

참 고 자 료

1. K-water RFP 요구기술
2. K-water 개발기술 현황

1. K-water RFP(request for proposal) 요구기술

요구기술	AR/VR 기반 Digital Twin 정보 가시화·분석 기술 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	초격차	개발기술 군	물관리 DT
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- 물관리 업무 효율화 및 극한 재해 대응력 향상을 위해 디지털 트윈 기술을 물관리 분야에 적용하여 PC 중심(사무실)으로는 실용화하여 이미 운영 단계에 진입
 - 다만, 모바일 중심의 디지털 트윈 기술 도입으로 현장 물관리 업무의 활용성 강화 필요
- 현실을 복제한 가상공간을 다루는 디지털 트윈 기술의 효과적 현장 사용을 위해 평면 디스플레이를 넘어선 입체적인 뷰를 제공하는 HMD*, 실시간 증강이 가능한 태블릿 등으로 서비스 확대

* HMD(Head Mounted Display) : 머리에 착용하는 디스플레이 장치

⇒ 공간·기기에 따른 제약 해소를 위한 AR/VR 기반 정보시스템 구축 필요



- 디지털 트윈과 AR/VR를 효과적으로 접목시키기 위한 요소기술 개발 필요
 - (공통) PC 기반 디지털 트윈 정보시스템에서 활용하던 데이터를 태블릿, AR/VR 기기에서 보다 쉽게 적용할 수 있도록 데이터를 자동으로 가공·변환하는 컨버터 개발 필요
 - (AR) 실외환경에서는 증강에 필요한 기준점 확보가 어려워 현실 ↔ 가상 공간 간 증강 정확도가 떨어지는 문제가 발생하므로 이를 해결하기 위한 기술연구 필요
 - (VR) 가상공간 제작을 위한 3D 지형 모델링 기술 및 물관리모형 분석결과를 3D 가상 공간 상에 표출하는 변환 알고리즘 개발 필요
 - (지형모델링) CG를 활용한 모델링은 대규모 지역 구축 시 전문성 및 많은 양의 수작업이 필요하므로 드론영상맵핑 기반 3D 객체를 자동 렌더링하고 표출하는 기술개발 필요
 - (모형결과변환) 현실 속 자연현상을 분석하는 물관리모형의 결과를 VR을 통해 입체적으로 가시화할 수 있도록 3D 변환 알고리즘 개발 필요

☞ 디지털 물관리 분야 차세대 기술력 확보 및 물관리 업무 효율성 향상을 위해 태블릿, AR/VR 등 모바일 기반 디지털 트윈 요소기술 개발 필요

□ 연구개발의 최종목표

- AR/VR 요소기술을 활용 공간·기기를 초월한 디지털 트윈 기반 물관리 플랫폼 기술 실현
- PC 중심 디지털트윈 정보시스템의 VR/AR/XR기반 활용·확대 위한 데이터 연계·변환 체계 마련

□ 연구개발 내용

- (공통) 정보시스템 ↔ AR/VR 간 실시간 데이터 연계 및 물관리, 공간정보 컨버터 개발
- (데이터 연계) 정보시스템 데이터의 폭넓은 제공방식(DB연계, API 등)에 적용 가능한 데이터 연계 및 표출 체계 구축
- (컨버터) 공간정보 및 물관리 정보에 대한 자동 3D 변환 및 좌표·정사 보정 기술 개발
- (AR) 현실-가상 증강 정합도 개선 및 증강현실 시각화 요소 기술 개발
- (증강 정합도) 사방이 트여있는 실외공간 대상 증강 정합도 개선 기술 개발
- (시각화 요소) 햇빛, 착시 등 시각화에 영향을 주는 요소 진단·분석 및 개선방안 마련
- (VR) 가상공간 구축을 위한 3D 지형 모델링 및 물관리모형 결과 3D변환 알고리즘 개발
- (3D모델링) 드론촬영 결과물(3D Tiles, 객체) 기반 가상공간 자동 확장체계 구축
- (3D변환) 물관리모형 결과 업로드 시 자동으로 VR 활용 가능 형태로 변환하는 알고리즘 개발

□ 활용방안

○ AR/VR 기반 기술 적용을 통한 현장중심 물관리 업무(현장조사, 취약성 분석, 의사결정 등)에 활용		
기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
<ul style="list-style-type: none"> □ “물관리 DT”의 “AR/VR 기반 정보 시스템” 중 디지털 물관리 분야의 요소 기술 	<ul style="list-style-type: none"> □ AR 기술은 실제 공간에 가상정보를 실시간 증강하는 기술로 물관리 분야 홍수위, 제약사항, 지적정보 등 댐 상하류 안전관리에 활용 가능 □ VR 기술은 가상공간에 현실과 유사한 시뮬레이션을 가능하게 하는 기술로 물관리 분야 홍수 대응에 활용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> □ 국내(지자체) 및 글로벌 디지털 트윈 구축 사업에 물 재해 예방, 홍수 대응 등 효율적인 물관리를 위한 하나의 요소기술로 AR/VR 기반 디지털 물관리 기술 제안 가능 ex) 사우디 디지털 트윈 플랫폼 구축사업

□ 기대효과

- 공간실내·실외, 기기PC, 모바일 등 제약을 극복한 디지털트윈 물관리 기술 업무 체계 구축으로 물관리 업무 연속성 및 효율성 향상

□ 최종성과물

- (공통) 물관리·공간정보 자동 3D 변환·보정 기술 및 정보시스템 ↔ AR/VR간 데이터 연계 체계
- (AR) 기준점 부족, 시각화 방해요소(햇빛, 착시 등) 등 공간한계를 극복한 실외 증강기술
- (VR) 드론영상 기반 자동 가상공간 구축 기술 및 물관리모형 결과 3D 변환 알고리즘

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	수중/육상 영상 선명화 및 3D 모델링 고도화 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	초격차	개발기술 군	물관리 DT
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- 수자원시설의 안전관리 중요성 증가 및 최첨단 외관조사 기술의 적극 활용
 - 기상이변에 따른 극한강우의 증가와 수자원시설의 노후화로 인하여 시설물의 안전에 영향을 미치는 외적 하중과 내적 건전성이 취약해 지고 있어 시설물의 유지관리 필요성이 어느 때보다 증가하고 있음.
 - 따라서 K-water에서도 안전진단·점검에서 중요한 평가항목인 시설물의 상태평가를 효율적으로 시행하고 정량화하기 위하여 드론/영상처리/AI 손상탐지 기술 등 최첨단 기술을 활용하여 인력조사가 곤란한 부위까지 외관조사를 수행하고, 그 상태정보를 DT 플랫폼에서 시각화 및 모니터링까지 할 수 있도록 하는 플랫폼을 구축 중임.
- 수자원시설의 수중부 및 수중시설에 대한 상태평가 수준 미흡
 - 수자원시설은 많은 면적이 수중에 존재하고 있어 수자원시설의 안전관리에 수중상태조사 및 모니터링이 필수적이라 할 수 있지만, 수중이라는 한계성 때문에 육상구조물에서와 같은 수준의 상태평가가 이루어지지 못하고 있음.
 - 수중에서의 상태조사는 탁도가 높고 부유물이 많은 경우가 많아 한번에 얻을 수 있는 영상의 범위가 적고, 그 선명도 역시 낮으며, GNSS 등의 위치정보를 수신할 수 없어 3D 모델링의 신뢰성도 확보하기가 곤란함.
 - 현재 수중조사에는 소나탐사 등이 적극적으로 활용되고 있으나 균열 등 미세손상까지 확인하기는 곤란하고, 해양분야에서 주로 사용하는 수중 항적추적기술 역시 구조물에 인접해서는 그 한계가 존재함.
- 수중구조물의 상태조사 및 손상 모니터링을 위한 특성화 기술개발 및 고도화 필요
 - 수중영상의 선명화를 위하여 색상 향상/복원 알고리즘이 다수 제안되어 있지만 수중구조물의 3D 모델링에 특화된 알고리즘 개발 및 최적화가 필요함.
 - 또한 수중상태조사에서 얻어진 손상의 크기 및 위치를 파악하고 그 손상을 모니터링 하기 위하여 SLAM/SfM 등 수중영상정합에 최적화된 3D모델 기술의 개발하고 실용화 할 수 있도록 시스템을 구축할 필요가 있음.

□ 연구개발의 최종목표

- 고탁도 수중환경 및 기상조건을 반영한 영상 선명화 기술 고도화
 - 수중영상 정합 효율 최적화를 위한 수중영상 선명화 알고리즘 개발 및 고도화
 - 실시간 동영상 선명화 장치 및 후처리 S/W 개발
- 수중구조물에 대한 3D 모델 구축기술 고도화
 - 육상구조물(드론영상 3D모델)과 연계 가능한 수중구조물 정합 기술 개발 및 검증

□ 연구개발 내용

- 고탁도 수중환경 및 기상조건을 반영한 영상 선명화 기술 고도화
 - 육상/수중 영상 선명화 기술에 대한 문헌 조사 및 기술 동향 분석
 - 수중영상 정합 효율 최적화를 위한 수중영상 선명화 알고리즘 개발 및 고도화
 - 안개·강우 등에 기상조건을 감안한 영상 선명화 알고리즘 개발 및 고도화
 - 실시간 동영상 품질 개선을 위한 영상(육상/수중) 선명화 장치 개발 및 검증
 - 영상(육상/수중) 선명화 후처리를 위한 S/W 개발 및 검증
- 수중구조물에 대한 3D 모델 구축기술 고도화
 - 수중구조물 정합기술에 대한 문헌 조사 및 기술 동향 분석
 - 수중영상 선명화를 통한 3D모델 구축 정확성 개선결과 분석 및 검증
 - 육상구조물(드론영상 3D모델)과 연계 가능한 수중구조물 정합 기술 개발 및 고도화
 - 영상 선명화를 활용한 TB에 대한 육상/수중 구조물 연계 3D모델 구축 및 검증

□ 활용방안

- K-water시설의 안전관리 및 안전점검/정밀안전진단 등 자체진단업무에 활용 가능
 - 수자원 DT 구축사업에 수중구조물을 추가함으로써 DT 기반 안전진단 및 관리 실현
- 타 기관 또는 해외 수자원시설 안전관리에 대한 기술지원 업무 추진
 - 수중조사·점검 수요 증가에 따른 기술사업화 확대 및 해외 안전진단 업무 지원

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
□ “물관리 DT”의 “댐 구조물의 디지털 트윈 구축을 위한 3D모델링 기술” 중 댐 구조물의 수중부에 대한 3D 모델링 분야의 요소 기술	□ 본 요소 기술은 디지털트윈 기반 스마트 댐 안전관리체계 구축 사업에 댐 수중부에 조사진단 성과(조사망도 등)를 디지털 기반으로 표출하고 손상 등의 안전 정보를 모니터링하는데 활용 가능 ※ 수자원관리처 주관 다목적댐 여수로 감세공 보강 세부계획 수립을 위한 수중상태조사 지원	□ 댐 등의 구조물은 상당한 면적이 수중에 위치함에도 불구하고 기술적인 한계 때문에 안전관리에서 소외되어 왔기 때문에 시설물에 대한 상태조사·진단 분야에서 국내사업 활성화 및 해외진출 가능

□ 기대효과

- 국가차원의 수중조사 및 점검에 대한 필요성이 대두되고 있는 선제적 대비 가능
 - 최근 국토교통부를 중심으로 극한호우 대비 시설물 안전점검 체계 개선 방안으로 고위험 교량의 수중 세굴조사 의무화가 논의되고 있어 K-water시설물로도 확장 가능.

□ 최종성과물

- 수중영상 선명화 알고리즘 개발 및 실시간 수중 동영상 선명화 장치 개발
- 육상구조물(드론영상 3D모델)과 연계 가능한 수중구조물 정합기술 및 S/W 개발

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비 고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	여과공정 정밀진단을 위한 장비 및 AI 분석 알고리즘 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	초격차	개발기술 군	AI 정수장
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- K-water 수도분야 디지털 전환(AI 정수장, 디지털 플랫폼 등)에 따라, 정수장 기술진단 분야도 디지털 진단장비 개발·도입, 진단 데이터 관리 시스템 도입 및 AI 진단 도입을 추진 중임
- 정수장 공정진단은 혼화, 응집, 침전, 여과, 소독 등 다양한 분야를 포괄하며, 각 분야별 진단이 복잡하고 항목도 많아 조사·분석 시 전문적인 지식과 숙련도가 요구됨
- 특히, 정수처리공정의 핵심인 여과공정 진단은 현장조사의 비중이 높고, 인력 중심의 아날로그 조사방식으로 진행되어 조사자의 전문성과 숙련도에 크게 의존하며, 복잡한 내부 구조물로 인해 진단 효율성과 신뢰성 확보에 한계가 있음

주요항목	진단목적	진단방법	한계점
샌드 보일링	여과층 안정성 판단 및 하부집수장치 간접평가	역세척 과정 중 샌드보일링 발생 여부 육안조사	숙련도에 따른 결과 편차 큼
여재 유실률	역세척 시퀀스 적정성 판단 및 하부집수장치 간접평가	측정한 여층깊이와 설계값 비교 * 측정장비 : 탐침봉 및 줄자	아날로그 측정장비 숙련도에 따른 결과 편차 큼
여층 표면	여과층 균일성(채널링 등) 판단 및 하부집수장치 간접평가	육안조사(둔덕, 함몰, 채널링 등) 및 머드볼 발생량 조사	숙련도에 따른 결과 편차 큼

⇒ 전문가(인력) 중심의 진단에서 벗어나, 디지털 진단장비와 AI 분석기술을 융합해 진단 효율성 및 결과의 적시성, 신뢰성을 향상시키고, AI 정수장과 연계 운영하고자 함

□ 연구개발의 최종목표

- 여과공정에서 발생하는 다양한 특성을 정밀하게 촬영·기록할 수 있는 고성능 영상장비 개발
- 촬영된 디지털 영상(이미지)을 AI 기술로 분석하는 알고리즘 개발 및 3D 맵핑 구현
- AI 기술을 활용해 디지털 영상을 기반으로 여과공정 문제점을 분석·진단하여, 그 결과를 3D맵으로 구현하며, 既 개발 중인 진단 시스템과 연계해 DB화하여 관리할 수 있도록 개발

□ 연구개발 내용

- 여과공정상 액체(물), 고체(모래, 안트라사이트, 활성탄)가 공존하는 여과지에서 발생할 수 있는 문제점 및 특성을 정밀하게 촬영할 수 있는 고성능 영상장비 개발
- 유체 및 스크 흐름, 이상 공기 방울(형태, 크기 등) 발생, 고체(여재)의 부상 등을 정밀하게 촬영하며, AI 기반 디지털 이미지 분석 시스템(알고리즘) 등과 연계 가능한 장비

< 촬영 영상 분석 항목(추출 특성) >

- ① 여과지 유입수 불균등 분배에 따른 유동 흐름 특성
- ② 공기 역세척시 발생하는 공기방울의 형태, 크기 등 특성
- ③ 스킴 배출 특성
- ④ 역세척 과정에서 유실되는 여재(모래, 안트라사이트, 활성탄) 부상 특성

※ 적용 가능 카메라 예시 : 고속 촬영 카메라, 유체 흐름 시각화 카메라, 다분광 센서 기반 카메라 등

○ **촬영 영상을 정제하고, 픽셀 단위로 분석하여 문제점을 분석·진단할 수 있는 AI 알고리즘 개발**

- Optical flow 기반 영상 데이터의 픽셀 단위 흐름 분석을 통해 유체 흐름의 불규칙성과 비정상적 패턴을 식별하고, 시설물의 불균형, 유체의 비균등 분배 등을 판단하는 알고리즘
- 트러프에서 배출되는 역세척수의 흐름 및 혼탁도 분포 등을 비교·분석하여 지점별 역세척 효율 특성을 평가하는 알고리즘(YOLO 객체탐지 기술 등)
- 컴퓨터 비전 및 이미지 처리 기법을 활용하여 공기 방울의 형태와 크기 등을 분석하고, 이상 현상을 자동으로 감지하며, 이미지 차이 분석을 통한 여재 유실을 평가하는 알고리즘 개발(이미지 Subtraction 기술 등)

○ AI 알고리즘 분석 결과를 바탕으로 **다양한 기술(NeRF, SfM 등)을 활용해 여과지의 3D 맵핑을** 구현하고, 그 결과를 **개발 중인 디지털 진단시스템**과 연계해 DB로 관리할 수 있도록 개발

※ 상기 영상 장비 및 AI 알고리즘 개발 등에 기술된 내용은 예시임

□ 활용방안

- 본 기술을 활용해 여과 공정의 AI 진단을 구현하고, 현재 구축 중인 디지털 기반 정수장 기술 진단 시스템과 연계하여, AI 정수장 및 개발 중인 AI 진단기술과 융합해 디지털 진단체계 강화

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
<ul style="list-style-type: none"> □ “중장기 통합기술전략 - 제3대 초격차기술 - AI정수장” 中 AI기반 디지털 정수장 기술진단 (물관리 디지털전환 - 지능형진단체계) 	<ul style="list-style-type: none"> □ 정수장 기술진단(여과공정) 분석 장비로 활용(법적 진단(광역(정) 46개) 및 광역·지방(정) 기술지원 활용) □ 진단결과는 디지털 정수장 기술 진단 시스템 연계하여 DB화 관리 □ AI 정수장 및 AI 진단 시스템과 연계하여 정수장 운영에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> □ (국내) <ul style="list-style-type: none"> - 정수장 기술진단 매뉴얼에 수록해 표준 진단기술로 정립 - 지자체 정수장, 진단업체 등 활용 - 정수장에 국한되지 않고 다양한 분야(하천 등)에 활용 가능 □ (국외) <ul style="list-style-type: none"> - “AI 기반 여과지 정밀진단 솔루션” 단독 또는 “진단시스템”과 연계한 글로벌 진단 상품화 가능

□ 기대효과

- (기술선도) 국내 최초 여과공정 AI 진단기술 적용으로 정수장 기술진단 기술분야 Leading
- (디지털화) 수도분야 디지털 전환에 맞춰, 데이터 기반 진단체계 구축으로 타 시스템(진단 시스템, AI 정수장, AI진단 시스템 등)과 유기적 연계 가능
- (신뢰성향상) 디지털 장비와 AI 기술을 활용한 과학적 진단으로 진단 결과의 신뢰도를 향상
- (효율향상) 진단 소요시간을 단축하여 업무 효율성 향상 기여

□ 최종성과물

- S/W : 디지털 영상 분석, AI 분석 및 3D 맵핑 알고리즘 1식(운영 매뉴얼 등 포함)
- H/W : 정밀 영상 촬영을 위한 고성능 영상 장비 및 분석용 부대 장비 1식

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비		보증목표	비고
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

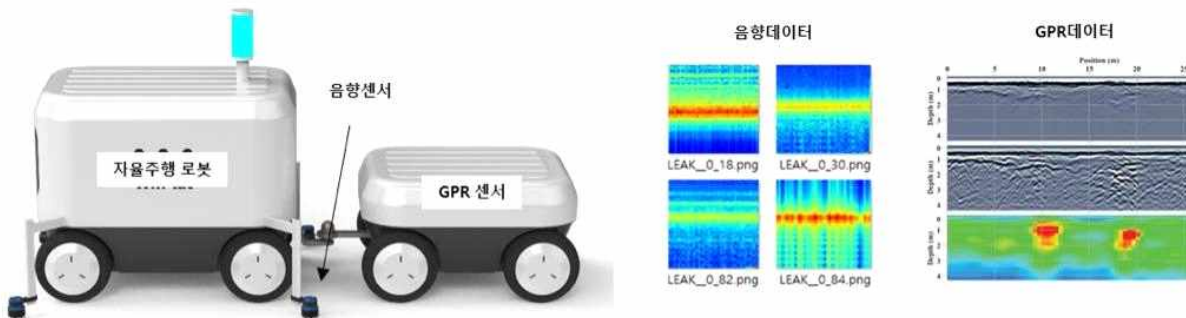
요구기술	GPR센서 및 음향센서가 탑재된 누수탐사 자율주행 로봇 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	초격차	개발기술 군	SWNM
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- (지하 배관 인프라 관리 중요성 증대) 지하 배관 인프라의 노후도 증가에 따라 천문학적인 인프라 교체 비용이 예상되어 지하 배관에 대한 진단 기술의 중요성 증대
- (기후변화에 따른 누수저감 중요) 배관 노후화에 기인한 누수 증가로 기후변화에 따른 수자원 부족 문제를 가중시키고 있어 누수 저감은 글로벌 물산업의 중요한 해결 과제
- (기존 음향 누수탐사 기술의 한계) 기존 음향센서를 이용한 누수탐사 기술은 배관을 통해 누수 소리를 청음할 수 있는 수도계량기, 밸브 등의 설비가 다수 존재해야하고 자동차 소음 등 주변 소음에 영향을 받는 단점을 가지고 있음
- (GPR 기술 활용 기존 누수탐사 기술 한계 극복 필요) 펄스 레이더파가 지하 누수지점을 통과 할 때 만들어내는 반사 신호 및 전달속도가 저하되는 특성을 분석할 수 있는 GPR(Ground Penetration Radar) 기술을 활용하여 기존 음향 누수탐사 기술의 한계점 보완 필요
- (자율주행 로봇 및 인공지능 기술 적용으로 업무 효율성 제고) 기존 인력 중심의 GPR 센서를 자율주행과 인공지능 기술을 접목하여 업무 효율성 향상

□ 연구개발의 최종목표

- GPR 센서 국산화로 가격 절감 : 외산 대비 70%
- 자율주행 정확도 90%
 - 카메라 센서와 인공지능 모델을 기반으로 사용자가 입력한 구간을 기준으로 누수탐사 자율주행 로봇의 주행 정확도 90% 확보 (100m 자율주행 기준 주요 지점 주행 오차율 계산)
- 누수분석 인공지능 모델 신뢰도 : 93% 확보
 - GPR 데이터와 음향데이터를 혼합한 누수분석 인공지능 알고리즘을 기반으로 인공지능 모델 신뢰도 93% 확보



□ 연구개발 내용

- 누수탐사에 특화된 GPR 센서 시제품 개발
 - GPR 신호생성 및 수집 처리 보드 개발, 자체 GPR안테나제작을 통해 GPR센서 시제품 개발
- GPR 센서와 음향센서가 장착된 자율주행 로봇 개발
 - 수집된 GPR신호 및 음향 데이터를 원격으로 전송할 수 있는 원격전송 모델 장착
 - 카메라 장착으로 사전 주행 구간 이미지 학습을 통한 주행 위치 탐지 기술 도입
- 엣지 컴퓨팅 기반 누수분석 인공지능 알고리즘 개발
 - 음향데이터(주파수스펙트로그램)와 GPR데이터(펄스레이터파의 Amplitude값)를 기반으로 CNN(Convolutional Neural Network) 모델을 활용하여 누수분석 AI 모델 개발

□ 활용방안

- 누수탐사, 관망정비공사 구간선정, 관망도 관리, 우수유제고에 활용

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
□ SWNM의 관로시설물 조사 및 누수 탐사 분야의 핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> □ GPR기술과 음향분석 기술을 활용하여 상수도배관 누수탐사 및 싱크홀 탐지에 활용 □ 배관이 매설되어 있는 노면의 상태를 진단하여 관망정비공사 최적 의사결정에 활용 	□ 우수율이 높은 국내 시설물 및 해외국가에 적용(수출)시 정확하고 신속하게 누수탐사 가능하고 노후 배관 개선 최적 의사결정에 활용 가능

□ 기대효과

- (누수저감을 통한 잉여 수자원 확보) 신속하고 정확한 수도배관 누수탐사를 통한 누수 저감으로 기후변화에 대응한 잉여 수자원 확보 가능
- (국산화로 수출 기여) 고가의 GPR센서를 50% 수준의 저비용으로 국산화하여 국내 기술 경쟁력 확보 및 수출 향상에 기여

□ 최종성과물

- 누수탐사에 특화된 GPR센서 및 GPR센서와 음향센서가 장착된 자율주행 로봇 시제품
- 음향데이터(주파수스펙트로그램)와 GPR데이터(펄스레이터파의 Amplitude값)를 기반으로 엣지컴퓨팅이 가능한 인공지능 모델

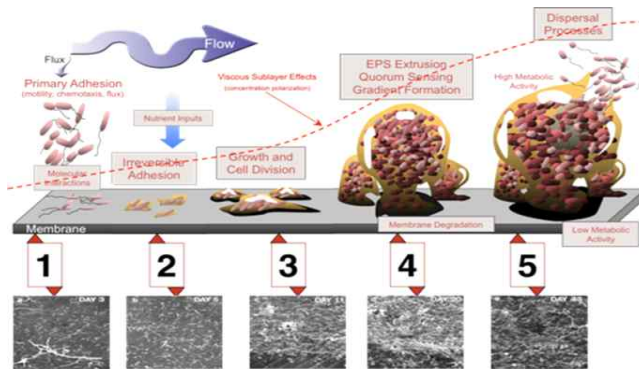
□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달성) 목표달성 및 성과추적
	계	4억		- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	해수담수화 공정 미생물 막오염(바이오파울링) 저감 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	해수담수화
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- 첨단용수 수요 증가에 따라 대체 수자원 확보방안으로 해수담수화에 대한 관심이 증가하고 있으며, K-water는 대신 해수담수화 플랜트 운영을 앞두고 있음(25 하반기 준공)
- 역삼투 해수담수화 플랜트에서 막오염은 주요 성능 저해인자이며, 막오염 원인물질(유·무기물, 미생물, 스케일) 중 미생물 막오염 성능 영향이 가장 크고 예측 및 제어가 어려움
- 막오염 제거를 위해 연간 3~6회 화학세정을 실시하나, 막오염이 심화되면 화학세정 빈도가 증가하여 운영비용이 증가하므로, 막오염 원인물질 제어를 통한 운영관리가 중요함



<미생물 막오염 발달 단계, (Eric Hoek 외, npj Clean Water 5('22)>

- 미생물 제어를 위해 전처리 단계에 염소를 주입하는 경우, 막 손상 방지를 위해 역삼투 공정 유입 전 환원제를 주입하기 때문에 역삼투 공정에서의 미생물 제어 효과는 미미함
- 대산산업용수센터(기수담수화)에서는 역삼투 공정 미생물 제어를 위해 살균제를 주입하고 있으나, 해수와는 유입수 성상이 다르므로 실험 등을 통한 적합성 검토가 필요함
- 현재 대신 해수담수시설 역삼투 공정의 막오염 저감 방안은 별도로 수립되어 있지 않으므로, 다양한 인자 검토를 통해 안정적 운영을 위한 미생물 막오염 저감 방안 마련이 필요함
- 한편, 모노클로라민(NH₂Cl)은 염소계 화합물 대비 부식성이 낮고 장기적인 살균효과가 있어 미국 캘리포니아, 사우디 알-주베일 해수담수화 시설 등에서 활용되고 있음
- 농축수로부터 생산된 차염(NaOCl)을 활용하여 현장에서 Pre-formed NH₂Cl를 실시간 제조 및 사용한다면 농축수 이슈 해결과 동시에 해수담수화 차별화 기술 확보가 가능함
- 이에 대신 및 향후 신규 해수담수화 시설의 막오염 저감을 위하여 해수 특성을 고려한 최적 살균제 선정 및 농축수 재이용을 통한 미생물 막오염 저감기술 확보가 필요함

□ 연구개발의 최종목표

- 해수담수화 및 다양한 원수 조건(온배수, 다중수원 혼합수)을 고려한 역삼투 공정 미생물 막오염 저감을 위한 최적 살균제 활용 가이드라인 제시
- 해수담수화 농축수 활용 살균제 생산을 통한 미생물 막오염 저감기술 개발

□ 연구개발 내용

- 국내외 기술 현황 조사 및 Lab-scale 평가를 통한 살균제의 막오염 저감 영향 분석
 - 국내외 해수담수화 미생물 막오염 저감기술 현황 및 살균제 적용 사례 조사
 - 살균제 종류별 Lab-scale 막오염 저감 효율 평가(공정 성능 회복, 막 손상 영향 등)
 - 다양한 원수 조건별(해수, 온배수, 다중수원 혼합수) 미생물 막오염 저감 효율 평가
- 원수 특성 고려 해수담수화 공정 미생물 막오염 저감을 위한 살균제 활용방안 제시
 - 대신 해수담수화 시설 기준 최적 살균제 선정 및 주입량 최적화 방안 제시
 - 온배수 및 다중수원 혼합수 활용 해수담수화 시설에서 최적 살균제 활용 방안 제시
- 해수담수화 농축수 활용 Pre-formed NH₂Cl 기반 미생물 막오염 저감기술 개발
 - 저농도 차염(NaOCl) 활용 Pre-formed NH₂Cl의 미생물 막오염 저감 및 막손상 영향 분석
 - 장기적 살균효과 확보 및 막손상 방지를 위한 Pre-formed NH₂Cl 최적화 기술 개발
 - 해수담수화 농축수 활용 차염 생산 기술과 연계를 통한 현장 적용 방안 제시

□ 활용방안

- 본 연구를 통해 도출된 살균제 활용방안을 현재 건설 중인 대신 해수담수화 시설에 적용하여 검증 후, 향후 신규 해수담수화 사업 추진 시에 확대 적용 가능함
 - 농축수 활용 Pre-formed NH₂Cl 기반 미생물 막오염 저감기술은 K-water연구원에서 개발 중인 농축수 활용 저농도 차염 생산기술과 연계하여 K-water 브랜드 기술화 가능함
- | 기술개요 | 활용방안 | 사업(국내·외) 확장성 |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> □ 글로벌 선도기술 “해수담수화” 분야 역삼투 공정 미생물 막오염 저감 핵심 기술 □ 막오염 저감을 위한 살균제 활용 최적화 및 농축수 활용 미생물 막오염 저감기술 개발 | <ul style="list-style-type: none"> □ 최적 살균제 활용방안은 대신 해수담수화 시설 및 대신 산업용수센터 운영에 적용 가능 □ 농축수 활용 바이오파울링 저감기술 가능성 확인 시, 대신 해당시설에서 스케일업 평가 | <ul style="list-style-type: none"> □ 최적 살균제 활용방안 및 농축수 활용 바이오파울링 저감 기술은 국내 해수담수화 신규사업 추진 시 적용 가능 (예: 여수, 울진 원자력 수소 국가산업단지 등) □ 또한, 해외 사업 수주 추진 시, 차별화 기술로 활용 가능 (예: 필리핀 샌 페르난도 등) |

□ 기대효과

- 대신 해수담수화 시설 및 신규 해수담수화 사업 추진 시 적용하여 막오염 저감에 의한 공정 성능 향상, 화학세정 주기 연장을 통해 운영비용 절감 등에 기여할 수 있음
- K-water 기보유 기술(농축수 활용 차염생산)과 연계를 통해 해수담수화 농축수 활용 분야에서 차별화 기술을 개발함으로써, 중동 시장 진출을 위한 글로벌 경쟁력 확보 가능

□ 최종성과물

- 다양한 원수 조건(해수, 다중수원 혼합수, 온배수 등)에서 해수담수화 역삼투 공정에 대한 살균제 종류별 효율 비교 데이터베이스 구축(연구보고서)
- 미생물 막오염 저감을 위한 해수담수화 공정 최적 살균제 활용방안 제시(가이드라인)
- 농축수 활용 살균제 제조를 통한 미생물 막오염 저감 기술(특허, 가이드라인)

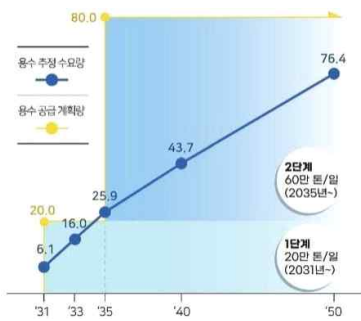
□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·체재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·체재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 체재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	대체수원을 통한 순수/초순수 생산 효율 향상 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	초순수
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- 대체수원(하수재이용수, 해수담수)을 활용한 순수/초순수 원수 확보의 필요
 - 국내 공업용수 및 초순수 사용량은 '10년부터 '20년까지 증가하는 양상을 보임. 공업용수 수요량의 경우 440만 톤/일에서 720만 톤/일로 증가하였으며, 초순수 수요량은 30만 톤/일에서 50만 톤/일로 증가하였음. 반도체 국가산단 조성에 따라 순수/초순수의 수요량은 급격히 증가할 예정임. 용인 반도체 산단의 경우 '31년부터 20만 톤/일, '35년부터 60만 톤/일 용수 공급 계획을 수립하였으나, 댐 용수 공급량의 한계로 하수재이용수 공급방안에 대한 계획 수립 중 (1단계: 12만톤/일 ('28) (오산 및 동탄하수처리장→삼성 화성·기흥캠퍼스), 2단계: 30만 톤/일 ('30) (수원하수처리장→삼성 평택 고덕 캠퍼스)).
 - 용인 산단 신규 건설에 따른 하류 지역의 상수원 보호구역 취소 등으로 기존 송탄취수장의 취수물량을 대체할 수원 확보가 필요하며, 이를 위해 송탄취수장 원수를 이용하는 평택시의 경우 서해안 지역의 해수담수화 시설 구축 계획을 수립 중.
 - 대만의 TSMC의 경우 수원 확보를 위해 하수재이용 및 해수담수화 사업을 진행 중이며, 향후 글로벌 반도체 산업의 용수 부족을 대체할 대체수원의 활용 방안이 중요하게 대두될 예정임.



<용인 반도체 산단 용수 추정 수요량 및 공급 계획>



<경기서남권 하수재이용수 공급계획>



<해수담수 공급을 위한 평택시 해수담수화 시설 구축 계획>

- 대체수원 활용 시 초순수 생산을 위한 저분자물질(요소(urea), 붕소(boron)) 추가 제어 필요
 - 기존 담수(약 50 ppb 이하) 대비 하수재이용수(약 100 ppb 이상)에 높게 존재하는 요소는 기존 초순수 공정에서 완전한 제거가 어려워 추가적인 제거 공정 개발 필요
 - 기존 글로벌 초순수 기업인 쿠리타, 노무라 등에서도 요소 제거를 위한 특허 기술들을 보유하고 있으나, 현장 적용성이 높은 기술 확보를 위해 지속적으로 연구개발 중.
 - 해수담수에서 약 500 ppb로 존재하는 붕소는 초순수 공정에서 역삼투 공정에 의한 제거율이 90% 이하로, 초순수 원수로 사용하기 위해 담수 내 존재하는 붕소 농도 (약 30 ppb 이하) 수준을 만족하기 위한 추가처리 기술의 마련이 필요함.

□ 연구개발의 최종목표

- 반도체용 초순수 원수 활용을 위한 대체수원(하수재이용수 및 해수담수)의 저분자물질 제거 기술 개발
 - 하수재이용수 내 80% 요소(urea) 저감을 위한 처리 기술
 - 해수담수 내 95% 붕소(boron) 제거를 위한 처리 기술

□ 연구개발 내용

- 하수재이용수 대상 요소 제거 공정 평가
 - 물리적, 화학적, 생물학적 방법 등에 대한 제거 효율 비교 및 설계인자 확보
 - 현장 적용 시 개발 기술의 경제성 분석(운영비, 투자비) 및 제시
 - 개발 공정의 연속 운전이 가능한 모형 플랜트 규모 시설 설계 자료 구축
- 해수담수 대상 붕소 제거 공정 평가
 - 물리적, 화학적, 전기화학적 방법 등에 대한 제거 효율 비교 및 설계인자 확보
 - 현장 적용 시 개발 기술의 경제성 분석(운영비, 투자비) 및 제시
 - 개발 공정의 연속 운전이 가능한 모형 플랜트 규모 시설 설계 자료 구축
- * 요소 제거용 UV 단독공정 및 붕소 제거용 역삼투 소재 개발 기술은 K-water 내부 기술 개발 내용으로 본 과제에서 제외함.

□ 활용방안

- '30년 수도권 지역 반도체 산업단지에 공급 예정인 대체수원의 초순수 생산 활용을 위한 기술적 대안 확보
- 글로벌 반도체 시장의 초순수 생산 플랜트에 구축 시 개발 기술의 수출을 통한 사업화

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
□ “맞춤형 첨단 산업용수 생산 기술”의 “대체수자원을 활용한 용수 생산” 中 초순수 국산화 설계 기술	□ 하수 재이용수 대상 유레아 제거 기술 및 해수담수 내 붕소 제거용 향상 기술은 첨단 용수 공급 사업에 초순수 생산을 위한 핵심 공정으로 적용 가능	□ 대체수자원(해수, 하수재이용) 이용한 수도권(용인, 고덕산단) 반도체 용수 공급 사업 활용 및 해외(대만, 미국) 반도체 산단 용수 공급 시설 활용 가능 * (용인) 하수재이용 / (고덕) 해수담수화 * (대만) TSMC / (미국) 삼성텍사스 신공장

□ 기대효과

- 대체수원 활용을 통한 지속가능한 순수/초순수 원수의 확보가 가능하게 하여, 용수 사용량 절감 및 국내 신규 반도체 산단의 적기 용수 공급이 가능함.
- 초순수 분야 신규 선도 기술 개발을 통해 기존 글로벌 초순수 기업과의 차별화된 초격차 기술 확보

□ 최종성과물

- 대체수원 대상 저분자물질 저감 모형 플랜트 구축 설계 도서(공정도, 시방서, 기계 사양서 등)

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비 고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계	4억		- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	수위, 호수내 체적 등 다양한 조건 변화에 따른 조력발전 설계 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	조력
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- 탄소중립사회로의 전환을 위한 신재생에너지 개발이 추진되고 있으며, 세계적으로 조력 발전에 대한 신규 사업을 계획 추진 중
 - 국내에서는 시화조력 증설 및 새만금유역 조력발전소 구축을 검토하고 있으며, 인천만, 가로림만 조력 외에도 방조제를 이용한 조력발전 추진 검토
 - 해외에서는 영국 Mersey 조력, Swansea 조력, 호주 Derby 조력, 러시아 Penzhinskaya 조력 등 세계적으로 조력발전 추진 검토



< 새만금유역 조력발전 구상도 >



< 영국 Mersey 조력발전소 조감도 >

- 국내외 신규 조력발전사업을 위한 설계 프로그램 개발 및 최대 누적발전량 향상을 위한 최적 운영방안 연구 필요
 - 조력발전소 위치 및 타당성 검토 등에 대한 연구는 추진된 바 있으며, 해수위 예측을 통한 발전예측 프로그램(K-TOP) 개발 활용 중
 - 조력발전 운영과 더불어 운전 조건(수위 및 호수내 체적 등)과 발전기 운전 특성을 고려한 설계 프로그램 개발 연구 필요
- 세계최대 조력발전소 운영 기술을 기반으로 조력발전에 대한 글로벌 기술 선도를 위한 조력발전 설계 기술 개발 추진 필요

□ 연구개발의 최종목표

- 다양한 운전 조건 및 기능이 포함된 조력발전 설계 프로그램 개발
 - 조위변화 시 조력발전 최대 누적발전량 향상 최적운전 알고리즘 개발 및 설계 프로그램 내 구현

□ 연구개발 내용

- 해수위 및 호수위 변화 등 운전조건 변화에 대한 검토 및 분석
 - 조력발전기 운전 상황에 따른 수위 변화 검토 및 분석
 - 조력발전기 운전 범위 분석 및 캐비테이션, 진동 발생 등 이상운전조건 발생 여부 검토 및 영향 분석
 - 모델수차 성능시험 및 CFD 해석 기반 최적 운영 방안 검토
 - 발전기 대수 운전, 고효율 부분부하 운전을 고려한 수위변화 및 발전량 검토
- 조력발전기 운전방식(창조식, 낙조식, 복류식) 및 양수기능 도입 등 다양한 기능에 대한 효과 분석
 - 조력발전기 운전방식(창조식, 낙조식, 복류식)에 따른 수위변화 및 발전량 특성 분석
 - 양수기능 도입에 따른 수위변화 및 발전량 특성 분석
- 누적 발전량 증대를 위한 조력발전기 최적 운전방안 도출
 - 해수위 및 호수내 체적 변화를 고려하여 조력발전기 운전방안에 따른 누적발전량 산정
 - 발전기 대수 운전 및 부분부하 고효율 운전을 고려한 누적발전량 증대 방안
- 조력발전 설계 프로그램 개발
 - 다양한 조건(해수 수위 변화, 호수 체적 및 수위, 발전기 용량 및 대수 등) 및 기능(창조식, 낙조식, 복류식, 양수기능)이 포함된 조력발전 설계 프로그램 개발
 - 발전기 출력, 사용유량, 효율 등에 대한 AI 학습을 통한 최대 누적발전량 항상 최적운전 알고리즘 개발 및 설계 프로그램 내 구현

□ 활용방안

- 다양한 조력발전 사업경제성 검토에 활용
 - 조력발전기 운전방식, 용량, 대수 등에 따른 누적발전량 증대를 위한 최적운전방안 제시
- | 기술개요 | 활용방안 | 사업(국내·외) 확장성 |
|---|---|--|
| □ “9대 글로벌 선도기술”의 “조력발전 설계 기술”은 조력발전 신규 사업의 경쟁력 강화를 위한 핵심 기술임. | □ 다양한 조건에 대한 조력발전 설계 기술은 시화조력 증설, 새만금 조력, 영국 Mersey 조력과 같은 신규 조력사업 추진 시 활용 가능 | □ 다양한 운전조건에 대한 조력발전 설계기술은 국내외 신규 조력 설계 뿐만 아니라 남강수력, 충주2수력 등 벌브형 수차발전기 설계 및 운전에도 확장하여 활용 가능 |

□ 기대효과

- 조력발전 운영기술과 연계한 설계기술 고도화로 조력발전 기술 선도
 - 조력발전기 최적 운전점 설계기술 보유
 - 누적발전량 증대를 통한 조력발전 사업경제성 개선 효과

□ 최종성과물

- 조력발전 설계 프로그램 및 사용 매뉴얼

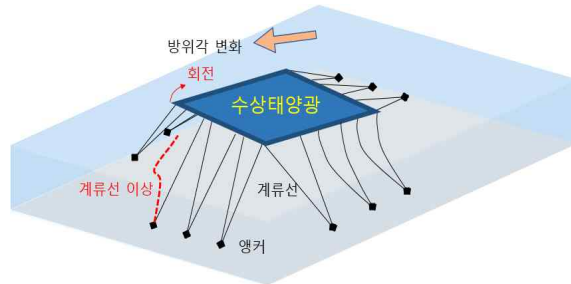
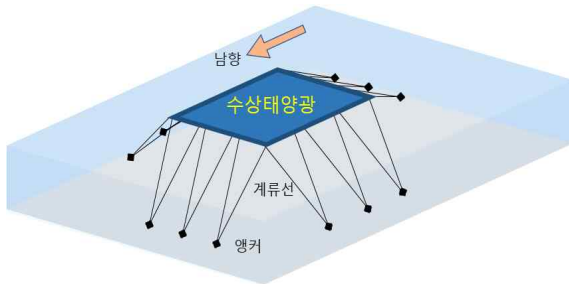
□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비		보증목표	비고
사업화 과제	1차년도	연구개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	데이터 중심의 수상태양광 발전량 관리, 위기대응 향상 기술 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	수상태양광
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- (기술개발 현황) K-water 최초 상용화 모델 개발을 포함하여 관련 기술개발을 선도하였으며, 그간 기술개발은 사업 확장, 개발에서의 설치기술, 비용절감에 집중
 - REC 가격 변동, 계통 연계 등 여건하락에 따라 사업성 확보를 위해 설치 및 비용절감을 위한 기술의 지속적인 개발이 필요하나, 이와 더불어 발전량 관리, 위기대응 등 **유지관리 측면 기술개발도 필요**
- (수상태양광 유지관리) 수상태양광은 물 위에 설치되어 선박 이용이 필요, 수상구조물에서의 이동 어려움 등 **접근성 저하로 관리에 어려움 발생**
- (모니터링 시스템 현황) 현재의 수상태양광 모니터링은 일상점검 중 CCTV 확인, 발전일보 작성 등 발전량 수치 관리 수준에서 이루어지고 있음
 - 데이터간의 상관 관계에 대해 일반적인 모니터링 시스템에서는 제공하지 않고 필요시 운영자가 수기로 데이터 상관관계를 분석
 - 관리자가 필요한 데이터를 찾는 것이 아닌 **분석된 데이터가 현황을 표출해서 선제적으로 대응할 수 있는 시스템**을 통해 사용자 편의 제공 필요성
- (계류장치 관리 중요성) 계류장치는 수상태양광을 일정 범위에 남향으로 위치해 있을 수 있도록 하는 중요 설비이나, 수중에 있기 때문에 점검관리가 어려움
 - 계류선에 이상이 발생할 경우, 일정위치에서 수상태양광 이탈에 따라 사고가 발생
 - 수상태양광 방위각 변화에 대한 추적 분석을 통해 계류장치의 이상유무 판별에 도움



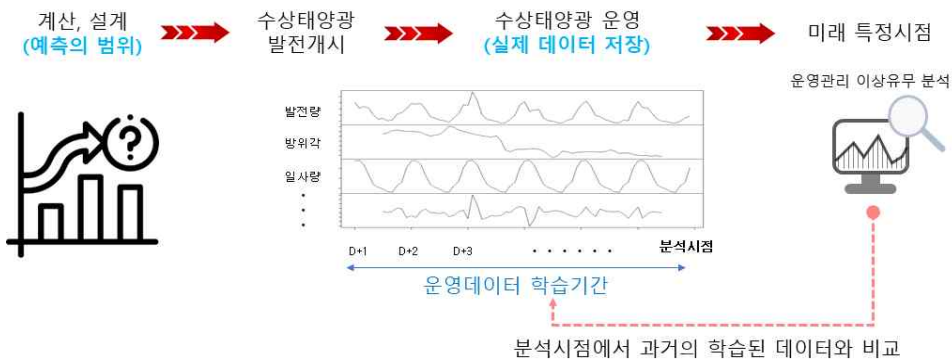
- 댐수위, 풍향, 계류장력 등 변수가 방위각을 결정할 수 있으며, 이 데이터간의 **상관관계 분석을 통해 해당 변수 유사 조건에서 방위각 변화가 발생하면 계류선의 이상유무 추정 가능**
- 수상태양광의 계류선에 걸리는 장력이나 처짐상태, 꼬임상태 등을 직접적으로 측정하거나 감시할 수 있는 기술이 현재 없는 실정이므로 계류의 설계기준, 계류선 조정 또는 진단할 수 있는 능동적 시스템 구축을 위해 **계류장력 측정기술 개발의 선행이 필요**
- (발전량 관리) 계획대비 발전량을 달성하는지에 대한 관리가 비교적 철저히 이루어지고 있으나, 발전량 상관관계에 대한 분석은 쉽지 않음
 - 유사한 태양에너지 일조 조건에서도 계절별, 주변 온도, 날씨 변화, 각도 등에 따른 다양한 변수로 인해 발전량의 변화가 발생
 - 여러 변수에 대해 머신러닝 기법을 통해 **실제 운영 데이터 학습을 하고 이를 통해 발전편차를 도출하여 발전량 향상 관리나 유지보수에 도움을 줄 수 있는 시스템 개발 필요**

□ 연구개발의 최종목표

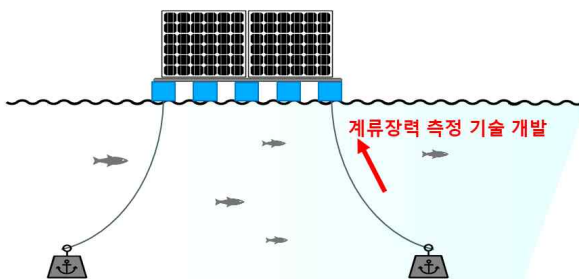
- 머신러닝 기법을 활용하여 현재 시점부터 운영 단계의 데이터를 학습하고, 미래의 특정 시점에서 학습된 과거 데이터와 비교하여 이상유무를 판단할 수 있는 시스템 개발
- 수상태양광 현장에 실증시스템을 구축하여 검증하고, 향후 신규 사업에서 저비용으로 모니터링 시스템에 탑재가 가능하도록 구현(사용자 편의적인 HMI 제공)
- 향후 계류장치에 대한 설계기술 마련, 계류상태 감시와 계류선 조정 등 스마트 계류시스템 구축을 위해 선행되어야 하는 계류선 장력 측정기술의 개발

□ 연구개발 내용

- 수상태양광의 실제 운영된 데이터를 학습하여 분석하고, 미래 특정 분석시점에서 과거 데이터와 상관관계를 도출
 - 과거 유사한 환경 조건과 비교하여 설비의 이상유무를 판단할 수 있도록 알고리즘 개발



- 분석변수 : 발전량, 댐저수위, 방위각(GPS), 온도, 풍향, 풍속, 일사량 등
 - ① (방위각 변화 분석) 방위각은 저수위(수심), 풍향 등의 변수에 따라 변화하며, 방위각 변화 추적을 통해 과거 대비 방위각 편차 정보를 제공 → 계류 이상유무를 판단
 - ② (발전량 분석) 일사량, 온도 등 변수에 따라 발전량 상관관계가 발생하며 유사한 자연환경 조건에서 발전량에 차이가 발생할 경우 태양광 설비 이상유무를 판별
- K-water 수상태양광에 실증설비를 설치하여 검증하고 데이터 저장, 분석 시스템 개발
- 수중에 설치된 계류선에 대한 장력을 정량적 데이터로 제공할 수 있는 기술 개발



유사사례 : 선박계류 장력측정 기술개발(항만공사 예시 23년)

□ 활용방안

- 수상태양광 설치시 모니터링 시스템에 탑재하여 유지관리, 데이터 분석에 활용

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
<ul style="list-style-type: none"> □ 물특화사업-⑥의 기후위기 대응 대표 솔루션, 친환경 수상태양광 확대중 수상태양광 유지관리 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> □ 빅데이터 분석 및 머신러닝 기술을 통해 단순 데이터 제공이 아닌 운영자에 친화적인 데이터 분석자료 제공을 통해 과학적 유지관리에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> □ 모니터링 시스템 패키지화를 통해 수상태양광 신규 사업에 적용 가능 □ 기존 수상태양광 시스템에도 관련 기능 탑재를 통해 확장 가능

□ 기대효과

- 빅데이터에 대한 운영관리 분석 편의성 제공, 기후조건, 방위각 등 정밀한 분석을 통해 발전 생산량 최적 관리, 이상 데이터 디텍팅을 통해 문제점 발생 가능성을 미연에 방지
- 계류장치 측정에 대한 선행 기술개발을 통한 수상태양광 안전, 위기대응 능력 향상

□ 최종성과물

- 머신러닝 기법을 활용한 수상태양광 분석, 모니터링 시스템 및 계류장치 장력측정 정량화를 위한 설비기술 개발

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비 고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계	4억		- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	지하수저류댐 설치에 따른 지하수 수량·수질 통합관리 모델 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	지하수저류댐
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- 극심한 기후위기 등에 따라 물 수요 증가로 인한 수원 다변화가 필요하며, 도서·내륙 급수 취약지역에 안정적인 수원 확보를 위하여 지하수저류댐 설치를 지속 확대 중
 - 도서지역 3개소(대이작도·안마도·보길도) 사업 완료('21~'23)에 따라 설치 효과가 검증되었으며, '23년 수립한 중장기 추진전략을 바탕으로 '53년까지 82개소 지하수저류댐 추진 예정
- ⇒ 전국적으로 지하수저류댐 설치가 확대됨에 따라 인공 시설물로 인한 상·하류 물환경 변화에 대한 분석 및 최적의 수량·수질 통합관리 기술개발 필요
- 요소기술(지하수 변화 모니터링 등)은 존재하나, 지하수 저류댐 변화에 대한 통합관리 기술, 표준(안) 등이 마련되지 않아 이에 대한 기술개발 필요
- 지하수저류댐 상·하류 영향 분석과 운영 성과분석을 통한 기술개발 필요
 - **【모니터링】** 지하수, 하천의 계절적 변화 파악을 위한 모니터링 및 분석기술 개발 필요
 - (수량) 양질의 데이터 확보를 위한 지하수저류댐 상·하류 주변 지하수위, 하천 유량 등 모니터링 항목, 방법에 대한 가이드라인 개발 필요
 - (수질) 지하수저류댐을 장기간 운영 시 차수벽 내 재료들과의 화학반응 등을 고려한 수질 관리기준 및 지속 모니터링 방안 마련 필요
 - (통계분석) 모니터링을 통해 확보된 빅데이터를 활용하여 지표수-지하수 상관성을 도출하기 위한 통계학적 분석기술 개발 필요
 - **【성과분석】** 차수벽 설치 후 운영성과 분석을 통한 개선 및 재평가 기술개발 필요
 - (분석모델) 지하수 수위·수질 관측자료, 운영 성과분석 결과를 반영하여 지하수저류댐 개발가능량 재평가 및 보완 모델구축 필요
 - (관리방안) 지하수저류댐 시설물의 운영 효과 분석을 통하여 적정 취수량을 산정하고, 도서 또는 내륙지역 맞춤형 최적 운영 관리방안 마련 필요

☞ 지하수저류댐 설치 확대에 따라 안정적인 수원 공급을 위하여 상·하류 지하수 영향 분석을 통한 지하수저류댐 수량·수질 통합관리 기술개발 필요

□ 연구개발의 최종목표

- 지하수저류댐 상·하류 영향 분석을 통한 수량·수질 통합관리 기술개발

□ 연구개발 내용

- 상·하류 지하수 수위·수질 모니터링 항목, 방법 등을 포함한 가이드라인 마련
- 시설물의 장기간 운영에 따른 지하수 수질 관리기준 마련
- 수위·수질 빅데이터를 활용한 지하수 및 지표수 상관성 분석기법 개발
- 관측 데이터를 활용한 개발가능량 재평가 및 보완 모델구축
- 운영 효과 분석에 따른 적정 취수량 산정 및 최적 운영 관리방안 마련

□ 활용방안

○ 지하수저류댐 주변 환경 모니터링 기술 개발 및 수량·수질 최적 운영관리에 활용

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
□ 지하수저류댐 기술 중 운영관리 분야의 핵심기술	□ 지하수 수량·수질 통합관리 기술은 지하수저류댐 설치 후 주변 환경 모니터링 및 최적 운영관리를 위한 핵심기술로 활용	□ 운영관리의 핵심기술 개발을 통해 사업의 지속성과 객관성을 기반으로 한 국내사업 확대 및 해외 진출 기반 마련 가능 -(국내) '25년 시공중인 양평, 덕적도, 옥지도 등 80개소 추진 예정 -(해외) 필리핀 뉴클락 사업추진 진행 중

□ 기대효과

- 객관적인 데이터 기반의 수량·수질 관리강화로 지속 가능한 지하수저류댐 운영

□ 최종성과물

- 상·하류 지하수, 하천의 수량·수질 모니터링 가이드라인 및 관리기준
- 빅데이터를 활용한 지표수-지하수 상관성 도출 분석기술
- 개발가능량 재평가 모델, 적정 취수량 산정 및 최적 운영 관리방안

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비 고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

요구기술	기후재난 감시를 위한 나노위성 탑재체 핵심기술 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	수자원위성
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- **뉴 스페이스(New Space) 시대 개막으로 공공 및 민간 부문의 우주산업 투자 증가**
 - 우주 개발 관련 정부 주도 → 민간기업 주도적으로 참여하는 새로운 패러다임으로의 변화
 - 위성 생산의 비용 절감, 위성 발사체 기술 발전, 제작 기간 단축 등 우주산업 촉진
 - 위성 활용 디지털 물관리 기술 운영 및 경쟁국 대비 기술적 우위·주도권 선점 필요
- **기후재난 물관리 감시 강화를 위한 위성 초격차 탑재체 핵심기술 선점 필요**
 - 극한 기후위기로 가뭄, 홍수 발생빈도가 가속하여 안전한 물관리 시스템 요구
 - 정보 사각지대인 접경지역의 감시능력 확보와 현장이슈 대응 맞춤형 위성개발 필요
 - 공사주도 나노위성 시제품 개발로 기후재난 대응 우주기술 전문기관 도약
 - * **나노위성** : 10kg ~ 100kg 무게의 큐브위성, 수자원 등 지구 관측, 통신 임무 등 다양한 활용 가능
- **나노위성 탑재체 핵심 기술개발의 이점 및 전략적 중요성**
 - 현재 개발 중인 수자원위성(500kg 중형급)과 K-waterSAT(초소형급 기획 중) 등 연계 가능
 - 우주환경 시험(열진공, 진동, 방사선)으로 초소형위성 탑재체 성능 및 내구성 사전 검증
 - 소형화, 경량목적 설계로 기획-제작-발사-운용 단계의 소요비용 및 개발시간 절감
 - 저비용의 글로벌 저개발국가 맞춤형 기후관측용 위성시스템으로 확대 가능



- **K-water 위성 초격차 핵심 기반기술 확보 및 위성 데이터 주권 강화**
 - 해외위성의 의존도 축소, 자체 센서 개발을 통한 안정적 데이터 접근성 확보 가능
 - 데이터 기반 의사결정으로 물관리 정책 지원, 외부변동성에 대한 자립적 대응력 상승
 - 홍수, 가뭄 등 긴급한 물관리 이슈 발생 시 신속한 정보를 제공함으로써 신속하고 효율적인 지원 가능
 - 독자 기술 축적을 통해 우주산업으로 영역확장, 산학연 연구협력 강화, 고급 전문인력 양성

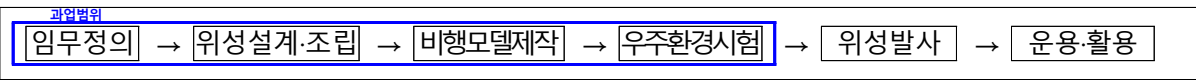
👉 **나노위성 탑재체 핵심기술로 물관리 정보수집 체계를 강화하고, 수자원 분야 위성 글로벌 선도기술 확보 및 위성 탑재체 핵심기술 해외기술수출 기반 마련에 핵심적으로 기여**

□ 연구개발의 최종목표

- 기후재난 감시용 분광센서 탑재 나노위성 핵심기술 개발
- 나노위성 통합설계 및 환경시험, 탑재체 성능 확보, 영상 활용 및 검·보정 체계 확립

□ 연구개발 내용

- 나노위성 임무정의 및 사용자요구사항 도출
 - (센서 선정) 임무정의 및 사용자요구분석을 통한 탑재체 센서 결정
 - 나노위성 시스템 통합설계 최적화 및 시제품 개발
 - (형상 및 배치 설계) 나노위성 내부구조 효율적 배치하여 질량, 부피, 전력 제약을 충족
 - (구조 및 열 관리) 발사 및 궤도환경(진동, 열사이클)에서 발생할 수 있는 구조적 안정성 확보
 - (우주환경 시험) 나노위성 개발을 통한 진동, 열진공 평가로 극한 우주환경 대응능력 평가
 - 분광센서 탑재체 성능검증 및 정량화
 - (분광특성 검증) 파장대역에서 감도, 선형성, 스펙트럼 정합도 측정 및 최적화
 - (검보정 체계) 검보정 데이터 축적, 궤도 운영 시 정확한 물리량 산출 기반 마련
 - 초소형위성 탑재체 핵심기술 연계방안 체계 수립
 - (연계 전략) 초소형급으로 기획 중인 독자위성 K-waterSAT의 탑재체 성능·활용 최적화 전략 마련
- * 전체 위성개발단계 (비행모델 개발까지 과업범위로 포함, 발사체 선정 및 운용은 탑재체 개발 후 별도 추진)



□ 활용방안

- (개발) 나노위성 탑재체시스템 검증 및 최적화, 핵심기반기술 → 초소형위성 설계 개선, 비용, 기간 단축
- (활용) 홍수, 가뭄 등 긴급 물재해 이슈 발생 시 신속한 정보를 제공하고 물관리 고도화 정보를 제공

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
<ul style="list-style-type: none"> □ K-water 9대 글로벌선도기술 중 위성 탑재체 핵심 원천기술 □ 수자원분야 위성 탑재체 핵심기술 글로벌 선도기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> □ 초소형급으로 기획 중인 독자위성 K-waterSAT 탑재체 개발에 활용가능 □ 수자원위성 2호기 후속위성 기획 과제 활용가능 	<ul style="list-style-type: none"> □ 해외전략국가 대상 위성 탑재체 핵심 기술 및 활용플랫폼 연계 수출 □ 국가우주개발 사업 연계 가능 및 ODA 사업 해외진출 가능

□ 기대효과

- K-waterSAT 초소형위성 비행모델 개발 위험 및 비용 최소화
 - 제작 단계에서 구조, 열, 전력, 데이터 처리 특성을 사전 검증, 개선, 비행모델 개발 시 성공 확률을 극대화
- 나노위성 탑재체 센서 정밀 데이터 확보
 - EM을 통해 분광특성, 노이즈평가 등 성능 지표를 정량화하고 검·보정 알고리즘을 확립
- 종합적 기대효과
 - (기후테크 선도) 수자원분야 나노위성 개발능력 확보 및 탑재체 개발전략 제고
 - (경제·산업 파급) 우주분야 신산업 창출, 기술적 경쟁력 제고, 디지털 솔루션 생태계 확장
 - (글로벌 협력) 독자적 관측 자료 공유를 통한 글로벌 거버넌스 기여, 글로벌 파트너십 활성화

□ 최종성과물

- 분광센서 탑재체와 나노위성 비행모델 본체, 탑재체 및 우주환경 시험 데이터 패키지
- 탑재체 검·보정 알고리즘 및 나노위성 비행모델 개발을 위한 운용 전략 매뉴얼

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달성) 목표달성 및 성과추적
	계	4억		- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부) 1건	

2. K-water 개발기술 群

- 현재 K-water에서 개발 중이거나 개발이 예정되어있는 세부 개발기술^(표)과 중복성이 없는 주제를 연구기관(연구자)이 자유롭게 제안

개발 분야	개발기술 群	K-water 개발중 + 개발예정 기술 (금회 ^{2기} 1차 개방형 R&D 공모에 제외되는 기술)
초격차 기술	물관리 DT	댐 구조물의 디지털트윈 구축을 위한 3D모델링 기술
		디지털트윈 기반 댐 안전 및 유지관리 스마트 통합플랫폼 구축
		위성기반 수자원 및 수재해 분야 활용산출물 생성기술 개발
	AI 정수장	인공지능(AI)을 활용한 수처리공정 완전 자율운영 기술
		AI기반 스마트 정수장 기술진단
	SWNM	AI, ICT 기반 분산형 용수공급시설 원격 무인운영 기술
		상수도 관망 인프라 리스크 및 회복탄력성 평가·활용 기술 개발
		광역상수도 갭생관로 상태변화 조사·평가기술
	글로벌 선도 기술	해수담수화
저에너지 고효율 해수담수화 공정 기술		
해수담수화 농축수 활용 유가자원 회수 기술		
초순수		초순수 플랜트 운영 안정성 평가 및 향상 기술
		첨단산업용수 진단기술 확보
		초순수 극미량 분석기술
수열		수열시스템 활용 및 최적 운영 기술
		안정적 관로 설계 및 대용량 중앙집중형 수열에너지 클러스터 기술 개발
		수열 직접공급을 위한 도시형 열공급기술 개발
그린수소		소형 수소충전소 그린수소 공급용 수전해 시스템 개발 및 실증
		알카라인기반 그린수소 생산기술 개발
		PEM 수전해 시스템 국산화 및 실증
조력		수위, 호수내 체적 등 다양한 조건 변화에 따른 조력발전 설계 기술
		시화호 물수지 관리를 위한 통수량 관측 및 유동예측기술 개발
		실시간 해양빅데이터의 생애주기 관리기술 개발
수상태양광		수상태양광 발전성능 개선을 위한 시스템 구성 최적화 기술
		데이터 중심의 수상태양광 운영관리 기술
		수상태양광 시스템 성능검증 및 설비 도입기준 기술
지하수저류댐		지표-지하수 통합 수치 모델링 SW기술 개발
		지하수자원 확보시설 설치 기술
		지하수저류댐-지표수 연계 기반 지하수 확보기술
수자원위성		영상기반 광역 녹조 모니터링 및 예측 기술개발
		위성 활용 댐 증발산량·토양수분량 산정 고도화
		위성, 드론 이용 시화호 쓰레기 탐지, 제거기술
수도 자산관리	지능형 수도시설 자산관리 체계 마련	
	자산 상태평가 기반의 수도시설 자산관리체계 로직 및 시스템 개발 기술	

개발 분야	개발기술 군	K-water 개발중 + 개발예정 기술 (금회 ² 기 ¹ 차 개방형 R&D 공모에 제외되는 기술)
미래 기술	기후위기 안정적 대응	지하수자원확보시설 설치 기술
		지하수저류댐-지표수 연계 기반의 지하수 확보 기술개발 연구
		기후위기 대응 녹조발생 제어기술
	디지털 기술 고도화	영상기반 광역 녹조 모니터링 및 예측 기술개발
		위성 및 드론을 이용한 시화호 해양쓰레기 탐지 및 제거 시스템 구축
		위성 및 드론 영상을 이용한 시화호 수질평가지수(WQI) 개발
	물인프라 혁신	전자파 자동 유량측정장치 자료품질 향상 및 유지관리 고도화 기술
		슬러지 탈수효율 개선 및 슬러지 감량화 기술
		2차원 비접촉식 센서의 개발을 통한 유량조사 기술 개선
현안 · 고유 기술	수원확보	지하수변동 원인분석 기술
		하천수위 변동에 따른 지하수 영향분석 기술
		지하수 오염 우려지역의 해수영향 시각화를 위한 전기비저항 모니터링 기술
	첨단용수	폐수 무방류를 위한 에너지, 시 연계 전후처리 및 농축수 처리(증발, 농축, 결정화) 기술
		하수 재이용수를 이용한 공업용수 공급 및 공단지역의 지하수 보충 시스템
		가뭄 대응을 위한 대하천 수리구조물 내 취수 전처리 기술
	물에너지	지하수열 도입 확대를 위한 최적 설치모델 마련 및 운영관리기술
		스마트시티/공단 지역 에너지 자립을 위한 지하수-하수재이용수열 에너지 시스템
		탄소중립 스마트팜/수막재배 기반 지하수 물순환형 수력 시스템 개발
	용수공급망	도시 물공급 인프라 탄소중립형 실증모델 개발
	물환경	수상태양광 연계 녹조 저감 기술
		휴면포자 함유 표층 퇴적물 제거기술
		고농도, 대규모 오염원 효율적 처리기술 개발
	친수도시	친수환경 조성을 위한 친환경 수처리 기술
		스마트 시티(단지) 조성 지침 및 비즈니스 모델 개발
AI·빅데이터 기반 도시계획·설계 특화형 플랫폼		