

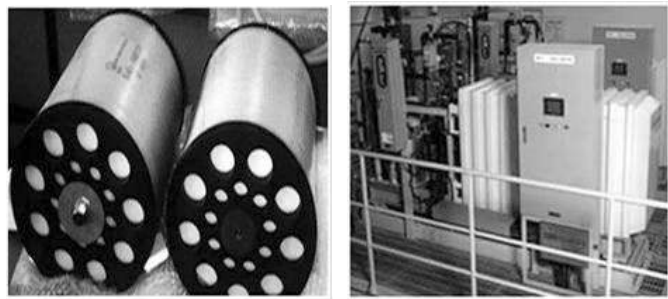
제 3 절 기술동향분석

1. 기술동향분석

이 장에서는 초순수 생산 관련 상용화 기술을 보유한 대상 기업(KURITA, ORGANO, NOMURA MICRO SCIENCE Co., Ltd, MERCK MILLIPORE, EVOQUA, MITSUBISHI CHEMICAL, EBARA, SHARP)의 주요 기술을 정리하였음.

□ KURITA

- o 세계 최대 초순수 관련 기업
- o KURITA社は ion exchange resin, ion exchange 모듈/공정, 전기탈염 장치, 분리막 기술 등 초순수 장치에 필요한 대부분의 요소 기술을 확보함.
- o 요소 기술의 결합을 통한 맞춤형 초순수 장비 제작/판매 중
- o 나선 구조를 가진 MF막(KM막) 개발 및 판매(PTFE 소재의 0.2 um 공극). 초순수 제조 시스템에서 전처리 목적으로 사용되며, RO 공정 전단에 설치
- o KURITA社가 개발한 연속식 전기 탈이온 장치인 KCDI는 재생이 필요없기 때문에 화학 약품을 사용하지 않고 순수를 제조할 수 있음.



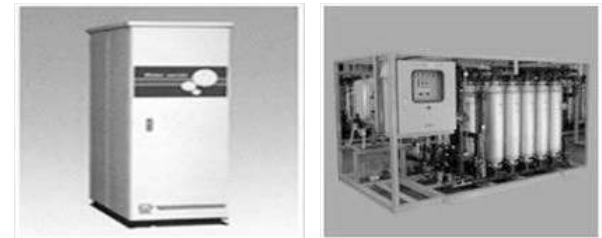
[그림 2-7] Kurita社 KM막(좌) 및 연속식 전기 탈이온 장치(우)

- o 기존의 이온 교환 수지의 장점(균일 입경, 높은 H/OH 전환율)과 자체 조절 기술을 결합한 고품질 이온 교환 수지 개발(고급 분석 기술을 이용하여, 낮은 용출 현상 확인)

[표 2-4] 기존 품질과 KR-UM1의 성능 비교

구 분	Na	Cl	Fe	Al	Cu	Ni	Cr	Ca
기존제품	3~5	5~8	<10	<10	<10	<10	<10	<10
KR-UM1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<2

- o 막탈기 공정을 적용하여, 원수의 용존 산소를 제거하고 배관의 부식을 방지하는 초순수 생산 기술 개발(모듈은 내열성이 뛰어난 FDA 규격 기재 제품 사용). 오염에 강하고 처리수량이 우수한 장점이 있음.
- o KURITA社가 개발한 초순수용 대용량 UF 모듈인 KU1510-HS는 세계 최대 용량의 초순수 UF 모듈로써, 외압형 중공사 폴리설폰 막을 사용함.



[그림 2-8] Kurita社의 막탈기 장치 워터 서버(좌) 및 순수 대용량 UF 모듈 KU1510-HS(우)

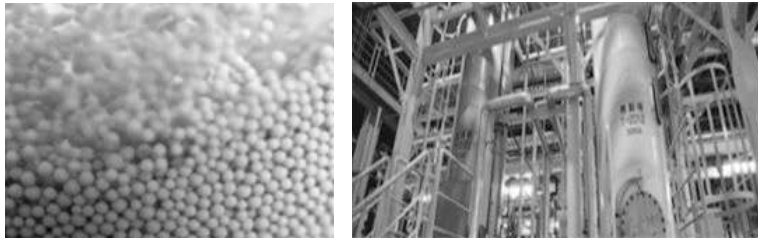


[그림 2-9] 초순수 제조 장치(왼쪽부터 마쿠에스 UP-R형, 쿠리카쿠아 S형, 마쿠에스 KC-H형)

□ ORGANO

- o 대표적인 세계적 초순수 기업 중 하나로써, 이온 교환 수지를 바탕으로 다양한 종류의 초순수 공정 개발
- o ORGANO社は 각 종 산업 분야에 각종 순수/초순수를 제조하여 공급할 수 있는 맞춤형 설비를 개발/제공하고 있음.
- o ORGANO社の 핵심 기술은 이온 교환 수지 및 이와 관련된 설비/소재/부품으로써, 1996년 이후 꾸준히 발전되어 음(이온 교환 장치, 충전물, 이온 흡착 필름 등 다양한 형태로 발전).
- o ORGANO社の 초순수 관련 기술은 초기에는 이온 교환 수지, 충전물, 세척수, 화학 첨가물과 같은 단일 공정 위주의 기술이 개발되었으며, 점차 위의 단위 기술들을 융합시킨 복합기술이 개발되고 있는 추세임(최근에는 이온교환 공정에 UV, 멤

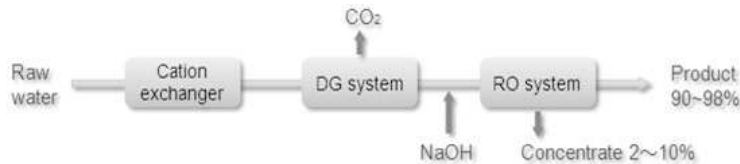
브레인 공정, 세척 공정 등이 결합된 형태로 개발되고 있음).



[그림 2-10] ORGANO 社の 이온 교환 수지(좌) 및 이온 교환 설비(우)

□ NOMURA MICRO SCIENCE Co., Ltd

- o NOMURA 社は 초순수 생산 전반에 걸쳐서, 다양한 요소 기술을 확보하고 있음
- o 그 중에서도, NOMURA 社가 개발한 HERO(High efficiency RO) system은 기존의 RO 공정의 효율을 증진시킨 공정으로, 다음과 같은 장점을 갖고 있음
 - 1) 높은 회수율: 90~98%의 높은 회수율 달성 가능
 - 2) 높은 염제거율: 기존의 시스템보다 높은 염제거율 달성 가능. 이는 silica, boron, 음이온, TOC의 제거가 가능하기 때문
 - 3) 높은 flux: 높은 단위 막 면적당 투과율로 인해 사용하는 막의 개수 감소
 - 4) 낮은 fouling: 막의 fouling을 유발하는 SS, 입자성 물질, 박테리아 감소 효과



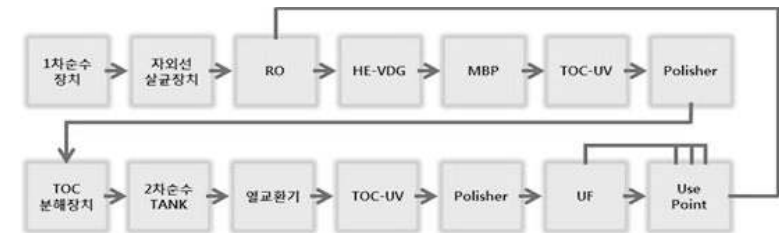
[그림 2-11] NOMURA 社の HERO system

- o NOMURA 社は 이와 같은 HERO system을 다양한 순수 및 초순수 생산 공정 시스템에 적용한 기술을 개발하고 있음. 아래의 그림 2-12는 HERO system을 포함하는 NOMURA 社の 순수 개발 공정도로써, 다음과 같은 장점을 갖고 있음
 - 1) 원수 내 실리카가 많은 경우 적절함
 - 2) RO 공정의 고회수율 운전 가능
 - 3) 원수 수질의 변동에 대한 공정 안전성 확보
 - 4) 불소, TOC 및 이온 제거율이 높음
 - 5) 높은 범위의 pH 조건에서 운전함에 따라 막 오염 현상 방지 개선



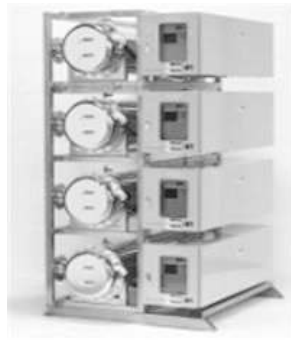
[그림 2-12] HERO system을 포함하는 NOMURA 社の 순수 개발 공정도(예시)

- o 이 외에도 아래와 같은 종류의 다양한 초순수 공정을 개발하고 있음.



[그림 2-13] NOMURA 社の 초순수 개발 공정도 (예시)

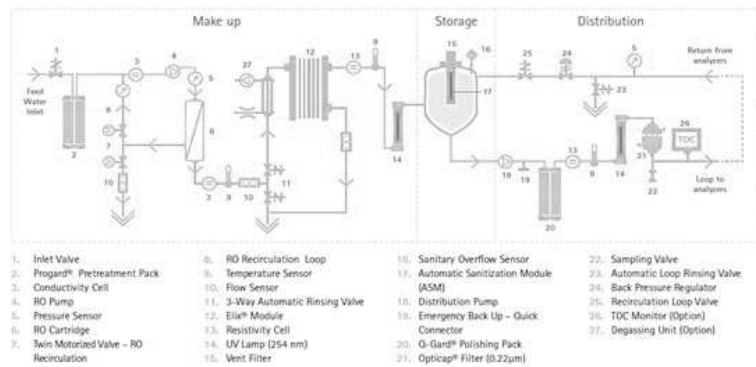
- o NOMURA 社は 다양한 종류의 양이온/음이온 교환수지를 확보하고 있으며, 원수의 수질에 따라서 가장 적합한 이온 교환 시스템을 제공함(counter current flow 재생 타입, co-current flow 재생 타입, mixed bed tower 타입, multi-layered bed 타입, packed bed 타입 등의 이온교환 수지 확보).
- o Organic matter decomposition system(TOC-UV) 개발(수중의 미량 유기물 오염 물질을 185 nm 파장의 UV를 이용하여 유기산 혹은 무기성 탄산으로 분해). 본 TOC-UV 장비는 다음과 같은 장점이 있음.
 - 1) 저압의 UV lamp로 유기물의 효과적인 제거 가능
 - 2) 수질을 저하시킬 수 있는 첨가제 사용이 불필요
 - 3) chamber를 수직으로 배치함으로써 공간 절약
 - 4) 대형 lamp를 적용함으로써, 처리 수량 증대
- o NOMURA 社は High efficiency vacuum degasifier(HE-VDG)를 개발하여, 처리 수의 DO 농도를 5~50 ppb 수준으로 달성함(기존 탈기 시스템과 비교하여, 10% 수준의 DO 농도 달성 가능).



[그림 2-14] NOMURA 社의 TOC-UV (좌) 및 HE-VDG (우)

□ MERCK MILLIPORE

- o 세계적인 바이오제약/화학 관련 기업인 독일 MERCK 社는 최근 시그마 알드리치 社를 인수하여 초순수 제조기를 개발하고 있음.
- o MERCK MILLIPORE 社는 2015년 1월 27일, AFS® E(40E/80E/120E 및 150E) 초순수 생산 시스템 도입을 발표하였음.
- o AFS® E 시스템은 RO, EDI(Electro deionization), UV(Ultra violet) 공정을 융합하여, high quality의 초순수를 생산하는 공정으로써, 구체적으로는 유입수를 Progard® Pretreatment pack에 통과시킨 후, RO cartridge를 통하여, 오염물질의 99%를 제거한 생산수를 확보하는 공정임.



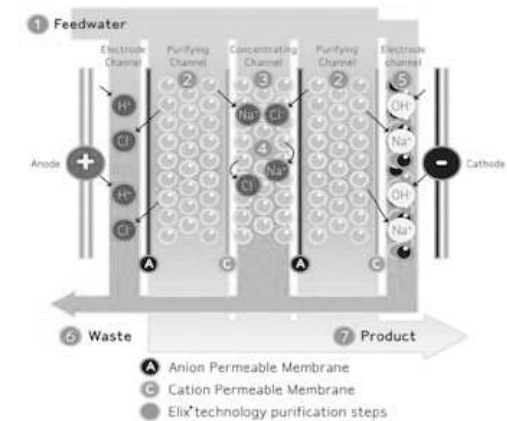
[그림 2-15] AFS® E system 공정 흐름도

- o 생산수는 EDI(Electro deionization) 공정에서 이온을 제거하고 UV(Ultra violet) lamp를 이용하여 최종적으로 살균 처리를 수행함.
- o Distribution 공정은 생산된 초순수의 수질을 일정하게 유지하기 위하여 운전함(저장되어 있는 초순수를 Q-Gard® polishing pack과 UV lamp에 지속적으로 순환시켜 수질을 유지함).
- o AFS® E는 스냅식 cartridge를 이용하여 교체가 용이하며, 시스템의 유지 보수 및 분석, 그리고 실시간 모니터링을 위한 원격 조작을 가능하게 함.



[그림 2-16] AFS® E 물 정화 시스템

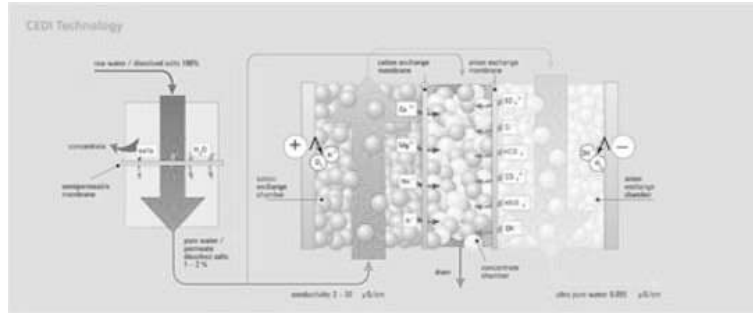
- o AFS® E에는 Merck Millipore's Elix® module을 적용하여 RO cartridge를 통과한 처리수에 존재하는 이온을 분리/제거함.



[그림 2-17] Merck Millipore's Elix® module의 모식도

□ EVOQUA

- EVOQUA社はSIEMENS社の멤브레인 필터 사업을 포함한 수처리 사업을 지속적으로 추진(Siemens Water Technologies LLC의 사명이 Evoqua Water Technologies LLC로 변경됨)



[그림 2-18] CEDI module의 모식도

- Laboratory용 초순수 제조 장치(LaboStar™ series)를 판매하고 있으며, 반도체 제조공정에 적용될 수 있는 RO, UF, 활성탄, 이온교환 수지 공정 관련 제품을 제조/판매함
- 각 단위 공정의 모니터링 및 연동을 위한 각종 수질 측정 장치 및 컨트롤러도 생산 중에 있음
- 그림 2-19는 초순수 제조에 사용할 수 있는 EVOQUA社の 대표적인 장치 및 소재임
- 2012년 Semiconductor나 display 생산용 초순수 제조를 대상으로 한 다양한 CEDI 모듈(VNX Modules, LabXT Modules, LX Modules 및 MX Modules)과 DC 전원 공급 장치를 선보임(그림 2-20)



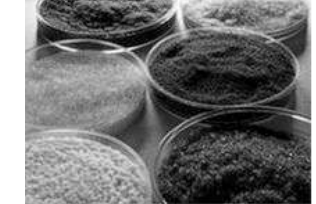
(a) Membrane ultra-filtration unit



(b) Membrane ultra-filtration unit

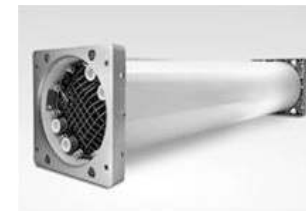


(c) Activated carbon



(d) Ion exchange resin

[그림 2-19] EVOQUA社の 수처리 장치 및 소재



(a) VNX Modules



(b) LabXT Modules



(c) LX Modules



(d) DC Power Controllers

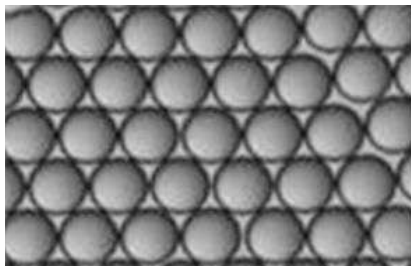
[그림 2-20] EVOQUA社の CEDI 모듈 및 전원 공급장치

□ MITSUBISHI CHEMICAL

- 이온 교환 수지 충전물 (resin) 을 중점적으로 개발
- MITSUBISHI CHEMICAL社は 입자 크기가 약 0.5~0.6mm로 균일하게 분포된 균일입경 이온교환수지 제작에 대한 개발 노하우를 확보하고 있음(일반 이온교환 수지의 경우 입자 크기 0.3~1.2mm의 불균일 이온 교환수지임).
- (강산/약산)양이온 교환수지, (강염기/약염기)음이온 교환수지, 킬레이트 수지 등 다양한 종류의 이온교환 수지 공정 관련 제품을 생산함. 위의 각 종류별로 DIAION™ series, ChromSpeed™ series의 이온 교환 수지를 주력으로 판매
- 1차 정수시스템에는 일반 정수시스템과 유사한 시스템이 이용되고, 2차 정수시스템에서는 재생된 형태의 특수 후처리된 이온교환수지가 사용됨.
- 해당 이온 교환 수지 공정은 반도체, LCD 생산에 필요한 초순수 생산과 원자력 발전용 수처리에 필수적으로 사용되고 있으며, 최근에는 정밀화학 촉매까지 그 용도가 확대되어 수요가 급증하고 있음.

[표 2-5] MITSUBISHI CHEMICAL 社の 주력 이온 교환 수지

사용처	이온교환수지 구분	이온교환수지 종류
1차 정수시스템	양이온교환수지	DIAION SKF110 series
	음이온교환수지	DIAION SAF12AL series
	(복층상식)	DIAION SA10DL·WA30C
	혼상탐용수지	DIAION PKF228·SAF10L
2차 정수시스템	음이온교환수지	DIAION SKT10L
	(복층상식)	DIAION SAT10L
	혼상탐용수지	DIAION SMT100L



[그림 2-21] MITSUBISHI CHEMICAL 社の 주력 이온교환수지

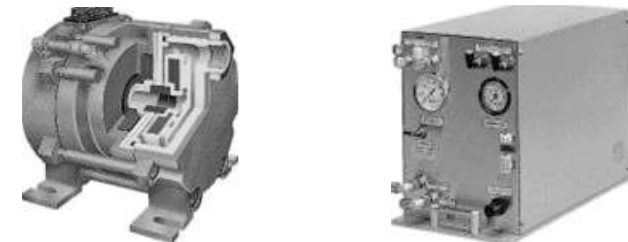
□ EBARA

- EBARA社에서 생산하는 순수/초순수 관련 대표 제품에는 오존 생산 시스템과 이송 펌프가 있음.
- 오존 생산 시스템 (Model OZW)은 플루오로카본 계열(Teflon) 중공사막을 이용하여, 이를 이용하여 다양한 농도의 적절한 오존 생산수를 얻을 수 있음.
- EBARA社에서 개발한 입자성 물질의 발생이 없는 펌프와 Teflon 중공사막을 이용하여 불순물이 없는 오존수 생산이 가능함.
- 이 오존 발생기는 EBARA deaeration water와 가스 용해 장치(H₂, N₂, CO₂)에 필요한 기능수를 제공할 수 있으며, 18.1 MΩ/cm 이상, DN 3 ppm 이하, DO 50 ppb 이하, TOC 3~10 ppb, 15~25℃의 유입 원수 사용함.



[그림 2-22] EBARA 社가 개발한 오존 발생 장치

- EBARA社は 다음과 같은 펌프를 개발하여, 초순수 생산 공정에 공급하고 있음.



[그림 2-23] EBARA 社の 초순수 생산 공정 적용 펌프(좌: Model NDC compact magnetic pump, 우: Model PJ high-pressure plunger pumps)

☐ SHARP

- o 21세기형 제조 단지를 형성한다는 슬로건 하에 저에너지, 친환경 지향의 사업 단지를 구축[그림 2-24].
- o LCD panel, solar cell 등의 공정에 초순수 이용
- o LCD panel 생산을 위하여 총 19개 社와 유기적으로 협력하는 체제를 갖추었고 특히 초순수 공급 및 폐수처리는 KURITA Water Industries에서 담당

☐ 위 와 같은 기술 개발 동향으로 인하여 최근 반도체 업계에서 요구하는 고순도의 고업용수 수질 기준을 다음 표 2-6에 조사하여 나타내었음.

[표 2-6] 반도체 업체 최근 초순수 보증수질

항목		단위	분석하한치	최근 보증 수질	측정법
전기비저항		MΩ·cm		18.22	고감도 비저항계
미립자수	> 0.03 μm	pcs./ml	< 1	< 5	원심 UF여과, SEM계수
	> 0.05 μm	pcs./ml	< 0.1	< 1	미립자계 PMS ultra
TOC		ppb	< 0.4	< 0.5	Anatel A-1000XP
용존산소		ppb	< 1	< 1	용존산소계 Orbisphere
생균		col/10 ℓ	< 1	< 1	배양법 35℃, 72hr
Ionic SiO2		ppb	< 0.02	< 0.05	Column 농축, IC
Total Silicon		ppb	< 0.05	< 0.5	증발농축, ICP-MS
금속원소	B	ppb	< 0.01	0.1	증발농축, ICP-MS
	Mg	ppt	< 1 (0.1)	< 1	
	Al	ppt	< 1 (0.1)	< 1	
	Ca	ppt	< 1 (0.5)	< 1	
	Cr	ppt	< 1 (0.1)	< 1	증발농축, ICP-MS
	Mn	ppt	< 1 (0.1)	< 1	
	Fe	ppt	< 1 (0.1)	< 1	
	Ni	ppt	< 1 (0.1)	< 1	
	Cu	ppt	< 1 (0.1)	< 1	
Cation	Na ⁺	ppt	< 1	< 1	Column 농축, IC
	K ⁺	ppt	< 1	< 1	
	NH ₄ ⁺	ppt	< 20	< 50	
Anion	Cl ⁻	ppt	< 2	< 2	Column 농축, IC
유기염소화합물 as Cl ⁻		ppb	< 0.04	< 0.1	UV 분해, 농축, IC
유기질소화합물 as N ₂		ppb	< 0.04	< 0.1	
유기유황화합물 as SO ₄ ²⁻		ppb	< 0.06	< 0.1	

※ NS : Not specified, IC : Ion Chromatography

() 안의 수치는 특수 Sampling 해서 특수하게 분석한 경우의 하한치를 나타낸다.

2. 특허분석

가. 특허 검색 및 분석 방법

- ☐ 한국, 일본 미국, 유럽(유럽 전체, 독일, 영국, 프랑스), 중국, PCT 특허를 대상으로, 출원 공개 또는 등록된 특허(1981.1~2014.12)에 대해 특허 검색/분석을 실시함.

[표 2-7] 검색 국가, 기간, 검색 DB 종합

자료구분	국가	분석기간	검색 DB	검색범위
공개 / 등록 특허	한국	1981.1~2014.12 (출원일 기준)	Wisdomain/ Thomson innovation	특허 공개/특허 등록/심사 중 특허/미등록 심사 중 특허
	일본			특허 공개/특허 등록 전체 문서
	미국			
	유럽			
	독일			
	영국			
	프랑스			
	중국			
	PCT			

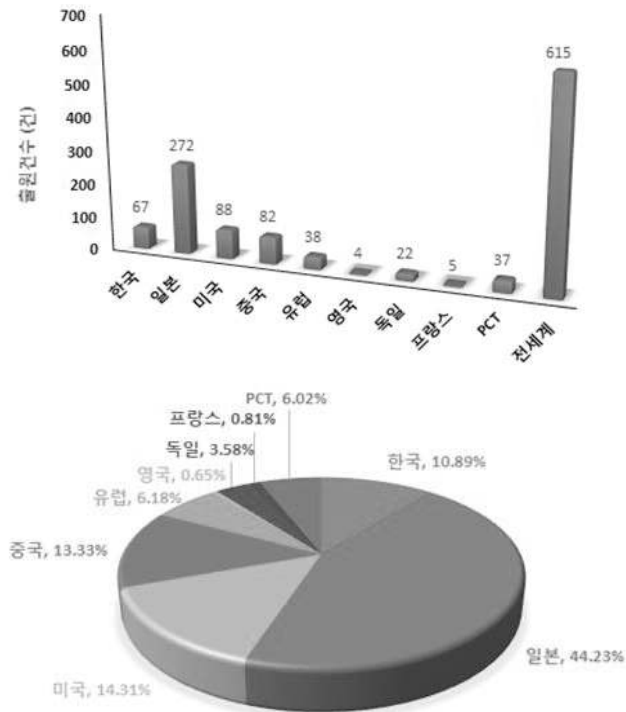
- ☐ 한국과 일본의 경우, 특허 공개, 특허 등록, 심사 중인 특허, 미등록심사 중 (5년간 유효)의 특허에 대해 검색을 진행함. 기타 국가 및 PCT 특허의 경우, 공개 및 등록 특허 전체에 대해 특허 검색을 실시함.

- ☐ 아래의 표 2-8과 같은 키워드를 사용하여 특허 검색을 수행함.

[표 2-8] 초순수 기술 검색을 위한 검색식 작성

국가	검색식
한국/일본	(초순수 or 고순도수) and (제조 or 장치 or 시스템 or 설비 or 장비)
미국/중국/유럽/독일/영국/프랑스/PCT	((((Ultra near pure) or Ultrapure) and water) and (product or system or apparatus or plant or equipment or process))

- Wisdomain 데이터베이스 상에서 위와 같은 키워드로 검색하였을 때(표 2-8), 1차적으로 총 2,413건의 특허가 검색됨. 초순수 관련 특허를 2차적으로 분류한 결과, 유효특허는 615건으로 도출되었음(1,798건의 제외된 특허는 초순수 생산/제조/설비 등과 무관한 단순 키워드 특허).
- 국가별로는 일본이 290건으로 전체 특허의 44.2%를 차지하고 있었고, 다음으로 미국(88건, 13.8%), 중국(82건, 13.3%), 한국(67건, 10.9%) 순의 분포를 보임.

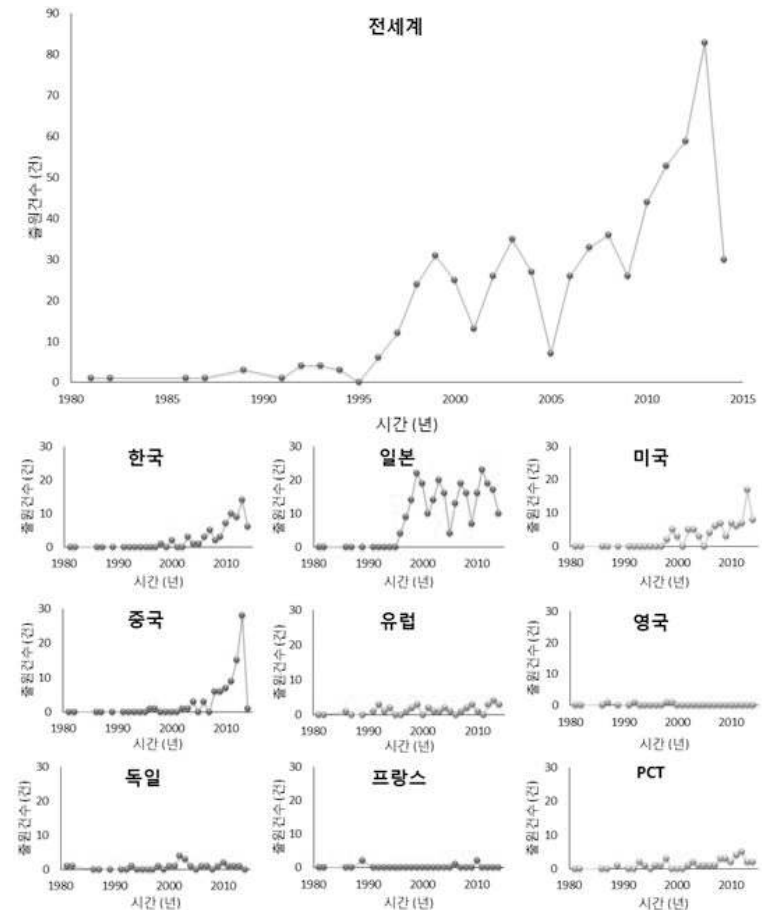


[그림 2-26] 국가별 유효 초순수 관련 특허 건수(위) 및 분포(아래)

- 세계적으로 특허 출원의 경우, 1990년대를 거쳐 2009년을 기준으로 급격하게 증가하는 경향이 나타남(그림 2-27).
- 2014년도에는 특허가 출원된 이후 공개까지의 일정기간이 소요되는 제도상의 이유에 기인하여 저평가 되었다고 사료됨.
- 초순수 특허 출원 건수는 한국, 일본, 중국을 중심으로 증가함. 영국, 독일, 프랑스를 포함한 유럽권의 특허는 출원 실적이 미비함. 이는 초순수 특허 출원이 일본을 주도

로 한 아시아 국가를 위주로 수행되고 있음을 의미함.

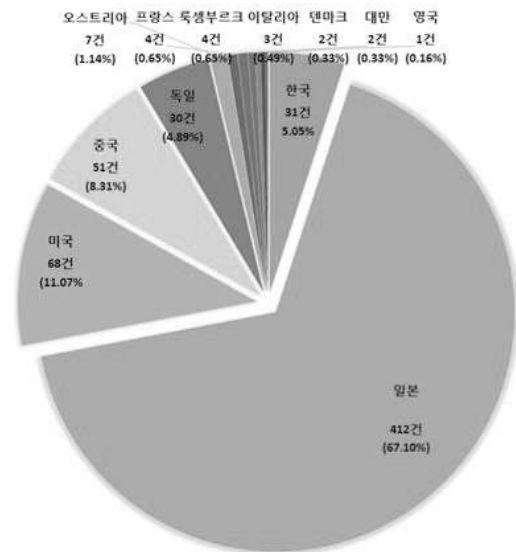
- 특히, 한국의 경우 중국과 함께 2009년을 기점으로 급격하게 증가함.



[그림 2-27] 국가별 연도별 초순수 관련 특허 현황

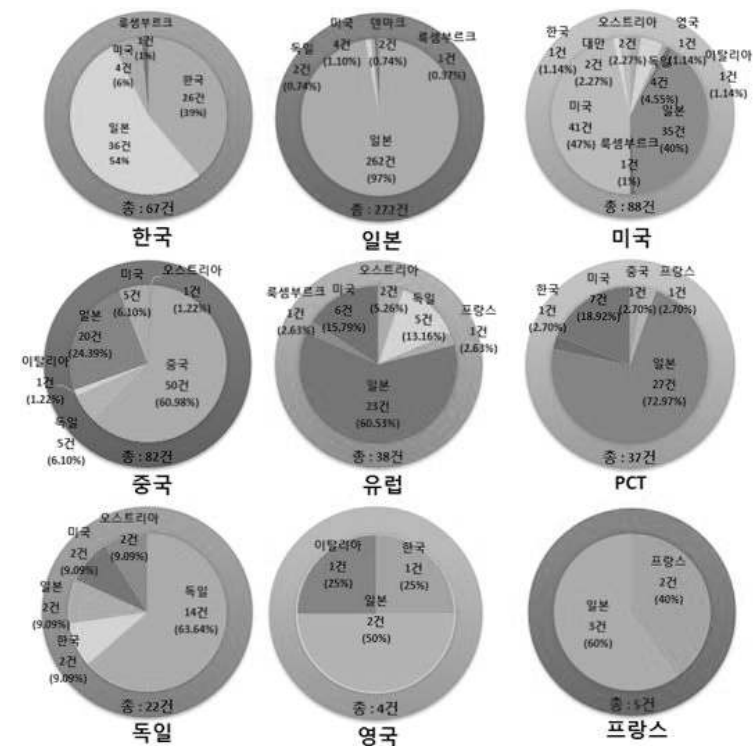
(2) 출원인 국적별 특허 분석 결과

- 총 615건의 유효특허를 출원인 국가(앞서 보고하였던 것은 “출원국”)로 분류하여 실질적인 초순수 기술 개발 동향 국가를 분석함(“출원인 국가 분석”은 출원인의 국적에 따라 특허를 구분한 것으로써, 실질적인 기술 개발 국가를 파악하기에 유용함).



[그림 2-28] 세계 초순수 관련 특허 출원인 국적 현황

- 세계적으로 출원인 국적별 특허출원 현황을 살펴보면, 일본 국적의 출원인이 발표한 특허가 412건(67.10%)로, 일본인들에 의해 집중적으로 특허 출원이 이루어지고 있는 것으로 조사됨. 이는 우수한 기술력을 보유하고 초순수 시장을 선점한 결과로 파악됨.
- 그 다음으로 미국(68건, 11.07%), 중국(51건, 8.31%)순으로 나타났으며 한국의 경우 31건으로 약 5%의 분포를 차지하는 것으로 분석됨.
- 기타 국가의 경우, 독일(30건, 4.9%), 오스트리아(7건, 1.1%), 프랑스(4건, 0.7%), 룩셈부르크(4건, 0.7%), 이탈리아(3건, 0.5%), 덴마크(2건, 0.3%), 대만(2건, 0.3%), 영국(1건, 0.2%)순으로 조사됨.
- 주요 시장국을 기준으로 국적별 특허출원현황(그림 2-29)을 살펴보면 한국의 경우 전체 67건의 초순수 관련 특허 중 일본 국적 출원인이 36건으로 약 54%의 분포를 나타내고 있으며, 그 다음으로 한국(26건, 39%), 미국(4건, 6%), 룩셈부르크(1건, 1%)로 조사됨.



[그림 2-29] 주요 국가별 초순수 관련 특허 출원인 국가 현황

- 일본의 경우, 전체 272건의 특허 중 일본 자국국적 출원인이 262건으로 대부분의 특허를 자국에 편중된 일본 국적의 출원인이 보유하고 있는 것으로 조사되었고, 기타 국가는 분포별로 미국(4건, 1.1%), 독일(2건, 0.7%), 덴마크(2건, 0.7%), 룩셈부르크(1건, 0.4%)로 미미한 특허 출원을 나타냄.
- 미국의 경우, 총 88건의 특허 중 미국 국적 출원인이 41건(47.0%), 일본국적 출원인이 35건(40.0%)으로 약 80% 이상의 분포를 보이고 있으며 그 다음으로는 독일(4건, 4.6%), 오스트리아(2건, 2.27%), 대만(2건, 2.3%), 한국(1건, 1.1%), 영국(1건, 1.1%), 이탈리아(1건, 1.1%), 룩셈부르크(1건, 1.1%)로 조사됨.
- 중국의 경우, 총 82건의 초순수 관련 특허 중 중국 국적 출원인이 50건으로 약 60%의 분포를 보이고 있으며, 이에 자국을 중심으로 한 초순수 기술 개발이 수행되고 있는 것으로 판단됨. 그 다음으로 일본(20건, 24.4%), 미국(5건, 6.1%), 독일(5건, 6.1%), 오스트리아(1건, 1.2%), 이탈리아(1건, 1.2%)순으로 조사됨.

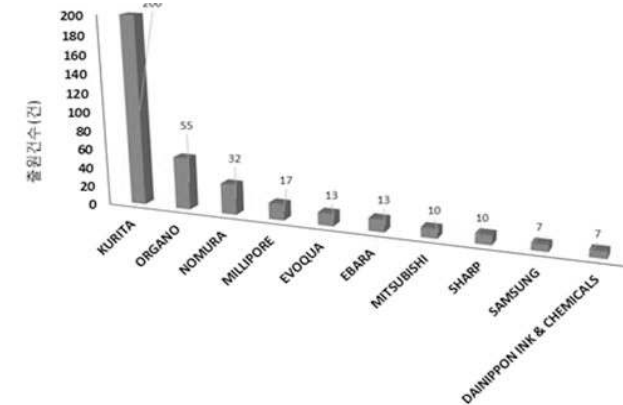
- 유럽의 경우, 총 38건의 특허 중 일본 국적 출원인이 23건으로 전체 초순수 특허의 60%를 차지하였으며, 이는 유럽에서는 일본을 중심으로 특허가 출원되고 있음을 의미함. 기타 국가들에 의한 특허 출원은 상대적으로 미비하였음(미국(6건, 15.8%), 독일(5건, 13.2%), 오스트리아(2건, 5.3%), 룩셈부르크(1건, 2.6%)).
- PCT의 경우, 총 37건의 특허 중 일본 국적 출원인이 27건으로 약 73%의 분포를 나타내며 기술 개발을 주도하고 있는 것으로 파악됨. 그 다음으로는 미국(7건, 18.9%), 한국(1건, 2.7%), 중국(1건, 2.7%), 프랑스(1건, 2.7%) 순으로 나타남.
- 독일의 경우, 총 22건의 특허 중 자국 국적 출원인이 14건으로 전체 특허의 약 64%를 차지하고 있음. 그 다음으로는 한국(2건, 9.1%), 일본(2건, 9.1%), 미국(2건, 9.1%), 오스트리아(2건, 9.1%)순으로 조사됨.
- 영국의 경우, 총 4건의 초순수 관련 특허가 출원되었으며, 일본(2건, 50%), 한국(1건, 25%), 이탈리아(1건, 25%) 순으로 특허를 출원함.
- 프랑스의 경우, 총 5건으로 일본(3건, 60%), 프랑스(2건, 40%) 순으로 출원됨.
- 국적별 특허 출원 현황 분석 결과 초순수 시장의 선두주자인 일본이 전 세계적으로 초순수 시장에서 특허 출원을 장악하고 있는 것으로 파악됨.
- 우리나라의 경우 타국에서의 특허 출원 분포는 미비한 상황임.

(3) 주요 출원 기업 별 특허 출원 현황(Top 10)

- 초순수 시장을 선도하는 주요 출원 기업 Top10을 선정한 결과 대부분의 출원인 국가가 일본(8개)으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 미국(1개), 한국(1개)순으로 조사됨
- 출원 기업 1위는 KURITA(일본)로 전체 615건의 초순수 관련 특허중 200건(32%)을 보유하는 것으로 나타남. 그 다음으로 ORGANO(일본, 55건), NOMURA(일본, 32건), MILLIPORE(미국, 14건), EVOQUA(독일 13건), EBARA(일본, 13건), MITSUBISHI(일본, 10건), SHARP(일본, 10건), DAINIPPONIN & CHEMICALS(일본, 7건) 순으로 나타났으며 한국의 경우 SAMSUNG이 7건의 특허 출원을 한 것으로 나타남.
- 해당 결과를 바탕으로 초순수 시장의 경우 일본, 특허 KURITA사와 ORGANO사가 전체 특허의 40%(255건)를 보유하여 주요 출원 기업임을 알 수 있었으며, 해당 기업들이 국제 시장에서 초순수 분야 기술 개발을 주도하고 있는 것으로 분석됨

(4) 특허 맵을 이용한 키워드 분석 결과

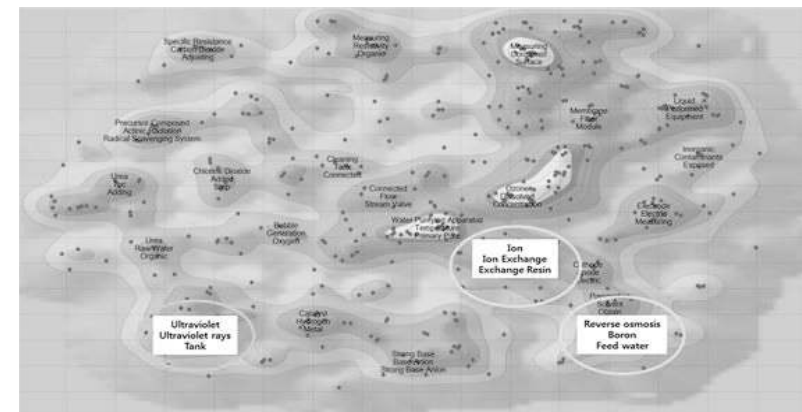
- 초순수 관련 세부기술(역삼투(Reverse osmosis), UV(Ultra violet), 이온교환수지, EDI(Electrodeionization) / CDI(Capacitive deionization), 탈기(Degassing), 활성탄)에 대한 특허 맵 분석 수행.



[그림 2-30] 주요 출원인 초순수 관련 특허 출원 현황

- 초순수 관련 특허맵 분석 결과 (검색된 전체 유효 특허)

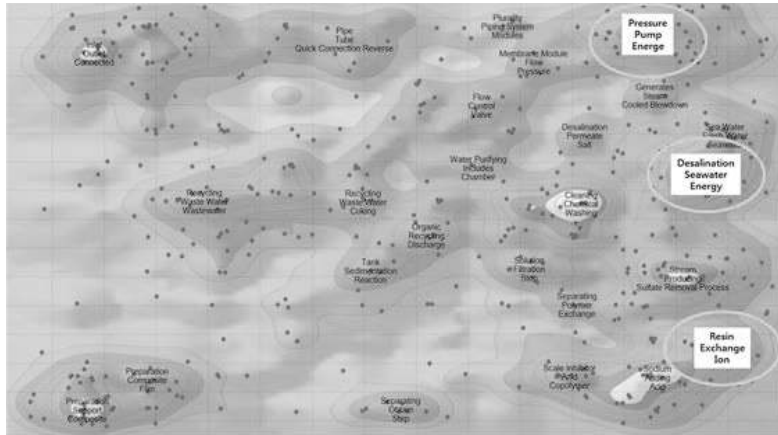
- o 전 세계 초순수 관련 특허 맵(그림 2-31) 분석 결과, 역삼투 공정, 이온교환수지 및 UV와 관련된 특허 검색 빈도가 가장 높은 것으로 도출됨.
- o 이온교환수지의 경우, UV, 역삼투 공정과 중복되어 검색이 되는 경향을 나타내었고 이는 위의 단위 공정의 복합 기술에 대한 특허가 다수 존재하는 것을 의미함.
- o Water purifying 등 단위 공정 특허로 분류되기 어려운 것들은 세부 단위 공정 특허 맵 작성시 제외함.



[그림 2-31] 초순수 관련 특허 맵 분석 결과(검색된 전체 유효 특허)

□ 역삼투 관련 특허 맵 분석 결과

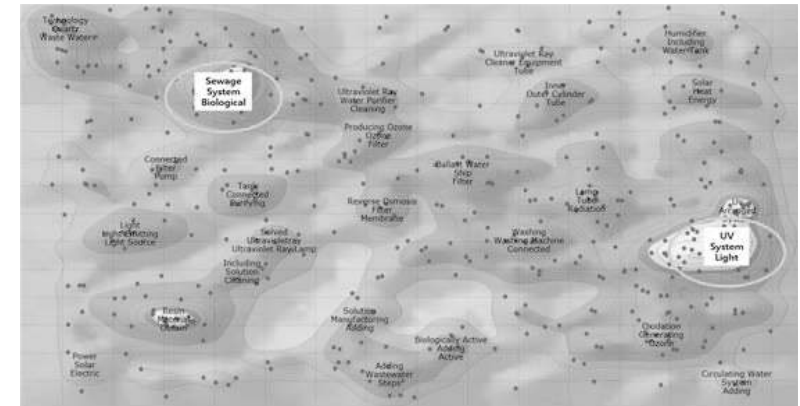
- 역삼투는 대부분 담수화(Desalination)와 관련된 키워드와 함께 검색됨.
- 또한 압력 또는 에너지가 주로 키워드로 검색이 되었으며, 이온교환수지와 중복 검색이 되는 것으로 보아 이온교환수지와 결합된 공정이 이용되고 있는 것으로 판단됨.
- 특히, 초순수 생산을 위해서, 통합 멤브레인 시스템(integrated membrane systems, IMS)을 적용함(IMS의 주 목적은 막오염 현상의 감소 혹은 제어에 있음)(출처: Advances in membrane technologies for water treatment; materials, processes and applications, Angelo Basile, Alfredo Cassano, and Navin Rastogi)



[그림 2-32] 역삼투 관련 특허 맵 분석 결과

□ UV 관련 특허 맵 분석 결과

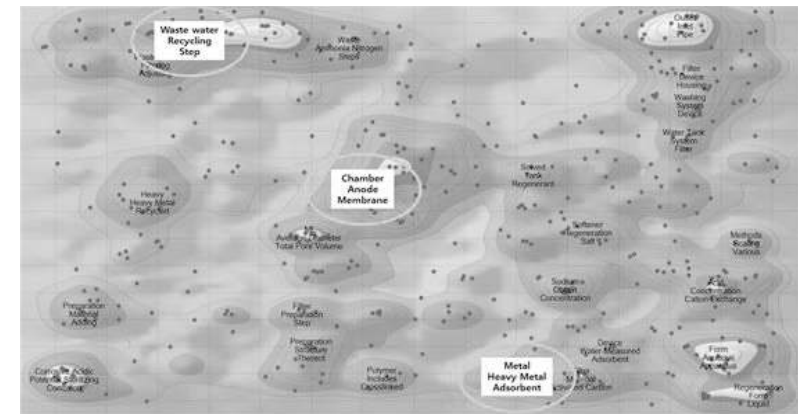
- UV 관련 특허의 경우, UV 공정 내에 이용되는 UV lamp가 주요 키워드로 분석됨.
- 생물학적 처리와 관련된 키워드들에 대해 주로 검색되었으며, 이는 UV 기술의 살균 및 유기물 분해 기능과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단됨.
- 또한 효율적인 TOC 제거를 위하여, VUV와 같은 특정 UV 파장을 활용한 기술이 활용되고 있음.
- 참고로 2013년 기준, 세계 UV 살균 시장 규모는 9.3억 달러이며, 지속적으로 성장하여, 2018년에는 13.4억 달러 시장을 형성할 전망. 특히, UV 살균 시장의 경우, Wedeco, Trojan 두 회사가 약 80%를 점유하고 있음(출처: 2015 물 산업 실태와 사업전망, 임팩트)



[그림 2-33] UV 관련 특허 맵 분석 결과

□ 이온교환수지 관련 특허 맵 분석 결과

- 이온교환수지 관련 특허의 경우, 전반적으로 이온교환 장치, 이온교환 수지 및 제거 대상 물질과 관련된 특허가 다수 검색됨.
- 또한, Recycle 키워드로 검색되는 것으로 미뤄볼 때, 이온교환수지 공정관련 기술은 폐수처리뿐만 아니라 자원 회수 측면에서 적용/개발되고 있는 것으로 사료됨
- 참고로 2013년 기준, 세계 이온교환 시장 규모는 7억 달러이며, 연 5% 정도 성장하여, 2018년에는 8.5억 달러 시장을 형성할 전망(출처: 2015 물 산업 실태와 사업전망, 임팩트)

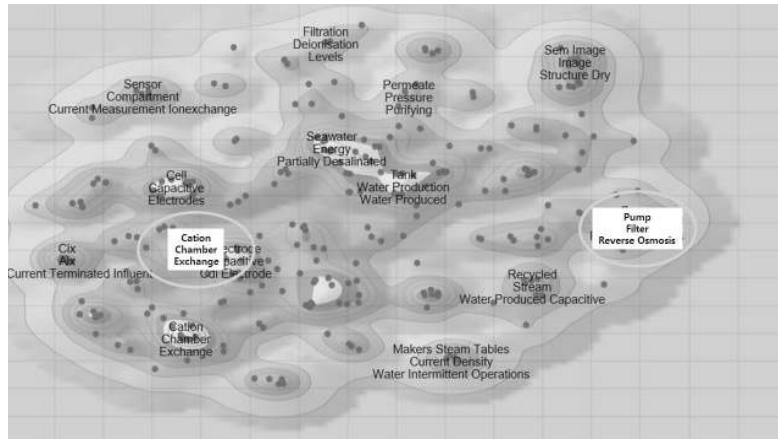


[그림 2-34] 이온교환수지 관련 특허 맵 분석 결과

- 향후 이온교환수지는 수처리 시장에서 이온교환수지의 생산단가 절감 및 성능향상을 위한 이온교환수지의 제조법의 기술이 개발될 것으로 예상됨.
- 구체적으로 이온교환수지 개발은 공극의 크기 및 표면적과 관련이 있을 것으로 예상됨(non-ionic functional groups 부착에 의한 폴리머 표면의 극성 변화)(출처: PROGRESS IN ION EXCHANGE, advances and applications, A. Dyer, M. J. Hudson and P. A. Williams)

□ EDI/CDI 관련 특허 맵 분석 결과

- 세계적으로 1,000 톤/일 ~ 950,000 톤/일 규모의 ED(Electrodialysis) 플랜트가 설치되어 있음. EDR(Electrodialysis reversal process) 공정의 경우, 미국, 스페인, 이탈리아, 오스트리아 등에 설치되어 운전되고 있음(출처: Electrodialysis and water reuse, novel approaches, Carlos P. Bergmann).
- ED의 막 수명은 운전 조건에 따라 결정된다고 하지만, 일반적으로 5년 정도이며, 이에 저에너지형 및 고효율 막 개발이 필요할 것으로 사료됨(출처: Electrodialysis and water reuse, novel approaches, Carlos P. Bergmann).
- 멤브레인 공정과 이온교환수지는 상대적으로 흡착, 산화 공정에 비해, 기술적 성숙도가 낮은 수처리 공정이며, 해당 기술들의 융합공정인 EDI 및 CDI의 경우, 낮은 기술적 성숙도가 예상됨(출처: Industrial wastewater treatment, recycling and reuse, Vivek V. Ranade, Vinay M. Bhandari).
- 최신 기술인 EDI와 CDI의 경우, 상대적으로 소수의 초순수 관련 특허가 검색됨.

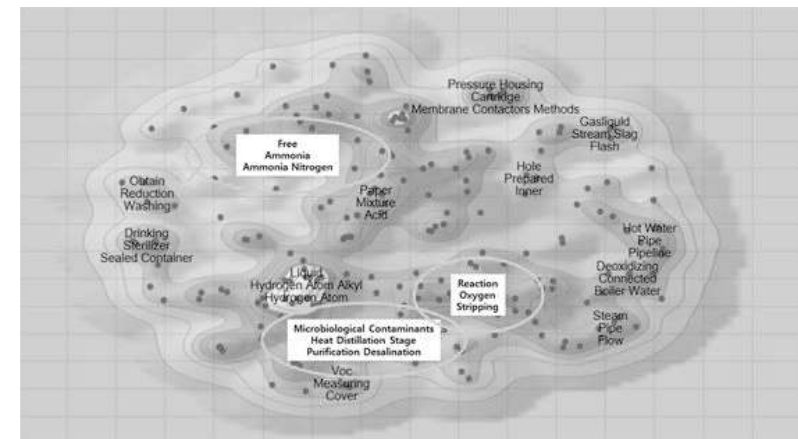


[그림 2-35] EDI/CDI 관련 특허 맵 분석 결과

- 전체적으로 각 단위 공정의 장치와 관련된 키워드의 빈도가 높았으며, 기술적으로는 이온교환 수지 및 역삼투 공정과 함께 검색됨. 이는 해당 기술들과의 복합 기술이 개발되어 왔음을 의미함.
- 향후 전극, 멤브레인 등과 관련된 소재 개발을 바탕으로, 공정 및 에너지 효율을 개선하기 위한 기술 개발이 필요할 것으로 예상됨.

□ 탈기법 관련 특허 맵 분석 결과

- 탈기법 관련 특허의 경우, 탈기 공정에 사용되는 장비 관련 특허의 검색 빈도가 높았으며, 제거 대상 오염물질(암모니아) 관련 특허가 주로 검색됨.
- 탈기에 사용되는 기체 분리막의 경우, 상용화 되어 있는 소재가 제한되어 있으며, 이에 대한 기술 개발이 필요한 상황임.
- 초순수 공정에서 고려되는 주 제거 대상 물질(질소, 이산화탄소) 등에 대한 기체 분리막은 상용화 되어있음.

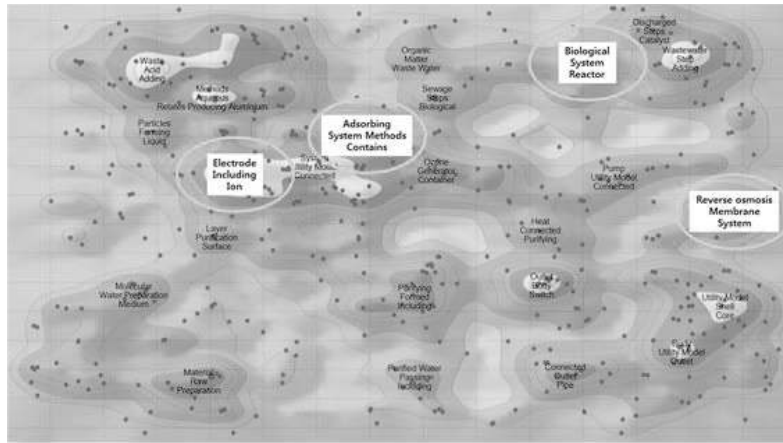


[그림 2-36] 탈기법 관련 특허 맵 분석 결과

□ 활성탄 관련 특허 맵 분석 결과

- 활성탄 관련 특허의 경우, 수처리 공정과 관련하여 전극(Electrode)을 이용한 기술, 흡착, 생물학적 처리 및 역삼투 공정의 키워드를 갖는 특허의 검색 빈도가 높았음.
- 활성탄의 경우, micro pollutants 및 natural organic matter 제거 목적으로 사용되며, 생물공정 및 오존 산화 공정 등과 연계하여 적용됨. regeneration 효율 향상을 위한 기술이 지속적으로 개발되고 있음(출처: Activated carbon for water and

wastewater treatment; integration of adsorption and biological treatment, Ferhan Cece).



[그림 2-37] 활성탄 관련 특허 맵 분석 결과

8. 논문분석

가. 관련 논문 동향

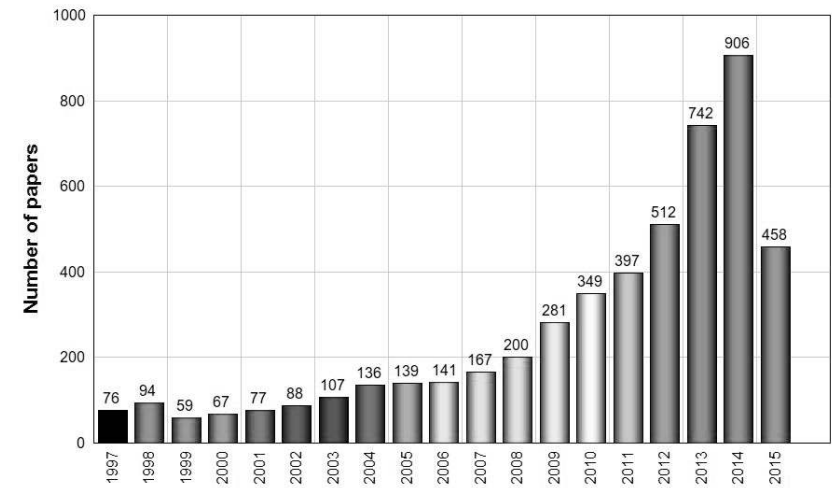
- 논문분석은 온라인 논문 검색 사이트인 Science direct를 활용하여 1980년대부터 현재까지 발표된 논문을 조사, 분석하였음.

[표 2-10] 논문검색방법

논문 검색 조건	방 법
검색 Domain	Elsevier사에 발표된 논문
검색 DB	Elsevier사의 Scopus
검색 기간	1997년 1월 1일 ~ 2015년 3월 1일
검색 범위	주제어

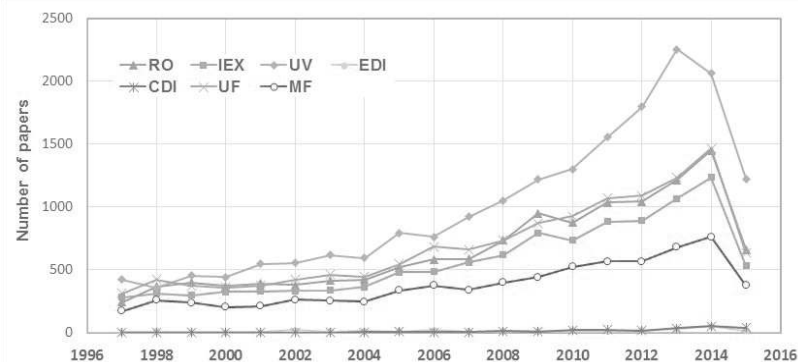
- 먼저 주제어를 “ultrapure water”로 하였을 때, 총 5,000여편의 논문이 검색됨.
 - o Ultrapure water 분야는 최근 들어 관련 논문의 숫자가 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있었음.
 - o 첨단용수 관련 논문 분석을 위해서는 시스템 기술의 개발동향을 조사하는 것과 함께 이를 구성하고 있는 단위공정 기술의 개발동향을 조사하는 것이 필요함. 따라서

주요 단위기술인 RO, IEX, EDI, CDI 등에 대해서도 논문 분석을 수행함.



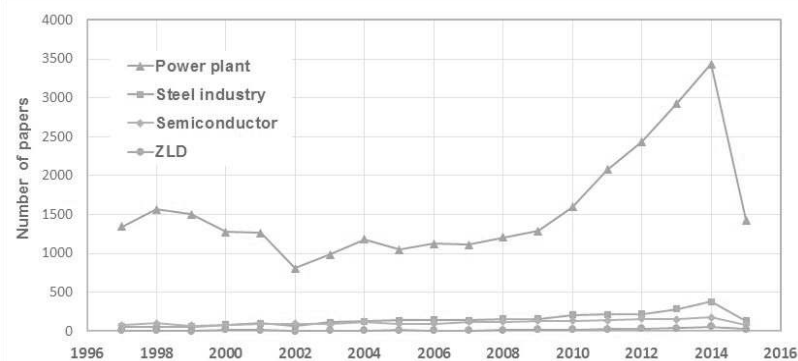
[그림 2-38] 첨단용수 (ultrapure water) 관련 논문 동향

- 단위기술을 주제어로 하였을 때 다수의 논문이 검색되었음.
 - o 첨단용수 분야와 관련된 논문만 검색하기 위하여 각 단위기술 중에서 “Industrial water treatment”와 관련된 논문만 검색함.
 - o 최근 부각되고 있는 기술인 CDI와 EDI를 제외한 분야에서는 다수의 논문이 검색되고 있음.
 - o UV 관련 기술의 숫자가 가장 많았으며, RO와 UF 관련 논문의 숫자도 2006년 이후부터 급격하게 증가하고 있음.
 - o 2015년의 경우 1월부터 3월까지의 논문을 조사하였음에도 많은 숫자의 논문이 검색되고 있음.
 - o 따라서 첨단용수 분야의 기술은 일부 기술을 제외한다면 이미 단위공정 분야에서는 많은 연구가 진행되었다고 볼 수 있으며, 향후에는 시스템 기술의 개발이 좀 더 중요하게 진행될 것으로 판단됨.



[그림 2-39] 첨단용수 단위기술별 논문 동향

- 시스템 기술을 주체어로 하였을 때 발전소 관련분야의 논문이 가장 많았음
 - 첨단용수 분야 중 대표적인 발전소, 제철, 반도체, 무방류 시스템 등에 대한 논문을 조사 분석하였음.
 - 발전소 용수처리 분야의 논문이 가장 많았음(전체의 84.8%).
 - 최근들어 철강산업 분야와 반도체 분야의 논문 숫자가 증가하고 있음.
 - 무방류 시스템 관련 기술은 상대적으로 숫자가 적었으며, 이는 아직까지 많은 연구가 필요하다는 것을 시사하고 있음.



[그림 2-40] 첨단용수 단위기술별 논문 동향

□ “Industrial Water Treatment”와 “Ultrapure Water” 저널의 2014년 게재논문은 다음과 같음.

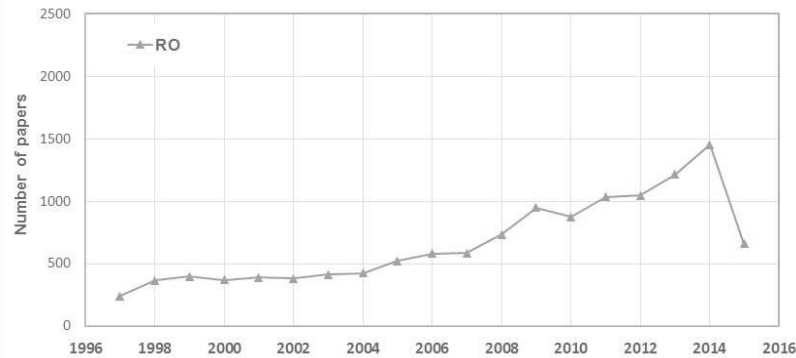
- Ultrapure Water(2014): 수처리 분야 외에 배관재질에 관한 내용과 센서에 관련된 내용 등이 많이 다루어지고 있음.
 - Changes in PVDF To Improve High-Purity Water Piping Systems
 - Fluoropolymer Applications in High-Purity Water Distribution Systems
 - Validating Purified Water Systems with a Lifecycle Approach
 - Piping Materials of Construction
 - Controlling Condensate and Feedwater Dissolved Oxygen and Air Inleakage at the Source
 - Reducing Boiler Fuel Costs through Improved Feedwater Quality
 - Proper Sampling Makes a Difference at Power Plant
 - Next Generation Design of Pharmaceutical Water Systems
 - First Time Surface Water Used in New England for Production of High-Purity Water Extending the Value of Resistivity to Optimize Microelectronics Water System Operation
 - Dissolved Oxygen Control in Steam Condensate
 - Correlations between Semi-volatile Organic Carbon and TOC in Pure Water Systems
 - Ozone versus Hot Water: A Sanitization Method Comparison and Case Study
 - Water for Pharmaceutical Use
 - SI Traceable Primary Calibration of In-Line Conductivity Sensors
- Industrial Water Treatment(2014): 발전소 용수처리와 함께 세일가스, 담수화 등 새로운 분야의 산업용수 처리에 관한 내용들이 발표되고 있음.
 - Overview of Shale Gas Water Issues
 - Bio-(green) and Synthetic Polymers as
 - Antiscalants and Dispersants
 - Pharmaceutical Drugs Pathways, Risks and Controlling Disposal to Environment
 - U.S. Water Pursues Integrated Equipment, Treatment Chemical Business Model
 - Power, Boiler Water Business Sees Growth in Asia
 - Evaluating Power Plant Water Requirements
 - Treatment Strategies for Produced and Flowback Water
 - Safe Disposal of Pharmaceuticals into the Environment
 - Is Zero Liquid Discharge Really Possible?
 - Performance Review of Simplified Cooling Water Treatment
 - Tips for Improving Water and Wastewater Treatment Projects
 - Microbiological Control in Cooling Water Systems

- Neurotoxicological Risks Related to Mining Wastewater
- Dealing with Tighter Wastewater Treatment Guidelines
- Membrane Pretreatment To Enhance High Brackish Water Desal System Performance
- Pilot Study Report on Using UF Membranes as a Pretreatment to an SWRO System
- Energy Recovery Moves To Take its Technology into New Markets
- How well Does Zinc Inhibit Corrosion?
- Limits of Energy Savings in Seawater RO
- Strategies to Improve Desalination Plant Reliability
- Pilot Study of Brackish Groundwater Desalination Membranes
- Desalination: A Viable Water Source?

나. 세부기술분야별 논문동향

□ RO

- o RO 분야 논문은 2010년 이후부터는 연간 1,000편 이상이 출판되고 있음.
- o 세부적으로는 RO막 소재개발, 공정개발, 기타 기초연구 분야의 연구가 진행되고 있음.
- o 특히, 초순수 분야에서는 에너지를 절감하기 위한 LPRO 막의 적용에 관한 연구와 미량유기물의 제거효율 향상을 위한 연구 등이 최근 보고되고 있음.

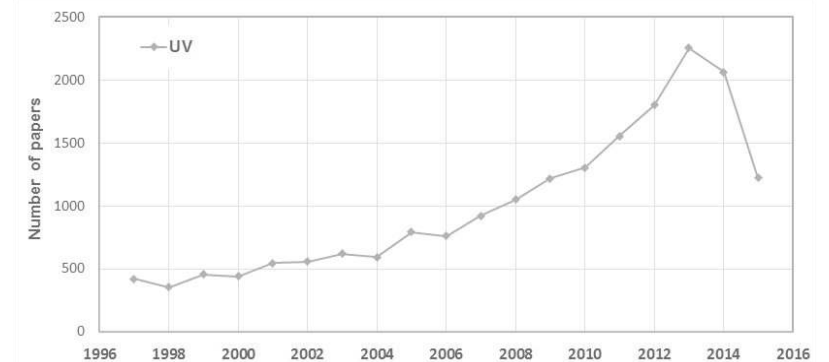


[그림 2-41] 침단용수 단위기술별 논문 동향: RO

□ UV

- o UV 분야 논문은 가장 많았으며, 숫자도 증가 추세에 있음.
- o 세부적으로는 UV 공정의 설계와 운전을 위한 연구가 많았음.

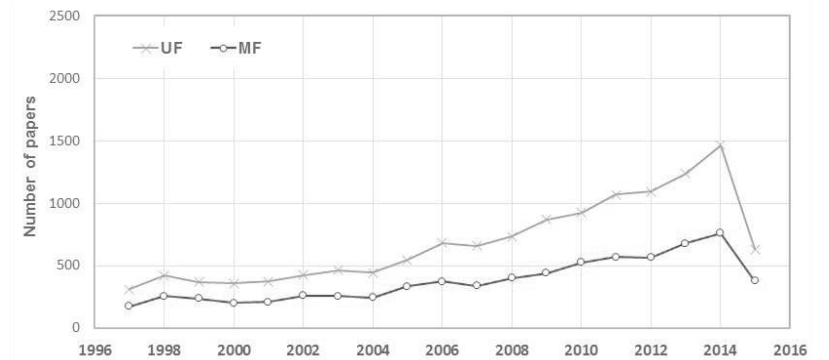
- o 특히 초순수 분야에서는 UV를 이용한 유기물(특히 Urea 등)의 직접분해에 관한 연구가 최근 발표되고 있음.



[그림 2-42] 침단용수 단위기술별 논문 동향: UV

□ MF/UF

- o 산업용수 시스템의 전, 후처리 방법으로 MF와 UF에 대한 연구가 진행 중임.



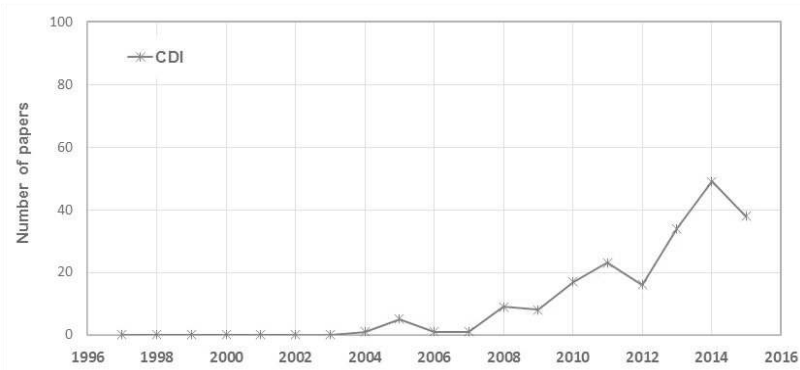
[그림 2-43] 침단용수 단위기술별 논문 동향: MF/UF

□ CDI

- o CDI에 관한 논문은 상대적으로 그 숫자가 많지 않으며, 이는 이 방법이 비교적 최근에 개발되어 적용되고 있기 때문임.
- o 2008년 이후 논문의 숫자가 급증하고 있으며, 이는 CDI 기술이 최근에 빠르게 발

전하고 있는 것을 시사함.

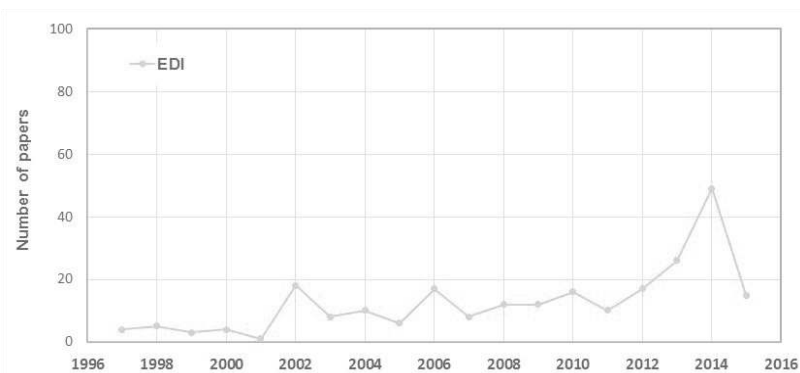
- o 그러나 아직까지 기술개발과 적용의 초기단계로서 높은 신뢰성이 요구되는 산업용수 분야에 적용하기 위해서는 기술적으로 해결해야 할 사항이 많이 있음을 나타냄.



[그림 2-44] 첨단용수 단위기술별 논문 동향: CDI

□ EDI

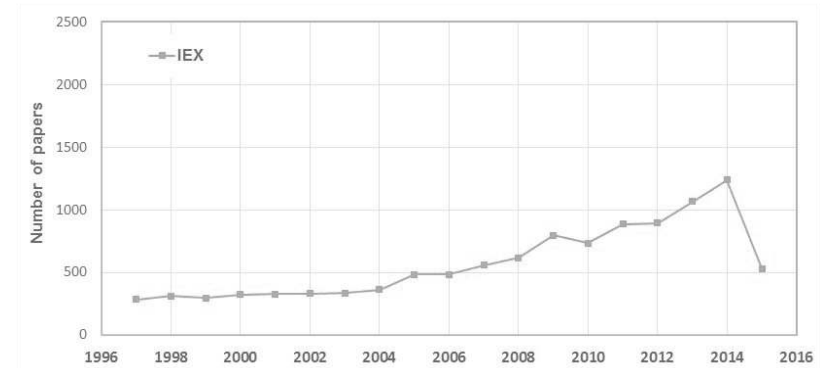
- o EDI에 관한 논문도 CDI와 비슷하게 다른 공정과 비교해 볼 때 상대적으로 그 숫자가 많지 않으며, 이는 이 방법이 비교적 최근에 적용되고 있기 때문이다.
- o 2002년 이후 논문의 숫자가 증가하고 있으나 그 증가속도가 CDI보다는 느린 편임.
- o 기술적용의 초기단계로서 향후 연구개발이 활발하게 진행될 것으로 전망됨.



[그림 2-45] 첨단용수 단위기술별 논문 동향: EDI

□ IEX(이온교환)

- o IEX는 이전부터 널리 사용되는 공정으로 매년 많은 숫자의 논문이 발표되고 있음.
- o IEX 수지의 개발과 적용에 관한 논문이 다수 발표되고 있음.



[그림 2-46] 첨단용수 단위기술별 논문 동향: IEX

4. 국산화 현황

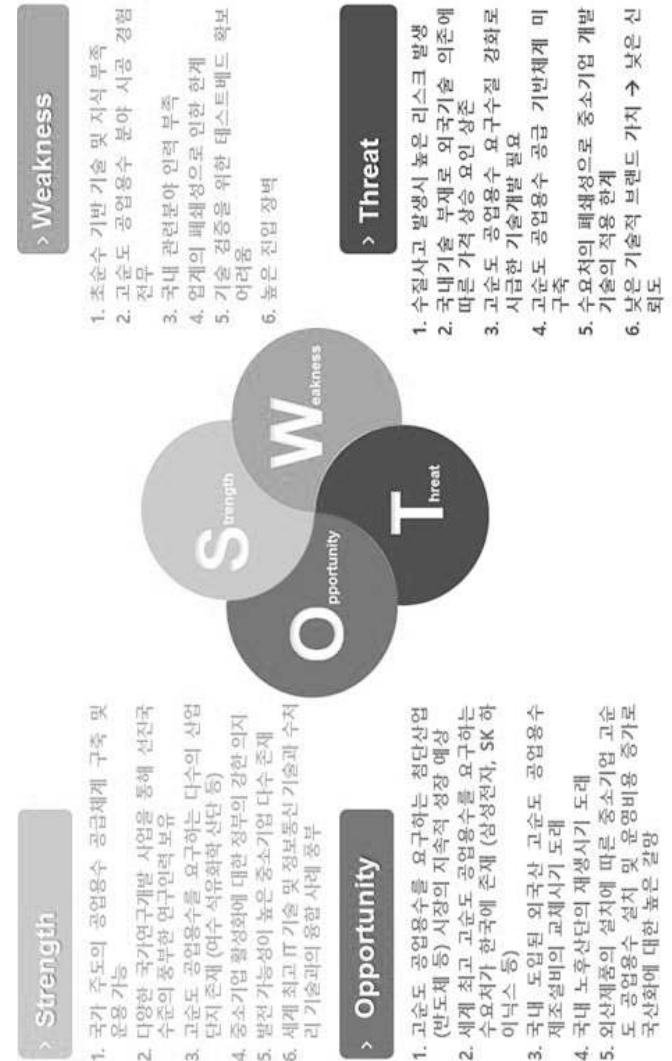
고순도 공업용수 설비의 단위 공정별 분류 및 각 공정별 세계적으로 적용되는 대표 제품을 정리하여 아래 표에 나타내었다. 용수처리인 응집, 침전 등 정수처리 공정에 해당되는 단위공정은 모두 국산화가 되어 있으나, 전처리 단계부터는 이온교환 수지 등 소재부터 장치까지 전체 시스템의 국산화 현황 제품은 모두 외산으로 파악되고 있다. 따라서 고순도 공업용수 시스템의 국산화율은 시스템 공사비 기준으로 볼 때 현재 약 20%정도 수준이며, 향후 연구개발을 통해 80%정도 수준까지 국산화 제품 상용화가 가능할 것으로 판단된다.

[표 2-11] 첨단용수 단위기술별 논문 동향: IEX

구 분		현장 적용 대표 제품 (Conventional Tech)
소분류	세분류	
용수처리	응집/침전	기존 정수 처리 기술에 해당
	가압부상	
	막여과(MF/UF)	
	모래여과	
	다층여과/활성탄	
전 처 리	이온교환 I	DOW(美)/Lanxess(獨)
	열교환 I	
	역삼투(RO) I	DOW(美)/웅진(韓)
	탈탄산	국산 제품사용
본 처 리	열교환II	Alfalaval(스웨덴)
	역삼투(RO)II	DOW(美)
	TOC reduction UV I	Photoscience(日)/Auafine(美)
	UV sterilization	Photoscience(日)
	CEDI	EVOQUA(獨)
	이온교환II	DOW(美)/Lanxess(獨)
	탈기	Liqui-Cell(美)
	TOC reduction UVII	Photoscience(日)/Auafine(美)
후 처 리	막탈기	Liquicel(美)
	이온교환III	DOW(美)/Lanxess(獨)
	한외여과(UF)	Asahi Kasei(日)/Nitto Denko(日) 저 오염성 고효율 particle 제거 기술
분 석	Off line	발전용 grade 분석기술
	On line	GE Waters(美)/HACH(美)/PMS(美)

5. 종합분석

가. SWOT 분석



적극공략

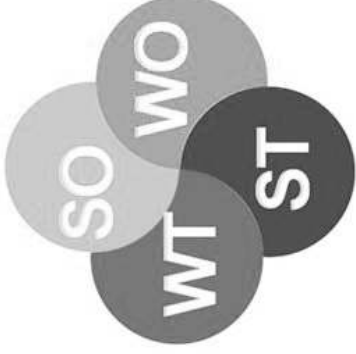
> Strength-Opportunity

1. 고순도 공업용수 공급 체계 구축 운영 추진
2. 산화연 공동 연구를 통한 기술개발 및 적용 가능
3. 세계 최고 수준의 IT 기술을 활용한 고순도 공업용수 운영기술 개발
4. 중소기업 국산화 기술 적용 상용화

방어전략

> Weakness-Threat

1. 운영기술 기밀보전 업체의 운영인력 활용을 통한 시행착오 최소화 추진
2. 공업용수 수준별 중정기 연구개발
3. 고순도 공업용수 수요처 참여 유도 로 테스트베드 확보
4. 유사기술 보유 중소기업 참여 유도 로 브랜드 기술 확보시기 단축



기회관망

> Weakness-Opportunity

1. 외국 기업의 하청 역할을 수행하던 국내 중소기업의 적극적 참여 유도로 경쟁부족 최소화
2. 국내 중소기업에 실적으로 활용될 수 있는 테스트베드 운전 경험 부여
3. 테스트베드 실적을 확보한 중소기업의 국내시장 진출 지원
4. 공업용수 공급 중소기업과 공업용수 수요 중소기업 인연을 통한 시너지 창출

정면대응

> Strength-Threat

1. 국가중도의 연구개발을 통한 기술 신뢰도 향상
2. 대규모 연구개발 투자로 기술개발 시기 단축 및 기반 체계 구축
3. 국가 주도 중소기업 브랜드 기술 확보 및 적용으로 투자비 절감
4. 풍부한 인력과 세계적인 IT 기술 집약으로 상용화 단축
5. 테스트베드 제공을 통한 중소기업 실적 확보