

고도 수처리 산업분야 R&D전략기획 지원을 위한 특허 전사모사 연구 : 담수화 기술의 핵심기반기술 도출

정현상* · 강종석** · 이일형*** · 정일두****

I. 서론

UN 보고에 의하면 현재 전 세계 인구의 20%가 심각한 물 부족을 겪고 있으며, 우리나라도 향후 물 부족이 심화될 국가로 분류되고 있다 지구온난화 및 환경오염으로 인한 공업용수 생활용수 등의 부족사태는 더욱 심화되어 향후 경제규모 확대 및 산업의 발달로 용수의 수요는 지속적으로 증대될 것으로 전망된다. 따라서 장래 물 부족에 대비하여 안정적이고 획기적인 신규 수자원 확보의 필요성이 어느 때보다 고조되고 있는 실정이다 이를 위한 기술적 준비가 절실히 필요한 시점에 있고, 담수화 기술은 지구상에 무한정 존재하는 해수를 이용하여 물 부족에 대처할 수 있는 좋은 대안이며, 관련 기술개발의 중요성이 증대되고 있다

본 연구에서는 최신 해수담수화 기술시장동향을 분석하였으며 기술특허 계량기법(patent cross-correlation matrix method)을 통한 해수담수화 분야의 국내외 거시적인 연구동향을 분석하였고또한 전문가 델파이방법으로 파악된 기술영역에 대응하는 기술수준 및 미래시장 잠재성을 분석하였다 특히, 해수담수화분야 R&D전략기획을 지원하기 위해 기술과 시장니즈를 반영함으로써 지식기반 지원체계에서 가장 중요한 객관성 있는 기술방향을 제시하고자 하였다

II. 본문

1. 해수담수화 기술시장동향

1) 해수담수화산업의 정의 및 특징

물은 생명의 근원이며, 인간의 모든 경제, 사회, 문화 활동에 없어서는 안 될 중요한 자원 중의 하나이다. 그러나 인구의 증가 및 급속한 산업화에 의한 물의 소비량 증대와 환경오염에 따른 물 오염으로 인하여 물 부족이 현안 문제로 대두되면서 물 부족 사태는 매년 심각해지고 있는 실정이다. UN 보고에 의하면 현재 전 세계 인구의 20%가 심각한 물 부족 현상을 겪고 있으며, 지구온난화에 따른 이상기후에 의해 2025년까지 물 부족 상황이 전 세계적으로 더욱 악화될 것으로 예상되고 있다.

우리나라도 UN에 의해 향후 물 부족이 심화될 국가로 분류되고 있으며 해마다 국부적인 갈수 문제와 더불어 지표수 및 지하수의 오염 등으로 인하여 공업용수생활용수 등의 부족사태는 더욱 심화될 것이며, 향후 경제규모의 증대와 산업의 발달로 용수의 수요가 지속적으로 증대될 것으로 예상되고 있어, 장래 물 부족에 대비하여 안정적이고 획기적인 신규 수자원의 확보 필요성이 어느 때보다 크게 대두되고 있는 실정이다. 따라서 이에 대한 기술적 준비가 절실히 필요한 시점에 있

* 정현상, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 051-831-0761, hschung@kisti.re.kr

** 강종석, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6048, kangjs@kisti.re.kr

*** 이일형, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 051-831-0760, illee@kisti.re.kr

**** 정일두, 부산대학교 부교수, 051-510-2438, idchung@pusan.ac.kr

으며, 담수화 기술은 지구상에 무한정 존재하는 해수 및 찌물을 갈수의 영향 없이 담수화하여 물 부족에 대처할 수 있는 유일한 방법이므로 절대적으로 담수자원이 부족한 국가에서는 유일한 대안으로서 기술개발의 필요성이 대두되고 있다

해수담수화란 염분을 포함하고 있는 해수 등에서 음료수나 기타 용도로 이용할 수 있도록 염분을 제거하여 담수를 얻는 것을 말하며, Cl-, Na+ 뿐만 아니라 다수의 무기 염류가 제거된다

해수담수화의 특징을 정리하면 다음과 같다

- 해수담수화는 댐 다음으로 다량의 수자원을 확보할 수 있는 기술
- 공사기간이 짧아 조기에 다량의 수자원을 확보할 수 있다
- 계절과 기상조건에 좌우 되지 않고 물의 확보가 가능하다
- 플랜트가 콤팩트하여 시설면적이 작게 든다.

<표 1> 담수화기술의 분류

상변화	증발법	다단플래쉬법
		다중효용법
		증기압축법
		투과기화법
상불변	결정법	냉동법
		가스수화물법
상불변	막법	역삼투법
		전기투석법
	용매추출법	

* 자료 : 담수화 기술의 현황 및 기술개발동향

<표 2> 담수화 시설의 기술별 분포

담수화 기술	용량(m ³ /일)	비율(%)
역삼투 막공정(RO)	37,066,568	59
다단 플래쉬 증류법(MSF)	17,300,196	27
다중 효용 증류법(MED)	5,629,368	9
전기 투석법(ED)	2,220,133	4
기타	901,233	1
합계	63,117,498	100

* 자료 : IDA/GWI, 2008

세계의 곳곳에서 지역적으로 발생하는 담수 부족현상은 산업의 발전을 제약할 뿐만 아니라 육지면적의 많은 부분을 차지하고 있는 사막의 면적이 확장되는 결과를 초래하기도 한다 우리나라의 입장에서 아직은 이러한 현상이 중요하게 부각되고 있지는 않지만 일부 공업지역에서는 산업용수의 부족으로 인해 조업단축이 행해지기도 한다

또한, 산업규모가 커질 것을 감안한다면 앞으로 담수의 부족현상은 더욱 심각해질 수도 있다 그러므로 이러한 시기가 닥치기 전에 양적으로 풍부한 해수를 담수로 전환시키는 효율적인 기술을 개발해야할 것이다 해외 일부지역의 경우 해수 담수화가 산업의 선결조건으로서 가능하고 있으며, 이에 해외 담수화 플랜트 건설시장에 대한 경쟁력을 확보하기 위해서라도 담수화 기술개발

은 중요한 과제라 할 수 있다

해수담수화산업의 특징을 정리하면 다음과 같다

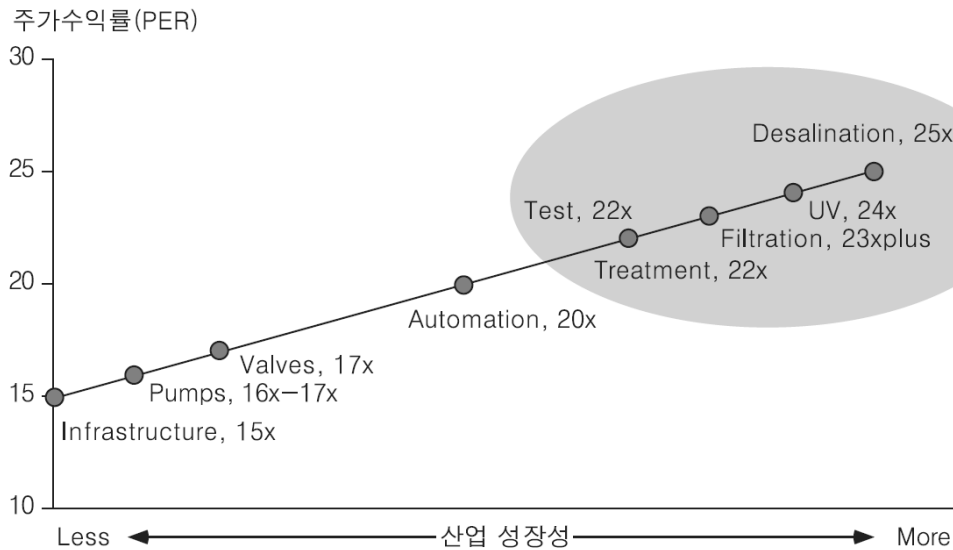
- 수처리 기술의 발전
- 해수담수화 산업의 급팽창
- 공적자금의 투자 경향 약화와 생산단가 저하
- RO 방식의 처리기술 및 대형화 부상
- 근본적 기술혁신의 필요성 대두
- 환경영향 및 기후변화 기여도 최소화 고려

2) 해수담수화 시장동향

해수담수화 시장은 전 세계 물 부족 문제를 해결하기 위한 용수원의 다변화와 관계있다특히, 그동안 극히 제한적으로 사용해왔던 지구에 존재하는 물의 97%를 차지하는 해수를 수원지로 확보할 수 있는 것은 차세대 물 부족을 해결할 수 있는 하나의 지평이 될 것이다

이러한 해수 담수화시장은 당분간 역삼투막 방식으로 진행할 것으로 예상된다 다만, 시장의 팽창은 역삼투막을 이용한 해수담수화의 핵심기술인 역삼투막의 제조개발 및 성능에 대한 발전과 깊은 관계가 있다. 그러나 다른 한편으로 새로운 저에너지 해수담수화 공정에 대한 연구가 진행되고 현재까지 해수담수화 공정으로 사용되는 공정의 하이브리드화에 의한 저에너지 공정의 달성 등의 방향으로 진행할 것으로 보인다

해수담수화를 비롯한 분리막 제조 등 분야에서의 기업의 주가 수익률과 산업 성장성은 매우 높다. 이러한 산업적 성장성과 공공 서비스로서의 역할 세계 경제 패러다임의 변화, 기술의 발전 등은 향후 역삼투를 이용한 해수 담수화 산업의 확대를 더욱 가속시킬 것으로 예상된다



* 자료 : Goldman Sachs Research estimates(2007)

(그림 1) 물 산업 기업군별 주가 수익 비율과 성장성 비교

해수담수화는 1966년 300,000톤/일에서 2008년 47,000,000톤/일로 급성장하였으며, 2008년 현재 플랜트는 14,000여개 소에 이른다. 해수담수화 플랜트는 열처리 방식이 여전히 주종을 이루고 있는 중동 및 걸프 연안 국가들이 전체 시장의 40% 이상을 차지하고 있으며 그 뒤를 북미 및 아시아 지역에 분포하고 있다. 담수화 설비 용량을 갖추기 위한 담수화 시장 규모는 2006년에서 2010

년까지 250억\$, 2011년에서 2015년까지 약 315억\$의 규모로 형성되어 전체 시장 규모는 2015년까지 약 565억\$으로 형성될 것으로 예상된다.

담수화 시장 특성은 담수화 설비 예산이 공공자금보다는 일반 기업 자금을 통하여 투자되고 있는 실정이다. 이는 다른 물 산업보다 개인사업자에 의해 개발되고 있음을 보여주는 지표라고 보여진다. 또한 담수화 시장의 특성은 다른 물 산업 산업분야 보다 높은 기술력을 필요로 하기 때문에 경쟁력을 갖춘 소수의 선진업체를 중심으로 Global화된 시장을 형성하고 있다.

<표 3> 세계 담수화 시장 규모

(단위:백만 톤/일)

구 분	중 동	미 국	유 럽	아프리카	아시아	기타	세계종합
~2005년	18.1	6.6	3.8	2.7	3.1	5.6	39.9
2006년~2010년	11.3	1.3	1.7	3.1	3.6	3.4	24.4
2011년~2015년	12.8	2.7	1.6	4.2	7.8	4.1	33.2
2015년 누계	42.2	10.6	7.1	10.0	14.5	13.1	97.5

* 자료 : GWI(desalination 2007)

담수화 시장 성장의 주요 요인은 크게 두 가지로 볼 수 있다

첫째, 세계적으로 증가되는 물 부족 현상과 지구 온난화에 따른 기후 변화에 기인한다. 계속 증가되는 물 부족 현상은 지리적으로 물 공급이 불가능한 지역인 섬 지역이나 중동지역 남부 스페인 지역, 미국 남서부 지역 등과 같이 불리한 지리적 조건 인구 증가에 따른 물 부족이 심화되는 지역에서 발생되고 있다. 또 다른 원인으로는 지구 온난화에 따른 가뭄과 홍수 발생 및 산업화 발달에 따른 수자원 오염에 의한 물 부족이 더욱 가중되고 있다

둘째, 물 생산 단가의 인하이다. 담수화 산업은 물 생산 단가가 과거 40년간 \$10/톤에서 현재는 \$0.47/톤까지 떨어짐으로써 재래식 수자원 공급 방법보다 차츰 경쟁력을 갖추게 되었다 이 같은 생산 단가 인하 추세는 앞으로 계속 진행될 것으로 보이며 에너지 소비 전력도 4.5kWh/톤 정도 이하로 계속 발전될 것으로 보인다 특히 RO(Reverse Osmosis) 방식에 의한 담수화 설비가 증가되면서 보다 더 경쟁력을 갖게 될 것으로 보인다.

향후 담수화 시장은 다음과 같은 추세로 형성될 것으로 보인다

첫째, 증발식보다 RO방식설비의 증가 추세이다. RO방식은 현재 전체 담수화 시장의 60%를 점유하고 있으나 향후 2015년에는 65%까지 증가될 것으로 예상된다

둘째, 중동지역보다 그 외 지역에서 담수 시장이 성장될 것으로 예상된다 중동지역 담수화 시장은 2015년에는 현재 총 설비의 46%에서 42%로 떨어질 것으로 예상되며 그 외 지역으로 중국, 미국 및 인도 지역에서 새로운 시장으로 확대될 것으로 예상된다

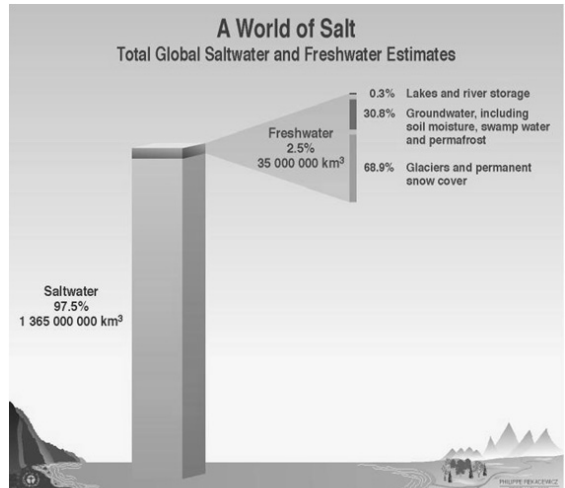
셋째, RO설비의 대형화 추세이다. RO방식 담수화 설비도 핵심 요소기술의 발달과 시장의 요구에 따라 증발식과 같이 대형화가 이루어 질 것으로 전망된다

앞으로 세계 담수화 시장은 중동지역을 비롯하여 중국 미국 및 인도 시장 중심으로 2015년까지 큰 성장을 보일 것으로 기대되며 이 같은 담수화 성장 추세는 2015년에서 2020년까지는 더 크게 확대되어 연 15%대의 성장률을 이룰 것으로 전문가들은 보고 있다

3) 해수담수화 기술동향

최근 에너지 문제와 더불어 전 세계적인 문제로 대두되고 있는 문제가 물 부족의 해결이다. 세

계적인 다국적 기업들은 물 산업을 선점하기 위하여 관련 산업을 빠르게 잠식하고 있으며 기술개발에 노력하고 있다. 그 동안 해수담수화산업은 물 기근이 심한 중동국가에서 막대한 석유자본을 배경으로 대규모 플랜트 건설을 주도하였다. 한편으로 그림 2에서 보는 바와 같이 지구상에서 해수는 담수와 비교도 되지 않을 정도로 지구상의 대부분의 물을 차지하고 있으므로 이를 이용하는 것은 물 부족을 근본적으로 해결할 수 있는 가장 유용한 방법 중의 하나일 것이다



(그림 2) 해수와 담수의 분포

이런 해수담수화 기술은 표 4에서 보는바와 같이 크게 열에너지와 기계적 에너지를 이용하는 방법이 있다. 열에너지를 이용하는 대표적인 공정은 다단플래쉬(multi-stage flash), 다중효용 증발법(multi-effect distillation), 열증기압축법(Thermal vapor compression)과 최근 태양 에너지를 이용한 태양열 증발법(Solar distillation) 등의 기화 공정과 동결법(Freezing)과 가스 하이드레이트 공정을 이용한 결정화 공정, 그리고 여과와 기화공정이 복합된 분리막 증류법(membrane distillation)이 있으며, 기계적 에너지를 이용하는 공정은 역삼투법(Reverse osmosis)과 기계적 증기 압축법(Mechanical vapor compression) 등이 있다.

<표 4> 해수담수화 방법 개요

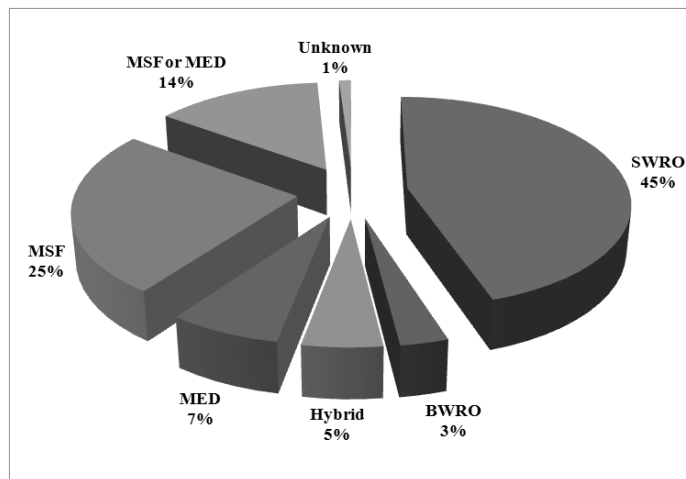
Separation	Energy Use	Process	Desalination Method
Water from Salts	Thermal	Evaporation	Multi-Stage Flash(MSF)
			Multi-Effect Distillation(MED)
			Thermal Vapour Compression(TVC)
			Solar Distillation(SD)
	Mechanical	Filtration/Evaporation	Freezing(FR)
			Gas Hydrate Processes(GH)
			Membrane Distillation(MD)
Salts from Water	Electrical	Selective Filtration	Electrodialysis(ED)
			Chemical

담수화는 지역의 특성과 여건에 따라 다양한 방법이 연구되고 있다. 증발법의 경우 그 동안 가장 많이 이용되어온 기술이나 막대한 에너지 소모량 때문에 석유 등 에너지 자원이 풍부한 중동 등지에서 주로 이용되는 기술이다. 우리나라에서는 두산중공업이 증발방식의 담수화기술에 있어

경쟁력 있는 기술력을 확보하고 중동지역에서 상당한 성과를 거두고 있다

그러나 현재 세계 담수화 기술은 증발법 담수화공정의 막대한 에너지 소모량으로 인해 에너지 소모량이 보다 적은 역삼투막법 담수화 공정으로 대체되어 가고 있는 실정이며 Ondeo Degremot, Vivendi Water, B&V, GE Ionics, Siemens 등 물 관련 세계 다국적 기업들은 고효율 담수화용 역삼투막 기술개발과 시장 확대에 적극 나서고 있다 그림 3은 세계 담수화 기술별 용량분포를 보여주고 있다.

우리나라에서도 두산중공업, 코오롱 등 기업과 국가적 차원의 연구 프로젝트로 역삼투막 관련 담수화 기술을 개발하고 있다 그러나 역삼투막법의 경우 아직까지 에너지 소모량이 많은 고압펌프를 사용해야하고 투과막의 유지 관리 등 운전 및 유지 관리기술의 기술개발이 여전히 필요한 실정이다. 따라서 현재 기존에 사용되고 있는 에너지 소비량이 많고 운영 및 유지보수가 어렵고 현재 널리 적용되고 있는 기존의 담수화 기술들의 단점을 보완하는 저비용 저에너지의 새로운 담수화 기술을 개발하고자 세계 여러 나라에서 새로운 연구들이 진행 중에 있다 이러한 신개념의 담수화 기술에는 미국 예일대학에서 연구 진행 중에 있는 정 삼투압 해수담수화 기술 호주의 RMIT에서 개발하고 있는 태양열 담수화 공정, 그리고 미국 LLNL, Sabrex of Texas 등에서 개발 중에 있는 Capacitive Deionization(CDI) 기술 등이 있다. 그 중 전기흡착식 담수화 기술인 Capacitive Deionization(CDI)기술은 다른 방법들에 비해 에너지 소비량이 적으며 역삼투막법과 달리 화학약품에 의한 세정이 필요 없어 2차 오염이 없는 환경 친화적인 새로운 담수화 공정이며 유지보수가 간편하다는 장점이 있어 차세대 담수화 기술로 국외에서 연구가 활발하게 진행되고 있다



(그림 3) 세계 담수화 기술별 용량 분포

현재까지의 담수화 기술은 주로 증발법 및 역삼투막법을 이용한 것으로서 기술완성도가 높은 수준이었으나, 높은 에너지 소비에 따른 운전비용 및 운전상의 문제점 등을 가지고 있다 전 세계적으로 에너지 고갈에 따른 문제가 대두되고 있으며 물 부족시대가 도래되고 있는 현 시점에서 대량의 물을 경제적으로 확보할 수 있고 운영이 용이한 신 개념의 담수화 방법인 전기흡착식 담수화 기술의 상용화 기술개발이 한층 활발해 질 것으로 예상된다 또한 향후에는 에너지 고갈시대에 대처하여 풍력, 태양에너지 등 신재생에너지에서 소비 에너지를 생산하고, 전기흡착법, 역삼투막법 등 다른 담수화 기술과도 결합된 하이브리드형의 담수화 기술로 한층 발전될 것으로 전망된다

2. 해수담수화 특허 전사모사 연구

특허분석*을 통한 해수담수화 분야의 국내외 거시적인 연구동향을 분석하였고, 또한 세부기술

내용을 파악하고, 각 세부기술내용을 몇 개의 대분류 기술영역으로 클러스터링을 수행하였다 또한 파악된 기술영역에 대응하는 기술수준 및 미래시장 잠재성을 평가하여 해수담수화 분야의 거시적 기술시장 포트폴리오를 구성하고, 향후 좀 더 주목할 만한 산업으로 성장해 갈 수 있는 잠재성을 가늠해 보고자 하였다.

최근 산·학·연 등 각 기술개발 주체에서 관심 있는 주요산업에 대한 종합적이고 신뢰성 있는 전략정보분석의 수요가 증대되고 있으며 특히 공공부분의 연구개발사업의 추진 효율성을 제고하고 향후 연구결과의 완성도를 높이기 위해 관련 기술개발사업의 사전기획과제선정과 목표설정의 타당성, on-going 기술개발 Risk-management, 기술개발 완료후의 기술시장 파급도 그리고 기술평가 및 사업화 전략 등의 지식기반 지원체제가 강화되고 있다. 이러한 지식기반 지원체제에서 가장 중요한 것은 객관성의 확보에 있다고 할 수 있다.

1) 해수담수화 특허분석

(1) 특허분석의 개요

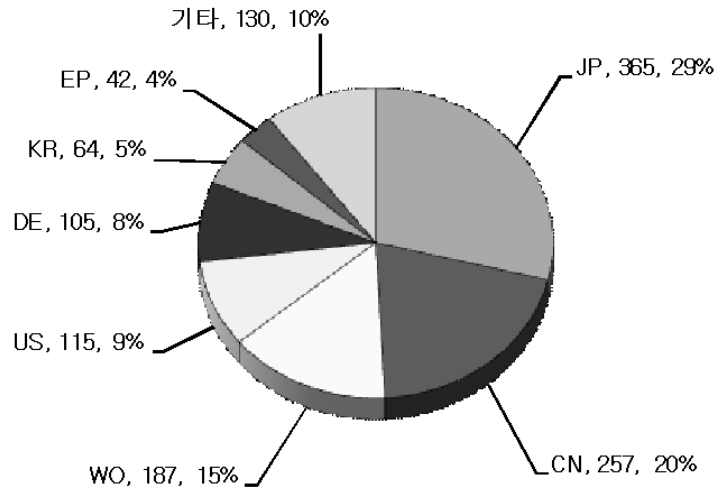
- 분석 목적
 - 국내외 시계열 정량분석
- 분석 방법
 - 연도, 출원인 국가 및 주요 기업별 집계분석을 통한 연구개발 동향 파악
- 분석 자료원
 - 특허 분석 : Thomson Scientific사의 DWPI(Derwent World Patent Index)
 - DB : DWPI(Derwent World Patent Index)
 - 검색식 : ((desalination OR desalinization OR desalinisation) AND ("sea water" OR seawater)).tx.
 - 검색 연도 : 1999-2008
 - 특허 수 : 1,265건

(2) 출원인 국적별 분포(특허권 보유 국가 분석)*

출원인 국적은 해당 기술의 특허권을 보유하고 있는 국가에 대한 정보를 제공하며 그림 4의 국적 분포 결과에서 알 수 있듯이 일본이 365건의 특허를 보유하여 가장 높은 점유율을 보이며 해당 분야의 기술개발을 주도하고 있는 것으로 분석된다. 그 뒤를 이어, 중국이 257건의 특허를 보유하고 있으며, 미국은 115건, 한국은 64건의 특허를 보유하고 있다.

* 기술 및 연구동향의 조사분석·평가를 수행하기 위해서는 일반적으로 R&D 투입 자원(인적자원, 연구비, 연구개발 인프라 등)에 대한 직접적인 결과물인 논문과 특허를 대상으로 한다. 논문분석의 경우, 해당 기술 분야에 대한 기초연구 및 산업적 진입단계의 기술을 대상으로 하며, 특허분석의 경우는 제품화와 연계된 기술로서 기술시장 포트폴리오 상에서 확인 가능한 기술을 대상으로 할 때 분석대상기술에 대한 세부내용을 충분히 파악할 수 있다. 해당 과제의 경우, 분석 대상 기술은 시장 및 산업에서 충분히 확인 가능한 영역을 형성하며, 또한 거시적 관점의 요소기술을 추출하기 위해서는 아이디어 단계의 실험실적 기초기술보다는 시장·제품과 연계된 특허기술을 모집단으로 분석하는 것이 타당할 것으로 사료됨.

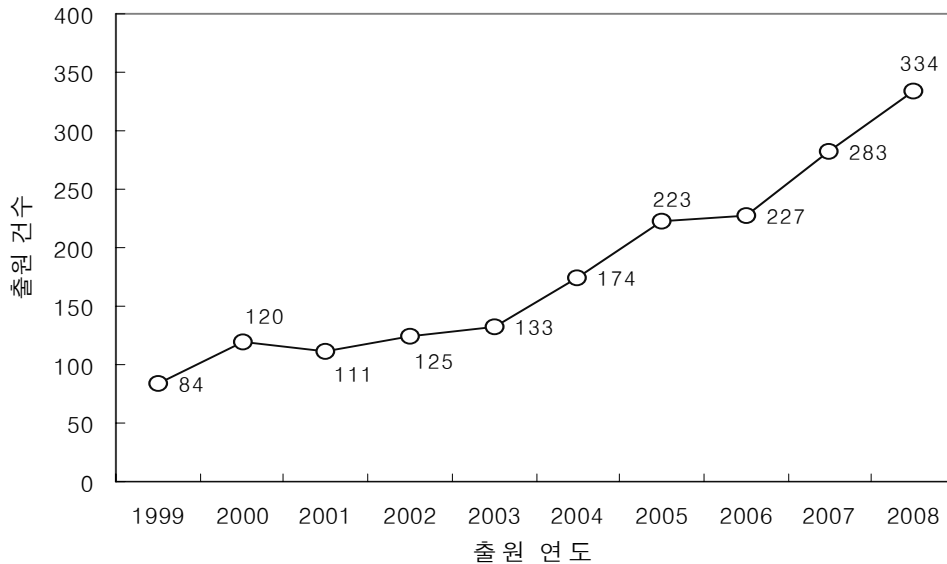
* 패밀리 특허군에서 최초 DWPI 데이터베이스에 입력된 특허(basic patent) 기준



(그림 4) 출원인 국적별 분포

(3) 해외특허분석

2000년 초반까지 관련 특허출원이 년 평균 114.6건 출원되었고, 이후 현재까지 년 평균 248.2건의 특허출원을 보임으로서 약 2배 정도의 증가를 확인할 수 있다. 최근 몇 년간의 기술개발 내용은 기존 담수화 처리 메카니즘 및 공정에 있어서 큰 변화는 없으나 최근의 친환경 공정 및 재생에너지 활용, 원자력·태양열 이용 연계기술, 공정 장치의 효율화에 따른 담수화 경제성 향상 등의 관점에서 활발한 연구개발이 진행되고 있다.



(그림 5) 해외 연도별 특허출원 추이

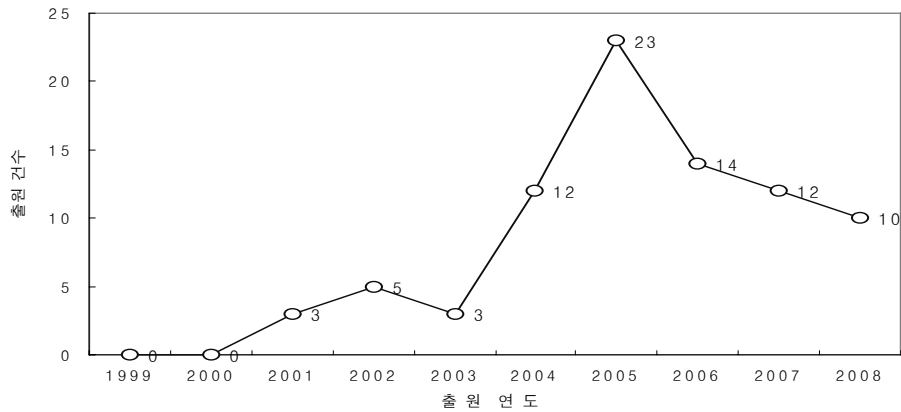
TORAY IND INC, NITTO DENKO CORP, TOYOBO KK, MITSUBISHI JUKOGYO KK, HITACHI ZOSEN CORP 등이 해당분야에서 가장 많은 특허를 보유하고 있는 것으로 파악된다

<표 5> 해외 주요 출원인 분포

번호	출원 건수	출원인
1	77	TORAY IND INC
2	58	NITTO DENKO CORP
3	29	TOYOBO KK
4	13	MITSUBISHI JUKOGYO KK
5	12	HITACHI ZOSEN CORP
6	11	ORGANO CORP
7	9	WATER STANDARD CO LLC
8	8	G24 INNOVATIONS LTD
9	7	DAISEN MEMBRANE SYSTEMS KK
10	7	EBARA CORP
11	7	SALINE WATER CONVERSION CORP
12	6	OHBAYASHI GUMI KK

※ 6건 이상 특허 출원인으로 개인은 제외함

(4) 국내특허분석



(그림 6) 국내 연도별 특허출원 추이

실질적으로 국내에서는 2000년대부터 해수담수화 기술에 대한 연구개발이 진행된 것으로 파악되며, 우리나라 해수담수화 설비가 도입되기 시작한 것이 약 10년 전으로 보고되고 있다. 이는 2001년도에 해수담수화 타당성 조사와 중장기 계획이 수립된 것과 연관성을 보인다특히, 2003년에서 2005년 사이에 국내 해당 연구에 대한 특허출원이 약 8배 이상 급증하였고, 이후 현재까지 다소 감소하는 추세를 보이고 있으며, 최근 4년간 년 평균 14.7건의 관련 특허가 출원되고 있다

<표 6> 국내 주요 출원인 분포

번호	출원 건수	출원인
1	23	DOOSAN HEAVY IND & CONSTR CO LTD
2	10	SAEHAN IND INC
3	3	WOONGJIN CHEM CO LTD
4	3	HYUNDAI HEAVY IND CO LTD
5	2	DOWELL TECHNOLOGY CO LTD
6	2	KOREA OCEAN RES & DEV INST
7	2	KOLON CONSTR CO LTD

※ 2건 이상의 특허 출원인으로 개인 및 대학은 제외함

DOOSAN HEAVY IND & CONSTR CO LTD, SAEHAN IND INC(현재 웅진케미칼로 통합됨), WOONGJIN CHEM CO LTD, HYUNDAI HEAVY IND CO LTD 등이 해당분야에서 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 특히, 국내 두산중공업은 1990년대 이후 증발식 담수화 공정(distillation process) 중의 하나인 다단증류공정의 설계 및 건설에 진출하여 중동국가를 비롯한 세계 증발식 담수화설비 시장에서 약 30%를 점유하고 있다.

2) 해수담수화 요소기술 연관분석

본 연구에서는 객관성의 확보와 가용 정보원의 망라성을 높이기 위하여 국내외에서 출원된 특허를 대상으로 하였으며, 특히, 국제적으로 가장 정교하게 제작된 DWPI(Derwent World Patent Index, Thomson ISI, Philadelphia, USA)를 활용하고, 기술계량기법(Bibliometrics)*을 활용하여 관련 기술의 세부기술내용을 파악하였다 이후, 해당 분야 전문가들을 활용**하여 파악된 세부기술내용을 대분류 기술체계로 기술영역을 정의하고 해당 기술영역에 대한 기술수준 및 미래시장 잠재성을 평가하였다.

(1) 요소기술 연관분석의 개요

- 분석 목적
 - 주요 요소기술(군) 추출
 - 기술시장 포트폴리오 구성
- 분석 방법
 - 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 특허기술연관분석을 수행 기술지도 작성
 - 상기 확보된 기술지도로 부터 세부기술 추출
 - 추출된 세부기술의 clustering과 핵심기술(군)명
 - 전문가 델파이를 통한 핵심기술(군)과 해당 시장 잠재성 평가
- 분석 자료원***
 - 특허 분석 : Thomson Scientific사의 DWPI(Derwent World Patent Index)
 - DB : DWPI(Derwent World Patent Index)
 - 검색식 : ((desalination OR desalinization OR desalinisation) AND ("sea water" OR seawater)).TX.
 - 검색 연도 : 1999-2008
 - 특허 수 : 1,265건

* 본 연구에 사용한 기술특허 계량기법(patent cross-correlation matrix method, 미국 조지아텍에서 개발)은 수집된 해당기술특허를 모집단으로 하여, 각 개별 특허 상호간의 기술유사도를 계측하고 가시화함. 다시 말하면, DWPI에서 제공하는 기술분류체계인 MCs(manual codes)를 기준으로 각 특허쌍의 중복성을 동시발생 matrix로 구현하고, 이들의 유사도(jaccard index 사용)를 계산한 것이다. 최종적으로 관련 기술에 대한 거시적인 네트워크 형태의 기술 지도를 확보하고, 이 기술 지도에서 각 세부 기술별로 기술영역을 분류할 수 있음. 또한 유사기술군의 기술개발 활동도와 세부기술 상호간의 연계성을 계측할 수 있음.

** 통상적으로 계량적 분석/평가 방법과 전문가 델파이 방법을 혼용한 hybrid 분석기법에 속하는 것으로 전 세계에서 가장 많이 사용하는 방법임. 전문가 델파이 방법에 전적으로 의존한 사례의 경우, 객관성의 결여, 참여 전문가의 기술적 이해정도 및 학습범위에 따라 많은 편차 등이 지적되어 옴. 본 연구에서는 hybrid 분석 평가 기법을 사용하였고, 또한 참여 전문가의 해당분야 전문성을 확보하기 위하여 한국과학기술연구원(KIST) 환경 센터의 전문가를 활용함.

*** 특허분석에 사용된 동일 특허자료 활용

(2) 세부기술 추출 모듈 및 프로세스

- <STEP 1> DWPI 특허에서 MC를 요소한 개별 특허의 벡터화 구현: 분석 대상 특허 데이터 셋 내의 개별 특허들은 다음과 같은 구성성분으로 벡터화 함

$$\begin{array}{l}
 \text{D1} = (\text{Tech 1}, \text{Tech 2}, \text{Tech 3}, \text{Tech 4}, \text{Tech 5}) \\
 \vdots \\
 \text{D10} = (0, 1, 1, 0, 1)
 \end{array}$$

<표 7> 기술성분으로 구성된 개별 특허의 벡터

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Tech 1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
Tech 2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Tech 3	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Tech 4	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
Tech 5	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1

- <STEP 2> 위의 <표 7>로부터 관련 기술에 대한 특허상호간의 연관도를 계산할 수 수행하기 위해 다음 <표 8>과 같은 동시발생 매트릭스를 구성 함.

<표 8> 개별 특허상호간의 기술연관도 매트릭스

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
D1	<3>									
D2	1	<2>								
D3	2	1	<3>							
D4	3	2	3	<5>						
D5	1	1	2	3	<3>					
D6	2	1	2	4	3	<4>				
D7	2	1	2	3	1	2	<3>			
D8	3	2	2	4	2	3	2	<4>		
D9	3	2	3	5	3	4	3	4	<5>	
D10	1	2	2	3	2	2	2	2	3	<3>

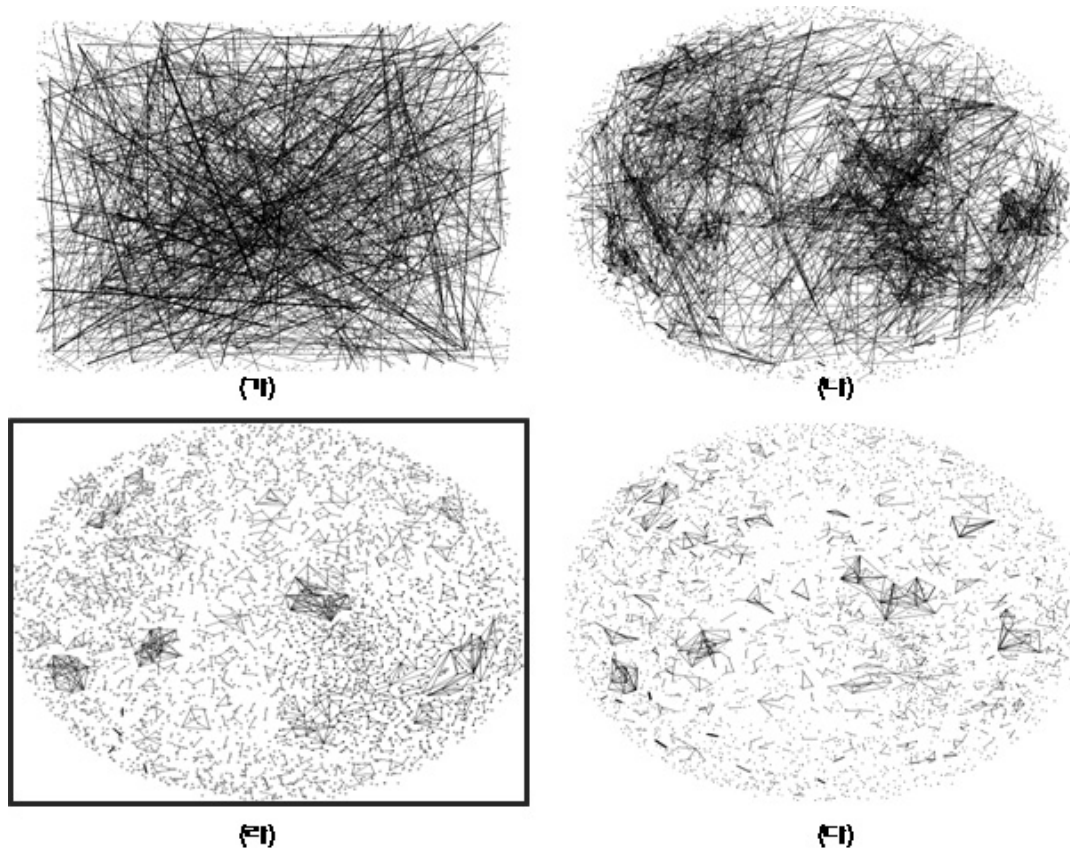
- <STEP 3> 동시발생빈도에 기초한 <표 8>를 유사도 기준의 매트릭스로 전환 여기서 사용된 operator는 자카드 인덱스($J_{ij} = C_{ij}/(C_{ii}+C_{jj}-C_{ij})$)를 적용.

<표 9> 개별 특허상호간의 계측된 유사도 매트릭스

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
D1	<1>									
D2	1/4	<1>								
D3	2/3	1/4	<1>							
D4	3/5	2/5	3/4	<1>						
D5	1/5	1/4	1/2	3/5	<1>					
D6	2/5	1/5	2/5	4/5	3/4	<1>				
D7	1/2	1/4	1/2	3/5	1/5	2/5	<1>			
D8	3/4	1/2	2/5	4/5	2/5	3/5	2/5	<1>		
D9	3/5	2/5	3/5	1	3/5	4/5	3/5	4/5	<1>	
D10	1/5	2/3	2/3	3/5	1/2	2/5	2/3	2/5	3/5	<1>

- <STEP 4> 특허 상호간의 연결망으로 구성된 기술맵 구현
(ARCs에서 개발한 BibTechMonitoring SystemR을 활용)

<step 1~3>에서는 미국 죠지아텍에서 개발한 VantagePoint system을 사용하여 기술코드 추출 및 벡터화, 그리고 유사도 매트릭스를 구현하였고, <step 4>는 오스트리아 국가연구소(Austria Research Center, ARCs)에서 개발한 BTM(BibTechMon system)을 사용하였다.



※ 노드는 특허번호 그리고 링크는 기술연관도(MC)를 나타냄 : (가) 랜덤 분포, (나) 맵의 구조적 안정화 과정, (다) 유사 기술분포 및 군집화 (라) 최종 기술지도 구현

(그림 7) 특허를 통한 기술맵 구현(실제 사례)

(3) 해수담수화 요소기술 도출

상기 제시된 computer-based simulation 결과로 해수담수화 기술 분야에 대한 거시적인 기술 지도를 확보하고(그림 8 참조), 기술맵 상의 구조적 특성에 따라 세부 기술내용 및 기술군)을 도출(그림 9 참조) 하였다.

분석대상인 해수담수화 기술은 다음과 같이 7개(가~사)의 거시적 기술(군)으로 구분될 수 있고, 해당 기술(군)에 속하는 세부기술내용을 추적조사 하였다. 결과적으로 31개 정도의 세부기술내용을 도출하고, 7개의 대분류 기술(군)으로 정리할 수 있다(<표 10>).

<표 10> 추출된 해수담수화 기술군

대표 기술명	위치	세부기술명
연계 모듈의 최적화 시스템 설계 (UF/NF/RO, 해양지하샌드필트/RO, biological-activated-carbon tower/RO 기타)	가	고압·고회수율 RO 분리막 공정 개발
		대용량 담수화 가능 RO공정 개발
		해양지하샌드필트 1차 여과필터로 하고, 2차 여과필터인 RO 분리막 공정과의 연계 개발
		복합 RO막 모듈간의 최적 공정설계
		증발식 담수화 공정과 RO 막분리 공정의 하이브리드 시스템 최적화
		biological-activated-carbon tower와 RO 막분리 공정의 연계 시스템
고효율성 RO 막/모듈 개발 (고압 내구성, 높은 투과능, 고 선택성, anti-fouling)	나	장기 고압조건하에서의 RO 막 및 그 표면의 내구성 유지 기술 (물리·화학적 처리를 통한 RO막 표면계질 등)
		고기능성(투과도 및 선택도, anti-fouling, 내구성) RO막 개발
		고압·고회수율 분리막 모듈 설계 기술
에너지 절감형 증발식 담수화 공정개발	다	다중 효율법 (multiple effect distillation)을 통한 에너지 절감형 해수 담수화 기술
		다단 플래쉬법(multi-stage flash distillation)을 활용한 대용량 해수 처리 기술
		증기 압축법(vapor compressor distillation)의 고효율화
		태양열원을 이용한 증류 공정의 중대형화 기술
전기투석막 담수화 기술	라	전기적 인력(electric attraction)을 통한 해수 염분 제거 기술
		전기분해(electrolyte) 메커니즘을 활용한 해수의 담수화 기술
		해수의 전자기장 통과 프로세스에 의한 해수 담수화 기술

3) 해수담수화 기술수준 및 시장 잠재성 평가

해당 세부기술에 대한 기술수준 및 시장 잠재성 평가는 전문가 델파이를 통해 확보되었다. 또한 평가의 객관성을 확보하기 위하여 평가 항목별 세부 내용을 정형화 하고가중치를 부여하여 평가결과의 진폭이 넓지 않도록 하였다

- 기술수준평가 요소는 ①기술혁신성(30%), ②기술경쟁력(40%), ③개발인프라(30%)로 구성
- 시장 잠재성평가 요소는 ①시장매력도(30%), ②경제적 파급효과(40%), ③기업경쟁력(30%)로 구성
- 각 평가 요소 및 세부내용은 「평가항목 요약서」로 제시함.

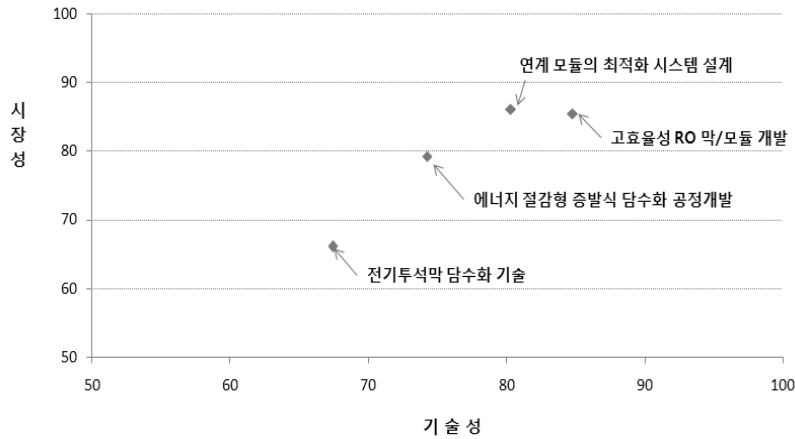
해수담수화 기술의 요소 기술군)으로 추출된 평가대상 기술은 다음과 같다

- RO 연계모듈의 최적화 시스템 설계
- 고효율성 RO 막/모듈 개발 (고압 내구성, 높은 투과능, 고 선택성, anti-fouling)
- 에너지 절감형 증발식 담수화 공정개발
- 전기투석막 담수화 기술

해수담수화 기술에 대한 전문가5인에 의한 요소기술별 평가결과를 평균하여 기술수준 및 시

* 각 연구주체의 포괄성을 확보하기 위하여 평가위원회는 산학연을 망라하는 전공자로 선별하였고, 특히 한국과학기술연구원(Korea Institute of Science and Technology)의 환경기술연구단의 도움으로 이루어짐.

장 잠재성을 분석하였다



(그림 10) 해수담수화 기술시장 포트폴리오

해수담수화 분야에서는 “연계 모듈의 최적화 시스템 설계” 와 “고효율성 RO 막/모듈 개발”이 기술수준 및 시장 잠재성이 우수한 것으로 평가되었다

III. 결론

본 연구에서는 지구온난화 및 급격한 인구증가 산업발달로 물 부족 문제가 가속화되고 있어 새로운 산업분야로 각광받고 있는 고도 수처리 산업분야 중 해수담수화의 국내외 기술시장동향을 분석하였으며, 해수담수화 분야의 국내외 거시적인 연구동향을 분석하기 위해 특허 전사모사 기법을 활용하였다. 또한 해당 분야 전문가들을 활용하여 파악된 세부기술 내용을 대분류 기술체계로 기술영역을 정의하고, 해당 기술영역에 대한 기술수준 및 미래시장 잠재성을 평가하였다

공공부분 연구개발사업의 추진 효율성을 제고하고 향후 연구결과물의 완성도를 높이기 위해 관련 기술개발사업의 사전기획 과제선정과 목표설정의 타당성 기술평가 및 사업화 전략 등의 지식기반 지원체제가 강화되고 있다 특히, 본 연구에서는 해수담수화 분야의 R&D전략기획을 지원하기 위해 특허 전사모사 기법을 적용한 기술과 시장니즈를 반영함으로써 종합적이고 신뢰성 있는 R&D전략기획 방향을 제시하고자 하였다

참고문헌

김성재 (2008), “해수담수화 기술”, KISTI 심층기술정보조사연구.
 이원태 (2008), “담수화 기술”, KISTI 심층기술정보조사연구.
 남시도 (2009), “최신의 해수담수화 기술”, KISTI.
 한국전력공사 (2006), “탄소전극법 해수담수화 기술 특허맵”.
 과학기술부 (2006), “고효율 저에너지 담수화 시스템 개발”, 한전 전력연구원.
 박광규 (2008), “담수화 기술의 현황 및 기술개발 동향”, 「물과미래」, Vol 41, No. 6.
 홍대석 (2008), “해수담수화공정의 비교 및 에너지 저감화”, 「설비저널」, 제 37권 제 1호.