

## 비위생 사용종료매립장의 심도별 토양오염도 분석 Analysis of Soil Contamination with Depth in Non-sanitary Closed Waste Landfill

오영인<sup>1)</sup>, Young-In Oh, 김관호<sup>2)</sup>, Kwan-Ho Kim, 이동건<sup>3)</sup>, Dong-Geon Lee, 조숙희<sup>4)</sup>, Sook-Hee Cho, 박은숙<sup>5)</sup>, Eun-Suk Bak,

- 1) 한국농어촌공사 농어촌연구원 환경자원연구팀 주임연구원, Senior Researcher, Research Group on Rural natural Environment, Rural Research Institute, KRC.
- 2) 한국농어촌공사 농어촌연구원 환경자원연구팀 주임연구원, Senior Researcher, Research Group on Rural natural Environment, Rural Research Institute, KRC.
- 3) 한국농어촌공사 농어촌연구원 환경자원연구팀 연구원, Researcher, Research Group on Rural natural Environment, Rural Research Institute, KRC.
- 4) 한국농어촌공사 농어촌연구원 환경자원연구팀 연구원, Researcher, Research Group on Rural natural Environment, Rural Research Institute, KRC.
- 5) 한국농어촌공사 농어촌연구원 환경자원연구팀 연구원, Researcher, Research Group on Rural natural Environment, Rural Research Institute, KRC.

**SYNOPSIS** : These days, the maintenance of closed waste landfill come to the fore social problem such as legal maintenance period, after closed maintenance deposits, stability evaluation guides and environmental survey for closed landfill management. Therefore the many non-sanitary closed waste landfill has been removed by selection and transfer to sanitary landfill and incineration. When the remove the non-sanitary landfill, the pollution level of bottom soil was investigated by related government law. In this case study, the soil contamination survey was performed to evaluate the pollution level of non-sanitary closed landfill bottom soil. Based on this study, the pollution level of studied non-sanitary landfill bottom soil was content with related government law for third area(factory, parking lot, gas station, road, railroad use etc.).

**Key words** : Non-sanitary closed landfill, Soil contamination, Landfill bottom soil, Pollution level, Geoprobe

### 1. 서 론

급격한 산업발전과 함께 인간에 의하여 발생하는 폐기물의 양이 급증하였으며, 막대한 량의 폐기물들을 대부분 비위생 단순매립을 통하여 처리해 왔다. 그러나 근래에 들어 전 세계적으로 환경에 대한 문제의식과 관심집중으로 폐기물 매립기술개발 및 제도적 장치마련을 통하여 최근에는 상당히 진보적형태의 위생매립이 이루어지고 있으며, 사용 종료된 매립시설에 대한 관심과 처리에도 많은 관심이 고조되고 있는 실정이다. 특히, 생활 폐기물 매립지는 인구밀집 지역과의 근접성, 부지개발에 따른 경제적 가치의 급등 등의 이유로 활용 가능한 새로운 건설부지로서 많은 관심이 집중되고 있다. 또한, 개발면적이 협소하고, 도시지역에서 개발대상지역의 확보 필요성이 절실한 우리나라의 경우, 도시 인접지역의 폐기물 매립장 재활용은 큰 의미를 갖는다. 그러나, 폐기물 매립지반을 개발할 경우, 토양 및 지하수 오염, 악취 등의 문제와 예상치 못한 매립지반의 거동으로 인하여, 폐기물에 의한 공학적 및 환경적 문제에 대한 충분한 대책을 수립하여야 한다. 본 연구에서는 비위생 사용종료매립장의 일부구간의 폐기물을 굴착, 정비하여 산업단지를 조성하

는 현장의 굴착구간의 하부토양이 침출수에 의해 오염되었는지 파악하기 위하여 토양오염도 조사를 실시하였다. 매립폐기물이 모두 생활폐기물인 점을 감안할 때 토양오염 가능성은 적어보이나, 토양오염도에 따른 적절한 처리를 위하여 토양오염도 평가가 필수적으로 병행되어야 하므로 위치 및 심도별 40개의 시료를 채취하여 토양오염도 평가를 수행하였다. 다음 표 1은 토양오염도 조사결과에 따른 처리방안을 표로 정리한 것이다.

표 1. 토양오염도 조사에 따른 처리방안

검사결과		처 리 방 안
토양오염 미확인 시		상부 성토시행
토양오염 확인시	일반폐기물	토양오염은 되었으나, 지정폐기물이 아닌 경우 신규매립장에 매립처리 후 토양오염여부 재확인 시험
	지정폐기물	토양오염도 되고, 지정폐기물에 해당되는 경우 민간 지정폐기물 매립시설에 위탁처리 후 토양오염여부 재확인 시험
	정밀조사 필요시	토양오염정도가 심각하거나 오염범위가 광범위하여 정밀조사가 필요한 경우 전문기관에 의뢰하여 정밀조사를 시행하고, 그 결과에 따라 환원·복구 계획 수립 후 토양환경보전법에 근거하여 처리

## 2. 연구대상 매립장 및 관계법령

본 조사대상 매립장은 경상남도 00군에 위치한 사용종료매립장으로 비위생 및 위생매립 구간이 복합적으로 구성되어 있다. 산업단지 조성구간 내에 위치한 매립장의 활용방안으로 매립장 내 위생매립 구간 상부에 신규매립장을 조성한 후 비위생매립 구간의 폐기물을 이적 처리한 다음 굴착구간의 부지를 산업단지 부지로 확보하는 방안이 계획되었다. 현재 매립시설에 대한 개요는 표 2에 나타내었다(그림 1, 2참조).

표 2. 연구대상 사용종료매립장 개요

구 분	개 요
위 치	경상남도 00군 일원
매립면적(m <sup>2</sup> )	225,400
매립용량(m <sup>3</sup> )	1,417,000
매립기간	'91. 1. ~ '95. 7.
매립고	최종복토 ≍ 2.0~3.0m, 폐기물층 : 1.5~7.5m(매립층 약 5.0m)
H.D.P.E Sheet	HDPE(1.5mm) : 86,504m <sup>2</sup>



그림 1. 매립장 항공사진

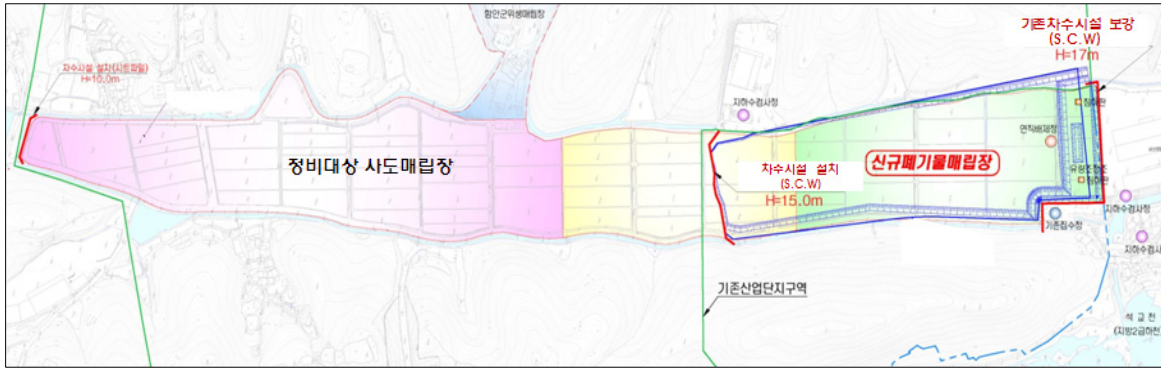


그림 2. 매립장 계획 평면도

국내에서 토양에 대한 오염여부는 토양환경보전법에 따라 구분하고 있다. 토양환경보전법은 1995년 1월 5일 제정되고(법률 제 4906호) 1996년 1월 6일부터 토양환경보전법을 시행하여 토양오염 문제에 대한 법적관리체계를 제도적으로 마련하였다. 중금속, 유류(동식물성 제외), PCB 등을 토양오염 물질로 규정하고 오염정도를 고려하여 확인, 우려, 대책 기준으로 구분하고 이에 대해 허용정도를 “1”, “2”, “3” 지역으로 나누어 각각의 기준농도에 따라 누출검사, 정밀조사, 정화 등에 대한 행정명령을 내릴 수 있도록 법적제도를 마련하고 있다(표 3 참조). 토양환경보전법은 토양오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 토양생태계의 보전을 위하여 오염된 토양을 정화하는 등 토양을 적정하게 관리·보전함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있게 함을 목적으로 하며, 그 범위는 사업 활동 기타 사람의 활동으로 인한 오염으로 국한하였고, 사람의 건강 및 환경에의 피해를 그 대상으로 한다. 본 연구에서는 토양환경보전법에 명시된 지역구분을 참조하여 향후 토지이용 계획에 따른 3지역(공장용지)으로 구분하여 토양오염 우려기준에 따른 오염 여부를 판단하였다.

표 3. 토양환경보전법에 따른 관리지역 구분

1. 1지역: 「지적법」에 따른 지목이 전·답·과수원·목장용지·광천지·대(「지적법 시행령」 제5조 제8호 가목 중 주거의 용도로 사용되는 부지만 해당한다)·학교용지·구거(구거)·양어장·공원·사적지·묘지인 지역과 「어린이놀이시설 안전관리법」 제2조제2호에 따른 어린이 놀이시설(실외에 설치된 경우에만 적용한다) 부지
2. 2지역: 「지적법」에 따른 지목이 임야·염전·대(1지역에 해당하는 부지외의 모든 대를 말한다)·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지(「지적법 시행령」 제5조 제28호 가목 또는 다목에 해당하는 부지만 해당한다)인 지역
3. 3지역: 「지적법」에 따른 지목이 공장용지·주차장·주유소용지·도로·철도용지·제방·잡종지(2지역에 해당하는 부지 외의 모든 잡종지를 말한다)인 지역과 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」 제2조 제1항 제1호부터 제5호까지에서 규정한 국방·군사시설 부지
4. 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제48조에 따라 취득한 토지를 반환하거나 「주한미군 공여구역 주변지역 등 지원 특별법」 제12조에 따라 반환공여구역의 토양 오염 등을 제거하는 경우에는 해당 토지의 반환 후 용도에 따른 지역 기준을 적용한다.
5. 벤조(a)피렌 항목은 유독물의 제조 및 저장시설과 폐침목을 사용한 지역(예: 철도용지, 공원, 공장용지 및 하천 등)에만 적용한다.

### 3. 굴착구간 토양오염도 평가

#### 3.1 토양오염도 시료 채취

토양오염도 평가는 1, 2단계 조사로 구분하여 수행하였으며, 1단계 조사 완료 후 토양오염도 평가 결과를 분석하여 2단계 조사지점을 선정하였다. 1단계 조사에서는 정비대상 사용종료매립장의 비위생 매립 구역인 1구역에 대하여 7구간의 매립구간에 대하여 구간별 1지점을 선정하여, 심도별 오염 현황 파악을 위한 폐기물 매립이 중

료되는 시점부터 1.0 ~ 2.0m의 구간을 정하여 4개 시료를 채취하여 분석하였다(그림 3 참조). 2단계 조사 지점은 1단계 조사 완료 후 1구역에 대한 분석결과를 참고하여 토양 오염 항목 중 비교적 농도가 높게 분석된 지점에 1구역에 중복적인 시료채취를 하였으며, 2구역 구간에 대하여 2지점에 대한 시료 채취 지점을 선정하였다.

샘플링 위치는 그림 4에서 보는바와 같이 연구대상 매립장 상부에 경지정리가 되어있어서 경계구간을 1구간으로 하여 한 구간당 한 지점씩 시료를 채취하였다. 1차 조사 시 7번 구간까지 샘플링을 하여 분석한 결과, 4, 6, 7번 구간에서 폐놀의 함량이 토양오염우려기준은 넘지 않으나 비교적 높게 나왔기 때문에 2차 조사 시, 4번 구간부터 7번 구간까지는 재조사를 실시하였고 위생매립구역인 2구역의 8, 9번 구간까지 연장하여 샘플링을 수행하였다. 심도별 시료 샘플링 위치는 폐기물이 끝나는 심도의 직하부에서 심도별로 구간을 나누어 채취하여 심도별 토양오염도 분포를 파악하였다. 채취한 시료는 전처리를 하여 토양환경보전법 시행규칙 [별표 1]규정에 의한 토양 오염물질 17개 항목을 토양오염공정시험방법에 준하여 분석하였다.



그림 3. 토양오염도 채취 구간 구분

표 4. 토양시료 총괄 채취내역

시료채취 위치	1단계 조사	2단계 조사	계	비 고
1구역 1구간	1지점 심도별 4점	-	1지점 4점	
1구역 2구간	1지점 심도별 4점	-	1지점 4점	
1구역 3구간	1지점 심도별 4점	-	1지점 4점	
1구역 4구간	1지점 심도별 4점	1지점 2점	2지점 6점	토양 오염 우려가능성에 따라 2차 조사 시 추가 조사
1구역 5구간	1지점 심도별 4점	1지점 2점	2지점 6점	
1구역 6구간	1지점 심도별 4점	1지점 2점	2지점 6점	
1구역 7구간	1지점 심도별 4점	1지점 2점	2지점 6점	
2구역 1구간	-	1지점 2점	1지점 2점	
2구역 2구간	-	1지점 2점	1지점 2점	
계	7지점 28점	6지점 12점	13지점 40점	

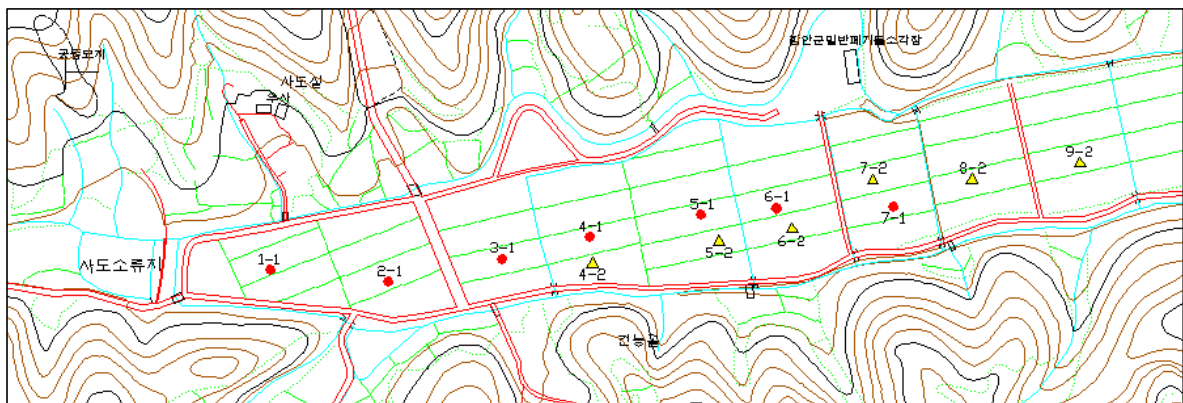


그림 4. 토양오염도 구간별 샘플링 위치

표 5. 토양시료 총괄 채취 내역

구 분	1차 조사좌표		2차 조사좌표	
	X	Y	X	Y
1	138178.50	198732.63	-	-
2	138191.12	198859.17	-	-
3	138166.81	198980.32	-	-
4	138142.82	199073.82	138170.94	199078.35
5	138119.43	199191.73	138147.80	199213.46
6	138112.97	199272.59	138134.45	199290.49
7	138111.40	199397.51	138082.87	199377.65
8	-	-	138082.54	199481.55
9	-	-	138065.12	199596.46

표 6. 심도별 토양 분포와 샘플링 심도

구분	1 차 조사(m)					2 차 조 사(m)			
	복토	폐기물	점토	원지반	시료채취	복토	폐기물	점토	시료채취
1	0~2.0	~5.0	5.0~6.5		5.0~6.0	-	-	-	-
2	0~2.0	~4.0	4.0~6.0		4.0~6.0	-	-	-	-
3	0~2.0	~4.8	4.8~7.8	7.8~8.5	4.8~6.8	-	-	-	-
4	0~3.0	3.0~6.0	6.0~7.6		6.0~7.6	0~2.5	2.5~5.0	5.0~6.0	5.0~5.75
5	0~2.0	2.0~7.0	7.0~8.5		7.0~8.0	0~3.0	3.0~4.0	4.0~4.75	4.0~4.75
6	0~2.0	2.0~5.8	5.8~7.0		5.8~7.0	0~2.0	2.0~5.0	5.0~6.0	5.0~5.75
7	0~4.0	4.0~7.0	7.0~8.5		7.0~8.5	0~3.0	3.0~3.4	3.4~4.0	3.4~4.0
8	-	-	-		-	0~2.7	2.7~9.0	9.0~10.0	9.0~9.75
9	-	-	-		-	0~2.0	2.0~9.0	9.0~10.0	9.0~9.75

### 3.2 토양오염도 시료 채취 방법

토양시료채취의 방법은 탐재형 토양시료채취 장비(Geoprobe)를 각 구간별 토양채취 지점으로 이동하여 수행하였다. 토양채취 지점은 해당 구간에서 중심부에 위치하도록 배치하였으며, 2차 조사에서는 1단계 조사에서 채취한 지점 반경 10m 주변에 시료채취가 용이한 지점을 선정하였다. 시료 채취는 1m 길이의 샘플러를 유압식 타격에 의해 토양 내로 관입한 후 회수하는 방법을 이용하였다(그림 5).

토양 시료채취 완료 후 회수되는 시료에 대하여 logging을 수행하여 복토, 폐기물, 점토, 원지반을 육안으로 구분하였으며, 검사 시료는 폐기물 직 하부에서 산출되는 점토층을 대상으로 하였다. 폐기물 직 하부에서 회수되는 점토층을 대상으로 하여 시료채취 심도의 토양을 1단계 조사에서는 4개의 구간으로 2단계 조사에서는 2개의 구간으로 구분하여 시료를 채취하였다.



그림 5. 토양시료 채취 장비 및 채취 샘플러

### 3.3 1차 조사 결과

1단계 조사구간에서는 폐기물 매립층이 종료되는 심도에서 하부에 점토층이 두껍게 형성되어 하부로의 오염 확산은 감지되지 않았다. 1구역에서는 상부 복토층, 폐기물층, 점토층, 원지반의 순으로 산출되었다. 상부 복토층은 두께가 일정치 않으나 최소 2.0m에서 최대 4.0m 두께로 산출되며, 비교적 복토층은 양질의 점토층으로 판단된다. 복토층 하부에는 폐기물이 산출되며 주로 페비닐 등의 생활폐기물로 판단된다. 폐기물층은 두께가 일정치 않으나 복토층 하부부터 최소 3.2m 최대 7.0m 구간까지 산출된다. 이는 1단계 매립구간이 비위생 매립구간으로 원지반의 굴곡된 지형위에 폐기물을 매립한 영향으로 판단된다. 폐기물 하부구간에는 오염물의 하부이동을 방지할 수 있는 양질의 점토층이 최소 1.5m 최대 3.0m로 두껍게 형성되어 있다. 원지반의 심도를 확인하기 위한 3지역의 시추조사 결과 최대 점토는 지표에서 7.8m 심도까지 분포하며 이후 원지반의 풍화도가 분포한다. 1구역 1지역 ~ 7지역의 토양오염도 조사 결과, 폐기물 하부의 토양은 점토가 두껍게 형성되어 오염물의 하부 이동을 제약하여 모두 토양환경보전법 상 3지역(공장용지) 오염우려기준에 미달하는 결과가 나타났다. 1단계 조사에서 페놀 성분이 2지역(임야, 염전, 대)의 우려기준을 상회하는 것으로 나타나, 2단계 조사에서 추가적인 시료채취를 수행하였다. 1구역에 대한 조사결과 7지점 모두 토양환경보전법의 3지역 오염우려기준에 미달하는 결과가 나타났다. 하지만, 페놀 성분은 토지 용도가 2지역인 경우의 오염우려기준을 상회하여 2차 조사에서 추가 조사를 수행하였다.

표 7. 구역 4, 5, 6, 7 토양오염도 조사결과(단위 : mg/kg)

시료번호	오염기준 ("3"지역)	4H-1	4H-2	4H-3	4H-4	5H-1	5H-2	5H-3	5H-4
F	800	112.5	109.7	118.7	171.5	112.8	112.4	112.6	122.5
TPH	2000	19.13	24.87	10.93	75.48	116.46	32.78	14.05	229.16
BTEX	448	*	0.710	*	*	*	*	*	*
TCE	40	*	*	*	*	*	*	*	*
PCE	25	*	*	*	*	*	*	*	*
페놀	20	2.15	6.55	*	*	*	1.40	1.42	3.64
유기인	30	0.09	*	*	0.08	0.09	*	*	0.07
PCB	12	*	*	*	*	*	*	*	*
CN	120	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu	2000	4.195	4.090	3.920	5.025	5.310	4.200	3.220	1.900
Pb	700	3.180	3.305	3.670	4.340	3.37	3.59	4.47	2.24
Cd	60	0.125	0.055	0.055	0.065	0.080	0.075	0.040	0.015
As	200	0.35	0.50	0.59	0.49	0.60	0.50	0.34	0.42
Ni	500	18.23	21.63	24.03	24.47	18.87	15.90	13.03	16.60
Zn	2000	43.43	50.67	59.10	67.30	46.93	39.07	36.23	38.40
Cr <sup>6+</sup>	40	*	*	*	*	*	*	*	*
Hg	20	*	*	*	*	*	*	*	*

시료번호	오염기준("3"지역)	6G-1	6G-2	6G-3	6G-4	7H-1	7H-2	7H-3	7H-4
F	800	95.3	100.7	126.9	106.8	96.4	125.7	172.3	122.2
TPH	2000	70.59	101.69	167.57	16.74	*	14.79	36.03	28.19
BTEX	448	*	*	*	*	*	*	*	*
TCE	40	*	*	*	*	*	*	*	*
PCE	25	*	*	*	*	*	*	*	*
페놀	20	2.52	7.77	1.05	2.37	*	5.67	1.75	*
유기인	30	0.09	*	*	0.08	0.09	*	*	0.07
PCB	12	*	*	*	*	*	*	*	*
CN	120	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu	2000	4.755	6.300	6.440	6.030	1.000	1.450	0.850	0.685
Pb	700	3.19	3.65	3.37	3.17	1.435	1.815	1.090	1.630
Cd	60	0.080	0.100	0.110	0.135	0.020	0.020	0.010	0.015
As	200	0.79	1.37	1.37	1.38	0.47	0.47	0.33	0.32
Ni	500	16.37	17.77	17.77	16.93	13.33	14.63	12.73	10.90
Zn	2000	46.77	52.13	51.33	42.40	37.47	44.23	33.33	27.00
Cr <sup>6+</sup>	40	0.003	*	*	*	*	*	*	*
Hg	20	*	*	*	*	*	*	*	*

\* 불검출

### 3.4 2차 조사 결과

2단계 조사는 1단계 조사에서 오염이 우려되는 지점과 그 연장성을 보기 위하여 4~7구간과 위생매립구간(8~9구간)에 대한 토양오염도 조사를 수행하였다. 2단계 조사구간에서도 상부 복토층, 폐기물층, 점토층, 원지반의 순으로 지층이 분류되고 있으며 폐기물 매립층 하부에 점토층이 두껍게 형성되어 하부로의 오염 확산은 감지되지 않았다. 상부 복토층은 최소 2.0m, 최대 3.0m의 두께로 산출되며, 폐기물층은 최소 4.0m에서 최대 9.0m 구간까지 산출되며 그 하부는 점토층과 원지반으로 구성되어 있다. 1단계 조사와 중복되는 4~7구간의 각 층 분포심도는 1단계 비위생 매립구간이 원지반의 굴곡된 지형 위에 폐기물을 매립했기 때문에 다소 상이한 결과를 나타낸다. 2단계 위생매립구간인 8, 9 구간에서는 폐기물 종료 심도가 9.0m로 심도가 동일하게 나타난다. 2단계 토양오염도 조사 결과를 항목별로 살펴보면 불소(F) 82.8~184.1mg/kg, TPH 불검출~229.16mg/kg, BTEX 불검출~0.71mg/kg, 페놀 불검출~7.77mg/kg, 유기인 불검출~0.09mg/kg, 구리(Cu) 0.685~6.440mg/kg, 납(Pb) 1.09~4.47mg/kg, 카드뮴(Cd) 0.01~0.145mg/kg, 비소(As) 0.27~1.38mg/kg, 니켈(Ni) 10.90~24.47mg/kg, 아연(Zn) 27.00~67.30mg/kg, 6가크롬(Cr<sup>6+</sup>) 불검출~0.025mg/kg로 나타났으며, TCE, PCE, PCB, 시안(CN), 수은(Hg)은 전 구간에서 불검출로 조사되었다. 1구역 4~7구간과 2구역 8~9구간의 토양오염도 조사 결과 모두 토양환경보전법 상 <3지역 오염우려기준>을 만족하는 것으로 나타났다. 또한, 1구역 4, 6, 7 구간에서 페놀 성분이 <2지역 오염우려기준>을 상회하는 결과가 1단계 조사 시에서 나타났으나 2단계 조사 시에는 비위생 매립구간, 위생매립구간 전 구역에서 불검출로 나타났다.

표 8. 2단계 4 ~ 7 구역 조사결과(단위 : mg/kg)

시료번호	오염기준 ("3"지역)	단위	4-2F-1	4-2F-2	5-2E-1	5-2E-2	6-2F-1	6-2F-2	7-2D-1	7-2D-2
F	800	mg/kg	60.7	77.4	61.0	75.9	86.8	98.5	75.5	84.0
TPH	2000	mg/kg	18.40	25.39	28.77	32.80	11.00	12.36	19.51	11.39
BTEX	448	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
TCE	40	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
PCE	25	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	20	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
유기인	30	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
PCB	12	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
CN	120	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Cu	2000	mg/kg	6.830	3.235	4.285	6.945	5.205	4.125	2.730	2.010
Pb	700	mg/kg	10.50	10.76	8.70	9.98	9.61	7.44	9.21	7.68
Cd	60	mg/kg	0.545	0.440	0.435	0.620	0.325	0.175	0.250	0.585
As	200	mg/kg	0.39	0.35	0.27	0.42	0.35	0.20	0.20	0.15
Ni	500	mg/kg	15.20	13.77	15.33	16.97	16.90	14.63	12.17	11.83
Zn	2000	mg/kg	41.73	36.10	45.10	48.70	46.03	41.40	32.40	32.27
Cr <sup>6+</sup>	40	mg/kg	0.013	불검출	0.015	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg	20	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

시료번호	오염기준 ("3"지역)	단위	8-2J-1	8-2J-2	9-2J-1	9-2J-2
F	800	mg/kg	96.9	96.1	84.3	102.0
TPH	2000	mg/kg	18.75	22.33	10.77	13.49
BTEX	448	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
TCE	40	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
PCE	25	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	20	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
유기인	30	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
PCB	12	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
CN	120	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
Cu	2000	mg/kg	4.520	4.035	8.165	4.260
Pb	700	mg/kg	8.96	9.89	14.26	4.95
Cd	60	mg/kg	0.120	0.085	0.135	0.140
As	200	mg/kg	0.30	0.37	0.21	0.30
Ni	500	mg/kg	13.97	17.57	13.83	13.07
Zn	2000	mg/kg	34.57	48.27	44.57	35.33
Cr <sup>6+</sup>	40	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg	20	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출

\* 불검출

## 4. 결 론

본 연구에서는 비위생 사용종료매립장의 일부구간의 폐기물을 굴착, 정비하여 산업단지를 조성하는 현장의 굴착구간의 하부토양이 침출수에 의해 오염되었는지 파악하기 위하여 토양오염도 조사를 실시하였다. 조사결과에 따른 총괄결론은 다음과 같다.

1. 1단계 토양오염도 조사에서는 비위생 매립구간인 1구역 1~7구간까지 실시하였다. 조사 결과 층별 심도의 차이는 있으나 상부 복토층, 폐기물층, 점토층, 원지반의 순으로 산출되었으며 폐기물 매립층 하부에 점토층이 두껍게 형성되어 하부로의 오염확산은 가능성은 희박하다. 전 항목 토양오염도 시험 의뢰 결과 토양환경보전법 상 <3지역 오염우려기준>을 만족하는 것으로 조사되었다. 하지만, 4, 6, 7구간에서 페놀 성분이 <2지역 오염우려기준>을 상회하여 나타났다.
2. 2단계 조사에서는 1단계 조사에서 오염이 우려되는 지점과 그 연장성을 보기 위하여 1단계 4 ~ 7구간과 위생매립구간(8 ~ 9구간)에 대한 토양오염도 조사를 수행하였다. 2단계 조사구간에서도 폐기물 매립층 하부로의 오염확산은 감지되지 않았다. 전 항목 토양오염도 조사 결과 모두 토양환경보전법 상 <3지역 오염우려기준>을 만족하는 것으로 나타났다. 또한, 1단계 조사 시 1구역 4, 6, 7 구간에서 페놀 성분이 <2지역 오염우려기준>을 상회하는 결과가 1단계 조사 시에서 나타났으나 2단계 조사 시에는 전 구간에서 불검출로 나타났다.
3. 본 연구대상매립장은 비위생매립장의 폐기물을 굴착, 정비하여 산업단지를 조성하는 사업이므로 토양환경보전법 시행규칙 제1조의5항의 <3지역 오염우려기준>을 적용하였다. 00매립장 토양오염도 조사 결과 1단계, 2단계 전 항목 모두 토양환경보전법 상 <3지역 오염우려기준>을 만족하는 것으로 조사되었다.

## 참고문헌

1. 고윤화(1997), “매립지의 사후관리정책”, 토양환경 관련 정책 세미나 논문집 - 우리의 토양을 어떻게 보전할 것인가, 한국토양환경학회, pp.92-107.
2. 한국농어촌공사, 2009, 00사용종료매립장 폐기물처리 및 토지활용방안 타당성 연구, 연구보고서
3. 한국농어촌공사, 2010, 폐기물 굴착구간 토양오염도 평가 및 00매립장 안정성 검증연구, 연구 보고서
4. Atekwana, E.A., Sauck, W.A., and Werkema, D.D. Jr., 2000, Investigations of geoelectrical signatures at a hydrocarbon contaminated site, Journal of Applied Geophysics, **44**, 167-180.
4. EPA(1989), "Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction, and Closure", Technology Transfer Seminar Publication, United Environmental Protection Agency.
5. Fasset, J.B., Leonards, G.A. and Repetto, P.C.(1993), "Geotechnical Properties of Municipal Solid Waste and Their Use in Landfill Design", Proceedings of Waste Tech 93 Conference.
6. Jessburger, H.L.(1994), "Geotechnical Aspects of Landfill Design and Construction, Part 2 : Material Parameters and Tests", Proceedings of Instn. Viv. Eng. Geotechnical Engineering, pp. 104-113.