

제5호

2025년 12월

WATER & TECH INSIGHT

Special Session

향후 10년 물의 미래를 밝힐 미래 물 기술 20선(選)
물 분야 미래 연구자 육성 프로그램, 「미래 R&D 인재캠프」

ISSUE & TREND

5인의 행정학자가 풀어주는, '수자원 거버넌스'의 과거, 현재, 그리고 미래

DEEP DIVE

MLOps와 에이전틱 AI를 이용한 하천홍수분석기술 개발
기후위기의 경제적 영향과 물관리 정책의 중요성 : CGE 모형을 이용하여
세계 최대 R&D 무대, Horizon Europe 참여를 위한 2025년의 여정
「2027년 국제대담회 연차회의 대전」의 의미와 준비 현황

SNAP SHOT

PVT(태양광 + 열) 복합발전 기술 : 재생에너지 전환을 위한 새로운 동력
미생물의 배설물을 활용한 녹조 성장 억제 기술
기후위기 대응을 위한 차세대 레이더 위성(NISAR · HydroGNSS) 개발 동향
물 부족 대응의 새로운 기술 패러다임, '지하수저류담'
K-water 학술상 시상 및 물학술 심포지엄 성료

Water & AI Special

모두의 AI, 파운데이션 모델이 판을 바꾼다
AI 모델의 성능을 좌우하는 모델 드리프트 현상
운영 환경이 바뀌어도 견고한 AI 모델, RevIN

NEWS & EVENTS

CONTENTS

Special Session

- 향후 10년 물의 미래를 밝힐 미래 물 기술 20선(選) 01
- 물 분야 미래 연구자 육성 프로그램, 「미래 R&D 인재캠프」 11

ISSUE & TREND

- 5인의 행정학자가 풀어주는, ‘수자원 거버넌스’의 과거, 현재, 그리고 미래 18

DEEP DIVE

- MLOps와 에이전틱 AI를 이용한 하천홍수분석기술 개발 26
- 기후위기의 경제적 영향과 물관리 정책의 중요성 : CGE 모형을 이용하여 33
- 세계 최대 R&D 무대, Horizon Europe 참여를 위한 2025년의 여정 39
- 「2027년 국제대담회 연차회의 대전」의 의미와 준비 현황 47

SNAP SHOT

- PVT 복합발전 기술 : 재생에너지 전환을 위한 새로운 동력 54
- 미생물의 배설물을 활용한 녹조 성장 억제 기술 55
- 기후위기 대응을 위한 차세대 레이더 위성 개발 동향 56
- 물 부족 대응의 새로운 기술 패러다임, ‘지하수저류댐’ 57
- K-water 학술상 시상 및 물학술 심포지엄 성료 58
- 모두의 AI, 파운데이션 모델이 판을 바꾼다 59

Water & AI Special

- AI 모델의 성능을 좌우하는 모델 드리프트 현상 60
- 운영 환경이 바뀌어도 견고한 AI 모델, RevIN 61

NEWS & EVENTS

- K-water연구원 주요 소식 63

본지에 게재되는 내용은 저자 개인의 견해이며,
저자의 소속기관이나 본지의 공식 견해를 대변하는 것은 아닙니다.

Special Session

- 향후 10년 물의 미래를 밝힐 미래 물 기술 20선(選)
- 대한민국 물 분야 미래 연구자 육성 프로그램, 「미래 R&D 인재 캠프」

향후 10년 물의 미래를 밝힐 미래 물 기술 20선(選)

K-water연구원 물 기술 미래비전 전담반 (작성: 김병기 원장, 안용민 차장)

- 지속 가능한 미래 성장의 동력으로 선제적 기술 예측 및 전략적 R&D 부각
 - * 파급력 높은 기술의 체계적 선별 및 장기적 관점의 미래기술 확보 필요(세계경제포럼)
 - * '실패 위험 불구 미래 성장에 기여할 수 있는 도전적 R&D' 강조(정부 R&D 정책방향)
- 글로벌 트렌드 분석 등을 통해 10년 후 물관리를 주도할 20대 미래 물 기술 도출
 - * K-water연구원 전담반(신진 연구자 중심)을 중심으로 산·학·연 전문가 그룹 참여
 - * 미래 지향을 반영한 키워드 “SHINE”으로 구조화(Safe, Healthy, Intelligent, Net-zero, Engaging)

1 다가올 10년 : 미래를 좌우할 핵심 전환기(Decisive Decade)

□ 경제개발협력기구(OECD) 등은 미래 변화를 주도할 유망기술의 선제적 예측 확보 강조

OECD	<ul style="list-style-type: none"> • 향후 10년을 기후·기술·환경 변화가 집중되는 핵심 전환기로 간주('25) * 미래 문제 해결 및 사회적 가치 창출에 기여하는 임무 지향형 R&D 강조
세계경제포럼	<ul style="list-style-type: none"> • 미래 신기술의 조기 식별 및 전략적 개발이 미래 경쟁력의 핵심('24~) * 집중 R&D를 통한 선도자(First-mover)의 이점 확보 필요성('24, 맥킨지)

* Veolia(Green-up 전략) 등 글로벌 물기업들도 미래 물관리 솔루션을 위한 R&D 추진 중

□ 지속 가능한 국가 미래 성장을 위한 초혁신 핵심기술(King pin) 확보 등 정부 정책추진

- AI 3대 강국 · 과학기술 5대 강국 도약 및 기후위기 대응 등 국정전략 발표('25.9)
- R&D 집중 투자를 통한 미래 전략산업 육성, 생산성 대도약 등으로 기술주도 성장 견인
- * 향후 국가 경쟁력의 핵심이 될 첨단기술 개발 강조



- ✓ 글로벌 기술 혁신 트렌드 · 향후 물관리 여건 등에 대한 분석을 토대로 물 분야 미래 기술에 대한 선제적 예측 및 장기적 관점의 기술개발 전략(R&D 로드맵) 구상 필요
- * 미래 물 기술 혁신을 통해 더 안전하고 깨끗한 미래 물관리 실현 및 글로벌 기술 경쟁력 확보

2 미래 물 기술 도출 : 産·學·研 집단지성을 통해 체계적 선정 및 검증

□ 미래 물 기술의 의미

- 국내외 연구성과(Mckinsey 등)를 종합 검토하여 “미래 물 기술”에 대한 개념 정의

기존 기술의 한계 극복 및 산업 전반의
중장기적 구조 전환 잠재력 보유 기술
(‘13, Mckinsey 등)

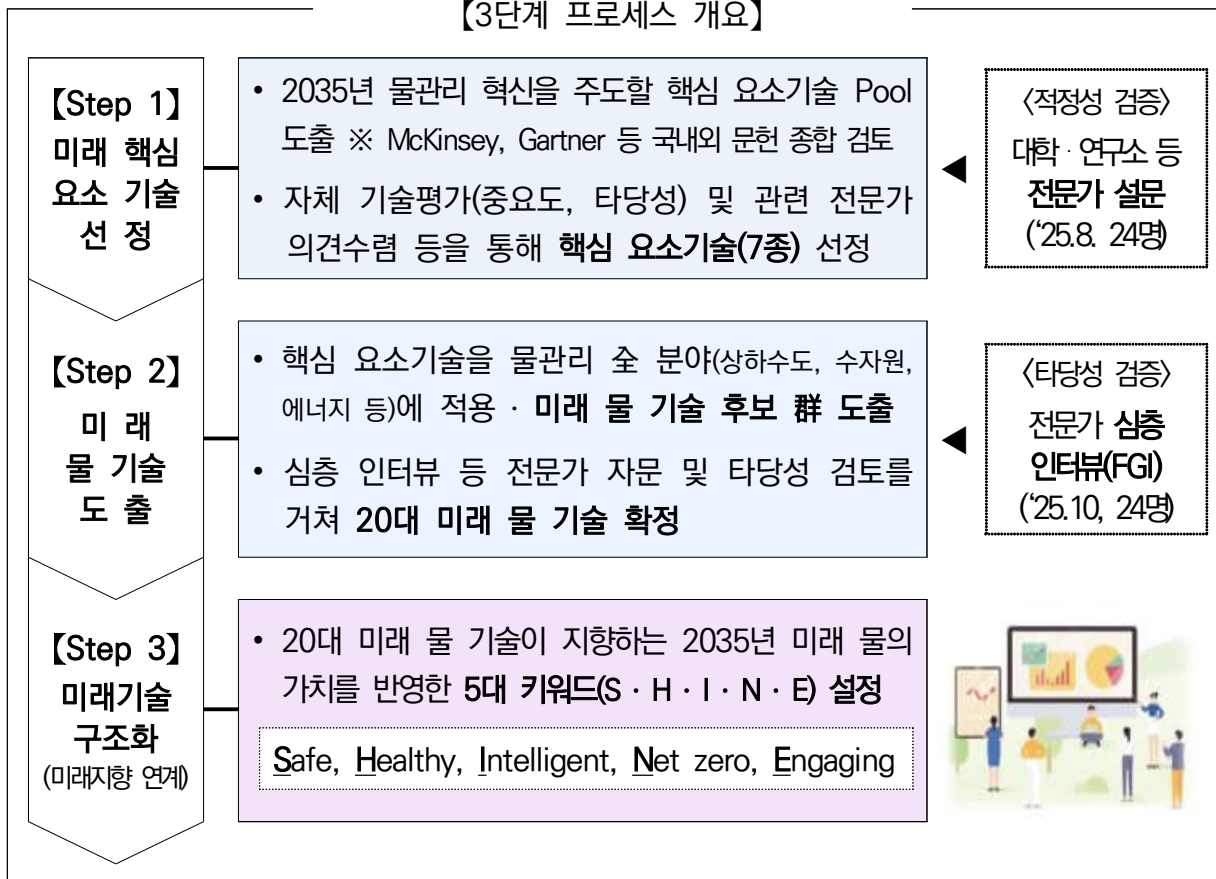
“미래 물관리 혁신 및 글로벌 기술 경쟁력의
원천으로 선제적 · 도전적 연구개발이
필요할 것으로 전망되는 기술”

□ 미래 물 기술 도출 프로세스

- K-water연구원 소속 연구진(연구원장 주관 전담반*) 중심 외부 전문가 그룹** 협업체계
- * 분야별 신진 연구자 중심 구성 및 산·학·연 전문가(총 48명) 참여로 분석의 객관성/타당성 제고
- “핵심 요소기술 선정→미래기술 도출→미래기술 적용 효과”의 3단계 프로세스 적용

[1단계] Technology	• 미래 유의미한 영향이 예상되는 핵심 요소기술 선정 (Identify a set of emerging technologies)
[2단계] Use Case	• 유망 요소기술을 활용한 미래 실제 적용 가능성 높은 솔루션 도출 (Analyze enabling applications in various sectors)
[3단계] Impact	• 개발된 솔루션 적용에 따른 사회·경제적 영향(미래 변화상) 전망 (Forecast the potential economic and societal impact)

【3단계 프로세스 개요】



① 핵심 요소기술

- 미래 글로벌 기술 트렌드를 주도할 것으로 전망되는 유망 기술

✓ 2022년 이후 발표된 국내외 미래(유망) 기술 분석 보고서 검토 및 외부 전문가 의견 수렴(설문조사 등)을 통해 자율지능형 AI, 첨단 로봇틱스, 차세대 컴퓨팅 등 7종 선정

자율지능형 AI	대규모 데이터 학습을 통해 스스로 판단하고 최적 의사결정
첨단 로봇틱스	고위험 / 고난이도 작업 등을 자율적으로 수행하는 지능형 로봇
차세대 컴퓨팅	대규모 데이터의 고속 처리로 실시간 예측, 의사결정 지원
몰입형 기술	VR / AR / XR 기반의 직관적 이해, 체험 및 의사결정
위성 모니터링	지능형 인공위성을 활용한 글로벌 모니터링, 데이터 분석 등
재생에너지	재생에너지 활성화를 위한 생산, 저장, 활용 기술
합성생물학	유전자 재설계 등으로 난분해성 오염물질 제거, 수질 정화 등

* 문헌 분석, 전담반 검토를 통해 도출한 10개 기술에 대해 전문가 설문을 통해 7개 선정

② 미래 물 기술이 지향하는 5대 가치

지 향 물 기술 혁신을 통해 모든 국민이 안전하고 깨끗한 물 혜택을 누리는 밝은 미래

	5대 가치	지 향	미래 물 기술
S	안전한 물 Safe Water	AI, 위성, DT 등을 통한 선제적 기후위기 대응으로 재난으로부터 국민 안전 보장	차세대 도시침수 자율관제 등 5개 기술
H	건강한 물 Healthy Water	AI 정수처리, 디지털-자연기반 해법 결합 등 건강하고 깨끗한 물이용 환경 조성	초지능 기반 상수도 수 과정 자율 운영 등 3개 기술
I	똑똑한 물 Intelligent Water	Agent AI, 센서-로봇-AI 융합, 디지털 트윈 등 글로벌 물관리 AX 및 DX 선도	AI 완전 자율 운영 플랫폼 등 6개 기술
N	친환경적인 물 Net-zero Water	물 에너지를 통한 에너지 전환 주도 등 국가 탄소중립 및 기후복원력 향상 견인	수소 기반 비상전원 공급 플랫폼 등 4개 기술
E	함께하는 물 Engaging Water	국민 참여 물관리 및 물의 가치에 대한 공감 형성 및 ·확산 기여	AI-DT 기반 도시계획 플랫폼 등 2개 기술

20대 미래 물 기술

20대 미래 물 기술

SAFE

1

차세대 도시침수 자율
관제시스템
(초연결 N/W-AI 융합)

2

극한 호우 홍수 예측
특화 AI 기반 기상 모델

3

글로벌 수자원/수재해
분석 가시화 기술
(클라우드 플랫폼 기반)

4

초소형 위성-AI 온보드
홍수피해 준 실시간
모니터링

5

디지털 트윈 기반
가상 지구 수자원
위성 시스템

6

초지능 기반 상수도
조 과정 자율 운영 기술

7

합성생물학 기반
차세대 환경 오염물질
관리 기술

8

에이전트형 멀티로봇
기반 물 인프라 조 주기
안전관리

9

AI 완전 자율 운영
플랫폼

10

상수도 관망 시공간적
디지털 동기화
(관망 가상화)

11

로봇-AI 기반 물환경
디지털 트윈 기술

12

센서-로봇-AI 융합형
스마트 상수도 관망 진단

13

자율 지능형
AI 수자원 군집위성

14

물순환 연계
의사결정 지원 시스템

15

미래에너지 수소 기반
비상전력 플랫폼

16

지속가능 전력 안정형
가변속 양수발전 시스템

17

박막형 태양광 모듈
활용 수상 태양광 기술

18

태양광-열 융합 활용
자립형 에너지 공급 기술

19

AI-디지털 트윈 기반
도시계획 플랫폼

20

지능형 BIM-XR 기반
물 인프라 조 주기
디지털 관리

INTELLIGENT


NET ZERO


ENGAGING


HEALTHY


INTELLIGENT

Safe water 1	도시침수로부터 시민과 도시를 지키는 미래형 자율방제 시스템	
	기술 정의	다차원 정보를 기반으로 도시침수 관리 순 과정(시설 연계 운영, 사전/실시간 대응 등)에 대한 자율 의사결정을 수행하는 차세대 도시침수 관리 시스템
초연결 네트워크-멀티모달 AI 융합 차세대 도시침수 자율방제 시스템	기대 효과	<div> <div>■ 신속·정확한 재난분석 및 대응으로 국민 안전 제고</div> <div>■ 사용자 참여형 재난관리 웹 플랫폼 제공을 통해 공공 재난관리 역량(기술활용 수준) 향상</div> </div>
Safe water 2	AI 기반 맞춤형 기상모델로 스마트한 홍수 예측	
	기술 정의	X-AI(Explainable AI) 기반 극한 호우로 인한 홍수 발생 예측에 특화된 알고리즘 개발 ※ 기후변화에 따른 국지성 호우 등에 대한 최적 대응
홍수 예측에 특화된 AI 기반 기상 모델	기대 효과	<div> <div>■ 데이터 기반 재난관리 정책 수립 및 대응 역량 향상</div> <div>■ 집중호우 등 예측 정확도 향상으로 국민 안전 제고</div> </div>
Safe water 3	클라우드/빅데이터를 활용, 신속·정확한 수재해 대응	
	기술 정의	클라우드 기반 대규모 글로벌 수문, 기상, 수자원 데이터의 수집·활용, 수리/수문 모델링 분석 및 가시화 지원 ※ 대규모 데이터의 신속한 처리 및 예측분석
클라우드 플랫폼 기반 글로벌 수자원 / 수재해 분석 및 가시화 기술	기대 효과	<div> <div>■ 수재해(집중호우 등) 예측 정밀도 향상으로 국민 안전 제고, 홍수피해 민감 산업 안정성 확보</div> <div>■ 데이터 기반 수재해 대응 의사결정 지원</div> </div>
Safe water 4	첨단 위성기술로 실현하는 홍수에서 안전한 나라	
	기술 정의	초소형 위성에서 데이터 前 처리 후 분석 결과를 지상에 전송하여 신속한 홍수피해 감시 및 예측 지원 ※ 지상에서 데이터 처리하는 방식 대비 전송량/지연 최소화
초소형 위성- AI 온보드 기반 홍수피해 준 실시간 모니터링 기술	기대 효과	<div> <div>■ 홍수피해 대응 의사결정의 신속성 확보를 통해 수재해로부터 국민 안전 제고</div> <div>■ 위성을 통한 신뢰성 있는 분석 등 재난대응 역량 강화</div> </div>

위성과 첨단 디지털 기술 결합으로 국민 안전 및 안정적 물 이용		Safe water 5
기술 정의	<p>위성 관측정보를 디지털 트윈 플랫폼과 연동한 가상 지구 모델을 통해 정책/재난 대응 시뮬레이션</p> <p>※ 현실의 수자원 정보를 가상 지구모델로 재현</p>	 <p>디지털 트윈 기반 가상 지구 수자원 위성 시스템</p>
기대 효과	<p>▣ 수재해 전조 감지, 선제적 대응 등 국민 안전 제고</p> <p>▣ 광역 단위 수자원 정보 제공을 통한 안정적 수량/수질 관리 및 수재해 감소(정책 신뢰성 향상)</p>	

수돗물 생산부터 공급까지 AI 최적 관리로 안전한 수돗물		Healthy water 6
기술 정의	<p>파운데이션 모델(대규모 멀티모달 데이터 학습) 기반, 수도시설 수 과정을 운영자 개입 없이 공정 관리, 설비 운영, 이상 탐지 및 사고 대응 수행</p>	 <p>초지능 기반 상수도 수 과정 자율운영 기술</p>
기대 효과	<p>▣ 약품 사용 최적화 등 안전하고 깨끗한 수돗물 공급</p> <p>▣ 재난/사고 예측, 적기 조치 등 안정적 물공급 보장</p>	

오염물질 맞춤형 탐지 · 정화로 국민 안심 물공급 실현		Healthy water 7
기술 정의	<p>미생물을 이용하여 현재 탐지, 제거가 불가능한 수질오염 물질의 실시간 탐지 및 선택적 분해·정화 및 무해화 ※ 다양한 신종 화학물질의 처리</p>	 <p>합성생물학 기반 차세대 환경 오염물질 관리 기술</p>
기대 효과	<p>▣ 신종 미량물질 제거 등으로 안전한 수돗물 공급</p> <p>▣ 수처리 비용, 에너지 절감 등으로 효율성 향상 및 탄소중립 물관리 기여</p>	

선제적 물 인프라 위험 탐지/대응으로 재난 및 재해 ZERO		Healthy water 8
기술 정의	<p>AI로 운영되는 멀티로봇(지상, 수상, 수중, 드론)으로 점검→진단→보수→모니터링→학습 등 인프라 수 주기 자율 안전 관리</p>	 <p>에이전트형 멀티로봇 기반 물 인프라 수 주기 안전관리</p>
기대 효과	<p>▣ 인프라 안전관리자 위험 노출 감소 등 재해 예방</p> <p>▣ 적기 점검·복구 등 인프라 안전성 제고 및 장수명화</p>	

Intelligent water 9



AI 완전 자율 운영
플랫폼

AI가 AI를 운영하는 기술로 K-water AI 물관리 업그레이드

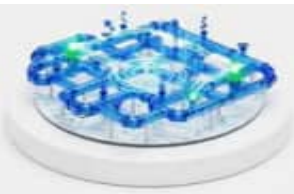
기술
정의

표준화된 AI 분석·활용 체계 구축 및 AI 모델 운영
전 과정(학습-검증-배포-운영) 자동화를 통한 자율운영
플랫폼 ※ 비전문가의 AI 활용 물관리 업무처리 용이성 확보

기대
효과

- ▣ 물관리 전반의 AI 활용 확대로 대국민 서비스 향상
- ▣ K-water형 AI 모델의 주권 확보(소버린 AI)

Intelligent water 10



상수도 관망
시/공간적
디지털 동기화
(관망 가상화)

안전하고 깨끗한 물 공급을 위한 지능형 관망 관리체계

기술
정의

실시간 계측 데이터와 공간정보의 가상 관망 내 통합,
AI 예측·분석 등으로 최적 운영 관리하는 지능형
관망 관리 기술

기대
효과

- ▣ 선제적 유지관리를 통한 상수도 관망 관리 효율 제고
- ▣ 안정적 물 이용을 위한 디지털 관망 관리체계 구축

Intelligent water 11



로봇-AI 기반
물환경 디지털 트윈
기술

깨끗하고 안전한 물 환경을 위한 디지털 의사결정 시스템

기술
정의

로봇, AI, DT 등 첨단 디지털 융합을 통한 실시간
오염 탐지, 수질 모니터링 등 물 환경 진단·예측 등
최적 의사결정 지원

기대
효과

- ▣ 수질, 수생태 관리 고도화로 깨끗한 물 환경 조성
- ▣ 오염사고 실시간 탐지, 적기대응 등 물환경 재난 예방

Intelligent water 12



센서-로봇-AI 융합형
스마트 상수도
관망 진단

센서-로봇-AI 기술 융합으로 똑똑한 상수도 관망 관리

기술
정의

비접촉 센서 - 자율주행 로봇 - AI 자동분석 기술
융합으로 상수도 관망의 건전성과 위험요인을 종합
평가하여 최적 관망 관리

기대
효과

- ▣ 상시 관망 정밀진단, 예방정비로 인프라 유지관리 강화
- ▣ 상수도 관망 장수명화로 국민 체감 물공급 안정성 제고

AI 수자원 군집위성이 구현하는 더 빠르고 정확한 재난 대응

Intelligent water 13

기술 정의	위성에 내재된 자율 학습 알고리즘을 통한 즉각적 위험 감지·분석, 위성 군집 間 협력적 학습으로 재난 대응체계 고도화
기대 효과	<div> <div>■ 재난 적기 탐지, 조기 경보로 국민 안전 골든타임 확보</div> <div>■ 군집위성을 통한 다차원 고해상도 수자원 정보 구현</div> </div>



자율지능형 AI 수자원 군집위성

빗물~가정까지 최적 물관리로 국민 안전 및 물이용 편의성 제고

Intelligent water 14

기술 정의	물순환 쉐 과정(강우~정수장) 수량-수질 통합 시뮬레이션 및 의사결정 지원이 가능한 디지털 트윈 시스템
기대 효과	<div> <div>■ 안정적 수량, 수질 관리로 국민 물 이용 안전성 제고</div> <div>■ 홍수기 최적 방류 의사결정 지원 등 재해위험 저감</div> </div>



물순환 연계 의사결정 지원 시스템

친환경 수소에너지로 구현하는 중단없는 공공서비스

Intelligent water 15

기술 정의	수소 저장기술과 연료전지 발전 시스템 융합을 통해 장기 저장, 신속 공급 등이 우수한 탄소 중립형 전원체계 구축
기대 효과	<div> <div>■ 물관리 인프라 예비전력 공급 등 친환경 운영전력 확보</div> <div>■ 수소경제 활성화, 공공 인프라 에너지 자립성 확대 등</div> </div>



미래 에너지 수소 기반 비상전력 플랫폼

고품질 재생에너지의 안정적 공급으로 탄소중립 전환 기여

Net-zero water 16

기술 정의	양수 발전 시스템에 전력 변화장치를 활용한 가변속 운전 기술을 적용하여 전력 계통 운영 유연성을 확보
기대 효과	<div> <div>■ 온실가스 감축 등 국가 탄소중립 목표 달성에 기여</div> <div>■ 태양광 등 재생에너지 변동성 보완으로 전력 안정화</div> </div>



지속가능 전력 안정형 가변속 양수발전 시스템

Net-zero water 17



박막형 태양광 모듈 활용
수상 태양광
기술

안전 · 자연친화적 수면자원 활용으로 탄소중립 전환 기여

기술
정의

박막형(경량이며, 유연하게 휘어지는 특성) 모듈 적용으로
부력체 및 구조물을 최소화한 수상태양광 시스템 구축

기대
효과

- ▣ 수상 태양광 활용 가능성 확대로 탄소중립 달성 기여
- ▣ 경관 디자인 적용 등 댐 저수지의 지역 관광 자원화

Net-zero water 18



태양광·열 융합 활용
자립형 에너지 공급 기술

태양에너지 활용 확대로 인프라 전력 안정성 및 에너지 생활 안정

기술
정의

태양에너지 활용 극대화(전기와 열 동시 생산), 남은
열은 특수물질에 저장하여 필요 시 전력 또는 열원
상시 공급

기대
효과

- ▣ 태양에너지 저장을 통해 물 인프라 전력 안정성 제고
- ▣ 태양에너지 효율 향상을 통해 국민 에너지 생활 안정

Engaging water 19



AI-디지털 트윈 기반
도시계획 플랫폼

AI와 시민이 함께 만드는 스마트 워터 시티

기술
정의

디지털 트윈 및 AI기술을 활용하여 다양한 시민
의견을 반영한 토지이용, 인프라 등 최적 대안을
스스로 생성 · 제안하는 기술

기대
효과

- ▣ 시민 참여 등 수요자 맞춤형 도시 서비스 제공
- ▣ 발생 가능 재난 예측, 시나리오 분석 등 안전성 강화

Engaging water 20



지능형 BIM-XR 기반
물 인프라 디지털
관리 기술

지능형 가상현실을 활용한 인프라 안전 및 물의 가치 확산

기술
정의

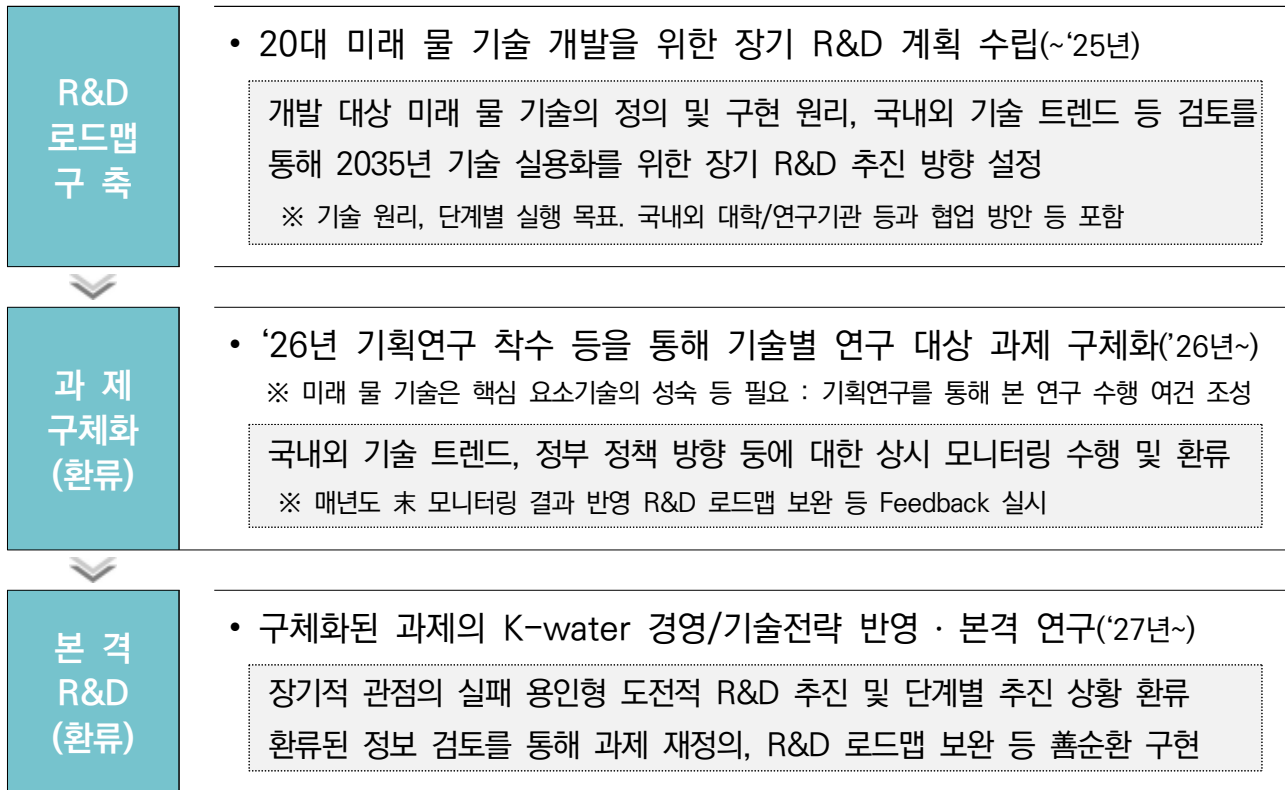
물 인프라 건설 ~ 유지관리 수 과정을 3D 디지털
환경에 구현, 인프라 안전성 · 효율성 극대화 및
교육 홍보 효과로 물의 가치에 대한 인식 제고

기대
효과

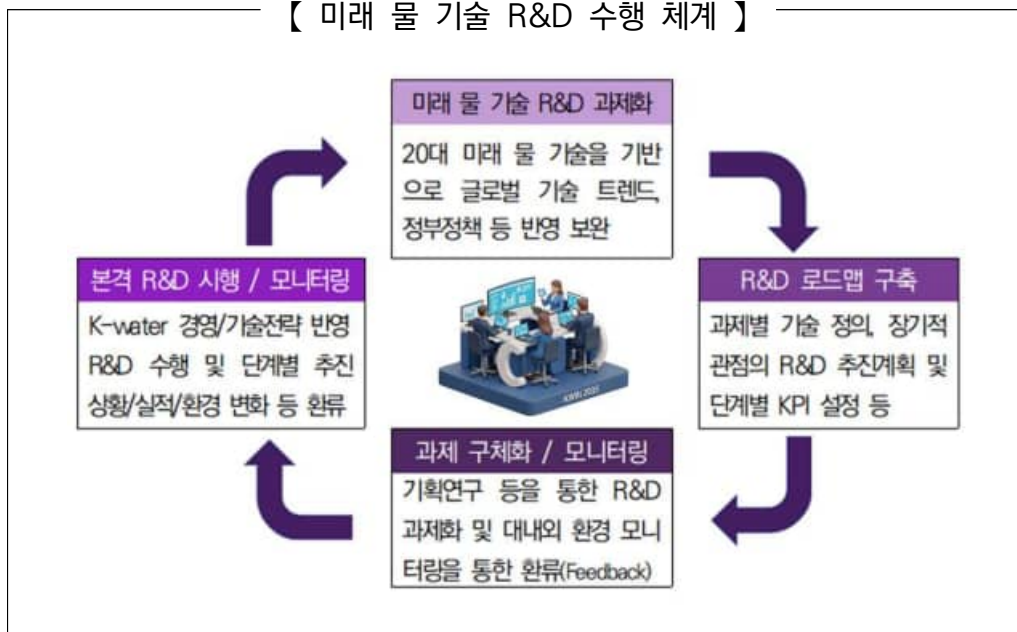
- ▣ 시공성 향상, 노후화/재난 조기 감지 등 안전 제고
- ▣ 물 인프라 XR(Extended Reality) 콘텐츠 제공 등
물의 가치에 대한 대국민 인식 제고

4 향후 추진 방향 : 미래 실현을 위한 R&D 선순환 체계

- ✓ “R&D 로드맵 구축 ▶ 미래 물 기술 연구 개발(K-water 기술/경영 전략 반영) ▶ 환류”의 선 순환을 통해 적기 미래기술 확보 지향 ※ 장기적 관점의 실패 용인형 도전적 R&D 추진



【 미래 물 기술 R&D 수행 체계 】



※ “K-water연구원 선정 20대 미래 물 기술”의 세부 내용(기술정의서)은 K-water연구원 누리집(www.kwater.or.kr/kiwi/main.do)에서 확인하실 수 있습니다.

대한민국 물 분야 미래 연구자 육성 프로그램, 「미래 R&D 인재 캠프」

〈 K-water연구원의 미래 연구자를 위한 실질적 연구지원 프로그램 〉

연구관리처 박기범 처장, 류경식 부장, 배창용 차장

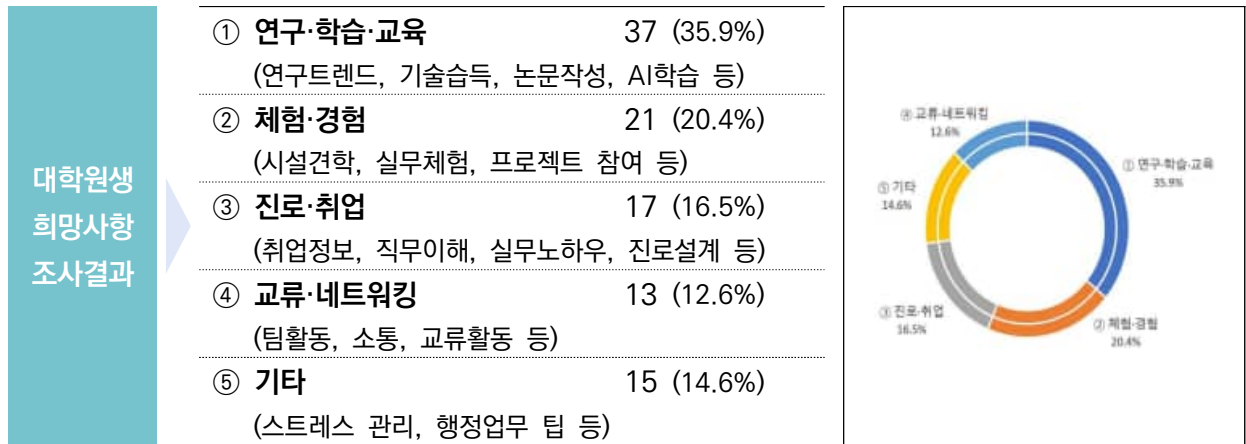
- 미래 우리나라 물 분야 R&D를 주도할 現 대학원생을 대상으로 연구역량 강화와 진로 탐색 지원을 위해 K-water연구원 주관 「미래 R&D 인재 캠프」 출범(25.5월)
- 총 85명의 대학원생이 참여하여 이론·실무적 연구지원, 진로상담, 현장견학 등의 통합 프로그램을 통해 실질적 연구역량 향상과 연구자간 네트워크 확장을 견인

1 「미래 R&D 인재 캠프」 개요

- (기획 취지) 「미래 R&D 인재 캠프」는 물 분야 전문가를 목표로 석·박사 과정에 재학 중인 대학원생들에게 체계적 연구 역량 강화의 기회를 제공하기 위해 기획
 - 미래 물 분야 연구개발을 이끌어갈 인재들을 응원하고, 이들의 학업과 연구, 진로 탐색 등에 실질적 도움과 지원을 위해 출범
- (운영 방향) 연구와 실무의 연계, 다학문적 학습 강화, 전문가 네트워크 구축을 통해 미래 물기술 연구를 선도할 인재를 육성하는 데 중점
 - 향후 연구분야와 진로 결정 등에 있어 실질적 도움을 줄 수 있는 기초역량 지원
- (주요 프로그램) 물 분야에 전문·특화된 K-water연구원의 각 분야별 현직 연구원을 멘토로 선발한 후, 대학원생(멘티) 대상 멘토링 프로그램을 중심으로 설계
 - 연구방향의 설정, 실제 연구 업무의 이해, 향후 진로 탐색, 연구와 관련된 물관련 시설 견학 등 다양한 학습 요소를 통합하여 운영

프로그램	주요 내용	비 고
상시 멘토링	연구주제 설정, 논문작성 지원, 연구상담	5월 ~ 10월
정기 멘토링	실무자료 분석, 장비 활용, 진로상담, 팀 활동	
전체 행사	물관련 시설견학, 기술동향 소개, 채용정보 제공	OT(5월), 네트워킹(7월)

* 세부 프로그램은 캠프 오리엔테이션 참가 대학원생들의 수요 조사를 통해 탄력적으로 구성



2 「미래 R&D 인재 캠프」 참여 현황 및 일정

□ (참가 규모) 전국 35개 대학에서 총 85명이 지원, 멘토 인력도 30명으로 편성

◦ 멘토는 생생한 경험과 노하우 공유를 위해 입사·학위 취득 10년내 연구원으로 선정

멘 토 (Mentor, 30명)	멘 티 (Mentee, 85명)
K-water연구원 소속 연구원(員) (입사·학위취득 10년 미만)	국내 대학교 대학원 재학생 (물관련 학과 석·박사과정)

□ (맞춤형 멘토링) 참가자의 관심 분야와 연구 키워드를 기반으로 7개 전문분야, 14개 팀을 구성하여 맞춤형 멘토링을 실시

◦ 참가자의 연구 관심분야를 고려하여 물분야 7개 연구 大 주제별 전문분야 지정

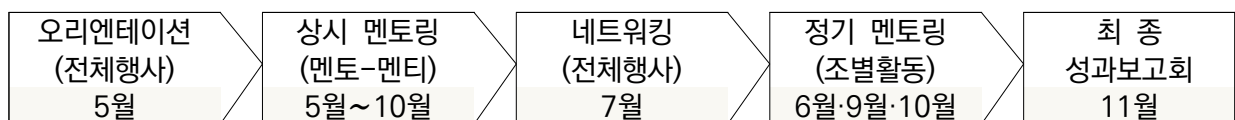
* 물환경 및 수질관리, 물인프라 건설 및 관리, 그린 에너지, 수자원 관리 및 수해재 대응 등

◦ 별도 희망자 수요조사를 통해 학위취득 지원에 특화된 멘토링도 진행

* 논문주제 확정 前 : 연구방향 설정 지원 집중 / 확정 後 : 연구수행 관련 문제해결 지원 중심



□ (진행 일정) OT, 중간 네트워킹, 상시&정기 멘토링, 최종성과보고회 등 실시



3 「미래 R&D 인재 캠프」 주요 활동 내용

① 전체 참여자간 오리엔테이션(5월, K-water연구원)

➔ 캠프 참여 미래 인재의 의견조회를 통해 실효성있는 운영방향을 도출

- 캠프 소개 및 멘토-멘티 임명장 수요, 팀빌딩 활동 및 주요 시설 견학으로 구성

오리엔테이션 활동



② 멘토-멘티간 정기 멘토링(6월~10월)

➔ 연구역량 강화, 경로 설계, 체험과 경험의 3개 축을 중심으로 미래인재 육성 지원

① 미래 인재의 연구 역량 강화

- 현 진행중 연구 또는 학위 논문 준비 과정에서의 문제 해결능력 향상 지원
 - * 연구 방향성과 방법론, 데이터 전처리/모델링 과정 등에서의 기술적 문제 해결 논의 등
 - ** 각 전공분야의 물/환경 분야 적용/활용 가능성 검토 후 이를 기반으로 연구 방향 설계
- 연구 성과 코칭 및 보완으로 국내외 학술대회를 통한 성과발표 진행 지원
 - * 한국인공지능학회, 대한환경공학회 등 포스터 발표 지원, 해외 저널 연구논문 작성 전략 공유 등
- 연구 과정에서의 AI 활용 역량 향상 지원
 - * K-water AI연구소 Github를 활용한 예제 기반 모델링 과정(전처리, 예측, 검증)을 실습, 실제 업무에 적용 가능한 AI 분석 절차와 요구 역량 이해

온·오프라인 멘토링 활동



➔ 연구역량 강화, 경로 설계, 체험과 경험의 3개 축을 중심으로 미래인재 육성 지원

- 연구 관련 현장 답사, 멘티간 연구/실험실 교류 탐방 및 실무 프로세스 이해
 - * K-water 정수처리 실증플랜트(고도수처리 공정), 수질센터, ICT 기반 물관리 시스템, 낙동강하굿둑, 국민대·전북대 연구실 교류 방문 등을 비롯하여 연구원의 현업 지원 역할과 실무 프로세스 이해
- 실무역량 함양을 위한 전공분야별 기업형 미래 R&D 기술개발 로드맵 작성 체험
 - * 분야별 국내외 배경 및 시장 현황, 국내 기술개발 시급성 및 필요성 조사평가, Level-Module 기반 단위기술 분류 및 현황 진단후, 단·중장기 기술개발 경로 도출

각 전공분야별 연구실 교류 방문



전공분야별 미래 R&D 기술개발 로드맵(일부 발췌)

[illegible]

③ 전체 네트워킹 행사(7월, K-water 본사)

➔ 미래 인재간 네트워크 구축과 함께 향후 연구 경로 설계에 대한 합동 논의 진행

- 캠프 운영 경과보고 및 Job Briefing과 Real Job Talk를 통해 경력 설계 지원

미래 R&D 인재 캠프 네트워킹 행사



④ 최종성과보고회(11월, K-water연구원)

➔ 미래 캠프를 통해 진행된 연구 및 활동 성과 공유, 우수 사례 시상

- 멘토링 등 캠프 활동을 통해 진척된 연구 성과에 대한 발표를 통해 우수 연구성과 3건, 우수 활동성과 1건을 선정하여 시상을 진행

* 총 28건의 연구와 활동성과 보고서가 제출되었으며, 각각의 심사를 통해 우수 성과 선정

【 우수 연구성과 3건 주요 내용 요약 】

우수 #1	주제	막통기생물막반응기(MABR)의 동시 질화·탈질 특성 연구
	주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Lab-scale MABR 무산소 반응조 구축 ▶ 3단계 배치시험(막 산소전달 평가 등) 수행 완료 및 기초 성능 검증 ➔ 대한환경공학회 국내 학술대회 포스터 발표('25.11)
우수 #2	주제	생산수(Produced Water, PW) 처리 중요성 증가에 따른 막 종류 공정 도입
	주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 옴니포빅 분리막 제작 및 성능 확인 ▶ 코팅에 따른 성능 변화 증명 및 구조적 변화 확인 ➔ 학위 논문 작성 및 심사 통과
우수 #3	주제	부영양화로 인한 플라스틱 생물권 군집 변화 분석
	주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Metagenomics 분석을 통해 LDPE 분해 효소관련 Metagenome assembled genome(MAG)가 부영양화 조건 아래 크게 증가했음을 확인 ➔ 2025 ASME, ISME Asia-CAME Joint Conference 등 국제학회발표

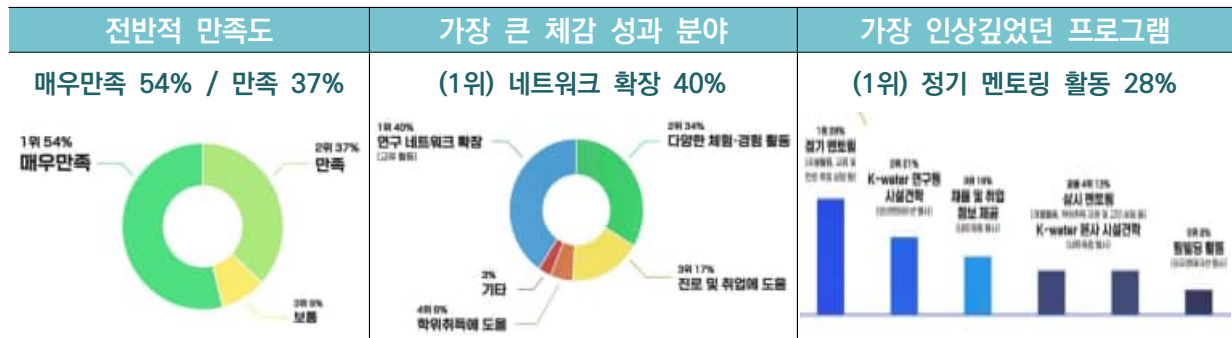
최종 성과보고 및 우수사례 시상



4 활동의 의미와 향후 계획

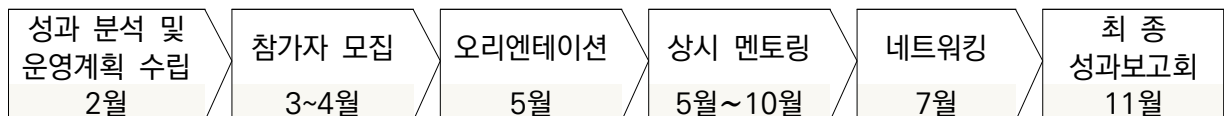
- **(만족도 평가)** 2025년 「미래 R&D 인재 캠프」 참가자들은 치열한 연구 과정에서 잠시 벗어나, 실제 물 분야 R&D 및 물관리 현장에서의 다양한 활동을 경험하며,
- 연구자간 네트워크 확장, 연구역량 강화, 진로 방향성 정립 등 높은 만족도를 보임

【 참가자 설문조사 만족도 결과 】



- **(향후 과제)** 「미래 R&D 인재 캠프」는 올해 처음 출범한 지원체계임에 따라, 금년도 운영 성과 및 설문결과 분석을 기반으로 실효성을 강화하기 위한 방안 검토 필요
- 우리나라 물 분야 미래 기술력의 근간이자 핵심 동력인 미래 인재 잠재력 개발과 가능성 극대화를 위한, 내실있고 지속력있는 지원체계로서의 프로그램 성장추진

【 2026년도 운영 일정(안) 】



* 상기 일정은 성과 분석 결과에 따라 변경 가능

➡ 미래 연구자 역량이 곧 물 분야 경쟁력임을 인식하고, 미래인재 R&D 캠프의 성공을 위해 국내 물 관련 각계 전문가 및 연구자들의 많은 관심과 응원 필요

ISSUE & TREND

- 5인의 행정학자가 풀어주는, ‘수자원 거버넌스’의 과거, 현재, 미래

5인의 행정학자가 풀어주는, ‘수자원 거버넌스’의 과거, 현재, 그리고 미래

[기획] K-water연구원 경영연구소 류문현 소장, 김정윤 부장, 양우리 과장

[참여] 은종환 교수(경상국립대), 김철희 교수(한남대), 정광호 교수(서울대)
허형조 교수(건국대), 이삼열 교수(건국대)

- 물관리 정책의 성패에 거버넌스의 중요성이 증대됨에 따라, K-water연구원과 한국행정학회가 함께 ‘수자원 거버넌스’ 주제의 2025년 「저널 물정책·경제」 발간
- 수자원 거버넌스의 제도적·정책적 의미, 거버넌스 평가 방법론 등에 대한 다양한 학술적 견해와 연구방향을 제시하며 향후 물관리 정책 연구의 저변 확장을 제언

1 수자원 거버넌스 연구의 배경

□ 수자원 거버넌스의 중요성

- 수자원은 다수 부처·기관 등 이해관계가 얽혀있는 동시에, 강한 공공성으로 국민 삶에 미치는 영향이 높아, 새로운 정책·기술 입안시 ‘거버넌스’의 역할이 매우 중요
- 이에 K-water연구원은 국내 5인의 학자로부터 수자원 거버넌스의 특징과 사례, 발전 방향 등의 견해를 담은, 「저널 물정책경제」를 한국행정학회와 공동 발간(‘25.12)
- * 저널 물정책경제 : K-water연구원이 2004년부터 발간하는 학술지로서, 정책·경제·기술 등 다양한 분야에 걸쳐 정책 현장과 학계의 논의를 이어주는 연구 전문지로서의 역할 수행(금년 40호 발간)

□ 한국행정학회가 함께 완성한 2025년 「저널 물정책경제」

- 금년 저널 물정책경제는 공공정책 분야를 중심으로 우리나라 행정학 발전을 선도하는 한국행정학회와 학회 소속 5인의 학자가 참여하여,
- 복합적 공공재의 특성을 지닌 수자원 관리 영역에서의 거버넌스 분석을 본격화하기 위한 의미있는 시도를 주도



➔ 본 장에서는 금번 「저널 물정책경제」의 주요 내용을 수자원 거버넌스의 정당성 및 제도적 측면, 주요 사례, 향후 연구방법론의 3가지 관점에서 요약하여 소개

1) 물은 누구의 것인가? : 정당성, 참여, 이해관계자 정치

〈 은종환 경상국립대 행정학과 교수〉

□ (물의 특성 : 공공재 + 사유재) 물은 생명과 삶의 유지 등 공공성에 기반한 **공유재적** 특성과 분배 효율성과 지속가능성 추구의 **시장 매커니즘의** 특성을 동시에 지님

- 물의 ‘경제적 재화’의 특성에 집중해 **민영화**를 단행한 국가들에서는 물의 **공공재적** 특성이 침해되거나 **분배적 불평등**을 초래하는 등 정책 **정당성 상실** 및 **딜레마 발생**

【 사 례 : 볼리비아 코치밤바 물전쟁(Water War) 】

- 세계은행(World Bank)의 공공서비스 민영화 요구로 1999년 수도를 민영화하며 다국적 컨소시엄 ‘아구아스 델 투나리(Aguas del Tunari)’가 독점 운영 시작
- 물요금 대폭 인상으로 일부 가구의 월소득 20% 이상을 차지, 빗물을 모으는 관행까지 금지되며 물에 대한 지역 시민들의 이용 접근성이 급격히 저하
- ➔ 코치밤바 시민들의 대규모 시위 촉발, 폭력 충돌까지 일어나며 민영화 철회



□ (정책 정당성 기준) 물관리 정책의 정당성은 **공정성, 투명한 절차, 법적 일관성, 효과성**으로 평가하고, 이를 통한 사회적 신뢰 및 지속가능성의 확보가 수용성을 보장

【 정당성 기준으로 평가한 해외 물관리 정책 】

싱가포르 'NEWater' (우수사례)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ [내용] 수자원이 부족한 싱가포르의 국내 물공급 안정화와 해외 물수입 의존도를 줄이고자 NEWater(고도 정수처리된 하수재이용수) 정책을 도입 ▶ [평가] 공정성 안전하고 저렴한 물공급, 저소득층 요금체계, 투명성 시민교육, 공청회, 일관성 국제위생기준 부합, 효과성 국내 물수요의 40% 충족
남아공 '데이제로 위기' (실패사례)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ [내용] 2018년 남아공에서는 극심한 가뭄과 미흡한 물관리 정책 대응으로 국가 전체의 물공급이 전면 중단(Day Zero)될 위기에 직면 ▶ [평가] 공정성 부유층의 물사유화, 저소득층 차별적 물배급, 투명성 정보와 참여 부족, 일관성 '수법'과 정책 간 괴리, 효과성 물사용 중단, '데이 제로' 초래

- **이해관계자 참여와 지역사회 기반 의사결정**이 정책의 신뢰도를 높이고 갈등을 완화하는 **결정적 요인**임을 실증적으로 확인할 수 있으며,
- 물관리 정책 과정에서의 **정보 비대칭성과 지역사회·시민 참여 저해**는 정책 불신과 이해관계자 간의 **갈등**을 심화시키는 경향을 보임

▶ 물관리 정책의 지속가능성을 위해서는 기술 효율성뿐만 아니라 **사회적 신뢰와 협력을 고려한 통합적 거버넌스** 방향으로 전환할 필요성이 있음을 시사

2) ‘관개에서 제도로’ : 수자원 거버넌스의 경제적·정치적 기원과 진화

〈 김철희 한남대학교 행정학과 교수 〉

- (수자원 거버넌스의 기원) 고대문명에서 현대까지 생산성 증대를 목적으로 물을 이용하기 위한 ‘관개 체계’ 구축과 운영 과정에서 정치적 ‘권력 구조’가 형성되어 왔음
- 이는 수자원 관리가 단순히 이수(利水)를 위한 기술적 활동에서 물 배분의 권한을 갖기 위한 규칙과 조정 방식을 결정하는 제도적 차원에서의 진화였음을 설명

【 각 시대별 수자원 거버넌스의 경제·정치적 의미 】

시대	경제·정치적 맥락
고대	[문명의 발달] 메소포타미아, 황하 등 농업 생산성을 높이기 위한 대규모 관개 체계 구축 ➔ 관개의 유지·관리를 위한 공공노동력, 세금, 관료조직 등 권력 구조의 형성
중세	[장원제] 봉건적 토지 제도에 따라 영토를 소유한 영주가 토지와 물 이용권을 소유 ➔ 지방의 귀족·지주 계급에 집중, 정부의 세금 확보를 위한 관개 인프라 투자 시작
근대	[산업화·도시화] 자본주의와 식민지 개척 등의 본격화로 대규모 물 인프라 구축 본격화 ➔ ‘중앙정부’ 주도로 국가의 치수·개발 권한 확대(대규모 댐, 운하, 상·하수도 건설), 국가간 수자원 확보 경쟁 심화로 수자원 소유권(연안권, 선점권 등) 원칙 제도화
현대	[시장성] 물을 ‘경제적 가치가 있는 희소자원’으로 재인식, 글로벌 공공재의 역할이 강조 ➔ 일원적인 수자원 관리체계에서 다층적 참여, 유역 중심, 참여적 거버넌스로 전환

- 특히, 최근 다양한 주체별 역할*에 따른 다층적 협력체계(Multi-level Governance)가 필수화 되었으나, 재정적 제약과 주체별 권한의 불명확함 등이 한계로 지적

* 정부(전략, 법·제도), 유역위원회(유역계획, 갈등 조정), 지자체(상하수도 운영), 시민(정책참여, 감시)

- (수자원 거버넌스의 발전 방향) OECD*에서 제시한 정책 유효성, 효율적 자원 활용, 신뢰·참여를 핵심 목표로 제도·경제·정치가 통합된 협력적 관리체계로 발전 필요

* OECD Principle on Water Governance, 효과적 수자원 거버넌스를 위한 12원칙 제시(2015)

- 경제적 측면에서는 물 이용 효율성과 사회적 형평성을 동시에 달성할 수 있는 요금 및 인센티브 제도 등의 자원 조달 방식을 마련하여 지속가능성을 담보해야 하며,
- 정치적 측면에서는 유역 단위 통합물관리 체계 구축과 이해관계자의 실질적 참여를 보장하는 제도의 설계가 핵심 과제가 될 것으로 전망

▶ ‘관개에서 제도로’ 발전한 수자원 거버넌스가 이제는 물의 경제적 가치 재평가와 정치적 협력의 제도화를 통해 ‘제도에서 협력으로’의 진화를 모색

3) 미국 연방주의와 수자원 권력의 정치: TVA 경험의 재조명

〈 정광호 서울대학교 행정대학원 교수 〉

- (TVA의 설립) 1933년 대공황으로 인한 뉴딜정책을 배경으로 테네시강 유역의 빈곤과 인프라 부족 해결을 위한 댐 건설, 하천유역 개발, 전력 생산 등을 목적으로 설립
 - TVA 설립은 연방정부의 수자원 개발과 전력시장 개입의 대표 사례로, 향후 연방-주-지방간 권한의 배분, 민간 시장과의 갈등과 논쟁 등 거버넌스적 이슈 지속 발생
- * **TVA** TVA(Tennessee Valley Authority, 테네시강 유역개발 공사)
 - 전력 생산 및 공급, 테네시강 유역 환경 및 수자원관리, 지역경제 개발 등을 총괄
- (연방 개입의 정당화) TVA는 낙후된 테네시강 유역 경제와 산업 회복이라는 실질적 명분과 하천과 송전망이 다수 주에 걸친다는 제도적 명분이 결합되어 연방이 개입
 - 이를 통해 테네시강 유역 수자원·전력·농업 등 전방위 분야 ‘지역단위 경제 계획’을 연방이 주도하여 관리하는 새로운 형태의 연방주의 공공개발 모델을 창출
- (연방 개입의 갈등화) TVA가 성장하며, 요금 안정과 전력 보급 확대의 ‘공익적 공공 개입’과 자본 효율성 저하와 경쟁력 약화의 ‘개입에 따른 시장 왜곡’간 갈등 심화

【 연방정부의 시장개입에 대한 각 학파별 해석 】

고전적 자유주의	뉴딜 진보주의	현대 혼합경제
시장의 자율적 경쟁에 정부는 ‘시장 감독자’로 제한적 개입	▶ 시장실패 보안을 위한 정부의 적극 개입으로 공공 이익 보호	▶ 시장의 효율성 + 정부의 조정 → TVA(시장가격 기준 설정자)

- (연방 개입에 대한 대법원 판결) 테네시강의 민간기업이 운영 중인 여러 댐을 유역 종합개발계획 상 공익수용권을 근거로 TVA가 인수 ➡ 대법원 합헌 판결(1936)
 - * 대법원 판결 「Ashwander vs TVA(1936)」 : 테네시강 수계 민간 전력회사(TEPCO)가 제시한 TVA의 토지/재산 수용권(공익수용권) 위한 주장을 공익목적 차원에서 합헌적 권한으로 판결
 - 이후 시장경쟁으로 해결하기 어려운 공공서비스에 대해 연방정부가 대규모 인프라를 건설하고 공공요금 설계 등에 개입할 수 있는 제도적 근거로 활용되는 선례가 됨

➡ TVA 사례를 통해 연방-지역-시장간 갈등과 논쟁 속에서 법적·정치적으로 제도화 되는 과정을 통해 거버넌스 이해관계자의 역할 범위와 정당성에 대한 합의 고찰

4) 적응적 거버넌스와 수자원 정책 네트워크 분석

〈 허형조 건국대학교 행정학과 교수 〉

- (적응적 거버넌스) 기후변화로 인한 불확실성은 전통적 관리방식으로는 한계가 있어, 변화 대응과 학습, 상호작용 기반 조정을 핵심으로 하는 ‘적응적 거버넌스’에 주목
- 적응적 거버넌스(adaptive governance)란 예측불가능성을 전제로 변화하는 환경에 맞춘 학습-피드백-재설계의 순환을 통한 정책의 진화 및 제도화하는 것을 말하며,
 - 수자원 관리는 상류·하류의 공간적 연계, 수량·수질·생태의 기능적 결합, 농업·산업·환경간 이해관계 중첩으로 위계적 통제보다 적응적 거버넌스가 설득력을 갖는 분야
- (분석 프레임워크) 적응적 거버넌스의 작동 메커니즘과 정책 네트워크의 이론을 결합하여 추상적 규범을 측정가능한 변수로 전환하여 정책 설계와 평가에 활용
- 적응적 거버넌스의 규범과 실제 작동 과정을 인식(Awareness)-동기(Motivation)-역량(Ability)-기회(Opportunity)로 구조화하여 설명(Akamani, 2023)하고,
 - 이를 행위자 간 네트워크의 구조와 상호작용 방식을 통해 형성된다고 보는 네트워크 이론에서 계량적으로 분석이 가능한 구조적 지표와 대응시켜 정책 분석틀로 발전

【 적응적 거버넌스와 정책 네트워크 지표의 대응 관계 】

적응적 거버넌스		정책 네트워크 지표 내용
인식	위험·문제에 대한 공통인식 형성	네트워크 밀도, 정보 흐름(공유량)
동기	협력에 참여하려는 정책·사회적 동인	참여정도와 공동 협력사업 빈도
역량	정책의 실행·조정을 위한 기술·조직·능력	행위자 중심성(영향력)과 갈등조정력 수준
기회	숙의와 학습이 일어나는 제도적 장치	네트워크간 연결창구(중재자)

- (평가지표 체계) 실제 정책 분석과 제도 설계에 적용하기 위해 종합적 평가지표 설계

평가 관점	주요 지표	측정 방법
제도적	적응 조항, 선셋 규정, 모니터링·평가 법제화	법령·정책 문서 분석
조직·과정	경계조직 기능, 참여 다양성, 갈등 조정 장치	조직 운영 기록, 인터뷰
네트워크	밀도, 중심성, 매개 중심성, 브리지	네트워크 분석(SNA)
성과·학습	피드백 루프, 제도 학습, 회복탄력성 지표	설문·성과 평가, 지표화

- 이를 통해 한국의 물관리를 평가하여 ①중앙-지방간 권한 배분 명료화 ②유역단위 협력네트워크 강화 ③경계조직의 활성화 ④학습과 피드백의 제도화의 개선방안 도출

▶ 적응적 거버넌스의 구성요소와 네트워크 이론을 결합하여 측정·평가가 가능한 진단 틀을 제시함으로써 수자원 정책의 설계-집행-평가-개선의 체계화의 가능성 확인

5) 규제의 정치와 정책 실행: 물 환경 성과를 중심으로 한 탐색적 연구

〈 이삼열 연세대학교 행정학과 교수 〉

- **(연구 주제의 선정)** 물환경에 대한 높은 정책적 관심에도 기후변화 대응에는 여전히 취약, 기존과는 다른 방식의 **물관리 정책과 거버넌스가 필요함**을 시사
 - 수질 정책의 성과가 ‘**규제 정치**’와 ‘**정책 집행**’의 **상호작용에 영향**을 받는다는 점에 대해 **정치·제도·집행요인별로 가설을 설정**하여 분석, 향후 연구주제를 발굴
- **(선행연구와 연구 가설)** 규제정치 이론, 정책 집행 이론, 물 거버넌스 프레임이라는 세가지 이론적 축을 중심으로 **정책 성과를 분석**하기 위한 **연구 가설 4가지**를 설정
 - 관련된 국내·외 실증 연구를 분석해보면, 규제정치, 유역 거버넌스, 총량제와 같은 **제도적 장치**가 수질정책의 성과에 **유의미한 영향**을 미친다는 점을 대체로 지지
 - **국내의 경우**, 중앙집권적 구조로 인해 유역별 거부권자수, 산업집적도, 정보공개 등 가설(특히 1,2,3)과 관련해 **차이 있는 변수 설정이 어려워 관련 실증 연구에는 한계**

【 연구가설 수립 및 실증연구 분석 】

가설 1 : “정책 집행과정에서 거부권자가 적을수록 수질성과관리 집행강도가 높을 것이다”

배 경 거부권자 이론(Tsecelis, 2002): 정책 변화의 가능성이 제도적 구조에 의해 근본적으로
이 론 제약, 즉 거부권자(Veto Player) 수가 많고 이념적 거리가 멀수록 정책변화 어려워짐
실 증 OECD 23개국의 기후정책을 분석한 결과, 제도 내 거부권자가 많을수록 기후변화 대응
연 구 정책의 채택 가능성 낮아짐(Häge, 2014)

가설 2 : “특정 산업의 집중도가 높을수록 규제 포획 위험이 커지고 규제 성과가 저조할 것이다”

배 경 규제포획 이론(Stigler, 1971; Peltzman, 1976): 산업의 영향력이 높을수록 자원을
이 론 동원해 규제 기관을 장악하여, 규제기준 완화 또는 집행의 미흡으로 규제의 실효성 저하
실 증 미국의 Clean Water Act 관련 연구는 가설을 지지하나(Harrington, 2003 등), 유럽에선
연 구 산업 규모 증가에도 규제로 인한 오염물질 감소 확인의 상이한 결과 제시(EEA, 2025)

가설 3 : “유역 기반 거버넌스와 정보공개 수준이 높을수록 수질 성과가 개선될 것이다”

배 경 OECD 12원칙 등 물관리 거버넌스 프레임: 효과적인 수자원 관리의 핵심을 거버넌스
이 론 설계와 투명성 확보에서 찾으며, 데이터와 정책과정 공개가 정책집행의 책임성을 강화
실 증 중국 113개 도시에서 환경정보공개 수준이 높을수록 환경 규제 강도가 강화되며 정책
연 구 집행의 실효성 개선으로 이어짐(Wang, 2024)

가설 4 : “수질오염총량제(TMDL) 도입·강화는 수질성과 개선에 긍정적인 영향을 미칠 것이다”

배 경 환경부 제도 도입(2012): 특정 유역에 대한 오염 허용 총량을 설정하고 배출원별로
이 론 분담·관리하는 제도는 유역 전반의 수질성과 개선에 효과적인 수단
실 증 국내 실증 연구를 종합한 결과, 유기물·인 등의 농도 저감 및 목표수질 달성에 효과가
연 구 있으나, 강우기 비점오염, 생태지표 개선 등에는 추가적인 관리 수단의 보완 필요성 제시

❑ **제도적 동질성 속에서도 집행력의 차이가 물환경 성과에 미치는 영향에 대한 분석**
 틀을 마련, 그러나 실증에 한계가 있어 **향후 질적 접근법을 도입한 연구가 필요**

3 금회 「저널 물정책경제」의 기여와 향후 비전

- (수자원 거버넌스 연구 확장) 이번 저널은 기존의 담론을 넘어, 물 정책을 둘러싼 제도적 구조, 정치적 역할, 정책 집행, 그리고 거버넌스의 분석 등을 다층적으로 조명
 - 물관리 정책의 성과가 제도 설계뿐만 아니라 행위자 조정, 협력구조, 정보공개, 집행력과 같은 정치와 거버넌스 요인에 의해 결정된다는 점을 공통적으로 제시
- (학술적 기여와 비전) 그간 학회가 축적한 거버넌스 이론과 연구방법론을 K-water의 현장 지식과 결합하여 수자원 거버넌스 연구의 새로운 지평을 제공
 - 향후에도 행정학, 정책학 등 전문 학회와의 연구 협력 외연을 지속적으로 확장하여 수자원 정책의 설계-집행-평가를 연결하는 연구 생태계를 발전 도모

※ 한국행정학회 개요

- (설 립) 1956년 10월에 행정학 연구자, 행정 실무 공무원 등을 중심으로 일반행정에 관한 학리와 실태를 조사 연구함을 목적으로 '한국행정연구회' 창립, 1961년 11월 '한국행정학회'로 개정
- (조 직) 학회장 정광호(서울대), 부회장 등의 임원진과 총 2,000명 이상의 개인 및 80여 개의 기관회원으로 구성된 국내 행정학계 내 최대규모 학회
- (활 동) 정기 학술대회·세미나, 「한국행정학보」 발간, 정책연구, 행정학 교육프로그램 연구 등

※ 본 장에 소개된 『저널 물정책·경제』 (제40호) 전문은,

- K-water연구원 홈페이지(www.kwater.or.kr/kiwe)
- 또는 우측 QR 코드를 통해 확인 및 다운로드가 가능



DEEP DIVE

- MLOps와 에이전틱 AI를 이용한 하천홍수분석기술 개발
- 기후위기의 경제적 영향과 물관리 정책의 중요성 : CGE 모델을 이용하여
- 세계 최대 R&D 무대, Horizon Europe 참여를 위한 2025년의 여정
- 「2027년 국제대담회 연차회의 대전」의 의미와 준비 현황

MLOps와 에이전틱 AI를 이용한 하천 홍수분석기술 개발

K-water연구원 AI연구소 김성훈 소장, 최영돈 책임, 양현석 위촉연구원

- AI모델의 개발단계를 넘어 지속적 운영관리가 가능한 MLOps체계의 개발로 현장 운영자가 AI 개발자 없이 AI모델의 성능평가 및 재학습이 가능한 체계 필요

* MLOps: Machine Learning과 Operations의 합성어로 AI모델의 운영·관리를 위한 시스템

- ChatGPT와 같이 프롬프팅으로 홍수분석이 가능한 ‘에이전틱 AI’개발을 통해 누구나 사용이 가능한 “시스템을 실행할 수 있는 AI” 개발

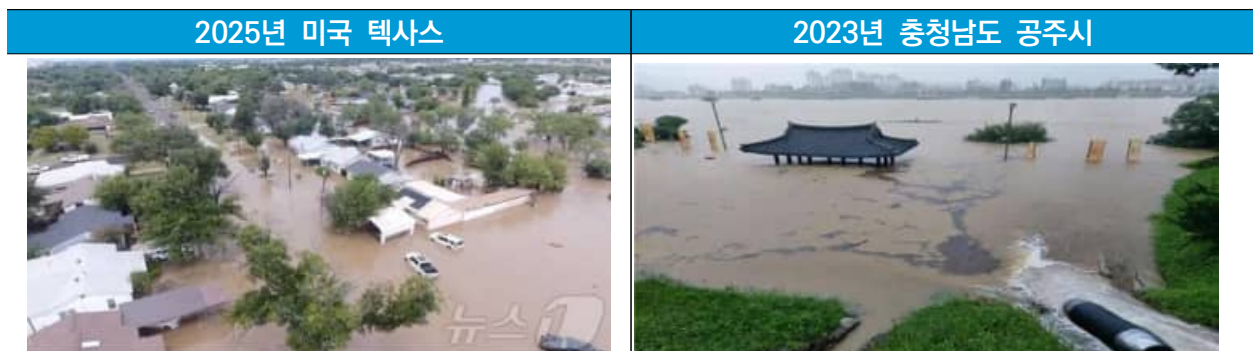
* 에이전틱 AI: ChatGPT와 같이 질문에 답변만 하는 것이 아니라 “시스템을 실행할 수 있는 AI”

1 이상기후로 인한 홍수피해 지속 증가 ⇨ AI를 통한 극복

□ 댐 하류 홍수 피해 최소화를 위한 AI 예측모형의 필요성

- 극단적 기후변화의 시대, 대규모 댐을 통한 홍수 방어는 가장 핵심적 대응 방안
- 우리나라 다목적댐 건설과 운영을 총괄하는 K-water는 홍수기 댐 유입량 예측과 방류량 결정에 있어서는 축적된 경험과 우수한 기술력을 확보하고 있으나,
- 댐 방류 이후에 하류 하천의 수위 변화를 예측하는 기술은 상대적으로 부족한 상황이며, 대부분 댐 하류 지역은 인구 밀집 지역으로 홍수 발생 시 더 큰 피해 위험

[댐 하류 지역의 홍수 피해 사례]



➔ AI의 발전으로 정밀한 댐 하류 수위 예측이 가능해짐에 따라, 휴먼 에러 최소화 및 선제적 홍수 대응을 위한 AI 댐하류 하천 수위 예측모형 개발 필요성 증대

□ AI 도입 시 중요한 고려 사항 - ‘구축’보다는 ‘운영’이 더 어렵다

- 현재 물관리 각 부문에도 AI 도입이 활발하게 이뤄지고 있으나, AI 모델은 도입 후 운영 과정에서 **성능 유지**를 위한 지속적 **재학습**이 필수
 - * 최초 AI가 개발될 당시의 환경과 데이터들은 지속 변화함에 따라 AI의 예측 성능 저하가 불가피
- 하지만 모든 현장에 AI 전문가가 상주하며 지속적 기술 지원 제공은 어렵기 때문에, **운영자 스스로 AI 성능을 평가하고 재학습** 시킬 수 있는 모델 필요

➔ 지속가능한 AI 모델의 구축을 위해선 누구나 쉽게 성능 유지 가능 여부가 중요

□ ChatGPT의 출현 - ‘검색’의 시대에서 ‘프롬프팅’의 시대로 전환

- 기존 다양한 분석시스템은 키워드와 데이터 검색을 통해 필요 정보의 추출과 제공에 집중함에 따라, 최종 분석 결과 도출에는 운영자의 전문 지식과 역량 의존도가 높음
- ChatGPT의 등장은 ‘프롬프팅’ 방식, 즉 전문 지식과 역량이 없이도 누구나 자연어를 통해 AI 모델을 구동시켜 필요 정보를 생성·분석·실행까지 가능토록 변화

[전통적 방식과 프롬프팅 방식의 분석 예시]

기존 홍수분석 시스템	프롬프팅 기반 홍수 분석 시스템
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 사용자가 유역 선정, 모델의 세부 매개변수 등을 설정 후 실행 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 향후 3일간 기상청 예측 강우를 반영해서 “용담댐 하루 홍수예측 해줘” 요청(프롬프팅)
<ul style="list-style-type: none"> ➔ 결과 수치값 확인 및 분석 과정을 별도 수행 (전문지식과 경험 필요) 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ 하루 21개 지점 홍수분석 및 최대·단계별 수위 대비 여유(00m) 등 정보·분석보고서 제공(해답 제시)

➔ 프롬프팅 방식의 대규모 언어모델(LLM)과 연계해 현장에서도 누구나 쉽게 활용 가능한 하루 홍수예측 AI 모델 개발 필요

* LLM(Large Language Model) : 자연어 기반 다양한 업무를 처리할 수 있도록 설계된 AI 모델

□ 누구나 운영과 활용이 가능한 AI 모형 구현의 핵심기술 - MLOps와 에이전틱 AI

MLOps	<ul style="list-style-type: none"> ▶ AI 모델의 데이터 수집·처리, 운영, 모니터링, 재학습 등 쏘 단계 운영·관리 체계 - AI 개발자가 아닌 현장 운영자도 쉽게 AI 모델의 지속성 유지를 가능케 하는 기술 * 머신러닝(ML : Machine Learning)과 운영(Operations)의 합성어
에이전틱 AI	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 실제 자연어를 이해하고 업무를 분석하여 결과까지 자연어로 제시할 수 있는 AI - ChatGPT 처럼 질문에 답변만 하는 것이 아니라 “시스템을 실행할 수 있는 AI”, 답변 + 실제 작업까지 스스로 수행할 수 있는 ‘업무 수행자’(Agent)의 역할

➔ 구축 이후 운영 단계에서의 성능 유지, 전문 지식 없이도 MLOps와 에이전틱 AI 기반의 댐하류 하천 수위를 예측할 수 있는 모형 개발에 착수

2 AI 하천홍수분석 운영시스템 개발

□ ‘누구나’ + ‘지속적으로’ 활용 가능한 AI 시스템 개발을 목표로 4단계 개발 착수

① AI 홍수분석모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 데이터 수집 및 전처리를 통해 AI 학습데이터 생성 ▶ 시계열 분석 AI 모델 기반 하천홍수 분석모델 개발 	홍수 분석 전용 AI 모델 구축
② MLOps 기반 운영시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장 운영자 스스로 모델의 성능 평가와 재학습이 가능토록 AI 모델의 운영 관리 시스템 개발·적용 	AI 모델의 지속가능성 확보
③ 에이전틱 AI 적용 체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장 업무환경(웹 브라우저)에서 LLM을 활용하고, LLM이 외부 프로그램이나 분석 모델을 직접 실행할 수 있는 에이전틱 AI 시스템 구축 	누구나 활용 가능한 홍수분석 시스템 개발
④ 시스템 컨테이너화	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 전체 시스템을 기능 단위로 나누어 패키지화 ▶ 인터넷이 막혀있는 사내망에서도 컨테이너 교체 방식으로 최신 AI 기술 적용 구조 마련 	지속적 업데이트 가능 체계 구현

2-① [1단계] AI 홍수분석모델 개발

□ (데이터수집) 금강유역 총 367개 강우·수위관측소와 댐·보 운영자료를 수집

구분	관측소 현황	자료기간
[지역-1] 용담댐 하류 ~ 대청조정지댐 상류	168개 강우관측소, 81개 수위·유량 관측소, 용담댐 방류량(1개), 무주양수댐 방류량(1개), 대청댐 유입량(1개)	‘14.10~’23.9 (9년)
[지역-2] 대청조정지댐 하류	60개 강우관측소, 52개 수위·유량 관측소, 대청조정지댐 방류량(1개), 세종보(1개), 공주보 수위·방류량(1개)	‘14.10~’23.9 (9년)

□ (데이터전처리) 수집된 데이터의 관측기간 및 품질을 검토하여 AI모델의 학습을 위한 최종 87개의 관측소 선정

구분	전체 관측소	선택된 관측소
[지역-1] 용담댐 하류 ~ 대청조정지댐 상류	- 168개 강우, 81개 수위 관측소	- 21개 강우, 21개 수위 관측소
	- 용담댐, 무주양수댐, 대청댐	- 용담댐(1), 무주양수댐(1), 대청댐(1)
[지역-2] 대청조정지댐 하류	- 60개 강우, 52개 수위 관측소	- 11개 강우, 28개 수위 관측소
	- 대청조정지댐, 세종보, 공주보	- 대청조정지댐(1), 세종보(1), 공주보(1)

- **(AI모델 개발)** LSTM* 등 시계열분석 AI모델을 활용한 용담댐 하류 21개, 대청 조정지댐 하류 28개 수위관측소 지점 AI 하천홍수 분석모델 개발

* LSTM(Long Short Term Memory) : 강우-유출 등 긴 시간의 시계열변동 분석에 적합한 AI모델

구분	총 관측소 현황 (개)	모델 성능평가			이용가능 관측소 (NSE≥0.6)
		NSE ≥ 0.8 [우수]	0.8>NSE≥0.6 [보통]	NSE < 0.6 [보류]	
[지역-1] 용담댐 하류 ~ 대청조정지댐 상류	21개 (100%)	12개 (57.1%)	2개 (9.60%)	7개 (33.3%)	14개 (66.7%)
[지역-2] 대청조정지댐 하류	28개 (100%)	8개 (28.6%)	2개 (7.10%)	18개 (64.3%)	10개 (35.7%)

※ NSE(Nash Sutchliffe Efficiency): 수자원분야 모델링 오차분석을 위한 계수로 1에 가까울수록 관측값과 일치

2-② [2단계] MLOps 기반 운영시스템 개발

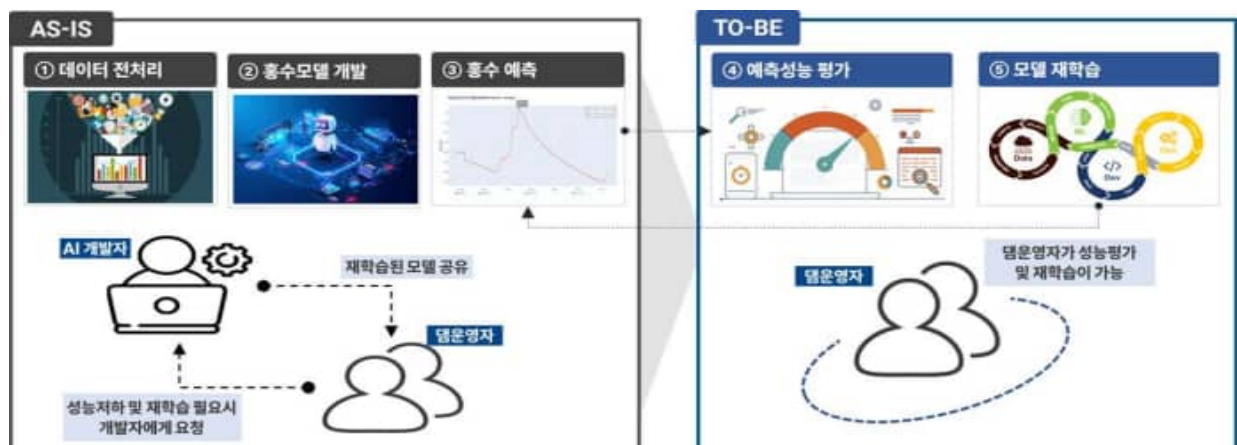
- 오픈소스 기반의 MLOps기술(MLFlow*)을 활용한 AI 하천홍수 분석 모델 자체 개발로 지속가능한 AI 모델의 운영·관리체계 확립

* MLFlow: AI모델의 라이프사이클 전체를 체계적으로 관리할 수 있도록 설계된 오픈소스 MLOps

[AI 모델의 운영·관리 프로세스 개요]

AI 모델 개발		AI 모델 운영·관리		
① 데이터 전처리	② 홍수모델개발	③ 홍수예측	④ 예측성능평가	⑤ 모델재학습
결측치 보정 및 이상치 제거 Python코드개발	LSTM을 활용한 수위관측지점별 AI모델 개발	지점별 Best 모델을 활용한 홍수예측	3일 홍수 예측 후 실제 관측자료를 활용한 성능평가	성능저하 또는 정기적 모델재학습

- MLOps 시스템을 통해 현장 운영자 스스로 AI 모델의 성능 평가와 재학습이 가능



2-③ [3단계] 에이전틱 AI 적용 체계 개발

- 실제 사용자 업무 환경을 고려, 웹에서 구동이 가능하고 자연어 기반으로 AI가 직접 분석까지 실행하는 ‘에이전틱 AI’ 구현의 핵심 요소 기술 연계 적용 완료

[에이전틱 AI 체계 구현을 위해 적용된 요소 기술]

- ① AI를 웹에서 쉽게 활용할 수 있도록 LLM의 웹기반 인터페이스인 **Open-WebUI** 적용
 - **Open-WebUI** : 사내망 등 자체 서버 환경에서 LLM을 웹기반으로 사용할 수 있도록 지원하는 인터페이스 ➡ 사용자의 기존 웹 기반 업무환경에서 자유롭게 LLM 활용이 가능
- ② 인터넷 없이 사용자 PC에 LLM을 설치·활용할 수 있도록 오픈소스 프레임워크 **Ollama** 적용
 - **Ollama** : 개별 PC에서 LLM의 설치·설정·실행 등 과정을 단순화하여 지원하는 사용자 친화적 LLM 활용 플랫폼 ➡ 누구나 본인 업무 컴퓨터를 이용하여 LLM의 설치·이용이 가능
- ③ LLM이 외부 분석모형을 직접 실행할 수 있게 연결해 주는 개방형 프로토콜 **MCP** 적용
 - **MCP(Model Context Protocol)** : LLM이 외부 데이터 및 도구(AI 함수분석모델 등) 등을 통합적으로 이용 가능토록 연결 ➡ AI가 직접 분석모형을 실행하고 결과를 알려주는 에이전틱 AI 완성

[하천홍수분석 에이전틱 AI 구동체계]



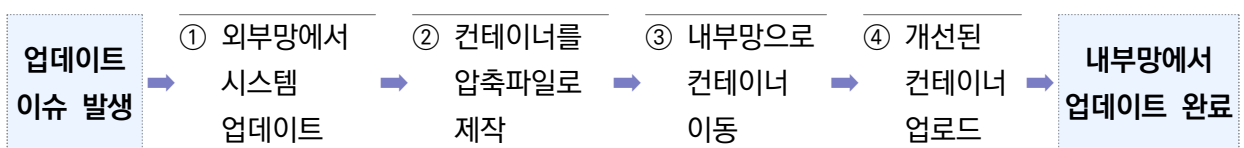
2-④ [4단계] AI 하천홍수분석 운영시스템의 컨테이너화

□ 개발된 전체 시스템을 패키지로 묶는 컨테이너화*를 통해 인터넷 환경에서 단절되어 운영중인 사내망에서도 손쉽게 지속적인 업데이트가 가능토록 구현

- AI모델 개선 등 최신기술 적용을 위한 업데이트 필요사항 발생시, 외부망에서 시스템 업데이트 후 컨테이너 신규 업로드를 통해 내부망 시스템에 적용이 가능

* 컨테이너화 : AI모델의 분석환경 및 코드 등을 컨테이너에 담아 다른 컴퓨터에서도 실행이 가능하도록 필요한 모든 요소를 패키지로 통합하여 배포하는 프로세스

[컨테이너화를 통한 시스템 업데이트 절차]



3 AI 하천홍수분석 운영시스템 개발 성과와 향후 과제

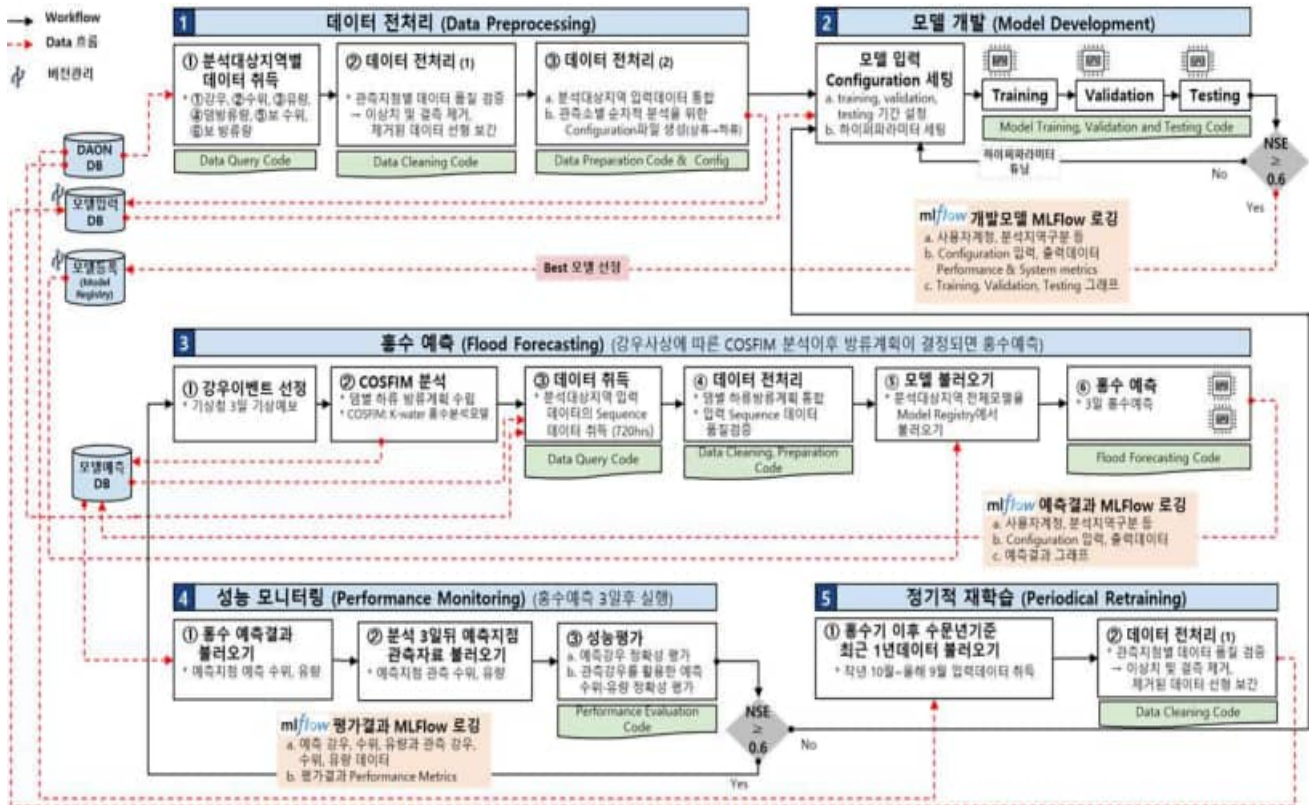
□ 금번 개발된 AI 시스템을 통해 현장 댐 운영자는 홍수예측 모델 기반의 분석 효율이 크게 증가하여, 실제 핵심 의사결정과 상황 대응에 집중이 가능하게 되며,

- 범용성 있는 시스템의 현장 확대 적용으로 홍수분석 지점의 확대와 분석 시간 단축 및 향후 다양한 지역·업무로의 확장성까지 확보



□ 현재 본 시스템은 금강 유역내 구축 완료, '26년 이후 전국 유역으로 확대 구축과 동시에 에이전틱 AI 기능 고도화를 통해 하류 하천 홍수예측능력 강화를 계획중

※ AI 하천홍수 분석 모델 Work Flow



※ 참고자료 : 1) Kratzert, F., Klotz, D., Brenner, C., Schulz, K., Herrnegger, M., 2018. Rainfall-runoff modelling 1595 using Long Short-Term Memory (LSTM) networks. Hydrol. Earth Syst. Sci. 22, 6005– 1596 6022. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6005-2018>

2) G. Symeonidis, E. Nerantzis, A. Kazakis and G. A. Papakostas, "MLOps - Definitions, Tools and Challenges," 2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Las Vegas, NV, USA, 2022, pp. 0453-0460, doi: 10.1109/CCWC54503.2022.9720902.

3) Google. What is an AI agent? <https://cloud.google.com/discover/what-are-ai-agents>

4) Anthropic, MCP, <https://modelcontextprotocol.io/docs/getting-started/intro>

기후위기의 경제적 영향과 물관리 정책의 중요성 : CGE 모형을 이용하여

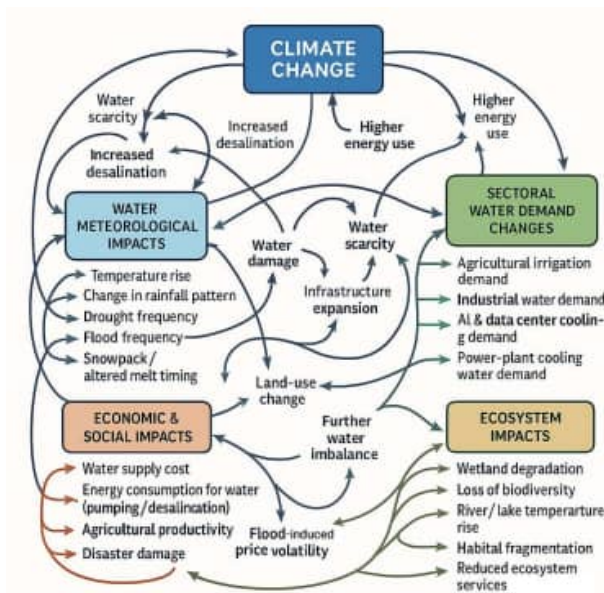
경영연구소 류문현 소장, 최한주 팀장, 김주희 선임, 최효연 책임, 허선경 선임

- 극한 홍수 피해 발생과 정부의 복구 정책 시나리오를 가정한 후, 대표적 정책효과 평가 모형인 ‘연산가능일반균형(CGЕ)’ 모형을 활용한 정책효과 분석 수행
- 이를 통해 정부 복구 정책이 경제 전체 및 물산업에 미치는 영향과 시사점 도출

1 물산업 정책효과 평가 모형 : CGE 모형의 개요

- (정책 평가의 중요성) ‘정책’은 단일 부문을 넘어, 시장 가격과 산업 구조 변화 등을 촉발함으로써 경제 전반에 **복합적이고 광범위한 연쇄 효과**를 야기
 - 특히 물관리 정책은 기후변화 등으로 경제 및 사회를 넘어 국민 삶 전반에 미치는 영향이 증대됨에 따라, 거시적이고 구조적인 정책효과 평가의 중요성이 증대
 - 한정된 정책 자원을 효과적으로 활용하기 위해서는 물관리 정책의 경제적 효과와 영향 분석 결과에 기반한 정책 개발 및 효율성 관점의 정책 수립·집행 필요

[기후변화가 물관리 정책에 미치는 영향]



※ 자료원 : Chat-GPT를 활용하여 저자 작성

【 영향 분석을 통한 물관리 정책 수립 절차 】

- ▶ 기후변화로 인해 물 관련 재해의 규모와 빈도에 영향 발생
- ▶ 가뭄 및 홍수 등 물 관련 재해는 직접적 피해와 함께 경제 및 사회 전반에 영향
- ▶ 인과관계 및 비용효과(기대효과)에 따른 조치 (예: 재정투자) 필요
- ▶ 정부의 역할 정립 및 필요 물관리 정책 개발
- ▶ 적절한 계획에 따라 효율성(우선순위)이 높은 정책 수립·집행

□ (정책효과 평가 모형) 특정 정책으로 인한 경제적 파급효과를 구조적으로 밝혀낼 수 있는 도구로서 정책 의사결정 과정에서 널리 활용

- 직접파급효과 뿐만 아니라 간접파급효과*의 크기와 방향까지 모형을 통해 제시하여 최적 정책 설계와 정책 대안간 우선순위 결정에 활용

* (예시) 탄소세 부과 → ‘탄소배출 억제’의 긍정적 효과 + 제조업체의 생산비용 증가 초래

- 다양한 평가 모형 중 ‘연산가능일반균형’(CGE ; Computable General Equilibrium)은 경제 전체에 미치는 효과를 종합적으로 측정할 수 있어 정책 수립 등에 널리 활용중

* FTA·한미 상호관세 영향, 탄소세 도입 등 통상·환경 정책의 변화를 분석하는데 최적 활용

※ 정책효과 평가 모형(분석 범위에 따른 분류)

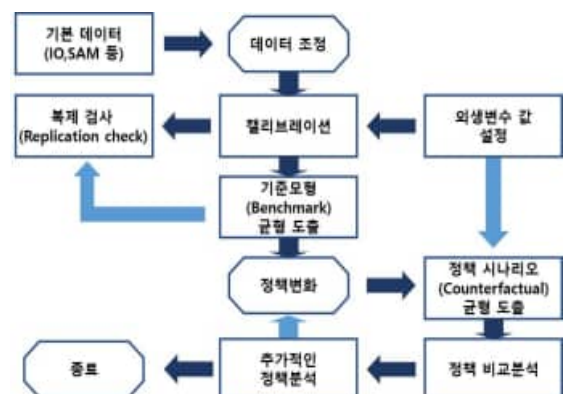
모형 구분	특 징	모형 유형
일반 균형 모형	정책이 경제 전체에 미치는 종합효과 측정	CGE(연산가능일반균형)모형, IO·SAM 모형(산업연관 기반 파급효과)
부분 균형 모형	개별 산업 또는 특정 집단을 정밀 분석	CVM(조건부가치평가법), DID(이중차분모형) 등

□ (CGE 모형의 특징) 한 국가의 경제를 구성하는 다양한 요소를 연립방정식 형태로 구성한 뒤, 정책 변화가 경제 내 모든 시장에 미치는 영향을 동시에 연산하는 모형

연산가능 일반균형 (CGE)모형	“연산 가능한” Computable	“일반 균형” General Equilibrium	“모형” Model
	경제 데이터(국민소득 등) 기반 정량적 계산	모든 시장(생산·자본·제도 등)의 동시 균형 조건을 도출	정부 정책의 경제적 메커니즘을 구조적으로 설명

- 각 경제 주체들(가계·기업·정부)의 경제행위 (소비·생산·투자)를 수학적식으로 표현 후, 관련 정책(외생변수) 변화시 반응을 계산함으로써 경제 전체의 파급효과를 추정
- CGE는 경제 전반의 상호작용 계산을 위해, 산업연관표와 국민계정 등을 기반으로 구축한 ‘사회계정행렬’*을 데이터셋으로 활용

【 CGE 모형의 기본 구조 】



* 사회계정행렬(SAM : Social Accounting Matrix)

※ 자료원 : Shoven&Whalley(1998) 참고 저자 작성

- 모든 경제 주체들의 경제행위(소득, 지출, 거래 흐름 등)을 표(행렬) 형태로 정리
- ‘기준’이 되는 경제구조를 반영한 데이터셋으로, CGE는 이를 기반으로 정책 변화 후 새로운 균형상태를 계산하는 방식

2 CGE 데이터셋을 통해 본 물산업의 특징

- (물산업 특징) 2022년 기준 물산업 규모는 약 62조원*으로, 우리나라 전체 경제 규모 약 5,722조에서 1.1% 수준을 차지

* 환경부 발간 「물산업통계」에 따르면 2022년 물산업 규모는 약 50조원으로 추산되나, 본 데이터셋은 「물산업통계」에 미포함된 산업정보를 추가 반영하여 약 12조원의 차이 발생

- 물산업은 총수요 대비 ‘최종 수요’의 비중이 낮은 대신, ‘중간 수요’의 비중이 높은 산업으로, 다른 산업의 생산 활동에 필수적인 중간 재화를 공급하는 기반 산업 특징
 - * 단, 물산업 중 ‘건설 부문’은 일반 제조업과 달리 최종 수요 비중이 높고 중간재 수요가 낮음
- 또한 총수요 대비 대외거래(수출 및 수입) 비중이 낮은 내수 기반의 산업 구조를 보임

【 물산업의 산업구조적 특징 】

(단위 : %, 총 수요 대비 비중)

산업분류	수요 비중		대외 비중		산업분류	수요 비중		대외 비중	
	중간	최종	수입	수출		중간	최종	수입	수출
제조	63.4	36.6	26.2	24.4	하수도 운영	61.2	38.8	0.1	0.0
건설	4.8	95.2	0.0	0.0	설계·사업지원	86.1	13.9	4.8	11.3
상수도 운영	58.5	41.5	0.3	0.1	물에너지	84.7	15.3	0.1	0.1

※ 자료원 : 2022년 산업연관표(한국은행, 2025)를 이용하여 저자 작성

- (물산업의 영향력) 물산업이 후방산업(영향력계수*)과 전방산업(감응도계수**) 각각에 미치는 영향 분석을 통해 물산업이 경제 전반에 있어서의 영향과 역할을 확인

* 영향력계수 : 특정 산업이 전체 산업에 유발하는 생산 파급효과의 상대적 크기를 나타냄

** 감응도계수 : 특정 산업이 타 산업 생산과정에 얼마나 중요한 투입 요소로 활용되는지 나타냄

- 물산업은 영향력계수가 높은 반면 감응도계수가 낮아, 물산업의 성장이 타 산업의 생산을 광범위하게 견인(영향력↑)하면서도 외부적 충격에는 상대적으로 덜 취약한(감응도↓) 안정적 기반 산업으로 평가
 - * 물산업 6개 부문 중 제조·건설·하수도운영·물에너지 4개는 영향력계수가 1.0 이상인 반면, 감응도계수는 6개 부문 모두 0.5 미만으로 평가
- 영향력계수가 높은 물산업 특성상, 연관 산업 전반의 생산 및 부가가치를 동시에 확대시키는, 국가 경제성장을 촉진할 수 있는 투자산업으로의 역할 가능

【 물산업의 파급효과 계수 】

산업분류	파급효과 계수		산업분류	파급효과 계수		
	영향력	감응도		영향력	감응도	
농림 및 광업	0.9378	1.3839	첨단산업		1.0830	0.7600
경공업	1.1186	1.6216	물산업	제조	1.2114	0.4827
화학공업	1.2179	1.9150		건설	1.0273	0.3811
중공업	1.2652	2.1910		상수도 운영	0.8804	0.3890
보건 및 기타서비스	0.7976	0.4042		하수도 운영	1.0532	0.4387
전력, 가스·증기, 공공서비스	0.9201	0.7094		설계·사업지원	0.5987	0.3925
건설 및 폐기물 처리업	1.0061	0.5064		물에너지	1.0764	0.3847
일반서비스업	0.8063	3.0396	-		-	-

※ 영향력계수 및 감응도계수는 1보다 크면 영향이 큰 것으로 판단됨

※ 자료원 : 2022년 산업연관표(한국은행, 2025)를 이용하여 저자 작성

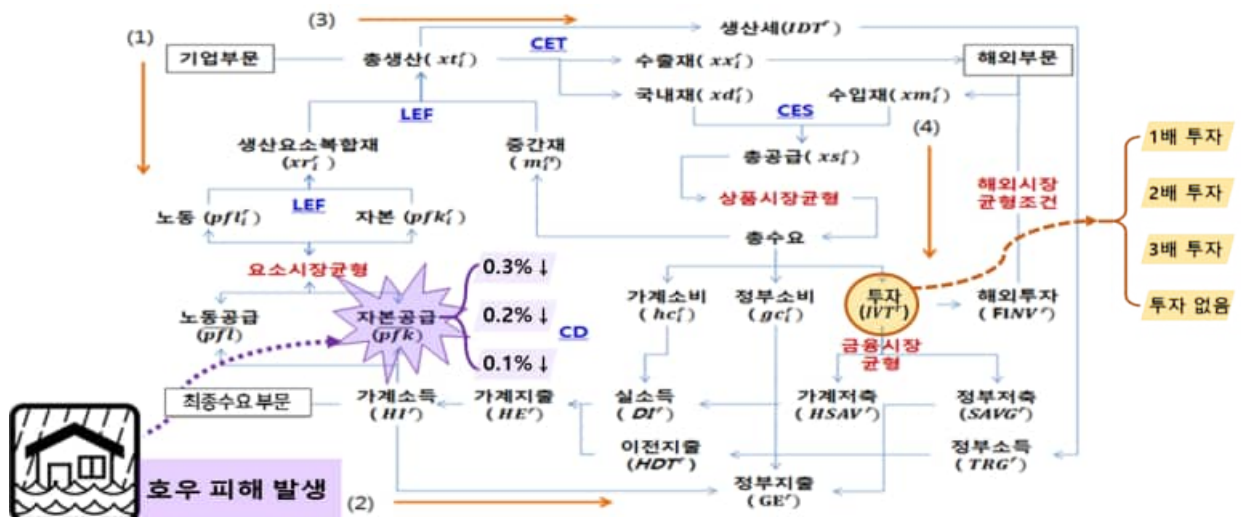
3 CGE 모형 기반 ‘기후위기와 물관리 정책 영향’ 분석

□ (기후위기 정책 영향 연구) 물관리 정책의 중요성을 살펴보기 위해 기후변화로 인한 ‘극한 홍수’ 상황을 상정한 후 복구정책 시나리오에 따른 파급효과를 비교 분석

【 극한 홍수 피해의 CGE 모형 분석 시나리오 】

- ① **피해 시나리오** : 자본공급 피해율(Low 0.1%, Mid 0.2%, Max 0.3%)로 가정하였으며, 본 연구의 총자본 공급액은 약 1,000조원으로 피해액은 각각 Low 1조, Mid 2조, Max 3조원에 해당
 * 피해율 산정 : ‘02년 발생한 태풍 ‘루사’시 피해규모는 당시 자본스톡 규모의 0.2% 해당
 ➡ 이를 근거로 루사급 0.2% + 더 큰 규모 피해 0.3% + 작은 규모 피해 0.1%를 가정
- ② **복구정책 시나리오** : 정책 없음(무정책), 피해 규모의 1배(r1), 2배(r2), 3배(r3) 복구 정책 시행
- ③ **복구 투자비 배분율** : 농림·광업(29.4%), 건설·폐기물 처리업(39.2%), 일반서비스업(2.7%), 보건·기타서비스(0.1%), 물산업_건설(28.6%)
 * 산업별 복구 투자비 배분율은 2017~2023년 기간 동안 부처별 재해 복구 예산을 활용하여 산정

【 홍수 피해와 재해 복구가 경제구조에 미치는 영향 경로 】



※ 자료원 : 신승진 외(2014)를 참고하여 저자 작성

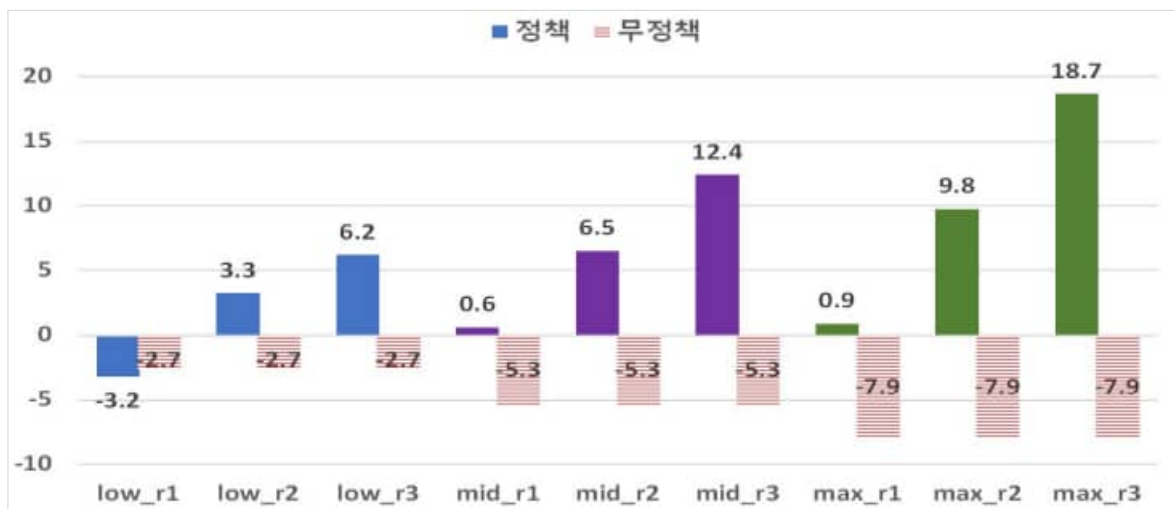
□ (CGE 분석 결과) 극한 호우로 인한 한국 경제 총 생산은 각각 Low 2.7조원, Mid 5.3조원, Max 7.9조원 감소하는 것으로 추정

- 물산업은 총 Low 259.7억원, Mid 521.7억원, Max 951.6억원의 생산이 감소, 극한 호우의 피해 강도가 커질수록 물산업 피해 비중도 증가(0.94%→1.18%)
- 생산감소와 함께 투자·소비·정부지출이 모두 감소하며 경기 위축의 심화 구조가 나타남에 따라, 정부의 피해복구 정책이 반드시 필요함을 시사

□ (물관리 정책 영향) 정부가 극한 호우 피해에 대응하기 위하여 피해규모와 동일하게 투자(r1)했을 때보다 피해규모의 2배 이상(r2, r3) 투자한 경우 경제가 빠르게 회복

- 특히 Low 시나리오시 복구강도가 r1인 경우(피해규모=복구정책 투자), 구축효과로 인해 오히려 손실 규모가 확대되며 무정책(2.7조원)대비 생산 피해(3.2조원)가 더 확대
- 피해 규모가 커질수록, 승수효과에 의해 복구 강도에 따른 효과가 크게 발생

【 홍수 피해 단계별 복구 강도에 따른 생산 변화 효과(조원) 】



□ (물산업 영향) 극한 홍수 복구정책 과정에서 물산업은 경기 회복·부양의 핵심 동력

- 복구 재원이 제한적인 r1 시나리오(피해규모=복구정책 투자), 피해 규모 Low인 경우, 경제 전체의 생산은 감소했으나 물산업은 증가하여 경기 하락을 완화
- 복구 강도가 커질수록(r2, r3) 물산업 생산도 함께 확대되나, 정부 재정 확대 효과는 타산업(건설업, 일반서비스업)에서 더 큰 경향(복구 강도가 클수록 물산업의 기여율은 하락)
- 물산업 중에서는 수자원·상하수도 인프라 건설 부문이 경기 회복의 핵심적 역할

* 특히, 복구비가 직접 투입되는 물산업 건설은 시나리오에 따라 267억에서 2,475억원까지 증가
 - 최대 시나리오(Max+r3)에서는 전체 물산업 생산 증가분의 약 92%를 '건설' 부문이 차지

【 정책 시나리오별 물산업의 기여도(억원, %) 】

구 분	Low(피해 규모 0.1%)			Mid(피해 규모 0.2%)			Max(피해 규모 0.3%)		
	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3
물산업 생산 변화	253	589	1,200	564	1,178	1,793	844	1,767	2,689
수산업 생산 변화	△32,226	32,486	61,999	6,178	65,060	124,137	9,050	97,614	186,478
물산업 기여율	-	1.7%	1.4%	9.1%	1.8%	1.4%	9.4%	1.8%	1.4%

※ Low_r1 시나리오에서 전산업 산출감소에도 불구하고 물산업 산출은 증가하여 기여율을 표기하지 않음

4 결론 및 주요 시사점

- 홍수 등 극한 기후로 인한 피해는 특정 산업에만 국한된 것이 아니라 경제 전체의 생산과 소비, 후생 감소에까지 영향을 미침
 - 정부가 경기 위축 방지와 피해 복구를 위해 투입하는 재정 지출은 피해 크기와 복구 강도에 따라 정책의 효과가 다르게 나타남을 입증
 - 정부 복구 정책은 물산업 전 부문 생산을 증가, 특히 건설 부문 경제 회복 견인 가능
- 금번 극한 홍수 전제의 CGE 모형 분석은 물관련 재해시 정부 재정 투입의 합리적 기준과 정책적 시사점을 제시

① 극한 홍수 피해의 복구 정책은 ‘충분한 규모’가 전제되어야 효과 발생

- 홍수 피해와 동일한 수준(r1)의 복구 정책은 경기회복 효과가 매우 적고, 일부 시나리오에서는 오히려 손실을 확대

② 물산업은 극한 홍수 피해시 경기 회복의 버팀목 역할 수행이 가능

- 특히 복구 예산이 제한적인 r1 시나리오에서 물산업은 오히려 생산이 증가하며, 재난으로 인한 경제 위축 상황에서의 경기 안정화 역할 수행 가능

③ 물 인프라 건설 부문의 전략적 중요성 강조

- 물산업복구 정책으로 인한 생산 증가 효과의 약 90% 이상이 물인프라 건설 부문에서 발생됨에 따라 노후 인프라 교체 등 기후위기 적응 투자가 매우 효과적

* 재난이 없는 경우 동일규모 정부재원투자시 ‘일반건설’ 부문은 구축효과가 크게 발생하여 전 산업 생산은 0.1~0.3조원 증가에 그치는 반면, ‘물산업’ 부문 생산은 0.5~1.7조원으로 크게 증가

④ 기후재난 시대 물관리 투자는 피해복구를 넘어선 경제 성장정책화가 가능

- 충분한 복구 투자는 재난 피해의 상쇄뿐만 아니라, 연관 산업의 광범위한 생산 유발 등 경기 부양 효과가 있는 확장적 경제정책의 수단으로 활용 가능

※ 본 브리프는 K-water연구원에서 수행중인 『물관리 정책 효과 분석을 위한 CGE 모형 개발 연구(2025)』 일부를 참고하여 작성됨

세계 최대 R&D 무대, Horizon Europe 참여를 위한 2025년 K-water의 여정

수자원위성연구소 황의호 소장, 손찬영 책임, 김진겸 선임, 김영준 선임

- 유럽 최대 R&D 재정지원 프로그램 ‘호라이즌 유럽(Horizon Europe)’ 참여를 통해 글로벌 수준의 물관리 기술력 확보 및 우리나라 R&D 이니셔티브 확장을 추진






1 Horizon Europe? (이하 ‘HE’로 약칭)

- (개요) EU가 추진하는 세계 최대 규모의 R&D 프로그램으로 기후변화, 환경문제 등 전 인류가 직면한 문제의 해결을 위한 국제 공동연구 지원

- '83년 최초 시작, '21~'27년간의 제9차 프로그램을 Horizon Europe으로 명칭

구 분	제8차 'Horizon 2020'	제9차 'Horizon Europe'
기 간	2014-2020	2021-2027
총 예산	77,992백만유로(약 117조원)	96,899백만유로(약 146조원)

- (주요 미션) 글로벌 사회가 당면한 5대 핵심 난제를 설정하여 R&D 재정지원 집중

암 정복	기후변화에 대한 적응	건강한 수자원 관리	기후중립적 스마트도시	토양 건강과 식량
 300만명 이상의 수명 연장, 삶의 질 개선	 기후붕괴 대비 강화, 기후 복원 솔루션 고도화 등	 해양, 수자원 지속가능성 확보 및 탈탄소화	 '30년까지 유럽 100개 도시 기후중립 전환	 EU 토지의 75% 이상을 기후 친화적 탈바꿈

- (사업 구조) 크게 3개 부문(Pillar)으로 운영되며, 이 중 Pillar2 부문에서 각 국의 연구기관·기업 간 협력 및 공동 연구가 집중적으로 진행중

구 분	주요 지원 분야	예 산
Pillar 1	순수 과학 기초 연구, 인력 교류, R&D 인프라 투자	26%
Pillar 2	글로벌 도전과제 해결을 위한 국제 공동 연구	55%
Pillar 3	유럽내 기업·스타트업의 혁신생태계 구축	15%
기타 항목	기타 운영·지원 및 관리(Non-Pillar)	4%

- ➡ Pillar 2부문은 6개 분야(Cluster)로 구성 : ①보건, ②문화·창의성·포용사회, ③시민안보, ④디지털·산업·우주, ⑤기후·에너지·모빌리티, ⑥식품·바이오경제·천연자원·농업·환경

2 Horizon Europe에 참여 도전을 시작한 K-water

□ **(HE 준회원국 가입)** 정부와 EU간의 오랜 협의 끝에, 대한민국 R&D의 글로벌 지평 확장을 위한 HE 준회원국 공식 가입('24.7월 협상 타결 → '25.7월 공식 협정)

- 준회원국 가입을 통해, 우리나라의 연구기관과 기업들은 EU 국가들과 동등한 지위에서 HE 공동 연구에 참여할 수 있는 길이 확장됨
- 준회원국 자격은 Pillar 2 부문에 적용되며, EU 절차에 따라 과제 선정 후 별도의 국내 선정평가 없이 HE 예산에서 직접 연구비 수혜 가능

※ HE의 참여국 구분

- ① **EU 가입국** : EU에 가입한 27개국
- ② **준회원국(Associated Country)** : EU 별도 협정을 통해 거의 동일 조건으로 참여 가능 국가
- 준회원국 참여 정부는 EU 예산에 연간 분담금 형태로 재정 기여
- ③ **제3국(Third Country)** : EU 가입국 또는 준회원국이 아닌 모든 국가

※ HE의 '준회원국'과 '제3국' 지위의 차이

구 분	준회원국(Associated Country)	제3국(Third Country)
참여 자격	EU 회원국과 동일하게 모든 과제(Call) 참여 가능	특정 과제(Call)만 참여 가능 (과제별 제3국 참여 가능여부 상이)
자금 지원	EU 예산으로 연구비 지원 (Grand 수혜 자격 동일)	EU 예산 지원 불가, (정부, 기관, 민간자금 총당)
연구성과 활용	회원국과 동일한 지식재산권(IPR) 적용 → 공동 연구성과는 공동 소유 (CO-Ownership)	컨소시엄 파트너 협약시 별도 합의 필요 → 일부 과제는 핵심 연구성과의 제3국 공유 엄격히 제한

* 제3국 국가의 참여는 특정 주제 중심의 별도 '파트너십 프로그램'(European Partnership)을 주로 활용중

□ **(도전의 시작)** K-water연구원은 국내 유일 물 분야 전문·특화된 기관으로서, 국내 물 기술력의 글로벌 수준 향상과 국제적 위상 제고를 위해 HE 참여는 최적의 기회

- 또한 국내 물분야 우수 기술력을 보유한 **중소기업·스타트업** 등과 함께 글로벌 R&D 무대에 도전함으로써 해당 기업과 기술력의 **글로벌 시장 진출의 계기**를 마련하고,
- 우리나라 **과학기술 정책**의 선도적 역할 수행을 위해 **공기업 최초 HE 참여**에 도전

3 HE 참여를 위한 K-water의 여정

글로벌 공동연구 주제의 선정

- (선정 방향) HE 참여에 있어 경쟁력 있는 연구 주제란, EU가 높은 관심을 가질 주제의 선정과, EU와 동등한 수준에서 협력이 가능한 기술력 보유 여부가 핵심
- 이를 위해 현재 물 관련 글로벌 이슈와 현안, HE에서 지향하는 R&D 방향성, K-water연구원의 R&D 강점 등을 고려 경쟁력 있는 연구주제 검토

선정 원칙	글로벌 이슈와 현안	HE의 R&D 방향성	K-water의 기술역량
	기후위기 심화, 수질 위협 고도화 등	기후위기 대응, 디지털·녹색 전환 등 6개 주제(Cluster)	물관리 각 세부 분야별 경쟁우위 기술 분야 도출

- (선정 결과) K-water연구원의 핵심 기술 기반, 글로벌 물 이슈 해결 7개 과제 선별

연구 주제	K-water 보유기술	연구 방향
① 수자원 위성	기후변화 감시를 위한 위성기술 활용서비스	EU 위성 프로그램(Corpernicus) 기반 기후대응 서비스 개선
② 수처리 기술	수돗물에서 초순수까지 최상위 수처리 기술 축적	PFAS 등 신종 미량오염물질의 효과적 제어와 지속가능한 수처리 기술 개발
③ 수돗물 관망관리	국내 82개 도시, 국외 2개국 스마트관망 구축	유럽 상수관망 인프라 노후 및 누수문제 해결에 스마트관망 관리기술 적용
④ 물재해 예측	DT 기반 물관리 플랫폼 Digital GARAM+ 개발	DT, AI 등 기술 활용, 도시홍수 방어를 위한 통합관리 플랫폼 구축
⑤ 인프라 관리	로보틱스 및 디지털 기반 댐 안전관리 기술 개발	물리 AI 기술과 로보틱스 기술 기반 인프라 안전진단 및 점검 솔루션 개발 및 실증
⑥ 스마트 도시	물 특화 스마트 도시 Biz 모델 개발	사업 플랫폼의 범용성, 확장성 및 실행력 강화를 위한 플랫폼 고도화 및 실증
⑦ 그린 수소	국내 최초 소수력 발전 기반 그린수소 생산 기술	기존 수전해 방식의 장점을 취합한 차세대 수소 생산기술 시스템 개발 및 실증

- (추진체계 및 선도과제) K-water연구원 R&D 역량과 < 글로벌 R&D 전담반('25.1~) >

K-water 경영자원을 글로벌 R&D 협력에 집중하기 위한 전담반 구성으로 상시 추진·점검체계 마련

- 특히 2025년 최우선 과제로, K-water의 세계 최초 수자원 전용 위성 사업 추진 및 위성 기반 물관리 경험을 통해 축적된 기술 경쟁력을 고려,



➔ HE '우주 분야', 기후위기 대응 수자원 위성기술 활용을 선도 과제로 결정

선도과제의 HE 참여 목표

□ (참여 목표) HE에서 제시된 「코페르니쿠스 기후변화 서비스(C3S) 개선」 과제

- 미래 및 기존 운영 중인 위성을 융합·활용해 전 지구 기후 관측 기술을 고도화하는 HE ‘우주 분야’ 대표적 대규모 연구 사업

※ 참여 과제 개요

- (과제명) 코페르니쿠스 기후변화 서비스(C3S) 개선 : 미래 Sentinel 및 타 위성 재분석을 위한 혁신적 처리 방법(우주분야, HORIZON-CL4-2025-01-SPACE-41)
- (공고 일정) 2025. 05. 22 ~ 09. 25. (총 127일간 공개)
- (과제 규모) 최대 1,000만 유로(약 160억 원) 규모, 30개월(2026.01~2028.06) 수행

※ 코페르니쿠스 : EU의 대표 지구관측 프로그램으로 기후변화(C3S), 대기(CAMS), 해양(CMEMS), 지표(CMLS), 긴급대응(EMS), 보안(Security) 총 6개 공공 서비스를 제공

□ (선결 요건) HE 도전의 첫 관문은 다국·다자간 공동연구 컨소시엄 구성이 필수

- HE는 반드시 3개국 이상 ‘컨소시엄’ 참여 의무화, EU 연구계 ‘이너서클’ 진입 필요
- * HE의 과제별 컨소시엄은 평균 10개 이상의 기관이 참여하며, 다국·다기관일수록 과제 선정 유리

공동 컨소시엄 구성 및 연구기획안 마련

① 현지 시장 분석 ('25.1월)

- EU내 위성 분야 전문기관 대상 전략회의, HE 관련 경험이 풍부한 기관 대상으로 현지 협의 진행으로 HE 참여 경험과 노하우 습득 및 인적 네트워크 구축

* 대상 : 독일 항공우주청(DLR), 벨기에 KERC, 룩셈부르크 LIST, 독일 EURICE, KIST-EU 등

KERC(벨기에) 전략회의



EURICE(독일) 전략회의



KIST-EU(독일) 전략회의



DLR(독일) 전략회의



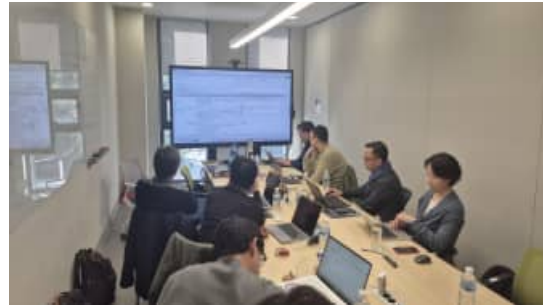
② 국내 전문가 협의체를 통한 연구 기획안 구성 ('25.2~3월)

- 위성과 기후분야 국내 산·학·연 전문가간 협의체 구성을 통해 HE 연구 추진전략 수립 및 연구 기획안 구상 착수 등 국내 역량의 우선 결집
- 동시에 각 참여 기관별 보유한 글로벌 네트워크의 활용과 컨소시엄 구성의 기초가 되는 워크 패키지(Work-package) 초안 작성도 협의체를 통해서 진행

국내 컨소시엄 전략회의(2월)



호라이즌 유럽 우주분야 연구기획 합사(3월)



③ EU내 전방위적 인적 네트워크 구축 ('25.3~7월)

- 주한 EU 대표부 및 각 국 EU 대사를 대상으로 다각적 네트워크 활동을 통해 K-water의 위성 분야 HE 참여 의지와 계획 공유 및 협력 체계를 구축하고,
- 각 국가별 위성 전문 기관·기업과의 연결 접점을 확보하여, 이를 통해 공동 연구 및 컨소시엄 구성 협의를 지속하고, 장기적·지속적 연구 협력의 기틀을 마련

EU 대표부 면담



EU 대표 및 4개국 대사 K-water 초청행사



룩셈부르크 대사 및 경제사절단 초청 행사



EU 한인과학자 협회 회장단 협력논의



4] 본격적 컨소시엄 구성 협의 ('25.7월~)

- 그 간 확보된 네트워크를 활용, EU 위성 분야 전문기관을 선별하여 온라인 회의를 통해 연구기획안을 공유하고 각 역할과 구체적 협력 사항에 대한 실질적 논의 진행

컨소시엄 구성을 위한 온라인 회의



5] 최종 컨소시엄 및 연구기획안 확정 ('25.8월)

- 최종 협의결과, 한-EU 7개국 18개 기관으로 HE 참여를 위한 컨소시엄 구성 완료
국제 컨소시엄 구성(7개국 18기관)



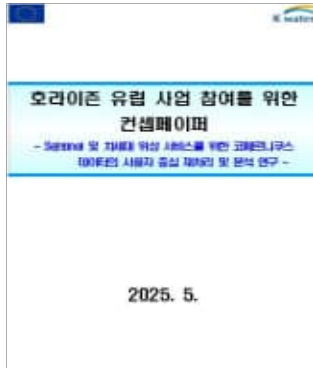
- 또한 컨소시엄내 기관별 역량과 전문성을 고려, 최종적으로 5개 세부 연구분야 확정

Work Package	세부 연구내용
WP1 위성 기반 기후변화 인자 생성 기술 개발	[1-1] 위성영상의 시공간적 해상도 개선 [1-2] 재분석을 위한 위성기반 기후변화 인자 조사 및 선정 [1-3] 위성 기반 기후변화 인자 생성기술 개발
WP2 Sentinel 및 기타 위성 데이터 활용 최적화	[2-1] 미래 및 기타 위성 활용 최적화 [2-2] 과거 위성 데이터 활용성 증대 방안 연구 [2-3] 위성 간 영상 정보의 물리적 일관성 확보 방안 연구
WP3 현장 및 원격센싱 데이터 복구 및 품질개선	[3-1] 현장 및 원격 센싱 데이터 관측방법 변화 및 환경적 요인 분석 [3-2] 현장 데이터 결측치 및 이상치 탐지 기술 개발 [3-3] 위성기반 기후변화 인자 데이터 품질 관리 기술 고도화
WP4 시스템 연계 및 다운스트림 어플리케이션	[4-1] Copernicus 및 다운스트림 애플리케이션 연계 구조 설계 [4-2] 병렬처리 기반 대용량 영상 처리 파이프라인 구축 [4-3] 다운스트림 애플리케이션 개발 및 시연
WP5 기후변화 관측을 위한 맞춤형 위성 설계	[5-1] 기후변화 인자 기반 신규 위성 임무 및 목표 성능 수립 [5-2] 맞춤형 위성 플랫폼 및 탑재체 설계 [5-3] 초소형 군집 위성 기반 관측 전략 수립

최종 제안서 준비 및 제출

- 연구계획 구체화를 위한 HE 컨셉페이퍼 사전 작성 및 브로셔(영문) 준비 (~'25.5월)

컨셉 페이퍼(국문)



컨셉 페이퍼(영문)



브로셔(영문)



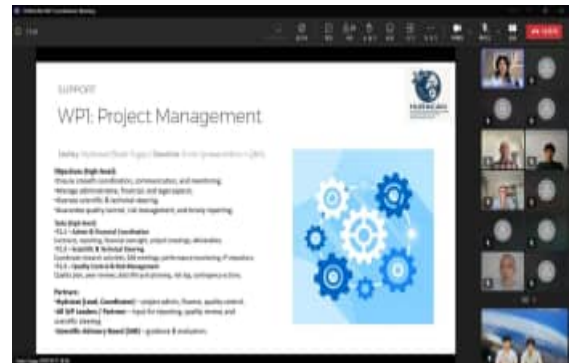
- 컨셉페이퍼 기반, 본격적 제안서 작성을 위한 정기 컨소시엄 회의 수행 (~'25.9월)

- 기관별 업무분장, 연구내용 체계화·구체화, 예산, 행정절차, WP별 연계성 등 논의

부문별 리더 미팅



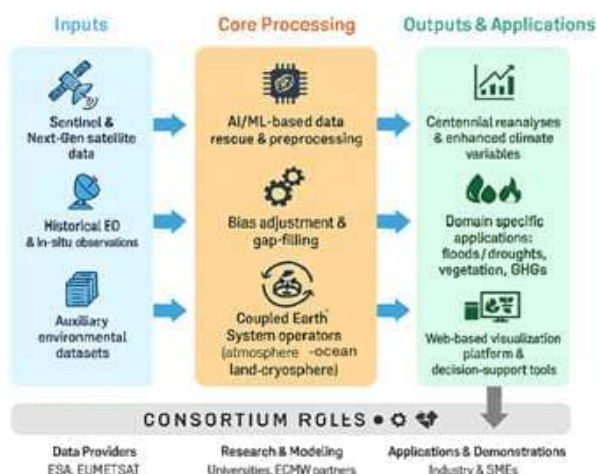
컨소시엄 전체 미팅



- 부문 리더 및 외부 전문가 리뷰 후 제안서 최종 제출('25.9)

HE 연구과제 개념도

HURACAN CONCEPT & CONSORTIUM OVERVIEW



HE 최종제안서(표지)

Call: HORIZON-CL4-2025-02
(SPACE-HADEA)

Topic: HORIZON-CL4-2025-02-SPACE-41

Type of Action: HORIZON-RIA
(HORIZON Research and Innovation Actions)

Proposal number: 101294936

Proposal acronym: HURACAN

Type of Model Grant Agreement: HORIZON Lump Sum Grant

Table of contents

Section	Title	Action
1	General information	
2	Participants	
3	Budget	
4	Ethics and security	

- ➡ 현재 최종 제안서에 대한 HE의 선정 심사 진행중, '25.12월 또는 '26.1월중 결과 발표 예정

4 향후 Horizon Europe 도전을 위한 제언

- 다자간 R&D 컨소시엄 구성 과정에 있어 **업무 외적 제약**에 대한 **사전적 준비** 필요
 - 다양한 국가·기관간 준비 과정에서 일정·규정·내부절차 등 현실적 제약 반복 발생

※ 실제 맞부딪힌 제약 사항 사례

- (시차) 유럽과 한국의 시차(6~9시간)로 인한 온라인 회의 일정의 조율과 진행이 어려움
- (휴일·휴가) 유럽내 공휴일, 휴가 유형(2주~2개월) 등의 차이로 사전에 의견 조율 및 장기 휴가 계획을 고려한 추진 일정 관리 필요
- (기관별 상이한 내부 절차) 전략, 예산편성, 의사결정 등 기관별로 내부적 의사결정 필요 절차와 일정이 상이, 관리에 있어 어려움 발생
- (해석의 차이) 제안서의 표현, 계약 관행이 서로 달라 사전 조정에 시간 투자 필요
- (컨소시엄 구성 기간) 컨소시엄 참여 확정까지의 시간이 수주~수개월까지 소요

➡ 컨소시엄 초기 기관간 **명확한 합의**와 더불어 HE 프로젝트 추진 경험을 보유한 **컨설팅사 합류**를 통해 표준화된 양식과 템플릿을 활용하는 방식의 접근이 효율적

- 향후 지속적인 HE 참여 준비를 위해서는 **조기 준비 체계**가 반드시 필요
 - 전략적 준비를 통해 제약사항 최소화와 컨소시엄 구성 등 준비 기간을 단축, 효율화

※ 조기 준비 체계 구현의 필요 요건

- HE의 사전 공고를 조기에 파악하여 도전 가능한 연구과제 상시 리스트업
- EU Funding&Tenders 포털, 뉴스레터, 한-EU 연구협력센터 등 지속적 정보 수집·업데이트
- 과제 준비 과정에서 새롭게 맺어진 유럽 지역 네트워크를 활용하여 신속한 파트너 모집
- 경험 많은 코디네이터 기관 및 전문 컨설팅사 우선 확보 필요
- 정규화된 표준문서 및 템플릿을 활용하여 신속한 정보교환 체계 수립

➡ 추진 경험과 네트워크를 바탕으로 컨소시엄의 **코디네이터 우선 결정**과 각 전문 분야별 **파트너 선정**이 컨소시엄 구축에 있어 매우 중요

- HE 도전을 글로벌 R&D 이니셔티브 확장의 계기로 지속적으로 활용
 - HE는 세계 최대의 R&D 프로그램으로써, 단순한 참여를 넘어 **글로벌 네트워크의 중심**에서 R&D 기획·평가·실증의 전 과정을 함께할 기회 제공
 - 유럽의 선도 기관들과의 협력은 단지 공동 연구가 아니라 **품질·거버넌스·데이터·기준을 함께 만드는 과정**으로서 그 결과물은 자연스럽게 유럽 및 세계의 기준모델로 발전

➡ 과제 하나의 성공이 목표가 아닌, EU 협업으로 **국제 표준과 신뢰를 획득**하고, 글로벌 R&D 이니셔티브 확장의 발판을 마련하는 차원에서 도전 지속 필요

세계 최대 댐기술 컨퍼런스 「2027년 국제대댐회 연차회의 대전」의 의미와 준비 현황

연구관리처 박기범 처장, 이용수 부장, 박미숙 차장, 김유라 과장

- 2027년 국제대댐회(ICOLD) 연차회의를 23년만에 대한민국 대전 유치에 성공함에 따라, 세계 최대 규모의 댐 산업 기술 교류의 장이 대전에서 개최 예정
- 2027년 연차회의를 대한민국 댐 기술 경쟁력 입증과 국제도시 대전으로의 도약 기회로 만들기 위한 K-water와 한국대댐회의 개최 준비 현황과 계획 소개

1 국제대댐회(ICOLD) 연차회의

* ICOLD : International Commission On Large Dams

- (국제대댐회 개요) 댐 높이 15m 이상 ‘대댐’의 설계·시공·유지·운영 등에 관한 각 국의 경험과 정보 교환 및 관련 연구, 기술개발을 목적으로 설립된 국제 비영리단체
 - 현재 전 세계 106개 회원국 및 약 1만명의 관련 분야의 개인회원으로 구성

【 국제대댐회의 주요 활동 】

구 분	주요 내용
지식 공유 및 표준화	댐 설계·건설·운영·안전 관련 기술 및 모범 사례 공유, 국제 기준 개발
댐 안전 증진	댐의 안전 기준을 수립 및 각국의 댐 안전 관리 체계 개선을 지원
연구 및 발전	기술위원회를 운영하며, 전문 분야별 연구를 진행, 기술지침서 발간
국제 협력 및 네트워킹	정기 총회 및 심포지엄을 개최하여, 회원국 간 정보 교류를 촉진

- (국제대댐회 연차회의 개요) 국제대댐회가 매년 개최하는 세계 최대의 댐 학술·기술교류 행사로서, 전세계 댐전문가 약 2천여명이 총 7일간 참여하는 고부가가치 MICE산업

* 국제대댐회 행사의 주요 프로그램 및 과거 회의 개최지 현황

연차회의			부대행사		
정기회의	학술 심포지엄	기술 워크숍	투어프로그램	전시회	네트워킹 행사
총회, 이사회 분과위원회 등	연구성과 공유 및 토론	우수기술 전파, 공유, 확산	테크니컬, 동반자투어 등	댐기술 전시, 공유, 거래	환영·환송 만찬 문화행사 등

구 분	‘04년(72차)		‘24년(92차)	‘25년(93차)	‘26년(94차)	‘27년(95차)	‘28년(96차)
개최지	한국 서울	...	인도 뉴델리	중국 청두	멕시코	한국 대전	스페인

2 2027년 국제대댐회 연차회의 ‘대전광역시’ 유치

□ (유치 배경) 대전은 국제회의 개최를 위한 **경험과 인프라**를 보유함과 동시에, 대한민국 최고 수준 과학 혁신도시로써 국제행사 유치 **경쟁력을 기 확보**

〈 대전 컨벤션 센터(DCC) 〉



- 2004년 서울 국제대댐회 연차회의 개최 이후, 23년만에 대전으로 유치를 추진함으로써 지역 경제 활성화와 국제 도시로의 발전 기반을 마련

□ (전략적 유치 추진) 국내 물분야 전문가 역량을 하나로 집중하여, 국제사회내 한국과 대전의 위상과 가능성을 집중적으로 홍보하며 행사 유치·홍보 활동 전개

- (국내 역량 결집) K-water와 한국대댐회(KNCOLD)의 댐 전문가 중심으로 유치 준비 위원회 발족 후 정부(환경부)와 지자체(대전시, 대전관광공사)의 다각적 협업체계 구축
- (글로벌 홍보) 국제대댐회 총재 및 사무총장 등 핵심 이해관계자 대상 유치 전략 및 개최국으로서의 강점을 적극 홍보하며 유치의지 피력



□ (유치 확정) 2024년 국제대댐회 연차회의(인도 뉴델리)에서 최종 유치 PT 진행 및 국제대댐회 참여중인 주요국 네트워크를 활용한 유치 총력전 전개

- APG 지역회의, 기술위원회 회의, 자체 홍보 부스를 활용한 적극적 홍보 및 캐나다, 일본, 미국 등 국가 대댐회 인사 대상 지지 요청 협의

➔ 참여국이 1표씩 행사하는 정기총회 투표시 만장일치로 대한민국 대전 유치 확정



3 2027년 연차회의 성공개최를 향한 체계적 준비

- (로드맵 수립) '27년까지 체계적 준비를 위해 '① 선제적 준비체계 구축 ② 체계적 프로그램 기획 ③ 전략적 홍보·네트워크'에 초점을 두고 5단계 로드맵 마련

【 2027년 연차회의 성공 개최 준비 로드맵 】

1단계 (2025년 上)	2단계 (2025년 下)	3단계 (2026년 上)	4단계 (2026년 下)	5단계 (2027년 上)
준비체계 구축	행사 준비 착수	준비본격화	최종 준비 및 점검	본 행사 개최
<ul style="list-style-type: none"> ▶ K-water연구원 · 대전시 MOU ▶ 행사 메인테마 대국민 공모 ▶ '25년 연차회의 참석 · 홍보(중국) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 한국대대회 조직 및 인력 재정비 ▶ 세부테마 및 심포지움 주제 선정 ▶ 캐나다 컨퍼런스 참석 · 홍보 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 개최준비위 출범 ▶ 사무국 인력 보강 ▶ ICOLD 사무국 주관 현장 실사 ▶ 행사 대표 홈페이지 개설 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 행사 조직위원회 출범 및 운영 ▶ 행사 참가자 및 부스 등록 ▶ 세부 프로그램 일정 확정 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 참여 기관 · 인력별 최종 업무분장 및 리허설 ▶ 행사 개최 성공 및 결과분석 · 공유

- (한국대대회^{KNCOLD} 조직 강화) 실제 행사 준비 및 개최를 주관하는 한국대대회의 역량 강화를 위한 조직 개편(분과위원회 신설) 및 사무국 인력 확충

- 기존 한국대대회의 전문 위원회를 연차회의 개최 분야별로 실질적 실행력을 강화하기 위해 세부 분과위원회 체계로 개편, 연차회의 '주제별' 전문가 참여 기반 확보

【 한국대대회 주제별 분과위원회 구성 】



- 국제대대회 경험이 풍부한 K-water연구원에 전문가를 한국대대회 사무국장으로 신규 임명하고, 전담 인력 추가 확보로 인적 인프라 강화(기존 사무국 2인 → 5인 체제로 확대)

- (지역내 협력체계 가동) 대전시(대전관광공사), K-water, 한국대대회간 성공적 연차회의 개최를 위한 업무협약('25.2)을 기점으로 다각적 협력 착수 < 대전시 · K-water 업무 협약 >

- 300여개 기업이 참여하는 대전상공회의소 주최 포럼, 17개 대전지역 산·관·연·학이 함께하는 '대전지역혁신포럼' 등 활용 대전 소재 기업의 참여 협조



- (글로벌 행사 홍보) 2025년 중국 청두에서 열린 국제대담회 연차회의를 활용, 역대 최대 규모의 대표단을 구성하여 2027년 행사의 성공 의지 홍보와 참여 독려
- 환경부, 지자체(대전시, 대전관광공사), 공공기관(K-water, 한국수력원자력 등), 학계 전문가 등 약 50여명의 한국 대표단 구성후 참여

【 2025년 국제대담회 연차회의(중국 청두)에 참여한 한국 대표단 】



- 물 관리 디지털트윈, 댐 수면 수상태양광 등 선도 기술 소개와 함께 개최지 대전의 인프라와 절경, K-pop 등을 매력적으로 제시하여 높은 집중도와 긍정적 반응 이끔



- (전략적 협력 네트워크 구축) 한국대담회를 중심으로 국제대담회 사무국 및 중국·일본·미국·캐나다 대담회, 연구기관 등과 댐안전, 스마트댐기술, 물에너지 분야 학술교류 확대

국제대담회 사무국	중국 IWHR
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 연차회의 준비사항 공유 및 향후 추진계획 논의 * 실사 절차·기준 등 소통 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 중국 수자원 전문기관 IWHR(수리수전과학연구원)과 공동연구 및 기술협력 MOU
일본 대담회	캐나다 대담회
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3S 댐 성능개선에 관한 가이드라인 공동 발간 추진 (Safe, Smart, Sustainable) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 댐 주변 공공안전 주제의 워크숍·교육훈련 및 국제협력 모범 사례화

4 미리보는 2027년 국제대담회 연차회의 대전

□ 행사 개요(안)

- 일시/장소 : '27. 5. 23(일) - 28(금) 예정 / 대전컨벤션센터(DCC)
- 주관/후원 : (사)한국대담회 / 기후에너지환경부, 대전시, K-water, 주요회원사 등
- 행사 주제 : 기후변화 시대에 댐 안전과 회복탄력성
- 참석 규모 : 80개국 약 1,800여명(해외 900명, 국내 900명) 목표

【 주요 프로그램 구성(안) 】

날 짜	프로그램	날 짜	프로그램
5/23 (일)	<ul style="list-style-type: none"> • ICOLD 이사회 • 이사회 및 기술 위원장 회의 • 시티투어 • 한국대담회 단기 강좌 	5/26 (수)	<ul style="list-style-type: none"> • 국제 심포지엄 • 특별세션 • 기술전시 • 여성엔지니어 멘토링 • 문화 행사
5/24 (월)	<ul style="list-style-type: none"> • 등록 • 기술위원회 워크샵 • 지역위원회 미팅 • 시티투어 • 한국대담회 단기 강좌 	5/27 (목)	<ul style="list-style-type: none"> • 국제 심포지엄 • 파트너 세미나 • K-culture 체험 • 젊은 엔지니어 네트워킹 행사
5/25 (화)	<ul style="list-style-type: none"> • 기술위원회 회의 • 기술전시 개막식 • 젊은 기술자 포럼(YPF) • 환영만찬 • 참여형 모닝 런(5km) 	5/28 (금)	<ul style="list-style-type: none"> • 제95차 총회 • 기술 투어 • K-culture 체험 • 폐회식 및 환송만찬

□ (메인테마) “기후변화 시대에 댐 안전과 회복탄력성”

- 국내 관심 제고와 붕업을 위해 대국민 공모로 테마 선정*, 본 주제를 기준으로 소주제를 선정하여 연구 논문 접수 예정

* 공모 접수된 103개 테마(안)에 대해 전문가 심사를 거쳐 최종 확정



□ (세미나·교육) 댐 기술 관련 연구소 협업 세미나 및 교육 프로그램 개발·운영

- (세미나) 기상·AI·에너지 등 관련한 연구기관, 학계 등을 섭외해 선도기술 공유
 - * 기후리스크 대응, 인공지능 데이터분석, AI 로봇 개발, 신재생 에너지 확대 등
- (교육) 수자원 관련 연구소를 섭외하여 실습형 교육 프로그램 설계·운영
 - * 디지털트윈 참관, 홍수시나리오 분석, 수재해모니터링 기술 실습 등

□ (지역 참여) 대전지역내 중소기업 및 스타트업의 선도 기술 글로벌 홍보 기회 제공

- 수자원, 신재생에너지, AI 등 댐 기술 관련 참여 기업을 모집, 세미나·간담회·전시부스·비즈미팅 등 기술 홍보 기회 제공 및 수출 연계 지원

- **(투어·체험)** K-culture 중심의 프로그램 운영 One-Day 투어 및 DCC 인근 한빛광장, 갑천변 등 문화공간을 활용한 체험 콘텐츠 제공

One-Day 투어 컨셉 (예 시)	① 주요시설 ▶ 물관리시설 견학 (예) 대청댐·물문화관	+	② 공연 ▶ 전통공연·K-pop 등 (예) 한국무용, 가요 등	+	③ 문화체험 ▶ K-culture 체험 (예) 도자기·한복체험 등
	① 대청댐 및 문화관 	+	'25년 MICCAI 모닝런 	+	딜라잇 문보트 체험 

5 2027년 연차회의의 기대 효과와 의미 - 새로운 미래를 향한 전환점



- **(경제적 파급 효과)** 1,800여 명의 세계 댐 기술 전문가 방문 예상, 행사기간 동안 관광, 숙박, 교통, 외식 산업 활성화 ➔ 지역 경제유발효과 145억 원 전망
- **(물산업 활성화)** 참여 기업들 대상 기술 설명회, 전시관, 비즈니스 미팅 등 구성 예정, 물 관련 대전 지역 기업 글로벌 도약 및 시장 확대 기회
- **(글로벌 선도기술 확산)** 글로벌 댐 기술을 선도하는 국가로 자리매김하는 기회이며, 23년 만에 다시 찾아온 연차회의를 통해 대한민국 수자원 기술 저력을 세계에 각인

➔ 우리나라 댐 기술력과 대전의 혁신 역량을 전 세계에 입증할 수 있는 기회로써, '27년 연차회의의 성공적 개최를 위한 각 분야 전문가들의 관심이 참여 절실

SNAP SHOT

- PVT 복합발전 기술 : 재생에너지 전환을 위한 새로운 동력
- 미생물의 배설물을 활용한 녹조 성장 억제 기술
- 기후위기 대응을 위한 차세대 레이더 위성 개발 동향
- 물 부족 대응의 새로운 기술 패러다임, '지하수저류댐'
- K-water 학술상 시상 및 물학술 심포지엄 성료
- 모두의 AI, 파운데이션 모델이 판을 바꾼다
- AI 모델의 성능을 좌우하는 모델 드리프트 현상
- 운영 환경이 바뀌어도 견고한 AI 모델, RevIN

*Water&AI
Special*

PVT(태양광+열) 복합발전 기술: 재생에너지 전환을 위한 새로운 동력

K-water연구원 물에너지연구소

■ PVT 기술은 일반 태양광 대비 높은 발전효율과 열에너지 동시 생산이 가능함에 따라 미래 에너지 大 전환의 핵심 기술로 부상

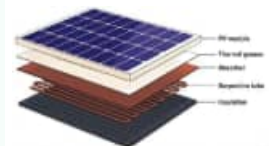
■ 특히 세계 최초 PVT 기술의 국가표준(KS) 제정('25.10)으로 상용화 기반도 확보

□ [기술 개요] PVT(Photovoltaic Thermal) 기술은 태양광 패널로 전기를 생산하는 동시에 태양열 집열기를 통해 열(Thermal)까지 생산하는 복합 에너지 시스템

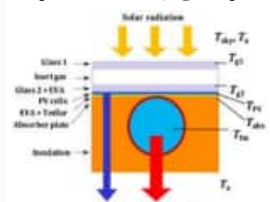
- ▶ 일반적 태양광 발전은 발전시 모듈 온도가 상승하며 발전 효율이 하락
- ▶ PVT는 모듈 후면에 온도가 낮은 열매체(액체나 공기)를 통과시켜 온도 상승을 방지(=발전효율 유지)함과 동시에,
- ▶ 온도가 높아진 열매체를 활용하여 온수·난방 또는 히트펌프 열원 공급 가능

[PVT 모듈의 분류 및 특징]

구 분	특 징
열매체	액체식 고효율, 열E 저장 용이, 고비용, 누수·동파 위험 * KS 제정('25.10월)
	공기식 저효율, 열E 저장 곤란, 저비용, 구조가 단순 * KS 미제정
기 능	유창형 열 생산 우선형, 발전효율 13.57%, 집열 55.29% (KS기준 환산)
	무창형 전력생산 우선형, 발전효율 15.35%, 집열 44.91% (KS기준 환산)



[PVT 모듈 구성도¹⁾]



[PVT 모듈 개념도²⁾]

□ [국내·외 현황] PVT 시장은 지속 성장중이며 세계 최초 국가표준(KS) 제정('25.10월)

- (국외) 미국, 유럽 등 선진국에서 PVT에 대한 인증 및 보조금 제도를 운영중이며, 상업용 수영장, 아파트 등을 대상으로 지열과 연계한 대규모 설치사례 다수
 - * 영국 런던大 및 스페인 칼스크로나 아파트(지열 히트펌프 열원), 스페인 바르셀로나 수영장(온수급탕)
- (국내) 액체식 PVT 대상 KS표준 제정 完 및 신재생에너지 인증 예정으로 상용화 초기 단계 진입, 예기연(KIER)을 중심으로 액체식 PVT 생산기술 개발 등 추진중

■ PVT는 높은 에너지 생산 효율로 미래 재생에너지 전환의 중요 기술로 주목, 향후 다양한 에너지원과의 융복합 및 Scale-Up을 위한 지속적인 R&D 필요

- * K-water연구원 : 「PVT 기반 태양광 발전량 향상 및 수열 융복합 재생에너지 신기술 개발」, 「PVT 실증운전을 통한 K-water 적용모델 구상」 등 연구 기획중

자료원 : 1) Muthanna Mohammed Awad (2022) "Performance of Bi-fluid PV/thermal collector integrated with phase change material : Experimental assessment"
2) Singgih Dwi Prasetyo (2023) "The use of hybrid photovoltaic/thermal(PV/T) collector system as a sustainable energy-harvest instrument in urban technology"

미생물의 배설물을 활용한 녹조 성장 억제 기술

K-water연구원 수자원환경연구소

■ 미생물에서 기원된 천연물질(잔토피)을 활용하여 유해 남조류의 세포성장을 억제함으로써 녹조 대발생 선제적 대응

□ [녹조 대발생] 남조류를 포함한 특정 조류가 급격하게 대량 증식하여 물의 색깔이 짙은 녹색으로 변하는 현상으로 독성물질 생성으로 인한 수질 악화 및 수처리 비용 증가

◦ 특히 기후위기로 인한 댐 유역 환경 변화는 녹조 발생 시기·기간 등 불확실성을 증가

□ [녹조 성장 억제] 합성생물학 기술을 기반으로, 미생물에서 기원된 천연물질을 활용한 유해 남조류 성장 억제 관리기술 연구 추진중

◦ (합성생물학) 미생물을 대사공학적* 처리하여 유전자 재설계 ➡ 미생물에 신기능 부여 ➡ 현재 탐지와 제거가 어려운 각종 오염물질의 탐지·분해·정화가 가능한 기술

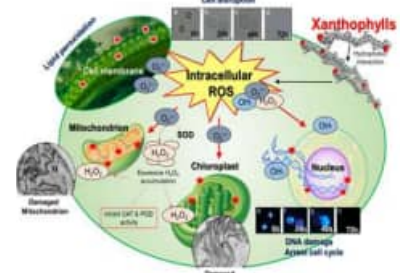
* 대사공학(Metabolic Engineering) : 세포의 대사과정을 인위적으로 조절하는 기술

** 합성생물학은 현재 신약, 의학, 에너지, 화장품, 신소재 등에서 활용중이나 환경 분야 적용은 미비

◦ (성장 억제 원리) 미생물이 합성하는 천연물질을 이용하여 [녹조 성장억제 작용 기작] 조류 세포의 성장을 억제 또는 사멸

* 잔토피 : 토마토, 당근, 노른자 등에 함유된 황색 계열 천연색소

◦ (작용 기작) 조류의 세포막을 통과하여 엽록소의 기능을 불활성화 ➡ 광합성을 방해하고 세포 성장을 억제



□ [효과 검증] 억제기술의 현장 실증 실험을 통해 녹조 제거율 및 대량생산 가능성과 환경적 안전성 검증

[녹조 성장억제 실증 실험]



제거 효율	유해남조류(Microcystis) 대상 대조군 대비 70% 성장 억제
대량 생산	자연 미생물 대비, 개량 미생물의 물질 생산성 7.7배 증가
환경성	민물새우, 물벼룩, 어류 등 노출 실험으로 생태독성 확인 검증

▶ 남조류의 세포 농도 조절을 통해 선제적 녹조 대발생 관리가 가능한 기술로써 향후 지속적 R&D를 통한 기술 상용화 실현 필요

자료원 : K-water연구원 자체 연구자료(친환경 녹조 성장 제어 기술 개발 연구)

기후위기 대응을 위한 차세대 레이더 위성(NISAR·HydroGNSS) 개발 동향

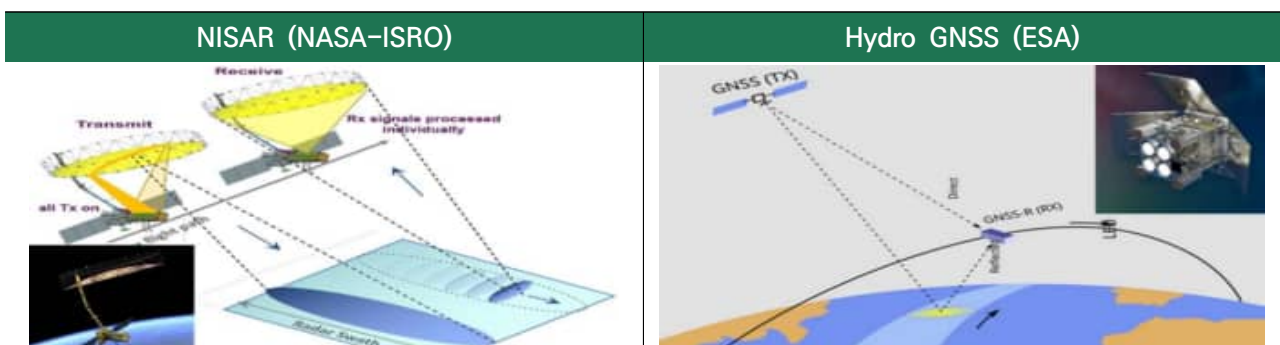
K-water연구원 수자원위성연구소

- NISAR·HydroGNSS 등 신규 지구관측 위성 2025년 발사·운영 단계 진입
- 차세대 레이더 위성의 해상도·관측주기·관측변수별 수문 분야 활용성 검토 필요

- [수문 감시위성] 미국·유럽·중국 등 중심으로 기후감시 목적 레이더 위성 개발이 가속화
 - ‘25년에는 NISAR(S/L-Band SAR), HydroGNSS(GNSS-R)가 발사·운영 단계 진입하여 전 지구의 토양수분·홍수·습지 분석 등 지표 정보를 제공할 예정

위성별 레이더 기술	SAR	위성에서 직접 전파(S-Band, L-Band 마이크로파 등)를 발사한 후 지표에서 반사된 신호를 수신하여 고해상도 영상(Radar Image)을 생성
	GNSS-R	항법위성에서 발사된 신호(GNSS : 위성항법신호)가 땅·물에 반사된 신호를 수신하여 세기를 이용해 토양수분·습지·수면 상태를 추정하는 기술

- [NISAR] 미국 NASA와 인도 ISRO가 공동 개발한 SAR 위성(S/L-Band)
 - 전지구 토양수분·홍수 범람, 지반침하·빙하 변형 등 육상·빙권 변화탐지에 활용
 - * 747km 태양동기궤도, 12일 관측주기, 240km 광역관측, 해상도 24~48 m
- [HydroGNSS] ESA(유럽우주국) 주관 GNSS-R 기반 초소형위성 2기
 - GNSS(위성항법신호) 반사 신호를 이용해 토양수분, 습지·범람지, 동결·해빙 등 감시
 - * 중량 65 kg의 저비용·고빈도 지구관측 플랫폼, 정밀 대형급 위성 임무를 보완



- ▶ 서로 다른 관측 원리를 이용하여 다각적 정보를 제공하는 차세대 지구관측 위성 기반, 수문관측에 특화된 통합형 위성 관측 체계 구축의 글로벌 동향에 적극적 참여 필요
 - * K-water연구원은 중형·초소형급-EO·SAR 등 세계 최초 수자원·수재해 위성체계 개발 추진 중

자료원 :	1) NASA-ISRO co-develop mission (https://science.nasa.gov/mission/nisar/) 2) ESA FutureEO Scout (https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO)
-------	--

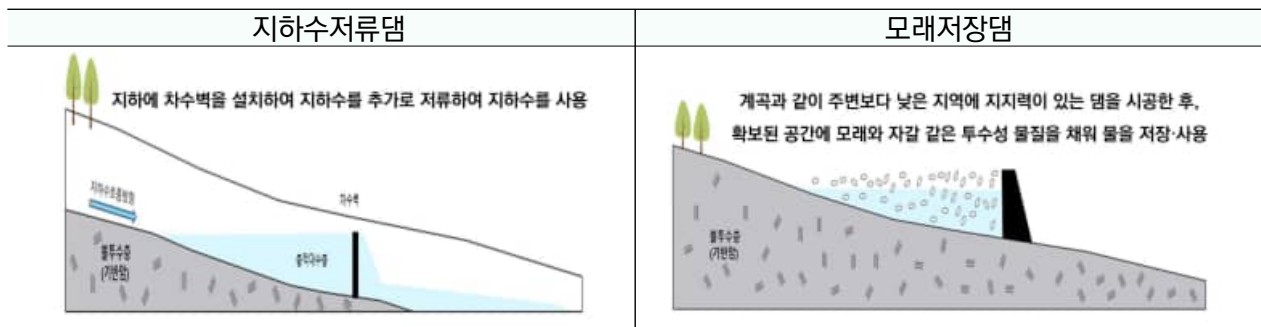
물 부족 대응의 새로운 기술 패러다임, ‘지하수저류댐’

K-water연구원 물인프라안전연구소

■ 극한 가뭄 심화 등에 따른 물 부족 문제 대응을 위한 수원 다변화의 중요성이 증대되며, 지하수자원의 확보 및 이용 극대화를 위한 지하수저류댐 기술 새롭게 조명

□ [기술 개요] ‘지하수저류댐’은 땅 속에 보이지 않는 지하수 저수지를 만드는 기술로써,
 ◦ 지층 내 물이 잘 스며드는 모래·자갈층에 물의 흐름을 막기 위한 차수벽(인공벽)을 설치하여 인위적으로 지하수를 저류함으로써 안정적인 지하수자원을 확보 가능

* 유사 기술로는 댐을 통해 모래 등을 쌓은 후, 모래층 속에 물을 저장시키는 ‘모래저장댐’도 존재



□ [기술 동향] 선진국은 지하수의 지속가능한 활용, 개도국은 지하수 개발·확보에 초점
 ◦ (선진국) 다중매체와 수원(지하댐-인공함양-지표댐-하천-용수시설 등)의 통합관리 기술 개발
 * 미국 : 기후변화에 대응한 지하수의 탄력적 이용을 위한 정책 마련 및 연구 선도중
 * 유럽 : 급격한 지하수 취수 증가로 수량 부족, 염수 침투 등에 대응한 지하수 보전 정책 추진중
 ◦ (국내) 국가 차원의 지하수 관련 연구 및 국정과제 추진으로 세계적 기술 수준 도달중
 * ‘제4차 지하수관리기본계획’, ‘제2차 물관리기술 발전 및 물산업 진흥 기본계획’ 등 국가계획
 ➔ 기후위기 대응 지하수 활용 역량 제고의 수단으로 지하수저류댐, 모래저장형댐 등을 선정·추진
 ** 환경부 지하수저류댐 사업 현재 4개소 구축(대이작도·안마도·보길도·양평군), 향후 82개 추가 예정

▶ 향후 물 부족 대응의 핵심 기술로 지하수저류댐에 대한 국내·외적 관심 고조,
 K-water연구원은 지하수저류댐 기술 선도를 위한 단계적·전략적 육성 추진중

Step1(~'25)	Step2(~'28)	Step3(~'30)
조사평가, 설계·시공, 유지·운영 등 기초기술 확보	ICT 기반 분석·평가 및 최적 운영기술 확보	AI 기반 적지 선정 및 부존량 평가, 수출 산업화

자료원 : K-water연구원 내부자료

K-water 학술상 시상 및 물학술 심포지엄 성료

K-water연구원 연구관리처

■ 물 분야 우수 학술성과와 연구자를 선정하여 포상하는 2025년 K-water 학술상 시상 행사가 11월 26일 K-water에서 개최

■ 금년에는 총 6인의 전문가가 수상의 영예를 안으며 물 분야 R&D 활성화를 촉진

□ [K-water 학술상] K-water와 한국물학술단체연합회*가 2021년 공동으로 제정, 물 분야 뛰어난 학술적 업적과 장래성이 우수한 연구자를 발굴·포상함으로써 R&D 활성화와 물 기술 발전을 견인

* 한국물학술단체연합회 : '96년 설립된 물관련 학회 연합체로써, 물관련 공동 조사연구 등을 목적으로 하는 국내 최대 물분야 학술단체



□ [2025년 수상자] 생애주기 및 최근 5년 업적, 창의성·우수성·파급성·실현가능성 등을 종합적으로 평가하여 6인의 수상자 결정(국내·외 논문 게재, 특허, 논문 인용 지수 등 고려)

구 분	성 명	소 속	주요 연구 공적
대상	허 진	세종대학교	첨단 수질 모니터링과 유역 오염원 추적 기술 개발
우수상	이주현	중부대학교	가뭄관리 및 생태수문학적 물분야간 통합·연계 연구
	김창수	부경대학교	물관리 거버넌스, 통합물관리 제도·정책 연구
젊은 물학술인상	정상현	부산대학교	분리막 기반 해수담수화 및 신종 오염물질 제거 연구
	전창현	고려대학교	인공지능-원격탐사-IoT 기반 수문·기상 관측 정보 생산 연구
	박종준	강원대학교	지하수 분야 입법 체계 개선 및 먹는물 수질기준 법제 개편

□ [물학술 심포지엄] 학술상 시상과 함께 “AI로 열어가는 물관리와 신재생에너지” 주제의 발표 및 종합토론도 진행, 최신 기술동향을 공유하고 발전방안 모색의 기회도 마련



▶ 물 분야 R&D 활성화와 우수 연구자 지원은 우리나라 물 기술 경쟁력의 근간임에 따라, 앞으로도 지속될 K-water 학술상에 대한 지속적 관심과 참여 확대 필요

모두의 AI, 파운데이션 모델이 판을 바꾼다!

K-water연구원 AI연구소

■ 파운데이션 모델(Foundation Model)은 방대한 데이터를 사전에 학습한 후, 약간의 수정만 가해 다방면의 작업에 사용할 수 있는 ‘범용 AI 엔진’

□ **[핵심 개념]** 과거의 AI는 특정 작업을 위한 모델로 개발된 반면, 파운데이션 AI 모델은 대규모 데이터 학습을 기반으로 다용도로 변형해 재사용이 가능

* 기존 AI 모델(Specialized Model) : 목적에 따라 전용 모델을 개발(스팸 필터링, 얼굴 인식 등)

【파운데이션 모델의 주요 특징】

Emergent Ability “갑작스런 능력 출현”	모델 규모와 데이터가 임계치를 넘으면, 학습하지 않은 과업에서도 새로운 기능이 자발적으로 나타나는 특성(예: 간단한 코딩, 논리 퍼즐 풀이)
Zero/Few-shot Learning “예시가 없어도/적어도 수행”	재학습 없이 지시만으로 과업을 수행하거나(zero-shot), 소량의 예시만으로 새로운 형식·규칙에 신속히 적응하는 일반화 능력(few-shot)
In-context Reasoning “문맥만으로 규칙의 이해·추론”	프롬프트에 주어진 예시·지시를 맥락 정보로 활용하여 제한적 논리 전개와 추론 패턴을 즉석에서 구성하는 능력(예: 중간 논리를 스스로 적어가며 답 도출)
Multimodal Understanding “다양한 형태의 정보 동시 처리”	텍스트·이미지·음성·시계열 등 다양한 형태의 데이터를 통합적으로 인식하고 분석을 수행하는 능력(예: 수온·유량 그래프를 이해하고 녹조 위험을 설명)

□ **[활용 사례]** 시계열 파운데이션 모델, 비전 파운데이션 모델, LLM 업무비서 등

Aurora	대기·해양·열대성 저기압 경로를 한 번에 예측하는 기후·수문 파운데이션 모델 (Nature지 소개)
Grounding DINO	영상에서 “안전모 미착용 작업자”, “조류가 번성한 수면” 등 텍스트로 객체 탐색이 가능해 안전점검 및 모니터링 자동화에 응용 가능
최신 LLM	기업 내부 문서·시스템에 연결하면 “○○사업과 유사한 해외 사례를 정리해 줘”와 같은 질의에 대화형 업무비서로서 활용 가능

□ **[국내 동향]** AI 파운데이션 모델 독자 개발을 주도할 5개 팀 선정 후 집중 지원중

* 과기정보통신부 : 독자 인공지능 기초모형(AI 파운데이션 모델) 사업을 주도할 5개 정예팀 선정 후 ‘K-AI’ 프로젝트 착수(‘25.9~) ➡ 네이버클라우드, 업스테이지, SK텔레콤, NCAI, LG AI연구원

▶ 파운데이션 모델로 다양한 물관리 업무를 연계해 통합적으로 해석하면, 예측·진단·의사결정 업무의 정확성과 신속성 향상을 기대할 수 있음

자료원 : UNIST 임동영(2025.10). “파운데이션 모델: 개요, 파인튜닝, 활용사례”, 수자원학회 AI분과 강연

AI 모델의 성능을 좌우하는 모델 드리프트 현상

K-water연구원 AI연구소

■ 모델 ‘드리프트’는 시간이 지나며 학습 당시 데이터가 현실과 달라져 모델 성능이 저하되는 현상으로, 데이터에 대한 지속적 모니터링·재학습·설명력 유지가 필수적

□ [핵심 개념] ‘모델 드리프트’는 AI 모델이 시간이 지나면 현실 세계의 데이터 환경과 맞지 않게 되고 그로 인해 예측 성능과 판단 정확도가 점점 떨어지는 현상을 의미

- 물관리는 특히 자연적 요인(수문학적 불확실성, 기후변화 등)과 사회·경제적 요인(도시화, 인구변화 등) 등 환경변화가 심해 드리프트 현상이 빈번하게 발생하며 운영리스크를 증가

□ [‘드리프트’의 구분] 데이터 트렌드(Data) 변화 또는 입·출력(Concept) 간 변화로 구분

- 운영조건 변화 : 정수장의 공정 설정이 변경되거나 신규장비 추가되면서 특성 변화
- 새로운 공정 : 신규 공정(고도처리 공정)에 따른 관리 항목의 농도 변화
- 시스템 노후화 : 계측 장비의 오염·노후화·유지보수로 정확도 변화 또는 노이즈 생성



□ [‘드리프트’의 감지] 성능 저하 여부를 판단할 수 있는 Signal을 정의하고, 해당 신호 감지 시 데이터 통계 기법을 통해 조치사항 등을 최종 판정

- Signal은 정확도 기반으로 평균 예측력과 비교한 차이(drop in accuracy)를 활용

* 정량화 지표 : PSI(Population stability index), Z-score, Kullback-Leibler divergence, Jensen-Shannon divergence, Kolmogorov-Smirnov test 등

▶ AI 모델 구축시, 드리프트 해결을 위한 모니터링 및 테스트 자동화, 원인분석, 모델 재학습, 재배포 과정 등을 통합환경에서 관리하는 방안의 동시 검토 필요

자료원 1) <https://sonnson.tistory.com/52>, <https://ahha.ai/2024/12/09/model-drift>
2) Learning under Concept Drift : A Review (Various Researcher, 2020)

운영 환경이 바뀌어도 견고한 AI 모델, RevIN

* RevIN : Reversible Instance Normalization

K-water연구원 AI연구소

■ 기존 딥러닝 모델은 학습시 전체 데이터 대상 정규화를 적용하였으나, 최근 국내 연구진이 데이터 분포 변화에 견고한 정규화 기법 개발 및 예측 성능 향상 실증

□ [딥러닝 모델 한계] 기존 학습 데이터가 계절 또는 운영 방식 변화, 센서 교체 등으로 인해 데이터 패턴이 달라지며(분포 이동 : Distribution Shift), 예측 성능이 하락

- 특히 딥러닝 데이터는 정규화 과정을 진행하는데, 전체 데이터를 기준으로 정규화시 실제 스케일 및 편차 정보가 사라져 침투(급상승/급하강) 구간을 작은 변화로 오해 가능

□ [RevIN 기술 개요] KAIST 연구진이 제안한 기술로써, 입력 데이터를 샘플(인스턴스)별로 평균(μ)과 표준편차(σ)를 사용해 정규화를 먼저 진행한 후,

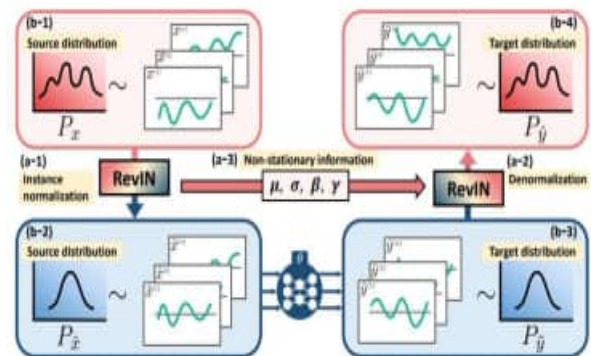
- 모델이 예측을 마치면 정규화에 사용된 평균·표준편차를 다시 적용하여 원 스케일로 복원하는 가역적 정규화 기법

* ‘되돌린다’라는 의미에서, RevIN(=Reversible Instance Normalization)이라 명칭

➔ 이를 통해 데이터 분포 이동 완화 및

스케일 정보 보존 효과가 있어 급변 또는

침투 구간 표현력 개선이 가능하고, 모델 종류에 상관없이 적용이 용이



[RevIN 기법을 활용한 데이터 스케일링 개념도]

□ [적용 사례] 전력 수요, 교통량, 날씨 등에 RevIN 적용 결과, 예측 성능 개선이 확인되며, 특히 변수별 스케일 편차가 크거나 계절성·비정상성이 강한 경우 개선 폭이 큼

▶ RevIN은 AI 모델 종류에 관계없이 적용가능한 기술임에 따라 높은 확장 가능성을 보유하고 있으며, 기존 AI 모델의 데이터 스케일링 관점에서도 적용 검토 필요

자료원 : Kim, T., Kim, J., Tae, Y., Park, C., Choi, J. H., & Choo, J. (2021, May). Reversible instance normalization for accurate time-series forecasting against distribution shift. In International conference on learning representations.

NEWS & EVENTS



01 룩셈부르크 경제사절단(FEDIL) 초청, 기술교류 협력 논의 【10.21】

* FEDIL : 룩셈부르크 산업연합
지난 10월 21일 K-water 본사를 방문한 룩셈부르크 경제사절단(FEDIL)*과 주한 대사를 맞이하여 AI와 디지털 전환 기반 첨단 물관리 기술력을 선보였다.

* 디지털, 통신분야 기업 CEO, 정부 부처 등 17인
이번 방문은 호라이즌 유럽 공동 참여 협력의 연장선에서 이루어졌으며, AI 정수장과 DT 기반 물관리, 위성 데이터 활용 기술 등을 직접 확인하고 향후 공동 연구와 협력 방안에 대한 논의를 진행하였다.

02 AI 활용 역량 강화를 위한 '슬기로운 AI 생활' 특강 【10.14】



K-water연구원은 지난 10월 14일 국내 AI 분야 권위자인 GIST 김준한 교수를 초청하여 '슬기로운 AI 생활'을 주제로 한 전문가 특강을 진행하였다.

이번 강연에서는 Super Agent 등의 기술 활용법을 기반으로 실제 연구 수행과 업무 추진 과정에 생성형 AI를 실무적으로 활용하는 방법에 대해 이해하고 연구 역량 강화를 위한 AI 활용방안에 대한 논의의 기회가 되었다.

03 물 이용 분야 기후위기 대응 정책 포럼 참여 【10.17】



지난 10월 17일에는 기후에너지환경부, K-water, 대한상하수도학회 등이 참여한 가운데, 첨단 기술을 활용한 물 이용 정책의 발전방향을 주제로 '물 이용 분야 기후위기 대응 정책포럼'이 개최되었다.

이날 포럼에서 K-water연구원은 물 이용 분야의 AI, 로봇틱스 등 기술 동향을 소개하고 이와 관련된 향후 학술·정책적 연구 기반 마련을 위한 논의를 진행하였다.



04 2025년 대전지역 혁신 및 기후테크 포럼 개최 【11.17】

K-water연구원은 11월 17일 ‘지속가능한 지역산업 및 R&D 발전을 위한 기후테크 육성방안’을 주제로 ‘2025년 대전지역 혁신 및 기후테크 포럼’을 개최하였다.

이번 포럼은 충남대, 한남대 등 19개 지역 혁신 주체들이 참여하고 있는 ‘대전지역 혁신포럼’과 과학기술연합대학원대학교(UST)가 공동으로 개최하였으며, 대전을 기후테크 산업의 중심지로 육성하기 위한 전략과 실천방안에 대한 심도있는 논의가 이루어졌다.

05 초소형 군집위성 활용을 위한 핵심요소기술 특별세션 개최 【10.23】



K-water연구원 수자원위성연구소는 10월 23일, 대한원격탐사학회에서 ‘초소형 군집위성 활용을 위한 핵심요소기술’을 주제로 연구성과 공유를 위한 특별세션을 개최했다.

이번 세션에서는 K-water가 도입을 추진중인 초소형 군집위성의 임무·궤도 설계와 위성정보 활용 기술에 대한 연구성과를 공유하고, 향후 위성운영 및 활용성 확대 방안에 대한 논의가 이루어졌다.

06 특정물질(PFAS 등) 대응을 위한 수처리 고도화 세미나 개최 【10.27】



K-water연구원 상하수도연구소에서는 10월 27일 수처리 고도화에 관한 세미나를 개최하였다.

이번 세미나에서는 정수처리공정에서 고도처리 통합공정과 고압막 등 여과공정과의 상호작용에 대한 논의가 이루어졌으며, 이를 통해 공정 간 연계성을 중심으로 정수처리공정의 최적화와 공정 진단 고도화를 위한 향후 연구 방향을 모색하는 계기가 되었다.



07 대한민국국제물주간(KIWW) 개최 K-water연구원 성과 공유 [11.12~14]

11월 12일부터 14일까지 진행된 대한민국 국제물주간(KIWW)에서 K-water연구원은 특별 세션(TIP 플랫폼) 등을 운영하며 다양한 물 분야 연구성과를 공유하였다.

이번 KIWW에서는 K-water연구원은 수자원 위성 활용, 스마트워터시티 BIZ 모델 및 AI와 해수담수화 등 다양한 분야의 기술 현황과 주요 성과를 공유하고 기술 협력에 대해 집중적으로 논의하는 시간을 가졌다.

08 한국-스위스 국제 공동 연구과제 세미나 개최 [11.18~21]



K-water연구원 물에너지연구소는 스위스 EPFL(로잔연방공대) 및 GRZ Technologies와 공동으로 추진중인 수전해-수소 저장 시스템 연구개발 세미나를 지난 11월 18일~21일 약 4일간 개최하였다.

한국-스위스 공동 연구진은 설계 최종 진행 사항 논의 후 실증 지역인 시화조력관리단을 방문하여 설치 부지 등을 점검하였으며, 본 연구를 통해 PEM 수전해-수소화물 기반의 저장 통합 시스템을 구축·운영할 계획이다.

09 물재이용, 초순수 등 산업용수 미래 R&D 방향 논의 [11.19~21]



K-water연구원 상하수도연구소는 2025년 대한환경공학회 학술대회에서 '초순수 기술 국산화 : 지속가능한 혁신을 통한 기술자립' 및 '물 재이용 기반의 첨단용수 공급 경쟁력 확보'를 주제로 특별세션을 개최했다.

세미나에서는 첨단산업 용수공급에서 중요한 물재이용과 초순수 등 산업용수 분야의 동향과 기술개발 현황을 공유하였으며, 산업계, 학계, 연구계에서 전문가 약 100여명이 참여해 산업용수 미래 R&D 개발 방향에 대한 심도있는 논의를 진행하였다.

ICOLD 2027 95th Annual Meeting Daejeon, Korea

2027년 국제대담회 대전 연차회의



댐 유지·관리 기술 교류 및 발전 계획을 논의하는
세계 최대 컨퍼런스 회의

📍 대전 컨벤션센터 DCC

2027. 5. 23 - 5. 28(예정)

주요 프로그램

연차회의 & 부대행사

- ① ICOLD 정기회의 ④ 기술 전시
- ② 학술 심포지엄 ⑤ 투어 프로그램
- ③ 기술 워크숍 ⑥ 네트워크 행사

참여가치·기대효과

- ① 80개국 1,800명 전문가 네트워킹
- ② 글로벌 댐 컨퍼런스로 혁신 기술 교류
- ③ 해외 수자원 분야 비즈니스 기회 창출
- ④ 지속가능한 미래 수자원 발전 기반 마련

참여 방법

- ① ICOLD 2027 연차회의 참가 등록
- ② 전시관 부스 참여 · 홍보 활동
- ③ 스폰서십 참여 (Sponsorship)

*문의처 : 한국대담회 사무국 / 042-870-7317

한국대담회 회원가입 안내

개인회원

가입비 20만원 *가입 시 1회(종신)

기업회원

특급	1급	2급
300만원/년	200만원/년	100만원/년

K-water연구원은 한국수자원공사 산하 부설 연구기관으로,
과학적인 물관리 기술 연구를 기반으로 기후위기 대응을 선도하고 있습니다

K-water연구원

연구
관리처

경영
연구소

수자원환경
연구소

상하수도
연구소

물인프라
안전연구소

물에너지
연구소

수자원위성
연구소

AI
연구소

AI 연구

물관리 디지털 전환 핵심 AI 기술 확보

- | 물관리全过程 디지털 전환 위한 표준 AI 모델 개발
- | 드론과 AI를 활용한 댐 디지털 트윈(DT) 구축
- | AI 자율운영 기반의 스마트 정수장 구축

청정 新재생에너지 리딩

물에너지

- | 수열, 수력, 수상태양광 설계·운영 기술 개발
- | 재생에너지 연계한 그린수소 생산·정제기술

선도형 수자원·환경 기술 기반
물재해 대응력 강화

수자원·환경

- | 수자원 해석 분야 기술 디지털화 및 DT 플랫폼 탑재 기술
- | 유역통합 물환경 개선 및 생태가치 증진 기술

세계 최초 위성 기반
수자원 관리

수자원 위성

- | 수자원위성 개발과 수재해 감시에 필요한 인프라·활용기술 구축
- | 접경지역 하천, 녹조 등 수자원 현황 모니터링

Global Think-tank

연구협력

- | 글로벌 물전문기관과 협력
- * 2027년 국제대담회 연차회의 대전시 유치 등 성과

안전하고 깨끗한 물공급

상하수도

- | 첨단용수 생산 및 신종 미량물질 제거 기술
- | 디지털 기반 상수도 인프라 안정성 및 효율성 제고 기술

경영·정책·경제

국민체감형 물정책 발굴

- | 국민 맞춤형 통합 물서비스 제공 위한 물정책 연구 및 물산업 육성방안 제시
- | 경제성 분석 통한 新사업 추진 및 미래 사업전략 개발

물인프라 안전

극한기후 속 스마트 안전관리

- | 시설 안전성 향상 및 노후화 대응 댐 안전성 강화 기술
- | AI & 로봇틱스 기반 수자원시설 무인화 점검체계 구축

Water&Tech INSIGHT 제5호(2025년 12월)

주 관	K-water연구원
발행처	K-water연구원 경영연구소
발행인	원장 김병기
발행일	2025년 12월 9일
문 의	K-water연구원 경영연구소 (042-870-7372)
홈페이지	http://www.kwater.or.kr/kiwe

※ K-water연구원의 사전 동의 없이 본 보고서의 내용을 무단 전재하거나
제 3자에게 배포하는 것을 금합니다.