '20년에 8%에서 '30년에는 약 31% 수준으로 확대될 전망으로, 기술확산점은 기존 시스템반도체 시장의 5%(0.31x16%)로 설정
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2028년, 국내는 2030년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) NPU⁴⁾의 성능 병목현상을 유발하는 메모리의 접근속도 및 대역폭을 개선하는 상용메모리 기반 PIM⁵⁾ 인공지능 반도체의 확산 이후, 기존 DRAM 또는 NAND Flash 대비 획기적 성능 향상과 저전력 소모가 가능한 차세대 메모리 기반 PIM 인공지능 반도체가 상용화되고, 인간 두뇌 수준의 에너지효율을 달성할 수 있는 신소자 기반 뉴로모픽 반도체가 개발될 것으로 예상됨

4) Neural Processing Units : 심층 신경망을 사용하는 심층 기계학습에서 복잡한 행렬 곱셈 연산을 수행하는 신경망처리장치

5) Processing-In-Memory : 메모리에 연산 기능을 탑재하여 별개의 칩으로 구현됨으로 인해 발생하는 메모리 대역 병목현상을 해결하기 위해 2.5D 또는 3D 반도체 집적 기술을 이용해 메모리와 프로세서의 단일 칩 구조 또는 이를 구현하는 기술

- (기술확산 실현을 위한 과제) 인력 양성, 연구비 확대, 협력 활성화, 인프라 구축, 제도 개선 순

〈표 21〉 인공지능 반도체 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인력 양성	• 대학교 전공을 세분화하여 인공지능, 전자공학 등 전문지식을 교육받은 체계적인 인재 양성 필요 • 인프라를 갖춘 산업에서 직접 제작하고 측정 및 분석할 수 있는 기회를 제공하여 실무 이해도가 높은 인재 양성 • 현재 인력은 공정 등 접근이 쉬운 메모리반도체에 치중되어있어 인공지능 분야 및 반도체 설계 전문 인력의 질적, 양적 확보에 주력
2	연구비 확대	• 현재 AI 반도체 선진국들이 연구개발에 적극 투자 중으로 우리나라도 차세대 AI 반도체 개발에 국가의 대규모 연구비 투자 필요 • 인공지능 반도체는 기존 반도체와 다른 개념으로 접근해야 하므로 기초연구를 포함한 다양한 레벨의 연구를 지원하여 해당 기술개발의 방향성을 찾을 수 있도록 지원
3	협력 활성화	• 메모리-비메모리 업체, S/W업체 간 핵심기술 영역 사이의 협업을 위한 컨소시엄 구성 • 인공지능 반도체와 시스템반도체 기술은 IP개발 툴 등 국제협력이 매우 중요한 영역이므로 정부가 주도하여 국제 간 협력활성화 지원 필요
4	인프라 구축	• 반도체는 대규모 비용이 수반되는 산업이며 제작 및 측정에 관한 인프라 구축이 선행되어야 인력양성과 기술개발이 이루어 질 수 있음 • 글로벌 기업들의 서버, 스마트폰, 자동차 등 AI 반도체 핵심시장 선점을 위해 집중투자에 나서고 있음. 우리나라도 경쟁력 확보를 위해 국내 기반구축과 성장을 주도할 수 있는 인프라 구축에 집중해야 함 • 학계에서 사용할 수 있는 생산기반 접근성이 매우 부족하므로 학계가 반도체 공정 제작에 쉽게 접근할 수 있는 프로세스 확립 필요
5	제도 개선	• 데이터 수집 및 이용을 통한 인공지능 반도체 검증에 어려움이 있으므로 제도적 장치 신설 필요

- (미래사회 변화 전망) 인공지능 반도체가 다양한 분야에 활용되면서 고부가가치 시장이 창출되지만, 기술 의존성이 커지면 인간성 상실의 문제에 직면 가능

〈표 22〉 인공지능 반도체가 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 인공지능 활용기기 모빌리티 극대화로 활용분야 확대, 신사업 창출 가능성과 인공지능 기반의 일자리 및 고부가가치 시장 창출 가능 • 기존 반도체소자의 물리적 한계를 넘어서는 성능을 구현하기 때문에 클라우드 컴퓨팅, IoT센서, 고속연산 등 다양한 분야에 새로운 기회 부여 • 인공지능 반도체를 사용하면 성능은 높이고 전력을 낮출 수 있기 때문에 에너지 절감 효과가 있으며 향후 기후 변화 대응이 용이함

미래 구분	미래 모습
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 자율 및 자동화, 인공지능은 곧 사람의 영역을 차지할 것으로 예상되고 이로 인해 저숙련, 단순 반복 작업에 대한 대규모 실업 및 새로운 기술에 대한 부적응 문제가 갈등을 야기할 수 있음 • 기술 소외 계층문제가 대두되고, 인간이 인공지능 판단에 의존하는 경우 비윤리적인 문제 등 새로운 사회 현상이 나타날 수 있음 • 자동화 및 자율화에 따른 인간성의 상실과 빈익빈 부익부 양상 심화

10. 자율작업로봇

- (정의) 인공지능(AI) 기술을 적용하여, 스스로 인식, 학습, 판단, 계획하여 능동적, 자율적으로 작업하는 로봇 및 서비스 기술
- (기술확산점) 제조업(생산 자동화, 물류 등)에서 자율 이동 및 작업 로봇의 보급률이 10% 이상이 되는 시점
 - (정의) 생산 자동화 및 물류 자동화를 위해 무인운반차를 자율 이동 및 작업을 지원하는 자율이동로봇으로 63% 대체하게 되는 시점으로, 기술확산점은 보급률 10%(0.63x16%)로 설정
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2028년, 국내는 2030년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 식당 등 서비스업에 적용되고, 다품종 소량생산을 위한 Cell 단위 제품생산이 보편화되고 생산 자동화 및 생산성을 극대화 할 수 있는 자동조립 로봇시스템, 협동로봇, 근력증강로봇 등을 활용하는 스마트 공장이 확산. 이후 각 가정에서 가사서비스업을 수행하는 로봇이 보급될 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 연구비 확대, 인프라 구축/인력 양성, 협력 활성화, 제도 개선 순으로 조사

〈표 23〉 자율작업로봇 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	연구비 확대	• 양질의 로봇 부품(센서, 구동기 등)은 희소성으로 단가가 비싸고 다양한 실험에 필요하므로 연구비 확대가 필요 • 원천기술 확보를 위한 기술개발에 집중투자가 필요 • 스마트 공장에 너무 편중된 투자가 이루어지고 있으므로 근본적인 생산시설 및 기술을 연구할 수 있는 분야로 연구개발이 될 수 있도록 다양한 연구 진행에 연구비 확대가 필요

순위	정책	정책제언
2	인프라 구축	• 실증 테스트 베드를 구축하여 자율로봇을 실험하고 적용하여 테스트할 수 있는 실용화 연구가 필요함 • 자율작업로봇 상용화에 안전성 평가 및 인증을 위한 인프라 구축 필요 • 로봇은 IT, BT, ET와의 융합이 중요한 학문으로 로봇 친화적 인프라 구축이 선행될 경우 효율성이 높아짐
2	인력 양성	• 하드웨어/소프트웨어 기술개발에 필요한 인력양성이 요구되고 산업계에서 바로 적용할 수 있도록, 산업 연계형 인력양성 프로그램을 만들고 관련 학과를 개설하여 실습시간을 대폭 확대한 인재 양성과정 필요 • 로봇 및 인공지능 전문가와 개발자가 부족한 현실로 외국 전문가 초빙을 통해 관련 산업 기술발전에 필요한 인재 양성에 노력
4	협력 활성화	• 기존의 생산 자동화 기술, 로봇 자동화 기술에 인식, 판단, 학습 등 인공지능 기술 융합하는 과정에 산/학/연 기술 공유 및 협력 필요 • 산학연 주도의 데모 환경 및 신규 진입자들을 수용할 수 있는 공용 플랫폼 필요
5	제도 개선	• 자율작업로봇의 도입으로 인해 발생할 수 있는 사고의 책임소재 및 안전 지침에 대한 일괄 기술의 적용이 어렵기 때문에 목적이나 서비스 영역에 따른 맞춤형 규제 마련 필요

- (미래사회 변화 전망) 인간을 고위험 노동에서 해방시켜 줄 것으로 예상되지만, 로봇이 인간을 대체하면서 인간보다 우위를 점하면 예상치 못한 위험에 노출될 가능성 높음

〈표 24〉 자율작업로봇이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과 미래 모습	• 자율작업로봇이 고위험 업무를 대체하면서 생산 효율성 및 작업자의 안전을 증대시키고 저출산 고령화 문제로 발생하는 인력난을 해결할 것으로 예상 • 인공지능(AI)기술을 적용하여, 스스로 인식, 학습, 판단 계획하여 능동적, 자율적으로 작업하는 로봇 및 서비스 기술기반 신산업 발전 및 신규 일자리 창출 기대
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 단순 생산직 인력을 자율로봇이 대체하므로 대규모 실업 발생 가능성 • 인간과 로봇의 공존관계에서 인간의 우위를 보장하지 못하므로 테러목적으로 악용될 가능성 • 기계적 판단과 감정적인 판단이 필요한 분야에서 의견 충돌로 인해 사회적 갈등 소지가 있음

11. 소형 원자력 배터리

- (정의) 전기출력 기준으로 10MWe 이하인 핵분열 기반 원자로로서, 공장에서 제작하여 수요지로 옮겨 사용할 수 있는 초소형 에너지원

- (기술확산점) 소형원자력배터리(또는 초소형원자로)가 인허가를 받고 에너지(전력 또는 열) 공급을 실증하는 시점
 - (정의) 기존의 에너지원과 는 용량과 활용 목적에 대한 차별성이 크기 때문에 인허가에 기반하여 최초의 상용 사례가 등장하는 시점으로 기술확산점을 정의
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2030년, 국내는 2035년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 우주용, 군사용 또는 특수목적의 극지 및 오지 탐사용 활용되며 기술 완성도가 향상된 이후, 분산형 네트워크 인프라가 구축되어 일상과 밀접한 에너지원으로 확산되고, 이후 초저탄소 필수 에너지 인프라로서 정착될 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 연구비 확대, 제도 개선, 인력 양성/인프라 구축, 협력 활성화 순으로 조사

〈표 25〉 소형 원자력 배터리 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	연구비 확대	• 미래형 원자력 기술의 확보 및 상용화를 위한 정부 주도의 연구비 선투자 필요 • 선진국들과의 기술 경쟁에서 기술을 선점하려면 기술개발 연구에 집중적으로 투자하고 유관산업과 인력이 관심을 가질 수 있도록 자원 확대 필요
2	제도 개선	• 현재 원자력 규제체계와는 다른 규제체계가 적용될 가능성이 높으므로 준비 필요 • 방사선 위해에 대해 반핵단체와 대중이 과도한 두려움을 갖지 않도록 사회인식 전환 및 제도적 장애요소를 개선하여 제거할 필요 • 방사선 물질의 취급 어려움이 늘 공존하므로 관련 규제를 명확히 하여 안정성을 확보해야 함
3	인력 양성	• 기술장벽이 높은 분야로 대학에서 원자력 배터리 관련 연구과제와 재정적 지원을 늘려 선택과 집중에 의한 전략적 인력양성 방안 필요 • 초소형 원자로 는 미래의 중요한 에너지로 평가되지만, 원자력 분야와 배터리 지식을 갖춘 인력은 부족
4	인프라 구축	• 기존 대형 발전용 원전에 사용 중인 기술이 아닌 4세대 또는 소형 원전에 필요한 새로운 기술 실증을 위한 인프라 필요 • 대형 발전용 원자로와 주거지가 밀접하게 사용될 가능성이 높으므로, 안전한 인프라 구축과 안전성을 확인할 수 있는 투명한 시험시설이 요구
5	협력 활성화	• 세계 최고 수준의 원자력 기술을 보유하고 있으나 초소형 원자로에 대한 경험이 상대적으로 부족하고, 인허가 문제에 한계점이 존재하기 때문에 국제 공동연구가 필수 • 원자로 는 지역 간의 협력이 필요한 산업으로 소통하고 협력을 위해 정부 단위의 연구단 구성 필요

- (미래사회 변화 전망) 미래 에너지원으로서 기후변화에 대응할 수 있는 최적의 솔루션이 될 수 있지만, 악용 시 대형사고로 이어질 가능성 높음

〈표 26〉 소형 원자력 배터리가 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 긴 시간 사용 가능한 배터리 특성을 반영하여 국방 및 생산 산업 전반에 걸친 에너지 공급 유연성 확보 • 탄소를 발생시키는 소모성 에너지원에 대한 수요가 줄어들어 탄소중립 기조에 적절하고 지구온난화 문제 해결에 기여 • 인공위성을 통해 안정성을 충분히 검증한다면, 초고용량이 요구되는 잠수함, 대륙 간 이동 비행기 추진 연료 등에 활용될 수 있음
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 방사성폐기물(사용 후 핵연료) 및 기술 안정성에 대한 이해관계가 상충되거나 탈핵론자들의 반대로 사회적 갈등 문제 심화 • 생활환경 주변에 존재하는 원자로에 대한 대중의 사회적 불안 현상 발생 가능성 • 원자력 안전과 국제 규제 극복이 어려우며, 핵확산에 대한 우려 및 국가 간 사용 관련 이해관계의 차이로 갈등이 발생할 수 있음

12. 재난재해예측

- (정의) 인명 및 재산피해 중심의 피해가 아닌 다학제적 관점의 사회·환경적 피해까지 포함된 대국민 예정보를 위한 재난예측기술
- (기술확산점) 개별 재난요소별 예측 정확도의 평균이 70% 이상 도달 시점
 - (정의) 개별 재난요소별 재난예측기술 인프라가 통합되어 실제 모델로 구현되기 위해서는 각 예측기술의 정확도가 일정수준 이상 도달하여야 함을 고려하여 기술확산점을 정의
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2029년, 국내는 2033년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 재난분야별 예측시스템의 최종 결과물을 연결하여 표준화된 예정보 및 위험정보를 전달할 수 있는 통합·연계 인프라가 구축된 이후, AI 기반 재난예측시스템으로 정확하고 효과적인 정보를 전달할 수 있는 체계가 마련될 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인프라 구축, 연구비 확대, 인력 양성, 협력 활성화, 제도 개선 순으로 조사

〈표 27〉 재난재해예측 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인프라 구축	• 소수 연구자와 연구기관에 한정되어 연구개발이 진행 중이므로 공동 연구진행이 가능한 대형 연구 관측시설 구축 필요 • 재난 예측 분야에서 데이터 수집 및 분석은 슈퍼컴퓨터 등 장비와 시스템 구축이 가장 중요하므로 정부 차원의 재정적 지원과 지속적인 투자로 인프라 구축 및 유지와 보수 역할이 요구 • 이론적인 분석으로 완벽한 재난대응이 불가능하므로 실제 현장을 재현한 시험시설 인프라 확충을 통해 상시 대응 연습이 이루어져야 함
2	연구비 확대	• 재난 재해예측은 정부의 연구개발 투자에 의존도가 큰 공익성 분야로 중장기적 관점에서 연구비를 확대하여 연구자 층을 확보해야 함 • 기후 변화에 대한 이해와 재난 예측기술을 연구할 수 있는 연구비 지원 필요
3	인력 양성	• 재난 시스템에서 입력되는 데이터를 정성적, 정량적으로 분석하기 위해서는 AI, 빅데이터 활용기술에 이해도가 높은 고급인재 필요 • 데이터 과학, 데이터 엔지니어 등 체계적인 인력을 양성할 수 있도록 대학교 학과를 신설하고 전문 연구기관 개설 고려
4	협력 활성화	• 다학제적 연구를 통해 개별적으로 추진되는 연구 결과 및 데이터를 공유하여 중복되는 연구를 피하고 결과의 피드백을 통해 유기적 협력관계 구성 • 기후변화로 발생하는 다양한 재난/재해 정보의 통합을 위해 정부와 지자체 단위로 관련정보를 통합 및 관리하고 재난 발생 시 신속하게 대응할 수 있는 전담기관 설립 필요
5	제도 개선	• 재난재해예측 관련 연구는 피해시나리오 개발 및 피해 영향을 분석하는 것이 중요한데, 대부분 피해규모 산출에 필요한 데이터가 국가보안에 해당하므로 연구개발에 활용되도록 제도 개선 필요 • 기술개발에 실패해도 성과와 별개로 지속적이고 장기적인 연구가 진행될 수 있도록 연구지속형 제도가 기반되어야 함

- (미래사회 변화 전망) 재난재해예측 기술이 안전한 사회를 구축하는데 기여할 수 있지만, 시스템이 안착해 국민의 신뢰를 확보하기까지 장시간 소요 예상

〈표 28〉 재난재해예측 기술이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 재난 사전 경보시스템으로 국민이 재난에 대비할 준비시간 확보가 가능하고 인명 및 재산 피해를 최소화하기 때문에 안전한 사회를 만들 수 있음 • 민간 재난예측 서비스 제공을 위한 관련 새로운 일자리 창출과 재난정보 송수신 매체 발달 예상
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 기존 재난 시스템의 혼란 야기 및 사생활 침해 등 관련된 신기술의 부작용 요소가 나타날 가능성 • 재난 위험지역에 대한 낙인 효과로 지역 간 갈등이 심화될 수 있으며, 잦은 오경보가 발생할 경우 사회적 혼란 발생 및 예측기술에 대한 국민의 불신 확대 가능

13. 탄소중립연료

- (정의) 포집 또는 배출된 CO₂를 원료로 촉매화학반응 공정을 이용하여 플랫폼 화합물이나 연료를 제조하는 기술
- (기술확산점) 탄소중립연료가 신재생연료로 인증되고, 신재생 연료 혼합의무 비율이 10% 이상이 되는 시점
 - (정의) 미국은 2002년부터 휘발유나 디젤에 대체연료를 혼합하여 사용하고 있으며 현재 휘발유의 경우 대체연료 비율 10%를 의무화하여 대체연료 생산시장 성숙도를 높이고 있음. 미국 시장의 확산 사례에 근거하여 기술확산점을 대체연료 비율이 10%로 설정되는 시점으로 정의
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2030년, 국내는 2034년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 기 확보된 포집기술을 이용한 CO₂를 원료로 탄소중립연료의 대량생산이 가능해지며, 별도의 포집, 분리 없이 배가스를 원료로 탄소중립연료를 생산해 기존 화석연료 기반 연료를 상당 부분 대체. 이후 대기 중 CO₂를 포집하여 탄소중립연료를 대량 생산하는 기술이 확립되면서 진정한 탄소중립 시대가 가능해질 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인프라 구축, 연구비 확대, 제도 개선, 협력 활성화, 인력 양성 순으로 조사

〈표 29〉 탄소중립연료 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인프라 구축	• 재생에너지와 연계한 탄소중립연료 생산, 저장 및 활용, 실증 기술구현을 위한 인프라 구축이 수반되어야 함 • 실증화를 위해서는 원료-이송-전처리-생산-품질관리-유지-폐기 등의 전 과정을 관리할 수 있는 인프라 구축이 선행되어야 함
2	연구비 확대	• 탄소중립연료가 가진 환경적 가치에도 불구하고 상대적으로 불리한 경제성을 보완하기 위해서는 보조금 지원 확대가 우선 • 현재 기술의 완성도가 낮고 실증 연구가 낮으므로 연구비 확대를 통한 기술 성숙도 향상
3	제도 개선	• 친환경 연료의 사용을 장려하고, 산업계에서 자유로이 적용해 볼 수 있는 제도의 개선이 필수적 • 인센티브 프로그램, 탄소중립 인증, 블록체인기술을 접목한 인증권 거래시스템, 의무사용제도 등 정책적 유도 전략이 시급히 필요 • 의무 혼합비율 제도 개선 필요

순위	정책	정책제언
4	협력 활성화	• 국내 기술만으로는 한계가 있으므로 국제 공동연구를 통한 협력을 활성화하고, 필요한 경우 외국 기술을 도입하는 방안도 검토 필요 • 산학연이 보유하고 있는 기술과 요구되는 기술에 대한 정보 공유가 필요하고, 특히 기업체(정유 및 석유화학 기업) 참여 독려 방안 마련 필요 • 에너지 생태계 및 CO₂ 포집 기술, 연료화 공정 및 반응 촉매 기술 등의 생태계를 구성하는 요소기술의 협력 활성화
5	인력 양성	• 탄소연료 대체 기술에 대한 학계, 기관 및 산업계에서 해당 인력이 연구 등 활동을 지속할 수 있도록 환경 조성 필요

- (미래사회 변화 전망) 탄소 배출량이 줄어 기후변화에 직접 대응가능하지만, 탈탄소 과정에서 많은 사회적 비용이 발생할 것으로 전망

〈표 30〉 탄소중립연료가 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 탄소의 발생량을 최소화하는 초고용량 신재생 에너지 발전 및 전기저장시스템 구현으로 친환경에너지 시대 도래 • 친환경에너지 시대 도래로 수소생산(블루수소), 이산화탄소 포집, 수소와 이산화탄소 합성을 통한 e-fuel 생산 등 선박, 항공, 상용차 등 산업 전반에 커다란 영향을 미칠 것 • 기존 탄소경제에서 수소경제로 전환되면서 발전, 차량 및 선박 배출가스가 획기적으로 감소하여 기후변화가 억제되고 이상기후가 줄어 보다 안전하고 깨끗한 환경에서 살아갈 수 있는 기본 권리를 확보
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 기존 탄소 친화 대규모 발전 및 화석연료 기반 산업 생태계의 해체에 따른 갈등 위험 존재 • 국내 생산 재생에너지 이용이 아닌 해외 생산 탄소중립연료의 국내 도입 시 경제성 악화 및 추가 비용 발생, 기존 화석 연료 대비 가격경쟁력 미확보 및 인센티브 부재 시 소비자로부터 외면 가능 • 기존 화석연료를 대체하게 되므로 화석연료 체계에서 탄소중립연료 체계로 전환하는 과정에서 사회적 비용 발생

■ 14. 탄소순환관측 기술

- (정의) 탄소 배출 및 흡수를 위성으로 관측하는 기술과 IoT 기반 항공관측, 무인항공 및 드론관측, 지상관측 등 복합 관측망 구축 기술
- (기술확산점) 지상, 항공·드론, 위성관측 등에 의한 탄소관측이 가능하여 통합·복합 관측망이 실현되는 시점

- (정의) 다차원 복합관측 정보의 상호보완성을 이용해 탄소 순환·배출 정보에 대한 광역/실시간/빅데이터 기반 고신뢰 탄소 다차원 모니터링 및 검증·분석이 가능한 기준으로 기술확산점 정의
- (도달 시기) 세계(미국)는 2029년, 국내는 2033년으로 예측
- (기술확산점 도달 이후) 다차원 탄소관측망을 통한 글로벌 단위 기술개발과 산업이 확산되며, 기후, 해양, 산림 등의 복합적 요인과 인과관계를 분석할 수 있게 되고, 탄소배출에 대한 분야별 절감기술과 관련 산업이 보편화될 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 인프라 구축, 연구비 확대, 인력 양성/협력 활성화, 제도 개선 순으로 조사

〈표 31〉 탄소순환관측 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	인프라 구축	• 대규모 관측시설, DB 구축 및 분석 장비 등 요소기술 구현을 위한 인프라 구축 및 검증 필요 • 온실가스 관측 목적을 위한 중형급(500kg) 전용위성 확보 필요
2	연구비 확대	• 위성을 활용한 온실가스 측정 응용연구 및 관련 위성개발 연구비 확대 • 관련 지권-수권-기권 통합연구가 가능하도록 융합연구 프로그램 다각적 강구
3	협력 활성화	• 관측 인프라로부터 수집되는 데이터의 검정, 교정, 상호비교 등을 통해 광역/실시간/빅데이터 기반 고신뢰 탄소 다차원 모니터링 협력 필요 • 국제적 협력 방안 마련 및 제도적 장치 마련 및 종합 탄소순환관측망 구축을 위한 다학제간 협력 필요
3	인력 양성	• 탄소순환관측망에서 확보될 데이터 해석을 위한 인력 집중 양성 필요
5	제도 개선	• 탄소관측의 성과와 보상을 위한 제도적 마련 필요

- (미래사회 변화 전망) 탄소순환 기저를 명확하게 이해함으로써 온실가스 저감을 위한 실효적 정책을 수립할 수 있지만, 관측 결과에 따라서 집단 간, 국가 간 갈등을 유발할 가능성 존재

〈표 32〉 탄소순환관측기술이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	- 탄소순환관측이 가능하면 단계별 예측이 가능하여 탄소저감, 활용, 예방 측면에서 파급효과가 큼 - 한반도 전역의 정확한 온실가스 모니터링을 통해 지상관측 비용을 절감할 수 있고, 온실가스 저감정책에 기여 - 탄소중립국을 향한 기초자료 확보가 가능
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	- 시스템이 완성되어도 정확도 검증이 필요하며, 오류발생 시 사회 전반에 대규모 비용을 발생시킬 수 있는 위험성 존재 - 다양한 관측방식의 난립과 표준화에 대한 갈등 소지가 높음 - 중소 및 중견기업, 저소득층 등으로부터 탄소격차(carbon divide : 탄소중립에 대한 준비정도에 따른 수혜와 피해의 양극화)가 예상되고 그로 인한 갈등(소득격차로 유발되는 탄소격차)이 발생 가능

15. 세포 리프로그래밍 기술

- (정의) 인체 내 세포의 안전하고 효과적인 리프로그래밍을 유도할 수 있는 신규화합물, 효소, 전사인자, ncRNA⁶⁾, 바이러스 등을 활용한 후성유전학적 세포유전자치료제 기술
- (기술확산점) 세포 리프로그래밍 기술이 노화 관련 질환 치료제로 공공보험 적용을 받는 시점
 - (정의) 세포 리프로그래밍 노화 관련 치료제가 공공 건강보험 적용을 받을 정도로 비용·효과성이 인정되면 의료기관 처방이 급속하게 확산되고 관련 신약개발이 급속히 확대될 것으로 전망됨
 - (도달 시기) 세계(미국)는 2030년, 국내는 2034년으로 예측
 - (기술확산점 도달 이후) 세포 리프로그래밍 기술이 노화 관련 표준 치료법으로 인정받고, 미국 FDA 등 주요 규제기관에서 노화를 질병으로 인정하게 된 이후 항노화 신약으로 허가, 장기적으로는 일반인을 대상으로 하는 항노화 신약 보험 상품이 출시될 것으로 전망
- (기술확산 실현을 위한 과제) 연구비 확대, 제도 개선, 협력 활성화, 인력 양성, 인프라 구축 순으로 조사

6) Non-coding RNA : 단백질을 암호화하지 않고 단백질을 생성하지 못하는 비번역 RNA

〈표 33〉 세포 리프로그래밍 기술확산을 위한 정책 우선순위

순위	정책	정책제언
1	연구비 확대	• 단위연구팀이 주도하는 분야가 아니므로 다제간 협업연구를 위한 시스템화에 연구비 확대가 필요 • 세포치료제 등 응용분야 연구비 증가와 별개로 기초 기전의 이해를 위한 연구지원 지속
2	제도 개선	• 실제 사용 및 임상 시험이 가능하도록 제도가 개선되어야 하며, 검증과 인허가 등의 절차를 제도화 필요 • 세포 내 유전자 조작 시 인허가에 대한 규제가 심하여 규제 완화를 통한 연구개발 촉진 필요 • 윤리적 측면의 유전체 및 질병정보의 활용 통제가 기술개발과 활용에 장애 요인이 될 수 있음
3	협력 활성화	• 국내의 독자 기술개발보다 글로벌 네트워크 강화를 통한 협력 필요 • 세포 리프로그래밍 뿐만 아니라 의료, 질환, 소재, 배양 등 여러 분야에서의 협력 필요 • 병원과 협력을 통해 개발된 치료제의 임상시험이 쉽게 이루어져야 함
4	인력 양성	• 생물학적 리프로그래밍이 가능한 융합 인력 양성 필요
5	인프라 구축	• 세포치료제 제조소(GMP) 수준의 세포치료제를 생산할 수 있는 설비를 갖추어야 할 뿐 아니라 이를 검증하고 허가할 수 있는 시스템 필요 • 대량의 유전체 정보 확보와 질병정보의 통합 운용 인프라 필요

- (미래사회 변화 전망) 인류의 수명이 연장되면서 사회구조의 변화가 예상되지만, 고가의 비용으로 인해 특정 계층만의 혜택으로 변모할 가능성 존재

〈표 34〉 세포 리프로그래밍 기술이 초래할 미래사회 변화 전망

미래 구분	미래 모습
기회 및 파급효과의 미래 모습	• 수명연장과 계획된 미래의 질병을 방어하고 인류 삶의 질 개선 • 유도만능줄기세포를 활용한 생체 친화적 치료제 개발이 가능하여 부작용이 없는 다양한 노화 관련 질환 치료제 개발 가능 • 세포 유전자 치료기술의 개발로 인해 공공복지의 패러다임이 혁신적으로 변화할 것으로 예상 • 노화의 통제와 질병의 통제로 인해 다양한 여가 활용 활동 및 관련 산업이 발달할 것으로 예상되며 새로운 일자리와 직업군이 창출될 것
위험 및 사회적 갈등의 미래 모습	• 장기적 추적을 통해 암 등이 발생하는지에 대한 안전성 검증 필요 • 치료제 특성상 고가의 치료비가 소요될 것으로 예상되며 공공보험, 민간보험 등 지불 체계와의 연계 중요 • 세포 치료제는 시술 비용이 고가일 확률이 높기 때문에 빈부 격차에 의한 특권계층의 치료제로서 변모할 가능성 존재

IV

결론 및 시사점

- 미래 사회의 변화에 지대한 영향을 줄 수 있는 미래혁신기술에 대한 분석은 미래의 불확실성을 줄이고 미래에 대한 적응능력을 키우는데 기여
 - 미래혁신기술에 대한 예측과 분석은 사회의 구성원들인 정부, 학계 및 연구계, 산업계 등에 생산적인 논의를 제공
 - 미래혁신기술의 파급효과와 정책적 우선순위를 제공하여 우리 사회가 기술의 잠재력을 미리 인지할 수 있는 대응역량 강화에 기여
- 정부는 미래혁신기술의 기술확산을 위한 공공 및 민간 생태계 조성을 위해 기술의 특징을 반영한 정책의 우선순위 반영 필요
 - 미래혁신기술의 도입에 필요한 시설과 장비 인프라를 구축하고, 원천기술을 비롯한 기술개발 적극 지원
 - 특히, 기존의 운영 시스템 혁신이 필수 조건인 미래혁신기술*의 도입을 위해서는 정부 주도의 기반 인프라 구축 중요성이 강조
 - * 완전 자율비행체, 완전 자율 주행차, 수소에너지, 복합재난 대응시스템, 재난재해예측 기술, 탄소중립연료, 탄소순환관측 기술
 - 공공복지의 증진을 위해 필요하나, 대규모 투자가 필요하거나 시장성이 낮은 기술에 대해서는 정부 주도의 선제적 연구비 확보
 - 개발 리스크가 높지만 사회 전반에 미치는 영향이 매우 큰 미래혁신기술*은 정부의 선투자를 통해 민간 참여를 적극 유도
 - * 맞춤형 백신, 자율작업로봇 기술, 소형 원자력 배터리, 세포 리프로그래밍 기술

- 창조적인 융합인재를 양성하고, 산학연, 대기업-중소기업, 사회구성원 간 협력이 활성화되도록 기반을 구축
 - 창의적 활동에 기반해 개발되는 미래혁신기술*은 경험과 도메인 지식을 충분히 갖춘 인력 양성에 집중한 정책 수립 필요
 - * 초개인화된 인공지능, 양자암호통신기술, 인공지능 반도체
 - 산업계 주도의 민간 생태계 조성이 필요한 기술은 개발과 확산을 위해 규제 합리화 등 사회제도를 정비
 - 기술 악용 시 우리 사회에 미치는 부정적 영향이 큰 미래혁신기술*은 위해성 평가를 거쳐 제도 개선을 선제적 추진
 - * 생체칩
 - 미래혁신기술 도입을 위해 국내 구성원 간 협력뿐만 아니라 해외 우수 기관과 국제협력 활성화 방안도 마련 필요
- 미래사회 변화 전망 결과 기회 및 파급효과의 미래 모습과 위험 및 사회적 갈등의 미래 모습이 공존하는 경우가 많으므로, 시나리오를 기반으로 대응 방안 모색 필요
- 미래혁신기술 도입 시 예상되는 환경·윤리적 측면은 긍정적 측면과 부정적 측면이 공존하므로 기술발전에 따라 소홀해지기 쉬운 가치들에 대해 적극적인 대응 필요
 - 기술의 인문학적 가치들을 놓치기 쉬우므로 인류 문제 해결과 삶의 질 향상의 관점을 상시 견지
 - 특히, 핵심적인 미래혁신기술은 위험 및 사회적 갈등의 미래 모습을 고려해 기술 도입 전에 법 및 규제의 한계점을 대비

참 고 문 헌

- 과학기술정보통신부 (2020), 대한민국 과학기술 미래전략 2045
- 박창현 외 (2020), 스마트 혁신 시대의 미래전망 및 과학기술 혁신정책 연구 (II) : 인공지능 기반 사회 중심
- 박창현 외(2021), 제6회 과학기술예측조사: 2차년도 연구
- 정의진 외(2020), 제6회 과학기술예측조사: 1차년도 연구
- ETRI 한국전자통신연구원 블로그, <http://blog.naver.com/etrip>
- Miles, I. (2003), Ten years of foresight in the UK
- NISTEP(일본과학기술정책연구소) (2020), 제 11회 과학기술예측조사
- Rogers, M. Everett (1964), Diffusion of Innovations, The Free Press
- Yokoo, Y. (2016), Foresight and its contribution to policy making in japan, The 7th meeting of global foresight organizations network, Beijing ,China

KISTEP 이슈페이퍼 발간목록

발간호	제목	저자
2022-17 (통권 제337호)	실험실창업, 어떻게 활성화 할 것인가? - 실험실창업 추진실태 분석과 정책제언 -	이길우, 김태현, 방형욱 (KISTEP)
2022-16 (통권 제336호)	신기후체제 시대 기후변화 적응 R&D의 주요 이슈 및 정부R&D 투자방향 제언	성민규, 박창대 (KISTEP)
2022-15 (통권 제335호)	전기차 사용후 배터리 산업 생태계 활성화 방안	이승필, 여준석, 조유진, 김태영 (KISTEP)
2022-14 (통권 제334호)	출연연의 전략성과 도전성 강화를 위한 기관평가 제도 개선 방안	김이경, 우기쁨, 정수현 (KISTEP)
2022-13 (통권 제333호)	대·중소기업의 상생·협력 R&D 활동을 어떻게 촉진할 수 있을까?	김주일, 이승필, 정두엽, 조유진, 진영현 (KISTEP)
2022-12 (통권 제332호)	신산업 분야 소재·부품·장비 미래선도품목 현황 진단 및 기술적 한계 극복전략	김진용, 김어진 (KISTEP)
2022-11 (통권 제331호)	화이트바이오 산업 활성화를 위한 유망 분야 도출 및 정부지원 방안	박지현, 홍미영 (KISTEP)
2022-10 (통권 제330호)	국가연구개발사업 학생인건비 지급의 주요 쟁점과 제언	박일주, 이지은 (KISTEP)
2022-09 (통권 제329호)	신산업 정책의 민관협력(PPP) 주요 이슈 분석	신동평, 허정, 권용완 (KISTEP)
2022-08 (통권 제328호)	감염병 위기대응 4대 영역별 핵심기술 및 정부R&D 지원방안	김주원, 홍미영 (KISTEP)
2022-07 (통권 제327호)	일반국민은 2022년 정부R&D예산에 대해 어떻게 생각하고 있을까?	이승규, 박지윤 (KISTEP)
2022-06 (통권 제326호)	「국가R&D 혁신방안」 추진과제 분석 및 향후 추진방향 제언	최창택 (KISTEP)
2022-05 (통권 제325호)	디지털 전환의 미래사회 위험이슈 및 대응 전략: 인공지능 역기능을 중심으로	구본진 (KISTEP)
2022-04 (통권 제324호)	대전환 시대의 과학기술혁신 정책 이슈	변순천, 구본진, 김성진, 김진하, 김현오, 박노언, 배용국, 오서연, 이원홍, 신동평, 정선민, 최창택 (KISTEP)
2022-03 (통권 제323호)	2030 국가온실가스감축목표에 기여할 10대 미래유망기술	이동기 (KISTEP)

발간호	제목	저자
2022-02 (통권 제322호)	국내외 환경변화에 따른 과학기술혁신 총괄기능 강화 방향	이정재 (KISTEP)
2022-01 (통권 제321호)	KISTEP Think 2022, 15대 과학기술혁신정책 아젠다	손병호·손석호 (KISTEP)
2021-20 (통권 제320호)	국가 R&D 기술사업화 핵심 영향요인 분석 및 시사점	황인영 (KISTEP)
2021-19 (통권 제319호)	탄소중립 달성을 위한 정부 연구개발 정책 및 투자방향	한웅용, 전은진, 손영주 (KISTEP)
2021-18 (통권 제318호)	유럽연합의 임무주도형 혁신정책의 특징과 시사점	강진원(KISTEP)
2021-17 (통권 제317호)	대학 기술지주회사제도 개선방안	정동덕 (KISTEP)
2021-16 (통권 제316호)	규제자유특구 운영 현황 분석 및 제도 개선 제언	이재훈, 박일주 (KISTEP)
2021-15 (통권 제315호)	성장동력 현황 분석 및 정책 제언 -D.N.A와 BIG3-	김진용 외 (KISTEP)
2021-14 (통권 제314호)	R&D인프라의 실증 데이터 활용을 위한 주요 이슈와 정책제언	유형정, 김선재, 권정은, 이승필 (KISTEP)
2021-13 (통권 제313호)	신입과학기술인의 역량 인식 차이 분석	김지홍, 주혜정 (KISTEP)
2021-12 (통권 제312호)	공공 R&D 투자의 사회·경제적 파급효과 분석	엄익천(KISTEP), 황원식(전북대학교)



필자 소개

▶ 이재민

- 한국과학기술기획평가원 기술예측센터 연구위원
- 043-750-2445, bakbear@kistep.re.kr

▶ 박창현

- 한국과학기술기획평가원 기술예측센터 연구위원(센터장)
- 043-750-2451, ch27park@kistep.re.kr

▶ 전해인

- 한국과학기술기획평가원 기술예측센터 위촉연구원
 - 043-750-2618, jhaein@kistep.re.kr
- 

KISTEP ISSUE PAPER 2022-18 (통권 제338호)

|| 발행일 || 2022년 12월 14일

|| 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)
