

김재형

국립환경연구원 폐기물공학과
환경연구사

유럽의 폐기물 발생 및 관리정책<3>

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. 폐기물종류별 분석

2.6. 하수오니

유럽에서도 과거 몇 십년동안 많은 도시하수처리장이 신규 건설되어 강이나 하천, 해양을 보호하고 있으나 폐기물측면에서는 새로운 문제를 야기시키고 있다. 유럽연합에서 연간 하수오니 발생량은 '92년에 건조기준으로 720만톤으로 추산되고 있다. 오니를 단지 탈수처리만 한다면 오니의 양은 2,200~3,000만톤에 이르게 된다. 유럽에서는 도시하수의 보다 엄격한 처리기준 (Council Directive 91/271/EEC)에 따라 많은 신규 처리장이 2005년 까지 완공되어야 한다. 하수오니의 양은 50%정도 증가할 것으로 예상되어 2005년에는 건조기준으로 적어도 1,120만톤에 이를 것으로 추산되고 있다 (그림 10).

몇몇 국가에서는 발생량이 500%까지 증가할 것으로 예상되며 이러한 증가는 그 자체가 폐기물관리에 큰 도전이 되고 있다.

하수오니는 농업용 비료로 이용할 수 있다. 하수오니는 훌륭한 인의 공급원이며 장기성장을 하는 농작물에 질소를 제공한다(ISWA, 1998). 슬러지의 유기물은 토양구조를 향상시키고 일반적으로 토양중 미생물의 활동을 돕는다(DEPA, 1997).

그러나 하수오니는 중금속, 박테리아, 바이러스 및 많은

유기오염물질에 의해 오염되기도 하여 유럽연합이나 국가 별로 오염물질농도를 규제하고 있다. 많은 하수오니가 지금까지 값싼 매립처분을 하여 왔으나 최근 규제움직임에 따라 매립비용이 더욱 상승할 것으로 예상된다.

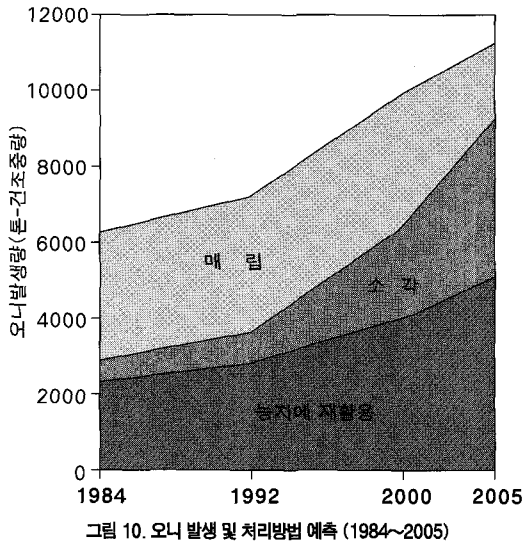


그림 10. 오니 발생 및 처리방법 예측 (1984~2005)
(자료출처 : Hall & Dalimier, 1994, expanded to EU+3 by ETC/IW)

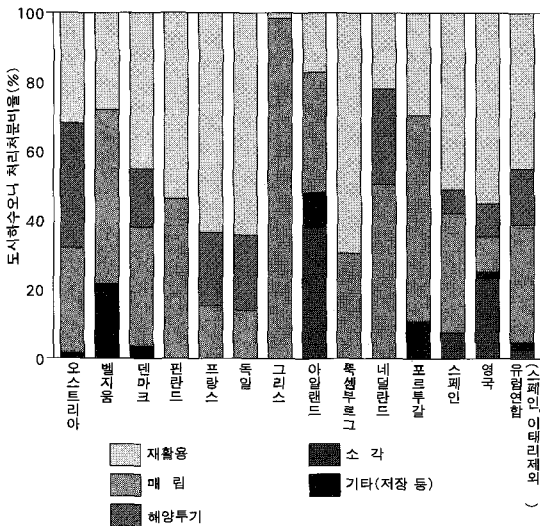


그림 11. 유럽연합의 도시하수오니 처리·처분방법 (1995)
(출처 : European Commission, 1998; NRC the Netherlands, 1999)

소각처리는 오니를 소각재로 감량화하여 매립할 수 있다. 대부분의 경우 보조연료를 필요로 하고 에너지의 추가 회수가 없는 것이 일반적이다(Johnke, 1998).

중금속농도가 높은 경우 소각 잔재물은 유해폐기물이 되기도 하는데 유럽연합은 더욱 엄격한 중금속기준을 고려중에 있으며 재활용에 영향을 미칠 유기오염물질에 대한 기준도 고려중이다. 몇몇 국가에서는 이미 중금속과 유기물질에 대한 규제기준을 시행 또는 도입중에 있다. 덴마크의 연구에서는 오니의 41%가 2000년에 시행예정인 새로운 규제기준을 만족시키지 못할 것으로 판단하고 있다 (Ingenioren, 1998).

반면에 영국에서는 오니의 질보다는 처리장 주변의 농지의 유용성에 따라 처분경로를 결정하기도 한다 (Gendebien 등, 1999). 그러나 프랑스나 독일에서는 하수오니를 사용한 농장에서의 제품을 거부하는 소비자성향이 증대되고 있다.

퇴비화와 다른 생물학적 처리는 병원균이나 유기물질에 의해 문제가 되나 아직까지는 중금속이 가장 문제가 된다.

하수오니의 농용지 적용이 제한되는 경우 경제적인 파급효과는 매우 클 것으로 판단된다. 농업용지 이용시 톤당 EUR 75인 것이 소각의 경우에는 EUR 400인 것으로 조사되었다(ISWA, 1998). 독일의 한 발생원에서는 톤당 열적처리비용이 EUR 600인 경우도 있었다 (Johnke, 1998). 그러므로 이러한 오염물질이 함유된 물질의 사용을 사전억제하는 것이 경제적으로 건전한 해결책이 될 수 있을 것이다.

유럽의 각 나라에서 하수오니의 농지이용에 대한 공통의 기준은 '86년 6월에 EC이사회에서 채택되었다. EC위원회는 하수오니의 이용에 대하여 '72년부터 COST(과학 및 기술분야에 있어서 협동연구)에서 조사검토를 하고, 그 후 '84년에는 축산폐수를 포함하여 EC 비가맹국에 까지 확대하여 COST-68로 조사검토 범위를 확대하였다. COST-68에서는 하수오니의 농업이용에 대하여 각 나라의 차이점을 검토하여 하수오니의 적정이용에 대하여 통일된 규제가 필요하다는 결론을 내렸다.

EC위원회에서는 하수오니 이용에 관한 규제를 필요로

하는 시기가 올 것을 생각하여 WHO의 권고, COST-68 실무그룹과 전문가그룹의 협력을 얻어서 초안을 작성하였다. 이 초안에 대한 논의 후에 '86년 6월 EC 이사회에서 하수오니농업이용에 대하여 EC의 지침을 마련하였다. 이 지침은 EC가맹국에 있어서 3년내내(기한은 '86년 7월)에 실행되지 않으면 안되는 조건으로 관계국에 통보되었다. 각국은 이것을 기본으로 하여 각 나라의 기준을 법령화하여 오늘에 이르렀다.

표 10. 농지이용하수오니 및 토양의 중금속의 농도(EC지침)

중금속	토양중의 농도(mg/kg DS)		오니중의 농도 (mg/kg DS)	토양중의 투여최대량 (kgDS/ha/년)
	토양의 pH(6~7)	토양의 pH(7 이상)		
Cd	1~3		20~40	0.15
Pb	50~300		750~1,200	15.0
Hg	1~1.5		16~25	0.1
Cu	50~140	50~210	1,000~1,750	12.0
Ni	30~75	30~112.5	300~400	3.0
Zn	150~300	150~450	2,500~4,000	30.0

(출처 : 최훈근, 1999)

표 11. 유럽지역의 퇴비 등급별 품질 기준

구분	네덜란드			벨기에			프랑스	
	Compost	Clean Compost	Very Clean Compost	Agriland	Parkland	SSMO	Class A	Class B
As(ppm)	25	15	5	-	-	-	-	-
Cd(ppm)	2	1	0.7	5	1	8	8	3
Cr(ppm)	200	70	50	150	200	70	-	-
Co(ppm)	-	-	-	10	20	-	-	-
Cu(ppm)	300	90	25	100	500	90	-	-
Hg(ppm)	2	0.7	0.2	5	5	0.7	8	8
Mo(ppm)	5	-	-	-	-	-	-	-
Ni(ppm)	50	20	10	50	100	20	200	200
Pb(ppm)	200	120	65	600	1,000	20	200	200
Zn(ppm)	900	280	250	1,000	1,500	280	-	-
Inerts(%)	-	-	-	-	-	-	<20	<35
Glass	-	-	-	-	-	-	<6	<12
Plastic	-	-	-	-	-	-	<0.5	<1.2
ROM(%)	20	20	20	40	40	-	-	-
Particle size (mm)	-	-	-	-	-	-	≤11.2	-

*SSMO : Source Separated Mixed Organic, ROM : Reduction in Organic Matter

(출처 : 최훈근, 1999)

하수오니 시비에 관계하는 중금속의 규제치는 표 10과 같다. 「시비토양중의 농도」, 「시비하는 하수오니중의 농도」, 「년간 토양중에 넣을 수 있는 최대의 량」의 3가지 규제값이 카드뮴 등 6종에 대하여 명시되어 있다. 또한 크롬에 대해서는 검토중에 있다.

규제값에는 관계국간 기존의 규제 등을 고려하여 상한값, 하한값이 명시되어 있다. 이 상한값을 초과하여 농지에 시비하는 것은 금지되어 있지만, pH 7이상의 알카리토

양에서는 구리, 아연, 니켈에 대해서는 50%증가가 인정되지 않고 있다. pH 6 이하의 토양에 대해서는 작물중의 중금속농도를 생각하여 규제값을 엄격하게 할 필요가 있는 것으로 검토되었다. 각 나라는 이 범위내에서 국가 혹은 지역별 규제를 실시하는 것으로 되어 있다.

이 지침은 환경과 인간의 건강에 대한 배려로부터 생겼다고 말할 수 있는 것으로부터 식물의 영양보급보다는 지표수와 지하수오염방지에 대한 배려를 중시하고 있다. 또한 위생적인 관점에서 「생(生)으로 먹는 야채 재배지에의 시비」, 「과일과 야채 재배중인 토지에의 시비」, 「수확전 10개월 및 수확시의 시비」는 금지되어 있다. 목초지에 대해서도 기후, 지리적조건 등을 고려하여 시비 후 3주간이상의 무방목기간을 설정하도록 하고 있다.

유통에 대해서는 하수오니 공급자와 공급물의 성상(건조중량, 유기물량, pH, 규제대상중금속농도)을 사용자에게 제시하는 것이 의무로 되어 있다. 시비토양의 모니터링은 같은 목적으로 사용되고 있는 농지에 대하여 5ha 이내에서 지표면으로부터 25cm의 깊이위치에서 25개 채취하고 이것을 혼합하여 분석용 토양을 작성하고 pH와 규제대상 중금속농도를 분석한다. 이용하는 하수오시에 대해서는 건조도, 유기성분, 영양소, 중금속을 6개월단위로 분석하는 것으로 되어 있다. 오니분석은 필요에 따라 빈도를 많이 하던지, 분석값의 변동이 없는 경우에는 12개월을 넘지 않는 범위에서 빈도를 적게하는 것이 가능하다. 이용기록관리로서 회원국은 발생오니량, 농지이용량, 오니성상, 오니처리방식, 오니이용량 및 시비장소 등을 기록하고, 회원국은 자유롭게 그 기록을 열람할 수 있다. 다만, 5,000인 미만의 하수처리장으로부터 발생하는 오시에 대해서는 적용이 제외되어 있다.

토양의 배경이나 화학성분 농도를 근거로 한 유럽지역의 퇴비 등급별 기준은 표 11에서 보여주는 것과 같이 매우 엄격하게 나타나고 있다. 네덜란드의 경우에는 중금속 농도와 유기물질 감소량에 따라 기준을 분리하였는데, 퇴비를 등급별로 나눈 것이 아니라 토양의 중금속 오염도에 따라 퇴비의 기준을 강화시켰다. Very clean compost는 '95년부터 적용되는 퇴비의 기준이고, Clean compost는 '94년도까지 적용되던 기준인데, 이 두 기준을 비교하면 '95년도부터 적용되는 기준이 매우 엄격해졌음을 보여준다.

그리고 하수오니 퇴비는 '92년도부터 개정된 것으로 토양의 오염도가 증가함으로 퇴비의 법규 또한 엄격해졌다. 벨기에의 경우에는 퇴비의 투입물질이 아닌 사용용도에 따라 퇴비의 등급을 나누고 있음을 볼 수 있다. 농업용으로 사용되는 퇴비는 중금속, 이물질, 그리고 유기물질 감소량이 매우 엄격하다. 프랑스는 혼합유기물질(Mixed organics)을 Class A, B의 2등급으로 나누었으나 중금속 농도의 차이는 없고, 이물질, 유리, 플라스틱 그리고 입자의 크기에 따라 등급이 설정되었다.

이밖에도 독일에서는 하수오니와 퇴비에 대하여 다이옥

신류의 규제도 시행되고 있다. 독일의 도시하수오시에 관한 규칙 (AbfKlarV 1992)에서는 '92년 7월 1일부터 하수오니를 농업, 원예 및 산림에 비료로서 이용하는 경우 100 ng I-TEQ/kg(건조중량)의 기준을 설정하여 놓고 있다. 추가적으로 이 규칙에는 3년동안 1ha당 1회 5톤(건조중량)까지 살포할 수 있도록 규정하고 있다.

방목하는 가축이 토양에서 직접 오니입자를 섭취하거나, 목초지가 오니와 토양입자에 의해 오염될 수 있기 때문에 하수오니를 목초지에 적용하는 것은 금지되어 있다.

이와 유사하게 독일 Baden-Württemberg주에서는 퇴비에 대해서도 사용시 권고사항으로 17ng I-TEQ/kg(건조중량)의 기준을 설정하였으며 후에 법적 규제조항이 되었다.

독일에서는 농경지나 정원에 재이용되는 하수오니, 퇴비, 비료중 다이옥신류의 농도를 여러 차례에 걸쳐 조사하였다. '90년 하수오시에 대한 조사에서는 평균 202ng TEQ/kg(건조중량)의 다이옥신류가 검출되었으며, 다른 모든 대부분의 오니가 50~60ng TEQ/kg(건조중량)의 농도범위에 있었다. 도시쓰레기의 전체 유기성분을 원료로 한 퇴비는 고농도의 다이옥신류를 함유하고 있어 정원이나 농경지에 살포에 적합하지 않았으나(평균 농도: 38 ng TEQ/kg(건조중량)) 주방쓰레기나 정원쓰레기 등을 원료로 한 경우에는 14ng I-TEQ/kg(건조중량)으로 퇴비의 질이 상대적으로 좋았다. 그러나 이러한 평균농도는 가이드라인인 17ng I-TEQ/kg(건조중량)에 인접한 수치였다.