

국회 세미나

기후위기 적응력 향상을 위한 기술과 R&D 활성화 방안



❖ 일시 : 2024년 8월 28일(수) 15:00 (국회기후변화포럼 유튜브 )

❖ 장소 : 국회의원회관 제2세미나실

❖ 주최 :  국회기후변화포럼  국가녹색기술연구소
National Assembly Forum on Climate Change NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

❖ 주관 : 대표의원 한정애·정희용 | 연구책임의원 김성희 | (정회원) 국회의원 김용태, 송옥주, 염태영, 이소영, 정혜경, 진선미, 추미애, 한병도 | (준회원) 국회의원 강선우, 권향엽, 김선교, 김성원, 김소희, 김정재, 맹성규, 박덕흠, 박 정, 박지혜, 박홍배, 배현진, 서범수, 서왕진, 안호영, 유용원, 윤재옥, 이달희, 이만희, 이연희, 이재강, 이종욱, 이학영, 최형두, 한지아, 허성무

진행순서

- **개회식 (15:00~15:20)** * 사회: 이성조 포럼 사무처장
 - 개회사 : 정희용 국회의원(포럼 대표의원)
 - 환영사 : 최형두 국회의원(포럼 의원회원)
 - 축 사 : 이상협 국가녹색기술연구소 소장* 주요인사 기념촬영

- **주제발표 (15:20~16:00)**
 - 국내외 기후변화 적응 정책 및 R&D 현황 분석
/ 전은진 국가녹색기술연구소 선임연구원
 - 디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화
/ 이정민 토지주택연구원 도시기후환경연구센터장

- **패널 (16:00~16:50) / 좌장: 윤제용 서울대학교 교수(포럼 공동대표)**
 - 김상래 한국건설생활환경시험연구원 물환경센터장
 - 전성우 고려대학교 환경생태공학부 교수
 - 김희정 셀미트 이사
 - 김원희 농촌진흥청 기상재해대응 기술연구단장
 - 김은아 국회미래연구원 연구위원
 - 김지수 환경부 기후적응과장

- **질의 응답 및 전체 토론 (16:50~17:00)**

▶▶ 주제발표



국내외 기후변화 적응 정책 및 R&D 현황 분석

전 은 진

국가녹색기술연구소 선임연구원





NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

2024년도 국회기후변화포럼 세미나

기후위기 적응력 향상을 위한 기술과 R&D 활성화 방안

국내외 기후변화 적응 정책 및 R&D 현황 분석

Date 2024. 08. 28. WED
발표자 전은진 선임연구원
소속기관 국가녹색기술연구소



목 차

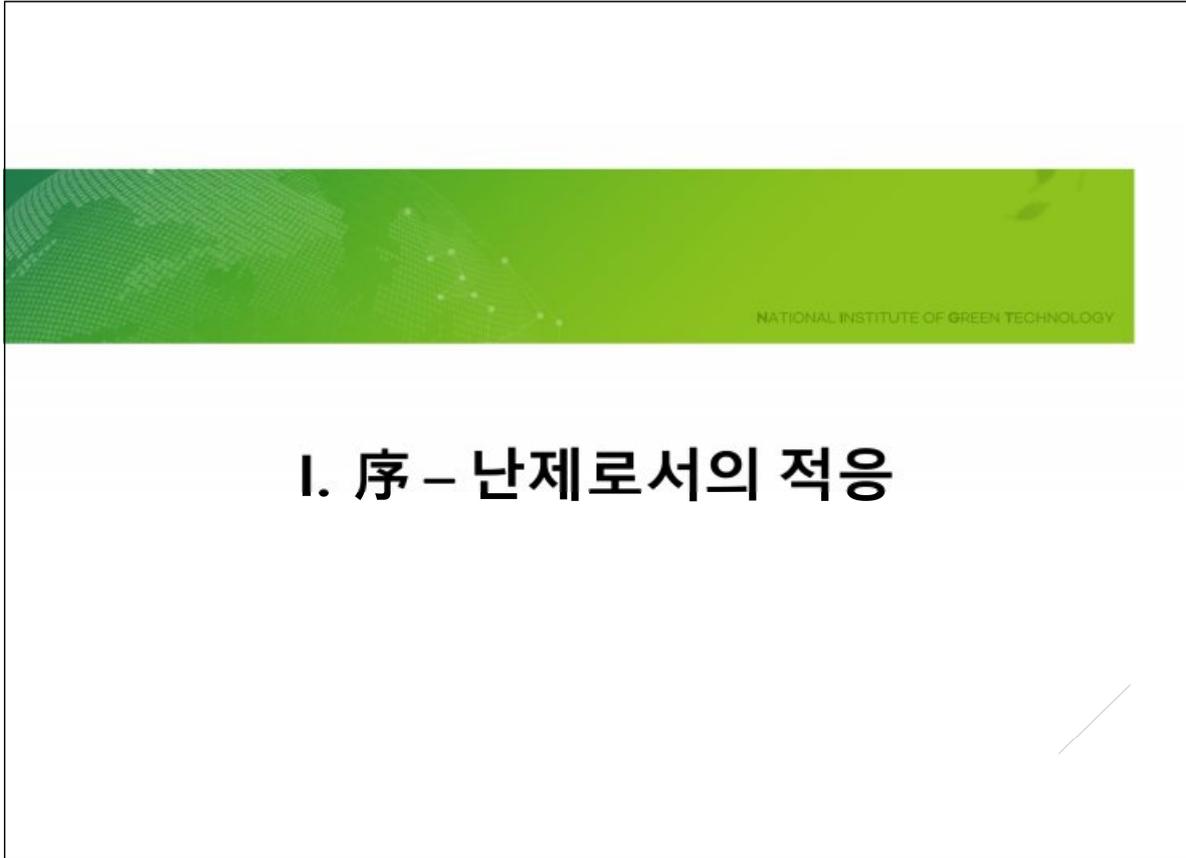
NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

I. 序 – 난제로서의 적응

II. 주요국의 기후변화 적응 정책 및 R&D 주요내용

III. 우리나라 현황

IV. 시사점



NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

序 – ‘난제로서의 적응’

긍정적인 사항 – 원인과 추세는 명확

- 원인** 지구 온난화 발생의 주범 : 인간 활동 유래 CO₂
- 추세** 지구 온난화와 함께 이상기후의 발생빈도도 증가

Every tonne of CO₂ emissions adds to global warming

Global surface temperature increase since 1850-1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)

Historical global warming

Future cumulative CO₂ emissions differ across scenarios and determine how much warming we will experience.

출처 : IPCC(2021)

Met Office Are extremes becoming more frequent?

Number of loss events 1980-2019

출처 : Met Office(2021)

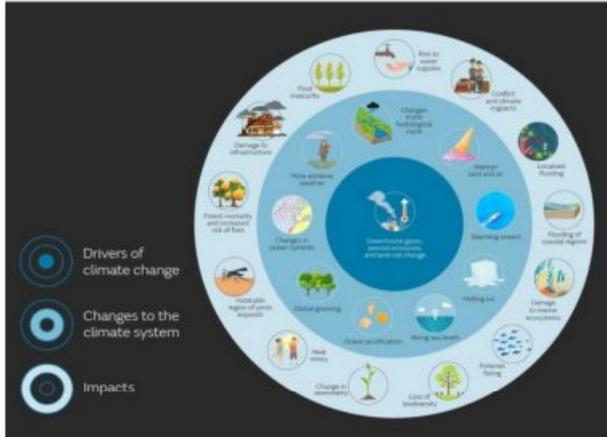
4 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

序 – '난제로서의 적응'

부정적인 사항 : 광범위한 영향 → 모호성

- 온실가스 배출량 증가는 기후시스템의 변화를 야기하면서 자연/사회 전부문에 광범위한 파급효과 발생
- 과연 어디서부터 어디까지 기후변화 적응의 영역인가?



※ 출처 : First Learn(2018)

재원은 한정적,

모든 부문에서 발생하는 모든 기후변화 영향에 대응할 수는 없음

→ 영국 싱크탱크인 Chatham House에서도 **파멸의 고리(Doom Loop)**에 대해 경고('23)한 바 있음

적재적소의 자원 배분 필수적
→ **어떻게?**

5 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

序 – '난제로서의 적응'

부정적인 사항 : 불확실성

- 추세는 분명하지만, 이상기후 등의 발생은 완전히 확률적
 - 동일 장소/동일 계절에도 발생하는 확률이 상이
 - 극심한 자연 재난에 대한 대응책을 철저히 대비했지만, 그 이듬해에는 무용한 상태로 존재할 가능성



City of Richardson worker Salsi Cove breaks ice on a frozen fountain Tuesday, Feb. 16, 2021, in Richardson, Texas. Temperature dropped into the single digits as snow piled deep on roads and parking areas. (AP Photo/AM Chen)

<2021년 2월 텍사스 한파>

• 서울 한파일수

연도	1월	2월	3월	4월
2000	10.1	1.8	0.0	0.0
2001	10.1	1.8	0.0	0.0
2002	10.1	1.8	0.0	0.0
2003	10.1	1.8	0.0	0.0
2004	10.1	1.8	0.0	0.0
2005	10.1	1.8	0.0	0.0
2006	10.1	1.8	0.0	0.0
2007	10.1	1.8	0.0	0.0
2008	10.1	1.8	0.0	0.0
2009	10.1	1.8	0.0	0.0
2010	10.1	1.8	0.0	0.0
2011	10.1	1.8	0.0	0.0
2012	10.1	1.8	0.0	0.0
2013	10.1	1.8	0.0	0.0
2014	10.1	1.8	0.0	0.0
2015	10.1	1.8	0.0	0.0
2016	10.1	1.8	0.0	0.0
2017	10.1	1.8	0.0	0.0
2018	10.1	1.8	0.0	0.0
2019	10.1	1.8	0.0	0.0
2020	10.1	1.8	0.0	0.0
2021	10.1	1.8	0.0	0.0

<2018년 서울 한파일수>



<2022년 2월 텍사스 일기예보>

• 서울 한파일수

연도	1월	2월	3월	4월
2018	10.1	1.8	0.0	0.0

<2019년 서울 한파일수>

6 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

序 – '난제로서의 적응'

부정적인 사항 : 복잡성

- ▶ 세부 시스템 간의 상호연관성으로 인해 포착하기 어려운 재난이 발생가능
- ▶ 점차 복합재난 자체의 발생빈도도 높아지는 경향
 - (예시) 폭염/가뭄으로 인해 토양 가소성이 높아질 경우, 홍수 위험에 취약

Scheme of cascading impacts and interconnectiveness of systems, sectors and assets affected by heat and drought extreme events. The arrows point from the event or sector that affects another sector or asset to the sector or asset that is affected. The colors of the arrows identify the main driver of the impact and the width of the arrows is representative for the importance of the impact. It reflects the number of associated interconnections or mentions found in the literature. <https://doi.org/10.1271/journal.pcm.0000007.g003>

Why flash floods happen after drought

Normal conditions

Soil absorbs water like a sponge

Drought conditions

Water runs off the surface

Hard layer of soil repels water

※ 출처 : Niggli L, Huggel C, Muccione V, Neukom R, Salzmann N (2022) ※ 출처 : BBC Research(2022)

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

序 – '난제로서의 적응'

부정적인 사항 : 미증유 사태의 갱신 – 가속도에도, 피해규모에도 상한이 없다.

- ▶ 현재 수준의 대기 중 이산화탄소 농도는 지구 역사상 전례 없는 변화
- ▶ 이산화탄소 농도 자체도 급속히 증가하고 있는 상태이며, 북극 빙하 축소로 인한 알베도 저하 등 요인들과 중첩될 경우 어느 정도까지 변화의 규모가 커질지 예측하기 어려움
 - 이처럼 기후변화는 다양한 요소가 복잡다단하게 상호작용하므로 과거 데이터에 의존한 이론적 모델만으로는 실제 상황과 격차 발생

For millennia, atmospheric carbon dioxide had never been above this line

※ 출처 : NASA 홈페이지

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

序 – ‘난제로서의 적응’

“The group noted that adaptation is more context-dependent than mitigation; solutions will be different in different places.”

- Climate Adaptation Research and Innovation Board (2022) -

“Passer d’une gestion réactive des risques climatiques à une posture d’anticipation et d’action”

- ADEME(2023) -

- 기후변화의 여파는 거의 모든 인적 요소에 적용 → 포괄적
- 기후변화 적응 문제 자체의 모호성/맥락의존적 속성
- 매복 상태의 상호연관성
 - 예) 폭염으로 인한 가뭄으로 지층이 굳은 상태에서 집중호우가 발생할 경우 홍수 피해를 크게 가중
- 현상 대응적인 차원을 넘어 예측에 기반하여 근본적인 변화를 추구
 - 시스템 전반의 근본적인 요소로부터의 변혁을 모색하는 움직임이 부상(transformational adaptation)
- 인프라와 연관이 깊은 특성상, 오적응(maladaptation)이 발생할 경우 상당한 물적/인적 손실을 야기하므로, 오적응의 회피는 필수불가결한 요소

9 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

II. 주요국의 기후변화 적응 정책 및 R&D 주요내용

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

1. 미국

제5차 국가 기후평가
(5th National Climate Assessment)

위상

기후변화가 미국 국민의 건강, 대기, 물, 에너지, 농/어업, 교통 등에 미치는 영향을 종합적으로 보고하는 보고서

- 미국 각지역에 관한 구체적인 기후변화 영향을 다루는 것과 동시에, 적응대책 및 온실가스 배출량 감소를 활용한 기후변화 리스크 경감방안 마련을 위한 기반이 되는 주요 보고서
- ※ 국립과학재단 USGCRP 주도 하에 14개 부/청 참여

개요

- (경제) 기후변화 대책에 수반하는 경제적 영향 및 기회를 강조
- (사회시스템 및 정의) 미국 국민들이 기후변화를 이해하는 정도 등에 대한 고찰
- ※ 국민들이 자신이 거주하는 지역의 기후변화를 인식하고 견고성, 적응력, 완화책 등의 대응에 역할을 할 수 있도록 지원하기 위해 NCA Atlas 구축



※ 출처 : USGCRP(2023)

넓은 국토로 열대~냉대 건조기후, 지중해성 기후 등 다양한 기후대가 존재하는 특성상, 다양한 이상기후의 증가를 경험

- 2020년에 태어난 미국인은 1965년에 태어난 미국인보다 더욱 많은 이상기후를 경험할 것으로 전망
- 산불, 홍수, 열대성 폭풍, 가뭄, 열파, 작물 생산 부진(Crop Failure) 등을 대표적인 이상기후 현상으로 보고 있음

11 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

1. 미국

국가 기후 회복력 프레임워크
(National Climate Resilience Framework))

의의

보다 심각해져가는 이상기후 문제에 효율적으로 대응하기 위한 연방정부 전략

- 바이든 행정부 임기 내내 강조하고 있는 환경정의에 바탕을 두어 수립
- 기후변화에 대한 취약성이 높은 커뮤니티 보호에 주안점
- 기후 회복력을 대폭으로 증진시키기 위해 자본, 투자, 기술혁신을 집약

개요

- 계획 및 관리에 기후 회복력을 포함
- 급작스러운 기후 충격과 만성적인 스트레스 요인에 대한 건축환경의 회복력 제고
- 자본/투자/혁신을 활용한 기후 회복력 스케일 업
- 지역사회가 기후 위험을 평가하고 가장 적합한 기후 회복력 해법을 개발하는데 필요한 정보 및 자원 지원
- 토지와 수역을 지속가능하게 관리하여 회복력을 강화하고 다양한 혜택 제공
- 지역사회의 회복력 제고 및 안전/건강/경제 강화

미국 전역의 기후 회복력 강화를 위한 투자 계획

상기 국가 기후 회복력 프레임워크를 촉진하기 위한 60억 달러 규모의 투자 계획으로, NCA5 공개와 함께 공표

- (미국 전력망 강화) DOE에서 초당적 인프라 법(BIL)를 기반으로 추진되는 미국 전력망 현대화 조치의 일환으로 이상기후 및 자연재해로부터의 전력망 피해 저감 조치에 투자(39억 달러)
- (환경 정의의 진전) EPA가 인플레이션감소법(IRA)에 기반한 Environmental and Climate Justice Community Change Grant의 일환으로 지역사회의 기후 회복력 증진 조치에 투자(20억 달러)
- (지역사회로의 홍수 위험 저감) 연방긴급관리청(FEMA)가 BIL을 기반으로 추진하는 Swift Current 이니셔티브의 일환으로 홍수 피해자들을 신속하게 지원할 수 있는 조치에 투자(3억 달러)
- (기후 회복력 증진) BIL에 기반하여 서부 지역 가뭄 회복력 업그레이드를 위한 수자원 인프라 투자(1억 달러) 등
- (보전으로의 투자) 국립공원청 등 중요 생태계 회복력, 복원(1.66억 달러) 및 보조금(1.4억 달러)_ 투자

12 |

... 12

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

1. 미국

국립연구재단(NSF)

회복력 있는 행성 건설
(Build a Resilient Planet)

의의

FY2025 예산요구안에서 NSF의 4대 테마 중 하나로 설정

- (국가 및 경제 안보를 위한 유망 산업의 진전) 인공지능, 바이오테크놀로지, 첨단 제조, 양자정보과학(QIS), 마이크로 일렉트로닉스 및 반도체, 첨단 무선통신 등
- (회복력 있는 행성 건설) 청정에너지기술 및 미국 글로벌 변화 연구 프로그램 등
- (광범위한 기회 창출) 히스패닉, 흑인 등 인력양성 지원 등
- (연구 인프라 강화) 중/대규모 연구장비 구축 및 유지관리비 지원 등

세부

- 청정에너지기술 : 5억 달러
- 미국 글로벌변화연구프로그램 : 8억 9,718만 달러
※ 지역사회에서의 기후 위해 요소 및 재난 회복력 증진 노력 및 기술개발 지원, 기후변화가 인간 건강에 미치는 영향 연구, 극한 환경 대응에 대한 새로운 접근 강조
- GHG 연구 : 6,950만 달러 (※ 메탄 중점)
- 기후 분야 국가 디스커버리 클라우드 : 3,000만 달러
- FORECAST : 1,500만 달러

※ 출처 : NSF(2024)

13 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

2. 영국

제3차 국가 적응 프로그램
(3rd National Adaptation Programme, NAP3)

- 기후변화법(Climate Change Act(2008)에 기반하여 5년마다 수립되는 기후변화 적응 계획으로, 2023년에 제3차 프로그램 발표('23~'28)
- 제1~2차 NAP 과는 달리 '기후변화위험평가(CCCA)'에서 확인된 리스크 목록 포함
- 하기 분야에 주안점
 - 자연환경 보호
 - 기업의 기후변화 대응 지원
 - 인프라 조정(전력망/철도 등)
 - 건물 및 주변환경 보호
 - 공중보건 및 지역 사회 보호
 - 영국에 대한 국제적 영향 완화
- 재해간 상호작용/상호의존성을 고려하지 않을 경우 적응이 미비할 수 있을 가능성을 지적
 - 환경 디지털 트윈, AI 등을 활용한 기후 및 기후영향 모델링 추진 명시
 - DSIT에 영국에서 가장 중요한 통신 인프라와 부문 간 상호 의존성에 대한 정확하고 이해 기반 구축
- 기후변화의 영향은 지역에 따라 다르게 나타나므로, 각 주체들이 정보에 입각하여 최선의 방법에 대해 결정을 내리는 것을 중요시하고 지방정부의 역할 강조

CCC(2024), Independent Assessment of the Third National Adaptation Programme (NAP3)

- 현재 영국에서 진행되는 기후위험을 해결하기 위한 속도 및 도전성 부족을 비판
- 통합된 비전하에 구체적이면서도 측정가능한 목표와 결과 설정 필요성을 지적

14 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

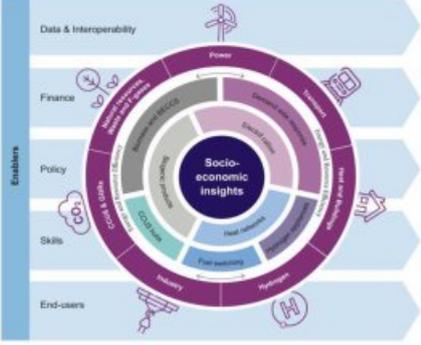
2. 영국

정부 과학국 (GO-Science)

영국연구 혁신기구 (UK Research and Innovation; UKRI)

기후 '기후적응연구혁신위원회(CARIB) 구성'

- '21년 새로운 LEDS 'Net-Zero Strategy'와 함께 발표한 '넷제로연구혁신전략(Net-Zero Research and Innovation Framework)'의 거울상으로서의 연구혁신전략 수립 추진
 - DSIT의 수석과학고문관을 필두로하여, Defra 등 적응관련 부처 소속과학자문관과 외부 위원(석학급)으로 구성
 - 상세 내용은 공개되지 않았으나, NZRIF와 마찬가지로 세부 시스템간 연관성을 중시한 통합적 접근 방식이 적용될 것으로 전망
- '23년 하반기 발표 예정이었으나, 현재 미공표 상태



<영국 넷제로연구혁신프레임워크('21) 상의 통합적 접근 사례>

미래 의사결정정보를 지원하기 위해 ST/ 디지털 트윈 등 혁신기술을 활용하는 기초연구 투자 강화('24)

- National Space Strategy('21)의 일환으로 추진되고 있는 '자연환경을 위한 디지털 트윈 역량(Twinning Capability for the Natural Environment, TWINE)' 프로그램에 280만 파운드 투자(15개월)
 - 해양 시스템/모델에 적합한 해양연안 생태계
 - 기상예보 지원 해양모델을 위한 해안 클라이더 관측
 - 연구용 항공기 비행 운용
 - 요크셔 내 헐 및 이스트 라이딩 지역의 홍수 예측
 - 파랑 피해 경고 틀을 생성하기 위한 월파관측

환경 회복력과 의사결정을 지원하기 위한 지역 기반 R&D 프로젝트를 선정하여 2430만 파운드 지원('24.7)

- 홍수와 침식에 의한 매립지 폐기물 유출, 기후변화적응 과제 대응에서 지역의 중요성 이해 등에 대한 학제간 연구 수행하는 5개 프로젝트 선정

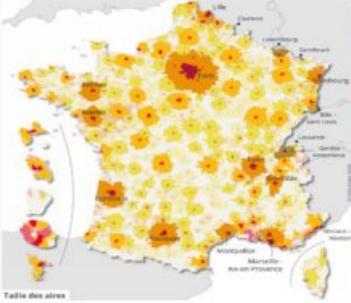
NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

3. 프랑스

피해현황

서안해양성 기후/지중해성 기후/대륙성 기후 등 다양한 기후대 영향, 이상기후의 발생빈도 및 피해규모도 확대 중

- 수시로 발생하는 대표적인 자연재해는 홍수이나, 최근 폭염, 폭풍 등 다양한 이상기후를 겪고 있는 상황
 - (홍수) 대부분 도시 및 도시 인근 지역이 위험 구역으로 구분되어 있으며, 약 1,710만 명이 노출된 것으로 평가
 - (폭염) 2050년에는 대부분의 대도시가 여름 최고 온도 40도 이상으로 평가되고 있으며, 강도가 예상보다 빠르게 강화되는 추세
- 2022년에는 홍수, 가뭄, 산불 피해가 동시에 발생하였으며 피해 규모는 약 100억 규모 수준에 달할 것으로 추정중



※ 출처 : INSEE(2020)



※ 출처 : Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires 홈페이지



※ 출처 : Le Parisien(2020)

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

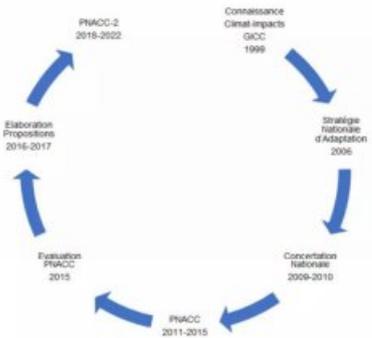
3. 프랑스

국가 기후변화 적응 계획
(Le plan national d'adaptation au changement Climatique; PNACC)

국가전체 기후변화 적응 방향을 제시하는 적응 분야 최상위 계획

2011년 1차 계획 수립 이후 2차 계획이 종료된 상태이며, 현재 3차 계획 수립 중('24년 하반기 예정)

- (1차 계획(2011~2015)) 인명 및 재산보호, 리스크에 대한 불평등 방지, 비용절감 및 이익 극대화, 자연환경 보존 등의 목표를 설정하고 20대 부문에 걸쳐 84개 추진과제(actions)-248개 대응조치(measures)를 제시
- 횡단적 행동, 보건, 물, 생물다양성, 자연재해, 농업, 임업, 어업 및 양식, 관광, 에너지 및 산업, 교통 인프라 및 서비스, 도시 계획 및 건축환경, 정보, 교육훈련, 연구, 재정 및 보험, 연안, 산악지대, 유럽국제적 행동 및 거버넌스 등



- (2차 계획(2018~2022)) COP21(2015) 이후 파리협정과 궤를 같이하기 위한 목적으로 수립된 계획
 - 거버넌스, 인식 및 홍보, 예방 및 회복력, 경제적 부문, 자연과 환경, 국제 등 6개 부문으로 구성
- (3차 계획 수립 과정) 등 계획 수립과정에서 2100년까지 4도씨 상승이라는 극한 시나리오를 전제로 하여야 한다는 내부 논의 존재
 - 적응 수단이 구체적으로 갖춰지지 않을 경우 프랑스의 GDP는 6.5~13.1% 감소할 것으로 전망하면서 건축/수송, 도시녹화, 막대한 강수량을 소화하기 위한 빗물수집 네트워크의 진화 등의 구체적인 조치가 필요할 것으로 보고 있음

※ 출처 : 프랑스 생태전환/영토통합부

17 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

3. 프랑스

France2030 및 혁신가속화전략
(Strategie d'acceleration pour l'innovation)

프랑스의 산업 경쟁력 확보를 위한 장기 전략

- 프랑스가 리더로서의 지위를 확립할 수 있는 6대 중점 분야를 선정하고 '22년부터 총 300억 유로 투자 계획
- 에너지전환 및 산업의 탈탄소화, 저탄소 수송, 농식품업/의약산업, 문화, 항공우주산업 및 해양 분야

France 2030을 실현하기 위한 부문별 전략

- 보건, 에너지/생태 전환, 디지털 기술 등 3대 분야 19개 부문을 설정
- 에너지/생태 전환 분야에 가장 많은 수의 세부 분야를 설정(9개)
- 각 분야별로 TRL 1~4 단계를 담당하는 '우선순위 연구 프로그램 및 장비' 이외 실용화, 인력양성 등에 관한 방향성 및 추진과제 제시

혁신가속화전략 부문 구성 현황

부문	부문별 전략
보건(Santé)	디지털 보건(Santé numérique), 혁신적 치료책인 바이오치료 및 바이오 제품(Biothérapie et bioproduction des thérapies innovantes), 신종 전염병-화학적/생물학적/방사선적 위협(Maladies infectieuses émergentes - menaces nucléaires radiologiques biologiques et chimiques)
에너지및생태적전환 (transition écologique et énergétique)	산업 탈탄소화(La décarbonation de l'industrie), 생태적 전환에 기여하는 농업 장비 및 지속가능한 농업 시스템(Systèmes agricoles durables et équipements agricoles contribuant à la transition écologique), 지속가능한 연료 및 바이오매스 기반 제품(Produits biosourcés et carburants durable), 탈탄소 수소의 개발(Développement de l'hydrogène décarboné), 에너지 시스템을 위한 첨단 기술(Technologies avancées pour les systèmes énergétiques), 수송의 탈탄소화 및 디지털화(Digitalisation et Décarbonation des Mobilités), 재활용 재료의 재활용 및 재통합(Recyclages et réincorporation de matériaux recyclés), 지속가능하고 건강에 유익한 식품(Alimentation durable et favorable à la santé), 혁신적 건물 및 지속가능한 도시(Ville durable et bâtiments innovants)
디지털 기술 (Technologies numériques)	클라우드(Cloud), 5G와 통신망의 미래기술(5G et futures technologies de réseaux de télécommunications), 사이버 보안(Cybersécurité), 양자 기술(Technologies quantiques), 인공지능(Intelligence artificielle), 프랑스의 문화, 창조산업(Industries culturelles et créatives françaises), 교육과 디지털(Enseignement et numérique).

※ 출처 : Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique 홈페이지 및 KIP(2023) 재인용

3. 프랑스

우선순위 연구 프로그램 및 장비 (Programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR))

France 2030의 일환으로 추진되는 TRL 1-4 단계 연구 프로그램

- 혁신가속화전략에 기반한 국가전략 PEPR(PEPR adossés aux stratégies nationales d'accélération)과 신규 출현 영역 혹은 초기단계 혁신을 지원하기 위한 탐색적 PEPR(PEPR Exploratoires) 등 2개 유형으로 운영
 - PEPR마다 차이는 다소 차이는 있지만 대부분 주관기관이 담당하는 '타겟 프로젝트 (projet ciblé)'와 연구장비 인프라 프로젝트, 개방형 공모 과제 등 3개 범주로 구성하여 운영
 - 해당 연구 주제에 관한 연구 커뮤니티간 소통을 활성화하고, 연구장비 인프라를 용이하게 활용될 수 있는 방향으로 프로그램이 구성됨

적응 관련 PEPR

프로그램명(약어)	구분	수행내용	주관기관	예산
VilleDurable	국가전략 PEPR	절제(la sobriété), 회복탄력성, 포용 및 도시의 생산성 등 4개 도전과제에 대한 해결책 마련	CNRS, université Gustave Eiffel	4,000만 유로
SVA	국가전략 PEPR	농업 전환 및 기후변화문제 대응을 위한 선진적 식물 육종	INRAE	3,000만 유로
FORESTT	국가전략 PEPR	온대/열대림의 적응 관리, 복원 및 보존 경로 연구	INRAE, CIRAD, CNRS	4,000만 유로
OneWater	탐색적 PEPR	수자원 적응 역량 및 회복력 강화 해결책 마련	BRGM, CNRS, INRAE	5,300만 유로(10년간)
IRMa	탐색적 PEPR	전지구적 변화에 보다 회복탄력성 있게 대응할 수 있는 사회를 위한 리스크 통합 관리	BRGM, CNRS, Université Grenoble Alpes	5,194만 유로(8년간)
SOLU-BIOD	탐색적 PEPR	자연기반해결책(NbS)을 활용한 생물다양성 유지	CNRS, INRAE	4,420만 유로
SousSol	탐색적 PEPR	심토의 지속가능한 최적사용을 위한 기술-경제-사회-규제적 대응방안 마련	BRGM, CNRS	7,140만 유로
TRACCS	탐색적 PEPR	기후 서비스 개발 및 기후 모델링 기법 혁신	CNRS, Météo-France	5,100만 유로
BRIDGES	탐색적 PEPR	기후-해양-지열 등 사회 생태 시스템 모델링을 통한 기후변화 영향 및 분쟁 위험지역 취약성 분석 및 복원력 확보	CNRS, IFREMER, IRD	2,831만 유로

※ 출처 : 프랑스 국가연구기구(ANR) 홈페이지 내용을 연구진 정리

3. 프랑스

○ (예시) PEPR '지속가능한 도시 및 혁신적 건물'

- 다양한 정책적 조치에도 불구하고 지속가능한 도시 구현은 여전히 미흡 → 관련 이슈에 대한 **과학교육 커뮤니티**의 분열, 전세계적인 규모임에도 지역적 규모로 가능한 해결책, 도시현상에 대한 충분한 규명 부족 등 이슈에 대응하기 위해 추진
- 하나의 기초/원천연구 프로그램 내에서 기후과학/사회과학을 통해 지득된 인사이트들을 사회 현안 해결책 마련으로 빠르게 연계하는 구조

[PEPR VilleDurable 세부 구조]

연번	도전과제(원어명)	세부주제
1	기후변화와 생물다양성 보전 (changement climatique et préservation de la biodiversité)	기후변화, 시민참여, 저탄소전략 평가, 저탄소 지역, 확장영향분석(Analyse des impacts du passage à l'échelle), 멀티 스케일 거버넌스, 도시에서의 생물다양성 개발 및 보전 등
2	회복탄력성 있는 도시를 향하여 (vers les villes résilientes)	취약성 분석, 재해 예방, 위기 관리, 부문별 자연적-인적 재해에 대한 모니터링-평가 플랫폼, 환경 모니터링 등
3	절제/검소한 도시 (villes sobres et frugale)	플릭스 평가, 영향평가, 거버넌스, 도시 및 건축을 위한 순환경제 및 단락회로(circuits courts), 지속가능한 영토 혁신, 사례별 인과관계 모델링 등
4	포용적이고 형평성 있는 도시를 향하여 (vers des villes inclusives et équitables)	불평등 결정요소, 시민참여, 도시지역에서의 멀티 스케일 거버넌스, 디지털 기술과 도시혁신 등
5	지속가능한 도시, 건강 및 웰빙 (ville durable, santé et bien-être)	건강(도시지역의 건강의 정의, 도시지역 건강의 역사적 경로 등), 재난재해(이동성·소음 등 인간 행동으로 인한 재난재해, ITS 등 기술시스템 관련 재난재해, 조직으로 인한 재난재해, 식이·흡연 등 행동으로 인한 재난재해, 기후변화로 인한 재난재해(토양의 투수성 저하(imperméabilisation des sol), 지하수 오염, 홍수 등)
6	긴급 과제 (Les « défis émergents »)	도시화된 사회와 환경에서의 미약한 변화·적용 신호에 개방적으로 접근할 수 있는 프로세스 도출 등

※ 출처 : ANR(2023) 토대로 연구진 정리

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

3. 프랑스

● 특이사례 : 에코트론(Ecotron)

- 다양한 인자가 상호작용하는 기후를 모사하는 연구장비 인프라로, 생태계의 실제적인 기후변화 대응 기작을 이해 가능하도록 지원
 - * 실제 환경 또는 완전한 인공 기후환경을 제어해야 하는 특성상 난이도가 높으며, 관련시설을 갖추기 위한 자금 부담이 큼
- 과거 데이터에 의존하지 않고 다양한 변인을 조작함으로써 예측하기 어려운 미래환경 변화의 영향을 사전에 가능하여 대응전략을 세울 수 있다는 점에서 타 기후변화 평가 및 예측기술과는 차이가 존재
- 대표적인 에코트론은 프랑스 국립학술원(CNRS)의 에코트론(몽펠리에, 일 드 프랑스)로 거론되며, 우리나라에서도 과기부 '디지털 기반 기후변화 예측 및 피해 최소화 사업' 을 통해 구축 중



〈몽펠리에 에코트론-Macrocosm〉

※출처 : la depeche(2016)



〈일 드 프랑스 에코트론-Système Ecolab〉

(※ 출처 : CEREEP Ecotron IDF 홈페이지)

21 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

3. 프랑스

프랑스 감사원,
2024년도
공공연차보고서
(24.3)

2024 연차보고서 주제 : 기후변화 적응을 위한 공공행동

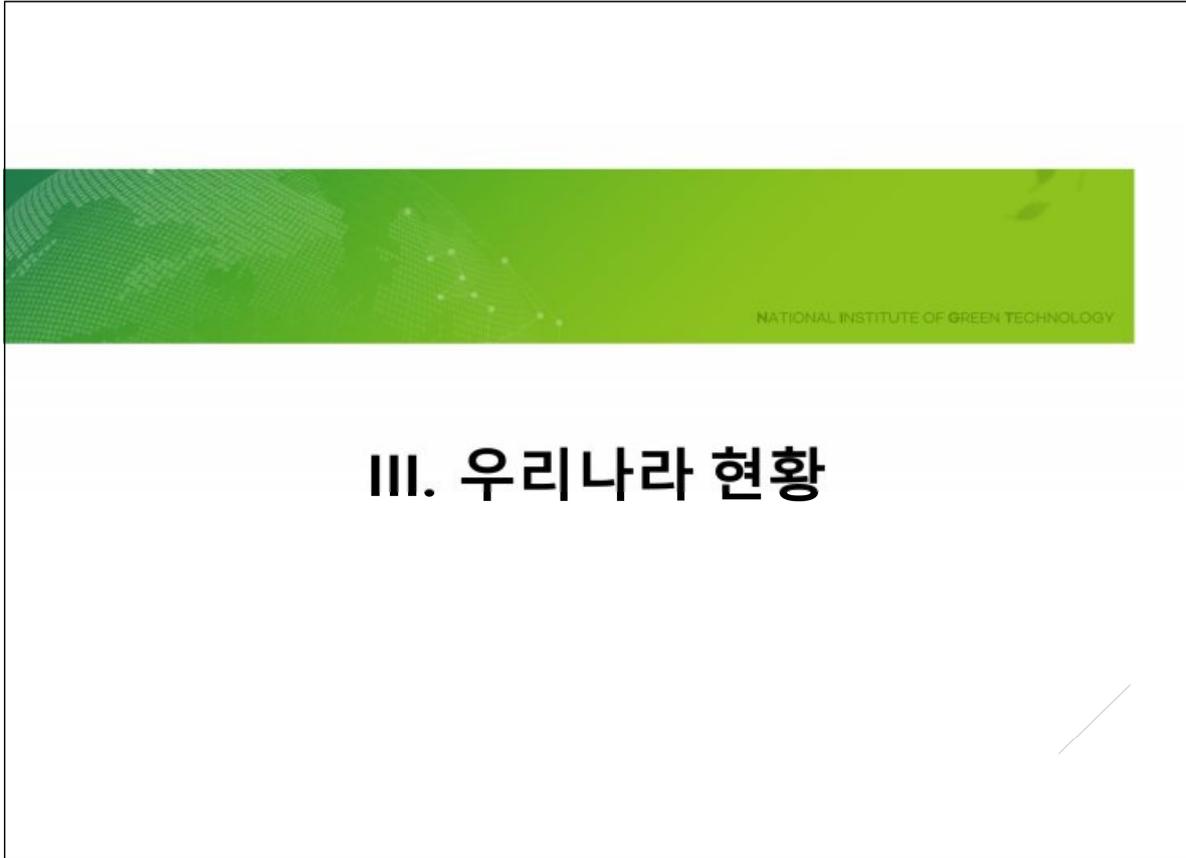
- PEPR을 통해 수행되는 기후변화 적응 정책에 긍정적, 예산 증액 권고
- 이외 기후변화 적응 분야 공공연구 관련 부처들에게 아래 사항을 권고
 - (고등교육연구부) 국가기후변화 적응 계획을 지원하는 국가적응연구정책 수립
 - (고등교육연구부, 생태전환영도통합부, 건강, 도시, 해외 영토, 기후변화 감축/적응 이슈가 중첩되는 지역에 중점을 두어 기후변화 적응 연구지원 재조정
 - (고등교육연구부) 지역 기후 전문가 그룹을 구축하고 생태전환부에 의해 조직되는 네트워크에 포함
 - (고등교육연구부, 생태전환영도통합부) 기후변화 적응과 그 외 기후/생물다양성 관련 과학 주제에 모든 당사자들에게 활용가능한 연구 대시보드와 전문지식 지도 마련

국립환경
연구동맹(Allenvi),
'프랑스
재난과학의
통합 및 구조화를
향하여'
(24.7)

Allenvi 내 주요 횡단 이슈 그룹 GET의 2018~2024년 활동 결과 공개

- PEPR 출범은 긍정적이나, 여전히 관행적으로 분야별 사일로가 견고하여 전문가 커뮤니티간 상호작용은 여전히 제한적
- 통시적 관점에서 위험의 체계적 특성을 고려하여 위험의 기원을 이해, 위험의 다양한 측면을 이해하기 위해 생물학적, 사회적, 수학적 측면에서 접근할 수 있는 학문을 집결/통합, 전체 위험 사슬 고려, 이해관계자와 상호작용 필요성 지적
- 이를 바탕으로 다음과 같은 과제를 제시
 - 지속가능성과 내에서의 재난에 대한 개별적 취급
 - 재난 개념에 대한 보다 정교한 정의, 공식화, 프레임 구성
 - 재난의 사회적 측면을 보다 효과적으로 통합
 - 재난과 불확실성 사이의 연관성에 대한 연구
 - 재난의 일시적 속성 이해
 - 재난 간 상호의존성 초점
 - 과학적 전문지식의 조직화 및 보급 개선
 - 의사결정을 위한 지식 수집
 - 기술적 재난 평가 사슬 개선

22 |



NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

III 우리나라의 이상기후 현황

2023년 이상기후 보고서

※ 출처 : 관계부처 합동(2024)

- 2023년에는 이상고온, 가뭄, 집중호우, 극심한 기온변동폭 등을 대표적인 이상기후로 도출
- 그 외 전방위적으로 여러 분야에서 사회/경제적 피해가 보고
 - (호우) 여름 호우로 53명 사망
 - (폭염) 온열질환자수가 전년대비 급격히 증가하고 양식 생물 대량폐사 피해 발생
 - (가뭄) 건조 현상으로 인해 대형산불이 10년 평균대비 3배 이상 많은 건수 발생, 제한급수 등 건수가 2009년 대비 3배
- 특히 남부지방에서는 역대급 기상가뭄 곧바로 여름철 집중호우가 발생
 - 프랑스의 경우와 같이 복합재난의 형태로 발생하는 경우에 대비할 필요성 부상

국가 기후 리스크 평가

구분	부문	리스크	
1차 부문	물 관리 부문	1. 물 관리 부문 (9개)	
		생태계 부문	2. 생태계 부문 (20개)
			국토·연안 부문
	농수산 부문		
		건강 부문	
			산업·에너지 부문

〈6대 부문 83개 리스크〉

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

우리나라의 기후변화 적응 정책

**적응정책
국내동향**

☀️ 👤

📄 국가 기후변화 종합계획(08.12)
6대 부문*별 기후변화 적응 프로그램 추진
*생태계, 물관리, 건강, 재난, 적용산업에너지, SOC
※ 계획기간 : '09~'30

📄 국가 기후위기 적응 강화대책(23.6)
국가 기후위기 리스크 재정립
4대 정책 마련
※ 계획기간 : '23~'25
적응 강화대책 세부시행계획(23.9)

Plan 1 → Plan 2 → Plan 3

📄 국가 기후변화 적응대책
[제1차, '11~'15] 7대 부문/적응기반 대책마련('10.10)
[제2차, '16~'20] 4대 정책/이행기반 마련('15.12)
[제3차, '21~'25] 3대 정책 마련/적응 주류화 실현('20.12)

R&D 관련

🧩

기후변화대응 기술개발 촉진법(22. 6. 10 개정, '22.10.22 시행) 상 적응 관련 명시
제3차 국가 기후위기 적응 강화대책 세부시행 계획(23.9) 세부이행과제 재정투자계획(23~'25)
제1차 기후변화 대응기술개발 기본계획(22.12) - 전략 2 기후변화 적응

- 2-1. 자연/생태계 회복력 강화
- 2-2. 선제적인 감염병 및 식량안보 대응
- 2-3. 기후 적응형 도시/인프라 구현
- 2-4. 과학기술기반 기후변화 감시/예측 및 영향평가
- 2-5. 과학기술기반 재난/재해 관리

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

우리나라의 적응 R&D 투자

<감축 & 적응 분야 국가 R&D 투자현황 ('18~'22)>

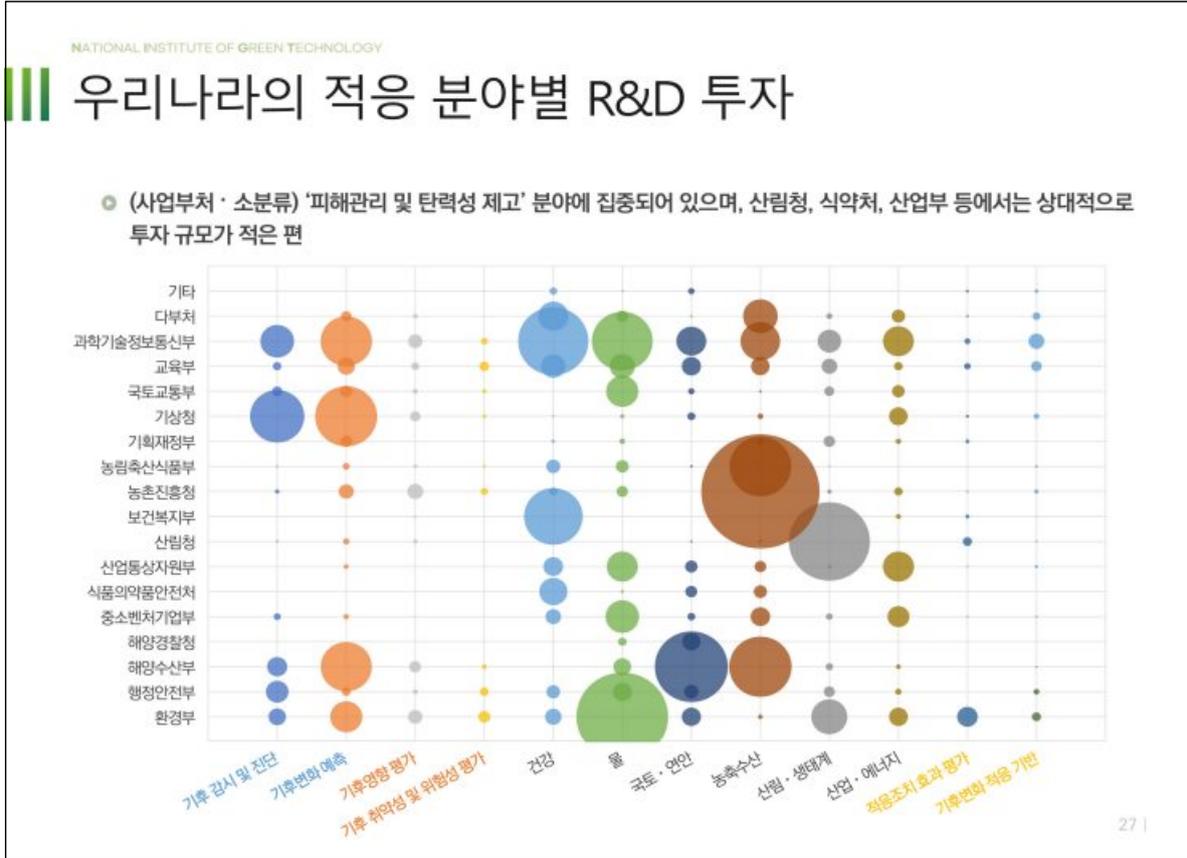
분야	2018	2019	2020	2021	2022	2023(9월)
01. 감축	17,148	17,974	20,947	23,853	29,072	+21.88
02. 적응	7,877	8,118	9,190	10,100	10,001	-0.99

<부처별 투자>

● (사업 부처) 과기부 투자 비중(18%)이 가장 높고, 다음으로 농촌진흥청(16%), 환경부(14%), 해양수산부(13%) 순

부처	투자액
과기부	~8,500
농촌진흥청	~6,500
환경부	~5,500
해양수산부	~5,000
기타 부처	~1,000

26 |



NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

IV. 시사점

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

IV 시사점

시사점

비전의 구체화와 측정가능한 목표를 설정하고, 적응 분야 국가 계획을 지원할 수 있는 국가 연구개발 전략 수립 형태로 적응 분야 연구개발 과제 명확화/구체화 필요

- 탄소중립 분야에 대해서는 임무지향적 혁신정책 관점에서의 혁신정책이 존재하나, 적응 R&D에 대해서는 이에 상응하는 정책 부재
- 주요국에서는 Net-Zero 전략에 상응하는 적응연구개발 전략을 수립 혹은 검토중인 상황과는 대조적

국가 정책 내 극한 상황을 보다 적극적으로 고려할 필요

- 프랑스는 새로운 국가기후변화적응계획(PNACC-3) 과정에서 온난화 속도가 빨라지고 있어 이미 +4도씨 시나리오에 대응하는 방향이 현실적이라는 판단을 내리고 있음
- 극한 상황을 미리 가정하여 대비함으로써 이상기후 등 전례 없는 상황에 대한 대응 자세를 강화할 필요

혁신기술을 활용하여 현상 해석을 고도화할 수 있는 R&D에 대한 적극적인 지원 필요

- 위성 등 우주기술, 디지털 트윈, AI, 에코트론 등
- 우리나라에서도 최근 과기부를 통해 적응 관련 R&D 신규사업이 추진되는 등 강화하고 있으나, 시점이 다소 늦으며 피해 관리 및 탄력성 제고에 집중하는 경향

29 |

NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

IV 시사점

시사점

단일 기술 분야 차원의 관점을 넘어 시스템 간의 상호연관성을 이해하기 위한 노력을 강화할 필요

- 인간 사회 시스템 내 세부 시스템 간의 연관성, 인간-자연 시스템간 상호연관성 등에 대한 탐색이 활성화
- 다른 환경적 요인간 상호 연관성, 세부시스템별 상호 연관성 고찰에 대한 기반이 약한 상태에서의 기술개발로는 복합적으로 발생하는 특성이 있는 기후위기에 대응하기에는 한계가 있음

현상 해석의 정확도를 강화하기 위한 기초연구를 강화하는 한편, 이 과정에서 지득한 정보를 해결책 마련을 위한 R&D로 빠르게 연계하는 구조를 형성할 필요

- 기존 프로그램의 범위 내에서 회복력 테마를 중심으로 새로운 접근방식을 시도하거나(미국), 프랑스와 같이 산업정책의 일환으로 중점분야에 재원을 집중하는 플래그쉽 프로그램 형태로 투자 중(PEPR)
- 우리나라에서도 최근 과기부를 통해 적응 관련 R&D 신규사업이 추진되는 등 강화하고 있으나, 시점이 다소 늦으며 피해 관리 및 탄력성 제고에 집중하는 경향

예측불가능하고 만병통치약(Panacea)가 존재하지 않는 적응의 특성상, 새로운 상황에 대응하기 위한 연구 커뮤니티간 교류를 활성화할 필요

- 시스템간 상호연관성 이해를 위해서 다양한 학문의 참여/통합이 필수불가결
- 지역 기반 해결책 마련을 가속화하기 위해 지역 단위의 전문가 그룹을 육성하고, 교류를 활성화할 필요

30 |

국회기후변화포럼 세미나

기후위기 적응력 향상을 위한 기술과 R&D 활성화 방안

국내외 기후변화 적응 정책 및 R&D 현황 분석

감사합니다



NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

▶▶ 주제발표



디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화

이 정 민

토지주택연구원 도시기후환경연구센터장

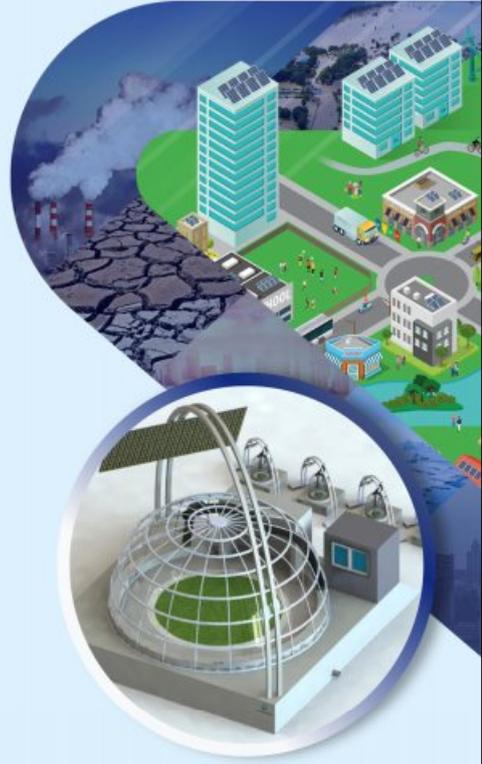


국회 기후변화포럼 세미나

기후위기 적응력 향상을 위한 기술과 R&D 활성화 방안

디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화

LH토지주택연구원
도시기후환경연구센터
이 정 민

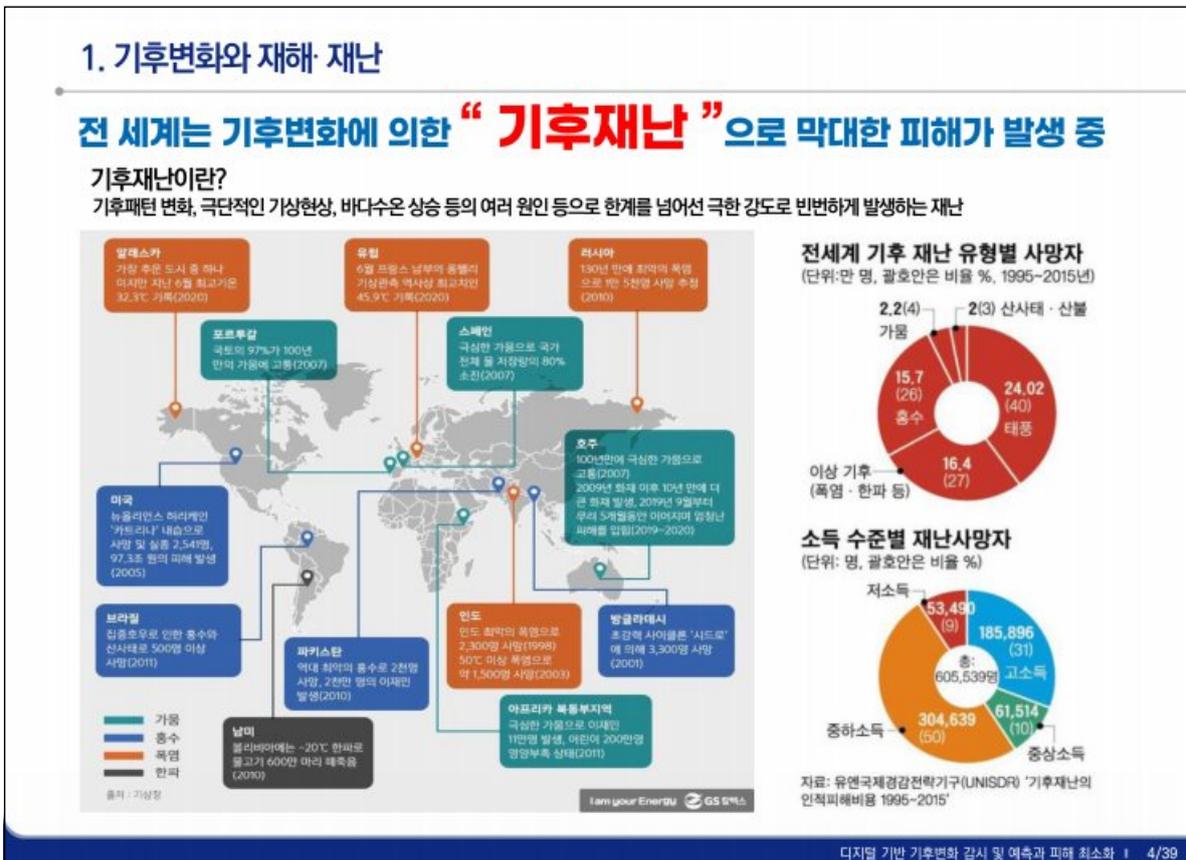


디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화

목차 | Contents

- CHAPTER I 기후변화와 재해·재난
- CHAPTER II 디지털 기반 기후적응도시
- CHAPTER III 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술
- CHAPTER IV R&D 활성화





1. 기후변화와 재해·재난

전세계 빙하 28조톤 해빙, 해수면 상승으로 침수 위험 증가

알래스카 Muir-Riggs 빙하



오스트리아 Pasterze 빙하



1. 기후변화와 재해·재난

극한 기후현상에 재난관리 대응체계 필요성 급증

< 2010, 2011년 중국 대 홍수 >

100년만의 폭우로 1,800명 이상 사망, 약 15조원 피해



< 폴란드 2010년 홍수 >

160년만의 대홍수, 피해액 4조 이상



< 2011년 호주 퀸즐랜드 100년만의 홍수 >

20만 명 피해, GDP 1%수준의 경제적 피해



< 2022년 중국 최악의 가뭄 >

4천45ha의 농작물이 가뭄으로 약 6조3천억원 손실



< 미국 역사상 최악의 홍수(켄터키주)와 산불(캘리포니아) >

켄터키 홍수로 37명 사망 수백명 실종, 캘리포니아 약 208km² 불탔으나 가뭄과 폭염으로 진압률 0%



1. 기후변화와 재해·재난

국내 또한 기후재난 피해가 급속도로 증가함에 따라 적응 대책 마련이 필수

파멸적인 '폭염'..조기사망 수십만 명·사회적 비용 1백조
(MBC, 2024.08.15)

"예전의 장맛비가 아니다" 강력 폭우 52% 급증
(MBC, 2024.07.08)



2년에 한 번꼴로 나타난 '기상 가뭄'...'기후변화 영향'
(MBC, 2024.01.26)

지구온난화의 역설...2000년대 최강급 북극 한파
(연합뉴스TV, 2021. 01. 07)

1. 기후변화와 재해·재난

국내에서도 기후변화로 인한 재난·재해 피해 급증

2022년 8월 8일 시간당 100mm 이상 폭우, 동작구 신대방동 시간당 141.5mm 80년만 최고



반지하 침수 피해 사망자 발생시 침수위

<2022년 8월 8일 대폭우 침수피해>

포항시 남구 인목동 주차장 사망자 피해강수량 약 400mm, 시간당 110mm



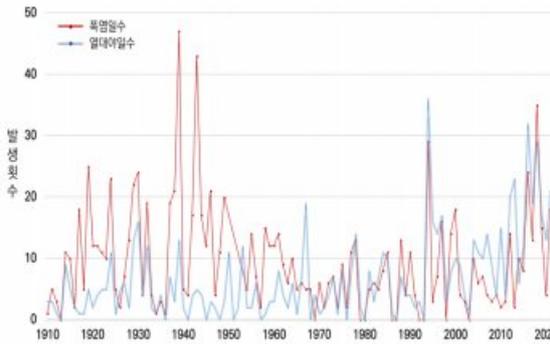
<2022년 태풍 힌남노>



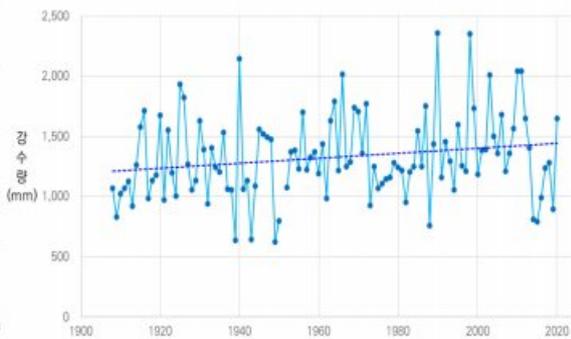
1. 기후변화와 재해·재난

급변하는 기후영향 피해 예측&감시 및 최소화 방안 마련 필요

- 기후변화로 인한 영향에 의해 최근 50년간 폭염 일수와 열대야 일수는 꾸준히 증가하고 있음
- 그리고 서울의 연평균 강수량은 지난 100년간 상승세를 나타내고 있음
- 또한, 강우 계급별 강우 횟수를 분석한 결과, 초과강우 사상 횟수의 증가가 뚜렷함



[서울 지역의 폭염 일수 및 열대야 일수의 경년변화]



[서울 지역의 연평균 강수량의 경년변화]

2. 디지털 기반 기후적응도시

기후적응도시와 도시문제... 그리고 지속가능성 및 재난관리

디지털 기후적응도시
&
스마트 디지털 기술

디지털 트윈, AI기술과 같은
정보통신기술(ICT) 디지털 데이터를 활용해
도시 문제를 해결하고 실시간 재해, 재난 감시를 통해
시민 안전을 향상시키는 **지속가능한 기후재난 적응도시**

기후변화로 인한 도시 문제?

구분	문제
교통	교통정체, 주차
에너지	탄소배출, 전기
재해, 재난	홍수, 폭염, 가뭄, 한파 등
건강	건강관리, 고령화
환경	수질, 대기오염, 소음
사회	주거, 문화, 교육



2. 디지털 기반 기후적응도시

기후 변화 선제적 대응을 위해서는 “진단, 예측, 감시” 필수

코로나 19 K-방역은?

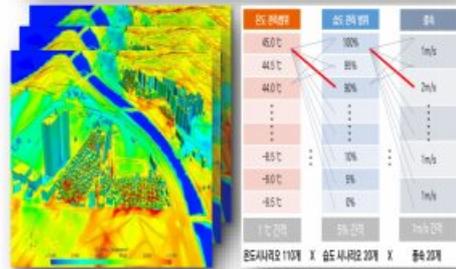
우리나라의 감염병 대응 사례

진단검사 → 역학추적 → 치료



기후적응 도시를 위해서는?
진단-예측-감시를 통한 선제적 재난 관리 필요

디지털 기후 **진단, 예측, 감시**
→ 데이터 공유 → 재난대응



2. 디지털 기반 기후적응도시

기후적응도시 재해, 재난관리를 위한 핵심 기술

디지털 스마트 기술을 활용한 재해, 재난 관리 시스템의 핵심 요소



2. 디지털 기반 기후적응도시

도시에서 폭염,한파, 홍수, 가뭄 등의 기후위기 요소를
예측하고 피해를 최소화하기 위한

“디지털 기술의 적용 & 활용” 방향은?



2. 디지털 기반 기후적응도시

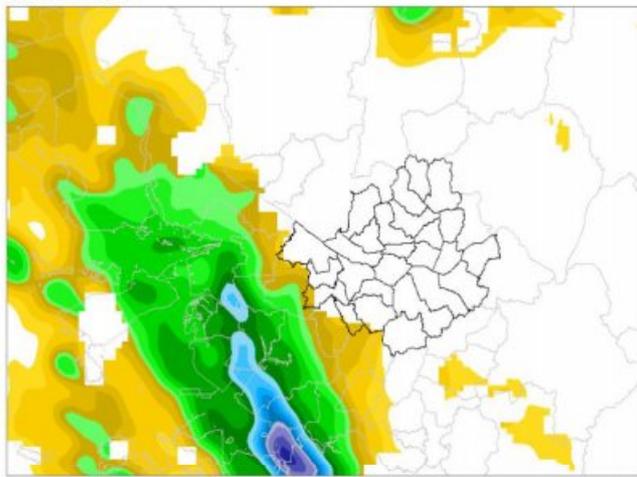
디지털 데이터 수집 체계 구축



[데이터 모니터링] 기상청 레이더 자료를 활용한 호우 이동 경로 및 예측 강우량 자료 생산의 예

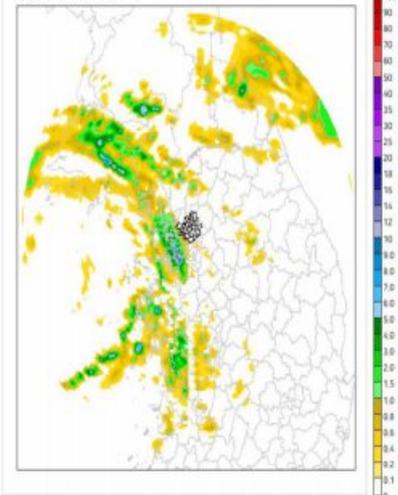
호우이동경로 (서울)

2020년 05월 19일 06시 10분



호우이동경로 (전국)

2020년 05월 19일 06시 10분

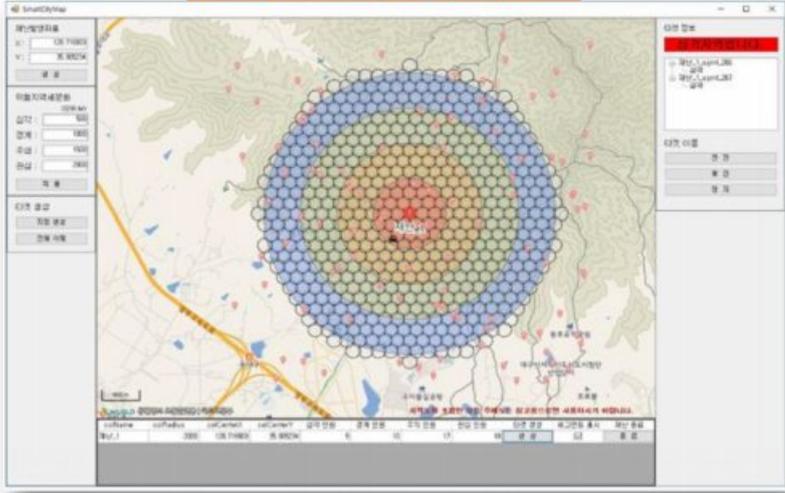


2. 디지털 기반 기후적응도시

기후변화 적응도시 시민 정보 공유 서비스 제공

[능동대응상황전파] 모바일/웹 시스템을 통한 실시간 재난 예·경보 데이터 확산 및 대응

상세 위치 기반 재해 예측 정보 제공





디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 | 19/39

2. 디지털 기반 기후적응도시(사례 소개)

한국국토정보공사(LX) 디지털트윈 플랫폼

- GIS 기반 홍수 범람, 산사태 등 재해로 인한 영향 피해 분석 정보 제공





디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 | 20/39

2. 디지털 기반 기후적응도시(사례 소개)

서울시 도시침수 예측 시스템

- 서울시 자치구별 실시간 및 시나리오 기반 침수예측 정보 제공

서울시 도시침수 예측 시스템

강우시나리오

출강우량	강우지속기간	강우시간분포
100mm	60분	3분위

침수위험지도

상세 침수정보

0.5m 이상 침수면적 [ha]

0 20 30 40 이상

0.0m 0.1m 0.2m 0.3m 0.4m 0.5m 0.6m

디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 | 21/39

2. 디지털 기반 기후적응도시(사례 소개)

광주광역시 디지털트윈 시스템

- 열섬, 미세먼지, 도시침수 등 도시문제 예측 및 해결을 위해 개발 중

디지털트윈기반 도시침수 대응시스템

침수시뮬레이션

침수 시뮬레이션 기서책

높이: 1.44m

수위: 0.54m

지하수도 시뮬레이션 기서책

침수 높이: 0.75m

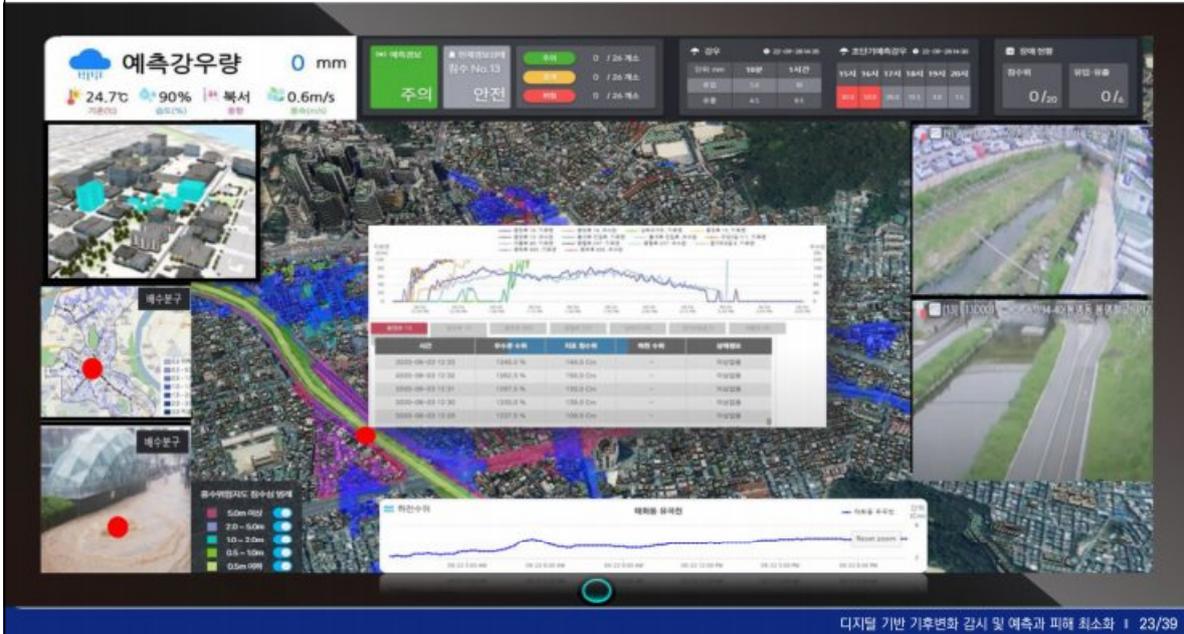
6/12

디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 | 22/39

2. 디지털 기반 기후적응도시(사례 소개)

AIoT 기반 도시 홍수 예측 대응 시스템 개발 및 실증

- 안양시 도심 침수 대응을 위한 AIoT 기반 침수 센싱, 분석예측, 능동제어 시스템 개발 및 실증



2. 디지털 기반 기후적응도시(사례 소개)

스마트시티 국가전략 프로젝트 (대구광역시)

- 상세 위치기반 도시홍수 상황인지 및 예측 정보 제공



계명대학교 - 도시홍수 상황인지 시스템

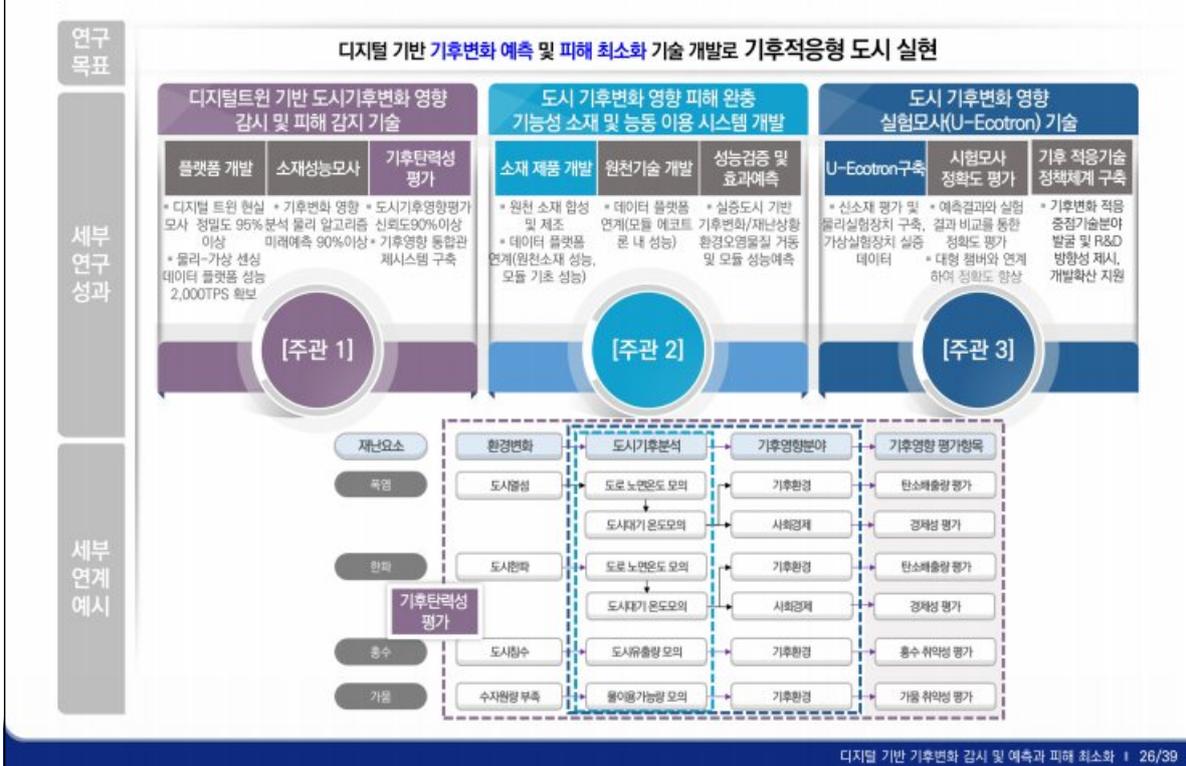
강우상황 | 1차원 홍수정보 | 2차원 침수정보 | 수위상황 | 홍수취약성 지도 | 산사태예경보



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개



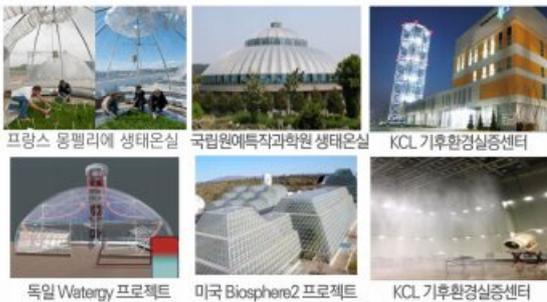
3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

[디지털트윈] 디지털트윈 기술은 **최적화**를 넘어 **자율화** 단계까지 진화하고 있음

- ▷ “연결된 사물(제품)은 모니터링(Monitoring), 제어(Control), 최적화(Optimization), 자율화(Autonomy)의 단계로 발전할 것”
- ▷ Harvard Business Review, “How Smart, Connected Products are Transforming Competition” Nov. 2014, Michael E. Porter

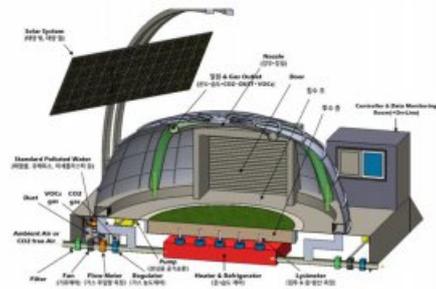
[Ecotron] 특정 or 자연환경조건 생태/환경 시험

- MIL STD. 810G
- IEC 60068 1-3(내열성, 내한성 등)
- KS C IEC 60068(내열성, 내한성 등)
- KOLAS 03.014(환경 및 신뢰성) 시험

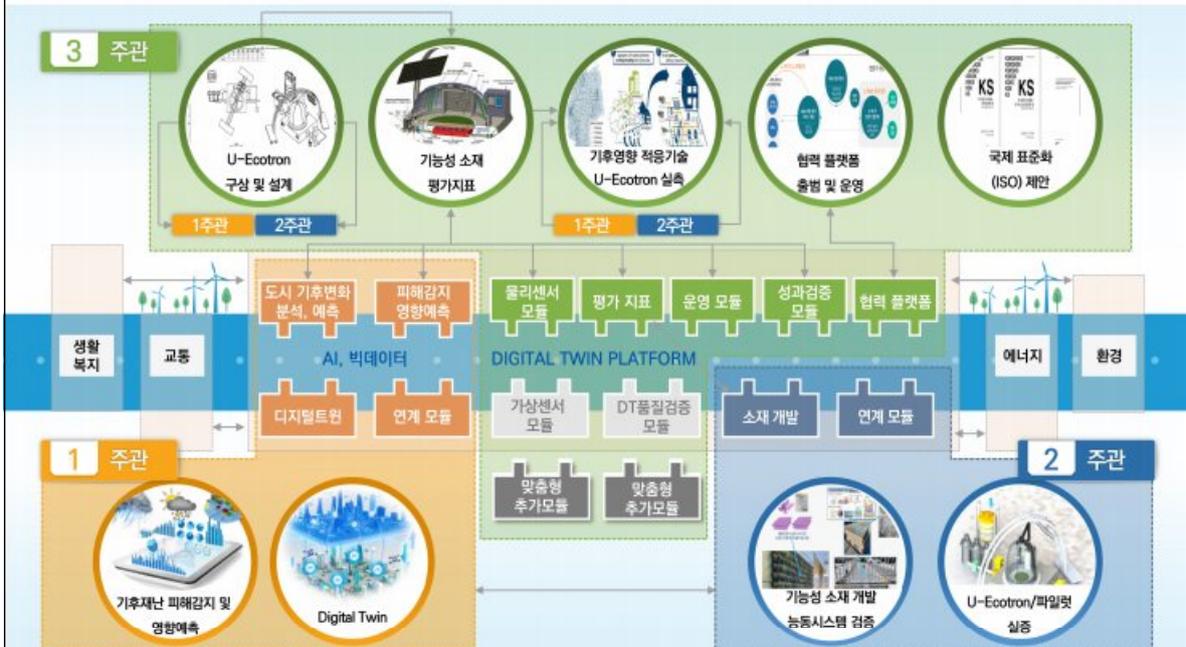


[U-Ecotron] 통제된 기후조건 도시생태 시험

- 다양한 환경조건 및 극한 기후조건 모사
- 소재, 제품에 대한 기후조건별(CO₂ 챔버) 모사
- U-Ecotron 시험 표준 마련 필요
- ISO 37123 Indicators for resilient cities



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

2주관 소재개발

6 [기술 6] 녹조저감 및 자연/인공 복합형 시스템 개발 소재 성능검증 pilot

6 [기술 6] 도시 정체수역 녹조저감 시스템 개발

기술 성능 목표치 달성 및 디지털트윈 및 U-Ecotron 연계 수행

도시하천 녹조저감

2 [기술 2] 대기 오염물질 제거 소재 개발

대기오염

실외 대기질 및 실내 공기질 개선을 통한 시민 건강성 확보

[기술 4] 열 피해 저감 도로환경 소재 및 모듈 개발

폭염 한파

폭염피해 저감 및 한파대응

5 [기술 5] 도시 잉여 에너지/자원 활용 도시환경 개선 시스템 개발

도시 에너지 재활용

1 [기술 1] 수계 환경오염물질 제거 소재 개발

수질오염

수질개선 및 비점오염원 저감

3 [기술 3] 집중호우 대응 도로환경 소재 개발

도시홍수

집중호우 대응

3주관 성능평가 평가지표

개발소재 성능검증

U-Ecotron 구성 및 설계

U-Ecotron/파입러트 실증

Digital Twin

1주관 디지털트윈 재난예측

맞춤형 추가모듈

연계모듈

디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 | 29/39

3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

도시 기후변화 영향 소형·대형 실험모사 시스템 구축 및 검증

세계최고 실험모사시스템 구축

소형 U-Ecotron

대형 U-Ecotron

실증일정에 따른 실증계획

2주관과 연계(2/3년차)

소형 U-Ecotron 대형 U-Ecotron

기후적응 기술인식 성능평가 도시의 기후적응 실증평가

소재 모듈 모듈 풍속계 대기질 수질 지온 지온

도시기후변화 영향 저감용 기능성소재 도시기후변화 적응 이용 시스템

구분	연도	2021	2022	2023	2024	2025	2026
기후적응 기술인식 성능평가	2021	100%	100%	100%	100%	100%	100%
도시의 기후적응 실증평가	2021	100%	100%	100%	100%	100%	100%
도시기후변화 영향 저감용 기능성소재	2021	100%	100%	100%	100%	100%	100%
도시기후변화 적응 이용 시스템	2021	100%	100%	100%	100%	100%	100%

실증-예측 정확도

성과 지표	
소형 실험모사 시스템	센서 및 디지털 트윈 예측 대비 정확도
대형 실험모사 시스템	실측 대비 실험모사 정확도

정량 목표	
단계	≥ 80%
최중	≥ 90%
최종	≥ 90%

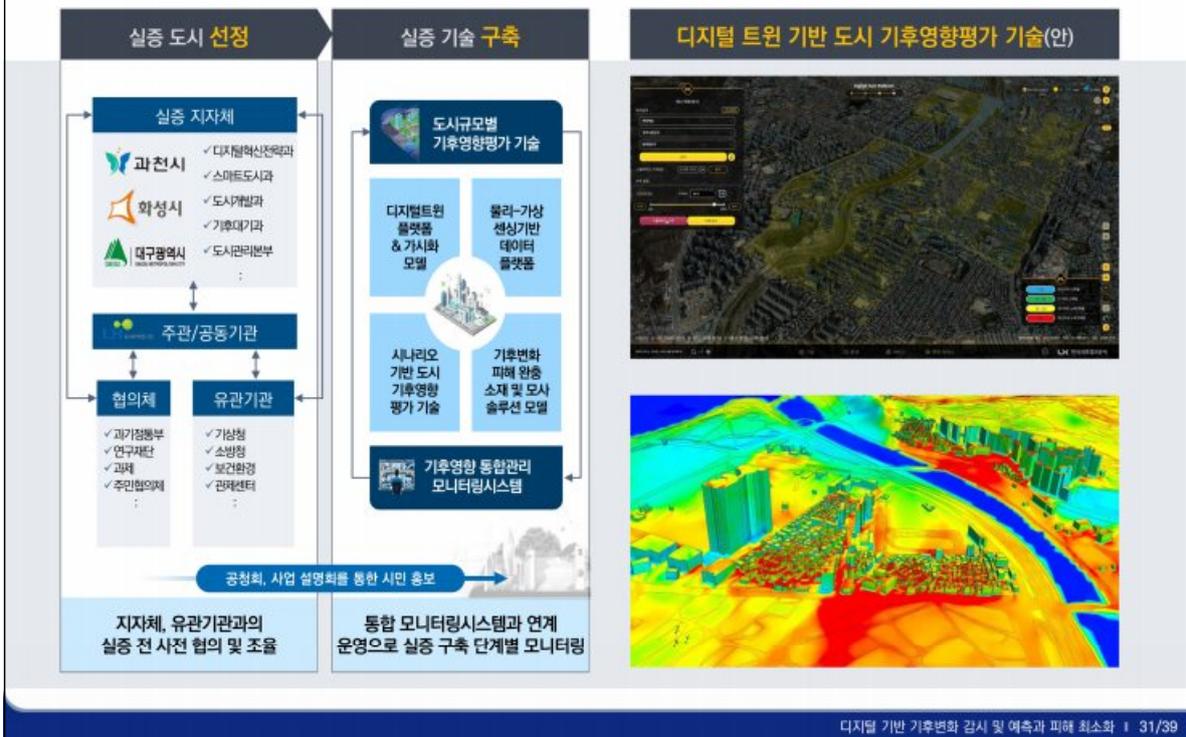
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

MAPE는 평균 절대 백분율 오차
n은 데이터 포인트의 개수
A_t: 디지털 트윈에서 생산된 예측 데이터 값
F_t: 대형 및 소형 U-Ecotron에서 생산된 데이터 값

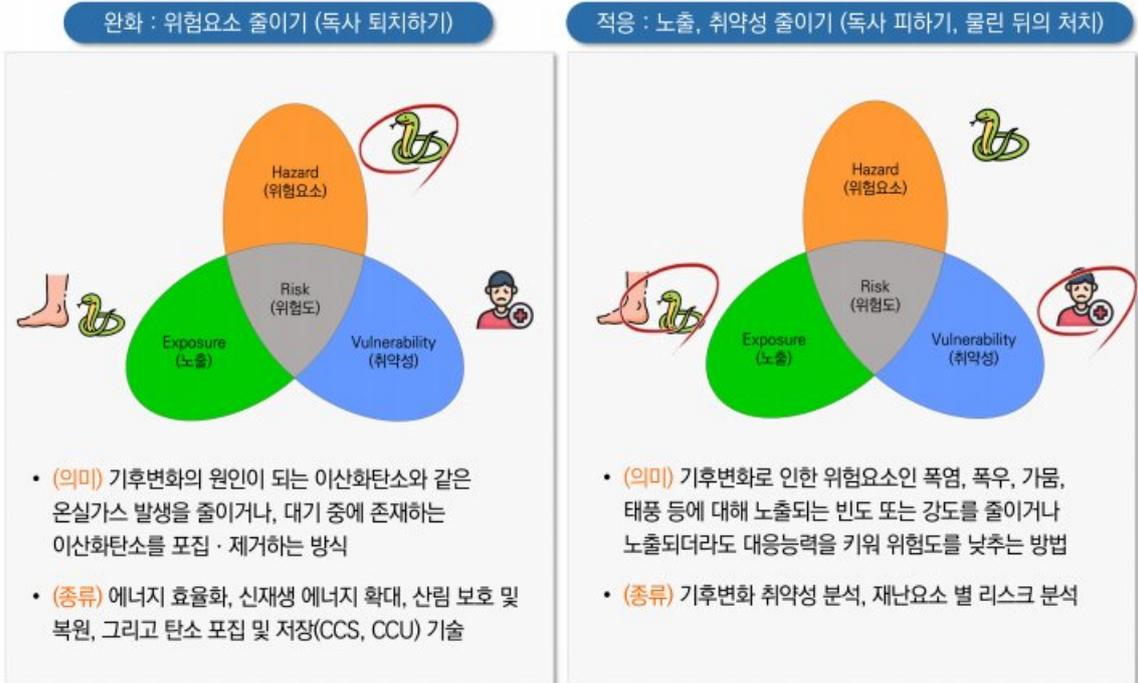
도시 기후변화 영향 실험모사시스템 구축·적용, 국가인증제도 연계
국가 기후적응기술 정책 체계 구축 (국가녹색기술연구소)

디지털 기반 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 | 30/39

3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

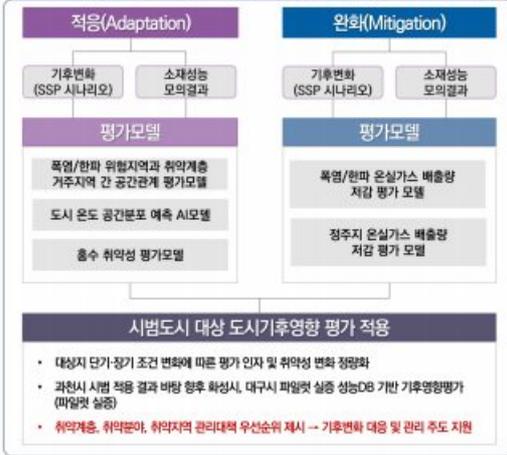
완화 전략

시나리오 기반 기후영향 평가(취약성평가, 온실가스 배출량 평가)

주요내용

- 시나리오 기반 도시기후영향평가 기술
- LULUCF(정주지) 부문 온실가스 배출량 평가 결과 검토
- 토지이용변화에 따른 시,군,구 단위 LULUCF(정주지) 부문 온실가스 배출량 산정
- 국내 기초 지자체 단위 온실가스 배출량 산정 및 온실가스 인벤토리 구축

시나리오 기반 도시기후영향 평가 기술



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

적용 전략

도시온도 공간분포 예측 AI 모델을 위한 학습데이터 결과 및 취약성 분석

주요내용

- 2013년 ~ 2022년 여름철(5월 ~ 8월), 겨울철(12월 ~ 2월), 과천시 면적 35.9km² 내 (30m*30m) 39,888개 격자 과천시 지표면온도(LST) 학습데이터 구축
- 2022년 8월 16일 테스트 분석 결과, MODIS 보다 Landsat 기반 지표면온도(LST)가 AWS 지점과 기온 차이가 작은 것으로 나타남

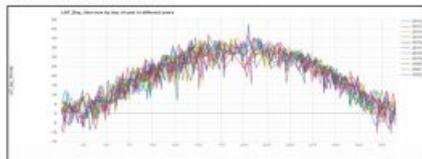
위성영상을 이용한 지표면온도(LST) 데이터 구축

- 과천시 지표면온도(LST) 학습데이터 구축 결과
 - 시간적 범위: 2013년 ~ 2022년 여름철(5월 ~ 8월), 겨울철(12월 ~ 2월)
 - 공간적 범위: 과천시 면적 35.9km² 내 격자(30m*30m) 39,888개

과천시 집계구별 지표면온도(LST) 샘플 자료

TOT_SEQ	ADM_CD	ADM_NM	EMD_CD	EMD_NM	gid	DN_LST	
0	31110510010002	31110510	41290101	중앙동	관문동	다:시552377	21.0
1	31110510010001	31110510	41290107	중앙동	중앙동	다:시546366	21.0
2	31110510010008	31110510	41290107	중앙동	중앙동	다:시549370	29.0
3	31110510010005	31110510	41290107	중앙동	중앙동	다:시546366	26.0
4	31110510010004	31110510	41290107	중앙동	중앙동	다:시550373	26.0

2012~2022년 지표면온도(LST)

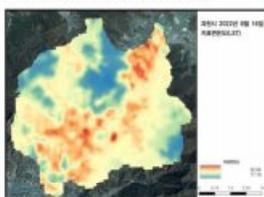


과천시 지표면온도(LST) 분석 결과(2022년 8월 16일)

- 과천시 지표면온도(LST)와 AWS 과천(590) 지점 기온 비교분석
 - MODIS와 Landsat 기반 지표면온도 차이: 최고 5.4도, 최저 8.4도
 - MODIS 기반 지표면온도와 AWS 지점 기온 차이: 최고 3.1도, 최저 6.8도
 - Landsat 기반 지표면온도와 AWS 지점 기온 차이: 최고 2.3도, 최저 1.6도
 - MODIS 보다 Landsat 기반 지표면온도(LST)가 AWS 지점의 기온과 차이가 작은 것으로 분석 되었으며 이는 공간해상도의 차이로 인해 발생한 것으로 판단됨

지표면온도(LST)와 대기온도 상관분석을 통한 지표면온도 → 대기온도 변환 모듈 개발 예정

2022년 8월 16일 지표면온도(LST)



지표면온도(LST) - AWS 기온 비교표

구분	평균기온 (°C)	최저기온 (°C)	최고기온 (°C)
MODIS LST	27.5	27.4	27.6
Landsat LST	25.2	19	33
AWS 지점 기온	25.7	20.6	30.7

3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

적응 전략

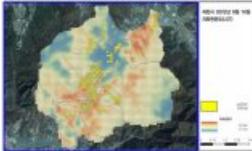
과천시 기후위기 취약 현황 분석

- 주요내용**
- 과천시 노인인구 비중은 막계동(32.4%), 과천동·관문동 (23.6%) 순으로 높으며 유아인구 비중은 원문동(6.7%), 부림동(6.1%) 순으로 높음
 - 2020년 ~ 2022년 과천시 기초생활수급자, 독거노인 수, 장애인 수 분석 결과 비슷한 비율을 유지했으나, 재정자립도는 점차 낮아지는 추세
 - 과천시 상습수해지역은 별양동(0.15km), 부림동(0.11km), 중앙동(0.09km) 순이며, 35년 이상 노후화 건축물은 부림동과 별양동에 집중됨

생물학적 취약계층 현황

- 과천시 노인·유아 인구 현황 분석 결과
- 노년인구 비중은 막계동(32.4%), 과천동·관문동(23.6%), 유아인구 비중은 원문동(6.7%), 부림동(6.1%) 순으로 높음

과천시 노인 인구 분포도(2022년, 100m*100m)



과천시 유아 인구 분포도(2022년, 100m*100m)



사회경제적 취약계층 현황

- 과천시 재정자립도·기초생활수급자·독거노인·장애인 수 분석 결과
- 재정자립도는 2020년 40.8%였으나, 점차 낮아지는 추세
- 기초생활수급자는 2020년 362,988명, 2022년 424,697명으로 61,709명 증가
- 독거노인 가구비율은 2020년~2022년 비슷한 비율 유지
- 장애인 수는 2020년~2022년 비슷한 인구 수 유지

과천시 사회경제적 취약계층 현황

연도	재정자립도(%)	기초생활수급자수(명)	독거노인 가구비율(%)	장애인 수(명)
2020	40.8	362,988	6	1,962
2021	28.7	404,621	6	2,175
2022	38.2	424,697	5.8	2,246

취약시설 취약계층 현황

- 과천시 상습수해지역 및 노후화 건축물 현황 결과
- 상습수해지역은 별양동 0.15km, 부림동 0.11km, 중앙동 0.09km, 갈현동 0.03km, 관문동 0.01km
- 35년 이상 노후화 건축물은 부림동과 별양동에 집중

과천시 도시침수지도(30년 빈도)



출처: 공공데이터 포털, KOSIS, 환경부 홍수위험지도 정보시스템, 국토교통부 국토지리정보원 국토정보플랫폼

3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

적응 전략

폭염/한파 위험지역과 취약계층 거주지역 간의 공간관계 분석 및 위험도 평가

- 주요내용**
- 구축된 학습데이터를 활용한 도시온도 예측 시가상 센서 개발 및 검증 실시
 - 폭염위험 지역과 신체적/생활여건/경제적 취약요인 간 공간관계 분석 후 취약계층, 취약분야, 취약지역 관리대책 우선순위 제시
 - 과천시 분석결과 및 적용으로 향후 화성시 등 실증 도시 성능DB 기반 기후영향평가(파일럿 실증) 실시

도시 온도 예측 시가상 센서 개발 및 검증

- 도시 기온 분포 학습데이터 구축
 - 지표면온도(LST) 데이터와 AWS 기상 데이터를 이용한 도시 기온 분포 추정
 - 도시 기온 분포 추정 결과 분석 및 학습 데이터 구축
- 과천시 도시 온도 관측 및 예측 시가상 센서 개발
 - 집계구 단위 도시 온도 관측 및 예측 시가상 센서 개발
 - 도시 기온 분포 추정을 통한 격자/반 도시 온도 공간분포 예측 시모집 개발



과천시 폭염/한파 위험지도 제작 및 취약계층 공간분포 현황 분석 모식도

- 폭염/한파 시 위험지역과 취약계층 거주지 공간분석
 - 폭염·한파 위험과 신체적/생활여건/경제적 취약요인 간 공간관계 분석
 - 과천시 시별 적용 결과 바탕 향후 화성시, 대구시 파일럿 실증 성능DB 기반 기후영향평가(파일럿 실증)



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

지자체 협력 및 기술 실증을 통한 “기후변화 적응도시 구축”



3. 기후변화 감시 및 예측과 피해 최소화 기술 R&D 소개

“디지털 기반 지능형 행정 실현, 기후변화 시대 선도”



4. R&D 활성화

기후위기로부터 안전하고 지속가능한 도시 “기후위기 진단-예측-감시 및 피해 최소화 기술”

기후위기로부터 안전한 도시 구현을 위해
디지털 기후적응도시 구축 기술의 확대 구축 필요

품질
관리

- 정밀도 높은 자연 재해 예측을 위해서는 모니터링 정보의 품질 향상 반드시 필요
- 재해 예측 정확도 확보를 위한 기초데이터의 품질 개선 필요 (예: 우수관망, 지형 등)

국회 기후변화포럼 세미나

기후위기 적응력 향상을 위한 기술과 R&D 활성화 방안

감사합니다



패널

- | 김상래 한국건설생활환경시험연구원 물환경센터장
- | 전성우 고려대학교 환경생태공학부 교수
- | 김희정 셀미트 이사
- | 김원희 농촌진흥청 기상재해대응 기술연구단장
- | 김은아 국회미래연구원 연구위원
- | 김지수 환경부 기후적응과장

패널 1

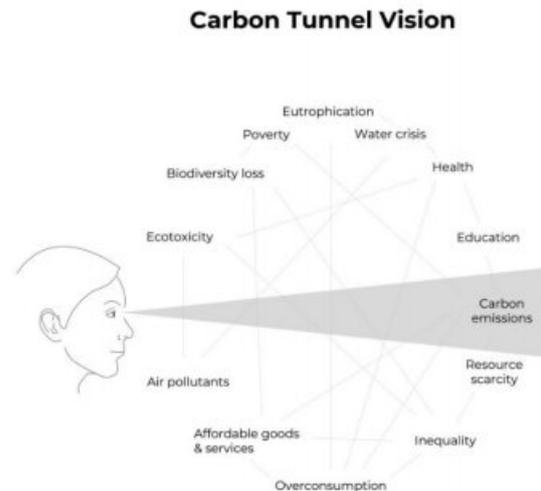
김상래 | 한국건설생활환경시험연구원 물환경센터장

기후적응, 무엇을 잊고 무엇을 놓치고 있나?

일상이된 기후재난

엿그제 8월 25일(일) 새벽 6시 12분, 기상청 공식기록으로 서울 기온이 24.9도까지 내려갔다. 서울의 기상관측 이래 “최장 열대야” 기록이며, 34일간 길고 숨막히는 열대야가 지속되었다.

물이 많아서 홍수, 물이 부족해서 가뭄과 폭염이, 도시화에 따라 여름에는 열대야 겨울에는 한파가 반복적으로 발생하고 있다. 4계절이 뚜렷한 금수강산 우리나라여서 쉽게 잊는건 아닐까? 기후변화에서 기후위기로 기후 패러다임이 바뀌는가 싶더니 이제 기후붕괴에 따른 기후 재난 시대를 살고 있다. 전세계에 수많은 과학자, 박사, 전문가들이 연구를 하고 있지만 기후 변화와 기후재난의 원인은 명확하지가 않다. 기후적응을 이야기 하면서 여전히 탄소타령만 하고 있다. 기후재난이 일상이 된 지금 모든 정부 정책이 기승전 탄소중립이다. 탄소중립만을 쫓다가 주변시야를 잃고 중심시야만 바라보며 기후적응에 대한 시각장애를 앓고 있는 현실적인 문제를 살펴보자.



기후적응, 무엇을 잊고 있는가?

기후위기를 넘어 기후재난시대를 나아가고 있는 대부분의 우리가 잘 아는 바와 같이, 기후 변화에 대한 대응방안으로 크게 완화(Mitigation)와 적응(Adaptation)으로 구분한다. 발제자료에서처럼 인간활동에 의한 지구온난화 현상을 저감시키기 위한 발생원 감소와 흡수원 확충을 완화대책 또는 저감대책으로 구분한다. 기후변화로 현재 발생하고 있거나 앞으로 예측되는 위험요인 홍수, 가뭄, 폭염, 한파 등 기후재난에 대한 취약성을 줄여 회복탄력성 또는 리질리언스(Resilience)를 높이는 즉 우리말로 멧집을 키우는 활동을 적응대책으로 구분한다.

지금까지는 적응대책의 저감효과가 무시되었거나 고려되지 못하고 있었다. ‘난제로서의 적응’이라는 전제하에 광범위한 영향에 대한 모호성으로, 불확실하고 복잡하다 이유로 어쩌면 무지해서 그런 것은 아닐까? 최근 조선일보에 소개된 폭염관련 기후 적응 기사를 보면서 기후적응 제품에 대한 궁금증이 생겼다.

인공지능에게 기후적응 제품에는 어떤 것들이 있는지 물어보았고 다음과 같은 답변을 얻었다.



답변

기후적응제품은 기후변화에 대응하기 위해 설계된 제품들로, 다양한 분야에서 사용됩니다. 몇 가지 예시는 다음과 같습니다:

- 스마트 농업 기술:** 기후 변화에 따른 농업 환경 변화에 적응하기 위해 사용되는 드론, 센서 및 자동화 시스템으로, 작물의 성장 상태를 모니터링하고 최적의 재배 조건을 유지합니다.
- 물 절약형 기기:** 저수압 샤워기, 물 절약형 변기 등은 물 사용량을 줄이는 데 도움을 주어 물 부족 문제에 대응합니다.
- 에너지 효율이 높은 가전제품:** 에너지 소비를 최소화하도록 설계된 냉장고, 세탁기, 에어컨 등은 기후 변화로 인한 에너지 수요 증가에 대처할 수 있습니다.
- 태양광 발전 시스템:** 태양광 패널과 배터리 저장 시스템은 신재생 에너지를 활용하여 전력 소비를 줄이고 탄소 배출을 감소시킵니다.
- 내구성이 강한 건축자재:** 기후 변화에 따른 극한 날씨에 견딜 수 있도록 설계된 건축자재(예: 방수, 단열 성능이 뛰어난 자재)는 건물의 내구성을 높여줍니다.
- 지능형 기후 모니터링 시스템:** 실시간으로 기후 데이터를 수집하고 분석하여 농업, 재난 관리 등 다양한 분야에서 의사결정을 지원합니다.
- 기후 회복력 있는 도시 설계:** 빗물 관리 시스템, 녹색 공간, 에너지 효율적인 건축물 등이 포함된 도시 설계는 기후 변화에 대한 적응력을 높입니다.

이러한 제품들은 기후 변화의 영향을 최소화하고, 환경에 대한 지속 가능한 접근을 촉진하는 데 중요한 역할을 합니다.

최근 우리는 34일간 잇고있었다. 폭염시 펄펄 끓어오르는 도로에서 가장 가깝게 지내고 있는 반려동물과 신체적 취약계층인 유모차에 탄 영유아나 어린이, 노약자에 대한 배려를 잇고 있었다. 환경정책기본법 제2조와 국토기본법 제5조에 근거한 “환경정의”의 실현을 위한 노력을 기울여야 함에도 선언적 수준에서 모른척 그리고 잇은척 하였다. 대책은 있는가?

기후적응, 무엇을 놓치고 있는가?

2023년 기준으로 서울시의 불투수면적은 약40%내외로 보고되며, 도로율은 각 구별로 상이 하나 약20%에서 30% 사이로 추정된다. 34일간 지속된 열대야의 원인은 부투수면의 대부분을 차지하는 도로와 건물의 축열에 따른 방열이다. 아스콘이 대부분인 도로 소재를 축열용량이 낮은 투수블록이나 식생블록으로 대체한다면 열대야가 얼마나 줄어들것인가? 생산할때의 탄소가 아닌 온도저감에 대해서, 즉 기후적응 제품이 온실가스 배출에 미치는 영향 뿐 아니라

기후적응 제품의 적용으로 기후재난 저감 효과가 LCI DB에 어떻게 반영을 하고 온실가스 프로토콜에 어떻게 반영되는지에 대한 고민을 우리는 놓치고 있었다.

최근 광복절을 포함하는 출장일정으로 발제1에서 소개한 프랑스 에코트론을 보고 왔다. 헌법 제1조에 “기후변화와 싸운다”는 조항을 추가한 기후변화의 가장 큰 피해국가 중 하나인 프랑스의 기후적응 연구는 깊이와 규모에서 차이를 느낄 수 있었다. 다행히도 발제2에서 소개한 것처럼 과기부의 디지털 기반 기후변화 예측 및 피해 최소화 사업에서 기후적응 제품에 대한 감축효과를 시험할 수 있는 U-에코트론 챔버를 한국건설생활환경시험연구원 진천에 구축하고 있다. CNRS 몽펠리에에 구축된 에코트론을 업그레이드한 일드프랑스 에코트론보다 업그레이드된 세계 최고의 도시생태 특화된 U-에코트론 환경챔버이다. 온실가스 배출량 측정을 위한 국제표준, Scope 1(직접배출), Scope 2(간접배출), Scope 3(간접배출?)로 나뉘는데 기후적응 제품의 적용에 따른 산정값 즉 기후적응 제품의 적응효과를 Scope 2, 3에 반영되어야 한다.

패널 2

전성우 | 고려대학교 환경생태공학부 교수

- 전세계에서 진행중인 기후위기는 인류가 방어선으로 설정한 1.5℃ 기후위기 시나리오를 넘어 최악 상황을 따라가는 것으로 분석
 - 우리나라 대도시의 경우, 최근 30년(1991-2020)과 과거 30년(1912-1940)을 비교하면, 대구 2.0℃, 서울 1.9℃, 인천 1.7℃, 부산 1.6℃ 등 이미 1.5℃이상 상승하였으며, 도시화로 인한 효과를 제외하더라도 1℃이상 상승
 - 기후위기 대응을 위한 정책수립 및 집행시 환경정책이 가지는 불확실성, 인과 관계의 모호성, 복잡성으로 한계가 있었으나, Abnormal이 Normal이 되는 현실을 인지하고 공유함에 따라 정책 주류화에 대한 강한 동기부여 가능

- 국제사회에서도 이런 기후변화 속도를 인정하고, 더 신속하고, 적극적인 대응을 논의중이나 감축엔 국가의 이익과 복잡한 국내 상황으로 난관인 것을 파악하고, 감축과 적응 병행 추진
 - 미국, 영국, 프랑스 등은 기후위기 대응을 위해 개별적인 국가 R&D 추진이외에 EU차원 Horizon 2020등 광범위한 연구 협력 및 성과 적용을 지속적으로 추진중이며, 리질리언스 강화를 위한 적응분야 비중이 계속 높아지는 추세
 - 적응관련 국제적인 논의도 환경정의 관점에서 시급성과 우선순위를 정하고 있으며, 이때 취약계층이 밀집된 도시의 적응 우선순위는 매우 높게 자리매김

- 자연재난으로 인한 피해의 대부분은 풍수해이며, 인명피해는 폭염의 비중이 높아지는 것을 볼 때, 인구가 밀집된 도시지역의 적응 필요성 시급
 - 우리나라도 탄소중립을 위한 NDC등 자발적인 노력을 추진중이나, 2050년 탄소중립 달성 성공은 불확실하므로 기후위기 위험성은 계속 상승
 - 탄중법에 탄소중립도시 추진을 위한 기반은 있으나, 적응관련 실효성 있는 기술적용엔 한계
 - 최근 Digital Twin과 같은 ICT기반 분야별 리스크평가가 이루어지는 것은 의미있으나, 현실 적용가능한 기술개발에 더 많은 시간과 재원의 투자 필요

- 적응 문제제기는 자연으로부터 시작되었으나, 현재 발생되는 피해는 이미 인류의 생존을 위협하고 있으므로, 자연과 인류의 공존을 위한 적응대책 마련 및 이행은 매우 시급

- 기후위기대응은 단기간에 해결되는 것이 아니므로, 자연과 인류가 공존하기 위한 적응을 긴 호흡으로 준비 필요
 - 기후위기 대응 미흡으로 발생하는 소득수준 저하, 각종 기후위기 재난으로 인한 피해비용 증가를 고려할 때 적응분야에 더 많은 관심과 자원 투자 필요하며, 이를 통해 국민의 안전과 지속가능한 생활을 지원 가능
- 시급히 필요한 적응기술 개발 및 실용화에 초점을 맞춘 맞춤형 지원 필요
- 도시지역 취약계층의 안전과 지속가능한 생활을 위해 필요한 요소 기술 개발 및 이를 융복합하여 효율성을 높이는 마지막 최적 실용화 방안에 집중적인 투자 필요
 - 이를 위해 현재 개발된 기술의 효용성, 장단점을 분석하는 것이 필요하며, 국가 기후변화리스크 목록과 매칭하여 필요한 요소기술 및 융복합 기술의 지원 우선순위 재산정 필요
 - 이때 도시지역 자연재난 리스크 저감 및 자연기반해법의 적용을 통한 지속성 확보를 우선순위 확보 기준으로 설정
 - 개발된 기술의 경우 현장 적용에서 다양한 이유로 배제되는 현실을 파악하고, 이의 적용을 제도적으로 의무화하는 지원대책 강화 필요

기후위기 적응력 향상을 위한 기술과 R&D 활성화 방안 (식품분야에 집중된 논점)

1. 기후위기 적응 기술의 분류

- 감축과 적응에 모두 해당하는 기술이 존재함. 특히 식품분야에서 대체육(배양육, 식물성대체육 모두 포함)이 해당 예로 제시될 수 있음. '예방(탄소절감)'과 '상시적 적응', '재난상황시 대비책'에 모두 적용되는 필수불가결한 기술. 이런 경우라면 분류에 한정받지 않고 공격적인 R&D 지원이 필요함.

2. 인류 생존의 필수 요소에 대한 우선적 집중 필요성

- 인류의 생존을 위해 필수적인 세 가지 요소는 의(衣), 식(食), 주(住)로 정의될 수 있음.
- 이 중에서 특히 의(衣)와 식(食)은 전통적인 농업, 축산업, 수산업에 대한 의존도가 매우 높음.
- 그러나 기후 위기 상황에서 이러한 기존 산업들이 제대로 기능하지 못하거나 생산성이 급격히 감소할 가능성이 높다는 것을 고려할 때, 이에 대비하는 것은 **생존권 보장의 핵심 과제**가 될 것으로 사료됨.
- 그러나 이들 산업은 첨단산업이라기보다는 수천년간 축적된 노하우로 운영된다는 전통적인 이미지가 강하게 연상되기 때문에, 상대적으로 중요성이 낮게 평가되거나 긴급성이 덜 요구되는 것으로 인식되는 경향이 있음.
- 특히 식품(食)에 관한 규제는 우리나라의 깊은 음식 문화가 반영되어 있어, 관련 규제 마련에서 매우 보수적이고 그 속도가 느린 경향이 있음. 이는 전통적인 식문화와 신기술 간의 조화가 어렵기 때문이며, 이러한 이유로 기후적응시대에 필수적인 새로운 식품 기술 도입이 지연되고 있음.

3. 신기술 필요성에 대한 인식변화와 규제 방안 마련의 속도 격차 감소 필요

- 환경, 동물복지, 식량안보의 관점에서 완전히 새로운 식량 생산 방식을 고려해야 한다는 인식은 전 세계적으로 확산되고 있음.

- 이러한 흐름 속에서 연구자들을 중심으로 한 세포배양식품(배양육) 스타트업들이 전 세계적으로 식량 안보 확보와 지속가능한 지구에 중점을 두고 설립됨.
- 이는 집중적이고 공격적인 연구와 더불어 장기적인 연구 기간을 필요로 하며, 다수의 실패 가능성을 염두에 뒀어야 하기 때문에 기존 대기업보다는 스타트업 중심으로 관련 연구와 산업이 확장되고 있음.
- 작년 기준으로 174개 스타트업들이 집계되었으며, 근 10년간의 총 투자금액이 대략 3.1 billion USD으로 집계됨.
- 또한 세포배양식품이 탄소 절감과 기후 적응 분야에서 큰 효과를 가질 수 있다는 분석 결과(시나리오 포함)가 나오고 있음.
- 기후 변화로 인해 농작물의 생산성 감소, 축산물의 생산성 저하, 수산물의 변동이 발생하며, 고온과 재해 등으로 인한 노동력 부족 현상도 심화되고 있음. 또한 인수공통감염병 및 가축 전염병의 위험도 커지고 있음.
- 따라서, 기후 변화의 유동적인 상황에서도 안정적으로 단백질 공급원을 포함한 식품을 생산할 수 있는 기술이 필수적임.
- 세포 배양 식품의 상업화 과정에서 나타나는 주요 병목 현상은 다음과 같음 : (1단계) 경제적이고 효율적인 무혈청 배양액 확보, (2단계) 경제적이고 충분한 생산량을 보장하는 생산시설 구축, (3단계) 규제승인 확보, (4단계) 소비자의 선택.
- 선진 그룹에 해당하는 스타트업들은 이미 3단계 이상(규제 승인 절차를 진행 중이거나 이미 승인 완료)의 단계에 도달했음. 현재까지 전 세계적으로 총 5건의 규제 승인이 이루어짐(싱가폴과 미국, 이스라엘)
- 이와 같은 세계적인 트렌드와 기술개발속도와는 달리 규제방안 마련과 심사는 매우 더디게 진행됨.
- (업계를 대표하여 우리나라 기업들 현황업데이트)
 - 기술기업이 규제 승인 단계에 도달하기까지 새로운 재원을 벤처 캐피탈(VC) 투자 등으로 확보하는 것은 현실적으로 어려운 상황임. 현재 VC투자의 기본원칙은 식약처로부터의 승인확보와 매출발생.
 - 특히, 우리나라의 경우, 담당 업무의 순환제 시스템으로 인한 주기적인 담당자 교체, 철저한 분업 체제, 인력 부족 문제, 그리고 학계나 정부가 아닌 기술이 주도하는 신산업이라는 점이 복합적으로 작용하여 난항을 겪고 있음
 - 한국내의 세계적으로 유망한 기술을 보유한 기업들조차 식약처로부터의 승인을 기다리며 생존 전략을 고민해야 하는 현실에 직면한 상황.

- 따라서, 관련 공공기관(예: 식약처)에 기후변화 대응 태스크포스(TF) 팀을 신설하고, 원활하고 신속하며 일관성 있는 규제 승인 절차를 마련해 산업이 실제로 탄생하고 성장할 수 있도록 지원하는 방안이 R&D 지원 전략에 통합되어야 함

4. 관련 정부부처와 공공기관, 지자체의 유연한 협업과 실질적 지원이 필요

- 기후변화 시대에 필수불가결한 식품 생산 방식이 정착되고 독립적으로 운영되기 위해서는 생산량을 충분히 확보할 수 있는 생산 시설이 필수적임.
- 그러나, 기후 위기를 대비하기 위해 제품을 생산하는 기업들이 기후 위기가 도래하기 전에는 이러한 고비용의 생산 시설을 자체적으로 감당하기 어려운 상황.
- 따라서, 공공기관과 지자체의 현실적인 지원을 통해 **공공 기반의 생산 시설을 확충**하여, 제품의 생산량 확보를 지원해야함. 이는 새로운 식품 생산 방식이 상업적으로 성공하기 위한 중요한 전제 조건이 될 것임.
- 이는 단순히 일개 사업의 지속적인 영위를 위함이 아님. 공공기반의 생산시설 확충은 (1) 반드시 필요하게 될 필수기술의 소멸을 방지하고, 식량안보를 강화하여 **국가의 위기대응능력을 강화**하는 방편이며 (2) 새로운 식량 생산 기술을 선점한 국가는 신 기후적응 시대, 즉 위기 이후 시대에서 발생할 수 있는 경제적 부담을 최소화할것으로 예상되는 바, 즉 식량기술을 확보하지 못한 국가로 전락되어 큰 비용을 지불하는 상황을 방지하게 되는 **국제 경쟁력을 확보하는 수단**임.
- 세포 배양 식품 기술은 기존에 식품으로 섭취하던 동물의 세포를 이용해, 동물의 세포를 채취하고 이를 거의 무한정으로 증식시키는 기술. 이 과정에서 전통적인 동물 서식지나 환경에 구애 받지 않기 때문에, 예를 들어 랍스터나 연어 같은 특정 동물의 세포를 활용할 수 있음. 이러한 경우, 나고야 의정서와 같은 국제 협정에 대한 논의가 필요하며, 다수의 관련 부처들과 협력하여 지원 방안을 마련해야함.
- 또한, 현 법제 체계 안에서의 신기술 적용 가능 방안에 대한 논의는 **유연하게 진행**되어야 함. 완벽한 정답을 도출하는 데는 시간이 소요되므로, 초기 단계에서 일단 시작할 수 있도록 허용한 후, 지속적인 논의를 통해 관리 방안과 체제를 구체화하는 것이 시간을 단축하는 최선의 방법임 (예: 경북도의 세포배양식품 규제자유특구)
- 상기 사항을 위해 관련 정부 부처와 공공기관, 지자체 간의 다자간 유연한 협업이 필수적이며, 실질적인 지원이 이루어져야 한다고 생각됨. 이러한 협업과 지원은 신기술이 탄생하고, 기후변화에 대응하는 식량안보 전략을 실현하는데 중요한 역할을 할 것이며, 나아가 '기후변화 적응 정책 및 R&D 활성화의 실효성을 높이는 중요한 요인'이 될 것임.

기후 위기 적응력 강화를 위한 R&D 활성화 방안 토론 자료

농업 분야는 기후변화로 인해 가장 크고 직접적인 영향을 받는 산업입니다. 농업현장에서는 기후변화에 따른 재배지 변동, 이상기상(폭염, 가뭄, 집중호우, 한파 등)으로 인한 작물 고사, 착과 불량, 가축 폐사, 토양 유실 등의 피해로 어려움을 겪고 있습니다.

이러한 기후변화에 따른 농업분야의 어려움을 해결하기 위해 농촌진흥청은 관련 연구소, 대학, 산업체 등이 참여하는 공동연구사업을 2020년부터 2027년까지, 기후변화 영향예측평가, 적응 및 피해저감과 온실가스 감축 4개 영역으로 연구를 수행하고 있습니다.

특히 기후변화 적응을 위하여 기후적응형 육종소재 개발, 작부체계 및 재배기술 개발, 아열대 작물 육성 및 축산물 안정생산기술 개발, 신문제 병해충의 방제체계 개발을 수행하고 있습니다. 농업생산에 있어 가장 기본이 되는 종자 부분에서 더위와 추위, 습하고 건조한 환경에서도 잘 견디는 특성을 가진 품종을 현재까지 35작목 303품종을 개발하였으며 변화하는 기후에 맞는 아열대 작물 선발과 재배기술 연구도 수행하고 있습니다.

한우 등 축산분야에서 고온기에 소화율, 산란률 저하와 폐사율 증가 같은 문제 해결을 위해 고온 적응형 가축 사양관리 기술 개발과 고온기 축사 내 온도 저감 기술 개발도 진행하고 있습니다.

또한 이상기상 피해저감 분야에서는 이상기상에 대응한 작물 및 축산의 피해양상 기준 및 경감 기술 개발, 농업 기상재해 대응 농업환경정보 융합서비스 기반 구축, 가뭄대응 최적 관개기술 개발 등을 수행하고 있습니다.

작물이 생육단계별로 정상적으로 성장할 수 있는 온도 범위를 벗어나게 되면 생리장해가 발생하게 되고 작물 생산성이 저하하게 됩니다. 작물에 발생하는 기후변화에 따른 생리장해를 분석하고 피해를 경감 할 수 있는 다양한 방법을 연구중 입니다. 특히 과수는 폭염피해와 봄철 저온피해로 생산성의 변동이 심하게 일어납니다. 이를 경감하기 위하여 과수원내 온도저하방지를 위한 온풍기 활용, 살수법 등과 동결보호제를 이용하는 기술 등을 연구하고 있습니다.

이상기상 발생에 대한 정보를 농업인에게 서비스 하여 피해를 줄이기 위해 농장 맞춤형 기상재해 조기경보 시스템을 구축하고 서비스하고 있습니다. 기상청에서 제공하는 동네예보는 반경 5km 규모의 기상데이터를 서비스 하는데 이 데이터를 바탕으로 농경지의 지형이나 고도 등 공간 특성을 반영하여 농장규모인 30m×30m로 상세화하여 기상과 재해를 예측하여

서비스 하고 있습니다. 현재까지 벼, 고추, 사과 등 36 작목을 대상으로 생육단계별로 재해를 판정하는 알고리즘을 개발하여 기상정보와 더불어 작물별 재해 대응지침을 인터넷과 모바일을 통해 서비스하고 있습니다. 현재, 75개 시군에 대해 서비스하고 있고 지속적으로 확대해 나갈 계획입니다.

이와 같이 기후 위기에 대응하기 위하여 농업부문에 R&D를 수행하고 있으나 농업 특성상 기후변화에 영향이 크고 농업 생산성의 변화는 국민의 먹거리와 직결된다는 부분을 고려한다면 좀 더 선제적이고 적극적인 자세로 연구를 강화할 필요가 있습니다. 그리고 R&D의 활성화를 위해서는 정부의 적극적인 지원과 정책적 뒷받침, 즉 연구과제에 대한 우선 지원, 연구비 확대 등이 필요합니다. 또한 글로벌 차원의 기후변화 문제에 대응하기 위해 국제 연구기관 및 해외 농업 연구소와의 협력 강화와 국내 연구 인프라 확충을 통해 연구자들이 최첨단 기술을 활용할 수 있도록 지원하는 것이 필요합니다. 마지막으로 연구 성과의 실질적인 적용을 위해 연구개발 결과물이 농업 현장에 빠르게 적용될 수 있도록 사업화 지원이 필요합니다. 이러한 기술개발과 사업화가 뒷받침될 때 기후변화라는 위기 속에서도 농업의 경쟁력과 안정성을 유지할 수 있을 것입니다.

패널 5

김은아 | 국회미래연구원 연구위원

기후변화는 의심할 여지 없이 미래 사회를 결정하는 메가트렌드 중의 하나이며, 직간접적인 영향 영역까지 포함하면 모든 사람의 삶 곳곳에 광범위하게 영향을 주기 때문에 기후적응은 모두에게 필요한 미래전략이다. 과거 오랫동안 기후적응은 풍수해 및 폭염피해 저감과 같이 지자체의 기초인프라 구축 또는 대민 서비스 영역에 머물러있었으며, 기술개발의 필요성에 대한 인식과 투자 수준이 낮은 편이었다. 우리나라는 2022년이 되어서야 과학기술정보통신부 고시를 통하여 기후변화대응 기술을 온실가스 감축과 기후적응기술로 구분하고 적응기술을 과거보다 세분화하여 정의하는 등 기후적응의 중요성을 인식하고 기술개발을 통한 대응력 강화를 도모하고 있다. 그러나 온실가스 감축 기술과 비교했을 때 뒤늦게 기술개발 전략이 추진되어 아직 기술의 범위, 성과평가 방법, 추진체계 등이 명확하게 정의되지 못한 상황으로 앞으로 풀어야 할 과제들이 산적해 있다. 이러한 상황에서 이번 적응기술세미나는 우리의 대응 수준이 어디쯤 있는지 진단하고, 아직은 활성화되지 않은 기후적응기술 개발 전략 방향을 논의하는 기회를 제공한다.

첫 번째 발제문은 기후적응이 왜 어려울 수밖에 없는지를 잘 설명하고, 그럼에도 주요국에서 기후적응력과 회복력을 높이기 위한 제도가 무엇인지를 잘 정리하여 보여주었다. 특히 최근에 인프라와 기술개발 부문에서 투자 중요도가 높아진 기후적응 영역과 관련된 정책 동향을 확인할 수 있었다. 두 번째 발제문에서는 기후적응도시 구축에 사용될 수 있는 디지털기술을 모니터링, 시뮬레이션/예측, 의사결정 등의 활용 단계로 세분화하여 어떻게 구현될 수 있는지를 보여주었다.

첫 번째 발제에서 “비전의 구체화와 측정 가능한 목표를 설정”할 필요가 있다는 점에서 공감한다. 과기부 고시에서도 기후적응기술의 중요한 구성요소로서 영향평가가 존재한다. 다만, 기술 영향의 정량화 과정에 과도하게 집중하거나, 불확실성에 발목이 잡혀 앞으로 나아가지 못하는 상황은 피하는 것이 바람직하다고 생각한다. 발제에서도 언급된 바와 같이 기후변화의 영향은 매우 광범위하고 확률적이므로 적응기술개발이 확실한 인과관계의 기반에서 출발하기는 매우 어렵다고 본다. 또한, 기후적응기술 개발 비전을 전통적인 적응대책의 백업계획 정도의 위상으로 접근하는 경우, 복잡하고, 효과가 불확실한 기후적응 기술의 특징상 추진 동력을 얻기 어려울 수 있다. 최근 주요국에서 기후적응 기술개발 투자 중요성이 부각된 이유는 기후위기 리스크가 기후안보를 요구하는 수준에 이르고 있으며, 동시에 기후적응 기술개발이 가져올 수 있는 경제·사회적 긍정적인 효과에 대한 인식이 높아졌기 때문이라고 할 수 있다. 국

내에서도 기후 리스크 관리 수준을 넘어선 기후안보 시나리오에 기반한 기술개발 비전을 제시하고, 적응기술이 제공할 수 있는 새로운 경제·사회적 기회에 대한 인식을 제고할 필요가 있다고 본다.

또한, 기후변화 적응기술의 비정형성, 즉 문제 정의에 따라 해결하고자 하는 목표와 필요한 기술이 다양해질 수 있다는 점에 주목할 필요가 있다. 이러한 이유로 기후적응 R&D는 사회문제 해결형 R&D로서 전통적인 기술분류체계와는 다른 방식으로 정의될 필요가 있다. 이러한 특징은 정부 부처 입장에서 추진 주체를 특정하기 어렵게 만들 수 있어 환영받지 못할 수 있지만, 적응기술 관련 법률이 여러 부처의 정책영역에 걸쳐있고, 지자체 정책과도 연결되어있는 상황에서는 기후적응력 향상이라는 목적성을 중심에 두고 기존과는 다른 협력적 기술개발 거버넌스가 구축될 필요가 있다. 관계 기관의 협력을 통하여 기술개발 수요를 발굴하고, 그에 필요한 원천기술력을 향상시키며, 응용기술의 효과적인 적용을 통해 기후적응 효과성을 제고하는 문제해결형 R&D는 단일 부처에서 추진하기 어려우며 다양한 이해당사자 협의체를 통하여 추진되는 것이 바람직하다.

마지막으로 기후적응의 궁극적인 목적은 일반 시민의 회복력과 적응력을 강화하여 건강과 안전을 지키는 것이므로, 기술개발 결과 못지않게 개발 과정에서 기술 사용자(시민)의 수용성을 향상시키는 것이 중요하다. 기술 종류에 따라 새로운 기술 적용이 생업을 방해할 가능성이 있거나 익숙한 생활방식에서 벗어나 새로운 습관을 형성하는 노력이 요구되는 경우 지역 주민들이 저항할 가능성이 크기 때문이다. 이러한 이유로 기후적응 기술은 이해관계자 참여형 방법론, 또는 리빙랩을 통하여 개발하는 시도가 여러 곳에서 이루어지고 있다. 두 번째 발제 자료에서도 이와 관련된 내용을 확인할 수 있었는데, 이와 함께 예측·진단된 기후변화 영향 정보를 전달하는 효율적인 정보전달체계와 가독성이 높은 메시지 생성 같은 커뮤니케이션 향상 방안 또한 중요하게 다뤄질 필요가 있다. 이때 지역 주민의 연령, 직업 등 사회·문화적 여건을 고려한 기술성과 극대화 방안에 대한 고민이 필요하다.

패널 6

김지수 | 환경부 기후적응과장

- **(적응시설의 필요성)** 2024년 국내 폭염은 최근 5년 기준 2번째로 이른 6월 중순부터 시작으로, 서울지역 연속 열대야는 34일간(7.21~8.23) 지속되어 역대 1위 기록을 경신하였으며, 이는 1907년 서울에서 기상관측이 시작된 이후 118년 만의 최장 기록임. 이렇듯 미래에는 기후변화로 인하여 폭염과 같이 기상기후의 빈도는 잦아지고 강도는 세지는 등 과거와는 다른 패턴으로 나타나고 있어 이상기후가 발생했을 때의 피해를 최소화할 수 있는 기후적응 관점에서의 다양한 적응시설의 개발과 확대가 필요함
- **(해외 적응시설 사례)** 기후적응을 위해 해외에서는 자연기반해법(NbS)과 물순환체계 도입을 활발히 추진하고 있음
 - 자연기반해법은 그린인프라 활용을 통해 도시와 자연을 통합하여 지속가능성을 향상 시키는 동시에 열섬효과 완화 및 탄소 발생을 저감하여 기후변화 및 탄소중립 시대의 해결책으로 주목받고 있음
 - (일본 도쿄) 도시재생특별지구 제도를 활용하여 2014년 오테마치 거리에 길이 100m, 폭 30m 규모의 도시숲을 조성함. 이 도시숲의 조성으로 도시열섬효과를 방지하고 일직적 빗물 저류기능을 강화할 뿐만 아니라 탄소흡수량을 늘리는 것까지 1석 3조의 효과가 있었다는 평가임
 - 물순환체계는 단순한 빗물·지표수의 배수뿐만 아니라 흡수·저장하여 재활용할 수 있는 구조적 계획으로 ‘스폰지 시티’라는 도시계획 개념으로 발전함
 - (스웨덴 스톡홀름) 도시 내 나무의 건강 증진, 빗물 관리 및 도시 녹화 달성을 위한 TREEPITS 계획을 시행하였으며 바이오 숯과 퇴비를 활용한 가로수 조성으로 도시녹화·빗물관리·탄소감축을 동시에 달성하였음
- **(적응시설의 종류)** 폭염 적응시설은 차열페인트 도장(쿨루프, 쿨월) 및 건축물 녹화(옥상·벽면녹화, 그린커튼)를 진행하고, 실외 열환경 개선을 위해서는 전통시장에 쿨링포그를 도입하고 있음.
 - 올해 우리 부에서는 비닐하우스 밀집단지에 태양광으로 자체 발전이 가능한 농촌형 폭염쉼터(컨테이너형)를 시범도입 중에 있음

- **(공간 맞춤형 적응시설 설치 방향)** 이상기후로 인한 피해는 특정 지역에 집중되는 국지적 현상으로 나타되고 있어 세부적인 공간 단위에서 지역 맞춤형 기후적응 전략 수립이 중요해지는 추세임
 - 적응시설의 설치가 지자체 중심으로 이루어지는 만큼 적응시설 설치가 필요한 지역의 기후 취약성, 취약계층 분포 현황 등을 파악하고 구체적인 계획을 마련하는 등 지자체의 관심과 참여가 꼭 필요하다고 생각함

- **(R&D 추진 계획)** 기후 적응 정책에 대한 국민의 체감도를 향상시키기 위해, 기존의 전문가 중심 적응전략 수립 방식에서 벗어나 지자체가 기후위기에 대응하는데 유용한 그린인프라 조성 기법('23.4~'28.12)을 중심으로 개발하여 지자체 적응대책을 지원할 계획임