

김재형

국립환경연구원 폐기물공학과
환경연구사

유럽의 폐기물 발생 및 관리정책<4>

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

3. 중부 및 동부유럽국가의 폐기물발생량 과 처리

최근 중부유럽과 동부 유럽국가 10개국에 대해서 유럽 연합의 법규에 따른 폐기물관리법규를 통일화할 필요성이 제기되고 있다. 이는 이들 나라의 폐기물 발생량이 유럽연합 평균치의 3배인 것으로 보고되고 있기 때문이다. 비록 폐기물의 정의나 자료의 범위에 차이가 있으나 주로 농업이나 광업에서 발생하는 폐기물이 많은 것으로 보고되고 있다. 제조업이나 에너지산업에서의 폐기물 발생량은 유럽연합 평균치의 약 50%이상이다(그림 12 및 13). 산업 폐기물의 발생은 산업의 종류와 생산공정에 따라 크게 다르다.

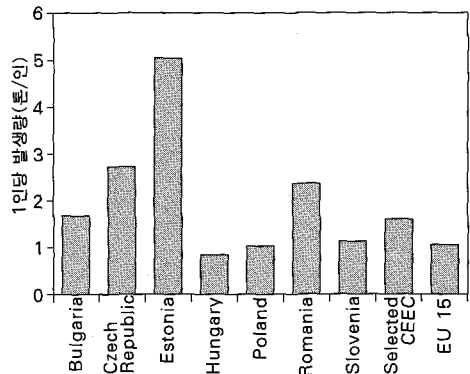


그림 12. 중부 및 동부 유럽국가의 1인당 제조업+에너지 관련 폐기물 발생량

(출처: EEA, 1998, OECD, 1997)

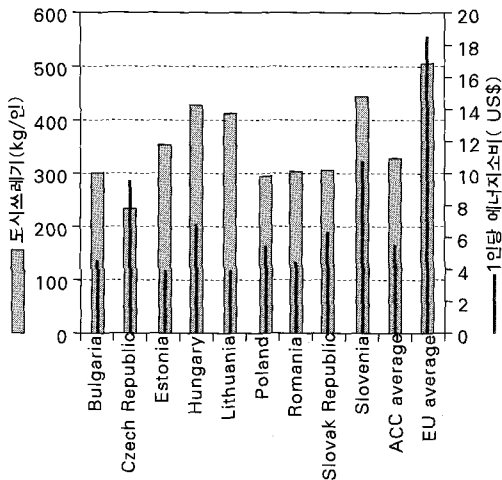


그림 13. 중부 및 동부 유럽국가의 1인당 제조업+에너지 관련 폐기물 발생량
(출처 : EEA, 1998, OECD, 1997)

4. 폐기물의 매립과 소각에 따른 환경영향

4.1. 매립

일반적으로 폐기물의 매립처분에는 지표수와 지하수의 오염, 메탄 등 온실가스 발생, 토지손실 등의 문제가 발생한다. 더욱이 매립은 자원의 영원한 손실을 가져오게 되고 주변 환경모니터링이나 정화에 공공비용의 투자를 증가시키게 된다.

이러한 문제의 크고 작음은 매립되는 폐기물이나 매립지의 종류, 수리지질학적 조건 등에 따라 다르게 되며, 특히 지하수에 대한 위해성은 과거 오랜동안 문제가 되고 있고 오염원을 차단된 후에도 장기간 지속되곤 한다.

선별이나 소각과 같은 전처리에 의해 침출수의 유해성을 감소시킬 수 있으나 폐기물의 소각후 발생하는 바닥재를 매립한 경우에도 최대 100년까지 지하수기준을 초과할 수 있다(표 12).

매립지에서 발생하는 매립가스는 주로 메탄과 이산화탄소이며 이들 가스중 메탄은 온실가스로서 이산화탄소에 비해 20년 기준으로 56배, 100년 기준으로 21배의 온실효과를 나타낸다(IPPC, 1996). 메탄은 전 지구적 차원의

온실효과에 20%를 차지한다(European Commission, 1997).

매립지로 부터의 메탄방출은 '95년 기준으로 유럽연합의 총 메탄배출의 28%를 차지한다(European Commission, 1998).

표 12. 폐기물매립지로 부터의 오염

침출수 발생물	유해폐기물 매립지	도시폐기물 매립지	비유해·저유기성 폐기물매립지	무기폐기물 매립지
중간 (200mm/년)	600년	300년	150년	100년
높음 (400 mm/년)	300년	150년	75년	50년

주) 평균 12m 높이의 매립지로 가정(출처 : Hjelmar 등, 1994)

이들 메탄은 대기로 방출되기 전에 빌딩 등에 축적되는 경우에는 높은 폭발위험성을 내포하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 많은 국가에서 매립가스를 회수하여 재이용하거나 유기성폐기물의 매립을 금지하는 조치를 취하거나 계획 중에 있다.

'99년 4월에 공포된 유럽연합의 매립지침에서도 이에 관한 사항이 포함되어 있으며 이 지침에는 유기성폐기물이 반입되는 모든 신규 매립지에 대해 가스회수를 의무화하고 매립되는 도시유기성폐기물을 감소시킬 목표를 설정하고 있다. 이 지침에 따라 각국은 '95년에 매립된 유기성폐기물량을 기준으로 5년안에 75%, 8년안에 50%, 15년안에 35%만을 매립하여야 한다. 이 지침의 첫 번째 효과는 시행 후 7년 정도가 지나야 나타날 것으로 예상되고 있다.

네덜란드는 32개 분야의 폐기물에 대해 매립을 금지시키고 있으며(Waste landfill ban decree, 1996), 프랑스는 2002년부터 모든 종류의 폐기물에 대해 직매립을 금지하고, 일부 산업폐기물에 대해서는 '95년과 '98년 2회에 걸쳐 직매립을 금지시켰다. 덴마크는 가연성폐기물의 매립을 '97년부터 금지하고 있다.

4.2. 소각

유럽연합차원의 폐기물소각량은 공식적으로 집계되고

있지 않으며, OECD보고서에서 도시폐기물 소각량을 약 2,600만톤으로 보고하고 있다(OECD, 1997). 그러나 이 수치는 최소량으로 보아야 하며 몇몇 국가에서는 산업/상업폐기물을 소각처리하고 있기 때문에 전체 소각량은 이보다 높을 것으로 예상되고 있다(ISWA, 1997). 보고된 소각용량도 이보다 높을 것으로 알려져 있다(ETC/W, 1998).

또한 시멘트킬른이나 산업용보일러에서 상당량의 폐기물이 소각되고 있다. 독일에서만 시멘트킬른에서 폐유 170,000~200,000톤, 유해폐기물 60,000톤, 폐타이어 250,000톤이 소각되고 있다(Johnke, 1998). 이 양 중 어느 정도가 OECD보고서에 포함되어 있는지는 대단히 불분명하다.

소각시설 주변의 환경영향에 대해서는 단지 부분적으로 언급되고 있다. 소각의 주요 목적은 매립되는 폐기물의 양을 감소시키기 위해서이다. 일반적으로 소각은 도시폐기물의 양을 약 30%로 감소시키며 남게되는 바닥재는 미처리된 폐기물에 비해 안정성이 있어 매립이나 재활용에 유리하다. 유럽에서는 많은 소각시설에서 얻어진 에너지를 이용하고 있으며 최근 법규나 연구가 에너지회수에 초점이 맞춰지고 있다.

독일의 경우는 폐기물의 에너지회수시 다음과 기준이 설정되어 있다.

- 발열량이 최소 11,000 kJ/kg 이상 되어야 한다.
 - 에너지효율이 최소 75% 이상 되어야 한다.
 - 발생한 열은 에너지회수자가 사용하거나 제3자에게 공급하여야 한다.
 - 회수공정중에 발생한 폐기물은 가능하다면 처리없이 매립할 수 있다.
- 단, 재생처리된 물질을 에너지회수에 이용하는 경우는 발열량이 상관없다.

한편 노르웨이에서도 이와 같은 기준을 준비중에 있으며, 오스트리아 등은 최대 에너지회수 정도를 요구하고 있다. 핀란드에서 폐유는 5MW이상의 시설에만 소각할 수 있다.

이와 같이 소각을 폐기물 최소화나 재활용 방법으로 간주하는 가는 국가간에 큰 차이가 있으나 대개 에너지의 회수가 있는 경우 소각을 폐기물 최소화의 개념에 포함시키고 있다.

잘 알려져 있는 바와 같이 소각은 폐기물처리로서의 긍정적인 부분에도 불구하고 2차오염을 발생시킬 우려가 있다. 연소과정에서 배출되는 대표적인 오염물질로는 산성가스, 다환방향족탄화수소(PAH), 다이옥신류, 먼지 및

표 13. 폐기물최소화로서의 소각의 역할

국가	열회수 소각을 폐기물최소화의 수단으로 고려		열회수없는 소각을 폐기물최소화 수단으로 고려		소각을 열회수에 따라 구분하는 기준 존재여부	
	예	아니오	예	아니오	예	아니오
오스트리아	√			√	√	
덴마크	√			√		√
핀란드	√			√		√
프랑스	√		√			
독일	√			√	√	
헝가리						√
이태리	√			√		√
네덜란드		√		√		√
노르웨이	√			√		√
폴란드	√		√		√	
스페인		√		√	√	
스위스		√		√		√
영국	√			√		√

중금속이 있으며, 이러한 오염물질에 의해 환경오염이 가중될 수 있다(그림 14).

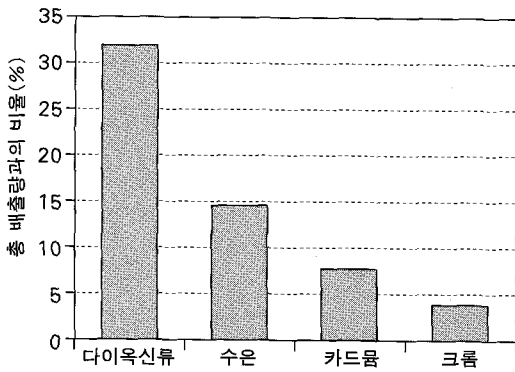


그림 14. 폐기물소각시설에서의 오염물질 배출

(출처 : Umweltbundesamt, 1997)

이러한 소각시설에서의 오염물질 배출은 '90년 이후 소형시설이 폐쇄되고 새로운 배가스처리시스템이 도입됨에 따라 상당히 감소하고 있다. 유럽연합, 노르웨이 및 스위스에서는 '90년에 소각시설로부터 다이옥신류가 2,000g I-TEQ로 배출되었으나(Umweltbundesamt/TNO,

1997), '94년에는 1,341g I-TEQ로 감소하였다(Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997).

중금속도 유사하게 감소하고 있다. '94~'95년에 폐기물소각은 독일의 전체 다이옥신류의 배출중 12%, 수은 4%, Cd는 0.3%를 차지하고 있다.

'89년에 공포된 유럽연합의 도시폐기물 소각시설의 배출허용기준은 표 14와 같다. 그러나 이 배출허용기준은 '99년에 보다 강화된 형태로 개정되고 있으며 2000년초에 확정될 것으로 예상되고 있다. '89년에 작성된 배출허용기준에는 다이옥신류의 농도가 규정되어 있지 않았으나 독일 및 네덜란드를 중심으로 0.1ng I-TEQ/Nm³의 기준이 국가별로 설정되어 현재에는 거의 대부분의 유럽국가에서 이 농도를 채택하고 있다. 아울러 유럽연합의 차원에서 이후 다이옥신류의 배출허용기준을 0.1 ng I-TEQ/Nm³로 설정하였다.

유럽연합과 각국의 강화된 법규에 기인하여 대부분의 대형 소각시설과 '90년 이후 설치된 시설에는 최신의 방지시설이 설치되어 있다. 이들 방지시설에서 발생하는 잔재

표 14. 최초 유럽연합의 도시쓰레기 소각시설 배출허용기준

항목	단위	89/369/EEC(1989)		
		3톤/시간이상	1-3톤/시간	1톤/시간이하
먼지	mg/Nm ³	30	100	200
다이옥신	ng-TEQ/Nm ³	-	-	-
황산화물(SO ₂)	mg/Nm ³	300	300	-
NOx	mg/Nm ³	-	-	-
HCl	mg/Nm ³	50	100	250
CO	mg/Nm ³	100	100	100
유기물질	mg/Nm ³	20	20	20
HF	mg/Nm ³	2	4	-
Cd	mg/Nm ³	0.2 (Cd+Hg)	0.2 (Cd+Hg)	-
Hg	mg/Nm ³	0.2 (Cd+Hg)	0.2 (Cd+Hg)	-
Ni+As	mg/Nm ³	1	1	-
Zn	mg/Nm ³	-	-	-
기타 금속류	mg/Nm ³	5 (Pb+Cr+Cu+Mn)	5 (Pb+Cr+Cu+Mn)	-

물에 대한 통계자료는 현재 유용하지 않으며 일반적으로 처리공정, 소각폐기물의 종류 및 처리시설의 설계에 따라 잔재물 발생량이 변화된다 (표 15)

표 15. 배가처리방법별 소각잔재물의 발생량

잔재물종류	건식	반건식	습식
비산재	(10~30)	(10~30)	10~30
건조잔재물 (비산재포함)	20~50	15~40	-
폐수처리슬러지	-	-	1~3

(출처 : Incineration Ash Working Group, 1997)

모든 잔재물에는 공통적으로 고농도의 오염물질이 함유되어 있고 대부분의 경우 유해폐기물로서 분류된다. 그러므로 별도의 처리를 하지 않는 경우에는 오염물질이 매우 높게 용해되어 나오게 되므로 매립지에서 문제를 일으키게 된다.

소각시설에서 발생하는 바닥재의 총량은 EEA국가에서 연간 약 600~900만톤인 것으로 추정된다. 많은 국가에서 바닥재는 재활용되거나 도로건설, 제방, 소음방지벽, 콘크리트생산 등에 이용된다. 덴마크와 네덜란드는 바닥재의 재활용율이 85~90%에 달하는 반면 독일은 50%, 스웨덴은 거의 바닥재를 재활용하지 못하고 있다(DEPA, 1998 and International Ash Working Group, 1997).

대부분의 경우 바닥재의 성분중 중금속이 가장 문제가 되고 있고 토양의 자연함유량보다 높은 경우가 많다(표 16).

이 때문에 대부분의 경우 건설목적의 바닥재 재활용은 장기적으로 주변 환경을 오염시킬 수 있다. 반면 아스팔트나 콘크리트 하부에 사용시는 이러한 문제를 감소시킬 수 있다.

수질오염과 관련하여 대부분의 중금속은 매우 안정된 상태로 존재하고 불용성을 나타낸다(표 17).

바닥재로부터의 용출에 관한 연구에서 음용수오염의 주요 위해요소는 Pb와 Cd이며 용해성이 높은 Cl과 SO₄도 문제가 되고 있다. 항만에 건설용으로 이용될 때에는 Cu와 Pb이 문제가 되며 특히 Cu는 해양생물에 독성이 크다

(Thygesen 등., 1992).

환경오염의 잠재성 때문에 바닥재의 재활용에 대해서는 추가적인 법규가 요구되고, 사용량, 사용조건 및 전처리방법 등에 대한 보다 엄격한 규정이 필요하다. 무엇보다도 소각전에 폐기물의 분리선별을 향상시켜 중금속의 양을 지속적으로 저감시킬 필요가 있다.

표 16. 소각시설 바닥재와 토양중 중금속 (단위 mg/kg)

항목	슬래그	자연토양	양질토양기준 (네덜란드기준)
As	0.12~189	1~50	29
Hg	0.02~7.75	0.01~0.3	0.3
Cd	0.3~70.5	0.01~0.70	0.8
Cr	23~3,170	1~1,000	100
Cu	190~8,240	2~100	36
Ni	5~500	7~4,280	35
Pb	98~13,700	2~200	85
Zn	613~7,770	10~300	140
PAH	13~19,000	-	1

(출처 : International Ash Working Group, 1997; Lame and Leenaers, 1998)

표 17. 바닥재중 용출에 의한 환경위해성 인자

물질명	음용수	해수
Cd	128	13
Cu	21	1,586
Hg	60	12
Pb	420	344
Cl	160	0
SO ₄	126	0

(출처 : Thygesen et al. 1992)