기획보고서

저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발 사업

연구기관 : 국민대학교

2022. 06

환경부

KEITI 한국환경산업기술원
Korea Environmental Industry & Technology Institute

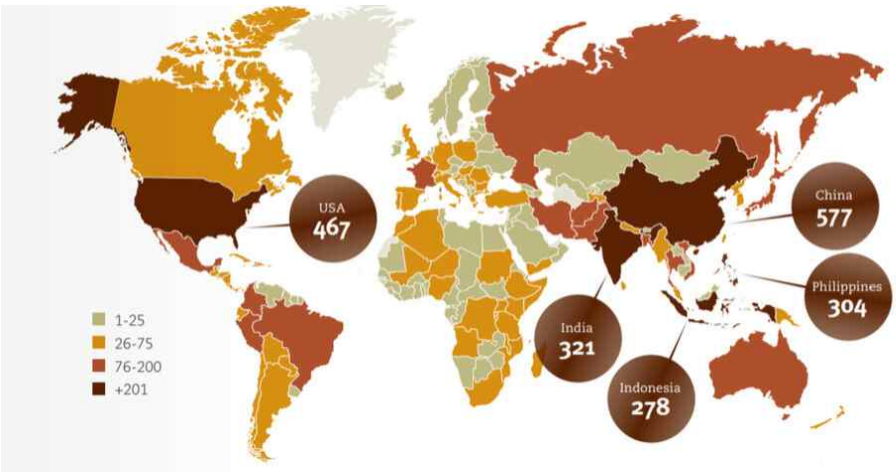
요 약 문

1. 사업 개요

1 추진 배경

기후변화에 의한 피해가 점점 심각해지고 있음

- 기후변화는 해수면 상승, 평균 기온 상승, 온도 변동폭 증가, 건강피해, 생태계 파괴 등의 다양한 문제를 유발하는 원인이 됨
  - 유엔 산하 재난위험경감사무국(UNDRR)은 13일 '2000~2019년 세계 재해 보고서'에서 "지난 20년 동안 전세계에서 7348건의 자연재해가 발생해 40억명이 피해를 당했다"고 보고하고, 기후변화 관련 위기가 증가한 것이 주요 원인이라고 진단함
  - 닛케이아시안리뷰가 세계자원연구소의 리포트를 분석한 결과 오는 2030년경 기후변화에 의하여 발생하는 수재해로 인한 세계 각지의 경제적 피해가 10년 후에는 약 17조달러에 달할 것으로 관측되었으며, 이는 전 세계 GDP의 12%에 해당하는 것임

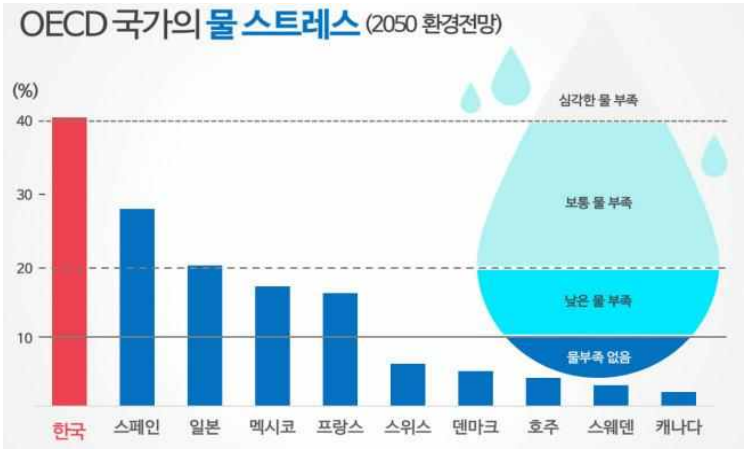


<지난 20년간 국가별 재해수 (자료: UNDRR)>

기후변화 영향으로 인한 지역적 물 부족 현상이 발생하고 있으며, 앞으로도 이러한 현상은 악화될 것으로 전망

- 기후변화뿐만 아니라, 전 세계적으로 인구증가 및 경제발전, 소비패턴 등의 변화로 인해서 물 수요는 지속적으로 증가하여 물 부족 문제는 더욱 심화될 것으로 전망
- 우리나라는 높은 인구밀도로 인해 1인당 수자원 부존량은 매우 적어 담수자원이 열악한

상황으로 인구증가에 따라 물이용 환경의 취약성은 지속해서 증가할 것으로 전망



*출처 : OECD 2050 환경전망, 2017

<OECD 국가의 물 스트레스 지수 현황>

- 우리나라는 산간지역·도서지역을 중심으로 생활용수·농업용수 확보에 어려움을 겪었던 기존 가뭄 양상과 달리, 최근에는 이상기후로 인해 지역 용수 공급이 위태로울 정도의 극한 가뭄이 발생

– 가뭄 발생 주기가 짧아지고 강도가 세지는 추세를 보임에 따라 기존 수자원 확보 방식의 한계 발생



<기후변화에 의한 국내 물관리 취약성 증가 (자료: KEI, 국가물관리기본계획, 2020) >

정부는 지표수와 지하수 등 담수 자원을 기반으로 물 부족 해소 대책을 추진하여왔으며, 해수담수화를 통한 수자원의 안정적 확보·보급 전략을 수립

- '제1차 물관리기술발전 및 물산업진흥 기본계획('19-'23)' 및 '제4차 수자원 장기종합계획'에는 수자원 확보 방안으로 해수담수화에 대한 기술개발 기획이 명시

2 추진 필요성 및 시급성

■ **「저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발사업」은 국가적 물 안보 확보 측면에서 필수 불가결한 영역으로서 정부 차원에서 집중 육성이 시급함**

● 물 안보는 국가의 존망이 걸린 문제로, 국가의 물 안보는 수자원 확보 역량과 직결

■ **최근 세계적으로 탄소중립, 환경보호 등에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이를 반영하여 지속가능한 담수화 기술의 개발이 촉구**

● 세계 주요 선진국들은 넷-제로를 선언하고 저탄소 경제 선도전략으로서 그린뉴딜을 제시, 적극 추진 중이나 우리나라는 석탄, 가스 발전소 등을 신규로 건설하는 등 대응이 더뎌 향후 세계 무역시장에서의 배제 가능성이 높아지고 있음

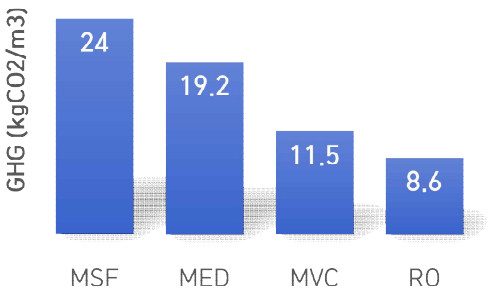
<주요선진국 2050 탄소 감축목표 및 내용>

국가명	감축 목표	LEDS 제출	전략명	비전	주요내용
	80%	제출	저탄소 미래를 위한 녹색성장 전략	청정성장을 위한 도약	· 녹색투자기금 활성화 · 에너지생산성 및 효율성 강화 · 자연자원 가치 증대 · 공공부문 주도적 참여
	80-95%	제출	2050 기후행동계획	금세기 중반까지 탄소중립 달성	· 에너지 효율향상 연구개발투자 확대 · 재생에너지 확대 · 생태세제 개혁, 순환경제전환 등 강조
	75%	제출	국가 저탄소 전략	지속가능한 저탄소 경제로의 전환	· 부문별 이행전략 및 탄소발자국 저감 · 공공인식 증대 · 토지관리 및 폐기물 관리 등에서 순환경제 이행 강조
	-	제출	2020 유럽 그린뉴딜 수소전략	2050년까지 EU 회원국들의 탄소배출량 ZERO 달성	· 경제전반의 탈탄소화, 탄소국경세 도입 · 순환경제도입, 건물에너지효율 강화, 성능규제 강화
	80%	제출	파리 기후협정에 의한 장기전략	2050년까지 야심찬 저탄소 사회 추구	· 전력화 전환 및 연료제조 전 과정에서 탄소배출감축 전략 제시
	- ('60년 목표)	미제출	포스트 코로나 시대의 친환경적 회복(Green Recovery)	저탄소 경제로의 전환 및 에너지 믹스개선 가속화 등	· 2050년까지 신재생에너지 중심 준탄소 중립시스템 구축 · 비화석에너지 비중 확대 · 태양에너지 설비용량 100GW 증설, 에너지다소비업 탄소배출 정점 도달 실현

국가명	감축 목표	LEDS 제출	전략명	비전	주요내용
	80%	제출	심층 탈탄소화를 위한 반세기 전략	탈탄소경제를 향한 심층 넷-제로 경제 추구	· 에너지 부문 탈탄소화 정책 강화, 산림부문 흡수원 증대

출처 : 2050 탄소중립선언-진단과 제안(2020.12), 민주연구원

- 현재 에너지집약적 탄소다배출 산업으로 구성된 우리나라는 2050 탄소중립 실현까지 시간이 촉박하며 기후위기 대응과 지속가능성을 목적으로 신속한 탈탄소화 솔루션 도출이 필요
- 기존 담수화 플랜트는 필요한 열 및 전기에너지를 화석연료를 통해 얻어왔으며, 이에 따라 발생되는 탄소 배출에 대한 우려가 지속적으로 증가
- 담수화 기술은 기후영향 적응과 피해저감을 위하여 필요한 기술이나 기후변화 완화를 위한 탄소중립과 부합되지 않으므로 지속가능성을 확보하기 위해서는 담수화 기술의 저탄소화가 필수적으로 요구



<담수화 기술의 탄소배출량>



* 자료: Markets and Markets, 해수담수화 시장동향 보고서, 2020

<담수화 시장 동향 및 전망>

「저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발사업」은 新시장 진출 및 미래시장 경쟁우위 선점을 위해 선제적으로 추진해야 할 전략기술 분야임

- 담수화 플랜트 세계시장은 향후 지속적인 성장이 전망되고 있으며, 중동지역과 아시아 지역의 시장 확대가 전망되고 있음
  - 최근 담수화 기술의 중요 이슈인 친환경 농축수 처리와 디지털 전환, 신재생 에너지 활용, 탄소중립 등을 대응하지 못하면 기술 경쟁력을 상실하게 됨
  - 담수화 국내 기업 경쟁력 제고와 산업생태계 건전화를 위한 마중물 역할을 담당하기 위한 R&D 사업의 추진이 시급하게 요구됨

3 국고지원의 당위성

■ **「저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발사업」은 기후변화 영향으로부터 국민을 보호하기 위한 기술적 수단을 제공하기 위한 것으로 국고지원이 반드시 필요함**

- 기후변화로 인한 극한가뭄과 이에 의한 물 부족은 국민들에게 직접적인 피해를 발생시키므로, 이를 완화하고 적응하기 위한 수단의 제공은 국가의 의무임
- 사업 추진에 의해 확보된 기술은 국내 물 부족 지역의 애로사항을 해소하고 물 복지 및 물 행복을 실현하기 위하여 활용될 수 있음

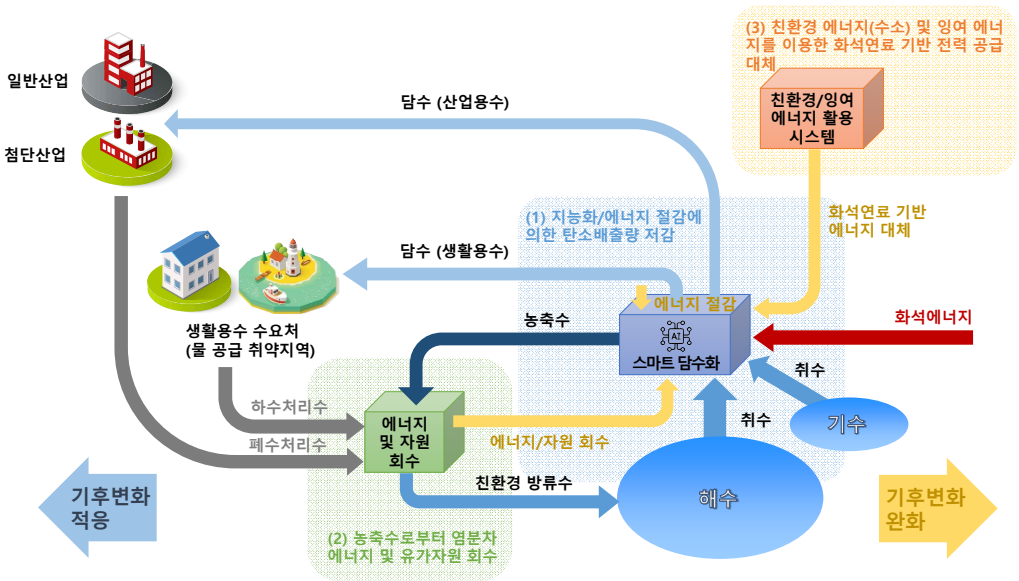
■ **「저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발사업」은 국내 민간 기업이 독자적으로 주도하기 어려운 분야로 기술 개발의 체계적 활용과 시장 진출을 위해서는 국고지원을 통한 정부 차원에서 사업 추진이 필요**

- 담수화 시설은 국민의 안전과 직접적인 영향을 미치는 공공성이 높은 분야이며, 국내는 내수기반이 상대적으로 약한 축에 속하므로 민간 주도의 한계 존재
- 기술 개발 결과물의 체계적 활용을 위해서는 과제기획-R&D투자-성과활용 전주기에 걸쳐 환경부를 비롯한 정부의 적극적 참여가 필요한 바 국고지원을 통해 정부 차원에서 R&D사업 추진 필요

4 사업의 정의

■ (사업목적) 최근 국내·외 환경변화에 따른 신규 시장수요 및 정책 수요 적기 대응 목적의 담수 플랜트 저탄소화 및 디지털 기술 개발

- (기간) 2023년~2027년까지 총 5년
- (규모) 총 483억원(국고 310억원, 민간 173억원)
- (사업내용) 디지털 융합 기반 담수화 기술, 물-에너지 융합 기반 탄소중립형 담수화 기술
- (주요 개발기술) DNA (Digita l- Network - Artificial intelligence: 디지털 - 네트워크 - 인공지능) 담수화 운영기술, NCN (Near Carbon Neutral: 탄소중립형) 담수화 플랜트 기술



< 「저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발사업」 추진범위>

- (사업구성) 데이터-네트워크-인공지능 담수화 운영기술과 물-에너지 융합 탄소중립형 담수화 플랜트 기술의 2개 중점영역의 5개 중점기술로 구성

사업명	중점영역	중점기술	세부과제
저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발사업	데이터-네트워크-인공지능(DNA) 담수화 운영기술	담수화 플랜트 빅데이터/디지털트윈 플랫폼 기술	· 클라우드 기반 국가 해수담수화 빅데이터 플랫폼 기술 · 담수화 플랜트 고정밀 디지털트윈 구축 및 운영기술
		네트워크 기반 담수화 플랜트 지능형 관리 기술	· 네트워크 기반 담수화 플랜트 원격 유지관리 기술 · 플랜트 용수생산 및 에너지 관리 인벤토리 솔루션

		AI기반 담수화 플랜트 자율운영 기술	· 사물인터넷 센서 및 AI 기반 자율운영 기술 · 담수화 플랜트 가상물리 시스템 구축 및 운영
	물-에너지 융합 탄소중립형 담수화 플랜트 기술	담수화 플랜트 농축수 에너지 회수 및 환경영향 최소화 기술	· 농축수 에너지 복합 회수 및 변환 기술 · 고염도 농축수 발생량 및 환경영향 저감기술 · 농축수 에너지 복합활용 중대규모 담수화 플랜트 기술
		담수화 기반 물-에너지 섹터 커플링 기술	· 잉여 신재생 전력 연계형 담수화 플랜트 기술 (Power-to desalination, P2D) · 해수담수화 기반 청정수소 생산기술 (Desalination-to-hydrogen, D2H)

● 사업의 비전과 목표와 연계한 사업 구성의 논리성 확보



<사업 비전 및 목표>

5 추진 체계

■ 본 사업 기획은 환경부 및 한국환경산업기술원(KEITI) 주관하에 다양한 담수화 플랜트 산·학·연·관 기술 전문가들로 구성된 기획위원회 및 상시 자문 운영 등 종합적인 의견 수렴을 통해 추진



<기획연구(저탄소·선도형 디지털 담수화 기술개발사업) 기획 수립 체계>

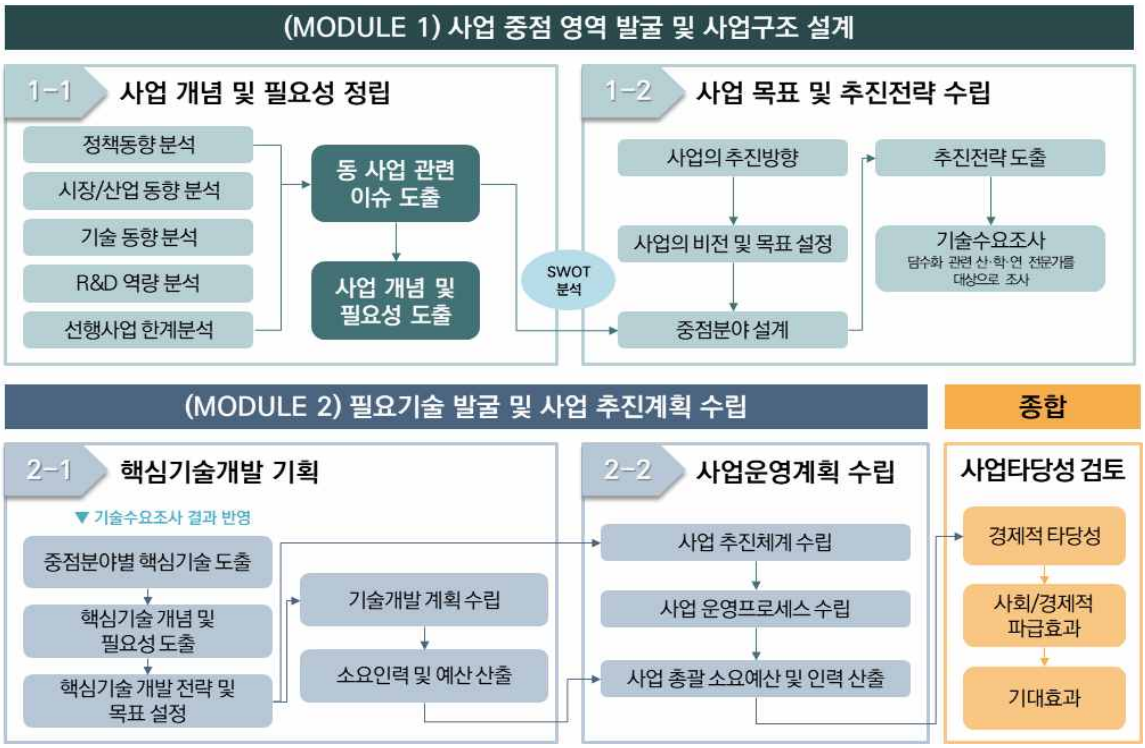
■ 저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발사업의 필요기술 도출 및 구체화를 위하여 각 분야별 전문가로 구성된 기획위원회 운영

- 기획에 참여한 전문가들은 산업계, 학계, 연구계로 구성하여 다양한 분야의 의견을 반영할 수 있도록 추진함

6 추진 절차

체계적인 기획연구 수행을 위해 크게 2모듈로 구분하여 추진

- (Module 1) 사업 내역 사업 발굴 및 사업구조 설계
- (Module 2) 필요기술 발굴 및 사업 추진계획 수립
- Module 1,2의 내용을 종합하여 추진 타당성, 파급효과 및 기대효과 도출



<사업기획연구 추진 프로세스>

2. 사업 환경분석

1 정책동향

■ **담수화 관련 상위계획으로는 R&D 계획 2개와 정책 계획 7개로 구분되며, 환경이나 물산업과 관련된 계획에 주로 포함·언급되고 있음**

- **(제4차 과학기술 기본계획)** 중점과학기술 목록으로 수자원 확보·관리기술을 명시
- **(제4차 환경기술, 환경산업, 환경기술인력 육성계획)** 환경문제 대응과 지속가능한 미래를 목표로 함
- **(제5차 국가환경종합계획)** 환경관리 7대 핵심전략 중 하나로 '사람과 자연의 지속가능한 공존을 위한 통한 물관리'를 제시하였으며, 해당 전략 내 담수화 내용 포함
- **(제1차 물관리기술발전 및 물산업진흥 기본계획)** 12대 세부과제 중에서 '지속가능한 물관리기술 확보', '유망 융복합 물산업 육성' 등에 담수화 명시
- **(문재인 정부 국정운영 5개년 계획)** '지속가능한 국토환경 조성'에 효율적인 물관리 및 안정적인 물공급 환경 조성 등의 대책 제시
- **(제3차 지하수관리 기본계획 수정계획)** 세부계획 내 일부 '2.1 도서/해안지역 지하수자원확보시설 개발'에서나 '3-2.상수도 수원으로 지하수 활용 확대'의 추진계획 해수담수화 연계에 대한 내용 언급
- **(제3차 전국 수도 종합계획)** 4대 목표 중 안전한 수돗물의 지속가능한 공급 목표에서 '안정적인 상수원 확보'와'지역 간 수도서비스 격차해소'과제에서 해수담수화 관련 내용을 명시
- **(제2차 물환경관리기본계획)** 물환경관리 최상위계획으로, 5개의 핵심전략을 통해 거버넌스 활성화, 과학기술 고도화, 재정관리 효율화 기반을 강화
- **(수도 정비 기본 계획)** 4대 추진전략 중 '환경안전 강화 통합 환경관리 기술개발'에서 해수담수화 기술이 대체수자원 확보기술로 언급

■ **주요 국가에서 물부족 및 기후변화에 대한 해결책으로 물관리에 힘쓰고 있으며, 물관리 중 일부로 담수화 관련 정책들이 포함되어 있음**

- 미국은 담수화의 경제적 비용 감축을 위한 기술 고도화를 목표로 하고 있으며, 에너지 효율화 및 친환경적 혁신기술을 개발하고자 함
- 싱가포르는 원수의 수입의존도를 낮추고자 '4대 수자원 공급계획'을 추진하였으며, 담수화 플랜트 확충으로 물수요를 충족시킬 예정

- 사우디는 여러 나라와 협력 관계를 맺으며 담수화 및 물관리에 대한 기술개발 촉진
- 이스라엘은 해수담수화 기술의 상용화 전략 제시 및 '중장기 물관리 정책' 수립하였으며, 세계 최대 해수담수화 설비 소렉 건설
- 중국은 13.5규획에서 녹색발전 분야 내 자원절약과 고효율 이용 관련하여 담수화 프로젝트를 포함

<해외 수자원 개발 정책 동향 요약>

국가	내용
미국	• 200년 만의 가뭄 후 담수화 플랜트의 정책 시행 • 물 안보 향상을 위한 담수화 고도화 통합전략 계획의 목표 및 우선순위를 제시함
싱가포르	• 정부 주도로 수자원 확보 대규모 프로젝트 추진 및 관련 자국 기업의 적극적 참여 유도 • '4 National Taps'라는 수자원 확보전략 내 담수화 플랜트 건설이 포함되어 있으며, 2060년까지 담수화 물을 싱가포르 물수요의 30%까지 도달하는 것을 목표로 함
이스라엘	• 물을 공공재로 간주하며, 전반적인 물 정책 및 관리는 '물법(Water Law, 1959)'에 기반함 • 해수담수화 기술의 상용화 전략 제시 및 '중장기 물관리 정책' 수립 • 세계 최대 해수담수화 설비 소렉 건설하는 등 해수담수화 규모의 경제화를 이루고 있음
사우디아라비아	• 미래 수자원 부족에 대한 대비책으로 수자원 관련 계획 수립 및 세계 최대 해수담수화 플랜트 건설 추진 • 제다 북서쪽 라빅에 세계 최대 규모의 담수화 플랜트 건설 계획 • 일본과 전략적으로 담수화 인프라 관련 비전 2030 파트너십 관계 형성
중국	• 13.5규획에서 5대 발전 이념 중 녹색발전 분야 내에서 자원절약과 고효율 이용 관련하여 담수화 프로젝트를 포함 • 2005년 발표한 '해수이용 전문 계획'을 통해 2010년과 2020년의 해수 이용 목표를 명시하였으며, 2011년 1일 60만 톤이었던 중국의 담수화 능력을 2020년까지 300만 톤까지 증가시키는 목표 제시

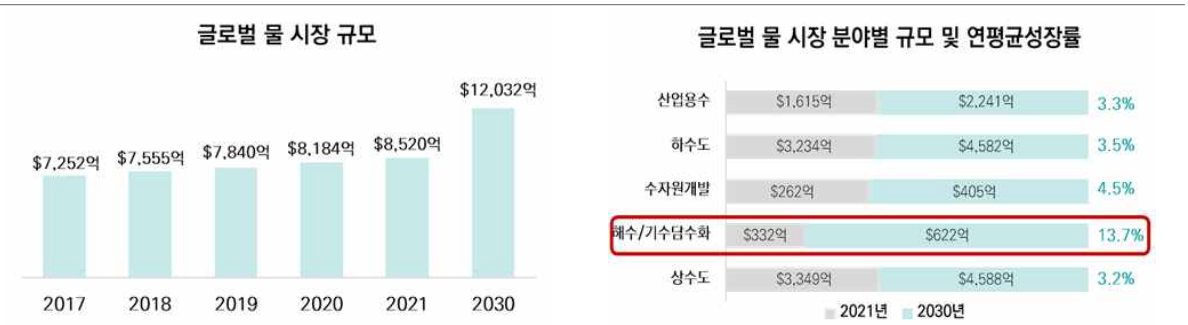
2 시장동향

2021년에서 2030년까지 전체 물시장 내에서 담수화 시장의 연평균 성장률은 13.7%로, 전체 물 시장 내에서 급속한 성장세가 전망됨

- 담수화 13.7% > 수자원개발 4.5% > 하수도 3.5% > 산업용수 3.3% > 상수도 3.2%

- 2021년~2025년 기준, 급속한 성장세가 전망되는 담수화 시장은 2022년도에 가장 큰 규모로 시장이 형성될 것으로 전망되며, 2025년의 전체 규모는 331억 달러로 전망

  – 물 관리의 중요성과 더불어, 물 인프라 투자 수요가 증가할 것으로 예상하며, 이에 해당되는 해수/기수담수화 시장의 2021년 대비 2030년 연평균성장률은 13.7%로 타 부문 대비 급속한 성장세가 전망됨

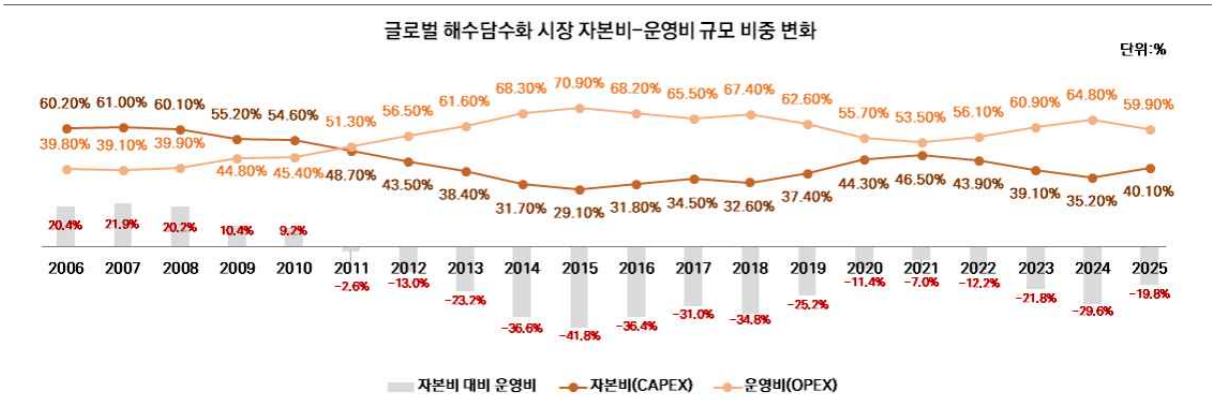


*출처 : GWI, 2017

<글로벌 물시장 규모 전망>

담수화 시장은 2011년 이후로 자본비보다 운영비 비중이 높은 것으로 나타남

- 2025년 시장은 자본비(CAPEX)–운영비(OPEX)는 각각 40.1%와 59.9% 비중을 가짐



*출처 : DesalData, 2018 / GWI, 2020

<담수화 시장 자본비-운영비 시장 규모 변화>

❖ 자본비(CAPEX)

- **(장비/서비스)** 2025년 기준 전체 투입 자본 규모는 331억 달러이며, 그 중 장비/서비스 유형별 규모는 공학·소재부문에서 57.6%, RO System에서 17.5%순으로 예상되어, 공학·소재부문에 약 3.25배 높은 비중으로 자본이 투입될 것으로 전망됨

- **(지역)** 담수화시장에서의 2025년까지의 지역별 규모 전망은 중동·북아프리카에서 213억 달러로 가장 많고, 동아시아·태평양 지역이 39.7억 달러, 남아시아 지역이 21.50억 달러 순의 규모이며, 해당 지역이 담수화 자본 투입을 주도하는 것으로 전망됨

- **(플랜트)** 2025년 기준 전체 자본비 규모에서, SWRO유형이 93.5%, BWRO유형은 6.1%, Thermal유형은 0.4% 비중 순으로 자본이 투입될 것으로 전망되어, SWRO유형이 담수화 시장을 주도할 것으로 전망됨

- **(최종 사용처)** 2025년까지의 전체 자본비 전망에서 최종 사용자별 분석은 산업용과 공공 영역인 다용도용으로 구성되며, 73.7%는 다용도용으로, 산업용은 26.3%로서, 전반적으로 공공영역인 다용도를 중심으로 한 담수화 시장 자본의 투입이 예상됨

❖ 운영비(OPEX)

- **(장비/서비스)** 2025년 기준 전체 운영 규모는 495억 달러로, 에너지 부문에서 45.5%의 가장 많은 자본으로 운영될 것으로 예상되며, 부품·멤브레인과 같은 대체품은 12.2%로

가장 적은 자본 규모로 전망됨

- **(지역)** 담수화시장에서의 2025년까지의 지역별 운영규모 전망은 중동·북아프리카에서 247억 달러로 가장 많고, 동아시아 및 태평양 지역이 65.1억 달러, 서유럽 지역이 48.4억 달러 순의 규모이며, 해당 지역이 담수화 운영부문 시장을 주도하는 것으로 전망됨

- **(플랜트)** 2025년 기준 전체 운영비 규모에서, 멤브레인 유형이 81.8%, Thermal유형은 18.2%로 운영비 규모가 전망됨

- **(최종 사용처)** 2025년까지의 전체 운영비 전망에서 최종 사용처별 분석은 산업용 및 다용도용으로 구성되며, 64.3%는 공공영역인 다용도용으로, 산업용은 35.7%로서, 전반적으로 다용도용(공공영역) 중심으로 한 담수화 시장 운영비 투입이 예상됨

❖ 국내 물 이용 현황 및 전망

■ 국내 수자원 이용량은 총량 대비 28%인 372억m³이며, 지표수 및 지하수에 치중되어 있어 기후변화에 따른 대체수자원 마련의 필요성 증가

- 지구온난화에 따른 기후변화로 인해 지역별·계절별 강수편차가 증가하는 등 홍수 취약성 및 가뭄 빈도의 증가 발생

- 담수화는 거의 무한한 수원을 활용할 수 있는 대체수자원으로써 에너지 절약과 생산성을 제공하는 효율적인 급수시스템이며, 기후변화 관련 가뭄에 대응하는 잠재력이 크다고 판단됨

<수자원 이용 현황>

단위 : mm, 억㎥/년

		1965	1980	1994	1998	2003	2011	2016
수자원총량		1,100	1,140	1,267	1,276	1,240	1,297	1,323
이용현황	총이용량	51.2	153.0	301.0	331.0	337.0	333.0	372.0
	생활용수	2.3	19.0	62.0	73.0	76.0	75.0	76.0
	공업용수	4.1	7.0	26.0	29.0	26.0	21.0	23.0
	농업용수	44.8	102.0	149.0	158.0	160.0	159.0	152.0
	유지용수	-	25.0	64.0	71.0	75.0	78.0	121.0
(참고:당해년도 강수량)		1,171	1,367	923	1,630	1,756	1,380	1,300

*출처 : 국토교통부, 수자원장기종합계획, 2016

3 산업동향

■ **담수화 산업은 가치사슬(Value Chain)에 따라 제조-건설-운영 서비스업-공급으로 구분되며, 각 부문 간 밀접하게 연계됨**

- **(제조산업)** 수처리 약품, 필터(막), 관거, 수처리 장비 등이 포함
- **(건설산업)** 담수화 플랜트 프로젝트 개발을 위한 컨설팅, 설계 및 건설이 포함
- **(운영·공급 서비스업)** 담수화 플랜트의 운영·관리(O&M)과 공공 및 민간 상·하수 시설과 연계한 운영 및 관리를 포함



<담수화 산업의 구성(Value Chain)>

■ **담수화를 포함한 물 산업은 전 세계적으로 공공부문이 사업을 주도하고, 민간부문이 제조·건설 등 연관 사업을 담당하는 이원적 산업구조를 형성하며 성장·발전**

- 담수화 산업은 물 전문 대기업과 이를 중심으로 중소·벤처기업들이 유기적으로 연계되어 경쟁력을 보유
- 물 산업은 공공적 성격이 강하여 프로젝트 발주 및 운영 측면에서 공공기관의 주도성이 강하여 제조 분야 측면에서는 수요 독점성이 매우 큰 산업
- 플랜트 산업이자 기술 중심의 고부가가치 산업으로, 초기 설비투자가 요구되나 궁극적으로는 선도기술의 보유 여부(reference 확보)에 따라 업체 간 성과 편차가 큰 산업

■ **해수담수화를 비롯한 물 산업이 공공사업 영역에서 벗어나 민간사업 영역으로 확장되면서 보다 경쟁이 가속화되고 있음**

- 자국 물 산업 육성을 위한 보호주의 정책 확대, 전후방 산업간 수직 통합 경향, 기술 및 사업 운영 노하우의 일반화, 정부·지자체 주도 하의 집중적 투자 등이 변수로 작용

❖ 기업 경쟁력 분석

■ 해수담수화 관련 분야의 EPC(Engineering, Procurement, Construction) 업체들 사이 시장주도를 위한 기술경쟁이 점점 치열해지고 있는 추세

- 특히 EPC 분야는 설계 표준화로 인해 기술적 격차가 거의 없어졌으며 가격 경쟁이 심화되고 있는 상황
- 각 기업들은 장기적이고 안정적인 수익 확보를 위해 O&M을 포함한 공정 최적화 분야에 많은 기술력 확보에 주력

■ 전 세계 누적 설비량 기준으로 EPC 기업들의 현황을 살펴보면, 총 설비량의 38%가 상위 5개 기업에 집중되어 있으며, Suez가 가장 높은 점유율을 보이고 있음 (2019년 11월 기준 713개 기업, 총 설비량 7,947만 ㎥/d)

<설비용량 기준 상위 10개 기업 목록>

(단위 : ㎥/d)

순위	기업명	누적설비 총량	순위	기업명	누적설비 총량
1	Suez	10,409,133	9	Evoqua Water Technologies	1,520,736
2	Veolia	8,488,744	10	Biwater	1,460,893
3	Doosan Heavy Industries & Construction	5,923,710	11	Nomura Micro Science	1,314,914
4	Salini Impregilo	3,440,280	12	Hitachi Zosen Corporation	1,242,369
5	Hyflux	2,073,946	13	Mitsubishi	1,188,385
6	IDE Technologies	2,026,385	14	Abengoa	1,187,324
7	Acciona	1,857,645	15	ACS (Actividades de Construccion y Servicios)	1,148,308
8	Sasakura Engineering	1,574,919	-		

*출처 : DesalData, 2019

■ 해수담수화 O&M(Operation and Maintenance, 운영 및 유지관리) 중요성이 부각되고 있으나 국내 해수담수화 플랜트의 지능형 운영·관리 기술에서는 경쟁력이 미흡

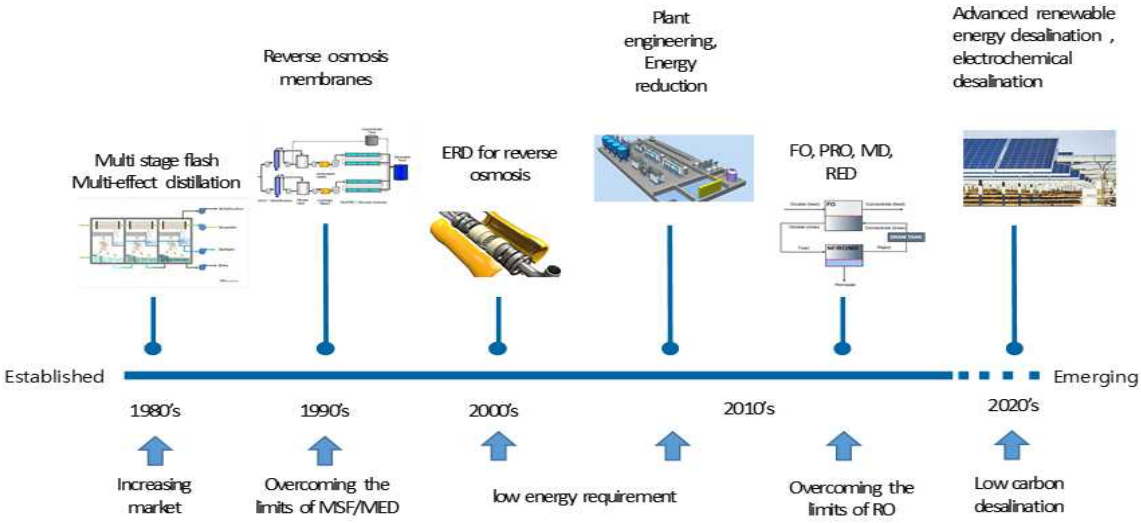
■ 글로벌 담수화 프로젝트에 참여한 기자재 기업들의 현황을 살펴보면, 멤브레인 분야 기업 수가 가장 많으며, ERD, Chemical Feed system 등 특정 기업에서 독점하는 분야 존재

4 기술동향

- 담수화 기술이 개발된 초기에는 1세대 기술인 증발법 기술이 시장을 주도하였으나, 2000년 이후에는 2세대 기술인 RO기술이 시장을 주도하고 있음

- RO의 저에너지화를 위해 카본나노튜브(CNT), 정삼투식(FO), 막증발법(MD), 전기적 흡착기술(CDI)과 같은 신개념 탈염 기술들이 대두되고 있으나, 대규모 플랜트를 건설하는 상용화까지는 여전히 기술적 한계 존재

- 1990년 이후부터 역삼투 공정이 개발되기 시작하여, 2000년대는 에너지를 대폭 저감할 수 있는 에너지회수장치 기술의 개발로 RO기술이 예측 가능한 미래까지 시장을 주도할 것으로 전망



*출처 : 이상호, 2019

<해수담수화 기술의 발전과정>

❖ 취수 및 전처리 기술

- **(취수)** 취수 시의 환경 영향을 최소화하기 위한 연구를 통해 담수화의 친환경성 확보가 필요하며, 국내의 경우 취수 시 발생하는 환경 영향에 대한 체계적 연구는 부족한 실정

- **(배수)** 배수 시 배출수의 해양생태계 위해성을 평가·관리하는 기술 개발이 필요하며, 현재는 배출수의 단기적인 생물 영향 평가 및 성상 분석에 머물고 있는 수준으로 조사

- **(전처리)** 담수화 공정에서 유입수의 콜로이드성 물질 및 입자성 물질 등 막 오염 유발 물질의 제거를 위한 전처리 기술은 응집, 침전 기술에서 media filtration, cartridge filtration과 같은 여과 방식이 사용되어왔으나, 최근 UF/MF막을 사용한 전처리 방식의 적용 경향이 증가 추세

❖ 주공정(탈염) 기술

- **(증발식 공정)** 가장 널리 사용되는 방법은 다중 효용방식(MED), 다단 플래쉬방식(MSF) 및 증기압축식(VCD)이며, 3,000㎥/일 이상의 용량에서 비용면에서 효율적이며, 염분이 높은 공급원(≥35,000ppm)의 담수화에 효과적
- **(막 기반)** 막 기반 담수화 기술은 삼투 현상을 기반으로 하며, 역삼투식 및 정삼투식으로 구분됨. 역삼투식을 적용한 담수화 플랜트가 수십년동안 다양한 규모로 운영되어 가장 기술적으로 연구
- **(전기화학 기반)** 혁신 신공정의 하나인 전기화학 기반 공정에 적용하기 위해 흐름전극 소재, 연속 흐름전극 탈이온화 기술 등이 연구되고 있음
- **(하이브리드)** 정삼투(FO) 공정이 역삼투(RO)와 달리 별도의 외부 압력 없이 용액의 농도차를 이용하여 담수를 생산하므로 저에너지 담수화 기술을 구현할 수 있다는 점에 착안하여, FO-RO 공정을 연계한 기술이 개발 중

❖ 후처리 및 공급 기술

- **(pH조정)** 탄산칼슘과 같은 알칼리제를 첨가하여 pH를 조정함
- **(미네랄 주입)** 천연 수산화칼슘(미네랄)을 보충하여 인체에 필요한 마그네슘, 칼륨, 칼슘을 함유한 음용수로 공급
- **(소독)** 염소 및 오존으로 일반 세균 등을 제거함

❖ 농축수 및 폐수 처리 기술

- **(농축수 방류)** 농축수를 처리하기 위해 해수담수화 플랜트의 대부분은 칼슘 직접 주입 방식을 사용하며, 최근에는 막증발(MD) 기술을 활용하여 농축수를 저감하고자 하는 연구가 진행

- **(에너지 회수)** PRO(압력 지연 삼투 기술, Pressure Retarded Osmosis)와 RED(역전기투석, Reverse Electro Dialysis) 기술이 있음



<PRO와 RED의 주요 원리>

- **(자원 회수)** 바닷물에 다량으로 포함되어 있는 리튬이온 등과 같은 고가의 유가자원을 회수하고자 하는 시도가 진행되고 있으며, 담수화 공정에서 새로운 부가가치를 창출하고자 함

- **(폐수)** 폐수 처리 방법은 해양방류, 지표방류, 지하방류, ㅊ하수처리장 처리, 육상 살포, 증발 등이 있으며, 해양방류 혹은 하수처리장 방류의 비율이 높은 실정

❖ 계측·운영·유틸리티 기술

- **(모니터링 및 유지관리)** EPC(Engineering, Procurement, Construction)와 O&M(운영, 관리)을 패키지로 통합하여 최적 설계, 설비기능 개선, 운영비용 최소화 등 최적화 기술이 적용되는 혁신 신공정에 대한 수요가 증가함에 따라 이에 대한 기술개발이 진행 중

- **(지능형 플랫폼)** IoT, 빅데이터, AI, 클라우드 등 4차 산업혁명 지능정보기술과 융복합된 플랜트 유지관리 및 HSE(Health Safety Environment) 대응을 위한 디지털 엔지니어링 기술은 담수화 분야에서도 혁신 신공정으로서 접목 추세

- **(에너지 공급관리)** 저탄소화를 실현하기 위한 신재생에너지와 담수화 플랜트 연계 기술이 연구되고 있으며, 탄소중립 지향 친환경 공정을 지향함

- **(모듈형 패키지화)** 부유식 해수담수화 플랜트 설계기술을 확보하고자 모듈형 패키지화 기술개발이 진행되고 있으며, 해외 주요국은 중대규모 플랜트용 설계기술 확보를 위해, 국내에서는 도서지역 용수공급 목적의 중소규모 선박 탑재형 담수화 장치를 위한 담수화 핵심설비의 모듈화 기술을 개발 중

3. R&D 역량분석

1 R&D 투자동향

■ ‘20년 국가연구개발사업의 예산은 24조 4,195억원으로 전년대비 약 18.0% 증가

■ 환경부 R&D는 ‘20년 예산은 3,601억원으로 전년대비 약 9% 증가하였으며, 그중 담수화관련 사업은 전년대비 약 13% 증가하였음

● 담수화관련 사업은 국토교통부에서 환경부로 이관한 이래로 계속적으로 증가하고 있는 추세

■ 연도별 투자동향을 살펴보면, 담수화 산업은 2009년부터 2021년까지 571개 과제를 통해 3,505.9억 원이 투자됨

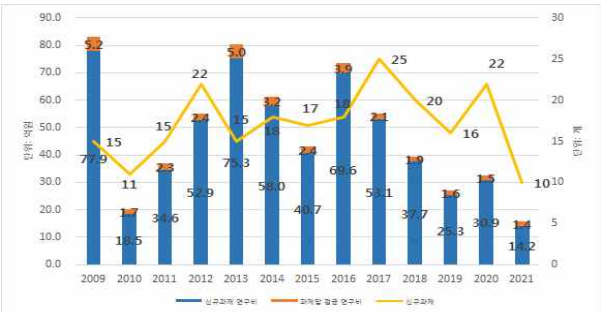
● 국내에서의 담수화 산업이 자생력을 가지지 못한 상황에서 정부 투자의 감소는 관련 기술개발에 부정적 영향이 크므로 새로운 과제 발굴을 통한 지속적인 투자가 필요함

단위 : 억 원

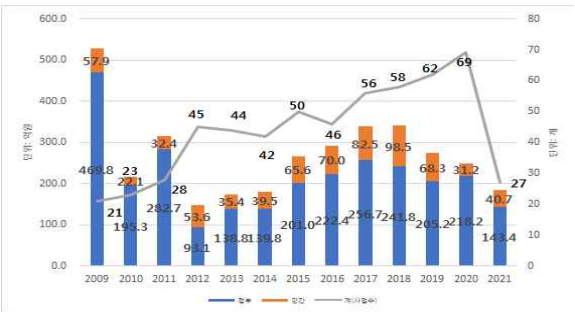


< 국가연구개발사업과 환경부 R&D 사업의 투자동향 >

● 과제 수는 신규과제 224개, 계속과제 347개로 총 571개 과제가 수행되었음(중복 포함)
– 신규과제는 2012년, 2017년과 2018년, 2020년을 제외하면 15개 내외로 꾸준히 유지되고 있어 담수화 기술 개발에 관한 지속적인 투자가 이루어지고 있음을 확인할 수 있음



< 담수화 관련 신규 과제 동향 >



< 담수화 관련 연구비 동향 >

2 기술역량 분석

❖ 특허 분석

■ 담수화 분야 특허 출원은 지속적으로 증가 추세이며, 미국의 특허출원 건수가 가장 많고, 한국과 유럽은 유사한 수준임

- 미국의 경우 분석 초기 구간부터 꾸준히 증가하는 추세를 보이다, 2017년 이후 점차 감소하는 양상, 유럽의 경우 2014년 이후 점차 감소, 일본은 2011년~2013년, 한국은 2013년~2017년 많은 특허 출원 양상을 보임

■ 담수화 기술은 출원건수와 출원인수가 지속적으로 증가하나, 출원인수 대비 출원건수의 증가폭이 큰 것으로 조사되어 성장기에서 성숙기로 넘어가는 단계인 것으로 분석

- 한국은 성장기, 미국이 성장기에서 성숙기로 넘어가는 단계, 유럽과 일본이 성숙기 단계인 것으로 나타나, 초기에는 유럽과 일본이 주도하였으나, 중후반으로 갈수록 미국이 출원을 주도하고 있으며, 한국도 성장 추세에 있는 것으로 분석

❖ 기술수준 분석

■ 2019 국토교통 기술수준분석(KAIA)의 플랜트 분야 내 환경플랜트, 2020년 기술수준평가(KISTEP)의 환경기상 분야 내 스마트 물순환 및 수자원 확보·관리 기술에 대한 기술수준을 분석함

- (KAIA 기술수준조사) 환경플랜트 분야의 기술수준이 향상되었으나, 해수담수화 플랜트 분야의 기술격차는 벌어진 것으로 조사됨
- (KISTEP 기술수준조사) '20년 한국의 기술수준이 5% 증가하였으며, 기술격차는 1년 줄어들었으며, 기술수준 그룹은 추격그룹으로 유지됨

■ KISTEP 기술수준평가 보고서 등 기존 기술수준 관련 자료에서는 동 사업의 담수화 기술 관련 기술범위와 일치하는 기술분야의 기술수준을 확인할 수가 없어 자체적으로 동 사업 범위의 기술에 대한 기술수준을 평가

- 전반적인 최고기술보유국은 미국으로 조사되었으며, 현재 기술수준은 전체 평균 71.0%로 나타나 추격그룹으로 구분되고 기술격차는 4.70년으로 조사됨
- 동 사업이 적기에 추진된다고 가정할 때 2030년 기술수준은 전체 평균 88.5%이 될 것으로 예상되었으며, 기술격차는 1.845년으로 전망됨

3 인프라 현황

❖ 국내 및 해외 담수화 시설 현황

■ **현재 우리나라에서 운영되고 있는 해수담수화 시설은 도서지역에 설치되어 있는 생활용수 생산을 목적으로 하는 소규모 담수화 시설이 대부분이며, 중·대형급 해수담수화 시설은 공업용수 공급을 목적으로 소수의 시설만이 운영되고 있거나 계획 중에 있음**

<국내 해수담수화 시설 현황>

구분	중·대규모	소규모
구분기준	대규모: 10,000m³/d 초과 중규모: 1,000~10,000m³/d	1,000m³/d 미만
시설현황	3개 (부산 기장, POSCO 광양제철소, 대산임해산업지역(추진 중))	109개 (지자체 74개, 수자원공사 35개)

- **(포스코 광양 플랜트)** 국내 운영 중인 중·대형급 해수담수화 시설 중 공업용수 공급을 목적으로 민간기업 자체적으로 건설
- **(기장 해수담수화 플랜트)** 국토부의 해수담수화플랜트사업단 추진을 통해 건설된 생활용수 공급용 해수담수화 플랜트(45,000㎥/d)가 있으나, 현재 환경단체와 주민 반대로 운영되지 않음
- **(대산임해 해수담수화 플랜트)** 대산임해산업지역 내 입주기업의 공장 증설 및 신규 산업단지 조성 등으로 인한 용수부족 문제를 해결하기 위해 해수담수화 시설 건설을 계획함
- **(수자원)** 수자원공사에서 운영 중인 32개 도서지역 해수담수화 시설 현황을 살펴보면, 대부분의 시설이 염지하수를 취수원으로 사용하고 시설용량이 100㎥/d 이하이며, 설치된 지 15~20년 정도 되어 노후화된 시설로 볼 수 있음
- **(지자체)** 지자체에서 운영 중인 74개 도서지역 해수담수화 시설현황을 살펴보면, 가동 55개 미가동 19개로 노후화되어 운영 중단된 경우가 많고 폐지되거나 폐지 예정인 시설이 있음

- **해외 담수화 시설은 미국, 이스라엘, 사우디아라비아, 싱가포르, 인도네시아, 아랍에미리트 등의 지역에 조성되어 운영 중**

❖ 민간기업 현황

■ 국내 기업은 EPC 계약 방식의 비중이 높은 편이나, 담수화 적용기술이 역삼투법으로 전화되고 있어 국내 EPC 기업은 두산중공업을 제외하고는 경쟁력 확보에 어려움을 겪는 상황

- EPC분야에서 누적설비량 기준으로 세계 100위 내에 국내 4개 기업이 포함되어 있으며, 3위인 두산중공업과 그 외 국내 기업 간 차이가 존재함
- 두산중공업을 포함한 국내 EPC 기업들의 수주실적은 2014년 이후에는 전무함
- 국내 EPC 기업은 대형 이상 규모 시설 수주에 집중하고 있으며, 주력시장 지역에 대한 차이가 존재함

■ 국내 기자재 기업은 대상 기자재나 참여실적 측면에서 경쟁력이 상당히 낮으며, 중소기업의 수주 실적은 전무함

<국내 기업의 해수담수화 기자재 산업 진출 현황>

기업	참여사업 수	참여 기자재 분야 / 건 수
Doosan Enpure Ltd.	5	• Pretreatment system / 5건
Doosan Heavy Industries & Construction Co., Ltd.	1	• Desal(unspecified) / 1건
Doosan Hydro (now Safbon Water Technologies)	6	• Desal(unspecified) / 5건 • Pretreatment system / 1건
Hyosung Goodsprings	7	• Desal(unspecified) / 2건 • Pump(Not specified/other) / 5건
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.	1	• Membranes (Not specified/other) / 1건
KC Samyang Water Systems Co. Ltd.	9	• Desal(unspecified) / 7건 • Pump(Not specified/other) / 2건
계	29	–

*출처 : DesalData, 2019

4. 선행 사업 분석

(환경부(국토교통부) 선행 사업 분석) 국내 해수담수화 분야 정부R&D는 2006년부터 본격적으로 해수담수화 플랜트 사업단을 시작으로 연구개발을 추진하였으며, 2013년 사업단 종료 이후 다양한 연구단을 발족시켜 연구 중에 있음

- 1970년대 사우디아라비아의 역삼투 방식 해수담수화 시설 설치를 기점으로 해수담수화 기술은 에너지 사용에 대한 효율성으로 인하여 증발식에서 역삼투 방식으로 급격하게 변화

- 이에 당시 건설교통부는 2006년 VC 10 분야로 해수담수화 분야를 선정하여 역삼투 방식 기술을 확보하고자 “해수담수화 플랜트 사업단”을 발주하여 급격한 변화에 대처

  – 해수담수화 플랜트 사업단은 칠레의 22만 톤 수주 등의 괄목할만한 성과를 나타내고 2014년 11월 최종 종료됨

- 현재 및 미래의 해수담수 시장의 우월적 지위를 지속적으로 확보하기 위해 다양한 연구단을 발족시켜 연구 중에 있음

  * 해수담수화 플랜트 사업단 종료 후 총 8개 연구가 추진되었음 (종료 5개, 진행 중 3개)

<국내 해수담수화 주요 선행R&D 현황>

연구명				수행기간	총 연구비
1	(종료)	사업단	해수담수화플랜트사업단	2006.12.~ 2014.11.	1,758억 원
2	(종료)	과제	해수담수화 역삼투막 고급세정 기술개발	2014.12~ 2017.12	57억 원
3	(종료)	연구단	MD/PRO 복합탈염공정 실증플랜트 기술개발	2013.06.~ 2018.06.	359억 원
4	(종료)	연구단	FO-RO 하이브리드 해수담수화 프로젝트	2014.12.~ 2019.12.	317억 원
5	(종료)	연구단	역삼투압방식 해수담수화플랜트 공정고도화 기술개발	2014.12.~ 2019.12.	198억 원
6	(종료)	연구단	중동지역 맞춤형 저에너지 해수담수화 플랜트 기술개발	2016.06.~ 2020.06.	408억 원
7	(진행중)	연구센터	해수담수화 막여과 시스템의 실용화 및 성능평가 연구	2013.12.~ 2020.12.	34억 원
8	(진행중)	연구단	막증발 공정 파일럿 중동 현장적용 및 신재생결합형 해수담수화 무인운영기술	2018.04.~ 2021.12.	57억 원
9	(진행중)	연구단	해상이동형 해수담수화 플랜트 기술개발	2018.04.~ 2023.12.	300억 원

5. 종합분석 및 시사점

■ 정책, 기술, 시장, 산업동향 등을 통하여 다음의 시사점을 도출

담수화 정책 동향

- 기후변화 적응 및 피해 최소화를 위한 담수화 기술의 확보는 전 세계적으로 필요하나 높은 비용과 탄소배출량이 장애요인임

담수화 기술 국외 동향

- 저에너지 담수화 기술의 필요성과 함께 최근 농축수의 환경영향 저감과 유가자원 회수에 대한 중요도가 높아지고 있어 관련기술이 활발하게 개발됨

담수화 기술 국내 동향

- 2006년부터 시작된 플랜트 연구사업의 추진으로 담수화 기술이 발전되었으나, 후속사업의 단절로 인하여 최근 국내기술 경쟁력이 약화되고 있음

담수화 시장 동향

- 담수화 기술의 전 세계 시장은 연간 5~6% 수준으로 타 물관리 분야에 비하여 빠르게 성장하고 있으며, 시장진입의 기회가 있음

담수화 산업 국외 동향

- 글로벌 물 기업이 담수화 시장에 대한 지배력을 높이고 있으며, 담수화 시장인 중동에서는 자국 산업을 발전시키려는 시도를 진행 중

담수화 산업 국내 동향

- 일부 국내업체가 시장에서 경쟁하고 있으나 이를 뒷받침할 전후방 산업 역량 부족

■ 분석 결과 담수화 국내 기술의 위기를 기회로 전환하기 위한 혁신적 R&D 사업의 추진이 시급함을 확인할 수 있음

6. 사업 추진 계획

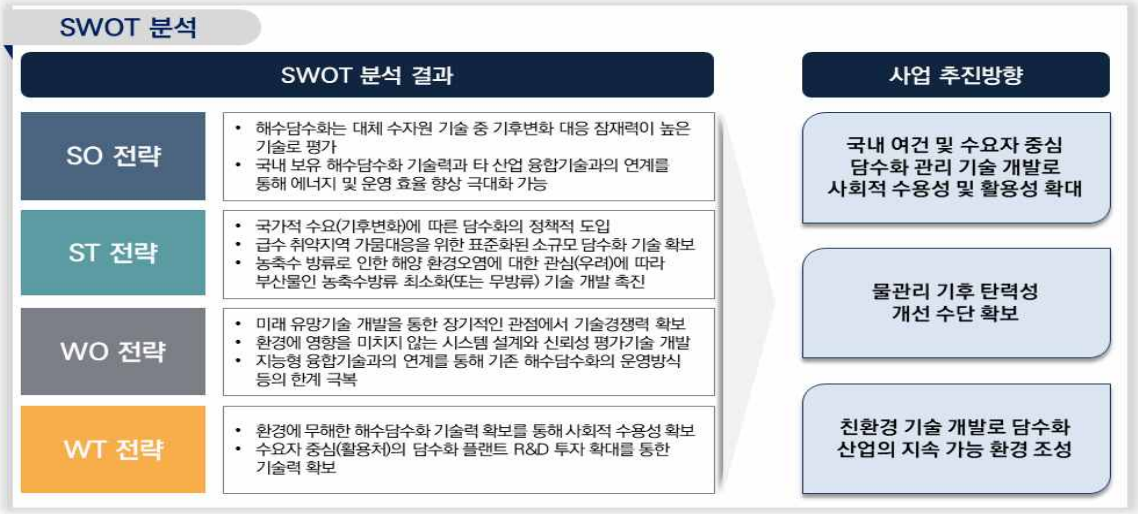
1 추진 방향 및 과제

국내·외 담수화 관련 정책현황 분석, 시장/산업동향 분석, 기술개발, 논문, 특허, 기술수준조사 등을 통한 기술동향 및 역량분석, R&D투자 동향 및 성과분석을 통해 담수화 분야 주요 이슈를 분석하고 해결방안을 마련

<현황분석 결과에 따른 주요 이슈 및 해결방안>

구분	주요 이슈	해결방안
관리 및 정책현황	▪ 해외 물부족 국가에서 대체수자원확보, 친환경 담수화 기술 확보 등을 목표로 정책 추진 ▪ 국내 중대규모 담수화 시설에 대한 도입 필요성에도 불구하고 추가 보급·적용 계획이 부재 ▪ 국내 소규모 담수화 시설의 활용 및 운영관리 문제 이슈 부상	▪ 해외 수요 및 정책에 선제적으로 대응하여 현장 수요에 활용할 수 있는 기술개발 추진 ▪ 환경맞춤별 담수화 시설 운영 기술 개발을 통한 운영 효율성 제고 ▪ 소규모 담수화 시설의 효율적인 관리방안 마련
시장/산업동향	▪ 저에너지, 농축수 활용 등 친환경 해수 담수화 기술의 해외 수요 증가 ▪ 세계적으로 O&M 조달방식 급속히 증가, 운영비 시장의 높은 비중 ▪ 국내 담수화 기술영향력은 높으나 시장지배력이 낮은 것으로 나타나 시장경쟁력 미흡 ▪ 담수화 과정에서 많은 에너지를 소모하여 다량의 온실가스를 배출	▪ 현장 수요 기반의 친환경·고부가가치 기술 개발을 통한 시장 경쟁력 제고 ▪ 해수 외의 다양한 수원을 활용한 담수화 기술 개발을 통한 활용처 확대 ▪ 재생 에너지원을 활용하여 지속가능한 물 공급의 기반을 확충
기술동향	▪ 현존 기술(역삼투법RO)외 유망기술, 신재생에너지 연계 등에 대한 연구 진행 중 ▪ 운영 기술에 대한 모니터링 및 무인화를 위한 플랜트와 ICT기술의 연계 및 융합 추세	▪ 차세대 유망기술에 대응하고 변화된 수요에 적합한 기술개발 ▪ 운영기술(O&M)에 집중적인 투자를 통한 기술력 확보
투자동향 및 성과분석	▪ 기존 R&D는 해외 시장 진출 목표로 사업이 추진됨에 따라 국내 여건에 부합하는 담수화 플랜트 기술은 부재 ▪ 기존 담수화 기술개발사업의 연구성과에 대한 활용은 미비한 수준으로 성과 활용도 제고 필요	▪ 국내 여건(물부족 지역, 활용처 등)에 부합하는 수요자 중심의 담수화 물관리 전환 기술 확보

■ 관련 현황 분석을 통한 주요이슈 및 해결방안 마련, 이를 바탕으로 SWOT분석 및 전략을 수립하여 주요 4대 사업추진 방향 설정



<SWOT분석 결과에 따른 사업 추진 방향 설정>

■ 사업 추진 방향에 따른 담수화 R&D 분야의 주요 이슈 및 문제점을 해결하기 위한 중점기술을 도출하고 이를 위해 신규 추진이 필요한 사업영역을 도출

● 담수화 산업의 주요 이슈인 1) 기후변화 영향 저감을 위한 대체수자원 확보 2) 에너지 소모량 및 탄소배출 문제 해결 등을 위하여 주요현안과 연계된 해결방안, 중점기술을 유기적으로 구성하여 조기목표 달성, 안정적인 현장보급 및 성과확산 추진

2 사업 비전 및 목표

- 대내외 환경과 사업추진 여건 및 수요에 대한 조사분석 결과를 토대로 사업내용을 설계

- 본 사업은 기후변화 적응능력 제고를 위한 담수화 분야 디지털 전환 및 저탄소화 핵심기술 및 운영기술 확보하기 위한 목적으로 추진

비전	기후변화 적응을 위한 저탄소 디지털 담수화 기술의 개발 및 적용에 의한 국민 물 행복 실현	
사업 목표	담수화 분야 디지털 전환 및 저탄소화 핵심기술 및 운영기술 확보	
성과목표	디지털 담수화	물-에너지 융합 담수화
	▸ (데이터) 기존대비 담수화 데이터 분석시간 단축 및 정확도 향상 30% 이상 및 기존대비 디지털 트윈 구축시간 단축 및 정확도 향상 20% 이상 ▸ (네트워크) 담수화 플랜트 운전 자동화 및 원격 유지관리 (전체 80 % 이상) ▸ (인공지능) 담수화 플랜트 전체 공정 지능형 관리에 의한 물 생산비용 10% 절감	▸ (농축수) 고염도 농축수 (해수대비 TDS 1.67배 이상) 발생량 50% 이상 저감 ▸ (실증화) 농축수 에너지 복합활용 담수화 실증 플랜트 (2,000 m^3/일) 구축 및 운영 ▸ (저탄소) 에너지 회수, 대체 및 절감에 의한 생산수 1톤당 탄소 배출량 20% 저감

중점분야 및 핵심기술	중점분야	핵심기술
	데이터-네트워크-인공지능(DNA) 담수화 운영기술	▸ 담수화 플랜트 빅데이터/디지털 트윈 플랫폼 기술 ▸ 네트워크 기반 담수화 플랜트 지능형 관리 기술 ▸ AI기반 담수화 플랜트 자율운영 기술
	물-에너지 융합 탄소중립형 담수화 플랜트 기술	▸ 담수화 플랜트 농축수 에너지 회수 및 환경영향 최소화 기술 ▸ 담수화 기반 물-에너지 섹터 커플링 기술

<비전체계도>

3 기존 사업과의 차별성

선행사업 대비 차별성과 연계성을 확보하는 방안 도출

선행사업 및 유사사업	기존 유사사업과의 차별성	동 사업과의 연계점 활용 방안
(국토교통부 → 환경부) 플랜트 연구사업 해수담수화 등 플랜트 건설사업에 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증 기술개발을 통해 국내적용은 물론 해외플랜트 수주 경쟁력 증대	플랜트 연구사업은 핵심공정 개발과 기자재 및 설계기술 국산화를 중심으로 추진되었으며, 이를 위한 디지털 기술의 융합과 에너지 분야와의 융복합 등은 추진되지 않음 선행연구사업에서 개발이 완료되었으나 시장진입을 위하여 "Death valley" 극복을 위한 추가 연구 필요 기술에 대하여 "이어달리기 사업" 형태로 추진	플랜트 연구사업의 성과물을 본 기술개발에 연계 활용 추진
(산업부) 에너지 기술개발사업 신재생에너지 기술·산업 경쟁력 강화, 기술 융복합 시장 선점 등을 위한 에너지 기술개발	에너지 기술개발사업은 신재생 에너지 기술개발과 활용에 목적을 두고 있으며, 물-에너지 융합기술 분야는 범위에 포함되지 않음 본 사업에서 대상으로 하는 에너지는 염도차 에너지와 잉여전력, 수소 등으로 환경부의 영역에 포함되는 분야임	타 부처 선행연구로 완성된 기술의 경우 단순구매의 형태로 적용이 가능함

7. 내역사업별 추진

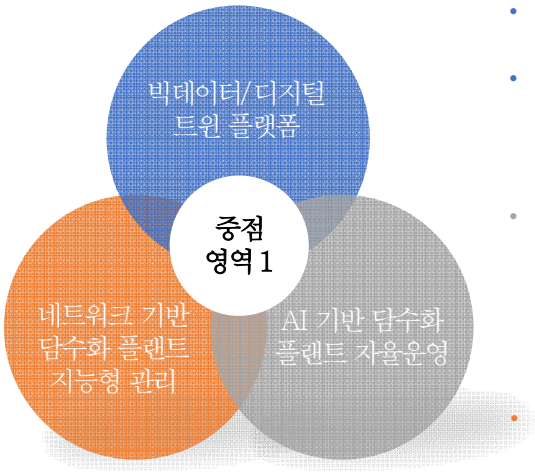
사업 구성

- 데이터-네트워크- 인공지능(DNA) 담수화 운영기술, 물-에너지 융합 탄소중립형 담수화 플랜트 기술의 2개 중점분야와 5개 중점과제 11개 세부과제로 구성

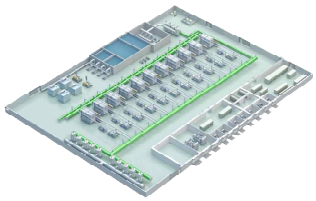
사업명	내역사업	중점과제	세부과제
저탄소 선도형 디지털 담수화 기술개발 사업	데이터-네트워크-인공지능(DNA) 담수화 운영기술	담수화 플랜트 빅데이터/디지털 트윈 플랫폼 기술	· 클라우드 기반 국가 해수담수화 빅데이터 플랫폼 기술 · 담수화 플랜트 고정밀 디지털트윈 구축 및 운영기술
		네트워크 기반 담수화 플랜트 지능형 관리 기술	· 네트워크 기반 담수화 플랜트 원격 유지관리 기술 · 플랜트 용수생산 및 에너지 관리 인벤토리 솔루션
		AI기반 담수화 플랜트 자율운영 기술	· 사물인터넷 센서 및 AI 기반 자율운영 기술 · 담수화 플랜트 가상물리 시스템 구축 및 운영
	물-에너지 융합 탄소중립형 담수화 플랜트 기술	담수화 플랜트 농축수 에너지 회수 및 환경영향 최소화 기술	· 농축수 에너지 복합 회수 및 변환 기술 · 고염도 농축수 발생량 및 환경영향 저감기술 · 농축수 에너지 복합활용 중대규모 담수화 플랜트 기술
		담수화 기반 물-에너지 섹터 커플링 기술	· 잉여 신재생 전력 연계형 담수화 플랜트 기술 (Power-to desalination, P2D) · 해수담수화 기반 청정수소 생산기술 (Desalination-to-hydrogen, D2H)

사업 상세 내용

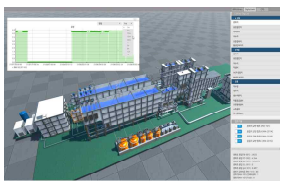
[중점영역1] 데이터-네트워크-인공지능(DNA) 담수화 운영기술



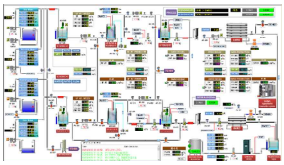
- 담수화 플랜트 빅데이터 분석 플랫폼 기술 개발
- 담수화 플랜트 디지털 트윈 구축기술 개발



- 담수화 플랜트 단위공정 및 전체 공정 자율운전을 위한 인공지능 시스템 구축



- 담수화 플랜트 원격 제어 및 원격 유지관리 기술 개발



<중점영역 1의 구성기술>

- **(정의)** 저에너지·저비용·고효율 담수화를 위한 디지털 기술 (데이터 분석, 네트워크, 인공지능 등) 기반 플랜트 운영 기술
- **(필요성)**
  - 기존 중대규모 담수화 플랜트 디지털화에 대한 국내·외 수요 증가
  - 담수화 플랜트 운영인력 숙련도 부족 문제 해결을 위한 지원방안 필요
  - 국내 운영 중인 담수화 시설에 대한 국가 담수화 정보시스템 필요개발이 필수적임
- **(기술구성)** 담수화 플랜트 빅데이터/디지털 트윈 플랫폼 기술, 네트워크 기반 담수화 플랜트 지능형 관리 기술, AI기반 담수화 플랜트 자율운영 등 3개 중점기술로 구성
- **(규모)** 140억원(국고 95억원, 민간 45억원)

● 주요 기술영역

	담수화 플랜트 빅데이터/디지털 트윈 플랫폼 기술	네트워크 기반 담수화 플랜트 지능형 관리 기술	AI기반 담수화 플랜트 자율운영 기술
과제 구성	○ 2개 세부과제 – 클라우드 기반 국가 해수담수화 빅데이터 플랫폼 기술 – 담수화 플랜트 고정밀 디지털트윈 구축 및 운영기술	○ 2개 세부과제 – 네트워크 기반 담수화 플랜트 원격 유지관리 기술 – 플랜트 용수생산 및 에너지 관리 인벤토리 솔루션	○ 2개 세부과제 – 사물인터넷 센서 및 AI 기반 자율운영 기술 – 담수화 플랜트 가상물리 시스템 구축 및 운영
예산	총 25억 원 (국고 25억 원)	총 45억 원 (국고 25억 원)	총 70억 원 (국고 45억 원)

● 최종목표

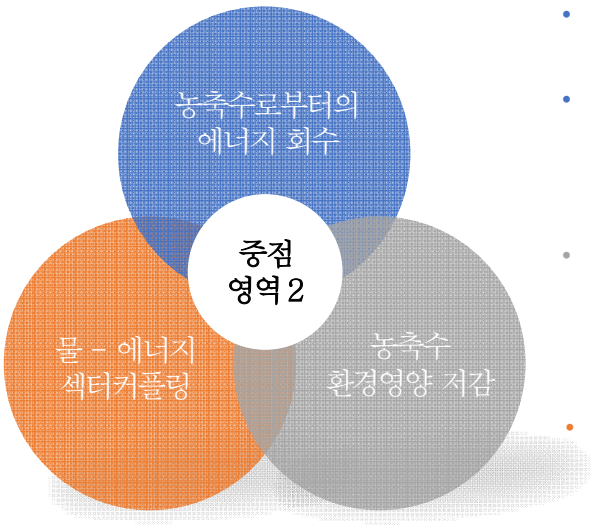
– 담수화 플랜트 빅데이터 분석 플랫폼 기술 개발 (기존대비 분석시간 단축 및 정확도 향상 30% 이상)

– 담수화 플랜트 디지털 트윈 구축기술 개발 (기존대비 구축시간 단축 및 정확도 향상 20% 이상)

– 담수화 플랜트 운전 자동화 및 원격 유지관리 (전체 80 % 이상)

– 담수화 플랜트 전체 공정 지능형 관리에 의한 물 생산비용 10% 절감

[중점영역2] 물-에너지 융합 탄소중립형 담수화 플랜트 기술



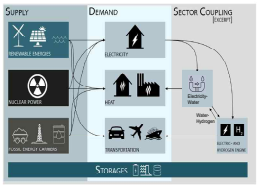
- 에너지 회수에 의한 담수화 플랜트 탄소 배출량 저감
- 농축수 에너지 복합활용 담수화 실증 플랜트 구축 및 운영



- 고염도 농축수 발생량 감소 및 환경영향 저감



- 물-에너지 섹터커플링에 의한 담수화 플랜트 탄소 배출량 저감



<중점영역 2의 구성기술>

- **(정의)** 저탄소 담수화를 위한 에너지 회수 및 물-에너지 융합형 플랜트 기술
- **(필요성)**
  - 기존 수처리 기술 대비 탄소 배출량이 높은 담수화 플랜트의 저탄소화
  - 전 세계적인 농축수 해양배출 규제강화 대응
  - '2050 탄소중립 시나리오' 및 '2030 40% 감축안'에 부합하기 위한 신개념 담수화 플랜트 모델 제시 필요
  - 저탄소 담수화 핵심기술 국산화에 의한 시장창출 필요
  - 탄소중립형 담수화 플랜트 기술 세계시장 선도
- **(기술구성)** 담수화 플랜트 농축수 에너지 회수 및 환경영향 최소화 기술, 담수화 기반 물-에너지 섹터커플링 기술 등 2개 중점기술로 구성
- **(규모)** 343억원(국고 215억원, 민간 128억원)

주요 기술영역

	에너지 회수 담수화 기술	농축수 자원 회수 담수화 기술
과제 구성	○ 3개 세부과제 – 농축수 에너지 복합 회수 및 변환 기술 – 고염도 농축수 발생량 및 환경영향 저감기술 – 농축수 에너지 복합활용 중대규모 담수화 플랜트 기술	○ 2개 세부과제 – 잉여 신재생 전력 연계형 담수화 플랜트 기술 (Power-to desalination, P2D) – 해수담수화 기반 청정수소 생산기술 (Desalination-to-hydrogen, D2H)
예산	총 260억 원(국고 170억 원)	총 83억 원(국고 45억 원)

최종목표

– 에너지 회수, 대체 및 절감에 의한 생산수 1톤당 탄소 배출량 20% 저감

– 고염도 농축수 (해수대비 TDS 1.67배 이상) 발생량 50% 이상 저감

– 농축수 에너지 복합활용 담수화 실증 플랜트 (2,000 m^3/일) 구축 및 운영

8. 사업 운영 계획

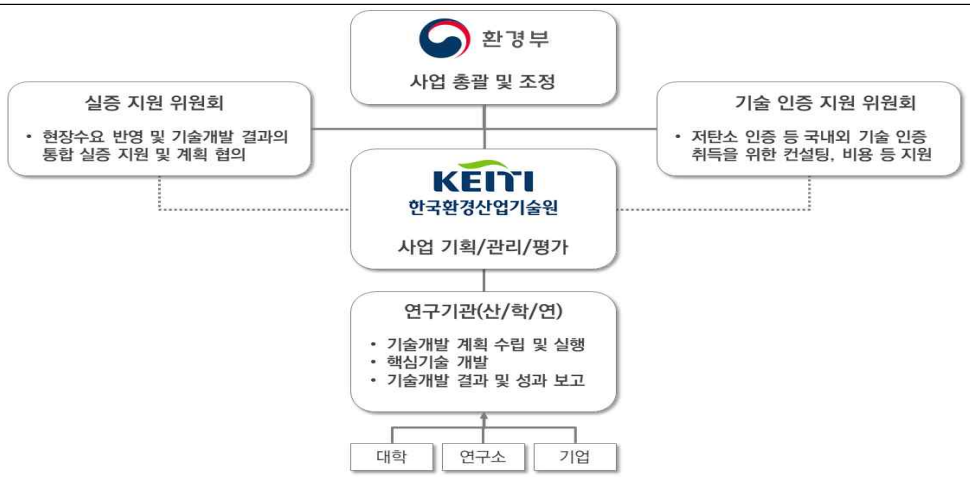
1 추진체계 및 역할

■ **본 사업은 환경부(물산업협력과)를 총괄부서로 하여 담수화 분야 혁신을 위해 필요한 기술을 전략적으로 발굴·개발하고, 기술개발 결과물의 활용도를 극대화할 수 있는 사업관리 및 평가체계를 도입하여 추진**

● 국내 담수화 분야의 선진화 및 국내·외 시장성 확대를 위한 기술인증 지원 위원회와 실증 지원 위원회를 구성

– **(기술인증 지원 위원회)** 저탄소 인증 등 개발기술의 국내외 기술인증 취득을 위해 컨설팅, 비용 지원, 사전 적합성 확인 서비스 등을 지원하는 역할 수행

– **(실증 지원 위원회)** 현장수요 반영 및 기술개발 결과의 통합 실증 지원 및 계획 협의 역할 수행



<'저탄소·친환경 담수화 기술개발사업' 추진 체계>

2 성과 관리방안

■ **동 사업 기술개발 결과물이 국내·외 시장에서 효과적으로 적용될 수 있도록 국내 및 해외 기술 인증 취득 지원 전략을 마련**

● **(국내 기술인증 지원 전략 및 체계)** 개발기술의 성능 검증을 위한 테스트베드 제공, 원스톱 지원서비스 및 국내 기술 인증 비용 지원 등 기술개발에서부터 인증획득까지 전주기적 지원체계 구축

● **(국내 기술 인증 제도)** 위생안전기준, 환경측정기기 형식승인 제도, 환경 신기술 인·검증 제도 등을 운영

3 소요예산 및 인력

■ 세부기술별 관련분야 전문가가 세부기술 개요서를 작성하고, 기술개발내용에 따라 유사과제 규모 분석을 통해 소요예산 규모 산출

- 전체 사업비 483억 원으로 정부출연금 310억 원, 민간부담금 173억원으로 구성
- 전체 사업비 중 인건비 28%(135.2억 원), 기타직접비 22.9%(114.0억 원), 시제품제작비 34.9%(156억 원), 간접비 15%(72.5억 원)으로 나타남

<연구개발비목별 소요예산>

(단위: 억 원)

비목별 소요예산	구분	'23	'24	'25	'26	'27	계
[중점영역 1] 데이터-네트워크-인공지능(DNA) 담수화 운영기술	인건비	8.0	11.7	11.8	3.8	3.8	39.2
	기타직접비	13.2	13.0	3.0	4.2	4.2	37.7
	시제품제작비	-	10.9	13.5	3.6	3.6	31.5
	간접비	4.3	6.3	6.3	2.1	2.1	21.0
	합 계	28.5	41.9	42.2	13.7	13.7	140.0
[중점영역 2] 물-에너지 융합 탄소중립형 담수화 플랜트 기술	인건비	10.3	23.9	24.0	20.7	17.3	96.0
	기타직접비	26.2	11.4	11.5	8.1	19.1	76.3
	시제품제작비	-	37.1	37.3	34.0	16.0	124.5
	간접비	5.5	12.8	12.8	11.1	9.2	51.5
	합 계	36.6	85.2	85.6	73.9	61.7	343.0
계	인건비	18.2	35.6	35.8	24.5	21.1	135.2
	기타직접비	39.4	24.4	14.5	12.4	23.4	114.0
	시제품제작비	0.0	48.1	50.8	37.6	19.6	156.0
	간접비	9.8	19.1	19.2	13.1	11.3	72.5
	합 계	65.1	127.1	127.8	87.6	75.4	483.0

■ 총 소요인력 : 917명(연평균 183.4명)

<표 Ⅷ-1> 연구 개발부분 인력투입 계획

(단위: 명)

	2023	2024	2025	2026	2027	합계
박사급	19	36	36	25	21	137
석사급	49	97	97	67	57	367
학사급	56	109	109	75	64	413
합 계	124	242	242	167	142	917

9. 기대효과 및 파급효과

1 기대효과

- **(과학기술적 기대효과)** 담수화 기술의 핵심 및 차세대 기술 개발과 글로벌 수준의 기술경쟁력 확보

- **(정책적 기대효과)** 국가적 차원에서의 물 관련 정책과 환경부 차원의 담수화 관련 정책의 효과적 추진에 필요한 기술적 해결수단 제공 및 기술기반 강화를 통해 정책 목표 달성에 기여

- **(경제적 기대효과)** 시장 수요를 고려한 맞춤형 기술개발로 담수화 기술 관련 국내 기업의 시장진출 지원과 해외 수출 확대

- **(환경적 기대효과)** 담수화 처리 및 플랜트 운용 시 소요되는 에너지를 최소화하고 소요 에너지의 다원화를 통해 환경 영향 저감을 기대할 수 있으며, 국내 담수화 시설의 노후화율 증가에 대응한 저에너지 담수화 기술 대체 및 개·보수를 통해 온실가스 감축효과 등을 추가적으로 기대

2 파급효과

- **(과학기술적 파급효과)** 담수화 기술의 에너지 소비 및 성능 효율의 글로벌 수준 달성을 통한 핵심 기술력 확보로 저에너지가 요구되는 관련 기술의 발전을 리딩

- **(정책적 파급효과)** 과학기술에 기반한 세계 최고 수준의 선진 담수화 기술개발 정책 추진 및 국고지원을 통한 차세대 담수화 기술 분야와 대체 수자원 확보 방안에 대한 투자 확대 지속

- **(경제적 파급효과)** 직·간접 일자리 창출 효과 및 담수화 시설 운용에 따른 에너지 소비량 절감 및 운영비용 절감

- **(환경적 파급효과)** 저에너지 및 에너지 고효율성 담수화 기술개발로 플랜트 시설의 전력소비 절감을 통한 온실가스 배출 저감 효과 발생, 기후변화 대응 역량 강화감 효과 발생, 기후변화 대응 역량 강화