통권 제336호

新기후체제 시대 기후변화 적응 R&D의 주요 이슈 및 정부 R&D 투자방향 제언

KISTEP 사업조정전략센터 성민규
KISTEP R&D예산정책센터 박창대

KISTEP

新기후체제 시대
기후변화 적응 R&D의 주요 이슈 및 정부R&D 투자방향 제언

(Suggestions for Government R&D Investment in Climate Change Adaptation Based on Core Issue Analysis)

성민규·박창대

Min-Gyu Sung·Chang-Dae Park

Ⅰ. 연구배경 및 목적
Ⅱ. 국가별 기후변화 적응 정책 동향 분석
Ⅲ. 기후변화 적응 연구 트렌드 및 국내 R&D투자 현황 분석
Ⅳ. 기후변화 적응 R&D의 핵심주제 도출 및 특징 분석
Ⅴ. 기후변화 적응 R&D의 주요 이슈 및 향후 정부R&D 투자방향 제언
[참고문헌]

Ⅰ. Research background and purpose
Ⅱ. Analysis of climate change adaptation policy trends by country
Ⅲ. Climate change adaptation Research trend and domestic R&D investment analysis
Ⅳ. Derivation of key themes of climate change adaptation R&D and analysis of characteristics
Ⅴ. Major issues of climate change adaptation R&D and suggestions for future government R&D investment direction
[References]

KISTEP 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

요 약

연구 배경 및 목적

- 파리협정으로 출범한 신기후체제에서는 기후변화에 대응하는 방법으로 온실가스 감축뿐만 아니라 '기후변화 적응'의 중요성을 강조
- 각 분야에서의 기후변화 영향에 대한 과학적 규명은 국제사회의 대응이나 각국의 정책 결정에 중요하게 작용하며, 이에 기후변화 적응을 위한 핵심 수단으로 과학기술의 역할이 강조됨
- 기후변화 적응 부문의 국내 정부 정책이 R&D투자로 이어지지 못하고 있는 상황에서 그간의 R&D 추진현황과 이슈 분석을 통해 향후 정부R&D의 투자방향을 제언

연구 결과

- 영국 등 주요국은 적응역량 향상, 회복력 강화, 취약성 저감을 목표로 기후변화 적응정책과 R&D프로그램을 추진하고 있으며, 우리나라는 '21년부터 기후변화 적응정책과 연계한 R&D프로그램을 본격적으로 추진
- 최근 15년간 글로벌 차원의 기후변화 적응 연구 트렌드를 분석한 결과, 주요국 대비 우리나라는 기후변화 적응 관련 국제학술논문 발표 건수와 피인용수 등 양적·질적 성과가 저조
- 최근 15년간 우리나라 국가R&D의 중점투자분야는 기후예측 및 영향평가를 포함하여 글로벌 연구 트렌드와 일치하며, 이들 분야에서는 기초연구 비중이 절반 이상을 차지
  - 국내 기후변화 적응 R&D는 과기정통부 중심의 기초연구에 집중되어 있으며, 민간기업의 참여가 저조한 특성을 보임
- 기후변화 적응 R&D 키워드 기반의 토픽모델링 분석을 통해 글로벌 연구 트렌드와 국내 국가연구개발과제의 핵심주제를 비교·분석
  - 글로벌 국제학술논문 키워드는 주요 적응목표에 해당하는 취약성, 영향, 회복력 등을 중심으로 단일 네트워크 형태를 이루고 있으며, 연구 핵심주제로 농업·물관리·해양·생태 분야와 연결된 토픽이 고르게 도출됨

- 우리나라 국가연구개발과제는 원격탐사, GIS 등 개별기술과 산림 분야를 주요 매개로 하는 키워드 네트워크가 형성되는 등 글로벌 연구 트렌드와 상반된 투자 지형도를 보임
- 우리나라 국가R&D 핵심주제는 기후감시·예측 및 생태 분야에 집중적으로 분포하고 있으며, 국제학술논문 핵심주제에 포함된 농업·물관리 분야는 폭염, 홍수 등 개별 키워드로 분포하고 별도의 토픽으로는 드러나지 않음

결론

- 우리나라는 정부 주도로 기후변화 적응 R&D에 투자를 지속했음에도 최근 신기후체제에서 요구되는 R&D투자의 다변화를 통한 문제해결 노력이 부족
- 기후변화로 인한 영향은 국가별 지리적·환경적 요인에 따라 개별 분야에서 다른 양상으로 나타나므로, 국내의 기후변화 적응 추진현황을 감안하여 기후변화 적응 R&D의 세부분야별 주요 이슈를 도출
  - **(기후 감시·예측)** 기후변화의 영향을 과학적으로 규명하는 핵심 기반 분야로, 모든 국가에서 가장 중요한 연구주제로 다루어지고 있음
  - **(생태계/생물다양성)** 우리나라의 주요 투자 분야로 핵심주제가 다수 도출되었으며, 주로 산림·해양과 관련된 연구과제 위주로 지원됨
  - **(물환경)** 국가연구개발과제는 홍수 관련한 연구가 주를 이루고 있으며, 이외에 관리체계 고도화와 같은 수자원 관리 영역의 개발단계 연구가 지원됨
  - **(농림·식품)** 국가연구개발과제에서 폭염을 제외하고는 농업 취약성에 연계된 키워드가 도출되지 않음
  - **(산림)** 산림생태 분야가 중점투자분야이며, 산림재해 대응 키워드가 연결중심성 기준 4위에 위치하는 등 주요 리스크와 R&D투자 간의 연계가 잘 이루어졌음
  - **(해양·수산)** 해양 감시·모니터링 관련 R&D가 활발하게 추진되고 있으나, 해수면 상승과 해양생태계, 수산자원 등의 키워드가 핵심주제로 드러나지 않음
- 기후변화 적응 R&D의 세부분야별 국내 추진현황과 이슈를 고려하여 향후 정부R&D 투자방향 제언
  - **(기후 감시·예측)** 정부R&D의 중점투자분야로 위성, 원인물질 분석, 정보시스템 등 기술에 지속 투자

- **(생태계/생물다양성)** 산림·해양생태계뿐만 아니라 핵심주제에 드러나지 않는 작물·도시·수생태계 피해도 심각해지고 있어, 관련 영향 규명 및 피해저감 R&D투자 확대
- **(물환경)** 물순환·물안보에 대한 수요 증가를 반영하여 물관리체계 고도화 연구를 지속 지원하고 물순환 이해에 대한 R&D투자 강화
- **(농림·식품)** 극한기상으로 인한 작물·가축 피해저감과 식량생산성 향상 등 농업취약성 개선을 중심으로 한 R&D투자 포트폴리오 다양화
- **(산림)** 국내 산림 분야 기후변화 주요 리스크와 R&D투자 연계성을 유지하며 산림생태와 산림재해 대응을 중심으로 한 투자방향 유지
- **(해양·수산)** 해양 감시·모니터링뿐 아니라 주요 리스크와 연계한 침식저감, 연안생태, 양식 품종 개발 관련 R&D투자 강화

※ 본 이슈페이퍼는 2021년 한국과학기술기획평가원의 연구과제인 “기후변화 적응 공공R&D 유망분야 도출 연구” 결과를 토대로 보완 작성한 것으로 필자의 개인적인 견해이며, KISTEP의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

Abstract

Introduction

- It is emphasized in Paris Agreement that ‘adaptation to climate change’ is important as well as greenhouse gas mitigation as a way to respond to climate change.
- Science and technology is emphasized for adaptation to climate change, as it plays a key role in the policy decisions of international community and individual countries especially to identify the impact of climate change.
- In a situation where the government policy is not leading to R&D investment in South Korea, we suggest the future direction of government R&D investment through analysis of current R&D progress and issues of climate change adaptation.

Analysis Results

- Major countries such as the UK are promoting climate change adaptation policies and R&D programs with the goal of improving adaptive capacity, strengthening resilience, and reducing vulnerability, and S. Korea started to establish R&D program in 2021.
- As a result of analyzing the global climate change adaptation research trend over the past 15 years, S. Korea's quantitative and qualitative performance are low in terms of the number and citations of academic publications.
- For the past 15 years, major fields in national R&D investment of S. Korea are consistent with global research trends, including climate prediction and impact assessment, where basic research accounts for more than half of these fields.
  - R&D for adaptation to climate change in S. Korea is focused on basic research centered on the Ministry of Science and ICT, and the participation of private firms is low.

- An analysis was implemented on core topics of global researches and national R&D projects through topic modeling based on keywords comprising climate change adaptation R&D.
  - The keywords of global academic papers form a single network centered on vulnerability, impact, and resilience, which are the main adaptation goals, and topics related to agriculture, water management, marine, and ecology are evenly drawn as core research topics.
  - National R&D investments in S. Korea show a tendency that is contrary to global research trends, especially for the keyword network centered on individual technologies and the forest sector.
  - Core topics in national R&D projects are intensively distributed in the fields of climate monitoring, prediction, and ecology, but the agricultural and water management fields are emerged only as individual keywords like heat waves and floods.

Conclusions

- Although S. Korea has consistently invested in R&D to adapt to climate change led by the government, efforts to solve problems through diversification of R&D investment are insufficient.
- Since the effects of climate change appear differently in individual fields depending on geographic and environmental factors for each country, major issues for climate change adaptation R&D are derived in consideration of the current status of S. Korea.
  - (Climate Monitoring and Forecasting) As a key for identifying the effects of climate change with science, it is being treated as the most important research topic in all countries.
  - (Ecosystem/Biodiversity) A number of core issues were derived with significant amount of investments, but the investments were mainly focused on projects related to forests and oceans.

- (Water Environment) National R&D projects mainly focus on flood-related research, and the development researches of water resource management are supported.
- (Agriculture/Food) Keywords related to agricultural vulnerability were not derived from national R&D projects except for heat waves.
- (Forestry) The link between major risks and R&D investment was well established, with the fact that forest ecology is the key investment sector and the keyword for responding to forest disasters is ranked 4th based in terms of the degree centrality.
- (Marine and Fisheries) Although R&D related to ocean monitoring is being actively promoted, keywords such as sea level rise, marine ecosystems, and fishery resources are not revealed as core topics.

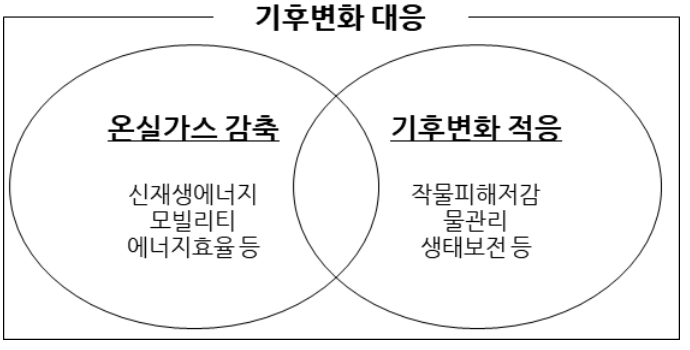
- We propose the future direction on government R&D investment considering the current status and issues in each field of climate change adaptation R&D.
  - (Climate Monitoring and Forecasting) Continuous investment is required in technologies such as satellite, causative material analysis, and information system, as the field is a key investment area for government R&D.
  - (Ecosystem/Biodiversity) Investments on crop, urban, and aquatic ecosystems are required although they are not covered by the core topics, since they are becoming more serious.
  - (Water Environment) Consistent support is required on upgrading the water management system by reflecting the growing demand for water cycle and security, in addition to strengthened investment for understanding the water cycle.
  - (Agriculture/Food) Diversification of R&D investment portfolio is needed with improvement of agricultural vulnerabilities, such as reduction of damage to crops and livestock and food productivity enhancement.
  - (Forestry) It is recommended to maintain the linkage between major risks and R&D investment, centered on tasks related to forest ecology and disasters.
  - (Marine and fisheries) In addition to marine monitoring and monitoring, it is required to strengthen R&D investment related to erosion reduction, coastal ecology, and aquaculture varieties which are major risks.

Ⅰ 연구배경 및 목적

■ 파리협정은 기후변화로 인한 지구 평균기온 상승 억제를 위해 온실가스 감축과 기후변화 적응을 양대 축으로 설정하고, 각국이 감축과 적응에 동등한 노력을 기울일 것을 주문(UNFCCC, 2016)

- 감축은 온실가스 저감을 목표로 하는 신재생에너지 개발, 친환경 모빌리티, 에너지효율 향상과 이산화탄소 포집·저장·활용(CCUS) 등의 원인물질 직접 저감을 포함
- 반면 적응은 기후변화로 나타나는 작물 피해, 물 부족, 생태계 파괴 등에 대응하여, 그 영향을 예측·규명하고 각 분야의 피해를 최소화하고 긍정적인 영향을 기회로 활용하는 개념임

  ※ IPCC(2014)는 '적응'이라는 개념을 현재에 나타나고 미래에 나타날 것으로 예상하는 기후변화와 그 영향에 대해 조정해 가는 과정으로 정의



[그림 1] 기후변화 대응 주요분야 구성

■ 최근 수립된 기후변화 대응 관련 정부정책에는 감축 관련 내용이 다수 포함되어 있으며, 이와 함께 적응 관련 내용도 존재

- 「저탄소 녹색성장 기본법[1]」에 따라 「기후변화대응 기본계획」의 하위 정책으로 「국가 기후변화 적응대책」을 5년 주기로 수립하여 추진하고 있음

1) 2022년 3월 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 시행으로 폐지 및 관련 조항 이관

- 국내 경제·사회구조 전반의 저탄소·친환경화를 목표로 수립된 그린 뉴딜(「한국판 뉴딜 종합계획('20)」)과 「2050 탄소중립 추진전략('20)」 내에 추진과제의 일부로 적응 관련 내용*이 포함되어 있음

  * 도시·국토 저탄소화(2050 탄소중립 추진전략), 생태계 회복/물 관리체계 구축(한국판 뉴딜 종합계획)

■ 각 분야에서의 기후변화 영향에 대한 과학적 규명은 국제사회의 대응이나 각국의 정책 결정에 중요하게 작용하며, 이에 기후변화 적응을 위한 핵심 수단으로 과학기술의 역할이 강조됨(IPCC, 2014)

- 우리나라 정부는 과학기술 기반의 기후 감시·예측 및 분야별 영향 모니터링 체계를 구축하는데 노력해 왔음

- 최근 「제3차 국가 기후변화 적응대책('21~'25)」에서는 새롭게 대두되는 리스크에 대한 과학적 대응체계가 미흡함을 지적하고, 과학기술 기반의 국가 기후변화 리스크 관리를 중점 추진방향으로 설정

■ 기후변화 적응 부문의 국내 정부 정책이 R&D투자로 이어지지 못하고 있는 상황에서 그간의 R&D 추진현황과 이슈 분석을 통해 향후 정부R&D의 투자방향 제시가 필요한 시점

- 기후변화 적응 부문의 주요 아젠다*는 인프라 및 사회문제에 해당하여 정부 주도의 체계적인 지원이 요구되나, 적응 부문의 투자비중(28.8%)은 감축 부문(66.9%)에 비해 크게 낮은 실정(녹색기술센터·과기정통부, 2020)

  * 물관리, 농수산, 건강, 국토·연안, 산림·생태계, 기후감시·예측, 영향 및 취약성 평가 등

- 홍수·가뭄·산림재해 대응, 식량안보 확보, 생태보전 등 적응 분야의 주요 이슈는 에너지·모빌리티와 연관된 감축 분야에 비해 민간의 자발적인 투자를 유인할 만큼 형성된 시장 규모가 크지 않음

■ 본고에서는 기후변화 적응 부문의 사회문제 해결과 선제적인 대응 차원에서 국내 정책-투자를 연계한 정부R&D의 향후 투자방향을 제언

- 국제사회 대비 국내 정책목표의 부합성, 국내 정책-투자-성과 연계성, 기후변화 적응 연구의 키워드 연결구조와 핵심주제(Topic) 분석 등을 종합하여 국내 기후변화 적응 R&D 세부분야별 이슈를 파악하고 향후 개선방향 제시

- 국제사회에서 요구하는 기후변화 적응 부문의 정책목표가 국내 적응정책에 적절하게 반영되었는지 점검
- 기후변화 적응 관련 국내 정책-투자-성과 연계성 점검을 위해 글로벌 대비 국내 논문 성과의 양적·질적 수준 비교와 국내 R&D투자 현황 분석을 수행
- 글로벌 연구 트렌드와 비교하여 국내 R&D투자의 특징과 이슈를 파악하기 위해 국제학술논문과 국내 국가연구개발과제 대상으로 주요 키워드 연결구조(네트워크 분석)와 핵심주제(토픽 모델링) 분석을 수행

Ⅱ 국가별 기후변화 적응 정책 동향 분석

■ 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 따라 매년 기후변화 당사국총회(COP, Conference of Parties)에서는 기후변화 대응 정책 방향에 대한 합의가 이루어짐

- COP16('10)을 계기로 중장기 적응계획을 수립하고 회복력 강화와 취약성 저감을 목표로 설정함으로써 각국이 적응 행동을 구체화하도록 유도함
- COP21('15) 결과 합의된 파리협정에서는 전지구적 적응목표와 적응 원칙을 공표하면서 국가별 적응보고 제출을 의무화하였으며, COP24('18)에서는 적응보고 세부 제출사항을 합의함
- 이러한 합의사항들은 기후변화 적응을 위한 목표, 원칙, 제출사항 등을 담고 있어 국가별 적응정책 수립의 틀로서 기능

〈표 1〉 UNFCCC 당사국총회 내 적응 거버넌스 관련 주요 합의사항

구분	합의사항
COP16 (2010년)	• 중장기 적응계획(NAP, National Adaptation Plan) 수립 – 적응역량과 회복력(resilience) 향상을 통한 기후 취약성(vulnerability) 저감 목표 – 장기적 관점에서의 실효성 강화 목적
COP21 (2015년)	• 전지구적 적응목표: 적응역량 향상, 회복력 강화, 취약성 저감 • 적응 원칙 공표: 과학의 활용, 적응의 주류화 등 • 국가별 적응보고(Adaptation Communication) 제출 의무 부과
COP24 (2018년)	• 적응보고 세부 제출사항 합의 – 국가의 상황과 법적 체계, 기후변화의 영향·리스크·취약성, 국가 적응 우선순위 등 – 보고의 구성 요소로 제출 형식, 주기, 목적 및 원칙 등 합의

■ 유럽, 미국, 중국 등 주요국의 기후변화 적응 정책은 당사국총회 합의사항과 목표 및 추진방법이 일치하며, 분야별 대응을 위해 R&D프로그램을 마련하여 활용

- 당사국총회를 통해 합의한 전지구적 적응목표인 기후변화 영향평가와 리스크 저감이 각국 정책에 공통적인 키워드로 반영되었음

  - 적응목표 달성을 위한 법률·정책 등의 추진 근거를 갖추고 이를 실현하기 위한 수단으로 영향평가를 위한 조직 체계나 정보 플랫폼 등을 마련하여 체계적으로 대응하고 있음

〈표 2〉 주요국의 기후변화 적응 관련 주요 정책 현황

구분	국가명	주요 내용
법률	영국	• 기후변화법(Climate Change Act) – 기후 리스크 및 영향평가를 포함한 국가보고서 작성 및 보고 의무 명시 – 기후변화 적응계획의 수립 – 기후변화위원회의 자문 및 적응 경과보고 의무 등
	일본	• 기후변동적응법: 적응 정보의 제공, 계획 수립, 주체별 역할 명시
정책	EU	• 집행위원회 산하 기후행동총국(DG Clima)에서 기후 정책 총괄 • 新기후변화적응전략('21) – 최첨단 지식의 추구 – 기후 리스크 저감, 지역과 개인의 기후회복력 달성 – 파트너국의 국가적응계획 수립 지원 강화, EU의 적응계획 제출
	영국	• 국가적응계획(NAP): 기후변화의 지역별 특색을 고려하여 지자체·기업의 적응계획을 바탕으로 국가계획을 수립 • 기후변화 적응정책 프레임워크(APF): 기후변화의 리스크 및 대응 기본계획
	독일	• 독일 기후변화 적응전략(DAS): 국가 기후변화 적응 정책 • 적응실행계획(APA): DAS 실현을 위한 단계별 과제
	미국	• 기후행동계획(CAP): 기후변화 적응 대비 강화 및 취약성 분석, 과학기술을 활용한 영향평가 등 • 국내외 기후위기 대응에 관한 행정명령(Executive Order on Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad, '21) – 기후변화 적응 및 탄력성 증진을 위한 행동계획 제출 의무화
	중국	• 국가 기후변화 적응전략: 적응능력 제고, 중점 분야별 추진과제 선정, 지역 구조별 대응방안 등을 제시
제도	EU	• 유럽환경청에서 회원국 정책목표 이행 점검 • Climate-ADAPT: 유럽 각국의 적응정책 수립에 활용하는 적응 정보 플랫폼
	영국	• 기후변화 리스크 평가(CCRA): 기후변화 영향에 대한 분석을 토대로 적응 정책 수립의 가교 역할 • 적응보고제도(ARP): 주요 사회기반시설 관리주체 및 관련 공공기관의 적응 노력 보고 의무화
	독일	• 기후영향·적응대책센터(KomPass): 적응 정보 수집 및 모니터링·평가 수행
	미국	• 기후변화 적응전담반: 국가 기후영향 보고서(NCA) 발간
	일본	• 기후변화영향 및 적응연구위원회(CCCIAR): 적응 전반에 걸친 영향평가 수행 • 기후변화적응 접근 위원회(CACCA): 적응정책의 자문 역할 • 기후변화적응센터(CCCA): 적응 정보제공 플랫폼(AP-PLAT) 운영

- 주요국은 국가 적응 우선순위를 고려하여 개별 분야 특성에 맞는 적응정책 및 프로그램을 마련하여 시행하고 있으며, 특히 분야별 정책 대응 수단으로 R&D를 적극적으로 활용함

  - 주요국은 분야별 정책 우선순위 반영이나 국가전략 연계 등 UNFCCC의 적응 원칙인 '주류화*'를 실현해가고 있으며, 그 일환으로 분야별 적응을 위한 R&D프로그램이 활발하게 추진되고 있음

    * 사회 전반의 정책 및 사업 등 의사결정 과정에서 기후 영향을 고려하여 계획하도록 인식을 전환하는 노력(Klein *et al.*, 2005)

〈표 3〉 주요국의 기후변화 적응 정책 내 분야별 추진내용

국가명	주요 내용
영국	• 국가적응계획(NAP)에 7개 분야에 대한 적응계획을 상세하게 포괄하며, 분야별로 기술·지식 습득, 영향에 대한 이해 증진 등을 포함한 목표 설정 • 기후변화 리스크 평가(CCRA)를 기반으로 환경식품농무부 등 부처의 정책 우선순위에 적응을 반영
독일	• 독일 기후변화 적응전략(DAS)에 건강, 농업 등 15개 분야의 기후변화 영향을 모니터링 및 평가하여 분야별 기후 목표 달성을 위한 대응책을 반영 • DAS의 단계적 접근법의 일환으로 분야별 적응 연구를 명시 • 적응실행계획(APA)에 타 분야 국가전략과의 연계를 목표로 명시
미국	• 지구변화연구프로그램(USGCRP): 13개 연방 기관의 연구를 조율하는 범기관 프로그램으로, 기후변화에 대한 이해를 돕고 글로벌 변화를 관찰·이해·예측·전망함 • 기후영향 관리를 위한 합리적 과학 활용 이니셔티브: 기후행동계획의 이니셔티브 중 하나로, 13개 부처간 USGCRP에 대한 자금 지원, 국가기후평가, 기후데이터 활용 등의 내용을 담고 있음
일본	• 환경성 주도로 7개 부문의 기후변화 영향평가를 시행하여 적응 방안을 제안 • 기후변화 적응 연구추진프로그램(RECCA): 종합과학기술회의 결과에 따라 물, 도시, 농어촌 등 3대 분야에서 적응을 위한 연구개발을 지원
중국	• 중국 기후변화 대응 과학기술 특별 행동: 기후 대응을 위해 과학기술 능력 제고를 지원 • 최근 발표된 국가 기후변화 적응 전략 2035('22)에서는 인프라·농업·수자원·해안지대·삼림·국민건강·관광업 및 기타산업 등 7대 분야의 적응 추진 전략을 제시하고, 과학기술 지원체계를 강조

■ 우리나라는 2021년 9월 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(이하 탄소중립 기본법)」을 제정하고, 5년 단위 중장기 적응계획을 수립하는 등 글로벌 수준의 적응정책 및 추진체계를 갖춤

● ’21년 9월 제정된 탄소중립기본법의 제6장(기후위기 적응 시책)에서 기후변화 적응이 필요한 분야* 및 정책 추진사항**을 명시

* 기후 감시·예측, 생태계, 생물다양성, 대기, 물환경, 보건, 농림·식품, 산림, 해양·수산, 산업, 방재 등에 미치는 영향과 취약성, 위험 및 사회적·경제적 파급효과(제37조)

** 부문별·지역별 기후위기 적응대책 수립(제38조)

● 「국가 기후변화 적응대책」은 UNFCCC에서 권고하는 국가별 중장기 적응계획의 취지에 부합하는 정책으로, ’21년 발표된 3차 대책에서는 국제 추세와 맞게 리스크 적응력, 감시·예측·평가, 주류화를 3대 정책목표로 설정

■ 우리나라는 각 분야에서 기후변화 적응을 주요 정책목표에 포함하려는 주류화가 ’21년에 본격적으로 시작되었으며, R&D를 통한 분야별 적응계획이 ’22년부터 추진 예정

● 우리나라는 최근에서야 주류화 토대가 마련*되면서 「제3차 국가 기후변화 적응대책(’21~’25)」에 정책방향으로 제시하였지만, 각 분야 정책 우선순위에는 적응이 드러나지 않음

* 지난 5년간(’16~’20) 부문별 영향과 지역·민간의 리스크 및 취약성 평가도구를 개발(「제3차 국가 기후변화 적응대책(’21~’25)」)

● 「제3차 국가 기후변화적응대책(’21~’25)」에는 8대 과제*를 통해 우리나라의 적응 핵심분야를 제시하였으나, 3차 대책의 재정투자 계획 중 기술개발 예산(’21)의 비율이 0.1% 미만에 그치는 등 R&D를 통한 문제해결 노력이 부족

* 홍수, 가뭄, 생물대발생, 산림재해, 식량안보, 국민건강, 취약계층 보호, 적응대책 참여

● ’21년 4월 제정된 「기후변화 대응 기술개발 촉진법」에 따라 ’22년 현재 국가 차원의 기후변화 대응 기술개발 기본계획을 수립 중임

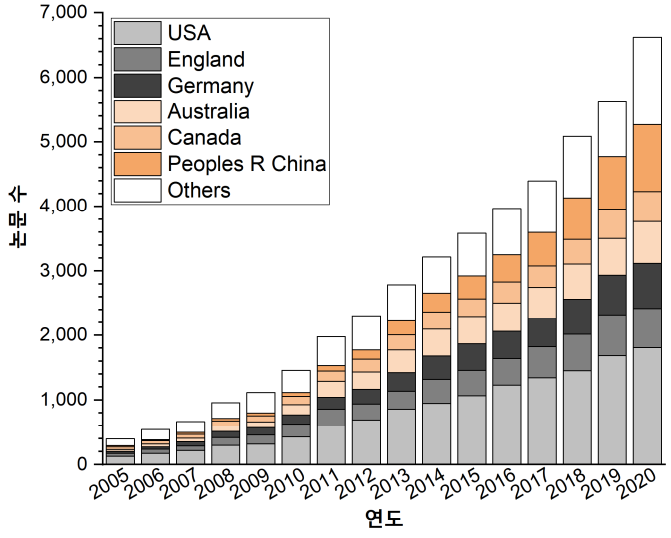
● 신기후체제대응환경기술개발사업(’22~’27)을 통해 적응을 목표로 하는 별도의 R&D사업이 추진 예정으로, 분야별 적응 기술개발 내용이 포함되어 있음

Ⅲ 기후변화 적응 연구 트렌드 및 국내 R&D투자 현황 분석

■ 기후변화 적응 부문의 국제학술지 논문 성과에 대한 양적·질적 분석을 통해 글로벌 트렌드 및 국가별 연구논문 성과 비교·분석을 수행

● 기후변화 적응 관련 국제학술논문 발표는 꾸준히 증가 추세를 보임

- 논문 성과의 양적·질적 측면에서 미국·영국·독일·호주가 상위를 기록했으며, 한국은 상위 15위에 포함된 적이 없을 정도로 연구성과가 저조



순위	국가명	피인용 수(건)
1	미국	463,731
2	영국	209,391
3	호주	181,026
4	독일	153,421
5	캐나다	117,294
6	프랑스	109,743
7	네덜란드	98,470
8	중국	92,809
9	스페인	82,693
10	이탈리아	67,210
11	스위스	64,190
12	스웨덴	56,954
13	오스트리아	46,544
14	덴마크	38,641
15	노르웨이	38,144

[그림 3] 국가별 기후변화 적응 관련 논문 성과 분석(2005~2020)

- 피인용 수 기준 TOP5에 미국 소속기관과 학자들이 다수 포함되어 있으며, 국내 소속은 없어 기후변화 적응 분야에서 우리나라의 영향력이 미미함

〈표 4〉 기후변화 적응 관련 논문 피인용 상위 5개 기관 및 논문 정보

(단위: 건)

순위	기관		논문	
	기관명 (국가)	피인용 수	1저자명 (국가)	피인용 수
1	Chinese Acad Sci (중국)	33,857	Moss, R.H. (오스트리아)	3,649
2	Univ Washington (미국)	27,030	Tilman, D. (미국)	2,853
3	Univ British Columbia (캐나다)	26,823	Deutsch, C. A. (미국)	1,893
4	Stanford Univ (미국)	25,636	Finch-Savage, W. E. (영국)	1,600
5	Univ Queensland (호주)	25,455	Blaauw, M. (멕시코)	1,572

- 논문 수 기준으로 TOP3 국가와 글로벌 전체 대상으로 분석한 결과, 최근 5년간(2016~2020) 환경과학·생태학·기상대기 분야의 연구가 주로 이루어졌으며, 이들 하위에는 기후 모니터링·예측·영향평가 등이 존재

  - 우리나라는 상위 3대 중점분야별 논문 발표 건수가 매우 저조하여 중점분야를 분석하는 데 한계

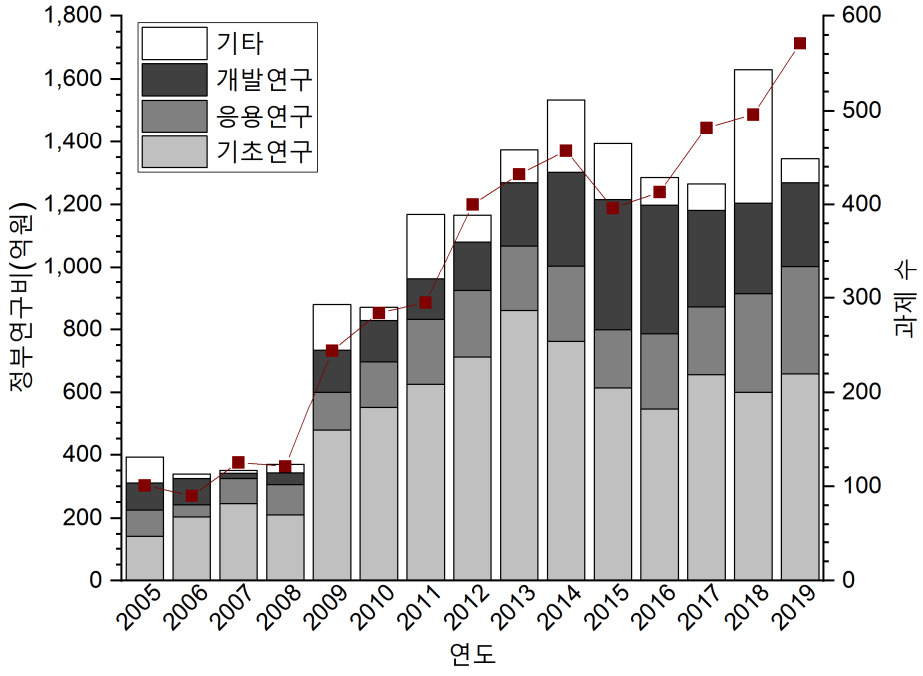
〈표 5〉 기후변화 적응 연구 내 중점분야 추이(논문 수 기준)

(단위: 건)

연도	순위	글로벌		미국		영국		독일		한국	
		중점 분야	논문 수	중점 분야	논문 수	중점 분야	논문 수	중점 분야	논문 수	중점 분야	논문 수
2016	1	환경과학	1,068	환경과학	344	환경과학	124	환경과학	106	환경과학	13
	2	생태학	736	생태학	289	생태학	83	생태학	87	기상대기	7
	3	기상대기	427	기상대기	143	기상대기	63	지질학	53	수자원	7
2017	1	환경과학	1,245	환경과학	402	환경과학	178	환경과학	132	환경과학	20
	2	생태학	814	생태학	354	생태학	85	생태학	97	환경일반	16
	3	기상대기	474	기상대기	152	환경일반	60	기상대기	51	녹색기술	12
2018	1	환경과학	1,610	환경과학	443	환경과학	216	환경과학	191	환경과학	32
	2	생태학	805	생태학	317	환경일반	93	생태학	103	환경일반	13
	3	기상대기	615	기상대기	213	기상대기	93	기상대기	67	녹색기술	13
2019	1	환경과학	1,902	환경과학	548	환경과학	258	환경과학	210	환경과학	27
	2	생태학	872	생태학	383	생태학	99	생태학	104	식물학	12
	3	기상대기	648	기상대기	208	기상대기	91	기상대기	95	에너지	11
2020	1	환경과학	2,306	환경과학	614	환경과학	227	환경과학	286	환경과학	45
	2	생태학	963	생태학	394	기상대기	102	생태학	106	녹색기술	18
	3	기상대기	825	기상대기	243	생태학	88	기상대기	103	환경일반	17

지난 15년간(2005~2019) 우리나라의 기후변화 적응 R&D투자 추이를 과제수와 정부연구비, 개발단계·부처·수행주체 기준으로 분석을 수행

- 「국가 기후변화 적응대책」 수립 계기로 2008~2014년까지 기후변화 적응 부문의 국가연구개발과제 수와 정부연구비는 꾸준히 증가하였음
  - 2014년 이후 정책 추진동력의 약화로 인해 기후변화 적응 R&D투자 비중이 지속해서 축소됨
    * 국가R&D 총투자 대비 기후변화 적응 R&D투자 비중 : ('15) 0.74% → ('19) 0.65%
  - 2005~2019년 내내 기후변화 적응 R&D투자의 절반이 기초연구에 집중



[그림 4] 국내 기후변화 적응 부문의 국가연구개발과제 건수와 정부연구비(2005~2019)

- 국내 기후변화 적응 R&D 중점투자분야는 기후학·산림생태·영향평가·기후예측 분야로 분석됨

〈표 6〉 기후변화 적응 R&D의 중점투자분야 추이(2010~2019)

(단위: 억 원)

연도	TOP1		TOP2		TOP3		TOP4		TOP5	
	중점분야	연구비	중점분야	연구비	중점분야	연구비	중점분야	연구비	중점분야	연구비
2010	기후학	90	산림	110	대기	65	기상	61	보건	26
2011	산림	27	기후학	37	환경보건	72	기후예측	65	극지과학	118
2012	기후예측	119	해양과학	206	기후변화	18	영향평가	47	산림생태	42
2013	기후학	94	산림생태	71	기후예측	74	해양과학	166	극지과학	122
2014	영향평가	74	기후학	98	기후예측	86	산림생태	90	대기과학	56
2015	기후예측	65	기후학	119	영향평가	103	위성	246	수자원	75
2016	기후예측	122	영향평가	121	기후변화	22	위성	241	수자원	36
2017	기후예측	194	기후변화	28	대기	115	영향평가	114	기후역학	62
2018	기후예측	220	기후역학	78	영향평가	126	해양	19	수자원	62
2019	영향평가	117	기후역학	74	도시계획	53	산림생태	38	수자원	49

※ 순위는 과제별 과학기술표준분류 가중치를 반영하여 산출

- 우리나라의 중점투자분야(기후학·산림생태·영향평가·기후예측)는 기후예측 및 영향평가*를 포함하여 글로벌 연구 트렌드와 일치하며, 이들 분야에서는 기초연구 비중이 절반 이상을 차지

  * (기후예측) 기후변화 예측기술 지원 및 활용연구, (영향평가) 부문별 기후변화 영향 및 취약성 통합평가 모형 기반구축 및 활용기술 개발 등

- 정부연구비 투입 기준으로 4~5순위를 차지한 위성·수자원 분야는 개발연구 비중이 60% 이상으로 주로 문제해결형 과제가 지원됨

  * (위성) 해양관측위성 2호 탑재체 개발, (수자원) 수자원 최적활용을 위한 지능형 유역 물관리 플랫폼 개발 등

● 지난 15년간 기초연구 담당 부처(과학기술부-교육과학기술부-미래창조과학부-과학기술정보통신부) 중심으로 기후변화 적응 R&D 지원이 이루어졌음

- 2008~2012년 이후에는 기상청*에서, 2013~2016년 이후에는 해양수산부**에서 정부연구비를 많이 투입하기 시작하였음

  * 아태 기후정보서비스 및 연구개발, 기상위성자료 현업지원기술개발 등

  ** 해양관측위성 2호 탑재체 개발, 지속가능한 해양생태계 관리 및 미래 유용자원 탐색 활용 등

〈표 7〉 부처별 기후변화 적응 R&D투자 규모(2005~2019)

(단위: 억 원)

구분	TOP1	TOP2	TOP3	TOP4	TOP5
2005~2007	과학기술부 (277)	농촌진흥청 (194)	산림청 (191)	환경부 (179)	기상청 (78)
2008~2012	교육과학기술부 (1,275)	기상청 (731)	국토해양부 (556)	지식경제부 (539)	산림청 (532)
2013~2016	해양수산부 (1,733)	미래창조과학부 (1,144)	기상청 (837)	국토교통부 (566)	교육부 (294)
2017~2019	과학기술정보통신부 (1,303)	해양수산부 (705)	기상청 (658)	환경부 (343)	국토교통부 (302)

- 우리나라의 기후변화 적응 R&D는 대학·출연(연)·국공립(연)이 주도해 왔으며, 국가R&D 전체* 대비 중소·중견기업의 수행 비중이 3.2%로 매우 낮음

  * 국가R&D 전체에서 중소·중견기업의 연구 수행 비중은 약 21%(정부연구비 기준)

〈표 8〉 연구수행주체별 기후변화 적응 R&D 수행 현황(2005~2019)

(단위: 건, 억 원)

구분	대학	국공립연	출연연	중소기업	중견기업	대기업	정부부처	기타
과제 수	3,123	695	584	275	7	55	15	153
정부연구비	4,436	2,785	6,079	487	42	181	289	1,060

Ⅳ 기후변화 적응 R&D의 핵심주제 도출 및 특징 분석

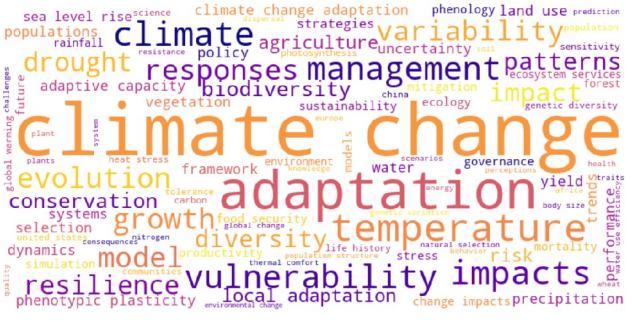
■ 기후변화 적응 부문의 국제학술논문과 우리나라 국가연구개발과제에서 주요하게 등장하는 키워드의 빈도를 비교

- Web of Science에서 제공하는 국제학술논문(2005~2020) 키워드와 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 제공하는 국가연구개발과제(2005~ 2019) 키워드를 분석에 활용
- 국제학술논문에서는 글로벌 중점 연구분야인 환경과학, 생태학, 기상대기와 관련한 세부 키워드*가 다수 도출됨

  * 영향, 취약성, 모형, 성장, 회복력 등

- 우리나라의 국가연구개발과제 분석을 통해 도출한 주요 키워드 분포는 국제학술논문 분석 결과와 거의 일치함

  - 다만, 우리나라는 온실가스 저감과 기후변화 적응의 구분이 모호한 국가연구개발과제가 많이 지원되어 온실가스, 이산화탄소 등의 키워드 빈도수가 높게 나타남



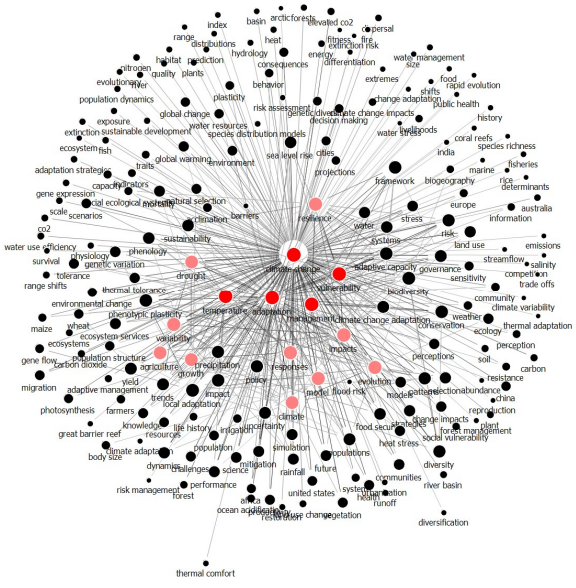
순위	키워드명	출현 논문수(건)
1	climate change	**24,107**
2	adaptation	9,556
3	impacts	5310
4	temperature	4,360
5	management	3,174
6	vulnerability	3,160
7	model	2,470
8	evolution	2,458
9	responses	2,415
10	growth	2,412

순위	키워드명	출현 과제수(건)
1	기후변화	2,041
2	기후변화적응	172
3	지구온난화	164
4	온실가스	125
5	영향평가	110
6	이산화탄소	92
7	생물다양성	79
8	취약성	70
9	고기후	63
10	대기오염	56

[그림 5] 기후변화 적응 부문의 최빈 키워드 분석 결과
국제학술논문(위) 및 우리나라 국가연구개발과제(아래)

기후변화 적응 R&D 키워드 간 연계성을 국제학술논문과 국가연구개발과제 네트워크 분석을 통해 파악

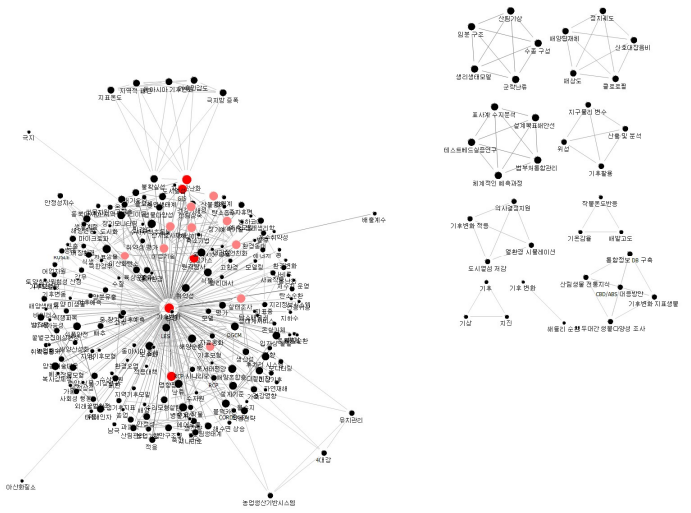
- 국제학술논문 키워드 네트워크는 하나의 단일맵 형태로 존재하며, 기후변화로 인한 취약성과 영향이 가장 큰 주제로 도출됨
  - 취약성, 영향, 관리, 회복력 등 연결중심성이 높게 도출된 키워드는 UNFCCC에서 공표한 주요 적응목표와 일치하는 것으로 분석됨



순위	키워드	연결중심성
1	climate change	45.5
2	adaptation	22.4
3	temperature	8.7
4	vulnerability	7.0
5	impacts	6.7
6	management	6.5
7	climate	5.4
8	responses	4.7
9	evolution	4.5
9	resilience	4.5
11	variability	4.4
11	growth	4.4
13	drought	4.1
13	model	4.1
15	local adaptation	3.2

[그림 6] 기후변화 적응 부문의 국제학술논문 키워드 네트워크(2005~2020)

- 우리나라 국가연구개발과제 키워드 네트워크에서는 산림 분야의 키워드가 연결중심성이 높게 측정되는 특징을 보임
  - 우리나라 국가R&D 투자에서 연결중심성이 높은 키워드는 국제학술논문과 달리 원격탐사, GIS 등 개별기술 중심으로 전개되는 양상을 보임
  - 산림 분야는 개별 키워드 수준에서는 출현빈도가 높지 않았으나, 다수의 국가연구개발과제에서 연관된 키워드를 채택함으로써 네트워크상에서 높은 연결중심성을 보임



순위	키워드	연결중심성
1	기후변화	14.2
2	영향평가	1.0
3	지구온난화	0.8
4	원격탐사	0.7
4	기상이변	0.7
4	GIS	0.7
4	산지토사재해	0.7
4	자연친화	0.7
4	대응기술	0.7
4	장기예측기술	0.7
4	산불동태	0.7
4	산림성숙	0.7
13	이산화탄소	0.6
13	실태조사	0.6
13	기후모형	0.6

[그림 7] 기후변화 적응 관련 국가연구개발과제 키워드 네트워크(2005~2019)

■ 기후변화 적응 부문의 국제학술논문과 국가연구개발과제의 핵심주제(Topic)를 키워드 기반 토픽모델링 기법을 적용하여 도출

● 국제학술논문의 핵심주제로 농업, 물관리, 해양, 생태 분야와 연결된 토픽(Topic)이 다수 도출됨

- 가뭄, 모형 등의 키워드는 다수의 주제와 연결되어 나타났으며, 강우, 수질 등의 키워드는 물순환, 수자원 이외의 주제에도 폭넓게 분포하는 특징을 보였음

〈표 9〉 기후변화 적응 관련 국제학술논문 핵심주제 도출 결과(2005~2020)

구분	토픽	상위 10개 키워드
1	작물적응	'heat stress' 'phylogeography' 'wheat' 'maize' 'evolution' 'extreme events' 'mediterranean' 'hydrology' 'ecology' 'drought'
2	식물적응	'drought' 'photosynthesis' 'phenotypic plasticity' 'invasive species' 'local adaptation' 'functional traits' 'growth' 'nitrogen' 'warming' 'stress'
3	물순환	'temperature' 'arctic' 'adaptation strategies' 'health' 'modelling' 'rainfall' 'ocean acidification' 'mortality' 'bangladesh' 'population genetics'
4	수자원	'water resources' 'genetic variation' 'development' 'modeling' 'irrigation' 'water use efficiency' 'environment' 'yield' 'evapotranspiration' 'carbon sequestration'
5	계통	'china' 'local adaptation' 'thermoregulation' 'gene flow' 'thermal tolerance' 'heritability' 'phylogeny' 'phenotypic plasticity' 'common garden' 'holocene'

구분	토픽	상위 10개 키워드
6	위험 관리	'remote sensing' 'migration' 'governance' 'forest management' 'gis' 'europe' 'sea level rise' 'risk assessment' 'indicators' 'water quality'
7	취약성	'vulnerability' 'agriculture' 'adaptive capacity' 'uncertainty' 'food security' 'adaptive management' 'risk' 'climate variability' 'mitigation' 'land use'
8	지역 적응	'thermal comfort' 'local adaptation' 'water management' 'phenotypic plasticity' 'mitigation' 'water stress' 'genetic diversity' 'fire' 'urban heat island' 'simulation'
9	생태계	'resilience' 'temperature' 'sustainability' 'precipitation' 'phenology' 'ecosystem services' 'vulnerability' 'diversification' 'disaster risk reduction' 'transformation'
10	생물다양성	'biodiversity' 'conservation' 'biogeography' 'extinction' 'fisheries' 'body size' 'physiology' 'land use change' 'global change' 'species distribution model'

- 우리나라 국가R&D 투자는 예측 및 영향평가와 연관된 주제가 강하게 나타났으며, 생태 관련 주제 또한 주요하게 드러남

  - 예측·영향평가 분야에서는 국제학술논문 키워드 분석결과에 비해 여러 개의 세분화한 토픽으로 나타났으며, 이에 따라 'RCP 시나리오', '수리모형실험' 등 구체적인 방법론과 관련된 키워드가 드러남

〈표 10〉 기후변화 적응 부문의 국가연구개발과제 핵심주제 도출 결과(2005~2019)

구분	토픽	상위 10개 키워드
1	영향평가	'불확실성' '식품안전' '예측' 'GIS' '영향평가' '위해인자' '적응전략' '취약성' '기상이변' '원격탐사'
2	생물환경	'생물다양성' '식물' '지속가능성' '원격상관' '에어로졸' '환경스트레스' '육상곤충' '고환경' '수서무척추동물' '지표생물'
3	생물자원	'폭염' '신재생에너지' '바이오매스' '수산자원' '탄소' '지속가능성' '방재기술' '기후변화 영향' '예측모델' '생태계서비스'
4	모델링	'설계기준' '복사강제력' '기후예측' '자료동화' '기후변동' '수리모형실험' '안정성' '해수면 상승' '유지관리' '탄소배출권'
5	기후 시나리오	'에너지' '영향평가' 'RCP 시나리오' '환경' '지리정보시스템' '고추' '배추' '도시열섬' '산사태' '고기후'
6	전지구적 모형	'온실가스' '고기후' '기후모형' '모수화' '국제협력' '배출계수' '취약성 평가' '난류' '메탄' '지구시스템모델'
7	모니터링	'실태조사' '기후' '모니터링' '대기오염' '농업생태계' '체계적인 예측과정' '표사계 수지분석' '범부처통합관리' '설계목표해안선' '테스트베드실증연구'
8	지역 적응	'생태계' '과수' '수자원' '지역기후모델' '취약성' '빅데이터' '위성' '생산량' '동아시아 몬순' '과피색'

구분	토픽	상위 10개 키워드
9	생태변화	'이산화탄소' '온도' '식생' '이상기후' '해양생태계' '홀로세' '해양산성화' '취약성평가' '중금속' '농업'
10	원인물질	'원격탐사' '블랙카본' '밭작물' '입자상 물질' '후처리 시스템' '디젤엔진' '작물모형' '기후변화협약' '임분 구조' '군락난류'

- 지역 적응이 국제학술논문과 우리나라의 국가연구개발과제 분석에서 모두 별도의 토픽으로 도출되었는데, 국내의 경우 수자원*과 생태** 분야에서 지역적 특성에 맞는 적응 방안 연구가 이루어지고 있는 것으로 분석됨

  * (수자원) 수자원, 물관리 / ** (생태) 생태계, 유전적 다양성 등

글로벌 트렌드 대비 우리나라 기후변화 적응 R&D의 주요 특징을 살펴보기 위해 핵심주제 도출 결과를 탄소중립기본법상의 적응 분야*와 연계하여 심층분석 수행

* 기후 감시·예측, 생태계, 생물다양성, 물환경, 농림·식품, 산림, 해양·수산 등

- 국제사회에서는 UNFCCC에서 합의된 적응목표를 R&D의 핵심주제로 반영하고 있으나, 우리나라 국가연구개발과제에서는 기후변화 적응을 연구목표로 설정한 경우가 적음
  - 국제학술논문 토픽모델링 결과로 도출되는 위험 관리, 취약성 등의 핵심주제는 기후변화 리스크 노출로 인한 취약성 저감이라는 적응목표로 명시되어 있으며, 국제학술논문 네트워크 분석에서도 높은 연결중심성을 나타냄
  - 반면 우리나라 국가연구개발과제의 핵심주제는 적응목표와 연관된 주제가 전혀 드러나지 않았으며, 토픽을 구성하는 일부 키워드로 나타남

- **(기후 감시·예측)** 감시·예측·영향평가 분야는 국내에서 가장 많은 핵심주제와 연관되어 글로벌 트렌드에 비해 가장 큰 비중을 차지
  - 국제학술논문에서는 기후 감시·예측과 관련된 별도의 주제가 드러나지 않은 반면, 우리나라 국가연구개발과제에서는 영향평가, 모델링, 모니터링 등 3개의 핵심주제가 도출됨
  - 기후 시나리오, 전지구적 모형 등 기후 감시·예측 분야와 연관된 키워드를 3개 이상 포함하는 토픽도 존재하며, 상위 키워드*를 통해 타 세부분야와 연계되는 등 국내 적응 R&D의 중심 역할을 한 것으로 분석됨

    * 식품안전, 해수면 상승, 고추, 배추, 산사태 등

- **(생태계/생물다양성)** 예측·영향평가를 뒤이어 국내·외에서 기후변화 적응 R&D의 핵심주제이지만, 글로벌 전체와 국내의 세부 연구내용에서는 차이가 존재
  - 국제학술논문과 국내 국가연구개발과제 토픽모델링 결과 다수의 생태계·생물다양성 관련 핵심주제가 도출됨
    * (논문) 생태계, 생물다양성 / (국가R&D) 생물환경, 생물자원, 생태변화
  - 국제학술논문 분석에서는 생태계·생물다양성과 관련하여 두드러지는 세부분야가 없었으나, 우리나라의 국가연구개발과제에서는 해양·산림 관련 연구*가 많이 이루어졌음
    * 생리생태모델-임분 구조, 생리생태모델-수종 구성, 해양산성화-해양생태계 등 키워드가 동시 출현
- **(물환경)** 글로벌 전체 대상으로는 물 관련 R&D가 핵심주제로 부각되었으나, 국내에서는 정부연구비 투입 대비 핵심주제로 부각되지 않음
  - 국제학술논문의 핵심주제인 가뭄, 강우, 관개 등에 대한 국내 국가연구개발과제는 각각 5개 미만으로 나타났으며, 오히려 홍수, 지하수, 댐 등과 관련된 연구*가 주를 이룸
    * ICT기반 기후변화 대응 대규모 홍수위험성 평가 및 의사결정 플랫폼 개발, 다단식 Sand 댐 활용 소규모 인공함양 기술 개발 등
- **(농림·식품)** 농업과 관련해서는 식품, 작물 관련 키워드가 각 주제에 분포하고 있으나 별도의 토픽으로 나타나지 않았으며, 국제학술논문 분석에서 주요하게 나타나는 '가뭄' 키워드가 드러나지 않는 특징을 보임
- **(산림)** 분석대상 기간 내내 중점투자분야에 포함되고 국가연구개발과제 네트워크에서 주요 매개 역할을 하였으나, 하나의 응집된 주제로 나타나지는 않음
  - 국내 국가연구개발과제 대상의 토픽모델링 결과로 산림 분야에 특화된 주제가 산사태가 유일하였으며, 대신 식생 등의 간접 키워드로 나타남
- **(해양·수산)** 해수면 상승, 해양생태계 등의 키워드가 각 주제에 분포하고 있으나, 국제학술논문에서 도출된 물순환(해수)과 같은 별도 주제로 드러나지 않음
  - 우리나라 해양수산부의 기후변화 적응 R&D투자가 상위권을 차지하였음에도 국가연구개발과제 대상의 토픽모델링 분석에서 해양/연안 관련된 주제가 드러나지 않았으며, 기후모니터링 분야에 집중되었던 것으로 분석됨
    * 해양수산부의 R&D투자 상위 15개 과제(2005~2019) 중 9개가 해양/연안 관련 키워드를 미포함

〈표 11〉 기후변화 적응 세부분야별 토픽 및 연관키워드 현황

분야	관련 토픽(키워드)	
	(분석대상) 국제학술논문	(분석대상) 우리나라 국가연구개발과제
기후 감시·예측	물순환(modeling) 위험 관리(gis) 지역 적응(simulation)	영향평가(예측, GIS, 원격탐사 등) 모델링(기후예측, 수리모형실험 등) 기후 시나리오(RCP 시나리오 등) 전지구적 모형(기후모형, 배출계수 등) 모니터링(실태조사, 체계적인 예측과정) 지역적응(지역기후모델, 위성) 원인물질(원격탐사)
생태계· 생물다양성	작물적응(ecology) 식물적응(invasive species) 생태계(ecosystem services 등) 생물다양성(biodiversity, conservation 등)	생물환경(생물다양성, 지표생물 등) 생물자원(지속가능성, 생태계서비스) 지역 적응(생태계) 생태변화(식생, 해양생태계 등)
물환경	작물적응(hydrology) 물순환(rainfall) 수자원(water resources 등) 위험 관리(water quality) 지역 적응(water management 등) 생태계(precipitation)	지역 적응(수자원)
농림·식품	작물적응(wheat, maize, drought) 식물적응(drought, growth 등) 수자원(irrigation) 취약성(agriculture, food security 등) 생물다양성(land use change)	영향평가(식품안전) 생물자원(폭염) 기후 시나리오(고추, 배추) 모니터링(농업생태계) 지역 적응(과수, 생산량) 생태변화(농업)
산림	위험 관리(forest management) 지역 적응(fire)	생물환경(육상곤충) 기후 시나리오(산사태) 생태변화(식생)
해양·수산	작물적응(mediterranean) 물순환(arctic, ocean acidification 등) 위험 관리(sea level rise) 생물다양성(fisheries)	생물자원(수산자원) 모델링(해수면 상승) 전지구적 모형(난류) 모니터링(표사계 수지분석, 설계목표해안선) 생태변화(해양생태계, 해양산성화)

V 기후변화 적응 R&D의 주요 이슈 및 향후 투자방향 제언

■ 우리나라는 정부 주도로 기후변화 적응 R&D에 투자*를 지속했음에도 최근 신기후체제에서 요구되는 R&D투자의 다변화를 통한 기후변화 적응 관련 문제해결 노력이 부족한 상황

* 2011년 이후 매년 1,000억 원 이상의 투자 규모 유지

● 기후변화 적응 R&D는 공공성이 강한 특성이 있어, 정부 차원의 R&D투자를 통한 문제해결 노력이 필요한 분야임

● 우리나라의 경우 과기정통부 중심의 기초연구 지원이 50% 이상으로, 다양한 분야가 해당되는 기후변화 적응의 관점에서 볼 때, 관련 부처들의 R&D 추진이 부족한 실정

- 국내에서는 온실가스 감축과 기후변화 적응을 동시에 다루는 국가연구개발과제가 많이 지원되었으며, 농림, 산림, 해양 등 기후변화 적응을 구성하는 다양한 영역(분야)에서의 R&D를 통한 문제해결 노력이 부족

● 교토의정서('20년 만료)를 대체할 파리협정 체결('15.12)에 따라 신기후체제가 출범하고 본격적으로 적응의 중요성이 강화된 시점에서 기후변화 적응을 주요 목표로 하는 각 부처의 참여를 통한 주류화 및 R&D투자의 다변화가 요구됨

※ (3대 정책목표) 리스크 적응력, 감시·예측·평가, 주류화

- 해외 주요국은 여러 부처·분야에서 기후변화 적응을 목표로 하는 R&D를 추진하고 있으며, 파리협정에 명시된 적응목표*를 중심으로 하는 양질의 논문 성과를 창출**

* 적응역량 향상, 회복력 강화, 취약성 저감

** 연구개발 네트워크 연결중심성 상위 10개 키워드 중 적응목표 관련 키워드가 4개를 차지(취약성, 영향, 관리, 회복력)

- 우리나라도 신기후체제 대응을 위해 기후변화 적응목표와 연계된 기술개발을 각 부처의 세부분야별 R&D에 반영하고자 하는 주류화 노력이 필요

- 그간의 과기정통부 중심의 기초연구 지원 양상을 탈피하여 기후변화 적응 세부분야별 R&D 지원 대상을 발굴하고 관련 투자를 확대하는 등 다각화 노력이 필요

국민 삶의 질 향상을 목적으로 기후변화라는 난제를 해결하기 위해 기후변화 적응 R&D는 사회문제해결형R&D로 접근하는 것이 필요

- 기후예측·생태·영향평가 등의 중점투자분야는 연구결과의 수요처가 한정적이어서 일반적인 R&D 관점*에서 기업의 참여 유인이 부족하며, 실제로 연구과제의 88.5%를 대학·공공연구기관·정부부처가 수행하고 있음

  * 기초연구 – 응용연구 – 개발연구 – 기술이전 및 사업화로 이어지는 선형적 모델

- '기후변화'라는 사회적 난제를 해결하기 위해 기후변화 적응 부문은 국민 삶의 질과 관련된 '적응목표'라는 임무가 부여되어 있으므로, 사회문제해결형R&D* 유형에 부합함

  * 개인의 일상생활과 사회에서 발생하는 문제를 개선·감소시키거나 해결함으로써 삶의 질 향상에 기여하는 연구개발 활동(「제2차 과학기술 기반 국민생활(사회)문제 해결 종합계획('18~'22)」)

- 적응목표 달성 중심의 글로벌 연구 트렌드와 달리 우리나라 국가연구개발과제 대상의 네트워크 분석에서는 개별 기술개발 중심의 분포를 보여, 적응 분야의 특성에 맞는 목표 설정 및 연구과제 추진이 미흡한 것으로 분석됨

- 기후변화 적응 R&D를 사회문제해결형R&D에 포함하고 문제해결 중심의 R&SD(Research & Solution Development) 추진이 필요

〈표 12〉 사회문제해결R&D로서 기후변화 적응 R&D의 지향점

구분	사회문제해결R&D*	기후변화 적응 R&D
목적	삶의 질 향상	기후변화로 인한 영향 예측 및 피해 최소화
목표	사회문제 해결	적응역량 향상, 회복력 강화, 취약성 저감
특징	• 수요자 참여형 연구개발 • 기술+인문사회+법·제도 융합	• 수요자(국가, 국민, 지자체) 참여형 연구개발 • 기술+영향보고·시나리오·실태조사+적응대책·이행점검
주체	연구개발부서와 정책부처 협업	연구자와 정책입안자 협업
결과	새로운 사회적 제품·서비스	기후탄력적 사회

* 출처: 「제2차 과학기술 기반 국민생활(사회)문제 해결 종합계획('18~'22)」

국내의 기후변화 적응 추진현황*을 감안하였을 때 기후 감시·예측, 산림·해양생태계 등으로의 지속적인 투자와 더불어 필요성 대비 투자가 취약했던 농업 취약성 저감, 연안생태 등 영역에 투자 강화가 요구됨

* 「제3차 국가 기후변화 적응대책('21~'25)」에서 제시하는 대내 추진여건 및 리스크를 참고함

- **(기후 감시·예측)** 감시·예측·평가는 국제합의에 따라 「제3차 국가 기후변화 적응대책('21~'25)」의 주요 정책목표로 포함되어 있으며, 이에 정부R&D 투자의 중점 분야로 지속 추진

  - (현황) 3차 대책의 정책방향에 감시·예측 및 평가 강화를 별도의 축으로 설정하고 추진과제로 감시역량 강화, 예측기술 고도화, 적응정보 관리체계 마련 등을 제시

  - (이슈) 감시·예측 및 영향평가는 기후변화의 영향을 과학적으로 규명하고 예측하기 위한 기반 분야로, 모든 국가에서 중요하게 다루어지고 국제학술논문에서도 최상위권의 출현빈도*를 보임

    * 키워드 출현빈도 기준 영향(3위), 관리(5위), 모형(7위) 등

  - (향후 투자방향) 그간 기후 감시·예측 체계 구축을 위한 R&D로 추진되어 온 위성, 원인물질 분석, 정보시스템, 지구시스템모델 등 기술에 대한 지속적인 투자가 요구됨

- **(생태계/생물다양성)** 기후변화로 빠르게 변화하는 국내 육상·해상 생태계를 고려할 때, 기후변화 적응의 핵심주제로 설정하고 정부 차원의 지속적인 R&D투자가 필요

  - (현황) 수목생장 불안정 및 서식지 피해, 해양산성화, 외래생물·교란생물 유입, 수계 미생물 변화, 도시생태계 파편화 등 산림·해양·작물·도시·수생태계 전반에서 기후변화로 인한 광범위한 피해 발생

  - (이슈) 우리나라의 경우 생태 분야에 투자가 많이 되어 핵심주제가 다수* 도출되었으며, 주로 산림·해양과 관련된 연구과제 위주로 지원됨

    * 생태변화, 생물환경, 생물자원 등

  - (향후 투자방향) 산림·해양생태계뿐만 아니라 핵심주제에 드러나지 않는 작물·도시·수생태계 피해도 심각해지고 있어, 관련 영향 규명 및 피해 저감 R&D투자 확대

- **(물환경)** 물순환·물안보에 대한 수요 증가를 반영하여 물관리체계 고도화 연구를 지속 지원하고 물순환 이해 관련 R&D투자를 강화

  - (현황) 홍수·가뭄 발생빈도 증가에 따라 물순환 왜곡, 물공급 안정성 저해, 수질 악화 등 수자원 관리 어려움 증가

  - (이슈) 그간 국가연구개발과제는 홍수 관련한 연구가 주를 이루고 있으며*, 이외에 관리체계 고도화와 같은 수자원 관리 영역의 개발단계 연구가 지원됨

    * 수자원 분야 과제 중 10.3%가 홍수를 키워드로 함

- (향후 투자방향) 극한 강우 대비, 도심지 수자원 관리체계 개선 등에 투자가 적절하게 이루어지고 있는 것으로 보이나, 글로벌 연구 트렌드에 비해 유역·하천 물순환 이해에 대한 투자가 부족하여 관련 R&D 지원 확대가 요구됨

- **(농림·식품)** 폭우·폭염·가뭄 발생빈도 증가 및 이에 따른 식량 생산성 저하를 고려하여 작물·가축 취약성 저감을 위한 R&D 지원이 필요
  - (현황) 기후변화에 기인한 극한기상으로 농업 부문의 취약성이 심화하고 있음
  - (이슈) 기후변화 적응 R&D투자 기준으로 농촌진흥청은 7위에 있으며, 국가연구개발과제에서 폭염을 제외하고는 농업 취약성에 연계된 키워드가 도출되지 않음
  - (향후 투자방향) 폭우·폭염·가뭄 등 극한기상으로 인한 작물·가축 피해 저감과 식량생산성 향상 등 농업취약성 개선을 중심으로 R&D투자 포트폴리오 다양화

- **(산림)** 산림생태계 변화, 산사태·산불 위험 증가 등 국내 여건에 맞추어 R&D투자가 적절히 이루어지고 있으므로, 지속적인 투자 규모 유지가 필요
  - (현황) 국내 산림 분야 기후변화 리스크는 독립적인 이슈보다는 생태, 재난 등과 연결되어 나타남
    * 침엽수림 고사 등 수종변화, 유해곤충 대발생, 산불·산사태 증가 등
  - (이슈) 산림생태 분야가 중점투자분야로 지원되고 있으며 산지토사재해·산불동태 등의 산림재해 대응 키워드가 연결중심성 기준 4위에 위치하는 등 주요 리스크와 R&D투자 간의 연계가 잘 이루어졌음
    * 산림/산림생태가 2011~2019년까지 상위 5개 중점투자분야에 지속적으로 포함
  - (향후 투자방향) 국내 산림 분야 기후변화 리스크의 특징으로 인해 산림 분야의 주제가 별도의 토픽으로 드러나지는 않았으며, 현재 산림생태와 산림재해 대응을 중심으로 한 투자방향을 유지하는 것이 적절

- **(해양·수산)** 해수면 상승으로 인한 연안 피해와 해양생태계 보전, 수산자원 확보를 중심으로 한 R&D투자 강화
  - (현황) 우리나라의 해양·수산 분야 주요 리스크에는 연안침수·침식, 수산자원 변동 등이 있음
  - (이슈) 해양 감시·모니터링 관련 R&D가 활발하게 추진*되고 있으나, 해수면 상승과 해양생태계, 수산자원 등의 키워드가 핵심주제로 드러나지 않음
    * 해양수산부 내 기후변화 적응 R&D의 정부연구비 투자 상위 10개 과제 중 8개가 해양 감시·모니터링 관련 과제에 해당

- (향후 투자방향) 해양 감시·모니터링뿐만 아니라 주요 리스크와 연계한 침식저감, 연안생태, 양식 품종 개발 등 관련 R&D투자 강화

〈표 13〉 기후변화 적응 R&D 세부분야별 투자방향

분야	R&D투자 지속(강화) 영역
기후 감시·예측	(투자지속) 위성, 원인물질 분석, 정보시스템, 지구시스템 모델
생태계/생물다양성	(투자지속) 산림·해양생태계 (투자확대) 작물·도시·수생태계
물환경	(투자지속) 극한강우 대비, 수자원 관리체계 개선 (투자확대) 하천 물순환 이해
농림·식품	(투자확대) 가뭄 등 농업 취약성, 작물·가축 피해 저감, 농업생산성
산림	(투자지속) 산림생태계, 산림재해 대응
해양·수산	(투자지속) 해양 감시·모니터링 (투자확대) 침식저감, 연안생태, 수산자원 확보

참 고 문 헌

- European Commission (2021), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 24.2.2021, COM(2021) 82 final.
- IPCC (2014), Climate Change 2014: Synthesis Report.
- Klein, R.J.T., Schipper, E.L.F. & Dessai, S. (2005), Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions, Environmental Science & Policy, 8, pp. 579-588.
- S&T GPS 홈페이지, https://now.k2base.re.kr/portal/trend/ovseaTrend/
- The White House (2021), President's Emergency Plan for Adaptation and Resilience (PREPARE), Full PREPARE Plan.
- UNFCCC (2010), Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, FCCC/CP/2010/7/Add.1.
- UNFCCC (2016), Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, FCCC/CP/2015/10/Add.1.
- 과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원 (2020), 2019 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 기관 2020-001.
- 관계부처 합동 (2018),「제2차 과학기술 기반 국민생활(사회)문제 해결 종합계획('18~'22)」.
- 관계부처 합동 (2020),「2050 탄소중립 추진전략」.
- 관계부처 합동 (2020),「한국판 뉴딜 종합계획」.
- 관계부처 합동 (2021),「제3차 국가 기후변화 적응대책 (2021~2025)」.
- 김두수, 이병희, 허인, 김민철 (2019), 기후변화 대응을 위한 영국기후변화법의 분석을 통한 한국 기후변화대응법제 마련에 대한 시사점, 국제법학회논총, 64(1), pp. 41-63.
- 김잔디 (2019), 일본 '기후변동 적응법'의 주요내용 및 시사점, 최신외국법제정보, vol.1, pp. 5-13.
- 김현모, 김영오, 박시진 (2016), 국외 기후변화 적응전략 보고서 분석: 수자원 부문 기후변화 적응 전략을 중심으로, 물과 미래, 49(3), pp. 50-57.
- 김형주, 박철호, 박동운, 이민아, 윤순욱 (2018), 기후변화 대응을 위한 과학기술 융복합 활성화 방안, 국가과학기술자문회의 정책연구, 2017-26.

- 녹색기술센터, 과학기술정보통신부 (2020), 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서.
- 박기령 (2014), 기후변화 대응을 위한 기후변화영향평가에 관한 법제연구. 한국법제연구원 기후변화 법제 연구, 14-19-4.
- 박수진, 육근형, 정지호, 유정환 (2014), 해양수산 분야 기후변화 적응정책 방향 연구, 한국해양수산개발원 수시연구 2014-04.
- 박진혁 (2013), 기후변화 적응을 위한 일본의 지역맞춤형 수자원 정책연구 동향, 국토, 통권379호, pp. 108-115.
- 성민규, 박창대, 박소희, 한웅용 (2021), 기후변화 적응 공공R&D 유망분야 도출 연구, KISTEP 일반 2021-004.
- 신동원, 양유경, 이창훈 (2020), 바이든 대통령 당선자의 기후·에너지 공약과 시사점, KEI 포커스, 제8권 제16호(통권 제70호).
- 신하나 (2019), 파리협정 세부규칙 적응의제 주요 협상 결과, 기후변화와 녹색성장, 2019년 봄호 (통권 17호).
- 이동규 (2019), 파리협정 이행규칙 제정의 의의와 주요 내용, 기후변화와 녹색성장, 2019년 봄호 (통권 17호).
- 이수재 외 (2013), 국가별 기후변화 적응전략에 따른 우리나라의 리스크 대응방안 연구, 한국환경정책·평가연구원 사업보고서 2013-03-01.
- 이승준, 안병옥 (2016), 신기후체제의 기후변화 적응 및 손실과 피해에 관한 대응방안, 한국환경정책·평가연구원 정책보고서 2016-09.
- 이정선 (2021), 美 바이든 정부 기후변화 대응정책 동향 및 향후 전망, KOTRA Global Market Report 21-009.
- 조성자 (2018), 미국 뉴욕주의 기후변화에 대한 법적 대응전략과 시사점, 법학연구, 28(1), pp. 339-365.
- 조용성, 윤순진, 이성원, 이정인, 이성조 (2015), 중국의 기후변화 정책과 우리나라에 대한 시사점, NARS 정책연구용역보고서.
- 주 벨기에 유럽연합 대한민국 대사관 홈페이지, https://overseas.mofa.go.kr/
- 한국과학기술기획평가원 (2021), 신기후체제 대응 환경기술개발사업 예비타당성조사 보고서.
- 한국산업기술진흥원 산업기술 동향워치 2022년 13호, https://www.kiat.or.kr/front/board/boardContentsView.do
- 홍의표, 장은혜, 김지석 (2014), 주요국가의 기후변화적응을 위한 전략과 정책에 관한 연구, 한국법제연구원 기후변화법제 연구 14-19-5.

KISTEP 이슈페이퍼 발간목록

발간호	제목	저자
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, 우기봄, 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)
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)

발간호	제목	저자
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

▶ 성민규
- 한국과학기술기획평가원 사업조정전략센터 부연구위원
- 043-750-2588, mango@kistep.re.krr

▶ 박창대
- 한국과학기술기획평가원 R&D예산정책센터 선임전문관리원
- 043-750-2537, putgochu@kistep.re.kr

KISTEP ISSUE PAPER 2022-16 (통권 제336호)

‖ 발행일 ‖ 2022년 12월 7일

‖ 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)