

특허분석에 의한 광화학적 수소제조 기술동향

문상진[†], 강경석^{**}, 한혜정^{**}, 백진욱^{*}, 김종욱^{***}

*한국화학연구원, **시온텍 기술연구소, ***한국에너지기술연구원

Technology Trend for Photochemical Hydrogen Production by the Patent Analysis

Sang-Jin Moon[†], Kyung-Seok Kang^{**}, Hye-Jeong Han^{**}, Jin-Ook Baeg^{*}, Jong-Wook Kim^{***}

**Korea Research Institute of Chemical Technology,
100 Jangdong Yuseong-gu Daejeon 305-600, Korea*

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

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

ABSTRACT

There are several methods for the hydrogen production such as steam reforming of natural gas, photochemical method, biological method, electrolysis and thermochemical method, etc. Many researches have been widely performed for the hydrogen production method having low production cost and high efficiency. In this paper, the patents concerning the photochemical hydrogen production method 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 patent application trend was analyzed by the years, countries, companies, and technologies.

KEY WORDS : photochemical(광화학), hydrogen production(수소 제조), patent(특허), analysis (분석), technical trend(기술 동향)

1. 서 론

현재 세계적으로 고갈되고 있는 화석연료를 대체할 무공해 청정에너지 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 태양에너지와 같은 청정하면서도 무한한 일차 에너지원을 새로운 화학 원료 물

질이나 전기적 에너지로 전환하는 기술 중에는 광화학 반응을 이용해 물을 광분해하여 수소로 전환하는 기술이 있다. 광화학적 수소제조 기술은 자연계의 광합성 현상을 그대로 모방하여 수소를 제조하는 가장 이상적인 환경 친화적 에너지 시스템 기술이며, 21세기에 확보해야 할 인류의 가장 필수적인 과학기술의 하나이다¹⁻³⁾.

이러한 기술연구를 수행하기 이전에 특허 분석

[†]Corresponding author : moonsj@kriect.re.kr

에 의한 기술동향 파악은 기존에 수행되었던 관련 기술의 연구내용 뿐만 아니라, 향후 연구의 방향을 설정하는데 중요한 자료로 활용되고 있으며, 연구내용이 중복되는 것을 사전에 막아주는 역할을 한다⁴⁾. 이에 본 연구에서는 광화학을 이용한 수소제조 방법과 관련하여, 1996년에서 2005년 사이의 미국, 일본, 유럽 그리고 한국의 특허정보를 분석하였으며, 이를 통하여 연도별, 국가별 기술동향을 파악하고자 하였다.

2. 기술의 분류 및 정의

2.1 기술의 분류

광화학적 수소제조 기술을 Table 1과 같이 두 분류로 나누었다.

2.2 기술의 정의

광화학적 수소제조 기술은 제조방법의 관점에서 크게 광촉매와 광전기화학적 방법으로 나눌 수 있다⁵⁾.

광촉매를 이용한 방법은 무기계 반도체성 촉매를 입자형태로 제조하고 물에 분산시키거나 입자막 형태로 기판에 고정하여 물을 광분해 하는 방법으로, 빛을 조사하면 생성된 전자 정공쌍에 의해 광촉매 표면의 촉매 활성점에서 물의 산화·환원

반응이 동시에 발생한다.

광전기화학적 방법은 반도체성 광전극과 상대전극, 수전해액으로 구성되어 있는 광전기화학조 내에서 광에 의해 광촉매 전극을 여기시키고 이에 의해 생성된 전자 정공 쌍을 이용하여 물분해를 하는 방법이다.

3. 특허검색 대상 및 분석 기준

3.1 특허검색 대상

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.

3.2 데이터 구축

DB 구축은 Fig. 1과 같이 4단계로 나눌 수 있다. 광화학 관련 키워드의 조합식을 사용하여 수집된 원 데이터(raw data)는 IPC(국제특허 분류), 광화학 기술의 정의 등의 기준에 의해 분석 대상 특허로 120건을 추출하였다. 분석 대상 특허는 기술 분류, 출원인, 출원인 국적, 핵심특허 분류 등의 사전작업을 진행하였고, 이러한 작업에 의해 DB구축을 완료하였다.

분석항목에서 특허활동지수(AI)란 특정 기술분야에서 특정 출원인의 상대적 집중도를 살펴보

Table 1 Technical classification for the photochemical hydrogen production

	제조방법 관점		특허 관점	
	광촉매	광전기화학		
광화학적 수소제조	광촉매	촉매	산화물	
		공정	황화물	
	광전기화학	촉매	기타화합물	산화물
			반도체	화합물반도체
		공정	셀렌화물	셀렌화물
			기타	기타

Table 2 The object of analysis

국가	연도	특허	건수
한국	1996년~ 2005년	Wips	15건
일본			61건
유럽			14건
미국			30건

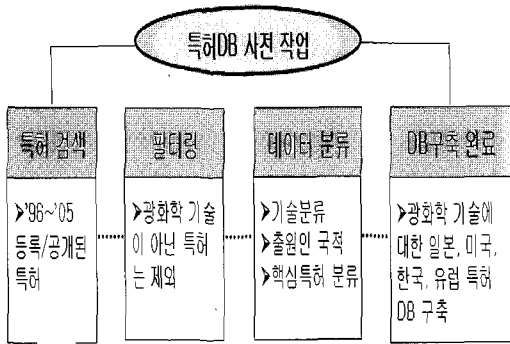


Fig. 1 Construction of flow-sheet for data analysis

기 위한 지표로서, 그 값이 1보다 큰 경우에는 상대적으로 특허 활동이 활발함을 나타낸다.

4. 거시적 동향 분석

4.1 전체 특허동향

Fig. 2는 연도별 국가별 전체 특허출원 건수 및 누적 건수를 나타낸다. 1996년부터 특허 출원 건수가 서서히 증가하다가 1999년에는 4건으로 최저 출원건수를 보였고, 이후 2000년부터는 출원건수

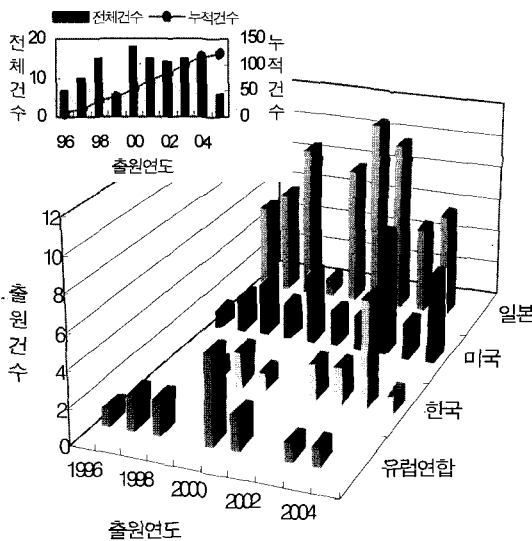


Fig. 2 The number of patents applied in each year

가 급격히 증가하여 최근까지 꾸준히 증가하고 있다. 2000년에 급격히 증가한 이유는 한국화학연구원에서 9건의 특허를 출원하였기 때문이다.

2005년의 최근 특허출원 건수가 감소세를 보이는 것은 출원된 특허들의 많은 수가 아직 심사단계에 있으며 공개되지 않았기 때문이다.

4.2 국가별 특허동향

Fig. 3은 출원국가 별로 특허출원 건수 및 점유율을 나타낸 그래프이다. 일본이 61건을 출원하여 전체 120건 중 50.8%의 점유율로 전체 특허의 과반수를 차지하고 있으며, 다음으로 미국이 30건을 출원하여 25%의 출원점유율을 보인다. 한국특허는 일본, 미국에 이어 15건을 출원하였고, 유럽연합은 14건의 특허를 출원하여 한국과 비슷한 점유율을 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 75.8%로 광화학적 수소제조 기술 특허출원의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 4는 출원인 국적별 특허출원 건수를 나타낸 그래프이다. 120건 중 65건으로 가장 많은 특허를 출원한 일본국적의 출원인은 54.2%의 점유율

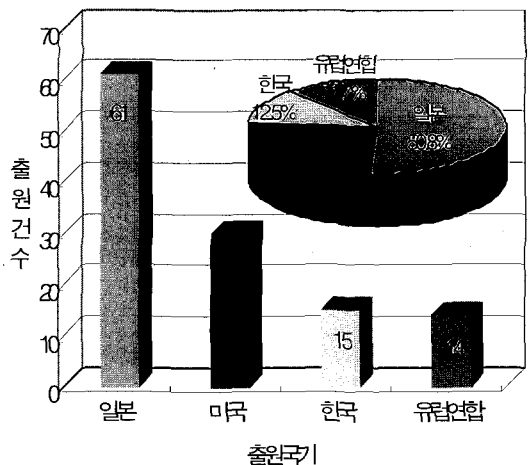


Fig. 3 The number of patents applied in each country

을 보였고, 그 다음으로 한국국적의 출원인이 31건으로 25.8%의 높은 점유율을 보였다. 그 다음은 미국국적 출원인이 17건으로 14.2%로 높았고, 영국국적 출원인이 3건으로 2.5%, 스페인과 스위스가 각각 2건으로 1.7%의 점유율을 보였다.

위의 Fig. 3의 출원국가별 특허출원건수와 비교해 보았을 때, 한국에서 출원된 특허는 15건으로 미국 점유율의 1/2이였지만, 출원인 국적별 특허출원건수는 한국국적의 출원인이 31건으로 미국국적 출원인보다 11.7% 높은 점유율을 보이고 있다. 이 점으로 미루어 보아 한국국적의 출원인이 광화학적 제조 기술에 대하여 다른 나라에 특허출원을 많이 한 것을 알 수 있다.

각 국의 기술력을 보다 정확하게 비교해 보기 위해서 각 출원국가에서 출원인 국적별 특허출원건수를 분석해 보았다. Table 3은 출원국가별 출원인 국적별 특허건수 및 점유율을 나타낸 것이다. 일본에서는 일본국적 출원인이 58건으로 95.1%의 점유율을 차지하였고, 한국이 3건으로 나머지인 4.9%를 차지하였다. 이것으로 일본에서 출원된 특허의 대부분이 자국국적 출원인에 의한 것을 알 수 있었다. 미국은 미국국적 출원인이 15건으로 절반인 50.0%의 점유율을 차지하였고, 한국국적 출원인이 7건으로 23.3%, 일본국적 출원인이 5건으로 16.7%, 유럽연합국적의 출원인이 3건으로

10.0%의 점유율을 보였다. 한국은 한국국적 출원인이 15건으로 100%의 점유율을 보였다. 유럽연합은 한국국적 출원인이 6건으로 42.9%의 가장 높은 점유율을 보였고, 유럽연합 국적의 출원인이 4건으로 28.6%, 일본과 미국 국적 출원인은 각각 2건으로 14.3%의 특허 점유율을 보였다.

일본, 미국, 한국은 자국국적 출원인에 의한 특허출원 점유율이 타국적 출원인에 의한 특허출원 점유율보다 월등히 높았고, 특히 한국은 출원된 특허가 모두 자국국적 출원인에 의한 것임을 알 수 있었다. 유럽연합은 한국국적 출원인이 42.9%의 점유율로 가장 높은 출원 점유율을 보여 한국국적 출원인에 의한 유럽연합 특허 출원활동이 높은 것을 알 수 있다.

4.3 출원인별 특허동향

Fig. 5는 광화학적 수소제조 기술분야에서의 특허 출원인 중 다 출원 순으로 선정한 15개사 출원인의 출원현황을 나타낸 그래프이다. 한국화학연구원에서 23건을 출원하여 가장 많은 특허를 출원하였고, 그 다음으로 한국의 (주)청구에서 13건의 특허를 출원하였다. 일본의 Japan Science & Technology Corp에서 11건, National Institute of Advanced Industrial Science & Technology에서 9건, 한국과학기술연구원에서 5건 등으로 특허를

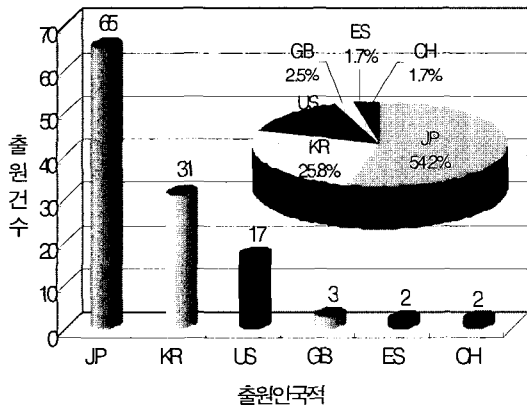


Fig. 4 The number and share of applied patents according to the nationalities of applicants

Table 3 The status of applied patents by the nationality of applicants in each country

58(95.1%)	5(16.7%)		2(14.3%)	65
	15(50.0%)		2(14.3%)	17
3(4.9%)	7(23.3%)	15(100%)	6(42.9%)	31
	3(10.0%)		4(28.6%)	7
61(100%)	30(100%)	15(100%)	14(100%)	120

출원하였으며, 상위 15개사의 특허 점유율이 61.7%로 과반수를 넘는 것으로 나타났다.

가장 출원건수가 많은 한국화학연구원의 특허 점유율은 15.4%로 비교적 높은 점유율을 보이고 있다. 즉, 특정한 출원인이 다수의 출원을 한 것을 확인할 수 있다. 또한 상위에 랭킹된 대부분의 출원인들이 한국과 일본 국적의 출원인들로 한국과 일본이 광화학적 수소제조 기술을 주도하고 있음을 다시 한 번 확인할 수 있다.

Fig. 6은 특허 다 출원 상위 15위까지의 출원인을 선정하여 연도별 출원 동향을 나타낸 그래프이다. 23건으로 가장 많은 특허 출원을 한 한국화학연구원은 그 중 13건은 한국의 (주)청구와 3건은 일본의 SEIKYU와 공동출원을 하였다. 1999년까지 꾸준히 특허출원수가 증가하다가 2000년에 가장 많은 9건의 특허를 한국 뿐만 아니라 미국, 일본, 유럽연합에 출원하였고 9건의 출원한 특허 모두가 광촉매 기술에 대한 특허들이었다. 2000년 이후에는 2000년 이전의 특허출원과 규모가 비슷하며 최근에 특허출원의 감소는 아직 미공개된 특허로 인한 것으로 판단된다. 한국의 (주)청구는 한국화학연구원과 같이 13건을 공동출원 하였다. 특허출원의 범위는 1998년부터 2001년까지이고 (주)

청구도 한국화학연구원과 같이 2000년에 가장 많은 7건의 특허를 출원하였으며 7건 모두가 광촉매 기술에 대한 특허들이었다. 다음으로 많이 출원한 Japan Science & Technology Corp는 2001년부터 2004년까지 11건의 특허를 출원하였으며 3건을 Nittetsu Mining Co Ltd와 공동출원을 하였다. 2002년에 가장 많은 4건의 특허를 출원하였고, 4건 모두 위 출원인들의 특허기술과 마찬가지로 광촉매 기술에 관한 특허들이었다. National Institute of Advanced Industrial Science & Technology은 1997년부터 2004년까지 9건의 특허를 출원하였다. 1997년에 1건의 특허를 출원한 이후 1999년까지 출원된 특허가 없다가 2000년에 2건의 특허를 출원한 이후 2004년까지 꾸준히 특허가 출원되었다. 한국과학기술연구원은 2003년부터 2005년까지 5건의 특허를 출원하였으며, 5건 모두 광전기화학 기술에 대한 특허들이었다.

4.4 국제특허분류(IPC)별 특허동향

Fig. 7은 주요 국제특허분류(IPC)별 특허출원 건수를 나타낸 그래프이다. C01B-003/04, “수소; 수소화물; 물; 탄화수소에서 합성가스-무기 화합물, 예, 암모니아의 분해에 의한 것”에 대한 내

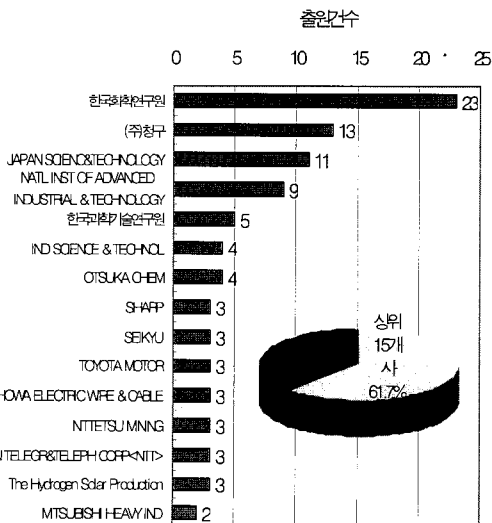


Fig. 5 The number of patents applied by the major applicants

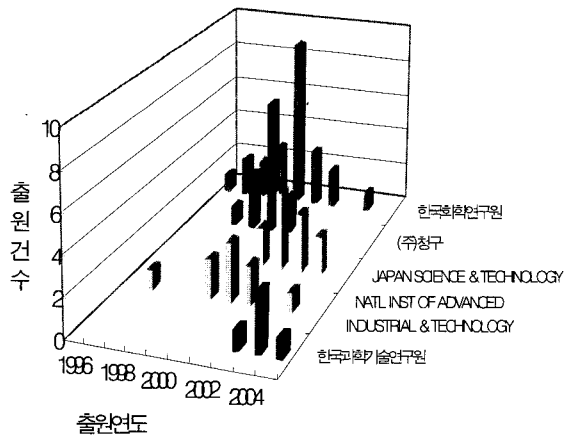


Fig. 6 The application trend by years of the major applicants

용의 특허가 26건으로 가장 많았고, B01J-035/02, “형태 또는 물리적 성질에 특징이 있는 촉매 일반; 고체”에 대한 내용의 특허가 24건으로 그 다음으로 많았다.

그 다음은 C01B-013/02, “산소; 산화물 또는 수산화물일반; 과산화물-산소의 제조”에 대한 내용의 특허가 7건, B01J-027/04, C25B-001/02, B01J-021/06, C01B-003/02에 대한 내용의 특허가 같이 6건으로, 분류내용은 차례로 “할로젠, 황, 셀레늄, 텔루륨, 인, 질소 또는 이들의 화합물로 된 촉매; 탄소화합물로 된 촉매; 황화물”, “화합물 또는 비금속의 제조를 위한 전기분해 또는 전기영동 방법; 그것을 위한 장치; 수소 또는 산소”, “실리콘, 티타늄, 지르코늄 또는 hafnium; 그 산화물 또는 수산화물로 된 촉매”, “수소 또는 수소 함유 혼합 기체의 제조”이다. 그 다음으로는 B01J-023/70, B01J-027/045, C01B-003/00 로 분류된 내용의 특허가 5건이 출원되었다. 그 내용은 차례로 “금속 또는 금속산화물 또는 금속수산화물로 된 촉매; 철족금속 또는 구리에 관한 것”, “할로젠, 황, 셀레늄, 텔루륨, 인, 질소 또는 이들의 화합물로 된 촉매; 탄소화합물로 된 촉매; 백금족 금속을 갖는 것”, “수소; 수소를 함유하는 혼합 기체; 수소를 함유하는 혼합물로부터의 그의 분리; 수소의 정제”이다.

5. 심층적 동향 분석

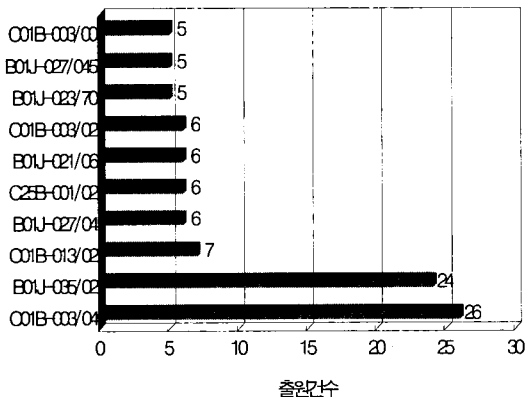


Fig. 7 The number of applied patents according to international patent classification(IPC)

5.1 전체 기술동향

기술 분류는 크게 제조방법 관점에서 광촉매와 광전기화학적 방법으로 나눌 수 있다. 그러나 두 방법 공히 물의 광분해 반응을 직접 일어나게 하는 광촉매 혹은 광전극 재료의 종류가 핵심이 되고 있으며, 부차적으로 전체 공정의 효율을 올리기 위한 장치나 공정상의 방법론이 요구되고 있어, Fig. 8에서 처럼 촉매재료 및 공정 시스템으로 나눠 볼 수 있다. 광촉매적 방법은 촉매재료에 대한 특허가 61건, 공정에 대한 특허가 24건으로 총 85건이고, 광전기화학적 방법은 촉매재료에 대한 특허가 22건, 공정에 대한 특허가 14건으로 총 36건이다. 광전기화학이 30%의 점유율을, 광촉매가 70%의 점유율을 차지하고 있어, 외형적으로는 광전기화학적 방법보다 광촉매에 대한 연구가 더 활발히 이루어지는 것으로 짐작해 볼 수 있다.

Fig. 9는 제조방법 관점에 따라 분류된 광촉매와 광전기화학적 방법의 특허출원 동향을 나타낸 그래프이다. 광촉매는 2000년을 최고점으로 꾸준히 증가하다가 그 이후 서서히 감소함을 볼 수 있다. 그 중 1999년과 2005년에 급격한 감소를 볼 수 있는데 2005년에는 아직 미공개된 특허가 존재하기 때문에 특허건수가 적게 나온 것으로 판단된다.

광전기화학적 방법은 광촉매보다 적은 건수의 특허가 출원되었지만 꾸준히 특허가 출원되고 있음을 볼 수 있다.

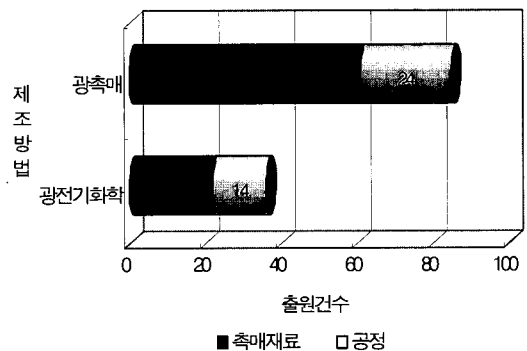


Fig. 8 The number of applied patents according to each photochemical method

5.2 광촉매 수소제조 기술동향

광촉매 기술은 시스템 관점에서 공정과 재료의 두 측면으로 나뉘 볼 수 있다.

Fig. 10을 보면 광촉매적 방법에서는 역시 공정 기술보다 촉매재료 기술에 대한 특허가 더 많이 출원되었고, 또 촉매재료는 산화물, 황화물 및 기타 화합물로 나뉘볼 수 있다. 촉매 재료 중 황화물이 31건으로 49.2%의 가장 높은 점유율을 보였고, 그 다음으로 산화물이 비슷한 44.4%의 점유율을 보였다. 기타 화합물은 4건으로 3-5족 화합물반도체, TiC 탄화물 등이 포함되었다. 광촉매적 방법에서 촉매재료에 대한 연구는 대부분 산화물과 황화물에 치중되어 있어 아직까지 이 계열의 촉매가 그런대로 높은 효율을 내고 있는 것으로 판단된다.

Fig. 11은 광촉매적 방법에서 시스템 관점으로 분류한 재료와 공정의 연도별 특허건수를 나타낸 그래프이다. 재료기술은 2000년을 최고점으로 꾸준히 증가하다가 서서히 감소하고 있는데 2005년도의 특허건수가 급격히 감소한 것은 아직 미공개된 특허가 존재하기 때문인 것으로 판단된다. 공정 기술은 2001년을 최고점으로 꾸준히 증가하다가 서서히 감소하고 있는 것을 볼 수 있다.

Fig. 12는 특정 기술 분야에서 특정 출원인의 상대적 집중도를 살펴보기 위한 특허활동지수를 나타낸 그래프이다. 한국출원인은 재료기술에 상

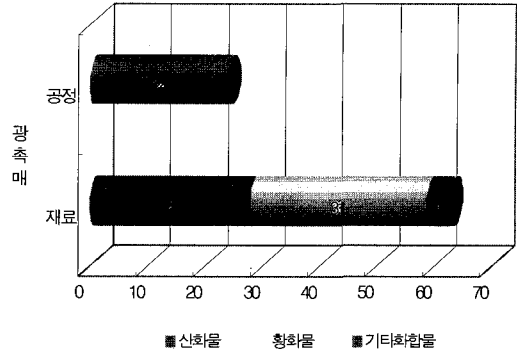


Fig. 10 The number of applied patents by each system and the catalytic materials in the photocatalytic method

대적 특허 활동이 활발하고, 미국출원인, 일본출원인, 유럽연합출원인은 공정기술에 상대적으로 활발한 특허활동을 보이고 있다.

5.3 광전기화학적 수소제조 기술동향

광전기화학적 방법도 광촉매와 마찬가지로 시스템 관점에서 공정과 재료의 두 측면으로 나뉘 볼 수 있다. Fig. 13을 보면 광전기화학적 방법에서도 역시 공정기술보다 촉매재료 기술에 대한 특허가 더 많이 출원되었다. 또, 촉매 재료는 산화물, 화합물반도체, 셀렌화물, 기타로 나누어 볼 수 있다. 촉매 재료 중 산화물은 13건으로 56.5%의 가

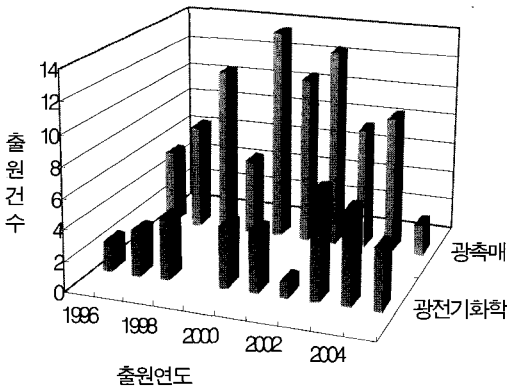


Fig. 9 The application trend by years in each photochemical method

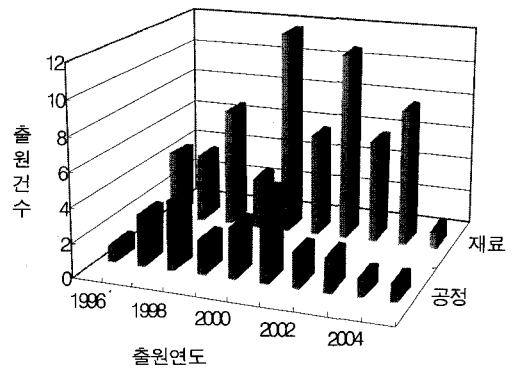


Fig. 11 The application trend by years in each system of the photocatalytic method

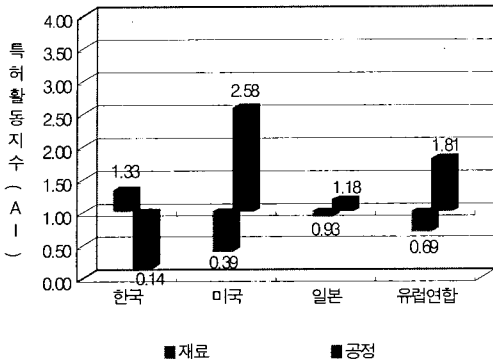


Fig. 12 Patent action index (AI) for each technology according to the nationality of applicants

장 높은 점유율을 보였고, 그다음으로 화합물반도체가 17.4%를 차지하였으며, 셀렌화물과 기타는 같은 13.0%의 점유율을 보였다.

Fig. 14는 광전기화학적 방법에서 시스템 관점으로 분류한 재료와 공정의 연도별 특허건수를 나타낸 그래프이다. 재료기술은 1998년까지 꾸준히 증가하다가 이후 2000년까지 급격히 감소하였으며 이후 또 증가하는 추세에 있다가 2003년 이후 감소하는 추세를 보이고 있다. 2005년도의 특허건수가 급격히 감소한 것은 아직 미공개된 특허가 존재하기 때문인 것으로 판단된다. 공정기술은 1998년부터 1999년을 제외하고 꾸준히 특허가 출원되고 있음을 볼 수 있다.

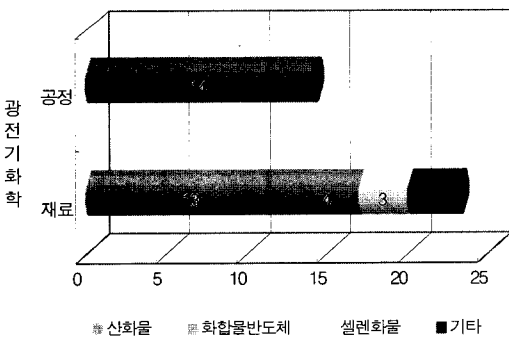


Fig. 13 The number of applied patents according to each system of the photoelectrochemical method

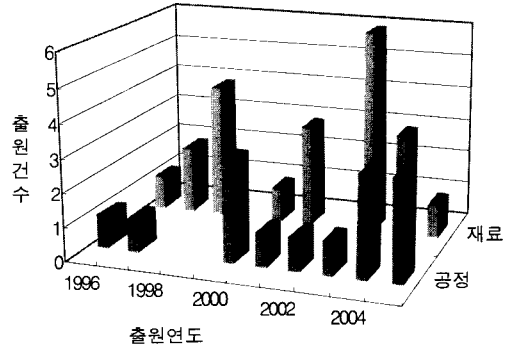


Fig. 14 The number of applied patents by each system and the catalytic materials in the photoelectrochemical method

Fig. 15는 특정 기술분야에서 특정 출원인의 상대적 집중도를 살펴보기 위한 특허활동지수를 나타낸 그래프이다. 한국출원인과 미국 출원인은 재료기술에 상대적 특허활동이 활발하고, 일본출원인, 유럽연합출원인은 공정기술에 상대적으로 활발한 특허활동을 보이고 있다.

5.4 기술의 발전도

다음 Fig. 16에 몇 가지 핵심특허를 연도별로 정리하였다. 먼저 광전기화학적 방법의 광전극 재료 측면에 있어서는, Fe₂O₃, TiO₂ 와 같은 다양한 종류의 산화물 재료나 화합물 반도체 재료들이 활용되고 있으며 가시광 특성을 확보하기 위해 C, N

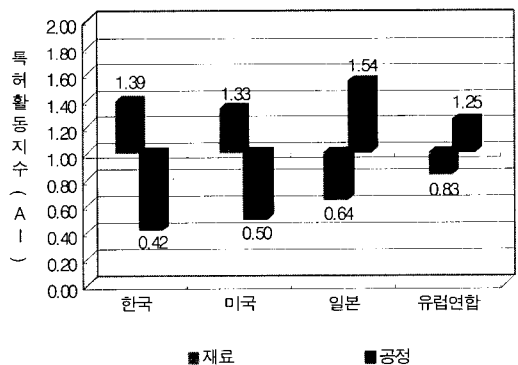


Fig. 15 Patent action index(AI) for each technology according to the nationality of applicants

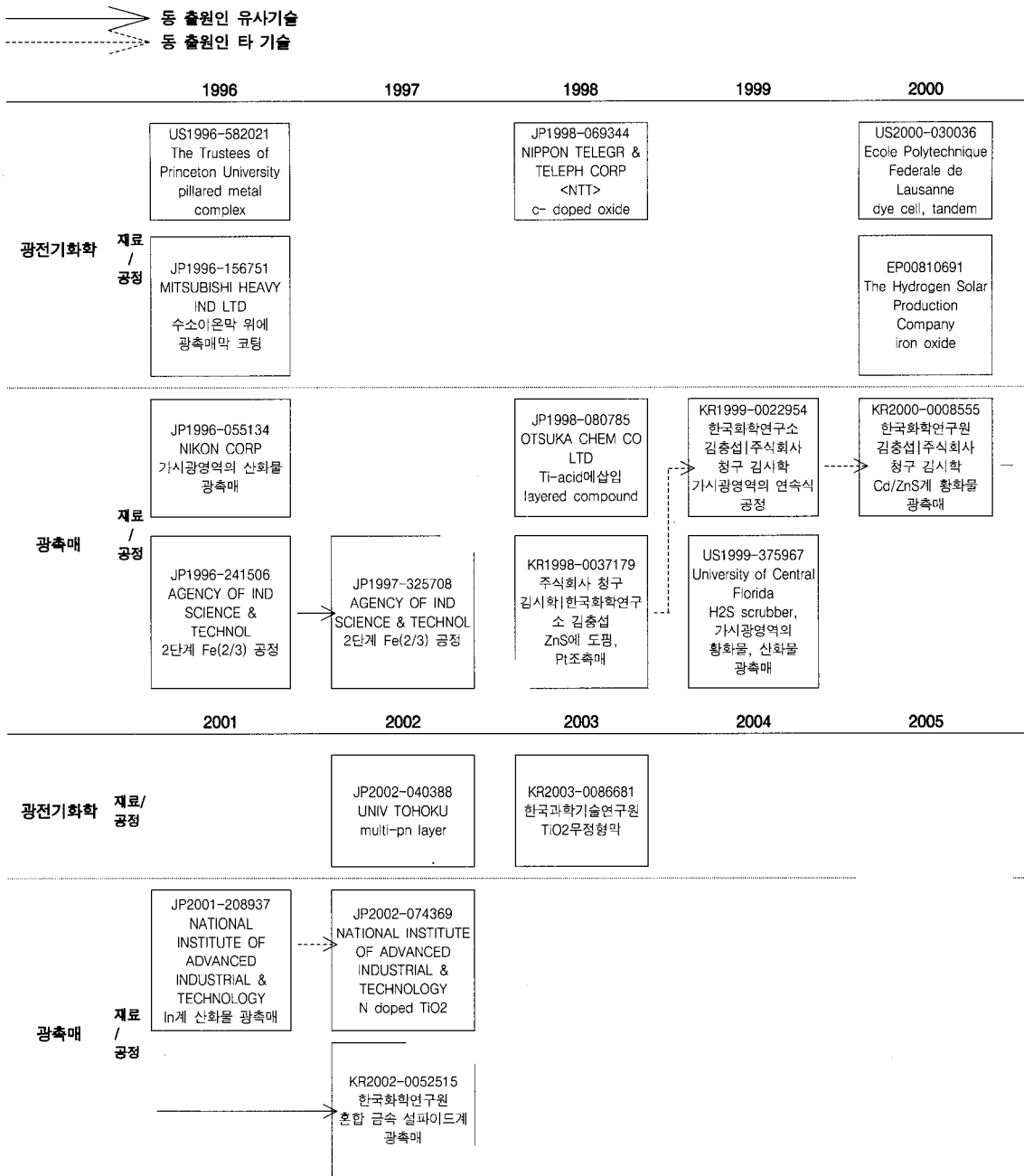


Fig. 16 Technical flow-sheet of the core patents according to the key technology in photochemical hydrogen production

원소들이 도핑된 산화물 재료들도 사용되었다. 이들 산화물 재료들은 특히 내광부식성이 우수하기 때문에 큰 관심을 끌고 있으나 효율이 그리 높지 않은 문제점이 있다. 이에 비해 화합물 반도체

재료들은 광효율은 높으나 광부식에 취약해 내구성이 낮은 게 여전히 문제로 지적된다. 한편, 광전기화학적 장치/공정 측면에서는 초기의 외부전위 인가형 타입에서 양극과 음극을 분리하기 위해 염

다리, 이온전도막 등이 도입되고 광촉매극(양극)이 별도로 설치되었으나, 최근에는 pn 접합형 내부전위 인가형 타입이 활발히 추구되고 있으며 내부식성이 좋은 광촉매극의 개발도 관심을 끌고 있다.

광전기화학형에 비해 일본과 한국을 중심으로 보다 많은 연구개발이 이루어진 광촉매적 방법에 있어서는 역시 효율이 좋은 광촉매 재료 자체의 개발이 주류를 이루고 있다. 산화물계 재료는 일본에서, 황화물계 재료는 상대적으로 한국에서 많은 특허가 출원되었는데, 산화물계는 주로 자외광 감응성 촉매로, 그리고 황화물계는 가시광 감응성 촉매로 개발되었다. 그러나 현재에는 효율이 좋고 내광부식성이 우수하면서도 태양광을 직접 이용할 수 있는 가시광 감응성 촉매가 직접적인 개발 목표가 되고 있다. 한편 광촉매적 방법의 장치나 공정은 상대적으로 간단하여 아직까지 큰 이슈가 되지는 않고 있으나, 수소 발생과 산소 발생을 분리하는 2단 광촉매 공정이나 H₂S 수용액을 직접 광분해하는 공정들이 주목을 끌고 있다.

그러나 전체적으로 핵심특허들도 함께 연계되지 못하고 각각의 독립된 영역에 머물러 있어 기술의 성숙도가 아직은 낮음을 알 수 있으며, 보다 파급효과가 큰 핵심특허의 출현이 요망되고 있는 실정이다.

6. 결론 및 향후 전망

태양에너지 등 자연에너지를 이용하여 물로부터 수소를 제조코자 하는 본 광화학적 수소제조기술은 인류가 개발한 가장 이상적인 기술 중의 하나가 될 것임은 자명하다. 그러나 기술적으로 난제를 포함한다는 사실은, 본 연구에서 대상이 된 1996년부터 2005년까지 지난 10년 간의 관련 특허가 120여 건 정도로 매우 제한적이라는 사실에서도 확인된다(유사 기술 분야인 환경 광촉매의 경

우, 같은 기간 동안 전 세계적으로 2000여 건 이상의 특허가 출원됨). 또한 연도별로 지속적으로 증가 추세를 보이기 보단 상승과 감소가 반복되고 있는 것을 볼 때, 기술개발의 전주기적 입장에서조차 아직 초기 도입단계에 있음을 추측할 수 있다. 즉, 주된 방법인 광촉매적 방법이나 광전기화학적 방법, 공히 효율이 높고 광부식성이 적은 광촉매 재료 자체의 개발이 핵심이나 아직도 경제성을 가질 만큼 충분히 좋은 재료가 개발되지 못하고 있어, 이같은 추세는 당분간 지속될 전망이다. 특히 광촉매적 방법에서는 앞으로도 상당 기간 촉매재료 개발을 위한 특허가 주류를 이룰 것이며 핵심 특허도 이 분야에서 나올 것이 자명하다. 광전기화학적 방법에서도 광전극 재료의 중요성은 일차적인 문제가 될 것이나, 장치나 공정 부분의 최적화도 여전히 중요한 문제가 될 전망이다.

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) 남기석 외, "수소에너지 기술", 에너지관리공단 수소에너지연구회, 2001.
- 3) 김종원 외, "수소에너지", 도서출판 아진, 2006.
- 4) "수소 제조: 기술 및 시장/특허 분석보고서", 한국특허정보원, 2006.
- 5) H. Arakawa (eds), "Recent advances in photocatalytic technology for direct water splitting", CMC, Tokyo, 2003.