

제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하

본 보고서를 “해수담수화플랜트 사업단 상세기획연구”(연구기간 : 2007. 4. 13. ~ 2007. 8. 12.) 의 최종보고서로 제출합니다.

2007. 8. 12.

주관연구기관 : 광주과학기술원

해수담수화플랜트 사업단장 김 인 수

■ 총괄연구책임자 / 교수(사업단장)	김 인 수	상세기획연구 총책임
■ 주관연구기관 참여연구원 / 부교수(총무교수)	조 재 원	상세기획위원회 간사
/ 조교수(총무교수)	김 준 하	상세기획위원회 간사
/ 교 수	문 승 현	보고서 작성 지도
/ 조 교 수	박 기 흥	보고서 작성 지도
/ 연구교수	이 흥 주	보고서 작성
/ 연구교수(책임연구원)	김 수 한	보고서 작성

※ 괄호 안은 각 연구원의 사업단 내 직책을 나타냄

요 약 문

I. 제 목

해수담수화플랜트 사업단 상세기획보고서 제4핵심과제: 해수담수화플랜트 고효율 운영 및 유지관리

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 상세기획의 가장 큰 목표는 해수담수화플랜트 사업단의 성공적인 사업 수행을 위하여 사업단 제4핵심과제인 ‘해수담수화플랜트 고효율운영 및 유지관리’의 세부과제 및 상세 연구내용을 합리적으로 도출하는 것이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 과제 연구목표 및 연구내용, 추진전략 수립
 - 사업단의 추진방안, 연구성과 달성방안 및 계획수립
 - 테스트베드와 연계한 사업화 방안 제시
 - 단계별/연차별 연구내용 및 목표 제시
 - 연구목표의 구체화 및 정량화
 - 예산의 적정성 검토
- 핵심과제별 연구개발사업 제안서(RFP) 제시
 - 주요 세부과제 대상 도출
 - 우선순위 선정을 통한 세부과제 선정
 - 개발목표 설정, 추진전략, 연구수행방법, 주요 연구내용, 연구성과의 활용방안 및 기대효과 등 제시

IV. 연구개발결과

상세기획을 통해 해수담수화플랜트 사업단 제4핵심과제의 세부과제 및 연구개발 목표, 정부예산 등을 도출한 결과는 다음과 같다.

핵심과제 (정부예산)	세부과제 (정부예산)	연구개발목표	연구개발 단계
4핵심 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 (50억)	플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술 (40억)	<ul style="list-style-type: none"> ● 플랜트 운전 경험 및 기술 확보 ● 플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발 ● 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성 ● 운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수 	응용
	플랜트 진단 및 관리시스템 기술 (10억)	<ul style="list-style-type: none"> ● 플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발 ● 플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발 ● 플랜트 관리 및 안전시스템 구축 	

V. 연구개발결과의 활용계획

본 상세기획 연구결과는 해수담수화플랜트 사업단의 제4핵심과제의 공모 및 해당 과제 주관기관의 연구관리를 위한 지침서, 관련 기술의 로드맵으로 활용될 것이다.

SUMMARY

I. Title

Detailed Research Planning Report for Center for Seawater Desalination Plant:
The core technology project No. 4 - Development of innovative operation and management technology for large scale SWRO plant

II. Research Objectives

The objectives of this report are to draw reasonable sub-research projects for the core technology project No. 4 of Center for Seawater Desalination Plant and to plan detailed aims and contents for the projects.

III. Research Contents

- Establishment of research objectives, contents, and strategies for the core technology project No. 4
 - Planning of sub-research project objectives, contents, and strategies
 - Proposal of an industrialization strategy of sub-research projects related to the test-bed application
 - Specification and quantification of the research objectives
 - Assessment of the research fund reliability
- Preparation of request for proposals(RFP)

IV. Results

Core technology project (Government budget)	Sub-technology project (Government budget)	Objectives of each project	R&D type
4CT- Development of Innovative Operation and Management Technology for Large Scale SWRO Plant (5 billion KRW)	Development of Optimization Technology for Large Scale Plant Operation and Management (4 billion KRW)	<ul style="list-style-type: none"> ● Research on plant operation history and know-how ● Development of optimized operation and management protocol ● Development of SWRO plant operation software ● Development of educational program for SWRO plant operator 	Application
	Development of Diagnosis and Control System for Large Scale Plant (1 billion KRW)	<ul style="list-style-type: none"> ● Research on risk diagnosis and DB construction ● Development of innovative diagnosis system for early warning ● Development of control system for the large scale plant 	

V. Application of the report

The applications of this report are listed as follows:

- A reference for selection of principal investigator of the core technology project No. 4
- A reference for research management of the core technology project No. 4
- A roadmap of SWRO plant operation and management technology

목 차

1. 4 핵심과제 개요	1
가. 핵심과제 정의 및 비전	1
(1) 핵심과제의 정의	1
(2) 연구의 필요성	4
(3) 과제의 성과목표	17
나. 핵심기술의 시장전망 및 동향예측	20
(1) 핵심기술의 특성	20
(2) 핵심기술의 동향	22
다. 국내외 연구개발 동향	29
2. 4 핵심 및 세부과제의 목표 및 연구내용	40
가. 핵심과제 최종연구목표	40
나. 세부과제 도출방법	41
다. 세부과제 연구내용	41
(1) 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	42
(2) 플랜트 진단 및 관리시스템 기술	47
라. 기술/특허 로드맵의 시계열 분석	52
(1) 논문분석을 통한 기술 분석	52
(2) 특허분석을 통한 기술 분석	73

(3) 4 핵심 기술경향 분석 및 기술 로드맵	77
나. 핵심과제 테스트베드 사업 적용 방안	83
(1) 사업단 3 L 목표 달성을 위한 4핵심 테스트베드 적용	83
(2) 4 핵심 세부과제별 테스트베드 사업 적용방안	93
3. 소요 연구비	95
가. 핵심과제 연구비	95
나. 세부과제 연구비	95
다. 산정근거	97
4. 4 핵심과제의 기술개발 효과 및 성과 활용방안	99
가. 사회적·경제적·기술적 파급 효과	99
(1) 사회적·경제적 파급 효과	99
(2) 기술적 파급 효과	102
(3) 사회/문화적 파급 효과	104
나. 성과 활용방안	105
(1) 사업화·실용화 연계방안	105
(2) 정부 정책과의 연계방안	107
5. 4 핵심과제 선정/평가방법 설정	108
가. 핵심과제 RFP	108

나. 해당분야 요소기술 제안공모 추진방안	113
다. 선정 및 성과목표 지표	114
(1) 선정 지표	114
(2) 성과목표 및 지표	115
(3) 선정 근거	118
6. 참고문헌	123

CONTENTS

1. Summary of the Core technology project	1
A. Definition and vision of the Core technology project	1
(1) Definition of the Core technology project	1
(2) Needs for research	4
(3) Production aims of the projects	17
B. Prospect of markets and prediction of their trends	20
(1) Characteristics of the Core technology projects	20
(2) Trends of the Core technology projects	22
C. R&D trends in domestic and worldwide	29
2. Aims and contents of the Core technology project and	
sub-research projects	40
A. R&D aims for the Core technology project	40
B. Deduction methodology of sub-research projects	41
C. R&D contents of sub-research projects	41
(1) Development of optimization technology for SWRO plant operation and	
management	42
(2) Development of diagnosis and control systems for SWRO plants	47
D. Time series analysis for technology roadmap	52

(1) Journal papers analysis	52
(2) Patents analysis	73
(3) Technology trends and roadmap	77
E. Test bed application plans of sub-research projects	83
(1) Test bed application to achieve the 3L Center aims	83
(2) Test bed application plans of sub-research projects	93
3. R&D cost estimation	95
A. Overall core technology project R&D cost	95
B. Sub-research projects R&D cost	95
C. Cost estimation basis	97
4. Spin-off Effects of the Core technology project and application plans	99
A. Social, technological and economical spin-off effect	99
(1) Economical spin-off effect	99
(2) Technological spin-off effect	102
(3) Social and cultural spin-off effect	104
B. Application plans of R&D products	105
(1) Connection methodology to commercialization and utilization	105
(2) Connection methodology to government policy	107

5. Selection and evaluation of the Core technology projects and sub-research projects	108
A. Core technology project RFP	108
B. Selection of Core technology projects	113
C. Selection and production indicators	114
(1) Selection indicators	114
(2) Production indicators	115
(3) Explanation of indicators	118
6. References	123

1. 4 핵심과제 개요

가. 핵심과제 정의 및 비전

(1) 핵심과제의 정의

(가) 정의

건설교통부 사업단 운영관리지침 제 1 장 총칙 제 2 절 용어의 정의에 의하면, 핵심과제는 사업단 과제를 구성하는 중추과제로 정의된다. 사전기획에서 도출된 4개의 사업단 핵심과제는 미래형 해수담수화플랜트 기반기술, 해수담수화플랜트 건설소재의 국산화 및 현장적용기술, 대용량 해수담수화 플랜트 설계 및 건설 기술, 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리이다.

본 상세기획 보고서는 4핵심과제 “해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리”에 대한 과제의 범위, 과제 관련 핵심 기술의 동향, 핵심기술의 중요도, 수요, 국내외 시장 동향, 미래시장 전망, 세부과제 내용, 목표 등을 포함한다.

(나) 과제의 범위

운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전 과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 마지막으로 여러 가지 안전과 관계되는 사항을 관리할 수 있는 기술로 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술 확보가 필요하다. 해수담수화 플랜트 사업단 기획연구에서는 앞서 제시한 사항들 외에도 해수담수화 기술 및 시장동향, 배경 등을 철저히 분석하여 현 시점과 향후에 가장 필요한 기술을 체계적으로 개발하고 실용화하기 위한 초석을 마련하고자 한다. 표 1-1은 4핵심과제의 범위 및 내용을 보여준다.

표 1-1. 4핵심과제의 범위 및 내용

핵심과제	세부과제	연구목표
4핵심 해수담수 화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리	플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	플랜트 운전 경험 및 기술 확보 플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성 운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수
	플랜트 진단 및 관리시스템 기술	플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시 스템 개발 플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발 플랜트 관리 및 안전시스템 구축

(다) 핵심과제의 비전

정부는 1997년에 물관리 종합대책의 일환으로 해수담수화 타당성 조사 및 중장기 개발계획을 수립하였으며 수자원 확보의 다양성을 위하여 해수담수화 기술을 위한 연구를 수행중이다. 정부는 상수도, 하·폐수 처리, 해수담수화 등 물 관련 산업에 범 정부적 지원을 통해 미래전략 산업으로 집중 육성하는 로드맵을 확정하였다. 이에 따르면, 환경부, 건설교통부 및 산업 자원부는 2015년까지 우리나라가 글로벌 물산업 강국으로 도약하기 위한 종합적 추진계획을 2006년 2월 14일 국무회의 의결을 거쳐 최종 확정하였다. 일명 떠오르는 황금산업으로 비유되고 있는 물산업은 세계적으로 830조원 규모('03년 기준)의 시장을 형성하고 있고, 특히 중국 등 개도국 시장이 빠르게 성장하고 있다. 그러나 국내에는 선진국의 다국적 기업과 경쟁할 만한 물 전문 기업이 없어 해수담수화 등 일부 플랜트 분야를 제외하면 아직 이렇다할 만한 수출실적을 올리지 못하고 있는 실정이다.

건설교통부는 2006년에 새롭게 수립한건설교통 R&D 혁신로드맵의 미래가치 창출이 가능한 10대(VC-10) 과제 중의 하나로 해수담수화 플랜트 사업단을 2006년 12월 29일 발족하였다. 해수담수화 플랜트 기술은 국가 산업의 국제 경쟁력 강화를 위한 대규모 실용화 기술 중심이라는 정부의 R&D 추진방향과 일치하며, 더 나아가 통합적이고 전략적인 기술을 개발함으로써 해외 해수담수화시장에서 경쟁력을 확보하여 가치창출이 가능한 대표적 R&D 과제이다.

해수담수화사업단의 테스트베드를 바탕으로한 대용량 해수담수화플랜트 설계 및 건설기술의 확보와 함께 고효율 운영관리기술을 확보하여 프랑스의 베올리아 등 국내 시장을 노리고 이미 국내에 진입해 있거나, 향후 진출을 도모하고 있는 세계적인 물관련 기업에 필적할 만한 국내 기술 수준을 높여서 국부 유출을 사전에 방지할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 해수담수화플랜트 업체의 해외 진출은 전 세계를 대상으로 국가 인지도를 크게 향상시킴으로써, 유사 플랜트 산업의 해외진출 가능성 또한 높일 수 있다. 대형 플랜트의 건설은 1개의 단위 프로젝트 규모가 평균 수억 달러에 이르므로 외화획득의 중요한 수단이며, 이를 통해 국내 산업의 활성화에도 기여할 수 있다.

국내의 해수담수화 산업 발전 및 해외진출 과정을 보면 국내업체에서는 수처리 분야 뿐 아니라 발전분야의 기술기반을 가지고 있었기 때문에 빠른 성장 및 시장진출이 가능하였다. 따라서 해수담수화 플랜트 기술에 대한 국내산업의 인프라는 구축되어 있으며 기술적 경쟁력만 갖춘다면 향후에도 지속적으로 성장이 가능한 분야라고 판단된다. 또한 해수담수화 플랜트 기술의 종합학문이므로 기술개발에 따른 타 산업에의 파급효과 및 기술수준 향상효과가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

적절한 운전 기술과 유지보수기술을 확보하지 않은 상태에서의 담수화플랜트의 운전은 경제성의 확보가 어렵다. 또한 단순한 플랜트의 개발과 판매 보다는 플랜트의 운전과 관련된 지적 생산품을 동반 판매하도록 하는 것이 진정한 의미의 선진 기술을 개발하는 것이라 할 수 있다. 현재 이루어지고 있는 대규모 플랜트의 수출들이 단순 건설과 구매 행위의 대행에 따른 규모의 경제에 따른 이익만으로 부를 창출하고 있는데, 여기에 우리의 축적된 지식과 기술이 동반된다면 진정한 의미의 플랜트 수출이 될 수 있다.

(라) 핵심기술의 범위

- 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지 관리 기술 개발의 배경 및 기술 동향 분석
- 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술개발의 배경과 국내외 기술동향 및 사례를 분석하여 새로운 개념의 해수담수화 플랜트 운영 및 공정 최적화를 위한 동향을 분석한다.

- 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지 관리 기술 개발의 연구목표 및 범위 설정
 - 세부과제별 연구목표, 연차별 연구목표를 제시하며, 연구목표의 구체화 및 정량화를 통한 과제의 연구범위를 설정한다.
 - 현실적이고 타당한 평가지표 및 목표치를 설정 및 제시한다.
- 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지 관리 기술 개발의 예산 타당성 검토
 - 세부과제별 연구목표에 따른 전체 예산과 비목별 예산 및 타당성을 검토한다.
 - 연차별 연구목표에 따른 비목별, 연차별 예산 및 타당성 검토한다.
- 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술
 - 위에서 도출된 해수담수화 플랜트사업을 위해 주요 핵심과제를 도출하고, 세부기술을 우선순위별로 선정하고, 핵심과제간의 연계성과 통합성을 검토하여 현장가능성이 높은 실용화 기술을 도출한다.
- 국내외 정책/기술/인프라/시장/R&D 투자현황 등 운영유지 관련 동향 분석
 - 국내외 정책·시장현황 및 전망, 관련 인프라 및 R&D 투자현황, 정책/시장/인프라 등의 현황 분석에 기반을 둔 기술 동향 및 시장을 분석한다.
- 연구 추진전략 수립
 - 핵심과제와 세부과제별로 분석된 국내외 환경을 토대로 하여, 추진체계, 국제 공동연구 등 연구역량 확보방안 제시, 테스트베드 구축 등 사업화 방안 제시, 기타 사항을 추진 시 고려사항 등을 수립한다.
- 세부과제 공모 RFP 작성 및 평가기준 설정
 - 세부과제를 정량적으로 평가·관리할 수 있는 평가 지표 및 객관적이고 투명한 선정기준을 제시한다.

(2) 연구의 필요성

(가) 해수담수화 기술의 중요성

지구상에 존재하는 물의 양은 14억 km³으로 추정되며, 이 수자원 중 97%를 차지

하고 있는 해수의 활용은 오래전부터 관심의 대상이 되어왔다. 그림 1-1에서 보여주고 있는 바와 같이 나머지 2.5 %인 민물은 대부분이 빙산, 빙하, 지표수, 지하수, 대기 등에 분포한다. 인류가 사용할 수 있는 민물의 양은 약 3천오백만 km³으로 알려져 있다.

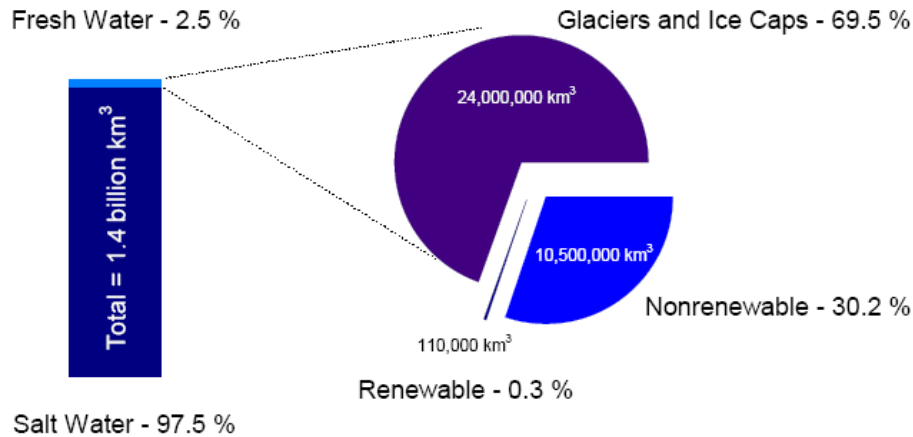


그림 1-1. 물의 분포 (출처: Miller, 2003)

표 1-2에서 보여주고 있는 바와 같이 최근 전 세계적으로 점점 더 심각해지는 물 부족사태 속에서 해수담수화는 지구상에 무한정 존재하는 해수를 갈수의 영향 없이 담수화하여 물부족에 대처할 수 있는 방법이기 때문에 절대적인 담수자원이 부족한 지역에서는 유일한 대안으로서 그 필요성이 대두되고 있다. 세계적으로 해수담수화는 1960년대부터 인구의 증가, 생활수준의 향상, 기상이변 등으로 인하여 물부족 지역이 확대됨으로서 해수담수화에 대한 수요가 증대되어 설치의 예도 급증하고 있는 실정이다. 우리나라에서 해수담수화는 가뭄과 더불어 지형여건상 수자원 확보의 어려움으로 만성적인 용수 부족현상을 나타내고 있는 일부 도서지역에 항구적인 용수 공급 방안의 하나로 해수의 담수화 시설의 도입이 추진되고 있다. 우리나라에서 해수담수화는 장래 물 부족에 대비하여 대체 수자원으로 중요한 역할을 담당할 것이다(<http://www.water.or.kr>).

표 1-2. 전세계 용수의 분포 (Blue: 식수고갈, Green: 식수공급 부족)

Country	Renewable Water (m ³ /year)				
	Total (km ³ /yr)	Per capita (2000)	Per capita (2025 low)	Per capita (2025 med.)	Per capita (2025 high)
Kuwait	0	0	0	0	0
United Arab Emirates	0	77	61	58	55
Saudi Arabia	2	118	63	59	56
Jordan	1	142	87	81	76
Libyan Arab Jamahiriya	1	151	107	100	95
Yemen	4	223	89	85	82
Oman	1	394	196	185	177
Tunisia	4	412	348	316	291
Israel	3	464	354	330	310
Algeria	14	472	361	335	313
Burundi	4	566	303	291	281
Rwanda	6	828	509	489	471
Kenya	30	985	739	673	624
Morocco	30	1004	779	714	665
Egypt	69	1009	789	723	666
Denmark	6	1116	1133	1107	1083
Zimbabwe	14	1117	820	755	700
South Africa	50	1154	1251	1142	1052
Lebanon	5	1373	1117	1048	992
Haiti	12	1486	1114	1048	989
Korea, Rep	70	1493	1378	1341	1307
Czech Republic	16	1558	1675	1645	1617
Belgium	16	1561	1602	1568	1535
Poland	63	1632	1728	1691	1656
Malawi	19	1645	1022	952	907
Burkina Faso	20	1690	808	773	745
Ethiopia	110	1749	1020	970	932
Somalia	16	1789	778	741	714
Pakistan	255	1805	1063	1016	973
Iran (Islamic Republic of)	129	1827	1400	1293	1206
India	1908	1891	1511	1411	1323
Germany	178	2170	2299	2256	2215
China - all included	2830	2206	2028	1912	1823
Bulgaria	18	2290	3027	2971	2917
Eritrea	9	2405	1302	1246	1196
Nigeria	280	2459	1454	1380	1312
United Kingdom	147	2474	2456	2400	2346
Dominican Republic	21	2508	2057	1922	1805
Tanzania	89	2534	1592	1474	1377
Lesotho	5	2556	2486	2337	2203
Sri Lanka	50	2642	2370	2219	2084
Togo	12	2651	1524	1460	1402
Moldova, Republic of	12	2724	3010	2887	2776
Ghana	53	2756	1852	1720	1609
Syrian Arab Republic	45	2761	1754	1631	1524
Armenia	11	2799	2916	2837	2791
Spain	112	2809	3049	2998	2950
Ukraine	140	2816	3603	3528	3458
El Salvador	18	2819	2120	1972	1842
Uganda	66	2833	1294	1228	1179
France	170	2870	2783	2709	2642
Afghanistan	65	2986	1507	1438	1382
Niger	33	3000	1326	1263	1216
United States	2478	8749	7439	7145	6775

(출처: Miller, 2003)

수자원 중의 97% 이상을 차지하고 있는 해수를 담수화하는 방법으로 증발법(Distillation), 전기투석법(Electrodialysis), 역삼투법(Reverse Osmosis) 등이 있다. 증발법은 에너지 가격이 안정되고 값이 싼 중동지역에 편중되어 사용되고 있으며, 그 이외의 지역에서 담수생산단가가 비교적 높은 편이다. 중동지역에서는 해수담수화플랜트의 대형화 추세에 따라 담수·발전복합플랜트를 이용한 담수화플랜트의 건설이 시도되고 있다. 담수가 필요한 지역은 동시에 전기도 필요한 곳이 많기 때문에 발전플랜트와 담수플랜트를 개별적으로 건설하기보다는 2종의 플랜트를 동시에 병합시켜 건설하여 에너지 효율을 극대화할 수 있다. 통상적으로 발전소 배기 스팀을 재이용하고, 복수기의 냉각수잠열을 담수화 플랜트의 열원으로 활용하고 있다.

담수화 방법 중, 역삼투법에서는 물은 투과시키지만 물에 용해되어 있는 용질(이온, 분자)은 거의 투과시키지 않는 성질을 가진 반투막을 염수와 담수에 접하게 하면 담수가 염수측에 이동하여 희석하려고 한다. 이러한 화학적 포텐셜에 의한 자연 현상을 삼투작용이라고 한다. 이동의 구동력은 용질의 농도차에 의한 화학적 포텐셜이고, 물의 이동으로 용질의 농도가 높은 염수측에 작용하는 압력을 삼투압이라고 한다. 그림 1-2는 담수화 공정 중 세계적으로 널리 분포되어 있는 증발법과 역삼투법을 보여주고 있다.

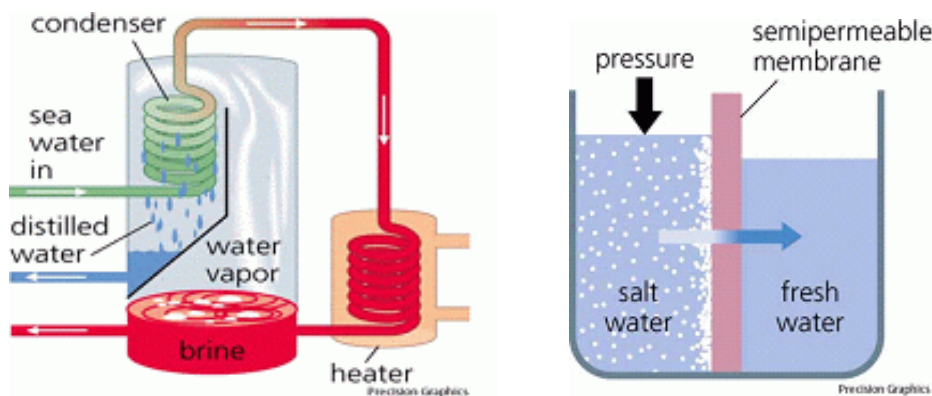


그림 1-2. 담수화 공정-증발법과 역삼투법 (출처: Miller, 2003)

증발법과 역삼투법과는 달리 전기투석법은 수중에 용해되어 거의 대부분 이온화되어 있는 이온을 이온교환막 및 전기장을 이용하여 담수를 생산하는 공정이다. 여

기에 전극을 삽입하여 전류를 흐르게 하면 양이온은 음극으로 음이온은 양극으로 이동한다. 따라서 양이온 또는 음이온을 선택적으로 통과시키는 막을 이용하면 이온성분과 물의 분리가 가능하다. 전기 투석법은 해수로부터 소금을 생산하기 위해 비교적 오래전부터 사용되어 왔는데 전기투석과 역삼투법은 분리막을 사용한다는 점에서는 동일하다. 그러나 근본적인 차이점은 역삼투법의 경우 구동력이 압력인 반면 전기투석법에서는 전기적인 힘이고 따라서 역삼투 공정에서는 수중의 모든 물질이 제거되는 반면 전기투석법에서는 전기적인 전하를 가진 물질만 제거된다는 점이다. 주요 담수화 공정의 운전인자는 표 1-3에서 설명하고 있다. 그림 1-3은 세계 담수화 용량의 분포, 그림 1-4는 담수화 공정별 TDS 처리량의 비교이다.

표 1-3. 주요 담수화 공정의 운전 인자 (출처: Wilf, 2007)

방법	TDS (mg/L)	온도 (°C)	비용의 효율성	비고
증발법	30,000-500,000	35-120	비싸다	전통적인 방법, 전세계 가장 많이 분포
역삼투	500-50,000	0-40	저렴하다	1980년대 이후 관심 증가, 낮은 에너지 소모량
전기투석	500-3,000	0-65	역삼투와 비슷함	이온교환막

World-wide Desalination Capacity

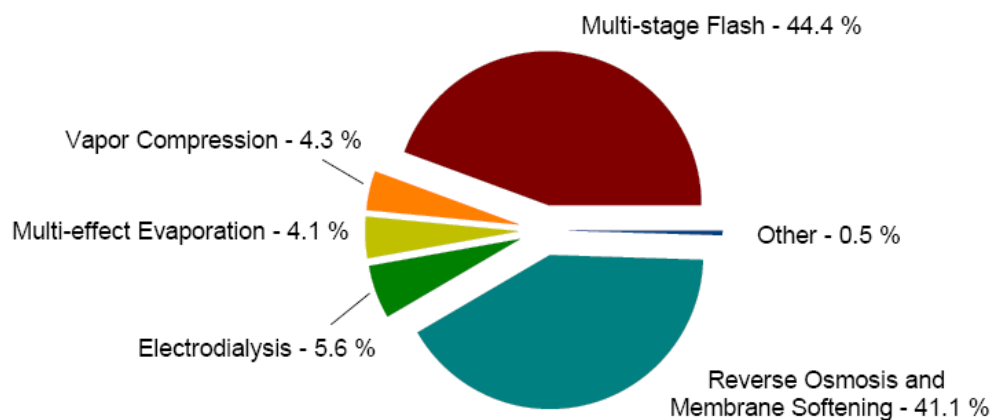


그림 1-3. 세계 담수화 용량의 분포 (종합) (출처: Miller, 2003)

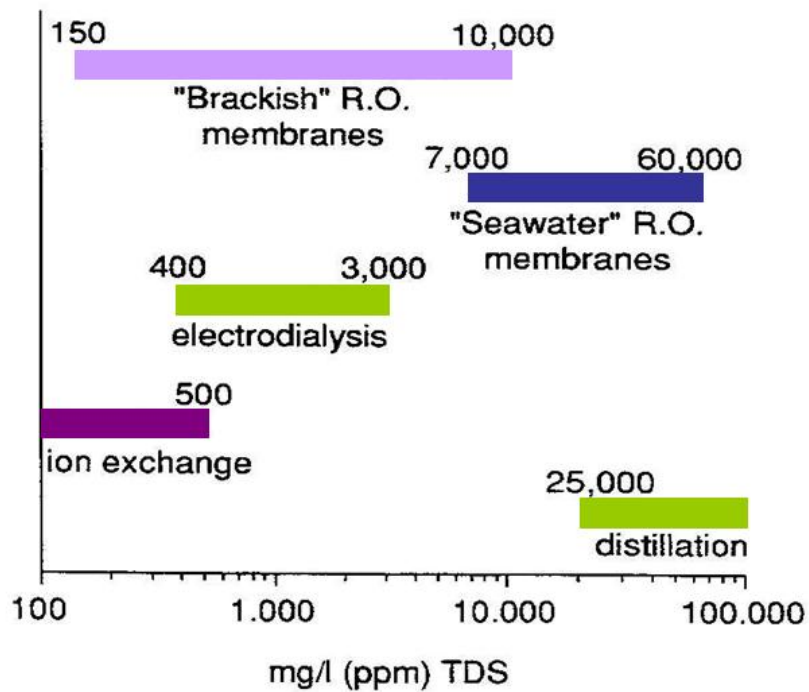


그림 1-4. 공정별 TDS 처리량의 비교 (출처: Miller, 2003)

(나) 핵심과제 “해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술”의 필요성

역삼투방식의 해수담수화 (SWRO:Seawater Reverse Osmosis) 플랜트 기술의 개발은 우리나라가 세계 해수담수화 시장을 석권할 수 있는 가능성을 높일 뿐 아니라 또한 중동 위주의 플랜트 해외진출도 다원화가 가능하여 지속적인 시장창출을 가능하게 하기 위한 원동력이다. 이러한 플랜트 건설과 함께 고효율 운영 유지 기술을 포함한 플랜트 건설기술 수출을 통해 국제적 위상을 높일 수 있다. 그림 1-5에서 보여주고 있는 바와 같이 두산중공업이 중동국가 등의 담수 설비 시장에서 약 30%의 시장 점유율로 세계 1위를 점하고 있으며, 해수담수화의 기술 및 공장설비의 기술은 상당한 수준에 도달해 있다 (GWI, 2006).

1g: Top 20 global plant suppliers by capacity (2001-2005)

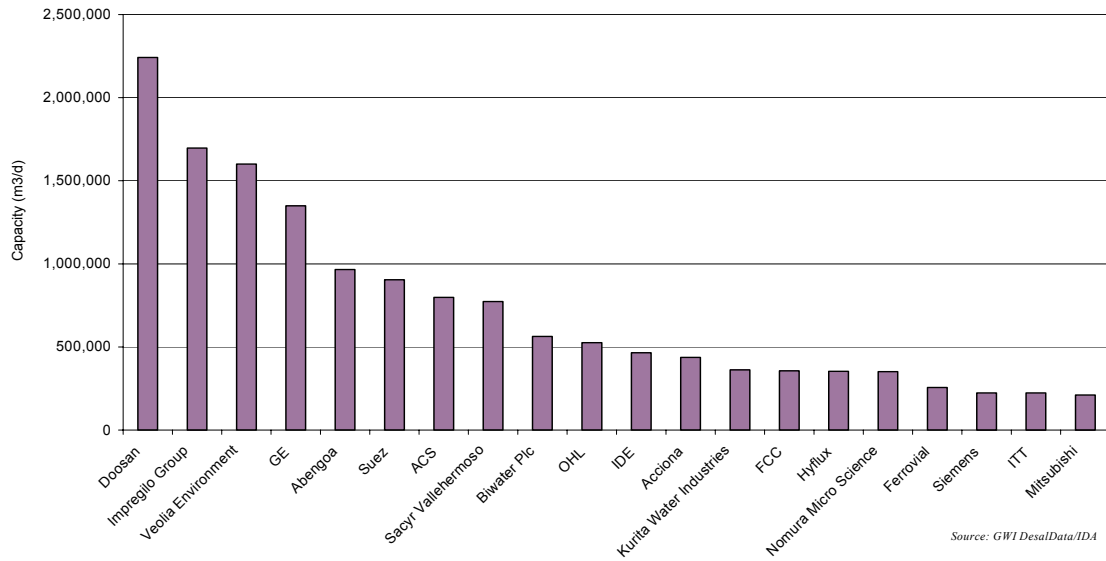


그림 1-5. 세계 20대 플랜트 공급업체 현황 (2001-2005). (출처: GWI, 2006)

해수담수화플랜트 건설관련 연구개발사업은 본질적으로 국가적 차원의 대규모 사업단 과제이므로 사전에 체계적으로 철저한 목표지향적인 사업계획 및 추진 전략의 수립이 필요하다. 사전연구기획은 연구투자의 효율성 향상, 합리적인 연구성과 관리, 사업단 과제의 조기 추진을 위해 필수적이다.

해수 담수화 플랜트는 많은 설비와 복잡한 기술로 이루어지므로 운전 및 유지관리 최적화 기술과 플랜트의 상태를 항상 모니터링하고 이를 운전 및 유지관리 기술 부문에 알려주기 위한 플랜트 진단 및 시스템 기술이 필요하다. 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전 과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 안전과 관련되는 사항을 관리할 수 있는 기술로 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술 확보가 필요하다. 해수담수화플랜트사업단 상세기획에서는 앞서 제시한 사항들 외에도 해수담수화 기술 및 시장동향, 배경 등을 철저히 분석하여 현 시점과 향후에 가장 필요한 기술을 체계적으로 개발하고 실용화하기 위한 초석을 마련하고자 한다.

(다) 세부과제의 필요성

1) 세부과제의 정의 및 비전

세부과제라 함은 건설교통부 사업단 운영관리지침 제 1 장 총칙, 제 2 절 용어의 정의에 의하면, 핵심과제를 구성하는 개별 단위과제로 정의된다. 4 핵심의 해수담수화 플랜트사업단 고효율 운영 및 유지관리기술의 비전은 플랜트의 효율적 운전기술과 유지보수기술, 플랜트 진단 및 관리시스템 기술을 확보하여 현재 이루어지고 있는 대규모 플랜트 수출 경쟁력을 갖출 수 있도록 기술적 기반을 마련하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 운전관리 기술, 설비유지관리 기술을 포함한 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술, 플랜트의 성능관리와 상태 진단, 플랜트 전 과정에서 생성되는 공정수의 수질을 관리하는 기술, 그리고 여러 가지 안전과 관계되는 사항을 관리할 수 있는 기술을 포함하는 플랜트 진단 및 시스템기술이 필요하다. 사전기획에서 도출된 4핵심과제 “해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술”은 4-1세부과제 “플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술”과 4-2세부과제 “플랜트 진단 및 관리시스템 기술”로 구성된다.

2) 세부과제의 필요성

① 4-1세부과제: 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술

운전 및 유지관리를 최적화하기 위한기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 여러 가지 안전과 관계되는 사항을 관리할 수 있는 기술이 필요하다. 플랜트 진단 기술은 플랜트의 물리적 상태를 진단하는 기술이다. 해수담수화 플랜트는 많은 약품들과 부식성이 높은 염수를 원수로 사용하기 때문에 물리적 상태의 측정과 감시가 필요하다. 이를 위하여 플랜트의 구성 재질에 관한 정보가 망라되어 있어야 하며, 또한 비파괴 검사 기술이 잘 개발되어 있어야 한다. 원수 및 공정의 수질은 성능관리 및 운전 시스템에 막대한 영향을 미친다. 수질의 관리 및 투입되는 화학약품의 성분과 그에 반응되는 침전물 및 관련되는 화학물질들은 면밀히 분석되어야 한다. 어떤 생성물들이 어떻게 분석되어야 하고 그 결과가 어떻게

관리되어야 하는지를 연구하는 것이 수질관리 기술 개발의 핵심이다. 이렇게 분석된 데이터는 담수화 플랜트의 자산으로서 매우 중요하다. 따라서, 수질관리 기술은 성능관리 기술과 밀접하게 연계되어 연구되어야 한다.

해수담수화플랜트 운전 시스템은 그림 1-6에서 보여주고 있는 바와 같이 각 기기들을 효율적으로 제어하기 위한 장치들로 이루어져 있다. 운전 시스템의 설계에 따라 플랜트의 효율성이 결정된다. 운전 시스템에서 모아진 데이터는 운전 최적화 위한 기술을 개발하는 성능관리 기술 개발의 기초 자료가 된다. 한편, 모니터링 시스템은 설비들의 운전 상태를 모니터링하여 운전자에게 알려주고, 운전자가 설비의 상태에 따라 운전을 조절 할 수 있게 도와주는 시스템이다. 그림 1-7의 실시간 막오염 모니터링 시스템은 실시간으로 막오염을 모니터링 할 수 있는 장비로 운전관리 시스템에 연결하여 모니터링 시스템을 구축한다. 그림 1-8은 Singapore의 Graham Tek에서 운영하고 있는 운전관리 시스템을 보여 준다 (Graham Tek, 2006).

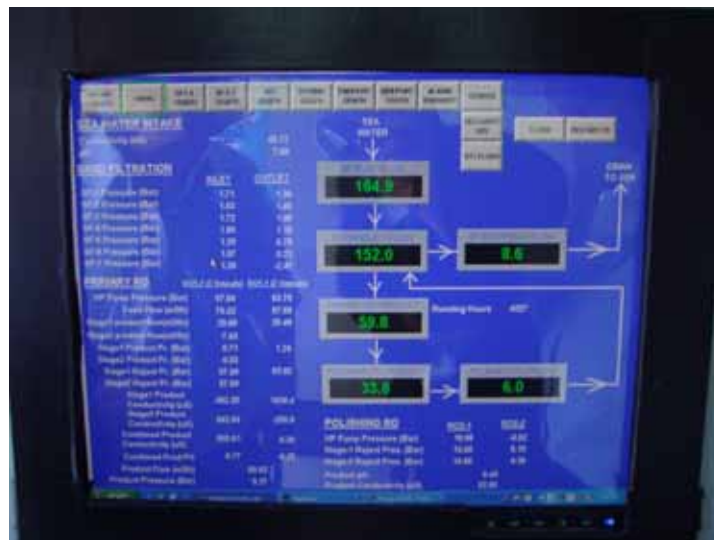


그림 1-6. 운전관리 시스템 (출처: Graham Tek, Singapore)



그림 1-7. 실시간 막오염 모니터링 (출처: 사전기획보고서)



그림 1-8. 모니터링 관리 시스템 (Graham Tek, Singapore)

운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술 중 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술에서 유지관리는 운전이 제대로 이루어지기 위한 전제 조건으로 유지관리가 잘 되어야 한다. 유지관리는 운전에 부속된 분야로 여겨져 왔으나 오늘날에는 플랜트의 경제성을 결정하는 가장 중요한 분야로 부각, 발전되고 있다. 유지관리 기술은 플랜트의 전주기 비용(Life Cycle Cost)을 결정하는데 가장 중요한 비중을 차지하며 실질적인 플랜트 운영의 대부분을 차지한다. 유지보수의 목표는 ARM(Availability, Reliability, Maintainability)를 확보하는데 있으며, 이를 가장 낮은 비용으로 달성하여야 한다. 해수담수화 플랜트의 유지보수 기술을 확보하기 위하여서는 다음과 같은 연구가 이루어져야 한다.

플랜트의 효율적인 운영을 위하여 전 플랜트의 설계 자료를 체계적으로 유지할 수 있고, 이의 갱신과 수정이 유기적으로 관리될 수 있는 기술이 개발되어야 한다. 이 기술의 개발을 위하여 두 가지 작업이 이루어져야 한다. 먼저 해당 플랜트의 여

러 가지 설비들을 특정한 목적에 따라 분류하여 체계화 하여야 한다. 체계화의 근거에는 특성분류, 기능위치분류 등 여러 가지 방법을 활용할 수 있는데 연구 과제에서 적절한 방법을 찾아야 한다. 이렇게 체계화된 설비를 데이터베이스화하여야 하고, 그 다음으로는 도면을 관리할 수 있는 방안을 연구하여야 한다. 도면은 일반적으로 모든 도면의 분류, 저장, 갱신, 출력을 관리할 수 있는 도면관리 시스템을 개발하는 것이 일반적이다.

분류 및 체계화된 설비를 대상으로 중요도(Criticality)를 결정하고, 이에 따라 설비의 분석을 통하여 정비전략을 결정하는 연구방법이다. 따라서, 설비의 신뢰성을 확보할 수 있는 RCM (Reliability Centered Maintenance) 기술을 확보하고 이를 플랜트의 정비전략에 반영할 수 있는 방안이 강구되어야 한다. 정비전략은 설비 운영 및 유지보수의 경제성을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 앞서 설명한 기술 외에 모든 정보와 정비 전략이 하나의 틀 내에서 운영될 수 있도록 하는 시스템의 설계와 개발이 필요하다. 앞의 여러 단계들을 통하여 연구된 산출물들은 컴퓨터 시스템을 통하여 운영되어야만 한다. 일반적으로 CMMS (Computerized Maintenance Management System)라고 하는 시스템에 RCM, RBI (Risk-Based Inspection) 등 필요 기능들을 부가하여 재개발하여야 한다. 또한 이렇게 개발된 시스템 내에는 관련 연구에서 도출된 모든 자료들이 데이터베이스화 되어야 한다. 아울러, 유지관리의 모든 Process와 기술을 망라한 유지보수 매뉴얼의 개발이 필요하다. 유지보수 매뉴얼은 유지보수의 모든 기술적 내용을 포함하는 것이다. 이러한 내용은 개발되어 일부는 Job Procedure 및 예방정비 전략으로서 CMMS내에 포함되어야 하고, 이것이 실제 정비작업에서 운영되어야 한다.

② 4-2 세부과제: 플랜트 진단 및 관리시스템 기술

플랜트의 진단 및 시스템 기술은 플랜트의 상태를 최적으로 유지하여 운전과 유지보수에 도움을 줄 수 있도록 하는 분야의 기술이다. 이 분야의 기술은 크게 플랜트의 성능관리 기술, 플랜트 진단 기술, 수질관리 기술 및 안전관리 기술이다. 성능관리는 설비가 가지고 있는 자원을 적절히 배치 및 활용하여 최적의 결과를 도출하기 위한 작업으로, 통상 불필요한 작업의 제거, 설비 운전방법의 개선, 설비 용량의 최적화 등의 연구가 수반된다.

해수 담수화 플랜트에서의 성능은 원수(해수)의 상태(온도/염도와 불순물), 역삼투막의 수명(교체주기), 투과량, 운전압력 및 전후단의 차압, 역삼투막의 세척 주기(시기), 공급 펌프 및 여과기의 효율, 에너지 사용 및 회수장치의 유무 등이 요소이나, 원수의 상태 및 설비(펌프) 효율, 에너지 문제는 플랜트의 설치장소 및 생산량에 따라 결정되는 것으로, 플랜트 설계시에 결정되어 반영된다. 따라서, 해수 담수화 플랜트에서의 성능관리는 역삼투막의 성능 악화 방지, 파울링 방지 및 세척 등 막의 관리가 핵심요소이다. 각 성능관리 연구 내용의 인자별 요소는 표 1-4와 같다.

플랜트 진단 기술은 플랜트의 물리적 상태를 진단하는 기술이다. 해수담수화 플랜트는 많은 약품들과 부식성이 높은 염수를 원수로 사용하기 때문에 물리적 상태의 측정과 감시가 필요하다. 이를 위하여 플랜트의 구성 재질에 관한 정보가 망라되어 있어야 하며, 또한 비파괴 검사 기술이 잘 개발되어 있어야 한다. 이론적인 물리화학적 손상 예측이나 확률론적인 발생빈도 예측기술은 당연히 필요한 것이지만, 개별적인 기기의 상태를 실제로 파악하기 위한 진단 검사기술도 설비관리상 반드시 필요하다. 설비관리를 위해 실시되는 진단 대상은 설비를 구성하는 재료의 열화, 손상현상과 회전기 등 설비로서의 기능이다.

표 1-4. 해수담수화 설비의 성능관리 내용

성능관리내용	막성능 영향
원수수질	막의 오염(Fouling)에 매우 큰 영향을 미치므로 원수의 수질(염도)를 고려하여 막의 회수율이 결정된다.
투과량	온도, 운전 압력 등의 복합적인 원인에 의하여 증가하며, 투과량 증가에 따라 막의 오염이 가속화 되므로 적정압에 의한 운전이 필요하다.
운전압력	구동 압력이 막오염에 미치는 영향이 매우 크므로, 높은 운전 압력에서 농축으로 인한 농도 분극층이 형성되면 압력을 높여도 투과량은 감소되고 오염은 급격히 진행되므로 적정압력으로 운전하는 것이 중요하다.
온도	온도 자체로는 막에 미치는 영향이 적으나, 온도에 따라 용질의 용해도나 흡착에 영향을 줌으로서 직간접적인 영향을 미치므로, 온도가 높아지면 여과저항은 적어지고 투과량이 증가한다.
기타	세척방법, 세척주기 등.

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

중전 재료의 검사나 진단의 경우 설비의 사용을 방해하는 감육(wall thinning)이나 결함 존재를 탐지하는 것이 주된 목적이었는데, 최근에는 설비의 장수명화 또는 정기수리 간격 연장을 위해 재질적인 열화의 진단과 균열 같은 체적 결함 유해 정도를 계산하기 위한 정량적인 평가가 요구되고 있다. 재료의 열화는 반복 응력과 같은 역학적 효과, 부식환경과 같은 화학적 효과 또는 온도와 같은 물리적 효과에 의한 재료의 결정적인 변화나 반응에 기초하여 진행된다. 이와 같은 열화는 재료의 물리적, 기계적, 화학적인 특성의 변화로 검출이 시도되고 있다. 따라서 재료의 항복응력, 인장강도, 파괴 인성치 등의 데이터베이스 구축이 필수적이다.

원수 및 공정의 수질은 성능관리 및 운전 시스템에 막대한 영향을 미친다. 수질의 관리 및 투입되는 화학약품의 성분과 그에 반응되는 침전물 및 관련되는 화학물질들은 면밀히 분석되어야 한다. 어떤 생성물들이 어떻게 분석되어야 하고 그 결과가 어떻게 관리되어야 하는지를 연구하는 것이 수질관리 기술 개발의 핵심이다. 이렇게 분석된 데이터는 담수화 플랜트의 자산으로서 매우 중요하다. 수질관리 기술은 성능관리 기술과 밀접하게 연계되어 연구되어야 한다.

환경에 대한 안전, 작업자에 대한 안전은 그 어느 때보다도 중요시되고 있다. 또한 폐기물의 처리와 안전에 관한 사항도 필수불가결한 부분이다. 안전에 관한 사항들은 운전과 작업에 연관되어 운영되어야 하며, 특히 시스템으로 구축되어 유지보수 작업관리 등과 유기적으로 연계되어 운영되어야 한다.

3) 세부핵심기술의 범위

표 1-5는 플랜트 운전 및 유지관리기술, 플랜트 진단 및 관리시스템 기술의 세부 과제를 통하여 도출될 수 있는 기술의 범위를 나열하였고, 각각의 기술에 대한 연차별 추진일정을 제시하였다.

표 1-5. 세부과제의 핵심기술의 범위

세부핵심기술	기술의 범위	연차별 추진일정																				비고	
		1년				2년				3년				4년				5년					
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4		
플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	플랜트 운전 매뉴얼 작성																						
	플랜트 설비의 최적 유지관리																						
	목적별 플랜트 운영관리																						
	운전 및 유지관리자 교육 프로그램 개발																						
플랜트 진단 및 관리시스템 기술	플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축																						
	플랜트 성능진단 기술																						
	플랜트 공정관리 기술																						
	플랜트 관리 및 안전시스템																						

(3) 과제의 성과목표

(가) 최종 성과목표

해수담수화 플랜트 사업단의 4 핵심과제 “해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리”의 기술개발을 위하여 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술로는 운전 관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전 과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 마지막으로 여러 가지 안전과 관계되는 사항을 관리할 수 있는 기술로 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술 확보가 필요하다. 4 핵심과제의 최종 성과목표를 정리하면 다음과 같다.

4-1 세부과제: 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술

- 테스트베드 시운전 대비 20 % 전력 비용 절감
- 연간 유지보수비 시운전 대비 10 % 절감 및 정비작업시간 시운전 대비 15 % 절감
- 최적화 운영 유지관리를 위한 소프트웨어 완성
- 운전 및 유지관리자 교육을 통한 효율적 플랜트 관리

4-2 세부과제: 플랜트 진단 및 관리시스템 기술

- 플랜트설비 진단용 재질별 DB 구축 및 활용 실적
- 플랜트 성능 향상을 위한 설비 진단 및 관리 시스템 구축을 통한 시운전 성능대비 20 % 성능 향상
- 플랜트 관리 및 안전시스템 구축을 통한 고장율 5 %, 가동율 99 % 실현

(나) 성과목표

4 핵심의 “해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술 개발” 관련 연구 성과를 테스트베드 적용을 통하여 검증을 받게 된다. 성과목표를 구체화하기 위하여 과학기술적 연구결과, 기술개발 역량성과, 연구개발의 파급성과 등으로 구분할 수 있다. 표 1-6과 표1-7은 각각 4-1 세부과제, 4-2 세부과제의 성과목표 및 관련된 구체적인 내용을 제시하고 있다.

표 1-6. 4-1 세부과제 (플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술)의 성과목표

성과지표	목표치	내용
논문	2	플랜트 운전경험 분석 1 건 /플랜트 운전 최적화 1 건
특허등록	2	플랜트 유지관리 최적화 기술 2 건
시운전대비 에너지절감	20 %	시운전 경험을 바탕으로 효율적인 운전
생산수 전력소모량	4 kWh/m ³ 이내	전력비대비 화학약품비 비율, 인건비 등으로 새롭게 정의할 수 있음
기술인증	2	플랜트 운전경험 분석 1 건 /플랜트 운전 최적화 1 건
보고서	2	단계별 보고서/최종보고서 각 1건

표 1-7. 4-2 세부과제 (플랜트진단 및 관리시스템 기술)의 성과목표

성과지표	목표치	내용
논문	1	플랜트 진단 및 관리 시스템 1건
특허등록	2	플랜트 진단 시스템 1건 플랜트 안전관리 시스템 1건
시운전대비 성능 향상	20 %	테스트 베드 시운전 경험을 통한 성능 향상
기술인증	2	플랜트 진단 시스템 1건 플랜트 관리 시스템 1건
보고서	2	단계별 보고서/최종보고서 각 1건

(다) 성과 제고방안

해수 담수화 플랜트는 운전 및 유지관리 최적화 기술과 플랜트의 상태를 항상 모니터링하고 이를 운전 및 유지관리 기술 부문에 알려주기 위한 플랜트 진단 및 시스템 기술이 필요하다. 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술의 성과목표는 과학적 연구결과, 기술개발 역량 성과, 연구개발의 파급성과 등으로 구분할 수 있다. 과학적 연구결과는 논문/특허 등의 실적을 비롯하여 기술인증 등의 성과를 도출할 수 있다. 과학적 연구결과 중 운전최적화를 통하여 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술개발을 바탕으로 하여 시운전대비 에너지 20 % 절감할 수 있다. 플랜트 진단 및 관리시스템 개발을 통하여 시운전 대비 20 %의 성능향상을 할 수 있을 것으로 기대된다.

성과목표 중 4-1과제의 생산수 전력소모량 (4 kWh/m³)은 전력비에 따라 차이가 있고, 인건비가 국가별로 다르므로 금액으로 결정하기보다는 전력비 대비 화학약품 소비 비율, 인건비 등으로 새롭게 정의될 수 있다. 4-2과제에서 플랜트 진단 및 관리 시스템 개발은 운영 및 유지 데이터베이스 및 자원 수급 계획 개념에서 관리 시스템을, 플랜트 수명에 대한 예측 가능한 인자를 정의하여 조기경보 (Early Warning) 기능 추가 필요할 것으로 생각된다.

나. 핵심기술의 시장전망 및 동향예측

(1) 핵심기술의 특성

현재 증류법이 해수담수화 시장을 상당부분을 차지하고 있지만, SWRO 해수담수화플랜트 기술의 개발은 우리나라가 세계 해수담수화 시장을 석권할 수 있는 가능성이 높을 뿐 아니라 또한 중동 위주의 플랜트 해외진출도 다원화가 가능하여 지속적인 시장창출을 하기 위한 원동력이다. 이러한 해외시장 경향에 맞추어 해수담수화플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술 운영 및 유지관리 기술 확보를 통한 플랜트 건설기술 수출을 통해 국제적 위상을 높일 수 있다. 이를 위하여 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술, 플랜트 진단 및 시스템기술을 개발하여 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술 확보가 필요하다. 고효율 운영 및 유지관리기술을 평가하기 위하여 플랜트 운전 및 관리를 통하여 해수담수화 공정의 각 설비 및 요소의 비용 분석이 선행되어야 한다.

그림 1-9에서 보여주고 있는 바와 같이 해수담수화 전체 비용구조를 살펴보면, 2006년 기준으로 볼 때 해수담수화 전체 비용구조의 약 52%가 건설비이며 23%가 에너지 비용, 10%가 인건비로 나타났다 (사전기획보고서).

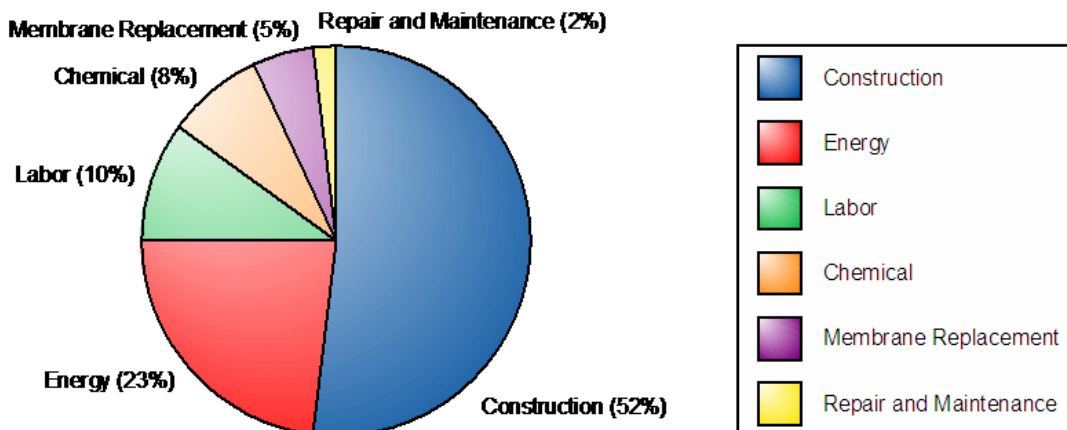


그림 1-9. 해수담수화 전체 비용구조 (2006년 기준) (출처: 사전기획보고서)

그림 1-10에서 해수담수화 운영비를 분석해보면, 전체의 46%가 에너지 비용이며 30%가 인건비이다. 특히 에너지 비용에 대하여 세분하여 보면 고압펌프에 의한 에너지 소모가 전체의 81%를 차지하고 있다. 이는 역삼투 공정의 효율 및 안정적인 운전이 전체 운영비에 가장 큰 영향을 미치고 있음을 나타내고 있다 (사전기획보고서).

비용분석을 통해서 각 요소별로 기술의 발전이 비용절감에 미치는 민감도를 분석하였고 그 결과를 그림 1-11에서 보여주고 있다. 즉, 각 부문별로 기술개발 결과 10%의 효율향상 혹은 비용절감 효과가 발생하는 경우 전체 비용에 미치는 영향을 계산하였다. 그 결과 안정적인 운전 및 에너지 회수로 인한 역삼투공정의 운전비용 절감의 경우 1.85%, 효율적 설계로 인한 기기 및 재료비 절감이 1.55 %를 나타내는 등 기술개발에 따른 비용절감 효과가 높은 것으로 나타났다. 반면에 전처리 공정의 경우 자체로는 비용절감 효과가 높지 않으나 전처리의 효율이 역삼투 공정의 효율과 직접적인 연관성을 가진다는 점을 고려하면 연구개발에서 중요하게 다루어져야 할 항목으로 판단된다.

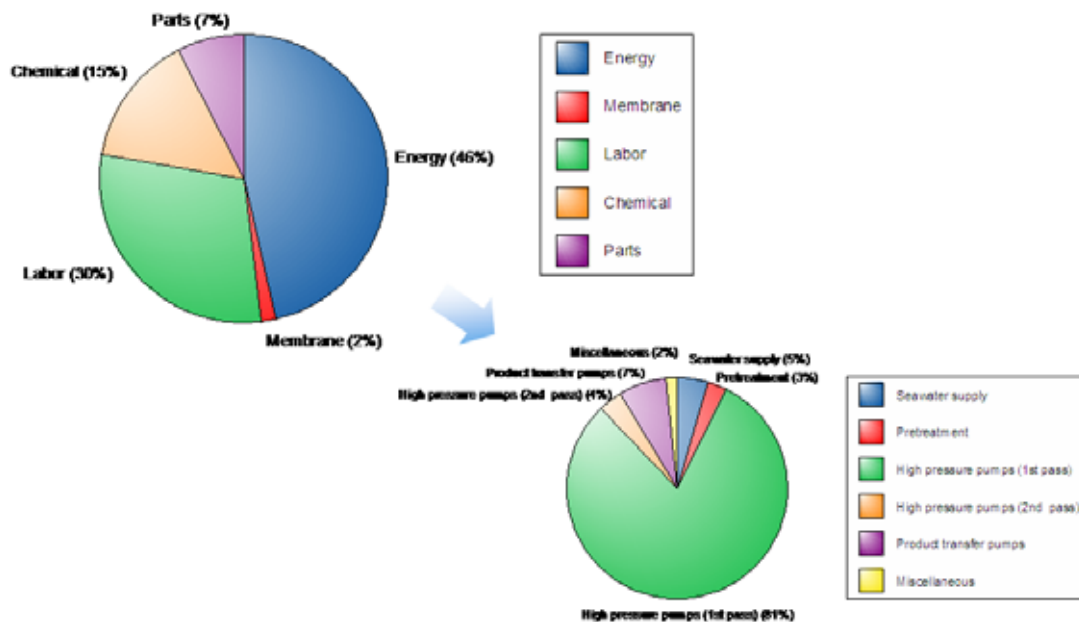


그림 1-10. 해수담수화 운전비용 구조 (출처: 사전기획보고서)

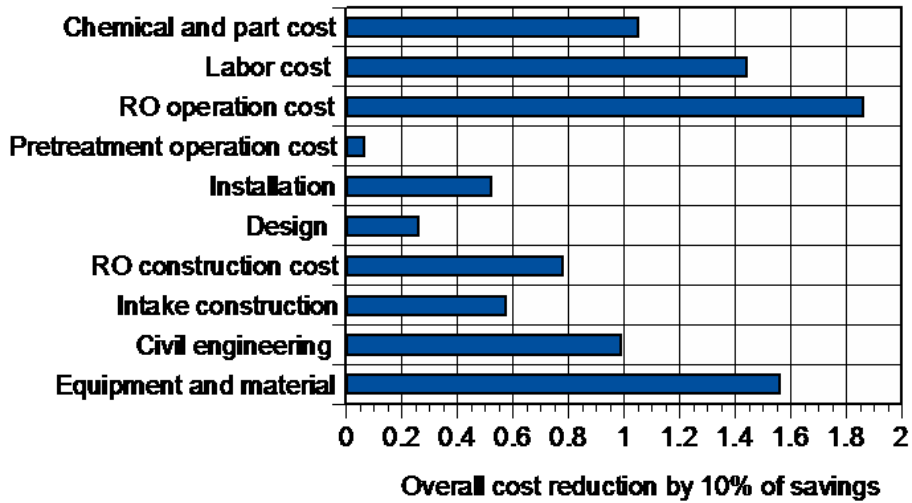


그림 1-11. 각 요소별 비용절감효과 (출처: 사전기획보고서)

(2) 핵심기술의 동향

(가) 국내기술현황 및 해외기술대비 수준 조사

1) 국내 시장규모

물 산업은 상·하수도와 해수 담수화, 생수사업 및 이와 연관된 건설·설비생산·약품제조·기술개발 등을 하는 사업을 일컫는다. 물산업 관련 시장에 비해 해수담수화 플랜트 운전 유지관리 관련 국내 시장은 아직 미비한 수준이다. 최근 정부에서도 큰 관심을 보이고 있다. 환경부는 국내 물 산업 규모를 2015년까지 현재의 배인 20조원으로 늘리고 세계 10위권 기업을 20개 이상 키운다는 목표까지 설정하였다(세계일보, 2007년 6월 25일).

운전 및 유지관리를 최적화하기 위한기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술 등이 핵심 기술 확보가 시급하다. 플랜트 운전 유지관리 관련 시장 규모는 물산업 시장규모를 통하여 파악될 수 있다. 최근 국내 굴지의 기업들이 물산업을 21세기 성장 동력산업으로 선정하고 시장을 확보하기 위한 노력을 경주하고 있다. 코오롱그룹은 환경관리시설공단을 인수하여 물 산업을 강화해 그룹의 미래 성장엔진으로 성장하고 있다. 한편, 두산중공업은 중동 등지에서 인정받은 해수담수화 기술을 바탕으로 차세대 대용량 담

수기술과 수처리 분야를 지속적으로 육성, 관련 분야에서 세계 1위 자리를 굳힌다는 전략이다. 1970년대 말부터 담수설비 사업에 뛰어든 두산중공업은 현재 사우디아라비아와 오만, 카타르 등에서 건설프로젝트를 진행하고 있다. 세계 물시장 변화의 흐름속에 국내 유일의 물기업인 한국수자원공사도 해외 물사업을 진출을 위한 분주한 움직임을 보이고 있으며, 전략적 제휴, 전문가 파견, 교육사업 등 미래 수자원시장 확보를 위한 인프라 구축사업들을 포함한 세계 최고수준의 물관리기술 개발 및 등록, 국제기관 파견 및 교육을 통한 전문인력 확보, 국내외 해외사업 전문가 DB구축 및 활용, 지역전문가 육성 등을 통한 역량 강화에도 힘을 모으고 있다.

외국기업의 국내 시장 진출은 국내 업체와의 업무 제휴 등을 통하여 활발하게 진행되고 있는데, 세계 1위 물 기업인 프랑스 베올리아사와 합작으로 '삼성베올리아 인천환경주식회사'를 설립한 삼성엔지니어링은 축적된 플랜트기술을 바탕으로 물 산업에 본격 참여하는 방안을 모색하고 있다 (그림 1-12 참조). 물시장의 50%이상을 점유하고 있는 프랑스 기업 베올리아와 온데오는 세계 물시장의 표준화를 통해 시장의 석권을 노리고 있다. 이들 기업들은 국내 물시장에도 진출, 수천억대의 매출을 올리고 있다 (환경일보, 2005년 3월 21일).



그림 1-12. 국내 주요기업의 물산업 현황 및 전세계 물산업규모
(출처: 세계일보, 2007년 6월 25일)

2006년도 기준으로 10조원 정도이며, 10% 이상의 물시장 성장을 보이는 것으로 보고되고 있다. 해수담수화 시장은 물산업 관련 시장의 10 %이내에서 형성되어진다고 가정하면, 2006년도는 표 1-8은 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술의 세부과제를 통하여 도출될 수 있는 핵심세부기술의 시장 현황을 2002년부터 2006년까지의 시장규모를 보여준다 (<http://www.dtnews24.com>).

표 1-8. 수처리설비 운영 및 유지관리기술의 시장 규모 (추정) (단위 : 억원)

핵심세부기술 (세부과제)	2002년		2003년		2004년		2005년		2006년	
		소계		소계		소계		소계		소계
플랜트 운전 및 유지관리 기술	200		500		1,000		3,000		5,000	
플랜트 성능 관리시스템 기술	200		500		1,000		2,000		3,000	
플랜트 진단 관리 시스템	200		500		1,000		2,000		2,000	
계	600		1,500		3,000		7,000		10,000	

※국내 물 시장 성장률 10 %이상 예상을 근거로 한 추정
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

2) 국내 주요 관련업체

수처리 설비 관리를 포함한 운전 유지관련 기술을 보유하고 있거나, 주도적인 역할을 담당하고 있는 국내 주요 관련업체는 몇 기업이 있는 것으로 알려져 있다. 그렇지만, 물산업 시장에서 해수담수화 플랜트의 설비 운영 및 유지관리 기술을 담당할 수 있는 기업은 아직은 구체적으로 알려져 있지 않다. 표 1-9는 수처리 분야에 대한 경험을 보유한 대표적인 국내 관련업체 및 업체별 능력을 정리하였다. 현재 베올리아 코리아가 세계 최대 물산업 관련 기업으로 한국에 진출하여 수처리 시설 관리 및 운영을 통하여 2005년도 2,300억 매출을 올린 것으로 알려져 있다 [www.veoliawater.co.kr].

표 1-9. 수처리 분야 대표적인 국내 관련업체 및 업체별 능력

업체명	업체별 능력	비 고
베올리아 코리아	수처리 시설 관리 전반 (2005년도 2,300억 매출)	세계 1위 기업의 한국내 자회사
현대석유화학	공업용수 관련 설비 관리	
태영	수처리 및 폐수처리 운영 관리	
코오롱 건설	상하수도 시설, 해외수도시설 진출, 환경관리시설 공사 인수 후 수처리 및 폐수처리 시장 진출	
수자원 공사	수도사업을 통한 물산업 주도, 해외시장 진출	

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

3) 국내기술현황 및 해외대비 기술수준

향후 국내 기업의 고부가 가치 산업으로의 진출을 위해서 증발법의 해수 담수화에서 역삼투압방식의 해수담수화 플랜트 기술로의 전환이 요구됨. 따라서 대형 플랜트 사업의 육성을 위하여 국내 기업의 설계 시공 능력에 대한 집중적 지원이 요구된다. 국내의 시공된 해수담수화설비는 대부분 1,000 톤/일 이내의 소규모 시설로 광역상수도가 공급될 수 없는 섬 지역 위주로 설치되어 있으며, 중대규모 시설은 국내에 설치 실적이 거의 없기 때문에 대규모 해수담수화 설치에 관한 기술 축적은 거의 안 되어 있다고 볼 수 있다.

또한, 국내 기업 및 관련 기관에서는 대형 역 삼투압 해수 담수화 공장을 건설, 수출한 경험이 전무한 실정이다. 현재 50,000 톤/일 이상 대규모 역 삼투압 해수 담수화 플랜트 건설 및 수출 측면에서 선진국 주요 경쟁업체와 기술 격차가 가장 큰 분야는 플랜트 시스템 엔지니어링 분야이다. 역삼투압 법을 이용하는 해수 담수화 공장에 필요한 주요 구성 설비로는 역삼투막, 펌프, 에너지 회수 장치, 파이프, 밸브, 전기/계장 설비 등을 들 수 있으며, 이들 대부분을 설비 제작 업체로부터 구매할 수 있으나, 대형 역 삼투압 플랜트를 건설, 수출을 하기 위해서는, 플랜트 규모에 적합한 주요 구성 설비 크기를 결정하고, 전체 플랜트를 가장 경제적으로 설계 분야의 능력 배양과, 적합한 기자재를 적절한 가격으로 구매하고 이를 설치, 시운전

하여 플랜트를 정상 가동하여 고객에게 공급할 수 있는 능력이 절실히 필요하다.

해수담수화 플랜트 설비의 운전경험을 보유한 업체를 포함한 국내의 유지관리기술 현황을 살펴보면, 유지관리기술을 확보하고 있는 회사운전 실적은 큰 차이를 보인다. 표 1-10에서 살펴본 바와 같이 현재 대산 산업단지내의 구 현대석유화학은 비슷한 규모의 담수화 플랜트가 두 운영주체에 의하여 운영되고 있다. 해수담수화 관련 플랜트의 운전이력은 한국수자원공사에서 보유하고 있다. 선진국의 해수담수화 및 수처리 관련 엔지니어링 회사에서는 막 제조 회사를 인수하는 등 공격적인 기술개발 전략을 선택하고 있으므로, 국내에서도 이를 대항하기 위한 체계적인 대규모 R&D 프로젝트의 추진이 이루어져야 한다.

표 1-11에서 기획위원회의 자문결과를 바탕으로 한 선진국 대비 국내 기술수준을 살펴보면, 운전유지 관리 기술의 수준은 현재 도입단계로 40-50 % 수준이다. 테스트 베드 운전 경험 및 성능 진단 기술 개발을 통한 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술이 개발될 경우, 과제 완료시 선진국 대비 80 % 수준(성숙단계)에 이를 것으로 보인다.

표 1-10. 국내 유지관리기술 업체 현황

운영회사	Veolia Water Korea	현대석유화학
대상시설	수처리 Cooling Tower	
설치 대수	16대	16대
담수생산량	48,431 Ton/hr	48,500 Ton/hr
설치년도	1991년	1998년
유지보수 현황	정기점검 등 일상 보전	2005년 대정비 실시 -분해, Cleaning 및 Base, Gear Reducer Overhaul, Coupling 충전재 등 주요 부분품 교체
수명단축원인	수명단축 없음	-운전 기술이 확보되지 않아 수질 조건에 따른 Chemical 투입시기 및 투입량 조절 실패 -적절한 예방정비 기술 확보 실패

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 1-11. 선진국 대비 국내 기술 수준

핵심 기술	전문인력 보유정도 (%)	인프라 구축정도 (%)	현재 기술수준			과제 완료시 국내 기술수준		
			기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고
운전 및 유지관리기술	40	40	50	6	도입 단계	80	3	성숙 단계
진단 시스템 기술	50	50	40	5	도입 단계	80	3	성숙 단계
성능관리 기술	30	30	50	5	도입 단계	80	3	성숙 단계

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술 관련 국내 산업이 미비한 수준에 있으나, 수도 산업 관련 연구 인력 및 경험보유, 막소재 관련 인프라 구축 등의 Strength를 활용하면, 상수도 산업의 침체, 인건비 상승, 운전유지 관리 분야의 선진국의 높은 기술수준을 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 사전기획보고서와 기획위원 자문결과를 바탕으로 표 1-12는 SWOT의 분석결과를 정리하였고, 그림 1-13은 SWOT 분석을 통한 수준 극복을 위한 방안을 제시하고자 하였다.

표 1-12. SWOT를 이용한 국내 기술분석 (출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

강점	<ul style="list-style-type: none"> • 물 관련 연구인력 및 기술개발 기반 성숙 • 국내 기업 해수담수화 시장 1위 • 정부의 R&D 분야 지원 강화 • O&M을 위한 전문인력 양성 • 유지관리 고도화를 통한 해수담수화 플랜트 운영기술 확보 	약점	<ul style="list-style-type: none"> • 자본·기술력을 구비한 대형 물 전문기업 부재 • 대규모 사업수행 경험 부재 • 핵심·원천기술 부족 • 플랜트 운영을 위한 현장의 전문인력 부족
기회요인	<ul style="list-style-type: none"> • 지식기반 서비스업종 비중 증가 및 물 서비스 기대수준 상승 • 중동을 중심으로 지속적인 물부족 • 기존 수도분야 연구인력을 활용한 전략적 O&M 기술 개발 및 이를 토대로 한 해외진출 • IT 기술을 활용한 O&M 기술 개발 • 해수담수화 플랜트 O&M 기술 활용 기업 및 저변 확대 	위협요인	<ul style="list-style-type: none"> • 선진 거대 외국기업의 국내시장 진출 본격화 • 대형 다국적기업의 세계시장 지배구조 강화 • 막여과 방식의 대규모 플랜트 규모화로 인한 일정수준 이상의 기술수준과 자본 규모를 가진 기업만이 생존 • 상수도 산업의 침체 • 인건비 상승으로 인한 O&M 비용 상승



그림 1-13. SWOT를 이용한 국내 기술 개발 전략

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

다. 국내외 연구개발 동향

(1) 국내시장 예측 및 발전전망

전 세계 물 산업은 2004년 886조원 규모에서 연평균 5.5%씩 성장, 2015년에는 1579조원의 거대 시장이 될 것을 전망되고 있다 (세계일보, 2007년 6월 25일). 물시장의 50%이상을 점유하고 있는 선진 물산업 기업은 세계 물시장의 표준화를 통해 시장의 석권을 노리고 있다. 이들 기업들은 국내 물시장에도 진출, 수천억대의 매출을 올리고 있다 (환경일보, 2005년 3월 21일). 세계 물시장 변화의 흐름속에 국내 물 관련 기업들은 해외 물사업을 진출을 위한 분주한 움직임을 보이고 있으며, 전략적 제휴, 전문가 파견, 교육사업 등 미래 수자원시장 확보를 위한 인프라 구축사업들을 포함한 세계 최고수준의 물관리 기술 개발 및 등록, 국제기관 파견 및 교육을 통한 전문인력 확보, 국내외 해외사업 전문가 DB구축 및 활용, 지역전문가 육성 등을 통한 역량 강화에도 힘을 모으고 있다.

현재 국내 해수담수화 플랜트 시장규모는 전체 물시장 규모에 비해 미비하여, 주로 해외시장의 대부분을 확보하고 있는 실정이다. 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술 등이 핵심 기술 확보가 시급하다. 이러한 핵심 기술이 확보될 경우, 현재 40-50% 수준인 도입단계에서 성숙단계에 도달할 것으로 보인다. 연구성과를 바탕으로 하여 해수담수화 플랜트 사업단의 목표인 3 L (대용량 (Large Scale), 저에너지 (Low Energy Consumption), 저파울링 (Low Fouling))의 도달하며, 2011년 세계시장 7 %, 해외 플랜트 수출 1조원을 목표를 달성할 것으로 전망된다(그림 1-14 참조).



세계 최고의 역삼투 해수 담수화 기술 확보
2011년 세계시장 7%, 해외플랜트 수출 1조원

그림 1-14. 해수담수화 플랜트 사업단 발전 전망

(2) 해외기술현황

(가) 해수담수화 관련 시장규모

해수담수화 플랜트 관련 해외 기술현황 조사를 위하여 다음과 같은 자료를 참조하여 조사하였고, 전문가들로 이루어진 기획위원들의 의견을 활용하였다. 주로 세계 해수담수화 시장의 현황 및 전망, 개별 기술별 발전 전망에 대한 자료를 조사하였다.

- 1994~2003 해수담수화 플랜트 규모, 비용 및 세부내역
- 2004~2008 계약 및 발주계획 프로젝트 내역
- 해수담수화 분야 선진기업 (Ondeo, Veolia 등) 활동 내역
- Desalination Markets 2005-2015: A Global Assessment & Forecast
- IDA desalination yearbook 2006~2007
- U.S. Desalination Pretreatment Market

- Water Treatment Equipment and Supplies - Global Strategic Business Report
- Major Reverse Osmosis System Components for Water Treatment: The Global Market

해수담수화 시장은 해수담수화 플랜트의 총 규모는 1965년부터 지속적으로 성장하여 현재 약 4000만 톤/일 규모이다. 2005년 기준으로 해수담수화 플랜트 중에서 역삼투방식이 45%를 차지하고 있다. GWI의 시장예측 자료에 의하면 1995년 이전에는 역삼투법보다 증발법의 비중이 컸으나 1995년 이후부터는 역삼투법의 시장성장속도가 빨라져서 2015년에는 약 2배까지 성장할 것으로 예상된다. 그림 1-15는 해수담수화 플랜트 용량변화 추이를 보여주고 있다. 그림 1-16에서 보여주고 있는 바와 같이 해수담수화 공정별 용량분포를 살펴보면, 해수담수화 역삼투 45%, 증발법 32%로 역삼투법이 주류를 이루고 있다는 것을 알 수 있다. 증발법에 의한 해수화플랜트 설비는 MSF와 MED가 각각 전체의 25%와 7%를 차지하고 있다.

주요 국가별 담수화 현황은 표 1-13에서 보여주고 있는데, 주로 중동 지역에 분포되고 있음을 알 수 있다. 역삼투 방식의 해수담수화의 경우에 대형화되는 추세에 있으며 현재 10,000톤/일 이상 규모의 플랜트가 전체의 80%를 차지하고 50,000톤/일 이상 규모의 플랜트가 57%를 차지하고 있다. 따라서 향후 시장성을 고려할 때 대규모 역삼투 플랜트 기술을 개발하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 역삼투 방식의 해수담수화 시장의 연평균 성장률은 16.6%이며 2000년 이후부터는 대규모 플랜트 위주로 건설되고 있다.

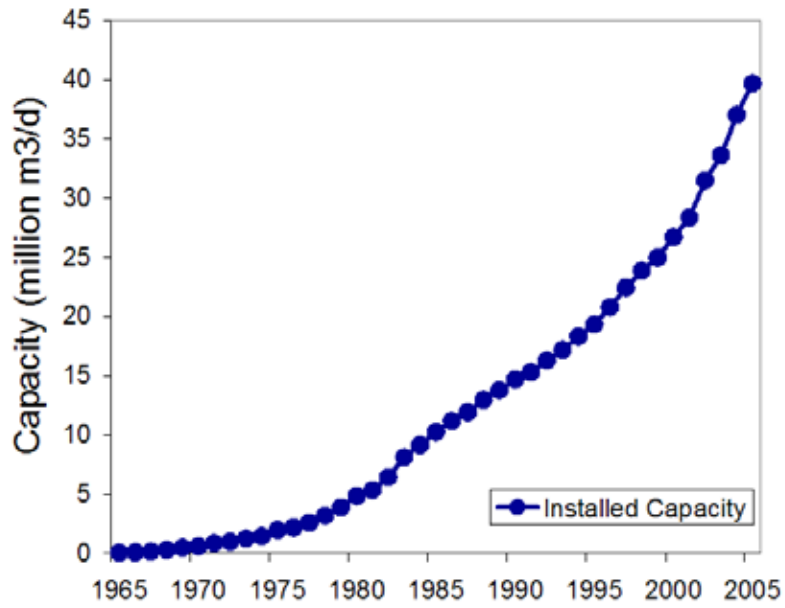


그림 1-15. 해수담수화 플랜트 용량 변화 추이 (출처: 사전기획보고서)

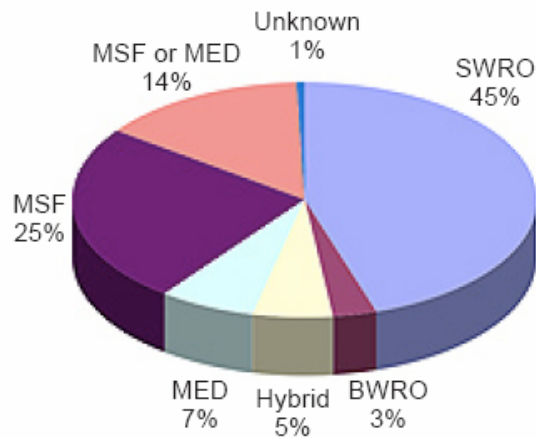


그림 1-16. 해수담수화 용량 분포 (출처: 사전기획보고서)

표 1-13. 주요 국가별 담수화 설비 현황

Country	Total Capacity (m ³ /day)	% of Global Production	MSF	MEE	MVC	RO	ED
Saudi Arabia	5,253,200	25.9	65.7	0.3	1.2	31	1.9
United States	3,092,500	15.2	1.7	1.8	4.5	78	11.4
United Arab Emirates	2,164,500	10.7	89.8	0.4	3.0	6.5	0.2
Kuwait	1,538,400	7.6	95.5	0.7	0.0	3.4	0.3
Japan	745,300	3.7	4.7	2.0	0.0	86.4	6.8
Libya	683,300	3.4	67.7	0.9	1.8	19.6	9.8
Qatar	566,900	2.8	94.4	0.6	3.3	0.0	0.0
Spain	529,900	2.6	10.6	0.9	8.7	68.9	10.9
Italy	518,700	2.6	43.2	1.9	15.1	20.4	19.2
Bahrain	309,200	1.5	52.0	0.0	1.5	41.7	4.5
Oman	192,000	0.9	84.1	2.2	0.0	11.7	0.0
Total	15,594,500	76.9					

(출처: Miller, 2003)

표 1-14에서는 2006년 현재 미국, Saudi Arabia 등의 주요 국가별 해수담수화 역삼투 공정의 규모를 정리하였다. 현재 미국 2,412,000 m³/day, Saudi Arabia가 약 1,628,500 m³/day 등으로 용량이 많다. 일본의 SWRO 용량은 644,000 m³/day이다.

표 1-14. 주요 국가별 SWRO 용량 (2006년 현재)

국가	해수담수화 용량 (m ³ /day)
Saudi Arabia	1,628,500
USA	2,412,000
UAE	140,700
Kuwait	52,306
Japan	644,000
Libya	134,000
Spain	365,100

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

(나) 플랜트 운영관리 관련 선도 기업

해수담수화 플랜트 관련 기업 현황을 살펴보면, 주요 물기업을 지배한 소수의 해외 다국적기업은 인수, 합병 등을 통해 확보한 경쟁력을 바탕으로 민영화된 세계시장에 적극 진출하고 있다. 대부분 전통적 수처리 사업을 기반으로 출발, RO 사업을 20여년 이상 수행한 경험을 보유하고 있으며, 유럽, 북아프리카 및 중남미에서 성장하여 최근 중동 대형 역삼투막 시장으로 전환 중임. 또한 최근 해수담수화 분야를 강화하기 위해 인수·합병도 수행 중이다. 대부분 RO 경험이 많은 업체와의 인수·합병 등을 통하여 대규모 역삼투막 시장에 진입하고 있다. 한편, 다국적 기업들은 물, 에너지, 통신, 운송, 미디어 등 사업범위 다각화 댐, 상수도, 하수도의 조사, 설계, 엔지니어링, 시공 및 관리 총망라하는 TOTAL Water service를 구현하고 있다.

10 MIGD (45,000 톤/일)이상 RO 프로젝트 수행업체는 전 세계적으로 24개가 존재하며, Top 5 업체가 해수담수화 시장의 70%를 점유하고 있다. 표 1-15는 해수담수화 설비관련 대표적 해외업체 현황을 보여주고 있다. 해수담수화 역삼투설비 건설 및 운전으로는 Ionics, IDE Tech. Ondo Degremont이 세계 3대 기업으로 인정받고 있다. 한편, 비용 분석, 예산 타당성 검토를 포함한 컨설팅 분야는 Mott MacDonald, PB Power, Black & Veatch 등이다. 운전 유지 및 운영관리 분야는 Veolia Water, CH2M Hill, ACWA Power, Inima 등이다.

국내 선두기업인 두산중공업 사례를 살펴보면, 중동에서의 MSF시장의 Fluctuation 해소 및 Water solution provider로 도약하기 위해 RO/수처리 시장으로의 사업영역 확대, 독자기술 확보를 위해 미국 AES(American Engineering Service)사의 수처리 사업부문을 100% 지분 인수형식으로 흡수하여 DHT(Doosan Hydro Technology)사 설립, 소규모의 RO해수담수화 및 170여개의 막분리 방식의 수처리 프로젝트 수행 경험을 확보하고, 증발법에 의한 해수담수화 사업과의 시너지 효과 기대한다.

표 1-15. 대표적인 해외업체 현황

업체명	업체별 능력
Ionics IDE Tech. Ondeo Degremont	해수담수화 역삼투 설비 건설 및 운전
Mott MacDonald PB Power Black & Veatch	비용 분석, 예산 타당성 검토, 컨설팅 분야
Dow Hydranautics Toray Toyobo	역삼투막 분야 3대 기업
Veolia Water CH2M Hill ACWA Power Inima	운영 유지 관리 분야

(출처: 사전기획보고서)

3) 플랜트 운영관리 관련 해외 시장예측 및 발전전망

해수담수화 시장은 해수담수화 플랜트의 총 규모는 1965년부터 지속적으로 성장하여 현재 약 4000만 톤/일 규모이다. 2005년 기준으로 해수담수화 플랜트 중에서 역삼투 방식이 45%를 차지하고 있으나 2015년에는 전체의 61%를 차지할 것으로 예상되고 있다. 특히 유가상승에 따라서 상대적으로 에너지 소모량이 적은 역삼투 방식에의 선호도가 높아지고 있다. 운전 및 유지관리 관련 시장은 해수담수화 플랜트 시장의 20 % 정도이다. 해수담수화 플랜트 관련 시장의 2005~2015 자료를 바탕으로 하여 국가별 해수담수화 플랜트 시장예측을 살펴보면 그림 1-17과 같다. 중동의 비중이 여전히 클 것으로 예상되며, 2015년까지 지역별로 70~180 %까지 성장이 예상된다. 운전 유지관련 시장은 플랜트 시장과 밀접한 관련을 맺고 있으므로, 플랜트의 시장 성장과 유사하리라 판단된다.

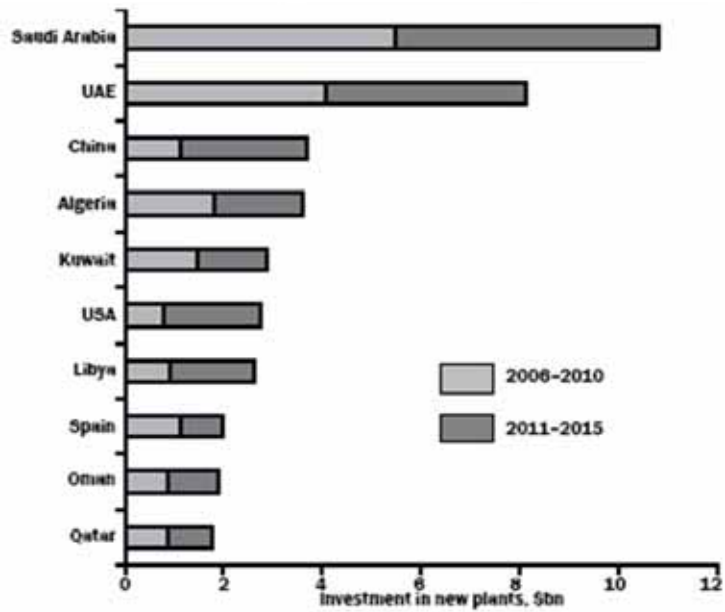


그림 1-17. 국가별 해수담수화 시장예측 (출처: 사전기획보고서)

역삼투방식의 해수담수화 시장에서 생산수 생산단가를 살펴보면, 실제로 최근의 경향을 살펴보면 규모에 따른 영향도 있지만 2005년 이후에는 톤당 처리단가가 높아지는 현상이 나타난다. 그러나, 2006년도 이후 다시 감소하는 경향을 보이며, 2008년에는 약 0.7 US\$/톤으로 예측된다(그림 1-18 참조). 기술혁신을 통한 단가상승이 시장을 주도하기 위한 필수조건으로 부각되고 있음을 알 수 있다. 해수담수화 시장은 지속적으로 증가하는 추세이나 이러한 증가추세를 둔화시킬 수 있는 장애요인들이 있는데, 고유가 및 원자재 비용 상승으로 인한 비용 상승 요인이 발생하고 있으며 이에 따라서 해수담수화 플랜트 건설이 제한될 수 있다. 또한 전문 인력의 인건비는 지속적으로 상승하고 있어 운영비에 악영향을 미치고 있다.

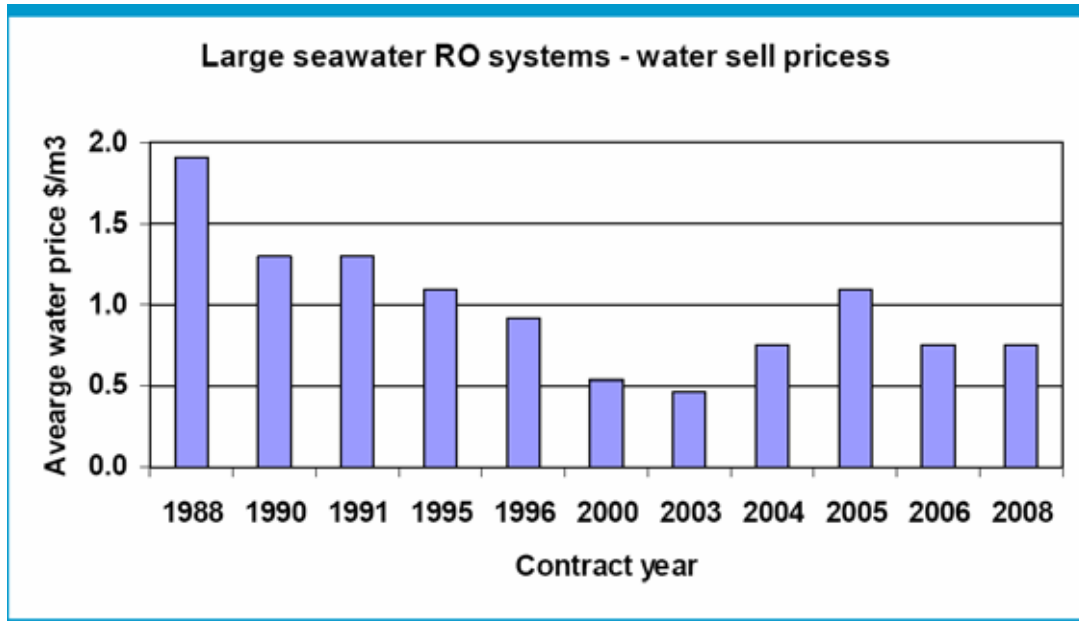


그림 1-18. 해수담수화 처리비용의 변화추세 (1997~2005) (출처: Wilf, 2007)

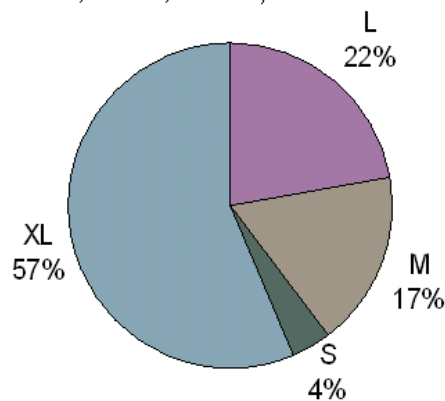
주요 물기업을 지배한 소수의 해외 다국적기업은 인수, 합병 등을 통해 확보한 경쟁력을 바탕으로 민영화된 세계시장에 적극 진출하고 있다. 주요 기업으로는 Onco Degremont, Aguas de Barcelona, Vivendi Water, B&V 등이 있다. 한편, 대부분 전통적 수처리 사업을 기반으로 출발, RO 사업을 20여년 이상 수행한 경험을 보유하고 있으며, 유럽, 북아프리카 및 중남미에서 성장하여 최근 중동 대형 RO 시장으로 전환 중이다. 또한 최근 해수담수화 분야를 강화하기 위해 M&A도 수행 중이다.

독자기술 확보를 위해 미국 AES(American Engineering Service)사의 수처리 사업부문을 100% 지분 인수형식으로 흡수하여 DHT(Doosan Hydro Technology)사 설립하였으며, 소규모의 RO해수담수화 및 170여개의 막분리 방식의 수처리 프로젝트 수행 경험을 확보하고, MSF사업과의 시너지 효과 기대된다. 세계 3대 RO 건설 계약자는 GE Ionics, IDE Technologies 및 Onco Degremont으로, 특히 GE는 관련 기업에 대한 기존 해수담수화 플랜트 건설 선도업체인 Ionics 및 관계분야 업체의 M&A를 통해서 급속한 시장 점유 확대를 꾀하고 있으며, Siemens도 물산업에 적극 진출하여 M&A를 통해 전세계에 걸쳐 사업을 확대해 나가고 있는 추세이다.

세계 해수담수화 사업은 크게 기술별로 분류할 때 Thermal Energy, Mechanical Energy 그리고 Electrical Energy로 분류 할 수 있다. 전체 시장에서 Thermal 방식이 45%, Mechanical 방식이 50% 이며 Electrical 방식이 5%를 차지하고 있다 (2004년 실적 기준). 세계 담수시장의 기술은 현재 MSF방식에서 Mechanical Energy방식인 역삼투압 방식으로 대체되고 있는 실정이다. 전체 담수시장의 분포에서도 알 수 있듯이 중동에서도 MSF에서 RO방식으로 점차 확대되어 가는 추세이며, 지난 5년간 기술별로 계약된 실적에서도 전세계 담수시장의 49%가 RO방식으로 계약되었다(GWI, 19th Inventory).

해수담수화 플랜트 시장은 50,000톤/일 이상급의 대형 위주의 플랜트 방식으로 전환되고 있다. 그림 1-19의 전체 RO방식의 해수담수화 프로젝트의 발주 실적을 살펴 보면, RO방식의 해수담수화 시장이 연평균 17%의 성장을 보이고 있으며, 이것은 대부분 50,000 톤/일 이상의 대형 플랜트 중심으로 성장세를 보이고 있다고 할 수 있다. 플랜트 운영 유지는 전체 플랜트 설비의 20 % 정도를 차지하고 있어서 해수담수화 플랜트의 대형화에 따른 운영 유지관리 관련 시장도 성장할 것으로 기대된다.

Global contracted capacity by seawater RO plant size
(2001 ~ 2005, Total 1,867MIGD)



S=0~999m³/d, M=1,000~9,999m³/d, L=10,000~49,999m³/d,
XL=50,000~ m³/d

Source: GWI

그림 1-19. RO방식의 해수담수화 프로젝트의 발주 실적
(출처 : 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

해수담수화 플랜트의 운영 유지기술의 해외시장 진출은 담수화 플랜트의 해외시장 진출과 밀접한 관련을 맺고 있다. 지역별로 담수화의 원수는 달라지게 되는데, 원수 중에서 해수가 60 %, 담수가 20 %의 시장으로 점유하고 있다. 중동, 북아프리카, 남아메리카에서 해수담수화가 북아메리카에서는 기수담수화의 비중이 크다. 두산 중공업을 비롯한 국내 담수화 업체가 보유한 검증된 Turnkey 수행역량, 발주처의 신뢰, 역삼투방식의 해수담수화 입찰 경력 등의 시너지 효과를 바탕으로 하여 해외 담수화 플랜트 시장 공략이 가능하다. 아울러, 대형 해수담수화플랜트 건설 수출과 함께 플랜트 운영 유지 기술의 수출이 수반될 때 해외시장의 진출의 시너지효과가 발생할 수 있다.

이를 위하여 국내업체의 플랜트 운영 및 유지 관련 기술을 바탕으로 한 해외수주 기회 확대를 위하여 운영 및 유지관리 기술의 확보가 시급하다. 현재 프랑스의 베올리아 등의 회사에서 담수화 플랜트 운영유지에 관한 기술을 보유하고 있다. 국내의 경우, 담수화 플랜트의 운영 유지기술에 대한 관심부족으로 시장이 형성되지 못하고 있다. 테스트베드의 운전 및 운영 유지 기술을 활용하여 플랜트 운전경험 및 플랜트 운영 및 유지관리기술을 확보하며 해외시장진출을 위한 기반을 마련한다.

2. 4 핵심 및 세부과제의 목표 및 연구내용

가. 핵심과제 최종연구목표

건설교통부는 2006년에 새롭게 수립한 건설교통 R&D 혁신로드맵의 미래가치 창출이 가능한 10대 과제 중의 하나로 선정된 해수담수화 플랜트 사업단은 2006년 12월 29일 발족하였다. 해수담수화플랜트 기술은 국가 산업의 국제 경쟁력 강화를 위한 대규모 실용화 기술 중심이라는 정부의 R&D 추진방향과 일치하며, 더 나아가 통합적이고 전략적인 기술을 개발함으로써 해외시장을 개척할 수 있는, 즉 상용화를 통한 가치창출이 가능한 대표적 R&D 과제로 인정받고 있다.

국내의 해수담수화 산업 발전 및 해외진출 과정을 보면 국내업체에서는 수처리 분야 뿐 아니라 발전분야의 기술기반을 가지고 있었기 때문에 빠른 성장을 이룩할 수 있었다. 따라서 해수담수화 플랜트 기술에 대한 국내산업의 인프라는 구축되어 있으며 기술적 경쟁력만 갖춘다면 향후에도 지속적으로 성장이 가능한 분야라고 판단된다. 또한 해수담수화 플랜트 기술의 종합학문이므로 기술개발에 따른 타 산업에의 파급효과 및 기술수준 향상효과가 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 이를 바탕으로 해외시장에서 경쟁력을 확보할 수 있을 것을 기대한다. 플랜트 건설과 함께 고효율 운전 및 유지보수기술을 확보하지 않은 상태에서의 해수담수화플랜트의 운전은 경제성의 확보가 어렵다. 또한 단순한 플랜트의 개발과 판매 보다는 플랜트의 운전과 관련된 지적 생산품을 동반 판매하도록 하는 것이 진정한 의미의 선진 기술을 개발하는 것이라 할 수 있다. 현재 이루어지고 있는 대규모 플랜트의 수출들이 단순 건설과 구매 행위의 대행에 따른 규모의 경제에 따른 이익만으로 부를 창출하고 있는데, 여기에 우리의 축적된 지식과 기술이 동반된다면 진정한 의미의 플랜트 수출이 될 수 있다.

해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술은 최종 목표를 플랜트 운전 최적화, 플랜트 진단 및 유지관리기술, 상용플랜트 운영 기술로 설정하였으며, 테스트 베드 운전 경험 및 성능진단 기술을 바탕으로 하여 SWRO 해수담수화 플랜트 해외 수출을 통한 해외시장 확보를 하고자 한다. 표 2-1은 4 핵심과제의 최종 목표 및 이를 달성하기 위한 세부과제를 보여준다.

표 2-1. 4 핵심과제의 최종목표

최종목표	세부과제
플랜트 운전 최적화 기술 개발 플랜트 진단 및 유지관리기술 개발 상용플랜트 운영 기술 개발	4-1 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술
	4-2 플랜트 진단 및 관리시스템 기술

나. 세부과제 도출방법

국내 수처리/담수화 관련 산업 실무경험이 많은 수자원공사, 두산중공업, 코오롱건설, 효성에바라 등의 기업 전문가들로 구성된 기획위원회의 회의를 거쳐 핵심과제 및 세부과제의 연구제목, 연구목표 등을 결정하였다. 세부과제는 상세기획회의를 거쳐 표 2-2와 같이 도출되었다.

표 2-2. 4 핵심과제의 세부과제 도출 방법

세부과제	사전기획	운영기획	상세기획		
			1차	2차	최종 (5차)
4-1	시스템 운전기술	실증플랜트 운전 최적화	실증플랜트 운전 최적화 기술	플랜트 운전 최적화 기술	플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술
4-2	시스템 유지관리기술	실증플랜트 진단 및 유지관리	실증플랜트 진단 및 유지관리 시스템 기술	플랜트 진단 및 유지관리 시스템 기술	플랜트 진단 및 관리시스템 기술
4-3	플랜트 성능진단 및 문제해결 기술	상용플랜트 운영기술	과제의 중복성 검토결과 삭제		

다. 세부과제 연구내용

해수 담수화 플랜트는 많은 설비와 복잡한 기술로 이루어져 있어서 운전 및 유지관리 최적화 기술과 플랜트의 상태를 모니터링하고 이를 운전 및 유지관리 기술에

반영하기 위한 플랜트 진단 및 시스템 기술이 필요하다. 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수담수화 전과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 안전과 관계되는 사항을 관리할 수 있는 기술로 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술 확보가 필요하다. 해수담수화플랜트 사업단 상세기획에서는 앞서 제시한 사항들 외에도 해수담수화 기술 및 시장동향, 배경 등을 철저히 분석하여 현 시점과 향후에 가장 필요한 기술을 체계적으로 개발하고 실용화하기 위한 초석을 마련하고자 한다.

(1) 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술

(가) 연구목표 및 연구내용

4-1세부과제 “플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술”에서는 플랜트 운전 경험 및 기술 확보, 플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발, 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성, 운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수 등의 연구내용을 수행하고자 한다. 표 2-3은 세부과제 연구목표 및 연구내용 범위를 보여 주고 있다.

표 2-3. 4-1세부과제 연구목표 및 연구내용

세부과제 연구목표	연구내용 및 범위
플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	▪ 플랜트 운전 경험 및 기술 확보
	▪ 플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발
	▪ 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성
	▪ 운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수

(나) 단계별 추진일정

해수담수화 플랜트 사업단의 연구개발 계획은 3단계로 나누어진다 (1단계 (1년): 2007년, 2단계 (2년): 2008-2009년, 3단계 (2년) 2010-2011년). 그림 2-1은 해수담수화 플랜트 사업단의 목표인 세계시장 선도형 3L SWRO 시스템 개발을 통한 해외 시장 진출을 달성하기 위한 주요 추진일정을 보여준다.



그림 2-1. 해수담수화 플랜트 사업단의 목표 달성을 위한 단계별 추진일정
(출처:사업단 상세기획 조사/분석자료)

해수담수화 플랜트 사업단의 3단계 전략을 좀 더 자세히 살펴보면 아래와 같다.

- 1단계 (2007년) : 초기 기술개발 방향 정립 및 미래기술 기반 구축 과제 도출
 - 기술동향 및 담수화 시장 정보 분석
 - 미래 기반 기술 선정
 - 플랜트 구성 및 설계기술 기반 정립 (Pilot plant 운영 및 국산화 개발 추진)
- 2단계 (2008~2009년) : 핵심기발 기술 심화 및 테스트베드 설계 완료
 - 핵심기반 기술 확보

- 테스트베드 설계 완료
 - Pilot Plant 운영을 통한 조기 확보된 기술 검증 적용
- 3단계 (2010~2011년) : 핵심기발 기술 심화 및 테스트베드 완공
- 플랜트 유지 관리 기술 확보
 - 시장 친화형 제도 보완 개선
 - 소재 기기의 국산화 테스트베드 적용 및 보완

표 2-4에서는 4-1세부과제 “플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술”에서 단계별 주요 연구내용을 정리하였다. 4핵심과제는 테스트베드의 완공 후 시운전 및 테스트베드 운영관리와 밀접한 관련을 맺고 있다. 테스트베드의 시운전은 2단계에서 본격적으로 시작되므로, 4핵심은 2단계에서부터 고효율 운영관리기술에 대한 연구개발을 수행하게 된다. 주요 과제 내용을 살펴보면, 플랜트 효율적 운영을 위한 지침 마련, 국내외 플랜트 운영 현황조사, 상용화를 위한 플랜트 유지관리기술 확보를 위한 운전 계획 수립, 플랜트 성능평가 인자 도출 등이다.

표 2-4. 4-1세부과제 단계별 추진일정

구분		연차별 중점 추진과제 (또는 세부목표)	주요과제내용
1 단 계	1 차 년 도		
	2 단 계		
2 단 계	2 차 년 도		
	3 차 년 도	플랜트 운전 경험 및 기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 플랜트 효율적 운영을 위한 지침 마련 ▪ 국내외 플랜트 운영 현황조사 ▪ 상용화를 위한 플랜트 유지관리기술 확보를 위한 운전 계획 수립 ▪ 플랜트 성능평가 인자 도출
		플랜트 설비의 최적 유	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 플랜트 운영 외국 전문 기업 벤치마킹

		지관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최적 유지관리기술 목표 설정 ▪ 플랜트 운전기술의 분석을 통한 최적화 ▪ 플랜트 운전 최적화 방안 마련
		수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설계 및 운영인자에 대한 이해 ▪ 해수담수화 플랜트 운전관련 시스템 사전조사 ▪ 제어시스템을 이용한 유지관리 기술 ▪ 운전 및 설계인자 해석을 통한 시스템 해석
		운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수	
3 단 계	4 차 년 도	플랜트 운전 경험 및 기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 플랜트 설비의 운전기술 및 성능 평가 (3-1 과제와 연계) ▪ 효율적 운영을 위한 플랜트 운전기술 확보
		플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 플랜트 설비의 최적유지관리 기술 개발
		수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운전 ▪ 플랜트 설비의 유지관리 매뉴얼 작성
		운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 플랜트 운전 위한 매뉴얼 마련
	5 차 년 도	플랜트 운전 경험 및 기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 플랜트 운전기술의 분석을 통한 운전인자 검토 ▪ 국내외 상용플랜트 운전 및 유지관리
		플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최적 유지관리를 위한 제어시스템 운영 ▪ 최적 유지관리 시스템 구축을 통한 유지관리기술 확보
		수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운전결과 분석을 통한 운전기술 확보 ▪ 운전기술 자료를 통한 운전 소프트웨어 완성 및 평가
		운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 플랜트 운전 위한 매뉴얼을 통한 유지보수 교육 수행 ▪ 플랜트 유지보수 교육 평가

(다) 연구성과물 도출계획 구체화

표 2-5는 4-1세부과제의 연구성과물의 도출시기 및 도출 계획을 보여주고 있다. 본 세부과제의 예상성과물은 원격모니터링 시스템 구축, 플랜트 운전 및 유지 관리 매뉴얼, 운전최적화를 위한 운전 소프트웨어 등이다. 본 연구성과물은 테스트베드 운영시 도출되며, 과제종료후 테스트베드 운전을 위하여 활용한다.

표 2-5. 4-1세부과제 연구성과물 도출계획

예상 성과물	도출 시기	도출계획
원격모니터링 시스템 구축	3단계	테스트베드의 시운전 시 적용을 통한 시스템 구축
플랜트 운전 및 유지 관리 매뉴얼	3단계	테스트베드 운전을 통한 플랜트 유지를 위한 매뉴얼 작성 및 유지보수 교육 활용
운전소프트웨어	3단계	테스트베드 운전을 통한 운전 소프트웨어 완성 및 적용

(라) 연구개발 기대성과 및 활용방안

1) 기대성과

해수담수화 플랜트 고효율 운전 및 유지관리기술의 연구개발 성과물 중, 운전관리 시스템은 각 기기들을 효율적으로 제어하기 위한 장치들로 이루어져 있다. 이 운전 시스템의 설계에 따라 플랜트의 효율성이 결정된다. 모든 정보와 정비 전략이 하나의 틀 내에서 운영될 수 있도록 하는 시스템의 설계와 개발을 통한 앞의 여러 단계들을 통하여 연구된 산출물들은 컴퓨터 시스템을 통하여 운영 및 개발된 시스템 내에는 관련 연구에서 도출된 모든 자료들의 데이터베이스화하여 플랜트 운영 및 유지관리에 활용한다.

운전 시스템에서 모아진 데이터는 운전의 최적화 기술을 개발하는 성능관리 기술 개발의 기초 자료가 되며 이를 바탕으로 하여 운전 유지 보수교육에 활용한다. 설비들의 운전 상태를 모니터링하여 운전자에게 알려주고, 운전자가 설비의 상태에 따라 운전을 조절 할 수 있게 도와주는 모니터링 시스템은 운전관리 시스템과 밀접

하게 연관되어 있다. 모든 정보와 정비 전략이 하나의 틀 내에서 운영 시스템의 설계와 이를 활용한 데이터베이스를 구축한다. 효율적인 운전 및 유지관리 시스템을 구축하여 플랜트 설비의 최적 유지관리기술 개발을 할 경우, 연간유지보수비 10 % 절감, 정비작업시간 15 % 절감이 예상된다.

2) 활용방안

해수담수화 플랜트 고효율 운전 및 유지관리기술의 연구개발 성과물 중, 운전관리 시스템은 각 기기들을 효율적으로 제어하기 위한 장치들로 이루어져 있다. 이 운전 시스템의 설계에 따라 플랜트의 효율성이 결정된다. 전 플랜트의 설계 자료를 체계적으로 유지할 수 있고, 이의 갱신과 수정이 유기적으로 관리될 수 있는 기술을 활용하여 해당 플랜트의 여러 가지 설비들을 특정한 목적에 따라 분류하여 체계화 및 체계화된 설비를 데이터베이스화하여 도면을 관리할 수 있는 방안 모색한다.

설비의 신뢰성을 확보할 수 있는 기술을 확보하고, 이를 활용하여 분류 및 체계화된 설비를 대상으로 중요도를 결정하고, 이에 따라 설비의 분석을 통하여 설비 운영 및 유지 보수의 경제성을 결정하는 정비전략으로 활용한다. 유지관리의 모든 Process와 기술을 망라한 유지보수 매뉴얼의 개발을 통한 Job Procedure 및 예방정비 전략으로 활용하며, 이것이 실제 정비작업에서 운영한다. 해수담수화 플랜트 사업단 기획연구에서는 앞서 제시한 사항들 외에도 해수담수화 기술 및 시장동향, 배경 등을 철저히 분석하여 현 시점과 향후에 가장 필요한 기술을 체계적으로 개발하고 실용화하기 위한 초석을 마련하고자 한다.

(2) 플랜트 진단 및 관리시스템 기술

(가) 연구목표 및 연구내용

4-2세부과제 “플랜트 진단 및 관리시스템 기술”에서는 플랜트설비 진단용 재질별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발, 플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발, 플랜트 관리 및 안전시스템 구축 등의 연구내용을 수행하고자 한다. 표 2-6은 세부과제 연구목표 및 연구내용 범위를 보여 주고 있다.

표 2-6. 4-2세부과제 연구목표 및 연구내용

세부과제 연구목표	연구내용 및 범위
플랜트 진단 및 관리시스템 기술	▪ 플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발
	▪ 플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발
	▪ 플랜트 관리 및 안전시스템 구축

(나) 단계별 추진일정

4핵심과제 “해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술”은 테스트베드의 완공후 시운전 및 테스트베드 운영관리와 밀접한 관련을 맺고 있다. 표 2-7에서 보여주고 있는 바와 같이 2 단계의 플랜트 진단 및 관리시스템 구축을 위한 자료 조사, 진단용 재질별 DB 조사 등이다. 3단계에서는 테스트베드 적용을 통한 플랜트 진단 기술 평가, 플랜트 진단 기술 적용 및 공정 평가 등을 수행한다.

표 2-7. 4-2세부과제 단계별 추진일정

구분		연차별 중점 추진과제 (또는 세부목표)	주요과제내용
1 단 계	1 차 년 도		
	2 차 년 도		
2 단 계	3 차 년 도	플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발	플랜트 진단 및 관리시스템 구축을 위한 자료 조사 진단용 재질별 DB 조사 시운전과 연계된 플랜트 진단기술 및 장비개발 플랜트 진단시스템의 기본설계 실시 재질별 DB 구축
		플랜트 성능진단, 공정	플랜트 진단 시스템 구축을 위한 사전 조사

		관리 및 노후 진단 기술 개발	플랜트 노후진단을 위한 계획 수립 플랜트 진단 시스템 구축 플랜트 노후 진단 기술 개발
		플랜트 관리 및 안전시스템 구축	플랜트 관리 및 안전 시스템 구축을 위한 사전 조사 관리 및 안전시스템 구축을 위한 사전 조사 플랜트 관리 시스템 개발 플랜트 조기진단 IT 시스템 개발
3 단 계	4 차 년 도	플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발	플랜트 진단 장비의 테스트베드 적용(3-1 과제와 연계) 플랜트 진단 기술확립 및 매뉴얼 작성
		플랜트 성능진단, 공정 관리 및 노후 진단 기술 개발	플랜트 성능 진단 및 관리 기술확립 플랜트 성능진단 기술 매뉴얼 작성 플랜트 노후진단 기술 개발
		플랜트 관리 및 안전시스템 구축	플랜트 관리 및 조기진단 IT 시스템 구축 테스트 베드의 플랜트 관리 및 안전시스템 구축
	5 차 년 도	플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발	테스트베드 적용을 통한 플랜트 진단 기술 평가(3-1 과제와 연계) 플랜트 진단 기술 적용 및 공정 평가
		플랜트 성능진단, 공정 관리 및 노후 진단 기술 개발	플랜트 장기운영 계획 수립 노후 진단 기술을 통한 테스트 베드의 적용 및 공정 평가
		플랜트 관리 및 안전시스템 구축	플랜트 관리 및 조기진단 IT 시스템 평가 시스템 장기 활용 계획 수립

(다) 연구성과물 도출계획 구체화

표 2-8은 4-2세부과제의 연구성과물의 도출시기 및 도출 계획을 보여주고 있다. 본 세부과제의 예상성과물은 성능 진단용 재질별 DB, 플랜트 설비 진단 시스템, 플랜트 관리 및 안전시스템 구축 등이다. 본 연구성과물은 테스트베드 운영시 도출되며, 과제종료후 테스트베드 운전을 위하여 활용한다.

표 2-8. 4-2세부과제 연구성과물 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출계획
성능 진단용 재질별 DB	3단계	플랜트 설비의 수명 진단을 위한 재질별 DB 구축
플랜트 설비 진단 시스템	3단계	테스트베드 운전 경험을 바탕으로 한 설비의 진단 시스템 구축
플랜트 관리 및 안전시스템 구축	3단계	상용플랜트 및 테스트 베드 운전 경험을 활용한 관리

(라) 연구개발 기대성과 및 활용방안

1) 기대성과

역삼투방식의 해수담수화방식의 플랜트 기술의 개발 및 운영 유지관리 기술의 확보는 우리나라가 세계 해수담수화 시장을 석권할 수 있는 가능성이 높일 뿐 아니라 또한 중동 위주의 플랜트 해외진출도 다원화가 가능하여 지속적인 시장 창출을 가능하게 하기 위한 원동력이다. 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술 운영 및 유지관리 기술 확보를 통한 플랜트 건설기술 수출을 통해 국제적 위상을 높일 수 있다. 이를 위하여 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술, 플랜트 진단 및 시스템기술을 개발하여 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술 확보가 필요하다. 고효율 운영 및 유지관리기술을 평가하기 위하여 플랜트 운전 및 관리를 통하여 해수담수화 공정의 각 설비 및 요소의 비용 분석이 선행되어야 한다.

본 세부과제 연구성과를 바탕으로 하여 설비의 장수명화 또는 정기수리 간격 연장을 위해 재질적인 열화의 진단과 균열 같은 체계적 결함 유해 정도를 계산하기 위한 정량적인 평가가 가능하다. 재료의 열화는 반복 응력과 같은 역학적 효과, 부식환경과 같은 화학적 효과 또는 온도와 같은 물리적 효과에의 한 재료의 결정적인 변화나 반응에 기초하여 진행되므로, 재료의 항복응력, 인장강도, 파괴 인성치 등의 데이터베이스 구축하여 활용할 수 있다.

또한, 다른 분야에 비해 관심도 낮은 플랜트 안전 관련 기술을 확보하기 위하여 플랜트의 안전성 확보를 위한 연구되어 실제 플랜트의 설비 진단 등에 반영할 수

있다. 이러한 연구성과는 플랜트 성능관리 시스템 개발을 통하여 20 % 이상의 성능 향상이 가능하리라 판단된다.

2) 활용방안

플랜트 진단 기술은 플랜트의 물리적 상태를 진단하는 기술로 해수담수화 플랜트는 많은 약품들과 부식성이 높은 염수를 원수로 사용하기 때문에 물리적 상태의 측정과 감시가 필요하다. 이를 위하여 플랜트의 구성 재질에 관한 정보가 망라되어 있어야 하며, 또한 비파괴 검사 기술이 개발되어 한다. 이론적인 물리화학적 손상 예측이나 확률론적인 발생빈도 예측기술 및 개별적인 기기의 상태를 실제로 파악하기 위한 진단 검사기술을 이용하여 설비관리에 활용함. 설비관리를 위해 실시되는 진단 대상은 설비를 구성하는 재료의 열화, 손상현상과 회전기 등 설비 등이다.

원수 및 공정의 수질은 성능관리 및 운전 시스템에 막대한 영향을 주게 되므로, 수질의 관리 및 투입되는 화학약품의 성분과 그에 반응되는 침전물 및 관련되는 화학물질들은 면밀히 분석되어야 한다. 어떤 생성물들이 어떻게 분석되어야 하고 그 결과가 어떻게 관리되어야 하는지를 연구하는 것이 수질관리 기술 개발의 핵심이다. 이렇게 분석된 데이터는 담수화 플랜트의 자산으로서 매우 중요하며, 이를 성능관리 기술과 밀접하게 연계되어 활용 가능하다.

또한, 환경에 대한 안전, 작업자에 대한 안전은 그 어느 때보다도 중요시되고 있다. 또한 폐기물의 처리와 안전에 관한 사항도 필수불가결한 부분이다. 안전에 관한 사항들은 운전과 작업에 연관되어 운영되어야 하며, 특히 시스템으로 구축되어 유지보수 작업관리등과 유기적으로 연계되어 활용 가능하다.

라. 기술/특허 로드맵의 시계열 분석

(1) 논문 분석을 통한 기술 분석

해수 담수화 플랜트는 많은 설비와 복잡한 기술로 이루어져 있으며, 시스템의 상호 의존도가 높아 한번 고장 시 높은 고장비용이 발생한다. 따라서 이를 방지하기 위한 운전 및 유지관리 최적화 기술과 플랜트의 상태를 항상 모니터링하고 이를 운전 및 유지관리 기술 부문에 알려주기 위한 플랜트 진단 및 시스템 기술이 필요하다.

운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템 기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 마지막으로 여러 가지 안전과 관계되는 사항을 관리할 수 있는 기술로 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술확보가 필요하다.

향후 국내 기업의 고부가 가치 산업으로의 진출을 위해서 증발법의 해수 담수화에 서 역삼투압방식의 해수담수화 플랜트 기술로의 전환이 요구됨. 따라서 대형 플랜트 사업의 육성을 위하여 국내 기업의 설계 시공 능력에 대한 집중적 지원이 요구된다.

국내 기업의 기술을 기준으로 볼 때 현재 역삼투압방식 해수담수화의 기술과 시장 선점의 최대 진입장벽은 대규모 플랜트의 운영 및 유지 기술의 문제로 귀결된다. 본 핵심보고서에서는 선진국 대비 국내기술의 SWOT 분석 및 논문조사와 특허조사 등으로 도출된 Technology Pool로부터 개발 필요성이 높고 투자대비 효과가 큰 기술을 선정하였다.

(가) 논문분석 과정

논문 분석을 통한 기술 로드맵을 위하여 다음과 같은 순서로 논문을 분석하였다. 즉, Web of Science를 이용하여 검색 → 자료처리 소프트웨어(Refviz)에 의한 자동분석 → Grouping and visualization → Group별 주요논문 Mapping 등의 순서로 진행하였다. 검색 키워드는 Reverse Osmosis (Operation, Maintenance, Cost, Optimization, Diagnostics, Risk, Management)로 선택하였다.

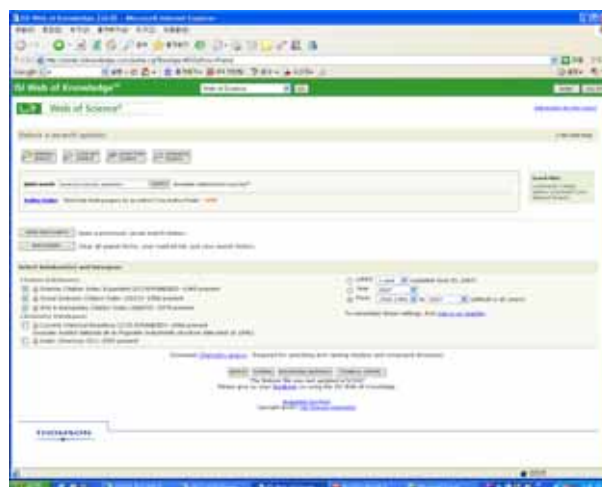
그림 2-2는 Web of Science를 이용한 논문 검색화면을 보여주고 있다. 논문 분석 결과를 그림 2-3에서 역삼투막 공정의 운영 유지 관련 논문현황을 보여주고 있다.

논문을 통한 기술경향 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

- ▷ 검색 분야별 경향: Operation (37 %) Maintenance (7 %), Cost (29 %), Optimization (11 %), Diagnostics (1 %), Risk (3 %), Management (6 %).
- ▷ 국가별: 미국과 독일이 가장 활발한 연구활동 진행.
- ▷ 발표저널별: Desalination이 모든 분야에서 두드러진 발표실적을 보임. J. Membr. Sci. Water Sci. Tech. 등에 발표됨.

주요 검색어별 논문발표 경향을 바탕으로 연구경향의 변화를 분석하면, 다음과 같다. 즉,

- ▷ 1980년대부터 RO plant 설계 및 운영에 관한 연구 활성화
- ▷ 1990년대 이후에는 담수화 비용 및 RO막 연구가 활발하게 진행됨
- ▷ RO 플랜트 기술에 관한 논문의 비중이 점차 높아지고 있음.
- ▷ RO에 대한 전체 검색건수: 4694 건
- ▷ 공정모사와 성능예측에 관한 논문도 80년대 이후에 나타남.
- ▷ 연구분야 중 주로 운전, 비용관련 연구 등이 가장 관심도가 높은 것으로 나타남.



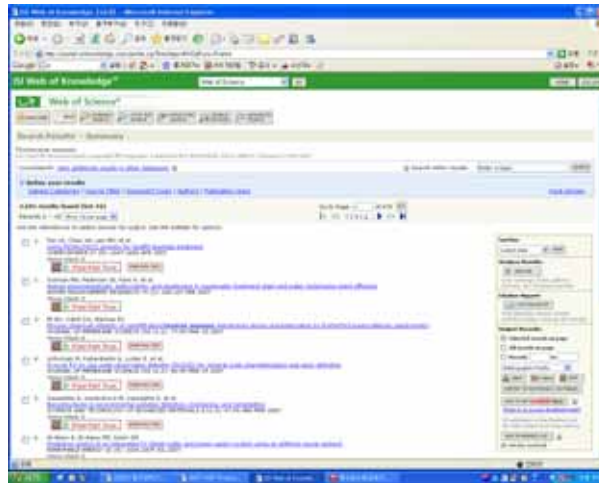


그림 2-2. 논문 검색 화면 (출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

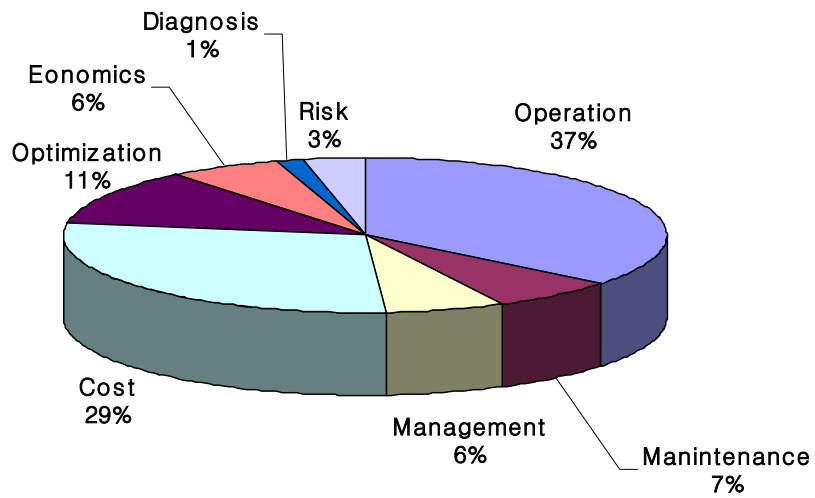


그림 2-3. RO 운영 유지관련기술 논문 현황
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

(나) 논문분석 결과

기술로드맵 작성을 위한 논문분석결과를 RO+Operation, RO+Maintenance, RO+Cost, RO+Optimization, RO+Diagnostics, RO+Risk, RO+Management 등으로 분석하였다.

1)분야별 논문발표 경향의 변화-RO

총 검색 건수는 4,694 건이며, RO 플랜트 기술에 관한 논문의 비중이 90년대 이후 두드러지게 높아지고 있음을 알 수 있다(그림 2-4 참조). 표 2-9에서는 국가별로 분석하였는데, 미국 25 %, 일본 7 %, 캐나다 6 % 등으로 나타났다. 표 2-10에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, Desalination 31 %, J. Membr. Sci. 10 %, J. Appl. Polym. Sci. 3 % 등이다.

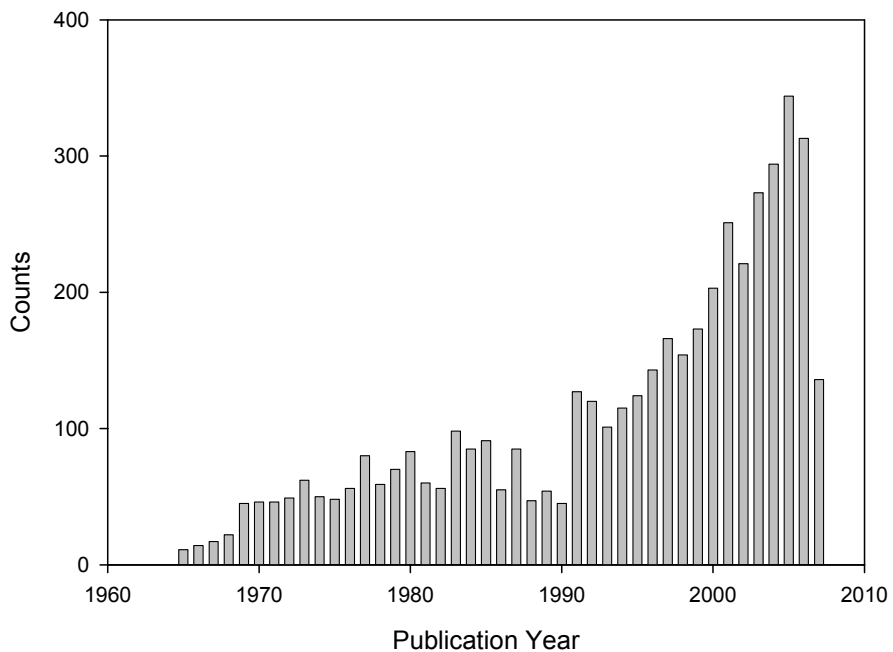


그림 2-4. 연도별 출원 건수 (RO)(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-9. 국가별 출원 건수 (RO)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 4694	Bar Chart
USA	1161	24.7337 %	
JAPAN	322	6.8598 %	
CANADA	283	6.0290 %	
GERMANY	230	4.8999 %	
INDIA	199	4.2395 %	
ENGLAND	171	3.6429 %	
FRANCE	171	3.6429 %	
SPAIN	134	2.8547 %	
NETHERLANDS	129	2.7482 %	
ITALY	122	2.5991 %	
(86 Country/Territory value(s) outside display options.) (395 records (8.4150%) do not contain data in the field being analyzed.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-10. 발표저널별 출원 건수 (RO)

Field: Source Title	Record Count	% of 4694	Bar Chart
DESALINATION	1478	31.4870 %	
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	459	9.7784 %	
JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE	151	3.2169 %	
ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	138	2.9399 %	
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	107	2.2795 %	
SEPARATION SCIENCE AND TECHNOLOGY	89	1.8960 %	
WATER RESEARCH	75	1.5978 %	
ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	53	1.1291 %	
SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY	53	1.1291 %	
INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY PROCESS DESIGN AND DEVELOPMENT	44	0.9374 %	
(661 Source Title value(s) outside display options.)			

출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

2)분야별 논문발표 경향의 변화-RO+Operation

RO+Operation의 논문 총 검색 건수는 4,76 건으로 RO에 비해 1/10수준으로 나타났다. RO 플랜트 운전 기술에 관한 논문의 비중이 90년대 이전에는 거의 발표되지 않았다. 그림 2-5의 도표에서 보는 바와 같이 1960-1990년에 총 20건 이내이다. 표 2-11에서는 국가별로 분석하였는데, 미국 20%, 독일 8%, 스페인 6%, 인도 5% 등으로 나타났다. 표 2-12에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, Desalination 61%, J. Membr. Sci. 7%, Water Sci Tech. 4% 등이다.

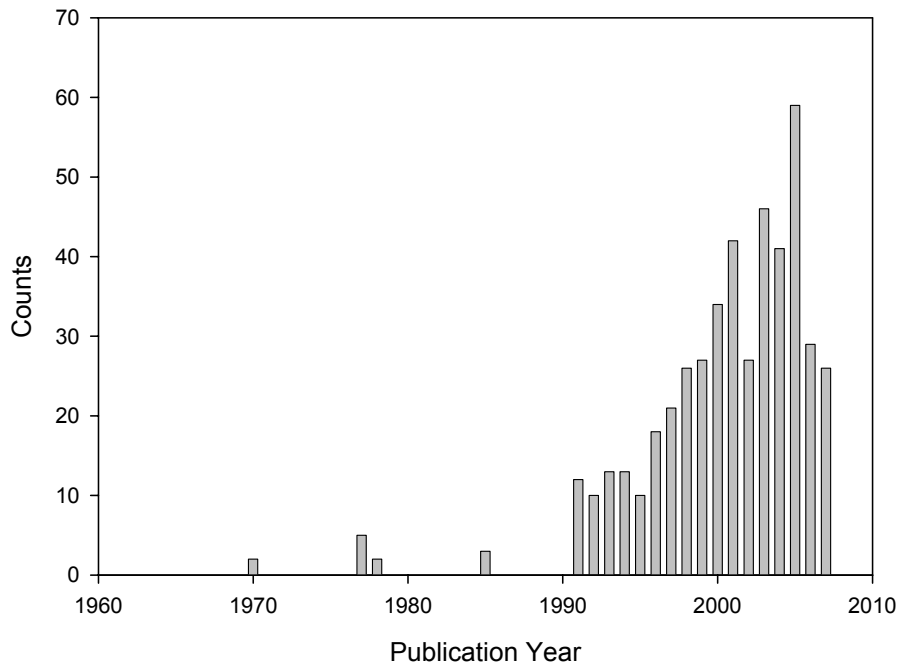






















그림 2-5. 연도별 출원 건수 (RO+Operation)
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-11. 국가별 출원 건수 (RO+Operation)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 476	Bar Chart
USA	96	20.1681 %	
GERMANY	40	8.4034 %	
SPAIN	27	5.6723 %	
INDIA	24	5.0420 %	
NETHERLANDS	21	4.4118 %	
AUSTRALIA	20	4.2017 %	
SAUDI ARABIA	20	4.2017 %	
ENGLAND	19	3.9916 %	
JAPAN	19	3.9916 %	
FRANCE	17	3.5714 %	
(53 Country/Territory value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

표 2-12. 발표저널별 출원 건수 (RO+Operation)

Field: Source Title	Record Count	% of 476	Bar Chart
DESALINATION	291	61.1345 %	
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	34	7.1429 %	
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	20	4.2017 %	
INDUSTRIAL &ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	8	1.6807 %	
SEPARATION SCIENCE AND TECHNOLOGY	6	1.2605 %	
WATER RESEARCH	6	1.2605 %	
JOURNAL AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION	5	1.0504 %	
JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE	4	0.8403 %	
RENEWABLE ENERGY	4	0.8403 %	
ENERGY	3	0.6303 %	
(75 Source Title value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

3)분야별 논문발표 경향의 변화-RO+Maintenance

RO+Maintenance의 논문 검색 건수는 91 건이며, 그림 2-6에서 보는 바와 같이 RO 플랜트 유지기술에 관한 논문은 90년대 이후에 발표되기 시작하였다. 다른 분야에 비해 매우 미약한 연구분야 중의 하나임을 알 수 있다. 표 2-13에서는 국가별로 분석하였는데, 미국 24 %, Saudi Arabia 9 %, 호주, 이집트 4 % 등으로 나타났다. 표 2-14에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, Desalination 69 %, JAWWA 3 %, J. Membr. Sci. 2 % 등이다.

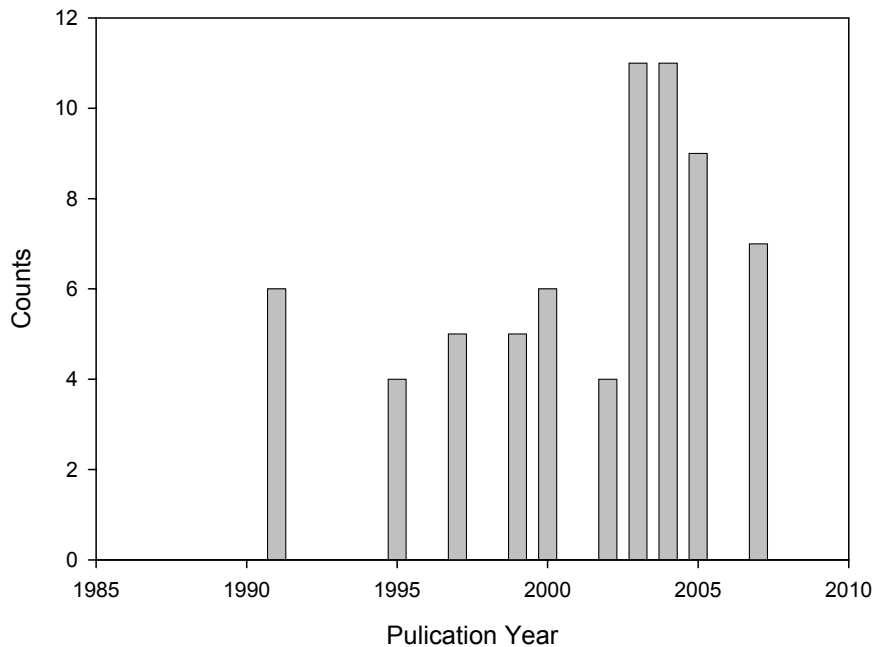


그림 2-6. 연도별 출원 건수 (RO+Maintenance)
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-13. 국가별 출원 건수 (RO+Maintenance)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 91	Bar Chart
USA	22	24.1758 %	
SAUDI ARABIA	8	8.7912 %	
AUSTRALIA	4	4.3956 %	
EGYPT	4	4.3956 %	
GERMANY	4	4.3956 %	
ISRAEL	4	4.3956 %	
NETHERLANDS	4	4.3956 %	
CANADA	3	3.2967 %	
FRANCE	3	3.2967 %	
INDIA	3	3.2967 %	
(26 Country/Territory value(s) outside display options.) (3 records (3.2967%) do not contain data in the field being analyzed.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-14. 발표저널별 출원 건수 (RO+Maintenance)

Field: Source Title	Record Count	% of 91	Bar Chart
DESALINATION	63	69.2308 %	
JOURNAL AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION	3	3.2967 %	
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	2	2.1978 %	
RENEWABLE ENERGY	2	2.1978 %	
(21 Source Title value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

4)분야별 논문발표 경향의 변화-RO+Optimization

해수담수화 공정의 공정 최적화 관련 논문의 검색을 위하여 RO+Optimization을 검색어로 선택하여 검색한 결과, 논문 검색 건수는 154 건이며, 그림 2-7에서 보는 바와 같이 RO 플랜트의 최적화 관련 논문은 90년대 후반 들어 발표되기 시작하였으며, 공정의 경제성 평가와 관련된 연구로 최근에 관심을 보이는 연구분야임을 알 수 있다. 표 2-15에서는 국가별로 분석하였는데, USA 18 %, 독일, 스페인 6 %, 인도 6 % 등으로 나타났다. 표 2-16에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, Desalination 48 %, J. Membr. Sci. 15 %, Sep. Sci. Tech. 5 % 등이다.

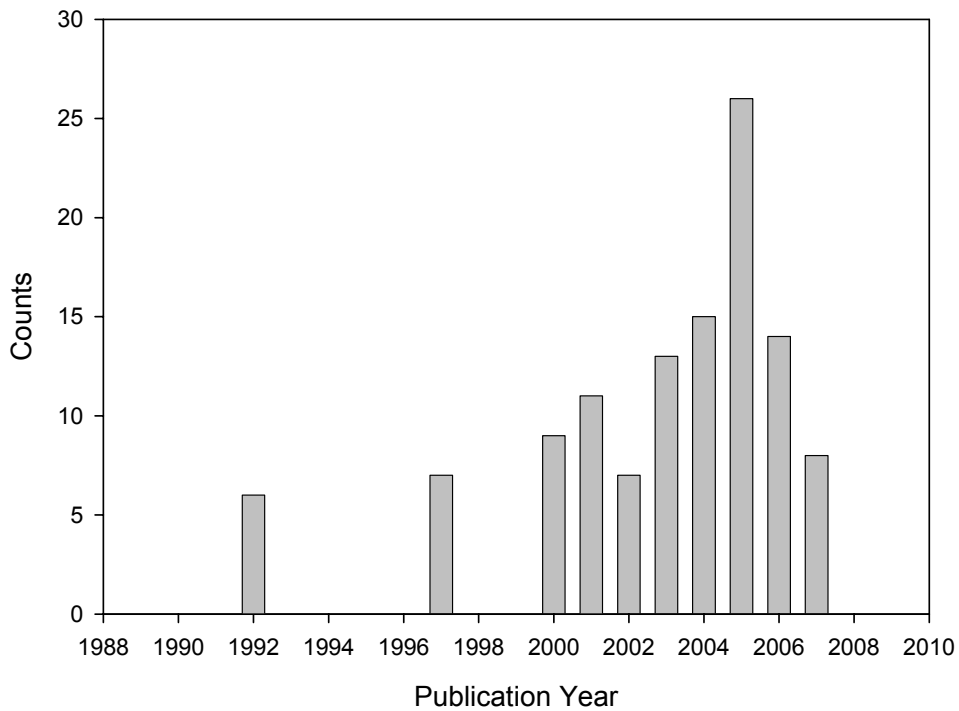






















그림 2-7. 연도별 출원 건수 (RO+Optimization)
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-15. 국가별 출원 건수 (RO+Optimization)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 154	Bar Chart
USA	27	17.5325 %	
GERMANY	10	6.4935 %	
SPAIN	10	6.4935 %	
INDIA	9	5.8442 %	
PORTUGAL	9	5.8442 %	
NETHERLANDS	8	5.1948 %	
ENGLAND	7	4.5455 %	
SINGAPORE	7	4.5455 %	
U ARAB EMIRATES	7	4.5455 %	
GREECE	6	3.8961 %	
(36 Country/Territory value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-16. 발표저널별 출원 건수 (RO+Optimization)

Field: Source Title	Record Count	% of 154	Bar Chart
DESALINATION	74	48.0519 %	
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	23	14.9351 %	
SEPARATION SCIENCE AND TECHNOLOGY	7	4.5455 %	
AICHE JOURNAL	4	2.5974 %	
JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE	4	2.5974 %	
CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH & DESIGN	3	1.9481 %	
CHEMIE INGENIEUR TECHNIK	3	1.9481 %	
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	3	1.9481 %	
CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	2	1.2987 %	
CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE	2	1.2987 %	
(25 Source Title value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

5)분야별 논문발표 경향의 변화-RO+Economics

해수담수화공정의 경제성 및 비용분석 관련 논문의 검색을 위하여 RO+Economics로 검색어를 선택하여 검색한 결과, 논문 검색 건수는 85 건이었다. 그림 2-8에서 보는 바와 같이 RO 플랜트의 경제성 평가 관련 논문은 90년대 후반 들어 발표되기 시작하였고, 아직은 관심을 끌지 못하고 있는 연구 분야임을 알 수 있다. 표 2-17에서는 국가별로 분석하였는데, USA 35 %, 독일 8 %, 이스라엘 7 % 등으로 나타났다. 표 2-18에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, Desalination 71 %, J. Membr. Sci. 7 % 등이다.

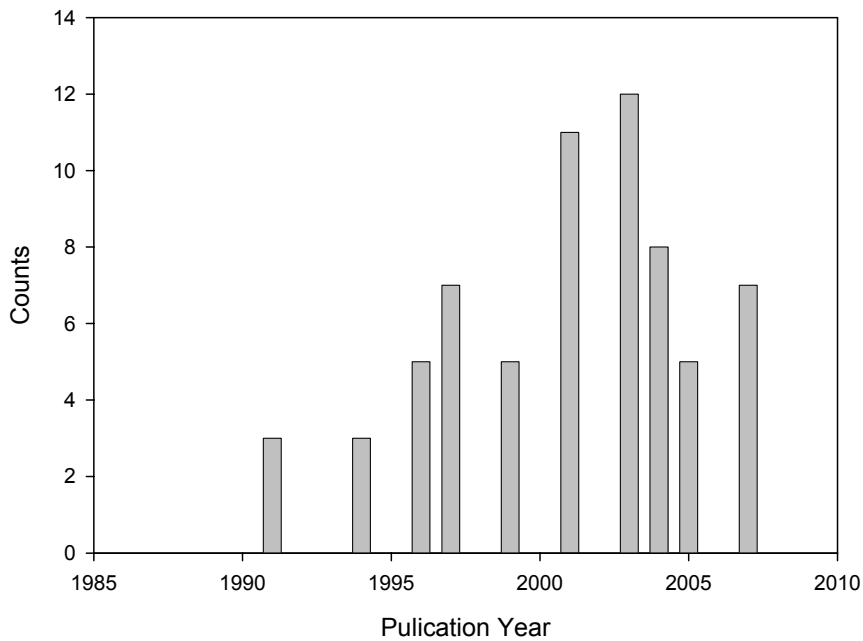
















그림 2-8. 연도별 출원 건수 (RO+Economics)
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-17. 국가별 출원 건수 (RO+Economics)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 85	Bar Chart
USA	30	35.2941 %	
GERMANY	7	8.2353 %	
ISRAEL	6	7.0588 %	
EGYPT	5	5.8824 %	
SPAIN	5	5.8824 %	
GREECE	4	4.7059 %	
KUWAIT	4	4.7059 %	
NETHERLANDS	4	4.7059 %	
CANADA	3	3.5294 %	
ITALY	3	3.5294 %	
(18 Country/Territory value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-18. 발표저널별 출원 건수 (RO+Economics)

Field: Source Title	Record Count	% of 85	Bar Chart
DESALINATION	60	70.5882 %	
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	6	7.0588 %	
JOURNAL OF THE AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY	2	2.3529 %	
STARCH-STARKE	2	2.3529 %	
(15 Source Title value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

6)분야별 논문발표 경향의 변화-RO+Diagnosis

해수담수화 공정에 있어서 설비 및 공정 진단 관련 논문을 검색한 결과, 논문 검색 건수는 16 건으로 매우 미약하였다. 그림 2-9에서 보는 바와 같이 역삼투 플랜트의 진단 평가 관련 논문은 90년대 후반 들어 발표되기 시작하였고, 아직은 관심을 끌지 못하고 있는 연구 분야임을 알 수 있다. 표 2-19에서는 국가별로 분석하였는데, 3 건이내의 발표 국가가 대부분이다. 표 2-20에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, 주로 Desalination에 발표되었다.

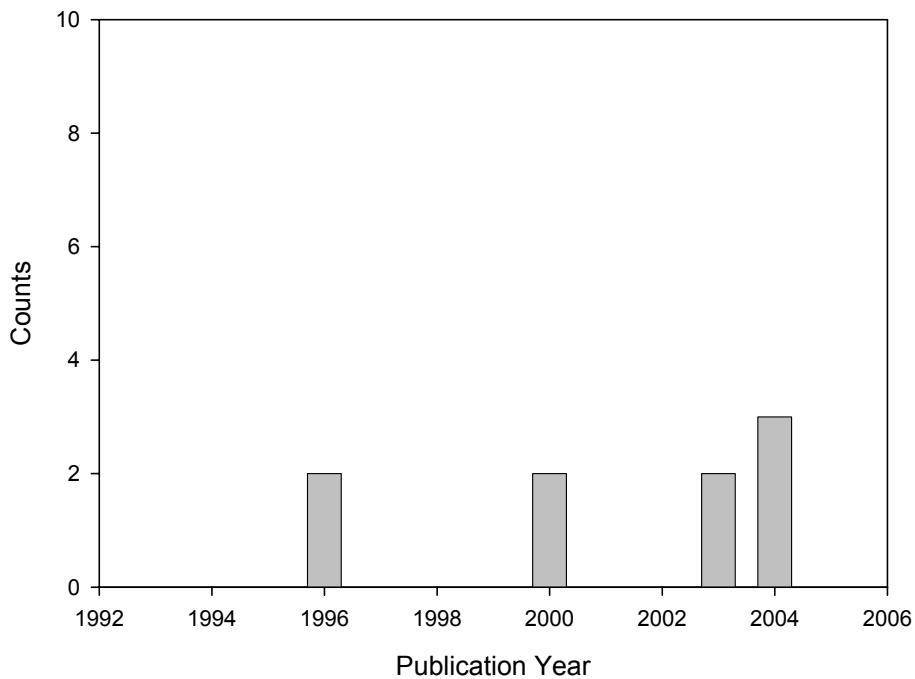


그림 2-9. 연도별 출원 건수 (RO+Diagnosis)
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-19. 국가별 출원 건수 (RO+Diagnosis)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 16	Bar Chart
GERMANY	3	18.7500 %	
NETHERLANDS	2	12.5000 %	
SPAIN	2	12.5000 %	
USA	2	12.5000 %	
(8 Country/Territory value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-20. 발표저널별 출원 건수 (RO+Diagnosis)

Field: Source Title	Record Count	% of 16	Bar Chart
DESALINATION	8	50.0000 %	
IEREN-UND HOCHDRUCKKRANKHEITEN	3	18.7500 %	
(5 Source Title value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

7)분야별 논문발표 경향의 변화-RO+Risk

해수담수화 공정에 있어서 안전관련 논문을 검색한 결과, 논문 검색 건수는 46 건으로 매우 미약하였다. 그림 2-10에서 보는 바와 같이 RO 플랜트의 안전 관련 논문은 90년대 들어 발표되기 시작하였으며 매해 2-3편 발표하고 있다. 아직은 관심을 끌지 못하고 있는 연구 분야이다. 표 2-21에서는 국가별로 분석하였는데, USA 24 %, 독일 13 %, 캐나다 9 % 등이다. 표 2-22에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, Desalination 26 %, Water Sci. Tech. 13 % 등에 발표되었다.

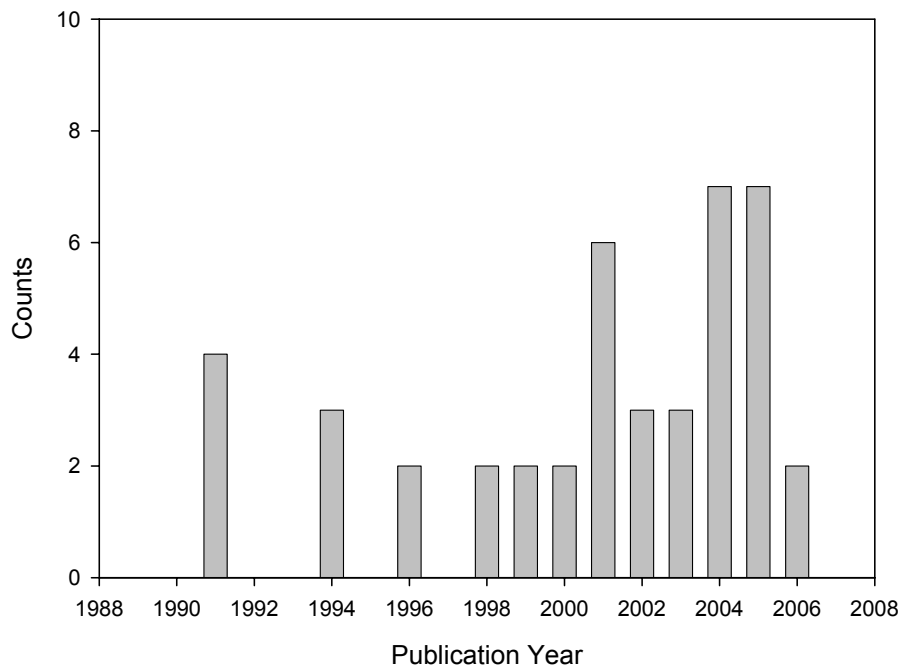


그림 2-10. 연도별 출원 건수 (RO+Risk)
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-21. 국가별 출원 건수 (RO+Risk)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 46	Bar Chart
USA	11	23.9130 %	<div style="width: 23.9130%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
GERMANY	6	13.0435 %	<div style="width: 13.0435%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
CANADA	4	8.6957 %	<div style="width: 8.6957%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
NETHERLANDS	4	8.6957 %	<div style="width: 8.6957%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
ITALY	3	6.5217 %	<div style="width: 6.5217%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
ENGLAND	2	4.3478 %	<div style="width: 4.3478%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
FRANCE	2	4.3478 %	<div style="width: 4.3478%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
WALES	2	4.3478 %	<div style="width: 4.3478%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
(18 Country/Territory value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-22. 발표저널별 출원 건수 (RO+Risk)

Field: Source Title	Record Count	% of 46	Bar Chart
DESALINATION	12	26.0870 %	
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	6	13.0435 %	
NIEREN-UND HOCHDRUCKKRANKHEITEN	3	6.5217 %	
INTERNATIONAL JOURNAL OF TOXICOLOGY	2	4.3478 %	
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	2	4.3478 %	
NEFROLOGIA	2	4.3478 %	
(19 Source Title value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

8)분야별 논문발표 경향의 변화-RO+Management

해수담수화 공정에 있어서 공정의 운영관련 논문을 검색한 결과, 논문 검색 건수는 84 건이다. 그림 2-11에서 보는 바와 같이 RO 플랜트의 운영관련 논문은 80년대 후반 들어 발표되기 시작하였다. 90년대 후반에 두드러지게 관심이 증가하고 있으며, 아직은 관심을 끌지 못하고 있는 연구 분야중의 하나이다. 아직은 관심을 끌지 못하고 있는 연구 분야이다. 표 2-23에서는 국가별로 분석하였는데, USA 16 %, 스페인 8 %, 독일, 인도 7 % 등이다. 표 2-24에서는 발표저널별 발표건수를 보여주고 있는데, Desalination 50 %, Water Sci. Tech. 10 % 등에 발표되었다.

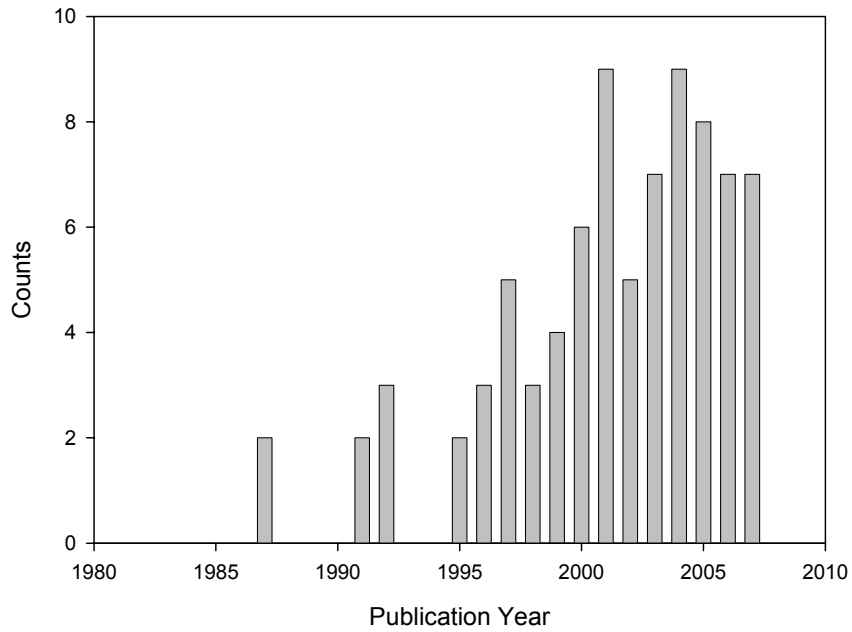


그림 2-11. 연도별 출원 건수 (RO+Management)
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-23. 국가별 출원 건수 (RO+Management)

Field: Country/Territory	Record Count	% of 84	Bar Chart
USA	16	19.0476 %	<div style="width: 19.0476%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
SPAIN	7	8.3333 %	<div style="width: 8.3333%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
GERMANY	6	7.1429 %	<div style="width: 7.1429%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
INDIA	6	7.1429 %	<div style="width: 7.1429%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
AUSTRALIA	4	4.7619 %	<div style="width: 4.7619%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
ISRAEL	4	4.7619 %	<div style="width: 4.7619%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
CYPRUS	3	3.5714 %	<div style="width: 3.5714%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
EGYPT	3	3.5714 %	<div style="width: 3.5714%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
FRANCE	3	3.5714 %	<div style="width: 3.5714%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
ITALY	3	3.5714 %	<div style="width: 3.5714%; height: 10px; background-color: #4F81BD;"></div>
(25 Country/Territory value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-24. 발표저널별 출원 건수 (RO+Management)

Field: Source Title	Record Count	% of 84	Bar Chart
DESALINATION	42	50.0000 %	
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	8	9.5238 %	
JOURNAL AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION	3	3.5714 %	
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	3	3.5714 %	
JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2	2.3810 %	
(26 Source Title value(s) outside display options.)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

9)분야별 논문발표 경향의 변화-인용횟수 및 출현 시기

인용횟수 및 출현 시기 등의 자료를 바탕으로 각 연구분야별 대표논문들을 선정하고 이를 바탕으로 기술지도 작성을 하고자 하였다. RO (Operation, Optimization, Maintenance, Management)의 주요 검색어를 활용하여 논문을 검색하여 각각의 인용횟수와 출현 시기를 바탕으로 하여 기술지도를 작성하고자 하였다. 그림 2-12는 인용횟수와 출현시기의 검색결과를 보여준다.

한편, 그림 2-13은 기술지도 작성을 위한 연구분야별 대표 논문 선정 (Citation Reports)를 보여주고 있다. 네 주요 검색어 관련 연구논문 모두 2000년 이후에 인용횟수가 급격하게 증가하고 있음을 보여준다. 이는 관련 연구가 2000년 이후 활발하게 진행되어 오고 있음을 알 수 있다.

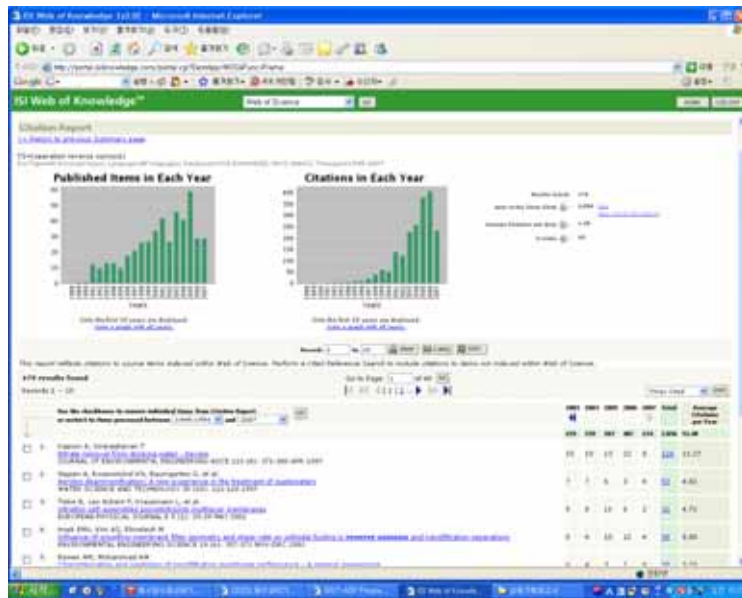


그림 2-12. 인용 횟수와 출현 시기의 검색결과
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

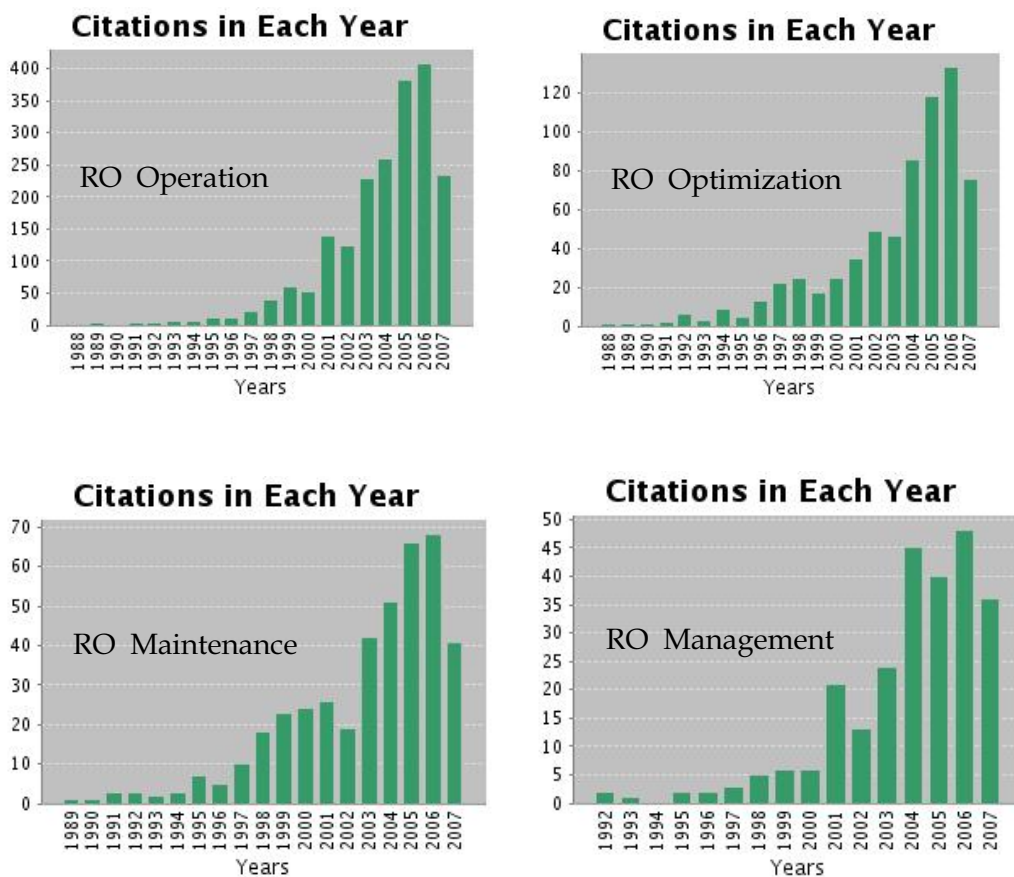


그림 2-13. 기술지도 작성을 위한 연구분야별 대표 논문 선정
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

(다) 논문을 통한 기술 분석

해수담수화 플랜트의 운전 유지 관리 논문 분석결과, Operation, Management, Optimization, Cost 등의 핵심기술을 도출하였다. 위 핵심기술의 경향을 분석하여 그림 2-14에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 운전 유지 관리기술은 1990년대 이후 활발한 연구활동이 진행되었음을 알 수 있다. 운전관련 연구의 경우, 1968년의 연구를 바탕으로 하여 가장 많은 논문이 발표되고 있으며, 운전 및 유지관리 관련 기술지도에서 가장 중요한 부분을 차지하고 있다. 운전관련 연구와 병행하여 최적화에 대한 연구도 중요한 부분이며, 상대적으로 관리, 비용 등의 연구는 다른 부분에 비하여 미약하다.

해수담수화 플랜트의 성능 진단관련 연구 경향 중, 공정 및 에너지 등의 성능과 관련된 논문의 기술지도를 그림 2-15에서 보여주고 있다. 2004년 이후 관련연구가 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있다. 논문 검색 결과를 이용한 기술 로드맵을 살펴보면 2000년 이후에 플랜트 운전 및 성능 향상 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다.

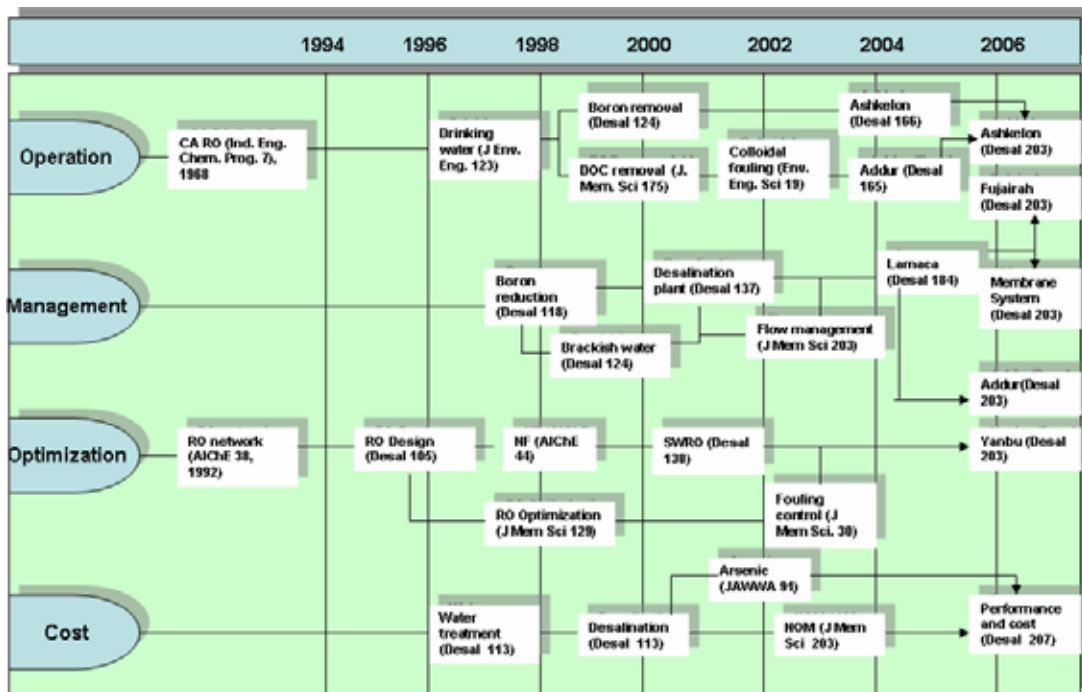


그림 2-14. 운전 유지관리 관련 주요기술의 시계열 분석
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

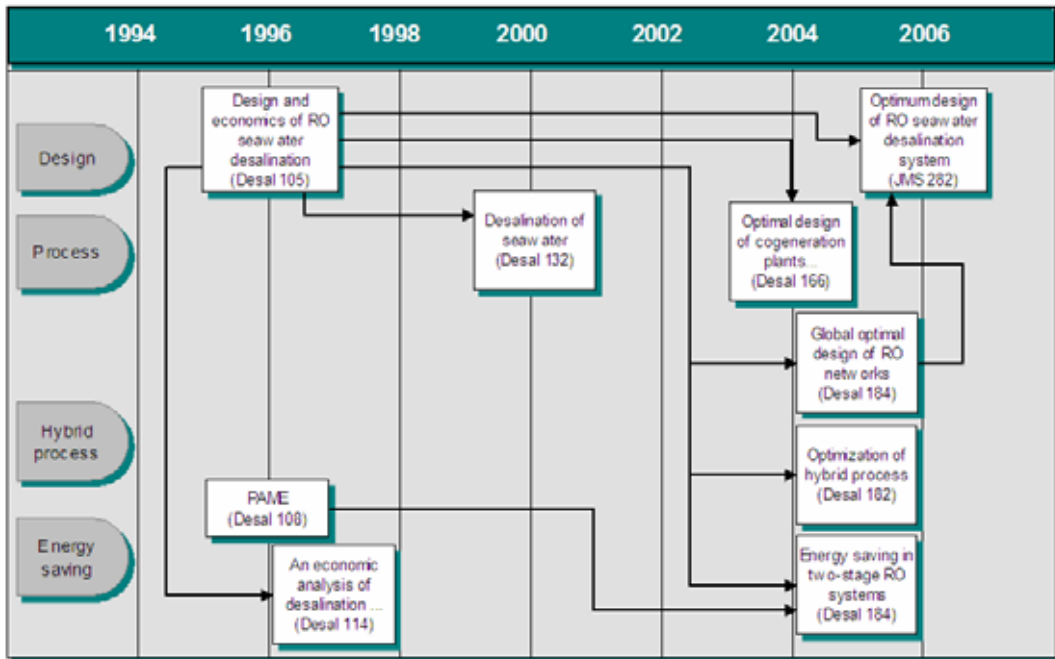


그림 2-15. 플랜트 성능 관련 주요기술의 시계열 분석
(출처: 사전기획보고서)

(2) 특허분석을 통한 기술 분석

(가) 특허검색의 개요

해수담수화 플랜트의 고효율 운영 및 유지관리 기술의 핵심 기술 도출 및 기술 로드맵을 작성하기 위하여 해수담수화 역삼투 플랜트 기술 중 운전 유지관리에 관한 특허를 조사하였다. 국내외 관련 핵심 기술의 특허 추세화 동향 분석을 통한 대상 기술의 개발 방향과 연구개발 성과 목표를 설정하였다.

분석방법은 먼저 해수/담수/역삼투와 관련된 다양한 키워드를 우선 선정하고, 기존 개발과 앞으로 개발할 대상기술을 분류하여 분야별 특허 검색 핵심어 추출하였다. 검색 엔진으로는 WIPS를 사용하였고, 특허 분석범위 및 기간, 해당국가 (미국, 일본, 한국, PCT)등으로 분석하였다. 각 국가별 대상 기간을 표 2-25에서 보여주고 있다. 표 2-26은 특허 검색 순서도를 설명한다.

표 2-25. 특허 검색 조건-국가별 및 대상기간

구분	탑재기간
한국공개특허	1983. 3.25 ~ 2006.10.20
한국등록특허	1979. 7.12 ~ 2006.10.20
일본공개특허	1989. 1.01 ~ 2006.10.19
미국등록특허	1976. 1.06 ~ 2006.10.19
PCT공개특허	1978.10.19 ~ 2006.09.28

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

표 2-26. 특허 분석 Work Flow

분석 흐름	설명
분석기술 대상 정의 및 분류	<ul style="list-style-type: none"> • 분석대상기술의 정의는 시장/사업적 관점의 분류와 기술적 관점의 분류를 통합하여 Matrix형 분석이 가능토록 대상기술을 정의 • 기술 영역별 주요 키워드를 도출
검색식 도출	<ul style="list-style-type: none"> • 기술분야별 특허 및 논문 검색을 위한 주제어를 도출하고, 1차적 검색 착수 • 검색결과에 대한 리뷰를 통하여 검색식을 보정
분석대상 기술별 Data Set 추출	<ul style="list-style-type: none"> • 특허검색 서비스인 WIPS 사용
노이즈 제거 및 분류	<ul style="list-style-type: none"> • 검색된 Data Set에 대한 리뷰를 통하여 노이즈를 제거하고, 세부기술 분류체계에 따라 특허를 분류
정량분석	<ul style="list-style-type: none"> • 세부기술 분야별, 국가별, 출원기관별 추세분석 및 비교분석 • 활동도, 인용도, 기술혁신주기, 특허패밀리 등에 대한 지표 분석
정성분석	<ul style="list-style-type: none"> • 인용도가 높은 중요기술, 주요 출원기관에 대한 특허분석 등 의미가 있는 특허에 대한 정성분석을 수행
시사점 및 종합분석	<ul style="list-style-type: none"> • 정량분석 및 정성분석 결과를 토대로 기술개발 동향 및 중요 기술군에 대한 종합분석을 추진

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

(나) 특허검색의 결과 분석

해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술 관련 조사대상 세부기술 리스트는 해수담수화 플랜트 설계 및 운전 최적화 기술, 시스템 운전 및 유지관리기술, 시스템 경제성 평가 등이다. 그림 2-16은 해수담수화 플랜트 최적화 기술 관련 특허 출원 건수를 보여주고 있다. 해수담수화 플랜트 설계 및 운전 최적화 기술의 조사 결과 1990년대 중반부터 특허출원이 증가하며 이는 설계기술의 중요성이 점점 높아지는 추세에 있는 것과 상관관계가 있는 것으로 판단된다. 그림 2-17은 해수담수화 플랜트 유지관리 기술 관련 특허 출원 건수를 보여주고 있다. 시스템 운전 및 유지관리기술의 결과에 대한 특허는 특허기술로 분류하기 어려우며 관련기술개발 전략도 원천기술 확보 보다는 노하우 축적 및 운영데이터 확보에 중점을 둘 필요가 있다. 특허 검색 결과 90년대 중반부터 특허출원 건수가 급격하게 증가함을 알 수 있다. 해수담수화 시스템 경제성 평가 기술 관련 특허 검색 결과 타당한 검색 결과를 얻지 못했다. 시스템 평가 기술 자체는 특허기술로 분류하기 어려우나 적용을 위한 타당성 조사로 접근이 필요하다고 생각된다. 그림 2-18은 해수담수화 플랜트 경제성 평가 관련 특허 출원 건수를 보여주고 있는데, 90년대 후반부터 특허출원의 증가율이 높게 나타남을 알 수 있다.

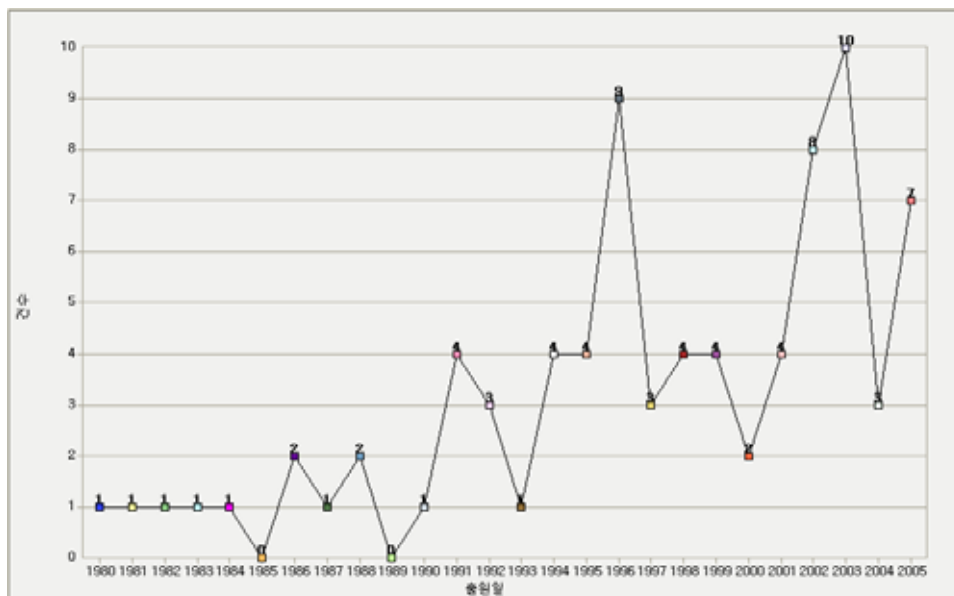


그림 2-16. 해수담수화 플랜트 최적화 기술 관련 특허 출원 건수
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

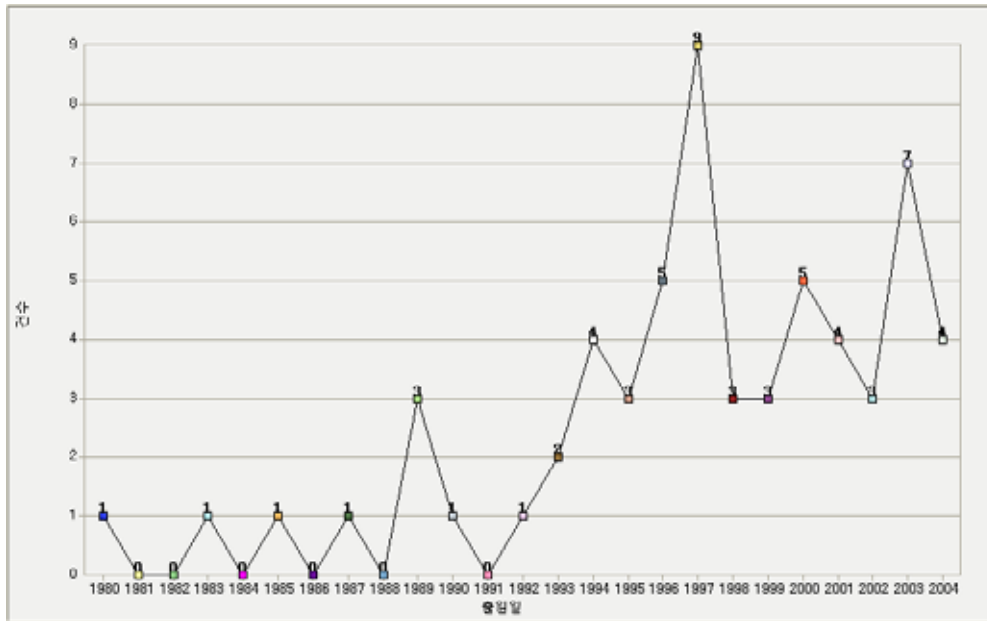


그림 2-17. 해수담수화 플랜트 유지관리 기술 관련 특허 출원 건수
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

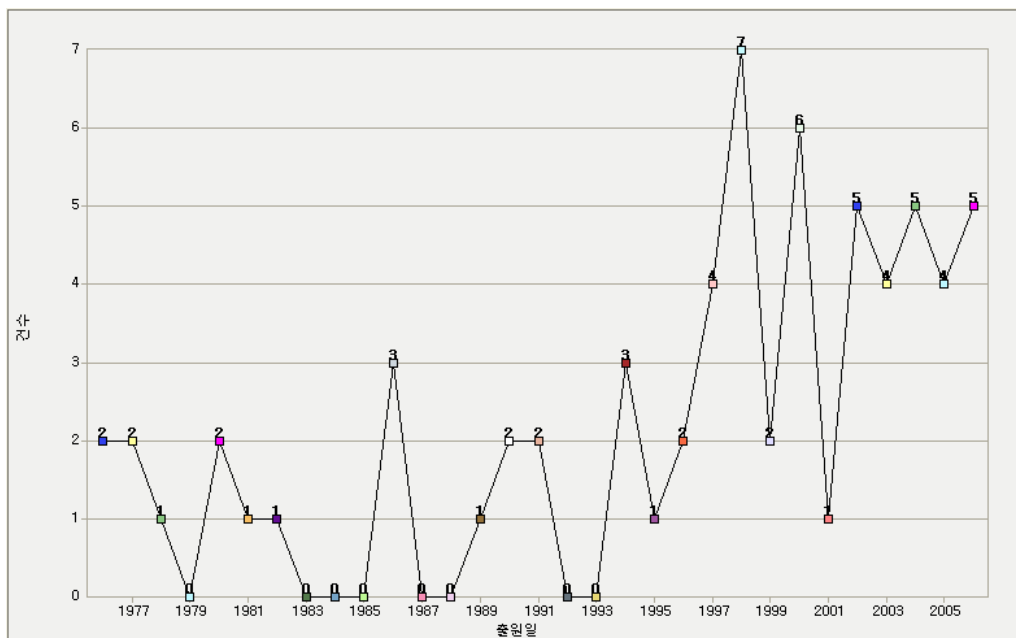


그림 2-18. 해수담수화 플랜트 경제성 평가 관련 특허 출원 건수
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

(3) 4 핵심의 기술경향 분석 및 기술로드맵

해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술 관련 특허조사 및 논문조사 결과를 바탕으로 각 연구 분야별로 개발대상 기술을 도출하여 Technology pool 구축하였다 (해수담수화 플랜트 사전기획). 그림 2-19는 논문 및 특허 조사를 바탕으로 한 Technology Pool을 보여준다. 이와 같은 Technology Pool은 기술개발 전략 및 세부과제 선정을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

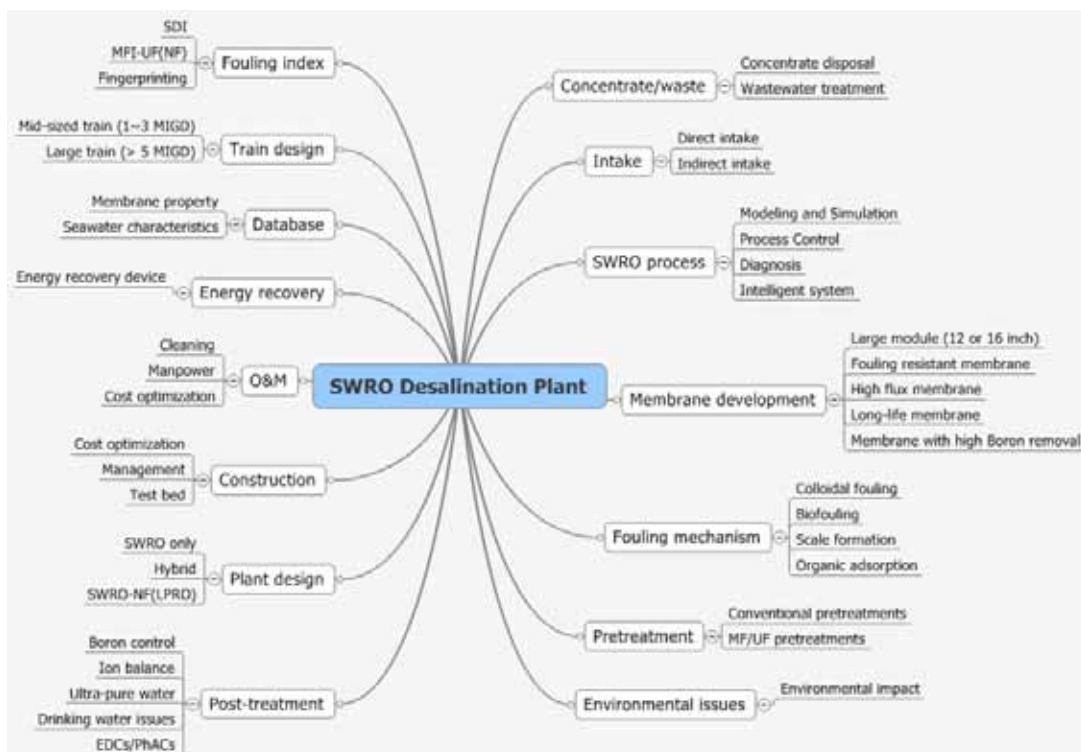


그림 2-19. SWRO Technology Pool (출처: 사전기획보고서)

해수담수화 플랜트 기술 TRM을 위한 핵심기술 선정하는 방법으로 논문조사와 특허조사 등으로 도출된 Technology Pool로부터 개발 필요성이 높고 투자대비 효과가 큰 기술을 선정하여 우선순위를 정하였다. 또한, 해외 기술보고서에서 제시하는 미래 해수담수화 기술분야를 조사한 결과 Desalination Roadmap에서는 향후 5년간 비용을 20% 절감하기위한 기술로서 개발되거나 개발이 검토될 기술들의 리스트는 표 2-27과 같이 제안되고 있다. 이 외에도 수질특성에 따른 최적 전처리 공정

기술 선택기술, 막오염인자를 통한 예측기술, 스케일 형성 및 생물막 형성 방지기술 등을 비용절감을 위한 기반기술로서 제시하고 있다. 그림 2-20은 Singapore에서 개발하고 있는 16인치 모듈을 보여주고 있다.

선진국대비 국내 기술수준 및 개발 전략을 위한 SWOT, 논문/특허 검색을 통한 주요기술 도출 등으로 통하여 기술로드맵을 작성하였고, 이를 그림 2-21에서 보여주고 있다. 해수담수화 플랜트 2단계에 해당하는 2008-2009년까지는 종래의 운전 및 유지기술이 사용되어지겠지만, 이후 종합적인 운전 및 유지기술이 도입될 것으로 전망된다. 본 연구에서 수행되어지는 운전최적화 기술, 성능 진단 기술, 노후진단 평가 등의 기술을 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 특히 한국의 IT기술을 접목한 운전 최적화, 운영 유지관리 기술을 개발할 경우, 기술로드맵 상의 기술개발 단계에 진입할 것이다.

표 2-27 성능향상을 위한 담수화 연구 분야

Main topics	Subtopics
Increase in the efficiency of membrane module	<ul style="list-style-type: none"> ● Larger Active Membrane Surface Area ● Larger Membrane Spacer ● Improved Salt Rejection ● Larger Membrane RO Elements (16" Diameter)
Fouling Control and Longer Lifetime of Membrane	<ul style="list-style-type: none"> ● Smooth Membrane Surface ● Increased Membrane Material Longevity ● Use of Systems for Continuous RO Membrane Cleaning ● UF/MF Membrane Pretreatment
Decrease in Energy consumption	<ul style="list-style-type: none"> ● Wider Use of Pressure Exchanger Type Energy Recovery System
Hybrid type of plants	<ul style="list-style-type: none"> ● Co-Location With Power Plants ● Hybrid of NF-RO
Others	<ul style="list-style-type: none"> ● Regional Desalination and Concentrate Disposal ● Larger RO Trains and Equipment ● Full Automation of All Treatment Processes

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

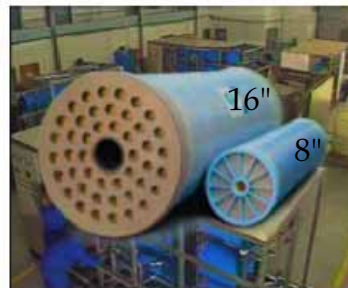


그림 2-20. SWRO 해수담수화 16인치 모듈 (Graham Tek, Singapore)(A: 16" GrahamTek Pressure Vessel, B: Rejection manifold, C: Product manifold)
 (출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

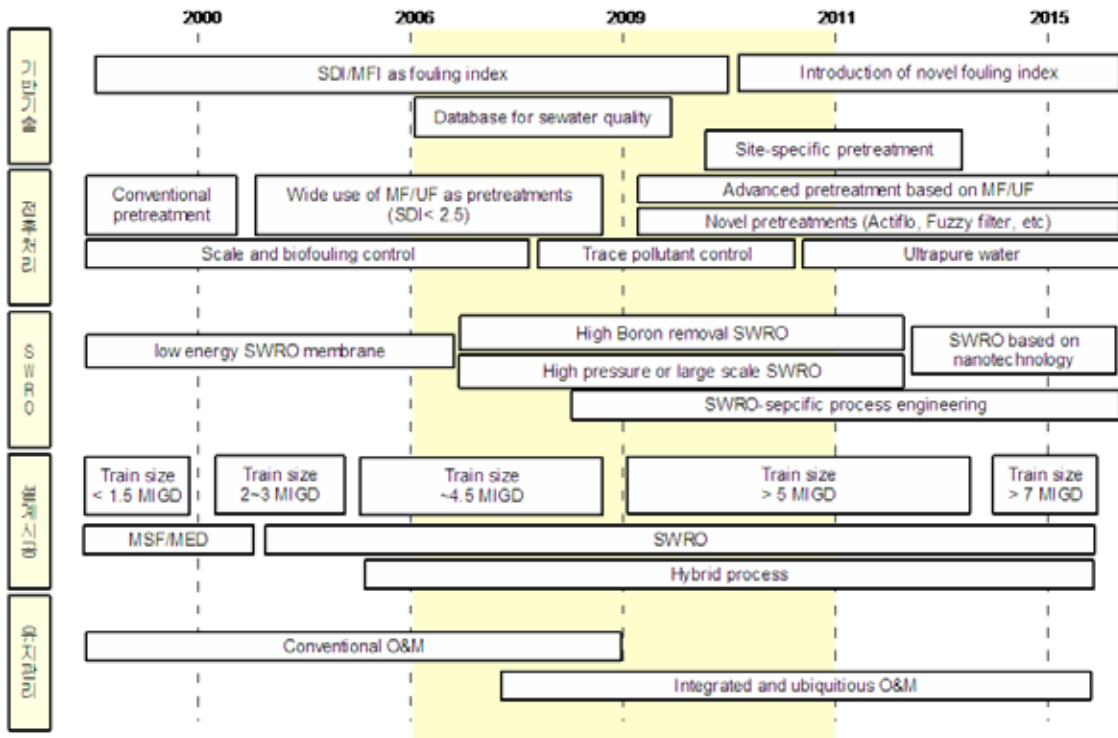


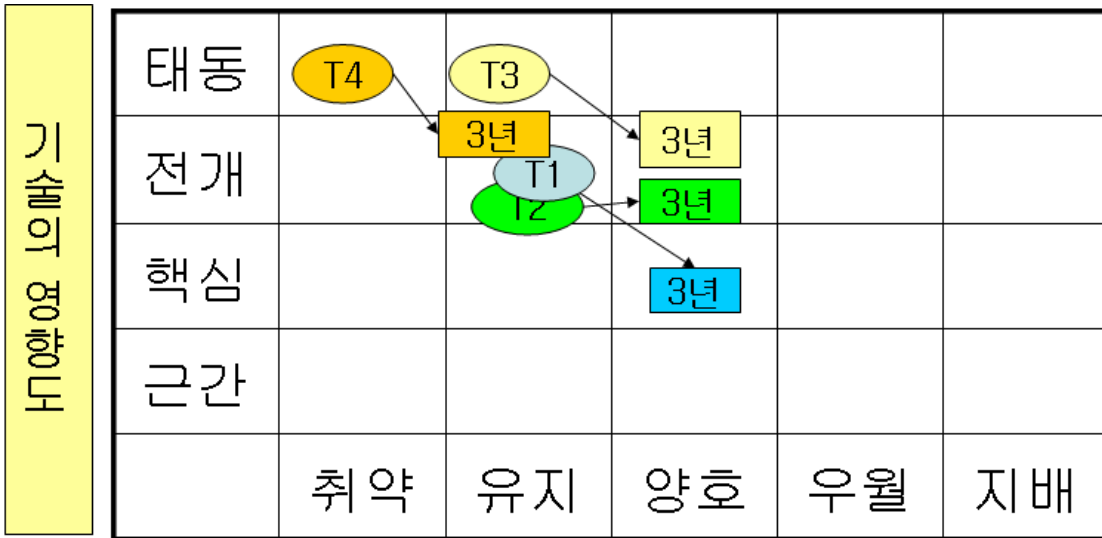
그림 2-21. 해수담수화 플랜트 기술 로드맵 (출처: 사전기획보고서)

현재 이루어지고 있는 대규모 플랜트의 수출과 함께 운영 유지 관리 기술관련 축적된 지식과 기술이 동반된다면 진정한 의미의 플랜트 수출이 될 수 있다. 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술은 최종 목표를 플랜트 운전 최적화, 플랜트 진단 및 유지관리기술, 상용플랜트 운영 기술로 설정하였으며, 테스트베드 운전 경험 및 성능진단 기술을 바탕으로 하여 SWRO 해수담수화 플랜트 해외 수출을 통한 해외시장 확보를 하고자 한다. 표 2-28은 4 핵심과제의 최종 목표 및 이를 달성하기 위한 세부과제인 4-1 세부과제 “플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술”, 4-2 세부과제 “플랜트 진단 및 관리시스템 기술”을 통하여 도출되어질 수 있는 예상 기술 및 그에 따른 예상성과물을 정리하였다. 예상되는 핵심 기술은 플랜트 원격 모니터링 기술, 플랜트 운전 유지 관리 기술, 플랜트 설비 성능 진단 기술, 플랜트 안전 관리 기술 등이다. 또한 이를 통하여 도출될 수 있는 성과물은 원격 모니터링 시스템, 운전관리 매뉴얼, 운전 소프트웨어 등이다.

그림 2-22는 핵심 기술의 기술경쟁력 대비 기술영향력을 통하여 기술경향을 분석한 결과를 나타낸다. 유지관리 관련 기술개발이 진행될 경우, 기술경쟁력은 유지 혹은 양호를 유지할 것으로 기대된다. 플랜트 안전 관리 기술의 경우, 핵심 기술 중 가장 취약한 기술로, 현재 태동되는 기술이다. 테스트베드 운전 및 유지관리 기술 개발을 통하여 3 년후 기술 영향도는 전개, 기술경쟁력은 유지로 각각 발전할 것으로 생각된다. 각 핵심기술에 따른 성과물 도출 시기를 살펴보면 기술은 3-4 차년도에 개발될 것으로 예상되며, 기술개발 후 1년에 구체적인 성과물이 도출될 것이다. 그림 2-23은 기술개발에 따른 성과물의 도출 시기를 나타낸다. 이러한 성과물 및 기술은 테스트베드 운전 완료(사업종료)후에도 사용될 것을 기대된다.

표 2-28. 4 핵심과제의 도출 예상 기술 및 성과물

세부과제	예상 핵심 기술	예상 성과물
4-1 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	플랜트 원격 모니터링 기술	IT 기반 원격 모니터링 시스템
	플랜트 운전 유지 관리 기술	운전관리 매뉴얼 운전 소프트웨어
4-2 플랜트 진단 및 관리시스템 기술	플랜트 설비 성능 진단 기술	성능진단용 재질별 DB 플랜트 설비 진단 시스템
	플랜트 안전 관리 기술	플랜트 안전관리 시스템



기술의 경쟁력

T1 : 플랜트 원격모니터링 기술 T2 : 플랜트 운전유지 관리 기술
 T3 : 플랜트 설비 성능 진단 기술 T4 : 플랜트 안전 관리 기술

그림 2-22. 4 핵심과제의 예상 핵심기술 경향 분석
 (출처: 사업단 상세기획조사/분석자료)

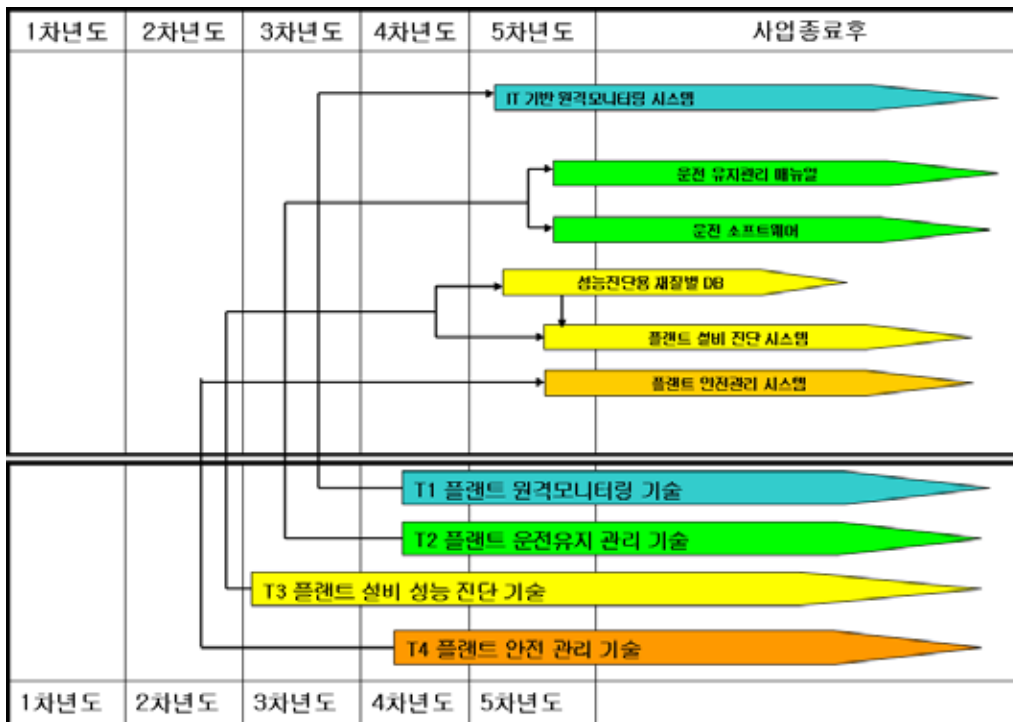


그림 2-23. 4 핵심과제의 예상 핵심기술 및 성과물 도출 시기 분석
 (출처: 사업단 상세기획 조사/분석자료)

마. 핵심과제 테스트베드 사업 적용 방안

(1) 사업단 3 L 목표 달성을 위한 4핵심 테스트베드 적용

국가의 건설교통 R&D 혁신 로드맵의 추진전략에 부합하는 사업단의 최종목표는 해외시장에 경쟁력 있는 해수담수화플랜트 기술을 5년의 연구기간 내에 개발하는 것이다. 시장 경쟁력을 확보하기 위해서는 원가를 낮추고 성능은 올리는 전략이 필수적이다. 즉, 해수담수화플랜트 기술의 경쟁력은 건설 및 유지관리 기술의 단가를 낮추고, 담수생산효율을 향상시킴으로써 확보될 수 있다. 따라서, 사업단은 이를 위해 3L (Large Scale, Low Energy Consumption, Low Fouling)이라는 3대 기술목표를 세웠다. 그림 2-24는 해수담수화플랜트 사업단의 목표를 설명하고 있다. 4핵심과제는 다른 핵심과제와 마찬가지로 이러한 사업단의 3 L를 달성하기 위하여 구체적인 연구목표가 설정되어야 한다. 사업단 목표 및 4핵심의 테스트베드 운영유지 관리기술의 적용을 통한 목표 달성에 대해 알아보하고자 한다.

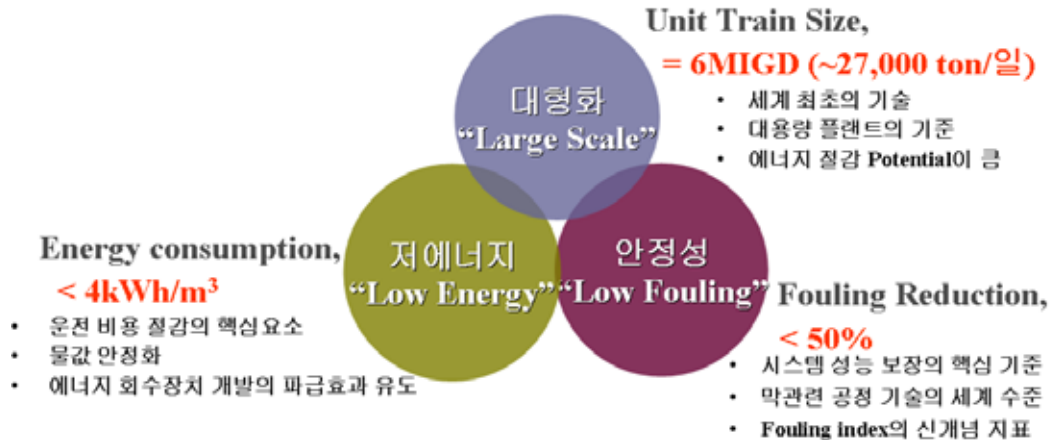


그림 2-24. 해수담수화 플랜트 사업단의 목표
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

(가) 1L: 대형화(Large Scale)

① 유닛트레인 측면

해수담수화플랜트를 비롯한 플랜트 사업은 규모의 경제 원칙을 따른다. 전체 플랜트 규모가 커질수록 담수 생산단가는 떨어지게 된다. 역삼투식 해수담수화플랜트는 유닛트레인의 조합으로 전체 플랜트가 구성된다. 예를 들어, 플랜트 전체규모가 30MIGD라면, 6MIGD(27,000톤/일)급 유닛트레인 5기나 3MIGD급 유닛트레인 10기로 구성된다. 해수담수화플랜트의 대형화 목표를 이해하기 위해서는 유닛트레인에 대한 명확한 개념 정의가 필요하다. 이를 위해 기본적인 개념인, 막 모듈, 벡셀, Bank(혹은 Rack)의 개념을 그림 2-25에 정리하였다.

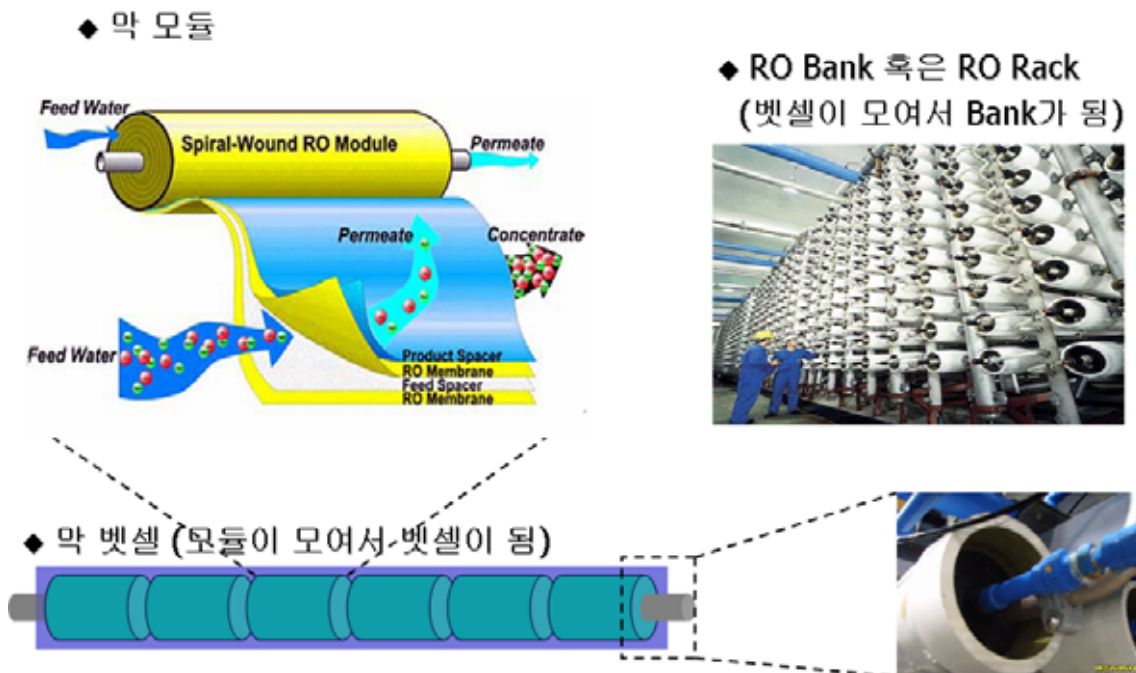


그림 2-25. 막 모듈, 벡셀, Bank의 개념(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

전통적인 RO 담수화 설계에서는 하나의 RO Bank에 하나의 펌프와 에너지 회수장치가 연결되어 유닛트레인으로 정의되었다. 그러나, 이스라엘 Ashkelon 담수화 플랜트의 경우 전통적인 유닛트레인 개념을 뛰어넘어, 중앙집중방식(central mode)의 새로운 설계를 채용함으로써 유닛트레인에 대한 새로운 정의가 필요하게 되었다.

Ashkelon의 경우 공식적으로 32개 트레인으로 구성되었다고 발표하였으며, 이는 설치된 RO Bank 수와 동일하다. 따라서, Ashkelon 담수화플랜트의 경우를 포괄할 수 있는 유닛 트레인의 정의는 “하나의 유입수 공급라인을 공유하는 RO 멤브레인 벅셀의 군집(RO Bank)”으로 보는 것이 타당하다. 그림 2-26은 유닛트레인의 정의를 개념적으로 정리한 것이다.

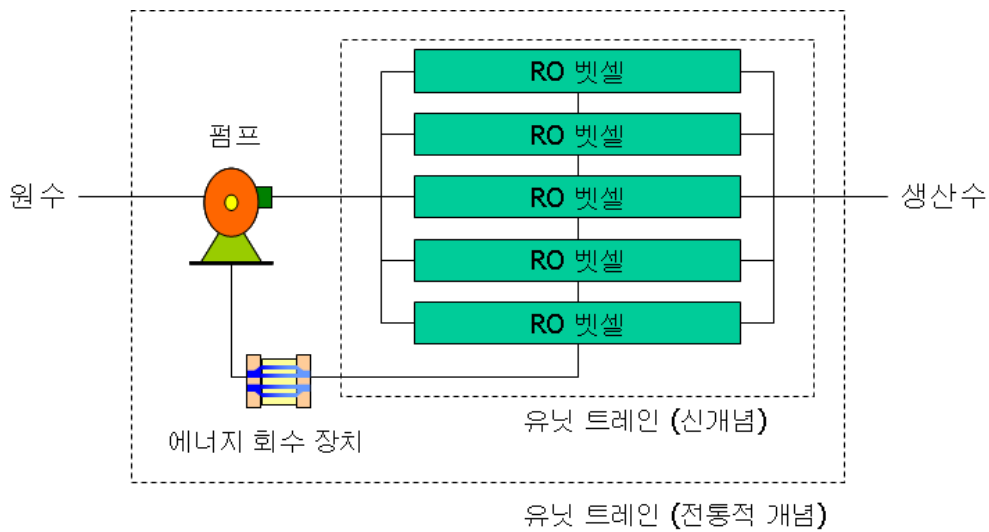


그림 2-26. 유닛트레인 개념도 (출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

해수담수화플랜트의 규모를 증가시키는 방법은 전통적인 개념의 유닛트레인의 규모를 증가시키는 방법과 펌프 용량을 증가시켜 중앙집중 방식으로 소규모 유닛트레인을 운영하는 것, 크게 2가지이다. 전자의 경우는 트리니다드토바고의 Point Lisas 플랜트, 후자의 경우는 이스라엘의 Ashkelon 플랜트가 대표적인 예이다. Point Lisas 플랜트의 가장 큰 특징은, 유닛트레인 규모가 세계 최대(5.2 MIGD)라는 것이고, Ashkelon 플랜트의 가장 특징은 펌프, 유닛트레인, 에너지회수장치가 각각 1:1:1 대응인 전통적인 설계 방식이 아닌, 중앙집중식 펌프, 에너지회수장치를 세계 최초로 도입한 플랜트라는 데 있다.

해수담수화플랜트 사업단의 목표를 설정하기 위하여 유닛트레인 대형화 방식과 중앙집중 방식 모두 전체플랜트의 대형화를 통한 규모의 경제 실현이라는 측면을 고려하였다. 중앙집중 방식을 테스트해보기 위해서는 10 MIGD(45,000 톤/일)급의

중앙 펌프 시스템 개발과 이에 연결되는 2.2 MIGD급 유닛트레인 5개를 설치하는 것이 최선의 안으로 고려되었다. 그러나, 이는 현재 가동되고 있는 Ashkelon 플랜트와 비교하여, 펌프 시스템이나 유닛트레인의 개수 모두 부족하다. 중앙집중 방식의 경우의 기술력은 중앙펌프의 용량과 이에 연결되는 유닛트레인의 개수의 크기로 평가될 수 있다. 따라서, 테스트베드 10 MIGD(45,000 톤/일)의 용량으로는 세계최고의 중앙집중 방식 해수담수화플랜트 기술을 개발하는 것이 불가능하다. 현재 세계에서 유일하게 중앙집중 방식을 보유하고 있는 Ashkelon 플랜트를 뛰어넘기 위해서(중앙펌프 용량 및 펌프의 연결된 유닛트레인 개수 측면에서), 필요한 테스트베드 전체 규모는 36 MIGD급 이상이 되어야 한다. 사업단에 주어진 예산을 고려하여 Point Lisas와 같은 유닛트레인 대형화 기술을 개발함으로써, 전체 해수담수화플랜트의 대형화를 위한 기반 기술을 확보하고자 한다.

유닛트레인 대형화를 통해서 얻을 수 있는 근본적인 이익은 건설 및 에너지 소비 비용 절감이다. 그림 2-27의 최근 건설된 해외 플랜트들의 에너지 소비량을 비교해보면 유닛트레인의 용량이 클수록 에너지 비용절감 효과가 커지는 것을 확인할 수 있다.

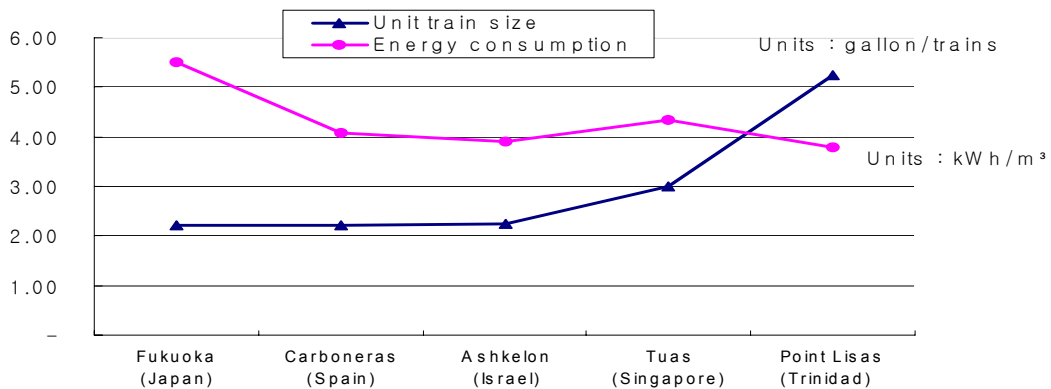


그림 2-27. 유닛트레인 규모와 에너지 효율간의 관계
(출처: IDA Year book 2006~2007)

유닛트레인 대형화의 효과를 좀 더 상세히 분석하기 위해 동일한 6 MIGD(27,000 톤/일)급 펌프의 물공급을 받는 6 MIGD(27,000 톤/일)급 유닛트레인(A공정)과 2 MIGD급 유닛트레인 3기(B공정)의 건설비와 운영비를 비교해 보았다. 표 2-29는 두 가지 공정의 단위부품 소요량을 비교한 것인데, 대형 트레인 1기(A공정)를 운영하는 경우가 단위 부품 소요량이 적은 것을 알 수 있다.

표 2-29. 유닛트레인 주요부품 소요량 비교

유닛트레인 주요부품	A 공정	비교	B 공정
RO 벅셀 ¹⁾	6 MIGD급 펌프 + 6 MIGD급 유닛트레인 1기	=	6 MIGD급 펌프 + 2 MIGD급 유닛트레인 3기
RO 모듈 ¹⁾		=	
Coupling ¹⁾		=	
벅셀 지지용 철골 구조물 ¹⁾		=<	
파이프라인 ²⁾		<	
밸브 ²⁾		<	
모니터링 장치 ³⁾		<	
컨트롤 장치 ³⁾		<	
전기 장치 ³⁾		<	
기타 토목, 기계장치 ³⁾		<	
<p>1) A공정과 B공정은 처리 용량이 같기 때문에 막관련 부품(벅셀, 모듈, 커플링, 철골구조물) 소요량은 일반적으로 동일. 단, 철골구조물의 경우는 설계에 따라 A공정에서의 소요량이 감소할 수도 있음.</p> <p>2) 파이프라인의 경우는 벅셀과 직접적으로 연결된 파이프라인의 소요량은 크게 차이가 나지 않지만, 펌프에서 각 트레인으로 공급하기 위한 추가 라인 때문에 B공정의 파이프라인 소요량이 많음. 밸브 개수는 파이프라인의 종류와 개수에 영향을 받음.</p> <p>3) 모니터링 장비 등은, 트레인별로 운전을 감시하기 위한 것이므로 트레인의 개수가 많아질수록 소요량이 많아짐.</p>			

현재까지 설치되어 운전중인 해수담수화플랜트를 대상으로 연도별 세계 최대 트레인 용량의 증가 추세를 살펴보면 사업단 과제가 끝난 직후인 2012년의 최대유닛 트

레인 용량은 4.4 MIGD(20,000 톤/일)로 예상할 수 있다. 그림 2-28에서는 연도별 세계 최대 트레인 용량 증가 추세를 보여준다. 그러나, 이는 단순 선형회귀분석의 결과이며, Point Lisas 플랜트 제외할 경우 대부분의 담수화 플랜트의 유닛트레인이 3 MIGD 급 이하이기 때문에, 2012년 회귀분석 예상치가 현재 세계 최대치보다 낮게 분석된 것이다. 따라서, 현재 세계 최대치인 5.2MIGD를 고려하면 사업단 목표는 이를 상회하는 것이 바람직하며, 상세기획을 통해 6 MIGD(27,000 톤/일)의 유닛 트레인 개발을 목표로 설정하였다. 유닛트레인 대형화 기술은 3핵심과제에서 개발이 될 것이다.

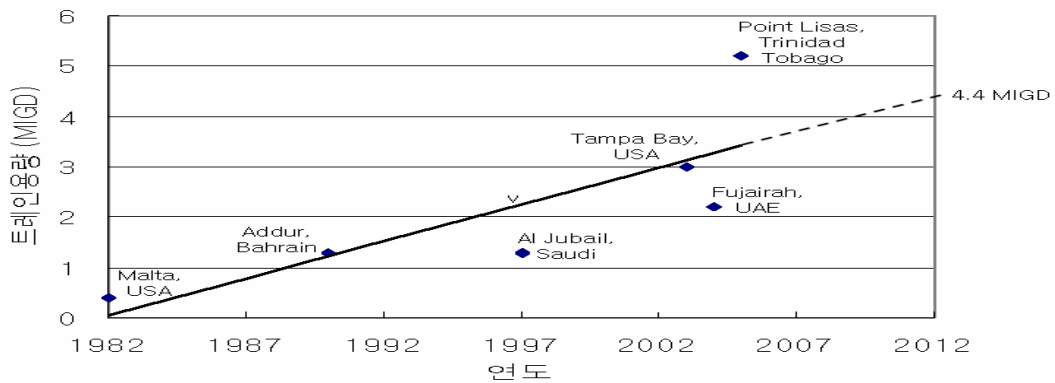


그림 2-28. 연도별 세계 최대 트레인 용량의 증가 추세
(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

② 전체용량측면

해수담수화플랜트 사업단의 해수담수화플랜트 테스트베드 목표를 6 MIGD(27,000 톤/일) 세계 최대 트레인 용량의 목표와 함께 전체용량은 10MIGD(45,000 톤/일)급으로 설정하였다. 이는 플랜트의 전체 규모에 따른 톤당 건설비의 경제성을 고려한 결과이다. 그림 2-29에서 알 수 있듯이 플랜트 전체 규모가 증가할수록 톤당 건설비는 감소하는 추세이지만, 10 MIGD(45,000 톤/일) 이상에서는 그러한 추세가 크게 나타나지 않는다. 즉, 10 MIGD(45,000 톤/일)는 규모의 경제를 최대화하는 최적의 플랜트 용량임을 알 수 있다. 유닛트레인 용량 목표는 6 MIGD(27,000 톤/일)이므로, 전체 규모 10 MIGD(45,000 톤/일) 목표를 달성하기 위한 최적의 조합은 6

MIGD(27,000 톤/일)와 4 MIGD(18,000 톤/일)의 조합이다. 플랜트 규모가 동일하다면, 유닛트레인의 개수가 작을수록 경제적이기 때문이다. 이와 같이, 두개의 다른 용량의 유닛트레인의 조합을 건설, 운영했을 때의 기술적 가치는 운영기술에 있다.

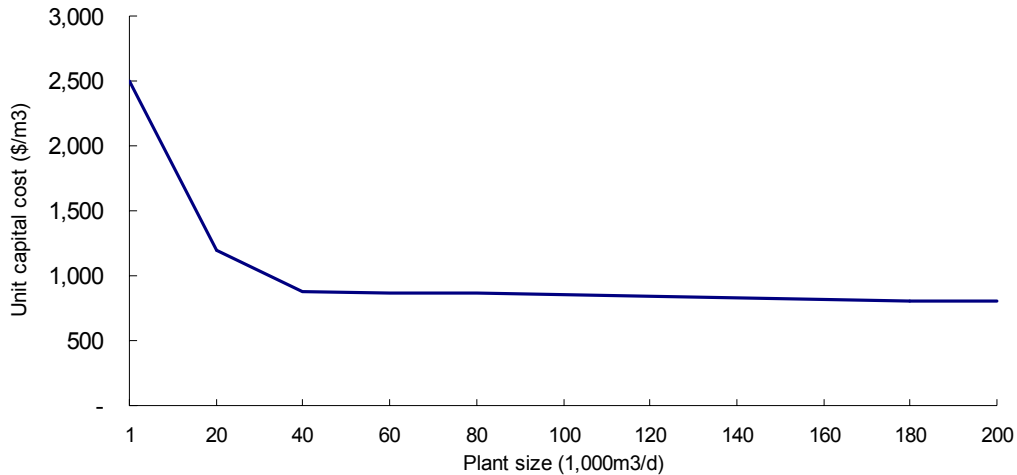


그림 2-29. 플랜트의 용량대비 Capital cost관계
(출처: US Bureau of Reclamation)

일반적으로 하나의 플랜트에는 동일한 용량의 유닛트레인이 복수로 들어간다. 즉, 6 MIGD(27,000 톤/일)와 4 MIGD(18,000 톤/일)의 각각 다른 용량의 유닛이 들어가는 사업단의 테스트베드는 세계적으로 유래가 없는 특수한 플랜트로 최소성의 가치가 있다. 참고로, 단일플랜트에 포함된 유닛 트레인의 용량이 동일한 이유는 트레인의 용량에 따라 운전조건이 완전히 달라지기 때문에, 안정적인 운영을 위해서는 유닛 트레인의 용량이 동일한 것이 유리하기 때문이다.

플랜트의 탄력적인 운영을 위한 새로운 전략으로서, 대형 유닛과 중소형 유닛을 공존시키는 플랜트 기술이 가능하다면 앞으로는 시장을 선도할 기술력을 갖추게 된다. 앞서 언급했듯이 기존의 시장에서는 동일한 중소형 유닛을 복수 운영하는 전략으로 플랜트가 건설된다. 예를 들어, 30 MIGD급 플랜트의 경우, 3 MIGD 유닛을 10개 운영한다. 수요량이 항상 일정하지 않기 때문에, 상시 운영되는 유닛은 8-9기(24-27MIGD)가 되고, 1-2기(3-6 MIGD)는 백업으로 활용된다. 일반적으로 플랜트 규모가 30 MIGD(135,000 톤/일)라고 하면, 그 플랜트가 가지고 있는 최대용량이 30

MIGD(135,000 톤/일)이다. 그러나, 현재시장추세에 따라 유닛트레인이 대형화가 되면, 대형 트레인을 백업으로 활용하는 것 보다는 대형+중소형 트레인의 조합으로 하여, 대형 트레인을 상시 운영하고 중소형 트레인을 백업으로 활용하는 방안이 시장을 선도할 것으로 예상된다. 예를 들어, 기존 시장 개념에 유닛대형화를 고려한다면, 30 MIGD급 플랜트의 경우, 6 MIGD(27,000 톤/일) 유닛을 5개를 운영하게 된다. 만약, 상시 필요한 수요량이 24-27 MIGD라면 이 경우보다는 6 MIGD(27,000 톤/일) 유닛 4개에 3 MIGD 유닛 2개를 운영하는 것이 플랜트의 탄력적인 운영을 위해 더욱 유리하다. 표 2-30은 유닛트레인 용량에 따라 운전조건이 바뀌는 이유를 정리한 것이다. 서로 다른 용량의 유닛트레인을 한 플랜트에서 동시에 운영할 경우에 발생할 수 있는 문제점을 살펴보면, 유닛트레인의 용량에 따라 다른 운전조건을 적용해야 하므로 운영에 어려움이 존재한다. 또한, 생산수나 농축수의 취합 때 유량 및 유압의 차이로 인해 문제가 발생할 소지가 있다. 예를 들어, 6 MIGD(27,000 톤/일) 생산라인과 4MIGD(18,000 톤/일) 생산라인에서 발생하는 유압의 차이로 인해 취합관망 설계 시 이를 반영하지 않으면 문제가 발생할 수 있다.

표 2-30. 유닛트레인 용량에 따른 운전조건의 변경이유

운전 조건	유닛트레인 용량과 관련된 변경 이유
유량 조절	용량에 따라 유입 유량 조절 조건이 달라짐.
전력 조절	유닛트레인 용량이 바뀌면 펌프 용량이 바뀌기 때문에 전력 조절 조건이 달라짐.
플랜트 Start-up/Shut-down	유닛트레인 용량에 따른 필요 유량과 전력의 차이로 인해 운전조건이 달라짐.
농축수 배출 조건	농축수 배출량이 유닛트레인 용량에 따라 달라짐.
파울링에 따른 플랜트 운전 상황 대처	플랜트 운전이 시작되면 파울링이 발생하고, 파울링이 발생할 때마다 최적운전조건(유입유량 및 압력 등)을 찾아가면서 운영을 해야 함. 이 때의 최적운전조건은 유닛트레인 용량에 따라 달라짐.

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

(나) 2L: 저에너지(Low Energy)

해수담수화플랜트에서 에너지소비량 절감 목표는 매우 중요하다. 앞서 논의된 대형화 목표도 에너지소비량 절감을 위한 하나의 방법이다. 현재 해수담수화 플랜트의 최소 에너지 소모량은 Point Lisas의 3.8 kWh/톤으로 현재까지 설치되어 운전 중인 해수담수화플랜트 중 최고의 에너지 효율을 보이고 있다. 원인은 크게 세 가지로 분석될 수 있는데, 첫째, 유닛트레인의 대형화(세계 최대 규모인 5.2 MIGD) 효과, 둘째, Point Lisas 플랜트 설치지역의 높은 평균 해수온도(27°C), 셋째, 플랜트 전체규모의 대형화(25 MIGD 이상)의 영향으로 보인다. 해수담수화사업단에서는 세계최고수준의 에너지 효율을 목표로 하나, 국내 지역의 해수 수온 조건(10-30°C) 및 테스트베드 규모가 10 MIGD(45,000 톤/일)임을 고려하여 에너지 소비량 목표를 4 kWh/톤 이하로 설정하였다. 이는 사업단 테스트베드와 비슷한 조건의 일본 후쿠오카 플랜트의 경우(전체규모 5만톤/일, 에너지 소모량 5.5 kWh/톤)보다 훨씬 낮은 목표이므로, 세계 최고를 지향하는 사업단 목표로 적합하다고 할 수 있다(표 2-31 참조).

표 2-31. 최근에 건설 완료된 해외 해수담수화 플랜트의 기본 사양

플랜트	Ashkelon	Carboneras	Fukuoka	Point Lisas	Tuas
국가	이스라엘	스페인	일본	트리니다드토바고	싱가폴
건설업체	IDE/Velolia (미국)	Pridesa (스페인)	Obayashi (일본)	GE-Ionics (미국)	Hyflux (싱가폴)
에너지소모량 (kWh/톤)	3.9	4.1	5.5	3.8	4.3
생산량 (톤/일)	326,144	120,000	50,000	119,000	136,360
유닛트레인 개수	32	12	5	5	10
물생산단가 (US\$/톤)	0.53	0.57	1.84	0.71	0.47

(출처: IDA Year book 2006-2007)

저에너지 목표를 달성하기 위해서 추진되어야 할 연구목표 및 관련하여 3핵심과제의 유닛트레인 및 테스트베드 대형화를 통한 에너지소비량 절감, 2핵심의 고기능성 국산막 개발을 통한 에너지소비량 절감 및 고성능 국산펌프 및 에너지회수장치 개발을 통한 에너지소비량 절감, 그리고, 1,2핵심과제의 단위공정(전처리, 역삼투공정, 후처리 등)의 최적화를 통한 에너지소비량 절감(1, 2핵심과제) 등에 대한 연구목표가 설정되어 있다. 4 핵심과제는 효율적인 운영관리기술 개발을 통한 에너지소비량 절감 등의 연구목표와 함께 저에너지 목표를 달성할 수 있을 것으로 기대한다.

(다) 3L: 파울링 저감(Low Fouling)

대형화와 저에너지 외에도, 사업단은 파울링 저감이라는 목표를 설정하였다. 역삼투식 해수담수화플랜트 시스템은 취수장치-전처리-역삼투막 공정-후처리 등으로 구성되어 있다. 전체 시스템 중, 가장 중요한 공정은 SWRO 공정이다. SWRO 공정의 성능향상이 해수담수화플랜트의 경쟁력을 확보하는 최선의 방향이다. 따라서, 파울링 저감기술이 확보되면 SWRO 공정의 막교체주기 및 에너지효율 향상 등의 경제적인 편익이 발생한다. 사업단에서 설정한 파울링 50% 저감의 목표를 달성하기 위해서 효율적인 취수공정의 개발 (3핵심과제), 효율적인 전처리공정의 개발(1핵심과제)과 함께 4핵심에서는 해수담수화플랜트 운영유지 기술의 확보를 통하여 파울링 저감효과에 따른 고효율 운영이 가능하다.

파울링을 정량화한 지표 중 가장 널리 사용되는 지표는 SDI(Silt Density Index)이나, 그 기능이 제한적이므로 좀더 신뢰성 있는 파울링 지표의 필요성이 증가되고 있고, 이를 위해 많은 연구자들이 연구를 수행하고 있으며, 사업단에서는 신뢰성 있는 신개념 파울링 지표를 개발하여, 3L 기술 목표 중 하나인 파울링 50% 저감 목표를 달성할 수 있다.

(2) 4핵심 세부과제별 테스트베드 사업 적용 방안

(가) 4-1세부과제 테스트베드 사업 적용 방안

운전관리 기술은 몇 부분으로 나누어 볼 수 있는데 가장 중요한 부분은 전체 플랜트를 작동할 수 있게 만드는 운전 시스템으로 테스트베드의 운전 시스템의 설계에 따라 플랜트의 효율성이 결정된다 할 수 있다. 따라서, 운전유지관리 기술은 테스트베드에 적용을 하여 최적 운전관리 기술을 적용하여 기술을 확보한다. 그림 2-30에서 각 핵심과제의 테스트베드 적용 방안을 나타냈다.

테스트베드 운전 중 플랜트 설비들의 운전 상태를 모니터링하여 운전자에게 알려 주고, 운전자가 설비의 상태에 따라 운전을 조절 할 수 있게 도와주는 모니터링 시스템은 운전관리 시스템과 밀접하게 연관되어 있으며 테스트베드의 운전 및 운영에 적용된다. 표 2-32는 4-1 세부과제의 테스트베드 적용시기 도출 및 적용시기를 설명하고 있다. 각 연구기술은 3 단계에서 적용될 것으로 생각된다.

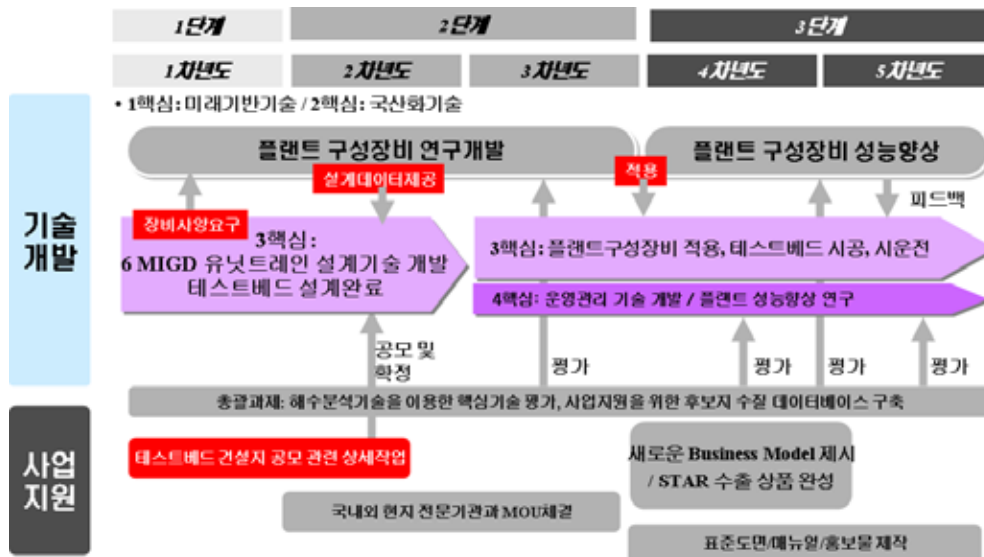


그림 2-30. 각 핵심과제의 테스트 베드 적용 일정의 개략도
(출처:사업단 상세기획 조사/분석 자료)

표 2-32. 4-1 세부과제의 테스트베드 적용기술 도출 및 적용 시기

세부과제	연구기술	적용시기
플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	플랜트 운전 및 최적화	3단계
	수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전관리	3단계
	운전 및 유지관리자 유지보수	3단계

(나) 4-2세부과제 테스트베드 사업 적용 방안

해수담수화 플랜트에서의 성능은 원수(해수)의 상태, 해수담수화막의 수명(교체주기), 투과량, 운전압력 및 전후단의 차압, 삼투막의 세척 주기(시기), 공급 펌프 및 여과기의 효율, 에너지 사용 및 회수장치의 유무 등이 요소이나, 원수의 상태 및 설비(펌프) 효율, 에너지 문제는 플랜트의 설치장소 및 생산량에 따라 결정되는 것으로, 플랜트 설계 시에 이미 반영되어 고정 변수화되므로 해수 담수화 플랜트에서의 성능관리는 삼투막의 성능 악화 방지, 오염 방지 및 세척 등 막의 관리가 핵심요소이다.

플랜트 진단 기술은 플랜트의 물리적 상태를 진단하는 기술로 해수담수화 플랜트는 많은 약품들과 부식성이 높은 염수를 원수로 사용하기 때문에 물리적 상태의 측정과 감시가 필요하다. 이를 위하여 플랜트의 구성 재질에 관한 정보가 망라되어 있어야 하며, 또한 검사 기술이 잘 개발되어 있어야 한다. 표 2-33은 4-2 세부과제의 테스트베드 적용 기술 도출 및 적용 시기를 설명한다. 4-2 세부과제에서 도출될 수 있는 적용기술은 4-1세부과제와 마찬가지로 3 단계에서 적용될 것으로 생각된다.

표 2-33. 4-2세부과제의 테스트베드 적용기술 도출 및 적용 시기

세부과제	연구기술	적용시기
플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	플랜트 설비 진단용 DB 구축	3단계
	성능진단, 공정관리 기술	3단계
	플랜트 관리 및 안전시스템	3단계

3. 소요 연구비

가. 핵심과제 연구비

- 총 비목별, 단계별 및 연차별 연구비 (단위: 백만원)

구 분		1단계	2단계		3단계		계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요 예산	인 건 비	-	-	300	300	300	900
	직접사업비			2100	3500	2800	8,400
	간접사업비			200	300	200	700
	위탁사업비						
합 계				2,600	4,100	3,300	10,000
재원 조달	정 부			1300	2,050	1,650	5,000
	민 간*			1300	2,050	1,650	5,000
	기타(지자체 등)						
합 계				2,600	4,100	3,300	10,000

* 참여기업이 대기업인 경우 산정 결과임.

나. 세부과제별 연구비

- 4-1 세부과제 비목별, 단계별 및 연차별 연구비 (단위: 백만원)

구 분		1단계	2단계		3단계		계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요 예산	인 건 비			200	200	200	600
	직접사업비			1,800	3,000	2,200	7,000
	간접사업비			100	200	100	400
	위탁사업비						
합 계				2,100	3,400	2,500	8,000
재원 조달	정 부			1,050	1,700	1,250	4,000
	민 간*			1,050	1,700	1,250	4,000
	기타(지자체 등)						
합 계				2,100	3,400	2,500	8,000

* 참여기업이 대기업인 경우 산정 결과임.

- 세부과제 연구목표의 비목별 연구비

(단위: 백만원)

구 분	정부	민간	계
플랜트 운전 경험 및 기술 확보	1,200	1,200	2,400
플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발	1,900	1,900	3,800
수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성	650	650	1,300
운전 및 유지관리자 교육 프로그램을 통한 유지보수	250	250	500
합계	4,000	4,000	8,000

* 참여기업이 대기업인 경우 산정 결과임.

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

- 4-2 세부과제 비목별, 단계별 및 연차별 연구비

(단위:백만원)

구 분		1단계	2단계			3단계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
소요 예산	인 건 비			100	100	100	300
	직접사업비			300	500	600	1,400
	간접사업비			100	100	100	300
	위탁사업비						
합 계				500	700	800	2,000
재원 조달	정 부			250	350	400	1,000
	민 간*			250	350	400	1,000
	기타(지자체 등)						
합 계				500	700	800	2,000

* 참여기업이 대기업인 경우 산정 결과임.

- 세부과제 연구목표의 비목별 연구비

(단위: 백만원)

구 분	정부	민간	계
플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발	500	500	1,000
플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발	300	300	600
플랜트 관리 및 안전시스템 구축	200	200	400
합계	1,000	1,000	2,000

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

- 세부과제별 연구비

구 분	1세부과제	2세부과제			계
1차년도					
2차년도					
3차년도	2,100	1,000			3,100
4차년도	3,400	600			4,000
5차년도	2,500	400			2,900
계	8,000	2,000			10,000

다. 산정근거

4-1 세부과제: 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술

(단위:백만원)

구 분	근 거	금액	비율 (%)
인건비	책임급 1 Man/Year, 선임급 3 Man/Year, 원급 3 Man/Year (인건비2-3 shift, 1 shift당 4인)	600	7.5
기자재	해당사항 없음		
재료비	분산제어 시스템 구축	200	2.5
	원격 모니터링 시스템 구축	180	2.3
	운전관리 시스템 구축 및 매뉴얼	220	2.8

	운전 자료의 분석 소프트웨어 운용	400	5.0
	화학약품*	1,000	12.5
	전력비**	4,500	56.3
	기타	500	6.3
	소계	7,000	87.5
기타	간접비 포함	400	5.0
계		8,000	100
* 화학약품비: 0.015-0.045 \$/m ³ , 0.03 \$/m ³ = 30 won/m ³ (Wilf, 2007)			
** 연간 45-50억 수준증액이 고려되어야 함. 연구기간 중 생산수 판매로 충당 여부 검토)			

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

4-2 세부과제: 플랜트 진단 및 관리시스템 기술

(단위:백만원)

구분	근거	금액	비율(%)
인건비	책임급 1 Man/Year, 선임급 2 Man/Year, 원급 2 Man/Year (인건비: 2-3 shift, 1 shift당 4인)	300	15.0
기자재	해당사항 없음		
재료비	플랜트 설비 잔여수명 진단 시스템 구축	400	20.0
	플랜트 설비 재질 DB 구축	300	15.0
	안전관리시스템 구축	300	15.0
	공정수질관리 시스템 구축	300	15.0
	기타	100	5.0
	소계	1,400	70.0
기타	간접비 포함	300	15.0
계		2,000	100

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

4. 4 핵심과제의 기술개발 효과 및 성과활용방안

가. 사회적·경제적·기술적 파급 효과

(1) 사회적·경제적 파급 효과

□ 개발하는 해수담수화 플랜트 건설 및 운영 유지기술을 바탕으로 해외에 플랜트를 건설하고 중동 뿐 아니라 북미나 아시아, 유럽 등의 새로운 시장을 개척함

해수담수화 플랜트 연구개발사업은 본질적으로 국가적 차원의 대규모 사업단 과제이므로 사전에 체계적으로 철저한 목표지향적인 사업계획 및 추진 전략의 수립이 필요함. 사전연구기획은 연구투자의 효율성 향상, 합리적인 연구성과 관리, 사업단 과제의 조기 추진을 위해 필수적이다. 역삼투방식의 해수담수화 플랜트 기술의 개발은 우리나라가 세계 해수담수화 시장을 석권할 수 있는 가능성이 높일 뿐 아니라 또한 중동 위주의 플랜트 해외진출도 다원화가 가능하여 지속적인 시장창출을 가능하게 하기 위한 원동력이다.

□ 플랜트 운영 유지기술 확보를 통한 국내 시장의 물산업시장 확보

해수담수화 플랜트 설비의 운전경험을 보유한 업체를 포함한 국내의 유지관리기술 현황을 살펴보면, 유지관리기술을 확보하고 있는 회사운전 실적은 큰 차이를 보인다. 선진국의 해수담수화 및 수처리 관련 엔지니어링 회사에서는 막 제조 회사를 인수하는 등 공격적인 기술개발 전략을 선택하고 있으므로, 국내에서도 이를 대항하기 위한 체계적인 대규모 R&D 프로젝트의 추진이 이루어져야 한다. 본 해수담수화 플랜트 건설 시공과 더불어 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술 개발이 이루어질 경우, 선진국의 해수담수화 및 수처리 관련 엔지니어링 회사의 국내 시장의 점유율을 줄일 수 있다.

□ 해수담수화 미래기반 기술개발 성과와 테스트베드 중심의 실증화 기술개발 성과간의 시너지효과를 발생시켜 관련 산업 활성화 및 신규 수요창출에 기여.

해수 담수화 플랜트는 많은 설비와 복잡한 기술로 이루어져 있어서 운전 및 유지

관리 최적화 기술과 플랜트의 상태를 항상 모니터링하고 이를 운전 및 유지관리 기술 부문에 알려주기 위한 플랜트 진단 및 시스템 기술, 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하다. 본 핵심과제의 상세기획보고서에서 제시하고 있는 세부핵심 기술 외에 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술과 관련된 창의적이고 획기적인 기술개발 과제의 공모가 필요하다. 한국의 IT 관련 성과와 해수담수화 운전유지관리 기술을 접목할 수 있는 시스템이나 기술 및 장비가 개발된다면 연구성과의 발전이 이루어질 수 있다. 창의적이고 획기적인 자유공모과제의 수행을 통하여 운영 및 유지관리기술의 고도화를 이룰 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대한다.

□ 무역수지 개선효과 : 기술 및 플랜트 수출, 국내 담수화 시장 보호

수출의 경우, 사업완료 후 우선적으로 중동 지역에 약 5년간에 걸쳐 3개 정도의 대형 해수담수화 플랜트를 수주하여 외형액 기준 약 3000억 정도의 직접적인 경제효과가 예상된다. 또한 본 기술은 해수담수화 뿐만 아니라 대단위 공장의 산업용수 공급을 위한 RO 시장, 하수 및 용수 재이용시장 등에 용이한 물 관련 다국적기업이 차지하고 있는데 본 기술개발을 통해 국내 시장 보호 및 국부 유출을 방지할 수 있다.

표 4-1은 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술이 개발될 경우 예상되는 무역수지 개선효과를 산정한 결과이다. 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술을 통한 무역수지 개선효과는 전체 플랜트 수출량의 5%로 가정하면 약 150 억의 수출효과를 창출할 수 있다.

표 4-1. 무역수지 개선 효과

절감내용 및 비용	산정근거
플랜트 수출(360억)	1000억/Plant × 3 Plant × 4 핵심과제 기여 5% = 360억
기술 수출 (10억)	1억/회 × 5회 기술수출 (로열티) = 10억
자국 기업을 통한 관련 RO 시장 보호 (18억)	분리막/RO관련 국내 시장 6000 억/년 × 다국적기업 점유율 30% × 총괄과제 기여율 1.0% = 18 억

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

□ 새로운 분야의 산업을 활성화시킴으로써 전문인력을 양성하고 신규 일자리를 창출함으로써 국가산업을 활성화함.

본 과제 성공시 새로운 분야의 산업을 활성화시킴으로써 전문인력을 양성하고 신규 일자리를 창출함으로써 국가산업을 활성화가 가능할 것이다. 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술의 개발을 통하여 예상되는 고용창출 효과는 연구인력, 운전유지 보수교육자 등을 포함한다. 표 4-2는 해수담수화 운영 및 유지관리 기술 개발로 인한 고용창출 효과를 설명한다.

표 4-2. 해수담수화 운영 및 유지관리 기술의 고용 창출 효과

고용창출 효과	비 고
연구인력 20인 (박사 5인, 석사 15)	단순히 4핵심과제 수행을 위한 분석/평가와 관련된 전문인만 고려한 경우
플랜트 운전유지 보수교육자	플랜트 운전 유지 보수교육을 통한 전문인력 양성 (최소 10인 예상)
광의의 고용창출 약 3,000명 이상	본 과제 지원을 통해 해수담수화플랜트 사업단의 성공적 과업 마무리를 통해 해외 수출용 SWRO 공정이 확보되고 이를 바탕으로 해외 수주가 가능 하다고 가정하면 관련 국내 기업의 고용효과, 설치된 플랜트의 운영인력 고용 등 다양한 방면에서 많은 고용창출이 가능할 것으로 판단된다. (담수화 플랜트 사업단 전체)

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

□ 해수를 이용하여 안정적으로 용수를 공급할 수 있는 담수화 기술을 확보함으로써 국내 물부족 지역 및 공업용수가 대량으로 필요한 산업단지 등에서의 용수수급 문제를 해결함.

우리나라에서 해수담수화는 가뭄과 더불어 지형여건상 수자원 확보의 어려움 때문에 만성적인 용수 부족현상을 나타내고 있는 일부 도서지역에 항구적인 용수공급 방안의 하나로 추진되고 있다. 상대적으로 높은 처리단가에도 불구하고 해수담수화는 장래 물 부족에 대비하여 대체 수자원으로 개발이 계속되고 있으며 단가도 점차 낮아지는 추세이다. 우리나라는 1989년 후반 보령화력에 담수화 설비를 설치, 실험

적으로 운영하였고, 2005년말 현재 우리나라에는 총 48 여개소(약 12만 m³/일)의 담수화설비가 설치·운영중에 있으며 담수화를 이용한 생활용수 확보는 도서지역 44개소 2,352 m³/일, 공업용수의 경우 4개 공장에서 115,800 m³/일의 담수화 플랜트 운영중이다. 공업용수는 해수보다는 염수, 지하수, 공장폐수 등을 일정수준의 수질로 개선하여 공업용수로 사용하는 담수화 플랜트가 주류를 이루고 있다. 대용량 해수담수화 플랜트의 설계 및 시공기술 확보를 바탕으로 중소규모 해수담수화 플랜트 설비를 설치하여 용수 수급문제를 해결할 수 있다. 중소도시의 경우 하루 5-7 만톤/일의 규모의 해수담수화 플랜트가 설치될 경우, 물 공급을 원활하게 할 수 있다. 또한 부족한 공업용수로 사용하여 기존의 용수 공급에 활용할 수 있다.

(2) 기술적 파급효과

□ 테스트베드 운전경험을 통한 대형 해수담수화 플랜트 운영 유지기술 확보

해수담수화 플랜트 설비의 운전경험을 보유한 업체를 포함한 국내의 유지관리기술은 미비한 편이며, 선진국의 해수담수화 및 수처리 관련 엔지니어링 회사에서는 막 제조 회사를 인수하는 등 공격적인 기술개발 전략을 선택하고 있다. 본 해수담수화 플랜트 건설 시공과 더불어 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술 개발이 이루어질 경우, 선진국 대비 국내 기술수준을 살펴보면, 운전유지 관리 기술의 수준은 현재 도입단계로 40-50 % 수준에서 베드 운전 경험 및 성능 진단 기술 개발을 통한 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술이 개발될 경우, 과제 완료시 선진국 대비 80 % 수준(성숙단계)에 이를 것으로 보인다.

□ 대규모 역삼투 플랜트 기술 및 운영유지 관리기술 확보를 통한 해외 기술시장 진출의 기반을 구축

국내의 해수담수화 산업 발전 및 해외진출 과정을 보면 국내업체에서는 수처리 분야 뿐 아니라 발전분야의 기술기반을 가지고 있었기 때문에 빠른 성장 및 시장진출이 가능하였음. 따라서 해수담수화 플랜트 기술에 대한 국내산업의 인프라는 구축되어 있으며 기술적 경쟁력만 갖춘다면 향후에도 지속적으로 성장이 가능한 분야라고 판단됨. 또한 해수담수화 플랜트 기술의 종합학문이므로 기술개발에 따른 타

산업에의 파급효과 및 기술수준 향상효과가 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 현재 이루어지고 있는 대규모 플랜트의 수출들이 건설과 구매에 따른 규모의 경제에 따른 이익만으로 부를 창출하고 있는데, 여기에 우리의 축적된 지식과 기술이 동반된다면 진정한 의미의 플랜트 수출이 될 수 있다.

□ 논문/특허 등 지적재산권을 통한 기술 자립도 및 경쟁력 확보

현재 국내에서 출원한 해수담수화 분야의 특허는 양적인 측면에서 볼 때 미국이나 일본, 유럽 등에서의 특허의 3% 이하의 수준이며 원천기술의 확보수준도 미비하다. 따라서 국내 해수담수화 플랜트 사업은 국내 고유기술의 개발을 통해 특허점유율을 향상시키고 기술자립도 및 경쟁력을 높이는데 크게 기여할 것으로 판단됨. 현재 국내에서 출원한 해수담수화 분야의 특허는 양적인 측면에서 볼 때 미국이나 일본, 유럽 등에서의 특허의 3% 이하의 수준이며 원천기술의 확보수준도 미비함. 따라서 국내 해수담수화 플랜트 사업은 국내 고유기술의 개발을 통해 특허점유율을 향상시키고 기술자립도 및 경쟁력을 높이는데 크게 기여할 것으로 판단된다. 표 4-3은 4핵심 기술개발 결과 예상되는 과학기술적 연구결과를 정리하였다. 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리 기술에서 특허 출원은 3 건이상, 논문 3 건이상, 기술 인증 4 건이상의 기술력을 확보할 수 있다.

표 4-3. 4핵심과제의 과학기술적 연구성과

성과목표	성과지표	4-1세부과제	4-2세부과제	계
과학기술적 연구결과	논문	2	1	3
	특허등록	2	2	4
	기술인증	2	2	4

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

(3) 사회/문화적 파급효과

□ 용수의 신뢰감 회복

해수담수화플랜트 운전 및 운영유지 기술을 바탕으로 하여 생산된 담수는 국민들이 담수화 생산수에 대하여 가지고 있는 유해물질에 대한 근본적인 의구심을 제거할 수 있다. 결과적으로 국민의 먹는 물에 대한 신뢰감이 회복될 것이다.

□ 물부족 국가에 대한 인도적 지원을 통한 국가 위상 제고

해수담수화 플랜트 고효율 운전 및 운영 유지 기술 개발을 바탕으로, 개도국 및 물부족 국가에 대한 해수담수화 플랜트 설비 운영을 통한 인도주의적 차원의 지원이 이루어질 경우, 국가 위상이 높아진다.

□ 대형화 플랜트 건설 및 해외수주를 위한 기업주도형 R&D사업의 효율성

본 해수담수화 사업단의 목표는 핵심요소기술 개발뿐만이 아니라 실용화 가능한 핵심기술의 조기 상용화 및 이를 체계적으로 조합하여 최종 해수담수화 공정을 확보하여 수출 동력을 확보하는 것이다. 따라서 이와 같은 목표를 짧은 시간에 달성하기 위해 핵심요소기술 연구개발을 담당할 학계와 핵심장비 개발(분리막, 에너지 회수설비 등) 및 설계, 시공을 담당할 여러 대형 시공기업과 전문 엔지니어링회사들로 구성된 “기술개발 컨소시엄” 형태를 취하고 있다. 따라서 개별 참여기업 및 연구기관에서 불가피하게 업무의 중복이 발생할 수 있는데 대표적인 예가 전체 공정 상세설계, 역삼투막 국산화 등의 과제에서 요구되는 정확한 해수수질분석 결과와 개발공정의 성능평가를 들 수 있다. 이처럼 세부과제 들에서 요구되는 공통의 업무와 공정성이 요구되는 테스트베드의 운영, 평가와 관련된 일을 총괄기관에서 수행하여 정확한 정보를 신속히 Feedback 함으로써 국가 자본이 출연되는 R&D 사업의 성공위험성과 동시다발적인 기술개발의 낭비적인 요소를 획기적으로 낮추어 새로운 R&D의 모형을 제공할 것으로 기대된다.

□ 물관련 산업 관련 제도개선효과

해수담수화 플랜트 사업이 성공적으로 종료 되었을 시점에는 국민이 납득할 수 있는

생산수에 대한 수질분석 기준이나 인체 위해성 평가 기준이 마련되어야 한다. 현재까지는 국내의 경우 수돗물에 대한 검사항목과 감시항목이 정해져 있으나 해수는 육수와는 또 다른 특성을 가지고 있기 때문에 이에 대한 보다 적합한 기준 마련이 필요하다. 따라서 본 총괄과제를 통해 도출된 검사항목이나 분석기술이 향후 관련제도나 권고기준을 만드는데 많은 도움을 줄 것이다. 아울러, 운영 유지기술, 성능진단 기술, 안전기술을 도입하여 물산업 관련 제도를 개선하게 될 것으로 기대된다.

나. 성과활용방안

(1) 사업화 · 실용화 연계방안

□ 플랜트 운영 및 유지관리 기술 확보

국내의 해수담수화 산업 발전 및 해외진출 과정을 보면 국내업체에서는 수처리 분야 뿐 아니라 발전분야의 기술기반을 가지고 있었기 때문에 빠른 성장 및 시장진출이 가능하였음. 따라서 해수담수화 플랜트 기술에 대한 국내산업의 인프라는 구축되어 있으며 기술적 경쟁력만 갖춘다면 향후에도 지속적으로 성장이 가능한 분야라고 판단됨. 또한 해수담수화 플랜트 기술의 종합학문이므로 기술개발에 따른 타산업에의 파급효과 및 기술수준 향상효과가 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 표 4-4는 예상 연구성과를 정리하였다.

표 4-4. 플랜트 운영 및 유지관리 기술의 연구성과

구분	연구성과
4-1 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	<ul style="list-style-type: none"> ● 테스트베드 시운전 대비 20 % 전력 비용 절감 ● 연간 유지보수비 시운전 대비 10 % 절감 및 정비작업시간 시운전 대비 15 % 절감 ● 최적화 운영 유지관리를 위한 소프트웨어 완성 ● 운전 및 유지관리자 교육
4-2 플랜트 진단 및 관리시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> ● 플랜트설비 진단용 재질 별 DB 구축 및 활용 실적 ● 플랜트 성능 향상을 위한 설비 진단 및 관리 시스템 구축을 통한 시운전 성능대비 20 % 성능 향상 ● 플랜트 관리 및 안전시스템 구축을 통한 고장율 5 %, 가동율 99 % 실현

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

□ 테스트베드 적용을 통한 운전 유지기술의 활용

해수 담수화 플랜트는 많은 설비와 복잡한 기술로 이루어져 있어서 운전 및 유지관리 최적화 기술과 플랜트의 상태를 항상 모니터링하고 이를 운전 및 유지관리 기술 부문에 알려주기 위한 플랜트 진단 및 시스템 기술이 필요하다. 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 마지막으로 여러 가지 안전과 관계되는 사항을 관리할 수 있는 기술이 필요하다.

표 4-5는 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술을 통하여 테스트베드에 적용할 수 있는 기술을 열거하였다. 테스트베드의 적용시기는 3단계이며, 이를 통하여 개발된 기술을 검증한다. 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술의 성과는 테스트베드 적용을 통한 플랜트 운전 경험 확보 및 운전최적화를 통하여 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술개발을 바탕으로 하여 시운전대비 에너지 20% 절감할 수 있다. 플랜트 진단 및 관리시스템 개발을 통하여 시운전 대비 20%의 성능향상 등의 실용화 사업화에 활용될 것으로 기대된다.

표 4-5. 4핵심의 테스트베드 적용기술

세부과제	4-1 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술	4-2 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술
테스트베드 적용 기술	플랜트 운전 및 최적화	플랜트 설비 진단용 DB 구축
	수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전관리	성능진단, 공정관리 기술
	운전 및 유지관리자 유지보수	플랜트 관리 및 안전시스템

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

(2) 정부 정책과의 연계방안

□ 정부의 물산업 육성 정책과 연계

최근 물시장은 급속히 팽창하고 있지만, 소수 다국적 유명 물산업 관련 기업이 해외 물산업을 독식하고 있으며, 2015년에는 20여개의 다국적 물전문기업이 전체 물시장의 50% 이상을 점유할 것으로 전망된다 (환경미디어, 2007년 7월). 정부는 1997년에 “물관리 종합대책”의 일환으로 ‘해수담수화 타당성 조사 및 증장기 개발계획’을 수립하였으며 수자원 확보의 다양성을 위하여 해수담수화 기술을 위한 연구를 수행중이다. 환경부는 전담과 신설 등을 포함한 물산업 육성을 위한 정책을 마련하고 있다. 건설교통부는 2006년에 새롭게 수립한 “건설교통 R&D 혁신로드맵”의 “미래가치 창출”이 가능한 10대(VC-10) 과제 중의 하나로 해수담수화 플랜트 사업단을 2006년 12월 29일 발족하였다.

국내 시장을 노리고 이미 국내에 진입해 있거나(프랑스의 베올리아), 향후 진출을 도모하고 있는 세계적인 물관련 기업에 필적할 만한 국내 기술 수준을 높여서 국부 유출을 사전에 방지할 수 있다.

□ 대형 플랜트 건설 및 해외수주를 위한 수출주도형 R&D사업

해수담수화 플랜트 기술은 국가 산업의 국제 경쟁력 강화를 위한 대규모 실용화 기술 중심이라는 정부의 R&D 추진방향과 일치하며, 더 나아가 통합적이고 전략적인 기술을 개발함으로써 해외시장을 개척할 수 있는, 즉 상용화를 통한 가치창출이 가능한 대표적 R&D 과제이다. 또한 미래의 정부지원 대형국책과제 들은 조기실용화와 수출 가능한 최종 상품을 확보하는 것을 최우선을 하고 있다. 이를 달성하기 위해 R&D 능력이 우수한 다수의 기업 및 전문엔지니어링 회사, 학계의 기술컨소시엄 형태로 사업들이 진행되는데 개별 주체별 업무중복을 피하여 연구개발기간 단축을 통한 연구비의 절감이 필수적이다. 따라서 본 총괄과제에서 효과적으로 세부과제들을 지원, Feedback 시스템은 국가 자본이 출연되는 R&D 사업의 성공위험성과 동시다발적인 기술개발의 낭비적인 요소를 획기적으로 낮추어 새로운 R&D 사업의 모형을 제공할 것으로 기대된다.

5. 4 핵심과제 선정/평가방법 설정

가. 핵심과제 RFP

핵심과제명	해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리
1. 연구개발 목표	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 플랜트 운전 경험 및 기술 확보 ○ 플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발 ○ 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운영관리 운전 매뉴얼 및 운영인자에 근거한 운전 소프트웨어 완성 ○ 플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발 ○ 플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발 ○ 플랜트 관리 및 안전시스템 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 역삼투방식의 해수담수화 (SWRO) 플랜트 운영유지 기술의 확보를 통한 해외 시장 경쟁력 보유 및 지속적인 시장 창출 ○ 고효율 운영 유지 기술을 포함한 플랜트 건설기술 수출을 통해 국제적 위상 증대. ○ 해수 담수화 플랜트는 많은 설비와 복잡한 기술로 이루어져 있어서 운전 및 유지관리 최적화 기술과 플랜트의 상태를 항상 모니터링하고 이를 운전 및 유지관리 기술 부문에 알려주기 위한 플랜트 진단 및 시스템 기술 필요. ○ 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 해수 담수화 전 과정에서 생성되는 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술, 그리고 안전관리기술 개발로 플랜트 담수화 설비의 효율적인 운영을 통한 기술 확보가 필요 ○ 증발법의 해수 담수화에서 역삼투압방식의 해수담수화 플랜트 기술로의 전환이 요구되는 해외 시장 상황에 맞추어 대형 SWRO 플랜트 사업의 육성을 위하여 국내 기업에 대한 집중적 연구개발 및 국가적인 지원이 요구됨.
<input type="checkbox"/> 기술동향	<p><국 내></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 해수담수화 플랜트 운전 유지관리 관련 국내 시장은 물산업 관련 시장에 비해 아직 미비한 수준 ○ 외국기업의 국내 시장 진출은 국내 업체와의 업무 제휴 등을 통하여 활발하게 진행되고 있어 고효율 운영유지 관리 기술의 확보가 시급함.

- 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한기술로는 운전관리 기술, 설비유지관리 기술이 필요하며, 플랜트 진단 및 시스템 기술로는 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술, 공정수의 수질을 측정 관리하는 기술 등이 핵심 기술 확보가 시급.
- 운전 및 유지관리기술, 진단 시스템 기술, 성능관리 기술의 수준은 선진국대비 각각 50 %, 40%, 50% 수준임.
- 50,000 m³/day 규모의 대형 역삼투압 해수 담수화 공장을 건설, 수출한 경험이 전무한 실정.
- 해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술 관련 국내 산업이 미비한 수준에 있으나, 수도 산업 관련 연구 인력 및 경험보유, 막소재 관련 인프라 구축 등의 Strength를 활용하면, 운영 및 유지관리기술 분야의 선진국의 기술수준을 극복할 수 있을 것으로 기대

<국 외>

- 두산중공업이 중동국가 등의 담수 설비 시장에서 약 30 %의 시장점유로 세계 1위를 점하고 있으며, 해수담수화의 기술 및 공장설비의 기술은 상당한 수준에 도달해 있음. 대형 담수화플랜트 운영유지 관리기술을 보유한 국내기업의 진출을 통한 시너지 효과가 필요함.
- 해수담수화 공정별 용량분포를 살펴보면, 해수담수화 역삼투 45 %, 증발법 32 % (MSF 25 % + MED 7 %) 로 역삼투법이 주류를 이루고 있음. 따라서, SWRO 플랜트 운영유지 관리기술에 대한 수요 증대.
- 현재 10,000톤/일 이상 규모의 플랜트가 전체의 80%를 차지하고 50,000톤/일 이상 규모의 플랜트가 57%를 차지하여 SWRO 대형화되는 추세에 있음. 역삼투 방식의 해수담수화 시장의 연평균 성장률은 16.6%임. 따라서 향후 시장성을 고려할 때 대규모 SWRO 플랜트 기술을 개발하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 해수담수화 역삼투설비 건설 및 운전으로는 Ionics, IDE Tech. Ondo Degremont이 세계 3대 기업으로 인정받고 있음. 운전 유지 및 운영관리 분야는 Veolia Water, CH2M Hill, ACWA Power, Inima 등.
- 해수담수화 플랜트 관련 기업 현황을 살펴보면, 주요 물기업을 지배한 소수의 해외 다국적기업이 인수, 합병 등을 통해 확보한 경쟁력을 바탕으로 민영화된 세계시장에 적극 진출하고 있다. 대부분 전통적 수처리 사업을 기반으로 출발, RO 사업을 20여년 이상 수행한 경험을 보유하였으며, 유럽, 북아프리카 및 중남미에서 성장하여 최근 중동 대형역삼투막 시장으로 전환 중임.

3. 연구개발 내용

□ 세부과제 1 : 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술

○ 연구개발 필요성

- 운전 및 유지관리를 최적화하기 위한 기술 중 플랜트의 성능관리 기술과 플랜트 상태 진단을 위한 기술에서 유지관리는 운전이 제대로 이루어지기 위한 전제 조건으로 유지관리가 잘 되어야 함.
- 유지관리는 운전에 부속된 분야로 여겨져 왔으나 오늘날에는 플랜트의 경제성을 결정하는 가장 중요한 분야로 부각, 발전되고 있음.
- 플랜트의 효율적인 운영을 위하여 전 플랜트의 설계 자료를 체계적으로 유지할 수 있고, 이의 갱신과 수정이 유기적으로 관리될 수 있는 기술이 개발이 필요함.

○ 연구개발 내용

- 플랜트 효율적 운영을 위한 지침 마련
- 국내외 플랜트 운영 유지 현황조사
- 상용화를 위한 플랜트 유지관리기술 확보를 위한 운전 계획 수립
- 플랜트 성능평가 인자 도출
- 국내외 플랜트 운영 외국 전문 기업 벤치마킹
- 플랜트 운전기술의 분석을 통한 최적화 방안 마련
- 제어시스템을 이용한 유지관리 기술
- 운전 및 설계인자 해석을 통한 시스템 해석
- 플랜트 설비의 운전기술 및 성능 평가
- 수질별, 부하별, 목적별 플랜트 운전 최적유지관리 기술 개발
- 플랜트 설비의 유지관리 매뉴얼 작성
- 플랜트 운전 위한 매뉴얼 마련
- 운전기술 자료를 통한 운전 소프트웨어 완성 및 평가
- 플랜트 운전 위한 매뉴얼을 통한 유지보수 교육 수행

□ 세부과제 2 : 플랜트 진단 및 관리시스템 기술

○ 연구개발 필요성

- 플랜트의 진단 및 시스템 기술은 플랜트의 상태를 최적으로 유지하여 운전과 유지보수에 도움을 줄 수 있도록 하는 분야의 기술로 이 분야의 기술은 크게 플랜트의 성능관리 기술, 플랜트 진단 기술, 수질관리 기술 및 안전관리 기술의 개발이 필요함.

- 성능관리는 불필요한 작업의 제거, 설비 운전방법의 개선, 설비 용량의 최적화 등의 연구가 수반됨.
- 플랜트 진단 기술은 플랜트의 물리적 상태를 진단하는 기술이다. 해수담수화 플랜트는 약품들과 부식성이 높은 염수를 원수로 사용하기 때문에 물리적 상태의 측정과 감시가 필요하며 플랜트의 구성 재질에 관한 정보를 활용한 DB 구축 및 활용에 대한 연구가 필요함.

- 연구개발 내용
 - 플랜트 진단 및 관리시스템 구축을 위한 자료 조사
 - 진단용 재질별 DB 구축
 - 시운전과 연계된 플랜트 진단기술 및 장비개발
 - 플랜트 진단 시스템 구축
 - 플랜트 노후 진단 기술 개발
 - 플랜트 진단 기술확립 및 매뉴얼 작성
 - 플랜트 성능 진단 및 관리 기술확립
 - 플랜트 성능진단 기술 매뉴얼 작성
 - 플랜트 관리 및 조기진단 IT 시스템 구축
 - 테스트 베드의 플랜트 관리 및 안전시스템 구축
 - 테스트베드 적용을 통한 플랜트 진단 기술 평가
 - 시스템 장기 활용 계획 수립

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 4핵심과제는 테스트베드의 시운전 및 테스트베드 운영관리와 밀접한 관련을 맺고 있음. 따라서, 고효율 운영유지관리를 위한 지침을 마련하여 3핵심의 테스트베드 설계시 적용할 수 있도록 함.
 - 플랜트 운전 및 유지관리 최적화기술개발을 위하여 핵심기발 기술 심화 및 테스트베드 설계 완료로 플랜트 효율적 운영을 위한 지침 마련, 국내외 플랜트 운영 현황조사, 상용화를 위한 플랜트 유지관리기술 확보를 위한 운전 계획 수립, 플랜트 성능평가 인자 도출.
 - 플랜트 진단 및 관리시스템 기술개발을 위하여 해수담수화 사업 2 단계의 플랜트 진단 및 관리시스템 구축을 위한 자료 조사, 진단용 재질별 DB 조사 등을 수행하며, 3 단계에서는 3-1과제와 연계하여 테스트베드 적용을 통한 플랜트 진단 기술 평가, 플랜트 진단 기술 적용 및 공정 평가 등을 수행.

□ 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기 수행되었거나 현재 수행중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함하여 추진 ○ 사업단 3대 기술목표 3L (Large Scale, Low Energy, Low Fouling) 달성을 위한 테스트베드 운전최적화 및 운영유지관리 기술 조기 확보 방안 강구 ○ 성과 목표를 구체적으로 제시하고, 그 성과 지표달성을 증명할 수 있는 연구를 반드시 포함하여 추진 ○ 테스트베드의 운전최적화 및 운영유지 관리를 통한 사업단 목표 달성을 위하여 3핵심과 유기적인 연구개발. ○ SWRO 플랜트 운영유지 기술 확보를 통한 국내 연계산업의 성장을 도모함. ○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 통해 국내 현실에 적합한 기술개발 ○ 연구개발의 효율성을 높이기 위해 산학연 공동 연구 협의체 활용. ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 (www.kictep.re.kr 정보마당, www.kordi.go.kr 참조)
--------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. 최종성과물용화방안	
---------------------	--

□ 최종성과물	<p>4-1 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 테스트베드 시운전 대비 20 % 전력 비용 절감 ○ 연간 유지보수비 시운전 대비 10 % 절감 및 정비작업시간 시운전 대비 15 % 절감 ○ 최적화 운영 유지관리를 위한 소프트웨어 완성 ○ 운전 및 유지관리자 교육 <p>4-2 플랜트 진단 및 관리시스템 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 플랜트설비 진단용 재질 별 DB 구축 및 활용 실적 ○ 플랜트 성능 향상을 위한 설비 진단 및 관리 시스템 구축을 통한 시운전 성능대비 20 % 성능 향상 ○ 플랜트 관리 및 안전시스템 구축을 통한 고장율 5 %, 가동율 99 % 실현
---------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

□ 실용화 또는 사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산학연의 연계를 활용한 테스트베드 운영 유지관리 기술 관련 역할 분담과 효율적인 운영체계를 확립하여 완성도 높은 기술(시스템, 제품 등) 개발 계획 수립 ○ 테스트베드 운전경험을 바탕으로 한 해수담수화 플랜트 운영 및 유지관리기술 실용화 방안 제시 ○ 국내외 상용 해수담수화 플랜트 운영 사례를 통한 사업화 방안 강구 ○ 해수담수화 플랜트 수출과 병행한 해외시장 진출
-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. 사업기간 및 소요예산(안)	
<input type="checkbox"/> 전 체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 사업기간 : 2009년 7월 ~ 2012년 8월 (3년 2개월) - 1단계 : 해당사항 없음 - 2단계 : 2008년 7월 ~ 2010년 6월 - 3단계 : 2010년 7월 ~ 2012년 8월 ○ 총연구비 : 총 100 억원 (정부지원금 : 50 억 이내) ※ 총연구비(정부+민간)는 상세기획보고서의 편성예산을 참조하되, 민간부담금의 부담 규모에 따라 정부지원금은 변경 가능
7. 기 타	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 해수담수화 플랜트의 운영 및 유지기술 확보를 통한 실용화 전략 마련. ○ 정부출연금 예산 규모는 연차별 예산확보에 따라 변경될 수 있음. ○ 법제도, 표준 및 실용화를 위한 조직체계 및 인력 투입방안 제시 ○ 기타 세부사항은 ‘해수담수화플랜트 사업단 상세기획 보고서 (2007. 7 한국건설교통기술평가원)’ 참조 	

나. 해당분야 요소기술 제안공모 추진방안

건설교통기술연구개발사업 사업단 운영관리지침 제 4장 핵심과제 공모 및 평가에 의하면 “전문기관의 장은 사업단장과 협의하여 사업단 핵심과제 (세부과제 포함)에 대한 공모내용을 확정하고 공고할 수 있다”로 규정하고 있다. 관리 규정에 의거, 4핵심과제는 세부과제를 포함하여 공모를 추진한다. 표 5-1은 제안공모 추진방안을 설명한다.

4 핵심 해수담수화 플랜트 고효율 운영유지 관리기술 개발은 플랜트 운전 경험 및 기술 확보, 플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발, 플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발, 플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발, 플랜트 관리 및 안전시스템 구축 등의 목표로 하고 있다. 본 핵심의 세부과제인 4-1 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술, 4-2 플랜트진단 및 관리시스템 기술 과제는 테스트베드 적용 및 운전경험을 바탕으로 한다. 두 과제는 테스트베드 운전을 통하여 기술을 확보할 수 있으며, 또한 두 개발 기술간 밀접한 관련을 맺고 있어서 연구팀으로 선발하는 것을 원칙으로 한다.

표 5-1. 4핵심과제 공모 추진 방안

핵심 과제	세부과제	공모
1 핵심	1-1 해수담수화 기반 및 지원체계 개발 1-2 해수 수질 맞춤형 최적 전처리 공정 개발 1-4 용도별 생산수의 후처리 기술 및 농축수 위해성 평가	핵심과제 통합 공모
2핵심	2-1 해수담수화 플랜트 국산화 지원을 위한 공정최적화 기술 개발 2-2 폴리아미드계 고기능성 해수담수화용 국산막 제조 및 모듈 개발 2-4 해수담수화용 저에너지/고효율 대용량 국산펌프 및 에너지 회수 터빈 개발	핵심과제 통합 공모
3핵심	3-1 대용량 시스템 설계 기술 3-2 테스트베드 국산소재 평가기술 개발	핵심과제 통합 공모
4핵심	4-1 플랜트 운전 및 유지관리 최적화 기술 4-2 플랜트진단 및 관리시스템 기술	핵심과제 통합 공모
제안공모 과제	1-3 SWRO 공정 모니터링 기술 개발 1-5 차세대 RO막 분석 및 막공정 진단 기술 2-3 고내구성 차세대 해수담수화용 국산막 제조 및 모듈 개발	사업단 공모

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

다. 선정 및 성과목표 평가지표

(1) 선정지표

(가) 핵심과제 선정 지표

4 핵심 해수담수화 플랜트 고효율 운영유지 관리기술 개발은 플랜트 운전 경험 및 기술 확보, 플랜트 설비의 최적 유지관리 기술 개발, 플랜트설비 진단용 재질 별 DB구축 및 플랜트 진단 시스템 개발, 플랜트 성능진단, 공정관리 및 노후 진단 기술 개발, 플랜트 관리 및 안전시스템 구축 등의 목표로 하고 있다. 따라서, 4핵심의 과제 선정을 위한 선정지표는 연구목표를 달성을 위한 구체적인 방법이 제시되어야 한다. 표 5-2는 4 핵심 주관기관의 선정을 위한 선정지표를 제시한다.

표 5-2. 4 핵심과제 선정 지표

구 분	평가항목	배 점
연구개발의 필요성	1. 사업목적과의 부합성	10
	2. 사업단 연구개발 목표와의 부합성	10
연구성과 목표/지표의 적절성	3. 사업단 연구성과목표/지표와의 부합성	10
	4. 성과목표/지표의 구체성	5
	5. 성과 목표.지표의 측정방법의 객관성	5
성과목표달성 가능성	6. 연구책임자와 연구진의 역량	5
	7. 성과달성을 위한 연구계획의 구체성 및 타당성	5
핵심과제	8. 테스트베드 운전을 위한 기술인력 확보 여부	10
	9. IT 기반의 진단 및 관리시스템 구축 경험	5
연구기관	10. 연구기기·장비·시설 등 연구인프라 구축 수준 및 활용성	5
	11. 연구관리시스템 및 지원시스템의 적절성	5
	12. 민간부담금 부담 등 해당기관의 연구지원 의지	5
성과활용계획	13. 연구성과물의 기대성과 및 파급효과 분석의 객관성 및 타당성	5
	14. 연구성과의 실용화, 상업화 계획의 구체성 및 실현가능성	15
기타	15. 제시된 RFP와의 부합성 - 평가위원 과반수 이상이 부합되지 않는다고 판단시 탈락 조치	
	16. 중복성 - 평가위원 과반수 이상이 기 수행되거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판단시 탈락 조치	

(2) 성과목표 및 지표

해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술은 테스트베드 운전경험 축적 및 운전 최적화를 통한 유지관리 기술, 플랜트 설비 진단 기술 및 관리 기술의 확보를 통하여 상용 플랜트 운영에 관한 것이다. 이를 위한 성과를 평가하기 위한 성과목표 및 지표의 제시는 매우 중요하다. 따라서, 4 핵심과제의 성과목표로 과학기술적 연구성과, 기술개발 역량 향상, 사회 경제적

과급 효과 증대 등이 제시되었다. 기반기술로부터 파생되는 논문건수에 관련된 지표 중심으로 구성이 된다. 4 핵심과제의 성과물 계획을 반영하기 위한 고유성과지표도 2개 선정이 되었다. 표 5-5는 4핵심의 성과목표 및 지표를 나타낸다.

표 5-5. 4 핵심 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별 목표치			최종 목표치
				1	2	3	
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1-1. 학술지 게재 논문건수(국내/국외)	-	-	4	4
		핵심	4-1. 특허출원 건수(국내/국외)	-	-	4	4
		일반	1-4. 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	-	-	4	4
	기술개발 역량 향상	일반	23-3. 과제당 산학연 협력 활동건수	-	-	4	4
		일반	핵심과제 평가보고서(고유)	-	2	4	4
		핵심	23-2 산학연 기술지원 건수	-	-	4	4
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	-	2	3	3
	사회·경제적 과급효과 증대	일반	3-1. 연구개발 관련 홍보건수	-	-	6	6
		일반	3-2. 기술확산을 위한 상호교류정도	-	-	6	6
	합 계				-	4	39

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

4-1세부과제는 플랜트 운전경험 및 기술 확보, 플랜트 운전 최적화, 다양한 인자별 운전 등의 목적을 지니고 있다. 표 5-6은 4-1 세부과제의 단계별 성과목표 및 지표를 나타낸다. 4-2 세부과제는 “플랜트 진단 및 관리시스템 기술”로 테스트베드의 설비 진단 시스템 개발 및 성능 진단, 공정관리 시스템, 플랜트 관리 및 안전 시스템 구축 등을 내용으로 한다. 이러한 내용은 4-1과제와 밀접한 관련을 맺고 있어서, 4-2 세부과제의 단계별 성과목표 및 지표는 4-1과제와 유사하게 적용하였다. 표 5-7은 4-2 세부과제의 단계별 성과목표 및 지표를 나타낸다.

표 5-6. 4-1 세부과제 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별 목표치			최종 목표치
				1	2	3	
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1-1. 학술지 게재 논문건수(국내/국외)	-	-	2	2
		핵심	4-1. 특허출원 건수(국내/국외)	-	-	2	2
		일반	1-4. 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	-	-	2	2
	기술개발 역량 향상	일반	23-3. 과제당 산학연 협력 활동건수	-	-	2	2
		일반	핵심과제 평가보고서(고유)	-	1	2	3
		핵심	23-2 산학연 기술지원 건수	-	-	2	2
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	-	1	2	3
	사회·경제적 파급효과 증대	일반	3-1. 연구개발 관련 홍보건수	-	-	3	3
		일반	3-2. 기술확산을 위한 상호교류정도	-	-	3	3
	합 계				-	2	20

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

표 5-7. 4-2 세부과제 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별 목표치			최종 목표치
				1	2	3	
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1-1. 학술지 게재 논문건수(국내/국외)	-	-	2	2
		핵심	4-1. 특허출원 건수(국내/국외)	-	-	2	2
		일반	1-4. 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	-	-	2	2
	기술개발 역량 향상	일반	23-3. 과제당 산학연 협력 활동건수	-	-	2	2
		일반	핵심과제 평가보고서(고유)	-	1	2	3
		핵심	23-2 산학연 기술지원 건수	-	-	2	2
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	-	1	1	2
	사회·경제적 파급효과 증대	일반	3-1. 연구개발 관련 홍보건수	-	-	2	2
		일반	3-2. 기술확산을 위한 상호교류정도	-	-	3	3
	합 계				-	2	18

(출처: 사업단 상세기획 조사/분석 자료)

(3) 선정 근거

해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리기술은 테스트베드 운전경험 축적 및 운전 최적화를 통한 유지관리 기술, 플랜트 설비 진단 기술 및 관리 기술의 확보를 통하여 상용 플랜트 운영에 관한 것이다. 선정 근거는 “9-나. 선정근거” 절에 기술되어 있다. 각 지표의 출처는 과학기술부의 2007년도 국가연구개발사업 자체평가지침이다. 성과지표 별 선정근거 및 측정방법은 표 5-8에 제시하였다.

표 5-8. 성과지표 별 선정근거 및 측정방법

구 분	핵심지표(표준성과지표)
성 과 지 표	1-1 학술지 게재 논문건수 (국내/국외)
지 표 해 설	○ 국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수
측 정 방 법	○ 국내외 학술지 논문게재 건수와 함께, 과제당 논문 건수, 연구비당 논문 건수, 연구원 1인당 논문 건수를 제시 ① 국내외 학술지 게재 논문건수 ② 국내외 학술지 게재 논문건수/사업의 총 과제 수 ③ 총 논문건수/ 총 연구사업비(단위:1억원) ④ 국내외 학술지 게재 논문건수/사업 참여연구원 수

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	4-1 특허출원 건수 (국내/국외)
지 표 해 설	<p>○ 해당 사업의 평가대상기간 동안 출원된 특허건수</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 국내 특허출원 건수: 대한민국에서 지적재산권을 행사하기 위해 대한민국 특허청에 출원된 특허 ● 국제 특허출원 건수 : 미국, 일본, 유럽 등 국외에서 지적재산권을 행사하기 위해 각 국가의 특허청에 출원한 특허
측 정 방 법	<p>○ 해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수와 함께 과제당 특허출원 건수, 연구비당 특허출원 건수, 참여연구원당 특허출원 건수를 기재</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 총 특허출원 건수 ② 총 특허출원 건수/사업의 총 과제 수 ③ 총 특허출원 건수/ 총 연구사업비(단위:1억원) ④ 총 특허출원 건수/사업 참여연구원 수
구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	1-4 학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)
지 표 해 설	○ 국내 및 국외 학술회의에서 발표한 논문 건수
측 정 방 법	○ 학술회의(학회)에 참가해 발표한 건수

구분	일반지표(표준성과지표)
성과지표	23-2. 산학연간 기술지원 건수
지표해설	○ 현장기술지도, 기술상담, 교육훈련 및 홍보, 기술이전 등의 방법을 통해 산학연간 기술지원 실시 건수
측정방법	○ 산학연간 기술지원 건수

구분	일반지표(표준성과지표)
성과지표	23-3. 과제당 산학연 협력 활동 건수
지표해설	○ 해당 연구개발사업 수행으로 인하여 발생한 산학연 공동연구 활동 건수 ○ 해당 사업의 과제당 평균 산학연 활동건수 및 참여 연구원 1인당 산학연 협력 활동 건수 * 산학연 협력 활동 건수는 산학연간 공동연구 관련 회의 개최, 공동 연구개발 실시 등의 실적
측정방법	○ 사업 수행으로 인한 산학연 총 공동연구활동 건수와 함께, 해당 사업의 과제당 평균 산학연 활동건수와 참여연구원 1인당 산학연 활동 건수를 기재 ① 산학연 협력 활동 건수 ② 산학연 협력 활동건수/해당 사업 과제 수 ③ 산학연 협력 건수/참여 연구자 수

구분	일반지표(고유지표)
성과지표	핵심과제 연구보고서
지표해설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업단 총괄과제의 고유지표 ○ 핵심과제에서 개발한 핵심기술에 대한 평가분석이 포함된 단계별 보고서
측정방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보고서 권수
구분	핵심지표(고유지표)
성과지표	관련분야 국제협력 네트워크 구축
지표해설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 전문가그룹과의 연구네트워크 구축
측정방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 네트워크를 구축한 전문가그룹의 수
구분	일반지표(고유지표)
성과지표	해외진출을 위한 현장조사 실적
지표해설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해수담수화플랜트 건설후보지 조사, 해수담수화관련 국제학회 참석 등 해외진출을 위한 현장조사 실적
측정방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장조사 회수(조사분석자료가 근거로 첨부되어야 인정됨. 단순한 방문회수만으로는 인정 안됨)

구분	일반지표(표준성과지표)
성과지표	3-1. 연구개발 관련 홍보건수
지표해설	○ 연구개발 성과에 대해 대국민, 정부 등을 대상으로 홍보, 교육 등의 노력을 기울였는지의 여부
측정방법	○ 학술회의, 간담회, 세미나, 워크샵, 박람회, 공청회 등의 개최 건수 또는 정기간행물 발간 건수 등
구분	일반지표(표준성과지표)
성과지표	3-2. 기술확산을 위한 상호교류정도
지표해설	○ 연구기관(대학, 연구소) 및 기업 등간의 기술개발 정보 교류정도
측정방법	○ 연구기관 및 기업 등과의 개발기술 상호교류 실적

6. 참고문헌

- Amjad, Z. (1993) Reverse Osmosis-Membrane technology, Water chemistry, and Industrial applications, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Baalousha, H. (2006). "Desalination status in the Gaza Strip and its environmental impact." Desalination 196(1-3): 1-12.
- Bullock, D. C. (1976). "Design of reverse osmosis systems for commercial seawater desalination." Desalination 19(1-3): 397-404.
- Burashid, K. and A. R. Hussain (2004). "Seawater RO plant operation and maintenance experience: addur desalination plant operation assessment." Desalination 165: 11-22.
- Burashid, K. and Hussain, A.R. (2004). "Seawater RO plant operation and maintenance experience: Addur desalination plant operation assessment", Desalination 165: 11-22.
- Dababneh, A. J. and M. A. Al-Nimr (2003). "A reverse osmosis desalination unit." Desalination 153(1-3): 265-272.
- Darwish, M. A. and N. Al-Najem (2005). "The water problem in Kuwait." Desalination 177(1-3): 167-177.
- Doosan Heavy Industries & Construction (2007). Fujairah Water and Power Project System.
- Ebrahim, S. and M. Abdel-Jawad (1994). "Economics of seawater desalination by reverse osmosis." Desalination 99(1): 39-55.

Einav, R., Harussi, K. and Perry, D (2002). "The footprint of the desalination processes on the environment", Desalination 152:141-154.

El-Azizi, I. M. and A. A. M. Omran (2003). "Design criteria of 10,000 m³/d SWRO desalination plant of Tajura, Libya." Desalination 153(1-3): 273-279.

Elguera, A. M. and S. O. Perez Baez (2005). "Development of the most adequate pre-treatment for high capacity seawater desalination plants with open intake." Desalination 184(1-3): 173-183.

Frost & Sullivan (2006) "U.S. Desalination Pretreatment Market" research report.

Gorenflo, A., Brusilovsky, M., Faigon, M., and Liberman, B. (2007). "High pH operation in seawater reverse osmosis results from the world's largest SWRO plant in Ashkelon", Desalination 203: 82-90.

Graham Tek (2006) Graham Tek 16" spiral wound RO pilot plant for water reclamation at PYB Bedok NEWater factory, Singapore.

Graham Tek (2006) Graham Tek 16" spiral wound seawater desalination plant at Port of Singapore Authority, Singapore.

GWI (2004) "Desalination Markets: 2005-2015", research report.

GWI (2004) "Desalination Markets: 2005-2015", research report.

GWI, 19th IDA Worldwide Desalting Plant Inventory 2006.

GWI, IDA Desalination Yearbook 2006-2007.

<http://www.dtnews24.com>

<http://www.roplant.org>

www.veoliawater.co.kr

<http://www.water.or.kr>

<http://www.worldbank.org>

IDA (2006) "19th IDA Worldwide Desalting Inventory".

IDA Desalination, Water Desalination Report: Yearbook 2006-2007.

Jawad, M. A. (1989). "Future for desalination by reverse osmosis." Desalination 72(1-2): 23-28.

Khawaji, A.D., Kutubkhanah, I.K., and Wie, J.M. (2007). "A 13.3 MIGD seawater RO desalination plant for Yanbu industrial city", Desalination 203:176-188.

Koutsakos, E. and Moxey, D. (2007) "Membrane management system", Desalination 203: 307-311.

Kronenberg, G. (2004). "The largest SWRO plant in the world-Asheklon 100 million m³/y BOT project", Desalination 166:457-463.

Leitner, G. F. (1987). "Economic feasibility of the reverse osmosis process for seawater desalination." Desalination 63: 135-142.

Lieberman B. (2001). "Larnaca desalination plant", Desalination 138:293-295.

Lokiec, F. and Kronenberg, G. (2003). "South Israel 100 million m³/y seawater desalination facility: build, operate and transfer (BOT) project", Desalination 156: 29-37.

- Lu, Y.-y., Y.-d. Hu, et al. (2006). "Optimum design of reverse osmosis seawater desalination system considering membrane cleaning and replacing." Journal of Membrane Science 282(1-2): 7-13.
- Ludwig, H. (2003). "Hybrid systems in seawater desalination—practical design aspects, status and development perspectives." Desalination 157(1-3): 31-32.
- Ludwig, H. (2004). "Hybrid systems in seawater desalination—practical design aspects, present status and development perspectives." Desalination 164(1): 1-18.
- Matsuura, T. (2001). "Progress in membrane science and technology for seawater desalination - a review." Desalination 134(1-3): 47-54.
- Mehdizadeh, H. (2006). "Membrane desalination plants from an energy-exergy viewpoint." Desalination 191(1-3): 200-209.
- Miller, J.E. (2003) Review of water resources and desalination technologies, SAND 2003-0800.
- Morton, A. J., I. K. Callister, et al. (1997). "Environmental impacts of seawater distillation and reverse osmosis processes." Desalination 108(1-3): 1-10.
- Muirhead, A., S. Beardsley, et al. (1982). "Performance of the 12,000 m³/d seawater reverse osmosis desalination plant at Jeddah, Saudi Arabia January 1979 through January 1981." Desalination 42(2): 115-128.
- Ng, H.W. (2005) "RO membrane solute rejection behavior at the initial stage of colloidal fouling", Desalination, 174: 211-217.

- Ng, H.Y., Tay, K.G., Chua, S.C. and Seah H. (2007) "Novel 16-inch spiral-wound RO systems for water reclamation-A quantum leap in water reclamation technology", Unpublished.
- Nordin, S., B. Ericsson, et al. (1985). "Optimization of high pressure piping in reverse osmosis plants." Desalination 55: 247-259.
- Olsson, J. (2005). "Stainless steels for desalination plants." Desalination 183(1-3): 217-225.
- Park, M.-H., N.-S. Park, et al. (1997). "An economic analysis of desalination for potential application in Korea." Desalination 114(3): 209-221.
- Peters, T. A. (1999). "Desalination of seawater and brackish water with reverse osmosis and the disc tube module DT." Desalination 123(2-3): 149-155.
- Pohland, H. W. (1980). "Seawater desalination and reverse osmosis plant design." Desalination 32: 157-167.
- Romero-Ternero, V., L. Garcia-Rodriguez, et al. (2005). "Exergy analysis of a seawater reverse osmosis plant." Desalination 175(2): 197-207.
- Sadhwani, J. J. and J. M. Veza (2001). "Cleaning tests for seawater reverse osmosis membranes." Desalination 139(1-3): 177-182.
- Sadhwani, J. J., J. M. Veza, et al. (2005). "Case studies on environmental impact of seawater desalination." Desalination 185(1-3): 1-8.
- Saltonstall, J. C. W. (1977). "Progress in membrane development for reverse Osmosis." Desalination 22(1-3): 229-234.

Sandia National Laboratories (2003) Desalination and water purification technology roadmap.

Sanz, M., Bonnelye, V., and Cremer G (2007). "Fujairah reverse osmosis plant:2 years of operation", Desalination 203: 91-99.

Sauvet-Goichon B. (2007) "Ashkelon desalination plant - A successful challenge", Desalination 203, 75-81.

See, H. J., V. S. Vassiliadis, et al. (1999). "Optimisation of membrane regeneration scheduling in reverse osmosis networks for seawater desalination." Desalination 125(1-3): 37-54.

Semiat, R. (2000) "Desalination: Present and Future", Water International, 25(1), 54-65.

Voros, N., Z. B. Maroulis, et al. (1996). "Optimization of reverse osmosis networks for seawater desalination." Computers & Chemical Engineering 20(Supplement 1): S345-S350.

Wilf, M. (2007) The Guidebook to Membrane Desalination Technology.

Zidouri, H. (2000). "Desalination of Morocco and presentation of design and operation of the Laayoune seawater reverse osmosis plant." Desalination 131(1-3): 137-145.

건설교통기술평가원 (2006) 건설교통기술연구개발사업운영규정.

건설교통기술평가원 (2006) 해수담수화플랜트 사업단 사전기획보고서, 2006. 11

고석문 외 (1985) "담수화기술" 한국건설기술연구원.

과학기술부, 2007년도 국가연구개발사업 자체평가지침.

김충환 (2000) “역삼투법 해수담수화” 아카데미서적.

박광규 외 (2005) “고효율 저에너지 담수화 시스템 개발” 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 연차요약보고서.

세계일보, 2007년 6월 25일.

조재원 (2004) 멤브레인공학, 신광문화사.

환경미디어 2007년 7월, 환경부, ‘물산업육성’ 전담과 신설.

환경일보, 2007년 6월 25일.

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311

광주과학기술원 해수담수화플랜트사업단 TEL 062)970-3383

<제4핵심과제>

해수담수화 플랜트 고효율 운영 및 유지관리

■ 발행일 / 2007. 8. 12.

■ 발행처 / 광주과학기술원

광주광역시 북구 오룡동 1번지

TEL : 062-970-3383

■ 인쇄처 / 디자인큰세상