

特許와 論文으로 본 폐 형광램프 再活用 技術 動向[†]

李承熙 · 朴憲洙 · 曹永柱 · 曹奉圭*

京畿大學教, *廢金屬 · 有用資源再活用技術開發事業團

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

Seung-Whee Rhee, Hun-Su Park, Young-Ju Cho and Bong-Gyoo Cho*

Kyonggi University

***R&D Center for Valuable Recycling*

요 약

조명기기는 일반적으로 램프벌브 내에 수은을 포함하고 있기 때문에 그대로 폐기하면 환경오염 등을 야기하는 우려가 있다. 한편, 조명기기의 수명은 방전특성의 저하 등에 근거하기 때문에 형광체층의 구성 재료인 형광체는 회수, 재생함으로써 재생형광체로서 재이용할 수가 있다. 또한, 유리벌브를 구성하는 유리재료에 관해서도 재이용이 가능하다. 본 연구에서는 폐조명기기의 재활용 기술에 대한 특허와 논문을 분석하였다. 분석범위는 1977년~2011년까지의 미국, 유럽연합(EU), 일본, 한국의 등록/공개된 특허와 SCI 논문으로 제한하였다. 특허와 논문은 키워드를 사용하여 수집하였고, 기술의 정의에 의해 필터링하였으며 특허와 논문의 동향은 연도, 국가, 기업, 기술에 따라 분석하여 나타내었다. 폐조명기기로부터 금속을 회수하는 방법으로 산에 침지시켜 회토류 금속을 회수하는 기술이 주종이었으며 무해화 기술은 필터를 이용하여 수은을 제어하는 기술이 대부분이었다.

주제어 : 조명기기 재활용, 특허, 논문, 분석, 기술 동향

Abstract

Fluorescent lamps generally involve mercury within their lamp bulbs. Thus if the lamps are disposed as they are, it might cause environmental pollution. On the other hand, as the life of the lamps depends on the degradation of the discharge performance, the fluorescent substance composing the fluorescent substance coating can be recycled by reusing them as the recycled fluorescent substance. Also, the glass material composing the glass bulbs can be reused. The range of search was limited in the open patents of USA (US), European Union (EU), Japan (JP), Korea (KR) and SCI journals from 1977 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. Recovery method of metals from spent fluorescent lamps is mainly the focus on the recovery of precious metals using acid treatment and, detoxification technology is related with controlling process of mercury using a filter system.

Key word : Lamp recycling, Patent, Paper, Analysis, Technical trend

1. 서 론

조명은 빛을 인간에게 도움이 되게 하는 목적으로 하

는 것으로 조명제품은 우리의 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 전구류를 말한다. 조명제품은 점등방식에 따라 필라멘트형 램프와 방전 램프로 크게 분류할 수 있는데 일반적으로 흔히 사용되는 조명제품 중 80%를 차지하고 있는 것이 형광등이다.¹⁾

이러한 폐형광등의 처리방법은 가정에서 분리 배출하

[†] 2012년 3월 15일 접수, 2012년 4월 17일 1차수정
2012년 5월 23일 수리

*E-mail: swrhee@kyonggi.ac.kr

여 수거되는 소량을 제외하고는 대부분의 발생량이 생활폐기물과 함께 매립 또는 소각 처리되고 있으며, 이러한 소각과 매립에 의한 처분방법은 폐형광등에 포함되어 있는 유해물질인 수은이 발생되어 대기오염을 유발시킬 가능성이 높거나 매립지에서 발생하는 침출수에 의해 지하수 및 토양오염을 유발하고 있는 실정이다.²⁾

폐형광등으로부터 유기물질을 분리 및 회수하는 방법은 폐기물에 의해 발생하는 환경오염을 근원적으로 차단하는 측면과 폐기물을 재활용한다는 측면에서 환경오염을 방지하는 동시에 자원의 재활용을 활성화하는 가장 적극적인 방법 중 하나로 평가되고 있다. 국내에서 폐형광등의 재활용에 대한 연구는 청정생산기술사업으로서 경기대학교에서 이루어진 것이 최초이고 이 외에 그동안 폐형광등 처리에 대한 연구가 학계를 중심으로 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다.³⁻⁶⁾

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 폐조명기기 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

폐조명기기 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 연구에서는 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, EU, PCT특허로 제한하였다. 본 연구에서는 검색된 특허와 논문의 초록 및 요약문을

Table 1. Main content of patent and paper analysis

	특허	논문
검색DB명	Wips	Scopus
분석건수	185건	21건
분석기간	~ 2011.11	

Table 2. Technical clarification of recycling for waste silicon sludgy

해당기술	대분류	소분류
폐조명기기 재활용	전처리	투입
		해체
		파쇄
		분리선별
	금속회수	회토류
		알루미늄
	유리회수	
	무해화	

검토하여 선정된 특허 185건과 논문 21건을 대상으로 분석하였다. 특허의 경우, 출원 후 1년 6개월 이후에 공개되는 특허제도의 특성상 2010년도부터 미공개특허가 존재하므로 분석결과와 유효기간은 2009년까지로 볼 수 있다.

2.2. 데이터 구축

본 연구에서 Database의 구축은 폐조명기기 재활용 기술과 관련된 키워드의 조합으로 조사하였으며, 이를 Table 2에 나타내었다. Table 2에 의하면, 폐조명기기 재활용 기술 분류를 대분류와 소분류로 나누었다. 대분류에서는 전처리, 금속회수, 유리회수(유리재활용 기술 포함), 무해화 기술에 관한 4개의 기술 분야로 나누었고, 소분류에서는 전처리 기술의 투입, 해체, 파쇄, 분리선별의 4개, 금속회수 기술의 회토류, 알루미늄 회수기술 2개의 기술 분야로 나누어서 분석하였다.

3. 폐조명기기 재활용 기술 관련 특허 동향 분석

3.1. 연도별 동향

폐조명기기 재활용 기술의 연도별 특허출원건수는 Fig. 1과 같이 나타났다.

1977년 폐조명기기 재활용 기술 관련 특허가 처음으로 출원되었으며 1992년 이후 본격적인 특허활동이 이루어진 것으로 나타났다. 특허활동은 1992년부터 2001년까지 급격하게 증가하여 기본적인 특허를 각국에서 보유한 이후 감소하고 있는 경향을 보인다. 2009년 이후 구간에서 특허수가 감소하는 경향을 보이는 것은 미공개 또는 심사 중인 데이터에 의한 것으로 판단되며, 이를 감안한다면 특허출원은 지속적으로 증가세를 보일 것으로 예상된다.

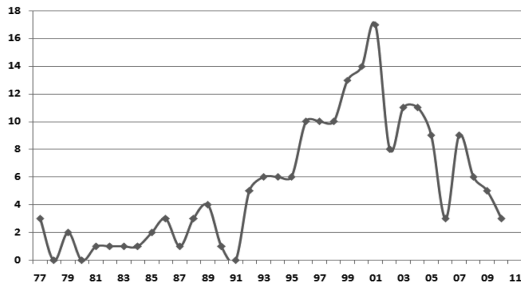


Fig. 1. Trend of the applied patent by the year.

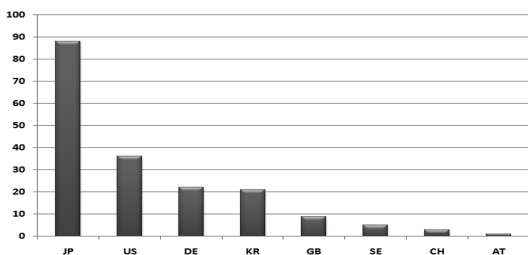


Fig. 2. The numbers of patent by the countries. 가)

3.2. 국가별 동향

특허의 출원인 국적별 특허출원건수는 Fig. 2에 나타난 바와 같다.

일본이 88건을 출원하여 47.6%로 가장 높은 점유율을 보이고 있으며 한국은 4위권으로 나타나지만 특허건수가 21건으로 일본에 비해 격차가 크게 나타났다. 미국은 36건, 독일은 22건, 영국은 9건, 스웨덴은 5건, 스위스는 3건, 오스트리아는 1건으로 나타났다. 가장 많은 특허를 출원한 일본은 2001년까지 증가한 이후 감

소하는 경향을 보이고 있다.

3.3. 주요 출원인

폐조명기기 재활용 관련 특허로부터 도출된 주요 출원인 상위 10위 현황은 Table 3에 나타내었다. Table 3에 의하면, Herborn Paul, Toshiba가 32건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, Sharp가 22건, Nippei Toyama, Kurita Water가 각각 12건의 특허를 출원하였다. 대부분의 주요출원인은 회토류와 같은 금속을 회수하는 특허를 출원하였으며, Killgerm와 Brown대학은 수은을 회수하는 무해화 기술에 대해서만 특허를 출원하였다. 상위 10위 중 일본국적 소속이 4개 기관으로 가장 많았으며 미국국적 소속이 3개 기관, 독일, 영국, 스웨덴 국적 소속이 각각 1개 기관으로 나타났다.

3.4. 기술별 동향

Fig. 3은 폐조명기기 재활용 분야 특허의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다.

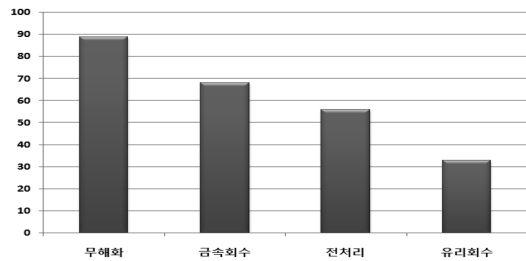


Fig. 3. The numbers of patent for detailed technologies.

Table 3. Main applicants of patent

주요 출원인	건수	기술	년도
Herborn Paul (DE)	9	전처리, 무해화	1987~2001
Toshiba (JP)	9	전처리, 금속회수, 유리회수, 무해화	2001~2006
Matsushita Electric (JP)	9	금속회수, 무해화	1996~2006
Killgerm (GB)	7	무해화	2002~2009
General Electric (US)	6	금속회수	2000~2002
Sawaya (JP)	6	전처리, 금속회수, 유리회수, 무해화	2002~2006
Brown University (US)	5	무해화	2008~2010
Daiso (JP)	5	전처리, 금속회수, 유리회수, 무해화	1994~2001
Dextrite (US)	5	전처리	1992~2000
MRT System (SE)	5	금속회수, 유리회수, 무해화	1986~1997

가) JP(Japan), US(USA), DE(Germany), KR(Korea), GB(Britain), SE(Sweden), CH(Switzerland), AT(Austria)

Table 4. The number of applied patent by nationalities of applicants in each technology

국가	전처리	투입	금속회수	희토류	유리회수	무해화
		해체		알루미늄		
		파쇄				
		분리선별				
JP	22	3	35	34	17	45
		6		1		
		14		1		
		2				
US	10	1	6	6	1	20
		10				
DE	11	4	10	10	3	4
		6				
		2				
		4				
KR	10	4	9	5	6	10
				5		
		10				
GB	2					7
		2				
SE			5	5	3	3
CH			3	3	3	
AT	1					
		1				

기술별 건수를 살펴보면 무해화 기술이 89건으로 36.2%의 점유율을 보이고 금속회수 기술은 68건으로 27.6%, 전처리 기술은 56건으로 22.8%, 유리회수 기술은 33건으로 13.4%의 점유율을 보이고 있다. 출원인 국적별 특허건수는 Table 4에 나타내었다.

Table 4에서 일본은 모든 기술에서 높은 점유율을 나

타내었으며, 세부적인 기술에서 전처리 기술은 투입, 해체, 파쇄, 분리선별로 나누었는데 대부분의 국가에서 파쇄 관련 기술에 대한 특허건수가 많은 것으로 나타났다. 전처리 기술 중 해체 기술은 독일에서 특허건수가 가장 많았다. 금속회수 기술은 대부분의 국가에서 희토류 금속회수 기술에 대한 특허건수가 많았으며, 한국은 비철

금속인 알루미늄 회수에 대한 특허도 존재하는 것으로 나타났다.

3.4.1. 전처리 기술

Fig. 4는 폐조명기기 재활용 분야 중 기술적인 측면에서 세부적으로 전처리 기술의 연도별 특허건수를 나타낸 것이다.

전처리 기술은 1992년 이후부터 본격적으로 성과가 나타난 이후 2001년까지 활발한 특허활동이 이루어져 기본적인 기술 확보를 하였고 이후에는 감소하는 것으로 보이나 최근까지 지속적인 특허활동을 나타내었다.

Fig. 5는 폐조명기기 재활용 분야 중 전처리 기술의

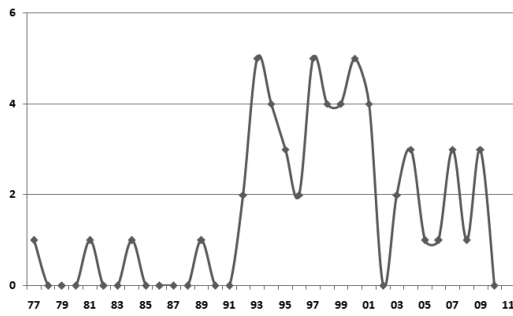


Fig. 4. The patent trends for pre-treatment technologies.

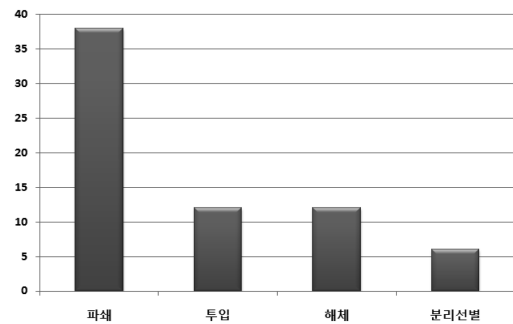


Fig. 5. The numbers of patent for pre-treatment technologies.

Table 5. Pre-treatment technology analysis by major applicants

주요 출원인	건수
Herborn Paul (DE)	8
Dextrite (US)	5
Kyokuto Kaihatsu Kogyo (JP)	3
Toshiba (JP)	2
Sawaya (JP)	2

기술별 건수를 나타낸 그래프이다.

기술별 건수를 살펴보면 파쇄 기술이 38건으로 55.9%의 점유율을 보이며 투입, 해체 기술이 각각 12건으로 17.6%, 분리선별 기술은 6건으로 8.8%의 점유율을 나타내었다.

Table 5는 전처리 기술과 관련한 특허로부터 도출된 주요 출원인(Top 5) 현황을 나타낸 표이다.

독일의 Herborn Paul이 8건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며 다음으로 Dextrite가 5건으로 나타났다. 이에 외도 일본의 Kyokuto Kaihatsu Kogyo, Toshiba, Sawaya은 각각 2건의 특허를 출원한 것으로 나타났다.

3.4.2. 금속회수 기술

Fig. 6은 폐조명기기 재활용 분야 중 금속회수 기술의 특허출원건수를 나타낸 것이다.

금속회수 기술 특허출원건수는 1990년대 중반 이후 본격적으로 성과가 나타났으며, 2000년에 급격하게 증가한 이후 2001년에는 가장 많은 9건의 특허가 출원되었으나 이후에는 감소하였다.

금속회수 기술은 주요적으로 회토류 회수와 알루미늄 회수 기술로 분류할 수 있으며, 이에 대한 기술별 특허

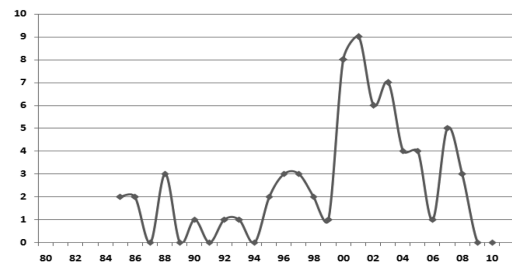


Fig. 6. The patent trends for metal recovery technologies.

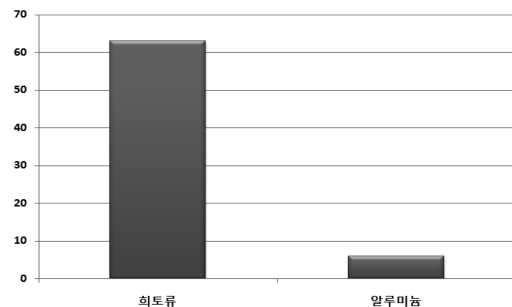


Fig. 7. The numbers of patent for metal recovery technologies.

Table 6. Production technology analysis by major applicants

주요 출원인	건수
Matsushita Electric (JP)	8
Toshiba (JP)	7
General Electric (US)	6
MRT System (SE)	5
Osram (DE)	4

건수를 Fig. 7에 나타내었다.

기술별 건수를 살펴보면 회토류 회수 기술이 66건으로 88.7%의 점유율을 보이며 알루미늄 회수 기술은 6건으로 8.5%의 점유율을 나타내어 경제성이 있는 회토류 금속 회수에 대한 관심이 매우 높은 것으로 나타났다.

Table 6은 금속회수 기술과 관련한 특허로부터 도출된 주요 출원인 (Top 5) 현황을 나타낸 표이다.

일본의 Matsushita Electric이 8건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, Toshiba가 7건, General Electric이 6건, 스웨덴의 MRT가 5건으로 일본 회사들이 금속회수 기술과 관련되어 주된 특허 출원인으로 나타났다.

3.4.3. 유리회수 기술

폐조명기기 재활용 분야 중 유리회수 기술의 연도별 특허출원건수는 Fig. 8과 같이 나타났다.

유리회수 기술은 전처리 기술, 금속회수 기술과 더불어 1990년대 중반 이후부터 활성화되었으며, 2004년까지 가장 많은 특허가 출원되었으나 최근에는 조명기기 재활용에 대한 기술개발이 지속적으로 이루어지지 않는 것으로 판단된다.

Table 7은 특허로부터 도출된 주요 출원인 (Top 5) 현황을 나타낸 표이다.

일본의 Toshiba가 6건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, 스웨덴의 MRT System과 스위스의 Recytec은 각각 3건의 특허를 출원한 것으로 나타났다. 이외에도

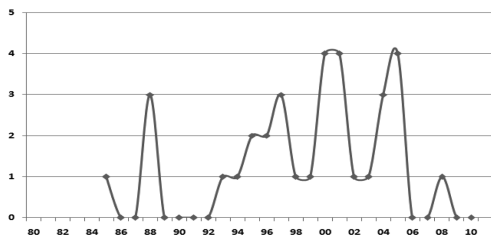


Fig. 8. The patent trends for glass recovery technologies.

Table 7. Glass recovery technology analysis by major applicants

주요 출원인	건수
Toshiba (JP)	6
MRT System (SE)	3
Recytec (CH)	3
Sawaya (JP)	2
Hetzel & Co. Elektronik-Recycling (DE)	2

일본의 Sawaya와 독일의 Hetzel & Co. Elektronik-Recycling은 각각 2건의 유리회수 기술 관련 특허를 출원하였다. 유리 회수기술에 대한 특허가 많은 것은 조명기기에서 가장 많이 발생하는 유리 재활용 기술에 대한 관심이 많이 있다는 것을 나타내고 있다.

3.4.4. 무해화 기술

Fig. 9는 폐조명기기 재활용 분야 중 무해화 기술의 특허출원건수를 나타낸 것이다.

다른 폐조명기기 재활용 기술들처럼 무해화 기술도 1990년대 진입하면서 본격적으로 성과를 나타내었으며, 1990년대 중반부터 2000년대 중반까지 가장 많은 특허가 출원되었으나 이후 급격하게 감소하였다. 그러나 최

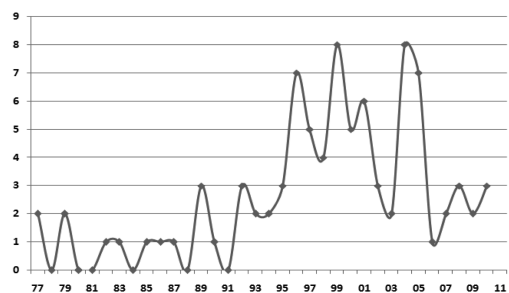


Fig. 9. The patent trends for detoxification technologies.

Table 8. Detoxification technology analysis by major applicants

주요 출원인	건수
Herborn Paul (DE)	8
Dextrite (US)	5
Kyokuto Kaihatsu Kogyo (JP)	3
Toshiba (JP)	2
Sawaya	2

근까지도 무해화 기술 관련 특허는 지속적으로 출원되는 것으로 나타나고 있으며 국제적으로 수은 관리에 대한 협약이 이루어지면 이에 대한 특허가 급증할 것으로 추정되고 있다.

Table 8은 무해화 기술과 관련한 특허로부터 도출된 주요 출원인 (Top 5) 현황을 나타낸 표이다.

독일의 Herborn Paul이 8건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, 미국의 Dextrite는 5건의 특허를 출원한 것으로 나타났다. 이외에도 일본의 Kyokuto Kaihatsu Kogyo는 3건, Toshiba와 Sawaya는 각각 2건의 무해화 기술 특허를 출원하였다.

4. 폐조명기기 재활용 기술 관련 논문 동향 분석

4.1. 연도별 동향

폐조명기기 재활용 기술의 연도별 논문발표건수를 Fig. 10에 나타냈다.

폐조명기기 재활용 기술 관련 논문은 그렇게 많은 편이 아니며 1994년에 처음으로 발표된 이후 거의 없었으나 2001년부터 2005년까지 활발하게 논문 발표가 이루어졌다. 이후에는 감소하였으나 최근에 다시 지속적으로 논문이 발표되는 것으로 나타났다. 이는 폐조명기기 재활용 시장이 활발하게 이루어진 시점에서 특허나 논문이 많이 발표되었으나 처리비용의 제약과 재활용 업체의 난립으로 재활용 시장이 실질적으로 확대되지 않아 2005년도부터 감소하였고 최근에는 수은에 대한 국제적 협약이 130개국 대표 및 UNEP를 중심으로 이루어지고 있어 이에 대한 관심이 다시 도출되기 때문에 조명기기에 대한 특허와 논문이 많아질 것으로 판단된다.

4.2. 국가별 동향

Table 9는 폐조명기기 재활용과 관련하여 발표된 논문

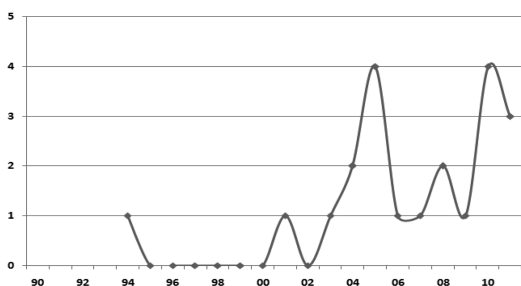


Fig. 10. Trend of the published paper by the year.

Table 9. The number of the published paper by the nationalities of author in each technology

	JP	EG	BR	US	TW	IT	LT	KR	기타
금속회수	4	2	1			1	1	1	
무해화	1		3	2	2		1		2
유리회수		1				1			1

문의 국가와 기술에 따른 게재 현황을 나타낸 표이다.

기술별 논문수를 살펴보면, 금속회수 기술은 일본이 4건으로 가장 많았고, 무해화 기술은 브라질이 3건으로 가장 많은 논문을 발표하였다. 유리회수 기술에 관련된 논문은 대부분의 국가에서 이루어지지 않고 있으며, 국내에서는 금속회수 기술에 관한 2건의 논문만이 발표된 것으로 나타났다. 일본은 조명기기에 대한 특허와 논문이 가장 많은 반면 조명기기 재활용 시설의 설치가 원활하게 이루어지지 않은 상황이며, 이는 수은에 대한 유해성이 조명기기 재활용보다 우선시되어 나타난 현상으로 판단된다.

4.3. 기술별 동향

Fig. 11은 폐조명기기 재활용 분야 논문의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다.

기술별 논문건수를 살펴보면, 금속회수와 무해화 기술이 각각 10건으로 재활용과 무해화의 비중이 같았고 유리회수 기술은 3건으로 가장 작게 나타났다. 또한, 금속회수 기술과 관련하여 발표된 10건의 논문은 각각 경제성이 있는 회도류 회수 기술이 70.0%(7건), 알루미늄 회수 기술이 10.0%(1건), 기타가 20.0%(2건)로 나타났다.

4.4. 주요기관 동향

폐조명기기 재활용기술과 관련하여 발표된 논문으로

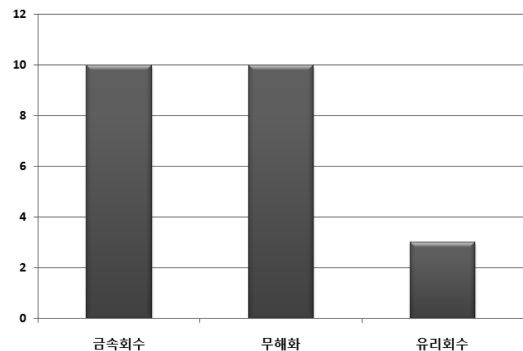


Fig. 11. The numbers of paper for detailed technologies.

Table 10. Main organizations of paper

주요 출원인	건수
Hokkaido University (JP)	2
Kyushu University (JP)	2
National Taipei University of Technology (TW)	2
CMRDI (EG)	2
Oji Paper Co. (JP)	2

부터 도출된 해외의 주요 기관 현황은 Table 10에 나타내었다.

Table 10에 의하면, 일본의 Hokkaido 대학과 Kyushu대학, 타이완의 National Taipei University of Technology,

그리고 영국회사 CMRDI와 일본회사 Oji Paper Co.에서 각각 2건의 논문을 발표한 것으로 나타났다.

5. 폐조명기기 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 심층 분석

Table 11은 기술적 중요도를 기준으로 선별된 주요특허와 주요논문을 정리하여 나타내었다.

전처리 기술 측면에 있어서 Daiso는 형광등을 연속적으로 절단하는 장치에 대한 특허를 출원하였고, National Institute Of Advanced Industrial & Technology는 파쇄기와 파쇄기로 파쇄되는 유리조각을 받는 유리 받음 하우징을 가지는 폐형광램프의 파쇄 장치에 대한 특허

Table 11. The list of core patents & papers⁷⁻⁹⁾

기술	특허번호/논문, Vol, Page	공개(등록)일	출원인(저자)
전처리	[JP]3387400	2003.01.10	Daiso
	[JP]2009-072686	2009.04.09	National Institute Of Advanced Industrial & Technology
	[JP]2011-050928	2011.03.17	JFE Kankyo
	[KR]0519494	2005.09.28	Herborn Paul
	[EP]0883890	2001.10.17	
금속 회수	[EP]1138741	2003.06.18	Toshiba Lighting & Technology
	[EP]1245687	2007.08.01	Matsushita Electric
	[EP]1126005	2002.01.30	General Electric
	[EP]2363873	2011.09.07	Osram
	[JP]2004-262978	2004.09.24	Tohoku Techno Arch, Kobelco Eco-Solutions
	[KR]0392518	2003.07.11	한국화학연구원
	[KR]0412397	2003.12.11	
	Journal of Supercritical Fluids 33(3), pp. 235~241	2005	Shimizu R., Sawada K., Enokida Y., Yamamoto I.
	Waste Management 24(2), pp. 119~126	2008	Rabah M.A.
무해화	[EP]2007522	2008.12.31	Killgerm Group
	[JP]2000-215811	2000.08.04	Hitachi
	[JP]2002-180146	2002.06.26	Awata Hiroshi
	[JP]4258144	2009.02.20	Daiso
	[JP]3669956	2005.04.22	Matsushita Electric
	[JP]4646645	2010.12.17	Sawaya
	[KR]0599185	2006.07.04	한국에너지기술연구원
	[US]6183533	2001.02.06	K & S International
	Waste Management 25(1), pp. 5~14	2005	Jang M., Hong S.M., Park J.K

허를 출원하였으며, JFE Kankyo는 폐형광관을 사전에 분류하는 과정이 없이 효율적으로 분별 처리할 수 있는 장치에 대한 특허를 출원하였다. Herborn Paul은 특정 제조자 및 형광 램프 유형을 나타내는 심볼 인쇄부와 우측 단부 및 좌측 단부를 구비한 원통형 형광 램프 몸체를 구비하는 형광 램프를 형광체 혼합물에 따라 분류하는 특허와 전기적으로 생성된 플라즈마 화염을 사용하여 유리벌브를 구비한 가스 방전 램프에서 캡을 분리하는 특허를 출원하였다.

금속회수 기술 측면에 있어서 Toshiba Lighting & Technology는 자외선광을 이용하여 형광체를 분별하고 부유선별, 산처리, 열처리 중 하나의 처리를 행하여 형광체재료로부터 수은을 제거하는 특허를 출원하였고, Matsushita Electric은 형광체를 박리하고 저온으로 가열 환원 처리하여 회수된 형광체 분말로부터 수은을 기화 분리하는 특허를 등록하였으며, General Electric은 외관내에 가스를 흐르게 하여 회토류 형광체를 함유한 피막층의 입자를 모으는 공정에 대한 특허를 등록하였다. Osram은 산에서 용해되는 회토류 형광 물질들을 추출하고 회토류를 포함하는 잔여 성분들을 침지시킨 후 옥살산 용액 또는 암모니아에 의해 침전시켜 회토류 물질을 회수하는 특허를 출원하였고, Tohoku Techno Arch, Kobelco Eco-Solutions는 형광체 분말을 액/액 분리에 의하여 회수하는 것을 특징으로 하는 형광체의 회수 방법에 대한 특허를 출원하였다. 한국화학연구원은 삼과장형광램프의 파쇄물을 아세트산에 침지시켜 마그네슘을 선택적으로 용해시켜 분리하고 잔여 고형분을 말레산(maleic acid)에 침지시켜 란탄(La), 유로퓸(Eu)을 용해시켜 분리하는 특허를 출원하였고, Nagoya대학의 Shimizu R. 등은 Tri-n-butyl phosphate(TBP)와 질산, 물을 포함하는 초임계 이산화탄소(SF-CO₂)를 이용하여 폐형광등으로부터 회토류 원소를 회수하는 논문을 발표하였으며, Central Metallurgical R and D Institute의 Rabah M.A.는 형광등으로부터 알루미늄과 니켈, 구리, 형광물질을 세척과 필터, 열처리를 이용하여 회수하는 논문을 발표하였다.

무해화 기술 측면에 있어서 Killgerm Group은 HEPA 필터 및 활성탄 필터를 포함하는 필터 어셈블리를 이용하여 수은을 회수하는 특허를 출원하였고, Hitachi는 유리의 용융 온도 이하, 수은의 기화 온도 이상에서 가열하여 수은을 유리로부터 분리하고 수은 증기를 냉각 응축하여 수은을 회수하는 특허를 출원하였으며, Awata Hiroshi는 수은 가스를 포함한 기체를 수

용액에 통과시키고 금, 은, 구리, 알루미늄 등과 수은을 반응시키거나 흡착 물질로 이루어진 충전층을 통과시켜 수은을 회수하는 특허를 출원하였다. Daiso는 유리조각을 불산과 질산의 혼산을 포함하는 세척액으로 세척하여 수은을 제거하는 특허를 출원하였고, Matsushita Electric은 유리 파쇄물을 온수 세척기에 투입하여 온수와 동시에 교반하여 유리 파쇄물과 수은을 분리하는 특허를 출원하였으며, Sawaya는 파쇄조각에 부착하고 있는 형광 물질이나 형광 물질 중에 함유하는 수은을 박리 회수하고 파쇄조각에 부착하고 있는 수은을 가열처리하여 제거하는 특허를 출원하였다. 한국에너지기술연구원은 수은 제거용 황 침착활성탄 제조방법과 제조장치에 대한 특허를 출원하였고, K & S International은 형광등을 가열하고 HEPA 필터를 이용하여 수은을 제거하는 특허를 출원하였다. Wisconsin-Madison대학의 Jang M. 등은 형광등 유리로부터 수은 방출에 대한 온도 영향과 여러 종류의 형광등에 대한 유해성을 평가하는 논문을 발표하였다.

6. 결 론

폐조명기에는 수은이 함유되어 있으며 재활용이 되지 않으면 대기오염과 지하수오염에 의한 인체로 섭취되어 악영향을 줄 수 있고 폐조명기 형광물질에는 회토류 금속이 포함되어 있어 회토류 금속을 분리/회수하는 기술이 절대적으로 필요하다.

폐조명기기를 재활용하는 기술은 1992년 이후 본격적으로 특허출원이 이루어졌으며 1992년부터 2001년까지 급격하게 증가한 이후 감소하고 있는 경향을 보인다. 국가별로는 일본이 주도하고 있고 한국은 4위권으로 나타나지만 특허건수가 21건으로 일본에 비해 격차가 크게 나타났다. 일본은 조명기기에 대한 특허와 논문이 가장 많은 반면 조명기기 재활용 시설의 설치가 원활하게 이루어지지 않은 상황이며 이는 조명기기 재활용보다 수은에 대한 유해성이 우선시되는 것으로 나타났다.

주요출원인으로는 Herborn Paul, MRT System 등으로 조사되었고 기술별로는 무해화 기술이 높은 점유율을 보이며 특허 점유율은 무해화, 전처리, 금속회수, 유리회수 순으로 조사되었다. 핵심 특허와 논문을 살펴보면 폐조명기로부터 금속을 회수하는 방법으로 산에 침지시켜 회토류 금속을 회수하는 기술이 대부분이었으며 무해화 기술은 가열한 수은가스를 필터를 이용하여 제어하는 기술이 주를 이루었다.

2005년도까지 폐조명기기 특허나 논문이 많이 발표되었고 조명기기 재활용 시장이 활성화되기 시작하였으나 처리비용의 제약으로 재활용시장이 실질적으로 확대되지 않아 2005년도부터 감소하였다. 최근에는 수은에 대한 국제적 협약이 UNEP를 중심으로 이루어지고 있어 조명기기에 대한 특허와 논문이 많아질 것으로 판단된다.

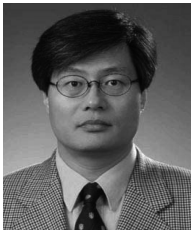
감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌담 환경기술개발사업 중 폐 금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.(11-A07-MR)

참고문헌

1. 홍윤희, 2006 : “폐조명제품 재활용관리”, 서강대학교 공정책대학원 석사학위논문.
2. 조병환, 1993 : “환경오염방지기술에 관한 세미나”, 환경

- 관리공단, pp. 23-49.
3. 이승희, 2000 : “황산습식법에 의한 폐형광등으로부터의 비철금속 분리 및 회수시스템 개발”, 산업자원부, pp. 84-91.
4. 이승희, 2000 : “고형폐기물로부터 재활용품의 물리적 분리 및 회수시스템에 대한 연구”, 경기대학교산학협력원, pp.163-182.
5. 노현웅, 윤오섭, 김수생, 1997 : “폐형광등중 수은의 습식 회수처리에 관한 연구(I)”, 한국폐기물학회지, Vol. 14, No. 5, pp. 468-475.
6. 이승희, 2003 : “굴림통 분쇄기를 이용한 폐형광등 Base Cap으로부터 알루미늄 회수에 대한 연구”, 한국폐기물학회지, 20(6), pp. 612-619.
7. Shimizu R., Sawada K., Enokida Y., Yamamoto I., 2005 : “Supercritical fluid extraction of rare earth elements from luminescent material in waste fluorescent lamps”, Journal of Supercritical Fluids, Vol. 33, pp. 235-241.
8. Rabah M.A., 2004 : “Recovery of aluminium, nickel-copper alloys and salts from spent fluorescent lamps”, Waste Management, Vol. 24, pp. 119-126.
9. Jang M., Hong S.M., Park J.K., 2005 : “Characterization and recovery of mercury from spent fluorescent lamps”, Waste Management, Vol. 25, pp. 5-14.



李 承 熙

- 현재 경기대학교 환경에너지시스템공학과 교수



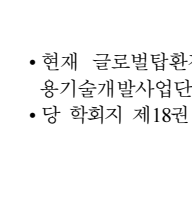
朴 憲 洙

- 현재 경기대학교 환경에너지시스템공학과 박사과정



曹 永 柱

- 현재 글로벌담환경기술개발사업 폐 금속·유용자원재활용기술개발사업단 연구지원실장



曹 奉 圭

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