

特許로 본白金族金屬의製鍊技術動向[†]

申宣明·朴眞泰·李在天·孫廷秀·尹虎成·*金珉奭

韓國地質資源研究院

Trend on the Metallurgical Technologies for the Platinum Group Metal by the Patent Analysis[†]

Shun Myung Shin, Jin Tae Park, Jae-chun Lee, Jeong-Soo Son, Ho Sung Yoon and *Min-Seuk Kim

Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources(KIGAM) 30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350 Korea

요 약

다양한 고도 산업계에서 사용되는 백금족의 수요는 그들의 특별한 물리화학적 특성으로 인해 날로 성장하고 있다. 광물자원이 몇몇 나라에만 한정되어 있기 때문에 다양한 이차자원으로부터 백금족 금속을 회수하는 것은 신뢰성 있는 공급의 지속성에 대해 연관된 산업체에서 매우 중요한 이슈로 부각되고 있다. 이 논문에서는 백금족 금속의 화학아금기술에 대한 특허를 분석하였다. 검색의 범위는 1986년부터 2006년까지의 미국, 유럽, 일본 및 한국의 공개특허로 한정하였다. 특허는 주제어 검색, 분류기준에 따른 선별법을 이용하여 분류하였다. 백금족금속 특허의 경향을 연도별, 나라별, 회사별 및 기술별로 분류를 하여 분석하였다.

주제어 : 백금족금속, 화학아금기술, 회수, 특허분석

Abstract

The demand for platinum group metals for various advanced industries has been growing due to their excellent physical and chemical properties. Since the deposit of platinum minerals are restricted to few countries, their recovery from various secondary resources has becomes an important issue to related industries for keeping the supply reliably. In this paper, patents on the metallurgical technologies for the platinum group metals were analyzed. The search of patent was limited to the open patents of USA (US), European Union (EP), Japan (JP), and Korea (KR) from 1986 to 2006. Patents were surveyed using key-words searching and selected by filtering criteria. The trend of patents was analyzed by the years, countries, companies, and technologies.

Key words : platinum group metals, metallurgical technology, recovery, patent analysis

1. 서 론

백금족 금속은 주기율표상에서 8~10(VIII) 족에 속하는 백금(Platinum, Pt), 팔라듐(Palladium, Pd), 루테튬(Ruthenium, Ru), 오스뮴(Osmium, Os), 로듐(Rhodium, Rh), 이리듐(Iridium, Ir) 등 6개 원소를 총칭하는 것이다. 이들은 화학약품에 대한 뛰어난 내성, 우수한 고온

특성, 화학반응에 대한 촉매능, 그리고 안정한 전기적 성질을 가지고 있기 때문에 산업원료로서 중요한 위치를 차지하고 있다. 또한 향후 연료전지, 초음속 항공기, 약물전달 등과 같은 첨단산업분야의 소재로 부각되고 있다.¹⁾

백금족 금속은 광물자원이 남아프리카공화국, 러시아, 캐나다, 미국, 짐바브웨, 콜롬비아, 보츠와나, 호주 등 일부 지역에 편중되어 있다. 이들 중 주된 자원 보유국 및 생산국은 남아프리카공화국과 러시아이며, 전체 생산량의 80~90% 정도를 차지하고 있다.²⁻⁴⁾ 이에 따

[†] 2009년 3월 6일 접수, 2009년 5월 8일 1차수정

2009년 9월 4일 2차수정, 2009년 9월 9일 수리

*E-mail: redkms@kigam.re.kr

라 제련기술도 몇몇 선진국의 소수 기업만이 보유하고 있다.^{5,6)}

첨단 산업의 백금족 금속의 수요가 큰 반면 부존자원을 가지고 있지 못한 우리나라의 경우 산업 경쟁력을 유지하기 위하여 백금족 금속의 확보와 이들을 함유한 순환 자원으로부터 백금족 금속을 회수하는 리사이클링은 매우 중요하다. 미국과 독일 등 선진 국가들은 백금족 금속의 연간 생산량의 40~45%를 스크랩 또는 폐기물의 리사이클링을 통하여 생산하고 있다.^{7,8)} 그러나 우리나라는 백금족 금속 제련기술의 낙후로 순환 자원의 상당부분이 외국으로 반출하고 있으며 이는 귀중한 자원의 해외 유출이라 해도 과언이 아니다. 따라서 첨단산업용 백금족 원료소재의 안정적 확보를 위하여 국내에서 발생하고 있는 순환자원으로부터 백금족 금속을 회수하기 위한 관련 제련기술 확립은 매우 절실하다.

본고에서는 순환자원으로부터 백금족을 회수하기 위한 첫 단계인 용해기술을 중심으로 백금족 제련에 대한 특허를 조사하고 이를 분석하였다. 이로부터 기존의 백금족 제련기술 중 중요한 부분을 차지하는 건식제련기술과 달리 우리나라 실정에 맞는 순환자원의 처리에 적절한 제련기술의 특허 동향을 파악할 수 있을 것이다. 이는 우리 실정에 맞는 백금족 금속의 제련 기술 개발을 위한 연구전략 수립에 필요한 방향성을 제시해 줄 것이다.

2. 기술의 분류 및 정의

2.1. 기술의 분류

백금족을 Table 1과 같이 제련방법에 따라 건식기술, 습식기술, 건식습식 복합기술, 습식전해 복합기술로 각각 분류하였다.

2.2. 기술의 정의

내화화성, 내열성 등이 매우 우수한 백금족은 이들 특

Table 1. Technical clarification of metallurgy for the platinum group

기술	제련방법
백금족	건식기술
	습식기술
	건식습식 복합기술
	습식전해 복합기술

성으로 인하여 제련에 일반적인 금속에 비하여 매우 까다롭고 기술적 노하우를 요구한다. 특히 본고에서는 백금족 용해기술을 중심으로 재활용 또는 고순도화라는 목적 지향적 활용에 대한 백금족 제련기술에 대한 특허 동향을 분석하고자 하였다. 논의의 편의상 백금족 제련은 건식기술, 습식기술, 건식습식 복합, 습식전해 복합기술로 분류하였고 이들에 대한 기술적 정의는 다음과 같다.

건식 기술

백금족의 용해가 고온에서 이루어지는 것으로 이에 따라 고순도화 공정도 고온에서 이루어지는 경우가 많다.

습식 기술

백금족의 용해가 저온의 용액 상에서 이루어지는 것으로 이후 분리정제 공정이 용액 상에서 이루어진다.

건식습식 복합기술

백금족의 용해와 분리정제를 통한 고순도화가 건식기술과 습식기술의 복합 형태로 이루어진 것이다. 용해에 건식 기술 또는 습식 기술 중 어느 것이 먼저 적용되는가에 따라 분리정제 기술의 형태가 큰 영향을 받게 된다.

습식전해 복합기술

용액 상에서 이루어지는 습식 기술에 전기화학적 원리를 이용한 전해기술이 추가되거나 기술의 일부를 전해기술로 대체하는 것으로 친환경적 공정 개발을 주된 목표로 한다.

3. 특허검색대상 및 분석 기준

3.1. 특허검색 대상

특허출원 동향 분석을 하기 위하여 관련된 모든 특허를 검색하여 분석하기를 원하지만 모든 것을 수집하는 데는 한계가 있으므로 자료 조사에 있어서 자료의 검색 범위를 설정할 필요가 있다. 본 연구에서는 Table 2와 같이 1986년부터 2008년 조사개시일까지의 공개 / 등록된 특허를 수집하여 사전작업을 걸쳐 최종 분석 데이터를 구축하였다.

한국 및 일본, 유럽은 특허 출원 후 1년 6개월 이후에 공개되는 특허제도의 특성상, 2007년 이후에는 미국 특허가 존재하므로 데이터 신뢰기간은 2006년까지

Table 2. The object of analysis

국 가	분석기간	정보원	대상 특허(건)
한 국	1986년~2008년 8월 조사개시일	Wips DB	3건
일 본			109건
유 럽			3건
미 국			30건

가능한 것을 밝힌다.

3.2. 데이터 구축

DB 구축은 Fig. 1과 같이 4단계로 나누어 볼 수 있다. 백금족 제련 기술 관련 키워드의 조합식을 사용하여 수집된 원데이터(raw data)는 IPC, 각 기술의 정의 등의 기준에 의해 145건의 분석 대상 특허를 추출하였다. 분석 대상 특허는 기술분류, 동일 출원인 명칭통일, 출원인국적, 핵심특허분류 등의 사전작업을 통하여 DB 구축을 완료하였다.

4. 거시적 동향 분석

4.1. 전체 특허동향

전체 특허동향을 알아보기 위해서 Fig. 2와 같이 전체 연도별 국가별 특허출원 건수 및 누적 건수를 그래프로 나타내었다. 출원된 특허의 총규모는 145건이었으며 최근에 특허건수가 급격하게 줄어든 이유는 특허 공개제도의 특성상 아직 해당 특허가 공개되지 않은 것으로 판단된다. 전체 특허 출원 동향을 보면 1986년부터 1995년까지 85건(58.6%)이 출원되었고, 1996년부터 현재까지 60건(41.4%)이 출원된 점으로 보아 과거부터 연

구가 진행되었으며 현재에도 꾸준히 연구가 진행되고 있는 것으로 보인다. 1997년부터 1999년까지 특허출원 건수가 다소 줄어드는 경향을 보이다가 2002년에 13건의 가장 많은 특허가 출원되었다.

4.2. 국가별 특허동향

국가별 특허 동향을 살펴보기 위해 출원국가별 특허출원 현황 및 점유율, 전체 출원인 국적별 특허출원 현황 및 점유율, 출원국가/출원인국적별 특허출원 현황 점유율을 알아보았다.

Fig. 3은 출원국가 별로 특허출원 현황 및 점유율을 나타낸 그래프이다. 일본이 109건을 출원하여 전체 145건 중 75.2%의 점유율로 과반수가 넘는 가장 높은 점유율을 보였으며, 다음으로 미국이 30건을 출원하여 20.7%의 점유율을 보였다. 한국과 유럽연합은 각각 2.1%(3건)의 점유율을 보였다. 일본과 미국의 특허점유율이 전체의 약 95.9%로 백금족 제련 기술에 대한 특허출원의 높은 점유율을 보이고 있다.

각 국의 기술력을 보다 정확하게 비교해 보기 위해서는 출원인 국적에 따른 특허 출원건수를 분석하는 것이 필요하다. Fig. 4는 전체 출원인 국적별 특허출원 현황 및 점유율을 나타낸 그래프이다. 일본 국적 출원인에 의

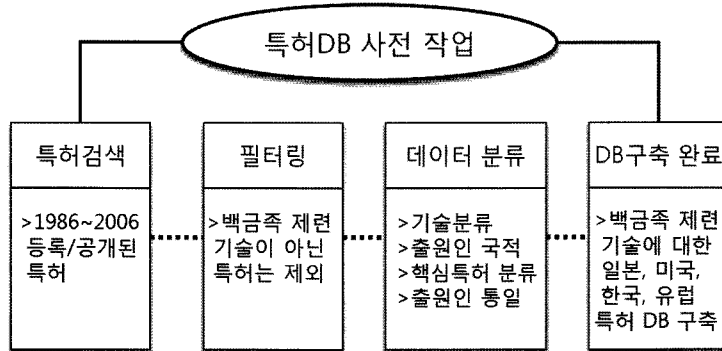


Fig. 1. Construction flow-sheet of data analysis.

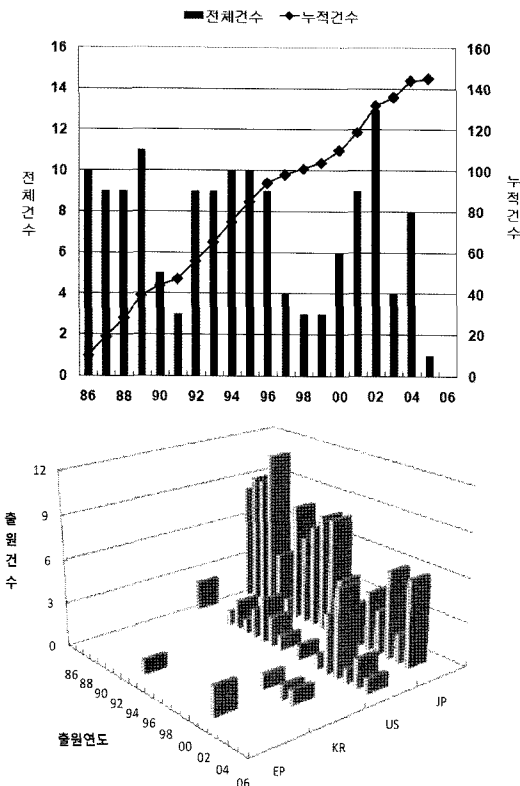


Fig. 2. A trend of the applied patent according to the year in each country.

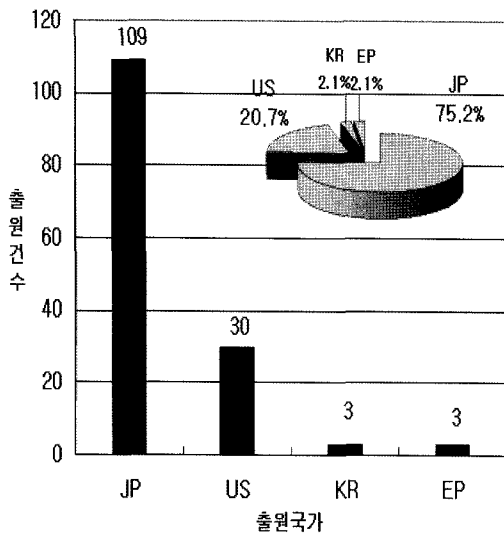


Fig. 3. The number/A share of the applied patent in each country.

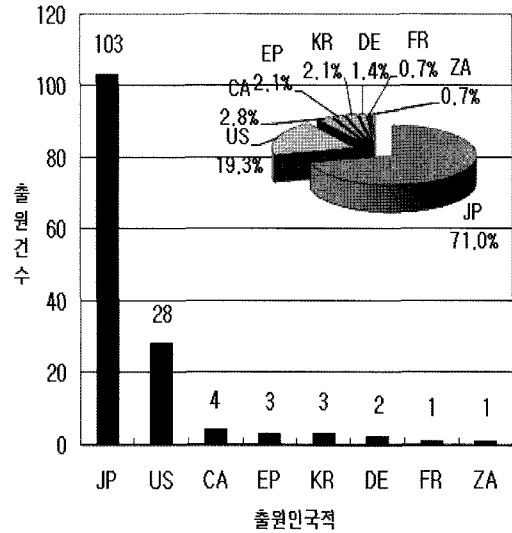


Fig. 4. The number/A share of the applied patents by the nationalities of applicants.

한 특허출원은 전체 145건 가운데 103건으로 71.0%를 점유하여 과반수가 훨씬 넘는 가장 높은 점유율을 보였으며, 미국 국적 출원인이 28건으로 19.3%, 캐나다 국적 출원인이 4건으로 2.8%의 점유율을 차지하였다. 유럽연합 국적 출원인과 한국 국적 출원인이 각각 2.1%(3건), 독일 국적 출원인이 1.4%(2건), 프랑스 국적 출원인과 남아프리카 국적 출원인이 각각 0.7%(1건)의 점유율을 보이고 있다.

Table 3에서 출원국가 및 출원인 국적별 특허출원/점유율 현황을 보면 전체 일본 국적 출원인에 의한 특허출원은 103건 중 일본에 102건을 출원하여 99.0%를 점유하였으며, 일본에서 일본 국적 출원인의 특허 점유율은 93.6%로 일본출원 대부분이 자국 국적 출원인에 의해 출원됨을 알 수 있다. 미국 국적 출원인은 28건의 특허 중 자국인 미국에 23건을 출원하여 82.1%를 점유하였으며, 일본에 3건, 유럽연합에 2건을 출원하였다. 미국에서 미국 국적 출원인의 특허 점유율은 76.7%로 미국 역시 자국 국적 출원인에 의한 출원 비율이 높은 것을 알 수 있다. 한국 국적 출원인에 의해 출원된 3건의 특허는 모두 자국인 한국에 출원되어 한국출원은 모두 자국 국적 출원인에 의해 출원되었음을 알 수 있었다.

캐나다 국적 출원인에 의해 출원된 4건의 특허는 모두 미국에 출원되었으며, 유럽연합 국적 출원인은 3건의 특허 중 일본에 2건의 특허를 출원하였고 유럽연합에 1건의 특허를 출원하였다. 또한 독일 국적 출원인에

Table 3. The present status of the applied patent in each application country/the nationalities of applicants

건수(점유율%)

출원인국적 \ 출원국가	JP	US	KR	EP	합 계
일본	102(93.6)	1(3.3)			103건
미국	3(2.8)	23(76.7)		2(66.7)	28건
캐나다		4(13.3)			4건
한국			3(100.0)		3건
유럽연합	2(1.8)			1(33.3)	3건
독일	2(1.8)				2건
프랑스		1(3.3)			1건
남아프리카		1(3.3)			1건
합 계	109건	30건	3건	3건	145건

의해 출원된 2건의 특허는 모두 일본에 출원되었으며, 프랑스 국적 출원인과 남아프리카 국적의 출원인이 미국에 각각 1건의 특허를 출원하였음을 알 수 있다.

4.3. 출원인별 특허동향

Fig. 5는 주요 출원인(상위 10개사)의 특허 출원 현황을 나타낸 것이다. 주요 출원인의 특허 출원이 전체 특허출원에서 차지하는 비율이 45.5%로 비교적 높으며, 기타 출원인들은 모두 1~2건 정도의 특허출원을 하였다. 가장 많은 출원을 나타낸 일본의 TANAKA KIKINZOKU KOGYO는 총 21건의 특허를 출원하였고, 그 다음으로 SUMITOMO METAL MINING이 12건, NISSAN MOTOR가 7건을 출원하였다. 따라서

일본기업들이 활발한 연구를 진행하고 있음을 알 수 있다. 그리고 미국의 PHELPS DODGE가 5건, GE가 4건, CONOCOPHILLIPS가 3건을 출원하였다. 그 외 4개 기업은 모두 일본기업들임을 알 수 있다.

Fig. 6의 연도별 신규 출원인수를 보면 전체 특허 동향과 비교하여 비슷한 경향을 볼 수 있고, 13건의 가장 많은 특허가 출원된 2002년에는 신규 출원인수 또한 11개로 가장 많다. 또한 1997년부터 1999년까지 특허출원 건수가 줄어드는 경향을 보이는 시점에서 신규 출원인수가 줄어드는 경향을 보이는 것도 유사하다.

4.4. 국제특허분류(IPC)별 특허동향

Fig. 7은 국제특허분류(IPC)별 특허출원건수를 상위 6

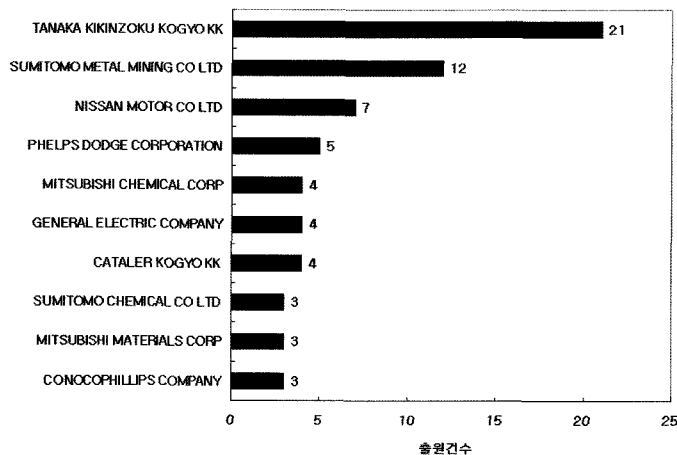


Fig. 5. The number/A share of the applied patent by main applicants.

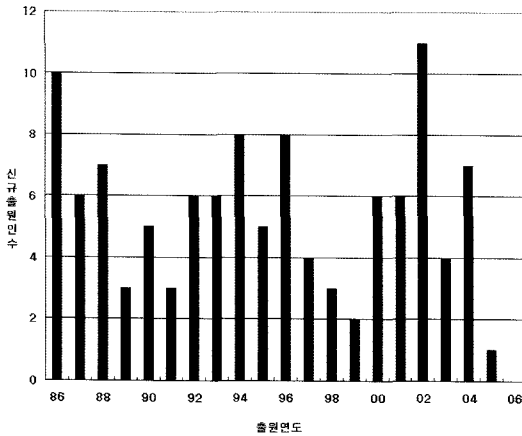


Fig. 6. The number of an new applicants according to the year.

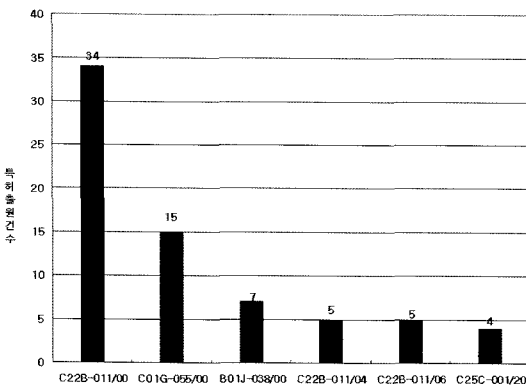


Fig. 7. The number of the applied patent according to international patent clarification (IPC).

위까지만 나타낸 그래프이다.

C22B-011/00은 “금속의 제조 또는 정제; 원료의 예비처리; 귀금속의 채취”에 대한 내용으로 가장 많은 34건의 관련된 특허가 출원되었으며, 그 다음으로 C01G-055/00에 대하여 15건의 관련 특허가 출원되었고 내용은 “서브클래스 C01D 또는 C01F에 포함되지 않는 금속을 함유하는 화합물; 루테튬, 로듐, 팔라듐, 오스뮴, 이리듐 또는 백금의 화합물”에 관한 것이다.

B01J-038/00은 “화학적 또는 물리적 방법, 예. 촉매, 콜로이드 화학; 그들의 관련 장치; 촉매의 재생 또는 재활성화 일반”에 대한 내용으로 7건의 관련된 특허가 출원되었으며, C22B-011/04 및 C22B-011/06은 각각 5건의 특허가 출원되었으며 C25C-001/20은 “금속의 전해 제조, 회수 또는 정련방법; 그것을 위한 장치; 귀금속”에

대한 내용으로 4건의 관련된 특허가 출원되었다.

5. 심층적 동향 분석

5.1. 전체 기술별 특허동향

백금족 제련 기술은 재활용 방법에 따라 건식기술, 습식기술, 건식습식 복합기술, 습식전해 복합기술로 나눌 수 있다. Fig. 8은 전체 기술별 특허출원 현황을 나타내는 그래프이다. 습식기술은 전체 145건 중 122건을 차지하여 전체 84.1%의 점유율을 보였고, 건식기술은 2건을 차지하여 1.4%의 점유율을 보이고 있다. 따라서 백금족 제련에 관한 연구가 습식기술 분야에서 활발히 진행되고 있음을 추정할 수 있다.

반면 건식습식 복합기술은 18건을 차지하여 12.4%의 점유율을 보였고, 습식전해 복합기술은 3건을 차지하여 2.1%의 점유율을 보이고 있다.

Fig. 9는 백금족 제련 기술에 대한 주요 출원인의 기술별 특허출원 현황을 나타내는 그래프이다. 가장 많은 출원을 한 일본의 TANAKA KIKINZOKU KOGYO는 총 21건의 특허 중 습식기술 분야에 16건의 특허를 출원하였고, 건식습식 복합기술 분야에 4건, 건식기술 분야에 1건을 출원하였다. 다출원 2위 기업인 일본의 SUMITOMO METAL MINING은 총 12건의 특허 중 습식기술 분야에 11건의 특허를 출원하였고, 건식습식 복합기술 분야에 1건을 출원하였다.

일본의 NISSAN MOTOR, 미국의 PHELPS DODGE와 GE는 습식기술 분야에만 출원이 이루어졌으며, 미

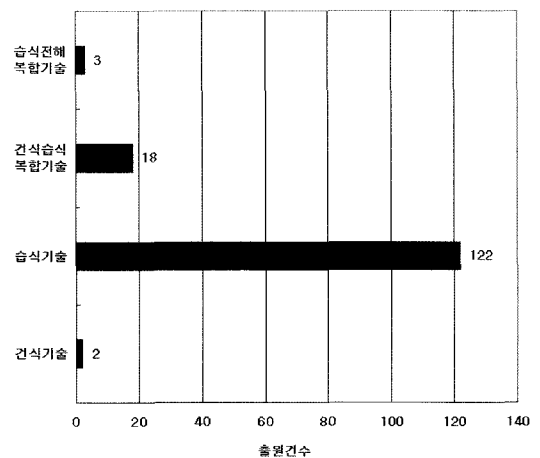


Fig. 8. The number of the applied patent in each Technical clarification.

국의 CONOCOPHILLIPS는 건식습식 복합기술 분야에 만 주력하여 출원한 것으로 나타났다.

Fig. 10은 전체 국가별 기술별 특허출원 점유율을 나타낸 그래프이다. 일본에서는 습식기술이 87.2%, 그 다음으로 건식습식 복합기술에 대하여 11.9%의 출원집중율을 보이며, 미국에서는 습식기술에 76.7%, 건식습식 복합기술에 대하여 13.3%의 출원집중율을 보였다. 한국에서는 건식기술, 습식기술 및 건식습식 복합기술에 각각 1건의 특허가 나타났다. 유럽에서는 습식기술에 대

한 특허만 3건으로 습식기술에 100%의 출원집중율을 보이고 있다. 일본과 미국에서는 습식기술에 의한 제련과 건식습식 복합기술에 의한 제련 관련 특허출원비율이 유사하게 나타났으며, 미국은 습식전해 복합기술 분야에도 특허 출원이 활발함을 알 수 있다.

Fig. 11의 백금족 제련 기술에 대한 기술별 특허출원 동향을 살펴보면, 습식기술에 대한 특허가 총 122건으로 가장 많았으며 1986년부터 1990년대 중반까지 꾸준히 출원되다가 그 이후로 2000년대까지 감소하는 경향

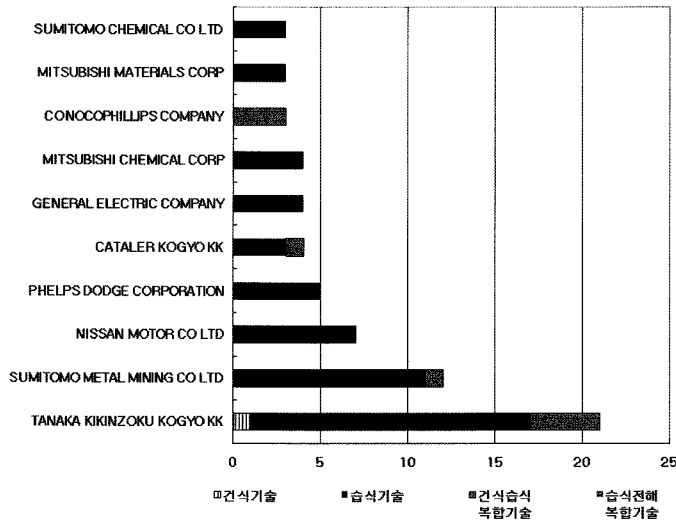


Fig. 9. The number of the applied patent by an main applicants.

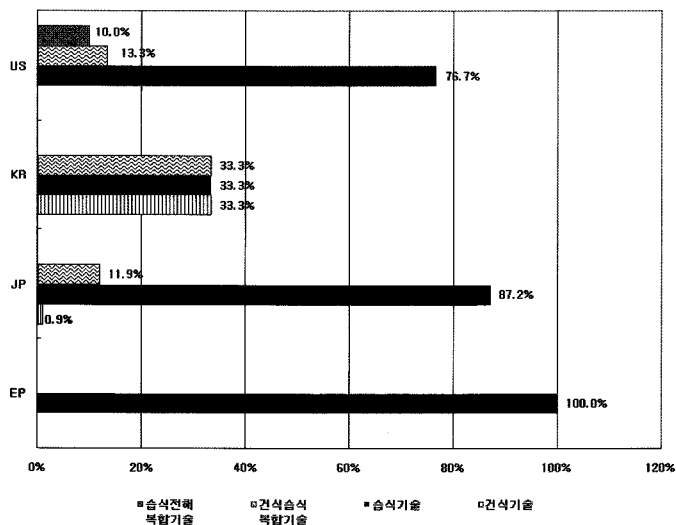


Fig. 10. A share of the applied patent according to the country in each technology.

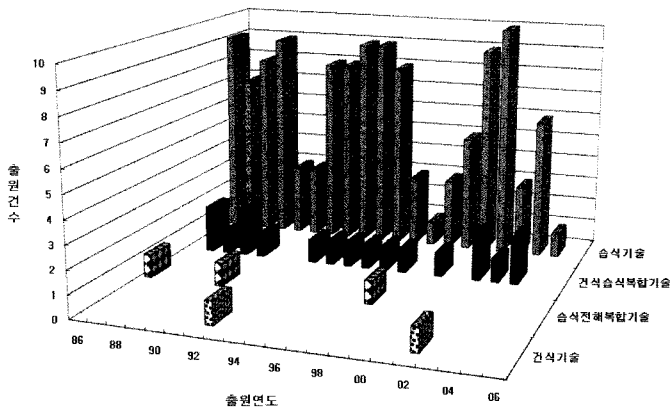


Fig. 11. A trend of the applied patent according to the year in each technology.

을 나타내고 있다. 그러나 2000년 이후로 다시 증가추세를 보였으며, 습식기술 분야는 대부분 일본출원인과 미국출원인의 특허 활동이 활발함을 알 수 있었다.

건식습식 복합기술에 대한 특허는 총 18건으로 1986년부터 현재까지 소량의 특허가 꾸준히 출원되고 있으며, 2000년대부터 다소 증가하는 경향을 보이고 있다. 건식습식 복합기술 분야 역시 대부분 일본출원인과 미국출원인의 특허 활동이 활발한 것으로 나타나고 있다.

습식전해 복합기술에 대한 특허는 1986년, 1990년 및 1998년에 각각 1건이 출원되었으며, 건식기술 분야는 1992년과 2002년에 각각 1건의 특허가 출원되어 있다.

Fig. 12는 주요출원인의 연도별 특허동향을 나타내는 그래프이다. 가장 많은 21건의 특허를 출원한 일본의 TANAKA KIKINZOKU KOGYO는 1990년대까지 16건(76.2%)의 특허를 출원하였으나, 그 이후로 5건(23.8%)의 특허를 출원한 것으로 나타나 1990년대 이후로 특허출원이 크게 감소하였다. 미국의 PHELPS DODGE, GE 및 CONOCOPHILLIPS의 특허는 모두 2000년 이후에 출원된 것들로서, 백금족 제련 기술에 대한 연구 활동을 활발히 하고 있는 것으로 추정된다. 그 외 일본기업들은 1990년대부터 특허출원이 이루어진 것으로 나타나 우수한 기술력을 보유하고 있는 것으로 분석되었다.

6. 결 론

본고에서는 백금족 금속의 제련기술에 대한 특허를 분석하였으며, 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

백금족 제련 기술 중 순환자원이 중심이 되는 경우 일본과 미국, 유럽 순으로 높은 특허 출원 건수를 나타내었다. 특히 백금족 부존자원이 없는 일본이 습식기술이 중심이 되는 가장 두드러진 출원 건수를 나타내었다. 이는 순환자원에서 대부분의 백금족 원료소재를 생산해내는 일본의 주요 기술이 습식에 의한 것임을 의미한다. 또한 건식습식기술도 일부 출원되는 것으로부터 기존의 건식기술에 새로운 습식기술을 추가하는 과도기적 형태도 고려되고 있음을 알 수 있었다. 또한 순환자원 처리에 매우 활발한 활동을 보이는 유럽의 경우도 비록 특허 출원건수는 작지만 모두 습식기술이었다. 이는 순환자원 처리에 가장 효과적인 접근방향이 습식기술임을 의미한다.

이상의 특허동향은 첨단산업이 발전해 있는 반면 백금족 부존자원이 없는 우리나라의 경우 가장 비슷한 상황에 처한 일본이 향후 기술개발 방향 설정에 주된 연구모델이 될 수 있음을 보여준다. 일본은 백금족 자원을 보유하고 있지 않지만 세계적인 백금족 공급 회사를 보유하고 있으며, 주된 원료는 순환자원에서부터 충당한다. 고도로 발달된 전자, 자동차 등 백금족 소비산업을 바탕으로 광석과 같은 대규모 처리보다는 적정규모의 순환자원의 처리에 적합한 습식기술을 중심으로 백금족 제련기술을 발전시켜 왔으며, 이는 특허 동향에서도 그대로 반영되어 나타났다. 한편 일본의 앞도적인 특허출원 건수는 향후 우리나라의 기술개발이 습식부분에서 차별화 가능한 기술이 아니면 경쟁력을 가질 수 없을 것으로 전망된다.

차 후에는 각 특허의 정밀한 수집 및 분석을 통하여 백금족 자원재활용 제련기술의 내용을 다루고자 한다.

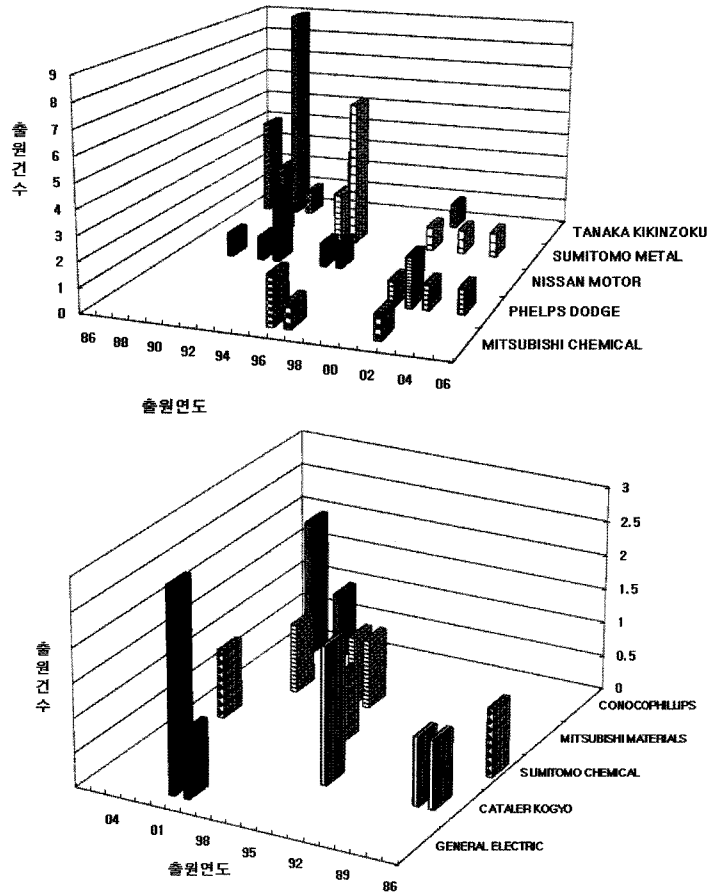


Fig. 12. A trend of the applied patent according to the year in an main applicants.

후 기

본 연구는 한국지질자원연구원 기본사업인 ‘20093211’ 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Seymour, R.J. and O'Farrelly, J.I., 2006: *Platinum-Group Metals*, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 19, Fifth edition, Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, pp. 596-603.
2. Renner, Hermann, 1997: *Platinum Group Metals*, Handbook of Extractive Metallurgy, Edited by Habashi, Fathi, WILEY-VCH, Germany, pp. 1275-1284.
3. George, M.W., 2005: *Platinum-Group Metals*, Minerals Yearbook: Volume 1, Metals and Minerals, U.S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior, Washington D.C.,

USA. pp. 57.1.-57.12.

4. Jollie, David, 2006a: *Platinum 2006*, Interim Review, Johnson Matthey, Hertfordshire, England, pp. 8-10.
5. Hunt, L.B. and Lever, F.M., 1969: *Availability of the Platinum Metals*, *Platinum Metals Rev.*, Vol. 13(4), pp. 126-138.
6. Benner, L.S. et al., 1991: *Recovery and Refining of Precious Metals*, *Precious Metals Science and Technology*, International Precious Metals Institute, Allentown, PA, USA, pp. 375-399.
7. George, M.W., 2004: *Recycling-Metals*, *Minerals Yearbook: Volume 1, Metals and Minerals*, U.S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior, Washington D.C., USA. pp. 61.10.
8. Ryan P. and Hagelucken, C., 2005 : *Material Flow of Platinum Group Metals in Germany*, presented at 29th annual conference, International Precious Metals Institute, Orlando, Florida, USA, June 11-14.

申 宣 明

- 현재, 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제10권 6호 참조

朴 眞 泰

- 현재, 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 선임연구원
- 당 학회지 제15권 2호 참조

李 在 天

- 현재, 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제10권 6호 참조

孫 廷 秀

- 현재, 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제12권 1호 참조

尹 虎 成

- 현재, 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제11권 2호 참조

金 珉 爽

- 현재, 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
 - 당 학회지 제13권 5호 참조
-