

발 간 등 록 번 호

11-1613000-002030-01

해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술개발 기획

2017. 5. 31.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 국민대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제출문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술개발 기획”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017 5. 31.

주관연구기관명 : 국민대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 이상호

연구원: 조형탁

“ : 주재석

“ : 최용준

“ : 박영규

“ : 신용현

“ : 최지혁

“ : 고영훈

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	16RDPP-C11978 8-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.08.31.~ 2017.04.30.	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	중 사업명	국토교통연구기획사업			
	세부 사업명				
연구과제명	대 과제명	해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술개발 기획			
	세부 과제명				
연구책임자	이 상 호	해당단계 참 여 연구원 수	총: 7 명 내부: 7 명 외부: 명	해당단계 연 구 비	정부: 50,000천원 민간: 천원 계: 50,000 천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 7 명 내부: 7 명 외부: 명	총 연구비	정부: 50,000천원 민간: 천원 계: 50,000 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	국민대학교 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위 탁 연 구	연구기관명:			연구책임자:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신개념 해상 이동형 해수담수화 기술 조기개발에 의한 관련기술 선도 및 기술적 우위 확보전략 수립 ▪ 해수담수화의 새로운 기술영역 제시 ▪ 도서지역 해수담수 생산단가 10% 이상 저감을 위한 기술 확보 전략 수립 ▪ 기후변화에 의한 물 부족과 자연적·인위적 재난·재해 발생 시 물 공급을 위한 비상용수 공급기술 확보방안 마련 ▪ 안정적 물 공급의 어려움을 겪고 있는 국내 도서지역의 현안 문제 해결을 위한 에 대한 고효율 저비용 해수담수화 기술 제 공방안 도출 ▪ 빠르게 성장하고 있는 이동형 담수화 및 선박탑재형 담수화 장치에 대한 시장을 선점하기 위한 기술 확보 및 이에 의한 신 성장산업 기술 육성전략 수립 ▪ One-source multi-use 전략을 통한 국내 해수담수화 개발 기술의 사업화 확대방안 제시 				보고서 면수 183	
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	해수담수화, 비상용수 공급, 도서지역, 역삼투, 선박			
	영 어	Seawater Desalination, Supply of emergency water, Island area, Reverse Osmosis, Ship			

요약문

I. 제 목

해 상 이 동 형 플 랜 트 기 술 개 발 기 획

II. 기술의 정의 및 필요성

- 정의 : 선박에 탑재되어 해상에서 이동할 수 있으며, 해수로부터 담수를 생산하여 이를 외부로 공급하는 장치
- 배경 : 국내 기후변화 상황은 2010년 이후 심각한 상황으로 지표수 중심의 수자원 확보정책에 대한 수정이 불가피하며, 특히 소규모의 도서지역 혹은 기존 국가 기간산업 등에서 기존의 고정식 대용량 플랜트를 적용하는 것에는 한계 존재
- 필요성 : 해상 이동형 해수담수화플랜트는 여러 개의 도서지역을 효율적으로 물 공급하는 것이 가능하며, 비상상황 발생 시 해당 지역으로의 신속한 이동 및 대처 가능

III. 국내외 동향 및 환경 분석

- 현황 및 전망 : 향후 시장의 욕구는 지속적으로 커질 것으로 전망되나, 아직까지 관련 기술이 미흡하며, 기술선점 시 특수 분야의 해수담수 시장을 선도할 수 있을 것으로 전망 (세계적으로도 상용화 전 단계임)

IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

- 연구개발과제 구성은 총 네 가지 분류로 구성함
 1. 고효율 초집적 해상 담수화 공정 및 장치 개발
 2. 해상 담수화 플랜트용 선박 설계 및 에너지 공급 기술 개발
 3. 해상 담수화 플랜트 생산수 육상활용기술 개발
 4. 해상 담수화 플랜트 실증화 기술 개발
- 위의 각 기술에 해당하는 세부 기술들을 구성하였음
- 전체 연구기간인 6년에 대하여 3단계로 구분하여 추진전략을 수립하였음 (핵심기술 개발 → 시스템화 및 통합 → 실증장치 운영과 사업화 추진)

V. 자원투입 계획

- 본 과제는 개발기술의 실증화를 목적으로 하고 있으므로, 기술개발 소요비용에 실증장치 설계, 제작, 시운전, 운전비용이 포함
- 실증장치는 국내적용을 위한 해상 자항식 담수화 플랜트와 해외적용 해상 부유식 담수화 플랜트 제작비용으로 산정
- 중고 선박을 활용하는 경우와 새로 선박을 건조하는 경우의 연구비 산정을 각각 하였으며, 연구비 절감을 위해서는 지자체의 적극적인 참여가 필요함

VI. 과제공모 방안

- 연구책임자는 해수담수화 및 플랜트 분야의 전반적인 이해를 바탕으로 해당 연구내용을 총괄 운영할 수 있는 전문지식과 행정능력, 국내 및 국제협력 능력을 겸비한 자로 선정함
- 제안공모의 연구기관의 자격은 해당 연구내용을 운영할 수 있는 전문성, 기술력, 행정능력을 겸비한 기관으로서 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제4조에 해당하는 기관으로 함
- 운영기간은 연구단 과제의 총 연구개발 기간으로 하며, 각 세부과제별 해당 연구기간 동안 무리 없이 연구를 진행할 수 있는 기관으로 선정함

목차

제1장 기술의 정의 및 필요성	1
1절 기획 과제 정의 및 범위	1
1. 기획 과제의 정의 및 필요성	1
가. 기획 과제의 정의	1
나. 과제 추진의 배경 및 필요성	1
2. 기획 과제의 범위	4
2절. 기술 분류 및 내용	7
1. 기술 분류체계도	7
2. 기술 분류별 기술내용	8
제2장 국내외 동향 및 환경 분석	10
1절. 국내외 시장동향	10
2절. 국내외 기술동향	16
3절. 국내외 정책동향	66
4절. 국내 연구개발 인프라 분석 및 추진 필요성	73
제3장 선박관련 기술 검토	84
1절. 선박 공통 핵심기술	84
2절. 자항선박 핵심기술	88
3절. 비자항선박 핵심기술	90
제4장 과제 성공가능성(연구목표 및 연구내용)	96

1절. 기술개발 범위	96
2절. 기술개발 방향 및 전략	97
3절. 기술개발 비전 및 목표	99
4절. 기술개발 구성과 연계성	105
5절. 기술개발 목표 및 내용의 도전성	106
6절. 국내 기술역량 분석을 고려한 성공가능성	107
제5장 과제 구성	109
1절. 과제구성 방법론(후보과제 도출)	109
2절. 후보과제 및 우선순위 선정	111
3절. 추진과제 도출	118
4절. 중복성 검토	124
5절. 투자 우선순위도출	125
6절. 성과목표 및 지표설정(방법론 및 결과)	126
제6장 추진전략 및 활동계획	128
1절. 기술로드맵	128
2절. 예산배분	131
3절. 전략수립(국내외)	139
4절. 기대효과 및 활용방안	156
5절. 과제 공모조건 및 방안	163
[참고문헌]	180

제1장 기술의 정의 및 필요성

1절. 기획 과제 정의 및 범위

1. 기획 과제의 정의 및 필요성

가. 기획 과제의 정의

“해상 이동형 해수담수플랜트 기술”의 정의

“해상 이동형 해수담수플랜트 기술”의 정의

- 선박에 탑재되어 해상에서 이동할 수 있으며, 해수로부터 담수를 생산하여 이를 외부로 공급하는 장치.

• 기능 1 : 기후변화에 의한 가뭄 발생 시 물이 부족한 해안 · 도서 지역으로 이동하여 물 생산

• 기능 2 : 임해지역의 재난 발생 시 긴급한 물 공급을 위한 이동식 시설로 활용

• 기능 3 : 육상에 시설을 설치하는 대신 해상 부유식으로 해수담수화 시설 구축

기획과제의 정의 및 목적

앞서 정의된 해상 이동형 해수담수플랜트 기술개발 기획을 통한 인프라 기술 확보 전략 및 방법론 도출

나. 과제추진의 배경 및 필요성

기획연구의 시급성 및 중요도

최근 기후변화로 인한 지역적 · 계절적 물 부족 문제가 심각하게 발생하고 있음

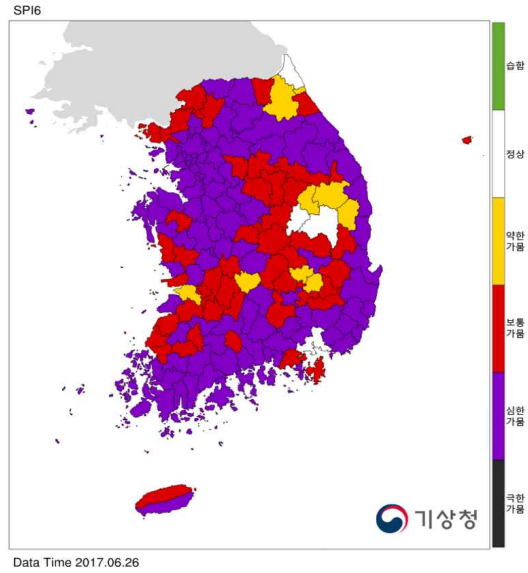
- 2015년 한반도 대가뭄으로 인하여 중서부 지역에 심각한 물 부족이 발생하였으며, 특히 물 공급이 취약한 도서 · 해안지역에서 큰 문제 발생

• 서해 5도 지역 등 제한급수 실시

- 자연적·인위적 재난·재해 발생 가능성이 높아짐에 따라 비상상황에 대한 우려 증가
 - 서해안 및 남부지역 등에서 최근 지진 발생
 - 2016년 6월 5일 울산 앞바다에서 진도 5.0의 지진 발생
 - 2015년에는 전북 익산에서 진도 3.5의 지진 발생
 - 전문가들은 우리나라에서도 진도 7.0의 지진 발생 가능성 제시
 - 집중적인 강우로 인한 침수피해 발생 시 물 공급 중단사태 발생 가능
 - 국제적인 테러 위협이 증가함에 따라 비상시 물 공급을 위한 대안 필요
 - 2016년 유럽에서 잇따른 테러 발생
 - 테러 대상이 상하수도 시설인 경우 물 공급의 중단에 따른 심각한 문제 발생가능
- 이동형 담수화 및 선박탐재형 담수화 장치에 대한 시장 급성장
 - 물 안보에 대한 인식 증가에 따라 이동형 담수화 장치의 국외시장 성장
 - 기존 육상 담수화 플랜트 건설비용 증가와 선박가격의 하락은 사업가능성을 증가시키고 있음
 - 최근 선박탐재형 담수화 장치의 시장수요 증가
 - 육상에 해수담수화 플랜트를 건설하는 대신 부유식으로 시설을 구축하려는 움직임 진행 중
- 기존 국내 도서지역 해수담수화 시설의 노후화에 따른 국내 시장수요 발생
 - 국내 100여개의 해수담수화 시설 중 상당수가 노후화되어 교체시기 도래
 - 기존의 고정식 시설로는 관리가 어렵고 비용증가의 문제가 발생하기 때문에 새로운 방식의 해수담수화 기술 필요
 - 101개소, 7,906m³/일, 급수인구 21,622명(2015년 8월 기준)
 - 높은 운전비용과 유지관리 비용(8,000원/m³)으로 제한적 운영(운반급수 15~20만원/m³)
 - 기존에 설치된 시설도 유지관리 문제로 인하여 빈번한 고장과 교체 발생



그림 1. 2015년 가뭄사태 (자료: 국토교통부)



Data Time 2017.06.26

그림 2 2017년 가뭄현황 (자료: 기상청)

- One-source multi-use 전략을 통한 국내 해수담수화 개발 기술의 사업화 확대 필요
 - 2007년부터 해수담수화 플랜트 기술에 대한 정부 지원 진행 중
 - 정부투자의 효율성 제고를 위하여 다양하게 개발된 기술에 대한 사업화 방안 및 비즈니스 모델 도출 필요
 - 중동지역 중심의 해수담수화 사업을 탈피한 신규시장 개척 필요
 - 동남아 국가의 경우 섬의 숫자가 많고 중소규모 주거지역이나 리조트 등을 대상으로 하는 해상 이동형 해수담수화 시설의 수요가 계속 증가하고 있음
 - 중남미 지역의 도서지역에서도 중소규모 이동형 해수담수화 장치의 수요가 지속적으로 발생하고 있음
 - 선진국에서도 비상용수 공급을 목적으로 하는 이동형 해수담수화 장치와 해수담수화 선박의 수요가 증가하고 있음

2. 기획 과제의 범위

해양 이동형 해수담수 플랜트 기술개발 기획을 통한 기술 확보 전략 및 방법론 도출

가. 기획연구의 범위

(1) 물리적 범위

- 국내외 기후변화 대처 및 재난상황에 대한 대처를 위한 해양 이동형 해수담수플랜트 기술
 - 정의 : 선박에 탑재되어 해상에서 이동할 수 있으며, 해수로부터 담수를 생산하여 이를 외부로 공급하는 장치
 - 기후변화에 의한 가뭄 발생 시 물이 부족한 해안·도서 지역으로 이동하여 물생산
 - 임해지역의 재난 발생 시 긴급한 물 공급을 위한 이동식 시설로 활용
 - 육상에 시설을 설치하는 대신 해상 부유식으로 해수담수화 시설 구축



그림 3. 해양 이동형 해수담수화 시설의 개념도 (Source: EnviroNor)

(2) 기술적 범위

- 500 m³/일 이상의 해양 이동형 해수담수 생산설비 기술 확보 및 부품소재 국산화를 통한 도서지역 해수담수 생산단가 10% 이상 저감
 - 해양 이동형 해수담수화 생산 플랜트 설계기술

- 선박에 적합한 해수담수화 기술의 패키지 구성
- 선박 유형과 제약조건을 고려한 해수담수화 장치 및 시스템 최적설계
- 해상 이동형 해수담수화를 위한 부품소재 국산화 기술
 - 국산 RO막에 최적화된 국산화 시스템 기술
 - 국산 펌프와 부품·장치 활용기술
- 해상 이동형 해수담수화 실증장치 설계, 제작 및 운전 기술
- 도서지역 해수담수 생산단가 저감기술
 - 고정식 시설과 비교한 저비용 물 공급기술
 - 다 지역을 대상으로 한 해상 이동형 담수화 시설의 최적 운영기술

(3) 내용적 범위

- 선박용으로 최적화된 해수담수화 플랜트 패키지 화 기술
 - 기존 해수담수화 기술을 선박에 적용하기 위한 장치 설계 기술
 - 부식방지를 위한 선체 상갑판하 플랜트 공정설비 배치기술
 - 선박용으로 최적화된 해수담수화 장치의 소형화, 집적화, 저에너지화 기술
- 선박내 엔진 활용 발전, 플랜트 내 농축수를 활용한 에너지 회수장치, 신재생에너지 등의 소형 하이브리드 전력공급 기술
 - 선박 운항 중 해수담수화 공정을 운영하기 위한 에너지 자립화 기술
 - 기존 에너지원 외에 신재생 에너지를 활용하기 위한 해수담수화 공정기술
- 선박 주요 치수 및 선형 최적화 기술
 - 담수 플랜트의 체적 및 중량을 고려한 주요 치수 선정 기술
 - 담수 플랜트 선박의 저속 운항 특성을 고려한 선형 최적화 기술
- 선박 안정성(복원성) 및 자세 유지 기술
 - 담수 플랜트의 체적 및 중량을 고려한 선박의 복원성 해석 기술 및 해수 담수화 플랜트 최적 배치 기술

- 연근해 파랑 하중을 고려한 내항성능 기술
- 생산 담수 하역을 위한 위치 유지 기술
- 원거리 DP(Dynamic Positioning), 원거리 계선(anchoring), 안벽 계류(quayside mooring)를 고려한 자세 유지 기술
- 담수 플랜트 운용 가능 최대 횡 경사각 및 최대 횡경사 가속도 제어 기술
- 최적의 선박 위치 유지 시스템 선정 기술

○ 선박 진동 제어 및 구조 안정성 기술

- 담수 플랜트 기기류 진동 억제 및 방진재 기술
- 담수 플랜트 체적 및 중량을 고려한 해상 이동형 해수 담수화 플랜트 선박 구조 기본 설계 기술

○ 선박 유지 보수 기술

- 선체 방식 장치 설계 및 배치 기술
- 선박 및 부속시설의 점검 방법, 점검 부위 및 점검 빈도에 대한 관리기준

○ 생산한 담수의 육상 공급 시설 설계 및 구축 기술

- 생산수를 육상에서 활용하기 위한 연결 장치와 시설 등의 설계 및 구축방안
- 육상의 기존 물 공급 인프라와 물 수요를 고려한 선박 해수담수화 구축방안
- 육상에서 선박 해수담수화 장치로의 전력공급을 위한 시설 설계 및 구축기술

○ 개발기술의 실증(500 m³/일급 이상) 및 활용 방안

- 해상 이동형 해수담수화 실증장치 (500 m³/일급 이상) 설계기술
- 해상 이동형 해수담수화 실증장치 제작 및 구축기술
- 개발기술 및 실증장치의 활용방안 및 국내외 사업화 방안

2절. 기술 분류 및 내용

1. 기술 분류

대분류	중분류	소분류
해상 이동형 해수담수화 공정기술	선박탑재형 해수담수화공정 기술	<ul style="list-style-type: none"> 선박탑재형 해수담수화 공정 최적설계 기술 선박탑재형 해수담수화 장치 모듈화
	담수화 선박해수담수화 성능향상을 위한 하이브리드 공정기술	<ul style="list-style-type: none"> 선박 내 폐열 활용 담수화 공정 적용기술 담수화 공정 농축수 처리 및 유효활용 기술
	담수화 선박 생산수 가변/간헐생산 기술	<ul style="list-style-type: none"> 생산수 부하변동 대비 담수화 공정제어 기술 간헐운전 대비 담수화 공정 관리 자동화 기술
해상 이동형 해수담수화 플랜트 안정성 유지 및 지원기술	선박탑재형 전력 공급 장치 기술	<ul style="list-style-type: none"> 소형 하이브리드 전력공급 및 관리기술 선박탑재형 신재생 에너지 활용기술
	담수화 선박 안정화 기술	<ul style="list-style-type: none"> 담수화 선박 선형 최적화 기술 담수화 선박 안정성 유지, 진동제어 기술
	해상조건 대응 담수화선박 운항/ 관리기술	<ul style="list-style-type: none"> 담수화 선박 운항방식 최적화 기술 해상기상조건 변화 대응 담수화 선박관리 기술
해수담수화 생산수 육상 공급시설 건설 및 운영기술	담수화 선박 생산수 공급을 위한 육상 공급시설 설계 및 구축기술	<ul style="list-style-type: none"> 담수화 선박 취수 및 생산수 공급 기술 생산수 활용을 위한 육상공급시설 기술
	담수화 선박 운영 및 물 생산 비용 절감기술	<ul style="list-style-type: none"> 다 지역 공급을 위한 담수화 선박운영 기술 담수화 선박 물 생산비용 절감 운영관리기술
	기존 육상 물 공급시설과의 연계 운영기술	<ul style="list-style-type: none"> 기존 육상 물 공급 시설 연계 인프라 구축 기술 기존 육상 물 공급 시설 연계 운영기술

2. 기술 분류별 기술내용

가. 해상 이동형 해수담수화 공정 기술

- 도서 지역 물 공급 탄력성 확보와 수자원 외부 의존도 감소를 위한 물 생산 및 공급을 위한 해상 이동형 담수화 기술

중분류	기술 내용
1.1. 선박탑재형 해수담수화공정 기술	선박탑재형 해수담수화공정 기술 개발
1.2. 담수화 선박해수담수화 성능향상을 위한 하이브리드 공정기술	담수화 선박해수담수화 성능향상을 위한 하이브리드 공정기술 개발
1.3. 담수화 선박 생산수 가변/간헐생산 기술	담수화 선박 생산수 가변/간헐생산 기술 개발

중분류	소분류	기술내용
1.1. 선박탑재형 해수담수화공정 기술	1.1.1. 선박탑재형 해수담수화 공정 최적설계 기술	선박탑재형 해수담수화 공정 최적설계 기술 개발
	1.1.2. 선박탑재형 해수담수화 장치 모듈화	선박탑재형 해수담수화 장치 모듈화 기술 개발
1.2. 담수화 선박해수담수화 성능향상을 위한 하이브리드 공정기술	1.2.1. 선박 내 폐열 활용 담수화 공정 적용기술	선박 내 폐열 활용 담수화 공정 적용기술 개발
	1.2.2. 담수화 공정 농축수 처리 및 유효활용 기술	담수화 공정 농축수 처리 및 유효활용 기술 개발
1.3. 담수화 선박 생산수 가변/간헐생산 기술	1.3.1. 생산수 부하변동 대비 담수화 공정제어 기술	생산수 부하변동 대비 담수화 공정제어 기술 개발
	1.3.2. 간헐운전 대비 담수화 공정 관리 자동화 기술	간헐운전 대비 담수화 공정 관리 자동화 기술 개발

나. 해상 이동형 해수담수화 플랜트 안정성 유지 및 지원기술

- 담수화 플랜트 선박에 대한 운항과 관리에 대한 전체적인 안정성과 에너지원 공급에 관한 기술

중분류	기술 내용
2.1. 선박탑재형 전력 공급 장치 기술	소형 하이브리드 전력공급 및 관리 기술
	선박탑재형 신재생 에너지 활용기술
2.2. 담수화 선박 안정화 기술	담수화 선박 선형 최적화 기술
	담수화 선박 안정성 유지, 진동제어 기술
2.3. 해상조건 대응 담수화선박 운항/관리기술	담수화 선박 운항방식 최적화 기술
	해상기상조건 변화 대응 담수화 선박관리 기술

중분류	소분류	기술내용
2.1. 선박탑재형 해수담수화공정 기술	2.1.1 소형 하이브리드 전력공급 및 관리기술	소형 하이브리드 전력공급 및 관리 기술 개발
	2.1.2 선박탑재형 신재생 에너지 활용기술	선박탑재형 신재생 에너지 활용기술 개발
2.2. 담수화 선박해수담수화 성능향상을 위한 하이브리드 공정기술	2.2.1 담수화 선박 선형 최적화 기술	담수화 선박 선형 최적화 기술 개발
	2.2.2 담수화 선박 안정성 유지, 진동제어 기술	담수화 선박 안정성 유지, 진동제어 기술 개발
2.3. 담수화 선박 생산수 가변/간헐생산 기술	2.3.1 담수화 선박 운항방식 최적화 기술	담수화 선박 운항방식 최적화 기술 개발
	2.3.2 해상기상조건 변화 대응 담수화 선박관리 기술	해상기상조건 변화 대응 담수화 선박관리 기술 개발

다. 해수담수화 생산수 육상 공급시설 건설 및 운영기술

- 다양한 지역에 해상 이동형 선박 담수화 플랜트를 육상에 안정적으로 공급할 수 있는 정박, 배관 및 건설 기술

중분류	기술 내용
3.1. 담수화 선박 생산수 공급을 위한 육상 공급시설 설계 및 구축기술	담수화 선박 취수 및 생산수 공급 기술
	생산수 활용을 위한 육상공급시설 기술
3.2. 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용 절감기술	다 지역 공급을 위한 담수화 선박운영 기술
	담수화 선박 물 생산비용 절감 운영관리기술
3.3. 기존 육상 물 공급시설과의 연계 운영기술	기존 육상 물 공급 시설 연계 인프라 구축 기술
	기존 육상 물 공급 시설 연계 운영기술

중분류	소분류	기술내용
3.1. 담수화 선박 생산수 공급을 위한 육상 공급시설 설계 및 구축기술	3.1.1 담수화 선박 취수 및 생산수 공급 기술	담수화 선박 취수 및 생산수 공급 기술 개발
	3.1.2 생산수 활용을 위한 육상공급시설 기술	생산수 활용을 위한 육상공급시설 기술 개발
3.2. 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용 절감기술	3.2.1 다 지역 공급을 위한 담수화 선박운영 기술	다 지역 공급을 위한 담수화 선박운영 기술 개발
	3.2.2 담수화 선박 물 생산비용 절감 운영 관리기술	담수화 선박 물 생산비용 절감 운영관리 기술 개발
3.3. 기존 육상 물 공급시설과의 연계 운영기술	3.3.1 기존 육상 물 공급 시설 연계 인프라 구축 기술	기존 육상 물 공급 시설 연계 인프라 구축 기술 개발
	3.3.2 기존 육상 물 공급 시설 연계 운영 기술	기존 육상 물 공급 시설 연계 운영기술 개발

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 시장동향

□ 지역별/ 국내외 해수담수화 시장 동향

○ 지역별 시장동향

- 전 세계적으로 해수담수화 시설에 의한 용수공급량은 2010년 68 million m³/d로서, 2016년에는 123 million m³/d의 규모로 증가할 것으로 전망하고 있음. 중동지역이 가장 큰 시장이지만, 미국, 호주를 비롯한 선진국과 남부 유럽, 북아프리카 등 다양한 지역에서 시장규모가 급성장하고 있음. 특히 중국 등 신흥 개발국의 산업화에 따른 물 수요 증가로 신흥시장도 계속적으로 확대될 것으로 전망하고 있음.
- 중동지역은 해수담수화의 가장 큰 시장으로서, 담수 생산 능력을 가진 상위 11개국 중 6개국이 중동에 위치하고 있음. 미국의 경우 중동지역과는 달리 대부분 역삼투법을 적용(88%)하고 있음.



그림 4 미국 Florida Tampa 지역의 담수플랜트(Acciona united states)

- 유럽지역은 스페인과 이탈리아가 해수담수화 플랜트가 설치되어 있는 주요 국가임. 북아프리카와 중동국가인 알제리, 튀니지, 요르단 담수자원의 제한으로 인해 기수(brackish Water) 및 해수담수화 설치를 계획하고 있으며, 특히, 알제리의 경우 대규모 역삼투법 해수담수화 플랜트를 도입하고 있음. 아시아 지역의 경우 일본은 후쿠오카와 오키나와에 해수담수화 플랜트를 가동하고 있음.

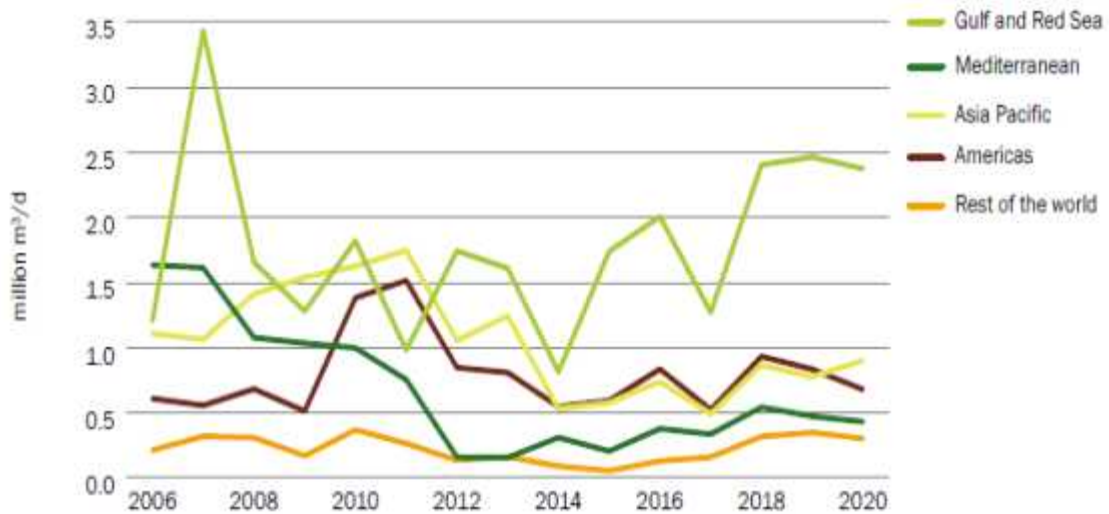


그림 5 Contracted capacity forecast by region, 2006-2020

○ 국외 시장동향

- 국가별로는 사우디아라비아가 세계 1위의 해수담수화 생산능력을 보유하고 있으며, 증발법과 역삼투법이 비슷하게 사용되고 있으며, 최근에는 에너지 사용이 작은 역삼투법이 증가하고 있는 추세임.

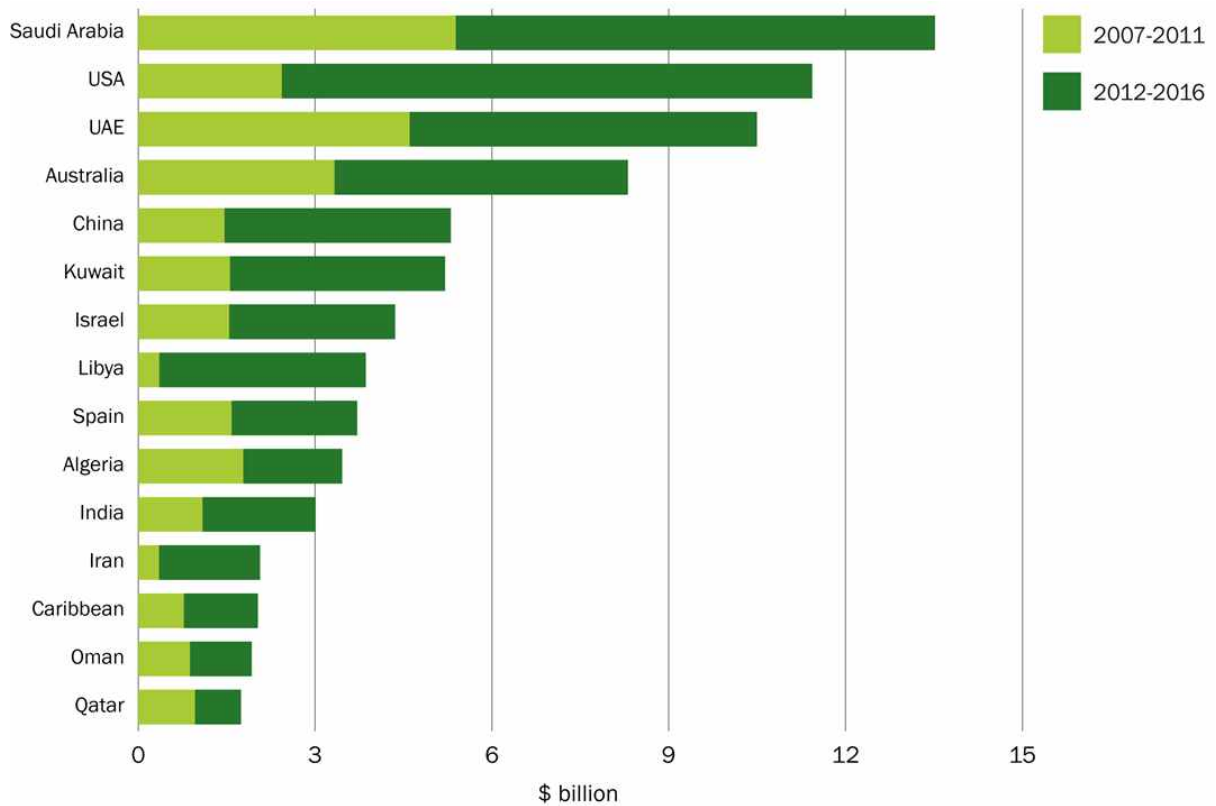


그림 6 국가별 해수담수화 시장현황과 전망(GWI 2011)

- 사우디아라비아는 충분한 재정을 바탕으로 담수화 중심의 상수원 개발에 지속적인 투자가 이루어지고 있으며, 에너지 부분을 고려하여 기존의 증발식에서 멤브레인 방식의 해수담수화에 광범위한 투자계획이 있음. 또한 2012~2022년 175억 USD에 달하는 설비투자를 계획하고 있으며, 2012년 이후부터는 SWRO 방식(20만 m³/day 규모)의 발주가 확대되고 있음.
- 아랍에미리트는 증발식 방식의 많은 경험을 보유하고 있으며, 외국 기업과의 협력을 통해 저에너지형 해수담수화 기술 도입을 추진 중이며, 이를 위해 다양한 신재생에너지 융합 해수담수화 플랜트 기술 개발이 진행되고 있음. 또한 Masdar City에서는 2013년에 Innovation Desalination Technology와 Advanced Desalination Technology(에너지지 생산/회수기술)와 결합된 담수 Pilot Research Project를 발주하였음.
- 두바이와 아부다비를 중심으로 담수 프로젝트가 계획되고 후자이라 등의 에미리트에도 담수생산 설비가 들어설 계획으로 증가하는 담수수요를 대응하기 위해 2020년까지 총 400억 달러 규모의 담수 생산시설을 설립할 계획임.
- 쿠웨이트는 풍부한 재정여건에 의해 담수화 중심의 상수보급율이 100%에 달하고 있으며, 부품 소재, 운영시장 등이 확대될 것으로 전망되고 있음.
- 요르단 또한 향후 물 사용량 증가로 상수원 개발 및 담수화 부분에 시장이 확대될 것으로 전망하고 있음.
- 오만은 해수담수화 시장규모가 2018년 3억 달러 이상으로 전망되고 있으며, 높은 시장개방 정책으로 프로젝트 개발에서 운영까지 외국 기업의 참여가 활발함. 높은 에너지를 소비하는 증발식 해수담수화 공정을 상대적으로 에너지가 적게 소요되는 역삼투 방식으로 전환하고, 다양한 저에너지형 선진 기술을 채택하는 정책을 추진하고 있음.

○ 국내의 시장동향 (해상 이동식 / 부유식 해수담수화 플랜트)

- 소규모 해수담수화 플랜트가 운영 중인 지역은 총101개소이며 연간 생산량은 약 8,000m³/day임
- 중대규모 해수담수화 플랜트가 도입 가능한 임해지역은 생활용수 대상 27개소, 공업용수 대상 417개소 등임
- 국내 물 부족은 항상 발생하는 것이 아니고 계절적인 영향을 받으므로, 고정식 해수담수화 시설의 도입이 제약을 받고 있음.
- 특히 인천시, 전북, 속초 등 지자체에서는 물 공급의 안정화를 위하여 이동

식 해수담수화 시설의 도입에 관심을 보이고 있음

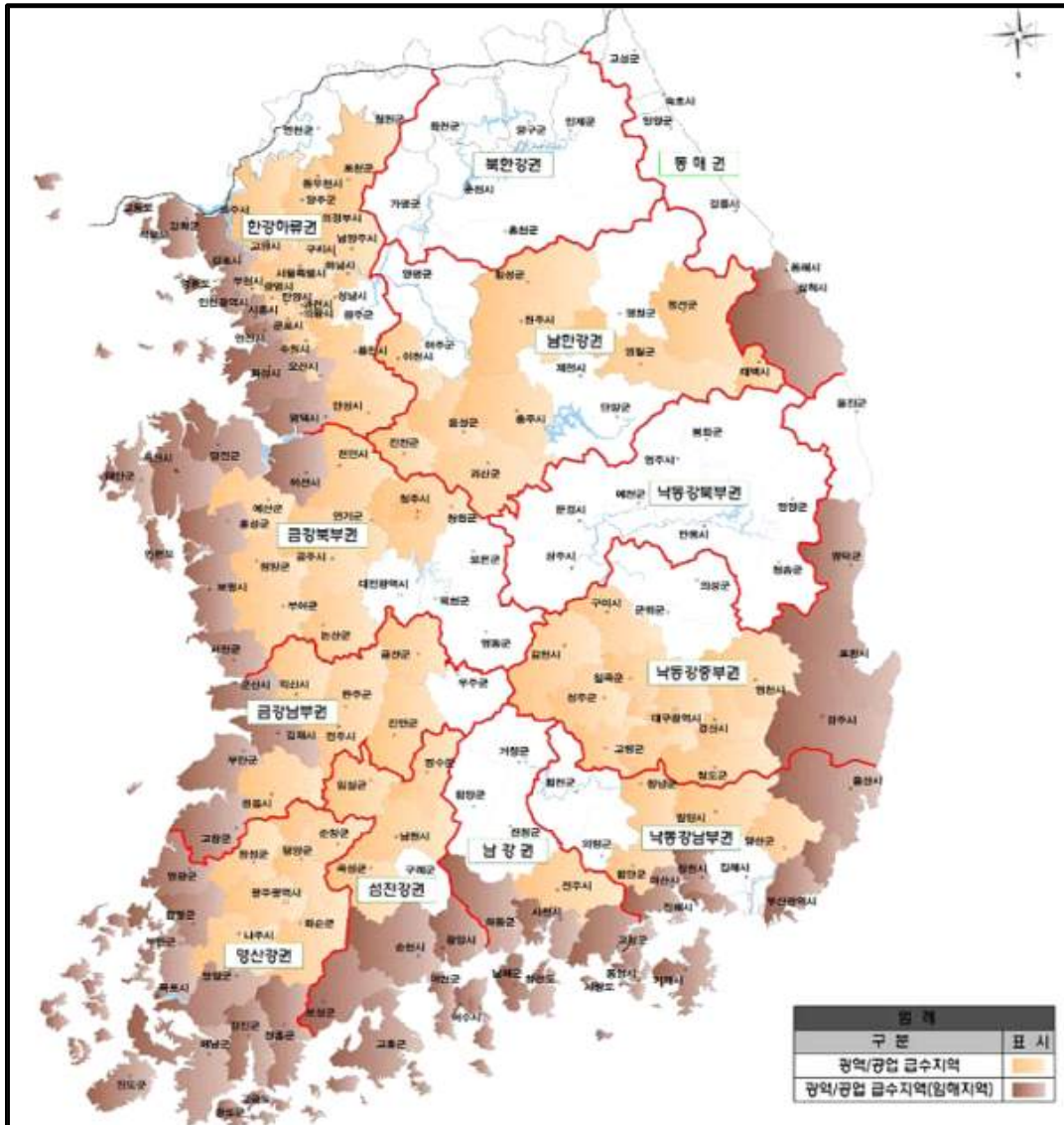


그림 7 지역별 광역/공업 급수지역

□ 이동식 수처리 및 담수화 시장

○ 세계시장 현황

- GE, Veolia, Wetrico, Xylem 등 4개 기업이 전 세계 시장의 1/3을 점유 중 (IDA Yearbook)
- 주요시장 : 미국, 남아메리카, 유럽 및 Gulf만 연안 등
- 주로 생산수 판매, 장비 리스 등 운영 수입보다는 패키지 판매수입이 대다수

- 일반 플랜트 및 발전소 비상단기 공급용, 재난지역 및 산간오지 급수 등 틈새시장 성격

○ 세계시장 전망

- '16년 기준 세계시장 규모는 6.7억USD 수준 및 북미와 유럽 지역 시장 점유율이 90%를 차지할 것으로 전망(BCG)
- 유닛 판매뿐만 아니라 운영수입(장비리스, 처리수 판매)까지 포함, '16년 12억 USD 수준까지 성장할 것으로 전망(GWI/IDA) (전 세계 해수담수화시장 규모의 7~8 %)
- 소규모 외에도 중대규모 부유식 담수화 선박이 실용화될 경우 시장규모의 급격한 증가가 가능함 (기존 중대규모 해수담수화 시설 대체 가능)

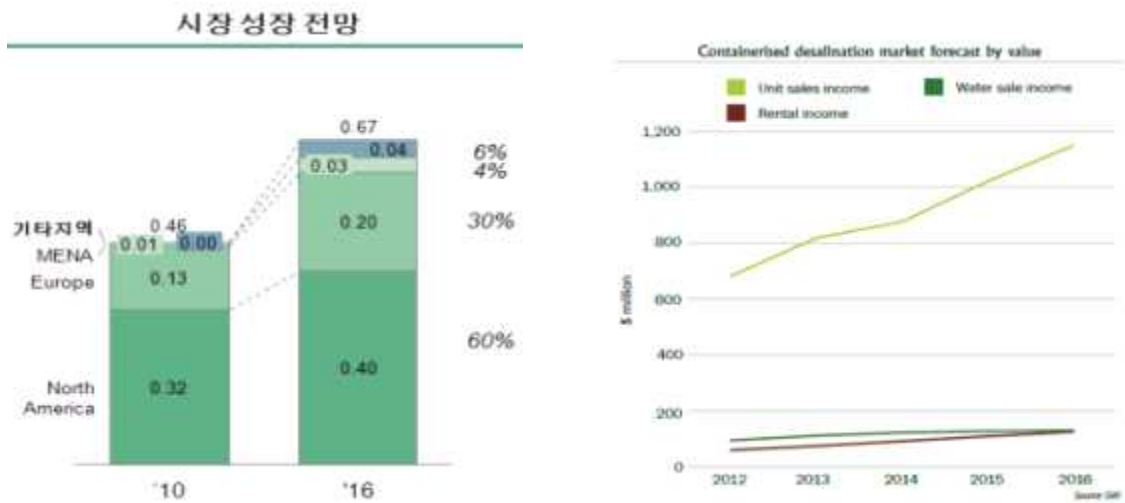


그림 8 시장전망 BCC, GWI

- 부유식 해수담수화 선박 관련시장은 향후 빠른 속도로 성장할 것으로 전망됨
- 신규 해수담수화 플랜트의 15~20%를 부유식 시설로 대체 가능
- 위의 가정대로라면 2025년까지 부유식 해수담수화 선박 시장은 연간 15억불에서 40억불 수준이 될 것으로 기대됨

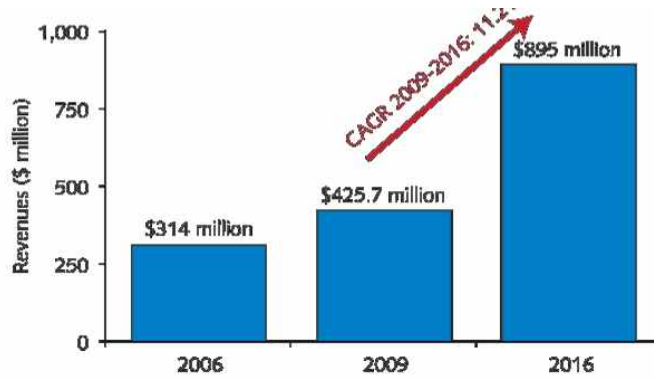


그림 9 시장전망 (출처: Frost and Sullivan)

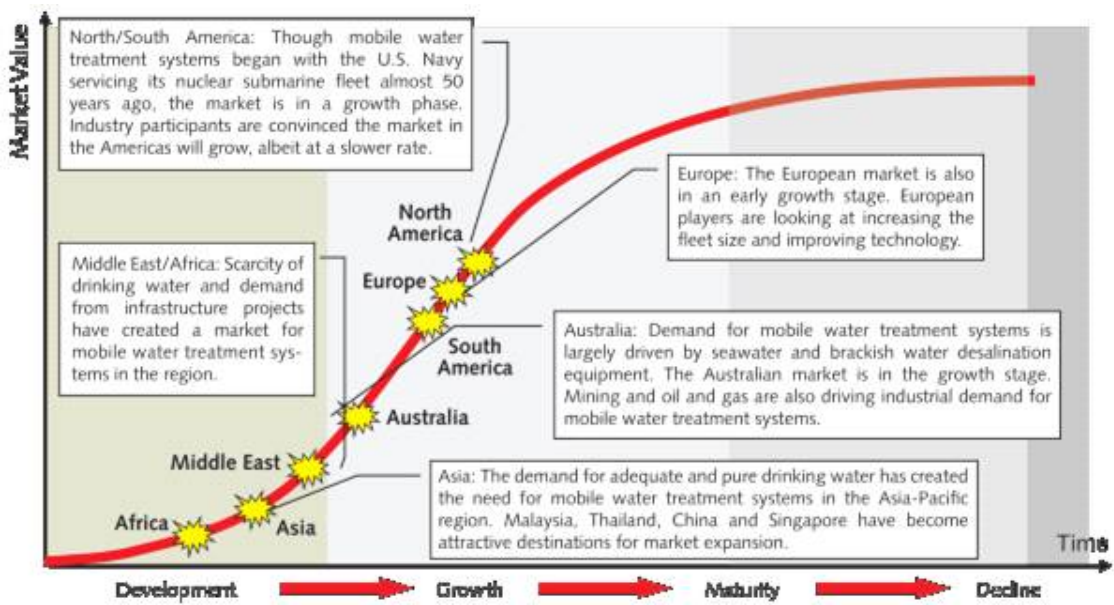


그림 10 국가별 시장 전망 (출처: Frost and Sullivan)

2절. 국내외 기술동향

(1) 플랜트 기술 동향

□ 글로벌 시장 분석 및 예상

○ 해수담수화 플랜트 기술동향

- 해수담수화 시장은 물 공급 문제를 해결하기 위한 가장 효과적인 수단으로 1970년 이후 지속적으로 성장하고 있으며, 2004~2014년간 평균 4.5 million m³/d 증가하여 2014년 누적기준 약 90 million m³/d로 나타남.

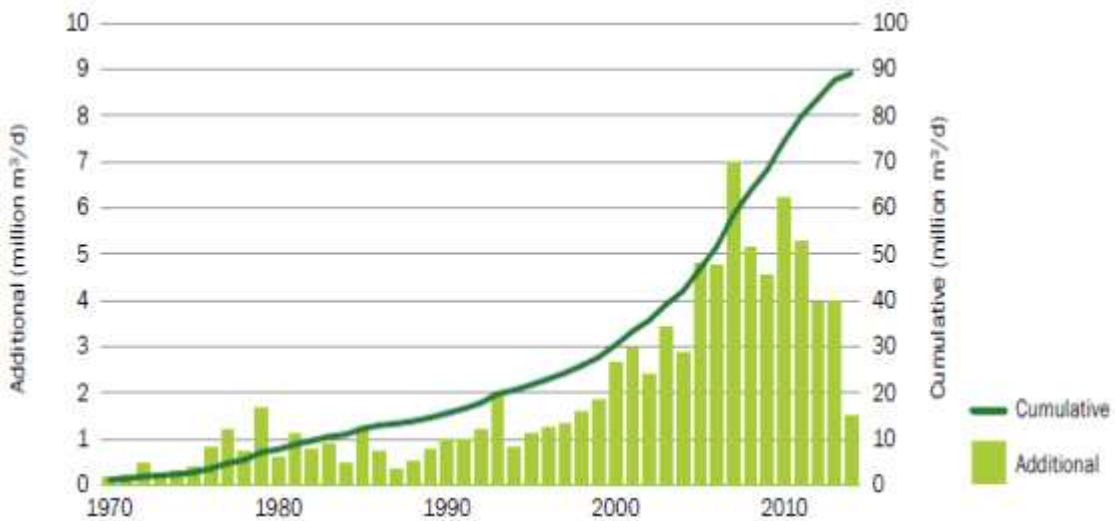
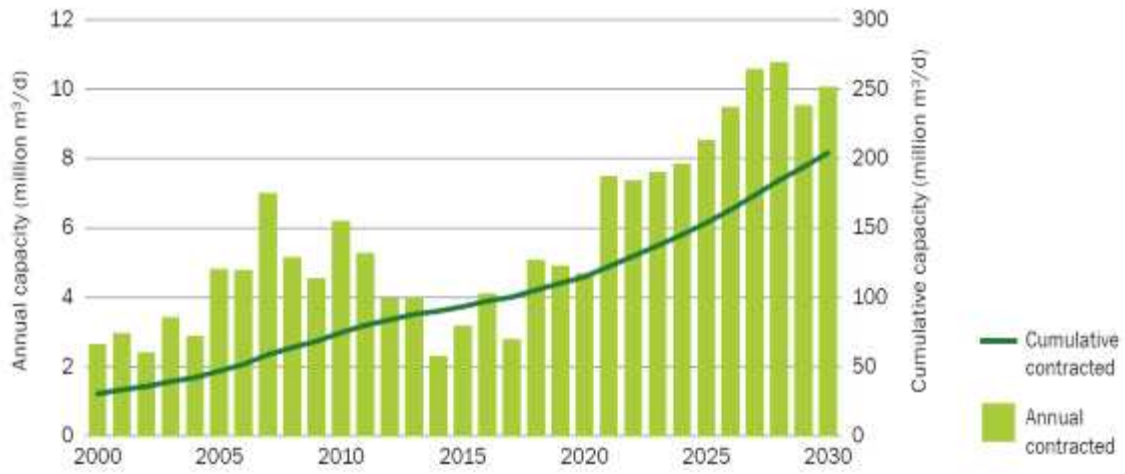


그림 11 Global annual and cumulative contracted desalination capacity, 1970-2014 (GWI 2016)

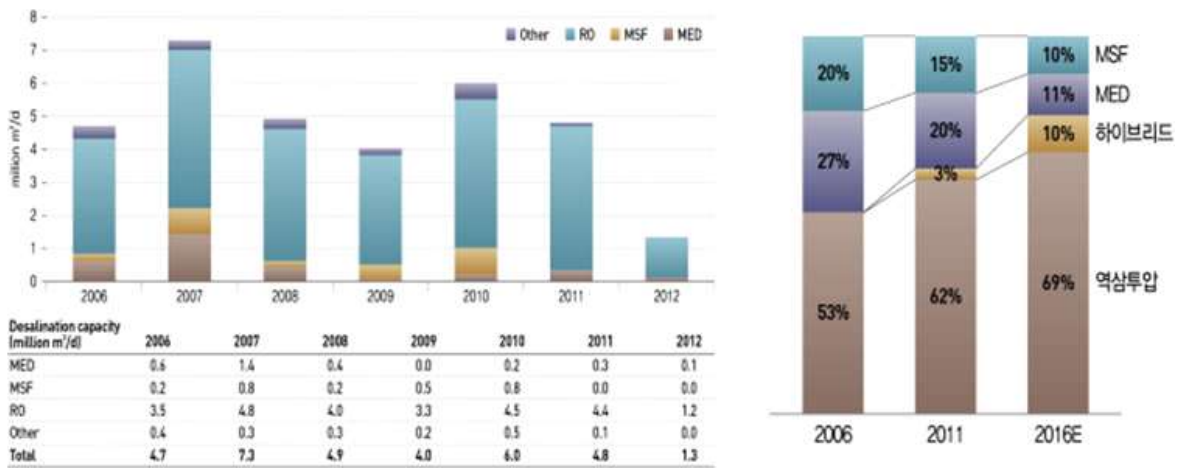
- 해수담수화 시장은 1965년 이후 연평균 15% 정도로 급속한 성장세를 보이고 있으며, 2030년에는 해수담수화 총 생산용량은 200 million m³/d 이며, 연간 계약용량은 10million m³/d가 될 것으로 예상됨.



Source: GWI

그림 12 Desalination capacity history and forecast, 2000-2013

- 전 세계 해수담수화 시설 중 역삼투법 해수담수화 시설이 73.7%로 가장 큰 비율을 차지를 하였으며, 이는 지속적인 기술개발과 비용절감으로 1977년부터 증발법에 비해 큰 성장을 하였으며, 2004년에서 2014년 동안 연평균 10%의 성장률을 보이고 있음.



source : GWI Global Water Market 2014(2013)

그림 13 2006~2012년 계약된 기술별 담수화 처리량 및 2016년 예측

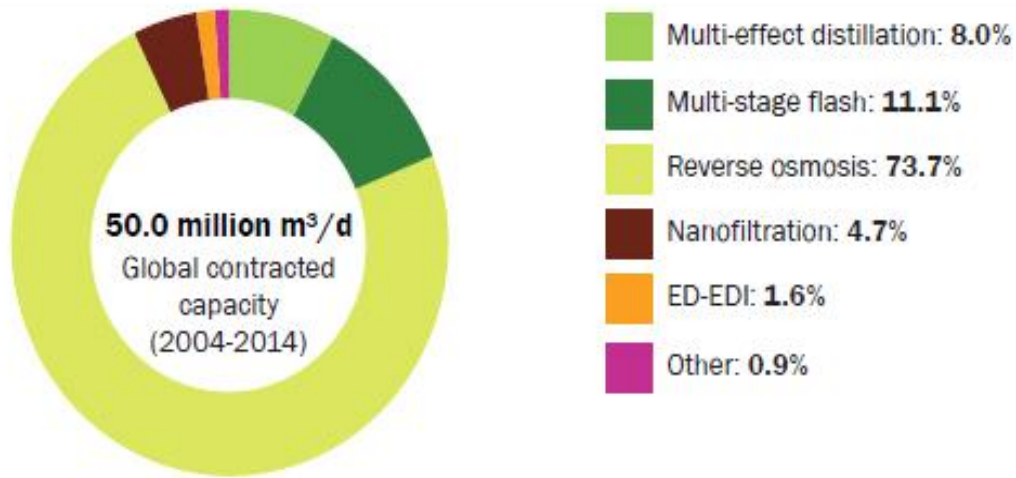


그림 14 Global contracted capacity by technology, 2004-2014

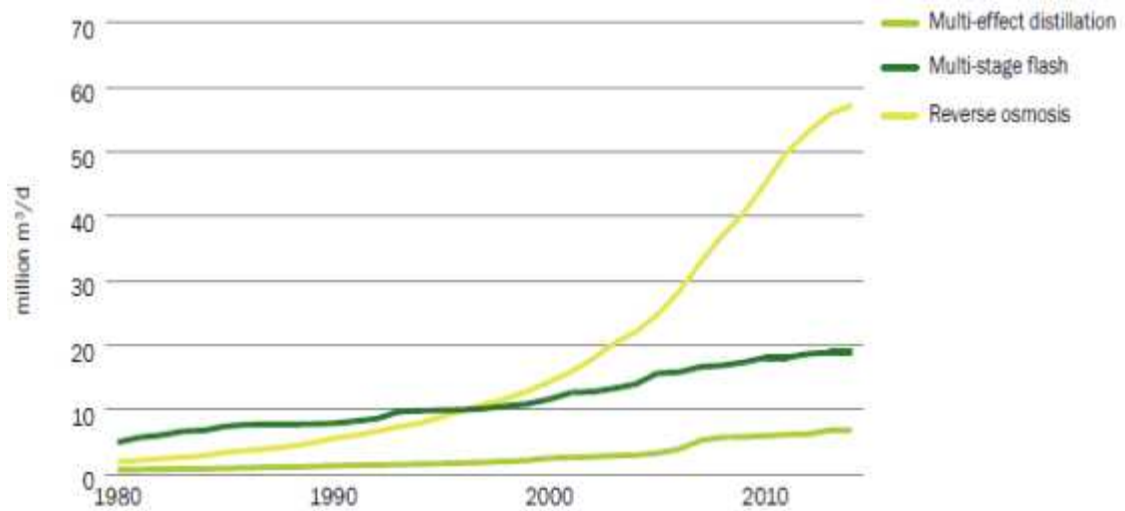


그림 15 Cumulative contracted desalination capacity by technology, 1980-2014

- 2015년 현재 설치되어있는 해수담수화 시설용량은 74.7million m³/d이며, 심각한 물 부족에 직면하고 있는 MENA 지역이 46.7%로 가장 큰 비율을 차지함.

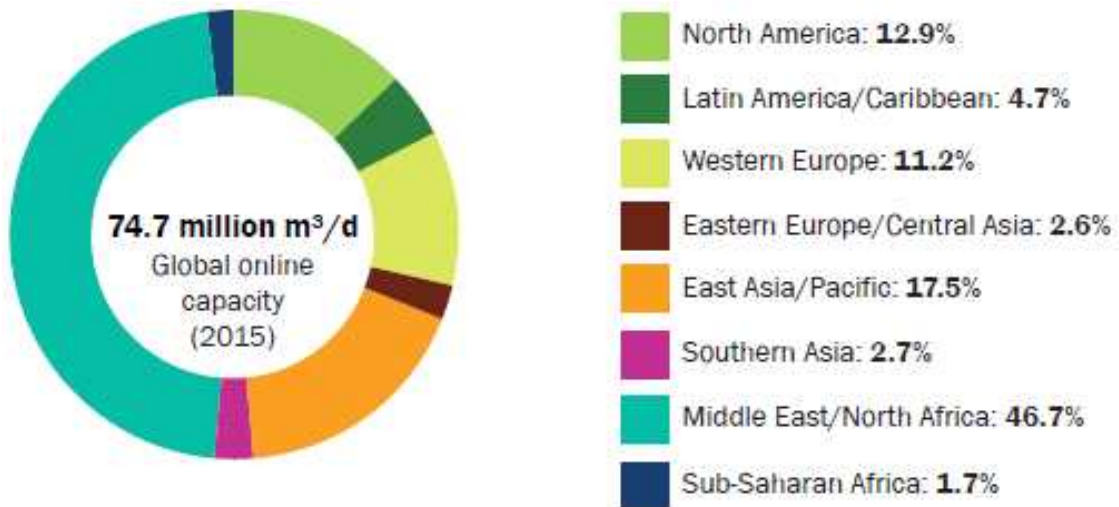


그림 16 Online desalination capacity by region, 2015

- 지역별 취수원에 대하여 검토해보면 중동지역과 북아프리카의 경우 산업화와 물수요 증가로 인한 Freshwater 부족으로 Seawater를 83.0% 사용하고 있으며, 북아메리카에서는 Brackish Water가 전체 시설용량의 52.1%인 5.0million m³/d를 차지함.
- 지역별 취수원에 대하여 검토해보면 중동지역과 북아프리카의 경우 산업화와 물수요 증가로 인한 Freshwater 부족으로 Seawater를 83.0% 사용하고 있으며, 북아메리카에서는 Brackish Water가 전체 시설용량의 52.1%인 5.0million m³/d를 차지함.

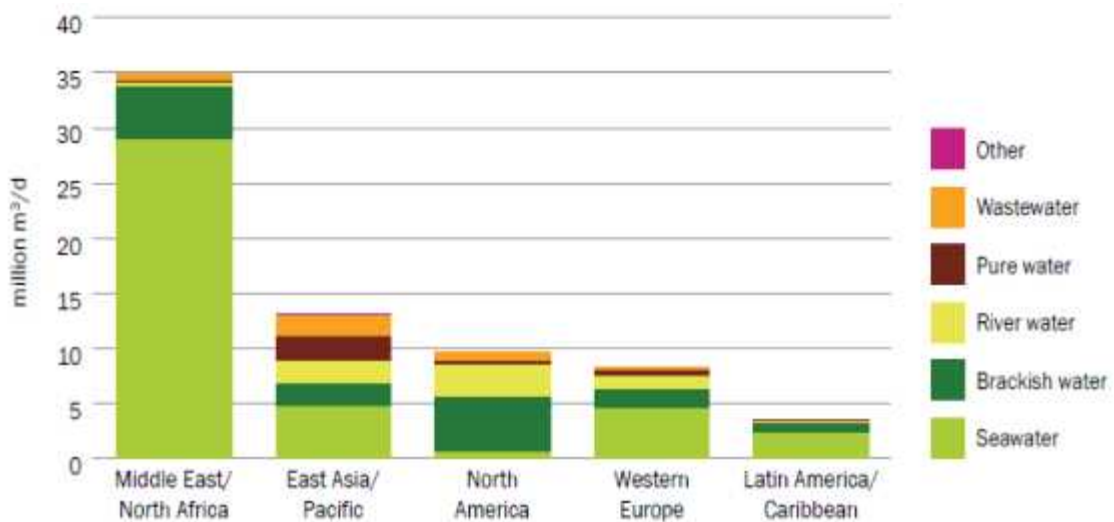


그림 17 Regional online desalination capacity by feedwater type, 2015

- 또한, 현재 설치되어 있는 해수담수화 시설 중 59.2%인 Seawater가 대부분을 차지하고 있으며, 그 다음으로 Brackish Water가 20.9%로 차지함.

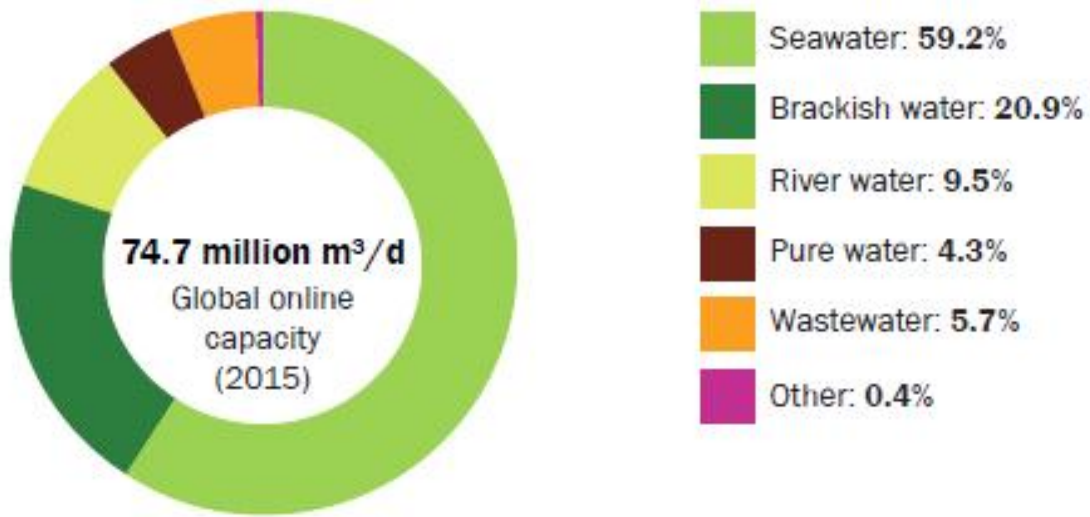


그림 18 Online desalination capacity by feedwater type, 2015

- 해수담수화 시장은 2010년 기준 연간 126억 달러 수준으로 전체 물산업 시장의 2.5% 수준에 불과함. 이러한 낮은 점유율을 차지하고 있음에도 불구하고 해수담수화에 관심을 갖는 이유는 전체 물산업 시장에서 담수화 시장이 급속히 성장하고 있기 때문임.
- 해수담수화 시장은 1965년 이후 연평균 15% 정도로 급속한 성장세를 보이고 있고, 시장규모는 2010년 126억 달러 수준에서 2016년 300억 달러에 이를 것으로 전망하고 있음.

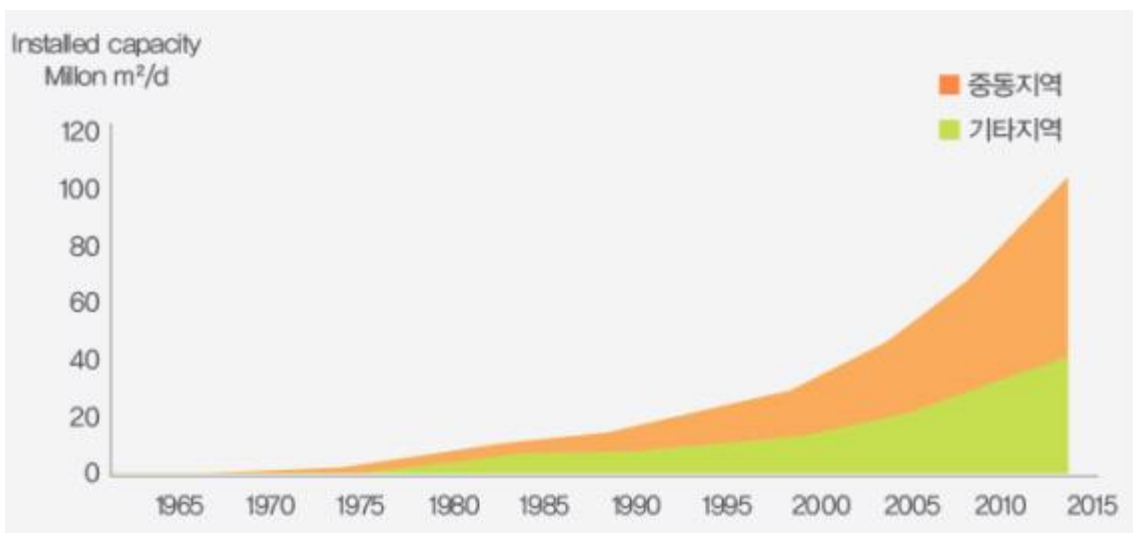
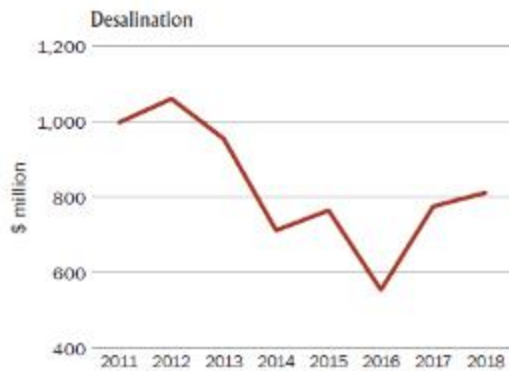
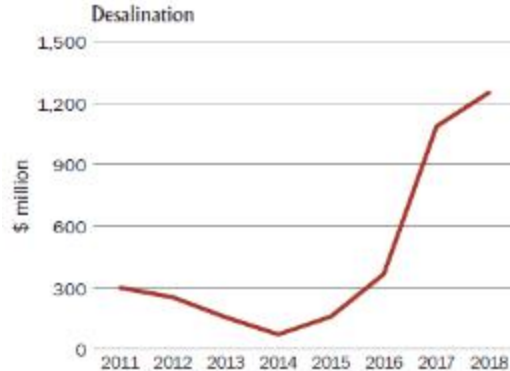


그림 19 해수담수화 플랜트 시장 성장 추이(GWI 2006)

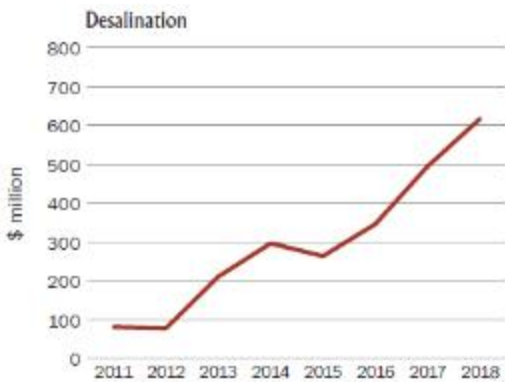
(a) 사우디아라비아



(b) 아랍에미리트(UAE)



(c) 쿠웨이트



(d) 요르단

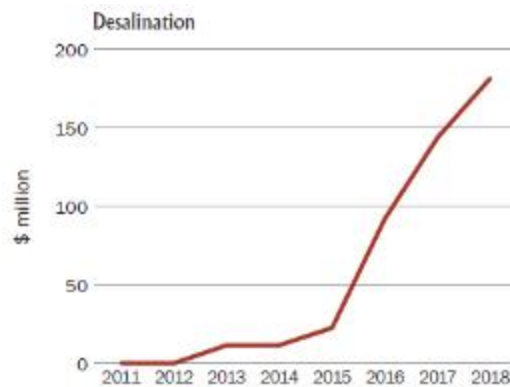


그림 20 중동지역 국가별 해수담수화 시장 전망 (GWI 2015)

- 중국은 급격한 도시화 및 경제성장으로 열악한 수자원 여건으로 12차 5개년 계획(Five Year Plan(2012~2017))에 따라 2015년까지 200만 m³/d 규모의 담수 프로젝트를 계획하고 있으며, 설비 중 70%이상 국산화를 목표로 하고 있음. 하지만 폐쇄적 시장 정책으로 해외기업들의 접근이 어렵지만 담수화 시장은 선진기술 습득을 위해 개방을 진행하고 있음.
- 일본은 성숙된 물 관리 기술을 통해 멤브레인 제조 등 다방면으로 해외진출 전략을 추진하고 있음.
- 인도는 2005년 이후 많은 외국 기업들에게 참여기회 제공을 통해 자국 내 불안정한 수자원 인프라를 개선하고 있음.
- 호주는 높은 상수원 보급률을 나타내고 있으나, 가뭄 및 상수원 부족 등의 문제로 담수화 시장이 급성장 될 것으로 전망되고 있음.
- 스페인은 대부분 해수담수화 플랜트를 소규모로 민간 기업이 소유하고 있으며, 950여개의 플랜트 중 절반이 500 m³/d 이하를 생산하고 7%만이 2만

m³/d를 생산하고 있음.

- 칠레는 광산회사가 해수담수화를 통한 용수사용을 의무화하는 법안을 제정하여 추진하였으며, 2020년에는 구리광산용수로 1억7천만 m³의 용수가 추가 필요할 것으로 예상하고 있음.
- 멕시코는 해수담수화 사업의 64%를 민간 기업이 수행하고 있으며, 특히 SWRO의 경우 94%를 민간에서 담당하고 있음. 또한 멕시코 정부에서는 운영을 포함한 PPP(Public Private Partnership)형태의 사업을 장려하고 있는 실정임.
- 아프리카 지역은 오랜 유럽의 영향으로 Suez, Agbar 등의 지배적인 시장 확장이 진행 중이며, 자국 내 경제적 여건에 따라 점진적인 해수담수화 인프라의 확장이 예상됨.
- 유럽 지역은 포화된 물 시장과 세계적 물기업 보유로 진입이 어려운 시장으로 적극적인 해외진출이 진행 중이며, 미국 등 선진국에서는 노후화로 인한 개량시점 도래로 대규모 자본조달의 필요성이 발생하여 점차 민간기업의 자본 참여 및 개방이 확대될 것이며, 중남미 지역에서도 수자원 여건 개선을 외국 기업의 참여를 확대하고 있음

(가) 증발법(Distillation)

- 증발법은 지구상에서 발생하는 자연의 물 순환 현상, 즉 해수면에서 증발한 수증기가 상승 대류권 상층부의 저온 분위기 중에서 응축하여 구름이 되고 다시 비의 형태로 지표 또는 해수면에서 떨어지는 현상을 공학적으로 응용한 공법으로 에너지 가격이 안정적이고 값이 싼 중동지역에서 주로 이용되고 있음. 그러나 역삼투법과 비교하여 에너지 소비량이 많은 것이 단점임.
- 증발법은 기원전 4세기부터 알려져 온 해수담수화 기술로 근대적 담수화장치는 19세기 후반에 선박용 조수기가 시초이며, 육상 시설은 세계대전 중 사막 등지에서 물 공급을 위해 시작되었고, 1950년대부터 중동지역에서 담수화 장치가 본격화, 대형화하였음.
- 증발법은 다단플래쉬법(MSF : Multiple-Stage Flash Distillation), 다중효용법(MED : Multi-Effect Distillation), 증기압축법(MVC : Mechanical Vapor Compression Distillation) 등으로 나뉘짐.
- 다단플래쉬 방식은 현재 대용량 담수화장치에 가장 널리 사용되는 담수기술이며, 일반적인 계통은 점차 진공도가 높은 격실이 직렬로 이어진 형태임.
- 다중효용방식(MED : Multi-Effect Distillation)은 단순 증류기를 시리즈로 배

열한 형태로 첫 번째 증발기 보일러에서 발생된 증기가 다음 효용증발기의 가열원으로 작용하고 냉각 응축되어 담수가 되고, 두 번째 증발기에서 발생된 증기는 다음 효용의 증발기에서 가열원으로 작용하여 증발기 내부의 해수를 증발시킴.

- 즉, 전단에서 받은 증기가 다음단의 열원이 됨과 동시에 이 증기는 냉각 응축되어 담수가 되고, 이때 재차 증발된 증기는 다음 단에서 동일하게 작용하는 것임.
- 증기압축식(MVC : Mechanical Vapor Compression Distillation)은 증발조에서 발생한 증기를 압축기에 넣은 후 단열압축에 의해 온도를 상승시켜 이것은 같은 조내에 있는 액체의 가열용 증기로 공급하여 담수를 얻는 방법임. 증기압축방식에서 압축기를 소형엔진으로 구동시키고 그 폐열을 활용하는 경우 연료 1 kg으로 200 kg이상의 담수를 생산할 수 있는 것으로 알려져 있고, 주로 소용량의 담수화 장치에 강점을 가지고 있음.

(나) 역삼투법(Reverse Osmosis)

- 물은 통과하지만 물속에 녹아있는 염분 등은 투과하지 않는 역삼투막에 해수를 가압하여 담수를 얻는 방법으로 1980년대 이후 세계 전 지역에서 고르게 이용되고 있으며, 증발법과 비교하여 에너지 소비량이 적은 편임.
- 반투막으로 경계로 양측에 담수와 해수를 넣으면 담수는 반투막을 투과하여 해수 측으로 이동함.
- 수면에 높이차가 발생하여 일정높이가 되면 담수의 이동은 정지하게 됨. 이때에 수면의 높이 차이에 상당하는 압력이 염수의 삼투압이 됨.
- 해수 측에 삼투압이상의 압력을 가하면, 해수중의 물은 반투막을 투과하여 담수 측에 이동하며, 이러한 조작으로부터 담수를 얻음.

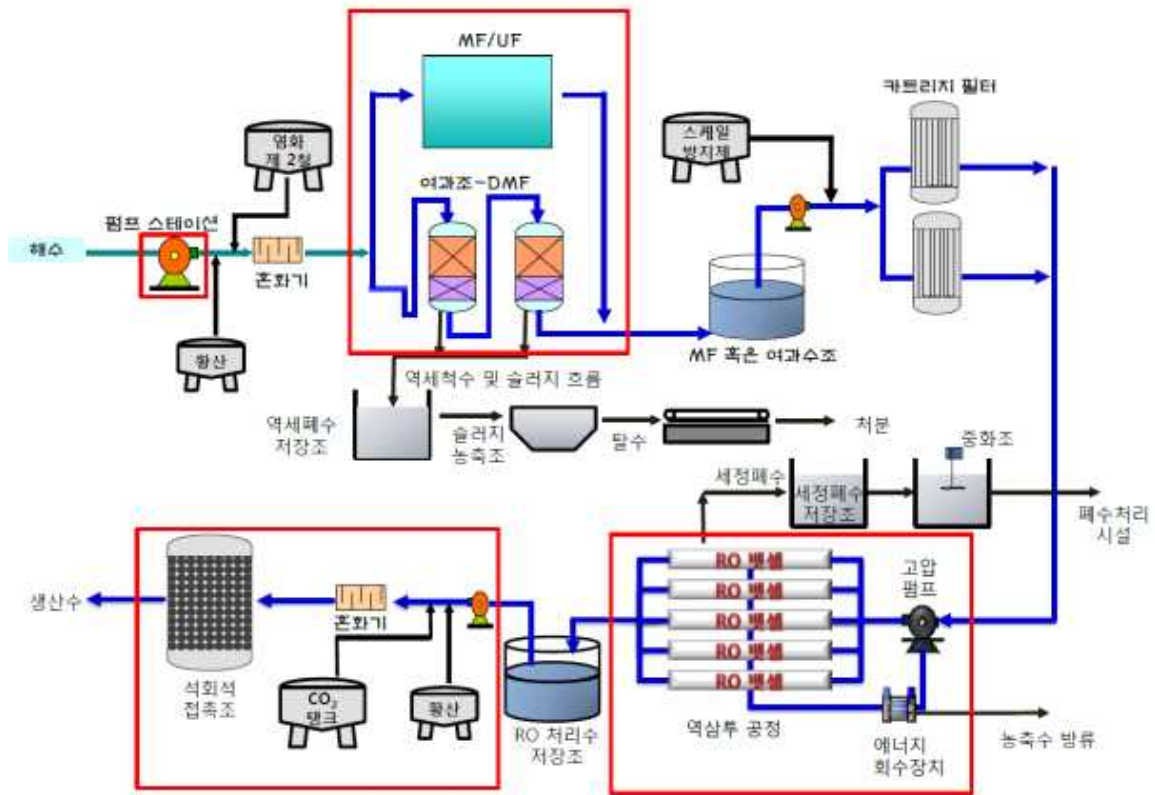


그림 21 일반적인 역삼투방식 해수담수화 공정

- 국제담수협회에 따르면, 전체 해수담수화 플랜트 시장 중에서 역삼투법은 향후 약 33조원 시장을 바라보고 있으며, 이는 계속해서 급격히 증가할 것으로 추정됨.

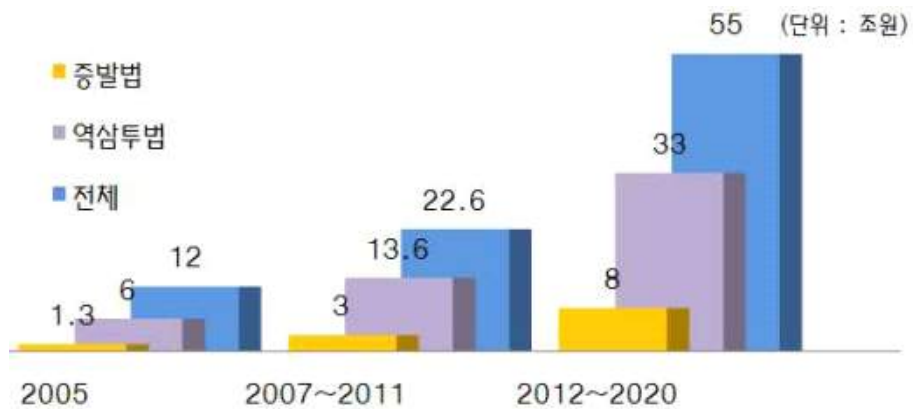


그림 22 해수담수화플랜트 시장 규모

표 증발식과 SWRO의 에너지 사용량 비교

Energy Type	MED	MSF	SWRO
Steam pressure, ata	0.2-0.4	2.5-3.5	Not needed
Electric energy equivalent, kWh/m ³	4.5-6.0	9.5-11.0	Not needed
Electricity consumption, kWh/m ³	1.2-1.8	3.2-4.0	2.5-4.0
Total energy use, kWh/m ³	5.7-7.8	12.7-15	2.5-4.0
Water production costs, US\$ per cubic meter	0.7-5.3	0.9-4.0	0.5-3.0

(Voutchkov, N, 2013, Desalination engineering planning and design, McGraw-Hill, 참고)

○ 2014년 이후 발주된 담수화 플랜트의 약 90%가 역삼투 방식 해수담수화 플랜트임

- 2004년-2014년 공정의 73.7%가 역삼투방식이며, 2010이후에는 비율이 90% 이상으로 조사됨 (Desalination market 2016, 그림 2)

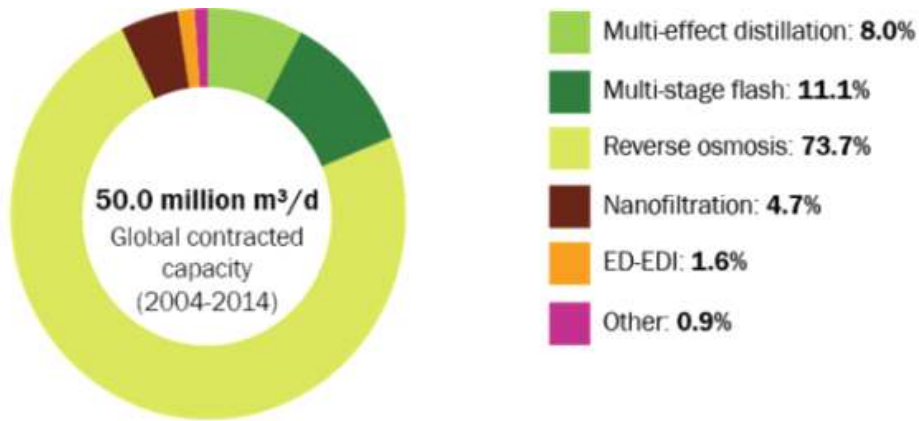


그림 23 2004-2014년 전 세계 담수플랜트 기술별 비율

- 역삼투방식 해수담수화 기술은 고플럭스 역삼투막, 고압펌프 효율증대, 에너지회수장치(Energy Recovery Rate, ERD) 등에 대한 관련 부품 기술개발로 인하여 에너지 사용량을 약 3.7배 저감

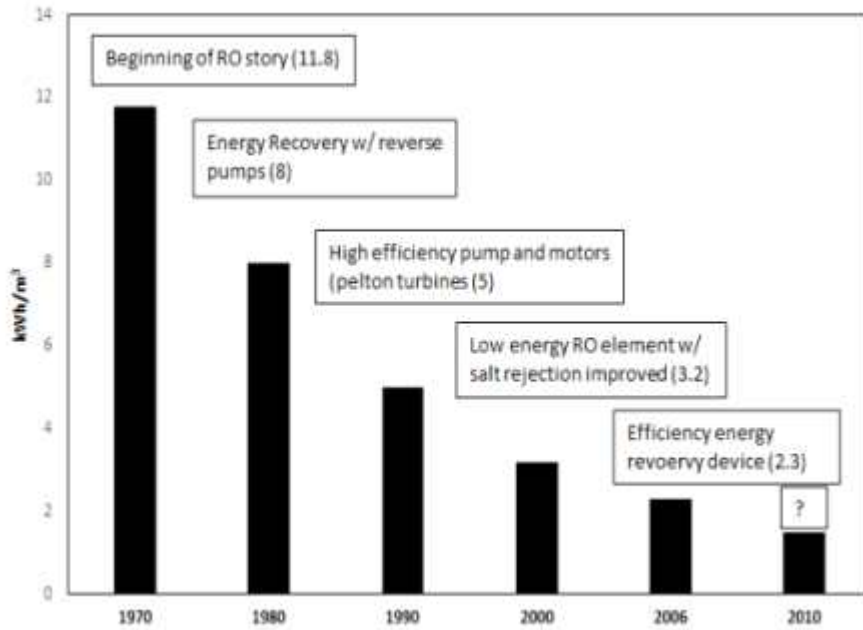
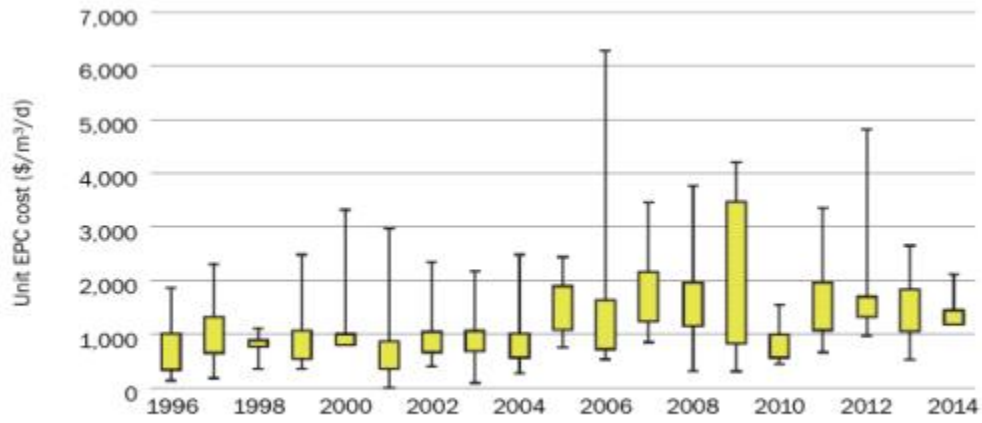


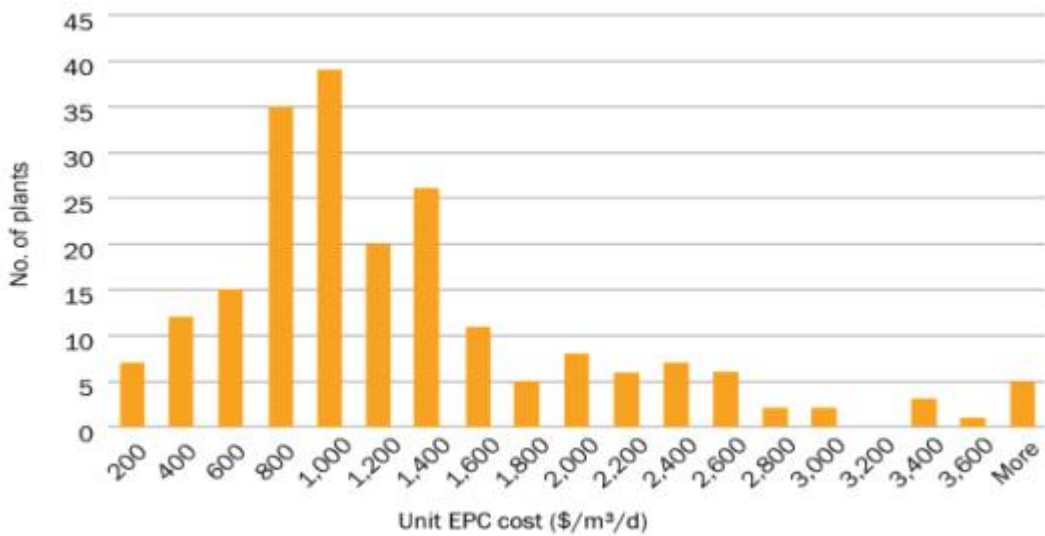
그림 24 부품소재 개발에 따른 에너지 저감 현황

- 건설비 분석 및 trend
 - 해수담수화 플랜트 건설비용은 적용 기술 및 위치에 따라 달라질 수 있음. 일반적으로 단위 건설비용은 \$600-\$1,600/m³/d이며, 대용량 플랜트 일수록 초기 건설비용이 증가할 수 있지만, 운영비용은 줄어들 수 있음.



Source: DesalData

그림 25 Trend of unit capital costs of selected RO desalination plants, 1996-2014



Source: DesalData

그림 26 Distribution of unit EPC costs of RO desalination plants

○ Water Price 분석 및 trend

- 해수담수화 물값은 건설비용과 운영비용에 따라 결정이 되며, 평균적으로 \$0.6-\$1.2/m³임. 일반적으로 높은 물값은 건설비용 또는 사업비에 의해 크게 좌우됨.

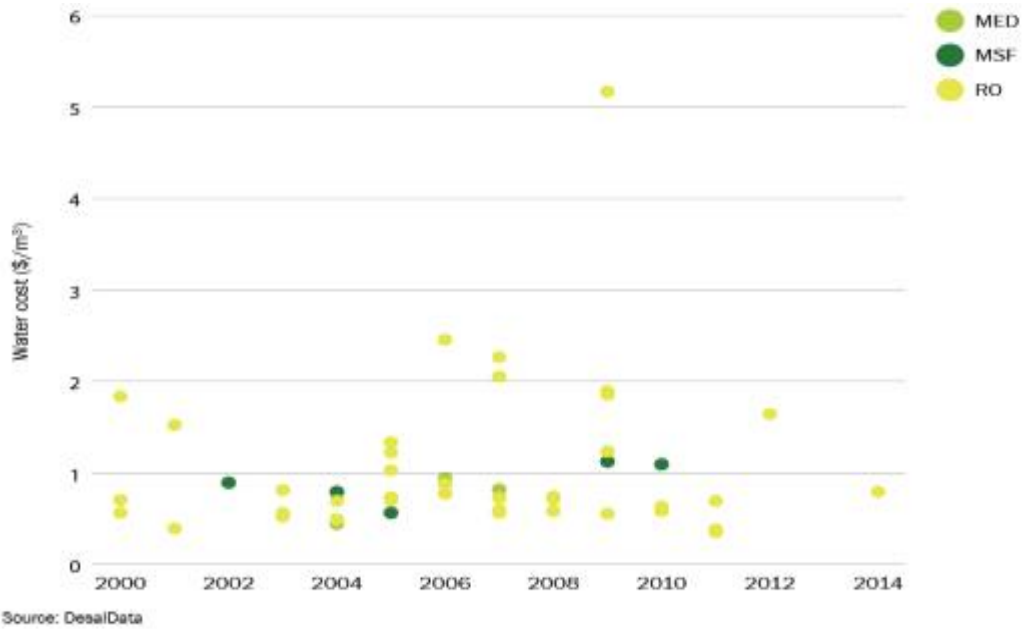


그림 27 Water prices from desalination projects since 2000

○ 사업 형태 및 trend

- 해수담수화 사업형태는 일괄도급방식(Turn-key)과 민관공동투자방식 (Public-Private-Partnership, PPP) 사업으로 구분될 수 있고, 최근엔 PPP 방식인 IWP, BOO, BOT 사업발주가 증대되는 경향을 보임.

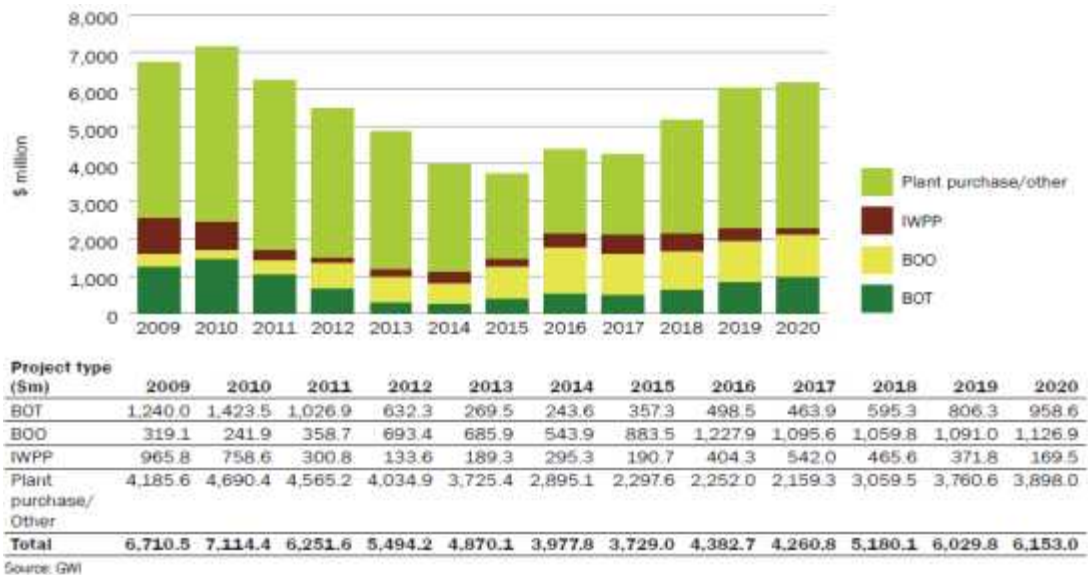


그림 28 Forecast of capital expenditure at privately-owned desalination plants vs. plant purchases, 2009-2020

- 기술적 변화 속도를 보았을 경우 역삼투방식 해수담수화 플랜트 기술은 기

술적 안정기에 있음

- 에너지 소비율은 평균 3.5 kWh/m³내외로 플랜트 건설지 환경에 의존.
 - 부품산업은 몇몇 기업에 의존하고 있으며, 기술적 한계에 있는 것으로 사료.
- 현재 역삼투 방식에 의한 해수담수화플랜트의 에너지 사용량에 대한 한계는 최대 3 kWh/m³으로 예측되고 있으며, 이 수준 이하로 줄이기 위해서 역삼투 방식이 아닌 카본나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT), 정삼투법(Forward Osmosis, FO), 막증발법(Membrane Distillation, MD), 전기적 흡착 기술(Capacitive Deionization, CDI)와 같은 다른 방식의 신개념 탈염 기술들이 대두되고 있으나, 여전히 대규모 플랜트를 건설하는 데는 기술적 한계가 있음
- (정삼투 기술) 역삼투기술을 대체할 것으로 가장 기대되는 공정중 하나로, 이론적으로 외부의 에너지를 최소화한 상태에서 고농도의 유도용액을 주입함으로써 삼투압 차이에 의해 염분을 제거하는 기술. Modern water사에서 파일릿 플랜트를 운영한 바 있음
- (막증발 방식) 증발식과 막방식의 하이브리드 기술로 실제 에너지 면에서는 역삼투공정을 대체할 수 없어 신재생에너지를 이용하거나, 농축수의 처리 혹은 유가자원의 회수 공정으로 활용 가능성 대두. 대표적으로 싱가포르의 Memstill 공정이 있음



그림 29 Modern Water사의 FO 플랜트 전경



그림 30 Memstill 막증발법 플랜트의 전경

○ 국내 기술개발 현황

- 국내 해수담수화 분야 R&D는 2006년부터 본격적으로 시작되었으며, 이후 다양한 연구가 진행되었음.
- 역삼투막 해수담수화 분야에서 2006년 시작된 “해수담수화플랜트 사업단”은 3L(Large scale, low energy, low fouling)을 주요 목표로 추진되었음.

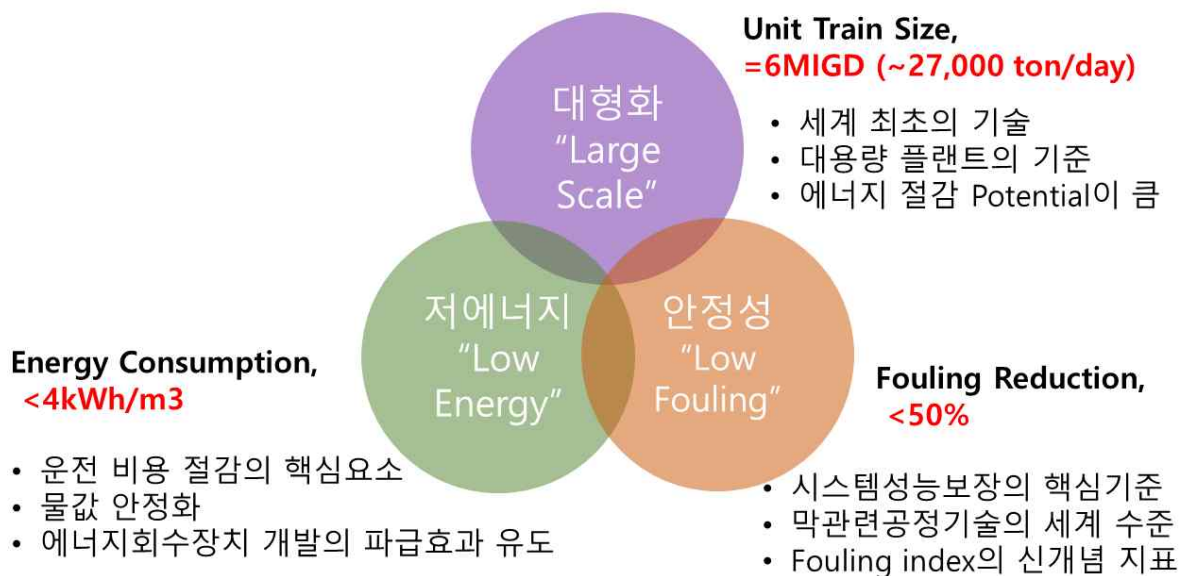


그림 31 해수담수화 플랜트 사업단의 3L

- “해수담수화플랜트 사업단”의 성공적인 추진으로 16인치 RO막, 고압펌프, RO 유닛 설계기술, 전처리 기술 등이 국산화되었으며, 부산 기장에 45,000 m³/day 규모의 해수담수화 플랜트가 건설되었음.



그림 32 해수담수화 플랜트 사업단의 대표적인 기술개발품

- 2000년 초반 증발식으로 1위였던 두산중공업이 역삼투시장에 대한 늦은 대응으로 주춤하였으나, 최근 해수담수화 플랜트 사업단을 통한 기술개발로 수주가 증대

표 두산중공업 역삼투방식 해수담수화 플랜트 수주현황

프로젝트 명	국가	수주년도	용량 (MIGD)	수주금액 (백만원)
슈웨이크	쿠웨이트	2007. 12	30	288,899
슈와이바	사우디아라비아	2007. 4	33	170,000
제다 3	사우디아라비아	2008. 12	52.8	322,300
라스아주르	사우디아라비아	2010. 9	67.5 (228)	1,700,000
에스콘디다	칠레	2013. 9	48.4	108,150
도하	쿠웨이트	2016. 6	60	460,000
반다르아바스	이란	2016. 6	44	220,000

- 2013년 출범한 GMVP 연구단은 막 증발법, 압력지연삼투, 유가자원 회수의 3가지 원천기술 개발과 실용화를 목적으로 추진되고 있음.

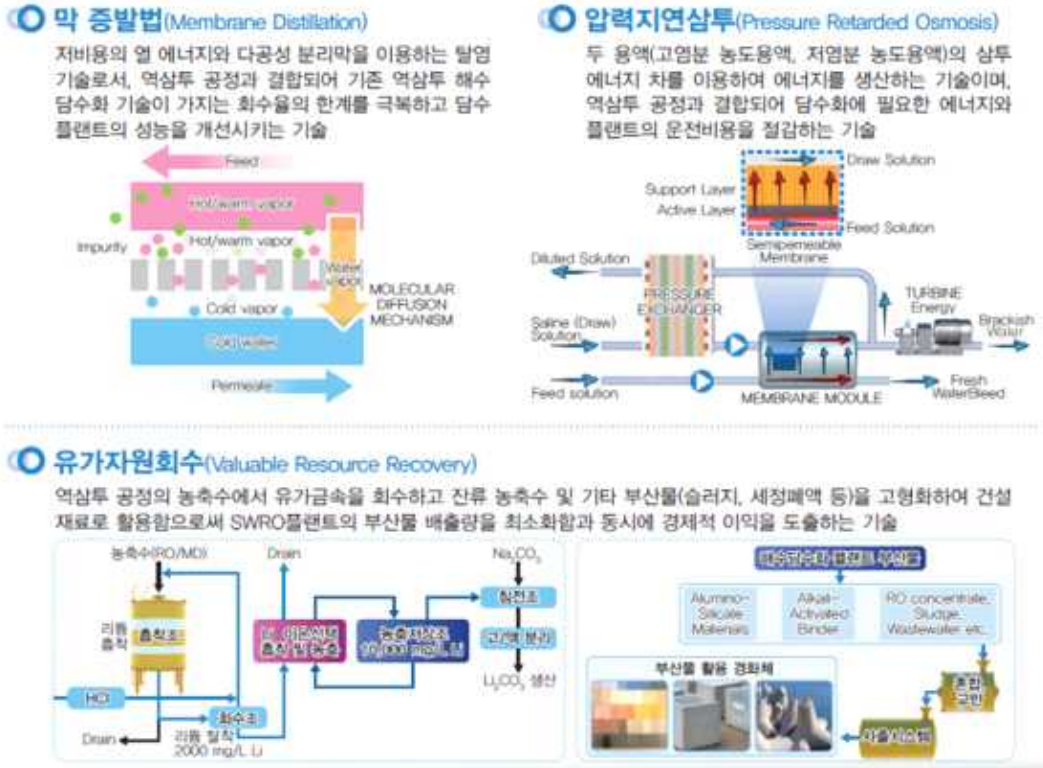


그림 33 GMVP 연구단의 3대 핵심기술

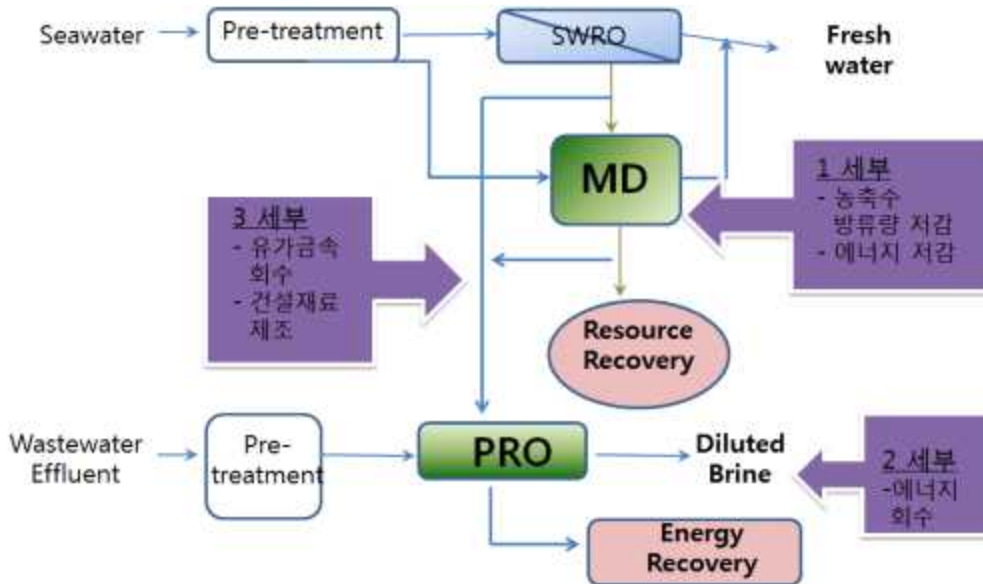


그림 34 GMVP 연구단의 복합탈염공정 개념도

- 2014년 출범한 FOHC 연구단은 정삼투와 역삼투를 조합한 용·복합 해수담수화 플랜트 원천기술 개발과 실용화를 목적으로 추진되고 있음.

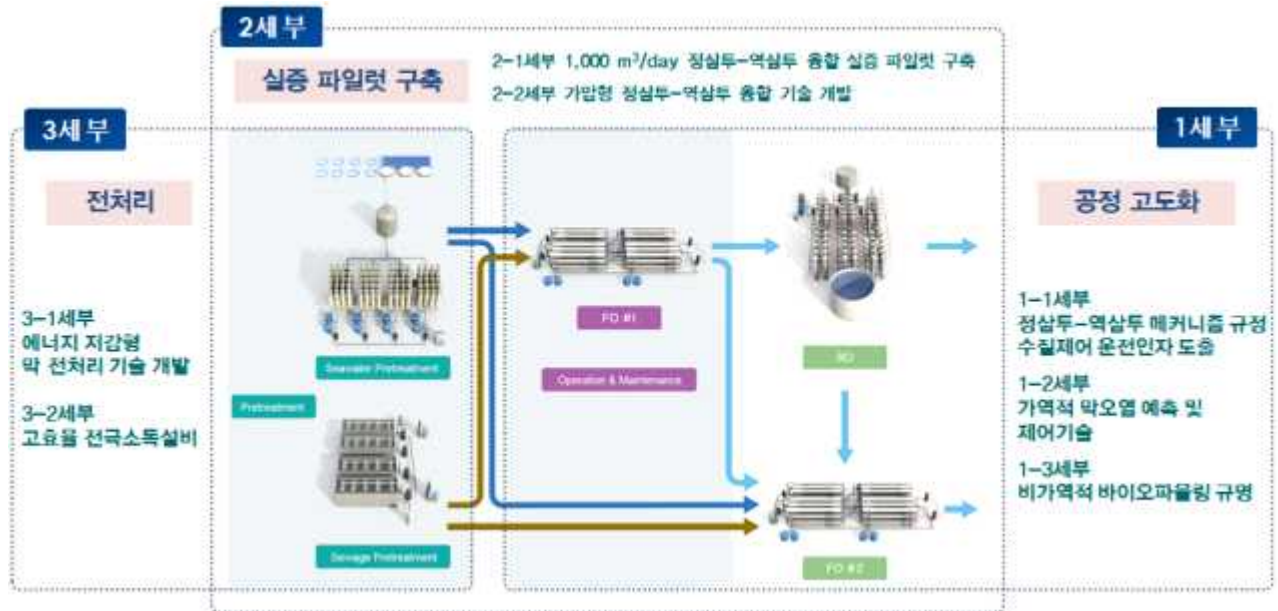


그림 35 FOHC 연구단의 연구추진 체계

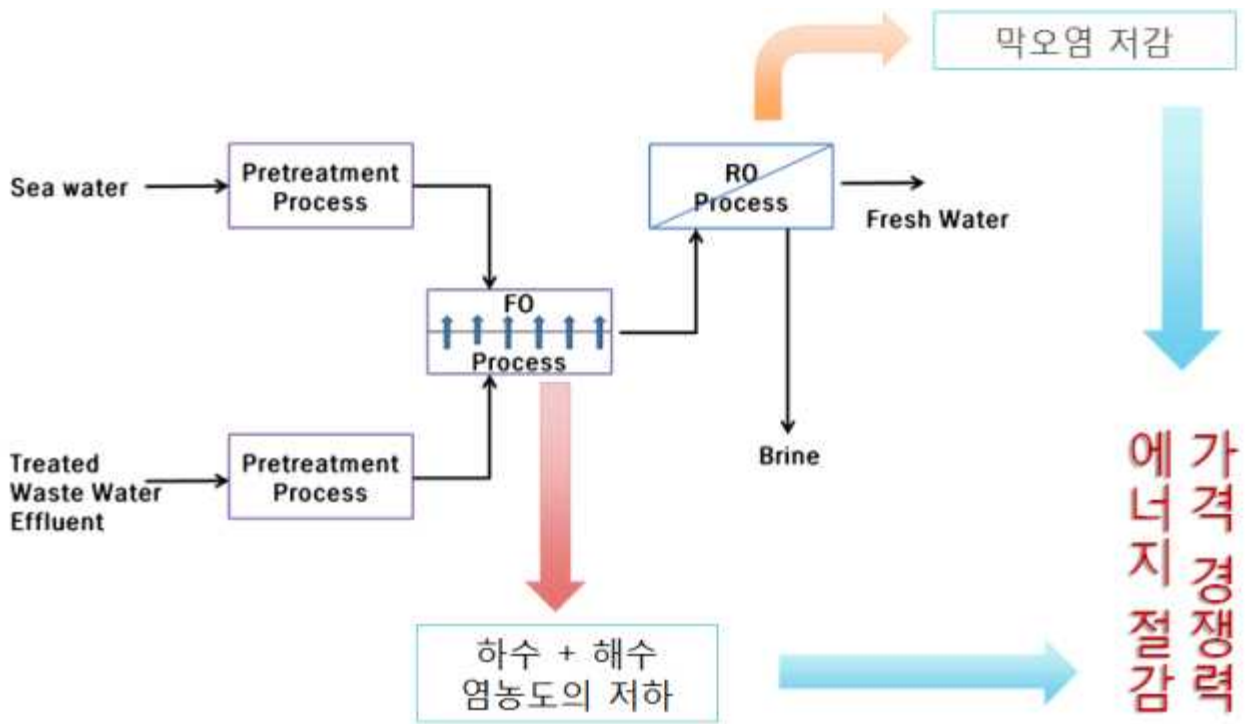


그림 36 FOHC 연구단의 담수화 공정 개념도

- 2014년 출범한 RO막 고급세정기술 개발 연구는 역삼투막의 오염예측과 세정기술의 고도화를 목적으로 연구가 진행되고 있음.

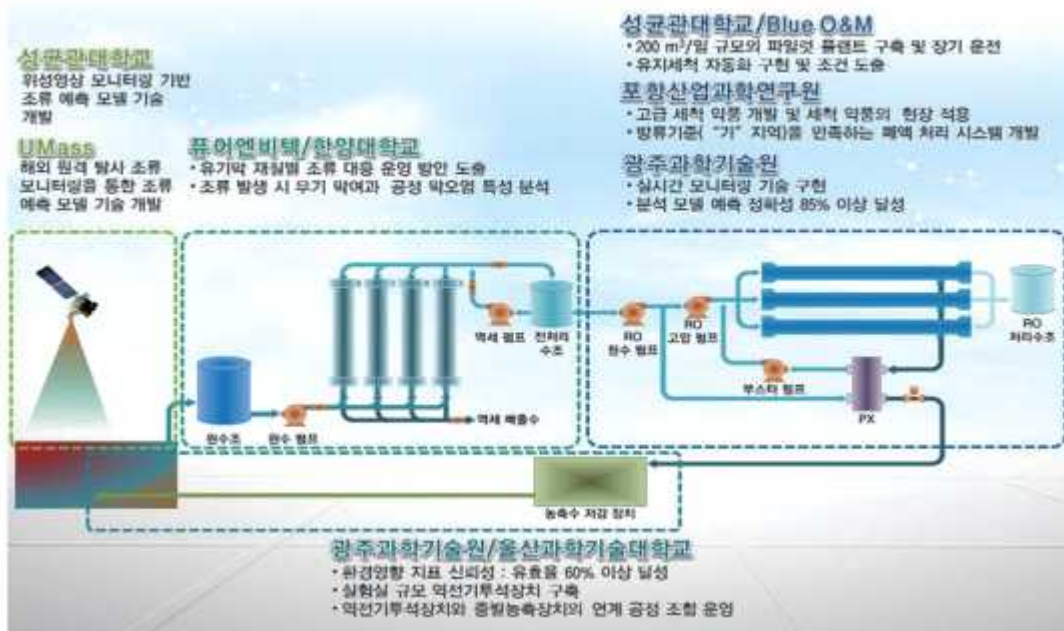


그림 37 RO막 고급세정기술 연구추진 체계

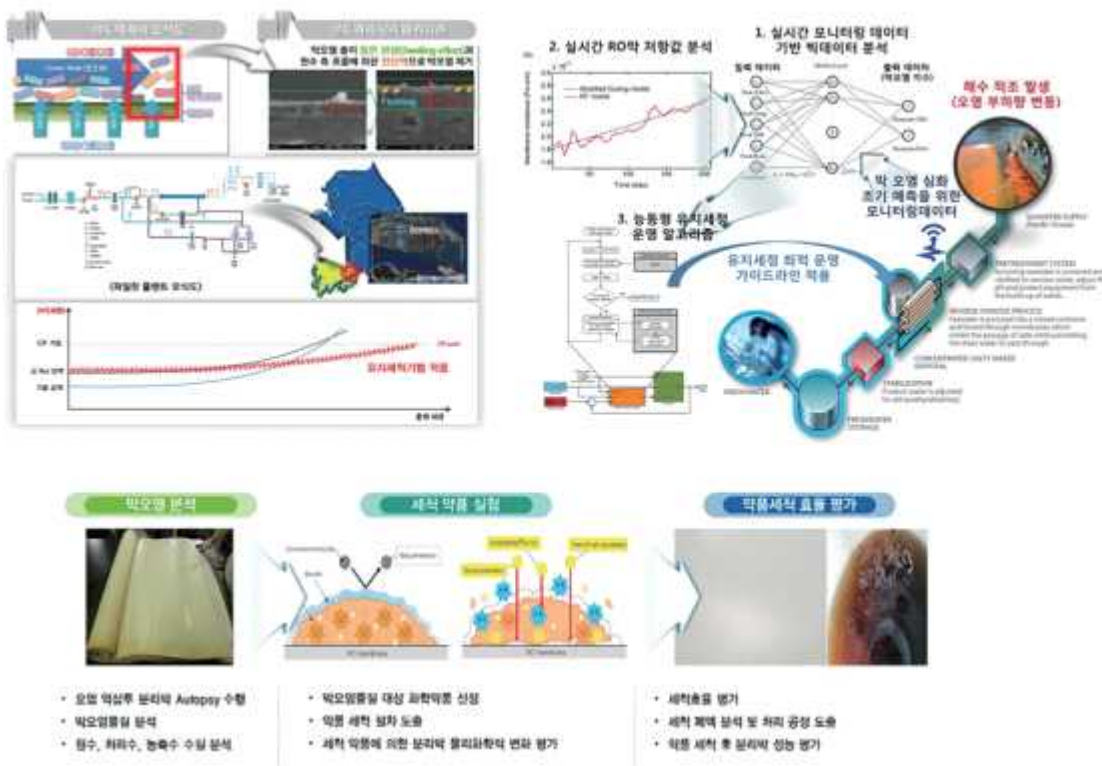


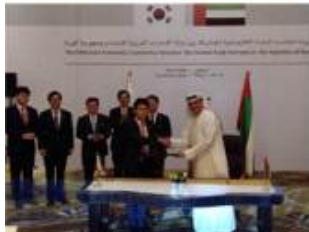
그림 38 RO막 고급세정기술 주요 핵심기술

- 2016년 출범한 중동맞춤형 저에너지 해수담수화 연구단은 역삼투 해수담수화 플랜트 기술의 저에너지화와 중동 현지 실증연구 추진을 목적으로 추진되고 있음



2015년 3월 중동 4개국 순방(UAE)

- ✓ UAE와 발전, 플랜트, 문화 등의 4개 분야 협력확대를 위한 MOU 체결
- ✓ 플랜트 분야 중 물산업 분야에 대한 협력 확대 방안 도출의 필요성 확인
- 신재생에너지를 활용한 고효율 저에너지 해수담수화 플랜트 기술개발 기획과제 수행(2015.08.01~2016.03.31)



2016년 5월 UAE와의 협약 체결

- ✓ 양국간 공동연구를 통한 UAE 현지 해수담수화 파이프릿 구축 및 검증 관련 협약 체결

그림 39 중동맞춤형 저에너지 해수담수화 연구단 추진배경

		기존 공정	Main Line	Auxiliary Line
전처리	DAF DMF	<ul style="list-style-type: none"> • 0.2~0.25 kWh/m³ • 0.25 kWh/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • < 0.1~0.2 kWh/m³ (2~3 세부) (적조 등 수질변동 사항 고려) 	
전처리	UF 카트리지 필터	<ul style="list-style-type: none"> • 0.3~0.5 kWh/m³ • 교체주기: 1~3개월 	<ul style="list-style-type: none"> • < 0.2~0.3 kWh/m³ (2~1세부) • 1.5배 이상 (1~4세부) (적조 등 수질변동 사항 고려) 	
RO 트레인	SWRO 시스템 Single pass	<ul style="list-style-type: none"> • TDS: 1,000 mg/L 이하 • > 2.5~3.0 kWh/m³ • RO막 (중 성능) 90% (2~3 세부) • 막제조사 중심의 설계로 인한 엔지니어링 미흡 (1~2 세부) 	<ul style="list-style-type: none"> • TDS: 1,000 mg/L 이하 • < 2.5 kWh/m³ (3~1 및 2~2세부) • RO막 (중 성능) 90% (2~3 세부) • 다양한 성능의 RO막으로 구성 및 최적화 (1~2 세부) 	
	2nd pass	<ul style="list-style-type: none"> • 0.5~0.7 kWh/m³ 		
O&M	전체 플랜트	<ul style="list-style-type: none"> • > 3.5 kWh/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.3 kWh/m³ (3~1 및 3~2세부) • 펌프 효율 손실 10% 감소 (3~1세부) • 약품선정 소프트 웨어 (3~3 세부) 	

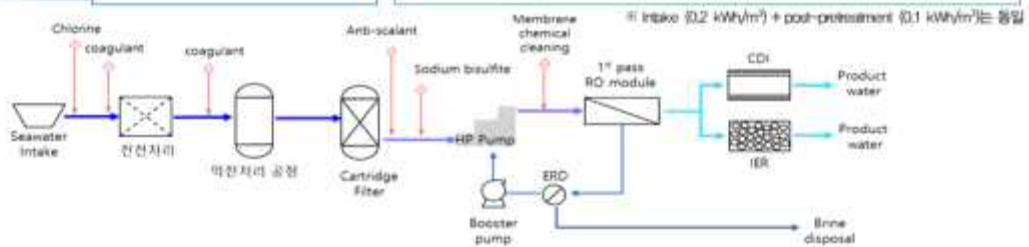


그림 40 중동맞춤형 저에너지 해수담수화 연구단 기술개발 목표

(2) 국내 이동식 담수플랜트 기술동향

- 이동식 담수화 시설에 대하여 최근 국내에서 관심이 높아지고 있음

- 비상용수 공급목적의 소규모 담수화 기술 개발이 활발하게 진행 중
 - 컨테이너 탑재형의 RO 장치 개발이 주로 추진됨
- 효성에서는 모바일 RO 담수화 기술을 개발하였으나 컨테이너 탑재방식이며 선박용으로 제작 된 것은 아님
- 설비규모 100 m³/day로 하루 300인에게 생활용수 공급 가능, 설비비용 약 3억 원, 설치부지 면적 80 m².
 - 고정식 해수담수화 시설의 설치가 어려운 지역을 주요 사업대상으로 선정.

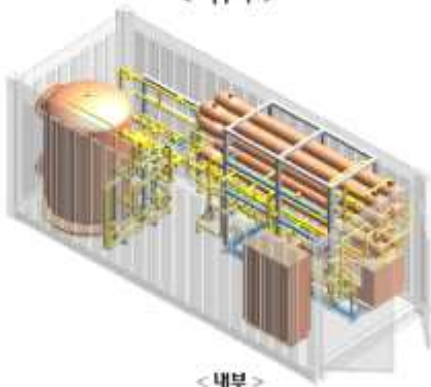
● Mobile RO



< 외부-1 >



< 외부-2 >



< 내부 >



< 차량적재 >

그림 41 모바일 RO 담수화 장치 (출처: 효성)

- (주)크로스에서는 소규모 선박용 조수기를 규모별로 개발하여 상용화하였음
- 설비규모 1~20 m³/day의 선박용 RO 담수화 장치를 개발.

Model	Application	Feed Flowrate		Product Flowrate		Product Quality	Remark
		LPM	GPM	LPM	GPM		
KRO-010-V	Vessel(Small & Medium Scale)	10.5	2.78	0.7	0.2	Less Than 500ppm as TDS (<10ppm TDS)	Based on the Flowing Conditions: 35,000ppm as TDS at 55kg/cm ² pH8, 25 °C
KRO-015-V		10.5	2.78	1.04	0.3		
KRO-030-V		13	3.43	2.1	0.5		
KRO-045-V		13	3.43	3.1	0.8		
KRO-050-H(SI)	Vessel(Large Scale) Off-shore & Islands	24	6.43	3.48	0.92		
KRO-070-H(SI)		24	6.34	4.87	1.29		
KRO-100-H(SI)		44	11.63	7.0	1.8		
KRO-150-H(SI)		54	14.27	10.4	2.7		
KRO-200-H(SI)		66	17.44	13.9	3.7		
KRO-300-H(SI)		130	34.34	20.9	5.56		
KRO-400-H(SI)		130	34.34	27.8	7.4		
KRO-500-H(SI)		150	39.63	34.8	9.2		
KRO-100-MD	Navy vessels	42	11.10	7.0(0.7)	1.8(0.2)		
KRO-150-MD		42	11.10	10.4(1.042)	2.7(0.3)		
KRO-200-MD		58	15.32	13.9(1.4)	3.7(0.4)		

H : Horizontal, V : Vertical, MD : Military Double Stage
MS : Military Single Stage, SI : Seawater Islands

그림 42 선박용 조수기 사양 (자료: 크로시스)



그림 43 소규모 선박용 조수기의 예 (출처: 크로시스)

- 국토교통부 “Water Grid 지능화” 연구단에서는 인천시 대청도에 이동식 다중수원 담수화 시설을 설치하여 시범적으로 운영하고 있음
- 해당 시설은 일반적인 해수담수화 시설과는 다른 다중수원 수처리 장치로서

지하수와 기수, 해수, 빗물 등을 혼합 혹은 개별적으로 활용하는 장치임

- 차량 또는 선박에 탑재하여 운전할 수 있으며, 비상시 타 도서지역으로 이동하여 운영이 가능하도록 설계됨



그림 44 다중수원 이동식 수처리 시설 (출처: 스마트그리드 연구단)

- 국내 해수담수화 시설은 22개 시군에 101개가 운영되고 있음
 - 2015년 8월 기준으로 급수용량 7,900 m³/일, 급수인구 21,622명, 총 소요 사업비는 68,564백만원이었음
 - 지자체가 관리하는 시설과 K-water에서 관리하는 시설이 있음
 - K-water에서는 총 39개 시설을 운영 중이며, 총 용량은 1,970 m³/일 규모임
 - 도서지역의 특수성으로 인하여 해수담수화 시설의 운영비가 매우 높음 (7,000~9,000 원/m³ 수준)

표 전국 소규모 해수담수화 시설 현황 (2015년 8월 기준, K-water)

도명	시군명	도서명	용량 (m ³ /일)	급수 인구(인)	설치 연도	소요사업비(백만원)			운영기관	비 고
						계	국비	지방비		
계	22	101	7,906	21,622		68,564	42,558	26,006		
인천	2	1	340	1,351	-	2,935	2,145	790		
	중구	대무의도	100	31	'11	470	350	120	지자체 관리	미가동
		소무의도	40	70	'09	615	500	115	지자체 관리	
	옹진군	대연평도	200	1,250	'07	1,850	1,295	555	K-water 관리	미가동
경기	2	3	390	255		2,385	770	1,615		
	화성시	국화도	300	90	'11	1,709	296	1,413	지자체관리	
	안산시	풍도	60	115	'12	371	260	111	지자체관리	
		육도	30	50	'12	305	214	91	지자체관리	
충남	5	23	945	3,939	-	6,721	3,117	3,604		
	보령시 (18)	고대도 I	30	300	'97	284	-	284	K-water 관리	
		고대도 II	30		'08	199	-	199		
		외연도	150	540	'00	595	-	595		
		삼시도(밤섬)	30	180	'00	350	-	350		
		삼시도(윗마을)	50	300	'03	79	55	24		
		호 도	30	218	'01	85	60	25		
		장고도	75	285	'12	105	74	31		
		허육도	20	30	'12	40	-	40		
		월 도	20	40	'02	40	28	12		
		육 도	30	40	'09	53	-	53		
		원산3리(사창)	75	400	'12	79	55	24		
		원산1리(선촌)	50	305	'04	957	670	287		
		원산2리(점촌)	50	296	'04	957	670	287		
		소 도	10	80	'04	186	130	56		
		추 도	10	30	'04	179	125	54		
		원산2리(저두)	50	140	'05	574	402	172		
		원산3리(초전)	20	128	'05	361	253	108		
		효자도	50	180	'05	467	327	140		
	서산시 (2)	우 도	15	71	'01	225	-	225	K-water 관리	
		고과도	40	159	'99	277	-	277		
	당진군	소난지도	50	123	'03	231	-	231	지자체관리	미가동
	서천군	유부도	30	-	-	83	58	25	지자체관리	
	홍성군	죽 도	30	94	'09	315	210	105	K-water 관리	
전북	1	7	470	2,113	-	2,873	1,916	957		
	군산시 (7)	관리도	50	121	'09	593	415	178	K-water 관리	
		방축도	30	153	'02	207	145	62		
		연 도	40	219	'03	167	117	50		
		어청도	100	416	'12	770	539	231		
		선유도	100	713	'06	1,000	700	300		
		야미도	50	-	'06					
		무녀도	100	491	'11	136	-	136		

표 전국 소규모 해수담수화 시설 현황 (2015년 8월 기준, K-water)

도명	시군명	도서명	용량 (m ³ /일)	급수 인구(인)	설치 연도	소요사업비(백만원)			운영기관	비고
						계	국비	지방비		
전남	6	52	3,355	8,595	-	40,693	26,625	14,068		
	여수시 (17)	여자도(대동)	60	360	'02	400	280	120	K-water 관리	
		대두라도(대두)	50	140	'04	400	280	120		
		대두라도(선창)	20	61	'04					
		화태도(월진)	30	83	'04					
		화태도(화태)	100	408	'04	200	-	200		
		부도	10	14	'05	230	161	69		
		나발도	30	45	'05	280	196	84		
		자봉도	30	60	'05	250	175	75		
		Hits도	30	110	'05	180	-	180		
		횡간도	50	130	'05	250	-	250		
		거문도	700	1,557	'07	3,354	2,348	1,006	지자체관리	
		제도	50	152	'07	500	350	150		
		둔병	30	60	'08	478	-	478		미가동
		송도	50	434	'09	210	-	210		미가동
		월호	70	245	'08	522	-	522		
		상화도	30	66	'09	400	-	400		
		봉통	30	66	'09	400	280	120		
	고흥군 (3)	지죽도	50	276	'02	143	100	43	지자체관리	미가동
		백일도	100	296	'05	500	350	150		
		죽도	50	121	'05	500	350	150		
	신안군 (11)	홍도	100	350	'97	950	950	-	K-water 관리	
		만재도	50	111	'05	1,700	1,190	510	지자체관리	
		다물도	100	362	'06	2,700	1,890	810		
		마산도	40	93	'06	1,000	700	300		미가동
		서소우이도	40	69	'08	500	-	500		
		하태도	30	146	'12	245	171	74		
		옥도	40	133	'11	297	207	90		
		마진도	30	78	'11	198	138	60		
		자라도	100	357	'11	501	350	151		
		상태도	20	101	'12	168	117	51		
	고이도	140	264	'12	610	427	183			
	영광군 (6)	상낙월도	150	240	'01	1,429	1,000	429	지자체관리	
		각이도	30	2	'02	500	350	150		미가동
		석만도	30	56	'02					
		안마도	300	228	'05	2,000	1,400	600		
		죽도	10	5	'05					
		하낙월도	50	90	'05					
	완도군 (10)	토도	30	45	'03	500	350	150	지자체관리	미가동
		노룩도	40	30	'04	500	350	150		미가동
		백일도	30	109	'11	452	316	136		
		서넙도	50	180	'05	500	350	150		
		다량도	20	35	'04	500	350	150		
		사후도	30	103	'09	270	135	135		
		넙도	20	52	'09	236	118	118		
		덕우도	30	153	'10	506	253	253		
		구도	30	73	'10	322	225	97		
		후일도	25	83	'10	383	3268	115		

표 전국 소규모 해수담수화 시설 현황 (2015년 8월 기준, K-water)

도명	시군명	도서명	용량 (m ³ /일)	급수 인구(인)	설치 연도	소요사업비(백만원)			운영기관	비고
						계	국비	지방비		
전남	진도군 (6)	관사도	50	110	'09	3,000	2,100	900	지자체 관리	
		성남도	30	51	'09	1,000	700	300		
		대마도	60	96	'11	5,013	3,500	1,513		
		소마도	30	35	'11	2,006	1,400	606		
		청등도	30	25	'11	1,504	1,050	454		
		죽향도	30	46	'11	2,006	1,400	606		
경북	1	1	56	50	-	713	-	713		
	울릉군 (1)	동도	28	46	'07	713	-	713	경북경찰청	
		서도	28	4	'07				경북경찰청	
경남	3	7	150	613	-	1,621	895	726		
	진해시 (2)	연도	50	199	'07	305	-	305	지자체관리	미가동
		우도	20	214	'98	176	123	53		
	거제시	지심도	20	30	'12	130	65	65	K-water 관리	
	남해군 (4)	노도	20	17	'98	270	189	81	지자체관리	미가동
		조도(대)	10	19	'99	200	140	60		
		조도(소)	20	102	'99	300	210	90		
		호도	10	32	'01	240	168	72		
제주	2	3	2,200	4,706	-	10,623	7,090	3,533		
	제주시 (2)	추자도	1,000	2,763	'03	4,567	3,005	1,562	지자체관리	미가동
		우도	1,000	1,572	'98	3,499	2,295	1,204		
	서귀포시 (2)	마라도	50	267	'04	1,557	1,090	467		
		가파도	150	104	'05	1,000	700	300		

- 이동형 해수담수화 기술의 국내시장 수요는 주로 비상급수용 목적임
 - 도서지역 해수담수화시설 비상급수용 적용 가능
 - 전남지역 가뭄으로 5개 시·군 15천명 운반 및 제한급수 실시('11년)
 - K-water 수탁운영시설 및 지자체 운영 해수담수화시설 비상급수용으로 비영리 목적으로 적용 가능
 - 제조플랜트 및 발전소 등의 첨두부하, 비상급수 및 Peak수요 대처용 시장성이 낮고 제한적
 - 일부 플랜트는 외국계 선점, 대부분은 시설용량의 여유로 불필요
 - 국내 Mobile RO 제조기업들은 주로 해외시장 개척에 주력

(3) 국외 이동식 담수플랜트 기술동향

○ 개발배경 및 경위

- (1960년대) 미 해군에서 부두에 정박중인 선박에 식수공급을 위해 염제거 설비를 설치한 것이 시초
 - 초기에는 컨테이너 타입으로 부두에 고정 설치하여 운영
 - 이후 소형트럭에 탑재하여 발전소 응급복구용으로 확대적용
- (1970년대) 미국 동부와 서부해안 지역을 중심으로 시장 형성
 - '70년대 중반 중부지역까지 확대, 긴급복구용 시장 급성장
 - 최초의 긴급복구용 장비 특허권은 GE사에서 출원('76)
- (1980~2000년대) 이동식 수처리장비 기능 강화 및 시장 확대
 - 수처리 장비에 고도처리 및 다양한 수처리 공정 적용 : 역삼투막(RO, MF/UF, DMF, EDR, UV 등 공정 다변화
 - 개발도상국 원조, 군용, 관광용, 수도시설 비상급수용으로 시장 확대 및 급성장
- (2000년대 이후) 신재생에너지를 활용한 저에너지 기술개발
 - 풍력, 태양광/열 등을 에너지원으로 이동/고정식 RO 장비 개발

○ 이동식 담수화 장비의 주요 활용목적

- 정수처리시설 보급이 저조한 개발도상국 등에 대한 원조
- 천재지변(태풍, 지진, 해일 등) 및 기상이변(가뭄 등) 발생지역 비상급수
- 발전소 및 정수장 설비고장(급수, 취수설비 등) 시 비상급수용
- 관광객 등 단기간 일시적인 수요 증가 시 부족분 보충용
- 군사용(야외훈련 식수공급, 군용선박 용수공급 등)
- 해상플랜트, 건설현장 등 일시적으로 용수사용이 필요한 지역

○ 이동식 해수담수화 장치(Mobile Desalination)

- 이동수단(트럭 등)에 역삼투막(RO) 설비 탑재
- 신속한 이동 및 간단한 설비 구성 등의 장점으로 민간과 군에서 다양하게 활용 중
 - 주요 제작사 : GE, VEOLIA, SIEMENS, GrahamTek, RODI System 등





그림 45 Mobile RO 구조(출처 : GE W&P)

○ 컨테이너형 해수담수화설비(Combination Unit RO)

- 조립형 컨테이너에 역삼투막(RO) 설비 설치
- 주로 공사현장, 장기간 단수 지역 등에 주로 설치
- 사용 후 SITE to SITE 이동은 제한적으로 가능(운송수단 별도 필요)
 - 주요 제작사 : GE W&P, GrahamTek, Agape Water 등

표 장비 특징 비교

구 분		Mobile RO 	컨테이너형 
장점	수질	선택적 원수취수 가능	취수원 변경 제한적
	비용	초기 투자비용:320백만원 연간 운영비용:13백만원 최소 운영인력 : 1인 운전원이 설비운영까지 겸직	초기 투자비용: 320백만원 연간 운영비용: 3.6백만원 최소 운영인력 : 1인(설비운영)
	전원	차량탑재 자체 발전기 사용	발전기/한전전원
	공급	가장 유리 배수지, 수용가 직접공급 가능	보통 초기 시설시 배수지 송수관로 설치 필요
단점		도서지역 이동 불리 별도 이동수단(선박) 필요 발전기 사용으로 경제성 불리 자체 탑재된 발전기를 주로 사용하므로 전력료(연료비)가 높음	선택취수 및 취수원 변경 제한적 취수원 변경 시 별도 도수관로 설치 필요 도서지역 이동 불리 별도 이동수단(선박, 크레인) 필요 여객선 미취항 지역 절대 불리

- 미국 뉴올리언즈 지방에 큰 피해를 입힌 허리케인 카트리나 피해 발생지역에 미 육군용 Mobile RO 긴급 지원
 - 설비용량 11m³/Hr, 역삼투막(RO)방식
- 2005년 쓰나미로 큰 피해가 발생한 몰디브에 UNICEF가 Mobile RO 23대 긴급 지원
 - 5대는 바지선에 탑재하여 도서지역 순환 공급
 - 설비용량 30m³/day, 역삼투막(RO)방식
- GrahamTek-NU Water(SPC)가 남아프리카공화국 Anglo Vaal 광산지역의 가뭄을 해소하기 위해 Mobile RO설비 납품 및 운영 중
 - 제작 : GrahamTek

- 설비용량 167m³/day(기수) 84m³/day(해수), 역삼투막(RO)방식

○ 미국, 아프리카 등의 시골지역(Rural Metro)에서 긴급 급수지원을 위해 활용 중

- 제작 : GrahamTek, Pool Services Tech. 등 다수

- 설비용량 최대 5m³/day, 역삼투막(RO)방식



그림 48 왼쪽 위 : 뉴올리언즈, 오른쪽 위 : 몰디브, 왼쪽 아래 : Anglo Vaal, 오른쪽 아래 : 미국 아프리카 사례

○ 부유식 해수담수화 선박 (Floating Desalination Production Vessel, FDPV)

- 선박에 직접 설치되어 육상에 물을 공급하기 위한 장치

- 최근 많은 관심을 받고 있는 기술 분야



- Floating desalination plant has been utilized as a temporary solution and already demonstrated many cases in several area.
- Floating desalination plant can be quickly implemented, incrementally add its capability, and can easily moved to other area upon request after finishing its expected role.

그림 49 해상 부유식 해수담수화의 개념과 특징 (자료: Deloitte Tohmatsu Consulting Co., Ltd.)



그림 50 해상 부유식 해수담수화 적용사례 (자료: Deloitte Tohmatsu Consulting Co., Ltd.)

- 기존의 육상 해수담수화 시설을 대체하는 부유식 해수담수화 선박 기술은 현재 이스라엘의 IDE와 싱가포르의 Hyflux에서 주도하고 있으나 아직 시장 진입의 초기단계임
 - IDE에서는 향후 건설되는 해수담수화 플랜트의 15~20%가 부유식이 될 것으로 예상
 - Hyflux에서는 부유식 해수담수화 선박이 제작기간을 단축할 수 있다고 보고함

<p>IDE Global top tire</p>	<p>We will raise sales portion of the floating desalination in the future. Approximately 15% to 20% of the new desalination plants will be floating model.</p>
<p>Hyflux ASEAN leading company</p>	<p>Hyflux used Singapore International Water Week to demonstrate a model of its floating desalination production vessel that will be able to produce 30,000m³/day at maximum capacity. The first full-scale vessel could be produced in six months' time and its likely destination is the Middle East, Hyflux has suggested.</p> 

Source: Water Review 4/8/2014

그림 51 선박탑재형 해수담수화 시설의 개념 (출처: IDE)

- 싱가포르의 Hyflux에서는 30,000 m³/day 규모의 부유식 해수담수화 선박의 개념을 제시
 - UF를 전처리로 하는 RO기반의 공정
 - 30,000 m³/day의 경우 길이 112.5 m, 넓이 28 m
 - 기존 담수화 플랜트에 비하여 짧은 공사기간이 장점 : 15~18개월에 완공



그림 52 선박탑재형 해수담수화 시설의 예 (출처: Hyflux)

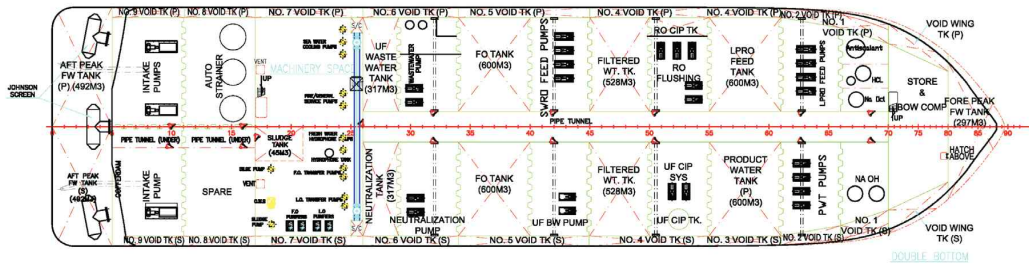
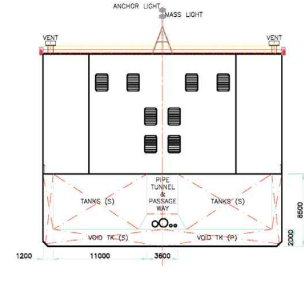
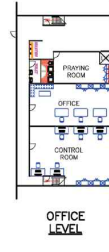
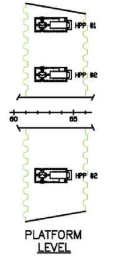
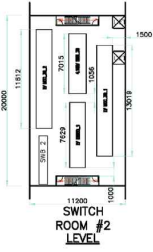
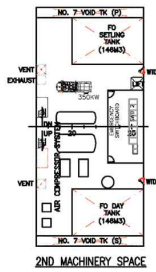
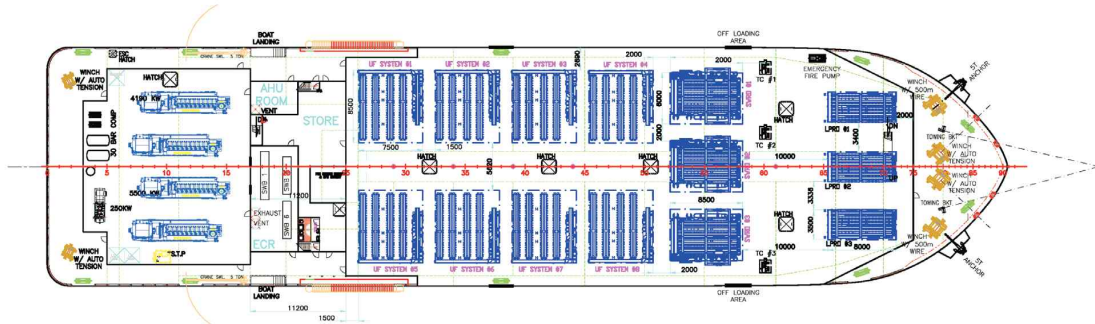
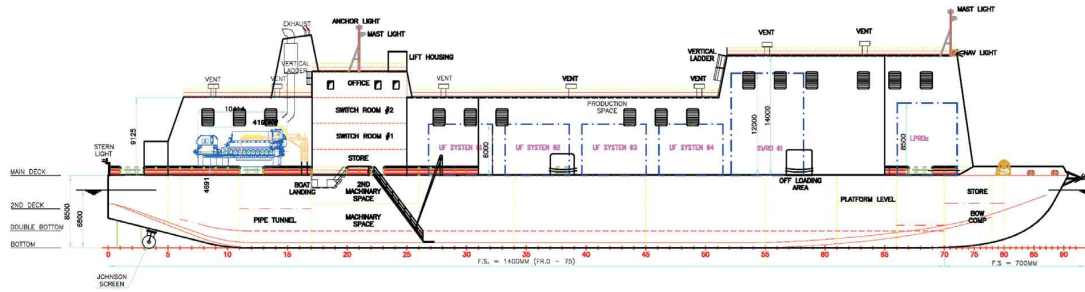


그림 53 선박탑재형 해수담수화 시설 배치도면 (출처: Hyflux)

Floating Desalination Production Vessel Flow Chart

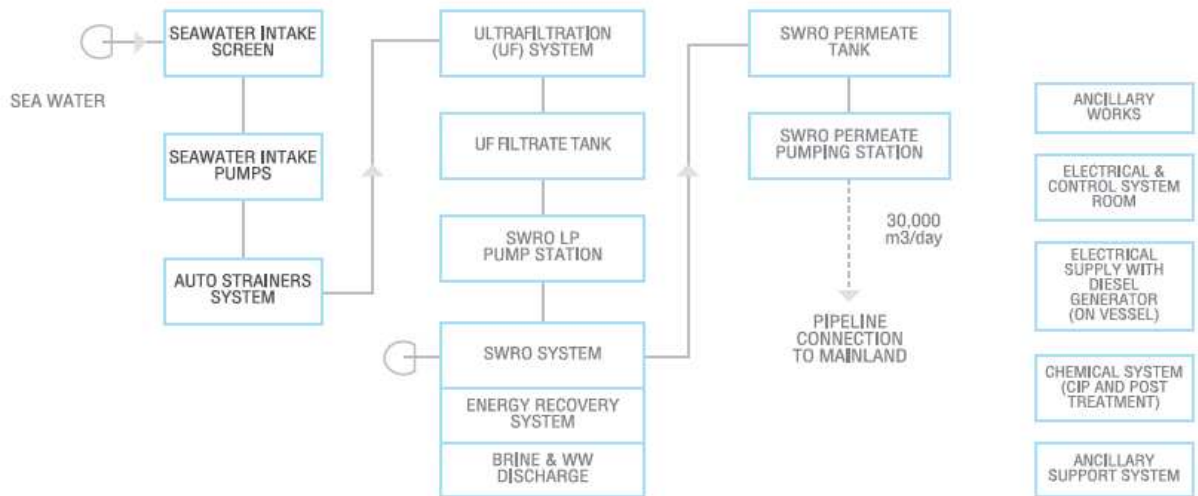


그림 54 선박탑재형 해수담수화 시설의 처리 프로세스 (출처: Hyflux)



그림 55 선박탑재형 해수담수화 시설의 개념 (출처: Hyflux)

- 이스라엘의 IDE에서는 일본정부에 부유식 해수담수화 시설 설치를 제안하여 논의하고 있음
 - ‘megafloat’ 시설로 명명, 생산용량 50,000 ~ 120,000 m³/day
 - 최대 850,000명까지 급수 가능
- 미국의 Planet Hydra와 Water Standard, Biwater 등에서는 담수화 선박기술을 개발하고 있음
 - 56 ft 크기의 실증설비를 제작하여 기술개발과 검증을 수행할 계획임
 - 최종목표는 18,000 ~ 180,000 m³/day 규모의 담수화 선박임

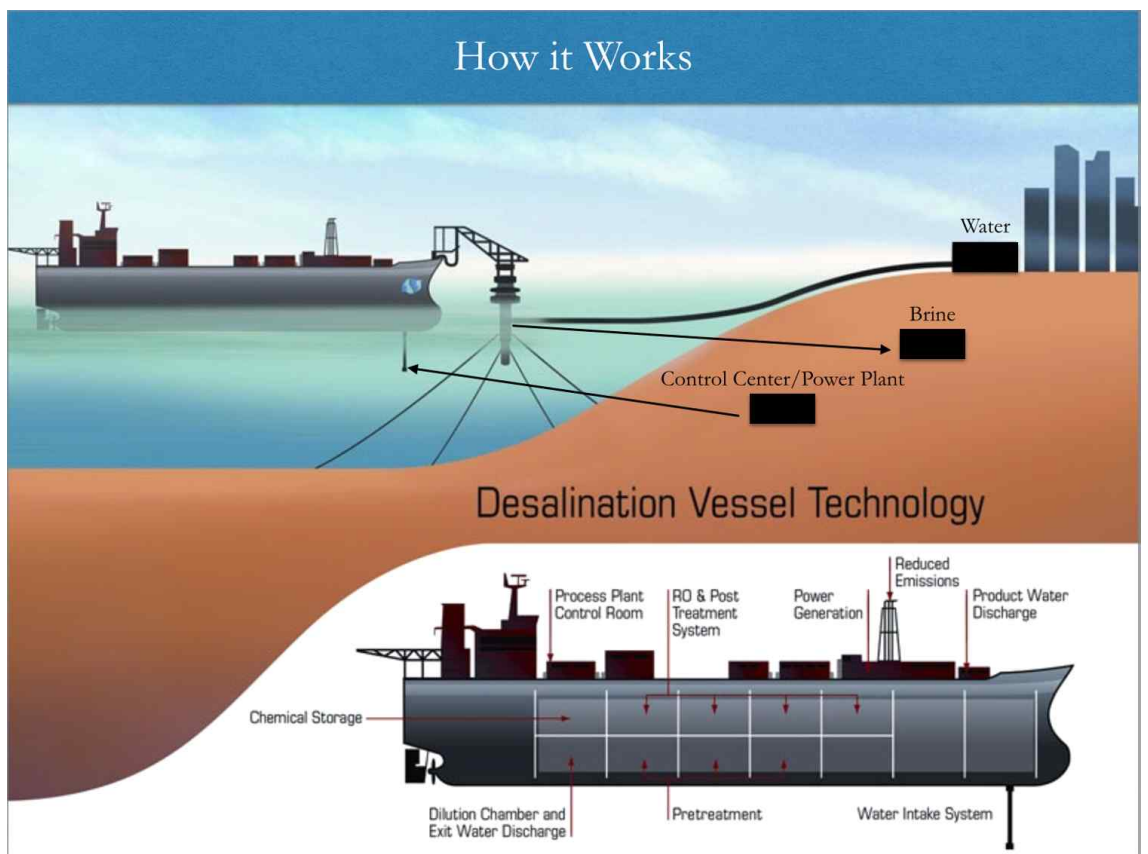


그림 56 선박탑재형 해수담수화 시설의 개념 (출처: Planet Hydra)

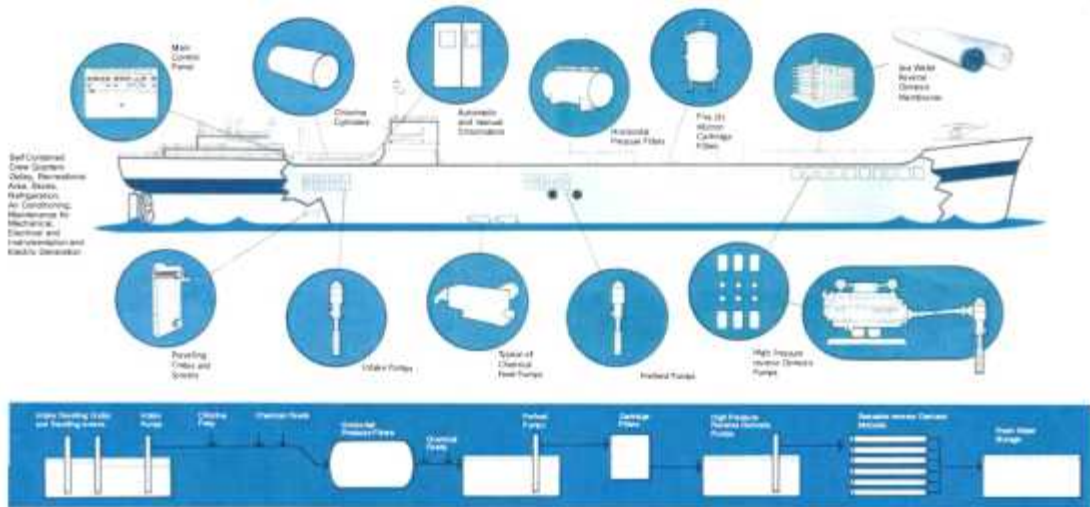


그림 57 해수담수화 선박의 개념도 (출처: Biwater)

- 해상 부유식 담수화 선박이 아닌 기존 선박에 설치되는 수처리 시스템은 크게 선박평형수 처리장치(BWT)와 해수담수화 장치(DWT)로 나눌 수 있음. 선박평형수 처리장치는 전기분해법, AOT법, 오존(O₃)법 등이 상용화 되어 있으며, 선박용 담수화 시스템은 크게 다단증발식 담수화장치와 역삼투방식의 담수화장치로 상용화 되어 있음.

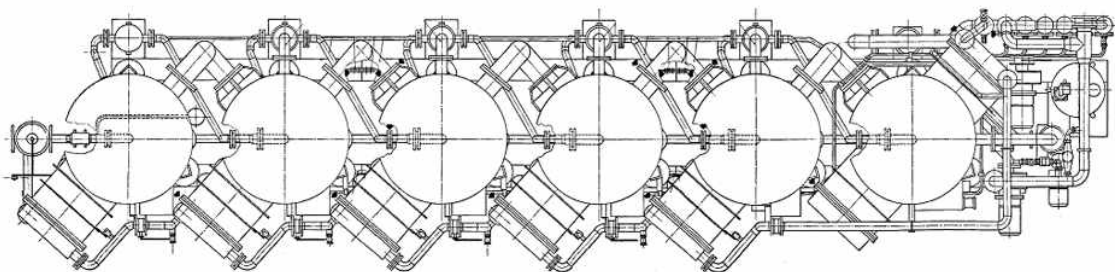


그림 58 원: Atlas사의 다단증발식 담수화장치



그림 59 Laval사의 선박평형수 처리장치

- 선박평형수 처리장치 및 담수화 장치는 선박 내 제한된 공간에 설치가 되어야하며, 종래의 에너지 소모형 담수화 장치 기술이 기술적, 경제적 한계를 보이고 있으므로 에너지 절감형 기술에 대한 필요성이 증가함. 또한, 강화되고 있는 IMO의 선박평형수 배출 수질 규제를 충족시키는 처리장치가 요구됨.
- 국제해사기구 및 미국정부는 선박평형수의 현재 규제보다 10배 내지 1,000배까지 강화하는 규제안을 준비하고 있음. 선박평형수 처리장치 업체는 지속적으로 성능 향상을 위해 노력을 기울이고 있음.
- 이에 기존의 선박평형수 수처리 기술에 비해 처리 효율이 높고 제거성능이 좋은 처리장치가 요구되고 있음.
- 국제해사기구(IMO)에 의한 선박평형수 관리의 규제로 인해 현재 세계 각국에서는 수많은 처리기술들이 개발 및 상용화되었지만, 지나친 설치장치 비용과 운용비용, 미흡한 성능 등 현실성이 부족한 기술들이 적용됨 현재 개발되어진 평형수 관리시스템은 평균적으로 시간당 400~600kW의 전력을 소비하고, 이를 원으로 환산하면 시간당 30~40만 원가량이 소모됨.
- 이동식 해수담수화 기술을 적용하는 경우에도 장거리 이동의 경우 IMO의 선박평형수 배출기준 등의 준수여부를 확인할 필요가 있음.
- 선박평형수 처리장치는 다음과 같은 상용화 사례가 있음

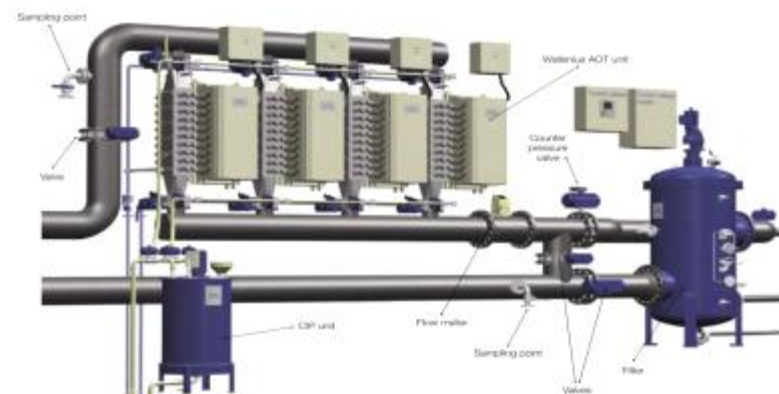


그림 60 Alfa Laval [Pure Ballast]: UV 고도산화

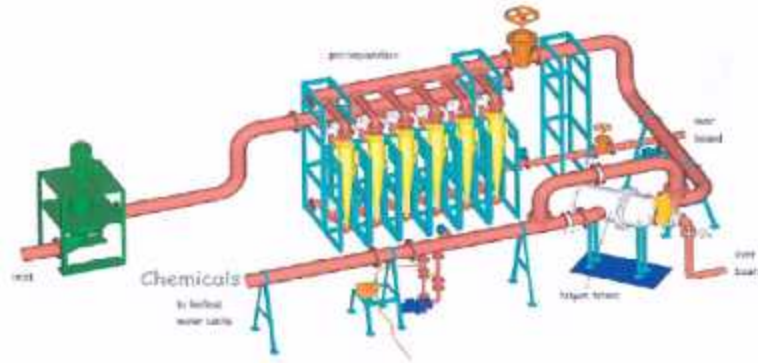


그림 61 Hamann [Peraclean]: 원심분리 + 여과 + 산화제

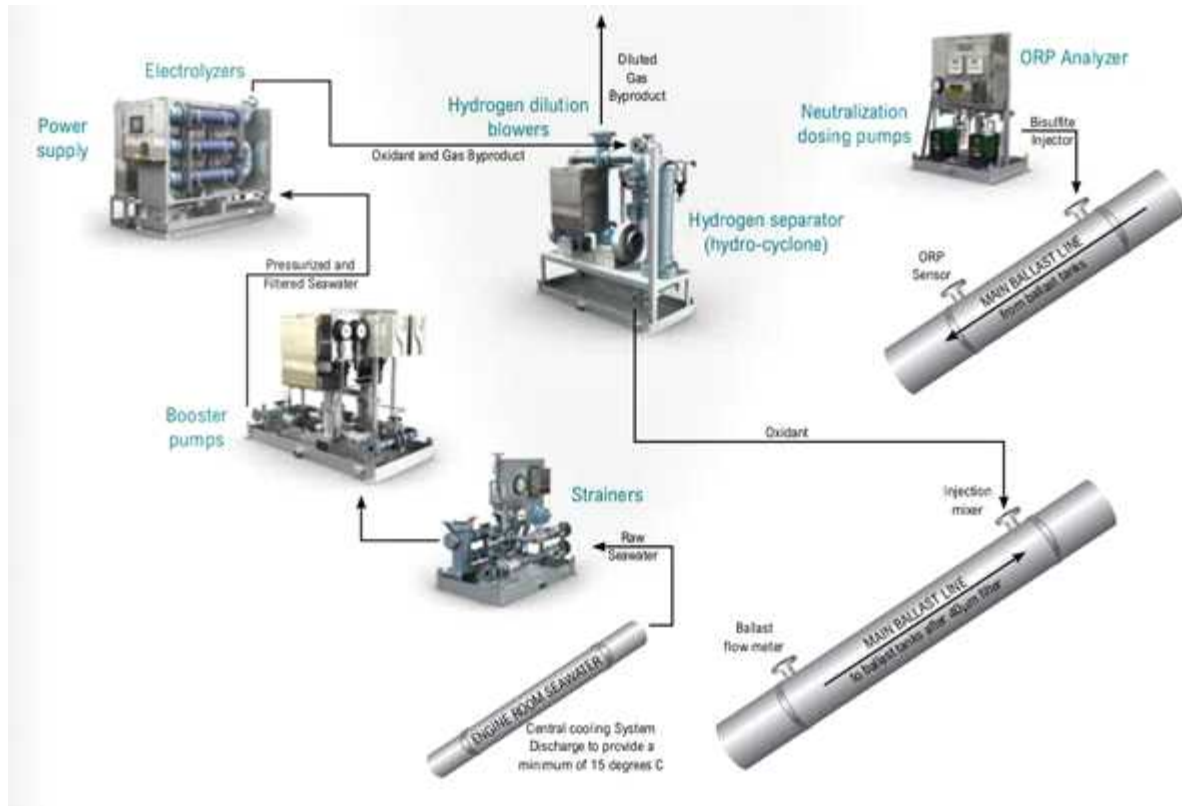


그림 62 Severn Trent de Nora [BalPure]: 여과 + 염소 + 전기분해

- 선박용 조수기는 선 내에서 필요한 물을 생산하기 위한 장치로서 다양한 형태로 상용화가 진행된 기술임
- 미국 Pall에서는 소규모 선박탑재형 담수화 장치를 상용화하여 판매 중
 - 10 m³/day ~ 60 m³/day 규모

Production Capacity (Sea Water*)	Pall P/N	Dimensions (L x W x H)
10 to 16 m ³ /day	MFRO 1014 HF03 DT04	2820 x 995 x 1700 mm
15 to 30 m ³ /day	MFRO 1530 HF04 DT retrofit	1445 x 1200 x 2100 mm Plus DT section
35 to 60 m ³ /day	MFRO 3560 HF09 DT	2900 x 1720 x 1960 mm Plus DT section
48 to 115 m ³ /day (feed to RO system)	MF 1530 HF06 LM*	1800 x 990 x 1860 mm

그림 63 소규모 선박탑재형 담수화 장치 (출처: Pall)



Pall AT32 Series Freshwater Generator

그림 64 선박탑재형 소규모 담수화 장치 (출처: Pall)

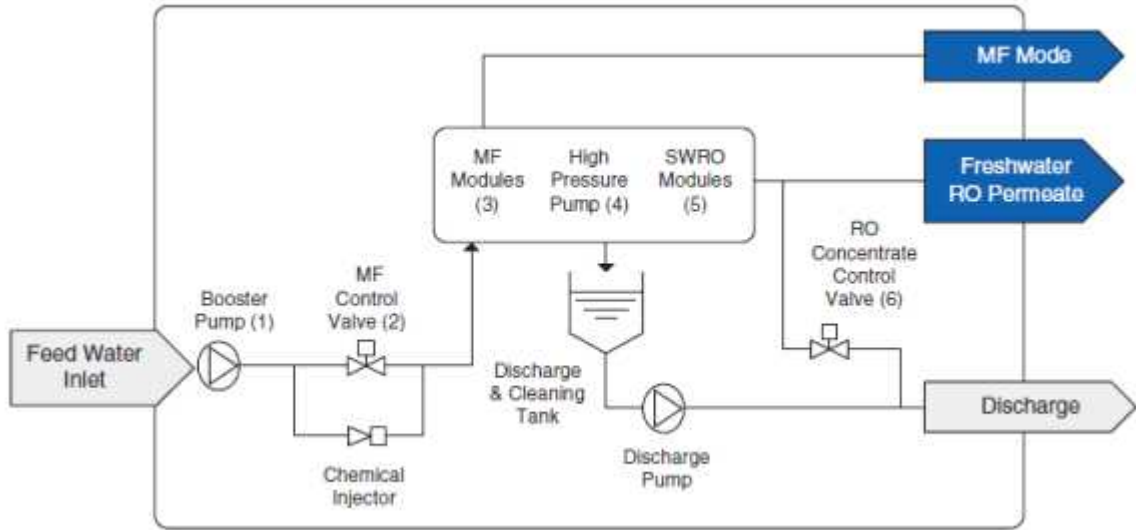
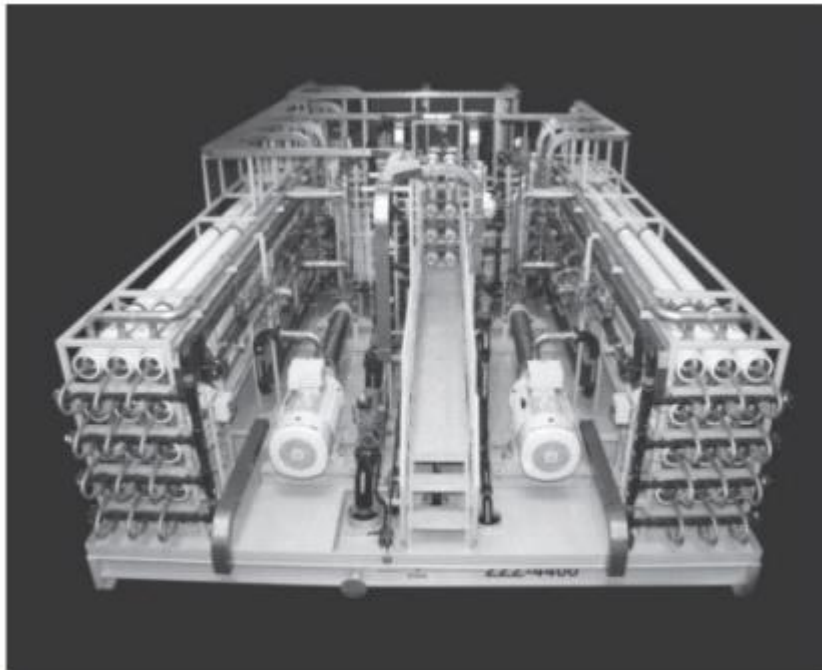


그림 65 선박탑재형 소규모 담수화 장치 공정 구성도 (출처: Pall)

- 일본 Hitachi에서는 FPSO를 위한 RO 장치와 공정 등을 상용화하였음
- 1,200 m³/day ~ 2,260 m³/day 규모



RO: reverse osmosis
FPSO: floating production, storage and offloading system

그림 66 FPSO를 위한 RO 유닛 (출처: Hitach)

- 한편, 노후화된 민간선박 혹은 군용선박을 재활용하여 이동형 담수화 선박

을 제작하는 기술에 대한 관심이 높아지고 있음

- 노후화된 선박이 부유식 담수화 장치의 플랫폼 역할을 할 수 있음



그림 67 노후화된 선박을 재활용한 부유식 플랫폼 구축사례 (출처: U.S. Navy/Robert J. Sitar)

- 선박 해수담수화는 기존 해수담수화 기술이 당면한 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대되고 있음
- 기존 해수담수화 플랜트 기술은 다음의 문제를 해결해야 함
 - 취수와 농축수 방류에 의한 환경영향 문제와 이에 따른 규제 증가.
 - 환경문제 해결을 위하여 필요한 추가적인 건설비용.
 - 기후변화로 인하여 시간적·공간적으로 변화하는 물 수요.
 - 정치적인 불확실성에 의하여 영향 받는 계약 및 발주.
- 상기의 문제는 다음과 같이 해수담수화 사업의 경제성을 낮추고 있음
 - 수익창출의 연기
 - 건설비증가
 - 판매 안정성의 감소
 - 많은 불확실성에 의한 이자율 증가
- 해상 부유식 해수담수화 기술은 이러한 기존 육상해수담수화 기술의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 주목받고 있음

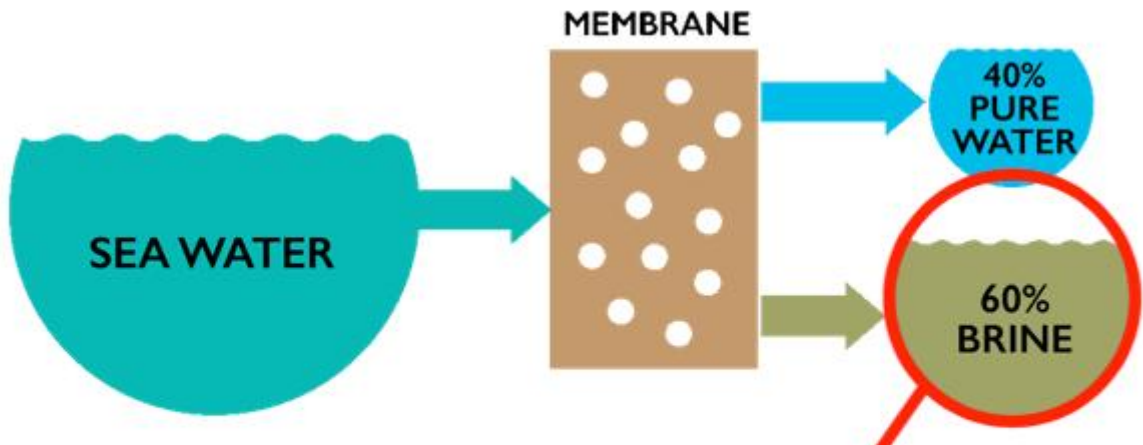


그림 68 해수담수화 농축수의 잠재적인 환경영향

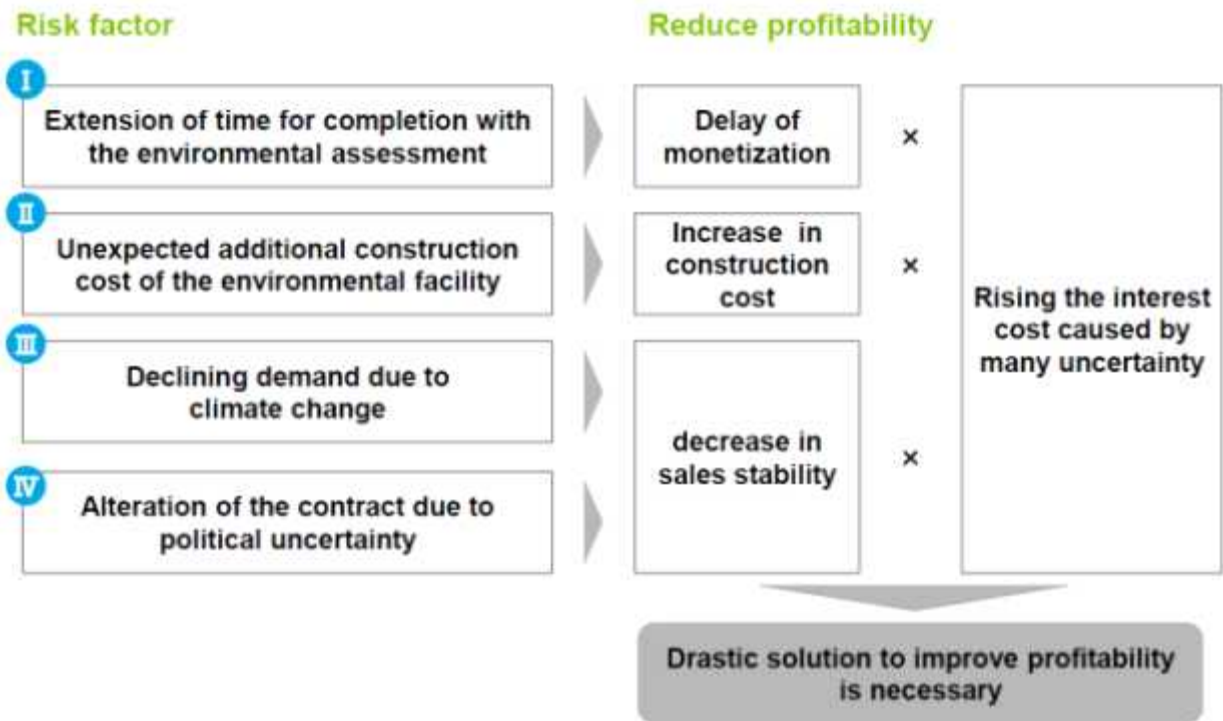


그림 69 해수담수화의 위기요인 (자료: Deloitte Tohmatsu Consulting Co., Ltd.)

- 대표적인 사례로서 남부 캘리포니아는 1900년 초 가뭄으로 해수담수화 도입을 계획하였으나 환경규제 등의 이유로 2013년에야 건설이 시작됨

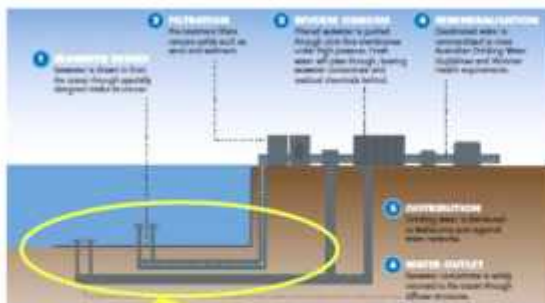


Source: The Wall Street Journal (June 21, 2013 & January 17, 2008)

그림 70 남부 캘리포니아 지역 해수담수화 도입과정의 사례 (자료: The Wall Street Journal (June 21, 2013 & January 17, 2008))

- 호주와 같은 선진국의 경우 환경영향을 최소화하는 방향으로 취수와 농축수방류 등을 적용함으로써 해수담수화 건설비용이 상대적으로 높음

The case of a desalination plant in Victoria, Australia



The feed-water pipeline is implemented on the bottom of sea to avoid intake small species.

Relatively expensive cost of plant construction in Victoria, Australia

- Desalination plant in Victoria costs 5.9 billion USD is much expensive than that of in Saudi Arabia which costs 1 billion with same desalination amount.



Rich green remains landscape.

Source: ASPECT Studio & DesalData.com

그림 71 호주 빅토리아 해수담수화 플랜트 건설사례 (자료: ASPECT Studio & DesalData.com)

- 물 수요의 변동은 육상 해수담수화 시설의 가동률에 영향을 주게 됨. 호주 시드니의 경우 가뭄이 해결된 후에는 해수담수화 시설이 미가동 중임

The case of Sydney Desalination Plant

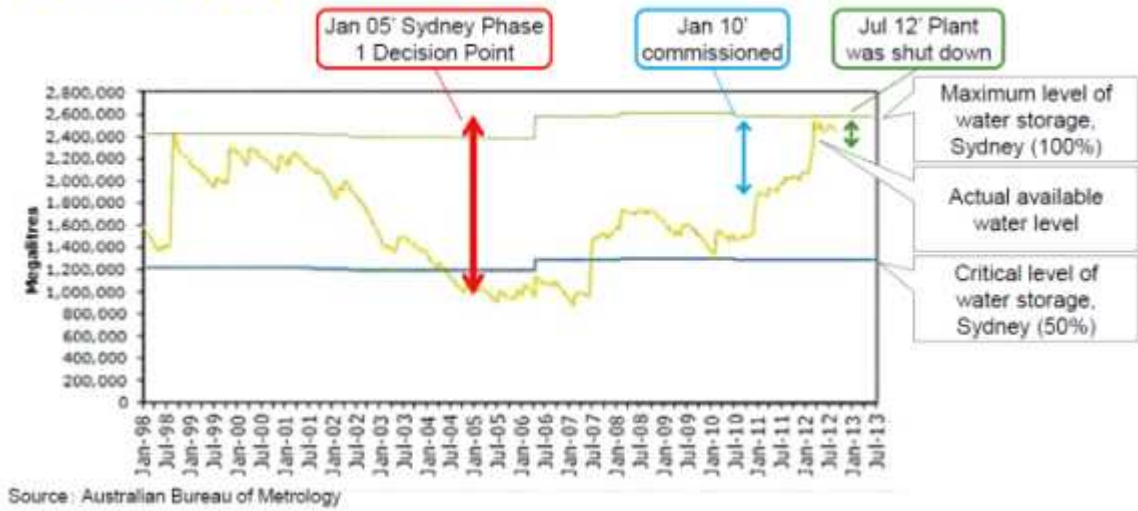


그림 72 호주 시드니 해수담수화 플랜트의 가동률 문제

- 해상 부유식 해수담수화 시설은 이러한 기존의 육상 해수담수화 시설이 가지는 한계를 극복할 수 있음

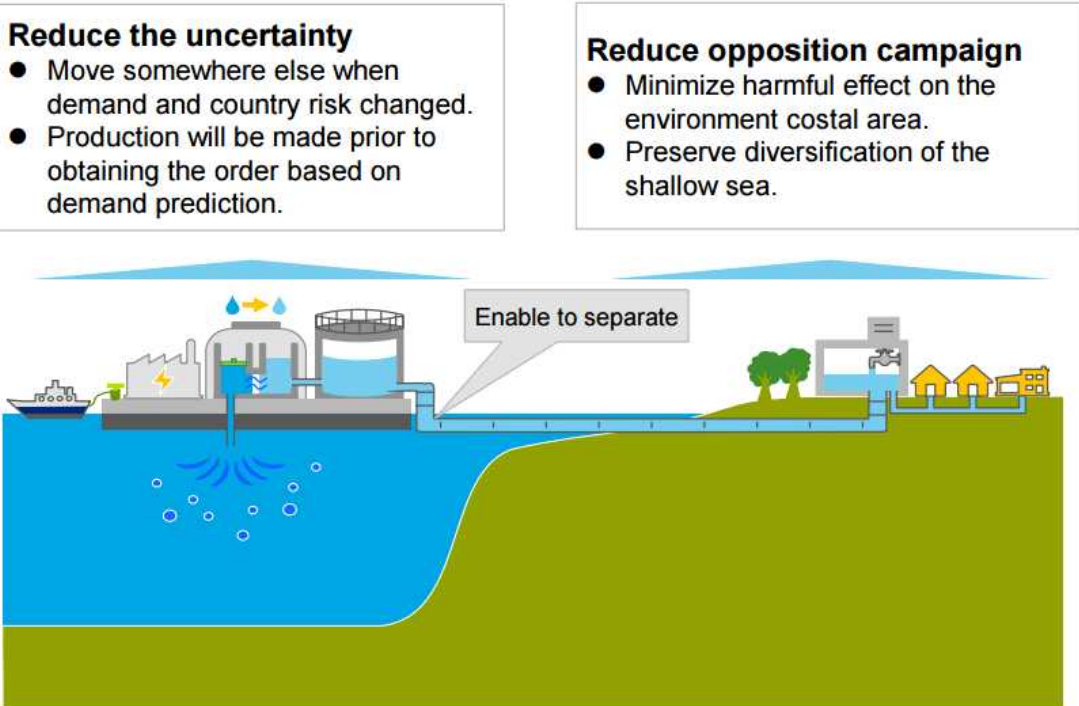


그림 73 해상 부유식 해수담수화의 장점 (자료: Deloitte Tohmatsu Consulting Co., Ltd.)

Type of water demand

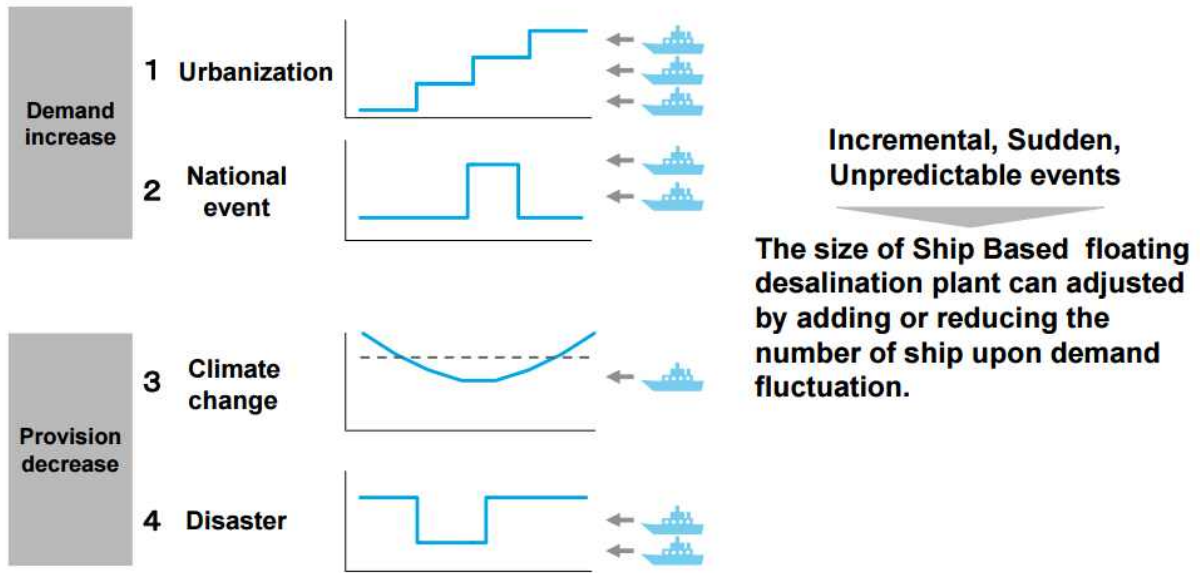


그림 74 해상 부유식 해수담수화의 장점 (자료: Deloitte Tohmatsu Consulting Co., Ltd.)

- 해상 부유식 해수담수화 시설은 쓰나미와 지진과 같은 재난에 안전하고 보다 친환경적으로 담수화를 할 수 있는 방향으로 기술개발이 진행될 것으로 전망

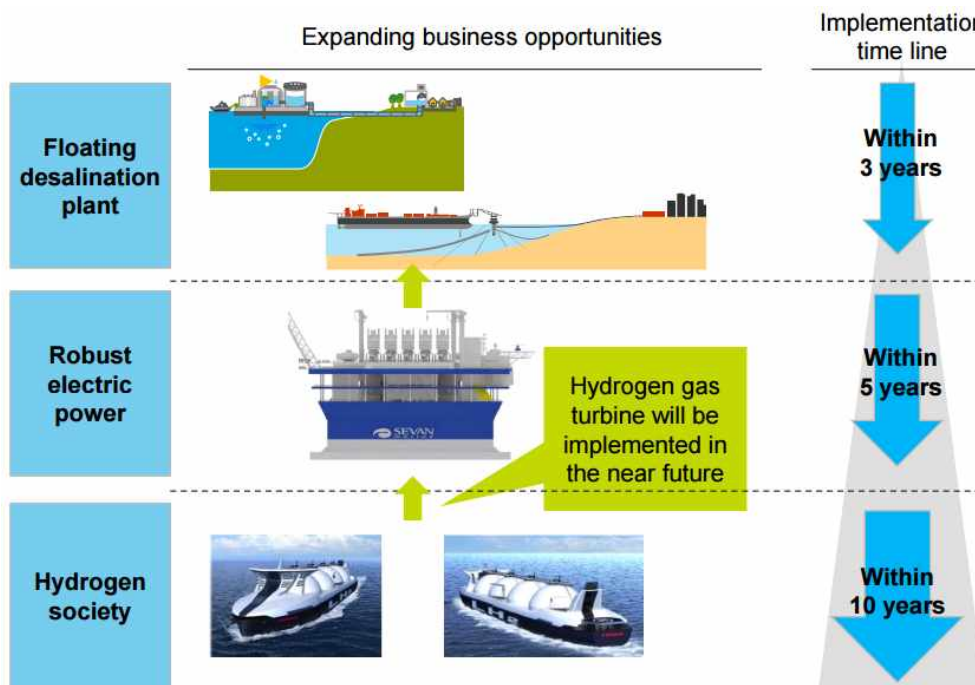


그림 75 해상 부유식 해수담수화의 미래발전 전망 (자료: Deloitte Tohmatsu Consulting Co., Ltd.)

(4) 논문 및 특허분석

○ 논문분석

- Sciencedirect에서 선박 담수화 관련 키워드를 이용하여 검색함
- 1990년대 이전에도 관련논문이 검색되었으나 2000년 이후로 논문의 숫자가 500건 이상으로 급증함 (연평균 50건)
- 2011년부터 2017년까지의 논문도 400건 수준으로 연평균 57건으로 증가추세를 보임

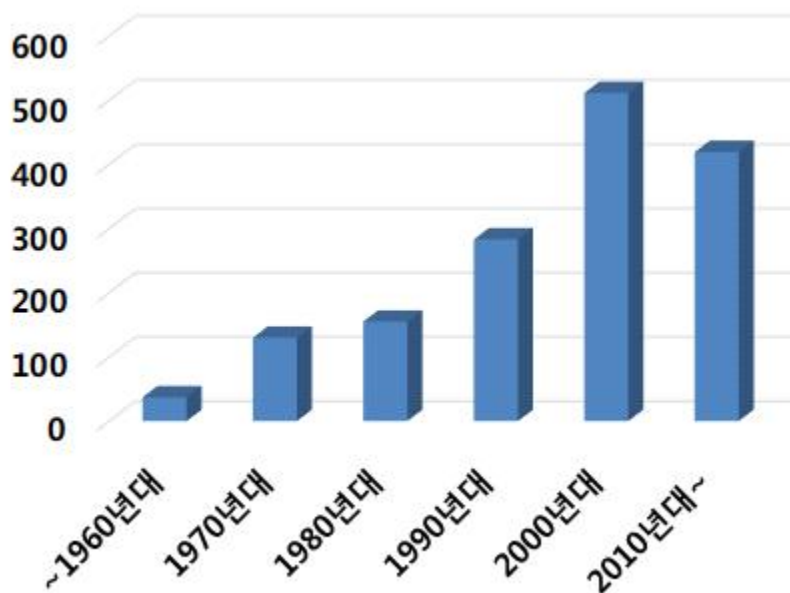


그림 76. 선박 담수화 관련 논문게제건수 (자료: Sciencedirect)

○ 특허분석

- 특허분석은 WIPS와 KIPRIS를 이용하여 수행하였으며, 최근 10년간 국내특허와 해외특허를 조사한 후 분석함
- 미국이 특허출원을 주도하고 있으며 2010년 이후에도 지속적으로 증가함
- 우리나라의 경우 2011년 이후부터 특허출원이 활발해짐
- 국내의 경우 삼성중공업, 대우조선해양, 현대중공업 등이 주요 특허 보유

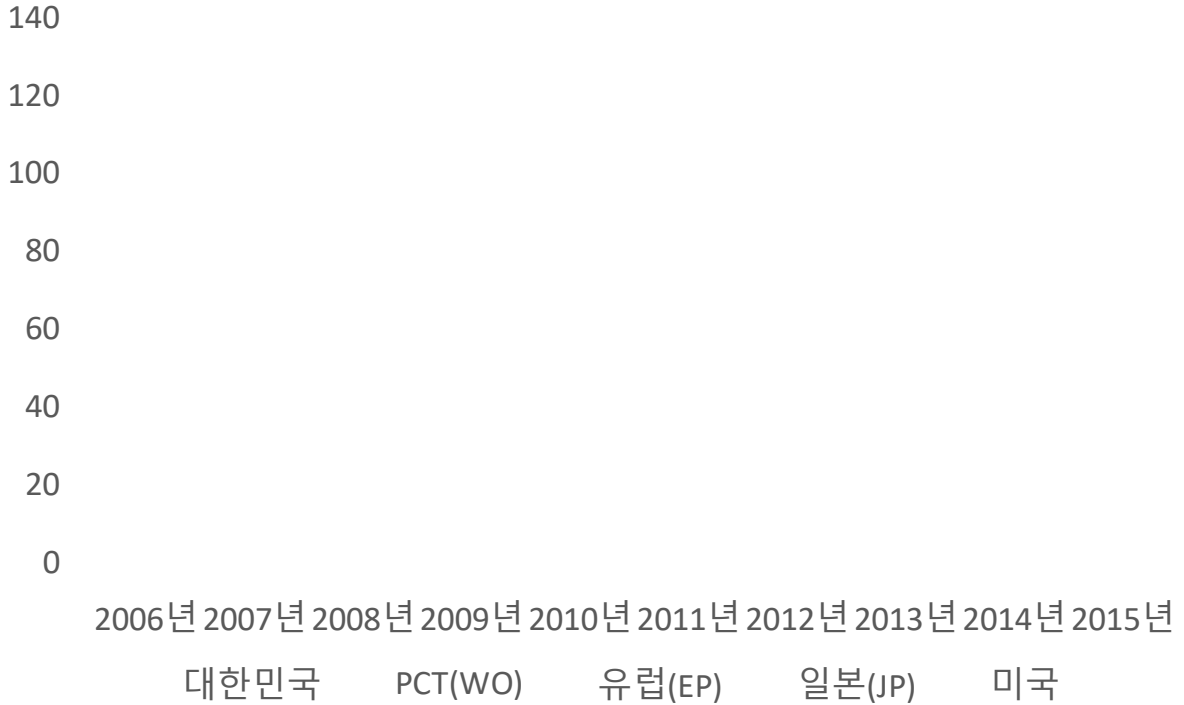


그림 77. 선박 담수화 관련 연간 국가별/지역별 특허 등록건수 (자료: WIPS/KIPRIS)

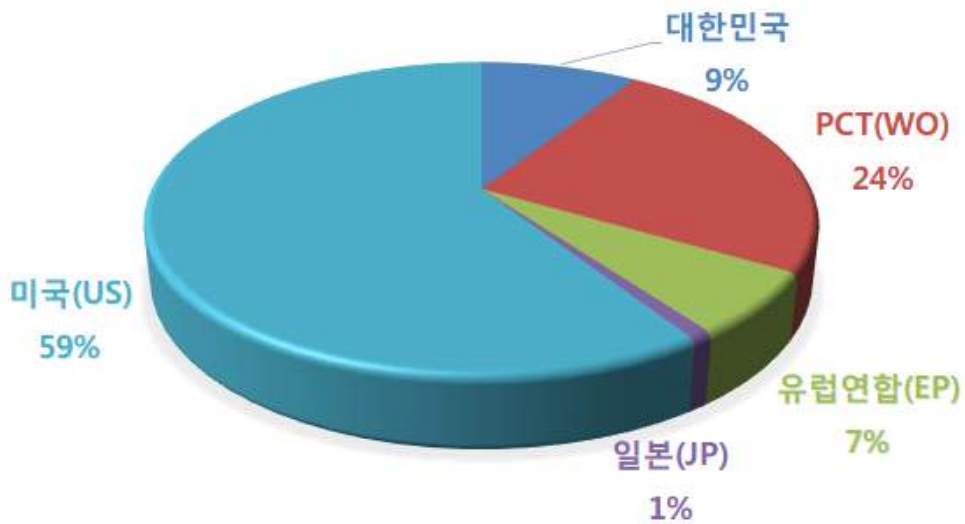
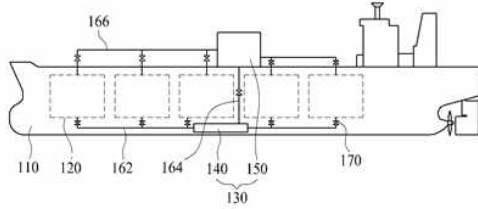


그림 78. 선박 담수화 관련 국가별/지역별 특허비율 (자료: WIPS/KIPRIS)

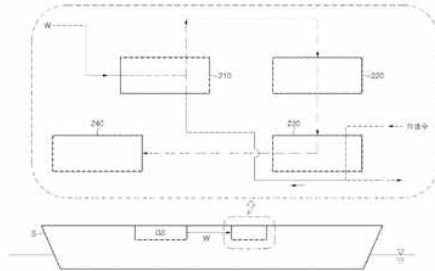
- 기존 특허는 주로 선박에 담수화 모듈을 장착하거나, 발전과 결합하는 등의 방법을 제시하고 있으며, 에너지원으로 태양열을 이용하거나 폐열을 이용하는 방법도 제시되고 있음
- 해외에는 역삼투 장치를 선박에 설치하여 이동식 물 생산을 가능하게 하는 특허도 등록되어 있음

담수화 모듈이 구비된 선박 및 담수화 방법 (삼성중공업) - 2014



•선박평형수를 이용한 해수담수화

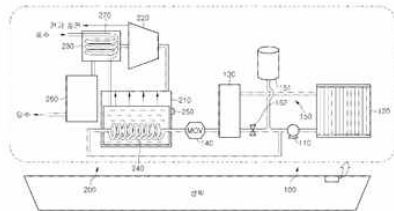
선박용 해수담수화 발전시스템 (대우조선해양) - 2013



•해상화력발전 설비와 증발식 해수담수화 설비의 결합

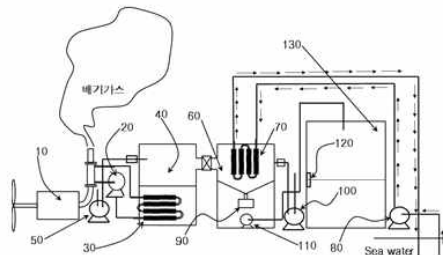
그림 79. 선박 해수담수화 주요 특허 (국내)

해상 설비용 해수 태양열 발전 및 담수화 시스템 (대우조선해양) - 2012



•해상 태양열 발전과 폐열을 이용한 담수화 시스템

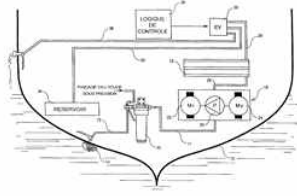
소형선박 부착용 해수 담수화장치 - 2014



•엔진 배기가스 열에너지를 이용한 증발식 해수담수화 시스템

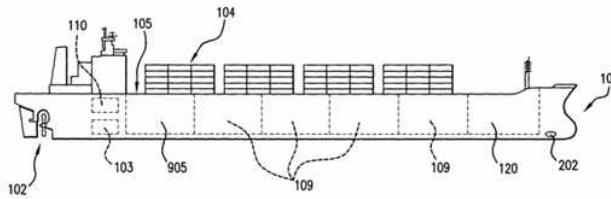
그림 80. 선박 해수담수화 주요 특허 (국내)

Desalination system of sea water for ship – 2002



•역삼투 방식의 선박용 해수담수화 시스템

Mobile desalination plants and systems, and methods for producing desalinated water (Water Standard) – 2006



•모바일 담수화 설비와 역삼투 해수담수화 장치

그림 81. 선박 해수담수화 주요 특허 (국외)

- 선박 개조기술에 대한 특허는 전체 건수가 많지 않은 편이며, 2000년 이전에는 거의 없었으나 2005년 이후부터 숫자가 빠르게 증가하여 2014년에는 연 출원건수가 44건이 되었으며, 이후에는 다시 출원건수가 줄어들고 있음
- 국내에서는 삼성중공업과 대우조선해양에서 다양한 선박을 이용하여 개조하는 방법을 제시하고 있으며 낡은 선박을 이용하여 이전에 사용되었던 용도와 다른 용도로 사용되게끔 하는 방법들이 많이 제시되고 있음
- 그러나 해수담수화를 위한 선박 개조기술은 아직까지 주요 특허로서 보고되지 않고 있음

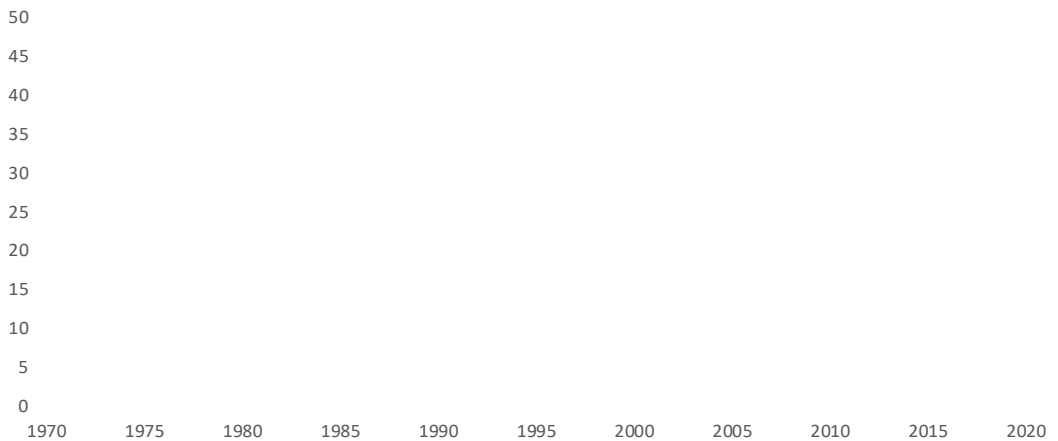


그림 82. 선박 개조기술 특허출원 동향

- Hybrid 발전 플랜트 부분의 특허는 총 출원건수가 386개로 보고되고 있으며, 다양한 종류의 에너지를 결합하는 특허가 현재 등록되어 있음
- 복합형 에너지 저장장치와 운용방법 및 제어방법에 대한 특허를 자동차부품 연구원에서 다양한 방법으로 제시하고 있으며 대표적인 자연에너지인 태양열을 이용하는 방법이 가장 많이 제시되고 있음
- 미츠비사에서 보유한 “엔진 배기 에너지 회수 장치, 이것을 구비하는 선박 및 이것을 구비하는 발전 플랜트” 기술은 엔진에서 발생하는 열에너지를 선박내에서 활용하는 기술의 예이며, 유사 관련기술도 다수 특허로 등록되어 있음

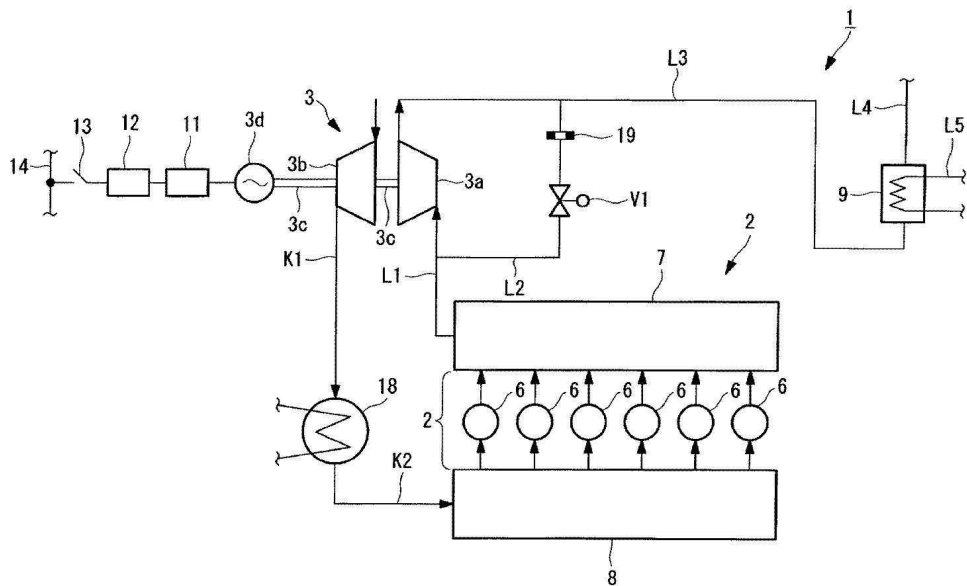


그림 83. 엔진 배기 에너지 회수 장치, 이것을 구비하는 선박 및 이것을 구비하는 발전 플랜트 (PCT/JP2011/050623)

- 에너지 저장 장치를 이용한 하이브리드 에너지 제어시스템에 대한 특허 방법도 제시되고 있으며 본 과제에서 에너지 저장 장치를 이용한 선박해수담수화 운영을 한다면 기존 해수담수화의 에너지 사용률보다 낮게 접근 할 수 있음

3절. 국내외 정책동향

(1) 국내 정책동향

□ 도서지역 물공급 관련 정책

- 현재 수도법 제 75조에서는 지자체의 재정자립도에 따라 해수담수화에 국고 지원이 가능(국고보조율 최대 30%)하도록 되어있음
- K-water에서는 ‘도서지역 해수담수화 시설 수탁운영’을 진행하고 있음
- 그러나 현재 도서지역에 대한 용수공급계획은 시·군의 수도정비기본계획에 포함되어 있으며 대부분 면단위별로 제시되어 있어 도서 자체에 대한 용수공급계획은 정확성이 낮고 구체적이지 않음
- 수도정비기본계획은 전략환경평가 시행대상 기본계획에 포함되어 있지 않아, 도서지역의 용수공급계획도 상위단계의 계획상에는 구체적으로 제시되지 않은 실정이다. 즉 도서지역에서 개발사업 계획 수립 시 사업추진으로 인한 용수수요량의 변화를 반영하지 않고, 사업이 시행된 후 해당 도서의 용수공급에 대한 대책 마련이 검토됨
- 용수공급계획을 개발계획 초기단계부터 고려하여 상위계획 단계에 포함해야 하며 이때, 산업 활동 및 관광산업의 전망, 장래 관광인구 예측 등 사회·경제적 여건도 고려해야 하며, 이를 위해서는 근본적으로 도서지역 용수공급 관련 사항에 대한 제도적인 근거가 마련되어야 하나, 아직까지 미비한 실정임
- 현재 법령 중 도서지역 내 용수공급에 대한 내용은 『자연재해대책법 시행령』과 『지하수법 시행령』에 언급되어 있으나 용수공급계획이나 방법 등에 대한 구체적인 내용은 없음

□ 해수담수화 관련정책

- 국토교통부에는 기후변화에 의한 물 부족 문제해결과 신성장동력 산업발굴을 목적으로 해수담수화 도입과 기술개발을 위한 정책을 추진 중
- 기후변화에도 안정적인 용수공급이 가능하도록 바닷가 근처의 산업단지에 중대형 해수담수화 플랜트를 선도적으로 설치하기 위한 정책 및 계획 수립
- 국가 경제의 심장인 산업단지가 이상가뭄 등 기후변화에 상관없이 안정적으로 용수를 확보할 수 있도록, 전국 임해산업단지에 대한 해수담수화 도입 중장기 마스터플랜을 수립

- 신규 산업단지는 우선도입, 기존 산업단지는 경제, 환경, 기술 등 종합적인 측면에서 비교분석하여 해수담수화로 대체 공급하는 방안을 검토하고, 또한, 검토과정에서 해수담수화 도입이 시급한 산업단지의 경우 선도 사업을 추진할 계획
- 해수담수화 기술을 7대 신산업 중 하나로 선정하였으며, 집중적 R&D를 통해 세계 최고수준의 기술을 확보하여(현재 3.9kWh/톤→' 20년 3.3kWh/톤) 해외시장 진출을 추진 중
- K-water에서는 기존 수자원의 한계를 벗어나기 위하여, 해수담수화 사업 추진 준비를 위한 Master Plan 수립
- 그러나 범 정부차원에서 해수담수화 촉진을 위한 제도신설 및 민간투자 유도방안 검토가 보다 활발하게 진행되어야 함
- 수자원산업육성 관련정책
- 국내 물산업 육성정책은 2007년부터 수립되어 추진되었으나, 아직 국내 수자원 산업은 내수 위주로 머물러 있으며, 해외진출도 일부 분야의 대기업에 한정되어 있음
- 물 재이용 분야에 비하여 해수담수화 분야에 특화된 정책 부재

연도	주요 정책
2007	「물 산업육성 5개년 추진 계획」수립
2009	「물 산업 육성과 해외진출 활성화 계획」발표
2010	「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제정
	「물 산업 육성 전략」수립
2011	「물 재이용 기본계획」수립
2012	「물 산업 육성 및 해외진출 활성화 방안」 수립

그림 84. 국내 물산업 육성 관련 정책 수립 현황

- 물산업 기술 인력 해외진출 지원할 수자원산업육성법 제정 및 수자원관리 및 용수공급 등 국가별 물관리 목표를 고려한 맞춤형 해외진출 전략 수립
- 총체적으로 지역적 물 부족 문제 해결과 수자원 산업 육성 및 해외진출을 위한 정책적 지원 진행 중

(2) 국외 정책동향

□ 중국

- 중국은 인구 증가, 경제 발전, 도시화 추진 등 국민 생활수준 향상에 따라 지역별 가용 담수자원 부족현상이 더욱 심각해지고 있음
 - 전 세계 해수담수화 설비시장 중 중국의 비중은 2%에 불과하지만 연평균성장률은 30%에 달할 정도로 급성장 중임
- 2005년 7월 발전개발위원회, 국가해양국, 재정부가 발표한 “해수이용 전문 계획에는 2010년과 2020년의 해수 이용목표가 명시되어 있으며, 이는 중국 정부가 해수담수화에 대한 높은 관심과 기대를 가지고 있음을 나타냄
 - 2011년 중국의 담수화 능력은 1일 60만 톤이며, 중국 정부는 이를 2020년까지 5배 수준인 250~300만 톤으로 끌어올리고자 하는 목표를 가지고 있음
 - 또한 2020년 해수 담수화설비의 국산화 비율을 90 이상일 것으로 예상하고 있으며, 이에 따라 중국 정부는 해수담수화 지원정책에 ‘해수 담수화 설비의 국내생산 및 제조’ 등에도 무게를 실을 것으로 예측됨
 - 현재, 텐진과 저장, 산둥, 랴오닝에 수 만 톤에서 10만 톤급 규모의 해수처리 시설을 건설, 가동 중이며, 중국 동부 연안지역에도 해수담수화 관련 신흥산업클러스터들이 들어서고 있음
- 중국의 해수담수화 원가는 톤당 4~5위안까지 하락하였으며, 중국 남북수조의 물의 원가가 톤당 5~6위안이므로 충분히 경쟁력을 가질 것으로 전망됨
- 2010년 전국인민대표대회와 텐진시 재정국은 “중국국가 지정 해수담수화 산업 발전지원에 대한 정책과 건의”에서 다음과 같은 4가지 해수담수화 관련 정책을 발표하였음
 - 해수담수화 지원 자금 항목 지정
 - 해수담수화 기업에 절세혜택 부여
 - 재정보조기관의 설립
 - 해수담수화와 수력발전 연관 산업의 추진

□ 칠레

- 칠레는 남북으로 4,000킬로미터 이상의 해안을 이용한 해수담수화 시설 구축을 북부 사막지역 물 부족 문제 해소를 위한 수자원 확보의 대안으로 검토하며, 이와 관련한 국가 정책 수립을 논의 중임.
- 현재 칠레 내 운영 중인 해수담수화 시설 20개는 칠레 북부 안토파가스따

주(11), 아따까마 주(5), 아리카 이 파리나꼬따 주(2), 타라빠까 주(2)에 위치하며, 전체 생산유량(7.8m³/s)을 광업용수(83%) 및 음용수(17%)로 사용

○ 칠레 내 부처 간 수자원 위원회(Comite de Ministros de Recursos Hidricos)는 해수담수화 사업 관련 국가정책 수립을 위해 관계부처 담당자로 구성된 실무위원회(Comite de trabajo)를 소집하여 다음 사항에 대해 논의 중임

- 현 칠레 수자원법에 부재한 해수 사용 및 소유권 규정 마련
- 담수화된 해수 처리(판매, 양도, 방류 등) 규정 마련
- 해양 사업권 부여 규정 마련, 사업체의 법적형태 정의
- 사업모델(사업주체, 자금조달주체, 운영주체, 가격결정방법 등) 정의
- 해안선의 효율적 사용 및 환경영향 감소방안, 운영 및 비용관리 방안

○ 칠레의 해수담수화 담당기관으로 부처간 수자원 위원회의 실무위원회에는 해수담수화 사업과 연관된 9개의 칠레 정부 관계기관이 참여하고 있음

- 참여기관: 대통령실, 공공사업부, 환경부, 광업부, 에너지부, 농업부, 국방부, 대통령 수자원 위원회, 국영구리공사,

○ 상기 실무위원회의 주요 업무 및 조정 기관은 다음과 같음.

- 공공사업부: 규제 총괄
- 환경부: 환경
- 농업부: 기술·혁신
- 대통령 수자원 위원회: 해안선·영토

□ 미국 캘리포니아

○ 미국 캘리포니아 지역은 최근 물 부족으로 인하여 해수담수화 플랜트 건설을 적극적으로 검토하고 추진하고 있음

- 2011년 시작된 캘리포니아 가뭄은 지난 5년간 최악의 상태로 치달았음
- 2015년 제리 브라운 주지사는 25% 강제절수령을 내렸고 위반 시에는 엄격한 벌금을 부여하였음
- 산타바바라는 1992년에 설치되었던 담수화 플랜트를 재가동하기 위해 4000만 달러의 예산을 투입할 계획임
- 캠브리아시는 지하 염수를 담수로 바꾸는 담수화 설비를 지난해 완공했으며, 또 캘리포니아주 북부 샌디에이고카운티 칼스바드에는 10억 달러에 달

하는 대규모 자금을 투입한 미국 최대 담수화 설비를 완공하였음

- 샌디에이고는 2035년까지 SWP와 콜로라도 강에 과잉의존하고 있는 비중을 18%까지 줄이고 지하수, 물 재이용 등의 보조 수자원 개발을 통해 물공급원 다양화를 추구하고 있으며, 해수담수화는 7%까지 확대할 계획임
- 이 외에도 캘리포니아주에는 20개 이상의 담수화 설비가 들어서 있고 앞으로 16개 담수화 설비 건설을 검토하거나 건설을 진행 중임

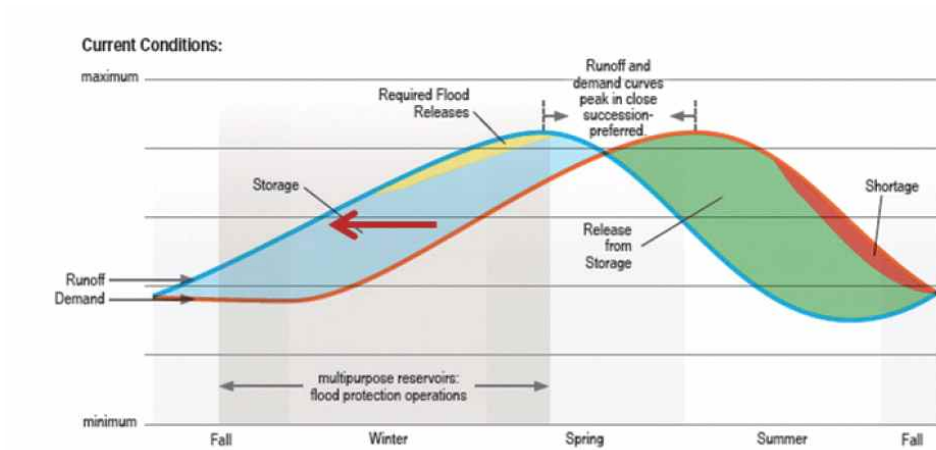


그림 85. 미국 캘리포니아의 강우유출 패턴 변화(California DWR, 2013)

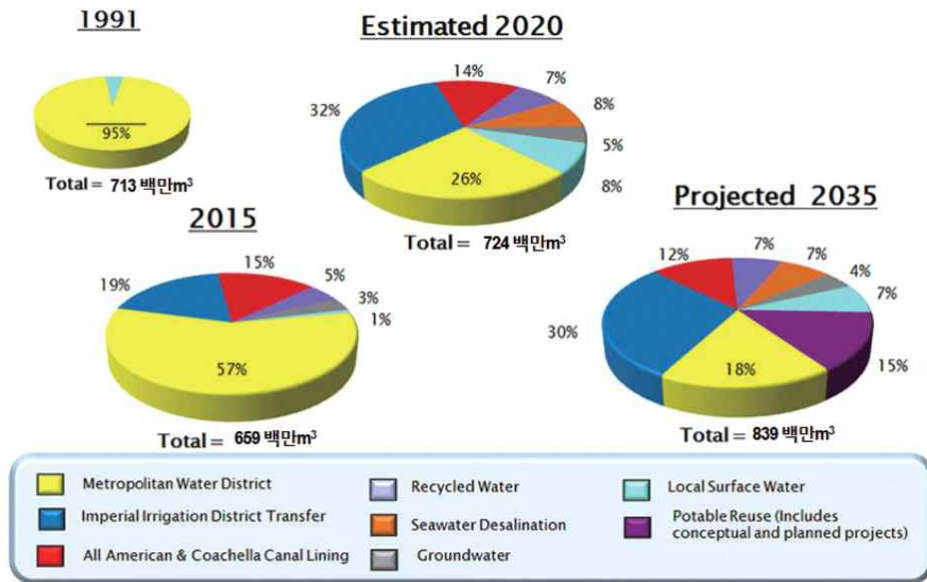


그림 86. 샌디에이고의 수원 다양화를 통한 물공급 신뢰도 제고 계획 (San Diego County Water Authority, <http://www.sdcwa.org>)

- 해수취수와 농축수로 인한 환경파괴의 문제가 우려되고 있어 이에 대한 정책적인 검토가 진행 중임

- 미국에서는 연방 수질보전법(Clean Water Act)과 수질법(Porter-Cologne WaterQuality Act)에 기반을 두어 수질관련 규제를 적용하고 있으나 해수 취수와 염수 방류에 관한 규제적 요건에는 불확실성이 높음
- 캘리포니아 주 수자원 심사위원회는 담수화 플랜트 등 산업 시설의 해수 취수를 규제하는 당국으로 캘리포니아 호수, 만, 하구, 강, 하천, 약 1,100 마일의 연안의 수질을 보호하는 책임을 갖고 있음
- 수질 관리 목적과 해수 보호 시행 정책은 캘리포니아주의 대양계획(Ocean Plan)에 수립되어 있으나, 그러나 기존 정책으로는 “염분 농도 상승과 관련된 목표가 부재하고 염수 규제 및 통제 방안을 명시하지 않고 있어 허가의 불확실성과 지연을 야기” 할 수 있음
- 심사위원회는 현재 담수화 설비의 영향을 줄이기 위해 대양계획과 폐쇄만 및 하구 계획(Enclosed Bays and Estuaries Plan)의 수정안을 개발하고 있으며, 여기에는 최적 취수 기술, 부지 선정, 설계 요건, 지표수 취수 완화요건, 염수 수질 목표, 모니터링 요건 등이 포함

□ 프랑스

- 프랑스는 수도사업의 민간위탁 발달로 세계적 시장 경쟁력을 갖춘 Veolia(연매출 20조 원), Suez(연매출 10.9조 원) 등과 같은 대형 물 기업을 보유하고 있으며, IOW(International Office for Water)를 설립하여 해외 경제원조시 자국 물 기업의 해외진출을 중점적으로 지원하고 있음
- 또한 2001년 상하수도 서비스 국제표준(ISO/TC224) 도입 제안 등 자국 물 기업 서비스의 국제 표준화를 통해 해외 물시장 점유 확대를 위하여 노력하고 있음

□ 일본

- ODA, 기술력, 지자체 운영능력 등과 같은 자국의 강점을 활용한 범정부 차원의 해외진출 지원정책을 본격 추진하고 있음
- 「2010년 물산업 육성전략」 과 「물산업 해외 진출 활성화 방안」 을 발표하여 2020년까지 세계적 물기업 8곳 육성 및 37,000개 일자리 창출과 2025년 세계 물시장 6%(1.8조 엔) 점유를 목표로 제시
- 또한 2010년 호주, 칠레 등 해외 물기업 인수와 M&A를 통해 현지거점 확보하는 등 가시적인 성과를 달성하고 있음

□ 중동

- 사우디아라비아는 담수화 중심의 상수원 개발에 지속적인 투자를 하고 있으

며, 에너지 비용 절감을 위해 기존의 증발식에서 멤브레인 방식의 해수담수화에 광범위한 투자계획을 가지고 있음

- UAE는 저에너지형 해수담수화 기술 도입을 추진 중이며, 다양한 신재생에너지 융합 해수담수화 플랜트 기술 개발이 진행되고 있는데, 특히 Masdar 프로젝트를 통해 Test Bed 제공 방식으로 태양열, 풍력, 지열 등의 전력을 활용한 해수담수화 기술 개발을 추진 중

□ 싱가포르

- 싱가포르는 상수원수 75%를 말레이시아로부터 수입에 의존하고 있어, 국가 생존차원에서 해수담수화, 하수처리수 재이용을 통한 수자원 확보에 노력을 경주하고 있음
- 2006년 EWI (Environment & Water Industry)를 설치해 수자원산업을 육성시키고, PUB (Public Utility Board, 싱가포르 수자원공사) 등의 주요 기관과의 연계를 통해 ‘글로벌 물산업 허브’의 기반을 조성해 노력하고 있음
- 특히, 싱가포르 정부 주도의 NEWater Project에 자국 기업(Hyflux)을 참여시켜 단기간에 세계적 물 전문기업으로 육성시키고 세계 최고 수준의 수자원 산업 기술력을 확보하는 등 가시적인 성과들을 도출해 내고 있음
- 싱가포르 정부는 NEWater Project를 통해 하수재이용 사업을 통해 고도 처리수(NEWater)를 2003년 2월 이후 상업 건물과 비즈니스 건물에 공업용수 및 간접 음용수를 공급하고 있으며, 간접 음용수를 위한 처리수의 양도 매년 늘려가고 있음

4절. 국내 연구개발 인프라 분석 및 추진 필요성

1. 국내 연구개발 인프라 분석

(1) 국내외 최고 기술보유 업체/(연구)기관 현황

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	국적	비고
대용량 해수담수화 플랜트 설계 및 시공 기술	두산 중공업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내유일의 자체프로세스 및 EPC/Turnkey 능력 보유업체 ▪ 신기술인 하이브리드식 대형해수담수화 플랜트를 세계 최초로 중동 UAE 후자이라에 건설함 ▪ 현재 Shuaibah RO 플랜트 건설 완료, Shuwaikh RO, Jeddah RO 플랜트 건설 중임 	한국	
해수담수화 기술(증발법)	현대 (현대건설, 현대중공업)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주로 MSF 방식의 건설부분 수행 ▪ EPC/Turnkey 수행 경험 미보유 	한국	
해수담수화 기술(RO)	동안 엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RO 방식을 주로 사용하여 염수 및 지하수를 이용한 산업용 정수 및 초순수설비임 	한국	
해수담수화 멤브레인 제조	웅진케미칼	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 세계 4번째 16인치 역삼투막 개발 ▪ 정삼투막 8 인치 프로토타입연구 	한국	

□ 두산중공업(주)

- 해수담수화 분야에서 세계 3위 기업인 두산중공업은 바닷물을 이용해 현재 하루 전 세계 2200만 명이 마실 물을 생산해 내고 있음. 두산중공업은 지난 1978년 사우디아라비아 파라잔 프로젝트를 시작으로 중동 시장에서 해수담수화 사업에 본격 뛰어들었으며, 1980~1990년대 사우디아라비아, 아랍에미리트 연합(UAE) 등에서 잇달아 프로젝트를 수행하면서 미국과 유럽, 일본 등의 일부 업체가 독점해 오던 담수 설비의 설계 기술을 자체 개발하는데 성공하였음.
- 현재 사우디아라비아, UAE, 쿠웨이트, 오만, 카타르 등 중동 전역에 걸쳐 27개 프로젝트를 진행해 담수 생산 용량은 640만 톤 규모에 달함. 두산중공업은 현재 해수담수화 기술 가운데 다단증발방식(MSF), 다단효용방식(MED), 역삼투압(RO)의 3가지 방법 모두 기술과 실적을 보유한 회사임.
- 두산중공업은 이 같은 해수담수화 경쟁력을 바탕으로 수처리 사업에 진출하는 등 앞으로 계속해서 물 사업을 확대할 계획이며, 경남 창원, 미국탬파, UAE 두바이에 각각 연구개발(R&D)센터를 건립, 다양한 물 관련 연구를 수

행하고 있음.

- 사업단 과제에 주도적으로 참여하여 설계/시공기술 측면에서는 세계수준이나, O&M 분야에 대한 경험이 적어 선진국과 3~5년 내외의 기술격차가 발생하였음.

□ GS건설(주)

- 스페인 물 전문기업 INIMA사를 인수하여 기술 교류 및 협업체계를 구축함으로써 SWRO 프로젝트 수주 및 Concession 사업 참여를 추진하고 있음.
- GS INIMA는 GS건설이 100% 지분을 가진 자회사로 역삼투압 방식(RO) 담수 플랜트 방식의 기술을 가진 세계 10위권의 업체임. 1957년 설립해 세계 최초로 담수 플랜트 시공을 한 후 전 세계 200개 이상의 수처리 플랜트 시공 실적을 보유하고 있음. 2012년 알제리에서 세계 최대 규모인 하루 20만 톤의 바닷물을 RO담수화 할 수 있는 시설을 준공하였으며, 유럽 최대 규모인 하루 384톤의 슬러지 건조 플랜트 시공 및 운영기술을 가지고 있음.
- 담수플랜트 분야 세계적인 기술력을 보유하고 있는 이니마를 통해 신성장 동력 확보는 물론, 해외시장 확대라는 시너지로 중동과 아시아에 편중된 수주시장을 미주, 유럽, 아프리카 등으로 넓혀 해외 수주시장의 다변화를 추진하고 있음.
- GS건설은 국토교통과학기술진흥원으로부터 70억 원의 연구과제비를 지원받아 차세대 해수담수화 기술의 하나로 주목받고 있는 SWRO/PRO 복합해수담수화 기술개발을 수행 중에 있으며, 해수담수화 에너지 소모량을 25% 줄이는 신개념 해수담수화 공정기술을 개발 중임.

□ 현대건설(주)

- 현대건설은 세계 최초로 ‘카본 나노튜브 역삼투막 방식(CNT RO)’를 활용한 해수 담수화 기술개발을 진행하고 있으며, 한국수자원 공사, 도레이케미칼과 공동으로 CNT RO를 활용한 해수 담수화 공정 설계 패키지 기술연구를 추진하고 있음.
- CNT RO기술은 나노 물질(초미세 물질)인 카본 나노튜브(CNT)를 역삼투막에 코팅해 막을 통과하는 물의 속도를 높여 담수 생산량을 증가시키는 기술로 기존 역삼투막 기술과 비교해 물 투과량을 30%이상 향상시킬 것으로 예상됨.
- 한국수자원공사와 공동으로 시화호 인근 부지에 하루 200m³ 규모의 저에너지 생산하는 CNT RO기반 해수담수화 실증플랜트 시설 설치를 진행 중에 있으며, 2016년 3월까지 국내 운전을 성공적으로 마무리한 후 물 부족에 시달리고 있는 중동과 북아프리카 지역을 대상으로 사업화할 계획임.

□ 포스코건설(주)

- Posco STAR 브랜드 기술자립화를 위한 설계기술과 운영기술을 지속적으로 확보하는 시스템을 구축하고 있음. 브랜드 기술을 위해 2012년부터 파일럿 연구를 하고 있으며, 광양 3만 m^3 /일 사업부지 옆에 파일럿 실증을 위해서 기본 설계 인자를 도출하기 위한 100 m^3 /일의 담수시설이 운영되고 있음.
- 광양 3만 m^3 /일 규모의 해수담수화 사업은 기본적으로 먹는 물보다 한 번 더 처리한 개념의 고품질 산업용수를 생산하는 것임. 사업비는 550억 원 투입되었으며 사업구도는 PF사업임. SPC 특수목적 법인을 설립하고 EPC와 운영관리 30년을 맡고 있음.
- 국토교통부가 추진하는 스마트워터그리드(Smart Water Grid) 연구를 통해 포스코건설은 2013년 7월에 발전소에서 나오는 온배수를 재이용하는 해수담수화시설 건설을 진행하였음. 온배수는 발전소에서 발생하는 폐열을 흡수하는 냉각수로 활용된 뒤, 다시 바다로 배출되는 바닷물임.
- 온배수 문제를 해결하기 위한 해수담수화 시설은 해외에선 이미 상용화되어 있지만 국내에서는 포스코건설이 2013년 1월부터 짓고 있는 전남 광양 동호안 현장이 최초임. 이 시설은 광양제철소내 발전소에서 배출되는 온배수를 담수화하여 공업용수로 다시 제철소로 공급하게 됨.
- 중형 플랜트 설계 및 시공기술을 보유하고 있으며, 이외 중소/중견 기업의 도서지역 소규모 플랜트 시공 경험을 보유하고 있음.

□ 대우건설(주)

- 대우건설은 자체적으로 저에너지 정삼투 해수담수화 기술 실용화(2011.01 ~ 2013.12) 연구 과제를 수행하여 정삼투 기반 역삼투 공정 농축수 처리 요소 기술 정량화 및 산업재산권 등을 확보하고, 10 m^3 /일 규모의 정삼투 파일럿 플랜트 설계/시공/운전을 통하여 100 m^3 /일 이상의 설계/시공기술을 확보하였음. 또한, 기존 역삼투 공정 강화를 위한 나노막 공정접목을 통해 경제성 향상 공법을 도출하여 해수담수 시장진입을 위한 정삼투 기반 농축수처리 통합형 저에너지 역삼투 해수담수화 공법을 확보하였음.

□ 시노펙스

- 물 분석 원천기술과 함께 핵심 소재 및 모듈, 시스템 패키지 기술까지 보유한 수처리 솔루션 전문기업으로 분리막 필터는 각종 오폐수 정수는 물론, 물 재이용, 해수담수화 등 다양한 용도로 사용할 수 있음. 미세한 구멍이 있는 막에 물을 통과시켜 이물질은 거르는 시스템으로 어느 환경에서도 사용할 수 있으며, 특히 해수담수화 부문에서는 다량의 물을 끓이기 위해 대규모 플랜트가 필요했던 증발식과 비교해 공간효율이 월등해 각광받고 있

음.

- 시노펙스 포항사업장은 마이크로급에서 나노급까지 다양한 종류의 분리막 필터를 하루 3,000여개 생산하고 있음.

□ 에코니티(ECONITY)

- HDPE를 이용한 침지형 하폐수 처리용 막, PVDF를 이용한 가압형 정수용막 등을 개발하여 수처리장에 공급, 설치, 운영하고 있으며, 에코니티 기술연구소는 2013년 8월 국토해양부로부터 “MD전용 고투과성 분리막 및 모듈개발”을 주제로 약 5년 동안 진행 되는 과제를 수주하였음. 국토교통과학기술진흥원으로부터 30억 원의 과제비를 지원받아 수행하는 것으로 차세대 해수담수화 기술의 하나로 주목받고 있는 MD(MembraneDistillation)에 대한 분리막의 개발과 분리막을 산업화 할 수 있는 모듈의 개발에 초점을 맞추고 있음.

□ 도레이 케미칼

- 도레이 케미칼(구, 웅진케미칼)은 미국과 일본에 이어 지난 1994년 국내 최초로 역삼투 필터를 개발, 국내 1위의 수처리용 역삼투필터 사업을 하고 있음. 한편 도레이첨단소재는 2013년 11월 웅진 케미칼 지분 인수를 위한 본계약을 체결, 일본 도레이의 선진기술을 들여와 수처리 사업 분야를 더 강화할 계획임.
- 분리막 기술은 막을 통해 정제하는 기술로 역삼투압 방식을 사용하는 RO(ReverseOsmosis)와 미세 기공으로 오염물질을 걸러내는 마이크로필터(MF), 울트라 필터(UF), 나노필터(NF) 등으로 나눌 수 있음. 이에 도레이 케미칼은 RO와 MF 등의 필터생산 기술을 보유하고 있으며, 최근에는 UF필터 개발에 성공하여 생산, 판매를 진행 중임.
- 산업용 RO 시장은 환경오염, 용수비 증가로 인한 폐수 재활용 분야와 반도체 및 광학업종 증설로 인한 초순수 분야의 두드러진 성장이 전망되며 국내외 해외담수화 프로젝트 진행이 가시화되면서 수요가 확대되고 있음.

□ 웰크론한텍

- 고밀도 섬유제조 기업인 웰크론은 가정이나 산업현장에서 쓰는 극세사 클리너와 집먼지진드기를 막아주는 극세사 침구류를 주력으로 성장한 전통적인 섬유기업임. 그러나 일반섬유로는 경쟁력을 확보하기 어려워지면서 2005년 극세사 섬유 제조기술에 나노기술을 접목, 나노섬유 분야에 뛰어들었음.
- 이후 웰크론은 멜트블로운 공법으로 나노섬유 울파필터 소재개발을 성공하였으며, 2011년에는 국내 최초로 고성능 첨단 필터 PTSE 중공사 멤브레인 필터 개발에 성공하여 국내 대표 나누 필터 생산 기업으로 자리잡았음.

○ 현재 국내에는 도서지역인 추자도 해수담수 설비에 적용되어 담수설비에 대한 매출액은 2011년, 2012년 각각 157백만원, 3,747백만원을 올렸음.

(2) 국내 전문가 현황

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	국적
Membrane 제조	홍성표	도레이케미칼/팀장	Membrane 제조	한국
수처리	김충환	수자원공사/수석연구원	수처리	한국
수처리	김수한	부경대학교/교수	수처리	한국
플랜트 설계	조임현	두산중공업/상무	플랜트 설계	한국
Membrane 제조	신용철	코오롱/부장	Membrane 제조	한국
Pump 제조	임우섭	효성굿스프링스/사장	Pump 제조	한국
RO 엔지니어링	황문현	광주과기원/책임연구원	RO 엔지니어링	한국
플랜트 설계	우성우	두산중공업/부장	플랜트 설계	한국
막 제조	전재홍	코레드/과장	막 제조	한국
막 제조	장문석	에코니티/대표이사	막 제조	한국
MD 기술	김승현	경남대학교/교수	MD 기술	한국
RO-FO 플랜트	김인수	광주과기원/교수	RO-FO 플랜트	한국
막여과/MBR/Biofouling	이정학	서울대학교/교수	막여과/MBR/Biofouling	한국
막여과/MBR/Biofouling	최장규	광주과기원/선임연구원	막여과/MBR/Biofouling	한국
정수처리/막여과	최승일	고려대학교/교수	정수처리/막여과	한국
정수처리	이석현	한국과학기술/책임연구원	정수처리	한국
수처리/막여과	서규태	창원대학교/교수	수처리/막여과	한국
수처리/소독	손진식	국민대학교/교수	수처리/소독	한국
플랜트 기술	조정식	KICT/수석연구원	플랜트 기술	한국
수처리/막여과	홍승관	고려대학교/부교수	수처리/막여과	한국
수처리/막여과	김형수	성균관대/교수	수처리/막여과	한국
수처리/막여과	김한승	명지대학교/교수	수처리/막여과	한국
수처리/막여과	독고석	단국대학교/교수	수처리/막여과	한국

수처리/막여과/나노소재	이상호	국민대학교/교수	수처리/막여과/나노소재	한국
소독	신기하	(주)유니테크/사장	소독	한국
RO 공정	최준석	한국건설기술연구원/수석연구원	RO 공정	한국
막여과/광촉매	추광호	경북대학교/교수	막여과/광촉매	한국
NOM/막여과/습지	조재원	UNIST/교수	NOM/막여과/습지	한국
공정모델링	김준하	GIST/교수	공정모델링	한국

(3) 국내 관련 R&D 추진현황

해수담수화 분야 R&D 추진현황

○ 2007년부터 현재까지 다양한 해수담수화 관련 연구가 진행되었음

그림 87. 국내 해수담수화 플랜트 R&D 추진현황

- 다양한 해수담수화 분야 연구 추진을 통해 물적·인적 인프라 축적
- 해수담수화 연구추진을 위한 파일럿 플랜트 시설 (10 ~ 1,000 m³/day) 구축



그림 88. 부산 기장 역삼투 파일럿 플랜트 (Q=1,000 m³/day)



그림 89. 경북 안동 막중류 역삼투 파일럿 플랜트 (Q=10 m³/day)

그림 90. 부산 역삼투-압력지연삼투 파일럿 플랜트 (Q=240 m³/day)



그림 91. 경기도 일산 역삼투-압력지연삼투 파일럿 플랜트 (Q=10 m³/day)

2. 추진 필요성

(1) 동향분석 결과

□ 시장동향 분석결과

- 물 부족과 기후변화의 영향으로 해수담수화 시장은 전 세계적으로 빠르게 성장하고 있음
- 기존 육상 고정식 해수담수화 플랜트를 대체하고 보완할 수 있는 해상 이동형 해수담수화 플랜트가 향후 도입되어 기존시장의 15~20%를 점유할 것으로 전망됨
- 국내의 경우에도 최근 가뭄과 물 부족의 심화에 따라 도서지역과 임해지역에 해수담수화 플랜트 도입의 필요성이 증가하고 있으나, 상시 가동이 어려운 지역의 경우에는 해상 이동형 해수담수화 플랜트의 도입이 필요하기 때문에 시장의 형성 가능성은 긍정적임

□ 기술동향 분석결과

- 기존 해수담수화 플랜트 기술의 경우 저에너지 및 저비용을 위한 다양한 기술이 개발되고 있음
- 해외 담수화 전문기업을 중심으로 이동형 플랜트를 위한 모듈형 및 패키지형 담수화 기술의 개발이 진행되고 있음
 - 해외에서는 중대규모 부유식 해수담수화 플랜트 설계기술 확보하고자 민간기업을 중심으로 연구개발을 진행하고 있음
- 국내에서는 기존 해수담수화 기술에 대해서는 활발하게 연구개발이 진행되고 있으나 아직까지 이동형 담수화 플랜트 기술개발은 미비한 실정임
 - 국내에서는 중소규모 선박탑재형 담수화장치(바지선) 제작기술이 개발 중

□ 정책동향 분석결과

- 국내 도서지역 용수공급 관련 정책의 보완이 필요하며, 해수담수화 플랜트 사업 촉진을 위한 법·제도 마련이 필요함
- 개발도상국에서는 해수담수화 플랜트 도입 촉진과 이를 바탕으로 한 자국의 산업육성을 위한 정책을 마련하고 있으며, 선진국에서는 해수담수화 플랜트 도입이 환경에 미치는 영향을 고려한 정책 개발이 진행되고 있음
- 또한 선진국에서는 자국의 기업과 기술을 바탕으로 해외시장에 진출하고자

하는 다양한 정책적 노력을 진행하고 있음

□ 시사점

- 기후변화로 인해 더욱 가속될 것으로 전망되는 물 부족 사태 등에 대비하기 위한 국가적 차원에서 다양한 형태의 수자원 개발과 지원이 필요
- 미래의 위기를 새로운 기회로 만들 수 있는 수자원산업이 지속성장이 가능한 블루오션 시장으로 등장함에 따라, 민간기업의 참여를 유도하고 관련 산업을 육성하여 수자원산업 및 대체 수자원 기술의 산업화를 위한 국가적 기반 마련이 절실함. 글로벌 수자원산업 시장은 향후 지속적으로 성장이 예상되므로 기술선점을 통해 국가 경쟁력 확보하고 수자원산업을 육성하여 경제성장과 수출증대의 신 모멘텀으로 활용할 필요가 있음
- 미래 시장성장 가능성은 높지만 아직 국내에서 기술이 확보되어 있지 않으므로 집중적인 투자를 통하여 조기에 기술을 확보하여 시장경쟁력을 갖출 필요가 있음
- 수자원산업 중에서 고부가가치 영역인 부품·소재, 운영 및 관리 분야에서 국내 기업의 해외 시장 경쟁력 확보를 위한 과감하고 공격적인 연구개발 투자와 적극적 지원이 요구되며, 특히 해수담수화 분야는 초기 투자비용이 많이 들며 공공성이 높기 때문에 국가 주도의 연구개발 및 관리가 필요함
- 특히 육상 해수담수화 플랜트와 해상 이동형 해수담수화 플랜트의 핵심기술이 상이하므로 이를 집중적으로 개발하여야 함
- 기술개발과 함께 비즈니스 모델의 개발과 조기 실증화 필요
- 개발기술의 상용화와 해외사업화를 위한 정책적 지원방법 마련도 필요

(2) 본 과제 추진 필요성

□ 기술적 측면

- (기술 경쟁력 확보) 기존의 바지선 방식이 아닌 자항식 선박방식으로는 세계 최초로 해상 해수담수화 플랜트 기술을 실증화할 수 있으며, 이를 통하여 해외 신규시장 선점을 위한 기술적 우위를 확보할 수 있음
 - 기존 사우디아라비아에 설치된 ACWA 담수화선박 등은 모두 바지선 방식이며, 해상에서의 이동과 현장적용에 제한이 있음

□ 경제·사회적 측면

- (신성장 동력산업) 해상 담수화 플랜트는 기존 육상 담수화 플랜트를 대체

할 미래기술로서 높은 부가가치를 가지는 유망기술로 전략적 투자 필요

- 전 세계 담수화 시장은 2016년에 126억 달러 규모이며, 연간 지난 5년간 연평균 9.9%의 성장률을 보이고 있으며 (GMR, 2016), 미래 해수담수화 플랜트의 15~20%가 육상방식이 아닌 해상 부유식으로 건설될 것으로 전망됨 (Deloitte, 2014)
 - 전 세계 이동식 담수화/수처리 시장은 2016년에 9.09억 달러이었으며, 2019년까지 연간 11.2%의 성장이 예상되며, 주로 아시아 지역의 시장이 급성장할 것으로 전망됨
 - 해외에서는 싱가포르의 Hyflux와 이스라엘의 IDE 등에서 해상 담수화 플랜트 기술개발에 착수하고 있으나, 아직까지 국내에서는 이에 대한 준비가 없어 기술개발 추진이 시급함
- (사업성공 가능성) 다음 그림에 나타난 바와 같이 해상이동형 담수화는 예상치 못한 추가건설비용의 지출을 막고, 기후변화에 의한 물 수요 변동에 대응할 뿐 아니라, 여러 가지 사업적 위험요소를 제거하고 건설비용을 절감함으로써 기존방식에 비해 높은 마진을 거둘 수 있어 사업적 성공가능성이 높은 것으로 분석되고 있음

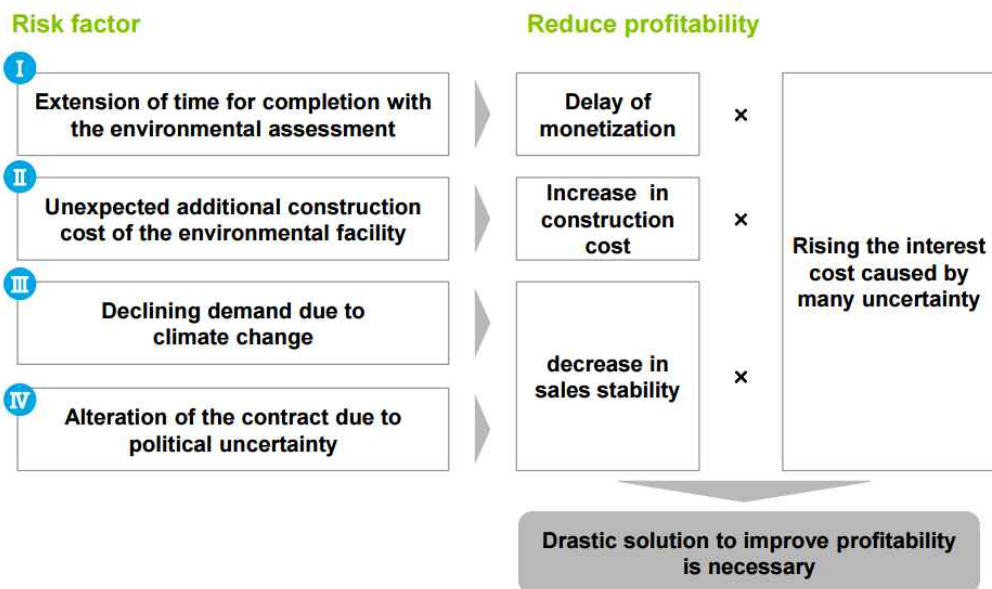


그림 92 해상 이동형 담수화 사업의 추진 필요성 (자료: Deloitte Tohmatsu Consulting Co., Ltd.)

- (국내·외 사업화 기회) 전 세계 선박가격의 하락으로 해상 이동형 담수화의 가격경쟁력 상승에 따라, 사업추진의 최적시기가 도래하였으나, 이 시기를 놓치게 되면 시장진입의 가능성이 낮음

- 클락슨 리서치에 의하며 전세계 선가지수는 2008년 186에서 2016년 127로 31%나 감소하였으며, 중고선박의 가격도 하락함에 따라 해상 이동형 해수담수화 플랜트의 가격경쟁력이 높아짐
- (수자원 산업육성) 대기업·중소·중견기업의 컨소시엄에 의한 산업육성 효과가 높은 기술 분야로 전략적 투자가치가 높음
- (물 복지) 현재 수자원 확보 취약지역인 도서지역에 대한 저비용·고품질의 무단수 물 공급 서비스 제공 필요
- 수자원·환경적 측면
 - (물 안보) 기후변화에 의한 가뭄/홍수 등의 재난상황 대응을 위한 국가차원의 전략적 수단 확보 시급
 - (국내 물 부족 대응) 국내 비상용수 공급 및 국가 기간산업에 대한 비상대처 수단으로서 미리 준비하여야 하며, 기술 확보가 시급하게 추진되지 않는다면 앞으로 예상되는 가뭄과 물 부족으로 많은 피해가 발생할 수 있음
 - 2015년 한반도 가뭄과 같은 사태가 다시 발생하는 경우 해상이동형 담수화 기술을 미리 확보해둔다면 국내 다수지역의 물 부족 문제를 동시에 해결할 수 있음
 - (해외시장 진출기회 상실) 해상 이동형 해수담수화 기술의 해외 수요처가 최근 증가하고 있으나, 현 시점을 놓치게 되면 해외 타 기업의 참여로 인하여 시장진입이 어려워질 것으로 우려됨
 - (기후변화로 인한 수자원 확보 변동성) 다음 그림에 나타난 호주 시드니 담수화 플랜트의 사례와 같이 수자원 확보가능량의 변동은 해수담수화 플랜트의 탄력적인 운영을 필요로 하고 있으며, 해상 이동형 담수화는 이러한 조건을 만족시킬 수 있음
 - (해수담수화 플랜트의 환경영향 문제)
 - 농축수 방류에 의한 해양생태계 교란의 문제가 선진국을 중심으로 부각되고 있으므로, 농축수 방류를 위한 시설 건설에 많은 비용이 필요함
 - 해수의 취수를 위한 시설의 건설은 환경을 파괴
 - 해상이동형 담수화는 환경영향을 최소화하는 지점에서 쉽게 취수를 하거나 농축수를 배출할 수 있어 낮은 비용으로 환경영향 문제를 해결할 수 있는 유망한 대안임

제3장 선박관련 기술 검토

1절. 선박 공통 핵심기술

(1) 선박의 정의와 기능

- 선박이란 부양성과 적재성을 가지고 스스로 항해할 수 있는 것을 말함
- 선박의 기능은 크게 4가지로 구분할 수 있으며, 선박관련 기술은 이러한 기본기능을 달성하기 위한 수단으로서 개발되었음



그림 93. 선박의 4가지 기능

- 선박에 해수를 담수화하기 위한 장치를 탑재하여 운영하는 경우에는 선박과 관련된 여러 기능 중에서 특히 복원성 평가기술, 내항성 평가기술, 유기진동 제어기술, 구조안정성 기술, 유지보수 기술 등이 중요함

(2) 복원성 평가기술

- 복원성은 선박이 외력에 횡경사 발생했을 때 원상태 (uptight position)로 돌아오려는 성질
- 선박의 복원성은 질량 중심과 부력 중심이 만들어내는 복원 모멘트에 의하여 결정되며, 횡경사의 증가에 따른 복원 모멘트와 모멘트 암의 관계를 복원력 선도라 함
- 복원력 선도는 횡경사각이 10도 이상 증가할 때 비선형적인 성질을 가지며, 이에 대한 수치 해석적인 기술이 필요하며, 선박 내부에 존재하는 자유표면은 복원성을 악화시키는 요소임. 아래의 그림은 선체의 횡경사각이 복원력에 미치는 영향을 나타낸 예임
- 따라서 충분한 복원성을 확보할 수 있도록 담수 플랜트와 생산 담수의 질량과 위치를 결정하는 것이 중요함

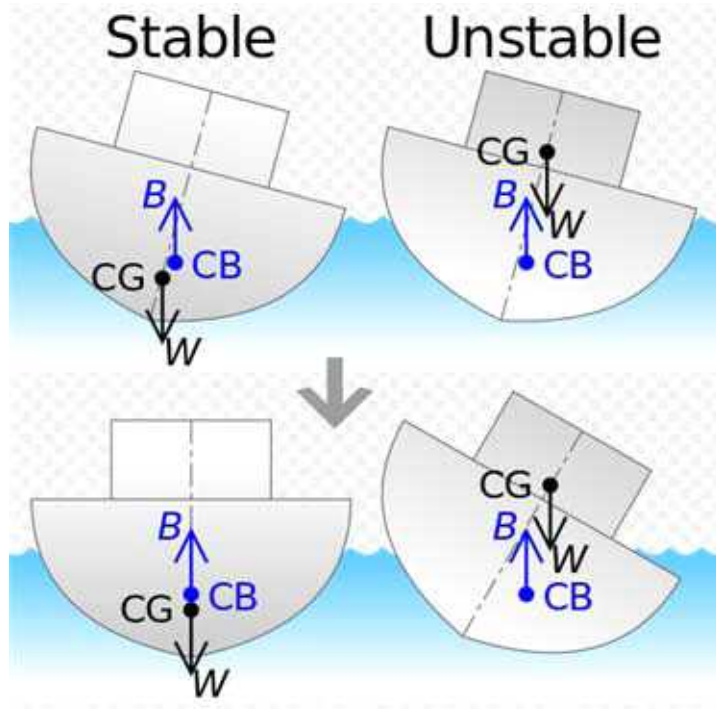


그림 94. 선체의 복원성 관련 이론모형

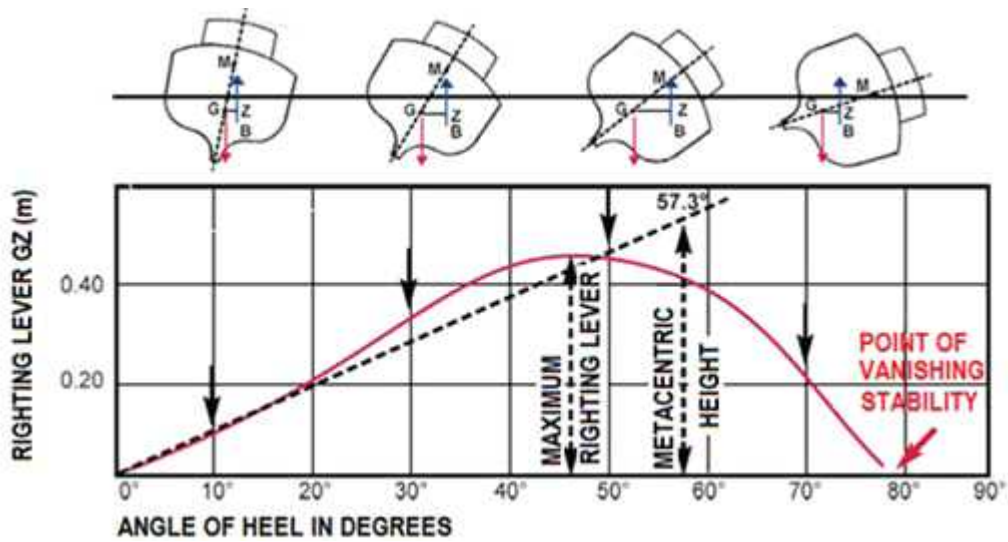


그림 95. 선체의 횡경사각에 따른 복원력 선도 그래프

(3) 내항성 평가기술

- 내항성은 파랑중 선박의 운동 특성을 의미하며, 6자유도 운동에 대한 성질을 운동 RAO(response amplitude operator)로 표현

- 6자유도 운동 중에서 반복 운동에 관한 상하동요(heave), 횡동요(roll), 종동요(pitch) 운동성능이 중요함. 횡동요는 주요 멀미 유발 성분임
- 내항성 평가는 CFD로는 물리적으로 불가능한 긴 시간이 요구되어 포텐셜 이론을 적용한 방법을 적용하며 난이도 높은 기술임
- 본 선박이 연해를 항행하더라도 규정상 내항성검증이 요구되며, 담수화 설비 및 담수의 질량으로 인하여 내항성이 무시하지 못할 정도로 변동할 것으로 추정되며, 이에 대한 해석이 필수적일 것으로 사료됨

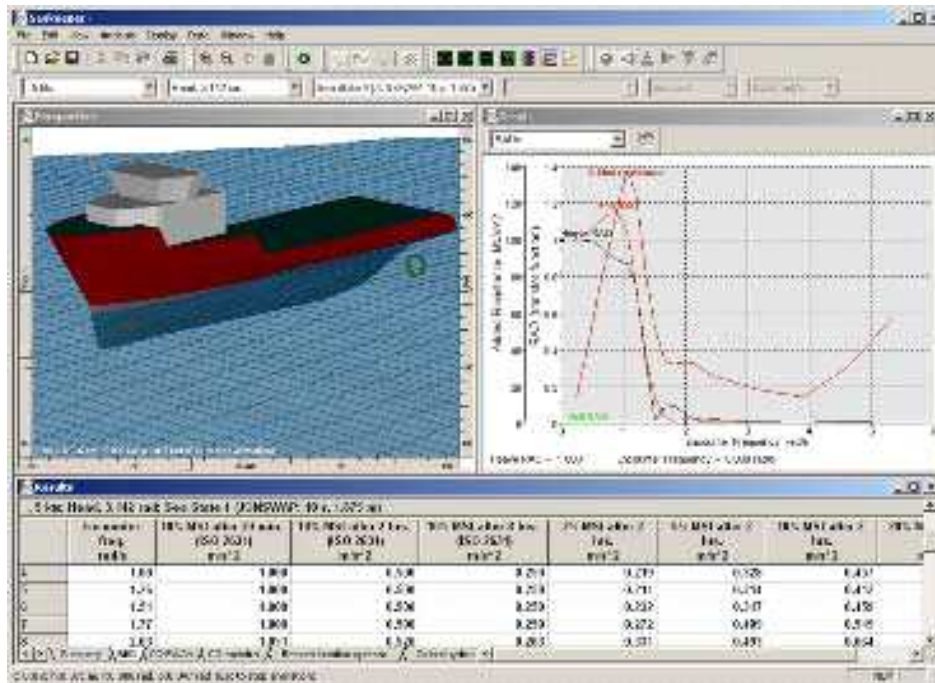
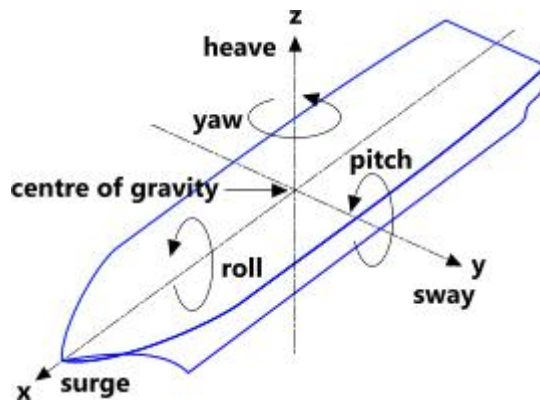


그림 96. 내항성에 따른 6자유도 운동 및 CFD기술

(4) 유기진동 제어기술

- 해수 담수화 장치와 자체 기진력이 있는 경우 선체와 장비 사이에 진동을 절연시키기 위한 탄성 마운트(resilient mount)를 적용.

- 탄성마운트의 개수 및 위치를 결정하기 위해서는 프레임 지지 구조의 형태, 탑재 장비의 중량, 중량분포 특징, 탄성마운트 용량과 형태 등을 고려해야 하며, 별도의 진동 해석이 요구됨.



그림 97. 선체와 장비 사이에 진동을 절연시키기 위한 탄성마운트

- 아래 그림은 2016년 Wärtsilä사는 크루즈선에 사용할 900ton/day 규모의 해수 담수와 설비를 납품한 실적이 있으며, 진동 문제의 경우 해외 사례 및 진동 해석을 통하여 쉽게 해결이 가능할 것으로 판단됨.



그림 98. Wartsila 탄성 마운트

(5) 구조 안정성 기술

- 담수 플랜트 선박을 신조할 경우 전선 및 국부 강도 평가 및 피로 강도 평가가 반드시 필요함 (선박안전기술공단 또는 한국선급의 인증을 위하여 반드시 제출해야 함).
- 전선 강도 평가는 선박 전체를 FEA(finite element analysis)를 통하여 응력

집중부를 확인하고, 규정을 만족하는지 검증하는 과정.

- 국부 강도 평가는 다양한 선체 용접부 및 장비 마운트 등 국부 용접부의 응력 집중이 규정을 만족하는지 검증하는 과정.
- 피로 강도 평가 방법은 간이해석법, 통계적 접근법, 시간영역법 등이 있으며, 이동형 담수화선박의 경우 선박 규모가 작아서 간이해석법이 적절하고, 부유식의 경우 통계적 접근법이 반드시 필요함(선급 또는 공단 제출).

(6) 유지 보수기술

- 해수에 잠긴 선체에는 따개비 등이 부착(marine growth)되어 부식을 가속화하고 표면 거칠기를 증가시켜 운항 효율이 감소하는 역할을 함.
- 이를 방지하기 위하여 방오 도료(페인트)를 사용하지만, 환경오염으로 인하여 친환경 제품을 사용해야 함.
- 선박은 주기적으로 유지 보수 검사를 받으며, 이때 표면 해양 생물의 제거 및 페인팅을 할 수 있음.
- 본 담수 플랜트 선박의 경우 선속이 중요하지 않기 때문에, 선박 자체의 유지보수는 크게 어렵지 않을 것으로 예상되지만, 담수 탱크 등의 청결 유지 등에 관심을 가져야 함.

2절. 저항선박 핵심기술

(1) 저항선박 기반 담수화 플랜트 핵심기술

- 앞서 기술한 공통핵심기술 외에 저항식 선박을 이용하는 경우 이동성 확보를 위한 기술이 추가적으로 필요함
- 따라서 선박의 저항성능을 고려한 설계기술, 유체성능 평가기술 등이 추가로 개발되거나 검토되어야 함

(2) 저항성능 설계기술

최적 선형 설계 기술

- 선종 및 선속에 따라 선박에 작용하는 저항을 최소화하는 최적 선형을 설계하는 기술임

- 저속(탱커) :U형 선형
- 고속(컨테이너선) :V형 선형
- 선형 결정에서는 저항뿐만이 아니라 복원성, 내항성, 조종성 등을 종합적 고려
- 광폭 천흡수 선형
 - 얇은 수심에서 운항선박의 복원성 및 화물 적재에 유리한 선형
- 최적 프로펠러 설계 기법
 - 프로펠러 회전수 및 선미부 유속분포를 고려하여 추력이 최대로 발생하는 프로펠러를 설계
 - 캐비테이션 및 소음 발생이 적은 프로펠러를 설계

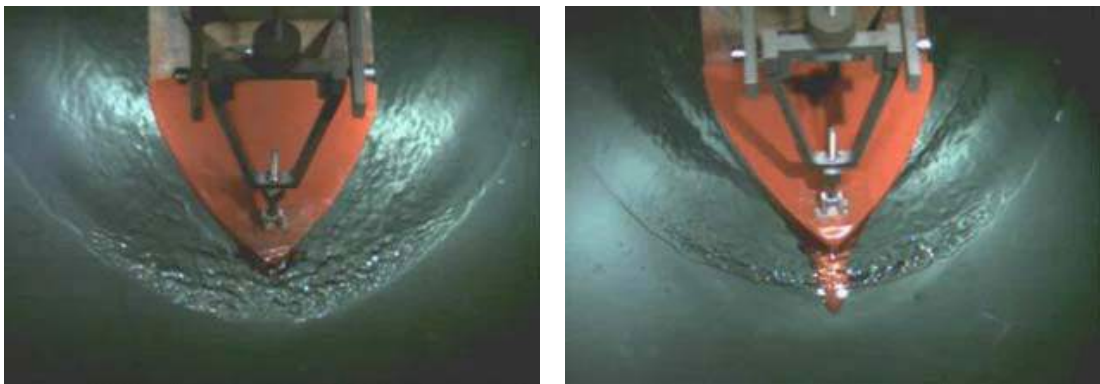


그림 99. 선박 최적선형 설계사례

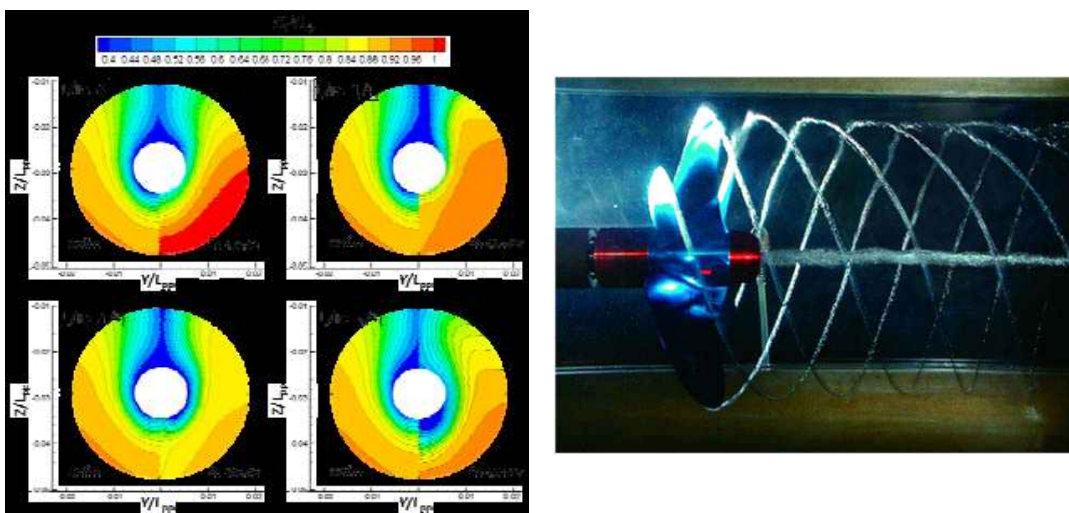


그림 100. 최적 프로펠러 설계

(3) 유체성능 평가기술

□ 모형시험을 이용한 유체성능 평가

○ 유체성능 평가시험에는 다음과 같은 종류가 있음

- 선박의 저항을 계측하는 저항시험
- 프로펠러 단독성능을 계측하는 단독시험
- 실선의 엔진마력 추정을 위한 저항시험 (프로펠러가 장착된 모형선을 이용)
- 선박 복원성 및 자유횡요 시험
- 파랑 중 선박 운동을 계측 시험
- 선박 조종 유체력 계측 시험
- 선박 조종성능 평가를 위한 자유항주 시험

□ CFD를 이용한 선박의 유체성능 평가

- 선박 주위 유동특성 및 선체저항을 평가하거나, 선박의 운동과 조종성능을 평가하고, 프로펠러 추력 및 캐비테이션 특성을 평가



그림 101. 모형선 저항시험



그림 102. 모형선 복원성 시험

3절. 비자항식 선박 핵심기술

(1) 비자항식 선박 정의 및 관련 기술

□ 정의와 종류

- 비자항식 선박은 자항식 선박의 반대개념으로 자체추진능력이 없으며, 예항 (Towing) 혹은 압항 (Pushing)되어 이동됨
- 대표적으로는 바지선 (부선 혹은 함선) 등이 있으며, 선체는 부력을 발생시키는 역할만 하고 화물은 상갑판 위에 싣는 것을 Deck Barge, 상갑판 없이 선체가 그릇과 같은 형태로 되어 그 안에 화물을 담은 Hopper Barge, 그리고 선체 자체가 탱크로 이루어져 그 내부에 액체화물을 싣는 Tank Barge 등으로 구분 할 수 있음

□ 관련 핵심기술

- 비자항식 선박의 경우에도 자항식과 마찬가지로 선박의 복원성, 내항성, 위치제어, 구조안정성, 유지보수 등의 기술이 필요함. 다만 선박의 형상이 상이하므로 이를 고려한 기술의 적용이 필요함
- 비자항식 선박 설계의 기본원리는 자항식 선박과 유사하나, 동력부를 고려할 필요가 없으며, 선형의 차이가 있다는 점을 고려하여야 함
- 해상이동형 담수화 플랜트를 건설함에 있어, 바지선과 같은 비자항식 선박을 적용하는 경우 담수화 플랜트와 기자재에 맞는 선박 설계기술의 적용이 필요함
- 또한 바지선 등을 이용하여 중대형 부유식 해수담수화 플랜트를 건설하는 경우에는 위치유지가 핵심기술이 될 수 있음

(2) 비자항식 선박 설계기술

□ 경하중량 추정

- 경하중량은 의장품, 기관 부품의 탑재 및 공사 완료 후 선박이 완성된 상태의 자체 중량
- 선각 중량(Ws: Hull Weight), 의장 중량(Wo: Outfitting Weight), 기관부 중량(Wm: Machinery Weight)으로 구성
- 선체의 형상과 화물의 배치에 따라 부분적으로 부력과 중력은 불균형하며, 선체를 몇 개의 블록으로 분할하면 각각의 블록은 변형 상태를 보임
- 선체에 전단력(shear force), 굽힘 모멘트(bending moment), 비틀림 모멘트(twist or torsional moment)가 발생하므로 설계단계에서 고려하여야 함

□ 선체 구조설계

- 선체 구조 설계는 먼저 선체 구조 강도 확보를 위한 선체 구조 부재 치수를 결정(Rule Scantling)하고, 선체 구조를 해석한 후 도면을 작성하는 과정을

따름

- 선체 구조 해석은 화물창 구조 해석, 전선 구조 해석, 피로 해석(Fatigue Analysis), 화물창 Sloshing 해석 등이 포함됨
- 1단계로 선급 규정에 따른 구조 부재 치수를 계산하고, 2단계로 종강도를 검토하며, 3단계로 횡강도를 검토하고, 4단계로 좌굴, 슬로싱, 피로 강도를 검토한 후 5단계에는 직접적인 구조해석을 수행함.
- 바지선과 같은 비자향식 선박은 구조가 복잡한 자향식 선박에 비하여 설계 과정이 단순할 수 있음

□ 배치 설계

- 선박계산을 통해서 탑재된 담수화 플랜트 기자재의 배치를 최적화함
- 선박유체 정역학적 계산과 비손상시 복원성능 계산, 손상시 복원성능 계산, 구획용적 계산 등을 수행함

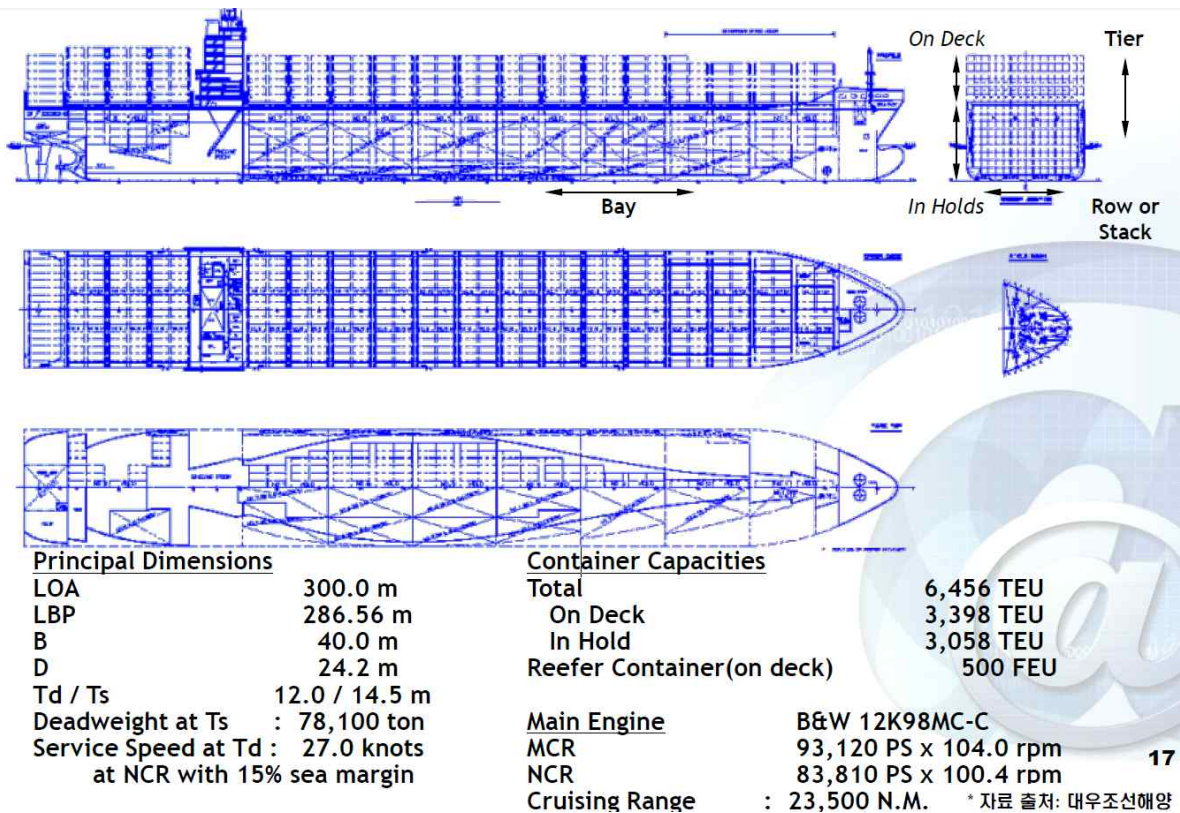


그림 103. 초대형 컨테이너선 배치도의 예 (자료출처: 대우조선해양)

(3) 위치유지기술 (DPS)

- 위치 유지를 위해서는 계류선을 이용하여 선박을 고박하는 방법과 방향 전

환이 가능한 추진기(thruster)를 이용한 DPS(Dynamic Positioning System)으로 분류됨

- DPS는 방향 전환 추진기 및 GPS를 이용하여 선박의 위치를 자동적으로 유지시키는 시스템
- 위치 유지 기술은 자항 선박 보다는 부유식 선박 또는 대형 부유체(VLFS, very large floating structure)에 적용 가능한 기술임
- 향후 부유식 담수 플랜트의 설계를 위해서는 계류선 또는 DPS에 대한 선택과 집중적인 연구가 요구됨.

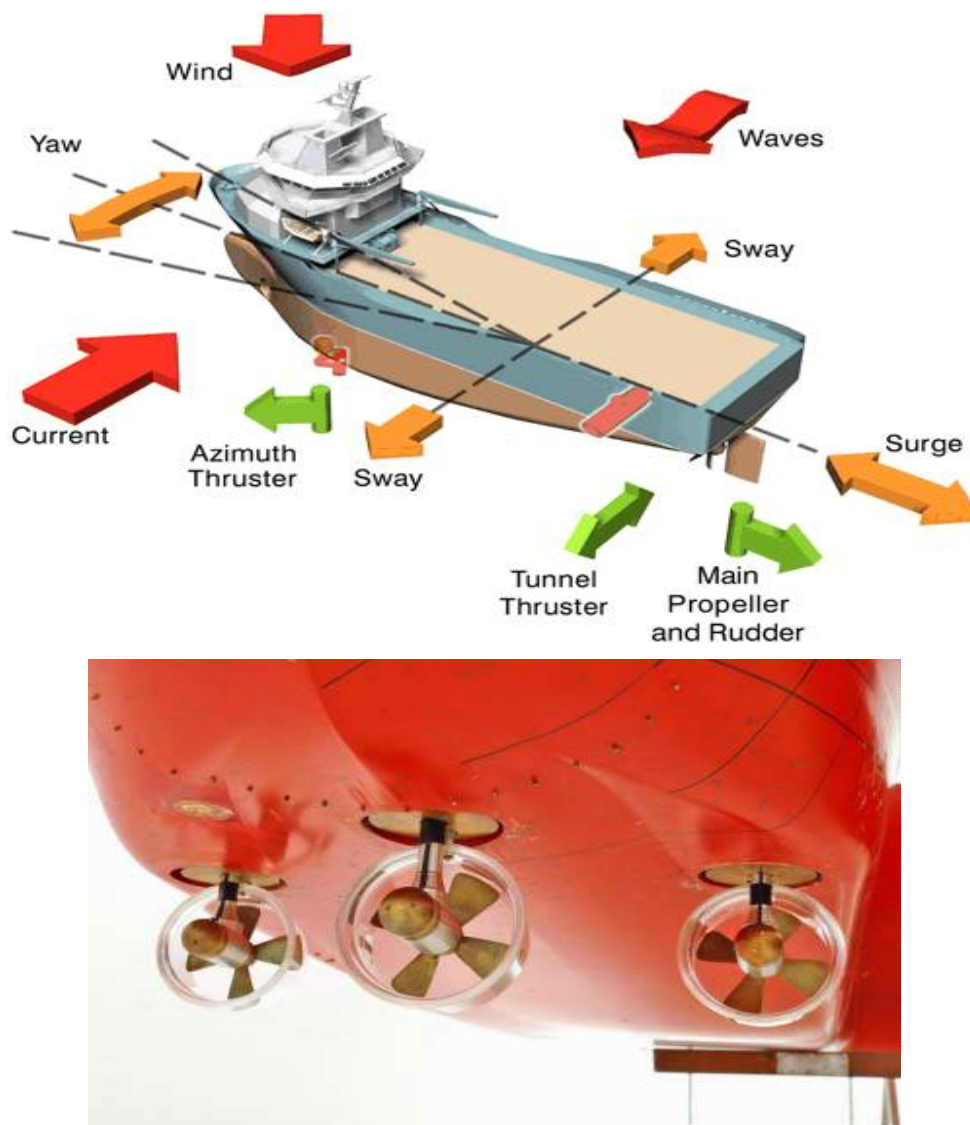
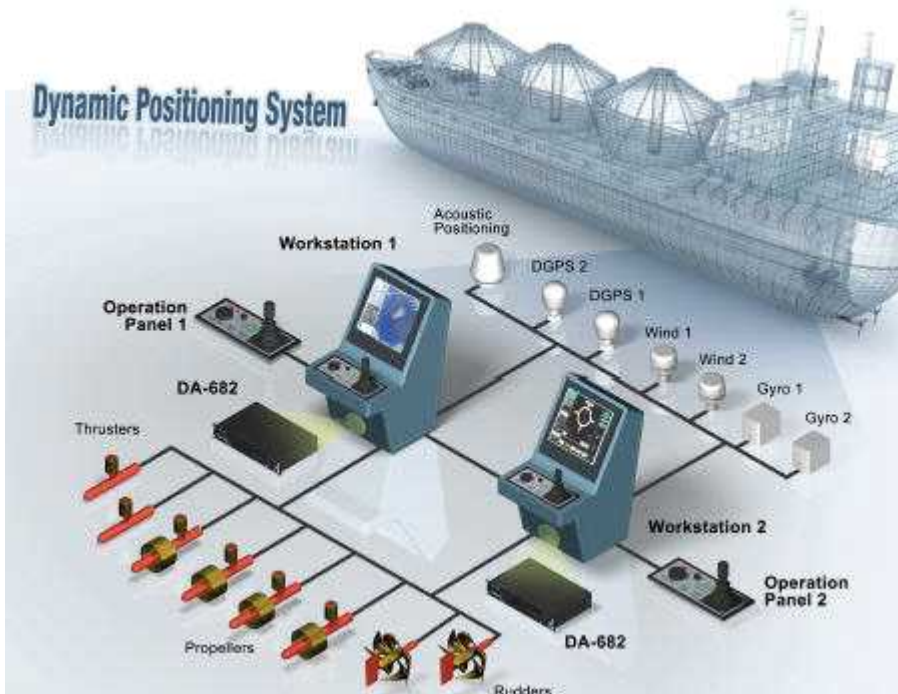


그림 104. 위치유지기술 DPS에 관한 설명



[그림 105] DP 시스템 사례 (출처: MOXA)

(4) 위치유지기술(Mooring)

- 계류방식에는 현수선식 계류 및 인장력식 계류방법이 있음.
- 현수선식은 계류된 선박의 운동 주파수를 저주파수로 이동시켜, 파랑 주파수와와의 공진을 회피하는 방법.
- 인장력식은 계류선에 높은 인장력을 유발하여 계류된 선박의 운동 주파수를 고주파수로 이동시켜, 파랑 주파수와와의 공진을 회피하는 방법.

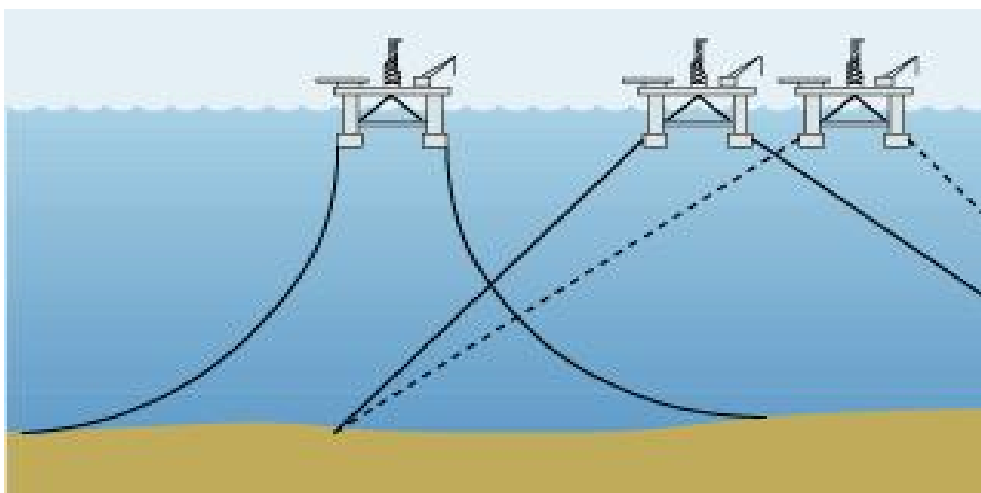


그림 106. Mooring에 관한 설명도

- 차후 부유식 담수 플랜트의 계류선 설계를 위해서는 대상 해역에 대한 파랑, 조류, 바람 등의 환경 하중에 대한 조사가 면밀히 수행되고, 이후 계류선 설계가 수행되어야 함



그림 107. Mooring을 이용해 정박되어있는 선박

제4장 과제성공가능성 : 연구목표 및 연구내용

1절. 기술개발 범위

□ 기술개발 범위 설정

- 시장·기술·정책동향 분석결과를 바탕으로 하여 기술개발 범위는 자항식 담수화 플랜트와 부유식 담수화 플랜트를 모두 포함하는 것으로 하며,
- 이를 통하여 미래해수담수화 주요시장과 틈새시장 모두 공략하고자 함
- 이동형 해수담수화 플랜트
 - 실증플랜트 제작 및 운영 : 도서 물 부족해결
 - 자항식 선박 이용
- 부유식 담수화 플랜트
 - 실규모 플랜트 설계 : 육상해수담수화 대체
 - 동력 바지선 이용



그림 108 해상 이동형 해수담수화 기술개발 범위

2절. 기술개발 방향 및 전략

1. 기술개발 전략

- 기술개발의 주안점 : World First가 아닌 World Best
 - 담수화 선박은 기존에 없었던 새로운 개념은 아니고 기존에도 시도되었음
 - 그러나 그동안 시장 진입에 실패한 것은 시장의 요구조건을 만족할 기술이 없었기 때문임
- 기존기술의 한계점
 - 해수담수화
 - 간헐운전과 변동부하
 - 높은 에너지 사용량
 - 장치의 크기와 하중으로 인한 비용증가
 - 유지관리의 어려움과 오염물질 배출
 - 선박/유틸리티
 - 담수화 전용선박 제작 불가
 - 기존선박의 담수화 목적 활용에 대한 정보/경험 부재
 - 선박 내 활용 가능한 에너지의 제한
 - 높은 제작비 및 운영비용
 - 비즈니스 모델
 - 비즈니스 모델 부재(국내/국외)
 - 수요처 발굴 실패
 - 가격경쟁력 확보 실패
 - 중소규모 시장 중심 추진
 - 사업화를 가능하게 하기 위한 실증화 연구 필요

2. 기술개발 방향

- 기존 선박담수화 기술(As is)
 - 선박용 조수기
 - 선박규모에 비해서 물 생산량 적음
 - 간헐운전 및 가변부하 운전방식에 부적합
 - 해상 담수장치 (바지선 방식)
 - 느린 이동속도와 해상에서의 불안정성
 - 물 생산규모에 비해 크기가 큼
 - 선박탑재형 담수화 장치
 - 컨테이너 방식으로 선박에 수납
 - 주로 육상으로 이동하여 담수화 진행
- 개발하고자 하는 기술 (To Be)
 - 초고성능 저비용 해상 담수화 플랜트
 - 중소규모 해상 이동형 담수화 플랜트
 - 중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트
 - 육상해수화 대비 비용절감 및 새로운 기능·서비스 제시
- 사업화의 걸림돌
 - 높은 비용, 낮은 안정성, 성능미검증
 - 기술개발과 함께 실증화 필요
- 기술혁신과 융·복합, 데모플랜트
 - 기존 기술의 고도화 및 선행개발 기술 활용
 - 실증화를 위한 장치 (데모플랜트) 제작
 - 선박을 위한 담수화 기술, 담수화를 위한 선박 기술 동시 개발

3절. 기술개발 비전 및 목표

□ 비전 및 최종목표

- 비전 : 세계최고성능의 해수담수화 기술 실용화에 의한 물 안보, 물 복지, 수자원 산업성장 실현
- 최종목표 : 300 m³/일 이상의 해상 이동형 담수화 플랜트 기술 확보, 도서지역 해수담수 생산단가 15% 이상 저감, 중대규모 부유식 담수화 시설 설계기술 국산화

○ 선박에 최적화된 해수담수화 장치

- 에너지 절감 (300 m³/day 기준 SWRO 3.9 kWh/m³)
- 가변부하 운전: 최대 4시간 동안 설계용량의 1.5 배 이상 운전 가능
- 기존 해수담수화 설비 대비 20% 공간 절약 및 10% 하중 감소
- 간헐운전을 위한 유지관리 전과정 무인자동화

○ 선박개조 및 에너지 공급기술

- 중고선박 (200~500톤급 내외) 개조 및 해수담수화 플랜트 설치를 위한 공간설계 기술 개발 : 신규선박 활용 대비 비용 20% 이상 절감
- 적용대상지역 맞춤형 전력공급 시스템 설계 및 구축기술 개발 (기존방식 대비 전력공급비용 10% 이상 절감)

○ 해상 이동형 담수화 생산수 육상활용 기술

- 담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발: 접안시설과 관로시설 등의 설계·건설·운영기술 개발
- 다수 도서지역 물 공급 연계운영기술 개발: 기존 소규모 육상해수담수화 시설대비 총비용 15% 이상 절감
- 기존시설 (지하수 시설, 배수지 등)과의 최적연계를 통한 에너지 10% 절감 (최적화 전 대비)

○ 해상 이동형 담수화 생산수 육상활용 기술

- 300 m³/일급 자항식 해수담수화 실증플랜트 설계, 제작 및 국내현장 적용
- 300 m³/일급 부유식 해수담수화 실증플랜트 설계, 제작 및 해외현장 적용
- 실증시설 운영을 통한 O&M 기술 개발 및 검증

- 10,000 m³/일급 중대규모 해상 부유식 해수담수화 시설 설계기술 개발 및 국내·외 사업화를 위한 대상지별 맞춤형 비즈니스 모델 개발

□ 비전 및 목표의 설정근거

- 이동형 담수화 실증장치 규모-국내 해수 담수화 시설규모를 고려하여 결정

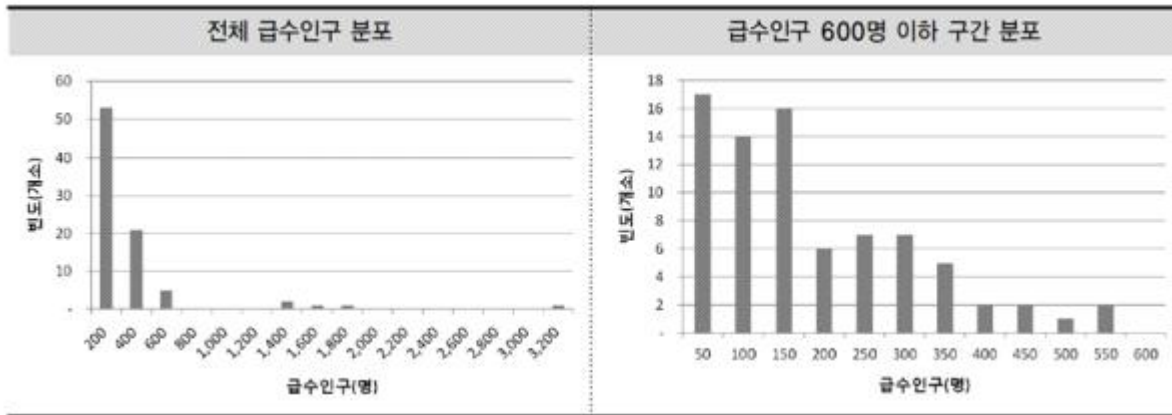


그림 109 도서 지역 급수인구 분포도

선정요소	용수확보 모델				
	저수지	지하수관정	해수담수화시설	빗물이용시설	광역상수도(관로)
인구(명)	>1,000	-	>100	<100	>1,000
면적(km ²)	>10	>1	-	<1	-

그림 110 용수확보 모델

구분	세부항목	'09년 운영관리비 비중	비고
운영관리비	계	100%	※ 수돗물 현황 ▷ 판매량 : 268,888(년/㎥) ▷ 판매단가 : 784(원/㎥) ▷ 생산단가 : 8,794(원/㎥)
	- 전기료(유류비)	7	
	- 현지관리인 인건비	14	
	- 유지보수비	49	
	- 기타	6	
	- 전담인력 인건비	24	

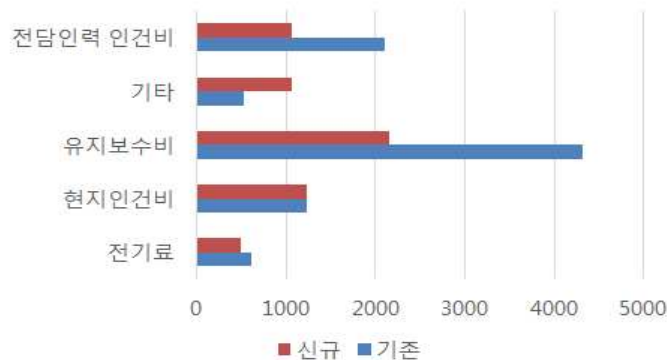


그림 111 도서지역 물 공급 현황

- 도서지역 해수담수화의 주요대상은 급수인구: 100 ~ 1,000 명 사이
- 약 34 ~ 340 m³/day 필요 (평균 50 m³/day, 1일 8시간 운전 = 300 m³/day)
- 도서지역 물 생산 비용절감 - 국내 해수담수화 시설 운영현황 고려
 - 에너지 비용 20%절감, 유지보수비 50% 절감 등을 통하여 도서지역 물 생산 단가를 30%이상 절감 가능
 - 선박의 초기 제작비용과 운영비용 등을 고려하여 물생산단가 목표는 10%이상으로 설정함

□ 예상되는 선박 규모

- 실증장치(300 m³/day 내외)를 위해 필요한 선박의 크기는 실제 설치되는 해수담수화 시설과 에너지 관리시설 및 저장조 등의 크기에 따라 가변적임
- 또한 중고선박을 활용하여 장치를 제작하는 경우 정확히 원하는 크기의 선박을 사용하는 것이 아니라 가용성이 높은 선박을 사용할 수 있으므로, 크기가 달라질 수 있음
- 그러나 대략적인 기준을 정하기 위하여 필요한 선박의 크기와 제원을 제시하고자 하였으며, 해수담수화 관련 장치 소요면적을 약 90~120 m²로 가정하고, 선박규모를 정할 때 약 200~500 톤급 선박이 필요한 것으로 산정됨
- 450톤급 신규선박 건조비용(설계비용 및 제반비용 제외)은 약 60억 원, 실제 구입비용은 100억 원 될 것으로 예상됨. 따라서 본 과제에서는 우선적으로 중고선박을 활용하는 방안을 검토하고, 만약 적합하지 않은 경우에는 신규선박을 이용하는 방법을 고려함. 다만 이 경우에는 참여하는 지자체에서 선박제공 등이 필요할 것으로 예상됨
- 선박의 규모는 처리수 저장조의 크기에 따라 가변적이므로, 물 공급 효율과 경제성을 고려하여 최적의 선박크기를 결정하기 위해서는 본 연구수행을 상세설계 필요
 - 100 m³ 규모의 처리수 저장조를 설치하는 경우 : 약 200톤급 내외
 - 300 m³ 규모의 처리수 저장조를 설치하는 경우 : 약 500톤급 내외
- 기획과제에서 제시된 선박의 규모가 200~500톤급이나 담수화 장치의 초집적화 등으로 선박의 규모를 축소할 수 있으면 비용절감 효과가 높으므로, 본 과제에서는 성능목표를 달성하고 안정성을 확보할 수 있다면, 제시된 규모보다 작은 규모를 활용하는 것이 바람직함



그림 112 199톤급 화물선의 예시
(<http://www.goldenship.co.kr>)



그림 113 198톤급 카페리의 예시
(<http://www.goldenship.co.kr>)

표. 선박 제원의 비교 (<http://www.goldenship.co.kr>)

	199톤급 화물선	339톤 여객선
순톤수	199톤	339톤
중량톤수	700톤	-
길이	55 m	33.89 m
넓이	9.06 m	12 m
깊이	5.33 m	4 m
주기관	니가다 6M28BGT 800PS X 325RPM	MTU 16V 396 x 2대

□ 해수담수화 공정 목표치 설정근거

○ 에너지 사용량 목표치는 300 m³/day의 SWRO 공정기준 3.9 kWh/m³로 선정 하였으며, 이는 소규모 이동식 시설임을 고려할 때 도전적인 목표치임

- 실제 시설은 2계열 이상으로 구성되어야 하므로, SWRO 공정 계열당 용량은 150 m³/day 이하이며, 기존 기술을 적용하는 경우 에너지 사용량은 4.5~5 kWh/m³ 이상

- 해상 담수화의 경우 육상 담수화보다 일반적으로 더 많은 에너지를 필요로 함. 기존 국내업체에서 해상 부유식으로 제작한 해수담수화 장치의 경우 전처리를 포함하여 에너지 사용량은 7.75 kWh/m³이었으며, 이 중 SWRO 공정의 에너지 사용량이 약 80%라고 하면 약 6.2 kWh/m³임

- 본 과제에서는 연구목표의 도전성과 실현가능성을 고려하여, 기술개발을 통하여 3.9 kWh/m³의 에너지 사용량 목표를 설정함

○ 가변부하 운전 설정근거

- 해상 이동형 해수담수화 플랜트는 한 지역에서 장기간 물을 생산하여 공급

할 수 있지만 여러 지역을 이동하면서 물을 공급하는 방식도 필요함. 이 경우 지역별로 물 수요량이 다르므로 담수화의 생산수량이 달라짐

- 만약 일정한 물 생산능력을 갖는 담수화 공정을 이용하는 경우 지역별 차이를 상쇄하기 위하여 대규모의 생산수 저장조를 선박내에 탑재하여야 하는데 이 경우 선박의 규모가 커지고 이동시 비용이 많이 드는 단점이 있음. 따라서 이동식 담수화 공정은 생산수의 가변생산이 가능하여야 하며, 필요에 따라서는 일시적으로 설계용량보다 더 많은 물을 생산할 수 있어야 함
- 다만 설계용량을 초과하여 생산하는 경우 시설의 무리가 갈 수 있으므로, 가변운전의 가능범위를 결정해야 함. 여기서는 1일 2개 지역에서 물을 공급하는 경우를 기준으로, 1회 운전시간을 4시간으로 하였으며, 막의 수명과 시설의 부하를 고려하여, 설계용량의 1.5배까지 운전이 가능한 기술을 가변부하 대응기술로 하였음.
- 아직까지 이러한 가변부하 운전기능을 가진 SWRO 기술은 국내·외로 개발된 적이 없는 것으로 파악되고 있으므로, 연구목표로서의 도전성을 가지는 것으로 판단됨

○ 해수담수화 설비의 크기 및 하중 기준 설정근거

- 해수담수화 장치를 자항식 혹은 부유식 선박에 설치하기 위해서는 최소의 크기와 하중을 가지는 것이 효율적임
- 기존 국내업체에서 해상 부유식으로 제작한 해수담수화 장치의 경우 3,600 m³/day 생산을 위하여 부유식 구조체 위에 총 1,112 m² (28.89 m×38.5 m)의 면적을 차지하였으며, 이는 3.237 m³/m²-day의 집적도를 가짐
- 본 연구목표로는 이보다 20% 감소한 2.59 m³/m²-day의 집적도를 가지는 장치를 설계하고 제작하는 것을 목표로 함
- 하중의 경우 집적도를 높이는 경우 부지면적당 하중은 증가할 수 있으므로, 기존대비 10% 축소를 목표로 함

연구목표	기존 기술 (국내·국외)	본 과제 연구목표	비고
에너지 사용량 (SWRO 공정)	6.2 kWh/m ³ (3,600 m ³ /day 기준)	3.9 kWh/m ³ (300 m ³ /day 기준)	소형 해상 담수화의 경우 육상 담수화보다 에너지 사용량이 높음
가변운전	-		기존 개발사례 없음
부지면적 (집적도)	3.237 m ³ /m ² -day	2.59 m ³ /m ² -day (기존대비 20% 감소)	

- ‘하이브리드 방식의 에너지 공급’ 에서 신재생 에너지 활용비율 목표 산정 근거
 - 상기 연구목표에 따라 산정된 300 m³/day의 해수담수화 시설의 필요전력은 약 61 kW임
 - 신재생 에너지를 활용하여 약 10%의 에너지 대체를 최소목표로 설정함
 - 선박 내 공간 제한으로 인하여 큰 규모의 신재생 발전 적용은 한계가 있을 것으로 판단되나, 실증시설 기준 5~10 kW의 적용은 가능할 것으로 판단됨
 - 풍력발전의 경우 1kW급의 경우 블레이드 직경 2 m 내외의 풍력발전기가 필요하며, 5 kW급의 경우 블레이드 직경 5~6 m의 풍력발전기가 필요함. 6.1 kW의 발전을 위해서는 1 kW급 10개 혹은 5 kW급 2개 이상의 풍력발전기가 필요할 것으로 예상됨
 - 태양광 발전의 경우 10 kW 장치를 사용하는 경우 소요면적 약 50~65 m²가 필요함
 - 선박엔진 폐열을 이용하는 경우 폐열 회수효율에 따라서 장치의 규모나 사양이 달라질 수 있음. 다만 선박폐열은 직접 전력으로 전환하는 것보다 증발식 해수담수화를 병행하여 사용하거나 유입수 온도를 높이는 목적으로 활용하는 것이 효율적일 수 있으므로, 본 연구를 통하여 구체적인 적용방식이 결정되어야 할 것으로 판단됨
 - 신재생 에너지 생산효율은 같은 장치를 이용하더라도 지역조건, 기상조건, 혹은 선박규모(엔진용량) 등에 따라 큰 차이를 가질 수 있으므로, 연구목표 설정시 신재생 에너지 방식을 결정하지 않고 최소 대체율만을 포함시킴. 또한 신재생 에너지만으로 필요에너지를 전량 공급할 수 없으므로 하이브리드 방식을 고려함

4절. 연구내용 구성과 연계성

□ 연구내용 구성

- 공통핵심기술과 자향식 담수화 실증기술, 부유식 담수화 실증기술로 구성됨
 - 공통핵심기술 : 해수담수화 기술, 선박개조기술, 유틸리티 기술
 - 자향식 담수화 기술: 실증장치 설계, 제작, 운영기술
 - 부유식 담수화 기술 : 실증장치 설계, 제작, 운영기술

□ 연구내용의 연계성

- 각 연구내용은 유기적으로 연결되어 있음
 - 공통핵심기술이 먼저 개발된 후 자향식과 부유식 담수화에 각각 적용될 수 있음
- 실증화를 위한 세부기술은 각각 개별적으로 개발됨
 - 자향식 담수화 기술 : 중고선박 개조기술, 공간배치 기술, 설계최적화 기술
 - 부유식 담수화 기술 : 제작·건설비용 최적화 기술, 비즈니스 모델 등



그림 114 연구내용 구성의 연계성: 핵심요소기술과 실증화 기술

5절. 기술개발 목표 및 내용의 도전성

□ 기존 기술대비 차별성과 도전성

○ 기존기술수준 한계

- 선박 해수담수화 장치 제작은 가능하나 고비용으로 수익성 부족
- 물 공급 사업이므로 민간기업 자체의 역량으로는 기술개발과 사업화 어려움
 - 담수화 : 기존 SWRO는 가변부하, 간헐운전 취약, 유지관리 고비용
 - 선박/에너지 : 바지선 형태의 담수시설 한계
 - : 담수화 시설을 위한 선박제작 어려움 (높은 비용으로 비현 실적)
 - 사업화 : 실증연구 사례 부재
 - : 민간기업의 사업화 추진 제한
 - : 기술영업 필요

□ 신규 개발기술의 차별성

○ 중소기업 : 도서지역 물 부족 문제해결 및 비상용수 공급수단확보

○ 중대규모 : 육상담수화 시설 대체기술선점 및 비용절감, 리스크관리, 독창성

- 담수화 : 비연속식 SWRO 공정: 가변부하
 - : 간헐운전 대응, 세계최고 수준
 - : 자산관리 자동화 -> 유지관리비 절감
- 선박/에너지 : 선박 리모델링 기술: 비용
 - : 효율, 안전성의 목표 동시달성
 - : 하이브리드 에너지 -> 비용절감
- 사업화 : 기술개발 후 사업화가 아닌 사업화를 목적으로 한 패키지형 기술개발
- 실용화가 아닌 실증연구사업

□ 기술개발의 도전성

○ 자항식 선박 담수화 플랜트 실증화 기술은 세계 최초로 시도됨

○ 선박과 담수화의 융·복합 기술에 대해서는 국내·외 개발사례가 없음

6절. 국내 기술역량 분석을 고려한 성공가능성

□ 국내 해수담수화 기술개발 및 사업화 역량

○ 국내 기술개발 역량

- 2007년부터 정부주도로 해수담수화 플랜트 기술을 개발했으며, 사업단과 연구단 과제, 일반과제 형태로 다양한 기술을 확보함
 - 해수담수화 플랜트 사업단 : SWRO 플랜트 기술
 - MD/PRO 실증플랜트 연구단 : MD/PRO 핵심공정원천기술
 - FO/RO 융합 플랜트 연구단 : FO 하이브리드 플랜트 기술
 - 중동 맞춤형 담수화 플랜트 연구단 : 해수담수화 기술의 UAE 현장 실증화 기술
- 학계와 연구계의 기술개발 역량은 세계최고 수준이며, 세계 담수화 관련연구의 흐름을 주도하고 있음

○ 사업화 역량

- 국가 R&D 참여를 통하여 국내 담수화 분야 산업체의 역량을 키워왔음
- 두산중공업과 GS건설은 자체적으로 담수화 해외사업을 추진하고 있으며, K-water에서도 해외 담수화 프로젝트에 참여하고 있음
- 포스코건설은 광양제철소에 자체적으로 해수담수화 플랜트를 건설하였으며, 효성중공업에서도 기수담수화 및 중소규모 담수화 시설을 건설하였음
- 크로시스와 경일 등 중소기업을 중심으로 컨테이너 방식의 소규모 담수화 장치를 제작하고 판매하고 있음
- LG화학에서는 SWRO 막을 제조하여 이미 해외사업을 성공적으로 추진 중
- 따라서 국내 담수화 사업화 역량은 중소규모와 대규모에서 모두 충분한 것으로 판단됨

○ 인적·물적 인프라 현황

- 지난 10여 년간 국가 R&D를 통해서 많은 인력을 양성하였으므로, 인적 인프라는 충분한 수준임
- 기장 테스트베드 및 중대규모 파일럿 시설 등 다수의 실증시설이 구축되어 있어 활용이 가능하므로, 물적 인프라도 어느 정도 구축되어 있음

□ 국내 선박분야 기술개발 및 사업화 역량

○ 국내 기술개발 역량

- 선박과 해양플랜트 분야로 많은 국가 R&D와 민간주도 R&D가 추진되었으며, 일반적인 선박기술 개발역량은 높은 편임
- 선박용 조수기나 평형수 처리장치와 같이 선박에 탑재되는 수처리 장치의 설계와 제작기술에 대해서도 충분한 기술개발 역량을 갖추고 있음

○ 사업화 역량

- 조선분야가 불황을 맞이하기 전에는 국내에서 대우조선해양이나 STX, 현대중공업 등 다수의 업체가 세계시장을 주도하였음
- 최근에는 조선업계가 다소 위기를 맞고 있으나 새로운 사업 분야를 개척한다면 다시 반등할 수 있는 가능성을 가지고 있음

○ 인적·물적 인프라 현황

- 최근 다소 침체되었으나 과거 연구개발과 사업화를 통하여 양성된 인력의 활용가능성이 높으므로, 인적 인프라는 충분한 편임
- 물적 인프라의 경우 선박 안정성 평가 장비 등의 평가시설이 갖춰진 곳이 다수이므로 이를 활용할 수 있음

□ 요약 : SWOT 분석

Strength (강점)	Weakness (약점)
<ul style="list-style-type: none"> - 담수화 분야 R&D로 확보된 기술역량과 인적·물적 인프라 - 해수담수화 분야의 높은 사업화 역량 - 선박분야의 높은 사업화 역량 	<ul style="list-style-type: none"> - 조선업계의 불황으로 인한 업계 위축 - 국내 해수담수화 분야 중소기업의 영세성 - 일부 핵심 기자재의 낮은 국산화율
Opportunity (기회요인)	Threat (위협요인)
<ul style="list-style-type: none"> - 가뭄과 물 부족으로 인한 선박담수화 사업가능성 증가와 이에 따른 관련업체의 관심 증가 - 조선업체의 새로운 돌파구 마련을 모색방안의 하나로서 선박담수화에 대한 관심 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 담수화와 선박분야의 융·복합 분야에 대한 기술역량 및 인프라 부족 - 담수화 분야의 국내사업 부족으로 인한 관련업체의 이탈 가능성

제5장 과제구성

1절. 과제구성 방법론 : 후보과제 도출

- 연구개발 과제 도출을 위한 프로세스는 아래 그림에 나타나 있는 바와 같이 진행하였음
- 1단계 (유망기술 후보군 도출) : 산·학·연 전문가 자문과 기술동향 분석을 통하여 기술수요 Raw Data 확보)
- 2단계 (스크리닝) : 전문가 및 연구팀 워크샵을 통하여 조사된 기술수요에 대한 분석 수행
- 3단계 (최종 후보과제 도출) : 기술 분야별 최종 후보과제 도출

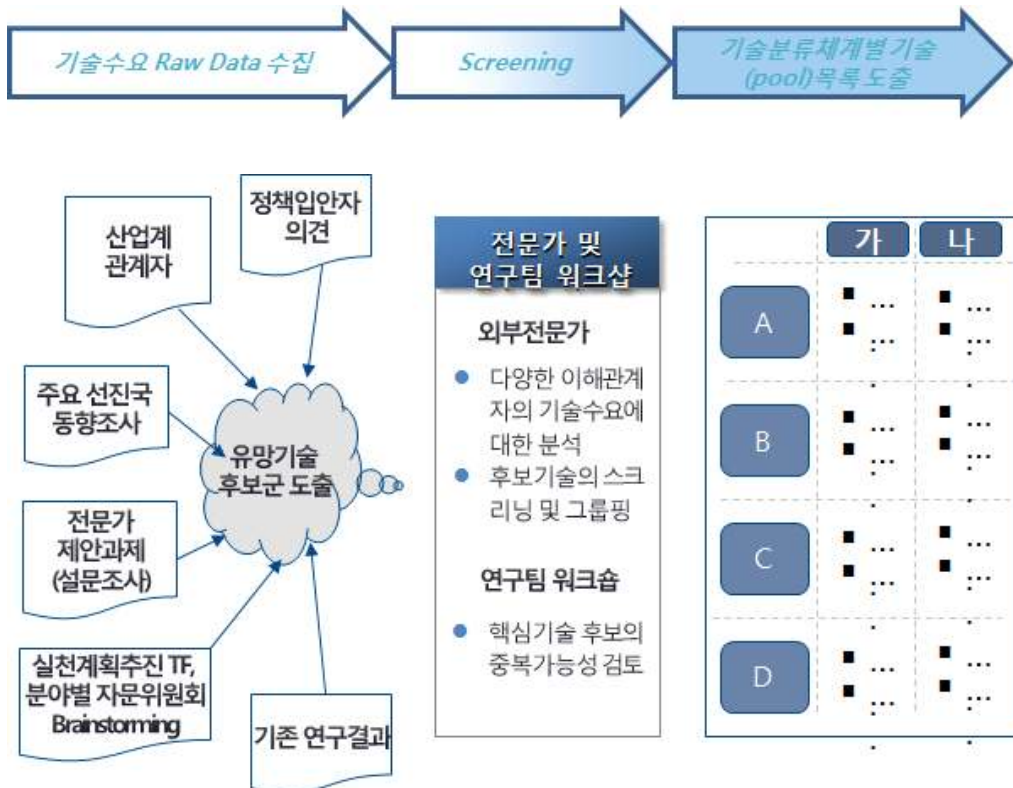


그림 115 기술수요조사 절차

- 다양한 이해관계자로부터 동 과제와 관련하여 필요한 기술 수요를 조사하고, 이를 통해 수집된 자료를 내 외부 전문가 및 담당부처 관계자들의 의견 수렴을 통해 분류-분석
- 기술수요조사 대상 집단별 조사방법

대상	조사방향	조사방법
정책 입안자	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 부처 공무원을 대상으로 정책목표 달성을 위한 기술수요 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해당 관련부처 공무원 대상 인터뷰 혹은 자문
관련 산업체	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설 산업체의 기술수요, 기술개발 애로사항, 정부지원 요구사항 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 협회대상 설문조사 및 전문가 인터뷰
전문가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 산학연의 전문가로부터 유망 수요 유망 기술 pool 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 관련 기술 산학연 전문가 대상 설문조사
선진국	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선진국(미국, EU, 일본) 기술개발 현황, 관련 협약에 대한 분석과 기술수요 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 문헌 분석 및 전문가 인터뷰
기존 연구	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 기존연구 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 문헌분석

- 도출된 과제에 대한 추진 타당성에 대한 검증을 위하여 공청회(2017년 4월 7일)를 개최하여 국내외 전문가의 의견을 수렴함
- 공청회에는 담수화 분야 지자체 및 산학연 전문가 총 77명이 참석하였으며, 9명의 전문가에 의한 토론회토의를 통하여 도출된 과제에 대한 의견을 수렴하였음



그림 116. 기획 공청회 (2017년 4월 7일 양재동 aT 센터)

2절. 후보과제 및 우선순위선정

□ 연구과제 도출을 위해 실시한 수요조사는 국내학회와 담수화 분야 연구단 등을 통하여 총 300여명 이상을 대상으로 실시하였음

○ 다음과 같은 수요조사서 양식을 이용하여 해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술분류체계별로 과제를 제안 받음

연구개발 대상과제 수요조사 (과제카드)		<별첨 1> 해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술분류체계(안)	
1. 과제명	원재기술개발과제 □ 응용개발 □ 상용화 □ 기초·원천	대분류	중분류
2. 연구개발목적	수요조사과제에의 수준·성능 및 품질에 대한 달성여부를 가능한 정량적으로 작성	해상 이동형 해수담수화 공정 기술	선택 탑재형 해수담수화 공정 기술
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	수요조사과제에의 기술개발 동향 및 산업/시장 동향에 대하여 작성 동향은 최대한 2012년 이후의 최근치료를 바탕으로 작성	담수화 선택 생산수 기반 생산 및 간헐생산 기술	해상이동형 해수담수화의 특수성 (간헐생산, 생산량 가변 등)을 고려한 공정제어 및 운영기술
4. 기존기술 활용방안	주요기술에 관련된 국가연구개발사업, 민간에서 개발한 기술 등과의 활용 및 연계가 필요한 경우 이를 위한 방안 작성	해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술	막/부품 수명 극대화 및 약품 저소비 기반의 해수담수화 설비 유지관리 기술
5. 기술개발방안	수요조사과제에의 타당성 및 타당성을 중심으로 기술개발의 필요성 작성	중고선택박 건조 기술	중고선택박을 이용하여 해상 이동형 해수담수화 플랜트를 제작하기 위한 선택박 공간설계 및 건조
6. 주요연구 개발내용	수요조사과제를 달성하기 위한 세부개발 내용을 중심으로 작성하며, 연구개발 일기(내용, 프로세스, 시스템, 핵심기술 등)에 대한 구체적인 기술을 포함하여 작성	담수화 선택 박 안정화 기술	담수화 선택 박 선형 최적화, 안정성 유지, 진동제거 기술
7. 향후지원이 예상된다	수요조사과제에의 경제·산업·정책적인 중요도를 기술하고, 기술개발 성공을 위한 정부의 역할에 대한 요구사항을 종합적으로 작성	선택 박 내 에너지 관리기술	선택 박 내 담수화 장치에 전력을 공급하고 효율적으로 제어하기 위한 에너지 관리기술
8. 기술수준	현재 최고기술 보유국가, 최고 기술 수준 대비 현재기술 수준, 기술개발완료 후 추정수준	해수담수화 생산수 육상 공급시설 건설 및 운영기술	담수화 선택 박 생산수 공급을 위한 육상 육상 공급시설 설계 및 구축기술
9. 기술핵심요소	수요조사과제를 통하여 기술을 어떻게 개발/확립할 것인가에 대하여 구체적으로 작성 - 인력개발, 중점기술, 핵심기술, 국내외 공동연구, 산·학·연 협력, 융합기술개발 등	기존 육상 물 공급시설과의 연계 운영기술	해상 이동형 담수화 플랜트와 기존 육상 물 공급시설과의 효율적인 연계를 위한 운영관리 기술
10. 기술개발비품 신청을 및 활용방안	최저신청비품, 최저중점기술의 형태를 구체적으로 명시 활용방안: 최저중점기술의 최종 수요(Market user)가 누구인지를 확인하고, 이를 고려하여 어떻게 활용할 것인가에 대하여 방안 작성		
11. 연구개발 과제규모	구분: 1차년도, 2차년도, 3차년도, 4차년도, 5차년도 이후 연구비: 연구비 (백만원), 연구비 (수천만원), 연구비 (수백만원) 총 연구비 (백만원), 총 연구비 (수천만원), 총 연구비 (수백만원)		
12. 기대효과 및 핵심요구	수요조사과제에의 성공적인 수행을 통한 활용성, 경제성·기술적·정책적 파급효과 등을 작성		

그림 117. 수요조사서(과제카드) 양식

○ 기술동향 분석, 기획팀 제안(Top-down), 산학연 수요조사 (Bottom-up) 등의 방법으로 총 52개의 후보기술 도출

- 산학연 수요조사 : 30개
- 기획팀 제안 : 12개
- 기술동향 및 특허분석 결과 : 10개

기술 분야	수요조사 과제
해수담수화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 선박담재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발 • 선박담재형 해수담수화 맞춤형 전처리 기술개발 • 세라믹 분리막 기반 소규모 패키지 전처리 장치 개발 • 저에너지 해상 이동형 담수화용 열적 전처리 기술 및 역삼투 시스템 기술 개발 • 선박담재형 정삼투 공정 응용기술 개발 • 선박폐열이용 증발공정 응용기술 개발 • 선박내 농축수 이용 압력지연삼투 응용기술 개발 • 선박담재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발 • 해수담수플랜트 기술의 ISO/TC8(선박 및 해양 기술) 표준화 연구 • 부식/진동/충격대응 담수화 장치 엔지니어링 기술 개발 • 선박담재형 해수담수화 장치부품 국산화 - ERD • 선박담재형 해수담수화 무약품 세정기술 개발 • Preservation을 고려한 One Button Start-up / Shut-down 기술 개발 • 막/부품 수명 극대화를 위한 자산관리 기술 • 선박담재형 해수담수화 장치부품 국산화 - 소독장치 • 1,000 m³/일 급 해상 취수 시설 개발 • 3D 모델기반 선박 공간설계 기술 개발 • 해상 담수화 플랜트 취수 및 농축수 배출기술 개발 • 선박평형수를 이용한 해수담수화 기술개발 • 해상설비용 해수 태양열 발전 및 담수화 시스템 기술개발 • 엔진 배기가스 열에너지를 이용한 증발식 해수담수화 기술 개발 • 선박의 엔진폐열을 이용한 해수담수화 플랜트 소독살균공정용 미세기포 발생장치의 개발 • 해수 Intake 및 살균장치 개발
선박 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 중고선박 형상, 배치상태, 구조, 공간구성 기술 개발 • 선박 저항성능 설계기술 • 중고선박 개조기술 개발 • 선박 유체성능 평가기술 • 선박 복원성 평가기술 • 선박 내항성 평가기술 • 선박 구조 안전성 기술 • 담수화 선박 안정화 기술 개발 • 선박 위치 유지기술 (DPS) • 선박 위치 유지기술 (Mooring)

	<ul style="list-style-type: none"> • 선박 유기진동 제어기술 • 선박 유지보수 기술 • 담수화 공정 맞춤형 신규선박 설계기술 개발 • 처리수 저장기술
에너지공급 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 선박 태양광 발전 활용기술 개발 • 선박 풍력발전 활용기술 개발 • 선박 내 엔진을 활용한 담수화전력공급 기술 • 담수화 선박용 발전 및 에너지 관리기술 개발 • 선박 내 디젤/LNG 발전기술 개발 • 해수농축수를 활용한 에너지회수장치 기술 • 선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발 • 해수열 히트펌프 이용 에너지 공급기술 개발 • 선박 내 발전을 위한 디젤/LNG 저장기술 개발 • 증발가스 (BOG) 처리기술 개발 • 신재생 에너지 단지 연계기술 개발 •
육상공급 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 담수화 선박 생산수 이송시설 (공급관망, 배수지, 펌프장 등) 설계 및 구축기술 개발 • 담수화 선박 생산수 공급을 위한 육상 공급시설 설계 및 구축기술 개발 • 선박탑재형 해수담수화 장치 설계 및 구축기술 개발 • 담수화 선박 - 육상간 물 공급배관 국산화 기술 개발 • 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술 • 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용 절감기술 개발 • 담수화를 위한 선박육상전원공급시설(AMP) 설계 및 건설기술 개발 • 기존 육상 물 공급시설과의 연계 인프라 구축 및 운영기술 개발 • 담수화 선박 -기존 육상 물 공급시설 연계 운영기술 개발 • 담수화 선박 생산수 육상 저장조 설계 및 건설기술 개발 • 선박탑재형 해수담수화 공정기술 개발 • 담수화 선박 정박시설 건설기술 개발 • 선박 해수담수화 장치 유지관리 최적화 기술 개발

- 기획 연구팀과 전문가의 검토를 거쳐서 목적이 유사하거나 통합될 수 있는 과제를 그룹으로 만들어서 새로운 과제를 도출하였음
- 또한 실증시설 설계와 제작을 위한 과제를 도출하여 우선순위 평가단계에 포함시켰음

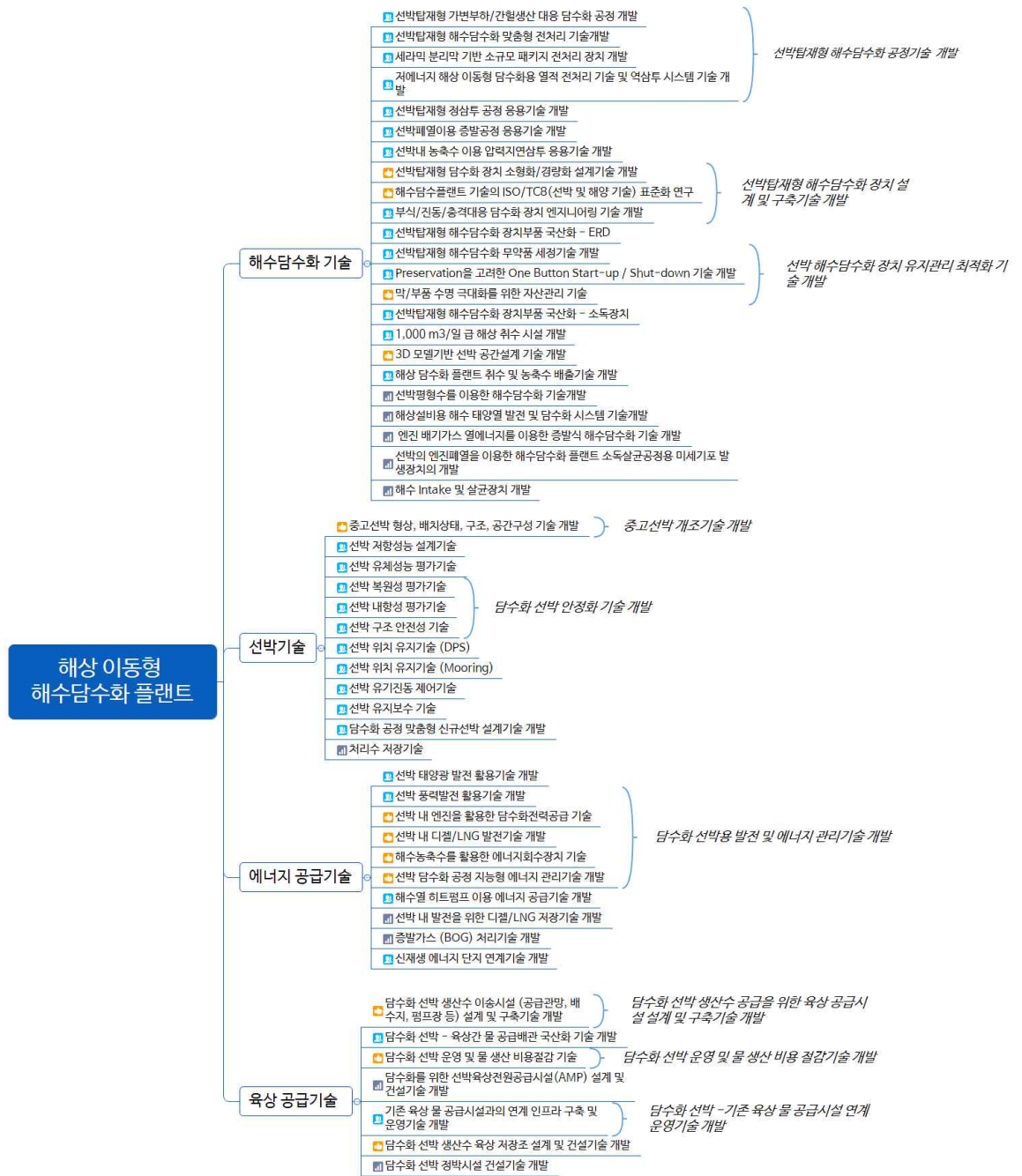


그림 118 해상 이동형 해수담수화 플랜트 후보기술 (안)

- 도출된 후보과제를 대상으로 핵심성, 기술수준, 지원필요성, 중복성 등을 고려한 우선순위를 기획연구팀과 외부 전문가들이 참여한 기획회의를 통하여 평가하였음

◎ 후보과제 우선순위 선정기준 도출

- 중점추진분야별 목표 달성에 핵심적 역할을 하는 기술인가?
- 후보과제를 계획된 기간 내에 자체개발이 가능한 정도의 기술수준을 보유하고 있는가?
- 후보과제가 국토교통부의 연구개발 사업으로 추진되는 것이 바람직한가?
- 후보과제간 또는 기 추진된 과제들과 중복성이 높지는 않은가?
- 후보과제가 비전과 목표에 부합하는가?
- 과제의 범위와 목적물이 구체적이고 명확한가?

◎ 후보과제 우선순위 도출을 위한 평가설문서(예시)

연번	후보 기술 아이템	평가(5점척도)				계
		핵심성	기술수준	국토교통 부 지원필요 성	중복성	
		(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	
1	기술 아이템 1	3	4	2	2	2.7
2						
3						

* 각 항목에 대해 5점 척도로 평가함
(1점:매우낮음, 2점:낮음, 3점:보통, 4점:높음, 5점:매우높음)

그림 119. 우선순위 선정방법

표. 우선순위 평가항목 및 비중

평가항목	비중	정의
핵심성	0.3	해당과제가 전체 목표달성에 기여하는 정도
기술수준	0.2	연구기간 내 자체개발이 가능한 정도의 기술수준 보유여부
지원필요성	0.3	정부투자의 필요성 (공공성, 파급성, 시급성 등)
중복성	0.2	기존 국가 R&D 수행내용과의 중복여부

- 후보과제 우선순위 항목은 핵심성, 기술수준, 지원필요성, 중복성의 4개 항목에 대하여 기획팀과 외부전문가가 같이 참여하여 평가하였으며 그 결과 우선추진 과제로 선정된 과제에 대한 결과는 다음과 같음
 - 우선순위 도출결과를 분석하여 보면, 선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정개발과 중고선박 개조기술 개발, 중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발 등의 과제가 높은 추진 우선순위를 가지는 것으로 평가되었음

추진과제	핵심성 (0.3)	기술 수준 (0.2)	지원 필요성 (0.3)	중복성 (0.2)	계	우선 순위
고효율 초집적 해상 담수화 공정·장치 기술						
선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발	0.36	0.08	0.24	0.14	0.82	A
선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	0.24	0.14	0.14	0.2	0.72	A
선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발	0.28	0.12	0.2	0.22	0.82	A
해상 담수화 전용 선박설계 및 에너지 기술						
중고선박 개조기술 개발	0.34	0.18	0.28	0.16	0.96	S
선박 구조 안전성 기술	0.32	0.14	0.24	0.12	0.82	A
선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발	0.32	0.2	0.24	0.04	0.8	A
해상 담수화 생산수 육상활용 기술						
담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	0.26	0.12	0.26	0.14	0.78	B
담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술	0.36	0.14	0.1	0.2	0.8	A
기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발	0.24	0.12	0.24	0.2	0.8	A
해상 담수화 플랜트 실증화 기술						
중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	0.32	0.14	0.24	0.22	0.92	S
중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발	0.28	0.12	0.14	0.2	0.74	B

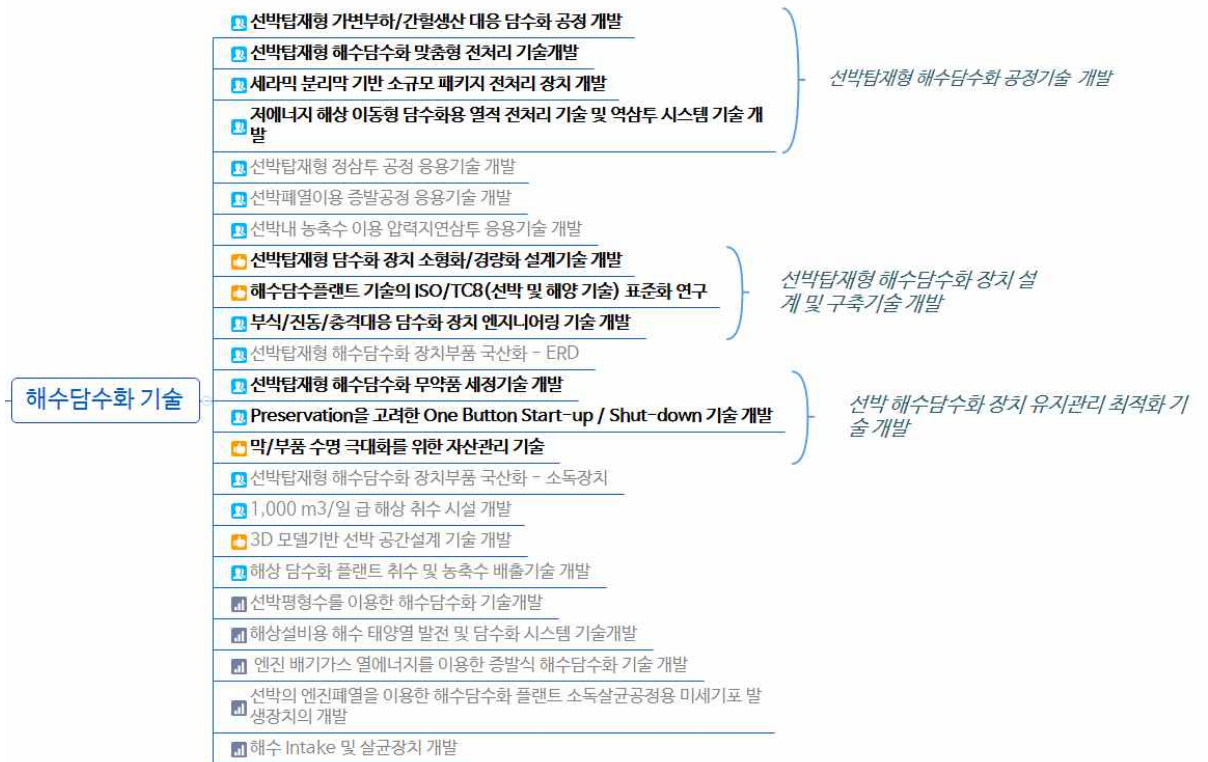


그림 120 후보기술 중 해수담수화 관련 기술



그림 121 후보기술 중 선박기술 관련 항목



그림 122 후보기술 중 에너지 관리 및 육상연계 기술

3절. 추진과제 도출

가. 세부과제

- 기술 수요조사 및 기술 수준분석을 통해 제안된 52개 과제의 우선순위 도출과 현 과제의 최종 목표와의 부합성 검토를 통해 총 4개 분야 11개 과제를 도출하였으며, 4개의 세부과제와 7개의 공동과제로 구성하였음
- 본 과제의 최종 성과물은 해상 이동형 담수화 플랜트 설계, 제작, 운영기술을 확보하는 것으로서 이를 위하여 300 m³/day 규모의 실증 플랜트를 구축하고 현장에서 운영하는 것을 주요 내용으로 하고 있음
- 1세부 과제는 총괄관리 및 선박탑재형 초집적 고효율 담수화 공정과 장치의 설계, 제작, 운영기술을 개발하는 과제임
- 2세부과제는 해상 담수화 전용 선박설계 기술을 개발하는 전체 연구내용을 과제임
- 3세부과제는 해상 담수화 플랜트 생산수의 육상활용을 위한 연계 인프라 및 활용기술을 개발하는 과제임
- 4세부과제는 해상 담수화 플랜트 실증화를 위한 장치 (자향식 1기, 부유식

1기)를 설계하고 제작하는 기술을 개발하는 과제임

세부	세부과제명	과제역할	비고
1	고효율 초집적 해상 담수화 공정·장치 기술	총괄관리 및 담수화 공정기술 개발	파일럿 장치 설계 및 제작
2	담수화를 위한 선박 개조기술 개발	해상 이동형 담수화를 위한 중고선박 개조 및 선박설계 기술 개발	실증장치에 적용
3	담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	해상 담수화 생산수 육상 연계활용 기술 개발	육상연계 인프라 건설
4	중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	해상 이동형 담수화 실증장치 설계, 제작 및 운영	300 m ³ /day 규모 실증장치

나. 공동과제

□ 공동과제명 및 역할을 다음과 같음

세부	공동	공동과제명	과제역할	비고
1	1-1	선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	담수화 장치 설계, 제작, 및 운영관리 기술 개발	실증장치에 적용
	1-2	선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발		
2	2-1	선박 구조 안전성 기술	선박 구조 안정성 평가 및 에너지 관리기술 개발	실증장치에 적용
	2-2	선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발		
3	3-1	담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술	담수화 선박 운영 및 육상공급 시설 운영기술 개발	육상 인프라 운영
	3-2	기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발		
4	4-1	중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발	부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발 및 실증화	300 m ³ /day 실증장치

다. 총 과제 구성

□ 총 과제 구성은 다음과 같은

세부	세부과제명	공동	공동과제명
1	고효율 초집적 해상 담수화 공정·장치 기술	1-1	선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발
		1-2	선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발
2	담수화를 위한 선박 개조기술 개발	2-1	선박 구조 안전성 기술
		2-2	선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발
3	담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	3-1	담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술
		3-2	기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발
4	중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	4-1	중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발

그림 123 추진과제 구성(안)

라. 세부과제별 주요 내용

□ 1세부과제

○ 해수담수화 : 고효율 초집적 해수담수화 공정 및 장치기술 개발

- 가변부하 및 간헐생산 대응 담수화 공정기술

- 기존 SWRO 방식으로 실현하기 어려운 가변부하, 간헐운전 조건에서의 저에너지 운전 가능
- SWRO 에너지 사용량 3.9 kWh/m³ (300 m³/day SWRO 기준)
- 최대 4시간 동안 설계용량의 1.5 배 이상 운전가능
- 지역별 수질, 수온 대응기술 개발

- 장치 소형화/경량화를 위한 설계기술

- 제한된 선박 공간 최적으로 활용 공간설계 및 장치 배치
- 기존 해수담수화 설비 대비 20% 공간 절약
- 기존 해수담수화 설비 대비 10% 하중 감소
- Case별 특화기술 포함 설계

- 막/장치 수명 극대화를 위한 자산관리 및 유지관리 기술

- 중소규모 담수화 시설에서 가장 큰 비중을 차지하는 유지관리비 및 교체비 절감 (50% 절감, 수명 2배 연장)
- 간헐운전을 위한 유지관리 전과정 무인자동화
- 무약품 세정, 농축수 활용기술 등

□ 2세부과제

○ 선박개조 : 해수담수화 플랜트 전용 선박개조 및 설계기술 개발

- 해수 담수화 플랜트 전용 중고선박 개조기술

- 가격경쟁력 확보를 위한 중고선박 개조기술
- 담수화 선박 선형 최적화 기술
- 선박 안전성 진단기술 및 기존시설 활용 기술 개발

- 선박 활용비용 감소
- 해상 담수화 플랜트 전용 선박안정화 기술
 - 선박 안정성, 안전성의 확보
 - 복원력을 고려한 담수화 장치 설치기술 및 안정성 평가기술
 - 복원력, 내항성, 위치유지 기술
 - 담수화 선박 안정성 유지, 진동제어 기술
- 에너지관리 : 해상담수화 플랜트 적용 선박개조 및 설계기술 개발
 - 하이브리드 방식의 에너지 공급기술 개발
 - 플랜트 규모별, 적용대상지별 맞춤형 하이브리드 전력공급 기술개발
 - 엔진 활용 발전, 농축수 활용 에너지 회수 등 선박 내부 에너지 활용 극대화 기술 개발
 - 선박 내부에서 수급 가능한 에너지와 외부에너지 (육상전력공급) 간의 최적 연계 관리 시스템 개발
 - 적용대상지역 맞춤형 전력공급 시스템 설계 및 구축기술 개발 (기존방식 대비 전력공급비용 10% 이상 절감)

□ 3세부 과제

- 육상연계 : 해상담수화 생산수 육상활용 기술 개발
 - 담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발
 - 담수화 선박 생산수 육상공급 인프라 설계기술 개발 (접안시설과 관로시설 등의 설계·건설·운영기술 개발)
 - 담수화 선박 생산수 육상공급 인프라 운영기술 개발
 - 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술
 - 다수 도서지역 물 공급 연계운영기술 개발 (기존 소규모 육상해수담수화 시설대비 총비용 15% 이상 절감)
 - 비용과 환경영향을 고려한 도서지역별 취수 및 배수 최적화 기술 개발
 - 해상 이동형 해수담수화를 통한 육상 물 공급 시스템의 경제성 평가
 - 기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발

- 기존시설 (지하수 시설, 배수지 등)과의 최적연계 기술 개발 (최적화를 통한 운영 에너지 10% 절감)
- 육상공급 및 활용을 위한 연계처리기술 (처리수 수질조정 기술 등) 개발

□ 4세부 과제

- 중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발
 - 300 m³/일급 자항식 해상 담수화 실증플랜트 설계, 제작 및 국내현장적용
 - 300 m³/일급 부유식 해상 담수화 실증플랜트 설계, 제작 및 해외현장적용 (해외 실증연구추진의 경우)
 - 부유식 해수담수화 플랜트(바지선 타입) 해외진출을 위한 국제인증 추진 (필요시)
 - 실증시설 운영을 통한 O&M 기술 개발 및 검증
- 중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발
 - 10,000 m³/일급 중대규모 해상 부유식 해수담수화 시설 설계기술 개발 및 국내·외 사업화를 위한 대상지별 맞춤형 비즈니스 모델 개발

□ 최종성과 및 대표기술

자산관리(Asset) 기반의 유지관리

중소규모 담수화의 가장 큰 비용증가요인을 제어

장치 소형화 (Compact),
경량화 3D 엔지니어링

3D 설계, 공정구성 요소의 최적화, 안정성을 고려한 배치

하이브리드 방식 지능형
에너지 (Energy) 시스템

신재생에너지 활용, 에너지 수요반응, 통합관리 시스템

비연속식 (Batch) SWRO

모델화된 Semi batch SWRO 장치기술 개발

해수담수화를 위한 선박
리모델링 (Design) 기술

중고선박 활용기술, 선박설계 기술, 안정성 평가기술

육상-해상 공급시설 (Facility)
구축 및 운영기술

육상-해상 연결관로 구축기술, 물 공급 스케줄링

그림 124 해상이동형 담수화 기술의 대표기술 및 성과

4절. 중복성 검토

□ 기존 과제와의 중복성 및 차별성 검토

- 해상 이동형 해수담수화 과제와 기존 정부/지자체 사업과 R&D 과제와는 사업대상과 사업분야 측면에서 차별성이 있으며, 중복요소는 없음
- 세부기술 측면에서도 가변생산/부하 담수화 공정이나 담수화를 위한 선박제조 기술, 자항식 담수화 플랜트 설계 등 중복성이 없음

표. 타 부처 과제와의 중복성 검토

부처	사업 아이템	사업대상
환경부	도서지역 마을상수도	<ul style="list-style-type: none"> ■ 소규모 마을상수도 시설 - 육상설치 시설 (지하수 활용시설, 해수 및 기수 담수화 시설) - 육상에서 물을 생산하여 공급
산업부	선박용 조수기 선박평형수 처리장치 선박형 발전플랜트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 선박용 조수기 - 선박내에서 필요한 물 공급 장치(정수기) 개발 - 선박규모 대비 소규모 증발기 혹은 RO 장치 ■ 선박평형수 처리 - 선박평형수 처리 국제기준에 만족하기 위한 처리장치 - 단순 여과 및 소독장치 (대규모) ■ 선박형 발전 플랜트 - 전력생산을 목적으로 한 발전시설
국토부	해상이동형 해수담수화 플랜트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비상용수 공급용 해상이동형 해수담수화 장치 - 해상에서 해수를 담수화하여 육상에 공급 - 자항식 플랜트 ■ 기존시설 대체 해수담수화 플랜트 - 기존 육상설치 해수담수화 플랜트 대체 - 자항식 혹은 부유식 플랜트
차별성 및 추진 필요성		<ul style="list-style-type: none"> ■ 물 부족 해결을 위한 대체수자원 확보는 국토부 고유 업무 영역 ■ 해상 이동형 해수담수화는 차세대 플랫폼으로서 기존 해수담수화 R&D의 연장선상에 있음 ■ 중장기적으로는 해수담수화 플랜트 해외시장 개척과 수자원 산업 육성을 위한 과제로서 국토부 정책방향과 부합함

5절. 투자 우선순위도출

- 투자 우선순위 도출을 위하여 과제추진 우선순위 평가결과와 실제 과제추진을 위한 소요비용의 측면을 동시에 고려함
- 추진 우선순위는 앞서 기술된 바와 같이 “선박 개조기술 개발” 과 “중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발” 등이 높게 나타났음
- 사업소요비 순위는 사업의 특성에 따라 구분하였으며, 실증연구의 경우 가장 높은 우선순위를 부여하였으며, 공정/제품 개발과 응용연구를 각각 다음 순위로 설정하였음
- 추진 우선순위와 사업소요비를 고려한 종합 투자 우선순위는 “중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발” 이 가장 높게 나타났으며 가장 우선적으로 예산을 배정하여야 할 것으로 판단되었음

추진과제	추진 우선순위		사업소요비 순위		투자순위
	점수	우선 순위	특성	우선 순위	종합순위
선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발	0.82	A	개발	A	A
선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	0.72	A	개발	A	A
선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발	0.82	A	응용	B	B+
선박 개조기술 개발	0.96	S	응용	B	A
선박 구조 안전성 기술	0.82	A	응용	B	B+
선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발	0.8	A	응용	B	B+
담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	0.78	B	실증	S	A
담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술	0.8	A	응용	B	B+
기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발	0.8	A	응용	B	B+
중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	0.92	S	실증	S	S
중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발	0.74	B	실증	S	A

6절. 성과목표 및 지표설정

1. 방법론

- 비전과 목표, 중점분야 목표, 중점추진 세부과제 성과 목표가 일관되게 연계되는 “Cascading”한 성과지표 설정이 필요하며, 지표의 측정방법, 측정단위, 목표치, 등을 제시
- 성과지표 설정의 기준

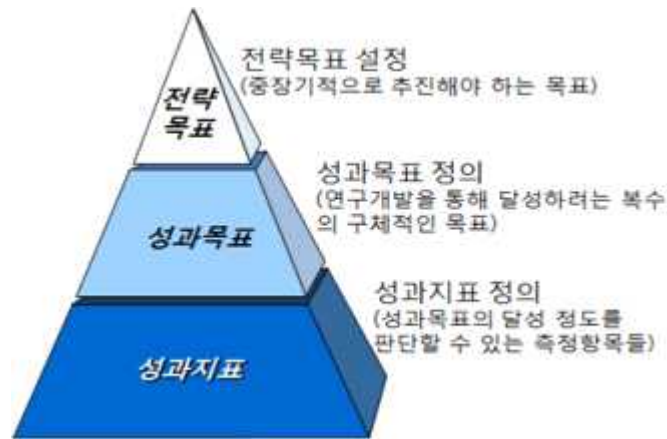


그림 125 성과지표 설정기준

- 성과지표 측정방법, 목표치, 설정근거 작성

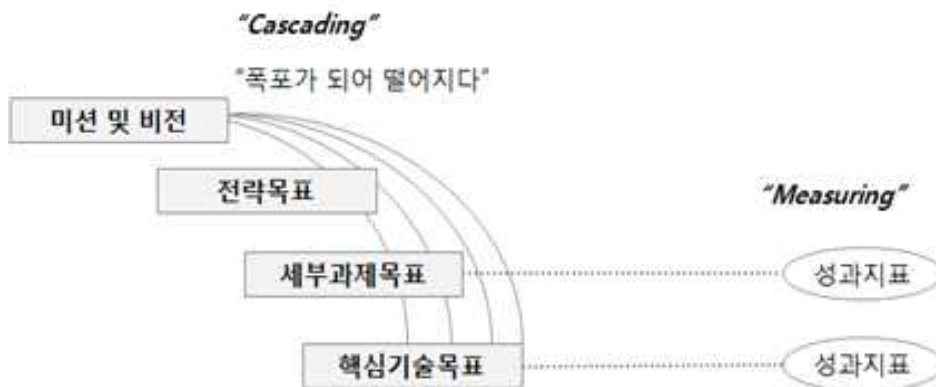


그림 126 성과지표 측정방법 도식

2. 도출결과

- 도출된 성과지표는 다음과 같음
 - 각 과제별로 성과목표를 도출하였으며 이에 대한 성과지표를 선정하였음
 - 총 14개의 주요 성과목표를 도출하였으며, 이를 달성하기 위한 총 28개의 성과지표를 도출하였음
 - 성과지표는 설계기술 개발, 매뉴얼, 기법, 프로그램, 실증장치, 비즈니스 모델 등으로 제시함

그림 127 해상이동형부유식 담수화 플랜트 세부별 목표 및 지표설정결과

제6장 추진전략 및 활동계획

1절. 기술로드맵

□ 해상 이동형 담수화 플랜트 기술로드맵

○ 전체 연구기간인 6년에 대하여 3단계로 구분하여 추진전략을 수립하였음
(핵심기술 개발 → 시스템화 및 통합 → 실증장치 운영과 사업화 추진)

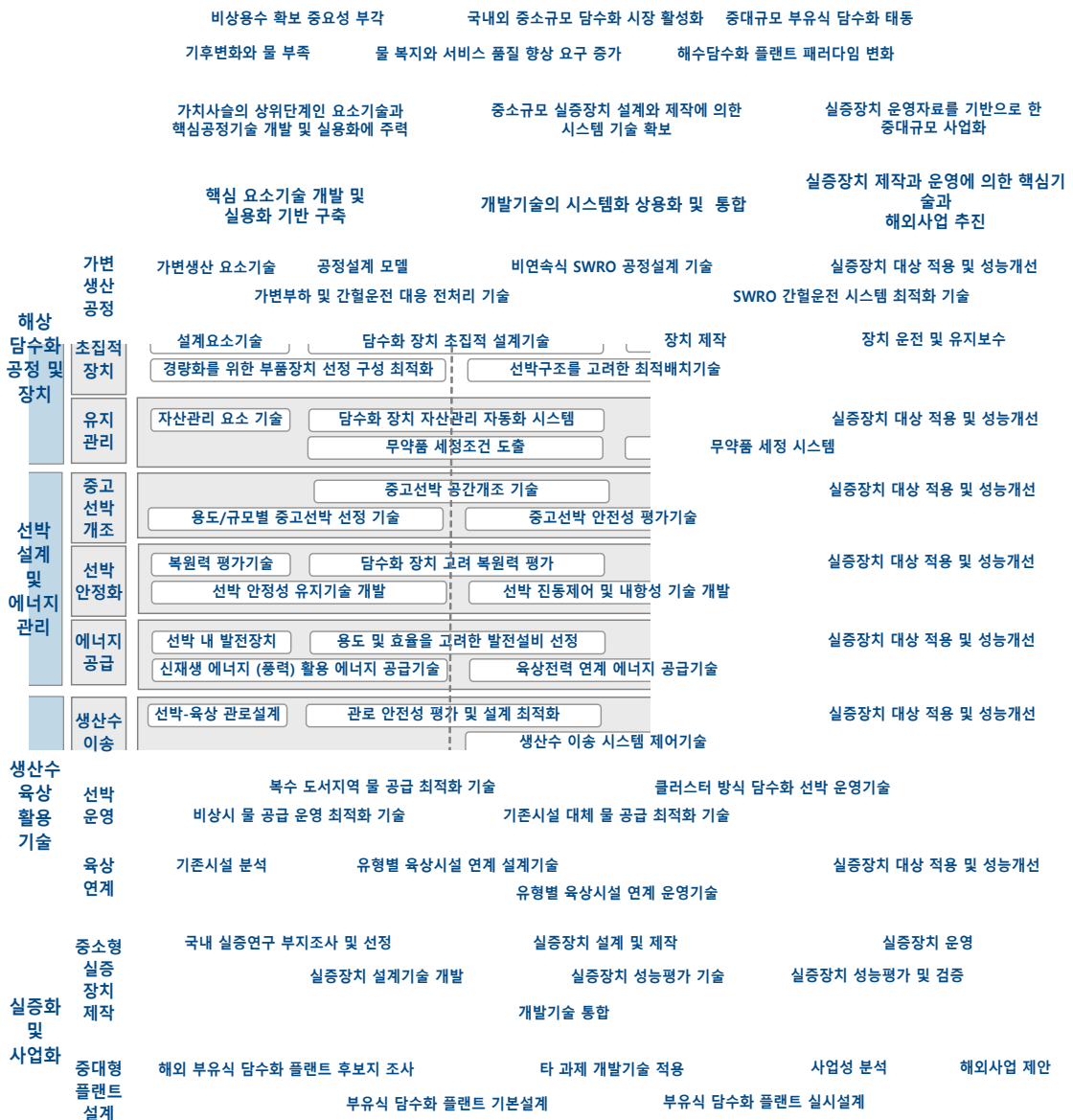


그림 128 기술로드맵

□ 연도별 마일스톤 맵

- 기술개발과 검증을 위한 주요 마일스톤을 각 연차별로 도출함
- 마일스톤 관리를 통하여 각 세부과제별 수행내용과 산출물의 관리가 가능하며, 이를 통하여 최종 산출물인 자항식 해수담수화 플랜트 기술과 부유식 해수담수화 플랜트 기술을 개발함

Project Milestones

1 차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도
● 담수화 공정 가변생산기술	● 담수화 공정 간헐생산기술	● 담수화 공정 경량설계기술	● 담수화 장치 최적배치기술	● 막/장치 자산관리기술	● 담수화 장치 유지보수기술
● 선박 안정성 해석기술	● 선박 배치기술	● 선박 개조기술	● 선박 개조	● 에너지 공급기술	● 선박 개조기술
● 실증연구 부지조사	● 실증연구 부지선정	● 육상시설 설계	● 육상시설 구축	● 생산수 이송기술	● 육상시설 연계운영
● 실증장치 개념설계	● 실증장치 기본설계	● 실증장치 상세설계	● 실증장치 제작	● 실증장치 운영기술	● 실증장치 유지관리 기술

그림 129 연도별 마일스톤 로드맵

□ 자항식/부유식 플랜트 기술개발 및 검증 일정

- 효율적·효과적 연구개발을 위하여 이동식 해수담수화 플랜트(선박 타입)와 부유식 해수담수화 플랜트(바지선 타입)의 기술개발 및 검증 일정 조정
- 상대적으로 기술적 난이도가 높은 자항식 해수담수화 플랜트 기술의 개발과 실증화를 2단계(3,4차년도)와 3단계(5,6차년도)에 집중하며, 기존 기술의 활용이 일부 가능한 부유식 해수담수화 플랜트 기술의 경우 1단계(1,2차년도)와 2단계(3,4차년도)에 집중하여 추진함.
- 자항식 해수담수화 플랜트 기본 및 실시 설계기술의 검증은 2단계에 실시하며, 운영 및 유지관리 기술의 검증은 3단계에 실시함. 반면 부유식 해수담수화 플랜트 기본설계 기술은 1단계 종료 후 실시하며, 실시설계 기술은 2단계 종료 후 실시함.
- 기술개발과 검증일정은 보다 효율적인 과제추진을 위하여 본 과제 추진 시 일부 변경할 수 있음

□ 성과로드맵

○ 앞서 제시한 기술로드맵을 바탕으로 성과로드맵을 작성함

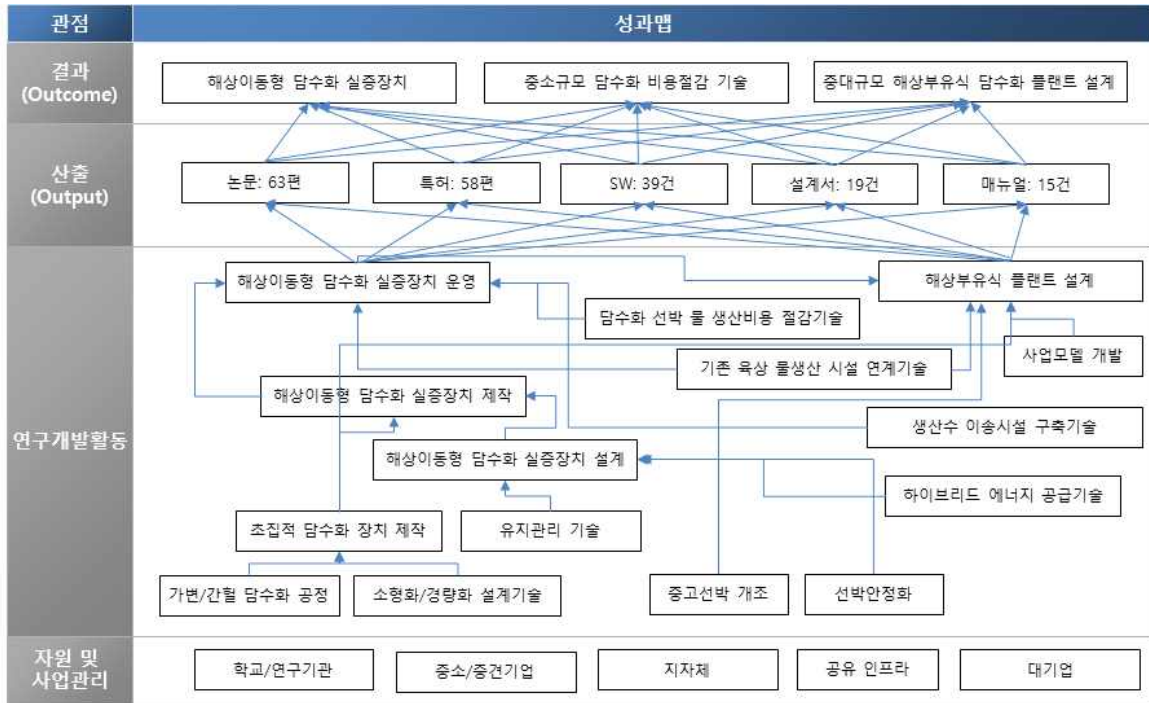


그림 130 성과로드맵

- 6년간 논문 63편, 특허 58편, SW 39건, 설계서 19건, 매뉴얼 15건 등
- 실증시설 설계와 제작, 운영의 비중이 높으므로 산출물도 특허, SW, 설계서, 매뉴얼 등에 대한 비중을 상향조정함

2절. 예산배분

1. 총 연구비 산정근거

- 본 과제는 개발기술의 실증화를 목적으로 하고 있으므로, 기술개발 소요비용에 실증장치 설계, 제작, 시운전, 운영비용이 포함되어 있음
- 실증장치는 ① 국내적용을 위한 해상 자항식 담수화 플랜트 1기 ② 해외적용을 위한 해상 부유식 담수화 플랜트 1기로 총 2기를 제작
- 실증장치 중 “국내적용을 위한 해상 자항식 담수화 플랜트” 구축비용은 중고선박을 활용하는 경우 약 66억 원임
 - 해수담수화 설비 : 약 25억 원 (300 m³/day 생산기준) - 취수, 전처리, 역삼투, 배수시설 포함
 - 해상이동형 플랫폼 : 약 20억 원 (300 m³/day 급 담수화 설비 및 부대설비 설치가능 규모) - 중고선박 매입 및 개조비용 포함
 - 에너지 공급설비 : 약 10억 원 (300 m³/day 급 담수화 공정 운전가능 용량) 자체발전 및 신재생/외부전원 활용시설 포함
 - 육상공급 시설 : 약 5억 원 - 접안시설, 연결 관망, 배수지, 기존 물 공급시설과의 연계시설 포함
 - 운영비용 : 약 3억 원/년×3년 = 9억 원 - 인건비, 에너지, 약품비용 포함
 - * 실증장치 구축 총 비용 = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) = 66억 원
- 실증장치 중 “해외적용을 위한 해상 부유식 담수화 플랜트” 구축비용은 중고선박을 활용하는 경우 약 49억 원
 - 해수담수화 설비 (300 m³/day 규모) : 위와 유사
 - 해상이동형 플랫폼 : 약 5억 원 (300 m³/day 급 담수화 설비 및 부대설비 설치가능 규모) - 동력 바지선
 - 에너지 공급설비 : 위와 유사
 - 육상공급 시설 : 위와 유사
 - 운영비용 : 위와 유사
 - * 실증장치 구축 총 비용 = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) = 49억 원

- 따라서 실증장치 2기를 설계, 제작, 운영하는 비용은 총 115억 원
- 해상이동형 플랫폼으로 중고선박을 활용하지 않고 새로 선박을 건조하는 경우 비용은 약 50억 원으로 산정됨
 - 담수화를 위한 선박을 새로 제조하는 경우 구축방식과 형태에 따라 비용의 차이가 큼
 - 450톤급 선박을 이용하는 경우 일반선박의 경우 설계와 엔지니어링 비용을 제외한 비용이 약 40억 원이며 (선각 재료비 톤당 732,000원, 선각 인건비 톤당 330,000원), 설계와 엔지니어링 비용을 포함하면 약 50억 원이 될 것으로 예상됨
 - 따라서 신조선박을 이용하는 경우 실증장치 2기의 설계, 제작, 운영비용은 총 145억 원으로 산정됨
 - 실증시설 구축비용을 고려하여 중고선박 개조방안을 우선 검토 중
- 사업에 지자체가 참여하는 경우 선박 구축비용은 지자체에서 일부 혹은 전액 부담할 수 있으며, 이 방안을 고려 중
 - 실증장치 구축비용을 제외한 기술개발 소요비용은 총 4개의 세부과제 (11개 세세부 단위과제)에 6년간 정부출연금 기준 약 170억 원이며, 세세부 단위과제 기준으로는 연간 평균 2.57억 원 규모임
- (예산 적정성) 기술개발 소요비용과 실증장치 (해상 이동형 담수화 플랜트) 구축비용을 고려할 때 본 과제의 예산은 적절한 수준으로 볼 수 있음
- 국내사업과 해외사업에서의 활용가능성을 고려할 때, 실증장치 2기의 제작은 반드시 필요함
 - 해수담수화 설비 구축비용(25억 원 - 300 m³/day)은 기존 유사과제에서의 구축비용과 유사한 수준임
 - 해상에서 운영되는 조건을 고려할 때 육상 시설보다는 구축비용을 다소 높을 수 있음
 - 해상 이동형 플랫폼(선박)의 구축비용을 최소화하기 위하여 중고선박을 개조하는 방안을 고려하고 있으며, 추가적으로 지자체에서 일부 부담하는 방안을 고려 중
 - 접안시설의 경우 지자체 혹은 활용처에서 현물로 제공하는 방안을 고려 중
 - 에너지 공급시설과 육상 공급시설도 기술개발에 의한 비용절감 가능성을 고려하여 비용을 책정함

- 본 과제는 해수담수화 분야와 선박 분야의 다분야 융·복합 기술개발을 주요 내용으로 하고 있으므로, 기존의 과제보다 난이도가 높은 도전적인 과제이며, 예산규모를 검토할 때 이러한 사항이 고려되어야 함
- 또한 본 과제의 특성상 현장에서의 연구가 중요한 비중을 차지하고, 국제협력과 공동연구가 중요하므로, 연구개발 비용 추가요인을 고려하면, 현재 산출된 예산은 낭비되는 요소 없이 적절하게 편성된 것으로 사료됨

2. 과제별 예산(안)

□ 예산 구성(안)

○ 전체 예산

- 총 정부출연금 28,500 백만원/6년, 총 민간부담금(추정) 10,248 백만원/6년으로 구성함 (1안)
- 중소규모 부유식 해상이동형 실증장치 제작이 연구내용에서 제외되는 경우 총 정부출연금 23,600 백만원/6년, 총 민간부담금(추정) 8,486 백만원/6년으로 조정함 (2안)

○ 세부과제별 예산 (1안)

- 총 연구비는 1세부 7,682 백만원, 2세부 5,098 백만원, 3세부 4,691 백만원, 4세부 21,277 백만원으로 구성함
- 실증화와 사업화를 위한 4세부 과제의 예산비중을 약 55%로 설정함 (실증 시설 구축비용 115억 원 포함)
- 기업체 참여를 고려하여 민간부담금 비율을 설정 (본 과제 추진시 민간부담금은 변동가능)

[백만원]

세부과제	구분	예산	비율
(1세부) 고효율 초집적 해상 담수화 공정장치 기술	정부	5,940	0.208
	민간	2,136	
(2세부) 해상 담수화 전용 선박설계 및 에너지 기술	정부	3,750	0.132
	민간	1,348	
(3세부) 해상 담수화 생산수 육상활용 기술	정부	3,160	0.111
	민간	1,136	
(4세부) 해상 담수화 플랜트 실증화 기술	정부	15,650	0.549
	민간	5,627	
총계	정부	28,500	1.00
	민간	10,248	

○ 예산도출 근거 및 세세부 과제별 예산(1안)

- 세세부 과제별 예산은 각 연구개발 내용별 소요예산을 산출하고 이를 합산하여 산출함

[백만원]

세부과제	세세부과제	구분	예산
1세부	선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발	정부	2,710
		민간	974
	선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	정부	1,730
		민간	622
	선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발	정부	1,500
		민간	539
2세부	중고선박 개조기술 개발	정부	1,580
		민간	568
	선박 구조 안전성 확보기술 개발	정부	1,010
		민간	363
	선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발	정부	1,160
		민간	417
3세부	담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	정부	1,480
		민간	532
	담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술 개발	정부	620
		민간	223
	기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발	정부	1,060
		민간	381
4세부	중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	정부	13,900
		민간	4,998
	중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발	정부	1,750
		민간	629

○ 세부과제별 예산 (2안)

- 총 연구비는 1세부 7,682 백만원, 2세부 5,098 백만원, 3세부 4,691 백만원, 4세부 21,277 백만원으로 구성함

[백만원]

세부과제	구분	예산	비율
(1세부) 고효율 초집적 해상 담수화 공정장치 기술	정부	5,650	0.252
	민간	2,032	
(2세부) 해상 담수화 전용 선박설계 및 에너지 기술	정부	3,750	0.159
	민간	1,348	
(3세부) 해상 담수화 생산수 육상활용 기술	정부	3,450	0.134
	민간	1,241	
(4세부) 해상 담수화 플랜트 실증화 기술	정부	10,750	0.455
	민간	3,865	
총계	정부	23,600	1.00
	민간	8,486	

○ 예산도출 근거 및 세세부 과제별 예산(2안)

[백만원]

세부과제	세세부과제	구분	예산
1세부	선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발	정부	2,710
		민간	974
	선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	정부	1,730
		민간	622
	선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발	정부	1,500
		민간	539
2세부	중고선박 개조기술 개발	정부	1,580
		민간	568
	선박 구조 안전성 확보기술 개발	정부	1,010
		민간	363
	선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발	정부	1,160
		민간	417
3세부	담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	정부	1,480
		민간	532
	담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술 개발	정부	620
		민간	223
	기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발	정부	1,060
		민간	381
4세부	중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	정부	9,000
		민간	3,236
	중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발	정부	1,750
		민간	629

3. 연차별 예산(안)

○ 마일스톤 달성시기를 고려하여 각 과제별 예산계획을 수립하였으며, 이는 다음과 같음

○ 세부과제별 연차별 예산(1안)

[백만원]

세부과제	구분	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	총계
(1세부) 고효율 초집적 해상 담수화 공정장치 기술	정부	300	1,370	1,050	1,020	1,050	1,150	5,940
	민간	108	467	378	342	378	414	2,136
(2세부) 해상 담수화 전용 선박설계 및 에너지 기술	정부	200	900	700	650	650	650	3,750
	민간	72	324	252	234	234	234	1,348
(3세부) 해상 담수화 생산수 육상활용 기술	정부	200	730	491	680	500	559	3,160
	민간	72	288	177	270	180	201	1,136
(4세부) 해상 담수화 플랜트 실증화 기술	정부	300	3,400	5,200	4,650	900	1,200	15,650
	민간	108	1,223	1,870	1,672	324	431	5,627
총계	정부	1,000	6,400	7,441	7,000	3,100	3,559	28,500
	민간	360	2,301	2,676	2,517	1,115	1,280	10,248

○ 세세부 과제별 연차별 예산(1안)

[백만원]

세부/세세부과제	구분	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	총계
(1세부) 고효율 초집적 해상 담수화 공정장치 기술								
선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발	정부	160	660	500	390	500	500	2,710
	민간	58	237	180	140	180	180	974
선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	정부	80	380	300	370	300	300	1,730
	민간	29	137	108	133	108	108	622
선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발	정부	60	330	250	260	250	350	1,500
	민간	22	93	90	68	90	126	539
(2세부) 해상 담수화 전용 선박설계 및 에너지 기술								
중고선박 개조기술 개발	정부	80	380	300	220	300	300	1,580
	민간	29	137	108	79	108	108	568
선박 구조 안전성 확보기술 개발	정부	60	260	200	190	150	150	1,010
	민간	22	93	72	68	54	54	363
선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발	정부	60	260	200	240	200	200	1,160
	민간	22	93	72	86	72	72	417

(3세부) 해상 담수화 생산수 육상활용 기술								
담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	정부	80	330	200	370	250	250	1,480
	민간	29	119	72	133	90	90	532
담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술 개발	정부	60	140	91	120	100	109	620
	민간	22	76	33	68	36	39	223
기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발	정부	60	260	200	190	150	200	1,060
	민간	22	93	72	68	54	72	381
(4세부) 해상 담수화 플랜트 실증화 기술								
중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	정부	200	3,000	4,900	4,400	600	800	13,900
	민간	72	1,079	1,762	1,582	216	288	4,998
중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발	정부	100	400	300	250	300	400	1,750
	민간	36	144	108	90	108	144	629

○ 세세부 과제별 연차별 예산(2안)

[백만원]

세부과제	구분	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	총계
(1세부) 고효율 초집적 해상 담수화 공정장치 기술	정부	300	1,370	1,050	1,020	1,050	1,150	5,940
	민간	108	467	378	342	378	414	2,136
(2세부) 해상 담수화 전용 선박설계 및 에너지 기술	정부	200	900	700	650	650	650	3,750
	민간	72	324	252	234	234	234	1,348
(3세부) 해상 담수화 생산수 육상활용 기술	정부	200	730	491	680	500	559	3,160
	민간	72	288	177	270	180	201	1,136
(4세부) 해상 담수화 플랜트 실증화 기술	정부	300	2,500	3,200	2,650	900	1,200	10,750
	민간	108	899	1,151	953	324	431	3,865
총계	정부	1,000	5,500	5,441	5,000	3,100	3,559	23,600
	민간	360	1,978	1,956	1,798	1,115	1,280	8,486

○ 세세부 과제별 연차별 예산(2안)

[백만원]

세부/세세부과제	구분	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	총계
(1세부) 고효율 초집적 해상 담수화 공정장치 기술								
선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발	정부	160	660	500	390	500	500	2,710
	민간	58	237	180	140	180	180	974

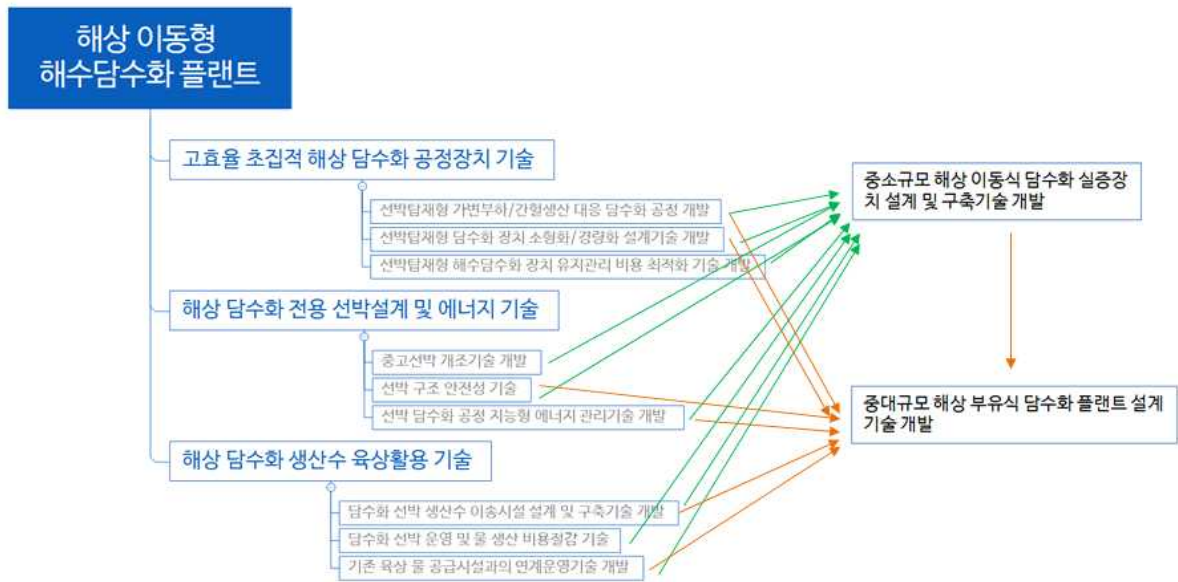
선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	정부	80	380	300	370	300	300	1,730
	민간	29	137	108	133	108	108	622
선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발	정부	60	330	250	260	250	350	1,500
	민간	22	93	90	68	90	126	539
(2세부) 해상 담수화 전용 선박설계 및 에너지 기술								
중고선박 개조기술 개발	정부	80	380	300	220	300	300	1,580
	민간	29	137	108	79	108	108	568
선박 구조 안전성 확보기술 개발	정부	60	260	200	190	150	150	1,010
	민간	22	93	72	68	54	54	363
선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발	정부	60	260	200	240	200	200	1,160
	민간	22	93	72	86	72	72	417
(3세부) 해상 담수화 생산수 육상활용 기술								
담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	정부	80	330	200	370	250	250	1,480
	민간	29	119	72	133	90	90	532
담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술 개발	정부	60	140	91	120	100	109	620
	민간	22	76	33	68	36	39	223
기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발	정부	60	260	200	190	150	200	1,060
	민간	22	93	72	68	54	72	381
(4세부) 해상 담수화 플랜트 실증화 기술								
중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계 및 구축기술 개발	정부	200	2,100	2,900	2,400	600	800	9,000
	민간	72	755	1,043	863	216	288	3,236
중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계기술 개발	정부	100	400	300	250	300	400	1,750
	민간	36	144	108	90	108	144	629

3절. 전략수립

1. 연구과제 추진전략

○ 과제간 연계추진 전략

- 과제간 긴밀한 연계성을 가지고 추진
- 1,2,3 세부과제의 성과물은 4세부과제의 실증장치 제작이나 중대규모 플랜트 설계에 반영됨
- 실증장치 설계와 운영결과도 중대규모 플랜트 설계에 반영되도록 함



○ 실증연구에 반영할 각 세세부과제의 기술 및 성과물

- 각 세세부과제에서 개발한 주요 성과물은 중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 설계·제작·운영 혹은 중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계에 반영하는 것을 원칙으로 함
- 실증장치의 실제 제작과 운영은 4-1 세세부 과제에서 담당하며, 이를 위한 핵심기술과 지원기술, 장치, 소프트웨어 등을 각 세세부에서 개발함
- 각 세세부과제별 실증연구 혹은 설계에 반영할 성과물은 다음의 표에 정리하여 기술하였음

세부/세세부과제	중소규모 해상 이동식 담수화 실증장치 반영	중대규모 해상 부유식 담수화 플랜트 설계 반영
(1-1) 선박탑재형 가변부하/간헐생산 대응 담수화 공정 개발	선박탑재형 저에너지· 가변부하·간헐운전 담수화 공정 기술	선박탑재형 저에너지· 가변부하·간헐운전 담수화 공정 설계기술
	선박탑재형 담수화 공정 운전제어 로직 및 운영·유지관리 매뉴얼	-
(1-2) 선박탑재형 담수화 장치 소형화/경량화 설계기술 개발	선박탑재형 담수화 장치 3차원 설계 기술	선박탑재형 담수화 장치 3차원 설계 기술
	-	생산규모별 장치 설계(안)
(1-3) 선박탑재형 해수담수화 장치 유지관리 비용 최적화 기술 개발	유지관리 무인자동화 기술	유지관리 무인자동화 시스템 설계기술
	무약품 세정기술	무약품 세정시스템 설계기술
(2-1) 중고선박 개조기술 개발	중고선박 개조 기술	-
	자항식 선박 구조 안전성 진단 및 평가기술	-
(2-2) 선박 구조 안전성 확보기술 개발	자항식 선박 운항 안정성 진단 및 평가기술	부유식 선박 운항 안정성 진단 및 평가기술
	-	선박 정박시 안정성 유지시스템 설계기술
(2-3) 선박 담수화 공정 지능형 에너지 관리기술 개발	하이브리드 에너지 공급기술	하이브리드 에너지 공급 시스템 설계기술
	신재생 에너지 활용시스템 설계기술	신재생 에너지 활용시스템 설계기술
(3-1) 담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발	접안시설 설계·건설기술	접안시설 설계기술
	공급관로 설계·건설기술	공급관로 설계기술
(3-2) 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술 개발	다수 도서지역 물 공급 연계운영기술	-
	도서지역별 취수 및 배수 위치선정 기술	친환경 취수 및 배수 시스템 설계기술
(3-3) 기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발	기존시설 (지하수 시설, 배수지 등)과의 연계 기술	기존시설 (기존 상하수도 시설, 상수관망 등)과의 연계기술
	육상공급을 위한 처리수 수질조정 기술	육상공급을 위한 처리수 수질조정 시스템 설계기술

2. 상용화를 위한 로드맵

□ 해상 이동형 담수화 기술의 상용화를 위한 단기·중기·장기 전략 수립

○ 단기 상용화 전략 : 비상용수 공급

- 상용화 가능성 : 기후변화로 인한 극한가뭄 발생, 자연적 · 인위적 재난발생 시 비상용수 필요, 도서·임해지역 물 공급 대안 필요
- 시장특성 : 소규모, 부가가치, 높은 성장률
- 장점 : 빠른 상용화 가능
- 단점 : 전체 시장규모는 상대적으로 작은 편, 장치 중심의 사업
- 상용화 성공을 위한 핵심기술 : 자항식 선박 담수화 장치설계 기술, 초집적화 기술 등

	단기	중기	장기
	비상용수 공급	기존 중소규모 시설 대체	기존 중대규모 담수화 대체
도입배경	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화로 인한 극한 가뭄 발생 • 자연적 · 인위적 재난 발생시 비상용수 필요 • 도서·임해지역 물 공급 대안 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 운영관리가 어려운 중소 규모 해수담수화 시설 대체 • 물 수요변동이 큰 도서지역을 위한 물 공급 방안 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 담수화 플랜트 건설공사 비용 증가 • 선박비용 하락에 따른 경제적 타당성 확보 • 해외사업의 불안정성 문제 해결
시장특성	<ul style="list-style-type: none"> • 소규모 • 고부가가치 • 규모는 작지만 높은 시장 성장률 	<ul style="list-style-type: none"> • 소규모 혹은 중규모 • 기존기술 대비 경제성 확보 필요 • 다양한 사업모델 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 중규모 혹은 대규모 • 기존 담수화 플랜트 대체 • 건설사업이 아닌 장치산업
핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> • 자항식 선박 담수화 기술 • 선박탑재형 초집적 담수화 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 자항식 혹은 부유식 해수담수화 기술 • 생산수 가변부하 대응 담수화 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 저비용 부유식 해수담수화 기술 • 제작비 절감 및 안정성 확보기술

그림 132. 상용화를 위한 로드맵

○ 중기 사업전략 : 기존 중소규모 담수화 시설 대체

- 상용화 가능성 : 운영관리가 어려운 중소규모 해수담수화 시설 대체 필요성 증가, 물 수요변동이 큰 도서지역을 위한 물 공급방안 필요
- 시장특성 : 소규모 혹은 중규모 (< 10,000 m³/day), 기존 대비 가격경쟁력 중요

- 장점 : 국내·외 사업가능 지역 다수, 상대적으로 낮은 진입장벽, 장치제작 외에 운영서비스 등 다양한 사업모델 가능
 - 단점 : 가격경쟁력 확보와 클러스터 방식의 사업 추진 필요
 - 상용화 성공을 위한 핵심기술 : 자항식 선박 담수화 시스템 설계, 제작, 운영 기술, 생산수 가변부하 대응 담수화 기술, 지능형 유지관리 기술 등
- 장기 사업전략 : 기존 중대규모 담수화 플랜트 대체
- 상용화 가능성 : 기존 담수화 플랜트 건설공사 비용 증가, 선박비용 하락에 따른 선박 담수화 플랜트의 경제적 타당성 확보, 해외사업의 리스크관리를 통한 수익성 향상 가능
 - 시장특성 : 중대규모 (> 10,000 m³/day), 현지 건설 사업이 아닌 대규모 장치 제작 및 운영사업임
 - 장점 : 상대적으로 큰 시장규모, 다양한 사업지 발굴 가능, 선진국 시장 진출 가능성 등
 - 단점 : 기존 육상 해수담수화 기술과의 경쟁, 높은 시장 진입장벽
 - 상용화 성공을 위한 핵심기술 : 저비용 부유식 담수화 플랜트 건설 및 운영 기술, 제작비 및 운영비 절감기술 등

2. 조기 사업화 전략

□ 기술사업화 프로세스

- 기술사업화는 사회와 시장의 니즈와 개발기술의 수준을 맞추는 과정
- 기술사업화 프로세스를 부가가치 창출을 목적으로 기술에 대한 새로운 아이디어를 구체화 하고 시장에 판매하기까지 직·간접적으로 영향을 주는 일부 또는 전체의 과정
 - 개발한 기술을 이전 또는 자체개발함으로써 사업화 대상기술의 업그레이드를 통해 프로세스에 응용되거나 시제품제작, 제품생산·판매 등 시장에 진출하기까지 관련되는 전 과정에 해당
 - 기술사업화의 선형적 모형으로는 Rothwell & Zegveld 모형 등이 있으며, 이에 의하면 사회 및 시장의 니즈에 맞게 기술 및 제품의 현 수준을 맞추는 노력이 필요하며, 개발, 시제품 제조, 생산, 판매의 모든 단계에서 이들 측면을 고려하는 것이 필요함

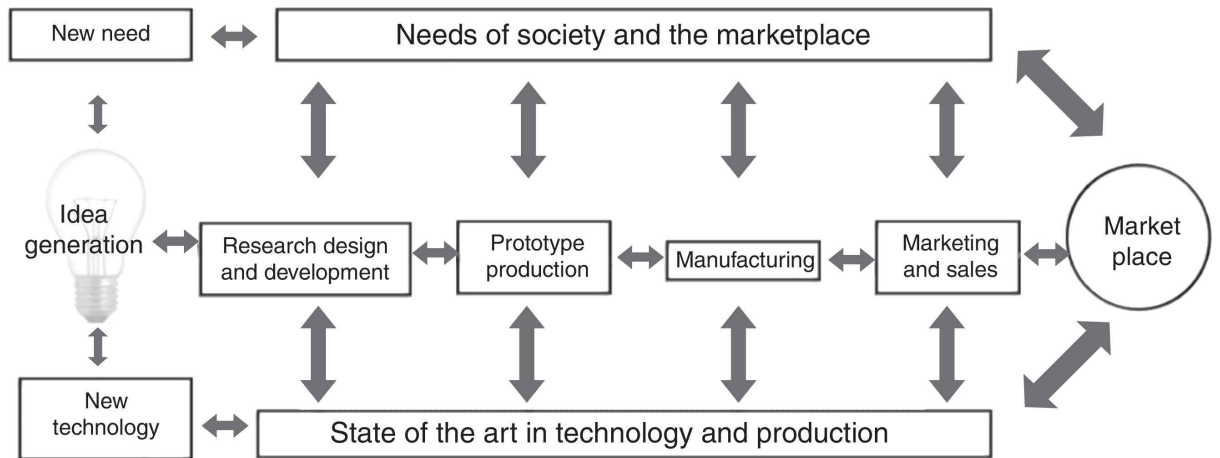


그림 133. Rothwell & Zegveld의 기술사업화 모형

- 따라서 사업화 전략도출에 있어서도 시장의 니즈 측면과 기술의 수준 측면을 고려한 방법을 고려함
- 또한 기술사업화를 위해서는 기술 컨설팅, DB 구축, 인증, 표준화, 기술거래, 인력 현장지원, 마케팅 지원, 법·제도 개선, 금융지원 등의 지원활동이 필수적임
- 국내 사업화 전략
 - 시장 니즈 측면 : 기술 수요처
 - 전남도, 인천시 등은 다수의 도서지역을 포함하고 있는 지자체에서는 해상 이동형 담수화 기술에 대한 관심이 높으나, 아직까지 이를 사업으로 추진하고 있지 않음. 그렇기 때문에 본 연구 초반에 국내 도서지역의 접안시설, 배수지의 위치, 급수인원 등을 포함한 현실적인 제약조건 등을 고려한 실증 후보지 조사 연구를 진행하여 여러 지자체와의 협의를 진행해야 함
 - 시장 니즈 측면 : 기술 활용처
 - 지자체 외에도 공기업(K-water, 환경공단)이나 민간 기업에서도 해상 이동형 담수화 기술을 활용한 BOT 사업을 추진할 수 있으므로, 비즈니스 모델 다각화 측면에서 이를 유도하기 위한 전략적 접근 필요
 - 이를 위해서는 초기 투자대비 사업성을 확보할 수 있는 적용규모와 서비스 비용, 계약방식 등에 대한 검토가 선행되어야 하고 이를 바탕으로 기술 활용처를 발굴하여야 함

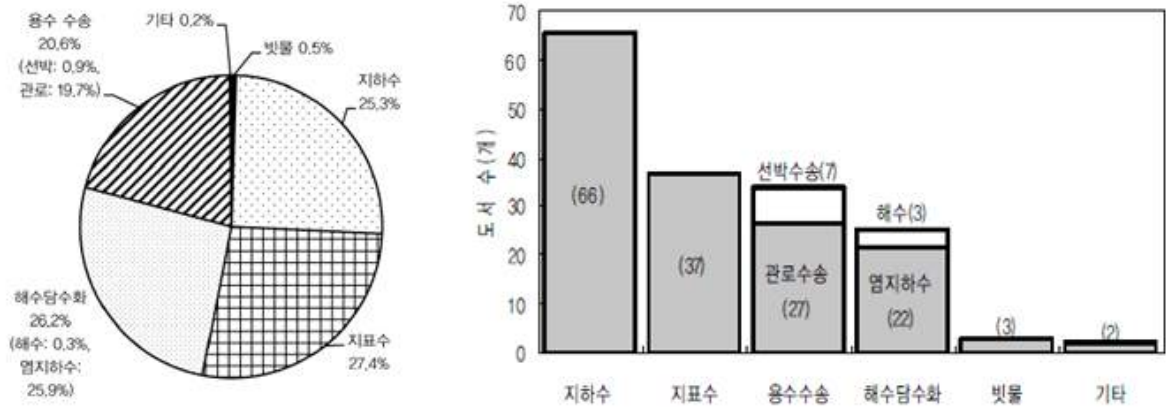


그림 134 국내 도시지역 물 공급 현황 (자료: 환경부)

○ 기술 수준 측면

- 지자체 외에도 공기업(K-water, 환경공단)이나 민간 기업에서도 해상 이동형 담수화 기술을 활용한 BOT 사업을 추진할 수 있으므로, 비즈니스 모델 다각화 측면에서 이를 유도하기 위한 전략적 접근 필요
- 이를 위해서는 초기 투자대비 사업성을 확보할 수 있는 적용규모와 서비스 비용, 계약방식 등에 대한 검토가 선행되어야 하고 이를 바탕으로 기술 활용처를 발굴하여야 함

○ 연구 성과의 실증이 가능한 국내 지역 사례

- 국내에서 연구 성과의 실증화와 사업화가 가능한 후보지역은 인천시, 전라남도, 속초 등이 있으며, 이 중에서 인천시에 대하여 추가적인 사항을 분석하였음
- 인천시 관할 도시지역 중 대청도, 소청도, 대연평도 등은 반복적인 물 부족 발생 (제한급수), 덕적도 등은 관광시즌의 물 수요로 인한 물 부족 발생, 장봉도와 모도 등은 해수침투로 인한 염 지하수 문제 발생
- 가뭄 발생 시에는 강화도 일부 지역도 물 부족 발생
- 가뭄기간에는 섬 지역 물 부족 해결을 위하여 운반급수 실시 (15~20 만원 /m³)
- 인천시에서는 서해 5도의 물 문제를 해결하기 위하여 (고정식) 해수담수화 시설 도입을 추진 중이나 계절적으로 발생하는 물 부족 문제의 해결을 위한 비용대비 효과가 높은 방법은 아님
- 인천시 대청도의 경우 해상이동형 해수담수화가 도입될 경우 접안시설을 담

동해수욕장 쪽에 설치하고, 생산된 담수를 배수지로 이송함으로써 선진동 지역으로 물 공급이 가능하며, 필요수량은 약 150 m³/day임

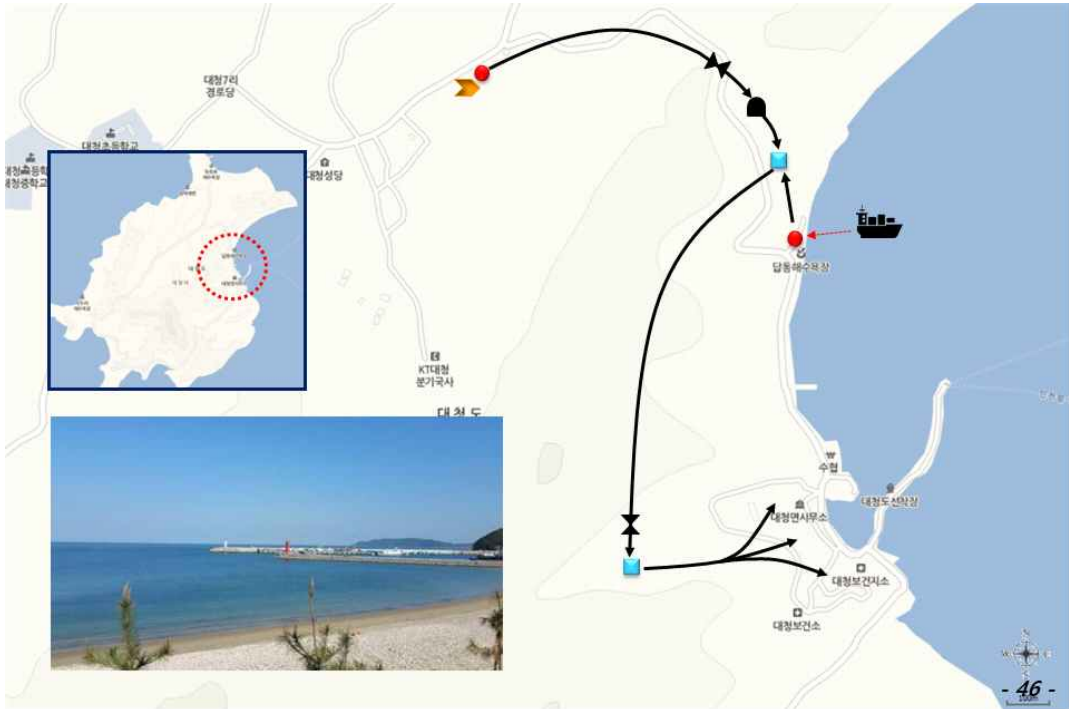


그림 135 국내 적용가능 지역의 예 (인천시 대청도)

- 대청도 외에도 인천시 타 도서지역 (대연평도, 소청도, 덕적도, 모도 등)의 경우도 배수지의 위치와 선박 접근성을 고려할 때 해상이동형 해수담수화가 적용이 가능한 것으로 사전 조사되었으나, 타 지자체를 포함한 세부적인 사항의 검토는 본 과제에서 진행되어야 할 것으로 판단됨

□ 국내 실증연구 추진을 위한 지자체 선정기준

○ 선정기준

- 국내 실증연구 추진을 위한 지자체의 선정기준(안)과 대상시 적정성 평가기준을 도출
- 지자체 선정기준에서는 대상지 적정성과 함께 자원조달 계획과 지자체의 추진의지 (행정지원, 환경관리 계획) 등을 중요하게 평가함
- 대상지 적정성 평가에서는 적용가능 공간의 확보여부, 기술적인 적용가능성과 민원발생 가능성 등을 평가함

표. 해상이동형 해수담수화 플랜트 실증연구를 위한 지자체 선정기준

평가항목	세부평가항목	세세부 평가항목	가중치
재원도달 및 투자효율성 (50)	재원조달 계획 적정성 (20)	운영자금 조달 계획	5
		건설 부담금 조달 계획	5
		현물 부담계획 (선박 등)	5
		경제성 분석	5
	대상지 적정성 (30)	대상지 입지 조건의 충족성	30
제안기관 추진의지 (30)	사업추진 일정 (5)	사업추진 일정과 지원계획 연계성	3
		대상지 준비 계획	2
	행정업무 지원 (16)	인허가 지원 및 사전환경성 평가 계획	5
		주민 동의 계획	3
		용지 확보 계획	3
		민원 발생 방지 및 처리 계획	5
	환경관리 계획 (9)	시공 과정의 환경관리 지원계획	3
		시운전 과정의 환경관리 지원계획	3
운영 과정의 환경관리계획		3	
사업목적 적합성 (20)	운영계획 적정성 (15)	운영계획	8
		유지관리계획	4
		비상시 대처방안	3
	홍보계획 우수성 (5)	연구단 홍보성과 효과	2
		국내외 홍보계획	3

표. 대상지 적정성 평가기준

항목	내용	배점
대상지 면적	대상지 및 적용대상지 존재 여부	20
해수 활용 시 해안가와 주위 양식장/어장간의 거리	대상지와 해안가로부터 양식장/어장까지의 거리	20
해수활용 시 수심 7m에서의 해수온도	대상지와 해안가로부터 반경 700m이내에서 측정한 자료 확인	20
수요처 및 공급가능성	실제 주민 거주 여부 및 적용가능 여부	20
대상지 입지의 적정성	대상지 및 대상지의 적정성	20

○ 선정절차 (안)

- 공모 전 준비절차 : 연구단 운영위원회로 아래사항을 심의·검토
 - 선정 절차 및 방법의 적정성 검토
 - 평가항목 검토 및 가중치 설정
 - 공모 추진계획서, 안내서 등 검토 및 확정
- 공모 및 제안서 접수
 - 대상지 선정 공모 실시 및 안내

- 제안서 접수 후 제안기관 제출서류를 검토하여 필요시 보완 또는 반려
- 사전 적격성 평가
 - 내부 연구책임자로 구성된 「사전적격성 평가단」에서 아래 사항을 평가
 - 제안서 내용 및 요구조건 등에 대한 현장 확인·검증을 실시하여 필수 요구조건 충족여부 등 판단
 - 사전적격성 평가 결과 적격인 경우 발표 평가 대상으로 결정하고, 부 적격인 경우 탈락 조치
 - 운영위원회에서 사전적격성 평가단 심의결과 확인 및 의결
 - 진흥원 에서 발표 평가단 구성계획(분야 및 인원) 검토·확정
- 발표평가
 - 외부 전문가와 운영위원으로 구성된 「발표 평가단」에서 평가
 - 운영위원회에서 발표 평가단 심의결과 확인 및 의결

□ 해외 사업화 전략

○ 시장 니즈 측면

- 해상이동형 해수담수화의 경우 중동지역 뿐 아니라 아시아 및 중남미 지역의 수요도 높을 것으로 예상되므로 수요처의 다양화가 필요함
- 해외시장의 경우 해외사업을 추진하고자 하는 국내 민간 기업이 기술 활용 수요처가 될 수 있으므로, 이를 고려한 전략적 검토가 필요함
- 해외 진출 후보지 조사 연구를 통하여 구체적인 진출전략 등 실용화 계획 수립 진행과 동시에 선정된 후보지의 수요환경과 후보지 국가와의 협약으로 구체적인 운영기간과 운영주체 선정이 필요함

○ 기술 수준 측면

- 각 지역별 특성에 따라 요구되는 기술수준과 구성이 상이하므로 이에 대응할 수 있는 맞춤형 기술의 확보와 적용 필요

□ 해외사업 후보지 사례 - 피지(비상용수)

○ 피지는 333개의 섬으로 구성된 국가

- 비티레부와 바누아레부를 제외한 작은 섬들의 인구 : 약 11만 명

- 피지 수자원 공사(WAF) 기준 인당 1일 물 사용량 : 150 L/1인
- 물수요량(생활용수) 16,500 ton/day

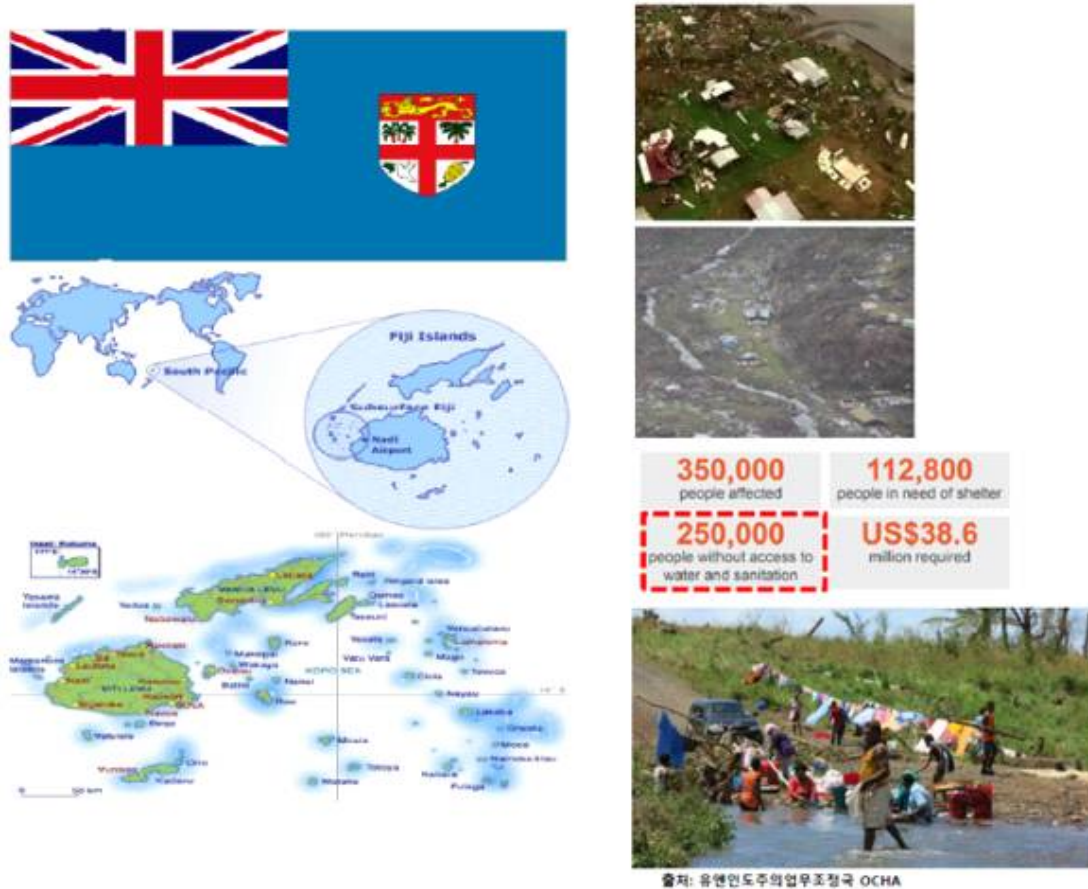


그림 136 해외 적용 후보지 (피지)

- 재해로 인한 물 공급 중단사태 발생 후 해상이동형 담수화 수요 발생
 - 2016년 2월 300km/h급 태풍 ‘Winston’ 이 전 국토를 초토화시킴
 - 국가비상사태 30일 선포
 - 피해규모 : 사망 44명, 가옥 3만2천여 채, 학교 500채, 보건소 80채 등
 - 250,000명(피지국민의 27.8%)이 물 공급 관련 피해를 입었으며, 식수시설이 파괴된 섬은 바지선으로 식수 공급
- 가뭄이나 긴급 재난 시 각 섬에 긴급용수 공급이 가능한 해상이동형 담수화 기술의 적용을 위한 적합한 조건 갖춤

- 기획팀에서는 피지 현지 대학을 통하여 민간협력 추진을 위한 네트워크를 구축하였으므로 본 사업이 추진된다면 이를 활용하여 조기 사업화 가능
- 해외사업 후보지 - 중국 장하시 왕가진(기존해수담수화 방식 대체)
 - 중국 왕가도에서는 현재 도서지역 물 공급 계획 수립 중
 - 해저관로 매설사업과 해수담수화 사업을 비교 검토 중 (약 3,000 m³/day 규모)
 - 해수담수화의 경우 순수운영비 기준으로 880원/m³ (부가세 포함) 확보할 수 있으면 사업 타당성 확보 가능
 - 중국 관련기관 전문가와의 협력을 통해 해상 이동형 담수화 기술이 검토될 수 있도록 함

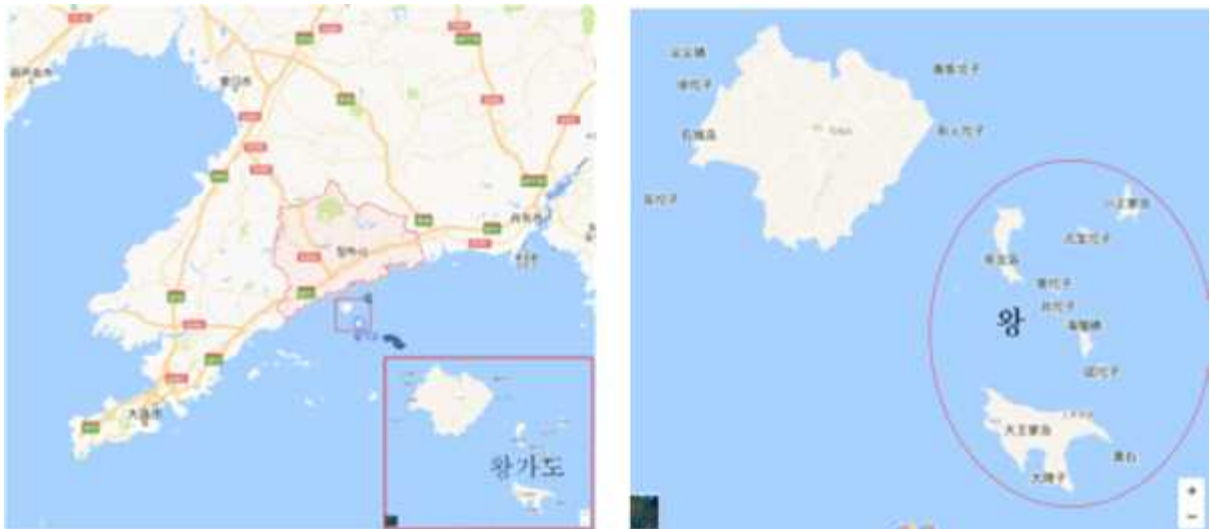


그림 137 해외 적용 후보지 (중국)

6. 비즈니스 모델(Business Model)

- 해상 이동형 담수화 플랜트 기술의 비즈니스 모델
 - 비즈니스 모델 분석을 고객, 상품, 협력자, 수익모델 측면에서 분석
 - 기술의 주요 고객: 국내 지자체, 동남아시아 등 해외 도서국가, 중동지역 등으로 나타남
 - 주요 상품: 해상 자향식 (중소규모) 및 부유식 (중대규모) 해수담수화 플랜트의 설계, 제작, 운영기술임
 - 협력자 : 기술 활용처인 국내기업과 해외기업을 선정하였음

- 수익모델 : 기존 EPC 수익모델 외에도 해상이동형 담수화의 경우에는 다양한 모델 적용가능
 - 장치/시설 제작 및 판매 : 장치 또는 플랜트를 제작하여 판매하여 수익을 얻는 기존의 방식으로, 장치산업의 특성을 가지고 있으며 단기간에 많은 수익을 올릴 수 있는 가능성이 있으나, 수주건수에 따라 수입의 변동 폭이 큰 단점을 가짐
 - 원천기술 확보 후 라이선싱 : 핵심기술을 특허나 설계기술로 확보한 후 이를 기술 활용수요자에게 판매 혹은 대여하는 방식으로, 선진국에서 선호하는 방식이나 이를 위해서는 시장이 어느 정도 성숙되어 있어야 하며, 기술의 독점적 위치에 오르기까지 시간이 필요함
 - 렌탈/리스 : 장치 또는 플랜트를 제작한 후 소유권을 유지한 채로 대여하는 방식으로 운영권을 가지지 않는 대신 일정한 임대수입을 얻는 것으로, 수입구조가 안정적인 반면에 기술개발을 통해 추가적인 수입을 얻기는 적합하지 않은 방식
 - 물 공급 서비스 제공 : 장치 또는 플랜트를 제작한 후 소유권을 유지한 채로 운영을 통해서 초기 투자비를 회수하는 방식으로, 기술개발 수준에 따라 수입률의 변동이 있음
- 시장진입 초기에는 장치/시설 제작판매를 주력으로 하는 사업추진이 바람직하나, 중장기적 관점에서는 라이선싱, 렌탈, 혹은 서비스 제공과 같은 안정적인 수입구조를 확보하는 것이 필요함
- 또한 사업 확대와 조기 상용화를 위해서는 공공분야 뿐 아니라 민간부문에 서도 투자를 하는 방식이 고려되어야 함

그림 138. 비즈니스 모델 분석

□ 민자 추진방식의 비즈니스 모델 필요성

- 중대규모의 해상이동형 담수화의 경우 신규 사업으로 추진되는 경우 초기 투자비 재원마련이 사업 확대를 위해 필수적
- 기존 공공사업의 경우 주로 초기투자비를 정부나 지자체에서 부담하였으나, 민간투자를 활성화는 경우 좀 더 빠르게 사업을 활성화시키고 상용화를 촉진할 수 있음
- 따라서 해상 이동형 담수화의 조기 상용화를 위한 민자 추진방식의 비즈니스 모델에 대해서 검토하고자 함

□ 민자투자방식의 종류

- BTO(Build-Transfer-Operate)
 - 시설의 준공과 동시에 당해 시설의 소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속되며 사업시행자에게 일정기간의 시설관리운영권을 인정
- BTL(Build-Transfer-Lease)
 - 시설의 준공과 동시에 당해 시설의 소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속되며, 사업시행자에게 일정기간의 시설관리운영권을 인정하되, 그 시설을 국가 또는 지방자치단체 등의 협약에서 정한 기간 동안 임차하여 사용·수익하는 방식
- BOT(Build-Own-Transfer)
 - 시설의 준공후 일정기간동안 사업시행자에게 당해시설의 소유권이 인정되며 그 기간의 만료 시 시설소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속되는 방식
- BOO(Build-Own-Operate)
 - 사회기반시설이 준공과 동시에 사업시행자에게 당해시설의 소유권이 인정되는 방식

[수익형 민자사업과 임대형 민자사업의 비교]

	수익형 민자사업	임대형 민자사업
투자비 회수	이용자의 사용료	정부의 시설임대료
주요 시설	도로, 철도, 항만 등	학교, 군관사, 하수관거, 문화·복지시설 등
사업 리스크	상대적으로 높음(수요에 따라 수익률 변동)	상대적으로 낮음
수익률	상대적으로 높음	상대적으로 낮음
사업추진방식	BTO(Build-Transfer-Operate), BOT(Build-Operate-Transfer), BOO(Build-Own-Operate) 등	BTL(Build-Transfer-Lease)

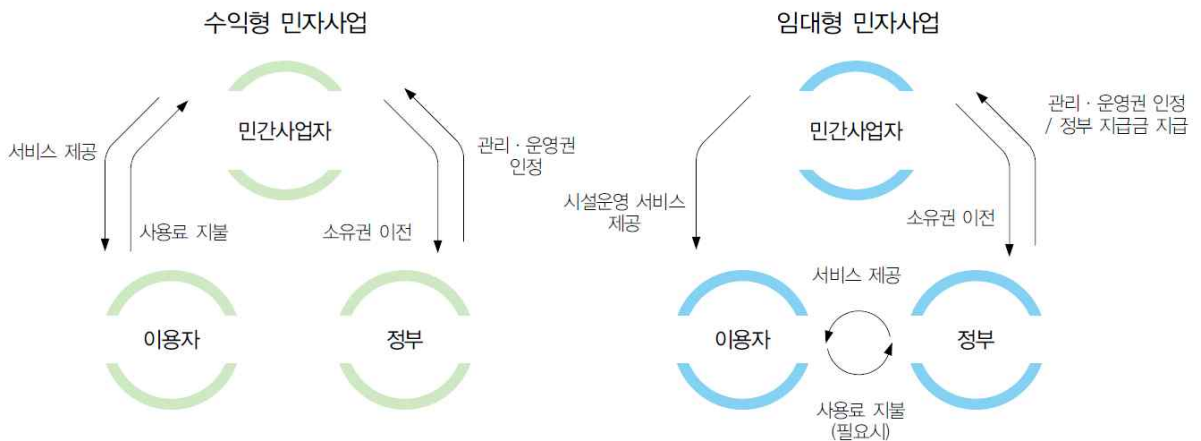


그림 139. 민자 투자방식 비교

□ 타 분야 민자투자사업의 국내·외 동향

- 선진국 뿐 아니라 최근에는 개발도상국에서도 인프라 확충을 위해 민간 자본을 적극 활용하고 있으며, 대상범위도 기존 교통시설 위주에서 생활 기반시설(social infrastructure) 분야까지 확대되고 있음
- 국내에서는 민간투자는 공공성이 높은 분야에 있어서는 도입을 신중하게 추진하고 있으며, 민간투자에 대한 부정적인 여론과 인식을 바꾸기 위한 노력이 필요함

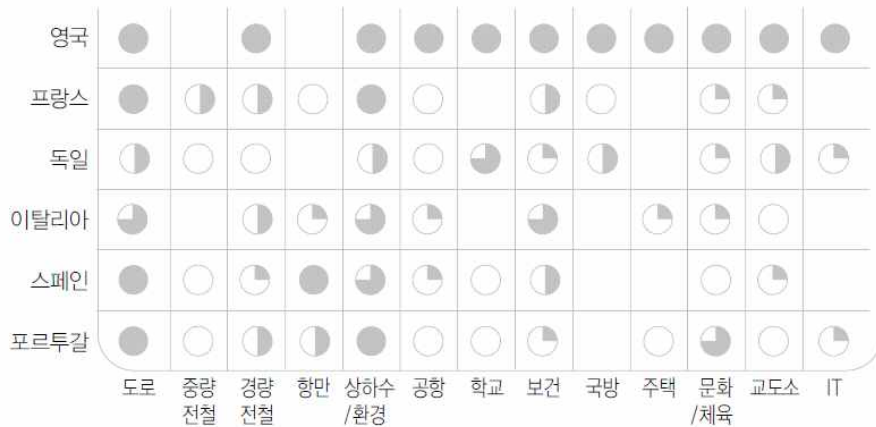


그림 140. 유럽의 민간투자사업 추진분야 (Source: Pricewaterhousecoopers)

□ 우리나라의 민간투자사업 관련제도

- 우리나라에서는 1994년 민자유치촉진법 제정으로 민간투자제도가 도입되어 다양한 분야의 사회기반시설에서 민자 사업이 진행되고 있음
- 그동안 도로,철도 등 교통시설 위주로 추진되었으나, 2005년 민간투자법 개정으로 학교, 보건복지시설, 문화체육시설, 임대주택 등 국민생활에 보다 밀착된 시설들로 대상 분야가 확대되었음. 그러나 아직 생활용수 공급 분야에서는 민간투자는 추진된 사례가 거의 없음
- 제도적으로는 민간투자법과 시행령이 민자 사업에 대하여 포괄적으로 규율하고 있으며, 기획재정부가 수립하는 기본계획을 통해 정부의 정책방향을 제시함.

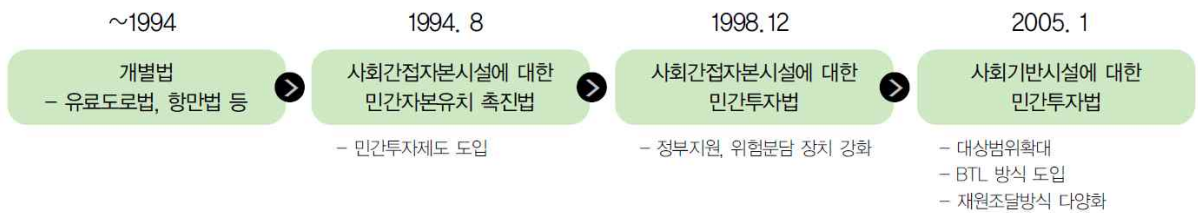


그림 141. 우리나라 민간투자법의 연혁



그림 142. 우리나라 민간투자의 절차



그림 143. 우리나라의 수익형 민자 사업 추진절차

□ 사업추진 전략

- 해상 이동형 담수화 기술의 경우에도 처음부터 중대규모의 시설을 민간 투자방식으로 진행하는 것에는 여러 가지 위험성이 존재하므로, 중소규모 물 공급 시설이나 소규모 지자체 물 관리사업 등에 민간투자를 실험적으로 도입하고 이를 토대로 하여 서서히 사업영역을 확대시키는 전략적 접근이 필요하다고 판단됨
- 공공성이 높은 도서지역 물 공급의 경우에는 가능하다면 임대형 민자사업의 형태로 추진을 하면서 장기적으로는 수익형 민자사업의 형태로 전환하는 것이 필요
 - 다만 국내의 낮은 수도요금과 물관리 비용수준을 고려할 때 정책적인 지원 없이 수익형 민자사업이 가능할지에 대해서는 좀 더 논의가 필요
 - 수익형 민자사업 모델은 장기적으로는 국내보다 해외사업에 적합하기 때문에 이를 위한 테스트베드 혹은 파일럿 형태의 시범사업 추진이 선행되는 것이 바람직함



그림 144. 우리나라의 임대형 민자 사업 추진절차

□ 추천 가능한 비즈니스 모델

○ 앞서 검토한 내용을 정리하면 다음과 같음

사업분야	사업후보지	사업방식	비즈니스 모델
비상용수 확보	국내 지자체	공공사업	EPC 혹은 장치·기자재 판매
비상용수 확보	국내 지자체	민자 방식	BOO
비상용수 확보	해외 개도국	ODA	EPC 혹은 원조사업
비상용수 확보	해외 선진국	공공·민간사업	장치·기자재 판매
중소규모 시설	국내 지자체	공공사업	EPC
중소규모 시설	국내 지자체	민자 사업	BTL 혹은 BTO
중소규모 시설	해외 개도국	ODA 혹은 민자	EPC, BTO, BOT 등
중소규모 시설	해외 선진국	공공·민간사업	장치·기자재 판매 혹은 EPC
중대규모 시설	국내 지자체	공공사업	EPC 혹은 BTO
중대규모 시설	국내 지자체	민자 사업	BOT, BTO 등
중대규모 시설	해외 국가	공공·민간사업	EPC 혹은 BOT

4절. 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

□ 물 안보 확보, 물 복지 실현, 물산업 육성의 3가지 효과 기대

그림 145. 해상 이동형 담수화 플랜트 연구개발사업의 기대효과

- (물 안보) 기후변화에 의한 가뭄/홍수 등의 재난상황 대응을 위한 국가차원의 전략적 수단 확보
- (물 복지) 현재 수자원 확보 취약지역인 도서지역에 대한 저비용·고품질의 무단수 물 공급 서비스 제공
 - 국내 도서지역 해수담수화 시설은 총 101개소, 7,906 m³/일, 급수인구 21,622 명 (2015년 8월 기준)이나 높은 운전비용과 유지관리 비용으로 많은 문제 발생
- (물산업) 기존 육상 담수화 플랜트를 대체할 미래기술로서 높은 부가가치 창출
 - 전 세계 담수화 시장은 2016년에 126억 달러 규모이며, 연간 지난 5년간 연평균 9.9%의 성장률을 보이고 있으며 (GMR, 2016), 미래 해수담수화 플랜트의 15~20%가 육상방식이 아닌 해상 부유식으로 건설될 것으로 전망되므로 (Deloitte, 2014), 해상 이동형 담수화 플랜트 기술을 선제적으로 개발한다면

해수담수화 미래시장을 선점할 수 있음

- 전세계 이동식 담수화/수처리 시장은 2016년에 9.09억 달러이었으며, 2019년까지 연간 11.2%의 성장이 예상되며, 주로 아시아 지역의 시장이 급성장할 것으로 전망되므로, 이들 지역을 중심으로 한 신규시장 개척 가능

2. 사업 편익분석

□ 해상 이동형 해수담수화 연구개발 추진의 타당성 확보를 위한 논리적/정량적 근거 확보를 위하여 사업 편익을 분석함

- 경제적 편익 분석을 통해 사업 시행대안과 미시행대안의 효과사이의 차이를 평가하여 본 사업을 통한 편익을 확인하고, 시사점을 도출할 수 있음
- 현재 계획하고 있는 연구개발사업의 경제적 편익이 적절하게 규명되어야 사업의 긍정적인 성과가 도출될 수 있으며, 실증 플랜트의 추진 필요성 확보를 위한 편익을 추정할 필요가 있음
- 동 사업에 대한 경제적 가치를 규명해야 이를 국민들에게 적절하게 홍보하면서 사업의 타당성을 확보할 수 있음

□ 편익추정의 일반론 및 방법

- 직접적 편익이란 R&D사업의 1차적인 목적과 관련된 편익을 의미
 - 연구개발사업의 직접편익은 신제품 개발, 생산성 증대, 품질개선, 비용절감 등 여러 가지 형태로 나타날 수 있음
 - 직접적 편익의 범주를 정할 때에는 각 R&D사업의 기획보고서에서 목적으로 제시한 것과 관련된 편익만을 추정의 대상으로 하는 것이 현실적임
 - 하지만 A사업과 B사업이 분야만 다르고 본질적으로 유사한 사업인데 A사업 기획보고서에서는 한 가지 목적만 제시한 반면에 B사업 기획보고서에서는 두 가지 목적을 제시한 경우, 각 기획보고서를 기준으로 목적을 인정할지, 아니면 B사업 기획보고서를 기준으로 목적을 고려할지의 문제가 발생할 수 있음
 - 따라서 기획보고서에서 포함되어 있는지 여부와 무관하게 해당 편익이 직접적인 것이라면 추정을 하여 경제성 분석에 반영하는 것이 바람직
- 간접적 편익이란 R&D사업의 2차적인 목적, 즉 부산물(by-product)의 성격을 가지고 있는 편익을 의미
 - 연구개발사업의 간접편익은 관련 지식의 증대, 인력양성 효과 등이 있는데,

사업의 특성에 따라 직접편익보다 더 중요할 수 있으므로 이러한 경우에는 추정하여 편익에 포함해야 함

- 따라서 간접적인 편익의 반영 여부는 그 중요성에 근거하여 판단해야 함
- 즉, 연구진이 판단하기에 중요한 편익이거나 또는 사업주체가 중요한 편익 항목으로 제안 또는 주장하는 경우 이를 고려하여 반영 여부를 결정할 필요가 있음
- 다만 간접적 편익의 추정 과정에서 직접적 편익과 이중계산(double counting)의 문제가 발생하지 않도록 잘 통제하는 것이 중요

○ 연구개발사업의 유형에 따라 편익계산 방법이 달라질 수 있음

- 기초원천기술개발사업의 경우, 사업의 효과가 직접적으로 개별 소비자에게 영향을 미치거나, 기업의 부가가치 창출에 기여한다고 보기 어려움
- 공공복지기술개발사업의 경우, 사업의 효과가 개별 소비자에게 미치는 영향을 추정하면서 산업차원에서의 부가가치 창출액을 측정한 후, 이 두 가지를 합하여 편익을 추정할 수 있음
- 산업기술개발사업의 경우, 다른 연구개발사업에 비해 소비자와 생산자의 식별이 용이하므로, 소비자 잉여와 생산자의 부가가치 창출액을 합하여 편익을 측정할 수 있음
- 연구장비 구축사업의 경우, 소비자와 생산자의 직접편익을 측정하는 것이 쉽지 않지만 장비 사용료와 과학기술 하부구조의 구축으로 인해 국가위상 제고, 국민의 자긍심 고취, 과학문화유산으로서의 가치 등을 고려할 수 있음
- 본 편익분석에서는 산업기술개발사업에 준하여 분석을 수행함

○ 편익 추정방법

- 편익의 추정방법은 상향식(bottom-up) 접근법과 하향식(top-down) 접근법으로 구분할 수 있음
- 상향식 접근법은 편익의 항목과 범주를 세분화해서 추정한 뒤, 이를 모두 합산하는 방식으로서, 편익의 항목과 범주가 많지 않아서 편익추정이 용이할 때 이용
- 하지만 편익의 항목과 범주가 많아서 편익추정이 곤란할 때는 하향식 접근법이 유용
- 가장 좋은 방법은 상향식 접근법과 하향식 접근법을 모두 적용하여 편익을 추정한 후, 서로 비교하여 조정하면서 일치시키는 것

- 연구개발사업의 편익은 경제적 편익과 과학기술적 편익으로 구분되며, 각각 직접편익과 간접편익으로 구성됨

연구개발사업의 편익			
경제적 편익		과학기술적 편익	
직접적 경제적 편익	간접적 경제적 편익	직접적 과학기술적 편익	간접적 과학기술적 편익
<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 제품/서비스 개발로 인한 신규 부가가치 창출 • 기존 공정의 개선 혹은 새로운 공정기술 개발을 통한 비용절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 생산유발효과 • 부가가치유발효과 • 취업 및 고용 유발효과 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 특허 및 논문 등과 같은 새로운 과학기술적 성과 	<ul style="list-style-type: none"> • 국민들의 과학기술 이해도 향상 • 연구인력 양성 • 연구능력 향상 등

그림 146. 연구개발사업의 편익구분

- 시장접근법에서는 해당 사업에 의한 미래 시장규모(매출액)의 증가분에 부가가치율, R&D기여도, 사업점유효과, 사업화 성공률 등을 고려하여 직접적 경제적 편익을 계산

연구개발사업의 직접적 경제적 편익

$$= \text{미래 시장 규모} \times \text{사업화 성공률} \times \text{사업점유효과} \times \text{R\&D기여도} \times \text{부가가치율}$$

- 비용절감액의 경우 다음과 같은 식으로서 계산함

$$\text{비용절감액} = \text{국내 생산 규모} \times (\text{기존 기술에 의한 단위당 현재 생산 비용} - \text{신기술에 의한 단위당 미래 생산 비용 추정치})$$

$$\text{비용절감액} = \text{국내 생산 규모} \times \text{신기술에 의한 비용절감율} \times \text{기존 기술에 의한 단위당 현재 생산 비용}$$

□ 상기의 방법론을 적용하여 본 과제 추진의 비용대비 편익을 분석하였음

○ 신규용수 공급편익

- 한국수자원공사(2012)에서 수행한 ‘지역별 용수의 경제적 가치평가 연구’에 따르면 수도권 가정용수의 추가적인 WTP(133.4원)는 수도권 수도요금(409.1원)의 약 33%에 해당하여 용수의 경제적 가치는 수도요금의 약 1.3배 되는 값으로 추정된 바 있음. 따라서 아래 식과 같이 여기에 국내 지자체의

수도요금 평균단가(669원/톤, 국가통계포털)를 활용하면 용수 소비편익 단가를 계산 할 수 있으며, 연간 용수공급량을 곱하면 신규용수 공급편익이 산정됨. 여기서 수도요금 평균단가는 2014년 기준 값이므로, 이를 소비자물가지수를 이용하여 2016년 말 기준으로 보정하면 686원임.

- [용수 소비편익 단가(원/톤)] = 가격대비 편익의 비율 (=1.326) × 가장 최근 연도 분석대상 지역의 수도요금 생산단가(=686)이므로, 이와 같이 산정한 용수의 소비편익 단가는 909원/톤임. 여기에 용수 공급량을 곱하면 신규용수 공급편익을 계산할 수 있음

○ 비용절감 편익

- 비용절감 편익은 교체시설용량과 시설용량기준 편익단가를 곱한 값이며, 교체시설용량은 기존 101개 국내 소규모 시설과 1개 중대규모 시설을 합한 것으로 가정함
- 시설용량기준 편익단가는 설치편익과 운영편익의 합으로 나타냄

○ 부가가치 창출편익

- 부가가치 창출은 해외시장 추정액과 우리나라의 점유율을 곱하고 여기에 본 사업의 기여도를 반영함
- 해외시장 추정액은 IDE와 Deloitte의 자료 이용
- 본 사업 기여도는 KISTEP(2011) 예비타당성조사 보고서를 준용하여 R&D 사업화 성공률의 경우 35.5%를 적용하고 또한 사업기여율은 84%로, R&D 기여율은 35.4%를 적용하였음

표. 본 사업 편익분석 계산식과 계산근거

편익	계산식	계산근거
신규용수 공급 편익	용수 공급량 (톤/년) × 용수 소비편익 단가 (원/톤)	<ul style="list-style-type: none"> • 실증장치: 300 m³/day • 신규용수 소비편익 단가 : 909.2원
비용절감 편익	교체 시설용량 (톤/일) × 시설용량기준 편익 단가 (원/톤)	<ul style="list-style-type: none"> • 교체 시설용량 : 기존 101개 국내 소규모 시설 + 1개 중대규모 시설 • 시설용량기준 편익단가: 설치편익+ 운영편익
부가가치 창출 편익	해외시장 추정액(원) × 한국 점유율 × 본 사업 기여도 (%)	<ul style="list-style-type: none"> • 해외시장 추정액: 전체시장 규모 (DesalData) × 해상이동형 담수화 비율 (IDE, Deloitte) • 본 사업 기여도 : KISTEP(2011)예비타당성조사 보고서 준용

○ 분석결과

- 국내시장만을 고려한 총 편익의 현재가치는 280.7억으로 나타났으며, 해외 진출 효과를 고려한 총 편익의 현재가치는 1조 3,147억으로 나타남
- R&D 투자비 (정부출연금 기준)를 285억으로 볼 때 B/C (국내) = 0.985, B/C (국내·외) = 46.13

연도	신규용수 공급 편익	신규용수 공급편익 (현재가치)	교체시설 용량	비용절감 (설치비)	비용절감 (운영비)	비용절감 (현재가치)	해외시장 추정액	부가가치 창출편익	부가가치 창출편익 (현재가치)
2018									
2019									
2020									
2021	49,778,700	40,182,200							
2022	49,778,700	38,087,393	235	117,500,000	200,713,500	243,476,081	6,200,636,712,589		
2023	49,778,700	36,101,795	145	72,500,000	123,844,500	150,229,922	7,423,155,737,705	235,082,731,352	175,422,353,619
2024	49,778,700	34,219,711	620	310,000,000	529,542,000	642,362,426	8,886,706,907,751	281,431,699,188	166,277,112,435
2025	49,778,700	32,435,745	1,340	670,000,000	1,144,494,000	1,388,331,694	10,638,812,178,376	336,918,840,667	157,608,637,379
2026	49,778,700	30,744,782	230	115,000,000	196,443,000	238,295,739	12,736,362,945,427	403,345,840,301	149,392,073,345
2027	49,778,700	29,141,973	360	180,000,000	307,476,000	372,984,634	15,247,467,326,039	482,869,603,154	141,603,860,990
2028	49,778,700	27,622,723	190	95,000,000	162,279,000	196,853,001	18,253,661,650,094	578,072,290,211	134,221,669,185
2029	49,778,700	26,182,676	860	430,000,000	734,526,000	891,018,849	21,852,557,969,880	692,045,161,939	127,224,330,981
2030	49,778,700	24,817,703	70	35,000,000	59,787,000	72,524,790	26,161,013,553,383	828,488,952,460	120,591,782,921
2031	49,778,700	23,523,889	341	170,500,000	291,248,100	353,299,334	31,318,925,275,640	991,834,033,526	114,305,007,508
2032	49,778,700	22,297,525	2,200	1,100,000,000	1,879,020,000	2,279,350,543			
2033	49,778,700	21,135,095	20,000	10,000,000,000	17,082,000,000	20,721,368,571			
2034	49,778,700	20,033,265							
2035	49,778,700	18,988,877							
2036	49,778,700	17,998,935							
2037	49,778,700	17,060,602							
2038	49,778,700	16,171,187							
2039	49,778,700	15,328,139							
2040	49,778,700	14,529,042							
2041	49,778,700	13,771,604							
합계		520,374,860				27,550,095,583			1,286,646,828,362

그림 147. 연구개발사업의 편익분석 결과

3. 활용방안

- 해상 이동형 해수담수화는 국내 도서지역에 대한 물 공급 수단으로 연구종료 후 즉시 수요처에서 활용 가능
- 연구를 통해 구축한 선박형 해수담수화플랜트 시설을 활용하여, 도서지역 및 강원지역 등 수자원 부족 시 직접적인 해결방안 제시로 사회적 부담 경감
 - 2015년과 2017년의 가뭄으로 인하여 서해 도서와 해안지역에 극심한 물 부족이 발생하고 있으며, 이러한 가뭄은 앞으로 반복될 것으로 예상되므로, 이를 대비한 비상용수 공급수단으로 해상 이동형 해수담수화에 대한 관심이 높아지고 수요가 발생하고 있음
 - 특히 도서지역을 포함한 지자체(전남, 인천 등)에서는 해상 이동형 담수화에 높은 관심을 보임

- 한시적 운영이 예상되는 해수담수화 선박의 비수요시기에는 내륙의 비상용 수공급이 예상되는 지역의 물 공급을 위하여 지자체에서 계획적인 운영 필요함
- 해상 이동형 해수담수화 실증장치는 연구 종료 후 다양한 방법으로 활용가능
 - (1안) 수요처인 지자체에서 상용시설로 활용
 - (2안) 공기업 또는 민간 기업이 소유하고 이를 활용하여 수요처 대상 운영사업을 추진함
 - (3안) 해외적용 또는 판매

표. 실증장치의 연구종료 후 활용방안

순번	활용방안	세부계획
1안	수요처(지자체) 활용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연구종료 후 협약에 의하여 시설인수인계 - 실증시설 도입 시 협약 진행 - (사례) Water Grid 지능화 사업 - 인천시 ■ 비상용수 시설 혹은 기존 해수담수화 시설 대체용으로 활용 - 비상용수 공급 : 가뭄시 운반급수 대체 - 기존 해수담수화 시설대체 : 노후화된 시설 대체 ■ 후속사업 연계 - 후속사업에 대해서는 지자체 자체비용 투입
2안	공기업 또는 민간기업 소유 후 운영사업 추진	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공기업(K-water) 혹은 민간 기업이 시설 소유 - 협약에 의하여 소유권 이전 ■ 수요처(지자체) 대상 시설대여 혹은 운영서비스 사업 추진 - 비상용수 공급 : 비상시 물 공급 건수당 비용지불 - 기존 해수담수화 시설대체 : 시설 대여 혹은 시설대여와 위탁운영관리 포함 ■ 사업 확대 - 타 지자체로 사업 확산, 필요시 시설 추가제작
3안	해외적용 혹은 판매	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국내 실증연구 종료 후 해외현장 적용 - 연구종료 전 해외 수요처와 협약체결 - 대상국가 : 중국, 피지, 인도네시아 등 ■ 해외현장 운영 - 상용화 운전 : 피지 등 - 후속연구 추진을 위한 기술검증 : 중국, 인도네시아 등 ■ 실증시설 판매

5절. 과제 공모방안

1. 과제제안 요구서(1안) : 총 정부출연금 28,500 백만원 기준

연구개발과제명	해상 이동형 담수화 플랜트 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선박에 탑재 혹은 견인되어 해상에서 이동할 수 있으며, 해수로부터 담수를 생산하여 이를 외부로 공급하는 해상 이동형 담수화 플랜트의 실증화를 위한 설계, 제작, 운영, 유지관리 기술의 개발 ○ 300 m³/일 이상의 해상 담수생산 설비 기술 확보, 도서지역 해수담수 생산단가 15% 이상 저감, 중대규모 부유식 담수화 시설 설계기술 확보 ○ 선박에 최적화된 해수담수화 장치 <ul style="list-style-type: none"> - 가변부하 대응 (최대 4시간 동안 설계용량의 1.5 배 이상 운전가능) - 에너지 절감 (300 m³/day 기준 SWRO 에너지 사용량 3.9 kWh/m³) ○ 선박개조 및 에너지 공급기술 <ul style="list-style-type: none"> - 선박 최적 리모델링 및 안정성 확보기술 (선박활용 단가 절감 약 20%) - 선박 담수화 시설 에너지 관리 시스템 구축 (기존방식 대비 전력공급 비용 10% 절감) ○ 해상- 육상 연결기술 및 물 공급 사업모델 <ul style="list-style-type: none"> - 생산수 공급을 위한 육상시설 설계 및 구축 (관로, 접안시설, 배수지 연계시설 포함) - 복수의 섬 연계를 위한 운전 최적화
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="209 1559 384 1646">□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 의한 가뭄/홍수 등의 재난상황 대응을 위한 국가차원의 전략적 수단 확보 시급 <ul style="list-style-type: none"> - 국내의 경우, 지표수에 대한 의존율이 높아 기후변화로 인한 극한가뭄 발생 시 많은 지역에서 물 공급 장애 발생 가능 * 2015년에는 42년 만에 최저 강수량을 기록하였으며, 소양강댐의 수위가 152.24m을 기록해 1978년 이후 최저 수위에 도달, 보령댐 고갈로 수계 연결수로 공급 - 전세계 많은 지역에서 물 부족이 심화되고 있으며, 이를 해결하기 위한 방법으로 해수담수화에 대한 관심이 높아지고 있음

- 현재 수자원 확보 취약지역인 도서지역에 대한 저비용·고품질의 무단 수 물 공급 서비스 제공 필요
 - 빗물과 지하수를 대부분의 수원으로 활용하는 도서지역에서는 가뭄에 대단히 취약, 수자원 고갈로 인한 물복지 대책 시급
 - 고정식 해수담수화 시설이 도서지역에 설치되고 있으나, 높은 운영비용과 유지관리의 어려움으로 인하여 비효율적으로 운영되고 있는 곳이 다수이며, 이를 해결하기 위한 방법으로 해상 이동형 담수화 장치에 대한 수요가 증가하고 있음
 - * 국내 도서지역 해수담수화 시설은 총 101개소, 7,906 m³/일, 급수인구 21,622 명 (2015년 8월 기준)이나 높은 운전비용과 유지관리 비용(약 8,500원/m³, 수공)으로 많은 문제 발생
- 해상 이동형 담수화 플랜트는 기존 육상 담수화 플랜트를 대체할 미래기술로서 높은 부가가치를 가지는 유망기술로 주목받고 있음
 - 미래 해수담수화 플랜트의 15~20%가 육상방식이 아닌 해상 부유식으로 건설될 것으로 전망됨 (Deloitte, 2014)
- 글로벌 물 시장에 대응하고, 국내 물기업의 해외시장 진출을 위한 경쟁력 있는 해상 이동형 담수화 플랜트 기술의 선점 필요
 - 전 세계적으로 해상 이동형 담수화 플랜트 기술은 개발 초기단계이므로, 연구개발 투자를 통하여 국내기업이 해외 신규시장 선점을 위한 기술적 우위를 확보할 수 있음
 - 해상 이동형 담수화 플랜트 기술은 플랜트, 건설, 선박 등 다양한 분야의 대기업·중소·중견기업의 컨소시엄에 의한 산업육성 효과가 높은 기술 분야로 전략적 투자가치가 높음
- 다양한 국·내외 상황에 적합한 해상 이동형 담수화 플랜트 기술을 개발하고 수처리·담수화·플랜트·선박 등 다분야 융·복합 패키지 (Package)형 기술개발을 통해 시장 니즈에 부합하는 실증 사업화 기술 확보 가능

□ 기술동향

- 인구증가와 도시화, 산업화 등으로 인한 물 수요의 증가에 따라 전 세계 물시장 규모가 지속적으로 성장하고 있는 추세에 있음
 - * 세계 물 시장규모 전망 : ('16) 736조원 → ('25) 1,084조원 (재인용, 그린타임즈, '16.6.19)
 - * 국내기업 해외시장 점유율 '11년 기준 0.25% 수준(13억 달러), 건설 및 해수담수화 분야에 편중
- 기후변화에 따른 수자원 확보 변동성 증가와 함께 대체수자원 확보를

위한 해수담수화 플랜트 기술과 비상용수 확보를 위한 이동식 수처리 기술의 시장이 빠르게 성장하고 있음

- * 전 세계 담수화 시장은 2016년에 126억 달러 규모이며, 연간 지난 5년간 연평균 9.9%의 성장률을 보이고 있으며 (GMR, 2016)
- * 전 세계 이동식 담수화/수처리 시장은 2016년에 9.09억 달러이었으며, 2019년까지 연간 11.2%의 성장이 예상되며, 주로 아시아 지역의 시장이 급성장할 것으로 전망됨

○ 해상 이동형 플랜트 기술은 대체수자원 확보와 비상용수 공급의 기능을 동시에 가능하게 하며, 기존 육상 해수담수화 플랜트의 한계를 극복하는 기술로서 주목받고 있음

- 해외에서는 싱가포르의 Hyflux와 이스라엘의 IDE 등에서 해상 담수화 플랜트 기술개발에 착수하고 있으나, 아직까지 국내에서는 이에 대한 준비가 없어 기술개발 추진이 시급함

○ 국내에서는 육상 해수담수화 플랜트 건설기술을 개발하고 있으나, 아직까지 해상 이동형 담수화 플랜트 기술에 대한 개발은 전무함

- 해상 이동형 담수화 플랜트는 육상 고정식 해수담수화 플랜트와는 상이한 조건에서 운영되어야 하며, 설계, 제작, 운전 및 유지관리 기술이 상이하므로, 기존 해수담수화 기술이 바로 적용될 수 없음
- 개발기술의 실용화 및 상품화를 위해서는 기술검증을 위한 실증 플랜트 구축과 운영이 필요함

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 [1세부과제]

연구내용

○ **고효율 초집적 해상 이동형 담수화 공정 및 장치기술 개발**

- 소요공간 최소화, 간헐적 운전 및 담수 생산량 변화에 따른 유지관리기술이 가능한 해수담수화 플랜트 패키지화 기술 개발
 - * SWRO 에너지 사용량 3.9 kWh/m³ 이하 (300 m³/day SWRO 기준)
 - * 가변부하 운전 기능 (최대 4시간 동안 설계용량의 1.5 배 이상 운전 가능)
- 장치 소형화/경량화를 위한 설계기술
 - * 기존 해수담수화 설비 대비 20% 공간 절약 및 10% 하중 감소
- 막/장치 수명 극대화를 위한 자산관리 및 유지관리 기술
 - * 간헐운전을 위한 유지관리 전과정 무인자동화

[2세부과제]

○ **해상 이동형 담수화 플랜트 전용 선박개조 및 설계기술 개발**

- 선박개조, 선형 최적화, 진동제어 및 안정성 확보기술

- * 선박진동 등을 고려한 장치와 공정의 안정성 확보 기술개발
- * 중고 및 신규선박 (200~500톤급 내외) 개조 및 해수담수화 플랜트 설치를 위한 공간설계 기술 개발
- 담수화 선박을 위한 디젤발전, 선박 내 엔진 활용 발전, 육상 전력공급, 신재생에너지 등의 하이브리드 방식의 맞춤형 전력공급 기술 개발
- * 적용대상지역 맞춤형 전력공급 시스템 설계 및 구축기술 개발 (기존방식 대비 전력공급비용 10% 이상 절감)
- * 플랜트 규모별, 적용대상지별 맞춤형 하이브리드 전력공급 기술개발

[3세부과제]

○ 해상 이동형 담수화 생산수 육상활용 기술 개발

- 담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발
 - * 접안시설과 관로시설 등의 설계·건설·운영기술 개발
- 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술
 - * 다수 도서지역 물 공급 연계운영기술 개발 (기존 소규모 육상해수담수화 시설대비 총비용 15% 이상 절감)
 - * 비용과 환경영향을 고려한 도서지역별 취수 및 배수 최적화 기술 개발
- 기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발
 - * 기존시설 (지하수 시설, 배수지 등)과의 최적연계 기술 개발 (최적화를 통한 운영에너지 10% 절감)
 - * 육상공급 및 활용을 위한 연계처리기술 (처리수 수질조정 기술 등) 개발

[4세부과제]

○ 해상 이동형 담수화 플랜트 실증화 기술 개발

- 300 m³/일급 자항식 해상 해수담수화 실증플랜트 설계, 제작 및 국내 현장적용
- 300 m³/일급 부유식 해상 해수담수화 실증플랜트 설계, 제작 및 해외 현장적용
- 실증시설 운영을 통한 O&M 기술 개발 및 검증
- 10,000 m³/일급 중대규모 해상 부유식 해수담수화 시설 설계기술 개발 및 국내·외 사업화를 위한 대상지별 맞춤형 비즈니스 모델 개발
- 해외시장진출을 위한 국제인증 신청

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략 ○ 국내·외에서 축적된 설계·시공 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 해상 이동형 (자항식/부유식) 담수화 플랜트 기술을 개발하고 시장개척 기반 마련

- 해수담수화 분야 타 연구단의 연구 성과와 실증연구시설이나 기존 구축 시설 등을 활용하여 연구비 투자대비 성과 극대화
- 다양한 수요자와의 협의를 통한 니즈 파악과 이를 실현하기 위한 기술 개발을 추진하여 시장진출이 가능한 기술수준 확보
 - 국내 수요자 : 광역·지방상수도 사업자, 건설 및 설계 업체
 - 해외 수요자 : 해상 이동형 담수화 플랜트 기술에 관심을 가지는 국가 (예: 중국, 피지 등)
 - 현실적인 제약 조건들을 고려한 후보지 조사 연구 결과를 이용하여 정부 부처 및 공공 기관과 협조
- 글로벌 물기업 선진사례 조사 및 차별화를 통한 기술적 우수성 확보로 글로벌 경쟁력 제고 추진
- 실증시설 운영과 유지관리를 통해 개발기술의 검증 뿐 아니라, 향후 사업화로 연계시킬 수 있는 기반 마련
- 국민 생활에 필수적인 용수공급 관련 기술 분야로서 실제 활용시 안전하고 안정적인 기술 확보에 주력
- 국제 네트워크 구축 및 인적 교류를 통한 물시장 진출 가능성 제고를 위해 관련 기술 해외 선진 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함
- 본 과제 종료 후 해외진출 후보지역, 진출 전략 등 실용화 계획을 연구계획에 포함
- 실증시설의 구체적 운영기간 및 운영주체, 비수요 시기의 해수담수화 선박 활용방안 및 가능성 등을 연구계획에 포함
- 소형 하이브리드 전력공급(엔진 활용 발전, 농축수 활용 에너지 회수 등)의 세부 전략 및 방안을 연구계획에 포함
- 국내외 해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술 도입이 가능한 지역을 대상으로 실증장치(데모플랜트) 제작, 적용 및 운영을 통한 기술검증 계획을 구체적으로 제시하고, 사업기간 내에 현장 적용 및 검증을 완료할 수 있도록 지자체 및 관련 기관과의 사전 협의 필요
- 해수담수화 선박의 국적 취득/운영 및 관리를 위한 선주/선사 필요

□ 추진체계

- 글로벌 물시장에 직접 활용 가능한 기술 개발을 목표로 정부·지자체·연구기관·학계·산업계의 공조체제에 의한 연구개발 추진이 필요하며 특히, 해수담수화 분야의 선행연구 성과와의 연계 필요

- 기업이 활용 가능한 연구에 대해서는 기업 참여계획을 수립하고 기업체의 적극적인 참여 유도
- 본 과제를 통해 개발된 성과는 물 시장 진출을 통해 성과가 즉각적으로 실용화 될 수 있도록 관계 정부 부처 및 공공 기관과의 긴밀한 협조 체계 구축 필요
- 실증화 장치를 활용하여 도서지역에 급수를 진행하기 위해서는 실증화 장치를 인수받아 지속적으로 유지·운영할 수 있는 지자체의 참여 필요 (선박 취득·운영·관리를 위한 선주/선사는 사업종료 후 실제 운영의 주체가 되는 지자체와 협의하여 결정)
- 실증시설을 위한 선박은 지자체에서 제공하는 방안 검토
- 실증화 연구 적용대상 지자체는 추후 공모를 통하여 선정

5. 최종성과물

- [공정] 가변부하/간헐생산 대응 회분식 담수화 플랜트 공정기술
- [설계기법] 초집적 담수화 플랜트 설계기법, 담수화 선박개조 및 안정성 확보 설계기법
- [SW] 지능형 해상 이동형 담수화 시스템 무인자동 운전제어 시스템
- [보고서] 해상 이동형 담수화 플랜트 설계 및 운전·유지관리 가이드라인 (자항식 및 부유식 각각 1권)
- [실증시설] 300 m³/일 내외 규모의 자항식/부유식 해상 해수담수화 실증플랜트
 - 설계 및 준공도서, 시운전 보고서
- [설계도서] 10,000 m³/일급 중대규모 해상 부유식 해수담수화 시설 설계

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

- 국토교통부 해수담수화 플랜트 사업의 독창적인 대표 브랜드 기술 확보를 통해 홍보효과와 관련기술 보유기업의 사업화 지원 추진
- 미래 유망기술 분야인 해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술을 확보함으로써 EPC와 O&M을 결합한 토털 솔루션을 패키지 형태로 확보할 수 있음
- 국내 수자원 산업 기반을 견인할 수 있는 융복합 기술 분야로, 국내 전문기업 육성에 기여 가능
- 국내 지자체에서 운영하고 있는 도서지역의 소규모 및 마을상수도 사업 등에 활용이 가능하며, 미급수 도서지역 생활용수공급 사업으로 신규로

	<p>설치되는 소규모 시설로서 활용 가능 (비수요시기 활용 가능)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 실증연구와 국제협력을 통해 해외 시장진출을 위한 차별화된 접근방법의 제시가 가능하며, 현시 물관리 시설로서의 설계반영 등을 통해 사업화 연계가 가능 ○ 해외설치 실증시설은 실제 물 공급이 가능한 수준으로 설치하며, 해외 관련기관과의 협의를 통하여 필요시 실제 물 공급시설로서 활용이 가능
<p>□ 기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경쟁력 있는 글로벌 물시장 진출 기반 마련과 기술 수출, 수입 대체 효과 ○ 관련 중소기업 육성 및 중소 규모 건설사 해외진출 기반 마련을 통해 강소기업으로 육성 ○ 독자적인 해상 이동형 담수화 플랜트 핵심기술 확보를 통한 해외 물 분야 진출 확대 및 이를 통한 수익 창출 ○ 설계, 시공, O&M, 관련 설비 등 각 분야별 기업의 물 분야 Total Solution 제공 능력 제고로 동반 성장 창출
<p>7. 연구개발기간 및 소요예산</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구개발기간 : 2018. 3 ~ 2023. 12 (5년 10개월) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구개발기간 : 2018. 3 ~ 2018. 12 (10개월) ○ 총 정부출연금 : 28,500 백만원 내외 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 1,000 백만원 이내 <p>※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음</p> <p>※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능</p> <p>※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수</p> <p>※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능</p>
<p>8. 기 타</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 <p>※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조</p>

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구 개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구 개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제 별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거 자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구

개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

2. 과제제안 요구서(2안) : 총 정부출연금 23,600 백만원 기준

연구개발과제명	해상 이동형 담수화 플랜트 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선박에 탑재 혹은 견인되어 해상에서 이동할 수 있으며, 해수로부터 담수를 생산하여 이를 외부로 공급하는 해상 이동형 담수화 플랜트의 실증화를 위한 설계, 제작, 운영, 유지관리 기술의 개발 ○ 300 m³/일 이상의 해상 담수생산 설비 기술 확보, 도서지역 해수담수 생산단가 15% 이상 저감, 중대규모 부유식 담수화 시설 설계기술 확보 ○ 선박에 최적화된 해수담수화 장치 <ul style="list-style-type: none"> - 가변부하 대응 (최대 4시간 동안 설계용량의 1.5 배 이상 운전가능) - 에너지 절감 (300 m³/day 기준 SWRO 에너지 사용량 3.9 kWh/m³) ○ 선박개조 및 에너지 공급기술 <ul style="list-style-type: none"> - 선박 최적 리모델링 및 안정성 확보기술 (선박활용 단가 절감 약 20%) - 선박 담수화 시설 에너지 관리 시스템 구축 (기존방식 대비 전력공급 비용 10% 절감) ○ 해상- 육상 연결기술 및 물 공급 사업모델 <ul style="list-style-type: none"> - 생산수 공급을 위한 육상시설 설계 및 구축 (관로, 접안시설, 배수지 연계시설 포함) - 복수의 섬 연계를 위한 운전 최적화
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="209 1874 384 1960">□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 의한 가뭄/홍수 등의 재난상황 대응을 위한 국가차원의 전략적 수단 확보 시급 <ul style="list-style-type: none"> - 국내의 경우, 지표수에 대한 의존율이 높아 기후변화로 인한 극한가

물 발생시 많은 지역에서 물 공급 장애 발생 가능

* 2015년에는 42년 만에 최저 강수량을 기록하였으며, 소양강댐의 수위가 152.24m를 기록해 1978년 이후 최저 수위에 도달, 보령댐 고갈로 수계 연결 수로 공급

- 전세계 많은 지역에서 물 부족이 심화되고 있으며, 이를 해결하기 위한 방법으로 해수담수화에 대한 관심이 높아지고 있음

○ 현재 수자원 확보 취약지역인 도서지역에 대한 저비용·고품질의 무단수 물 공급 서비스 제공 필요

- 빗물과 지하수를 대부분의 수원으로 활용하는 도서지역에서는 가뭄에 대단히 취약, 수자원 고갈로 인한 물복지 대책 시급

- 고정식 해수담수화 시설이 도서지역에 설치되고 있으나, 높은 운영비용과 유지관리의 어려움으로 인하여 비효율적으로 운영되고 있는 곳이 다수이며, 이를 해결하기 위한 방법으로 해상 이동형 담수화 장치에 대한 수요가 증가하고 있음

* 국내 도서지역 해수담수화 시설은 총 101개소, 7,906 m³/일, 급수인구 21,622 명 (2015년 8월 기준)이나 높은 운전비용과 유지관리 비용(약 8,500원/m³, 수공)으로 많은 문제 발생

○ 해상 이동형 담수화 플랜트는 기존 육상 담수화 플랜트를 대체할 미래기술로서 높은 부가가치를 가지는 유망기술로 주목받고 있음

- 미래 해수담수화 플랜트의 15~20%가 육상방식이 아닌 해상 부유식으로 건설될 것으로 전망됨 (Deloitte, 2014)

○ 글로벌 물 시장에 대응하고, 국내 물기업의 해외시장 진출을 위한 경쟁력 있는 해상 이동형 담수화 플랜트 기술의 선점 필요

- 전 세계적으로 해상 이동형 담수화 플랜트 기술은 개발 초기단계이므로, 연구개발 투자를 통하여 국내기업이 해외 신규시장 선점을 위한 기술적 우위를 확보할 수 있음

- 해상 이동형 담수화 플랜트 기술은 플랜트, 건설, 선박 등 다양한 분야의 대기업·중소·중견기업의 컨소시엄에 의한 산업육성 효과가 높은 기술 분야로 전략적 투자 가치가 높음

○ 다양한 국·내외 상황에 적합한 해상 이동형 담수화 플랜트 기술을 개발하고 수처리·담수화·플랜트·선박 등 다분야 융·복합 패키지(Package)형 기술개발을 통해 시장 니즈에 부합하는 실증 사업화 기술 확보 가능

□ 기술동향 ○ 인구증가와 도시화, 산업화 등으로 인한 물 수요의 증가에 따라 전 세

계 물시장 규모가 지속적으로 성장하고 있는 추세에 있음

- * 세계 물 시장규모 전망 : ('16) 736조원 → ('25) 1,084조원 (재인용, 그린타임즈, '16.6.19)
- * 국내기업 해외시장 점유율 '11년 기준 0.25% 수준(13억 달러), 건설 및 해수담수화 분야에 편중

○ 기후변화에 따른 수자원 확보 변동성 증가와 함께 대체수자원 확보를 위한 해수담수화 플랜트 기술과 비상용수 확보를 위한 이동식 수처리 기술의 시장이 빠르게 성장하고 있음

- * 전 세계 담수화 시장은 2016년에 126억 달러 규모이며, 연간 지난 5년간 연평균 9.9%의 성장률을 보이고 있으며 (GMR, 2016)
- * 전 세계 이동식 담수화/수처리 시장은 2016년에 9.09억 달러이었으며, 2019년까지 연간 11.2%의 성장이 예상되며, 주로 아시아 지역의 시장이 급성장할 것으로 전망됨

○ 해상 이동형 플랜트 기술은 대체수자원 확보와 비상용수 공급의 기능을 동시에 가능하게 하며, 기존 육상 해수담수화 플랜트의 한계를 극복하는 기술로서 주목받고 있음

- 해외에서는 싱가포르의 Hyflux와 이스라엘의 IDE 등에서 해상 담수화 플랜트 기술개발에 착수하고 있으나, 아직까지 국내에서는 이에 대한 준비가 없어 기술개발 추진이 시급함

○ 국내에서는 육상 해수담수화 플랜트 건설기술을 개발하고 있으나, 아직까지 해상 이동형 담수화 플랜트 기술에 대한 개발은 전무함

- 해상 이동형 담수화 플랜트는 육상 고정식 해수담수화 플랜트와는 상이한 조건에서 운영되어야 하며, 설계, 제작, 운전 및 유지관리 기술이 상이하므로, 기존 해수담수화 기술이 바로 적용될 수 없음
- 개발기술의 실용화 및 상품화를 위해서는 기술검증을 위한 실증 플랜트 구축과 운영이 필요함

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 [1세부과제]

연구내용

○ **고효율 초집적 해상 이동형 담수화 공정 및 장치기술 개발**

- 소요공간 최소화, 간헐적 운전 및 담수 생산량 변화에 따른 유지관리기술이 가능한 해수담수화 플랜트 패키지화 기술 개발
 - * SWRO 에너지 사용량 3.9 kWh/m³ 이하 (300 m³/day SWRO 기준)
 - * 가변부하 운전 기능 (최대 4시간 동안 설계용량의 1.5 배 이상 운전 가능)
- 장치 소형화/경량화를 위한 설계기술
 - * 기존 해수담수화 설비 대비 20% 공간 절약 및 10% 하중 감소

- 막/장치 수명 극대화를 위한 자산관리 및 유지관리 기술
 - * 간헐운전을 위한 유지관리 전과정 무인자동화

[2세부과제]

○ 해상 이동형 담수화 플랜트 전용 선박개조 및 설계기술 개발

- 선박개조, 선형 최적화, 진동제어 및 안정성 확보기술
 - * 선박진동 등을 고려한 장치와 공정의 안정성 확보 기술개발
 - * 중고 및 신규선박 (200~500톤급 내외) 개조 및 해수담수화 플랜트 설치를 위한 공간설계 기술 개발
- 담수화 선박을 위한 디젤발전, 선박 내 엔진 활용 발전, 육상 전력공급, 신재생에너지 등의 하이브리드 방식의 맞춤형 전력공급 기술 개발
 - * 적용대상지역 맞춤형 전력공급 시스템 설계 및 구축기술 개발 (기존방식 대비 전력공급비용 10% 이상 절감)
 - * 플랜트 규모별, 적용대상지별 맞춤형 하이브리드 전력공급 기술개발

[3세부과제]

○ 해상 이동형 담수화 생산수 육상활용 기술 개발

- 담수화 선박 생산수 이송시설 설계 및 구축기술 개발
 - * 접안시설과 관로시설 등의 설계·건설·운영기술 개발
- 담수화 선박 운영 및 물 생산 비용절감 기술
 - * 다수 도서지역 물 공급 연계운영기술 개발 (기존 소규모 육상해수담수화 시설대비 총비용 15% 이상 절감)
 - * 비용과 환경영향을 고려한 도서지역별 취수 및 배수 최적화 기술 개발
- 기존 육상 물 공급시설과의 연계운영기술 개발
 - * 기존시설 (지하수 시설, 배수지 등)과의 최적연계 기술 개발 (최적화를 통한 운영에너지 10% 절감)
 - * 육상공급 및 활용을 위한 연계처리기술 (처리수 수질조정 기술 등) 개발

[4세부과제]

○ 해상 이동형 담수화 플랜트 실증화 기술 개발

- 300 m³/일급 자항식 해상 해수담수화 실증플랜트 설계, 제작 및 국내 현장적용
- 실증시설 운영을 통한 O&M 기술 개발 및 검증
- 10,000 m³/일급 중대규모 해상 부유식 해수담수화 시설 설계기술 개발 및 국내·외 사업화를 위한 대상지별 맞춤형 비즈니스 모델 개발
- 해외시장진출을 위한 국제인증 신청

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 국내·외에서 축적된 설계·시공 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 해상 이동형 (자항식/부유식) 담수화 플랜트 기술을 개발하고 시장개척 기반 마련
- 해수담수화 분야 타 연구단의 연구성과와 실증연구시설이나 기존 구축 시설 등을 활용하여 연구비 투자대비 성과 극대화
- 다양한 수요자와의 협의를 통한 니즈 파악과 이를 실현하기 위한 기술 개발을 추진하여 시장진출이 가능한 기술수준 확보
 - 국내 수요자 : 광역·지방상수도 사업자, 건설 및 설계 업체
 - 국외 수요자 : 해상 이동형 담수화 플랜트 기술에 관심을 가지는 국가 (예: 중국, 피지 등)
 - 현실적인 제약 조건들을 고려한 후보지 조사 연구 결과를 이용하여 정부 부처 및 공공 기관과 협조
- 글로벌 물기업 선진사례 조사 및 차별화를 통한 기술적 우수성 확보로 글로벌 경쟁력 제고 추진
- 실증시설 운영과 유지관리를 통해 개발기술의 검증 뿐 아니라, 향후 사업화로 연계시킬 수 있는 기반 마련
- 국민 생활에 필수적인 용수공급 관련 기술 분야로서 실제 활용시 안전하고 안정적인 기술 확보에 주력
- 국제 네트워크 구축 및 인적 교류를 통한 물 시장 진출 가능성 제고를 위해 관련 기술 해외 선진 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함
- 본 과제 종료 후 해외진출 후보지역, 진출 전략 등 실용화 계획을 연구계획에 포함
- 실증시설의 구체적 운영기간 및 운영주체, 비수요 시기의 해수담수화 선박 활용방안 및 가능성 등을 연구계획에 포함
- 소형 하이브리드 전력공급(엔진 활용 발전, 농축수 활용 에너지 회수 등)의 세부 전략 및 방안을 연구계획에 포함
- 국내·외 해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술 도입이 가능한 지역을 대상으로 실증장치(데모플랜트) 제작, 적용 및 운영을 통한 기술검증 계획을 구체적으로 제시하고, 사업기간 내에 현장 적용 및 검증을 완료할 수 있도록 지자체 및 관련 기관과의 사전 협의 필요
- 해수담수화 선박의 국적 취득/운영 및 관리를 위한 선주/선사 필요

- 추진체계**
- 글로벌 물시장에 직접 활용 가능한 기술 개발을 목표로 정부·지자체·연구기관·학계·산업계의 공조체제에 의한 연구개발 추진이 필요하며 특히, 해수담수화 분야의 선행연구 성과와의 연계 필요
 - 기업이 활용 가능한 연구에 대해서는 기업 참여계획을 수립하고 기업체의 적극적인 참여 유도
 - 본 과제를 통해 개발된 성과는 물 시장 진출을 통해 성과가 즉각적으로 실용화 될 수 있도록 관계 정부 부처 및 공공 기관과의 긴밀한 협조 체계 구축 필요
 - 실증화 장치를 활용하여 도서지역에 급수를 진행하기 위해서는 실증화 장치를 인수받아 지속적으로 유지·운영할 수 있는 지자체의 참여 필요 (선박 취득·운영·관리를 위한 선주/선사는 사업종료 후 실제 운영의 주체가 되는 지자체와 협의하여 결정)
 - 실증시설을 위한 선박은 지자체에서 제공하는 방안 검토
 - 실증화 연구 적용대상 지자체는 추후 공모를 통하여 선정

5. 최종성과물

- [공정] 가변부하/간헐생산 대응 회분식 담수화 플랜트 공정기술
- [설계기법] 초집적 담수화 플랜트 설계기법, 담수화 선박개조 및 안정성 확보 설계기법
- [SW] 지능형 해상 이동형 담수화 시스템 무인자동 운전제어 시스템
- [보고서] 해상 이동형 담수화 플랜트 설계 및 운전·유지관리 가이드라인 (자항식 및 부유식 각각 1권)
- [실증시설] 300 m³/일 내외 규모의 자항식/부유식 해상 해수담수화 실증플랜트
 - 설계 및 준공도서, 시운전 보고서
- [설계도서] 10,000 m³/일급 중대규모 해상 부유식 해수담수화 시설 설계

6. 활용방안 및 기대효과

- 활용방안**
- 국토교통부 해수담수화 플랜트 사업의 독창적인 대표 브랜드 기술 확보를 통해 홍보효과와 관련기술 보유기업의 사업화 지원 추진
 - 미래 유망기술 분야인 해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술을 확보함으로써 EPC와 O&M을 결합한 토털 솔루션을 패키지 형태로 확보할 수 있음

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 수자원 산업 기반을 견인할 수 있는 융복합 기술 분야로, 국내 전문기업 육성에 기여 가능 ○ 국내 지자체에서 운영하고 있는 도서지역의 소규모 및 마을상수도 사업 등에 활용이 가능하며, 미급수 도서지역 생활용수공급 사업으로 신규로 설치되는 소규모 시설로서 활용 가능 (비수요시기 활용 가능) ○ 해외 실증연구와 국제협력을 통해 해외 시장진출을 위한 차별화된 접근방법의 제시가 가능하며, 현시 물관리 시설로서의 설계반영 등을 통해 사업화 연계가 가능 ○ 해외설치 실증시설은 실제 물 공급이 가능한 수준으로 설치하며, 해외 관련기관과의 협의를 통하여 필요시 실제 물 공급시설로서 활용이 가능
<p>□ 기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경쟁력 있는 글로벌 물시장 진출 기반 마련과 기술 수출, 수입 대체 효과 ○ 관련 중소기업 육성 및 중소 규모 건설사 해외진출 기반 마련을 통해 강소기업으로 육성 ○ 독자적인 해상 이동형 담수화 플랜트 핵심기술 확보를 통한 해외 물 분야 진출 확대 및 이를 통한 수익 창출 ○ 설계, 시공, O&M, 관련 설비 등 각 분야별 기업의 물 분야 Total Solution 제공 능력 제고로 동반 성장 창출
<p>7. 연구개발기간 및 소요예산</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구개발기간 : 2018. 3 ~ 2023. 12 (5년 10개월) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구개발기간 : 2018. 3 ~ 2018. 12 (10개월) ○ 총 정부출연금 : 23,600 백만원 내외 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 1,000 백만원 이내 <p>※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음</p> <p>※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능</p> <p>※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수</p> <p>※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능</p>
<p>8. 기 타</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

3. 선정평가 방법 : 신규과제 선정, 성과평가 등 연구관리는 국토교통과학기술진흥원의 일반적인 연구개발과제 관리기준에 따름

평가기준	세부항목	배점
연구개발 목표 (20점)	• 최종목표 및 연차별 달성목표의 명확성·타당성	10
	• 연차별 성과지표의 목표 적정성	5
	• RFP 연구목표와의 부합성	5
연구개발 내용 (20점)	• 연구개발 내용의 목표실현 가능성	15
	• 연구개발 내용의 독창성 및 차별성	5
추진전략 및 계획 (25점)	• 연구추진 전략 및 체계의 적정성 (관련 전문기관이 각 세부별로 참여하는지 평가, 실용화를 위한 연구추진체계의 적정성)	15
	• 연구 사이트 확보방안의 적절성	5
	• 연구기간 및 연구개발비의 적절성	5
연구성과물 활용계획의 구체성 및 달성가능성 (25점)	• 연구성과물의 활용계획 및 방안의 구체성	15
	• 연구성과물의 기대효과 (정책적, 사회적, 경제적 파급효과)	10
연구진 구성의 전문성 (10점)	• 연구진의 전문성 및 구성의 적정성	10

[참고문헌]

1. ReportsnReports, Global Mobile Water Treatment Market 2015-2019
2. Pritil Gunjan, MOBILE WATER SYSTEMS: A COMPELLING SOLUTION TO EMERGENCY NEEDS, Water and Wastewater International, Vol. 26, Issue 2.
3. <http://www.prweb.com/releases/2014/08/prweb12071371.htm>
4. David Kreamer, Dry dock to wet tap: Old ships become floating desalination plants, Earth, 2014.
5. Boussad Chouaki, AquaTDP/S3DP plants and systems. floating ship-borne modular dismountable seawater desalination plant, Desalination, Volume 165, 15 August 2004, Pages 369-375.
6. Karin Kloosterman, Floating desalination plants for Japan, Israel21c, 2014.
7. Masumi Suga and Yuriy Humber, Israel' s IDE in Japan Talks to Build Floating Desalination Plant, Bloomberg, 2014.
8. <http://www.ship-technology.com/products/enwa-watermaker>
9. <http://www.hyfluxmembranes.com>
10. <http://www.pall.com/main/aerospace-defense-marine/product.page?id=52358>
11. 박남식, 박준영, 문유리, 김자겸, 소규모 해수담수화 시설의 생산비용 절감 방안, 한국수자원학회지, Vol. 44, Issue 10, 809-817, 2011.
12. 인천시상수도사업본부, 서해5도 식수부족 문제 근본해결 대책: 해수담수화설비 조기도입 건의
13. GWI DesalData
14. <http://www.environor.com/concept>

15. <https://www.accionacom.com/business-divisions/infrastructure/water/emblematic-projects/tampa-desalination-plant/>
16. GWI, Global water market 2016.
17. K-water (2016) 전국토 물공급 안정화사업 기본조사 보고서
18. TechNavio Analysis (2015), Global Mobile Water Treatment Market 2015-2019
19. Frost & Sullivan (2010), World Mobile Water Treatment Market
20. http://ida.enoah.com/portals/41/newsletter/issues/2015-11-12/article_4.html
21. Dr. Fulya Verdier and Dr. Rudolf Baten (2011) Consultative Workshop on Desalination and Renewable Energy Bridging the Water Demand Gap: Desalination
22. DOI:10.3390/w6051134
23. GWI (2015) Desalination market 2016
24. roplant.org
25. Voutchkov, N, 2013, Desalination engineering planning and design, McGraw-Hill.
26. M. Angel Sanz (2012) Energy as Motor of Seawater Reverse Osmosis Desalination Development, Degremont.
27. Voutchko (2012) Overview of Desalination Status and Trends.
28. 워터저널 (2013) [Modern Water] FO 기술, 향후 10년간 글로벌 경쟁 치열 전망
29. 국토교통부, 해수담수화 플랜트 사업단 상세기획 보고서
30. 국토교통부, 해수담수화 플랜트 사업단 최종보고서
31. 경남대학교, GMVP 연구단 자료

32. 국민대학교, FOHC 연구단 자료
33. 성균관대학교, ROOT 연구과제 자료
34. 고려대학교, KORAE 연구단 자료
35. 효성, 모바일 RO 담수화 장치 자료
36. 크로시스, 소규모 선박용 조수기 자료
37. 인천대학교, 스마트워터그리드 연구단 자료
38. K-water (2015) 전국 소규모 해수담수화 시설 현황
39. ANGLO AMERICAN (2012) Project report: Mobile Water Treatment Plant on Farm
40. Deloitte (2014) Shift to Floating Seawater Desalination
41. Water Review 4/8/2014
42. <http://www.planethydra.com/>
43. Biwater (2014) Desalination ship
44. www.atlas-danmark.dk/desalination
45. www.alfalaval.com/pureballast
46. www.hamannag.com
47. www.balpure.com
48. Hitachi Review Vol. 64 (2015), No. 9
49. Earth (2009) Dry dock to wet tap: Old ships become floating desalination plants

50. The Wall Street Journal (June 21, 2013 & January 17, 2008)
51. California DWR, 2013
52. San Diego County Water Authority, <http://www.sdcwa.org>
53. Wikipedia
54. Wartsila website
55. MOXA (2013) Marine Dynamic Positioning System (DPS)
56. Marine Insight (2017) 6 Common Mooring Methods Used For Ships
57. <http://www.goldenship.co.kr>
58. 환경부 (2016) 2025년 전국 수도종합계획
59. (주)유신, 도서지역 용수확보 방안

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 안됩니다.