한국환경농학회지 제16권 제1호(1997)
Korean Journal of Environmental agriculture
Vol. 16, No. 1, pp. 31~36

매립폐기물의 분해 성상 및 안정화

김은호 · 손희정 · 성낙창 · 허종수[1] · 김형석[2]

동아대학교 환경공학과, [1]경상대학교 농화학과, [2]부산여자대학교 환경학과

Composition of Degradation and Stabilization in Landfilled Waste

Eun-Ho Kim, Hee-Jung Son, Nak-Chang Sung, Jong-Soo Heo[1] and Hyeong-Seok Kim[2] (*Dept. of environmental engineering, Dong-A University ; [1]Dept. of agricultural chemistry, Gyeongsang National University ; [2]Dept. of environmental science, Pusan Women's University*)

Abstract : This study was carried out to analyze the composition of landfill generation gas using vertical pipe wells installed at landfill. The characteristics of composed waste were examined by the open-cut test at H. landfill in Pusan. The waste compositions of landfill layer by Open-cut test indicated that organic matter was average 4.6~8.78 % in each landfill. CH_4 compositions of gas in each landfill were 49.71~50.45%(A-point), 50.39~53.74%(B-point), and 58.76~61.62%(C-point), respectively. The chemical formula of organic matter left in the underground was $C_{36.3}H_{76}O_{30}N_{0.3}S_{0.1}$. Underground temperatures were changed to 18.8~25.8℃, when the ambient temperature was about 13.4℃. Temperatures with passed times in A, B and C-lysimeter were about 21.1~22.5℃, 30~32.5℃ and 35~38.5℃, respectively. After about 65 day, decomposition rates of organic matter in A, B and C-lysimeter were 9.9%, 14.9% and 22.3%, respectively.

서 론

'70년대 부터 급속한 경제성장에 의한 국민생활수준의 향상으로 생활계 폐기물 발생량이 계속적으로 증가하여 '94년 현재 전국적으로 58,118t/일로써 1인 1일 1.3kg의 쓰레기가 발생되고 있으며, 이 중에 소각 및 재활용이 각각 약 3.5% 및 15.3% 정도 되어지고 있을 뿐 대부분 매립처분에 의존하고 있다[1].

그러나, 현재 이루어진 대부분의 매립지는 제대로 관리가 이루어지지 않은 상태에서 투기된 불량매립지로써 주변환경에 대한 악취, 지하수 및 지표수 오염 등의 이차적인 환경오염문제를 야기함에 따라 앞으로 이에 대한 철저한 관리 또한 요구되고 있다[2].

이러한 매립지의 관리 뿐만 아니라 향후 매립이 완료된 매립지의 생활부지로서의 활용을 위해서는 선행조건으로 매립지의 안정도를 평가해야할 필요성이 대두되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 P. 시에 위치해 있으며 '85년 5월 부터 '87년 6월 까지 평균 매립고 5.0m로 면적 596,326 m^2에 약 3,324,000m^3의 생활계 폐기물을 혐기성 매립방식으로 매립한 H. 매립지를 조사대상지역으로 '96년 4월부터 10월까지 지중 침출수의 성상, 분해가스의 성상 그리고 안정화 상태 등 매립지의 현상황을 조사 · 분석하여 안전대책수립을 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

이론적 고찰

매립지에서의 쓰레기 분해공정[3,4]

매립지내에서의 쓰레기는 물리 · 화학 · 생물학적 분해공정이 복합적으로 일어나게 된다.

쓰레기에 포함된 유기성분은 생물학적 분해과정을 거치면서 CH_4, CO_2, H_2O 등으로 분해되어 안정화 상태에 도달하게 된다.

매립지의 안정화를 평가할 수 있는 물질인 CH_4는 혐기성 분해에 의하여 생성하게 되며, 혐기성 분해는 여러가지의 주변상태에 크게 영향을 받게 된다.

쓰레기의 생물학적 분해에 미치는 영향인자

쓰레기의 조성성분 및 분해속도[3,4] 쓰레기가 매립층내에서 분해되는데 있어서 매립 쓰레기의 성분, pH, 함수율, 지중온도 등에 크게 좌우되며, 매립지의 환경조건과 쓰레기의 특성에 따라 분해속도가 상이하기 때문에 그 기간은 수년에서 수세기가 걸린다고 한다.

그러나, 쓰레기의 분해혼합가스의 발생속도는 정확히 알 수 없으나 쓰레기를 3종류로 분류하여 이론적으로 고찰할 수 있다.

즉, 쓰레기의 구성성분은 분해성, 중분해성 및 난분해성으로 구별할 수 있으며, 분해성은 풀 및 잡초류를 들 수 있고 중분해성은 종이, 목재 및 섬유류 등이며 플라스틱 및 고무류 등은 난분해성이다.

특히, 쓰레기 중에 지방, 단백질 또는 탄수화물을 다량으로 함유하고 있는 진개류의 경우 분해성 성분 함유율이 높아 매립초기(매립후 2년이내)에 분해가스의 발생량이 많아지며 이러한 쓰레기의 분해 반감기는 대개 1년 정도라고 보고된 바 있고, 지방의 분해에 의하여 가스가 발생할 경우 CH_4 71%, CO_2 29% 정도의 비율로 발생된다고 한다.

그리고, 종이 및 직조류 등 중분해성 성분을 다량으로 함유하고 있는 쓰레기의 경우 대개 분해 반감기는 매립후 3~4년이며 CH_4 51%, CO_2 49%의 비율로 발생한다.

총가스 발생량의 99%를 분해발생시키는데 소요기간은 분해성 3.5년, 중분해성 최고 6년 및 난분해성 60년이 소요된다고 보고되고 있다.

pH의 영향[3,4] 쓰레기의 분해는 초기에 호기성 분해과정을 거쳐 통기성 분해가 되면서 유기물의 분해와 CO_2 생성으로 인하여 pH는 상승하게 된다.

이때 생성된 유기산은 메탄생성균에 의하여 혐기성 상태에서 CH_4, CO_2 및 H_2O로 분해되며 이때 아미노산의 분해에 따른 NH_3의 생성으로 pH는 점차 상승하여 중성영역을 나타내게 된다.

또한, 쓰레기의 혐기성 분해는 주로 pH 6.6~7.6 범위에서 활발하게 진행되며 pH 6.2 이하에서는 산생성균의 활동이 활발해지므로 CH_4의 생성이 급격하게 감소하는 현상을 나타내며, 일반적으로 혐기성 분해과정에서 최적 pH 범위는 7.0~7.2로 알려져 있다.

수분의 영향[3,4] 지중에서의 수분은 쓰레기의 혐기성 분해로 인한 메탄가스 생성에 영향을 미치는 중요한 인자이다.

일반적으로 메탄생성균의 기능은 지중수에 완전히 침적되는 경우 쓰레기의 성분은 균일해지고 혐기성 분해로 생성된 NH_3의 용해로 인하여 pH는 상승하게 된다.

또한, 지중산소와 접촉을 방해함으로써 CH_4 가스 발생량을 증가시키게 된다.

특히, 강우시 우수에 의하여 지층의 함수율은 급증하게 되고 수분은 표토층으로 부터의 침투에 의하여 매립층 심부의 수분을 증가시키고 토양은 수분저장능력을 초과하게 되며 과량의 수분은 침출수로써 배수하게 된다.

지중온도의 영향[3,4] 매립초기에는 지중심부에 있어서 무산소 상태에 가까우므로 혐기성 분해가 일어나면서 악취를 발생하고 온도는 상승하지 않으며 불안정한 분해가 진행된다.

지표하 1~2m에서는 공기의 투과 및 확산과 더불어 외기온도의 영향을 받아 지중온도는 하강하게 된다.

대개 지표와의 온도구배는 일반토양(4.5℃/m) 보다 적은 2~3℃/m이며, 심도가 깊어질수록 혐기성 분해의 정도에 따라 온도가 상승하게 된다.

Merz와 Stone에 의하면 지중 1~2m의 심도에서 지중온도는 외기온도에 따라 광범위하게 변하지만, 지중 3m 부터 심도가 깊어짐에 따라 30~40℃의 중온성 온도범위를 유지한다고 하였다.

또한, Merz는 쓰레기의 온도가 35℃ 이하로 내려가면 CH_4의 발생이 제어되면서 통성 미생물의 영향을 받는다고 하였다.

영양물질의 영향[5] 매립지에서의 미생물 성장을 위하여 여러가지 영양물질(Nutrients)을 필요로 한다.

즉, 탄소, 산소, 수소, 질소 및 인 등은 충분한 양으로 존재하여야 하며 적은 양의 나트륨, 칼륨, 황, 칼슘 및 마그네슘 등도 필요하다.

메탄생성은 질소대 탄소비(C/N ratio)가 30일 경우 최상의 값을 나타내는 것으로 알려져 있다.

C/N 비가 클 경우 CO_2의 생성증가로 인하여 매립지 가스 조성이 변하게 되며 C/N 비가 낮은 경우 매립지내의 암모니아 농도가 커지게 된다.

조사 및 실험방법

조사지점의 선정

Fig. 1에 나타난 바와같이, 본 조사연구에서는 지중침출수의 성상과 매립층내의 쓰레기 분해상태에 따른 조성을 파악하기 위하여 절토시험(Open-cut test)을 행하였으며, 또한 매립지내 분해가스의 조성성분 및 매립층 지중온도를 측정하기 위하여 심도별 관입시추시험을 실시하였다.

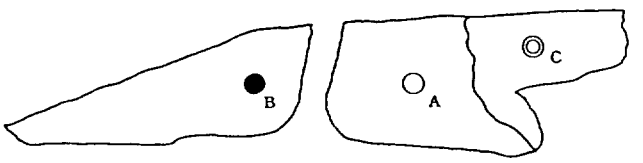

Fig. 1. Distribution of boring operation points and open-cut test places within investigating region at H. waste landfill.

조사방법

침출수의 성상분석

이전에는 각 매립지마다 매립지 조성당시 설치된 집수조에서 시료를 채취하여 분석하였으나 본 조사연구에서는 절토시험(Open-cut test) 당시 웅덩이에 고인 침출수를 채수하여 환경오염공정시험법[6]과 Standard Methods[7]에 준하여 분석하였다.

절토시험에 의한 매립층 쓰레기의 성상분석 대형 Porclain을 이용하여 가로 5m, 세로 8m 및 필요심도로 웅덩이를 파고 매립층으로 부터 0.5m 간격으로 2kg 이상의 매립쓰레기를 채취하여 삼성분, 즉 수분, 가연성 및 비가연성 성분(휘발분)으로 구분하여 환경오염공정시험법[6]과 Standard Methods[7]에 준하여 분석하였다.

관입시추시험에 의한 발생가스의 성상분석 매립층으로 부터 발생하는 분해가스의 성상을 분석하기 위하여

미리 선정된 지점에 관입시추시험을 행하였는바, 3″ PVC 다공관을 심도별로 건식으로 시추하고 지상 30cm 정도의 높이로 유지하면서 관구를 밀봉하여 가스성상분석을 위하여 보존하였다.

또한, 매립층으로 부터 발생되는 가스를 측정·분석하기 위하여 관내에 모인 가스가 충분히 정상상태에 도달한 후에 Plastigas furs Labor로 포집하여 500㎖ 용량의 Gas pipette으로 분석용 시료를 채취하였다.

Gas pipette에 채취한 발생분해가스는 Gas Chromatograph에 의하여 CH_4, CO_2, N_2, O_2 등을 분석하였다.

심도별 지중온도 측정 시료채취관으로 부터의 분해가스를 채취함과 동시에 Lead Wire에 심도를 표시한 Thermistter Probe를 관내로 집어넣고 심도별 지중온도를 Thermistter Thermometer로 현장에서 즉시 측정하였다.

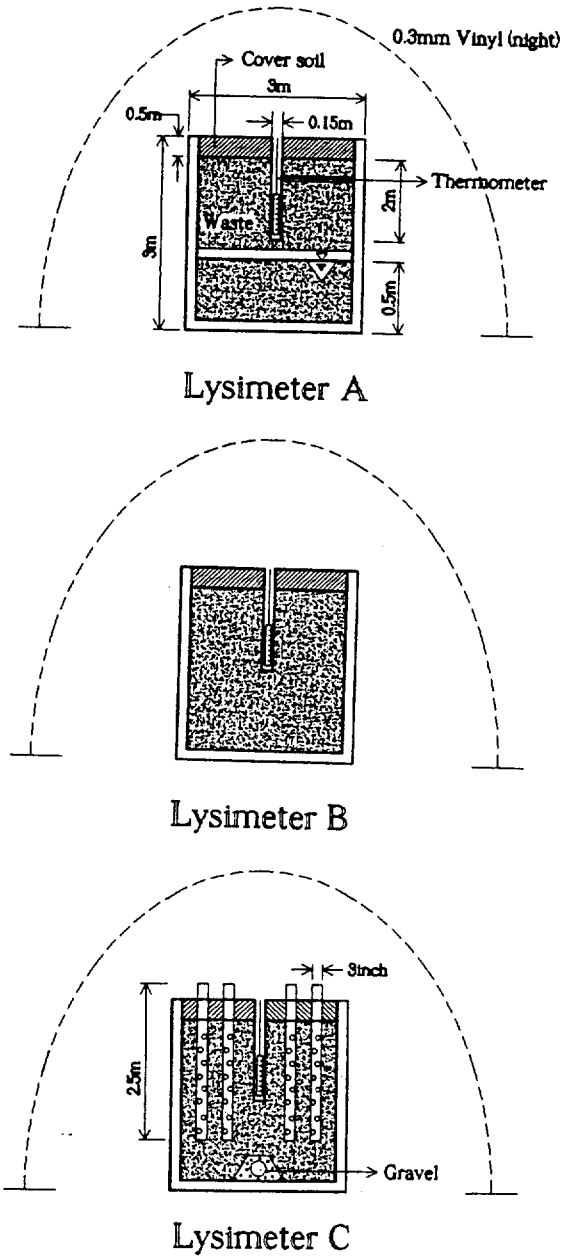

Fig. 2. Pilot-scale experimenral configurations.

Pilot 실험

Pilot 실험은 8월 17일 부터 10월 20일까지 약 65일간 운전을 행하였으며 Pilot 실험장치는 Fig. 2와 같으며 모형매립조는 PVC로 제작하였다.

모형매립조의 실험조건은 Table 1에 나타내었으며, 매립당시 쓰레기 구성비와 유사하게 충진을 시켰다.

Table 1. Pilot-scale experimenral conditions.

Lysimeter	Landfill methods	Waste compositions		
		Moisture	Ash	Organic matter
A	Existing landfilling condition (Anaerobic)	80.0	7.9	12.1
B	Improved anaerobic sanitary	60.0	27.9	12.1
C	Facultative aerobic	60.0	27.9	12.1

모형매립조 A는 현매립상태(혐기성)과 같이 지중 일정한 깊이에서 침출수의 수위를 동일하게 하였으며, 모형매립조 B는 개량형 혐기성 위생매립으로써 현매립상태에서 침출수의 수위를 매립지 깊이 이하로 낮추었다.

또한, 모형매립지 C는 준호기성 위생매립으로 현매립상태에서 침출수의 수위를 낮추고 곳곳에 가스 Pipe를 설치하여 쓰레기 내부로 자연공기가 유통될 수 있게 하였다.

결과 및 고찰

매립당시 쓰레기 성상

Table 2는 매립당시('85~'87년) 쓰레기 구성비를 나

Table 2. The physical composition rate of waste for landfill.

Sections		1985		1986		1987	
		Generation volume (ton/day)	Rate (%)	Generation volume (ton/day)	Rate (%)	Generation volume (ton/day)	Rate (%)
Combustibility	Combustible	1,972	36.2	2,025	36.2	2,137	36.2
	Non-Combustible	3,280	60.2	3,367	60.1	3,541	59.9
	Recycling	200	3.7	208	3.7	232	3.9
	Total	5,452	100	5,600	100	5,910	100
Constituent	Briquet ash	2,794	51.2	2,880	51.4	3,039	51.4
	Garbage	1,394	25.6	1,443	25.8	1,523	25.8
	Paper	294	5.4	294	5.3	310	5.2
	Wood	270	5.0	268	4.8	282	4.8
	Metal-Glass	132	2.4	149	2.7	156	2.6
	Others	565	10.4	566	10.1	600	10.2
	Total	5,452	100	5,600	100	5,910	100

타내고 있다[8].

Table 2에서 알 수 있듯이, 성상별로 보면 연탄재 성분이 2,794~3,039ton/일로써 51.2~51.4% 정도로 가장 높은 비율을 나타내고 있으며 연소성별로는 가연성 36.2%, 비가연성 약 60.1%를 차지하고 있다.

그리고, Table 3은 쓰레기의 물리 · 화학적 조성을 나타내고 있다[9].

Table 3. Physical and chemical compositions of waste.

(Unit : %)

Constituent	Element					
	C	H	O	N	S	Total
Garbage	46.71	7.34	42.38	3.26	0.32	100
Paper	46.89	6.52	46.11	0.37	0.11	100
Wood	49.20	7.05	40.59	2.04	1.12	100
Subtotal	46.98	7.12	43.14	2.43	0.33	100

침출수의 성상

Table 4에 나타난 바와 같이 BOD 평균 74mg/L, CODMn 평균 180mg/L로써 '90년 조사치 BOD 202mg/L, COD_{Mn} 397mg/L 보다 아주 낮으며 기타 성분에 대해서도 전반적으로 낮게 조사되었다.

또한, BOD/COD 비는 EPA에 의하면 매립완료 2년후에 0.45~0.75이고 5년후에 0~0.25로 점차적으로 감소한다고 한다[3].

본 연구에서의 BOD/COD비는 0.23~0.51로 EPA와 다소 차이가 있지만, '90년 0.39~0.69 보다 낮게 나타나 전반적으로 점차 안정화되고 있음을 알 수 있다[9].

이러한 이유는 매립초기에 지중에서 계속되는 생물학적 안정화로 인하여 유기물인 BOD가 난분해성 물질을 함유하고 있는 COD 성분 보다 더 빠르게 분해되기 때문으로 여겨진다.

절토시험에 의한 매립층 쓰레기의 성상

본 조사대상 매립지에 대한 절토시험을 실시한 후에 채취한 매립쓰레기 시료의 성상을 분석한 결과 Table 5에 나타난 바와 같다.

각 매립층에서의 휘발분(유기질)은 각 매립구역별 평균 4.6~8.78%로 나타났으며 매립당시 쓰레기의 가연성분 백분비 36.2%를 감안한다면 평균 57.8~77.8% 정도 분해되었으며 잔량의 유기질이 계속적으로 분해되고 있는 것으로 나타났다.

반면에 매립당시 쓰레기 중 연탄재의 조성비율은 평균 51.3% 정도로 다른 성분에 비하여 상당히 높게 차지하고 있으며 분리매립하지 않아 매립된 유기질 쓰레기가 완전히 분해된 후에 토질은 연탄재의 조성과 유사한 상태로 존재하게 될 것으로 예상된다.

매립층에서의 화학적 조성

절토시험에서 채취한 시료의 건량기준으로의 화학적 조성성분을 분석한 결과, Table 6에 나타난 바와 같다.

Table 6에 의하면 유기물 중의 탄소 평균 43.6% 및 산소 평균 48.1% 정도로써 현재 지중에 존재하는 미분해 쓰레기 중의 유기질을 나타내는 일반적인 화학식은 $C_{36.3}H_{76}O_{30}N_{0.3}S_{0.1}$로 표시되며 이 유기질이 매립층내에서 혐기적으로 분해되어 CH_4와 CO_2의 혼합가스가 발생한다면 다음과 같은 식으로 정리될 수 있다.

$$C_{36.3}H_{76}O_{30}N_{0.3}S_{0.1} + 2.58H_2O \rightarrow 20CH_4 + 16.29CO_2 + 0.3NH_3 + 0.1H_2S \quad (1)$$

따라서, 1mol의 유기질 당 36.69mol의 분해 혼합가스가 발생하게 되며, 이 혼합가스 중에 CH_4와 CO_2의 Vol%는 각각 54.51% 및 44.4%가 된다.

관입시추시험에 의한 발생가스의 성상

관입시험에 의한 발생가스 조성성분을 분석한 결과,

Table 4. Results of analyzing leachate in the underground

(Unit : %)

Point	Item	pH	BOD (mg/mℓ)	COD (mg/mℓ)	SS (mg/mℓ)	Cl^- (mg/mℓ)	NH_4^+-N (mg/mℓ)	NO_3^--N (mg/mℓ)	PO_4-P (mg/mℓ)	Hg (mg/mℓ)	Cd (mg/mℓ)	Cr^{+6} (mg/mℓ)	Pb (mg/mℓ)	Zn (mg/mℓ)
A	Once	6.6	52.3	180.4	57	233.5	450.4	2.9	2.6	0.001	ND	0.006	0.002	0.051
	Twice	6.5	39.7	150.6	93	198.6	423.6	2.7	2.4	0.001	ND	0.005	0.002	0.054
	Three times	6.9	48.6	211.3	48	247.7	443.8	2.8	2.9	0.001	ND	0.007	0.002	0.055
B	Once	7.3	63.7	132.7	76	326.8	532.7	1.8	4.8	0.001	ND	0.003	ND	0.054
	Twice	7.2	68.3	148.5	86	319.4	556.8	2.0	5.0	0.001	ND	0.003	ND	0.053
	Three times	6.8	59.6	138.6	93	314.5	527.6	1.95	4.6	0.001	ND	0.003	ND	0.054
C	Once	7.3	120.6	241.2	85	524.6	734.0	2.1	5.7	0.002	ND	0.004	0.001	0.067
	Twice	7.2	110.3	216.3	108	516.4	726.8	2.15	5.46	0.002	ND	0.005	0.001	0.065
	Three times	6.9	98.9	201.8	74	545.8	760.2	2.3	5.85	0.002	ND	0.004	0.001	0.069

Table 5. Result of analyzing waste composition in the underground by open-cut test. (Unit : %)

Point	Composition Depth(m)	Moisture	Ash	Volatile (Organic matter)
A	0.5	16.37	79.77	3.86
	1.0	19.68	75.69	4.63
	1.5	26.37	63.45	4.09
	2.0	20.91	72.97	3.94
	2.5	26.97	71.97	3.64
	3.0	31.54	64.29	4.17
	3.5	25.63	49.40	4.97
	4.0	24.39	67.73	5.30
	4.5	22.16	67.99	5.64
	5.0	23.09	73.27	5.82
Average		23.74	71.68	4.61 (87.3% digested)
B	0.5	19.40	75.21	5.39
	1.0	23.66	68.42	7.92
	1.5	29.75	64.20	6.07
	2.0	28.36	64.66	6.98
	2.5	22.34	63.49	6.34
	3.0	23.30	71.32	5.38
	3.5	25.17	68.08	6.75
	4.0	23.18	71.85	4.97
	4.5	27.36	65.53	7.11
	5.0	30.17	70.63	7.03
Average		25.27	68.34	6.39 (82.3% digested)
C	0.5	21.31	69.85	8.84
	1.0	34.39	68.19	7.42
	1.5	30.17	63.71	8.66
	2.0	29.84	65.65	8.01
	2.5	31.60	60.41	7.99
	3.0	32.37	58.27	9.36
	3.5	33.06	58.53	8.41
	4.0	32.42	58.57	9.01
	4.5	27.63	60.20	9.63
	5.0	26.34	59.78	10.38
Average		28.92	62.32	8.77 (75.8% digested)

Table 6. Chemical composition distributions of organic matters in filled wasteby open-cut test in H. landfill (Unit : %)

Point	Composition Depth(m)	C	H	O	N	S
A	1.0	43.3	6.5	49.7	0.33	0.198
	2.0	43.1	4.5	51.6	0.36	0.144
	3.0	34.6	10.7	53.8	0.60	0.241
	4.0	40.0	8.0	51.3	0.35	0.260
	5.0	49.2	8.5	40.6	1.20	0.500
B	1.0	48.7	5.7	45.0	0.30	0.229
	2.0	49.8	7.0	42.4	0.40	0.327
	3.0	47.4	3.9	47.9	0.52	0.246
	4.0	46.9	6.5	46.1	0.37	0.119
	5.0	34.8	11.9	52.3	0.59	0.394
C	1.0	46.4	8.2	47.4	0.42	0.181
	2.0	40.2	7.9	51.3	0.34	0.260
	3.0	44.3	8.6	46.4	0.36	0.342
	4.0	46.2	8.9	44.2	0.40	0.276
	5.0	39.7	7.7	51.8	0.46	0.333
Average		43.6	7.6	48.1	0.46	0.270

Table 7. Composition distributions of the generated gas in H. landfill

	Composition Point	CH_4 (%)	CO_2 (%)	N_2 (%)	O_2 (%)	H_2S (mg/mℓ)	NH_3 (mg/mℓ)
A	Once	49.71	41.62	0.09	3.74	5.43	1.56
	Twice	48.86	42.37	0.10	4.63	4.38	3.85
	Three times	49.90	42.99	0.07	2.17	6.26	0.27
	Four times	50.45	38.65	0.06	4.38	8.50	1.21
B	Once	53.06	36.91	0.19	4.68	8.69	1.28
	Twice	52.14	35.36	0.26	6.66	10.11	1.66
	Three times	50.39	32.75	0.07	2.36	5.36	4.77
	four times	53.74	37.06	0.20	3.77	5.19	2.33
C	Once	60.90	24.71	0.23	5.30	11.02	3.13
	Twice	58.76	26.36	0.30	3.74	13.74	1.01
	Three times	61.62	25.30	0.17	5.67	12.16	0.22
	Four times	59.38	24.53	0.33	5.38	9.92	5.46
	Average	54.08	34.05	0.17	4.36	8.40	2.23

Table 7과 같다.

Table 7에 의하면 발생가스 중에 CH_4 조성은 선정지점에 따라 상당한 차이를 나타내고 있으며 A-매립지의 경우 가장 낮은 49.71~50.45%, B-매립지 50.39~53.74%, C-매립지 58.76~61.62%의 범위를 유지하고 있다.

Table 7에서와 같이 '90년도의 조사결과와 비교해 보면 A-매립지 및 B-매립지의 경우 각각 7.3% 및 8.6% 감소하였지만 가장 최근에 매립된 C-매립지에서는 약간 증가하고 있는 추세에 있어 아직도 분해되지 않고 잔존하고 있는 유기질 매립쓰레기의 계속적인 혐기적으로 분해되고 있음을 알 수 있다.

또한, 이것과 〈식 1〉에 의한 결과치를 비교해보면 CO_2의 조성농도가 다소 차이를 나타내고 있지만 근사한 농도를 보이고 있어 측정한 데이타의 신빙성을 뒷받침해 주고 있다.

심도별 지중온도 변화

선정한 시료채취 지점에서 심도별 온도구배의 추세를 Table 8에 나타내었다.

조사당시 기상온도는 약 13.4℃이며 지중온도범위는 18.8~25.8℃를 나타내고 있다.

Table 8. Variations of underground temperature with depths.

Poin \ Depth	1m	3m	5m	Remark
A	18.8	21.1	22.3	
B	19.5	20.5	21.8	Ambient temperature : 13.4℃
C	21.1	23.8	25.9	

그리고, 매립층으로 내려가면서 약 1℃/m의 온도구배로 상승하고 있지만 지중온도가 낮은 이유는 잔여 유기물이 아주 낮은 속도로 서서히 혐기성 분해됨으로써 발생되는 열이 지중온도를 상승시키지 못하고 확산되어 혐기성중온 분해속도 보다 낮아지게 되고, 또한 혐기성 메탄균의 활성을 저하시켜 매립쓰레기의 분해가 지연되고 있는 것으로 판단된다.

안정화 방안을 위한 Pilot 실험결과

Fig. 3를 보면 온도의 변화는 모형매립조 A에서는 21~22.5℃를 유지하고 있어 상당히 분해속도가 지연되고 있다.

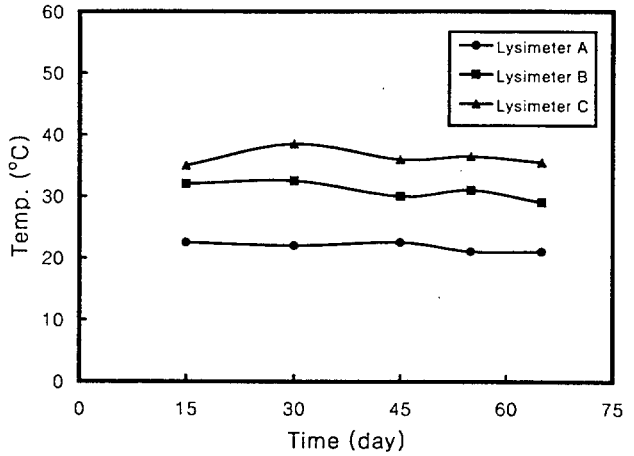

Fig. 3. Distributions of waste composition in the underground by open-cut test.

모형매립조 B의 경우 30~32.5℃의 중온성 소화(Mesophilic digestion)로 분해가 이루어지고, 모형매립조 C는 혐기성 위생매립 상태를 유지하고 있는 모형매립조 B 보다 평균 3~5℃ 정도 높은 상태에서 분해가 일어나고 있다.

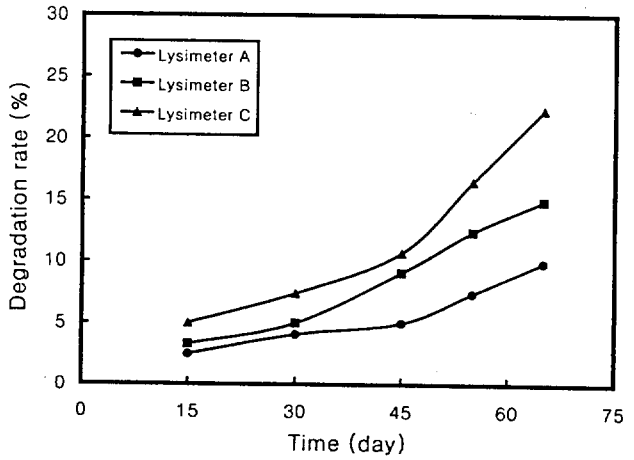

Fig. 4. Variations of temperature with passed times.

Fig. 4에서 알 수 있듯이 경과시간에 따른 매립형태별 분해율을 보면 약 65일 정도에 매립형태별 A에서는 유기물이 약 9.9% 정도이고, 모형매립조 B의 경우 약 14.9% 정도 분해되어 모형매립조 A 보다 약 1.5배 정도 분해속도가 빠르게 나타났다.

또한, 모형매립조 C의 경우 유기물 분해율은 약 22.3% 정도로 모형매립조 A 보다 약 2.23배 정도 분해속도가 빠르게 나타났다.

요 약

본 조사연구에서는 P. 시에 위치해 있는 H. 매립지를 대상으로 매립쓰레기의 분해상태와 경시변화에 따른 매립지의 안정도를 규명하기 위하여 절토시험에 의한 매립층 쓰레기의 성상과 지중 침출수의 성상, 건식항타에 의한 관입시추시험을 실시하여 발생가스의 성상 그리고 지중온도 등을 측정한 결과, 다음과 같다.

1. 절토시험에 의한 매립층 쓰레기의 성상은 각 매립층에서 휘발분(유기질)은 평균 4.6~8.78%이며 매립당시 쓰레기의 가연성분 백분비 36.2%를 감안한다면 평균 57.8~77.8% 정도 분해된 것으로 나타났다.

2. 발생가스 중에 CH_4 조성은 선정지점에 따라 상당한 차이를 나타내고 있으며 A-지점의 경우 가장 낮은 49.71~50.45%, B-지점 50.39~53.74%, C-지점 58.76~61.62%의 범위를 유지하고 있다.

3. 지중에 존재하는 미분해 쓰레기의 유기질을 나타내는 일반적인 화학식은 $C_{36.3}H_{76}O_{30}N_{0.3}S_{0.1}$이다.

4. 조사당시 기상온도가 약 13.4℃일 때 지중온도범위는 18.8~25.8℃이며 매립층으로 내려가면서 약 1℃/m의 온도구배로 상승하고 있다.

5. 모형매립조 A, B 및 C에서의 경과시간에 따른 온도를 보면 각각 21.1~22.5℃, 30~32.5℃ 및 35~38.5℃이며, 약 65일 경과 후에 분해율을 보면 9.9%(모형매립조 A), 14.9%(모형매립조 B), 22.3%(모형매립조 C)로 나타났다.

참고문헌

1. 환경부(1995), 환경백서.
2. 김은호(1993), HELP Model을 이용한 매립지에서의 물수지 수치해석, 동아대학교 대학원
3. 성낙창(1991), 도시폐기물 매립지에서의 생물학적 안정화에 관한 기초연구, 동아대환경문제연구소, 14(1) : 5~25.
4. 이승무(1989), 서울특별시 구의동 아파트 신축예정지에서의 분해가스 발생현황 및 안전도 조사연구, 한국폐기물학회, 6(1) : 49~58.
5. 이승무(1993), 매립가스 추출과 이용기술, 한국과학기술원 토목공학과 제 8차 환경공학분야 산학협동공개강좌 : 203~227.
6. 환경처(1991), 환경오염공정시험법.
7. WPCF(1980), Standard methods.
8. 환경처(1985~1987), 전국 일반 쓰레기 처리실적 및 계획.
9. 부산직할시 종합건설본부(1990), 화명(2)지구 쓰레기 매립장 안전도조사 및 악영향 저감방안연구 종합보고서.