

국내·외 폐기물 자원재생 기술현황과 전망



이 형 식
한국자원재생공사 재활용정보실장

1. 서론

가. 자원화의 필요성

폐기물의 자원화가 강조되기 시작한 곳은 1970년대 오일쇼크가 동기가 되어 에너지 자원의 위기감을 느끼게 되면서 크게 부각되기 시작하였다. 폐기물은 사용후에 폐기하는 대상이 아니라 자원으로서의 인식하여, 에너지 자원, 물질자원으로 회수 재이용하는 폐기물 관리정책의 새로운 방안으로 된 것이다.

우리 지구가 갖고 있는 자원은 유한한 것이며, 결코 무한한 것은 아니다. 따라서 천연자원을 무분별하게 남용하게 된다면 자원의 고갈은 앞당겨 질 것이다. 이러한 자원난을 예방하기 위해서는 가능한 폐기물의 발생량을 억제하여야 하고 발생된 폐기물도 알뜰하게 재활용하는 자원순환형 사회의 시스템 구축이 필요하게 되었다.

폐기물의 양적인 증가와 더불어 재질상의 복잡 다양화로 적정한 처리방법을 모색하기도 쉽지않은 않다. 매립장건설 및 소각장 건설 과정에서도 주민들이 이러한 시설들을 혐오 시설로 인식하여 입지를 반대하는 NIMBY현상이 전국적으로 확산되고 있어 사회적인 문제점으로 대두되고 있는 실정이다.

이와 같은 과정을 분석해 보면 폐기물의 적정처리 방향은 첫째로 발생량을 억제할 수 있는 방안이고 둘째로는 재활용을 통한 감량화, 자원화가 필요할 것이며 셋째로는 에너지 회수이용이 가능한 소각로에 의한 소각처리이고 넷째가 최종처리 개념인 매립방

법이 아닌가 생각한다.

폐기물의 자원화 필요성을 다음과 같이 정리하여 볼 수 있다.

첫째 : 천연자원의 절약을 들 수 있다.

광물자원, 산림자원과 같은 천연자원은 사용하고 난 다음에 복원이 불가능하거나, 수십년이 지나야 자원화가 가능하게 되는 것이다. 앞에서 언급한 바와 같이 재자원화를 통한 천연자원의 절약이 절대적인 중요성을 갖게 되는 이유가 되는 것이다. 우리나라와 같이 부존자원이 부족한 나라에서는 외국으로부터 수입에 의존하기 때문에 재활용을 한 만큼에 따라 외화의 절약, 원자재 해외의존도 감소에도 중요한 역할을 하게 될 것이다.

둘째 : 매립이나, 소각등 최종 처리해야 할 양을 줄여 주므로 처리비용을 절감시켜주는 효과가 있다 하겠다. 폐기물의 양적증가는 폐기물의 수집, 운반, 중간처리 등 처리비용의 증가를 의미한다. 이는 대량으로 발생하는 산업체에서는 부담이 커지고 있는 것이다. 재활용을 통한 감량화로 비용절감효과가 있을 것이다.

셋째 : 재자원화를 통하여 환경오염의 방지효과를 들 수 있다. 미국의 환경보호청(EPA)의 보고서에 의하면 폐지를 종이원료로 활용할 경우 신제 펄프사용 시보다 수자원 60%, 에너지사용 70%를 절감할 수 있고, 대기오염 물질 73%, 수질오염물질 44%, 공정상의 폐기물 발생을 39%나 줄일 수 있는 이점이 있다고 한다.

넷째 : 폐기물 매립지의 수명연장 및 소각장 건설 소요를 줄일 수 있다. 완전한 위생매립이나, 공해 방지

가 완벽한 소각로를 건설, 운영하게 되면 투자비와 운영비가 상당한 수준의 부담을 안게 되지만 이러한 문제점을 해소시킬 수 있는 방법으로서의 재활용의 미를 간과할 수 없을 것이다.

나. 자원화 방법

폐기물의 자원화는 선별분리 과정을 거쳐서 물질 회수이용하는 방법과 에너지를 회수이용하는 방법으로 정의할 수 있겠다. 재활용의 범위는 폐기물로부터 유기물과 잠재된 에너지를 유효이용하는 방안과 광의적으로는 폐기물 매립이 완료된 매립지를 안전화한 후에 이용하는 것까지도 포함할 수 있을 것이다. 즉 Material, Recovery, Energy Recovery, Land Recovery 크게 분류할 수 있을 것이다.

- (1) 물질선별회수(Extraction Material Recovery) 유리병, 종이, 금속캔, 플라스틱류와 같은 폐기물을 선별 공정을 거쳐 원료물질로 회수 이용하는 방법
- (2) 전환 물질로의 회수이용(Conversion Material Recovery) 유기계 폐기물을 발효 및 후속공정을 거쳐 퇴비화 또는 토양개량제나 복토재로 활용하는 방법
- (3) 저장과 운반이 가능한 에너지회수(Storable & Transportable Energy Recovery) 가연성 폐기물을 선별한 RDF화 하는 방법과 페타이어, 폐플라스틱을 열분해하여 연료유회수 등 이용방법, 고형탄화물을 생산하여 화석연료의 대체물질로 활용
- (4) 직접연소에 의한 에너지회수(Direct Energy Recovery) 가연성 폐기물을 소각로에서 직접 연소시켜 폐열을 회수, 이용하여 지역난방이나, 열병합발전에 보조적으로 이용함.
- (5) 토양재생(Soil Remediation) 오염된 토양을 생물학적, 수세척공정을 통하여 오염 물질을 제거하여 생명체가 성장할 수 있는 상태를 복원시켜 주고 토사 및 골재는 건축자재로서 재활용 하는 방법

2. 폐기물재활용 실태

'95년부터 실시된 쓰레기종량제 이후 생활쓰레기의 배출량이 27%나 줄어 들었고, 대신 재활용이 가능한 폐기물의 35%나 늘어나 생활쓰레기의 23.7%가 재활용되고 있으며, 일정한 장소에서 대량의 폐기물의 배출되는 산업폐기물의 재활용율은 61.5%에 이른다. 산업폐기물의 재활용율이 높은 것은 수집·운반이 용이하여 비용이 적게 들고 폐기물의 성상이 일정한 것이라 할 수 있다.

〈 폐기물재활용율 ('95) 〉
(단위 : 톤/일)

구 분	발생량	재활용량	재활용율
계	143,597	70,235	48.9%
생활폐기물	47,774	11,306	23.7%
사업장폐기물	95,823	58,929	61.5%

- 생활폐기물 재활용율 : '93년 11.5%, '94년 15.4%

폐기물 종류별 재활용실태는 폐지, 폐유리, 고철등은 전통적으로 제품생산시 원료로 사용되고 있어 재활용율이 높게 나타나고 있으나, 물리화학적 성질이 달라 선별이 곤란한 플라스틱의 경우 재활용율이 낮다.

〈 폐기물재활용율 ('95년) 〉
(단위 : 천톤/년, %)

구분	발생량	재활용량	재활용율
폐지	6,887	3,662	53.2
폐유리	788	446	56.6
고철	37,306	12,879	34.5
폐플라스틱	2,827	444	15.7
페타이어	230	205	89.1
폐윤활유	206	154	74.8
건축자재	37,009	22,523	60.9
폐자	1,609	1,207	75.0

3. 재활용 기술현황

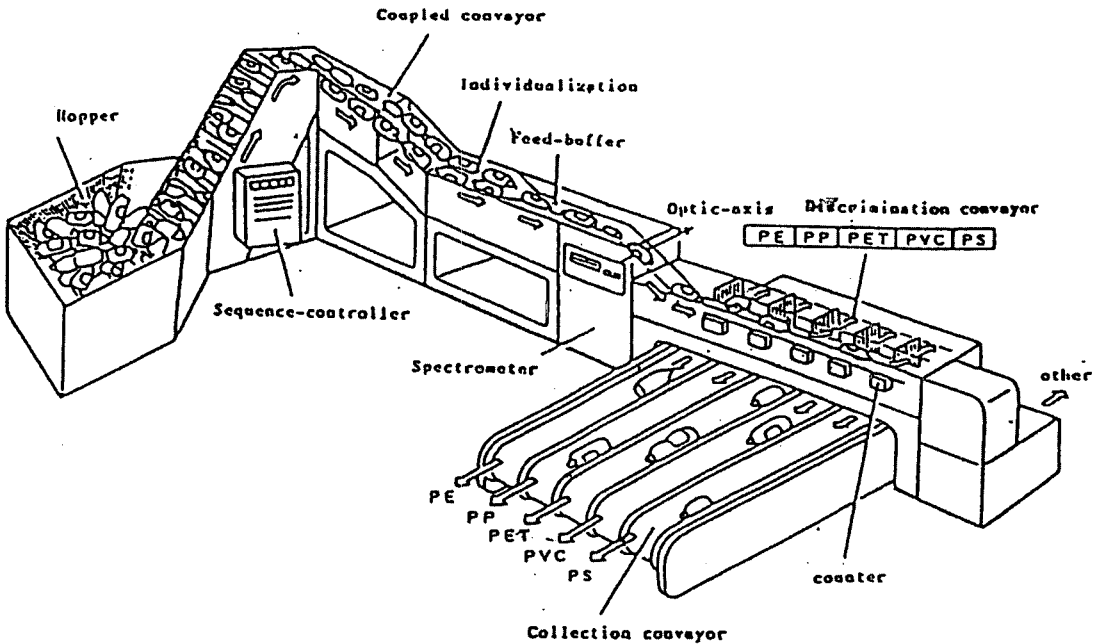
가. 폐플라스틱

1) 분리선별기술

◆ 각종 폐플라스틱 보틀류를 재질별로 자동선별하는 공정은 혼합상태로 수집된 PET, PVC, PE, PP, PS(크기는 200~2,000CC)을 투입호퍼에 투입하여 선별컨베이어벨트로 이송하게 된다. 이때에 옆면의 센서를 통해서 Spectrum를 통과하게 되면서 병의 재질특성에 맞게 컴퓨터로 형상을 기억하게 하여 주므로써 해당되는 Spectrum 통과시에 공기로 리젝트시켜주므로써 재질별로 선별하는 자동화 선별기술로써 대략 1초당 3개 정도를 배출시켜 줄 수 있게 설계된다.

선별, 분리공정의 속도는 컨베의 스피드에 따라 달라질 수 있으며, 오차는 20ppm이하로 설명되고 있다. 그러나, 이와 같은 전자방법에 의한 재질별 선별 기술은 연구개발 차원에서 상당히 많은 사례가 보고되고 Pilot plant 차원에서 시도되고 있는 실정이다. 결국은 경제성과 붙어있는 라벨, 캡 등을 어떻게 제거할 것인지도 공정상에서 안고 있는 과제라고 생각된다. 자동선별공정의 개념도는 다음 그림과 같다. <그림 1참조>

<그림 1> Automatic used plastic bottle Sorting system:



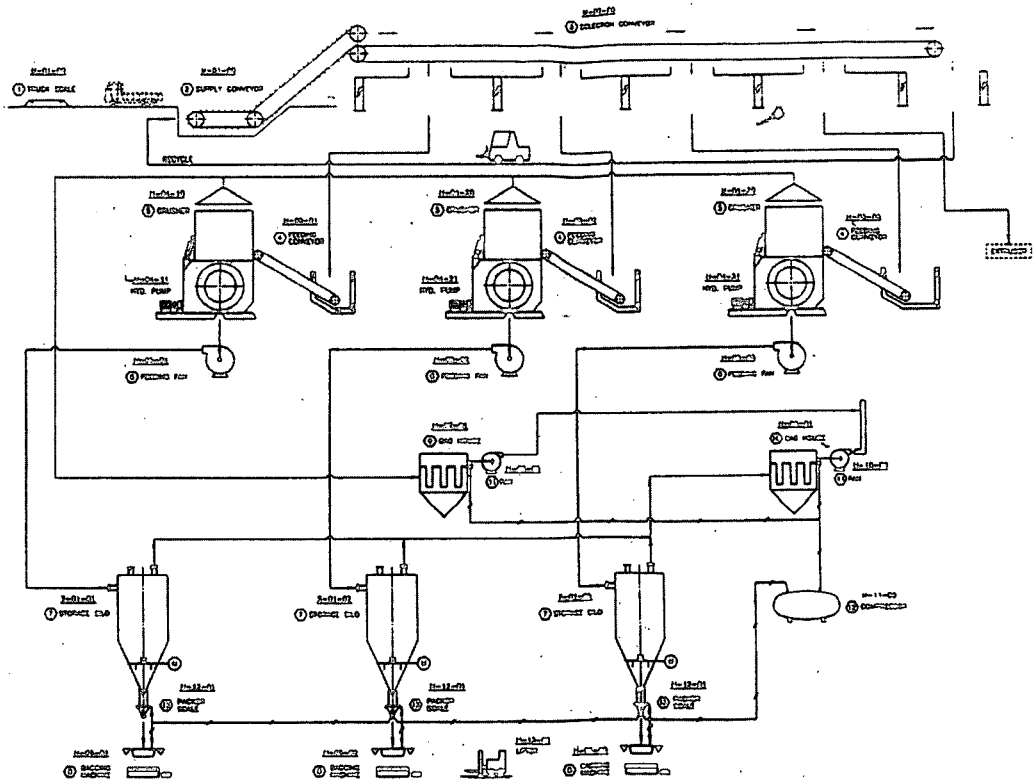
◆ 도시지역에서 수집되는 혼합폐플라스틱을 Conveyer Pit로 투입시킨다. 부피가 큰 용기류 및 철등은 수작업에 의해 별도로 분리선별하여 전처리 후 재질별로 파쇄공정으로 보내어진다. 선별컨베이어벨트로 옮겨진 폐Plastic은 숙련된 선별인에 의하여 PET, PE, PP, PS등 재질별로 Hand Sorting하여 분리되게 되고, 선별되지 않고 통과된 잔류물은 끝부분에서 집하되게 되고, 이것들은 재활용이 어려운 상태로서 종말처리대상으로 처리하게 된다. 재질별로 구분된 폐플라스틱은 분쇄기로 투입되어 직경이 3cm이하의 초상태로 분쇄하게 된다. 중간제품화된 폐플라스틱 초은 파쇄기 하부의 Hoper로 이송되어 Silo에 공급저장되게 된다. 작업과정에서 발

생되는 분진은 Bag House에 의해 제거된다. 분리된 chip형의 중간제품은 재생가공업체에 원료로 공급하여 재활용된다. 전체적인 처리공정도는 아래와 같다. <그림 2참조>

2) 재활용 방법

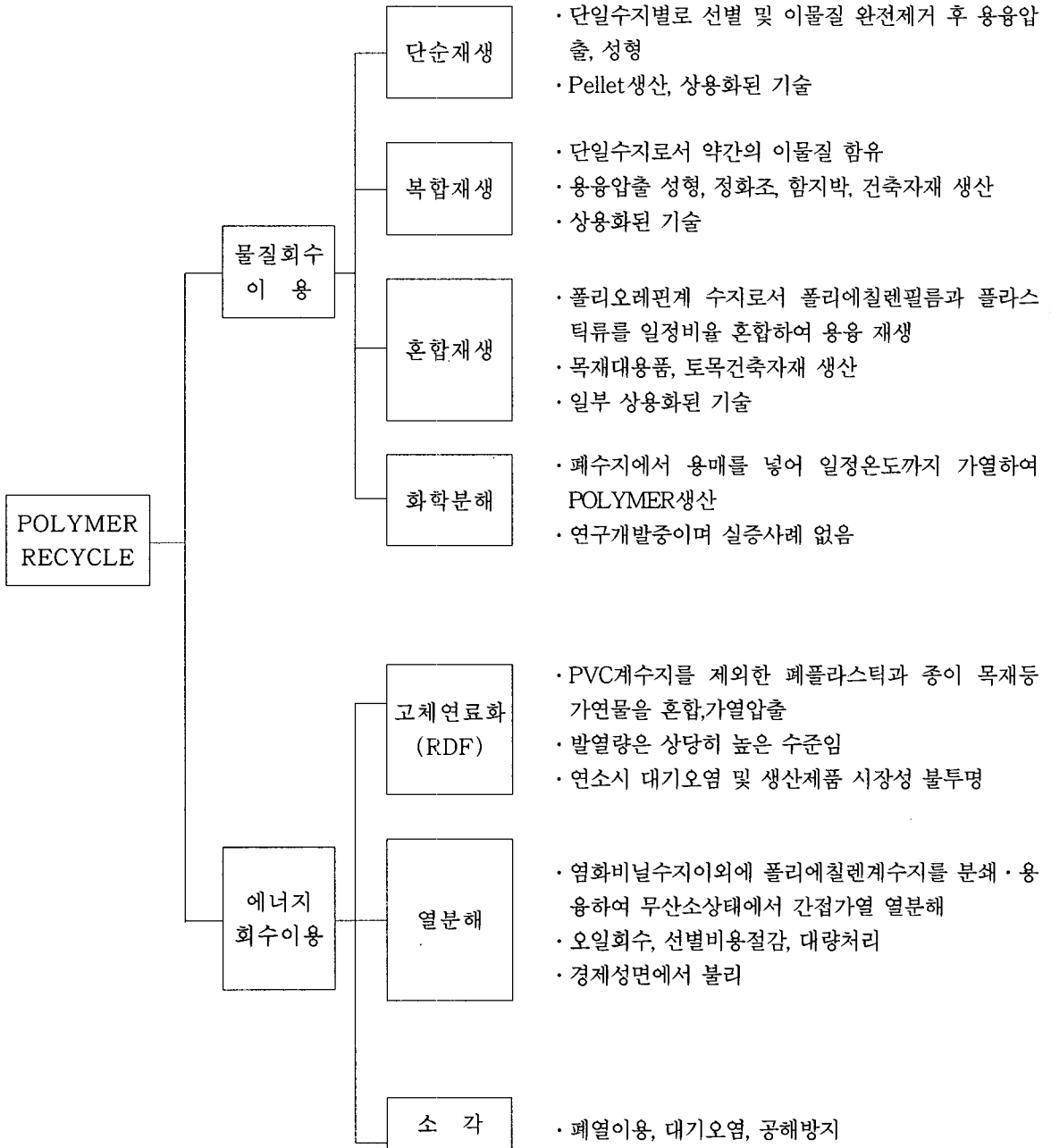
폐플라스틱을 재활용하는 방법은 크게 나누어 물질회수 이용방법과 에너지 회수이용방법으로 생각해 볼 수 있다. 물질회수 이용방법의 경우에는 앞에서 기술한 바와 같이 재질별로 또는 색상까지도 동일하게 철저한 선별이 되어야 양질의 재활용제품을 생산할 수 있게 된다. 최근에는 폴리올레계 수지를 혼합하여 용융재생하므로써 목재 및 콘크리트 대체품은

<그림 2> 처리공정도



생산하여 건축자재로 이용하는 기술이 다양하게 선보이고 있으나, 안정적인 시장확보에 어려움이 있다.

또한 열분해 유화환원방법도 시도되고는 있지만 아직까지 경제성면에서 취약한 것이 문제가 되고 있다.



3) 재활용 기술사례

◆ 농업용 멀칭폐비닐 Recycling기술

한국자원재생공사에서는 고초, 밤배, 땅콩, 마늘, 양파 등 재배시에 피복하여 사용되고 있는 HDPE, LDPE 멀칭필름을 수거하여 Rcycling하는 기술을 확립하여 운영하는 기술이 터졌다.

1개 공장에서 연간 처리능력 5,000톤 규모로 4개 공장을 설치 운영중이며, 이때에 회수되는 재생제품은 투입량 대비 10~155 정도의 Pellet 형태의 원료를 회수하게 된다. 농경지에서 회수되는 상태가 토사, 수분, 기타 이물질이 약85%정도로 오염되었기 때문에 처리공정도 파쇄, 세척, 탈수, 용융, 압출등 복잡한 공정을 거치는 습식처리방법을 채택하고 있으나, 운영 결과의 문제점으로는 수율이 매우 낮고, 유지관리비 과다, 경제성이 취약하므로 공공처리차원에서는 의미가 있으나, 민간차원의 재생처리방법으로서는 어려움이 있는 재활용 기술이라고 생각된다.

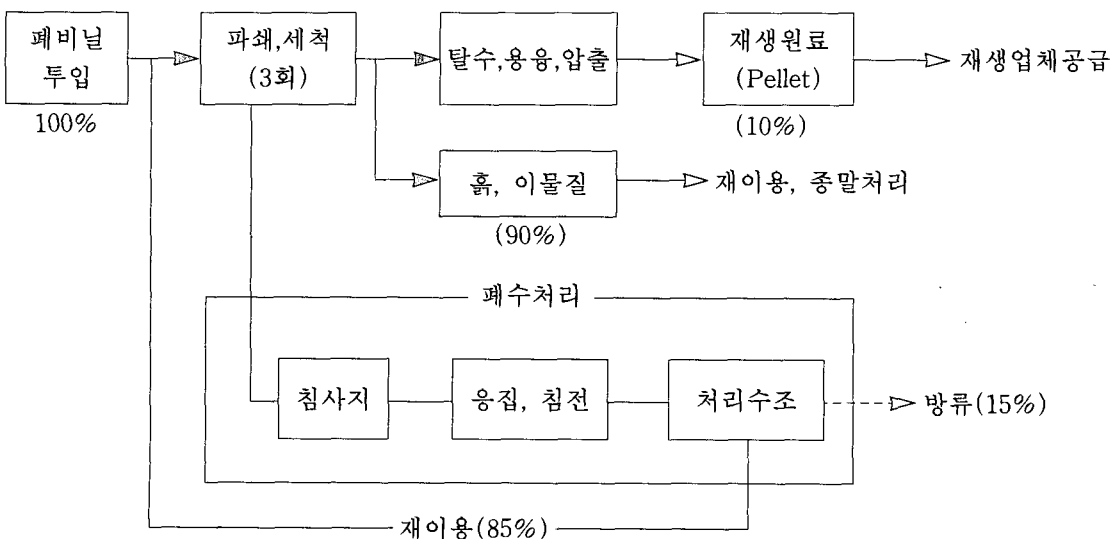
나. 폐가전 제품 Recycling 기술

폐가전제품은 생활수준의 향상과 인구 및 가구수의 증가, 제품의 잦은 모델변경 등의 원인으로 소비량도 커지고 또한 폐기기간도 과거보다는 상당히 빠

르게 배출되고 있는 추세이다. 이러한 폐기물은 생활계 폐기물로서 대형폐기물에 속하며, 이들은 생산단계에서 여러 가지 재질이 복합적으로 구성되고 조립되어 생산되기 때문에 처리방법도 매립이나, 소각처리방법은 부적합하게 되고, 어차피 합리적인 처리대책으로서 Recycling System을 구축하지 않으면 사회적인 큰 문제로 대두되기 마련이다.

따라서 선진국에서는 오래전부터 재활용을 전제로 한 재질구성, 조립방법등 환경친화적 생산을 유도하고 권장하는 추세에 있다. 특히 냉장고인 경우에는 단열내장재를 사용하는 PUR발포체를 만들 때에 CFC가스를 사용했기 때문에 폐기된 이후에도 PUR속에 잔류해 있으므로 이를 적절히 회수하여 재이용하지 않으면, 대기중으로 확산되어 오존층을 파괴하는 원인물질로 작용하게 된다.

최근의 세계환경회의에서도 CFC를 사용하지 못하도록 논의가 되었고, 우리나라에서도 대체물질 기술개발이 완료되어 사용량이 줄어들고 있는 상황으로 알고 있다. CFC가스는 독성이 강하여 인체에 직접적인 영향을 미치는 것은 아니다. 다만, 대기중의 오존층에 구멍을 뚫어 자외선을 차단하지 못하여 직접 동식물에 폭로되어 각종 피부질환 등을 유발시키고 생태계의 변화를 일으키기 때문에 특별히 관심을 갖



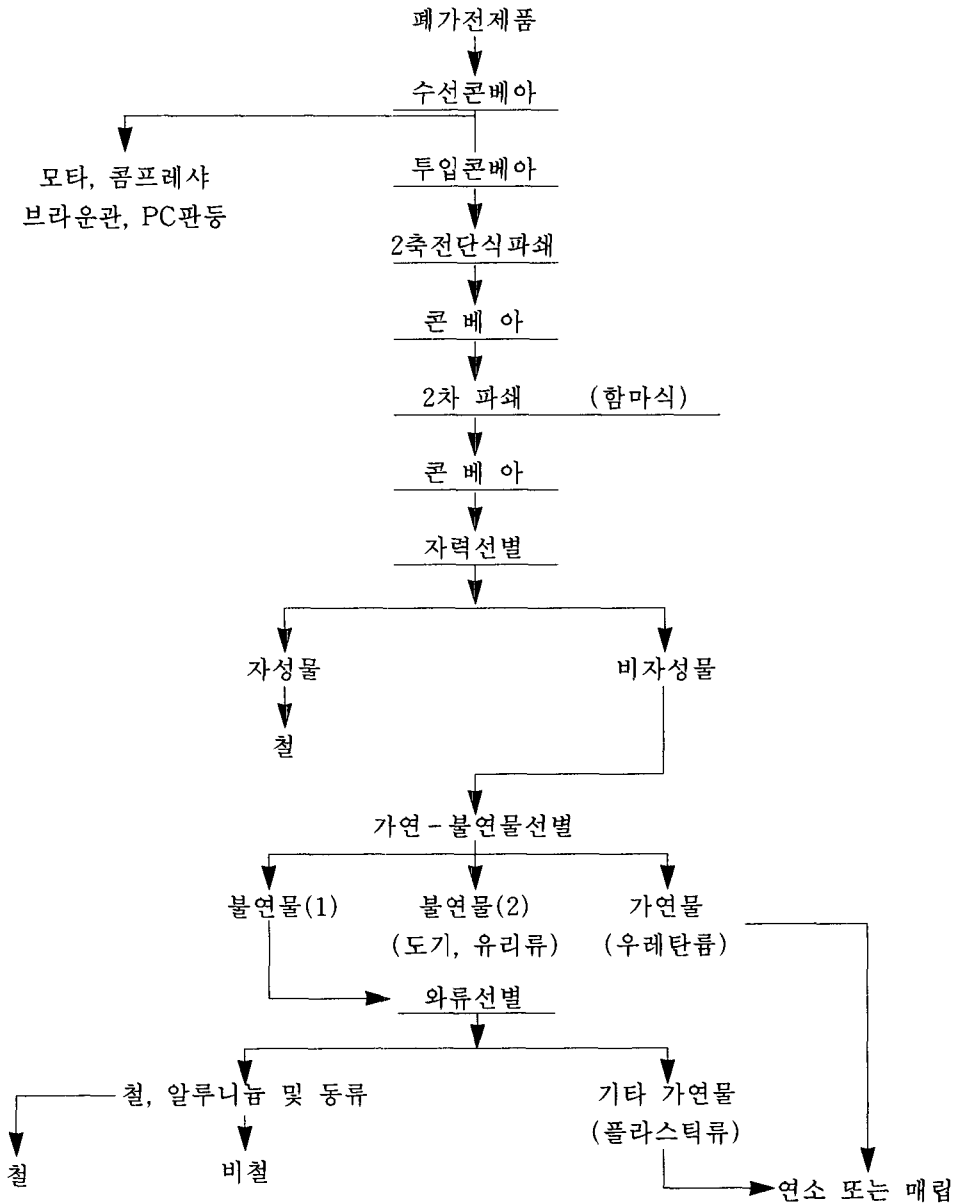
게 되는 것이다.

이와 같은 가전제품의 재활용 기술현화를 살펴보면 국내인 경우 한진슈레다등 민간기업차원의 재활용 시설도 있지만, 한국자원재생공사에서 서울시 난

지도 쓰레기 매립장내에 공장을 설치 현재 시험가동 중인 공정을 소개하면 폐냉장고, 세탁기등 연간 15,000톤 처리규모시설을 설치하여 본격적인 재활용 시대를 맞이하게 되었다.

< 국내 사례 >

◆ 폐가전제품만 처리하는 공정 (P-1)



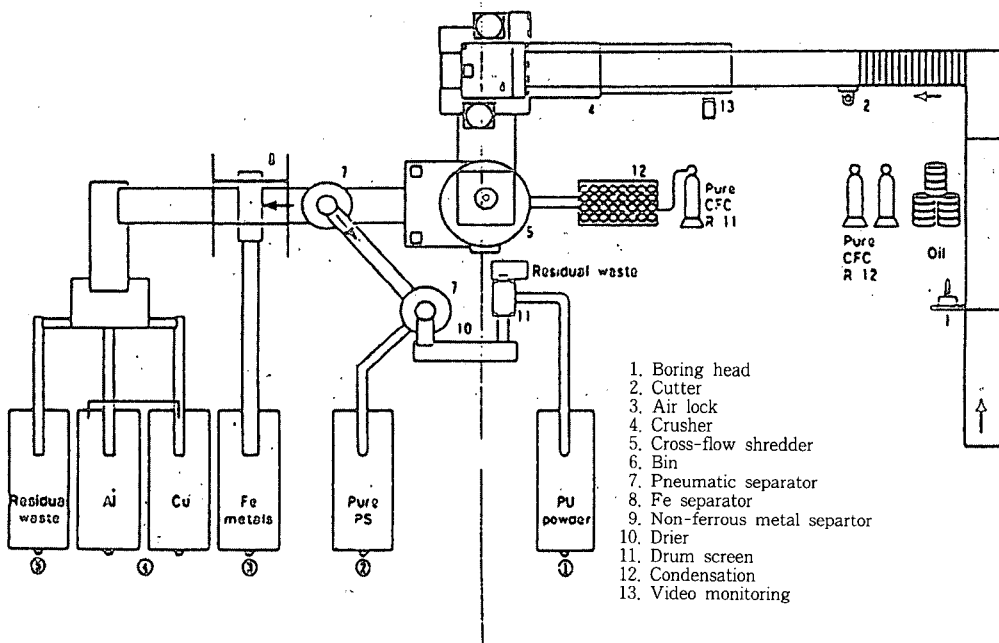
< 독일의 사례 >

폐냉장고의 처리공정은 2단계로 구분하여 생각해 볼 수 있다. 1단계의 공정은 수작업에 의하여 로울컨 베어에 올려진 냉장고의 콤퓨레샤, 모터, 냉장고 뒷면의 철망, 콤퓨레샤내의 CFC 제거 등을 분리하여 제거하고, 재질별로 선별한 다음, 2단계에서는 냉장고, 세탁기를 분체를 컨베이어벨트로 이송 호퍼에 투입하

여 슈레딩 및 마찰분쇄과정을 거쳐서 자동선별공정을 통과한 후에 회수되는 것은 PUR, 비철, 철, PS, CFC오일(질소가스로 냉각응축시켜 액상으로 만듦) 등이 회수되는 처리시스템으로 구성되어 있다.

본 기술개발은 HECKERT사에서 수행했고 공장설치운영은 L+N Recycling Company에서 시행하고 있다.

<HECKERT사의 폐냉장고 처리공정도>



4. 전망

재활용 사업은 폐기물의 감량화, 자원화 측면에서 매우 중요한 폐기물 처리 및 관리의 일환으로서 더욱더 강조되고 발전될 것으로 기대된다. 그러나, 재활용 대상폐기물의 종류나, 성상에 따라 경제성이 확보된 기술이 있는가 하면, 어떤 것은 경제성면에서 매우 불리한 사례도 있다.

폐기물의 재활용 자체가 시장경제원리에 의한 경

제성만을 전제로 하는 것은 아니라고 생각한다. 따라서 메이커, 유통업자등 원인자가 처리책무를 지게 되고 정부와 소비자는 이를 제도화하고 협조하는 상호 간의 역할분담을 명확히하여 재순환형 사회구축체계를 꾸준히 발전시켜야 할 것이며, 더욱 진보된 기술개발이 뒷받침이 된다면 리사이클링산업은 새로운 민간차원의 환경산업으로 자리매김을 할 때가 머지 않아 정착될 것으로 전망한다.