

특허 분석을 활용한 전기탈이온(EDI) 기술 개발 동향

이승윤*[†] · 김유창*

A Review of Electrodeionization Technology Development based on Patent Analysis

Sungyun Lee*[†], Yu Chang Kim*

Key Words : Electrodeionization(전기탈이온), Patent Analysis(특허 분석), Patent Map(특허 맵), Technology Trend(기술 동향), Ultrapure Water(초순수)

ABSTRACT

Recently electrodeionization (EDI) has received attention in electronics, pharmaceutical, and power industries for ultrapure water production in lieu of ion exchange rein process. In this study, the EDI technology trend was investigated using patent analysis based on patent application year, countries, main applicants, and patent map. Most of the main applicants were from USA and Japan indicating the necessity for the EDI technology development in Korea. Kurita Water Industries Ltd and Evoqua Water Technologies (formerly Siemens Water Technologies) were recognized as key applicants with their unique EDI technology. Synthesis technology including ion exchange membranes and ion exchange resins, EDI module design for low scaling and high boron removal efficiency, and process design were main topics in EDI technology development. This study provides EDI technology trend and current status of the technology.

1. 서 론

최근 세계적으로 석유화학, 전자, 섬유의복, 의료산업의 성장으로 초순수의 수질 요구 조건이 다양해지고 고품질의 물이 요구되고 있다.^(1,2) 세계 초순수 장비/운영 시장은 연평균 5.5%의 성장률을 보이며, 2019년 약 60억 달러, 2023년에는 74억 달러의 시장 규모를 형성할 것으로 전망된다. 초순수 제조 공정은 전처리 단계, 순수처리 단계, 초순수 처리 단계로 구분된다. 기존의 순수처리 단계는 역삼투막 공정과 이온교환 수지 공정의 조합으로 구성되었다. 하지만 이온교환 수지 공정은 재생공정에서 강산, 강염기 폐액이 생성되며, 이를 관리해야 하는 문제가 있다.

전기탈이온(Electrodeionization, EDI) 공정은 강산, 강염기성 폐수가 발생하지 않고, 유지관리 및 운영이 간편하고 고순도의 수질을 생산할 수 있는 장점이 있어 기존의 이온교환 수지 공정을 대체할 공정으로서 최근 중요성이 부각되고

있다. 현재까지 EDI 기술은 미국, 일본, 유럽 등의 해외 기업을 중심으로 발전해 왔다. 국내 시장은 Kurita, GE, Veolia, Organo, Dow 등의 다국적 물관리 기업들이 선점한 상태이며, 국내 기업은 후발주자로서 외국 선진기업에 비해 기술 경쟁력이 부족하다.⁽³⁾ 앞으로 국내 수처리 시장 점유율을 높이기 위해서는 EDI 기술 개발이 절실하다고 판단된다.

본 연구에서는 EDI 기술 관련 특허를 다양한 방법으로 분석함으로써 국내 기술 수준, 국내외 EDI 연구동향 및 핵심 특허를 파악하고 EDI 연구방향에 대해 고찰하고자 한다.

2. EDI 기술 원리

EDI 공정과 전기투석(Electrodialysis, ED) 공정은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 희석조, 농축조, 전극조로 나뉘며 양단에 양극 및 음극 전극으로 구성된다. 전극사이에는 양이온 교환막과 음이온 교환막이 교대로 배치되고 그 사이에 이온

* 환경기계연구실, 한국기계연구원(Dept. of Environmental Machinery, Korea Institute of Machinery and Materials)

[†] 교신저자, E-mail : sungyunlee@kimm.re.kr

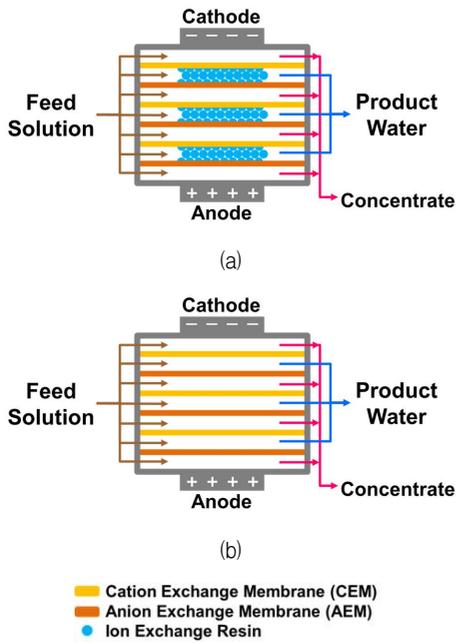


Fig. 1 Schematic illustration of (a) electrodeionization and (b) electrodialysis

교환 수지 충전 유무에 따라서 EDI 공정과 ED 공정으로 구분 된다.⁽⁴⁾ 일반적으로 EDI 공정은 TDS 1~100 mg/L 이하의 물을 처리하며, ED 공정은 TDS 200~30,000 mg/L의 물을 처리한다.⁵ EDI 공정 양단 전극에 직류전원을 공급하면 수종의 양이온은 양이온 교환막을 통과하여 음극방향으로 이동하고, 음이온은 음이온 교환막을 통과하여 양극방향으로 이동하여 희석조에서 8~17 MΩ (약 TDS 0.03~0.06 mg/L)의 고순도 물이 생산된다. 희석조에 채워진 이온교환 수지는 물속의 이온을 흡착시켜 이동시키는 역할을 하며, 낮은 이온 농도에서 물의 저항이 높아지는 것을 방지 한다. 희석조의 유입구측으로부터 출구측으로 갈수록 이온의 농도가 감소하게 되고, 저항이 증가하여 일정 전류하에서 높은 전압강하로 물분해 현상이 일어난다. 이 때 생성된 수소 및 수산화 이온은 이온교환 수지를 재생시키며, 별도의 이온교환 수지 재생이 불필요하다.⁽⁵⁾ 물분해로 생성된 H⁺ 및 OH⁻ 이온은 탄산, 보론 등 약전리 이온(weakly ionized ions)의 제거율을 높이는 역할을 한다. 모듈 내에 국부적으로 pH가 알칼리를 띠는 부분이 생성되어, 스케일을 생성 시킬 수 있으므로 이를 고려한 전처리, EDI 운전조건 및 모듈 설계가 필요하다.

3. 특허분석 범위 및 방법

EDI 기술 관련 특허 정보 분석은 톰슨 이노베이션(Thomson Innovation)에서 제공하는 특허정보 데이터베이스를 기준으로 한국(KR; Republic of Korea), 미국(US; United States of America), 일본(JP; Japan), 중국(CN;

Table 1 Search area of patent on EDI technology

Category	Information
Search domain	Thomson innovation
Search period	1930. 1~2016. 5
Search countries	KR, JP, US, EP, WO
Search key words	Electrodeionization or electro-deionization or "electro deionization"
Search area	Abstract

China) 유럽(EP; European Patent), 세계지적재산기구(WO; World Intellectual Property Organization)에 출원된 특허를 대상으로 수행하였다.

특허 검색은 현재까지의 모든 EDI기술 동향을 분석하기 위해 1950년 1월부터 2016년 5월까지 출원된 특허를 대상으로 하였다(Table 1). 특허는 출원 후 1년 6개월 이후에 공개되므로 6 데이터 신뢰기간은 2015년 11월까지로 볼 수 있다. 노이즈 정보를 최소화하고 EDI기술과 관련성이 높은 특허 검색을 위하여 특허 검색어를 EDI 기술을 발명의 초록에 포함하는 특허를 검색하였다. 거시적, 정량적 분석을 위해서 특허 검색 결과를 연도별, 국가별 특허 추이를 분석하였으며, 검색된 총 특허에 대해 세계적으로 주요한 출원인을 분석하였다. 그리고 국내에 출원된 특허를 연도별, 주요 출원인을 분석하고, 국외 동향과 비교하였다. 또한 톰슨 이노베이션에서 제공하는 특허 등고선 맵 분석을 통해 EDI 관련 기술개발에서 중요하게 다루어진 분야를 파악하였다.

4. 특허 출원 현황

4.1 연도별 EDI 특허 출원 동향

특허출원 분석 결과 EDI 관련특허는 1986년 Millipore에서 처음으로 특허가 출원된 이후 현재까지 총 1033건의 특허가 출원되었다. 2000년까지는 특허출원 증가수가 낮았으나, 2000년 이후부터 급격한 증가 경향을 보이고 있다(Fig. 2 (a)). 증가 추세는 2005년 이후 주춤한 경향을 보이지만 지속적으로 많은 출원 건수가 유지 및 상승 경향을 보이고 있어 EDI 기술이 꾸준히 개발되고 있다고 판단된다. 국내에서는 2000년 이후 EDI 특허가 출원되기 시작하였으며, 출원수가 증가하는 경향이 있지만 매년 변동 폭이 큰 것으로 확인되었다(Fig. 2(b)).

특허 출원 포트폴리오 분석은 일정 시간 간격으로 출원연도 별 출원건수와 출원인수 변화 상관관계를 통해 기술의 발전 단계를 분석하는 방법이다. 그래프에서 화살표의 진행 방향은 시간의 흐름을 나타내는데, 화살표의 진행 방향 모양과 기준 그래프의 모양 비교를 통해서 기술의 발전 단계를 파악할 수 있다. 기술 발전 단계는 발전기, 성숙기, 퇴조기, 부활기

특허 분석을 활용한 전기탈이온(EDI) 기술 개발 동향

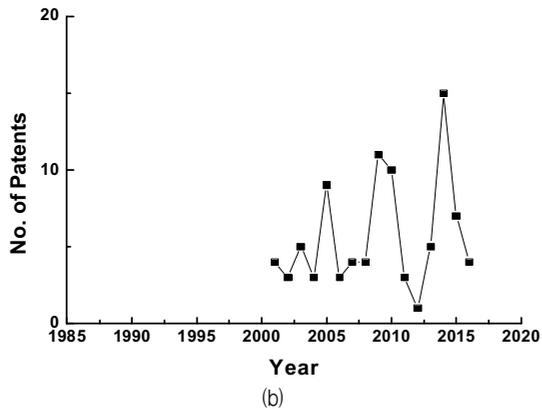
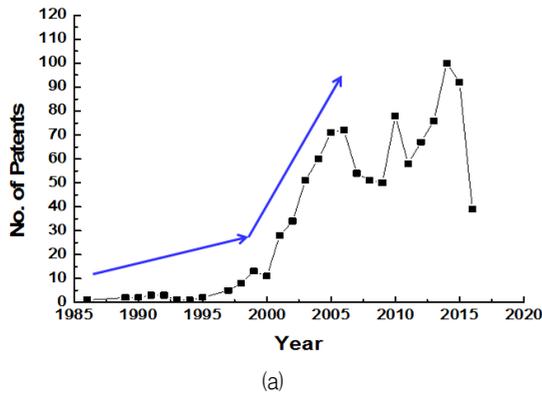


Fig. 2 Total number of patent application trends by year
(a) US, europe, korea, japan, china and World Intellectual property organization (b) korea

로 나뉘어 판단되는데, 발전기는 출원인 수와 특허 출원 건수가 모두 증가하는 단계로 기술개발활동이 활발한 시점을 의미하고, 성숙기는 시장에 참여하는 기업이 포화 상태에 이르고, 기술개발이 점차 감소하는 시점을 의미한다. 그리고 퇴조기는 기술개발에 참여하는 기업수와 기술개발이 점차 감소하는 시기, 부활기는 새로운 기술의 등장으로 다시 기술개발이 활발해져 특허출원수가 증가하는 것을 의미한다.⁽⁶⁾

EDI 관련 특허 출원일에 따라 3년 간격으로 나누어 출원인 수와 특허수를 분석한 포트폴리오를 Fig. 3에 나타내었다. 기술 개발 기준 그래프 모양과 비교했을 때 EDI 기술은 발전기를 지나 성숙기 단계로 접어든 시점으로 판단된다. 따라서 EDI 기술은 향후에도 점진적으로 계속 발전할 것으로 예측된다.

4.2 국가 및 주요 출원인 EDI 특허 출원 동향

Fig. 4는 국가별 출원 건수를 나타낸 그래프이다. 현재까지 미국에서 243건으로 전체 1033건 중 23%의 점유율로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 중국(20%)와 세계 특허 209건(20%), 유럽(17%), 일본(11%)이 점유하고 있다. 이에 비해 한국은 EDI 기술 특허 출원이 91건으로 9%의 낮은 점유율을

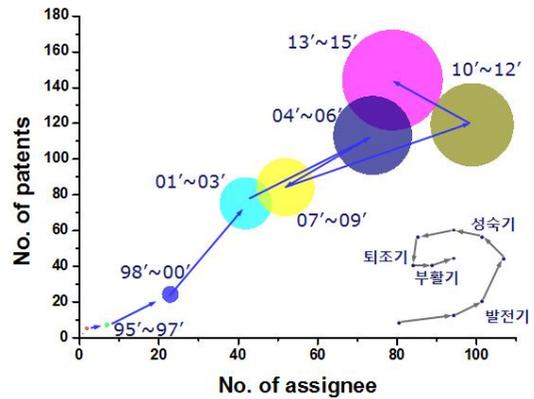


Fig. 3 Portfolio of detailed upgrading technology (patent analysis spans based on the year of application)

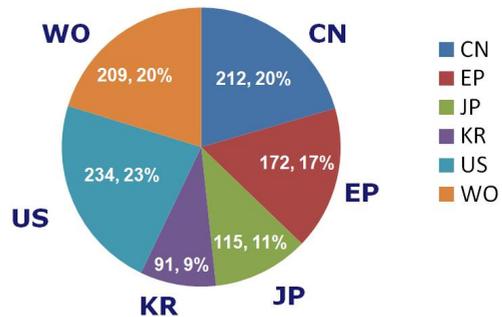


Fig. 4 The number of patent applications by countries

Table 2 Search area of patent on EDI technology

Ranking	World*		Korea	
	Applicant	Number	Applicant	Number
1	United States Filter Corp	62	Kurita Water Ind. Ltd	14
2	Kurita Water Ind. Ltd	52	Coway Co Ltd	9
3	Siemens Water	48	General Electric	7
4	General Electric	39	Siemens Water	6
5	Millipore Corp	37	GIST	5
6	Fujifilm	36	Kraton Polymers	4
7	Kraton Polymers	24	Nalco Co	3
8	Organo Corp	19	Samsung Electronics	3
9	Baxter Int	18	Hankook Jungsoo	3
10	Ionics	17	Fujifilm	2
			Ionics	2

*US, EP, KR, JP, CN and WO

보였다.

Table 2에는 세계 주요 EDI 출원인과 국내에 출원된 특허의 주요 Top 10 출원인을 나타내었다. 세계에서 가장 많은 EDI 특허 출원을 한 곳은 U.S. Filter로 조사되었다. 참고로

U.S. Filter는 이후 Veolia로 인수되었으며, Veolia는 Siemens Water를 거쳐 Evoqua Water Technologies로 인수 되었다. 이러한 회사의 인수 정보는 현재 EDI 기술 수준을 파악하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 세계 EDI 기술 Top 10에는 일본 기업인 Kurita Water Industries Ltd, Fujifilm와 Organo Corp.로 총 3개가 포함되어 있어 일본 기업이 EDI 관련 수처리 기술 개발을 활발히 진행되고 있음을 알 수 있다. 국내의 EDI기술 특허 출원인 Top 10을 살펴보면 해외 기관이 다수 점유하고 있는 것으로 나타났다. 특히 세계 Top 10 출원 기관 중 상당수가 국내에도 동시에 출원을 하여 국내 출원 Top10 내에 진입해 있음을 알 수 있다. 국내 Top 10 특허 출원 기관 중에서 순수 국내 기관은 코웨이(Coway Co Ltd), 광주과학기술원(GIST), 삼성전자(Samsung Electronics), 한국정수(Hankook Jungsoo)로 조사 되었다.

국외 기관이 국내에도 출원하는 특허는 주요 핵심특허로 판단된다. 따라서 EDI 기술의 해외 경쟁사 기술을 파악하기 위해서는 국내에 출원된 특허를 중심으로 조사하면 핵심 특허를 효율적으로 분석 가능할 것으로 사료된다.

4.3 특허 등고선 맵을 이용한 EDI 특허 출원 동향 분석

특허 등고선 맵은 EDI 특허 출원 검색 결과를 이용하여 특허 출원서에 포함된 서지사항, 기술적 사항 및 권리적 사항등을 분석하여 등고선 형태의 지도로 가시화한 정보이다. 톱슨 이노베이션에서 분석되는 특허 등고선 맵은 분석 대상 기술의 특허 분포를 한눈에 볼 수 있는 장점이 있다. Fig. 5는 EDI 관련 특허 출원 등고선 맵을 나타낸다. 특허 등고선 맵에서 하나의 점은 개별 특허 출원을 의미하며, 연구개발이 활발히 수행되는 분야 및 핵심 원천기술은 등고선의 높은 지대에 위치한다. 지대가 높으면서 등고선이 조밀할수록 응용 연구가 활발함을 의미하며 동일 높이 지역이 높을수록 유사 연구 수가 많음을 의미한다.

톱슨 이노베이션 등고선 맵을 기준으로 EDI 관련 핵심 기술을 살펴보면 양이온 교환막, 농축조, EDI 모듈 및 시스템 구성, RO, 폴리머, 세척, 펌프 장치, 형광물질 모니터링 등으로 나타났다.

기간별, 특정 출원인에 대한 특허 맵 분석을 수행하면 기술의 흐름과 관심 있는 출원인의 기술개발 분야를 파악할 수 있는 장점이 있다.

시간에 따른 기술개발 분야 변화 추세를 살펴보기 위해 기간을 1985~1999, 2000~2004, 2005~2009, 2010~2015년으로 나누어 보았다(Fig. 6). 각 기간 별로 59건, 261건, 278건 416건으로 앞서 기술한대로 기간에 따라 EDI의 기술이 활발히 이루어지는 것을 확인 할 수 있다. 1985~1999년에는 EDI 기술이 처음 개발되는 단계로써 EDI 장치 자체에



Fig. 5 Key technologies of EDI based on patent map analysis

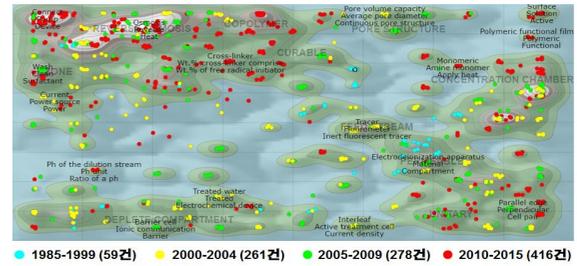


Fig. 6 Trend of Key EDI technologies based on patent map analysis

대한 기술 개발이 이루어졌다. 이 시기의 주요 출원인으로는 Millipore, Glegg Water, US Filter가 있다. 2000~2004년 기간에는 EDI와 RO 공정을 연계하는 기술, 초순수 제조 공정 기술, 형광물질을 이용한 EDI 모듈 완전성 검사 관련 기술, EDI 기술의 적용 분야에 집중적으로 개발이 수행되었다. 이 기간의 주요 출원인에는 Nalco가 있으며, 일본의 Kurita Water Industries Ltd, Organo Water에서 활발히 관련 기술을 개발 한 것으로 조사되었다. 2005~2009년에는 초순수 공정 기술이 계속적으로 기술 개발 되었으며, Kurita Water Industries Ltd와 Evoqua Water Technologies (前 General Electronic, Siemens Water)에서 활발히 특허를 출원하였다. 2005~2010년에는 EDI의 구성요소인 이온교환막 분야를 Fujifilm에서 활발히 개발을 하였으며, 이온교환수지 및 이온교환막에 사용 될 수 있는 폴리머를 Kraton polymer에서 연구를 수행한 것으로 나타났다. 그리고 Kurita Water Industries Ltd에서 초순수 제조 관련 공정 기술 개발을 꾸준히 수행하는 것으로 조사되었다.

4.4 주요 특허 기술 심화 분석: Kurita Water Industries Ltd 및 Evoqua Water Technologies 중심

특허 등고선 맵을 통해서 EDI 관련 주요 기술 분야와 주요 출원인 등 전반적인 EDI 기술 개발 흐름을 파악할 수 있다. 보다 상세한 기술 내용을 파악하기 국내에서 가장 많은 특허를 출원한 Kurita Water Industries Ltd와 Evoqua Water Technologies(前 General Electronic, Siemens Water)를 중심으로 공개된 특허를 개별적으로 분석하고 특

특허 분석을 활용한 전기탈이온(EDI) 기술 개발 동향

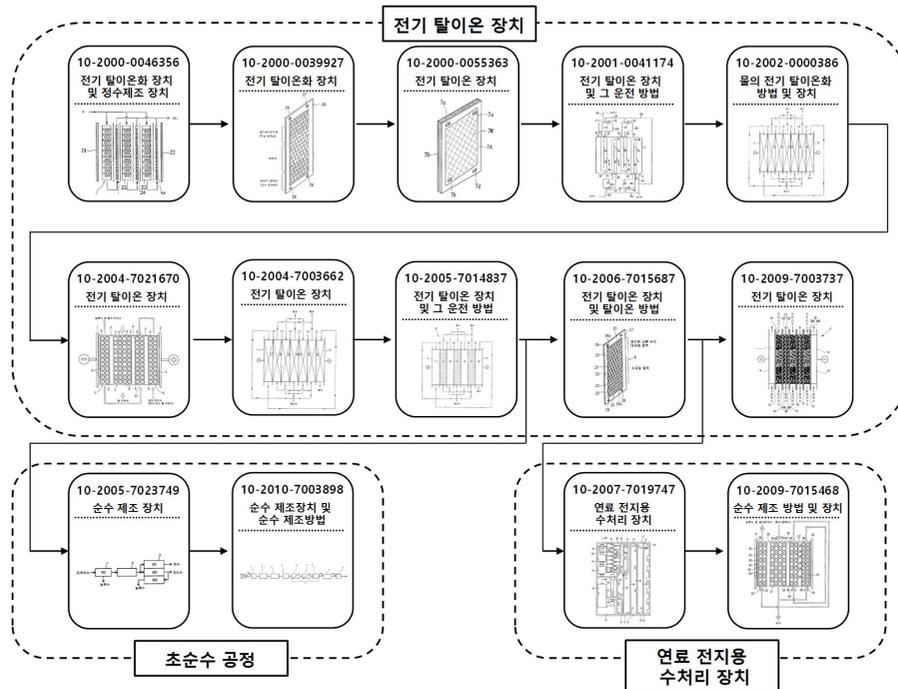


Fig. 7 Analysis of technology from kurita water industries Ltd

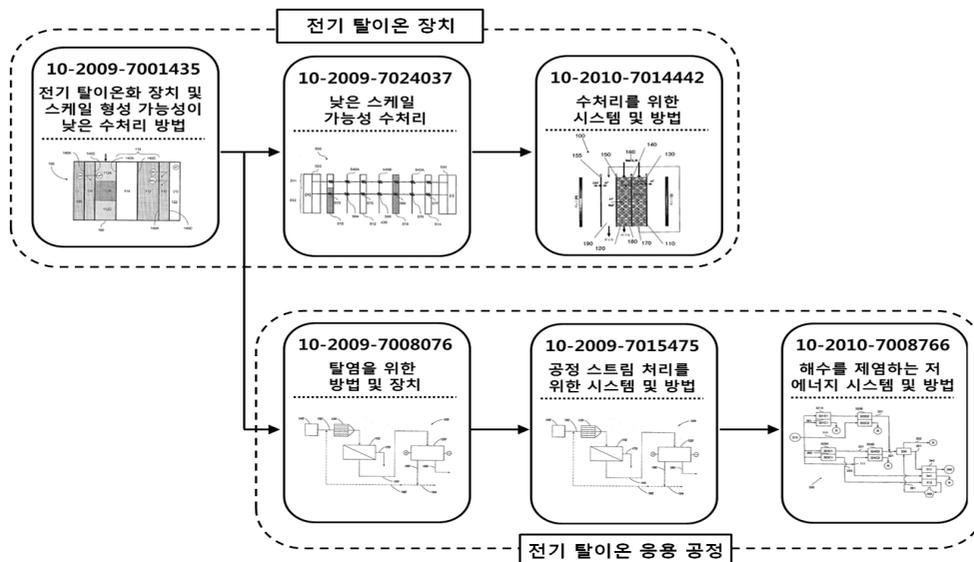


Fig. 8 Analysis of technology from evoqua water technologies

징적인 주요 기술을 조사하였다.

Fig. 7은 Kurita Water Industries Ltd에서 출원한 특허 기술 흐름도를 나타낸다. Kurita Water Industries Ltd는 대부분 전기 탈이온 장치 제작 관련 특허를 보유하고 있으며, EDI를 이용한 초순수 제조 공정 특허와 EDI 기술을 활용한 연료 전지용 분야의 특허를 보유하고 있다.

Kurita Water Industries Ltd의 전기 탈이온 장치 특허들은 세부적인 EDI 장치 특징과 관련된 특허들이었다. 예를 들어, 희석조와 농축조의 두께를 조절하여 조 내부의 pH를 조절하여 실리카 및 붕소 등 약전리 이온의 제거율을 높이는

기술⁽⁷⁾, 희석조 및 탈염조의 이온교환 수지 충전 및 물의 흐름을 균일하게 하는 스페이서⁽⁸⁾, 농축조 스페이서 두께에 대한 수치 한정 특허⁽⁹⁾를 보유하고 있다. Kurita Water Industries Ltd의 핵심 기술은 EDI 처리수 일부를 농축조로 유입하는 개념을 기본 기술로 한 특허들로 파악된다. 이를 통해서 붕소 및 실리카의 농도가 이온교환막을 경계로 처리수와 농축조에서의 농도차가 크게 나지 않게 하여 농축조에서 희석조로의 확산현상을 막아 처리수 수질을 높이는 기술,⁽¹⁰⁻¹⁴⁾ 스케일 발생을 줄이는 기술^(15,16)을 확보 하고 있다. 희석조 및 농축조에 채워지는 음이온, 양이온 교환 수지의

비율은 각조에서의 pH를 조절하는 방법으로 사용 되는데, pH를 높여 탄산, 붕소등 약전리 이온을 제거하기 위해 음이온의 비율을 높이거나, 동일 조 내에서 구획을 나누어 비율을 변화시키기도 하였다.^(16,17) 또한 바이폴러막을 이용하여 농축조 내에 탄산칼슘 스케일을 방지하는 기술을 보유하고 있으며,⁽¹⁸⁾ 초순수를 제조하기 위해 RO, EDI, 보론 제거 수지 공정 등을 조합한 공정 특허도 주목할 만하다.^(13,14)

Evoqua Water Technologies에서 출원한 특허 기술 흐름도에 나타난 바와 같이 Evoqua Water Technologies의 기술은 크게 EDI 모듈 제작 기술과 EDI를 이용한 공정기술이 있다(Fig. 8).

Evoqua Water Technologies의 EDI 모듈 제작 기술에는 모듈 내에서 스케일 발생을 방지하는 기술과 선택적 보론 수지를 이용한 보론 제거 향상기술이 있다. 구체적으로는 농축조에 음이온 및 양이온 교환 수지 구성 비율을 구획별로 변화시켜 충전하는 기술이 있는데, 이는 음이온 교환 수지가 많은 구획에서는 음이온의 이동이 촉진되고 중탄산 이온이 양이온 교환막 근처로 이동했을 때 pH가 막 부근에서는 낮아서 탄산이온으로의 형성을 막고, 스케일이 생성되지 않는 원리를 이용한다.⁽¹⁹⁾ 그리고 불활성 수지를 이용하여 격실의 저항을 증가시켜 모듈 전체에 걸친 전류 분포를 개선하는 기술을 보유하고 있다.⁽²⁰⁾ 음이온 교환 수지와 양이온 교환 수지가 희석조 혹은 농축조에 충전될 때 그 크기가 두 수지 중 하나가 1.3배 크게 하여 의도적으로 이온의 이동을 조절하는 기술, 농축조로 유입되는 용액의 온도를 냉각기로 낮추어 랭켈리어 포화지수(LSI)를 낮추어 탄산칼슘 스케일 형성을 막는 기술도 특징적이라고 사료된다.^(19,20)

Evoqua Water Technologies의 EDI를 이용한 공정 기술에는 나노여과(Nanofiltration, NF), 전기투석(Electrodeionization, ED)등 기술과 EDI를 조합한 공정기술^(21,22)과 바이폴러 이온 교환막을 사용하여 황 산화물 함유 폐수를 처리하면서 NaOH를 회수하는 EDI 활용 공정 기술 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었다.⁽²²⁾

5. 결 론

본 연구에서는 EDI 기술의 특허 조사를 통해서 국내외 기술 개발 동향, EDI 기술 성숙도, 주요 출원인 및 시대별 기술 개발 트렌드를 파악하였다.

특허 포트폴리오 분석에 따르면, EDI 기술은 1995년 이후 지속적인 기술발전이 되어 왔으며 현재는 성숙기에 접어든 것으로 조사되었다. 미국의 Evoqua Water Technologies(前 General Electronic, Siemens Water), Kraton Polymers와 일본의 Kurita Water Industries Ltd, Fuji film이 꾸준한 기술 개발을 해 왔으며, 이에 반해 국내에서는 EDI 기술개발이 미진한 것을 알 수 있었다. 특허 등고선 맵 분석을 통해 특

허 기술의 주요 개발 분야 및 트렌드를 분석이 가능하였다.

국내에 특허를 다수 출원 한 해외 기관인 Evoqua Water Technologies, Kurita Water Industries Ltd의 특허를 중심으로 수행한 상세 기술을 조사하였다. 그 결과 EDI의 구성 요소인 이온교환막, 이온교환 수지의 제조 기술, 보론 등 측정 물질이 제거를 위한 기술, 전기 저항을 줄이고 효율적인 모듈 디자인, 스케일 오염을 방지하는 기술이 주요하게 다루어지고 있음이 파악되었다.

효과적인 특허분석을 위해서는 주요 특허 출원인 분석을 통해 선진 기술을 가진 기관을 분석하고, 해외 선진 기관의 국내 출원 특허를 세밀히 분석하는 것이 필요하다고 판단된다.

EDI 공정이 고순도 초순수를 생산하기 위한 차세대 기술로 자리매김하고 있는 만큼 활발한 국내 EDI 기술 개발이 필요하다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원에서 수행하는 2016년도 주요사업(NK1970)과 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로(17IFIP-B116951-02) 수행되었습니다.

References

- (1) Lee, K. H., Kim, D. G., Kwon, B. S., and Jung, K. S., 2016, "A Study of the Optimization Process Combination on the Ultrapure Water Treatment System," J. Korean Soc. Environ. Eng., Vol. 38, No. 7, pp. 364~370.
- (2) Lola, A., Hector, B., Christopher, G., Marta, H., Heather, L., Antonie, S., Jelena, S., and Jablanka, U., 2012, "Industrial desalination & Water Reuse," 1st ed, Global Water Intelligence, Oxford, pp. III-IV.
- (3) 최병승, 2013, "초순수 산업 및 기술 동향," 국토교통과학기술진흥원 이슈리포트, 5월호, pp. 1~16.
- (4) Song, J. H. and Moon, S. H., 2006, "Principles and Current Technologies of Continuous Electrodeionization," Membrane Journal, Vol. 16, No. 3, pp. 167~181.
- (5) Tanaka, Y., 2015, "Ion Exchange membranes Fundamentals and Applications," Elsevier, Amsterdam.
- (6) Im, E. J., Kim, S. H., and Kim, S. G., 2012, "Analysis of Forward Osmosis Membrane Technology Using International Patent Classification," Korean Chemical Engineering Research, Vol. 50, No. 5, pp. 900~907.
- (7) Kurita Water Industries Ltd, 2000, Application No. 10-2000-0046356.
- (8) Kurita Water Industries Ltd, 2000, Application No. 10-2000-0039927.
- (9) Kurita Water Industries Ltd, 2000, Application No. 10-2000-005563.
- (10) Kurita Water Industries Ltd, 2001, Application No. 10-2001-0041174.

특허 분석을 활용한 전기탈이온(EDI) 기술 개발 동향

- (11) Kurita Water Industries Ltd, 2002, Application No. 10-2002-0000386.
- (12) Kurita Water Industries Ltd, 2005, Application No. 10-2005-7014837.
- (13) Kurita Water Industries Ltd, 2005, Application No. 10-2005-7023749.
- (14) Kurita Water Industries Ltd, 2010, Application No. 10-2010-7003898.
- (15) Kurita Water Industries Ltd, 2004, Application No. 10-2004-7021670.
- (16) Kurita Water Industries Ltd, 2004, Application No. 10-2004-7003662.
- (17) Kurita Water Industries Ltd, 2006, Application No. 10-2006-7015687.
- (18) Kurita Water Industries Ltd, 2009, Application No. 10-2009-7003737.
- (19) Siemens Water Technologies, 2009, Application No. 10-2009-7001435.
- (20) Siemens Water Technologies, 2008, Application No. 10-2009-7024037.
- (21) Siemens Water Technologies, 2009, Application No. 10-2009-7008076.
- (22) Siemens Water Technologies, 2007, Application No. 10-2009-7015475.