

소규모 단순매립지의 매립폐기물 및 침출수의 특성

The Characteristics of Landfill Waste and Leachate on Open Dumping Landfill Site of Small Scale

주소영* · 연익준** · 전태완*** · 위미경**** · 김광렬*****

Ju, So-Young · Yeon, Ik-Jun · Jeon, Tae-Wan · Wi, Mi-Kyung · Kim, Kwang-Yul

Abstract

The environmental assessment on the open dumping landfill of small scale which was situated in local small city was carried out to reuse the landfill site as the residential, commercial and other purposes through the analysis of the leachate of landfill, extracted solution from landfill waste.

The waste was landfilled at 5.5~8m depth and the covered layer so poor as 20~50cm thickness. The biodegradable organic matters were almost degraded and the result of the leachate of landfill showed that the BOD/COD ratio were measured as 0.079, pH 7.2~7.6, SS 47736mg/L, COD 6193.8mg/L, T-N 596mg/L, and T-P 123.9mg/L respectively. These results were higher than those of extracted solution of landfill waste as the COD and BOD were measured as low values and T-N 7.77mg/L and T-P as 0.20mg/L lower concentrations the landfill appears the maturation phase.

As the result of the assessment on the open dumping landfill of small scale, it appears that this landfill is maturation phase and the formation leachate is reduced. If the treatment facility of leachate from landfill and the layer which protects the inflow/infiltration is prepared, it can be safely used as this landfill site.

Keywords : Landfill, Open dumping, Leachate, Landfill waste

요 지

이 연구는 지방의 중소도시에 위치한 소규모 단순매립지내의 매립폐기물과 침출수에 대한 분석을 통하여 안정성을 평가함으로써 매립부지를 주거지역, 상업지역, 기타 다른 목적으로 사용하기 위함이다.

단순투기형으로 매립된 매립층의 깊이는 5.5~8m 정도이었고, 복토 두께는 20~50cm 정도이었다. 매립지의 침출수의 pH는 7.2~7.6이었고, SS, COD, T-N 및 T-P값은 각각 평균 47726, 6193.8, 595.97, 123.9mg/L로 높은 값을 보였으나 BOD/COD비가 0.079로 침출수가 안정화되어 있음을 알 수 있었다. 또한 폐기물의 용출분석결과 COD, BOD 모두 낮은 값을 보였으며 T-N, T-P 각각 7.77, 0.20 mg/L의 값을 나타내었고 침출수와 비교하여 모두 현저히 낮은 결과를 보임으로써 폐기물중 생분해성 유기물의 분해가 역시 완료되었음을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과 대상 폐기물 매립지는 안정화 단계에 있어 침출수의 발생량은 앞으로 현저하게 감소될 것으로 예측됨으로써, 매립지내로 유입 가능성이 크게 의심되는 지하수의 차단에 의한 침출수 방지 대책 등이 보강될 경우에는 토지의 재이용이 가능할 것으로 판단된다.

주요어 : 매립, 단순매립, 침출수, 매립폐기물

* 정회원, 충북대학교 건설기술연구소 연구원

** 정회원, 충북대학교 건설기술연구소 연구원

*** 금강환경관리청 연구사

**** 충북대학교 환경공학과 석사과정

***** 충북대학교 환경공학과 교수

1. 서론

일반 생활폐기물의 처리·처분과정은 수거, 수집, 운반, 중간 처리 과정을 거쳐 최종처분되며 현재 우리나라의 경우 최종 처분을 주로 매립에 의존하고 있는 실정이며, 폐기물 매립의 종류에는 매립지 설계와 방법에 따라 단순매립, 위생매립, 안전매립으로 나눌 수 있다. 단순매립(Open Dumping)은 비위생적 매립형태이고, 위생매립(Sanitary Landfill)은 일반폐기물 처분에 가장 경제적이고 흔히 사용되는 방법으로 알려져 있다. 또한 안전매립(Secure Landfill)은 유해폐기물의 최종처분방법으로 환경오염을 최소화하기 위하여 유해폐기물을 자연계와 완전히 차단하는 방법이다(남궁완, 1998).

현재 우리나라의 경우에는 위생매립을 하고 있으나 과거에 침출수 및 매립가스처리시설을 갖추지 않은 비위생 매립으로 인하여 매립지 주변은 지하수, 지표수 및 토양 등의 오염이 심각한 실정이며 이에 대한 실태나 현황조사 파악이 되지 않고 있다. 1996년을 기준으로 사용종료 매립지는 873개소인 것으로 파악되었는데 그중 77%가 적절한 매립지 설비를 갖추고 있지 않은 불량매립지인 것으로 알려져 있고 2010년에는 1,286개소에 그 면적만도 26,631천m²에 달할 것으로 예상되고 있다(김수철 등, 1999).

도시의 팽창 및 무분별한 개발의 확대에 의해 과거 비위생 폐기물 매립지 주변이 주택지로 전환되면서 매립지 이용개발 필요성 논란에 관심이 고조되고 있으며, 택지나 기타 용지 개발시에 노출되는 불량매립지의 처리도 심각한 문제로 대두되고 있다(환경백서, 2000 ; 김영목 등, 1993). 외국의 경우 매립지 용량 및 수명증진, 과거의 비위생 매립지를 신규 위생매립지로 전환하기 위한 목적으로 매립폐기물을 굴착, 선별, 재매립하는 사례도 보고되고 있다(Kornber 등, 1993 ; LCSWMA, 1994 ; Rettenberger, 1995). 이런 경우 대부분의 처리방법은 매립폐기물을 굴착 후 위생매립지에 재처분하는데, 굴착시의 환경문제 이외에도 단순재매립은 매립량이 대량인 경우에는 처리비용이 과다하므로 선별 분류하여 일부를 자원화하거나 감량하는 것이 바람직하다(김영목 등, 1995).

따라서 본 연구에서는 위생매립이 법제화되기 이전 생활폐기물의 소규모 단순매립지를 대상으로 1999년 7월에 매립폐기물 조성, 침출수 등을 분석하여 환경적 영향 및 매립지의 안정성등을 검토하고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 폐기물 매립

2.1.1 매립지내의 반응

도시폐기물 매립지의 경우 분해 가능한 유기물이 폐기물 내에 다량 함유되어 있기 때문에 매립 후 상당히 활발한 분해반응이 일어난다. 그 결과 매립층을 통과하는 침출수는 매우 오염도가 높으며 가스발생량도 상당히 높은 편이다. 매립지내 반응은 크게 생물학적, 물리적, 화학적 변화로 나누어 볼 수 있으며 이를 세분하면, 미생물학적 반응-부패하기 쉬운 유기물질의 호기성, 혐기성 분해에 의한 미생물학적 반응, 화학적 산화, 매립지내 가스의 이동 및 방출, 침출수의 발생 및 이동, 침출수에 의한 유기물질과 무기물질의 용출, 공극사이로의 물질 침투와 분해에 의한 불규칙적인 매립층 침하 등이 있다(Tchobanoglous 등, 1993).

2.1.2 매립지내 분해

매립된 폐기물성분중 생물학적 분해 가능한 유기성분은 매립과 동시에 분해가 시작된다. 초기에는 호기성 상태에서 분해가 시작되어 매립지내 산소가 거의 소비되면 혐기성 상태의 오랜 분해반응으로 이어진다.

유기물질의 분해율은 물질의 특성과 넓게는 수분함량에 의해 달라진다. 일반적으로 폐기물내 유기물질은 섬유질(cellulose)과 그 화합물을 포함한 유기물, 탄수화물, 지방, 단백질 등 분해가 용이한 유기물과, 플라스틱, 합성섬유, 고무, 피혁류 등 난분해성 유기물 등으로 구분된다(Parker, 1983).

섬유질은 종이, 목재, 자연섬유류가 주 구성물질로서 분해속도가 비교적 느리며 단백질, 탄수화물, 지방 등은 분해속도가 매우 빠른 유기물이다. 제한된 양의 무기염류와 수분은 위의 물질과 결합되어 존재한다(Merz, 1970).

2.2 침출수

2.2.1 침출수 특성

침출수란 폐기물을 통하여 걸러지고 그것으로부터 용해되거나 부유되어 있는 물질이 추출 또는 침출된 액체이다. 대부분의 매립지 침출수는 표면 유출수, 우수, 지하수 등의 외부발생원과 지하의 샘물, 폐기물의 분해시 생성된 액체 등이 매립지내로 유

입되어 생성된다.

분해되고 있는 폐기물 층을 물이 통과할 경우 생물학적 물질과 화학적 물질들이 용액속으로 용출된다. 매립연령에 따라 침출수 성상 및 농도에 있어 상당한 차이를 보이고 있는데, 매립연령이 2년 이하인 신생매립지 침출수의 경우 매립연령이 10년 이상된 매립지의 침출수에 비하여 BOD, TOC, COD 등의 유기물질이 과량 함유되어 있다. 침출수의 pH는 일반적으로 신생 매립지의 경우 4.5~7.5로 고령화된 매립지의 pH인 6.6~7.5에 비하여 산성상태를 나타내고 있다. 이러한 pH의 변화는 유기오염물의 지표인 BOD, COD 등의 측정결과에서 특히 현저하게 나타나고 있으며, 이와 같은 매립 연령별, 시간별 침출수 특성의 변화는 매립지 내부에서의 호기성 또는 혐기성 미생물에 의한 생물학적인 안정화의 진행과정으로 나타낼 수 있다(Grawford 등, 1985 ; Ehring, 1989, Christensen 등, 1992).

난지도 매립지에서 발생하는 침출수의 경우 유기물의 농도가 낮고 BOD/COD 값이 0.1이하인 점을 고려 할 때 10년이상 경과된 침출수의 특성을 나타낸다고 할 수 있다.

2.2.2 침출수 조성

침출수의 화학적 조성은 매립지의 경과년수와 시료 채취상황에 따라 다양하다. 예를 들어, 침출수 시료가 분해의 산성생 단계에서 채취되었다면 pH는 낮고, BOD, TOC, COD, 영양물질 그리고 중금속의 농도는 높을 것이다. 반면에 침출수 시료가 메탄 발효기에서 채취되었다면 pH는 6.5~7정도이고, BOD, TOC, COD, 그리고 영양물질 농도는 매우 낮을 것이다. 또한 중금속도 중성의 pH 범위에서는 용해성이 낮으므로 농도가 낮을 것이다. 침출수의 pH 범위는 존재하는 산의 농도뿐 아니라 침출수와 접촉하는 매립가스중의 CO₂ 분압에도 좌우된다.

한편, 침출수의 생물분해성 변화는 시간에 따라 달라지며, BOD/COD비로 나타낼 수 있다. 처음에 이 비율은 0.5 이상이 되며, 비율이 0.4~0.6 정도인 것은 침출수내의 유기물이 이미 생물학적으로 분해 가능함을 나타낸다. 숙성단계에 있는 매립지에서는 BOD/COD의 비가 보통 0.05~0.2 정도이다. 생물학적으로 분해가 어려운 휴민산 및 fulvic산을 함유하는 숙성단계 매립지의 침출수는 그 비율이 더욱 낮아진다(Tchobanoglous 등, 1993 ; Christensen 등, 1992).

2.2.3 생분해도 변화

일반적으로 침출수의 생분해도 변화는 BOD/COD 값의 변화

표 1. The Variation of Leachate Characteristic Depend on Landfill Age

Landfill age	Fresh landfills	Transient landfills	Old landfills
COD _{Cr} (mg/L)	> 10,000	500~10,000	< 500
BOD/COD _{Cr}	> 0.5	0.1~0.5	< 0.1
Biological degradation	Normal	Normal or poor	Poor

로 예측 가능하다. 신생매립지 침출수의 경우 BOD/COD는 0.5 이상으로 이 경우 침출수에 함유된 유기물질은 쉽게 생물학적으로 분해되는 것으로 알려져 있다. 고령화된 매립지의 경우 BOD/COD는 0.05~0.2의 범위를 나타내며 이러한 침출수는 생물학적 분해가 어렵다. 그 이유는 고령화된 매립지에서의 침출수내 유기물질은 주로 생물학적으로 분해가 어려운 휴민산이나 fulvic산이 주종을 이루고 있기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 표 1은 매립 연령별 BOD/COD 비의 변화에 따른 생물학적 처리 가능성을 나타낸 것이다(Lema, 1988 ; Christensen 등, 1992).

3. 연구방법

3.1 대상 매립지의 선정

본 연구조사 대상지인 투기형 비위생매립지는 중소도시 C시의 외곽에 위치하고 있으며 면적은 20,483m²로 이중 약 61.5%에 해당하는 약 12,600m²가 과거에는 논이었으나 지반성토를 위해 1982년경 부터 생활폐기물을 매립하기 시작하여 1985년경 매립이 완료된 지역이다.

3.1.1 시료 채취

시료채취 및 실험방법은 그림 1과 같다. 대형 굴삭기를 이용하여 조사지점 5곳을 모두 매립지 바닥까지 굴착하였으며 이때

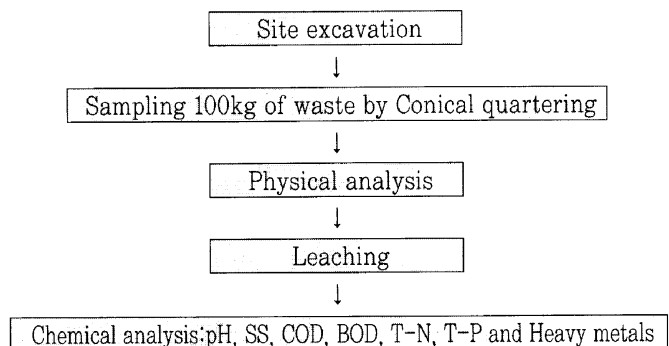


그림 1. The Flowchart for Analysis of Landfilled Waste

표 2. The Physical Analysis of Landfill Waste

(wt. %)

Samples Compositions	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	Ave.	Range
Papers	0	0	1.41	0	0.16	0	0.40	0.02	0.21	0.19	0.24	0 ~ 0.40
Fabrics	1.75	0.15	1.00	2.19	2.19	0.81	1.26	0.91	3.51	1.93	1.57	0.15 ~ 3.51
Plastics	22.41	20.1	17.9	13.9	20.44	12.66	24.87	17.84	15.8	15.18	18.11	12.66 ~ 24.87
Woods	1.94	4.60	3.09	0.57	3.34	4.32	1.88	1.32	7.16	3.16	3.14	0.57 ~ 7.16
Food wastes	0	0	0.02	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0.004	0 ~ 0.02
Rubbers, Leathers	1.44	1.95	0.09	0	1.99	0.08	2.50	0.06	1.01	5.00	1.41	0 ~ 5.00
Glasses, Ceramics	3.35	5.10	5.35	4.55	3.22	2.86	1.35	1.87	3.35	2.22	3.32	1.35 ~ 5.35
Ratals	8.31	3.90	4.10	1.06	3.83	4.01	6.00	1.21	3.25	0.52	3.62	0.52 ~ 8.31
Briquette ashes and others	60.80	64.2	67.04	77.7	64.95	75.26	61.74	76.77	67.7	70.80	68.69	60.80 ~ 77.70

basis : 100kg of landfilled waste

굴착 깊이는 5.5~7.5m이었다. 굴착된 구덩이에 고인 물을 채수병에 채수하여 실험실로 옮겨 냉장고에 보관하고 침출수 분석용 시료로 하였으며 물리적 성상 분석용 시료중 난분해성 및 비분해성 물질을 제거한 나머지 부분중 일부를 토양시료용 봉투에 담아 밀봉한 후 실험실로 옮겨 용출시험 및 성분 분석용 시료로 하였다.

3.1.2 물리적 성상 분석

매립 폐기물의 물리적 성상 분석을 위해 원추 4분법으로 3회에 걸쳐 100kg의 시료를 채취한 후 성분별로 분리하고 각각의 무게를 측정하여 각 성분별 조성을 구하였다. 대표적 조성은 외관으로 판별하였으며 고무, 플라스틱, 목재, 유리 및 도자기, 금속, 종이, 섬유, 피혁, 연탄재 및 기타 등으로 구분하였다.

3.1.3 용출 실험

물리적 성상 분석이 끝난 시료중 비분해성 및 난분해성 물질들을 제외한 폐기물의 화학분석을 위해 폐기물 공정시험법에 의거 용출실험을 하였다.

3.1.4 침출수 분석

폐기물 시료의 용출액과 굴착구덩이로부터 채수한 침출수는 모두 수질 공정시험법에 따라 pH, BOD, SS, COD, T-N, T-P등과 중금속으로 Cr, Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, Mn, Hg, Ag등의 성분들을 분석하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 매립폐기물의 외관

매립된 폐기물은 생활폐기물로 외관상으로 연탄재 외에 고무, 플라스틱, 비닐, 유리, 섬유류, 철 등 다양한 조성을 가지고 있으며 이중 생분해도가 높은 주방폐기물과 같은 유기성 폐기물 성분들은 모두 분해가 완료되어 안정기에 있으나 비닐 등 난분해성 물질들에 의해 싸여 있거나 협잡되어 있는 일부 생분해성 유기물들은 매립 당시의 상태이거나 일부만이 분해된 상태였다.

폐기물 매립지의 굴착결과 매립층 바닥(본래 논의었던 깊이)까지 굴착시 다량의 침출수가 발생되었으며 이는 폐기물의 분해시 생성된 침출수라기 보다는 폐기물층을 통한 지하수의 유입과 강우시 지표수의 일부로 판단되며 실제 폐기물층은 다짐도가 높고 비닐등의 성분으로 투수도가 낮아 대부분이 지하수 일 것으로 추정된다.

4.2 매립 폐기물의 물리적 성상

폐기물 매립지역중 5개 굴착지점에서 굴착된 폐기물로부터 원추 4분법에 의해 각각 2개씩의 폐기물 시료를 채취하여 인력 선별에 의해 조사한 폐기물의 물리적 성상결과는 표 2와 같다. 과거 매립당시에는 폐기물중 연탄재의 배출량이 많았고 현재와 같은 분리수거나 재활용율이 높지 않은 관계로 도시에서 배출된 폐기물들이 모두 혼합되어 매립되었음을 알 수 있었으며 매립된 폐기물중 연탄재의 비율이 60.8~77.7wt%로 당시 폐기물은 연탄재의 점유비율이 높았음을 확인할 수 있었다.

매립된 폐기물중 생분해성 물질인 음식물 폐기물과 종이류는

표 3. The Characteristics of Landfill Leachate

Samples Classification	(mg/L)						Regulation Criteria of "Na" area
	1	2	3	4	5	Average	
PH	7.6	7.6	7.2	7.4	7.4	7.4	5.8~8.0
SS	47720	46060	46210	50012	48630	47726.4	70
COD _{Mn}	6360	5997	6210	6112	6290	6193.8	150
BOD	520	472	460	498	490	488	70
T-N	601.68	589.96	599.10	598.41	590.08	595.85	300
T-P	138.240	118.17	113.16	136.16	114.13	123.97	8

모두 분해되었음을 알 수 있고 폐기물의 성장중 연탄재를 제외한 나머지는 모두 난분해성이거나 비생분해성 물질들임을 알 수 있어 매립된 폐기물은 안정화 단계에 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서 매립지내 폐기물들은 섬유류, 목재류등 난분해성 물질들의 장기간에 걸친 느린 분해가 예상되며, 분해가 완료된 생분해성 물질들의 분해 생성물들이 매립층에 잔류하여 지속적으로 소량의 가스 생성과 우수 및 지하수 등에 의해 침출이 일어나고 있는 것으로 판단된다. 즉, 생분해성 유기물질들의 분해생성물질인 휴민산이나 fulvic산 등이 폐기물이나 침출수등에 잔류하면서 매우 느린 속도로 화학적 변화를 일으키는 것으로 생각 할 수 있다.

또한, 표 2에서 보는 바와 같이 생분해성 유기물질들의 분해가 완료된 것은 매립후 많은 시간의 경과로 분해에 필요한 충분한 시간이 지났으며 우수등의 유입과 매립층 바닥의 지하수 등의 수분에 의해 분해반응이 촉진된 결과로 판단된다.

4.3 침출수 분석

5개 굴착지점의 바닥에 고인 침출수를 각각 채수하여 분석한 결과 중 BOD, COD를 비롯한 6개 항목을 표 3에 매립시설 침

출수 배출허용기준치와 함께 나타내었으며, 침출수 중의 중금속 농도 분석 결과를 표 4에 나타내었다.

침출수의 pH가 7.2~7.6의 값을 나타내고 있어 매립된 폐기물이 안정화 단계에 있음을 알 수 있고, 일반적으로 pH가 중성이 되면 중금속 및 유기물 용해도가 감소하므로 중금속에 의한 침출수의 오염도 역시 더 이상 증가하지 않을 것으로 판단된다.

SS는 평균 47,726.4mg/L로 높은 값을 보이고 있는데 이는 굴착과정에서 발생된 흙탕물에 의한 영향이 큰 것으로 보인다. 이러한 영향을 배제하기 위해 침출수를 여과하여 분석하였으나 이 경우 다른 분석항목들의 값이 크게 감소하여 침출수의 오염도 판정에 문제가 있을 것으로 판단되어 여과하지 않은 침출수를 분석한 결과로 나타내었다. 따라서 실제 SS는 이보다 낮은 값이 될 것이다.

COD와 BOD값은 모두 높은 값을 나타내었으며 COD의 경우 6193.8mg/L로 일반산업폐수보다 훨씬 높은 값으로 나타나고 있어 침출수내에 생물학적 난분해성 물질 즉 분자량 분포가 500~10,000 범위의 fulvic산 계통물질들이 높게 함유되어 있을 것으로 추정된다.

BOD와 COD의 비율로 침출수의 안정도를 평가할 수 있는데 일반적으로 BOD/COD비가 0.05~0.2이면 숙성단계, 0.1이하이면 안정된 것으로 평가되는 바 표 3의 자료로부터 계산된 BOD/COD비가 0.079임으로 본 매립지 침출수는 매우 안정되어 있는 것으로 판단된다.

T-N과 T-P는 각각 평균 595.85와 123.97mg/L로 국내 매립장 침출수 자료들 보다 모두 높게 나타났는데 이는 매립 폐기물중의 N, P 성분들과 매립지가 매립전 논으로 오랫동안 사용되던 곳이어서 경작시 토양중에 축적되었던 비료성분들의 영향 때문인 것으로 생각되며, 매립시설 침출수의 배출허용기준과 비교하여 볼 때, 별도의 처리가 요구될 것으로 사료된다.

표 4. The Concentration of Heavy Metals in Landfill Leachate

Comp.	(mg/L)						Regulation criteria of clean area	Agricultural cultivation criteria
	1	2	3	4	5	Average		
Cr	0.197	ND	ND	0.131	ND	0.066	≤ 0.5	
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	-	≤ 0.02	
Pb	0.092	0.141	0.001	ND	ND	0.047	≤ 0.2	0.1
Cu	ND	ND	0.130	ND	0.011	0.026	≤ 0.5	0.01
Fe	3.867	3.126	79.640	2.124	1.441	18.040		
Zn	0.080	0.069	1.110	0.072	0.081	0.282	1	
Mn	1,280	0.253	1,240	0.831	1,002	0.921	2	
Hg	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
As	ND	ND	0.218	ND	ND	0.044	0.1	15*

* unit : mg/kg

한편 중금속 성분들은 모두 청정지역 폐수배출허용기준치 이하 일뿐만 아니라 우리나라 농산물 재배를 제한 할 수 있는 오염기준치 이하로 나타났다.

4.4 폐기물 용출액 분석

굴착된 5개 지점의 폐기물중 200g씩을 정확히 달아 용출액 2L에 각각 넣고 폐기물 공정시험법에 따라 진탕조에서 용출한 후 여과하여 여액을 화학분석한 결과는 표 5, 6과 같다.

표 5에서 pH가 평균 8.3으로 약 알칼리성을 나타내고 있는 것은 폐기물이 산중화능력을 가지고 있는 알칼리도가 높음을 의미하며 이는 생분해성 유기물의 혐기성 분해 결과로서 폐기물 중 생분해성 유기물의 분해가 충분히 진행되었음을 나타낸다고 할 수 있다.

또한 COD와 BOD, 그리고 T-N과 T-P 값들이 모두 침출수에 비해 현저하게 낮은 값을 나타내고 있어 역시 폐기물의 분해가 완료단계인 안정기에 도달하였음을 알 수 있다. 특히 낮은 BOD값은 이러한 사실을 충분히 입증하고 있다.

폐기물의 유해성 판정을 위해 용출액중 중금속 성분들에 대하여 분석한 결과는 표 6과 같다. 표에서 보는 바와 같이 용출

표 5. The Characteristics of Leached Solutions for Landfill Waste (mg/L)

Samples Class- ification	Samples					Average
	1	2	3	4	5	
PH	8.4	8.4	8.2	8.2	8.2	8.3
COD _{Mn}	52.8	66.0	58.2	61.3	60.2	59.7
BOD	10.9	18.2	20.8	14.2	13.9	15.6
T-N	6.012	9.204	7.525	8.208	7.932	7.776
T-P	0.168	0.256	0.188	0.232	0.199	0.209

표 6. The Concentration of Heavy Metals in Leached Solutions of Landfill Waste

Comp.	Samples						Leaching test criteria		
	1	2	3	4	5	Average	Korea	Japan	America
Cr	ND	ND	ND	0.091	ND	0.0182	1.5*	1.5*	5.0
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.3	0.3	1.0
Pb	0.082	0.131	ND	ND	ND	0.043	3	3	5.0
Cu	ND	ND	0.120	ND	ND	0.024	3	-	-
Fe	0.424	0.441	0.124	0.226	0.310	0.305	-	-	-
Zn	0.072	0.079	0.010	0.016	0.052	0.046	-	-	-
Mn	ND	ND	ND	ND	0.123	0.025	-	-	-
Hg	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.006	0.005	0.2
As	0.059	0.080	ND	ND	ND	0.028	1.5	1.5	5.0

* : Cr¹⁶

액중의 중금속 함량은 검출되지 않거나 모두 한국, 일본, 미국 등의 용출시험 기준치 이하로 낮게 나타났다.

4.5 폐기물 수분 및 휘발분

폐기물 함수율을 측정하기 위해 5개 굴착지점에서 채취한 시료를 각각 10g씩 부게를 달아 105℃에서 항량이 될 때까지 건조시켜 수분량을 계산한 결과 함수율은 32.76~39.38 % 이었다.

또한 생분해성 유기물의 분해로 폐기물 중에 잔류하는 분해 생성물 및 기타 유기물의 함량을 조사하기 위하여 수분 측정이 끝난 시료를 600℃에서 역시 항량이 될 때까지 가열시킨 후 무게를 달아 휘발성 유기물양을 측정한 결과 강열감량은 2.51~4.23 % 이었다.

따라서 이러한 결과는 난분해성 및 비생분해성 성분을 제외한 폐기물의 성분들이 모두 안정화되어 있음을 나타내고 할 수 있다.

5. 결 론

지방의 중소도시인 C시의 외곽에 위치한 단순투기형 비위생 매립지의 시간이 경과된 후의 침출수 및 폐기물 물리적 성상 및 침출특성에 대한 결과는 다음과 같다.

(1) 본 매립지는 단순 투기형으로 조성된 비위생 매립지로서 매립층의 깊이는 5.5~8m 정도이었고 복토두께는 20~50cm 정도이었으며, 매립 폐기물의 물리적 성상분석 결과 생분해성 유기물의 조성은 0~0.4%로 매우 낮았으며, 강열감량 역시 2.5~4.2%로 낮게 나타난 결과로 보아 거의 완료된 안정화 단계인 것으로 판단된다.

- (2) 침출수의 성분분석 결과 SS, COD, T-N 및 T-P값은 각각 평균 47726, 6193.8, 595.97, 123.9mg/L로 높은 값을 보였으나 BOD는 488mg/L로 상대적으로 낮은 값을 보이고 pH가 7.2~7.6, BOD/COD비가 0.079으로 침출수가 안정화되어 있음을 알 수 있었으며 증감속 분석결과 모두 폐수배출기준치 보다 낮은 결과를 보였다.
- (3) 폐기물의 용출분석결과 COD, BOD 모두 낮은 값을 보였으며 T-N, T-P 각각 7.77, 0.20mg/L의 값을 나타내었고 침출수와 비교하여 모두 현저히 낮은 결과를 보임으로써 폐

기물중 생분해성 유기물의 분해가 역시 완료되었음을 알 수 있고 증감속 농도 역시 모두 용출시험 기준치보다 낮은 값을 나타내었다.

이상의 연구 결과 대상 폐기물 매립지는 안정화 단계에 있어 침출수의 발생량은 앞으로 현저하게 감소될 것으로 예측된다. 따라서 유입 가능성이 크게 의심되는 지하수의 차단에 의한 침출수 방지 대책등이 보강될 경우에는 매립가스의 분석이 선행되어 전다변 토지의 재이용이 가능할 것으로 판단된다. (3)

참 고 문 헌

1. 남궁환, 이동훈(1998), 폐기물처리공학(上, 下), 동화기술, pp.1039.
2. 김수철 외 2인(1999), 한국폐기물학회, Vol.16, No.6, pp.674~681.
3. 환경백서(2000), 환경부.
4. 김영목 외 3인(1993) 폐기물 매립지탄에 대한 농다짐공법 적용평가, 대한토목학회, 제13권, 제5호, pp.209~222.
5. Kornber, J. F. et al.(1993), Landfill mining in th United States, An Analysis of Current Project, Proceedings Sardinia 93, pp.1555~1561.
6. LCSWMA(1994), Assessment of Landfill Reclamation and the Effects of Age on the Combustion of Recovered Municipal Solid Waste.
7. Rettenberger, G.(1995), Result from a Landfill mining Demonstration Project, Proceedings Sardinia 95, Vol.III, pp.927~840.
8. 김영목의 2인(1995), 매립지의 물리화학의 특성에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 12(2), pp.237~247.
9. Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A.(1993), Intergrated Solid Waste Management, Mcgraw Hill, pp.978.
10. Parker, A.(1983), Practical Waste Management, John Wiley & Sons, Chichester, England.
11. Merx, R.C. and R. Stone(1970), Special Studies of a Sanitary Landfill, U.S. Department of Health, Eduation, and Welfare.
12. Grawford, J.F. and P.G. Smith(1985), Landfill Technology, Butterworth, London.
13. Christensen, T.H., Cossu, R, and Stegmann, R.(1992), Landfilling of Waste : Leacjte, Elsevier Science Publishers Ltd.
14. Lema, J.M.(1988), Characteristics of Landfill Leachates and alternatives for their Treatment : A Review, Water, Air, and Soil Pollution, Vol.40, pp.223~250.