

불량폐기물 매립지의 오염에 관한 고찰

김동우·박성원*·이재영·이평구*

서울시립대학교 환경공학부, *한국자원연구소 환경지질부

A Study on the Extent of the Pollution of an Illegal Landfill

Dong-Woo Kim · Sung-Won Park* · Jai-Young Lee · Pyeong-Koo Lee*

Dept. of Environmental Eng., University of Seoul

**Division of Environmental Geology, Korea Institute of Geology Mining and Materials*

ABSTRACT

An illegal landfill in Korea was evaluated in a view of environmental quality to figure out reusing the area.

The sampling spots were selected at a point in the landfill and three points in its around area (two points in a paddy soils and one in a farm field). The eleven pollutants regulated in the Korean Soil Environmental Preservation Act (KSEPA) were analysed from the soil sample with the method of the KSEPA.

As the results of the analysis the level of concentration with most samples indicated the requirement of the KSEPA. The concentration of soil samples met the standard; however, some pollutants in the ground water and leachate showed higher concentration than that of the requirement.

Therefore, we must consider the treatments of the pollutants in the ground water and leachate when designing this landfill area for reusing.

Key words : illegal landfill, environmental quality, reuse of landfill, ground water, leachate

요약문

본 연구에서는 사용종료 매립지를 대상으로 환경질에 대한 평가를 실시하였다. 대상 매립지는 현재 재개발을 위해 공사중에 있는 매립지로서 공사에 앞서 오염도에 대한 정확한 평가가 필요로 할 것이다. 환경질 평가로서 매립지 및 주변 토양, 지하수 그리고 침출수에 대해서 분석하였다. 분석은 현재 기준상에 있는 항목을 위주로 실시하였다. 분석결과 토양시료의 경우 토양오염기준을 만족하였으나 지하수 및 침출수의 경우 일부 항목에서 기준치 이상의 결과를 나타냈다. 따라서 매립지 복원공사시 전체적인 오염도를 고려하여 정화를 하는 노력이 필요할 것으로 판단되어 진다.

주제어 : 불량매립지, 환경질, 매립지 재사용, 지하수, 침출수

1. 서 론

현재 우리나라의 불량폐기물(사용종료)매립지는 전국적으로 다양하게 분포되어 있으며 총 1,700여개소(환경부, 898)가 있는 것으로 조사되었다¹⁾. 이들 대부분은 차수시설을 갖추지 않고 비위생적으로 매립되었다고 볼 수 있으며, 이에 따라 지하수 오염 및 토양오염의 주원인이 되고 있다. 최근 우리나라는 제한된 국토면적 및 인구증가로 인한 도시의 팽창으로 매립지 주변까지 생활권이 확장이 되고 있으며, 불량매립지의 자체의 재활용이 모색되고 있다. 그러나, 불량매립지가 가지고 있는 근본적인 오염원을 확인 및 해결하지 않은 시점에서 부지로서의 재활용은 고려할 수 없을

것이다. 현재 환경부는 전국 매립지 중 우선 정비대상 매립지 34개를 선정하여 96년부터 2002년까지 약 1,400억원의 돈을 들여 불량매립지 정비를 실시하고 있다²⁾.

그러나 이러한 매립지의 정비를 실행하기에 앞서 오염원을 확인하고, 그 범위를 결정함으로서 이에 적합한 복원공사를 수행해야 할 것이다³⁾. 이를 위해 우선 매립지의 정확한 현장조사가 선행이 되어야 하는데, 침출수질, 대기질, 하천수질, 지하수질, 토양, 악취, 소음·진동 조사등을 필요로 할 것이나, 본 연구는 매립지와 매립지 주변토양, 지하수 그리고 침출수에 오염도를 조사하였다.

2. 연구방법

2.1 조사 위치 및 현황

조사 대상인 매립장은 G 지역에 위치하고 있으며, 사용기간은 1983년부터 1999년 6월까지 사용된 61,000m² 규모의 비위생 매립장으로 2000년부터 2002년까지 정비가 계획되어 실시되고 있다. 매립지 정비의 일환으로서 본 연구가 실시가 되었고, 오염도 평가를 위한 시료채취는 매립장 및 그 주변 토양, 지하수 그리고 침출수를 조사대상으로 하였다. 조사지역은 Fig. 1과 같으며 매립장 주변은 주로 논과 밭으로 둘러 쌓여 있고, 2개의 하천이 매립지 가까이에 위치해 있으며, 주택가와 아파트 단지 인근에 위치해 있



Fig. 1. Topograph of G-Landfill

다.

2.2 시료채취

2.2.1 토양시료

시료채취는 회전수세식(Rotary, Kiash Type) YT-150형 시추기를 이용 폐기물 층을 보링하여 매립장 내에서 내에서 1지점(시료1), 매립지 주변의 토양층을 보링하여 논 2지점(시료2,3), 밭 1지점(시료4)으로 총 4지점에서 시료를 채취하였다.

채취된 시료 중 일부는 휘발성 유기오염물질 측정을 위해 건조하지 않고 현장에서 밀봉하고, 나머지 시료는 실내에서 자갈이나 나무조각 등의 이물질을 제거한 후에 통풍이 잘 되는 실내에서 풍건하였다. 건조가 완료된 시료들은 2mm 체(8mesh)에 통과시키고, 통과된 시료를 잘 섞어 다시 100mesh 이하로 분쇄하여 중금속 분석 시험을 위한 시료로 하였다.

2.2.2 지하수 및 침출수 시료

매립지 및 주변으로의 침출수 누출여부 및 오염을 알아보기 위하여 지하수 및 침출수 시료를 4월과 8월 2회에 걸쳐 채취하였다. 채수지점은 그림 1과 같고, 채수지점의 지하수위는 13~15m였으며, 지하수의 유동방향은 북서방향이다.

2.3 시료분석

2.3.1 토양시료

토양 시료의 분석항목은 토양환경보전법 상의 11개 항목에 대하여 분석하였으며, 실험방법은 토양오염 공정시험법에 준한 방법으로 실시하였다. 세부항목을 살펴보면, Cd, Cu, As, Pb, Hg, Cr 등 중금속이 6개 항목, PCB, 시안, 유기인, 폐놀류, 유류등 유기오염물질이 5개 항목으로 구성되었다. 이 중 유기인은 이피엔, 파라티온, 매틸디메톤, 다이아지논, 펜토에이드의 5가지 물질을 포함한다. 또한 폐놀류라 함은 폐놀과 펜타클로로페놀을 말하고, 유류는 벤젠, 에틸벤젠, 톨루엔, o, m, p-자일렌의 총칭이다.

분석방법을 살펴보면, 중금속류는 용출시험 후 ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy)를 이용하여 정량하였으며, 시안은 흡광광도법을 이용, PCB, 유기인, 폐놀류, 유류는 전처리후 GC(Gas Chromatography)로 분석하였다.

2.3.2 지하수 및 침출수 시료

분석항목은 지하수 수질기준 및 침출수 배출허용기준에 명시된 항목 중 일부를 분석하였다. 채취한 시료의 분석은 양이온은 Shimadzu사의 원자흡광광도계로 음이온의 정량분석은 Dionex사의 이온크로마토그래피를 이용하였다. 물의 수온, pH 및 전기전도도등의 물리적 특성은 현장에서 채수 즉시 측정을 하였다. 알칼리도 측정은 지시약(페놀프탈레인 용액 및 메틸오렌지-브롬크레졸그린 혼합용액)을 이용하여 산증화 적정한 후 계산에 의해 HCO_3^- 함량을 얻었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 토양시료

비위생 매립지 내부(시료1)와 주변 토양시료(시료2, 3, 4)의 분석결과는 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 각 시료의 실험결과가 토양오염보전법의 우려기준과 대책기준에 미치지 않은 것으로 나타났다.

3.2 침출수 및 지하수 시료

침출수 및 지하수 시료에 대한 분석결과는 Table 1, 2, 3에서 제시한 바와 같다. 지하수 분석결과를 살펴보면 4월에 11번지점, 8월에 10, 11번 지점의 질산성질소의 농도가 생활 및 농업용수 규제범위인 20mg/L보다 높은 20.9, 26.8, 22.5mg/L의 농도를 나타냈는데, 질산염이 폐수에 의해 지하수 속에 포함되어 있을 때는 통상 염화물이 이와 수반되는 것이 일반적인데, 질산염과 염화물이 지하수 속에 동시에 상당량이 함유되어 있으면 폐수나 외부에서 오염된 것으로 판단되어 질 수 있다. 분석결과 상에서 염화물의 농도는 규제치 이하로 나타났으나, 상당량이 포함되어 있는 것을

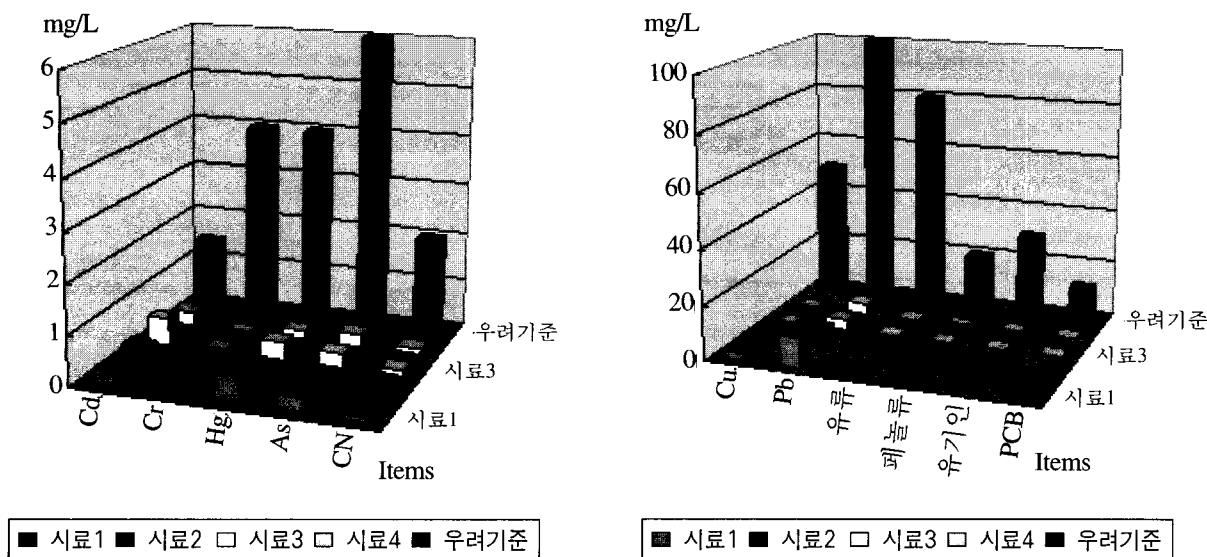


Fig 2. Comparison of heavy metal data with the soil pollutant standard index

보아 외부 오염원에 의한 오염이 의심되어 진다. 해당 지점의 위치가 주변의 논과 밭과 가까운 점을 보아서는 매립지에 의한 영향보다는 농업활동에 의한 화학비료에 의한 오염으로 의심되어진다.

금속이온의 경우에는 대부분이 규제치 이하의 값을 나타냈으나, 카드뮴이 4월에 7번 지점에서 0.016mg/L, 납이 8월에 12, 14번 지점에서 각각 2.97, 1.45mg/L, 시안이 4월에 12, 14번 지점에서 0.01, 0.02mg/L, 크롬이 4월에 11번 지점에서 0.00519mg/L로 규제치보다 높은 값을 나타내었다.

해당지점은 매립지와 비교적 가까운 위치로서 매립지로 인하여 지하수가 오염이 되었음을 짐작할 수 있다. 그러나, 침출수의 분석결과는 모든 항목에서 규제치 이하의 값을 나타내었다.

4. 결 론

G 지역 불량폐기물 매립지 및 주변 토양, 지하수 그리고 침출수를 조사 분석하여 다음과 같은 결론 및 고찰을 말할 수 있다.

토양의 경우, 토양환경 보전법의 토양오염우려기준

및 대책기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 CN과 Cd이 환경에 크게 영향을 미칠 정도의 수준은 아니지만 토양측정망 운영결과 값보다 약간 높게 나타나는 경향을 보였다. 시료 2, 3, 4의 경우에도 비교적 토양 측정망 운영결과 값과 비슷하게 나왔으나 Cd, Pb이 일부 시료에서 약간 더 높게 나타나는 값을 보여주었다. 이러한 결과를 바탕으로 매립지로 인하여 주변 토양이 영향을 받은 것으로 추정이 되며, 조사 결과만을 놓고 보면, 토양오염 우려기준을 만족시키는 결과로 볼 수 있다.

지하수의 경우, 10, 11번 지점의 질산성 질소의 농도가 생활 및 농업용수 규제범위 보다 높은 값을 나타내었는데, 해당지점의 염화물의 농도 역시 상당량이 포함되어 있는 것을 보아 폐수나 외부에서 오염물질의 유입을 고려되어야 하며, 해당지점의 위치가 주변의 논과 밭과 가까운 점을 보아서는 매립지에 의한 영향보다는 농업활동에 의한 화학비료에 의한 오염으로 사료된다.

토양 시료 중에 비교적 많이 포함된 금속이온이 근처 지하수 중에서도 역시 일부가 발견됨으로서 매립지로 인한 토양 및 지하수가 오염이 되었음을 알 수 있

Table 1. Data of ground water samples from G-landfill and around area in April(unit:mg/L)

항 목	이용목적별	생활용수	농업용수	공업용수	시 료 채 츠 지 접									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
일반오염 (mg/L)	pH	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0	6.8	—	6.5	6.8	6.1	6.5	6.4	6.9	6.6	—
	COD	<6	<8	<10	2.2	—	1.5	0.4	4.1	3.6	8.9	0.6	2.4	—
	MPN	<5,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	NO ₃ -N	<20	<20	<40	N.D	—	19.40	10.20	14.50	0.01	N.D	3.63	12.60	—
	Cl ⁻	<250	<250	<500	15.46	—	46.83	20.95	16.36	32.20	147.46	11.47	25.03	—
	Cd	<0.01	<0.01	<0.02	N.D	—	N.D	N.D	N.D	0.001	0.016	0.001	N.D	—
	As	<0.05	<0.05	<0.1	N.D	—	0.001	N.D	0.001	0.005	0.001	N.D	—	N.D
특정오염 물질 (mg/L)	CN	N.D	N.D	<0.2	—	—	N.D	—	N.D	N.D	—	N.D	—	N.D
	Hg	N.D	N.D	N.D	—	—	—	—	N.D	N.D	—	—	—	N.D
	유기인	N.D	N.D	<0.2	N.D	—	N.D	—	N.D	N.D	—	N.D	—	N.D
	Phenol	<0.005	<0.005	<0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Pb	<0.1	<0.1	<0.2	N.D	—	N.D	N.D	N.D	0.003	N.D	N.D	—	N.D
	Cr ⁶	<0.05	<0.05	<0.1	N.D	—	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	—	N.D
	트리클로로에틸렌	<0.03	<0.03	<0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	티트라클로로에틸렌	<0.01	<0.01	<0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Table 2 Data of ground water samples from G-landfill and around area in August(unit:mg/L)

항 목	이용목적별 생활용수 농업용수 공업용수	시 료 치 측 지 접																	
		1	2	3	4	5	6	.7	8	9	10	11	12	13	14				
물질 (mg/L)	pH	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0	7.0	6.3	6.6	6.8	6.0	6.7	6.4	7.1	6.6	6.8	6.7	6.5	6.2	6.1	
	COD	<6	<8	<10	4.8	24	20	3.4	28	3.0	7.1	0.1	1.6	0.3	0.3	ND	ND	ND	
	MPN	<5,000	-	-															
	NO ₃ -N	<20	<20	<40	0.10	14.10	16.8	9.12	14.1	N.D	3.79	3.92	26.80	22.50	12.50	3.54	ND		
	Cl ⁻	<250	<250	<500	35.85	14.03	42.91	20.44	21.79	36.70	134.10	8.97	22.20	56.65	50.34	9.30	7.26	10.23	
	Cd	<0.01	<0.01	<0.02	0.00002	N.D	0.00149	0.00083	N.D	0.00332	0.0216	N.D	N.D	0.00089	0.00533	ND	ND	ND	
특정오염 물질 (mg/L)	As	<0.05	<0.05	<0.1	N.D	N.D	0.00417	0.00127	0.0107	N.D	0.00567	0.00064	N.D	N.D	0.000407	0.00417	0.00377		
	CN	ND	ND	<0.2	N.D	-	-	-	-	N.D	-	-	-	ND	0.01	-	0.02		
	Hg	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-	-	N.D	-	-	-	ND	-	ND	-		
	유기인	ND	ND	<0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
	Phenol	<0.005	<0.005	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Pb	<0.1	<0.1	<0.2	0.00769	0.00368	0.00321	N.D	0.0028	N.D	0.0133	0.00076	0.00396	0.00057	0.0371	ND	2.97	1.45	
트리클로로 에틸렌	Cr+6	<0.05	<0.05	<0.1	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	ND	ND	ND	ND		
	트리클로로 에틸렌	<0.03	<0.03	<0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	비트리클로로 에틸렌	<0.01	<0.01	<0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Table 3. Data of leachate samples from G—landfill and around area[1—April/2—August] (unit:mg/L)

		COD															
		1일 침출수 배출량 2,000m ³ /일	1일 침출수 배출량 2,000m ³ /일	CN	Cr	Fe	Zn	Cu	Cd	Hg	유기인	As	Pb	Mn	F	NH ₃ ⁻ N	
청정지역	5.8~8.0	50	50	<0.2	<0.5	<2	<1	<0.5	<0.02	N.D.	<0.1	<0.2	<2	<3	<50		
가지역	5.8~8.0	80	100	<1	<2	<10	<5	<3	<0.1	<0.005	<1	<0.5	<1	<10	<15	<100	
나지역	5.8~8.0	100	150	<1	<2	<10	<5	<3	<0.1	<0.005	<1	<0.5	<1	<10	<15	<100	
시료채취지점	1-1	7.5		31.6	0.01	0.0030	0.0794	0.0113	0.0205	0.0031	N.D.	N.D.	0.0057	N.D.	0.597	0.46	N.D.
	1-2	7.8		7.2	0.02	0.0005	0.0188	0.0014	0.0572	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0383	N.D.	N.D.	
1-3	8.1		—	—	—	0.0532	1.18	0.0172	0.0066	0.0040	—	N.D.	0.0116	0.0155	0.415	N.D.	N.D.
1-4	8.4		—	—	—	0.0564	1.23	0.0221	0.0128	0.0022	—	N.D.	0.0208	0.0137	0.188	N.D.	N.D.
1-5	7.9		—	—	—	0.0040	0.249	0.0058	0.0142	0.0020	—	N.D.	0.0018	N.D.	0.002	N.D.	N.D.
2-1	7.1		29.0	N.D.	0.001	0.164	0.002	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.001	N.D.	0.378	N.D.	2.30	
2-4	7.5		39.0	N.D.	N.D.	0.232	0.001	0.003	0.001	N.D.	N.D.	0.002	N.D.	0.757	N.D.	N.D.	
2-5	6.8		4.3	—	0.001	0.0017	0.002	0.004	N.D.	N.D.	N.D.	0.001	0.001	0.014	N.D.	N.D.	
2-6	6.9		26.0	N.D.	N.D.	0.0032	0.002	0.001	N.D.	N.D.	N.D.	0.002	0.001	0.914	N.D.	1.30	

었다.

해당 비위생 매립지의 위치가 비교적 거주지 및 하천과 근접해 있음으로 오염의 확산 범위 및 매립지 혁 조사 및 지역 특성을 고려한 보다 폭넓은 조사가 수반되어야 할 것으로 사료된다. 조사할 필요가 있을 것으로 보인다.

따라서, 본 연구를 통하여 비위생 매립지의 복원은 오염물질의 단순한 제거 뿐 아니라 확산된 오염물질의 제거 및 차단 등 보다 폭넓은 조치가 필요할 것으로 사료된다.

국내 지하수 자원은 생·공·농업용수 뿐 아니라 먹는샘물과 온천수 등 다양하게 이용이 되고 있으며,

OECD에서는 우리나라를 향후 5년 안에 물 부족국가로 분류하고 있는 실정에서 수자원 확보의 차원에서도 비위생 매립지의 복원은 필요하고 할 수 있다.

5. 참고문헌

1. 이재영, “불량폐기물 매립지 처리 방안 및 현황”, 한국토지공사(1996)
2. 환경백서, 환경부(2000)
3. “사용종료 매립지 실태조사결과 및 지하수 오염방지대책”, 환경부(1997)
4. 김무훈 외 2, “국내토양오염 유발시설별 오염현황 조사”, 한국토양학회지, 제 3권 제 1호, pp21~30(1998)
5. 한정상, “지하수환경과 오염”, 전영사, pp.483~545(1998)