

-기획보고서(안)-

막증발(MD) 공정 파일럿 플랜트 중동 현장
적용 및 저에너지 해수담수화 무인운영기술
개발

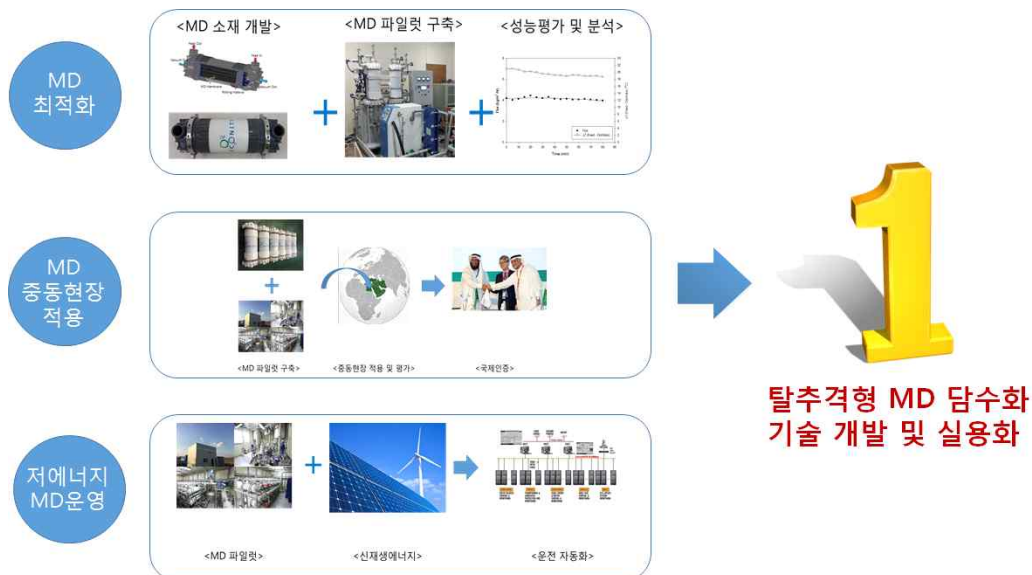
2017. 4

국토교통과학기술진흥원

제1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의 및 분류체계

- 막증발(Membrane distillation, MD) 공정은 0.1 ~ 0.5 μm 의 공경을 가지고 있는 폴리머 재질의 소수성 막을 이용하여 해수에서 담수를 생산하는 새로운 개념의 해수담수화 기술임.
- 소수성 성질을 가지는 막의 공극을 통해서 해수가 통과할 수 없지만, 해수를 가열하여 생산된 증기는 소수성 공극을 통과할 수 있으며, 통과된 증기를 응축하여 담수를 생산하는 기술이 막증발 공정임.
- 막증발 공정을 이용한 해수담수화 기술은 물부족 문제를 해결할 수 있는 대체수자원 개발 기술 중 하나이며, 국토교통부 신성장 7대 과제에 포함되어 있는 핵심 기술임.
- 본 연구에서 개발하고자 하는 기술은 차세대 해수담수화 기술인 막증발 공정의 실용화를 위하여 국산 소재를 활용한 막증발 공정 기반의 파일럿 플랜트 설계, 제작 및 중동현장 구축을 포함하고 있으며, 현지적용에 따른 기술 검증을 통한 운영 기술 개발을 포함하고 있음.
- 또한, 중동지역에서 발생하는 신재생에너지 및 폐열 등을 적용하여 막증발 공정의 저에너지 운영을 위한 공정 구축과 무인 운영이 가능하도록 하는 자동 운영기술을 포함하고 있음.



[그림 1] 기술 개발 방향 및 비전

2절 기술개발의 필요성

- 기후변화에 따른 물부족 문제는 지속적으로 심화될 것으로 예상되고 있으며, 이를 해결하기 위한 대체수자원 확보기술로서 해수담수화 공정이 주목받고 있음.
- 그러나 기존 역삼투 기반 해수담수화 기술은 3~4 kWh/m³의 높은 에너지 소모를 나타내고 있으며, 다량의 농축수를 발생시켜 해양오염의 가능성이 있음.
- 이러한 문제를 해결하기 위하여 새로운 형태의 해수담수화 기술 개발에 대한 요구가 증대되고 있으며, 막증발법은 해수담수화 공정에서 발생하는 농축수를 절감할 수 있는 차세대 기술로서 주목받고 있음.
- 또한, 막증발 공정은 폐열 또는 신재생에너지와 결합할 경우 저에너지 및 저비용으로 담수 생산이 가능한 기술적 특징을 가지고 있음.
- 기존 연구단에서 막증발 공정에 대한 설계 기술 및 파일럿 연구를 진행하였으나, 개발된 기술의 실용화 및 상용화를 위해서는 해외 현장에 설치하여 개발 기술에 대한 검증이 필요하고, 이러한 단계를 거쳐서 국내 해수담수화 기술에 대한 해외 진출 기반 마련이 필요함.
- 특히 중동지역은 해수담수화 수요가 집중되어 있어서 중동지역에서 국내 개발 기술에 대한 검증 시 파급효과가 클 것으로 기대됨.

[표 1] 기존 과제와의 차별성

과제	기존 과제	신규 과제	특징
개요	<ul style="list-style-type: none"> MD기반 복합탈염공정에 필요한 원천 및 요소기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 기개발된 MD기술의 중동 현장적용 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 기술검증 및 해외진출
목표	<ul style="list-style-type: none"> MD 실증파일럿 구축 (400 m³/일) 농축수 30% 절감 	<ul style="list-style-type: none"> MD 파일럿 플랜트 중동 현장 구축 및 운영 (10 m³/일) 저에너지 MD 공정 무인운영 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 폐열 및 신재생에너지 결합 무인운영 기술
개발 성과물	<ul style="list-style-type: none"> 중공사 MD 모듈 (20 m²) MD 파일럿 플랜트 설계기술 	<ul style="list-style-type: none"> 고열효율 MD 모듈(열효율 10% 증가) 저에너지 MD 운영 기술 (2.0 kWh/m³) 해외 기술 인증 	<ul style="list-style-type: none"> 해외 인증에 따른 기술 검증 및 국제적 인지도 제고
적용 지역 및 방법	<ul style="list-style-type: none"> 국내 SWRO 농축수 	<ul style="list-style-type: none"> 해외(중동지역) SWRO 농축수 MSF 농축수 Power Plant 농축수 	<ul style="list-style-type: none"> 중동지역은 해수담수화 최대 시장수요처
비고	<ul style="list-style-type: none"> TRL 7단계 MD공정 설계기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> TRL 8~9단계 MD공정 운영기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 상용화 추진

제2장 국내외 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책동향

- 정부는 기후변화에 대비하여 효율적인 수자원 활용을 위한 정책을 마련하고, 해수담수화 사업을 신성장동력 으로 육성하고자 국내외에 선도사업을 추진하는 등 대체수자원 기술발전을 육성할 계획을 추진하고 있음.
- 또한, 기후변화에 대비하여 기존 수자원의 활용도를 높이는 동시에 무한자원인 해수를 적극적으로 활용하여 물 안보를 실현하고, 국내 우수한 해수담수화 기술보유기업의 해외진출로 세계 물시장을 선점하는 계획을 수립 중에 있음.
- 사우디아라비아의 해수담수화 시장은 전 세계 최대 규모 (18%)로 중동에서 개발기술을 성공적으로 검증하여, MD 기반 해수담수화 기술의 본격적인 사업화 진행가능
- 중동지역에는 아직 다수의 증발식 해수담수화 플랜트가 있으나 시설확장과 개보수가 필요하며, MD 공정은 기존 증발식 해수담수화 공정과 결합이 용이하므로 향후 중동 담수화 시장진입 및 성장 가능성이 높음.
- 그러나 예산 미확보로 인하여 중동 현지연구가 지연된다면 시장진입의 기회 상실
- 현재 사우디아라비아의 해수담수화 사업 발주처인 SWCC와 국제공동연구를 위한 협약을 체결하였으나, 연구개발 사업이 추진되지 못하거나 지연될 경우 국제적 신용도 상실이 우려됨.
- 또한 향후 사우디아라비아 등 중동 해수담수화 시장에서의 국내기업의 수주에도 직/간접적인 영향이 있을 것으로 예상됨.
- 기존 연구단 과제에서 도출된 MD 기술과 인적·물적 인프라를 활용한다면 투자 대비 높은 성과를 거둘 수 있음.
- 그러나 중동 현지연구의 추진시기를 놓치게 되면 해외 선진국가와 다국적 기업에 의하여 시장이 선점될 가능성이 있으므로, 연구개발이 시급하게 추진되어야 함.
- 차세대 해수담수화 기술인 막증발법 공정을 선제적으로 개발하고 해외에서 실증화하는 것으로서 정부의 2017년 연구개발 투자방향인 “경제활력 및 국민의 삶의 질 향상” 및 “미래 성장동력 창출을 위한 전략적 투자” 에 부합하는 과제로서 전략적 추진 우선순위가 높음.
- 또한, “수자원 산업의 해외진출” 을 목표로 제시하고 있는 국토교통부의 정책 방향에 부합하며, 관련분야 국내기업의 해외시장진출 지원이 가능함.
- 막 증발 기술의 성공적인 개발과 해외현장에서의 검증은 국내 민간기업의 자체 개발로는 불가능하여, 정부지원과 산학연 컨소시엄 필수적임.

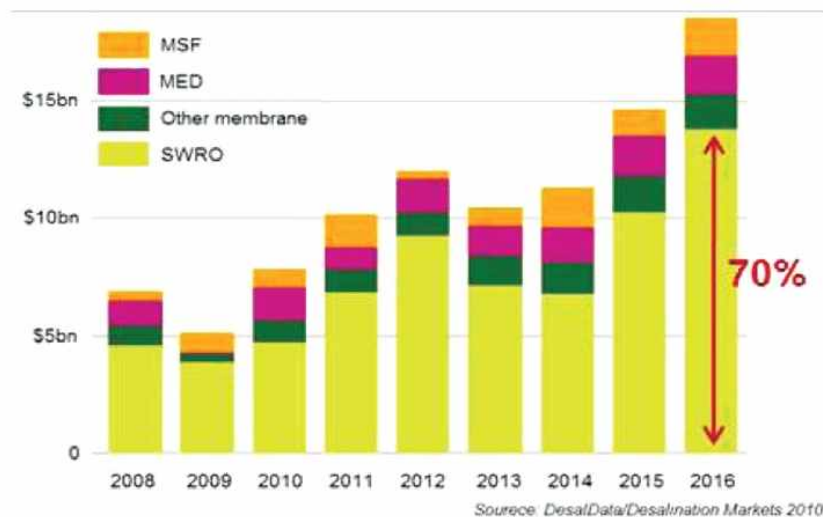
2절 국내외 시장현황 및 전망

- 세계 담수화시장은 총 678,658천 m³/일로, 그 중 해수담수화 시장의 규모는 43,167천 m³/일이며, 이는 전체 담수화 시장의 약 63%인 거대 시장임.



[그림 2] 해수담수화 세계 시장 규모

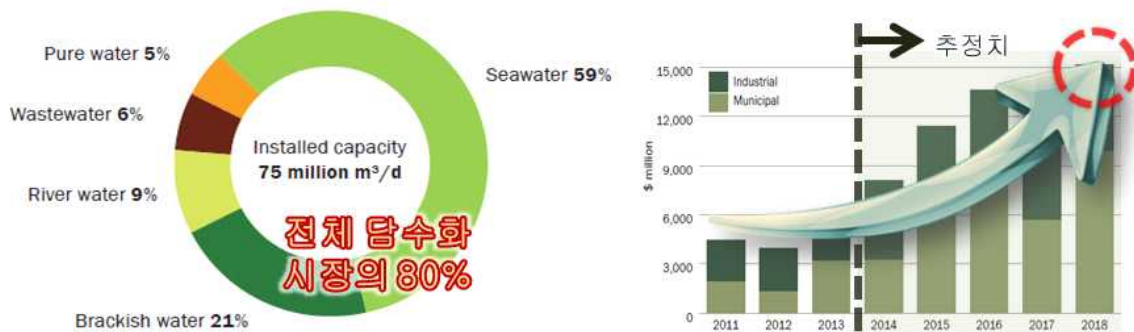
- 2010년 GWI 시장전망자료에 따르면, SWRO방식의 시장은 연평균 20%씩 성장하여 2016년에는 130억 달러에 달할 것으로 추정하였음.



[그림 3] 해수담수화 세계 시장 규모

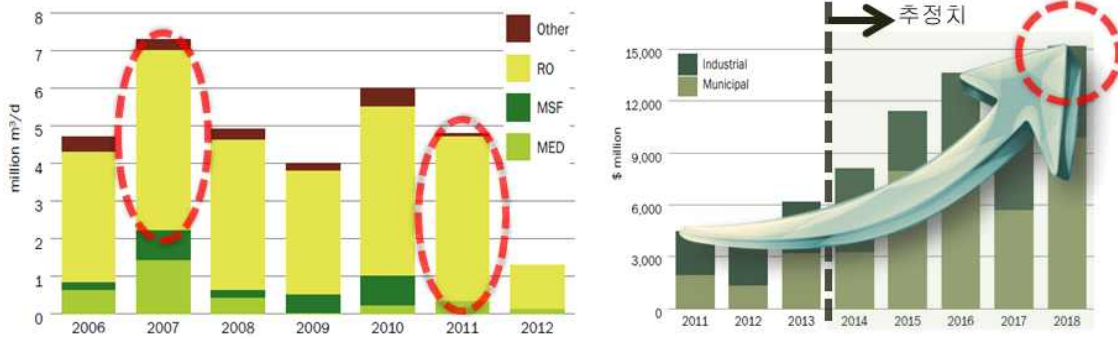
- 글로벌 워터 인텔리전스(GWI)에 의하면 해수담수화 시장은 2007년 120억 달러에서 2025년 440억 달러로 커질 전망이며, 베트남, 하노이 등 동남아시아 국가

- 의 도시가 빠르게 성장하면서 상·하수 처리시장이 같은 기간에 2배 이상 커질 것으로 전망됨.
- 또한 중동지역을 중심으로 시장이 형성될 것으로 예상되나, 미국을 중심으로 북미지역 및 호주, 중국 등의 시장도 급격히 증가할 것으로 예상되어, 전체적인 시장은 다변화될 것으로 전망됨.
 - 2014년에 발간된 GWI desal 시장자료에 의하면, 전체 담수화 시장의 80%를 해수 및 brackish water 담수화 부문이 차지하고 있음.



[그림 4] 해수담수화 세계 시장 규모(GWI desal 시장자료)







- 해수담수화 시장은 (1) 기후변화와 인구증가에 따른 세계적 물 부족 현상 및 (2) 산업발달에 따른 심각한 물 오염으로 인해 2018년 151억 달러로 커질 전망이다.
- 해수담수화 공법별 연간 플랜트 수주 시장은 2006~2012년 담수화 공법별 플랜트 수주 현황에서 보면 RO형 플랜트가 매년 전체 수주량의 70% 이상을 차지하며, 2011년에는 90%이상을 차지하고 있음.
- 나머지는 대부분 증발법(MSF, MED) 방식, 또는 RO-증발법의 융·복합(Hybrid)형 플랜트임.
- 2012년에는 주춤한 플랜트 수주가 2014년부터는 다시 증가세로 전환되었으며, 해수담수화 공정의 '경제성'이 확보된다면 시장 증가는 가속화될 것으로 보임.



[그림 5] 담수화 공법별 연간 플랜트 수주 현황

- 한편, 국내에서 가동 중인 해수담수화 시설은 도서지역 식수 해결을 위한 100 m³/일 미만의 소규모 시설이 약 83%로 대부분을 차지하고 있으며, 도서지역 생활용수 공급을 위한 총 시설 규모는 6,333 m³/일 임.
- 국토교통부의 중점추진 R&D 프로젝트 VC-10의 일환으로 ‘해수담수화플랜트 사업’을 추진하여 두산중공업, 효성에바라 및 웅진코웨이 등이 역삼투막법 해수담수화설비 건설 및 연구개발을 진행함으로써, 핵심기술수준이 선도국의 90% 정도 추격하였음.
- 국내 물 산업은 12조 원 규모로 세계 시장의 2.1% 가량으로 미미하나, 향후 지속적인 신기술 개발을 통해 2030년까지 해수담수화를 중심으로 해외수주 점유율 20% 달성할 계획임.
- 이와 같이, 국내 및 세계 각국은 신 성장 동력산업인 해수담수화 연구개발을 활발히 진행하고 있으며, 지속적으로 강화되는 환경규제 및 기후협약 등을 고려할 때 해수담수화는 성장성이 큰 분야라 할 수 있음.
- MD 기술은 아직까지 기술 실용화 초기단계로서 전체 해수담수화 시장에서 차지하는 비중이 낮으나, 대규모 MD 공정기술이 성공적으로 개발된다면, 빠르게 기존 담수화 기술을 대체할 수 있을 것으로 기대되므로, 시장성장률이 높을 것으로 예상됨.
- 우리나라는 지난 30년간 중동지역 27개 해수담수화 플랜트를 수주하는 등 해수담수화 기술은 중동지역 수출 주력종목의 하나임.
- 그러나 최근 기존방식인 역삼투(RO)를 대체하는 새로운 담수화 기술에 대한 관심과 투자가 증가하고 있음.
- 국내에서 자체 개발한 MD 공정기술의 해외현지 연구는 이러한 해수담수화 기술의 세대교체에 대비한 선제적인 연구로서 지속가능한 수출증대를 가능하게 할 것임.
- MD 기술은 1963년 B.R. Bode의 특허에서 소개된 이후 1980년대 초반 분리막 제조기술의 발달로 개발 초기(1960년대)에 비해 100배 이상 투과도가 증가하였음.

- 그러나 Enka에서 최초로 상용화한 이후 낮은 열전달율 등으로 인해 기술 자체의 경쟁력은 있으나, 많은 분야에 변화를 가져올 정도로 생산성 (productivities)이 높지 않아 현재까지도 상용화에 어려움이 있음.
- MD 공정은 다른 담수화 공정들에 비해 낮은 운전온도, MSF 및 MED에 비해 적은 vapor space, RO에 비해 낮은 운전압력, 비휘발성 용질의 완벽 제거, 고 압투압 또는 농도분극에 의한 성능 제약이 없는 등의 장점들이 있음.
- Martinetti 등은 RO 농축수를 아래의 Vacuum-enhanced DCMD을 통해 회수율을 최대 81%까지 향상시킨 바 있음.
- 최근 들어 MD 공정을 통한 해수담수화가 전 세계적으로 증가되고 있으며, 특히 건조 및 반건조 지역의 해안지역을 대상으로 소규모 해수 담수설비로서 활용성 높음. 최근 다국적 물기업인 GE, Veolia, Siemens 등의 EPC 업체뿐만 아니라, Memstill, Memsys, Scarab, Solar Spring, AquaStill, Hyflux 등 해외 모듈업체에서 MD 기술 상용화를 위해 많은 노력을 경주하고 있음.
- MD와 관련된 연구 및 기술개발은 유럽에서 가장 활발하게 연구개발이 진행되고 있는 것으로 조사되고 있음.
- 또한, 대부분의 파일럿플랜트 시설 규모가 50 m³/일 이하로 조사 되었으며, 400 m³/일 규모의 실증 파일럿 플랜트 제작 및 구축은 세계 최초임.

회사	Memsys (GERMANY)	Aquaver (NETHERLANDS)	Aqastill (NETHERLANDS)	Solar spring (GERMANY)	PETRO SEP (CANADA)
Type (module)	V-MEMD (PTFE fleet sheet)	V-MEMD (PTFE fleet sheet)	AGMD (Spiral wound 1~120 m ² /module)	AGMD (Spiral wound)	VMD (Hollow fiber)
System	<ul style="list-style-type: none"> memDist 4-6.4 - 생산량 0.5~1 m³/d - GOR : 2.5~3.2 - Recovery 45% - PTFE flat sheet memDist 6-52 - GOR 4~6 	<ul style="list-style-type: none"> MDS 1000 - memDist 6-52 모듈사용 - 생산량 : 24 m³/d MDS 500 - memDist 6-52 모듈사용 - 생산량 : 1.2 m³/d MDS 40 - memDist 6-52 모듈사용 - 생산량 : 1.5 m³/d 	<ul style="list-style-type: none"> AQUA FLEX 25 - Acids, brine solutions 처리용 - 생산량 : 4.8 m³/d AQUA FLEX 100 - 생산량 : 4.8 m³/d~24 m³/d AQUA FLEX 150R - AQUA FLEX 100의 확장 모델 (목표생산량에 맞춰 제작 가능) 	<ul style="list-style-type: none"> MMD - Modular Membrane Distillation - 생산량 : 1~10 m³/일 ORYX - Stand-alone system for solar PV - 생산량 : 150 L/d 	<ul style="list-style-type: none"> Aqua SEP - 상세정보 비공개 
현황	<ul style="list-style-type: none"> Aquaver와 system 공유 	<ul style="list-style-type: none"> World's first desalination unit utilizing waste heat on Maldives (2014) - 생산량 : 10 m³/d - 디젤발전기 폐열 이용 	<ul style="list-style-type: none"> 건설기술연구원 AQUAFLEX 100 구매 (5 m³/일 규모) 	<ul style="list-style-type: none"> MMD (5 m³/d) - Drinking water in Namibia - Process water in Pantelleria ORYX - Medical clinic in remote fishing village in Tunisia - Research : Germany, Spain and Italy research groups 	<ul style="list-style-type: none"> 파일럿 플랜트 제작 중 (구매 : 미국) 중국에서 모듈 Skid Test 중 

[그림 6] MD 기술보유 기업 및 현황

- Global MVP 연구단에서는 MD를 이용한 농축수 30% 저감 기술 개발을 추진하였으며, 참여기관인 에코니티에서 국산 소재를 바탕으로 중공사 형태의 MD 전용 모듈을 개발하였음.



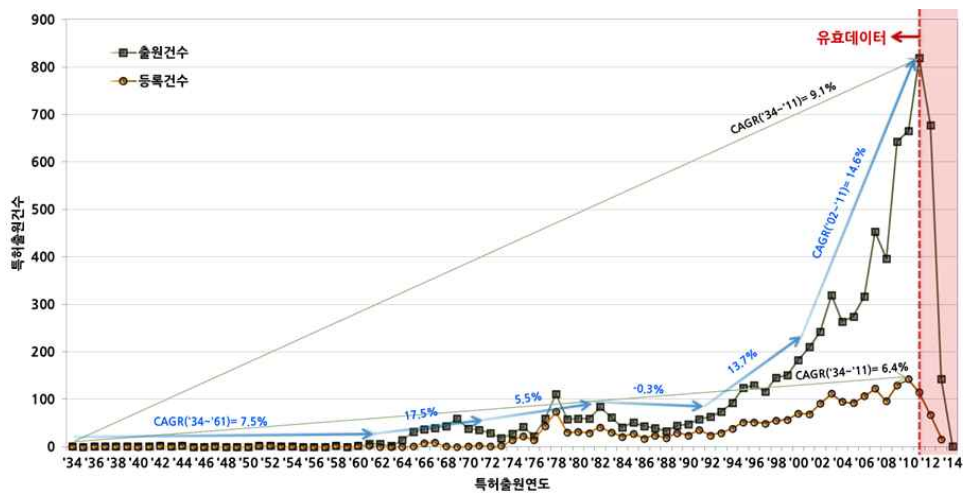
[그림 7] 국산소재 MD 모듈 사진

	Specifications	MD-20V
Membrane	Material	PE/PVDF
	Type	Hollow fiber
	Pore size(μm)	0.1
Module	Material	내열 ABS
	Potting Material	내열 PU(PolyUrethane)
	Length/Diameter(mm)	1200/260
	Membrane Surface(m^2)	20
	Membrane length(mm)	600
	Type	VMD
	Filtration flow	In-Out
	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	< 75

[그림 8] 국산소재 MD 모듈 사양

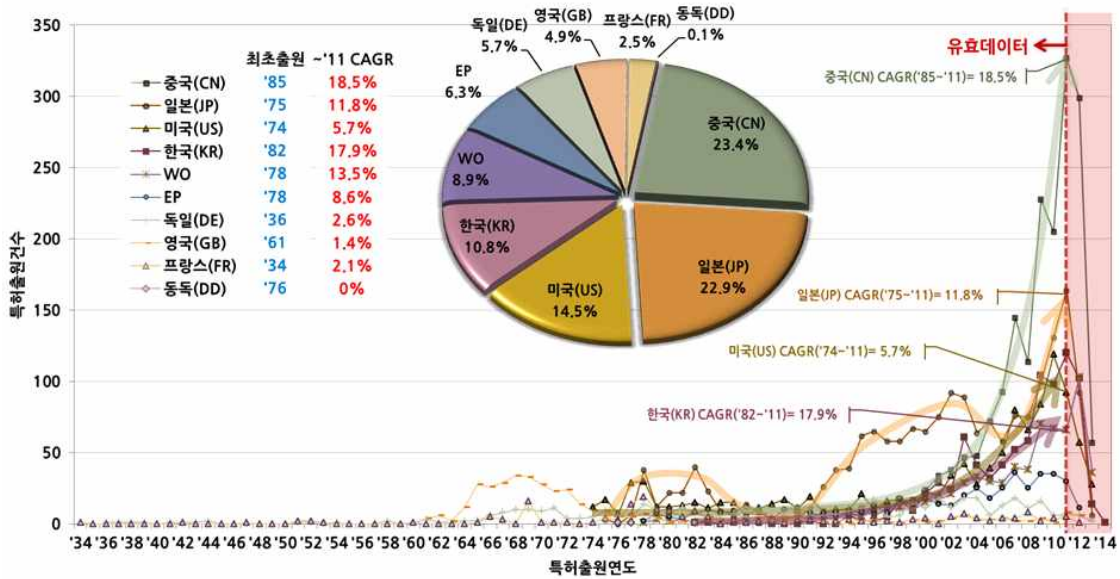
3절 기술(특허, 논문 등)동향

- MD 기술은 1963년 기술 소개 이후 현재까지 지속적으로 관련 연구가 진행되고 있으며, 2001년 이후 MD 논문 수가 꾸준히 증가되고 있음.
- 해수담수화 기술에 대한 특허 출원은 '30년부터 시작하여 최근('02-'11)에는 14.6%로 급속히 증가하는 추세임.



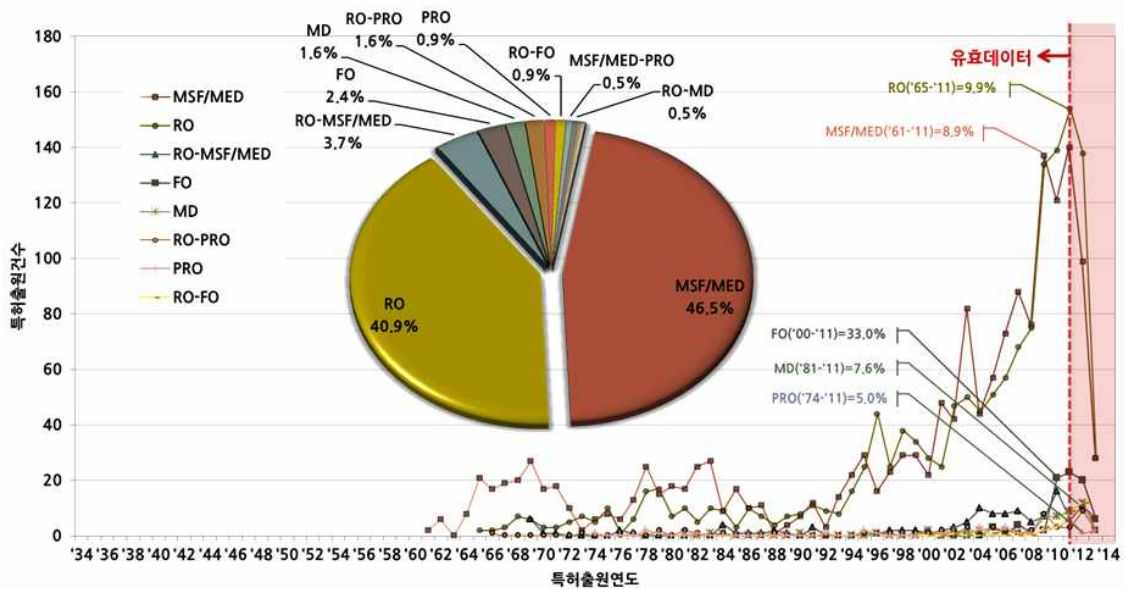
[그림 9] 해수담수화 기술 특허출원 동향

- 국가별 특허 출원 동향을 살펴보면, 최근 중국특허 출원이 급증하여 점유율 1위를 나타냈으며, 한국, 미국, WO, EP, 일본 등 주요국 출원이 모두 증가 추세에 있는 것으로 나타나고 있음.



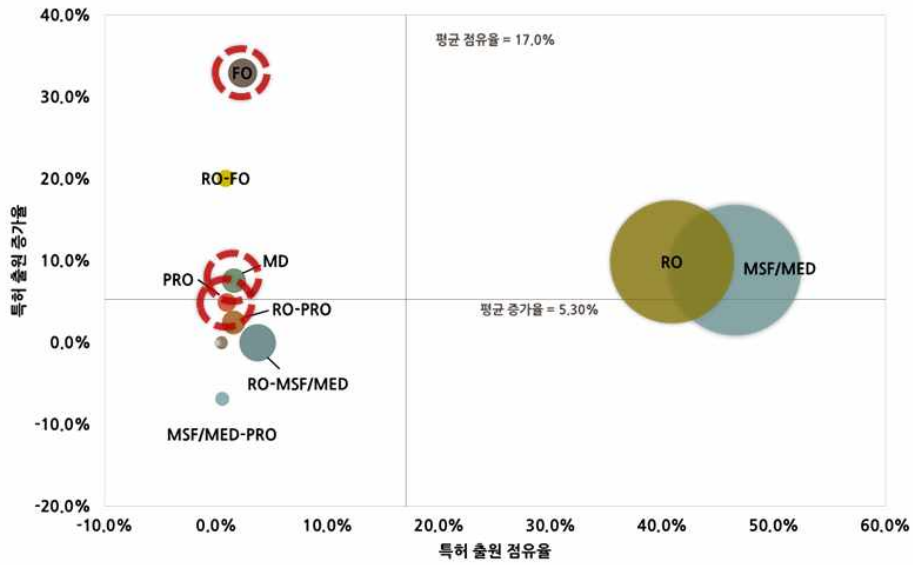
[그림 10] 해수담수화 기술 국가별 특허출원 동향

- 세분류별 특허 출원 동향에 대한 통계분석을 실시한 결과 증발법, 역삼투막법이 가장 많고 최근까지 증가 추세이고, 역삼투막법-증발법 하이브리드, 정삼투막법, 막증발법에 대한 특허 출원은 아직 본격화되지 않은 것으로 판단됨.



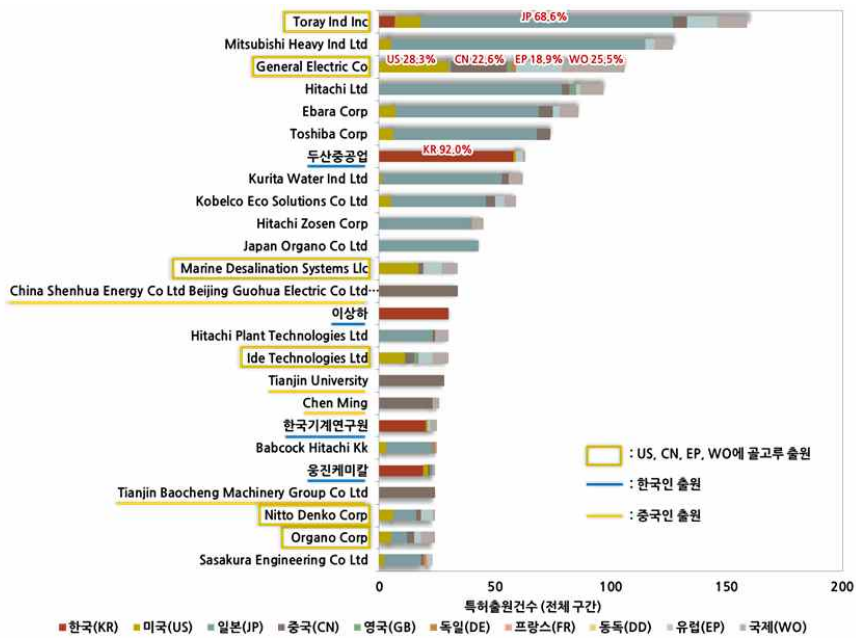
[그림 11] 해수담수화 기술 세분류별 특허출원 동향

- 세분류별 특허 출원 동향에 대한 점유율 분석결과 정삼투막, 막증발법 기술은 특허 출원 점유율은 낮으나 특허 출원 증가율이 높아, 해수 담수화 기술 중 발전 가능성(혁신 기술 출현 가능성)이 가장 높은 것으로 나타나고 있음.



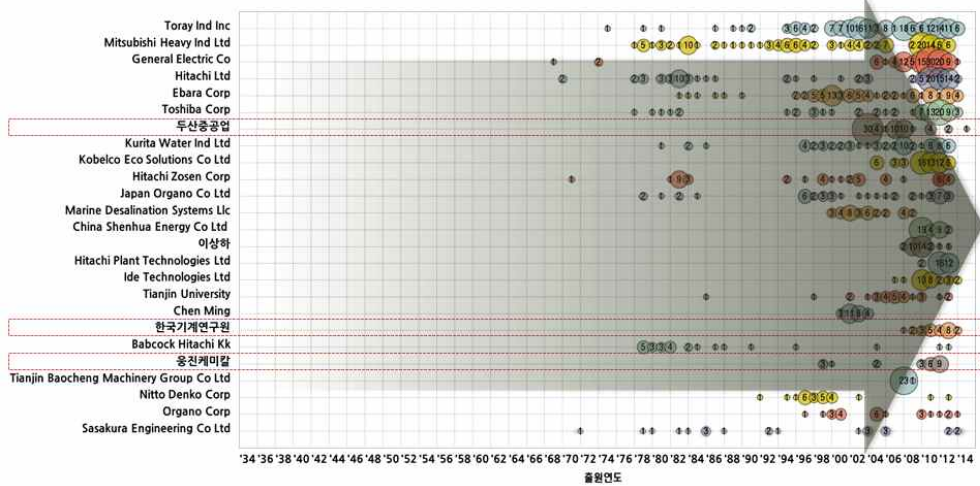
[그림 12] 해수담수화 기술 세분류별 특허출원 동향

- 특허 출원인에 대한 통계분석 결과 대부분의 일본, 한국, 중국 출원인은 자국 출원에 치중하였으나, Toray, GE, IDE 등은 미국, 중국, 유럽까지 특허 포트폴리오를 확장하고 있는 것으로 나타나고 있음.



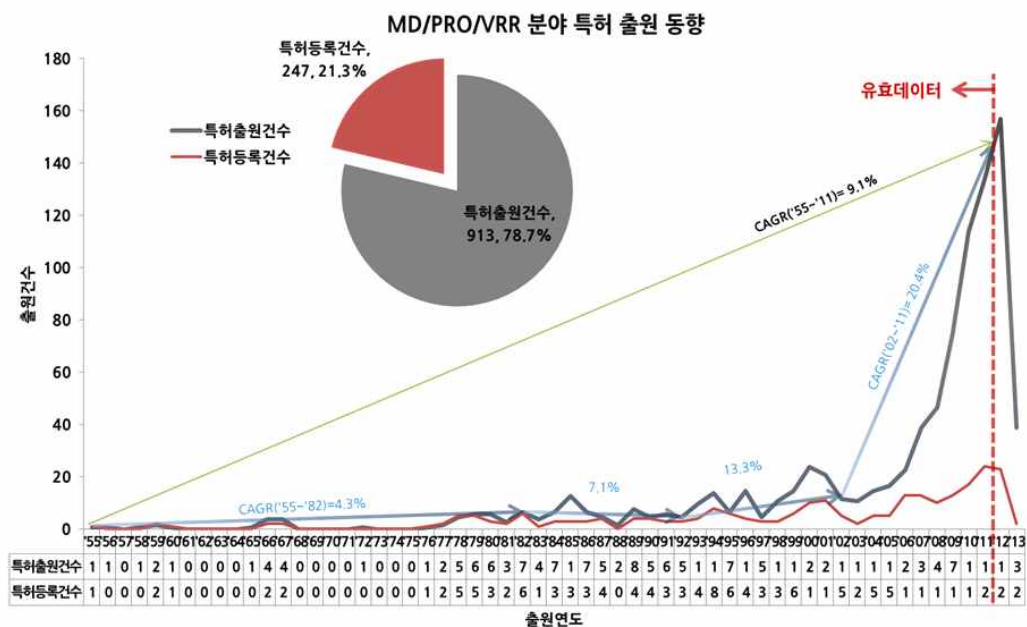
[그림 13] 해수담수화 기술 특허출원인 분석

- 특허 출원인에 대한 버블 분석 결과 과거에 해수담수화 특허 출원을 주도했던 일본 재벌기업들의 특허 입지가 약화되고 있었으며, 2000년 전후로 한국, 미국, 독일, 중국 기업들이 대거 진입하여 경쟁이 심화되고 있는 것으로 분석됨.



[그림 14] 해수담수화 기술 특허 출원인 분석- 버블형

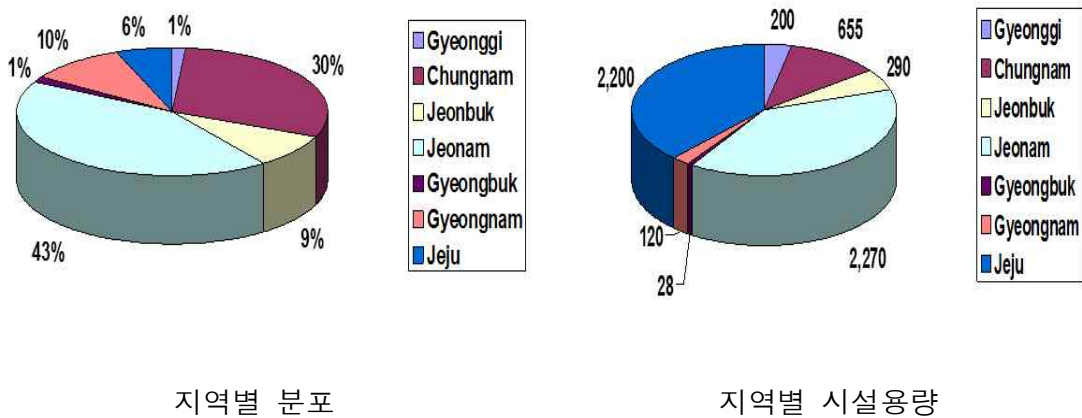
- 차세대 해수담수화 기술인 MD, PRO 및 자원회수 기술에 대한 특허 출원 전체 분석 결과 MD/PRO/VRR 기술에 대한 특허 출원은 1955년부터 시작하여 최근 (2002-2011)에는 20.4%로 해수담수화 기술 특허보다 더욱 급속히 증가하는 추세임.



[그림 15] MD/PRO/VRR 기술 특허 출원 추이

4절 국내 연구개발 인프라 분석

- 국내 해수담수화 시장은 도서지역 식수 해결을 위한 소규모 해수담수화 시설과 공업용수 활용을 위한 담수화 시설로서 활용되고 있으며, 석유화학단지 등의 산업시설에서 공업용수로서 담수화 시설을 사용하는 규모는 총 137,420 m³/일 규모로 해수담수화 시설의 국내 시장 규모는 세계 물시장 규모에 비해 매우 미미함.
- 국내 K-Water 해수담수화시설 수탁운영 현황을 검토해보면 2010년 기준 72개소에 총 6,333 m³/일 시설규모에서 2013년 5월 기준 39개소로 총 1,785 m³/일 규모로 축소되고 있음.



[그림 19] 국내 해수담수화 시설 현황

- 국내의 경우 도서지방에 설치되어 있는 하루 생산량 1천 m³ 이하의 소규모 시설이 대부분으로 시장규모가 미비한 수준임. 우리나라는 물이 절대적으로 부족한 지역이 적고, 담수생산 비용이 일반 정수처리비용에 비해 몇 배 높기 때문에 시장규모가 급속히 확대되기는 어려운 실정임. 다만, 물 공급에 어려움을 겪고 있는 일부지역과 연안공업단지의 용수공급 방법으로 해수담수화 시설이 고려될 수 있음.
- 포스코건설은 광양공단에 해수담수화 시설(3만 m³/일)을 운영 중에 있으며, 그 외 인천, 울산, 여수, 포항, 속초 등 수자원이 부족하거나, 송수비용이 큰 지역에서 해수담수화 사업성을 검토 중에 있음.
- 국내 기업의 담수플랜트 수주는 대부분 중동지역을 중심으로 증발법 방식의 담수화플랜트 수주를 이어가고 있음. 주요 사업자 중 두산중공업이 가장 많은 수주를 하고 있으며, 현대건설, 현대중공업, 대림건설 등도 일부 수주하고 있음. 특히 최근의 담수플랜트 수주는 종전에 증발법 방식에서 역삼투법 담수플랜트

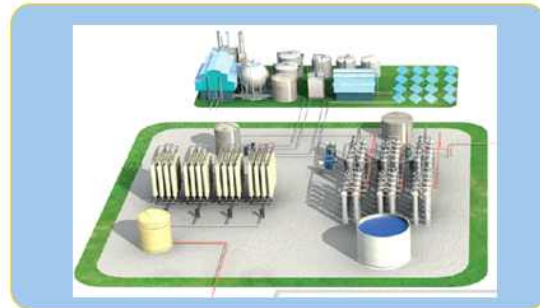
로 전환되고 있는 추세를 보이고 있음.

- 해수담수화 용도에 따라 생활용수용의 경우 유인도서를 대상으로 지속적으로 증가될 계획이며, 댐 건설이 점차적으로 어려워지면서 해안지역을 대상으로 광역상수도 단위의 대용량 건설이 예상됨.
- 또한, 기능성 음료 등의 개발을 위하여 해양심층수를 활용한 담수화시설 도입이 예상됨.
- 공업용수용의 경우 국내에서는 석유화학단지에 기수를 공업용수로 이용하기 위하여 담수화 시설을 이용하고 있으며 국내를 기반으로 중동 등 해외에서의 수주를 위하여 역삼투법에 대한 관심이 고조되고 있음. 또한 기상이변과 환경오염으로 인하여 물부족과 물값 상승으로 점차 그 규모가 확대될 것으로 예상하고 있음.
- 또한 2015년 극심한 가뭄에 의한 하천, 댐의 담수 여건 악화에 따라 대체 수자원으로서 해수담수화 시설에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되며, 정부에서는 가뭄 대비 수자원 확충을 통해 도서지역 등 소규모 해수담수화 시설의 지속적 개발 추진 계획을 수립(2015, '수자원의 체계적 통합관리 방안', 관계부처 합동)하였으며, 2016년 2개소(인천 강화시 소연평도, 소청도) 신설 및 3개소(보령 삼시도 및 고대도, 서귀포시 가파도)에 소규모 시설을 증설할 계획이며, 대규모 해수담수화 시설로는 포스코 광양제철소(30,000 m³/일 규모, 2014년), 부산시 기장군(45,000 m³/일 규모)에 구축되어 있음.
- 2013년에 해수담수화 공정에서 발생하는 농축수를 절감하기 위하여 Global MVP 연구단(경남대학교 김승현 교수)이 발족되었으며, 협동연구기관으로 한국건설기술연구원, GS건설, 서울대학교가 참여를 하고 있음.
- 본 연구단의 주요 연구내용은 MD/PRO 복합탈염플랜트 현장구축 및 평가를 담당하고 있으며, 역삼투 공정과 차세대 담수화 기술로 부각되고 있는 막증발법(Membrane distillation)과 압력지연삼투법(Pressure retarded osmosis)을 이용한 1,000 m³/일 규모 실증플랜트 구축 및 운영 추진 중에 있음.

기존 MD

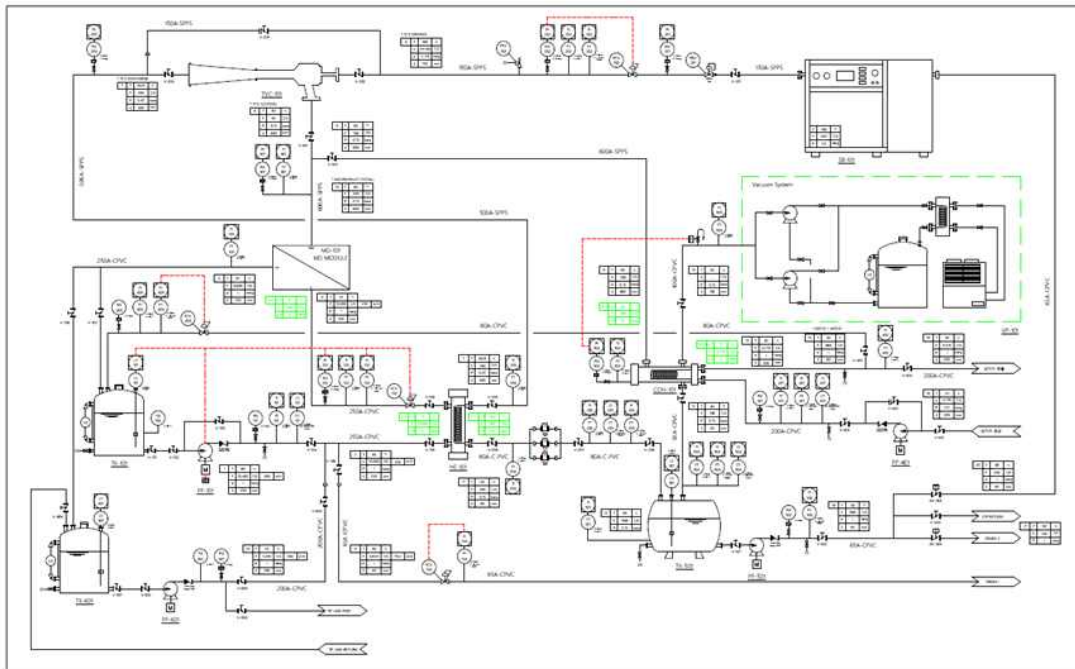


GMVP MD



- Memstill : 벨기에, Spiral wound, <50 m³/d
- Memsys : 독일, Flat sheet, <10 m³/d
- Aquaber : 네덜란드, Flat sheet, <50 m³/d
- Aqastill : 네덜란드, Spiral wound, <10 m³/d
- GMVP MD
 - 대한민국, Hollow fiber, 400 m³/d

[그림 20] Global MVP 연구단 성과



[그림 21] 400 m³/일 MD 플랜트 설계 P&ID

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

- 고열효율 증공사 MD 모듈 및 장치를 이용한 시스템 최적화
 - ▶ 기존 MD 모듈 대비 10% 열효율 향상
 - ▶ 열효율 향상 및 열손실 최소화를 위한 증공사 MD 모듈 설계
 - ▶ 적용분야별 (RO Brine 처리, MSF brine 처리, Power Plant 적용 등) 최적화된 MD 모듈 설계 및 제작기술 확보
 - ▶ 고열효율 증공사 MD 모듈 평가
 - ▶ 고열효율 증공사 MD 모듈을 이용한 시스템 최적화

- 막증발(Membrane Distillation, MD) 공정 운영기술 고도화 및 성능향상 기술 개발
 - ▶ 에너지 소모율 2.0 kWh/m³ 달성
 - ▶ MD공정 운영기술 고도화 방법론 및 성능평가 기술 개발
 - ▶ 운영기술 고도화 및 성능평가를 위한 소규모(10 m³/일) MD 파일럿 제작 및 현장운영
 - ▶ 해외 현장 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 저에너지/저비용 해수담수화 공정 기술 개발
 - ▶ 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 운전 자동화 기술 개발

- 중동현지 MD 파일럿 플랜트 운전·유지관리 기술 개발
 - ▶ 중동지역 현지 인증 획득
 - ▶ 중동지역 MD 파일럿 플랜트 설치 및 시운전
 - ▶ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 운전 자동화 기술 개발
 - ▶ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 유지관리 최적화 기술 개발

2절 기술개발에 따른 미래상

○ 기대효과

- 경제적 효과

- 중동 해수담수화 시장은 개발기술의 상용화와 사업화가 가능한 충분한 규모를 갖추고 있으며, 기술개발 완료시점부터 MD 기반의 해수담수화 기술의 본격적인 사업화가 진행될 것으로 전망됨
- 대용량 증공사 MD 공정기술은 국내에서 최초로 개발된 기술로서 독보적 위치를 차지하고 있어, 선진국 기술대비 경쟁우위 요소를 가지고 있음
- 중동지역의 경우 MD 기술에 대한 관심과 수용성이 높아, 현지에서 기술만 검증된다면 사업화가 가능함
- 국내에서도 발전소나 폐열이 발생하는 산업단지에서 MD기술이 적용가능하므로 새로운 시장창출 기회가 있음

- 기술적 효과

- MD 기술은 기존 해수담수화 기술을 대체하는 미래지향적 기술로서 파괴적 혁신을 가져올 수 있음
- 본 과제를 통해서 우리나라가 전 세계적으로 MD 기술을 주도할 수 있는 허브(Hub) 역할을 수행할 수 있음
- 연구단 과제에서 도출된 MD 기술을 계승하여 활용한다면 투자대비 높은 성과를 거둘 수 있음

- 정책적 효과

- 국토교통부에서는 수자원 산업의 해외진출을 중요한 목표로 제시하고 있으며, 본 과제는 이에 부합하여 중동지역에 실제 국내개발 기술을 검증하고 국내기업의 시장진출을 지원할 수 있음
- 해수담수화 기술은 정책적 우선순위가 높은 분야의 기술임
- MD 기술의 성공적인 개발은 국내 민간기업의 자체개발로는 불가능하며, 정부지원과 산학연 컨소시엄을 통해서만 가능하며, 이를 통한 성공적인 기술개발 모델 수립이 가능함

○ 파급효과

- 직접적 파급효과

- 해수담수화 기술 수요국가(예: 사우디아라비아, UAE 등) 현지에서 파일럿 플랜트 연구를 수행함으로써 개발기술의 조기 시장진입 가능
- 기존 역삼투(RO) 기술을 대신할 차세대 해수담수화 기술을 확보함으로써 수자원·플랜트 분야 미래 신성장산업분야 창출과 지속가능한 산업발전 기반 구축

- 간접적 파급효과

- 기후변화에 따른 국내·외 물부족 문제 해결에 기여

3절 연구개발 과제 구성



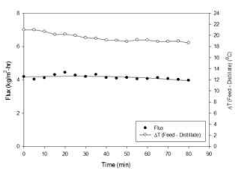
- 3 세부과제(1 주관 연구기관 및 2 공동 연구기관)로 구성
- 기업체를 포함하여 총 60명 연구진 참여
- 각 요소기술 별로 세부과제 수행
- 주관연구기관에서 요소기술을 평가하여 융·복합 시스템 구성

4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략





- (1세부) 막증발(Membrane Distillation, MD) 공정 운영기술 고도화 및 성능향상 기술 개발

개발목표	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 막증발(Membrane Distillation, MD) 공정 운영기술 고도화 및 성능향상 기술 개발 ◦ 에너지 소모율 2.0 kWh/m³ 달성
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ MD공정 운영기술 고도화 방법론 및 성능평가 기술 개발 ◦ 운영기술 고도화 및 성능평가를 위한 소규모(10 m³/일) MD 파일럿 제작 및 현장운영 ◦ 해외 현장 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 저에너지/저비용 해수담수화 공정 기술 개발 ◦ 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 운전 자동화 기술 개발
기술개발방향성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 폐열 및 신재생에너지를 결합한 막증발 공정의 운영 고도화를 통하여 저에너지 MD 공정 운영 기술 획득
개념도	<div style="text-align: center;"> <p>운영기술 고도화</p> <p><성능평가 및 분석></p> <p>The diagram illustrates the process of operational technology improvement for membrane distillation. It starts with the optimization of a pilot-scale MD plant (MD 파일럿 최적화), which is combined with a performance evaluation and analysis (성능평가 및 분석) graph. This graph plots 'Permeate Flow (m³/h)' and 'Energy Consumption (kWh/m³)' against 'Time (min)'. The 'Permeate Flow' (open circles) remains relatively stable around 6 m³/h, while 'Energy Consumption' (filled squares) stays around 4 kWh/m³. This analysis is then combined with the integration of waste heat and renewable energy (폐열 및 신재생에너지), represented by images of solar panels and a wind turbine. The final outcome is the improved operational technology (운영기술 고도화), shown as a detailed process flow diagram with various unit operations like pumps, heaters, and distillation stages.</p> </div>

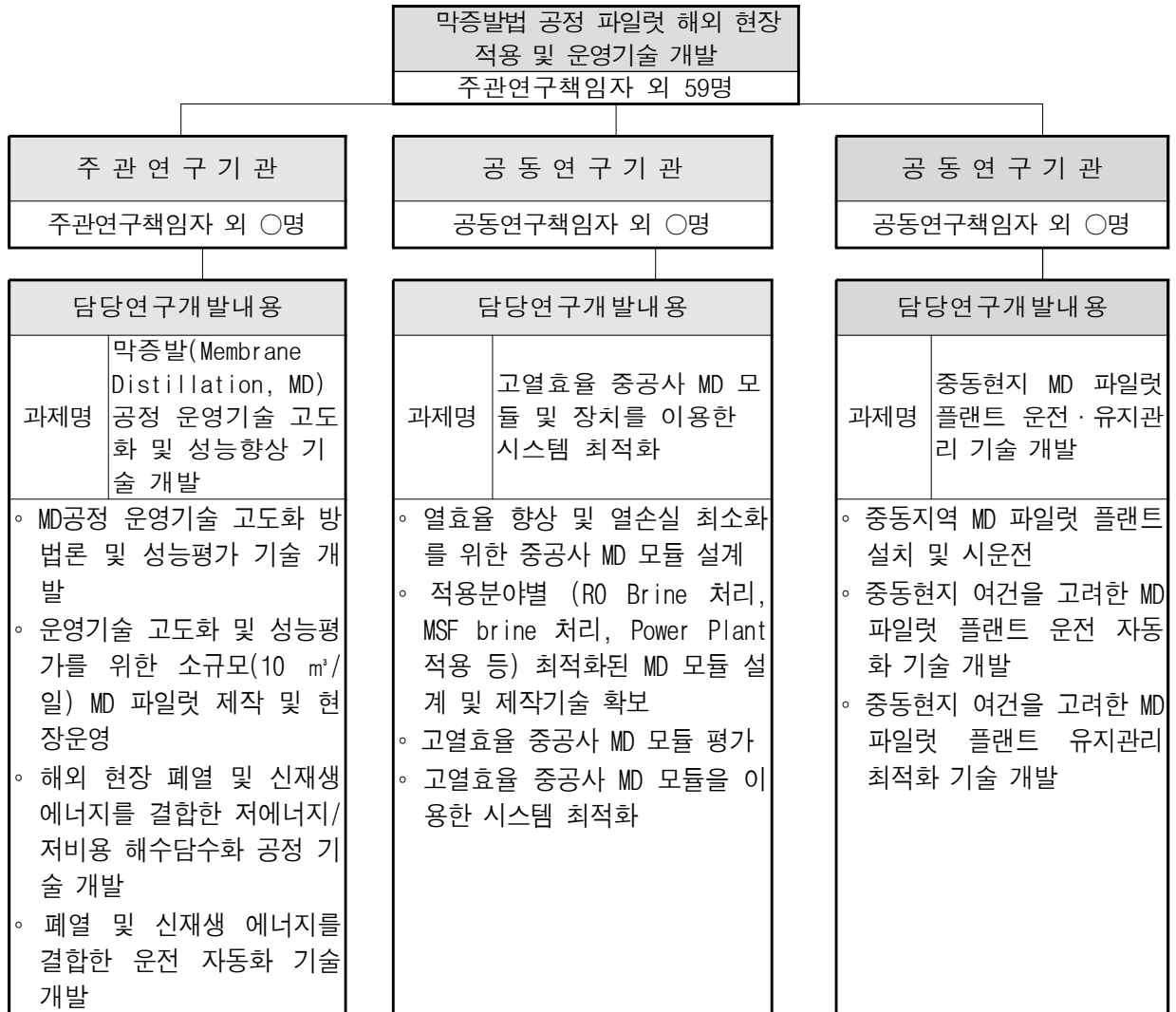
- (2세부) 고열효율 증공사 MD 모듈 및 장치를 이용한 시스템 최적화

개발목표	<ul style="list-style-type: none"> 고열효율 증공사 MD 모듈 및 장치를 이용한 시스템 최적화 기존 MD 모듈 대비 10% 열효율 향상
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 열효율 향상 및 열손실 최소화를 위한 증공사 MD 모듈 설계 적용분야별 (RO Brine 처리, MSF brine 처리, Power Plant 적용 등) 최적화된 MD 모듈 설계 및 제작기술 확보 고열효율 증공사 MD 모듈 평가 고열효율 증공사 MD 모듈을 이용한 시스템 최적화
기술개발 방향성	<ul style="list-style-type: none"> 국산소재를 이용한 막 증발 공정 구축 및 최적화를 통하여 국산소재 기술 검증 및 경제성 분석 등 실용화를 위한 기반 구축
개념도	<div style="text-align: center;"> <p>모듈 및 장치 최적화</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><고열효율 MD 소재 개발></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><MD 파일럿 평가></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><성능평가 및 분석></p>  </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">+ + +</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em; color: blue;">↪</p> <p style="text-align: center;"><최적화></p> </div>

- (3세부) 중동현지 MD 파일럿 플랜트 운전·유지관리 기술 개발

개발목표	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 중동현지 MD 파일럿 플랜트 운전·유지관리 기술 개발 ◦ 중동지역 현지 인증 획득
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 중동지역 MD 파일럿 플랜트 설치 및 시운전 ◦ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 운전 자동화 기술 개발 ◦ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 유지관리 최적화 기술 개발
기술개발방향성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 중동 현지 MD 공정 적용 및 운영을 통하여 현지 적용성 검증 및 현지 인증제도 획득
개념도	<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center; color: blue; font-weight: bold;">중동현장 검증 및 인증</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  +  <MD 파일럿 구축> </div> <div style="text-align: center;">  <중동현장 적용 및 평가> </div> <div style="text-align: center;">  <국제인증> </div> </div> </div>

5절 연구추진체계



6절 기술/성과 로드맵

- 기술 로드맵

	1st	2nd	3rd	4th	Product
MD 공정 최적화 및 성능향상 기술	MD 파일럿 플랜트 구축 중동 현장 신재생 에너지 및 폐열 기반 조사	MD 파일럿 플랜트 중동 이전 구축 폐열 및 신재생에너지 결합 시스템 구축	폐열 및 신재생에너지 결합 시스템 운영		<ul style="list-style-type: none"> MD 파일럿 플랜트 저에너지 MD 공정 운영 기술
고열효율 중공사 MD 모듈 적용 시스템 최적화	고열효율 MD 소재(모듈) 개발	모듈 성능 평가 및 최적화 고열효율 MD 파일럿 플랜트 설계	고열효율 MD 파일럿 플랜트 성능검증	고열효율 MD 모듈 상용화	<ul style="list-style-type: none"> 고열효율 MD 모듈 및 시스템 MD 모듈 검증 기술
중동 현지 MD 파일럿 플랜트 운영	중동 현장 현지 기반 구축 및 기존 인프라 조사 중동 현지 인증 제도 조사 및 준비	중동 현장 파일럿 현지 기반 구축 중동 현지 인증 신청	중동 현장 파일럿 플랜트 운영 중동 현지 인증 평가 및 검증	인증 획득	<ul style="list-style-type: none"> MD공정 중동 현장 운영기술 중동 현지 인증제도 획득

- 성과도출 계획

성과지표		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총계
학술적, 기술적 성과	1. 논문	2	2	3	3	10
	2. 지적재산권			1	1	2
	3. 인증				1	1
기술기반 및 역량 강화	4. 기술 선진화 (%)				100	100
	5. 시험 및 조사관측 역량	1	1	2	2	6
	6. 테스트베드 구축 및 활용			1		1
	10. 비용절감 효과(%)				20	20
	16. 연구시설, 장비구축	1	1	1		3
실용화 및 기술이전	19. 지침/매뉴얼				1	1
	22. 산학연 협력		1	1	1	3
	23. 기술이전/거래				1	1
	24. 기술사업화 기반구축				1	1
	28. 연구성과 확산노력	1	1	1	1	4
29. 인력양성	1	1	2	2	6	

제4장 자원투입 계획

1절 연구시설 및 장비 투입계획

- 1 m³/일 파일럿 플랜트 구축
 - 국산소재의 성능검증 및 평가를 위한 1 m³/일 규모의 파일럿 플랜트 구축
 - 고열효율 MD 전용 국산소재 성능검증 및 최적화 연구용 장비로 활용
- 10 m³/일 파일럿 플랜트 구축
 - 중동현장에서 폐열 또는 신재생에너지를 연계 운영이 가능한 파일럿 플랜트 구축
 - 중동현장에서 발생하는 폐열을 활용하거나 신재생 에너지를 결합하여 운영이 가능한 파일럿 플랜트 구축
- 연도별 파일럿 플랜트 구축 및 운영 계획
 - 1차년도(2018) : MD 전용 국산소재 성능 평가 및 검증용 1 m³/일 규모 파일럿 플랜트 구축
 - 2차년도(2019) : 폐열 및 신재생 에너지 연계형 10 m³/일 규모 파일럿 플랜트 설계 및 제작
 - 3차년도(2020) : 폐열 및 신재생 에너지 연계형 10 m³/일 규모 파일럿 플랜트 중동 현장 구축
 - 4차년도(2021) : 폐열 및 신재생 에너지 연계형 10 m³/일 규모 파일럿 플랜트 중동 현장 구축 및 운영

2절 인력투입계획

구분	1차년도 (2018)	2차년도 (2019)	3차년도 (2020)	4차년도 (2021)
1세부	5	10	10	5
2세부	5	5	5	5
3세부	5	5	5	5
계	15	20	20	15

3절 소요예산 투입계획

[백만원]					
구분	총연구비	'18	'19	'20	'21
정부	4,500	500	1,700	1,500	800
민간	1,500	170	565	500	265

제5장 과제공모 방안

1절 과제제안 요구서

연구과제명	막증발 공정 파일럿 플랜트 중동 현장 적용 및 저에너지 해수담수화 무인운영기술 개발
1. 연구 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고열효율 증공사 MD 모듈 및 장치를 이용한 시스템 최적화 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 기존 MD 모듈 대비 10% 열효율 향상 ▶ 열효율 향상 및 열손실 최소화를 위한 증공사 MD 모듈 설계 ▶ 적용분야별 (RO Brine 처리, MSF brine 처리, Power Plant 적용 등) 최적화된 MD 모듈 설계 및 제작기술 확보 ▶ 고열효율 증공사 MD 모듈 평가 ▶ 고열효율 증공사 MD 모듈을 이용한 시스템 최적화 ○ 막증발(Membrane Distillation, MD) 공정 운영기술 고도화 및 성능 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 에너지 소모율 2.0 kWh/m³ 달성 ▶ MD공정 운영기술 고도화 방법론 및 성능평가 기술 개발 ▶ 운영기술 고도화 및 성능평가를 위한 소규모(10 m³/일) MD 파일럿 제작 및 현장운영 ▶ 해외 현장 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 저에너지/저비용 해수담수화 공정 기술 개발 ▶ 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 운전 자동화 기술 개발 ○ 중동현지 MD 파일럿 플랜트 운전·유지관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 중동지역 현지 인증 획득 ▶ 중동지역 MD 파일럿 플랜트 설치 및 시운전 ▶ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 운전 자동화 기술 개발 ▶ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 유지관리 최적화 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 따른 물부족 문제는 지속적으로 심화될 것으로 예상되고 있으며, 이를 해결하기 위한 대체수자원 확보기술로서 해수담수화 공정이 주목받고 있음
<input type="checkbox"/> 연구개발 필요성	

- 그러나 기존 역삼투 기반 해수담수화 기술은 3~4 kWh/m³의 높은 에너지 소모를 나타내고 있으며, 다량의 농축수를 발생시켜 해양오염의 가능성이 있음
- 이러한 문제를 해결하기 위하여 새로운 형태의 해수담수화 기술 개발에 대한 요구가 증대되고 있으며, 막증발법은 해수담수화 공정에서 발생하는 농축수를 절감할 수 있는 차세대 기술로서 주목받고 있음. 특히 폐열 또는 신재생에너지와 결합할 경우 저에너지 및 저비용으로 담수 생산이 가능한 기술적 특징을 가지고 있음.
- 기존 연구단에서 막증발 공정에 대한 설계 기술 및 파일럿 연구를 진행하였으나, 해외 현장에 설치하여 개발 기술에 대한 검증이 필요하고, 이러한 단계를 거쳐서 국내 해수담수화 기술에 대한 해외 진출 기반 마련 필요
- 특히 중동지역은 해수담수화 수요가 집중되어 있어서 중동지역에서 국내 개발기술에 대한 검증시 파급효과가 클 것으로 기대됨.

□ 기술동향



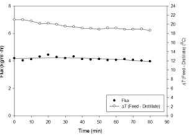
- 국내외 기술개발 동향
 - 막증발법(Membrane Distillation, MD)은 기존 역삼투막을 이용한 담수화플랜트(SWRO)에서 발생하는 농축수를 절감할 수 있는 신개념 차세대 담수화 기술로 부각되고 있으며, 폐열 또는 신재생 에너지와 결합할 경우 저에너지 및 저비용으로 담수 생산이 가능한 기술적 장점을 가지고 있음.
 - 선행연구과제 성과로서 세계 최초로 중공사 (Hollow Fiber) 방식 대용량 막증발 공정 설계기술을 개발하고 국내에서 파일럿 연구를 수행 중임
 - * MD/PRO 복합탈염공정 해수담수화플랜트 기술 개발, 2013~2018, 총정출금 25,836백만 원
 - EU, 미국, 사우디아라비아, 호주 등에서 MD 공정기술을 활발하게 연구하고 있으나 대부분 평막 방식 혹은 나권형 방식으로 대규모의 플랜트를 구축하기에는 한계가 있는 방식임
 - MD 원천기술을 보유한 국외업체는 Aquastill과 Memsys 등이 있으나, 아직까지 소규모 공정(< 50 m³/일)에 적용가능한 기술만을 보유하고 있음

3. 연구개발 내용




- (1세부) 막증발(Membrane Distillation, MD) 공정 운영기술 고도화 및 성능향상 기술 개발

개발목표	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 막증발(Membrane Distillation, MD) 공정 운영기술 고도화 및 성능향상 기술 개발 ◦ 에너지 소모율 2.0 kWh/m³ 달성
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ MD공정 운영기술 고도화 방법론 및 성능평가 기술 개발 ◦ 운영기술 고도화 및 성능평가를 위한 소규모(10 m³/일) MD 파일럿 제작 및 현장운영 ◦ 해외 현장 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 저에너지/저비용 해수담수화 공정 기술 개발 ◦ 폐열 및 신재생 에너지를 결합한 운전 자동화 기술 개발
기술개발방향성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 폐열 및 신재생에너지를 결합한 막증발 공정의 운영 고도화를 통하여 저에너지 MD 공정 운영 기술 획득
개념도	<p>The diagram illustrates the concept of advanced operation technology. It features a central blue box labeled '운영기술 고도화' (Advanced Operation Technology). Below this box is a graph titled '<성능평가 및 분석>' (Performance Evaluation and Analysis) showing 'Permeate Flux (m³/m²·hr)' on the y-axis and 'Time (hr)' on the x-axis. The graph compares 'The' (solid line) and '1st Run (control)' (dashed line). To the left of the graph is an image of an industrial facility labeled '<MD 파일럿 최적화>' (MD Pilot Optimization). To the right is an image of solar panels and a wind turbine labeled '<폐열 및 신재생에너지>' (Waste Heat and Renewable Energy). A large blue arrow points from these elements to a final image of a control room labeled '<운영기술 고도화>' (Advanced Operation Technology).</p>

□ (2세부) 고열효율 증공사 MD 모듈 및 장치를 이용한 시스템 최적화

개발목표	<ul style="list-style-type: none"> 고열효율 증공사 MD 모듈 및 장치를 이용한 시스템 최적화 기존 MD 모듈 대비 10% 열효율 향상
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 열효율 향상 및 열손실 최소화를 위한 증공사 MD 모듈 설계 적용분야별 (RO Brine 처리, MSF brine 처리, Power Plant 적용 등) 최적화된 MD 모듈 설계 및 제작기술 확보 고열효율 증공사 MD 모듈 평가 고열효율 증공사 MD 모듈을 이용한 시스템 최적화
기술개발 방향성	<ul style="list-style-type: none"> 국산소재를 이용한 막 증발 공정 구축 및 최적화를 통하여 국산소재 기술 검증 및 경제성 분석 등 실용화를 위한 기반 구축
개념도	<div style="text-align: center;"> <p>모듈 및 장치 최적화</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><고열효율 MD 소재 개발></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><MD 파일럿 평가></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><성능평가 및 분석></p>  </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">+ +</p> <p style="margin-top: 20px;"><최적화></p> </div>

□ (3세부) 중동현지 MD 파일럿 플랜트 운전·유지관리 기술 개발

개발목표	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 중동현지 MD 파일럿 플랜트 운전·유지관리 기술 개발 ◦ 중동지역 현지 인증 획득
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 중동지역 MD 파일럿 플랜트 설치 및 시운전 ◦ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 운전 자동화 기술 개발 ◦ 중동현지 여건을 고려한 MD 파일럿 플랜트 유지관리 최적화 기술 개발
기술개발방향성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 중동 현지 MD 공정 적용 및 운영을 통하여 현지 적용성 검증 및 현지 인증제도 획득
개념도	<p style="text-align: center;"> 중동 현지 인증 획득  +  →  <MD 파일럿 구축> <중동현지 적용 및 평가> <국제인증> </p>

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립
 - 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립
 - 개발기술의 현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례 확보
 - 실직적인 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대전략 수립
 - 각 단위과제별로 현장적용할 기술, 검증내용(달성목표), 검증방법, 검증시기, 현장적용 대상지(중동현지)의 범위 등을 구체적으로 설정하고, 관계기관과 사전적·지속적 협조체계를 구축하는 등 개발기술의 현장적용을 위한 전략 수립
 - 중동정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴
 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영
 - 개발결과물의 특허출원 등을 통한 실수요처 기술이전 적극 추진 및 현장 활용성 도모

<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 공모는 일반과제 컨소시엄 공모임 <ul style="list-style-type: none"> - 과제 컨소시엄 신청자는 연구계획을 수립하여 제안하되, 기존 연구성과의 연계전략을 면밀히 수립하여 제시 바람 ○ 본 공모과제는 기초·원천, 실용화 등 다양한 성격의 연구를 포함하므로, 산학연 공동연구진 구성을 지향함 <ul style="list-style-type: none"> ※ 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장 제공 등)이 명확하여야 하며, 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 중동현장 적용을 위한 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ○ 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문 ○ 연구신청자는 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것 ○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요
5. 최종성과물	
<input type="checkbox"/> 주요 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ MD 전용 국산소재 성능평가용 1 m³/일 규모의 파일럿플랜트 ○ 중동 현장 적용 10 m³/일 규모의 신재생에너지 또는 폐열 결합형 MD 파일럿 플랜트
<input type="checkbox"/> 세부과제별 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 세부과제 1 : 막증발(Membrane Distillation, MD) 공정 운영기술 고도화 및 성능향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 10 m³/일 MD 파일럿 플랜트 중동 현장 구축 <input type="checkbox"/> 세부과제 2 : 고열효율 증공사 MD 모듈 및 장치를 이용한 시스템 최적화 <ul style="list-style-type: none"> ○ 고열효율 MD 모듈 및 시스템 <input type="checkbox"/> 세부과제 3 : 중동현지 MD 파일럿 플랜트 운전·유지관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 중동 현장 MD 파일럿 운영 DB 및 인증 획득
6. 기대효과 및 파급효과	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 경제적 효과 	

- 중동 해수담수화 시장은 개발기술의 상용화와 사업화가 가능한 충분한 규모를 갖추고 있으며, 기술개발 완료시점부터 MD 기반의 해수담수화 기술의 본격적인 사업화가 진행될 것으로 전망됨
- 대용량 중공사 MD 공정기술은 국내에서 최초로 개발된 기술로서 독보적 위치를 차지하고 있어, 선진국 기술대비 경쟁우위 요소를 가지고 있음
- 중동지역의 경우 MD 기술에 대한 관심과 수용성이 높아, 현지에서 기술만 검증된다면 사업화가 가능함
- 국내에서도 발전소나 폐열이 발생하는 산업단지에서 MD기술이 적용가능하므로 새로운 시장창출 기회가 있음
- 기술적 효과
 - MD 기술은 기존 해수담수화 기술을 대체하는 미래지향적 기술로서 파괴적 혁신을 가져올 수 있음
 - 본 과제를 통해서 우리나라가 전세계적으로 MD 기술을 주도할 수 있는 허브(Hub) 역할을 수행할 수 있음
 - 연구단 과제에서 도출된 MD 기술을 계승하여 활용한다면 투자대비 높은 성과를 거둘 수 있음
- 정책적 효과
 - 국토교통부에서는 수자원 산업의 해외진출을 중요한 목표로 제시하고 있으며, 본 과제는 이에 부합하여 중동지역에 실제 국내개발 기술을 검증하고 국내기업의 시장진출을 지원할 수 있음
 - 해수담수화 기술은 정책적 우선순위가 높은 분야의 기술임
 - MD 기술의 성공적인 개발은 국내 민간기업의 자체개발로는 불가능하며, 정부지원과 산학연 컨소시엄을 통해서만 가능하며, 이를 통한 성공적인 기술개발 모델 수립이 가능함
- 파급효과
 - 직접적 파급효과
 - 해수담수화 기술 수요국가(예: 사우디아라비아, UAE 등) 현지에서 파일럿 플랜트 연구를 수행함으로써 개발기술의 조기 시장진입 가능
 - 기존 역삼투(RO) 기술을 대신할 차세대 해수담수화 기술을 확보함으로써 수자원 · 플랜트 분야 미래 신성장산업분야 창출과 지속가능한 산업발전 기반 구축
 - 간접적 파급효과
 - 기후변화에 따른 국내 · 외 물부족 문제 해결에 기여

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2018 ~ 2021 (4년)
 - 1차년도 연구기간 : 2018.01 ~ 2018.12 (12개월)
- 총 정부출연금 : 4,500백만 원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 500백만 원 이내

- ※ 각 단위과제별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것
- ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 따라 조정될 수 있음
- ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

8. 기타

2절 공모조건

- 컨소시엄은 산·학·연 형태로 자유롭게 구성 가능
- 민간부담금은 국토교통부 연구개발사업 운영규정에 따라 기업규모별로 부담
- 중동현장 설치를 위한 중동현지 정부 또는 기관과의 공동연구 또는 부지제공 등의 MOU 확보기관 우대
- 기타 우대조건은 국토교통부 연구개발사업 운영규정에 따름

3절 선정평가 방법

- 컨소시엄 형태의 공개 공모 및 전문가 평가를 통한 선정 평가 수행
- 중동현지 정부 및 기관과의 공동연구 또는 부지제공 등의 양해각서 체결 가점 부여