

유럽의 폐기물 재활용기술

김명수 / 프랑스 CEVART(Textile Recovery and Valuation Center)의 Vice Director

최근 관심이 고조되고 있는 환경문제와 관련하여 유럽의 쓰레기 처리 동향을

- ① 프랑스의 쓰레기 처리현황 및 NIMBY의 해결
- ② 프랑스의 소각기술과 후처리 기술
- ▶ ③ 유럽의 폐기물 재활용기술
- ④ 폐기물 종합관리 시스템 및 결연의 순으로 연재합니다.

실 용적인 유럽인들의 생활속에는 폐기물을 재활용한다는 의식이 오래전부터 뿌리를 내리고 있다. 자기에게 필요하지 않은 것은 남과 바꾼다던가 필요한 이웃이나 친척에게 양도하는 것은 이들에게 하등 열등의식과 무관하다.

이러한 생활양식이 재활용을 보다 손쉽게 할 수 있게 하지만 이러한 차원의 재활용에는 한계가 있다. 경제적인 문제가 크게 작용하기 때문이기도 하지만 개인의 자유가 확고히 보장된 사회에서 개인의 자유의사를 무시한 강압적인 재활용정책이 허용되지 않기 때문이기도 하다. 이러한 상황에서 유럽의 각국은 점점 더 요구되는 재생률을 높이기 위해 제품에 Life Cycle을 주입하고 재활용과 관련된 업체, 정부, 지역단체

사이에 공동협력을 활성화하고 있다. 하지만 각 국가간의 문화적 차이와 행정구조의 차이에 의해 각기 다른 정책을 수립하고 있다.

한예로 TOPFER법이라 불리는 독일의 환경법령은 양적 목표치와 시간별 목표치를 설정하고 있는 반면 프랑스의 환경법령인 LALONDE는 양적 또는 시간별 목표치를 두고 있지 않으며 수거후 재활용하는 방법에 있어서 어떠한 쿼터도 두고 있지 않다. 이런 차이점은 프랑스는 폐기물의 수거 및 처리의 책임을 완전히 자치단체에 두고 있는 반면 독일은 중앙관서에서 통합 관리하고 있기 때문으로 볼 수 있다.

또한 독일은 소각을 재활용 카테고리내에 넣지 않고 있으나 프랑스는 순수원료의 낮은 시장가격과 향후 불투명한 재생원료시장, 재생시 또다른 오염발생을 감안하여 소각을 열회수 측면으로 이 카테고리에 넣어 추진하고 있다. 이러한 차이점들 때문에 유럽공동재활용 기준치를 작성하는데 큰 어려움을 겪고 있다.

재활용이란 모든 물질에 다 적용되는 것으로 워낙 광범위하기 때문에 본 기고에서는 프랑스를 중심으로 한 가정쓰레기의 일반적인 재활용을 중심으로 관련된 재활용사례를 선택하여 정리하였다.

▶ 필자 약력

1983년 한양대학교 자원공학과 졸업
 1987년 프랑스 Grenoble II 대학에서 D. E. A. (Diplome d'étude Approfondie) 석사학위 받음
 1991년 프랑스 Paris X III 대학에서 에너지 환경경제학으로 박사학위 받음

가정쓰레기의 일반적인 재활용수준

프랑스의 가정쓰레기는 대략 종이 및 판지(27%), 부패성물질(21%), 플라스틱류(11%), 유리(7%), 금속(4%), 직물(2%), 분진 및 기타(28%)로 구성되어 있는데 이중 이

론적으로 43%는 재생할 수 있는 것으로 보고 있다. 종이 및 판지의 재생을 발전시키기 위하여 산업부, 환경부, 프랑스 시장협회, 종이·판지 및 셀루로즈 연맹, 종이·판지 재생조합사이에 Protocol을 체결하여 지속적으로 제지산업체의 폐지 사용률을 높이고 있다.(1981년 37%이던 폐지 사용률이 1995년 현재 50%) 종이·판지 재생의 난관이 되는 것은 기술적인 문제나 재정적인 문제라기 보다는 폐지를 수거하는데 발생하는 어려움에 있는 것으로 예를 들어 가정쓰레기중 선별수거로 수집되는 종이·판지의 회수율은 단지 10%이다.

프랑스의 플라스틱제 Mineral Water병 연간 소비량은 약 40억개로 단연 유럽의 챔피언이지만 회수율은 단지 20%로 2000년대까지 회수율을 높여 포장용 플라스틱의 75%를 재활용하겠다는 목표를 설정하고 있다. 독일의 경우 1995년 7월 1일 이후 90%의 포장용 플라스틱을 수거하고 이중 80%를 재생하도록 명문화 하고 있다.

이처럼 독일은 서론에서 언급하였듯이 규제된 목표치를 두면서 소각을 금지시키기 때문에 상부구조인 생산 및 분배구조는 수거시스템(DSD)과 잘 조화가 되어 목표치 도달에는 문제가 없을 것으로 보이나 하부구조인 재생시스템(VGK)이 아직 불충분하기 때문에 플라스틱 산업은 큰 타격을 받고 있다.

우리는 폐지나 페플라스틱과는 달리 수거가 편리하며 유리공장에서 재생시 재생제품의 품질에 미치는 영향이 적고 30회 이상 재생이 가능한 장점을 지니고 있어 20여년전부터 재활용이 실용화되고 있다. 유리의 선별수거를 위하여 프랑스내 19,000개의 Commune내(전체 Commune의 85%에 해당) 수거함 35,000개를 설치하여 약 백만톤의 유리기류를 회수하고 있다. 이는 소비된 두개의 유리병중 한개가 회

수되고 있는 것으로 과거 10년동안 연평균 9%의 상승률을 보이고 있고 이러한 상승률은 향후 계속 유지될 전망이다.

프랑스는 전체 필요한 광물 수요의 30%를 재생으로 충당하고 있으며 납의 61%, 철의 38%, 알루미늄의 30%, 구리의 28%, 아연의 24%가 이에 해당된다. 직물류는 대부분 잘 수거되고 있는데, 이는 자신의 손때가 묻은 의복을 함부로 폐기처분치 않는 유럽의 구습덕분이다. 수거된 직물은 간단한 세탁을 거친 후 재판매(35%)되거나, 산업용 기름걸레(25%)로 사용되거나 울을 풀어내어 화학처리를 거친 후 부가가치가 높은 의복 또는 덮개로 재생(20%)되거나 분쇄를 거친 후 자동차나 건물의 절연물질로 사용(10%)되고 나머지 재생될 수 없는 직물(10%)은 소각된다.

폐포장물 재활용 기술

유럽에서 발생되고 있는 가정쓰레기중에서 가장 큰 골치거리인 포장용으로 사용된 후 버려지는 포장용 폐기물(알루미늄, 종이, 플라스틱, 유리 등)은 이 전체 폐기물의 35%에 해당되고 있다.

이들의 재생시 첫번째 문제점은 산업규모로 선별할 수 있는 식별장치의 개발인데, 유럽공동체 연구프로그램(Pack-EE Programme)으로 개발중에 있다. 이 프로그램에는 또한 포장용 알루미늄과 유리의 재생에 관한 신기술개발이 포함되어 있다.

선별시스템의 개발

우선적으로 개발중에 있는 시스템은 필리아아(사상충)형 시스템으로 특히 선별용량이 큰 장소에 적합하다. 벨트 콘베이어 위에 쏟아져 놓은 포장용 용기들은 경사진 V형 벨트를 거치면서 개별적 판별이 가능한 일렬로 정리되어

프랑스의 가정 쓰레기는 대략 종이 및 판지, 부패성 물질, 플라스틱류, 유리, 금속, 직물, 분진 등으로 구성되어 있는데, 이중 재생할 수 있는 것은 43%로 보고 있다.

운반된다. 개별화된 물체들은 적외선 탐지시스템과 비디오 카메라에 의해 여러 카테고리별로 선별되어 벨트 컨베이어 사이에 설치된 흡수로부터 뽑아내는 압축공기에 의해 물질별로 회수하기 위해 마련된 회수구로 이동된다.

두번째로 개발중인 방식은 플라나리아(편형동물)형 시스템으로 이미 존재하고 있는 선별 공장이나 중소지역단체의 요구에 적합하다. 포장용기들은 저장함을 통하여 벨트 컨베이어 위에 놓여진다. 벨트 위에 비디오 카메라와 함께 설치될 로봇 팔은 물체들을 1차 선별 포착한 후 내장된 콘트롤 시스템에 의해 팔에 장치된 흡입관을 통하여 물체를 빨아들여 집어낸다. 이때 적외선 탐지기가 물체를 재확인하여 콘트롤 시스템에 정보를 주면 팔은 각 물질들을 해당 회수구로 운반한다. 여러 팔을 벨트 컨베이어 위에 일렬로 설치할 수 있다.

알루미늄의 재생

알루미늄의 회수에 있어서 주요 열쇠가 되는 세가지 R&D 테마는 다음과 같다.

- 가정쓰레기에 분산되어 있는 알루미늄의 자동 선별장치 개선 : 'Foucault Current' 기술의 개선을 위해서 일련의 물리법칙(복사/흡수 에너지, 전기장의 변동주파수와 공간분배, 공중으로 들어올리는 견인력, 추출원동력, 추출되는 물체의 공기역학)들에 대한 연구가 진행중으로 여러 형태 포장물의 '전자기 Signature'를 분간할 수 있는 연구단계에 있다.

- 대기오염물질과 고체, 액체, 기체성 잔재 폐기물의 발생은 엄격히 제한하면서 직접 사용되는 금속을 최대한 회수할 수 있는 알루미늄과 유기물질의 분리기술 : 금속성 포장 폐기물들의 대부분은 니스나 라카로 칠해져 있고, 플라스틱(PE, PU)과 연관되어 있으며 유기물질(화장품, 음식 등)에 자주 오염되는 관계로 알

루미늄과 유기물질 분리에 관련된 연구는 주로 금속 플라스틱으로 혼합된 포장 폐기물의 건류에 한정된다.

얇은 칠은 연소시 제거되지만 플라스틱이 다량 포함된 포장물의 경우 온도의 국부적 상승 때문에 탄소화된 찌꺼기와 혼합하여 금속의 용해가 일어나 금속의 재사용이 불가능하게 된다. 이에 대한 해결책으로 저온 건류소각(500℃ 이하)방식이나 플라스틱의 흡열분해증류 방식을 연구중이다. 저온에서 화합물을 최대한도로 도태시키고 또한 그을음의 형성을 피하기 위한 열 프로파일의 제어연구가 주요 연구과제이다.

- 재활용된 액상금속의 상업적 부가가치를 높이기 위한 정제기술 : 액상금속의 정제는 중기 연구과제로 지금까지는 회수된 알루미늄의 용제는 불순금속성 성분에 의해 오염된 상태이다. 진행중인 연구는 철분의 제거에 집중하고 있다.

유리의 재생

이와 관련된 주요 핵심과제는 유리가루의 RED/OX의 성격을 특징짓는 것으로,

- 전기-화학도구의 개선
- RED/OX 변수를 특징짓는 방법의 정리
- 이 변수가 유리의 질과 노의 운전상에 미치는 정확한 영향 연구이다.

유리가루의 산화-환원특성이 유리공장로의 운전을 안정되게 제어하는데 있어서 중요한 변수인 것으로 보인다. 이 변수는 아직까지 제어되고 있지 않지만 제조시 발생하는 세련미의 훼손 또는 유리빛깔의 난조같은 여러 장애의 원인이 되는 것으로 추정되고 있다.

또 다른 과제는 선별 수거가 되지 않고 항상 가정쓰레기내에 포함되어 쓰레기와 함께 소각된 후 광재로 발생하는 다수의 유리 포장물에

대한 연구로 유리화된 소각 잔재물의 가치창조에 중점을 두고 있다. 이러한 연구프로그램으로

- 소각공장에서 발생하는 유리량의 예측 연구(1990년, 100만톤 : 2000년, 140만톤)

- 세립분류에 따른 폐기물의 구성과 질에 관한 연구(유리질은 특히 4mm 이상인 세립에 많이 발견되며 소각잔재물 평균 중량의 30%를 차지)

- 오염정도를 알아내기 위한 유리물질의 화학조성연구(특히 유리공장으로 재사용을 극히 제한받게 하는 철분 - Fe₂O₃, 1% - 오염정도)

폐자동차의 재활용기술

프랑스내에는 연 180만대의 자동차가 폐차되고(이중 약 75%가 현재 재생) 자동차 관련 폐기물로 3000만개의 자동차 타이어, 600만개의 밧데리, 25만톤의 엔진오일이 발생되고 있다.

이러한 추세라면 30년내로 300배로 늘어날 전망이다.(유럽 전체에서 연 1300만대 차량 폐차) 이에 대처하기 위하여 프랑스 자동차 제조 회사들은 차량의 품질, 안전성과 함께 재생회사의 전략내에 포함시키고 차량제조시 폐기물이 될 수 있는 부품을 줄이고 재생기술을 개발하여 재활용치를 늘려 2002년까지 자동차 무게의 90%까지 재생하기로 행정부 및 관련기업체들과 함께 합의(1993년 3월)를 보았다.

또한 폐차 분해시 용이한 작업과 일관된 공정을 거칠 수 있도록 하기 위해서 '폐차확인서'의 발행을 고려중이다. 확인서내에는 차량에 어떤 종류의 물질을 어느 부문에 사용하였다는 것을 명시하여 특히 유럽으로 수입되는 모든 차량들에 유럽의 폐차량 처리조건을 준수하도록 할 예정이다.

폐차량을 산업규모로 재생하기 위하여 프랑스 자동차 PSA, Peugeot, Citroën은 Saint-Pierre de-Chandieu에 합작 폐자동차 재생공

장을 1991년 설립하였고 이회사는 현재 30분마다 차량 1대를 취급할 수 있는 설비를 갖추고 있고 재생율은 95%이다.(재생비는 차량당 약 400프랑 정도)

페타이어의 일부는 고무의 높은 열용량을 이용하기 위하여 시멘트공장에 열량대체재로 사용되고 있는데 예를 들어 Aix-en-Provence의 La Malfre공장에서는 연 만톤의 타이어를 소각하여 6,500tep의 에너지절약 효과를 얻고 있다. 또한 방음재로도 사용되고 있는데 킬로미터당 2만개의 페타이어가 소요된다. 그외 최신 활용기술(Pneusol 공정, Pneuresil 공정)로 타이어를 잘게 분쇄하여 도로공사(도로면의 강화, 얇은 성토)나 철로의 진동방지용으로 사용하고 있다.

그외 영국의 Humberside주는 1년에 2m³ 후퇴하는 해안의 침식을 막기 위하여 1억개의 페타이어를 바다에 투입하여 길이 45km, 폭 100m, 높이 5m의 인공암초를 건설할 예정이다.

이를 실현하기 위하여 Southampton대학의 해양과에서 바닷속에서 그 수명이 몇백년이 될 페타이어가 생태계에 중요한 문제를 초래하지 않을지에 대한 일련의 테스트를 실행하고 있다.

자동차내에 여러종류의 플라스틱 사용이 현저히 늘어나고 있는데 대응하여 폐차후 선별과 재생작업을 용이하도록 하기 위하여 플라스틱 종류를 최소한으로 줄이고 플라스틱 부품에는 ISO II 49 규범에 따라 성분을 표시하도록 하고 있다.

특히 현재 자동차내에 널리 사용되고 있는 Polypropylen은 모두 재생이 가능하여 Opel의 경우 신형차종인 Astra의 Fend-er(Wing)를 전량(100%)회수된 Polypropylen제인 범퍼와 밧데리밧스로부터 제조하였다.

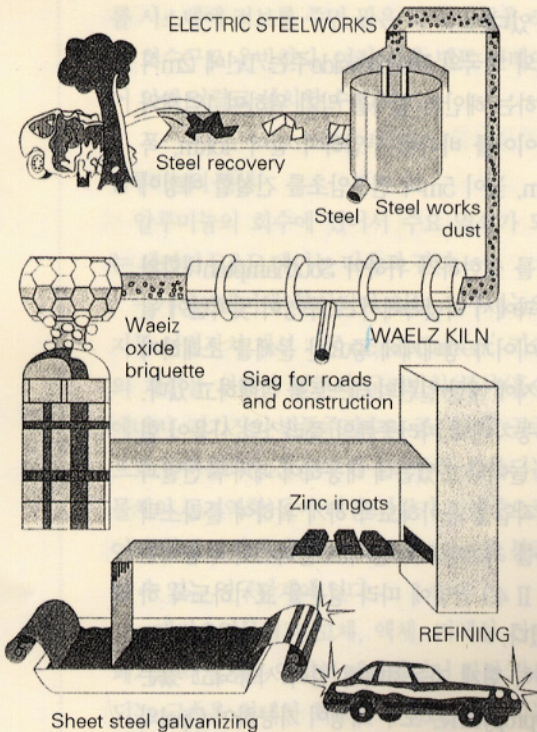
차의 본체는 강철로 되어있으나 차체의 부

페타이어의 일부는 고무의 높은 열용량을 이용하기 위하여 시멘트공장에 열량대체재로 사용되고 있다. 또한 방음재로도 사용되고 있는데 킬로미터당 2만개의 페타이어가 사용된다.



식을 방지하기 위하여 차체 외부에 전기아연도금을 하고 있다.

〈그림 1〉에서 보듯이 차체는 비철금속을 포함한 분진을 발생하는 제강소의 전기로로 보내져 재생되고 있다. 발생된 분진은 Waelz Rotary Kiln을 거쳐 산화금속으로 변환된 후 Imperial Smelting Furnace(IS)에서 재처리되어 아연으로 재생산된다. 재생된 아연은 도금 공장으로 보내져 새차량 생산에 다시 사용된다.



〈그림 1〉 아연도금철판의 재생

폐건축물 재활용기술

프랑스내 건축부문은 연간 약 3000만톤의 폐기물을 발생하고 있는데 이중 2300만톤이 건축물의 철거에 의해 발생되는 잔해물로 가정쓰레기 발생량과 맞먹는 분량이다. 이들의 회수를 근본적으로 활성화하기 위하여 폐건축물 재생기업활동을 공식화하는 한편 이들의 조직화를 추진하고 있다.

현재까지는 대부분의 폐건축물을 매립 또는 도로공사용으로 사용하여왔으나 보다 체계화, 전문화하여 회수된 자재를 대부분 새로운 건축물 신축에 재사용할 수 있도록 할 계획으로 이를 위하여 철거방식과 선별에 대한 연구가 활발히 진행중이다.

한 예로 프랑스에서 산업규모로는 처음으로 작년 6월부터 실행되는 Brennilis(Finistere 지방)지역의 핵발전소 철거를 들 수 있는데 향후 시장성과 철거방식의 전문화를 이룬다는 점에서 많은 관심이 집중되고 있다.(이 핵발전소는 70MW 규모로 1966년 가동하여 1985년 이후 운영이 정지되었으며 철거작업은 1988년 마칠 예정) 발전소 운영업체인 EdF(프랑스전력)와 CEA(핵에너지청)가 철거작업지휘를 맡고 있다. 대부분은 이 발전소를 지을 때 참여하였던 핵관련업체들이 철거작업에 참여하고 있는데 이들을 정리해보면 표와 같다.

이번 기회를 '대형 위험산업 건축물 철거학교'로 간주하고 향후 국제 폐원자력 시장(프랑스내만 하더라도 2010년 시장규모는 약 \$ 30 Billions) 석권을 위한 계기로 삼아 기업 뿐만 아니라 정부차원에서 적극 참여하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

하지만 EdF의 표준화된 56개 가압경수로(PWR)의 현재 평균가동연수가 11년으로 발전소 평균수명 40년과 비교해볼 때 아직은 젊어 실제 철거시장의 도래는 2010년대가 될 것

으로 보고 있다. 이를 기다리면서 EdF, CEA, Cogema는 작업에 필요한 자금을 축적하고 있는데 그 규모는 매년 각각 \$ 660 Millions, \$ 4.1 Millions, \$ 200 Millions에 달한다.

EdF에서 추정하고 있는 철거비용은 각 원자로 전체 투자비의 15%(1kw당 \$ 318.6)정도로 추정하고 있으며 이를 기준으로 보면 900MW급 1기와 1300MW급 1기의 PWR 철거비용은 각각 \$ 300 Millions, \$ 420 Millions가 된다. 다음 세기에 예정된 이 철거비용을 재정 지원하기 위하여 1993년부터 가용자는 소비전력 1kwh당 0.97 Centime(0.19 Penny)의 추가요금을 지불하고 있다.

Brennilis 핵발전소의 철거방식으로는 AIEA(Agence Internationale de Energie Atomique)의 조언에 따라 EdF에서 채택한 3단계의 철거방식을 채택하고 있다. 1단계로 작업을 중단한 1985년 즉시 방사능 오염 배출물 처리설비의 분해가 이에 해당된다.

그외 남아있는 시설은 방사능 물질을 장입했던 반응로 건물인데 이는 40년후에나 철거할 예정이다. EdF는 이 기간을 절대적으로 필요한 것으로 여기며 그동안 방사능의 자연감퇴 혜택을 누리면서 저방사능 폐기물 매립문제의 해결책을 찾고자 한다. 또한 이기간을 통해 철거비용과 새로운 발전소건설에 필요한 재정을 축적하여 재정부담을 한결 낮출 수 있다지만 EdF의 이러한 '50년' 이론은 미국이나 독일에 의해 행해지고 있는 15년내 철거방법에 비해 비효율적이라는 비판을 받고 있다.

철거에 사용되는 기술들을 정리해보면 다음 4개의 범주로 구분할 수 있다.

- 화학적(겔, 거품 등), 물리적(진공증발, 흡수, 진동 등), 기계적(표면깎기, 유리구, 고압수 등) 탈오염공정
- 원격조정이 가능한 절단(기계적, 열적, 열

분 야	관 련 회 사	활 동
핵	EdF	철거작업의 지휘
	CEA	철거작업의 지휘
	Framatome(CEA)	방사능이 높은 장비의 탈오염, 절단, 방사선으로부터 보호조치, 로봇트, 폐기물처리의 엔지니어링
	Technicatome(CEA)	엔지니어링
	STMI(EdF, CEA, Cogema, Framatome의 출자회사)	폐기물의 적재와 배출액의 탈오염, 정화
	SGN(CEA)	철거비용과 공정방법의 평가
	Comex	어려운 작업에 인원과 로봇트 지원
토목공사	Bouygues	콘크리트구조와 건축물의 분해와 분쇄
	Campeon Bernard(CGE)	콘크리트구조와 건축물의 분해와 분쇄
폐기물	Generale des eaux	저방사능 폐기물의 적재와 관리
	Lyonnaise des eaux	저방사능 폐기물의 적재와 관리

전기적) 및 분할기술

- 원격작업기술(로봇트, 원격조정장치 등)
- 일차, 이차 폐기물의 저장과 처리기술(포장, 용해 등)

폐전기, 전자제품의 재활용기술

프랑스내에는 연간 약 130만톤의 전기, 전자제품이 폐기되고 이중 약 56만톤이 재생(43%)되고 있는 것으로 집계되고 있다. 이중 기업체용으로 사용된 후 폐기되어 재생되는 비율은 64%인 반면 일반대중용으로 사용된 후 재생되는 비율은 22%로 대단히 낮은 재생률을 보이고 있다. 이는 일반 가정용 제품의 수거 및 재생시 소요되는 비용이 재생후 이윤에 훨씬 못미치기 때문이다. 이를 보상하기 위하여 유럽 각국은 수거세를 물리거나 보다 합리적인 신기술개발을 추진하고 있다.

다음에 소개되는 시스템은 독일의 Wemex

사(베를린)에 의해 실용화되고 있는 폐전기, 전자제품 Recycling 기술로 이 시스템은 기계적 방법으로 98%까지 물질들을 분리할 수 있으며 이들을 2차 제품 형태로 재사용할 수 있게 하고 있다. 전적으로 건식의 기계적인 방법에 의해 처리하므로 증기나 슬러지, 유해가스의 형성을 막고 또한 초청정 에어필터를 장치하여 규제치 이하로 분진발생치를 낮추고 있다.

이 시스템은 연속적인 처리단계에서 차후 처리과정을 고려할 수 있도록 여러 설비들의 추가와 바꿈(모듈)이 가능하도록 착상되어있어 정확한 선별과 저장을 할 수 있도록 하고 있다.

이러한 착상은 전체 설비가 필요한 신규 운영업체에 있어서나 기존의 특수처리를 시행하고 있는 시설에 한정된 분야의 특수분리를 추가하는 시설에도 모두 잘 부합하게 할 수 있다.

Wemex사에서 추천하는 가장 좋은 시스템 구성은 30여개의 유럽내 제조회사로부터 구입한 50여개 파쇄기와 선별기를 가지고 80번의 시험을 한 후 얻은 결과이다. 개발된 설비는 사전 분리 및 선별, 분쇄, 금속과 뒤섞인 플라스틱 물질의 취급을 위한 2개 모듈, 음극 스크린의 유리 취급을 위한 1개 모듈을 포함한다.

사전선별

오염요소의 세심한 제거가 선별의 첫번째 목적으로 사전 선별시 특성 요소를 포함하고 있는 모든 부품(PCB를 포함하고 있는 콘덴서, 건전지 및 축전지, 수은이 포함된 전류전환기, 액성 크리스탈 그라스가 포함된 전광판 등)들을 손으로 제거한다.

폐기구들의 분해는 부분적으로 기계화되어 있고 작업대나 콘베이어 벨트 위에서 행해지며 작업의 편리를 위하여 전기 드라이버, 절단공작기구, 고속톱, 특수가위, 분리기 등과 같은 여러 기구들이 설치되어 있다.

틀, 케이스, 철이 함유된 다량의 조각 등과 같은 폐철분을 선별하여 한쪽에 쌓아놓는데 이러한 철의 회수는 전공정에 걸쳐서 행해진다. 컴퓨터나 텔레비전에서 분리된 스크린은 이를 처리하는 특수공정으로 보내진다. 다른 공정에 들어가기전 모든 부품들은 그 부품에 구성된 물질에 따라 사전 선별되어 바퀴가 달린 통에 임시 저장된 후 차례로 처리된다.

분쇄

사전 선별된 물질들은 일차 저속 분쇄기내로 장입되어 1프랑짜리 동전 크기만한 균일한 혼합조각으로 분쇄된다. 이 분쇄기는 완전한 몸체에서부터 주먹크기만한 소형 변압기나 모터까지도 취급할 수 있다. 하부에는 자석분리기를 설치하여 철분요소들을 제거한다.

전기회로, 틀, 케이스, 좌판과 그외 금속 또는 합성물질로 되어 있는 성분들을 자동적으로 처리하기 위하여 분쇄시스템은 두개의 모듈로 구성되어 있다. 각 모듈은 비교적 독립된 기능을 가지고 있고 물질의 분리는 여러 레벨의 분할작업에서 이루어진다. 구리나 알루미늄같은 금속은 일차 모듈에서 비철 합금들로부터 분리된다. 특수장치를 이용하여 세립의 중금속 분진들도 수거되고 이는 재사용된다.

플라스틱물질의 처리

전기재료들은 대부분 여러 종류의 많은 플라스틱 물질들을 포함하고 있다. 폐전기제품으로부터 플라스틱 물질의 회수는 케이스의 성분(예를 들어 ABS)이나 Polyolefines(PP, PE)에만 한정되고 있다. 건식 기계적 방법으로 혼합된 플라스틱 물질들은 다음의 분류에 따라 분리된다. Thermoplastiques, 각종 내열성 수지, 얇은 조각, 섬유, 이러한 단편들은 여러 형태의 크기로 배출되는데 거의 금속이 제거된 상태이다.

음극 튜브의 유리 제거

컴퓨터의 모니터 유리 처리 모듈 역시 건식 기계적 방법에 의해 작동된다. 컬러모니터에 있어선 산화바륨 Silicate질의 유리(모니터의 눈에 보이는 부위)와 산화납 Silicate질의 유리(모니터의 원추부)를 특수장치를 이용하여 따로 분리한다. 모니터에 포함된 모든 금속물질을 제거한 후 한뼉정도되는 크기의 조각으로 분쇄하여 2차 분쇄기로 장입, 0.5~1mm의 유리파편으로 만들어낸다. 불순물질이나 개재물 특히 금속이나 젓은 유리들은 그후 제거된다. 이 시스템은 시간당 약 1톤을 처리할 수 있는 유연하고 Compact한 설비로 지리적으로 근교에서 수거된 폐전기, 전자제품의 처리에 좋은 수익성을 보여주고 있다.

맺음말

유럽국가들의 폐기물 재활용수준은 문화적 차이, 정책의 선호도에 의해 차이가 나기는 하지만 공통적으로 상부구조인 수거에 특히 많은 어려움을 겪고 있다. 이를 극복하기 위하여 홍보를 강화하고 각국마다 고유의 수거방법을 수립해놓고 있는데 이러한 예로 전기-전자제품의 경우 소비자가 알아서 처분을 하도록 한다거나(독일), 수거세를 제품구입시 소비자에게 직접 부과한다던가(오스트리아), 자치단체에 책임을 지워 알아서 처리를 하게 한다거나(네덜란드), 제품내에 원천세금을 부여한다거나(영국)하는 방법을 쓰고 있다.

선별 및 재생기술은 매우 다양하며 이들에 대한 지속적인 연구와 개발이 추진되고 있으나 재활용수준이 높아지고 보다 세분화, 고도화된 재생이 요구됨에 따라 그에 따른 재생비가 상승되어 경제성확보의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이러한 문제점들을 효율적으로 해소하기 위해서 유럽에서는 상부 및 하부시스템들

을 보다 체계적으로 개발하기 위한 정부 주도 하의 전문처리업체를 양성하고 있다.

프랑스의 경우, 포장용 폐기물만을 전문적으로 취급하는 EcoEmballages라는 회사를 설립하고(Emballages는 영어로 Packaging이란 뜻) 관련회사들에게 무게, 크기, 물질에 관계없이 포장물당 1 Centime(약 US Cent의 1/5)을 출자하도록 하고 있다. 이렇게 모인 자금(연간 약 \$ 90 Millions)을 가지고 EcoEmballages는 적합한 수집과 재생방안을 모색하고 관리하며 이와 관련된 기술연구와 개발에 재정을 지원하거나 지자체의 분리수거에 재정적 지원과 자문(특히 홍보)을 한다.

또 다른 특징적인 대처방안은 경쟁사들끼리 협력을 체결하여 공동으로 재생에 참여하고 있다는 것이다. 이는 특히 자동차 부문에서 두드러지는데 진장에 소개한대로 프랑스 자동차 메이커끼리 공동 투자하여 재생공장을 건설한다던가 프랑스 기업체와 유럽의 다른 기업체(예를 들어 Renault-BMW, Renault-Mercedes, PSA-Fiat)와 협력하여 재생을 용이하게 하기 위한 전체적인 개념을 규정하고 재생기술의 공동연구를 수행하며 타사제품을 서로의 재생공장에서 취급한다. 이러한 추세는 재생에 소요되는 경비를 절감하고 일본, 미국, 한국 등 유럽으로 자동차를 수출하는 국가들보다 경쟁력을 갖추기 위한 것으로 볼 수 있다.

재생은 향후 지속적으로 비율이 늘어날 것으로 보이지만 재생에 대한 국가의 강력한 의지와 기업체들의 위기의식이 없이는 어느 한계를 넘어서지 못할 것이다. SS

유럽국가들의 폐기물 재활용수준은 나라마다의 문화적 차이, 정책의 선호도에 따라 각국 고유의 수거방법을 수립하고 있다.

