

韓國의 E-waste 리사이클링 시스템과 再資源化産業[†]

[†]吳在賢 · 金俊秀* · 文碩敏** · 閔芝源***

延世大學校 名譽教授, *韓國地質資源研究院, **ACN, ***韓國資源리사이클링學會

Recycling System and Recycling Industries of the E-waste in Korea[†]

[†]Jae-Hyun Oh, Joon-Soo Kim*, Suk-Min Moon** and Ji-Won Min***

Professor Emeritus of Yonsei University, *Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources,
ACN, *The Korean Institute of Resources Recycling

요 약

E-waste는 종류가 많고 유통경로가 다양하여 눈에 보이지 않는 흐름이 주류를 형성하고 있다. E-waste에는 레어메탈의 사용이 많을 뿐 아니라 유해한 중금속도 함유되어 있어 자원확보면에서, 환경오염방지면에서 재자원화 처리가 필수적이며 정확한 재자원화 물질흐름의 분석이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 2008년 1월부터 실시한 “전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률” 중에서 E-waste와 관련된 법률내용의 골자, 리사이클링시스템, 리사이클링현황, E-waste 배출량 추정과 물질흐름 및 PCB의 경제학을 논하였다. 그리고 현시점에서 한국의 E-waste 재자원화산업을 약술하였다.

주제어 : E-waste, 리사이클링시스템, E-waste의 물질흐름, PCB, 재자원화산업

Abstract

Waste electrical and electronic equipment(WEEE or E-waste) is one of the fastest growing waste stream in Korea. The proper management of such equipment has become of major concern for solid waste professionals because of the large growth of the waste stream and the presence of a myriad of toxic materials with in it. In this paper, in order to review the recycling system and recycling industries of the E-waste in Korea, the main frame concerning recycling of “Act on the Resources Recycling of Waste Electrical Electronic Equipment(WEEE) and End-of-life vehicles”, recycling system, current recycling status, estimation of the E-waste generation, material flow of the E-waste, economics of PCB and recycling industries of the E-waste were surveyed.

Key words : E-waste, Recycling system, Material flow of the E-waste, PCB, Recycling industry

1. 머리말

Table 1¹⁾은 2008년과 2009년도 한국의 법정 전기·전자제품의 제조량과 수입량을 나타낸 것이다. 이 법정 제품 이외에도 수많은 전기·전자제품이 유통되고 있다. 2009년 9월 서울시의 지원으로 설립된 S.R센터(도시광산재활용센터)에서는 38종의 전기·전자기기의 수

집·분해·선별작업을 하고 있다.

한편 이들 법정제품만 하더라도(Table 2) 2008년 785,480톤, 2009년 567,804톤이 출고되어 소비자에 의해 사용되고, 2년~8년 후에는 E-waste로 소매업자, 지자체, 중고품취급업자 및 기타 등으로 배출된다. 이와 같이 E-waste는 종류가 많고, 유통경로가 다양하여 눈에 보이지 않는 흐름이 주류를 형성하고 있다. 한편 E-waste에는 레어메탈의 사용이 많을 뿐 아니라 유해한 중금속도 함유되어 있어 자원확보면에서, 환경오염방지면에서 재자원화처리가 필수적이며 정확한 재자원화 물

[†] 2011년 8월 18일 접수, 2011년 9월 14일 1차수정
2011년 9월 27일 수리
^{*}E-mail: kirr@kirr.or.kr

Table 1. Production and import of the EEE(Electric, Electronic, Equipments) in Korea

품목명	2008 년		2009 년	
	제조량 (kg)	수입량 (kg) : 신제품 + 중고제품	제조량 (kg)	수입량 (kg) : 신제품 + 중고제품
냉장고	306,800,708	5,028,446	213,512,614	131,454,565
세탁기	101,687,316	641,388	52,545,783	48,009,438
에어컨디셔너	119,317,242	5,062,994	73,864,450	77,313,595
텔레비전	73,611,419	526,331	30,456,626	37,583,081
개인용컴퓨터	40,984,374	11,452,876	26,804,137	22,173,224
오디오	1,527,593	2,311,306	2,143,008	1,709,124
이동전화단말기	2,541,850	442,533	1,817,728	1,210,263
프린트	7,225,996	15,680,840	6,467,237	13,207,977
복사기	2,396,474	3,707,813	1,854,923	2,727,454
팩시밀리	610,102	227,345	437,281	51,221
합계	656,703,074	45,081,872	409,903,787	335,439,942

질호름의 분석이 요구되고 있는 실정이다.

이러한 관점에서 2008년 1월부터 실시한 “전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률” 중에서 E-waste와 관련된 법률 내용의 골자, 리사이클링시스템, 리사이클링현황, E-waste 배출량 추정과 물질호름 및 PCB의 경제학을 논하였다. 그리고 현재 한국의 E-waste 재자원화산업을 약술하였다. 도시광산의 대상으로 지목되는 폐차(ELV), E-waste 및 사업장폐기물 중에서 E-waste의 비중은 높다. 그러나 E-waste의 발생량(배출량), 재활용량 및 유통경로가 타 대상물보다 불투명하다. 본 고가 E-waste의 전체상을 파악하는데 도움이 되고, E-waste 재자원화산업의 분석에 일조가 되었으면 한다.

2. 법·제도 및 리사이클링시스템

2.1. 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률

폐기물예치금제도(1992~2002), 생산자책임재활용제도(2003~2007)에 의해서 관리되어 왔던 E-waste는, 2007년 4월 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률(이하 법률)이 공포됨으로서, 2008년 1월부터 이 법률에 의해 관리하도록 되었다. 법률 중 E-waste와 관련된 내용의 골자는 다음과 같다.

① 적용대상 전기·전자제품(시행령 제8조)

- 1. 텔레비전
- 2. 냉장고

- 3. 세탁기 (가족용으로 한정)
- 4. 에어컨디셔너
- 5. 개인용 컴퓨터 (모니터 및 자판 포함)
- 6. 오디오 (휴대용은 제외)
- 7. 이동전화단말기 (전지 및 충전기 포함)
- 8. 프린터
- 9. 복사기
- 10. 팩시밀리

② 제조·수입업자의 재활용 의무(법률 제15조)

전기·전자제품 제조·수입업자와 그로부터 재활용을 위탁받은 자는 환경부령으로 정하는 제품별 재활용 방법과 기준에 따라 재활용하여야 한다. 법률 제15조와 관련 “제품별 재활용의 방법과 기준”은 다음 시행규칙 제4조 별표 1과 같다.

③ 재활용의무비율과 재활용의무량(법률 제16조)

환경부장관은 전기·전자제품별로 연간 출고량 중 재활용하여야 하는 양의 비율(이하 “재활용의무비율”이라 한다)을 정하여 고시하여야 한다.

2.2. 리사이클링시스템

Fig. 1²⁾에 E-waste 수집과 리사이클링시스템을 도시하였다. 법률에서 알 수 있는 바와 같이 한국의 E-waste 리사이클링시스템은 생산자책임재활용제도하에서 운용되고 있다. 먼저, 환경부가 매년 의무 리사이클링률을 공표한다. 생산자가 리사이클링 의무를 수행하는 방

[별표 1] 제품별 재활용의 방법과 기준 (제 4 조 관련)

재활용의 방법	재활용의 기준
1. 해체·압축·파쇄·절단 등의 중간처리과정을 거쳐 재사용가능부품을 재사용하거나 소재별로 분리하여 재활용	<p>가. 재사용·재활용하는 비용이 해당 중량기준으로 텔레비전 [리퀴드 크리스탈 디스플레이(LCD) 텔레비전 및 플라즈마 디스플레이 패널(PDP) 텔레비전은 제외한다]·개인용 컴퓨터는 65 퍼센트 이상, 냉장고·오디오·이동전화단말기는 70 퍼센트 이상, 세탁기·에어컨디셔너는 80 퍼센트 이상, 프린터·복사기·팩시밀리는 2008년말까지는 65 퍼센트 이상, 그 이후에는 75 퍼센트 이상이어야 한다.</p> <p>나. 냉장고는 염화불화탄소(CFC) 등 냉매물질(오존층파괴지수가 0인 물질은 제외한다)을 안전하게 따로 회수하여야 한다.</p> <p>다. 개인용 컴퓨터, 이동전화단말기는 인쇄회로기판(PCBs)의 유가금속을 회수하는 등 안전하게 재활용하여야 한다.</p> <p>라. 이동전화단말기 등의 전지는 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 별표 4 제 7호의 전지류의 재활용의 방법 및 기준에 따른다.</p>
2. 재활용을 목적으로 한 수출	폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률에 따라 수출하여야 한다.

법에는 3종류가 있다. 첫째, 생산자가 리사이클링 플랜트를 건설하여 직접 리사이클링하는 방법, 두번째, 생산자가 리사이클링업자에게 위탁해서 리사이클링 의무를 대행하는 방법, 세번째, 생산자가 리사이클링협회(일종의 생산자책임기구)에 가입하여 분담금을 납부하고 리사이클링을 위탁하는 방법이다. 생산자는 이 세가지 방법 중에서 선택할 수 있다. 의무에 미달될 경우는 미달분에 대한 리사이클링 비용을 추가해서, 최대 30% 내에서 리사이클링 부과금이 부과된다.

생산자는 생산자책임기구(한국전자산업환경협회, 이하 환경협회)에 자기 상품 시장점유율(share)에 의한 분담금을 납부하여, 동 기구가 중심이 되어 리사이클링 의무를 수행하게끔 되었다. 구체적으로는 생산자의 부담으로 리사이클링 플랜트가 지역별로 6개소 건설되었다. 영남권에는 칠서리사이클링플랜트(LG전자, 2001년), 중부권

에는 아산리사이클링플랜트(삼성전자, 1998년), 수도권에는 수도권리사이클링플랜트(2003년), 호남권에는 정읍리사이클링플랜트(대우전자, 2008년), 제주권에는 제주리사이클링플랜트(2009년), 경기북부리사이클링플랜트(2011년 5월)가 생산자의 판매량에 의해서 무료 회수된 E-waste의 리사이클링을 수행하고 있다.

실제로는 생산자에 의한 지역별 리사이클링플랜트와 기존 리사이클링업자에 위탁처리하는 혼합형태로 리사이클링시스템이 구축되어 있다. 계약 리사이클링업자에게 위탁 처리하는 경우는 환경협회로부터 각 품목마다 일정금액의 위탁처리비가 지불되고 있다. 대상품목의 확대와 더불어 계약 리사이클링업자 수도 증가하여, 2010년 현재 43개 업자와 협력관계가 구축되고 있다.

소비자가 지자체 루트를 통하여 배출 하는 경우에는 폐기물관리법에 의하여 수수료를 지불해서 배출하고 있다. 다만, 생산자(환경협회)와 계약을 체결한 지자체의 경우는 E-waste를 지자체의 비용부담(운송비)으로 생산자시설(생산자 리사이클링플랜트 또는 계약 리사이클링업자)까지 운반하여 리사이클링하고 있다.

요시다 아야(吉田 綾) 등³⁾은 한국의 E-waste에 관한 다양한 연구를 수행하여 Fig. 2(제품의 배출방법)와 Fig. 3(배출시의 제품상황)을 발표하고 있어 매우 흥미롭다. Fig. 2에 의하면 E-waste가 판매점을 통한 배출보다도 지자체를 통한 배출량이 많으며, 민간업자(중고품 취급업자)에게 배출되는 량도 평균 20%를 나타내고 있다.

소비자가 소매업자에게 무료로 배출하는 E-waste는 철저하게 관리하고 있는 반면, 소비자가 지자체 또는 중

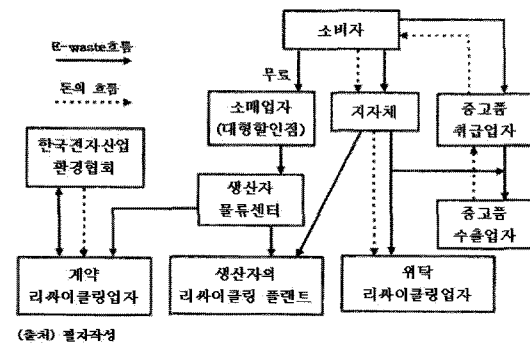


Fig. 1. Collection and recycling system of the E-waste in Korea.

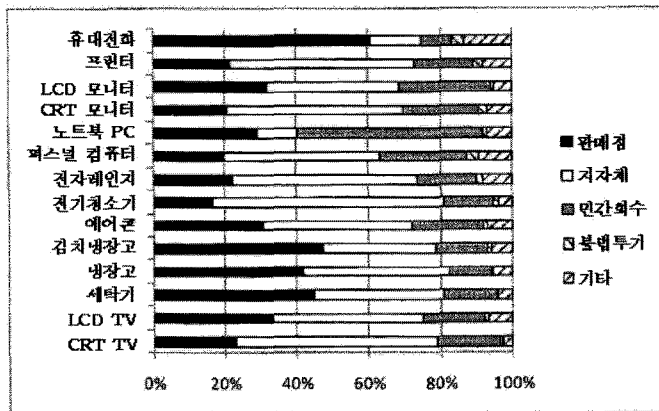


Fig. 2. Discharge route of the E-waste.

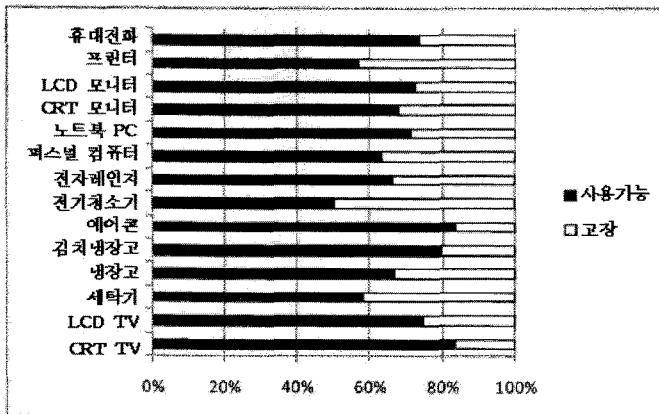


Fig. 3. Discharge status of the E-waste.

고품취급업자(Fig. 1 참조)에게 배출하는 E-waste(유상 또는 역유상)의 실상은 잘 파악되지 않고 있다. 다만, 중고상품으로서 재사용과 중고품수출 등이 차지하는 비중이 클 것으로 추정되며, 이 때문에 E-waste의 재활용 의무비율이 낮은 원인(遠因)이 아닌가 생각된다.

Fig. 3에서는 사용가능한 제품(60% 이상)이 폐기물로 배출되고 있음을 보여주고 있다. 전기·전자제품은 빠른 모델변경 등의 이유로 있겠지만 3R의 우선순위의 reduce, reuse의 관점에서 볼 때 생산자의 DiR(Design for Recycling)에 대한 관심을 촉구하고 싶다. 한편 Fig. 3의 결과는 민간 및 지자체 배출을 주도하는 원인(原因)으로 추정된다. Fig. 2와 Fig. 3에서 한국의 E-waste 리사이클링시스템은 생산자책임재활용제도 이외의 보이지 않는 흐름이 높은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다.

3. E-waste의 리사이클링

3.1. E-waste 리사이클링량

Table 2⁴⁾는 년도별 품목별 출고량, 재활용의무량 및 실적량을 표시한 것이다. 출고량은 제품의 평균 수명(life span)을 감안한 배출량을 추정(후술)하는데 중요한 자료가 된다. 법정 10개 품목의 총 재활용 실적량(2009년)은 115,601톤으로, 모든 품목에서 의무량을 초과 달성하였다.

3.2. E-waste 재료별 재자원화량

Table 3⁵⁾은 2008년도와 2009년도 E-waste 재료별 재자원화량을 표시한 것이다. 전체 재자원화량(2009년도) 100,733톤 중 고철이 45,511톤으로 45%, 합성수지가 24.7%, 비철이 약 6.5%를 차지하고 있다. 재활용실

Table 2. Amount for domestic market of the EEE and amount for due recycling and recycling practice of the WEEE. (단위 : 톤)

년도	품목	출고량	의무량	실적량	비고
2008	냉장고	230,795	43,620	53,555	123%
	세탁기	79,760	20,179	22,035	109%
	에어컨	117,706	2,438	2,432	100%
	TV	95,108	13,791	19,538	142%
	컴퓨터	226,789	8,569	10,022	117%
	오디오	16,642	892	1,174	132%
	이동전화단말기	3,154	566	721	127%
	프린터	10,999	1,232	1,232	100%
	복사기	3,806	488	497	102%
	팩시밀리	721	82	111	135%
	합계	785,480	91,857	111,317	121%
2009	냉장고	211,000	43,526	56,777	130%
	세탁기	95,381	24,894	26,046	105%
	에어컨	126,000	2,887	2,887	100%
	TV	73,676	11,788	18,544	157%
	컴퓨터	42,700	4,920	8,312	169%
	오디오	3,974	616	685	111%
	이동전화단말기	3,177	629	629	100%
	프린터	8,255	982	1,181	120%
	복사기	3,179	423	423	100%
	팩시밀리	462	56	117	209%
	합계	567,804	90,721	115,601	127%

적량(2009) 115,601톤이었으므로 약 87%의 물질이 회수되었고, 약 15,000톤의 최종잔재물이 발생했음을 시사하고 있다.

Table 3에서 재사용부품으로 컴퓨터만이 6,243톤(2009) 기록되고 있으나 이것은 관세청자료⁶⁾ 컴퓨터 중고수출량 6,351톤과 같은 것으로 볼 수 있다. 환경부는 생산자의 책임하에서 행하여지는 수출을 재활용 실적으로 인정하기로 하였다. 그래서 첫 번째의 공시(2003년)에는 재사용 목적의 중고컴퓨터 CRT 모니터, 두 번째 공시(2006년)에서는 생산자 책임하에서 재사용을 목적으로 한 중고품의 수출을 생산자의 재활용실적에 포함시키는 것을 인정했다. 그러나 생산자는 첫 번째 공시에서 인정한 재사용 목적의 중고컴퓨터 CRT모니터는 수출하고 있지만, 재활용을 목적으로 하는 전 품목

의 수출은 하지 않고 있다. 그 이유의 하나로 수출분을 재활용 실적으로 인정받기 위해서는 수출된 곳(나라)에서 적정 재활용되었다는 것을 증명하고, 보고해야 한다. 이 절차가 까다로워 생산자는 컴퓨터 CRT모니터 이외는 국내에서의 회수 및 해체를 선택하고 있는 것이 실정이다.

한국관세무역개발원(2006)⁷⁾에 의하면 2005년에는 냉장고 14,406대, TV 305,460대, 세탁기 2,735대, 에어컨 5,338대의 중고제품이 수출된 것으로 보고되고 있다. E-waste의 흐름을 이해하기 위해서는 생산자책임재활용제도의 중고품 수출실태, 즉 눈에 보이지 않는 흐름이 파악되어야 한다. 유가물이 다량 함유되어 있는 모니터와 휴대전화를 중심으로 현재 상당량의 E-waste가 해외에 수출되고 있는 것이 실정이다.

Table 3. Amount of the recycling materials from the E-waste (단위 : 톤)

년도	품목	재자원량							
		재사용 부품	고철	알루미늄	기타 비철	합성 수지	유리	기타	합계
2008	냉장고	0	27,046	574	1,951	11,671	478	2,855	44,575
	세탁기	0	9,566	351	1,295	7,011	73	2,221	20,518
	에어컨	0	1,162	46	174	520	34	383	2,320
	TV	0	3,253	9	538	3,339	10,698	1,335	19,171
	컴퓨터	6,953	1,304	18	291	314	330	261	9,472
	오디오	0	398	12	63	349	0	141	963
	이동전화 단말기	0	5	1	210	266	0	196	677
	프린터	0	488	10	55	401	17	50	1,021
	복사기	0	310	1	5	95	9	32	452
	팩시밀리	0	47	0	4	39	0	6	96
합계	6,953	43,579	1,022	4,586	24,006	11,639	7,480	99,265	
2009	냉장고	0	27,775	682	1,928	12,756	501	3,415	47,056
	세탁기	0	11,260	524	1,952	7,339	146	2,289	23,510
	에어컨	0	1,372	86	264	291	6	246	2,265
	TV	0	3,131	33	431	3,232	9,490	1,213	17,531
	컴퓨터	6,243	912	11	225	216	0	85	7,692
	오디오	0	272	12	45	200	0	52	581
	이동전화 단말기	0	11	7	240	267	0	69	593
	프린터	1	511	3	60	457	1	21	1,054
	복사기	0	211	10	6	91	6	19	344
	팩시밀리	0	54	0	3	43	0	4	104
합계	6,244	45,511	1,368	5,155	24,892	10,151	7,412	100,733	

3.3. 주체별 E-waste 재활용량

Table 4⁸⁾는 2008, 2009년도의 생산자 리사이클링센터(권역별 R/C)와 재활용 협력업체에서 수행한 재활용량과 비율을 표시한 것이다.

2009년도, 권역별 R/C의 재활용 총량은 63,627톤(55%)이고, 재활용협력업체의 재활용 총량은 51,974톤(45%)으로, 매년 권역별 R/C의 비율이 조금씩 높아지고 있다. 이 양자의 재활용 내역에 있어서는 뚜렷한 특색을 보여준다. 즉 권역별 R/C에 있어서는 대형 가전제품(냉장고, 세탁기, 에어컨) 위주이고, 협력업체에서는 소형전기, 전자기기 위주이다.

4. E-waste 배출량의 추정과 리사이클링 물질흐름

4.1. E-waste 배출량의 추정

E-waste의 재활용을 평가하는데 E-waste의 배출량을 산출하는 것은 매우 중요하다. 그러므로 E-waste의 배출량을 추정하는 선행연구⁹⁾도 볼 수 있다. 필자는 각 품목의 전기·전자제품이 출고되어 평균 수명을 다한 후 사용이 끝난 제품으로 배출된다는 매우 단순한 논리를 설정하였다. 이 설정 하에 각 품목의 년도별 출고량과 각 품목의 평균수명 자료만 있으면 각 품목의 배출량 추정이 가능하다.

Table 4. Recycling amount of the E-waste by the recycling organization (단위 : 톤)

년도	품목	권역별 R/C		재활용 협력업체		계
		재활용량	비율	재활용량	비율	
2008	냉장고	40,951	76%	12,604	24%	53,555
	세탁기	14,666	67%	7,369	33%	22,035
	에어컨	2,015	83%	417	17%	2,432
	TV	1,765	9%	17,773	91%	19,538
	컴퓨터	96	1%	9,926	99%	10,022
	오디오	231	20%	943	80%	1,174
	이동전화단말기	0	0%	721	100%	721
	프린터	249	21%	942	79%	1,191
	복사기	39	8%	458	92%	497
	팩시밀리	5	5%	106	95%	111
	합계	60,018	54%	51,258	46%	111,276
2009	냉장고	42,137	74%	14,640	26%	56,777
	세탁기	17,188	66%	8,858	34%	26,046
	에어컨	1,743	60%	1,144	40%	2,887
	TV	2,060	11%	16,484	89%	18,544
	컴퓨터	149	2%	8,163	98%	8,312
	오디오	91	13%	594	87%	685
	이동전화단말기	0	0%	629	100%	629
	프린터	176	15%	1005	85%	1,181
	복사기	76	18%	347	82%	423
	팩시밀리	6	5%	111	95%	117
	합계	63,627	55%	51,974	45%	115,601

Table 5는 2011년도의 배출량 계산을 위한 각 품목의 해당년도 출고량⁴⁾, 평균수량¹⁰⁾ 및 표준중량¹⁰⁾을 표시한 것이다. Table 5를 기준으로 2011년도에 배출되는 E-waste의 추정수량은 Table 6과 같다. 김광임 등¹¹⁾의 폐전기·전자제품 재활용제도 개선방안 연구에 의하면 세탁기와 휴대전화의 배출량 추정이 Table 6의 산출량과 근사하여 매우 흥미롭다.

참고적으로 吉田 綾 등이 추정한 연도별 E-waste의 배출량을 Table 7¹²⁾에 표시한다. 장용철 등¹³⁾은 폐휴대전화의 발생량 산정, 수거 및 유통체계 연구에서 폐휴대전화의 연간 발생량을 추정한 결과, 2006년 기준 약 14,50016,000천대의 폐휴대전화 발생될 것으로 예상하였다. 이 수량은 Table 7의 12,611천대(2006)와 비교적 근사한 값을 보여주고 있다. 다만 폐휴대전화의 경

우 본체(배터리포함)만으로 계산된 것인지, 또는 충전기도 포함시켜 산출한 것인지 분명치 않다.

한편, 컴퓨터의 경우 吉田 綾 등¹⁴⁾의 연구에 의하면 조립제품이 보유대수의 58%를 차지하고 있다. 이 조립제품은 생산자의 출고대수에 집계되지 않기 때문에 추정배출량에서 제외될 수도 있다. 이와 같이 E-waste의 배출량 추정에는 복잡한 인수가 많기 때문에 배출량의 정확한 산출은 쉽지 않다. 따라서 Table 6은 거시적인 추정배출량으로 해석해야 할 것이다.

4.2. E-waste 리사이클링 물질흐름 (전체상)

Fig. 4는 E-waste 리사이클링의 전체상을 파악하여 작성한 물질흐름(2009년)이다. 먼저 Table 8과 같이 2009년도의 추정 배출량을 상정하였다. 즉 괄호안 년도

Table 5. Amount for domestic market, average life(life span) and average weight of the EEE

기기명	출고량 (톤)	평균수명 (년)	표준중량 (kg)	비고
냉장고	197,730(2003)	7.7(8.0)	67	
세탁기	61,613(2003)	7.6(8.0)	48	
에어컨	136,000(2005)	6.0	67	
컴퓨터	46,401(2007)	4.0	13 ※	
프린터	11,681(2006)	4.3(5.0)	9	
휴대전화	3,154(2008)	2.4(3.0)	0.26	본체 0.07, 배터리 0.03 충전기 0.16
TV		4.0	31	

1) ()안의 숫자는 배출량 산출에 사용한 평균수명
 2) 표준 중량은 출고중량을 출고대수로 환산하기 위한 것
 ※환경협회 자료이용

Table 6. Amounts of estimated discharge of the E-waste (2011)

기기명	배출중량 (톤)	배출대수 (대)
냉장고	197,730	2,951,194
세탁기	61,613	1,283,604
에어컨	136,000	2,029,850
컴퓨터	46,401	3,569,307
프린터	11,681	1,297,888
휴대전화	3,154	12,130,769

의 출고량을 집계한 것이다.

Fig. 4는 Table 8의 2009년도 E-waste 배출총량을 Fig. 2의 제품의 배출방법 비율에 의해 배분하고, 소매업자로부터 계약리사이클링업자와 R/C로의 흐름에는

Table 4의 2009년도 주체별 E-waste 재활용량을 기입한 것이다. Fig. 4에 의해서 다음 사항들을 알 수 있다.

① 생산자에 의한 E-waste 재활용량(63,627톤 + 51,974톤)은 115,601톤으로, 소비자 배출량의 25.9%에 해당된다. 즉 생산자는 배출량의 25.9%만을 재활용하고 있고 생산자재활용책임제도 안에서 운영됨을 알 수 있다.

② 제품 소매시 무료로 회수된 E-waste는 82.6%만이 R/C(생산자리사이클링센터) 및 계약리사이클링업자에게 공급되고 17.4%(24,363톤)는 위탁리사이클링과 중고품수출업자에게도 공급되고 있다.

③ 지자체에서 유료로 회수된 E-waste량이 가장 많고 (38.8%), R/C, 위탁리사이클링업자 및 중고품수출업자에게 공급된다.

④ E-waste의 눈에 보이는 투명한 흐름은 25.9%에 불과하고, 74.1%가 통계가 집계되지 않는 흐름에 의해

Table 7. Number of the estimated discharge unit of the E-waste by Yoshida (단위 : 1,000대)

	CRT TV	세탁기	냉장고	김치 냉장고	전기 청소기	전자렌지	휴대전화
2002	3,241	1,076	1,387	463	368	536	7,131
2003	2,843	1,350	1,219	316	914	727	7,947
2004	2,400	1,217	1,492	280	822	678	8,424
2005	2,316	1,140	1,149	91	1,456	1,307	9,134
2006	2,437	1,359	1,595	145	1,708	1,552	12,611
2007	1,902	1,397	2,037	782	723	892	23,462
2008	1,459	1,582	2,139	944	1,126	967	21,916
2009	1,498	1,880	2,251	963	1,078	1,643	23,025

Table 8. Amount of the estimated discharge of the E-waste (2009)

품목	배출량 (톤)	품목	배출량 (톤)
냉장고	156,815 (2001)	오디오	2,211 (2005)
세탁기	57,638 (2001)	휴대전화	2,922 (2006)
에어컨	84,196 (2003)	프린터	11,681 (2006) ※
TV	83,952 (2005)	복사기	3,617 (2006) ※
컴퓨터	41,488 (2005)	팩시밀리	1,225 (2006) ※
합계		445,745	

※2004, 2005년도의 통계치가 없으므로 2006년도 것을 사용

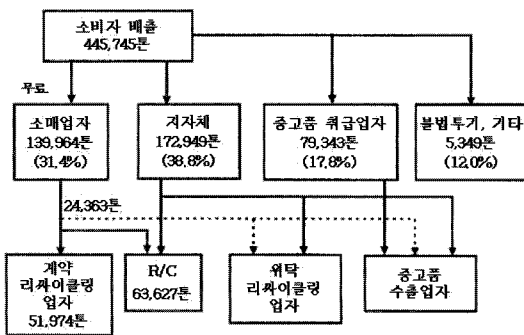


Fig. 4. Material flow of the E-waste (2009)

유통되고 있다. 특히 지자체 이후의 흐름이 불명료하다. 다만 Table 3에서 기술한 바와 같이 중고컴퓨터 6,243톤이 수출된 것으로 확인되고, 2006년 기준으로 휴대전화 수거량의 37.9%¹³⁾가 수출된 것으로 추정된다.

5. E-waste의 재활용 가능량의 경제적가치와 재자원화산업

5.1. 휴대전화 및 PC의 재활용 가능량의 경제적 가치

Table 9¹⁵⁾는 서울시에 의한 휴대전화 및 PC의 유가 금속함량 화학분석치이다. 또 Table 10은 2011년도 휴대전화 및 PC의 재활용 가능량의 경제적가치를 계산하기 위한 수치들이다.

Table 9와 Table 10을 산출근거로 2011년도 한국의 휴대전화 및 PC의 재활용 가능량의 경제적가치를

Table 9. Content of the metals in the E-waste (by Seoul city)

구분	휴대전화	PC
금	0.04 g/ 대	0.6 g/ 대
은	0.2 g/ 대	5 g/ 대
구리	14 g/ 대	100 g/ 대
고철	-	5,000 g/ 대
기타	팔라듐 0.03 g/ 대 로듐 0.002 g/ 대 코발트 27.4 g/ 대	알루미늄 1,000 g/ 대 플라스틱 2,000 g/ 대

자료 : 서울시 자료(2009).

Table 11(휴대전화), Table 12(PC)에 표시하였다.

2008년의 경우 휴대전화에는 금 0.49톤, 은 2.43톤, 구리 169.8톤, 코발트 322톤이 함유되어 있어 540억원에 해당한다. PC에는 금 1.08톤, 은 8.98톤, 구리 179.6톤 등이 함유되어 있어 총액은 825억원에 해당된다. Table 13은 日本 Dowa광업의 휴대전화 화학분석치¹⁶⁾, Table 14는 JOGMEC의 휴대전화 화학분석치¹⁷⁾이다. Table 15는 Table 13을, Table 16은 Table 14를 한국의 2011년도 E-waste 중 휴대전화에 적용한다고 가정했을 경우에 재활용 가능량의 경제적 가치이다.

Table 15에서는 922억원, Table 16에서는 807억원을 나타내 대동소이한 경제적 가치를 보여주고 있다. Table 11, Table 12, Table 15 및 Table 16을 종합해볼 때 2011년도에 배출된 PC와 휴대전화의 재활용 가능량의 경제적 가치는 모두 각 800억원대로 산출된다. 그리고 금의 함

Table 10. Amount of the estimated discharge of the end of life phone and waste PC (2011)

	평균수명 (년)	출고량 (톤)	출고량 (대수)	평균 중량 (kg/ 대)
휴대전화	2.4	3,154 (2008년)	12,130,769	0.260
PC	4.0	46,401 (2007년)	1,796,396	25.83

Table 11. Economic value of the recoverable metals from end of life phone (Seoul city, 2008)*

	단가		휴대전화 12,130,769 대		
			대당합량	총량	총액
			g/ 대	톤	억원
금	50,667	원 /g	0.04	0.49	246
은	1,493	원 /g	0.20	2.43	36
구리	10,615	원 /kg	14.00	169.83	18
철	500	원 /kg			
팔라듐	26,435	원 /g	0.03	0.36	96
로듐	81,613	원 /g	0.0020	0.02	20
코발트	38,675	원 /kg	27.4	322	124
소계				173.13	540
플라스틱	889	원 /kg			-
합계				173.13	540

Table 12. Economic value of the recoverable metals from PC (Seoul city, 2008)

	단가		PC 1,796,396 대		
			대당합량	총량	총액
			g/ 대	톤	억원
금	50,667	원 /g	0.60	1.08	546
은	1,493	원 /g	5.00	8.98	134
구리	10,615	원 /kg	100.0	179.64	19
철	500	원 /kg	5,000.00	8,981.98	45
팔라듐	26,435	원 /g			
로듐	81,613	원 /g			
알루미늄	2,706	원 /kg	1,000.00	1,796.40	49
소계				10,968.08	793
플라스틱	889	원 /kg	2,000.00	3,592.79	32
합계				14,560.87	825

Table 13. Content of the metals in the end of life phone (Dowa).

	Au g/t	Ag g/t	Cu%	Pd g/t	Pb%	As%
휴대전화	400	2,300	17.2	100	0.37	0.003

량이 경제적 가치의 50~60% 이상을 차지하고 있음을 알 수 있다. 다음 Table 17, 18은 인선희 및 조영민¹⁸⁾

* 유가금속단가: LME 가격, 플라스틱, 고철 시중가격(2011년 7월). 환율 :1060원/\$ (2011년 7월 기준)

에 의하여 발표된 전기·전자제품 및 자동차의 경제적 가치현황(Table 17)과 폐금속자원의 경제적 가치현황(Table 18)으로 매우 흥미롭다.

Table 17에서 전기·전자제품의 총가치(총계에서 자동차를 뺀것임)는 34,392억원으로, Table 18의 전기·전자 총 경제가치의 1/2에도 미치지 못함을 알 수 있다. 자동차의 경우는 정확한 통계가 확립되어 있으므로 연간발생 경제가치를 계산할 수 있다. 필자¹⁹⁾의 연구에 의하면 2009년도 폐차처리(해체 슈레딩)에 의하여 철 567천톤, 알루미늄 46.7천톤, 구리 7.7천톤을 회수하였다. 이 회수

Table 14. Content of the metals in the end of life phone (JOGMEC) (unit : %)

Al	2.65	Br	0.68	In	0.0043
Fe	5.48	Cr	1.02	Nd	0.14
Cu	12.8	Mn	0.14	La	0.015
Zn	1.24	Co	0.033	Ta	0.045
Ag	0.13	Ni	1.21	W	0.45
Sn	0.85	Mo	0.025	Pt	0.0003
Au	0.037	Pd	0.0075	Bi	0.025
Pb	0.26				

된 금속의 경제적가치는 약 5천억원에 해당된다. 한편 2009년도 폐차대수가 711,366대였으므로, 700천원/대

의 매출로 보면 총 매출고도 약 5천억원에 해당된다. 즉 두 산출방법이 동일한 결과를 보여주고, Table 17 및 Table 18의 자동차 연간 발생 경제적 가치와 근사하다. 그러나 Table 17 및 Table 18에는 2009년도 중고차수 출금액(1,362,047천불)과 해체시 회수한 재사용부품의 경제적 가치가 빠져있다.

참고적으로 Table 19²⁰⁾에 휴대전화 및 PC에 있어서 세계의 전체적인 금속소비량을 표시하였다. 이 양자에서 금의 소비는 85톤, 은의 소비는 555톤이다. 한국에 서는 금 2.25톤(2.6%), 은 13.1톤(2.4%)으로 추산되어 비교된다. Table 20²⁰⁾에는 세계의 전기·전자제품(EEE)에 사용되는 금속소비량을 표시하였다. 금속의 세계 전체생산량 중 Ag는 30%, Au는 12%, Cu는 30%, In은 79%

Table 15. Economic value of the recoverable metals from the end of life phone generated in Korea in 2011

	단가		휴대전화 12,130,769 대		
			합량	총량	총액
			g/톤	톤	억원
금	50,667	원/g	400	1.26	639
은	1,493	원/g	2,300	7.25	108
구리	10,615	원/kg	172,000	542.49	58
철	500	원/kg			
팔라듐	26,435	원/g	100	0.32	83
납	2,862	원/kg	370	1.17	33
합계				552.49	922

* Based on the report by DOWA Mining

Table 16. Economic value of the recoverable metals from the end of life phone generated in Korea in 2011

	단가		휴대전화 12,130,769 대		
			합량	총량	총액
			g/톤	톤	억원
금	50,667	원/g	370	1.17	591.27
은	1,493	원/g	1,300	4.10	61.22
구리	10,615	원/kg	128,000	403.71	42.85
철	500	원/kg	54,800	172.84	0.86
팔라듐	26,435	원/g	75	0.24	62.53
납	2,862	원/kg	2,600	8.20	0.23
알루미늄	2,706	원/kg	26,500	83.58	2.26
아연	2,486	원/kg	12,400	39.11	0.97

Table 16. Continued-2

	단가		휴대전화 12,130,769대		
			합량	총량	총액
			g/톤	톤	억원
주석	28,201	원/kg	8,500	26.81	7.56
크롬	14,310	원/kg	10,200	32.17	4.60
망간	3,578	원/kg	1,400	4.42	0.16
코발트	38,675	원/kg	330	1.04	0.40
니켈	25,133	원/kg	12,100	38.16	9.59
몰리브덴	34,235	원/kg	250	0.79	0.27
인듐	784,400	원/kg	43	0.14	1.06
텅스텐	48,972	원/kg	4,500	14.19	6.95
비스무스	28,627	원/kg	250	0.79	0.23
탄탈륨	583,000	원/kg	450	1.42	8.27
백금	59,419	원/g	3	0.01	5.62
합계				833	807

* Based on the report by JOGMEC

Table 17. Economic value of the E-waste and E.L.V.

구분	총계	TV	냉장고	세탁기	에어컨	PC	오디오	휴대전화	복사기	팩시밀리	프린터	자동차
보급대수 (천대)	190,004	24,637	30,224	16,788	9,084	14,933	3,582	67,032	431	830	5,663	16,800
총가치 (억원)	141,237	4,372	11,488	9,729	3,242	3,908	133	1,121	116	113	170	106,845
연가치 (억원)	10,910	596	1,494	1,271	554	995	20	390	27	22	40	5,501

Table 18. Economic value of the metal waste in E-waste, ELV and industrial waste (단위 : 천억 원)

총 경제가치				연간 발생 가치(연가치)			
전기전자	자동차	사업장*	합계	전기전자	자동차	사업장	합계
75	107	282	464	13	5.5	21.8	40.3

* 기업, 산업체에서 발생하는 공정폐기물(부생물) : 예) 제철슬래그 및 분말, 석유탈황폐촉매, EAF Dust, 전자스크랩 및 슬러지, 고철 등

Table 19. Impact of phones and PCs on metals demand, based on global sales 2007 (Source Umicore 2008)

<p>a) Mobile phones : 1200Million units × 250 Ag = 300t Ag × 24 Au = 29t Au × 9 Pd = 11t Pd × 9 g Cu = 11,000t Cu 1200M 개 × 20g / battery* × 3.8g Co = 4500t Co * Li-ion type</p>	<p>b) PC & laptops : 255 Million units × 1000 Ag = 255t Ag × 220 Au = 56t Au × 80 Pd = 20t Cu × = 500g Cu=128,000t Cu = 100M laptop batteries* × 65 g Co = 6500t Co * Li-ion type is > 90% used in modem laptops</p>	<p>World Mine a + b production share Ag : 20,000 t/y ▶ 3% Au : 2,500 t/y ▶ 3% Pd : 230 t/y ▶ 13% Cu : 16 Mt/y ▶ 1% Co : 60,000 t/y ▶ 15%</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

의 금속을 EEE 산업에서 소비하고 있음을 알 수 있다.

5.2. PCB의 경제학

Table 21¹⁷⁾은 휴대전화에서 PCB(기판)중에 존재하는 금속의 비율(%)을 표시한 것이다. Pd, La, Ta, Ag, Sn, Au, Pb 등은 평균 90% 가깝게 기판 중에 농집되어 있다. 일반적으로 E-waste 중의 고가의 금속은 PCB 중에 존재함으로, E-waste의 경제적가치는 E-waste중의 PCB의 경제적가치가 대부분을 차지하고 있다고 해도 과언이 아니다. 그러므로 E-waste의 처리에 있어 PCB만 별도로 회수해서 처리하는 경우가 일반적이다.

Table 22²¹⁾는 연도별 세계전자회로기판의 시장규모를 표시한 것이다. 2010년 한국의 전자회로기판 시장규모는 6,283백만불로 전 세계 58,490백만불의 10.7%를 점유하고 있다.

Table 23²¹⁾은 PCB 용도별 세계시장규모를 표시한 것으로서 2010년도에 PC가 16,845백만불로 전체의 28.8%를, 휴대전화가 14,323백만불로 전체의 24.5%를 차지하고 있으며, 양자의 합은 전체의 53.3%를 차지하고 있다.

이상에서 컴퓨터 및 휴대전화의 기판이 E-waste의 경제적 가치에서 매우 중요함을 알 수 있다. 한편 PCB의 제조공정에서 발생하는 폐기물도 E-waste에 포함시켜야 한

Table 20. Important metals used for electric and electronic equipment (based on demand in 2006)

Metal	Primary production* t/y	By product from	Demand for EEE t/y	Demand/production %	Price* USD/	Value in EEE* 10 ⁶ USD	Main applications
Ag	20,000	(Pb, Zn)	6,000	30	430	2.6	Contacts, switches, solders
Au	2,500	(Cu)	300	12	22,280	6.7	Bonding wire, contacts, integrated circuits
Pd	230	PGM	33	1	11,413	0.4	Multilayer capacitors. connectors
Pt	210	PGM	13	6	41,957	0.5	Hard disk thermocouple fuel cell
Ru	32	PGM	27	84	18,647	0.5	Hard disk, plasma displays
Cu	15,000,000		4,500,000	30	7	32.1	Cable, wire, connector
Sn	275,000		90,000	33	15	1.3	Solders
Sb	130,000		65,000	50	6	0.4	Flame, retardant, CRT glass
Co	58,000	(Ni, Cu)	11,000	9	62	0.7	Rechargeable batteries
Bi	5,600	Pb,W,Zn	900	16	31	0.03	Solders, capacitor, heat sink
Se	1,400	Cu	240	17	72	0.02	Electro-optic. copier, solar cell
In	480	Zn ,Pb	380	79	682	0.3	LCD glass, solder semiconductor
Total			4,670,000			45.4	

* Using the average price in 2007.

Table 21. Metal contents depend on the position in the mobile phone

원소	휴대전화기 전체평균농도 (%)	휴대전화기관중 평균농도 (%)	기준중에 존재하는 비율 (%)
Pd	0.0075	0.042	96.1
La	0.015	0.077	85.4
Ta	0.045	0.28	105.8
Pt	0.0003	0.0008	43.9
Au	0.037	0.14	64.4
Ag	0.13	0.87	110.3
Sn	0.85	3.99	79.6
Pb	0.26	1.25	81.2
Cu	12.8	31.4	41.6

Table 22. Market share of the PCB in the world (단위 : 백만달리/년)

구분	'08년	'09년	'10년	'11년(E)	점유율 ('10년)	연평균 성장률
중국	15,789	16,894	17,908	19,162	31%	7%
일본	12,111	12,474	12,937	13,454	22%	4%
대만	8,192	8,601	9,031	9,392	15%	5%
한국	5,545	5,291	6,283	7,091	11%	7%
북미	4,650	4,743	4,838	4,840	8%	1%
유럽	3,491	3,421	3,489	3,481	6%	0%
남미	94	93	93	92	0%	-1%
기타	3,498	3,681	3,911	4,106	7%	10%
계	53,370	55,198	58,490	61,618	100%	5%

주) 환율 적용 : '08년→1,019원/\$, '09년→1,219원/\$, '10년→1,130원/\$, '11년→1,110원/\$
(출처 : (사)KPCA, WECC Report, Prismark Report, NTI Report)

다. 그러나 필자는 우리나라 PCB 제조공정시 발생하는 폐기물의 재활용에 관한 자료를 갖고 있지 않다. 대만²²⁾은 이 PCB 제조회사가 배출하는 산업폐기물이 348,861톤(2008년)에 이르고 있으며, 그 내역은 다음과 같다.

Sludge	127,758 톤
Spent etching solution	119,367 톤
Waste debris	26,904 톤
Tin etching waste solution	13,291 톤

이 PCB 제조공정에서 배출되는 산업폐기물의 합계는 287,320톤이고, 이것으로부터 연간 약 3만톤(2,700억원 상당)의 구리를 회수하고 있다.

5.3. 재자원화산업 (리사이클링산업)

한국의 E-waste 리사이클링 산업체*는 수집·분해·분쇄·선별을 위주로 하는 환경협회의 협력업체(Table 24)²³⁾와 제련을 위주로 하는 한국도시광산협회 회원기업체가 주류를 이루고 있다. 그리고 이 양 업체 영역을 겸하고 있는 즉, 수집부터 제련까지 일관작업을 하는 기업체도 있다.

Table 24의 협력업체 현황을 보면 총 44 중소기업체

* 국내 4,128개 재활용업체 중 폐금속전문재활용업체는 363개로 이중 분해·분쇄·선별업체가 219개(60.3%)이고 금속정련업이 144개(39.7%) 있다는 보고도 있음.

Table 23. Market share depend on the kind of PCB in the world (단위 : 백만달러/년)

구분	'09년	'10년	'11년(E)	점유율('10년)	연평균 성장률
자동차	2,438	2,582	2,711	4%	4%
컴퓨터	16,311	16,845	17,745	29%	3%
휴대전화	13,303	14,323	15,073	24%	5%
게임기 및 MP3	8,157	8,364	8,811	14%	3%
산업용 및 의료기기	3,694	3,860	4,066	7%	3%
군수	3,087	3,275	3,450	6%	4%
반도체	8,208	9,241	9,762	16%	6%
합계	55,198	58,490	61,618	100%	4%

로서 대표자, 소재지, 주요 처리대상 품목이 명시되어 있다. 이외에 환경협회에 등록되지 않은 중소기업체, 지자체에서 운영하는 재활용센터 등도 있고, 2009년 9월에 서울시의 지원으로 설립된 S.R센터에서 전기·전자폐기물 38종을 260톤/월 처리하는 이색적인 단체도 있다.

한국도시광산협회의(40여 회원기업체)는 2011년 4월에 발족하여 현재 협의회 기구를 구축 중에 있다. 이 협의회 회원 중에는 LS-Nikko동제련(주), 고려아연(주)과 같은 대기업 제련회사도 가입되어 있고, 오랫동안 귀금속 추출 제련을 개발한 회성피엠텍(주)과 애강리메텍(주)도 포함되어 있다. 이와 같이 환경협회의 협력업체와 도시광산협회의 회원업체의 연계와 협력으로 한국의 E-waste 재자원화산업의 체제는 구축되어 있다고 할 수 있다. 그러나 그 실상을 파악하기는 힘들다. 그 이유는 전술한 바와 같이 E-waste의 74.1%가 눈에 안 보이는 흐름에 의해 유통되고 있기 때문이다.

폐휴대전화의 경우 장용철²⁴⁾에 의하면 2006년 기준 약 15,000천대(약 3,000톤)가 발생하였으나 체제 내 회수실적은 400톤(13%)에 불과하다. 회수된 폐휴대전화는 물질재활용이 45.2%, 중고전화수출이 37.9%, 임대전화등을 이용한 재사용이 16.9%로 설명하고 있다. 이와 같이 폐휴대전화의 회수 실적이 낮은 것은 국내 재자원화산업보다 수출용 비중이 높기 때문에 또는 가정 보관 대수가 많기 때문인 것으로 사료된다.

PC의 경우 EcoAs²⁵⁾에 의하면 2009년 3,555톤이 재활용되고 6,351톤이 중고품으로 수출되었다. 합계 9,906톤을 당국에서는 재활용량으로 인정하고 있다. Table 8에 의하면 2009년도 PC의 추정배출량이 41,488톤이므로 8.6%만이 재활용되고, 15.3%는 중고품으로 공식 수

출되고, 나머지 76%는 대부분 중고품으로 수출 혹은 일부 재사용되는 것으로 추정된다.

한국에서 E-waste 처리량이 가장 많은 (주)나래리싸이클링센터(경기도 화성시 팔탄면 소재)는 냉장고 140천대/년, 세탁기 150천대/년, TV/모니터 250천대/년, 총 540천대(약 4만톤)/년을 처리하여 철 12,000톤/년, 알루미늄 150톤/년, 구리 360톤/년, 플라스틱 7,200톤/년, 유리 1,560톤/년을 회수하였다. 그러나 PCB 회수에 관해서는 기록이 없다. 탐문한 바에 의하면 LS-Nikko동제련(주)이 약 20,000톤/년, 고려아연(주)이 1,000~15,000톤/년, 기타회사가 8,000톤/년을 처리하여 약 30,000톤/년의 PCB가 국내 소비되고 있으며, 이 량의 2~3배 가량이 수출되고 있다고 한다.

이와 같이 E-waste의 재자원화산업의 현 규모는 E-waste의 배출량을 감안할 때 더욱 확대되어야 할 것이다. 자원확보면에서 수출을 규제하는 제도가 수립될 때 E-waste의 재자원화산업이 활발하게 추진될 것으로 기대된다.

6. 맺는말

우리나라 법정 E-waste의 물질흐름(2009년도)을 분석한 결과, 생산자는 E-waste 배출량의 25.9%만을 재활용하고 있음을 확인하였다. 이것은 눈에 보이지 않는 흐름에 의하여 E-waste가 유통되고 있는 것이 많음을 시사한다. 특히 지자체에서 회수 이후의 흐름과 중고품 수출 등의 흐름이 불투명하다. 한편 E-waste는 대부분 사용 가능한 제품으로 제품의 장기사용 및 reuse를 추구하는 제도의 구축이 요구된다. 현재(2011년), 한국에는

40여개의 환경협회 협력기업체(수집·선별 위주)와 역시 40여개의 도시광산협의회 회원업체(제련위주)가 E-waste 재자원화산업을 담당하고 있다. 그러나 E-waste 발생량의 일부분만을 처리하고 있어 안타깝다.

E-waste의 재자원화산업을 활성화하고 촉진하기 위해서는 다음 사항의 검토 및 구축이 바람직하다:

- ① E-waste 물질흐름의 정확한 파악
- ② 중고품 수출의 실태파악과 자원확보측면에서의 수

출역제 정책의 도입

- ③ 소형 E-waste의 수집·회수를 촉진하는 제도의 구축
- ④ 소형 E-waste로부터 레이메탈의 농축기술 개발²⁶⁾
- ⑤ E-wast로부터 희토류 자석의 리사이클링 기술의 개발²⁷⁾

감사의 글

본 연구는 국가청정생산지원센터의 에너지정보화 및

Table 24. Co-operative recycling companies under Korea Association of Electronics Environment

구분	업체명	대표자	소재지	주요 처리대상 품목	비고
1	(주)그린폴닷컴	이현주	경기 고양시 일산동구	PC, 모니터, 프린터	수출, 재활용
2	(주)나래R/C	김영선	경기 화성시 팔탄면	냉장고, 세탁기, TV등	
3	(주)늘푸른자원	김진수	경남 창원시 북면	세탁기, 프린터 등	
4	(주)대원재생활경	한관희,김이대	경기 양주시	냉장고, 세탁기 등	
5	(주)대흥엔터	한재현	경기 용인시 처인구	휴대전화, PC 등	수출, 재활용
6	(주)리사이텍	지재규	경기 남양주시 오남읍	휴대전화, PC 등	
7	(주)리싸이텍코리아	이정주,김경수	충남 천안시 동면	휴대전화, PC 등	
8	(주)모던이엔알	송동섭	충남 금산군 복수면	냉장고, 세탁기 등	
9	(주)아이티그린	박찬일	경기 화성시	휴대전화, PC 등	수출, 재활용
10	에이알씨(ARC)	곽동완	충남 아산시 둔포면	냉장고, 세탁기 등	
11	(주)에코그린	이정희	경기 남양주시 진접읍	PC, 오디오, 프린터 등	
12	(주)영창	허성필	경북 구미시	TV, 모니터 등	
13	(주)컴윈	권운혁	경기 화성시 장안면	PC, 오디오, 프린터 등	
14	(주)코바	박종희	경남 함안군 칠서면	휴대전화(배터리)	
15	(주)환경과사람들	박재혁	경기 화성시 장안면	PC, 프린터 등	
16	(주)우호	박금단	경북 구미시 장천면	TV, 모니터 등	
17	칠서리사이클링센터(CRC)	제정곤	경남 함안군 칠서면	냉장고, 세탁기 등	
18	KG21금강	김순복	경남 양산시	오디오, 프린터 등	
19	KNT대성무역	한향정	경남 김해시 주촌면	세탁기, PC 등	
20	그린전자	이기화	인천 서구	PC, 모니터, 오디오 등	
21	리처스텍	윤중현	서울 동대문구	PC	
22	리컴(주)	김희준	경기 화성시 마도면	휴대전화, PC 등	
23	리코금속	배진성	경기 화성시 정남면	휴대전화, PC 등	
24	명문R/C	김선란	경기 남양주시 오남읍	오디오, 프린터 등	
25	미래산업	김석동	충북 청원군 오창면	PC, 오디오, 프린터 등	
26	바다수출자원	백순형	강원 속초시	PC, 프린터 등	
27	(사)재활용대안기업연합회	이정희	서울 성동구	PC, 프린터 등	

Table 24. Continued-2

구분	업체명	대표자	소재지	주요 처리대상 품목	비고
28	삼진기업	김시철	경북 구미시	TV, 모니터 등	
29	성도로지스	김용대	경기 평택시 서탄면	냉장고, 세탁기 등	
30	성실기업	이종명	경기 김포시 하성면	세탁기, PC 등	
31	성일하이텍(주)군산지점	홍승표	전북 군산시	휴대전화(배터리)	
32	여명리사이클링	이은탁	경기 용인시 처인구	PC, 프린터 등	
33	일산	양영철	제주 제주시	세탁기, PC 등	
34	제주리사이클링센터(JRC)	유영욱	제주 북제주군 조천읍	냉장고, 세탁기, TV 등	
35	주식회사 디바아이텍	김도환	인천 서구	휴대전화, PC 등	
36	컴퓨터수거닷컴	정재호	인천 중구	PC, 프린터 등	
37	케이비비	최동준	충북 음성군 삼성면	세탁기, PC 등	
38	김스트레이드 코퍼레이션	김성광	부산 북구	모니터	수출
39	태광전자	김종식	인천 서구	PC, 프린터 등	
40	테스엠코리아(주)	정종찬	경기 화성시 마도면	PC, 프린터 등	
41	엠알씨(MRC)	유인성	경기 용인시 처인구	냉장고, 세탁기 등	
42	한국컴퓨터재생센터(주)	구자덕, 장만호	경기 남양주시 진건읍	PC	
43	호남권 리사이클링센터 (HRC)	김현홍	전남 장성군 삼계면	냉장고, 세탁기, TV 등	
44	경기북부권 리사이클링센터 (KRC)	김열환	경기 양주시 광적면	냉장고, 세탁기, TV, 소형가기	

정책지원사업의 일환으로 수행되었으며, 본 연구를 지원해주신 국가정책생산지원센터에 감사드립니다.

참고문헌

1. 환경성보장제(EcoAs) 자료, 2011
2. 村上理映, 鄭城尤, 小島道一, 2008 : 日本, 韓國, 臺灣의 E-waste 리사이클링 제도比較, 아시아における 리사이클, IDE-JETRO, pp.299~342, 아시아經濟研究所
3. 吉田 綾, 寺園 淳 外 5名, 2010 : 아시아地域における廢電氣電子機器の處理技術の類型化と改善策の検討, pp.22~23, 2009年度循環型社會形成推進科學研究費補助金研究報告書(K21107)
4. 김영기, 2010 : 전자환경10년사, p.265, 한국전자산업환경협회
5. ibid 4), p.268
6. (사)한국자원리사이클링학회, 2011 : 사용후제품(도시광산)의 재자원화실태, 기술동향 및 자원순환 효과분석(1차년도 보고서), p.91, 지식경제부
7. ibid 6), p.91
8. ibid 4), p.271
9. 민달기, 2006 : 폐전기·전자제품 배출 및 재활용실태 연구, 한국전자산업환경협회
10. Yong-chul Jang, 2010 : Waste electrical and electronic equipment(WEEE) management in Korea -generation, collection and recycling system-, J. mater cycles waste manag, 2010, 12, pp.283~294, springer, 2010
11. 김광임, 한택환, 김윤정, 2009 : 폐전기·전자제품 재활용제도 개선방안 연구, pp.104-06, 한국환경정책평가연구원
12. ibid 3), p.17
13. 장용철, 강희석 외 6명, 2008 : 폐휴대폰의 발생량 산정, 수거 및 유통체계, 한국폐기물학회지, 25(1), pp.82~89.
14. ibid 3), p.23
15. 이정임, 2009 : 도시광산업(Urban Mining)의 현황과 과제, 경기개발연구원, Policy Brief No. 15, 2009. 4.
16. 森瀬崇史, 伸雅出, 白鳥壽一, 2007 : Dowaグループにおける再資源化・リサイクルの取り組み, J.of MMII, 123(12), PP. 194~198, 資源素材學會.

17. 目次英哉, 田村宗之, 2010: 小型廢電子機器の回収におけるレアメタルの動き, 資源遜矣B2010(福岡)講演資料(B)(C), pp. 151~152, 資源・素材學會
18. 인선희, 조영민, 2010 : 폐금속자원 재활용의 국가정책 및 국내 현실에 관한 고찰, 공업화학전망, 13(1), pp.2~9, 공업화학회
19. 오재현, 김준수 외 2명, 2011 : 變革期の 韓國 自動車 리사이클링시스템과 發展課題, 資源리사이클링, 20(2), pp. 16~29. 한국자원리사이클링학회
20. 中村 崇, 2011 : Keypoint of PCB recycling, 강연자료, GRM 단양공장, 2011.7.28.
21. 한국전자회로산업협회, 2011 : 한국의 전자회로기관 산업 현황, (사)한국전자회로산업협회 발행, 2011. 3. 5.
22. Tsai Min-shing, 2010 : Recycling status of non-ferrous metals in Taiwan, focus on copper and tin, 2010년도 제 34회 학술발표대회 자료집, pp. 30~52, (사)한국자원리사이클링학회
23. ibid 4), p.277
24. ibid 12)
25. ibid 6)
26. 大和田秀二, 所千晴, 大木達也, 2010 : 小型廢電子機器からのレアメタル濃縮技術, 資源・素材2010(福岡)講演資料(B)(C), pp.153~155, 資源・素材學會
27. 新井義明・古賀沙織 외 2명, 2011 : 使用済み家電製品からの希土類磁石のリサイクル, 廢棄物資源循環學會誌, 22(1), pp.41~49, 廢棄物資源循環學會(日本)

吳 在 賢

- 현재 연세대학교 명예교수
 - 현재 한국자원리사이클링학회 명예회장
 - 당 학회지 제10권 5호 참조
-

金 俊 秀

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
 - 당 학회지 제11권 2호 참조
-

文 碩 敏

- 현재 ACN 기술이사
-

閔 芝 源

- 현재 한국자원리사이클링학회 실장
-