

特許와 論文으로 본 폐전지 再活用 技術 動向[†]

申宣明 · 朱成浩 · 金洙慶 · 曹永柱 · 曹奉圭*

韓國地質資源研究院, *廢金屬 · 有用資源再活用技術開發事業團

Trend on the Recycling Technologies for Spent Batteries by the Patent and Paper Analysis[†]

Shun-Myung Shin, Sung-Ho Joo, Soo-Kyung Kim, Young-Ju Cho and Bong-Gyoo Cho*

Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

*R&D Center for Valuable Recycling

요 약

전지는 공기가연리튬망간산화은나트륨-유황납축니켈-수소 이차니켈-카드뮴리튬이온알칼라인 전지 등의 여러 종류가 있다. 경제적, 효율적 관점에서 폐전지의 재활용 기술은 폭넓게 연구되어 왔다. 본 연구에서는 폐전지의 재활용 기술에 대한 특허와 논문을 분석하였다. 분석범위는 1972년~2011년까지의 미국, EU, 일본, 한국의 등록/공개된 특허와 SCI 논문으로 제한하였다. 특허와 논문은 키워드를 사용하여 수집하였고, 기술의 정의에 의해 필터링하였다. 특허와 논문의 동향은 연도, 국가, 기업, 기술에 따라 분석하여 나타내었다.

주제어 : 전지 재활용, 특허, 논문, 분석, 기술 동향

Abstract

There are several kinds of batteries such as zinc-air battery, lithium battery, Manganese dry battery, silver oxide battery, sodium-sulphur battery, lead acid battery, metal hydride secondary battery, nickel-cadmium battery, lithium ion battery, alkaline battery, etc. These days it has been widely studied for the recycling technologies of the used battery from view points of economy and efficiency. In this paper, patents and published papers on the recycling technologies of the used battery were analyzed. The range of search was limited in the open patents of USA (US), European Union (EU), Japan (JP), Korea (KR) and SCI journal articles from 1972 to 2011. Patents and journal articles were collected using key-words searching and filtered by filtering criteria. The trends of the patents and journal articles were analyzed by the years, countries, companies, and technologies.

Key word : Battery recycling, Patent, paper, Analysis, Technical trend

1. 서 론

폐전지는 우리가 일상적으로 사용하는 핸드폰, 노트북, 카세트 완구, 비상용 전원 등 각종 전자기기의 전원으로 사용되는 일차전지, 이차전지가 수명이 다하여 발생하는 순환자원을 일컫는다. 전 세계적으로 일년에 사

용되는 전지는 약 30만 톤으로 전지 1개를 평균 40그램으로 계산하면 1년에 약 75억 개의 전지가 판매된다는 것으로 전 세계 인구가 1인당 1개 이상의 전지를 사용하고 있다는 것을 의미한다.¹⁾ 한번 사용하고 버려지는 일차전지는 전체 중량의 약80%를 차지하고 있으며, 충전하여 200~400회까지 재사용이 가능한 이차전지로 납축전지가 10%, 니켈-카드뮴전지, 리튬이온전지 등이 나머지 10%를 차지하고 있다.²⁾

이와 같은 폐전지에는 유해금속인 납, 카드뮴, 수은

[†] 2012년 3월 15일 접수, 2012년 5월 8일 1차수정

2012년 6월 28일 수리

*E-mail: shin1016@kigam.re.kr

등이 포함되어 있고 또한 KOH, NH₄Cl, 리튬염, H₂SO₄ 및 유기용액 등이 전해액으로 사용되고 있어 환경에 미치는 영향을 무시할 수 없으며, 또한 은, 코발트, 니켈, 아연, 망간, 리튬 등의 유기금속이 포함되어 있으므로 환경을 보호하고 유한한 자원을 효율적으로 사용하기 위해서 폐전지의 재활용이 요구되고 있다.³⁾

이러한 기술연구를 수행하기 이전에 특허 분석에 의한 기술동향 파악은 기존에 수행되었던 관련 기술의 연구내용 뿐만 아니라 향후 연구의 방향을 설정하는데 중요한 자료로 활용되고 있으며 연구내용이 중복되는 것을 사전에 막아주는 역할을 한다.

이에 본 연구에서는 폐전지 재활용 기술에 대하여 일본, 미국, EU 그리고 한국의 특허정보와 논문정보를 분석함으로써 기술의 동향을 파악하고자 하였다.

2. 기술 검색대상 및 분석기준

2.1. 특허 및 논문검색 대상

폐전지 재활용 기술 관련 특허와 논문을 분석하기 위하여 관련된 모든 특허와 논문을 검색하여 분석하는 것이 이상적이지만 모든 것을 수집하는 데는 한계가 있으므로 우선 자료의 검색 범위를 설정할 필요가 있다. 본 논문에서는 2011년 11월까지의 기간에 등록 또는 공개된 특허와 발표된 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 406건과 논문 275건을 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 폐전지 재활용 기술과 관련된 키워드의 조

Table 1. Main content of patent and paper analysis

	특허	논문
검색DB명	Wips	Scopus
분석건수	406건	275건
분석기간	~2011.11	

Table 2. Technical clarification of recycling for spent batteries

해당기술	대분류	소분류
폐전지 재활용 기술	전처리	건식열처리
		파쇄
		농축
	금속회수	습식
		건식
		건/습식 혼합

합으로 조사되었으며, Table 2와 같이 전처리, 금속회수 등 2개의 기술 분야로 나누어 분석하였다.

3. 폐전지 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 동향 분석

3.1. 연도별 동향

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

1972년 폐전지 재활용 기술 관련 특허가 처음으로 출원되었으며 1985년 논문이 처음으로 발표되었다. 특허의 경우, 1994년까지 증가한 이후 2000년대 중반까지 감소하고 있으나 최근구간에 다시 증가하고 있는 경향을 보이고 있다.

본격적인 특허활동이 이루어지기 시작한 1990년에는 스위스의 Recytec이 폐전지 재활용 기술에 관한 특허 8건을 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 예상된다.

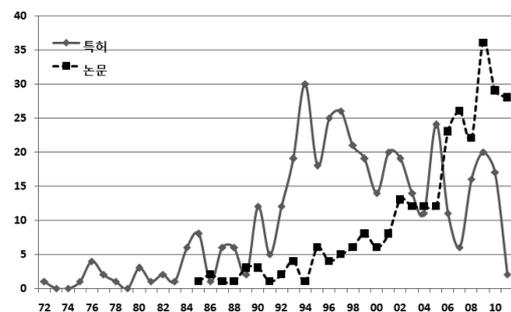


Fig. 1. Trend of the applied patent & paper by the year.

논문 발표의 경우, 1990년대 이후 발표 건수가 증가하는 경향을 보이며 본격적인 논문활동이 이루어진 것으로 나타났다. 논문이 급격한 증가세를 보이기 시작한 2001년부터 2008년까지 한국지질자원연구원과 브라질의 Sao Paulo 대학은 14건씩의 논문을 발표한 것으로 나타났다.

3.2. 국가별 동향

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

일본은 환경을 보호하고 유한한 자원을 효율적으로 사용하기 위해 폐전지를 재활용할 수 있는 공정 기술을 개발하여, 229건의 특허출원으로 56.4%의 가장 높은 점유율을 나타내고 있으며 논문은 18건으로 6.3%의 점유율을 보이고 있다. 한국은 2위권으로 나타나며 특허와 논문이 각각 54건, 19건으로 일본에 비해 특허에서

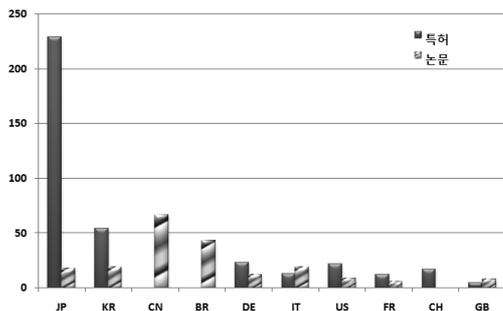


Fig. 2. The numbers of patent & paper by the country.

격차가 크게 나타났다. 중국은 논문발표만이 조사되었는데 이는 특허분석대상국가가 미국, 일본, 한국, 유럽연합으로 한정되어 중국 내 특허활동은 배제된 결과이다. 브라질은 중국 다음으로 많은 논문을 발표하였으며 독일, 이탈리아, 미국 등은 20건 내외의 특허출원을 하였다.

3.3. 주요 출원인

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

특허의 경우, 금속회수 기술에서 활발한 특허 활동을 보이는 일본의 Mitsui Mining and Smelting, Sumitomo Metal Mining이 각각 20건으로 1위를 차지하였으며, 그 뒤로 한국지질자원연구원이 18건의 특허를 출원하였다. 상위 10위 중 일본국적 소속이 8개 기관으로 가장 많았으며 한국, 스위스국적 소속이 1개 기관으로 나타났다.

반면 논문의 경우, 한국지질자원연구원, 브라질의 Sao Paulo 대학이 14건으로 가장 많은 논문을 발표하였다. 상위 10위 중 중국 소속 기관이 4개 기관으로 가장 많았으며 브라질국적 소속 기관이 3개 기관, 한국, 인도, 일본국적 소속 기관이 1개 기관으로 나타났다.

3.4. 기술별 동향

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

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 금속회수 기술이 618건으로 가장 많았으며 전처리 기술은 80건으로

Table 3. Main applicants and organizations of patent & paper

특허		논문	
주요 출원인	건수	주요 기관	건수
Mitsui Mining and Smelting (JP)	20	한국지질자원연구원 (KR)	14
Sumitomo Metal Mining (JP)	20	Universidade de Sao Paulo (BR)	14
한국지질자원연구원 (KR)	18	Universidade Federal Do Espirito Santo (BR)	12
Toyota (JP)	16	Central South University (CN)	12
JX Nippon Mining & Metals (JP)	12	Tsinghua University (CN)	10
Recytec (CH)	12	Universidade Federal de Minas Gerais (BR)	9
Mitsubishi Heavy Industry (JP)	10	Beijing Institute of Technology (CN)	7
TDK (JP)	10	Central Electrochemical Research Institute (IN)	6
Toshiba (JP)	10	Shanghai Jiao Tong University (CN)	6
Nomura Kohsan (JP)	10	Hokkaido University (JP)	5

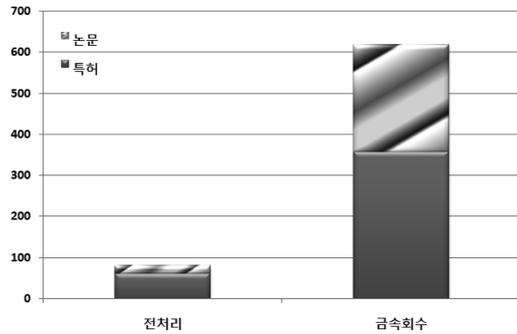


Fig. 3. The numbers of patent & paper for detailed technologies.

로 나타났다.

특허의 경우, 금속회수 기술이 85.4%(358건), 전처리 기술이 14.6%(61건) 순으로 나타났으며 논문은 금속회수 기술이 93.2%(260건), 전처리 기술이 6.8%(19건)의 점유율을 차지하고 있다.

출원인 및 저자 국적별 특허와 논문건수를 비교해보면 특허의 경우, 일본과 한국이 전처리, 금속회수 기술에 높은 점유율을 보이며 논문의 경우, 중국과 브라질은 전처리, 금속회수 기술에서 높은 점유율을 보이는 것으로 나타났다. 이를 Table 4에 정리하였다.

또한 금속회수 기술의 경우 습식, 건식, 건/습식 혼합 기술로 나누었는데 대부분의 국가에서 습식 관련 기술에 대한 특허와 논문건수가 많았으며 미국과 브라질은 각각 특허와 논문에서 건식 기술에 대한 건수가 많았다.

3.4.1. 전처리 기술

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

전처리 기술은 1990년 이후부터 본격적으로 성과가 나타나고 있으며 특히 특허의 경우, 1995년 이후의 건수가 급격히 증가하여 2000년에 가장 많은 특허가 출원되었다. 논문의 경우, 특허에 비해 적은 논문발표를 보이고 있지만 최근구간에서는 증가하고 있는 것으로 나타났다.

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

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 농축 기술이 48건으로 가장 많았으며 건식열처리 기술이 24건, 파/분쇄 기술이 20건으로 나타났다.

특허의 경우, 농축 기술이 54.2%(39건), 건식열처리 기술이 26.4%(19건), 파/분쇄 기술이 19.4%(4건) 순으로 나타났으며, 논문은 농축 기술이 45.0%(9건), 파/분

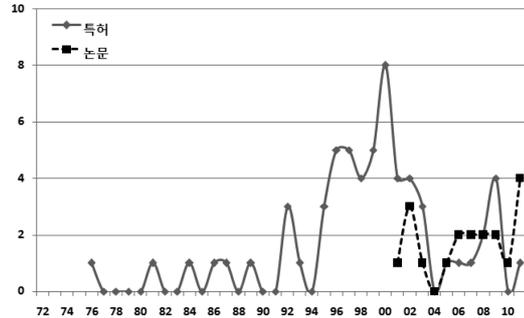


Fig. 4. The patent & paper trends for pre-treatment technologies.

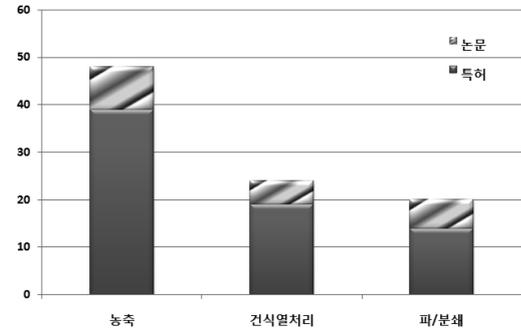


Fig. 5. The numbers of patent & paper for pre-treatment technologies.

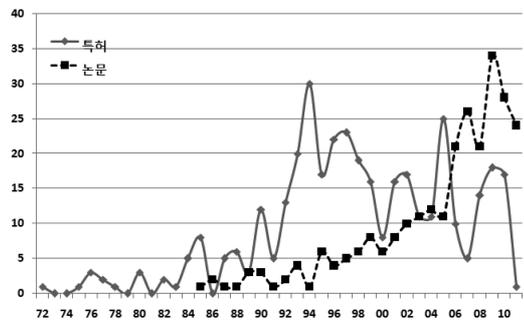


Fig. 6. The patent & paper trends for recovery technologies.

쇄 기술이 30.0%(6건), 건식열처리 기술이 25.0%(5건)의 점유율을 차지하고 있다.

Table 5는 전처리 기술의 주요출원인(기관)의 특허 및 논문 건수를 나타낸 것이다.

3.4.2. 금속회수 기술

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

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

국가	특허				논문			
	전처리	건식열처리	금속회수	습식	전처리	건식열처리	금속회수	습식
		파/분쇄		건식		파/분쇄		건식
		농축		혼합		농축		혼합
JP	32	10 9 10	205	108 74 24	3	1 1 1	16	11 6 -
KR	17	3 4 8	41	28 9 5	1	- - 1	18	18 - -
CN	-	- - -	-	- - -	6	1 1 4	61	49 13 1
BR	-	- - -	-	- - -	3	1 1 2	41	32 8 2
DE	5	- - 5	18	16 - 2	1	1 - -	12	3 10 1
IT	1	- 1 -	12	9 - 3	2	1 1 -	18	17 1 1
US	3	- - 3	20	6 13 1	1	- - 1	8	6 2 -
FR	-	- - -	12	9 3 -	-	- - -	6	4 1 1
CH	3	3 - 3	14	11 - 3	-	- - -	-	- - -
GB	-	- - -	5	4 - 1	-	- - -	8	5 2 1

금속회수 기술은 1990년대부터 본격적으로 성과가 나타나고 있으며 특허 특허의 경우, 1990년에 진입하면서 1994년까지 급격하게 증가한 이후 감소하였으나 최근 구간에는 증가하는 것으로 나타났다. 논문의 경우, 1990년대 중반 이후 서서히 증가하다가 2006년부터 급격하

게 증가하고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 폐전지 재활용 분야 중 금속회수 기술의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다.

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 습식 기술이 414건으로 가장 많았으며 건식 기술이 152건, 건/습식

Table 5. Pre-treatment technology analysis by major applicants & organizations

특허		논문	
주요출원인	건수	주요기관	건수
Mitsubishi Heavy (JP)	7	Nankai University (CN)	2
Merck Patent (DE)	4	Universidade de Sao Paulo (BR)	2
한국지질자원연구원 (KR)	3	Hokkaido University (JP)	2
CT Umwelttechnik (CH)	3	Beijing Institute of Technology (CN)	1
Sumitomo Metal Mining (JP)	3	George Mason University (US)	1

Table 6. Metal recovery technology analysis by major applicants & organizations

특허		논문	
주요출원인	건수	주요기관	건수
Mitsui Mining and Smelting (JP)	18	한국지질자원연구원 (KR)	14
Sumitomo Metal Mining (JP)	18	Universidade de Sao Paulo (BR)	12
한국지질자원연구원 (KR)	16	Universidade Federal Do Espirito Santo (BR)	12
Toyota (JP)	14	Central South University (CN)	12
Recytec (CH)	12	Tsinghua University (CN)	10
JX Nippon Mining & Metals (JP)	12	Universidade Federal de Minas Gerais (BR)	9
TDK (JP)	10	Central Electrochemical Research Institute (IN)	6
Nomura Kohsan (JP)	10	Beijing Institute of Technology (CN)	6
Toshiba (JP)	9	University of L'Aquila (IT)	5
Hitachi (JP)	8	Universidade Federal do Rio de Janeiro (BR)	5

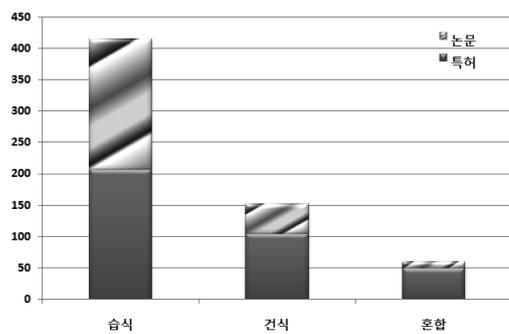


Fig. 7. The numbers of patent & paper for metal recovery technologies.

혼합 기술이 59건으로 나타났다.

특허의 경우, 습식 기술이 57.4%(206건), 건식 기술이 29.0%(104건), 건/습식 혼합 기술이 13.6% (49건) 순으로 나타났으며, 논문은 습식 기술이 78.2%(208건), 건식 기술이 18.0%(48건), 건/습식 혼합 기술이 3.8%(10건)의 점유율을 차지하고 있다.

Table 6은 금속회수 기술의 주요출원인(기관)의 특허 및 논문 건수를 나타낸 것이다.

4. 폐전지 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 심층 분석

Table 7은 기술적 중요도를 기준으로 선별된 주요특허와 주요논문을 정리하여 나타내었다.

폐전지로부터 금속을 회수하는 방법은 크게 습식법과 건식법, 건/습식 혼합법으로 나뉘는데 습식법은 염산용액과 같은 산으로 침출공정을 거쳐 침전법, 전해채취법, 용매추출법 등으로 금속을 회수하는 방법이 주를 이루고 있으며 건식법은 고온에서 가열 후 파쇄하고 체질을 한 다음 자력 선별기 등을 이용하여 금속을 회수하는 방법이 주를 이루고 있다.

전처리 기술 측면에 있어서 CT Umwelttechnik AG는 열분해법을 이용하여 카드뮴, 아연, 납 또는 알칼리 금속을 포함한 건전지 또는 전지의 재이용 방법에 관한

Table 7. The list of core patents & papers

기술	특허번호/논문, Vol, Page	공개(등록)일	출원인(저자)
전처리	[EP]0804813	2002.03.27	CT Umwelttechnik AG
	[JP]3563897	2004.06.11	
금속 회수	[JP]3434318	2003.05.30	Sumitomo Metal Mining, Sony
	[JP]2010-174366	2010.08.12	
	[JP]3461300	2003.08.15	Nippon Mining & Metals
	[KR]2011-0004303	2011.01.13	
	[JP]1998-238602	1998.08.25	Mitsui Mining & Smelting
	[JP]2009-256741	2009.11.05	Kawasaki Steel
	[JP]2010-277987	2010.12.09	
	[KR]0717389	2010.07.29	(주)리싸이텍 코리아, 리메텍(주), 연세대학교
	[US]6524737	2003.02.25	Mitsubishi Heavy Industry
	[JP]3516478	2004.01.30	Santoku Kinzoku Kogyo
	[JP]3240814	2001.10.19	Hitachi
	[JP]2011-222471	2011.11.04	한국과학기술 연구원
	[KR]0712301	2007.04.20	
	[KR]0716199	2007.05.02	한국지질자원 연구원
	[KR]0975317	2010.08.05	
	[KR]0448272	2004.09.01	
	[US]6110433	2000.08.29	Varta Batterie Aktiengesellschaft
	[US]7820317	2010.10.26	Recupyl
	[JP]2005-149889	2005.06.09	Industrial Technology Research Institute
	Hydrometallurgy Volume 47, Issues 2~3, Pages 259~271 ⁴⁾	1998	Zhang P., Yokoyama T., Itabashi O., Suzuki T.M., Inoue K.
Journal of Power Sources Volume 92, Issues 1~2, Pages 65~69 ⁵⁾	2001	Contestabile M., Panero S., Scrosati B.	
Hydrometallurgy Volume 52, Issue 3, Pages 267~287 ⁶⁾	1999	Nogueira C.A., Delmas F.	
Journal of Power Sources Volume 115, Issue 2, Pages 367~373 ⁷⁾	2003	Salgado A.L., Veloso A.M.O., Pereira D.D., Gontijo G.S., Salum A., Mansur M.B.	
Hydrometallurgy Volume 50, Issue 1, Pages 61~75 ⁸⁾	1998	Zhang P., Yokoyama T., Itabashi O., Wakui Y., Suzuki T.M., Inoue K.	

특허를 출원하였고, Sumitomo Metal Mining, Sony는 리튬 2차 전지를 열처리한 후 분쇄하고 체질하여 칼슘 화합물과 혼합 후 용융하여 니켈 및 코발트를 농축하는 특허를 출원하였다.

금속회수 기술 측면에 있어서 Sumitomo Metal Mining은 리튬이차전지를 열처리하고 분쇄한 후 자력 선별기를 이용하여 코발트, 니켈 등의 유기금속을 회수하는 특허와 정극활물질 및 음극 활물질을 황산을 이용하여 세척하고 침출, 환원, 중화처리를 거쳐 니켈, 코발트, 희토류 등의 금속을 회수하는 특허를 출원하였고, Nippon Mining & Metals는 리튬망간전지를 열처리 후 파쇄하고 자기분리를 이용하여 철, 망간, 구리를 회수하는 특허와 리튬 이온 2차 전지 회수물인 니켈과 리튬을 함유하는 용액으로부터 리튬을 탄산리튬으로서 회수하는 특허를 출원하였으며, Mitsui Mining & Smelting은 니켈·수소 2차 전지를 산화처리 후 환원 분위기속에서 가열 용해하여 니켈, 코발트 등의 유기금속 회수하는 특허를 출원하였다.

Kawasaki Steel은 1200이상, 1400이상 가열하여 폐 전지로부터 유기 금속을 회수하는 특허와 건전지로부터 자력선별을 이용하여 망간산화물을 회수하는 특허를 출원하였고, (주)리싸이텍코리아, 리메텍(주), 연세대학교는 건식용융방식을 이용하여 폐리튬이온전지 및 리튬이온전지 제조공정의 스크랩내에 포함된 유기금속을 회수하는 특허를 출원하였으며, Mitsubishi Heavy Industry는 자기분리기에 의해 자성체와 비자성체를 분리하고 초음파 진동기를 이용하여 코발트산리튬과 알루미늄, 구리 등의 유기물을 분리하는 특허를 출원하였다.

Santoku Kinzoku Kogyo는 니켈수소이차전지를 파쇄 후 비중 선별하고 소성하여 금속을 회수하는 특허를 출원하였고, Hitachi는 사용이 끝난 리튬 전지를 해체하고 산 또는 무기염을 포함하는 수용액에 침지하여 유기물질 또는 전지 구성 부품을 효율적으로 회수하는 특허를 출원하였으며, 한국과학기술연구원은 아황산가스가 포화된 황산 용액을 전기분해하여 디티오나이트(dithionite) 이온을 생성시키고 디티오나이트 이온에 의하여 리튬전지 양극 활물질 중의 코발트가 환원되도록 하여 리튬전지 양극 활물질로부터 코발트를 회수하는 특허와 디트리메틸펜틸포스피닉산(di-2,4,4-trimethyl pentyl phosphinic acid)을 유기추출제로 사용하여 수용액 중의 코발트와 니켈을 분리하는 특허를 출원하였다.

한국지질자원연구원은 황산 수용액을 이용한 습식처리방식으로 리튬을 안정화시킨 후 물리적으로 재처리하

는 특허와 망간 및 아연을 함유하는 폐전지를 황산용액 및 환원제로 된 혼합액에 침출하여 얻은 침출여액을 분무 건조하여 황산망간 및 황산아연을 제조하는 특허, 리튬이온전지로부터 코발트와 리튬을 회수할 때 침출액으로부터 양극 활물질인 LiCoO₂ 분말을 직접 합성하기 위하여 기계적 처리, 습식제련과 졸겔(sol-gel)법을 포함하는 공정을 적용하여 양극 활물질인 LiCoO₂ 분말을 직접 합성하는 특허를 출원하였다.

Varta Batterie Aktiengesellschaft는 니켈금속수산화물 축전지를 파쇄하고 황산을 이용하여 금속을 회수하는 특허를 출원하였으며, Recupyl는 분쇄 후 체질, 자력분리, 비중선별하고 물로 침출하여 리튬포스페이트 형태로 리튬을 회수하는 특허를 출원하였다.

Industrial Technology Research Institute는 이차전지에 열을 가해 금속 및 금속 산화물을 포함하는 재료 만든 후 황산에 용해, 추출한 후 전기분해를 하여 금속을 회수하는 특허를 출원하였고, Japan Science and Technology Corporation의 Zhang P. 등은 리튬이온이차전지를 염산과 같은 용매에 침출 후 PC-88A를 이용하여 용매 추출하여 코발트와 리튬 분리하는 논문과, 니켈수소전지를 염산에 침출 후 D2EHPA를 이용하여 용매 추출하고 옥살산염(oxalate)을 이용하여 희토류를 침전시키고 TOA로 용매 추출을 하여 코발트와 니켈을 분리하는 논문을 발표하였다.

Roma대학의 Contestabile M.등은 리튬이온전지를 가열 후 리튬코발트산화물을 얻어 염산과 수산화나트륨을 이용하여 코발트를 회수하는 논문을 발표하였고, INETI의 Nogueira C.A. 등은 1M의 DEHPA와 0.5M의 Cyanex272를 이용하여 카드뮴, 니켈, 코발트를 추출하는 논문을 발표하였다.

UFMG(Universidade Federal de Minas Gerais)의 Salgado A.L. 등은 액/액 추출과 Cyanex 272를 이용하여 알칼라인 전지로부터 아연과 망간을 회수하는 논문을 발표하였다.

5. 결 론

1990년대 이후 특허와 논문실적이 본격적으로 발표되고 있으며 특허는 1990년대 초반, 논문은 1990년대 중반 이후 증가하는 경향을 보이며 전체 건수가 특허 406건, 논문 275건 정도로 현재 성숙기 단계에 막 진입한 것으로 추측된다. 국가별로는 일본이 주도하고 있으며 한국은 2위권으로 나타나고 특허와 논문이 각각

54건, 19건으로 일본에 비해 격차가 크게 나타났으며 주요 출원인 및 주요 기관으로는 Mitsui Mining and Smelting, Sumitomo Metal Mining, 한국지질자원연구원 등으로 조사되었다. 기술별로는 금속회수 기술이 높은 점유율을 보이며 대부분의 국가에서 습식 관련 기술에 대한 특허와 논문건수가 많은 것으로 조사되었다.

핵심 특허를 살펴보면 폐전지로부터 금속을 회수하는 방법은 크게 습식법과 건식법, 건/습식 혼합법으로 나뉘는데 습식법은 산으로 침출공정을 거쳐 침전법, 전해채취법, 용매추출법 등으로 금속을 회수하는 방법이 주를 이루고 있으며 건식법은 고온에서 가열 후 파쇄하고 체질을 한 다음 자력 선별기 등을 이용하여 금속을 회수하는 방법이 주를 이루고 있다.

일차전지, 이차전지의 사용은 앞으로도 휴대용 전자 장비가 탄소경박형으로 발전함에 따라 그 사용량이 꾸준히 증가할 것으로 예상되며 사용 후 버려지는 폐전지의 양도 계속 증가할 것으로 예측된다. 보다 경제성 높은 폐전지 재활용 공정을 갖기 위하여 X-ray 선별기, UV 선별장치 등 혼합 폐전지로부터 각각의 전지를 분리해내는 전처리 공정의 개발이 필요하며 향후 전지동향을 주시하면서 향후 순환자원으로 발생이 예상되는 연료전지, 태양전지 등의 재활용 기술을 지속적으로 연구개발해야 할 것이다. 또한, 향후 특허/논문 분석을 통해 폐전지 내 성분을 활용하여 보다 고부가가치 제품을 저렴한 비용으로 제조하는 공정개발로 나아갈 것으로 예상된다.

감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 폐

금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.(11-A06-MR)

참고문헌

1. J. P. Wiaux and J. P. Waefler, 1995 : Recycling Zinc Batteries : An Economical Challenge in Consumer Waste Management, J. Power Sources, Vol. 57, pp. 61-65.
2. T.White, 2000 : Status of consumer battery recycling in Singapore, ITE Lett Batter New Technol Med, Vol. 1, No. 4, pp. 518-525.
3. 손정수, 2010 : 리튬이차전지 재활용 기술동향, 한국세라믹학회, Vol. 13, No. 5, pp. 14-20.
4. Zhang P., Yokoyama T., Itabashi O., Suzuki T.M., Inoue K., 1998 : Hydrometallurgical process for recovery of metal values from spent lithium-ion secondary batteries, Hydrometallurgy, Vol. 47, pp. 259-271.
5. Contestabile M., Panero S., Scrosati B., 2001 : Laboratory-scale lithium-ion battery recycling process, Journal of Power Sources, Vol. 492, pp. 65-69.
6. Nogueira C.A., Delmas F., 1999 : New flowsheet for the recovery of cadmium, cobalt and nickel from spent Ni-Cd batteries by solvent extraction, Hydrometallurgy, Vol. 52, pp. 267-287.
7. Salgado A.L., Veloso A.M.O., Pereira D.D., Gontijo G.S., Salum A., Mansur M.B., 2003 : Recovery of zinc and manganese from spent alkaline batteries by liquid-liquid extraction with Cyanex 272, Journal of Power Sources, Vol. 115, pp. 367-373.
8. Zhang P., Yokoyama T., Itabashi O., Wakui Y., Suzuki T.M., Inoue K., 1998 : Hydrometallurgical process for recovery of metal values from spent nickel-metal hydride secondary batteries, Hydrometallurgy, Vol. 50, pp. 61-75.

申 宣 明

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제19권 4호 참조

朱 成 浩

- 현재 과학기술연합대학원대학교 박사과정



金 洙 慶

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 선임연구원
- 당 학회지 제20권 4호 참조

曹 永 柱

- 현재 글로벌담환경기술개발사업 폐금속·유용자원재활용 기술개발사업단 연구지원실장

曹 奉 圭

- 현재 글로벌담환경기술개발사업 폐금속·유용자원 재활용기술개발사업단 단장
- 당 학회지 제18권 5호 참조

학회지 광고게재 안내

격월로 연간 6회 발간되는 한국자원리사이클링 학회지에 광고를 게재하고 있습니다. 알찬 내용의 학회지가 될 수 있도록 특별회원사 및 관련기관에서는 많은 관심을 가지고 협조하여 주시기 바랍니다. 광고게재 비용은 아래와 같으며, 기타 자세한 내용 및 광고게재에 관해서는 학회로 문의하시기 바랍니다.

	칼라인쇄 (1회)	흑백인쇄 (1회)	1년 6회 게재 기준			
			칼라 인쇄		흑백 인쇄	
			일 반	특별회원사	일 반	특별회원사
앞표지 안 쪽	50 만원	30 만원	180 만원	140 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 안 쪽	50 만원	30 만원	180 만원	140 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 바깥쪽	60 만원	40 만원	200 만원	150 만원	150 만원	120 만원
학회지 안(내지)	30 만원	20 만원	100 만원	80 만원	80 만원	50 만원

※Film을 주시는것을 기준으로 책정된 금액입니다.