

## 特許로 본 폐망간전지 再活用 技術 動向<sup>†</sup>

孫廷秀\* · 姜旻碩\*\* · 韓惠貞\*\* · 金兌炫\* · <sup>†</sup>申宣明\*

\*韓國地質資源研究院, \*\*Siontech 技術研究所

## Trend on the Recycling Technologies for the used Manganese Dry Battery by the Patent Analysis<sup>†</sup>

Jeong-Soo Shon\*, Kyung-Seok Kang\*\*, Hye-Jung Han\*\*  
Tae-Hyun Kim\* and <sup>†</sup>Shun-Myung Shin\*

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

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

### 요 약

배터리는 공기아연·리튬·망간·산화은·수은·나트륨-유황·납축·니켈-수소 이차·니켈-카드뮴·리튬이온·알칼리인 전지 등의 여러 종류가 있다. 경제적, 효율적 관점에서 폐전지의 재활용 기술은 폭넓게 연구되어 왔다. 본 연구에서는 폐망간 전지의 재활용 기술에 대한 특허를 분석하였다. 분석범위는 1986년~2006년까지의 미국, 유럽, 일본, 한국의 등록/공개된 특허로 제한하였다. 특허는 키워드를 사용하여 수집하였고, 기술의 정의에 의해 필터링하였다. 특허동향은 연도, 국가, 기업, 기술에 따라 분석하여 나타내 보았다.

주제어 : 망간전지, 재활용, 특허, 분석, 기술동향

### Abstract

There are several kinds of battery such as zinc-air battery, lithium battery, manganese dry battery, silver oxide battery, mercury battery, sodium-sulphur battery, lead battery, nickel-hydrogen secondary battery, nickel-cadmium battery, lithium ion battery and 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 on the recycling technologies of the used manganese dry battery were analyzed. The range of search was limited in the open patents of USA (US), European Union (EP), Japan (JP), and Korea (KR) from 1986 to 2006. Patents were collected using key-words searching and filtered by filtering criteria. The trends of the patents were analyzed by the years, countries, companies, and technologies.

Key words : manganese, battery, recycling, patent, analysis, Technical trend

### 1. 서 론

국내에서 발생하는 폐전지의 80% 이상을 차지하고 있는 망간전지 및 알칼리망간전지는 비교적 저가의 유가 금속이 함유되어 있어 재활용 시 경제성에 문제로 인해 거의 재활용 되지 않고 일반폐기물로 폐기되고 있다. 그

러나 전지 내에 함유되어 있는 중금속으로 인한 환경문제 발생 우려로 인해 2008년부터 망간전지·알칼리망간전지가 재활용의무대상에 포함되어 폐전지의 수거율이 높아짐에 따라 폐망간 전지 처리기술의 개발이 요구되고 있다.

연구에 앞서, 특허 분석에 의한 기술동향 파악은 기존에 수행되었던 관련기술의 연구내용뿐만 아니라, 향후 연구의 방향을 설정하는데 중요한 자료로 활용되고 있으며, 연구내용이 중복되는 것을 사전에 막아주는 역

<sup>†</sup> 2008년 1월 10일 접수, 2008년 2월 19일 수리

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

할을 한다. 이에 본 보고서에서는 망간, 알칼리망간 전지 재활용 기술에 관련하여, 2006년까지의 미국, 일본, 유럽 그리고 한국의 특허정보를 분석하였으며 이를 이용하여 기술의 동향을 파악하고자 하였다.

## 2. 기술의 분류 및 정의

### 2.1. 기술의 분류

망간/알칼리망간 전지를 Table 1과 같이 재활용 방법에 따라 선별/해체, 건식법, 습식법, 건/습식 혼합 공정으로 분류하였다.

**Table 1.** Technical classification of recycling for the used battery.

기술	재활용 방법
망간 / 알칼리 망간 전지 재활용 기술	선별 / 해체
	건식법
	습식법
	건 / 습식 혼합

### 2.2. 기술의 정의

폐전지중에서도 사용량이 가장 많은 망간 및 알칼리 망간전지는 무수은 전지의 시판으로 직접적인 환경오염은 없지만 망간, 아연, 철 등의 금속과 가성소다와 염화암모늄 등의 전해액이 사용되고 있으므로 매립, 소각에 의한 환경부하를 줄이기 위하여 모든 폐전지를 재활용하는 것이 세계적인 추세이다.<sup>1-3)</sup> 이와 더불어 우리나라에서는 2008년도부터 망간전지·알칼리망간전지가 생산자책임재활용제도의 대상품목으로 지정되었다.

## 3. 특허검색대상 및 분석 기준

### 3.1. 특허검색 대상

망간/알칼리망간 전지에 대한 특허는 그 양이 적기 때문에 검색 범위를 특별히 지정하지 않고 Wips DB에

**Table 2.** The object of analysis.

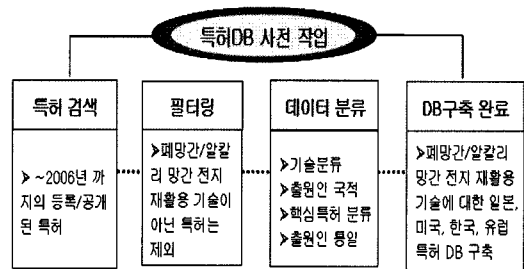
국가	분석기간	정보원	대상 특허 ( 건 )
한국	~2006 년	Wips DB	4 건
일본			22 건
미국			4 건
유럽			6 건

서 2006년까지의 공개/등록된 특허를 수집하여 사전작업을 걸쳐 최종 분석 데이터를 구축하였다.

한국 및 일본, 유럽은 특허 출원 후 1년 6개월 이후에 공개되는 특허제도의 특성상, 데이터 신뢰기간은 2004년까지만 가능하다는 것을 밝힌다.

### 3.2. 데이터 구축

DB 구축은 Fig. 1과 같이 4단계로 나누어 볼 수 있다. 망간/알칼리망간 전지 재활용 기술 관련 키워드의 조합식을 사용하여 수집된 원데이터(raw data)는 IPC, 각 기술의 정의 등의 기준에 의해 35건의 분석 대상 특허를 추출하였다. 분석 대상 특허는 기술분류, 동일출원인 명칭통일, 출원인국적, 핵심특허분류 등의 사전작업을 통하여 DB구축을 완료하였다.

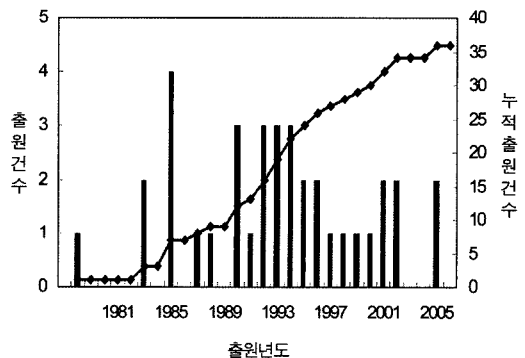


**Fig. 1.** Construction flow-sheet of data analysis.

## 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 36건이었으



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

며 최근 10년 동안 10건(28%)의 특허를 출원하였다. 1970년대 특허출원이 시작되었으며 80년대 들어와서 본격적으로 특허가 출원되었다. 매년 1~3건의 특허가 출원되고 있으며 전체적인 출원건수가 너무 작기 때문에 경향을 나타내기에는 무리가 있어 보인다. 전체적으로 특허출원은 감소하고 있다고 볼 수 있다. 2002년과 2005년의 특허가 약간 증가하는 것은 한국의 특허출원 때문이다.

4.2. 국가별 특허동향

국가별 특허 동향을 살펴보기 위해 출원국가별 특허 출원 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 22건을 출원하여 62.9%의 점유율로 가장 많은 특허를 출원하였으며 유럽이 6건(16.7%), 미국과 한국이 4건(11.1%)의 특허를 출원하여 그 뒤를 잇고 있다.

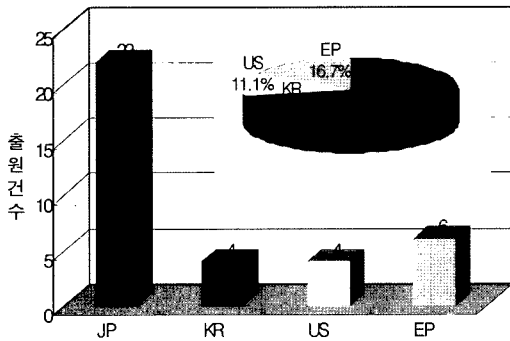


Fig. 3. The number/A share of the applied patent in each country.

각 국의 기술력을 보다 정확하게 비교해 보기 위해서는 출원인 국적에 따른 특허 출원건수를 분석하는 것이 좋다. Fig. 4는 전체 출원인 국적별 특허출원 현황 및 점유율을 나타낸 그래프이다. 일본인에 의한 특허출원은 전체 35건 가운데 26건으로 74.3%를 점유하여 가장 높은 점유율을 보였으며, 오스트리아인이 4건(11.4%), 한국인이 3건(8.6%), 미국인과 스위스인이 각각 1건(2.9%)의 특허를 출원하였다.

Fig. 5를 보면 일본은 1980년대 중반~90년대 후반에 걸쳐 많은 특허를 출원하였으며 현재까지 매년 한건의 특허를 꾸준히 출원하고 있다. 미국과 스위스는 각각 1992년과 1990년 한건의 특허를 출원하였으며 오스트

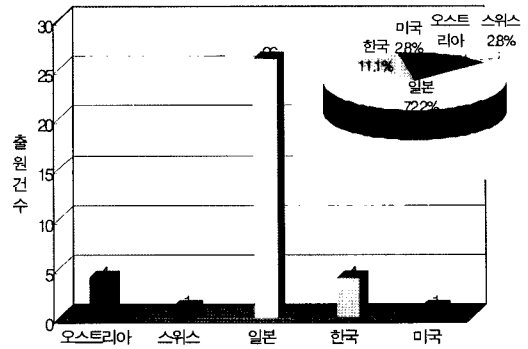


Fig. 4. The number/A share of the applied patents by the nationalities of applicants.

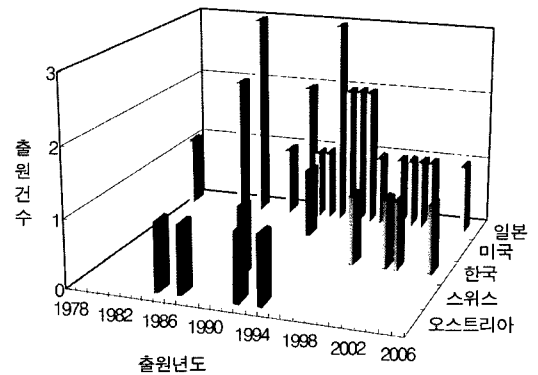


Fig. 5. A trend of the applied patents by the nationalities of applicants.

Table 3. The present status of the applied patent in each application country/the nationalities of applicants (건수(점유율%))

출원국가 \ 출원인국적	KR	JP	US	EP	합계
한국		22	2	2	26 건
일본	4				4 건
미국			1		1 건
유럽			1	4	5 건
합계	4 건	22 건	4 건	6 건	
합계	68 건	16 건	20 건	13 건	

리아는 1985~1994년까지 특허출원 활동이 보인다. 반면 한국은 1998년 이후로 특허출원이 보인다.

Table 3에서 출원국가 및 출원인국적별 특허출원/점유율 현황을 보면 일본국적의 출원인이 출원한 27건의

특허 중 일본특허에 22건(84.6%)을 출원하였으며 미국과 유럽특허에 각각 2건의 특허를 출원하였다. 일본특허는 100% 자국국적 출원인에 의해 출원되었음을 알 수 있다. 한국국적의 출원인은 3건의 특허 모두 한국특허에 출원하여 해외에 특허출원이 부진함을 알 수 있다. 한국특허에 출원된 3건의 특허 모두 한국국적 출원인에 의해 출원되었다. 미국국적 출원인에 의한 특허출원은 1건으로 미국특허에 출원하였다. 유럽국적의 출원인은 5건으로 유럽연합특허에 4건(80.0%)과 미국특허에 1건(20.0%)의 특허를 출원하였다.

4.3. 출원인별 특허동향

Fig. 6은 주요 출원인의 특허 출원 현황을 나타낸 것이다. 가장 많은 특허를 출원한 출원인은 일본기업인 Nomura Kosan과 TDK로 공동으로 특허를 출원하여 총 11건의 특허를 출원하였으며 오스트리아 기업인 Voest Alpine과 오스트리아 개인인 Ramskogler Kurt가 각각 2

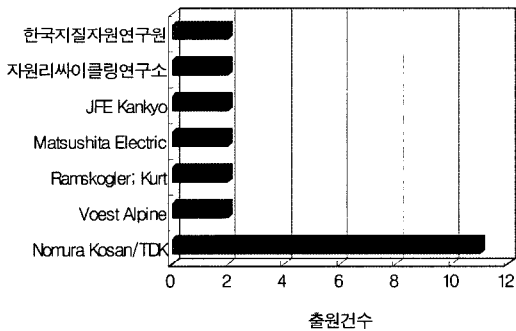


Fig. 6. The number of the applied patent by an main applicants.

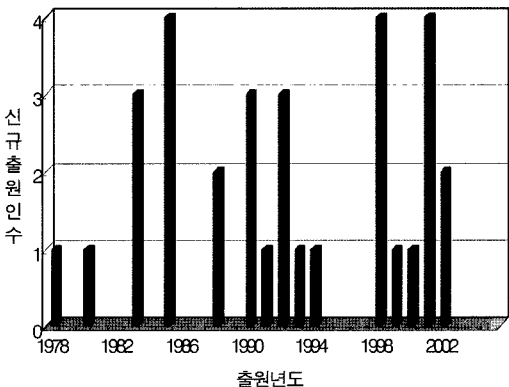


Fig. 7. The number of an new applicants according to the year.

건의 특허를 출원하였으며 일본기업인 Matsushita Electric과 JFE Kankyo가 각각 2건의 특허를 출원하였으며 한국은 자원리사이클링연구소가 2건의 특허를 출원하였다.

Fig. 7의 연도별 신규 출원인 수를 보면 1980년대 중반에서 90년대 초반까지의 신규출원인 진입이 가장 활발하였으며 1990년대 후반 이후로는 일본과 한국 출원인의 신규진입만이 보이며 2002년 이후의 신규출원인 진입은 보이지 않고 있다.

4.4. 국제특허분류 (IPC) 별 특허동향

Fig. 8은 국제특허분류(IPC)별 특허출원건수를 상위 7위까지만 나타낸 그래프이다.

노후화된 1차전지의 사용가능 부품의 재생(H01M-006/52)과 고체 폐기물의 처리(B09B-005/00)에 대한 특허가 각각 22건과 11건 이었으며, 광석 이외의 타 원재료, 예를들어 스크랩으로부터 비철금속 또는 그 화합물 추출을 위한 처리(C22B-007/00)에 대한 특허가 8건, 노후화된 축전지의 사용가능부품의 재생(H01M-010/54)이 7건, 비금속재료, 예를 들어 페라이트(H01F-001/34)가 5건, 페라이트를 기재로 하는 성형세라믹제품 또는 세라믹제품 제조전의 무기화합물의 처리분말(C04B-035/26)과 금속질 잔사 또는 스크랩(scrap)으로부터 아연 또는 아연산화물의 채취(C22B-019/30)에 대한 특허가 각각 4건 이 출원되었다.

4.5. 전체 기술별 특허동향

망간전지 재활용 기술은 크게 선별/해체, 건식법, 습식법, 건/습식 혼합 기술로 분류할 수 있다. 건식법에 의한

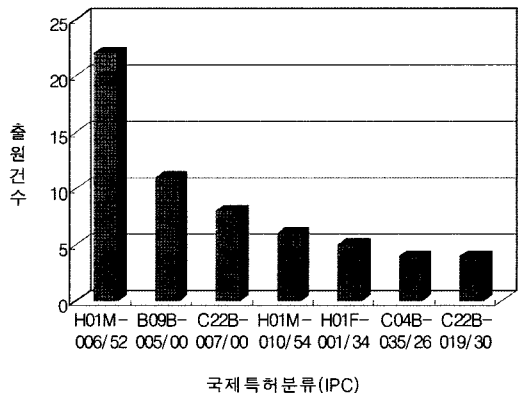


Fig. 8. The number of the applied patent according to international patent classification (IPC).

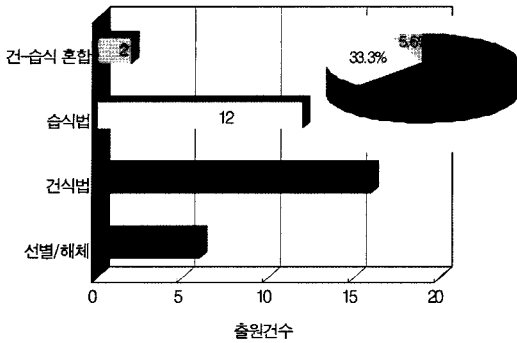


Fig. 9. The number of the applied patent in each technical classification.

재활용 기술이 16건으로 가장 많은 특허가 출원되었으며 습식법이 12건, 선별/해체가 6건, 건/습식 혼합 기술에 대한 특허가 2건 출원되었다.

### 5. 심층적 동향 분석

#### 5.1. 기술별 특허동향

Fig. 10의 망간/알칼리망간 전지에 대해 각각의 기술별로 살펴보면, 건식법은 일본에 의해 1970년대 후반부터 연구가 진행되었으나 1990년 TDK Corp와 Nomura Kosan이 공동으로 특허를 출원하기 시작하여 본격적으로 특허가 출원하기 시작하였고 90년대 중반부터 후반까지 매년 2건의 특허가 출원되었으며 2002년에 1건의 특허가 출원된 후 특허출원은 보이지 않았다. 90년대의 특허는 모두 TDK Corp와 Nomura Kosan의 특허로 금속 또는 페라이트 제조 기술이며 2002년에는 Sugihara Atsushi이 망간산화물로부터 n형 반도체를 제조하는 기술에 대한 특허를 출원하였다.

습식법을 이용한 망간전지의 재활용은 1980년대 중반부터 출원되기 시작하였는데 일본이 가장 먼저 특허를 출원하기 시작하였으며 1990년도 초~중반에 오스트리아와 스위스에서 3건의 특허를 출원하였다. 1992년 미국의 Olin Corp이 1건의 특허를 출원하였으며 2005년에는 한국지질자원연구원과 JFE Kankyo에서 각각 1건의 특허를 출원하였다.

건식/습식 혼합 기술은 1983년과 1993년 각각 1건의 특허를 출원되었다.

선별해체 기술은 1983년 일본의 Nakamura Akira가 폐망간전지와 알칼리망간전지를 사이즈별로 분리하고 각각은 중량 차이를 이용하여 서로 분리하는 방법에 대

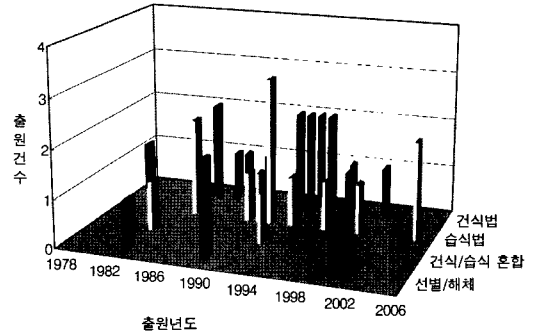


Fig. 10. A trend of the applied patent according to the year in each technology.

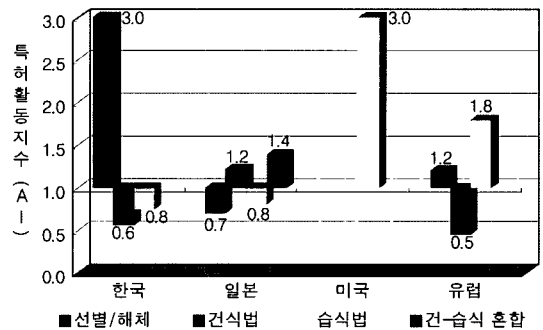


Fig. 11. Patent action index (AI) according to the nationality of an applicant in each technology.

한 특허를 출원하였으며 1990년에는 일본과 오스트리아에서 특허를 출원하였다. 이후의 특허출원은 보이지 않다가 2000년 이후 3건의 특허가 출원되었는데 이는 한국과 일본의 특허출원 때문이며 한국의 지질자원연구원과 자원리사이클링연구소에서 2건의 특허를 출원하였으며 일본의 JFE Kankyo에서 1건의 특허를 출원하였다.

Fig. 11은 각 국가의 상대적 집중도를 살펴보는 그래프로서 값이 1보다 크면 특허활동이 상대적으로 활발함을 나타낸다. 일본은 건식법과 건식/습식 혼합법에 대한 특허활동이 다른 국가에 비해 가장 활발한 것으로 나타났으며 한국은 선별/해체 기술에 대한 특허출원이 활발함을 보였다. 미국과 유럽은 습식법에 대한 특허출원이 활발함을 알 수 있었다.

Fig. 12는 망간/알칼리망간 전지 재활용 기술의 각 국가의 구간별 특허점유율을 나타내는 그래프이다. 한국은 96~00년 구간에서 특허출원을 시작하였으며 100% 건식법에 대한 특허만이 출원되었고 01~06년 구간에서는 선별/해체 기술이 66.7%, 습식법에 대한 특허가

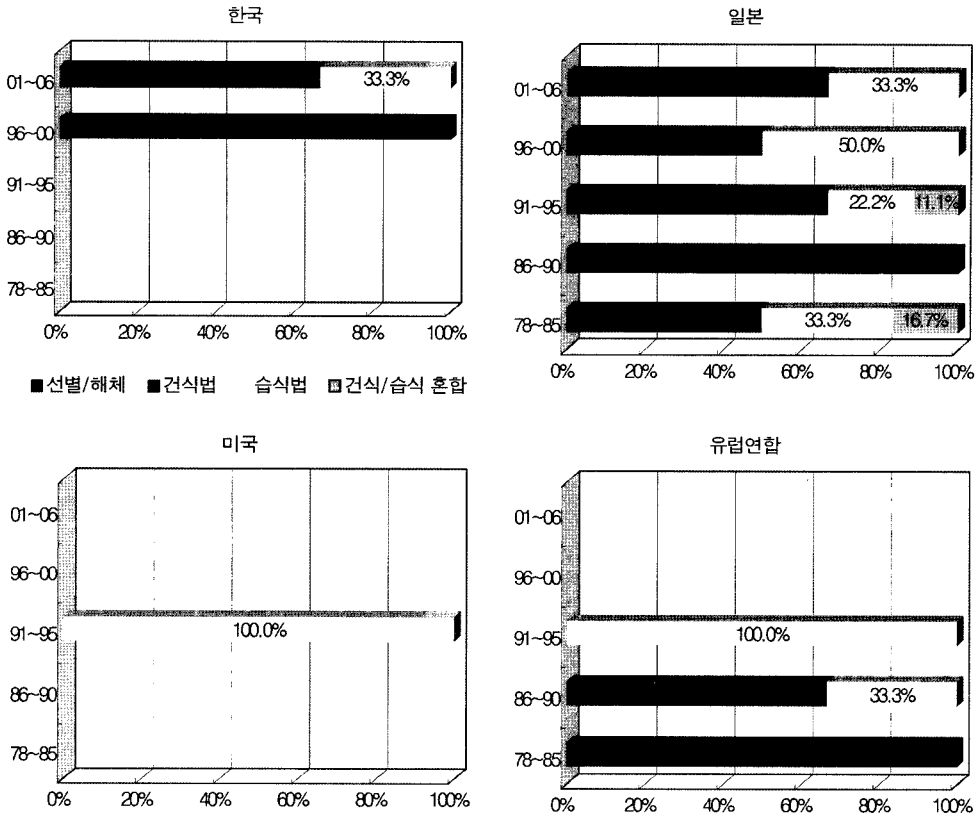


Fig. 12. A share of each technology in each country.

33.3%를 차지하고 있다. 일본은 모든 기술에 대해 특허가 꾸준히 출원되고 있으나 건식/습식 혼합 기술에 대한 특허는 91~95년 구간 이후 보이지 않았다.

미국은 91~95년 구간에 습식법에 대한 특허만이 출원되었고, 유럽은 91~95년 구간까지만 특허출원이 이루어지고 있으며 78~85년 구간에는 건식법에 대한 특허가 100% 출원되었고 86~90년 구간에서는 선별/해체, 건식법, 습식법에 대한 특허가 각각 33.3%를 차지하고 있다. 그러나 91~95년 구간에서는 습식법에 대한 특허만이 출원되었다.

Fig. 13은 각 기술에 따른 신규 출원인 동향을 나타낸 그래프이다. 모든 기술에서 1990년대까지의 신규출원인 진입이 활발하며 선별/해체 기술과 습식법에 대해서만 2000년 이후 신규출원인이 진입하는 것을 확인할 수 있었다. 2000년대 초반 선별/해체 기술의 신규출원인은 한국인과 일본인의 출원인에 의한 것이고 마찬가지로 2005년 습식법에서의 2명의 신규출원인 또한 일본과 한국인의 출원인 진입에 의한 것이다. 한국의 지

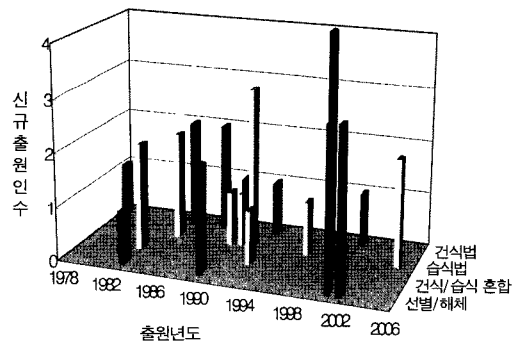


Fig. 13. The number of a new applicants according to the year in each technology.

질자원연구원이 2001년 자원리사이클링연구소가 2002년에 진입하였다.

Fig. 14는 주요 출원인의 특허 동향을 나타낸 그래프이다. 망간전지 재활용 기술에서 가장 많은 특허를 출원한 일본 기업인 Nomura Kosan과 TDK는 1985년에서

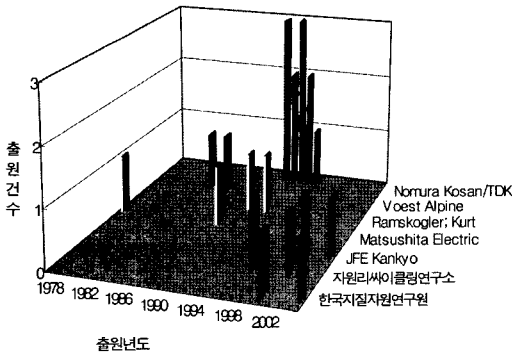


Fig. 14. A trend of the applied patent according to the year by an main applicants.

1997년까지 총 11건의 특허를 출원하였다. 패밀리특허를 제외한 7건의 특허는 대부분 페라이트를 제조하는 기술에 관한 것이었고, 그 외 아연 회수 및 아연 산화물/망간 산화물 및 염화아연을 회수하는 특허가 있었다. 오스트리아 기업인 Voest Alpine은 1985년과 1987년에, Ramskogler Kurt는 1992년과 1994년에 각각 한건의 특허를 출원하였고, Matsushita Electric은 1978년에 양극물질을 분말로 제조하여 다른 물질과 혼합하여 산화촉매로 사용하는 기술과 1990년에 선별/해체에 대한 특허를 출원하였다. JFE Kankyo는 2002년에 Miike Iron Works와 공동출원으로 건전지를 분리, 파쇄 후 자력선별하는 기술에 대한 특허를, 2005년에는 선별, 파쇄 후 습식으

로 처리하는 특허를 출원하였다. 자원리싸이클링연구소는 1998년에 플라즈마를 이용하여 유기금속을 회수하는 기술에 대한 특허와 2002년에 선별/해체 기술에 대한 특허를 출원하였고, 한국지질자원연구원은 2001년에 폐전지 해체기에 대한 특허와 2005년에 공침법을 이용한 망간-아연 페라이트 분말 제조 방법에 대한 특허를 출원하였다.

5.2. 기술의 발전도

분석한 DB 중에서 핵심특허를 추출하여 기술의 흐름을 알아보려고 Fig. 15에 그림으로 나타내어 보았다.

망간전지에 수은이 사용된 시기에는 일차적으로 수은을 가열, 증발시켜 회수하는 공정<sup>4)</sup>이 포함되어 있으며 처리비용이 고가이므로 망간-아연산화물을 다른 금속과 혼합하여 산화촉매로 제조하는 특허가 출원되었으며 전지를 형태와 중량차이를 이용하여 선별하는 특허가 기술종류를 달리하여 꾸준히 출원되었다. 유해금속이 제거된 전지를 대상으로 파쇄-분쇄-자력선별을 행한 후 크기별로 분리하여 각 스크랩을 철, 아연 및 기타로 나누어 금속제련 회사로 판매하는 내용의 특허가 출원되었으며 이후 재활용 산물의 가치를 높이기 위해서 습식법<sup>5-8)</sup>으로 특허출원이 이루어졌다. 산 침출 후 전기화학적 회수로 이산화망간과 아연을 회수하는 연구<sup>9)</sup>가 90년대 초반 특허로 출원되었으며 아연은 전해채취, 망간은 탄산망간으로 침전시켜 회수하는 특허도 출원되었다. 알

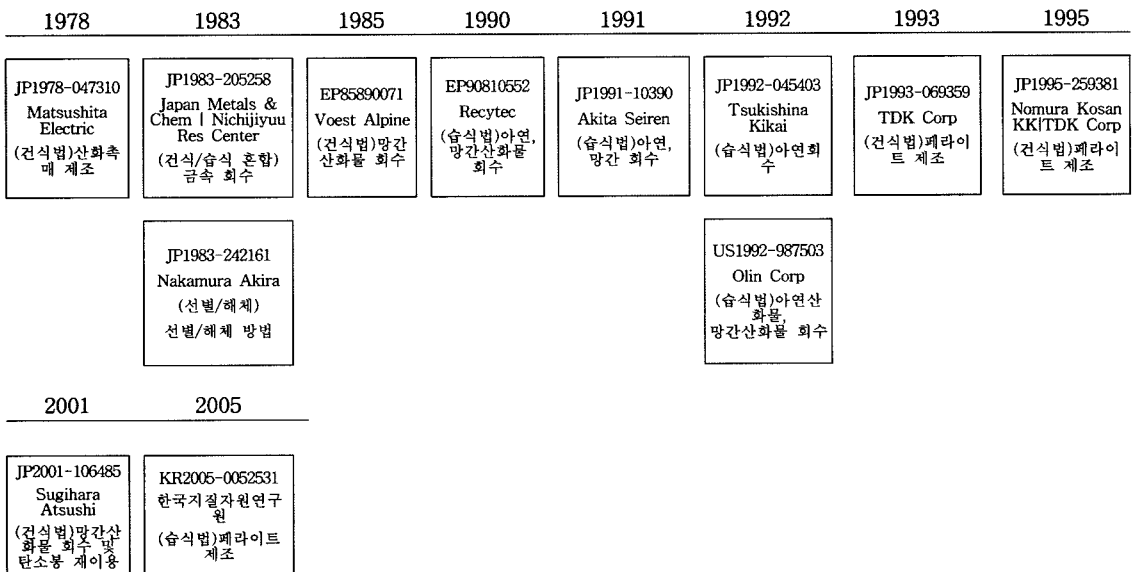


Fig. 15. Technical flow-sheet of the core patent according to the key technology in used manganese dry battery.

칼리침출법으로 아연만을 녹여서 전해채취법으로 아연 금속을 분말로 회수하는 특허가 있었으며 다른 산을 사용하여 아연과 망간을 자원화하는 특허도 출원되었다. 93년도에 일본에서 망간전지를 페라이트 원료로 활용하는 특허가 출원되면서 재활용 용도가 좀 더 다양해졌으며 페라이트 관련한 다양한 응용특허가 그 이후로 출원되기 시작했다. 2000년대 들어서는 전지 종류별 분리에 대한 자동화 관련 특허 등이 출원되었으며 고부가가치 제품을 만들기 위한 페라이트 원료화 연구<sup>10)</sup>가 계속 이어지고 있으며 일본과 한국에서 습식법으로 금속을 용해한 후 특정 용도에 사용하는 망간-아연 페라이트 제조에 대한 특허가 출원되었다. 건식법으로 아연을 증발, 회수하고 나머지 부분을 페로망간으로 활용하는 내용의 특허도 출원되었으나 처리비용이 고가인 것이 문제점으로 제기되었다.

향후 특허의 방향은 폐망간전지 내 성분을 활용하여 보다 고부가가치 제품을 저렴한 비용으로 제조하는 공정개발로 나아갈 것으로 예상된다.

## 6. 결론 및 향후 전망

본 연구에서는 망간전지의 재활용 기술에 대한 특허를 분석하였고, 망간전지의 재활용 방법에 대한 핵심특허 내용을 분석한 결과는 다음과 같다.

망간전지의 경우, 초기의 특허는 유해금속인 수은, 카드뮴을 분리, 회수하는 공정과 물리적으로 해체, 선별하여 금속 스크랩별로 제련소에서 처리하는 공정이 대부분이었으나 재활용 산물의 가격이 회수, 운반, 처리비용을 충당하기 어렵기 때문에 보다 고부가가치 제품을 제조하는 방향으로 연구가 진행되었다. 파쇄산물을 열처리하여 페라이트 원료로 활용하는 공정이 특허로 출원되어 상용화되었으나 최근 페라이트 원료 가격 하락으로 활용이 감소되는 추세에 있어 새로운 용도개발이 필요한 실정이다. 습식법으로 침출하여 전해법으로 이산화망간과 아연을 회수하는 공정도 전기효율 면에서 문제가 있어 경제성이 낮은 상태이고 습식법을 조합하여 망간-아연-페라이트를 제조하는 공정이 현재 꾸준히 연구되고 특허로 출원되고 있다. 제조된 페라이트의 수요가 적절하면 바람직한 공정으로 상용화가 가능할 것으로 예측되며 향후 특허출원 동향도 수거-운반-처리비용을 상쇄할 수 있는 고부가가치 제품의 제조 쪽으로 진행되어야 하며 아울러 폐전지가 포함하고 있는 금속성분을 적

극 활용함과 동시에 제조비용을 대폭 줄이는 공정개발에 대한 방향으로 특허출원이 이루어질 전망이다. 2008년도부터는 재활용의무대상에 포함되어 수거율이 높아질 것이므로 회수되는 폐전지를 원료로 활용할 수 있는 현실적인 공정개발과 고부가가치 제품 개발 두 방향이 모두 상용화될 수 있도록 연구 및 특허출원도 이루어져야 할 것이다.

## 후 기

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

## 참고문헌

1. Directive 91/157/EEC, Batteries and Accumulators Directive, (1991).
2. United States Environmental Protection Agency(USEPA), Product Stewardship -International Initiatives for Batteries, Online [Http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/ reduce/epr/ products/bintern.html](http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/ reduce/epr/ products/bintern.html), 3 August, (2002).
3. United States Environmental Protection Agency(USEPA), Implementation of the Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act, Online [Http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/recycle/battery.txt](http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/recycle/battery.txt), August, (2002).
4. 担当部長, 河西健之. 1993: 乾電池再資源化研究会報告書, クリーソ・ツヤパソ・セクター, p. 31-35.
5. 신선명, 강진구, 손정수, 양동효, 2006 : 폐알카리 망간전지로부터 황산을 이용한 유가금속 회수, 한국공업화학회 17(5), pp. 517-520.
6. 신선명, 강진구, 손정수, 양동효, 김수경 2005 : 폐망간전지로부터 탄산암모늄을 이용한 유가금속회수, 한국지구시스템공학회 42(2), pp. 95-100.
7. 신선명, 강진구, 손정수, 양동효, 김수경 2004 : 폐망간전지로부터 과산화수소를 환원제로 이용한 망간 및 아연의 황산침출, 한국지구시스템공학회 41(4), pp. 95-100.
8. Shun Myung Shin, Jin-Gu Kang, Jeong-Soo Shon., Dong-Ho Yang, 2007 : Development of Metal Recovery Process from Alkaline Manganese Batteries in Sulfuric Acid Solutions, MATERIALS TRANSACTIONS 48(2), pp. 244-248.
9. (사)한국자원리사이클링학회, 1999, 리사이클링백서, 제1판, 文知社, 서울, pp. 95-100.
10. 신선명, 손정수, 양동효, 강진구, 김경배, 2006: 공침법을 이용한 망간-아연 페라이트 분말제조, KR2005-0052531.



---

**孫 廷 秀**

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 책임연구원
  - 당 학회지 제12권 1호 참조
- 

---

**姜 炅 碩**

- 현재 주식회사 시온텍 대표이사
  - 당 학회지 제16권 3호 참조
- 

---

**韓 惠 貞**


- 1997~2001. 2 충남대학교 정밀공업 화학과 학사
  - 2001. 3~2003. 2 충남대학교 공업화학 석사
  - 2003. 1~2004. 4 원자력연구소 연수생
  - 2004. 5~현재 (주)시온텍 정보사업부 팀장
- 

---

**金 兌 炫**

- 현재 자원재활용기술개발사업단 팀장
  - 당 학회지 제17권 1호 참조
- 

---

**申 宣 明**

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 선임연구원
  - 당 학회지 제10권 6호 참조
-