

## 特許와 論文으로 본 廢印刷回路基板 再活用 技術 動向<sup>†</sup>

\*鄭鎮己 · 辛度妍 · 金炳洙 · 曹永柱\* · 曹奉圭\*

韓國地質資源研究院

\*廢金屬有用資源再活用事業團(韓國地質資源研究院)

## Trend on the Recycling Technologies for waste Printed Circuit Boards Waste by the Patent and Paper Analysis<sup>†</sup>

\*Jinki Jeong, Doyun Shin, Byung-Su Kim, Young-ju Cho\* and Bong-Gyoo Cho\*

*Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources*

*\*R&D Center for Valuable Recycling(KIGAM)*

### 요 약

일반적으로 인쇄회로기판(Printed Circuit Board, PCB)은 다양한 종류의 플라스틱에 세라믹과 금속 성분이 복합적으로 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 환경적인 보호뿐만 아니라 자원의 재활용의 관점에서 PCB 스크랩으로부터 금속 성분을 분리해내는 것은 중요하다. 본 연구에서는 PCB의 재활용 기술에 대한 특허와 논문을 분석하였다. 분석 범위는 1980년~2011년까지의 미국, 유럽연합, 일본, 한국 등 다양한 나라의 등록/공개된 특허와 SCI 논문으로 제한하였다. 특허와 논문은 키워드를 사용하여 수집하였고, 기술의 정의에 의해 필터링 하였다. 특허와 논문의 동향은 연도, 국가, 기업, 기술에 따라 분석하여 나타내었다.

주제어 : 인쇄회로기판 재활용, 특허, 논문, 분석, 기술 동향

### Abstract

It is generally well known that PCB (Printed Circuit Board) is an electric component assembled by various metals mixed with plastics and ceramics. Accordingly, it is very important to extract metallic components from used PCBs from the point of view of recycling of used resources as well as an environmental protection. In this paper, patents and paper on the recycling technologies of PCB were analyzed. The range of search was limited in the open patents of USA (US), European Union (EP), Japan (JP), Korea (KR) and SCI journals from 1980 to 2011. Patents and journals were collected using key-words searching and filtered by filtering criteria. The trends of the patents and journals was analyzed by the years, countries, companies, and technologies.

Key Word : PCB recycling, Patent, Paper, Analysis, Technical trend

### 1. 서 론

최근 들어 우리나라는 산업발전과 함께 IT분야의 전자산업이 급속하게 발전을 하여 산업전체에 걸쳐 중요한 기반산업이 되어왔다. 그리고 최근에는 전기전자 제

품의 디자인 및 제품의 기술혁신 등에 의해서 교체 주기가 점점 짧아지고 있다. 그러나 이러한 산업발전의 결과로서 전자 스크랩의 발생량은 급격히 증가하였다. 전자 스크랩은 가정용 전자 제품으로부터 산업용 전자, 정보통신용 장비에 이르기까지 광범위하게 분류되며 그 부속 산물로서 갖가지 유가금속과 다양한 타입의 플라스틱, 세라믹 등을 내포하고 있다. 따라서 폐전자스크랩이 처리과정 없이 폐기되거나 소각되는 경우, 환경적인

<sup>†</sup> 2012년 3월 15일 접수, 2012년 4월 10일 1차수정

2012년 4월 24일 수리

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

악영향은 물론 스크랩 내의 유기금속 및 고가의 귀금속의 경제적인 손실을 가져오게 된다.<sup>1)</sup> 지속적인 전자산업의 발전과 함께 자원이 빈곤한 우리의 현실 등을 감안할 때 이러한 폐전자스크랩 및 PCB에서 희유금속 등의 회수가 가져오는 부가가치는 매우 크다고 할 수 있다.<sup>2)</sup>

연구에 앞서, 특허/논문 분석에 의한 기술동향 파악은 기존에 수행되었던 관련기술의 연구내용뿐만 아니라, 향후 연구의 방향을 설정하는데 중요한 자료로 활용되고 있으며, 연구내용이 중복되는 것을 사전에 막아주는 역할을 한다. 이에 본 연구에서는 PCB 재활용 기술에 대하여 일본, 미국, 유럽 그리고 한국의 특허정보와 논문정보를 분석함으로써 기술의 동향을 파악하고자 하였다.

## 2. 기술 검색대상 및 분석기준

### 2.1. 특허 및 논문검색 대상

PCB 재활용 기술 관련 특허와 논문을 분석하기 위하여 관련된 모든 특허와 논문을 검색하여 분석하는 것이 이상적이지만 모든 것을 수집하는 데는 한계가 있으므로 우선자료의 검색 범위를 설정할 필요가 있다. 본 논문에서는 2011년 10월까지 출원 공개된 한국, 일본, 유럽 및 미국특허 및 논문을 수집 대상으로 하였으며 Table 1과 같은 검색 DB를 사용하여 진행하였다. 논문은 Scopus DB를 사용하였으며 특허는 Wips DB를 사용하여 한국, 미국, 일본, 유럽연합, PCT특허로 제한하였다. 본 연구에서는 검색된 특허와 논문의 초록 및 요약문을 검토하여 선정된 특허 207건과 논문 190건을 대상으로 분석하였다.

특허의 경우 출원 후 1년 6개월 이후에 공개되는 특허제도의 특성상 2010년도부터 미공개특허가 존재하므로 분석결과의 유효기간은 2009년까지로 볼 수 있다.

### 2.2. 데이터 구축

DB구축은 PCB 재활용 기술과 관련된 키워드의 조합으로 조사되었으며, Table 2와 같이 전처리, 금속회수,

Table 1. Main content of patent and paper analysis

	특허	논문
검색DB명	Wips	Scopus
분석건수	207건	190건
분석기간	~2011.10	

수지회수, 무해화 기술 등 4개의 기술 분야로 나누어 분석하였다.

## 3. PCB 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 동향 분석

### 3.1. 연도별 동향

PCB 재활용 기술의 연도별 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 Fig. 1에 나타냈다.

1983년 PCB 재활용 기술 관련 논문이 처음으로 발표되었으며 1984년에는 특허가 처음으로 출원되었다. 1992년부터 본격적으로 특허가 출원되어 1999년까지 상승하고 있으며 2000년 이후에는 감소하고 있다.

가장 활발한 특허활동을 보인 1999년에는 Matsushita Electric(현 Panasonic)이 PCB 재활용 기술에 관한 특허 14건을 출원한 것으로 나타났다. 2009년 이후 구간에서 특허수가 감소하는 경향을 보이는 것은 미공개 또는 심사 중인 데이터에 의한 것으로 판단되며 이를 감안한다면 특허출원은 지속적으로 증가세를 보일 것으로

Table 2. Technical clarification of recycling for PCB

해당기술	대분류	소분류
PCB 재활용 기술	전처리	파쇄
		해체
		분리선별
	금속회수	건식
		습식
		건/습식 혼합
수지회수		
무해화		

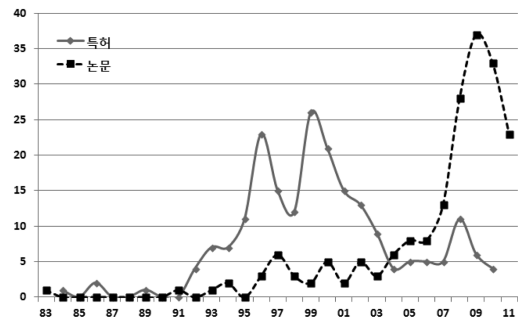


Fig. 1. Trend of the applied patent & paper by the year.

예상된다.

논문 발표의 경우 1990년부터 2000년대 초반까지 매년 5건 내외의 논문이 발표되었으며 2000년대 중반 이후에는 발표건수가 급격하게 증가하는 경향을 보이기 시작하였다. 논문이 급격한 증가세를 보이기 시작한 2007년부터 2009년까지 Shanghai Jiao Tong 대학은 21건의 논문을 발표한 것으로 나타났다.

### 3.2. 국가별 동향

Fig. 2는 특허의 출원인 국적별 특허출원건수 및 논문의 저자 국적별 논문 건수를 나타낸 그래프이다.

일본이 특허에서 가장 높은 점유율을 보이며 특허가 148건으로 71.5%의 점유율을 보이고 있다. 한국은 3위권

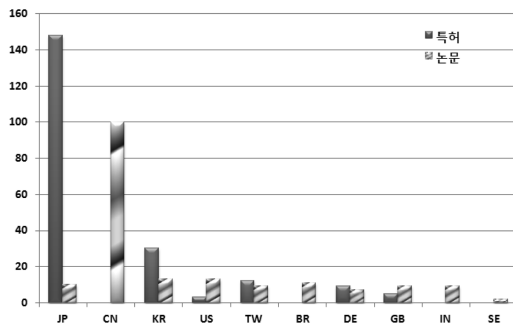


Fig. 2. The numbers of patent & paper by the countries. (JP, Japan; CN, Canada; KR, Korea; US, USA; TW, Taiwan; BR, Brazil; DE, Germany; GB, United Kingdom; IN, India; SE, Sweden)

으로 나타나며 특허와 논문이 각각 30건, 11건으로 일본에 비해 격차가 크게 나타나고 있는 것으로 나타났다.

중국 논문이 100건으로 논문발표만이 조사되었는데 이는 분석대상국가가 미국, 일본, 한국, 유럽연합으로 한정되어 자국 내 특허활동은 배제된 결과이다. 미국은 4위권으로 특허와 논문이 각각 3건, 13건으로 나타났다.

### 3.3 주요 출원인

Table 3은 특허와 논문으로부터 도출된 주요 출원인 & 저자소속기관 (Top 10) 현황을 나타낸 표이다.

특허의 경우 일본의 Panasonic이 30건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며 그 뒤로 NEC Corp가 17건으로 나타났다. 상위 10위 중 일본국적 소속이 9개 기관으로 가장 많았으며 한국국적 소속 기관이 1개 기관으로 나타났다.

반면 논문의 경우 특허에서는 조사되지 않은 중국의 Shanghai Jiao Tong 대학이 29건으로 가장 많은 논문을 발표하였으며 그 뒤로 Tsinghua 대학이 17건의 논문을 발표하였다. 상위 10위 중 중국국적 소속 기관이 6개 기관으로 가장 많았으며 한국, 브라질, 미국, 인도국적 소속 기관이 각각 1개 기관으로 나타났다.

### 3.4 기술별 동향

Fig. 3은 PCB 재활용 분야의 특허 및 논문의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다.

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 전처리 기

Table 3. Main applicants and organizations of patent & paper

특허		논문	
주요 출원인	건수	주요 기관	건수
Panasonic (JP)	30	Shanghai Jiao Tong University (CN)	29
NEC Corp (JP)	17	Tsinghua University (CN)	17
Hitachi (JP)	6	China University of Mining and Technology (CN)	12
Dowa Mining (JP)	6	한국지질자원연구원 (KR)	10
Senju Metal (JP)	5	Beijing University of Aeronautics and Astronautics (CN)	8
AIST (JP)	4	Chinese Academy of Sciences (CN)	8
Sony (JP)	4	UFRGS (BR)	8
Sharp (JP)	3	South China University of Technology (CN)	6
한국지질자원연구원 (KR)	3	Texas Tech University (US)	6
Canon (JP)	3	National Metallurgical Laboratory (IN)	6

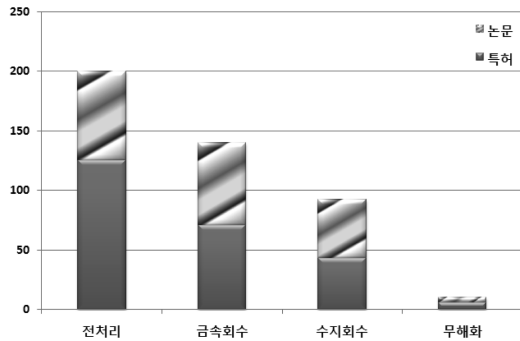


Fig. 3. The numbers of patent & paper for detailed technologies.

술이 200건으로 가장 많았으며 금속회수 기술이 140건, 수지회수 기술이 92건, 무해화 기술은 10건으로 나타났다.

특허의 경우 전처리 기술이 51.0%(125건), 금속회수 기술이 29.0%(71건), 수지회수 기술이 17.6%(43건), 무해화 기술이 2.4%(6건) 순으로 나타났으며 논문은 전처리 기술이 37.1%(75건), 금속회수 기술이 34.2%(69건), 수지회수 기술이 24.3%(49건), 무해화 기술이 2.0%(4건)의 점유율을 차지하고 있다.

출원인 및 저자 국적별 특허와 논문건수를 비교해보면 특허의 경우 일본이 모든 기술에서 높은 점유율을 보이는 것으로 나타났다. 논문의 경우 중국이 모든 기술에서 높은 점유율을 보이는 것으로 나타났다. 이를 Table 4에 정리하였다.

또한 금속회수 기술의 경우 습식, 건식, 건/습식 혼합 기술로 나누었는데 일본, 대만 등의 국가에는 건식 관련 기술에 대한 특허건수가 많았으며 중국, 한국 등은 습식 기술에 대한 논문건수가 많았다.

### 3.4.1. 전처리 기술

Fig. 4는 PCB 재활용 분야 중 전처리 기술의 특허 출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다.

전처리 기술은 1990년 이후부터 본격적으로 성과가 나타나고 있으며 특허 특허의 경우 1992년부터 1999년까지 증가하는 경향을 보인 후 최근까지 감소하고 있으나 특허출원은 꾸준히 이루어지고 있다. 논문은 2004년부터 급격하게 증가하기 시작하여 2008년에 가장 많은 논문이 발표되었다.

Fig. 5는 PCB 재활용 분야 중 전처리 기술의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다.

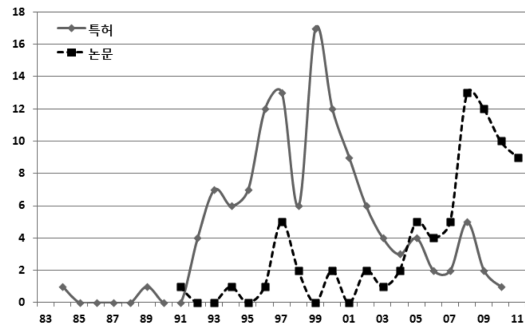


Fig. 4. The patent & paper trends for pre-treatment technologies.

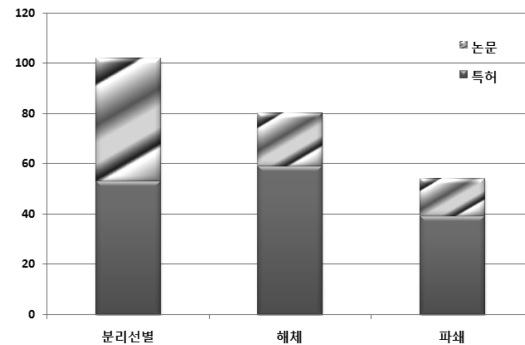


Fig. 5. The numbers of patent & paper for pre-treatment technologies.

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 분리선별 기술이 102건으로 가장 많았으며 해체 기술이 80건, 파쇄 기술이 54건으로 나타났다.

특허의 경우 분리선별 기술이 35.1%(151건), 해체 기술이 39.1%(59건), 파쇄 기술이 25.8%(39건) 순으로 나타났으며 논문은 분리선별 기술이 57.6%(49건), 해체 기술이 24.7%(21건), 파쇄 기술이 17.6%(15건)의 점유율을 차지하고 있다.

### 3.4.2. 금속회수 기술

Fig. 6은 PCB 재활용 분야 중 금속회수 기술의 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다.

금속회수 기술은 특허의 경우 1995년부터 본격적으로 성과가 나타나고 있으며 2001년부터 감소하였으나 최근구간에 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 논문의 경우 2000년부터 본격적인 논문 발표를 보이고 있으며 2007년부터 급격하게 증가하는 경향을 보이고 있다.

Fig. 7은 PCB 재활용 분야 중 금속회수 기술의 기

**Table 4.** The number of applied patent/paper by nationalities of applicants & authors in each technology

국가	전처리 (특허/논문)	파쇄	금속회수 (특허/논문)	건식	수지회수 (특허/논문)	무해화 (특허/논문)
		해체		습식		
		분리선별		혼합		
JP	(97/5)	(32/1)	(42/2)	(34/-)	(35/4)	(5/1)
		(49/4)		(7/2)		
		(37/1)		(1/-)		
CN	(-/47)	(-/11)	(1/23)	(-/10)	(-/30)	(-/2)
		(-/13)		(-/14)		
		(-/30)		(-/-)		
KR	(15/1)	(4/-)	(14/10)	(9/1)	(4/-)	(1/-)
		(3/-)		(5/8)		
		(10/1)		(-/-)		
US	(2/9)	(1/1)	(1/4)	(-/2)	(1/-)	(-/-)
		(-/5)		(-/2)		
		(2/3)		(1/-)		
TW	(-/-)	(-/-)	(12/5)	(7/4)	(6/7)	(-/1)
		(-/-)		(1/1)		
		(-/-)		(4/-)		
BR	(-/5)	(-/1)	(-/7)	(-/1)	(-/1)	(-/-)
		(-/-)		(-/6)		
		(-/5)		(-/-)		
DE	(7/2)	(2/-)	(1/1)	(-/1)	(1/2)	(-/-)
		(5/-)		(1/-)		
		(2/2)		(-/-)		
GB	(2/2)	(-/-)	(3/6)	(-/3)	(-/1)	(-/-)
		(2/1)		(3/3)		
		(-/1)		(-/-)		
IN	(-/3)	(-/1)	(-/6)	(-/1)	(-/-)	(-/-)
		(-/-)		(-/6)		
		(-/3)		(-/-)		
SE	(-/2)	(-/-)	(-/-)	(-/1)	(-/-)	(-/-)
		(-/-)		(-/1)		
		(-/2)		(-/1)		

술별 건수를 나타낸 그래프이다.

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 건식 기술이 91건으로 가장 많았으며 습식 기술이 43건, 건/습식 혼합 기술이 8건으로 나타났다.

특허의 경우 건식 기술이 66.2%(47건), 습식 기술이 28.2%(20건), 건/습식 혼합 기술이 5.6%(4건) 순으로 나타났으며 논문은 습식 기술이 62.0%(44건), 건식 기술이 32.4%(23건), 건/습식 혼합 기술이 5.6%(4건)의

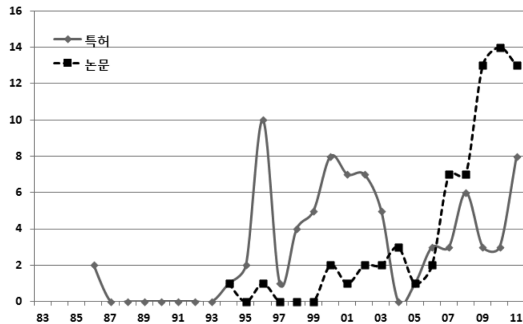


Fig. 6. The patent & paper trends for metal recovery technologies.

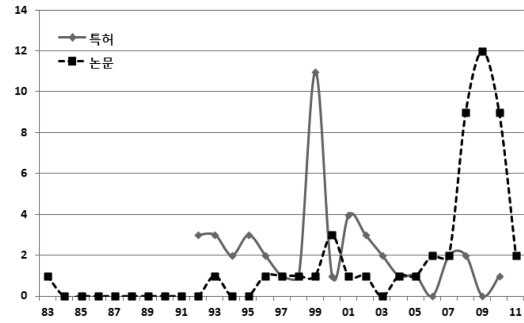


Fig. 8. The patent & paper trends for resin recovery technologies.

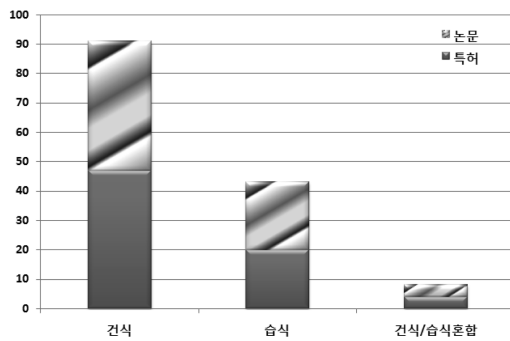


Fig. 7. The numbers of patent & paper for metal recovery technologies.

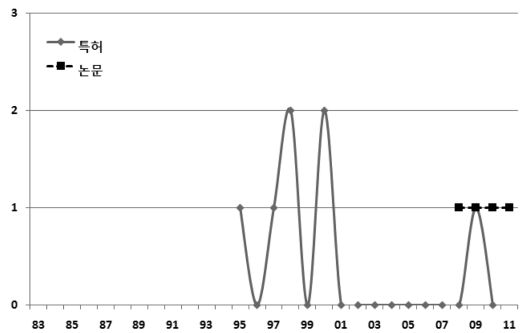


Fig. 9. The patent & paper trends for detoxification technologies.

점유율을 차지하고 있다.

### 3.4.3. 수지회수 기술

Fig. 8은 PCB 재활용 분야 중 수지회수 기술의 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다.

특허의 경우 1992년부터 특허를 출원하기 시작하였으며 1999년에는 급격히 증가한 것을 보이고 있다. 논문의 경우 2000년대 중반부터 2건 내외의 논문을 매년 발표하였으며 2008년부터 급격하게 증가하기 시작하여 2009년에는 가장 많은 논문이 발표되었다.

### 3.4.4 무해화 기술

Fig. 9는 PCB 재활용 분야 중 무해화 기술의 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다.

특허의 경우 1995년~2000년 구간에서 6건 특허를 출원하였으며 총 7건의 특허가 출원되었다. 논문의 경우 2008년부터 논문이 발표되어 총 4건의 논문이 발표되었다.

## 4. PCB 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 심층 분석

Table 5는 PCB 및 전자스크랩 재활용기술에 관한 특허 및 논문 중 기술적 관련성 및 중요도를 기준으로 선별된 주요특허와 주요논문을 정리하여 나타내었다. PCB 등의 산업폐기물로부터 금속을 회수하는 방법으로 염산용액과 같은 산으로 PCB로부터 직접 침출하여 회수하는 습식법과 고온에서 용융하여 회수하는 건식법이 주를 이루고 있다.

Table 5에 정리되어 있는 특허의 내용을 다음과 같이 순서대로 정리하였다. 전처리 기술 측면에 있어서 NEC Corp.는 부품 해체 공정, 표면 연마 공정, 분쇄 공정, 분리 공정을 갖는 PCB로부터의 유기물의 회수하는 특허를 출원하였고, 한국지질자원연구원은 유기용제를 이용하여 적층되어 있는 여러 겹의 플라스틱 층을 분리시킨 후 정전선별을 통해 플라스틱성분과 금속성분을 분리 회수하는 특허를 출원하였으며 Shanghai Jiao Tong

Table 5. The list of core patents &amp; papers

기술	특허번호/논문, Vol, Page	공개(등록)일	출원인(저자)
전처리	[JP]2713231	1997.10.31	NEC Corp
	[KR]0889315	2009.03.11	한국지질자원연구원
	Environmental Science and Technology Vol. 41, pp. 1995-2000	2007	Li J., Lu H., Guo J., Xu Z., Zhou Y.
금속 회수	[JP]1997-324222	1997.12.16	Clean Japan Center, Honda Atsuhiko, Sasaki Masakazu
	[JP]1999-036020	1999.02.09	Justy:KK
	[JP]2000-104126	2000.04.11	Shin Meiwa Ind, Nippon Mining & Metals
	[JP]2009-221514	2009.10.01	Dowa Eco-system
	[KR]0250061	1999.12.30	코리아리사이트
	[KR]0528506	2005.11.07	한국지질자원연구원
	[KR]2003-0003974	2003.01.14	
	[KR]2008-0022720	2008.03.12	인하대학교
	[US]6641712	2003.11.04	Alpha Fry Limited
	[KR]0821792	2008.04.04	Wu, Hsieh-Sen
	[KR]2008-0031661	2009.12.17	Koizumi Tetsuyuki
	[KR]0526071	2005.10.27	Denso
	[KR]0421937	2004.02.25	오치정
	Hydrometallurgy Vol. 69, pp. 73-79	2003	Kinoshita T., Akita S., Kobayashi N., Nii S., Kawaizumi F., Takahashi K
	Eurasian Chemico-Technological Journal Vol. 9, pp. 129-137	2007	Rabah M., Mosa M., Aly G.M.
	Journal of Hazardous Materials Vol. 170, pp. 191-196	2009	Xiu F.-R., Zhang F.-S
	Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 26, pp. 649-657	2009	Castro L.A., Martins A.H.
	Separation and Purification Technology Vol. 70, pp. 306-313	2010	Zhang X., Li X., Cao H., Zhang Y.
	Journal of Hazardous Materials Vol. 183, pp. 866-873	2010	Havlik T., Orac D., Petranikova M., Miskufova A., Kukurugya F., Takacova Z.
	Resources, Conservation and Recycling Vol. 51, pp. 691-709	2007	Hall W.J., Williams P.T.Hall W.J., Williams P.T.

대학의 Li J. 등은 2단계 파쇄를 한 이후 코로나 정전 분리기를 이용하여 금속과 비금속을 분리하는 논문을 발표하였다.

금속회수 기술 측면에 있어서 Clean Japan Center 등은 각종의 산(황산, 염산, 질산, 인산 등)과 과산화수소의 혼합액에 0.5시간 이상 침지하여 유기금속을 회수

하는 특허를 출원하였고, Justy:KK는 금속 용해 공정으로 용해 금속을 포함한 금속 용해액에 알칼리를 가하여 금속을 회수하는 특허를 출원하였으며 Shin Meiwa Ind, Nippon Mining & Metals는 PCB를 1300~1600°C로 가열하여 기관에 포함되어 있는 비가연성 성분을 용융하여 유기 금속을 회수하는 특허를 출원하였다.

Dowa Eco-system은 가열처리하여 탄탈륨을 회수하는 특허를 출원하였고, 코리아리사이트는 용융로에 용제를 가하여 귀금속을 회수하는 귀금속건식용해법에 대한 특허를 출원하였으며 지질자원연구원은 수소화 반응을 이용하여 탄탈륨을 회수하는 특허를 출원하였다. Alpha Fry Limited는 PCB를 충분한 시간동안 혐기성 조건에서 용액에 접촉시키고 용액을 전기분해하여 용액 중에 함유되는 주석, 납을 회수하는 특허를 출원하였고, Wu Hsieh-Sen은 PCB를 200°C 이상으로 가열하고 진공 주석흡입 방법으로 주석함유 화합물을 수집하고 PCB의 내층에 있는 주석함유 화합물을 용해하여 주석함유 화합물을 PCB 중의 구리와 분리시키기 위하여 PCB를 주석제거 용액에 담근 후 주석제거 용액에 의해 모든 주석함유 화합물을 직접 수집하는 특허를 출원하였으며 Koizumi Tetsuyuki는 유리 섬유가 용해하는 이전의 유리 섬유가 떨어지는 정도의 온도에서 유리 섬유를 제거하고 유가 금속을 회수하는 특허를 출원하였다. Denso는 가열여과장치 및 수지-금속 분리장치가 가열여과공정에 사용되어 절연 재료만이 필터를 통과하도록 가열, 강제 여과시켜 절연재료와 금속재를 분리하는 특허를 출원하였고 오지정은 풍력선별, 정전선별, 자력선별로부터 분리된 비자성체에 황산과 과산화수소수의 혼합물을 첨가하고 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, CuSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>OH로 구성된 혼합용매와 반응시키고 염수를 첨가하고 왕수와 반응시켜 금속을 회수하는 특허를 출원하였으며 Leeds 대학의 Hall W.J. 등은 PCB를 반응기에서 열분해 하여 금속을 분리해 내는 논문을 발표하였다. Nagoya Municipal Industrial Research Institute의 Kinoshita T. 등은 질산 침출을 이용하여 금, 니켈, 구리 회수하는 논문을 발표하였고, Central Metallurgical Research and Development Institute의 Rabah M. 등은 무기산을 이용하여 PCB안에 들어있는 구리, 납, 주석, 금을 회수하기 위한 습식 제련법에 관한 논문을 발표하였으며 Chinese Academy of Sciences의 Xiu F.-R. 등은 PCB를 713K, 30MPa의 조건에서 1시간동안 초임계수산화(SCWO) 처리한 이후 동전기 장치를 이용하여 카드뮴, 크롬, 비소, 니켈, 아연, 망간을 회수하는 논문을 발표하였다. Universidade Federal de Minas Gerais의 Castro L.A. 등은 산 용액 (2.18 N 황산, 3.0 N 염산, 2.18 N 황산 + 3.0 N 염산, 3.0 N 염산+1.0 N 황산)을 이용하여 금속을 회수하는 논문을 발표하였고, Tianjin 대학의 Zhang X. 등은 PCB를 질산에 침출시킨 후 LK-C2를 이용하여 구리, 철(III), 아연, 니켈을 추출하는 논문을 발표하였으며

Kosice Technical 대학의 Havlik T. 등은 열처리 한 후 1 M 염산용액이 있는 유리반응기에 샘플을 넣고 교반을 하면서 침출시켜 금속을 회수하는 논문을 발표하였다.

## 5. 결 론

폐 PCB 재활용 기술의 특허 및 논문 동향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

특허는 1992년부터 본격적으로 특허가 출원되어 1999년까지 상승한 이후에는 감소하고 있고 논문은 2000년대 중반이후에는 발표건수가 급격하게 증가하는 경향을 보이며 전체 건수가 특허는 207건, 논문은 190건이다. 국가별로는 일본이 주도하고 있으며 한국은 3위권으로 나타나며 특허와 논문이 각각 30건, 11건으로 일본에 비해 격차가 크게 나타나고 있는 것으로 나타났으며 주요 출원인 및 주요 기관으로는 Panasonic, NEC Corp, Shanghai Jiao Tong 대학, Tsinghua 대학 등으로 조사되었다. 기술별로는 전처리 기술이 높은 점유율을 보이며 한국은 금속회수, 전처리, 수지회수, 무해화 순으로 조사되었다.

핵심 특허를 살펴보면 PCB 등의 산업폐기물로부터 금속을 회수하는 방법으로 염산용액과 같은 산으로 PCB로부터 직접 침출하여 회수하는 습식법과 고온에서 용융하여 회수하는 건식법이 주를 이루고 있다.

## 감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 폐 금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.(과제번호:11-A01-MD)

## 참고문헌

1. 김병수, 이재천, 정진기, 2009 : 폐전기전자기기 스크랩으로부터 귀금속 및 유가금속 회수를 위한 건식공정 기술 현황, 자원리사이클링, **18**(4), pp.14-23.
2. 남혜숙, 2008: 유가 금속 회수를 위한 PCB 스크랩의 건식처리기술, 인하대학교 일반대학원 금속공학과 석사학위논문.
3. 유경근, 이재천, 정진기, 강경석, 2009 : 특허검색에 의한 폐전기.전자기기 재활용 기술 동향, 자원리사이클링, **18**(4), pp. 70-81.
4. Xiu F.-R., Zhang F.-S., 2009 : Electrokinetic recovery of



Cd, Cr, As, Ni, Zn and Mn from waste printed circuit boards: Effect of assisting agents, *Journal of Hazardous Materials*, **170**, pp.191-196.

5. Zhang X., Li X., Cao H., Zhang Y., 2010 : Separation of copper, iron (III), zinc and nickel from nitrate solution by solvent extraction using LK-C2, *Separation and*

*Purification Technology*, **70**, pp. 306-313.

6. Havlik T., Orac D., Petranikova M., Miskufova A., Kukurugya F., Takacova Z., 2010 : Leaching of copper and tin from used printed circuit boards after thermal treatment, *Journal of Hazardous Materials*, **183**, pp.866-873.

---

### 鄭 鎮 己

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

---

### 辛 度 妍

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 연구원
- 당 학회지 제21권 2호 참조

---

### 金 炳 洙

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

---

### 曹 永 柱



- 현재 글로벌담환경기술개발사업 폐 금속·유용자원재활용기술개발사업단 연구원 실장

---

### 曹 奉 圭



- 현재 글로벌담환경기술개발사업 폐 금속·유용자원재활용기술개발사업단 사업단장
- 당 학회지 제15권 5호 참조