

## 特許檢索에 의한 廢電氣 · 電子器機 再活用 技術 動向<sup>†</sup>

柳庚謹\* · 李在天\* · <sup>†</sup>鄭鎮己\* · 姜旻碩\*\*

\*韓國地質資源研究院, \*\*Siontech

## Trend on the Recycling Technologies for Waste Electric and Electronic Equipment by the Patent Analysis<sup>†</sup>

Kyoungkeun Yoo\*, Jae-chun Lee\*, <sup>†</sup>Jinki Jeong\* and Kyung-Seok Kang\*\*

\*Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources (KIGAM) Gwahang-no 92, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, KOREA

\*\*Siontech Co., Ltd. 530 Yongsan-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-500, Korea

### 요 약

폐전기 · 전자기기 재활용 관련 기술의 추이 및 동향을 조사하기 위하여 출원된 특허의 검색을 실시하였다. 특허 검색 데이터베이스는 국내 WIPS사의 특허검색 사이트를 이용하였으며, 검색된 특허의 요약문을 분석하여 최종적으로 223건을 선정하였다. 1986년부터 2007년까지의 특허를 주요 국가별, IPC 분류별, 주요 출원인(회사)별, 관련 기술별, 대상물질별로 분류하여 분석하였다. 특허출원국 및 출원인 국적 분석에서 일본이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 물리적 전처리 기술에 관한 특허출원이 가장 많았다. 대상물질 중 인쇄회로기판에 대한 출원이 가장 많았으며 이는 인쇄회로기판이 유기금속 함유량이 높아 부가가치가 높기 때문이다.

**주제어** : 폐전기전자기기, 재활용, 특허, 기술동향

### Abstract

The patents were searched to investigate the trend and the direction of technologies about the recycling of WEEE (waste electric and electronic equipment). Database was collected from WIPS site, and then 223 patents were selected by investigating abstracts. The patents from 1986 to 2007 were analyzed according to countries, international patent classification (IPC), companies, technologies, and recycling-target materials. The most patents were applied in Japan and by Japan companies. Patents about physical pretreatment technology are the most among the patents of the WEEE recycling technologies. Patents about printed circuit boards among target materials are the most because of its high value-added.

**Key words** : WEEE, recycling, patent, technology trend

### 1. 서 론

최근 중국 및 개발도상국의 경제성장에 따른 자원소비량 증가와 고품위 자원의 고갈로 인하여 광물자원의 가격이 2002년 이후 급격히 상승하고 있다. 우리나라는 자원을 대부분 수입에 의존하고 있기 때문에 안정적인 자원 및 원료소재의 공급을 위해서 폐기물로 국내에 축

적되고 있는 폐전기 · 전자제품 중의 유기금속 회수 및 재활용이 매우 중요하다. 일본에서는 최근 폐전기전자기기를 도시에 매장되어있는 광석으로 평가하여 ‘도시광석’으로 정의하고 활용하고자 하는 노력을 기울여 왔다. 일본 물질 · 재료연구기구(National Institute for Materials Science, NIMS)는 2008년 5월 일본 내에 매장되어 있는 도시광석의 양을 현재까지 평가된 세계 금속의 매장량과 비교하여 발표하였다(NIMS NOW Vol. 8 No. 5 May). 이 자료에 의하면 금 16%, 은 22%, 인듐 30%, 안티몬 20%, 주석 11%, 탄탈륨 10%가 일

<sup>†</sup> 2009년 3월 9일 접수, 2009년 4월 16일 1차수정,

2009년 6월 15일 2차수정, 2009년 6월 19일 수리

\* E-mail: jinkiz@kigam.re.kr

본에 축적되어 있는 것으로 평가되었다. 이와 같은 점 뿐 아니라 폐전기·전자제품은 발생량이 지속적으로 증가하고 있는 점, 전자기기 사용 수명이 매우 짧아지고 있는 점, 고농도의 유가금속을 함유하고 있는 점, 유해 물질을 함유하고 있는 점, 생산자책임 재활용제도(EPR, extended producer responsibility)의 적용으로 인한 재활용에 대한 요구가 증가하고 있는 점, 표준화된 처리 방법이 없는 점 등으로 인하여 재활용 기술의 개발이 요구되었다.<sup>1)</sup>

폐전기전자기기로부터 유가금속을 회수하기 위한 리사이클링공정은 유가금속 성분을 분리·농축하기 위한 물리적 전처리공정과 고순도의 금속성분을 회수하기 위한 제련공정이 결합된 형태로 운영되고 있다. 물리적 전처리 공정은 파·분쇄, 형상분리, 자력선별, 비중선별, 부유선별, 정전선별 등으로 구성된다. 제련공정은 건식제련법과 습식제련법으로 구분할 수 있으며 현재는 Smelter를 이용하는 건식제련법이 상용화되어 있으나 유해가스 발생, 이산화탄소 발생, 높은 건설비 등의 이유로 습식제련법 개발이 요구되어왔다.<sup>1,2)</sup>

특허제도는 발명을 보호 장려함으로 국가산업의 발전을 도모하기 위한 제도이며 이를 위해 기술공개에 대가로 특허권을 부여하는 것을 구체적인 수단으로 사용하는 것이다.<sup>3)</sup> 특허요건은 출원발명을 산업에 이용할 수 있어야 하고(산업상 이용가능성), 출원하기 전에 이미 알려진 기술이 아니어야 하고(신규성), 선행기술과 다른 것이라 하더라도 그 선행기술로부터 쉽게 생각해 낼 수

없는 것(진보성)이어야 하기 때문에<sup>3)</sup> 특허를 분석할 경우 관련 분야의 원천기술 정보를 획득할 수 있다. 출원 또는 등록된 특허를 분석하여 기술개발의 흐름 파악, 향후 연구방향에 대한 예측, 중복 연구 방지, 타사 연구개발 조직의 운영정보 분석 그리고 주요한 개발자 및 개발회사 파악이 가능하기 때문에, 최근에는 기술 동향과 악을 위하여 특허분석이 수행되고 있다.

본 연구에서는 폐전기전자기기 리사이클링기술과 관련된 주제에 대하여 특허정보를 분석하여 기술 변화 및 추이를 파악하였다. 특허검색은 WIPSA(<http://www2.wips.co.kr>)의 DB를 이용하였으며 1986년 이후의 데이터를 대상으로 Table 1과 같은 검색식 조합으로 얻어진 DB의 내용을 분석하여 최종적으로 223건의 DB를 선정하여 국제특허분류별, 국가별, 특허출원인별, 재활용기술별 등에 따라 분석을 진행하였다.

## 2. 특허검색결과 및 분석

### 2.1. 출원년도별 특허출원건수 및 누적특허건수

분석된 총 223건 특허의 연도별 출원건수 및 누적건수를 Fig. 1에 나타내었다. 폐전기·전자기기 리사이클링에 관한 특허는 1980년 후반부터 증가추세를 보이다가 2000년을 기점으로 현재까지 감소하는 추세를 보이고 있다. 최근 출원된 특허가 공개되지 않은 점을 감안하더라도 폐전기·전자기기 재활용에 대한 특허 출원은 감소 추세에 있음을 알 수 있다. 이러한 감소 추세는 폐전기·

Table 1. Key words for the patent analysis

국문 검색조합식
(^ 전기전자 기기 ^ or 전기기기 or 전자기기 or 전자제품 or 가전 * or or 백색가전 or ^ 백색 가전 ^ or ^ 황색 가전 ^ or 황색가전 or 컴퓨터 or 에어컨 or 에어콘 or 에어컨디셔너 or 핸드폰 or 오디오 or 텔레비전 or 텔레비전 or 테레비전 or computer or (air Adj conditioner) or ^cell phone^ or * 폰 or *phone or TV or television or printer or audioor or ^washing machine^ or refrigerator or radio or ^printed circuit board^ or 세탁기 or 냉장고 or 프린터 or 라디오 or PCB or 피씨비 or ^printed circuit board^ or ^* 프린트 기판 ^ or ^ 페프린트 기판 ^ or ^* 프린트기판 ^ or 인쇄회로기판 or ^인쇄 회로 기판 ^ or ^ 인쇄 회로기판 ^ or 복사기 or 팩시밀리 or ^ 액정 디스플레이 ^ or 액정디스플레이 or ^ 액정 - 디스플레이 ^ or LCD or ^Liquid crystal display^ or 엘씨디 or 브라운관 or 비디오 or 전자레인지 or VCR or 모니터) and (해체 or 처리 or 재활용 or 전처리 or 분리 or 선별 or 재처리 or 재자원화 or 회수 or 분별 or 리사이클 or 리사이클 * or 재이용 or 재사용 or 리사이클 * or recycl* or reus* or recover* or reclaim* or reutiliz* or 용해 or 건식 or 습식 or 침출 or 추출 or 정제)
영문 검색조합식
(^electronic machine^ or ^electric appliance^ or appliance or computer or (air Adj conditioner) or ^cell phone^ or phone or TV or television or printer or audio or ^washing machine^ or refrigerator or ^printed circuit board^ or PCB or radio or facsimile or *fax or LCD or ^Liquid crystal display^ or ^Liquid-crystal-display^ or ^Liquid-crystal display^ or VCR or duplicator or mimeograph or copier or ^copying machine^ or video or videocassette* or ^electronic oven^ or ^microwave oven^ or microwave or monitor or ^Braun tube^ or ^cathode-ray tube^ or ^cathode ray tube^ or ^picture tube^) and (dismantl* or separation or classification or assort* or treat* or recover* or recycl* or reus* or disassembl* or reclaim* or reutiliz* or melting or pyrometallurgy or leaching or extraction or purification or refining or electrowinning or precipitation or crushing or ^size reduction^ or liberation)

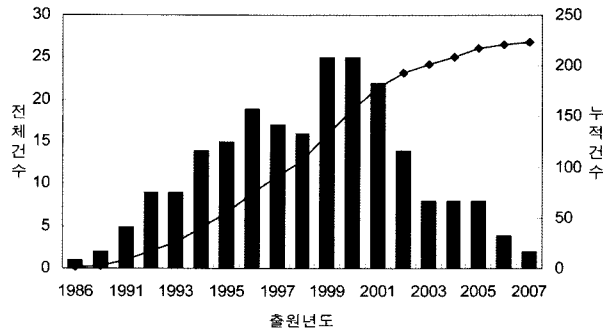


Fig. 1. The number of patent application from 1986 to 2007.

전자기기의 해체와 단순 물질 재활용에 대한 전처리 및 건식 처리기술이 안정기에 들어선 반면에 새로운 재활용 기술에 관한 특허가 출원되지 못했기 때문에 파악된다.

폐전기·전자기기의 종류, 발생량, 그리고 유가금속의 회수에 의한 경제적 기여도 등을 생각하면 특허 출원된 건수가 매우 적은 것을 알 수 있다. 이는 성숙한 기술이라는 점도 있을 수 있지만 강한 특허를 만들 수 있는 여지가 큰 분야임을 알 수 있다.

2.2. 국가별 특허출원동향

폐전기·전자기기에 관련된 특허의 국가별 출원 동향을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 일본특허가 가장 많은 162건이 출원되어 72.6%의 점유율을 나타내었고, 다음으로 한국특허가 30건(13.5%), 유럽특허는 18건(8.1%), 미국특허는 13건(5.8%)의 순으로 출원동향을 나타내고 있다. 이 결과로부터 일본이 폐전기·전자기 재활용 분야에서 가장 활발한 연구활동을 진행해온 것을 알 수 있다.

출원인 국적별 특허출원 현황을 Fig. 3에 나타내었다.

일본이 가장 많은 175건의 특허를 출원하여 78.5%의 높은 점유율을 차지하였고, 다음으로 한국이 22건으로 9.9%의 점유율을, 독일이 13건으로 5.8%의 점유율을 나타내고 있다. 다음으로 대만은 5건(2.2%), 노르웨이는 3건(1.3%), 영국은 2건(0.9%)을 출원하였고, 그 외 미국, 이탈리아, 스위스가 각각 1건의 특허를 출원하였다. 출원인 국적별 특허출원 동향을 연도별로 Fig. 4에 나타내었다. 일본은 1980년대 후반에 미미한 출원활동을 나타냈으나 1991년부터 활발한 출원활동을 보이면서 1999년과 2000년에 각각 22건으로 가장 많은 특허를 출원한 후 급격히 감소하는 경향을 나타내고 있다.

한국은 1994년에 페브라운관을 수거·분쇄한 후 코팅된 유·무기 물질을 제거하는 것에 대한 특허를 출원한 후 2006년까지 적으나 출원이 계속적으로 이루어진 것을 알 수 있다. 2001년에 가장 많은 5건의 특허를 출원하였는데 4건은 PCB, 1건은 브라운관의 재활용에 대한 특허였다. 총 22건의 특허 중 18건이 PCB 재활용에 대한 특허였다. 이는 PCB가 전기전자기기의 핵심부품으로서 구리 등의 유가금속 및 금·은 등의 귀금

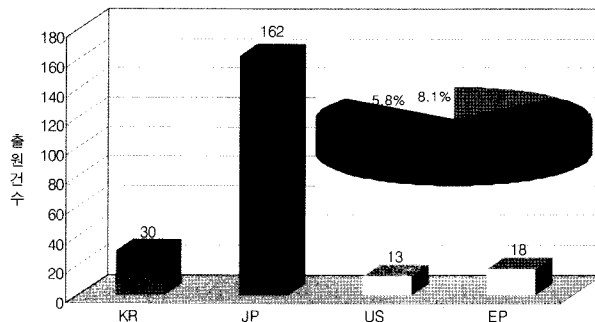


Fig. 2. The number of patent according to major countries. (US, USA; JP, Japan; EP, Europe; KR, Korea)

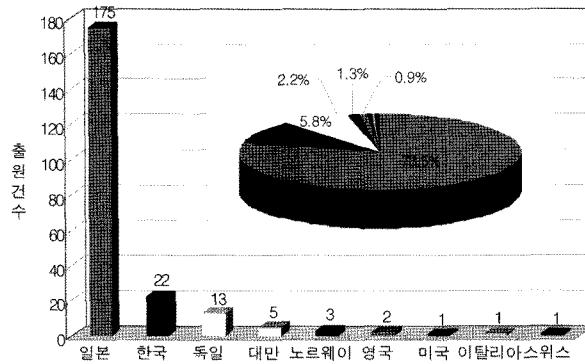


Fig. 3. The number of patent according to nationality of applicant.

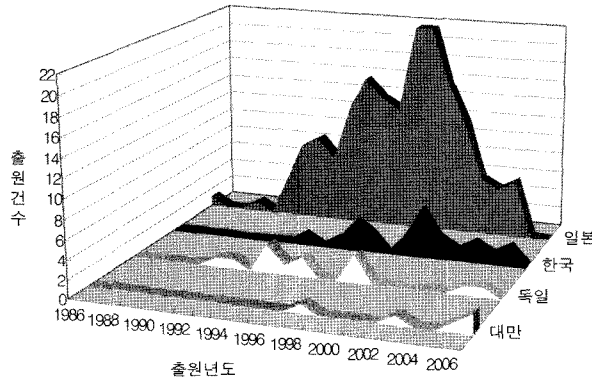


Fig. 4. A trend of the applied patents according to the nationalities of applicants.

속을 포함하고 있는 것이 이유로 생각된다. 독일은 1991년에 Ed. Züblin Aktiengesellschaft에서 브라운관의 물리적 전처리법에 의하여 유리코팅물질을 제거하는 특허를 출원한 이후 1996년까지 적은 수이나 특허를 계속 출원하였다. 대만은 PCB의 재활용에 대한 특허만을 총 5건 출원하였는데 1998년에 Cleanevi' Engineering Consultant에서 건식으로 처리하여 금속회수하는 특허를

출원한 이후 2003년부터 2007년까지 Wu, Hsieh Sen 이 4건의 특허를 출원하였다.

출원국가별 출원인국적 특허출원 현황을 Table 2에 나타내었다. 한국특허는 한국국적 출원인이 가장 많은 21건을 출원하여 70.0%의 점유율을 차지하였고, 다음으로 일본국적 출원인이 7건(23.3%), 유럽과 대만국적 출원인이 각각 1건씩을 출원하였다. 일본특허는 일본국적

Table 2. The present status of the applied patent in each application country/the nationalities of applicants

출원국가 \ 출원인국적	KR	JP	US	EP	합계
한국	21		1		22
일본	7	158	5	5	175
미국			1		1
유럽	1	3	3	13	20
대만	1	1	3		5
합계	30	162	13	18	223

출원인인 158건으로 97.5%의 대부분을 차지하였고, 유럽이 3건, 대만이 1건의 특허를 출원하였다. 미국특허는 일본국적 출원인이 가장 많은 5건으로 38.5%의 점유율을 차지하였고, 유럽과 대만국적 출원인은 각각 3건으로 같은 23.1%의 점유율을 차지하였다. 유럽은 유럽국적 출원인이 13건(72.2%)을 출원하였고, 일본국적 출원인이 5건의 특허를 출원하였다. 이와 같은 출원동향은 일본의 특허보유자가 기술우선권 획득을 위하여 각국에 자국 기술 출원을 실행한 결과라고 생각된다.

**2.3. 출원인별 특허출원 동향**

주요 출원인별 특허출원 현황을 Fig. 5에 나타내었다. 일본의 Matsushita Electric Industry가 가장 많은 33건의 특허를 출원하였고, 26건의 Hitachi가 다음으로 많은 특허를 출원하였다. 일본의 NKK는 7건, Nippon Steel, Mitsubishi Electric, NEC는 각각 6건, Ebara, Dowa Iron Powder, Denso, Toshiba는 각각 5건의 특허를 출

원하였다. 이처럼 주요 특허출원인은 모두 일본국적회사들로 폐전기·전자기기 재활용기술은 일본회사 중심으로 진행되어온 것을 알 수 있다. 이 회사들은 전기전자제품을 생산하는 Matsushita Electric industry, Hitachi, NEC, Toshiba 등의 전자회사와 NKK, Nippon Steel, Dowa 등의 제련회사로 대별할 수 있다. 이에 비하여 한국은 한국지질자원연구원 등의 연구원을 중심으로 연구개발이 진행된 것을 알 수 있다.

주요 출원인의 연도별 특허출원현황을 Fig. 6에 나타내었다. 가장 많은 특허를 출원한 Matsushita Electric Industry는 1996년 PCB에 관한 4건의 특허를 출원한 이후 1990년대 후반부터 2000년대 초반까지 왕성한 특허출원 나타내고 있으며, 최근 2004년~2005년에는 냉장고, 세탁기, 브라운관의 물리적 전처리에 관한 특허를 출원하여 연구개발 범위를 확대하고 있는 것으로 판단된다. Hitachi는 1990년대 초.중반인 1991년~1996년까지 활발한 특허출원 활동을 하다가 1997년부터 2000년

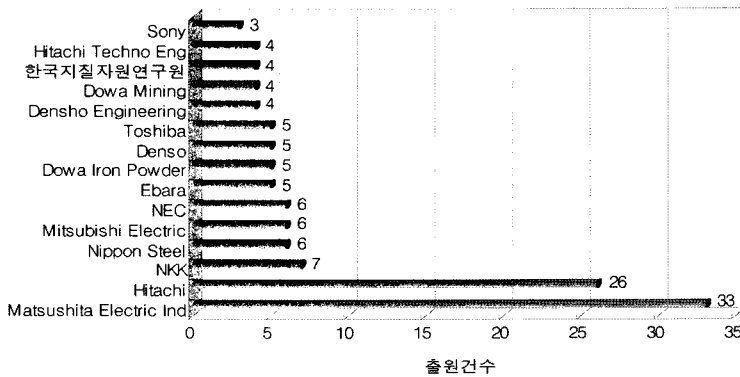


Fig. 5. The number of the applied patent according to main applicants.

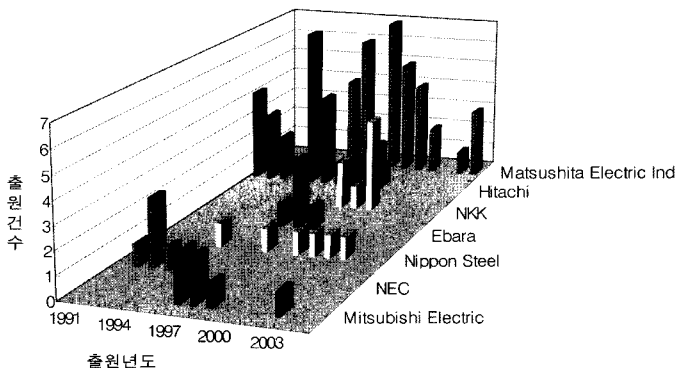


Fig. 6. The yearly trend of the applied patent according to main applicant.

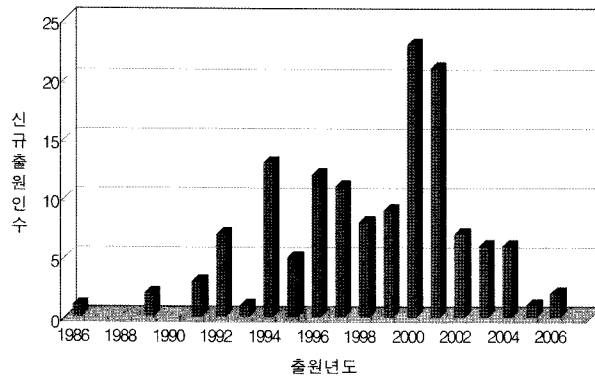


Fig. 7. The number of new applicant.

까지 1~2건으로 연구개발이 감소하였다고 판단된다. NKK는 1999년~2001년 사이에 특허를 출원하였으며 대부분 자동차를 포함한 복합 전기·전자 폐기물을 건식처리하는 특허를 출원하였다.

폐전기·전자기기 특허의 신규출원인 동향을 Fig. 7에 나타내었다. 1980년대 후반에는 신규 출원인이 적으나, 1990년대에 증가추세를 보이며 2000년~2001년에 많은 일본국적의 신규출원인이 등장하면서 급격히 증가추세를 보인다. 이후 급격히 감소하였지만 최근까지 지속적으로 신규 출원인에 의한 특허출원이 이루어지고 있다.

2.4. 국제특허분류 (IPC) 별 특허출원 동향

폐전기·전자기기 재활용에 관련된 특허를 국제특허분류(International Patent Classification)의 subgroup에 따라서 분류하였다. 국제특허분류는 특허문헌에 대해 국제적으로 사용되는 기술분류의 체계이며 세계지적소유권기구(World Intellectual Property Organization, WIPO) 등에 의하여 1968년 9월 발효되었다. 해당기술의 특허

를 국제특허분류에 따라 분석함에 의하여 대체적인 기술특성을 파악할 수 있다.<sup>4)</sup>

검색된 폐전기·전자기기의 특허를 국제특허분류 subgroup에 따라 분류하여 상위 6개를 Fig. 8에 나타내고, 제시된 subgroup의 정의를 Table 3에 정리하였다. B09B-005/00은 ‘고체 폐기물의 처리’에 관한 특허로서 가장 많은 117건을 나타내고 있다. 이러한 분류방식은 폐전기·전자기기를 단순 고체 폐기물로 인식한 내용으로 생각된다. 75건을 나타낸 B09B-003/00은 ‘고체 폐기물의 처리; 고체 폐기물의 파괴 또는 유용하거나 무해한 물질로의 전환’으로서 폐기물의 처리 뿐 아니라 유용물질의 회수 및 유해물질의 무해화를 중심으로 한 특허내용인 것을 알 수 있다. C22B-007/00은 ‘금속의 제조 또는 정제; 원료의 예비처리; 광석 이외의 타 원재료, 예. 스크랩으로부터 비철금속 또는 그 화합물 추출을 위한 처리’로서 금속성분의 회수를 중심으로 한 특허이며 46건을 나타내고 있다. B29B-017/02는 ‘성형재료의 준비 또는 전처리; 조립 또는 예비 성형품의 제조; 플라스틱을 함유하는 폐기물로부터 플라스틱 또는

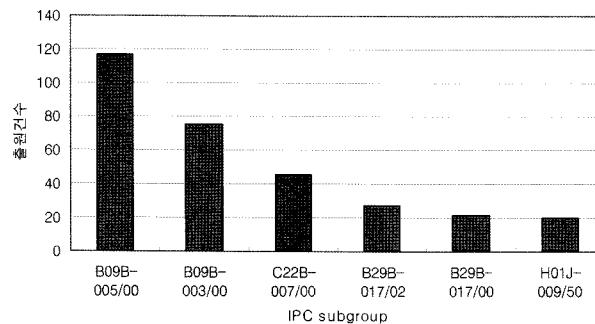


Fig. 8. The number of patent according to IPC subgroup.

**Table 3.** IPC (International Patent Classification) subgroup in this study

IPC subgroup	내 용
B09B-005/00	고체 폐기물의 처리; 단일의 타서브클래스 또는 당해 서브클래스내의 단일의 타그룹에 포함되지 않는 폐기물 처리 조작
B09B-003/00	고체 폐기물의 처리; 고체 폐기물의 파괴 또는 유용하거나 무해한 물질로의 전환
C22B-007/00	금속의 제조 또는 정제; 원료의 예비처리; 광석 이외의 타 원재료, 예. 스크랩으로부터 비철금속 또는 그 화합물 추출을 위한 처리
B29B-017/02	성형 재료의 준비 또는 전처리; 조립 또는 예비 성형품의 제조; 플라스틱을 함유하는 폐기물로부터 플라스틱 또는 다른 구성 성분의 회수; 타 물질로부터 플라스틱의 분리
B29B-017/00	성형 재료의 준비 또는 전처리; 조립 또는 예비 성형품의 제조; 플라스틱을 함유하는 폐기물로부터 플라스틱 또는 다른 구성 성분의 회수; 플라스틱을 함유하는 폐재료로부터 플라스틱 또는 다른 구성 성분의 회수
H01J-009/50	전자관 또는 방전램프; 사용된 또는 결합이 있는 전자관이나 방전램프나 그것들의 재생부품

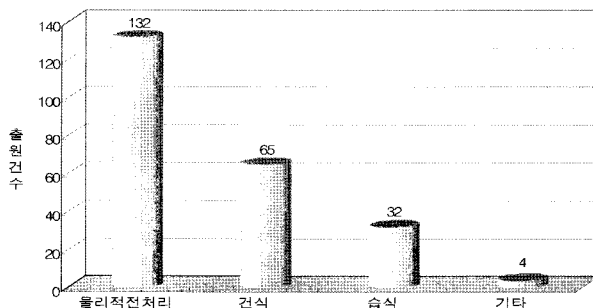
다른 구성 성분의 회수; 타 물질로부터 플라스틱의 분리'로서 27건, B29B-017/00은 '성형 재료의 준비 또는 전처리; 조립 또는 예비 성형품의 제조; 플라스틱을 함유하는 폐기물로부터 플라스틱 또는 다른 구성 성분의 회수; 플라스틱을 함유하는 폐재료로부터 플라스틱 또는 다른 구성 성분의 회수'로서 22건을 나타내며 주로 플라스틱 회수를 내용으로 한 특허로 생각할 수 있다. H01J-009/50는 '전자관 또는 방전램프; 사용된 또는 결합이 있는 전자관이나 방전램프나 그것들의 재생부품'으로서 텔레비전 등 전자관 또는 방전램프를 포함하는 폐전기·전자기기의 재활용 특허인 것을 알 수 있다.

**2.5. 재활용 기술별 특허동향**

폐전기·전자 재활용 기술은 서론에서 밝힌 바와 같이 해체, 분리, 파쇄, 분쇄, 자력선별, 비중선별 등의 물리적 전처리, 소각, 용융, 용해 등의 건식제련법, 용매추출, 화학침전, 여과 및 증류 등의 습식제련법으로 나눌 수 있다. 폐전기·전자기기의 재활용 관련 특허를 기술

별로 분류하여 Fig. 9에 나타내었다. 금속 및 플라스틱이 혼합된 복합폐기물과 냉장고, PCB, 브라운관, 세탁기 등의 해체, 분리, 파쇄 등의 물리적 전처리에 대한 특허가 132건으로 가장 많았고, PCB, LCD, 복합폐기물 등의 건식처리에 대한 특허가 65건, 복합폐기물과 PCB 등의 습식처리에 대한 특허가 32건으로 나타나고 있다.

폐전기·전자기기 재활용 기술의 연도별 특허출원 동향을 Fig. 10에 나타내었다. 가장 많이 출원된 물리적 전처리와 건식 처리에 대한 특허출원 동향은 1990년대 초부터 증가하고 1990년대 후반에 가장 많은 특허출원을 나타낸 후 2000년대 초반부터 감소추세를 나타내고 있으며 두 기술의 특허출원은 비슷한 동향을 나타내고 있다. 이는 폐전기·전자기기를 물리적 전처리기술로 선별하여 건식으로 처리하는 기술이 산업적으로 응용되어 안정화에 접어들었기 때문으로 판단된다. 이에 비하여 습식제련법 처리에 대한 특허는 1990년대 초반부터 지속적으로 매년 1~4건의 특허가 출원되고 있다.



**Fig. 9.** The number of patent according to technologies of WEEE recycling.

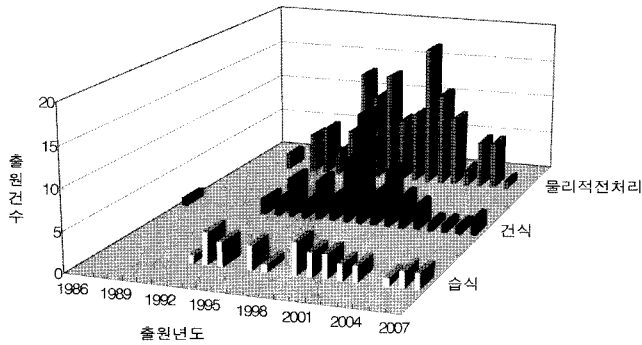


Fig. 10. The yearly trend of patent according to technologies for WEEE recycling.

2.6. 인쇄회로기판(Printed Circuit Boards) 재활용기술 특허동향

폐전기·전자기기 재활용 특허를 대상물질별로 정리하여 Fig. 11에 나타내었다. PCB 재활용 기술에 대한 특허가 75건으로 가장 많았고, 종류의 언급이 없는 복합폐기물에 대한 특허가 68건, 브라운관이 29건, LCD가 16건, 냉장고가 12건, 텔레비전이 9건 순으로 다양한 폐전기·전자제품의 재활용에 관한 특허가 출원된 것을 알 수 있다. PCB 재활용 기술에 대한 특허가 많은 것은, 이외의 물질들의 재활용은 단순한 해체와 물리적 분리에 의하여 재활용이 가능하지만 PCB는 복합물질이기에 분리의 난이도가 높을 뿐 아니라 포함된 귀금속의 대부분이 PCB에 들어있기에 경제적인 면에서 관심이 크기 때문으로 판단된다.

인쇄회로기판은 거의 모든 전기·전자기에 장착되어 있는 중요한 구성품이며 resistors, relays, capacitors,

IC chips 등과 같은 거의 모든 전자부품이 탑재되어 있다. 인쇄회로기판의 주요 금속성분은 동, 철, 납, 주석, 니켈, 알루미늄, 이연 등이며, 금, 은, 백금, 팔라듐, 로듐 등과 같은 귀금속도 미량으로 포함하고 있다. 전기·전자기기 개발기술의 발달로 귀금속 함유량이 감소하고 있지만 부가가치가 높기 때문에 폐전기·전자기기 재활용에서 폐인쇄회로 기판의 재활용은 중요한 위치를 차지하고 있으며,<sup>5)</sup> Fig. 10의 물질별 재활용 기술분류에서 PCB가 가장 많은 출원건수를 나타낸 것은 폐인쇄회로기판 재활용의 중요성을 반증한다고 할 수 있다.

인쇄회로기판의 재활용 특허출원건수를 연도별로 정리하여 Fig. 12에 나타내었다. 특허출원건수는 1986년에 첫 특허가 출원되었으며 1990년 이후로 특허출원이 증가하여 1996년에는 가장 많은 9건의 특허가 출원되었다. 이후에도 2000년대 초반까지 6~8건 사이의 특허출원을 나타내지만 2004년부터는 감소추세를 나타내

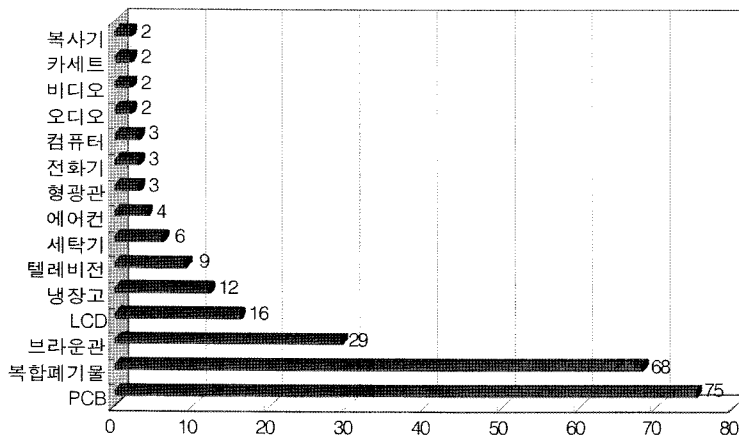


Fig. 11. The number of patent according to WEEE.



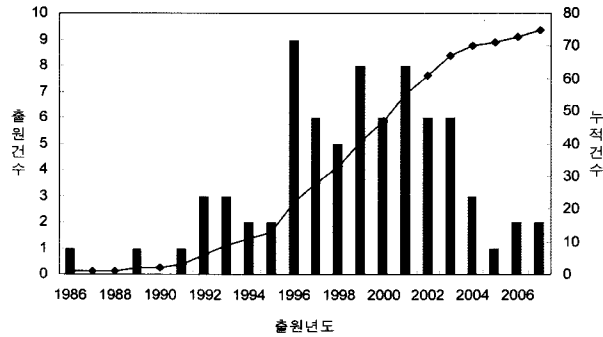


Fig. 12. The number of patent application for PCB recycling from 1986 to 2007.

고 있다.

인쇄회로기판의 재활용 특허를 국적별로 정리하여 Fig. 13에 나타내었다. 폐전기·전자기기의 결과와 동일하게 일본국적 출원인이 가장 많은 47건의 특허를 출원하였고, 한국국적 출원인이 18건, 대만국적 출원인이 4건, 독일국적 출원인이 3건, 영국국적 출원인이 2건의 특허를 출원한 것으로 나타났다. 인쇄회로기판의 재활용기술 분야에서는 한국도 독자적인 기술을 많이 개발

하고 있다고 판단된다.

주요 출원인 별 인쇄회로기판 재활용 기술의 특허를 정리하여 Fig. 14에 나타내었다. 일본의 Matsushita Electric Industry에서 10건으로 가장 많은 특허를 출원하였고, NEC가 6건, Denso와 Hitachi가 각각 5건, 대만의 Wu, Hsieh Sen와 한국의 반봉찬이 각각 3건, 한국지질자원연구원이 2건의 특허를 출원하였다.

가장 많은 특허를 출원한 Matsushita Electric Industry

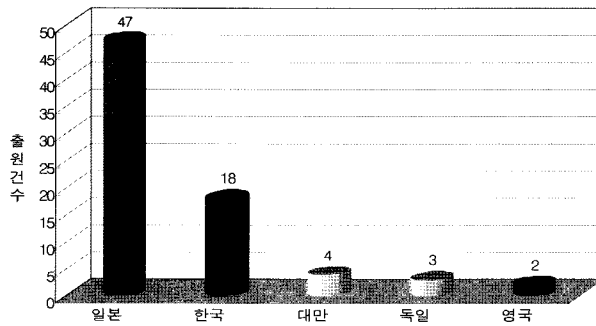


Fig. 13. The applicant number of patent for PCB recycling according to major countries.

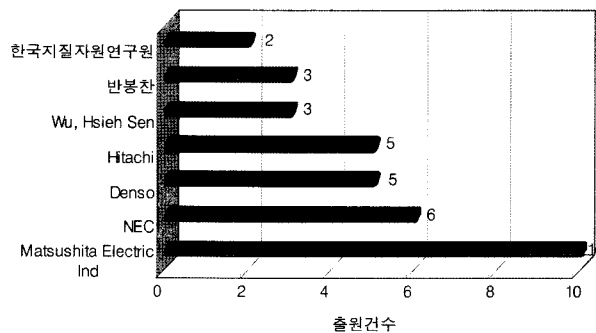


Fig. 14. The number of patent for PCB recycling according to major applicant.

는 1996년~2000년에 총 10건의 특허를 출원하였는데, 1996년에는 NaOH 알칼리 수용액에 인쇄회로기판을 침지시켜 수지를 탈리시키고 금속박의 분리를 용이하게 하여 유기금속을 회수하는 것과 황산수용액에 인쇄회로기판을 침지시켜 동을 회수하는 습식처리에 대한 특허 2건과 인쇄회로기판을 파쇄, 분쇄 후 금속산화막을 제거하고 납땀의 용점 이상의 온도로 가열하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 물리적전처리에 대한 특허를 1건 출원하였다. 1997년에는 파쇄 처리 후 금속류를 분리하는 방법의 특허가 1건 출원되었고, 1998년에는 인쇄회로기판의 해체 처리 시스템에 대한 특허가 1건 출원된 후 1999년에는 건식처리에 의한 특허가 4건, 2000년에는 물리적 해체 처리 방법에 대한 특허가 1건 출원되었다.

NEC는 1990년대 초반인 1992년~1995년에 6건의 특허를 출원하였다. 1992년에 PCB를 파쇄, 분쇄하여 금속과 유리 섬유나 수지를 분리한 후 구리 등의 유기물을 분리, 회수 하는 물리적 전처리 방법에 대한 특허가 1건 출원되었고, 1993년에는 가열처리한 후의 PCB를 분쇄하는 방법의 특허 1건과 PCB를 분쇄하고 비중 분리하여, 구리 등의 금속 성분과 수지나 충전제 등의 다른 성분을 효율적으로 분리 회수하는 물리적 전처리에 대한 특허가 2건 출원되었다. 1994년에는 조분쇄, 미분쇄 공정 후 분리공정을 거치는데 분리 공정 중에 비중 분리 공정과 정전 분리 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 물리적 전처리에 의한 유기물 회수에 대한 특허가 1건 출원된 후 이와 같은 특허를 1995년에 미국에도 출원하였다.

Denso는 2001년에 배선 금속재료와 절연 재료를 분리 회수하고, 분리 회수한 배선 금속재료와 절연 재료의 재이용이 가능한 인쇄회로기판의 건식 재활용방법에 대한 특허를 자국에 먼저 출원한 이후 2002년~2003년에 이와 같은 특허를 미국, 유럽, 한국에 각각 출원하였다. 2003년에는 이와 비슷한 방법의 건식처리에 의한 특허가 1건 더 출원되었다. Hitachi는 물리적 전처리에 대한 특허를 1991년~1992년에 2건, 1996년~1997년에 3건을 출원하였다.

대만의 Wu, Hsieh Sen은 총 3건을 출원하였는데 2003년에 염산이나 황산 등의 산에 침지시켜 구리를 회수하는 습식처리 방법에 의한 특허를 미국에 1건 출원하였고, 2006년에는 인쇄회로기판에 잔존하는 상이한 금속이 차례차례 분류될 수 있도록 단계별로 건식과 습식 처리방법을 모두 사용하는 특허를 미국에 1건 출원한

후 2007년에 한국에도 이와 같은 특허를 출원하였다.

한국의 반봉찬은 1996년에 주식회사 대원정밀 장경천과 공동출원으로 폐인쇄회로기판을 이용하여 마찰재를 제조하는 특허를 1건 출원한 후 1998년에 코리아리사이트 주식회사 이상한과 공동출원으로 구리제련공정 중에 발생하는 폐기 구리 슬래그를 폐인쇄회로기판 용융에 의하여 귀금속원소를 얻고자 할 때 첨가하는 용제 성분으로 사용하는 방법과 철강 제련시에 발생하는 전로 및 전기로슬래그를 폐인쇄회로기판을 용융시켜 귀금속원소를 얻고자 할 때 첨가하는 용제성분으로 사용하는 방법에 대한 2건의 특허를 출원하였다.

한국지질자원연구원은 2001년에 인쇄회로기판으로부터 수거한 탄탈륨 콘덴서 스크랩을 수소화 반응을 이용하여 콘덴서의 주성분인 탄탈륨(Ta)을 탄탈륨 수소화물( $TaH_2$ )로 변환시키고 이를 분쇄한 다음 분급함으로써, 수소화 반응이 일어난 탄탈륨과 수소화 반응이 일어나지 않는 콘덴서 스크랩 외장 성분과의 단계분리 효율을 향상시켜 탄탈륨을 손실 없이 회수하는 방법에 대해 1건의 특허를 출원한 이후 2002년에 폐인쇄회로기판과 폐촉매에 용제와 환원제를 첨가한 뒤 고온 용융하여 폐인쇄회로기판에 함유된 구리, 주석, 철 등을 환원시키고, 생성된 구리, 주석, 철 합금에 폐인쇄회로기판과 자동차용 폐촉매에 함유된 금, 백금, 팔라듐을 농축 회수하는 것에 대한 1건의 특허를 출원하였다.

## 2.7. 기술의 발전도

현재 인쇄회로기판의 재활용, 즉 인쇄회로기판에 함유되어 있는 유기금속을 회수하는 상용화된 방법은 인쇄회로기판의 단순분쇄 후에 제련소의 용광로에서 광석을 처리하는 금속회수공정에 투입하여 동시에 금속을 회수하는 공정이다. 인쇄회로기판에는 귀금속 외에 구리의 함유량이 많기 때문에 구리제련소에서 이 방법을 적용하는 것이 유리하며 현재 국내에서는 LS니코 동제련소와 고려아연에서 공정에 적용하여 재활용하고 있다.

전처리 공정기술개발에서 금속성분은 순도 높은 금속이나 괴 등으로 회수될 수 없으며, 플라스틱이나 세라믹을 상당부분 제거하여 금속성분을 농축하는, 정광과 비슷한 상태로 만들게 된다. 이후 금속이 농축된 인쇄회로기판을 건식공정에 투입하거나 습식공정에 투입하여 순수한 금속을 회수하게 된다. 이런 점에서 물리적 처리기술은 금속회수를 위한 전처리 기술이며 직접 회수기술로 사용될 수 없다고 판단할 수 있다. 습식처리에 의한 유기금속회수 공정은 전처리공정에 의한 금속

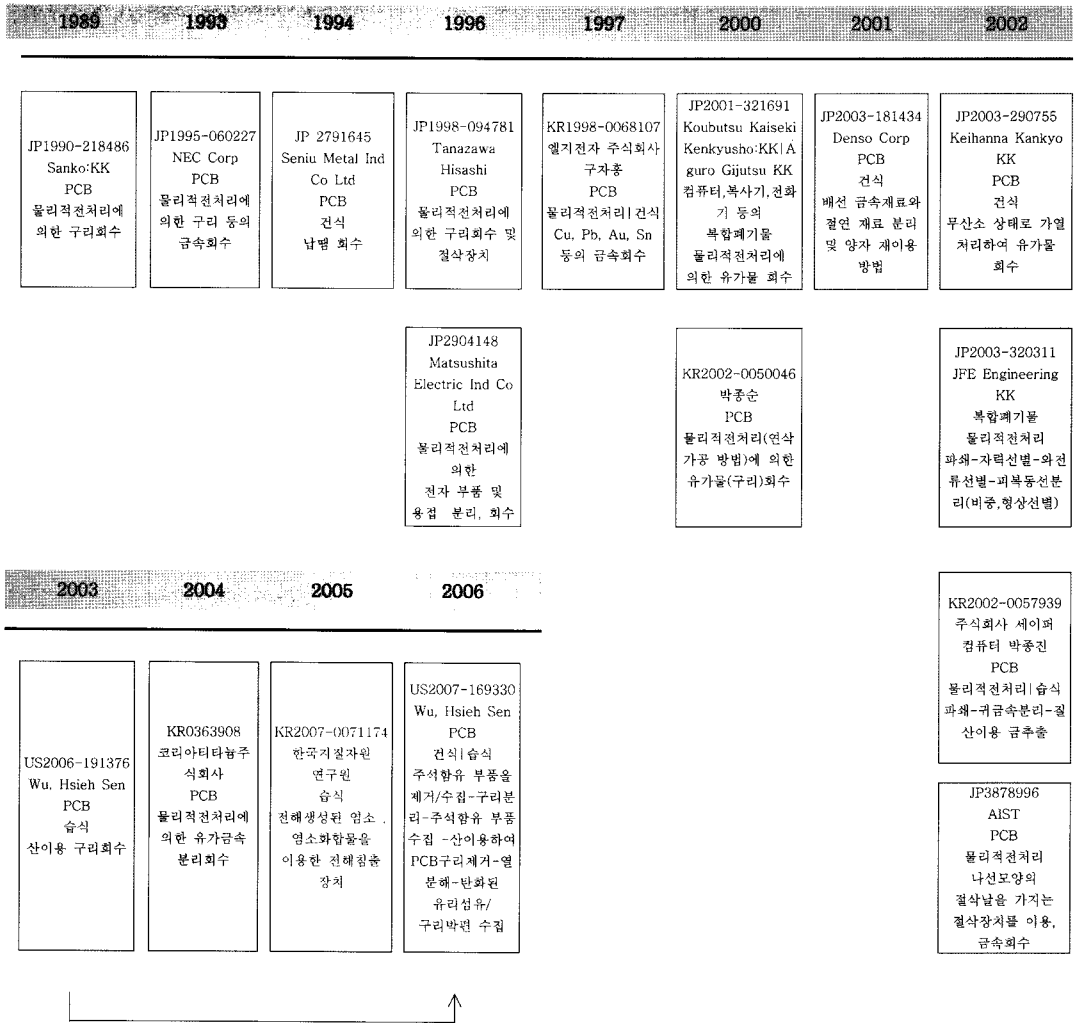


Fig. 15. Technical flow-sheet of the core patent according to the key technology in WEEE recycling.

의 농축이 선결되어야 하기 때문에 동시에 개발이 진행되어야 하며 전처리가 되어도 습식공정에 적용하기 위해서는 금속성분이 표면에 노출되는 상태로 만들어야 하는 문제점이 과제로 남아있다.

검색된 폐전기·전자기기의 재활용관련 특허를 이용하여 기술 흐름도를 Fig. 15와 같이 작성하였다. Fig. 9에서 나타난 바와 같이 특허의 기술내용은 대부분 전처리 기술이며 습식이나 건식 회수기술은 적은 편이다. 이는 현재 상용기술인 건식회수기술에 비하여 경쟁력이 있는 기술로의 개발이 곤란하기 때문으로 판단된다.

폐전기·전자기기의 재활용을 위하여 다양한 연구개발이 수행되어왔으나 2002년 출원된 Keihanna Kankyo

KK의 ‘무산소 상태로 가열 처리하여 유기물 회수하는 방법’만이 현재 독일에 파일럿 플랜트가 설치되어 있을 뿐이다. 이 공정은 금속을 회수하고 플라스틱 성분을 오일로 회수하게 되는데, 오일의 회수라는 장점이 있지만 최종 산물인 금속의 재처리 등을 통하여 전체적인 경제성에 대한 검토가 선행되어야 적용성을 판단할 수 있을 것으로 보인다.

### 3. 결 론

1986년부터 2007년까지의 폐전기·전자기기 재활용 기술에 대한 특허출원 검색을 진행하여 관련 기술의 추

이 및 동향을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폐전기·전자기기 재활용기술에 대한 특허출원은 1980대 후반부터 증가추세를 보인 후 2000년을 기점으로 감소추세를 나타내고 있어 새로운 기술개발이 정체되어 있는 것을 알 수 있었다.

2. 출원국가별 및 출원인별 분석결과 일본이 가장 많은 폐전기·전자기기 재활용 기술의 특허를 출원하여 관련기술 개발을 주도하고 있음을 알 수 있었다.

3. 재활용 기술별 분석결과 해체, 분리, 파쇄 등의 물리적 전처리 기술에 관한 특허가 59%로 가장 많은 특허를 나타내었고, 물리적 전처리 기술 및 건식처리 기술의 출원수가 최근 감소추세를 보이는 반면에 습식제련기술은 지속적으로 매년 1-4건의 특허가 출원되고 있는 것을 알 수 있었다.

4. 재활용 대상 물질별 분석에서 인쇄회로기판의 재활용 기술 특허가 가장 많이 출원되어 폐전기·전자기기 재활용에 있어서 인쇄회로기판의 재활용이 가장 중요한 위치를 차지하고 있으며, 이는 유가금속의 대부분이 인쇄회로기판에 함유되어 있기 때문이다.

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 환경부의 지원으로 수행하는 21세기 프론티어연구개발사업(자원재활용기술개발사업단)의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 과학기술부, 2006: “폐전기·전자기기의 토탈 리사이클링 기술개발”, 한국지질자원연구원, pp. 17-67.
2. Lee, J.-c., Song, H. T., and Yoo, J.-M., 2007: “Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea”, Resources, Conservation and Recycling, **50**(4), pp. 380-397.
3. 특허청, <http://www.kipo.go.kr/>
4. 유경근, 손정수, 김성돈, 2008: “특허분석에 의한 비소 용도개발 동향 조사”, 한국지구시스템공학회지, **45**(4), pp. 405-411.
5. 유재민, 정진기, 김상배, 유경근, 김민석, 이재천, 2007: “기계적 분리공정에 의한 폐인쇄회로기판으로부터 금속 농축물의 회수”, 한국폐기물학회지, **24**(6), pp. 523-531.

---

### 柳 庚 槿

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 금속회수연구실 선임연구원
- 당 학회지 제15권 5호 참조

---

### 李 在 天

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

---

### 鄭 鎭 己

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 금속회수연구실 책임연구원
- 당 학회지 제15권 5호 참조

---

### 姜 炅 碩

- 현재 (주)시온텍 대표이사
- 당 학회지 제16권 3호 참조