

모형매립조를 이용한 산업폐기물 매립지의 안정화 조사 기초 연구

박동일·최석규*·홍종순**·장인용
건국대학교 화학공학과·서라벌대학 환경공업과*·동남보건대학 환경위생과**

Stabilization of Industrial Wastes Landfill using Lab-lysimeter

Dong-Il Park · Seog-Gyu Choi* · Jong-Soon Hong** · In-Yong Chang
Dept. of Chemical Engineering, Kon-Kuk University
*Dept. of Environmental Industry, Sorabol College**
*Dept. of Environmental Sanitation, Dong-Nam Health College***

Abstract

An experimental research was conducted to establish primary data for the stabilization assessment of industrial wastes landfill with analysis of waste components and investigation of leachate and gas generation, using three sets of lysimeter as experimental apparatus. Comparing results of lysimeter from data of landfill, it is suggested that lysimeter of this study can be used to accomplish the stabilization assessment of the real landfill site.

Moisture content was lower as landfill period was older and combustible component was the highest in lysimeter C. The C/N ratio of waste was 7.4~14.4 and, with the elemental analysis, the theoretical gas generation rate based on the modified Buswell equation was 0.47~0.49 m³/kg-dry waste in lysimeter C. Considering the C/N ratio of leachate, it is concluded that the addition of carbon source is needed to biodegrade leachate hereafter. Gas generation rate(m³/kg-dry waste) from lysimeter A, B and C was 0.0009, 0.014 and 0.0067, respectively, and different from each other according to the landfill period of wastes. The results in this study show that the biodegradation of microorganism for stabilization of landfill was inhibited and more activated in acidogenic step than in methanogenic of anaerobic degradation.

Key words : lysimeter, stabilization, C/N ratio, leachate, landfill gas

I. 서론

최근 몇 년 동안 폐기물의 처리는 매립에 의한 처리율은 감소하는 반면, 소각과 재활용율은 증가하는 추세이며, 환경부의 '국가폐기물관리종합계획' 상에도 98년에 재활용 28%, 소각 8%에서

2001년까지 재활용 35%, 소각 20%로 목표를 설정하고 있다.¹⁾ 그러나 최종적으로는 매립할 수밖에 없고 앞으로도 매립처리에 대한 의존도는 지속될 전망이다.

매립지는 하나의 거대한 반응조로서 그 내부는 물리·화학적 및 생물학적 과정에 의해 폐기물의

성상이 변하고 일련의 안정화 메커니즘을 통해 침출수와 매립가스를 매립층외로 배출하게 되므로 침출수와 가스의 발생특성에 따라 매립된 폐기물의 안정화도를 파악할 수 있다.

매립지에서 필연적으로 발생하는 침출수는 고농도의 유기물과 유해성 무기물을 다량 포함하고 있어 지하수는 물론 지표수의 오염원으로 작용한다. 따라서 매립장 침출수 문제는 폐기물의 효율적 관리와 연관시켜 해결해 나가야 할 과제이다. 폐기물 매립지의 침출수 특성은 매립폐기물의 종류와 매립 전처리의 유무, 강우량과 빈도, 매립경과 년수, 복토 등에 따라 좌우되기 때문에 침출수 대책의 관리계획상 어려움을 극복하고자 하는 침출수질의 분석과 예측모델들에 대한 연구가 보고되었다²⁻¹¹⁾.

한편, 매립지에서 발생하는 매립가스는 CH₄, CO₂, 미량 유해가스, 악취가스를 포함하여 대기 중에 휘산되는 과정에서 폭발이나 화재, 대기오염, 토양내의 산소고갈로 인한 식물의 고사, 악취 등 주변환경에 2차적인 피해를 유발하는 요인이다. 매립지에서의 가스발생에 영향을 주는 환경요소로는 수분, 온도, pH, 무기물의 용출성, C/N비 등과 같은 폐기물 특성, 매립시의 압축율이나 파쇄의 유무, 복토유무 등과 같은 매립조건, 혐기성 매립 또는 호기성 매립과 같은 매립구조, 산간이나 평지와 같은 지형특성 등이 있으며, 이러한 인자들은 폐기물의 분해반응에 상호 복합적으로 작용한다¹²⁻¹⁴⁾.

현재 생활폐기물 매립지에 대한 연구는 활발하지만 국내 산업폐기물 매립지의 안정화에 대한 보고는 부족한 실정이다. 본 연구는 1988년부터 현재까지 운영되고 있는 산업폐기물 매립지에서 폐기물 시료를 취한 모형매립조를 운전하였으며, 폐기물의 성상과 침출수의 특성을 분석하고 매립가스와 상관계수를 규명함으로써 산업폐기물 매립지의 안정화도를 진단하기 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

II. 실험 및 방법

1. 시료채취

본 연구의 대상 매립지는 P시에 있는 산업폐기

Table 1. Outline of landfill site for investigation

Landfill Site	Landfill Period	Landfill Area(m ²)	Landfill Capacity(m ³)
A	1988.8~1989.3	5,440	54,400
B	1991.11~1994.4	35,500	1,065,000
C	1995.3~1997.3	20,041	290,000

물 매립장으로서 개요는 Table 1.과 같다. 시료 채취를 위한 매립지의 선정은 폐기물의 종류와 매립년도를 고려하여 서로 다른 3개소를 선정하였다. 모형매립조(lysimeter)에 충전한 시료는 각각의 매립장을 구역별로 구분하고 구역을 대표할 수 있는 5~6개 지점을 선정하여 채취한 후 원추4분법에 준하여 같은 부피를 취하였다.

2. 실험장치

본 실험에 이용된 반응기인 모형매립조는 Fig. 1.과 같다. 내경 0.25 m, 높이 1.5 m인 아크릴원통으로서 폐기물 충전 및 다짐작업을 용이하게 하기 위해 각각 0.75 m로 분리가 가능한 2단 플랜지 형태로 3조를 운영하였다.

연결부분은 고무 O링으로써 가스와 침출수의 누출을 방지하고 각각 매립년도가 서로 다른 시료를 충전하였다. 반응기의 외벽에는 히팅밴드를 사용하여 내부온도를 30 ℃로 일정하게 유지하였으며, 반응의 진행에 따라 반응기 내부의 온도변화는 열전대를 설치하여 높이별로 측정하였다.

반응기의 상부는 내경 5×10⁻³ m의 주입구가 있는 십자관을 설치하여 인공강우를 균일하게 분산시켰으며, 0.1 m 크기의 자갈층을 두어 channeling을 방지하였다. 반응기의 하부는 같은 크기의 자갈층을 두어 침출수 배출을 용이하게 하였다.

3조의 모형매립조는 매립년수가 각각 9년(매립조 A), 6년(매립조 B), 2년(매립조 C)인 매립폐기물을 충전하였다. 각각의 매립조에 주입되는 인공강우량은 1991-1995년의 인접지역의 기상자료를 참조하여 연평균 강우량의 약 35% 정도가 매립지로 유입된다고 가정하여 각각 100 ml/d의 유속을 유지하였다.

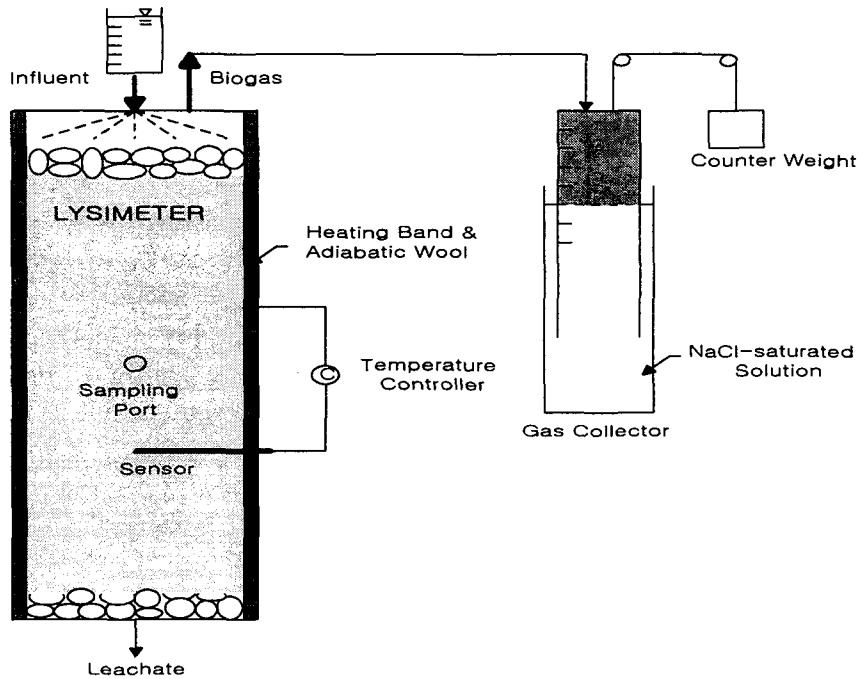


Fig. 1. Schematic diagram of lysimeter.

3. 분석방법

폐기물의 성분은 침출수와 매립가스에 큰 영향을 미치므로 채취한 시료는 각 성분별로 분류하여 조성별 무게측정을 하였고 물리적 분류가 끝난 시료는 삼성분 분석을 실시하였다. 원소분석에 필요한 시료는 원추4분법을 적용하여 필요한 양을 취하고 잘게 부순 다음 2mg을 태워서 가스상태로 만든 후 정량하여 TCD(VARIO EL)에서 C, H, N, S를 분석하였다. O의 양은 가연성 쓰레기를 100으로 보고 각 원소 및 미량원소들의 합과의 차로서 계산하였다. 또한 폐기물의 유해성 평가를 위해 시료를 용출하여 Zn, Cd, Cr, Pb, Cu 등을 ICP(SIMADZU No.9501F)로 측정하였다.

침출수의 분석은 침출수 발생량과 침출수질을 분석하였다. 분석항목은 pH, COD_{cr}, 총질소, 전기전도도, 알칼리도 등으로 모든 분석은 환경공정시험법¹⁵⁾ 및 Standard Methods¹⁶⁾에 따라 측정하였다. 모형매립조 상부로부터 발생하는 가스는 포화식염수로 채워진 가스포집기에서 포집하여 발생량을 측정하였고 가스 성분은 가스크로마토그래프를 이용

Table 2. Gas chromatograph operation condition for analysis of gas component

Gas Chromatograph	Hewlett Packard 5890 Series II
Detector	TCD
Column	6 ft Porapak Q 80/100
Carrier gas flow	Helium(25ml/min)
Temperature	Injection : 80°C Column : 60°C Detector : 100°C

하여 분석하였으며, 분석조건은 Table 2.와 같다.

III. 결과 및 고찰

1. 폐기물의 성분분석

(1) 삼성분 및 금속류

삼성분 분석은 자원으로써 회수 가능한 바이오

Table 3. Results of proximate analysis in lysimeter-packing wastes

Lysimeter	Component Content(wt.%)		
	Moisture	Combustible	Ash
L-A	21.9~22.9	7.2~9.4	68.7~69.9
L-B	26.9~30.5	12.3~17.0	56.3~57.2
L-C	47.7~44.8	11.3~11.9	40.4~44.0

Table 4. Concentration of metallics in lysimeter-packing wastes

Lysimeter	Metallics(mg/ℓ)														
	Pb			Zn			Cu			Cd			Cr		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
L-A	0.41	1.81	-	3.32	-	-	0.32	0.12	0.52	0.04	-	-	-	0.11	0.52
L-B	0.19	-	0.24	-	-	-	0.03	0.02	0.05	-	-	-	2.14	1.03	2.42
L-C	1.22	2.71	0.29	2.01	-	-	0.13	2.50	0.36	-	0.03	0.04	-	3.94	0.08

(- : non-detected)

가스량과 발열량을 예측하는 중요한 자료로서 모형매립조에 충전한 시료의 삼성분 분석결과는 Table 3.과 같다. 각 매립지의 수분의 함량은 매립경과년수가 오래될 수록 낮았으며, 일반 생활쓰레기 매립지에 비해 가연분의 함량이 적었다. 수분을 제외한 실제 가연분은 매립지 A가 가장 낮고 매립지 C가 가장 높았다.

유해성 평가를 위한 금속분석은 각 시료당 3회를 측정된 결과로서 Table 4.와 같다. 측정시료에 따라 편차가 있지만 자연토양의 중금속 함량과 농산물 재배의 제한가능 기준을 고려할 때 현재 인접 지역의 토양에 대한 위험성은 낮은 것으로 평가된다.

(2) 원소분석

원소분석을 통해 이론적 가스발생량을 예상하고 실제 발생량과 비교하여 안정화 진행과정을 판단할 수 있으며, 침출수의 생물학적 처리 가능성에 대한 간접지표가 된다. 일반적으로 가스발생량을 구하는 방법으로는 폐기물의 원소분석으로부터 시성식을 만들고 그것이 모두 혐기성 분해된다고 가정하여 화학양론적으로 산출하는 방법이 많이

이용되고 있다. 이 방법에 의해 계산된 이론적 가스발생량은 유기물이 100% 혐기성 소화된다고 가정하였기 때문에 실험의 가정과 접근 방법의 차이가 있는 모형매립조 실험을 통한 측정치와는 상당한 차이를 보인다. 실제 매립지로부터 발생하는 가스량도 화학양론적으로 구한 양의 약 1/2 정도로 추산하고 있다^{17,18)}.

매립장별 시료의 건조질량%를 기준으로 한 원소분석 결과의 화학조성과 이론적 가스발생량은 Table 5.와 같다. 각 매립지의 원소분석에 따른 C/N비가 7.4~14.4로 생활쓰레기 매립지에 비해 낮으므로 침출수에도 같은 영향을 미칠 것으로 예상된다. 원소분석에 따른 이론적인 가스발생량은 매립경과 년수에 따라 차이가 있으며, 매립장 C가 0.47~0.49 m³/kg-dry waste로 가장 높았다. 국내 김포매립지가 0.16 m³/kg-dry waste, 난지도 매립장이 0.16 m³/kg-dry waste, 난지도 매립지가 0.19~0.505 m³/kg-dry waste, 부산 석대 매립지가 0.56 m³/kg-dry waste임을 고려하면 일반 도시폐기물 매립지와 유사한 것으로 조사되었다.

Table 5. Results of element analysis with lysimeter-packing wastes

Lysimeter	Chemical formula	Gas generation rate (m ³ /kg-dry waste)
L-A	C _{17.7} H _{29.5} O _{7.5} N _{2.4} S	0.31~0.44
L-B	C _{15.9} H _{20.1} O _{5.5} N _{1.5} S	0.33~0.48
L-C	C _{40.3} H _{48.4} O _{34.5} N _{2.8} S	0.47~0.49

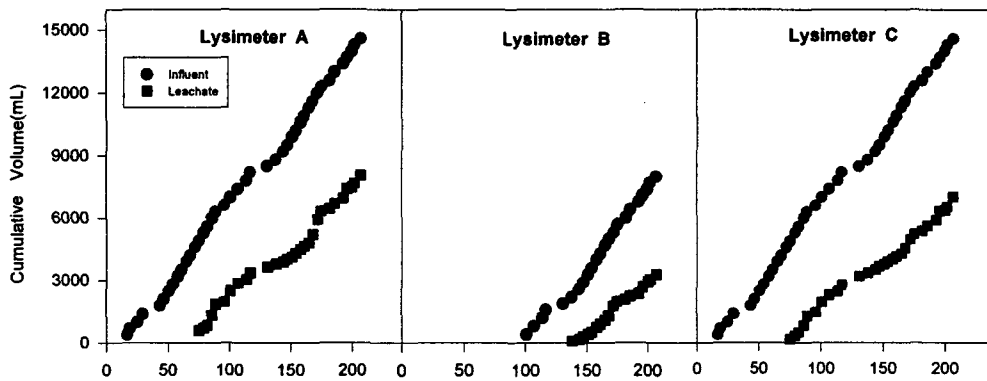


Fig. 2. Cumulative volume of leachate with lysimeter operating time.

2. 침출수 발생 및 온도변화

2.1 침출수 누적량

모형매립지의 운전에 따른 침출수의 발생량을 누적량으로 Fig. 2에 나타냈다. 매립지의 수분함량이 70% 이하가 되면 혐기성 분해반응이 급격히 저하되며, 메탄생성균의 이동방해와 가용화물의 이동저해현상이 일어나 부분적으로 부패현상이 일어나고 침출수의 농도가 높아지는 결과가 된다. 매립조 B는 구조상의 문제로 다른 매립조에 비해 70여일 후부터 인공강우를 주입하여였으며, 각 매립조의 침출수는 인공강우를 시작한 약 2개월 후부터 발생하기 시작하였다. 강우 주입량에 대한 침출수의 누적비율은 매립조 A; 55%, 매립조 B; 41%, 매립조 C; 52%로서 강우기간이 상대적으로 부족한 매립조 B에서 가장 낮았다. 혐기성 분해작용의 산물인 물의 첨가에 따른 수분 상승은 시료의 함수율이 가장 낮았던 매립조 A에서 가장 활발한 것으로 판단되었다.

2.2 온도변화

각 매립조의 내부온도변화는 Fig. 3과 같이 시간의 경과에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. 실험의 초기단계인 50일 동안의 내부온도는 20℃를 유지하다가 50일 이후부터는 증가하여 140일 후에

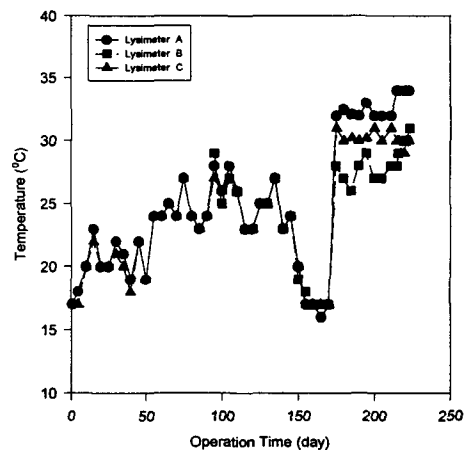


Fig. 3. Variation of temperature with lysimeter operating time.

는 25℃ 정도를 유지하였다.

140일 이후 온도조절기의 오류와 함께 10℃ 이하의 외부온도의 영향 때문에 20℃ 이하로 급강하했지만 보조가열장치를 설치후 빠르게 회복하여 정상상태에 도달하였다. 180일 이전의 각 매립조는 거의 유사한 경향과 온도를 나타내지만 정상상태로 판단되는 180일 이후부터는 매립년수에 비례하여 차이를 보이기 시작하였다.

3. 침출수질

3.1 pH

각 매립지의 모형매립조에서 발생하는 침출수의 수소이온농도는 Fig. 4.와 같다. 침출수가 발생하기 시작한 초기에는 pH 7 이하의 비교적 낮은 농도로서 메탄생성미생물(methanogene)에 비해 산생성미생물(acidogene)의 활성도가 높음을 알 수 있다. 경과시간 80여일 후부터는 급격히 증가하여 methanogene의 왕성한 활성을 판단할 수 있고 모든 매립조의 pH가 약알칼리성 범위에서 매립년수에 반비례하는 경향으로 차이를 나타내었다.

3.2 COD 농도

폐기물 성분 중 미생물이 분해하기 용이한 COD와 같은 성분은 매립초기에 준호기성 조건에서 비교적 빠르게 분해되며, 매립층이 증가하고

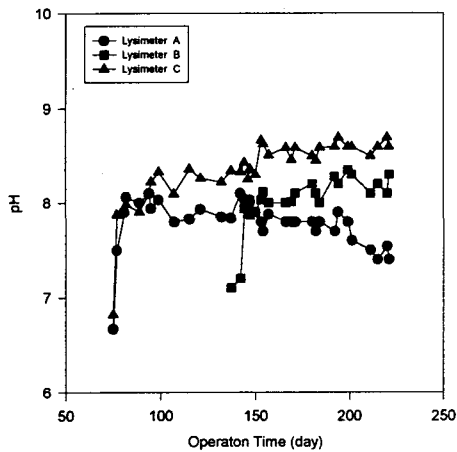


Fig. 4. pH variation of leachate with lysimeter operating time.

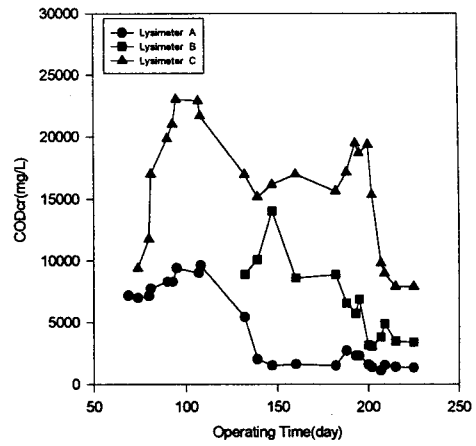


Fig. 5. COD variation of leachate with lysimeter operating time.

다져짐에 따라 혐기성상태에서 느린 유기물 분해가 진행된다.

폐기물 매립지의 침출수 오염정도와 유해성 여부를 진단하고 향후 생물학적 대사조건을 예상하는 중요한 지표로서 각 매립조의 COD농도는 Fig. 5.와 같다. 각 매립조의 COD는 100여일 경과 후 상승하다가 감소하여 200일 정도 경과 후 비교적 일정한 농도를 보이며, 결국 침출수의 COD농도는 매립년수가 짧을수록 높은 농도를 나타냈다. 하지만 매립후 6년이 경과한 매립조 B가 3,500 mg/l 이상의 고농도를 보이는 것이 초기 운전시 침출수의 발생이 없었기 때문에 상대적으로 높은 것이 아니라면 안정화가 지연되고 있는 것으로 판단되며, 이에 대한 원인분석이 필요한 것으로 사료된다.

3.3 총질소 농도

침출수의 질소농도는 COD와 함께 생물학적 대사조건을 판단기준이며, 변화경향을 통해 탈질 진행상태를 알 수 있다. 각 매립조의 총질소 농도는 Fig. 6.에서 보는 바와 같이 매립조 A는 1,500~2,000 mg/l의 비교적 일정한 농도를 보여 안정화가 상당히 진행된 상태로 판단된다. 반면 매립조 C는 초기농도를 비교해보면 매립조 A에 비해 큰 차이가 있고 약 150일이 경과 후까지 왕성

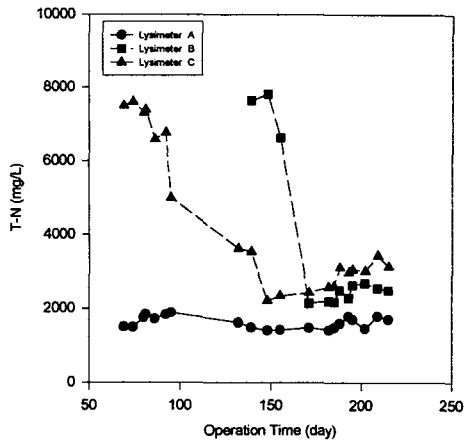


Fig. 6. Total nitrogen variation of leachate with lysimeter operating time.

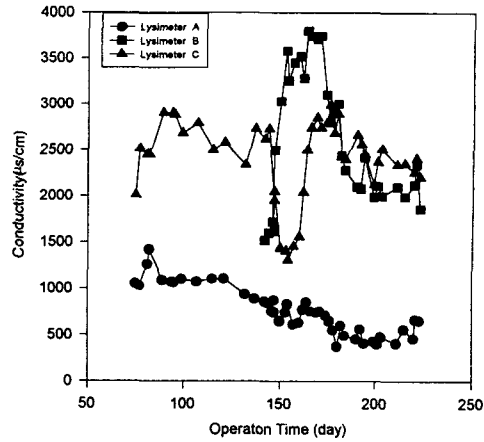


Fig. 7. Conductivity variation of leachate with lysimeter operating time.

한 탈질화 과정을 거친 후 3,000 mg/l 정도로 안정되었다.

일반적으로 침출수 처리를 위한 생물학적 대사 조건의 C/N비(=10~20)에 비해 질소의 농도가 높기 때문에 향후 생물학적 처리시 탄소원의 첨가가 필요한 것으로 판단된다.

3.4 전기전도도

전기전도도는 침출수 중의 무기이온의 총량을 나타내는 지표로서 각 매립소에서 발생한 침출수의 전기전도도는 Fig. 7.과 같다. 매립조 A는 2,000 μs/cm 이하의 가장 낮은 값으로 일정한 반면 매립조 B와 매립조 C는 온도조절기의 오류기간동안 불안정한 값을 나타냈다. 결국 매립지 A는 그 동안의 안정화 과정에서 유기물 분해와 함께 무기물도 침출수를 통해 유출(wash-out)된 것으로 사료된다.

매립년수가 각기 다른 폐기물의 3개의 모형매

립조를 운전한 결과 정상상태로 판단되는 침출수의 특성을 실제 매립지의 침출수와 비교하여 Table 6.에 정리하였다. 항목에 따라 약간의 차이는 있지만 전체적으로 최초 채취한 시료가 대표성이 있으며, 본 모형매립조를 이용한 침출수의 특성은 실제 매립지의 안정화 조사에 대한 자료로서 충분한 타당성을 가지는 것으로 판단된다.

또한 매립폐기물 중의 유기성분이 많을수록 침출수에서의 농도도 높게 나타났으며, 일반쓰레기 매립지와 비교하고 매립년수를 고려할 때 일시적으로 편차가 있지만 높은 유기물 농도를 나타내어 매립지의 안정화진행이 지연되고 있는 것으로 진단할 수 있다. 지연원인으로 매립층내 미생물의 분해작용을 저해하는 가용성 무기염류의 농도가 높거나 혐기성 소화과정에서 산생성단계에 비해 메탄생성단계가 저해를 받고 있는 것을 들 수 있다⁹⁾. 그러나 유기물농도의 감소경향을 볼 때 각 매립지는 유기물분해가 진행 중으로서 안정화를

Table 6. Leachate characteristics of lysimeter(L) and real landfill site(R)

Lysimeter	pH		CODcr(mg/ℓ)		T-N(mg/ℓ)	
	L	R	L	R	L	R
A	7.35~7.84	7.13~7.54	1,400~9,850	4,500~9,600	1,708~1,930	649~1,676
B	8.01~8.28	7.92~8.31	3,487~14,550	8,670~19,400	2,223~2,632	1,131~2,167
C	8.37~8.74	8.74~9.16	9,806~23,360	17,200~32,760	2,254~3,352	1,405~2,467

위해서는 장시간을 요하며, 침출수의 처리공정에 있어서 고농도의 유기물을 고려해야 할 것으로 사료된다.

4. 가스발생

4.1 가스발생량

Fig. 8은 각 모형매립조의 일별 가스발생량을 나타낸 것이다. 폐기물을 충전할 때 유입을 차단하여 초기에 호기성 분해에 의한 다량의 가스발생은 없었다. 혐기성 미생물에 의한 가스발생은 모형매립조의 매립구조가 실제 매립지와 다르고 온도, H² 분압 등의 환경인자의 변화에 따른 저해작용(inhibition)으로 약 50일 정도의 순응과정(acclimation)을 거친 것으로 보인다.

매립조의 운전시작 50일경부터 가스가 발생하기 시작하였으며, 매립조 C는 약 80일부터 급격히 증가하여 3.5~4.5 l/day로서 안정적으로 발생하면서 정상상태를 판단할 수 있었다. 매립조 A는 1.0 l/day 이하의 낮은 발생량이 지속되고 200일 이후 감소하는 경향을 보여 혐기성분해의 말기로서 안정화가 상당히 진행된 것으로 사료된다. 매립조 B는 실험시작이 지연되어 직접적인 비교는 어렵지만 초기부터 매립조 A보다 일별발생량이 많았고 매립조 C와 마찬가지로 약 80일 경과 후부터

급격히 증가하는 경향을 보이고 있고 당분간 계속 증가할 것으로 예상된다. 각 매립조의 가스발생속도(m³/kg-dry waste/day)는 매립조 A; 0.0009, 매립조 B; 0.014, 매립조 C; 0.0067로서 난지도 매립지의 0.0047~0.24, 서울 구의동 매립지의 0.0057에 비해 낮은 값으로 충전 폐기물의 성분 중 가연성 유기물의 함량이 낮기 때문으로 판단된다^{17,18)}

4.2 가스조성

폐기물 매립지에서 생물학적 분해과정에서 발생하는 가스는 CH₄와 CO₂가 주성분이며, 정상상태에서 각각 55%와 45% 정도로서 CH₄/CO₂ 비가 1이상인 것으로 알려져 있다. 각 모형매립조에서 생성된 가스의 조성은 Fig. 9와 같다.

매립조 A에서는 140일 동안 CH₄와 CO₂의 농도가 10% 이하로 매우 낮았고 H₂, N₂, O₂ 등으로 구성된 기타 성분이 80% 정도로 대부분을 차지하였다. 운전 시작 150일 이후부터 CH₄는 급격히 증가하여 45%를 유지하였으며, CO₂는 서서히 증가하고 기타 성분은 급속히 감소하는 경향을 볼 때 곧이어 역전현상이 예상된다.

매립조 B에서는 각 성분이 매립조 A와 유사한 조성과 경향을 보이며, 특히 CH₄의 함량이 53% 정도로 가장 높아 가스조성면에서는 매립조 B가 메탄생성미생물(methanogene)의 활성도가 가장

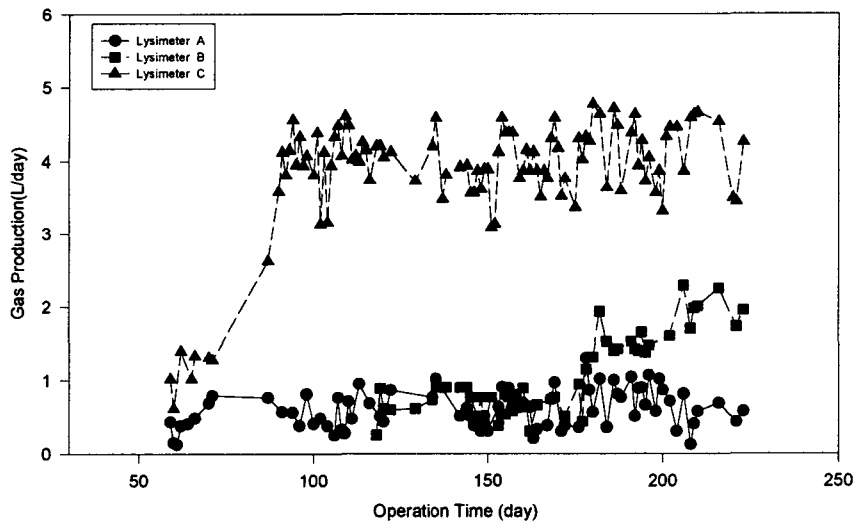


Fig. 8. Variation of gas production with lysimeter operating time.

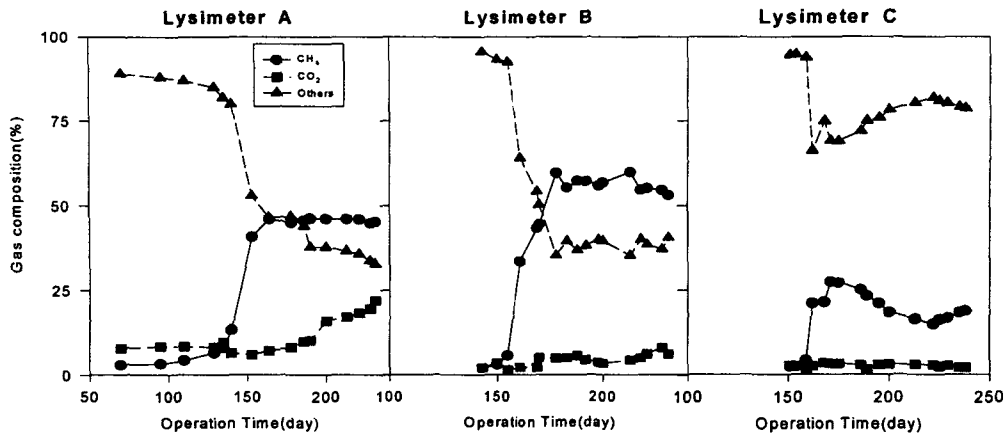


Fig. 9. Variations of gas composition with lysimeter operating time.

높은 것으로 나타났다.

매립조 C에서는 다른 매립조와는 다른 가스조성을 나타냈다. CH₄와 CO₂가 각각 15~25%와 3~7%, 기타 가스가 80% 내외로 운전일수의 경과와 관계없이 비교적 일정한 조성을 나타냈다. 가스발생량을 통해 혐기성 분해작용 측면에서 매립조 C가 가장 활발할 것이라는 판단과는 다른 결과를 보여 시간적 여유를 가지고 장치의 구조적 결함여부까지 고려한 보다 자세한 분석이 요구된다.

IV. 결 론

모형매립조를 이용하여 산업폐기물 매립지의 원소성분을 분석하고 침출수와 가스발생 특성을 고찰한 결과로서 다음 결론과 같은 향후 침출수 처리 및 안정화도 진단을 위한 기초자료를 얻을 수 있었다.

1. 각 매립지의 수분의 함량은 매립경과년수가 오래될 수록 낮았으며, 수분을 제외한 실제 가연분은 매립지 A가 가장 낮았으며, 매립지 C가 가장 높았다.
2. 각 매립지의 원소분석에 따른 C/N비가 7.4~14.4로서 생활쓰레기 매립지에 비해 낮으므로 침출수에도 같은 영향을 미칠 것으로 예상되며, 원소분석에 따른 이론적인 가스발생

량은 매립경과 년수에 차이를 보이며, 매립장 C가 0.47~0.49 m³/kg-dry waste로 가장 높았다.

3. 침출수의 pH는 모형매립조 운전 경과시간 80여일 후부터 급격히 증가하여 methanogene의 왕성한 활성을 판단할 수 있었고 모든 매립조가 약알칼리성 범위에서 매립년수에 반비례하는 경향으로 차이를 나타내었다.
4. 침출수의 COD_{Cr}와 총질소의 농도는 매립년수에 비해 높게 나타나 안정화가 지연되고 있으며, 생물학적 처리를 위한 C/N비를 고려할 때 탄소원의 첨가가 필요한 것으로 나타났다.
5. 매립년수가 각기 다른 폐기물의 모형매립조를 운전하여 실제 매립지의 자료와 비교한 결과 전체적으로 최초 채취한 시료가 대표성이 있으며, 실제 매립지의 안정화 조사에 대한 자료로서 충분한 타당성을 가지는 것으로 판단된다.
6. 침출수는 상당히 높은 유기물 농도를 나타내어 매립지의 안정화진행이 지연되고 있는 것으로 진단할 수 있으며, 향후 침출수의 처리공정에 있어서 고농도의 유기물을 고려해야 할 것으로 사료된다.
7. 각 모형매립조 A, B, C에서의 가스발생속도 (mg³/kg-dry waste/day)는 각각 0.0009,

0.014, 0.0067로서 매립조 A는 혐기성 분해의 말기단계이며, 매립조 B와 C는 methanogene의 분해작용이 활발한 것으로 나타났다.

8. 모형매립조의 가스조성은 운전경과 150일 이후 매립조 A와 매립조 B에서 급격히 증가하여 정상상태의 혐기성 분해작용을 판단할 수 있었지만 매립조 C는 지속적으로 15~25%를 유지하여 원인분석이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 환경부 : 국가폐기물관리종합계획, 1996.
2. Chian E. S. K. and Dewall F. B. : Sanitary Landfill Leachates and Their Treatment. Proc. of ASCE, 102, EE2, 411-421, 1974.
3. Fungaroli A. A. and Steiner A. L. : Laboratory Study of the Behavior of a Sanitary Landfill, WPCF, Vol. 43, No. 2, 1971.
4. 이성호 : 폐기물 침출수의 성분분석 및 처리에 관한 기초적 연구, 한국폐기물학회, Vol. 10, No. 2, 183-193, 1993.
5. 이성호 : 도시쓰레기 침출수의 성분분석 및 처리에 관한 연구, 한국폐기물학회, Vol. 11, No. 2, 262-273, 1994.
6. 김동윤 외 : 도시쓰레기 침출수의 효율적인 처리에 관한 연구, 한국수질보전학회, Vol. 4, No. 2, 16-22, 1988.
7. 최원영 : 산업폐기물 매립지 침출오수 수질예측에 관한 연구, 한국폐기물학회, Vol. 6, No. 1, 59-64, 1989.
8. 임원탁 : 폐기물 내륙매립지의 침출오수 수질예측에 관한 연구, 한국환경과학연구협의회, 1990.
9. 박정구 외 : 산업폐기물매립장의 침출수질을 이용한 안정화조사 연구, 한국폐기물학회, Vol. 14, No. 7, 814-821, 1997.
10. 정재풍 외 : 고화처리물의 매립에 따른 침출수 변화에 관한 연구, 한국폐기물학회, Vol. 14, No. 3, 237-242, 1997.
11. 주창한 외 : 모형매립조를 이용한 음식 폐기물 혼합비에 따른 침출수 특성(1), 한국폐기물학회, Vol. 15, No. 3, 279-286, 1998.
12. Ham, R.K., etxz al. : Recovery, Processing and Utilization of Gas from Sanitary Landfills, EPA-600/2-79-001, 1979.
13. Tchobanoglous G., Theisen H. and Vigil S.A. : Integrated Solid Waste Management ; Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill, 1993.
14. 환경부 : 매립가스 처리 및 이용기술 개발, 1996.
15. 환경부 : 환경공정시험법, 1995.
16. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 17th edition, American Public Health Association, 1995.
17. 한국과학재단 : 매립가스(LFG) 추출 이용기술 개발에 관한 기초연구(III), 1992.
18. 동력자원부 : 쓰레기 매립장의 LFG 포집, 정제, 활용에 따른 최적화 개발, 1993.