

環境大學院 專攻科目의 教材開發에 關한 研究：固型廢棄物管理**

金 丁 勳*

目 次	
I. 教材개발의 배경과 방향	7. 퇴비화
II. 教材안	8. 매립
1. 고형폐기물의 개론	9. 재활용
2. 고형폐기물의 발생과 성장	10. 고형폐기물 관리체계 및 관련법규
3. 수거, 적환 및 운반	III. 참고문헌
4. 전처리	1. 국문문헌
5. 소각	2. 영문문헌
6. 에너지 회수	

I. 教材개발의 배경과 방향

산업화가 일어나기 이전에는 쓰레기라하면 주로 연료를 태우고 남은 재가 대부분이며 나머지는 음식찌꺼기 같은 것들인데 이러한 쓰레기들은 퇴비로 하든지 땅에 묻거나 물에 버리거나 태우든지 가축에게 먹이든지 하여 생산자 자신이 주로 처리하여 왔다. 분뇨는 쓰레기가 아니라 유용한 거름으로 인식되어져 왔었다. 이러한 쓰레기의 조성은 산업화의 초기까지만 하더라도 별로 변함이 없어서 런던의 경우를 보면 19세기 말에도 여전히 쓰레기의 80%이상은 재였고 음식찌꺼기가 또 10%이상을 차지하였으며 종이, 유리, 금속 등의 쓰레기는 거의 없었다고 보고되고 있다.

이러한 쓰레기의 조성은 그 처리가 기술적으로 어려운 것은 아니었고 다만 도시가 거대하게 커짐에 따라 처분할 장소를 찾지 못하여 도로에 불결하게 방치하거나 강물에 함부로 버리게 되면서 위생적인 문제가 발생하게 되었고, 이로 인해서 도시의 쓰레기처리에 관심을 가지게 되었다. 이리하여 개개인에 의한 퇴비화가 주종을 이루던 처리방법이 체계적으로 수거되고 처리되기에 이르렀다.

우리나라도 산업화와 도시화가 급속히 이루어지기 시작한 '60년대 이전에는 쓰레기 문제

* 서울대학교 環境大學院 環境計劃學科 副教授

** 이 研究는 1986年 文敎部 學術研究助成費의 支援에 의해 이루어진 것이다.

가 크게 대두된 적이 없었다. 쓰레기의 대부분이 외국에서나 마찬가지로 연료용 나무를 태우고 남은 재이거나 음식찌꺼기들인데 우리나라에서는 예전부터 땅의 소산을 땅으로 환원시키는 것을 윤리로 삼고 분노나 재를 땅아닌 곳으로 버리는 것을 죄악시하여 철저히 금하여 왔다. 그렇기 때문에 대부분의 쓰레기가 퇴비가 되어 왔고 따라서 수질오염도 없었다. 이러한 쓰레기 처리법이 바로 우리가 수천년간 땅을 황폐화시키지 않고 비옥한 농토를 유지하며 농사를 지어온 비결이기도 하였다.

그러나 지난 수십년간에 급속한 산업화와 도시화가 이루어지면서 화학비료가 사용되기 시작하였고, 화학비료의 사용과 더불어 쓰레기는 비료로서의 가치가 떨어졌다. 따라서 쓰레기는 버려야만 할 형편이 되었다. 이뿐만 아니라 쓰레기는 그 조성에서도 급격한 변화가 일어났는데 나무재는 연탄재로 바뀌었고 음식찌꺼기 이외의 성분으로서 종이, 유리, 플라스틱, 금속 등 퇴비화가 어려운 쓰레기들이 다량 배출되기 시작하였다. 이렇게 되면서 쓰레기 처리문제가 심각하게 대두되기 시작한 것이다.

우리나라에서 발생하는 쓰레기는 1975년에 1일 16,554톤이던 것이 1985년에는 1일 57,518톤으로 불과 10년 사이에 3.5배라는 놀라운 속도로 증가하여 왔다. 이러한 쓰레기를 지금까지는 주로 단순매립으로 처분하여 왔는데 단순매립은 지반침하와 지하수 오염을 일으키고 해충과 냄새가 발생하는 등 환경오염의 문제를 일으키고 있다. 그러나 그나마도 계속적으로 쏟아져 나오는 엄청난 양의 쓰레기를 묻을 수 있는 매립지를 좀처럼 우리나라에서는 찾기가 어렵게 되었다. 따라서 이러한 절박한 문제를 해결하기 위하여 쓰레기 관리방법이 다각적으로 검토가 되고 평가가 되어야 할 것이다.

이러한 배경하에서 이 과목에서는 우리나라의 대도시들이 당면하고 있는 쓰레기 관리의 문제점들을 분석하고 이의 합리적인 해결방안을 모색할 수 있는 능력을 배양하기 위하여 교재내용을 구성하도록 하였다. 따라서 도시 고형폐기물의 발생, 성장, 수거, 운반 및 처리방법에 관한 일반적인 이론을 다루되 여기에다 덧붙여 우리나라의 실태를 분석하여 이론을 우리나라의 실태에 적용할 수 있도록 다음과 같은 단원으로 구성하였다.

‘고형폐기물의 발생과 성장’에서는 폐기물이 발생하는 경로, 배출되는 양, 소득과 주거 특성에 따른 배출량의 변화, 배출의 계절적인 특성, 폐기물의 물리적 조성, 화학적 성장 등에 대하여 세계 여러나라의 일반적인 추세와 우리나라의 특성을 살펴보고 장래의 추세를 분석한다. 고형폐기물의 물리적인 조성과 화학적인 성상이 폐기물 관리대책의 기본방향을 좌우하게 된다.

‘수거, 적환 및 운반’에서는 쓰레기가 배출원에서부터 처리장에 이르기까지의 과정에서 외국과 우리나라 도시들의 수거, 적환, 운반 방법들을 검토하고 각 방법들의 효율성을 평가한다. 또 운반경로를 최적화하는 방법도 검토한다.

‘전처리’에서는 쓰레기의 본 처리공정을 용이하게 운영하기 위하여 쓰레기를 조성별로

선별하고 처리시설에 알맞도록 크기를 조절하는 공정 등을 다루게 되는데 여기에서는 주로 공학적인 이론을 취급한다.

전처리를 거친 쓰레기는 소각, 열분해, 혐기소화, 퇴비화, 매립 등의 처리공정으로 가게 되는데 이 공정들을 몇 개의 단원으로 나누었다. 먼저 '소각' 단원에서는 소각의 화학적 이론, 소각에 적합한 쓰레기의 성상, 소각의 각종 공정을 다루고 우리나라 쓰레기의 소각 처리의 가능성을 검토 평가한다.

'에너지 회수' 단원에서는 소각 이외의 공정중에서 에너지를 회수하는 처리공법들을 다룬다. 쓰레기를 알갱이로 말려 연료로 만드는 방법, 열분해하여 기체 혹은 액체상의 연료를 만드는 방법, 혐기소화하여 메탄가스를 생산해내는 방법등이 이에 속한다. 이들 공법들에 대한 기본 이론과 개발되어 활용되고 있는 각종 공법들을 조사하여 검토한다.

'퇴비화'에서는 퇴비화의 기본 미생물학, 퇴비화에 영향을 미치는 쓰레기의 물리 화학적 성상, 퇴비화의 공정, 퇴비의 비효평가방법 등에 대한 기본 이론을 다루고 또한 우리나라 쓰레기의 퇴비화 가능성과 안전성 등을 평가한다.

쓰레기는 어떤 방법으로 처리하든간에 대개의 경우 최종단계에서 땅에 매립해서 처분해야 할 필요성이 발생하게 된다. 이 '매립'의 단원에서는 매립의 각종 방법과 매립에 따르는 환경오염, 즉 침출액에 의한 지하수 오염과 메탄가스 발생 및 지반침하 문제를 검토한다. 또한 매립지에서의 가스 포집에 의한 에너지 회수 방법도 다루어 진다. 특히 유해폐기물을 매립할 때에는 지하수 오염에 각별히 유의해야 하는데 침출액의 누수 방지를 위한 매립공법 등에 대한 것도 검토한다.

'재활용'에서는 폐기물의 재활용 실태, 재활용의 외부효과, 재활용을 촉진시키기 위한 방법 등이 다루어 진다. 이 단원에서는 주로 우리나라의 실태를 분석하고 현실을 개선하기 위한 방안에 초점이 모아진다.

'고형폐기물 관리체계 및 관련법규'에서는 우리나라와 세계 각국의 고형폐기물 관리체도를 비교하고 우리나라의 법규를 조사하며 앞으로 우리나라의 고형폐기물 처리체계가 나아가야 할 기술적인 방향, 관리행정의 문제점과 개선책 등이 토의된다.

고형폐기물에 관하여 발간된 서적들을 보면 수질오염이나 대기오염에 비하여 그 수가 훨씬 적다. 외국의 서적들을 보면 고형폐기물에 관하여 전반적인 것을 다 다루는 서적과 처리기법 중의 특수한 분야를 다루는 서적들로 나눌 수가 있다. 전자의 서적들을 검토해 보면 폐기물의 발생, 운반, 처리, 제도 등에 대하여 그 나라의 특수한 상황을 기술하고 실제 활용되고 있는 대처방안을 소개하는 내용이 대부분으로 이들의 내용을 우리가 참고는 할 수 있으나 그대로 배운다는 것은 적합하지가 않은 것으로 판단된다. 또 후자의 서적들은 매립이면 매립, 열분해면 열분해의 한 기법에 대하여 깊이 있게 이론과 실제를 다루고 있는데 공학적인 이론에 너무 치우쳐 있어 이 과목의 직접적인 교재로는 적합하지 못하고 참

고서적으로서는 유용하게 활용이 될 것으로 보인다.

우리나라에서 발간된 서적으로는 최의소의 '폐기물 처리와 자원화'가 있다. 이 책은 일반 도시폐기물 뿐만 아니라 하수처리시설에서 발생하는 슬러지와 분뇨 및 산업폐기물까지를 다 취급하고 있는 관계로 이 과목에서 중점적으로 다루고자 하는 도시폐기물에 대해서는 내용의 분량도 적고 깊이 있게 다루지 못하였다. 서울대학교 환경대학원에서 낸 연구보고서와 논문들이 몇 편 있고 기타 폐기물 학회지 등에 실린 국내 논문들이 있는데 이들은 우리나라의 실태를 파악하기에 좋은 자료들이다.

따라서 이 과목에서는 고형폐기물의 발생과 처리에 관련된 일반적인 이론은 외국의 서적들을 참고하여 정리하였고, 고형폐기물의 관리방안에 대해서는 우리나라의 실태를 충분히 인식하고 분석한 후에 방향을 제시할 수 있도록 우리나라의 논문과 자료들을 충분히 활용하도록 하였다. 외국의 방법을 그대로 모방하는데서 그치지 않도록 하기 위하여 우리나라와 외국이 당면하고 있는 문제점의 차이를 뚜렷이 부각시키도록 노력하였다.

II. 附錄

1. 高形廢棄物 概論

(참고문헌)

1. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 1.
2. 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985, 4편 1장.
3. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, 제 2 장

유럽에서 고형폐기물의 처리가 문제점으로 등장하기 시작한 것은 19세기 말 산업화가 이루어지고 도시가 비대해지기 시작하면서부터 였는데 우리나라에서는 1960년대에 산업화가 급속히 이루어지기 시작하였고 1970년대에 들어서야 도시 고형폐기물의 처리가 본격적으로 문제점으로 대두되었고 아울러 행정적인 지원이 따르기 시작하였다. 이장에서는 이러한 고형폐기물관리의 역사적 배경, 현재의 관리체제 및 장래추세, 현재 우리나라가 안고 있는 문제점, 효율적인 관리를 위한 정책방향 등을 살펴본다.

2. 高形廢棄物의 발생과 성상

(참고문헌)

1. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, 제 3 장.
2. Japan International Cooperation Agency, *Master Plan and Feasibility Study on Seoul*

Municipal Solid Waste Management System in the Republic of Korea, JICA, 1985, Chapter 3.

3. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 2.

우리나라 국민들의 쓰레기 배출량 원단위(1인 1일당 배출량)가 여러 기관에 의해 조사되어 있으나 그 조사수치에 일관성이 없다. 다만 우리나라의 쓰레기 배출량이 외국의 어느 나라 보다도 높다는 점만은 부인할 수 없을 것으로 판단된다. 우리나라의 쓰레기를 그 물리적 조성으로 분석해 보면, 연탄재, 음식찌꺼기, 종이, 유리플라스틱, 기타의 순인데 이러한 조성은 외국의 어느 나라와도 다른 독특한 양상이다. 이러한 쓰레기의 배출량을 그 물리적 조성별로 발생량을 조사하여 외국의 자료와 비교검토하고 또 이러한 배출특성이 소득, 주거형태, 계절 등에 따라 어떻게 영향을 받는가를 평가한다. 또한 이 분석 결과로부터 창태의 쓰레기 배출량을 예측하기 위한 모형을 구성하여 소개한다.

화학적 성상에 있어서는 열량, C/N비, 수분함량, 가연성물질, 퇴비화 가능성 물질, 각종 중금속 등의 성분을 검토한다. 우리나라의 쓰레기는 연탄재를 제외하고서도 수분함량이 높은 음식찌꺼기가 많아 열량이 외국에 비하여 낮다. 따라서 소각하기에는 적합하지 않은 쓰레기인 것으로 판단된다. 반면에 부패성 물질이 많고 C/N비, 수분함량 등도 적합하여 퇴비화하기에는 적당한 수준이다. 중금속은 퇴비화하거나 땅에 매립 혹은 살포하더라도 유해하지 않은 수준인 것으로 보인다.

또한 소각, 퇴비화, 혐기소화, 매립 등 각 처리방법에는 어떤 유형의 쓰레기가 적합하고, 또 우리나라의 쓰레기를 이와 같은 방법으로 처리하자면 어떤 전처리과정이 필요한가를 검토한다. 연탄재의 성분에도 대해서도 조사하여 가능성 있는 재활용 방법 혹은 처리방법을 검토한다.

3. 수거, 적환 및 운반

(참고문헌)

1. G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977, Chap. 6, 7, 14, 15.
2. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, 제4, 5장.
3. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 4.
4. 환경청, 「고형폐기물 관리론」, 1편 1, 2장, 3편 5장.
5. 나용문, “서울시 쓰레기 수거의 효율화를 위한 수거형태별 가구구성에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1983.

6. 이동우, “서울시 쓰레기 관리에 있어 사용자 부과금제의 활용방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1982.
7. 김운수, “서울시 쓰레기 관리체계의 개선방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1984.

현재 우리나라에서 시행되고 있는 쓰레기의 수거, 운반계통을 살펴보면, 발생원에서 청소원이나 타종수거에 의하여 직접 처분장으로 운반되는 방법, 발생원에서 리어카에 실려 적환장에 일단 모였다가 청소차에 실려 처분장으로 운반되는 방법, 발생원에서 지게나 가마니로 운반되었다가 다시 리어카에 실려 적환장에 모였다가 청소차에 의하여 처분장으로 운반되는 방법이 있다.

발생원에서의 수거방식은 타종수거, 문전수거, 정시차량문전수거, 아파트수거방식 등으로 나눌 수 있는데 그 방법은 시에 따라서, 또 도로 형태나 지형 혹은 주거형태에 따라서 다르다. 수거업무도 일반 가정 쓰레기나 가로의 쓰레기는 주로 지방자치단체에서 담당하고, 다량폐기물 배출자(1일 평균 배출량이 300kg 이상인 사업자)는 자체적으로 수거업무를 하든지 민간오물처리업자에게 대행시킬 수가 있고, 또 산업폐기물은 산업폐기물 처리업자가 하게 되어 있다. 그러나 지방자치단체와 민간오물처리업자가 담당하는 업무의 한계는 지방자치단체에 따라서 차이가 크게 난다. 이러한 우리나라의 실태를 중심으로 수거상의 문제점을 파악하고 각 수거형태별로 수거의 효율을 이 장에서 검토해 본다. 또 수거체계에 대한 개선방향으로 쓰레기통의 규격화, 분리수거, 장비개선 등의 문제도 검토하게 된다.

쓰레기의 적환과 운반에 있어서는 우리나라에서 시행되고 있는 방법을 간단히 소개하고 외국에서 시행되거나 시도되고 있는 다양한 방법들을 검토 분석하여 앞으로 우리나라의 체계를 개선해 나가야 할 방향을 모색해 보고자 한다. 적환과 운반의 단계에서는 수학적인 이론이 도입되어 경제적으로 최적의 방안을 모색하는 기법도 소개가 된다.

4. 전처리

(참고문헌)

1. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 5.
2. G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977, Chap. 8.
3. 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985, 4편 4,5장.
4. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, 제 8 장.
5. Compost Science/Land Utilization (ed.), *Composting: Theory and Practice for City, Industry and Farm*, The JP Press, 1982, pp.95~106.

전처리에는 고품폐기물의 처리공정상에 있어서 기계적인 문제점을 해소하는 동시에 처리의 효율을 올리고 재활용이 가능한 물질을 회수하기 위하여 행하여 진다. 그래서 폐기물은 전처리과정을 거치면서 본처리에 방해가 되는 물질이 제거되고 균일한 크기로 혼합이 이루어지고 또 물리, 화학적 성상이 조절된다.

전처리의 방법에는 부피압축, 크기축소, 선별, 함수율 조절 등이 있다. 부피압축은 수거, 수송, 처리에 있어서 취급을 용이하게 하고, 매립지의 수명을 연장하기 위하여 한다.

크기 축소는 재활용 가능한 물질을 회수하고, 재생하고, 소각, 열분해, 쓰레기 고체연료 생산, 혐기소화, 퇴비화 등의 처리를 용이하게 하거나 매립할 쓰레기의 부피를 줄이기 위하여 행하여 진다. 크기를 축소하는 방법에는 Shredding, Pulverization, Milling, Beating, Grinding등이 있다.

선별은 종이, 유리, 금속성 물질, 목재, 플라스틱류 같이 재활용이 가능한 물질을 회수해 내고, 또 뒤따르는 처리공정에 따라 각 공정에 알맞는 물질을 분리해 내기 위한 것이다. 선별은 인력에 의하여 값진 물건이나 덩치가 큰 쓰레기를 선별해 낼 수도 있고 기계적인 방법에 의하여 선별하기도 한다. 기계적인 방법에는 스크린을 이용하여 쓰레기의 대략적인 크기에 기초하여 조성을 선별하는 방법, 비중을 이용하여 선별하는 방법, 자력을 이용하는 방법, 등 여러가지 방법이 있다.

함수율 조절은 운반이나 취급을 용이하게 하고 수분을 감소시킴으로 부피를 줄여 최종 처분량을 줄이거나, 소각, 고체연료 생산, 퇴비화, 혐기소화 등의 처리공정에 알맞도록 수분함량을 조절하는 것이다.

이와 같은 전처리 공정은 본처리의 종류에 따라 다양하게 선택이 되는데 특히 선별의 공정이 잘 선택되어야 한다. 대부분의 고품폐기물 처리공장에서 공정상 문제의 문제는 이 전처리과정에서 발생하고 있다는 사실이 전처리 공정의 중요성을 잘 말하고 있다고 하겠다. 이 장에서는 각 전처리의 방법이 구체적으로 어떤 기계적인 방법에 의해서 이루어지고 또 본처리공정에 따라 전처리공정이 어떻게 선택이 되는가를 세계 각국의 처리공장의 실례를 사례로 들어 설명한다.

5. 소 각

(참고문헌)

1. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 6.
2. G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977, Chap. 9.
3. 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985, 4편 6장.
4. 최희운, “도시고형폐기물의 재생순환과 소각”, 도시고형폐기물관리의 합리화 방안에

관한 세미나, 서울대학교 환경대학원 주최, 1983.

5. 환경청, 「고형폐기물 관리론」, 1983, pp.103-119, pp.287-367.
6. 이형식, “폐기물 처리와 자원 재활용”, 「환경과 공해」, 82(2), 2-9.
7. U.S. EPA, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, Chap. 2.

쓰레기를 소각하는 첫째 목적은 쓰레기를 감량하는데 있다. 쓰레기를 소각하게 되면 그 중량이 약 80%정도 감소하게 되고 소각이 된 쓰레기는 압축이 잘 되기 때문에 부피도 감소하게 되어 결국 80~95% 정도의 부피감소가 이루어진다. 두번째는 쓰레기를 소각함으로써 부패성 및 유해성 쓰레기가 안정화 되어 쓰레기로부터의 환경상의 위해가 줄어들게 된다. 또 세번째는 소각을 함으로써 얻어지는 에너지를 이용하자는데 목적이 있다. 소각을 하게 되면 쓰레기량이 감소함으로써 매립지를 절약할 수 있고 에너지를 부산물로 회수할 수 있고, 병원성 폐기물이나 유해성 폐기물을 안정화시키고 여러 잡다한 폐기물을 한꺼번에 처리할 수 있다는 장점이 있는 반면에 소각장의 설비비가 과다하게 들 뿐만 아니라 운영비도 많이 들고 소각장으로부터의 대기오염이 발생한다는 등의 단점도 있다.

고형폐기물을 연소시키자면 폐기물 자체가 가진 열량이 자체 연소할 수 있도록 충분하여야 한다. 폐기물의 열량은 폐기물의 물리적 조성(수분함량)에 따라 크게 달라진다. 열량은 플라스틱이나 종이류가 높고 수분함량이 높은 음식 찌꺼기는 열량이 낮다. 연탄재는 물론 열량이 거의 없기 때문에 우리나라의 쓰레기를 소각하자면 연탄재는 분리수거가 되어야 한다.

연소과정에서는 PVC 같은 플라스틱류가 탈 때 염산을 비롯한 염소화합물과 기타 유독성 유기화합물이 발생하므로 특히 대기오염에 주의를 하여야 한다. 또 분진도 많이 발생하고 분진중에는 중금속과 같은 유독성 물질이 함유될 수 있다. 그러므로 소각설비에는 반드시 제진시설과 유해가스 처리설비가 부수적으로 뒤따라야만 한다.

이 장에서는 쓰레기의 발열량을 계산하는 방법, 우리나라와 세계 각국 쓰레기의 발열량, 연소의 이론, 연소공정과 연소장치 및 이의 실패, 연소시에 발생하는 각종 대기오염물질과 오염물질 배출량, 연소가스의 처리공법과 처리효율 등을 검토해 본다. 아울러 우리나라 쓰레기의 소각처리 실태와 전망을 살펴보고 소각에 따르는 문제점도 분석한다.

6. 에너지 회수

(참고문헌)

1. G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977, pp.301-310.
2. 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985, pp.419-435.
3. 환경청, 「고형폐기물 관리론」, 1983, pp.169-174, pp.287-367.
4. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold

- Co., 1977, Chap. 6.
5. D.A. Stafford, B.I. Wheatley, and D.E. Hughes (ed.), *Anaerobic Digestion*, Applied Science Publishers, London, 1980, pp.187-289.
 6. D.A. Stafford, D.H. Hawkes, and R. Horton, *Methane Production from Waste Organic Matter*, CRC Press, 1980.
 7. E.C. Price and P.N. Cheremisinoff, *Biogas Production Utilization*, Ann Arbor Science, 1981.
 8. J.L. Jones and S.B. Radding (ed.), *Solid Wastes and Residues*, American Chemical Society, 1978.
 9. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, pp.325-326.
 10. 김정옥, 홍육희, “도시고형폐기물 처리의 기술현황”, 「환경과 공해」, 5(4), 1982.
 11. 김정옥외, 「유기질 도시고형폐기물의 소화에 관한 연구」, 한국과학기술원, 1982.
 12. H. Aler and J.J. Dunn, *Solid Waste Conversion to Energy*, Marcel Dekker, 1980.
 13. P.N. Cheremisinoff and A.C. Morresi, *Energy from Solid Waste*, Marcel Dekker, 1976.

고형폐기물로부터 에너지를 회수하는 방법으로는 폐기물을 소각하여 이로부터 발생하는 열을 회수하는 방법, 폐기물을 연료로 전환하여 에너지를 얻는 방법, 매립지에서 발생하는 메탄가스를 회수하는 방법 등이 있다. 이들 방법중 소각으로부터 열을 회수하는 방법은 소각에서, 매립지에서의 가스 회수는 매립에서 취급하고 이 장에서는 폐기물로부터 연료를 직접 만드는 방법에 대해서만 다룬다.

폐기물로부터 생산한 연료를 RDF(Refuse Derived Fuel)라고 한다. RDF를 생산하는 방법으로는 쓰레기를 말려서 고체형태의 알갱이 연료를 만드는 방법, 쓰레기를 열분해 하여 가스연료를 생산해 내는 방법, 열분해 해서 생산된 가스를 액화하는 방법, 쓰레기를 생물학적으로 혐기소화하여 메탄가스를 생산해내는 방법 등이 있다.

고체 RDF는 열량이 높은 쓰레기를 잘 선별하여 적당한 크기의 알갱이로 말리기만 하면 되기 때문에 비교적 그 방법은 간단하다고 할 수 있으나 쓰레기연료를 태울 때에 발생하는 대기오염이 문제가 되기 때문에 연료의 판로를 쉽게 찾을 수 없는 단점이 있다. 고체 RDF는 근본적으로 그 성분이 쓰레기와 다른 점이 없기 때문에 소각장에서와 같은 대기오염 방지대책이 고려되어야 한다.

열분해란 산소의 공급없이 쓰레기에 고온을 가열하여 열에 불안정한 유기물을 분해하는 것인데 수소, 일산화탄소, 메탄을 비롯한 탄화수소, 유기산 같은 성분을 포함하는 가스가 발생한다. 이 가스는 보다 좋은 품질로 향상시키기 위하여 황산화물과 기타 산성 가스를 제거하고 혹은 일산화탄소도 메탄가스로 환원시켜 사용하기도 한다. 이렇게 생산된 가스연

료는 수송이나 저장하기에 불편하므로 액화시키기도 한다. 액화의 방법은 석탄액화의 기술을 도입한 것인데 고압에서 알칼리 촉매를 이용하여 일산화탄소와 반응시켜 만든다.

혐기소화는 폐기물중에 부패성 물질을 선별해 내고 이를 Slurry 화하여 혐기성 미생물로 하여금 이를 분해하도록 하는 것이다. 이 때에 메탄가스가 생산된다. 혐기소화는 시설비와 운영비가 비싸나 하수처리장의 슬러지 소화시설로나 분뇨처리시설로서 기존의 소화 시설이 있다면 경제적으로 큰 부담이 없이 활용할 수가 있다.

이 장에서는 이와 같은 RDF생산 공정의 이론, 각 방법의 장단점, 세계각국의 설비 실태, 우리나라 쓰레기의 처리 가능성, 경제성 등에 대하여 살펴본다.

7. 퇴비화

(참고문헌)

1. The Staff of Compost Science/Land Utilization, *Composting: Theory and Practice for City, Industry and Farm*, The JG Press, 1982.
2. 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985, pp.437-445.
3. 환경청, 「고형폐기물 관리론」, 1983, pp.132-138.
4. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 7.
5. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, pp.326-330, 336-338.
6. 김정욱외, “우리나라 도시고형폐기물의 퇴비화 가능성 분석”, 도시고형폐기물관리의 합리화 방안에 관한 세미나, 서울대학교 환경대학원 주최, 1983.
7. 김병태, “우리나라 도시고형폐기물의 퇴비화에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1984.
8. 강창민, “농수산폐기물의 기계식 퇴비화에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1987.
9. The Staff of Biocycle, *Managing Sludge by Composting*, The JP Press, 1984.
10. V. Chanyasak and H. Kubota, “Source Separation of Garbage for Composting,” *Biocycle*, 24(2), 1983.
11. A.J. Higgins, “Technical Issues Involving Sludge and Compost Use,” *Biocycle*, 24(1), 1983.
12. F. Flintoff, *Management of Solid Waste in Developing Countries*, WHO Regional Publication South-East Asia Series, No. 1, New Delhi: WHO, 1976.

퇴비화란 고형폐기물중의 부패성 유기질을 미생물을 이용하여 부식토로 분해하는 것을 말한다. 퇴비화는 다른 처리방법과는 달리 최종적으로 처분해야할 잔재가 남지 않고, 토지개

량제로서 화학비료를 대체할 수 있는 효과가 있고, 퇴비화과정에서의 고열로 병원균과 기생충알이 사멸하여 위생적으로도 안전한 등, 생태학적으로 보아 가장 안전하고 무리가 없는 처리방법이다. 그러나 중금속이나 유해물질이 함유된 쓰레기를 처리할 수 없고 생산된 퇴비의 판로가 불확실하다는 문제점도 있다.

쓰레기를 퇴비화시키기 위해서는 퇴비화가 가능한 쓰레기를 선별하고 미생물이 활동하기에 좋도록 함수율, 통기성, 질소함량 등을 조절하는 전처리 과정이 먼저 필요하다. 그 다음에 퇴비화 과정에 들어가는데 퇴비화를 하는 방법에는 야외에 퇴비단을 쌓아두는 재래식 방법과 기계식 방법이 있다. 퇴비화 과정에서 미생물에 의해 활발한 분해가 일어나게 되고 이 단계가 끝나면 후숙(숙성)과정에 들어가는데 이 단계에서는 보통 야적상태에서 아직까지도 분해되지 않고 남아 있는 잔유 유기물이 서서히 안정화가 되어 간다.

이 장에서는 퇴비화에 관여하는 미생물, 각 미생물의 역할, 퇴비화가 되는 물질, 퇴비화가 이루어지는 생화학적 과정, 퇴비화과정에서의 온도변화와 가스발생현상, 퇴비화에 영향을 미치는 환경인자, 퇴비화의 공정, 퇴비의 비효분석방법, 퇴비의 안전성, 우리나라 도시고형폐기물의 퇴비화가능성 등을 살펴본다.

8. 매 립

(참고문헌)

1. 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985, pp. 448-461.
2. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 8.
3. G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977, pp. 315-368.
4. Emcon Associates, *Methane Generation and Recovery from Landfills*, Ann Arbor Science, 1980.
5. A.A. Fungaroli and R.L. Steiner, *Investigation of Sanitary Landfill Behavior*, EPA-600/2-79-053A, 1979.
6. F.G. Pohland, *Sanitary Landfill Stabilization with Leachate Recycle and Residual Treatment*, EPA-600/2-75-043, 1975.
7. R.J. Lutton, G.L. Regan, and L.W. Jones, *Design and Construction of Covers for Solid Waste Landfills*, EPA-600/2-79-165, 1979.
8. 이승무, 「도시폐기물 매립지 안전도 조사연구」, 연세대학교 산업기술연구소, 1981.
9. 김수생외, “폐기물 매립장 유출오수 정화시설”, 「공해대책」, 14(2), 1983.

도시고형폐기물을 처리하는 과정에서는 반드시 최종적으로 처분해야만 하는 잔유물이 발생하게 마련인데 이 마지막으로 남은 폐기물은 해양에 투기되기도 하고 지하의 깊은 곳에

우물을 파고 투기되기도 하지만 대부분은 매립된다. 매립은 유럽에서 20세기에 들면서 행해지기 시작했는데 거저 단순히 땅에 투기한 정도에 지나지 않았다. 1930년대 이후에는 투기한 폐기물을 압축하는 동시에 복토를 하는 위생매립이 출현하여 오늘날 많이 시행되기에 이르렀다. 매립은 어떤 종류의 폐기물이든지 다 처리할 수 있고 또 처리방법 중에 가장 경제적이란 장점이 있는 반면에 도시지역에서는 인근에 마땅한 매립지를 구하기가 어렵고 매립에 따르는 악취, 해충, 침출액에 의한 수질오염 등의 단점이 있다.

매립은 내륙에서 이루어질 수도 있고 (내륙매립) 수면에서 이루어질 수도 있다(수면매립). 매립하는 방법에는 단순히 폐기물을 투기하는데 그치는 단순매립, 압축과 복토를 병행하는 위생매립, 폐기물의 압축성을 좋게하기 위하여 분쇄하여 압축복토하는 분쇄매립 등이 있다. 또 매립하는 기법에 따라 매립을 도랑법, 지역법, 요지법 등으로 나누는데 각 매립방법의 기법이 이 장에서 검토된다.

매립지에서는 악취, 소음, 분진과 같은 오염이 발생하고 또 매립이 완료된 이후에는 매립물이 서서히 분해함에 따라 가스와 침출액이 발생하고 지반은 침하하게 된다. 매립지에서의 분해작용, 가스발생, 발생가스의 포집과 활용, 침출액에 의한 지하수의 오염, 침출액의 관리, 지반침하의 속도와 양 등이 구체적으로 검토된다. 또 우리나라에서의 매립실태와 대책도 검토된다.

9. 재활용

(참고문헌)

1. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, 제 7 장.
2. G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977, pp. 256-264.
3. 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985, pp. 327-335.
4. D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977, Chap. 10.
5. 황보영춘, “고형폐기물 재활용 증대방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1986.
6. 최혁지, “폐기물 재활용 시장의 안정화 방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1984.
7. 김상환, “플라스틱 폐기물의 활용”, 「에너지」, 3(4), 1980.

재활용은 처리해야 할 고형폐기물의 양을 줄일 뿐만 아니라 그 자체가 자원으로 활용됨으로 인하여 환경오염을 줄이는 동시에 경제적으로도 상당한 이득을 가져오게 된다는 점에서 자원이 부족한 우리나라가 특별히 관심을 쏟아야 할 분야이다. 우리나라의 1인당 쓰레

기 발생량이 세계적으로 최고의 수준이고 쓰레기의 재활용비율은 저조하다는 사실을 비추어 볼 때 재활용을 증대시킬 수 있는 여지가 많이 있을 것으로 판단된다.

재활용 품목은 종이류, 고무류, 플라스틱류, 섬유류, 가죽류, 초자류, 철금속, 비철금속 등이다. 이들 품목이 자원재생공사, 고물상, 자활근로대 등에 의해서 발생원이나 운반과정에서 회수되고 또 처리단계의 마지막으로 매립지에 이르면 매립지의 회수원이 마지막으로 회수한다. 이들 품목에 대하여 물질이 회수되는 방법, 재활용되는 물량, 회수되어서 재활용되기까지의 과정, 재활용됨으로써 얻어지는 환경오염 감소효과와 자원 및 에너지의 절약 효과 등에 대하여 이 장에서 살펴본다.

우리나라에서 재활용이 저조한 이유를 살펴보고 재활용이 간접적으로 사회에 주는 경제적 및 환경적인 이득(외부효과)을 검토해 본다. 아울러 재활용을 증대하기 위한 방안으로 시장의 안정화 방법, 외부효과를 보조해 주는 방법, 제품 부과금제도, 예치금 제도 등이 검토된다.

10. 고형폐기물 관리체계 및 관련법규

(참고문헌)

1. 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983, 제2, 4, 6, 9장.
2. G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977, Chap. 12, 18.
3. Japan International Cooperation Agency, *Master Plan and Feasibility Study on Seoul Municipal Solid Waste Management System in the Republic of Korea*, JICA, 1985, Chapter 5, 8.
4. 환경청, 「한강유역 환경보전종합계획사업 최종보고서」, 1983, 고형폐기물 부문 보고서.
5. 환경청, 「수원·울산시 폐기물 조사사업 최종 보고서」. 1986.
6. 이동우, “서울시 쓰레기 관리에 있어서 사용자부과금제의 활용방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1983.
7. 김운수, “서울시 쓰레기 관리체계의 개선방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1984.

도시고형폐기물은 발생원에서 일단 저장되었다가 수거되며 수거된 폐기물은 바로 최종처분장으로 갈 수도 있고, 적화장을 거쳐 최종처분장으로 운반될 수도 있고, 조각이나 퇴비화와 같은 처리공정을 거친 후에 최종 처분장으로 갈 수도 있다. 이러한 처리과정에 있어서는 공학적인 원리 뿐만 아니라 경제학, 도시 및 지역계획학, 사회과학 등의 종합학문적인 연구가 필요하다. 이러한 시각에서 이 장에서는 우리나라 각 도시의 고형폐기물 관리체계를 살펴보고 외국의 체계와 비교하면서 우리나라의 문제점들을 도출해 보고자 한다. 아

올려 우리나라의 도시고형폐기물이 앞으로 어떤 방향으로 처리되고 관리되어야 하는 점에 대해서도 토의하고자 한다. 특히 경제적인 유인책이나 제재가 증점적으로 다루어 진다.

예전에 환경보전법과 오물청소법으로 이원화되어 있는 폐기물관리에 관한 법규를 단일법으로 묶고 보강하여 1986년 12월에 고형폐기물관리법이 제정 공포되었는데, 이 법과 또 이와 관련된 환경관계 법들, 즉, 환경보전법, 해양오염방지법, 합성수지폐기물처리사업법 등의 주요골자를 검토하고 외국의 법규와도 비교를 한다.

Ⅲ. 참고문헌목록

1. 국문문헌

- 1) 최의소, 「폐기물 처리와 자원화」, 청문각, 1985.
- 2) 서울대학교 환경대학원 환경계획연구소, 「도시고형폐기물의 효율적 관리에 관한 연구」, 1983.
- 3) 환경청, 「고형폐기물 관리론」, 1983.
- 4) 나용문, “서울시 쓰레기 수거의 효율화를 위한 수거형태별 가구구성에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1983.
- 5) 이동우, “서울시 쓰레기 관리에 있어 사용자 부과금제의 활용 방안에 관한 연구”, “서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1982.
- 6) 김운수, “서울시 쓰레기 관리체계의 개선방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1984.
- 7) 최희운, “도시고형폐기물의 재생순환과 소각”, 도시고형폐기물관리의 합리화 방안에 관한 세미나, 서울대학교 환경대학원 주최, 1983.
- 8) 이형식, “폐기물 처리와 자원 재활용”, 「환경과 공해」, 82(2), 2-9.
- 9) 김정옥, 홍유희, “도시고형폐기물 처리의 기술현황”, 「환경과 공해」, 5(4), 1982.
- 10) 김정옥의, 「유기질 도시고형폐기물의 소화에 관한 연구」, 한국과학기술원, 1982.
- 11) 김정옥의, “우리나라 도시고형폐기물의 퇴비화 가능성 분석”, 도시고형폐기물관리의 합리화 방안에 관한 세미나, 서울대학교 환경대학원 주최, 1983.
- 12) 김병태, “우리나라 도시고형폐기물의 퇴비화에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1984.
- 13) 강창민, “농수산폐기물의 기계식 퇴비화에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1987.
- 14) 이승무, 「도시폐기물 매립지 안전도 조사연구」, 연세대학교 산업기술연구소, 1981.
- 15) 김수생의, “폐기물 매립장 유출오수 정화시설”, 「공해대책」, 14(2), 1983.

- 16) 황보영춘, “고형폐기물 재활용 증대방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1986.
- 17) 최혁지, “폐기물 재활용 시장의 안정화방안에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 1984.
- 18) 김상환, “플라스틱 폐기물의 활용”, 「에너지」, 3(4), 1980.
- 19) 환경청, 「한강유역 환경보전종합계획사업 최종보고서」, 1983, 고형폐기물 부문 보고서.
- 20) 환경청, 「수원·울산시 폐기물 조사사업 최종보고서」, 1986.
- 21) 김정옥, “우리나라 도시쓰레기의 배출과 처리실태에 대한 고찰”, 「주택」 47, 대한주택공사, 1986.

2. 영문문헌

- 1) D.G. Wilson (ed.), *Handbook of Solid Waste Management*, Van Nostrand Reinhold Co., 1977.
- 2) Japan International Cooperation Agency, *Master Plan and Feasibility Study on Seoul Municipal Solid Waste Management System in the Republic of Korea*, JICA, 1985.
- 3) G. Tchobanoglous, H. Theisen, and R. Eliassen, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, 1977.
- 4) Compost Science/Land Utilization (ed.), *Composting: Theory and Practice for City, Industry and Farm*, The JP Press, 1982.
- 5) U.S. EPA, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*.
- 6) D.A. Stafford, B.I. Wheatley, and D.E. Hughes (ed.), *Anaerobic Digestion*, Applied Science Publishers, London, 1980.
- 7) D.A. Stafford, D.H. Hawkes, and R. Horton, *Methane Production from Waste Organic Matter*, CRC Press, 1980.
- 8) E.C. Price and P.N. Cheremisinoff, *Biogas Production & Utilization*, Ann Arbor Science, 1981.
- 9) J.L. Jones and S.B. Radding (ed.), *Solid Wastes and Residues*, American Chemical Society, 1978.
- 10) The Staff of Compost Science/Land Utilization, *Composting: Theory and Practice for City, Industry and Farm*, The JG Press, 1982.
- 11) Emcon Associates, *Methane Generation and Recovery from Landfills*, Ann Arbor Science, 1980.
- 12) A.A. Fungaroli and R.L. Steiner, *Investigation of Sanitary Landfill Behavior*, EPA-6- /2-79-053a, 1979.

- 13) F.G. Pohland, *Sanitary Landfill Stabilization with Leachate Recycle and Residual Treatment*, EPA-600/2-75-043, 1975.
- 14) R.J. Lutton, G.L. Regan, and L.W. Jones, *Design and Construction of Covers for Solid Waste Landfills*, EPA-600/2-79-165, 1979.
- 15) The Staff of Biocycle, *Managing Sludge by Composting*, The JP Press, 1984.
- 16) V. Chanyasak and H. Kubota, "Source Separation of Garbage for Composting," *Biocycle*, 24(2), 1983.
- 17) A.J. Higgins, "Technical Issues Involving Sludge and Compost Use," *Biocycle*, 24(1), 1983.
- 18) F. Flintoff, *Management of Solid Waste in Developing Countries*, WHO Regional Publication South-East Asia Series, No. 1, New Delhi: WHO, 1976.
- 19) H. Aler and J.J. Dunn, *Solid Waste Conversion to Energy*, Marcel Dekker Inc., 1980.
- 20) H. Aler and J.J. Dunn, *Solid Waste Conversion to Energy*, Marcel Dekker, 1980.
- 21) P.N. Cheremisinoff and A.C. Morresi, *Energy from Solid Waste*, Marcel Dekker, 1976.