

特許와 論文으로 본 廢 디스플레이 再活用 技術 動向[†]

[†]李晟圭* · 李贊基* · 洪鉉善* · 曹永柱** · 曹奉圭**

*고등기술연구원, **폐금속·유용자원재활용기술개발사업단

Trend on Recycling Technologies for Display Wastes analysed by the Patents and Literature Review[†]

[†]Sung-Kyu Lee*, Chan-Gi Lee*, Hyun-Seon Hong*, Young-Ju Cho** and Bong-Gyoo Cho**

*Advanced Materials and Processing Center, Institute for Advanced Engineering

**R&D Center for Valuable Recycling

요 약

디스플레이는 액정 디스플레이(LCD), 음극선관(CRT), 플라즈마 디스플레이 패널(PDP), 발광 다이오드(LED), 유기 발광 다이오드(OLED) 등 여러 종류가 있다. 경제적, 효율적 관점에서 폐 디스플레이의 재활용 기술은 폭넓게 연구되어 왔다. 본 연구에서는 폐 디스플레이의 재활용 기술에 대한 특허와 논문을 분석하였다. 분석범위는 1980년~2011년까지의 미국, 유럽연합(EU), 일본, 한국의 등록/공개된 특허와 SCI 논문으로 제한하였다. 특허와 논문은 키워드를 사용하여 수집하였고, 기술의 정의에 따라 필터링하였다. 특허와 논문의 동향은 연도, 국가, 기업, 기술에 따라 분석하여 나타내었다.

주제어 : 디스플레이 재활용, 특허, 논문, 분석, 기술 동향

Abstract

There are several kinds of displays such as liquid crystal display (LCD), cathode ray tube (CRT), plasma display panel(PDP), light emitting diode (LED), organic light emitting diode (OLED), etc. Nowadays, recycling technologies of waste displays have been widely studied from economy and efficiency points of view. In this paper, patents and literature on the recycling technologies of the waste displays have been comprehensively analyzed. The search was limited to the open patents of USA (US), European Union (EU), Japan (JP), and Korea (KR) and SCI journals published from 1980 to 2011. Patents and journals were systematically compiled and collected using key-words search and filtered by pre-set filtering criteria. The trends of the patents and journals were thus analyzed according to the years, countries, companies, and technologies.

Key words : recycling of waste displays, patent, literature, recycling technology, analysis

1. 서 론

전자 디스플레이(또는 간략히 디스플레이)는 TV, 컴퓨터, 휴대폰 등에 사용되어 전기적 신호를 사람이 인지 가능한 형태로 표시해 주는 화면표시장치이다. 디스플레이는 크게 브라운관으로 알려진 음극선관(CRT:

Cathode Ray Tube)와 액정표시장치(LCD: Liquid Crystal Display), 플라즈마표시장치(PDP: Plasma Display Panel), 유기발광다이오드(OLED: Organic Light Emitting Diodes) 등의 평판디스플레이(FPD: Flat Panel Display)로 나눌 수 있다.¹⁾

디스플레이 산업의 특징은 자본집약적 장비투자, 다양한 기술의 융합, 짧은 수명 사이클(life-cycle), 전후방 산업과의 높은 연관효과 등으로 요약될 수 있다. 특히, 디스플레이 산업 사이클이 3~4년 내외로 반복되면서 짧

[†] 2012년 3월 15일 접수, 2012년 4월 16일 1차수정

2012년 5월 22일 수리

*E-mail: sklee@iae.re.kr

은 수명 사이클을 보임에 따라 사용 후 디스플레이의 폐기량도 급속히 증가하고 있는 추세이다. 특히 이러한 전자 디스플레이 제품에는 고가의 희소금속자원 등이 포함되어 있어 재활용 기술에 대한 검토가 시급히 요구된다.¹⁾

우리나라에서는 현재 사용 후 디스플레이가 폐기물로 처리되고 있으며 대부분 소각되거나 매립되고 있다. 디스플레이 구성성분으로 함유되어 있는 유기금속의 경우 재자원화 기술의 낙후와 폐 제품의 물량확보 문제로 국내에서 본격적으로 재활용하는 업체가 없는 실정이다. 외국에서도 디스플레이를 재활용하기보다는 환경문제의 해결차원에서 처리하고 있는 경우가 대부분이나, 일본과 유럽연합(EU)의 경우 디스플레이에서 고가의 희토류 형광체 물질을 재 자원화하는 연구개발을 국가차원에서 시작하고 있다. 이처럼 재활용 선진국에서 경제성을 확보할 수 있는 재활용 공정을 개발하는 연구가 선도적으로 이루어지고 있으며, 향후 폐 디스플레이 제품의 대량 발생에 대비하여 국내에서도 연구 개발 및 상용화가 시급히 준비되어야 한다.¹⁾

연구에 앞서, 특허/논문 분석에 의한 기술동향 파악은 기존에 수행되었던 관련기술의 연구내용뿐만 아니라, 향후 연구의 방향을 설정하는데 중요한 자료로 활용되고 있으며, 연구내용의 중복 수행을 사전에 막아주는 역할을 한다. 이에 본 연구 논문에서는 폐 디스플레이 재활용 기술에 대하여 일본, 미국, EU 그리고 한국의 특허 정보와 논문정보를 분석함으로써 기술 동향을 파악하고자 하였다.

2. 기술 검색대상 및 분석기준

2.1. 특허 및 논문검색 대상

폐 디스플레이(CRT, PDP, LCD, LED 등) 재활용 기술 관련 특허와 논문을 분석하려면 관련된 모든 특허와 논문을 검색하여 분석하는 것이 이상적이지만 모든 것을 수집하는 데는 한계가 있으므로 우선 자료의 검색 범위를 설정할 필요가 있다. 본 논문에서는 1980년 01월 ~ 2011년 10월까지의 기간에 등록 또는 공개된 특허와 발표된 SCI 논문을 수집 대상으로 하였으며 Table 1과 같은 검색 DB를 사용하여 진행하였다. 논문은 Scopus DB^{가)}를 사용하였으며 특허는 Wips DB^{나)}를 사용하여 한국, 미

가) <http://www.scopus.com>

나) <http://wips.co.kr/>

Table 1. Main content of patent and paper analysis

	특허	논문
검색DB명	Wips	Scopus
분석건수	266건	79건
분석기간	1980.01 ~ 2011.10	

Table 2. Technical clarification of recycling for waste display

해당기술	대분류	소분류
폐 디스플레이 재활용기술	전처리	파쇄
		해체
		분리선별
	회수	금속회수
		액정회수
	무해화	
소재화		

국, 일본, EU, PCT 특허로 제한하였다. 본 연구에서는 검색된 특허 431건과 논문 174건의 raw data를 초록 및 요약문을 검토하여 노이즈 제거 후, 선정된 특허 266건과 논문 79건을 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

DB구축은 폐 디스플레이 재활용 기술과 관련된 키워드의 조합으로 조사되었으며, Table 2와 같이 파쇄, 해체, 분리선별을 위한 전처리(preprocessing), 유기 금속 회수(recovery), 유해물질 정제 및 무해화(harmless), 회수된 유기 자원 소재화 기술(Technology of materials) 등 4개의 기술 분야로 나누어 분석하였다.

3. 폐 디스플레이 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 동향 분석

3.1. 연도별 동향

폐 디스플레이 재활용 기술의 연도별 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 Fig. 1에 나타냈다.

1980년 폐 디스플레이 재활용 기술 관련 특허가 처음으로 출원되었으며 1994년 논문이 처음으로 발표되었다. 1990년대 이후 특허 출원건수가 증가하는 경향을 보이며 본격적인 특허활동이 이루어진 것으로 나타났다

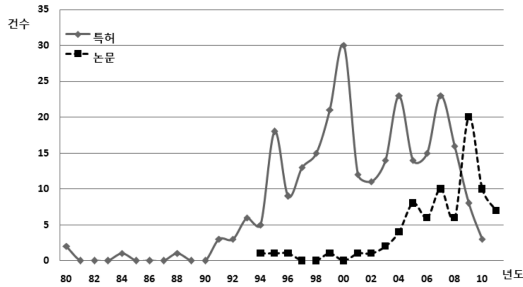


Fig. 1. Trend of the applied patent & paper by the year.

며, 1996년부터 큰 폭으로 증가하였으나 2000년대 이후에는 정체기로 나타난다.

본격적인 특허활동이 이루어지기 시작한 2004년부터 2005년까지 Sony는 폐 디스플레이 재활용 기술에 관한 특허 8건을 출원한 것으로 나타났으며 가장 활발한 특허활동을 보인 2000년의 경우 Sharp가 8건의 특허를 집중적으로 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.

논문 발표의 경우, 2000년대 이후 발표 건수가 증가하는 경향을 보이며 본격적인 논문활동이 이루어진 것으로 나타났다. 논문이 증가세를 보이기 시작한 2001년부터 2008년까지 프랑스의 Montpellier 2대학과 이탈리아의 Modena e Reggio Emilia대학은 각각 8건의 논문을 발표한 것으로 나타났으며, 2009년 이후 발표된 논문을 살펴보면 대만의 국립 Kaohsiung 응용과학기술대학과 중국과학원(Chinese Academy of Sciences) 등의

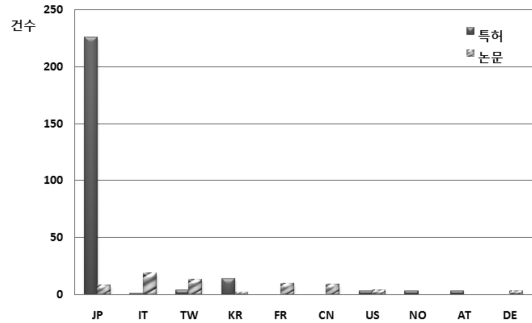


Fig. 2. The numbers of patent & paper by the country.

논문발표건수가 높은 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 보이고 있으며 특허는 226건으로 85.0%의 점유율을 나타내고, 논문은 8건으로 10.0%의 점유율을 보이고 있다. 한국은 4위권으로 나타나며 특허와 논문이 각각 14건, 2건으로 일본에 비해 격차가 크게 나타났다. 중국에 대해서는 논문발표만이 조사되었는데 이는 분석대상국가가 미국, 일본, 한국, EU, PCT로 한정되어 자국 내 특허활동은 배제된 결과이다. 이탈리아는 논문에서 가장 높은 점유율을 보이고 있으며 특허는 1건으로 0.4%의 점유율을 나타내고, 논문은 19건으로 23.8%의 점유율을 보이고 있다.

3.3. 주요 출원인

Table 3은 특허와 논문으로부터 도출된 주요 출원인

Table 3. Main applicants and organizations of patent & paper

특허		논문	
주요 출원인	건수	주요 기관	건수
Panasonic (JP)	54	Universite Montpellier 2 (FR)	9
Sharp (JP)	35	Universita di Modena e Reggio Emilia (IT)	8
Sony (JP)	20	National Kaohsiung University of Applied Sciences (TW)	5
Hitachi (JP)	10	Chinese Academy of Sciences (CN)	5
Kyokuhei Glass (JP)	9	National I-lan University (TW)	5
Mitsubishi Materials (JP)	9	Stazione Sperimentale del Vetro (IT)	5
Canon (JP)	9	University of Padua (IT)	4
Toshiba (JP)	8	Universita di Padova (IT)	4
Nippon Electric Glass (JP)	7	Centro Ceramico Bologna (IT)	3
Merck (DE)	5	Da-Yeh University (TW)	3

& 저자소속기관 (Top 10) 현황을 나타낸 표이다.

특허의 경우, 일본의 Panasonic이 54건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며 그 뒤로 Sharp가 35건으로 나타났다. 상위 10위 중 일본국적 소속이 9개 기관으로 가장 많았으며 독일국적 소속이 1개 기관으로 나타났다.

반면 논문의 경우, 특허에서는 조사되지 않은 프랑스의 Montpellier 2대학이 9건으로 가장 많은 논문을 발표하였으며 그 뒤로 이탈리아의 Modena e Reggio Emilia대학이 8건의 논문을 발표하였다. 상위 10위 중 이탈리아국적 소속 기관이 5개 기관으로 가장 많았으며 대한민국적 소속 기관이 3개 기관, 프랑스, 중국국적 소속 기관이 각 1개 기관으로 나타났고 논문 역시 한국국적 기관은 보이지 않는다.

3.4. 기술별 동향

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

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 전처리 기술이 202건으로 가장 많았으며 회수 기술이 88건, 자원 소재화 기술이 48건, 유해물질 정제 및 무해화 기술은 31건으로 나타났다.

특허의 경우, 전처리 기술이 66.6%(193건), 회수 기술이 24.8%(72건), 무해화 기술이 6.6%(19건), 소재화 기술이 2.1%(6건) 순으로 나타났으며, 논문은 특허와 달리 소재화 기술이 53.2%(42건)로 과반수 이상을 나타내며 회수 기술이 20.3%(16건), 무해화 기술이 15.2%(12건), 전처리 기술이 11.4%

(9건)의 점유율을 차지하고 있다. 출원인 및 저자 국적별 특허와 논문건수를 비교해보면 논문의 경우, 이탈리아, 대만 등에서 소재화 기술이 높은 점유율을 나타낸다. 특허의 경우, 일본은 전처리, 회수, 무해화 기술에서

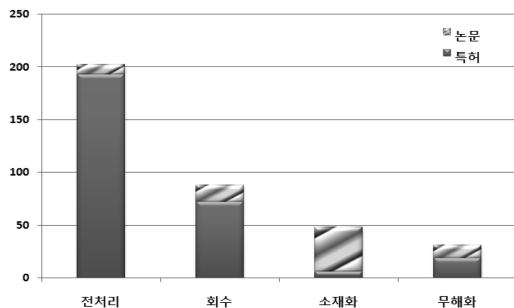


Fig. 3. The numbers of patent & paper for detailed technologies.

높은 점유율을 보이는 것으로 나타났다. 이를 Table 4에 정리하였다.

또한 전처리 기술의 경우 해체, 파쇄, 분리선별로 나누었는데 모든 국가에서 해체 관련 기술에 대한 특허건수가 많으며 미국, 오스트리아, 독일은 해체 기술에 대한 특허만을 보인다.

3.4.1. 전처리 기술

Fig. 4는 폐 디스플레이 재활용 분야 중 전처리 기술의 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다.

전처리 기술은 1990년 이후부터 본격적으로 성과가 나타나고 있으며 특히 특허의 경우, 1995년 이후의 건수가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 논문의 경우, 특허에 비해 적기는 하지만 2000년대 중반 이후에는 꾸준히 논문이 발표되고 있다.

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

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 해체 기술이 167건으로 가장 많았으며 분리선별 기술이 32건, 파쇄 기술이 49건으로 나타났다.

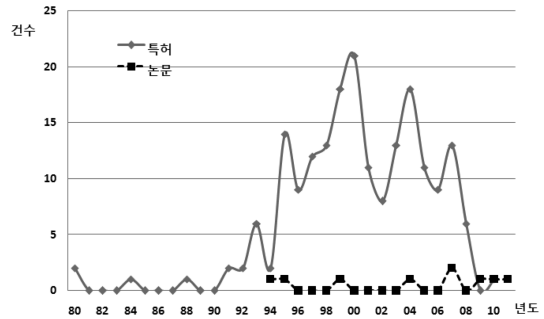


Fig. 4. The patent & paper trends for pre-treatment technologies.

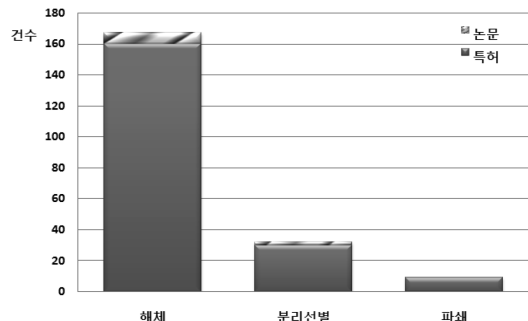


Fig. 5. The numbers of patent & paper for pre-treatment technologies.

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

국가	전처리 (특허/논문)	해체	회수 (특허/논문)	금속회수	소재화 (특허/논문)	무해화 (특허/논문)
		파쇄		액정회수		
		분리선별				
JP	(171/-)	(140/-)	(66/6)	(59/6)	(3/1)	(11/1)
		(7/-)		(16/-)		
		(28/-)				
IT	(1/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(-/19)	(-/-)
		(-/-)		(-/-)		
		(1/-)				
TW	(1/1)	(1/-)	(3/-)	(-/-)	(-/10)	(-/2)
		(-/1)		(3/-)		
		(-/-)				
KR	(6/-)	(4/-)	(3/-)	(2/-)	(3/2)	(3/-)
		(2/-)		(1/-)		
		(1/-)				
FR	(-/-)	(-/-)	(-/1)	(-/-)	(-/6)	(-/3)
		(-/-)		(-/-)		
		(-/-)				
CN	(-/1)	(-/1)	(-/5)	(-/5)	(1/1)	(-/2)
		(-/-)		(-/-)		
		(-/-)				
US	(2/1)	(2/1)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(1/3)
		(-/-)		(-/-)		
		(-/-)				
NO	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(3/-)
		(-/-)		(-/-)		
		(-/-)				
AT	(3/-)	(3/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)
		(-/-)		(-/-)		
		(-/-)				
DE	(10/2)	(10/2)	(-/1)	(-/1)	(-/-)	(1/-)
		(-/-)		(-/-)		
		(-/-)				

특허의 경우, 해체 기술이 80.4%(160건), 분리선별 기술이 15.1%(30건), 파쇄 기술이 4.5%(9건) 순으로 나타났으며, 논문은 해체 기술이 77.8%(7건), 분리선별 기술이 22.2%(2건)의 점유율을 차지하고 있다.

3.4.2. 회수 기술

Fig. 6은 폐 디스플레이 재활용 분야 중 회수 기술의 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다.

회수 기술은 1990년대 후반부터 본격적으로 성과가

나타나고 있으며 특허 특허의 경우, 1998년부터 2000년까지 증가한 이후 급격히 감소하였으나 다시 증가하는 것으로 나타났다. 논문의 경우, 특허에 비해 미미하지만 2000년대 후반에 활발한 발표 추세를 보이고 있다.

Fig. 7은 폐 디스플레이 재활용 분야 중 회수 기술의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다.

특허 및 논문의 기술별 건수를 살펴보면 금속회수 기술이 77건으로 가장 많았으며 액정회수 기술이 21건으로 나타났다.

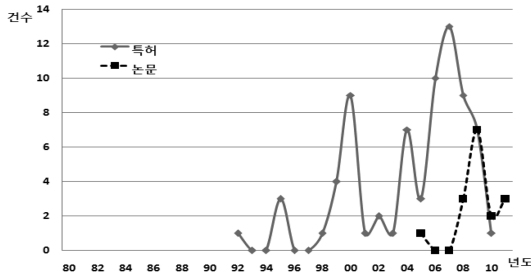


Fig. 6. The patent & paper trends for recovery technologies.

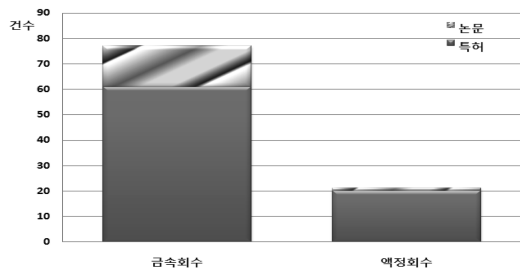


Fig. 7. The numbers of patent & paper for recovery technologies.

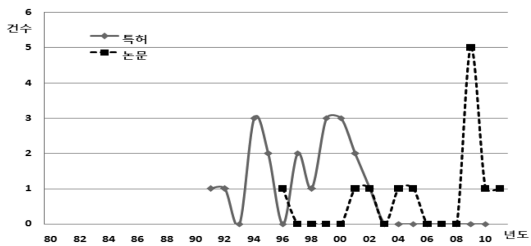


Fig. 8. The patent & paper trends for detoxification technologies.

특허의 경우, 금속회수 기술이 75.3%(20건), 액정회수 기술이 24.7%(20건) 순으로 나타났으며 논문은 금속회수 기술이 94.1%(16건), 액정회수 기술이 5.9%(1건)의 점유율을 차지하고 있다.

3.4.3. 무해화 기술

Fig. 8은 폐 디스플레이 재활용 분야 중 무해화 기술의 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다.

특허동향을 살펴보면 1994년~2001년 구간에서 대부분의 특허가 출원되었으며 2003년 이후에는 특허가 출원되고 있지 않다. 논문의 경우, 2008년까지 5건 이하였으나 이후 급격한 증가세를 보이며 2009년에 5건을 발표하였다.

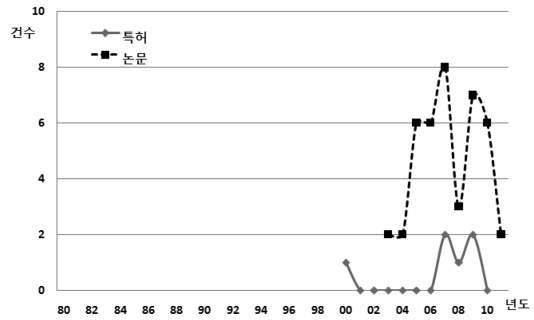


Fig. 9. The patent & paper trends for manufacturing technologies.

3.4.4. 소재화 기술

Fig. 9는 폐 디스플레이 재활용 분야 중 소재화 기술의 특허출원건수 및 연도별 논문건수를 나타낸 것이다. 특허동향을 살펴보면 2007년~2009년 구간에서 총 5건의 특허를 출원하였으며 논문의 경우, 2003년부터 논문이 발표되었고 2005년부터 증가세를 보이고 있다.

4. 폐 디스플레이 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 심층 분석

Table 5는 기술적 중요도를 기준으로 선별된 주요특허와 주요논문을 정리하여 나타내었다.

전처리 기술 측면에 있어서 Kyokuei Glass는 유리 기판을 분리하면서 표시소자 구성물을 표시 유리 기판 및 배면 측 유리 기판으로부터 깨끗하게 떼어내는 특허를 출원하였고, Mitsubishi Electric은 디스플레이 패널을 분리하는 방법 및 분리 시에 생기는 납 화합물 회수 방법과 플라즈마 디스플레이 패널의 구조 및 온도 균일성을 높인 가열방법에 관한 특허를 출원하였다.

회수 기술 측면에 있어서 Industrial Technology Research는 폐기 패널들을 용제에 침지시켜 액정을 회수하는 장치에 관한 특허를 출원하였고, Hitachi는 폐 액정 표시장치를 고체 입자가 유동하는 층 내에서 상기 유리 기판의 용점 이하, 상기 유기 화합물의 열분해 온도 이상의 온도에서 가열하고 그 유기 화합물을 분해하고 유리 및 금속을 회수하는 특허를 출원하였으며, 이철태, 설용건은 폐 LCD 유리로부터 유기물인 인듐 및 주석 성분을 추출하는 한편 유리상의 고체 잔존물로부터 저열팽창성과 고도의 무기질 발포체를 제조하는 방법에 관한 특허를 출원하였다.

한국지질자원연구원은 폐 액정패널을 열처리하고 산

Table 5. The list of core patents & papers

기술	특허번호/논문, Vol, Page	공개(등록)일	출원인(저자)
전처리	[KR]2006-0006129	2006.01.19	Kyokuhei Glass
	[KR]0847405	2008.07.14	Mitsubishi Electric
	[US]6409562	2002.06.25	
회수	[KR]2010-0019975	2010.02.19	Industrial Technology Research
	[KR]2010-0019932	2010.02.19	
	[JP]3638836	2005.01.21	Hitachi
	[KR]2011-0031683	2011.03.29	이철태, 설용건
	[KR]2011-0080557	2011.07.13	한국지질자원연구원
	[JP]2011-072854	2011.04.14	JX Nippon Mining & Metals
	[JP]2009-242877	2009.10.22	Dowa Eco-System
	[JP]2009-091599	2009.04.30	Daitoku
	[JP]4355730	2009.08.07	Densho Engineering
	[JP]2008-240139	2008.10.09	Nikko Materials, Stanley Electronic
	[JP]4374770	2009.09.18	Sony
	[JP]2001-235718	2001.08.31	Kamiwano Mitsuo
	[KR]2008-0031661	2008.04.10	Kobelco Eco-Solutions, Sharp
	[JP]2004-262978	2004.09.24	Tohoku Techno Arch, Kobelco Eco-Solutions
	Waste Management Volume 29, Pages 2033~2039	2009	Li J., Gao S., Duan H., Liu L.
	Thermochimica Acta Volume 493, Pages 105~108	2009	Park K.-S., Sato W., Grause G, Kameda T., Yoshioka T..
Journal of Hazardous Materials Volume 161, Pages 1109~1113	2009	Chen M., Zhang F.-S., Zhu J.	
자원 소재화	Ceramics International Volume 34, Pages 1289~1295	2008	Andreola F., Barbieri L., Karamanova E., Lancellotti I., Pelino M.
	Waste Management Volume 29, Pages 1945-1951	2009	Dondi M., Guarini G, Raimondo M., Zanelli C.

침출하여 인듐보다 이온화 경향이 큰 석출용 금속을 가하여 인듐을 석출하는 특허를 출원하였고, JX Nippon Mining & Metals는 유리 기판을 파쇄 후, 유리를 파편하고 질산 용액에 교반하여 유리 파편으로부터 표층을 제거 및 표층에 포함된 은, 비스무트, 아연을 회수하는 기술을 연구개발 하였다.

Dowa Eco-System은 액정 패널의 유리에 균열을 발생시켜 산 용액에 침지한 후, 금속을 침출하여 회수하는 특허를 출원하였다. Daitoku는 폐 액정 패널을 절단, 파쇄하고 질화 리튬과 동시에 암모니아 또는 질소 분위기 하에서 교반 처리하여 인듐을 회수하고 그 결과 생성되

는 수산화 리튬을 인듐의 회수 처리에 재이용하는 특허를 출원하였다.

Densho Engineering은 LCD로부터 인듐을 회수하는 기술에 관한 것으로, 연소 또는 탄화하는 온도 이상, 유리의 용융 온도 미만으로 가열하여 반응로내의 잔존물부터 유리 기판을 꺼내 샌드 블라스트 처리를 행하고, 유리 기판의 부착물을 분리 제거하여 폐기 샌드 내의 인듐 함유량을 1%이상으로 한 것을 특징으로 하는 특허를 출원하였으며, Nikko Materials, Stanley Electronic은 250 μm 이하의 유리 미분으로 분급하고 산 처리 및 용매추출, 세척을 통하여 인듐을 회수하는 특허를

출원하였다.

Sony는 액정 패널의 접합에 사용되고 있는 부분만을 기관 표면에 국부적으로 가열하여 접착력을 감소하게 하고 액정 패널을 구성한 2장의 기관을 분리한 후 기관 표면 막에 적층된 금속을 회수하고 동시에 기관을 유리 소재로 재활용 할 수 있는 기술을 개발하였다. Kamiwano Mitsuo는 초임계 반응기에 용매와 액정 패널을 공급하고 가압 가열 후, 액정 패널 중의 금속 성분을 석출하여 액정 및 합성수지 재료를 저분자화합물로서 분리하는 특허를 출원하였다.

Kobelco Eco-Solutions, Sharp는 산을 사용하여 산화 인듐 주석을 용해시켜 인듐 화합물 함유 용액을 얻고, 인듐보다 이온화 경향이 큰 금속으로 이루어진 금속 입자를 첨가하여 인듐 또는 인듐 합금을 분리 및 회수하는 특허를 출원하였다.

Tohoku Techno Arch, Kobelco Eco-Solutions는 수성 용액과 유성 용액을 액/액 분리, 계면활성제를 함유하는 유성 용액과 극성 화합물로 되는 유기 용액을 액/액 분리하여 형광체를 회수하는 특허를 출원하였다.

Tsinghua대학의 Li J.등은 해체를 통해 PMMA 등을 제거하고 열 충격 방식으로 편광 필름을 제거 및 초음파 세척을 통하여 액정을 제거한 후 산 추출을 통해 인듐을 회수하는 논문을 발표하였다.

Tohoku대학의 Park K.-S.등은 인듐산화물(In_2O_3)이나 LCD 분말에서 polyvinyl chloride

(PVC)와 같은 염소화제를 이용하여 인듐을 회수하는 논문을 발표하였다. 중국과학원의 Chen M.등은 온도 $1000^{\circ}C$, 압력 1000 Pa에서 환원제로 탄소를 첨가하여 4시간 동안 열 진공 처리 후 납을 회수하는 논문을 발표하였다.

소제화 측면에 있어서 Modena e Reggio Emilia대학의 Andreola F.등은 CRT 유리를 분쇄, 건조 후 점토와 혼합 후 분산제를 첨가하여 열을 가해 CRT 유리를 용융제로 사용하여 타일을 제조하는 논문을 발표하였고, CNR-Institute of Science and Technology for Ceramics의 Dondi M.등은 컴퓨터와 텔레비전의 폐유리를 분쇄한 후 점토와 물을 혼합하고 가열하여 벽돌과 타일로 재활용하는 논문을 발표하였다.

5. 결 론

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

1990년대 이후 특허와 논문이 본격적으로 출원, 발표되고 있으며 특허는 1990년대 초반, 논문은 2000년대 초반 이후 증가하는 경향을 보이며 전체 건수가 특허 266건, 논문 79건 정도로 현재 성숙기 단계에 막 진입한 것으로 추측된다. 국가별로는 일본이 주도하고 있으며 한국은 4위권으로 나타나고 특허와 논문이 각각 14건, 2건으로 일본에 비해 격차가 크게 나타나고 있는 것으로 보이며, 주요 출원인 및 주요 기관으로는 Panasonic, Sharp, Sony, Montpellier 2대학, Modena e Reggio Emilia대학 등으로 조사되었다. 기술별로는 전처리 기술이 높은 점유율을 보이며 한국은 전처리, 소제화, 회수, 무해화 순으로 조사되었다.

핵심 특허와 논문을 살펴보면 폐 디스플레이로부터 금속을 회수하는 방법으로 산 침출을 통하여 인듐을 회수하는 특허가 대부분이었으며 소제화는 CRT 유리를 재활용하여 타일이나 벽돌을 만드는 논문이 주를 이루고 있다.

우리나라는 디스플레이 제품에 대한 세계 최고기술 보유 및 세계 최대 공급국임에도 불구하고 국내의 재활용 인프라 미비로 인해서 플라스틱 케이스와 금속 프레임 등의 일부 부품을 제외하고는 전량 소각 처리하고 있는 실정이다. 그러므로 디스플레이의 구성비는 작으나 고가의 회소금속 자원을 다량 함유하고 있는 액정 패널 및 백라이트 유닛의 효과적 처리 및 재활용을 환경 친화적이고 효율적으로 수행하는데 필요한 선택적 분리, 분해 기술 및 최적의 회수 기술 개발이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌담 환경기술개발사업 중 폐 금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.(11-A02-MD)

참고문헌

1. 홍현선, 공만식, 이성규, 강홍윤 2010: “폐 디스플레이 전자제품 재활용 현황과 기술 전망”, 공업화학전망, **311**, pp. 10-19.
2. 유경근, 이재천, 정진기, 강경석 2009: “특허검색에 의한 폐전기전자기기 재활용 기술 동향”, 한국자원리싸이클링학회지, **814**, pp. 70-81.
3. Li J., Gao S., Duan H., Liu L. 2009: “Recovery of valuable materials from waste liquid crystal display panel”, Waste Management, **29**, pp. 2033-2039.

4. Park K.-S., Sato W., Grause G, Kameda T., and Yoshioka T. 2009: "Recovery of indium from In₂O₃ and liquid crystal display powder via a chloride volatilization process

using polyvinyl chloride, Thermochimica Acta", 493, pp. 105-108.



李 晟 圭

• 현재 고등기술연구원 청정재료공정 연구팀 수석연구원



李 贊 基

• 현재 고등기술연구원 청정재료공정 연구팀 수석연구원



洪 鉉 善

• 현재 고등기술연구원 청정재료공정 연구팀 수석연구원



李 晟 圭

• 현재 글로벌담환경기술개발사업 폐 금속·유용자원재활용기술개발사업단 연구지원실장

曹 奉 圭

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