

김재형

국립환경연구원 폐기물공학과
환경연구사

유럽의 폐기물 발생 및 관리정책<2>

목 차

1. 폐기물 발생 및 관리의 주요 문제점
 - 1.1. 폐기물 발생량
 - 1.2. 폐기물의 발생과 경제성장
 - 1.3. 종합적인 접근방법의 필요성
2. 폐기물종류별 분석
 - 2.1. 유해폐기물
 - 2.2. 종이 및 판지
 - 2.3. 유리병
 - 2.4. 플라스틱
 - 2.5. 사용연한이 지난 자동차
 - 2.6. 하수오니
3. 중부 및 동부유럽국가의 폐기물발생량과 처리
4. 폐기물의 매립과 소각에 따른 환경영향
 - 4.1. 매립
 - 4.2. 소각
5. 전망
 - 5.1. 폐기물발생량 전망
 - 5.2. 정책이행
6. 대응
 - 6.1. 유럽연합의 법규 및 전략
 - 6.2. 유럽연합의 폐기물전략 시행 진전
 - 6.3. 유해폐기물의 자국내 처리
 - 6.4. 용량, 처리비용과 폐기물관리의 중요성
 - 6.5. 다른 정책영역과의 통합

2.2. 종이 및 판지

종이 및 판지의 경우는 소비량과 폐기물 발생량이 밀접한 상관관계를 지니고 있다(표 6 및 그림 4). 유럽연합에서 이들 종이류의 소비는 '83년에 약 4,100만톤이던 것이 '96년에는 6,400만톤으로 46%, 연간 3.5% 증가하고 있다(CEPI, 1997). 나라별로는 '83~'96년 사이에 연간 0.4%(스웨덴, 네덜란드)에서 11.1%(그리스) 증가하고 있다.

표 6. 종이 종류별 소비비율

(출처 : CEDI, 1997)

종류	신문용지	그래픽용지	위생지 및 가정용지	포장지	기타
비율(%)	13	33	6	41	5

이 기간동안 종이 및 판지의 1인당 소비량은 크게 증가하여 포르투갈에서 '83년에 49kg/인/년이던 것이 벨기에가 '96년에 260kg/인/년으로 증가하였다. 이러한 소비증가율은 평균 대, 중, 소로 나누어 13년동안 각각 연간 1.8%(40~140 kg/인/년), 3.5%(110~200 kg/인/년)과 5.5% (150~260 kg/인/년)이었다. 이러한 그룹화는 국가별 차이를 명확하게 하지는 않으나 중규모에서 대규모의 증가세를 나타내는 국가에 대한 중단기 예측을 가능하게 하는 지표로 이용될 수 있다. 또한 소비수준을 낮추기 위한 현실적인 목표설정에도 이용될 수 있다. 이 경향으로 볼

때 새로운 정보사회로의 이동이 종이류의 발생을 감소시키지 못한다는 것을 보여주기도 한다.

유럽에서 종이류는 에너지이용이나 매립보다도 재활용에 정책목표를 두고 있다. 재활용율은 '85년에 유럽연합+노르웨이에서 36%이던 것이 '90년에는 40%, '96년에는 49%이었다. 그러나 소각 및 매립되는 총량도 증가하고 있다(그림 5).

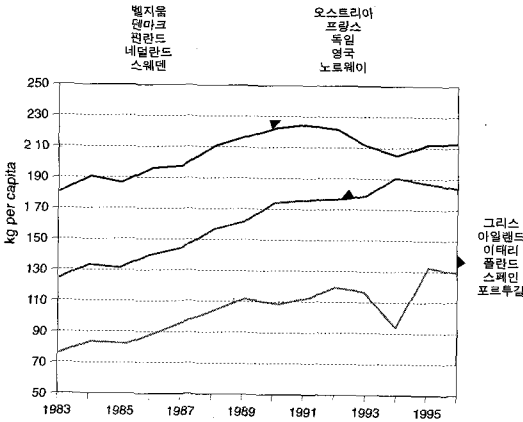


그림 4. 유럽국가의 1인당 종이소비량

(출처 : CEPI, 1997)

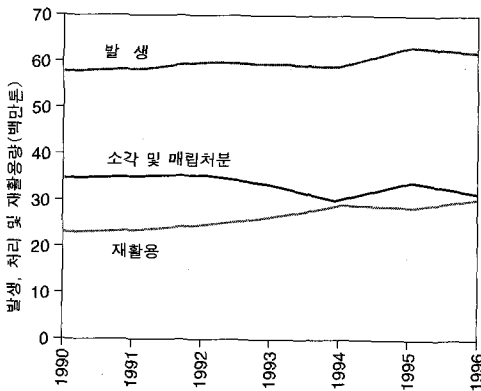


그림 5. 유럽의 종이류 처리 및 재활용

(출처 : CEPI, 1997; NRCs, 1998)

종이류에 대한 재활용은 최근 전생애평가 결과가 발표되면서 많은 논란이 되고 있다. 표 7에 나타난 바와 같이

재활용시 에너지소비 및 오염물질 배출량은 원자재를 사용한 경우와 견줄만하다. 일반적으로 원자재를 이용하여 생산하는 것보다 재활용이 환경에 더 건전한 것으로 알려져 있지만 재활용시도 상당량의 오염물질로 인해 환경에 부하를 줄 수 있다. 이러한 결과는 미국환경보호청에서도 보고된 바 있다.

표 7. 신문지생산에서 재활용 용지와 천연펄프이용시 에너지소비 및 오염물질 배출량 비교(스웨덴, '94~'95)

사용연료	에너지소비			배출량		
	열소비 (GJ/톤)	전기소비 (GJ/톤)	총에너지소비 (GJ/톤)	사용연료 (kg/톤)	CO ₂ (kg/톤)	인, P (kg/톤)
100% 재활용 용지 사용	5.7	3.2	8.9	재활용 용지 사용	14~21	10~17
재활용 용지 미사용	5.5	10.6	16.1	재활용 용지 미사용	12~37	18~40
						80~220
						230~420

(출처 : Naturvardsverket, 1996)

2.3. 유리병

유럽에서 유리병의 소비는 종이류와 마찬가지로 '90년대에 크게 증가되었다. 유럽연합과 노르웨이에서는 '90~'96년에 평균 13.6% 또는 연간 2%씩 증가하여 양적으로 1,170만톤에서 1,330만톤으로 증가되었다. 1인당 평균 유리소비량은 국가에 따라 400~500% 증가하였다(그림 6).

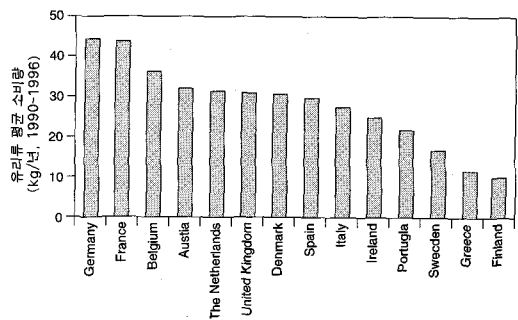


그림 6. 국가별 유리류의 평균 소비량 ('90~'96, kg/년/인)

(출처 : FEVE, 1997; NRCs, 1998)

유럽에서는 유리병 생산량중 약 75%가 음료수의 포장에 사용되며 나머지는 식품, 제약, 화장품 및 화학물질에

사용된다. 유리병의 소비는 각국의 소비패턴과 병에 사용되는 물질에 따라 변하게 된다. 종이류와 마찬가지로 유리류도 유럽연합에서 재활용을 정책목표로 하고 있어 '90년에 유럽연합+노르웨이에서 재활용율이 43%이던 것이 '96년에는 55%로 증가하였다(그림 7).

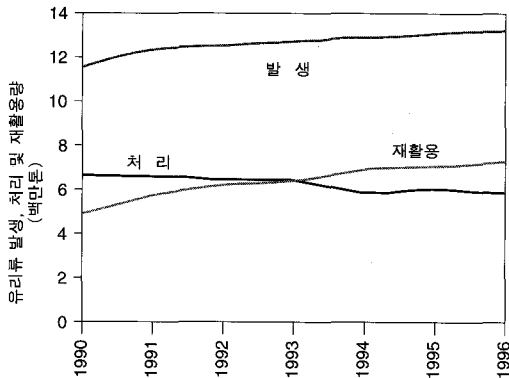


그림 7. 유럽의 유리류 발생 및 처리
(출처: FEVE, 1997; NRCs, 1998)

2.4. 플라스틱

유럽연합에서는 폐플라스틱의 양이 연간 약 4%씩 증가하고 있다(SOFRES, 1996)(그림 8). '90년에는 유럽연합, 노르웨이 및 스위스에서 1,360만톤이던 폐플라스틱 발생량이 '94년에는 1,750만톤으로 증가하였다.(APME, 1995; APME, 1996) 도시폐기물은 플라스틱의 가장 큰 발생원으로서 '96년에 전체 플라스틱 폐기물의 63%를 차지하고 있다.

표 8. 플라스틱의 발생원

분야	도시 쓰레기	건설업	대형 유통업	자동차	농업	전기 전자 산업
비율	63	5	20	5	5	2

(출처: APME, 1996)

도시폐기물중 폐플라스틱은 종류가 매우 많아 이를 분별하여 재활용하기 어려우며, 재활용시 고 노동력과 에너

지를 필요로 하는 문제점을 안고 있다. 그림 8에 나타난 바와 같이 유럽연합에서는 단지 20%의 플라스틱만이 물질 또는 열적 재활용에 이용되고 나머지 80%는 그대로 처분되고 있다. 여기서 처분은 열회수가 없는 소각이나 매립을 의미한다. 또한 플라스틱류의 발생량이 증가하는 것에 관계없이 물질 및 열적 재활용이 각각 7%와 15% 정도 일정하게 유지되고 있다(APME, 1995; APME, 1996).

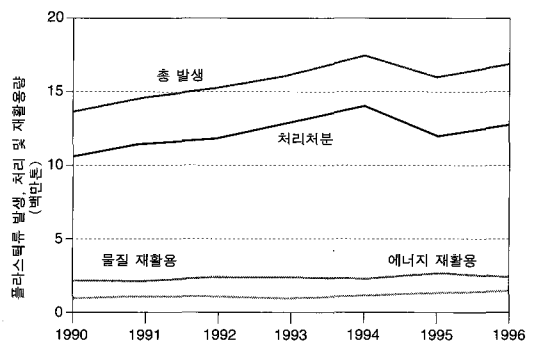


그림 8. 플라스틱류의 발생, 처리 및 재활용
(출처: APME, 1995; APME, 1996)

PVC(Polyvinylchloride)는 유럽연합, 노르웨이 및 스위스의 전체 폐기물중 12%를 차지하고 '94년에 210만톤이 발생되었다.(SOFRES, 1996) 비교를 위해 '94년에 PVC는 480만톤이 생산되었고(Allsopp, 1992) 현재에도 크게 증가하고 있다. PVC의 재생율은 다른 종류의 플라스틱에 비해 매우 낮아 서유럽 8개국을 대상으로 한 조사에서는 1~3%로 나타나고 있다.(DEPA, 1996) 더욱이 이들 PVC의 물질 재활용은 선별문제 등에 기인하여 현재 거의 이루어지고 있지 않다. PVC에는 가소제(phthalate), 안정제(Pb, Cd, organotin) 및 안료(Cd화합물) 등이 포함되어 있고 염소함량이 중량비로 약 57%에 달하여 특별한 주의가 요구된다. 이러한 유해성분은 PVC가 매립, 재생 및 소각시에 문제를 일으키는 원인이 되고 있다. PVC가 매립되면 경질 또는 연질 PVC의 종류에 따라 각기 다른 문제를 발생시킨다. 연질 PVC의 경우는 phthalate가

다양한 농도로 검출되며, 경질의 경우에는 다른 플라스틱에 비해 분해속도가 매우 느리다. 소각시에는 다량의 HCl 가스를 발생시키게 되므로 이를 제거하기 위해 세정설비가 필요하며 이에 따라 대개 PVC 1kg을 소각할 때 1~2kg의 세정잔재물이 발생하게 된다. PVC의 높은 염소농도는 소각시 다이옥신류의 발생 우려를 높이고 있고, 노천소각시에는 다이옥신류 뿐만 아니라 다른 독성물질이 배출된다. 덴마크의 연구에서는 소각시 폐기물중 염소의 67%가 PVC에 기인된 것으로 나타났다.(DEPA, 1996) PVC의 발열량은 22MJ/kg로서 플라스틱 폴리머중 가장 낮은 발열량을 나타낸다. 예로 저밀도폴리에틸렌(LDPE)은 45MJ/kg의 발열량을 갖는다.(SOFRES, 1996) 국가간 유해폐기물의 이동을 제한한 바젤협약회의에서 PVC를 유해폐기물로 분류할 것인가에 대한 논의가 진행중에 있다. PVC중 Pb의 함량은 일반적으로 0.6% 정도이며(DEPA, 1996) 함량으로 0.5%이상의 Pb 또는 0.1%이상의 Cd를 포함한 폐기물은 유럽연합에서 유해폐기물로 분류된다.[Hazardous waste directive (91/689/EEC)] 경질의 PVC중 Cd 함량은 약 0.25%이다.

2.5. 사용연한이 지난 자동차

유럽연합에서 자동차의 수가 증가함에 따라 사용연한이 지난 자동차(End of Life Vehicles)의 처리가 시급히 해결하여야 할 문제로 대두되고 있다. 현재 유럽연합에서 사용연한이 지난 자동차의 수는 800~1,000만톤으로 추산되고 있다.

사용연한이 지난 자동차는 대개 직접 재사용 가능한 부품을 해체한 후 나머지는 분쇄하여 철성분과 비금속류 등으로 선별한다.

금속성분은 재활용율이 높아 용융하여 재사용하게 되는데 이들 금속의 용융은 원광석으로부터 금속을 생산하는 것에 비하여 에너지소비는 적으나 분진 등의 발생으로 새로운 오염을 야기시킬 수 있다. 유럽에서 2차 제강공정에서 28%의 Cr, 16%의 Zn 및 3%의 다이옥신류를 발생시키는 것으로 추산되고 있다.(UNECE, 1998) 2차 제철용 광로에서는 재활용되는 철 1톤당 10~15kg의 분진을 발생되어 '96년에 약 70만톤의 분진이 서유럽에서 발생되었다. 이 분진은 중금속을 다량 포함하고 있어 특수한 방법으로 처리하여야 한다.(Hoffmann, 1997) 분진의 양과 유해특성은 장입되는 스크랩의 질에 따라 변화한다.

덴마크에서는 '92년부터 '95년까지 스크랩을 전처리하는 법규를 적용하여 스크랩에서 10%의 중금속을 사전 제거할 수 있었다. 그러나 '95년 이후 중금속은 차량에 아연 함량이 증가함에 따라 다시 증가하고 있다.(Danish Steel Works, 1997)

자동차 분쇄후 비금속성분의 처리가 가장 문제가 된다. 자동차에서 현재 발생하는 폐기물의 량은 유럽연합에서 200~250만톤으로 추산되고 있다. 이들 폐기물에는 포음, 섬유, 플라스틱, 고무, 유리, 기름 및 유해폐기물이 함유되어 있다. 대부분의 유럽국가에서는 이들 폐기물을 매립처분하고 있으며 중금속과 PVC가 다량 함유되어 있어 재활용이나 소각시 문제가 된다. 덴마크의 연구에서는 파쇄폐기물의 선별을 향상시켜 상당량의 중금속을 저감시켰으며 이를 통해 에너지회수가 가능한 소각처리하였다고 보고되고 있다(Miljostyrelsen, 1997)

현재 유럽연합에서는 독일의 사용연한이 지난 자동차의 재활용시스템을 모델로 한 새로운 법령을 제안하고 있다. 독일의 자동차재활용시스템은 산업계의 자율적 규제에 따른 폐차 무료회수·재활용의 기본틀과 이것을 법적으로 보완하는 순환경제·폐기물법의 범규명령에 의해 시스템이 구축되어 '98년 4월 1일부터 발효되고 있다.

표 9. 자동차의 금속류 조성

종류	철금속류	비철금속류	기타 금속류
비율(%)	70	25	5

(출처 : European Commissions, 1997; IPPE, 1996)

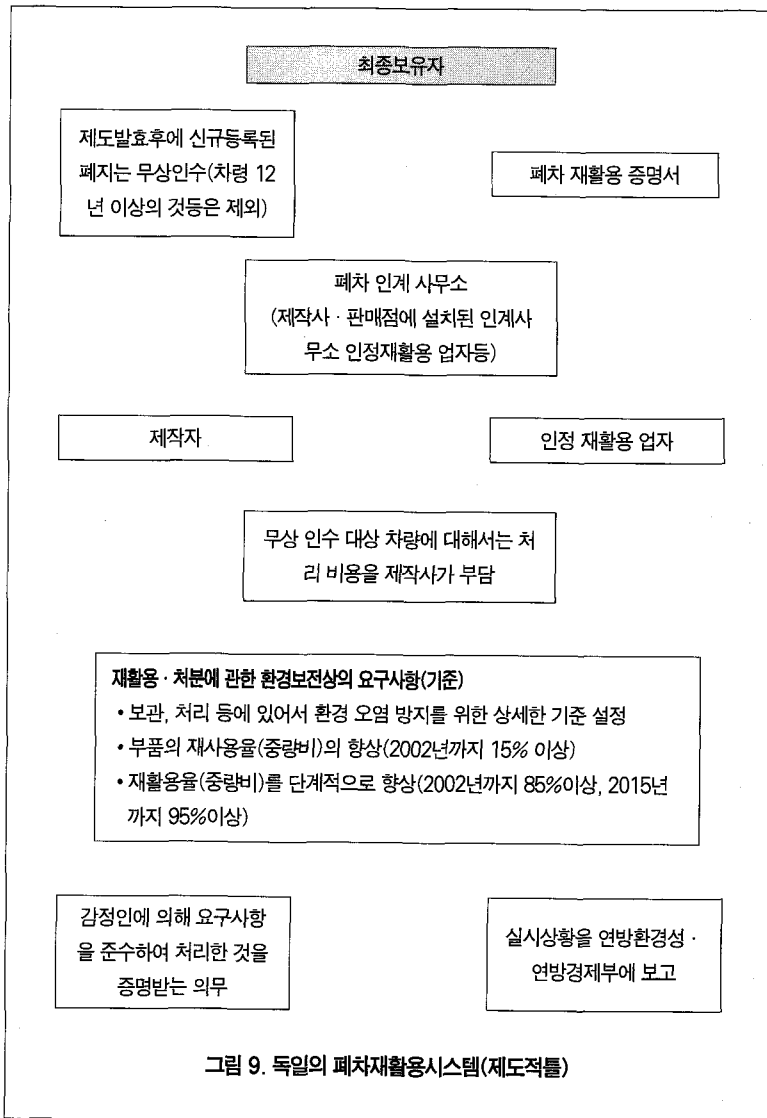


그림 9. 독일의 폐차재활용시스템(제도적틀)

폐차를 인정업자가 재활용하는 경우 逆有償分을 제작사가 보충)한다. 각 제작사당 평균 재활용율을 2002년까지 85%이상, 2015년까지 95%이상으로(중량비) 향상시키고, 이에 따른 자율규제의 이행 및 달성에 관한 사항을 연방환경성 및 연방경제부에 보고하고 있다. 폐차령은 정식명칭이「폐차의 적정처리와 도로교통법 관련규정의 적용에 관한 정령」으로 독일의 「순환경제의 촉진 및 폐기물의 환경에 적합한 처분 확보에 관한 법률(순환경제·폐기물법)」에 근거를 두고 있다. 주요 내용으로는 자가용차를 폐기하고자 하는 자는 인정재활용업자 또는 자동차 제작사 등이 설치하는 특정 인계사무소에 차량을 인도하여야 하고, 폐차수속에는 인정재활용업자 등이 발행하는 재활용증명서를 필요로 한다. 폐차의 보관, 재활용, 무해화처리, 최종처분 등에 대한 환경보전상 기준을 상세히 설정(батери, 기름류 등 유해부품의 사전제거·처리, 단계적인 재활용율의 향상(자율규제와 동일) 등)하고 폐차의 재활용을 한 자는 감정인에 의해 위의 기준에 적합한 재활용을 실행한 것의 증명을 받아야 한다.

산업계에 의한 자율규제는 독일자동차공업회(VDA), 독일자동차수입업연맹(VDIK) 외 관련 13개단체가 참여하고 있으며 주요 내용으로는 2년 이내에 폐차(승용차)의 회수망을 전국에 구축하고, 자율규제 발효후 신규등록된 승용차(개조 및 차령 12년이상 차량 제외)에 관해서는 무료로 회수하며, 회수·재활용시 환경보전상의 요구사항 만족시키는 것이다. 또한 상기요구사항을 만족하는 인정·회수·재활용사업자의 참여를 인정(무상회수 대상이 되는

다. 독일이외에도 네덜란드에서 폐차에 대한 회수제도가 시행되고 있으며, 네덜란드의 경우 차량 등록시 구매가격에 150 US\$가 가산된다. 이 세수는 재단에 의해 관리되며 재활용활동을 지원하는데 사용된다. 네덜란드는 2000년까지 적어도 폐차의 86%를 재활용하는 목표를 설정하여 놓고 있다.(Waste disposal fee for end-of-life vehicles, 1995)