

서울시립대학교 도시과학연구원
도시과학논총 제29권 2003년 12월
The Journal of Urban Sciences
The University of Seoul
Vol. 29, No.1, December 2003

비위생폐기물매립지의 복원을 위한 환경특성 조사 및 분석 -폐기물성상, 매립가스, 토양오염 및 지하수-

이 재 영 · 한 완 수 · 신 미 지

(서울시립대학교 환경공학부)

A analysis of Environmental Characterizations of Insanitary Landfill for Remediation

-Waste Component, Landfill Gas, Soil Contamination and Groundwater-

요 약 문

2002년 사용종료 매립지 실태조사결과에 의하면 매립 종료된 매립지는 약 1,170개소에 달하며 이중 침출수 처리를 자체 처리하거나 이송 혹은 위탁처리하고 있는 사용종료매립지는 232개소 정도이며 사용종료 매립지의 66%에 해당하는 지역이 이미 다른 용도로 활용되고 있는 것으로 보고 되고 있다.(환경부, 2002)⁹⁾ 그러나 현재까지의 사용종료 매립지에 관한 보고³⁾에서는 매립지의 위치와 현 상태에 대한 대략적인 실태조사정도이기 때문에 향후의 관리방안 수립을 위해서는 위해성이 우려되는 대표적인 사용종료 매립지에 대한 매립지특성 및 안정화도 조사, 주변토양 및 지하수 시료채취/분석, 조사결과에 의한 오염 확산 모델링 평가 등의 정밀조사가 필요하다⁴⁾. 이에 본 연구에서는 사용종료 매립지 7곳을 선정하여 매립지특성 및 안정화도 조사에 필요한 폐기물 성상과 매립 경과 년 수에 따른 매립가스발생량, 주변토양과 지하수에 대해 분석을 실시하였다. 대부분 매립지에서 토양환경보전법과 지하수의 수질보전 등에 관한규칙에 규정된 전 항목을 분석하여 얻은 결과 주변토양의 경우 휘발성유기화합물질 등은 검출되지 않았으며 중금속류는 대부분 토양오염우려기준치를 만족하였으나 D매립지 주변토양에서

Cu가 기준치를 초과하였다. 지하수의 경우 COD가 일부 매립지를 제외한 나머지 매립지에서 모두 생활용수기준치를 초과하였으며, 페놀도 기준치 이상의 농도가 검출되었고 매립지 지하수시료에서는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 기준치를 약 20배나 초과하였다.

1. 서론

지속적인 경제개발에 따른 환경보전인식의 미흡으로 인해 환경 오염문제는 심각한 수준에 이르렀으며 유류와 유독물 저장시설 및 송유관에서의 유출사고로 인한 토양 및 지하수오염이 새로운 환경현안으로 부상하고 있는 가운데 비위생폐기물매립지의 침출수로 인한 주변토양 및 지하수오염 또한 심각한 환경문제로 인식되고 있다. 이러한 환경적 영향의 확산방지와 오염원을 제거하기 위해서는 정확한 현장조사와 더불어 적절한 처리방안의 필요성이 요구되고 있다. 본 연구에서는 대표적인 비위생폐기물매립지 7개소를 선정하여 폐기물성상, 매립가스 발생량, 주변토양 및 지하수 분석 사례를 통한 비위생폐기물매립지의 복원을 위한 환경특성 조사 및 분석을 실시하였다.

2. 실험방법

본 조사대상 매립지는 현장방문 조사와 문헌자료⁷⁾ 등을 통해 선정하였으며 또한 지역별, 매립지 특성별, 주변 환경 등을 고려하여 선정하였다. 선정된 매립지 중에 관측정의 설치가 용이한 나대지나 농경지로 이용되고 있는 비위생폐기물매립지 7개소

를 최종적으로 선정하여 폐기물성상, 매립가스 발생량, 주변토양 및 지하수 오염분석을 실시하였다. [표 1]는 조사대상 매립지의 일반적인 현황을 나타내고 있다.

[표1] 조사대상 매립지 현황

매립지	매립 종료시기	면적 (천 m^2)	매립량 (천톤)	매립고 (m)	토지 이용
A	95 년	5.6	56.0	15.0	나대지
B	94 년	10.9	54.0	5.0	농경지
C	96 년	9.0	94.0	10.4	나대지
D	97 년	11.0	30.0	2.7	나대지
E	99 년	26.0	50.0	2.0	나대지
F	92 년	27.0	269.0	10.0	나대지
G	02 년	9.5	28.0	10	나대지

3. 시료채취 및 분석방법

3.1 매립폐기물 성상조사

매립폐기물의 분석을 위한 시료는 기본적으로 원추 4분법을 기본으로 20-30kg 정도 채취하며, 채취한 시료는 각 성분별로 분류하여 현장에서 조성별 무게측정을 수행하였고, 물리적 분류가 끝난 시료는 삼성분 분석을 실시하였다.

3. 2 매립가스발생량 산정

매립가스발생량 산정에 있어 실제로 매립가스 발생에 관여하는 부분은 수분이나 회분을 제외한 탄소부분이므로 이를 감안하여 폐기물량보다는 폐기물 중에 포함되어있는 탄소함량을 이용하는 것이 보다 타당할 것으로 판단할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일차분해라는 개념은 같지만 폐기물이 아닌 폐기물 중의 탄소성분이 1 차반응에 의해 분해 된다는 개념을 이용한 모델을 사용하도록 하였다.⁵⁾ 이 모델은 폐기물의 탄소함량과 그 탄소가 모두 분해 되었을 때 발생할 수 있는 최대매립가스량을 기초로 하며 실제로 매립될 경우의 매립가스 발생비율 등을 고려하여 시간경과에 따른 매립가스발생량을 예측하였다.

다음은 유기성 탄소함량 (TC)을 이용하는 일차분해모델식이다.

$$Q = 1.868 \times M \times TC \times f \times k \times e^{-kt}$$

여기서,

Q : 해당년도의 매립가스 발생량 (m³/년)

1.868 : 건조탄소(TC) 1kg 당 발생하는 이론적 가스량(m³ LFG/kg TC)

M : 매립된 폐기물의 양 (톤/년)

TC : 매립폐기물 1톤이 함유하고 있는 유기탄소량(kg TC/톤)

k : 매립가스 발생속도 상수(/년)

f : 실제 매립지의 탄소분해정도

본 연구에서는 폐기물의 물리적 조성별 수분함량 및 화학적 조성 조사결과를 이용하여 매립되

는 폐기물의 종류별로 습기준 탄소함량을 구하였으며 이를 각 매립지의 폐기물 매립량과 그 물리적 조성에 대입함으로써 매립지별 매립된 폐기물의 유기탄소량(TC)을 얻을 수 있었다.

실제 매립지에서의 유기탄소성분이 분해되는 정도는 매립된 폐기물과 매립지 현장조건에 따라서 변화될 것으로 판단되나 도시고형폐기물의 유기물중 약 50%가 생물 분해 가능한 것으로 알려져 있어 본 연구에서는 f값을 0.5로 가정하였다.

3. 3 주변토양

조사대상 매립지의 환경영향권으로 판단되는 매립부지 경계선으로부터 50m 이내의 범위에서 4개의 채취지점을 선정하였다. 토양시료의 채취 및 보관은 토양오염공정시험방법에 따라 시료를 채취하여 분석항목별 보관방법으로 보관한 후 실험실로 운반하여 토양오염공정시험법 전항목에 대해 분석을 실시하였다. 조사대상 매립지 중에서 C와 D매립지의 경우 지역적인 특성으로 인하여 3개 지점만을 선정하여 시료를 채취하였고 A, C, D, E, F, G매립지의 경우 토양오염공정시험방법개정 이전에 분석함에 따라 추가된 F, Zn, Ni, TCE, PCE 항목은 분석에서 제외되었다. 분석결과는 토양환경보전법의 나 지역 토양오염우려기준치와 2002년도 토양측정망실태조사결과를 적용하여 검토하였다.

3. 4 지하수

본 조사를 위해 기존의 설치된 지하수 검사정과 매립지 주변지형 및 지하수 흐름방향 등을 고려하여 신규로 설치한 지하수 검사정을 통해 지하수를 채취하였으며, 채취된 지하수시료는 수질 오염공정시험방법의 시료보존방법에 따라 보존하여 보존기간 이내에 지하수의 수질 보전 등에 관한규칙 [별표 3]의 규정에 의한 생활용수기준 항목에 대해 분석을 실시하여 결과를 검토하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 매립폐기물 성상조사

다음 [표 2]는 습윤기준 매립폐기물의

삼성분 분석결과를 [표 3]은 대상 매립지의 습윤기준 매립폐기물의 물리적 조성비를 나타내었다. 매립1년 경과 후에는 가연성평균이 34.4%, 5년 경과 후에는 7.5%, 10년 후에는 4.2%의 값을 보이며 매립경과 1년 후에는 가연성분 중 분해속도가 느린 비닐류와 플라스틱류가 분해속도가 비교적 빠른 종이류 보다 높은 비율을 차지하고 있었다. 따라서 매립경과 기간동안 분해과정을 통해 종이류 등은 감소되고 비닐류와 섬유류는 비교적 느리게 분해가 진행중인 것으로 판단된다.

[표 2] 매립폐기물의 삼성분 분석(% , 습윤)

	A	B	C	D	E	F	G
수 분	25.24	37.08	34.22	41.21	48.17	46.79	40.71
가연분	7.54	41.68	45.46	37.98	28.72	40.00	43.51
회 분	67.22	21.24	20.32	20.81	23.11	13.21	15.78
계	100	100	100	100	100	100	100

[표 3] 매립폐기물의 물리적 조성비(% , 습윤)

	A	B	C	D	E	F	G
종이류	0	0.26	0.26	0.35	1.75	0.24	7.79
플라스틱류	0.22	0.01	0.02	0.01	0	0	14.72
목재류	0.27	0.16	0.34	0.45	0.49	0.62	4.57
섬유류	1.6	4.72	2.72	2.87	5.23	0.66	7.39
비닐류	0.64	3.35	2.9	3.53	3.33	1.75	21.92
고무	2.0	0.59	0.63	0.92	1.58	0.47	0.03

가연성평균	4.73	9.09	6.87	8.13	12.38	3.74	56.42
금속류	0.47	1.69	0.19	1.64	0.91	0.87	1.09
알루미늄	0.16	0	0	0.58	0.59	0.41	0
돌(토사)	94.55	87.95	91.76	89.35	85.48	93.41	42.45
유리/자기	0.11	1.27	1.18	0.3	0.64	1.57	0.04
불연성평균	95.29	90.91	93.13	91.87	87.62	96.26	43.58
총계	100	100	100	100	100	100	100

4. 2 매립가스발생량산정

[표 4]은 건조기준 매립폐기물의 원소분석 결과를 나타내었다. 건조기준 탄소량을 습윤 기준 탄소량으로 전환하여 [표 5]에 나타내었고, 각각 매립지 폐기물 종류별 평균 탄소 함량을 [표 6]에 나타내었다.

[표 4] 매립폐기물의 원소조성결과

(단위: % 건조기준)

	A	B	C	D	E	F	G
C	11.82	15	37.91	14.26	40.06	10.07	20.53
H	1.30	1.26	4.36	3.17	5.51	0.97	1.48
O	4.22	60.77	34.68	58.67	27.71	74.87	50.65
N	2.15	1.45	2.44	2.76	3.08	0.49	0.84
S	0.00	0.28	0.29	0.33	0.53	0.4	0
Ash	80.51	21.24	20.32	20.81	23.11	13.22	26.40
C/N	5.59	12.80	40.69	15.45	27.95	29.66	22.41

[표 5] 습윤기준 탄소량 (단위: %)

	A	B	C	D	E	F	G
C	8.83	9.44	24.94	8.38	20.76	5.36	12.17

[표 6] 폐기물종류별 탄소함량

(단위: % 습윤기준)

	나무	종이	플라스틱	비닐	고무	섬유
C	22.63	24.16	30.92	33.22	30.55	27.56

매립가스의 발생속도상수 k 는 매립가스의 발생이 얼마나 빠르게 진행되어 종료되는가를 나타내는 매립가스 발생량 예측의 중요한 인자로서,⁶⁾ 값이 클수록 매립가스 발생곡선의 폭이 좁아지고 매립가스 발생기간이 짧아지는 형태를 나타내며, 그 값이 작을수록 매립가스 발생곡선의 폭이 넓어지면서 비교적 완만한 형태를 보이고 매립가스 발생기간은 길어지는 경향을 나타내게 된다. 본 연구에서는 k 값 산정을 위해 Scholl Canyon모델^{1), 2)}에서 사용한 폐기물의 그룹별 반감기를 1, 5, 20년으로 가정한값을 매립폐기물의 물리적 조성비를 고려하여 산정하였다. 조사된 A, C, D, F, G 매립지에서는 고무, 가죽, 플라스틱의 성분이 많으므로 반감기를 20년으로 가

정하여 0.0347/year로 적용하였고, B, E매립지에는 종이, 나무, 섬유 성분이 많으므로 반감기를 5년으로 가정하여 0.1386/year을 적용하였다. [표 7]은 Scholl Canyon 모델의 k(매립가스 발생속도상수) 산정을 나타낸 표이고, [표 8]은 이를 바탕으로 하여 매립지 가스발생량 추정에 필요한 자료를 나타내었다

[표 7] Scholl Canyon 모델의 k(매립가스 발생속도상수)산정

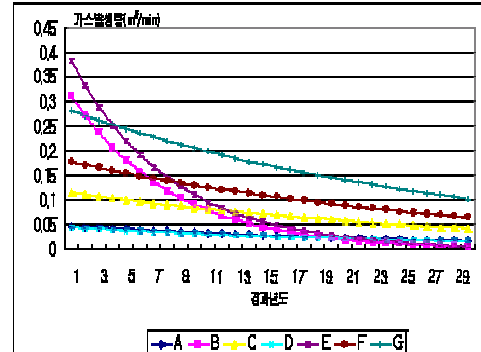
반감기 1년	0.693	음식물
반감기 5년	0.1386	종이, 나무, 섬유
반감기 20년	0.0347	고무, 가죽, 플라스틱

[표 8] 매립폐기물의 원소조성결과

	폐기물매립량 (ton)	탄소함량 (kg/ton)	속도상수 (k)
A	56,000	13.94	0.0347
B	54,000	26.96	0.1386
C	94,000	20.51	0.0347
D	30,000	24.34	0.0347
E	50,000	35.64	0.1386
F	269,000	11.05	0.0347
G	28,000	168.22	0.0347

유기성 탄소함량을 이용하여 가스발생량을 산정한 결과를 [그림 1]에 나타냈다. A는 0.046m³/min, B는 0.312m³/min, C는 0.115m³/min, D는 0.043m³/min, E는 0.382m³/min, F는 0.177m³/min, G매립지는

0.281m³/min 의 매립가스 발생량을 예측할 수 있다.



[그림 1] 경과년도에 따른 매립가스 발생량

7곳의 매립용량이 다르므로 가스발생량 비교가 곤란하여 일정하게 매립용량을 100,000ton으로 가정한 결과 매립 경과년수 1년의 평균가스량은 0.88 m³/min 이고, 매립 경과년수 5년에는 평균가스량이 0.133 m³/min, 매립 경과년수 8-10년에는 0.074 m³/min 이다. 이에 따라 매립 경과년수 5년 뒤에는 매립가스발생량의 85%가 감소하고, 10년 뒤에는 90%이상이 감소하는 것을 알 수 있다.

4.3 주변토양

매립지 주변토양을 분석한 결과 유기인, PCB, 페놀류, TCE, PCE, BTEX, TPH는 모든 시료에서 검출되지 않았으며 중금속류의 농도는 나 지역 토양오염우려기준에 훨씬 미치지 않았다. 그러나 C 매립지의 지점2에서 Cu 농도가 252.95mg/kg으로서 기준치인 200mg/kg을 초과하였으며 Hg는 1.50mg/kg,

Pb은 26.54mg/kg로서 기준치를 초과하지는 않았으나 다른 매립지의 토양보다 높은 함량을 나타내었다. C매립지 경우 비교적 높은 중금속 함량의 분석결과는 매립지에 의한 영향보다는 인근에 존재하는 공장지역에 의한 오염으로 판단된다. 따라서 주변에서 오염물질이 유입되지 않도록 대책⁸⁾ 마련해야 할 것으로 판단된다. 분석결과를 2002년 전국 토양망 측정결과¹⁰⁾ 비교하여 보면 Cd의 경우 D매립지 주변토양의 평균농도는 0.06mg/kg으로서 전국평균 0.096mg/kg 에는 미치지 않으나 약 63%정도의 수준을 나타내었으며, 자연함유량 0.135mg/kg보다는 훨씬 낮은 결과치를 보였다. As는 D와 E매립지 주변토양에서 각각 평균 0.10mg/kg, 0.14mg/kg의 함량을 보여 전국 토양As함량 평균치인 0.152mg/kg에 근접한 농도를 나타내었다. Hg은 C, D, E, F매립지 주변토양에서 전국평균농도인 0.051mg/kg를 초과하는 결과를 보였다. Pb은 C매립지와 F매립지 주변토양에서도 평균 8.62mg/kg 으로 기준치에는 미치지 못하나 다른 매립지의 주변토양의 Pb함량보다 높은 분석결과를 보였으며, Cr⁺⁶은 E와 G매립지들에서 전국평균농도인 0.011mg/kg보다 높은 분석결과를 보였다.

A 매립지와 G 매립지의 주변토양의 경우 토양오염공정시험법 개정⁹⁾에 따라 새로이 추가된 항목인 F, Zn, Ni은 모두 기준치보다 낮은 결과를 보였으며 F의 경우 각각 평균

612.25mg/kg, 47.75mg/kg으로서 A매립지의 주변토양에서는 평균 612.25mg/kg의 결과를 보여 기준치의 약 77%정도의 수준을 보였고, 전국평균치보다 약 2배 이상 초과한 결과를 보였다. Zn은 A매립지의 주변토양에서 평균 56.25mg/kg, G매립지의 주변토양에서 평균 123.89mg/kg의 분석결과를 보여 G매립지 주변토양에서 전국평균농도를 초과하였다. Ni도 매립지의 주변토양에서 전국평균농도를 초과하였다. G매립지 주변토양에서는 평균 0.22mg/kg의 CN이 검출되었으며, 분석 결과는 기준치에는 훨씬 미치지 못하나 전국평균농도 0.01mg/kg보다 초과하였다. 본 조사에서 분석한 결과를 토대로 판단하였을 때 매립지에 인한 주변환경의 오염영향은 받고 있지 않은 것으로 판단된다.

4. 4 지하수

지하수 시료를 분석하여 지하수의 수질 보전 등에 관한규칙[별표 3] 생활용수 기준을 적용하여 검토한 결과 COD는 0.9 189.4mg/l 범위의 농도를 보여 A매립지를 제외한 나머지 매립지의 검사정에서 대부분 기준치인 6 mg/l 를 초과하였다. 또한 NO₃-N는 E매립지 지점4의 지하수시료에서 406.7mg/l 가 검출되어 생활용수 기준치인 20mg/l 를 크게 초과한 것으로 나타났다. 이는 침출수에 의해 지하수가 오염되었다는 것을 예상할 수 있고 이에

따라 시급한 대책이 필요한 것으로 판단된다. 특히 F매립지의 경우 인근에 취수장이 위치하고 있어 심각성을 더해주고 있는 실정이다. J매립지의 경우 해안가 근처에 위치하고 있어 Cl이 최고 799.9mg/l 의 분석결과를 나타내었다. B C ,E, F매립지에서는 페놀의 농도가 기준치 이상의 농도를 나타내어 이 또한 매립지 침출수에 의한 영향으로 판단된다. 유기인, PCB, TCE, PCE, CN, As, Cr⁺⁶, Pb, Hg, Cd 등의 기타항목은 검출되지 않았다.

[표 9] 주변토양 분석결과

(단위: mg/kg)

매 립 지	항 목	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Cr ⁺⁶	Zn	Ni	F	CN
	우려기준	12	200	20	16	400	12	800	160	800	120
A	1	ND	1.65	0.01	ND	2.41	ND	71.03	ND	652.48	ND
	2	0.04	0.21	ND	ND	2.30	0.02	82.37	ND	573.20	ND
	3	0.15	0.53	ND	ND	1.08	0.05	26.37	2.35	638.49	ND
	4	ND	1.10	ND	ND	1.83	0.10	45.24	4.22	584.86	ND
	평균	0.05	0.87	ND	ND	1.90	0.04	56.25	1.64	612.25	ND
B	1	ND	1.67	ND	ND	2.62	0.74	-	-	-	ND
	2	0.04	1.80	ND	0.16	4.04	0.68	-	-	-	ND
	3	ND	2.10	ND	0.10	0.90	ND	-	-	-	ND
	평균	0.01	1.86	ND	0.09	2.52	0.47	-	-	-	ND
C	1	ND	1.13	ND	0.11	3.33	0.12	-	-	-	ND
	2	0.18	252.95	0.19	1.50	26.54	0.79	-	-	-	ND
	3	ND	1.67	ND	0.17	2.95	0.14	-	-	-	ND
	평균	0.06	85.25	0.06	0.59	10.94	0.35	-	-	-	ND
D	1	ND	3.25	ND	0.19	4.60	0.86	-	-	-	ND
	2	ND	4.10	0.08	0.17	6.02	0.53	-	-	-	ND
	3	ND	3.02	0.30	0.17	2.43	0.79	-	-	-	ND
	4	0.04	0.00	ND	0.16	ND	ND	-	-	-	ND
	평균	0.01	2.59	0.10	0.17	3.26	0.55	-	-	-	ND
E	1	ND	1.34	0.54	0.11	2.21	ND	-	-	-	ND
	2	ND	0.38	ND	0.09	5.33	ND	-	-	-	ND
	3	0.02	0.38	ND	0.07	4.99	ND	-	-	-	ND
	4	0.03	1.05	0.03	ND	6.00	ND	-	-	-	ND
	평균	0.01	0.79	0.14	0.07	4.63	ND	-	-	-	ND

F	1	0.03	4.51	ND	0.12	14.36	0.26	-	-	-	ND
	2	0.03	2.24	ND	0.10	6.00	0.37	-	-	-	ND
	3	0.02	3.08	ND	0.08	10.00	0.50	-	-	-	ND
	4	ND	1.29	ND	0.14	4.11	0.00	-	-	-	ND
	평균	0.02	2.78	ND	0.11	8.62	0.28	-	-	-	ND
G	1	ND	0.70	ND	ND	7.26	ND	128.32	29.27	ND	0.08
	2	ND	1.17	ND	ND	3.17	ND	117.23	10.83	ND	ND
	3	0.07	0.39	ND	ND	6.96	ND	119.61	26.22	158.00	0.67
	4	0.10	6.76	ND	ND	3.82	ND	130.40	9.42	33.00	0.11
	평균	0.04	2.26	ND	ND	5.30	ND	123.89	18.94	47.75	0.22
2002 전국평균		0.09	3.792	0.152	0.051	5.989	0.011	80.531	13.807	255.065	0.010
자연함유량		0.13	3.995	0.560	0.085	5.375	-	-	-	-	-

[표 10] 지하수 분석결과

(단위: mg/l)

매 립 지	항목	pH	COD	NO ₃ -N	Cl	대장균	Phenol
	기준치 (생활용수)	5.8 - 8.5	6	20	250	5000 (MPN/100 ml)	0.01
A	1	7.4	2.06	0.86	4.01	<2	ND
	2	6.7	3.8	0.22	6.12	<2	ND
B	1	7.3	58.4	0.27	68.4	2400	0.01
	2	6.2	72.2	2.71	61.7	61	0.01
	3	6.4	69.5	0.78	23.9	56	0.01
	4	6.2	63.7	0.46	49.4	665	0.01
C	1	7.2	58.9	12.63	53.1	305	0.01
	2	7.1	14.7	0.15	30.9	65	0.01
	3	7.4	189.4	1.33	36.7	55	0.01
	4	7.1	0.9	6.66	23.9	<2	0.01
D	1	6.7	47.2	0.02	39.6	87	ND
E	1	7.5	16.0	0.13	32.1	<2	0.02
	2	6.9	7.7	15.16	36.0	16	0.02

	3	6.2	4.0	0.50	94.4	<2	0.02
	4	6.1	97.2	406.7	799.9	465	0.02
F	1	6.4	9.8	0.52	177.1	55	0.01
	2	6.4	80.0	2.67	196.5	710	0.01
	3	6.5	35.7	0.20	133.0	23	0.01
	4	6.7	13.1	0.02	21.5	18	0.01
G	1	7.6	7.2	4.30	25.0	240	ND
	2	7.7	12.6	5.70	53.7	23	ND
	3	7.7	7.9	5.00	49.5	13	ND

5. 결론

비위생폐기물 매립지의 폐기물 성상분석 결과 매립1년 경과 후에는 가연성평균이 34.4%, 5년 경과 후에는 7.5%, 10년 후에는 4.2%의 값을 보이며 매립경과 1년 후에는 가연성분 중 분해속도가 느린 비닐류와 플라스틱류가 분해속도가 비교적 빠른 종이류보다 높은 비율을 차지하고 있었다. 따라서 매립경과 기간동안 분해과정을 통해 종이류 등은 감소되고 비닐류와 섬유류는 비교적 느리게 분해가 진행 중인 것으로 판단된다. 유기성 탄소함량을 이용하여 가스발생량을 산정한 결과 A는 0.046m³/min, B는 0.312m³/min, C는 0.115 m³/min, D는 0.043m³/min, E는 0.382m³/min, F는 0.177m³/min, G매립지는 0.281m³/min의 매립가스 발생량을 예측할 수 있다.

7곳의 매립용량이 다르므로 가스발생량 비교가 곤란하여 일정하게 매립용량을

100,000 ton으로 가정한 결과 매립 경과년수 1년의 평균가스량은 0.88 m³/min이고, 매립 경과년수 5년에는 평균가스량이 0.133 m³/min, 매립 경과년수 8-10년에는 0.074 m³/min이다. 이에 따라 매립 경과년수 5년 뒤에는 매립가스발생량의 85%가 감소하고, 10년 뒤에는 90%이상이 감소하는 것을 알 수 있다.

주변토양과 지하수를 분석하여 주변 환경으로의 오염영향을 조사한 결과 주변토양은 C매립지의 지점2에서 Cu의 농도가 토양환경 보전법의 나 지역 오염우려기준을 초과하였으며, Hg과 Pb이 다른 매립지의 주변토양에 비해 높은 함량을 보였다. C매립지의 Cu 항목을 제외한 나머지 6개 매립지의 분석결과는 기준치를 만족하는 것으로 나타났다. 매립지 현장조사 결과 매립지 복토층의 파손에 의한 오염원의 유출 또는 매립폐기물의 운반 매립 중에 비산된 폐기물은 확인되지 않았으

며 침출수의 지표유출 또한 확인되지 않았다. 따라서 조사대상 매립지에 의한 주변토양으로의 영향은 미치지 않는 것으로 판단된다. 그러나 우려지역기준치와 2002년 전국 토양망 측정결과를 초과한 토양시료의 분석결과를 볼 때 매립지 주변에 위치한 인근공장에 의해 영향을 받은 것으로 보인다. 지하수 분석결과 일부 매립지를 제외하고는 대부분 지하수에서 COD가 생활용수 기준치를 초과하였으며, 특히 E매립지에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 기준치를 크게 초과하였고, 5개 매립지 지하수 시료에서 페놀이 기준치 이상의 분석결과를 나타내었다. 이러한 결과 또한 침출수의 유출로 인한 오염으로 판단된다. 본 조사연구에서 토양시료는 매립지 주변토양의 표토층(0~15cm)을 채취하여 분석한 결과로서 보다 더 정확한 오염영향을 파악하기 위해서는 Geoprobe 등의 시료 채취장비를 통해 심도별 분석이 필요할 것으로 판단되며 또한 예비조사 등을 통해 오염개연성이 높은 지역을 중심으로 오염 확산범위 파악을 위한 집중적인 분석이 필요할 것이다. 또한 매립지는 토사에 의해 복토가 이루어져 있으므로 강우시 우수의 침투에 의한 침출수 증가에 의해 오염이 확산되었을 가능성도 존재하므로 토양 유기물질도 비위생폐기물매립지 정밀 조사시 필요한 분석항목으로 추가되어야 할 필요성이 있는 것으로 판단된다. 2003년 6월 지하

수의 수질 보전등에 관한규칙이 개정되어 지하수의 수질기준 항목 중 COD가 삭제되고 일반세균과 BTEX 등의 휘발성 유기물질 항목이 추가되었다. 따라서 앞으로는 추가된 항목에 대한 분석도 이루어져야 할 것이나 삭제된 COD항목은 폐기물매립지의 진단 및 복원과 침출수의 유출여부를 판단하기 위해 계속적으로 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

<참고문헌>

- 1) IPCC : Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1997)
- 2) Thorneloe, S. A. : Influence of Landfill Gas on Global Climate - Landfilling of Waste : Biogas, Edited by Christensen, T. H. et, al, E&FNSPON, pp187-197(1996)
- 3) 김동우, 박성원, 이재영, 이평구, 불량폐기물 매립지의 오염에 관한 고찰, 지하수토양 환경학회지, Vol6, No2, p32-38, 2001. 이재영 외 5인,
- 4) 박동일, 최석규, 강동수, 안재동, 장인용 : 산업폐기물 매립지의 매립가스 발생특성에 따른 안정화조사 연구, 한국환경위생학회지 제25권 제1호 pp29-36(1999)
- 5) 서동천, 이동훈, 이정중, 한현수, 권정안, 김승도 : 폐기물의 유기탄소함량을 이용한 매립가스 발생량예측, 한국폐기물학회지 제18

권, 제8호 pp702-714(2001)

6) 서동천, 이동훈, 한현수, 유만식, 서창일, 김낙주, 이남훈, 김승도 : 매립가스 발생량의 현장측정을 통한 메탄발생속도상수(k)의 평가, 한국폐기물학회지 제18권, 7호 pp580-589 (2001)

7) 이재영 외5명, 서울시립대학교 도시과학연구원 : 사용종료매립지 유형별 정비지침 수립 및 정비사업 추진체계 개선방안에 관한 연구 2002.6

8) 첨단환경기술, 토양 및 지하수 오염 대책기술. 1997.

9) 환경부, 사용종료매립지 정비지침, 2001.

10) 환경부, 2002년도 토양 측정망 및 실태조사 결과, 2003.