

국내P 환경동향보고

국내 폐전기·전자제품 재활용 현황 및 기술동향

국내 폐전기·전자제품 재활용 현황 및 기술동향

●● 개요

●● 국내 폐전기·전자제품 법률 및 제도

●● 국내 폐전기·전자제품 회수/재활용 현황

●● 국내 폐전기·전자제품 재활용 기술(공정) 현황

●● 결론 및 제언





국내 폐전기·전자제품 재활용 현황 및 기술동향

한국전자제품자원순환공제조합 연구개발팀
박지환

●● 개요

한국은 1970년대 이후 반도체, 철강, 전자, 자동차, 화학 분야 등에서 눈부신 산업화와 발전을 통해 높은 생산성과 소비 붐을 일으켜 경제성장을 주도하였다. 1990년대 들어서부터 환경보전과 지속가능한 발전이 인류사회의 가장 중요한 가치로 언급되기 시작하면서, 정부와 기업 할 것 없이 다양한 분야에서 환경관련 전담 부서 및 조직·기능이 확대되었고, 정부 기업에 대한 환경규제 역시 점진적으로 강화되었다.

정부는 2008년 「저탄소녹색성장기본법」 제정하고 자원순환 촉진 및 자원순환 사회로의 전환을 패러다임으로 설정하고, 폐기 단계의 제품에 대한 재사용¹⁾, 재활용²⁾, 재제조³⁾를 권장하였다. 또한 자원순환 촉진을 위한 자원 생산성 제고, 제품의 효율적 생산, 소비, 유통, 물질 재활용, 에너지 회수 및 처리 선진화 전략을 중점적으로 추진하였다. 이에 대한 구체적 방안으로는 폐기물의 광역적 수집·처리체계 구현을 통해 폐기물 제도·정책의 기틀을 마련하였고, 그 밖에 사업장 폐기물 감량화⁴⁾, 폐기물부담금제도 운영, 1회용품 과대포장 규제 등을 통해 기본적인 폐기물 관리체계를 구축하였다. 또한 전기·전자제품, 자동차, 빈 용기, 포장재 등과 같은 재활용이 필수적인 품목에 대한 회수·재활용 근거를 마련코자 2008년 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」을 시행하였다.

- 1) 재사용(Reuse) : 재활용 가능자원을 그대로 또는 고쳐서 다시 쓰거나 생산활동에 다시 사용할 수 있도록 하는 것에 대한 모든 활동
- 2) 재활용(Recycle) : 폐자원(제품/스크랩)을 해체, 파/분쇄, 선별, 용융 등 물리·화학적 가공을 거쳐 다시 원료화하는 모든 활동
- 3) 재제조(Remanufacturing) : 사용 후 제품 또는 부품을 회수하여 분해/세척/검사/보수/조정/재조립 등 일련의 과정을 거쳐 원래의 성능을 유지할 수 있는 상태로 만드는 모든 활동
- 4) 감량화(Reduce) : 제조공정에서 자원 사용량을 절감하거나 폐기물 배출량을 저감하는 것

한편, 2010년 일본과 중국 간 영유권 분쟁 중 발생한 ‘희토류 금속’ 을 둘러싼 자원 외교전쟁은 일본 정부가 첨단 IT기기 제조의 원료가 되는 필수원료를 중국으로부터 수입할 수 없게 되면서 휴대폰, 컴퓨터 등 전기·전자제품 생산에 치명적인 타격을 입는 사례가 발생하여 자원의 순환이용성의 관심과 중요도가 날로 증가되었다. 특히, 전기·전자제품과 휴대폰⁵⁾에 집중되어 있는 금, 은, 구리, 백금, 팔라듐과 같은 희유금속들에 대한 가치 환산과 그에 따른 자원 회수 필요성이 증대되면서 일명 “도시광산” 으로 불리는 산업이 활성화 되었으며, 산업통상자원부를 중심으로 도시광산 산업 육성 전략들이 수립·추진되었다.

정부는 2017년 1월 「자원순환기본법」 시행을 공식 발표하고, 2018년 1월부터 법률을 시행하고 있다. 위 법률은 궁극적으로 우리나라가 자원순환 사회로의 진입과 그에 따른 환경 친화적 정책들을 앞으로 수립해 나가야하는 당면한 현실을 반영한다. 그 과정에서 동법은 순환이용 가능한 모든 폐기물의 자원화를 도모하여 천연자원의 사용을 최소화하고, 불가피한 매립과 소각만을 허용 하겠다는 의지를 담고 있다. 이는 우리 사회가 모든 “폐기물” 에 대한 인식적 가치를 “자원” 으로 제고하고 있음을 반증한다. 더 나아가, 정부는 2018년 9월 “순환경제를 위한 10년 청사진” 을 발표하고, 2027년까지 폐기물 원 단위 발생량 20% 감축, 순환이용률 70% → 82% 향상을 목표로 세부정책을 시행 할 계획을 공식화하였다.

본 조사·연구는 폐기물의 순환자원으로의 패러다임 전환에 근거하여, 국내 폐전기·전자제품의 회수, 재활용, 순환이용성에 관한 현황과 향후 전망에 대한 제언하고자 한다. 이를 통해, 그 간의 성과와 앞으로 마주 할 문제점들에 대한 적절한 해결방안을 고찰하고 패러다임 전환 속에서 전기·전자제품 재활용 이해관계자들이 추구해야 할 방향에 대해 논의하고자 한다.

마지막으로, 국내 폐전기·전자제품 재활용 업계의 설비(공정)정보에 대한 실질적인 조사를 통해 우리나라 폐전기·전자제품 재활용 산업의 기술 현황을 가늠하고, 선진 기술의 도입 사례들을 소개하고 앞으로의 선진 재활용 개발 조사 및 도입 필요성에 대해 제언하고자 한다.

5) 폐휴대폰 자원화 가치 : 한국전자제품자원순환공제조합 자체 연구용역 결과, 스마트폰 1톤의 물질 재활용 가치는 약 10,100천원('16년 LME 시세 및 한국환경공단 월별 시장 동향 결과 기준)으로 추정

●● 국내 폐전기·전자제품 법률 및 제도

한국의 환경관련 법률은 1961년 「오물청소법」으로써 국민 주거생활 환경에 청결을 도모하고 국민 보건향상에 기여하기 위해 제정되었다. 당시 “오물”의 정의는 쓰레기, 재, 오니, 분뇨 및 동물사체로 정의하였고, 오물의 수집·처리 책임의 주체를 구, 시, 군인, 지자체에 부과하였다. 이후, 1973년 개정되어 「오물청소법」 적용 대상에 기타 폐기물이 포함되어 “오물”의 개념 속에 폐기물을 포함시켰다.

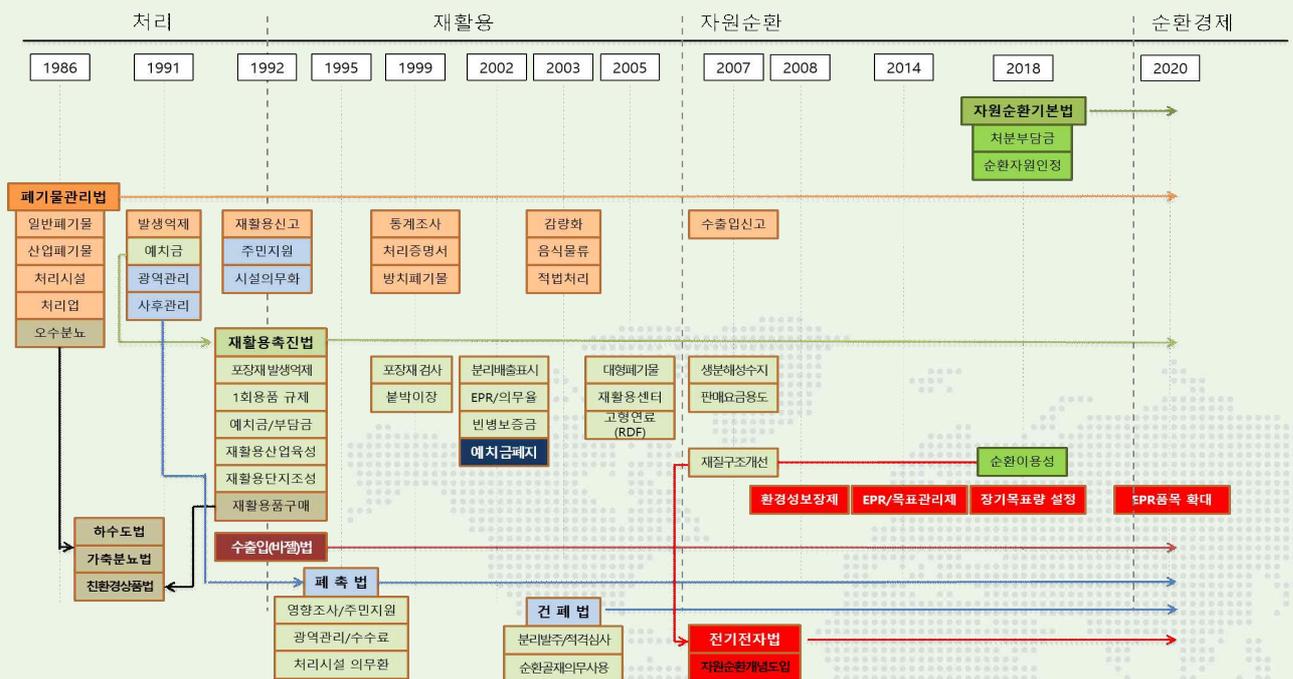
1963년, 두 번째 환경 관련 법률인 「공해방지법」이 제정되었다. 위 법률은 대기오염, 하천오염, 소음·진동에 관한 규제로써 다만, 폐기물에 관한 사항은 규정하지 않았다. 이후, 소극적 공해방지에 대한 추가적이고 체계적인 규제가 필요해짐에 따라, 1977년 「공해방지법」을 대체하는 「환경보전법」이 제정되었다. 「환경보전법」은 환경기준, 환경영향평가, 환경오염의 상시 측정, 특별대책지역 지정, 오염물질 총량규제, 배출부과금, 사업자의 환경오염방지비용부담, 생명·신체 피해에 대한 무과실책임 등 현재 환경법에서도 담고 있는 다양한 제도들을 포함하였다.

「환경보전법」은 폐기물 특히, 산업폐기물에 대한 규정을 도입하였다. 즉, 산업폐기물처리업 허가제도, 폐기물의 폐기제한, 폐기물의 종말처리방법·기준 등에 관한 사항을 정하였다. 이후 1981년 법률 개정을 통해 산업폐기물 개념을 신설하였고, 주된 내용은 산업활동 중 발생하는 “오니·잔재물·폐유·폐산·폐알칼리·폐고무·폐합성수지 등”으로 정의하였다. 1983년 산업폐기물은 특정산업폐기물과 일반산업폐기물로 나뉘며, 전자의 경우 다시 특정유해산업폐기물, 폐유, 폐합성수지로 나뉘고, 일반산업폐기물은 유기물류산업폐기물과 무기물류산업폐기물로 나누었다.

「환경보전법」시행의 의의는 산업폐기물을 정의함으로써 「오물청소법」의 “오물” 개념을 수정하여 “쓰레기, 재, 오니, 분뇨, 동물의 사체, 기타 사람의 일상생활에 필요로 하지 아니하게 된 물질”로 정의된다. 즉, 「환경보전법」은 우리나라 (산업)폐기물을 정의하는 최초의 법률로써 의의가 있다고 하겠다.

1987년, 폐기물 관련 환경규제 첫 번째 패러다임의 전환은 「오물청소법」의 폐지와 「폐기물관리법」 제정·시행을 통해 나타났다. 「폐기물관리법」은 폐기물 관리에 대한 통합법 시대의 알리를 예고했고, 종래의 “오물”과 “산업폐기물”의 개념을 종합하여 폐기물에 대한 새로운 개념을 정의하였다. 이 법은 현행과 비슷하게 폐기물을 일반폐기물과 산업폐기물로 구분하여 관리하였으며, 종래의 오물과 산업폐기물 분류 기준을 그대로 유지하였다. 또한, 폐기물 처리기준과 폐기물처리업에 관한 시설·장비 등의 기준, 지도·감독 등에 대한 사항을 정하였다.

폐기물의 재활용과 감량이 전면에 등장하게 된 것은 산업화가 급격히 발전한 1990년대이다. 1991년 「폐기물관리법」 전면 개정을 통해 “폐기물 재활용” 부분이 마련되어 재활용과 감량화에 집중하였고, 재활용을 “폐기물을 재생하거나 재이용하는 것”으로 정의하였다. 또한, 감량화, 국가 지원, 폐기물 재활용신고, 회수조치, 회수·처리비용의 예치, 폐기물관리기금 등의 규정을 마련하였다. 이때, 제품의 제조·수입·판매에 대한 회수 및 처리가 용이하게 되도록 조치, 폐기물 회수 권고, 예치금제도 도입 등은 현행 EPR⁶⁾ 제도와 연결하여 생각할 수 있다.



<그림 1> 한국의 폐기물(전기·전자제품 포함) 법률 및 제도 변천사

6) Extended Producer Responsibility (EPR) : 생산, 판매, 수입업자가 제품의 회수·재활용 책임을 갖는 제도

1992년 12월, 단행법으로 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」이 제정되어 폐기물의 발생을 억제하고 자원재활용을 촉진하여 자원의 순환체계를 구축하기 위한 정부의 노력이 시작되었다. 위 법의 시행에 따라, 「폐기물관리법」에서 명시되었던 “재활용” 관련 조항은 삭제되었으며 동 시기에 「폐기물관리법」내 유해물질을 별도로 규정하는 법 개정이 진행되었다. 이후, 바젤협약에 의거한 국내 비준 법률인 「폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률」이 제정되었다.

「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」은 2002년 전면 개정을 거치면서, EPR에 대한 논의가 본격화 된다. 즉, 위 법률에 따른 EPR 대상 품목 가운데 전기·전자제품이 이 법으로 이관되었다. 또한, “자원순환”이라는 표현을 법령 가운데 가장 먼저 명시하였고, 더 이상 폐기물의 처리 위주가 아닌 생산단계에서의 친환경적 설계와 유해물질의 사용 억제를 촉구하였다. 2008년 3월, 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 개정을 통해 법적 개념을 재정립하고, 자원순환에 관한 기본원칙을 선언하게 된다. 이를 통해 “자원순환”은 “환경정책상의 목적을 달성하기 위하여 필요한 범위 안에서 폐기물의 발생을 억제하고 발생된 폐기물을 적절하게 재활용 또는 처리하는 등 자원의 순환과정을 친환경적으로 이용·관리하는 것”으로 정의한다.

이와 맞물려, 2007년 전기·전자제품의 EPR 제도의 본격화를 위해 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」이 제정되어 2008년 1월부터 전격 시행되었다. 다양한 EPR 대상품목 중, 전기·전자제품 및 자동차에 대한 별도의 관리 법령이 발효된 특징적 사례로 볼 수 있으며, 그 근거는 유해물질의 사용억제 및 재활용이 용이한 제품의 제조를 독려하기 위함으로 판단되었다. 이로부터 약 10년 후인 2017년 2월 자원순환사회로의 전환을 도모하기 위하여 정부는 「자원순환기본법」을 제정하고 2018년 1월 시행을 공표하였다. 「자원순환기본법」을 통해 폐기물의 발생과 처분을 최소화하고, 이를 순환이용 할 수 있도록 권고하는 “자원순환 성과관리제도”가 도입된다. 또한, “순환자원 인정제도”를 도입하여 폐기물이 일정 요건을 충족하면 순환자원으로의 거래를 유도한다. 이와 연계하여 “순환 이용성평가” 제도를 도입하여 유해물질에 대한 제조사 관리를 실시하고, 폐기물처분부담금을 도입해 최종 처분업체에 대한 관리 감독을 강화한다.

[표1] 전기·전자제품 재활용 의무대상 품목 (2020년 기준 분류)

현행 (~ '19. 12)		현행 (~ '20. 01)7)	
대형기기	텔레비전, 냉장고, 세탁기, 에어컨디셔너, 자동판매기	온도 교환기기	냉장고, 전기정수기, 자동판매기, 에어컨디셔너, 제습기
통신 사무기기	개인용 컴퓨터, 프린터, 복사기, 팩시밀리, 이동전화단말기	디스플레이 기기	텔레비전, 컴퓨터, 내비게이션
중형기기	전기정수기, 전기오븐, 전자레인지, 음식물처리기, 식기건조기	통신 사무기기	컴퓨터, 복사기, 프린터, 팩시밀리, 스캐너, 빔프로젝터, 유·무선공유기, 이동전화단말기
소형기기	전기비데, 공기청정기, 전기히터, 오디오, 전기밥솥, 연수기, 가습기, 전기다리미, 선풍기, 믹서, 청소기, 비디오플레이어	일반 전기전자 제품	전자레인지, 음식물처리기, 식기건조기, 전기비데, 공기청정기, 전기히터, 오디오, 전기밥솥, 연수기, 가습기, 전기다리미, 선풍기, 믹서, 비디오플레이어, 토스트기, 전기주전자, 전기온수기, 전기후라이팬, 헤어드라이어, 러닝머신, 감시카메라, 식품건조기, 전기안마기, 족욕기, 재봉틀, 영상게임기, 제빵기, 튀김기, 커피메이커, 약탕기, 탈수기
		태양광패널	태양광패널

국내 폐전기·전자제품 재활용 제도는 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」과 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」을 기반으로 EPR 제도를 적용·운영되고 있다. 환경부는 “국가 장기 재활용 목표량” 정책을 기반으로 국민 1인당 재활용 목표량⁸⁾을 할당하여 생산자의 출고(신고)량 및 비율을 토대로 연간 국가 재활용 의무량을 산정하여 재활용 실적을 관리한다. 실제 실적관리는 “한국환경공단”에서 운영하는 “환경성보장제(EcoAS)”를 통해 관리된다.

[표 1]에서 보는바와 같이, 2018년 현재 재활용 대상품목은 4개 제품군 27개 품목으로 규정되어 있다. 다만, 2018년 10월 공포한 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」 개정 입법예고에 따라, 2020년 1월부터 4개 제품군 49개 항목(빨간색 표시)으로 분류되며, 태양광패널이 별도 단일 품목군으로 관리될 예정이다.

7) 환경부 입법예고 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 시행령 일부개정령(안)」 2018. 10. 4

8) 국민 1인당 연간 재활용 목표량 : '14년(3.9kg), '15년(4.5kg), '16년(4.8kg), '17년(5.4kg), '18년(6.0kg)

●● 국내 폐전기·전자제품 회수/재활용 현황

“한국전자제품자원순환공제조합”은 국내 전기·전자제품 의무생산자의 회수·재활용 의무를 대행하여 매년 국가 회수·재활용 목표량(제도권)의 약 90% 이상을 달성하고 있다.⁹⁾ 2014년 “재활용 목표관리제” 도입과 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」이 일부 개정됨에 따라 [표 1]과 같이 “제품군”으로 실적이 관리되고 있으며 최근 4년간의 회수·재활용 실적(중량기준)은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 폐전기·전자제품 재활용 의무량 및 달성량 (2012~2017)

먼저 참고 할 사항으로, <그림 2>는 의무이행년도를 기준으로 작성되었다. 즉, 2012년도 의무량 및 달성량은 이행년도 기준이므로 실제로는 2011년의 회수·재활용 실적으로 보아야 한다. <그림 2>에 따르면, 2012년(의무이행년도)부터 의무량은 꾸준히 증가한 것을 확인할 수 있다. 의무이행년도 2012년 기준으로 의무량은 약 119천톤을 시작으로, 153천톤('13년), 172천톤('14년), 214천톤('15년), 233천톤('16년), 272천톤('17년)으로 증가하였다. 회수·재활용 달성량은 2012년 138천톤을 시작으로 155천톤('13년), 181천톤('14년), 200천톤

9) 2017년 기준, 한국전자제품자원순환공제조합 회수·재활용 의무대행 실적은 국가 목표량 대비 약 94% 추정

(' 15년), 251천톤(' 16년), 275천톤(' 17년)으로 증가하였다. 다만, 의무이행년도 기준 2015년 달성량은 의무량을 달성하지 못한 것으로 파악된다.

위 현상은 법률 및 제도적 변화의 측면으로 접근하여 설명 할 수 있는데, 의무이행년도 기준 2015년 즉, 2014년의 실제 폐전기·전자제품 재활용 산업은 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」 개정을 통해 회수·재활용 의무대상품목이 10개에서 27개로 추가되는 시점이다. 즉, 전기·전자제품 의무대상 품목은 추가되어 출고량의 증가로 인해 전체적인 재활용 의무량은 증가했으나, 실제 추가된 품목에 대한 적절한 회수·재활용 인프라가 부족하였으므로 이와 같은 현상이 발생한다고 추정 할 수 있다.



<그림 3> 최근 4년 대형기기 회수 실적



<그림 4> 최근 4년 통신사무 회수 실적



<그림 5> 최근 4년 중형기기 회수 실적



<그림 6> 최근 4년 소형기기 회수 실적

국내 폐전기·전자제품 회수 실적의 또 하나의 특징은 바로 대형기기(냉장고, 세탁기, 에어컨디셔너, 자동판매기, TV) 위주의 실적이 전체의 약 70%를 차지한다는 점이다. 이는 주요 회수채널 즉, 역회수(생산자), 방문수거(공체조합), 지자체(스티커배출)를 통한 주요 회수 대상이 대형기기 인 것으로 볼 수 있다. 반면, 중·소형 및 통신사무기기의 회수 인프라가 상대적으로 열악하다. 그러므로 이러한 작은 크기의 제품 회수노력 및 회수체계 구축은 앞으로의 중요한 당면 과제이다.

●● 국내 폐전기·전자제품 재활용 기술(공정) 현황

재활용 기술수준과 공정 설명에 앞서, 소비자가 배출한 전자제품이 어떤 경로로 수거/회수 및 운반 과정을 거쳐 최종적으로 재활용되는지 전체적인 과정을 살펴 보면 <그림 7>과 같다. 소비자는 신제품 구매를 통해 제조사가 제공하는 폐전기·전자제품 무료 회수(역회수¹⁰) 시스템을 이용할 수 있으며, “공제조합”에서 운영하는 무상방문수거¹¹ 제도도 이용할 수 있다. 유료 서비스로는 지자체(주민센터)¹² 등에서 일정금액을 지불하고 배출스티커를 구매하여 배출 할 가전제품에 붙인 후 주택 또는 아파트 단지에 배출 수 있다.

“공제조합”의 주요 역할은 소비자가 배출한 폐가전이 주요 수거·회수 채널(역회수, 방문수거, 지자체)을 통해 재활용센터까지 무사히 인계될 수 있도록 각 단계별 이해관계자와의 긴밀한 협력체계를 구축하고 있다. 재활용센터로 인계가 완료된 폐가전들은 다양한 기계장치 등을 통해 가치 있는 재생산자원으로 탄생하게 된다.



<그림 7> 전기·전자제품의 소비자 배출부터 재활용센터로의 인계 과정

국내에서 폐전기·전자제품을 전문적으로 재활용하는 사업장에 대한 정확한 정보 파악은 매우 어렵지만, “공제조합”에 가입되어 폐전기·전자제품을 전문적으로

10) 역회수 : 소비자가 전자제품 구매 시, 가전사의 설치기사가 제품 설치 후 기존 제품을 회수하는 시스템

11) 무상방문수거 : 한국전자제품자원순환공제조합에서 운영중이며, 무료로 폐가전을 회수하는 시스템

12) 지자체 : “폐기물관리법 제14조 1항(종량제)”에 근거, 배출자 스티커 구매-부착 후 지자체가 회수하는 시스템

로 재활용하는 업체는 국내에 약 40개소로 확인된다. “공제조합”은 회수된 폐전기·전자제품을 지리적 위치 및 사업장의 재활용 보유 능력을 감안하여 인계할 수 있도록 물량을 분배하고, 위 사업장에 재활용 업무를 위임한다. 재활용을 위탁받은 사업장은 입고 및 출고 물량에 대한 정확한 처리량을 환경정보장제 시스템 입력하여 국가 차원에서 재활용 실적을 관리한다.

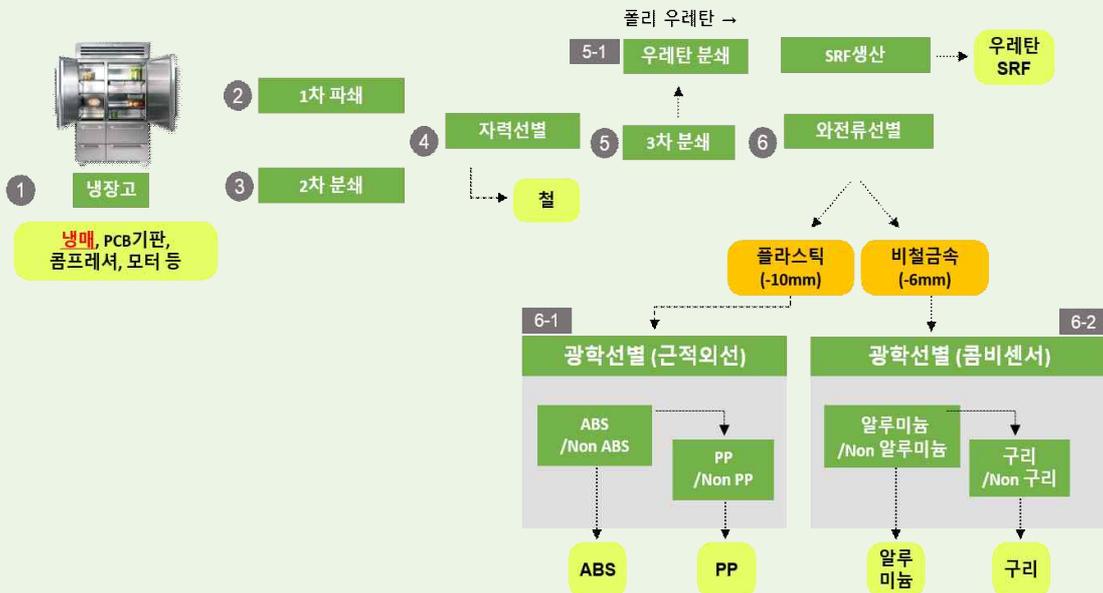
위치 및 명칭	처리능력(톤/년)
수도권	33,768
수도권서부	54,992
경기북부	35,940
충남권(아산)	23,816
충남권(금산)	30,000
경북권(영천)	44,700
경남권(칠서)	36,600
호남권(장성)	49,269
호남권(논산)	19,860
제주권	7,200
동북권	13,125
동남권	9,700

<그림 8> 주요 RC 위치 및 명칭

현재, 국내에서 냉장고, 세탁기 등과 같은 대형기기를 포함하여 모든 폐전기·전자제품의 품목을 재활용 할 수 있는 사업장은 수도권센터를 비롯한 11개소로 파악된다. 다만, “동남권센터”는 완공에 따른 안정화 1년 미만이며, “동북권센터”는 2018년 연말에 완공 계획을 가지고 있으므로 정상적인 재활용 실적 창출은 불가능하다. [표2]의 처리 가능량은 설문 및 인·허가를 정보를 토대로 내용이므로 실제 재활용 처리능력과는 다소 차이가 있을 수 있다.

즉, <그림 2>의 2017년 재활용 실적 달성량은 약 27만톤인데 반해, [표2]의 최대 처리 가능량은 약 35만톤 이므로 최대 가능량이 실제 회수·재활용 실적보다 과대 추정되어 있음을 확인 할 수 있다. 또한, 현재 안정화 중이거나 건립중인 사업장이 있음을 추가적으로 고려해야 한다.

폐전기·전자제품 중 대표 품목인 냉장고의 재활용 공정을 살펴보면 <그림 9>과 같다. 재활용센터로 입고된 냉장고는 지구온난화유발물질인 냉매¹³⁾를 전처리 과정에서 회수하여 “폐가스류처리업자”에게 인계한다. 이후 냉장고는 자동화된 기계적 처리공정인 파쇄 및 선별공정을 거쳐 최종 철, 우레탄 고형연료, 플라스틱(ABS, PS, PP), 비철금속(구리, 알루미늄) 등으로 재생산된다.



<그림 9> 냉장고 재활용 공정 (1~3차 파쇄기 & 광학선별기 사용)

냉장고와 마찬가지로 세탁기 역시 자동화 공정을 통해 재활용된다. 다만 차이점은 냉장고에 비해 공정 구성이 상대적으로 단순하다 <그림 10>. 세탁기는 전처리과정에서 수작업으로 세탁기 내통을 제거하기 때문에 내통에 포함된 비철금속(스테인레스)의 사전 제거가 매우 용이하다. 즉, 실제 파쇄 및 선별과정에서는 철과 플라스틱 파쇄 잔재물만 발생하게 되므로 자력선별기만 운용하게 된다.



<그림 10> 세탁기 재활용 공정 (파쇄기 & 자력선별기 사용)

13) 냉장고 주입 냉매 : 과거 R-12, R-134A 냉매가 사용되었고, 최근 R-600A 친환경 냉매가 주로 사용 중

에어컨디셔너는 냉장고, 세탁기와 함께 대형기기에 속하지만, 구성 특성상 수작업을 통해 재활용되고 있다. 특히, 냉장고와 동일하게 내부에 지구온난화유발물질인 냉매가 주입되어 있으므로 이를 반드시 전처리 단계에서 회수하여야 한다. 에어컨디셔너의 주입냉매는 R-22 또는 R-410A 냉매가 주를 이룬다. 에어컨을 수작업으로 해체·분해하게 되면 주로 철(컴프레서), 플라스틱(케이스), 구리(라지아타) 등 유가성 자원을 얻을 수 있다 <그림 11>.



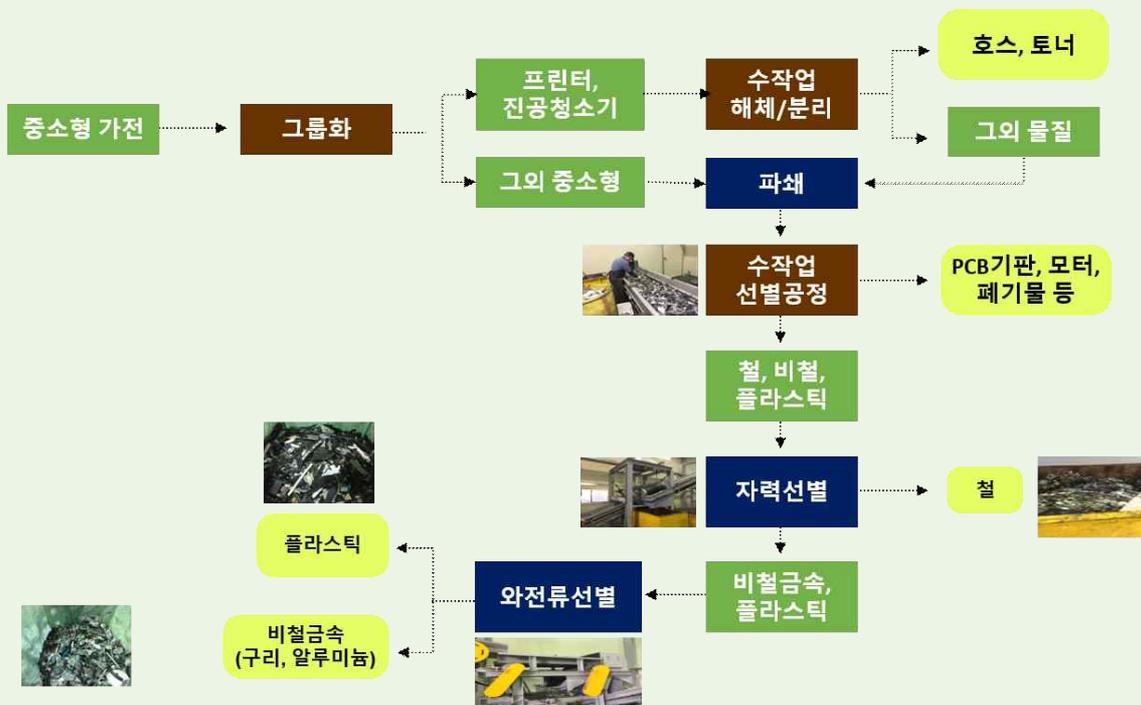
<그림 11> 에어컨 재활용 공정 (냉매 회수 및 수작업 공정)

TV는 CRT와 FPD(LCD, LED)에 따라 재활용 방법이 상이하나, 수작업 위주로 진행되는 공통점이 있다. CRT는 케이스 분리 및 전면부 해체 후 형광물질을 안전하게 회수하여야 하며, FPD(LCD)는 내부의 냉음극형광램프를 제거해야 한다. CRT의 경우 유리 구성 비율이 약 40% 이상으로 높은 편이다 <그림 12>.



<그림 12> 에어컨 재활용 공정 (냉매 회수 및 수작업 공정)

중소형 전기·전자제품의 경우 매우 다양한 재질로 구성되었을 뿐만 아니라 색상 및 크기가 상이하여 재활용 공정 자동화가 매우 어렵다. 그러므로 각 제품의 구성재질의 특성을 잘 파악하여 최대한 자동화 공정을 개발하려는 움직임이 활발하다. 특히 플라스틱은 다양한 크기, 색상, 재질의 플라스틱이 혼재되어 있으므로 이를 효과적으로 선별하기 위한 근적외선(NIR¹⁴⁾, 정전선별¹⁵⁾ 기술의 개발이 활발히 연구되었다.



<그림 13> 세탁기 재활용 공정 (파쇄기 & 자력선별기 사용)

<그림 13>은 국내에서 중·소형 폐가전을 효율적으로 처리하기 위한 하나의 아이디어를 기반으로 제작된 실제 플랜트 공정이다. 공정 핵심은 사전 연구를 통해 중·소형가전 중 플라스틱 재질이 비슷한 제품끼리의 그룹화를 진행한 점이며, 파쇄가 불가능한 호스, 토너 등을 별도로 수작업 분리 한 후, 일괄 파쇄하는 방식이다. 또한, 선별공정에서도 자력선별기와 와전류선별기로 분류가 불가능한 PCB기판, 모터 등을 수작업으로 회수하는 공정이 포함되어 있다.

14) Near Infrared-ray (NIR) 선별 : 근적외선 선별기술로써 플라스틱 및 합성수지가 근적외선 영역에서 서로 다른 고유 파장을 갖는다는 특성을 이용하여 재질별로 선별하는 자동선별 기술
 15) 정전선별 : 물질 간 유전상수, 전기전도도, 접촉 전위차 등과 같은 전기적 물성차를 이용하여 입자에 전하를 띄워 이를 전기장 내로 투입하여 정전기적 인력이나 척력에 의해 분리하는 기술

●● 제언 및 결론

본 보고서를 통해 한국의 폐전기·전자제품의 회수·재활용 현황을 전반적으로 살펴보았다. 특히, 법률과 제도의 시대 흐름에 따른 분석을 통해 폐가전 관리체계 변화와 법률 및 제도간의 적용 양상을 파악하였다. 국내·외를 막론하고 폐전기·전자제품의 재활용 흐름은 인간과 환경의 유해성을 최소화하는 방향으로 발전하고 있으며, 동시에 “자원순환”과 “순환경제” 구축을 위한 끊임없는 노력이 진행되고 있다.

한국의 폐전기·전자제품의 회수·재활용체계는 타 품목에 비해 의무생산자, 수입업자, 판매자의 노력에 의해서 비교적 EPR 제도가 잘 운영되고 있는 모범적인 사례로 꼽을 수 있다. 실제, 의무이행년도 2017년 기준으로 약 275천톤의 폐전기·전자제품이 제도권 내에서 투명하게 재활용되었다. 이는 같은 해 출고량(853천톤)의 약 32.2%에 해당하는 양이다.

또한, 한국의 폐전기·전자제품 재활용 사업장의 기술수준 및 공정이 점차 고도화되고 있다. 2010 이전만 보더라도 국내 광학선별을 이용한 플라스틱이나 비철금속의 선별기술은 보급화 되지 않았으나, 2010년 이후 점차적으로 확대되어 현재는 대형재활용센터 기준 약 25%의 채택률을 보이고 있다. 뿐만 아니라, 우레탄과 같은 가연성폐기물을 연료화하기 위해 도입한 고행연료(SRF)¹⁶⁾ 제조설비의 채택률도 45%에 이르는 것으로 조사되었다.

이러한 긍정적인 측면은 전자제품 EPR에 참여하고 있는 의무생산자, 수입업자, 판매자를 비롯한 정부, 한국환경공단, 한국전자제품자원순환공제조합, 그리고 모든 이해관계자의 노력의 산물이라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라가 완벽한 폐가전 자원순환 체계를 구현하기 위해서는 “비제도권의 제도화”, “실질 재활용률의 증대 방안 모색”, “유해물질 사용량 감소”, “국가통계 체계 개선” 등 다양한 현실 문제들을 해결해야만 한다. 이를 위해서는 이해관계자, 정부, 그리고 모든 국민의 관심과 자발적 참여가 반드시 필요하다고 할 것이다.

16) Solid Refused Fuel (SRF) 고행연료 : 가연성 폐기물을 모아 압축하여 제작한 연료. 고행연료 제조시설 및 사용시설의 허가를 확보 한 후 고행연료를 이용하여 소각/발전 할 경우 “에너지 회수”로 재활용률을 인정 받을 수 있다.

〈참고문헌〉

1. 한국전자산업환경협회 “폐전기·전자제품 Recycling Guide Book”, 도서출판 동화기술(2014): 10-11.
2. 정인상, 박지환, 황중수, 최원희 "폐소형가전제품 재활용 현황과 전망." 자원리싸이클링학회지, 24.4 (2015): 1-12.
3. Jihwan Park, Insang Jung, Kibae Lee, Mansoo Kim, Jongsoo Hwang, and Wonhee Choi. "Case study in Korea of manufacturing SRF for polyurethanes recycling in e-waste." Journal of Material Cycles and Waste Management, 20.4 (2018): 1950-1960.
4. 박승수, 정민욱, 김성민, 한성수, 정인상, 박지환, 박재구 “폐 정보통신기기(스마트폰, 노트북 PC)의 자원화 가치 분석”, 자원리싸이클링학회지, 27.3 (2018): 16-29.
5. 한국환경공단 환경정보장제 제도소개, URL<http://www.ecoas.or.kr/user/system/about.eco?menuId=15&qUrl=&rotMenuId=1&uppMenuId=1>)
6. 국가법령정보센터, URL:<http://www.law.go.kr/LSW/main.html>





국내IP
환경동향보고