18RDPP-C1
50513-01

AI기반 자율운영 수리구조물 개발기획 최종보고서

2019

국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부

보안 과제( ), 일반 과제(√) / 공개(√), 비공개( ) 발간등록번호(979-11-969995-2-0)
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D/18RDPP-C150513-01

AI기반 자율운영 수리구조물 개발기획 최종보고서

2020. 2. 28.

주관연구기관 / 성균관대학교 산학협력단
공동연구기관 / 한국건설기술연구원
㈜날리지웍스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 (국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'AI기반 자율운영 수리구조물 개발기획'(연구개발 기간 : 2018.12.05 ~ 2019.12.04) 과제의 최종보고서 8부를 제출합니다.

2020. 4. 24.

주관연구기관명 : 성균관대학교 산학협력단 추현승 (직인)

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원 한승헌 (직인)

㈜날리지웍스 이재희 (직인)

주관연구기관책임자: 전경수
공동연구기관책임자: 김 원
손창수

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	8RDPP-C150513-01	해당 단계 연구 기간	2018-12-05 ~2019-12-04	단계구분	1/1
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	AI기반 자율운영 수리구조물 개발기획			
연구책임자	전경수	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 0명	해당단계 연구비	정부:143,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:143,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 0명	총 연구비	정부:143,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:143,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	성균관대학교 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호			1								

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

※ 해당사항 없음

요약	보고서 면수
◦ 하류, 하구역 감조하천의 수자원 확보, 수재해 대응 및 기수역 확보를 가능하게 하는 하굿둑의 개발, 빅데이터기반 연계 운영 기술, 장수명화 유지관리 기술 등으로 구성된 패키지형 하굿둑 운영·관리 시스템의 개발에 대한 연구사업의 성과를 극대화할 수 있도록, 해당 분야의 기술을 선도할 수 있는 독자적이고 실용화 가능성이 높은 연구과제를 도출하여 연구사업 공모에 활용할 수 있도록 함 ◦ 도출된 과제에 대한 연구목표, 연구개발 내용 및 추진전략, 추진일정, 평가방안 및 연구성과물 도출계획을 구체화하여, 연구사업의 성과를 극대화할 수 있는 기술개발 로드맵을 제공함	347

요약문

연구의 목적 및 내용	• 하류, 하구역 감조하천의 수자원 확보, 수재해 대응 및 기수역 확보를 가능하게 하는 하굿둑의 개발, 빅데이터기반 연계 운영 기술, 장수명화 유지관리 기술 등으로 구성된 패키지형 하굿둑 운영 · 관리 시스템의 개발에 대한 연구사업의 성과를 극대화할 수 있도록, 해당 분야의 기술을 선도할 수 있는 독자적이고 실용화 가능성이 높은 연구과제를 도출하여 연구사업 공모에 활용할 수 있도록 한다. • 도출된 과제에 대한 연구목표, 연구개발 내용 및 추진전략, 추진일정, 평가방안 및 연구성과물 도출 계획을 구체화하여, 연구사업의 성과를 극대화할 수 있는 기술개발 로드맵을 제공한다.
연구개발성과	• 동향조사, 기술수요조사, 기술예측수준조사를 통해 연구 개발 대상 기술 구성 • 연구 관련성이 높고, 시너지 효과를 낼 수 있는 기술들을 세부과제 단위로 구성 • 우선순위조사 및 전문가들의 의견 수렴을 통해 AI기반 수리구조물 개발에 필요한 핵심 기술(세부 연구내용) 구성 • 과제제안 및 요구서 구성 ◆ (연구단) AI 기반 하굿둑 자율운영 기술 개발 ◆ (1세부과제) 안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술 - (1-1) 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술 - (1-2) 수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가 - (1-3) 수리구조물 염해저감 및 유지관리기술 ◆ (2세부과제) 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술 - (2-1) 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술 - (2-2) 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술 - (2-3) 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술 ◆ (3세부과제) 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술 - (3-1) 상류 수리구조물 연계 최적운영기술 - (3-2) AI 기반 수문 자율운영기술 - (3-3) 기수역 관리를 위한 법제도 개선
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	▪ 시장 선도적이고, 활용가치가 높은 핵심과제 및 세부과제를 개발하고, 과제의 목표 및 내용 제시와 RFP 작성 ▪ 안전한 수자원확보와 함께 친환경 기수역을 조성할 수 있는 자율운영 수리구조물의 개발을 위한 핵심 및 세부과제 도출

국문핵심어 (5개 이내)	수리구조물 시스템 연계운영	자율운영 시스템	빅데이터	기수역 모니터링	수리구조물 종합성능평가시설
영문핵심어 (5개 이내)	Systems operation of hydraulic structure	Self-operating system Big	Big data	Monitoring of brackish water zone	Comprehensive performance evaluation facility for hydraulic structures

〈 목 차 〉

1. 연구과제 개요 ····· 7
2. 기술개발전략 수립 ····· 13
3. 국내 · 외 동향분석 ····· 18
4. 사업 추진 계획 ····· 122
5. 연구개발과제 추진체계 ····· 133
6. 사전타당성 검토 ····· 146
7. 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 175
8. 기획과제 RFP ····· 191
붙임1. 참고 문헌 ····· 284
붙임2. 과제 카드 ····· 285

1. 연구과제 개요

가. 기획연구의 추진배경

- 정부의 4대강 재자연화, 낙동강 하굿둑 부분개방(‘18~ ‘20) 및 전면개방(~ ‘25) 목표에 따라 친환경 기수역 조성을 추진 중이나, 해수의 담수 유입에 의한 피해가능성 또한 상재함에 따라 염수침투에 의한 피해를 최소화할 수 있는 하구 수리구조물 운영관리 기술의 도입이 필요
- 낙동강 하굿둑 건설 이전 조수가 약 44 km 상류인 삼랑진까지 영향을 끼쳤으며, 부산시 상수도 취수장인 물금취수장의 경우 1978년 5월에 발생한 취수중단 사태로 부산시에서는 격일제 급수 및 급수제한이 실시된 사례 발생
- 낙동강 하굿둑 상류의 취양수장은 총 82개소이며 하굿둑 전면개방으로 인해 총 57개소의 크고 작은 취양수장이 염수피해를 입을 수 있으며, 이는 사용량 기준으로 하루 최대 약 334만 ton, 행정구역상으로는 김해시 약 46만 명, 양산시 약 10만 명, 부산시 약 290만 명이 이용하는 수자원으로서 많은 시민들이 불편을 겪을 가능성 존재
- 환경부(2013, 2015)의 조사결과에 따르면 하굿둑 건설 이전에는 기수역에서 서식하는 저서동물, 어패류, 식생이 분포하였으나, 하굿둑 건설 이후에는 담수 서식종과 해수 서식종이 구분되어 나타났기 때문에 하굿둑 개방에 따라 기수생태계가 조성되어 생물학적 다양성이 회복될 수 있을 것으로 기대. 또한 양방향 통수를 통하여 녹조 등의 수질문제 개선 기대
- 본 기획연구를 통해 염수 피해를 최소화하며 친환경 기수역을 조성할 수 있는 새로운 수리구조물의 개발을 위한 연구사업을 조속히 시행함으로써 안전한 수자원확보와 함께 생태계의 다양성을 회복할 수 있는 최적의 대책 마련 가능
- 해수부, 환경부, 국토부, 부산시, 수자원공사가 공동으로 낙동강 하굿둑 운영개선 및 생태복원을 위한 연구용역을 추진(2018.1-2020.12)하여 하굿둑 개방에 따른 영향을 분석 중이며, 분석결과에 따른 하굿둑 운영 개선을 위해서는 수리구조물의 개조 및 운영관리 기술 개발을 위한 정부지원이 필요
- 물관리 일원화에 따른 환경부의 ‘지속가능한 물관리를 향한 첫걸음’(2018.9.19.)의 4대 추진전략, 14개 정책과제에서 4대강의 자연성 회복을 위한 하구 생태계 복원을 위한 하굿둑 개방에 관한 공동조사 추진 및 관련법안 제정이 추진될 예정으로 관련기술의 개발이 요구됨
- 하굿둑 개방 시 염수침투에 의한 농업, 어업 분야의 예상피해액이 수천억 원에 달할 것으로 추정되며, 지표수를 취수원으로 삼고 있는 많은 시민들의 피해가 우려되므로 하굿둑의 재해예방기능 강화를 통한 피해액 절감을 위해 정부의 적극적 지원이 필요
- 또한, 하굿둑의 운영방안 및 구조적 문제점 개선을 통해 하굿둑으로 인해 발생된 생태계의 단절을 회복하고 수생태의 다양성을 확보하기 위해서는 정부의 정책적, 제도

적 지원이 필요함

- 4대강 재자연화를 위한 기수역 조성에는 양방향 해수소통이 필요하나 현재의 모든 하굿둑은 일방향으로 설계·운영되고 있어 개선이 필요함
- 기수역 관리는 지점별 염분, 수질, 토사 등 관리 조건이 다양하고 복잡하므로 인공지능 기술도입을 통하여 정밀하게 반응하는 운영규칙 수립이 필요함
- 관리 조건별 시뮬레이션 모델링을 기반으로 구축한 인공지능을 통하여 방대한 실시간 빅데이터를 반영한 자율운영 기술이 필요함
- 현재 4대강의 하굿둑은 설치 운영된 기간이 상당하며, 특히 낙동강 하굿둑 좌안의 경우 수문 노후화에 따른 기능 평가가 필요하며 결과에 따른 대응 방안 수립이 필요함

나. 기획연구의 필요성

- 최근 닫혀있는 하굿둑의 양방향 통수를 통해서 단절된 육역과 연악역의 기수생태계를 복원하고자 하는 요구가 많지만, 기존 하굿둑으로 충분한 효과를 얻기 어려움
  - 현재 대부분의 하굿둑이 단방향 흐름을 고려하여 설계되어 하굿둑 상류 방향으로의 강한 조류 흐름을 제어할 하굿둑 개선이 필요함
  - 기존의 하굿둑 수문 등을 활용하는 것이 가능하나 세굴, 수문 진동 등을 제어할 시 구조물의 수명을 연장하고, 요소기술의 개선으로 어도의 집어 효과 확대 등 추가적 이익을 확보할 수 있음
  - 염수방어와 폭풍해일 방어 등을 위하여 기존의 경험적인 자료를 바탕으로 자율적으로 운영되는 지능형 구조물에 적합한 구조체의 설계가 필요할 것으로 예상

- 하굿둑 운영을 자율운영체계로 변화시키고 최신 지능기반 설계 기술을 도입한 첨단화가 필요
  - 기존의 운영 기법은 실험실 물리실험을 통해 만들어졌고, 외국의 기업들의 경험적 자료로 설계되었음
  - 향후 우리나라 하굿둑의 수문 운영기술을 국산화하고 우리나라 환경에 적합한 구조물을 개발하는 것이 필요함
  - 현재 세굴예측 모델 등의 경우는 첨단 입자 추적 방식 등을 적용하기 때문에 향후 구조물 설계 시 필요한 다양한 실험을 첨단 수치해석기반으로 수행하여 대응할 필요가 있음
  - 하굿둑의 수문은 건설교통 분야의 대표적인 동적 구조물로서 향후 가동 교량, 폭가변형 수문 등의 동적 구조물의 자율 운경기법의 초기단계로 실험 가능

- 국가·지방하천의 49%는 하굿둑, 방조제 등이 설치된 닫힌 하구 형태로서 하구생태계 복원을 위한 기수역 모니터링 기술 부재
  - 하굿둑은 염수침입 방지 목적으로 단방향 흐름만을 고려하여 설계되었기 때문에 기수역에 대한 모니터링 자료 부재
  - 하구 염수농도 측정을 위해 대부분 고정된 위치에서 농도의 시간변화를 관측하여, 많은 인력 및 시간 소모 발생
  - 기수역에서 염수는 3차원적 혼합거동을 나타내기 때문에 염수의 공간적 분포를 측정할 수 있는 계측기기 및 모니터링 기술 개발 필요

- 기수역의 복잡한 흐름·혼합특성 예측을 위해 많은 시간이 소모되는 물리기반 모델에 의존
  - 해수와 담수의 3차원적 혼합거동 분석을 위해 SUNTANS, DELFT3D, EFDC 등 3차원 수치해석 모형을 주로 활용하고 있으나, 계산시간의 한계로 인해 현장 모니터링

결과로부터 신속한 의사결정이 어려움

- 기수역 모니터링 자료 부족 극복 및 수문개방 결과 예측을 위해 다양한 하굿둑 운영 시나리오 생성 및 기수역 조성 예측기술 개발 필요

- 정부의「4대강 재자연화와 통합 물관리로 이·치수가 조화되는 하천 조성」 국정과제 목표에 따라 4대강 재자연화 달성을 위한 정밀조사·평가 추진 계획
  - 국토부, 환경부, 해수부, 한국수자원공사 및 부산시에서는 낙동강 하굿둑 개방에 의한 영향 분석을 위한 「낙동강하굿둑 운영개선 및 생태복원 방안 연구」 2단계 용역을 추진(‘19.3.~’ 20.12.)
  - 낙동강 하굿둑 개방 소규모 실증실험 추진(‘19.6.6. 및 ‘19.9.17.)에 따라 향후 하굿둑 전면 개방에 대한 사회적 이목 집중
  - 현재 하굿둑의 개폐는 수문조작을 수행하는 인력의 수문개도 설정을 통해 이루어지기 때문에 염수침투 거리 조절을 위한 신속한 대응이 어려움
  - 양방향 통수에 의한 하구 수생태 회복 및 염수침투 피해 방지를 위한 하굿둑 관리자의 신속한 판단 및 수문운영을 위해 빅데이터 기반의 의사결정지원 기술 개발이 필요

- 상류의 취수원을 안정적으로 관리하며 기수역을 재조성하여 기수생태계를 복원하기 위해서는 적정량의 염수를 하굿둑 수문을 통해 공급·배출하는 정교한 관리가 필요함
  - 현재의 하굿둑은 염해방지와 홍수대응을 목표로 운영되고 있어 담수를 해수로 배출하는 일방향 운영만을 시행함
  - 일정구간의 기수역을 조성하고 관리하기 위해서는 양방향 통수를 정교하게 조정할 수 있는 수문 운영이 필요
  - 조성된 기수역 구간을 유지하기 위해서는 실시간 데이터를 기반으로 현상을 예측하여 대응하는 정교한 조정을 끊임없이 시행해야 하므로 완전 자동화된 무인 운영 기술이 필요
  - 안정적으로 기수역을 유지하도록 하굿둑 수리구조물을 운영하기 위해서는 실시간 데이터를 기반으로 즉각적이고 정교한 판단이 가능하도록 AI를 활용한 기술의 적용이 필요함
  - 기수역 구간을 일정하게 유지하는 정교한 운영이 필요한 만큼 사전에 운영에 따른 영향을 검토하는 작업이 필수적이며 시뮬레이션기반 디지털트윈시스템을 구축하여 사전 진단 및 문제해결에 반영할 필요가 있음
  - 기수역 조성 구간을 일정하게 유지하기 위해 반복적으로 정교하게 조작되는 수리구조물의 상태를 모니터링하고 유지보수하기 위한 기술이 필요함

- 인공적으로 조성되는 기수역의 관리에 대한 경험 부족 및 관련 법·제도의 미비

- 재조성되는 기수역의 장기적인 안정화를 위해서는 환경변화를 예측하여 관리할 필요가 있음
- 모델링과 모니터링 결과를 반영한 빅데이터 기반 AI기술은 장· 단기적인 환경변화를 예측하는 기술로 활용 가능함
- 기수역 조성의 목표인 생태복원을 달성하기 위해서는 기수 생태계 건강성을 평가하는 방안이 수립되어야 함
- 또한 조성된 기수역을 안정적으로 유지하고 AI 기술 활용에 따른 문제점을 해결하기 위해서는 관련 법·제도가 마련되어야 함

다. 기술의 정의

- “AI” 의 정의
  - AI(Artificial Intelligence)는 인공지능과 함께 쓰이며 기계로부터 만들어진 지능을 말함
  - 컴퓨터 공학에서 이상적인 지능을 갖춘 존재, 혹은 시스템에 의해 만들어진 지능, 즉 “인공적인 지능”으로 정의할 수 있음
  - AI는 학습, 문제 해결, 패턴 인식 등과 같이 주로 인간 지능과 연결된 인지 문제를 해결하는 데 주력하는 컴퓨터 공학 분야임. 최근 통계 컴퓨팅 효율성 개선을 통해 고도화된 소프트웨어 기술을 기반으로 지적 활동의 자동화에 대한 파급효과가 전통적인 IT분야 뿐 아니라 자동차, 의료, 경제, 환경, 교육, 문화 등 거의 모든 분야에서 혁신을 주도하고 있음
  - AI는 인공적인 지능을 만들 수 있는 방법론이나 실현 가능성 등을 연구하는 과학 분야를 지칭할 수 있으며, 문제 해결을 위해 분석 모델 빌딩 프로세스를 효과적으로 자동화하고 시스템이 독립적으로 새로운 시나리오에 적응할 수 있도록 하는 첨단 기술이라 할 수 있음
- “자율운영 수리구조물” 의 정의
  - 자율운영은 외부의 지배나 구속을 받지 아니하고 스스로의 원칙에 따라 대상을 관리하고 운용하여 나가는 상태를 의미함
  - 수리구조물은 물을 인간 생활에 유익하게 이용하기 위한 필수적인 인프라임
  - 자율운영 수리구조물 기술은 기존 수리구조물 운영과 달리, 사람이 직접 수리구조물의 개폐를 운영하지 아니하고 자체적인 시스템을 탑재하여 자율적으로 운영될 수 있는 기술을 말함
- “AI 기반 자율운영 수리구조물 기술” 의 정의
  - AI 기반 자율운영 수리구조물 기술은 안정적이고 효율적인 인프라 서비스 제공을 목적으로 고도화된 소프트웨어 기술을 기반으로 한 AI 기술을 이용하여 수리구조물의 관리, 운영을 현장 상황에 적합하게 자율적으로 실현할 수 있는 기술로 정의함

2. 기술개발전략 수립

가. 기획 기술의 범위

(1) 공간적 범위

- 하굿둑이 설치된 하천 중 재자연화를 통하여 기수역을 복원할 수 있는 하천
- 하굿둑을 포함하여 상류에 조성되는 기구역 구간 및 지속적인 담수 방류로 영향을 받는 외해구간

(2) 기능적 범위

- 하굿둑의 물리적 기능을 포함하여 수문 운영을 위한 시스템, 기수역구간 조성 및 유지관리를 위한 염분, 생태, 환경 모니터링 등 재조성되는 기수역을 안전하게 보원하고 상류 수자원 보전을 위해 필요한 기술에 초점을 맞춤

나. 추진 방향

(1) 기획내용과 추진방향

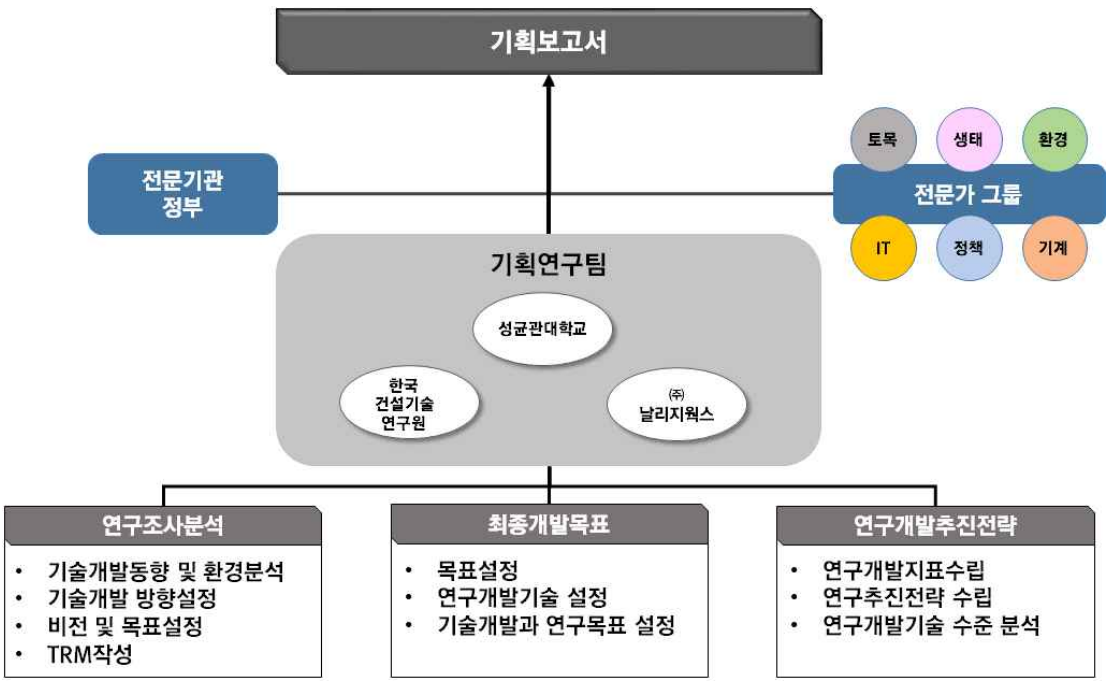


그림 2.1 기획연구 내용과 추진방향

(2) 추진체계

(가) 기획연구팀 구성

연 구 기 관	기 관 명	역 할
주관연구 기관	성균관대학교	기획과정 총괄 • 기술개발 방향 설정, 비전 및 목표수립 • 기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정 • 연구개발과제 기획 및 타당성 검토 • RFP 작성 • 기획연구보고서 작성
공동연구 기관	날리지웍스	1단계 기술개발 동향 및 수요조사에 주로 참여 • 국내외 정책·시장·기술 동향 조사 및 분석 • 기술수요조사 실시 • 사전타당성 검토
	한국건설기술 연구원	2단계 기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정에 주로 참여 • 연구 목표 및 범위 설정 • 연구 추진방안 수립 • 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
전문가 그룹	수리, 수문, 해안, 지반, 구조, 환경, 건설재료, 지하수, 방재, 생태, 인공지능, 빅데이터 등 각 분야 전문가들이 기술수요분석, Issue 분석, 미래상 및 필요성 분석, 후보과제 도출 등에 참여	

(나) 분야별 전문가 참여 현황

성 명	소 속	전공분야	연락처
강부식	단국대학교	수문해석, 강우-유출	bskang@dankook.ac.kr
강준구	한국건설기술연구원	하천 흐름해석, 하천환경 평가	jgkang02@kict.re.kr
김대홍	서울시립대학교	해안·하천 흐름 및 이송확산	dhkimhyd@uos.ac.kr
김동수	단국대학교	현장계측, 모니터링	dongsu-kim@dankook.ac.kr
김성렬	서울대학교	지반기초구조물설계	sungryul@snu.ac.kr
김상호	상지대학교	계산수리학, 하천수리학	kimsh@sangji.ac.kr
김영도	인제대학교	환경·생태 수리학	ydkim@inje.ac.kr
김정곤	(주)한국건설환경기술	수자원	jeongkonkim@naver.com
김치영	수자원조사기술원	현장계측, 하천수리학	cy_kim@kihs.re.kr
김호경	서울대학교	내풍설계, 교량설계	okyungk@snu.ac.kr
류시완	창원대학교	현장계측, 모니터링	siwan@changwon.ac.kr
문주혁	서울대학교	건설 재료	juhyukmoon@snu.ac.kr
박남식	동아대학교	지하수	nspark@dau.ac.kr
박상기	한국건설기술연구원	재난방재	skpark@kict.re.kr
박성천	㈜이엘	AI, 수리기계	psc3135@gmail.com
박승희	성균관대학교	구조물 손상진단, 안전성 평가	shparkpc@skku.edu
박용성	University of Dundee	유체역학	y.s.park@dundee.ac.uk
박인환	서울과학기술대학교	수리학, 재난방재	ihpark@seoultech.ac.k
백중철	강릉원주대학교	계산유체역학	paik@gwnu.ac.kr
서용원	영남대학교	수자원, AI	yongwon.seo@gmail.com
손민우	충남대학교	유사이송, 해안공학	mson@cnu.ac.kr
손상영	고려대학교	해안수리, 연안방재	sson@korea.ac.kr
송준호	서울대학교	빅데이터	junhosong@snu.ac.kr
송창근	인천대학교	환경수리학	baybreeze119@incheon.ac.kr
안정규	인천대학교	유사이송, 하상변동	ahnjk@inu.ac.kr
오현우	한국전자통신연구원	AI 개발	hyunwoo@etri.re.kr
원남일	K-water	해양과학	namilwon@keiti.re.kr
윤강훈	세종대학교	수자원	khyoonphd@hanmail.net
윤현덕	명지대학교	해안공학, AI	hdyoon77@gmail.com
윤형철	충북대학교	구조물 모니터링, AI, 빅데이터	hyoon@chungbuk.ac.kr
이영근	주식회사 법과기술	법 제도	yklee@lawntech.kr
이주헌	중부대학교	가뭄분석 /모니터링, 빅데이터	leejh@joongbu.ac.kr
이태삼	경상대학교	수자원, AI	tae3lee@gnu.ac.kr
임현만	한국건설기술연구원	수자원, 수질	hmlim@kict.re.kr
장석환	대진대학교	도시수문학	drjang@daejin.ac.kr
장창래	한국교통대	유사이송, 하천지형 변동분석	cljang@ut.ac.kr
정진홍	한국건설기술연구원	수자원, 수질	jinhong98@kict.re.kr
지석호	서울대학교	건설 빅데이터 분석	shchi@snu.ac.kr
최성욱	연세대학교	하천환경, 생태 수리학	schoi@yonsei.ac.kr
최용주	서울대학교	오염물질 퇴적 해석 및 모니터링	ychoi81@snu.ac.kr
최정권	서울대학교	환경공학	jkchoe@snu.ac.kr
최진용	서울대학교	농공학, AI	iamchoi@snu.ac.kr
허영택	K-water 연구원	하천/하구수리학	korcivil@kwater.or.kr
황규남	전북대학교	유사이송, 해안공학	khwang@jbnu.ac.kr
황진환	서울대학교	연안수리학	Jinhwang@snu.ac.kr

(다) 연구추진 절차

1 기술개발 동향 및 수요조사

- AI기반 자율운영 수리구조물 기술의 정의 및 분류체계
- 기술개발 동향 및 환경분석
- 국내 기술 인프라 · 인력 현황 분석
- 특허/논문 동향 분석
- 기술수요 및 기술수준 · 예측 조사 · 분석
- 기술개발추진방향 정립
- Issue 분석
- 기술개발에 따른 미래상 및 필요성 분석

2 기술개발 전략수립 및 연구내용 설정

- 기술개발 전략수립
- As-Is / To-Be 분석 기반 목표 설정 검토
- 연구개발 후보과제 우선순위 도출
- 연구개발 후보과제별 과제카드 작성

3 연구개발과제 기획

- 연구 목표 및 범위 설정
- 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립
- 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
- 인력투입 계획 및 소요예산 산정
- 사전타당성 검토
- 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

(라) 연구 추진일정

연구수행기관 (연구책임자)	연 구 내 용	추 진 일 정												연구비 (천원)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
주관 성균관대 (전경수)	기획연구 총괄	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	6,300
	• 기술개발 동향 및 수요조사 실시	■	■	■	■	■								
	• 기술개발 전략수립 및 연구내용 설정					■	■	■	■	■	■			
	• 연구개발과제 기획									■	■	■	■	
	• 보고서 작성											■	■	
공동 날리지웍스 (류형근)	• 국내외 정책·시장·기술 동향분석		■	■	■									6,000
	• 인프라·인력현황 분석			■	■									
	• 특허·논문분석			■	■									
	• 기술수요조사, 수준 및 예측조사				■	■								
	• 기술개발 추진방향 정립/ Issue분석/ 미래상 및 필요성 분석					■	■							
	• 기술개발 전략수립						■							
	• 후보과제 우선순위 도출								■					
	• 사전타당성 검토										■	■		
공동 한국건설기술 연구원	• 기술정의 및 분류체계 설정	■	■											2,000
	• 후보과제 도출/ 후보과제별 과제카드 작성						■	■	■					
	• 연구개발과제 구성 및 추진체계 도출								■	■				
	• 연구 목표 및 범위 설정									■				
	• 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립									■				
	• 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시									■				
	• 인력투입 계획 및 소요예산 산정									■				
	• RFP 및 평가기준 작성									■	■			
사업진도(%)		24%			56%			80%			100%			
연구비 집행계획 (천원)		34,320			45,760			34,320			28,600			143,000

3. 국내·외 동향분석

가. 국내 하굿둑 운영 현황

□ 주요 하천 중 낙동강, 금강, 영산강에 하굿둑이 설치 운영되고 있으나 기수역 형성이 원천적으로 불가능한 상태임

- 설치된 하굿둑은 모두 일방향 부분 개방형 하굿둑으로 담수역에서 해수역으로 단방향 방류를 하며, 홍수·폭풍해일·해수면 상승 등 재해 대응 및 염해 방지가 주된 목적임
- 현재의 운영방식은 해수역에서 담수역으로 유입이 불가하기 때문에 기수역 형성이 원천적으로 불가능함

  - 일방향 운영을 통한 용수확보 및 염해 방지, 홍수 대응을 주된 목적으로 함

□ 기술적 법·제도적 개선을 통하여 양방향 통수를 시행할 경우 기수역 조성이 가능하며, 이는 기수생태계 복원을 통한 환경 개선의 효과를 기대할 수 있음

  - 기수역 재조성에 필요한 정교한 운영을 위한 시스템이 설치되어 있지 않음
  - 생태계 건강성 유지, 상류의 염해방지, 폭풍해일 및 해수면 상승 대응 등 기수역의 복합적인 수요 대응을 위한 기술적 개선이 필요함

표 3.1 국내 하굿둑 및 방조제 수문 운영 현황

	낙동강 하굿둑	금강 하굿둑	영산강 하굿둑	새만금 방조제	시화 방조제	영암 방조제	금호 방조제
사용 목적	염해 방지	농업용수 확보 염해방지	수량 확보 염해 방지	홍수조절 염해방지	발전 목적 염해 무관	수량 확보 염해 방지	수량 확보 염해 방지
수문 구조	롤러게이트 10문(좌안) 유압식게이트 5문(우안)	거더타입롤러 20문		유압식게이트 가력 16문 신시 20문	컬버트 롤러게이트 8문 GIRDER 롤러게이트 8문		
수문 개폐 속도 (m/min)	0.5	0.3	0.3	0.25	컬버트 롤러게이트 0.5 GIRDER 롤러게이트 0.3	0.3	0.3
수문 운영 방법	조작실자동화 (수동 조작)	조작실자동화 (수동 조작)		조작실자동화 (수동 조작)	조작실자동화 (자동 조작)		
방류 기준 수위	상류 0.2EL 이상		상류 0.2EL 이상			담수위 수위가 외수위보다 높을 때	담수위 수위가 외수위보다 높을 때
운영 기준 수위 (m)	구포수위 기준 EL 0.51~1.01	담수측 기준 EL 1 ~ 2	담수측 기준EL 0.2	담수측 기준 EL –1.4 ~ -1.6	시화호 EL 기준 최대 –1	담수위가 외수위보다 높은 상태에서 폐문	담수위가 외수위보다 높은 상태에서 폐문
최대 방류량 (T/S)	18,000	13,000		신시측 8,812 가력측 7,050	배수갑문 1,143 주수문 8,500		

□ 낙동강 하굿둑의 경우, 기존 및 증설배수문은 연계 운영되며 운영기준은 다음과 같음

표 3.2 낙동강 하굿둑 수문 운영 현황

수문종류	수문 수	운영방법		
우안(증설배수문) - Lifting gate - Roller gate 좌안(주배수문) - Radial gate	우안 - 주수문: 6문 - 조절수문: 4문 좌안 - 주수문: 3문 - 조절수문: 2문	평상시	1~4월, 9~12월	150 m^3/s 이하 시 우안 배수문: 50 m^3/s 상시 방류 좌안 배수문: 우안 방류량 제외 방류
				150 m^3/s 초과 시 우안 배수문: 30 m^3/s 상시 방류 좌안 배수문: 우안 방류량 제외 방류
			5~8월	200 m^3/s 이하 시 우안 배수문: 전체 75% 방류 (최대 150 m^3/s) 좌안 배수문: 전체 25% 방류
				200 m^3/s 초과 시 우안 배수문: 최대 150 m^3/s 좌안 배수문: 우안 방류량 제외 방류
		홍수시	1단계	창녕함안보 통과유량: 1,200~14,500 m^3/s 우안배수문: 조절수문 방류 (최대방류량 150 m^3/s) 좌안배수문: 전 수문 개방
			2단계	창녕함안보 통과유량: 14,500~16,800 m^3/s 우안배수문: 조절수문 및 주수문(95.0 m) 개방 좌안배수문: 전 수문 개방
			3단계	창녕함안보 통과유량: 1,200~14,500 m^3/s 우안배수문: 전 수문 개방 좌안배수문: 전 수문 개방

- 365일 수문개폐를 하천수위에 따라 평시, 홍수시, 비상시로 구분하여 운영하고 있음
  - 일정수위 이상인 경우 월류(Overflow) 운영을 하고 진동지점의 수위, 유입유량에 따라 3단계로 구분하여 방류하고 있음
- 썰물 때에는 수문을 개방하여 담수가 흘러 나갈 수 있도록 하고, 밀물 때는 수문을 닫아 해수의 유입을 방지하도록 설계되어 있음
  - 단방향(담수역→해수역)으로 설계된 구조물로 진동지점(하천의 유량을 측정하는 지점으로 하구수문까지 도달 시간은 8～12시간 소요)에서 유입되는 유량을 기준으로, 수문을 조절함
- 하굿둑 상류로의 염분침투 방지를 위해 하굿둑 상·하류 수위차가 0.20 m 이하일 때 기존 및 증설배수문을 폐쇄함

● 수문을 통한 방류는 기존 및 증설배수문으로 하고 갑문과 어도는 선박과 어류통과만을 위해 운영되며 이들을 통한 방류는 허용되지 않음

- 또한 염분침투를 막기 위해 상·하류 수위차가 0.2 m 이내일 때 갑문은 수문과 함께 폐쇄함

● 진동지점의 유입량이 1,200 ㎥/s를 넘으면 운영상 홍수로 간주하여 수문을 개방하며 마찬가지로 진동지점 유량이 1,200 ㎥/s이하로 떨어지면 홍수가 끝난 것으로 간주하고 개방한 수문을 폐쇄함

● 수문개방은 기존 및 증설배수문의 조절수문, 주수문 순으로 동작하고 폐쇄 시는 역순으로 동작함

● 더 많은 수의 수문을 여는 것이 적은 수의 수문을 여는 것에 비해 항상 안전함

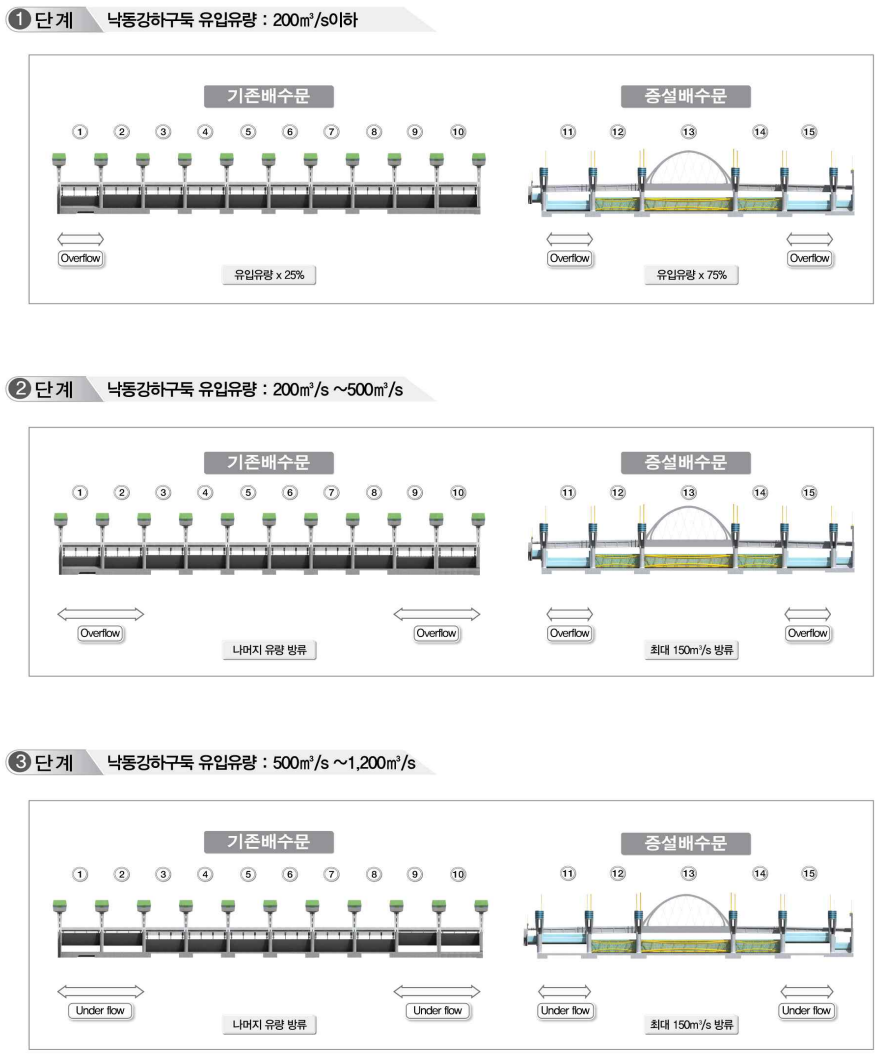


그림 3.1 낙동강하굿둑 기존 및 증설배수문 동시운영 개요도(평상시)

□ 금강 하굿둑은 농업용수, 생활 및 공업용수 확보, 금강연안 농경지 염해방, 홍수방어 및 침수방지, 서해안 육운개선을 목적으로 함

● 금강 하굿둑 수문의 세부 사항은 다음과 같음

표 3.3 금강 하굿둑 수문 운영 현황

수문종류	제 원
주 배수갑문	● 폭 30 m × 높이 10.3 m × 두께 3.0 m× 중량 250.13 ton × 20련
통선문	● 폭 10 m × 높이 10.3 m × 두께 1.0 m × 중량 52.75 ton × 2련
어도문	● 폭 9 m × 높이 5.3 m × 두께 0.7 m × 중량 17.18 ton × 1련
전도수문	● 폭 3 m × 높이 1.75~1 m × 두께 0.3 m × 4련 ● 폭 2.4 m × 높이 1.75 m × 두께0.3 m × 1련
비상수문	● 폭 30 m × 높이 0.9 m × 두께 2.0 m × 중량 31.65 ton × 10 Block

□ 새만금 방조제는 동진·만경 수역 농경지 홍수 방어 및 염해 방지와 수자원 확보를 위한 담수호 조성을 목적으로 함

● 새만금 방조제 수문의 세부 사항은 다음과 같음

표 3.4 새만금 방조제 수문 운영 현황

수문종류	제 원
배수갑문	● 형식 : Radial Gate ● 수문규격 : 30.0 m(B) × 15.0 m(H)(해수측), 30.0 m(B) × 12.5 m(H)(담수측)
통선문 겸용 어도	● 형식 : Mitre Gate ● 수문규격 : 5.30 m × 13.85 m(H)(가력), 9.09 m × 13.85 m(H)(신시)
통선문 수위조절수문	● 형식 : Sluice Gate ● 수문규격 : 2.50 m(B) × 2.50 m(H)(가력, 신시)

나. 국내 정책동향

(1) 국내 관련 법령

(가) 물관리기본법

□ ‘18년 제정된 동 법률은 물의 안정적인 확보, 물환경의 보전・관리, 가뭄・홍수 등 재해의 예방을 통하여 지속가능한 물순환 체계를 구축하고 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 하며, 구체적으로는 유역별 물관리에 대한 기본 방침을 제시하고 있음

- 동 법률 제 2장 11조에서는 지속가능한 개발・이용을 보전하고 가뭄・홍수 등으로 인해 발생하는 재해 예방을 위해 유역 단위로 관리되어야 한다는 원칙을 제시하고 있음
  - 같은 장 13조에서는 국가와 지방자치단체는 각종 물관리 정책을 시행함에 있어 유역 전체를 고려해야 하며, 유역・지역간 연대가 필수적으로 이뤄져야 함을 강조함
  - 같은 장 15조에서는 국가와 지방자치단체는 용수를 절약하고 물손실을 감소시키기 위한 노력을 통하여 물수요를 적정하게 관리하여야 하며, 하수의 재이용, 염수의 민물화 등 수자원 개발과 재해예방 및 관리를 위한 기술개발을 적극적으로 수행해야 함을 강조함
- 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 개발은 하굿둑 및 보 구조물의 새로운 건설 및 관리 방안을 제시함으로써 수자원의 안정적인 확보 및 물환경의 보전을 동시에 달성할 수 있다는 점에서 물관리기본법의 취지에 부합하는 것으로 판단됨

(나) 물관리기술 발전 및 물산업 진흥에 관한 법률

□ ‘18년 최종 개정된 동 법률은 물관리 기술의 체계적인 발전 기반을 조성하고 물산업 진흥을 통한 국민의 삶의 질 향상을 목표로 하며, 정부의 물관리기술의 개발 촉진 의무와 근거를 제시하고 있음

- 동 법률과 시행령・시행규칙에서는 정부는 물관리기술의 개발을 촉진하기 위하여 물관리기술의 연구・개발을 추진하여야 함을 명시하고 있음
  - 동 법률은 물관리 기술 발전 및 물산업 진흥을 위한 위한 기본계획(정부)과 지역적 특성을 고려한 시행계획(지자체)을 수립・시행하고 물관리기술 개발・보급을 촉진하기 위한 물기술종합정보시스템 구축, 우수제품등의 사업화 지원, 혁신형 물기업의 지정 및 지원 근거 등을 마련함
  - 또한 물산업 실증화시설 및 집적단지의 조성・운영과 입주기업 지원, 물기술인증원의 설립 근거 등도 포함하고 있음
  - 동 법률 시행령 제2장 3조에 따르면 환경부장관은 물관리기술 발전 및 물산업

진흥을 위한 기본계획을 5년마다 수립해야 함

- 동 법률 시행규칙에 따르면 환경부장관은 물기술종합정보시스템을 통하여 물관리기술 및 물산업 관련 연구기관에게 관련 정보를 제공할 수 있으며, 물관리기술의 발전 및 혁신형 물기업 지정, 물관리기술 우수제품 평가·도입 등을 위해 물산업기술 심사단을 구성·운영함

● 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 개발은 최신 트렌드인 IoT 기술을 적극 반영함으로써 정부의 물관리기술 개발 촉진에 부합함

(다) 하천법

□ '18년에 최종 개정된 동 법률은 하천사용의 이익을 증진하고, 하천시설을 적정하게 관리함으로써 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 하며, 하굿둑을 포함한 하천 시설의 설치 및 관리, 피해발생 저감에 대한 의무 규정을 포함하고 있음

● 동 법률 제 2장 15조에서는 댐·보·수문·하굿둑 등 대통령령으로 정하는 하천시설을 설치한 자는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 하천시설의 관리규정이 마련되어야 함

● 동 법률 제 3장 22조에 따르면 국토교통부 장관은 하천관리에 필요한 자료의 효율적인 활용을 위하여 하천관리 정보체계를 구축·운영해야 함

- 국토교통부 장관은 하천관리 정보체계의 구축을 위하여 중앙행정기관·지방자치단체·정부투자기관 또는 정부출연기관 등 관계 기관의 장에게 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있으며 특별한 사유가 없는 만큼 이에 응하여야 하는 만큼, 하천시설 유지·관리 시에 철저한 정보의 수집 및 DB화가 요구된다고 할 수 있음

- 동 법률 제 10장 90조에 의하면 하천과 관련된 기관 또는 단체에게 위탁 가능한 하천시설 관련 전문 업무에는 하천관리 자료의 정보화 업무가 포함됨

● 동 법률 제 5장 39조에서는 댐 또는 하굿득 등 하천시설을 설치한 자는 동 시설로 인한 재해발생을 사전에 방지하거나 줄이는데 필요한 시설을 설치하고, 관련 조치를 취해야 함

- 설치자는 댐 등의 적정한 관리를 위하여 국토교통부령으로 정하는 자격을 가진 관리기술자를 두도록 함으로써 하천시설에 대한 전문 기술자의 관리 의무를 부여함

● 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 개발은 4대강 하굿둑 및 보의 적절한 운영을 가능케 함으로써 하천 시설의 적정 관리 및 공공복리 증진이라는 하천법의 기본 취지에 부합하는 것으로 판단됨

(라) 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률

□ ‘17년에 제정된 동 법률은 수자원의 조사 및 관리 효율화 업무를 전 국토 공간에 대해 시행하도록 규정하고 있으며, 물 관련 재해로부터 국민생활환경의 안전을 도모하는 것을 목표로 함

- 동 법률은 수자원 관리의 효율화에 대해 명시하고 있으며, 기존 하천법에서 규정하던 수자원장기종합계획 및 유역종합치수계획에 관한 사항을 이관하여 규정함
- 동 법률은 수자원으로 인해 발생할 수 있는 문제점들에 대해 중점적으로 명시하여 수자원 시설의 용수공급능력, 홍수조절능력을 재평가하고 수자원 관련 정책 수립에 활용할 수 있도록 함
- 동 법률은 수자원 관련 자료의 효율절 관리를 위하여 수자원 관리기술의 실용화·산업화를 추진하는 것을 명시하고 있음
- 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 개발은 하굿둑 시설의 첨단 관리를 통해 기수역 수생태 보전 및 재해 예방을 동시에 달성하는 데 이바지할 수 있는 기술로서 물 관련 재해로부터 국민의 안전을 도모하는 동 법률의 기본 취지에 부합하는 것으로 판단됨

(2) 국내 상위 계획

(가) 문재인 정부 국정운영 5개년 계획

□ 동 계획에서는 100대 운영과제 중 하나로 ‘지속가능한 국토환경 조성’을 설정하였으며, 과제 목표로 4대강 재자연화와 통합 물관리를 통한 이·치수가 조화되는 하천 조성을 제시함

- 정부는 4대강 재자연화 달성을 위해서 6개 보 상시 개방 후 정밀조사·평가를 거쳐 재자연화를 추진할 계획임
  - ‘18년부터 10개 보 개방 방안 등을 포함한 4대강 16개 보의 처리방안을 확정함
  - ‘19년부터 4대강 재자연화 대책에 따라 4대강의 자연성 회복 및 복원사업을 추진함
- 4대강 재자연화 대책은 한강, 금강, 영산강, 낙동강에 설치된 16개 보를 모두 포괄함
- 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 개발은 낙동강 하굿둑을 포함한 하굿둑 및 4대강 보의 환경친화적 운영을 가능하게 하는 기술로서 국정운영 계획에서 설정한 전략 및 목표에 부합하는 것으로 판단됨

표 3.5 문재인 정부 국정운영 5개년 계획의 물문제 해결 관련 전략 및 국정과제

목표	전략	국정과제	국정과제 목표
내 삶을 책임지는 국가	모두가 누리는 포용적 복지국가	…	…
	국가가 책임지는 보육과 교육	…	…
	국민안전과 생명을 지키는 안심사회	…	…
		지속가능한 국토환경 조성	보전과 이용이 조화되고 사람과 동물이 공생하는 국토환경 조성
			4대강 재자연화와 통합 물관리로 이·치수가 조화되는 하천 조성
		…	…
	노동존중, 성평등을 포함한 차별 없는 공정사회	…	…
	자유와 창의가 넘치는 문화국가	…	…

(나) 제4차 국가과학기술기본계획

□ 동 계획에서 AI 수리구조물 기술과 관련된 기술개발 세부 과제로 ‘ICT 기반 수질관리 시스템 및 스마트 수질제어기술 개발’과 ‘해양환경 및 생태계 보전을 위한 해양환경오염물질 통합 모니터링체계 구축 및 예측·제어·관리기술 개발’이 제시됨

● 동 계획에서는 ‘쾌적하고 편안한 생활환경 조성’ 목표를 달성하기 위한 추진과제 중 하나로 ‘쾌적하고 청정한 생활환경 구현’을 제시하고 있음

● 추진과제 달성을 위한 구체적인 세부과제로 ‘효과적 수질관리 및 건강한 수생태계 조성을 위한 물환경 연구 확대 및 기반 구축 ’과 ‘자원순환사회 기반 마련 및 지속가능한 국토환경 조성 ’이 제시됨

- ‘효과적 수질관리 및 건강한 수생태계 조성을 위한 물환경 연구 확대 및 기반 구축’의 세부 기술과제로 ‘ICT 기반 수질관리 시스템 및 스마트 수질제어기술 개발’이 제시됨

- ‘자원순환사회 기반 마련 및 지속가능한 국토환경 조성’의 세부 기술과제로 ‘해양환경 및 생태계 보전을 위한 해양환경오염물질 통합 모니터링체계 구축 및 예측·제어·관리기술 개발’이 제시됨

표 3.6 제4차 과학기술기본계획의 AI 수리구조물 관련 과제

전략	과제	추진과제	세부 기술과제
미래도전을 위한 과학기술역량 확충	…	…	…
혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성	…	…	…
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	…	…	…
과학기술로 모두가 행복한 삶 구현	쾌적하고 편안한 생활환경 조성	쾌적하고 청정한 생활환경 구현	…
			…
			ICT 기반 수질관리 시스템 및 스마트 수질 제어기술 개발
			해양환경 및 생태계 보전을 위한 해양환경 오염물질 통합 모니터링 체계 구축 및 예측·제어·관리기술 개발
			…
			…

(다) 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획

□ 동 계획은 경제·산업구조가 근본적으로 변화하는 4차 산업혁명에 대응하며, 건설·운수·물류 등 전통적 국토교통 산업 분야에도 신기술이 융복합 결합되는 고부가가치 산업으로의 도약 계기를 마련하고자 수립됨

● 동 계획은 '국토교통과학기술 육성법' 제 4조에 근거를 두고 있으며, 국토교통과학기술에 관한 장기적이고 종합적인 정책방향을 설정하고 중장기 투자계획을 정하는 최상위 법정 종합계획으로서 기능함

□ 동 계획에서 AI 수리구조물 기술과 관련된 기술개발 전략으로는 '스마트 하천관리 시스템', '노후 수리시설물 보수·보강', '하천지역 건전성 확보'가 제시됨

● 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술개발은 '재난·재해 예방 안전기술 개발' 세부전략의 전략목표 중 '실시간 수재해 관리 시스템'의 추진 방향과 부합하는 것으로 판단됨

- '실시간 수재해 관리 시스템' 구축을 위한 구체적인 기술전략 구성요소로 '스마트 하천관리 시스템', '노후 수리시설물 보수·보강', '하천지역 건전성 확보'가 제시됨
- 동 기술전략 구성요소를 통해 수재해 저감을 위한 시설물과 지능형 관리기법을 개발하고, 수자원 정보를 통합운영·관리하여 실시간 수재해 예측 및 대응을 달성하고자 함

표 3.7 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 4대 추진전략 및 전략목표

4대 추진전략	세부전략	전략목표	기술전략 구성요소
4차 산업혁명 대응 혁신성장 동력 육성	…	…	…
기술융합을 통한 새로운 가치창출	…	…	…
사람 중심의 국토교통 기술개발	재난·재해 예방 등 안전기술 개발	실시간 수재해 관리 시스템	스마트 하천관리 시스템
			노후 수리시설물 보수·보강 기술
			하천지역 건전성 확보 기술
		예방형 재난대응 시스템	…
		철도·항공 이용자 보호 시스템	…
		도로교통 이용자 보호 시스템	…
	친환경 생활공간 조성 기술 개발	…	…
	사회이슈 해결형 기술 개발	…	…
미래지향적 R&D 시스템 도입	…	…	…

(3) 국내 하굿둑 관련 정책동향

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술과 관련된 정책으로는 수리구조물 성능 고도화 방안 수립 등이 추진되고 있음

● 한국수자원공사는 국가차원의 수리구조물 성능고도화 및 U-Dam Safety 기술전략 방안 연구를 수행함[1)]

- 친환경 저비용 댐·제방 보강기술, 댐 시설물 통합안전관리시스템 구축 및 운영기술 확보, 위험도 통합 해석 수리구조물 안전관리 의사결정 시스템 구축 등을 추진함

▪ 친환경 저비용 댐·제방 보강기술 개발에서는 세굴, 침투, 침식, 월류 그리고 구조물 접속부 등의 안정성을 고려한 고규격 제방, 수퍼제방 축조기술 개발을 추진함

▪ 댐 시설물 통합안전관리시스템 구축 및 운영기술 확보에서는 광섬유센서 등의 첨단센서를 이용한 실내외 계측 검증시험, 실제적용을 통한 하천제방 계측시스템 구축 및 자동계측시스템 구현 등을 추진함

▪ 위험도 통합해석 수리구조물 안전관리 의사결정 시스템 구축에서는 실대형 시뮬레이션 및 수치해석 기법을 통한 수리시설물의 안정성 검증, 수리구조물 별 취약영역에 유비쿼터스·ICT 기술을 우선 적용하여 시범운영을 통한 표준화된 적용 방법 개발 등을 추진함

□ 하굿둑 자율운영을 위한 데이터 확보 및 분석 기술과 관련된 정책으로는 실시간 모니터링 기술, 유체 흐름 모델링 기술 개발 등이 추진되고 있음

● 환경부는 '낙동강 하굿둑 운영개선 및 생태복원을 위한 연구'를 통해 하굿둑 기능 재평가 및 환경변화의 조사를 추진함[2)3)]

- 1단계 연구에서는 하굿둑 개방에 따른 영향 분석 및 구조물 안전성 확보방안, 지하수 염분침투에 따른 영향 분석·평가, 낙동강 하구역 생태·환경 모니터링이 수행됨

▪ 구체적으로는 필수적인 모델링 파라미터(수심, 상류 유하량 등) 수집·분석 및 실측, 하굿둑 구조물 안전성 검토를 위한 수리모형실험, 수치모형 분석을 통한 개방 조건별 실험 시나리오 구성 및 분석, 향후 수문개방 운영시의 장기 모니터링 방안 등을 마련함

- 2단계 연구에서는 낙동강 하굿둑 수문 개방 실증실험, 인근 취소원 및 해양 등

1) 국가차원의 수리구조물 성능고도화 및 U-Dam Safety 기술전략 방안, 한국수자원공사, 2009.12.
2) 낙동강 하구 생태계 복원을 위한 첫 발을 내딛다, 환경부 보도자료, 2017.11.2. 4
3) 조명래 환경부 장관, 낙동강 물문제 해결 첫걸음으로 현장 확인, 환경부 보도자료, 2018.11.29

에 미치는 영향 평가, 하구 생태계 복원 방안 마련이 수행됨

- 구체적으로는 부분개방 실험 및 시뮬레이션 모델 고도화, 수질·수생태계 단절 해소 여부에 대한 실험평가, 농어업·취소원에 미치는 영향 평가 등이 시행됨
- 낙동강 하굿둑 수문개방 타당성 조사 수행 시 수문 개방에 따른 염수 피해와 수문조작 방안 등에 대한 추가 연구를 진행중

● 제4차 수자원장기종합계획 제3차 수정계획에서는 실시간 모니터링 확대를 통한 물관리 시스템 개선을 추진함[4)]

- 그동안 계측 대상에서 제외되었던 취수장, 양수장 등에 대한 모니터링 확대 및 관련 부처 간 정보 공유를 위한 물관리정보유통시스템(WINS) 개량을 추진함
- 시·군 관리 관정의 실태를 파악하고, 지자체가 보수·정비 시기 등을 관리하도록 하여 용수 이용의 효율성 증대를 도모함

□ AI 기반 하굿둑 통합운영 기술과 관련된 정책으로 하천 생태계 기능 강화 및 수변공간 활용 기술 개발, 낙동강 하구 생태계 분석 및 하굿둑 개방 실증 실험 등이 추진되고 있음

● 국토교통 비전 2045에서는 국민 행복을 위해 하천의 보전과 이용을 조화한 균형적 관리기술 개발을 추진함[5)]

- 하천 생태계 기능 강화를 통한 생태관광 자원화, 강·댐 등 수변공간의 개발로 문화·관광 활성화, 수상 레저·관광 다변화 및 활성화를 추진함
  - 단기적으로는 하천 생태계의 기능 강화에 초점을 맞추고, 장기적으로는 수상 레저·관광 다변화 및 활성화를 도모함

● 부산광역시는 '18년 12월 낙동강 하굿둑 건설 등으로 축소된 하구 생태계 복원 방안을 포함한 낙동강 하구 물관리 상생협력 추진 계획을 발표함[6)]

- 부산시와 한국수자원 공사는 ▲낙동강하구 통합 물관리 ▲부산지역 맑은 물 공급 및 신규 수자원 확보 ▲낙동강하구의 생태·문화·관광 활성화 ▲낙동강하구포럼 개최 등 시민단체와의 소통과 협치 ▲물 분야 인력, 기술 및 정보의 교류 등 5개 분야에 대해 상호 업무협약을 체결함
  - 낙동강하구 통합 물관리 분야는 낙동강하굿둑 개방과 하구 생태계 복원, 에코델타시티의 스마트시티 랜드마크 구축 등 낙동강 하구 지역의 다양한 변화에 대응하고, 국가하천의 수질개선과 하절기 홍수 대비 등 물관리 체계의 일원화를 위해낙동강하류 지역의 통합 물관리의 필요성이 대두되어 상호협력 분야로 우선 채택됨

---

4) 제4차 수자원장기종합계획 제3차 수정계획(2016~2020), 국토교통부, 2016.12.
5) 국토교통 비전 2045 수립을 위한 연구, 국토교통부, 2016.12.
6) 낙동강하구 물관리 상생협력으로 푼다!, 부산광역시 보도자료, 2018.12.10

- 환경부, 국토교통부 등 정부 부처는 1987년 낙동강하굿둑 건설로 축소된 낙동강 하구 지역의 생태계를 복원하기 위해 낙동강하굿둑 개방 용역과 ‘낙동강 하구 생태·문화·친수이용 활성화 기본구상 수립용역’을 공동으로 추진하고 있으며, 부산시는 동 연구용역을 기반으로 수자원공사와 함께 물문제 해결에 적극적으로 협력할 계획임

● 부산광역시는 하굿둑 개방 및 하구 생태계 복원을 위한 시민 참여 ‘낙동강 하구 포럼’을 개최하는 등 낙동강 하굿둑 개방에 대한 여론 환기와 방안 수립을 적극적으로 추진 중임[7)]

- 동 포럼은 부산시와 부산지속가능발전협의회, 낙동강하구기수생태계복원협의회 공동주관으로, 다양한 관점에서 ‘낙동강 하굿둑 개방’을 바라보는 시간을 마련하기 위해 개최됨

- ‘18년 6월 정부조직법 개편을 통해 물관리 일원화가 실현됨에 따라 국토교통부 수자원정책국과 산하기관인 수자원공사가 환경부로 이관되었으며, 이는 ‘낙동강 하굿둑 개방’ 실현가능성을 한층 더 높인 것으로 부산시는 평가하고 있음

- 부산시는 ‘18년 7월 민선7기 시정 출범 이후 낙동강 하굿둑 개방 및 생태복원 추진을 약속하고 계속 추진할 수 있는 근거를 마련 중임

▪ 컴퓨터 수치모형에 의한 시뮬레이션에만 의존하던 기존 연구방식에서 벗어나 이번 3차 용역 중에 실제 수문을 열고 실증분석을 진행중임

▪ 부산시는 낙동강 하구의 가치 증진을 위해 전문가 뿐만 아니라 적극적인 시민참여를 통한 시민과 함께 가는 낙동강 하구 가치 증진 계획을 추진하고자 함

7) 낙동강 하굿둑, 시민과 함께 연다! -‘낙동강 하구 포럼’개최, 민선7기‘소통하는 시정’첫걸음 -, 부산광역시 보도자료, 2018.7.23

다. 국외 정책동향

(1) 네덜란드

□ 네덜란드는 국토의 대부분이 저지대에 위치한 국가로서, 수재해에 대비한 국민 안전 확보와 물환경 보전의 조화가 필수적으로 요구됨[8)9)]

- 네덜란드 정부기관들은 가뭄 여부와 상관 없이 농업·공업용수 수요 충족 및 홍수로부터 국가 사회를 보호하기 위한 대책으로 각종 가이드라인, 토목, 건설 기술 개발을 적극적으로 추진하고 있음
  - 해발고도가 매우 낮은 라인-마스 삼각주(Rijn-Maas delta) 지역의 겨우 라인 강의 물을 인접 강으로 적절히 분배함으로써 주변 지역에 안정적으로 용수를 공급하되, 댐, 둑, 수문과 같은 수위 조절에 필요한 수리 시설들의 신설을 억제하는 방향을 취하고 있음

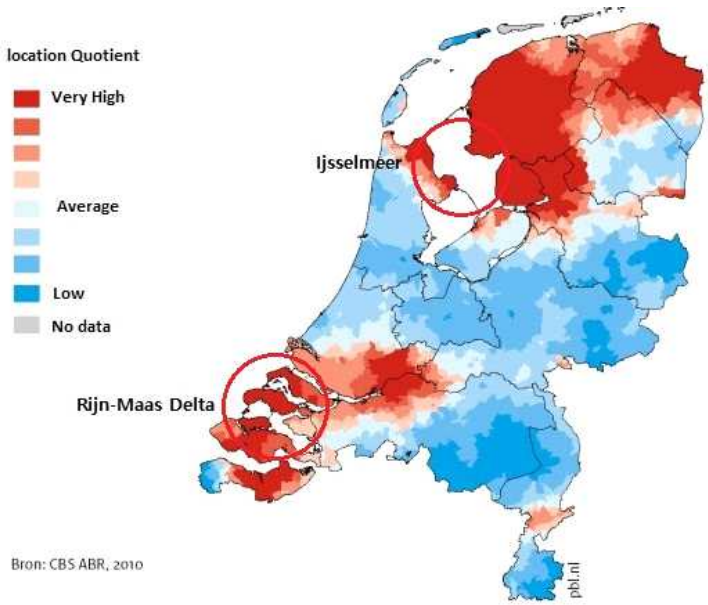


그림 3.2 라인-마스 삼각주의 위치

  - 네덜란드 수도권인 암스테르담 지역의 경우 인접한 운하뿐 아니라 Lek 강으로부터 조달한 용수를 사용하는 등 용수 공급 체계의 개선을 진행 중임

- 네덜란드의 경우 넓은 면적의 국토가 간척으로 의해 조성된 국가인 만큼, 토양 및 내륙 담수의 염분화에 대한 지속적인 대비책 마련이 요구됨
  - 염분화를 최대한 억제하기 위해 담수호를 조성하고, 조수 동력을 복원시키는 등의 시설 구축을 추진함

8) 네덜란드의 2017년 물, 인프라사업 계획, 2016.11.07., KOTRA 해외시장 뉴스
9) Water Management in the Netherlands, 2011, Ministry of Infrastructure and Environment of Netherlands

● 주요 자연 하천 이외에 네덜란드 정부는 수 세기 전부터 지속적으로 인공 운하, 하천 및 도랑을 구축하여 갈수기에 수계 흐름 및 수위를 유지하여 상시 원활한 물 공급이 가능하도록 함

- 네덜란드의 저지대 지역의 경우 염수의 유입을 막기 위한 각종 밸브, 펌프, 보, 하굿둑 시설이 다수 분포되어 있음



그림 3.3 네덜란드의 국가 수로 시스템 설치 개소

□ 네덜란드 정부는 기후변화에 대응 가능한 물관리 시스템을 구축하기 위해 기후 시나리오에 따라 현재 시설이 얼마나 대응 가능한지 여부 등을 분석하여 National Water Plan(NWP), Delta Programme 등 국가 차원의 대책을 마련함

● 네덜란드 왕립 기후 센터의 4가지 기후변화 시나리오 중, 2가지의 시나리오에 따르면 '50년까지 네덜란드 남서부(라인-마스 삼각주 지역)로의 물공급이 위험에 처할 수 있을 것으로 분석됨

● 네덜란드 정부는 이러한 기후변화에 따른 물공급 변동에 대응하고자 새로운 National Water Plan을 수립하여 '지속가능한 물관리'를 달성하고자 함

- 동 계획에서는 기존 물관리 계획에서 고려하지 못했던 Spaitial Planning Act를 기반으로 네덜란드 국토 내 공간별 기후변화 특성을 감안한 물관리를 추진하고자 함

● Delta Programme에서는 향후 기후변화에 따라 침수 및 물공급 제약이 발생할

가능성이 높은 삼각주 지역을 대상으로 통합 물관리 정책 수립을 위한 연구개발을 진행함

- 삼각주 지역은 전통적으로 해발고도가 0 m에 근접하는 저지대로 구성되어 있으며, 홍수로 인한 침수 이외에 염수의 역류와 갈수기 담수 공급의 제한에 대한 우려가 큰 상황임
- 동 프로그램에서는 지속가능한 수자원 개발이라는 관점에서, 범람으로부터 국토 보호, 충분한 담수의 확보, 기후변화로부터의 국토 안전 확보를 달성하고자 함
- 동 프로그램에서는 '허용 가능한 재해의 범위' 설정을 통해 보다 현실적인 유역 관리를 추구함
  - 허용 가능한 범위 설정이 없는 기존의 대책으로는 사회적으로 받아들일 수 있는 비용 이상의 재원이 투입되므로, 동 프로그램에서는 재산 손실, 자연 및 문화 자원에 미치는 영향 등을 종합적으로 계산하여 유역 위험 관리의 비용을 수용 가능한 수준으로 낮추는 방안을 마련함
- 동 프로그램에서는 SimDelta 등의 유역 위험 관리 시스템을 수립함으로써 다양한 위험 요소를 고려하는 통합적인 유역 관리를 추진함

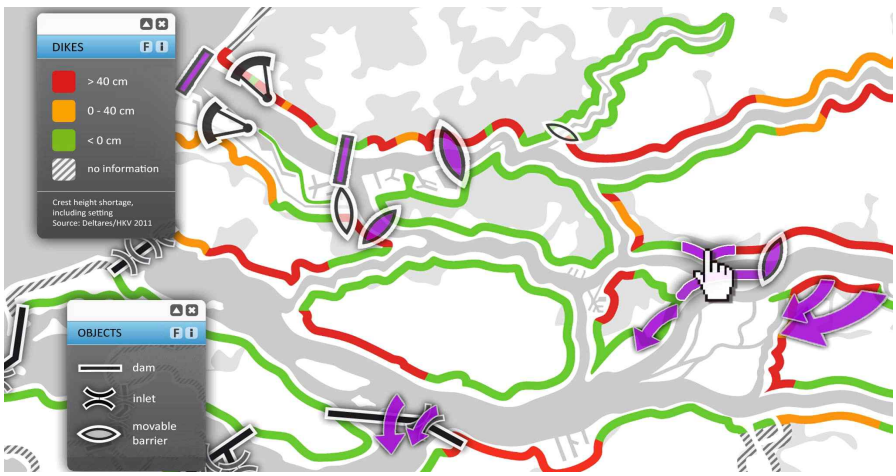


그림 3.4 SimDelta의 보, 제방 및 기타 수리 시설물 위험도 표출 예시

  - SimDelta 시스템은 주요 자연 하천 수계에 국한되었던 기존의 위험 대응 전략에서 벗어나, 제방 설치로 인해 범람 위험이 적을 것이라 예상되었던 지역 및 인공 수로를 모두 포괄하는 종합적인 위험 관리를 도모함
  - 동 시스템은 유역의 보, 제방 등 수리 시설물의 실시간 데이터를 기반으로 전문가·관리자뿐만 아니라 지역 주민, 정치인 등 다양한 이해관계자들이 쉽게 접근하고 위험에 대한 상시 판단이 가능하도록 구성됨

● 네덜란드 정부의 다양한 물관리 대책은 전반적인 국가 수리 시스템을 기후변화

에 견딜 수 있도록 개선하며, 회복 탄력성을 높이고자 하는 방향으로 요약될 수 있음

- 네덜란드 정부 차원에서의 대책 마련이 이루어지는 한편, 직접적인 수재해 및 물공급 위험이 예상되는 도시에서도 대응책 마련이 진행 중임

▪ 라인-마스 삼각주 하구에 위치하여 향후 홍수의 발생 빈도가 증가할 것으로 예상되는 로테르담의 경우 유사한 상황에 처한 영국 런던 및 관련 분야의 연구자들과 긴밀히 협력하여 대책 방안을 마련하고 있음

□ 네덜란드의 홍수 예방 전략은 기존 제방을 강화하는 '대항'에서 유역의 수량 수용능력을 확대하는 '수용' 방식으로 전환되고 있음[10)]

● 네덜란드 정부는 "Room for the River" 계획을 통해 기존 제방을 무작정 높이기보다는 유역의 수량 수용능력을 확대하는 방식으로 전환함

- 최근 기후변화로 인한 해수면 상승, 네덜란드를 관통하는 라인강 및 마스강의 유량 증가 등이 지속적인 재해요인으로 작용함에 따라, 붕괴 시 피해가 막대한 기존의 '제방높이 상향조정'의 방식에서 탈피하여, 늘어난 물에 대항하는 것이 아니라 이를 수용하되 피해를 최소화하는 '수용' 전략으로 패러다임 전환을 시도함

- 구체적으로는 제방을 후퇴시켜 하천의 폭을 늘리고, 강의 흐름에 방해가 되는 장애물은 제거하고, 하천과 운하의 바닥을 더 깊게 준설하며, 주변 토지 용도를 고려하되 유수지 등을 확대하여 비상시 저수용량을 확보하는 사업을 진행함

10) 네덜란드 간척사업 및 수자원 관리, 2016.9.19., 주네덜란드 대한민국 대사관

(2) 미국

□ 미국의 연방환경청(EPA)에서는 하구의 기수역 생태계를 보전하기 위한 국가 하구(기수역) 프로그램(National Estuary Program; NEP)을 운영 중에 있음

● EPA는 하구를 다양한 자원, 혜택 및 서비스를 제공하며 대체할 수 없는 자연 자원으로 규정하고 있으며, NEP를 통해 하구의 수질 및 생태계를 보전하고 훼손된 하구의 복원을 추진 중임

- EPA는 미국 본토의 대서양, 태평양 연안과 미국령 푸에르토리코에 위치한 28곳의 하구를 NEP의 대상 지역으로 설정함

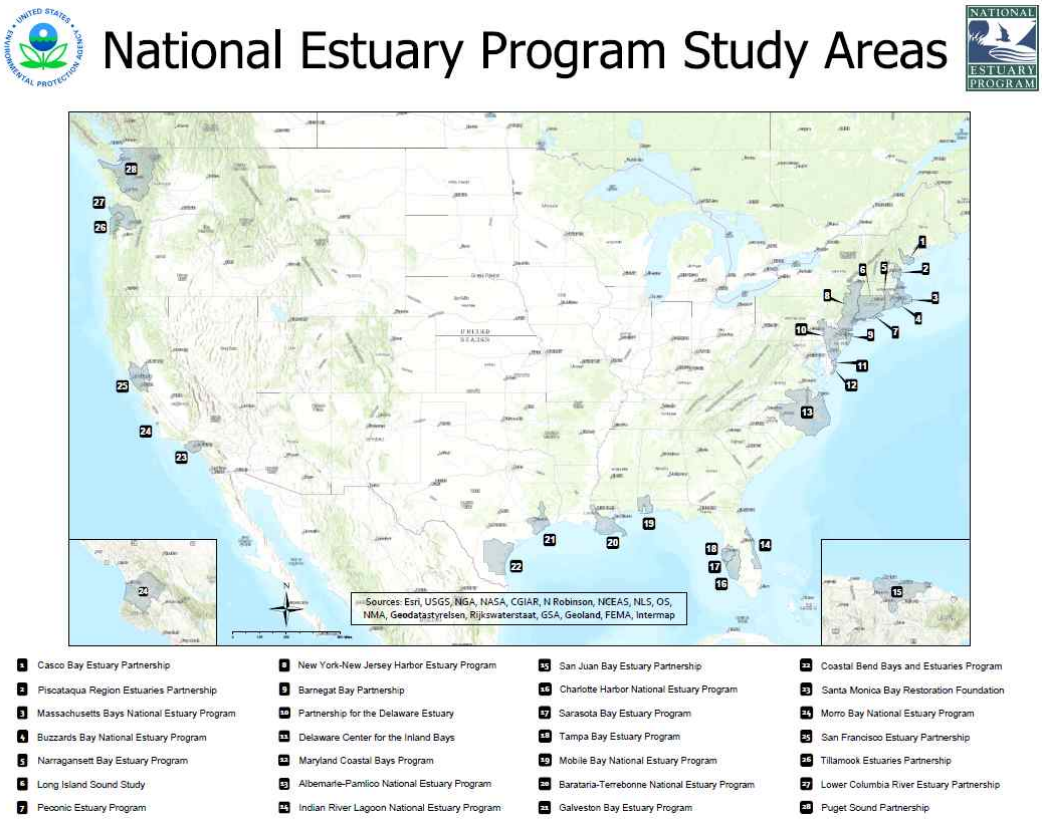


그림 3.5 미 연방 환경보호청의 국가 하구(기수역) 프로그램(NEP) 대상지

● NEP는 연방 정부 및 주・지방 정부와 대학, 연구소 및 개발 비영리 단체로 구성되며 EPA는 동 프로그램에 예산 지원 및 기술 지원을 수행함

- 28곳의 NEP 대상지는 각각 포괄적인 보전 및 관리 계획(Copmrehensive Conservation and Maangement Plans; CCMPs)을 통해 관리됨

- CCMPs는 장기간에 걸친 계획으로 수질 보전 및 생태계 보전에 주안점을 두고 연방, 주, 도시, 지역 및 거주자와 비영리 이해관계자 등 다양한 지역 사회 구성원의 의견을 반영함

● NEP에서는 댐, 하굿둑, 인공 제방 축조 등 수문학적인 변화로 인한 생태계 파괴

에 대한 해결책을 제시하는데 성공함

- 루이지애나 주 Barataria-Terrebonne 기수역에 적용된 NEP에서는 미시시피 강 제방 건설에 따른 하구 유역 토지의 영양분 감소를 해결하기 위해 David Pond Diversion 구조물을 설치하여 바닷물의 침입을 줄이고 해당 유역의 생태계를 활성화하는데 성공함



그림 3.6 NEP를 통해 설치된 David Pond Diversion

● NEP 프로그램은 Barataria-Terrebonne 사례에서와 같이 하구 생태계의 보전을 위해 적극적으로 과학기술의 접목 노력을 지속하고 있음

- NEP의 Community-based Watershed Management 가이드북에서는 하구 환경에 적합한 기술적 특징(Technical Characterization) 도출 절차를 제공하고 있음

● 기술적 특징 도출 절차는 하구 생태계의 자원 및 활용 가치의 묘사 및 정의, 하구 생태계 자원의 현상 파악, 주요 문제 설정, 문제 발생 원인 설정, 관리 계획으로의 편입 및 기술 탐색으로 구성됨

- NEP에서는 이와 같은 기술적 특징 도출 절차를 통하여 서식지의 관리, 수문학적 시설의 구축, 하수 시스템의 관리, 우수 시설 구축 등 다양한 해결 방안이 도출됨

● 동 과업에서는 기존의 수리구조물에 AI 기술을 접목시킴으로써 수재해 예방 및 하구 기수역 생태계 보전, 수자원 관리라는 다양한 목적을 달성하고자 하는 바, 미국 NEP에서 수행한 하구 보전 프로그램들과 그 취지가 유사한 것으로 판단됨

□ 미국 연방해양대기청(NOAA) 및 산하 기상청(National Weather Service; NWS)에서는 수자원의 탄력성(resilience) 확보를 위한 장기 계획을 수립·추진하고 있음

● ‘09년 워싱턴 주의 Yamika River 유역 보존을 위해 카운티, 시 정부, 주 정부 및 NOAA 관계자가 연대하여 유역의 물 문제 해결책을 설계하고 실천하기 위한 30년의 장기 계획을 수립함

- 동 계획의 수행 기간은 30년이며, 총 예산 38억 달러 규모로 추진됨
- 동 계획에서는 유역 수자원 보전을 위한 하천 및 삼림 생태계 복원 프로젝트, 가뭄 대응 펌핑 플랜트 조성, 물 이송 파이프라인 구축 등을 3단계로 나누어서 추진함



그림 3.7 Akima 강 유역 수자원의 탄력성 확보를 위한 장기 계획 개요

□ 미 육군 공병단(USACE)은 홍수방지를 위한 제방시설에 대한 관심이 증대됨에 따라, Levee Safety Program을 운영하여 제방시스템을 평가하고, 평가결과에 따라 대처함[11)]

- USACE가 관리하는 제방의 총 길이는 4,200마일(약 6,759km)로 미국 전역 제방의 30%에 달함
  - 8,200마일의 제방은 연방 정부에 의해 관리되고 있으며, 1,750마일의 제방은 시 혹은 카운티 차원에서 관리되고 있음
- 동 프로그램의 제방 관리는 기본적으로 위험도 기반 의사 결정에 의해 수행됨
  - 위험도의 측정은 개별 위험 요소(hazard), 제방의 성능(performance), 연쇄 결과(consequence)에 기반하여 이루어짐

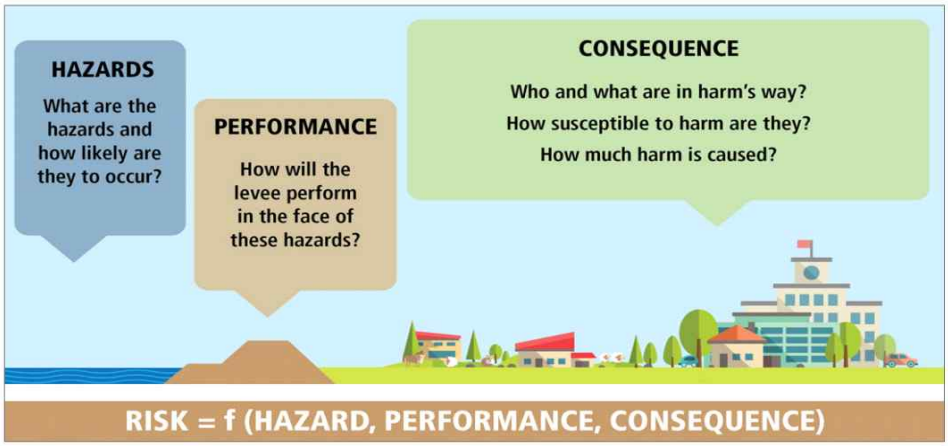


그림 3.8 USACE의 위험도 측정 개념도

  - 동 프로그램의 위험도 기반 의사 결정은 위험도 측정, 위험도 소통, 위험도 관리에 의해 수행됨
- 도출된 위험도 정도에 따라 중기 및 장기 위험감소 대책을 마련함
  - 중기위험감소를 위하여 장기적인 솔루션을 계획하고, 추진되는 동안에 홍수위험을 줄이기 위한 임시조치로 정기·특별검사, 홍수발생, 위험평가 및 제방검진, 시스템 전반의 프레임워크 개선 등을 수행함
  - 장기위험감소를 위하여 홍수관리접근방법의 구성요소로서 수리, 재활 또는 제방의 교체를 넘어 지역 토지이용계획, 개발결정, 구역, 비상 관리 및 피난계획, 제방건설 등을 고려함
- 동 프로그램에서는 제방 인근 지역에서 발생할 수 있는 재해의 시나리오를 크게

11) National Levee Database, USACE, 2012.

4가지로 분류함

- 4가지 재해 시나리오는 월류 전 파괴에 따른 범람, 월류로 인한 제방 파괴와 범람, 부적절한 운용으로 인한 범람, 월류에 따른 범람으로 구분됨

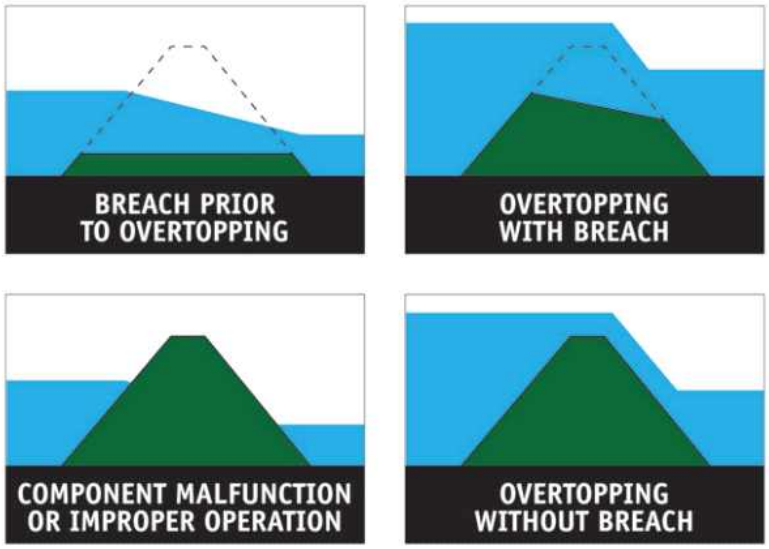


그림 3.9 제방 인근 지역의 4가지 재해 시나리오

(3) 일본

□ 일본의 하천 치수는 우리나라의 국토교통부에 해당하는 국토교통성이 관장하고 있으며, 수자원 개발이 특별히 요구되는 주요 7대 하천의 수계를 '수자원개발수계'로 지정하여 <수자원개발기본계획>을 수립·운영하고 있음

● 현행 기본계획에서는 수자원의 개발 및 이용 과정에서 유역의 건전한 물환경에 주안점을 두며 치수대책, 하천환경의 보전 및 수력 에너지의 적정이용을 위해 노력하고 기존의 수리·수산자원의 보호에 충분히 배려할 것을 규정하고 있음

● 국토교통성은 <차기 수자원개발기본계획 수립(안)>에서 스톡 매니지먼트(stock management)를 통한 수리 시설물의 장수명화, 기후변화에 대한 대응, 물환경 및 생태계 보전에 주안점을 부여함

- 수리 시설물의 장수명화를 달성하기 위하여 스톡 매니지먼트 개념을 기반으로 한 장수명화 대책 플랜 수립 및 기술 적용을 추진할 계획임

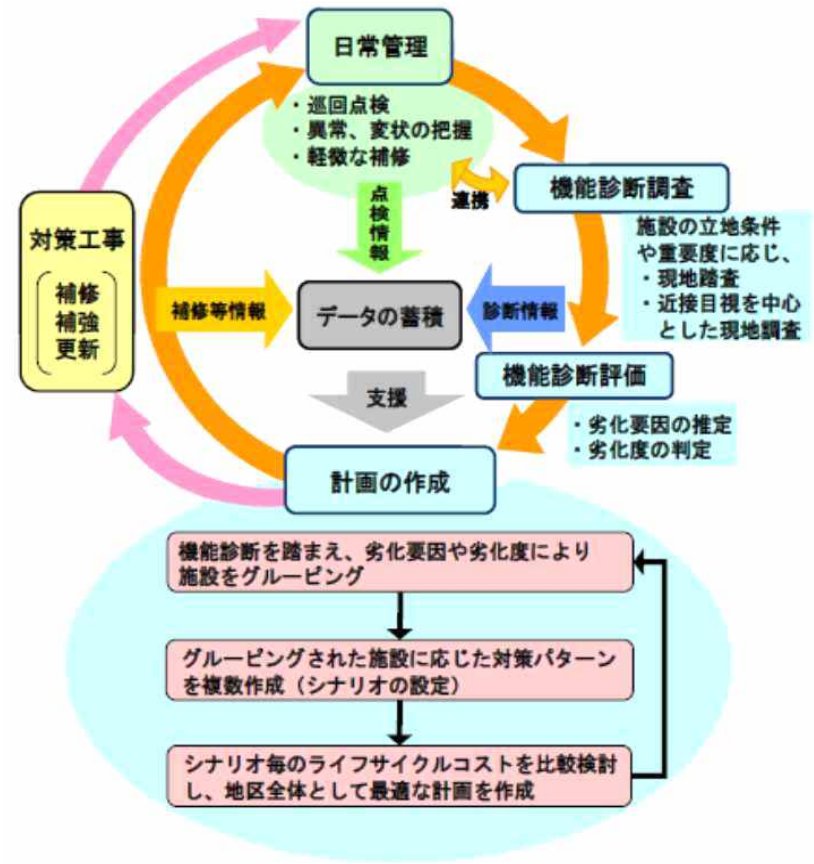


그림 3.10 국토교통성 <차기 수자원개발기본계획 수립(안)>에서 제안하는 수리 시설물의 데이터 기반 스톡 매니지먼트 사이클

▪ LCC(Life Cycle Cost) 절감 뿐만 아니라 구체적인 <시설물 장수명화 계획>을 통하여 유지관리 주기를 거치는 동안에 축적된 데이터를 기반으로 상시 장수

명화 대책을 개선하는 것을 목표로 함

▪ 순회 점검, 이상 부분 파악, 기능진단 검사, 시설물이 위치한 지역에 대한 근접 조사 등을 통해 데이터를 지속적으로 축적하며, 열화 개소 및 향후 수재해 발생 시 취약할 것으로 예측되는 개소에 대한 보완 보강 및 갱신을 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 함

- 기후변화에 대한 대응의 구체적인 목표로, 기후변화가 국민의 생명, 사회 안전 및 자연환경에 미치는 영향을 최소화 혹은 회피, 신속 회복이 가능한 물 관리·공급 시스템 구축을 주요 목표로 설정하고 있음

▪ 물의 상호융통을 포함한 백업 체제 정비, 수재해에 대한 신속한 대응이 가능하고 높은 회복탄력성을 가진 시설 구축 등을 추진함

- 물환경 및 생태계 보전의 구체적임 목표로 건전한 물·에너지·물질환경에 입각한 사회 구축을 제시하고 있으며, 이를 위해서 물환경 및 생태계의 보전 및 재생을 세부 과제로 설정함

▪ 물 이용의 과정에 있어서, 인간과 수생생물의 공생을 기반으로 한 보다 풍부한 생물다양성 보전을 위한 대책 추진이 요구됨

▪ 구체적으로는 유역 희소식물의 보전대책 마련, 저수지에서의 수질 보전, 댐 하류 하천환경의 개선, 하천 습지 보전 및 재생, 보의 수도 정비 등을 추진함

□ 국토교통성의 동 계획은 기후변화 대응, 수리 시설물의 장수명화 및 재해 발생 시 회복 탄력성 고려, 유역의 물환경 및 생태계 보전에 주안점을 맞추고 있다는 점에서 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 개발의 취지와 유사한 것으로 판단됨

라. 국내・외 기술동향

(1) 국내 기술동향

(가) 하굿둑 구조물 분야

□ ‘08년 한국농어촌공사는 영산강 하굿둑 구조개선사업 최적방안 수립 연구를 통해 수질개선을 위한 영산강 하굿둑 구조개선 방안에 대해 연구하였음

- 동 연구에서는 재해방지 능력 강화, 양질의 용수공급을 위한 담수호 수질 개선, 하구 생태 개선, 관광자원으로 활용하기 위한 다기능 하굿둑 경관개선 등 영산강 하굿둑의 종합적인 구조개선 방안 마련을 목표로 함
- 동 연구에서는 영산강 유역의 수문분석, 이・치수 대책 분석, 수질 현황 분석 등을 기반으로 재해대책, 수질개선대책, 구조개선 모델 개발 및 기본계획 등을 제시함
  - 재해대책으로는 하굿둑 배수갑문 홍수배제능력 달성을 위한 영산호 및 영암호의 배수갑문 확장, 영암 연락수로 확장 등을 제시함
  - 수질개선대책으로는 배후 농경지에서 유입되는 농경지 유출수와 호소 내부 수질개선 대책을 수립함
  - 구조개선 모델로는 치수형(배수갑문 확장・홍수관리), 치수생태형(치수형 + 수질개선 + 생태(어도)), 치수생태경관형(치수생태형 + 수질(인공습지 및 침강지) + 생태(습지) + 전망대)을 제시함

□ ‘20년까지 능동형 하천정보 운영을 통한 다차원 하천관리 체계 구축 및 활용기술 개발을 통해 하천시설물・수자원・기상・방재 등 하천 통합 정보를 활용한 하천시설물 생애주기 관리 기술, 사용자 맞춤형 하천정보 제공 기술 개발을 추진 중임

- 세부 과제 내용으로는 하천환경 평가・의사결정 시스템 개발, 하천관리 시스템 개발, 생애주기별 업무지원 및 알림이 가능한 지능형 시스템 개발이 추진됨
  - 국가하천・지방하천 대상 정량화된 DB를 활용한 하천환경 평가기술 개발, 하천이용 확대를 위한 친수정보 생산 및 관리기술 개발, 하천환경관리 의사 결정시스템 개발
  - 신개념 3D GIS 개발 기반 하천관리 시스템 구축, 상용 GIS 엔진 기술을 탈피한 신개념 ‘Suitable 3D GIS’ 개발 기반 하천관리 시스템 개발
  - 기존의 하천정보 시스템이 정보의 나열 또는 단순 제공하는 한계를 극복하고 하천관리업무지원 및 의사결정 지원정보를 가공하여 제공하는 예방적 하천관리 시스템, 하천 시설 및 공간정보에 대한 기본 정보뿐만 아니라 현황 및 통계자료 작성이 가능하고 생애주기별 업무지원 및 알림까지 가능한 지능형 시스템의 개발
- 동 기술개발의 최종 성과물로는 하천 시설물의 생애주기 별 관리 기술 개발을

통한 시설물 안전확보, 유지관리 기술의 체계화, 기존 RIMGIS 등 하천관리시스템 개선 기술 제공, 유역종합치수계획이나 수자원장기종합계획 수립 등에 필요한 면단위 하천환경, 친수 정보 확보 및 체계화 기술 개발을 통해 기존 지점단위 정보제공 한계 극복 등이 기대됨

□ ‘20년까지 극한 수재해 대응 노후 수리시설물 성능개선 기술개발을 통해 극한 수재해 대비 하천 시설물 안전성 확보를 위한 진단・관리 기술 및 하천수의 효율적 이용을 위한 취・방류수 계측 관리 기술을 개발 중에 있음

- 세부 과제 내용은 ①노후된 하천구조물의 개선을 위한 대안으로 다단식 다기능 하단배출식 가동보 수문시스템의 개발을 통해 기존 하천구조물의 수질오염 문제와 더불어 고유기능인 이수・치수적 능력 증대를 도모, ②극한 수재해에 취약한 노후 수리시설물의 경제적 보수・보강 위한 성능개선 및 공사원가 절감형 소재・공법개발로 구성됨
- 동 기술개발의 최종 성과물로는 하단 배출평 가동보의 특허와 다기능 하단배출형 가동보 수문 시스템의 사용자 매뉴얼이 기대됨

(나) 하굿둑 운영을 위한 데이터 분석 분야

□ 국토관측센서 기반 광역 및 지역 수재해 감시・평가・예측 기술 개발을 통해 다양한 정보에 기반한 수재해 감시 및 예측 기술을 개발 중에 있음

- 동 기술개발에서는 종합적 분석을 통해 물관련 재해 예측의 정확도 향상, SRA(Satellite, Radar, AWS)에 기반한 한반도 주변의 가뭄, 건천화, 홍수재해 등 물관련 재해 실시간 감시, 평가, 예측시스템 구축, X-net 기반 국지 관측 기상/수문정보를 이용한 지역 수재해 대응기술 개발을 목표로 함
- 세부 과제 내용으로는 정보생성 기술, 정보서비스 플랫폼 기술, 재해 평가 및 예측기술 개발을 추진함
  - 1세부: 국토관측센서 기반 수문 인자 및 정보 생성기술 개발
  - 2세부: 물안보 강화를 위한 선제적 가뭄/하천건천화 평가 및 예측기술 개발
  - 3세부: 수해 경감을 위한 맞춤형 홍수재해 평가 및 예측기술 개발
  - 4세부: 빅데이터 기반 Glocal(Global+Local) 수자원 정보서비스 플랫폼기술 개발
- 동 기술개발의 최종 성과물로는 하천 건천화, 홍수 등을 실시간으로 감시, 평가, 예측하는 기술과 이에 기반한 수문 및 수재해 정보 포털 시스템이 기대됨

(다) AI 기반 하굿둑 운영 분야

□ ‘06년 낙동강 하굿둑 건설에 따른 염분 영향 분석 및 하굿둑 운영 개선방안을 통해

하굿둑 운영에 따른 생태계 영향을 분석하고, 이에 따른 운영방안을 제시하였음

- 동 연구는 하굿둑 건설 전의 하구해역의 물리환경·염분분포를 고찰하고, 해수유동 모델을 이용하여 하구해역의 시·공간적 염분분포 변화 및 낙동강하굿둑의 운영 개선을 통해 하구해역의 생태계에 미치는 악영향을 최소화하는 방안 제시를 목표로 함
- 동 연구에서는 과거 하굿둑 건설 이전과 같이 상시 방류 시스템에 가까운 방식으로 하굿둑의 운영 시스템을 전환할 것을 주장함
  - 하굿둑 건설 이후의 하천수 체류 시간은 1.8일로 건설 이전의 2.5일에 비해 짧게 나타났는데 이는 희석 혼합이 잘 이뤄지지 못하고 하천수가 조기에 외해로 유출됨을 의미함
  - 하굿둑 상류의 담수권의 경우 하굿둑 건설로 인하여 기수환경의 수역이 영구 담수환경으로 확연히 생태계의 변화가 이루어진 상태이므로, 용수 이용에 장애를 초래하지 않는 범위 내에서 과거의 기수환경 복원이 요구되는 상황임
  - 하굿둑 운영 시스템의 향후 방향으로는 ①낙동강 하굿둑 운영수위를 현재보다 높게 유지하며 ②담수 방류 지역을 하굿둑 상류 지점인 구포 지점으로 함으로써 상시 해수와 담수의 혼합이 이뤄지도록 도모하는 방향이 고려됨

□ ‘20년까지 하굿둑 수문운영 및 개방에 따른 환경변화 및 재해 위험도 평가 기술을 개발 중에 있음

- 동 연구과제의 목표는 4대강 사업으로 변화된 낙동강 하굿둑의 수문 운영 시스템을 분석하고 기수역 확보를 위한 수문 개방으로 발생할 수 있는 수질변화(염분, 수온)가 취수 안정성에 미치는 영향을 분석과 낙동강 하굿둑 구간의 범람에 대한 재해 위험도 평가임
- 세부 연구 내용은 ①4대강 사업으로 변화된 낙동강 하굿둑의 수문 운영 시스템을 분석하고 기수역 확보를 위한 수문 개방으로 발생할 수 있는 수질변화가 취수 안정성에 미치는 영향 분석 및 ②낙동강 하굿둑을 상시개방 할 경우 과거 하굿둑 인근 해역에 영향을 미친 태풍사례 및 피해 조사 및 위험도 분석으로 구성됨
- 동 연구과제의 최종 성과물로는 하굿둑의 수문시스템을 고려할 수 있는 Modified EFDC 모델을 이용한 염분도 해석 결과, 문 개방으로 발생할 수 있는 수질변화(염분, 수온)가 취수 안정성에 미치는 영향 규명, 하굿둑에 발생할 수 있는 위험도 평가를 사전에 실시하여 선진사회형 위험대비 재해관리 실현 등이 기대됨

(2) 국외 기술동향

(가) 하굿둑 구조물 분야

□ 템즈 강 하류에 위치하고 있는 Thames Barrier는 고정보 4개와 Rotary segment 방식의 가동보 6개로 이루어져 있는 수문으로, 주로 홍수 방어(flood defense)의 목적으로 이용되고 있지만 염수 차단의 용도로도 사용됨

- 수문의 총 길이는 약 520 m이며, 영국 동부의 북해(North Sea)에서 발생하는 폭풍해일과 타 지역에 비해 크게 나타나는 조차 (고조 평균 15 m, 저조 평균 7 m의 수심) 등의 원인으로 빈번하게 발생하던 홍수를 방지하기 위한 목적으로 1982년에 완공됨

- Thames Barrier는 일반적으로 상류에 비해 하류 수심이 2 m 이상 상승하는 경우 가동보가 작동하여 홍수를 방어하는 기능을 함

  - 방어를 위해 6개의 가동보가 닫히는 시간은 약 90분 정도 소요되며, 조위나 폭풍해일의 발생에 따라 변하는 수위에 대응하여 수문을 열고 닫아 수문 후방의 수위를 비슷하게 유지시킴

  - 계절별로 0.1 m에서 0.4 m의 범위 내에서 차이가 생기도록 수위를 유지함

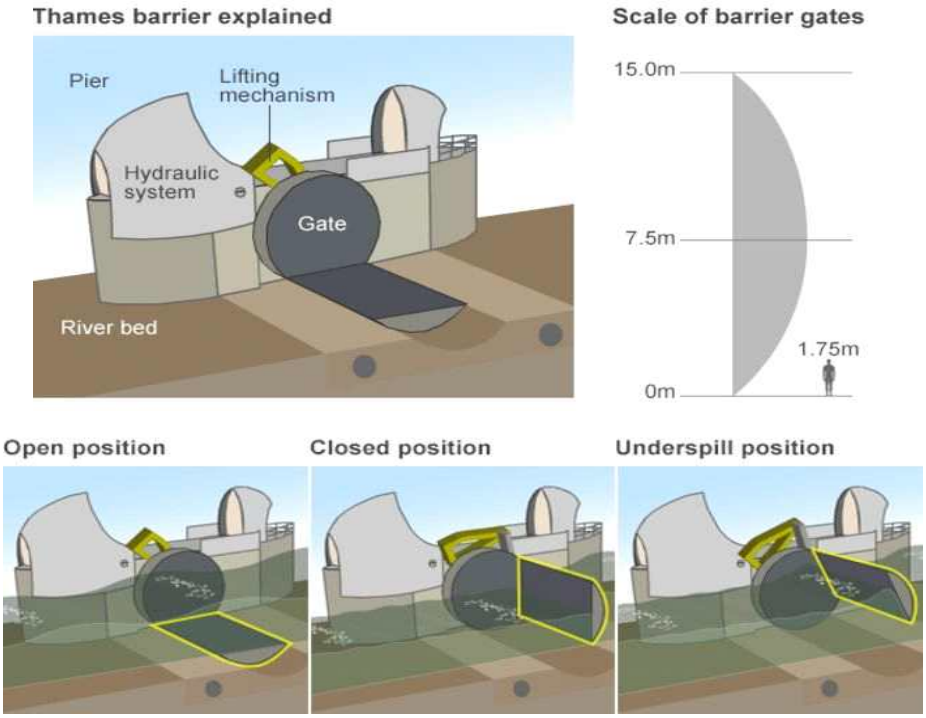


그림 3.11 Thames Barrier 가동보의 작동방식 (출처: Tom de Castella (2014.2), "How does the Thames Barrier stop London flooding?". BBC News)

- Thames Barrier가 1982년에 완공된 이후로는 조차에 의한 홍수가 단 한 건도 발생하지 않았음

● 기후변화에 의한 해수면 상승 시나리오를 고려하여 미래 해수면 상승에 따른 홍수 발생을 추가적으로 대비하였다는 점에서 타 수문들과 차이점을 보임

- 영국 연구진의 최근 연구 결과에 따르면 동 수문은 2060-70년경까지의 해수면 상승에도 폭풍해일이나 조위편차에 의한 홍수를 충분히 방어할 수 있을 것으로 기대됨

- 영국 정부 측에서는 염수에 의한 구조물의 부식 등을 방지하기 위해 향후 지속적인 관리 및 정비 계획을 구상 중에 있음

□ 네덜란드 Maeslant Barrier는 1953년 착공하여 1997년에 완공된 폭풍해일 방지용 수문으로, 홍수뿐만 아니라 염수 침투로 인한 피해를 막기 위한 목적으로도 활용됨

● 동 하굿둑은 부채꼴(Sector) 형태의 수문 2개가 좌, 우에서 회전하는 방식으로 가동되며, 각 수문은 폭 210 m, 높이 22 m, 깊이 15 m로 건설됨

● 네덜란드에서 수위의 기준점으로 사용되는 Amsterdam ordnance zero(datum) 보다 수위가 3 m 이상 높아졌을 때 부채꼴 형태의 수문 2개가 회전하여 서로 맞닿는 방식으로 수문을 닫아서 추가적인 해수 침투를 방어함

- 수문의 제어는 BOS(Decision and Supporting System) 시스템을 통해 자동으로 이루어짐

- 홍수 위험이 시스템을 통해 감지될 경우 수문이 닫히기 4시간 전부터 2시간 전까지 항구로 들어오는 모든 배의 출입을 통제하며, 이후 2시간 동안 수문이 완전히 닫히게 됨



그림 3.12 Maeslant Barrier (출처: New Waterway Storm Surge Barrier (http://www.world66.com/))

□ 일본 코지마 만 제방은 일본 오카야마 현에 위치한 제방으로 간척사업 및 하천 표사 이동으로 인한 침수, 염수로 인한 피해를 방지하고자 1956년에 건설된 구조물임

● 1.5 km 규모의 제방을 경계로 염수가 존재하는 코지마 만과 담수가 존재하는 코지마호 구역으로 구분되어 있으며 각각 24 m 길이의 6개의 수문이 위치하여 해수 유입부분과 호수 사이의 수위를 조절함

- 동 제방은 극심한 조차로 인한 염수 침투에 따른 농경지 피해를 막는 데 중요한 기능을 수행함



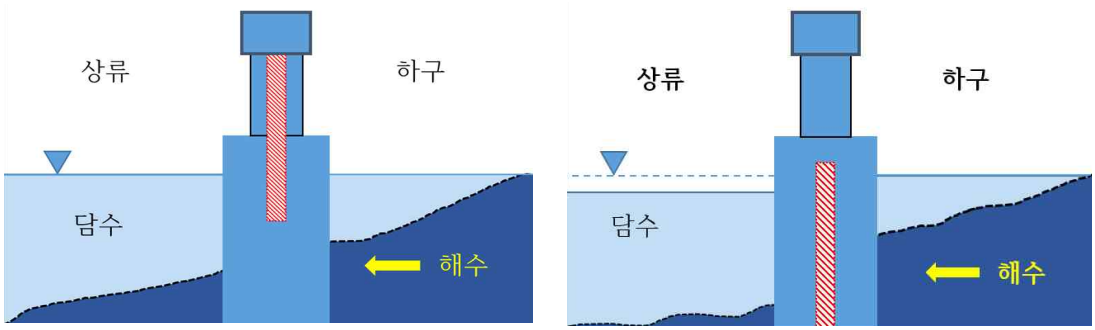
그림 3.13 코지마 만 제방

□ 일본 도네강 하굿둑은 치바 현 도네강 하류에서의 염수 유입 방지 및 홍수 방어를 위해 1971년에 완공된 구조물로, 2개의 조절문과 7개의 제수문으로 구성됨

● 동 하굿둑은 염분 농도 관리, 수위 관리, 일정 유량 유지, 홍수 방어의 4가지 주요 목적을 가짐

- 도네 강의 하류는 바다와 맞닿아 있어 바다로부터 유입되는 염수 유입이 빈번한 상황으로, 동 하굿둑은 과다한 염수의 유입을 방지하여 도네 강 생태계 보호를 가능케 함

- 생활용수의 취수 기준은 200 ㎎/l, 농업용수는 500 ㎎/l을 기준으로 설정함



수문 개방 (염수 침투) 수문 폐쇄 (염수 방어)

그림 3.14 도네강 하굿둑의 염분 농도 관리 원리

□ 도네강 하굿둑 건설을 통해 도네 강의 평균 수위를 일정하게 유지함으로써, 도네강 상류에서의 수자원 사용을 용이하도록 함

- 동 하굿둑을 이용하여 썰물 시 하류의 수위가 낮아졌을 때 유지 유량을 방류하여 도네 강의 수위를 일정하게 유지함

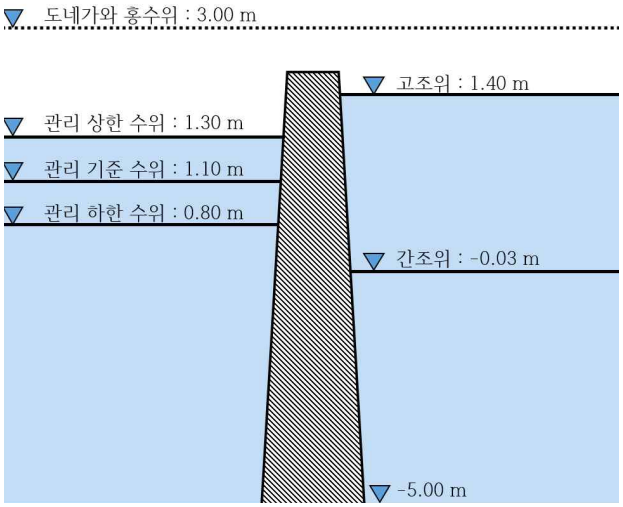


그림 3.15 도네강 하굿둑의 수위 관리

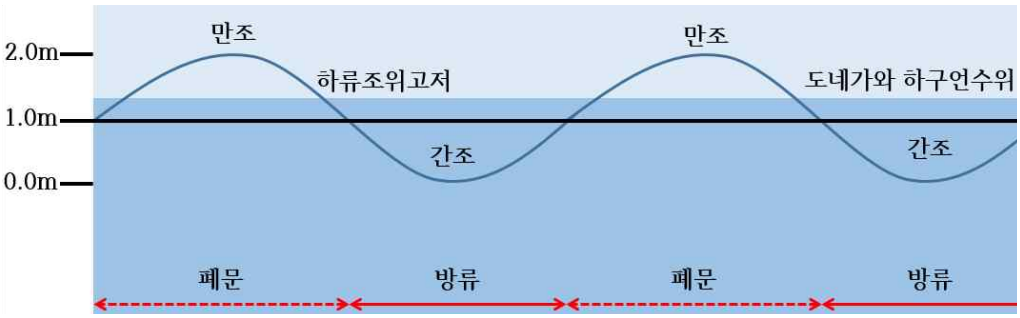


그림 3.16 도네강 하굿둑의 유지 유량 방류 – 게이트 방류 모델

- 홍수 시에는 동 하굿둑의 2개 조절문과 7개 제수문을 모두 개방함으로써, 상류부에서 홍수로 인한 피해가 발생하지 않도록 조치 가능함



그림 3.17 도네강 하굿둑의 전경

(나) 하굿둑 운영을 위한 데이터 분석 분야

□ 미국, 유럽, 일본을 중심으로 한 기술 선도국에서는 첨단 IT 기반의 하천 유량 측정, 시설물 모니터링 및 정보제공 기술의 확보 연구에 주력하고 있음

- 미국은 연방 정부와 산・학・연의 연구 협력을 통해 하천 정보 수집 및 이에 기반한 물관리 시스템을 개발・운영하고 있음
  - 연방 차원에서는 대표적 물관리 기관인 개척국(USBR), 지질조사국(USGS), 테네시 유역관리청(TVA)이 참여하여 물관리 시스템을 운영하고 있음
  - 연방정부에서는 홍수예보시스템을 위한 하천예보센터(River Forecast Center, RFC)를 만들어 기상예보국과 협동해 모든 하천에 모니터링 시스템을 형성함
  - 동 센터에서는 실시간 수문예측자료 및 경보자료를 제공하며 웹 기반의 하천 및 수문 예측 정보를 제공하는 홍수예보시스템(Advanced Hydrologic Prediction Service, AHPS)을 구축하여 홍수 및 가뭄에 대비 기간확보, 정확한 하천 예보 및 홍수 경보 등의 정보제공으로 수재해에 대한 인적, 경제적 피해를 감소시킴
  - Beacon 연구소, IBM, Clarkson University가 공동으로 REON(River & Estuary Observatory Network) 프로젝트를 실시하여 하천의 물리적, 화학적, 생물학적 정보를 실시간으로 수집하고 분석하며 태양광발전 및 배터리를 이용하여 불필요한 에너지를 줄이고 컴퓨터가 통제하는 자율 로보틱 프로파일러(Autonomous Robotic Profiler) 설치함
- 유럽연합의 경우 WaterWare(Water Resources Management Information System)를 통해 통합정보의사결정시스템을 구축하여 수자원관리 문제를 해결하기 위한 데이터분석, 모델링, 의사결정지원 등 통합된 프레임을 제공함
  - 네덜란드의 경우 “Digital Delta” 프로젝트를 시작하여 네덜란드 전체의 효율적인 물관리 및 홍수로부터의 재난관리를 위한 빅데이터 기반 물관리 체계를

구축하고 있음

- 네덜란드 정부는 Deltares Science Institute, the University of Delft 및 IBM과 공동으로 Intelligent Water software 및 Smarter Water Resource Management solution 환경의 물관련 정보화 체계 구축 및 물관리 시스템 구축을 추진함

● 일본의 경우 하천 유역 종합 정보시스템(FRICS: Foundation of River & Basin Integrated Communication System)을 통해 과거·현재 정보를 종합한 유역 정보를 제공하고 있음

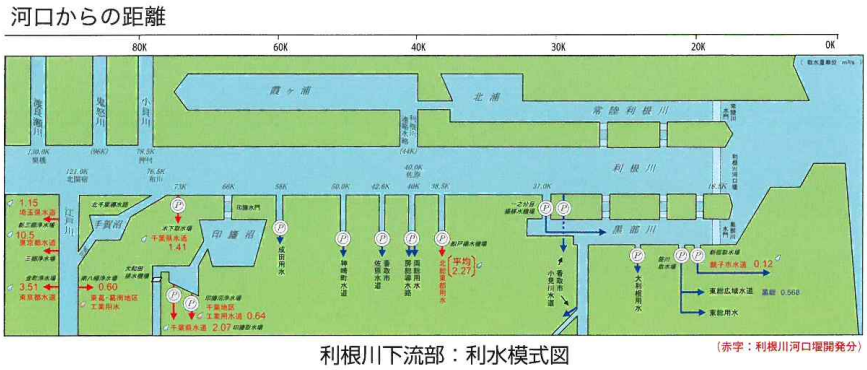
(다) AI 기반 하굿둑 운영 분야

□ 도네강 하굿둑으로 유입되는 염수의 양은 하굿둑 상류 7.5㎞ 지점 기준 염분도를 500㎎/l이하로 관리 중이며, 상류 유입량, 내부 염분도, 상하류 수위등을 고려하여 자동시스템에 기반하여 종합적으로 운영 중임

● 도네강 하굿둑의 경우에도 건설 당시에는 일방향(상류⇒바다)으로 흐르는 것으로 계획, 관련자들의(어협조합 등) 반대 및 건의로 현재의 방법(양방향 흐름)으로 변경된 바 있음

- 이는 현재 위치에서 염분조절이 가능했기 때문이며, 만약 염분도가 높으면 운영이 어려웠을 것으로 판단됨

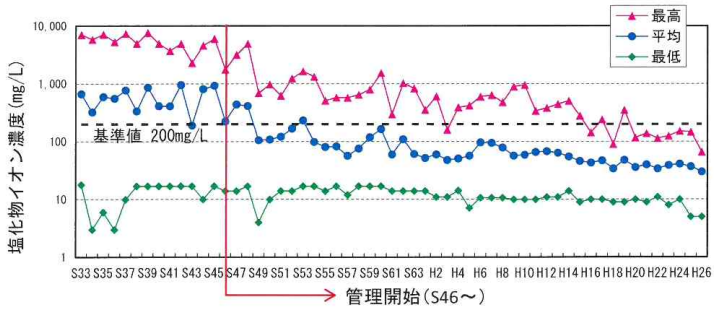
● 염분도는 실시간으로 관측되는 염분도(하굿둑 상 · 하류 10개소, 상 · 중 · 하 계측), 수위, 유량을 종합적으로 검토하여 자동적으로 관리되고 있으며, 하굿둑 내의 염분도에 따라 3단계 염분조절 수문조작을 시행함



利根川下流部：利水模式図

●塩害防除の効果

香取市小見川取水場は、河口から27km地点にあります。香取市水道の実績によると、取水地点の塩化物イオン濃度の値が、概ね水道用水（原水）の基準値である200mg／ℓ以下になっています。



塩化物イオン濃度の変化（出典：香取市建設水道部小見川浄水場）

그림 3.18 도네강 하굿둑의 염분 관리 시스템 개요도

□ 네덜란드의 Maeslantkering 하굿둑은 상시 양방향 통수가 이뤄지고 있으며, 폭풍해일 및 염수피해 제어를 위해 Decision and Supporting System(BOS)를 통해 자동으로 수문을 제어

- Maeslantkering 하굿둑은 Europoortkering 프로젝트의 일환으로 Delta Works의 마지막 단계에서 설치되었으며 로테르담 항구의 범람 및 주변도시와 농지에 대한 홍수방어를 목적으로 설치됨
- 로테르담과 북해를 연결하는 수로에 하굿둑을 설치했으며 이 수로는 많은 물류가 운송되는 로테르담 항구로 연결되는 주요 경로이기 때문에 일반적인 하굿둑과는 다른 접근이 필요했음
- 폭풍해일 방어를 주목적으로 하며 일상적으로 선박이 운행하는 지역이므로 갑문을 하천내에 설치하지 않고 양안에 설치하여 운영중
- 운영제어에는 무인 자동화 시스템인 Decision and Supporting System(BOS)이 사용되고 있음



그림 3.19 Maeslantkering 하굿둑과 시스템 개요도

(3) 기술수준분석

(가) 기술수준분석 개요

□ 기술수준을 분석하기 위하여 기술분류체계를 다음과 같이 설정함

기술분류체계		
대분류	**중분류**	**소분류**
A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	A1 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술	▪ 기존 하굿둑 구조물 리모델링 기술
		▪ 가변-강성기술 활용 하굿둑 설계 기술
		▪ 통수능 조절식 분절형 하굿둑 설계기술
		▪ 침부식 하굿둑 설계기술
		▪ 비수문형 하굿둑 설계기술
		▪ 하이브리드 수리구조물 설계기술
	A2 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술	▪ 유체-구조물상호작용해석기술
		▪ 하굿둑 상·하류 흐름 상세 모의기술
		▪ 양방향 통수에 따른 하굿둑 구조물 안전성 평가 기술
		▪ 양방향 통수를 위한 하굿둑 상·하류 하상 보호공 안전성 평가 기술
		▪ 수문진동해석기술
	A3 하굿둑 자동화 하드웨어 기술	▪ 하굿둑 시설물 유지관리 기술
		▪ 고속 수문 개폐기술
		▪ 수문 정밀제어 기술
		▪ IoT 센싱 하굿둑 시설물 상태점검 기술
		▪ 구동부 자동화 하드웨어 개발
B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	B1 하굿둑 운영 시나리오별 데이터 생산(모델링) 기술	▪ 하천 염분침투 및 해양 담수확산 정밀모의 기술
		▪ 지하수 염분침투 모델링 기술
		▪ 기수역 수질 모델링 기술
		▪ 기수역 유사이동 및 하상변동 모델링 기술
		▪ 기수역 양방향 흐름 모델링 기술
	B2 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술	▪ 하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술
		▪ 지하수 흐름 및 염분 모니터링 기술
		▪ 하굿둑 주변 다항목 모니터링 정보 통합시스템 구축 및 활용기술
		▪ 드론 영상 기반 하굿둑 수문운영 원격 감지 기술
		▪ 염분 공간분포 측정기술
	B3 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술	▪ 하굿둑 운영 관계기관 빅데이터 수집 및 관리 기술
		▪ 하굿둑 빅데이터 통합 플랫폼 구축 및 공유 기술
		▪ 하굿둑 빅데이터 분산 및 병렬 처리 기술
		▪ AI 기반 정형/비정형 빅데이터 통합 분석 기술
C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	C1 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술	▪ 운영 목적별 심층기계학습 적용기술
		▪ 관측자료 및 물리모형과 결합한 심층기계학습 적용 기술
		▪ 강화학습 기반 수문 운영 에이전트 구현 및 비지도 학습 기반 수문 자율 운영 AI 구축 기술
		▪ 인공신경망기반 단기 예측 및 이를 이용한 운영방안 개발 기술
	C2 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술 소프트웨어	▪ 수문조작자동화(·무인화)기술
		▪ IoT 기반수문 가동상황 감지기술
		▪ 디지털 트윈 기반 자율운영 시뮬레이션 기술
		▪ 댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술
		▪ 하굿둑 BIM 소프트웨어 기술
		▪ 하굿둑 구조물 정밀제어 소프트웨어 기술
	C3 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술	▪ 기수생태계 건강성 평가 기술
		▪ 기수생태계 복원 및 조성 기술
		▪ 기수역 복원을 통한 친수공간 조성 기술
		▪ 적정 기수역 유지를 위한 하구통합 물관리 기술
		▪ 기수역 조성·관리를 위한 법·제도 개선

□ 산・학・연 전문가 27인으로부터 수합된 기술수준조사 결과를 바탕으로 AI기반 자율운영 수리구조물(이하 AI수리구조물) 관련 3개 대분류・9개 중분류・45개 소분류 기술에 대한 (표 3.8 참조)기술수준분석을 수행함

□ 기술수준분석은 사업개념과 이에 부합하는 세부연구분야가 정립된 이후인 '19년 1월 31일부터 3월 19일까지 약 7주간 진행됨

(나) 세부분야별 기술수준분석

□ AI수리구조물 관련 분야의 국내 평균 기술수준이 최고기술보유국 대비 64.8%로 조사된 가운데 기술수준이 가장 높은 분야는 'C. AI 기반 하굿둑 통합 운영 기술' 분야로, '19년 현재 기술수준은 67.1%로 조사됨

- 'B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술' 분야의 기술수준이 63.9%, 'A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술' 분야의 기술수준이 63.5%로 분석됨

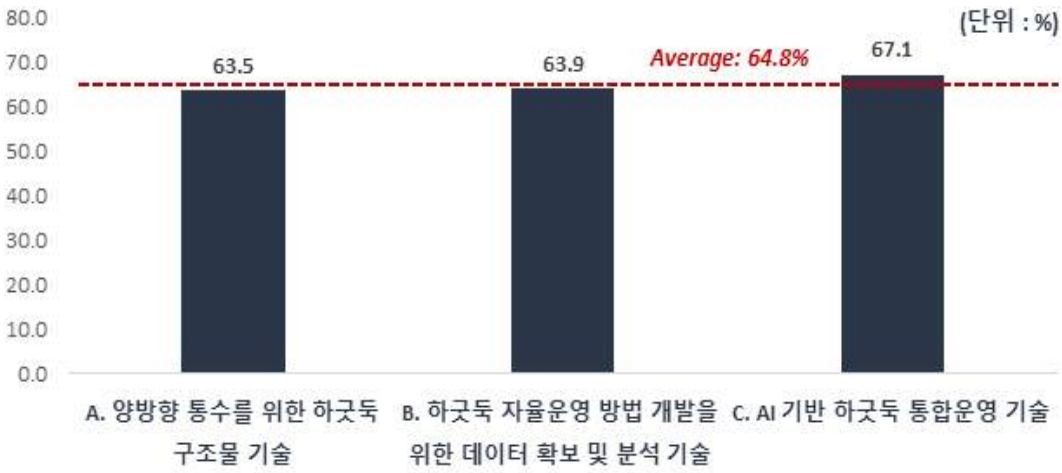


그림 3.20 AI 수리구조물 3대 대분류 분야별 `19년 현재 기술수준

● 'A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술' 분야에서는 'A3. 하굿둑 자동화 하드웨어 기술' 분야의 기술수준이 69.2%로 가장 높은 것으로 분석됨

- 이어서 'A2. 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술' 분야가 66.8%, 'A1. 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술' 분야의 기술수준이 54.4%로 조사됨

- 'A1. 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술' 분야는 분석 대상 AI수리구조물 9개 중분류 분야에서 가장 기술수준이 낮은 것으로 나타남



그림 3.21 'A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술' 중분류 분야별 `19년 현재 기술수준

- ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 ’ 분야에서는 ‘B1. 하굿둑 운영 시나리오별 데이터 생산(모델링) 기술’ 분야의 기술수준이 66.4%로 가장 높은 것으로 분석됨
  - 이어서 ‘B3. 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술’ 분야가 63.5%, ‘B2. 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술’ 분야의 기술수준이 61.7%로 조사됨

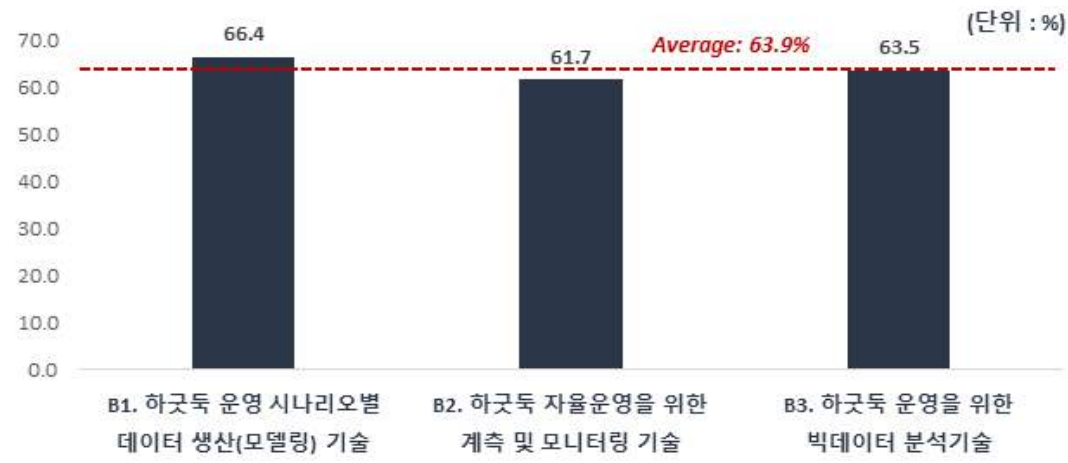


그림 3.22 'B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술' 중분류 분야별 `19년 현재 기술수준

- ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’ 분야에서는 ‘C2. 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술 소프트웨어’ 분야의 기술수준이 70.8%로 가장 높은 것으로 분석됨
  - 이어서 ‘C3. 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술’ 분야가 67.3%, ‘C1.

하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술’ 분야의 기술수준이 63.1%로 조사됨

- ‘C2. 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술 소프트웨어’ 분야는 분석 대상 AI수리구조물 9개 중분류 분야에서 가장 기술수준이 높은 것으로 나타남

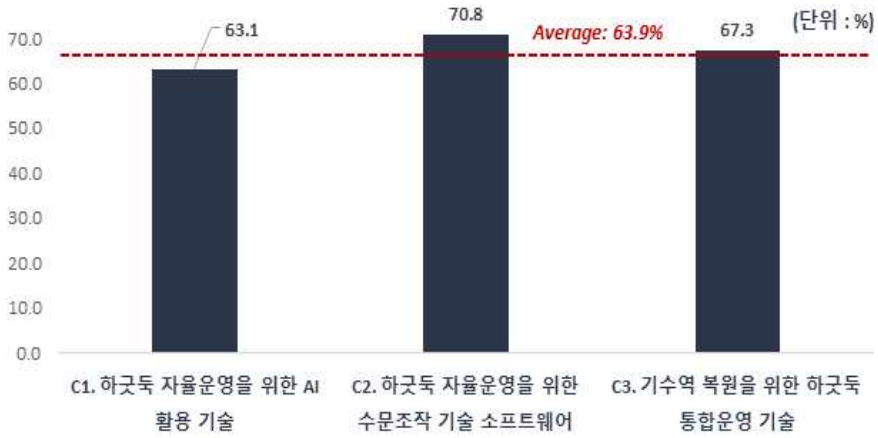


그림 3.23 ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’ 중분류 분야별 `19년 현재 기술수준

● 소분류 기술분야별 기술수준 분석결과는 다음과 같음

표 3.8 기준분류 체계 및 소분류별 기술수준 분석 결과

기술분류체계			최고기술 보유국 대비 우리나라 기술수준			
대분류	중분류	소분류	2019년 현재		2025년 (사업종료시점)	
			기술수준(%)	기술격차(년)	기술수준(%)	기술격차(년)
A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	A1 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술	▪ 기존 하굿둑 구조물 리모델링 기술	58.8	12.0	78.8	3.3
		▪ 가변-강성기술 활용 하굿둑 설계 기술	52.5	14.5	75.0	4.5
		▪ 통수능 조절식 분절형 하굿둑 설계기술	52.5	14.5	75.0	4.5
		▪ 침부식 하굿둑 설계기술	55.0	9.0	70.0	4.0
		▪ 비수문형 하굿둑 설계기술	52.5	14.5	75.0	4.5
		▪ 하이브리드 수리구조물 설계기술	55.0	9.0	75.0	4.0
	A2 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술	▪ 유체-구조물상호작용해석기술	64.2	8.5	79.2	4.0
		▪ 하굿둑 상·하류 흐름 상세 모의 기술	70.0	8.3	82.1	4.0
		▪ 양방향 통수에 따른 하굿둑 구조물 안전성 평가 기술	67.5	7.2	79.2	4.0
		▪ 양방향 통수를 위한 하굿둑 상·하류 하상 보호공 안전성 평가 기술	69.2	6.5	85.0	3.3
		▪ 수문진동해석기술	63.3	7.8	78.3	4.2
	A3 하굿둑 자동화 하드웨어 기술	▪ 하굿둑 시설물 유지관리 기술	73.3	8.5	81.7	4.0
		▪ 고속 수문 개폐기술	70.0	8.5	77.5	4.0
		▪ 수문 정밀제어 기술	70.0	8.5	77.5	4.0
		▪ IoT 센싱 하굿둑 시설물 상태점검 기술	75.0	6.5	86.7	2.5
		▪ 구동부 자동화 하드웨어 개발	57.5	7.0	67.5	3.0

기술분류체계			최고기술 보유국 대비 우리나라 기술수준			
대분류	중분류	소분류	2019년 현재		2025년 (사업종료시점)	
			기술수준(%)	기술격차(년)	기술수준(%)	기술격차(년)
B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	B1 하굿둑 운영 시나리오별 데이터 생산 (모델링) 기술	▪ 하천 염분침투 및 해양 담수확산 정밀모의 기술	67.5	7.5	85.8	3.3
		▪ 지하수 염분침투 모델링 기술	70.0	5.7	86.7	2.3
		▪ 기수역 수질 모델링 기술	67.5	6.0	86.3	2.3
		▪ 기수역 유사이동 및 하상변동 모델링 기술	62.8	10.6	81.1	4.0
		▪ 기수역 양방향 흐름 모델링 기술	64.3	9.7	84.3	3.0
	B2 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술	▪ 하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술	60.0	9.5	76.1	3.2
		▪ 지하수 흐름 및 염분 모니터링 기술	65.8	8.0	83.3	3.2
		▪ 하굿둑 주변 다항목 모니터링 정보 통합시스템 구축 및 활용기술	65.0	7.8	84.2	2.3
		▪ 드론 영상 기반 하굿둑 수문운영 원격 감지 기술	56.7	7.3	80.0	2.3
		▪ 염분 공간분포 측정기술	60.8	8.2	82.5	3.7
	B3 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술	▪ 하굿둑 운영 관계기관 빅데이터 수집 및 관리 기술	68.3	6.0	80.0	3.0
		▪ 하굿둑 빅데이터 통합 플랫폼 구축 및 공유 기술	60.0	7.0	80.0	2.5
		▪ 하굿둑 빅데이터 분산 및 병렬처리 기술	63.3	7.3	83.3	3.0
		▪ AI 기반 정형/비정형 빅데이터 통합 분석 기술	62.5	6.5	80.0	2.5

기술분류체계			최고기술 보유국 대비 우리나라 기술수준			
대분류	중분류	소분류	2019년 현재		2025년 (사업종료시점)	
			기술수준(%)	기술격차(년)	기술수준(%)	기술격차(년)
C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	C1 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술	▪ 운영 목적별 심층기계학습 적용 기술	60.0	9.0	80.0	3.0
		▪ 관측자료 및 물리모형과 결합한 심층기계학습 적용 기술	62.5	9.5	82.5	3.0
		▪ 강화학습 기반 수문 운영 에이전트 구현 및 비지도 학습 기반 수문 자율 운영 AI 구축 기술	63.3	9.7	85.0	3.7
		▪ 인공신경망기반 단기 예측 및 이를 이용한 운영방안 개발 기술	66.7	9.0	88.3	2.7
	C2 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술 소프트웨어	▪ 수문조작자동화(·무인화)기술	73.8	8.5	93.8	1.8
		▪ IoT 기반수문 가동상황 감지기술	73.3	6.7	95.0	1.3
		▪ 디지털 트윈 기반 자율운영 시뮬레이션 기술	67.5	9.0	92.5	2.0
		▪ 댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술	70.0	7.8	92.0	1.8
		▪ 하굿둑 BIM 소프트웨어 기술	67.5	9.0	92.5	2.0
		▪ 하굿둑 구조물 정밀제어 소프트웨어 기술	72.5	7.8	91.3	2.0
	C3 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술	▪ 기수생태계 건강성 평가 기술	68.0	8.8	86.0	2.4
		▪ 기수생태계 복원 및 조성 기술	65.0	9.0	87.5	2.5
		▪ 기수역 복원을 통한 친수공간 조성 기술	67.5	9.0	88.3	2.3
		▪ 적정 기수역 유지를 위한 하구통합 물관리 기술	67.5	7.5	86.3	2.0
		▪ 기수역 조성·관리를 위한 법·제도 개선	68.3	8.3	81.7	3.0

(4) 기술수요조사

(가) 기술수요조사 개요

□ 산・학・연 전문가로부터 수합된 기술수요조사 결과를 바탕으로 AI수리구조물 관련 3개 대분류・9개 중분류・45개 소분류에 대한 기술수요를 조사함

□ 기술수요조사 항목은 기술분류체계를 기준으로 설정함

- 제안 기술명, 제안기술이 속하는 기술분야, 정성/정량 기술개발 목표 및 목표 TRL단계, 기술개발 필요성, 기술개발 내용, 최종성과물 및 성과유형, 정책적/경제적/기술적 기대효과, 소요기간 및 예산에 대해 조사함

□ 기술수요조사는 사업개념과 이에 부합하는 세부연구분야가 정립된 이후인 '19년 1월 31일부터 3월 19일까지 약 7주간 진행됨

(나) 기술수요조사 회신 결과

□ 기술수요조사 결과 총 41건의 기술이 회신되었으며, 회신주체별 소속 기관 현황 분포는 학계가 23건(56.1%), 연구계가 16건(39.0%), 산업계가 2건(4.9%)을 차지하는 것으로 나타남

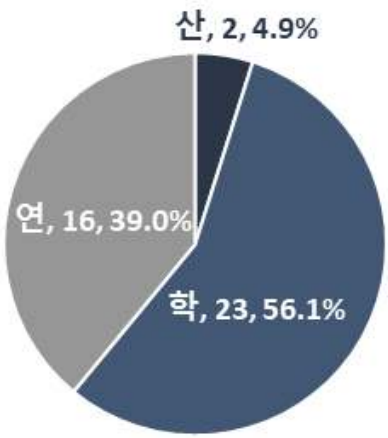


그림 3.24 회신주체별 소속기관 분포

□ 3개 대분류별 기술 회신 현황 분석 결과 'B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술' 분야가 42.9%로 가장 많은 비중을 차지하였으며 이어서 'C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술' 분야가 34.7%, 'A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술' 분야가 22.4%을 차지함

※ 기술분야별 회신 현황은 중분류 단위에서 중복 집계됨

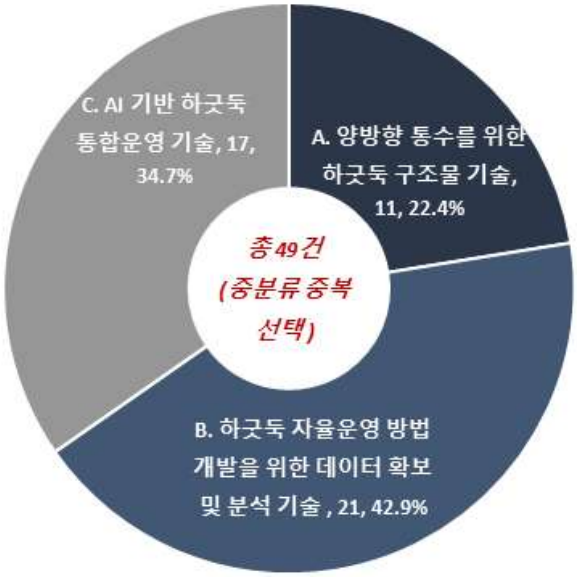


그림 3.25 AI수리구조물 관련 3개 대분류 기술분야별 기술수요조사 응답 비중(중분류 집계)

□ ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’ 분야의 경우 ‘A2. 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술’ 기술분야가 6건(54.5%)로 가장 많은 비중을 차지함

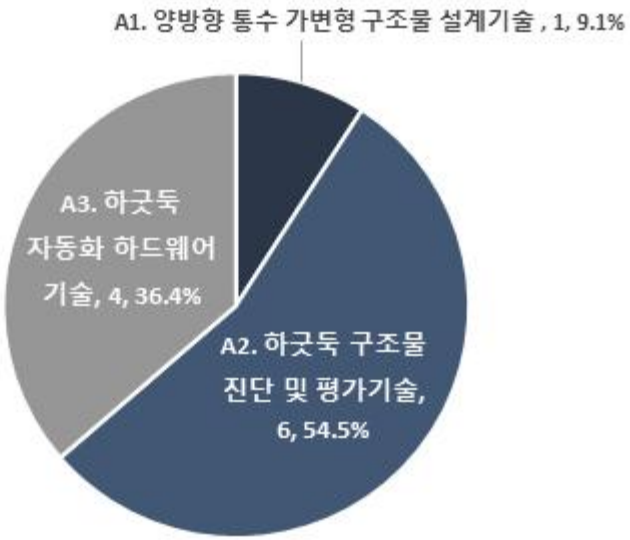


그림 3.26 A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’ 중분류 기술분야별 기술수요조사 응답 비중

□ ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’ 분야의 경우 ‘B2. 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술’ 기술분야가 14건(66.7%)로 가장 많은 비중을 차지함

- ‘B2. 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술’ 분야의 경우 조사 대상 9개 중분류 중 가장 많은 수요기술 회신이 집계되었음
- ‘B3. 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술’ 분야의 수요기술은 회신되지 않음

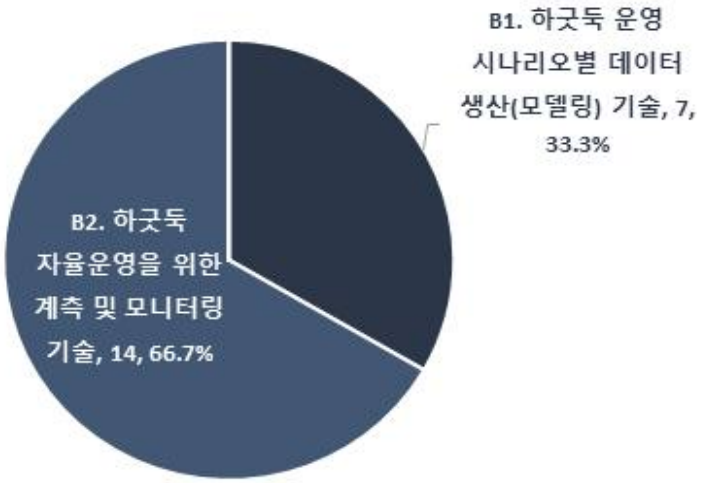


그림 3.27 ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’ 분야 중분류 기술분야별 기술수요조사 응답 비중

□ ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’ 분야의 경우 ‘C3. 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술’ 기술분야가 7건(41.2%)로 가장 많은 비중을 차지함

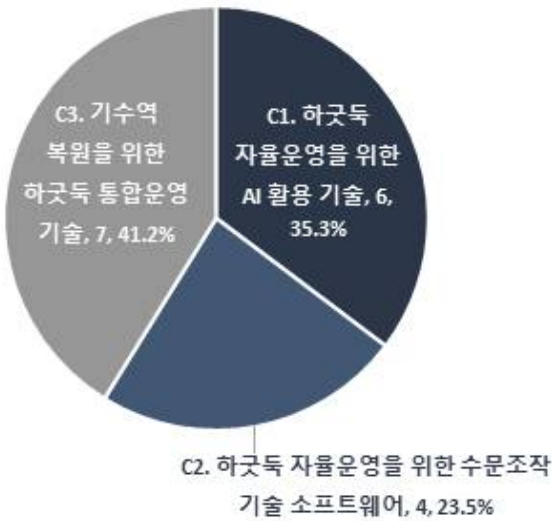


그림 3.28 ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’ 분야 중분류 기술분야별 기술수요조사 응답 비중

□ 회신된 모든 수요기술은 다음과 같음

표 3.9 기술수요 조사에 따른 제안기술 현황

대분류	중분류	코드	소분류 기술명	수요조사 제안기술명
A 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	A1 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술	A101	기존 하굿둑 구조물 리모델링 기술	▪ 수량-수질-재해예방 통합모의 분석을 통한 하굿둑 리모델링 설계
		A102	가변-강성기술 활용 하굿둑 설계기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		A103	통수능 조절식 분절형 하굿둑 설계기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		A104	침부식 하굿둑 설계기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		A105	비수문형 하굿둑 설계기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		A106	하이브리드 수리구조물 설계기술	▪ (회신 수요기술 없음)
	A2 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술	A201	유체-구조물 상호작용 해석기술	▪ 지진, 지진해일 등의 재난에 대한 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발
		A202	하굿둑 상·하류 흐름 상세모의기술	▪ (중복)[12] 기수역에서의 해수-담수-구조물 상호작용 해석을 위한 고해상도 CFD 모델링 기술
				▪ (중복) 하굿둑 하류 조위와 본류 홍수량을 고려한 목표 지점의 특정 수리특성 형성을 위한 하굿둑 수문의 자동운영 기술 개발
				▪ (중복) IOT와 수리 계측장치를 이용한 하굿둑 시설 안정성 평가 기술개발
				▪ 하굿둑 양방향 안정적인 운영을 위한 하굿둑구조물 흐름해석 기술
		A203	양방향 통수에 따른 하굿둑 구조물 안전성 평가 기술	▪ (중복) 기수역에서의 해수-담수-구조물 상호작용 해석을 위한 고해상도 CFD 모델링 기술
				▪ 지진, 지진해일 등의 재난에 대한 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발
		A204	양방향 통수를 위한 하굿둑 상·하류 하상보호공 안전성 평가기술	▪ (중복) 기수역에서의 해수-담수-구조물 상호작용 해석을 위한 고해상도 CFD 모델링 기술
				▪ 지진, 지진해일 등의 재난에 대한 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발
				▪ AI 기반 3차원 수치모의에 의한 물받이 설계
		A205	수문진동 해석기술	▪ 무선센서와 영상기법을 활용한 진동기반 수문 모니터링 기술 개발
	A3 하굿둑 자동화 하드웨어 기술	A301	하굿둑 시설물 유지관리 기술	▪ 컴퓨터비전 기술을 이용한 수리 시설물 유지관리 시스템 개발
				▪ 하굿둑을 이용한 압력지연삼투(PRO) 기술 적용 에너지 회수 기술
		A302	고속 수문 개폐기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		A303	수문 정밀제어 기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		A304	IoT 센싱 하굿둑 시설물 상태점검 기술	▪ (중복) IOT와 수리 계측장치를 이용한 하굿둑 시설 안정성 평가 기술개발
		A305	구동부 자동화 하드웨어 개발	▪ (회신 수요기술 없음)

12) (중복) 제안기술이 속하는 분류항목이 복수인 경우, 이하동일

대분류	중분류	코드	소분류 기술명	수요조사 제안기술명
B 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	B1 하굿둑 운영 시나리오별 데이터 생산 (모델링) 기술	B101	하천 염분침투 및 해양 담수확산 정밀모의 기술	▪ (중복) 기수역에서의 해수-담수-구조물 상호작용 해석을 위한 고해상도 CFD 모델링 기술
		B102	지하수 염분침투 모델링 기술	▪ 하구 지역 대수층의 지하수 염분침투 모델링 기술
		B103	기수역수질 모델링기술	▪ (중복) 기수역에서의 해수-담수-구조물 상호작용 해석을 위한 고해상도 CFD 모델링 기술
				▪ (중복) 기수역 수류를 활용한 하굿둑 성층현상 및 생태환경 개선기술
		B104	기수역 유사이동 및 하상변동 모델링 기술	▪ (중복) 기수역 대하천의 지형 특성에 따른 흐름 및 유사 거동 예측 기술 개발
				▪ 하구둑 하상 미세립 퇴적물의 유사이동 특성 및 정량적 평가기법 개발
				▪ (중복) 하구둑 운영에 의한 기수역 및 하구에서 지형변동 예측 및 유지관리기술 개발
				▪ 하구둑 방류 유형과 연안지형의 장기적 변화 관계 연구
		B105	기수역 양방향 흐름 모델링 기술	▪ (중복) 기수역에서의 해수-담수-구조물 상호작용 해석을 위한 고해상도 CFD 모델링 기술
				▪ (중복) 기수역 대하천의 지형 특성에 따른 흐름 및 유사 거동 예측 기술 개발
				▪ (중복) 하구둑 운영에 의한 기수역 및 하구에서 지형변동 예측 및 유지관리기술 개발
	B2 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술	B201	하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술	▪ (중복) 슈퍼센서를 활용한 염분 실시간 모니터링 및 염수쐐기 제어기술 개발
				▪ 조석 영향 구간에서 양방향 유속, 유량 및 유사량 모니터링 기술
				▪ (중복) 기수역 수류를 활용한 하굿둑 성층현상 및 생태환경 개선기술
				▪ 하굿둑 수층별 모니터링시스템 구축 및 운영 통합관리기술 개발
		B202	지하수흐름 및 염분 모니터링기술	▪ 하굿둑 수층별 모니터링시스템 구축 및 운영 통합관리기술 개발
		B203	하굿둑 주변 다항목 모니터링 정보 통합시스템 구축 및 활용기술	▪ ADCP를 활용한 하굿둑 실시간 모니터링 시스템 개발
				▪ 하굿둑 수층별 모니터링시스템 구축 및 운영 통합관리기술 개발
				▪ (중복) 서해지역 기수역 및 연안 퇴적 유사의 성분 분석법 개발
				▪ 수중드론과 초분광 센서를 활용한 하천 및 해역의 수질특성 분석 및 실시간 모니터링 기술 개발
		B204	드론 영상 기반 하굿둑 수문운영 원격 감지 기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		B205	염분 공간분포 측정기술	▪ (중복) 슈퍼센서를 활용한 염분 실시간 모니터링 및 염수쐐기 제어기술 개발
				▪ 기수역 염분 측정망 센서 배치의 최적화 기술 개발
				▪ USV 활용 염분 공간분포 취득기술 개발
	B3 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술	B301	하굿둑 운영 관계기관 빅데이터 수집 및 관리 기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		B302	하굿둑 빅데이터 통합 플랫폼 구축 및 공유 기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		B303	하굿둑 빅데이터 분산 및 병렬처리 기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		B304	AI 기반 정형/비정형 빅데이터 통합 분석 기술	▪ (회신 수요기술 없음)

대분류	중분류	코드	소분류 기술명	수요조사 제안기술명
C AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	C1 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술	C101	운영 목적별 심층기계학습 적용 기술	▪ 하굿둑 자율운영을 위한 맞춤형 심층기계학습 적용 기술
				▪ (중복) 빅데이터와 딥러닝 기반 AI 의사결정지원시스템 개발
		C102	관측자료 및 물리모형과 결합한 심층기계학습 적용 기술	▪ 하이브리드 심층기계학습 모형 개발
				▪ (중복) 빅데이터와 딥러닝 기반 AI 의사결정지원시스템 개발
		C103	강화학습 기반 수문 운영 에이전트 구현 및 비지도 학습 기반 수문 자율운영 AI 구축 기술	▪ 비지도학습 기반 자율 운영 기계학습모형 개발
				▪ (중복) 하굿둑 운영을 위한 딥러닝기반 중단기 유출량 및 해수유입량 예측
		C104	인공신경망기반 단기 예측 및 이를 이용한 운영방안 개발 기술	▪ 인공신경망 기반 단기예측 활용 하굿둑 자율운영 기법 개발
				▪ (중복) 하굿둑 운영을 위한 딥러닝기반 중단기 유출량 및 해수유입량 예측
	C2 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술 소프트웨어	C201	수문조작 자동화(·무인화) 기술	▪ (중복) 하굿둑 하류 조위와 본류 홍수량을 고려한 목표 지점의 특정 수리특성 형성을 위한 하굿둑 수문의 자동운영 기술 개발
				▪ (중복) 슈퍼센서를 활용한 염분 실시간 모니터링 및 염수쐐기 제어기술 개발
				▪ (중복) 사물인터넷(IoT) 기반 자율운영 기술을 적용한 원격단말장치(RTU)를 탑재한 수문 개발
		C202	IoT 기반 수문가동 상황감지 기술	▪ (중복) 사물인터넷(IoT) 기반 자율운영 기술을 적용한 원격단말장치(RTU)를 탑재한 수문 개발
		C203	디지털 트윈 기반 자율운영 시뮬레이션 기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		C204	댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술	▪ (중복) 사물인터넷(IoT) 기반 자율운영 기술을 적용한 원격단말장치(RTU)를 탑재한 수문 개발
				▪ 하구둑의 최적운영을 위한 다목적댐의 ROM (Reserver Operation Method) 개발
		C205	하굿둑 BIM 소프트웨어 기술	▪ (회신 수요기술 없음)
		C206	하굿둑 구조물 정밀제어 소프트웨어 기술	▪ (중복) 하굿둑 하류 조위와 본류 홍수량을 고려한 목표 지점의 특정 수리특성 형성을 위한 하굿둑 수문의 자동운영 기술 개발
				▪ (중복) 사물인터넷(IoT) 기반 자율운영 기술을 적용한 원격단말장치(RTU)를 탑재한 수문 개발
	C3 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술	C301	기수생태계 건강성 평가기술	▪ (중복) 기수역 수류를 활용한 하굿둑 성층현상 및 생태환경 개선 기술
		C302	기수생태계 복원 및 조성기술	▪ (중복) 기수역 수변공간 관리 및 수환경 관리 기술
				▪ (중복) 기수역 수류를 활용한 하굿둑 성층현상 및 생태환경 개선기술
		C303	기수역 복원을 통한 친수공간 조성 기술	▪ (중복) 기수역 대하천의 지형 특성에 따른 흐름 및 유사 거동 예측 기술 개발
				▪ (중복) 기수역 수변공간 관리 및 수환경 관리 기술
				▪ (중복) 기수역 수류를 활용한 하굿둑 성층현상 및 생태환경 개선기술
				▪ (중복) 서해지역 기수역 및 연안 퇴적 유사의 성분 분석법 개발
		C304	적정 기수역 유지를 위한 하구통합 물관리 기술	▪ 적정 기수역 유지를 위한 하구 유지유량 산정 및 통합물관리 기술개발
				▪ (중복) 기수역 수류를 활용한 하굿둑 성층현상 및 생태환경 개선기술
				▪ 적정 기수역 확보를 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 개발
				▪ (중복) 기수역 수변공간 관리 및 수환경 관리 기술
		C305	기수역 조성·관리를 위한 법·제도개선	▪ (중복) 기수역 수변공간 관리 및 수환경 관리 기술

마. 국내외 시장동향

(1) 국내 시장동향

□ 정부에서는 국가・지방하천 종합정비계획을 통해 '16~'25년까지 하천 정비에 총 18.0조원을 투입할 계획임[13)]

- '13~'15년의 3년간 우리나라 하천정비 예산은 연평균 1.18조원으로 분석됨
  - 지방하천은 현재의 예산규모(0.7조원/년)를 고려한다면 정비 완료에 최소 20년 이상이 소요되어 하천 정비의 수요에 부응하지 못할 것으로 예상됨

표 3.10 하천정비 예산 현황(`13~`15)

(단위: 조 원)

구분	2013	2014	2015	3년 평균
총 계(국비기준)	1.25	1.20	1.11	1.18
국가하천(국고 100%)	0.41	0.43	0.43	0.42
지방하천(국고 50%)	0.84	0.77	0.68	.076

* 자료 : 국가·지방하천 종합정비계획, 2016, 국토교통부

- 과도한 예산 증액 없이 단계별로 지자체가 부담 가능한 예산을 투입할 수 있도록 연간 총 사업비는 1.8조원/년 규모(국가하천 0.4조원/년, 지방하천 1.4조원/년)으로 설정하여 정비계획을 수립함
  - 현행 중기재정계획에 반영된 예산을 효율적으로 활용하도록 함
  - 지방하천은 효율적인 사업추진을 위해 광역시・도별 예산배분 기준에 따라 투자계획을 수립함
- 국가・지방하천 종합정비계획의 정비 사업대상 하천은 국가하천 152개 지구, 지방하천은 1,916개 지구로 설정됨
  - 우선순위 설정을 위해서 동 종합계획에서는 잠재홍수위험도의 개념을 도입하고 GIS 기반의 홍수피해산정 프로그램을 개발・적용함
- 공종별 사업계획은 제방, 배수구조물, 교량 및 교각보호공, 횡단시설물, 하천환경정비로 구분함
  - 하천기본계획 내 포함된 계획 시설을 기준으로 선정하며, 표준시장단가 및 평가단가를 적용하여 사업비 선정에 반영함

□ 감사원의 4대강 살리기 사업 추진실태 점검 및 성과분석 보고서에 따르면 '17년 기준 건설된 보의 유지관리비용으로 연평균 882.9억 원이 소요됨[14)]

13) 국가·지방하천 종합정비계획, 2016, 국토교통부
14) 4대강 살리기 사업 추진실태 점검 및 성과분석, 2018.7., 감사원

● 한강의 경우 139.3억 원/년, 낙동강 350.2억 원/년, 금강 156.3억 원/년, 영산강 237.1억 원/년이 유지관리비용으로 소요되는 것으로 분석됨

- 감사원의 분석에서는 '16년까지의 보고된 유지관리비용의 평균값을 산출하여 '17년 이후의 유지관리비로 예측하여 산정함

표 3.11 4대강 살리기 사업 보 유지관리비용(감사원, 2018)

(단위: 억 원)

구분	보 소수력 건설사업	준설	보 홍수 조절지	영산강 하굿둑 사업	계
한강	11.4	71.8	56.1	-	139.3
낙동강	30.9	191	128	-	350.2
금강	14.4	98.5	43.4	-	156.3
영산강	5.3	140	41.8	50.1	237.1
계	62	502	269.3	50.1	882.9

(2) 국외 시장동향

□ 글로벌 수자원 인프라 분야에서는 광역화, 통합운영, 전문화, 기술혁신, 종합 솔루션, 스마트화 등의 특징이 나타남[15)]

- 물 분야 선진 국가들은 물시장을 광역화하여 지자체 중심의 영세 분절된 운영구조의 비효율성 해소를 추구함
- 상하수도 통합운영을 통해 운용효율을 향상시키는 경향이 존재함
- 강화되는 수질규제와 물수요 대응 및 대규모 투자 필요성에 따라 전세계적으로 빠르게 물산업이 전문화되고 있음
- 기존 물시장(설계, 건설, 운영관리)에 파이낸싱을 포함한 통합솔루션 서비스를 제공하는 기업이 세계 물시장을 주도할 전망임
- 기존 물관리 시스템에 ICT를 접목하여 물관리의 효율성을 높이는 지능형 물생산・공급 시스템이 보편화되는 추세임

□ 선진국에서는 드론 및 로봇을 활용하여 수자원 시설물을 모니터링하는 기술이 개발되어 시장에서 적용되고 있음

- 미국, 독일, 일본 등 선진국에서는 드론을 이용한 하천측량 및 환경조사를 공공부문에서 적극 장려하고 있음[16)]
- 해외 공공영역에서는 드론 및 로봇을 활용한 수자원시설물 감지 기술이 개발됨
  - 일본 국토교통성은 하천사방기술 R&D 프로그램을 통해 하천사방기술, 로봇 및 비파괴 검사 기술을 개발하여 방재, 사방, 해안, 지역(사방, 생태하천)의 현안에 대응함[17)]
  - 미국 개척국(USBR)은 드론에 촬영장치, 적외선, 초분광이미지, 주파수 기술 등을 적용하여 댐의 상황을 분석할 수 있는 기술개발을 진행함

15) 사업활성화를 위한 M&A 등 민관협력방안 연구, K-water, 2009 / LG경제연구원 / 한국수출입은행
16) [국토부] 드론과 신기술 융복합, 하천조사의 새로운 시대를 연다, 워터저널, 2016. 10. 10.
17) 2015년 하천 사방기술 연구개발공모(平成２７年度 河川砂防技術研究開発公募), 국토교통성, 2014. 12,

바. 국내외 특허 동향

(1) 특허동향 분석 개요

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 3개 대분류・9개 중분류 기술에 대하여 '09~'18년 간 출원・공개된 특허를 분석 대상으로 함

- FOCUST DB검색 시스템을 사용하여 중분류별 특허정보를 수집하고, 유효특허를 대상으로 특허 출원 추이, 분야별 출원 비중, 국가별 외국인 출원 동향, 기술경쟁자 Landscape, IP 부상도 등 6개 항목을 분석함

표 3.12 AI기술 관련 분야 특허동향분석 개요

분석대상	내용
기술	AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 3개 대분류·9개 중분류 기술
국가	한국, 미국, 중국, 일본, 유럽 특허청 및 PCT 국제출원
적용기간	출원일 기준 2009.1.1. ~ 2018.12.31.
분석항목	특허 출원 추이, 분야별 출원 비중, 국가별 외국인 출원 동향, 기술성장곡선, 기술경쟁자 Landscape, IP 부상도 등
활용 DB	FOCUST DB (http://www.wisdomain.com)

□ 특허 검색은 전문가의 의견을 바탕으로 한 기술분야의 핵심 키워드를 기반(표 3.13 참조)으로 검색하였음

- 3개의 대분류는 'A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술', 'B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술', 'C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술' 로 구성됨

표 3.13 기술분야 핵심 키워드

대분류	Keywords (국문)	Keywords (영문)
양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 설계 및 평가 기술	- 하굿둑	- Barrage gate
	- 하굿둑 수문	- Barrage structure
	- 친환경 재료	- Eco-friendly material
	- 전개형 구조	- Deployable structure
	- 확장형 구조	- Expandable structure
	- 가변-강성 구조 재료	- Origami
	- 수축형 구조	- Retractable structure
	- 미세 통수 조절	- Micro conveyance control
	- 염분 방지 재료	- Anti corrosion
	- 부유식 둑	- Floating barrage
	- 잠재형 둑	- Submerged barrage
	- 이동식 제방	- Movable bank

	- 수평 댐	- Horizontal dam
	- 확장형 하상보호공	- Expandable apron
	- 수폭 가변 하천	- Width controllable channel
	- 하이브리드 구조	Hybrid structure
	- 유체-구조물 상호작용 해석기술	- FSI(Fluid-Structure Interaction)
	- 양방향해석	- Two-way coupling method
	- 수리모형실험	- Hydraulic model experiment
	- 하구 하상모니터링	- Estuary riverbed monitoring
	- 하상변동모의	- Numerical simulation of geo-morphological change
	- 수리구조물 안전성 평가	- Safety assessment of hydraulic structures
	- 국부세굴 - 부등침하	- Local scour - Differential settlement
	- 하상보호공 설계기준	- Design of scour protection
	- 물받이 길이	- Apron length
	- 감세장치	- Energy dissipator
	- 수문개도	- Water gate opening
	- 고유주파수	- Natural frequency
	- 고속푸리에변환	- Fast-fourier transform
	- 자려진동	- Self induced vibration
	- FMECA	- Failure modes effects and criticality analysis
	- RCM	- Reliability centered maintenance
	- IoT(유비쿼터스) 유지관리	- Maintenance and management using IoT (Ubiquitous)
	- 테인터 수문	- Tainter gate
	- 고속제어	- High-speed control
	- 고속구동	- High-speed operating
	- 정밀제어	- High-precision control
	- 수문제어	- Gate operating control
	- IoT 센싱	- IoT sensing
	- 구조물 점검기술	- Structure inspection technology
	- 구동부 자동화	- Automatic actuator
	- 메카트로닉스	- Mechatronics
하굿둑 자율운영 기술	- 기수역	- Estuary
	- 성층류 모의	- Stratified flow
	- 담수 확장예측	- Region of Fresh water impact
	- 염수쐐기	- Salt wedge
	- 상세화	- downscaling
	- 지하수	- Ground water
	- 염수침투	- Salt water intrusion
	- 스토케스틱 모델링	- Stochastic modeling
	- 업스케일링	- Upscaling
	- 해수-담수 혼합 수질 예측	- Seawater fresh water mixing
	- 기수역 조류예측 기술	- Brackish water
	- 자료 동화	- Data Assimilation
	- 수질	- Water quality
	- 기수역	- Estuary
	- 점착성 부유사	- Suspended cohesive sediment
	- 유사이송	- Sediment transport

	- 최대 탁도	- Turbidity Maximum
	- 하상변동	- Morphological change
	- 하천	- River channel
	- 조류흐름	- Tidal flow
	- 폭풍해일	- Storm surge
	- 하천-해역 상호작용	- River Sea interaction
	- ADCP	- ADCP
	- CTD	- CTD
	- 실시간 모니터링	- Realtime monitoring
	- 지하수 모니터링	- Ground water monitoring
	- 지하수 흐름	- Ground water flow
	- 염수침입	- Salt water intrusion
	- 수질 센서	- Water quality sensor
	- 다항목 모니터링	- Muiti-probe monitoring
	- 통합정보시스템	- Integrated information systems
	- 원격 감지	- Remote sensing
	- 수문운영	- Gate operation
	- 드론 영상	- Drone image
	- 염분 공간분포	- Salinity spatial distribution
	- 슈퍼센서	- Super sensor
	- 빅데이터	- Big data
	- 데이터 수집	- Data collection
	- 데이터 관리	- Data management
	- 빅데이터 통합	- Big data integration
	- 플랫폼 구축	- Platform building
	- 공유 시스템	- Sharing system
	- 분산처리	- Distributed processing
	- 병렬처리	- Parallel processing
	- 인공지능	- Artificial intelligence
	- 정형/비정형 데이터	- Structured / unstructured Data
	- 데이터마이닝	- Data mining
AI 기반 하굿둑 운영 기술	- 기계학습	- Machine learning
	- 심층학습	- Deep learning
	- 자율운영	- Autonomous operation
	- CNN	- Convolutional neural network
	- RNN	- Recurrent neural network
	- 심층신경망	- Deep neural network
	- 물리모형	- Physical model
	- 관측자료	- Monitoring
	- 강화학습	- DQN
	- 비지도학습	- Unsupervised learning
	- 에이전트	- Agent
	- 인공신경망	- Artificial neural networks
	- 단기예측	- Short-term forecast
	- 자율운영알고리즘	- Autonomous operation algorithm
	- 수문조작	- Gate operation
	- 원격제어 시스템	- Remote control system
	- 자동화 시스템	- Automation system
	- IoT 기반 관리시스템	- Management based on IoT
	- 센서 네트워크 기반 모니터링	- Monitoring system based on sensor

		network
	- 디지털트윈	- Digital twin
	- CPS	- CPS
	- IIoT	- Industrial IoT
	- 수문 연계운영	- Conjunctive operation of gate
	- 수문 운영방안 - 최적 수문운영	- Gate operating rule - Optimal operation of gate
	- BIM	- BIM
	- BIM 기반 유지관리	- BIM-based maintenance management system
	- CAFM 기술	- CAFM(Computer-Aided Facility Management)
	- 디지털 제어	- Digital control
	- 센서드 벡터 제어	- Sensored vector control
	- 실시간 제어	- Real-time control
	- 수생태 건강성 평가	- Ecological health assessment,
	- 기수역 수생태	- Brackish water - Ecological health, ecosystem
	- 생태 복원 및 조성	- Ecosystem Restoration and Management
	- 기수역 생태계 복원	- Rehabilitation of wetlands influenced by brackish or saline waters
	- 친수공간 복원	- Waterfront restoration,
	- 친수공간 조성	- Composition of water amenity space or waterfront area
	- 기수역 유지관리	- Brackish zone maintenance,
	- 하구통합 물관리	- Integrated water management for estuary
	- 기수역 관리 체계	- Management system for brackish water zone
	- 기수역 조성 및 관리 법/제도	- Law and system to manage brackish water zone

● 국문 검색식은 일본의 공개 및 등록 특허, 한국특허 검색을 위해 작성되었고, 영문 검색식은 미국, 유럽, 국제출원(PCT), 중국, 일본영문초록(PAJ) 검색을 위해 작성되었음

표 3.14 AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 특허 검색식

대분류	중분류	검색식
A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	A1 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술	TAC=((water OR hydrology OR hydrologic) AND structure) AND (((gate OR "water gate" OR "floodgate" OR sluice) OR ((gate OR "water gate" OR "floodgate" OR sluice) AND (eco-friendly AND material))) OR (deployable OR expandable OR origami) OR ("retractable" OR "micro-conveyance control"OR "anti corrosion") OR (("floating barrage" OR "submerged barrage" OR "movable bank")) OR (((horizontal dam) OR (expandable AND apron)) OR (width AND controllable))) AND (embankment OR weir OR dike OR levee OR stank) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND ((수문 AND (재료 OR 리모델링)) OR (구조 AND (전개 OR 확장 OR 가변 OR 강성)) OR ((구조 OR 수축 OR 통수 OR 염분)) OR ((부유 OR 잠재 OR 이동 OR 침부)) OR ((수평 OR 가변 OR 수폭))) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
	A2 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술	TAC= (water OR hydrology OR hydrologic) AND ((FSI OR "two-way analysis" OR "interaction analysis") OR (hydraulic AND model AND experiment) OR ("riverbed monitor*") OR "differential settlement" OR bligh formula OR (standard AND bed AND river AND design) OR (("floodgate" OR "water gate" OR "water-gate" OR gate) AND "natural frequency" AND fast-fourier transform*)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND ((상호작용 AND 해석) OR ((모의 OR 모니터링 OR 모델 OR (수리 AND 모형)) AND (변동 OR 실험 OR 흐름)) OR ((안전성 OR 안전) AND (평가 OR 설계)) OR ((보호공 OR 감세 OR 물받이) AND (안전 OR 안전성)) OR (해석 AND (진동 OR 수문 OR 주파수))) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
	A3 하굿둑 자동화 하드웨어 기술	TAC= (water OR hydrology OR hydrologic) AND ((("Failure modes effects and criticality analysis" OR FMECA) OR ((IoT OR ubiquitous OR internet) AND (maintenance OR management))) OR (("water gate" OR "floodgate" OR "water-gate") AND (operate OR operating OR control) AND "high-speed" OR "high speed") OR (("water gate" OR "floodgate" OR "water-gate") AND (control) AND precise) OR ((sensing or sensor) AND (IoT or internet or mobile) AND condition AND work*) OR (actuator AND automation AND mecatronics)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND (유지관리 OR RCM OR (고속 AND 수문) OR (수문 AND 제어) OR (센싱 OR 센서) OR (구동부 AND (자동 OR 메카느로닉스))) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	B1 하굿둑 운영 시나리오 별 데이터 생산(모델링) 기술	TAC=(water OR hydrology OR hydrologic) AND (((estuary OR brackish) AND ("stratified flow" OR downscaling OR "salt wedge" OR saline) AND (simulation OR simulate)) OR (modeling AND ("ground water" OR "salt water" AND (intrusion OR penetration))) OR (modelling AND (estuary OR brackish) AND "water quality") OR ((estuary OR brackish) AND ("suspended cohesive" OR turbidity OR morphological)) OR (modelling AND ("river channel" OR "storm surge" OR "tidal flow"))) AND (bank OR dam OR levee OR embankment OR weir OR dike OR levee OR stank) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND (((염분 OR 기수역) AND (모의 OR 예측 OR 모델링 OR 모델)) OR ((지하수 OR 염분 OR 염수) AND (모델링 OR 예측 OR 모델)) OR ((유사 OR 모래) AND 이동) OR ((흐름 OR 조류) AND (모델링 OR 모델 OR 예측))) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
	B2 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술	TAC=(water OR hydrology OR hydrologic) AND ((ADCP OR CTD OR "real time monitoring") OR ((("salt damage" OR "salt pollution") OR "ground water") AND monitor*) OR (multi AND sensor* AND (integrated AND information AND system*) OR (drone AND operation AND "remote sensing") OR ("spatial distribution" AND salinity AND sensor))) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND (((모니터링 OR 모니터) AND (흐름 OR 염분 OR 수질)) OR ((모니터링 OR 모니터) AND (지하수 OR 흐름)) OR (모니터링 AND (수질 OR 정보 OR 센서)) OR ((드론 OR 원격) AND 영상) OR (염분 AND 분포 AND (센서 OR 센싱))) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
	B3 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술	TAC=(water OR hydrology OR hydrologic) AND ((("big data" AND management) OR "data management") OR (data AND (integration OR integrating OR integrated) AND sharing AND system*) OR ("distributed processing" OR "parallel processing" OR "decentralized processing") OR (("Artificial Intelligence" OR "AI") AND (data AND (mining OR analysis OR analyze)))) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND (((빅데이터 OR 데이터) AND (수집 OR 관리)) OR ((빅데이터 OR 데이터) AND (시스템 OR 구축 OR 공유 OR 플랫폼)) OR ((빅데이터 OR 데이터) AND (처리 OR 분산 OR 병렬)) OR (인공지능 OR AI)) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)

대분류	중분류	검색식
C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	C1 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술	TAC= (water OR hydrology OR hydrologic) AND (("machine learning" OR "deep learning") OR (("observational data " OR "observation data" OR data) AND ("neural network" OR "machine learning" OR "deep learning") AND ("physical model" OR "physical modelling")) OR ((("AI" OR "Artificial Intelligence") AND ("Reinforcement learning" OR "Unsupervised learning")) OR "autonomic operating" OR (automated AND operating)) OR (forecast AND ("AI" OR "Artificial Intelligence" OR "Neural Network"))) AND (sluice OR bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND ((기계학습 OR 머신러닝) OR (자율 AND 운영) OR (RNN OR CNN) OR 신경망 OR 네트워크 OR (지도학습 OR 강화학습) OR (인공싱경망 OR 알고리즘)) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
	C2 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술	TAC=(water OR hydrology OR hydrologic) AND ((("water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice) AND (operation OR "remote control" OR automation)) OR ((IoT OR internet OR mobile) AND operating AND condition AND monitor*) OR ("digital twin" OR ("CPS" or "cyber physics system") OR ("industrial IOT" OR "IIOT")) OR (linkage AND operation AND ("water-gate" OR "water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice)) OR (("water-gate" OR "water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice) AND optimal AND operation) OR (("water-gate" OR "water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice) AND (operating OR operation) AND rule) OR (BIM OR (BIM AND (management OR maintenance)) OR "computer-aided facility management") OR (software AND operation AND precise)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구) AND ((수문 AND (자동화 OR 자동 OR 무인 OR 무인화)) OR ((ICT OR IT OR ICT OR 모니터링) AND 수문) OR (디지털트윈 OR IIOT OR CPS "디지털 트윈") OR (연계운영 OR "연계 운영" OR (연동 AND 운영)) OR (BIM OR CAFM) OR (디지털 제어 OR 실시간 제어)) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
	C3 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술	TAC=(water OR hydrology OR hydrologic) AND ((assessment AND ((ecology OR ecological) AND health) AND brackish) OR ((restoration OR rehabilitation) AND (wetland OR brackish OR saline)) OR (waterfront AND (restoration OR create)) OR ((maintenance AND brackish) OR (integrated AND management AND estuary)) OR ((law OR system) AND brackish AND manage*)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)
		TAC=(하굿둑 OR 하굿둑 OR 하구 OR 기수역) AND ((수생태 OR 건강성) OR (친수공간 OR "친수 공간") OR (생태 OR 생태계) OR 물관리 OR 조성 OR 유지관리 OR (관리 AND (법 OR 제도))) AND AD=(20090101:20181231) AND ICH=(B or E or G or F or H)

(2) 특허동향 분석 결과

(가) 총괄

① 특허 출원 추이

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 최근 10년 간 특허 출원 건수는 총 3,667건으로 전반적인 증가 추세를 보이는 것으로 분석됨

- 특허공개에 소요되는 기간(약 1년 6개월)을 고려하여 상대적으로 출원건수가 적게 집계되는 '18년을 제외하면 분석 대상기간 동안 연간 특허 출원건수는 전반적으로 증가해 오고 있음
- '12년 연간 출원건수가 처음으로 1,000건을 상회한 이후로 '14년에는 조사 대상 기간 중 최고치인 연간 1,707건의 특허출원이 확인됨



그림 3.29 AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 분야의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 국가별 특허 출원 건수는 중국이 3,096건(84.4%)로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타남

- 중국에 이어 미국(285건, 7.8%), PCT 국제출원(100건, 2.7%), 한국(79건, 2.2%), 일본(78건, 2.1%), 유럽(29건, 0.8%) 순으로 많은 비중을 차지하는 것으로 조사됨
- 분석 대상 전 기간에 걸쳐서 중국이 가장 많은 비중을 차지하고 있음

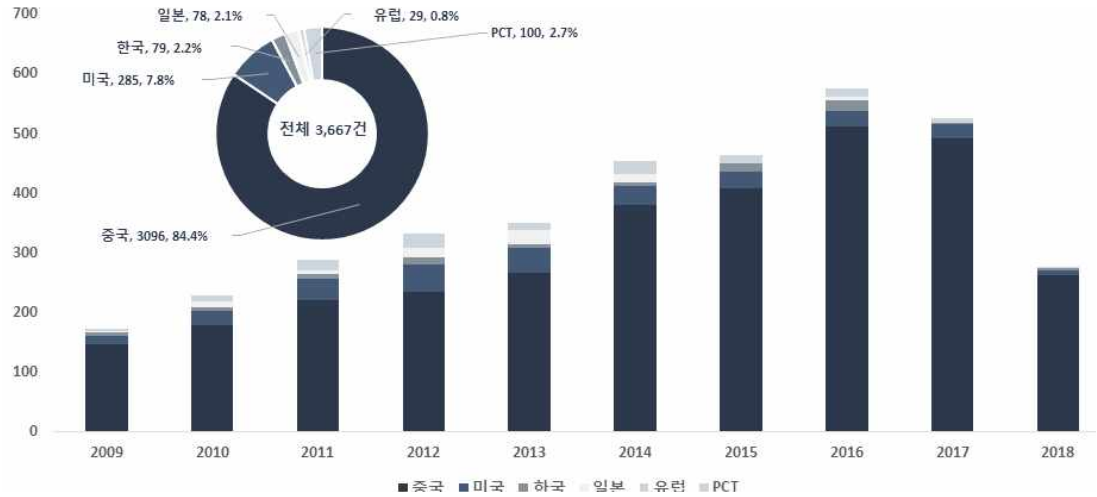


그림 3.30 AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 분야의 국가별·연도별 특허 출원건수(`09~`18)

- 중국 특허청의 연간 출원건수는 '16년까지 지속적으로 증가해 왔으며, '16년에는 연간 최대 출원 건수인 511건을 기록함



그림 3.31 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 중국 특허청의 연도별 출원건수(`09~`18)

- 미국 특허청의 연간 출원 건수는 '12년에 최고치인 47건을 기록한 이후 하락 추세에 있는 것으로 나타남



그림 3.32 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 미국 특허청의 연도별 출원건수(`09~`18)

- 한국 특허청의 연간 출원 건수는 증감을 반복하는 가운데 '16년에는 연간 최대 출원 건수인 18건을 기록함



그림 3.33 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 한국 특허청의 연도별 출원건수(`09~`18)

- 일본 특허청의 연간 출원 건수는 '13년 연간 최대 출원 건수인 23건을 기록한 이후 감소하여 최근 2년 동안에는 특허 출원이 기록되지 않음



그림 3.34 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 일본 특허청의 연도별 출원건수(`09~`18)

- 유럽 특허청의 연간 출원 건수는 분석 대상 전 기간 동안 한 자리수 대를 기록하는 가운데, 최근 2년 동안에는 특허 출원이 기록되지 않음

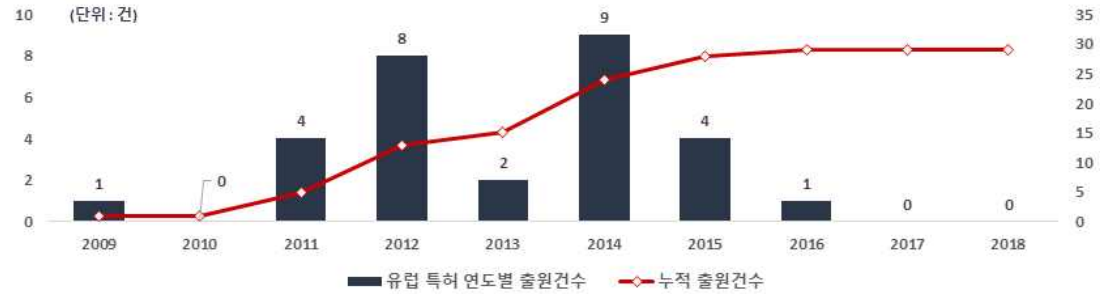


그림 3.35 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 유럽 특허청의 연도별 출원건수(`09~`18)

- PCT 국제출원의 경우 분석 대상 기간 동안 증감을 반복하는 가운데, '12년에는 연간 최대 출원 건수인 15건을 기록함



그림 3.36 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 PCT 국제출원의 연도별 출원건수(`09~`18)

② 대분류 기술분야별 출원 비중

□ 대분류 기술분야별 출원 비중 분석 결과, ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술‘ 분야의 출원 건수가 1,767건(48.2%)으로 가장 많은 것으로 나타남

- 가장 비중이 높은 ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’의 출원 건수는 비중이 가장 작은 ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’의 약 2.8배인 것으로 분석됨

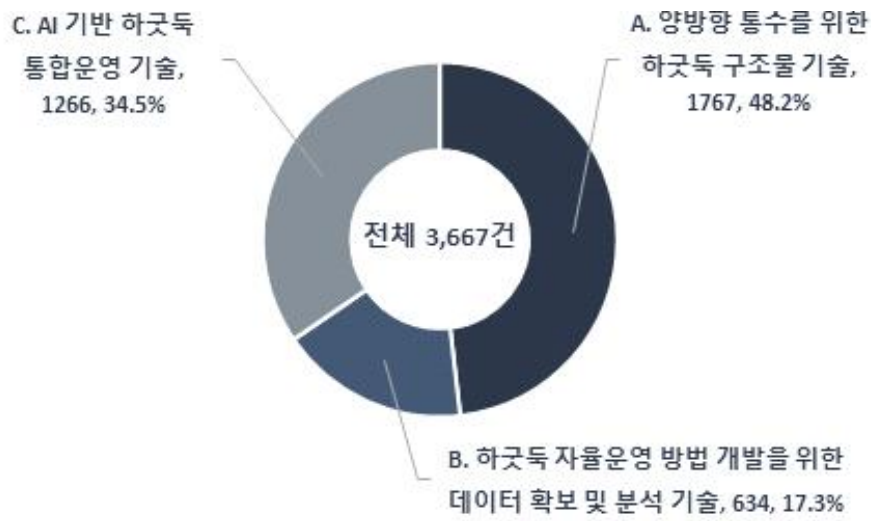


그림 3.37 기술분야별 특허 출원 비중

③ 기술성장단계

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술은 특허 출원 건수와 출원인 수가 모두 증가하는 성장기 단계로 분석됨

- 전세계 출원 특허 분석 결과, 제2구간~제3구간('12~'18년)에서 성장세가 두드러지는 것으로 나타남

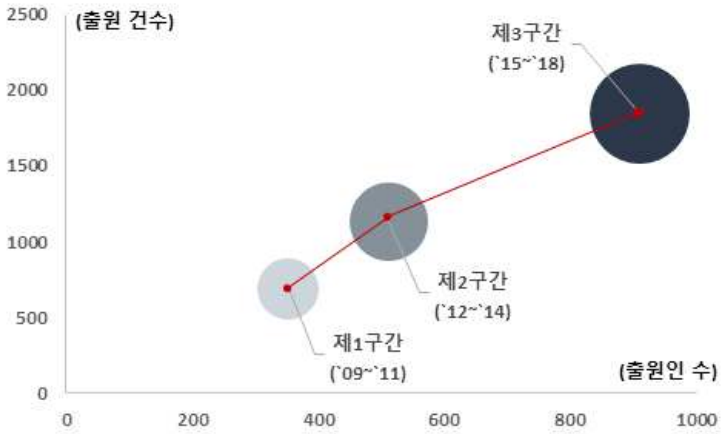


그림 3.38 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 기술성장곡선

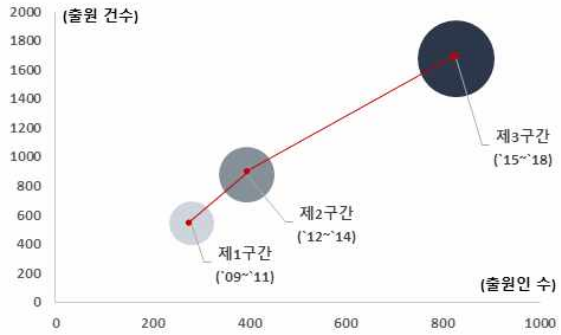


그림 3.39 기술성장곡선 개요

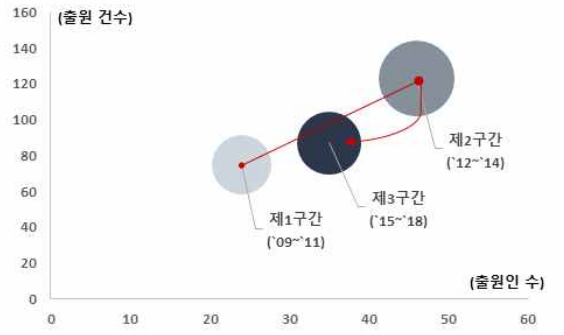
- 중국 특허의 경우 제2구간~제3구간 사이에서 특허 출원건수가 급격히 늘어나는 성장기 단계의 모습을 나타냄
- 미국 특허의 경우 제1구간~제2구간에서는 출원건수와 출원인수가 증가하였으나 제2구간~제3구간에서는 동반 감소하는 모습을 보임
- 한국 특허의 경우 제1구간~제2구간 사이에서 출원인수가 소폭 증가하였으며, 제2구간~제3구간에서는 출원인수는 감소하였으나 출원건수가 증가하는 것으로 나타남
  - 이는 기술성장곡선에서 '성숙기'에 해당하는 양태로, 출원인당 출원건수가 증가함을 의미함

- 일본 특허는 제1구간~2구간에서는 출원건수 및 출원인수가 대폭 증가하였으나 제2구간~제3구간에서는 급격한 감소를 보임
- 유럽 특허는 제1구간~2구간에서는 출원건수 및 출원인수가 대폭 증가하였으나 제2구간~제3구간에서는 급격한 감소를 보임

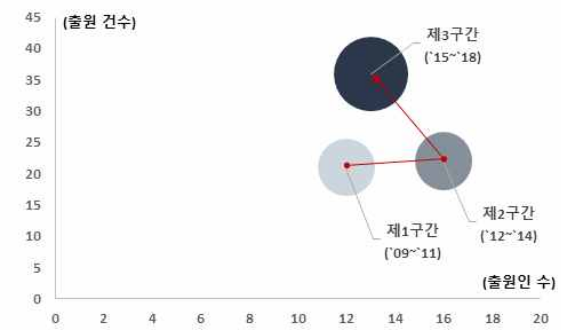
중국특허청(CN) 기술성장곡선



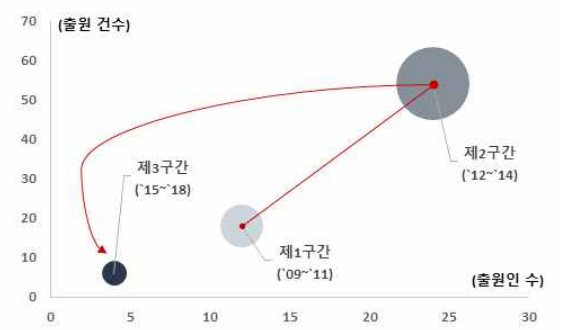
미국특허청(US) 기술성장곡선



한국특허청(KR) 기술성장곡선



일본특허청(JP) 기술성장곡선



유럽특허청(EP) 기술성장곡선

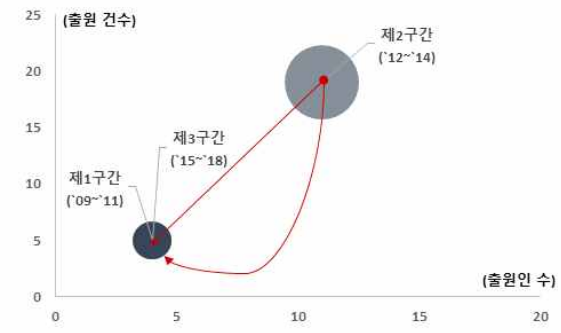


그림 3.40 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 국가별 기술성장곡선

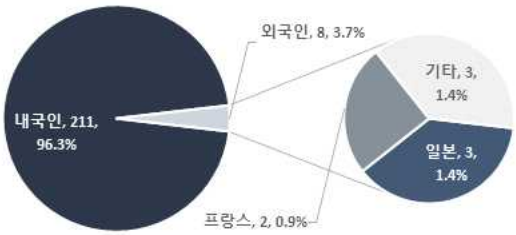
④ 국가별 내·외국인 출원 동향

□ 분석 대상 5개국 특허청 별 특허 출원 동향 분석 결과, 모든 국가에서 내국인의 출

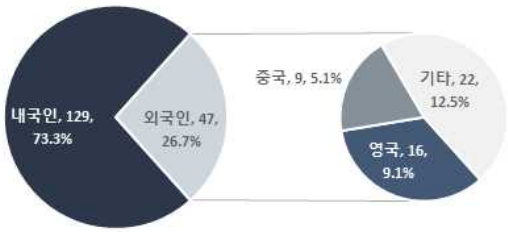
원 비중이 높은 것으로 나타남

- 우리나라의 경우 내국인의 비중이 98.7%로 분석 대상 5개국 중에 가장 높은 수치를 기록함
- 유럽 특허청의 경우 비유럽(EU)인 출원인의 비중이 37.9%로 분석 대상 5개국 중에 자국인의 비중이 가장 낮은 것으로 분석됨

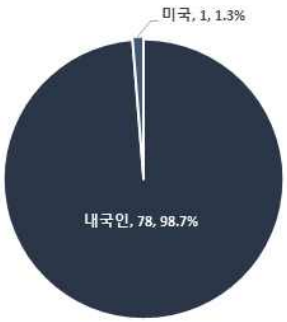
중국특허청(CN) 내·외국인 비중



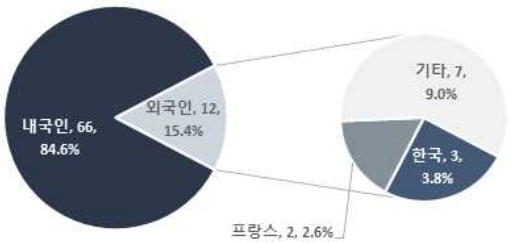
미국특허청(US) 내·외국인 비중



한국특허청(KR) 내·외국인 비중



일본특허청(JP) 내·외국인 비중



유럽특허청(EP) 내·외국인 비중

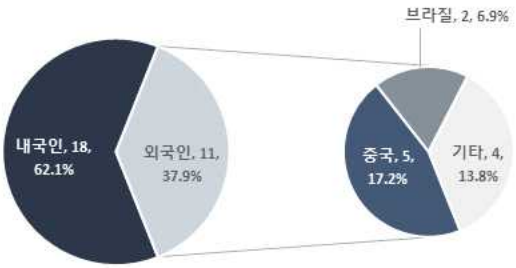


그림 3.41 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 국가별 내·외국인 출원비율

⑤ 기술경쟁자 Landscape 분석

□ 기술경쟁자 Landscape는 해당 분야의 특허 출원을 누가 많이 했는지 살펴보기 위한 지표로, 어떤 사람이나 연구기관이 연구개발을 활발히 진행하는지를 파악하는데 목적이 있음

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 상위 10대 출원인 분석 결과, 10대 출원인 모두 중국 국적으로 조사됨

- Wuhan Shengyu 배수시스템(주)가 총 153건의 특허를 출원하여 1위를 기록하였으며, 이어서 Hohai 대학(136건), 중국 수자원 및 수리기전원(55건), Tianjin 대학(44건), Nanjing 수리연구소(39건)이 상위 5대 출원인으로 기록됨



그림 3.42 AI 기반 자율운영 수리구조물 분야의 상위 10대 출원인 현황

- 상위 10대 출원인의 형태 분석 결과, 대학 5곳, 국가 연구소 2곳, 기업 2곳, 개인 1인으로 나타남

표 3.15 AI 기반 자율운영 수리구조물 특허 상위 10대 출원인의 대분류 분야별 출원 현황

순위	출원인명	A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	총합계
1	WUHAN SHENGYU DRAINAGE SYSTEM CO LTD	83	22	48	153
2	UNIV HOHAI	55	39	42	136
3	CHINA INST WATER RESOURCES & HYDROPOWER RES	27	18	10	55
4	UNIV TIANJIN	20	14	10	44
5	NANJING HYDRAULIC RES INSTITUTE	16	12	11	39
6	浙江大学	21	4	12	37
7	POWERCHINA GUIYANG ENGINEERING CORP LTD	12	1	18	31
8	陈永远	4	2	24	30
9	重庆交通大学	18	6	4	28
10	四川大学	14	4	5	23

⑥ IP 부상도 분석

□ 추세선을 통한 국가별·분야별 특허 출원 동향을 살펴보면 전반적으로 증감을 반복하는 것으로 나타남

- 중국의 경우 '16년 이전까지는 출원 건수가 전반적으로 증가하고 있으나, '16년 이후에는 감소하는 모습을 보임
- 중국을 제외한 타 국가들의 경우 분석 대상 전 기간에 걸쳐 증감을 반복하는 것으로 분석됨
  - 우리나라의 경우 증가→감소→증가→감소를 반복하는 M자형 IP 부상도를 보임
  - 미국의 경우 분석 대상 기간 중반까지 출원 건수가 증가하다가 이후 감소하는 형태를 보임

표 3.16 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 국가별·대분류 분야별 특허 출원 IP 부상도

특허청	A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술
중국			
미국			
한국			
일본			
유럽			
PCT 국제출원			

⑦ 시장 경쟁수준 분석

□ 시장진입 경쟁수준 분석을 위한 지수인 허쉬만 허핀달 지수(HHI)를 대분류 기술분야별로 비교한 결과, 3개 대분류 분야 모두 시장 진입 가능성이 높은 수준으로 분석됨

- HHI 지수는 상위 3개사 점유율(CR3)의 거듭제곱으로 산출됨
  - 각 대분류의 상위 3개사 점유율(CR3)은 9.00%에서 12.46% 사이에 분포하는 것으로 조사됨
- 4개 대분류의 HHI 지수는 0.0081~0.0156로 산출되었으며, 이는 독과점 여부의 기준이 되는 HHI=0.25에 미치지 못하는 수치로 독과점 상태가 없어 비교적 시장 진입이 용이한 상태인 것으로 판단됨

표 3.17 우주중점기술 시장진입 경쟁수준 분석

분야	상위 3개사 특허수	전체특허수	상위 3개사의 분야별 특허 점유율(CR3)	상위 3개사 점유율 (CR3) 백분위	HHI
A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	165	1,767	0.0934	9.34%	**0.0087**
B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	79	634	0.1246	12.46%	**0.0156**
C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	114	1,266	0.0900	9.00%	**0.0081**

(나) 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술

① 특허 출원 추이

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술의 최근 10년 간 특허 출원 건수는 총 1,767건으로 전반적으로 증가 추세를 보임

- ‘10년 처음으로 세 자리수 대의 연간 출원 건수를 기록한 이후 ‘16년 연간 최대 출원 건수인 285건을 기록함



그림 3.43 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 분야의 국가별 특허 출원 건수 분석 결과 중국이 1,519건(86.0%)으로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남

- 중국 다음으로 미국(99건, 5.6%), 일본(60건, 3.4%), 한국(42건, 2.4%), PCT 국제출원(34건, 1.9%), 유럽(13건, 0.7%) 순으로 많은 비중을 차지함

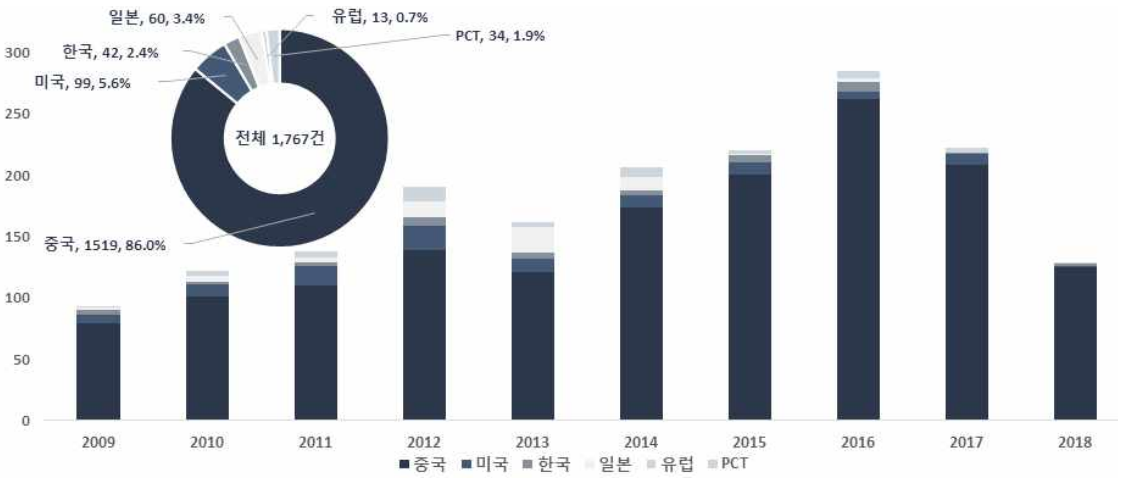


그림 3.44 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 국가별·연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 중국 특허청의 연간 특허 출원 건수는 전반적으로 증가 추세를 보이는 가운데 '16년에 연간 최대 출원 건수인 262건을 기록함



그림 3.45 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 중국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 미국 특허청의 특허는 증감을 반복하는 가운데 '12년 연간 최대 출원 건수인 20건을 기록한 이후 감소하여 1~10건대를 기록하고 있음



그림 3.46 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 미국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 한국 특허청의 연간 출원 건수는 분석 대상 기간 동안 1~8건 사이에서 증감을 반복하고 있는 것으로 나타남



그림 3.47 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 한국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 일본 특허청의 특허는 증감을 반복하는 가운데 '13년 연간 최대 출원 건수인 21건을 기록한 이후 감소하여 1~11건대를 기록하고 있음



그림 3.48 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 일본 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 유럽 특허청의 경우 분석 대상 전 기간 동안 연간 0~5건의 특허 출원을 기록함



그림 3.49 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 유럽 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● PCT 국제출원 특허는 분석 대상 기간 동안 증감을 반복하는 가운데 연간 1~6건의 특허 출원을 기록함

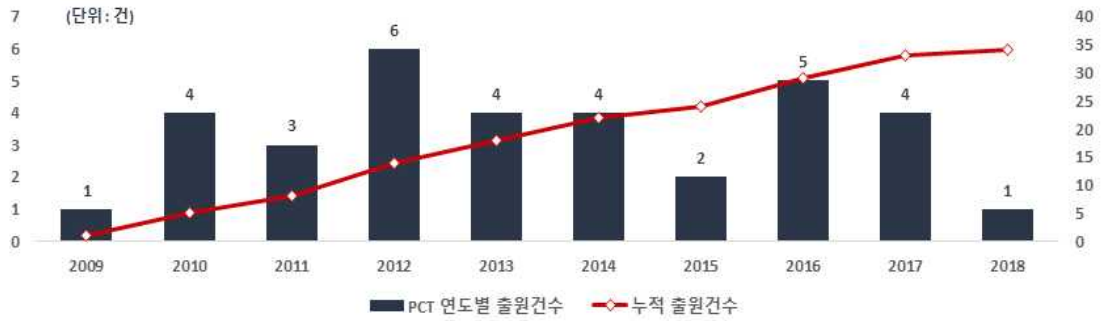


그림 3.50 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 PCT 국제출원 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

② 중분류 기술분야별 출원 비중

□ 분석 대상 기간 동안 중분류 기술분야별 출원 비중 분석 결과, ‘A1. 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술’ 중분류 분야가 916건(51.8%)으로 다수를 차지하는 것으로 조사됨



그림 3.51 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 중분류 분야별 특허 출원 비중

③ 기술성장단계

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술은 특허 출원건수와 특허 출원인수가 모두 증가하는 성장기 단계로 나타남

- 전세계 출원 특허 분석 결과 제2구간~제3구간 사이에서 성장세가 두드러지는 것으로 나타남

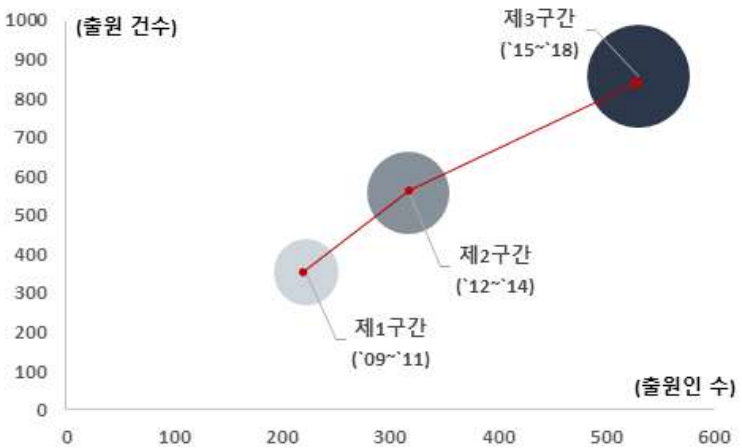


그림 3.52 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 분야의 기술성장곡선



그림 3.53 기술성장곡선 개요

● 한국 특허의 경우 결과 제1구간~제2구간 사이에서 출원건수 및 출원인수가 모두 증가하였으나 제2구간~제3구간에서는 출원인수는 감소하고 출원건수는 소폭 증가하는 것으로 분석됨

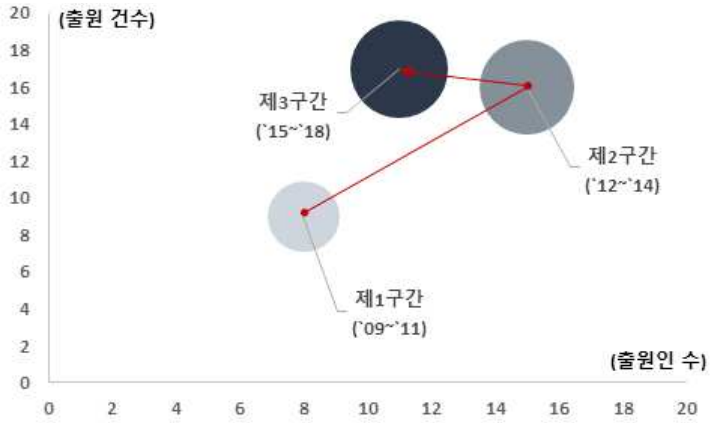


그림 3.54 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 분야의 한국 특허 기술성장곡선

④ 기술경쟁자 Landscape 분석

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 분야의 상위 10대 출원인 분석 결과 중국의 배수 시스템 기업인 Wuhan Shengyu 배수시스템(주)이 가장 많은 83건의 특허를 출원한 것으로 조사됨

● Wuhan Shengyu 배수시스템(주)에 이어 Hohai 대학(55건), 중국 수자원 및 수리 기전원(27건), Zhejiang 대학 (21건), Tianjin 대학(20건)이 상위 5대 출원인으로 조사됨

● 상위 10대 출원인 모두 중국 국적으로 조사되었으며, 출원인의 형태 분석 결과, 대학 4곳, 기업 3곳, 국가 연구소 2곳, 개인 1곳으로 조사됨

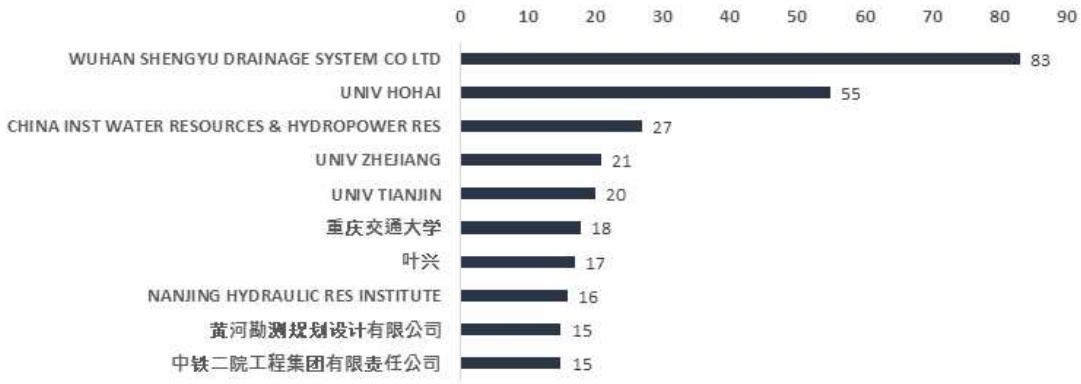


그림 3.55 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 분야의 상위 10대 출원인 현황

⑤ 주요 출원 특허

□ ‘A1. 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술’의 주요 출원 특허로는 지반조건, 수심, 기수역 조건에서의 친환경 배수 등 건설환경에 따른 설계기술에 관한 특허가 출원됨

표 3.18 A1. 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2010.08.10.	CN101914917A	CHINA RAILWAY FIRST GROUP CO	Anti-seepage and leak-blocking construction method for excavation of subway foundation pit in soft soil area	17
2010.04.14.	CN101864773A	JIANGSU JIANGZHONG GROUP CO	Deep foundation pit support process	15
2010.10.22.	CN102011379A	Shanghai Jiaotong University	Pollution control method of farmland drainage in plain tidal river network area	14

□ ‘A2. 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술’의 주요 출원 특허로는 고수압, 고수력, 대심도 환경에서의 수리 및 지반거동 진단·평가 관련 특허가 출원됨

표 3.19 A2. 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2010.10.27.	CN101956711B	UNIV JIANGSU	Computational fluid dynamics (CFD)-based centrifugal pump multi-working condition hydraulic power optimization method	16
2011.06.29.	CN102108707A	UNIV SHANGHAI JIAOTONG	Huge ultra deep foundation pit accurate subsidence and environmentally-friendly construction method	13
2012.04.04.	CN102400714A	China University of Mining & Technology	High-water pressure, high-stress and automatic-mining mine water disaster comprehensive analog system and test method	13

□ ‘A3. 하굿둑 자동화 하드웨어 기술’의 주요 출원 특허로는 영상 데이터 인식 및 데이터 공유 네트워크 구축 기술, 유체 흐름 모델링 및 계측자료 분석기술 관련 특허가 출원됨

표 3.20 A3. 하굿둑 자동화 하드웨어 기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2012.08.21.	US9336456	DELEAN, Bruno	Systems, methods and computer program products for identifying objects in video data	28
2010.03.05.	CN101818499A	SHENZHEN CITY RUYIN ECOLOGICAL ENVIRONMENT BUILDING CO LTD	Revegetation system on steep rocky slopes and implementing method thereof	27
2010.03.02.	CN102194304A	Zhuang Ge	A realizes the energy metrology data concentrate on copying and accepting supervisory method and system wirelessly	20

(다) 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술

① 특허 출원 추이

□ 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술의 최근 10년 간 특허 출원 건수는 총 634건으로 전반적으로 증가 추세를 보임

- ‘16년 및 ‘17년에는 연간 최대 출원 건수인 103건의 특허 출원을 기록함



그림 3.56 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 관련 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

□ 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 분야의 국가별 특허 출원 건수 분석 결과 중국이 546건(86.1%)으로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남

- 중국 다음으로 미국(52건, 8.2%), 한국(13건, 2.1%), PCT 국제출원(13건, 2.1%), 일본(8건, 1.3%), 유럽(2건, 0.3%) 순으로 많은 비중을 차지함



그림 3.57 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 국가별·연도별 특허 출원 건수(`09~`18)

● 중국 특허청의 연간 특허 출원 건수는 전반적으로 증가 추세를 보이는 가운데 ‘17년에 연간 최대 출원 건수인 100건을 기록함



그림 3.58 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 중국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 미국 특허청의 특허는 증감을 반복하는 가운데 ‘13년 연간 최대 출원 건수인 12건을 기록한 이후 감소하여 2~6건대를 기록하고 있음



그림 3.59 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 미국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 한국 특허청의 연간 출원 건수는 분석 대상 기간 동안 0~5건 사이에서 증감을 반복하고 있는 것으로 나타남



그림 3.60 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 한국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 일본 특허청의 경우 분석 대상 전 기간 동안 연간 0~2건의 특허 출원을 기록함



그림 3.61 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 일본 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 유럽 특허청의 경우 분석 대상 전 기간 동안 '09년 및 '14년에 특허 출원이 기록됨



그림 3.62 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 유럽 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● PCT 국제출원 특허는 분석 대상 기간 동안 0~4건의 특허 출원을 기록함



그림 3.63 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 PCT 국제출원의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

② 중분류 기술분야별 출원 비중

□ 분석 대상 기간 동안 중분류 기술분야별 출원 비중 분석 결과, ‘B2. 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술’ 중분류 분야가 375건(59.1%)으로 다수를 차지하는 것으로 조사됨

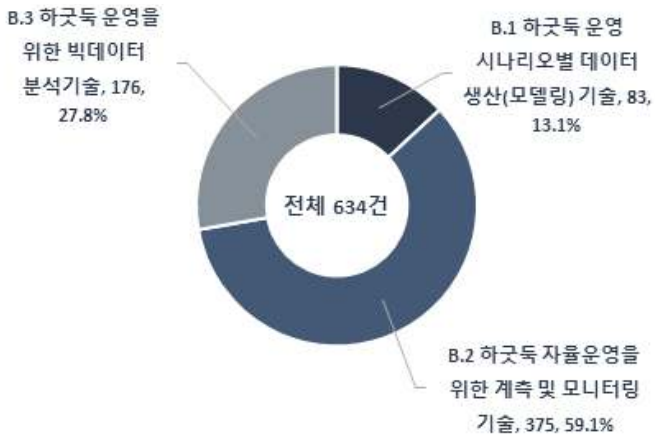


그림 3.64 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 중분류 분야별 특허 출원 비중

③ 기술성장단계

□ 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술은 특허 출원건수와 특허 출원인수가 모두 증가하는 성장기 단계로 나타남

- 전세계 출원 특허 분석 결과 제2구간~제3구간(‘12~‘18) 사이에서 성장세가 두드러지는 것으로 나타남

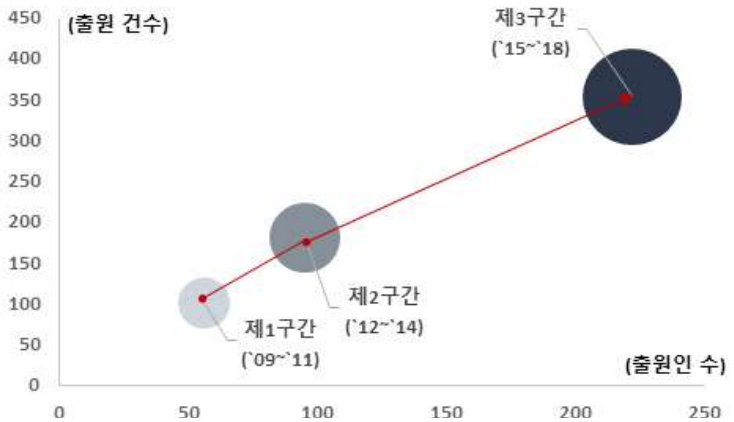


그림 3.65 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술의 기술성장곡선



그림 3.66 기술성장곡선 개요

● 한국 특허의 경우 결과 제1구간~제2구간 사이에서는 출원건수 및 출원인수가 모두 감소하였으나, 제2구간~제3구간에서는 대폭 증가한 것으로 분석됨

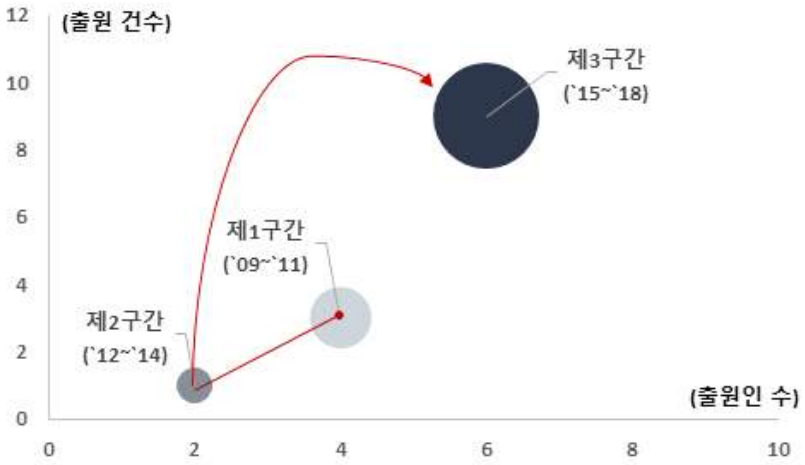


그림 3.67 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 중분류 분야의 한국 특허 기술성장곡선

④ 기술경쟁자 Landscape 분석

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 분야의 상위 10대 출원인 분석 결과 중국의 Hohai 대학이 39건의 특허를 출원하여 가장 많은 출원 건수를 기록함

● Hohai 대학에 이어 Wuhan Shengyu 배수시스템(주)(22건), 중국 수자원 및 수리기전원(18건), Tianjin 대학(14건), Hach Company(13건)가 상위 5대 출원인으로 집계됨

● 상위 10대 출원인 중 중국 국적 출원인이 9곳, 미국 국적 출원인이 1곳으로 분석됨

● 상위 10대 출원인별 형태 분석 결과 대학 5곳, 기업 2곳, 연구소 2곳, 개인 1인으로 조사됨



그림 3.68 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 분야의 상위 10대 출원인 현황

⑤ 주요 출원 특허

□ 'B1. 하굿둑 운영 시나리오별 데이터 생산(모델링) 기술'의 주요 출원 특허로는 토공지반 거동 예측, 이미지 기반 모델링 기술 관련 특허가 출원됨

표 3.21 B1. 하굿둑 운영 시나리오별 데이터 생산(모델링) 기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2011.03.15.	CN102108707 A	UNIV SHANGHAI JIAOTONG	Huge ultra deep foundation pit accurate subsidence and environmentally-friendly construction method	13
2012.03.14.	CN102609986A	UNIV CHINA MINING	Ore body modeling system in digital mine and modeling and detecting method of ore body modeling system	10
2016.05.31.	CN106089543 A	CHEN YONGYUAN	Ultra-large hydroelectric station	9

□ 'B2. 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술'의 주요 출원 특허로는 지능형 자율운영을 위한 네트워크 구축, 상태 모니터링 기술 관련 특허가 출원됨

표 3.22 B2. 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2010.03.25.	CN101825890A	WENXIANG LIU	Object network	27
2012.01.18.	CN102591275B	STATE GRID INF & TELECOM CO	Transformer substation assisting management system and method	25
2009.06.30.	CN101937593A	SONGWEI CAO	Information-inducing self-service multi-control cluster-charge intelligent charge server	20

□ ‘B3. 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술’의 주요 출원 특허로는 지능형 자율운영을 위한 공간 모델링 및 네트워크 구축 기술 관련 특허가 출원됨

표 3.23 B3. 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2010.03.25.	CN101825890A	WENXIANG LIU	Object network	27
2010.09.30.	CN101936008A	NORTHEASTERN UNIVERSITY	Rock slope three-dimensional model and block slide analysis method	24
2009.06.30.	CN101937593A	SONGWEI CAO	Information-inducing self-service multi-control cluster-charge intelligent charge server	20

(라) AI 기반 하굿둑 통합운영 기술

① 특허 출원 추이

□ AI 기반 하굿둑 통합운영 기술의 최근 10년 간 특허 출원 건수는 총 1,266건으로 전반적으로 증가 추세를 보임

- ‘17년에는 연간 최대 특허 출원 건수인 201건을 기록함



그림 3.69 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술관련 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

□ AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 분야의 국가별 특허 출원 건수 분석 결과 중국이 1,031건(81.4%)으로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남

- 중국 다음으로 미국(134건, 10.6%), PCT 국제출원(53건, 4.2%), 한국(24건, 1.9%), 유럽(14건, 1.1%), 일본(10건, 0.8%) 순으로 많은 비중을 차지함

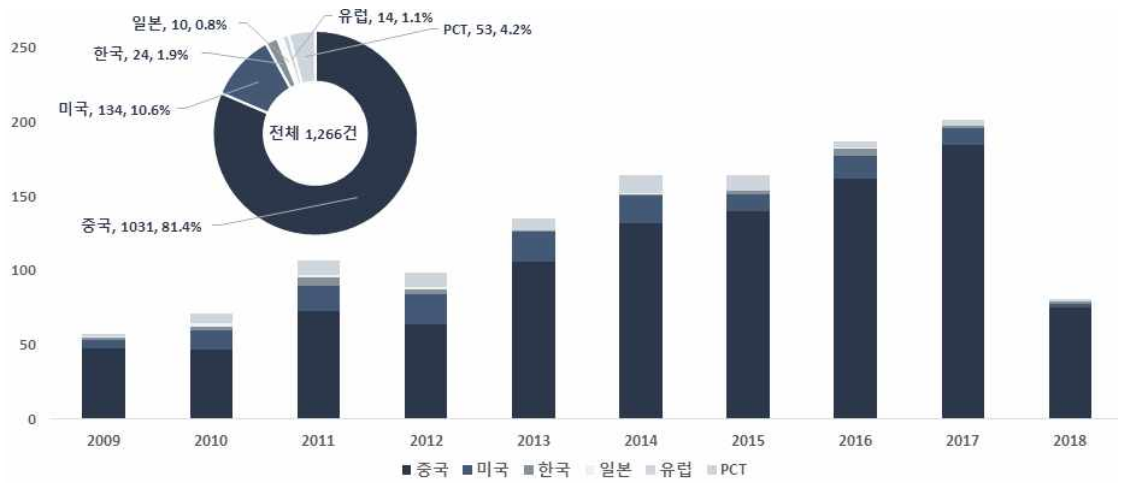


그림 3.70 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 국가별·연도별 특허 출원 건수(`09~`18)

● 중국 특허청의 연간 특허 출원 건수는 전반적으로 증가 추세를 보이는 가운데 ‘17년에 연간 최대 출원 건수인 184건을 기록함



그림 3.71 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 중국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 미국 특허청의 경우 ‘12~‘13년에 연간 최대 출원 건수인 20건을 기록한 이후 출원 건수의 침체를 보이고 있음

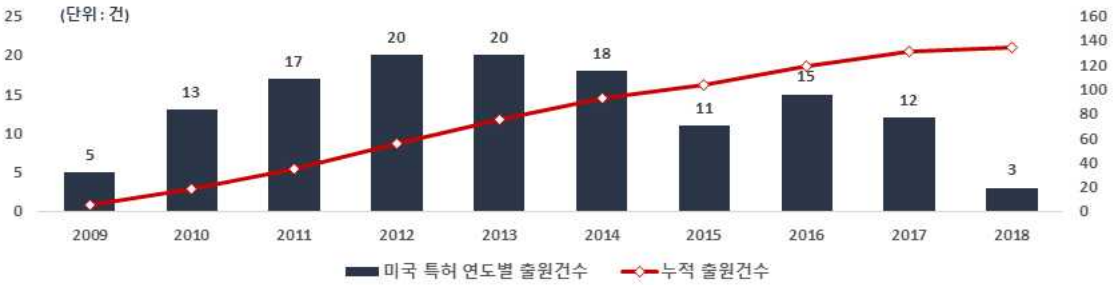


그림 3.72 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 미국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 한국 특허청의 연간 출원 건수는 분석 대상 기간 동안 0~5건 사이에서 증감을 반복하는 M자 형태를 나타내는 것으로 분석됨



그림 3.73 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 한국 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 일본 특허청의 경우 분석 대상 전 기간 동안 연간 0~3건의 특허 출원을 기록하였으며, 최근 5년 간('13~'18)의 출원건수는 2건에 불과한 것으로 나타남



그림 3.74 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 일본 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● 유럽 특허청의 경우 '11~'15년 사이에 총 14건의 특허가 출원됨



그림 3.75 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 유럽 특허청의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

● PCT 국제출원 특허는 분석 대상 기간 1~8건의 특허 출원을 기록함



그림 3.76 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 PCT 국제출원의 연도별 특허 출원건수(`09~`18)

② 중분류 기술분야별 출원 비중

□ 분석 대상 기간 동안 중분류 기술분야별 출원 비중 분석 결과, ‘C2. 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술’ 중분류 분야가 894건(70.6%)으로 다수를 차지하는 것으로 조사됨



그림 3.77 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 중분류 분야별 특허 출원 비중

③ 기술성장단계

□ 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술은 특허 출원건수와 특허 출원인수가 모두 증가하는 성장기 단계로 나타남

- 전세계 출원 특허 분석 결과 제2구간~제3구간(‘12~‘18) 사이에서 제일 큰 성장세를 나타냄

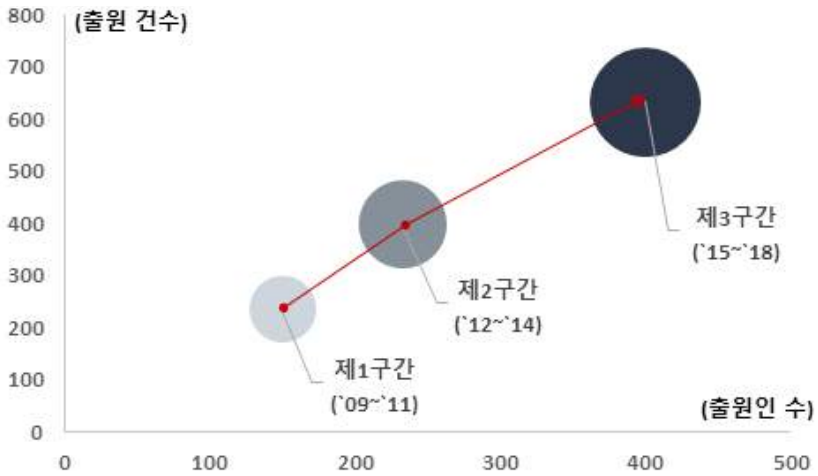


그림 3.78 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 분야의 기술성장곡선



그림 3.79 기술성장곡선 개요

- 한국 특허의 경우 결과 제1구간~제2구간 사이에서는 출원건수 및 출원인수가 모두 감소하였으나, 제2구간~제3구간에서는 대폭 증가한 것으로 분석됨

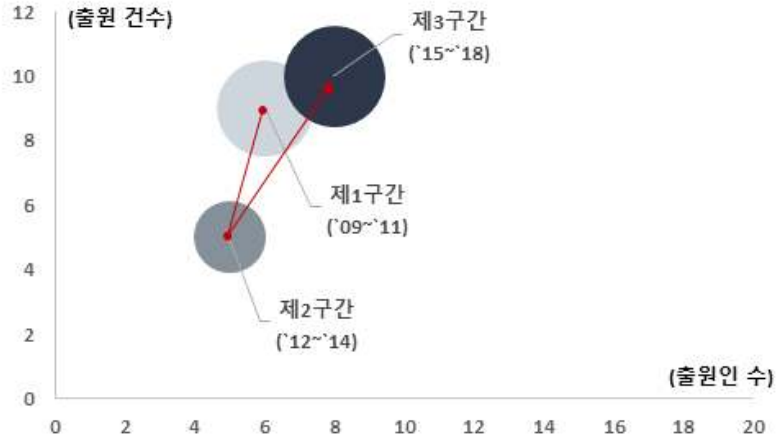


그림 3.80 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 분야의 한국 특허 기술성장곡선

④ 기술경쟁자 Landscape 분석

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 분야의 상위 10대 출원인 분석 결과 중국의 기업인 Wuhan Shengyu 배수시스템(주)가 48건의 특허를 출원하여 가장 많은 출원 건수를 기록함

- 이어 Hohai 대학(42건), Chen Yongyuan(24건), Powerchina Guiyang 엔지니어링㈜(18건), Zhenjiang Dingzhi 마이크로 일렉트로닉 사이언스 앤 테크놀로지㈜(14건)가 상위 5대 출원인으로 집계됨
- 상위 10대 출원인은 모두 중국 국적 출원인으로 조사됨
- 상위 10대 출원인별 형태 분석 결과 기업 4곳(공기업 1곳 포함), 대학 3곳, 연구소 2곳, 개인 1인으로 조사됨



그림 3.81 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 분야의 상위 10대 출원인 현황

⑤ 주요 출원 특허

□ ‘C1. 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술’의 주요 출원 특허로는 영상 데이터 인식 및 네트워크 구축 기술, 유지보수 자동화 관련 특허가 출원됨

표 3.24 C1. 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2012.08.21.	US9336456	DELEAN, Bruno	Systems, methods and computer program products for identifying objects in video data	28
2010.03.25.	CN101825890A	WENXIANG LIU	Object network	27
2011.02.19.	US8805579	-	Submersible robotically operable vehicle system for infrastructure maintenance and inspection	24

□ ‘C2. 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술’의 주요 출원 특허로는 지능형 자율운영을 위한 무인 로봇, 데이터 수집 및 분석 기술 관련 특허가 출원됨

표 3.25 C2. 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2013.01.29.	CN103056866B	Shandong Electric Power Corporation	Substation Livewire work robot	29
2009.06.30.	CN101937593A	SONGWEI CAO	Information-inducing self-service multi-control cluster-charge intelligent charge server	20
2010.03.02.	CN102194304A	Zhuang Ge	A realizes the energy metrology data concentrate on copying and accepting supervisory method and system wirelessly	20

□ ‘C3. 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술’의 주요 출원 특허로는 지능형 물관리 자동화 및 댐 운영 관련 특허가 출원됨

표 3.26 C3. 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술 주요 출원 특허

출원일	출원번호	대표출원인	특허명	피인용 횟수
2010.06.30.	KR20100063011A	(주) 휴스	지능형 물관리 자동화시스템(Intelligent Water Management Automation System}	10
2016.05.31.	CN106089543A	CHEN YONGYUAN	Ultra-large hydroelectric station	9
2013.11.15.	CN103696899A	CHEN YONGYUAN	Ultra-large type hydroelectric power plant	8

(마) 특허 동향 분석 시사점

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 분야의 특허는 매년 증가하고 있음

- 이는 전체 특허 출원의 80% 이상을 차지하고 있는 중국 특허의 출원 건수가 지속적으로 증가하고 있는 데에서 기인함

표 3.27 AI 기반 자율운영 수리구조물 대분류 기술분야별 국가별 출원 비중

대분류 기술분야	중국 특허 출원 비중	기타 국가 출원 비중
A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	86.0%	14.0%
B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	86.1%	13.9%
C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	81.4%	18.6%

□ 상대적으로 데이터 확보·분석 기술 및 인공지능(AI) 분야의 특허 출원이 미비한 것으로 나타남

- 대분류 기술분야별 출원 비중 분석 결과, ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’ 분야의 출원 건수가 전체의 48.2%를 차지하는 반면, ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’의 특허 출원 건수는 17.3%으로 나타남
- 중분류 기술분야의 경우에도 데이터 확보 및 분석 기술이 차지하는 비중은 과반에 미치지 못하는 것으로 분석됨

□ 중국과 한국의 경우 내국인 특허출원 비중이 매우 높으며, 시장이 다소 폐쇄적인 것으로 분석됨

- 외국인 특허출원 비중이 높은 경우, 해당 국가의 시장성이 높아 해외국가에서 관심도가 높은 것으로 판단할 수 있음
- 중국과 한국은 내국인 특허출원 비중이 매우 높으며, 상대적으로 유럽(EU), 일본, 미국 특허청의 내국인 특허출원 비중은 낮은 편임
  - 유럽 특허청의 경우 비유럽(EU)인 출원인의 비중이 37.9%로 분석 대상 5개국 중에서 시장이 가장 개방적인 것으로 분석됨

□ 중국 국적 출원인의 특허 출원 활동이 매우 활발하며, 상대적으로 우리나라의 특허 출원은 미비한 것으로 나타남

- 대분류 기술분야별 상위 10대 출원인 분석 결과, ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’ 분야에서 10위 안에 포함된 Hach Company(미국)을 제외한 모든 상위 10대 출원인이 국적이 중국로 조사됨
- 한국 국적 출원인의 경우 개인 출원인이 상위 18위~31위권에 포함되었으나, 국내 기업, 연구소, 대학 등은 상위 50대 출원인에 포함되지 못함
  - 개인 출원인인 ‘이우성’이 ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’에서 18위(출원 건수 9건), ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’에서 31위(출원 건수 4건), ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’에서 26위(출원 건수 6건)을 출원하여 한국 국적 출원인 중 가장 높은 순위를 기록함

□ 대분류별 주요 출원 특허 분석 결과 지반거동 예측 및 진단 기술, 지능형 자율운영을 위한 모델링 및 유지보수 자동화 기술 등과 관련된 특허가 출원된 것으로 나타남

- ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’에서는 건설환경에 따른 설계기술, 지반거동 진단・평가기술 및 모델링・계측자료 분석기술 등과 관련된 특허가 출원됨
- ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’에서는 지반 거동 예측 및 지능형 자율운영을 위한 모델링 기술, 네트워크 구축 기술 등과 관련된 특허가 출원됨
- ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’에서는 영상 데이터 인식 및 네트워크 구축, 유지보수 자동화, 지능형 자율운영을 위한 무인 로봇, 물관리 자동화 기술 등과 관련된 특허가 출원됨

사. 국내외 논문 동향

(1) 논문동향 분석 개요

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 3개 대분류・9개 중분류 기술에 대하여 '09~'18년 간 게재된 SCI 논문을 분석 대상으로 함

- Thomson innovation DB 검색시스템을 사용하여 중분류별・상위 국가별 게재 건수를 분석함

표 3.28 AI 기반 자율운영 수리구조물 논문 분석 개요

분석대상	내용
기술	AI 기반 자율운영 수리구조물 3개 대분류·9개 중분류 기술
적용기간	게재일 기준 2009.1.1.~2018.12.31.
분석 대상	Thomson DB 등재 논문
활용 DB	Thomson DB (www.thomsoninnovation.com)

□ 논문 검색은 전문가의 의견을 바탕으로 한 기술분야의 핵심 키워드를 기반으로 검색하였음

- 3개의 대분류는 'A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술', 'B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술', 'C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술' 로 구성됨

표 3.29 AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 논문 검색식

대분류	중분류	검색식
A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술	A1 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술	ALL=(((water OR hydrology OR hydrologic) AND structure) AND (((gate OR "water gate" OR "floodgate" OR sluice) OR ((gate OR "water gate" OR "floodgate" OR sluice) AND (eco-friendly AND material))) OR (deployable OR expandable OR origami) OR ("retractable" OR "micro-conveyance control"OR "anti corrosion") OR (("floating barrage" OR "submerged barrage" OR "movable bank")) OR (((horizontal dam) OR (expandable AND apron)) OR (width AND controllable))) AND (embankment OR weir OR dike OR levee OR stank)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));
	A2 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND ((FSI OR "two-way analysis" OR "interaction analysis") OR (hydraulic AND model AND experiment) OR ("riverbed monitor*") OR "differential settlement" OR bligh formula OR (standard AND bed AND river AND design) OR (("floodgate" OR "water gate" OR "water-gate" OR gate) AND "natural frequency" AND fast-fourier transform*)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));
	A3 하굿둑 자동화 하드웨어 기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND ((("Failure modes effects and criticality analysis" OR FMECA) OR ((IoT OR ubiquitous OR internet) AND (maintenance OR management))) OR (("water gate" OR "floodgate" OR "water-gate") AND (operate OR operating OR control) AND "high-speed" OR "high speed") OR (("water gate" OR "floodgate" OR "water-gate") AND (control) AND precise) OR ((sensing or sensor) AND (IoT or internet or mobile) AND condition AND work*) OR (actuator AND automation AND mecatronics)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));

대분류	중분류	검색식
B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술	B1 하굿둑 운영 시나리오 별 데이터 생산(모델링) 기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND (((estuary OR brackish) AND ("stratified flow" OR downscaling OR "salt wedge" OR saline) AND (simulation OR simulate)) OR (modeling AND ("ground water" OR "salt water" AND (intrusion OR penetration))) OR (modelling AND (estuary OR brackish) AND "water quality") OR ((estuary OR brackish) AND ("suspended cohesive" OR turbidity OR morphological)) OR (modelling AND ("river channel" OR "storm surge" OR "tidal flow"))) AND (bank OR dam OR levee OR embankment OR weir OR dike OR levee OR stank)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));
	B2 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND ((ADCP OR CTD OR "real time monitoring") OR ((("salt damage" OR "salt pollution") OR "ground water") AND monitor*) OR (multi AND sensor* AND (integrated AND information AND system*) OR (drone AND operation AND "remote sensing") OR ("spatial distribution" AND salinity AND sensor))) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));
	B3 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND ((("big data" AND management) OR "data management") OR (data AND (integration OR integrating OR integrated) AND sharing AND system*) OR ("distributed processing" OR "parallel processing" OR "decentralized processing") OR (("Artificial Intelligence" OR "AI") AND (data AND (mining OR analysis OR analyze)))) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));
C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술	C1 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND (("machine learning" OR "deep learning") OR (("observational data " OR "observation data" OR data) AND ("neural network" OR "machine learning" OR "deep learning") AND ("physical model" OR "physical modelling")) OR ((("AI" OR "Artificial Intelligence") AND ("Reinforcement learning" OR "Unsupervised learning")) OR "autonomic operating" OR (automated AND operating)) OR (forecast AND ("AI" OR "Artificial Intelligence" OR "Neural Network"))) AND (sluice OR bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));
	C2 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND ((("water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice) AND (operation OR "remote control" OR automation)) OR ((IoT OR internet OR mobile) AND operating AND condition AND monitor*) OR ("digital twin" OR ("CPS" or "cyber physics system") OR ("industrial IOT" OR "IIOT")) OR (linkage AND operation AND ("water-gate" OR "water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice)) OR (("water-gate" OR "water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice) AND optimal AND operation) OR (("water-gate" OR "water gate" OR "floodgate" OR gate OR sluice) AND (operating OR operation) AND rule) OR (BIM OR (BIM AND (management OR maintenance)) OR "computer-aided facility management") OR (software AND operation AND precise)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));
	C3 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술	ALL=((water OR hydrology OR hydrologic) AND ((assessment AND ((ecology OR ecological) AND health) AND brackish) OR ((restoration OR rehabilitation) AND (wetland OR brackish OR saline)) OR (waterfront AND (restoration OR create)) OR ((maintenance AND brackish) OR (integrated AND management AND estuary)) OR ((law OR system) AND brackish AND manage*)) AND (bank OR embankment OR weir OR dike OR dam OR levee OR stank OR barrage)) AND (TF>=(2009) AND TF<=(2018));

(2) 논문동향 분석 결과

(가) 총괄

① 논문 게재 추이

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 최근 10년 간 논문 게재 건수는 총 1,469건으로, 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있음

- ‘10년 연간 게재 건수가 처음으로 세 자리수 대를 기록한 이후 ‘14~‘15년 및 ‘17년을 제외하고는 지속적으로 증가하여 ‘18년에는 연간 최대 게재 건수인 연 231건을 기록함



그림 3.82 AI 기반 자율운영 수리구조물 최근 10년 간 논문 게재 추이(`09~`18)

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 논문 게재 건수 상위 5개국은 미국, 중국, 영국, 호주, 캐나다 순으로 나타남

- 게재 건수 상위 5개국이 차지하는 비중은 55.1%, 상위 5개국 외 기타 국가가 차지하는 비중은 44.9%로 조사됨
  - 미국 국적 연구자가 355건(24.2%)으로 가장 많은 논문을 게재하였으며, 다음으로 중국(282건, 19.2%), 영국(63건, 4.3%), 호주(61건, 4.2%), 캐나다(49건, 3.3%) 순으로 조사됨
- 한국 국적 연구자의 AI 기반 자율운영 수리구조물 관련 총 논문 게재 건수는 분석 대상 기간 동안 43건으로 조사되었으며, 논문 게재 순위는 8위를 기록함

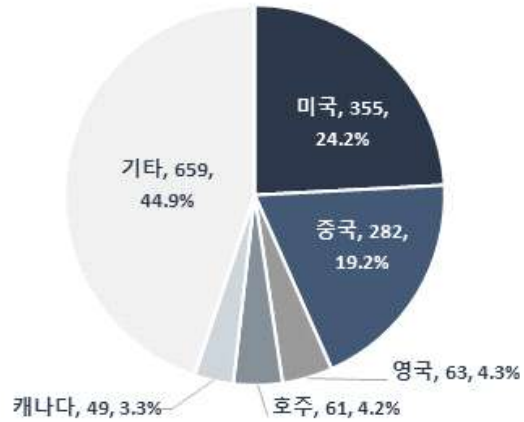


그림 3.83 AI 기반 자율운영 수리구조물 국가별 게재 비중(`09~`18)

② 대분류 기술분야별 게재 비중

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 대분류 기술분야별 게재 비중 분석 결과 ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’ 분야에서 가장 많은 596건(40.6%)의 논문이 게재된 것으로 분석됨

- 이어서 ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석’(535건, 36.4%), ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’(338건, 23.0%) 순으로 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남

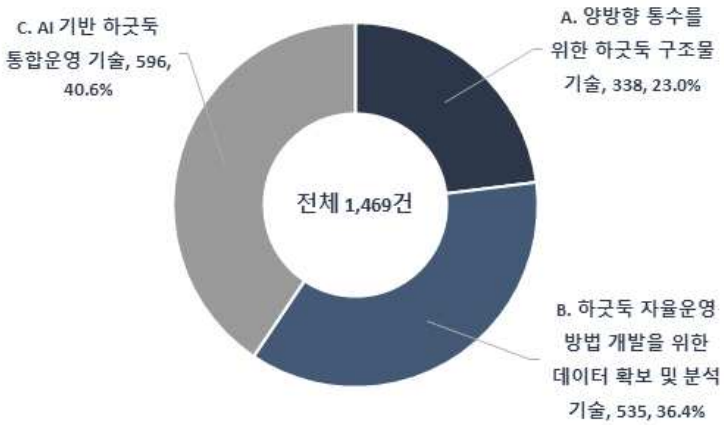


그림 3.84 AI 기반 자율운영 수리구조물 대분류 기술분야별 게재 비중(`09~`18)

(나) 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술

① 논문 게재 추이

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 최근 10년 간 논문 게재 건수는 총 338건으로, 전반적으로 증가하는 추세를 보이고 있음

- ‘18년에는 연간 최대 게재 건수인 연 67건의 논문이 게재됨



그림 3.85 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 최근 10년 간 논문 게재 추이(`09~`18)

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 논문 게재 건수 상위 5개국은 중국, 미국, 이란, 캐나다, 터키 순으로 나타남

- 게재 건수 상위 5개국이 차지하는 비중은 54.1%, 상위 5개국 외 기타 국가가 차지하는 비중은 45.9%로 조사됨
  - 중국 국적 연구자가 가장 많은 78건(23.1%)의 논문을 게재하였으며 이어서 미국(56건, 16.6%), 이란(21건, 6.2%), 캐나다(15건, 4.45), 터키(13건, 3.8%) 순으로 조사됨
- 한국 국적 연구자의 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 관련 논문 게재 건수는 분석 대상 기간 동안 9건으로 조사되었으며, 논문 게재 순위는 9위를 기록함

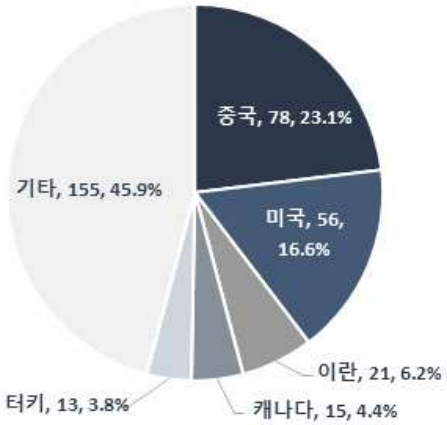


그림 3.86 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 국가별 논문 게재 비중(`09~`18)

② 중분류 기술분야별 게재 비중

□ 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술의 중분류 기술분야별 게재 비중 분석 결과 ‘A2. 하굿둑 구조물 진단 및 평가기술’ 분야에서 가장 많은 170건(50.3%)의 논문이 게재된 것으로 분석됨

- 이어서 ‘A3. 하굿둑 자동화 하드웨어 기술’(89건, 26.3%), ‘A1. 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술’(79건, 23.4%) 순으로 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남



그림 3.87 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술 중분류 기술분야별 논문 게재 비중(`09~`18)

(다) 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술

① 논문 게재 추이

□ 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 관련 최근 10년 간 논문 게재 건수는 총 535건으로, 증감을 반복하는 가운데 점진적으로 증가하는 것으로 분석됨

- 약 3년 주기로 증감을 반복하는 가운데, '18년에는 연간 최대 게재 건수인 연 77건의 논문이 게재됨



그림 3.88 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 최근 10년 간 논문 게재 추이(`09~`18)

□ 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 관련 논문 게재 건수 상위 5개국은 미국, 중국, 영국, 독일, 캐나다로 나타남

- 게재 건수 상위 5개국이 차지하는 비중은 53.6%, 상위 5개국 외 기타 국가가 차지하는 비중은 46.4%로 조사됨
  - 미국 국적 연구자가 가장 많은 112건(20.9%)의 논문을 게재하였으며, 중국(91건, 17.0%), 영국(34건, 6.4%), 독일(28건, 5.2%), 캐나다(22건, 4.1%) 순으로 조사됨
- 한국 국적 연구자의 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 관련 논문 게재 건수는 분석 대상 기간 동안 20건으로 조사되었으며, 논문 게재 순위는 7위를 기록함

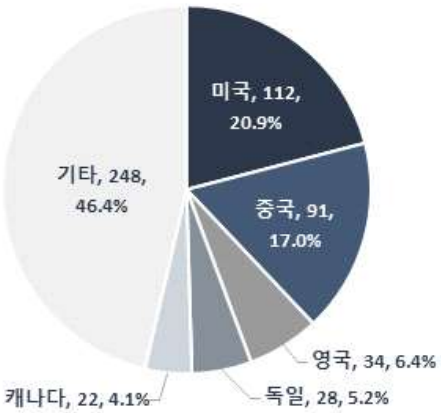


그림 3.89 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 국가별 논문 게재 비중(`09~`18)

② 중분류 기술분야별 게재 비중

□ 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술의 중분류 기술분야별 게재 비중 분석 결과 'B1. 하굿둑 운영 시나리오별 데이터 생산(모델링) 기술' 분야에서 가장 많은 384건(71.8%)의 논문이 게재된 것으로 분석됨

- 이어서 'B2. 하굿둑 자율운영을 위한 계측 및 모니터링 기술'(130건, 24.3%), 'B3. 하굿둑 운영을 위한 빅데이터 분석기술'(21건, 3.9%) 순으로 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남

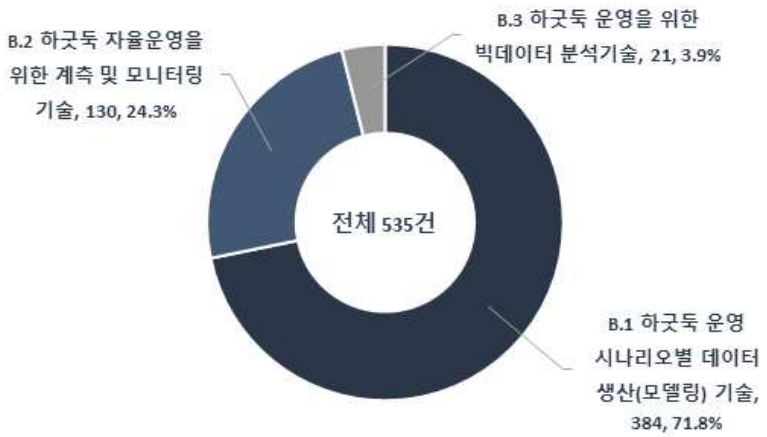


그림 3.90 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술 중분류 기술분야별 논문 게재 비중(`09~`18)

(라) AI 기반 하굿둑 통합운영 기술

① 논문 게재 추이

□ AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 최근 10년 간 논문 게재 건수는 총 596건으로, 증감을 반복하는 가운데 점진적으로 증가하는 것으로 분석됨

- ‘18년에는 연간 최대 게재 건수인 연 87건의 논문이 게재됨



그림 3.91 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 최근 10년 간 논문 게재 추이(`09~`18)

□ AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 논문 게재 건수 상위 5개국은 미국, 중국, 호주, 영국, 이란으로 나타남

- 게재 건수 상위 5개국이 차지하는 비중은 63.3%, 상위 5개국 외 기타 국가가 차지하는 비중은 36.7%로 조사됨
  - 미국 국적 연구자가 가장 많은 187건(31.4%)의 논문을 게재하였으며, 중국(113건, 19.0%), 호주(43건, 7.2%), 영국(17건, 2.9%), 이란(17건, 2.9%) 순으로 조사됨
- 한국 국적 연구자의 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 관련 논문 게재 건수는 분석 대상 기간 동안 14건으로 조사되었으며, 논문 게재 순위는 9위를 기록함

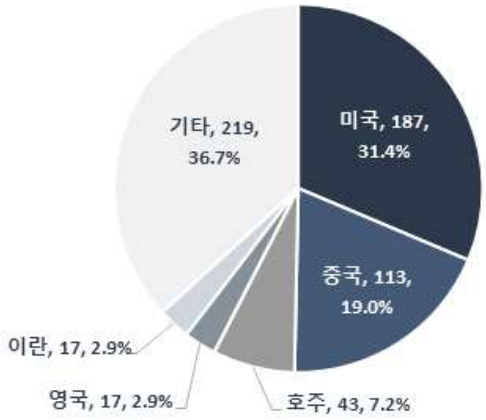


그림 3.92 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 국가별 논문 게재 비중(`09~`18)

② 중분류 기술분야별 게재 비중

□ AI 기반 하굿둑 통합운영 기술의 중분류 기술분야별 게재 비중 분석 결과 ‘C3. 기수역 복원을 위한 하굿둑 통합운영 기술’ 분야에서 가장 많은 428건(71.8%)의 논문이 게재된 것으로 분석됨

- 이어서 ‘C1. 하굿둑 자율운영을 위한 AI 활용 기술’(85건, 14.3%), ‘C2. 하굿둑 자율운영을 위한 수문조작 기술’(83건, 13.9%) 순으로 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남



그림 3.93 AI 기반 하굿둑 통합운영 기술 중분류 기술분야별 논문 게재 비중(`09~`18)

(마) 논문 동향 분석 시사점

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 논문 게재 건수는 매년 증가 추세에 있으며, ‘C. AI 기반 하굿둑 통합운영 기술’ 분야의 게재 비중이 가장 높은 것으로 분석됨

- 3개 대분류 기술분야 모두 미국·중국 국적 연구자가 게재 비중 1·2위를 차지하는 것으로 조사됨
- 미국, 중국 이외에 게재 비중 상위 5위에 포함된 대표저자 국가로는 영국, 캐나다, 이란, 독일, 호주로 나타남

□ 한국 국적 연구자의 논문 게재 건수는 총 43건이며 전체 게재 비중는 8위(2.9%)로 선진국에 비해 저조한 수준인 것으로 분석됨

- 대분류별 게재 비중 분석 결과, ‘B. 하굿둑 자율운영 방법 개발을 위한 데이터 확보 및 분석 기술’의 게재 건수가 20건(46.5%)를 차지하여 가장 비중이 높은 것으로 나타남
- 게재 비중이 가장 적은 대분류 기술분야는 ‘A. 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술’로, 7건(16.3%)에 불과하여 향후 해당 분야에 대한 논문 게재가 이뤄져야 할 필요성이 있는 것으로 분석됨

아. 인프라 현황 분석

(1) 인력현황

(가) 기업

□ ‘15년 현재 국내 수리구조물 관련 분야의 총 종사자 수는 7,948.1명이며, 이 중 연구직은 145.4명으로 조사됨[18)]

- 종합건설(수자원) 분야의 종사자 수는 7,919.1명으로 조사되었으며, 연구직은 전체 종합건설(수자원) 분야의 1.8%인 142.4명으로 조사됨
- 진단 분야의 종사자 수는 29.0명으로 조사되었으며, 연구직은 전체 진단 분야 종사자의 10.3%인 3명으로 조사됨

표 3.30 국내 수리구조물 관련 분야 종사자 수(출처 : 환경부 물시장종합정보센터)

업종 구분		인력 현황(명)				
대분류	소분류	행정직	기술직	연구직	생산직	합계
건설 및 시공	종합건설(수자원)	4586.9	1738.8	142.4	1451.1	7919.1
설계, 컨설팅 및 진단	진단	4.0	15.0	3.0	7.0	29.0
계		4590.9	1753.8	145.4	1458.1	7948.1

(나) 연구기관

□ 한국건설기술연구원의 수리구조물 관련 연구인력은 103인으로 조사됨[19)]

- 동 연구원에서 수리구조물 관련 연구개발을 수행하는 인력은 국토보전연구본부 소속으로 조사됨
  - 동 본부에서는 첨단 기술 기반 수재해 대응 기술, 지속가능한 수자원 및 하천관리 기술, 물환경 개선 및 하선 복원 등 국토보존 기술 개발을 수행함

표 3.31 건설기술연구원의 수리구조물 관련 연구인력 현황

구분	인력 현황				
	전임	수석	위원	선임위원	합계
국토보전연구본부	17	48	23	15	103

□ K-water 융합연구원의 수리구조물 관련 연구인력은 14인으로 조사됨[20)]

- 동 연구원에서 수리구조물 관련 연구개발을 수행하는 인력은 물인프라・에너지

18) 환경부 물시장종합정보센터 통계자료, `19.1 검색 기준
19) 한국건설기술연구원 홈페이지, `18.12 기준
20) K-water 융합연구원 홈페이지, `19.1 검색 기준

연구소 산하 물인프라안전연구팀에 속하는 것으로 조사됨

- 물인프라·에너지연구소 산하의 물인프라안전연구팀에서는 지반구조물 안정성 평가, 지반 분석, 인프라 안전 진단, 구조 및 재료 연구 등을 수행함

(다) 대학

□ '18년 현재 수리구조물 관련 분야의 대학 연구인력은 총 1,853.7명으로 조사됨[21)]

● 수리구조물 관련 분야의 대학 연구인력은 교육통계서비스에서 제공하는 국내 토목공학과의 전체 연구인력에 학과 연구개발비 중 수리구조물 관련 분야의 연구개발비가 차지하는 비중을 곱하여 산정함

- 수리구조물 관련 분야의 연구개발비가 차지하는 비중은 <국토교통분야 연구개발활동조사>에서 산출한 물관리 분야의 연구개발비 비중을 적용함[22)]

표 3.32 토목공학과 연구개발비 중 수리구조물 관련 분야의 연구개발비가 차지하는 비중
(출처 : `13년 국토교통 연구개발활동조사)

구분	Data
대학(토목공학과)의 자체사용 연구개발비(억원)	205.41
물관리 분야의 연구개발비(억원)	92.06
토목공학과 연구개발비 中 수리구조물 관련 분야가 차지하는 비중(%)	44.82%

● '18년 현재 수리구조물 관련 분야의 석사과정 연구인력은 960.9명, 박사과정 연구인력은 526.2명, 전임교원은 366.6명으로, 석사과정의 비중이 가장 높은 것으로 조사됨

표 3.33 국내 수리구조물 관련 분야 대학 연구인력 수
(출처 : 교육부 교육통계서비스)

구분	석사	박사	전임교원	합계
`18년 현재 토목공학과 전체 연구인력(인)	2,144	1,174	818	4,136
토목공학과 연구개발비 중 수리구조물 관련 분야가 차지하는 비중(%)	44.82%			
`18년 현재 수리구조물 관련 분야의 대학 연구인력(인)	960.9	526.2	366.6	1,853.7

21) 교육부 교육통계서비스 통계자료, `19.1 검색 기준
22) 2013 국토교통분야 연구개발활동조사, 2015.9, 국토교통과학기술진흥원

자. 종합시사점

- 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 개발은 하굿둑 시설의 첨단 관리를 통해 기수역 수생태 보전 및 재해 예방을 동시에 달성하는 데 이바지 할 수 있는 기술로써 수자원의 안정적인 확보, 물환경의 보전, 물 관련 재해로부터 국민의 안전을 도모하는 법률의 기본 취지에 부합하는 것으로 판단됨
- 또한 4대강 보의 환경친화적 운영을 가능하게 하는 기술로서 국정운영 계획에서 설정한 전략 및 목표에 부합하며 최신 트렌드인 IoT 기술을 적극 반영함으로써 정부의 물관리기술 개발 촉진에 부합함
- 과업을 수행하기 위한 관련 기술 평균 국내 수준은 64.8%로서 발전의 가능성이 매우 높으며 관련 분야 특허 및 논문의 건수가 세계적으로 증가하고 있어 우리나라에서도 적극적인 기술 개발이 필요함
- 기술개발 방향을 설정하기 위해 현재 국내에 설치 운영되고 있는 하구 수리시설물에 대한 현황을 검토하면 양방향 통수 및 기수역 조성을 위하여 수리시설물의 기능 개선이 필요하며 새로운 운영방안 수립이 필요함
- 국외의 양방향 통수 운영을 하는 대표적 하구시설물인 일본의 도네강 하굿둑은 염분 침투량을 관리하며 운영하고 있어 본 과업에서 고려해야할 기수역 구간조절을 양방향 통수 운영과 유사한 형태이며, 네델란드의 Maeslantkering 하굿둑은 평시에는 완전개방하며 해일에 대한 방어만을 목적으로 하지만, AI를 기반으로 자율운영되는 기술적인 부분의 검토를 통하여 본 과업에 활용성이 있음
- 하구 수리구조물의 개선에는 크게 현 수리구조물을 활용하여 운영하는 방법과 새로운 수리구조물을 개발하는 방안이 수립 가능함

(가) 현 수리구조물의 활용 및 개조를 통한 개선

- 현 수문의 개폐 속도를 검토하면 평균적으로 0.3 m/min 으로 기수역 구간을 일정하게 유지하는 것이 가능할 것으로 판단되나 반복적으로 수문이 개폐되어야 하므로 진동 등 수문의 구조적인 부분에 영향을 줄 수 있으므로 수문의 안정성을 검토하고 개선할 필요가 있음
  - 수문안정성 평가기술, 수문 정밀제어와 고속개폐 기술, 유체-수리구조물 상호작용 해석 기술 등의 개발이 필요함
- 또한 수문의 조작이 지속적으로 이루어져야 하므로 현재의 방식은 수동조작으로는 대응이 어려워 자동운영 방안의 도입이 필요함
  - 수문 자율 제어 원격단말장치, 하굿둑 수문운영 AI 의사결정지원시스템, 수문 자율운영 AI 등의 기술 개발이 필요함
- 재조성되는 기수역은 일정 구간이 안정적으로 유지되어야 하므로 정밀한 모니터

링과 예측을 기반으로 운영되어야 함

- 양방향 통수에 따라 기수역이 재조성되고 하천, 환경, 생태 등 여러 분야의 변화가 예상되므로 이에 대한 예측 및 모니터링이 필수적임
- 우리나라 주요하천은 댐·보 등의 수리구조물이 다수 설치되어 있어 하구의 수리구조물을 운영하여 기수역을 조절하기 위해서는 연계운영에 대한 분석이 필수적임
  - 하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질, 생태 모니터링 및 빅데이터 구축 기술, 수리구조물 운영에 따른 유속, 수질, 염분 수치모의 기술, 상류수리구조물 연계운영 기술 등의 기술 개발이 필요함
- 노후된 수리시설물의 구조적 안정성과 성능 개선을 통하여 시설물의 수명을 연장하고 활용성을 높일 수 있음
  - 수리구조물 염해저감 및 장수명화 기술, 노후 수리시설물 유지관리 기술 등의 기술 개발이 필요함

(나) 신규 수리구조물 개발을 통한 개선

- 대부분의 하굿둑이 하천 말단에 설치되어 일정구간의 기수역 재조성에 있어 정밀한 운영을 필요로 하므로 기수역을 자연화하는 방안의 하나로서 하굿둑 설치 위치를 새로이 조정하는 방안이 필요함
  - 환경·생태를 고려한 적정 수리구조물 설치 평가 기술 등의 기술이 필요함
- 또한 가변형 구조물 등 최근 건설분야에서 주목받는 신기술을 활용하여 방재, 이수, 치수, 환경 보전 등의 목표를 만족하며 세계시장에서 선도적인 기술 개발이 가능함
- 가변형 수리시설물은 다양한 목적에 적합한 형태로 구조를 변형하는 것이 가능하여 필요에 따라 운영할 수 있음
  - 가변-강성기술 활용 하굿둑 설계기술, 하이브리드 수리구조물 설계기술 등의 기술 개발이 필요함
- 기수역 재생, 생태계 보전을 위한 설계, 친환경적 접근이 필수적임
  - 하천 생태계 유지관리 기술 등의 기술이 필요함

• 본 기획연구에서는 현 수리구조물의 활용 및 개조를 통한 개선을 연구기획의 방향으로 설정하고 사업 추진계획을 구성함

4. 사업 추진 계획

가. 기술개발 방향 수립

(가) 기술 이슈 도출 및 R&D 니즈 설정

- 기술동향 및 환경분석 결과를 토대로 6개 기술 이슈를 도출함

  - **(ISSUE 1)** 양방향 통수시 기존 하굿둑에 대한 구조적 안전성 확보가 필요함

  - **(ISSUE 2)** 정부에서는 하굿둑 개방을 추진하고 있어 기수역 조성을 위한 양방향 통수가 필요한 상황임

  - **(ISSUE 3)** 선도국은 활용 목적에 따라 하굿둑을 설계하고 건설하고, AI기술을 접목한 하굿둑 운영기술을 개발하여 적용하고 있으며, 국내에도 첨단기술을 활용하여 다목적 하굿둑 운영이 가능한 수문 도입이 필요할 것으로 전망됨

  - **(ISSUE 4)** 국내 하굿둑은 해수침투를 막기위한 단방향으로 구축되어 운영됨에 따라 기수역 관리를 위한 정보, 모니터링 기술, 기수역 모델링 기술, 하굿둑 운영기술 등이 부재한 상황이며, 하굿둑을 개방할 경우 기수역 조성 범위 관리가 필요함

  - **(ISSUE 5)** 4대강 재자연화를 통한 기수생태계 복원을 중요 정책과제로 고려하고 있으며, 이미 선도국들은 하구 생태환경 복원 정책을 추진하며 환경친화적인 하굿둑을 운영하고 있어 기수역 생태계 건강성 유지가 필요한 상황임

- 도출한 기술 이슈와 관련하여 9개 R&D 니즈를 설정함

  - **(R&D Needs 1)** 양방향 통수가 가능한 하굿둑 구조 안전성 평가기술

  - **(R&D Needs 2)** 기수역 제어를 위한 고속개폐 수문제어기술

  - **(R&D Needs 3)** 양방향 통수를 위한 수리구조물 기능 및 구조 개선

  - **(R&D Needs 4)** 하굿둑 운영의사결정 지원모델

  - **(R&D Needs 5)** 해수-담수-구조물 상호작용을 고려한 기수역 범위 예측기술

  - **(R&D Needs 6)** 기수역 조성 영향요인 실시간 계측을 위한 네트워크/센서기술

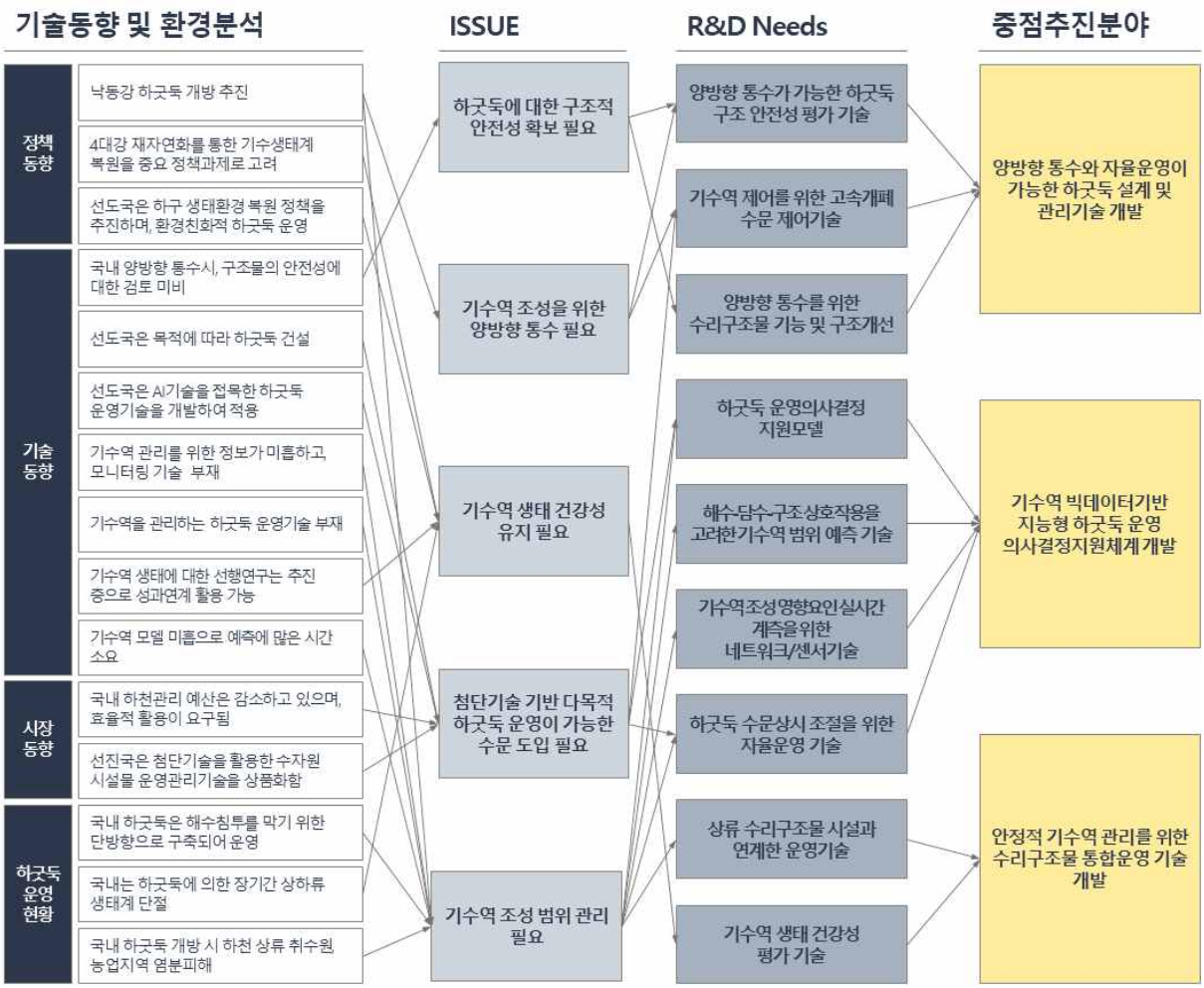
  - **(R&D Needs 7)** 하굿둑 수문상시 조절을 위한 자율운영기술

  - **(R&D Needs 8)** 상류 수리시설물과 연계한 운영기술

  - **(R&D Needs 9)** 기수역 생태 건강성 평가기술

(나) 중점추진분야 설정

- R&D니즈를 토대로 3개 중점추진분야를 설정함
  - **(중점추진분야 1)** 양방향 통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술 개발
  - **(중점추진분야 2)** 기수역 빅데이터기반 지능형 하굿둑 운영 의사결정지원체계 개발
  - **(중점추진분야 3)** 안정적 기수역 조성을 위한 AI 기반 하굿둑 자율운영 플랫폼 개발

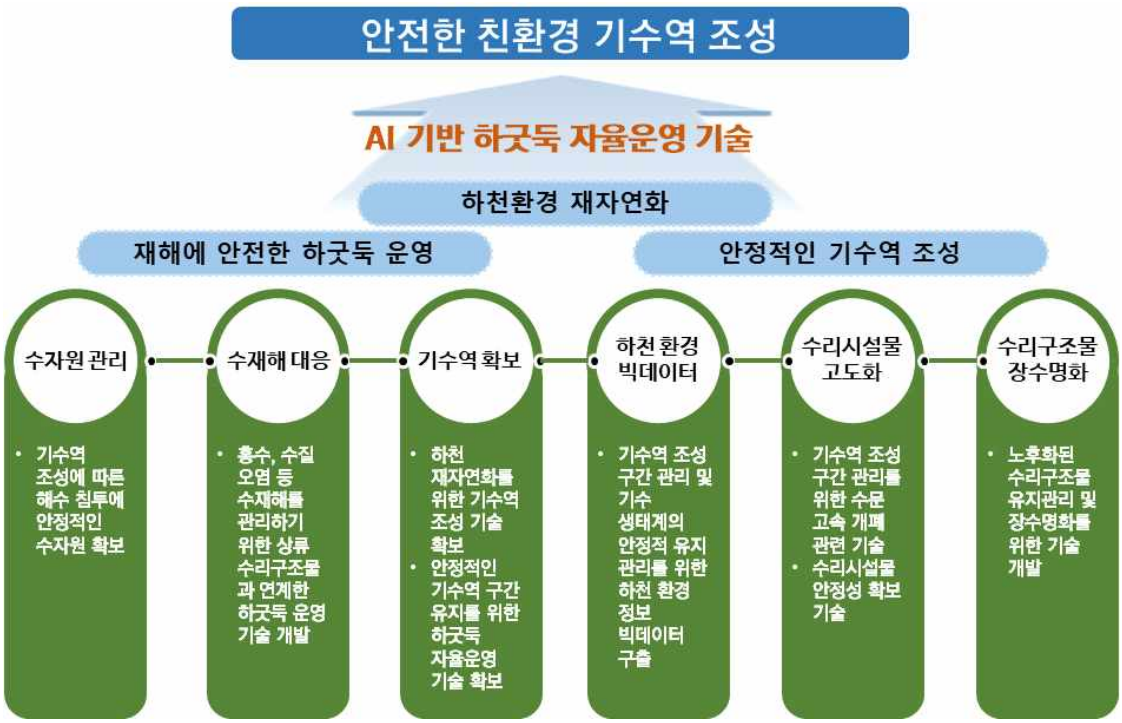


- **(중점추진분야1)** 양방향 통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술
  - 하굿둑에 대한 구조적 안전성 확보, 기수역 조성을 위한 양방향 통수가 필요하며 양방향 통수가 가능한 하굿둑 구조 안전성 평가기술이 요구됨
  - 기수역 조성을 위한 양방향 통수, 다목적 하굿둑 운영이 가능한 수문 도입이 필요하므로, 기수역 제어를 위한 고속개폐 수문제어기술이 요구됨
- **(중점추진분야2)** 기수역 빅데이터와 지능형 하굿둑 운영 의사결정지원체계 개발
  - 다목적 하굿둑 운영이 가능한 수문 도입, 기수역 조성 범위 관리가 필요하며, 하굿둑 운영의사결정 지원모델 개발, 해수-담수-구조물 상호작용을 고려한 기수역 범위 예측기술, 기수역 조성 영향요인 실시간 계측을 위한 네트워크/센서기술, 기수역 조성 범위 관리를 위해 하굿둑 수문상시 조절을 위한 자율운영기술이 요구됨,
- **(중점추진분야3)** 안정적 기수역 관리를 위한 수리구조물 통합운영 기술
  - 상류 수리구조물 시설과 하굿둑을 연계한 운영을 지원하기 위한 기술이 필요함
  - 기수역 생태 건강성 유지를 위해 기수역 생태 건강성 평가기술이 필요함

나. 비전 및 목표 수립

(가) 비전 및 목표

- AI기반 자율운영 수리구조물 연구는 발전된 IoT, 빅데이터, AI 기술을 활용하여 하굿둑의 운영 및 관리를 위한 혁신적인 기술 개발을 통하여 수리시설물 기능을 고도화하고, 장수명화하여 수자원의 안정적 확보, 수재해 대응 및 친환경 기수역 조성으로 국민 삶의 질 향상 도모하는 것을 그 목표로 함



- 양방향 통수와 자율운영을 지원하는 하구 구조물 설계 및 관리기술
  - (시설물 모니터링 계측 기술 첨단화) 하굿둑 시설물에 IoT 기술을 접목한 복합 계측 모니터링 기술 및 수문 진동 등 구조물 모니터링 정보를 활용한 시스템 식별 기술 개발
  - (수리구조물 안정성 평가 첨단화) 유체-구조물 상호작용 및 하상세굴에 대한 수치해석 기술 기반 수리구조물 안정성 평가 기술 개발
  - (구조물의 요소기술 최신화) 첨단기술을 활용한 수문제어 기술 개선
  - (기수역 수리시설물의 장수명화 기술) 수리구조물의 균열, 파손, 부식 등의 형상변형 탐지 및 염분내성 강화와 생물오손 제어 기술 개발

- 하굿둑 자율운영을 위한 빅데이터기반 AI기반 하굿둑 운영 기술
  - (데이터 생산 기술) 하굿둑 운영 시나리오 생산을 위한 기수역 양방향 흐름, 수질, 유사이동, 하상변동 모델링 기술 개발
  - (첨단 모니터링 및 통합운영 기술) 흐름, 염분, 수질 실시간 모니터링 기술 개발 및 통합관리시스템 구축
  - (AI 기반 수문 자율운영 기술) 최적 기수역 조성을 위한 딥러닝 기반 하굿둑 운영 의사결정지원시스템 개발
- 기수역과 하구역을 포함한 하천, 환경, 생태, 수리구조물 통합관리 지원 기술
  - (첨단 하천 통합관리 기술) 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발
  - (수리구조물 관리 고도화) 하굿둑 BIM 표준 모델 개발 및 디지털 트윈과 연동한 통합 플랫폼 구축
  - (신기술 및 새로운 환경 조성에 따른 법・제도 개선) 재조성되는 기수역을 안정적으로 유지・관리하고 새로이 도입되는 첨단 기술을 활용한 하구관리체계를 지원하는 법・제도 구축
  - (기수 생태계 적응 관리 표준화) 기수역 생태계의 모니터링 고도화 기술의 개발 및 이들 기술의 실제적 적용을 통한 생태적 적응관리의 표준화된 기법의 정립

(나) 기술개발에 따른 미래상

분 야	현 재	미 래
양방향 통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술	단방향 운영을 위한 하굿둑 설계 및 관리 위주의 기술	- 하굿둑의 양방향 통수 운영 및 기수역 구간 조절에 따른 하굿둑의 구조적 안정성 확보
	수문을 상시운영하기 위한 관련 구조적 기술 부재	- 수문 고속 개폐 및 자율 운영을 지원하는 기술 확보 - 반복적인 수문 고속개폐에 따른 구조물의 안정성 유지관리 기술
기수역 빅데이터기반 지능형 하굿둑 운영 의사결정지원체계	수문을 자율적으로 운영하기 위한 관련 기술 부재	- 하굿둑 운영의사결정 지원모델을 통한 수문 자율 운영 기술을 통하여 기수역 구간 유지 관리
	기수역 조성 구간의 관리 기술 및 경험이 없음	- 기수역 정보 실시간 계측을 위한 네트워크/센서기술 개발을 통하여 광범위한 하천관련 빅데이터 구축 - 해수-담수-구조물 상호작용을 고려한 기수역 범위 예측기술 확보를 통한 안정적인 기수역 관리 기술 확보
안정적 기수역 관리를 위한 수리구조물 통합운영 기술	재해, 수질, 수자원 확보 등 다목적 하굿둑-수리구조물 연계 운영에 대한 기술 미확립	- 하천의 수자원 확보, 수질관리, 생태계 보호, 재해에 대응하기 위한 통합적인 상류 수리구조물-하굿둑 자율운영기술 연계 운영기술 확보
	기수생태계 건강성을 평가하기 위한 기술 부재	- 기수역 생태 건강성 유지를 위해 기수역 생태 건강성 평가기술이 필요함

다. 후보과제 도출

(가) 수요조사 기반 후보과제 도출

- 기술수요조사결과를 기반으로 한 후보과제와 수요조사에서는 제시되지 않았으나 기술개발에 필요한 과제를 논의하여 다음과 같이 후보과제를 도출함
- 기술수요조사에서는 총 41개의 수요기술이 제시되었고 이 중 개발의 내용이 유사한 기술을 하나의 과제로 합하여 최종적으로 33개의 기술을 반영한 31개의 후보과제가 선정됨
- 기술수요조사에서는 수집되지 않았으나 과제개발에 필요한 것으로 판단되는 기술에 대한 후보과제로서 7개의 과제가 추가됨

수요조사 제안기술	선정여부	후보과제
1. 수량-수질-재해예방 통합모의 분석을 통한 하굿둑 리모델링 설계	o	1. 하굿둑 리모델링에 따른 수량-수질-재해예방 통합분석 기술 개발
2. 무선센서와 영상기법을 활용한 진동기반 수문 모니터링 기술 개발	o	2. 진동기반 수문 안정성 검토 및 모니터링 기술 개발
3. 컴퓨터비전 기술을 이용한 수리 시설물 유지관리 시스템 개발	o	3. 컴퓨터비전 기반 노후 수리 시설물 유지관리 시스템 개발
4. 기수역 인공구조물 표면 염해 저감 및 장수명화 기술 개발	o	4. 기수역 인공구조물 염해저감 및 장수명화 유지관리 기술 개발
	-	5. 정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 개발
5. 목표 흐름특성 유지를 위한 하굿둑 수문 자동운영기술 개발	o	6. 목표 흐름특성 유지관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영 시나리오 개발
6. 사물인터넷(IoT) 기반 자율운영 기술을 적용한 원격단말장치(RTU)를 탑재한 수문 개발	o	7. 수문 자율 제어를 위한 사물인터넷(IoT) 기반 원격단말장치(RTU) 개발 및 적용
7. AI 기반 3차원 수치모의에 의한 물받이 설계	o	8. AI 기반 3차원 수치모의를 활용한 물받이 설계 기술 개발
8. 기수역에서의 해수-담수-구조물 상호작용 해석을 위한 고해상도 CFD 모델링 기술 개발	o	9. 하굿둑 시스템 운영에 따른 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 3차원 수치모델링 체계 개발
9. 하굿둑을 이용한 압력지연삼투(PRO) 기술 적용 에너지 회수 기술	o	10. 압력지연삼투(PRO) 기술 기반 에너지 회수 기술을 적용한 하굿둑 에너지 자립 기술 개발
10. 하굿둑 양방향 안정적인 운영을 위한 하굿둑 구조물 흐름 해석기술	o	11. 안정적인 하굿둑 양방향 운영을 위한 구조물 흐름해석 기술 개발
	-	12. Meshless컴퓨팅을 이용한 세굴해석 기술 개발
11. 지진, 지진해일 등의 재난에 대한 하굿둑 구조 안전성 평가기술 개발	o	13. 유체-구조물 상호작용 해석 기반 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발
12. IOT와 수리 계측장치를 이용한 하굿둑 시설 안정성 평가기술 개발	o	14. IoT 네트워크 기반 수리 계측장치 활용 하굿둑 시설 안정성 평가 기술개발
13. 기수역 연속성 확보를 위한 양방향 가변형 하구 수리시설물 운영기술 개발	x	

14. 하구둑 주변 실시간 모니터링 시스템 구축	o	15. 하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술 개발
15. 수중 드론과 초분광센서를 활용한 하천 및 해역의 수질특성 분석 및 실시간 모니터링 기술 개발	o	
16. USV 활용 염분 공간분포 취득기술 개발	o	16. 기수역 염분 공간분포 계측기술 개발
17. 슈퍼센서를 활용한 염분 실시간 모니터링 및 염수쐐기 제어기술 개발	x	
18. 하굿둑 수층별 모니터링 시스템 구축 및 운영 통합관리기술 개발	o	17. 하굿둑 수층별 모니터링 정보 통합관리시스템 구축 및 활용기술 개발
19. 조석 영향 구간에서 양방향 유속, 유량 및 유사량 모니터링 기술 개발	o	18. 조석 영향 구간에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술 개발
20. 기수역 염분 측정망 센서 배치의 최적화 기술 개발	o	19. 최적 기수역 염분 측정망 배치 기술 개발
21. 하굿둑 주변 생태계 모니터링	o	20. 하굿둑 주변 생태계 모니터링 및 적응관리 고도화 기술 개발
22. 하구 지역 고정밀 지하수 모니터링 기술 및 장치	o	21. 하구 지역 고정밀 지하수 모니터링 기술 개발
23. 하구 지역 대수층의 지하수 염분침투 모델링 기술	o	22. 하구 지역 지하수 염분침투 모델링 기술 개발
24. 기수역 대하천의 지형 특성에 따른 흐름 및 유사거동 예측기술 개발	o	23. 기수역 대하천의 수리 특성에 따른 지형변화 예측 기술 개발
25. 하굿둑 하상 미세립 퇴적물의 유사이동 특성 평가기술 개발	x	
26. 하구둑 방류 유형과 연안지형의 장기적 변화 관계 연구	o	24. 하구둑 운영에 따른 장기적 연안지역변화 예측 기술 개발
27. ADCP를 활용한 하굿둑 실시간 모니터링 시스템 개발	x	
28. 기수역 수변공간 관리 및 수환경 관리 기술 개발	x	
	-	25. 통합적 하구역 관리를 위한 수계별 하구관리체계 구축 연구
29. 빅데이터와 딥러닝 기반 AI 의사결정지원시스템 개발	o	26. 빅데이터와 딥러닝 기반 하굿둑 수문운영 AI 의사결정지원시스템 개발
30. 하굿둑 운영을 위한 딥러닝기반 중단기 유출량 및 해수유입량 예측	o	27. 딥러닝기반 중단기 유출량 및 해수유입량 예측기술 개발
	-	28. 댐·보 등 상류수리구조물과 연계한 시뮬레이션 기반 디지털트윈 운영기술 개발
31. 적정 기수역 확보를 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 개발	o	29. 적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 수문 운영 의사결정 프로세스 개발
32. 적정 기수역 유지를 위한 하구 유지유량 산정 및 통합물관리 기술 개발	x	
33. 하굿둑 자율운영을 위한 맞춤형 심층기계학습 적용기술 개발	o	30. 하굿둑 자율운영을 위한 빅데이터 기반 맞춤형 심층기계학습 적용기술 개발

34. 하이브리드 심층기계학습 모형 개발	o	
35. 인공신경망 기반 단기 예측 활용 하굿둑 자율운영 기법 개발	o	31. 하굿둑 자율운영을 위한 인공신경망 기반 단기 예측 모형 개발
36. 비지도학습 기반 자율운영 기계학습모형 개발	o	32. 비지도학습 기반 수문자율운영 기계학습모형 개발
37. 기수역 공간관리 및 연안역 통합관리를 위한 종합관리시스템 개발	o	33. 기수역 수변공간 및 하천관리를 위한 연안유역 통합관리시스템 개발
	-	34. 기수생태계 건강성 평가 및 관리 기술 개발
	-	35. 하굿둑 수리구조물 BIM 통합플랫폼 구축
38. 기수역 수류를 활용한 하굿둑 성층현상 및 생태환경 개선기술	x	
39. 하구둑 운영에 의한 기수역 및 하구에서 지형변동 예측 및 유지관리기술 개발	x	
40. 하구둑의 최적운영을 위한 다목적댐의 ROM (Reserver Operation Method) 개발	o	36. 하구둑의 최적운영을 위한 다목적댐 ROM (Reserver Operation Method) 연계기술 개발
	-	37. 양방향 통수를 위한 하굿둑 설계 및 유진 기술
41. 서해지역 기수역 및 연안 퇴적 유사의 성분분석법 개발	o	38. 기수역 및 연안 퇴적 유사의 공급처 추적기술 개발

(나) 후보과제 기술개발 목표

번호	후보과제	기술개발 목표
1	하굿둑 리모델링에 따른 수량-수질-재해예방 통합분석 기술 개발	▪ 하굿둑 리모델링에 따른 기수역의 수리/수질환경 변화를 예측하기 위한 수질-침수범람 통합분석기술 개발
2	진동기반 수문 안정성 검토 및 모니터링 기술 개발	▪ 무선센서와 영상기법을 활용하여 수문의 진동을 측정하고, 수문의 진동 정보를 활용한 시스템 식별 기술로 수문의 안전성을 검토 및 모니터링하는 기술 개발
3	컴퓨터비전 기반 노후 수리 시설물 유지관리 시스템 개발	▪ 수리구조물(하굿둑, 댐 등)의 균열, 파손, 부식 등의 형상 변형을 탐지하고 모니터링 할 수 있는 컴퓨터비전(광학이미지 +AI)기반 콘크리트 수리 시설물 유지관리 시스템 개발
4	기수역 인공구조물 염해저감 및 장수명화 유지관리 기술 개발	▪ 기수역 인공구조물과 시설물의 염분내성 강화와 생물오손 제어를 통해 시설물의 장수명화 설계 및 유지관리를 위한 재료공학과 해양과학의 융복합기술 개발
5	정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 개발	▪ 기수역 조성구간 관리를 위하여 정밀제어와 고속개폐 기능을 보완한 수문 기능 개선 ▪ 하구둑에 대해 사회적, 경제적, 환경적 지속가능성을 보유한 수문 기술 확보
6	목표 흐름특성 유지관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영 시나리오 개발	▪ 하굿둑 하류 조위와 본류 홍수량을 고려한 목표 지점의 특정 수리특성 형성을 위한 하굿둑 수문의 자동운영 기술 개발
7	수문 자율 제어를 위한 사물인터넷(IoT) 기반 원격단말장치(RTU) 개발 및 적용	▪ 원격단말장치(RTU)를 수문의 권양기 측에 탑재, 연동시켜 IoT 및 CPS 기술을 적용, 수문의 상태 및 계측값을 실시간으로 센싱, 비교, 분석, 판단하여 관리자 없이 RTU가 하굿둑 운영조건에 따른 자율제어 수행을 지원하는 기술 개발 ▪ 이벤트 발생시 IoT 통신망(LTE-M 또는 NB-IoT)을 통해 중앙관리소의 운영프로그램으로 전송하여 알람을 표출하는 제품 개발

8	AI 기반 3차원 수치모의를 활용한 물받이 설계 기술 개발	▪ AI 기반 3차원 수치모형을 개발하고 이를 활용한 하굿둑 물받이 안정성 평가를 통한 설계 기법 개발
9	하굿둑 시스템 운영에 따른 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 3차원 수치모델링 체계 개발	▪ 기수역에서 수자원 확보와 수재해 대응을 목적으로 하는 친환경 하구 시설물 설계 그리고 하굿둑 자율 시스템 운영 및 제어를 위한 필수 정보인 수위, 유속, 염분, 부유사, 오염물질 분포 등 난류 흐름 및 오염물질의 동적 거동에 대한 상세자료 제공을 위한 3차원 수치모델링 체계 개발
10	압력지연삼투(PRO) 기술 기반 에너지 회수 기술을 적용한 하굿둑 에너지 자립 기술 개발	▪ 하굿둑을 닫았을 때 생기는 해수와 담수의 염도차를 이용하여 발전시키는 압력지연삼투(PRO) 공정 개발
11	안정적인 하굿둑 양방향 운영을 위한 구조물 흐름해석 기술 개발	▪ 기존 일방향 부분 개방형 하굿둑 해석기술로는 양방향 흐름에 따른 구조물의 안정적인 운영을 기대하기에는 어려워 이에 대한 흐름해석 기술 개발 ▪ 하굿둑 상·하류에 흐름제어를 위한 준실규모(Large Scale) 수리모형실험과 수치해석을 통한 흐름상세 모의기술 개발 ▪ 개방형 하굿둑 설치에 따른 하천 및 해양 영향 검토
12	Meshless컴퓨팅을 이용한 세굴해석 기술 개발	▪ 하상세굴(river bed scour)의 정확하고 효율적인 예측 기술 개발
13	유체-구조물 상호작용 해석 기반 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발	▪ 지진, 지진해일 등의 재난발생에 대한 하굿둑의 유체-구조물 상호작용 수치해석 기술개발 및 A.I.를 활용한 하굿둑 구조 안전성 평가 기술
14	IOT 네트워크 기반 수리 계측장치 활용 하굿둑 시설 안정성 평가 기술개발	▪ 하굿둑 인근 시설물의 다항목 수리 계측 장치에 IOT 기술을 접목하여 양방향 소통 유량규모별 복합 계측기술 개발 및 시설 안정성 평가 기술개발
15	하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술	▪ 드론 등 remote sensing기반 영상을 활용한 하굿둑 주변 실시간 변화탐지 모니터링 기술 개발 ▪ Iot 및 센서 기반 하굿둑 주변 흐름, 염분, 수질 특성 모니터링 및 분석시스템 개발
16	기수역 염분 공간분포 계측기술 개발	▪ USV(Unmanned Surface Vehicle)를 이용한 100 m × 100 m 해상도 수평 2차원 염분 공간분포 확보기술 개발
17	하굿둑 수층별 모니터링 정보 통합관리시스템 구축 및 활용기술 개발	▪ 하굿둑 자율운영을 위하여 내염분성 및 자동세정 기능 다항목 센서 기반 수층별 모니터링 정보 통합관리시스템 구축 및 기술 개발
18	조석 영향 구간에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술 개발	▪ 조석 영향을 받아 양방향 흐름이 발생하는 하천에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 개발하여 조석영향 하천에 실제 적용
19	최적 기수역 염분 측정망 배치 기술 개발	▪ 기수역에서 염분 센서 배치에 따른 하천 염해 발생 감지 성능을 모의함으로써 센서 수에 따라 센서의 공간적 배치를 최적화하고, 염해 발생 감지의 정확도와 경제성을 고려한 파레토 최적(Pareto optimal) 솔루션 제시
20	하굿둑 주변 생태계 모니터링 및 적응관리 고도화 기술 개발	▪ 하굿둑으로 단절된 기수역 생태계 (Estuarine Ecosystem)의 물리·화학적 특성과 연계된 생물적 특성의 모니터링 고도화 기술의 개발 및 이들 기술의 실제적 적용을 통한 생태적 적응관리의 표준화된 기법의 정립
21	하구 지역 고정밀 지하수 모니터링 기술 개발	▪ 검정 오차 20% 이내의 관측 자료 기반의 하구 지역의 3차원 지하수 흐름 및 염분 분포 관측 기술 개발
22	하구 지역 지하수 염분침투 모델링 기술 개발	▪ 현장에서 관측되는 얇은 두께의 담수-염수 천이대를 1% 와 99% 수치 염분 농도로 재현할 수 있는 지하수 해수침투 수치해석 기술 개발 ▪ 실험실 3차원 모래상자 실험 결과 검보정 오차 15% 이내의 기술 검증
23	기수역 대하천의 수리 특성에 따른 지형변화 예측 기술 개발	▪ 조류와 하구부 지형의 연계에 따른 유사 거동의 특이점 제시 및 지형변화 예측

24	하구둑 운영에 따른 장기적 연안지역변화 예측 기술 개발	▪ 하구둑의 운영으로 인한 연안류 패턴의 변화가 주변 연안지형의 장기적인 발달과정에 주는 영향을 파악하고 하구둑 방류유형과 주변 연안지형의 장기적 변화 관계를 분석
25	통합적 하구역 관리를 위한 수계별 하구관리체계 구축 연구	▪ 수계별로 환경적 특성이 다른 하구역의 통합적 관리를 위한 수계별 하구관리체계를 구축함으로서 하구역 관리의 일원화를 비롯하여 하구역의 환경, 물이용, 농업, 기타 기수역의 효과적인 활용
26	빅데이터와 딥러닝 기반 하굿둑 수문운영 AI 의사결정지원시스템 개발	▪ 빅데이터 기반 구축 및 딥러닝 기술 확보 ▪ 하구둑 수문 자율 운영을 위한 의사결정지원시스템 개발
27	딥러닝기반 중단기 유출량 및 해수유입량 예측기술 개발	▪ 딥러닝 기반의 예측 기법을 가지고 해수면 및 풍속 등의 공간정보를 바탕으로 하굿둣 해수유입량을 예측하고 하굿둑 하천의 유출량을 중단기적으로 예측하여 하굿둑의 조작운영을 지원하고자 함
28	댐·보 등 상류수리구조물과 연계한 시뮬레이션기반 디지털트윈 운영기술 개발	▪ 댐·보 등 상류 수리구조물과 하굿둑을 연계한 운영 방안을 시뮬레이션 기반 디지털 트윈 시스템을 통하여 검토하고 실운영에 적용하기 위한 운영기술 개발
29	적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 수문 운영 의사결정 프로세스 개발	▪ 적정 기수역 유지 및 확보를 위한 하굿둑 수문의 운영 의사결정 프로세스 개발
30	하굿둑 자율운영을 위한 빅데이터 기반 맞춤형 심층기계학습 적용기술 개발	▪ 하굿둑 자율운영을 위한 목적별 맞춤형 빅데이터 기반 심층학습 모형 개발
31	하굿둑 자율운영을 위한 인공신경망 기반 단기 예측 모형 개발	▪ 인공신경망을 이용한 단기예측 자료를 활용 하굿둑 자율운영의 판단 기준 제공
32	비지도학습 기반 수문자율운영 기계학습모형 개발	▪ 빅데이터 기반 비지도학습기법을 이용한 자율기계학습 모형의 개발
33	기수역 수변공간 및 하천관리를 위한 연안유역 통합관리시스템 개발	▪ 댐·보 등 상류 수리구조물과 하굿둑을 연계한 운영관리가 연안 유역의 기수역 공간 확보와 기수역 생태계 건강성 확보를 가능케 하도록 하천-하구-해양의 정보를 통합하여 기수역 수리구조물의 실운영에 적용할 의사결정 정보를 생산하는 시스템 개발
34	기수생태계 건강성 평가 및 관리 기술 개발	▪ 기수역 생태계 관리를 위한 생태계 조사 기법, 평가항목 선정, 생태계 건강도 평가 척도 마련 및 생태계 서식처 관리 모델 개발
35	하굿둑 수리구조물 BIM 통합플랫폼 구축	▪ 하구둑 수리구조물에 대한 BIM 표준모델을 개발 ▪ 디지털트윈과 연동한 BIM통합 플랫폼 구축
36	하구둑의 최적운영을 위한 다목적댐 ROM (Reserver Operation Method) 연계기술 개발	▪ 조석간만, 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물의 유황 변화를 고려한 하구둑의 연계 운영기술 개발 (미국수준의 50% 기술을 과제종료시점인 2025년에는 80% 수준 확보)
37	양방향 통수를 위한 하굿둑 설계 및 유진 기술 개발	▪ SFI(Solid Fluid Interation) 기반의 구조 – 유체 모델링 기법을 통한 진동예측 기술개발
38	기수역 및 연안 퇴적 유사의 공급처 추적기술 개발	▪ 연안지역의 지형을 결정하는 퇴적토의 생성지와 특성 파악 기술 개발

5. 연구개발과제 추진체계

가. 기획추진과제 구성

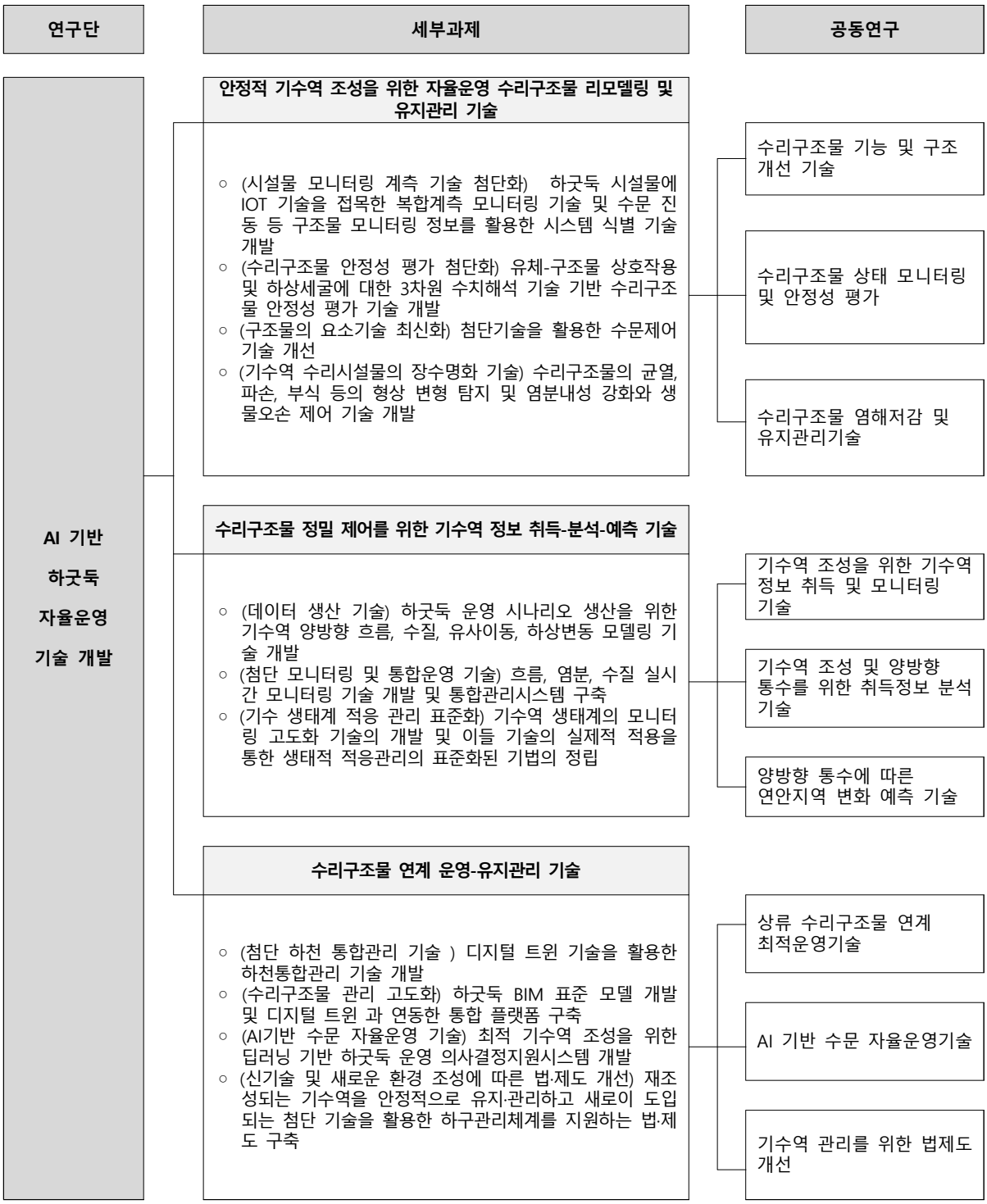
- 후보과제를 기반으로 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술, 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술, 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술 개발의 3개의 세부과제를 구성함
- (세부과제 1) 양방향통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술에는 하굿둑의 시설물에 관련하여 구조 및 기능개선과 안정성 평가 등의 기술을 포함
  - (공동연구 1-1) 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술은 양방향 통수 및 안정적 기수역 조성을 위한 수문 리모델링 및 수문 자율제어 원격시스템 등을 지원하기 위한 기술임
  - (공동연구 1-2) 유체-수리구조물 해석기반 하굿둑 구조 안전성 평가 기술 개발은 하굿둑 수문의 반복 운영에 따른 구조적 안정성 평가를 위하여 구조물내의 유체흐름 및 세굴을 모니터링, 해석을 하는 기술을 포함하여 하굿둑 구조의 안정성을 평가하는 기술
  - (공동연구 1-3) 하굿둑 수리구조물 염해저감 및 장수명화 기술은 첨단기술인 컴퓨터 비전 등을 활용하여 노후된 수리구조물을 유지관리하는 방안 및 염해저감 등의 자립 기술 등 하굿둑의 장수명화를 위한 시설물 개선 기술임
- (세부과제 2) 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술 개발에는 정교한 양방향 통수를 위한 하굿둑 운영을 지원하는 기술이 포함됨
  - (공동연구 2-1) 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술 개발은 흐름, 수질(염분), 하상변동, 생태 등 기수역의 환경을 모니터링하기 위한 계측기술, 측정망 배치 기술, 실시간 모니터링 기술, 모니터링 정보 관리 기술을 포함함
  - (공동연구 2-2) 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술 개발은 조성되는 기수역의 흐름, 수질(염분), 하상변동, 지하수 등을 분석하고 운영에 따른 환경변화를 예측하는 기술을 포함함
  - (공동연구 2-3) 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술은 재조성되는 기수역에 따른 하천 및 연안 지형변화 예측, 최적 유사 공급처 예측, 생태계 건강성 평가 기술 등을 포함함
- (세부과제 3) 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술 개발에는 상류의 수리구조물을 연계한 하굿둑 운영 기술, 재AI 기반 수문 자율운영기술, 기수역 조성과 하굿둑 운영방안 변경에 따른 법・제도 개선을 포함

- (공동연구 3-1) 상류 수리구조물 연계 하굿둑 자율운영 지원기술 개발은 상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영을 위한 기술, 연계운영에 따른 환경변화를 예측하는 시뮬레이션 기반 디지털트윈 기술과 하굿둑의 BIM 통합 플랫폼을 구축 기술을 포함하며 하천을 통합적으로 관리하기 위한 정보 구축 기술임
- (공동연구 3-2) AI 기반 수문 자율운영 의사결정지원시스템 개발은 2-1, 2-2 공동연구의 기수역 환경정보 빅데이터를 통합관리하는 시스템을 구축하고 적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 수문 운영 의사결정 프로세스 및 자율운영을 위한 AI 기반 하굿둑 운영 방안을 수립하는 기술을 포함함
- (공동연구 3-3) 기수역 관리를 위한 법제도 개선은 상시 개방되는 하구둑에 따른 연안 및 하구역 관리를 위한 기술로서 법·제도적 하구역 관리체계 구축을 위한 AI 기반 수문 자율운영 관련 법·제도 개선, 통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발 등이 포함됨

표 6.1 후보과제기반의 과제구성

기획과제		후보과제
세부과제	공동연구	
안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술	수리구조물 기능 및 구조 개선 기술	5. 정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 개발 7. 수문 자율 제어를 위한 사물인터넷(IoT) 기반 원격단말장치(RTU) 개발 및 적용
	수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가	2. 진동기반 수문 안정성 검토 및 모니터링 기술 개발 13. 유체-구조물 상호작용 해석 기반 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발 12. Meshless컴퓨팅을 이용한 세굴해석 기술 개발 8. AI 기반 3차원 수치모의를 활용한 물받이 설계 기술 개발 11. 안정적인 하굿둑 양방향 운영을 위한 구조물 흐름해석 기술 개발
	수리구조물 염해저감 및 유지관리기술	3. 컴퓨터비전 기반 노후 수리 시설물 유지관리 시스템 개발 4. 기수역 인공구조물 염해저감 및 장수명화 유지관리 기술 개발
수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술	기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술	15. 하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술 16. 기수역 염분 공간분포 계측기술 개발 18. 조석 영향 구간에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술 개발 20. 하굿둑 주변 생태계 모니터링 및 적응관리 고도화 기술 개발 21. 하구 지역 고정밀 지하수 모니터링 기술 개발
	기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술	19. 최적 기수역 염분 측정망 배치 기술 개발 9. 하굿둑 시스템 운영에 따른 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 3차원 수치모델링 체계 개발 22. 하구 지역 지하수 염분침투 모델링 기술 개발
	양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술	23. 기수역 대하천의 수리 특성에 따른 지형변화 예측 기술 개발 24. 하구둑 운영에 따른 장기적 연안지역변화 예측 기술 개발 34. 기수생태계 건강성 평가 및 관리 기술 개발 38. 기수역 및 연안 퇴적 유사의 공급처 추적기술 개발
수리구조물 연계 운영-유지관리 기술	상류 수리구조물 연계 최적운영기술	28. 댐·보 등 상류수리구조물과 연계한 시뮬레이션기반 디지털트윈 운영기술 개발 35. 하굿둑 수리구조물 BIM 통합플랫폼 구축 기술 개발
	AI 기반 수문 자율운영기술	26. 빅데이터와 딥러닝 기반 하굿둑 수문운영 AI 의사결정지원시스템 개발 27. 딥러닝기반 중단기 유출량 및 해수유입량 예측 30. 하굿둑 자율운영을 위한 빅데이터 기반 맞춤형 심층기계학습 적용기술 개발 31. 하굿둑 자율운영을 위한 인공신경망 기반 단기 예측 모형 개발
	기수역 관리를 위한 법제도 개선	25. 통합적 하구역 관리를 위한 수계별 하구관리체계 구축 연구

나. 연구개발과제 추진체계



다. 연구개발과제 주요내용, 성과지표 및 기대효과

(1) 연구개발과제 주요내용 및 최종성과물

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	**AI 기반 하굿둑 자율운영 기술 개발**	○ 양방향 통수와 자율운영이 가능한 하구 구조물 설계 및 관리기술 ○ 하굿둑 자율운영을 위한 빅데이터와 AI기반 하듯둑 운영 기술 ○ 기수역과 하구역을 포함한 하천, 환경, 생태, 수리구조물 통합관리 지원 기술	○ 기수역 환경정보 및 수리구조물 관리정보 통합관리 시스템 ○ AI 기반 하굿둑 자율운영 플랫폼
1세부과제	**안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술**	○ 수문의 고속개폐 및 정밀제어를 위한 수문 리모델링 기술 개발 ○ 하굿둑 시설물에 IOT 기술을 접목한 복합계측 모니터링 기술 및 수문 진동 등 구조물 모니터링 정보를 활용한 시스템 안정성 식별 기술 개발 ○ 유체-구조물 상호작용 및 하상세굴에 대한 수치해석 기술 기반 수리구조물 안정성 평가 기술 개발 ○ 수리구조물의 균열, 파손, 부식 등의 형상변형 탐지 및 염분내성 강화와 생물오손 제어 기술 개발	○ 무선센서 및 영상기법을 이용한 수문 동적 측정 시스템 ○ 시설물 구조 안전성 평가 시스템 ○ 컴퓨터비전기반 수리구조물 손상검출 프로그램 ○ 수중구조물 표면 안정성 강화 기술 ○ 수문운영 기능 개선 시제품 ○ 수리구조물 리모델링 및 유지관리 지침서
1-1 (공동)	**수리구조물 기능 및 구조 개선 기술**	○ 정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 리모델링 기술 개발 ○ AI 기반 수문 자율에어 원격 시스템 개발	
1-2 (공동)	**수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가**	○ 하굿둑 구조물 주변 국부흐름 해석 및 안정성 평가 데이터베이스 구축 ○ 하굿둑 구조물 안정성 확보 기술 개발 ○ 하구시설물 모니터링 시스템 구축 ○ 시설물 실시간 모니터링 및 안정성 평가 기술 개발	
1-3 (공동)	**수리구조물 염해저감 및 유지관리기술**	○ 수리시설물 손상검출 기술 ○ 수리시설물 염해저감 및 장수명화 기술	
2세부과제	**수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술**	○ 흐름, 염분, 수질 실시간 모니터링 기술 개발 및 통합관리시스템 구축 ○ 하굿둑 운영 시나리오 생산을 위한 기수역 양방향 흐름, 수질, 유사이동, 하상변동 모델링 기술 ○ 기수역 생태계의 모니터링 고도화 기술의 개발 및 이들 기술의 실제적 적용을 통한 생태적 적응관리의 표준화된 기법의 정립	○ 기수역 흐름 거동 및 수질 수치모델링 시스템 ○ 하굿둑 운영 시나리오 별 기수역 공간변화 예측결과 DB ○ IoT기반 실시간 기수역 유속·유량·수질·염분·유사량 모니터링 기술 및 매뉴얼 ○ 수분 수질 일체형 다항목 센서 ○ 기수역 유속·유량·수질·염분·유사량 모니터링 DB ○ 기수역 환경정보 통합관리 시스템 ○ 기수역 환경 변화 예측 모델 ○ 기수생태계 건강성 평가 모형
2-1 (공동)	**기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술**	○ 기수역 유속, 유량, 유사량 모니터링 모니터링 기술 개발 ○ 염분, 수질 실시간 모니터링 및 공간분포 계측 기술 ○ 기술역 생태계 모니터링 및 관리 기술 ○ 기수역 모니터링 데이터 통합관리 시스템 구축	
2-2 (공동)	**기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술**	○ 기수역 흐름, 수질, 염분 거동 해석 및 예측을 위한 수치모형 개발 ○ 염분 측정망 구축기술 개발 ○ 기수역 수리량, 수질, 염분 모델링 데이터 통합관리 모형 개발	
2-3 (공동)	**양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술**	○ 하천 및 연안 지형 변화 예측을 위한 수치모형 개발 ○ 기수역 퇴적 유사 공급체 추적 및 예측 기술 개발 ○ 기수역 생태계의 모니터링 시스템 구축 ○ 기수역 생태계건강성 평가 및 관리 기술 개발	

3세부과제		**수리구조물 연계 운영-유지관리 기술**	○ 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발 ○ 하굿둑 BIM 표준 모델 개발 및 디지털 트윈 과 연동한 통합 플랫폼 구축 ○ 기수역 데이터 통합관리 시스템 구축 ○ 최적 기수역 조성을 위한 딥러닝 기반 하굿둑 운영 의사결정지원시스템 개발 ○ AI 기반 하굿둑 자율운영 플랫폼 개발 ○ 재조성되는 기수역을 안정적으로 유지·관리하고 새로이 도입되는 첨단 기술을 활용한 하구관리체계를 지원하는 법·제도 구축	○ 댐·보 등 상류 수리구조물을 연계한 디지털 트윈 시스템 ○ 하굿둑 수리구조물 정밀제어 및 관리를 위한 BIM 통합플랫폼 ○ 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 및 AI 기반 플랫폼 ○ 기수역 조성에 따른 거버넌스 구성 방안 ○ 기수역 관리 및 AI 기반 하굿둑 자율운영 플랫폼 관리를 위한 법·제도 개선 방안
	3-1 (공동)	**상류 수리구조물 연계 최적운영기술**	○ 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발 ○ 하굿둑 수리구조물 BIM 플랫폼 개발	
	3-2 (공동)	**AI 기반 수문 자율운영기술**	○ AI 기반 하굿둑 자율운영 플렛폼 개발 ○ 적정 기수역 확보를 위한 의사결정 프로세스 개발 ○ 목적별 맞춤형 심층 기계학습 모형 개발 ○ 기수역 통합 데이터 관리 및 공간정보 가시화 시스템 구축	
	3-3 (공동)	**기수역 관리를 위한 법제도 개선**	○ AI기반 수문 자율운영 지침 개발 ○ 하굿둑 안정성 평가 지침 및 법 제도 개선안 도출 ○ 통합 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리 방안 개발 ○ 통합수자원관리 차원의 기수역 조성 및 관리를 위한 법 제도 개선안 도출	

(2) 연구개발과제 성과지표 설정

(가) 주요 정량적 성과지표

세부과제	성과목표	성과지표	목표치	산정식	측정방법
안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술	양방향 통수 시 수리시설물 손상 감지	수리시설물 손상 감지 비전프로그램 개발	수리시설물 손상 감지 정확도 90% 프로그램	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	양방향 통수에 따른 수리구조물 안정성 평가	유체 -구조물 상호작용 수치해석 모형 기반 안정성 평가 기술 개발	수리구조물 안정성 평가 정확도 90% 프로그램	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	수문 동작 진단 및 자율대응 기능	전자 동력제어반, 원격단말장치 등 기능 개선	기존 시설 기능 대비 10% 이상 향상	시제품 제작건수 2건	전문가 검증 제작품 확인
	수문 동작 진단 및 자율대응 기능	자율운영 데이터 전송 및 자동복구 기능 개발	통신두절시 자율운영 및 재개시 운영데이터 전송 프로그램	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	수리구조물 염해저감	구조물 염분내성 강화 피복재료 개발	기존 재료 대비 염분내성 향상 5%이상	시제품 제작건수 1건	전문가 검증 제작품 확인
	양방향 통수에 따른 수리구조물 손상 검출	수리 구조물 손상영역 검출 및 가시화 기술 개발	수리구조물 손상 감지 정확도 90% 프로그램	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	연구내용 학술 평가	논문·특허	연구비 0.5억당 1편 이상	논문 게재건수 특허 출원 및 등록 건수	KCI 및 SCI 검증 출원 및 등록증 검증
수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술	기수역 수리량 해석	기수역 유량/유속 해석 모형 개발	유량/유속 산정 정확도 95% 프로그램	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 염분/수질 해석	기수역 염분/수질 해석 모형 개발	염분/수질 산정 정확도 95% 프로그램	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 염분 공간분포 측정	USV 기반의 이동형 계측 플랫폼 개발	염분 측정결과 공간보간 프로그램 정확도 90% 이상	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 수질, 염분 측정	Iot기술을 접목한 다항목 수리 계측 장치 개발	다항목 센서 정확도 90%이상	시제품 제작건수 1건	전문가 검증 제작품 확인
	기수역 최적 다항목 센서 배치	센서배치 최적화 기술 개발	배치 최적화 90%이상	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인

	기수역 환경정보 빅데이터 구축	기수역 환경정보 데이터 플랫폼 개발	수질/염분/수리량 /하천 공간정보 구축 실시간 데이터 처리 정확도 95%이상	프로그램 개발건수 1건	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수생태계 재조성 관리	기수역 생태계 정보 데이터 구축	생태계 공간정보 데이터 플랫폼	프로그램 개발건수 1건	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수생태계 재조성 관리	기수역 생태계 건강도 평가 척도 개발	기수 생태계건강성 평가 척도별 기준표 제작	법·제도 제안건수 1건	전문가 검증 제도 개선 및 법안 반영건수 확인
	연구내용 학술 평가	논문·특허	연구비 0.5억당 1편 이상	논문 게재건수 특허 출원 및 등록 건수	KCI 및 SCI 검증 출원 및 등록증 검증
수리구조물 연계 운영-유지관리 기술	하굿둑 운영 및 관리 시스템	하굿둑 BIM표준 개발	BIM 통합플랫폼	프로그램 개발건수 1건	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영	댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술 개발	연계운영 시나리오기반 디지털 트윈 시스템 시뮬레이션	프로그램 개발건수 1건	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 재조성에 따른 법제도 개선	통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발	이해당사자 갈등관리방안	법·제도 제안건수 1건	전문가 검증 제도 개선 및 법안 반영건수 확인
	기수역 재조성에 따른 법제도 개선	통합수자원관리를 위한 다부처 참여방안 개발	다부처 참여방안	법·제도 제안건수 1건	전문가 검증 제도 개선 및 법안 반영건수 확인
	하굿둑 운영 의사결정	하굿둑 자율운영 의사결정 프로세스 개발	의사결정 지원 기수역 공간변화 가시화 프로그램	프로그램 개발건수 1건	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	하굿둑 자율운영 플랫폼	AI 기반 하굿둑 자율운영 에이전트 개발	인공지능 기반 자율운영 시스템	프로그램 개발건수 1건	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	연구내용 학술 평가	논문·특허	연구비 0.5억당 1편 이상	논문 게재건수 특허 출원 및 등록 건수	KCI 및 SCI 검증 출원 및 등록증 검증

(나) 주요 정성적 성과지표

세부과제	성과목표	성과지표
안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술	양방향 통수 시 수리시설물 손상 감지	수리시설물 손상 감지 프로그램 매뉴얼
	양방향 통수에 따른 수리구조물 안정성 평가	유체-구조물 상호작용 안정성 평가 매뉴얼
	수문 동작 진단 및 자율대응 기능	자율운영 데이터 전송 및 자동복구 기능 관리 매뉴얼
	양방향 통수에 따른 세굴해석 기술	3차원 세굴해석 모형 및 매뉴얼
	양방향 통수에 따른 하굿둑 하상보호공	하상보호공 설계 기술 및 지침
	컴퓨터 비전 기반 노후 수리 구조물 유지관리	수리 구조물 손상영역 검출 및 가시화 시스템 매뉴얼
수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술	기수역 수리량 해석	기수역 유량/유속 해석 결과 데이터베이스
	기수역 염분/수질 해석	기수역 염분/수질 해석 결과 데이터베이스
	기수역 염분 공간분포 측정	USV 기반의 이동형 계측 플랫폼 운영 시나리오 및 작동 매뉴얼
	기수역 수질, 염분 측정	다항목 수리 계측 장치 설치 및 관리 매뉴얼 수질, 염분 측정 결과 데이터베이스
	기수역 최적 다항목 센서 배치	센서배치 최적화 모형 매뉴얼
	기수역 환경정보 빅데이터 구축	기수역 환경정보 테이터 플랫폼 매뉴얼 환경정보 데이터베이스
	기수생태계 재조성 관리	기수역 생태계 정보 데이터베이스 기수역 생태계 건강성 평가 척도 기수역 생태계 건강성평가 결과 생물서식처 지도 및 보호종 도출 결과
수리구조물 연계 운영-유지관리 기술	하굿둑 운영 및 관리 시스템	하굿둑 BIM표준 가이드라인
	상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영	댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영 시나리오 디지털트윈 운영 매뉴얼
	기수역 재조성에 따른 법제도 개선	통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안 통합수자원관리를 위한 다부처 참여방안
	하굿둑 운영 의사결정	하굿둑 자율운영 의사결정 프로세스 운영 매뉴얼
	하굿둑 자율운영 플랫폼	AI 기반 하굿둑 자율운영 에이전트 학습 매뉴얼

(3) 연구개발과제 기대효과 및 활용방안

(가) 기대효과

- 양방향 통수에 의한 담수 생태계와 염수 생태계가 연결된 기수역 생태계 조성
- 자율 운영이 가능한 하굿둑 구조물 및 요소 기반 기술, 양방향 통수에 따른 구조물의 안정성 평가 기술 등 하굿둑관련 선진기술 확보를 통한 건설 시장 진출
- 하굿둑 자율운영 플랫폼 개발을 통해 기수역 조성범위를 예측 및 제어하여 염해피해 방지
- 기수역의 안정적 제어를 통한 담수생태계 피해 최소화, 하구 수생태 회복 및 상류 취수원 보호
- 안정적인 하굿둑 운영을 통하여 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응

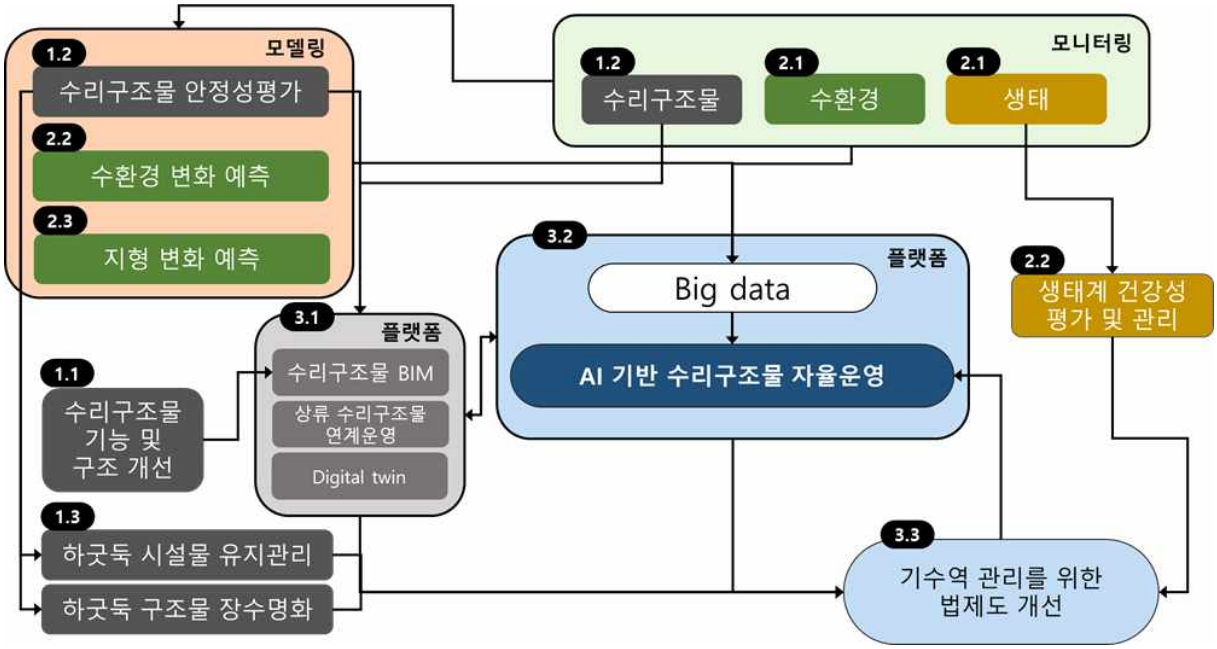
(나) 활용방안

- 확보된 안전하고 자율적인 하굿둑 운영 기술은 장수명 무인 복합 동적 구조물 개발 기술로 확장하여 활용 가능
- 개발된 개별 요소기술은 다양한 타 구조물에 적용 가능
- 기수역 모니터링 자료 축적을 통한 모델링 정확도 향상 가능
- 하굿둑 자율운영 플랫폼을 통한 염해피해 사전예측결과로부터 하구 관리자의 선제적 대응에 활용 가능
- 염분 공간분포 가시화를 통한 염수 발생 경보 발령 및 수공구조물 운영 전략 수립에 활용
- 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 활용하여 하굿둑 운영에 앞서 염분 공간분포 등 정보를 가시화하여 안정적인 하굿둑 운영에 활용
- 재조정되는 기수생태계의 활성화 및 유지관리 전략 수립에 활용
- 개발된 AI 기반 수리구조물 운영 기술은 기수역이 조성되는 주요 하굿둑 이외에도 설치 후 운영이 되고 있지 않는 다수의 하천 수리구조물에 적용이 가능하며 이를 통하여 하천 수리구조물 관리 운영에 활용
- AI기술을 구조물 운영에 적용함에 있어 고려해야 할 사항의 정책적 지원에 활용

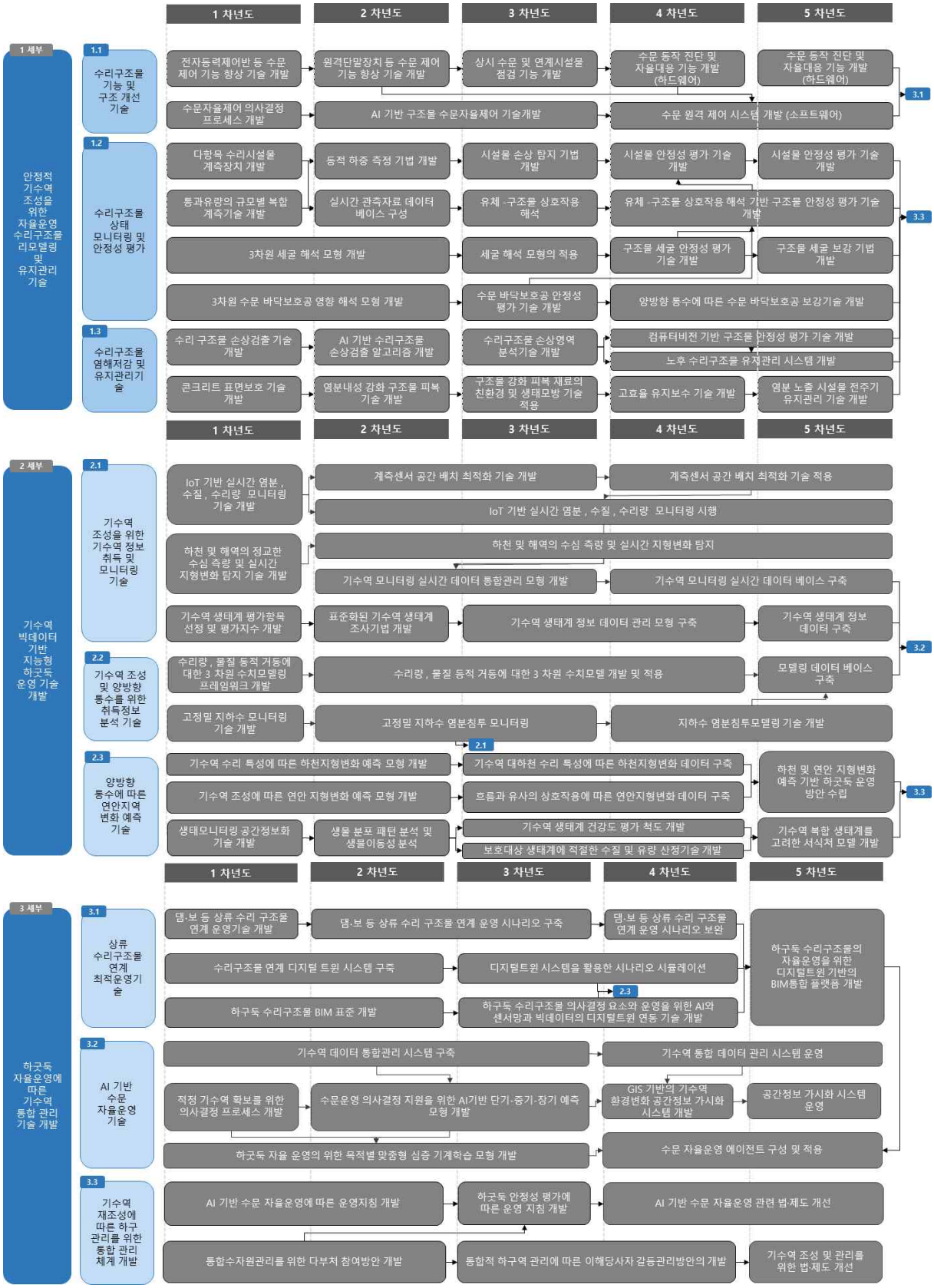
라. 과제간 연계관계

(1) 세부과제간 연계 관계

- 1세부 과제는 수리시설물과 수리구조물에 대한 연구 분야로서 모니터링, 안정성 평가, 기능개선, 장수명화 및 수문 자율운영을 위한 시설, 구조물 관련 기술 개발을 집중적으로 수행
- 2세부 과제는 기수역 환경 빅데이터 구축을 위하여 수리량, 염분, 수질, 수생태, 하천 및 연안 지형변화 등 환경 모니터링과 모델링을 통하여 빅데이터를 구성하고 기수역 조성에 따른 환경, 생태, 물리량의 변화를 예측함
- 3세부 과제는 기수역 통합 관리를 위한 포괄적 연구 분야로서 상류 수리구조물을 연계한 하굿둑 운영 방안을 수립하기 위하여 디지털 트윈 기술을 적용하며, 여기에는 수리구조물 BIM 표준화 기술이 포함됨. 또한 본 연구단의 핵심 연구기술인 AI 기반 수문 자율운영 플랫폼을 구축하고 기수역 관리를 위한 법제도 개선을 수행함
- 각 세부 과제내의 모니터링 분야는 1.2 공동연구의 수리구조물, 2.1 공동연구의 수환경 및 생태이며 이는 1.2 공동연구의 수리구조물 안정성 평가, 2.2 공동연구의 수환경 변화 예측, 2.3 공동연구의 지형변화 예측 등의 모델링 분야와 연계됨
- 또한 모니터링과 모델링 결과는 모두 3.2 공동연구의 빅데이터로 구축되며 자율운영 기술개발에 활용됨
- 1.1 공동연구에서는 수리구조물 기능을 개선하기 위한 연구가 수행되며 이는 3.1 공동연구의 수리구조물 BIM과 연계됨
- 1.2 공동연구와 1.3 공동연구의 연구결과는 3.1 공동연구의 수리구조물 BIM, 상류 수리구조물 연계운영 평가를 위한 디지털 트윈 등과 연계되며 이는 3.2 공동연구에 빅데이터 구성에 활용되어 자율운영기술과 서로 연계됨
- 2.1 공동연구의 생태 모니터링은 2.3 공동연구의 생태계 건강성 평가 및 관리와 연계됨
- 각 공동연구에서 개발된 기술은 3.3 공동연구의 기수역 관리를 위한 법제도 개선에 폭넓게 활용됨


모델링
1.2
수리구조물 안정성평가
2.2
수환경 변화 예측
2.3
지형 변화 예측
모니터링
1.2
수리구조물
2.1
수환경
2.1
생태
3.2
플랫폼
Big data
AI 기반 수리구조물 자율운영
2.2
생태계 건강성 평가 및 관리
3.1
플랫폼
수리구조물 BIM
상류 수리구조물 연계운영
Digital twin
1.1
수리구조물 기능 및 구조 개선
1.3
하굿둑 시설물 유지관리
하굿둑 구조물 장수명화
3.3
기수역 관리를 위한 법제도 개선

(2) 연차별 연구수행 내용 및 연계



6. 사전타당성 검토

가. 정책적 타당성

(1) 정책의 일관성 및 추진체제

(가) 상위계획과의 부합성

□ 상위계획과의 부합성은 국가계획에 제시된 추진전략 및 중점추진과제의 내용과 분석대상 사업의 내용을 비교 분석하는 방식을 적용함

□ 과학기술분야 최상위 계획인 제4차 과학기술기본계획을 필수계획으로, 이 사업의 내용과 관련이 있는 것으로 판단되는 중장기계획을 선택군 계획으로 분류하여 분석결과에 반영함

- 선택군 계획으로 ‘국정운영과제’, ‘수자원장기 종합계획’, ‘제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획’에 대한 검토를 진행함

□ 필수계획과 선택군 계획의 각 부합성 조사내용을 종합한 결과, 상위계획과의 부합성은 적절한 것으로 분석됨

필수계획 / 선택군계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	**적절**
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
최상위 계획	제4차 과학기술기본계획			O
선택군 계획	국정운영 과제			O
	수자원장기 종합계획			O
	제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획			O

① 제4차 과학기술기본계획(‘18~‘22)

□ 제 4차 과학기술기본계획은 ‘과학기술기본법’ 제7조에 따라 정부가 매5년마다 의무적으로 수립·시행해야 하는 최상위 법정계획임

- ‘18~‘22년간 우리나라 과학기술혁신 정책의 비전 및 목표와 방향을 제시하는 중장기 발전전략임

□ 제4차 과학기술기본계획에서 제시하고 있는 140대 국가 전략기술 중 ‘ICT 기반 수질관리 시스템 및 스마트 수질제어기술 개발’과 ‘해양환경 및 생태계 보전을 위한 해양환경오염물질 통합 모니터링체계 구축 및 예측·제어·관리기술 개발’을 전략기술로 제시하고 있어 AI기반 하굿둑 운영제어를 통해 수질관리 및 기수역 생태계 조성을 구현하는 이 사업과의 부합성은 높음으로 판단됨

- 동 계획에서는 ‘쾌적하고 편안한 생활환경 조성’ 주요과제를 달성하기 추진과제중 하나로 ‘쾌적하고 청정한 생활환경 구현’을 제시하고 있음

- 추진과제 달성을 위한 구체적인 세부과제로 ‘효과적 수질관리 및 건강한 수생태계 조성을 위한 물환경 연구 확대 및 기반 구축 ’과 ‘자원순환사회 기반 마련 및 지속가능한 국토환경 조성 ’이 제시됨

  - ‘효과적 수질관리 및 건강한 수생태계 조성을 위한 물환경 연구 확대 및 기반 구축’의 세부 기술과제로 ‘ICT 기반 수질관리 시스템 및 스마트 수질제어기술 개발’이 제시됨

  - ‘자원순환사회 기반 마련 및 지속가능한 국토환경 조성’의 세부 기술과제로 ‘해양환경 및 생태계 보전을 위한 해양환경오염물질 통합 모니터링체계 구축 및 예측·제어·관리기술 개발’이 제시됨

표 7.1 제4차 과학기술기본계획의 AI 수리구조물 관련 과제

전략	과제	추진과제	세부 기술과제
미래도전을 위한 과학기술역량 확충	…	…	…
혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성	…	…	…
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	…	…	…
과학기술로 모두가 행복한 삶 구현	쾌적하고 편안한 생활환경 조성	쾌적하고 청정한 생활환경 구현	…
			…
			ICT 기반 수질관리 시스템 및 스마트 수질 제어기술 개발
			해양환경 및 생태계 보전을 위한 해양환경 오염물질 통합 모니터링 체계 구축 및 예측·제어·관리기술 개발
			…
			…

② 문재인정부 국정운영 과제

□ 국정운영 과제는 문재인정부 국정운영의 최상위 계획으로서 향후 문재인정부의 세부 정책을 수립하고 정책집행, 정책평가 및 환류의 기준을 마련함

- 변화된 패러다임에 맞추어 각 부문별 국가정책의 기본방향을 설계하였고, 이를 실현하기 위한 20개 국정전략, 100대 국정과제 및 487개 실천과제를 제시하였으며 ‘지속가능한 국토환경 조성’ 등의 주요내용을 포괄하고 있음

□ 국정운영 과제의 100대 국정과제 중 ‘지속가능한 국토환경 조성’에서는 ‘4대강 재자연화와 통합 물관리를 통한 이·치수가 조화되는 하천 조성’을 주요 목표로 제시하고 있어 이 사업과의 부합성은 높은 것으로 분석됨

- 정부는 4대강 재자연화 달성을 위해서 6개 보 상시 개방 후 정밀조사·평가를 거쳐 재자연화를 추진할 계획임
  - ‘18년부터 10개 보 개방 방안 등을 포함한 4대강 16개 보의 처리방안을 확정함
  - ‘19년부터 4대강 재자연화 대책에 따라 4대강의 자연성 회복 및 복원사업을 추진함
- 4대강 재자연화 대책은 한강, 금강, 영산강, 낙동강에 설치된 16개 보를 모두 포괄함
- 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술 개발은 낙동강 하굿둑을 포함한 하굿둑 및 4대강 보의 환경친화적 운영을 가능하게 하는 기술로서 국정운영 계획에서 설정한 전략 및 목표에 부합하는 것으로 판단됨

표 7.2 문재인정부 국정운영 5개년 계획의 물문제 해결 관련 전략 및 국정과제

목표	전략	국정과제	국정과제 목표
내 삶을 책임지는 국가	모두가 누리는 포용적 복지국가	…	…
	국가가 책임지는 보육과 교육	…	…
	국민안전과 생명을 지키는 안심사회	…	…
		지속가능한 국토환경 조성	보전과 이용이 조화되고 사람과 동물이 공생하는 국토환경 조성
			4대강 재자연화와 통합 물관리로 이·치수가 조화되는 하천 조성
		…	…
	노동존중, 성평등을 포함한 차별 없는 공정사회	…	…
	자유와 창의가 넘치는 문화국가	…	…

③ 수자원 장기종합계획

□ ‘수자원장기종합계획’은 수자원 관련 국가 최상위 계획으로써 ‘65년 최초 수립 이후 수자원의 개발, 공급, 관리 및 홍수재해방지 등을 포함한 종합적 발전방향과 추진전략 제시함

● ‘하천법’ 제23조에 따라 수립되었으며 기타 수자원 관련 계획 (댐건설장기계획, 수도권정비기본계획, 유역종합치수계획 등)의 기본이 되는 계획임

- 동 종합계획은 ‘기후변화 대응 기본계획’, ‘지속가능한 발전 기본계획’, ‘국토종합계획’의 전략 방향과 일관성, 정합성을 유지함

● 동 종합계획은 맑은 물의 안정적 공급, 홍수에 안전한 국토 기반 구축, 생명이 살아있는 친수 환경 조성, 수자원 기술개발 및 산업 육성을 4대 목표로 설정함

- 맑은 물의 안정적 공급을 위해 저영향 맞춤형 수자원 확보를 지속 추진하고 첨단 기술을 활용한 물관리 고도화 및 통합수자원관리를 위한 수자원체계 개편으로 신 물관리 거버넌스를 도입함

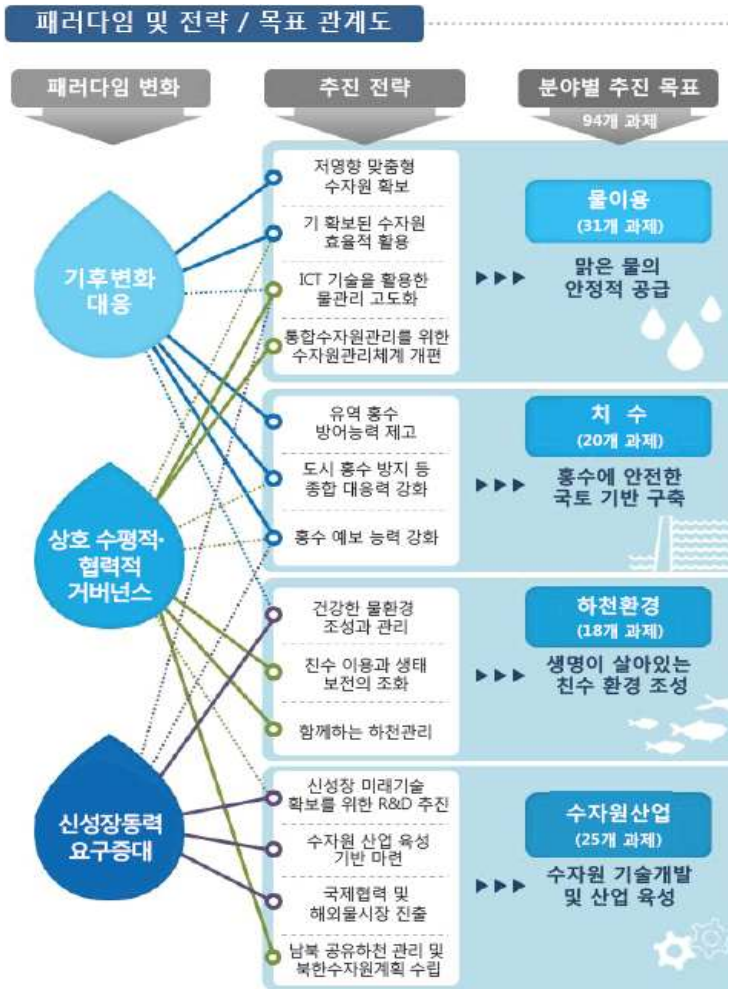


그림 7.1 수자원장기종합계획의 전략 체계도

□ 동 종합계획의 14대 추진전략 중 ‘ICT 기술을 활용한 물관리 고도화’를 제시하고 있으며 세부과제로 이 사업과 직접적으로 관련된 ‘스마트 물관리를 통한 물 공급 안정성 향상’을 추진하고 있으며, 실시간 모니터링 기반 하굿둑 운영제어를 통해 수자원을 관리하는 이 사업과의 부합성은 높은 것으로 분석됨

- ‘ICT 기술을 활용한 물관리 고도화’에서는 스마트 물관리를 통한 물 공급 안정성 향상을 세부과제로 설정하고 있으며, 세부적으로 실시간 모니터링 확대를 통한 물관리 시스템 개선을 추진함

  - 그동안 계측 대상에서 제외되었던 취수장, 양수장 등에 대한 모니터링 확대 및 관련 부처 간 정보 공유를 위한 물관리정보유통시스템(WINS) 개량을 추진함

  - 시·군관리 관정의 실태를 파악하고, 지자체가 보수·정비 시기 등을 관리하도록 하여 용수 이용의 효율성 증대를 도모함

목표	추진전략	세부과제
맑은 물의 안정적 공급	1.1 저영향 맞춤형 수자원 확보	상습가뭄지역 맞춤형 물공급 추진
		신규 수자원의 차질없는 확보 및 공급
		다양한 대체 수자원 적용/확대
	1.2 기 확보된 수자원 효율적 활용	수자원 시설의 운영 고도화
		기존 수자원시설간 연계 고도화
		수자원시설의 기후변화 대응력 강화
	1.3 ICT 기술을 활용한 물관리 고도화	스마트 물관리를 통한 물 공급 안정성 향상
		물 수요관리 강화를 통한 물절약형 사회기반 구축
	1.4 통합수자원관리를 위한 수자원관리체계 개편	물관리 체계 개선을 위한 제도 기반 마련
		수자원관리 거버넌스를 통한 물 분쟁 해소
		하천수 활용 제고 및 안정적 재원 확보
홍수에 안전한 국토기반 구축	2.1 유역 홍수방어능력 제고	하천 홍수대응능력 강화
		유역단위 대규모 홍수대처 능력 확보
	2.2 도시 홍수방지 등 종합 대응력 강화	도시 침수방지 대책
		빗물 관리 및 저류기능 확대 등을 통한 도시침수 방지
	2.3 홍수 예보 능력 강화	홍수예보 시스템 고도화
		홍수예보체계 기반 인프라 개선
생명이 살아있는 친수환경 조성	3.1 건강한 물환경 조성과 관리	깨끗한 물환경 조성
		하천유지유량 관리강화
	3.2 친수이용과 생태보전의 조화	자연친화적 하천정비사업 추진
		수변공간의 환경생태기능 보전 및 친수기능 증대
	3.3 함께하는 하천관리	종합적인 하천관리를 위한 제도적 기반 구축
		하천공간의 보전과 활용
수자원 기술개발 및 산업 육성	4.1 신성장 미래기술 확보를 위한 R&D 추진	수자원산업 기술개발 기반 마련
		물관리 R&D 체계적 확대
	4.2 수자원산업 육성 기반 마련	수자원산업 육성 지원 기반 마련
		물분야 미래산업 육성
		지역특성에 맞는 수자원산업 육성
	4.3 국제협력 및 해외물시장 진출	수자원분야 국제협력체계 강화
		수자원산업 해외진출을 위한 정부지원 확대
	4.4 남북 공유하천 관리 및 북한 수자원계획 수립	남북 공유하천 위기대응 체계 구축 및 공동 관리 추진
		북한 수자원 개발/관리 계획 수립

④ 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획

□ 동 계획은 경제·산업구조가 근본적으로 변화하는 4차 산업혁명에 대응하며, 건설·운수·물류 등 전통적 국토교통 산업 분야에도 신기술이 융복합 결합되는 고부가가치 산업으로의 도약 계기를 마련하고자 수립됨

● 동 계획은 '국토교통과학기술 육성법' 제 4조에 근거를 두고 있으며, 국토교통과학기술에 관한 장기적이고 종합적인 정책방향을 설정하고 중장기 투자계획을 정하는 최상위 법정 종합계획으로서 기능함

□ 동 계획에서 AI 수리구조물 기술과 관련된 기술개발 전략으로는 '스마트 하천관리 시스템', '노후 수리시설물 보수·보강', '하천지역 건전성 확보'가 제시됨

● 동 과업에서 추진하는 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술개발은 '재난·재해 예방 안전기술 개발' 세부전략의 전략목표 중 '실시간 수재해 관리 시스템'의 추진 방향과 부합하는 것으로 판단됨

- '실시간 수재해 관리 시스템' 구축을 위한 구체적인 기술전략 구성요소로 '스마트 하천관리 시스템', '노후 수리시설물 보수·보강', '하천지역 건전성 확보'가 제시됨

- 동 기술전략 구성요소를 통해 수재해 저감을 위한 시설물과 지능형 관리기법을 개발하고, 수자원 정보를 통합운영·관리하여 실시간 수재해 예측 및 대응을 달성하고자 함

표 7.3 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 4대 추진전략 및 전략목표

4대 추진전략	세부전략	전략목표	기술전략 구성요소
4차 산업혁명 대응 혁신성장 동력 육성	…	…	…
기술융합을 통한 새로운 가치창출	…	…	…
사람 중심의 국토교통 기술개발	재난·재해 예방 등 안전기술 개발	실시간 수재해 관리 시스템	스마트 하천관리 시스템
			노후 수리시설물 보수·보강 기술
			하천지역 건전성 확보 기술
		예방형 재난대응 시스템	…
		철도·항공 이용자 보호 시스템	…
		도로교통 이용자 보호 시스템	…
	친환경 생활공간 조성 기술 개발	…	…
	사회이슈 해결형 기술 개발	…	…
미래지향적 R&D 시스템 도입	…	…	…

(나) **사업 추진체제 및 추진의지**

□ 정부는 낙동강 하굿둑의 기능 재평가 및 환경변화 조사를 통해 하굿둑 완전개방을 앞두고 구조물의 안전성, 생태 및 환경 모니터링을 수행하고 있으며, 하굿둑 운영 최적화를 추구하는 동 사업의 추진을 뒷받침하고 있음

● 국토교통부는 국토교통 비전 2045를 발표하며, 국민 행복을 위해 하천의 보전과 이용을 조화한 균형적 관리기술 개발을 추진함[23)]

- 하천 생태계 기능 강화를 통한 생태관광 자원화, 강·댐 등 수변공간의 개발로 문화·관광 활성화, 수상 레저·관광 다변화 및 활성화를 추진함

▪ 단기적으로는 하천 생태계의 기능 강화에 초점을 맞추고, 장기적으로는 수상 레저·관광 다변화 및 활성화를 도모함

● 환경부는 '낙동강 하구 환경관리를 위한 연구'를 통해 하굿둑 기능 재평가 및 환경변화의 조사를 추진함[24)25)]

- 1단계 연구에서는 하굿둑 개방에 따른 영향 및 구조물 안전성 확보방안, 지하수 염분침투에 따른 영향 분석·평가, 낙동강 하구역 생태·환경 모니터링이 수행됨

▪ 구체적으로는 필수적인 모델링 파라미터(수심, 상류 유하량 등) 수집·분석 및 실측, 하굿둑 구조물 안전성 검토를 위한 수리모형실험, 수치모형 분석을 통한 개방 조건별 실험 시나리오 구성 및 분석, 향후 수문개방 운영시의 장기 모니터링 방안등을 마련함

- 2단계 연구에서는 낙동강 하굿둑 수문 개방 실증실험, 인근 취수원 및 해양 등에 미치는 영향 평가, 하구 생태계 복원 방안 마련이 수행됨

▪ 구체적으로는 부분개방 실험 및 시뮬레이션 모델 고도화, 수질·수생태계 단절 해소 여부에 대한 실험평가, 농어업·취소원에 미치는 영향 평가 등이 시행됨

▪ 낙동강 하굿둑 수문개방 타당성 조사 수행 시 수문 개방에 따른 염수 피해와 수문조작 방안 등에 대한 추가 연구를 진행할 예정

□ 수요처가 되는 지자체, K-water는 하굿둑 관리, 수리구조물의 성능고도화 방안을 수립를 추진하고 있어 동 사업을 통해 기술개발이 완료되면 기술적용의 기반을 마련하고 있음

● 부산광역시는 '18년 12월 낙동강 하굿둑 건설 등으로 축소된 하구 생태계 복원 방안을 포함한 낙동강 하구 물관리 상생협력 추진 계획을 발표함[26)]

- 부산시와 한국수자원 공사는 ▲낙동강하구 통합 물관리 ▲부산지역 맑은 물

23) 국토교통 비전 2045 수립을 위한 연구, 국토교통부, 2016.12.
24) 낙동강 하구 생태계 복원을 위한 첫 발을 내딛다, 환경부 보도자료, 2017.11.24
25) 조명래 환경부 장관, 낙동강 물문제 해결 첫걸음으로 현장 확인, 환경부 보도자료, 2018.11.29
26) 낙동강하구 물관리 상생협력으로 푼다!, 부산광역시 보도자료, 2018.12.10

공급 및 신규 수자원 확보 ▲낙동강하구의 생태·문화·관광 활성화 ▲낙동강하구포럼 개최 등 시민단체와의 소통과 협치 ▲물 분야 인력, 기술 및 정보의 교류 등 5개 분야에 대해 상호 업무협약을 체결함

- 환경부, 국토교통부 등 정부 부처는 1987년 낙동강하굿둑 건설로 축소된 낙동강 하구 지역의 생태계를 복원하기 위해 낙동강하굿둑 개방 용역과 '낙동강 하구 생태·문화·친수이용 활성화 기본구상 수립용역'을 공동으로 추진하고 있으며, 부산시는 동 연구용역을 기반으로 수자원공사와 함께 물문제 해결에 적극적으로 협력할 계획임

● 부산광역시는 하굿둑 개방 및 하구 생태계 복원을 위한 시민 참여 '낙동강 하구 포럼'을 개최하는 등 낙동강 하굿둑 개방에 대한 여론 환기와 방안 수립을 적극적으로 추진 중임[27)]

- 동 포럼은 부산시와 부산지속가능발전협의회, 낙동강하구기수생태계복원협의회 공동주관으로, 다양한 관점에서 '낙동강 하굿둑 개방'을 바라보는 시간을 마련하기 위해 개최됨

- 부산시는 '18년 7월 민선7기 시정 출범 이후 낙동강 하굿둑 개방 및 생태복원 추진을 약속하고 계속 추진할 수 있는 근거를 마련 중임

27) 낙동강 하굿둑, 시민과 함께 연다! -'낙동강 하구 포럼'개최, 민선7기'소통하는 시정'첫걸음 -, 부산광역시 보도자료, 2018.7.23

나. 기술적 타당성

(1) 기술개발계획의 적절성

(가) 기획과정의 적절성

① 기획 전문가 Pool의 적절성

□ AI수리구조물의 기술특성을 고려하여 산/학/연별, 기술분야별로 고르게 전문가를 구성하여 특정분야에 편중된 연구결과 도출을 방지하고, 기술수요처 니즈 및 현황 분석을 위해 해당 기관의 전문가를 포함시킴

- 공공성이 강한 수자원분야의 특성을 고려하여 학의 비중이 높으며, 기술수요처가 되는 수자원조사기술원, K-water, 산업계 전문가를 포함시킴
- 수리수문, 하천구조물, 기계, 운영/제어, 하천환경, AI 및 빅데이터 등 다양한 기술분야가 결합되는 연구인만큼 관련분야의 전문가를 고르게 구성하여 기획이 이루어짐

성 명	소 속	전공분야	산학연 구분
강부식	단국대학교	수문해석, 강우-유출	학
강준구	한국건설기술연구원	하천 흐름해석, 하천환경 평가	연
김대홍	서울시립대학교	해안·하천 흐름 및 이송확산	학
김동수	단국대학교	현장계측, 모니터링	학
김성렬	서울대학교	지반기초구조물설계	학
김상호	상지대학교	계산수리학, 하천수리학	학
김영도	인제대학교	환경·생태 수리학	학
김정곤	(주)한국건설환경기술	수자원	산
김치영	수자원조사기술원	현장계측, 하천수리학	관
김호경	서울대학교	내풍설계, 교량설계	학
류시완	창원대학교	현장계측, 모니터링	학
문주혁	서울대학교	건설 재료	학
박남식	동아대학교	지하수	학
박상기	한국건설기술연구원	재난방재	연
박성천	㈜이엘	AI, 수리기계	산
박승희	성균관대학교	구조물 손상진단, 안전성 평가	학
박용성	University of Dundee	유체역학	학
박인환	서울과학기술대학교	수리학, 재난방재	학
백중철	강릉원주대학교	계산유체역학	학
서용원	영남대학교	수자원, AI	학
손민우	충남대학교	유사이송, 해안공학	학
손상영	고려대학교	해안수리, 연안방재	학
송준호	서울대학교	빅데이터	학
송창근	인천대학교	환경수리학	학
안정규	인천대학교	유사이송, 하상변동	학
오현우	한국전자통신연구원	AI 개발	연
원남일	K-water	해양과학	산
윤강훈	세종대학교	수자원	학

윤현덕	명지대학교	해안공학, AI	학
윤형철	충북대학교	구조물 모니터링, AI, 빅데이터	학
이영근	주식회사 법과기술	법 제도	산
이주헌	중부대학교	가뭄분석 /모니터링, 빅데이터	학
이태삼	경상대학교	수자원, AI	학
임현만	한국건설기술연구원	수자원, 수질	연
장석환	대진대학교	도시수문학	학
장창래	한국교통대	유사이송, 하천지형 변동분석	학
정진홍	한국건설기술연구원	수자원, 수질	연
지석호	서울대학교	건설 빅데이터 분석	학
최성욱	연세대학교	하천환경, 생태 수리학	학
최용주	서울대학교	오염물질 퇴적 해석 및 모니터링	학
최정권	서울대학교	환경공학	학
최진용	서울대학교	농공학, AI	학
허영택	K-water 연구원	하천/하구수리학	산
황규남	전북대학교	유사이송, 해안공학	학
황진환	서울대학교	연안수리학	학

(2) 기술수요조사의 적절성

□ 사업개념과 이에 부합하는 세부연구분야가 정립된 이후 산・학・연 전문가를 대상으로 기술수요조사를 수행하였으며, 기술분야별로 고르게 회신을 받음

- 기술수요조사 대상자는 수자원학회를 비롯한 물학술단체에 소속된 전문가, 기술수요처가 되는 K-water 및 하굿둑 운영관리주체를 대상으로 하여, 외부의 기술수요를 적극적으로 반영하고자 하였음
- 기술수요조사는 약 7주간 추진하여, 기술제안 의사가 있는 전문가들에게 수요조사서 작성을 위한 충분한 시간을 부여하였음
- 회신주체별 소속 기관 현황 분포는 학계가 23건(56.1%), 연구계가 16건(39.0%), 산업계가 2건(4.9%)으로, 학계로부터 과반이상을 제안받았으나, 수자원분야 전문가 분포를 고려할 때 비교적 고르게 회신을 받은 것으로 판단됨

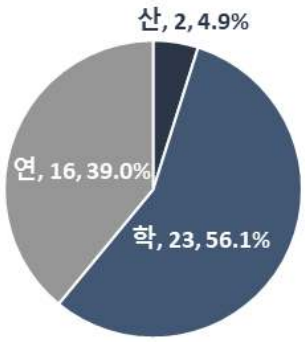


그림 7.2 회신주체별 소속기관 분포

● 기술분야별 회신현황을 볼 때에, 3개 대분류별로 각각 20%를 상회하는 수준으로 기술아이템이 회신되었음

- 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술이 상대적으로 적은 편이며, 이는 해당 기술 중 양방향 통수 가변형 구조물 설계기술의 기술수준이 낮고 경험이 부족한 국내 여건이 반영된 것으로 보임

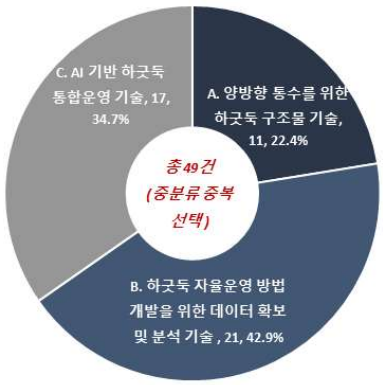


그림 7.3 AI수리구조물 관련 3개 대분류 기술분야별 기술수요조사 응답 비중(중분류 집계)

(나) 사업목표의 적절성

① 문제 및 이슈 정의의 적절성

□ 문제 및 이슈 분석을 위해, 하굿둑 운영관리주체인 K-water 담당자로부터의 이슈 확인 및 기술니즈 조사, 국내외 하굿둑 운영현황 및 기술자료에 대한 분석, 국내 기술수준 및 특허, 논문에 대한 분석이 이루어졌으며, 분석결과를 토대로 다수의 전문가회의를 거쳐 다음과 같은 문제 및 이슈를 도출하였음

- (ISSUE 1) 국내 양방향 통수시 구조물의 안전성에 대한 검토가 미비하므로 하굿둑에 대한 구조적 안전성 확보가 필요함
  - 현 수문의 개폐 속도를 검토하면 평균적으로 0.3 m/min 으로 기수역 구간을 일정하게 유지하는 것이 가능할 것으로 판단되나 반복적으로 수문이 개폐되어야 하므로 진동 등 수문의 구조적인 부분에 영향을 줄 수 있으므로 수문의 안정성을 검토하고 개선할 필요가 있음
  - 단방향으로 설치 운영중인 하굿둑의 기능 및 구조 개선을 통하여 안정적인 양방향 통수를 확보할 수 있어 이에 대한 개선이 필요함
- (ISSUE 2) 정부에서는 낙동강 하굿둑 개방을 추진하고 있어 기수역 조성을 위한 양방향 통수가 필요한 상황임
  - 현재 국내 하굿둑은 해수의 침투방지 목적으로 단방향 통수 구조로 구축되었으며, 기수역 조성을 위해서는 해수가 하천으로 유입될 수 있도록 양방향 통수가 필요함
  - 단방향으로 설계가 되었기 때문에 양방향 통수 시, 수문의 구조적 안전성, 하굿둑 구조물의 안전성이 우려되므로, 양방향 통수를 위한 구조적 안전성 진단 기술이 선행적으로 확보되어야 함
- (ISSUE 3) 선도국은 활용 목적에 따라 하굿둑을 설계하고 건설하고, AI기술을 접목한 하굿둑 운영기술을 개발하여 적용하고 있으며, 국내에도 첨단기술을 활용하여 다목적으로 하굿둑 운영이 가능한 수문 도입이 필요할 것으로 전망됨
  - 수문의 조작이 지속적으로 이루어져야 하므로 현재의 방식은 수동조작으로는 대응이 어려워 자동운영 방안의 도입이 필요함
  - 이미 선진국에서는 AI기술을 기반으로 수문자동제어 하굿둑을 운영하고 있는 것으로 확인됨
- (ISSUE 4) 국내 하굿둑은 해수침투를 막기위한 단방향으로 구축되어 운영됨에 따라 기수역 관리를 위한 정보, 모니터링 기술, 기수역 모델링 기술, 하굿둑 운영기술 등이 부재한 상황이며, 낙동강 하굿둑을 개방할 경우 기수역 조성 범위 관리가 필요함
  - 국내 하천 하류지역의 해수에 영향을 받는 주요 시설물이 구축되어 있어, 기수역의 조절이 필요한 상황임

- 기수역은 상류지역의 방류량, 유량, 유속, 수온, 해수염도, 조석 등에 따라 영향을 받으며, 해수침투에 대한 정교한 모델은 부재한 상황임
- 하굿둑을 개방 시 해수침투에 대한 예측이 어려운 상황에서 하굿둑을 개방할 경우, 예상하지 못한 피해가 발생할 가능성이 높음

● (ISSUE 5) 4대강 재자연화를 통한 기수생태계 복원을 중요 정책과제로 고려하고 있으며, 이미 선도국들은 하구 생태환경 복원 정책을 추진하며 환경친화적인 하굿둑을 운영하고 있어 기수역 생태계 건강성 유지가 필요한 상황임
- 양방향 통수에 따라 기수역이 재조성되고 하천, 환경, 생태 등 여러 분야의 변화가 예상되므로 이에 대한 예측 및 모니터링이 필수적임

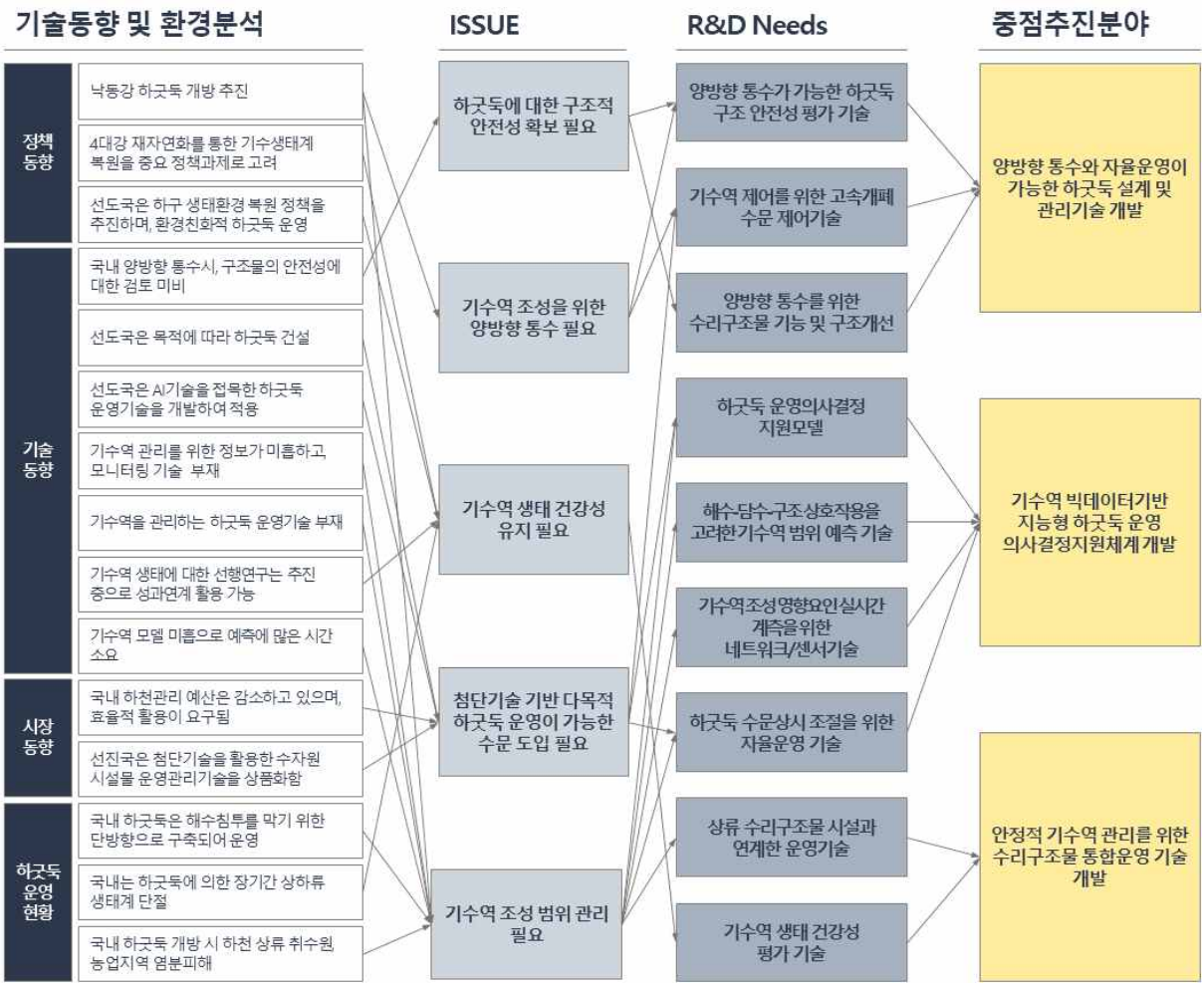
② 사업목표와 문제와의 연관성

□ 전문가회의를 통해 도출한 문제 및 이슈를 해결하기 위한 R&D니즈를 확인하고, 이를 종합하여 중점연구영역을 도출하였으며, 사업목표는 이슈해결관점에서 제시하였음

● 도출한 Issue와 관련하여 R&D니즈를 발굴함
- 하굿둑에 대한 구조적 안전성 확보 필요 이슈해결을 위해 양방향 통수가 가능하도록 하굿둑 기능 및 구조 개선 기술이 필요함
- 기수역 조성을 위한 양방향 통수 필요 이슈해결을 위해 양방향 통수가 가능한 하굿둑 구조 안전성 평가기술, 기수역 제어를 위한 고속개폐 수문제어기술이 필요함
- 하굿둑에 대한 구조적 안전성 확보 필요 이슈해결을 위해 양방향 통수가 가능한 하굿둑 구조 안전성 평가기술이 필요함
- 첨단기술 기반 다목적 하굿둑 운영이 가능한 수문 도입필요 이슈 해결을 위해 기수역 제어를 위한 고속개폐 수문제어기술, 하굿둑 운영의사결정 지원모델이 필요함
- 기수역 조성범위 관리 필요 이슈해결을 위해 하굿둑 운영의사결정 지원모델, 해수-담수-구조물 상호작용을 고려한 기수역 범위 예측기술, 기수역 조성 영향요인 실시간 계측을 위한 네트워크/센서기술, 하굿둑 수문상시 조절을 위한 자율운영기술, 상류 수리구조물 시설과 연계한 운영기술이 필요함
- 기수역 생태 건강성 유지필요 이슈해결을 위해 기수역 생태 건강성 평가기술이 필요함

● R&D니즈를 토대로 중점연구영역을 도출함
- 양방향 통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술

- 기수역 빅데이터와 지능형 하굿둑 운영 의사결정지원체계 개발
- 안정적 기수역 조성을 위한 AI기반 하굿둑 자율운영 플랫폼 개발



③ 결과물의 수혜자 표적화의 적절성

□ 동 R&D는 기수역 관리, 환경생태관리, 재해관리 등을 목적으로 하굿둑의 양방향 통수를 위한 구조적 안전성 진단 및 관리와 수문 운영제어 자동화 기술을 주요내용으로 하고 있으며, 개발기술은 하굿둑 운영관리 주체인 K-water가 활용함

● K-water는 안정적으로 하굿둑을 운영관리해야 하며, 동 연구개발사업이 추진되지 못하여 염수침투로 인한 피해가 발생하게 될 경우, 피해복구 및 피해 보상의 주체는 K-water가 되어 막대한 손해가 발생하게 됨

- 현재 정확한 염수침투 예측이 불가능한 상황에서 하굿둑 운영 실패로 주요시설 및 농지가 있는 상류지역으로 염수가 침투하는 경우, 인근지역 주민에게 수도 공급 제한, 농산물 경작 실패 등 국가적으로 막대한 피해가 발생하게 됨

● 동 사업에서 개발되는 기술의 활용주체인 K-water는 직접적인 수혜자가 됨

□ 또한, 하천의 취수원에서 물을 공급받고 하천변을 친수공간으로 활용하는 지역주민, 하천변을 농지로 활용하는 농민이 수혜자가 됨

● 동 연구개발사업이 추진되지 못하여 염수침투가 이루어질 경우, 해당 하천을 취수원으로 활용하고 있는 인근지역 주민은 수도공급 제한으로 직접적인 피해를 받게 됨

- 염수침투로 취수장 가동이 중단되면 식수, 생활용수 공급 제한으로 지역 주민이 기본적으로 영위해야 할 물기본권이 침해받으며, 공업용수 제한으로 인한 산업시설 가동 중단될 경우, 막대한 피해는 지역주민이 받게 됨

- 또한, 인근지역을 농지로 개간하여 농업활동에 종사 중인 지역주민은 염수침투로 농업활동을 할 수 없게 되는 경우, 경제활동을 제한받게 됨

● 따라서 인근 지역 주민도 직접적인 수혜자가 되며, 지역주민이 받는 피해 저감을 편익으로 고려한 것은 논리적으로 타당함

□ 국민의 생존권을 보장해야 하는 국가 입장에서는 취수원으로 염수침투로 인한 지역주민 용수공급제한이 발생하지 않도록 취수장 이전을 고려해야 하며, 동 연구개발사업을 통해 취수장 이전없이 물을 공급할 수 있다면 국가입장에서 예산절감이 되므로, 국가도 수혜자가 됨

(다) 구성 및 내용의 적절성

① 세부활동의 구체성

□ 기술수요조사를 통해 확보한 기술아이템을 중점연구영역별로 재분류하고, 전문가 회의를 통해 사업목표와 부합하는 내용들로 선별하고 조정하여 세부과제를 도출하였음

- 세부과제는 기술수요조사를 통해 내외부전문가들로부터 확보한 기술아이템을 후보기술 pool로 하고 있음

□ 이후 전문가위원회에서 세부과제 내용을 구체화하였음

- 전문가위원회는 세부과제별로 분류되는 기술수요조사서 내용을 기반으로, 연차별로 수행할 연구내용과 예상성과물을 구체화하였음
- 전문가위원회는 세부과제별로 분류되는 기술수요조사서 내용을 기반으로, 연차별로 수행할 연구내용과 예상성과물을 구체화하였음

② 세부활동 성과지표의 적절성

□ 세부과제별로 성과목표를 제시하고, 목표달성여부를 판단할 수 있는 성과지표와 성과지표 산정 방법을 제시하였음

- 세부과제별 성과목표 및 성과지표, 성과지표 목표치 달성을 확인하기 위한 측정방법은 다음과 같음

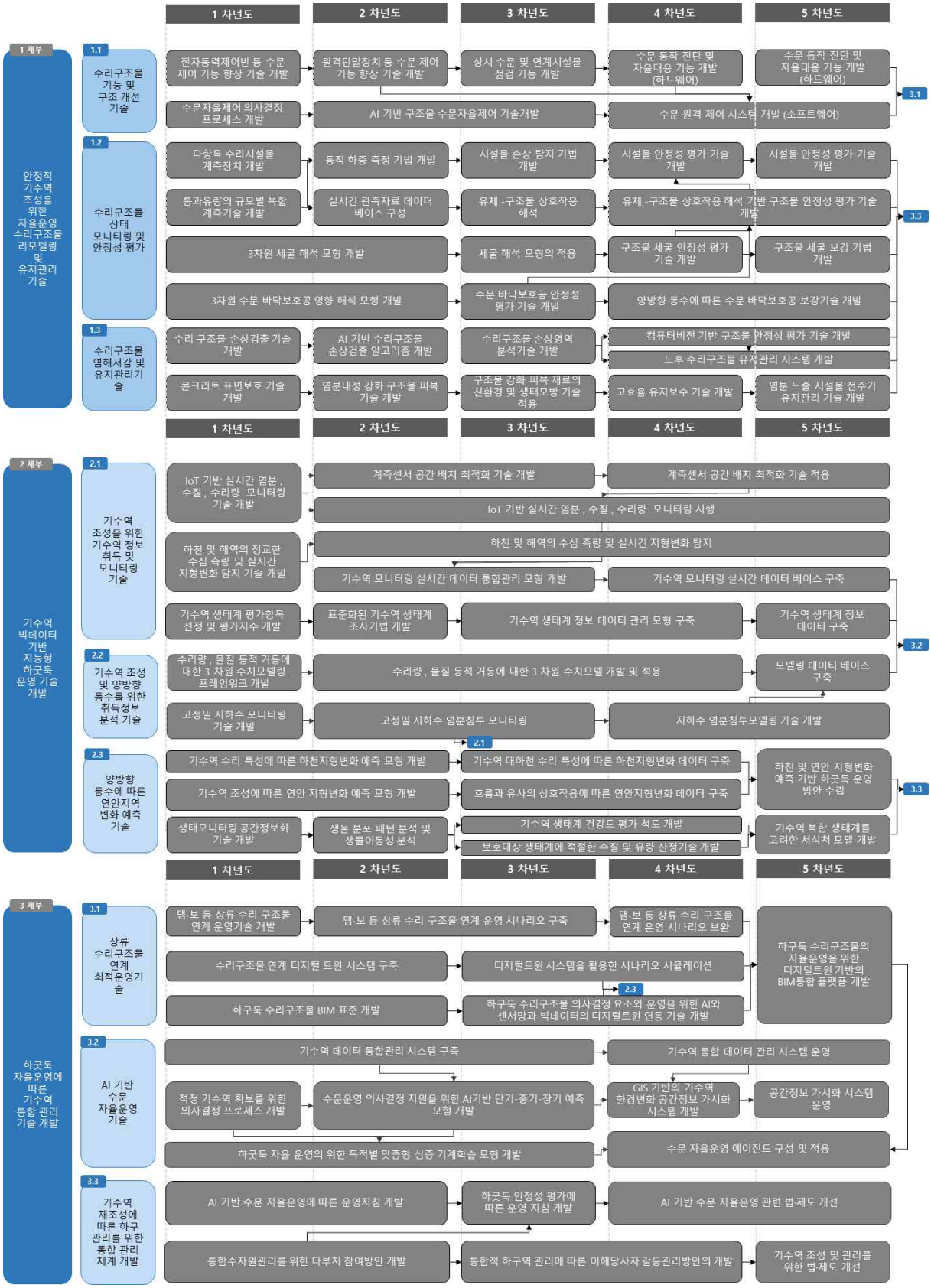
세부과제	성과목표	성과지표	목표치	측정방법
양방향통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술	양방향 통수 시 수리시설물 손상 감지	수리시설물 손상 감지 비전프로그램 개발	수리시설물 손상 감지 정확도 90% 프로그램	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	양방향 통수에 따른 수리구조물 안정성 평가	유체-구조물 상호작용 수치해석 모형 기반 안정성 평가 기술 개발	수리구조물 안정성 평가 정확도 90% 프로그램	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	수문 동작 진단 및 자율대응 기능	전자 동력제어반, 원격단말장치 등 기능 개선	기존 시설 기능 대비 10% 이상 향상	전문가 검증 제작품 확인
	수문 동작 진단 및 자율대응 기능	자율운영 데이터 전송 및 자동복구 기능 개발	통신두절시 자율운영 및 재개시 운영데이터 전송 프로그램	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	수문 보호공 설계 기술	수치모의 기반 수문보호공 설계 기술	수문보호공 설계 지침	전문가 검증 지침서 확인
	양방향 통수에 따른 수리구조물 손상 검출	수리 구조물 손상영역 검출 및 가시화 기술 개발	수리구조물 손상 감지 정확도 90% 프로그램	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
기수역 빅데이터 기반 지능형 하굿둑 운영 기술 개발	기수역 수리량 해석	기수역 유량/유속 해석 모형 개발	유량/유속 산정 정확도 95% 프로그램	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 염분/수질 해석	기수역 염분/수질 해석 모형 개발	염분/수질 산정 정확도 95% 프로그램	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인

세부과제	성과목표	성과지표	목표치	측정방법
	기수역 염분 공간분포 측정	USV 기반의 이동형 계측 플랫폼 개발	염분 측정결과 공간보간 프로그램 정확도 90% 이상	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 수질, 염분 측정	Iot기술을 접목한 다항목 수리 계측 장치 개발	다항목 센서 정확도 90% 이상	전문가 검증 제작품 확인
	기수역 최적 다항목 센서 배치	센서배치 최적화 기술 개발	배치 최적화 90%이상	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 환경정보 빅데이터 구축	기수역 환경정보 데이터 플랫폼 개발	수질/염분/수리량/하천 공간정보 구축 실시간 데이터 처리 정확도 95%이상	프로그램 정확도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	하굿둑 운영 의사결정	하굿둑 자율운영 의사결정 프로세스 개발	의사결정 지원 기수역 공간변화 가시화 프로그램	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	하굿둑 자율운영 플랫폼	AI 기반 하굿둑 자율운영 에이전트 개발	인공지능 기반 자율운영 시스템	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
하굿둑 자율운영에 따른 기수역 통합 관리 기술 개발	하굿둑 운영 및 관리 시스템	하굿둑 BIM표준 개발	BIM 통합플랫폼	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영	댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술 개발	연계운영 시나리오기반 디지털 트윈 시스템 시뮬레이션	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수역 재조성에 따른 법제도 개선	통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발	이해당사자 갈등관리방안	전문가 검증 제도 개선 및 법안 반영건수 확인
	기수역 재조성에 따른 법제도 개선	통합수자원관리를 위한 다부처 참여방안 개발	다부처 참여방안	전문가 검증 제도 개선 및 법안 반영건수 확인
	기수생태계 재조성 관리	기수역 생태계 정보 데이터 구축	생태계 공간정보 데이터 플랫폼	프로그램 완성도 전문가 검증 프로그램 등록건수 확인
	기수생태계 재조성 관리	기수역 생태계 건강도 평가 척도 개발	기수 생태계건강성 평가 척도별 기준표 제작	전문가 검증 제도 개선 및 법안 반영건수 확인

③ 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

□ 각 세부과제별로 연차별 수행내용과 도출되는 성과물을 제시하고, 각 성과물이 시간적 선후관계에 따라 로드맵으로 구성하였음

● 각 세부과제별로 연차별 성과물과 성과연계를 고려하여 설정한 로드맵은 다음과 같음


1 세부
안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술
1.1
수리구조물 기능 및 구조 개선 기술
1.2
수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가
1.3
수리구조물 염해저감 및 유지관리기술
1 차년도
2 차년도
3 차년도
4 차년도
5 차년도
전자등력제어밴 등 수문 제어 기능 향상 기술 개발
원격단말장치 등 수문 제어 기능 향상 기술 개발
상시 수문 및 연계시설물 점검 기능 개발
수문 동작 진단 및 자율대응 기능 개발 (하드웨어)
수문 동작 진단 및 자율대응 기능 개발 (하드웨어)
수문자율제어 의사결정 프로세스 개발
AI 기반 구조물 수문자율제어 기술개발
수문 원격 제어 시스템 개발 (소프트웨어)
다항목 수리시설물 계측장치 개발
동적 하중 측정 기법 개발
시설물 손상 탐지 기법 개발
시설물 안정성 평가 기술 개발
시설물 안정성 평가 기술 개발
통과유량의 규모별 복합 계측기술 개발
실시간 관측자료 데이터 베이스 구성
유체 -구조물 상호작용 해석
유체 -구조물 상호작용 해석 기반 구조물 안정성 평가 기술 개발
3차원 세굴 해석 모형 개발
세굴 해석 모형의 적용
구조물 세굴 안정성 평가 기술 개발
구조물 세굴 보강 기법 개발
3차원 수문 바닥보호공 영향 해석 모형 개발
수문 바닥보호공 안정성 평가 기술 개발
양방향 통수에 따른 수문 바닥보호공 보강기술 개발
수리 구조물 손상검출 기술 개발
AI 기반 수리구조물 손상검출 알고리즘 개발
수리구조물 손상영역 분석기술 개발
컴퓨터비전 기반 구조물 안정성 평가 기술 개발
노후 수리구조물 유지관리 시스템 개발
콘크리트 표면보호 기술 개발
염분내성 강화 구조물 피복 기술 개발
구조물 강화 피복 재료의 친환경 및 생태모방 기술 적용
고효율 유지보수 기술 개발
염분 노출 시설물 전주기 유지관리 기술 개발
3.1
3.3
2 세부
기수역 빅데이터 기반 지능형 하굿둑 운영 기술 개발
2.1
기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술
2.2
기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술
2.3
양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술
1 차년도
2 차년도
3 차년도
4 차년도
5 차년도
IoT 기반 실시간 염분, 수질, 수리량 모니터링 기술 개발
계측센서 공간 배치 최적화 기술 개발
계측센서 공간 배치 최적화 기술 적용
IoT 기반 실시간 염분, 수질, 수리량 모니터링 시행
하천 및 해역의 정교한 수심 측량 및 실시간 지형변화 탐지 기술 개발
하천 및 해역의 수심 측량 및 실시간 지형변화 탐지
기수역 모니터링 실시간 데이터 통합관리 모형 개발
기수역 모니터링 실시간 데이터 베이스 구축
기수역 생태계 평가항목 선정 및 평가지수 개발
표준화된 기수역 생태계 조사기법 개발
기수역 생태계 정보 데이터 관리 모형 구축
기수역 생태계 정보 데이터 구축
수리량, 물질 등적 거동에 대한 3 차원 수치모델링 프레임워크 개발
수리량, 물질 등적 거동에 대한 3 차원 수치모델 개발 및 적용
모델링 데이터 베이스 구축
고정밀 지하수 모니터링 기술 개발
고정밀 지하수 염분침투 모니터링
지하수 염분침투모델링 기술 개발
2.1
기수역 수리 특성에 따른 하천지형변화 예측 모형 개발
기수역 대하천 수리 특성에 따른 하천지형변화 데이터 구축
하천 및 연안 지형변화 예측 기반 하굿둑 운영 방안 수립
기수역 조성에 따른 연안 지형변화 예측 모형 개발
흐름과 유사의 상호작용에 따른 연안지형변화 데이터 구축
생태모니터링 공간정보화 기술 개발
생물 분포 패턴 분석 및 생물이동성 분석
기수역 생태계 건강도 평가 척도 개발
보호대상 생태계에 적절한 수질 및 유량 산정기술 개발
기수역 복합 생태계를 고려한 서식처 모델 개발
3.2
3.3
3 세부
하굿둑 자율운영에 따른 기수역 통합 관리 기술 개발
3.1
상류 수리구조물 연계 최적운영기술
3.2
AI 기반 수문 자율운영 기술
3.3
기수역 재조성에 따른 하구 관리를 위한 통합 관리 체계 개발
1 차년도
2 차년도
3 차년도
4 차년도
5 차년도
댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술 개발
댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영 시나리오 구축
댐·보 등 상류 수리 구조물 연계 운영 시나리오 보완
하구둑 수리구조물의 자율운영을 위한 디지털트윈 기반의 BIM통합 플랫폼 개발
수리구조물 연계 디지털 트윈 시스템 구축
디지털트윈 시스템을 활용한 시나리오 시뮬레이션
하구둑 수리구조물 BIM 표준 개발
2.3
하구둑 수리구조물 의사결정 요소와 운영을 위한 AI와 센서망과 빅데이터의 디지털트윈 연동 기술 개발
기수역 데이터 통합관리 시스템 구축
기수역 통합 데이터 관리 시스템 운영
적정 기수역 확보를 위한 의사결정 프로세스 개발
수문운영 의사결정 지원을 위한 AI기반 단기-중기-장기 예측 모형 개발
GIS 기반의 기수역 환경변화 공간정보 가시화 시스템 개발
공간정보 가시화 시스템 운영
하굿둑 자율 운영의 위한 목적별 맞춤형 심층 기계학습 모형 개발
수문 자율운영 에이전트 구성 및 적용
AI 기반 수문 자율운영에 따른 운영지침 개발
하굿둑 안정성 평가에 따른 운영 지침 개발
AI 기반 수문 자율운영 관련 법·제도 개선
통합수자원관리를 위한 다부처 참여방안 개발
통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발
기수역 조성 및 관리를 위한 법·제도 개선

(2) 기술개발 성공가능성

(가) 기술추세 분석

□ AI 기반 자율운영 수리구조물 기술은 전세계적으로 특허 출원 건수와 출원인 수가 모두 증가하는 성장기 단계이며, 국내도 기술적으로는 성숙기 단계로 시장성이 있는 것으로 나타나 사업 추진이 빠르게 이루어져야 할 것으로 판단됨

● 기술성장단계에서 성장기는 다양한 주체가 특허활동을 활발하게 하고 있는 단계이며, 이는 이 시장이 향후 성장세가 예상되는 유망시장으로 판단하고 있음을 반증하는 것임



● 최근 15년간 특허 출원건수 및 출원인수를 구간별로 구분하여 분석한 결과, 출원인수와 출원건수가 함께 증가하고 있는 성장기에 있는 것으로 분석됨

- 한국 특허의 경우 제1구간~제2구간 사이에서 출원인수가 소폭 증가하였으며, 제2구간~제3구간에서는 출원인수는 감소하였으나 출원건수가 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 기술성장곡선에서 ‘성숙기’에 해당함

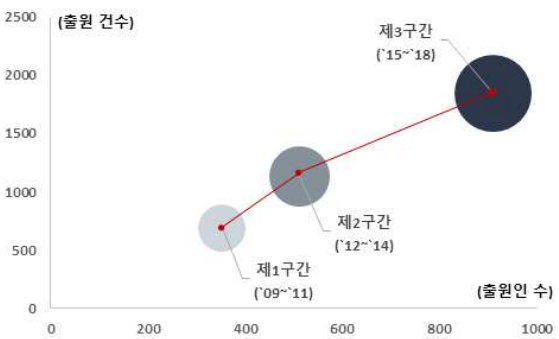


그림 7.4 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 전세계 기술성장곡선

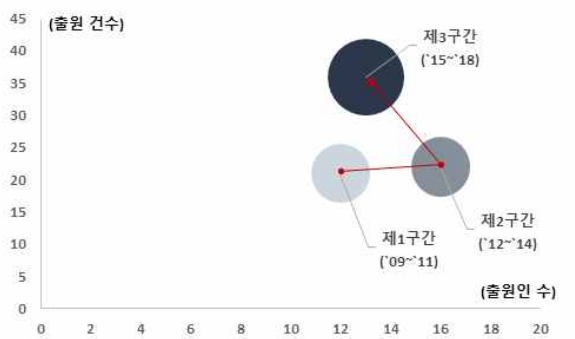


그림 7.5 AI 기반 자율운영 수리구조물 기술의 한국 기술성장곡선

(나) 기술수준 분석

□ AI수리구조물 관련 분야의 국내 평균 기술수준은 64.8%로 기술선도국 추격을 위한 기술역량은 보유하고 있는 것으로 보임

- 기술수준의 경우 양방향 통수를 위한 하굿둑 구조물 기술의 기술수준이 63.5%로 가장 낮은 것으로 나타났으며, AI기반 하굿둑 통합운영 기술의 기술수준이 67.1%로 가장 높은 것으로 나타남
- 기술수준이 60~80%인 경우 선도국 기술추격이 가능한 수준으로 구분됨

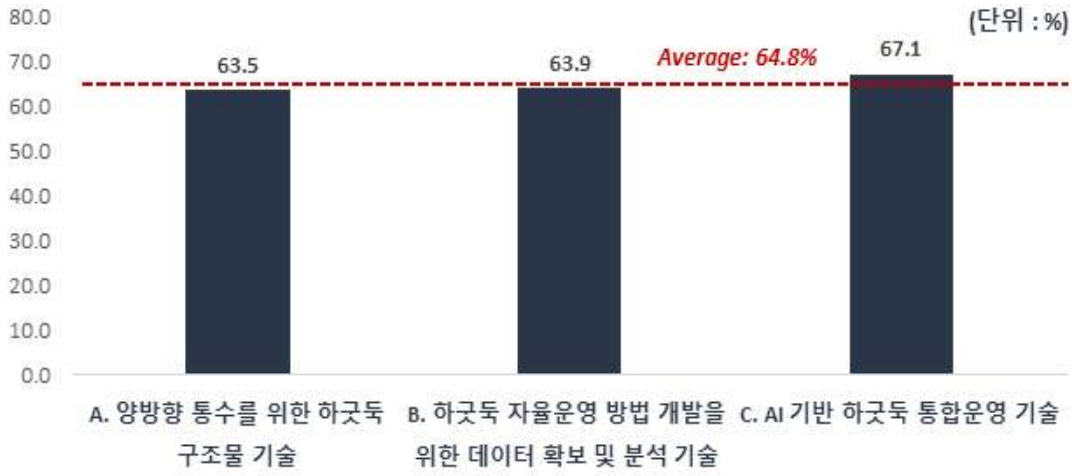


그림 7.6 AI 수리구조물 3대 대분류 분야별 `19년 현재 기술수준

다. 경제적 타당성

(1) 경제성 분석 개요

□ 동 사업의 경제성 분석에서는 연구개발부문 예비타당성조사에서 기본지표로 제시하는 비용편익 비율(benefit-cost ratio, BCR)을 활용함

● 비용편익 비율이란 사업의 진행으로 인한 총편익과 총비용을 현재가치로 환산하여 총편익의 현재가치를 총비용의 현재가치로 나눈 것을 의미함[28)]

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

$B_t : t$ 시점의 편익, $C_t : t$ 시점의 비용, r : 할인율, n : 분석기간

그림 7.7 비용편익 비율 산정식

* 출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2018. 4, KISTEP

□ 동 연구개발사업을 통해 적정수준의 기수역 조정을 통해 염수 침투로 인한 피해를 줄일 수 있으며, 이를 편익으로 고려하여 경제성분석을 수행함

● 동 연구개발사업이 추진되지 않을 경우, 하굿둑 완전개방에 따라 하천 상류로 염수의 침투가 이루어지며, 하천 하류에 인접한 취수원, 농지 등이 염해로 큰 피해가 발생할 것으로 예상됨

(2) 비용 추정

□ 경제성분석에 사용되는 비용 추정은 동 연구개발사업에 소요되는 총 사업비로 함

● 동 사업의 총 사업기간은 '21~'25년(5년), 총 사업비는 307.8억원임

- 동 사업은 3개 세부과제로 구성되어 있으며, '양방향통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술'에 가장 많은 104.03억원이 투입됨
- 총 연구예산 307.8억원 중 1차년도에 55.1억원이 투입되고, 2차년도 64.9억원, 3차년도 65.0억원, 4차년도 63.3억원, 5차년도 59.6억원이 투입될 예정임

28) 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2-1판), 2016.11, KISTEP

(단위 : 억원)

분류	2021	2022	2023	2024	2025	총계
1. 안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술	18.37	21.81	21.88	21.55	20.42	104.03
2. 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술	18.02	22.06	22.06	21.50	20.38	104.02
3. 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술	18.72	20.98	21.05	20.25	18.77	99.77
총계	55.11	64.85	64.99	63.30	59.57	307.82

□ 비용은 미래에 발생하며, 이를 현재가치로 환산할 경우 258.3억원이 투입됨

● 현재가치 환산을 위한 사회적할인율은 지침에서 제시하고 있는 4.5%를 적용함

표 7.4 연구사업 연차별 사업비

(단위 : 억원)

분류	2021	2022	2023	2024	2025	총계
연구개발 예산	55.11	64.85	64.99	63.30	59.57	307.82
연구개발 예산의 현재가치	50.47	56.83	54.50	50.80	45.74	258.33

(3) 편익 추정방안

□ 동 R&D사업을 통해 기대되는 염수 침투로 인한 피해저감 편익은 지침에서 제시하는 산정식을 활용하여 산정함

- 동 R&D사업이 염수 침투로 인한 피해저감 편익 발생에 기여한 부분만을 고려하여 사업기여율, R&D기여율, 사업화성공률을 고려함
- 편익발생 시점은 연구개발이 종료되는 '25년 이후, 편익 회임기간 3년을 고려하여 '28년부터 '37년까지 10년 간 발생하는 것으로 산정함

- 수리구조물 관련 기술의 특허수명주기(TCT)를 기반으로 편익발생기간을 10년으로 산정함

염수 침투로 인한 피해 저감 편익

$$Bs = \sum_{T=2028}^{2037} \frac{(Mq(T)_{scw} - Ms(T)_{scw}) \times Cp \times Ct \times Sc}{(1+r)^{(T-2019)}}$$

Bs : 염수침투로 인한 피해저감 편익(원)
$Mq(T)_{scw}$: T년도 염수침투로 인한 피해액(원)
$Ms(T)_{scw}$: T년도 AI수리구조물 설치 및 운영에 소요되는 비용(원)
Cp : 사업기여율(%)
Ct : R&D기여율(%)
Sc : 사업화 성공률(%)
r : 사회적 할인율(%)

□ 경제성 분석에 사용되는 산정지표는 연간 염수침투로 인한 피해저감액, 연간 AI수리구조물 설치 및 운영에 소요되는 비용, 사업기여율, R&D기여율, 사업화 성공률, 할인율, 편익기간 등 총 7개로 구성됨

표 7.5 주요지표별 산출방안

주요지표	산출방안
가. 연간 염수침투로 인한 피해저감액	매년 개방이 예상되는 하굿둑의 평균적인 취수장 이전, 인근 농지염해 피해액
나. AI수리구조물 설치 및 운영에 소요되는 비용	개발기술의 현장 적용에 소요되는 비용
다. 사업기여율	동 사업 분야의 R&D 사업 총 투자규모에서 동 사업비가 차지하는 비중으로 적용
라. R&D기여율	국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침에서 제시한 R&D기여율 적용
마. 사업화 성공률	산업통상자원부의 2014년 <성과활용 현황조사 분석보고서>에서 제시하고 있는 IT분야 사업화성공률 46.6%를 적용
바. 할인율	국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침에서 제시한 사회적 할인율 적용
사. 편익기간	수리구조물 기술 관련 특허의 기술수명주기(TCT)의 중간값으로 적용

(가) 연간 염수침투로 인한 피해저감액

□ 염수침투로 인한 피해는 취수장 이전에 소요되는 비용으로 산정함

- 염수침투로 인한 피해는 취수장 이전 외에도 농업경작 불능 등 다양한 피해가 발생하나, 편익을 보수적으로 산정하는 관점에서 화폐가치로 산정할 수 있는 2가지 편익만 고려함
- 취수장 이전에 소요되는 비용은 선행 연구사례를 기반으로 산정함
  - ‘경북·대구권 맑은 물 공급 종합계획 검토보고서’에서는 취수원 이전을 위해 대구-구미 해평취수장 55Km 구간에 관로를 매설해야 하며, 비용은 3,300억원으로 판단하였으며, Km당 60억원의 비용이 발생함
  - 각 하굿둑별로 취수장 이전거리가 평균 30Km로 가정하고, 하굿둑별로 취수장 이전비용은 1,800억원으로 산정함
- 취수장 이전에 소요되는 비용은 선행 연구사례를 기반으로 산정함
- 편익회임기간 이후 낙동강 하굿둑에 개발기술이 적용되며, 이후 5년뒤 추가적으로 국내 하굿둑에 동일한 기술이 적용되는 것으로 가정하여 편익기간 중 ‘29년과 ‘34년에 피해저감액이 발생하는 것으로 산정함
  - 염해로 인한 피해는 지속되나, 동 편익산정에서는 취수원 이전에 소요되는 비

용을 피해비용으로 고려하였으며, 이는 동 R&D 미추진 시 1회 발생하므로, 개발기술이 적용되는 해에만 발생하는 것으로 산정함

(나) AI수리구조물 설치 및 운영에 소요되는 비용

□ 동 R&D사업의 성과물을 현지 하굿둑에 설치하고 운영에 소요되는 비용은 동 사업의 예산과 동일한 수준으로 가정함

- 동 사업의 R&D에서 개발되는 제품 제작 및 현재의 하굿둑에 적용하는 비용은 기술을 개발하고 낙동강 하굿둑을 테스트베드로 활용하여 적용하는데 소요되는 비용과 동일한 것으로 가정함
- AI수리구조물 운영을 위해 추가적인 에너지소모비용은 함께 구축되는 재생에너지를 활용하므로, 추가비용이 발생하지 않는 것으로 고려함

(다) 사업기여율

□ 동 경제성분석에서 활용한 사업기여율은 사업 기여율은 (동사업 예산) / (동사업 예산 + 유사 사업 예산)로 산정하였으며, 98.3%를 적용함

- 최근 5년간 하굿둑 기술과 유사한 R&D 사업 검색을 통해 동 사업과 유사한 5개의 사업을 분석함

표 7.6 유사 연구개발사업 및 사업비

유사연구개발사업	사업비
하굿둑 수문운영 및 개방에 따른 환경변화 및 재해 위험도 평가	1.38
첨단수질예측 및 관측기술 조사분석	0.32
지표수 수리 및 수질변동 해석을 위한 3차원 수치모델링연구 - 낙동강 하류 구간을 중심으로	1.46
낙동강수계 조류 발생 및 거동 예측 모델링 연구	1.53
3차원 모델을 이용한 다기능 보 건설에 따른 수온 및 수질변화 특성 연구	0.4
동 R&D사업	307.8
계	312.9

* 출처 : NTIS 2019. 11. 검색기반.

- 유사사업 투자금액은 5.1억원, 동 사업의 총 사업비는 307.8억원으로 사업기여율은 307.8/(307.8+5.1) = 98.3%임

(라) R&D 기여율

□ 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2018)에서 제시한 R&D기여율 35.4%를 적용함

(마) 사업화 성공률

□ 산업자원부의 2014년 <성과활용 현황조사 분석보고서>에서 제시하고 있는 사업화 성공률을 활용함

● 동 R&D사업의 경우 건설기술, 수공기술과 AI와 빅데이터 등 IT기술이 융합되는 형태이기 때문에 성과활용현황조사보고서의 6T 중 IT 분야의 사업화 성공률인 46.6%를 적용함

(바) 할인율

□ 현재가치 추정을 위한 할인율은 기획재정부가 '17년 8월에 발표한 '예비타당성 조사 개도 제편' 안에 따라 사회적할인율 4.5%를 적용함

(사) 편익기간

□ 동 경제성 분석의 편익 기간은 기술수명기간(TCT)을 활용하여 산정하여 10년으로 산정함

● 연구개발부문 예비타당성조사에서의 경제적 타당성 분석에서는 기술수명기간을 도입하여 편익기간을 산정함[29)]

● 동 R&D사업과 관련된 특허분류의 평균 기술수명기간(TCT)를 산정한 결과, 10년으로 분석됨

- 동 R&D사업과 관련된 특허분류(IPC코드)로는 "(E02B)수공", "(E02D)기초, 굴착, 축제(수공에 적합한 것), 지하 또는 수중구조물"가 있음

표 7.7 기술수명기간(TCT) 상세

IPC	내용	중앙값(Q2)
E02B	수공	10
E02D	기초, 굴착, 축제(수공에 적합한 것), 지하 또는 수중구조물	10
평균		10

주) 기술수명기간은 해당 분야 출원 특허의 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값임
* 출처 : Star Value System, KISTI, 2018. 6. 검색기준

(4) 편익 추정결과

□ 염수 침투로 인한 피해저감 편익의 총 현재가치 산정 결과, 279.9억원으로 분석

29) 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2018.4, KISTEP

됨

- 최초 편익은 '25년 사업 종료 후 '29년에 발생하며, 이후 '38년까지 10년 간 발생하는 것으로 가정함
- R&D기여율 35.4%, 사업기여율 98.3%, 사업화 성공률 46.6%, 사회적 할인율 4.5%를 적용함

구분	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	합계
연간 염수침투로 인한 피해저감액	1,800	-	-	-	-	1,800	-	-	-	-	
AI수리구조물 설치 및 운영에 소요되는 비용	312.9	-	-	-	-	312.9	-	-	-	-	
사업기여율	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	
R&D기여율	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	
사업화 성공률	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	
피해비용 저감편익 (억원)	**241.1**	-	-	-	-	**241.1**	-	-	-	-	**482.3**
편익의 현재가치 (억원)	**155.3**	-	-	-	-	**124.6**	-	-	-	-	**279.9**

(5) 경제성 분석 결과

□ 경제성 분석의 전제 조건

- 분석대상 기간 : 2029~2038년(10년)
  - 최초 편익은 '25년 사업 종료 후 3년의 편익회임기간을 두고 '29년부터 발생하는 것으로 가정
  - 편익발생기간은 지침에서 제시하는 기술수명주기(TCT)를 적용하여 10년으로 설정함
- R&D기여율과 사업화 성공률
  - 일반적으로 R&D기여율은 국가연구개발사업의 직접적 경제적 편익 추정시 발생한 편익 중에서 연구개발이 기여한 정도를 고려하기 위해 R&D 기여율을 활용함
  - 개발기술의 상용화 성공에 대한 확률적인 개념을 추가하기 위해 사업화 성공률을 고려하여 편익을 산정함

□ 동 사업의 경제성 분석 결과, B/C 비율은 1.08로 분석됨

- 총 비용(사업비)은 307.8억원이며, 사회적 할인율을 반영한 총 비용의 현재가치는 258.3억원으로 산출됨
- 총 편익은 482.3억원이며, 사회적 할인율을 반영한 총 편익의 현재가치는 279.9억원으로 산출됨

표 7.8 경제성 분석 결과

구분	현재가치 환산기준
총 편익의 현재가치(억원)	279.9
총 비용의 현재가치(억원)	258.3
B/C Ratio	**1.08**

7. 인력투입계획 및 소요예산 산정

가. 인력투입계획

(가) 연구단/세부과제별 인력투입계획

구분	직급	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
[1세부] 안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술	책임급	8	8	8	8	8
	선임급	12	14	14	14	12
	원급	11	15	15	13	11
	박사과정	12	16	17	17	14
	석사과정	17	19	20	20	15
	소계	60	72	74	72	60
[2세부] 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술	책임급	6	6	6	6	6
	선임급	11	14	14	13	13
	원급	9	13	13	12	10
	박사과정	10	13	13	13	13
	석사과정	12	16	16	16	13
	소계	48	62	62	60	55
[3세부] 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술	책임급	7	7	7	7	7
	선임급	11	14	14	13	12
	원급	10	13	13	11	11
	박사과정	11	12	12	11	11
	석사과정	14	15	15	15	13
	소계	53	61	61	57	54
[연구단] AI 기반 하굿둑 자율운영 기술 개발	책임급	21	21	21	21	21
	선임급	34	42	42	40	37
	원급	30	41	41	36	32
	박사과정	33	41	42	41	38
	석사과정	43	50	51	51	41
	소계	161	195	197	189	169
합 계		161	195	197	189	169

(나) 공동연구 인력투입계획

구분		직급	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
[1세부] 양방향통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술	[1-1세부] 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술	책임급	2	2	2	2	2
		선임급	3	4	4	4	3
		원급	2	3	3	2	2
		박사과정	2	6	6	6	4
		석사과정	4	6	6	6	2
		소계	13	21	21	20	13
	[1-2세부] 수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가	책임급	4	4	4	4	4
		선임급	4	5	5	5	5
		원급	5	7	7	6	6
		박사과정	7	7	8	8	7
		석사과정	9	9	10	10	9
		소계	19	32	34	33	30
	[1-3세부] 수리구조물 염해저감 및 유지관리기술	책임급	2	2	2	2	2
		선임급	5	5	5	5	5
		원급	4	5	5	5	3
		박사과정	3	3	3	3	3
		석사과정	4	4	4	4	4
		소계	18	19	19	19	17
합 계			60	72	74	72	60

구분		직급	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
[2세부] 기수역 빅데이터 기반 지능형 하굿둑 운영 기술 개발	[2-1세부] 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술	책임급	2	2	2	2	2
		선임급	3	4	4	4	4
		원급	2	3	3	2	2
		박사과정	3	5	5	5	5
		석사과정	4	6	6	6	4
		소계	14	20	20	19	17
	[2-2세부] 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술	책임급	2	2	2	2	2
		선임급	4	5	5	5	5
		원급	3	5	5	5	4
		박사과정	4	4	4	4	4
		석사과정	5	6	6	6	5
		소계	18	22	22	22	20
	[2-3세부] 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술	책임급	2	2	2	2	2
		선임급	4	5	5	4	4
		원급	4	5	5	5	4
		박사과정	3	4	4	4	4
		석사과정	3	4	4	4	4
		소계	16	20	20	19	18
합 계			48	62	62	60	55

구분		직급	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
[3세부] 하굿둑 자율운영에 따른 기수역 통합 관리 기술 개발	[3-1세부] 상류 수리구조물 연계 최적운영기술	책임급	2	2	2	2	2
		선임급	4	5	5	5	5
		원급	4	5	5	4	4
		박사과정	3	4	5	4	4
		석사과정	5	5	5	5	4
		소계	18	21	22	20	19
	[3-2세부] AI 기반 수문 자율운영기술	책임급	3	3	3	3	3
		선임급	3	4	4	4	4
		원급	2	3	3	3	3
		박사과정	4	4	4	4	4
		석사과정	5	5	5	5	5
		소계	17	19	19	19	19
	[3-3세부] 기수역 관리를 위한 법제도 개선	책임급	2	2	2	2	2
		선임급	4	5	5	4	3
		원급	4	5	5	4	4
		박사과정	4	4	3	3	3
		석사과정	4	5	5	5	4
		소계	18	21	20	18	16
합 계			53	61	61	57	54

나. 소요예산 산정

[연구단] AI 기반 하굿둑 자율운영 기술 개발

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		526,000	526,000	526,000	526,000	526,000	2,630,000
			지급	현금	609,000	759,000	759,000	723,000	681,000	3,531,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	423,000	588,000	588,000	511,000	465,000	2,575,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				635,000	799,000	809,000	789,000	682,000	3,714,000
	소계				2,193,000	2,672,000	2,682,000	2,549,000	2,354,000	12,450,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		370,000	415,000	415,000	395,000	385,000	1,980,000
	연구활동비				341,000	337,000	337,000	337,000	342,000	1,694,000
	연구과제추진비				340,000	347,000	347,000	347,000	317,000	1,698,000
	연구수당				109,000	135,000	136,000	128,000	118,000	626,000
	소계				1,160,000	1,234,000	1,235,000	1,207,000	1,162,000	5,998,000
	위탁연구개발비				1,240,000	1,500,000	1,500,000	1,520,000	1,450,000	7,210,000
	직접비 소계				2,400,000	2,734,000	2,735,000	2,727,000	2,612,000	13,208,000
간접비					918,000	1,079,000	1,082,000	1,054,000	991,000	5,124,000
연구비 총액					5,511,000	6,485,000	6,499,000	6,330,000	5,957,000	30,782,000
연구비 총액			현금		5,141,000	6,070,000	6,084,000	5,935,000	5,572,000	28,802,000
			현물		370,000	415,000	415,000	395,000	385,000	1,980,000
			총액		5,511,000	6,485,000	6,499,000	6,330,000	5,957,000	30,782,000
연구비 총액			정부지원금		4,615,000	5,544,000	5,558,000	5,409,000	5,046,000	26,172,000
			민간부담금		896,000	941,000	941,000	921,000	911,000	4,610,000
			총액		5,511,000	6,485,000	6,499,000	6,330,000	5,957,000	30,782,000

[1세부] 안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	1,000,000
			지급	현금	141,000	165,000	165,000	165,000	141,000	777,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	128,000	182,000	182,000	154,000	137,000	783,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				228,000	308,000	314,000	306,000	239,000	1,395,000
	소계				697,000	855,000	861,000	825,000	717,000	3,955,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		110,000	130,000	130,000	120,000	125,000	615,000
	연구활동비				117,000	117,000	117,000	117,000	122,000	590,000
	연구과제추진비				122,000	122,000	122,000	122,000	122,000	610,000
	연구수당				35,000	44,000	44,000	42,000	36,000	201,000
	소계				384,000	413,000	413,000	401,000	405,000	2,016,000
	위탁연구개발비				450,000	550,000	550,000	570,000	580,000	2,700,000
	직접비 소계				834,000	963,000	963,000	971,000	985,000	4,716,000
간접비					306,000	363,000	364,000	359,000	340,000	1,732,000
연구비 총액					1,837,000	2,181,000	2,188,000	2,155,000	2,042,000	10,403,000
연구비 총액	현금				1,727,000	2,051,000	2,058,000	2,035,000	1,917,000	9,788,000
	현물				110,000	130,000	130,000	120,000	125,000	615,000
	총액				1,837,000	2,181,000	2,188,000	2,155,000	2,042,000	10,403,000
연구비 총액	정부지원금				1,527,000	1,851,000	1,858,000	1,835,000	1,717,000	8,788,000
	민간부담금				310,000	330,000	330,000	320,000	325,000	1,615,000
	총액				1,837,000	2,181,000	2,188,000	2,155,000	2,042,000	10,403,000

[2세부] 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	750,000
			지급	현금	198,000	252,000	252,000	234,000	234,000	1,170,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	133,000	195,000	195,000	178,000	149,000	850,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				212,000	278,000	278,000	278,000	252,000	1,298,000
	소계				693,000	875,000	875,000	840,000	785,000	4,068,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		150,000	165,000	165,000	155,000	150,000	785,000
	연구활동비				100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	500,000
	연구과제추진비				105,000	105,000	105,000	105,000	105,000	525,000
	연구수당				34,000	44,000	44,000	42,000	39,000	203,000
	소계				389,000	414,000	414,000	402,000	394,000	2,013,000
	위탁연구개발비				420,000	550,000	550,000	550,000	520,000	2,590,000
	직접비 소계				809,000	964,000	964,000	952,000	914,000	4,603,000
간접비					300,000	367,000	367,000	358,000	339,000	1,731,000
연구비 총액					1,802,000	2,206,000	2,206,000	2,150,000	2,038,000	10,402,000
연구비 총액	현금				1,652,000	2,041,000	2,041,000	1,995,000	1,888,000	9,617,000
	현물				150,000	165,000	165,000	155,000	150,000	785,000
	총액				1,802,000	2,206,000	2,206,000	2,150,000	2,038,000	10,402,000
연구비 총액	정부지원금				1,502,000	1,891,000	1,891,000	1,845,000	1,738,000	8,867,000
	민간부담금				300,000	315,000	315,000	305,000	300,000	1,535,000
	총액				1,802,000	2,206,000	2,206,000	2,150,000	2,038,000	10,402,000

[3세부] 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		176,000	176,000	176,000	176,000	176,000	880,000
			지급	현금	270,000	342,000	342,000	324,000	306,000	1,584,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	162,000	211,000	211,000	179,000	179,000	942,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				195,000	213,000	217,000	205,000	191,000	1,021,000
	소계				803,000	942,000	946,000	884,000	852,000	4,427,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		110,000	120,000	120,000	120,000	110,000	580,000
	연구활동비				124,000	120,000	120,000	120,000	120,000	604,000
	연구과제추진비				113,000	120,000	120,000	120,000	90,000	563,000
	연구수당				40,000	47,000	48,000	44,000	43,000	222,000
	소계				387,000	407,000	408,000	404,000	363,000	1,969,000
	위탁연구개발비				370,000	400,000	400,000	400,000	350,000	1,920,000
	직접비 소계				757,000	807,000	808,000	804,000	713,000	3,889,000
간접비					312,000	349,000	351,000	337,000	312,000	1,661,000
연구비 총액					1,872,000	2,098,000	2,105,000	2,025,000	1,877,000	9,977,000
연구비 총액	현금				1,762,000	1,978,000	1,985,000	1,905,000	1,767,000	9,397,000
	현물				110,000	120,000	120,000	120,000	110,000	580,000
	총액				1,872,000	2,098,000	2,105,000	2,025,000	1,877,000	9,977,000
연구비 총액	정부지원금				1,586,000	1,802,000	1,809,000	1,729,000	1,591,000	8,517,000
	민간부담금				286,000	296,000	296,000	296,000	286,000	1,460,000
	총액				1,872,000	2,098,000	2,105,000	2,025,000	1,877,000	9,977,000

[1-1공동연구] 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
			지급	현금	36,000	48,000	48,000	48,000	36,000	216,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	32,000	49,000	49,000	32,000	32,000	194,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				39,000	83,000	83,000	83,000	44,000	332,000
	소계				157,000	230,000	230,000	213,000	162,000	992,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		30,000	40,000	40,000	30,000	40,000	180,000
	연구활동비				35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	175,000
	연구과제추진비				30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	150,000
	연구수당				8,000	12,000	12,000	11,000	8,000	51,000
	소계				103,000	117,000	117,000	106,000	113,000	556,000
	위탁연구개발비				100,000	150,000	150,000	150,000	150,000	700,000
	직접비 소계				203,000	267,000	267,000	256,000	263,000	1,256,000
간접비					72,000	99,000	99,000	94,000	85,000	449,000
연구비 총액					432,000	596,000	596,000	563,000	510,000	2,697,000
연구비 총액	현금				402,000	556,000	556,000	533,000	470,000	2,517,000
	현물				30,000	40,000	40,000	30,000	40,000	180,000
	총액				432,000	596,000	596,000	563,000	510,000	2,697,000
연구비 총액	정부지원금				352,000	506,000	506,000	483,000	420,000	2,267,000
	민간부담금				80,000	90,000	90,000	80,000	90,000	430,000
	총액				432,000	596,000	596,000	563,000	510,000	2,697,000

[1-2공동연구] 수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	500,000
			지급	현금	60,000	72,000	72,000	72,000	60,000	336,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	64,000	92,000	92,000	81,000	81,000	410,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				122,000	147,000	153,000	145,000	139,000	706,000
	소계				346,000	411,000	417,000	398,000	380,000	1,952,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		30,000	40,000	40,000	40,000	30,000	180,000
	연구활동비				57,000	57,000	57,000	57,000	62,000	290,000
	연구과제추진비				70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	350,000
	연구수당				17,000	21,000	21,000	20,000	19,000	98,000
	소계				174,000	188,000	188,000	187,000	181,000	918,000
	위탁연구개발비				150,000	200,000	200,000	220,000	230,000	1,000,000
	직접비 소계				324,000	388,000	388,000	407,000	411,000	1,918,000
간접비					134,000	160,000	161,000	161,000	158,000	774,000
연구비 총액					804,000	959,000	966,000	966,000	949,000	4,644,000
연구비 총액	현금				774,000	919,000	926,000	926,000	919,000	4,464,000
	현물				30,000	40,000	40,000	40,000	30,000	180,000
	총액				804,000	959,000	966,000	966,000	949,000	4,644,000
연구비 총액	정부지원금				674,000	819,000	826,000	826,000	819,000	3,964,000
	민간부담금				130,000	140,000	140,000	140,000	130,000	680,000
	총액				804,000	959,000	966,000	966,000	949,000	4,644,000

[1-3공동연구] 수리구조물 염해저감 및 유지관리기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
			지급	현금	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	225,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	32,000	41,000	41,000	41,000	24,000	179,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				67,000	78,000	78,000	78,000	56,000	357,000
	소계				194,000	214,000	214,000	214,000	175,000	1,011,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		50,000	50,000	50,000	50,000	55,000	255,000
	연구활동비				25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	125,000
	연구과제추진비				22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	110,000
	연구수당				10,000	11,000	11,000	11,000	9,000	52,000
	소계				107,000	108,000	108,000	108,000	111,000	542,000
	위탁연구개발비				200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	1,000,000
	직접비 소계				307,000	308,000	308,000	308,000	311,000	1,542,000
간접비					100,000	104,000	104,000	104,000	97,000	509,000
연구비 총액					601,000	626,000	626,000	626,000	583,000	3,062,000
연구비 총액	현금				551,000	576,000	576,000	576,000	528,000	2,807,000
	현물				50,000	50,000	50,000	50,000	55,000	255,000
	총액				601,000	626,000	626,000	626,000	583,000	3,062,000
연구비 총액	정부지원금				501,000	526,000	526,000	526,000	478,000	2,557,000
	민간부담금				100,000	100,000	100,000	100,000	105,000	505,000
	총액				601,000	626,000	626,000	626,000	583,000	3,062,000

[2-1공동연구] 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
			지급	현금	72,000	90,000	90,000	90,000	90,000	432,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	49,000	81,000	81,000	81,000	65,000	357,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				91,000	100,000	100,000	100,000	91,000	482,000
	소계				262,000	321,000	321,000	321,000	296,000	1,521,000
	연구장비.		현금		0	0	0	0	0	0
	재료비		현물		70,000	75,000	75,000	75,000	70,000	365,000
	연구활동비				35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	175,000
	연구과제추진비				45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	225,000
	연구수당				13,000	16,000	16,000	16,000	15,000	76,000
	소계				163,000	171,000	171,000	171,000	165,000	841,000
	위탁연구개발비				200,000	250,000	250,000	250,000	250,000	1,200,000
	직접비 소계				363,000	421,000	421,000	421,000	415,000	2,041,000
간접비					125,000	148,000	148,000	148,000	142,000	711,000
연구비 총액					750,000	890,000	890,000	890,000	853,000	4,273,000
연구비 총액	현금				680,000	815,000	815,000	815,000	783,000	3,908,000
	현물				70,000	75,000	75,000	75,000	70,000	365,000
	총액				750,000	890,000	890,000	890,000	853,000	4,273,000
연구비 총액	정부지원금				630,000	765,000	765,000	765,000	733,000	3,658,000
	민간부담금				120,000	125,000	125,000	125,000	120,000	615,000
	총액				750,000	890,000	890,000	890,000	853,000	4,273,000

[2-2공동연구] 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
			지급	현금	54,000	72,000	72,000	72,000	72,000	342,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	32,000	49,000	49,000	32,000	32,000	194,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				71,000	112,000	112,000	112,000	95,000	502,000
	소계				207,000	283,000	283,000	266,000	249,000	1,288,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		30,000	40,000	40,000	30,000	30,000	170,000
	연구활동비				35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	175,000
	연구과제추진비				30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	150,000
	연구수당				10,000	14,000	14,000	13,000	12,000	63,000
	소계				105,000	119,000	119,000	108,000	107,000	558,000
	위탁연구개발비				70,000	100,000	100,000	100,000	70,000	440,000
	직접비 소계				175,000	219,000	219,000	208,000	177,000	998,000
간접비					76,000	100,000	100,000	95,000	85,000	456,000
연구비 총액					458,000	602,000	602,000	569,000	511,000	2,742,000
연구비 총액	현금				428,000	562,000	562,000	539,000	481,000	2,572,000
	현물				30,000	40,000	40,000	30,000	30,000	170,000
	총액				458,000	602,000	602,000	569,000	511,000	2,742,000
연구비 총액	정부지원금				378,000	512,000	512,000	489,000	431,000	2,322,000
	민간부담금				80,000	90,000	90,000	80,000	80,000	420,000
	총액				458,000	602,000	602,000	569,000	511,000	2,742,000

[2-3공동연구] 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
			지급	현금	72,000	90,000	90,000	72,000	72,000	396,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	52,000	65,000	65,000	65,000	52,000	299,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				50,000	66,000	66,000	66,000	66,000	314,000
	소계				224,000	271,000	271,000	253,000	240,000	1,259,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
	연구활동비				30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	150,000
	연구과제추진비				30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	150,000
	연구수당				11,000	14,000	14,000	13,000	12,000	64,000
	소계				121,000	124,000	124,000	123,000	122,000	614,000
	위탁연구개발비				150,000	200,000	200,000	200,000	200,000	950,000
	직접비 소계				271,000	324,000	324,000	323,000	322,000	1,564,000
간접비					99,000	119,000	119,000	115,000	112,000	564,000
연구비 총액					594,000	714,000	714,000	691,000	674,000	3,387,000
연구비 총액	현금				544,000	664,000	664,000	641,000	624,000	3,137,000
	현물				50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
	총액				594,000	714,000	714,000	691,000	674,000	3,387,000
연구비 총액	정부지원금				494,000	614,000	614,000	591,000	574,000	2,887,000
	민간부담금				100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	500,000
	총액				594,000	714,000	714,000	691,000	674,000	3,387,000

[3-1공동연구] 상류 수리구조물 연계 최적운영기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	250,000
			지급	현금	144,000	180,000	180,000	180,000	180,000	864,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	65,000	81,000	81,000	65,000	65,000	357,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				79,000	91,000	103,000	91,000	83,000	447,000
	소계				338,000	402,000	414,000	386,000	378,000	1,918,000
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	350,000
	연구활동비				40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	200,000
	연구과제추진비				30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	150,000
	연구수당				17,000	20,000	21,000	19,000	19,000	96,000
	소계				157,000	160,000	161,000	159,000	159,000	796,000
	위탁연구개발비				200,000	200,000	200,000	200,000	150,000	950,000
	직접비 소계				357,000	360,000	361,000	359,000	309,000	1,746,000
간접비					139,000	152,000	155,000	149,000	137,000	732,000
연구비 총액					834,000	914,000	930,000	894,000	824,000	4,396,000
연구비 총액	현금				764,000	844,000	860,000	824,000	754,000	4,046,000
	현물				70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	350,000
	총액				834,000	914,000	930,000	894,000	824,000	4,396,000
연구비 총액	정부지원금				714,000	794,000	810,000	774,000	704,000	3,796,000
	민간부담금				120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	600,000
	총액				834,000	914,000	930,000	894,000	824,000	4,396,000

[3-2공동연구] AI 기반 수문 자율운영기술

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		88,000	88,000	88,000	88,000	88,000	440,000
			지급	현금	99,000	126,000	126,000	108,000	90,000	549,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	81,000	105,500	105,500	89,500	89,500	471,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				85,500	91,500	83,500	83,500	77,500	421,500
	소계				353,500	411,000	403,000	369,000	345,000	1,881,500
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		40,000	50,000	50,000	50,000	40,000	230,000
	연구활동비				63,000	60,000	60,000	60,000	60,000	303,000
	연구과제추진비				66,500	75,000	75,000	75,000	45,000	336,500
	연구수당				17,500	20,500	20,500	18,500	17,500	94,500
	소계				187,000	205,500	205,500	203,500	162,500	964,000
	위탁연구개발비				135,000	150,000	150,000	150,000	150,000	735,000
	직접비 소계				322,000	355,500	355,500	353,500	312,500	1,699,000
간접비					135,000	153,000	152,000	144,000	131,000	715,000
연구비 총액					810,500	919,500	910,500	866,500	788,500	4,295,500
연구비 총액				현금	770,500	869,500	860,500	816,500	748,500	4,065,500
				현물	40,000	50,000	50,000	50,000	40,000	230,000
				총액	810,500	919,500	910,500	866,500	788,500	4,295,500
연구비 총액				정부지원금	682,500	781,500	772,500	728,500	660,500	3,625,500
				민간부담금	128,000	138,000	138,000	138,000	128,000	670,000
				총액	810,500	919,500	910,500	866,500	788,500	4,295,500

[3-3공동연구] 기수역 관리를 위한 법제도 개선

(단위:천원)

비목	세목				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	190,000
			지급	현금	27,000	36,000	36,000	36,000	36,000	171,000
				현물	0	0	0	0	0	0
		외부 인건비	미지급		0	0	0	0	0	0
			지급	현금	16,000	24,500	24,500	24,500	24,500	114,000
				현물	0	0	0	0	0	0
	학생인건비				30,500	30,500	30,500	30,500	30,500	152,500
	소계				111,500	129,000	129,000	129,000	129,000	627,500
	연구장비. 재료비		현금		0	0	0	0	0	0
			현물		0	0	0	0	0	0
	연구활동비				21,000	20,000	20,000	20,000	20,000	101,000
	연구과제추진비				16,500	15,000	15,000	15,000	15,000	76,500
	연구수당				5,500	6,500	6,500	6,500	6,500	31,500
	소계				43,000	41,500	41,500	41,500	41,500	209,000
	위탁연구개발비				35,000	50,000	50,000	50,000	50,000	235,000
	직접비 소계				78,000	91,500	91,500	91,500	91,500	444,000
간접비					38,000	44,000	44,000	44,000	44,000	214,000
연구비 총액					227,500	264,500	264,500	264,500	264,500	1,285,500
연구비 총액	현금				227,500	264,500	264,500	264,500	264,500	1,285,500
	현물				0	0	0	0	0	0
	총액				227,500	264,500	264,500	264,500	264,500	1,285,500
연구비 총액	정부지원금				189,500	226,500	226,500	226,500	226,500	1,095,500
	민간부담금				38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	190,000
	총액				227,500	264,500	264,500	264,500	264,500	1,285,500

8. 기획과제 RFP

가. (연구단 RFP) AI 기반 하굿둑 자율운영 기술 개발

과제명	연구단. AI 기반 하굿둑 자율운영 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ **안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술** - **(시설물 모니터링 계측 기술 첨단화)** 하굿둑 시설물에 IOT 기술을 접목한 복합계측 모니터링 기술 및 수문 진동 등 구조물 모니터링 기술 개발 - **(수리구조물 안정성 평가 첨단화)** 유체-구조물 상호작용 및 하상세굴에 대한 3차원 수치해석 기술 기반 수리구조물 안정성 평가 기술 개발 - **(구조물의 요소기술 최신화)** 첨단기술을 활용한 수문제어 기술 개선 및 리모델링 기술 개발 - **(기수역 수리시설물의 장수명화 기술)** 수리구조물의 균열, 파손, 부식 등의 형상 변형 탐지 및 염분내성 강화와 생물오손 제어 기술 개발 ○ **수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술** - **(데이터 생산 기술)** 하굿둑 운영 시나리오 생산을 위한 기수역 양방향 흐름, 수질, 유사이동, 하상변동, 지하수 모델링 기술 개발 - **(첨단 모니터링 및 통합운영 기술)** 흐름, 염분, 수질, 지하수 실시간 모니터링 기술 개발 및 통합관리시스템 구축 - **(기수 생태계 적응 관리 표준화)** 기수역 생태계의 모니터링 고도화 기술의 개발 및 이들 기술의 실제적 적용을 통한 생태적 적응관리의 표준화된 기법의 정립 ○ **수리구조물 연계 운영-유지관리 기술** - **(첨단 하천 통합관리 기술)** 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발 - **(수리구조물 관리 고도화)** 하굿둑 BIM 표준 모델 개발 및 디지털 트윈 과 연동한 통합 플랫폼 구축 - **(AI기반 수문 자율운영 기술)** 빅데이터를 활용한 최적 기수역 조성 예측 모형과 AI 기반 하굿둑 운영 시스템 개발 - **(신기술 및 새로운 환경 조성에 따른 법·제도 개선)** 재조성되는 기수역을 안정적으로 유지·관리하고 새로이 도입되는 첨단 기술을 활용한 하구관리체계를 지원하는 법·제도 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 하구 수리시설물의 복합계측 모니터링 기술 개발 필요 - 노후화 및 자연재해 등으로 인한 수문의 손상 및 파괴를 미리 탐지하고 분석하기 위해서는 수문의 상태를 실시간으로 모니터링 하는 기술이 요구됨 - 수문에 균열, 부식 등 손상 정보를 육안으로 확인하는 데에는 많은 인력과 비용이 소비되어 이를 효율적으로 수행 할 수 있는 방법을 개발할 필요가 있음 - 육안으로 보이지 않는 수문의 강성 저하 등의 손상 정보를 예측하기 위하여, 수문의 진동을 측정하여 모니터링 할 필요가 있음 - 기존 모니터링 기술을 조금도 효율적으로 개선하고, IoT, AI기술 등을 활용하여 자동화 시킬 수 있음 ○ 하구 수리시설물의 안정성을 평가하여 기능을 유지 관리를 지원하는 기술 개발

필요

- 본 연구에서는 IOT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 활용해 시설물 운영에 따른 안정성 평가 기술을 접목하여 기수역 주민의 생존권 보장 및 재난으로부터 시설물 안전 확보를 할 수 있음
- 정부의 하굿둑 개방 등의 정책에 따라 조성되는 기수역 구간의 시설물을 안정적으로 운영하기 위해서는 준실시간 및 실시간으로 다항목 수리 데이터 및 분석기술이 요구됨
- 따라서 IOT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 개발하고 준실시간 및 실시간 데이터 분석기술을 통해 시설물 안정성 평가 기술개발이 필요
- 수문은 충분한 강도를 갖도록 설계되지만, 수문 자체가 진동하면서 수문 본체가 수류와 연성 되어 진동을 일으키기도 하여 일본의 Wachi 댐, 미국의 Folsom 댐이 부분 파손된 사례가 있음

○ 양방향 통수에 따른 하굿둑 흐름 해석 모형 개발 필요

- 현재 생태계 복원 등의 이유로 하굿둑 개방 등의 사회적 이슈가 존재하며, 하굿둑의 활용에 대한 국민적 관심이 늘어남. 따라서 유체-구조물 상호작용 등을 고려한 정밀 수치해석기법을 활용하여, 보다 정밀한 하굿둑의 거동예측 기술이 필요함
- 교량, 수중 보 등에 의한 하상 세굴 문제가 대두되고 있으며 이에 대한 정확한 예측이 중요해지는 추세임
- 따라서 양방향 통수를 반복적으로 수행하며 집중호우, 파랑 등 훼손의 원인이 다양한 하구 수리시설물에 대한 국부세굴에 대한 모의를 통하여 이를 예측할 필요가 있음

○ 하구 수리구조물의 안정성을 평가하여 구조물의 유지 관리를 지원하는 기술 개발 필요

- 하천 구조물 주위 세굴 문제는 문제 자체의 복잡성으로 인해 과학적 방법보다는 경험적 방법에 주로 의존해 옴
- 개발된 거동예측 기술과 AI를 적용하여, 재난에 대한 구조 안전성 예측 및 평가 기술이 필요함
- 댐•보 등 수리 구조물의 안정적 운영을 위한 하굿둑 구조물 안정성 평가를 위한 정밀기술이 요구됨
- 하천 및 하굿둑의 구조 안정성에 대한 신뢰성 및 평가 기술확보를 통한 재난에 대한 국민불안감 해소 가능

○ 시설물 자율운영 및 첨단기술을 적용한 운영 요소기술 개발의 필요성

- 가트너 심포지엄/IT 엑스포에서 “2019년 주목되는 10대 전략 기술 트렌드”로 자율 사물(Autonomous Things)을 제시되었고, 향후 산업계 전반에 자율적으로 운영되는 사물이 급속히 파급될 추세로 정부의 정책적 지원이 시급함
- 강우 발생 시 수반되는 낙뢰로 인한 유선통신의 두절이 잦아 실제 필요한 시기에 원격관리를 할 수 없고 데이터 누락으로 인한 데이터 연속성이 결여되는 문제로 사물인터넷(IoT) 무선통신모듈(LTE-M 또는 NB-IoT) 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발 필요

○ 수리구조물 변형 탐지기반 유지관리 시스템

- 수리구조물의 주요영역을 이미지 형태로 취득하여, 형상 변화에 따른 위험한 상황을 사전에 방지할 수 있는 작업이 필수적이며, 이를 위해 형상데이터를 관리하고 저장할 필요가 있음
- 컴퓨터비전기술은 광학기기를 통해 수집된 데이터를 분석하여 예기치 않은 위험을 예방할 수 있으며, 데이터를 디지털화하여 관리 할 수 있어 현 모니터링 시스템과 연동하여 형상 데이터의 활용을 극대화할 수 있음
- 본 연구에서는 댐, 하굿둑 등 수리구조물에 대한 모니터링과 손상이미지 분석을 통해 여러 위험 요소를 줄이고 구조물의 현 상태를 관리할 수 있음
- 수리구조물은 대부분 지방자치단체가 관리하고 있으며, 전국 수리구조물의 81%를 관리하고 있어, 짧은 조사기간 동안 최소 인력만으로 모든 하굿둑 및 댐 시설물을 관리하기에 한계가 있어 유지관리를 위한 새로운 기술이 요구됨
- 따라서, 단시간에 정밀한 검사가 가능한 컴퓨터비전기술을 활용한 수리구조물 형상관리 모니터링 기술이 필요함

○ 기수역 인공구조물 염해저감을 통한 장수명화

- 균열, 누수 등 수중구조물 유지보수 방안 및 적용 재료에 대한 기수역 및 해양환경 적용을 위한 실증 연구가 필요함
- 구조물의 균열보완, 안정성보완 등 구조물 자체의 유지보수 뿐 아니라, 고농도의 해양생물 오손에 의한 구조물 열화 및 기능약화에 대응하기 위한 해양과학과 재료공학의 융복합적 접근을 통한 생물오손 제어기능 검토 필요.
- 본 연구에서 기수역 및 해양 구조물의 안정성과 장수명화를 확보하여 연안개발에 따른 인공구조물 건설과 운영기술의 환경성을 강화하며, 다양한 해양구조물의 오손 및 방오기술 확대에 기여함
- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 확장 및 재조성되는 기수역 구간에서 수리구조물에 대한 염분영향 및 양방향 해수소통이 증대함에 따라 인공구조물 안정성 및 수명증대를 위한 유지관리 기술의 강화가 요구됨
- 따라서 염분에 노출된 수리구조물의 열화 특성 및 대응 기술 개발을 통해 수리구조물의 전주기 유지관리 기술을 확보하여 기수역 생태계확보를 위해 운영되는 하굿둑 시설물의 안정성과 친환경성을 확보하는 기술이 필요함

○ 하구역에서 해수-외수 통합모의 기술을 바탕으로 환경수리적 효과를 분석하고 평가할 수 있는 수량-수질-재해에 대한 통합해석 기술 필요

- 하굿둑 리모델링 및 개방에 따른 수량-수질-재해예방 통합해석 기술이 필요
- 환경친화적 기수역 조성하고 물순환 및 하천-해수의 연속성 확보로 수질 개선 및 염해 침수와 수자원 부족 문제 등을 해결하기 위한 다기능 하구 구조물을 설계, 설치 및 운영하기 위해서는 기수역 내에서 수리구조물 설치 및 운영에 따른 해수와 담수 혼합 거동, 유속 및 수위분포, 부유사와 오염물질 거동 등에 대한 정확한 정보가 필요
- 기수역 상·하류 수위 차와 염수-담수 경계조건을 합리적으로 반영하여 기수역 수리구조물 운영에 따른 신뢰할만한 수리 및 수질 자료를 확보하기 위해서는 고해상도 3차원 수치모델링 프레임워크 개발이 필요
- 상·하류부의 해수유입 및 담수유출량을 미리 예측 하여야만 하굿둑 조작 및 염수 등의 수질관리가 가능해져 이 부분에 대한 예측이 매우 필요한 실정임

- 기존의 예측 시스템은 모의 및 정확성 검토에 많은 시간이 필요한 한계가 있음

○ 정부의 4대강 정책 및 통합물관리 기조에 따라 리모델링이 예상되는 기수역에 대해 수량-수질-재해 발생간 상호작용에 기초한 통합적 물리현상에 바탕을 둔 분석이 필요함

- 금강, 영산강, 낙동강 등에 설치된 하굿둑은 국가 중요 시설물로서 AI 기반 하굿둑 시스템 설치 및 운영에 따른 기수역 흐름의 수리학적 거동과 및 오염물질 거동에 대한 상세자료를 제공하기 위한 3차원 고해상도 수치모델링 프레임워크는 정부의 지원으로 개발되는 것이 타당함

- 상류의 유출량 예측과 해수유입량 예측을 통하여 선제적 하굿둑 운영이 가능

○ 국가·지방하천의 49%는 하굿둑, 방조제 등이 설치된 닫힌 하구 형태로서 염수가 유입되는 기수역의 모니터링 기술 부재

- 정부의 하굿둑 개방 정책에 따라 하굿둑 개방이 단계적으로 시행될 예정이나, 하굿둑 수문운영의 기초가 되는 염분 모니터링 자료 취득 미흡

- 현재 운영 중인 수질관측소는 고정식으로 운영하여 상류 염수침투 거리를 모니터링하기 위한 수단으로 활용이 어려움

- 3차원 수리모형을 활용한 염분의 공간분포를 예측할 수 있으나, 모형의 검증을 위한 관측자료의 확보가 어려움

- 정부의 하굿둑 개방 정책에 따라 하굿둑 개방이 단계적으로 시행될 예정이나, 하굿둑 수문운영의 기초가 되는 염분 모니터링 자료 취득 미흡

- 하굿둑 등 수리시설물 운영 및 기수역 하천환경 관리 등을 위해서는 연속적인 유속·유량·유사량의 정교한 모니터링이 필수이나, 기존 모니터링 기술은 일반 하천을 중심으로 개발되어 왔음

- 조석 영향구간의 양방향 흐름조건, 염분농도의 변화, 점착성 유사 함유 등의 특성으로 기존 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 직접 조석영향 구간에 적용하기는 곤란

- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간은 하천과 해안 특성이 복합적으로 발생하여 분석 및 예측이 어려움에도 불구하고 국내적으로 기술이 적용된 사례가 부족한 만큼 기수역의 예측 및 하굿둑의 안정적인 운영을 위해 주변의 상황을 인지할 수 있는 모니터링 및 분석 기술이 요구됨

- 하굿둑 주변의 포괄적 감시 및 분석을 위해 시간/공간적 해상도가 높은 변화탐지 모니터링 기술이 필요함

- 단순한 모니터링 외 하굿둑 특성에 대한 예측에 활용이 가능한 연계적 분석시스템이 필요함

- 통합물관리의 새로운 시대를 맞이하여 강의 자연성 회복의 일환으로 추진 중에 있는 기수역의 재조성 및 기수역의 체계적인 관리를 위해서는 연속적이고 정교한 유속·유량·유사량의 모니터링이 필수

- 유속·유량·유사량 모니터링은 국가의 하천 및 수자원관리를 위한 기초자료를 생산하는 수문조사의 일환으로 정부 지원이 필수

○ 재조성되는 기수역의 구간 관리를 위한 흐름, 수질, 염분 등의 실시간 데이터 취득 기술 필요

- 최근 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용하여 일반하천에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술이 개발되고 있으나, 조석 영향 구간의 특수성을 고려한 적용기술 개발 및 적용성 평가가 필요

- 드론 및 IoT기술을 접목하여 광범위한 영역의 다양한 자료를 실시간 취합한 후, 빅

데이터 분석을 실시하면 정교한 모의가 가능해지며 이를 이용하여 정확한 원인 진단 및 피해 방지를 위해 다양한 대책 등을 제공하는데 활용

- 현재 개발되어 사용되는 USV를 하천조사용으로 소형·경량화하여 수질 공간분포 모니터링을 위한 플랫폼으로 활용이 가능하며 ADCP, CTD 등 기존 상용 흐름·수질 계측 센서를 탑재하여 흐름과 수질을 동시 측정하는 기술로 개발할 필요가 있음
- 따라서 수층별 모니터링 정보를 토대로 통합관리체계 운영을 위한 로직 개발과 예경보 체계 구축을 위한 알고리즘 기술 개발이 필요함
- 하천 염해 발생 우려 시 신속한 대처가 이루어지기 위해서는 기수역에서 적절한 염분 측정망을 구성하여 염분 이동에 대한 정확한 정보를 전달하여 염해 발생 상황을 빠짐없이 감지할 뿐만 아니라, 잘못된 염해 발생 경보를 최소화 할 필요가 있음
- 센서 및 그 유지관리 비용을 고려하였을 때 동일한 정확도에서 센서의 수를 최소화하는 배치기술이 요구되며, 각종 이해 당사자들이 원활한 의사결정을 하기 위한 지원 모듈을 개발하여 염해 발생을 감지할 수 있는 솔루션 제공이 필요함
- 염해 발생 감지 기술은 상류의 방류량과 기수역의 조석 변동 등과 같이 다양한 외력에 따라 시·공간적으로 민감하게 반응하기 때문에, 정확한 염해 감지를 위한 염분 측정망 구성의 파레토 최적 솔루션을 제공하여 의사결정에 직접적으로 활용할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있음

○ 기수역 확보에 따른 친환경 공간 조성 및 염해, 해일 등의 피해 방지와 같은 2가지 측면의 상충될 수 있는 목표 달성을 위한 새로운 수문 운영 시스템 필요

- 현재의 하굿둑 수문 운영은 염수 침입 방지를 위한 일방향 흐름 제어를 위한 것으로 기수역 조성과는 거리가 먼 운영 체계로 구성
- 조위와 하천 수위를 고려한 하굿둑 수문의 합리적 운영을 통한 일정 기수역 확보 방안 마련 기술 필요
- 현정부의 4대강 재자연화 및 하천 관리정책의 반영을 위해서는 새로운 형태의 하굿둑 수문 운영시스템 개발 필요
- 정부추진 계획인 하굿둑 수문의 전면 개방 시 염해 오염, 해일 재해 등의 피해 규모 예측 및 영향평가 대책이 미흡하기 때문에 합리적인 하굿둑 운영을 위한 수문 운영기술 개발 필요

○ 하굿둑 주변 지역 염수침투 피해발생 저감을 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 제시 필요

- 기수역 모니터링 자료 부족 극복 및 수문개방 결과 예측을 위해 다양한 하굿둑 운영 시나리오 생성 및 기수역 조성에 따른 환경변화 예측기술 개발 필요
- 기수역 조성에 따른 염수침투 피해를 방어하기 위해 적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 개발이 필요
- 하굿둑 개방에 따른 염수침투에 대한 모니터링 자료 부족문제를 극복하기 위해 하굿둑 운영, 염수 침투를 고려한 시뮬레이션 기반 예측 데이터 구축 필요

○ 하굿둑 운영의 객관성 확보 및 운영 유지 비용 절감을 위한 자율운영기법의 도입 필요

- 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요
- 하굿둑 운영 시 급작스런 주변 조건의 변동이 예측될 경우 단기적인 예측치의 수문운영에의 반영 필요성

- 인공신경망 자체의 단기 예측기능을 활용하여 하굿둑 운영에 반영 필요
- 학습자료의 선택을 자율적으로 판단하여 비지도학습이 가능한 기계학습모형의 개발 필요성

○ 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측 자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요

- 다양한 종류의 광범위한 빅데이터가 제공되었을 경우 자료의 효율적 관리 및 가시화 필요

○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 상류의 댐•보 방류량과 연계하여 염수 유입량을 결정하는 정밀한 기술이 요구됨

○ 기수역 구간을 일정하게 유지하는 정교한 운영이 필요한 만큼 사전에 운영에 따른 영향을 검토하는 작업이 필수적이며 디지털트윈시스템을 구축하고 시뮬레이션을 수행할 필요가 있음

- 따라서 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 구축하고 상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영에 따른 결과를 예측하는 기술이 필요함
- 디지털 트윈(Digital Twin)은 산업용 사물 인터넷(IIoT) 연결 플랫폼을 통해 수집된 데이터와 결합해 인사이트 구성하고 이를 기반으로 엔지니어는 실제 운영 환경에서 스마트 기계를 분석, 운영 중인 제품 동작에 대한 정확한 피드백을 얻음으로써 예기치 않은 중단과 같은 위험을 줄이고 시스템 운영을 위한 내실화를 높일 수 있음
- 본 연구에서는 하굿둑 운영에 대한 시뮬레이션을 통하여 운영 결과를 예측할 수 있어 시행착오에 대한 위험을 크게 감소시킬 수 있음
- 기존의 다목적댐 ROM 과 하구둑 운영지침은 개별적으로 전혀 연관성 없이 운영되어 수자원 확보 및 보존을 위하여, 조석간만, 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술의 개발이 필요함.
- 따라서 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술 개발이 필수적임

○ 하구둑 수리구조물에 대한 BIM 표준모델을 제안함으로서 유사한 구조물의 관리 시스템을 효율적으로 운영할 수 있을 것임

- 기간시설물의 운영관리를 위한 BIM 기반의 인프라 구축 및 확장을 수행할 수 있을 것임

○ 최근 들어 추진 중인 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 변경되는 하구둑 주변의 흐름변화로 인하여, 주변 지형변화가 필연적으로 동반될 것으로 예상됨

- 따라서 장기적인 관점에서의 국토관리와 미래에 발생 가능한 인적.경제적 피해를 방지하기 위해서, 주변 연안지역의 장기적인 지형변화양상을 예측할 수 있는 기술이 필요함
- 기수역 대하천의 지형 특성에 따라 유사의 거동이 육지 방향 또는 연안 방향으로 발생하는 것으로 생각되나, 현재까지 하천의 평면특성에 따른 조위와 유속 사이의 관계를 살펴본 연구사례가 국내에서는 발견되지 않음

○ 국토의 안정적인 관리는 정부의 가장 중요한 의무 중 하나임

- 하굿둑의 개발, 하구역 및 기수역의 생태 모니터링 기술의 개발 등 과학기술적 측면의 연구가 계속해서 이루어지고 있지만 하굿둑을 포함한 하구역의 법적·정책적 분

	야에 대해서는 여전히 불모지의 상태가 계속되고 있음 - 일부 「하구관리법」의 제정 움직임 등이 있으나 여전히 하구역의 사회과학적 측면의 접근이 부족하여 이에 대한 축적된 연구가 필요함 - 하구역은 해수부와 환경부, 국토부, 농림부를 비롯하여 다수의 공공기관이 운용 및 관리에 참여하고 있어 공공부문의 역할이 강조되는 필연성 존재 - 다양한 이해당사자가 존재하며 갈등에 대한 사회적 손실을 경감시키는 역할이 가능함 - 하굿둑으로 단절된 기술역 생태계의 표준화된 모니터링·평가를 위한 고도화 기술 및 이에 따른 복원 등 생태적 적응관리기법의 부재로 환경영향평가 등 국가 환경관리의 비효율성 상존 ○ UAV & ICT 등 첨단 기술의 접목을 통한 과학적이고 표준화된 기술의 개발로 관련 국내외 시장의 수요기반 확대 및 일자리 창출 ○ 수질오염 지표 어종 및 멸종위기 어종의 상시 모니터링 기술과 같은 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성공여부를 판단하거나 예측할 수 있는 기술개발이 필요 ○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재 조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 기수역의 생물적, 물리적 환경의 모니터링 고도화 및 관리기술이 필요 - 첨단기술과 연계된 과학적이고 체계화된 국가 환경관리시스템 구축의 원천기술 확보 - 원격탐사를 통한 생물 모니터링 시스템을 구축하고 하굿둑 운영에 따른 생물 분포 변화를 예측하는 기술이 필요함 - 생물다양성 확보를 위해 기수역 생태계를 고려한 건강성 평가 기술이 필요함 - 한국의 기수역 및 생태특성에 맞는 서식처 모델 개발이 필요함 - 산정된 기수역의 주요 생태계에 대한 최적 서식지 조건을 하굿둑 운영에 시스템에 결과를 활용할 수 있음
□ 기술동향	○ 무선 센서 및 영상기법 등의 기술의 발전으로 구조물 모니터링 기술의 적용 및 활용성이 극대화 되고 있음 ○ 최근 무인항공체(드론) 등을 이용하여 영상기반으로 구조물의 진동을 측정하며, 딥러닝 기술을 활용하여 손상을 자동으로 찾아주는 기술이 개발되고 있음 ○ 수문 모니터링 기술은, 측정한 진동정보로부터 현재 수문의 상태를 예측하고, 수문의 움직임을 실시간으로 모니터링 하여 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영방안이나 AI 기반 자율운영, 디지털 트윈 운영기술 개발에 적용 될 수 있음 ○ IOT 네트워크 기반 홍수량 계측정보 전송 기술로 집중강우로 인한 침수위험 지역의 유량계측 관측망 작동 및 준실시간 계측정보 수집을 통하여 침수위험지역 예측하여 위험 대응이 가능 ○ IOT 등의 첨단기술의 발전으로 수리 계측 장치에 접목하여 실시간 데이터 분석 기술의 적용 및 활용성이 극대화되고 있음 ○ 최근 들어 유체와 구조물 간의 상호작용을 고려하는 연구가 다수 진행되고 있음 ○ 하굿둑 수문, 교량, 바닥보호공, 물받이공 등 하굿둑 주요시설물에 대한 영향 검토를 위해 3차원 수치모형 (FIOW3D, GMO모델 등)을 활용한 역방향 흐름에 대한 유체해석, 국부세굴, 구조해석 등이 다수 진행되고 있음 ○ 최근 SUNTANS(Delft3D) 모형과 3차원 EFDC 모형 등을 활용하여 하굿둑 개방수준별 다양한 상황에 대한 조위/조류/수온/염분 등이 분석되고 있음

○ 전 세계적으로 이상기후에 따른 기후변화로 태풍과 지진해일과 같은 자연재해 발생의 증가로 해수면 상승시 내륙지방에 범람 피해를 유발하여 하류의 해일 소상 재현을 시뮬레이션하기 위한 기술들이 개발되고 있음

○ 컴퓨팅 파워 및 기법의 개발로, 유체-구조물 상호작용 등 정밀한 수치해석의 개발 및 활용이 가능함

○ 한국의 IoT 기술수준은 IoT 디바이스의 사업화 측면에서 볼 때 최고 기술국가(미국) 대비 83.1%로 미국(100%)과 일본(86.6%)보다 낮고 중국(79.8%)보다 높음.

○ 분야별 기술수준은 네트워크 분야가 평균 85.1%로 가장 높고, 그 다음으로 서비스(83.5%), 디바이스(83.2%), 플랫폼(79.6%) 순서임

○ 기술단계별 기술수준은 응용 단계가 평균 83.2%로 가장 높고, 그 다음으로 사업화(82.8%), 기초(82.6%) 순서임

○ 플랫폼·디바이스 분야는 기초 단계의 기술수준이 가장 낮고, 네트워크 분야는 응용 단계의 기술수준이 가장 낮고, 서비스 분야는 사업화 단계의 기술수준이 가장 낮음

○ 사이버물리시스템(CPS : Cyber Physical Systems) 기술과 같은 원천기술 분야에서는 미국, 독일 등 선진국 대비 상당한 기술격차를 보이고 있어 기술개발 집중이 필요

○ 사물인터넷(IoT)는 높은 성장 잠재력을 바탕으로 향후 정보통신산업의 발전을 주도하고, 디지털화·초연결·빅데이터·지능화의 기반을 형성하여 4차 산업혁명 시대를 열어갈 핵심 요소이나, 국내 IoT 산업은 아직까지 기업 규모가 작고, 분야(업종)의 편중이 크고, 기술수준이 낮은 측면이 있음.

○ 컴퓨터비전 기술은 카메라, 스캐너 등의 시각(vision) 매체를 통해 얻은 광학이미지를 분석하여 구조물의 상태를 모니터링하고 유지관리에 활용할 수 있는 기술로서, 수리구조물의 성능저하 및 노후화로 인한 형상 변화를 분석할 수 있음

○ 첨단 광학장비 (레이저스캐너, 광학카메라 등)의 발전으로 광학이미지를 활용한 구조물 유지관리 분야에 적용하려는 사례가 증가하고 있으며, 30년 이상 되는 댐 시설물은 2018년 기준 전체 603개의 댐 중 386개(전체 64%)로 토목 시설물 가운데 고령화가 가장 심각한 상황임

○ 따라서, 수리구조물의 노후화로 인한 변형을 탐지하고 평가할 수 있는 구조물 모니터링 기술시장이 크게 성장하고 있음

○ 기수역 하천의 인공구조물은 해수의 염분영향 및 해양생물의 고밀도 생물오손은 콘크리트와 같은 재료 자체의 부식과 구조물 기능과 안정성에 영향을 미치고 있어 이에 대응하기 위한 재료 공학적 연구가 증가하고 있음

○ 높은 인구 밀도와 이동, 수출입 선박 이동 등으로 기수역의 인공구조물은 국외 유입 해양생물의 서식처가 되며 이에 대한 제어기술 개발 수요가 높음

○ 미생물활용 바이오재료, 하이드로겔 등의 재료공학 발전으로 인공구조물 구축 및 유지관리를 위한 새로운 재료의 적용 및 활용성이 커가고 있음

○ 인공구조물 표면 염해 저감 및 생물오손 저감 기술은 신규 구조물 및 기존 구조물에도 적용 가능함으로 기수역 및 해양환경의 인공구조물 열화 및 유지관리를 위한 기술로서 광범위하게 적용 가능함

○ 최근 통합물관리 기조에 따른 수량-수질-재해예방의 일체화된 관리체계 구축이 중요하게 되면서 수량-수질-재해예방의 통합분석기술 개발의 필요성이 제기되고 있음

○ 동아시아 지역의 태풍피해가 점차 증가추세에 있는 실정이나 하굿둑의 건설, 구조변화, 개방/차단 등 수공구조물 형식 변화에 따른 침수범람 피해영향 등 재해예방 측면에 대한 검토가 적절히 이루어지지 못하였음

○ 하구역에서 재해예방을 목적으로 해수-외수 통합모의 기술이 개발되었으나 환경수리적 효과를 평가하는 데 한계를 지님

○ 해수와 외수의 혼합으로 조성되는 기수역에서 하굿둑 단면변화로 인한 다양한 환경수리적, 재해예방적 변화가 발생할 것으로 예상되나 이를 통합적으로 분석하고 평가할 수 있는 기술이 관련 산업/시장에 부재함

○ 기수역에서의 흐름, 유사이송, 파, 수질 모델링을 위해서는 외국에서 개발된 Delft3D와 UnTRIM 동수역학 모형이 사용되고 있음. 이러한 상용화된 모형들은 비전문가도 쉽게 적용할 수 있지만 연직방향 격자는 σ-좌표법을 사용하여 정확도에 한계가 있고, 격자 해상도별로 매개변수 검증이 필요함

○ 대상 하굿둑 시설물과 지형에 적합하게 구성된 계산격자 상에서 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 수치모형이 다양하게 진행되고 있음

○ 난류 해석, 해수-담수 사이의 중력류 해석, 흐름 및 오염물질의 동적 거동 해석 등을 복잡한 지형을 고려한 고해상도 격자 상에서 병렬계산을 수행하면 높은 신뢰도의 상세 예측 정보 제공이 가능하여 다기능 하구구조물 시스템 운영에 적용할 수 있음

○ 딥러닝을 이용한 예측 시스템은 여러 산업분야에서 다양하게 사용되고 있으나, 수문변수들에 대한 예측에는 적용이 미미한 실정임

○ 양방향 흐름이 발생하는 조석 영향 하천구간에 초음파를 이용하여 유속·유량을 모니터링 하는 기술이 전 세계적으로 활발하게 연구 중이나, 국내의 경우 관련 연구가 거의 없는 실정임

○ 유사량 모니터링의 경우 전통적으로 채수 후 농도 및 입도를 분석하는 기술이 사용되고 있으나, 최근 선진국을 중심으로 광학, 초음파, 레이저 등 대리변수를 이용한 유사농도 또는 입도를 모니터링 기술이 개발되고 있으나 기수역에서의 적용성은 검증이 필요함

○ 최근 낙동강, 섬진강 등 기수역에 인접한 하류에서의 염해 원인을 규명하여 수생태계를 복원하고 지속 가능한 물 이용체계를 마련하기 위한 연구가 추진되고 있음

○ 첨단 기술의 발전으로 여러 가지 시나리오에 기반한 모의가 가능하여, 빅데이터에 기반한 측정 센서의 다목적 파레토 최적화 기술 적용의 필요성이 높아지고 있음

○ 염분 측정망 최적화 기술은 기수역에서 염분 센서를 공간적으로 적절히 배치할 수 있는 후보군을 분류하고, 이들 중 염해 발생 감지의 정확도와 경제성을 고려한 다항의 목적함수로 구축하여 이를 최적화하는 기술로서 사용자가 직면한 문제에 대한 정보를 추출하고 최종 솔루션을 선택할 때 더 나은 의사결정을 내릴 수 있는 최적해들의 집합체인 파레토 최적 솔루션을 제시할 수 있음

○ 드론 기술은 급속한 발전으로 일반 취미용에서부터 군사용까지 드론의 활용분야는 매우 다양하며, 건설 분야에서도 드론을 활용하여 광범위한 영역의 촬영 및 사람의 접근이 어려운 지점의 근접 촬영 등에 사용하고 있음

○ 드론 영상장치 또한 동시에 발전하여 드론영상을 활용한 모니터링 기술은 RS분야 중 효율성 및 응답성을 고려하여 활용도가 매우 높음

○ 드론 시장은 2014년 53.1억 달러이며 2023년에는 124.7억 달러 규모로 커질 것

으로 예상되고 있으며 다양한 형태의 드론이 현재도 꾸준히 개발되고 있는 상황임

- ○ 드론과 광학원격탐사 기법을 이용하여 방대한 하천 및 해역에 대하여 수심 측량을 포함한 실시간 지형변화의 측정이 이루어지고 있으며 더불어 영상분석 및 인자화를 통해 다양한 수리학적 현상을 이해하는 것으로 적용이 확대되고 있음
- ○ 국외에서는 1990년대 이후 해양분야를 중심으로 USV 연구개발이 지속적으로 추진되었으며, 국내에서도 해양조사 및 정찰 등을 중심으로 한 USV가 개발
- ○ 국내 USV 개발은 선박해양플랜트연구소 및 국방과학연구소에서 해양방위용으로 개발되고 있으며, 2019년에는 해양방위를 위해 개발된 전장 8 m, 무게 3 ton의 USV가 공개
- ○ 수질관측을 위해 하천변 또는 교각에 설치된 구조물에 고정된 센서로부터 계측된 자료를 이용하고 있기 때문에 수질인자의 공간적 변화 계측이 어려운 상황임
- ○ 수질오염사고 예방과 신속한 대처를 통해 최적으로 수질관리를 하고, 정책품질을 제고하고자 2004년 시·도별 수질원격자동감시체계(TMS : Tele-Monitoring System) 구축 및 운영
- ○ 미국의 REON(River & Estuary Observatory Networks) 프로젝트에서 자율 로보틱 프로파일러에 의해 하천을 움직이며 분 단위로 수량 및 수질정보를 획득하는 센서 어레이를 구동시켜 각종 데이터를 수집한 후 분산 컴퓨팅 네트워크로 구현함
- ○ 유럽(EU)의 Water Resources Management Information System인 WaterWare는 수지원관리를 위한 통합 정보의사결정시스템으로 영국의 Thames강, 멕시코의 Lerma-Chapala 유역, 팔레스타인의 West Bank and Gaza, 말레이시아의 Kelantan강, 중국의 양쯔강에 적용되면서 개발하고 있음. 일본은 직접투입방식 616개소, 채수방식 453개소의 수질자동관측소를 설치하여 운영하고 있음
- ○ 낙동강 하굿둑의 경우 유입유량 규모에 따라 평시, 홍수시, 비상시 3단계로 나누어 수문을 운영
- ○ 선진국의 경우 양방향 부분 개방형 또는 상시 개방형 하굿둑 형태로 운영하면서 수문·기상·해양조건 등의 여러 조건을 고려하여 일정 길이의 기수역 확보가 가능하도록 정밀한 수문제어 운영
- ○ 센서의 기술발전과 ICT 기술의 보급으로 대량의 측정 자료의 원격수집과 이를 통한 빅데이터가 축적되고 있음
- ○ AI 기반 기술의 발전으로 여러 산업 분야에서 AI를 활용한 각종 어플리케이션 개발이 활발하고 특히 자율주행, 영상판독 등에 활발히 이용되고 있음
- ○ 국가하천의 효율적 관리를 위해 표준화 및 전산화된 하천정보를 제공하는 하천관리지리정보 시스템(RIMGIS)가 개발되어 활용 중
- ○ 하천시설물 운영 의사결정을 지원하기 위한 통합 DB 개발 사업이 진행 중이나 하굿둑 개방에 따른 의사결정 프로세스 개발은 미미한 상황
- ○ 현 하굿둑 운영 매뉴얼은 염수 침입 방어를 목적으로 하기 때문에 적정 기수역 유지를 위해서는 하굿둑 운영 상황 별 의사결정 모형이 필요
- ○ 하굿둑 자율운영의 경우 홍수방어를 위한 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 일부 구현되어 있으나, 비지도 학습을 통한 자율운영 기술의 경우 본 연구를 통해 최초로 개발될 것으로 기대
- ○ 디지털 트윈 기술은 가상세계에서 장비, 시스템 등의 상태를 모니터링하고 유지·

보수에 활용할 수 있는 기술로서 운영에서 발생 가능한 다양한 상황을 예측하여 위험 대응이 가능

○ BIM, IoT 등의 첨단기술의 발전으로 디지털 트윈 기술의 적용 및 활용성이 극대화되고 있음

○ 디지털 트윈은 실물과 똑같은 상태로 가상화된 물체(쌍둥이)를 제작해 시뮬레이션하는 기술로서 현실과 같은 상황에서 반복적인 시뮬레이션을 수행하여 발생할 수 있는 위험성을 사전에 검증하는 것이 가능하므로 이를 댐·보 등 상류의 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영방안이나 AI 기반 하굿둑 자율운영 기술의 영향을 검토하는 데 적용할 수 있음

○ BIM을 채택하는 국가가 증가하고 있으며, 건설사에서도 관련 기술의 도입이 활발하며 Cloud를 통한 정보의 교환이 활발해 지면서 FM(Facility Management), 안전 관리분야에서 BIM의 활용이 주목받고 있음

○ 영국(Crossrail)의 경우 건설자산에 대한 실시간 서비스 및 계측을 위해 Digital Twin을 적용하고 있으며 영국정부 주도로 Digital Framework Task Group을 통해 디지털 트윈 생태계 구축을 위한 계획을 발표하였음

○ 수리모형실험 및 수치해석은 실험의 반복성과 재현성, 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다는 측면에서 널리 이용되는 방법으로, 유사 거동에 따른 지형변화를 사전에 검토해 볼 수 있음

○ 반복적인 수리모형실험 및 수치해석을 수행하여 발생 가능한 다양한 상황에 대한 예측과 고품질의 빅데이터 축적이 가능

○ 하구역은 수자원확보 및 농업이용을 주된 목적으로 하굿둑의 설치와 함께 주요 개발전략의 일환으로 운영되어 왔으나 최근 기수역의 적극적 활용 및 생태적 측면에서 하구역의 중요성이 부각됨

○ 또한 하굿둑의 오랜 운영으로 인하여 나타나는 유속의 저하, 수질악화 및 오염물질의 축적 등으로 지금까지의 단방향 하굿둑의 운영방식에 문제가 제기되고 있음

○ 미국, 네델란드 그리고 일본의 개방형 하굿둑의 모델의 안정적 운용을 벤치마킹하여 수계별로 효용을 극대화할 수 있는 하굿둑의 개발이 추진되고 있음

○ 기수역 생태계의 구성요인과 구조에 대한 조사분석 및 모니터링 방법은 일반화되어 있으나 하굿둑 등 수리구조물과 연계된 모니터링 및 적응관리기법은 표준화 및 상용화되어있지 못한 상태임

○ 선진국을 중심으로 자국의 특성에 적합한 UAV 등 고해상도 영상 및 첨단기술과 연계된 공간지리정보(GIS)의 구축과 활용을 통한 과학적이고 체계적인 모니터링·평가 및 적응관리 기술이 개발·적용되고 있는 추세임

3. 연구개발 내용

(1세부) 안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술

○ (1-1공동연구) 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술

- 정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 리모델링
  - ◆ 고속개폐 및 상시 자체(E-MCC, RTU) 및 연계시설물(모터, 계측기 등) 개선 기능 개발
  - ◆ 연계시설물 정밀제어 기능 개선

◆ 수문 동작시 진단(진동, 소리, 온도) 및 자율 대응 기능 개발

- 수문 자율제어지원 기능 개발
  - ◆ 저전압, 소형화, 규격화된 전자동력제어반(E-MCC) 개발
  - ◆ 사물인터넷(IoT) 무선통신 모듈을 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발
  - ◆ 통신두절시 자율운영과 통신재개시 운영데이터 전송 및 자동복구 기능 개발
  - ◆ 운영프로그램(HMI : Human Machine Interface) 개발

○ **(1-2공동연구) 수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가**

- 하굿둑 구조물 주변 국부흐름 해석 및 안정성 평가 데이터베이스 구축
  - ◆ 하굿둑에 대한 유체-구조물 상호작용 3차원 수치해석모형 개발
  - ◆ 실시간 모니터링 데이터를 활용한 구조물 영향 수치해석 기술 개발
  - ◆ 세굴해석 및 하상보호공 설계 기술 개발
- 하굿둑 구조물 안정성 확보 기술 개발
  - ◆ 수치해석 데이터베이스를 활용한 AI 기반 구조물 응답 평가 기술 개발
  - ◆ 실시간 구조물 상태 평가 및 구조 안전성 평가 기술 개발

○ **(1-3공동연구) 하굿둑 구조물 염해저감 및 장수명화 기술**

- 수리시설물 손상검출 기술
  - ◆ 광학이미지를 활용한 AI기반 수리 구조물 손상검출 알고리즘 개발
  - ◆ 컴퓨터비전을 활용한 수리 구조물 손상영역 가시화 기술 개발
- 수리구조물 장수명화 기술
  - ◆ 하이드로겔을 활용한 콘크리트 표면보호 및 염분내성 강화를 구조물 피복 기술
  - ◆ 하이드로겔 기반 친환경 및 생태모방 기술 적용 Antifouling 및 Fouling 제어 기술
  - ◆ 기존 유지보수 재료와의 비교 및 통합을 통한 고효율 융복합 유지보수 기술
  - ◆ 염분에 노출된 구조물 표면의 전주기 유지관리 기술

(2세부) 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술

○ **(2-1공동연구) 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술**

- 기수역 수환경 모니터링 시스템 구축
  - ◆ 실시간 관측자료 데이터 베이스 구성
  - ◆ IOT 기반 실시간 염분, 수질 모니터링 기술 개발
  - ◆ 기수역에서 양방향 유속 및 유량 측정기술 개발
  - ◆ 양방향 흐름조건에서 유사량 모니터링 기술 개발
- 기수역 생태계 모니터링 시스템 구축
  - ◆ UAV & GIS 활용 생태모니터링 공간정보화 구축
  - ◆ 표준화된 기수역 생태계 조사기법 기술 개발
  - ◆ E-DNA 생물 분포 패턴 분석 및 생물이동성 분석 첨단기술개발
- 기수역 모니터링 데이터 통합관리 시스템 구축

◆ 실시간 관측자료 데이터 베이스 구성

◆ 기수역 모니터링 실시간 데이터 통합관리 모형 개발

○ **(2-2공동연구) 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술**

- 기수역 흐름, 수질, 염분, 하상변동 수치모형 개발

◆ 양방향 통수에 따른 기수역 유속, 수위, 유량, 지하수 등 수리량, 흐름 구조와 수질, 염분, 유사 등 물질의 동적 거동에 대한 분석을 위한 3차원 수치모델 개발

◆ 수치모델링 기반 하굿둑 운영 시나리오에 따른 기수역 조성 범위 예측 기술 개발

◆ 계측센서 수 별 센서 공간 배치 최적화 기술 개발

- 기수역 수리량, 수질, 염분, 유사, 지하수 모델링 데이터 통합관리 모형 개발

◆ 하굿둑 운영 시나리오별 수리량, 수질, 염분, 유사 수치해석 결과 데이터베이스 구성

○ **(2-3공동연구) 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술**

- 흐름과 유사의 상호작용에 따른 하천 및 연안 지형변화 예측 기술 개발

◆ 기수역 양방향 흐름 장기유지에 따른 장단기 환경 변화 예측 기술 개발

◆ 하구둑 주변 연안지형의 장단기적인 연안지형변화 예측 기술 개발

◆ 기수역 유사 공급체 추척 및 예측 기술 개발

- 기수역 생태계건강성 평가 및 보전 기술 개발

◆ 기수역 생태계 건강도 평가 척도 개발

◆ 기수역 복합 생태계를 고려한 서식처 모델 개발

(3세부) 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술

○ **(3-1공동연구) 상류 수리구조물 연계 최적운영기술**

- 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발

◆ 댐•보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술 개발

◆ 수리구조물 연계 디지털 트윈 시스템 구축

◆ 디지털트윈 시스템을 활용한 시나리오 시뮬레이션

- 하굿둑 수리구조물 BIM 플랫폼 개발

◆ 하구둑 수리구조물 BIM 표준 개발

◆ 하구둑 수리구조물 의사결정 요소와 운영을 위한 AI와 센서망과 빅데이터 연동 기술 개발

◆ 하구둑 수리구조물의 자율운영을 위한 디지털트윈 기반의 BIM통합 플랫폼 개발

○ **(3-2공동연구) AI 기반 수문 자율운영기술**

- 기수역 데이터 통합관리 시스템 구축

◆ 드론을 이용한 하천 및 해역의 정교한 수심측량 및 실시간 지형변화 탐지 기술 개발

◆ 기 관측 자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이

터 베이스 구성

◆ GIS 기반의 기수역 환경변화 공간정보 가시화 시스템 개발

- 적정 기수역 확보를 위한 의사결정 프로세스 개발

◆ 빅데이터 기반의 유량-조위-수문 개도율에 대한 기수역 변화 관계 구축

◆ 수문운영 의사결정지원 프로세스 개발

- AI 기반 하굿둑 자율운영 플렛폼 개발

◆ 하굿둑 자율운영을 위한 목적별 맞춤형 심층기계학습 모형 개발

◆ 수문 자율운영 에이전트 구성 및 적용

○ **(3-3공동연구) 기수역 관리를 위한 법제도 개선**

- 통합수자원관리 차원의 하굿둑 운영지원 방안 개발

◆ 통합수자원관리를 위한 다부처 참여방안 개발

◆ 통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발

◆ 기수역 조성 및 관리를 위한 법·제도 개선

◆ 양방향 통수 하굿둑 관리를 위한 법·제도 개선

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 수리모형실험과 수치모형실험의 비교를 통한 수치모형실험의 타당성 확보 및 신뢰성 향상

○ 기존의 기술은 큰 규모를 대상으로한 장기 모의에 적합하므로, 장기모의에 대한 수렴성 테스트에서 비교 및 검증 용도로 활용 가능함. 또한 지난 수 십년간 발전되어온 기존의 공식들이 유도되는 과정에서 적용된 개념 및 무시된 가정들을 검토하여 관심 대상의 규모에 대해 적합한 하상변동 모형을 견고히 구축할 수 있도록 함

○ 하상 세굴이 문제되었던 선례나 이에 관한 기존의 연구들을 면밀히 조사하여 실제 현장 적용성이 반영된 관심 대상의 규모 선정.

○ 수리구조물에 대한 센싱, 비교, 분석, 판단, 자율제어하는 기술에 대한 특허 확보

○ 정기적인 레이저스캐닝 및 광학 기기를 활용한 수리 구조물 형상관리 데이터베이스 구축

○ 댐 사면, 하굿둑 등의 손상 이미지를 활용하여 균열, 파손, 부식 등의 이미지 분석을 통한 시설물 모니터링 시스템과 연계

○ 고성능 클러스터를 확보하여 병렬계산을 수행함으로써 고해상도 격자상에서 효율적 수리 및 수질 모델링 수행

○ 하굿둑 운영을 통한 기수역 재조성 하천에 직접 적용할 수 있는 기술을 통한 적용성 확보

○ 국토부의 홍수통제소와 한국수자원공사 등 하구둑, 댐, 보 등에서 운영되고 있는 방법론 및 국외 하굿둑 수문 운영 방안 비교 및 검토를 통한 자동운영기술 개발

착안점 제시

- ○ 기존 하굿둑 수문 실제 운영 자료 및 수리해석, 모의 자료 등의 검토를 통한 각 하굿둑 해당 하천에서의 강우, 유속, 수질 등의 수문정보 자료 확보 및 자동운영기술 개발 활용
- ○ 하천에 대한 종합정보를 제공하는 RIMGIS와 연계하여 하굿둑 운영 의사결정 프로세스로부터 결정된 목표 기수역 확보범위를 제시
- ○ 실시간수질정보시스템을 통해 GIS 기반의 기수역 확보범위 가시화
- ○ 본 연구는 기 개발되어 활용되고 있는 기술을 적용 통합하는 연구로서 현재 활용되고 있는 AI, 데이터베이스, 빅데이터 관련 연구 결과를 적용 통합할 것임
- ○ 의사결정기법은 최적화 기법과 의사결정지원을 위한 표출 기술을 적극 도입
- ○ 원격 측정 기술을 활용한 빅데이터 수집과 데이터베이스 기반 구축 기술
- ○ 기수역에 적용 가능한 모델 선정 및 기수역 모니터링 자료 연계 결과 검증 후 시나리오 생성
- ○ 기수역 모니터링이 가능한 열린하구를 테스트베드 대상으로 선정, 염분.수질 공간분포 모니터링 기술 개발
- ○ 모델링 및 모니터링 축적 자료에 기반한 빅데이터 기반 딥러닝 모델 개발 후 하굿둑 운영 의사결정지원 플랫폼 적용
- ○ 디지털 트윈 기술을 선도하고 있는 제조업분야의 선진적인 기술을 벤치마킹하여 SOC 시설물의 운영에 활용할 것인가에 대한 연구가 필요함
- ○ UAV 기반의 하천환경지도 작성방법의 고도화 및 이동성 중요 생물종의 추적장치 및 무인 센서 활용기술의 적용성 검토 및 활용
- ○ 위성영상, 드론 촬영과 GPS측량을 통하여 대상지의 정확한 지형정보 획득
- ○ GIS와 통계적 식생분포모델을 이용하여 하굿둑 식생 모니터링 및 분류 시스템 구축
- ○ 기존의 생태계 지표생물 선정 기법과 수생태계 건강성 평가 기술 활용
- ○ 담수지역의 하천 유지유량 산정방법 및 유량관리 기술을 서식처 관리 모델 개발에 활용
- ○ 실시간 자동수질측정시스템을 이용한 상시모니터링 시스템을 구축하여 수질오염 및 환경요인 변화로 인한 수질 오염원의 경로파악 및 어류폐사의 예방에 활용
- ○ 우리나라의 생태계 수건강성 평가기술은 세계적으로 높은 수준이며 기수역을 대상으로 한 건강성 평가기술 개발을 통하여 선도적 기술을 제공할 수 있음
- ○ 생태계 관리기술은 하천복원이나 보존을 위해 수자원환경 관리에서 전세계적으로 주목받는 연구분야임
- ○ 하천을 대상으로 PHAPSIM 등 많은 생태계 서식처 모델이 개발되어 활용되고

	있음 ○ 한국의 기수역 생태특성에 맞는 서식처 모델을 개발하고 안정적인 기술역 관리에 적용할 필요가 있음
□ 추진체계	○ 구조물 모니터링 분야 및 수리 계측 장치와 IOT를 연계한 기술은 전세계적으로 주목받고 연구되고 있는 분야로서, 관련 분야 국제협력 등을 통하여 국내외 전문가를 활용한 연구의 수행 ○ 무선센서와 드론, 영상처리 기술 등 IOT 접목 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행 ○ 다항목 수리계측 장비 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행 ○ 수치모의 기법과 인공지능 기법의 접목은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 국외 전문가와의 협업을 통하여 기술 개발을 도모 ○ 하굿둑 관련 파-흐름 해석 및 설계 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행 ○ 압력지연삼투는 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행 ○ 해수담수화 등 역삼투압 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행 ○ 컴퓨터비전기술은 국내 및 전 세계적으로도 활발히 연구가 진행되고 있으며, 관련분야 국제 협력 및 전문가를 활용하여 수행 ○ 컴퓨터비전기술 및 광학이미지 분석기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용 ○ 하이드로겔 개발 및 응용기술은 전 세계적으로 주목받는 연구 분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가 활용 및 교차 검증을 통하여 선도 기술 확보 ○ 기존 유지보수 기술 확보 기관 및 산업계를 활용하여 수행 및 기술인증기관과 연계 연구 ○ 개별 요소기술의 통합 개발을 통해 전체 시설물의 플랫폼화 구현할 수 있도록 개별 연구요소들의 공동 연구 수행 ○ 관련분야 산학연 전문가 및 해외전문가를 활용하여 수행 ○ 사용자-개발자 연계형 community 구축으로 확장형 연구집단 추진 ○ 딥러닝을 통한 예측 시스템 개발은 현재 가장 각광받는 기술 중의 하나로 예측시스템을 선행적으로 개발한 다양한 분야의 국내외 전문가들과 협력하여 기술확보 ○ 드론의 개발 및 활용은 전세계적으로 각광받고 있으며 국내에서도 다양한 기업 및 연구소에서 사용하고 있음. 따라서 이들과의 협력을 통해 관련기술 확보 ○ 영상분석 및 하굿둑 인자의 복합적 모델링 기술을 자체 개발하거나 필요시

고급기술 보유기관 활용 및 공동개발 추진

◦ USV 개발 기술을 보유한 관련 기업을 중심으로 USV 하드웨어 및 운영 SW 개발

◦ 학·연을 중심으로 효율적 염분분포 계측을 위한 USV 임무시나리오 및 염분 측정결과의 공간보간 SW 개발

◦ 국토부, 환경부 등 유관기관 협력을 통한 염분공간분포 계측기술 검증 및 실용화

◦ 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용한 하천 모니터링 기술은 전 세계적으로 연구 초기단계에 있는 기술로 국·내외 전문가의 협력을 통한 기술 확보

◦ 조석 영향 구간의 양방향 흐름 조건에서 모니터링 기술은 센서 개발·운용 등과 긴밀한 연관이 있는 바, 관련 업계와 긴밀한 협력을 통한 기술 확보

◦ 관련 대학, 연구원, ICT 관련 업체에서 제안 과제 관련 연구 수행 경험이 있는 연구원을 확보할 수 있을 것임

◦ 학·연을 중심으로 유량, 조위, 수문 개도 별 기수역 변화 예측 및 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 구축을 위한 이론적 토대 구축

◦ 산·학·연을 중심으로 하굿둑 관리자를 위한 하굿둑 운영 시스템 GUI 구축 및 기존 시스템과 연계 작업 수행

◦ 데이터 통합관리 시스템 및 하굿둑 운영 의사결정지원 플랫폼은 관련 개발기술을 보유한 전문 업체에서 수행

◦ 국토부, 환경부, 한국수자원공사 등 하굿둑 운영 실무 담당 기관과 협의를 통해 개발기술의 실용성 향상

◦ 디지털 트윈 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행

◦ 디지털트윈 솔루션 및 3D 시뮬레이션 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행

◦ 관련 기술을 보유하고 있는 민간 기업과의 산학협력 등을 통한 기술의 상용성 제고

◦ 국내외 관련 기관 및 전문가의 학술활동 및 정보 교류협력 등을 통한 관련 기술의 학술적 적합성 확보

◦ 기수역 유사 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행

◦ 수공구조물 주변 하상변동 예측 기술은 관련 기술을 보유한 기관을 활용하여 수행

◦ 주변 연안지형의 장기적인 지형변화 관련 기술은 국제협력 등을 통하여 수행

◦ 하천 및 해양 분야의 전문가 그룹의 연계와 융합이 중요하며, 특히 이미 개방형

	하굿둑을 성공적으로 운용하고 있는 해외 전문가와의 협력이 필요함 ○ 기존 수역 및 해수역의 법제적 관리기술을 축적한 기관을 활용하고, 특히 수자원 이용의 특성을 충분히 파악하고 있는 전문가의 역할이 강조됨 ○ 기수역 조성 및 관리를 위한 법·제도 개선에는 국토부, 환경부, 한국수자원공사, 농어촌공사 등 하굿둑 운영 실무 담당 기관 및 관련분야 전문가들과 협의를 통해 방안 도출
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 무선센서 및 영상기법을 이용한 수문 동적 측정 시스템 ○ 인공지능 기반 손상탐지 시스템 ○ IOT를 접목한 다항목 수리 계측장치 개발 ○ 하굿둑 주변 흐름 모델링 결과 ○ 시설물 구조 안전성 평가 시스템 ○ 수문 제어 기술 개선 시제품 ○ 수문 운영 프로그램 ○ 컴퓨터비전기반 수리구조물 손상검출 프로그램 ○ 하이드로겔 기반 수중구조물 표면 안정성 강화 기술 ○ 3차원 기수역 흐름 거동 및 수질 수치모델링 시스템 ○ 시나리오별 상세 흐름 및 오염물질 거동 특성 자료 ○ 하굿둑 운영 시나리오 별 기수역 공간변화 예측결과 DB ○ IoT기반 실시간 기수역 유속·유량·수질·염분·유사량 모니터링 기술 및 매뉴얼 ○ 염분 공간분포 측정을 위한 이동형 계측 플랫폼, 이동형 계측 플랫폼의 최적 운영 시나리오 및 염분 공간분포 보간 SW ○ 99% 계측신뢰도 수분 수질 일체형 다항목 센서 ○ 기수역 유속·유량·수질·염분·유사량 모니터링 DB ○ 유속·유량·수질·염분·유사량 측정망 최적화 모듈 ○ 기수역 환경정보 통합관리 시스템 ○ GIS 기반의 기수역 환경변화 공간정보 가시화 시스템 ○ 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 및 플랫폼 ○ 하굿둑 운영을 위한 목적별 맞춤형 심층기계학습 모형 ○ 강화학습기반 수문운영 에이전트

	○ 상하류 수리구조물을 연계한 하구둑 운영 방안 ○ 댐•보 등 상류 수리 구조물을 연계한 시뮬레이션 기반 디지털 트윈 시스템 ○ 하구둑 수리구조물 운영을 위한 BIM 모델 ○ 하굿둑 수리구조물 정밀제어 및 관리를 위한 BIM 통합플랫폼 ○ 기수역 환경 변화 예측 모델 ○ 기수생태계 건강성 평가 모형 ○ 기수역 조성에 따른 거버넌스 구성 방안 ○ 기수역 관리 및 AI 기반 하굿둑 자율운영을 위한 법·제도 개정안 ○ 특허, 논문, 소프트웨어 저작권, 신기술 등 지적재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 수문 운영 및 하굿둑 인근 시설물 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 시설물 안전점검 및 유지관리 관련업계에 기초자료 제공 및 신기술 전파 - 수중 조류발전, 수중 보, 교각과 같은 수환경에 설치된 인공물 근처 하상 세굴의 중장기 예측에 활용 - 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자, 관련업계에 제품 홍보 - 전국 여러 하천에 설치되어 자율운영시스템으로 확산 가능 - 국내 댐 시설물 안전점검에 활용 - 소규모 수리시설물에도 적용할 수 있는 유지관리기술로 확산 - 기수역 수리시설물의 건설, 유지보수, 장수명화를 위한 실무에 활용 - 해수의 영향을 받는 하천 하류, 하구, 해양의 구조물 및 해양선박 등 해수영향 수환경에서 구조물 표면 관리 및 시설물 운영관리 기술로 확산 가능 - 염분 공간분포 가시화를 통한 염수 발생 경보 발령 및 수공구조물 운영 전략 수립 등 유관기관의 실무에 활용 - 모니터링 자료와 수치모의 자료를 활용한 하굿둑 시스템 운영 및 제어 기초자료로 활용 - 드론 활용 및 빅데이터 분석기술 등의 신기술을 관련분야에 전파 - 하굿둑 개방에 따른 기수역 변화 상시 모니터링 플랫폼으로 활용 - 기수역 공간변화 예측결과의 검증 및 보완을 위한 기초자료 확보 방안으로써 활용 가능 - 하굿둑 자율운영 통합관제 센터 운영 지원 및 하굿둑 수질기반 생태계 관리 지원 - 기수역 관련 국가 수문조사 실무에 직접 활용 - 국·내외 강 하구 및 하천 모니터링 사업으로 확산 가능 - 농어촌공사 및 한국수자원공사, 홍수통제소의 하구둑, 댐, 보 등에 대한 수문 운영기술 활용 - 기존 하굿둑 운영 프로세스 개선을 통해 기수역 조성범위 제어를 위한 기술로

써 활용

- 하굿둑 개방에 따른 기수역의 공간적 변화를 표출하여 하천관리자 뿐 아니라 시민들의 의사결정 지원
- 하천환경 모니터링 및 하굿둑 운영 관련 실무자, 설계자 및 관련 업계에 신기술 전파 및 활용
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능
- 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 활용하여 하굿둑 운영에 앞서 시뮬레이션을 통하여 염분 공간분포 등을 가시화하여 사전의 검증을 통해 안정적인 하굿둑 운영에 적용 및 개선 가능
- 재조정되는 기수생태계의 활성화 및 유지관리 전략 수립에 활용
- AI기술을 구조물 운영에 적용함에 있어 고려해야 할 사항의 정책적 지원방법 제안
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑 등 유사한 시설물 자율운영 기술로 확산 가능
- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 국내 및 해외의 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능
- KOICA 등을 통한 한국기술 전파 및 해외 수공구조물 수주경쟁에 기여
- 하구둑 운영과 주변지역 국토관리에 활용
- 하굿둑 운영방식의 변경에 따른 물이용 행정업무에 활용
- 이수, 치수 및 환경정책 결정과정에 의한 국가물관리정책에 활용
- 관련 법제도적 기준의 반영
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 기수역의 안정적 제어를 통한 담수생태계 피해 최소화, 하구 수생태 회복 및 상류 취수원 보호
- 안정적인 하굿둑 운영을 통하여 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응

○ 사회경제적 기대효과

- 수문 모니터링 기술은, 재난 및 시설물 노후화에 따른 수문의 안전성을 모니터링하는 기술로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 수문 모니터링 기술을 통하여 수문의 안전성에 대한 결과를 가시적으로 제공함으로써 재난 및 노후화에 따른 수리구조물의 운영에 활용될 수 있으며 이와 관련된 다양한 경제사회적 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응
- 다항목 수리 계측 장치 운영에 IOT를 접목하여 데이터를 준실시간 및 실시간으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 시설 운영에 기여할 수 있으며 수리시설에 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응
- 모형을 통한 효율적이고 정확한 모의 기술이 국내기술로서 동남아시아를 중심으로 한 개발도상국에 수출되고, 이를 바탕으로 한 친수공간의 활용 및 운용 등에 있어서 국제시장 개척 및 기술선도 달성
- 하천개발에 따른 하천의 안정성 저하라는 이익 창출의 걸림돌을 미연에 방지하

고 하천시설물의 안전한 운영을 통해 경제적 피해 예방함

- 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출
- 사물인터넷(IoT)을 활용한 수문 모니터링 및 운영 방안은 무선환경으로 통신 가설비 및 유지관리 비용이 대폭 절감
- 기존 제품은 입출력 포트가 규격화되지 않아 전문기술자가 설계, 시공, 유지관리를 수행해야 하나, 수리시설물 운영 목적에 맞는 규격화된 입출력 단자의 제공으로 설계, 시공, 유지관리비용이 절감
- 수리시설물의 상태를 정확하게 진단할 수 있으므로 수리시설물 및 부품이 수명이 다할 때까지 안심하고 사용할 수 있어 유지관리비용을 절감함
- 수문 조작, 수질 모니터링 등 하굿둑에서 사용되는 에너지 부담률을 낮춘 지속가능한 자율운영 수리구조물 시스템 개발을 통해 인근 국가로의 기술 수출 교두보 확보
- 수리구조물 장수명화 기술은 지속가능한 사회를 위해 주목받는 첨단의 기술로서 수리구조물 건설 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 하이드로겔 기반 염분내성 및 오손방지 기술 개발을 통하여 수리구조물의 열화 및 노후화에 대비한 기술을 제공함으로 안정적인 하굿둑 운영 및 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응 할 수 있음
- 하굿둑 수리시설물 시스템의 최적 설계 및 운영 방안 수립에 필요한 고해상도 수리 및 수질 정보 제공기술을 확보함으로써 기수역 수자원 확보, 수생태서비스 제공 및 재해로 인한 피해 저감으로 경제 및 사회적 이득을 높임
- 다양한 하구시설물에 적용하여 수치모델링 체계 보급에 경쟁력 확보 가능
- 효과적인 예측 기술이 개발된다면 이를 통해 안정적인 기수역 구간에서의 수질관리 및 홍수 및 가뭄 등을 대비하는데 효과적인 운영시스템을 구축할 것으로 예상되어 극한사상에 대한 피해액 감소 및 복구비용을 절감할 수 있을 것으로 예상됨
- 드론은 4차 산업시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 드론 등 RS기법의 하굿둑 주변 기수역 모니터링 기술 개발을 통해 효율적이며 포괄적인 모니터링 및 분석 결과를 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있음
- USV 기반의 이동형 계측 플랫폼 개발 관련 민간분야 산업 성장 가능
- 기수역의 생태계 변화 등 관련 지표와 수리·수문 인자와의 연관성 확보 가능하여 불필요한 사회적 논란 감소
- 최근 전 세계적으로 하구역에 대한 관심이 증대되고 있는 상황으로 선제적인 하구역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술 확보·보급으로 국가 위상 제고
- 염해 발생 경보의 정확성과 측정망 구축의 경제성을 고려한 최적 솔루션을 제공함으로써 의사결정자가 예산 등을 고려하여 최종적으로 염분 측정망 구축계획 수립을 할 수 있는 과학적 근거 제공
- 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 여론 및 요구에 대한 대응 가능
- 하천 담수 및 해수의 순환에 따른 수질 개선 및 유수에 의한 하구지역 오염 물질 제거에 따른 하천 운영 및 관리 비용 절약
- 홍수시 배수갑문의 효율적 운영에 따른 재해 발생 방지
- 안정적 기수역 조성을 통해 생태계 다양성 회복 및 하굿둑 인근 주민들의 안전한

생산 활동 가능

- 인공신경망학습을 통해 자율 운영 조건의 단기 예측을 가능케 함으로써 개발 적용 시 수자원의 보다 적극적 활용 가능, 가용 수자원의 양을 획기적으로 증대
- 하굿둑 수문 운영자율화기술 개발 및 운영여건 예측기술 개발로 인한 수자원분야 인공지능 관련 기술시장 창출 및 관련 산업 인력 시장 개척
- 디지털 트윈은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 디지털 트윈 시뮬레이션을 통하여 수리구조물 운영에 따른 결과를 가시적으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있으며 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응
- 효율적인 시설물 관리를 통해 낭비되는 자원의 절약
- 다양한 수공구조물 간의 연계운영 방안을 선도하여 개발함으로서 전세계적인 건설 기술 시장을 선점 할 수 있음
- 흐름과 유사의 상호작용에 따른 지형변화를 예측하여 하구역 공간의 지속적이고 환경적인 관리가 가능해져 유지관리 예산을 절감할 수 있음
- 지형변화에 대한 이해를 바탕으로 하구역 정비 및 관리를 수행하며 나아가 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 하구둑의 운영기술에 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하는 기술을 선도하여, 관련시장의 선점이 가능할 것으로 기대됨
- 미래 첨단기술의 접목을 통한 국가환경관리의 원천기술 확보로 관련 국내외 시장수요기반의 창출
- 과학적이고 정밀화된 기술의 확보로 환경영향평가 등 불필요한 사회경제적 갈등과 고비용・고효율의 저감
- 기수역 적정 유지유량 산정 기술은 생태계의 보호/보전 뿐만 아니라, 어폐류 등 경제성 자원의 서식조건 최적화를 통하여 기수역의 경제적 가치를 높일 수 있음

○ 기술적 기대효과

- 딥러닝을 활용한 손상탐지 기술은 최근 국내외 관련분야에서 첨단의 신기술이며, 해당 기술개발을 통하여 수문뿐만 아니라 다양한 수리구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는데 활용 할 수 있음
- 무선센서 및 영상처리 기술을 수리구조물의 운영에 접목함으로써 국내외 구조물 유지관리의 효율성을 향상 시킬 것으로 기대됨
- IoT 기반의 수리계측 장치를 통해 하굿둑 인근 시설의 양방향 소통 유량규모별 한계소류력 및 허용유속을 계측하여 시설물 운영에 따른 안전 확보
- 양방향 개방형 하굿둑 운영과 연계된 세굴보호 및 하상안정화 유지관리 반영 및 현재 제안되지 못한 하천설계기준 보완
- 해외에서 개발된 수치모형에 대한 높은 의존성으로 인한 협소한 적용성, 수치모형의 오용 등 기존의 한계를 극복하고 국산화된 모형을 개발하여 유연하고 폭넓은 활용이 가능하도록 함
- 개발한 다목적 첨단 수문과 운용방법 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대
- 낙뢰, 서지 등으로 인한 수문 오동작 방지 기술을 탑재하여 연중 신뢰도 높은 수문 자율운영이 가능
- 다수의 현장을 통합관리 할 경우 통신이 동시에 두절되면 다수의 사람이 동시에 현

장에 출동하여 직접 수문을 수동 조작해야 하나 자율 운영수문을 설치하면 통신두절과 관계없이 이벤트발생에 신속하게 자율대응함으로써 재해로 인한 피해저감 효과가 기대

- 컴퓨터비전기술을 이용한 수리시설물 유지관리기술은 국내 및 국외 관련분야에서도 첨단 신기술에 해당되며, 해당 기술개발을 통해 수리시설물을 포함하여 철도, 교량, 건물 등의 유지관리기술로도 활용 할 수 있음
- 수리구조물 유지관리에 머신러닝, AI등을 결합하여 컴퓨터비전을 활용하는 기술은 초기단계이며, 기술개발을 통해 국내 기술력을 확보할 수 있음
- 하이드로겔을 활용한 콘크리트 구조물 피복 및 생물오손 관련 연구는 국내·외 관련 분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 기존의 하천 및 해양의 다양한 수리구조물의 수환경에서의 안정성 확보와 장수명화에 활용할 수 있음
- 기존 유지보수 관리기술에 하이드로겔을 결합한 융복합형 수리구조물 유지관리 기술은 국내외 건설유지관리 분야 시장에서 필요성이 높으며 친환경 및 미래 건설기술로 주목받고 있음
- 본 과제에서 제시한 기술은 첨단의 기술로서 미래 하천산업 시장을 선점하고, 해외 건설 진출 가능성을 증대시킴
- 동남아 개발도상국 및 저개발국에 대한 풍수해저감 원조사업에 활용 가능
- 하굿둑 시설물과 기수역의 복잡한 지형을 고려한 해수-담수 동적 거동과 수질을 해석한 고해상도 3차원 수치모델링 체계 개발로 세계적으로 경쟁력 있는 기술력을 확보
- 개발된 수치모델링 체계에 의한 자료는 국내외 첨단 친환경 하굿둑과 하구시설의 설계 및 운용에 필요한 기초자료로 활용될 것으로 기대
- 해수측에서 하굿둑에 영향을 주는 다양한 변수들의 공간정보를 딥러닝을 통하여 담수측의 유량과 연계하여 정밀한 유입 및 유출량의 중단기 예측 가능함
- 드론 영상과 같은 RS 기법을 발전시켜 기수역 모니터링에 안정적인 모니터링 결과 제시 가능
- 기수역에 적합한 드론 및 영상분석 기술의 개발은 시간/공간의 해상도가 높은 결과의 도출이 가능하여 포괄적인 관리를 가능하게 함
- 장기적으로 빅데이터 및 AI를 활용하기 위한 다양한 데이터의 확보가 가능하여 모니터링 및 분석 개발 후 4차 산업 연계 연구에 활용성이 높음
- 수리구조물과 연계된 하굿둑 모니터링은 IoT, BIM등을 결합한 종합적 분석 시스템에 매우 필요한 기술이며 국내외 건설분야의 미래기술로서 주목받을 수 있음
- 네트워크 센싱 기반의 하굿둑 수환경 모니터링 시스템 개발에 의한 기술 우위 점유
- 전 세계적으로 개발 초기 단계에 있는 광학, 초음파, 레이저를 이용한 기수역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 개발하여 세계적인 기술 수준 확보
- 광학·초음파·레이저를 이용한 유속·유량·유사량 모니터링 기술은 강 하구를 포함하여 하천 모니터링 분야로 확장 가능하여, 전반적인 수문조사 기술 수준 제고
- 광학·초음파·레이저 센서의 적용기술 확보로 우리나라 취약분야인 센서기술 개발 기반 조성
- 정확성과 경제성을 고려한 다목적함수를 유전 알고리즘(Genetic Algorithm) 혹은 모의 담금질(Simulated Annealing) 등 휴리스틱 최적화 기법을 활용하여 하천 염해 발생에 대한 신뢰성 있는 감지 및 경보기술 확보

- 심층기계학습 및 인공신경망은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술의 한 분야로서 수자원 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 디지털 트윈 기술을 활용한 수리구조물 운영 및 관리 기술은 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수리구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음
- 수리구조물의 운영에 IoT, BIM등을 결합한 티지털 트윈을 활용하는 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음
- 사회기간시설의 관리를 효율적으로 수행하는 플랫폼의 개발과 그 과정에서 도출되는 AI, 빅데이터, BIM 등 다양한 기술의 선진화 지원
- 제조업이나 IT에 비해 발전속도가 더딘 건설 및 시설물 운영분야에 신기술의 적용을 통해 기술혁신의 기반을 제공
- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술을 활용한 수공구조물 운영 및 관리 기술은 전세계적으로 첨단의 신기술임. 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수공구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음
- 하구둑 운영에 유역내 관련 모든 수공구조물이 결합된 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음
- 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 최고기술보유국과의 기술격차 단축
- 다양한 조건에서의 수치모의 결과를 바탕으로 구축된 고품질 빅데이터 결과를 제공함으로서 안정적인 AI 기반 하굿둑 자율운영에 기여
- 국토를 관리함에 있어 안전과 생태 및 환경관리에 기본이 되는 장기적인 지형변화를 고려하며 하구둑을 운영하기 위한 기초적인 지식의 확보가 가능함
- 제안기술은 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하여 활용 할 수 있음
- 하구 및 기수역과 관련된 50여개 개별 법률에 대한 법률적 해석의 통일성을 기하고, 신법 제정의 기반을 마련
- 하굿둑 수리 구조물 운영의 효율화 및 물리·화학적 특성과 연계된 생물적 특성의 통합적이고 고도화 평가기술의 개발로 관련 분야의 원천 기술 확보 및 시장의 선점
- 관련 실무자 및 엔지니어, 산업체의 표준화된 기준과 원천기술의 보급 등으로 업무 효율성 제고 및 신기술 개발 촉진
- 생태계 상시 모니터링 기술 개발로 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성과를 평가
- 기수역 생태계를 고려한 하굿둑 최적 운영기술 개발에 기여
- 확보된 기술력을 활용하여 해외 물관리 기술 수출이 가능할 것임

○ 정책적 기대효과

- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역구간의 시설물을 안정적으로 관리하는데 기여
- 하구관련 정책과 집행에 관한 과학적 기초자료 및 지식기반 마련에 기여

- 하천관리 지침, 하천기본계획 수립지침, 하천설계 기준 등 하천관련 지침 및 기준에 성과반영을 통해 정부의 기술적 지원
- 수문 모니터링 기술을 활용하여 정보를 기반으로 재난대비 및 재난 관리를 위한 정책에 광범위하게 적용할 수 있음
- IOT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 활용한 시설물 안정성 평가는 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 시설물에 광범위하게 적용 가능
- 다양한 토목 계획으로 인한 수환경의 변화를 사전에 정확하게 판단하여, 부작용을 최소화하고 친환경적인 친수공간의 확보를 통해 시민 삶의 질을 향상에 부응하는 정부의 정책적 제도적 지원이 용이해짐.
- 하굿둑의 구조안정성 평가기술을 활용하여, 하굿둑과 인근 구조물의 안정적인 운영 및 관리가 가능하며, 실제 운영 시 리스크에 대한 선제 대응이 가능함
- 4차 산업혁명의 핵심인 지능화 기술을 본격 확산하고, 하천 자율운영으로 물관리 기술력 향상 도모
- 컴퓨터비전기술을 활용한 구조물 유지관리 방안은 노후된 수리시설물에 적용할 수 있으며, 필요에 따라 접근이 어렵고 위험한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며, 실제 작업자의 안전을 보장해주는 효과가 있음
- 정부의 노후 시설물 관리 정책을 지원할 수 있으며, 국내 시설물을 안정적으로 관리하는데 기여할 수 있음
- 재료공학 및 해양과학을 활용한 수중구조물 유지보수 및 관리 방안기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 기수역 및 해양환경 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음
- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따른 기수역 수리구조물 운영관리 기술을 지원하는 기술로서 확장 및 재조성되는 기수역 수리구조물의 안정적 관리에 기여
- 정부의 물관리 일원화 기조에 따른 정책맞춤형 기술개발
- 기수역 수자원 확보와 재해로 인한 피해 저감으로 다기능 하구시설물 시스템 운영의 정책적 효과 제고
- 흐름 및 오염물질 거동 특성에 대한 상세정보 제공으로 기수역 수생태계 서비스 제공에 기여
- 해수 유입량 및 하천유출량 예측은 하굿둑 운영에 필수적인 요소로 개발된 딥러닝 기술은 다양한 분야에 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대됨
- 특히 정부의 4대강 재자연화 정책을 위해서 기수역을 관리를 위한 중요한 정보자료가 될것으로 기대됨
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여
- 하굿둑에 관한 정밀하고 포괄적인 모니터링 및 분석 자료를 기반으로 기수역 관리 및 하굿둑 운영에 적용이 가능
- 하구역 감시 및 방재에 적용이 가능하여 새로운 사업 발굴 및 자연재해에 대한 선대응이 가능
- 전통적인 방법에 의존하고 있는 국가 수문조사 사업의 첨단화가 가능하여 인력 및

재정적인 효율성 확보 가능

- 기수역의 모니터링 기술 확보로 통합물관리 일환인 강의 재자연화 정책 추진에 기여하고, 기존 열린 하구역의 기수역의 보존 정책 수립에 기여
- 염해 감시를 위한 염분 관측망 설계 기준이 표준화되어 있지 않아 기 구축된 관측망에 대한 과학적 근거가 부족한 실정이므로, 염해 발생의 원인 및 대책을 마련할 수 있는 구조적으로 일체화된 기술적 가이드라인 제시
- 홍수기 조위 영향을 고려한 수문 최적 운영을 통해 하천 하류부의 홍수 방지 기대
- 목표 지역의 수질 관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영기술을 통해 기관 단체의 이해관계에 따른 탄력적 하천 운영 가능
- 생태, 용수수요, 재해예방을 종합적으로 고려한 하구둑 운영 방안 제시로 통합물관리체계에서 활용 가능
- 염수피해 방어를 포함한 하굿둑 개방 기술지원으로 장기적 기수역 유지를 위한 원동력 확보
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여
- 디지털 트윈을 활용한 구조물 운영지원 방안은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여
- 대규모 자원이 투입된 기간시설을 효율적으로 운영 및 관리할 수 있는 플랫폼 구축을 통해 업무효율 향상 가능
- 예측하기 힘든 미래의 재난에 능동적으로 대응할 수 있는 기반기술 구축
- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 수공구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음
- 정부의 환경복원 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여
- 수질오염 및 물이용에 있어서 문제가 심각했던 지역에 대한 불안감을 해소하고, 특히 치수적 측면에서의 정책결정과정의 신속한 절차를 마련할 수 있음
- 관련 부처와의 공감대 형성 및 부처간 사각지대를 철폐하고 연대의식의 고취
- 관련 법제도 기준의 제·개정을 통한 정책 추진의 안정성 및 신뢰성 제고
- 하굿둑 재자연화 등 체계적인 국가환경관리 기반의 구축 및 활성화
- 국가 생물다양성 확보와 서식지 보전의 기반을 마련
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여

6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(5년 0월) ○ 연구비 예산 : 300억원(정부출연금: 265억원 이내)
7. 기 타	

○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

나. (1세부과제) 양방향통수와 자율운영이 가능한 하굿둑 설계 및 관리기술

과제명	1세부과제. 안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술
1. 연구개발 목표	
	○ **안정적 기수역 조성을 위한 자율운영 수리구조물 리모델링 및 유지관리 기술** - **(시설물 모니터링 계측 기술 첨단화)** 하굿둑 시설물에 IOT 기술을 접목한 복합계측 모니터링 기술 및 수문 진동 등 구조물 모니터링 기술 개발 - **(수리구조물 안정성 평가 첨단화)** 유체-구조물 상호작용 및 하상세굴에 대한 3차원 수치해석 기술 기반 수리구조물 안정성 평가 기술 개발 - **(구조물의 요소기술 최신화)** 첨단기술을 활용한 수문제어 기술 개선 및 리모델링 기술 개발 - **(기수역 수리시설물의 장수명화 기술)** 수리구조물의 균열, 파손, 부식 등의 형상 변형 탐지 및 염분내성 강화와 생물오손 제어 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 하구 수리시설물의 복합계측 모니터링 기술 개발 필요 - 노후화 및 자연재해 등으로 인한 수문의 손상 및 파괴를 미리 탐지하고 분석하기 위해서는 수문의 상태를 실시간으로 모니터링하는 기술이 요구됨 - 수문에 균열, 부식 등 손상 정보를 육안으로 확인하는 데에는 많은 인력과 비용이 소비되어 이를 효율적으로 수행 할 수 있는 방법을 개발할 필요가 있음 - 육안으로 보이지 않는 수문의 강성 저하 등의 손상 정보를 예측하기 위하여, 수문의 진동을 측정하여 모니터링 할 필요가 있음 - 기존 모니터링 기술을 조금도 효율적으로 개선하고, IoT, AI기술 등을 활용하여 자동화 시킬 수 있음 ○ 하구 수리시설물의 안정성을 평가하여 기능을 유지 관리를 지원하는 기술 개발 필요 - 본 연구에서는 IoT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 활용해 시설물 운영에 따른 안정성 평가 기술을 접목하여 기수역 주민의 생존권 보장 및 재난으로부터 시설물 안전 확보를 할수 있음 - 정부의 하굿둑 개방 등의 정책에 따라 조성되는 기수역 구간의 시설물을 안정적으로 운영하기 위해서는 준실시간 및 실시간으로 다항목 수리 데이터 및 분석기술이 요구됨 - 따라서 IoT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 개발하고 준실시간 및 실시간 데이터 분석기술을 통해 시설물 안정성 평가 기술개발이 필요 - 수문은 충분한 강도를 갖도록 설계되지만, 수문 자체가 진동하면서 수문 본체가 수류와 연성 되어 진동을 일으키기도 하여 일본의 Wachi 댐, 미국의 Folsom 댐이 부분 파손된 사례가 있음 ○ 양방향 통수에 따른 하굿둑 흐름 해석 모형 개발 필요 - 현재 생태계 복원 등의 이유로 하굿둑 개방 등의 사회적 이슈가 존재하며, 하굿둑의 활용에 대한 국민적 관심이 늘어남. 따라서 유체-구조물 상호작용 등을 고려한 정밀 수치해석기법을 활용하여, 보다 정밀한 하굿둑의 거동예측 기술이 필요함

- 교량, 수중 보 등에 의한 하상 세굴 문제가 대두되고 있으며 이에 대한 정확한 예측이 중요해지는 추세임

- 따라서 양방향 통수를 반복적으로 수행하며 집중호우, 파랑 등 훼손의 원인이 다양한 하구 수리시설물에 대한 국부세굴에 대한 모의를 통하여 이를 예측할 필요가 있음

○ 하구 수리구조물의 안정성을 평가하여 구조물의 유지 관리를 지원하는 기술 개발 필요

- 하천 구조물 주위 세굴 문제는 문제 자체의 복잡성으로 인해 과학적 방법보다는 경험적 방법에 주로 의존해 옴

- 개발된 거동예측 기술과 AI를 적용하여, 재난에 대한 구조 안전성 예측 및 평가 기술이 필요함.

- 댐•보 등 수리 구조물의 안정적 운영을 위한 하굿둑 구조물 안정성 평가를 위한 정밀기술이 요구됨.

- 하천 및 하굿둑의 구조 안정성에 대한 신뢰성 및 평가 기술확보를 통한 재난에 대한 국민불안감 해소가능

○ 시설물 자율운영 및 첨단기술을 적용한 운영 요소기술 개발의 필요성

- 가트너 심포지엄/IT 엑스포에서 "2019년 주목되는 10대 전략 기술 트렌드"로 자율 사물(Autonomous Things)을 제시되었고, 향후 산업계 전반에 자율적으로 운영되는 사물이 급속히 파급될 추세로 정부의 정책적 지원이 시급함

- 모터동력제어반(MCC)에 사용중인 릴레이는 외부 펄스(낙뢰, 전동기 동작서지, 온습도) 등이 고장 원인의 대다수로 이에 따라 외부 펄스의 유입 경로가 되는 AC 220V를 차단하고 외부 펄스로부터 기기 간섭에 따른 고장없이 상시 안정적으로 운영될 수 있는 전자동력제어반(E-MCC) 개발 필요

- 강우 발생시 수반되는 낙뢰로 인한 유선통신의 두절이 잦아 실제 필요한 시기에 원격관리를 할 수 없고 데이터 누락으로 인한 데이터 연속성이 결여되는 문제로 사물인터넷(IoT) 무선통신모듈(LTE-M 또는 NB-IoT) 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발 필요

○ 수리구조물 변형 탐지기반 유지관리 시스템

- 수리구조물의 주요영역을 이미지 형태로 취득하여, 형상 변화에 따른 위험한 상황을 사전에 방지할 수 있는 작업이 필수적이며, 이를 위해 형상데이터를 관리하고 저장할 필요가 있음

- 컴퓨터비전기술은 광학기기를 통해 수집된 데이터를 분석하여 예기치 않은 위험을 예방할 수 있으며, 데이터를 디지털화하여 관리 할 수 있어 현 모니터링 시스템과 연동하여 형상 데이터의 활용을 극대화할 수 있음

- 본 연구에서는 댐, 하굿둑 등 수리구조물에 대한 모니터링과 손상이미지 분석을 통해 여러 위험 요소를 줄이고 구조물의 현 상태를 관리할 수 있음

- 수리구조물은 대부분 지방자치단체가 관리하고 있으며, 전국 수리구조물의 81%를 관리하고 있어, 짧은 조사기간 동안 최소 인력만으로 모든 하굿둑 및 댐 시설물을

	관리하기에 한계가 있어 유지관리를 위한 새로운 기술이 요구됨 - 따라서, 단시간에 정밀한 검사가 가능한 컴퓨터비전기술을 활용한 수리구조물 형상 관리 모니터링 기술이 필요함 ○ 기수역 인공구조물 염해저감을 통한 장수명화 - 균열, 누수 등 수중구조물 유지보수 방안 및 적용 재료에 대한 기수역 및 해양환경 적용을 위한 실증 연구가 필요함 - 구조물의 균열보완, 안정성보완 등 구조물 자체의 유지보수 뿐 아니라, 고농도의 해양생물 오손에 의한 구조물 열화 및 기능약화에 대응하기 위한 해양과학과 재료공학의 융복합적 접근을 통한 생물오손 제어기능 검토 필요. - 본 연구에서 기수역 및 해양 구조물의 안정성과 장수명화를 확보하여 연안개발에 따른 인공구조물 건설과 운영기술의 환경성을 강화하며, 다양한 해양구조물의 오손 및 방오기술 확대에 기여함 - 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 확장 및 재조성되는 기수역 구간에서 수리구조물에 대한 염분영향 및 양방향 해수소통이 증대함에 따라 인공구조물 안정성 및 수명증대를 위한 유지관리 기술의 강화가 요구됨 - 따라서 염분에 노출된 수리구조물의 열화 특성 및 대응 기술 개발을 통해 수리구조물의 전주기 유지관리 기술을 확보하여 기수역 생태계확보를 위해 운영되는 하굿둑 시설물의 안정성과 친환경성을 확보하는 기술이 필요함
□ 기술동향	○ 무선 센서 및 영상기법 등의 기술의 발전으로 구조물 모니터링 기술의 적용 및 활용성이 극대화 되고 있음 ○ 최근 무인항공체(드론) 등을 이용하여 영상기반으로 구조물의 진동을 측정하며, 딥러닝 기술을 활용하여 손상을 자동으로 찾아주는 기술이 개발되고 있음 ○ 수문 모니터링 기술은, 측정한 진동정보로부터 현재 수문의 상태를 예측하고, 수문의 움직임을 실시간으로 모니터링 하여 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영방안이나 AI 기반 자율운영, 디지털 트윈 운영기술 개발에 적용 될 수 있음 ○ IOT 네트워크 기반 홍수량 계측정보 전송 기술로 집중강우로 인한 침수위험 지역의 유량계측 관측망 작동 및 준실시간 계측정보 수집을 통하여 침수위험지역 예측하여 위험 대응이 가능 ○ IOT 등의 첨단기술의 발전으로 수리 계측 장치에 접목하여 실시간 데이터 분석 기술의 적용 및 활용성이 극대화되고 있음 ○ 최근 들어 유체와 구조물 간의 상호작용을 고려하는 연구가 다수 진행되고 있음 ○ 하굿둑 수문, 교량, 바닥보호공, 물받이공 등 하굿둑 주요시설물에 대한 영향 검토를 위해 3차원 수치모형 (FIOW3D, GMO모델 등)을 활용한 역방향 흐름에 대한 유체해석, 국부세굴, 구조해석 등이 다수 진행되고 있음 ○ 최근 SUNTANS(Delft3D) 모형과 3차원 EFDC 모형 등을 활용하여 하굿둑 개방수준별 다양한 상황에 대한 조위/조류/수온/염분 등이 분석되고 있음 ○ 전 세계적으로 이상기후에 따른 기후변화로 태풍과 지진해일과 같은 자연재해 발생의 증가로 해수면 상승시 내륙지방에 범람 피해를 유발하여 하류의 해일 소상 재현을 시뮬레이션하기 위한 기술들이 개발되고 있음 ○ 컴퓨팅 파워 및 기법의 발전으로, 유체-구조물 상호작용 등 정밀한 수치해석의 개발 및 활용이 가능함 ○ 한국의 IoT 기술수준은 IoT 디바이스의 사업화 측면에서 볼 때 최고 기술국가(미국) 대비 83.1%로 미국(100%)과 일본(86.6%)보다 낮고 중국(79.8%)보다 높음

○ 분야별 기술수준은 네트워크 분야가 평균 85.1%로 가장 높고, 그 다음으로 서비스(83.5%), 디바이스(83.2%), 플랫폼(79.6%) 순서임

○ 기술단계별 기술수준은 응용 단계가 평균 83.2%로 가장 높고, 그 다음으로 사업화(82.8%), 기초(82.6%) 순서임

○ 플랫폼·디바이스 분야는 기초 단계의 기술수준이 가장 낮고, 네트워크 분야는 응용 단계의 기술수준이 가장 낮고, 서비스 분야는 사업화 단계의 기술수준이 가장 낮음

○ 사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical Systems) 기술과 같은 원천기술 분야에서는 미국, 독일 등 선진국 대비 상당한 기술격차를 보이고 있어 기술개발 집중이 필요

○ 사물인터넷(IoT)는 높은 성장 잠재력을 바탕으로 향후 정보통신산업의 발전을 주도하고, 디지털화·초연결·빅데이터·지능화의 기반을 형성하여 4차 산업혁명 시대를 열어갈 핵심 요소이나, 국내 IoT 산업은 아직까지 기업 규모가 작고, 분야(업종)의 편중이 크고, 기술수준이 낮은 측면이 있음

○ 컴퓨터비전 기술은 카메라, 스캐너 등의 시각(vision) 매체를 통해 얻은 광학이미지를 분석하여 구조물의 상태를 모니터링하고 유지관리에 활용할 수 있는 기술로서, 수리구조물의 성능저하 및 노후화로 인한 형상 변화를 분석할 수 있음

○ 첨단 광학장비 (레이저스캐너, 광학카메라 등)의 발전으로 광학이미지를 활용한 구조물 유지관리 분야에 적용하려는 사례가 증가하고 있으며, 30년 이상 되는 댐 시설물은 2018년 기준 전체 603개의 댐 중 386개(전체 64%)로 토목 시설물 가운데 고령화가 가장 심각한 상황임

○ 따라서, 수리구조물의 노후화로 인한 변형을 탐지하고 평가할 수 있는 구조물 모니터링 기술시장이 크게 성장하고 있음

○ 기수역 하천의 인공구조물은 해수의 염분영향 및 해양생물의 고밀도 생물오손은 콘크리트와 같은 재료 자체의 부식과 구조물 기능과 안정성에 영향을 미치고 있어 이에 대응하기 위한 재료 공학적 연구가 증가하고 있음

○ 높은 인구 밀도와 이동, 수출입 선박 이동 등으로 기수역의 인공구조물은 국외 유입 해양생물의 서식처가 되며 이에 대한 제어기술 개발 수요가 높음

○ 미생물활용 바이오재료, 하이드로겔 등의 재료공학 발전으로 인공구조물 구축 및 유지관리를 위한 새로운 재료의 적용 및 활용성이 커가고 있음

○ 인공구조물 표면 염해 저감 및 생물오손 저감 기술은 신규 구조물 및 기존 구조물에도 적용 가능함으로 기수역 및 해양환경의 인공구조물 열화 및 유지관리를 위한 기술로서 광범위하게 적용 가능함

3. 연구개발 내용

○ **(1-1공동연구) 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술**

- 정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 리모델링
  - ◆ 고속개폐 및 상시 자체(E-MCC, RTU) 및 연계시설물(모터, 계측기 등) 개선 기능 개발
  - ◆ 연계시설물 정밀제어 기능 개선
  - ◆ 수문 동작시 진단(진동, 소리, 온도) 및 자율 대응 기능 개발
- 수문 자율제어지원 기능 개발

◆ 저전압, 소형화, 규격화된 전자동력제어반(E-MCC) 개발
◆ 사물인터넷(IoT) 무선통신 모듈을 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발
◆ 통신두절시 자율운영과 통신재개시 운영데이터 전송 및 자동복구 기능 개발
◆ 운영프로그램(HMI : Human Machine Interface) 개발

○ **(1-2공동연구) 수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가**

- 하굿둑 구조물 주변 국부흐름 해석 및 안정성 평가 데이터베이스 구축
◆ 하굿둑에 대한 유체-구조물 상호작용 3차원 수치해석모형 개발
◆ 실시간 모니터링 데이터를 활용한 구조물 영향 수치해석 기술 개발
◆ 세굴해석 및 하상보호공 설계 기술 개발
- 하굿둑 구조물 안정성 확보 기술 개발
◆ 수치해석 데이터베이스를 활용한 AI 기반 구조물 응답 평가 기술 개발
◆ 실시간 구조물 상태 평가 및 구조 안전성 평가 기술 개발

○ **(1-3공동연구) 하굿둑 구조물 염해저감 및 장수명화 기술**

- 수리시설물 손상검출 기술
◆ 광학이미지를 활용한 AI기반 수리 구조물 손상검출 알고리즘 개발
◆ 컴퓨터비전을 활용한 수리 구조물 손상영역 가시화 기술 개발
- 수리구조물 장수명화 기술
◆ 하이드로겔을 활용한 콘크리트 표면보호 및 염분내성 강화를 구조물 피복 기술
◆ 하이드로겔 기반 친환경 및 생태모방 기술 적용 Antifouling 및 Fouling 제어 기술
◆ 기존 유지보수 재료와의 비교 및 통합을 통한 고효율 융복합 유지보수 기술
◆ 염분에 노출된 구조물 표면의 전주기 유지관리 기술

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 수리모형실험과 수치모형실험의 비교를 통한 수치모형실험의 타당성 확보 및 신뢰성 향상

○ 기존의 기술은 큰 규모를 대상으로 한 장기 모의에 적합하므로, 장기모의에 대한 수렴성 테스트에서 비교 및 검증 용도로 활용 가능함. 또한 지난 수십 년간 발전되어온 기존의 공식들이 유도되는 과정에서 적용된 개념 및 무시된 가정들을 검토하여 관심 대상의 규모에 대해 적합한 하상변동 모형을 견고히 구축할 수 있도록 함

○ 하상 세굴이 문제되었던 선례나 이에 관한 기존의 연구들을 면밀히 조사하여 실제 현장 적용성이 반영된 관심 대상의 규모 선정.

○ 수리구조물에 대한 센싱, 비교, 분석, 판단, 자율제어하는 기술에 대한 특허 확보

○ 정기적인 레이저스캐닝 및 광학 기기를 활용한 수리 구조물 형상관리 데이터베이스 구축

	○ 댐 사면, 하굿둑 등의 손상 이미지를 활용하여 균열, 파손, 부식 등의 이미지 분석을 통한 시설물 모니터링 시스템과 연계
□ 추진체계	○ 구조물 모니터링 분야 및 수리 계측 장치와 IoT를 연계한 기술은 전세계적으로 주목받고 연구되고 있는 분야로서, 관련 분야 국제협력 등을 통하여 국내외 전문가를 활용한 연구의 수행 ○ 무선센서와 드론, 영상처리 기술 등 IoT 접목 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행 ○ 다항목 수리계측 장비 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행 ○ 수치모의 기법과 인공지능 기법의 접목은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 국외 전문가와의 협업을 통하여 기술 개발을 도모 ○ 하굿둑 관련 파-흐름 해석 및 설계 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행 ○ 컴퓨터비전기술은 국내 및 전 세계적으로도 활발히 연구가 진행되고 있으며, 관련분야 국제 협력 및 전문가를 활용하여 수행 ○ 컴퓨터비전기술 및 광학이미지 분석기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용 ○ 하이드로겔 개발 및 응용기술은 전 세계적으로 주목받는 연구 분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가 활용 및 교차 검증을 통하여 선도 기술 확보 ○ 기존 유지보수 기술 확보 기관 및 산업계를 활용하여 수행 및 기술인증기관과 연계 연구 ○ 개별 요소기술의 통합 개발을 통해 전체 시설물의 플랫폼화 구현할 수 있도록 개별 연구요소들의 공동 연구 수행 ○ 관련분야 산학연 전문가 및 해외전문가를 활용하여 수행 ○ 사용자-개발자 연계형 community 구축으로 확장형 연구집단 추진
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 무선센서 및 영상기법을 이용한 수문 동적 측정 시스템 ○ 인공지능 기반 손상탐지 시스템 ○ IOT를 접목한 다항목 수리 계측장치 개발 ○ 하굿둑 주변 흐름 모델링 결과 ○ 구조 안전성 평가 시스템 ○ 수문 제어 기술 개선 시제품 ○ 운영프로그램(HMI : Human Machine Interface) ○ 컴퓨터비전기반 수리구조물 손상검출 프로그램

	○ 하이드로겔 기반 수중구조물 표면 안정성 강화 기술 ○ 특허, 신기술, 논문, 소프트웨어 등의 지적 재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 수문 운영 및 하굿둑 인근 시설물 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 시설물 안전점검 및 유지관리 관련업계에 기초자료 제공 및 신기술 전파 - 수중 조류발전, 수중 보, 교각과 같은 수환경에 설치된 인공물 근처 하상 세굴의 중장기 예측에 활용 - 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자, 관련업계에 제품 홍보 - 전국 여러 하천에 설치되어 자율운영시스템으로 확산 가능 - 국내 댐 시설물 안전점검에 활용 - 소규모 수리시설물에도 적용할 수 있는 유지관리기술로 확산 - 기수역 수리시설물의 건설, 유지보수, 장수명화를 위한 실무에 활용 - 해수의 영향을 받는 하천 하류, 하구, 해양의 구조물 및 해양선박 등 해수영향 수환경에서 구조물 표면 관리 및 시설물 운영관리 기술로 확산 가능 ○ 사회경제적 기대효과 - 수문 모니터링 기술은, 재난 및 시설물 노후화에 따른 수문의 안전성을 모니터링하는 기술로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음. - 수문 모니터링 기술을 통하여 수문의 안전성에 대한 결과를 가시적으로 제공함으로써 재난 및 노후화에 따른 수리구조물의 운영에 활용될 수 있으며 이와 관련된 다양한 경제사회적 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응. - 다항목 수리 계측 장치 운영에 IoT를 접목하여 데이터를 준실시간 및 실시간으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 시설 운영에 기여할 수 있으며 수리시설에 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응 - 모형을 통한 효율적이고 정확한 모의 기술이 국내기술로서 동남아시아를 중심으로 한 개발도상국에 수출되고, 이를 바탕으로 한 친수공간의 활용 및 운용 등에 있어서 국제시장 개척 및 기술선도 달성 - 하천개발에 따른 하천의 안정성 저하라는 이익 창출의 걸림돌을 미연에 방지하고 하천시설물의 안전한 운영을 통해 경제적 피해 예방함 - 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출 - 사물인터넷(IoT)을 활용한 수문 모니터링 및 운영 방안은 무선환경으로 통신 가설비 및 유지관리 비용이 대폭 절감(기존 유선방식의 경우 통신회선 공사가 200 m 이상의 경우 100 m당 약 1,000만원 이상 소요) - 기존 제품은 입출력 포트가 규격화되지 않아 전문기술자가 설계, 시공, 유지관리를 수행해야 하나, 수리시설물 운영 목적에 맞는 규격화된 입출력 단자의 제공으로 설계, 시공, 유지관리비용이 절감 - 수리시설물의 상태를 정확하게 진단할 수 있으므로 수리시설물 및 부품이 수명이 다할 때까지 안심하고 사용할 수 있어 유지관리비용을 절감함 - 수리구조물 장수명화 기술은 지속가능한 사회를 위해 주목받는 첨단의 기술로서 수리구조물 건설 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설

기술시장을 선점 할 수 있음
- 하이드로겔 기반 염분내성 및 오손방지 기술 개발을 통하여 수리구조물의 열화 및 노후화에 대비한 기술을 제공함으로 안정적인 하굿둑 운영 및 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응 할 수 있음

○ 기술적 기대효과
- 딥러닝을 활용한 손상탐지 기술은 최근 국내외 관련분야에서 첨단의 신기술이며, 해당 기술개발을 통하여 수문뿐만 아니라 다양한 수리구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는데 활용 할 수 있음
- 무선센서 및 영상처리 기술을 수리구조물의 운영에 접목함으로써 국내외 구조물 유지관리의 효율성을 향상 시킬 것으로 기대됨
- IoT 기반의 수리계측 장치를 통해 하굿둑 인근 시설의 양방향 소통 유량규모별 한계소류력 및 허용유속을 계측하여 시설물 운영에 따른 안전 확보
- 양방향 개방형 하굿둑 운영과 연계된 세굴보호 및 하상안정화 유지관리 반영 및 현재 제안되지 못한 하천설계기준 보완
- 해외에서 개발된 수치모형에 대한 높은 의존성으로 인한 협소한 적용성, 수치모형의 오용 등 기존의 한계를 극복하고 국산화된 모형을 개발하여 유연하고 폭넓은 활용이 가능하도록 함
- 개발한 다목적 첨단 수문과 운용방법 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대
- 낙뢰, 서지 등으로 인한 수문 오동작 방지 기술을 탑재하여 연중 신뢰도 높은 수문 자율운영이 가능
- 다수의 현장을 통합관리 할 경우 통신이 동시에 두절되면 다수의 사람이 동시에 현장에 출동하여 직접 수문을 수동 조작해야 하나 자율 운영수문을 설치하면 통신두절과 관계없이 이벤트발생에 신속하게 자율대응함으로써 재해로 인한 피해저감 효과가 기대
- 컴퓨터비전기술을 이용한 수리시설물 유지관리기술은 국내 및 국외 관련분야에서도 첨단 신기술에 해당되며, 해당 기술개발을 통해 수리시설물을 포함하여 철도, 교량, 건물 등의 유지관리기술로도 활용 할 수 있음
- 수리구조물 유지관리에 머신러닝, AI등을 결합하여 컴퓨터비전을 활용하는 기술은 초기단계이며, 기술개발을 통해 국내 기술력을 확보할 수 있음
- 하이드로겔을 활용한 콘크리트 구조물 피복 및 생물오손 관련 연구는 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 기존의 하천 및 해양의 다양한 수리구조물의 수환경에서의 안정성 확보와 장수명화에 활용 할 수 있음
- 기존 유지보수 관리기술에 하이드로겔을 결합한 융복합형 수리구조물 유지관리 기술은 국내외 건설유지관리 분야 시장에서 필요성이 높으며 친환경 및 미래 건설기술로 주목받고 있음
- 본 과제에서 제시한 기술은 첨단의 기술로서 미래 하천산업 시장을 선점하고, 해외건설 진출 가능성을 증대시킴

○ 정책적 기대효과
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역구간의 시설물을 안정적으로 관리하는데 기여
- 하구관련 정책과 집행에 관한 과학적 기초자료 및 지식기반 마련에 기여
- 하천관리 지침, 하천기본계획 수립지침, 하천설계 기준 등 하천관련 지침 및

기준에 성과반영을 통해 정부의 기술적 지원

- 수문 모니터링 기술을 활용하여 정보를 기반으로 재난대비 및 재난 관리를 위한 정책에 광범위하게 적용할 수 있음
- IoT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 활용한 시설물 안정성 평가는 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 시설물에 광범위하게 적용 가능
- 다양한 토목 계획으로 인한 수환경의 변화를 사전에 정확하게 판단하여, 부작용을 최소화하고 친환경적인 친수공간의 확보를 통해 시민 삶의 질을 향상에 부응하는 정부의 정책적 제도적 지원이 용이해짐.
- 하굿둑의 구조안정성 평가기술을 활용하여, 하굿둑과 인근 구조물의 안정적인 운영 및 관리가 가능하며, 실제 운영시 리스크에 대한 선제 대응이 가능함
- 4차 산업혁명의 핵심인 지능화 기술을 본격 확산하고, 하천 자율운영으로 물관리 기술력 향상 도모
- 컴퓨터비전기술을 활용한 구조물 유지관리 방안은 노후된 수리시설물에 적용할 수 있으며, 필요에 따라 접근이 어렵고 위험한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며, 실제 작업자의 안전을 보장해주는 효과가 있음
- 정부의 노후 시설물 관리 정책을 지원할 수 있으며, 국내 시설물을 안정적으로 관리하는데 기여할 수 있음
- 재료공학 및 해양과학을 활용한 수중구조물 유지보수 및 관리 방안기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 기수역 및 해양환경 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음
- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따른 기수역 수리구조물 운영관리 기술을 지원하는 기술로서 확장 및 재조성되는 기수역 수리구조물의 안정적 관리에 기여

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(5년 0월)

○ 연구비 예산 : 90**억원**(정부출연금: 75**억원** 이내)

7. 기 타

○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(1) (1-1공동연구) 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술

과제명	1-1공동연구. 수리구조물 기능 및 구조 개선 기술
1. 연구개발 목표	
	○ **자율운영을 위한 하굿둑 시설물 기능 개선** - **(시설물 지능화 기술)** AI 기반 수문 자율 제어 원격 시스템 개발 - **(시설물의 요소기술 최신화)** 하굿둑 운영조건에 따른 자율제어 및 수문 운영 지원을 위한 정밀제어, 고속개폐 기술 - **(구조물의 요소기술 최신화)** 첨단기술을 활용한 수문제어 기술 개선 및 리모델링 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 시설물 자율운영 및 첨단기술을 적용한 운영 요소기술 개발의 필요성 - 가트너 심포지엄/IT 엑스포에서 "2019년 주목되는 10대 전략 기술 트렌드"로 자율사물(Autonomous Things)을 제시되었고, 향후 산업계 전반에 자율적으로 운영되는 사물이 급속히 파급될 추세로 정부의 정책적 지원이 시급함 - 모터동력제어반(MCC)에 사용중인 릴레이는 외부 펄스(낙뢰, 전동기 동작서지, 온습도) 등이 고장 원인의 대다수로 이에 따라 외부 펄스의 유입 경로가 되는 AC 220V를 차단하고 외부 펄스로부터 기기 간섭에 따른 고장없이 상시 안정적으로 운영될 수 있는 전자동력제어반(E-MCC) 개발 필요 - 강우 발생시 수반되는 낙뢰로 인한 유선통신의 두절이 잦아 실제 필요한 시기에 원격관리를 할 수 없고 데이터 누락으로 인한 데이터 연속성이 결여되는 문제로 사물인터넷(IoT) 무선통신모듈(LTE-M 또는 NB-IoT) 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발 필요
□ 기술동향	○ 한국의 IoT 기술수준은 IoT 디바이스의 사업화 측면에서 볼 때 최고 기술국가(미국) 대비 83.1%로 미국(100%)과 일본(86.6%)보다 낮고 중국(79.8%)보다 높음. ○ 분야별 기술수준은 네트워크 분야가 평균 85.1%로 가장 높고, 그 다음으로 서비스(83.5%), 디바이스(83.2%), 플랫폼(79.6%) 순서임 ○ 기술단계별 기술수준은 응용 단계가 평균 83.2%로 가장 높고, 그 다음으로 사업화(82.8%), 기초(82.6%) 순서임 ○ 플랫폼·디바이스 분야는 기초 단계의 기술수준이 가장 낮고, 네트워크 분야는 응용 단계의 기술수준이 가장 낮고, 서비스 분야는 사업화 단계의 기술수준이 가장 낮음 ○ 사이버물리시스템(CPS : Cyber Physical Systems) 기술과 같은 원천기술 분야에서는 미국, 독일 등 선진국 대비 상당한 기술격차를 보이고 있어 기술개발 집중이 필요 ○ 사물인터넷(IoT)는 높은 성장 잠재력을 바탕으로 향후 정보통신산업의 발전을 주도하고, 디지털화·초연결·빅데이터·지능화의 기반을 형성하여 4차 산업혁명 시대를 열어갈 핵심 요소이나, 국내 IoT 산업은 아직까지 기업 규모가 작고, 분야(업종)의 편중이 크고, 기술수준이 낮은 측면이 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 저전압(DC 12V)에서 구동되는 소형화, 규격화된 전자동력제어반(E-MCC) 개발 ○ 사물인터넷(IoT) 무선통신 모듈을 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발

	○ 운영프로그램(HMI : Human Machine Interface) 개발 ○ 수문 자율제어 기능 개발 ○ 상시 자체(E-MCC, RTU) 및 연계시설물(모터, 계측기 등) 점검 기능 개발 ○ 수문 동작시 진단(진동, 소리, 온도) 및 자율 대응 기능 개발 ○ 통신두절시 자율운영과 통신재개시 운영데이터 전송 및 자동복구 기능 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 선례연구 조사 및 및 현존 기술의 장·단점 분석 실시 ○ 사물인터넷 기반 자율운영 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로 관련 전문가를 활용하여 수행 ○ 수리구조물에 대한 센싱, 비교, 분석, 판단, 자율제어하는 기술에 대한 특허 확보 ○ 관련 대학, 연구원, ICT 관련 업체에서 제안 과제 관련 연구 수행 경험이 있는 연구원을 확보할 수 있을 것임 ○ 국토부, 환경부, 한국수자원공사 등 하굿둑 운영 실무 담당 기관과 협의를 통해 개발기술의 실용성 향상
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 주요 선례 연구집, 다목적 수문 및 정밀 운용 계획법 등 공공기반기술 ○ 수문 제어 기술 개선 시제품 ○ 운영프로그램(HMI : Human Machine Interface) ○ 특허, 신기술, 논문 등 지적 재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 다목적 가치 평가 방법은 본 과제뿐아니라 많은 단체의 이해관계가 충돌하는 다른 영역에서도 선례연구로서 응용 가능 - 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자, 관련업계에 제품 홍보 - 전국 여러 하천에 설치되어 자율운영시스템으로 확산 가능 ○ 경제사회적 기대효과 - 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출 - 현장 동력제어반(MCC)과 원격단말장치(RTU)를 설치하기 위한 별도의 부지 확보가 필요없고, 단순한 구조로 주변경관을 유지할 수 있음 - 수문과 MCC반 그리고 RTU반을 연결하는 케이블의 길이가 짧아져 케이블 비용이 획기적으로 절감되고, 외부의 노이즈나 서지 등의 영향이 적어 신뢰성이 대폭 개선됨 - 수문과 일체형으로 제작되므로 별도의 MCC반이나 RTU반을 구성할 필요없이 수문만 장착하면 공사가 완료된다. 또한, 도면 및 배선이 용이하며, 커넥터(터미널블록)만 연결함으로 전문 시공사 없이 시공할 수 있어 시공비를 절감함 - 사물인터넷(IoT) 망의 무선환경으로 통신 가설비 및 유지관리 비용이 대폭 절감

- 기존 제품은 입출력 포트가 규격화되지 않아 전문기술자가 설계, 시공, 유지관리를 수행해야 하나, 수리시설물 운영 목적에 맞는 규격화된 입출력 단자의 제공으로 설계, 시공, 유지관리비용이 절감
- 수리시설물의 상태를 정확하게 진단할 수 있으므로 수리시설물 및 부품이 수명이 다할 때까지 안심하고 사용할 수 있어 유지관리비용을 절감함

○ 기술적 기대효과

- 개발한 다목적 첨단 수문과 운용방법 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대
- RTU의 상시 점검으로 문제 발생시 계측기의 고장인지 아니면 원격단말장치(RTU)의 고장인지를 분석하여 고장 발생 시에 관리자에게 실시간으로 점검 요청을 수행
- 낙뢰, 서지 등으로 인한 수문 오동작 방지 기술을 탑재하여 연중 신뢰도 높은 수문 자율운영이 가능
- 다수의 현장을 통합관리 할 경우 통신이 동시에 두절되면 다수의 사람이 동시에 현장에 출동하여 직접 수문을 수동 조작해야 하나 자율 운영수문을 설치하면 통신두절과 관계없이 이벤트발생에 신속하게 자율 대응함으로써 재해로 인한 피해저감 효과가 기대
- 통신 상태와 관계없이 원격단말장치(RTU)가 수문을 자율운영하고 동작 결과 정보를 RTU 측 메모리에 자체적으로 저장하며 통신두절시 누락된 현장 운영데이터를 통신재개와 함께 자동전송 및 복구함으로 데이터의 손실을 방지 및 데이터의 연속성을 확보할 수 있음
- 기존 기술은 관리자의 경험과 전문성에 의존한 운영인 반면 제안 기술아이템은 관리자 없이 시스템 스스로 센싱하고 분석하여, 자율적 의사결정에 의한 최적 운영을 보장하는 고도의 전문성을 기대할 수 있음

○ 정책적 기대효과

- 하구 환경을 살리고 시민의 삶의 질 향상을 위하여, 정부의 정책적, 제도적 지원을 바탕으로 하구의 가치를 극대화 하는 최적의 수문 및 운용법 제공
- 4차 산업혁명의 핵심인 지능화 기술을 본격 확산하고, 하천 자율운영으로 물관리 기술력 향상 도모
- 자율운영이 필요한 일반 시설물 관리에 광범위하게 확산시켜 적용할 수 있으며, 신속한 초동대응으로 피해를 저감하는 효과가 있음

6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 ○ 연구비 예산 : 16**억원**(정부출연금: 15**억원** 이내)
7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(2) (1-2공동연구) 수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가

과제명	1-2공동연구. 수리구조물 상태 모니터링 및 안정성 평가
1. 연구개발 목표	
	○ **양방향 통수에 따른 하굿둑 흐름 해석기반 안정성 평가** - **(수리구조물 흐름해석 기술 최신화)** 3차원 수치모형을 활용한 유체-구조물 상호작용 및 하상세굴에 대한 수치해석 기술 개발 - **(하굿둑 구조 안정성 평가 첨단화 기술)** 양방향 통수에 따른 하굿둑 물받이, 국부세굴 등 수리구조물 안정성 평가 기술 개발 ○ **양방향 통수와 자율운영에 따른 하굿둑 시설물 모니터링 및 진단** - **(시설물의 모니터링 계측기술 최신화)** 하굿둑 시설물에 IOT 기술을 접목한 복합계측 모니터링 기술 개발 - **(시설물 안정성 평가 첨단화 기술)** 수문 진동 등 구조물 모니터링 정보를 활용한 시스템 식별 기술로 구조물의 안전성 평가 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 양방향 통수에 따른 하굿둑 흐름 해석 모형 개발 필요 - 현재 생태계 복원 등의 이유로 하굿둑 개방 등의 사회적 이슈가 존재하며, 하굿둑의 활용에 대한 국민적 관심이 늘어남. 따라서 유체-구조물 상호작용 등을 고려한 정밀 수치해석기법을 활용하여, 보다 정밀한 하굿둑의 거동예측 기술이 필요함 - 교량, 수중 보 등에 의한 하상 세굴 문제가 대두되고 있으며 이에 대한 정확한 예측이 중요해지는 추세임 - 따라서 양방향 통수를 반복적으로 수행하며 집중호우, 파랑 등 훼손의 원인이 다양한 하구 수리시설물에 대한 국부세굴에 대한 모의를 통하여 이를 예측할 필요가 있음 ○ 하구 수리구조물의 안정성을 평가하여 구조물의 유지 관리를 지원하는 기술 개발 필요 - 하천 구조물 주위 세굴 문제는 문제 자체의 복잡성으로 인해 과학적 방법보다는 경험적 방법에 주로 의존해 옴 - 개발된 거동예측 기술과 AI를 적용하여, 재난에 대한 구조 안전성 예측 및 평가 기술이 필요함. - 댐•보 등 수리 구조물의 안정적 운영을 위한 하굿둑 구조물 안정성 평가를 위한 정밀기술이 요구됨. - 하천 및 하굿둑의 구조 안정성에 대한 신뢰성 및 평가 기술확보를 통한 재난에 대한 국민불안감 해소가능
□ 기술동향	○ 하굿둑 수문, 교량, 바닥보호공, 물받이공 등 하굿둑 주요시설물에 대한 영향 검토를 위해 3차원 수치모형 (FIOW3D, GMO모델 등)을 활용한 역방향 흐름에 대한 유체해석, 국부세굴, 구조해석 등이 다수 진행되고 있음 ○ 최근 SUNTANS(Delft3D) 모형과 3차원 EFDC 모형 등을 활용하여 하굿둑 개방수준별 다양한 상황에 대한 조위/조류/수온/염분 등이 분석되고 있음

○ 전 세계적으로 이상기후에 따른 기후변화로 태풍과 지진해일과 같은 자연재해 발생의 증가로 해수면 상승시 내륙지방에 범람 피해를 유발하여 하류의 해일 소상 재현을 시뮬레이션하기 위한 기술들이 개발되고 있음

○ 컴퓨팅 파워 및 기법의 개발로, 유체-구조물 상호작용 등 정밀한 수치해석의 개발 및 활용이 가능함

3. 연구개발 내용

○ 양방향 개방형 하굿둑의 유형결정 및 최적 흐름해석 기법 개발

○ 다양한 흐름 및 개도 조건에 따른 하굿둑 인근 흐름 3차원 수치모의 수행

○ 하굿둑에 대한 유체-구조물 상호작용 수치해석시 지진, 지진해일 등의 외력을 고려하는 수치해석기법 개발 및 구조물의 안전성 평가기술 개발

○ 하굿둑 구조물 주변 국부흐름 해석과 구조물 안정성 확보 기술 개발(상·하류 세굴 안정성 분석, 시스템 개발 등)

○ 개발된 기술을 활용한 수치해석 DB 구축 및 AI 기반 구조물 응답 평가 기술 개발

○ 이를 통한, 실시간 구조물 상태 평가 및 구조 안전성 평가 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 하상 세굴이 문제되었던 선례나 이에 관한 기존의 연구들을 면밀히 조사하여 실제 현장 적용성이 반영된 관심 대상의 규모 선정.

○ 수치모의 기법과 인공지능 기법의 접목은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 국외 전문가와의 협업을 통하여 기술 개발을 도모

○ 관련분야 산학연 전문가 및 해외전문가를 활용하여 수행

○ 하굿둑 관련 유체-수리구조물 흐름 해석 및 설계 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 3차원 세굴해석 수치모형

○ 하상보호공 설계 기술

○ 수리구조물 흐름 해석 모형

○ 수리구조물 모니터링 및 안전성 평가 시스템

○ 특허, 신기술, 논문 등 지적 재산권

□ 활용방안 및 기대효과

○ 활용방안

- 안정적인 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 기초자료 제공
- 수중 조류발전, 수중 보, 교각과 같은 수환경에 설치된 인공물 근처 하상 세굴의 중장기 예측

○ 사회경제적 기대효과

- 본 연구에서 개발된 하굿둑의 적용 및 운영에 따른 결과를 가시적으로 제공함

으로서 하굿둑의 효율적 운영 달성
- 모형을 통한 효율적이고 정확한 모의 기술이 국내기술로서 동남아시아를 중심으로 한 개발도상국에 수출되고, 이를 바탕으로 한 친수공간의 활용 및 운용 등에 있어서 국제시장 개척 및 기술선도 달성
- 본 과제를 통해 기술력 확보시 하굿둑 설계 및 운영비용 절감 예상
- 본 과제에서 제시한 기술은 첨단의 기술로서 미래 하천산업 시장을 선점하고, 해외건설 진출 가능성을 증대시킴
- 하천개발에 따른 하천의 안정성 저하라는 이익 창출의 걸림돌을 미연에 방지하고 하천시설물의 안전한 운영을 통해 경제적 피해 예방함

○ 기술적 기대효과

- 양방향 하굿둑의 안정적인 운영을 위한 흐름해석 기초자료로 활용
- 현재 제안되지 못한 하천설계기준 보완
- 양방향 개방형 하굿둑 운영과 연계된 세굴보호 및 하상안정화 유지관리 반영
- 해외에서 개발된 수치모형에 대한 높은 의존성으로 인한 협소한 적용성, 수치모형의 오용 등 기존의 한계를 극복하고 국산화된 모형을 개발하여 유연하고 폭넓은 활용이 가능하도록 함
- Meshless 컴퓨팅을 통해 복잡한 지형, 변화하는 경계 문제를 모의하는데 있어 비효율적이던 격자법의 한계를 극복하여 효율적이고 정확한 모의 가능
- AI 기법을 활용한 수리구조물 구조 안전성 평가기술은 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수리구조물의 구조 안전성을 파악하고, 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음
- 수치모의 기법과 인공지능 모형의 접목은 첨단의 기술로서 하굿둑 설계 및 운영에 적극적으로 활용 가능하며, 이외에도 유사 하천 시설물의 설계 및 운영에도 우수한 적용성이 예상됨

○ 정책적 기대효과

- 하구관련 정책과 집행에 관한 과학적 기초자료 및 지식기반 마련에 기여
- 하천관리 지침, 하천기본계획 수립지침, 하천설계 기준 등 하천관련 지침 및 기준에 성과반영을 통해 정부의 기술적 지원
- 물리모형기반 정확한 예측을 통해 강, 하천 등의 운용에 대해 수준 높은 의사결정을 도모하여 효율적이고 실질적인 친수 공간의 활용방안 구도를 제공.
- 하굿둑의 구조안정성 평가기술을 활용하여, 하굿둑과 인근 구조물의 안정적인 운영 및 관리가 가능하며, 실제 운영시 리스크에 대한 선제 대응이 가능함
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 5년

○ 연구비 예산 : 30**억원**(정부출연금: 28**억원** 이내)

7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(3) (1-3공동연구) 수리구조물 염해저감 및 유지관리기술

과제명	1-3공동연구. 수리구조물 염해저감 및 유지관리기술
1. 연구개발 목표	
	○ **노후화된 하구구조물의 장수명화 및 염해저감** - **(수리구조물의 변형 탐지 및 유지관리 기술 최신화)** 수리구조물(하굿둑, 댐 등)의 균열, 파손, 부식 등의 형상 변형을 탐지하고 모니터링 할 수 있는 컴퓨터비전(광학이미지 +AI)기반 콘크리트 수리 시설물 유지관리 시스템 개발 - **(기수역 수리구조물의 장수명화 기술)** 기수역 인공구조물과 시설물의 염분내성 강화와 생물오손 제어를 통해 구조물의 장수명화 설계 및 유지관리를 위한 재료공학과 해양과학의 융복합기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 수리구조물 변형 탐지기반 유지관리 시스템 - 수리구조물의 주요영역을 이미지 형태로 취득하여, 형상 변화에 따른 위험한 상황을 사전에 방지할 수 있는 작업이 필수적이며, 이를 위해 형상데이터를 관리하고 저장할 필요가 있음 - 컴퓨터비전기술은 광학기기를 통해 수집된 데이터를 분석하여 예기치 않은 위험을 예방할 수 있으며, 데이터를 디지털화하여 관리 할 수 있어 현 모니터링 시스템과 연동하여 형상 데이터의 활용을 극대화할 수 있음 - 본 연구에서는 댐, 하굿둑 등 수리구조물에 대한 모니터링과 손상이미지 분석을 통해 여러 위험 요소를 줄이고 구조물의 현 상태를 관리할 수 있음 - 수리구조물은 대부분 지방자치단체가 관리하고 있으며, 전국 수리구조물의 81%를 관리하고 있어, 짧은 조사기간 동안 최소 인력만으로 모든 하굿둑 및 댐 시설물을 관리하기에 한계가 있어 유지관리를 위한 새로운 기술이 요구됨 - 따라서, 단시간에 정밀한 검사가 가능한 컴퓨터비전기술을 활용한 수리구조물 형상관리 모니터링 기술이 필요함 ○ 기수역 인공구조물 염해저감을 통한 장수명화 - 균열, 누수 등 수중구조물 유지보수 방안 및 적용 재료에 대한 기수역 및 해양환경 적용을 위한 실증 연구가 필요함 - 구조물의 균열보완, 안정성보완 등 구조물 자체의 유지보수 뿐 아니라, 고농도의 해양생물 오손에 의한 구조물 열화 및 기능약화에 대응하기 위한 해양과학과 재료공학의 융복합적 접근을 통한 생물오손 제어기능 검토 필요. - 기존유지보수 재료와 하이드로겔의 상호보완 및 상승작용에 대한 평가 및 실증을 통하여 하이드로겔 적용성을 검토하여 친환경 신재료에 의한 첨단 유지보수 기술 확보 - 본 연구에서 기수역 및 해양 구조물의 안정성과 장수명화를 확보하여 연안개발에 따른 인공구조물 건설과 운영기술의 환경성을 강화하며, 다양한 해양구조물의 오손 및 방오기술 확대에 기여함 - 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 확장 및 재조성되는 기수역 구간에서 수리구조물에 대한 염분영향 및 양방향 해수소통이 증대함에 따라 인공구조물 안정성 및 수

명증대를 위한 유지관리 기술의 강화가 요구됨

- 따라서 염분에 노출된 수리구조물의 열화 특성 및 대응 기술 개발을 통해 수리구조물의 전주기 유지관리 기술을 확보하여 기수역 생태계확보를 위해 운영되는 하굿둑 시설물의 안정성과 친환경성을 확보하는 기술이 필요함

□ 기술동향

○ 컴퓨터비전 기술은 카메라, 스캐너 등의 시각(vision) 매체를 통해 얻은 광학이미지를 분석하여 구조물의 상태를 모니터링하고 유지관리에 활용할 수 있는 기술로서, 수리구조물의 성능저하 및 노후화로 인한 형상 변화를 분석할 수 있음

○ 첨단 광학장비 (레이저스캐너, 광학카메라 등)의 발전으로 광학이미지를 활용한 구조물 유지관리 분야에 적용하려는 사례가 증가하고 있으며, 30년 이상 되는 댐 시설물은 2018년 기준 전체 603개의 댐 중 386개(전체 64%)로 토목 시설물 가운데 고령화가 가장 심각한 상황임

○ 따라서, 수리구조물의 노후화로 인한 변형을 탐지하고 평가할 수 있는 구조물 모니터링 기술시장이 크게 성장하고 있음

○ 기수역 하천의 인공구조물은 해수의 염분영향 및 해양생물의 고밀도 생물오손은 콘크리트와 같은 재료 자체의 부식과 구조물 기능과 안정성에 영향을 미치고 있어 이에 대응하기 위한 재료 공학적 연구가 증가하고 있음

○ 높은 인구 밀도와 이동, 수출입 선박 이동 등으로 기수역의 인공구조물은 국외 유입 해양생물의 서식처가 되며 이에 대한 제어기술 개발 수요가 높음

○ 미생물활용 바이오재료, 하이드로겔 등의 재료공학 발전으로 인공구조물 구축 및 유지관리를 위한 새로운 재료의 적용 및 활용성이 커가고 있음

○ 인공구조물 표면 염해 저감 및 생물오손 저감 기술은 신규 구조물 및 기존 구조물에도 적용 가능함으로 기수역 및 해양환경의 인공구조물 열화 및 유지관리를 위한 기술로서 광범위하게 적용 가능함

3. 연구개발 내용

○ 광학이미지를 활용한 AI기반 수리 구조물 손상검출 알고리즘 개발
○ 컴퓨터비전을 활용한 수리 구조물 손상영역 가시화 기술 개발
○ 하이드로겔을 활용한 콘크리트 표면보호 및 염분내성 강화를 구조물 피복 기술
○ 하이드로겔 기반 친환경 및 생태모방 기술 적용 Antifouling 및 Fouling 제어 기술
○ 기존 유지보수 재료와의 비교 및 통합을 통한 고효율 융복합 유지보수 기술
○ 장단기 폭로실험을 통한 기수역 현장 실증 및 성능 인증
○ 염분에 노출된 구조물 표면의 전주기 유지관리 기술

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 정기적인 레이저스캐닝 및 광학 기기를 활용한 수리 구조물 형상관리 데이터베이스 구축

○ 댐 사면, 하굿둑 등의 손상 이미지를 활용하여 균열, 파손, 부식 등의 이미지 분석을 통한 시설물 모니터링 시스템과 연계.

○ 컴퓨터비전기술은 국내 및 전 세계적으로도 활발히 연구가 진행되고 있으며, 관련분야 국제 협력 및 전문가를 활용하여 수행

○ 컴퓨터비전기술 및 광학이미지 분석기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용

	○ 하이드로겔 개발 및 응용기술은 전 세계적으로 주목받는 연구 분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가 활용 및 교차 검증을 통하여 선도 기술 확보 ○ 기존 유지보수 기술 확보 기관 및 산업계를 활용하여 수행 및 기술인증기관과 연계 연구
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 컴퓨터비전기반 수리구조물 손상검출 프로그램 ○ 하이드로겔 기반 수중구조물 표면 안정성 강화 기술 ○ 특허, 신기술, 논문등 지적 재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 국내 댐 구조물 안전점검에 활용 - 시설물 안전점검 및 유지관리 관련업계에 신기술 전파 - 소규모 수리구조물에도 적용할 수 있는 유지관리기술로 확산 - 기수역 수리구조물의 건설, 유지보수, 장수명화를 위한 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파 - 해수의 영향을 받는 하천 하류, 하구, 해양의 구조물 및 해양선박 등 해수영향 수환경에서 구조물 표면 관리 및 시설물 운영관리 기술로 확산 가능 ○ 사회경제적 기대효과 - 컴퓨터비전기술은 방대한 양의 데이터를 분석할 수 있으며, 분석결과를 가시적으로 제공함으로서 구조물 점검자 및 관리자에게 안정적으로 수리구조물을 관리할 수 있도록 기여할 수 있음 - 수리구조물 장수명화 기술은 지속가능한 사회를 위해 주목받는 첨단의 기술로서 수리구조물 건설 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음 - 하이드로겔 기반 염분내성 및 오손방지 기술 개발을 통하여 수리구조물의 열화 및 노후화에 대비한 기술을 제공함으로 안정적인 하굿둑 운영 및 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응 할 수 있음 ○ 기술적 기대효과 - 컴퓨터비전기술을 이용한 수리구조물 유지관리기술은 국내 및 국외 관련분야에서도 첨단 신기술에 해당되며, 해당 기술개발을 통해 수리시설물을 포함하여 철도, 교량, 건물 등의 유지관리기술로도 활용 할 수 있음 - 수리구조물 유지관리에 머신러닝, AI등을 결합하여 컴퓨터비전을 활용하는 기술은 초기단계이며, 기술개발을 통해 국내 기술력을 확보할 수 있음 - 하이드로겔을 활용한 콘크리트 구조물 피복 및 생물오손 관련 연구는 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 기존의 하천 및 해양의 다양한 수리구조물의 수환경에서의 안정성 확보와 장수명화에 활용 할 수 있음 - 기존 유지보수 관리기술에 하이드로겔을 결합한 융복합형 수리구조물 유지관리 기술은 국내외 건설유지관리 분야 시장에서 필요성이 높으며 친환경 및 미래 건설기술로 주목받고 있음 ○ 정책적 기대효과

	- 컴퓨터비전기술을 활용한 구조물 유지관리 방안은 노후된 수리구조물에 적용할 수 있으며, 필요에 따라 접근이 어렵고 위험한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며, 실제 작업자의 안전을 보장해주는 효과가 있음 - 정부의 노후 구조물 관리 정책을 지원할 수 있으며, 국내 수리구조물을 안정적으로 관리하는데 기여할 수 있음 - 재료공학 및 해양과학을 활용한 수중구조물 유지보수 및 관리 방안기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 기수역 및 해양환경 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음 - 정부의 4대강 재자연화 정책에 따른 기수역 수리구조물 운영관리 기술을 지원하는 기술로서 확장 및 재조성되는 기수역 수리구조물의 안정적 관리에 기여
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 ○ 연구비 예산 : 14**억원**(정부출연금: 12**억원** 이내)
7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

다. (2세부과제) 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술

과제명	2세부과제. 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술
1. 연구개발 목표	
	○ **기수역 환경정보 취득을 위한 모니터링 및 모델링 기술** - **(데이터 생산 기술)** 하굿둑 운영 시나리오 생산을 위한 기수역 양방향 흐름, 수질, 유사이동, 하상변동, 지하수 모델링 기술 개발 - **(첨단 모니터링 및 통합운영 기술)** 흐름, 염분, 수질, 지하수 실시간 모니터링 기술 개발 및 통합관리시스템 구축 - **(기수 생태계 적응 관리 표준화)** 기수역 생태계의 모니터링 고도화 기술의 개발 및 이들 기술의 실제적 적용을 통한 생태적 적응관리의 표준화된 기법의 정립
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 하구역에서 해수-외수 통합모의 기술을 바탕으로 환경수리적 효과를 분석하고 평가할 수 있는 수량-수질-재해에 대한 통합해석 기술 필요 - 하굿둑 리모델링 및 개방에 따른 수량-수질-재해예방 통합해석 기술이 필요 - 환경친화적 기수역 조성하고 물순환 및 하천-해수의 연속성 확보로 수질 개선 및 염해 침수와 수자원 부족 문제 등을 해결하기 위한 다기능 하구 구조물을 설계, 설치 및 운영하기 위해서는 기수역 내에서 수리구조물 설치 및 운영에 따른 해수와 담수 혼합 거동, 유속 및 수위분포, 부유사와 오염물질 거동 등에 대한 정확한 정보가 필요 - 기수역 상·하류 수위 차와 염수-담수 경계조건을 합리적으로 반영하여 기수역 수리구조물 운영에 따른 신뢰할만한 수리 및 수질 자료를 확보하기 위해서는 고해상도 3차원 수치모델링 프레임워크 개발이 필요 - 상·하류부의 해수유입 및 담수유출량을 미리 예측 하여야만 하굿둑 조작 및 염수 등의 수질관리가 가능해져 이 부분에 대한 예측이 매우 필요한 실정임 - 기존의 예측 시스템은 정확성 및 모의 시간이 많이 필요하여 한계가 있음 ○ 정부의 4대강 정책 및 통합물관리 기조에 따라 리모델링이 예상되는 기수역에 대해 수량-수질-재해 발생간 상호작용에 기초한 통합적 물리현상에 바탕을 둔 분석이 필요함 - 금강, 영산강, 낙동강 등에 설치된 하굿둑은 국가 중요 시설물로서 AI 기반 하굿둑 시스템 설치 및 운영에 따른 기수역 흐름의 수리학적 거동과 및 오염물질 거동에 대한 상세자료를 제공하기 위한 3차원 고해상도 수치모델링 프레임워크는 정부의 지원으로 개발되는 것이 타당함 - 상류의 유출량 예측과 해수유입량 예측을 통하여 선제적 하굿둑 운영이 가능 ○ 국가·지방하천의 49%는 하굿둑, 방조제 등이 설치된 닫힌하구 형태로서 염수가 유입되는 기수역의 모니터링 기술 부재 - 정부의 하굿둑 개방 정책에 따라 하굿둑 개방이 단계적으로 시행될 예정이나, 하굿둑 수문운영의 기초가 되는 염분 모니터링 자료 취득 미흡 - 현재 운영 중인 수질관측소는 고정식으로 운영하여 상류 염수침투 거리를 모니터링

하기 위한 수단으로 활용이 어려움

- 3차원 수리모형을 활용한 염분의 공간분포를 예측할 수 있으나, 모형의 검증을 위한 관측 자료의 확보가 어려움
- 정부의 하굿둑 개방 정책에 따라 하굿둑 개방이 단계적으로 시행될 예정이나, 하굿둑 수문운영의 기초가 되는 염분 모니터링 자료 취득 미흡
- 하굿둑 등 수리시설물 운영 및 기수역 하천환경 관리 등을 위해서는 연속적인 유속·유량·유사량의 정교한 모니터링이 필수이나, 기존 모니터링 기술은 일반 하천을 중심으로 개발되어 왔음
- 조석 영향구간의 양방향 흐름조건, 염분농도의 변화, 점착성 유사 함유 등의 특성으로 기존 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 직접 조석영향 구간에 적용하기는 곤란
- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간은 하천과 해안 특성이 복합적으로 발생하여 분석 및 예측이 어려움에도 불구하고 국내적으로 기술이 적용된 사례가 부족한 만큼 기수역의 예측 및 하굿둑의 안정적인 운영을 위해 주변의 상황을 인지할 수 있는 모니터링 및 분석 기술이 요구됨
- 하굿둑 주변의 포괄적 감시 및 분석을 위해 시간/공간적 해상도가 높은 변화탐지 모니터링 기술이 필요함
- 단순한 모니터링 외 하굿둑 특성에 대한 예측에 활용이 가능한 연계적 분석시스템이 필요함
- 통합물관리의 새로운 시대를 맞이하여 강의 자연성 회복의 일환으로 추진 중에 있는 기수역의 재조성 및 기수역의 체계적인 관리를 위해서는 연속적이고 정교한 유속·유량·유사량의 모니터링이 필수
- 유속·유량·유사량 모니터링은 국가의 하천 및 수자원관리를 위한 기초자료를 생산하는 수문조사의 일환으로 정부 지원이 필수

○ 재조성되는 기수역의 구간 관리를 위한 흐름, 수질, 염분 등의 실시간 데이터 취득 기술 필요

- 최근 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용하여 일반하천에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술이 개발되고 있으나, 조석 영향 구간의 특수성을 고려한 적용기술 개발 및 적용성 평가가 필요
- 드론 및 IoT기술을 접목하여 광범위한 영역의 다양한 자료를 실시간 취합한 후, 빅데이터 분석을 실시하면 정교한 모의가 가능해지며 이를 이용하여 정확한 원인 진단 및 피해 방지를 위해 다양한 대책 등을 제공하는데 활용
- 현재 개발되어 사용되는 USV를 하천조사용으로 소형·경량화하여 수질 공간분포 모니터링을 위한 플랫폼으로 활용이 가능하며 ADCP, CTD 등 기존 상용 흐름·수질 계측 센서를 탑재하여 흐름과 수질을 동시 측정하는 기술로 개발할 필요가 있음
- 따라서 수층별 모니터링 정보를 토대로 통합관리체계 운영을 위한 로직 개발과 예경보 체계 구축을 위한 알고리즘 기술 개발이 필요함
- 하천 염해 발생 우려 시 신속한 대처가 이루어지기 위해서는 기수역에서 적절한 염분 측정망을 구성하여 염분 이동에 대한 정확한 정보를 전달하여 염해 발생 상황을 빠짐없이 감지할 뿐만 아니라, 잘못된 염해 발생 경보를 최소화 할 필요가 있음
- 센서 및 그 유지관리 비용을 고려하였을 때 동일한 정확도에서 센서의 수를 최소화하는 배치기술이 요구되며, 각종 이해 당사자들이 원활한 의사결정을 하기 위한 지원 모듈을 개발하여 염해 발생을 감지할 수 있는 솔루션 제공이 필요함
- 염해 발생 감지 기술은 상류의 방류량과 기수역의 조석 변동 등과 같이 다양한 외

	력에 따라 시·공간적으로 민감하게 반응하기 때문에, 정확한 염해 감지를 위한 염분 측정망 구성의 최적 솔루션을 제공하여 의사결정에 직접적으로 활용할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있음
	○ 최근 들어 추진 중인 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 변경되는 하구둑 주변의 흐름변화로 인하여, 주변 지형변화가 필연적으로 동반될 것으로 예상됨 - 따라서 장기적인 관점에서의 국토관리와 미래에 발생 가능한 인적.경제적 피해를 방지하기 위해서, 주변 연안지역의 장기적인 지형변화양상을 예측할 수 있는 기술이 필요함 - 기수역 대하천의 지형 특성에 따라 유사의 거동이 육지 방향 또는 연안 방향으로 발생하는 것으로 생각되나, 현재까지 하천의 평면특성에 따른 조위와 유속 사이의 관계를 살펴본 연구사례가 국내에서는 발견되지 않음
	○ 수질오염 지표 어종 및 멸종위기 어종의 상시 모니터링 기술과 같은 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성공여부를 판단하거나 예측할 수 있는 기술개발이 필요
	○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재 조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 기수역의 생물적, 물리적 환경의 모니터링 고도화 및 관리기술이 필요 - 첨단기술과 연계된 과학적이고 체계화된 국가 환경관리시스템 구축의 원천기술 확보 - 원격탐사를 통한 생물 모니터링 시스템을 구축하고 하굿둑 운영에 따른 생물 분포 변화를 예측하는 기술이 필요함 - 생물다양성 확보를 위해 기수역 생태계를 고려한 건강성 평가 기술이 필요함 - 한국의 기수역 및 생태특성에 맞는 서식처 모델 개발이 필요함 - 산정된 기수역의 주요 생태계에 대한 최적 서식지 조건을 하굿둑 운영에 시스템에 결과를 활용할 수 있음
□ 기술동향	○ 최근 통합물관리 기조에 따른 수량-수질-재해예방의 일체화된 관리체계 구축이 중요하게 되면서 수량-수질-재해예방의 통합분석기술 개발의 필요성이 제기되고 있음
	○ 동아시아 지역의 태풍피해가 점차 증가추세에 있는 실정이나 하굿둑의 건설, 구조변화, 개방/차단 등 수공구조물 형식 변화에 따른 침수범람 피해영향 등 재해예방 측면에 대한 검토가 적절히 이루어지지 못하였음
	○ 하구역에서 재해예방을 목적으로 해수-외수 통합모의 기술이 개발되었으나 환경수리적 효과를 평가하는 데 한계를 지님
	○ 해수와 외수의 혼합으로 조성되는 기수역에서 하굿둑 단면변화로 인한 다양한 환경수리적, 재해예방적 변화가 발생할 것으로 예상되나 이를 통합적으로 분석하고 평가할 수 있는 기술이 관련 산업/시장에 부재함
	○ 기수역에서의 흐름, 유사이송, 파, 수질 모델링을 위해서는 외국에서 개발된 Delft3D와 UnTRIM 동수역학 모형이 사용되고 있음. 이러한 상용화된 모형들은 비전문가도 쉽게 적용할 수 있지만 연직방향 격자는 σ-좌표법을 사용하여 정확도에 한계가 있고, 격자 해상도별로 매개변수 검증이 필요함
	○ 대상 하굿둑 시설물과 지형에 적합하게 구성된 계산격자 상에서 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 수치모형이 다양하게 진행되고 있음
	○ 난류 해석, 해수-담수 사이의 중력류 해석, 흐름 및 오염물질의 동적 거동 해석 등을 복잡한 지형을 고려한 고해상도 격자 상에서 병렬계산을 수행하면 높은 신뢰도의 상세 예측 정보 제공이 가능하여 다기능 하구구조물 시스템 운영에 적용

할 수 있음

- ○ 딥러닝을 이용한 예측 시스템은 여러 산업분야에서 다양하게 사용되고 있으나, 수문변수들에 대한 예측에는 적용이 미미한 실정임
- ○ 양방향 흐름이 발생하는 조석 영향 하천구간에 초음파를 이용하여 유속·유량을 모니터링 하는 기술이 전 세계적으로 활발하게 연구 중이나, 국내의 경우 관련 연구가 거의 없는 실정
- ○ 유사량 모니터링의 경우 전통적으로 채수 후 농도 및 입도를 분석하는 기술이 사용되고 있으나, 최근 선진국을 중심으로 광학, 초음파, 레이저 등 대리변수를 이용한 유사농도 또는 입도를 모니터링 기술이 개발되고 있으나 기수역에서의 적용성은 검증이 필요
- ○ 최근 낙동강, 섬진강 등 기수역에 인접한 하류에서의 염해 원인을 규명하여 수생태계를 복원하고 지속 가능한 물 이용체계를 마련하기 위한 연구가 추진되고 있음
- ○ 첨단 기술의 발전으로 여러 가지 시나리오에 기반한 모의가 가능하여, 빅데이터에 기반한 측정 센서의 다목적 파레토 최적화 기술 적용의 필요성이 높아지고 있음
- ○ 염분 측정망 최적화 기술은 기수역에서 염분 센서를 공간적으로 적절히 배치할 수 있는 후보군을 분류하고, 이들 중 염해 발생 감지의 정확도와 경제성을 고려한 다항의 목적함수로 구축하여 이를 최적화하는 기술로서 사용자가 직면한 문제에 대한 정보를 추출하고 최종 솔루션을 선택할 때 더 나은 의사결정을 내릴 수 있는 최적해들의 집합체인 파레토 최적 솔루션을 제시할 수 있음
- ○ 드론과 광학원격탐사 기법을 이용하여 방대한 하천 및 해역에 대하여 수심 측량을 포함한 실시간 지형변화의 측정이 이루어지고 있으며 더불어 영상분석 및 인자화를 통해 다양한 수리학적 현상을 이해하는 것으로 적용이 확대되고 있음
- ○ 국외에서는 1990년대 이후 해양분야를 중심으로 USV 연구개발이 지속적으로 추진되었으며, 국내에서도 해양조사 및 정찰 등을 중심으로 한 USV가 개발
- ○ 국내 USV 개발은 선박해양플랜트연구소 및 국방과학연구소에서 해양방위용으로 개발되고 있으며, 2019년에는 해양방위를 위해 개발된 전장 8 m, 무게 3 ton의 USV가 공개
- ○ 수질관측을 위해 하천변 또는 교각에 설치된 구조물에 고정된 센서로부터 계측된 자료를 이용하고 있기 때문에 수질인자의 공간적 변화 계측이 어려운 상황
- ○ 수질오염사고 예방과 신속한 대처를 통해 최적으로 수질관리를 하고, 정책품질을 제고하고자 2004년 시·도별 수질원격자동감시체계(TMS : Tele-Monitoring System) 구축 및 운영
- ○ 미국의 REON(River & Estuary Observatory Networks) 프로젝트에서 자율 로보틱 프로파일러에 의해 하천을 움직이며 분 단위로 수량 및 수질정보를 획득하는 센서 어레이를 구동시켜 각종 데이터를 수집한 후 분산 컴퓨팅 네트워크로 구현
- ○ 유럽(EU)의 Water Resources Management Information System인 WaterWare는 수지원관리를 위한 통합 정보의사결정시스템으로 영국의 Thames강, 멕시코의 Lerma-Chapala 유역, 팔레스타인의 West Bank and Gaza, 말레이시아의 Kelantan강, 중국의 양쯔강에 적용되면서 개발하고 있음. 일본은 직접투입방식 616개소, 채수방식 453개소의 수질자동관측소를 설치하여 운영하고 있음
- ○ 낙동강 하굿둑의 경우 유입유량 규모에 따라 평시, 홍수시, 비상시 3단계로 나누어 수문을 운영

○ 선진국의 경우 양방향 부분 개방형 또는 상시 개방형 하굿둑 형태로 운영하면서 수문·기상·해양조건 등의 여러 조건을 고려하여 일정 길이의 기수역 확보가 가능하도록 정밀한 수문제어 운영

○ 센서의 기술발전과 ICT 기술의 보급으로 대량의 측정 자료의 원격수집과 이를 통한 빅데이터가 축적되고 있음

○ AI 기반 기술의 발전으로 여러 산업 분야에서 AI를 활용한 각종 어플리케이션 개발이 활발하고 특히 자율주행, 영상판독 등에 활발히 이용되고 있음

○ 최근 농업용 물관리 등에 인공신경망 기술의 이용이 시도되고 있는 추세에 있음

○ 국가하천의 효율적 관리를 위해 표준화 및 전산화된 하천정보를 제공하는 하천관리지리정보 시스템(RIMGIS)가 개발되어 활용 중

3. 연구개발 내용

(2세부) 수리구조물 정밀 제어를 위한 기수역 정보 취득-분석-예측 기술

○ (2-1공동연구) 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술

- 기수역 수환경 모니터링 시스템 구축
  - ◆ 실시간 관측자료 데이터 베이스 구성
  - ◆ IOT 기반 실시간 염분, 수질 모니터링 기술 개발
  - ◆ 기수역에서 양방향 유속 및 유량 측정기술 개발
  - ◆ 양방향 흐름조건에서 유사량 모니터링 기술 개발
- 기수역 생태계 모니터링 시스템 구축
  - ◆ UAV & GIS 활용 생태모니터링 공간정보화 구축
  - ◆ 표준화된 기수역 생태계 조사기법 기술 개발
  - ◆ E-DNA 생물 분포 패턴 분석 및 생물이동성 분석 첨단기술개발
- 기수역 모니터링 데이터 통합관리 시스템 구축
  - ◆ 실시간 관측자료 데이터 베이스 구성
  - ◆ 기수역 모니터링 실시간 데이터 통합관리 모형 개발

○ (2-2공동연구) 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술

- 기수역 흐름, 수질, 염분, 하상변동 수치모형 개발
  - ◆ 양방향 통수에 따른 기수역 유속, 수위, 유량, 지하수 등 수리량, 흐름 구조와 수질, 염분, 유사 등 물질의 동적 거동에 대한 분석을 위한 3차원 수치모델 개발
  - ◆ 수치모델링 기반 하굿둑 운영 시나리오에 따른 기수역 조성 범위 예측 기술 개발
  - ◆ 계측센서 수 별 센서 공간 배치 최적화 기술 개발
- 기수역 수리량, 수질, 염분, 유사, 지하수 모델링 데이터 통합관리 모형 개발
  - ◆ 하굿둑 운영 시나리오별 수리량, 수질, 염분, 유사 수치해석 결과 데이터베이스 구성

○ (2-3공동연구) 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술

- 흐름과 유사의 상호작용에 따른 하천 및 연안 지형변화 예측 기술 개발

◆ 기수역 양방향 흐름 장기유지에 따른 장단기 환경 변화 예측 기술 개발
◆ 하구둑 주변 연안지형의 장단기적인 연안지형변화 예측 기술 개발
◆ 기수역 유사 공급체 추척 및 예측 기술 개발

- 기수역 생태계건강성 평가 및 보전 기술 개발

◆ 기수역 생태계 건강도 평가 척도 개발
◆ 기수역 복합 생태계를 고려한 서식처 모델 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 고성능 클러스터를 확보하여 병렬계산을 수행함으로써 고해상도 격자상에서 효율적 수리 및 수질 모델링 수행

○ 하굿둑 운영을 통한 기수역 재조성 하천에 직접 적용할 수 있는 기술을 통한 적용성 확보

○ 기존 하굿둑 수문 실제 운영 자료 및 수리해석, 모의 자료 등의 검토를 통한 각 하굿둑 해당 하천에서의 강우, 유속, 수질 등의 수문정보 자료 확보

○ 실시간수질정보시스템을 통해 GIS 기반의 기수역 확보범위 가시화

○ 본 연구는 기 개발되어 활용되고 있는 기술을 적용 통합하는 연구로서 현재 활용되고 있는 AI, 데이터베이스, 빅데이터 관련 연구 결과를 적용 통합할 것임

○ 원격 측정 기술을 활용한 빅데이터 수집과 데이터베이스 기반 구축 기술

○ 기수역에 적용 가능한 모델 선정 및 기수역 모니터링 자료 연계 결과 검증 후 시나리오 생성

○ 기수역 모니터링이 가능한 열린 하구를 테스트베드 대상으로 선정, 염분.수질 공간분포 모니터링 기술 개발

○ UAV 기반의 하천환경지도 작성방법의 고도화 및 이동성 중요 생물종의 추적장치 및 무인 센서 활용기술의 적용성 검토 및 활용

○ 위성영상, 드론 촬영과 GPS측량을 통하여 대상지의 정확한 지형정보 획득

○ GIS와 통계적 식생분포모델을 이용하여 하굿둑 식생 모니터링 및 분류 시스템 구축

○ 기존의 생태계 지표생물 선정 기법과 수생태계 건강성 평가 기술 활용

○ 담수지역의 하천 유지유량 산정방법 및 유량관리 기술을 서식처 관리 모델 개발에 활용

○ 실시간 자동수질측정시스템을 이용한 상시모니터링 시스템을 구축하여 수질오염 및 환경요인 변화로 인한 수질 오염원의 경로파악 및 어류폐사의 예방에 활용

○ 우리나라의 생태계 수건강성 평가기술은 세계적으로 높은 수준이며 기수역을 대상으로 한 건강성 평가기술 개발을 통하여 선도적 기술을 제공할 수 있음

○ 생태계 관리기술은 하천복원이나 보존을 위해 수자원환경 관리에서 전세계적으

	로 주목받는 연구분야임 ○ 하천을 대상으로 PHAPSIM 등 많은 생태계 서식처 모델이 개발되어 활용되고 있음 ○ 한국의 기수역 생태특성에 맞는 서식처 모델을 개발하고 안정적인 기술역 관리에 적용할 필요가 있음
□ 추진체계	○ 드론의 개발 및 활용은 전세계적으로 각광받고 있으며 국내에서도 다양한 기업 및 연구소에서 사용하고 있음. 따라서 이들과의 협력을 통해 관련기술 확보 ○ 영상분석 및 하굿둑 인자의 복합적 모델링 기술을 자체 개발하거나 필요시 고급기술 보유기관 활용 및 공동개발 추진 ○ USV 개발 기술을 보유한 관련 기업을 중심으로 USV 하드웨어 및 운영 SW 개발 ○ 학·연을 중심으로 효율적 염분분포 계측을 위한 USV 임무시나리오 및 염분 측정결과의 공간보간 SW 개발 ○ 국토부, 환경부 등 유관기관 협력을 통한 염분공간분포 계측기술 검증 및 실용화 ○ 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용한 하천 모니터링 기술은 전 세계적으로 연구 초기단계에 있는 기술로 국·내외 전문가의 협력을 통한 기술 확보 ○ 조석 영향 구간의 양방향 흐름 조건에서 모니터링 기술은 센서 개발·운용 등과 긴밀한 연관이 있는 바, 관련 업계와 긴밀한 협력을 통한 기술 확보 ○ 관련 대학, 연구원, ICT 관련 업체에서 제안 과제 관련 연구 수행 경험이 있는 연구원을 확보할 수 있을 것임 ○ 국토부, 환경부, 한국수자원공사 등 하굿둑 운영 실무 담당 기관과 협의를 통해 개발기술의 실용성 향상 ○ 관련 기술을 보유하고 있는 민간 기업과의 산학협력 등을 통한 기술의 상용성 제고 ○ 국내외 관련 기관 및 전문가의 학술활동 및 정보 교류협력 등을 통한 관련 기술의 학술적 적합성 확보 ○ 기수역 유사 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행 ○ 수공구조물 주변 하상변동 예측 기술은 관련 기술을 보유한 기관을 활용하여 수행 ○ 주변 연안지형의 장기적인 지형변화 관련 기술은 국제협력 등을 통하여 수행 ○ 하천 및 해양 분야의 전문가 그룹의 연계와 융합이 중요하며, 특히 이미 개방형 하굿둑을 성공적으로 운용하고 있는 해외 전문가와의 협력이 필요함
5. 최종성과물	

□ 주요 최종성과물	○ 3차원 기수역 흐름 거동 및 수질 수치모델링 시스템(대상 하굿둑 시스템별 고해상도 3차원 수치격자와 수치해석 모듈 포함) ○ 시나리오별 상세 흐름 및 오염물질 거동 특성 자료 ○ 하굿둑으로 인한 역류영향 이전 구간의 담수유출량 예측 결과 ○ 하굿둑 파고 및 해수면기반으로 한 해수유입량 예측 결과 ○ 하굿둑 운영 시나리오 별 기수역 공간변화 예측결과 DB ○ IoT기반 실시간 기수역 유속·유량·수질·염분·유사량 모니터링 기술 및 매뉴얼 ○ 염분 공간분포 측정을 위한 이동형 계측 플랫폼, 이동형 계측 플랫폼의 최적 운영 시나리오 및 염분 공간분포 보간 SW ○ 99% 계측신뢰도 수분 수질 일체형 다항목 센서 ○ 기수역 유속·유량·수질·염분·유사량 모니터링 DB ○ 염분 측정망 최적화 모듈 ○ 기수역 환경정보 통합관리 시스템 ○ GIS 기반의 기수역 환경변화 공간정보 가시화 시스템 ○ 기수역 환경 변화 예측 모델 ○ 기수생태계 건강성 평가 모형 ○ 특허, 신기술, 공공기반기술, 논문 등 지적 재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 염분 공간분포 가시화를 통한 염수 발생 경보 발령 및 수공구조물 운영 전략 수립 등 유관기관의 실무에 활용 - 모니터링 자료와 수치모의 자료를 활용한 하굿둑 시스템 운영 및 제어 기초자료로 활용 - 드론 활용 및 빅데이터 분석기술 등의 신기술을 관련분야에 전파 - 하굿둑 개방에 따른 기수역 변화 상시 모니터링 플랫폼으로 활용 - 기수역 공간변화 예측결과의 검증 및 보완을 위한 기초자료 확보 방안으로써 활용 가능 - 하굿둑 자율운영 통합관제 센터 운영 지원 및 하굿둑 수질기반 생태계 관리 지원 - 기수역 관련 국가 수문조사 실무에 직접 활용 - 국·내외 강 하구 및 하천 모니터링 사업으로 확산 가능 - 하천환경 모니터링 및 하굿둑 운영 관련 실무자, 설계자 및 관련 업계에 신기술 전파 및 활용 - 재조정되는 기수생태계의 활성화 및 유지관리 전략 수립에 활용 ○ 경제사회적 기대효과

- 하굿둑 수리시설물 시스템의 최적 설계 및 운영 방안 수립에 필요한 고해상도 수리 및 수질 정보 제공기술을 확보함으로써 기수역 수자원 확보, 수생태서비스 제공 및 재해로 인한 피해 저감으로 경제 및 사회적 이득을 높임
- 다양한 하구시설물에 적용하여 수치모델링 체계 보급에 경쟁력 확보 가능
- 효과적인 예측 기술이 개발된다면 이를 통해 안정적인 기수역 구간에서의 수질관리 및 홍수 및 가뭄 등을 대비하는데 효과적인 운영시스템을 구축할 것으로 예상되어 극한사상에 대한 피해액 감소 및 복구비용을 절감할 수 있을 것으로 예상됨
- 드론은 4차 산업시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 드론 등 RS기법의 하굿둑 주변 기수역 모니터링 기술 개발을 통해 효율적이며 포괄적인 모니터링 및 분석 결과를 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있음
- USV 기반의 이동형 계측 플랫폼 개발 관련 민간분야 산업 성장 가능
- 기수역의 생태계 변화 등 관련 지표와 수리·수문 인자와의 연관성 확보 가능하여 불필요한 사회적 논란 감소
- 최근 전 세계적으로 하구역에 대한 관심이 증대되고 있는 상황으로 선제적인 하구역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술 확보·보급으로 국가 위상 제고
- 염해 발생 경보의 정확성과 측정망 구축의 경제성을 고려한 최적 솔루션을 제공함으로써 의사결정자가 예산 등을 고려하여 최종적으로 염분 측정망 구축계획 수립을 할 수 있는 과학적 근거 제공
- 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 여론 및 요구에 대한 대응 가능
- 홍수 시 배수갑문의 효율적 운영에 따른 재해 발생 방지
- 안정적 기수역 조성을 통해 생태계 다양성 회복 및 하굿둑 인근 주민들의 안전한 생산 활동 가능

- 지형변화에 대한 이해를 바탕으로 하구역 정비 및 관리를 수행하며 나아가 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 하구둑의 운영기술에 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하는 기술을 선도하여, 관련시장의 선점이 가능할 것으로 기대됨
- 미래 첨단기술의 접목을 통한 국가환경관리의 원천기술 확보로 관련 국내외 시장수요기반의 창출
- 과학적이고 정밀화된 기술의 확보로 환경영향평가 등 불필요한 사회경제적 갈등과 고비용・고효율의 저감
- 기수역 적정 유지유량 산정 기술은 생태계의 보호/보전 뿐만 아니라, 어폐류 등 경제성 자원의 서식조건 최적화를 통하여 기수역의 경제적 가치를 높일 수 있음

○ 기술적 기대효과

- 동남아 개발도상국 및 저개발국에 대한 풍수해저감 원조사업에 활용 가능
- 하굿둑 시설물과 기수역의 복잡한 지형을 고려한 해수-담수 동적 거동과 수질을 해석한 고해상도 3차원 수치모델링 체계 개발로 세계적으로 경쟁력 있는 기술력을 확보
- 개발된 수치모델링 체계에 의한 자료는 국내외 첨단 친환경 하굿둑과 하구시설의 설계 및 운용에 필요한 기초자료로 활용될 것으로 기대
- 해수측에서 하굿둑에 영향을 주는 다양한 변수들의 공간정보를 딥러닝을 통하여 담

수측의 유량과 연계하여 정밀한 유입 및 유출량의 중단기 예측 가능함

- 드론 영상과 같은 RS 기법을 발전시켜 기수역 모니터링에 안정적인 모니터링 결과 제시 가능
- 기수역에 적합한 드론 및 영상분석 기술의 개발은 시간/공간의 해상도가 높은 결과의 도출이 가능하여 포괄적인 관리를 가능하게 함
- 장기적으로 빅데이터 및 AI를 활용하기 위한 다양한 데이터의 확보가 가능하여 모니터링 및 분석 개발 후 4차 산업 연계 연구에 활용성이 높음
- 수리구조물과 연계된 하굿둑 모니터링은 IoT, BIM등을 결합한 종합적 분석 시스템에 매우 필요한 기술이며 국내외 건설분야의 미래기술로서 주목받을 수 있음
- 네트워크 센싱 기반의 하굿둑 수환경 모니터링 시스템 개발에 의한 기술 우위 점유
- 전 세계적으로 개발 초기 단계에 있는 광학, 초음파, 레이저를 이용한 기수역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 개발하여 세계적인 기술 수준 확보
- 광학·초음파·레이저를 이용한 유속·유량·유사량 모니터링 기술은 강 하구를 포함하여 하천 모니터링 분야로 확장 가능하여, 전반적인 수문조사 기술 수준 제고
- 광학·초음파·레이저 센서의 적용기술 확보로 우리나라 취약분야인 센서기술 개발 기반 조성
- 하굿둑 수리 구조물 운영의 효율화 및 물리・화학적 특성과 연계된 생물적 특성의 통합적이고 고도화 평가기술의 개발로 관련 분야의 원천 기술 확보 및 시장의 선점
- 관련 실무자 및 엔지니어, 산업체의 표준화된 기준과 원천기술의 보급 등으로 업무 효율성 제고 및 신기술 개발 촉진
- 생태계 상시 모니터링 기술 개발로 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성과를 평가
- 기수역 생태계를 고려한 하굿둑 최적 운영기술 개발에 기여

○ 정책적 기대효과

- 정부의 물관리 일원화 기조에 따른 정책맞춤형 기술개발
- 기수역 수자원 확보와 재해로 인한 피해 저감으로 다기능 하구시설물 시스템 운영의 정책적 효과 제고
- 흐름 및 오염물질 거동 특성에 대한 상세정보 제공으로 기수역 수생태계 서비스 제공에 기여
- 해수 유입량 및 하천유출량 예측은 하굿둑 운영에 필수적인 요소로 개발된 딥러닝 기술은 다양한 분야에 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대됨
- 특히 정부의 4대강 재자연화 정책을 위해서 기수역을 관리를 위한 중요한 정보자료가 될 것으로 기대됨
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여
- 하굿둑에 관한 정밀하고 포괄적인 모니터링 및 분석 자료를 기반으로 기수역 관리 및 하굿둑 운영에 적용이 가능
- 하구역 감시 및 방재에 적용이 가능하여 새로운 사업 발굴 및 자연재해에 대한 선대응이 가능
- 전통적인 방법에 의존하고 있는 국가 수문조사 사업의 첨단화가 가능하여 인력 및 재정적인 효율성 확보 가능
- 기수역의 모니터링 기술 확보로 통합물관리 일환인 강의 재자연화 정책 추진에 기

	여하고, 기존 열린 하구역의 기수역의 보존 정책 수립에 기여 - 염해 감시를 위한 염분 관측망 설계 기준이 표준화되어 있지 않아 기 구축된 관측망에 대한 과학적 근거가 부족한 실정이므로, 염해 발생의 원인 및 대책을 마련할 수 있는 구조적으로 일체화된 기술적 가이드라인 제시 - 홍수기 조위 영향을 고려한 수문 최적 운영을 통해 하천 하류부의 홍수 방지 기대 - 목표 지역의 수질 관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영기술을 통해 기관 단체의 이해관계에 따른 탄력적 하천 운영 가능 - 생태, 용수수요, 재해예방을 종합적으로 고려한 하구둑 운영 방안 제시로 통합물관리체계에서 활용 가능 - 염수피해 방어를 포함한 하굿둑 개방 기술지원으로 장기적 기수역 유지를 위한 원동력 확보 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(5년 0월) ○ 연구비 예산 : 115**억원**(정부출연금: 100**억원** 이내)
7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(1) (2-1공동연구) 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술

과제명	2-2공동연구. 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술
1. 연구개발 목표	
	○ **기수역 다항목 데이터 확보을 위한 모니터링 기술** - **(데이터 취득 및 통합운영 기술)** 하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질, 지형변동, 생태 모니터링 기술 및 정보 통합관리시스템 구축 - **(첨단 모니터링 시스템)** 드론, remote sensing, 센서 등 첨단 IoT 기술을 기반으로 다항목 모니터링 시스템 개발 - **(모니터링 성능 개선)** 내염분성 및 자동세정 기능 다항목 센서 기술 및 센서의 배치 최적화 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국가·지방하천의 49%는 하굿둑, 방조제 등이 설치된 닫힌하구 형태로서 염수가 유입되는 기수역의 모니터링 기술 부재 - 정부의 하굿둑 개방 정책에 따라 하굿둑 개방이 단계적으로 시행될 예정이나, 하굿둑 수문운영의 기초가 되는 염분 모니터링 자료 취득 미흡 - 현재 운영 중인 수질관측소는 고정식으로 운영하여 상류 염수침투 거리를 모니터링하기 위한 수단으로 활용이 어려움 - 3차원 수리모형을 활용한 염분의 공간분포를 예측할 수 있으나, 모형의 검증을 위한 관측자료의 확보가 어려움 - 정부의 하굿둑 개방 정책에 따라 하굿둑 개방이 단계적으로 시행될 예정이나, 하굿둑 수문운영의 기초가 되는 염분 모니터링 자료 취득 미흡 - 하굿둑 등 수리시설물 운영 및 기수역 하천환경 관리 등을 위해서는 연속적인 유속·유량·유사량의 정교한 모니터링이 필수이나, 기존 모니터링 기술은 일반 하천을 중심으로 개발되어 왔음 - 조석 영향구간의 양방향 흐름조건, 염분농도의 변화, 점착성 유사 함유 등의 특성으로 기존 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 직접 조석영향 구간에 적용하기는 곤란 - 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간은 하천과 해안 특성이 복합적으로 발생하여 분석 및 예측이 어려움에도 불구하고 국내적으로 기술이 적용된 사례가 부족한 만큼 기수역의 예측 및 하굿둑의 안정적인 운영을 위해 주변의 상황을 인지할 수 있는 모니터링 및 분석 기술이 요구됨 - 하굿둑 주변의 포괄적 감시 및 분석을 위해 시간/공간적 해상도가 높은 변화탐지 모니터링 기술이 필요함 - 단순한 모니터링 외 하굿둑 특성에 대한 예측에 활용이 가능한 연계적 분석시스템이 필요함 - 통합물관리의 새로운 시대를 맞이하여 강의 자연성 회복의 일환으로 추진 중에 있는 기수역의 재조성 및 기수역의 체계적인 관리를 위해서는 연속적이고 정교한 유속·유량·유사량의 모니터링이 필수 - 유속·유량·유사량 모니터링은 국가의 하천 및 수자원관리를 위한 기초자료를 생산하는 수문조사의 일환으로 정부 지원이 필수 ○ 재조성되는 기수역의 구간 관리를 위한 흐름, 수질, 염분 등의 실시간 데이터 취득 기술 필요

- 최근 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용하여 일반하천에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술이 개발되고 있으나, 조석 영향 구간의 특수성을 고려한 적용기술 개발 및 적용성 평가가 필요
- 드론 및 IoT기술을 접목하여 광범위한 영역의 다양한 자료를 실시간 취합한 후, 빅데이터 분석을 실시하면 정교한 모의가 가능해지며 이를 이용하여 정확한 원인 진단 및 피해 방지를 위해 다양한 대책 등을 제공하는데 활용
- 현재 개발되어 사용되는 USV를 하천조사용으로 소형·경량화하여 수질 공간분포 모니터링을 위한 플랫폼으로 활용이 가능하며 ADCP, CTD 등 기존 상용 흐름·수질 계측 센서를 탑재하여 흐름과 수질을 동시 측정하는 기술로 개발할 필요가 있음
- 따라서 수층별 모니터링 정보를 토대로 통합관리체계 운영을 위한 로직 개발과 예경보 체계 구축을 위한 알고리즘 기술 개발이 필요함
- 하천 염해 발생 우려 시 신속한 대처가 이루어지기 위해서는 기수역에서 적절한 염분 측정망을 구성하여 염분 이동에 대한 정확한 정보를 전달하여 염해 발생 상황을 빠짐없이 감지할 뿐만 아니라, 잘못된 염해 발생 경보를 최소화 할 필요가 있음
- 센서 및 그 유지관리 비용을 고려하였을 때 동일한 정확도에서 센서의 수를 최소화하는 배치기술이 요구되며, 각종 이해 당사자들이 원활한 의사결정을 하기 위한 지원 모듈을 개발하여 염해 발생을 감지할 수 있는 솔루션 제공이 필요함
- 본 연구에서는 기수역에서의 염분도 변화를 효과적으로 모니터링하고 염해 발생의 원인 및 대책을 마련할 수 있는 대응 기술임
- 염해 발생 감지 기술은 상류의 방류량과 기수역의 조석 변동 등과 같이 다양한 외력에 따라 시·공간적으로 민감하게 반응하기 때문에, 정확한 염해 감지를 위한 염분 측정망 구성의 파레토 최적 솔루션을 제공하여 의사결정에 직접적으로 활용할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있음

○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재 조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 기수역의 생물적, 물리적 환경의 모니터링 고도화 및 관리기술이 필요
- 첨단기술과 연계된 과학적이고 체계화된 국가 환경관리시스템 구축의 원천기술 확보
- 원격탐사를 통한 생물 모니터링 시스템을 구축하고 하굿둑 운영에 따른 생물 분포 변화를 예측하는 기술이 필요함
- 생물다양성 확보를 위해 기수역 생태계를 고려한 건강성 평가 기술이 필요함
- 한국의 기수역 및 생태특성에 맞는 서식처 모델 개발이 필요함
- 산정된 기수역의 주요 생태계에 대한 최적 서식지 조건을 하굿둑 운영에 시스템에 결과를 활용할 수 있음

□ 기술동향

○ 양방향 흐름이 발생하는 조석 영향 하천구간에 초음파를 이용하여 유속·유량을 모니터링 하는 기술이 전 세계적으로 활발하게 연구 중이나, 국내의 경우 관련 연구가 거의 없는 실정

○ 유사량 모니터링의 경우 전통적으로 채수 후 농도 및 입도를 분석하는 기술이 사용되고 있으나, 최근 선진국을 중심으로 광학, 초음파, 레이저 등 대리변수를 이용한 유사농도 또는 입도를 모니터링 기술이 개발되고 있으나 기수역에서의 적용성은 검증이 필요

○ 최근 낙동강, 섬진강 등 기수역에 인접한 하류에서의 염해 원인을 규명하여 수생태계를 복원하고 지속 가능한 물 이용체계를 마련하기 위한 연구가 추진되고 있음

○ 첨단 기술의 발전으로 여러 가지 시나리오에 기반한 모의가 가능하여, 빅데이터에 기

반한 측정 센서의 다목적 파레토 최적화 기술 적용의 필요성이 높아지고 있음

○ 염분 측정망 최적화 기술은 기수역에서 염분 센서를 공간적으로 적절히 배치할 수 있는 후보군을 분류하고, 이들 중 염해 발생 감지의 정확도와 경제성을 고려한 다항의 목적함수로 구축하여 이를 최적화하는 기술로서 사용자가 직면한 문제에 대한 정보를 추출하고 최종 솔루션을 선택할 때 더 나은 의사결정을 내릴 수 있는 최적해들의 집합체인 파레토 최적 솔루션을 제시할 수 있음.

○ 드론 기술은 급속한 발전으로 일반 취미용에서부터 군사용까지 드론의 활용분야는 매우 다양하며, 건설 분야에서도 드론을 활용하여 광범위한 영역의 촬영 및 사람의 접근이 어려운 지점의 근접 촬영 등에 사용하고 있음.

○ 드론 영상장치 또한 동시에 발전하여 드론영상을 활용한 모니터링 기술은 RS분야 중 효율성 및 응답성을 고려하여 활용도가 매우 높음

○ 드론과 광학원격탐사 기법을 이용하여 방대한 하천 및 해역에 대하여 수심 측량을 포함한 실시간 지형변화의 측정이 이루어지고 있으며 더불어 영상분석 및 인자화를 통해 다양한 수리학적 현상을 이해하는 것으로 적용이 확대되고 있음

○ 국외에서는 1990년대 이후 해양분야를 중심으로 USV 연구개발이 지속적으로 추진되었으며, 국내에서도 해양조사 및 정찰 등을 중심으로 한 USV가 개발

○ 국내 USV 개발은 선박해양플랜트연구소 및 국방과학연구소에서 해양방위용으로 개발되고 있으며, 2019년에는 해양방위를 위해 개발된 전장 8 m, 무게 3 ton의 USV가 공개

○ 수질관측을 위해 하천변 또는 교각에 설치된 구조물에 고정된 센서로부터 계측된 자료를 이용하고 있기 때문에 수질인자의 공간적 변화 계측이 어려운 상황

○ 수질오염사고 예방과 신속한 대처를 통해 최적으로 수질관리를 하고, 정책품질을 제고하고자 2004년 시·도별 수질원격자동감시체계(TMS : Tele-Monitoring System) 구축 및 운영

○ 미국의 REON(River & Estuary Observatory Networks) 프로젝트에서 자율 로보틱 프로파일러에 의해 하천을 움직이며 분 단위로 수량 및 수질정보를 획득하는 센서 어레이를 구동시켜 각종 데이터를 수집한 후 분산 컴퓨팅 네트워크로 구현

○ 유럽(EU)의 Water Resources Management Information System인 WaterWare는 수지원관리를 위한 통합 정보의사결정시스템으로 영국의 Thames강, 멕시코의 Lerma-Chapala 유역, 팔레스타인의 West Bank and Gaza, 말레이시아의 Kelantan 강, 중국의 양쯔강에 적용되면서 개발하고 있음. 일본은 직접투입방식 616개소, 채수방식 453개소의 수질자동관측소를 설치하여 운영하고 있음

○ 기수역 생태계의 구성요인과 구조에 대한 조사분석 및 모니터링 방법은 일반화되어 있으나 하굿둑 등 수리구조물과 연계된 모니터링 및 적응관리기법은 표준화 및 상용화되어있지 못한 상태임

3. 연구개발 내용

○ **(2-1공동연구) 기수역 조성을 위한 기수역 정보 취득 및 모니터링 기술**

- 기수역 수환경 모니터링 시스템 구축
  - 실시간 관측자료 데이터 베이스 구성
  - IOT 기반 실시간 염분, 수질 모니터링 기술 개발
  - 기수역에서 양방향 유속 및 유량 측정기술 개발

◆ 양방향 흐름조건에서 유사량 모니터링 기술 개발

- 기수역 생태계 모니터링 시스템 구축
  - ◆ UAV & GIS 활용 생태모니터링 공간정보화 구축
  - ◆ 표준화된 기수역 생태계 조사기법 기술 개발
  - ◆ E-DNA 생물 분포 패턴 분석 및 생물이동성 분석 첨단기술개발
- 기수역 모니터링 데이터 통합관리 시스템 구축
  - ◆ 실시간 관측자료 데이터 베이스 구성
  - ◆ 기수역 모니터링 실시간 데이터 통합관리 모형 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 드론의 개발 및 활용은 전세계적으로 각광받고 있으며 국내에서도 다양한 기업 및 연구소에서 사용하고 있음. 따라서 이들과의 협력을 통해 관련기술 확보

○ 영상분석 및 하굿둑 인자의 복합적 모델링 기술을 자체 개발하거나 필요시 고급기술 보유기관 활용 및 공동개발 추진

○ USV 개발 기술을 보유한 관련 기업을 중심으로 USV 하드웨어 및 운영 SW 개발

○ 학·연을 중심으로 효율적 염분분포 계측을 위한 USV 임무시나리오 및 염분 측정결과의 공간보간 SW 개발

○ 국토부, 환경부 등 유관기관 협력을 통한 염분공간분포 계측기술 검증 및 실용화

○ 하굿둑 운영을 통한 기수역 재조성 하천에 직접 적용을 통한 적용기술 확보

○ 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용한 하천 모니터링 기술은 전 세계적으로 연구 초기단계에 있는 기술로 국·내외 전문가의 협력을 통한 기술 확보

○ 조석 영향 구간의 양방향 흐름 조건에서 모니터링 기술은 센서 개발·운용 등과 긴밀한 연관이 있는 바, 관련 업계와 긴밀한 협력을 통한 기술 확보

○ 기존의 생태계 지표생물 선정 기법과 수생태계 건강성 평가 기술 활용

○ 담수지역의 하천 유지유량 산정방법 및 유량관리 기술을 서식처 관리 모델 개발에 활용

○ 실시간 자동수질측정시스템을 이용한 상시모니터링 시스템을 구축하여 수질오염 및 환경요인 변화로 인한 수질 오염원의 경로파악 및 어류폐사의 예방에 활용

○ 우리나라의 생태계 수건강성 평가기술은 세계적으로 높은 수준이며 기수역을 대상으로 한 건강성 평가기술 개발을 통하여 선도적 기술을 제공할 수 있음

○ 생태계 관리기술은 하천복원이나 보존을 위해 수자원환경 관리에서 전세계적으로 주목받는 연구분야임

○ 하천을 대상으로 PHAPSIM 등 많은 생태계 서식처 모델이 개발되어 활용되고 있음

	○ 한국의 기수역 생태특성에 맞는 서식처 모델을 개발하고 안정적인 기술역 관리에 적용할 필요가 있음 ○ 주변 연안지형의 장기적인 지형변화 관련 기술은 국제협력 등을 통하여 수행 ○ 하천 및 해양 분야의 전문가 그룹의 연계와 융합이 중요하며, 특히 이미 개방형 하굿둑을 성공적으로 운용하고 있는 해외 전문가와의 협력이 필요함
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ IOT기반 실시간 하천 및 해역 모니터링 시스템 ○ 염분 공간분포 측정을 위한 이동형 계측 플랫폼 ○ 이동형 계측 플랫폼 최적 운영 시나리오 및 염분 공간분포 보간 SW ○ 조석 영향 구간에 적용 가능한 유속·유량·유사량 모니터링 시스템 ○ 조석 영향 구간의 유속·유량·유사량 모니터링 지침 및 매뉴얼 ○ 99% 계측신뢰도 수분 수질 일체형 다항목 센서 ○ 시나리오 기반 염분 측정망 최적화 모듈 ○ 기수역 환경 변화 예측 모델 ○ 기수생태계 건강성 평가 모형 ○ 기수역 조성에 따른 거버넌스 구성 방안 ○ 특허, 신기술, 공공기반기술, 논문 등 지적 재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 하천 및 하구역 관리 실무에 활용 - 드론 활용 및 빅데이터 분석기술 등의 신기술을 관련분야에 전파 - 하굿둑 개방에 따른 기수역 변화 상시 모니터링 플랫폼으로 활용 - 기수역 공간변화 예측결과의 검증 및 보완을 위한 기초자료 확보 방안으로써 활용 가능 - 하굿둑 자율운영 통합관제 센터 운영 지원 및 하굿둑 수질기반 생태계 관리 지원 - 기수역 관련 국가 수문조사 실무에 직접 활용 - 하천환경 모니터링 및 하굿둑 운영 관련 실무자, 설계자 및 관련 업계 활용 - 국·내외 강 하구 및 하천 모니터링 사업으로 확산 가능 - 국내 주요 권역별 기수역에 가적용하여, 염해 발생 형태가 지역적 특성을 가진 영역에서의 적용성 여부 검토 - 기 구축된 측정망과의 비교·분석을 통한 본 연구의 기술적 타당성 확보 및 관련 실무관계자에게 전파 - 재조정되는 기수생태계의 활성화 및 유지관리 전략 수립에 활용 - 기수역의 안정적 제어를 통한 담수생태계 피해 최소화, 하구 수생태 회복 및 상류 취수원 보호

○ 사회경제적 기대효과

- 드론은 4차 산업시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 드론 등 RS기법의 하굿둑 주변 기수역 모니터링 기술 개발을 통해 효율적이며 포괄적인 모니터링 및 분석 결과를 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있음
- 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 여론 및 요구에 대한 대응 가능
- USV 기반의 이동형 계측 플랫폼 개발 관련 민간분야 산업 성장 가능
- 하구 흐름, 수질 모니터링 자료 취득으로 시뮬레이션, 데이터 기반 모델의 에측 정확도 향상에 기여하여 안정적 기수역 확보 가능
- 원격 제어가 가능한 USV를 활용한 수질 공간분포 데이터 취득기술 도입으로 동일 시간·비용 대비 효율성 향상
- 하굿둑 통합 물 관리사업의 핵심 분야이자 규모가 가장 큰 사업 모듈의 핵심 기술로 우선협상대상자 지위 획득(전체 규모 중 56%에 해당하는 6조2000억원 규모)
- 조석영향 구간에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술 개발로 기수역 재조성을 포함한 하천의 자연성 회복을 위한 하굿둑의 운영 등 의사결정의 기초자료 제공
- 기수역의 생태계 변화 등 관련 지표와 수리·수문 인자와의 연관성 확보 가능하여 불필요한 사회적 논란 감소
- 최근 전 세계적으로 하구역에 대한 관심이 증대되고 있는 상황으로 선제적인 하구역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술 확보·보급으로 국가 위상 제고
- 염해 발생 경보의 정확성과 측정망 구축의 경제성을 고려한 파레토 최적 솔루션을 제공함으로써 의사결정자가 예산 등을 고려하여 최종적으로 염분 측정망 구축계획 수립을 할 수 있는 과학적 근거 제공
- 기수역 적정 유지유량 산정 기술은 생태계의 보호/보전 뿐만 아니라, 어폐류 등 경제성 자원의 서식조건 최적화를 통하여 기수역의 경제적 가치를 높일 수 있음

○ 기술적 기대효과

- 드론 영상과 같은 RS 기법을 발전시켜 기수역 모니터링에 안정적인 모니터링 결과 제시 가능
- 기수역에 적합한 드론 및 영상분석 기술의 개발은 시간/공간의 해상도가 높은 결과의 도출이 가능하여 포괄적인 관리를 가능하게 함
- 장기적으로 빅데이터 및 AI를 활용하기 위한 다양한 데이터의 확보가 가능하여 모니터링 및 분석 개발 후 4차 산업 연계 연구에 활용성이 높음
- 수리구조물과 연계된 하굿둑 모니터링은 IoT, BIM등을 결합한 종합적 분석 시스템에 매우 필요한 기술이며 국내외 건설분야의 미래기술로서 주목받을 수 있음
- 하굿둑 개방에 의한 상류 염수침투 거리 상한선 설정을 위한 기초자료 취득 가능
- 하굿둑 수문운영 방식과 염수침투 거리의 상관관계 분석을 위한 빅데이터 구축이 가능하며, 하굿둑 운영 매뉴얼 작성 기초자료로서 활용
- 하굿둑 수생태 및 수환경 수층별 프로파일링 시스템 기술 개발
- 네트워크 센싱 기반의 하굿둑 수환경 모니터링 시스템 개발에 의한 기술 우위 점유
- 전 세계적으로 개발 초기 단계에 있는 광학, 초음파, 레이저를 이용한 기수역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 개발하여 세계적인 기술 수준 확보
- 광학·초음파·레이저를 이용한 유속·유량·유사량 모니터링 기술은 강 하구를 포함하여

하천 모니터링 분야로 확장 가능하여, 전반적인 수문조사 기술 수준 제고

- 광학·초음파·레이저 센서의 적용기술 확보로 우리나라 취약분야인 센서기술 개발 기반 조성
- 정확성과 경제성을 고려한 다목적함수를 유전 알고리즘(Genetic Algorithm) 혹은 모의 담금질(Simulated Annealing) 등 휴리스틱 최적화 기법을 활용하여 하천 염해 발생에 대한 신뢰성 있는 감지 및 경보기술 확보
- 생태계 상시 모니터링 기술 개발로 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성과를 평가
- 기수역 생태계를 고려한 하굿둑 최적 운영기술 개발에 기여

○ 정책적 기대효과

- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여
- 하굿둑에 관한 정밀하고 포괄적인 모니터링 및 분석 자료를 기반으로 기수역 관리 및 하굿둑 운영에 적용이 가능
- 하구역 감시 및 방재에 적용이 가능하여 새로운 사업 발굴 및 자연재해에 대한 선대응이 가능
- 하굿둑 상시개방을 위한 하굿둑 운영 매뉴얼의 기술적 안정성 확보 가능
- 하굿둑 개방 이후 기수역 수질 및 흐름변화의 지속적 모니터링을 통해 하굿둑 개방의 환경적·경제적 효과 검토 가능
- 예·경보를 통한 하굿둑 전후단 등 정체수역 모니터링 및 수환경 변화 대응 체계 구축
- 전통적인 방법에 의존하고 있는 국가 수문조사 사업의 첨단화가 가능하여 인력 및 재정적인 효율성 확보 가능
- 기수역의 모니터링 기술 확보로 통합물관리 일환인 강의 재자연화 정책 추진에 기여하고, 기존 열린 하구역의 기수역의 보존 정책 수립에 기여
- 염해 감시를 위한 염분 관측망 설계 기준이 표준화되어 있지 않아 기 구축된 관측망에 대한 과학적 근거가 부족한 실정이므로, 염해 발생의 원인 및 대책을 마련할 수 있는 구조적으로 일체화된 기술적 가이드라인 제시
- 국가 생물다양성 확보와 서식지 보전의 기반을 마련

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(0년 0월)

○ 연구비 예산 : 60**억원**(정부출연금: 55**억원** 이내)

7. 기 타

○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(2) (2-2공동연구) 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술

과제명	2-2공동연구. 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술
1. 연구개발 목표	
	○ **하굿둑 리모델링에 따른 기수역 환경변화 예측기술** - **(데이터 생산 기술)** 기수역의 수리/수질환경 변화를 예측하기 위한 수치모델링 기반 통합분석기술 개발 - **(수자원 확보와 수재해 대응)** 기수역에서 수자원 확보와 염분 침투 등 수재해 대응을 목적으로 하는 친환경 하구 시설물 설계 그리고 하굿둑 자율 시스템 운영 및 제어를 위한 필수 정보인 수위, 유속, 염분, 부유사, 오염물질 분포, 지하수 등에 대한 상세자료 제공을 위한 수치모델링 체계 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 하구역에서 해수-외수 통합모의 기술을 바탕으로 환경수리적 효과를 분석하고 평가할 수 있는 수량-수질-재해에 대한 통합해석 기술 필요 - 하굿둑 리모델링 및 개방에 따른 수량-수질-재해예방 통합해석 기술이 필요 - 환경친화적 기수역 조성하고 물순환 및 하천-해수의 연속성 확보로 수질 개선 및 염해 침수와 수자원 부족 문제 등을 해결하기 위한 다기능 하구 구조물을 설계, 설치 및 운영하기 위해서는 기수역 내에서 수리구조물 설치 및 운영에 따른 해수와 담수 혼합 거동, 유속 및 수위분포, 부유사와 오염물질 거동 등에 대한 정확한 정보가 필요 - 기수역 상·하류 수위 차와 염수-담수 경계조건을 합리적으로 반영하여 기수역 수리구조물 운영에 따른 신뢰할만한 수리 및 수질 자료를 확보하기 위해서는 고해상도 3차원 수치모델링 프레임워크 개발이 필요 - 상·하류부의 해수유입 및 담수유출량을 미리 예측 하여야만 하굿둑 조작 및 염수 등의 수질관리가 가능해져 이 부분에 대한 예측이 매우 필요한 실정임 - 기존의 예측 시스템은 정확성 및 모의 시간이 많이 필요하여 한계가 있음 ○ 정부의 4대강 정책 및 통합물관리 기조에 따라 리모델링이 예상되는 기수역에 대해 수량-수질-재해 발생간 상호작용에 기초한 통합적 물리현상에 바탕을 둔 분석이 필요함 - 금강, 영산강, 낙동강 등에 설치된 하굿둑은 국가 중요 시설물로서 AI 기반 하굿둑 시스템 설치 및 운영에 따른 기수역 흐름의 수리학적 거동과 및 오염물질 거동에 대한 상세자료를 제공하기 위한 3차원 고해상도 수치모델링 프레임워크는 정부의 지원으로 개발되는 것이 타당함 - 정부가 중요시 여기고 있는 기수역 구간의 안정적 운영을 위해 상류의 유출량 및 해수 유입량예측은 다양한 정보의 확보와 최신 딥러닝 기술이 요구됨 - 상류의 유출량 예측과 해수유입량 예측을 통하여 선제적 하굿둑 운영이 가능 - 하구 지역 지하수 염분 관리를 위한 지하수 해수침투 수치해석 모델링 결과의 검증에 현장 관측 자료가 필수 요소임 - 현재 모니터링 기술 수준에서 하구 지하수의 흐름 및 염분 농도를 정확하게 파악하려면 많은 개수의 관측정이 필요하여 막대한 비용이 수반되므로 경제적 기술이 필요함
□ 기술동향	○ 최근 통합물관리 기조에 따른 수량-수질-재해예방의 일체화된 관리체계 구축이 중요하게 되면서 수량-수질-재해예방의 통합분석기술 개발의 필요성이 제기되고 있

음

○ 동아시아 지역의 태풍피해가 점차 증가추세에 있는 실정이나 하굿둑의 건설, 구조변화, 개방/차단 등 수공구조물 형식 변화에 따른 침수범람 피해영향 등 재해예방 측면에 대한 검토가 적절히 이루어지지 못하였음

○ 하구역에서 재해예방을 목적으로 해수-외수 통합모의 기술이 개발되었으나 환경수리적 효과를 평가하는 데 한계가 있음

○ 해수와 외수의 혼합으로 조성되는 기수역에서 하굿둑 단면변화로 인한 다양한 환경수리적, 재해예방적 변화가 발생할 것으로 예상되나 이를 통합적으로 분석하고 평가할 수 있는 기술이 관련 산업/시장에 부재함

○ 난류 해석, 해수-담수 사이의 중력류 해석, 흐름 및 오염물질의 동적 거동 해석 등을 복잡한 지형을 고려한 고해상도 격자 상에서 병렬계산을 수행하면 높은 신뢰도의 상세 예측 정보 제공이 가능하여 다기능 하구구조물 시스템 운영에 적용할 수 있음

○ 딥러닝을 이용한 예측 시스템은 여러 산업분야에서 다양하게 사용되고 있으나, 수문변수들에 대한 예측에는 적용이 미미한 실정임

○ 다양한 수문량 자료의 구축과 딥러닝 시스템의 이해 부족으로 그 이용성이 제한되고 있으나 딥러닝의 기초 해석 과정을 철저히 이해하고 예측에 필요한 정확한 자료를 수집한다면 충분히 중단기 기간에 대한 해수유입량 및 상부의 하천 유출량을 예측 가능할 것으로 판단됨

○ 하구 지역 염분침투 연구분야는 인구증가, 기후변화 등에 의해 전 세계적으로 주목받고 있는 분야일 뿐만 아니라, 최근 국내 하굿둑 개방과 그로 인한 하천의 기수역 확대에 따른 지하수 염분 농도 증가에 대한 우려가 심화되고 있음

3. 연구개발 내용

○ **(2-2공동연구) 기수역 조성 및 양방향 통수를 위한 취득정보 분석 기술**

- 기수역 흐름, 수질, 염분, 하상변동 수치모형 개발
  - ◆ 양방향 통수에 따른 기수역 유속, 수위, 유량, 지하수 등 수리량, 흐름 구조와 수질, 염분, 유사 등 물질의 동적 거동에 대한 분석을 위한 3차원 수치모델 개발
  - ◆ 수치모델링 기반 하굿둑 운영 시나리오에 따른 기수역 조성 범위 예측 기술 개발
  - ◆ 계측센서 수 별 센서 공간 배치 최적화 기술 개발
- 기수역 수리량, 수질, 염분, 유사, 지하수 모델링 데이터 통합관리 모형 개발
  - ◆ 하굿둑 운영 시나리오별 수리량, 수질, 염분, 유사 수치해석 결과 데이터베이스 구성

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 하구역에서 해수-외수 통합모의 기술을 바탕으로 환경수리적 효과를 분석하고 평가할 수 있는 수량-수질-염분 통합해석 기술 개발

○ 개발된 수량-수질-염분 통합해석 기술을 바탕으로 하굿둑 리모델링 및 개방에

	따른 통수단면 변화별 환경 수리적, 재해 예방적 영향이 평가 ○ 모의 결과는 재해저감형, 수질수량수생태계 보존형 하굿둑 리모델링 설계 기초자료로 제공됨 ○ 해수와 담수 상호작용 해석을 위한 중력류 해석 그리고 부유사, 염도 등 보전성 오염물질 이송확산 해석을 위한 전문가 활용 ○ 신뢰성과 적용성이 인정되는 하이브리드 RANS/LES 난류 모델링 기법의 현장 규모 적용을 위한 최적 격자 생성 및 효율적 병렬기술 수행 기술인력 활용 ○ 고성능 클러스터를 확보하여 병렬계산을 수행함으로써 고해상도 격자상에서 효율적 수리 및 수질 모델링 수행 ○ 딥러닝을 통한 예측 시스템 개발은 현재 가장 각광받는 기술 중의 하나로 예측시스템을 선행적으로 개발한 다양한 분야의 국내외 전문가들과 협력하여 기술확보
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 수량-수질-염분 통합모의 기술 ○ 3차원 기수역 흐름 거동, 염분 및 수질 수치모델링 시스템(대상 하굿둑 시스템별 고해상도 3차원 수치격자와 수치해석 모듈 포함) ○ 시나리오별 상세 흐름, 염분, 오염물질 거동 특성 자료 ○ 하굿둑으로 인한 역류영향 이전 구간의 담수유출량 예측 결과 ○ 염분측정망 구축 지침서 ○ 논문, 소프트웨어 등
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 수질관리 유관기관의 실무활용 - 흐름 거동 및 수질에 대한 수치모의 자료에 근거한 하구 구조물 설계 - 모니터링 자료와 수치모의 자료를 활용한 하굿둑 시스템 운영 및 제어 기초자료로 활용 - 하굿둑 시설물 안전 및 성능 평가에 활용 - 하구 통합물관리 의사결정에 활용 - 하굿둑 개폐 등의 운영시스템을 위한 주요 결정인자로 사용 - 담수유출량 및 해수유입량 예측 자료를 바탕으로 하굿둑 조작운영방안 결정 ○ 경제사회적 기대효과 - 하굿둑 수리시설물 시스템의 최적 설계 및 운영 방안 수립에 필요한 고해상도 수리

	및 수질 정보 제공기술을 확보함으로써 기수역 수자원 확보, 수생태서비스 제공 및 재해로 인한 피해 저감으로 경제 및 사회적 이득을 높임 - 다양한 하구시설물에 적용하여 수치모델링 체계 보급에 경쟁력 확보 - 하굿둑 조작을 위한 상하류부 구간의 해수 유입량 및 유출량을 딥러닝으로 예측한 기술은 선행연구에 존재하지 않음 - 효과적인 예측 기술이 개발된다면 이를 통해 안정적인 기수역 구간에서의 수질관리 및 홍수 및 가뭄 등을 대비하는데 효과적인 운영시스템을 구축할 것으로 예상되어 극한사상에 대한 피해액 감소 및 복구비용을 절감할 수 있을 것으로 예상됨 ○ 기술적 기대효과 - 수질-수량-재해예방 통합모의 기술개발을 통한 국가 기술력 제고 - 동남아 개발도상국 및 저개발국에 대한 풍수해저감 원조사업에 활용 가능 - 하굿둑 시설물과 기수역의 복잡한 지형을 고려한 해수-담수 동적 거동과 수질을 해석한 고해상도 3차원 수치모델링 체계 개발로 세계적으로 경쟁력 있는 기술력을 확보 - 개발된 수치모델링 체계에 의한 자료는 국내외 첨단 친환경 하굿둑과 하구시설의 설계 및 운용에 필요한 기초자료로 활용될 것으로 기대 - 해수측에서 하굿둑에 영향을 주는 다양한 변수들의 공간정보를 딥러닝을 통하여 담수측의 유량과 연계하여 정밀한 유입 및 유출량의 중단기 예측 가능함 ○ 정책적 기대효과 - 정부의 물관리 일원화 기조에 따른 정책맞춤형 기술개발 - 기수역 수자원 확보와 재해로 인한 피해 저감으로 다기능 하구시설물 시스템 운영의 정책적 효과 제고 - 흐름 및 오염물질 거동 특성에 대한 상세정보 제공으로 기수역 수생태계 서비스 제공에 기여 - 해수 유입량 및 하천유출량 예측은 하굿둑 운영에 필수적인 요소로 개발된 딥러닝 기술은 다양한 분야에 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대됨 - 특히 정부의 4대강 재자연화 정책을 위해서 기수역을 관리를 위한 중요한 정보자료가 될것으로 기대됨
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 연구비 예산 : 20**억원**(정부출연금: 15**억원** 이내)
7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(3) (2-3공동연구) 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술

과제명	2-3공동연구. 양방향 통수에 따른 연안지역 변화 예측 기술
1. 연구개발 목표	
	○ **재조성되는 기수역에 따른 하구관리를 지원하는 기술 개발** - **(연안지역 환경변화 관리)** 하굿둑 양방향 운영에 따른 장기적 연안지역변화 예측 기술 - **(기수 생태계 적응 관리 표준화)** 재조성되는 기수역 생태계의 모니터링 고도화 기술의 개발 및 이들 기술의 실제적 적용을 통한 생태적 적응관리의 표준화된 기법의 정립
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 기수역 대하천의 지형 특성에 따라 유사의 거동이 육지 방향 또는 연안 방향으로 발생하는 것으로 생각되나, 현재까지 하천의 평면특성에 따른 조위와 유속 사이의 관계를 살펴본 연구사례가 국내에서는 발견되지 않음 ○ 지속적이고 친환경적인 기수역 관리를 위해서는 실제 기수역 대하천에서의 유사거동을 정확하게 해석하는 과정이 필수적으로 요구되는 만큼 기수역 대하천 지형특성에 따른 유사 거동특성을 검토하는 작업이 필요함 ○ 기수역 부근에서 흔히 발견되는 점착성 유사의 특성까지 고려할 수 있는 수치모형을 구축하고, 수리모형실험을 이용하여 우리나라의 기수역 대하천 형태에 따른 유사의 거동을 예측하는 기술이 필요함 ○ 최근 들어 추진 중인 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 변경되는 하구둑 주변의 흐름변화로 인하여, 주변 지형변화가 필연적으로 동반될 것으로 예상됨 ○ 따라서 장기적인 관점에서의 국토관리와 미래에 발생가능한 인적.경제적 피해를 방지하기 위해서, 주변 연안지역의 장기적인 지형변화양상을 예측할 수 있는 기술이 필요함 ○ 하굿둑으로 단절된 기술역 생태계의 표준화된 모니터링·평가를 위한 고도화 기술 및 이에 따른 복원 등 생태적 적응관리기법의 부재로 환경영향평가 등 국가 환경관리의 비효율성 상존 ○ 수리구조물 양방향 통수 정밀제어를 위해서는 기수역의 지형변화에 대한 지식과 변화를 야기하는 퇴적토의 생성지 및 특성에 대한 이해가 요구됨 ○ 따라서 빅데이터 기반의 딥러닝 기술을 이용한 분석법을 개발하여 퇴적토의 생성지를 파악하는 기술이 필요함 ○ UAV & ICT 등 첨단 기술의 접목을 통한 과학적이고 표준화된 기술의 개발로 관련 국내외 시장의 수요기반 확대 및 일자리 창출 ○ 수질오염 지표 어종 및 멸종위기 어종의 상시 모니터링 기술과 같은 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성공여부를 판단하거나 예측할 수 있는 기술개발이 필요 ○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재 조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 기수역의 생물적, 물리적 환경의 모니터링 고도화 및 관리기술이 필요 ○ 첨단기술과 연계된 과학적이고 체계화된 국가 환경관리시스템 구축의 원천기술 확보 ○ 원격탐사를 통한 생물 모니터링 시스템을 구축하고 하굿둑 운영에 따른 생물분포 변화를 예측하는 기술이 필요함 ○ 생물다양성 확보를 위해 기수역 생태계를 고려한 건강성 평가 기술이 필요함

□ 기술동향	○ 한국의 기수역 및 생태특성에 맞는 서식처 모델 개발이 필요함 ○ 산정된 기수역의 주요 생태계에 대한 최적 서식지 조건을 하굿둑 운영에 시스템에 결과를 활용할 수 있음 ○ 수리모형실험 및 수치해석은 실험의 반복성과 재현성, 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다는 측면에서 널리 이용되는 방법으로, 유사 거동에 따른 지형변화를 사전에 검토해 볼 수 있음 ○ 반복적인 수리모형실험 및 수치해석을 수행하여 발생 가능한 다양한 상황에 대한 예측과 고품질의 빅데이터 축적이 가능 ○ 기후변화 및 대형구조물의 건설로 인한 환경 및 지형변화에 대한 관심이 매우 높아짐 (우리나라 동해 연안침식과 하구생태 및 이탈리아 베니스 등) ○ 따라서 대규모의 개발로 인한 개발지 주변 국토의 지형변화에 대한 연구는 전 세계적으로 꾸준히 진행되고 있음 ○ 연안지역의 흐름과 파랑을 고려하여 지형변화를 예측하는 이론을 활용하여 장기적인 지형분화 양상부분과 접목이 가능하며 Wave~current interaction 모형과 sediment transport 모형을 활용하여 지형변화 모형 구축할 수 있음 ○ 기수역 생태계의 구성요인과 구조에 대한 조사분석 및 모니터링 방법은 일반화되어 있으나 하굿둑 등 수리구조물과 연계된 모니터링 및 적응관리기법은 표준화 및 상용화되어있지 못한 상태임 ○ 선진국을 중심으로 자국의 특성에 적합한 UAV 등 고해상도 영상 및 첨단기술과 연계된 공간지리정보(GIS)의 구축과 활용을 통한 과학적이고 체계적인 모니터링・평가 및 적응관리 기술이 개발・적용되고 있는 추세임 ○ UAV 기반의 하천환경지도 작성방법의 고도화 및 이동성 중요 생물종의 추적장치 및 무인 센서 활용기술의 적용성 검토 및 활용 ○ 위성영상, 드론 촬영과 GPS측량을 통하여 대상지의 정확한 지형정보 획득 ○ GIS와 통계적 식생분포모델을 이용하여 하굿둑 식생 모니터링 및 분류 시스템 구축 ○ 실시간 자동수질측정시스템을 이용한 상시모니터링 시스템을 구축하여 수질오염 및 환경요인 변화로 인한 수질 오염원의 경로파악 및 어류폐사의 예방에 활용 ○ 우리나라의 생태계 수건강성 평가기술은 세계적으로 높은 수준이며 기수역을 대상으로 한 건강성 평가기술 개발을 통하여 선도적 기술을 제공할 수 있음 ○ 생태계 관리기술은 하천복원이나 보존을 위해 수자원환경 관리에서 전세계적으로 주목받는 연구분야 임 ○ 하천을 대상으로 PHAPSIM 등 많은 생태계 서식처 모델이 개발되어 활용되고 있음. ○ 한국의 기수역 생태특성에 맞는 서식처 모델을 개발하고 안정적인 기술역 관리에 적용할 필요가 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 흐름과 유사의 상호작용에 따른 지형변화 예측 ○ 하구둑 주변 연안지형의 장기적인 연안지형변화 예측 기술 ○ 기수역 생태계의 모니터링 기술의 고도화 ○ UAV & GIS 활용 생태모니터링 공간정보화 구축 ○ 표준화된 기수역 생태계 조사기법 기술 개발 ○ E-DNA 생물 분포 패턴 분석 및 생물이동성 분석 첨단기술개발

	○ 기수역 생태계 평가항목 선정 및 평가지수 개발 ○ 기수역 생태계 건강도 평가 척도 개발 ○ 보호대상 생태계에 적절한 수질 및 유량 산정기술 개발 ○ 기수역 복합 생태계를 고려한 서식처 모델 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 기수역 유사 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행 ○ 수공구조물 주변 하상변동 예측 기술은 관련 기술을 보유한 기관을 활용하여 수행 ○ 주변 연안지형의 장기적인 지형변화 관련 기술은 국제협력 등을 통하여 수행 ○ 국내외 관련 기관 및 전문가의 학술활동 및 정보 교류협력 등을 통한 관련 기술의 학술적 적합성 확보 ○ 관련 기술을 보유하고 있는 민간 기업과의 산학협력 등을 통한 기술의 상용성 제고 ○ 기존의 생태계 지표생물 선정 기법과 수생태계 건강성 평가 기술 활용 ○ 담수지역의 하천 유지유량 산정방법 및 유량관리 기술을 서식처 관리 모델 개발에 활용
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 기수역의 유사 이동 특성 규명 및 관리를 분석 기술 개발 ○ 대하천 기수역 특성예측 ○ 하굿둑 주변 생물적 모니터링 및 적응관리의 고도화 기술 ○ 식생 영상 DB 및 AI를 통한 식생 분류 시스템 ○ 기수역 생태계 및 주요 지표 생물 DB 구축 및 건강성 평가 결과 ○ 서식조건 산정 시뮬레이션 모델 개발 ○ 특허, 신기술, 논문 등 지적 재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 기수역 대하천의 형태에 따른 유사의 거동 해석 및 평가에 활용 - 기수역을 재조성하는 하굿둑 현황 파악에 활용 - 관련 법제도적 기준의 반영 - 관련 실무자 및 엔지니어, 관련 업계의 기술 전파 - 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파 ○ 경제사회적 기대효과 - 흐름과 유사의 상호작용에 따른 지형변화를 예측하여 하구역 공간의 지속적이고

환경적인 관리가 가능해져 유지관리 예산을 절감할 수 있음

- 지형변화에 대한 이해를 바탕으로 하구역 정비 및 관리를 수행하며 나아가 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 하구둑의 운영기술에 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하는 기술을 선도하여, 관련시장의 선점이 가능할 것으로 기대됨
- 미래 첨단기술의 접목을 통한 국가환경관리의 원천기술 확보로 관련 국내외 시장 수요기반의 창출
- 과학적이고 정밀화된 기술의 확보로 환경영향평가 등 불필요한 사회경제적 갈등과 고비용·고효율의 저감
- 기수역 적정 유지유량 산정 기술은 생태계의 보호/보전 뿐만 아니라, 어폐류 등 경제성 자원의 서식조건 최적화를 통하여 기수역의 경제적 가치를 높일 수 있음

○ 기술적 기대효과

- 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 최고기술보유국과의 기술격차 단축
- 다양한 조건에서의 수치모의 결과를 바탕으로 구축된 고품질 빅데이터 결과를 제공함으로서 안정적인 AI 기반 하굿둑 자율운영에 기여
- 국토를 관리함에 있어 안전과 생태 및 환경관리에 기본이 되는 장기적인 지형변화를 고려하며 하구둑을 운영하기 위한 기초적인 지식의 확보가 가능함
- 제안기술은 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하여 활용 할 수 있음
- 하굿둑 수리 구조물 운영의 효율화 및 물리·화학적 특성과 연계된 생물적 특성의 통합적이고 고도화 평가기술의 개발로 관련 분야의 원천 기술 확보 및 시장의 선점
- 관련 실무자 및 엔지니어, 산업체의 표준화된 기준과 원천기술의 보급 등으로 업무 효율성 제고 및 신기술 개발 촉진
- 생태계 상시 모니터링 기술 개발로 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성과를 평가
- 기수역 생태계를 고려한 하굿둑 최적 운영기술 개발에 기여
- 확보된 기술력을 활용하여 해외 물관리 기술 수출이 가능할 것임

○ 정책적 기대효과

- 관련 법제도 기준의 제·개정을 통한 정책 추진의 안정성 및 신뢰성 제고
- 하굿둑 재자연화 등 체계적인 국가환경관리 기반의 구축 및 활성화
- 국가 생물다양성 확보와 서식지 보전의 기반을 마련
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(0년 0월)

○ 연구비 예산 : 20**억원**(정부출연금: 20**억원** 이내)

7. 기 타

	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

라. (3세부과제) 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술

과제명	3세부과제. 수리구조물 연계 운영-유지관리 기술
1. 연구개발 목표	
	○ **기수역과 하구역을 포함한 하천, 환경, 생태, 수리구조물 통합관리 지원 기술** - **(첨단 하천 통합관리 기술)** 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발 - **(수리구조물 관리 고도화)** 하굿둑 BIM 표준 모델 개발 및 디지털 트윈 과 연동한 통합 플랫폼 구축 - **(신기술 및 새로운 환경 조성에 따른 법·제도 개선)** 재조성되는 기수역을 안정적으로 유지·관리하고 새로이 도입되는 첨단 기술을 활용한 하구관리체계를 지원하는 법·제도 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 상류의 댐•보 방류량과 연계하여 염수 유입량을 결정하는 정밀한 기술이 요구됨 ○ 기수역 확보에 따른 친환경 공간 조성 및 염해, 해일 등의 피해 방지와 같은 2가지 측면의 상충될 수 있는 목표 달성을 위한 새로운 수문 운영 시스템 필요 - 현재의 하굿둑 수문 운영은 염수 침입 방지를 위한 일방향 흐름 제어를 위한 것으로 기수역 조성과는 거리가 먼 운영 체계로 구성 - 조위와 하천 수위를 고려한 하굿둑 수문의 합리적 운영을 통한 일정 기수역 확보 방안 마련 기술 필요 - 현정부의 4대강 재자연화 및 하천 관리정책의 반영을 위해서는 새로운 형태의 하굿둑 수문 운영시스템 개발 필요 - 정부추진 계획인 하굿둑 수문의 전면 개방 시 염해 오염, 해일 재해 등의 피해 규모 예측 및 영향평가 대책이 미흡하기 때문에 합리적인 하굿둑 운영을 위한 수문 운영기술 개발 필요 ○ 하굿둑 주변 지역 염수침투 피해발생 저감을 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 제시 필요 - 기수역 모니터링 자료 부족 극복 및 수문개방 결과 예측을 위해 다양한 하굿둑 운영 시나리오 생성 및 기수역 조성에 따른 환경변화 예측기술 개발 필요 - 기수역 조성에 따른 염수침투 피해를 방어하기 위해 적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 개발이 필요 - 하굿둑 개방에 따른 염수침투에 대한 모니터링 자료 부족문제를 극복하기 위해 하굿둑 운영, 염수 침투를 고려한 시뮬레이션 기반 예측 데이터 구축 필요 ○ 하굿둑 운영의 객관성 확보 및 운영 유지 비용 절감을 위한 자율운영기법의 도입 필요 - 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요 - 하굿둑 운영 시 급작스런 주변 조건의 변동이 예측될 경우 단기적인 예측치

의 수문운영에의 반영 필요성

- 인공신경망 자체의 단기 예측기능을 활용하여 하굿둑 운영에 반영 필요
- 학습자료의 선택을 자율적으로 판단하여 비지도학습이 가능한 기계학습모형의 개발 필요성

○ 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요

- 다양한 종류의 광범위한 빅데이터가 제공되었을 경우 자료의 효율적 관리 및 가시화 필요

○ 기수역 구간을 일정하게 유지하는 정교한 운영이 필요한 만큼 사전에 운영에 따른 영향을 검토하는 작업이 필수적이며 디지털트윈시스템을 구축하고 시뮬레이션을 수행할 필요가 있음

- 따라서 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 구축하고 상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영에 따른 결과를 예측하는 기술이 필요함
- 디지털 트윈(Digital Twin)은 산업용 사물 인터넷(IoT) 연결 플랫폼을 통해 수집된 데이터와 결합해 인사이트 구성하고 이를 기반으로 엔지니어는 실제 운영 환경에서 스마트 기계를 분석, 운영 중인 제품 동작에 대한 정확한 피드백을 얻음으로써 예기치 않은 중단과 같은 위험을 줄이고 시스템 운영을 위한 내실화를 높일 수 있음
- 본 연구에서는 하굿둑 운영에 대한 시뮬레이션을 통하여 운영 결과를 예측할 수 있어 시행착오에 대한 위험을 크게 감소시킬수 있음
- 기존의 다목적댐 ROM 과 하구둑 운영지침은 개별적으로 전혀 연관성 없이 운영되어 수자원 확보 및 보존을 위하여, 조석간만, 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술의 개발이 필요함.
- 따라서 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술 개발이 필수적임

○ 하구둑 수리구조물에 대한 BIM 표준모델을 제안함으로서 유사한 구조물의 관리 시스템을 효율적으로 운영할 수 있을 것임

- 기간시설물의 운영관리를 위한 BIM 기반의 인프라 구축 및 확장을 수행할 수 있을 것임

○ 최근 들어 추진 중인 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 변경되는 하구둑 주변의 흐름변화로 인하여, 주변 지형변화가 필연적으로 동반될 것으로 예상됨

- 따라서 장기적인 관점에서의 국토관리와 미래에 발생가능한 인적.경제적 피해를 방지하기 위해서, 주변 연안지역의 장기적인 지형변화양상을 예측할 수 있는 기술이 필요함
- 기수역 대하천의 지형 특성에 따라 유사의 거동이 육지 방향 또는 연안 방향으로 발생하는 것으로 생각되나, 현재까지 하천의 평면특성에 따른 조위와 유속 사이의 관계를 살펴본 연구사례가 국내에서는 발견되지 않음

○ 국토의 안정적인 관리는 정부의 가장 중요한 의무 중 하나임.

- 하굿둑의 개발, 하구역 및 기수역의 생태 모니터링 기술의 개발 등 과학기술적 측면의 연구가 계속해서 이루어지고 있지만 하굿둑을 포함한 하구역의 법적·정책적 분야에 대해서는 여전히 불모지의 상태가 계속되고 있음

	- 일부「하구관리법」의 제정 움직임 등이 있으나 여전히 하구역의 사회과학적 측면의 접근이 부족하여 이에 대한 축적된 연구가 필요함 - 하구역은 해수부와 환경부, 국토부, 농림부를 비롯하여 다수의 공공기관이 운용 및 관리에 참여하고 있어 공공부문의 역할이 강조될 수밖에 없음 - 다양한 이해당사자가 존재하며 갈등에 대한 사회적 손실을 경감시키는 역할이 가능함 - 하굿둑으로 단절된 기술역 생태계의 표준화된 모니터링·평가를 위한 고도화 기술 및 이에 따른 복원 등 생태적 적응관리기법의 부재로 환경영향평가 등 국가 환경관리의 비효율성 상존
□ 기술동향	○ UAV & ICT 등 첨단 기술의 접목을 통한 과학적이고 표준화된 기술의 개발로 관련 국내외 시장의 수요기반 확대 및 일자리 창출 ○ 선진국의 경우 양방향 부분 개방형 또는 상시 개방형 하굿둑 형태로 운영하면서 수문·기상·해양조건 등의 여러 조건을 고려하여 일정 길이의 기수역 확보가 가능하도록 정밀한 수문제어 운영 ○ 센서의 기술발전과 ICT 기술의 보급으로 대량의 측정 자료의 원격수집과 이를 통한 빅데이터가 축적되고 있음 ○ AI 기반 기술의 발전으로 여러 산업 분야에서 AI를 활용한 각종 어플리케이션 개발이 활발하고 특히 자율주행, 영상판독 등에 활발히 이용되고 있음 ○ 국가하천의 효율적 관리를 위해 표준화 및 전산화된 하천정보를 제공하는 하천관리지리정보 시스템(RIMGIS)가 개발되어 활용 중 ○ 하천시설물 운영 의사결정을 지원하기 위한 통합 DB 개발 사업이 진행 중이나 하굿둑 개방에 따른 의사결정 프로세스 개발은 미미한 상황 ○ 현 하굿둑 운영 매뉴얼은 염수 침입 방어를 목적으로 하기 때문에 적정 기수역 유지를 위해서는 하굿둑 운영 상황 별 의사결정 모형이 필요 ○ 하굿둑 자율운영의 경우 홍수방어를 위한 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 일부 구현되어 있으나, 비지도 학습을 통한 자율운영 기술의 경우 본 연구를 통해 최초로 개발될 것으로 기대 ○ 디지털 트윈 기술은 가상세계에서 장비, 시스템 등의 상태를 모니터링하고 유지·보수에 활용할 수 있는 기술로서 운영에서 발생 가능한 다양한 상황을 예측하여 위험 대응이 가능 ○ BIM, IoT 등의 첨단기술의 발전으로 디지털 트윈 기술의 적용 및 활용성이 극대화되고 있음 ○ 디지털 트윈은 실물과 똑같은 상태로 가상화된 물체(쌍둥이)를 제작해 시뮬레이션하는 기술로서 현실과 같은 상황에서 반복적인 시뮬레이션을 수행하여 발생할 수 있는 위험성을 사전에 검증하는 것이 가능하므로 이를 댐·보 등 상류의 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영방안이나 AI 기반 하굿둑 자율운영 기술의 영향을 검토하는 데 적용할 수 있음 ○ BIM을 채택하는 국가가 증가하고 있으며, 건설사에서도 관련 기술의 도입이 활발하며 Cloud를 통한 정보의 교환이 활발해 지면서 FM(Facility Management), 안전관리 분야에서 BIM의 활용이 주목받고 있음 ○ 영국(Crossrail)의 경우 건설자산에 대한 실시간 서비스 및 계측을 위해 Digital Twin을 적용하고 있으며 영국정부 주도로 Digital Framework Task Group을 통해 디지털 트윈 생태계 구축을 위한 계획을 발표하였음

○ 현재 하구둑의 운영상황은 상류의 유황을 고려하지 않고, 조수간만의 천문현상에 의거하여 조작함

○ 또한 하굿둑의 오랜 운영으로 인하여 나타나는 유속의 저하, 수질악화 및 오염물질의 축적 등으로 지금까지의 단방향 하굿둑의 운영방식에 문제가 제기되고 있음

○ 미국, 네델란드 그리고 일본의 개방형 하굿둑의 모델의 안정적 운용을 벤치마킹하여 수계별로 효용을 극대화할 수 있는 하굿둑의 개발이 추진되고 있음

○ 선진국을 중심으로 자국의 특성에 적합한 UAV 등 고해상도 영상 및 첨단기술과 연계된 공간지리정보(GIS)의 구축과 활용을 통한 과학적이고 체계적인 모니터링·평가 및 적응관리 기술이 개발·적용되고 있는 추세임

3. 연구개발 내용

○ **(3-1공동연구) 상류 수리구조물 연계 최적운영기술**

- 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발
  - 댐•보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술 개발
  - 수리구조물 연계 디지털 트윈 시스템 구축
  - 디지털트윈 시스템을 활용한 시나리오 시뮬레이션
- 하굿둑 수리구조물 BIM 플랫폼 개발
  - 하구둑 수리구조물 BIM 표준 개발
  - 하구둑 수리구조물 의사결정 요소와 운영을 위한 AI와 센서망과 빅데이터 연동 기술 개발
  - 하구둑 수리구조물의 자율운영을 위한 디지털트윈 기반의 BIM통합 플랫폼 개발

○ **(3-2공동연구) AI 기반 수문 자율운영기술**

- 기수역 데이터 통합관리 시스템 구축
  - 드론을 이용한 하천 및 해역의 정교한 수심측량 및 실시간 지형변화 탐지 기술 개발
  - 기 관측 자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성
  - GIS 기반의 기수역 환경변화 공간정보 가시화 시스템 개발
- 적정 기수역 확보를 위한 의사결정 프로세스 개발
  - 빅데이터 기반의 유량-조위-수문 개도율에 대한 기수역 변화 관계 구축
  - 수문운영 의사결정지원 프로세스 개발
- AI 기반 하굿둑 자율운영 플렛폼 개발
  - 하굿둑 자율운영을 위한 목적별 맞춤형 심층기계학습 모형 개발
  - 수문 자율운영 에이전트 구성 및 적용

○ **(3-3공동연구) 기수역 관리를 위한 법제도 개선**

- 통합수자원관리 차원의 하굿둑 운영지원 방안 개발
  - 통합수자원관리를 위한 다부처 참여방안 개발
  - 통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발

◆ 기수역 조성 및 관리를 위한 법·제도 개선

◆ 양방향 통수 하굿둑 관리를 위한 법·제도 개선

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 디지털 트윈 기술을 선도하고 있는 제조업분야의 선진적인 기술을 벤치마킹하여 SOC 시설물의 운영에 활용할 것인가에 대한 연구가 필요함

○ 실시간수질정보시스템을 통해 GIS 기반의 기수역 확보범위 가시화

○ 본 연구는 기 개발되어 활용되고 있는 기술을 적용 통합하는 연구로서 현재 활용되고 있는 AI, 데이터베이스, 빅데이터 관련 연구 결과를 적용 통합할 것임

○ 의사결정기법은 최적화 기법과 의사결정지원을 위한 표출 기술을 적극 도입

○ 원격 측정 기술을 활용한 빅데이터 수집과 데이터베이스 기반 구축 기술

○ 기수역에 적용 가능한 모델 선정 및 기수역 모니터링 자료 연계 결과 검증 후 시나리오 생성

□ 추진체계

○ 학·연을 중심으로 유량, 조위, 수문 개도 별 기수역 변화 예측 및 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 구축을 위한 이론적 토대 구축

○ 산·학·연을 중심으로 하굿둑 관리자를 위한 하굿둑 운영 시스템 GUI 구축 및 기존 시스템과 연계 작업 수행

○ 데이터 통합관리 시스템 및 하굿둑 운영 의사결정지원 플랫폼은 관련 개발기술을 보유한 전문 업체에서 수행

○ 국토부, 환경부, 한국수자원공사 등 하굿둑 운영 실무 담당 기관과 협의를 통해 개발기술의 실용성 향상

○ 디지털 트윈 기술은 전세계적으로 주목받는 연구 분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행

○ 디지털트윈 솔루션 및 3D 시뮬레이션 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행

○ 관련 기술을 보유하고 있는 민간 기업과의 산학협력 등을 통한 기술의 상용성 제고

○ 다목적댐 및 보, 농업용저수지 등 수공구조물 운영 시스템 구축 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행함

○ 국내외 관련 기관 및 전문가의 학술활동 및 정보 교류협력 등을 통한 관련 기술의 학술적 적합성 확보

	○ 기수역 유사 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행 ○ 하천 및 해양 분야의 전문가 그룹의 연계와 융합이 중요하며, 특히 이미 개방형 하굿둑을 성공적으로 운용하고 있는 해외 전문가와의 협력이 필요함 ○ 기존 수역 및 해수역의 법제적 관리기술을 축적한 기관을 활용하고, 특히 수자원 이용의 특성을 충분히 파악하고 있는 전문가의 역할이 강조됨 ○ 기수역 조성 및 관리를 위한 법·제도 개선에는 국토부, 환경부, 한국수자원공사, 농어촌공사 등 하굿둑 운영 실무 담당 기관 및 관련분야 전문가들과 협의를 통해 방안 도출
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 및 플랫폼 ○ 하굿둑 운영을 위한 목적별 맞춤형 심층기계학습 모형 ○ 강화학습기반 수문운영 에이전트 ○ 상하류 수리구조물을 연계한 하구둑 운영 방안 ○ 댐•보 등 상류 수리 구조물을 연계한 시뮬레이션 기반 디지털 트윈 시스템 ○ 하구둑 수리구조물 운영을 위한 BIM 모델 ○ 하굿둑 수리구조물 정밀제어 및 관리를 위한 BIM 통합플랫폼 ○ 기수역 조성에 따른 거버넌스 구성 방안 ○ 기수역 관리 및 AI 기반 하굿둑 자율운영을 위한 법·제도 개정안 ○ 특허, 논문, 소프트웨어 저작권, 신기술 등 지적재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 활용하여 하굿둑 운영에 앞서 시뮬레이션을 통하여 염분 공간분포 등을 가시화하여 사전의 검증을 통해 안정적인 하굿둑 운영에 적용 및 개선 가능 - 재조정되는 기수생태계의 활성화 및 유지관리 전략 수립에 활용 - AI기술을 구조물 운영에 적용함에 있어 고려해야 할 사항의 정책적 지원방법 제안 - 농어촌공사 및 한국수자원공사, 홍수통제소의 하구둑, 댐, 보 등에 대한 수문운영기술 활용 - 기존 하굿둑 운영 프로세스 개선을 통해 기수역 조성범위 제어를 위한 기술로써 활용 - 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑 등 유사한 시설물 자율운영 기술로 확산 가능 - 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용 - 국내 및 해외의 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파

- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능
- KOICA 등을 통한 한국기술 전파 및 해외 수공구조물 수주경쟁에 기여
- 하구둑 운영과 주변지역 국토관리에 활용
- 하굿둑 운영방식의 변경에 따른 물이용 행정업무에 활용
- 이수, 치수 및 환경정책 결정과정에 의한 국가물관리정책에 활용
- 관련 법제도적 기준의 반영
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 기수역의 안정적 제어를 통한 담수생태계 피해 최소화, 하구 수생태 회복 및 상류 취수원 보호
- 안정적인 하굿둑 운영을 통하여 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응

○ 경제사회적 기대효과

- 인공신경망학습을 통해 자율 운영 조건의 단기 예측을 가능케 함으로써 개발 적용시 수자원의 보다 적극적 활용 가능, 가용 수자원의 양을 획기적으로 증대
- 하굿둑 수문 운영자율화기술 개발 및 운영여건 예측기술 개발로 인한 수자원분야 인공지능 관련 기술시장 창출 및 관련 산업 인력 시장 개척
- 디지털 트윈은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 디지털 트윈 시뮬레이션을 통하여 수리구조물 운영에 따른 결과를 가시적으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있으며 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응
- 효율적인 시설물 관리를 통해 낭비되는 자원의 절약
- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술임
- 다양한 수공구조물 간의 연계운영 방안을 선도하여 개발함으로서 전세계적인 건설기술 시장을 선점 할 수 있음
- 흐름과 유사의 상호작용에 따른 지형변화를 예측하여 하구역 공간의 지속적이고 환경적인 관리가 가능해져 유지관리 예산을 절감할 수 있음
- 지형변화에 대한 이해를 바탕으로 하구역 정비 및 관리를 수행하며 나아가 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 하구둑의 운영기술에 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하는 기술을 선도하여, 관련시장의 선점이 가능할 것으로 기대됨
- 미래 첨단기술의 접목을 통한 국가환경관리의 원천기술 확보로 관련 국내외 시장 수요기반의 창출
- 과학적이고 정밀화된 기술의 확보로 환경영향평가 등 불필요한 사회경제적 갈등과 고비용·고효율의 저감
- 기수역 적정 유지유량 산정 기술은 생태계의 보호/보전 뿐만 아니라, 어폐류 등 경제성 자원의 서식조건 최적화를 통하여 기수역의 경제적 가치를 높일 수 있음

○ 기술적 기대효과

- 정확성과 경제성을 고려한 다목적함수를 유전 알고리즘(Genetic Algorithm) 혹은

모의 담금질(Simulated Annealing) 등 휴리스틱 최적화 기법을 활용하여 하천 염해 발생에 대한 신뢰성 있는 감지 및 경보기술 확보

- 심층기계학습 및 인공신경망은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술의 한 분야로서 수자원 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음

- 디지털 트윈 기술을 활용한 수리구조물 운영 및 관리 기술은 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수리구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음

- 수리구조물의 운영에 IoT, BIM등을 결합한 티지털 트윈을 활용하는 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음

- 사회기간시설의 관리를 효율적으로 수행하는 플랫폼의 개발과 그 과정에서 도출되는 AI, 빅데이터, BIM 등 다양한 기술의 선진화 지원

- 제조업이나 IT에 비해 발전속도가 더딘 건설 및 시설물 운영분야에 신기술의 적용을 통해 기술혁신의 기반을 제공

- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술을 활용한 수공구조물 운영 및 관리 기술은 전세계적으로 첨단의 신기술임. 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수공구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음

- 하구둑 운영에 유역내 관련 모든 수공구조물이 결합된 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음

- 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 최고기술보유국과의 기술격차 단축

- 다양한 조건에서의 수치모의 결과를 바탕으로 구축된 고품질 빅데이터 결과를 제공함으로서 안정적인 AI 기반 하굿둑 자율운영에 기여

- 국토를 관리함에 있어 안전과 생태 및 환경관리에 기본이 되는 장기적인 지형변화를 고려하며 하구둑을 운영하기 위한 기초적인 지식의 확보가 가능함

- 제안기술은 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하여 활용 할 수 있음

- 하구 및 기수역과 관련된 50여개 개별 법률에 대한 법률적 해석의 통일성을 기하고, 신법 제정의 기반을 마련

- 하굿둑 수리 구조물 운영의 효율화 및 물리·화학적 특성과 연계된 생물적 특성의 통합적이고 고도화 평가기술의 개발로 관련 분야의 원천 기술 확보 및 시장의 선점

- 관련 실무자 및 엔지니어, 산업체의 표준화된 기준과 원천기술의 보급 등으로 업무 효율성 제고 및 신기술 개발 촉진

- 생태계 상시 모니터링 기술 개발로 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성과를 평가

- 기수역 생태계를 고려한 하굿둑 최적 운영기술 개발에 기여

- 확보된 기술력을 활용하여 해외 물관리 기술 수출이 가능할 것임

○ 정책적 기대효과

- 목표 지역의 수질 관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영기술을 통해 기관 단체의 이

	해관계에 따른 탄력적 하천 운영 가능 - 생태, 용수수요, 재해예방을 종합적으로 고려한 하구둑 운영 방안 제시로 통합물 관리체계에서 활용 가능 - 염수피해 방어를 포함한 하굿둑 개방 기술지원으로 장기적 기수역 유지를 위한 원동력 확보 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여 - 디지털 트윈을 활용한 구조물 운영지원 방안은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여 - 대규모 자원이 투입된 기간시설을 효율적으로 운영 및 관리할 수 있는 플랫폼 구축을 통해 업무효율 향상 가능 - 예측하기 힘든 미래의 재난에 능동적으로 대응할 수 있는 기반기술 구축 - 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 수공구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음 - 정부의 환경복원 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여 - 수질오염 및 물이용에 있어서 문제가 심각했던 지역에 대한 불안감을 해소하고, 특히 치수적 측면에서의 정책결정과정의 신속한 절차를 마련할 수 있음 - 관련 부처와의 공감대 형성 및 부처간 사각지대를 철폐하고 연대의식의 고취 - 관련 법제도 기준의 제·개정을 통한 정책 추진의 안정성 및 신뢰성 제고 - 하굿둑 재자연화 등 체계적인 국가환경관리 기반의 구축 및 활성화 - 국가 생물다양성 확보와 서식지 보전의 기반을 마련 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(5년 0월) ○ 연구비 예산 : 100억원(정부출연금: 90억원 이내)
7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(1) (3-1공동연구) 상류 수리구조물 연계 최적운영기술

과제명	3-1공동연구. 상류 수리구조물 연계 최적운영기술
1. 연구개발 목표	
	○ **기수역을 포함한 하천 통합관리 및 수리구조물 관리를 위한 기술 개발** - **(첨단 하천 통합관리 기술)** 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발 - **(수리구조물 관리 고도화)** 하굿둑 BIM 표준 모델 개발 및 디지털 트윈과 연동한 통합 플랫폼 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 기수역 구간을 일정하게 유지하는 정교한 운영이 필요한 만큼 사전에 운영에 따른 영향을 검토하는 작업이 필수적이며 디지털트윈시스템을 구축하고 시뮬레이션을 수행할 필요가 있음 ○ 디지털 트윈(Digital Twin)은 산업용 사물 인터넷(IIoT) 연결 플랫폼을 통해 수집된 데이터와 결합해 인사이트 구성하고 이를 기반으로 엔지니어는 실제 운영 환경에서 스마트 기계를 분석, 운영 중인 제품 동작에 대한 정확한 피드백을 얻음으로써 예기치 않은 중단과 같은 위험을 줄이고 시스템 운영을 위한 내실화를 높일 수 있음 ○ 본 연구에서는 하굿둑 운영에 대한 시뮬레이션을 통하여 운영 결과를 예측할 수 있어 시행착오에 대한 위험을 크게 감소시킬수 있음 ○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 상류의 댐•보 방류량과 연계하여 염수 유입량을 결정하는 정밀한 기술이 요구됨 ○ 따라서 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 구축하고 상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영에 따른 결과를 예측하는 기술이 필요함 ○ 하구둑 수리구조물에 대한 BIM 표준모델을 제안함으로서 유사한 구조물의 관리 시스템을 효율적으로 운영할 수 있을 것임 ○ 기간시설물의 운영관리를 위한 Digital Twin기반의 인프라 구축 및 확장을 수행할 수 있을 것임 ○ 기존의 다목적댐 ROM 과 하구둑 운영지침은 개별적으로 전혀 연관성없이 운영되어 수자원 확보 및 보존을 위하여, 조석간만, 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술의 개발이 필요함 ○ 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 상류의 댐•보 방류량과 연계하여 염수 유입량을 결정하는 정밀한 기술이 요구됨 ○ 따라서 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술 개발이 필수적임

□ 기술동향

○ 디지털 트윈 기술은 가상세계에서 장비, 시스템 등의 상태를 모니터링하고 유지·보수에 활용할 수 있는 기술로서 운영에서 발생 가능한 다양한 상황을 예측하여 위험 대응이 가능

○ BIM, IoT 등의 첨단기술의 발전으로 디지털 트윈 기술의 적용 및 활용성이 극대화되고 있음

○ 디지털 트윈은 실물과 똑같은 상태로 가상화된 물체(쌍둥이)를 제작해 시뮬레이션하는 기술로서 현실과 같은 상황에서 반복적인 시뮬레이션을 수행하여 발생할 수 있는 위험성을 사전에 검증하는 것이 가능하므로 이를 댐·보 등 상류의 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영방안이나 AI 기반 하굿둑 자율운영 기술의 영향을 검토하는 데 적용할 수 있음

○ BIM을 채택하는 국가가 증가하고 있으며, 건설사에서도 관련 기술의 도입이 활발하며 Cloud를 통한 정보의 교환이 활발해 지면서 FM(Facility Management), 안전 관리분야에서 BIM의 활용이 주목받고 있음

○ 영국(Crossrail)의 경우 건설자산에 대한 실시간 서비스 및 계측을 위해 Digital Twin을 적용하고 있으며 영국정부 주도로 Digital Framework Task Group을 통해 디지털 트윈 생태계 구축을 위한 계획을 발표하였음

○ 현재 하구둑의 운영상황은 상류의 유황을 고려하지 않고, 조수간만의 천문현상에 의거하여 조작함

○ 상류유황을 반영하지 않은 다목적댐의 ROM 에 대한 문제점 검토하여 조석간만으로 인한 염수의 역류와 상류 유입 유량과의 관계를 규명하여 효율적인 수자원 관리 필요함

3. 연구개발 내용

○ 디지털 트윈 기술을 활용한 하천통합관리 기술 개발

- 댐•보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술 개발
- 수리구조물 연계 디지털 트윈 시스템 구축
- 디지털트윈 시스템을 활용한 시나리오 시뮬레이션

○ 하굿둑 수리구조물 BIM 플랫폼 개발

- 하구둑 수리구조물 BIM 표준 개발
- 하구둑 수리구조물 의사결정 요소와 운영을 위한 AI와 센서망과 빅데이터 연동 기술 개발
- 하구둑 수리구조물의 자율운영을 위한 디지털트윈 기반의 BIM통합 플랫폼 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 디지털 트윈 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행

○ 디지털트윈 솔루션 및 3D 시뮬레이션 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행

	○ 디지털 트윈 기술을 선도하고 있는 제조업분야의 선진적인 기술을 벤치마킹하여 SOC 시설물의 운영에 활용할 것인가에 대한 연구가 필요함 ○ 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행함. ○ 다목적댐 및 보, 농업용저수지 등 수공구조물 운영 시스템 구축 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행함. ○ AI가 효율적인 의사결정을 지원할 수 있도록 국내외의 다양하게 활용되고 있는 AI 시스템 전문 업체와의 협업이 요구됨 ○ 시설물 운영을 위해 필요한 의사결정요소와 해당 의사결정 수행을 위해 요구되는 정보/수집방법을 전문가집단을 통해 도출해야 함
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 시뮬레이션 기반 디지털트윈 시스템 ○ 상하류 수리구조물을 연계한 하구둑 운영 방안 ○ 하구둑 수리구조물 운영을 위한 BIM 모델 ○ AI 기반 자율운영 하구둑 수리구조물 BIM 통합플랫폼 ○ 특허, 논문, 소프트웨어 저작권, 신기술 등 지적재산권
□ 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파 - 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능 - 하구둑 수리구조물 운영에 활용 - 하구둑 수리구조물과 유사한 시설물에 확장 - 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용 - 국내 및 해외의 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파 - 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능 - KOICA 등을 통한 한국기술 전파 및 해외 수공구조물 수주경쟁에 기여 ○ 경제사회적 기대효과 - 디지털 트윈은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음 - 디지털 트윈 시뮬레이션을 통하여 수리구조물 운영에 따른 결과를 가시적으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있으며 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응

- 효율적인 시설물 관리를 통해 낭비되는 자원의 절약
- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술임
- 다양한 수공구조물 간의 연계운영 방안을 선도하여 개발함으로서 전세계적인 건설기술 시장을 선점 할 수 있음

○ 기술적 기대효과

- 디지털 트윈 기술을 활용한 수리구조물 운영 및 관리 기술은 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수리구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음
- 수리구조물의 운영에 IoT, BIM등을 결합한 티지털 트윈을 활용하는 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음
- 사회기간시설의 관리를 효율적으로 수행하는 플랫폼의 개발과 그 과정에서 도출되는 AI, 빅데이터, BIM 등 다양한 기술의 선진화 지원
- 제조업이나 IT에 비해 발전속도가 더딘 건설 및 시설물 운영분야에 신기술의 적용을 통해 기술혁신의 기반을 제공
- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술을 활용한 수공구조물 운영 및 관리 기술은 전세계적으로 첨단의 신기술임. 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수공구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음
- 하구둑 운영에 유역내 관련 모든 수공구조물이 결합된 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음

○ 정책적 기대효과

- 디지털 트윈을 활용한 구조물 운영지원 방안은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여
- 대규모 자원이 투입된 기간시설을 효율적으로 운영 및 관리할 수 있는 플랫폼 구축을 통해 업무효율 향상 가능
- 예측하기 힘든 미래의 재난에 능동적으로 대응할 수 있는 기반기술 구축
- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 수공구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(0년 0월)

○ 연구비 예산 : 45**억원**(정부출연금: 40**억원** 이내)

7. 기 타

○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(2) (3-2공동연구) AI 기반 수문 자율운영기술

과제명	2-3세부과제. AI 기반 수문 자율운영기술
1. 연구개발 목표	
	○ **기수역 빅데이터 기반 하굿둑 수문 자동운영 지원 기술** - **(빅데이터 기반 수문 자율운영 의사결정 지원 기술)** 적정 기수역 유지 및 확보를 위한 하굿둑 수문의 운영 의사결정 프로세스 개발 - **(AI 기반 수문 자율운영 기술)** 빅데이터 기반 비지도학습기법을 이용한 자율기계학습 모형의 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 하굿둑 주변 지역 염수침투 피해발생 저감을 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 제시 필요 - 기수역 모니터링 자료 부족 극복 및 수문개방 결과 예측을 위해 다양한 하굿둑 운영 시나리오 생성 및 기수역 조성에 따른 환경변화 예측기술 개발 필요 - 기수역 조성에 따른 염수침투 피해를 방어하기 위해 적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 개발이 필요 - 하굿둑 개방에 따른 염수침투에 대한 모니터링 자료 부족문제를 극복하기 위해 하굿둑 운영, 염수 침투를 고려한 시뮬레이션 기반 예측 데이터 구축 필요 ○ 하굿둑 운영의 객관성 확보 및 운영 유지 비용 절감을 위한 자율운영기법의 도입 필요 - 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요 - 하굿둑 운영시 급작스런 주변 조건의 변동이 예측될 경우 단기적인 예측치의 수문운영에의 반영 필요성 - 인공신경망 자체의 단기 예측기능을 활용하여 하굿둑 운영에 반영할 필요 - 학습자료의 선택을 자율적으로 판단하여 비지도학습이 가능한 기계학습모형의 개발 필요성 ○ 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요 - 다양한 종류의 광범위한 빅데이터가 제공되었을 경우 자료의 효율적 관리 및 가시화 필요
□ 기술동향	○ 기존 국내 하굿둑은 담수에서 해수로의 단방향 흐름을 위주로 하는 시설물로서 만조 또는 태풍으로 인한 해수면 상승으로 인한 염수 침입 방지와 재해 대응을 위한 목적으로 운영 ○ 낙동강 하굿둑의 경우 유입유량 규모에 따라 평시, 홍수시, 비상시 3단계로 나누어 수문을 운영 ○ 선진국의 경우 양방향 부분 개방형 또는 상시 개방형 하굿둑 형태로 운영하면서 수문·기상·해양조건 등의 여러 조건을 고려하여 일정 길이의 기수역 확보가 가능하도록 정밀한 수문제어 운영

○ 센서의 기술발전과 ICT 기술의 보급으로 대량의 측정 자료의 원격수집과 이를 통한 빅데이터가 축적되고 있음

○ AI 기반 기술의 발전으로 여러 산업 분야에서 AI를 활용한 각종 어플리케이션 개발이 활발하고 특히 자율주행, 영상판독 등에 활발히 이용되고 있음

○ 최근 농업용 물관리 등에 인공신경망 기술의 이용이 시도되고 있는 추세에 있음

○ 국가하천의 효율적 관리를 위해 표준화 및 전산화된 하천정보를 제공하는 하천관리지리정보 시스템(RIMGIS)가 개발되어 활용 중

○ 하천시설물 운영 의사결정을 지원하기 위한 통합 DB 개발 사업이 진행 중이나 하굿둑 개방에 따른 의사결정 프로세스 개발은 미미한 상황

○ 현 하굿둑 운영 매뉴얼은 염수 침입 방어를 목적으로 하기 때문에 적정 기수역 유지를 위해서는 하굿둑 운영 상황 별 의사결정 모형이 필요

○ 하굿둑 자율운영의 경우 홍수방어를 위한 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 일부 구현되어 있으나, 비지도 학습을 통한 자율운영 기술의 경우 본 연구를 통해 최초로 개발될 것으로 기대

○ 홍수방어를 위한 세계적 규모의 barrier를 보유하고 있는 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 IBM의 IOW(intelligence operations for water)의 형태로 구현된 자료 구축 및 기계학습 모형 적용 방안 상세 검토를 통해 장단점 검토 예정

○ 홍수방어를 위한 세계적 규모의 barrier를 보유하고 있는 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 IBM의 IOW(intelligence operations for water)의 형태로 구현된 자료 구축 및 기계학습 모형 적용 방안 상세 검토를 통해 장단점 검토 예정

○ 기존 강화학습(DQN)의 장단점 비교 분석 및 기존 모형의 하이퍼파라미터 검토

3. 연구개발 내용

○ 시뮬레이션 및 센서 모니터링 결과를 활용한 하굿둑 운영 상황 별 기수역 변화 DB 구축

○ 기 관측 자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발

○ GIS 기반의 기수역 환경변화 공간정보 가시화 시스템 개발

○ 빅데이터 기반의 유량-조위-수문 개도율에 대한 기수역 변화 관계 구축 및 적정 기수역 확보를 위한 의사결정 프로세스 개발

○ 하구둑 수문 운영을 위한 기계학습자료 구축

○ 인공신경망을 이용한 단기예측모형 개발

○ 하굿둑 자율운영을 위한 목적 별 맞춤형 심층기계학습 모형 개발

○ 비지도 학습을 위한 선택적 기계학습기법

○ 강화학습기반 수문운영 에이전트 구성

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략	○ 국토부의 홍수통제소와 한국수자원공사 등 하구둑, 댐, 보 등에서 운영되고 있는 방법론 및 국외 하굿둑 수문 운영 방안 비교 및 검토를 통한 자동운영기술 개발 착안점 제시 ○ 기존 하굿둑 수문 실제 운영 자료 및 수리해석, 모의 자료 등의 검토를 통한 각 하굿둑 해당 하천에서의 강우, 유속, 수질 등의 수문정보 자료 확보 및 자동운영기술 개발 활용 ○ 하천에 대한 종합정보를 제공하는 RIMGIS와 연계하여 하굿둑 운영 의사결정 프로세스로부터 결정된 목표 기수역 확보범위를 제시 ○ 실시간수질정보시스템을 통해 GIS 기반의 기수역 확보범위 가시화 ○ 본 연구는 기 개발되어 활용되고 있는 기술을 적용 통합하는 연구로서 현재 활용되고 있는 AI, 데이터베이스, 빅데이터 관련 연구 결과를 적용 통합할 것임 ○ 관련 대학, 연구원, ICT 관련 업체에서 제안 과제 관련 연구 수행 경험이 있는 연구원을 확보할 수 있을 것임 ○ 의사결정기법은 최적화 기법과 의사결정지원을 위한 표출 기술을 적극 도입 ○ 원격 측정 기술을 활용한 빅데이터 수집과 데이터베이스 기반 구축 기술 ○ 학·연을 중심으로 유량, 조위, 수문 개도 별 기수역 변화 예측 및 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 구축을 위한 이론적 토대 구축 ○ 산·학·연을 중심으로 하굿둑 관리자를 위한 하굿둑 운영 시스템 GUI 구축 및 기존 시스템과 연계 작업 수행
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 ○ 하굿둑 운영 시나리오 별 기수역 공간변화 예측결과 DB ○ 기수역 공간변화 가시화 SW ○ GIS 기반의 기수역 환경변화 공간정보 가시화 시스템 ○ 특허, 신기술, 공공기반기술, 논문 등 지적 재산권 ○ 하굿둑 운영을 위한 목적별 맞춤형 심층기계학습 모형 ○ 강화학습기반 수문운영 에이전트 구성
□ 활용방안 및	○ 활용방안

기대효과	- 농어촌공사 및 한국수자원공사, 홍수통제소의 하구둑, 댐, 보 등에 대한 수문 운영기술 활용 - 기존 하굿둑 운영 프로세스 개선을 통해 기수역 조성범위 제어를 위한 기술로써 활용 - 하굿둑 개방에 따른 기수역의 공간적 변화를 표출하여 하천관리자 뿐 아니라 시민들의 의사결정 지원 - 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파 - 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능 ○ 경제사회적 기대효과 - 일정 기수역 형성에 따른 생물상의 다양성 증가로 인한 생태학적 가치 향상 - 하천 담수 및 해수의 순환에 따른 수질 개선 및 유수에 의한 하구지역 오염 물질 제거에 따른 하천 운영 및 관리 비용 절약 - 홍수시 배수갑문의 효율적 운영에 따른 재해 발생 방지 - 용수수요와 유출량, 내외수위차, 감조 등을 고려한 배수갑문 운영으로 수자원 확보 - 하굿둑 운영 시나리오 예측결과 축적을 통해 개발된 의사결정 지원 프로세스 개발로 하굿둑 운영 매뉴얼 개선 및 염해피해 감소 가능 - 안정적 기수역 조성을 통해 생태계 다양성 회복 및 하굿둑 인근 주민들의 안전한 생산활동 가능 - 인공신경망학습을 통해 자율 운영 조건의 단기 예측을 가능케 함으로써 개발 적용 시 수자원의 보다 적극적 활용 가능, 가용 수자원의 양을 획기적으로 증대 - 하굿둑 수문 운영자율화기술 개발 및 운영여건 예측기술 개발로 인한 수자원분야 인공지능 관련 기술시장 창출 및 관련 산업 인력 시장 개척 ○ 기술적 기대효과 - 하굿둑 수문 자동 운영 기술을 통해 홍수기 및 비홍수기 관리 수역에 대한 수리 및 수질 특성 유지 기대 - 하굿둑 하류 조위와 하천 홍수에 대한 영향 분석을 통해 염수 농도 관리를 통한 일정 기수역 확보 - CFD 모델링 전산자원 한계를 극복하기 위한 노모그래프 개발을 통해 3차원 모델링 없이 기수역 변화 예측 가능 - 하구 양방향 흐름 장기유지 위한 하굿둑 운영 매뉴얼 및 예측체계 개선방법 마련 - 다양한 조건과 예측이 공존하는 복잡한 기수역 운영에 있어 자율운영 혹은 운영보조 시스템의 운영 조건 자체에 대한 예측기법 개발을 통해 보다 능동적인 운영 체계 개발 - 심층기계학습 및 인공신경망은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술의 한 분야로서 수자원 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음 ○ 정책적 기대효과 - 홍수기 조위 영향을 고려한 수문 최적 운영을 통해 하천 하류부의 홍수 방지 기대

	- 목표 지역의 수질 관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영기술을 통해 기관 단체의 이해 관계에 따른 탄력적 하천 운영 가능 - 생태, 용수수요, 재해예방을 종합적으로 고려한 하구둑 운영 방안 제시로 통합물관리체계에서 활용 가능 - 염수피해 방어를 위한 하굿둑 개방 기술지원으로 장기적 기수역 유지를 위한 원동력 확보 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(0년 0월) ○ 연구비 예산 : 35**억원**(정부출연금: 30**억원** 이내)
7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

(3) (3-3공동연구) 기수역 관리를 위한 법제도 개선

과제명	3-2공동연구. 기수역 관리를 위한 법제도 개선
1. 연구개발 목표	
	○ **재조성되는 기수역에 따른 하구관리를 지원하는 기술 개발** - **(수계별 맞춤형 하구관리)** 수계별로 환경적 특성이 다른 하구역의 통합적 관리를 위한 수계별 하구관리체계를 구축 - **(신기술 및 새로운 환경 조성에 따른 법·제도 개선)** 재조성되는 기수역을 안정적으로 유지·관리하고 새로이 도입되는 첨단 기술을 활용한 하구관리체계를 지원하는 법·제도 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국토의 안정적인 관리는 정부의 가장 중요한 의무 중 하나임 ○ 최근 들어 추진 중인 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 변경되는 하구둑 주변의 흐름변화로 인하여, 주변 지형변화가 필연적으로 동반될 것으로 예상됨 ○ 따라서 장기적인 관점에서의 국토관리와 미래에 발생가능한 인적.경제적 피해를 방지하기 위해서, 주변 연안지역의 장기적인 지형변화양상을 예측할 수 있는 기술이 필요함 ○ 하굿둑의 개발, 하구역 및 기수역의 생태 모니터링 기술의 개발 등 과학기술적 측면의 연구가 계속해서 이루어지고 있지만 하굿둑을 포함한 하구역의 법적·정책적 분야에 대해서는 여전히 불모지의 상태가 계속되고 있음 ○ 일부 「하구관리법」의 제정 움직임 등이 있으나 여전히 하구역의 사회과학적 측면의 접근이 부족하여 이에 대한 축적된 연구가 필요함 ○ 하구역은 해수부와 환경부, 국토부, 농림부를 비롯하여 다수의 공공기관이 운용 및 관리에 참여하고 있어 공공부문의 역할이 강조될 수밖에 없음 ○ 다양한 이해당사자가 존재하며 갈등에 대한 사회적 손실을 경감시키는 역할이 가능함
□ 기술동향	○ 기후변화 및 대형구조물의 건설로 인한 환경 및 지형변화에 대한 관심이 매우 높아짐 (우리나라 동해 연안침식과 하구생태 및 이탈리아 베니스 등) ○ 따라서 대규모의 개발로 인한 개발지 주변 국토의 지형변화에 대한 연구는 전 세계적으로 꾸준히 진행되고 있음 ○ 하구역은 수자원확보 및 농업이용을 주된 목적으로 하굿둑의 설치와 함께 주요 개발전략의 일환으로 운영되어 왔으나 최근 기수역의 적극적 활용 및 생태적 측면에서 하구역의 중요성이 부각됨 ○ 또한 하굿둑의 오랜 운영으로 인하여 나타나는 유속의 저하, 수질악화 및 오염물질의 축적 등으로 지금까지의 단방향 하굿둑의 운영방식에 문제가 제기되고 있음 ○ 미국, 네델란드 그리고 일본의 개방형 하굿둑의 모델의 안정적 운용을 벤치마킹하여 수계별로 효용을 극대화할 수 있는 하굿둑의 개발이 추진되고 있음

3. 연구개발 내용

○ **(3-3공동연구) 기수역 관리를 위한 법제도 개선**

- 통합수자원관리 차원의 하굿둑 운영지원 방안 개발
  - ◆ 통합수자원관리를 위한 다부처 참여방안 개발
  - ◆ 통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발
  - ◆ 기수역 조성 및 관리를 위한 법·제도 개선
  - ◆ 양방향 통수 하굿둑 관리를 위한 법·제도 개선

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 기수역 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행

○ 하천 및 해양 분야의 전문가 그룹의 연계와 융합이 중요하며, 특히 이미 개방형 하굿둑을 성공적으로 운용하고 있는 해외 전문가와의 협력이 필요함

○ 기존 수역 및 해수역의 법제적 관리기술을 축적한 기관을 활용하고, 특히 수자원 이용의 특성을 충분히 파악하고 있는 전문가의 역할이 강조됨

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 논문 등 지적 재산권

○ 하굿둑 운영을 위한 법적 기반

○ 관련 법령의 개정안

□ 활용방안 및 기대효과

○ 활용방안

- 하구둑 운영과 주변지역 국토관리에 활용
- 하굿둑 운영방식의 변경에 따른 물이용 행정업무에 활용
- 이수, 치수 및 환경정책 결정과정에 의한 국가물관리정책에 활용

○ 경제사회적 기대효과

- 지형변화에 대한 이해를 바탕으로 하구역 정비 및 관리를 수행하며 나아가 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 기수역은 환경을 비롯하여 각종 자원의 측면에서 향후 중요한 역할을 내재하고 있으나 전략적 고려가 충분하지 못한 채 개발중심의 이용으로 인하여 심각한 훼손이 우려되고 있음
- 2018년 다부처사업의 일환으로 낙동강 하구에 대한 연구용역 결과에 대한 정책적·제도적 대안을 제공

○ 기술적 기대효과

- 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 최고기술보유국과의 기술격차 단축
- 국토를 관리함에 있어 안전과 생태 및 환경관리에 기본이 되는 장기적인 지형변화를 고려하며 하구둑을 운영하기 위한 기초적인 지식의 확보가 가능함

- 하구 및 기수역과 관련된 50여개 개별 법률에 대한 법률적 해석의 통일성을 기하고, 신법 제정의 기반을 마련

○ 정책적 기대효과

- 정부의 환경복원 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여
- 수질오염 및 물이용에 있어서 문제가 심각했던 지역에 대한 불안감을 해소하고, 특히 치수적 측면에서의 정책결정과정의 신속한 절차를 마련할 수 있음
- 관련 부처와의 공감대 형성 및 부처간 사각지대를 철폐하고 연대의식의 고취

6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2000년 0월 ~ 2000년 0월(0년 0월) ○ 연구비 예산 : 20**억원**(정부출연금: 20**억원** 이내)
7. 기 타	
	○ 본 연구사업의 제안 시 연구결과의 최종이용자 그룹(국토부, 환경부, 한국수자원공사 등)의 니즈(needs)를 조사하여 반영해야 함

붙임1. 참고문헌

환경부, 기수역 생태계 정밀조사, 2013

환경부, 기수역 생태계 정밀조사, 2015

환경부, 낙동강 하굿둑 운영개선 및 생태복원을 위한 연구, 2018~2021

환경부, 지속가능한 물관리를 향한 첫걸음, 2018

한국수자원공사, 국가차원의 수리구조물 성능고도화 및 U-Dam Safety 기술전략 방안, 2009.12.

환경부, (보도자료) 낙동강 하구 생태계 복원을 위한 첫 발을 내딛다, 2017.11.2.

환경부, (조명래 환경부 장관 보도자료) 낙동강 물문제 해결 첫걸음으로 현장 확인, 2018.11.29.

국토교통부, 제4차 수자원장기종합계획 제3차 수정계획(2016~2020), 2016.12.

국토교통부, 국토교통 비전 2045 수립을 위한 연구, 2016.12.

부산광역시, (보도자료) 낙동강하구 물관리 상생협력으로 푼다!, 2018.12.10.

부산광역시, (보도자료) 낙동강 하굿둑, 시민과 함께 연다! - '낙동강 하구 포럼' 개최, 민선7기 '소통하는 시정' 첫걸음, 2018.7.23.

KOTRA, (해외시장 뉴스)네덜란드의 2017년 물, 인프라사업 계획, 2016.11.07.

Ministry of Infrastructure and Environment of Netherlands, Water Management in the Netherlands, 2011.

주네덜란드 대한민국 대사관, 네덜란드 간척사업 및 수자원 관리, 2016.9.19.

USACE, National Levee Database, 2012.

국토교통부, 국가·지방하천 종합정비계획, 2016.

감사원, 4대강 살리기 사업 추진실태 점검 및 성과분석, 2018.7.

K-water, LG경제연구원, 한국수출입은행, 사업활성화를 위한 M&A 등 민관협력방안 연구, 2009.

워터저널, (국토부) 드론과 신기술 융복합, 하천조사의 새로운 시대를 연다, 2016. 10. 10.

국토교통성(일본), 2015년 하천 사방기술 연구개발공모(平成２７年度 河川砂防技術研究開発公募), 2014. 12.

붙임2. 과제카드

과제카드 목록
1. 하굿둑 리모델링에 따른 수량-수질-재해예방 통합분석 기술 개발
2. 진동기반 수문 안정성 검토 및 모니터링 기술 개발
3. 컴퓨터비전 기반 노후 수리 시설물 유지관리 시스템 개발
4. 기수역 인공구조물 염해저감 및 장수명화 유지관리 기술 개발
5. 정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 개발
6. 목표 흐름특성 유지관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영 시나리오 개발
7. 수문 자율 제어를 위한 사물인터넷(IoT) 기반 원격단말장치(RTU) 개발 및 적용
8. AI 기반 3차원 수치모의를 활용한 하굿둑 물받이 안정성 평가 기술 개발
9. 하굿둑 시스템 운영에 따른 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 3차원 수치모델링 체계 개발
10. 압력지연삼투(PRO) 기술 기반 에너지 회수 기술을 적용한 하굿둑 에너지 자립 기술 개발
11. 안정적인 하굿둑 양방향 운영을 위한 구조물 흐름해석 기술
12. Meshless 컴퓨팅을 이용한 하상세굴 모의기술 개발
13. 유체-구조물 상호작용 해석 기반 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발
14. IOT 네트워크 기반 수리 계측장치 활용 하굿둑 시설 안정성 평가 기술개발
15. 하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술
16. 기수역 염분 공간분포 계측기술 개발
17. 하굿둑 수층별 모니터링 정보 통합관리시스템 구축 및 활용기술 개발
18. 조석 영향 구간에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술 개발
19. 최적 기수역 염분 측정망 배치 기술 개발
20. 하굿둑 주변 생태계 모니터링 및 적응관리 고도화 기술 개발
21. 하구 지역 고정밀 지하수 모니터링 기술 개발
22. 하구 지역 지하수 염분침투 모델링 기술 개발
23. 기수역 대하천의 수리 특성에 따른 지형변화 예측 기술 개발
24. 하굿둑 운영에 따른 장기적 연안지역변화 예측 기술 개발
25. 통합적 하구역 관리를 위한 수계별 하구관리체계 구축 연구
26. 빅데이터와 딥러닝 기반 하구둑 수문 운영 AI 의사결정지원시스템 개발
27. 딥러닝기반 하굿둑 중단기 유출량 및 해수유입량 예측 기술 개발
28. 댐·보 등 상류 수리 구조물을 연계한 시뮬레이션 기반 디지털 트윈 운영기술 개발
29. 적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 수문 운영 의사결정 프로세스 개발
30. 하굿둑 자율운영을 위한 빅데이터 기반 맞춤형 심층기계학습 적용기술 개발
31. 하굿둑 자율운영을 위한 인공신경망 기반 단기예측모형 개발
32. 비지도학습 기반 수문자율운영 기계학습모형 개발
33. 기수역 수변공간 및 하천관리를 위한 연안유역 통합관리시스템 개발
34. 기수생태계 건강성 평가 및 관리기술 개발
35. AI 기반 자율운영을 위한 하구둑 수리구조물 BIM통합플랫폼 개발 기획연구
36. 하구둑의 최적운영을 위한 다목적댐 ROM (Reserver Operation Method) 연계기술 개발
37. 양방향 통수를 위한 하굿둑 설계 및 유진 기술
38. 기수역 및 연안 퇴적 유사의 성분 분석법 개발

후보과제 1	
과제명	**하굿둑 리모델링에 따른 수량-수질-재해예방 통합분석 기술 개발**
연구개발 목표	- 하굿둑 리모델링에 따른 기수역의 수리/수질환경 변화를 예측하기 위한 수질-침수범람 통합분석기술 개발
기술개발 및 산업/시장 동향	- 최근 통합물관리 기조에 따른 수량-수질-재해예방의 일체화된 관리체계 구축이 중요하게 되면서 수량-수질-재해예방의 통합분석기술 개발의 필요성이 제기되고 있음 - 동아시아 지역의 태풍피해가 점차 증가추세에 있는 실정이나 하굿둑의 건설, 구조변화, 개방/차단 등 수공구조물 형식 변화에 따른 침수범람 피해영향 등 재해예방 측면에 대한 검토가 적절히 이루어지지 못하였음 - 하구역에서 재해예방을 목적으로 해수-외수 통합모의 기술이 개발되었으나 환경수리적 효과를 평가하는 데 한계를 지님 - 해수와 외수의 혼합으로 조성되는 기수역에서 하굿둑 단면변화로 인한 다양한 환경수리적, 재해예방적 변화가 발생할 것으로 예상되나 이를 통합적으로 분석하고 평가할 수 있는 기술이 관련 산업/시장에 부재함
기존기술 활용방안	- 수량-수질-재해예방 통합모의기술 개발을 위해 기수역에 존재하는 해수-외수의 혼합수리특성을 고려하여야 함 - 이는 기존에 개발된 해수-외수 통합모형을 기초로 수질(이송-확산) 특성을 추가함으로써 독립적으로 발생할 수 없는 수량-수질-재해예방을 통합적으로 분석/실시할 수 있음
기술개발 필요성	- 하구역에서 해수-외수 통합모의 기술을 바탕으로 환경수리적 효과를 분석하고 평가할 수 있는 수량-수질-재해예방 통합해석 기술을 개발함 - 개발된 수량-수질-재해예방 통합해석 기술을 바탕으로 하굿둑 리모델링 및 개방에 따른 통수단면 변화별 환경수리적, 재해예방적 영향이 평가 가능함 - 모의 결과는 재해저감형, 수질수량수생태계 보존형 하굿둑 리모델링 설계 기초자료로 제공됨
주요연구 개발내용	○ 하구역 수량-수질-재해예방 통합분석 기술개발 - 하굿둑 구조변경 및 수문의 부분개방/차단 등에 따라 통수면적의 변화가 예상되며, 이로 인한 수질-수량의 변화는 상호작용을 기반으로 발생하게 되므로, 통합물리적 현상에 기초한 수량수질재해예방 통합분석 모형을 개발함 - 또한 태풍사상 등 이상기상조건 시 하구역에서 해수 및 외수범람피해의 경우 동시다발적으로 발생하게 되며 해수 및 외수에 의한 침수는 독립적으로 발생하는 것이 아니라 국지적으로 수위 상승차이 및 모멘텀 차이를 발생시켜 침수양상을 변화시키며 복합적인 침수 피해를 발생시키므로 수량에 있어 해수-외수 연계모형을 기초로 함 ○ 상시 및 태풍사상시 하굿둑 구조변경에 의한 통수단면 단위면적(1m2) 변화 별 수질개선효과평가기술 개발 - 수량-수질-재해예방 통합분석 모의기술을 기초로 하굿둑의 구조변경 전후 수질개선효과(BOD 수치저감)를 통수단면변화별로 평가함 - 또한 수문 전면 혹은 부분 개방시 수질개선효과를 통수단면변화별로 평가함 - 환경영향 저감형 최적 설계안 도출에 기초자료를 제공함 ○ 상시 및 태풍사상시 하굿둑 구조변경에 의한 통수단면 단위면적(1m2) 변화 별 침수-범람역(m2) 산정 및 재해위험도 평가기술 개발 - 수량-수질-재해예방 통합분석 모의기술을 기초로 하굿둑의 구조변경 전후 침수범람역 산정 및 재해예방(혹은 가중)효과를 통수단면변화별로 평가함 - 또한 수문 전면 혹은 부분 개방시 재해예방효과를 통수단면변화별로 평가함 - 재해저감형 최적 설계안 도출에 기초자료를 제공함
정부지원의 타당성	- 정부의 4대강 정책 및 통합물관리 기조에 따라 리모델링이 예상되는 기수역에 대해 수량-수질-재해발생간 상호작용에 기초한 통합적 물리현상에 바탕을 둔 분석이 필요함 - 따라서, 수량-수질-재해발생 통합모델링 기술은 리모델링 기술은 기수역의 구조변경시 최적의 설계안 도출에 필수적임
기술확보 전략	- 기존 사업에서 추진되었거나 추진 중인 기술은 전적으로 수리특성을 기반으로 하며 물리적 침수/범람에 중점을 둠 - 본 과제에서 제안하는 기술은 수량에 바탕을 둔 수리특성에 수질 등 환경적 특성으로 동시적으로 고려하여, 수량-수질-재해예방의 통합된 분석을 가능케 함

<table>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 수량-수질-재해예방 통합모의 기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 수질관리 유관기관의 실무활용
- 자연재해(풍수해) 저감대책 마련 유관기관의 정책제안 시 활용
- 풍수해 관련 산업체 대상 기술전파</td></tr>
<tr><td rowspan="7">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>100</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>100</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">700</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">3명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">700</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 다부처 연계사업을 바탕으로 유사과제 중복지원 방지를 통해 예산 절감
- 수질 및 침수범람 등 풍수해에 대한 선제적 대처로 인명/재산적 피해 절감</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 수질-수량-재해예방 통합모의 기술개발을 통한 국가 기술력 제고
- 동남아 개발도상국 및 저개발국에 대한 풍수해저감 원조사업에 활용 가능</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 정부의 물관리 일원화 기조에 따른 정책맞춤형 기술개발
- 국민적 관심이 증대된 풍수해에 대한 국민안전증진에 기여</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">후보과제 2</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="6">진동기반 수문 안정성 검토 및 모니터링 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="6">- 무선센서와 영상기법을 활용하여 수문의 진동을 측정하고, 수문의 진동 정보를 활용한 시스템 식별 기술로 수문의 안전성을 검토 및 모니터링하는 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="6">- 무선 센서 및 영상기법 등의 기술의 발전으로 구조물 모니터링 기술의 적용 및 활용성이 극대화 되고 있음
- 최근 무인항공체(드론) 등을 이용하여 영상기반으로 구조물의 진동을 측정하며, 딥러닝 기술을 활용하여 손상을 자동으로 찾아주는 기술이 개발되고 있음
- 디저털 트윈 운영기술과 연계하여 시스템 상태를 모니터링 하는데 사용 가능
- 수문 모니터링 기술은, 측정한 진동정보로부터 현재 수문의 상태를 예측하고, 수문의 움직임을 실시간으로 모니터링 하여 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영방안이나 AI 기반 자율운영, 디지털 트윈 운영기술 개발에 적용 될 수 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="6">- 구조물의 진동 측정을 위한 무선센서를 활용하여 모니터링 기술 개발
- 구조물 영상을 통한 변위 측정 기술을 활용하여 수문 진동 측정
- 딥러닝 기반 손상 탐지 기술을 활용하여 수문 모니터링에 적용</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="6">- 수문에 균열, 부식 등 손상 정보를 육안으로 확인하는 데에는 많은 인력과 비용이 소비되어 이를 효율적으로 수행 할 수 있는 방법을 개발할 필요가 있음
- 육안으로 보이지 않는 수문의 강성 저하 등의 손상 정보를 예측하기 위하여, 수문의 진동을 측정하여 모니터링 할 필요가 있음
- 기존 모니터링 기술을 조금도 효율적으로 개선하고, IoT, AI기술 등을 활용하여 자동화 시킬 수 있음</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="6">- 무선센서와 영상기법을 활용한 진동 측정 기법 개발
- 수문에 가해지는 동적 하중 측정 기법 개발
- 인공지능을 활용한 수문 손상 탐지 기법 개발
- 시스템 식별을 활용한 구조물 손상 탐지 기법 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="6">- 노후화 및 자연재해 등으로 인한 수문의 손상 및 파괴를 미리 탐지하고 분석하기 위해서는 수문의 상태를 실시간으로 모니터링하는 기술이 요구됨
- 따라서 무선센서와 영상기법 기술을 활용하여 모니터링 기술의 효율성을 높이고 자동화시키는 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="6">- 구조물 모니터링 분야는 전세계적으로 주목받고 연구되고 있는 분야로서, 관련 분야 국제협력 등을 통하여 국내외 전문가를 활용한 연구의 수행
- 무선센서와 드론, 영상처리 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">- 무선센서 및 영상기법을 이용한 수문 동적 측정 시스템
- 인공지능 기반 손상탐지 시스템
- 특허, 신기술, 논문 등의 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">- 수문 운영 실무에 활용
- 유지관리 등 관련 업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 수문의 자율운영 기술로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>450</td><td>450</td><td>450</td><td>450</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1400</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">700</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2100</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">8 명</td></tr>
<tr><td>기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="4">- 수문 모니터링 기술은, 재난 및 시설물 노후화에 따른 수문의 안전성을 모니터링하는 기술로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 수문 모니터링 기술을 통하여 수문의 안전성에 대한 결과를 가시적으로 제공함으로써 재난 및 노후화에 따른 수리구조물의 운영에 활용될 수 있으며 이와 관련된 다양한 경제사회적 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응</td></tr>
</table>

	기술적 기대효과	- 딥러닝을 활용한 손상탐지 기술은 최근 국내외 관련분야에서 첨단의 신기술이며, 해당 기술개발을 통하여 수문 뿐만 아니라 다양한 수리구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는데 활용 할 수 있음 - 무선센서 및 영상처리 기술을 수리구조물의 운영에 접목함으로써 국내외 구조물 유지관리의 효율성을 향상 시킬 것으로 기대됨
	정책적 기대효과	- 수문 모니터링 기술을 활용하여 재난대비 및 재난 관리에 광범위하게 적용할 수 있음 - 수문의 노후화에 따른 유지관리에 수문 모니터링 기술이 활용될 수 있음

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 3</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">컴퓨터비전 기반 노후 수리 시설물 유지관리 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 수리구조물(하굿둑, 댐 등)의 균열, 파손, 부식 등의 형상 변형을 탐지하고 모니터링 할 수 있는 컴퓨터비전(광학이미지 +AI)기반 콘크리트 수리 시설물 유지관리 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 컴퓨터비전 기술은 카메라, 스캐너 등의 시각(vision) 매체를 통해 얻은 광학이미지를 분석하여 구조물의 상태를 모니터링하고 유지관리에 활용할 수 있는 기술로서, 수리구조물의 성능저하 및 노후화로 인한 형상 변화를 분석할 수 있음
- 첨단 광학장비 (레이저스캐너, 광학카메라 등)의 발전으로 광학이미지를 활용한 구조물 유지관리 분야에 적용하려는 사례가 증가하고 있으며, 30년 이상 되는 댐 시설물은 2018년 기준 전체 603개의 댐 중 386개(전체 64%)로 토목 시설물 가운데 고령화가 가장 심각한 상황임
- 따라서, 수리구조물의 노후화로 인한 변형을 탐지하고 평가할 수 있는 구조물 모니터링 기술시장이 크게 성장하고 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 정기적인 레이저스캐닝 및 광학 기기를 활용한 수리 구조물 형상관리 데이터베이스 구축
- 댐 사면, 하굿둑 등의 손상 이미지를 활용하여 균열, 파손, 부식 등의 이미지 분석을 통한 시설물 모니터링 시스템과 연계</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 수리구조물의 주요영역을 이미지 형태로 취득하여, 형상 변화에 따른 위험한 상황을 사전에 방지할 수 있는 작업이 필수적이며, 이를 위해 형상데이터를 관리하고 저장할 필요가 있음
- 컴퓨터비전기술은 광학기기를 통해 수집된 데이터를 분석하여 예기치 않은 위험을 예방할 수 있으며, 데이터를 디지털화하여 관리 할 수 있어 현 모니터링 시스템과 연동하여 형상 데이터의 활용을 극대화할 수 있음
- 본 연구에서는 댐, 하굿둑 등 수리구조물에 대한 모니터링과 손상이미지 분석을 통해 여러 위험요소를 줄이고 구조물의 현 상태를 관리할 수 있음</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 광학이미지를 활용한 AI기반 수리 시설물 손상검출 알고리즘 개발
- 컴퓨터비전을 활용한 수리 시설물 손상영역 가시화 기술 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 수리구조물은 대부분 지방자치단체가 관리하고 있으며, 전국 수리구조물의 81%를 관리하고 있어, 짧은 조사기간 동안 최소 인력만으로 모든 하굿둑 및 댐 시설물을 관리하기에 한계가 있어 유지관리를 위한 새로운 기술이 요구됨
- 따라서, 단시간에 정밀한 검사가 가능한 컴퓨터비전기술을 활용한 수리구조물 형상관리 모니터링 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 컴퓨터비전기술은 국내 및 전 세계적으로도 활발히 연구가 진행되고 있으며, 관련분야 국제 협력 및 전문가를 활용하여 수행
- 컴퓨터비전기술 및 광학이미지 분석기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 컴퓨터비전기반 수리구조물 손상검출 프로그램
- 논문, 특허 등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 국내 댐 시설물 안전점검에 활용
- 시설물 안전점검 및 유지관리 관련업계에 신기술 전파
- 소규모 수리시설물에도 적용할 수 있는 유지관리기술로 확산</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>500</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,000</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">15명</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 컴퓨터비전기술은 방대한 양의 데이터를 분석할 수 있으며, 분석결과를 가시적으로 제공함으로서 시설물 점검자 및 관리자에게 안정적으로 수리구조물을 관리할 수 있도록 기여할 수 있음
	기술적 기대효과	- 컴퓨터비전기술을 이용한 수리시설물 유지관리기술은 국내 및 국외 관련 분야에서도 첨단 신기술에 해당되며, 해당 기술개발을 통해 수리시설물을 포함하여 철도, 교량, 건물 등의 유지관리기술로도 활용 할 수 있음 - 수리구조물 유지관리에 머신러닝, AI등을 결합하여 컴퓨터비전을 활용하는 기술은 초기단계이며, 기술개발을 통해 국내 기술력을 확보할 수 있음
	정책적 기대효과	- 컴퓨터비전기술을 활용한 구조물 유지관리 방안은 노후된 수리시설물에 적용할 수 있으며, 필요에 따라 접근이 어렵고 위험한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며, 실제 작업자의 안전을 보장해주는 효과가 있음 - 정부의 노후 시설물 관리 정책을 지원할 수 있으며, 국내 시설물을 안정적으로 관리하는데 기여할 수 있음

후보과제 4		
과제명	**기수역 인공구조물 염해저감 및 장수명화 유지관리 기술 개발**	
연구개발 목표	- 기수역 인공구조물과 시설물의 염분내성 강화와 생물오손 제어를 통해 시설물의 장수명화 설계 및 유지관리를 위한 재료공학과 해양과학의 융복합기술 개발	
기술개발 및 산업/시장 동향	- 기수역 하천의 인공구조물은 해수의 염분영향 및 해양생물의 고밀도 생물오손은 콘크리트와 같은 재료 자체의 부식과 구조물 기능과 안정성에 영향을 미치고 있어 이에 대응하기 위한 재료 공학적 연구가 증가하고 있음 - 높은 인구 밀도와 이동, 수출입 선박 이동 등으로 기수역의 인공구조물은 국외 유입 해양생물의 서식처가 되며 이에 대한 제어기술 개발 수요가 높음 - 미생물활용 바이오재료, 하이드로겔 등의 재료공학 발전으로 인공구조물 구축 및 유지관리를 위한 새로운 재료의 적용 및 활용성이 커가고 있음 - 인공구조물 표면 염해 저감 및 생물오손 저감 기술은 신규 구조물 및 기존 구조물에도 적용 가능함으로 기수역 및 해양환경의 인공구조물 열화 및 유지관리를 위한 기술로서 광범위하게 적용 가능함	
기존기술 활용방안	- 기존 콘크리트 구조물 안정성 평가 및 유지관리 기술을 활용하여 하이드로겔 기반 재료의 성능 평가 및 환경 적용가능성 실증 - 기존 유지보수 재료와 연계한 융복합적 적용 및 성능 평가를 통해 유지보수를 통한 안정성 및 수명강화를 검증하고, 실환경테스트를 통한 국내외적 적용 가능성 조기 확보	
기술개발 필요성	- 균열, 누수 등 수중구조물 유지보수 방안 및 적용 재료에 대한 기수역 및 해양환경 적용을 위한 실증 연구가 필요함 - 구조물의 균열보완, 안정성보완 등 구조물 자체의 유지보수 뿐 아니라, 고농도의 해양생물 오손에 의한 구조물 열화 및 기능약화에 대응하기 위한 해양과학과 재료공학의 융복합적 접근을 통한 생물오손 제어기능 검토 필요. - 기존유지보수 재료와 하이드로겔의 상호보완 및 상승작용에 대한 평가 및 실증을 통하여 하이드로겔 적용성을 검토하여 친환경 신재료에 의한 첨단 유지보수 기술 확보 - 본 연구에서 기수역 및 해양 구조물의 안정성과 장수명화를 확보하여 연안개발에 따른 인공구조물 건설과 운영기술의 환경성을 강화하며, 다양한 해양구조물의 오손 및 방오기술 확대에 기여함	
주요연구 개발내용	- 하이드로겔을 활용한 콘크리트 표면보호 및 염분내성 강화를 구조물 피복 기술 - 하이드로겔 기반 친환경 및 생태모방 기술 적용 Antifouling 및 Fouling 제어 기술 - 기존 유지보수 재료와의 비교 및 통합을 통한 고효율 융복합 유지보수 기술 - 장단기 폭로실험을 통한 기수역 현장 실증 및 성능 인증 - 염분에 노출된 시설물 표면의 전주기 유지관리 기술	
정부지원의 타당성	- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 확장 및 재조성되는 기수역 구간에서 수리구조물에 대한 염분영향 및 양방향 해수소통이 증대함에 따라 인공구조물 안정성 및 수명증대를 위한 유지관리 기술의 강화가 요구됨 - 따라서 염분에 노출된 수리구조물의 열화 특성 및 대응 기술 개발을 통해 수리구조물의 전주기 유지관리 기술을 확보하여 기수역 생태계확보를 위해 운영되는 하굿둑 시설물의 안정성과 친환경성을 확보하는 기술이 필요함	
기술확보 전략	- 하이드로겔 개발 및 응용기술은 전 세계적으로 주목받는 연구 분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가 활용 및 교차 검증을 통하여 선도 기술 확보 - 기존 유지보수 기술 확보 기관 및 산업계를 활용하여 수행 및 기술인증기관과 연계 연구	
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 하이드로겔 기반 수중구조물 표면 안정성 강화 기술 - 특허, 신기술, 논문등 지적 재산권
	활용방안	- 기수역 수리시설물의 건설, 유지보수, 장수명화를 위한 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파 - 해수의 영향을 받는 하천 하류, 하구, 해양의 구조물 및 해양선박 등 해수영향 수환경에서 구조물 표면 관리 및 시설물 운영관리 기술로 확산 가능

<table>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>600</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td><td>600</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>700</td><td>800</td><td>900</td><td>900</td><td>800</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3200</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">900</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">4100</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">12명</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 수리구조물 장수명화 기술은 지속가능한 사회를 위해 주목받는 첨단의 기술로서 수리구조물 건설 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 하이드로겔 기반 염분내성 및 오손방지 기술 개발을 통하여 수리구조물의 열화 및 노후화에 대비한 기술을 제공함으로 안정적인 하굿둑 운영 및 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응 할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 하이드로겔을 활용한 콘크리트 구조물 피복 및 생물오손 관련 연구는 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑 뿐만 아니라 기존의 하천 및 해양의 다양한 수리구조물의 수환경에서의 안정성 확보와 장수명화에 활용 할 수 있음
- 기존 유지보수 관리기술에 하이드로겔을 결합한 융복합형 수리구조물 유지관리 기술은 국내외 건설유지관리 분야 시장에서 필요성이 높으며 친환경 및 미래 건설기술로 주목받고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 재료공학 및 해양과학을 활용한 수중구조물 유지보수 및 관리 방안기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 기수역 및 해양환경 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음
- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따른 기수역 수리구조물 운영관리 기술을 지원하는 기술로서 확장 및 재조성되는 기수역 수리구조물의 안정적 관리에 기여</td></tr>
</table>

후보과제 5	
과제명	**정밀제어와 고속개폐가 가능한 수문 개발**
연구개발 목표	- 하구둑에 대해 사회적, 경제적, 환경적 지속가능성을 보유한 수문 기술 확보
기술개발 및 산업/시장 동향	- 하구의 수문으로 인한 수환경 단절로 인한 환경적 영향를 우려하여 수문 운용이 최근 이슈되고 있다. 특히 간헐적 담수방류의 영향, 하구둑의 개방 이슈들이 큰 관심을 받고 있으며 이에 관하여 활발한 연구가 정부주도하에 이루어지고 있음 - 지금까지의 연구는 초기단계로서 하구단절에 의한 영향이나 하구 담수방류에 대한 수리동역학적 분석과 같은 현상점검과 하구둑 개방에 따른 해수침투와 같은 결과예측이 주를 이루고 있음 - 하지만 기존과 같이 해수차단 및 수위 조절뿐만아니라 앞으로의 수문 운용은 생태보존, 수환경 변동최소화, 홍수 및 쓰나미 피해 저감, 연안 유사 공급 등 다양한 목적을 병행하여야 하며, 이를 위한 수문과 그 운용에 관한 연구가 이루어져야 함
기존기술 활용방안	- 네덜란드의 마에스트란드 베리어는 1997년 완공되어 부채모양의 구조로 설계되어 평시에 개방하여, 하구 생태를 보존하고 해상운송로로 사용될 수 있도록 설계되었다. 하지만 강한 폭풍과 만조로 해일의 우려가 있을 때 닫음 - 영국 런던의 테임즈 베리어는 네덜란드 기술로 설계되어 1984년 완공되었고, 큰 해일이 있을때만 닫는 홍수방지용 갑문임. 반구형의 강철문이 회전하여 개폐되는 구조로 평시에는 바닥면과 평행하여 친환경성을 도모함 - 독일의 홀머질은 해수용/담수용 두 개의 수문으로 구성. 해수와 담수구역의 경계에 낮은 둑을 두어 유량이 많아지고 수위가 높아지면 자연적으로 담수와 해수가 교류되도록 하였고, 이와 동시에 갑문을 운용하여 해수수위를 조절함으로써 해수침투를 막고 담수구역을 담수로 유지함. 기수생태의 단절 및 해수침투를 동시에 최소화하는 효과가 있음 - 현 시점에서 우리는 다양한 하구의 목적을 고려하고 하구의 특성에 따른 사회적, 경제적, 환경적 가치를 종합적으로 평가해야 함. 각 목적을 달성하기위해 선례연구를 취합하고, 다양한 목적을 고루 달성하여 효용을 최대화 할 수있는 수문설계 및 운용 방법이 정립되어야 함
기술개발 필요성	- 하구는 담수와 해수가 만나는 수계역으로 생태적 가치가 높으며, 조석 및 조류 특성, 지형, 유사, 식생 등에 따라 각기 다른 특성을 갖는다. 이러한 하구는 그 특성에 따라 환경 오염 정화, 홍수·쓰나미 피해 저감, 토사공급 및 해안침식 방지, 해상운송로 등 다양한 기능을 담당 - 한편, 우리나라의 하구 약460개 중 닫힌 하구가 약230개로 절반가량이 닫힌 하구임. 닫힌 하구는 각종 개발로 본연의 하구의 기능을 많이 상실하였고, 수질오염과 생태파괴로 인해 수자원의 가치를 하락시킴. 하지만 안정적인 물공급을 주목적으로 운용되는 기존의 수문 운용으로는 이와 같은 문제를 해결하기 역부족임 - 근래에 이르러 하구역에서 수문에 의한 수환경의 단절과 환경문제에 많은 관심이 집중되고 있음. 예를 들어, 낙동강 하굿둑의 개폐여부에 관한 논쟁은 생태계복원이라는 환경단체의 목소리와 염수침투에 의한 취수역 손실 및 농작물 피해 우려 간의 이해관계 조율이 정부를 중심으로 이루어지고 있음. 하지만 이와 같이 하구둑을 개방할 경우 우리나라의 강한 조석현상으로 양방향으로 흐르는 조류가 하구의 기수역에서 복원되어 수환경의 구조가 전혀 달라질 가능성이 있으나 이에 대한 고려가 충분히 이루어지고 있지 않는 실정임 - 복잡한 하구 특성과 다양한 목적을 충분히 반영할 수 있는 구조의 수문과 수문 운용에 따라 변화하는 하구 수환경의 특성 변동를 예측하고 생태계의 영향을 최소함과 동시에 기존의 목적을 달성토록 하는 지능적 수문 운용이 가능한 첨단 기술이 시급함
주요연구 개발내용	- 국내외 하구 수문 운용에 관한 선례연구 조사 - 수문 운용에 따른 하구의 수리동역학적 변화 예측방법 연구 - 하구의 특성과 지역사회의 이해관계를 취합하여 사회적, 경제적, 환경적 목적를 수립하고 목적에 대한 가치 평가 방법 연구 - 다중 목적을 바탕으로 최적의 수문과 그 운용을 계획하는 지능형 모형 개발 - 하구의 특성과 다양한 목적에 따른 수문의 정밀 운용 가이드라인 작성
정부지원의 타당성	- 다양한 가치들이 충돌하는 21세기 시대에 과거와 같이 홍수 피해 저감과 물공급을 위한 수위조절을 위한 수문 운용뿐아니라 생태 복원, 해수로 확보, 유사통로 확보 등 하구 본연의 다양한 목적도 살리는 첨단 하구 운용이 필요하다. 4대강사업 이후 많은 개발로 약화된 하구 환경을 살리고 시민의 삶의 질 향상을 위하여, 정부의 정책적, 제도적 지원을 바탕으로 하구의 가치를 극대화 하는 최적의 수문 및 운용법을 개발할 필요가 있음

<table>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="6">- 선례연구 조사 및 및 현존 기술의 장·단점 분석 실시
- 각기 다른 하구특성을 고려하기위해 현장중심의 연구조사를 통해 지역적 특성을 충분히 고려하여 사회, 경제, 환경 등 다양한 가치를 종합적으로 평가
- 수문과 그 운용에 따른 하구 수환경의 수리동역학적 변화를 예측하는 연구를 수행하여 예상되는 거시적 변화를 고려하여 가치평가와 수문 및 운용법 개발에 반영
- 최적화 기법을 통해 가치를 최대화 하는 다목적 수문의 운용 방법을 개발하고 가이드라인 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">주요 선례 연구집, 다목적 수문 및 정밀 운용 계획법 등 공공기반기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 다목적 가치 평가 방법은 본 과제뿐아니라 많은 단체의 이해관계가 충돌하는 다른 영역에서도 선례연구로서 응용 가능
- 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">300</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">6명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">300</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 다목적 첨단 수문과 운용방법을 특허화하여 개발도상국과 같은 동아시아에 기술 수출</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 개발한 다목적 첨단 수문과 운용방법 기술 수출 및 자문으로 국제적 위상 증대</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 하구 환경을 살리고 시민의 삶의 질 향상을 위하여, 정부의 정책적, 제도적 지원을 바탕으로 하구의 가치를 극대화 하는 최적의 수문 및 운용법 제공</td></tr>
</table>

후보과제 6						
과제명	**목표 흐름특성 유지관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영 시나리오 개발**					
연구개발 목표	- 하굿둑 하류 조위와 본류 홍수량을 고려한 목표 지점의 특정 수리특성 형성을 위한 하굿둑 수문의 자동운영 기술 개발					
기술개발 및 산업/시장 동향	- 기존 국내 하굿둑은 담수에서 해수로의 단방향 흐름을 위주로 하는 시설물로서 만조 또는 태풍으로 인한 해수면 상승으로 인한 염수 침입 방지와 재해 대응을 위한 목적으로 운영 - 낙동강 하굿둑의 경우 유입유량 규모에 따라 평시, 홍수시, 비상시 3단계로 나누어 수문을 운영 - 선진국의 경우 양방향 부분 개방형 또는 상시 개방형 하굿둑 형태로 운영하면서 수문·기상·해양조건 등의 여러 조건을 고려하여 일정 길이의 기수역 확보가 가능하도록 정밀한 수문제어 운영					
기존기술 활용방안	- 국토부의 홍수통제소와 한국수자원공사 등 하구둑, 댐, 보 등에서 운영되고 있는 방법론 및 국외 하굿둑 수문 운영 방안 비교 및 검토를 통한 자동운영기술 개발 착안점 제시 - 기존 하굿둑 수문 실제 운영 자료 및 수리해석, 모의 자료 등의 검토를 통한 각 하굿둑 해당 하천에서의 강우, 유속, 수질 등의 수문정보 자료 확보 및 자동운영기술 개발 활용					
기술개발 필요성	- 현재의 하굿둑 수문 운영은 염수 침입 방지를 위한 일방향 흐름 제어를 위한 것으로 기수역 조성과는 거리가 먼 운영 체계로 구성 - 기수역 확보에 따른 친환경 공간 조성 및 염해, 해일 등의 피해 방지와 같은 2가지 측면의 상충될 수 있는 목표 달성을 위한 새로운 수문 운영 시스템 필요 - 조위와 하천 수위를 고려한 하굿둑 수문의 합리적 운영을 통한 일정 기수역 확보 방안 마련 기술 필요					
주요연구 개발내용	- 조위영향을 고려한 동수역학적 모형 구축 및 검·보정 - 대하천 수리특성 및 목표 수질관리를 위한 자동 수문운영 시나리오 개발 - 목표 지점 수리특성을 고려한 자동 수문운영 기술 개발 - 선행예측시간을 고려한 수문운영 연계 기술 개발					
정부지원의 타당성	- 현정부의 4대강 재자연화 및 하천 관리정책의 반영을 위해서는 새로운 형태의 하굿둑 수문 운영시스템 개발 필요 - 정부추진 계획인 하굿둑 수문의 전면 개방 시 염해 오염, 해일 재해 등의 피해 규모 예측 및 영향평가 대책이 미흡하기 때문에 합리적인 하굿둑 운영을 위한 수문 운영기술 개발 필요					
기술확보 전략	- 하천 홍수량과 하구부 조위에 따른 하도 내 흐름 특성 해석을 위한 다차원 모의 시스템 구축 - 선진국의 양방향 혹은 부분 개방형 운영 사례 및 모니터링 자료 분석을 통한 한국 실정에 맞는 수문 운영 기술 개발 및 영향성 평가 실시 - 각 하굿둑 흐름특성을 반영한 다양한 시나리오 설정에 따른 수문 운영 방안 정립 및 자동운영기술 개발					
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 대하천 기수역 확보를 위한 하굿둑 수문 자동운영시스템 개발 - 하굿둑 수문 자동운영을 위한 기술 메뉴얼 개발				
	활용방안	- 농어촌공사 및 한국수자원공사, 홍수통제소의 하구둑, 댐, 보 등에 대한 수문 운영기술 활용				

연구개발 과제의 규모 (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	250	250	250	350	350
		민간 (추정)	-	-	-	50	50
	합 계		250	250	250	400	400

총 연구비 (백만원)	정부	1,450	**총 연구기간**	5 년
	민간	100		
	총합계	1,550	**연도별 평균소요인력**	20 명

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 일정 기수역 형성에 따른 생물상의 다양성 증가로 인한 생태학적 가치 향상 - 하천 담수 및 해수의 순환에 따른 수질 개선 및 유수에 의한 하구지역 오염 물질 제거에 따른 하천 운영 및 관리 비용 절약
	기술적 기대효과	- 하굿둑 수문 자동 운영 기술을 통해 홍수기 및 비홍수기 관리 수역에 대한 수리 및 수질 특성 유지 기대 - 하굿둑 하류 조위와 하천 홍수에 대한 영향 분석을 통해 염수 농도 관리를 통한 일정 기수역 확보
	정책적 기대효과	- 홍수기 조위 영향을 고려한 수문 최적 운영을 통해 하천 하류부의 홍수 방지 기대 - 목표 지역의 수질 관리를 위한 하굿둑 수문 자동운영기술을 통해 기관 단체의 이해관계에 따른 탄력적 하천 운영 가능

후보과제 7		
과제명	**수문 자율 제어를 위한 사물인터넷(IoT) 기반 원격단말장치(RTU) 개발 및 적용**	
연구개발 목표	- AC 220V 전원을 사용하던 기존 동력제어반(MCC)을 DC 12V 저전압으로 구동되는 집적회로(IC)를 사용하여 소형화, 규격화된 전자동력제어반(E-MCC)으로 대체 - 원격단말장치(RTU)를 수문의 권양기 측에 탑재, 연동시켜 IoT 및 CPS 기술을 적용, 수문의 상태 및 계측값을 5초 이내에 센싱, 비교, 분석, 판단하여 관리자 없이 RTU가 하굿둑 운영조건에 따른 자율제어 수행 - 이벤트 발생시 IoT 통신망(LTE-M 또는 NB-IoT)을 통해 중앙관리소의 운영프로그램으로 전송하여 알람을 표출하는 제품 개발	
기술개발 및 산업/시장 동향	- 한국의 IoT 기술수준은 IoT 디바이스의 사업화 측면에서 볼 때 최고 기술국가(미국) 대비 83.1%로 미국(100%)과 일본(86.6%)보다 낮고 중국(79.8%)보다 높음. - 분야별 기술수준은 네트워크 분야가 평균 85.1%로 가장 높고, 그 다음으로 서비스(83.5%), 디바이스(83.2%), 플랫폼(79.6%) 순서임 - 기술단계별 기술수준은 응용 단계가 평균 83.2%로 가장 높고, 그 다음으로 사업화(82.8%), 기초(82.6%) 순서임 - 플랫폼·디바이스 분야는 기초 단계의 기술수준이 가장 낮고, 네트워크 분야는 응용 단계의 기술수준이 가장 낮고, 서비스 분야는 사업화 단계의 기술수준이 가장 낮음 - 사이버물리시스템(CPS : Cyber Physical Systems) 기술과 같은 원천기술 분야에서는 미국, 독일 등 선진국 대비 상당한 기술격차를 보이고 있어 기술개발 집중이 필요 - 사물인터넷(IoT)는 높은 성장 잠재력을 바탕으로 향후 정보통신산업의 발전을 주도하고, 디지털화·초연결·빅데이터·지능화의 기반을 형성하여 4차 산업혁명 시대를 열어갈 핵심 요소이나, 국내 IoT 산업은 아직까지 기업 규모가 작고, 분야(업종)의 편중이 크고, 기술수준이 낮은 측면이 있음	
기존기술 활용방안	- 댐·보 등 상류 수리시설물(수문, 펌프)과 하천 주요지점의 배수장, 펌프장 등을 연계한 홍수대응 하굿둑 운영방안을 기반으로 자율적인 통합 연계운영 기술 접목 - 기상청 기상예보, 홍수통제소 하천 주요지점 수위·유량 데이터, 국립해양조사원 조석예보 등 관계기관 데이터를 연계한 운영 기술 접목	
기술개발 필요성	○ 전자동력제어반(E-MCC) 개발의 필요성 - 모터동력제어반(MCC)에 사용중인 릴레이는 외부 펄스(낙뢰, 전동기 동작서지, 온습도) 등이 고장 원인의 대다수로 이에 따라 외부 펄스의 유입 경로가 되는 AC 220V를 차단하고 외부 펄스로부터 기기 간섭에 따른 고장없이 상시 안정적으로 운영될 수 있는 전자동력제어반(E-MCC) 개발 필요 ○ 사물인터넷(IoT) 기반 원격단말장치(RTU) 개발의 필요성 - 강우 발생시 수반되는 낙뢰로 인한 유선통신의 두절이 잦아 실제 필요한 시기에 원격관리를 할 수 없고 데이터 누락으로 인한 데이터 연속성이 결여되는 문제로 사물인터넷(IoT) 무선통신모듈(LTE-M 또는 NB-IoT) 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발 필요	
주요연구 개발내용	- 저전압(DC 12V)에서 구동되는 소형화, 규격화된 전자동력제어반(E-MCC) 개발 - 사물인터넷(IoT) 무선통신 모듈을 탑재한 원격단말장치(RTU) 개발 - 운영프로그램(HMI : Human Machine Interface) 개발 - 수문 자율제어 기능 개발 - 댐·보 등 상류 수리구조물 연계 운영 기능 개발 - 상시 자체(E-MCC, RTU) 및 연계시설물(모터, 계측기 등) 점검 기능 개발 - 수문 동작시 진단(진동, 소리, 온도) 및 자율 대응 기능 개발 - 통신두절시 자율운영과 통신재개시 운영데이터 전송 및 자동복구 기능 개발	
정부지원의 타당성	- 가트너 심포지엄/IT 엑스포에서 “2019년 주목되는 10대 전략 기술 트렌드”로 자율사물(Autonomous Things)을 제시되었고, 향후 산업계 전반에 자율적으로 운영되는 사물이 급속히 파급될 추세로 정부의 정책적 지원이 시급함	
기술확보 전략	- 사물인터넷 기반 자율운영 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로 관련 전문가를 활용하여 수행 - 수리구조물에 대한 센싱, 비교, 분석, 판단, 자율제어하는 기술에 대한 특허 확보	
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 전자동력제어반(E-MCC) 시제품 - 원격단말장치(RTU) 시제품 - 운영프로그램(HMI : Human Machine Interface) - 특허, 논문

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하천 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자, 관련업계에 제품 홍보
- 전국 여러 하천에 설치되어 자율운영시스템으로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1000</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 현장 동력제어반(MCC)과 원격단말장치(RTU)를 설치하기 위한 별도의 부지 확보가 필요없고, 단순한 구조로 주변경관을 유지
- 수문과 MCC반 그리고 RTU반을 연결하는 케이블의 길이가 짧아져 케이블 비용이 획기적으로 절감되고, 외부의 노이즈나 서지 등의 영향이 적어 신뢰성이 대폭 개선
- 수문과 일체형으로 제작되므로 별도의 MCC반이나 RTU반을 구성할 필요없이 수문만 장착하면 공사가 완료된다. 또한, 도면 및 배선이 용이하며, 커넥터(터미널블록)만 연결함으로 전문 시공사 없이 시공할 수 있어 시공비를 절감할 수 있음
- 사물인터넷(IoT) 망의 무선환경으로 통신 가설비 및 유지관리 비용이 대폭 절감(기존 유선방식의 경우 통신회선 공사가 200m 이상의 경우 100m당 약 1,000만원 이상 소요)
- 기존 제품은 입출력 포트가 규격화되지 않아 전문기술자가 설계, 시공, 유지관리를 수행해야 하나, 수리시설물 운영 목적에 맞는 규격화된 입출력 단자의 제공으로 설계, 시공, 유지관리비용이 절감됨
- 수리시설물의 상태를 정확하게 진단할 수 있으므로 수리시설물 및 부품이 수명이 다할 때까지 안심하고 사용할 수 있어 유지관리비용을 절감할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- RTU의 상시 점검으로 문제 발생시 계측기의 고장인지 아니면 원격단말장치(RTU)의 고장인지를 분석하여 고장 발생시에 관리자에게 실시간으로 점검 요청을 수행할 수 있음
- 낙뢰, 서지 등으로 인한 수문 오동작 방지 기술을 탑재하여 연중 신뢰도 높은 수문 자율운영이 가능
- 다수의 현장을 통합관리 할 경우 통신이 동시에 두절되면 다수의 사람이 동시에 현장에 출동하여 직접 수문을 수동 조작해야 하나 자율 운영수문을 설치하면 통신두절과 관계없이 이벤트발생에 신속하게 자율대응함으로써 재해로 인한 피해저감 효과 기대
- 통신상태와 관계없이 원격단말장치(RTU)가 수문을 자율운영하고 동작 결과 정보를 RTU 측 메모리에 자체적으로 저장하며 통신두절시 누락된 현장 운영데이터를 통신재개와 함께 자동전송 및 복구함으로 데이터의 손실을 방지 및 데이터의 연속성을 확보할 수 있음
- 기존 기술은 관리자의 경험과 전문성에 의존한 운영인 반면 제안 기술아이템은 관리자 없이 시스템 스스로 센싱하고 분석하여, 자율적 의사결정에 의한 최적 운영을 보장하는 고도의 전문성을 기대할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 4차 산업혁명의 핵심인 지능화 기술을 본격 확산하고, 하천 자율운영으로 물관리 기술력 향상 도모
- 자율운영이 필요한 일반 시설물 관리에 광범위하게 확산시켜 적용할 수 있으며, 신속한 초동대응으로 피해를 저감하는 효과가 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 8</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">AI 기반 3차원 수치모의를 활용한 하굿둑 물받이 안정성 평가 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- AI 기반 3차원 수치모형 개발
- 개발된 모형을 활용하여 하굿둑 물받이 안정성 평가 기법 제시</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 기존 기술은 수치모의에 의한 설계에 의존하여 다양한 현장 조건 반영에 한계
- AI 기법을 도입하여 기존 기술의 적용성 확장</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 3차원 수치모의 모형을 활용하여 하굿둑 주변의 수심, 유속, 난류량 등의 자료 구축
- 구축된 자료는 인공지능 모형의 학습자료로 활용</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 하천 구조물 주위 세굴 문제는 문제 자체의 복잡성으로 인해 과학적 방법보다는 경험적 방법에 주로 의존해 옴
- 하천 구조물 주변의 복잡한 흐름을 예측하고, 이를 기반으로 실무적으로 적용성이 우수한 인공지능 모형의 개발 필요
- 개발된 모형을 활용하여 구조물 물받이 설계 필요</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 다양한 흐름 및 개도 조건에 따른 하굿둑 인근 흐름 3차원 수치모의 수행
- 수치모의 결과를 활용하여 물받이 설계에 관한 인공지능 모형 학습자료 구축
- 물받이 설계에 관한 인공지능 모형의 학습 및 검·보정
- 구축된 인공지능 모형을 이용한 물받이 설계 기법 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 수공구조물의 안전 확보
- 하도 세굴을 저감시켜 흐름의 안정 확보</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 수치모의 기법과 인공지능 기법의 접목은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 국외 전문가와의 협업을 통하여 기술 개발을 도모</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 물받이 설계에 관한 인공지능 모형
- 논문, 신기술 등의 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 물받이 설계기준을 제시
- 기조성된 하굿둑의 물받이 안정성 검토
- 인공지능 모형을 활용하여 하굿둑의 안정적인 운영
- 하굿둑 관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 기술 및 활용법 전파</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">7명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 본 과제를 통해 기술력 확보시 하굿둑 설계 및 운영 비용 절감 예상
- 본 과제에서 제시한 기술은 첨단의 기술로서 미래 하천산업 시장을 선점하고, 해외건설 진출 가능성을 증대시킴
- 하천개발에 따른 하천의 안정성 저하라는 이익 창출의 걸림돌을 미연에 방지하고 하천시설물의 안전한 운영을 통해 경제적 피해 예방함</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 수치모의 기법과 인공지능 모형의 접목은 첨단의 기술로서 하굿둑 설계 및 운영에 적극적으로 활용 가능하며, 이외에도 유사 하천 시설물의 설계 및 운영에도 우수한 적용성이 예상됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 개발된 인공지능 모형을 활용하여 운영 및 관리에 소요되는 비용 절감 효과 기대. 낙동강 하굿둑 이외의 유사 수공구조물에 적용하여 운영의 효율성 극대화 가능
- 다양한 시나리오에 대해서 하굿둑과 연계 시설물과의 유기적인 운영 방안 제시하고 정책 결정에 기여</td></tr>
</table>

후보과제 9	
과제명	**하굿둑 시스템 운영에 따른 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 3차원 수치모델링 체계 개발**
연구개발 목표	- 기수역에서 수자원 확보와 수재해 대응을 목적으로 하는 친환경 하구 시설물 설계 그리고 하굿둑 자율 시스템 운영 및 제어를 위한 필수 정보인 수위, 유속, 염분, 부유사, 오염물질 분포 등 난류 흐름 및 오염물질의 동적 거동에 대한 상세자료 제공을 위한 3차원 수치모델링 체계 개발
기술개발 및 산업/시장 동향	- 기수역에서의 흐름, 유사이송, 파, 수질 모델링을 위해서는 외국에서 개발된 Delft3D와 UnTRIM 동수역학 모형이 사용되고 있음. 이러한 상용화된 모형들은 비전문가도 쉽게 적용할 수 있지만 연직방향 격자는 σ-좌표법을 사용하여 정확도에 한계가 있고, 격자 해상도별로 매개변수 검증이 필요함 - 대상 하굿둑 시설물과 지형에 적합하게 구성된 계산격자 상에서 흐름 및 오염물질 거동 해석을 위한 수치모형이 다양하게 진행되고 있음 - 난류 해석, 해수-담수 사이의 중력류 해석, 흐름 및 오염물질의 동적 거동 해석 등을 복잡한 지형을 고려한 고해상도 격자 상에서 병렬계산을 수행하면 높은 신뢰도의 상세 예측 정보 제공이 가능하여 다기능 하구구조물 시스템 운영에 적용할 수 있음
기존기술 활용방안	- 가용한 오픈소스 모듈을 활용한 수치모델링 체계 개발 - 광범위한 계산격자 해상도를 표현할 수 있는 3차원 계산격자 생성 기술 이용 - 경계조건 설정을 위해 관측지점 계측값과 2차원 수치모형 결과를 활용하여 기술 적용
기술개발 필요성	- 환경친화적 기수역 조성하고 물순환 및 하천-해수의 연속성 확보로 수질 개선 및 염해 침수와 수자원 부족 문제 등을 해결하기 위한 다기능 하구 구조물을 설계, 설치 및 운영하기 위해서는 기수역 내에서 수리구조물 설치 및 운영에 따른 해수와 담수 혼합 거동, 유속 및 수위분포, 부유사와 오염물질 거동 등에 대한 정확한 정보가 필요 - 기수역 상하류 수위차와 염수-담수 경계조건을 합리적으로 반영하여 기수역 수리구조물 운영에 따른 신뢰할만한 수리 및 수질 자료를 확보하기 위해서는 고해상도 3차원 수치모델링 프레임워크 개발이 필요
주요연구 개발내용	- 기수역에서 수리시설물 양방향 운영에 따른 유속, 수위, 유량 등 수리량, 흐름 구조와 난류강도 등 난류량 그리고 염분과 부유사 등 오염물질의 동적 거동에 대한 상세정보 제공을 위한 3차원 수치모델링 프레임워크 개발 - 복잡한 기수역 지형과 수리 시설물 형상을 고려한 난류흐름 해석을 위한 2차 정확도 유한체적법 적용 - 기수역에서 해수와 담수 상호작용 해석을 위한 3차원 중력류 수치해석 모듈 개발 부유사 및 오염물질의 이송확산 해석을 위한 3차원 보존물질 수송 모듈 개발 및 적용 - 수위차 및 변동하는 자유수면 추적을 위한 다상흐름(multiphase flow) 모델링 기법 적용 - 실제 영역에서 정확도와 효율성을 고려한 난류해석을 위한 하이브리드 RANS/LES 기법 적용 - 수리구조물 주변 정밀 난류 흐름 거동 자료 제공을 위한 최적의 3차원 고해상도 격자 개발 - 흐름 및 오염물질 거동에 대한 시공간적으로 광범위한 영역에서의 정보 제공을 위한 최적의 3차원 중해상도 수치모의 격자 개발 - 고성능 클러스터를 활용한 병렬계산 기술 적용 - 하구시설물 실증연구 자료 및 모니터링 자료를 이용한 3차원 수치모델링 체계의 적용성 평가, 보완 및 개선
정부지원의 타당성	- 금강, 영상강, 낙동강 등에 설치된 하굿둑은 국가 중요 시설물로서 AI 기반 하굿둑 시스템 설치 및 운영에 따른 기수역 흐름의 수리학적 거동과 및 오염물질 거동에 대한 상세자료를 제공하기 위한 3차원 고해상도 수치모델링 프레임워크는 정부의 지원으로 개발되는 것이 타당함
기술확보 전략	- 해수와 담수 상호작용 해석을 위한 중력류 해석 그리고 부유사, 염도 등 보전성 오염물질 이송확산 해석을 위한 Euler-Euler 기법과 Euler-Lagrange 기법 전문가 활용 - 신뢰성과 적용성이 인정되는 하이브리드 RANS/LES 난류 모델링 기법의 현장 규모 적용을 위한 최적 격자 생성 및 효율적 병렬기술 수행 기술인력 활용 - 고성능 클러스터를 확보하여 병렬계산을 수행함으로써 고해상도 격자상에서 효율적 수리 및 수질 모델링 수행

<table>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 3차원 기수역 흐름 거동 및 수질 수치모델링 시스템(대상 하굿둑 시스템별 고해상도 3차원 수치격자와 수치해석 모듈 포함)
- 시나리오별 상세 흐름 및 오염물질 거동 특성 자료
논문과 소프트웨어</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 흐름 거동 및 수질에 대한 수치모의 자료에 근거한 하구 구조물 설계
- 모니터링 자료와 수치모의 자료를 활용한 하굿둑 시스템 운영 및 제어 기초자료로 활용
- 하굿둑 시설물 안전 및 성능 평가
- 기수역 생태계서비스 구축에 활용
- 하구 통합물관리 의사결정에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>80</td><td>140</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>60</td><td>140</td><td>90</td><td>90</td><td>70</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">460</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">4명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">460</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑 수리시설물 시스템의 최적 설계 및 운영 방안 수립에 필요한 고해상도 수리 및 수질 정보 제공기술을 확보함으로써 기수역 수자원 확보, 수생태서비스 제공 및 재해로 인한 피해 저감으로 경제 및 사회적 이득을 높임
- 다양한 하구시설물에 적용하여 수치모델링 체계 보급에 경쟁력 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑 시설물과 기수역의 복잡한 지형을 고려한 해수-담수 동적 거동과 수질을 해석한 고해상도 3차원 수치모델링 체계 개발로 세계적으로 경쟁력 있는 기술력을 확보
- 개발된 수치모델링 체계에 의한 자료는 국내외 첨단 친환경 하굿둑과 하구시설의 설계 및 운용에 필요한 기초자료로 활용될 것으로 기대</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 기수역 수자원 확보와 재해로 인한 피해 저감으로 다기능 하구시설물 시스템 운영의 정책적 효과 제고
- 흐름 및 오염물질 거동 특성에 대한 상세정보 제공으로 기수역 수생태계 서비스 제공에 기여</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 10</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">압력지연삼투(PRO) 기술 기반 에너지 회수 기술을 적용한 하굿둑 에너지 자립 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 하굿둑을 닫았을 때 생기는 해수와 담수의 염도차를 이용하여 발전시키는 압력지연삼투(PRO) 공정 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 압력지연삼투(Pressure retarded osmosis, PRO)는 해수와 담수의 염도차를 이용하여 에너지를 생산하는 기술로서 AI 수리구조물 운영 및 관리에 요구되는 전력 수요 충족이 가능
- 현재까지 해수와 담수를 이용한 압력지연삼투 기술은 미국, 유럽, 일본을 포함하여 전세계적으로 아직 시험 단계에 있으며 프로토타입 및 파일럿 플랜트를 통한 성능 실험을 진행 중</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 역삼투압용 막 소재 및 기술을 활용
- 하굿둑 근린의 해수, 담수의 유량, 염분, 수질 데이터를 활용</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 해수와 담수의 염도차에서 생산될 수 있는 이론적 최대에너지생산은 약 0.26 kWh/m3이며 concentration polarization, reverse salt flux 등의 영향과 담수의 전처리공정에서 소요되는 에너지로 인해 실제 에너지생산 효율성은 극히 저하되는 문제가 있음
- 위 문제를 극복하기 위해 투과성이 높고 막오염에 강한 신소재 막 개발이 필요함
- 또한 실증 플랜트 가동을 통해 스케일업 조건에서 성능을 극대화할 피요가 있음</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 압력지영삼투 기술 적용을 위한 concentration polarization, reverse salt flux, 막오염을 극복할 수 있는 막 소재 및 기술 개발
- 실증 프랜트 가동을 통한 스케일업 및 그 조건에서의 성능 극대화
- 하굿둑에 최적화된 운영조건 및 salinity gradient 변화에 대한 영향 평가</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 정부의 4대강 재자연화 정책 및 신재생에너지 생산량 증가 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간에서 에너지 생산을 극대화하고 이후 운영 예정인 AI 수리구조물들을 에너지자립형 시스템으로 운영하는데 반드시 필요</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 압력지연삼투는 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야 국제혁력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행
- 해수담수화 등 역삼투압 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 하굿둑에서 에너지 생산이 가능한 PRO 공정 시스템
- 특허, 신기술, 논문 등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 전국 하굿둑에 설치, 에너지 생산
- 다른 AI 기술둘과 접목시켜 자율운영기술로 확산 및 에너지자립형 시스템으로 운영</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>300</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>350</td><td>350</td><td>450</td><td>450</td><td>450</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1800</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2050</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑에서 재생에너지 생산을 통한 경제 이득
- 수문 조작, 수질 모니터링 등 하굿둑에서 사용되는 에너지 부담률을 낮춘 지속가능한 자율운영 수리구조물 시스템 개발을 통해 인근 국가로의 기술 수출 교두보 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑 구조물을 이용한 신재생 에너지 생산 방안 마련
- 막오염 저감기술 및 고투과성 막소재 개발을 통한 PRO 관련 첨단 선진 기술 획득</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 에너지 생산을 통한 하굿둑 및 수자원의 가치 향상
- 신기술의 확보를 통한 환경에너지 산업 성장 유도</td></tr>
</table>

후보과제 11		
과제명	**안정적인 하굿둑 양방향 운영을 위한 구조물 흐름해석 기술**	
연구개발 목표	- 기존 일방향 부분 개방형 하굿둑 해석기술로는 양방향 흐름에 따른 구조물의 안정적인 운영을 기대하기에는 어려워 이에 대한 흐름해석 기술 개발 - 하굿둑 상·하류에 흐름제어를 위한 준실규모(Large Scale) 수리모형실험과 수치해석을 통한 흐름상세 모의기술 개발 - 개방형 하굿둑 설치에 따른 하천 및 해양 영향 검토	
기술개발 및 산업/시장 동향	- 하굿둑의 건설은 홍수 및 해일 피해예방과 생활, 농업 및 공업용수 확보를 해결한다는 장점으로 전세계적으로 추진 중 - 하굿둑 개방수준별 하굿둑 수문, 교량, 바닥보호공, 물받이공 등 하굿둑 주요시설물에 대한 영향 검토를 위해 3차원 수치모형을 이용하여 역방향 흐름에 대한 유체해석, 국부세굴, 구조해석 등이 진행되고 있음 (FlOW3D, GMO모델 등) - 최근 SUNTANS(Delft3D) 모형과 3차원 EFDC 모형 등을 활용하여 하굿둑 개방수준별 다양한 상황에 대한 조위/조류/수온/염분 등이 분석되고 있음 - 전 세계적으로 이상기후에 따른 기후변화로 태풍과 지진해일과 같은 자연재해 발생의 증가로 해수면 상승시 내륙지방에 범람 피해를 유발하여 하류의 해일 소상 재현을 시뮬레이션하기 위한 기술들이 개발되고 있음	
기존기술 활용방안	- 최신의 하굿둑 개방 시나리오에 따른 하천·해양영향 예측에 관한 자료 활용 - 국내외 역방향 해수 유입사례 조사 실시 - 기존 일방향(담수->해수) 해석기술과 추가방향 (해수->담수) 해석기술과의 연계해석	
기술개발 필요성	- 하구지역은 물리적 성질이 서로 다른 파랑과 흐름, 해수와 담수가 충돌하는 매우 역동적인 곳으로 이 지역의 수리역학적 관계는 상당히 복잡하며, 이런 수리특성을 해석하기 위해서는 파랑-흐름의 상호작용 기구를 명확히 이해하여야 함 - 하구역에서는 유출과 해빈류, 쇄파 등을 수반한 파랑장이 복잡하게 상호간섭하면서 지형변화를 일으키는 원인이 되므로 이러한 하구지역의 토사이동 특성을 명확히 파악하기 위해서는 그 기인력이 되는 파-흐름장을 올바르게 예측하는 것이 중요함	
주요연구 개발내용	- 양방향 개방형 하굿둑 운영을 위한 흐름해석 기술 및 AI 연계 기술 개발 • 양방향 개방형 하굿둑의 유형결정 및 최적 흐름해석 기법 개발 • 하굿둑 구조물 주변 국부흐름 해석과 구조물 안정성 확보 기술 개발(상·하류 세굴 안정성 분석, 시스템 개발 등) • 양방향 개방형 하굿둑 운영 시나리오 별 수리실험 및 수치해석 연계 흐름해석을 통한 빅데이터 구축 및 운영 시스템 갸발 - 양방향 개방형 하굿둑 Test-Bed를 통한 기술 적용성 및 실용화 • 양방향 개방형 하굿둑 Test-Bed를 통한 운영 기술 적용성 검증 및 실용화 • Test-Bed 기반 하굿둑 구조물 상·하류 세굴 안정성 분석 및 적용성 • 준실규모 실험을 통한 시스템 검증	
정부지원의 타당성	- 정부의 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 상류의 댐•보 방류량과 연계하여 염수 유입량을 결정하는 정밀한 기술이 요구됨 - 따라서 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 구축하고 상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영에 따른 결과를 예측하는 기술이 필요함	
기술확보 전략	- 관련분야 산학연 전문가 및 해외전문가를 활용하여 수행 - 하굿둑 관련 파-흐름 해석 및 설계 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행	
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 설계 및 시공에 신공법 반영 - 양방향 하굿둑에 대한 흐름해석 자료
	활용방안	- 안정적인 하굿둑 운영 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 기초자료 제공

<table>
<tr><td rowspan="7">연구개발 과제의 규모
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>600</td><td>800</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>6</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>250</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>7.5</td><td>10</td><td>12.5</td><td>12.5</td><td>7.5</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,000</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">15인</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및 파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 본 연구에서 개발된 하굿둑의 적용 및 운영에 따른 결과를 가시적으로 제공함으로서 하굿둑의 효율적 운영 달성</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 양방향 하굿둑의 안정적인 운영을 위한 흐름해석 기초자료로 활용
- 현재 제안되지 못한 하천설계기준 보완
- 양방향 개방형 하굿둑 운영과 연계된 세굴보호 및 하상안정화 유지관리 반영</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 하구관련 정책과 집행에 관한 과학적 기초자료 및 지식기반 마련에 기여
- 하천관리 지침, 하천기본계획 수립지침, 하천설계 기준 등 하천관련 지침 및 기준에 성과반영을 통해 정부의 기술적 지원</td></tr>
</table>

후보과제 12	
과제명	**Meshless 컴퓨팅을 이용한 하상세굴 모의기술 개발**
연구개발 목표	하상세굴(river bed scour)의 정확하고 효율적인 예측
기술개발 및 산업/시장 동향	- 하상의 세굴은 하상근처 유사 이송에 관한 물리 현상으로 유사와 유체의 복잡한 상호작용에 의한 결과임. 물과 지형의 경계에서 침식과 퇴적에 의해 변화하는 지형을 모의하기 위해 주로 격자법에 기반 한 유한차분법, 유한체적법, 혹은 유한요소법이 사용됨 - 큰 규모에서의 하상 변화를 모의하기 위해서는 소류사의 이송을 모형화한 Exner 방장식을 사용했는데, 이 모형은 주로 수심적분된 천수방정식과 같이 사용되어 거시적인 규모의 물리 현상에 관한 것으로, 저수지, 댐 등 큰 규모의 수리구조물이나 하천, 강 규모에서의 중장기 유사 이송에 의한 하상 변동을 모의하기 위해 주로 사용됨 - 작은 규모에서의 현상을 모의하기 위해서 유사 입자와 유체를 세밀하게 모의하는 3차원 다상 유동 수치모의도 연구되어 왔으나 복잡성과 불효율성으로 인하여 단순하고 이상적인 모의에만 적용되어 왔을 뿐, 실제 규모의 문제에 적용하는데 한계가 있음 - 하천과 강의 정밀한 운용을 위해서는 강, 유역, 연안 등의 대상지역에 대한 장기모의뿐 아니라 소규모의 하천, 중소 규모의 인공물과 같은 중간 규모의 모의도 관심 대상이 되고 음. 특히, 교량, 수중 보 등에 의한 하상 세굴 문제가 대두되고 있으며 이에 대한 정확한 예측이 중요해지는 추세임
기존기술 활용방안	- 기존의 기술은 큰 규모를 대상으로한 장기 모의에 적합하므로, 장기모의에 대한 수렴성 테스트에서 비교 및 검증 용도로 활용 가능함 - 지난 수 십년간 발전되어온 기존의 공식들이 유도되는 과정에서 적용된 개념 및 무시된 가정들을 검토하여 관심 대상의 규모에 대해 적합한 하상변동 모형을 견고히 구축할 수 있도록 함
기술개발 필요성	- 기존의 Exner 방정식에서 유사의 흐름율(flux)를 산정하기 위해 다양한 공식들이 개념적, 추계적, 경험적으로 연구되고 제안되어 옴. Exner방정식은 장기적이고 큰 규모의 하상 변화를 대상으로 하며, 하상토가 연속체로 가정된 편미분방정식으로 일가함수해를 찾기 때문에 하상토의 쇄파 등과 같은 복잡한 하상변동의 모의가 불가능하고, 안정성을 위해 리만해법을 고려해야 하므로 모의가 비효율적임 - 이러한 한계로 인해 국부 쇄굴과 같은 중간 이하 규모의 복잡한 경계처리 문제를 다루는데 어려움이 있음 - 최근 대두되고 있는 입자법 혹은 meshless 방법은 움직이는 경계 모의나 불규칙한 지형 문제에 있어 격자법보다 유리하며, 수학적/수치적인 제한조건이 격자법에 비해 느슨하여 높은 적용성을 있음. 따라서, 하상 세굴의 정확한 예측을 위해서 meshless 컴퓨팅을 이용한 모의기술 개발이 필요함
주요연구 개발내용	- 관심 대상의 규모 및 적합한 meshless 기법 선정 - 하상 변화에 관한 수학 모형 및 meshless 수치기법에 과한 연구 리뷰 - 관심 규모에 대한 수학모형 공식화 - 수학모형을 모의하기 위한 meshless 기반 수치 모형 구축 - 이상조건에 대한 수치 실험 및 해석해와 검증 - 실제 연구대상지역 선정 및 현장 적용 실험 수행
정부지원의 타당성	- 하상세굴은 집중호우 등으로 인해 하천의 물이 갑자기 불어나는 경우 발생하는 침식현상으로, 전체 교량붕괴 원인 중 절반 이상을 차지함 - 전국적으로 다수의 교량에 하상세굴 조짐이 있다는 조사결과도 나온 바 있음. 자칫하면 재앙으로 이어질 수 있는 민감한 부분인 만큼 정부의 지원을 통해 확실한 예측 시스템을 구축하는 것이 필요함
기술확보 전략	- 하상 세굴이 문제되었던 선례나 이에 관한 기존의 연구들을 면밀히 조사하여 실제 현장 적용성이 반영된 관심 대상의 규모 선정 - 기존 수 십년간 발전해온 하상변화에 수학 모형 조사 및 분석 - 국내외 meshless 기법 사례 조사 및 연구 동향 분석

<table>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 수심, 유속 등 수리물리량을 산출하는 수리동역학 모형과 연계되어 하상 변화를 모의할 수 있는 meshless 수치모형</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 수중 조류발전, 수중 보, 교각과 같은 수환경에 설치된 인공물 근처 하상 세굴의 중장기 예측
- 저수지, 댐 등 퇴사 예측
- 준설 등 토목 활동 이후 수환경의 중장기적 변화 예측</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">300</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">-</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">6 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">300</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- meshless모형을 통한 효율적이고 정확한 모의 기술이 국내기술로서 동남아시아를 중심으로한 개발 도상국에 수출되고, 이를 바탕으로한 친수공간의 활용 및 운용 등에 있어서 국제시장 개척 및 기술선도 달성</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 해외에서 개발된 수치모형에 대한 높은 의존성으로 인한 협소한 적용성, 수치모형의 오용 등 기존의 한계를 극복하고 국산화된 모형을 개발하여 유연하고 폭넓은 활용이 가능하도록 함
- Meshless 컴퓨팅을 통해 복잡한 지형, 변화하는 경계 문제를 모의하는데 있어 비효율적이던 격자법의 한계를 극복하여 효율적이고 정확한 모의 가능</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 물리모형기반 정확한 예측을 통해 강, 하천 등의 운용에 대해 수준 높은 의사결정을 도모하여 효율적이고 실질적인 친수 공간의 활용방안 구도를 제공
- 다양한 토목 계획으로 인한 수환경의 변화를 사전에 정확하게 판단하여, 부작용을 최소화하고 친환경적인 친수공간의 확보를 통해 시민 삶의 질을 향상에 부응하는 정부의 정책적 제도적 지원이 용이해짐</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 13</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">유체-구조물 상호작용 해석 기반 하굿둑 구조 안전성 평가 기술개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 지진, 지진해일 등의 재난발생에 대한 하굿둑의 유체-구조물 상호작용 수치해석 기술개발 및 A.I.를 활용한 하굿둑 구조 안전성 평가 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- AI 기술은 이미지 인식분야에서 사람의 판단 능력보다 뛰어난 판별력으로 유명함. 또한 인간과 알파고의 바둑대결로 대중에게 널리 알려져 있음
- 컴퓨팅 파워 및 기법의 개발로, 유체-구조물 상호작용 등 정밀한 수치해석의 개발 및 활용이 가능함
- 하굿둑의 활용 등에 대한 효과적인 모니터링, 유지·보수, 발생 가능 재난에 대한 대응 등의 기술이 필요함
- AI 와 수치해석 결과를 기반으로 하굿둑에 발생 가능한 재난에 대한 구조 안전성 분석이 가능한 기술의 개발을 효과적인 운영 및 유지관리가 가능할 것임</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 기존의 설계 기술 및 재난에 대한 발생 가능 시나리오 기반으로 수치해석 수행
- 댐·보 등 상류 수리구조물을 연계한 재난 대응 하굿둑 구조 안전성 평가 기술 및 통합적인 연계운영 기술 접목</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 현재 생태계 복원 등의 이유로 하굿둑 개방 등의 사회적 이슈가 존재하며, 하굿둑의 활용에 대한 국민적 관심이 늘어남. 따라서 유체-구조물 상호작용 등을 고려한 정밀 수치해석기법을 활용하여, 보다 정밀한 하굿둑의 거동예측 기술이 필요함
- 개발된 거동예측 기술과 AI를 적용하여, 재난에 대한 구조 안전성 예측 및 평가 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 하굿둑에 대한 유체-구조물 상호작용 수치해석시 지진, 지진해일 등의 외력을 고려하는 수치해석기법
- 지진 및 지진으로 인한 지진해일 발생시 구조물의 안전성 평가기술
- GPU, 병렬화 등을 활용한 수치해석 처리속도 향상기술
- 개발된 유체-구조물 상호작용에 대한 수조 실험을 통한 수치해석 기술 검증
- 개발된 기술을 활용하여 수치해석 DB 구축하고 Deep Learning 등 A.I. 기반 구조물 응답 평가 기술
- 이를 통한, 재난대응 실시간 구조물 상태 평가 및 구조 안전성 평가 기술 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 댐•보 등 수리 구조물의 안정적 운영을 위한 하굿둑 구조물 안정성 평가를 위한 정밀기술이 요구됨
- 하천 및 하굿둑의 구조 안정성에 대한 신뢰성 및 평가 기술확보를 통한 재난에 대한 국민불안감 해소가능</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- A.I. 기술은 최신의 기술로 전세계적으로 현장활용을 위한 다양한 시도가 이루어 지고 있는 연구분야로 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행
- A.I. 기술을 보유하고 있는 컴퓨터 공학 분야 기관 및 산업계를 활용하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- A.I. 기반 실시간 구조 안전성 평가 시스템
- 특허, 신기술, 논문등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>150</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td><td>150</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>150</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td><td>150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">800</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">800</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">10명</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- AI 는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음 - 재난에 대한 하굿둑의 구조 안정성 평가기술 개발을 통하여, 하굿둑의 안정적인 운영 및 재난대응이 가능함
	기술적 기대효과	- AI 기법을 활용한 수리구조물 구조 안전성 평가기술은 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수리구조물의 구조 안전성을 파악하고, 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음
	정책적 기대효과	- AI 기반 재난 대응 하굿둑의 구조안정성 평가기술을 활용하여, 하굿둑과 인근 구조물의 안정적인 운영 및 관리가 가능하며, 실제 운영시 리스크에 대한 선제 대응이 가능함 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 14</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">IOT 네트워크 기반 수리 계측장치 활용 하굿둑 시설 안정성 평가 기술개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 하굿둑 인근 시설물의 다항목 수리 계측 장치에 IOT 기술을 접목하여 양방향 소통 유량규모별 복합 계측기술 개발 및 시설 안정성 평가 기술개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">- IOT 네트워크 기반 홍수량 계측정보 전송 기술로 집중강우로 인한 침수위험 지역의 유량계측 관측망 작동 및 준실시간 계측정보 수집을 통하여 침수위험지역 예측하여 위험 대응이 가능
- IOT 등의 첨단기술의 발전으로 수리 계측 장치에 접목하여 실시간 데이터 분석 기술의 적용 및 활용성이 극대화되고 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술 활용방안</td><td colspan="7">- 개발된 수리량 및 소류력 측정 복합센서 등을 이용한 IOT 기반 계측장치의 개발로 시설물 운영에 따른 안정성 진단 및 평가 기술 접목</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="7">- 하굿둑 인근 주민들을 위해 태풍, 해일 등의 재난으로부터 시설물 안전 확보할 필요가 있음
- 최근 다양한 기상이변 현상으로 인해 강우의 변동촉이 비정상적으로 증가하고 대규모 자연재난으로 인해 하굿둑 인근의 양방향 소통유량이 급격이 증가하여 인근 시설물에 영향을 미치는 수리적 요인을 실시간으로 파악하기 위해 IOT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 개발 및 융복합적 시설 안정성 평가기술 개발이 필요
- 본 연구에서는 IOT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 활용해 시설물 운영에 따른 안정성 평가 기술을 접목하여 기수역 주민의 생존권 보장 및 재난으로부터 시설물 안전 확보를 할수 있음</td></tr>
<tr><td>주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 하굿둑 상하류 흐름 및 수리계측 방법기술 개발
- IOT 기술을 접목한 다항목 수리 계측장치 개발
- 통과유량의 규모별 복합 계측기술 개발 및 시설 안정성 평가기술 개발
- 양방향 소통흐름에 대한 구조물 안정성 실시간 모니터링 기술 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 정부의 하굿둑 개방 등의 정책에 따라 조성되는 기수역 구간의 시설물을 안정적으로 운영하기 위해서는 준실시간 및 실시간으로 다항목 수리 데이터 및 분석기술이 요구됨
- 따라서 IOT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 개발하고 준실시간 및 실시간 데이터 분석기술을 통해 시설물 안정성 평가 기술개발이 필요</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 수리 계측 장치와 IOT를 연계한 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야의 국내외 전문가를 활용하여 수행
- IOT 접목 기술 및 다항목 수리계측 장비 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- IOT를 접목한 다항목 수리 계측장치 개발
- 특허, 신기술, 논문등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하굿둑 인근 시설물 운영의 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발 과제의 규모 (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>400</td><td>500</td><td>500</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">900</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2900</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">15명</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 다항목 수리 계측 장치 운영에 IOT를 접목하여 데이터를 준실시간 및 실시간으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 시설 운영에 기여할 수 있으며 수리시설에 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응
	기술적 기대효과	- 하굿둑 상하류 흐름 및 수리 계측장치를 통해 태풍, 해일 등 재난 예방, 양방향 소통흐름에 대한 구조물 안정성 확보 - IoT 기반의 수리계측 장치를 통해 하굿둑 인근 시설의 양방향 소통 유량규모별 한계소류력 및 허용유속을 계측하여 시설물 운영에 따른 안전 확보
	정책적 기대효과	- IOT를 접목한 다항목 수리 계측 장치를 활용한 시설물 안정성 평가는 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 시설물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역 구간의 시설물을 안정적으로 관리하는데 기여

후보과제 15		
과제명	**하천 및 해역의 흐름, 염분, 수질 슈퍼센서 개발 및 실시간 모니터링 기술**	
연구개발 목표	- 드론 등 remote sensing기반 영상을 활용한 하굿둑 주변 실시간 변화탐지 모니터링 기술 개발 - Iot 및 센서 기반 하굿둑 주변 흐름, 염분, 수질 특성 모니터링 및 분석시스템 개발	
기술개발 및 산업/시장 동향	- 드론 기술은 급속한 발전으로 일반 취미용에서부터 군사용까지 드론의 활용분야는 매우 다양하며, 건설 분야에서도 드론을 활용하여 광범위한 영역의 촬영 및 사람의 접근이 어려운 지점의 근접 촬영 등에 사용하고 있음 - 드론 영상장치 또한 동시에 발전하여 드론영상을 활용한 모니터링 기술은 RS분야 중 효율성 및 응답성을 고려하여 활용도가 매우 높음 - 드론 시장은 2014년 53.1억 달러이며 2023년에는 124.7억 달러 규모로 커질 것으로 예상되고 있으며 다양한 형태의 드론이 현재도 꾸준히 개발되고 있는 상황임 - 드론과 광학원격탐사 기법을 이용하여 방대한 하천 및 해역에 대하여 수심 측량을 포함한 실시간 지형변화의 측정이 이루어지고 있으며 더불어 영상분석 및 인자화를 통해 다양한 수리학적 현상을 이해하는 것으로 적용이 확대되고 있음	
기존기술 활용방안	- RGB 영상분석 기술을 활용한 하천 및 해안 모니터링 기술과 흐름의 주요인자인 수심 및 표면 유속 산정 기술 접목 - 드론 촬용 영상을 통해 취득한 값을 기존 수치모형(유량, 염분, 수질)의 입력값으로 활용하여 정교한 수치모의를 분석시스템에 적용	
기술개발 필요성	- 하천이나 하구역에서 발생하는 여러 가지 문제들(범람, 녹조, 부영양화, 염해)은 해당 영역에 엄청난 피해를 야기하지만 발생 원인 및 진행 등이 매우 복잡하여 예측이 어려움 - 흐름 주도인 하천 영역과 조위 및 수위변동이 주도인 해안 영역을 고려한 하구 영역의 다양성을 반영한 기술 개발이 필요 - 드론 및 IOT(사물인터넷, Internet of Things) 기술을 접목하여 광범위한 영역의 다양한 자료를 실시간 취합한 후, 빅데이터 분석을 실시하면 정교한 모의가 가능해지며 이를 이용하여 정확한 원인 진단 및 피해 방지를 위해 다양한 대책 등을 제공하는데 활용할 수 있음 - 최종적으로 하구 운영 시스템과 연계하여 하구 관리의 효율성을 극대화할 수 있음	
주요연구 개발내용	- 드론을 이용한 하천 및 해역의 정교한 수심측량 및 실시간 지형변화 탐지 기술 개발 - 드론 영상을 이용한 하천 및 해역의 유속(유량) 측정/산정 기술 개발 - IOT 기반 실시간 염분, 수질 모니터링 기술 개발 - 모니터링 자료 적용 하굿둑 주변 특성 분석시스템 개발	
정부지원의 타당성	- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간은 하천과 해안 특성이 복합적으로 발생하여 분석 및 예측이 어려움에도 불구하고 국내적으로 기술이 적용된 사례가 부족한 만큼 기수역의 예측 및 하굿둑의 안정적인 운영을 위해 주변의 상황을 인지할 수 있는 모니터링 및 분석 기술이 요구됨 - 하굿둑 주변의 포괄적 감시 및 분석을 위해 시간/공간적 해상도가 높은 변화탐지 모니터링 기술이 필요함 - 단순한 모니터링 외 하굿둑 특성에 대한 예측에 활용이 가능한 연계적 분석시스템이 필요함	
기술확보 전략	- 드론의 개발 및 활용은 전세계적으로 각광받고 있으며 국내에서도 다양한 기업 및 연구소에서 사용하고 있음. 따라서 이들과의 협력을 통해 관련기술 확보 - 영상분석 및 하굿둑 인자의 복합적 모델링 기술을 자체 개발하거나 필요시 고급기술 보유기관 활용 및 공동개발 추진 - 최근 연구동향을 파악하여 선진기술을 학습하고 개선하여 관련기술 확보	
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- IOT기반 실시간 하천 및 해역 모니터링 분석 시스템 - 특허, 신기술, 논문 등의 지적 재산권
	활용방안	- 하천 및 하구역 관리 실무에 활용 - 드론 활용 및 빅데이터 분석기술 등의 신기술을 관련분야에 전파

<table>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td><td>600</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>80</td><td>120</td><td>140</td><td>140</td><td>120</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>480</td><td>720</td><td>840</td><td>840</td><td>720</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,000</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">600</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">12명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 드론은 4차 산업시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 드론 등 RS기법의 하굿둑 주변 기수역 모니터링 기술 개발을 통해 효율적이며 포괄적인 모니터링 및 분석 결과를 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있음
- 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 여론 및 요구에 대한 대응 가능</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 드론 영상과 같은 RS 기법을 발전시켜 기수역 모니터링에 안정적인 모니터링 결과 제시 가능
- 기수역에 적합한 드론 및 영상분석 기술의 개발은 시간/공간의 해상도가 높은 결과의 도출이 가능하여 포괄적인 관리를 가능하게 함
- 장기적으로 빅데이터 및 AI를 활용하기 위한 다양한 데이터의 확보가 가능하여 모니터링 및 분석 개발 후 4차 산업 연계 연구에 활용성이 높음
- 수리구조물과 연계된 하굿둑 모니터링은 IoT, BIM등을 결합한 종합적 분석 시스템에 매우 필요한 기술이며 국내외 건설분야의 미래기술로서 주목받을 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여
- 하굿둑에 관한 정밀하고 포괄적인 모니터링 및 분석 자료를 기반으로 기수역 관리 및 하굿둑 운영에 적용이 가능
- 하구역 감시 및 방재에 적용이 가능하여 새로운 사업 발굴 및 자연재해에 대한 선 대응이 가능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">후보과제 16</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="6">기수역 염분 공간분포 계측기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="6">- USV(Unmanned Surface Vehicle)를 이용한 100 m × 100 m 해상도 수평 2차원 염분 공간분포 확보기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="6">- 국외에서는 1990년대 이후 해양분야를 중심으로 USV 연구개발이 지속적으로 추진되었으며, 국내에서도 해양조사 및 정찰 등을 중심으로 한 USV가 개발
- 국내 USV 개발은 선박해양플랜트연구소 및 국방과학연구소에서 해양방위용으로 개발되고 있으며, 2019년에는 해양방위를 위해 개발된 전장 8 m, 무게 3 ton의 USV가 공개
- 수질관측을 위해 하천변 또는 교각에 설치된 구조물에 고정된 센서로부터 계측된 자료를 이용하고 있기 때문에 수질인자의 공간적 변화 계측이 어려운 상황</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="6">- 기 개발된 USV를 하천조사용으로 소형·경량화하여 수질 공간분포 모니터링을 위한 플랫폼으로 활용 가능
- ADCP, CTD 등 기존 상용 흐름·수질 계측 센서를 USV에 탑재하여 흐름과 수질을 동시 측정
- ‘첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화’ 연구단에서 개발한 R2V2의 개량을 통해 기수역 수질 및 흐름 측정이 가능한 플랫폼으로 개선</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="6">- 정부의 하굿둑 개방 정책에 따라 하굿둑 개방이 단계적으로 시행될 예정이나, 하굿둑 수문운영의 기초가 되는 염분 모니터링 자료 취득 미흡
- 현재 운영 중인 수질관측소는 고정식으로 운영하여 상류 염수침투 거리를 모니터링하기 위한 수단으로 활용이 어려움
- 3차원 수리모형을 활용한 염분의 공간분포를 예측할 수 있으나, 모형의 검증을 위한 관측자료의 확보가 어려움</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="6">■ 염분 공간분포 측정을 위한 이동형 계측 플랫폼 구축
- 군집 모니터링·측정자료 전송 임무 수행을 위한 통신 네트워크 및 스마트윈치 탑재 USV 플랫폼 구축
- USV 활용 운행경로 지정-측점고정-연직측정의 임무 시나리오 수행을 위한 운영 SW 개발
■ 염분 공간분포 측정 최적 시나리오 개발
- 염분 공간분포 계측 오차를 최소화하기 위한 최적 측선 및 측점 간격 선정
- 염분 공간분포 제공을 위한 이동형 계측 장비 최적 운영 시나리오 개발
■ 점 단위 염분분포 측정결과의 공간보간 SW 개발
- 측점자료에 기반한 연직 2차원 염분 공간분포 및 수심 별 수평 2차원(100 m x 100 m 해상도) 염분 공간분포 보간 SW 개발
- 염분 공간분포 가시화를 위한 하구역 GIS 연계 활용</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="6">- 하굿둑 개방에 따른 염수침투에 대한 모니터링 자료 보완 및 향후 지속적 모니터링을 위해 염분 공간분포 측정기술 개발 필요
- USV를 이용한 하천 흐름, 수질 분포 모니터링
- 수질 모니터링 DB 구축을 통해 하굿둑 운영 의사결정 프로세스의 정확도 향상 가능</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="6">- USV 개발 기술을 보유한 관련 기업을 중심으로 USV 하드웨어 및 운영 SW 개발
- 학·연을 중심으로 효율적 염분분포 계측을 위한 USV 임무시나리오 및 염분 측정결과의 공간보간 SW 개발
- 국토부, 환경부 등 유관기관 협력을 통한 염분공간분포 계측기술 검증 및 실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">- 염분 공간분포 측정을 위한 이동형 계측 플랫폼
- 이동형 계측 플랫폼 최적 운영 시나리오 및 염분 공간분포 보간 SW</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">- 하굿둑 개방에 따른 기수역 변화 상시 모니터링 플랫폼으로 활용
- 기수역 공간변화 예측결과의 검증 및 보완을 위한 기초자료 확보 방안으로써 활용 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>600</td><td>900</td><td>600</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>200</td><td>300</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>400</td><td>800</td><td>1,200</td><td>800</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,700</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">900</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">30명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,600</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- USV 기반의 이동형 계측 플랫폼 개발 관련 민간분야 산업 성장 가능 - 하구 흐름, 수질 모니터링 자료 취득으로 시뮬레이션, 데이터 기반 모델의 예측 정확도 향상에 기여하여 안정적 기수역 확보 가능 - 원격 제어가 가능한 USV를 활용한 수질 공간분포 데이터 취득기술 도입으로 동일 시간·비용 대비 효율성 향상
	기술적 기대효과	- 하굿둑 개방에 의한 상류 염수침투 거리 상한선 설정을 위한 기초자료 취득 가능 - 하굿둑 수문운영 방식과 염수침투 거리의 상관관계 분석을 위한 빅데이터 구축이 가능하며, 하굿둑 운영 매뉴얼 작성 기초자료로서 활용
	정책적 기대효과	- 하굿둑 상시개방을 위한 하굿둑 운영 매뉴얼의 기술적 안정성 확보 가능 - 하굿둑 개방 이후 기수역 수질 및 흐름변화의 지속적 모니터링을 통해 하굿둑 개방의 환경적·경제적 효과 검토 가능

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 17</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">하굿둑 수층별 모니터링 정보 통합관리시스템 구축 및 활용기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 하굿둑 자율운영을 위하여 내염분성 및 자동세정 기능 다항목 센서 기반 수층별 모니터링 정보 통합관리시스템 구축 및 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 수질오염사고 예방과 신속한 대처를 통해 최적으로 수질관리를 하고, 정책품질을 제고하고자 2004년 시·도별 수질원격자동감시체계(TMS : Tele-Monitoring System) 구축 및 운영
- 미국의 REON(River & Estuary Observatory Networks) 프로젝트에서 자율 로보틱 프로파일러에 의해 하천을 움직이며 분 단위로 수량 및 수질정보를 획득하는 센서 어레이를 구동시켜 각종 데이터를 수집한 후 분산 컴퓨팅 네트워크로 구현
- 유럽(EU)의 Water Resources Management Information System인 WaterWare는 수지원관리를 위한 통합 정보의사결정시스템으로 영국의 Thames강, 멕시코의 Lerma-Chapala 유역, 팔레스타인의 West Bank and Gaza, 말레이시아의 Kelantan강, 중국의 양쯔강에 적용되면서 개발하고 있음. 일본은 직접투입방식 616개소, 채수방식 453개소의 수질자동관측소를 설치하여 운영하고 있음.</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 하굿둑 자율운영 통합관제센터 운영 지원
- 수층별 감시체계 구축을 통한 통합관리체계 지원
- 적정 수층 결정기법 도출, 수층별 계절별 예·경보 시스템으로 하굿둑의 체계적 관리체계 구축</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 수층별 하굿둑 환경 변화 요인 분석을 위한 염분, 수질 및 대기 분석항목 도출
- 수층별 염분, 수질 및 대기 감시시스템 구축 및 운영 기술 필요
- 하굿둑 환경 변화에 따른 예보 발생, 경보 발생 조건 도출 필요
- 하굿둑 자율운영을 위한 예•경보 발생 조건 도출 필요</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">하굿둑 자율운영을 위한 수층별 모니터링 정보 통합관리시스템 구축 및 활용기술 개발
- 내염분성 및 자동세정 기능 다항목 센서 기반 수층별 모니터링 기법 개발
- 하굿둑 수층별 모니터링시스템 구축기술 개발
- 하굿둑 수층별 모니터링데이터 통합관리 및 시스템 구축기술 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 통합관리시스템을 구축하여 안전성 및 안정성을 확보하기 위해서는 통합관리체계를 구축하여 운영하여야 함
- 따라서 수층별 모니터링 정보를 토대로 통합관리체계 운영을 위한 로직 개발과 예경보 체계 구축을 위한 알고리즘 기술 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 주관연구기관에서 모니터링 및 예경보시스템 종합관리를 개발하고 공동연구기관에서 수계별 하굿둑 수층 모니터링시스템을 구축하여 정보 창출을 위한 기반을 구축
- 위탁연구기관에서 수계별 모니터링 메타 데이터를 분석하여 하굿둑 예경보 로직을 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 99% 계측신뢰도 수분 수질 일체형 다항목 센서
- 하굿둑 수층별 염분, 수질 모니터링시스템 설계 및 제작기술
- 하굿둑 자율운영을 위한 예•경보 통합운영관리 기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하굿둑 자율운영 통합관제 센터 운영 지원 및 하굿둑 수질기반 생태계 관리 지원</td></tr>
<tr><td rowspan="7">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>500</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>4,000</td><td>4,000</td><td>4,000</td><td>2,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">7,500</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">7,500</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">15,000</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">30명</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑 통합 물 관리사업의 핵심 분야이자 규모가 가장 큰 사업 모듈의 핵심 기술로 우선협상대상자 지위 획득(전체 규모 중 56%에 해당하는 6조2000억원 규모)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑 수생태 및 수환경 수층별 프로파일링 시스템 기술 개발
- 네트워크 센싱 기반의 하굿둑 수환경 모니터링 시스템 개발에 의한 기술 우위 점유</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 예·경보를 통한 하굿둑 전후단 등 정체수역 모니터링 및 수환경 변화 대응 체계 구축</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 18</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">조석 영향 구간에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 조석 영향을 받아 양방향 흐름이 발생하는 하천에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 개발하여 조석영향 하천에 실제 적용</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 양방향 흐름이 발생하는 조석 영향 하천구간에 초음파를 이용하여 유속·유량을 모니터링 하는 기술이 전 세계적으로 활발하게 연구 중이나, 국내의 경우 관련 연구가 거의 없는 실정
- 유사량 모니터링의 경우 전통적으로 채수 후 농도 및 입도를 분석하는 기술이 사용되고 있으나, 최근 선진국을 중심으로 광학, 초음파, 레이저 등 대리변수를 이용한 유사농도 또는 입도를 모니터링 기술이 개발되고 있으나 기수역에서의 적용성은 검증이 필요</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 기존 초음파를 활용한 유속·유량 측정기술을 바탕으로 조석 영향 구간에서 염분 농도 변화, 유사입경 특성 등을 반영하여 양방향 흐름 조건에서 유속·유량 모니터링 기술로 확장
- 광학, 초음파, 레이저 등 기술을 유사량 측정기술을 조석구간 유사량 모니터링에 적용하여 적용성을 평가하고, 적용기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 하굿둑 등 수리시설물 운영 및 기수역 하천환경 관리 등을 위해서는 연속적인 유속·유량·유사량의 정교한 모니터링이 필수이나, 기존 모니터링 기술은 일반 하천을 중심으로 개발
- 조석 영향구간의 양방향 흐름조건, 염분농도의 변화, 점착성 유사 함유 등의 특성으로 기존 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 직접 조석영향 구간에 적용하기는 곤란
- 최근 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용하여 일반하천에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술이 개발되고 있으나, 조석 영향 구간의 특수성을 고려한 적용기술 개발 및 적용성 평가가 필요</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 기수역에서 양방향 유속 및 유량 측정기술 개발
· 염분농도가 변화하고, 점착성 유사를 함유한 기수역에서 유속·유량 측정 기술
· 양방향 흐름이 발생하는 기수역에서 연속 유속·유량자료 생산 기술
- 양방향 흐름조건에서 유사량 모니터링 기술 개발
· 기수역 점착성 유사에 대한 측정 및 분석기술 개발
· 양방향 흐름 조건에서 유사량 모니터링 기술 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 통합물관리의 새로운 시대를 맞이하여 강의 자연성 회복의 일환으로 추진 중에 있는 기수역의 재조성 및 기수역의 체계적인 관리를 위해서는 연속적이고 정교한 유속·유량·유사량의 모니터링이 필수
- 유속·유량·유사량 모니터링은 국가의 하천 및 수자원관리를 위한 기초자료를 생산하는 수문조사의 일환으로 정부 지원이 필수</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 하굿둑 운영을 통한 기수역 재조성 하천에 직접 적용을 통한 적용기술 확보
- 초음파, 광학, 레이저 기술을 응용한 하천 모니터링 기술은 전 세계적으로 연구 초기단계에 있는 기술로 국·내외 전문가의 협력을 통한 기술 확보
- 조석 영향 구간의 양방향 흐름 조건에서 모니터링 기술은 센서 개발·운용 등과 긴밀한 연관이 있는 바, 관련 업계와 긴밀한 협력을 통한 기술 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 조석 영향 구간에 적용 가능한 유속·유량·유사량 모니터링 시스템
- 조석 영향 구간의 유속·유량·유사량 모니터링 지침 및 매뉴얼
- 특허, 신기술, 논문 등 지적재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역 관련 국가 수문조사 실무에 직접 활용
- 하천환경 모니터링 및 하굿둑 운영 관련 실무자, 설계자 및 관련 업계 활용
- 국·내외 강 하구 및 하천 모니터링 사업으로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td><td>500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,500</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">10명</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 조석영향 구간에서 유속·유량·유사량 모니터링 기술 개발로 기수역 재조성을 포함한 하천의 자연성 회복을 위한 하굿둑의 운영 등 의사결정의 기초자료 제공 - 기수역의 생태계 변화 등 관련 지표와 수리·수문 인자와의 연관성 확보 가능하여 불필요한 사회적 논란 감소 - 최근 전 세계적으로 하구역에 대한 관심이 증대되고 있는 상황으로 선제적인 하구역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술 확보·보급으로 국가 위상 제고
	기술적 기대효과	- 전 세계적으로 개발 초기 단계에 있는 광학, 초음파, 레이저를 이용한 기수역의 유속·유량·유사량 모니터링 기술을 개발하여 세계적인 기술 수준 확보 - 광학·초음파·레이저를 이용한 유속·유량·유사량 모니터링 기술은 강 하구를 포함하여 하천 모니터링 분야로 확장 가능하여, 전반적인 수문조사 기술 수준 제고 - 광학·초음파·레이저 센서의 적용기술 확보로 우리나라 취약분야인 센서 기술 개발 기반 조성
	정책적 기대효과	- 전통적인 방법에 의존하고 있는 국가 수문조사 사업의 첨단화가 가능하여 인력 및 재정적인 효율성 확보 가능 - 기수역의 모니터링 기술 확보로 통합물관리 일환인 강의 재자연화 정책 추진에 기여하고, 기존 열린 하구역의 기수역의 보존 정책 수립에 기여

후보과제 19		
과제명	**최적 기수역 염분 측정망 배치 기술 개발**	
연구개발 목표	- 기수역에서 염분 센서 배치에 따른 하천 염해 발생 감지 성능을 모의함으로써 센서 수에 따라 센서의 공간적 배치를 최적화하고, 염해 발생 감지의 정확도와 경제성을 고려한 파레토 최적(Pareto optimal) 솔루션 제시	
기술개발 및 산업/시장 동향	- 최근 낙동강, 섬진강 등 기수역에 인접한 하류에서의 염해 원인을 규명하여 수생태계를 복원하고 지속 가능한 물 이용체계를 마련하기 위한 연구가 추진되고 있음 - 첨단 기술의 발전으로 여러 가지 시나리오에 기반한 모의가 가능하여, 빅데이터에 기반한 다목적 파레토 최적화 기술 적용의 필요성이 높아지고 있음 - 염분 측정망 최적화 기술은 기수역에서 염분 센서를 공간적으로 적절히 배치할 수 있는 후보군을 분류하고, 이들 중 염해 발생 감지의 정확도와 경제성을 고려한 다항의 목적함수로 구축하여 이를 최적화하는 기술로서 사용자가 직면한 문제에 대한 정보를 추출하고 최종 솔루션을 선택할 때 더 나은 의사결정을 내릴 수 있는 최적해들의 집합체인 파레토 최적 솔루션을 제시할 수 있음	
기존기술 활용방안	- 실시간, 온라인 염분 센서의 신뢰성이 확보되었음을 전제로 하천 및 해역에서의 실시간, 온라인 염분 센서 장비 개발기술과 접목할 수 있음 - 기수역에서의 염해 발생 및 미발생 시나리오 모의를 기반으로 기수역에서의 염분 이동 모의 기술과 연계한 통합 시스템을 구축할 수 있음	
기술개발 필요성	- 하천 염해 발생 우려 시 신속한 대처가 이루어지기 위해서는 기수역에서 적절한 염분 측정망을 구성하여 염분 이동에 대한 정확한 정보를 전달하여 염해 발생 상황을 빠짐없이 감지할 뿐만 아니라(False Negative 최소화), 잘못된 염해 발생 경보를 최소화(False Positive 최소화)할 필요가 있음 - 센서 및 그 유지관리 비용을 고려하였을 때 동일한 정확도에서 센서의 수를 최소화하는 배치기술이 요구되며, 각종 이해 당사자들이 원할한 의사결정을 하기 위한 지원 모듈을 개발하여 염해 발생을 감지할 수 있는 솔루션 제공이 필요함 - 본 연구에서는 기수역에서의 염분도 변화를 효과적으로 모니터링하고 염해 발생의 원인 및 대책을 마련할 수 있는 대응 기술임	
주요연구 개발내용	- 기수역에서 하천 염해 발생 및 미발생 시나리오 모의 - 염분 센서 배치에 따른 하천 염해 발생 시나리오의 감지 성능 모의 - 염해 발생 감지 정확도의 평가인자 개발 - 평가인자를 활용한 센서 수 별 센서 공간적 배치 최적화 기술 개발 - 염해 발생 감지 정확도 및 경제성 등을 고려한 파레토 최적 솔루션 도출방안 개발	
정부지원의 타당성	- 제4차 국가환경종합계획(2016-2035)의 연안·해양생태계 관리 강화에 '하구언 복원'이 포함되어, 중앙정부 차원에서 섬진강하구 등지에서 염해 방지를 위한 조사 연구가 추진되는 등 국가적 관심이 증대되고 있음. - 염해 발생 감지 기술은 상류의 방류량과 기수역의 조석 변동 등과 같이 다양한 외력에 따라 시·공간적으로 민감하게 반응하기 때문에, 정확한 염해 감지를 위한 염분 측정망 구성의 파레토 최적 솔루션을 제공하여 의사결정에 직접적으로 활용할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있음.	
기술확보 전략	- 염해로 인한 피해 발생 사례를 면밀히 조사·분석하여, 염해 발생 시 고려되어야 할 특성들이 반영된 시나리오를 선정하고자 함. - 국내·외 최적화 기술개발 현황 및 연구 동향을 조사·분석하여, 염해 감지 측정망의 신뢰성을 확보할 수 있는 신개념 최적화 기술 체계를 개발하고자 함.	
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	시나리오 기반 염분 측정망 최적화 모듈 특허, 공공기반기술, 논문 등 지적 재산권

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 국내 주요 권역별 기수역에 가적용하여, 염해 발생 형태가 지역적 특성을 가진 영역에서의 적용성 여부 검토
- 기 구축된 측정망과의 비교·분석을 통한 본 연구의 기술적 타당성 확보 및 관련 실무관계자에게 전파</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발 과제의 규모 (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">-</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">8명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및 파급효과</td><td colspan="2">경제사회적 기대효과</td><td colspan="5">- 염해 발생 경보의 정확성과 측정망 구축의 경제성을 고려한 파레토 최적 솔루션을 제공함으로써 의사결정자가 예산 등을 고려하여 최종적으로 염분 측정망 구축계획 수립을 할 수 있는 과학적 근거 제공</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적 기대효과</td><td colspan="5">- 정확성과 경제성을 고려한 다목적함수를 유전 알고리즘(Genetic Algorithm) 혹은 모의 담금질(Simulated Annealing) 등 휴리스틱 최적화 기법을 활용하여 하천 염해 발생에 대한 신뢰성 있는 감지 및 경보 기술 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적 기대효과</td><td colspan="5">- 염해 감시를 위한 염분 관측망 설계 기준이 표준화되어 있지 않아 기 구축된 관측망에 대한 과학적 근거가 부족한 실정이므로, 염해 발생의 원인 및 대책을 마련할 수 있는 구조적으로 일체화된 기술적 가이드라인 제시</td></tr>
</table>

후보과제 20		
과제명	**하굿둑 주변 생태계 모니터링 및 적응관리 고도화 기술 개발**	
연구개발 목표	- 하굿둑으로 단절된 기수역 생태계 (Estuarine Ecosystem)의 물리·화학적 특성과 연계된 생물적 특성의 모니터링 고도화 기술의 개발 및 이들 기술의 실제적 적용을 통한 생태적 적응관리의 표준화된 기법의 정립	
기술개발 및 산업/시장 동향	- 기수역 생태계의 구성요인과 구조에 대한 조사분석 및 모니터링 방법은 일반화되어 있으나 하굿둑 등 수리구조물과 연계된 모니터링 및 적응관리기법은 표준화 및 상용화되어있지 못한 상태임 - 선진국을 중심으로 자국의 특성에 적합한 UAV 등 고해상도 영상 및 첨단기술과 연계된 공간지리정보(GIS)의 구축과 활용을 통한 과학적이고 체계적인 모니터링·평가 및 적응관리 기술이 개발·적용되고 있는 추세임	
기존기술 활용방안	- UAV 기반의 하천환경지도 작성방법의 고도화 및 이동성 중요 생물종의 추적장치 및 무인 센서 활용기술의 적용성 검토 및 활용 - 위성영상, 드론 촬영과 GPS측량을 통하여 대상지의 정확한 지형정보 획득 - GIS와 통계적 식생분포모델을 이용하여 하굿둑 식생 모니터링 및 분류 시스템 구축 - 실시간 자동수질측정시스템을 이용한 상시모니터링 시스템을 구축하여 수질오염 및 환경요인 변화로 인한 수질 오염원의 경로파악 및 어류폐사의 예방에 활용	
기술개발 필요성	- 하굿둑으로 단절된 기술역 생태계의 표준화된 모니터링·평가를 위한 고도화 기술 및 이에 따른 복원 등 생태적 적응관리기법의 부재로 환경영향평가 등 국가 환경관리의 비효율성 상존 - UAV & ICT 등 첨단 기술의 접목을 통한 과학적이고 표준화된 기술의 개발로 관련 국내외 시장의 수요기반 확대 및 일자리 창출 - 수질오염 지표 어종 및 멸종위기 어종의 상시 모니터링 기술과 같은 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성공여부를 판단하거나 예측할 수 있는 기술개발이 필요	
주요연구 개발내용	- 기수역 생태계의 물리·화학적 특성과 연계된 생물적 특성 모니터링 기술의 고도화 - 기수역 생태계의 자연성 진단·평가의 통합 생물지수 및 이동성 중요 생물종의 정밀 계측·관리기술의 개발 - UAV & GIS 활용 공간정보화 구축 및 이들 정보기반의 생태적 적응관리 표준화 기법 개발 - 하굿둑 고해상도 위성영상 및 드론 정밀 촬영 영상과 촬영시 환경 요인에 대한 DB구축 - 식생 분포 변화 예측모델 및 AI 분류 시스템 구축 - E-DNA 생물 분포 패턴 분석 및 생물이동성 분석 첨단기술개발 하굿둑 주변 수질 및 수생태계 상시 모니터링 기술 개발	
정부지원의 타당성	- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재 조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 기수역의 생물적, 물리적 환경의 모니터링 고도화 및 관리기술이 필요 - 첨단기술과 연계된 과학적이고 체계화된 국가 환경관리시스템 구축의 원천기술 확보 - 원격탐사를 통한 생물 모니터링 시스템을 구축하고 하굿둑 운영에 따른 생물 분포 변화를 예측하는 기술이 필요함	
기술확보 전략	- 국내외 관련 기관 및 전문가의 학술활동 및 정보 교류협력 등을 통한 관련 기술의 학술적 적합성 확보 - 관련 기술을 보유하고 있는 민간 기업과의 산학협력 등을 통한 기술의 상용성 제고	
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 하굿둑 주변 생물적 모니터링 및 적응관리의 고도화 기술 - 식생 영상 DB 및 AI를 통한 식생 분류 시스템 - 특허, 신기술, 논문 등 지적 재산권
	활용방안	- 기수역을 재조성하는 하굿둑 현황 파악에 활용 - 관련 법제도적 기준의 반영 - 관련 실무자 및 엔지니어, 관련 업계의 기술 전파

<table>
<tr><td rowspan="7">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td><td>500</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>550</td><td>700</td><td>800</td><td>800</td><td>550</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,000</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 미래 첨단기술의 접목을 통한 국가환경관리의 원천기술 확보로 관련 국내외 시장수요기반의 창출
- 과학적이고 정밀화된 기술의 확보로 환경영향평가 등 불필요한 사회경제적 갈등과 고비용·고효율의 저감</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑 수리 구조물 운영의 효율화 및 물리·화학적 특성과 연계된 생물적 특성의 통합적이고 고도화 평가기술의 개발로 관련 분야의 원천기술 확보 및 시장의 선점
- 관련 실무자 및 엔지니어, 산업체의 표준화된 기준과 원천기술의 보급 등으로 업무 효율성 제고 및 신기술 개발 촉진
- 생태계 상시 모니터링 기술 개발로 수생태계의 오염 또는 연안하구 복원사업의 성과를 평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 관련 법제도 기준의 제·개정을 통한 정책 추진의 안정성 및 신뢰성 제고
- 하굿둑 재자연화 등 체계적인 국가환경관리 기반의 구축 및 활성화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 21</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">하구 지역 고정밀 지하수 모니터링 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 검정 오차 20% 이내의 관측 자료 기반의 하구 지역의 3차원 지하수 흐름 및 염분 분포 관측 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 제한된 개수의 지하수 관측정으로 지하수 흐름 및 해수침투 현황 파악에 한계가 있음
- 다양한 지구물리 기반의 방법들이 개발되고 사용되고 있으나 신뢰도가 높지 않음
- 지하수 자원에 대한 수요가 증가할 것으로 예상됨에 따라, 고정밀 지하수 모니터링 기술에 대한 수요 또한 증가할 것으로 예상됨</td></tr>
<tr><td>기존기술 활용방안</td><td colspan="7">- 기존의 해수침투 관측정 자료를 기술 검증 및 적용에 활용할 수 있음.
- 기존의 지구 물리탐사 방법을 benchmark 기술로 활용</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="7">- 하구 지역 지하수 염분 관리를 위한 지하수 해수침투 수치해석 모델링 결과의 검증에 현장 관측 자료가 필수 요소임
- 대 하천 하부 대수층의 염분 모니터링이 불가능함
- 현재 모니터링 기술 수준에서 하구 지하수의 흐름 및 염분 농도를 정확하게 파악하려면 많은 개수의 관측정이 필요하여 막대한 비용이 수반되므로 경제적 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 하천과 대수층 사이의 경계로 작용하는 하상 투수성의 정확한 평가
- 관측자료 기반의 고 정확도 3차원 지하수 흐름 및 염분 분포 평가 기법 개발
- 지하수 물리탐사 기법의 정확도 제고 및 해석 방법 개발
- 지하수 흐름 및 염분 관측 장치 개발
- 시험 현장 설치 및 운영
- 하굿둑 운영과 지하수 염분 분포 사이의 상관관계 도출 방법 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 하구 지하수 고정밀 관측 기술은 공공재인 지하수 관리에 필수 기술이므로 정부가 지원함이 타당함
- 정부 정책으로 추진되는 하굿둑 개방 등으로 변하는 하구의 지하수 환경에 대한 정부의 책임이 있음
- 기후 변화로 큰 영향을 받는 해안 지하수에 대한 연구는 정부의 업무에 속함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- USGS 등 선진 기관 및 연구자와 공동 연구
- 시험 현장을 이용한 현장 중심의 실용적 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 하굿둑 운영에 따른 지하수 흐름 및 염분 평가 매뉴얼
- 관측정 개발 방법 및 관측 장치</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 국토부, 농림부, 환경부, 지자체, 관련 기업</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발 과제의 규모 (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>400</td><td>650</td><td>650</td><td>650</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2100</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">650</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2750</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및 파급효과</td><td colspan="2">경제사회적 기대효과</td><td colspan="5">- 해안 지역 지하수 모니터링 기술은 선진국에서도 발전 중인 기술로 장치 개발 연구가 성공하면 국내외 많은 수요가 예상됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적 기대효과</td><td colspan="5">- 기존에 설치된 많은 관측정에서 생산되는 관측 자료의 재해석을 통한 관측정 가치 제고
- 고 정밀 지하수 모니터링 기술이 확보될 경우, 설계기술을 포함한 여러 가지 관련 기술의 향상이 기대됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적 기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑 운영에 활용
- 기후변화에 동반되는 해수면 상승에 대한 해안 지역 지하수 관리 정책에 활용
- 수자원 관리에서의 불확실성 극복</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 22</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">하구 지역 지하수 염분침투 모델링 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 현장에서 관측되는 얇은 두께의 담수-염수 천이대를 1% 와 99% 수치 염분 농도로 재현할 수 있는 지하수 해수침투 수치해석 기술 개발
- 실험실 3차원 모래상자 실험 결과 검보정 오차 15% 이내의 기술 검증</td></tr>
<tr><td>기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 정확도의 한계에도 불구하고 두 세 개의 수치해석모델 (SEAWAT, SUTRA 등)이 시장 점유
- 하구 지역 염분침투 연구분야는 인구증가, 기후변화 등에 의해 전 세계적으로 주목받고 있는 분야일 뿐만 아니라, 최근 국내 하굿둑 개방과 그로 인한 하천의 기수역 확대에 따른 지하수 염분 농도 증가에 대한 우려가 심화되고 있음
- 대부분의 실험실 모래상자 실험은 연직 단면 2차원으로 국한되어 있음.</td></tr>
<tr><td>기존기술 활용방안</td><td colspan="7">- 시장을 지배하고 있는 선진국의 수치해석모델을 benchmark 대상으로 활용
- 기존 특허 등의 기술을 활용하여 실험실 3차원 수리모형 실험 결과 측정</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="7">- 하천 기수대와 지하수 염분 쐐기의 시간 scale 차이로 인한 모델링의 어려움
- 기존 분산 수치 모델의 한계 극복 (해수 염도 대비 음용수 기준은 1 % 정도임에도 대부분의 해수침투 연구 결과는 5 %를 담수-염수 천이대의 하한 농도로 제시하고 있음. 이는 1% 염분농도로 도출된 천이대가 현장 조건을 재현하지 못하고 있기 때문임. 따라서 1%-99% 수치 염분 농도로 실제 현상에서 관측되는 천이대를 재현할 수 있는 새로운 수치해석방법의 개발이 필요함
- 비현실적으로 조밀한 시공간 격자를 사용해도 현장에서 빈번하게 관측되는 얇은 두께의 천이대 재현이 불가능하며 이에 따라 분산 수치모델의 적용이 아주 적은 면적의 영역으로 국한됨</td></tr>
<tr><td>주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 얇은 두께의 천이대 재현이 가능한 새로운 수치해석 기법 개발
- 이류가 지배적인 쌍곡선 형 문제를 위한 고 정확도 수치기법 개발
- 실험실 3차원 수리모형 염분침투 실험을 이용한 수치모델의 검증
- 하굿둑 개방과 조위의 영향으로 수축과 확장을 반복하는 하천 기수역의 경계조건 처리 기법 개발
- 시간 단위의 하천 기수대와 주간-월간 단위의 지하수 염수쐐기 상호 작용에 대한 모델 개발
- 광역 유역에 대한 고 정확도 3차원 지하수 염분 모델링</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 하굿둑 개방으로 하천 인근의 지하수 염분 농도 증가로 인한 농작물 및 지하 구조물에 대한 피해가 우려되고 있음
- 해안 지역의 지하 공간의 경제적 가치가 높아지고 있음. 공공재인 지하수 수자원에 대한 보존의 책무는 정부에 있음</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- SWIM, APCAMM 등의 지하수 해수침투 전문학회 참여 해외 석학과 공동연구
- 관련분야 국내외 신진 연구 인력을 박사후 연구원으로 활용
- 국내외 지하수 해수침투 현장 시험 결과를 활용
- 거대 행렬식의 병렬 수치 해석방법을 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 고 정밀 3차원 지하수 염분 수치해석 기법 및 수치해석모델
- 담수-염수 실험실 수리모형 및 계측 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하굿둑이 설치되지 않은 하구 지역의 지하수 관리에 활용
- 기후변화 대응을 위한 국내외 해안 지역 지하수 관리에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발 과제의 규모 (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>300</td><td>350</td><td>350</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>300</td><td>350</td><td>350</td><td>200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1400</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1400</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">7 명</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및 파급효과</td><td colspan="2">경제사회적 기대효과</td><td colspan="5">- 하구 지역의 지하수 자원 관리에 포함된 불확실성 해소가 가능함
- 해안 지역의 지하수 개발, 관리, 보존에 기여할 수 있음
- 기후 변화로 인한 국내외 도서 지방/국가의 지하수 자원 관리에 기여할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적 기대효과</td><td colspan="5">- 지하수 해수침투 현상에 대한 고정밀 수치해석 방법 개발은 기초 분야의 연구로 많은 응용 분야에 기여할 수 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적 기대효과</td><td colspan="5">- 하구 지역의 지하수 염분 농도 증가로 인한 농업 및 지하 구조물의 피해 범위를 높은 신뢰도로 산정할 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 23</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">기수역 대하천의 수리 특성에 따른 지형변화 예측 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 조류와 하구부 지형의 연계에 따른 유사 거동의 특이점 제시 및 지형변화 예측</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 수리모형실험 및 수치해석은 실험의 반복성과 재현성, 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다는 측면에서 널리 이용되는 방법으로, 유사 거동에 따른 지형변화를 사전에 검토해 볼 수 있음
- 반복적인 수리모형실험 및 수치해석을 수행하여 발생 가능한 다양한 상황에 대한 예측과 고품질의 빅데이터 축적이 가능</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 흐름 및 유사 이동 모의 모형을 활용하고, 수리모형실험을 통해 취득한 실험치를 이용하여 우리나라의 기수역 대하천 지형특성에 따른 유사거동 특성을 적절하게 반영한 모형을 구축</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 기수역 대하천의 지형 특성에 따라 유사의 거동이 육지 방향 또는 연안 방향으로 발생하는 것으로 생각되나, 현재까지 하천의 평면특성에 따른 조위와 유속 사이의 관계를 살펴본 연구사례가 국내에서는 발견되지 않음
- 지속적이고 친환경적인 기수역 관리를 위해서는 실제 기수역 대하천에서의 유사거동을 정확하게 해석하는 과정이 필수적으로 요구되는 만큼 기수역 대하천 지형특성에 따른 유사 거동특성을 검토하는 작업이 필요함</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 하굿둑 운영방식 변경에 따른 기수역과 연안 지역에서의 유사의 이동 방향 예측
- 흐름과 유사의 상호작용에 따른 지형변화 예측</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 정부의 환경복원 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 지속적이고 친환경적으로 관리하기 위해서는 복잡한 실제 하천의 거동을 정확하게 해석하는 것이 필수적임
- 따라서 기수역 부근에서 흔히 발견되는 점착성 유사의 특성까지 고려할 수 있는 수치모형을 구축하고, 수리모형실험을 이용하여 우리나라의 기수역 대하천 형태에 따른 유사의 거동을 예측하는 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 기수역 유사 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행
- 수리모형 실험 시설을 보유한 기관을 활용하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 기수역의 유사 이동 특성 규명 및 관리를 분석 기술 개발
- 대하천 기수역 특성예측
- 특허, 신기술, 논문 등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 고품질의 빅데이터 구축
- 기수역 대하천의 형태에 따른 유사의 거동 해석 및 평가에 활용
- 하천 및 하굿둑 운영 실무자 및 관련 업계에 신기술 전파</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>400</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>400</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1500</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 흐름과 유사의 상호작용에 따른 지형변화를 예측하여 하구역 공간의 지속적이고 환경적인 관리가 가능해져 유지관리 예산 절감
- 지형변화에 대한 이해를 바탕으로 하구역 정비 및 관리를 수행하며 나아가 국민의 삶의 질 향상에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 최고기술보유국과의 기술격차 단축
- 다양한 조건에서의 수치모의 결과를 바탕으로 구축된 고품질 빅데이터 결과를 제공함으로서 안정적인 AI 기반 하굿둑 자율운영에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 정부의 환경복원 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 24</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">하굿둑 운영에 따른 장기적 연안지역변화 예측 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 하굿둑의 운영으로 인한 연안류 패턴의 변화가 주변 연안지형의 장기적인 발달과정에 주는 영향을 파악하고 하구둑 방류유형과 주변 연안지형의 장기적 변화 관계를 파악</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- AI를 접목하기 위한 기술개발은 매우 다양한 분야에 걸쳐 시도되고 있음
- 이와 같은 방법은 근본적으로 다양한 정보와 발생 가능한 시나리오를 기반으로 하기 때문에 다양한 조건을 고려할수록 보다 정확한 AI 기반 시스템의 개발이 가능함
- 기후변화 및 대형구조물의 건설로 인한 환경 및 지형변화에 대한 관심이 매우 높아짐 (우리나라 동해 연안침식과 하구생태 및 이탈리아 베니스 등)
- 따라서 대규모의 개발로 인한 개발지 주변 국토의 지형변화에 대한 연구는 전세계적으로 꾸준히 진행되고 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- Wave~current interaction 모형과 sediment transport 모형을 활용하여 지형변화 모형 구축
- 연안지역의 흐름과 파랑을 고려하여 지형변화를 예측하는 이론을 활용하여 장기적인 지형분화 양상부분과 접목</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 국토의 안정적인 관리는 정부의 가장 중요한 의무 중 하나임
- 최근 들어 추진 중인 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 변경되는 하구둑 주변의 흐름변화로 인하여, 주변 지형변화가 필연적으로 동반될 것으로 예상됨
- 따라서 장기적인 관점에서의 국토관리와 미래에 발생가능한 인적·경제적 피해를 방지하기 위해서, 주변 연안지역의 장기적인 지형변화양상을 예측할 수 있는 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 하구둑과 같이 파랑과 흐름에 동시에 영향을 받는 수공구조물 주변 하상변동 예측 기술
- 하구둑 주변 연안지형의 장기적인 연안지형변화 예측 기술
- 하구둑 방류 유형에 따른 연안지형의 장기변동 관계</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 변경되는 하구둑 주변의 흐름변화로 인하여, 필연적으로 지형변화가 동반될 것으로 예상됨
- 따라서 장기적인 관점에서의 국토관리와 미래에 발생가능한 인적·경제적 피해를 방지하기 위해서, 주변 연안지역의 장기적인 지형변화양상을 예측할 수 있는 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 수공구조물 주변 하상변동 예측 기술은 관련 기술을 보유한 기관을 활용하여 수행
- 주변 연안지형의 장기적인 지형변화 관련 기술은 국제협력 등을 통하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 논문 및 보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하구둑 운영과 주변지역 국토관리에 활용
- 하구둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 기술 전파</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">6명</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">6명</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">총합계</td><td colspan="5">1,000</td></tr>
<tr><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 하구둑의 운영기술에 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하는 기술을 선도하여, 관련시장의 선점이 가능할 것으로 기대됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 국토를 관리함에 있어 안전과 생태 및 환경관리에 기본이 되는 장기적인 지형변화를 고려하며 하구둑을 운영하기 위한 기초적인 지식의 확보가 가능함
- 제안기술은 기존에 중시되던 수량과 염수침투와 더불어, 장기적인 지형의 변화를 접목하여 활용 할 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 25</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">통합적 하구역 관리를 위한 수계별 하구관리체계 구축 연구</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 수계별로 환경적 특성이 다른 하구역의 통합적 관리를 위한 수계별 하구관리체계를 구축함으로서 하구역 관리의 일원화를 비롯하여 하구역의 환경, 물이용, 농업, 기타 기수역의 효과적인 활용</td></tr>
<tr><td>기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 하구역은 수자원확보 및 농업이용을 주된 목적으로 하굿둑의 설치와 함께 주요 개발전략의 일환으로 운영되어 왔으나 최근 기수역의 적극적 활용 및 생태적 측면에서 하구역의 중요성이 부각됨
- 또한 하굿둑의 오랜 운영으로 인하여 나타나는 유속의 저하, 수질악화 및 오염물질의 축적 등으로 지금까지의 단방향 하굿둑의 운영방식에 문제가 제기되고 있음
- 미국, 네델란드 그리고 일본의 개방형 하굿둑의 모델의 안정적 운용을 벤치마킹하여 수계별로 효용을 극대화할 수 있는 하굿둑의 개발이 추진되고 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술 활용방안</td><td colspan="7">- 하구역 및 하굿둑과 관련된 법령은 부처별로 50여개의 법률이 혼재되어 적용되고 있어 이의 관리주체가 불분명하고 법적인 책임소재에 많은 부분에서 한계가 존재함
- 하굿둑은 댐 및 보와 연계할 수 있는 방안과 그렇지 못한 부분이 혼재되어 있지만 이를 효율적으로 관리할 수 있는 방안은 여전히 부재함</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="7">- 하굿둑의 개발, 하구역 및 기수역의 생태 모니터링 기술의 개발 등 과학기술적 측면의 연구가 계속해서 이루어지고 있지만 하굿둑을 포함한 하구역의 법적·정책적 분야에 대해서는 여전히 불모지의 상태가 계속되고 있음
- 일부 「하구관리법」의 제정 움직임 등이 있으나 여전히 하구역의 사회과학적 측면의 접근이 부족하여 이에 대한 축적된 연구가 필요함</td></tr>
<tr><td>주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 수계별 하구역의 특성 및 댐보와 연계한 하굿둑 운영방안 개발
- 통합수자원관리 차원의 하굿둑 운영기법 개발 및 다부처 참여방안 개발
- 통합적 하구역 관리에 따른 이해당사자 갈등관리방안의 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 하구역은 해수부와 환경부, 국토부, 농림부를 비롯하여 다수의 공공기관이 운용 및 관리에 참여하고 있어 공공부문의 역할이 강조될 수밖에 없음
- 다양한 이해당사자가 존재하며 갈등에 대한 사회적 손실을 경감시키는 역할이 가능함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 하천 및 해양 분야의 전문가 그룹의 연계와 융합이 중요하며, 특히 이미 개방형 하굿둑을 성공적으로 운용하고 있는 해외 전문가와의 협력이 필요함
- 기존 수역 및 해수역의 법제적 관리기술을 축적한 기관을 활용하고, 특히 수자원 이용의 특성을 충분히 파악하고 있는 전문가의 역할이 강조됨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 하굿둑 운영을 위한 법적 기반
- 관련 법령의 개정안</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하굿둑 운영방식의 변경에 따른 물이용 행정업무에 활용
- 이수, 치수 및 환경정책 결정과정에 의한 국가물관리정책에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발 과제의 규모 (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">8 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및 파급효과</td><td colspan="2">경제사회적 기대효과</td><td colspan="5">- 기수역은 환경을 비롯하여 각종 자원의 측면에서 향후 중요한 역할을 내재하고 있으나 전략적 고려가 충분하지 못한 채 개발중심의 이용으로 인하여 심각한 훼손이 우려되고 있음
- 2018년 다부처사업의 일환으로 낙동강 하구에 대한 연구용역 결과에 대한 정책적·제도적 대안을 제공</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적 기대효과</td><td colspan="5">- 하구 및 기수역과 관련된 50여개 개별 법률에 대한 법률적 해석의 통일성을 기하고, 신법 제정의 기반을 마련</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적 기대효과</td><td colspan="5">- 수질오염 및 물이용에 있어서 문제가 심각했던 지역에 대한 불안감을 해소하고, 특히 치수적 측면에서의 정책결정과정의 신속한 절차를 마련할 수 있음
- 관련 부처와의 공감대 형성 및 부처간 사각지대를 철폐하고 연대의식의 고취</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 26</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">빅데이터와 딥러닝 기반 하구둑 수문 운영 AI 의사결정지원시스템 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 빅데이터 기반 구축 및 딥러닝 기술 확보
- 하구둑 수문 자율 운영을 위한 의사결정지원시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 센서의 기술발전과 ICT 기술의 보급으로 대량의 측정 자료의 원격수집과 이를 통한 빅데이터가 축적되고 있음
- AI 기반 기술의 발전으로 여러 산업 분야에서 AI를 활용한 각종 어플리케이션 개발이 활발하고 특히 자율주행, 영상판독 등에 활발히 이용되고 있음
- 최근 농업용 물관리 등에 인공신경망 기술의 이용이 시도되고 있는 추세에 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 원격 측정 기술을 활용한 빅데이터 수집과 데이터베이스 기반 구축 기술
- LoRa 등 저전력 통신망과 원격센서망을 통합한 자료 수집
- 농업용저수지 인공신경망 기술을 하구둑 수문 운영 기술에 접목</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 국가관리의 하구둑은 2017년 109개 지구(경지면적 190,000ha, 2018 농업생산기반정비연보)에 이르고 있음.(154조, 288km, 229개소 배수갑문)
- 대부분 하구둑 배수갑문은 경험에 의해 운영되고 있으며, 대단위 지구는 예상치, 측정치, 지구의 모형에 의해 운영되고 있으나 침수, 가뭄, 염해의 문제가 발생하고 있음</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 하구둑 수문 운영 관련 자료 확보 및 빅데이터 기반 구축
- 하구둑 수문 운영을 위한 샐로우/딥 러닝 프로그램 개발
- 하구둑 수문 운영을 위한 기계학습자료 구축 및 학습
- 하구둑 수문 운영을 위한 AI 기반 의사결정지원시스템 구축</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 하구둑 109개 지구가 국가관리로 되고 있으며, 이중 대형 방조제(영산강, 금강, 삽교, 아산 등)는 국가재해관리시스템에 해당함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 본 연구는 기 개발되어 활용되고 있는 기술을 적용 통합하는 연구로서 현재 활용되고 있는 AI, 데이터베이스, 빅데이터 관련 연구 결과를 적용 통합할 것임
- 농공학 관련 대학, 한국농어촌공사 농어촌연구원, ICT 관련 업체에서 제안 과제 관련 연구 수행 경험이 있는 연구원을 확보할 수 있을 것임
- 기존의 AI 관련 기술 중, 기 개발된 저전력 통신망(LoRa 등)은 현재 서비스되고 있는 기술을 활용
- 의사결정기법은 최적화 기법과 의사결정지원을 위한 표출 기술을 적극 도입</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">빅데이터와 딥러닝 기반 하구둑 수문 운영 AI 의사결정지원시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">주요 하구둑(영산강, 금강)의 운영체계에 반영</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>20</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>30</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>220</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>330</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">200</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 홍수시 배수갑문의 효율적 운영에 따른 재해 발생 방지
- 용수수요와 유출량, 내외수위차, 감조 등을 고려한 배수갑문 운영으로 수자원 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 내외수위차, 유입량, 용수수요, 기상조건 등을 통합한 빅데이터 기반 구축 기술 확보될 수 있을 것임.
- 인공신경망 AI 개발을 빅데이터 구축과 활용이 절대적인 바, 본 연구를 통하여 빅데이터 연동 인공신경망 모형 개발 기술이 확보될 수 있을 것임.</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 생태, 용수수요, 재해예방을 종합적으로 고려한 하구둑 운영 방안 제시로 통합물관리체계에서 활용 가능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 27</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">딥러닝기반 하굿둑 중단기 유출량 및 해수유입량 예측 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 딥러닝 기반의 예측 기법을 가지고 해수면 및 풍속 등의 공간 정보를 바탕으로 하굿둣 해수유입량을 예측하고 하굿둑 하천의 유출량을 중단기적으로 예측하여 하굿둑의 조작운영을 지원하고자 함</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 딥러닝을 이용한 예측 시스템은 여러 산업분야에서 다양하게 사용되고 있으나, 수문변수들에 대한 예측에는 적용이 미미한 실정임
- 다양한 수문량 자료의 구축과 딥러닝 시스템의 이해 부족으로 그 이용성이 제한되고 있으나 딥러닝의 기초 해석 과정을 철저히 이해하고 예측에 필요한 정확한 자료를 수집한다면 충분히 중단기 기간에 대한 해수유입량 및 상부의 하천 유출량을 예측 가능할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 기존에 개발된 다양한 딥러닝 알고리즘에 대한 분석 및 적용가능 기술 선별
- 적용가능 딥러닝 기술에 대한 실제 입력자료를 이용해 광범위한 테스트 진행</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 상류부의 유출량은 하굿둑 조작 및 염수를 포함한 수질관리에 매우 중요한 인자임
- 하류부에서 들어오는 해수유입량이 미리 예측되어야 하굿둑 개폐에 대한 영향을 바탕으로 수질관리가 가능해 짐
- 상하류부의 해수유입 및 담수유출량을 미리 예측 하여야만 하굿둑 조작 및 염수등의 수질관리가 가능해져 이부분에 대한 예측이 매우 필요한 실정임
- 기존의 예측 시스템은 정확성 및 기간의 한계가 많이 필요하였음
- 현재 다양한 산업분야애서 널리 이용되어 지고 있는 딥러닝기반의 예측 시스템을 상하류부의 해수유입 및 담수유출량예측에 이용한다면 기존 시스템을 능가하는 예측능력을 발휘할 수 있을것으로 기대됨</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 일반적으로 하굿둑은 인위적인 조작으로 인하여 하굿둑 상하부간 자연유하시의 하천유출량 자료가 존재하지 않음
- 따라서 과거 자료기반의 하천유출량 예측은 하굿둑 상류부의 역류영향이 미치지 않고 해수의 영향을 많이 받지 않는 구간을 설정
- 하굿둑 하류부는 해수면의 높이와 풍랑으로 인한 파고의 높이를 딥러닝을 통해 예측
- 상류부 예측구간에 대해서 딥러닝을 바탕으로 중단기 예측실시
- 예측 자료를 바탕으로 조작시의 상황을 시뮬레이션하고 염분 등의 수질 예측</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 정부가 중요시 여기고 있는 기수역 구간의 안정적 운영을 위해 상류의 유출량 및 해수 유입량 예측은 다양한 정보의 확보와 최신 딥러닝 기술이 요구됨
- 상류의 유출량 예측과 해수유입량 예측을 통하여 선제적 하굿둑 운영이 가능</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 딥러닝을 통한 예측 시스템 개발은 현재 가장 각광받는 기술 중의 하나로 예측시스템을 선행적으로 개발한 다양한 분야의 국내외 전문가들과 협력하여 기술확보</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 하굿둑으로 인한 역류영향 이전 구간의 담수유출량 예측
- 하굿둑 파고 및 해수면기반으로한 해수유입량 예측</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하굿둑 개폐 등의 운영시스템을 위한 주요 결정인자료 사용
- 담수유출량 및 해수유입량 예측 자료를 바탕으로 하굿둑 조작운영</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>150</td><td>200</td><td>300</td><td>400</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>250</td><td>400</td><td>500</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1350</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1750</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 하굿둑 조작을 위한 상하류부 구간의 해수 유입량 및 유출량을 딥러닝으로 예측한 기술은 선행연구에 존재하지 않음 - 효과적인 예측 기술이 개발된다면 이를 통해 안정적인 기수역 구간에서의 수질관리 및 홍수 및 가뭄 등을 대비하는데 효과적인 운영시스템을 구축할 것으로 예상되어 극한사상에 대한 피해액 감소 및 복구비용을 절감할 수 있을 것으로 예상됨
	기술적 기대효과	- 해수측에서 하굿둑에 영향을 주는 다양한 변수들의 공간정보를 딥러닝을 통하여 담수측의 유량과 연계하여 정밀한 유입 및 유출량의 중단기 예측 가능함
	정책적 기대효과	- 해수 유입량 및 하천유출량 예측은 하굿둑 운영에 필수적인 요소로 개발된 딥러닝 기술은 다양한 분야에 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대됨 - 특히 정부의 4대강 재자연화 정책을 위해서 기수역을 관리를 위한 중요한 정보자료가 될것으로 기대됨

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 28</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">댐•보 등 상류 수리 구조물을 연계한 시뮬레이션 기반 디지털 트윈 운영기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 댐·보 등 상류 수리구조물과 하굿둑을 연계한 운영 방안을 시뮬레이션 기반 디지털 트윈 시스템을 통하여 검토하고 실운영에 적용하기 위한 운영기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 디지털 트윈 기술은 가상세계에서 장비, 시스템 등의 상태를 모니터링하고 유지·보수에 활용할 수 있는 기술로서 운영에서 발생 가능한 다양한 상황을 예측하여 위험 대응이 가능
- BIM, IoT 등의 첨단기술의 발전으로 디지털 트윈 기술의 적용 및 활용성이 극대화되고 있음
- 디지털 트윈은 실물과 똑같은 상태로 가상화된 물체(쌍둥이)를 제작해 시뮬레이션하는 기술로서 현실과 같은 상황에서 반복적인 시뮬레이션을 수행하여 발생할 수 있는 위험성을 사전에 검증하는 것이 가능하므로 이를 댐·보 등 상류의 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영방안이나 AI 기반 하굿둑 자율운영 기술의 영향을 검토하는 데 적용할 수 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 유속, 유량, 염분, 수질 모의 모형을 활용하여 시스템을 구축
- 댐·보 등 상류 수리구조물을 연계한 홍수대응 하굿둑 운영방안을 기반으로 염분, 수질 등을 포함한 통합적인 연계운영 기술 접목</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 기수역 구간을 일정하게 유지하는 정교한 운영이 필요한 만큼 사전에 운영에 따른 영향을 검토하는 작업이 필수적이며 디지털트윈시스템을 구축하고 시뮬레이션을 수행할 필요가 있음
- 디지털 트윈(Digital Twin)은 산업용 사물 인터넷(IIoT) 연결 플랫폼을 통해 수집된 데이터와 결합해 인사이트 구성하고 이를 기반으로 엔지니어는 실제 운영 환경에서 스마트 기계를 분석, 운영 중인 제품 동작에 대한 정확한 피드백을 얻음으로써 예기치 않은 중단과 같은 위험을 줄이고 시스템 운영을 위한 내실화를 높일 수 있음
- 본 연구에서는 하굿둑 운영에 대한 시뮬레이션을 통하여 운영 결과를 예측할 수 있어 시행착오에 대한 위험을 크게 감소시킬수 있음</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 댐•보 등 상류 수리 구조물 연계 운영기술 개발
- 수리구조물 연계 디지털 트윈 시스템 구축
- 디지털트윈 시스템을 활용한 시나리오 시뮬레이션</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 상류의 댐•보 방류량과 연계하여 염수 유입량을 결정하는 정밀한 기술이 요구됨
- 따라서 시뮬레이션기반 디지털 트윈 시스템을 구축하고 상류 수리구조물과 연계한 하굿둑 운영에 따른 결과를 예측하는 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 디지털 트윈 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행
- 디지털트윈 솔루션 및 3D 시뮬레이션 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 시뮬레이션 기반 디지털트윈 시스템
- 특허, 신기술, 논문등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>400</td><td>500</td><td>500</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">900</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2900</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">10명</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 디지털 트윈은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음 - 디지털 트윈 시뮬레이션을 통하여 수리구조물 운영에 따른 결과를 가시적으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있으며 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 대응
	기술적 기대효과	- 디지털 트윈 기술을 활용한 수리구조물 운영 및 관리 기술은 국내·외 관련분야에서 첨단의 신기술이며 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수리구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음 - 수리구조물의 운영에 IoT, BIM등을 결합한 티지털 트윈을 활용하는 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음
	정책적 기대효과	- 디지털 트윈을 활용한 구조물 운영지원 방안은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 29</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 수문 운영 의사결정 프로세스 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 적정 기수역 유지 및 확보를 위한 하굿둑 수문의 운영 의사결정 프로세스 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 국가하천의 효율적 관리를 위해 표준화 및 전산화된 하천정보를 제공하는 하천관리지리정보 시스템(RIMGIS)가 개발되어 활용 중
- 하천시설물 운영 의사결정을 지원하기 위한 통합 DB 개발 사업이 진행 중이나 하굿둑 개방에 따른 의사결정 프로세스 개발은 미미한 상황
- 현 하굿둑 운영 매뉴얼은 염수 침입 방어를 목적으로 하기 때문에 적정 기수역 유지를 위해서는 하굿둑 운영 상황 별 의사결정 모형이 필요</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 하천에 대한 종합정보를 제공하는 RIMGIS와 연계하여 하굿둑 운영 의사결정 프로세스로부터 결정된 목표 기수역 확보범위를 제시
- 실시간수질정보시스템을 통해 GIS 기반의 기수역 확보범위 가시화</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 정부의 「4대강 재자연화와 통합 물관리로 이·치수가 조화되는 하천 조성」 국정과제 목표에 따라 4대강 재자연화 달성을 위한 정밀조사·평가 추진 계획
- 기수역 모니터링 자료 부족 극복 및 수문개방 결과 예측을 위해 다양한 하굿둑 운영 시나리오 생성 및 기수역 조성 예측기술 개발 필요
- 하굿둑 주변 지역 염수침투 피해발생 저감을 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 제시 필요</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 빅데이터 기반의 유량-조위-수문 개도율에 대한 기수역 변화 관계 구축 및 적정 기수역 확보를 위한 의사결정 프로세스 개발
- 시뮬레이션 및 센서 모니터링 결과를 활용한 하굿둑 운영 상황 별 기수역 변화 DB 구축
- GIS 기반의 염분변화 공간정보 가시화 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 기수역 조성에 따른 염수침투 피해를 방어하기 위해 적정 기수역 유지를 위한 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 개발이 필요
- 하굿둑 개방에 따른 염수침투에 대한 모니터링 자료 부족문제를 극복하기 위해 하굿둑 운영, 염수침투를 고려한 시뮬레이션 기반 예측 데이터 구축 필요</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 학·연을 중심으로 유량, 조위, 수문 개도 별 기수역 변화 예측 및 하굿둑 운영 의사결정 프로세스 구축을 위한 이론적 토대 구축
- 산·학·연을 중심으로 하굿둑 관리자를 위한 하굿둑 운영 시스템 GUI 구축 및 기존 시스템과 연계 작업 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 하굿둑 운영 의사결정 프로세스
- 하굿둑 운영 시나리오 별 기수역 공간변화 예측결과 DB
- 기수역 공간변화 가시화 SW</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기존 하굿둑 운영 프로세스 개선을 통해 기수역 조성범위 제어를 위한 기술로써 활용
- 시뮬레이션 자료를 통한 DB 구축으로 모니터링 자료 부족으로 인한 의사결정 프로세스 결정의 한계점 보완
- 하굿둑 개방에 따른 기수역의 공간적 변화를 표출하여 하천관리자 뿐 아니라 시민들의 의사결정 지원</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>500</td><td>600</td><td>400</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>70</td><td>170</td><td>200</td><td>135</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>270</td><td>670</td><td>800</td><td>535</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">675</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,675</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15명</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 하굿둑 운영 시나리오 예측결과 축적을 통해 개발된 의사결정 지원 프로세스 개발로 하굿둑 운영 매뉴얼 개선 및 염해피해 감소 가능 - 안정적 기수역 조성을 통해 생태계 다양성 회복 및 하굿둑 인근 주민들의 안전한 생산활동 가능
	기술적 기대효과	- CFD 모델링 전산자원 한계를 극복하기 위한 노모그래프 개발을 통해 3차원 모델링 없이 기수역 변화 예측 가능 - 하구 양방향 흐름 장기유지 위한 하굿둑 운영 매뉴얼 및 예측체계 개선방법 마련
	정책적 기대효과	- 하굿둑 운영 프로세스 검증을 통해 하구 양방향 통수를 위한 표준 하굿둑 시설물 운영 매뉴얼 마련 가능 - 염수피해 방어를 위한 하굿둑 개방 기술지원으로 장기적 기수역 유지를 위한 원동력 확보

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 30</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">하굿둑 자율운영을 위한 빅데이터 기반 맞춤형 심층기계학습 적용기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 하굿둑 자율운영을 위한 목적별 맞춤형 빅데이터 기반 심층학습 모형 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 하굿둑 자율운영의 경우 홍수방어를 위한 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 일부 구현되어 있으나, 다양한 목적을 위한 자율운영 기술의 경우 본 연구를 통해 최초로 개발될 것으로 기대</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 홍수방어를 위한 세계적 규모의 barrier를 보유하고 있는 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 IBM의 IOW(intelligence operations for water)의 형태로 구현된 자료 구축 및 기계학습 모형 적용 방안 상세 검토를 통해 장단점 검토 예정</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 하굿둑 운영의 객관성 확보 및 운영 유지 비용 절감을 위한 자율운영기법의 도입 필요
- 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 하굿둑 자율운영을 위한 목적 별 맞춤형 심층기계학습 모형 개발
- 기 관측 자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 기수역에 위치한 하굿둑의 운영은 매우 복잡한 편익이 상호 연관되어 있어 어느 하나의 목적만을 위주로 운영할 경우 예측하지 못한 문제를 야기할 수 있는 가능성
- 다양한 기 관측 계측자료를 이용한 기계학습모형 개발을 통해 실시간 자료를 이용한 자율운영 시스템 개발로 문제 발생의 가능성을 최소화 할 필요</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 네덜란드의 Digital Delta등의 IOW(intelligence operations for water)의 형태로 구현된 자료 구축 및 기계학습 모형 적용 방안 상세 검토
- 적용 대상의 특수성, 자료의 가용성을 고려한 목적 맞춤형 기계학습 기법 채택</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 하굿둑 운영을 위한 목적별 맞춤형 심층기계학습 모형
- 심층기계학습 적용을 위한 빅데이터 데이터베이스</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 심층기계학습을 통해 자율 운영 기술을 개발 적용시 수자원의 보다 적극적 활용 가능, 가용 수자원의 양을 획기적으로 증대
- 하굿둑 수문 운영자율화기술 개발로 인한 기술시장 창출 및 관련 산업 인력 시장 개척</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 다양한 조건과 예측이 공존하는 복잡한 기수역 운영에 있어 심층기계학습을 통한 자율운영 혹은 운영보조 시스템의 개발로 예기치 못한 문제 발생 가능성 최소화
- 심층기계학습 및 인공신경망은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술의 한 분야로서 수자원 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 31</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">하굿둑 자율운영을 위한 인공신경망 기반 단기예측모형 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 인공신경망을 이용한 단기예측 자료를 활용 하굿둑 자율운영의 판단 기준 제공</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 하굿둑 자율운영의 경우 홍수방어를 위한 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 일부 구현되어 있으나, 다양한 목적을 위한 자율운영 기술의 경우 본 연구를 통해 최초로 개발될 것으로 기대</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 현장에서 제공되는 다양한 정보를 활용 인공신경망을 이용한 자체 단기 예측을 하굿둑 자율운영에 반영
- 기존 예측기술을 통한 예측치와 비교 검정을 통한 인공신경망 예측치의 검정과정 제시</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 하굿둑 운영시 급작스런 주변 조건의 변동이 예측될 경우 단기적인 예측치의 수문운영에의 반영 필요성
- 인공신경망 자체의 단기 예측기능을 활용하여 하굿둑 운영에 반영할 필요
- 다만 예측치에 대한 다양한 자료를 이용한 검정 과정 개발의 필요성</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 인공신경망을 이용한 단기예측모형 개발
- 단기예측의 체계적 검정 과정 제시</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 기수역에 위치한 하굿둑의 운영은 매우 복잡한 편익이 상호 연관되어 있어 어느 하나의 목적만을 위주로 운영할 경우 예측하지 못한 문제를 야기할 수 있는 가능성
- 단기적인 수문운영 조건의 급변동 예측 시 보다 선도적인 대처 가능
- 단기적인 수문운영 조건의 예측을 통해 효율적인 하굿둑 자율운영에 기여할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 수문운영을 위한 다양한 시계열 예측 목적의 기계학습기법 도입
- 체계적인 검보정 절차 제시, 적용지역의 특수성을 고려한 모형 개발의 일반적 절차를 제시하도록 함
- 보다 다양한 지역에 적용 가능하도록 함으로써 범용 목적 모형 개발 유도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 인공신경망을 이용한 단기예측모형 개발
- 단기예측의 체계적 검정 과정 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,200</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">300</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 인공신경망학습을 통해 자율 운영 조건의 단기 예측을 가능케 함으로써 개발 적용시 수자원의 보다 적극적 활용 가능, 가용 수자원의 양을 획기적으로 증대
- 하굿둑 수문 운영자율화기술 개발 및 운영여건 예측기술 개발로 인한 수자원분야 인공지능 관련 기술시장 창출 및 관련 산업 인력 시장 개척</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 다양한 조건과 예측이 공존하는 복잡한 기수역 운영에 있어 자율운영 혹은 운영보조 시스템의 운영 조건 자체에 대한 예측기법 개발을 통해 보다 능동적인 운영 체계 개발
- 심층기계학습 및 인공신경망은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술의 한 분야로서 수자원 분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 32</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">비지도학습 기반 수문자율운영 기계학습모형 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 빅데이터 기반 비지도학습기법을 이용한 자율기계학습 모형의 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 하굿둑 자율운영의 경우 홍수방어를 위한 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 일부 구현되어 있으나, 비지도 학습을 통한 자율운영 기술의 경우 본 연구를 통해 최초로 개발될 것으로 기대</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 홍수방어를 위한 세계적 규모의 barrier를 보유하고 있는 네덜란드의 Digital Delta등의 과제를 통해 IBM의 IOW(intelligence operations for water)의 형태로 구현된 자료 구축 및 기계학습 모형 적용 방안 상세 검토를 통해 장단점 검토 예정
- 기존 강화학습(DQN)의 장단점 비교 분석 및 기존 모형의 하이퍼파라미터 검토</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 다양한 종류의 광범위한 빅데이터가 제공되었을 경우 자료의 필요 및 중요성
- 학습자료의 선택을 자율적으로 판단하여 비지도학습이 가능한 기계학습모형의 개발 필요성
- 심층기계학습 모형의 성공적인 구성 및 운영을 위한 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 비지도 학습을 위한 선택적 기계학습기법
- 강화학습기반 수문운영 에이전트 구성</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 빅데이터의 특성상 다양한 형태의 복잡한 자료가 제공되었을 경우 이를 자율적, 선택적으로 학습할 수 있도록 하는 기법의 개발 필요
- 수문의 자율운영 결과에 대한 학습을 통해 운영 알고리즘을 보다 최적화할 수 있는 강화학습적용의 필요성
- 기 관측 및자료, 실시간 관측자료, 예측 자료 등을 종합한 효율적 빅데이터 데이터 베이스 구성 및 제공 기술 개발 필요</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 광범위한 자료를 무작위적으로 제공할 경우 선택적 기계학습을 통한 자율 운영 기계학습 모형을 개발하는 것으로 기존의 기계학습 모형과 차별화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 비지도 학습을 위한 선택적 기계학습 기법
- 강화학습기반 수문운영 에이전트 구성</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">800</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">200</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,000</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">5 명</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 비지도 강화학습을 통해 자율 운영 기술을 개발 적용시 수자원의 보다 적극적 활용 가능, 가용 수자원의 양을 획기적으로 증대
- 비지도 강화학습을 포함한 하굿둑 수문 운영자율화기술 개발로 인한 기술시장 창출 및 관련 산업 인력 시장 개척</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 다양한 조건과 예측이 공존하는 복잡한 기수역 운영에 있어 비지도 강화학습을 통한 자율운영 혹은 운영보조 시스템의 개발로 예기치 못한 문제 발생 가능성 최소화
- 비지도 강화학습을 포함한 심층기계학습은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술로서 건설분야에 접목하는 방안을 선도하여 개발함으로서 미래 건설기술시장을 선점 할 수 있음
- 광범위한 자료 제공 시 비지도 기계학습 구현을 통한 자율 학습과 보다 효율적인 하굿둑 자율운영에 기여할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역의 안정적 관리에 기여</td></tr>
</table>

후보과제 33		
과제명	**기수역 수변공간 및 하천관리를 위한 연안유역 통합관리시스템 개발**	
연구개발 목표	- 댐·보 등 상류 수리구조물과 하굿둑을 연계한 운영관리가 연안 유역의 기수역 공간 확보와 기수역 생태계 건강성 확보를 가능케 하도록 하천-하구-해양의 정보를 통합하여 기수역 수리구조물의 실 운영에 적용할 의사결정 정보를 생산하는 시스템 개발	
기술개발 및 산업/시장 동향	- 유역의 강우패턴의 변동, 연안의 폭풍해일의 증가, 연안역 수자원 이용의 증가 등 하천하류 기수역의 물관리 변동성의 증가 및 연안수재해의 빈도가 전세계적으로 증가하고 있으며, 기수역 수리구조물 운영을 위한 연안유역의 통합관리 시스템 개발 수요 증가 - 세계 각국의 연안재해 증가 및 개도국의 하구역 개발 및 수자원확보를 위해, 유역의 물관리정보와 하구의 기수역 정보의 통합 및 분석기술의 적용 및 활용성이 증가하고 있음 - 기수역 공간 정보 및 수생태계와 기수역 수산자원 정보의 통합관리를 통한 기수역의 물-에너지-수산의 연계를 최적화 할 수 있는 기수역 하천운영관리 기술 개발 필요 - 하굿둑의 양방향 통수 및 자율운영에 따른 기수역의 수변공간 정보 및 수생태 정보(서식처, 생물분포, 염분 분포 등)의 계산 및 가시화를 통해 하굿둑 자율운영을 통한 기수역 복원 영향을 검토하는 데 적용할 수 있음	
기존기술 활용방안	- 기존 하굿둑 운영 정보 및 수변공간, 수생태 정보의 통합을 통한 기존 기수역 자료 확보 및 연계관계 분석을 위한 기초 자료 확보 - 기존 유역모델, 해양모델 등의 수치모델의 검토 및 통합모델링을 위한 기반 조기 확보 - 해수부 하구역 종합관리스템의 검토를 통한 통합관리시스템 개발 가능성 조기 확보	
기술개발 필요성	- 기수역의 확보와 기수역 생태계 건강성을 고려한 하구 수리시설물 운영을 위해서는 기수역 공간, 기수역 수생태계 정보, 해양 정보 등 기수역 특성정보와 수리시설물 운영정보와의 연관성 분석 및 알고리즘 개발 필요 - 기수역 수리구조물의 운영에 따른 기수역 특성정보의 장단기 시공간적 영향 및 기수역 수산자원(김 등) 생산력 영향에 대한 종합적 분석이 가능한 통합정보 플랫폼 개발 필요 - 본 연구에서 개발된 기수역 하천관와 기수역 특성과의 연관성 분석 기술은 다양한 기수역 환경에서의 수리구조물 운영과 기수역 복원과의 상관성을 제시함으로 기수역 수리구조물의 안정적 운영과 국내외 다양한 환경에서 적용이 가능하게 함	
주요연구 개발내용	- 수자원-연안습지-연안생태계 및 수산자원 정보의 획득 및 통합모델링을 통한 하천-해양 연안유역의 통합관리시스템 구축 - 수자원, 연안습지, 기수역생태계의 가치평가 및 통합관리를 위한 생태계 서비스 기반 수리구조물 운영관리 의사결정 시스템 구축 - 하천-해양 연속성과 기수역 확보를 위한 연안유역 통합관리 방안 - 기수역 관리를 위한 국가 법제도 체계 연구	
정부지원의 타당성	- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 확장 및 재조성되는 기수역 구간에서 수리구조물 운영이 미치는 기수역 특성 영향 정보에 대한 하천-해양 통합 데이터 기반의 분석기술, 수리구조물 운영 평가 및 적용 확대를 위한 정보 통합 및 해석기술, 의사결정 정보 생산 기술의 확보가 요구됨 - 따라서 기수역 하천 수리구조물의 운영 특성과 기수역 특성 정보의 통합, 모델링, 분석 및 평가, 예측을 위한 플랫폼 구축 기술 확보가 필요함	
기술확보 전략	- 전 세계적으로 기수역 수리시설물의 양방향 운영에 따른 기수역 확보 및 기수역 통합 기술이 주목받고 있음으로, 국외 사례의 분석 및 국제협력 등을 통하여 국외 전문가 활용 및 교차 검증을 통하여 선도 기술 확보 - 기존 유사 기수역 통합관리 기술 확보 및 관련 기관 및 산업계를 활용하여 수행	
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 기수역 하천-하구-해양의 통합정보 및 수리시설물 운영정보 통합 모델링, 관리 및 분석 플랫폼 - 특허, 논문등 지적 재산권
	활용방안	- 기수역 수리시설물의 친환경 운영 및 하천-해양 환경변화에 안정적인 운영을 위한 실무에 활용 - 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 통합모델링 기술 전파 - 기수역 하천, 도시, 수변공간, 수생태계 통합관리 기술로 확산 가능

<table>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>900</td><td>900</td><td>800</td><td>800</td><td>800</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>110</td><td>1100</td><td>1000</td><td>900</td><td>900</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4200</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">800</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5000</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">15명</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 기수역 특성정보의 통합 모델링 및 평가에 기반한 수리시설물 관리 및 운영정보 제공으로 기수역에서의 사회적 갈등의 완화 및 해소에 기여할 객관적 정보 제공
- 연안의 유역 통합관리 정보 기반 마련으로 데이터 기반의 기수역 통합관리 거버넌스 마련</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 유역 및 수자원 정보, 해양 정보, 수변 공간 정보, 수생태계 정보의 통합적 관리를 통해 기수역 생태계 및 건강성 확보의 시대적 요구에 대응하는 기수역 수리구조물의 운영관리 기술 확보
- 육상-하천-해양의 서로 다른 시공간적 특성을 가진 정보의 통합 모델, 관리 및 분석 플랫폼 개발 기술을 통해 새로운 관점에서의 기수역 하천 관리 방법 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 기수역 수리구조물의 운영관리 정보를 중심으로 하천, 해양, 환경 정보를 통합관리하는 플랫폼을 제시함으로 정책적 거버넌스가 마련될 수 있는 과학적 데이터 기반 기회를 제공하며 다부처간 협력의 기회를 제공하는 효과가 있음
- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따른 기수역 복원 및 수생태계 건강성확보를 위한 수리구조물 운영관리 기술을 지원하는 기술로서 기수역의 양방향 해수 유통의 정책실현을 위한 기술적 기반 제공</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 34</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">기수생태계 건강성 평가 및 관리기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 기수역 생태계 관리를 위한 생태계 조사 기법, 평가항목 선정, 생태계 건강도 평가 척도 마련 및 생태계 서식처 관리 모델 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 우리나라의 생태계 수건강성 평가기술은 세계적으로 높은 수준이며 기수역을 대상으로 한 건강성 평가기술 개발을 통하여 선도적 기술을 제공할 수 있음
- 생태계 관리기술은 하천복원이나 보존을 위해 수자원환경 관리에서 전세계적으로 주목받는 연구분야 임
- 하천을 대상으로 PHAPSIM 등 많은 생태계 서식처 모델이 개발되어 활용되고 있음.
- 한국의 기수역 생태특성에 맞는 서식처 모델을 개발하고 안정적인 기술역 관리에 적용할 필요가 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 기존의 생태계 지표생물 선정 기법과 수생태계 건강성 평가 기술 활용
- 담수지역의 하천 유지유량 산정방법 및 유량관리 기술을 서식처 관리 모델 개발에 활용</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 기수역은 담수와 해수가 혼합되어 형성되는 지역으로 염분의 농도가 0.5‰이상 30‰ 이하인 중간 구역임
- 생물다양성 확보를 위해 기수역 생태계를 고려한 건강성 평가 기술이 필요함
- 한국의 기수역 및 생태특성에 맞는 서식처 모델 개발이 필요함
- 산정된 기수역의 주요 생태계에 대한 최적 서식지 조건을 하굿둑 운영에 시스템에 결과를 활용할 수 있음</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 표준화된 기수역 생태계 조사기법 기술 개발
- 분류군별 평가지표 선정
- 기수역 생태계 평가항목 선정 및 평가지수 개발
- 기수역 생태계 건강도 평가 척도 개발
- 보호대상 생태계에 적절한 수질 및 유량 산정기술 개발
- 기수역 복합 생태계를 고려한 서식처 모델 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 하구역 생태계 정밀조사 등 정부의 기수역에 대한 조사, 복원, 보존 노력이 활발히 진행됨
- 하구역 생태계의 중요한 구성 요소인 기수역 생태계 관리하고 보호하기 위한 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행
- 하천, 해양 분야에 생태계 관리 전문가가 참여하는 다학제적 협업을 통하여 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 기수역 생태계 및 주요 지표 생물 DB 구축 및 건강성 평가 결화
- 서식조건 산정 시뮬레이션 모델 개발
- 특허, 신기술, 논문등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파</td></tr>
<tr><td rowspan="7">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>300</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>300</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1800</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">800</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2600</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">15명</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 기수역 적정 유지유량 산정 기술은 생태계의 보호/보전 뿐만 아니라, 어페류 등 경제성 자원의 서식조건 최적화를 통하여 기수역의 경제적 가치를 높일 수 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 기수역 생태계를 고려한 하굿둑 최적 운영기술 개발에 기여
- 확보된 기술력을 활용하여 해외 물관리 기술 수출이 가능할 것임.</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 국가 생물다양성 확보와 서식지 보전의 기반을 마련
- 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 35</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">AI 기반 자율운영을 위한 하구둑 수리구조물 BIM통합플랫폼 개발 기획연구</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 하구둑 수리구조물에 대한 BIM 표준모델을 개발
- 디지털트윈과 연동한 BIM통합 플랫폼 구축</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- BIM: BIM을 채택하는 국가가 증가하고 있으며, 건설사에서도 관련 기술의 도입이 활발함
Cloud를 통한 정보의 교환이 활발해 지면서 FM(Facility Management), 안전 관리
분야에서 BIM의 활용이 주목받고 있음
- Digital Twin: 제조업분야에서 생산성 향상을 위해 활발히 적용중
영국(Crossrail)의 경우 건설자산에 대한 실시간 서비스 및 계측을 위해 적용중임
영국정부의 경우 Digital Framework Task Group을 통해 디지털 트윈 생태계 구축을
위한 계획을 발표하였음
- AI: 기계학습, 시각분석, 드론기술을 통합하여 건물외부 파사드의 결함 및 이상을 자동식별, 보고하는 시설물 관리 프로세스를 가속화 및 디지털화(H3 Zoom.AI Façade Inspector)</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- BIM: 기준에 구축된 BIM Standard를 활용하고 하구둑 자율운영을 위하여 BIM을 확장할 수 있음
- Digital Twin: Digital Twin 운영을 위해 필수적인 센서기반의 정보의 수집 및 관리기술을 시설물 관리에 효율적으로 활용할 수 있음
- VR: VR(Virtual Reality), AR(Augmented Reality)와 같은 가상현실 인식기술을 적용하여 사용자에게 보다 대량의 정보를 효율적으로 인식할 수 있게 지원할 수 있음</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 하구둑 수리구조물에 대한 BIM 표준모델을 제안함으로서 유사한 구조물의 관리 시스템을 효율적으로 운영할 수 있을 것임
- 기간시설물의 운영관리를 위한 Digital Twin기반의 인프라 구축 및 확장을 수행할 수 있을 것임</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 하구둑 수리구조물 BIM 표준 개발
- 하구둑 수리구조물 의사결정 요소와 운영을 위한 AI 개발
- 하구둑 수리구조물 의사결정 요소에 따른 센서망과 빅데이터 개발
- 하구둑 수리구조물의 자율운영을 위한 디지털트윈 기반의 BIM통합 플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 기상이변으로 인해 급변하고 있는 하천의 변화는 기수역에도 다양한 영향을 미칠 것으로 예상되며, 이러한 변화는 기존에 경험하지 못한 상황을 초래할 수 있을 것임.
- 이러한 예측하지 못한 상은 하천이나 기수역 부근의 주민의 재산은 물론 안전에 치명적인 영향을 줄수 있으며, 그 규모는 현시점에서는 판단할 수 없음.
- 따러서 정부는 수집가능한 모든데이터(빅데이터)를 보다 빠른 분석이 가능한 인공지능(AI)를 통해 분석하고 상황에 적극적으로 대응할 수 있는 가동시설(하구둑)을 통해 제어할 수 있는 플랫폼(BIM통합플랫폼)을 구축하여 미래의 재난에 대응하는 기술의 개발을 적극적으로 수행하여야 할 것임</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 디지털 트윈 기술을 선도하고 있는 제조업분야의 선진적인 기술을 벤치마킹하여 SOC 시설물의 운영에 활용할 것인가에 대한 연구가 필요함
- AI가 효율적인 의사결정을 지원할 수 있도록 국내외의 다양하게 활용되고 있는 AI 시스템 전문업체와의 협업이 요구됨
- 시설물 운영을 위해 필요한 의사결정요소와 해당 의사결정 수행을 위해 요구되는 정보/수집방법을 전문가집단을 통해 도출해야 함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 하구둑 수리구조물 운영을 위한 AI
- 하구둑 수리구조물 운영을 위한 BIM 모델
- 하구둑 수리구조물 운영을 위한 센서데이터를 포함한 빅데이터
- 하구둑 수리구조물 운영을 위한 AI 기반 자율운영 BIM 통합플랫폼</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하구둑 수리구조물 운영에 활용
- 하구둑 수리구조물과 유사한 시설물에 확장</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>400</td><td>500</td><td>500</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">900</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2000</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">10명</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	경제사회적 기대효과	- 효율적인 시설물 관리를 통해 낭비되는 자원의 절약 - 결과를 예측하기 힘든 의사결정을 AI를 통해 지원함으로서 피해의 최소화
	기술적 기대효과	- 사회기간시설의 관리를 효율적으로 수행하는 플랫폼의 개발과 그 과정에서 도출되는 AI, 빅데이터, BIM 등 다양한 기술의 선진화 지원 - 제조업이나 IT에 비해 발전속도가 더딘 건설 및 시설물 운영분야에 신기술의 적용을 통해 기술혁신의 기반을 제공
	정책적 기대효과	- 대규모 자원이 투입된 기간시설을 효율적으로 운영 및 관리할 수 있는 플랫폼 구축을 통해 업무효율 향상 가능 - 예측하기 힘든 미래의 재난에 능동적으로 대응할 수 있는 기반기술 구축

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 36</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">하구둑의 최적운영을 위한 다목적댐 ROM (Reserver Operation Method) 연계기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 조석간만, 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물의 유황 변화를 고려한 하구둑의 연계 운영기술 개발 (미국수준의 50% 기술을 과제종료시점인 2025년에는 80% 수준 확보)</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 현재 하구둑의 운영상황은 상류의 유황을 고려하지 않고, 조수간만의 천문현상에 의거하여 조작함
- 상류유황을 반영하지 않은 다목적댐의 ROM 에 대한 문제점 검토하여 조석간만으로 인한 염수의 역류와 상류 유입 유량과의 관계를 규명하여 효율적인 수자원 관리 필요함</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- Automatic ROM
- Ridid ROM
- Technical ROM
- Linear Programming
- Dynamic Programming</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 기존의 다목적댐 ROM 과 하구둑 운영지침은 개별적으로 전혀 연관성없이 운영되어 왔음.
- 따라서 수자원 확보 및 보존을 위하여, 조석간만, 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술의 개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 기존 하구둑 운영시스템 현황 및 문제점 분석
- 선진국 및 해외의 최신 하구둑 운영시스템 파악 및 장,단점 분석
- 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술 개발</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 정부의 4대강 재자연화 정책에 따라 재조성되는 기수역 구간을 안정적으로 운영하기 위해서는 상류의 댐•보 방류량과 연계하여 염수 유입량을 결정하는 정밀한 기술이 요구됨
- 따라서 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물 및 조석 변화를 연계한 하구둑의 연계 운영기술 개발이 필수적임</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 전세계적으로 주목받는 연구분야로서 관련분야 국제협력 등을 통하여 국외 전문가를 활용하여 수행함
- 다목적댐 및 보, 농업용저수지 등 수공구조물 운영 시스템 구축 기술을 보유한 기관 및 산업계를 활용하여 수행함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 조석간만, 다목적댐, 농업용저수지 등 상하류 수공구조물의 유황 변화를 고려한 하구둑의 연계 운영 시스템
- 특허, 논문, 소프트웨어 저작권, 신기술 등 지적재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 국내 및 해외의 하천 및 하굿둑관련 실무자, 설계자 및 관련업계에 신기술 전파
- 전국 여러 하천에 설치되어 운영되지 않는 소규모 하굿둑의 자율운영 기술로 확산 가능
- KOICA 등을 통한 한국기술 전파 및 해외 수공구조물 수주경쟁에 기여.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>400</td><td>500</td><td>500</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>600</td><td>700</td><td>700</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2000</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">900</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2900</td></tr>
<tr><td>기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 4차 산업 시대의 주목받는 첨단의 기술임.
- 다양한 수공구조물 간의 연계운영 방안을 선도하여 개발함으로서 전세계적인 건설기술 시장을 선점 할 수 있음.
- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술을 통하여 수공구조물 운영에 따른 결과를 가시적으로 제공함으로서 안정적인 하굿둑 운영에 기여할 수 있으며 기수역 조성에 따른 관련된 다양한 사회·경제 커뮤니티의 요구 및 우려에 선제적으로 대응함.</td></tr>
</table>

	기술적 기대효과	- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술을 활용한 수공구조물 운영 및 관리 기술은 전세계적으로 첨단의 신기술임. 해당 기술 개발을 통하여 하굿둑뿐만 아니라 설치 운영되고 있는 다양한 수공구조물을 안전하고 효과적으로 운영하는 데 활용 할 수 있음 - 하구둑 운영에 유역내 관련 모든 수공구조물이 결합된 기술은 국내외 건설분야 시장에서 그 필요성이 높으며 미래 건설기술로 주목받고 있음
	정책적 기대효과	- 다목적댐 ROM 과 하구둑 연계운영 기술은 운영 및 관리가 지속적으로 필요한 여러 수공구조물에 광범위하게 적용할 수 있으며 실제 운영에서의 리스크를 저감하는 효과가 있음 - 정부의 4대강 재자연화 정책을 지원하는 기술로서 재조성되는 기수역을 안정적으로 관리하는데 기여

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 37</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">양방향 통수를 위한 하굿둑 설계 및 유진 기술</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">SFI(Solid Fluid Interation) 기반의 구조 - 유체 모델링 기법을 통한 진동예측 기술개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 수문은 충분한 강도를 갖도록 설계되지만, 수문 자체가 진동하면서 수문 본체가 수류와 연성 되어 진동을 일으킬 수 있음. 이러한 이유로 일본의 Wachi 댐, 미국의 Folsom 댐이 부분 파손된 사례가 있음
- 이러한 문제를 개선하기 위해 모형실험을 통하여 여러 가지 수위 조건과 개도를 다르게 하여 진동 현상을 검토하는 실험을 다수 진행해 왔지만, 이러한 실험 대부분은 유체와 구조물 간의 상호작용이 고려되지 않은 개별적인 연구였고 이에 따라 수문의 부분 개방에 따른 유체 흐름의 변화에 의한 하중과 구조 변형에 의한 유체 흐름의 변화와 같은 상호 과정이 고려되지 않아 부정확성을 내포하고 있음
- 최근 들어 유체와 구조물 간의 상호작용을 고려하는 연구가 진행되어 부정확성이 감소되고 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- Fluent, OpenFOAM, Flow-3d 등 3D Navier-Stokes 방정식을 기반으로 하는 유체거동 해석 툴을 이용하여 유체와 구조물 간의 상호작용을 해석하는 연구가 현재까지 상당히 많이 진행
- 본 과제의 중점사항인 하굿둑 설계에 중요한 비중을 차지하는 수문 형상의 모의 또한 전술한 유체 수치해석 프로그램들을 통해 구현할 수 있으며 이에 따라 수문의 개폐 단계에 따른 구조물-유체 간 상호작용을 물리적으로 해석할 수 있으리라 판단됨</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 이전의 수문 진동해석 방법은 유체 해석을 먼저 시행한 후, 해석 결과를 구조물 해석 시 초기 및 경계 조건으로 이용하는 방식이었다. 이러한 방법으로는 구조물의 변형에 따른 유체의 흐름 변화를 고려할 수 없으며, 따라서 구조물의 진동을 예측하기에는 한계가 있음
- 이러한 불확실성을 감소시키기 위해 FSI(Fluid-Structure Interaction) 분석을 이용할 수 있으며 이는 유체와 구조물 간의 상호작용을 시간과 공간에 있어 동시에 분석하여 진동을 예측하면서 더욱 정확한 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 두께 및 부재 단면의 결정
- 질량의 산정
- 구조물 안전성 검토
- 고유 진동수 비교
- 수위 조건 및 문비 개방고 결정</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 본 연구 결과를 기초 자료로 활용하여 수문 진동 검토 시 진동에 의한 구조적 안정성 검토를 충분히 수행
- 연구 결과는 수문 설계 시 현장 여건을 반영하여 안정성 및 위험성 예측 방법으로 유용</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 수리모형실험과 수치모형실험의 비교를 통한 수치모형실험의 타당성 확보 및 신뢰성 향상.
- 수치모델링을 이용한 FSI 분석을 통해 구조물-유체 간 상호작용을 실시간으로 분석.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">지역에 따른 유동 특성별 하굿둑 설계 기준 마련</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 하굿둑의 설계를 담당하는 실무자들에게 안정적인 설계기준 제시
- 지역별 유동 특성에 따른 비교적 물리적 의미를 갖는 설계기준 제시를 통한 수문 과다설계 방지</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>300</td><td>200</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>300</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1000</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 지역별 유동 특성에 따른 비교적 물리적 의미를 갖는 설계기준 제시를 통한 수문 과다설계 방지</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적
기대효과</td><td colspan="5">- 하굿둑의 설계를 담당하는 실무자들에게 안정적인 설계기준 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">정책적
기대효과</td><td colspan="5">- 다양한 토목 계획으로 인한 수환경의 변화를 사전에 정확하게 판단하여, 부작용을 최소화하고 친환경적인 친수공간의 확보를 통해 시민 삶의 질을 향상에 부응하는 정부의 정책적 제도적 지원이 용이해짐.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="8">후보과제 38</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="7">기수역 및 연안 퇴적 유사의 공급처 추적기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="7">- 연안지역의 지형을 결정하는 퇴적토의 생성지와 특성 파악 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 및
산업/시장 동향</td><td colspan="7">- 머신러닝의 일종인 딥러닝은 데이터를 이용해 모델을 학습하는 기법으로, 하드웨어의 발전과 기존 인공신경망 모델의 단점 극복, 빅데이터의 이용으로 적용 및 활용성이 극대화되고 있음
- 축적된 방대한 양의 유사 성분분석 데이터를 활용하여 모델을 찾아내는 것이 가능하므로 이를 기수역 및 연안 퇴적 유사의 성분분석 기술을 개발하는 데 적용할 수 있음</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="7">- 우리나라, 중국, 북태평양을 포함하는 퇴적토의 광물성분 자료를 이용하여 빅데이터 구축</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="7">- 주로 서해 지역 하구역에서 발생하는 갯벌 감소 현상에 대한 원인과 기전이 명확히 밝혀지지 않음
- 중국의 영향, 북태평양 지역의 변화, 우리나라 내륙에서의 유사거동 변화 등 다양한 원인이 서해 연안지역의 지형변화 원인으로 고려되나 가설에 그치는 실정임
- 본 연구에서는 딥러닝을 이용하여 광물의 성분을 추적해 나가는 기술을 도입하고, 연안지역에서의 유사를 면밀히 조사할 수 있는 기술을 개발하여 연안 지형의 결정인자를 보다 구체적으로 규명하고자 함</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="7">- 우리나라, 중국, 북태평양을 아우르는 퇴적토의 광물성분 자료를 이용하여 빅데이터 구축
- 구축된 빅데이터를 이용하여 딥러닝 기술을 이용한 분석법 개발
- 하구역에서의 유사를 입력데이터로 개발된 모형을 이용하여 유사의 기원과 이동과정 규명</td></tr>
<tr><td>정부지원의
타당성</td><td colspan="7">- 수리구조물 양방향 통수 정밀제어를 위해서는 기수역의 지형변화에 대한 지식과 변화를 야기하는 퇴적토의 생성지 및 특성에 대한 이해가 요구됨
- 따라서 빅데이터 기반의 딥러닝 기술을 이용한 분석법을 개발하여 퇴적토의 생성지를 파악하는 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">- 지질학적 광물 추적 기술에 대한 이해 및 국제 협력이 필요
- 지질학 분야 등 다제학적 연계가 필요하므로 정출연 등 전문기관과 공동으로 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 딥러닝 기반 퇴적토 역추적 기술
- 특허, 신기술, 논문 등 지적 재산권</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 기수역을 재조성하는 하굿둑 운영 실무에 활용
- 연안지역에서 나타나는 각종 지형변화의 원인 파악에 이용
- 개발된 기술을 연안관리자 및 업계의 기술자를 대상으로 기술교육 및 이전을 실시하여 연안 관리에 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발
과제의 규모
(연구기간 5년
이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>350</td><td>500</td><td>500</td><td>350</td><td>0</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>350</td><td>500</td><td>500</td><td>350</td><td>0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1700</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2" rowspan="2">0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">7명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1700</td></tr>
<tr><td>기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">경제사회적
기대효과</td><td colspan="5">- 타 기관의 자료에 대한 연계활용을 통한 국가 연구시설·장비의 중복투자를 방지하고 공동 활용을 통한 이용 효율성 증대
- 기수역의 지형변화에 대비해 공간을 효과적으로 계획하고 관리하는 것이 가능해져 유지관리 예산을 절감할 수 있음</td></tr>
</table>

	기술적 기대효과	- 하굿둑 운영 방식의 변경에 따른 영향 예측 - 연안 퇴적토에 대한 이해 증대를 바탕으로 국내 기술의 브랜드화 및 기술 수출 - 퇴적토의 기원과 이동과정 규명 핵심기술을 확보하여 연안관련 산업의 기술 경쟁력 향상
	정책적 기대효과	- 갯벌 변화의 영향을 가시적으로 제시 - 국토해양부 연안 관련 사업 평가를 위한 과학적 근거 확보

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.