

참 고 자 료

1. K-water RFP 요구기술
2. K-water 개발기술 群

1. K-water RFP 요구기술 (Request For Proposal)

요구기술	AI 기반 머신비전 기술을 활용한 여과공정 실시간 모니터링·평가 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	초격차	개발기술 군	AI정수장
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

가. 연구개발 배경

- 정수장 공정진단은 **혼화, 응집, 침전, 여과, 소독 등 전체 공정을 포괄하며**, 각 공정별 진단이 복잡하고 항목도 많아 **조사·분석 시 전문지식과 숙련도가 요구됨**
- 특히 정수처리공정의 핵심인 **여과공정**은 현장조사 비중이 높고, **여층 조사(여재 깊이 등), 역세척 효율 평가(팽창률, 배수 탁도 등), 하부집수장치 평가(샌드 보일링 등)** 등 세부 진단항목이 다수 존재함
- 현재까지는 **탐침봉·줄자 등 아날로그 장비와 조사자의 육안 판단에 의존하는 방식**으로 수행되고 있어, **숙련도에 따른 결과 편차가 크고, 진단의 정량화·표준화에 한계가 존재함**

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 간접 평가	육안조사(둔덕, 함몰, 채널링 등) 및 머드볼 발생량 조사	숙련도에 따른 결과 편차 큼

- 또한 K-water는 **AI 정수장, 디지털 플랫폼 구축 등 수도분야 디지털 전환을 중점 추진** 중이며, 정수장 기술진단 분야에서도 **디지털 진단장비 개발, 디지털 진단시스템 전사 구축, AI 기반 진단기술(알고리즘) 도입이 필수 과제**로 부상하고 있음
- 2025년에는 **여재깊이 측정기, 역세척속도·여재팽창률 측정기 등 일부 진단항목에 대한 디지털 진단장비를 개발하여 기초 기반을 마련함**
- 그러나 **여과지 유입수 불균등, 역세척 시 버블 패턴, 스킴 배출 특성, 여재 부상·유실 등 여과지 상부 수면에서 발생하는 주요 이상 현상은 여전히 육안 중심으로 진단되고 있어, 이상 발생 여부 및 그 영향 범위를 정량적으로 평가하기 어려운 실정임**
- ⇒ 따라서 이상 현상을 정밀하게 정량 계측하고 평가 기준을 표준화할 수 있는 **“AI 기반 머신비전 기술을 활용한 실시간 분석 기술”** 개발이 필요함

나. 연구개발의 필요성

(1) 기술적 측면

역세척 공정은 **여재에 축적된 오염물을 제거하고 여과 성능을 회복하는 핵심 공정임**에도 불구하고, 현재 진단은 대부분 **육안 점검 또는 제한된 센서 계측값에 의존하고 있어, 공기방울 패턴, 스킴 분포(배출 특성), 여재 부상·유실, 여과수 유입 불균형 등 복합적인 이상 현상**을 실시간으로 정밀하게 파악하기 어려운 실정임

이러한 현상은 시각적으로는 분명히 관찰되지만, 이를 체계적으로 계측·분석할 수 있는 **디지털 진단기술과 장비가 부재하여, 고해상도 영상 기반 비전 기술과 AI 분석기술 도입이** 요구됨

본 연구는 여과공정 전 과정을 **고해상도 영상으로 촬영**하고, Optical Flow, 엣지 검출 (Sobel/Canny), 색상 히스토그램, 객체 탐지·세그멘테이션(YOLO, U-Net) 등 **컴퓨터 비전·딥러닝 기법**을 적용하여, 네 가지 **핵심 항목**(유입수 불균등, 공기방울 특성, 스킴 배출, 여재 부상·유실)을 **자동 분석·진단하는 기술**을 개발하고자 함

이를 통해 **기존 아날로그·육안 기반 진단의 주관성과 편차를 줄이고, 진단 결과를 정량화하여 DB화**할 수 있음. 또한 축적된 데이터와 분석기술은 **이동형 로봇 등 Physical AI 장치에 적용**되어 **현장 자율 관찰·분석 기능 구현**에 활용될 수 있으며, **AI 정수장 및 디지털 진단 시스템과 연계**되어 **데이터 기반 자동진단·운영 체계로 확장**될 수 있음

(2) 사회·경제적 측면

여과공정 이상 현상이 적시에 파악되지 못할 경우, **여과수 탁도 상승, 미세입자 잔류, 여재 손실, 역세척수 과다 사용** 등으로 이어져, **수돗물 품질 저하, 수질민원 발생 및 수돗물 신뢰도 하락, 운영비 증가** 등 다양한 사회·경제적 손실을 초래할 수 있음

비전·AI 기반 자동 진단기술을 도입할 경우, **이상 징후를 조기에 감지하고 신속히 대응**할 수 있어, **인력 의존적 진단 체계 대비 진단 소요시간과 인력 부담을 경감**하고, **예방 중심 유지관리 체계**를 구축할 수 있음

그리고 장기간 축적되는 **영상·분석 데이터**를 활용하여 **역세척 조건 최적화, 설비 유지보수 시기 예측, 운영 표준 마련 등 운전 효율을 극대화**함으로써, **중·장기적인 운영비 절감 및 설비 수명 연장 효과**를 기대할 수 있음. 또한 실제 운전 조건을 반영한 **최적 설계 인자 도출**에 활용될 수 있어, **정수장 계획·설계 단계에서 데이터 기반 의사결정 지원**에도 기여할 수 있음

(3) 환경적 측면

역세척 운전이 과도할 경우 **정수 및 에너지 낭비**로 인한 환경부하가 커지고, 반대로 부족할 경우 **여과공정 부담 증가 및 약품·에너지 사용 증가**로 이어질 수 있음

“AI 기반 머신비전 기술을 활용한 실시간 분석 기술”을 통해 여과지 상태를 정확히 파악하고 역세척 효율을 최적화할 경우, 역세척수 사용량 및 에너지 소비를 절감하고, 여재 유실을 방지하는 등 자원·환경 측면 효율성을 높일 수 있음

또한 축적된 데이터는 환경 규제 대응, ESG 경영 보고, 기후변화 대응 전략 수립 등에 활용될 수 있어, 지속 가능한 정수처리 체계 구축에 기여할 수 있음

□ 연구개발의 최종목표

본 연구의 최종 목표는 여과 공정에서 발생하는 주요 이상 현상(유입수 불균등, 공기방울 특성, 스크م 배출, 여재 부상·유실)을 영상 및 AI 기술을 활용하여 실시간으로 자동 감지·판단하는 스마트 여과 진단 시스템을 개발하고, 이를 K-water 디지털 진단체계와 연계 가능한 수준으로 구현하는 것임

1. 정수장 여과지 환경에 적합한 고해상도 카메라 모듈 및 영상 획득 기술을 개발하여, 유량 분포, 공기방울 패턴, 스크م·탁질, 여재 입자 등의 변화를 영상으로 정밀하게 기록할 수 있도록 함
2. 촬영된 영상을 기반으로, 다음을 수행할 수 있는 AI 기반 영상 분석 알고리즘을 개발함
 - 유입수 수면 높이 및 트러프별 수위 차이 분석을 통해 불균등 분배 특성을 파악하고, 이와 연계된 하부집수장치 이상 여부(파손, 여과손실수두 변화 등)를 분석함
 - 공기 역세척 시 버블의 크기·밀도·지속시간 등을 분석하여 이상 폭기 현상을 검출함
 - 역세척 배출수 내 탁질·스크م의 위치·분포를 정량화·시각화하여 배출 효율을 평가함
 - 여재 부상·유실 정도를 정량 분석하여 여재 유실 여부 및 수준을 판단함
3. AI 분석 결과를 여과지 형상 위 2D/3D 형태로 맵핑하여 직관적으로 제시하고, “카메라 제어-영상 저장-분석-알림-데이터베이스 관리”까지 통합 제공하는 여과공정 비전 기반 AI 분석 시스템(Filtration Vision AI System, F-VAS)을 구축함
4. 연구기간 내 영상 기반 역세척 이상 진단 핵심기술에 대한 특허를 출원하고, 기술이전 및 사업화까지 연계 가능한 수준의 기술 패키지를 마련하는 것을 정량적 목표로 설정함

□ 최종성과물

본 연구를 통해 다음과 같은 최종 산출물을 도출하고자 함

1. 영상 기반 AI 분석 시스템(F-VAS)

F-VAS는 여과공정의 이상 현상을 영상 기반으로 정량 분석·진단하는 통합 디지털 진단 플랫폼으로, 다음의 세부 구성요소로 이루어짐

- 영상 획득 모듈: 여과지 상부 수면 촬영이 가능한 고해상도 카메라 모듈, 조명·방수·방진(IP등급) 및 내약품성 등 현장 적용을 고려한 하드웨어 설계, 수면 반사 저감 및 저조도 보정 등 최적 촬영 조건 확보 기술 포함

- AI 분석 엔진: 유입수 불균등, 버블 패턴 이상, 스킵 배출 특성, 여재 부상·유실 등 핵심 진단 항목에 대한 영상 기반 분석 알고리즘(Optical Flow, Edge Detection 등)으로 구성
- 통합 운영 소프트웨어: 분석 결과의 실시간 시각화 대시보드(UI), 이상 감지 및 경보 기능, 데이터 저장·이력 관리 DB 및 리포트 자동 생성 기능

※ F-VAS는 AI 정수장 및 디지털 진단시스템 등과 데이터 연계가 가능하도록 설계함

- 확장성 및 모델 업데이트 : 상용화 이후 현장 운영 과정에서 발생하는 요구사항에 대응할 수 있도록 다음 기능을 포함함
 - 정수장 운영 특성에 따라 사용자가 진단 기준(임계값, 판단 로직 경보 단계 등)을 직접 조정·설정할 수 있는 사용자 설정 UI를 제공함
 - 신규 영상 데이터에 대한 라벨링(정상/이상 분류, 이상 유형 태깅 등) 기능을 지원하고, 이를 기반으로 모델 재학습을 지속적으로 수행할 수 있는 절차, 관리 도구 및 운영 가이드 등을 제공함
 - 일정 기간 경과 또는 누적 영상 데이터 수집 규모에 따라 재학습을 수행할 수 있는 기능을 포함하며, 모델 성능 변화 이력과 버전을 체계적으로 관리할 수 있는 버전 관리 체계를 구축함

2. 데이터셋 및 기술 성과보고

연구성과의 재현성·확장성 확보를 위해 영상 데이터 및 모델 성능검증 자료를 구축함

- 역세척 영상 데이터셋 : 정상/이상 조건별 영상 데이터, 학습용 데이터 구조 정의, 항목별 Feature 태깅 등을 포함함
- 기술 성능 보고 : 테스트베드 및 현장 실증 결과, 항목별 모델 정확도·정밀도 평가, F-VAS의 적용성 및 운영효과 분석 보고서를 포함함
- ※ 데이터셋과 실증 결과는 설비 설계 인자 도출, 역세척 조건 최적화, AI 정수장 구현 기반 데이터로 활용됨

3. 표준 진단기술 및 매뉴얼

영상 기반 진단기술을 표준화된 형태로 정립하여 현장 적용과 제도 반영 기반을 마련함

- 표준 진단기술 : 영상 기반 여과공정 진단항목 정의 및 평가 지표(정상/이상 기준, 임계값, 판단 로직 등)
- 매뉴얼 및 절차서 : 여과공정 영상 촬영·분석 절차서, 시스템 설치·운영 매뉴얼, 진단 결과 활용 가이드라인(역세척 조건 조정, 운영 최적화 등)
- ※ 기술문서는 정수장 기술진단 매뉴얼 개정 시 디지털 진단항목으로 반영 가능하도록 구성함

4. 지식재산권 확보

핵심 기술의 보호와 향후 사업화를 위해 지식재산권 확보를 추진함

- 특허 출원 : 영상 처리 알고리즘 및 판단 로직 등 핵심기술에 대한 특허를 출원함
- ※ 향후 사업화 및 기술확산 가능성을 고려하여 기술 범위를 포괄적으로 설계·작성함

5. 사업화 패키지

내·외부 적용 및 확산을 위한 기술이전·사업화 자료 일체를 개발함

- **기술이전 패키지** : 시스템 구성도(하드웨어, 소프트웨어 구조), 운영 적용 사례 및 성능 검증 결과, 설치·운영 절차 및 요구 사양 등
- **사업모델 제안서** : 공급 방식(직접 도입형/서비스형 등), 지자체·민간·해외사업(초격차 기술 수출)에 적용 가능한 사업모델
- **정책·제도 제안서** : 디지털 진단도입 및 표준화 전략 등 **정책·제도 연계 방안**

□ 연구개발 내용

가. 연구대상 및 범위

연구대상은 정수장 여과 공정에서 발생하는 네 가지 주요 현상(① 유입수 불균등 분배, ② 공기 역세척 시 공기방울 특성, ③ 탁질 및 스크 배출 특성, ④ 역세척 과정 중 여재 부상·유실 특성)임

연구범위는 이를 영상 기반으로 정량 분석할 수 있는 비전·AI 기술 개발과, 분석 결과를 통합 관리하는 여과지 비전 기반 AI 분석 시스템(F-VAS) 개발까지 포함함

나. 주요 연구내용

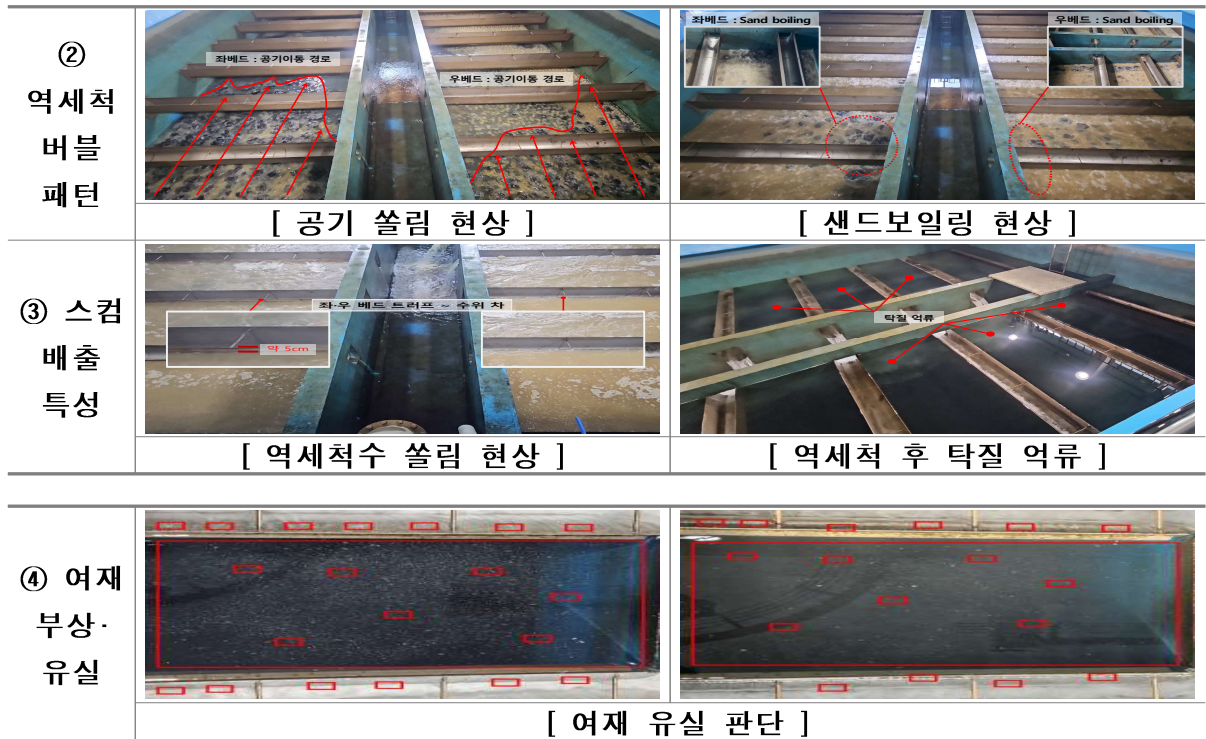
1. 비전(영상 획득) 기술 개발

- 여과지 환경(습도, 반사, 조도 변화 등)에 적합한 고해상도 카메라 사양 선정 및 모듈 설계
- 다각도 촬영 및 다중 카메라 제어 기술 개발, 영상 왜곡노이즈 최소화를 위한 촬영 조건 최적화
- 수면 윤곽, 낙차, 명암 대비, 버블·여재 입자 등을 충분히 식별할 수 있는 영상 확보 기술 확립함

2. AI 영상 분석 알고리즘 개발

- Optical Flow, Sobel/Canny 엣지 검출, 색상 히스토그램, 배경 제거, 윤곽선 분석, 객체 탐지(YOLO), 세그멘테이션(U-Net) 등 기법을 조합하여 4대 핵심 항목 분석 모델을 구축함
- 트러프별 수면 높이 및 변화 속도 분석을 통한 유입수 불균등 평가, 버블의 크기·밀도·지속시간 분석을 통한 이상 공기세척 판단, 스크·탁질 분포 분석 및 여재 입자 밀도·분포 분석을 통한 여재 유실 판단 등 항목별 맞춤형 알고리즘을 설계함
- 수집된 영상과 실제 유량·탁도·운전조건 등 물리 센서 데이터를 연계하여 AI 모델 학습 및 검증을 수행함





※ 상기 영상 및 AI 알고리즘 개발 등에 기술된 내용은 이해를 돕기 위한 예시임

3. 데이터의 수집 및 테스트베드를 통한 실증(K-water 정수장)

(1) 다양한 데이터 확보

- AI 모델의 범용성 및 신뢰성 확보를 위해 다음과 같은 구조·운영 조건을 반영하여 다양한 상황의 데이터를 취득 할 수 있어야 함
 - 급속 여과, GAC 흡착지 등 시설 유형별
 - 정수처리 능력에 따른 규모별(대·중·소)
 - 여과지 트러프 구성 형태
 - 여재 구성(단일·이중 등)
 - 역세척 방식(표세+물, 공기+물 등)
 - 정수장별 수질 특성, 운전 이력, 역세척 조건 등
- 연구 기간 동안 데이터는 단계적으로 확보하고, 확보된 데이터를 기반으로 AI 모델을 지속 학습·개선시켜야 함
 - 연구초기(1~8개월) : 초기 알고리즘 개발 및 기본 기능 검증을 위해 데이터셋 최소 200건 이상 확보
 - 연구중기(8~16개월) : 유형 다양성 확보 및 데이터셋 확장을 위해 데이터셋 최소 500건(누적) 확보
 - 연구후기(17~24개월) : 최종 검증을 통해 범용성 및 안정성 확보를 위해 데이터셋 최소 1,000건(누적) 이상 확보

(2) 데이터 분류 및 관리 체계

- 취득된 영상 데이터는 다음 기준에 따라 분류하고, 구조화하여 관리할 수 있는 체계를 구축해야 함

- 정수장 특성 : 시설 유형, 규모, 여재 구성, 역세척 방식 등
- 운전 조건 : 정상 운전, 이상 조건(유량 변동, 원수 탁도 변화 등), 계절·시간대별 변동
- 진단 항목 : 유입수 불균등, 버블 패턴 이상, 스킴 배출 불량, 여재 유실 등
- ☞ 각 영상 데이터는 정수장명, 여과지 번호, 운전 조건(유량, 압력, 탁도 등), 촬영 일시 및 전문가 판단 결과(정상/이상, 이상 유형 등)를 포함하여 라벨링되어야 하며, 메타 데이터 기반 태깅 관리가 가능하여야 함(데이터 수집 → 라벨링 → 학습·검증)

(3) 테스트베드를 통한 실증 수행

- 다양하게 수집된 데이터를 기반으로 구축된 AI 알고리즘은 진단항목별(4종) 이상 상태가 확인된 정수장을 테스트베드로 선정하여 현장 실증을 통해 검증하여야 함
- 실증 수행 시 K-water 진단 전문가가 참여하여 AI 진단 결과와 전문가 판정 결과를 비교·분석하여야 함
- 실증 과정에서 도출된 오탐지 사례 및 분석 오차는 알고리즘 개선에 환류되어야 함

4. AI 시스템에 대한 평가방법 제안

구축되는 AI 시스템의 평가는 객관성과 신뢰성을 확보할 수 있도록 구체적인 평가 프로토콜(예: 반복 측정 횟수, 허용 변동계수 등)을 제시하여야 하며, 재현성 확보를 위한 시스템 설계 방안(예: 자동보정 기능, 보상 알고리즘 등)을 함께 제안하여야 함

(1) 정량적 성능 평가 지표

- 감지 정확도, 분류 정확도, 실시간성(영상 처리 속도(FPS), 분석 지연시간(Latency) 등), 현장 적용성(오경보율(False Alarm Rate), 경보 임계값 설정 적정성 등) 등의 지표에 대해 목표값을 설정하고, 그 근거를 제시하여야 함

(2) 모델 성능 검증

- 구축된 모델의 성능은 이상 탐지 정확도, 정밀도, 재현율, F1 스코어, 오경보율 등 주요 지표를 종합하여 평가하고, 동일 학습 데이터와 검증 데이터에 대해 반복 측정 시 일관된 결과가 도출되는지 확인함

(3) 전문가 검증 체계 구축

- K-water 진단 전문가가 동일 영상에 대해 독립적으로 진단을 수행하고, AI 시스템의 진단 결과와 비교·분석하여 정확도를 연구 초기-중기-말기 단계별로 검증하는 체계를 구축·운영하여야 함

5. 통합 운영 시스템(F-VAS) 개발 및 지속 학습

- 분석 결과를 여과지 평면도·단면도 기반 2D/3D 맵으로 시각화하고, 이상 구간을 직관적으로 확인할 수 있는 UI를 개발함
- 카메라 제어, 영상 저장·검색, 분석 결과 이력 관리, 이상 알림 기능 등을 포함한 통합 운영 소프트웨어를 구현함
- 현장 실증 과정에서 취득되는 영상 데이터·분석 결과·운전 조건을 통합 DB화하여, 지속 학습 기반 성능 개선 구조를 확립함

- K-water 디지털 진단시스템 및 AI 정수장 플랫폼과 연계 가능한 데이터 구조 및 인터페이스로 설계함
 - 상용화 이후 현장에서 새로운 이상 현상이 발견되거나 진단 기준 변경이 필요할 경우, 사용자가 직접 이상 현상을 추가 정의하고 재학습할 수 있는 기능(라벨링 도구, 모델 재학습 인터페이스, 버전 관리 등)을 제공함
- ※ F-VAS는 데이터·학습 기반으로 진단 정확도를 지속 고도화할 수 있는 통합 플랫폼으로 설계함

□ 활용방안

본 연구성과는 K-water 내부 및 국내·외 물산업 전반에 다음과 같이 활용 가능함

1. K-water 정수장 기술진단 직접 적용

K-water 정수장 기술진단 업무에 직접 적용하여, 여과공정 진단 시 영상 기반 AI 진단 시스템을 표준 도구로 활용함으로써, 진단 결과의 객관성과 재현성을 높이고, 디지털 진단 시스템과 연계한 이력관리 및 품질관리가 가능하게 함. 향후 환경부 정수장 기술진단 매뉴얼 및 K-water 내부 업무지침 개정 시, 여과공정 디지털 진단 항목으로 반영하여 제도화·표준화 기반을 마련할 수 있음

2. AI 정수장 및 디지털 플랫폼 연계

AI 정수장 및 디지털 플랫폼과 연계하여, 여과지 상태를 상시 모니터링하고, 역세척 시점·조건을 데이터 기반으로 최적화하는 데 활용 가능함. 축적된 영상·진단 데이터를 활용하여 역세척 자동운전 알고리즘 개발, 정수장 디지털 트윈 구축 등 후속 사업의 핵심 데이터로 활용할 수 있으며, K-water 중장기 통합기술전략(초격차 기술, AI 정수장 등)과의 정합성도 확보 가능함

3. 신규 사업모델 창출

지자체 정수장, 민간 진단업체, 설비 제조사 등에 “AI 기반 여과지 정밀진단 솔루션” 형태로 기술이전 및 서비스 제공이 가능하여, 국내 물산업 디지털 전환을 지원하고 새로운 사업 모델 창출에 기여할 수 있음

4. 타 분야 확장 및 해외 사업

하수처리장, 산업용 수처리 시설, 하천·호소 수질감시 등 유사 공정 분야로 기술을 확장 적용함으로써, 영상 기반 수처리 진단기술의 활용 범위를 확대할 수 있음. 향후 해외 사업(초격차 기술 수출, ADB 트위닝 프로그램 등)에서도 K-water의 차별화된 진단기술 패키지로 활용 가능함

□ 기대효과

1. 기술적 측면

국내 최초로 여과공정에 비전·AI 기반 진단기술을 적용함으로써, 기존 육안·아날로그 장비 중심 진단 체계를 디지털·데이터 기반 체계로 전환하는 계기를 마련함. 여과 공정에서 발생하는 이상 현상을 정량화하고 DB화·표준화함으로써, AI 정수장, 디지털 트윈, 디지털 진단 체계 등 상위 시스템과 연계 가능한 기반 기술을 확보함

2. 경제적 측면

진단 소요시간 단축, 인력 의존도 완화, 예방 중심 유지관리체계 도입 등을 통해 운영비 절감 및 설비 수명 연장 효과를 기대할 수 있음. 또한, 특허·기술이전·솔루션 판매 등을 통해 기술료 및 신규 수익 창출이 가능하여, 물산업 비즈니스 확대와 공사의 수익 창출에 기여할 수 있음

3. 환경·사회적 측면

역세척 효율 최적화를 통해 정수 및 에너지 사용량을 절감하고, 여재 유실 방지 및 수질 안정성 제고를 통해 환경부하를 저감할 수 있음. 아울러, 수돗물 품질에 대한 신뢰도 향상, ESG 경영 실천 등 사회적 가치 창출에도 기여할 것으로 기대됨

□ 보증목표

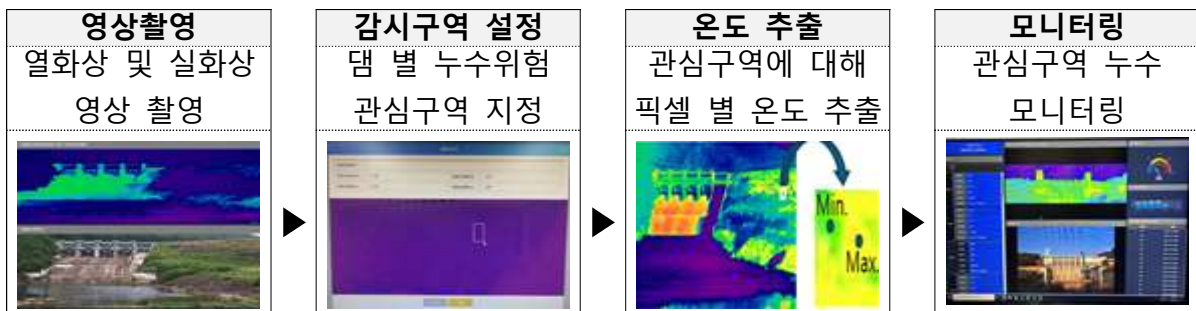
과제 유형	기간	총 연구비		보증목표	비 고
사업화 과제	1차년도	연구 개발	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달 성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증 목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달 성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건,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

요구기술	열화상 모니터링 최적 운영방안 도출 및 AI 기반 운영환경 마련				
과제유형	사업화 과제	개발분야	초격차	개발기술 群	물관리DT
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- (추진배경) 최근 기후변화, 댐 시설물의 노후화, 그리고 운영 환경의 복잡화로 인해 댐 안전관리는 기존의 주기적 점검·계측 중심의 사후 대응 방식만으로는 한계
 - 특히 누수는 댐 구조적 안정성에 중대한 영향을 미치는 주요 위험요인으로, 조기 탐지 및 지속적인 감시가 필수적이거나, 기존 육안 점검 및 단순 계측 방식으로는 미세 누수나 이상 징후를 안정적 식별에는 제약 발생
 - 이러한 한계를 극복하기 위해 K-water는 스마트 댐 안전관리 사업을 통하여 현재 7개 댐을 대상으로 열화상카메라 기반 누수 감시 시스템을 구축·운영 중

<열화상카메라 누수 감시 체계도>



- 그러나 現 열화상 누수 감시체계는 댐 주체별, 계절·기상 조건, 주·야간 환경변화 등에 따라 관측 결과의 변동성이 크며, 이를 보정·판단하기 위한 운영기준 필요
- 이로 인해 누수 판단의 신뢰성 확보에 한계가 발생하고 있으며, 향후 국내·외 타기관 댐 시설로서의 확산·적용에도 제약 요인으로 작용
- (필요성) 현재 열화상카메라 활용 콘크리트댐 누수 분석은 일정 수준의 기술적 성과를 확보, 다양한 조건 변화에 따른 누수 판단기준의 일관성 확보가 어려운 상황
 - 특히 계절별 온도 변화, 강우·습도·일사 조건, 주·야간 온도 차이 등은 영상 해석 결과에 직접적 영향, 이에 대한 체계적인 운영기준이 없으면 데이터에 대한 신뢰성 확보 불가
 - 계절·기상·시간대별 환경 조건을 고려한 누수 판단기준의 체계화
 - 댐별 현장 여건(구조 형식, 재료 특성 등)에 최적화된 감시구역 설정
 - AI 기반 열화상 누수 자동분석 알고리즘 개발을 통한 판단의 객관성 및 재현성 확보,
 - 국내·외 他 댐 시설 적용을 고려한 공통 운영기준 제시

□ 연구개발의 최종목표

- 열화상 기반 누수감시를 단순 모니터링 수준에서 **신뢰 가능한 안전관리 체계로 고도화**
- 계절·기상·주야간 변화 등 외부 환경 요인을 체계적으로 반영한 **AI 기반 열화상 누수감시 운영기준 정립**
- 시설관리자 경험에 의존하던 누수 판단 방식을, **객관성·재현성을 갖춘 자동분석 중심의 판단 체계 구현**
- 37개 국가 댐을 넘어 국내·외 他 댐에도 활용 가능한 **확산형 공통 운영기준 제시**
- 장기적으로 **누수 위험의 조기 인지**와 **이력 관리**로 선제적·예방적 댐 안전관리 체계 완성

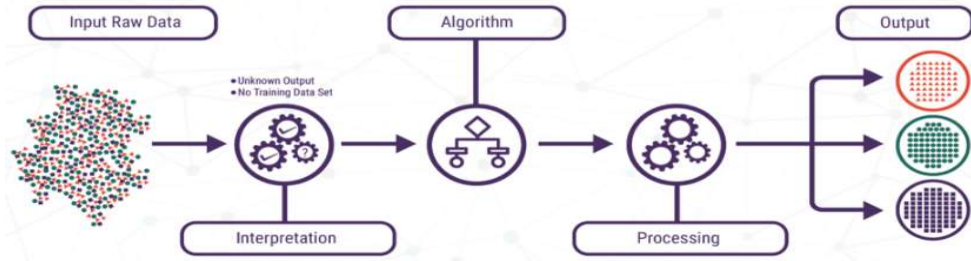
□ 최종성과물

- 국내·외 타기관 댐 시설에 **공통적으로 적용가능한 누수 감시 운영기준**
- 열화상 시스템이 구축된 K-water **댐 주체별 최적화된 누수 감시 운영기준**
- 학습체계(지도·비지도)를 활용, 댐 **누수탐지에 최적화된 AI 모델**
- AI 누수탐지 모델과 현재 운영중인 열화상 시스템과의 **유기적 연계방안**

□ 연구개발 내용

- ① 댐 별 열화상 누수감지 시스템의 최적 운영기준 마련
 - 열화상 누수감시 결과의 변동성을 유발하는 주요 요인을 체계적으로 분석하여, 댐 별 특성을 반영한 **최적 운영기준 정립**
 - 대기온도, 일사량, 강우, 습도 등 외부 환경과 댐 체 표면온도 변화 간의 시계열 상관관계를 분석하고, **환경 조건 변화에 따른 열화상 데이터의 특성 정량적 도출**
 - 아울러 주·야간 등 다양한 시간대에 대한 반복 실험 수행, **최적 계측 시간대를 도출**하여, 감시 효율성과 신뢰도를 동시에 확보
 - 댐 별 안전점검(진단), 과거 누수 이력, 구조 형식 및 재료 특성 등을 종합적으로 고려, **누수 발생 가능성이 높은 구역을 설정, 감시 우선순위 및 운영기준 도출**
 - ② AI 기반 자동 누수감지·분석체계 구축
 - 열화상 누수 분석 과정에서 발생하는 주관성과 판단 편차를 최소화하기 위해, **AI 기반 자동 누수감지·분석체계 구축**
 - AI 누수분석 모델 버전·계절 별 누수 분석 테스트를 실시 하여, AI 누수 분석의 결과가 재현율 90%이상, 정확도 80%이상 달성 가능한 최종 AI 분석모델 개발
 - **단계적 AI 분석 구조를 적용**, 누수 탐지의 정확성과 신뢰성을 동시에 확보
 - (1단계) **비지도 학습**을 통한 이상현상 탐지
 - 댐 누수가 희귀사건인 점을 고려, 비지도 학습 기법을 활용, 이상현상이 없는 정상 열화상 및 실화상 데이터를 학습하여 시간 경과*에 따른 정상 온도 변화 패턴 도출하고, 이를 기반으로 누수, 그림자, 반사 등 **비정상 영역을 자동 탐지할 수 있는 모델 개발**
- * 동일 감시구역 기준으로 시간이 경과하면서 발생하는 변화(그림자, 온도 등)를 비교, 학습

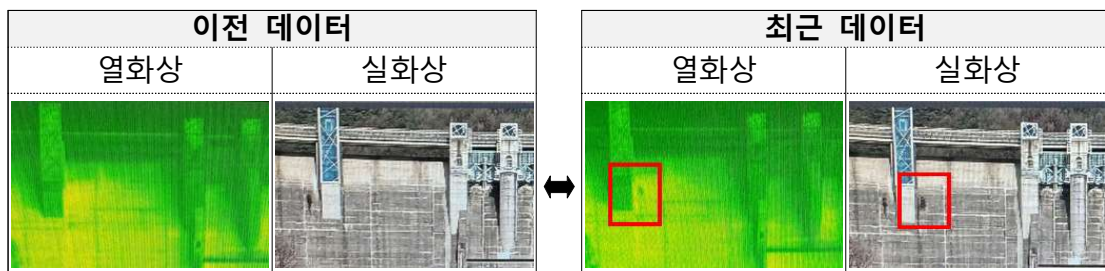
<비지도 학습 구조도>



○ (2단계) 지도 학습 기반 이상현상에 대한 판단

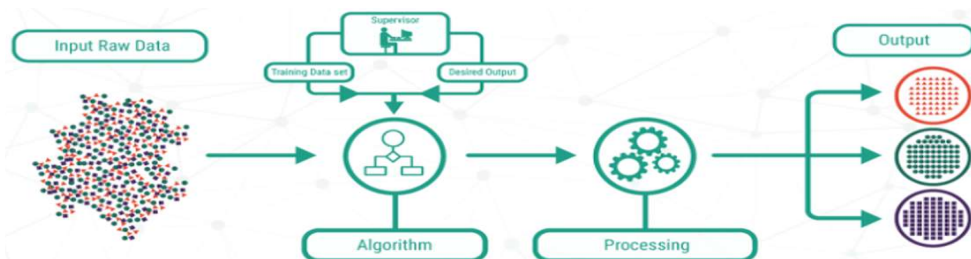
- 1단계에서 도출된 결과를 활용하여 이상 영역 추출을 위한 지도학습 기반의 라벨링된 학습데이터를 생성하여 다중 정밀 분석 수행
- 외부 환경 데이터(대기온도, 일사량, 습도, 강우 등)를 반영한 학습데이터 생성
- 각 열화상 및 실화상 이미지데이터의 이전자료와 차이점을 비교분석(차분 분석) 후, 그 결과를 AI 누수분석 학습 데이터로 추가적으로 활용하여 학습데이터 품질 확보

<차분 분석>



- 비지도 학습을 통해 라벨링된 이상 영역을 대상으로, 실제 누수 여부를 판단할 수 있는 정밀 탐지 모델을 구축하여, 오탐·미탐을 최소화하고 누수 판단의 정확도 향상

<지도 학습 구조도>



□ 활용방안

- 외부 환경변화에 따른 열화상 누수 감시 운영기준을 명확히 함으로써 댐 주체별 누수감시 결과의 신뢰도 및 정합성을 높이는 데 활용
- 댐 열화상 누수 감시에 특화된 AI 분석모델 개발을 통해 댐 주체별 체계적인 누수감시 환경 및 지능형 자동 누수 감시체계 구축에 활용
- 공통된 열화상 누수 감시 운영기준을 적립 함으로써 국내·외 타기관이 운영·관리하는 댐 시설로의 열화상 시스템을 확대 적용하는 데 활용

□ 기대효과

- 모니터링 기반 누수 분석체계에서 AI 기반의 지능형 자동 감시체계로의 패러다임 전환
- 환경변화에 따른 댐 주체별 열화상 누수 분석 결과의 적합성과 신뢰성 제고
- 국내·외 타기관 댐 시설로 확산적용이 가능한 공통 누수 감시 운영기준 확보

□ 보증목표

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

요구기술	실시간 수충격 모니터링 및 관로 사고위치 탐지 소프트웨어 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	초격차	개발기술 群	SWNM
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

가. 추진 배경

- 매년 24건의 광역관로 파손 사고 발생 증으로, 광역상수관로 파손으로 인한 “단수” 발생은 국가산업 및 국민에게 심각한 피해 유발
 - * (사례) '11년 구미광역시 관 파손으로 51만명 1~5일 단수 피해 → K-water 질책 쇄도
- 관로 사고대응의 핵심인 신속한 사고인지 및 정확한 사고위치 탐지를 통해 현장 신속 출동 및 초동조치 가능(사고 확대 방지*)
 - * 특히, 인적이 드문 도시 외곽·산·하천 등은 민원 신고가 지연되어, 사고 대응 초기 골든타임 미확보로 인한 관 파손 확대, 단수시간 증대, 인명·재산 등의 피해 우려



나. 필요성

- 관로 사고지점 파악은 아직도 '민원인(육안) 신고'에 의존 中
- 계량기에 진동음파(Hz) 기반 누수센서를 운용 중이나, 누수음파 탐지 거리가 최대 100m 이내로 광역관로 적용에는 한계*
 - * 現, 지방상수도 배급수관로의 누수저감(유수율 제고) 목적으로만 활용 中
- 또한, 관 파손의 주요 원인인 수충격(water hammer) 여부 및 발생 위치는 파악 곤란
 - ⇒ “사고 위협요인 지속 상존”

《 수충격 (Water Hammer) 》 이란?



□ 연구개발의 최종목표

가. 기존 연구과제와의 차별성

1. 기존에 연구 수행중인 "IoT·SaaS 기반 상수도관망 수량·수리 진단 DX·AX 고도화 기술 개발" 연구과제는 **상수도 관망진단 자동화(기본·일반) 및 고도화(전문) 기술**을 확보하는 연구과제로,
 - 지방상수도 및 현대화 사업장의 **운영관리 사업 경쟁력 확보**를 위해 기존 **공급성능 위주 진단을 자동화·간소화** 하기 위하여 **유량·압력·청음센서** 등을 상수도 관망에 **일시적으로 배치하여 고품질 현장 데이터**를 획득하고
 - 고품질 데이터를 이용하여 **수리적 진단(수압, 유량, 유향)과 누수량 분석(배경누수량+파열누수량)** 등 **수리·수량 적정성 및 설비가동상태(수충격, 소음·진동 등 이상징후) 진단을 자동화하는 시스템**을 개발하는 내용으로
2. 초단위 수압 데이터 기반 관로사고 위치 추적 모델 연구과제와 통합하여 연구를 수행 중이나, 해당 과제에서 수행하지 않는 아래의 연구사항에 대해서는 본 과제에서 수행하기로 한다.
 - **OA망**에 있는 water-NET, RWIS 등 **관망운영 시스템의 실시간 데이터**를 이용하여 관로 사고 등 압력과 발생 위치를 탐지하기 위한 **데이터 전송(단방향) 및 상시 모니터링 기술**
 - 초단위 압력계의 계측시간차 분석 및 관로 위치 탐지에 필요한 **관망 가상모델(Sensor Map) 자동화 및 검증 기술**
 - 추가로 설치된 0.1초 계측 데이터(GT)와 기존 1초 데이터 간의 **패턴 매칭** 등을 통해 기존에 **운영중인 계측기의 1초단위 데이터를 이용해 0.1초 단위 고속 정밀 계측 데이터로 변환하는 기술**
 - 수충격 감지 시 사고 예상 위치를 **지리정보시스템(GIS)**에 정밀하게 표시하고, 담당 실무자에게 **상황 메시지 전송 및 현장 이동시 사고위치까지의 이동 경로**를 제시하는 기술
 - 광역상수도 시설관리에 적용, 사용할 수 있도록 OA망을 통해 위에서 언급된 기술을 **통합 관리할 수 있는 소프트웨어 개발**

나. 연구개발의 최종목표

본 연구의 최종 목표는 ①**상수관로와 관로 내 설치된 계측기들의 연결성 및 적합성**을 분석하여 **자동으로 상수관로 가상모델**을 구축, ②**기존 연구에서 개발된 수충격 분석 AI 모델**을 활용하여 **상시 관로 사고 여부 및 위치 모니터링 및 분석**, ③**분석한 위치를 기반으로 길안내 서비스 제공**을 통해 **신속하게 대응할 수 있도록 현장 적용이 가능한 수준으로 구현**하는 것임.

1. 상수관로와 계측기들의 연결성 파악이 가능한 **상수관로 가상 모델 구축 자동화**
 - 상수관로와 관로 내 설치된 압력계, 유량계 등 계측기들의 **연결성 및 적합성**을 분석하

- 여 자동으로 상수관로 가상 모델(계측기 맵) 구축, 모델검증 및 분석이 가능하도록 함
 - 상수관로와 연속지적도를 중첩하여 관로·계측기 등의 위치에 따른 관로·시설 제원 및 시설별 주소(도로명, 지번)를 알 수 있도록 상수관로 가상 모델 구축
2. 자동으로 구축된 상수관로 가상 모델을 기반으로 다음을 수행할 수 있는 업무용 프로그램을 개발함
- 관로 상에 연속적으로 설치된 1초 단위 측정이 가능한 압력계를 이용하여 평상시 관로에서 발생하는 압력변동과 관로사고 및 수충격 발생시의 압력저하를 구별하여 평상시 압력변동과 관로(누수)사고나 수충격의 발생을 판단함
 - * 유량계 및 수용가 수수패턴 등 이용 이상 여부 판별
 - 압력과 전파속도(약 1,000m/s, Halliwell 1963) 및 관로 상에 연속적으로 설치된 압력계를 이용하여 측정한 실제 압력과 전파속도 측정값을 이용하여 상수관로의 관경, 재질, 압력 등에 따른 압력과 전파속도 보정식 도출
 - 관로 상에 연속적으로 설치된 1초 단위 측정이 가능한 압력계들의 압력강하 계측 시간차와 상수관로 가상 모델의 압력계 연결성 분석 및 압력과 전파속도를 이용하여 수도사고 및 수충격 발생위치를 제시함(오차범위 약 250m 이내)
 - 테스트베드 내에 0.1초 단위 고속 정밀 압력계를 추가로 설치하여 기존 1초 데이터를 0.1초급의 고해상도 시계열 데이터로 복원·추론하는 초해상도(Super-Resolution) 분석 모델 개발
 - * 0.1초 데이터 적용시 수충격과 발생위치 오차범위 약 25m 이내로 정밀도 향상
 - 추가 설치한 0.1초 단위 고속 정밀 압력계의 실제 데이터를 이용하여 1초 단위로 측정된 압력 계측값과 0.1초 단위 추정을 위해 사용한 패턴 매칭 모델을 보완하여 오차범위를 축소할 수 있도록 보정 알고리즘 개발
3. 관로사고 및 수충격과 발생 감지·분석시 발생 위치의 시설제원 및 주소를 문자 메시지(또는 카카오톡)로 발송하고 해당지점까지의 길 안내 서비스가 가능한 시스템 구축
- 문자텍스트(주소) 이용 길안내 서비스 제공은 스키마(Scheme) URL 활용

□ 최종성과물

본 연구를 통해 다음과 같은 최종 산출물을 도출하고자 함

1. AI 기반 수충격 탐지 및 위치탐지 시스템

- 데이터 분석 모듈 : 추가 설치된 0.1초 계측 데이터와 기존 1초 데이터 간의 패턴 매칭 및 시각 동기화 기능을 수행하고, 지리정보시스템(GIS)의 계측기와 현장 계측기의 TAG ID 일치 여부 진단을 통해 데이터 정합성을 자동 검증하는 알고리즘을 탑재함
- AI 분석 엔진 : 기존 1초 데이터를 0.1초 수준의 고해상도 시계열 데이터로 추론하는 초해상도 AI 분석 모델로 구성함

- **통합운영 소프트웨어** : 테스트베드에 설치된 **0.1초 단위 실측 데이터**와 초해상도 모델을 통해 **0.1초 급으로 복원된** 고해상도 시계열 데이터를 **실시간으로 융합 분석**하여, 수충격 감지 시 사고 예상 위치를 **지리정보시스템(GIS)**에 정밀하게 표시하고, 담당 실무자에게 상황 메시지 전송 및 현장 이동시 사고위치까지의 이동 경로를 제시하는 구조로 개발함

2. 데이터셋 및 기술 성과보고

- **압력과 데이터셋** : AI 모델의 학습 및 검증을 위해 테스트베드에서 확보한 **0.1초 단위 고속 정밀 계측 데이터(Ground Truth)**와 운영 시스템상의 1초 단위 원격 계측 데이터, 관로 네트워크 데이터, 계측기 TAG ID 매핑 등을 포함함
- **기술 성능 보고** : 테스트베드 및 현장 실증결과, 항목별 모델 정확도·정밀도 평가, 통합 소프트웨어 운영효과 분석 보고서 등을 포함함

3. 수충격 발생위치 분석 시스템 매뉴얼

- **수충격파 탐지 및 위치분석 기술** : 관로에 설치된 압력계 1초 데이터 감시를 통해 수충격 종류를 자동 분석하고, 압력계 간 수충격 감지시간 차와 충격파 전달속도의 곱으로 계산한 거리를 기준으로 관로 네트워크 추적을 통해 충격이 발생한 예상 위치를 GPS 좌표(위도, 경도)로 설정함
- **매뉴얼 및 절차서** : 계측기 ID 일치 여부 확인 절차, 수충격 감지 AI 모델 학습결과 보고서, 시스템 설치·운영 매뉴얼을 포함함

4. 지식재산권 확보

- 핵심 기술의 보호와 향후 사업화를 위해 **지식재산권 확보**를 추진함
- **특허 출원** : 가변 전파속도 보정 및 다지점 데이터 융합 기반의 상수관로 충격 위치 고정밀 추정 방법
 - **초해상도(Super-Resolution) 시계열 복원 기술**: 1초 단위의 저해상도 수압 데이터에 스플라인 보간법과 딥러닝 기반 업샘플링(Deep-Learning Based Up-sampling) 기법을 적용하여, 데이터 샘플 간의 피크(Peak) 발생 시점을 수학적으로 추정함으로써 시간 분해능을 향상시키는 신호처리 로직
 - **다지점 센서 데이터 융합(Sensor Fusion)**: 단일 구간의 계측 오차를 상쇄하기 위해 인접한 복수의 압력계에서 측정된 충격파 도달 시간차를 **가중 평균(Weighted Average)** 및 **TDOA 보정 알고리즘**을 적용하여, 물리적 샘플링 한계(100m)를 넘어 **25m 급의 이론적 위치 분해능 확보**를 목표로 하는 위치 산출 알고리즘
 - **환경 적응형 속도 보정**: 관로의 노후도, 재질, 실시간 수압 변화에 따라 실제 압력파 전파 속도를 가변적으로 보정하여 위치 추정의 오차 범위를 최소화하는 적응형(Adaptive) 연산 모듈

5. 사업화 패키지

내·외부 적용 및 확산을 위한 **기술이전·사업화 자료 일체**를 개발함

- **기술이전 패키지** : 시스템 구성도(하드웨어, 소프트웨어 구조), 운영 사례 및 성능 검증 결과, 설치·운영 절차 및 필요한 최소 성능규격 등으로 구성함
- **사업모델 제안서** : 공급 방식(직접 도입형/서비스형 등), 지자체·민간·해외사업(초격차 기술 수출)에 적용 가능한 사업모델을 제시함
- **정책·제도 제안서** : 디지털 진단 도입 및 표준화 전략 등 정책·제도 연계방안을 포함함

□ 연구개발 내용

가. 연구대상 및 범위

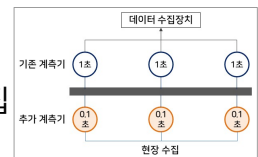
연구대상은 OO광역시상수도의 **관망 내에서 발생하는 압력과 등 주요 현상**(유량변동에 따른 압력변화, 수충격 발생 등)임

연구범위는 이를 기반으로 정량 분석할 수 있는 **상수관망 가상 모델 구축, AI기반 압력과 분석 알고리즘 개발**과 이를 통한 **위치 및 길안내 서비스 시스템 구축**을 포함함

나. 주요 연구내용

1. 데이터 분석 모듈 개발

- 상수관로 내 압력계 및 유량계의 1초 단위 계측 데이터 실시간 수집 환경 구축 (0.1초 데이터는 현장에서 수집)
- 상수관로 제원(직경, 두께 등) 및 경로, 압력계/유량계 설치위치 및 관로와 연결정보를 기반으로 용수계통도를 **자동으로 생성할 수 있는 관로 가상모델(Sensor Map)** 개발
- 자동 생성 계통도를 이용하여 **계측기 ID 매핑 및 망해석을 통한 수충격 발생위치 분석**

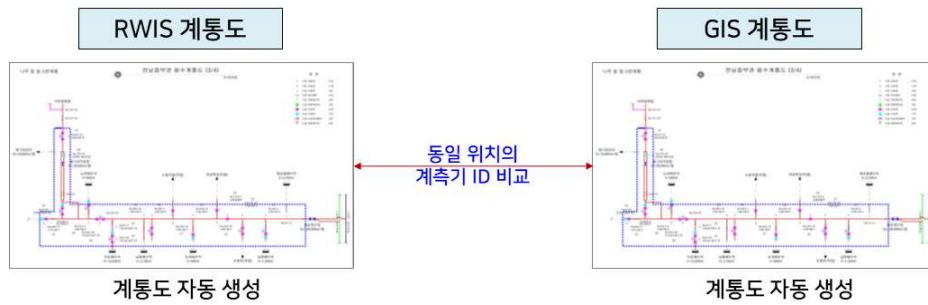


2. AI 데이터 분석 알고리즘 개발 :

- **위치 탐지 정밀도 향상을 위한 시계열 초해상도(Super-Resolution) 모델** : 1초 단위 저해상도 데이터의 물리적 한계를 극복하기 위해, 딥러닝 기반 **업샘플링(Deep-Learning Based Up-sampling)** 기술을 적용하여 데이터 샘플 간의 피크(Peak) 발생 시점을 수학적으로 추론·복원함으로써 시간 분해능을 향상시키는 신호처리 알고리즘 개발
- **오탐지 최소화를 위한 AI-물리 하이브리드 검증 로직** : AI 모델이 가질 수 있는 불확실성을 보완하기 위해, AI가 탐지한 이상 징후를 **물리적 법칙(Joukowski 방정식, 압력과 전파 속도 등)**과 교차 검증하여 물리적으로 불가능한 수치(속도 위배 등)를 필터링하고 최종 알람의 신뢰도를 확보하는 알고리즘 개발

3. 테스트베드 구축 및 실증 (K-water OO정수장)

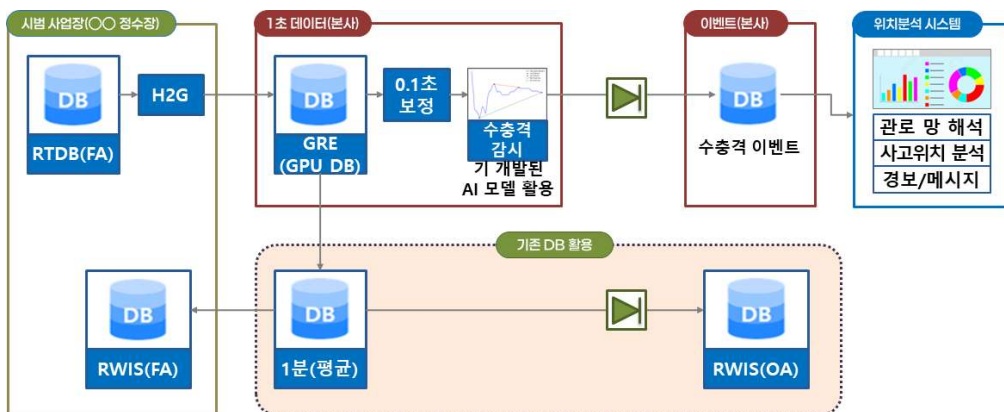
- 테스트베드는 **K-water 정수장에 직접 구축**하며, 구축 전 **1초 데이터 수집 가능 여부** 조사를 통해 대상 정수장을 선정하고, 기존 압력계와 병렬로 0.1초 단위 압력계 설치
- 상수관로 시설제원 및 경로정보, 압력계/유량계 ID 매핑을 통해 **현장 계통과 일치된 관망 가상모델(Sensor Map) 구축**을 수행함



- 테스트베드 실증을 통해 **AI 모델의 정밀도·재현성·실시간성**을 검증하고, 이를 기반으로 **알고리즘 보완 및 성능 고도화**를 수행함
- ※ 실제 정수장 환경에서의 실증을 통해 연구성과의 **신뢰성 및 현장 적용성**을 확보함

4. 통합 운영 시스템(F-VAS) 개발 및 지속 학습

- 1초 데이터 수집 및 수충격 발생 여부 실시간 모니터링 체계 구축



- 수충격 감지시 해당 압력계 ID, 발생시간을 단방향 전송장치를 통해 OA망으로 전송함
- 전송된 압력계 ID를 기준으로 연결된 상수관로를 지리정보시스템(GIS)에서 검색함
- 관로에 설치된 연속 압력계 여부 판정 및 수충격 감지시간 차에 따른 예상위치를 분석
- 지리정보시스템(GIS)에 예상위치(압력계로부터 거리) 표시하고 알람 메시지를 전송함
- 관로사고 예상위치(좌표, 주소 등) 공유를 통한 길안내 서비스를 제공함
- 수충격 감지 직전 1분부터 감지 후 1분까지 압력계 데이터를 별도 보관하여 수충격 AI 분석모델 학습자료로 지속 활용함
- 수집한 1초 데이터를 매 1분 단위로 변환하여 기존 1분 데이터를 대체 사용함 (1분 동안 수집한 60개 데이터의 산술 평균을 구하여 1분 데이터로 제공하고, 1초 데이터는 일정 기간 경과 후 데이터베이스에서 삭제함)

□ 활용방안

본 연구성과는 K-water 내부 및 국내·외 물산업 전반에 다음과 같이 활용 가능함

1. 현장 시범적용 및 운영성과 분석을 통해 개발기술 검증, 실용화 기반 구축
 - 수지상식 관망에서부터 격자망 네트워크 관망까지 광역상수도 전 지사에 적용할 수 있는 수도사고 위치탐지 AI모델을 개발하여 관망관리 기술 고도화에 활용
2. AI정수장 확대와 더불어 AI관망관리 모델 확대에 활용
 - 깨끗한 물을 만들기 위한 AI정수장 글로벌선도모델과 누수사고 등 신속한 위기대응을 위한 AI관망관리 모델을 통합하여 AI정수장+관망관리로 기술 확대

□ 기대효과

- 관로사고 위치탐지 모델 개발
 - 기존 K-water에서 관리하고 있는 계측기(압력계, 유량계) 활용, 간단한 데이터수집방법 변경(분단위→초단위)을 통해 전사 확대가 가능하도록 추진
- Water-Net 탑재를 통한 광역상수도 관로사고 위기대응에 활용
 - 실시간 관망관리를 통해 수충격 감지 및 원인 제거를 통한 관망운영 안정성 향상 도모
 - 사고 발생 즉시 사고위치 탐지를 통한 위기대응으로 초동조치 시간 단축(1시간 이내)
- “인력감시+차량이동 및 육안 확인”에서 AI위치탐지 모델을 이용한 관망감시 체계로 전환
 - 누수사고 발생 인지에서부터, 사고지점 확인까지 인력에 의존하지 않고 AI모델을 이용한 위기대응 체계 고도화 및 위치탐지 자동화

□ 보증목표

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

요구기술	전기화학 기반 공정 연계를 통한 해수담수화 에너지 저감 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	해수담수화
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

- 첨단산업의 공정 안정성 확보를 위해 대규모·고품질 용수가 요구되나 기존 댐·하천 중심 수자원 공급체계는 기상변동에 취약하여 공급 불확실성이 증가하고 있음. 이에 따라 해수담수화, 하·폐수 재이용 등 대체수원 확보 필요성이 지속적으로 확대되는 추세임
- 대산 산업단지 용수 공급을 목적으로 대산 해수담수화 시설이 '25년 1월 준공되었으며, 향후 플랜트 운영 단계에서는 에너지비(전력비), 약품비 등 OPEX가 경쟁력의 핵심 요소로 부각될 것으로 예상됨에 따라, 실증 기반 에너지 저감 기술 확보 필요성이 매우 큼



<대산 해수담수화 플랜트 조감도 및 공정도>

- 역삼투(Reverse osmosis, RO) 기반 해수담수화는 에너지회수장치 적용, 고효율 펌프 도입, 저에너지 막 개발 등 성능이 개선되어왔으나, 고압 운전이 필수적인 구조적 특성상 장치 효율 향상만으로 에너지 저감에 한계가 있으며 공정 구성을 포함한 차세대 절감 전략이 요구됨
- SWRO 대체를 목표로 다양한 공정이 연구되어 왔으나, 정삼투는 드로우 용액 재생과정 에너지·비용 부담이 크고, 막증류는 폐열 연계 없이 경제성 확보가 어렵고, 전기투석은 고염에서 전력소모·스택 부담이 증가하고, 축전식탈염은 고염조건에서 전극 열화·저항 증가 등 한계성이 있어 해수 전량을 단독으로 담수화 하는 데에는 한계가 존재함
- 특히, 전기화학적 처리(전기투석, 역전기투석, 축전식탈염 등)는 SWRO 전단에서 일부 이온농도를 저감하는 전처리로 적용하여 SWRO 운전 압력을 낮추고 막오염 영향을 완화할 수 있으며, BWRO 공정의 대체·보완 공정으로 활용하여 OPEX 절감에 기여할 수 있음
- 이에 따라 대산 해수담수화 시설 및 신규 시설 적용을 위해, 전기화학 기반 공정의 연계 적용을 통한 SWRO 해수담수화 공정의 에너지 저감 기술 확보가 필요함

□ 연구개발의 최종목표

- 전기화학 기반 공정 연계를 통한 SWRO 해수담수화 에너지 저감 기술 개발
 - * 대산 해수담수화 시설(10만m³/d) 에너지 소모는 3.37kWh/m³(TDS 31,160ppm, 13°C 기준) 수준
 - * 과제 제안 시, 개발기술을 대산 해수담수화 시설에 적용하였을 때 예상 에너지 소모를 제시
- 다양한 원수조건(대산 해수, 다중수원 혼합수, 온배수)에서 CAPEX/OPEX 분석을 기반으로 전기화학 기반 공정 연계 해수담수화 에너지 저감 기술 적용 가이드라인 제시

□ 연구개발 내용

- 국내외 기술 현황 조사 및 대상 원수 분석을 통한 전기화학적 처리공정 선정
 - 국내외 전기화학기반 기술 동향 조사 및 적용범위·기술적 리스크 분석 기반 후보 공정 도출
 - 대산 원수 조건(해수, 다중수원 혼합수, 온배수) 수질 특성 및 변동성 분석
 - 공정 연계 시나리오 설계 및 선정기준(목표 성능지표, 평가기준 등) 수립
- 원수조건별 랩/파일럿 스케일 실험을 통한 성능평가
 - 원수조건별 랩스케일 성능검증(염/이온제거 성능, SEC, 저항/전류효율 등) 및 주요 영향인자 도출
 - 공정 통합 관점에서 SWRO 연계 효과 및 BWRO 대체 가능성 평가(운전압 저감, 막오염·스케일 저감, 세정주기 변화, 생산수질 안정성, 시스템 운전 복잡도 등)
 - 대산 현장에 파일럿 시스템을 적용하여 성능검증(장시간 운전안정성, 성능재현성, 내구성 등)
- 경제성 분석을 통한 각 원수조건별 설계·운영 가이드라인 제시
 - 공정 연계 시나리오별 CAPEX/OPEX 산정 모델 구축 및 비용 항목 표준화
 - 원수조건별 경제성 비교 및 민감도 분석을 통한 최적인 도출(도입조건, 경제성 확보 가능 범위)
 - 원수조건별 전기화학공정 연계 해수담수화 시설 설계·운영 가이드라인 제시

□ 활용방안

- 본 연구를 통해 도출된 전기화학기반 공정 연계 방안을 대산 해수담수화 시설에 적용하여 스케일업을 통해 경제성을 검증한 후, 향후 공정 개선(Retrofitting) 추진 시 반영
- 신규 해수담수화 사업 추진 시, 다양한 시나리오(계절·수질 변동, 수원 다변화, 온배수 등)에서 최적 공정 조합을 선택하는 의사결정 도구 및 레퍼런스로 활용 가능함

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
<ul style="list-style-type: none"> □ 글로벌 선도기술 “해수담수화” 분야 신공정을 연계·활용한 에너지 저감 핵심 기술 □ 전기화학기반 공정 연계를 통한 SWRO 해수담수화 에너지 저감 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> □ 대산 해수담수화 본 시설에서 스케일업을 통해 경제성이 검증되면, 향후 공정 개선에 반영 가능 □ 신규 해수담수화 사업 추진 시, 다양한 시나리오별 최적 공정 구성 및 도입 타당성 가이드라인을 표준 모델로 활용 	<ul style="list-style-type: none"> □ 전기화학기반 공정 연계 SWRO 해수담수화 에너지 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 산 페르난도 등)

□ 기대효과

- 대산 해수담수화 시설의 RO 부하를 저감하여 전력비를 절감할 수 있으며, 경제성 평가 기반 최적 공정 구성 및 도입 타당성 가이드라인 제시를 통해 신규 사업 투자·운영비 최적화에 기여
- 기존 해수담수화 공정 대비 전력사용량 및 탄소배출량을 저감함으로써, ESG 경영 및 RE100 이행 요구에 대응하는 해수담수화 저탄소 운영전략 확보 및 친환경 모델 마련

□ 최종성과물

- 다양한 원수 조건에서 랩/파일럿 스케일 시스템성능평가 데이터베이스 구축(연구보고서)
- 원수조건별 전기화학공정 연계 SWRO 해수담수화 최적 설계·운영 방안 제시(가이드라인)
- 전기화학기반 공정 연계 해수담수화 에너지 저감 기술(특허)

□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발비	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	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(소형급 4기) 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

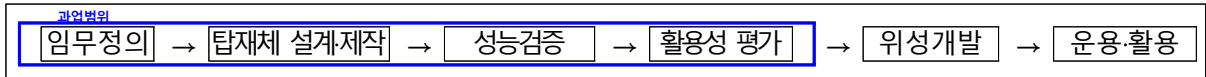
☞ 기후재난 감시를 위한 광학 탑재체 핵심기술 검증을 통해 물관리 정보수집 기반을 강화하고, 위성 영상 품질 향상을 위한 검·보정 기술 확보 및 나노위성 적용 기반 마련에 기여

□ 연구개발의 최종목표

- 기후재난 감시용 SWIR(Short-Wave Infrared) 광학 탑재체 시제품 개발 및 성능 검증
- 항공 기반 관측시험을 통한 성능 검증과 나노위성 탑재를 위한 검·보정 및 활용 방법론 제시

□ 연구개발 내용

- 기후재난 감시 임무정의 및 탑재체 요구사항 도출
 - (임무 분석) 기후재난 감시 시나리오 분석을 통한 지구관측 요구사항 정의
 - (센서 선정) 관측 목표, 파장대역, 공간해상도, 데이터 품질 요구를 반영한 탑재체 센서 사양 도출
- SWIR 광학 탑재체 시제품 설계 및 제작
 - (설계 제작) SWIR* 탑재체 광학계 및 검출기, 신호처리부, COTS*급 시제품 제작 및 기능 검증
 - (플랫폼 I/O) SWIR 탑재체 항공기 실험을 고려한 기계·전기 인터페이스 설계
 - * SWIR(Short-Wave Infrared) 단파 적외선으로 물에 매우 잘 흡수되어 침수흔적 및 토양수분탐지에 활용
 - * COTS(Commercial off-the-shelf, commercially available off-the-shelf) 일반에게 판매 가능한 상용 기성품
- 광학 탑재체 성능검증 및 정량화
 - (탑재체 검증) 감도, 선형성, 분광응답(spectral response) 등 핵심 성능 지표 측정
 - (기초 검·보정) 방사안정도 및 노이즈 특성 분석, 상대 복사보정 및 실험실 기반 검·보정 수행
- 우주급 탑재체 개발을 위한 유효성 검증 및 나노위성 검·보정 및 활용 방안 도출
 - (탑재 시험) UAV 또는 경량 항공기 기반 관측 수행, 실제 관측 기하에서 탑재체 성능평가
 - (대리 교정) 항공 시험 데이터를 활용한 대리 교정(vicarious calibration) 검·보정 전략 제시
 - (활용 방안) 기후재난 감시 적용 가능성 및 산출물 정의 및 위성 탑재체 성능 요구 도출
 - * 탑재체 개발단계 (시제품 개발까지 과업범위 포함), 우주급 탑재체 개발은 별도 추진



□ 활용방안

- (개발) 광학 탑재체 핵심기술 검증을 통한 나노위성 탑재체 기술 기반 확보
- (활용) 항공 관측 기반 기후재난 감시 적용성 검증 및 위성 개발을 위한 기술적 근거 제공

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
<ul style="list-style-type: none"> □ K-water 9대 글로벌선도기술 中 위성 탑재체 핵심 원천기술 □ 수자원분야 위성 탑재체 핵심기술 글로벌 선도기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> □ 소형급으로 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

- 소형위성 표준영상 품질 향상을 위한 검·보정 기술 확보
 - UAV/항공기 관측과 탑재체 시제품 성능 데이터를 활용하여 위성 영상 품질 검·보정 기술 마련
 - K-waterSAT 등 소형위성 관측자료에 적용 가능한 검·보정 기술 확보를 통해 표준영상 생산 기반 마련
- 나노위성 탑재체 성능 데이터 확보 및 기술 리스크 감소
 - 탑재체 시제품 분광특성, 노이즈 특성, 방사 안정도 등 핵심 성능 지표 정량화
 - 항공 시험을 통한 관측 기하 기반 성능 검증으로 향후 우주급 탑재체 개발 시 기술적 불확실성 감소
- 종합적 기대효과
 - (기후테크 기반 강화) 기후재난 감시용 탑재체 기술 검증을 통해 위성 관측기술 기반 마련
 - (경제·산업 파급) 항공위성 연계 검증 경험 축적을 통한 저비용 위성 탑재체 개발 및 운영 역량 강화
 - (글로벌 협력) 독자적 관측 자료 공유를 통한 글로벌 거버넌스 기여, 글로벌 파트너십 활성화

□ 최종성과물

- SWIR 광학 탑재체 시제품 및 성능 검증·항공기 기반 관측 시험 데이터 패키지
- 검·보정 알고리즘·방법론 기술문서 및 나노위성 적용을 위한 탑재체 성능 요구사항 보고서

□ 보증목표


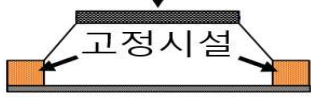
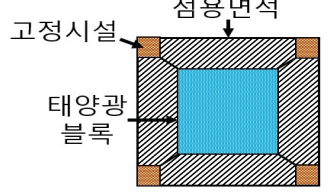
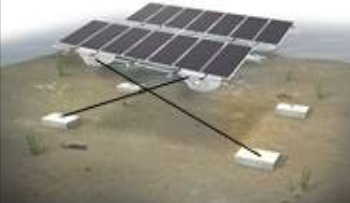
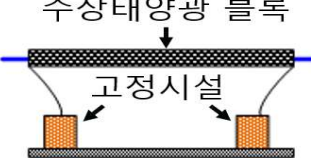
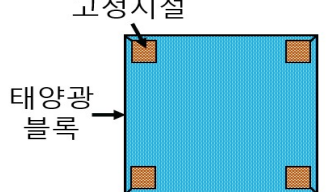
과제 유형	기간	총 연구비	보증목표	비고	
사업화 과제	1차년도	연구 개발비	1.8억	- 특허출원 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 2차년 연구 수행
	2차년도		1.8억	- 특허등록(1차년 특허연계) 1건 - 기술이전협약(2차년 특허연계) 1건	(미달성) 과제종료 및 정산·제재 (달성) 연구성공 및 성과추적
	종료後 2년內	보증목표 달성비	0.4억	- 사업화(기술이전 연계 기술료납부) 1건	(미달성) 과제종료 및 제재 (달성) 목표달성 및 성과추적
	계		4억	- 특허출원 1건, 특허등록 1건, 기술이전협약 1건, 사업화(기술료납부)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

요구기술	고밀도 수상태양광 구현을 위한 신규 계류시스템 개발 및 구조안정성 검증 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	글로벌선도	개발기술 군	수상태양광
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

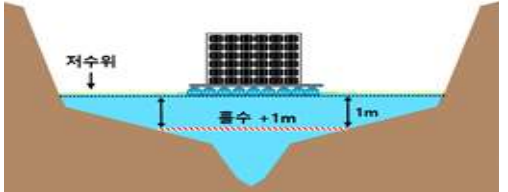
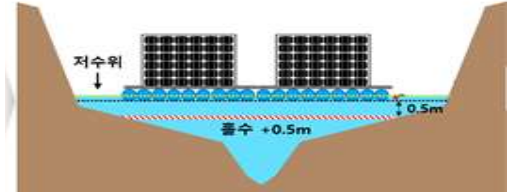
- (정부정책 부응) 2050 탄소중립 및 제11차 전력수급기본계획에 따른 재생에너지 확대 목표 달성을 위해 수상태양광의 설치 용량 확대 및 공간 효율화 기술 확보 필요
- (K-water 목표) 2030년까지 수상태양광 누적 1.2GW 준공(6.5GW 개발) 목표 달성을 위해 개발 용량을 확대 할 수 있는 기술개발 및 안전성 검증 필요
- (新 계류모델 개발) 現 외부 계류방식은 넓은 수면적을 차지하는 구조로 개발목표 달성 한계, 이를 극복하기 위해 내부계류와 같은 고밀도 표준 계류모델 개발 및 검증 필요

《 新 계류모델 개발 구상(안) 》

구 분	조감도	단면도	평면도
기존 (외부계류)			
신규 (외부계류)			



- (여유수심 완화) 現 기준상 수상태양광은 댐 저수위 기준 여유수심 1m를 확보하여 설치하여야 하나, 여유수심을 0.5m로 완화할 경우 설치면적 증가, 이를 위한 구조적 안전성 분석·검증 필요

《 여유수심 완화 개념 》

구 분	기존	변경
개념도		

- (동서형 태양광) 기존 정남향 모듈배치 방식을 동서향 방향으로 변경할 경우 동일면적 대비 22~40% 설치 가능용량 확대 가능하나, 실용화를 위한 발전량 및 경제성 분석 필요

《 여유수심 완화 개념 》

구 분	기존 (정남향)	변경 (동서향)
사 진		

□ 연구개발의 최종목표

- 좁은 댐 수면에도 설치가 가능한 K-water형 고밀도 수상태양광의 표준 계류모델 개발
- 수치, 수리모델 시험 및 간이 실증(축소 모형 등)을 통한 구조 안전성 검증
- 고밀도 배치 및 동서형 적용에 따른 발전량, LCOE 분석을 통한 사업화 타당성 확보
- 특허출원, 표준설계서 작성, 기술이전 등으로 연계 가능한 사업화 기반 마련

□ 최종성과물

- (연구결과 보고서) 신규 계류시스템 설계 및 구조 안정성 검증 보고서, 수리모형 시험 결과 보고서, 여유수심 완화 기술 검증 보고서, 동서형 태양광 발전량 및 경제성 분석 보고서
- (설계 및 기술자료) 고밀도 수상태양광 표준 계류 설계서, 표준 배치 설계도, 구조 해석 모델
- (실증 및 시험자료) 시험 데이터, 시험 영상 등
- (사업화 성과물) 신규 계류시스템 특허, 기술설명서기술이전 자료, 사업화 적용 가이드라인(매뉴얼 등)

□ 연구개발 내용

- **(新 계류시스템 개발)** 기존 외부계류 대비 수면적 활용을 극대화 할 수 있는 신 계류시스템 개발, 구조적 안정성 검증을 위한 3D 시뮬레이션 및 수리 모형 시험 수행
 - (동적 해석) 댐 수면의 극한 기상 조건(설계풍속, 파고 등)을 반영한 유체-구조 해석을 통해 신규 계류 시스템의 구조적 취약점 분석 및 보완
 - (성능 예측) 신규 계류 시스템 적용 시 부유체의 거동 및 계류선 장력 분포를 시뮬레이션 하여 기존 방식 대비 안전율(Safety Factor) 사전 검증
 - (모형 실험) 상사 법칙을 적용한 축소 모형을 제작하여 조파 수조에서 실제 파랑 및 유속 조건 하의 신규 계류 시스템 거동 및 파단 임계점 실증 계측
- **(여유수심 완화)** 수심완화(흘수+1m → 흘수+0.5m) 시 수상태양광 구조적 안정성 검증
 - (동적 해석) 저수위 시 파랑과 파고의 변화에 따른 유체-구조 해석을 통한 구조적 안정성 검증
- **(동서형 태양광)** 기존 정남향 배치 대비 동서향 모듈 배치에 따른 수상태양광 발전량 예측 및 경제성(LCOE) 분석
 - 동서형 배치의 실제 발전량 시뮬레이션 및 기존 남향 배치 대비 초기 투자비(CAPEX)·유지관리비(OPEX) 분석을 통한 사업 타당성 검증

□ 활용방안

○ 수면적 효율적 이용을 위한 수상태양광 신규 계류시스템 검증에 활용

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
□ 물특화사업-⑤의 기후위기 대응 대표 솔루션, 친환경 수상태양광 확대中 수상태양광 유지관리 기술 개발	□ 계류방식 변경 및 동서형 태양광 발전방식은 K-water 신규 수상 태양광 사업에 적용 가능	□ 설치면적 확보에 어려움을 겪는 국내외 수상태양광 사업에 적용을 통해 사업 확대 가능

□ 기대효과

- 국내 수상태양광 계류 기술을 단순 '위치 고정' 수준에서 '공간 효율화' 단계로 도약
- 과학적 분석을 통한 수심완화 근거 마련으로 수상태양광 환경성평가 협의지침 개정
- 동서형 태양광의 도입으로 설치 용량 22~40% 확대를 통한 재생에너지 보급 목표 실현

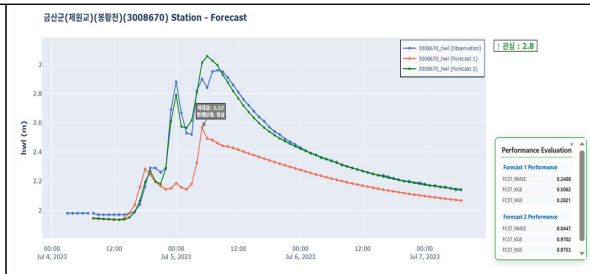
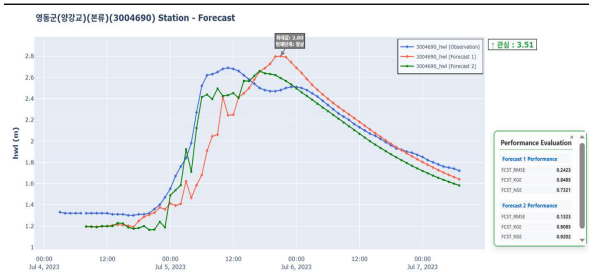
□ 보증목표

과제 유형	기간	총 연구비		보증목표	비 고
사업화 과제	1차년도	연구 개발비	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	홍수예측 신뢰도 향상을 위한 AI기반 고해상도 단기(~3일) 시간단위 강우예측기술 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	미래기술	개발기술 군	기후대응
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

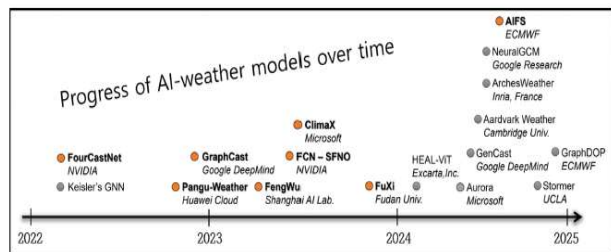
- (정부정책) 정부 5대 국정목표 중 “국정목표 04: 기본이 튼튼한 사회” - “전략 1: 생명과 안전이 우선인 사회 - 73. 재난 피해 최소화를 위한 예배·대응 강화”를 통해 홍수·가뭄·산불 등 자연재난과 대형 사회재난으로부터의 예방대책 및 대응체계 강화를 위해 노력 중
 - 특히, 홍수·가뭄 예방대책 마련을 위해 AI 기반 홍수예보 체계 강화를 위해 노력 중
- (현황 및 문제점) 최근 금강유역 AI 홍수분석모델의 개발을 통한 성능평가지 기상예측자료의 낮은 공간해상도와 예측 신뢰성으로 인해 홍수예측의 어려움 발생
 - * (공간범위) 용담댐~대청댐사이 유역, (분석기간) '23.7.4 08 시~'23.7.7 07 시 (72 시간)
 - (총 예측강우) 50mm, (총 실측강우) 30~135mm 로 관측소별로 상이



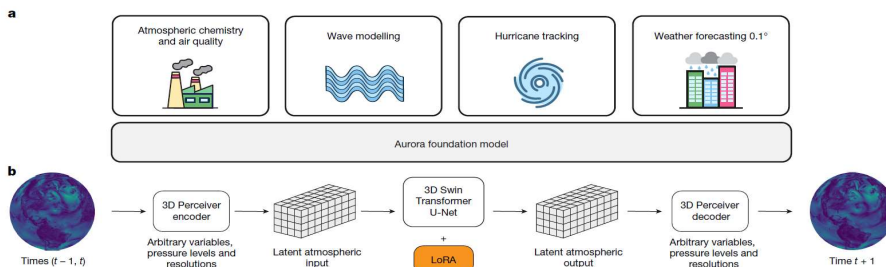
(본류) 영동군(양강교) 수위관측소
 - (예측강우이용시 예측수위성능) NSE=0.73, RMSE=0.24
 - (관측강우이용시 예측수위성능) NSE=0.92, RMSE=0.13

(지류) 금산군(제원교) 수위관측소
 - (예측강우이용시 예측수위성능) NSE=0.28, RMSE=0.24
 - (관측강우이용시 예측수위성능) NSE=0.98, RMSE=0.04

- (AI를 활용한 기상예측) 최근 Google(GraphCast, GenCast), NVIDIA(FourCastNet 3), Microsoft (Aurora) 등에서 기존 수치해석을 통한 기상예측의 한계를 극복하기 위해 AI를 활용한 기상예측모델을 개발 중이며, AI 모델의 성능이 더 우수함을 증명하고 있음



- (기술의 한계) 하지만 여전히 낮은 공간해상도(약 25km)와 시간해상도(약 1day 또는 6시간 등)으로 홍수예측 실무에 적용할 수 있는 신뢰성있는 관측소지점별 예측공간 해상도와 1시간단위 시간 해상도를 통한 신뢰성 있는 강우예측 기술부재
- 마이크로 소프트는 오픈소스 기반의 기상예측모델(Aurora)를 개발하였으며, 캠브리지대학 등과 협업을 통해 지속적으로 다양한 기상현상에 대한 성능검증과 향상을 위해 연구 중



⇒ 따라서, 신뢰성있는 홍수예측을 위해 강우관측소별 단기 (3일, 72시간) 시간단위 신뢰성 있는 강우예측기술 개발 필요

□ 연구개발의 최종목표

- AI를 활용한 강우관측소별 단기(~3 일) 시간단위 강우예측 및 검증기술 개발

□ 최종성과물

- (데이터셋) AI 기반 강우예측모델 개발시 사용된 데이터에 대한 벤치마크 데이터셋 구축
 - * 글로벌 파운데이션 모델의 잠재 변수와 실측 강우 데이터가 매핑된 고정밀 학습용 데이터셋
 - * 향후 다양한 AI 기상예측모델의 학습자료 및 성능검증을 위한 자료로 활용
- (시스템) 남한내 강우관측지점별 72 시간 강우예측기술 시스템 개발
 - (기상예측모델) AI를 활용해 기상예측이 가능한 AI 학습 및 예측 코드와 AI 모델
 - (MLOps 시스템) 개발된 AI 모델의 재학습, 예측, 성능평가가 가능한 MLOps 체계
 - (인프라) 개발된 MLOps 시스템의 시범운영이 가능한 클라우드 인프라
- (시스템설계) 개발된 시스템을 향후 사내 디지털 가람+에 탑재하기 위한 시스템 설계
- (특허) AI를 활용한 강우관측소별 단기(~3 일) 시간단위 강우예측 및 검증기술 개발

□ 연구개발 내용

- (연구대상) 한반도 남한지역
- (범위) 전체 강우관측소의 3 일 시간단위 기상예측자료 생성
- (방법) ① AI 기반 최적 기상예측모델의 선정(Aurora, GraphCast, GenCast, Fuxi, FourCastNet 3 등)
 - ② 고해상도 학습 데이터 수집 및 전처리
 - ③ AI 모델의 학습을 위한 클라우드 인프라(AWS, GCP, KISTI 등) 선정 및 검증 환경 구축
 - ④ AI 모델과 연계한 수치예보모델 기반 기준(baseline) 시스템 구축
 - ⑤ AI 기반 관측소 지점별 디코더 모델 개발
 - ⑥ AI 모델의 MLOps 체계 구축 (모델의 성능저하시 재학습 프로세스 확립)
 - * 개발 및 재학습에 대한 성능평가 기준 및 운영에 대한 가이드 제시 필요
 - ⑦ 개발된 AI 모델의 사내운영을 위한 시스템 설계
 - * 재학습 및 예측을 위한 적정 프로세스, 적정 GPU 수량 등을 고려한 시스템 설계

□ 활용방안

- COSFIM 댐유입량 및 AI 모델의 댐하류 하천수위예측을 위한 입력자료로 활용
- 디지털가람+에 탑재를 통해 K-water의 AI 기반 기상예측 특화기술로 활용
 - ☞ 향후 미국, 일본, 사우디 등 디지털 물관리사업에 필요시 적용

□ 기대효과

- (안전) 홍수기 기상예측의 신뢰도 향상을 통해 댐운영 및 방류량 의사결정의 신뢰도 향상
- (인공지능) 전세계 빅테크 기업의 최신 AI를 활용한 기상예측기술의 활용을 통해 물관리분야 AI 활용기술의 선도 및 다양한 해외사업 등에 활용

□ 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	자연소재 기반 수자원 시설 축조 지반 재료의 성능 개량 기술				
과제유형	사업화과제	개발분야	미래기술	개발기술 군	기후대응
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

○ 수자원시설 노후화 및 기후위기 가속화로 인한 댐 안전 관련 재난 리스크 증가

- 국내 수자원시설의 상당수는 지반재료로 축조된 필댐(Fill Dam)으로 준공 후 30년 이상 경과한 노후 시설이며 제체의 성능 저하, 누수 등 대형 재난 발생 리스크 증가 중
- 따라서 기존 댐 시설의 보수·보강, 신규 시설의 건설과 같이 기후 재난에 대응하는 예방적·선제적 대책 마련이 시급함

○ 필댐, 제방 등 지반재료 축조 기반 수자원시설 건설 시 이상적 재료 수급의 한계

- 국내 댐, 하천제방 인근에서 채취 가능한 주요 지반재료는 세립분이 부족한 사질토 성분으로 차수성능(투수계수), 점착력 등 수자원시설에 필요한 역학적 성능을 확보가 어려움
- 심벽부 등 댐 축조 시 재료의 차수성 확보를 위해서는 세립분 함량이 높은 양질의 점토가 요구되나 국내 지질 특성, 환경 규제 등으로 인해 채취와 수급이 매우 어려움
- ※ 최근 ○○댐 건설 시 심벽재료 부족으로 설계변경이 검토된 바 있으며, 최종적으로 원거리에서 대량의 지반재료 구입, 운송으로 건설비용 증가 사례 발생
- 필댐 건설, 누수 보강 등에 시멘트 계열 재료도 대안적으로 사용되나 높은 pH로 인한 수질 오염 및 생태계 교란 등 환경적 위험성이 높음. 따라서 댐 축조 및 보강 시 점성토 수요를 대체할 수 있는 새로운 지반재료 기술 개발이 필수적임

○ 바이오 소재 기반의 현장 지반재료 성능 개량 기술

- 최근 바이오폴리머 흙 처리(BPST)와 같이 자연 유래 바이오 소재를 활용한 지반재료의 차수성, 강도 등 성능개량 기술이 개발되어 실용화가 시도되고 있음
- 신규 댐 건설 및 보수 현장의 굴착토는 세립분 함량 부족으로 활용 범위가 제한되나, 신기술을 활용해 성능 개량 시 경제적이고 효율적인 문제 해결 방안으로 활용 가능
- 현장 사질토 재료에 외부에서 제조한 친환경 바이오폴리머 혼합 시, 시공성과 성능이 우수한 건설재료로 활용할 수 있으며, 지반 내에서 점탄성을 가진 겔이 형성되어 다양한 하중 조건에 대한 우수한 저항성까지 확보하고, 재료비, 운반비 절감 등 경제성 향상을 기대할 수 있음



자연소재 기반 수자원시설 축조 지반 재료의 성능 개량 기술 개요

□ 연구개발의 최종목표

- 친환경 자연소재 기반 수자원시설 축조 지반재료의 공학적 성능개량 기술 개발
 - 수자원·하천시설 축조용 비소성 지반재료의 자연소재 기반 맞춤형 성능개량 기술 정립
 - 친환경/고성능 배합 설계 최적화(강도 증진, 차수성능 확보를 위한 최적 배합비 도출)
 - 바이오폴리머(BP) 배합 축조재료의 다짐공법 최적화 및 현장 적용 가이드라인 제시
- 성능 목표
 - 투수성 감소 및 차수성능 개선: 세립토 투수계수 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하 또는 1/100 감소
 - 내침식성: 기존 토양 대비 내침식성(임계전단응력) 2배 이상 증진
 - 친환경성: 중성(pH 6.5~8.0) 확보 및 유해 물질 불검출

□ 최종성과물

- 핵심기술: 수자원시설 축조재료 요구 성능에 적합한 BP-토양 최적 배합비, 개량성능 검증 (차수/내구) 및 현장 실증 결과
- 지식재산권(특허): 바이오폴리머 기반 수자원시설 축조용 비소성 지반재료 성능 개량 기술 특허 출원/등록
- 매뉴얼: 현장 발생 지반재료와 바이오폴리머 배합 절차, 수자원시설 적용 설계·시공 가이드라인, 시공 표준 공정 및 시공 후 유지관리 등의 실무 매뉴얼 등

□ 연구개발 내용

- 수자원시설 축조재료 맞춤형 친환경 바이오폴리머(BP) 하이드로겔 소재 개발 및 최적화
 - 합성 기술 개발: 천연 BP와 가교제(Cross-linker)의 반응 메커니즘을 제어하여, 수중 분리 저항성을 갖고 현장 양생 시간 조절이 가능한 최적의 하이드로겔 합성 레시피 도출
 - 차수 성능 향상 배합비 도출: 수자원시설 축조 지반재료의 입도 및 역학적 특성을 분석하고, 부족한 세립분을 하이드로겔로 대체하여 목표 투수계수(10^{-5} cm/s 이하 또는 혼합 전 비교 1/100 이상 감소) 및 점착력을 확보하는 최적 혼합 비율 산정
- 역학적 성능 및 장기 내구성 검증(실내 실험)
 - 수리/역학적 거동 평가: 실내 실험을 통해 차수성(투수계수) 및 강도(압축 및 전단강도) 개량 효과 정량적 검증
 - 장기 내구성(내침식성) 및 환경 안정성 평가: 침식성능평가를 통해 유속에 대한 내침식성을 검증하고, 실제 댐 축조 및 운영 환경에서 장기적인 구조적 안정성(침식)과 생태 안전성(용출시험, pH, 어독성 등) 검증
- 현장 적용 가능한 시공 기술 정립: Test-bed 현장 실증 및 실용화
 - 현장 맞춤형 혼합 및 다짐 시공 프로세스 정립: 하이드로겔과 현장 지반재료의 균일한 혼합을 위한 교반 설비 및 다짐시공 공정 표준화, 시공 단계별 품질 관리 기준 수립
 - 테스트베드 구축 및 시공 메뉴얼 완성: 실제 노후 저수지 또는 실대형 실험 현장에 시범 적용하여 시공성 및 차수 효과를 현장 계측(모니터링)으로 검증하고, 실무자가 바로 활용이 가능한 설계 및 시공 가이드라인 및 메뉴얼 작성

□ 활용방안

- 수자원시설 건설 현장 인근에서 채취되는 하상 재료 또는 현장 발생 지반재료의 성능과 내구성을 향상시켜 사용하는 업사이클링형 지반 보강 기술을 확립하여, 기후위기대응 K-water의 댐 설계·시공기술의 친환경성과 신뢰성을 향상시키고, 기존 노후 댐 시설의 안전성 향상을 위한 핵심 기술로 활용
- 댐, 저수지, 하천제방 등 지반성토 물인프라의 친환경 물인프라 건설기술 표준을 주도하고 글로벌 기후위기 대응 대표 건설기술로 활용

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
□ 자연소재 기반 수자원 시설 축조 지반 재료의 성능 개량 기술	<ul style="list-style-type: none"> □ 기후대응댐 건설 시 경제성과 친환경성·고내구성을 확보하는 건설재료기술로 활용 □ 노후댐 보수, 하천제방, 농업용 저수지 등의 보수·보강재료 핵심 기술 □ 정부 탄소중립 및 ESG 경영을 위한 '친환경 댐 보수 표준 시방서' 및 '순환자재 활용 가이드라인'수립 근거로 활용 	<ul style="list-style-type: none"> □ (국내) 30년 이상 경과된 수자원시설(댐, 하천), 농업용 저수지 보강 사업에 저탄소/친환경/고내구성 재료 공법으로 확대 적용 □ (해외) 양질의 점토 확보가 어렵고 시멘트 운송이 힘든 해외 신규 댐 건설사업 시장 진출

□ 기대효과

- **기술적 측면: 기술 확산 및 수준 향상**
 - 현장 토양을 활용한 업사이클링 기술을 표준화 하여, 차수 성능과 구조적 안정성을 동시에 확보하는 원천 기술 확립
 - 기존 시멘트/화학 중심의 수자원시설 보수·보강 지반재료를 친환경 바이오 신소재로 전환하여 건설 기술의 한계 극복
- **경제적 측면: 비용 절감 및 시장 창출**
 - 외부 자재 반입 없이 100% 현장 유용토를 재활용하여, 기존 공법 대비 시공비용 절감.
 - 재료 수급이 어려운 동남아 등 개발도상국의 건설 시장에 '자재 현지 조달형' 특화 기술로 수출 경쟁력 확보
- **사회/환경적 측면: 탄소중립 및 안정성 확보**
 - 시멘트 사용 절감을 통한 탄소 배출 제로화 및 환경 오염 방지
 - 기후 변화에 취약한 노후 저수지 붕괴를 선제적으로 예방하여 국가 물 안보 신뢰도 제고

□ 보증목표

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

요구기술	태양광 발전설비 자율 진단기술 연구 개발				
과제유형	사업화과제	개발분야	현안·고유	개발기술 군	물에너지
총 연구기간	2년 이내	총 연구개발비	4억원 이내	보증목표	사업화 등

□ 연구개발의 필요성

◆ 정부정책 선도를 위한 태양광 개발확대(진단대상 ↑)와 함께 사고·고장이 증가(기술지원 요청 ↑) 추세지만 現 진단체계로 모든 수요 적기 대응 한계 → 高위험 低효율 운영 지속

구 분	내 용	비 고
태양광 개발계획	• ('25.1)214MW, 84개소 → ('30년) 592MW, 121개소	사고(화재)·고장(발전 ↓) 증가
태양광 진단체계	• 현장 직접 진단(제약사항多, 연 2~3개소 수행에 불과)	'25년기준 진단·지원수요(11개소)

- (사고·고장) 노후화(10년이상 35%)로 취약구간(모듈~접속반) 고장(발전효율 ↓) 및 화재사고 지속 발생 - 특히 화재사고는 막대한 재산 및 인명 피해로 확대될 수 있으며 국내 전체 화재사고*도 지속 증가

취 약 구 간	최근 K-water 태양광 화재 사고 사례

* (국내) 최근 4년간 화재사고 지속 증가('21년) 62건 → ('22년) 69건 → ('23년) 81건 → ('24년) 99건, 재산피해 44억)

- (진단현황) 취약구간 중 모듈 결함·절연성능 판정을 위한 진단을 현장 직접 수행 중으로 최근 4년간 16개소 진단결과 고장 1,039건 도출, 설비 개선 후 발전량 연 2.6GWh ↑ (3.9억원 ↑/연)
- (문 제 점) 전력설비 직접 노출 등 안전사고(감전) 위험이 높고 진단 중 인버터 정지로 발전손실 발생, 또한 현재 진단대상은 모듈에 한정되어 접속반은 진단사각에 위치(화재취약)

안전사고 위험 	발전손실(인버터 OFF) 	진단사각(접속반) 	장기간소요(기상, 인력 등)
--------------------	--------------------------	----------------------	----------------------------

▶ 취약구간의 사고·발전감소 위험요소를 실시간 검출하고 적기 제거토록 “자율 진단기술 연구 개발” 필요

□ 연구개발의 최종목표

- (정성) 상시 자율 진단시스템 구축 → 취약구간내 화재·발전감소 위험요소 완전 제거 합리적 리퍼워링 의사결정
- (정량) 발전효율 3% 향상, 진단항목 14개 이상, 진단정확도 90% 이상, 진단·점검 비용 50% 이상 절감

진 단 항 목				진 단 정 확 도
모듈(I-V진단)	모듈(절연진단)	접속반(절연진단)	전 체	
계단식, 낮은 단락전류, MPP증가, PID, 낮은 개방전압, MPP감소 등 10개	단일누전 다중누전	아크검출	상태평가	≥ 90% (공인기관 검증)

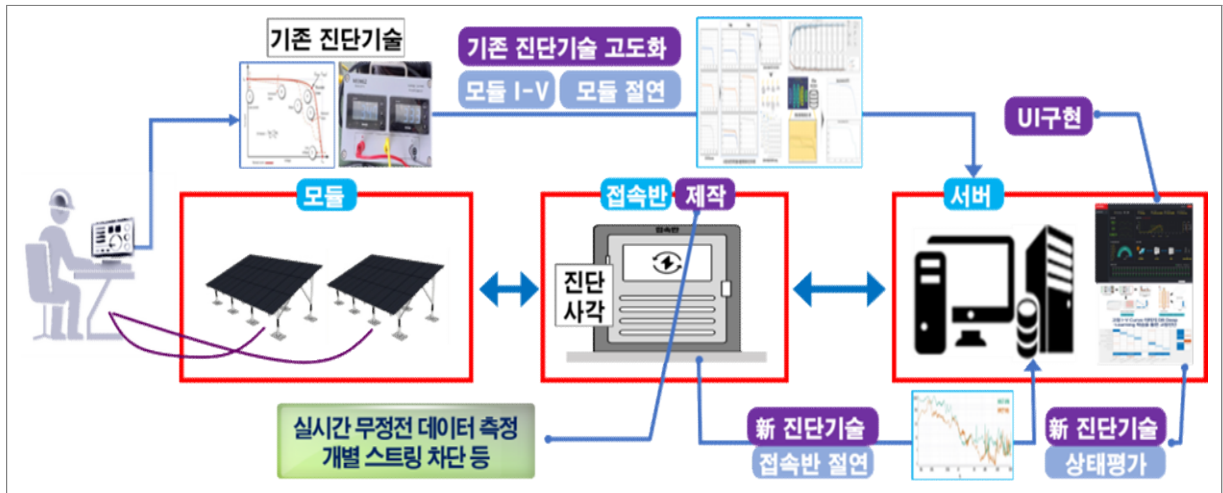
□ 최종성과물

- 취약구간내 모듈(스트링단위)의 전위값·I-V·P-V 커브, 접속반 노이즈 주파수와 환경데이터 등을 실시간 분석하여 위험요소 검출·선택차단을 수행하고 상태평가(리파워링 의사결정 지원)를 수행하는 표준 자율진단 모델 및 최적 시스템 구성·운영관리 방안, 원가 절감방안 도출

□ 연구개발 내용

- (연구방향) 기존 진단기술(모듈 I-V·절연성능 진단) 고도화+新 진단기술(접속반 아크검출, 리파워링 상태평가) 개발

기존 진단기술 고도화		新 진단기술 개발		기 타	
①모듈 I-V	②모듈 절연	③접속반 절연	④상태평가	⑤UI 구현	⑥기자재제작
패턴분석 세분화 ↓,4→10개 이상	누전판정 위치검출 누전회로 선택차단	노이즈 주파수 분석 ↓,아크 검출	기술성 평가, 발전효율·재무분석	차단명령 알람정보 등	접속반(특화형) 모듈더미 등
고장검출	화재예방	화재예방	리파워링결정	사고·발전손실 ↓, 상시 진단	



- (연구절차) 파일럿테스트(12개월) → 현장 실증(12개월)
 - (파일럿테스트) 모듈더미, 접속반·아크 시험설비 시작품 제작 후 결합유형별 시험(고장조건 직접 인가를 통한 진단모델 튜닝)으로 오탐지 사례 피드백, 진단모델 보완·개선 → 분석결과 신뢰성 확보
 - (현장 실증) 노후 육상(태) 1개소 선정 후 진단·UI 표준모델* 구현 및 실무 적용·사업화방안 도출
 - * 현장 실증으로 도출된 진단·UI 표준모델의 별도 커스터마이징 없이 전체 사업장 일괄 적용 가능

○ 연구항목별 세부내용

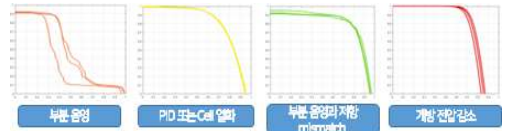
① 모듈 I-V 진단 고도화

- (연구목표) 모듈 I-V 고장패턴 분석유형 세분화 : (기존) 4개 → (고도화) 10개이상

구 분	기 존		고 도 화				
I-V분석 유형	4개		10개 이상				
	계단식	낮은 단락전류	계단식	낮은 단락전류	MPP증가	PID	단선
	Knee	낮은 개방전압	Knee	낮은 개방전압	MPP감소	미스매치	퓨즈

- 연구방법

- (데이터수집) 전압,전류,출력 등 모듈 운영데이터와 제작연도, 환경인자(온도, 습도, 일사량 등), 기존 진단데이터 등 연구에 필요한 모든 주요 데이터 수집



[고장유형별 I-V 예시]

- (파일럿테스트) 모듈더미 · 진단특화형 접속반(기자재 제품)을 활용, 고장조건 인가 후 세부 유형별 I-V 데이터 수집 · DB화 및 오탐지 사례 피드백 · 보완으로 기존 I-V 분석모델 고도화 구현

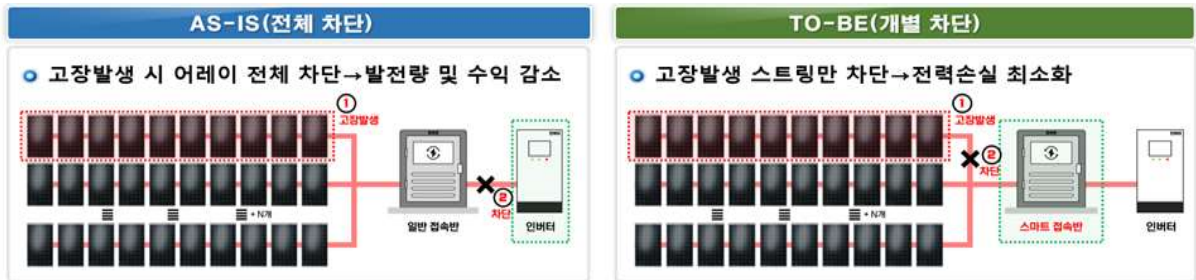
② 모듈 절연진단 고도화

- (연구목표) 모듈의 다중누전까지 판정 및 위치검출, 누전 발생 스트링 선택차단 구현

구 분	기 존	고 도 화
누전범위	스트링별 1개지점(단일누전)	스트링별 2개지점이상(다중누전)
누전위치/누전차단	미검출/미차단	검출/차단(스트링단위)

- 연구방법

- 기존 절연상태 판정(누전판정) 이론을 기반으로 파일럿테스트를 통해 환경 조건별 누전 조건 인가 후 판정 정확도 확보를 위해 오탐지된 사례를 피드백 · 보완하여 절연진단 모델 구현
- 모듈더미 · 진단특화형 접속반(기자재 제품)을 활용, 접속반 내부에서 절연성능(스트링별 +, - 전위값) · 환경데이터 측정, 이외 누전발생 스트링 선택차단(사고예방 및 피해 확산방지) 확인

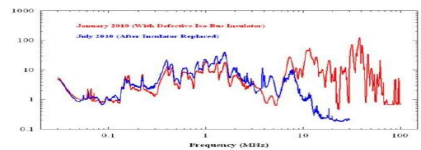


③ 접속반 절연진단 신규개발

- (연구목표) 접속반 아크 발생 시 노이즈 고유주파수 분석 및 아크판정 진단모델 연구개발

- 연구방법

- 진단특화형 접속반 · 아크시험설비(기자재 제품)를 활용, 아크 발생 시 생성되는 노이즈 신호의 특정 주파수 대역을 분석하여 아크를 판정하는 진단모델 연구 개발



[고주파 분석 예시]

④ 상태평가 신규개발

- (연구목표) 진단결과 기반 발전효율 분석 및 리파워링 타당성 평가모델 연구개발

- 연구방법

- 모듈 I-V진단, 절연성능 진단을 통해 운영 중인 태양광 사업의 잔여기간(20년-사용연수) 발전효율 저하에 따른 예상 누적 발전손실량 및 손실액 도출
- 진단결과 기반 기술성 평가를 통한 등급 판정(재활용 여부) 및 재무성 분석 수행으로 리파워링 사업 타당성 판정 위한 분석모델 연구 개발

⑤ **UI구현**^{기타}

- 실시간 자율진단 결과 등을 시각적으로 편리하게 확인하고 이벤트 발생 시 담당자에게 정보 전달, 차단명령 전송 등을 수행할 수 있도록 개발 (신속한 정보 습득 및 활용성 제고)

⑥ **기자재 제작 및 구매**^{기타}

- 연구 수행 시 파일럿테스트 및 현장 실증을 위한 기자재 제작 및 구매 시행

진단특화형 접속반	모듈더미	아크 시험설비	서버
2개(5kW 2CH) 채널로 구성 무정전 1-V · 전위값 측정(스트링단위) 스트링별 개별 차단기능 등	2개(5kW 2CH) 채널로 구성 	아크발생기 고주파센서 신호변환기로 구성	진단모델 구동 니표출 등

□ **활용방안**

- 대내외 쉐 태양광 발전소에 구축이 가능하며 상시 자율진단을 통한 설비 최적 운영관리에 활용

기술개요	활용방안	사업(국내·외) 확장성
□ 물특화사업-②의 “물에너지 디지털 관리 추진” 과제 中 “태양광 설비 스마트 진단기술 개발”에 해당 ↳ 재생E 중심 사회 전환 실현 위한 핵심기술	□ 태양광 발전설비 취약구간의 진단 결과를 운영자 관점에서 실시간으로 알기 쉽게 제공하여 효율적·과학적 운영 및 유지관리에 활용	□ 태양광 설비 표준 진단모델 개발을 통한 전체 자율 진단시스템 패키지화로 □ K-water 보유 태양광 뿐만 아니라 국내외 태양광 설비로 확대 구축 가능

□ **기대효과 “현장중심 진단 실시간 전환으로 효율을 극대화하고 보다 안정적으로 재생에너지 생산”**

- 유형적 효과 “ 25.1 설치용량(87MW) 기준 자율 진단시스템 구축 시 연 594백만원 절감 ”
 - 단순반복 점검정비 항목 대체(연 0.5억원 ↓), 화재사고 적기 예방으로 유지보수 비용 및 발전손실 저감(연 2.8억원 ↓), 신속한 유지보수 등 연 효율 3% 증가(연 7.2억원 ↑)
- 무형적 효과
 - 진단체계 전환으로 인명·설비사고 예방(감전, 화재), 표준기술로 자리매김 시 **경제성 향상 및 신규 개발·관련산업 활성화**, 상시 고성능 유지로 **재무건전성 향상 및 정부평가 목표달성** 기여

□ **보증목표**

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

2. K-water 개발기술 群 [예시]

2. K-water 개발기술 群 (예시)

- 아래 세부 개발기술은 기존에 개발을 진행 중이거나 개발 예정인 기술로, 각 개발기술 群에 해당하는 기술 현황을 참고하여 제안 필요

개발 분야	개발기술 群	세부 개발기술 (예시)
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
		AI, ICT 기반 분산형 용수공급시설 원격 무인운영 기술
	SWNM	상수도 관망 인프라 리스크 및 회복탄력성 평가·활용 기술 개발
		광역상수도 갱생관로 상태변화 조사·평가기술
		지방상수도 스마트 관진단 장비개발 기술
글로벌 선도 기술	해수담수화	디지털 기반 해수담수화 플랜트 운영 최적화 기술
		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 群	세부 개발기술 (예시)
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	수원 확보	지하수변동 원인분석 기술
		하천수위 변동에 따른 지하수 영향분석 기술
		지하수 오염 우려지역의 해수영향 시각화를 위한 전기비저항 모니터링 기술
	침단용수	폐수 무방류를 위한 에너지, AI 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		