

특허분석에 의한 수전해 수소제조 기술동향

황갑진[†], 강경석^{**}, 한혜정^{**}, 김종욱^{*}

*한국에너지기술연구원, **시온텍 기술연구소

Technology Trend for Water Electrolysis Hydrogen Production by the Patent Analysis

Gab-Jin Hwang[†], Kyung-Seok Kang^{**}, Hye-Jung Han^{**}, Jong-Wook Kim^{*}

*Korea Institute of Energy Research, 71-2 Jangdong, Yuseong-gu, Daejeon 305-343, Korea

**Siontech Co., Ltd., 530 Yongsandong, Yuseong-gu, Daejeon 305-500, Korea

ABSTRACT

There are several methods for the hydrogen production such as steam reforming of natural gas, photocatalytic method, biological method, electrolysis and thermochemical method, etc. These days it has been widely studying for the hydrogen production method having low hydrogen production cost and high efficiency. In this paper, patents in the hydrogen production by water electrolysis were gathered and analyzed. The search range was limited in the open patents of USA(US), European Union(EP), Japan(JP), and Korea(KR) from 1996 to 2005. Patents were gathered by using key-words searching and filtered by filtering criteria. The trends of the patents was analyzed by the years, countries, companies, and technologies.

KEY WORDS : water electrolysis(수전해), hydrogen production(수소 제조), patent(특허), analysis(분석), technical trend(기술 동향)

1. 서 론

석유에너지의 고갈과 범지구적인 환경문제의 대두로 인하여, 청정하고 재생가능한 수소에너지의 개발과 이용에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 수전해를 이용한 수소제조 방법은 신재생 에너지원과의 접목을 고려할 때, 가장 효율적이고 실용적인 방법으로 여겨지고 있다¹⁻³⁾.

특허 분석에 의한 기술동향 파악은 기존에 수행

되었던 관련기술의 연구내용뿐만 아니라, 향후 연구의 방향을 설정하는데 중요한 자료로 활용되고 있으며, 연구내용이 중복되는 것을 사전에 막아주는 역할을 한다. 이에 본 연구에서는 수전해를 이용한 수소제조 방법과 관련하여, 1996년~2005년의 미국, 일본, 유럽 그리고 한국의 특허정보를 분석하였으며, 이를 통하여 연도별, 국가별 기술동향을 파악하고자 하였다.

[†]Corresponding author : gihwang@kier.re.kr

2. 기술의 분류 및 정의

Table 1 Technical clarification of water electrolysis for the hydrogen production

	제조방법별 분류	요소기술별 분류
수전해 수소제조	고분자전해질 수전해	전극제조/전해질제조 /MEA제조/셀 및 스택제조/시스템
	알칼리 수전해	
	고온 수증기 전기분해	

2.1 기술의 분류

수전해 수소제조 기술을 Table 1과 같이 두 분류로 나누었다.

2.2 기술의 정의⁴⁾

수전해 수소제조 기술은 전기를 이용하여 수소를 물로부터 직접 제조하는 방법으로, 화석연료 이용 제조방법과 비교하여 수소를 제조할 때 지구환경오염물질인 이산화탄소의 배출이 없다. 물의 전기분해(수전해)를 수행하는 장치를 전해조라고 하며, 기본적으로 양·음극의 2개의 전극, 전해액, 전해질(이것들의 조합을 단위 셀이라 함)로 구성된다. 양극에서는 산화반응이 음극에서는 환원반응이 일어나며, 전해액으로는 순수 물, 고온 수증기, 반응에 관여하는 물질이 이온 혹은 분자형태로 존재하는 산 또는 알칼리수용액을 사용한다. 전해질은 양극액과 음극액을 분리하고 이온을 선택적으로 통과시킨다. 수소의 생산량은 전극면적에 비례하고 많은 수소를 생산하기 위해서는 단위 셀을 여러 개 적층시킨 스택을 이용한다.

고분자 전해질 수전해는 전해액으로 순수 물을 사용하고, 전해질로는 수소이온만을 선택적으로 통과시키는 고분자 계열 이온교환막이 이용되며, 2개의 전극 재료로는 주로 백금계열 귀금속이 사용된다. 단위 셀에 전기를 가해주면 양극에서 물이 분해되어 산소가 발생하고, 분리된 수소는 이온교환막을 통해 음극으로 이동하고 음극에서는 수소가 생성된다. 장점으로는 비부식성 전해액의

사용, 디자인이 간단하여 소형화가 가능하고, 낮은 전력 소비, 높은 총에너지 효율, 수소와 산소극 사이에 압력차를 줄 수 있다는 것을 들 수 있다. 단점으로는 이온교환막과 귀금속 촉매의 가격이 비싸고, 고순도의 물을 필요로 한다는 것이다.

알칼리 수전해는 전해액으로 대표적으로 20~30%의 KOH용액을 사용하고, 전해질로는 이온(OH⁻)만 통과시키는 다공질의 석면 또는 테플론 등을 이용하며, 2개의 전극재료로는 Ni도금 탄소강 등이 사용된다. 단위 셀에 전기를 가해주면 음극에서 물이 분해되어 수소가 발생하고, 분해된 OH⁻는 전해질을 통과하여 양극으로 이동하고, 양극에서 산소와 물이 생성된다. 장점으로는 실증된 기술이라는 것을 들 수 있으며, 단점으로는 전류밀도가 낮아 효율이 낮고, 전력소모가 크기 때문에 수소생산 가격이 높고, KOH와 같은 부식성 전해액을 사용한다는 것이다.

고온 수증기 전기분해는 전기분해에 필요한 전기 중 일부를 열에너지로 공급하는 방식으로 효율이 높다. 전해액으로 고온 수증기를 사용하고, 전해질로는 산소 이온전도성을 갖는 안정화 지르코니아 등을 이용하며, 양극으로는 페롭스카이트 타입의 산화물, 음극으로는 Ni과 세라믹의 혼합소결체 등이 사용된다. 또한 고온(>700℃)에서 동작하기 때문에 셀 적응을 위한 연결재료 페롭스카이트 타입의 산화물이 이용된다. 단위 셀에 전기를 가해주면, 고온 수증기는 음극에서 분해되어 수소를 발생하고, 분해된 산소이온은 전해질을 통과하여 양극으로 이동하고 양극에서 산소가 생성된다. 장점으로는 100%의 높은 총에너지 효율을 기대할 수 있고, 비부식성 전해액을 사용한다는 것이다. 단점으로는 고온 운전이기 때문에 구성 재료의 내열성이 요구되며, 고온의 열원을 필요로 한다는 것이다.

3. 특허검색대상 및 분석 기준

3.1 특허검색 대상

Table 2 The object of analysis

데이터 구분	국가	분석기간	정보원	대상 특허(건)
출원 데이터	한국	1996-2005	CA (Chemical Abstract), Wips	13건
	일본			98건
	유럽			6건
등록 데이터	미국			23건

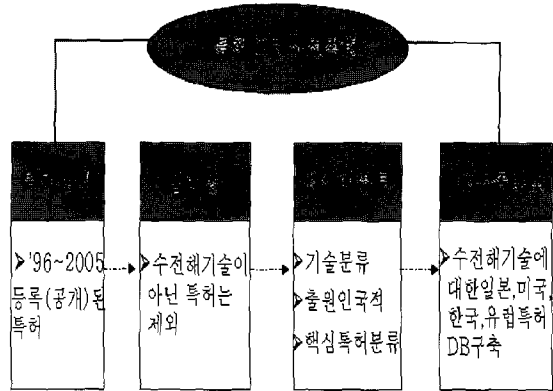


Fig. 1 Construction flow-sheet of data analysis

특허출원 동향 분석을 위하여 관련된 모든 특허를 검색하여야 하지만, 특허 수집에 한계가 있으므로 자료 조사에 있어서 자료의 검색 범위를 설정할 필요가 있다. 본 연구에서는 Table 2와 같이 최근 10년 간의 특허를 수집하여 사전작업을 걸쳐 최종 분석 데이터를 구축하였다. 특허 수집과정에서 수전해 시스템을 자연에너지(태양광, 풍력)와 연계 또는 수소충전소 응용관련 58건, 알칼리 수전해 장치를 이용한 산소와 수소의 혼합가스 제조 19건, 연료전지에 수소를 공급하기 위한 수전해-연료전지 연계 26건 등이 있었지만, 본 분석에서는 이러한 응용관련 특허는 제외하고, 수전해 기술 개발을 위한 핵심기술 위주로 진행하였다.

3.2 데이터 구축

DB 구축은 Fig. 1과 같이 4단계로 나눌 수 있다. 수전해 관련 키워드의 조합 식을 사용하여 수집된 원 데이터(raw data)는 IPC(국제특허 분류), 수전해 기술의 정의 등의 기준에 의해 분석 대상 특허로 140건을 추출하였다. 분석 대상 특허는 기술 분류, 출원인, 출원인 국적, 핵심특허 분류 등의 사전작업을 진행하였고, 이러한 작업에 의해 DB구축을 완료하였다.

분석항목에서 특허활동지수(AI)란 특정 기술 분야에서 특정 출원인의 상대적 집중도를 살펴보기 위한 지표로서, 그 값이 1보다 큰 경우에는 상대적 특허 활동이 활발함을 나타낸다.

4. 거시적 동향 분석

4.1 전체 특허동향

Fig. 2는 연도별 전체 특허출원 건수 및 누적 건수를 나타낸다. 1996년부터 특허 출원 건수가 서서히 감소하다가 1999년에는 1건으로 최저 출원건수를 보였고, 이후 2000년부터는 출원건수가 급격히 증가하여 최근까지 꾸준히 증가하고 있다. 2000년에 출원건수가 급격히 증가한 것은 일본의 Shinko Pantec Co. Ltd.에서 고분자 전해질 수전해 기술에 대한 4건의 특허를 출원함에 의한 것이며, 1993년부터 2003년까지 일본이 WE-NET project의 일환으로 고체고분자 수전해 수소

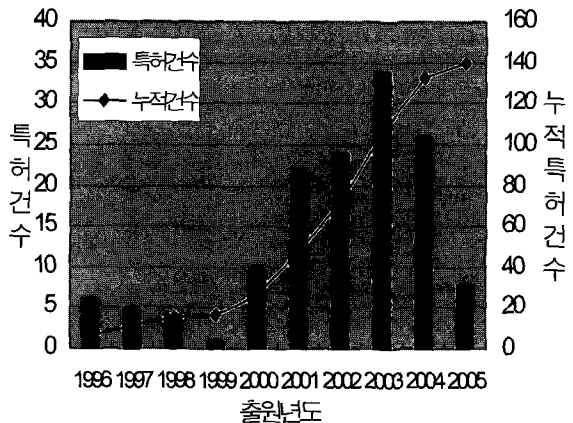


Fig. 2 The number of the applied patent in each year

제조 기술개발에 많은 투자를 하여 특허건수가 지속적으로 증가한 것으로 보인다. 2004년과 2005년의 최근 특허출원 건수가 감소세를 보이는 것은 출원된 특허들의 많은 수가 아직 심사단계에 있으며 공개 되지 않았기 때문이다.

4.2 국가별 특허동향

Fig. 3은 출원국가 별로 특허출원 건수를 나타낸 그래프이다. 일본이 98건을 출원하여 전체 140건 중 70%의 점유율로 전체 특허의 과반수를 차지하고 있으며, 다음으로 미국이 23건을 출원하여 16%의 출원점유율을 보인다. 한국특허는 일본, 미국에 이어 13건을 출원하였다. 유럽연합은 6건의 특허를 출원하여 가장 낮은 출원건수를 보였으나, 이는 유럽연합(EP) 특허만을 수집하여 분석하였기 때문으로 실제로 독일 등 유럽 각국의 특허를 수집하여 취합하면 많은 특허출원을 보일 것으로 생각된다. 일본과 미국특허의 점유율이 전체의 86%로 수전해 수소제조기술 특허출원의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 4는 연도별 특허출원 동향을 국가별로 나타낸 그래프이다. 일본은 90년대 후반에 14건의 특허가 출원된 이후 2000년도에 급격히 출원 건수가

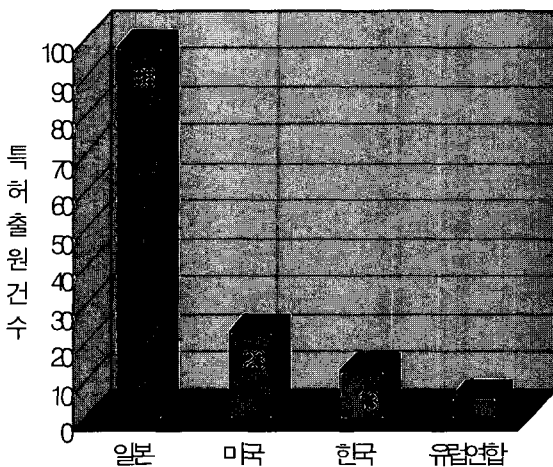


Fig. 3 The number of the applied patent in each country

증가하는데 이는 앞에서 설명하였듯이 Shinko Pantec Co. Ltd.의 집중적인 특허출원에 의한 것이다. 이후 특허 출원 건수는 계속 증가하는데 이는 New Sunshine Program과, WE-NET program이 출범하여 많은 투자를 하여 연구개발을 지원하였기 때문으로 생각된다. 이 시점을 계기로 일본의 수전해 수소제조기술이 비약적으로 발전하여 기술개발을 주도하고 있음을 알 수 있다. 미국은 90년대 후반부터 2001년까지 출원된 특허가 없다가 2002년을 기점으로 급격한 특허출원 증가율을 보였다. 이는 2002년에 시작된 Fuel Initiative 계획에 따른 것으로 보인다. 유럽은 고른 특허출원율을 보이고 있으나, 출원건수는 가장 낮고, 우리나라는 2000년부터 꾸준히 출원되고 있음을 확인할 수 있다.

4.3 출원인별 특허동향

Fig. 5는 수전해 제조기술 특허 출원인 중 다출원 순으로 선정한 주요 출원인의 출원현황을 나타낸 그래프이다. 일본의 Shinko Pantec Co. Ltd. 이 15건을 출원하여 가장 많은 특허를 출원하였

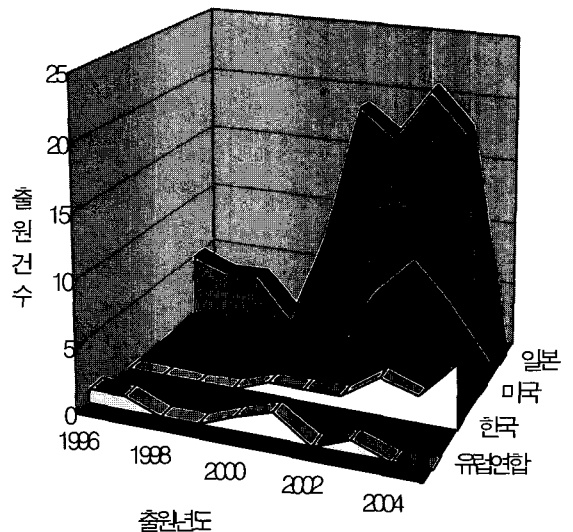


Fig. 4 A trend of the applied patent according to the year in each country

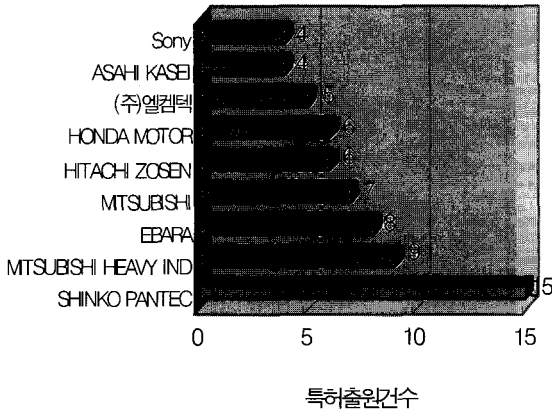


Fig. 5 The number of the applied patent by an main applicant

고, 다음으로 Mitsubishi Heavy Ind. Ltd.가 9건, Ebara Corp.가 8건, Mitsubishi Corp.가 7건, Hitachi Zosen과 Honda Motor가 각각 6건을, 한국의 (주)엘켄텍이 5건을 출원하였다.

가장 출원건수가 많은 Shinko Pantec Co. Ltd. 과 Mitsubishi Heavy Ind.의 특허점유율은 각각 11%, 6%로 그리 크지 않은 것을 볼 수 있다. 즉,

특정한 출원인이 다수의 출원을 한 것이 아니라 다양한 출원인이 있음을 확인할 수 있다. 또한 주요 출원인 모두 일본 국적의 회사로 일본이 수전해 수소제조 기술을 주도하고 있음을 다시 한 번 확인할 수 있다.

Fig. 6은 특허출원수가 많은 6개의 출원인을 선정하여 연도별 출원 동향을 나타낸 그래프이다. Shinko Pantec Co. Ltd.은 15건 모두가 고분자 전해질 수전해 수소제조에 관한 특허이고 2003년까지 꾸준히 특허를 출원하였다. Mitsubishi Heavy Ind.는 2000년에 한건의 고온수증기 전기분해에 관한 특허를 출원하였고, 이후 고분자 전해질 수전해 기술에 관한 특허를 2001년과 2004년에 각각 7건, 1건을 출원하였다. Ebara Corp.에서 출원한 8건의 특허는 모두 2004년에 고온수증기 전기분해에 관한 특허로 출원하였고, 그 중 2건은 일본 산업기술통합 연구소(AIST)와 함께 공동 출원하였다. Mitsubishi Corp.는 2002년과 2003년에 “고압 수소의 제조 장치 및 그 제조 방법”이란 제목으로 고분자전해질 수전해 기술로 고압의 수소를 제조할 수 있는 기술에 대한 7건의 특허를 출원하였다. Hitachi Zosen은 고분자전해질 수전해 기술에 관

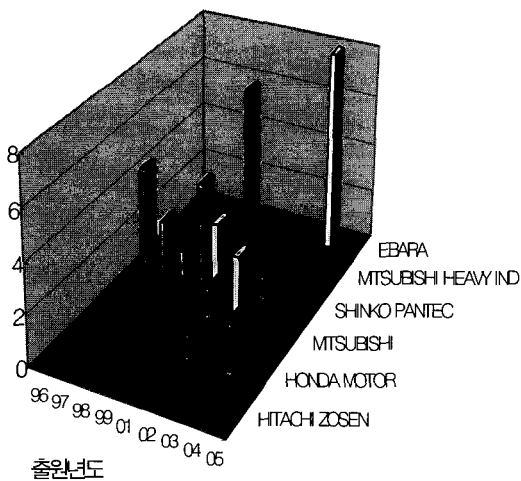


Fig. 6 A trend of the applied patent according to the year in each main applicant

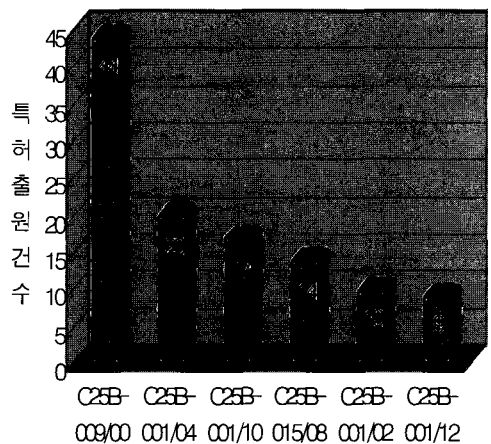


Fig. 7 The number of the applied patent according to international patent clarification (IPC)

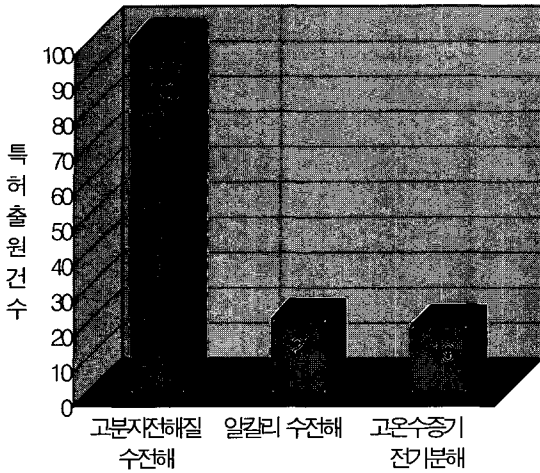


Fig. 8 The number of the applied patent according to each water electrolysis method

한 6건의 특허를 출원하였고, Honda Motor는 고분자전해질, 고온수증기, 알칼리 수전해의 세 가지 수전해 기술 모두에 대한 특허를 출원하였다.

4.4 국제특허분류(IPC)별 특허동향

Fig. 7은 국제특허분류(IPC)별 특허출원건수를 나타낸 그래프이다. C25B-009/00, “탱크 또는 탱크의 조립체; 탱크의 구조부분; 구조부분의 조립체 예를 들면 전극-격막 조립체”에 대한 특허가 44건으로 가장 많았고, 다음으로 C25B-001/04, “물의 전기분해에 의한 무기화합물 또는 비금속의 제조”에 대한 특허가 20건으로 많이 출원되었다. C25B-001/10, C25B-015/08, C25B-001/02, C25B-001/12가 각각 17건, 14건, 10건, 9건이 출원되어 그 뒤를 잇고 있다. 각각에 대한 설명은 다음과 같다. C25B-001/10은 “격막탱크 속에서 무기화합물 또는 비금속의 전해제조”, C25B-015/08은 “반응물 또는 전해질의 공급 또는 제거; 전해액의 재생”, C25B-001/02는 “전기분해 또는 전기영동법에 의한 수소 또는 산소의 제조”, C25B-001/12는 “고압탱크 속에서 무기화합물 또는 비금속의 전해제조”에 대한 특허이다.

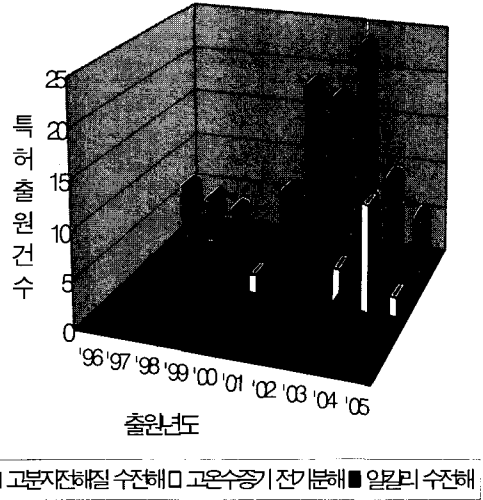


Fig. 9 A trend of the applied patent according to the year in each water electrolysis method

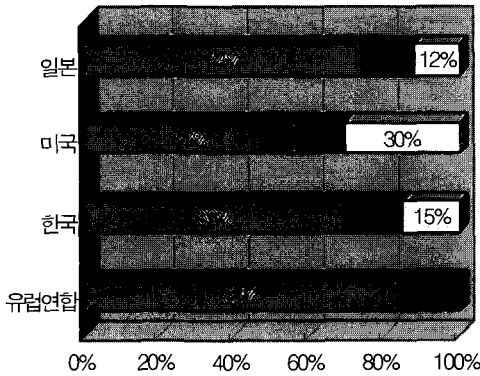
5. 심층적 동향 분석

5.1 제조 방법별 특허동향

수전해 수소제조 방법별 특허동향을 보면 3가지 수전해 방법 중 고분자전해질 수전해 방법을 이용한 수소제조 기술에 대한 특허가 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 8은 수전해 방법에 대한 특허출원 건수를 나타낸 그래프이다. 전통적인 알칼리 수전해 방법보다 최근 기술인 고분자전해질 수전해 방법에 관련된 특허 출원건수가 100건으로 전체 수전해 방법 중에서 71%를 차지하며, 가장 많은 연구가 진행 중인 것을 알 수 있다. 알칼리 수전해 기술은 21건, 고온수증기 전기분해 기술이 19건 출원되었다.

Fig. 9는 수전해 방법에 따른 출원 연도별 특허출원 동향을 나타낸 그래프이다. 고분자전해질 수전해 기술 특허는 1996년부터 꾸준히 출원되지만 1999년까지 미미하게 감소추세에 있다가 2000년에 급격히 증가함을 볼 수 있다. 이는 앞서서도 언급했던 것과 같이 2000년에 일본의 Shinko Pantec Co. Ltd.에서 4건의 특허를 출원함에 의한 것이다.

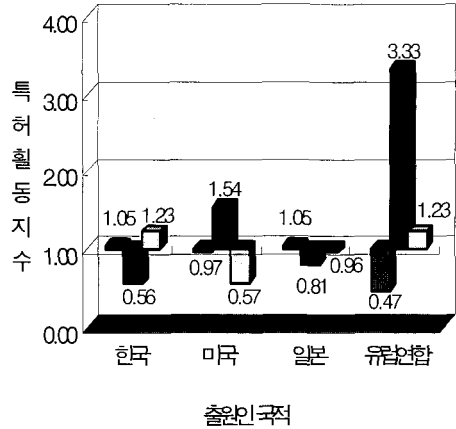


■ 고분자전해질 수전해 ■ 고온수증기 전기분해 □ 알칼리 수전해

Fig. 10 A trend of the applied patent according to the country in each water electrolysis method

고분자전해질 수전해 기술은 현재까지 다량의 특허가 출원되고 있으며, 앞으로도 특허출원은 계속적으로 상승할 것으로 보인다. 알칼리 수전해 기술은 2000년부터 특허가 출원되어 꾸준한 증가추세에 있음을 알 수 있다. 고온수증기 전기분해 기술은 2000년에 2건의 특허를 출원하고, 2002년까지 출원된 특허가 없다가 2003년부터 다시 특허가 출원되었다. 2004년에는 11건의 특허출원으로 급격하게 증가함을 알 수 있는데 이는, 일본의 Ebara Corp.에서 6건, Ebara Corp.와 일본 산업기술통합 연구소(AIST)의 공동출원으로 2건, Toshiba Corp.에서 2건, 한국의 고등기술연구원에서 1건으로 인한 것이다. 최근에 급격하게 특허출원 건수가 증가했다는 것은 현재 고온수증기 전기분해 기술에 대한 연구가 활발히 진행 중이라는 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 수전해 방법에 따른 국가 별 특허출원 건수를 나타낸 그래프이다. 일본은 고분자전해질 수전해 기술에 대해 74%로 가장 많은 점유율을 차지하였고, 고온수증기 전기분해 기술과 알칼리 수전해 기술은 비슷하게 각각 13%, 12%를 차지하고 있다. 미국은 알칼리 수전해 기술이 30%



■ 고분자전해질 수전해 ■ 알칼리 수전해 □ 고온수증기 전기분해

Fig. 11 Patent action index (AI) according to the nationality of an applicant in each water electrolysis method

로 다른 국가에 비해 높음을 알 수 있다. 한국은 고분자전해질 수전해 기술이 69%, 고온수증기 전기분해와 알칼리 수전해 기술이 똑같이 15%를 차지하고 있다. 유럽연합은 고분자전해질 수전해 기술에 대한 점유율이 83%로 다른 국가에 비해 가장 높음을 확인할 수 있었고, 알칼리 수전해 기술

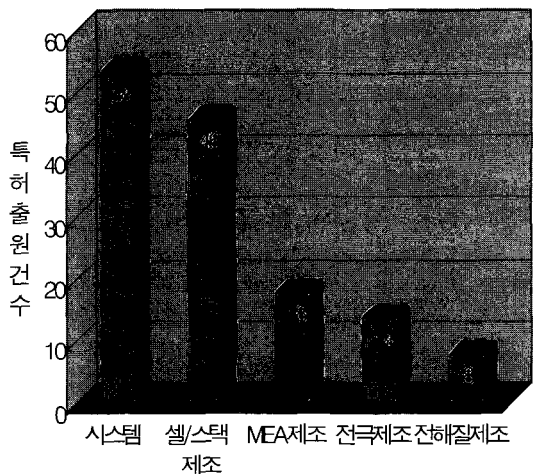


Fig. 12 The number of the applied patent according to the key technology

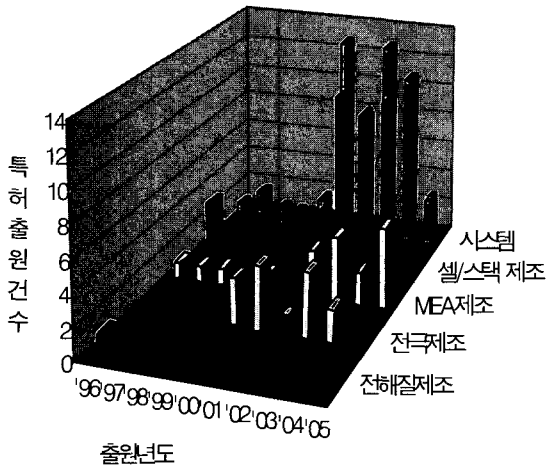


Fig. 13 A trend of the applied patent according to the year in each key technology

에 대한 특허는 없는 것으로 보인다. 모든 국가에서 고분자 전해질 수전해 기술이 차지하는 점유율이 가장 높음을 알 수 있었다.

Fig. 11은 수전해 방법에 따른 출원인 국적별 특허활동지수(AI)를 나타낸 것이다. 각 수전해 방법별로 출원인의 상대적 집중도를 보면, 한국은 고분자 전해질 수전해 기술과 고온수증기 전기분해 기술에서 특허활동이 상대적으로 활발함을 알 수 있고, 미국은 알칼리 수전해 기술에서, 일본은 고분자 전해질 수전해 기술에서, 유럽연합은 알칼리 수전해와 고온수증기 전기분해 기술에서 상대적으로 활발한 특허활동을 한다는 것을 알 수 있다.

5.2 요소 기술별 특허동향

Fig. 12는 수전해 수소제조 요소기술별 특허출원 건수를 나타낸 그래프이다. 수전해 기술의 요소기술은 국가기술지도의 내용을 참고하여 시스템, 셀/스택 제조, MEA제조, 전극제조, 전해질 제조의 5가지 기술로 분류하였다⁵⁾. 시스템이 54건으로 전체의 39%를 차지하고, 셀/스택 제조 기술이 33%, MEA제조 기술이 13%, 전극제조 기술이 10%, 마지막으로 전해질제조 기술이 6%를 차지

하고 있다.

Fig. 13은 연도별로 요소기술들의 특허 출원동향을 나타낸 그래프이다. 전체적으로 최근 1~2년 사이에는 특허출원이 감소하거나 출원건수가 없는 것으로 나타나는데, 이는 앞에서 언급한 것과 같이 아직 미 공개된 특허가 많기 때문이다.

시스템 기술에 관한 특허는 Mitsubishi 계열사에서 2001년부터 2004년까지 많은 특허를 출원하여, 2001년에 출원건수가 급격히 증가함을 볼 수 있다. 그 중 Mitsubishi Corp.가 2003년에 “고압수소의 제조 장치 및 제조 방법”이란 같은 제목으로 유럽연합, 미국, 한국에 각각 특허를 출원하였다.

셀/스택 제조 기술은 2002년에 일본과 미국이 고분자 전해질 수전해 기술에 관한 특허를 11건을 출원하여 출원건수가 급격히 증가함을 볼 수 있다. 이후, 많은 특허가 꾸준히 출원되었으며, 앞으로도 계속 증가할 것으로 기대된다.

MEA제조 기술은 출원건수가 1996년부터 꾸준히 증가함을 볼 수 있는데, 다른 기술과는 달리 2005년에 5건으로 출원건수가 가장 많다. 이것은 한국의 (주)엘켄텍에서 4건의 고분자 전해질 수전해 기술에 관한 특허를 출원하였기 때문이다.

전극제조 기술은 2000년부터 2004년까지 특허가 출원되었는데, 그 중 Asahi Kasei Corp.에서 알칼리 수전해 기술에 관한 특허를 3건 출원함으로써 가장 많은 출원을 하였고, 다음으로 Sony Corp.에서 고분자 전해질에 관한 특허를 유럽연합과 일본에 각각 1건씩 출원하였다.

전해질 제조 기술은 1996년에 독일의 Dornier GmbH.에서 고분자 전해질 막을 제조하는 기술에 관한 특허를 1건 출원한 이후, 1999년까지 출원특허가 없다가 2000년부터 2003년까지 꾸준히 특허를 출원하였다.

Fig. 14는 국가별로 요소기술별 특허출원 점유율을 나타낸 그래프이다. 일본과 미국의 요소기술별 점유율은 비슷한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있으나, 일본은 셀/스택 제조기술, 미국은 시스템 구성 및 운영기술이 약간 우세함을 확인하였다. 한국은 MEA 제조 및 시스템 기술에서 약

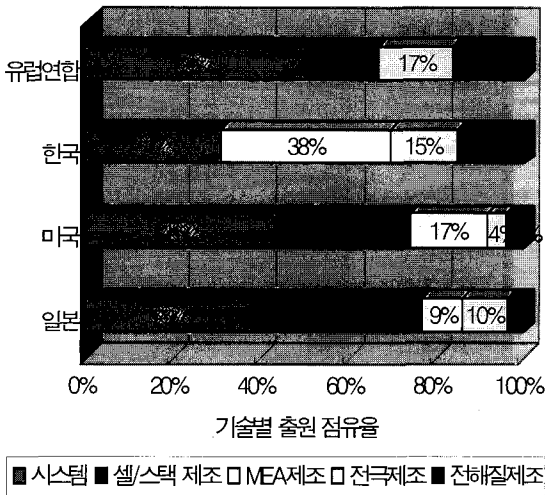


Fig. 14 A share of the applied patent according to the country in each key technology

70%의 출원점유율을 보였다. 유럽연합은 시스템 기술에 대한 특허가 50%를 차지하고, 셀/스택 제조기술 및 전극제조 기술, 전해질 제조 기술이 각각 17%를 차지하고 있음을 확인하였다.

Fig. 15는 수전해 요소기술에 따른 출원인 국적별 특허활동지수(AI)를 나타낸 것이다. 각 수전해 요소기술별로 출원인의 상대적 집중도를 보면, 한국은 상대적으로 MEA제조와 전해질제조 기술에서 특허활동이 활발한 것으로 나타났고, 미국은 시스

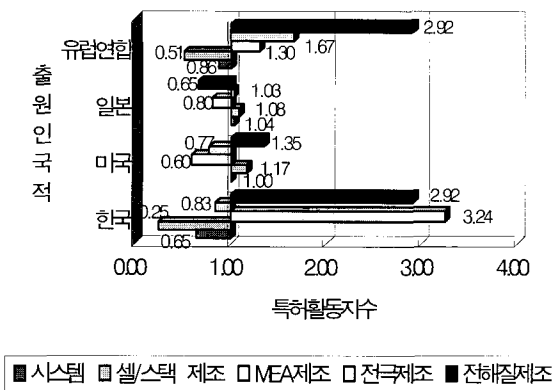


Fig. 15 Patent action index (AI) according to the key technology

템, 셀/스택제조, 전해질제조 기술에서, 일본은 시스템, 셀/스택제조, 전극제조 기술에서, 유럽연합은 MEA제조, 전극제조, 전해질제조 기술에서 특허활동이 활발함을 알 수 있었다.

5.3 기술의 발전도

Fig. 16은 고분자전해질 수전해의 요소기술별 핵심특허의 기술 흐름도를 나타낸다. 전해질 제조 기술은 PTFE, PEEK, Polysulfone 등의 엔지니어링 플라스틱 계열의 고분자를 이용한 이온교환막 제작, 이온과 전하를 투과시키기 위한 금속성 박막 제작, Polybenzimidazole(PBI) 계열 이온교환막, 벤젠고리를 갖는 고분자를 이용한 양이온 또는 음이온 교환막의 제작이 있다.

Fig. 17에 나타낸바와 같이 고분자 전해질 수전해 장치 가격에서 전해질이 차지하는 비중은 2004년 약10% 정도로, Dupont사의 Nafion막이 주로 이용되고 있지만, 가격이 비싸다. 따라서 저 가격의 고분자 전해질을 개발하기 위해 기술개발이 진행되어 졌다고 판단되며, 좋은 성능의 고분자 전해질을 개발하기는 쉽지 않지만, 앞으로도 전해질 개발연구는 꾸준히 진행되리라 판단된다.

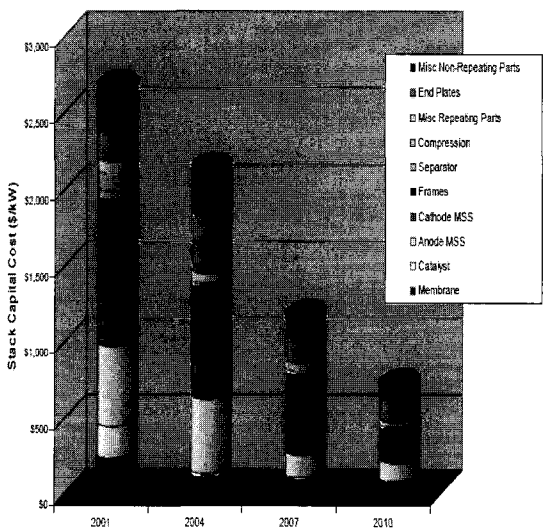
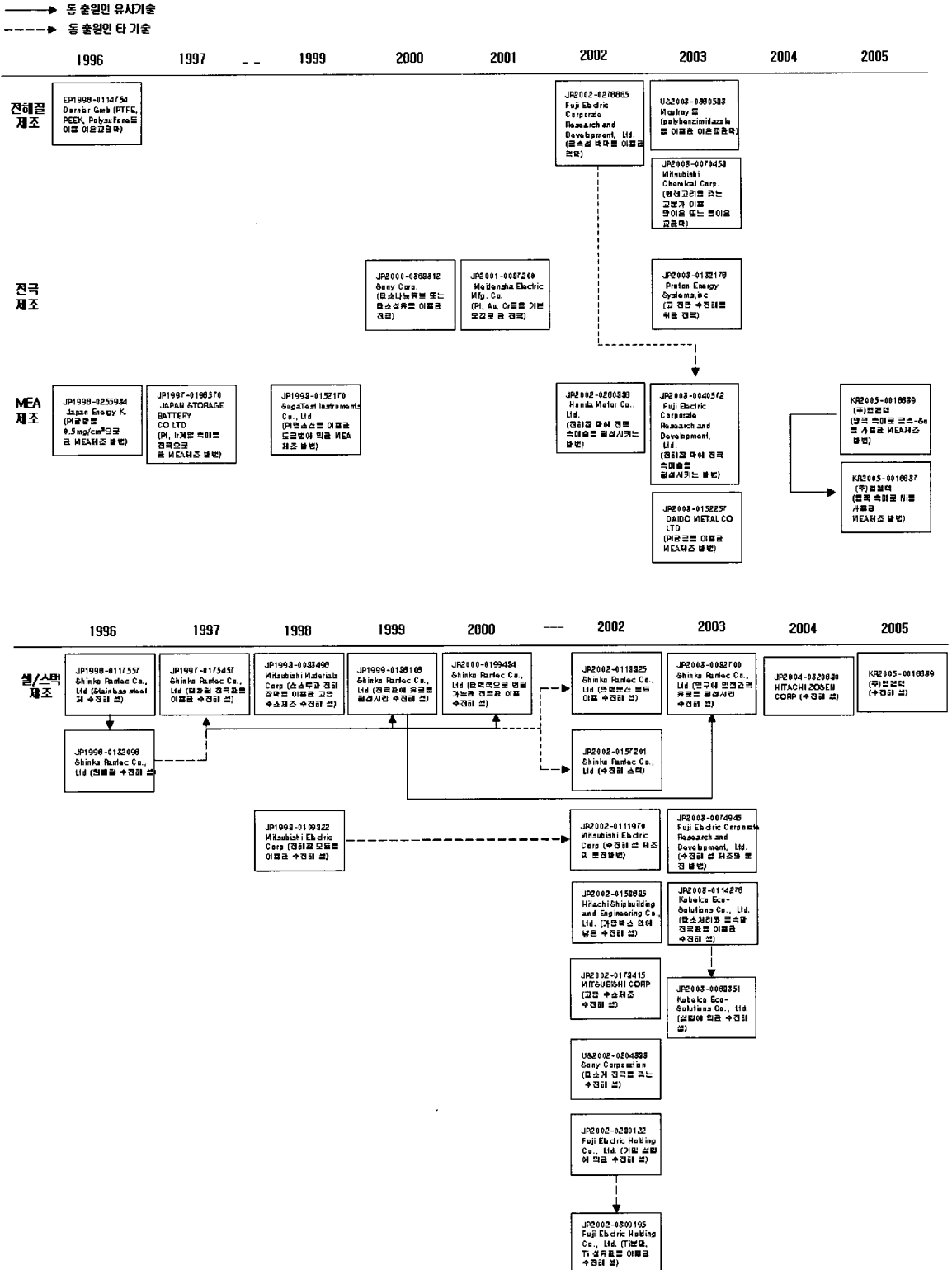


Fig. 17 Stack cost in PEME⁹⁾

특허분석에 의한 수전해 수소제조 기술동향



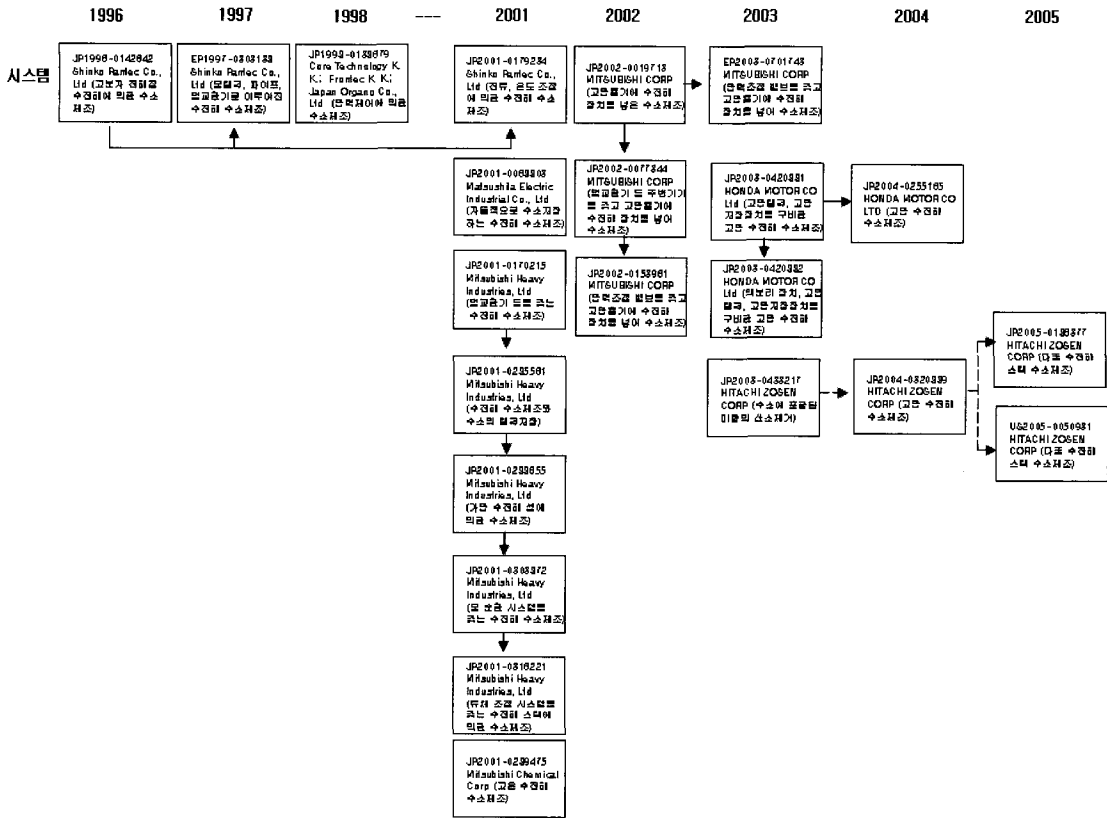


Fig. 16 Technical flow-sheet of the core patent according to the key technology in polymer electrolyte membrane electrolysis

전극제조 기술의 경우에는 수소를 발생하는 음극용 탄소나노튜브나 탄소섬유를 이용한 전극개발, Pt-, Au-, Cr-등을 기본물질로 하는 전극개발 등이 진행되어 왔으나, 따로 음극 및 양극의 전극을 개발하는 특허는 많지 않고, 막전극접합체(membrane electrode assembler, MEA)제조 기술 관련 특허에 대부분 포함되어 있다.

MEA제조 기술은 음극 및 양극의 전극물질을 고분자 전해질에 어떻게 접합하느냐가 중요기술이다. 백금계열 귀금속 촉매의 함량절감, 또는 Pt-Ir 등의 혼합 전극을 이용한 MEA제조, Pt출발 물질의 다변화에 의한 MEA제조, MEA성능을 향상시키기 위한 (셀의 성능향상) 기술 등이 있다. 고분자 전해질 수전해 장치 가격에서 전극이 차지하는 비중은 Fig.17에 나타난 바와 같이 약 40%로

높고, 이는 고가의 귀금속을 사용하기 때문이다.

셀/스택 제조 기술은 고분자 전해질 수전해용 단위 셀을 제작하는데 필요한 end plate의 재질, 집전체에서의 유로형상, 단위 셀의 형태(원형, 평판형 등), 탄력적인 집전체의 개발, 용액 및 생성가스의 누수 방지를 위한 실링방법, 고압 및 고온에서 운전할 수 있는 단위 셀 제조 방법, 단위 셀들의 적층에 의한 스택제조 방법이 특허의 주를 이루고 있다.

시스템 기술은 고분자 전해질 수전해 장치에 의한 연속 수소생산을 위한 주변기와 수전해 장치의 연계에 관련된 특허가 주를 이루고 있으며, 제열, 제습, 정제, 제어 기술이 포함되어 있다. 특히 고온 및 고압에서 수소를 제조할 수 있는 시스템 관련 특허가 많다.

특허분석에 의한 수전해 수소제조 기술동향

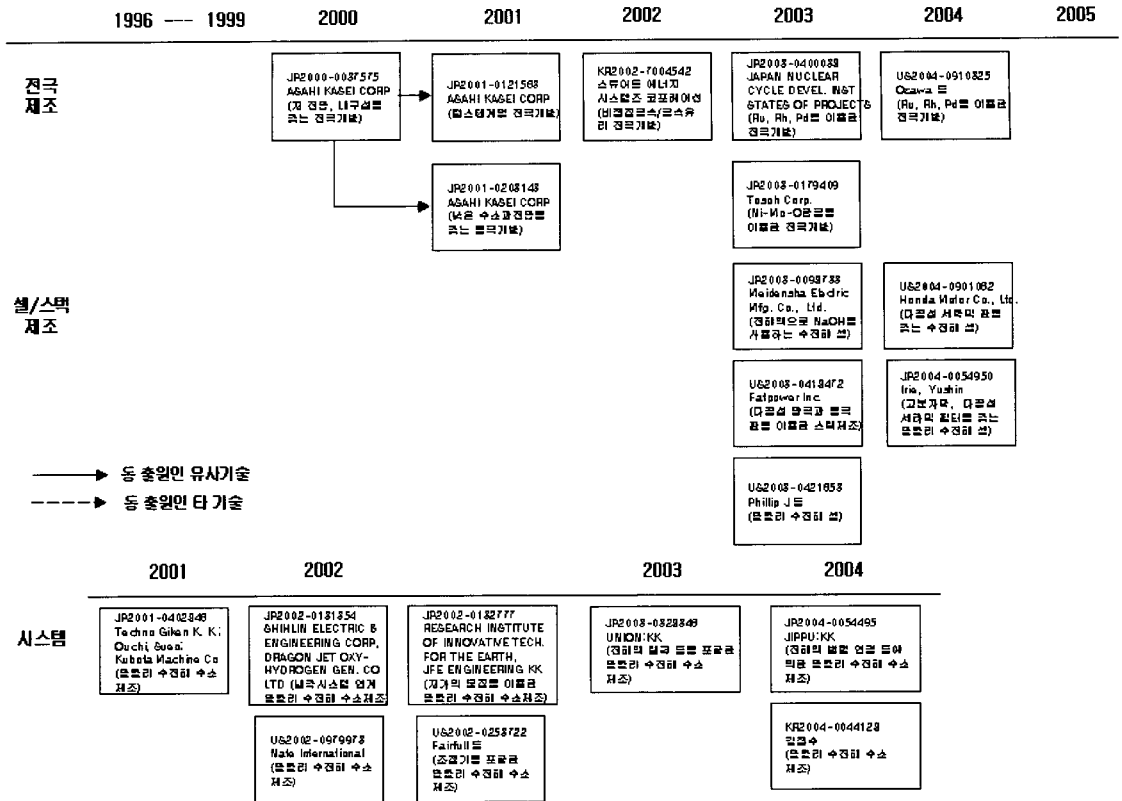


Fig. 18 Technical flow-sheet of the core patent according to the key technology in alkaline electrolysis

Fig. 16에 나타난 바와 같이, 고분자 전해질 수전해에 관련된 핵심 특허는 2001~2003이 최절정을 이루고 있다. 이는 기술의 발전도를 도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기로 나누었을 때, 현재 성장기에 있음을 나타낸다. 또한 앞에서도 설명한 바와 같이 본 특허분석에서는 활용되지 않은 고분자 전해질 수전해 시스템을 자연에너지(태양광, 풍력)와 연계 또는 수소충전소 응용하는 특허가 2000년 이후에 주를 이루는 것을 배경으로 한다면, 고분자 전해질 수전해의 발전도는 성장기와 성숙기의 중간단계에 있다고 판단된다.

Fig. 18은 알칼리 수전해의 요소기술별 핵심특허의 기술 흐름도를 나타낸다.

전극제조 기술은 저전압, 높은 전극특성, 내구성을 갖는 전극개발이 주를 이루고 있다. 셀/스택 제조 기술은 전해액의 다변화, 다공성 양극/음극 전

극을 갖는 스택제조 등이 있고, 시스템 기술은 알칼리 수전해 수소제조 시스템의 가격의 저하를 위한 주변기기의 저가격화 및 효율 향상 등에 초점이 맞추어져 있다.

알칼리 수전해 방법은 물의 전기분해 기술 중 이미 실증된 기술이다. Fig. 18을 보면 알 수 있듯이, 이번 분석 자료에 사용된 1996~2005년의 특허 중 요소기술별 핵심특허는 2000년 이후의 특허가 주를 이루고 있다. 그 내용을 살펴보면, 대부분이 효율 향상과 장치의 저가격화를 위한 기술 개발이다. 따라서 알칼리 수전해의 기술발전도는 성숙기라고 볼 수 있다.

Fig. 19는 고온수증기 전기분해의 요소기술별 핵심특허의 기술 흐름도를 나타낸다. 전극제조 기술은 아직은 일반적으로 알려진 Ni을 기본으로 한 수소극의 제조 개발이며, MEA제조 기술은 산소

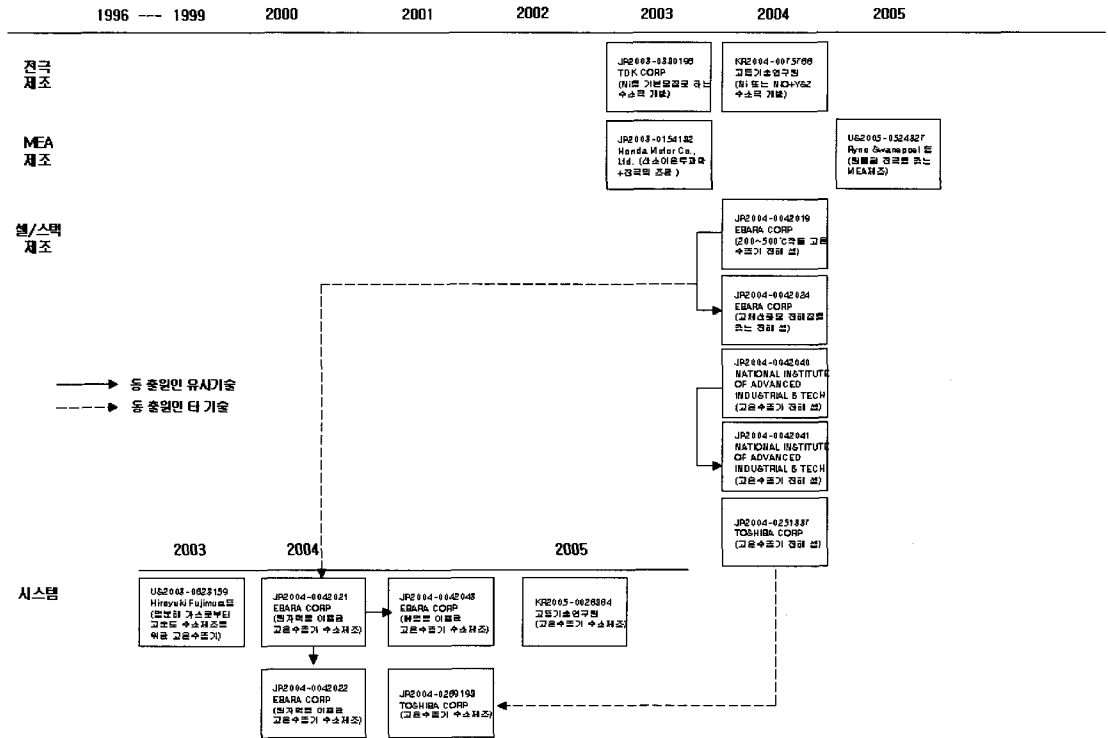


Fig. 19 Technical flow-sheet of the core patent according to the key technology in high temperature steam electrolysis

이온투과막과 전극의 조합에 대한 내용이다. 셀/스택 기술로 Ebara Corp.의 200~500℃ 운전 가능 셀 제작기술이 있는데 이는 고온수증기 전기분해의 온도와의 거리가 멀다. 시스템 기술은 원자력 또는 고온의 폐열을 이용하는 기술에 대한 내용이 주를 이룬다. 이렇듯 고온 수증기 전기분해는 핵심 특허 내용에서도 아직 기초연구단계임을 잘 보여주고 있으며, 그림을 보면 알 수 있듯이, 핵심특허는 2003년 이후가 주를 이룬다. 따라서 기술발전도는 도입기라 볼 수 있다.

6. 결론 및 향후 전망

수전해의 제조방법별 요소기술의 핵심특허 내용을 분석한 결과, 기술발전도는 고분자 전해질 수전해의 경우는 성장기, 알칼리 수전해의 경우는 성숙기, 고온수증기 전기분해의 경우는 도입기에 있

음을 알 수 있었다.

고분자 전해질 수전해에 있어서 전극으로 사용되고 있는 백금계열 귀금속 전극은 그 매장량이 한정되어 있어 사용에 제한을 받을 것이다. 예를 들어, 연료전지에 함유된 백금량 0.2 mg/cm²을 감안하고, 전 세계에 100 kW급 연료전지 자동차가 5백만 대가 운영된다고 하면, Pt사용량은 100톤이 되며, 이는 현재 전 세계 Pt의 공급량인 약160톤의 63%에 상당하게 된다⁷⁾. 따라서 Pt의 가격은 계속 상승할 것이며, 고분자 전해질 수전해 장치의 가격 저하를 위해서는 백금계열 귀금속을 전혀 사용하지 않거나, 사용량을 더욱 절감하는 전극의 개발이 필요하게 될 것이다. 또한 저가격의 고분자 전해질의 개발 및 고온/고압, 고효율의 단위 셀 개발이 필요하게 될 것이다.

수전해의 3가지 방법 중, 앞에서 설명한 장점과 단점의 비교와 같이, 알칼리 수전해 방법보다는

고분자 전해질 수전해 방법이 주를 이룰 것이며, 고효율 및 저가의 수소가격 면에서 아직은 기초연구단계 이지만, 중장기적으로 중앙 집중형식의 고온 수증기 전기분해가 그 뒤를 따를 것이다.

고분자 전해질 수전해는 현재 수소자동차에 수소를 공급하기 위한 on-site형 수소충전소의 수소제조 방법으로 이용되고 있으며, 자연에너지(태양광 및 풍력발전)와의 연계에 대한 연구가 진행 중에 있고, 수소경제 사회로의 진입을 위한 수소제조 방법의 중장기 단계(2015년~)에 크게 기여할 것이다. 고온수증기 전기분해 방법은 차세대 원자로인 초고온가스로(VHTR)에 연계하기 위한 연구가 진행 중에 있으며, 수소경제 사회로의 진입을 위한 수소제조 방법의 장기 단계(2020년~)에 크게 기여할 것이다.

후 기

이 논문은 과학기술부의 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 연구개발 사업(수소에너지사업단)의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) <http://www.h2.re.kr/>.
- 2) 김종원, “수소에너지전망과 국제협력”, 한국화학공학회, NICE, Vol. 22, No. 2, 2004, p.112-117.
- 3) 손재익, “수소, 연료전지기술”, 한국화학공학회, 화학공학, Vol. 42, No. 1, 2004, p.1-9.
- 4) 김종원 외, “수소에너지”, 도서출판 아진, 2006.
- 5) 이병권, 김종원, 남기석, 백영순, 이종태, 정홍석, 황규철, “수소에너지 기술”, 국가기술지도, Vision 3, 2002, pp. 108-109.
- 6) C. Cropley, "Low-cost, high-pressure hydrogen generator", DOE 2006 Hydrogen Fuel Cells Technology Infrastructure Review Meeting, USA, May. 16, 2006.
- 7) NEDO, 燃料電池および水素製造の白金族代替觸媒の開発, 平成16年度成果報告書, 2005. 3.