

사용종료된 유사비위생 매립지들의 환경인자 분석

Analysis by Environmental Factor of Similar Closed Non-sanitary Landfills

이 병 찬[†] · 이 민 희¹⁾ · 박 상 찬²⁾ · 정 선 기³⁾ · 한 양 수⁴⁾ · 연 익 준⁵⁾

Lee, Byungchan · Lee, Minhee · Park, Sangchan · Jeong, Seonki · Han, Yangsu · Yeon, Ikjun

ABSTRACT : In this study, it was analysed physical characteristics, TS, moisture, C/N ratio, leaching test, and element analysis in landfill wastes of 10 years old without landfill pretreatment. The Organic material content was 7.2%~23.5% and soil was the main inorganic materials which its rate was 54.1%~71.0%, in landfill wastes. The results of TS, VS, and moisture were represented 51.5%~68.1%, 23.6%~56.1%, 32.0%~48.4%, respectively. The analysis of hazardous materials did not indicate Hg, Cr⁺⁶, CN, Organic Phosphorus, TCE and PCE, however the Pb of leaching materials showed 0.023~0.092 mg/L, which was the highest. As the result of the element analysis, C was 47.74%~56.72%, N was 4.09%~9.92%, the C/N ratio was 5.76~12.57 and the result of soils around landfill was the highest heavy material, Pb, 2.465 mg/kg~10.251 mg/kg. The objectives of this paper are to investigate states, stabilization of these closed landfills and to gain suitable data for post-closure care using some parameters through analysis of landfill environment.

Keywords : Landfill, Landfill Waste, Physico-chemical Characteristics, Stabilization, Soil

요 지 : 본 연구에서는 사용 종료 생활폐기물 매립지의 10년 경과 후를 중심으로 하여 매립폐기물의 물리적 특성, TS, 수분, C/N비, 용출실험, 원소분석을 하였으며, 매립지의 주변 토양을 분석하였다. 매립 폐기물의 유기성 물질은 7.2%~23.5%를 차지하였으며, 무기성 물질의 대부분은 토사류로서 54.1%~71.0%를 차지하고 있었다. TS는 51.5%~68.1%, VS 23.6%~56.1%, 수분은 32.0%~48.4%로 나타났다. 유해물질의 분석결과 수은, 6가 크롬, 시안, 유기인, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌은 검출되지 않았으며, 용출물질 중 Pb가 0.023~0.092mg/L로 가장 높은 결과를 나타내었다. 원소분석 결과 C는 47.74%~56.72%, N는 4.09%~9.92%, C/N비는 5.76~12.57이었고, 매립장 주변의 토양 분석 결과 Pb이 2.465mg/kg~10.251mg/kg으로 가장 많았다. 사용종료 매립장 폐기물의 환경현황 분석을 통하여 매립장에 대한 시간에 따른 특성, 안정화도, 주변 토양의 오염도를 평가하고자 하며, 매립지 특성 자료로 활용하고자 한다.

주요어 : 매립지, 매립지 폐기물, 물리 및 화학적 특성, 안정화, 토양

1. 서 론

우리나라는 급속한 경제발전과 더불어 인구의 증가 및 도시 집중화 현상에 따른 소비의 증가로 폐기물이 대량 배출되고 있으며, 이에 따라 많은 폐기물 처리를 위한 방법들이 강구되고 있는 실정이다. 지금까지 폐기물은 매립, 소각 및 재활용 등으로 처리되어져 왔으며, 1995년에는 생활폐기물 중 72.3%를 매립하고, 23.7%만을 재활용하였으나, 쓰레기 종량제 실시 및 재활용정책 등에 힘입어 2006년에는 재활용률이 57.2%로 크게 증가하고 매립처리율은 25.8%로 낮아지는 등 폐기물처리구조가 바람직한 방향으로 변화되고 있다.(환경부, 2008) 그러나, 2001년 12월 말 현재 지방

자치단체가 설치·운영 후 사용종료 또는 폐쇄한 생활폐기물 매립지는 1,170개소로서 파악되었으며 이중 폐기물 관리법에 의거 설치 승인을 받은 매립지는 65개소(5.6%)로 대부분의 매립지가 설치 승인을 받지 못한 단순매립 형태의 매립지임(환경부, 2002)에 따라 매립지의 안정화 및 특성에 대한 정보가 필요하지만 이에 따른 정보나 연구가 미비한 상태이다. 폐기물 매립장은 사용종료가 되어도 매립된 유기성 폐기물의 분해가 계속적으로 일어나므로 시간경과에 따른 지속적인 환경적 관리가 필요하며, 특히나 단순매립은 계곡이나 농지 등에서 계획없이 이루어지므로 매립 후 각종 복토가 없거나 불량하고 매립가스 및 침출수 수집·처리장치가 없어 주변 환경을 오염시켜 인근 주민의 건강을 위협하

† 정희원, 충주대학교 환경공학과 부교수(E-mail : bclee@cju.ac.kr)

1) 비희원, 충주대학교 환경공학과 겸임교수

2) 정희원, 충주대학교 환경공학과 교수

3) 비희원, 충북대학교 환경공학과

4) 비희원, 경동대학교 건축토목공학부 조교수

5) 정희원, 충주대학교 환경공학과 부교수

기 때문에 이에 따른 정확한 판단이 요구되고 있다. 따라서, 사용이 종료된 매립지의 특성 파악과 폐기물의 분해·안정화 상태에 대한 모니터링과 침출수, 매립가스 등의 관리가 지속적으로 수행되어 매립지의 구조적 안정성 확보와 주변 환경에 미치는 영향 등을 고려하여 매립지의 다른 용도로서 활용 등을 위한 자료의 확보가 필요하다.(이민희 등, 2005; 연익준 등, 2002; 홍상표, 2003)

외국의 경우는 상당히 오래 전부터 반입성상 및 연구실 내에서의 모의 매립지 칼럼을 이용 인공쓰레기 주입에 따른 성상 및 침출수 변화 등의 연구가 진행되어져 왔으며(김정권 등, 2004), 우리나라의 경우도 비위생매립지의 안정화 평가를 위한 조사(조한상 등, 2003) 및 쓰레기의 성상(정진도 등, 2004), 매립지의 화학적·물리적 특성파악(윤석표 등, 2005), 매립가스 및 침출수 특성 연구(정관주 등, 2007) 재이용에 관한 환경성 평가(한신기 등, 2002) 등을 통하여 매립지 환경안전성 및 지반안전에 따른 영향 등이 연구되고 있다.

본 연구에서는 생활폐기물 매립지의 사용 종료 후 10년이 경과된 지역을 중심으로 잔여 매립폐기물에 대한 물리적 특성, 수분, TS, C/N비 분석, 용출실험 및 원소분석을 하였으며, 주변지역에 대한 오염물질 확산 가능성을 알아보고자 주변 토양을 분석하였다. 이들 매립지는 비슷한 시기에 형성된 생활폐기물 매립지로서 유사 사용종료 매립장 폐기물의 매립 후 경과기간에 따른 환경현황을 상호 비교 평가하고자 하며, 이를 통하여 매립지 특성 자료 활용 및 지반안전화에 따른 환경인자 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 분석시료 및 시료채취

매립 후 10년이 경과된 충주시 일원의 4개 비위생 매립장에 대한 매립 폐기물의 물리적 성상, 용출실험, 원소분석 및 매립가스와 침출수에 대하여 분석하였으며, 연구대상 매립지의 매립면적, 매립깊이, 매립량에 대하여는 Table 1에 나타내었다. Site 1은 1992년부터 1999년 상반기까지 7년간 연탄재, 음식물 찌꺼기, 폐지류, 기타 생활쓰레기 등을 매립하였으며, Site 2는 1992년부터 1999년 상반기까지 7년간

연탄재, 음식물 찌꺼기, 폐지류, 기타 생활쓰레기 등을 매립하였고, Site 3은 1991년부터 1999년 상반기까지 9년간 연탄재, 음식물 찌꺼기, 폐지류, 기타 생활쓰레기 등을 매립하였다. 또한, Site 4는 1989년부터 1999년 상반기까지 11년간 연탄재, 음식물 찌꺼기, 폐지류, 기타 생활쓰레기 등을 매립하였으며, 폐기물성상 등을 조사 분석하기 위해 매립지를 굴착한 후 실시하였다.

2.2 분석방법

2.2.1 물리적 조성 분석

매립폐기물의 분해정도를 파악하기 위해 굴삭기를 이용하여 실시하였으며, 굴착 작업과 동시에 매립폐기물의 채취 작업도 동시에 실시하였다. 매립폐기물 시료는 대상 매립지마다 굴착하여 중앙과 하부 두 심도에서 채취한 후 혼합하여 시료의 균질성을 유지하였다. 채취한 시료는 원추사분법에 의하여 물리적 조성분석을 위해 20kg을 채취하였다.

매립된 폐기물의 물리적 성상 분석을 위해 폐기물 공정시험법(환경부, 2006)에 의거하여 매립 각 성분별 조성을 구하였으며, 물리적 조성은 육안으로 판별하였고, 가연성과 불연성으로 구분하였다. 가연성은 음식물류, 목초류, 종이류, 고무·피혁류, 비닐·플라스틱류, 섬유류로 나누었고, 불연성은 유라도자기류, 금속류, 토사류, 자갈류로 분류하였다. 이렇게 분류된 폐기물은 총중량에 대한 백분율로서 조성별 함량을 나타내었다.

2.2.2 TS, VS, FS, 수분함량 분석

매립지내 폐기물 시료의 수분, TS, VS, FS는 폐기물공정시험법(환경부, 2006)에 따라 분석하였으며, 수분은 105±5℃에서 항량이 될 때까지의 무게감량으로 하였고 수분을 제외한 나머지를 고형물로 하였다. 휘발성 고형물(VS)와 강열잔류 고형물(FS)의 분석 역시 폐기물 공정시험법에 따라 하였으며 600±25℃에서 항량이 될 때까지의 무게감량을 VS로, 잔류량의 무게를 FS로 하였다.

2.2.3 용출실험

굴착된 매립폐기물에 함유되어 있는 환경오염물질의 용출정도를 파악하기 위하여 Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr⁺⁶, 유기인

Table 1. Sampling Sites of Closed Landfill

| Site | Landfill Area (m ²) | Height(m) | Landfill Cubic Contents (m ³) | Landfill Time |
|--------|---------------------------------|-----------|---|---------------|
| Site 1 | 9,034 | 3.0 | 27,102 | 1992 ~ 1999 |
| Site 2 | 6,489 | 3.8 | 24,360 | 1992 ~ 1999 |
| Site 3 | 4,013 | 4.0 | 16,062 | 1991. ~ 1999 |
| Site 4 | 3,600 | 3.0 | 10,800 | 1989 ~ 1999 |

화합물, PCB, CN, 페놀, 유류 등을 폐기물공정시험법(환경부, 2006)에 따라 분석하였다.

2.2.4 원소분석

원소분석은 매립폐기물의 화학적 특성을 분석하기 위하여 자동원소분석기(Automatic elemental analysis, Thermo Finnigan, EA 1112)를 이용하여 C, H, N, S, O에 대해 원소 분석을 하였으며, Cl은 자동측정기(ASTM D 2361)를 이용하여 분석하였고, 회분은 폐기물공정시험법(환경부, 2006)으로 분석하였다. C/N비는 시료 중 가연성 물질을 원소 분석하여 산출하였다.

2.2.5 매립지 주변 토양분석

토양오염이 우려되는 매립장 주변 지역을 선정하여 굴착된 매립폐기물에 함유되어 있는 환경오염물질의 용출정도를 파악하기 위하여 Cu, Cd, Pb, As, CN, Cr⁺⁶, Hg, 유기인 화합물, PCB, 페놀, TCE, TeCE 등을 토양오염공정시험법(환경부, 2006)에 따라 분석하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 물리적 특성

매립 후 10년이 경과된 폐기물의 물리적 성상들은 유기성 물질이 7.2%~23.5%를 차지하였으며, 무기성 물질은 76.5%~92.9%를 차지하였다. 유기성 물질 중 음식물 쓰레기는 나타나지 않았으며, 비닐·플라스틱류가 6.5%~14.5%를 차지하여 가장 많은 비율이 남아있었고, 무기성 물질의 대부분은 토사류로서 54.1%~71.0%를 차지하고 있었다.

매립 후 10년 경과된 매립장의 물리적 성상 분석 결과를 Table 2에 나타내었다. 타 매립장의 매립 당시 생활 폐기물의 물리적조성은 이 등의 연구결과 음식물 쓰레기 56.40%, 플라스틱 20.05%로 분석되었으며(이승희 등, 2001), 정 등의 연구결과 생활폐기물의 물리적 특성은 종이 33.3%~53.9%를 나타낸 경우(정진도 등, 2004)와 비교하여 볼 때 매립 전과 후의 유기물질 변화에 따른 조성변화를 알 수 있으며, 특히 음식물 쓰레기와 종이류인 유기물질은 시간에 따른 함유량 변화가 크게 나타남을 알 수 있으나 플라스틱의 경우는 시간경과에 따른 변화가 크지 않은 것으로 나타났다. 윤 등의 연구결과에서 충북지역 매립지의 매립 후 2~4년 경과된 지역의 물리적 조성의 평균치는 음식물 쓰레기 0.40%, 종이 3.45%를 차지하였으나(윤석표 등, 1997), 본 연구의 자료는 음식물 쓰레기는 나타나지 않았으며, 종이의 경우 0.0%~0.16%의 결과를 나타냈다. 특히, 본 연구의 물리적 조성이 가장 많았던 비닐·플라스틱은 윤 등의 결과에서 14.05%를 타내어 시간 경과에 따라 전체 비율이 감소하였음을 알 수 있었다.

3.2 매립폐기물의 TS, VS, FS, 수분 분석결과

매립 후 각 매립장의 매립조건이나 주변 환경에 따라 매립폐기물의 변화가 달라질 수 있으며, 본 연구 대상 매립 폐기물들의 TS는 51.5%~68.1%를 차지하고 있었으며, 그중 VS는 23.6%~56.1%를 나타내었고, FS는 11.2%~40.4%로 나타나 매립지에 따라 다른 분석결과를 나타냈다. 전체 중수분의 양은 32.0%~48.4%로 나타났으며, 이는 조 등의 연구결과에서 매립지 수분이 11.5%~30.3%인 것에 비하여 수분이 많은 것으로 나타났으며(조한상 등, 2003), 박 등의

Table 2. The Physical Component According to Sampling Site

(Unit : %, Wet weight basis)

| Sample | | Stie 1 | Stie 2 | Stie 3 | Stie 4 | Range |
|-----------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| Organic | Food wastes | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Grass | 0.3 | 4.1 | 2.8 | 0.0 | 0.0 ~ 4.1 |
| | Papers | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 0.0 | 0.0 ~ 1.6 |
| | Rubbers/Leathers | 0.7 | 0.0 | 1.9 | 0.6 | 0.0 ~ 1.9 |
| | Vinyl · Plastics | 9.3 | 14.5 | 12.3 | 6.5 | 6.5 ~ 14.5 |
| | Fabrics | 0.5 | 4.9 | 1.9 | 0.1 | 0.1 ~ 4.9 |
| | Sub-total | 10.8 | 23.5 | 20.4 | 7.2 | 7.2 ~ 23.5 |
| Inorganic | Gravel | 13.0 | 10.1 | 4.3 | 6.3 | 4.3 ~ 13.0 |
| | Glass-Ceramics | 4.5 | 9.4 | 7.7 | 9.3 | 4.5 ~ 9.4 |
| | Metals | 5.5 | 2.9 | 1.6 | 6.3 | 1.6 ~ 6.3 |
| | Briquette ashes and Others | 66.1 | 54.1 | 66.2 | 71.0 | 54.1 ~ 71.0 |
| | Sub-total | 89.2 | 76.5 | 79.6 | 92.8 | 76.5 ~ 92.9 |
| Total | | 100 | 100 | 100 | 100 | |

14년 경과된 매립지의 수분이 37.29%의 경우와 비슷한 결과를 보여주고 있고(박상찬 등, 2008), 정 등의 매립 전 폐기물의 수분량이 44.7%~81.8%인 것에 비하여 감소한 것으로 나타났다.(정진도 등, 2004) 매립폐기물의 TS, VS, FS, 수분 분석결과는 Table 3~6에 나타내었다.

3.3 매립폐기물의 용출시험

용출실험은 폐기물에 함유되어 있는 환경오염물질이 매립처분 후 용출되는 정도를 사전에 예측하는 검사방법이다. 유해물질의 분석결과 수은, 6가 크롬, 시안, 유분, 유기인, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌은 검출되지 않았으

Table 3. Composition Ratio of Landfilled Waste (Site 1)

(Unit : Wt. %)

| Component | Sample | Physical Composition | Moisture Content | TS | Total | TS | |
|------------------|--------|----------------------|------------------|------|-------|------|------|
| | | | | | | VS | FS |
| Food wastes | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Grass | | 0.3 | 0.8 | 2.5 | 3.3 | 1.3 | 1.2 |
| Papers | | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.2 |
| Rubbers/Leathers | | 0.7 | 2.3 | 4.9 | 7.2 | 2.3 | 2.6 |
| Vinyl-Plastics | | 9.3 | 27.5 | 57.1 | 84.6 | 22.4 | 34.7 |
| Fabrics | | 0.5 | 1.2 | 3.2 | 4.4 | 1.5 | 1.7 |
| Total | | 10.8 | 32.0 | 68.1 | 100 | 27.7 | 40.4 |

Table 4. Composition Ratio of Landfilled Waste (Site 2)

(Unit : Wt. %)

| Component | Sample | Physical Composition | Moisture Content | TS | Total | TS | |
|------------------|--------|----------------------|------------------|------|-------|------|------|
| | | | | | | VS | FS |
| Food wastes | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Grass | | 4.1 | 7.8 | 10.5 | 18.3 | 5.6 | 4.9 |
| Papers | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Rubbers/Leathers | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Vinyl-Plastics | | 14.5 | 26.6 | 32.5 | 59.1 | 13.9 | 18.6 |
| Fabrics | | 4.9 | 9.8 | 12.7 | 22.5 | 7.1 | 5.6 |
| Total | | 23.5 | 44.2 | 55.8 | 100 | 26.7 | 29.1 |

Table 5. Composition Ratio of Landfilled Waste (Site 3)

(Unit : Wt. %)

| Component | Sample | Physical Composition | Moisture Content | TS | Total | TS | |
|------------------|--------|----------------------|------------------|------|-------|------|------|
| | | | | | | VS | FS |
| Food wastes | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Grass | | 2.8 | 4.4 | 9.6 | 14.0 | 8.1 | 1.5 |
| Papers | | 1.6 | 2.6 | 7.5 | 9.1 | 6.7 | 0.8 |
| Rubbers/Leathers | | 1.9 | 2.9 | 4.4 | 7.3 | 3.3 | 1.1 |
| Vinyl-Plastics | | 12.3 | 19.7 | 40.1 | 59.8 | 33.4 | 6.7 |
| Fabrics | | 1.9 | 3.0 | 5.8 | 8.8 | 4.7 | 1.1 |
| Total | | 20.4 | 32.7 | 67.3 | 100 | 56.1 | 11.2 |

Table 6. Composition Ratio of Landfilled Waste (Site 4)

(Unit : Wt. %)

| Component | Sample | Physical Composition | Moisture Content | TS | Total | TS | |
|------------------|--------|----------------------|------------------|------|-------|------|------|
| | | | | | | VS | FS |
| Food wastes | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Grass | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Papers | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Rubbers/Leathers | | 0.6 | 7.3 | 7.9 | 15.2 | 1.9 | 6.0 |
| Vinyl-Plastics | | 6.5 | 40.6 | 43.0 | 83.6 | 21.3 | 21.7 |
| Fabrics | | 0.1 | 0.5 | 0.6 | 1.1 | 0.4 | 0.2 |
| Total | | 7.2 | 48.4 | 51.5 | 100 | 23.6 | 28.0 |

며, 검출된 구리, 카드뮴, 납, 비소 등도 폐기물 관리법 시행규칙<별표 1>에서 규정(환경부, 2006)하는 「지정폐기물에 함유된 유해물질」 기준치의 기준이내의 농도로 검출된다. 용출물질 중 Pb가 0.023~0.092 mg/L로 가장 높은 결과를 나타내었고, 매립폐기물의 용출시험 분석결과는 Table 7에 나타내었다. 박, 김 등의 연구결과에서 Pb의 경우가 0.049mg/L로서 본 연구의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다(박상찬 등, 2008; 김영목 등, 1993).

3.4 매립폐기물의 원소분석

원소분석은 가스발생량 및 폐기물의 안정화도 판단에 기초자료로 주로 사용된다. 미생물의 생존에 필요한 여러 가지 무기 영양물질 중 가장 중요한 것이 탄소와 질소이다. 매립폐기물이 분해되어 안정화되는 과정에서 유기물(C)은 매립지에 서식하고 있는 미생물에 의해 비교적 분해속도가 빠르지만, 상대적으로 질소(N)는 난분해성 물질이기 때문에 분해속도가 매우 느리다. 따라서 매립폐기물의 분해가 진행되면 C/N비가 자연히 감소하게 되는데, 이러한 관점에서 C/N비는 폐기물 매립지의 안정화 평가척도로서 자주 이용되고 있다. 매립폐기물의 원소분석 결과 C는 47.74%~56.72%, N은 4.09%~9.92%으로 나타났으며, 이는 조 등의 연구결과에서 C 5.5%~23.6%, N 2.2%~2.6%로 나타나(조한상 등, 2003) C의 원소분석 결과와 다소 차이가 있지만 C의 함량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 매립되지 않은 쓰레기를 대상으로 원소 분석한 결과를 보면 일반적으로 C

가 50% 정도 나타남(이성준 등, 1998; 이준홍 등, 2000; 이승희 등, 2000)에 따라 시간경과에 따른 유기물의 분해가 늦게 진행되고 있는 것으로 사료된다.

일반적으로 매립폐기물의 C/N비는 20~60정도이며, 안정화가 거의 완료되면 일반토양의 C/N비 수준인 10정도로 되는 것으로 보고 있다(환경부, 2002). 본 연구 매립장들의 C/N비의 범위는 5.76~12.57로서 C/N비 기준으로 Site 1과 Site 2의 경우는 안정화가 된 것으로 판단되나, Site 3와 Site 4는 안정화가 진행 중인 것으로 판단된다. 매립 후 10년 경과된 매립폐기물의 원소분석 결과는 Table 8에 나타내었다.

3.5 매립지 주변 토양 분석

매립장 주변의 토양을 토양환경보전법에서 규정한 “가지역” 토양오염우려기준을 적용하여 분석한 결과 납(Pb : 기준 100mg/kg) 2.465mg/kg~10.251mg/kg으로 가장 많았으며, 구리(Cu : 기준 50mg/kg) 0.507mg/kg~2.127mg/kg으로 나타났(환경부, 2006). 그 외 항목은 검출되지 않았으며, 모든 항목이 기준이내 농도를 크게 하회하는 것으로 조사되었다. 또한, 2007년 토양측정망 및 실태조사결과와 비교하면 대체로 낮거나 유사한 경향을 보이고 있으며, Site 4의 Pb의 경우 10.251mg/kg으로 전국 토양 평균 측정치(환경부, 2008)가 5.068mg/kg 보다 2배의 경향을 보이고 있어 높게 나타났지만 토양환경기준치 이내이므로 매립지에 대한 영향은 미치지 않는 것으로 판단된다. 매립지 주변 토양 분석은 Table 9에 나타내었다.

Table 7. Analysis of Leachate

(Unit : mg/L)

| Items Criteria | Cu | Cd | Pb | AS | Hg | Cr+6 | CN | Organic Phosphorus | TCE | PCE |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|------|--------------------|------|------|
| Site | 3 | 0.3 | 3 | 1.5 | 0.005 | 1.5 | 1 | 1 | 0.3 | 0.1 |
| Site 1 | 0.053 | 0.003 | 0.023 | 0.001 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D |
| Site 2 | 0.053 | 0.004 | 0.044 | 0.001 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Site 3 | 0.058 | 0.022 | 0.092 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D |
| Site 4 | 0.012 | 0.007 | 0.028 | 0.005 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D |
| Range | 0.012 ~0.058 | 0.003 ~0.022 | 0.023 ~0.092 | 0.000 ~0.005 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D |

Table 8. The Chemical Composition by Element Analysis according to Sampling Site

(Unit : %)

| Item | C | H | N | S | O | Ash | C/N |
|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|
| Site 1 | 56.33 | 7.22 | 9.92 | 0.04 | 16.12 | 10.36 | 5.76 |
| Site 2 | 47.74 | 6.72 | 5.52 | 0.00 | 17.89 | 22.13 | 9.06 |
| Site 3 | 48.95 | 3.00 | 4.09 | 0.00 | 22.07 | 21.89 | 12.57 |
| Site 4 | 56.72 | 8.59 | 4.54 | 0.00 | 12.66 | 17.48 | 12.49 |
| Range | 47.74~56.72 | 3.00~8.59 | 4.09~9.92 | 0.00~0.04 | 12.66~22.07 | 10.36~22.13 | 5.76~12.57 |

Table 9. Analysis of Soil

(Unit : mg/kg, Dry Basis)

| Item | Site | Site 1 | Site 2 | Site 3 | Site 4 | Range | Criteria ("가"Area) |
|--------------------|------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------------|
| Cu | | 2.127 | 0.570 | 0.669 | 0.684 | 0.570 ~ 2.127 | 50 |
| Cd | | 0.207 | 0.179 | 0.043 | 0.036 | 0.036 ~ 0.207 | 1.5 |
| Pb | | 2.465 | 5.521 | 4.074 | 10.251 | 2.465 ~ 10.251 | 100 |
| As | | 0.249 | 0.922 | 0.670 | 0.425 | 0.249 ~ 0.922 | 6 |
| CN | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 2 |
| Cr ⁺⁶ | | 0.016 | 0.014 | 0.004 | 0.068 | 0.004 ~ 0.068 | 4 |
| Hg | | 0.030 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.006 ~ 0.030 | 4 |
| Organic Phosphorus | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 10 |
| PCB | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | - |
| Phenol | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 4 |
| TCE | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 8 |
| TeCE | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | - |
| BTEX | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | - |
| TPH | | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 500 |

4. 결 론

- (1) 매립 후 10년이 경과된 매립지에 대한 폐기물들의 물리적 성상들은 유기성 물질이 7.2%~23.5%를 차지하였으며, 비닐·플라스틱류가 6.5%~14.5%를 차지하여 가장 많은 비율이 남아있었으며, 무기성 물질의 대부분은 토사류로서 54.1%~71.0%를 차지하고 있었다.
- (2) 매립 폐기물들의 TS는 51.5%~68.1%을 차지하고 있었으며, 그중 VS는 23.6%~56.1%을 나타내었고, FS는 11.2%~40.4%로 나타났다. 전체 매립된 폐기물중의 수분 양은 32.0%~48.4%로 나타났다.
- (3) 유해물질의 분석결과 수은, 6가 크롬, 시안, 유분, 유기인, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌은 검출되지 않았으며, 검출된 구리, 카드뮴, 납, 비소 등도 「지정폐기물에 함유된 유해물질」 기준치의 기준이내의 농도로 검출되었으며, 용출물질 중 Pb가 0.023~0.092 mg/L로 가장 높은 결과를 나타내었다.
- (4) 매립폐기물들에 대한 원소분석 결과 C는 47.74%~56.72%, N은 4.09%~9.92%로 나타났으며, 연구 매립장들의 C/N비는 5.76~12.57로서 C/N비 기준으로 Site 1과 Site 2의 경우는 안정화가 된 것으로 판단되나, Site 3과 Site 4는 안정화가 진행 중인 것으로 판단된다.
- (5) 매립장 주변의 토양을 분석한 결과 Pb이 2.465mg/kg~10.251mg/kg으로 가장 많았으며, Cu 0.507mg/kg~2.127 mg/kg으로 나타났고, 그 외 항목은 검출되지 않았으며, 모든 항목이 기준이내 농도를 크게 하회하는 것으로 조사되었다.

감사의 글

이 논문은 충주대학교 대학구조개혁지원사업(교육인적자원부지원)의 지원을 받아 수행한 연구임.

참 고 문 헌

1. 김영목, 이상용, 김만구, 신승철 (1993), 폐기물 매립지반에 대한 동다짐 공법 적용평가, *대한토목학회지*, Vol. 13, No. 5, pp. 209~222.
2. 김정권, 김석구, 박남배 (2004), 매립장의 생활쓰레기의 화학적 특성 및 침출수 수질경향에 관한 연구, *한국폐기물학회지*, Vol. 21, No. 6, pp. 607~617.
3. 박상찬, 조병렬, 정지혜, 이민희, 김태영, 박종호 (2008), 사용종료 비위생 매립지의 환경 안정성 평가-감곡 매립지 사례 연구-, *한국지반환경공학회지*, Vol. 9, No. 6, pp. 13~19.
4. 연익준, 주소영, 김광렬 (2002), 소규모 비위생매립지의 환경 안정성 평가, *한국폐기물학회지*, Vol. 29, No. 2, pp. 234~243.
5. 윤석표, 윤범한 (1997), 비위생매립지의 굴착, 선별, 재활용에 관한 사례 연구, *한국폐기물학회지*, Vol. 14, No. 6, pp. 541~547.
6. 윤석표, 이남훈, 김재영, 조한상, 임학상, 류필조, 이진구 (2005), 매립전처리 유무에 따른 매립 후 2년이 경과된 폐기물의 물리화학적 특성 비교, *한국폐기물학회지*, Vol. 22, No. 2, pp. 153~160.
7. 이민희, 장병인, 윤철, 연익준, 김광렬 (2005), 비위생 매립지의 물리적 조성 및 가스분석을 통한 안정화 평가-노은매립지 사례연구-, *한국지반환경공학회지*, Vol. 6, No. 4, pp. 45~51.
8. 이성준, 이진주, 심범보, 서용철 (1998), 매립지와 소각 시설의 설치시 생활폐기물에 관한 특성 조사, *한국폐기물학회지*, Vol. 15, No. 5, pp. 548~556.
9. 이승희, 민달기 (2000), 서울 서부지역 생활폐기물의 물리·화학적 특성에 관한 연구, *한국폐기물학회지*, Vol. 17, No. 5,

- pp. 537~542.
10. 이승희, 최종욱, 고대중 (2001), 경기도 K시 생활폐기물에 대한 물리화학적 특성조사, *한국폐기물학회지*, Vol. 18, No. 2, pp. 228~234.
 11. 이준홍, 문동호, 김재원 (2000), 수도권 매립지에 반입되는 쓰레기의 성상 및 물리·화학적 특성, *한국폐기물학회지*, Vol. 17, No. 3, pp. 363~369.
 12. 정관주, 이재영 (2007), 난지도매립지 안정화 공사 후 매립가스 및 침출수 특성에 관한 연구, *한국폐기물학회지*, Vol. 24, No. 8, pp. 744~751.
 13. 정진도, 김정태 (2004), 농촌 중·소도시에서 발생하는 생활폐기물의 물리·화학적 특성 비교에 관한 연구, *한국폐기물학회지*, Vol. 21, No. 4, pp. 336~343.
 14. 조한상 (2003), 비위생매립지의 안정화 평가를 위한 기초 조사, *한국폐기물학회지*, Vol. 20, No. 5, pp. 470~477.
 15. 한선기, 신항식, 김상현, 김현우, 박주양 (2002), 완료매립지의 재이용에 관한 환경성 평가, *대한환경공학회지*, Vol. 24, No. 11, pp. 1881~1890.
 16. 홍상표 (2003), *비위생매립지 개선 및 안정화 방안에 관한 연구*, 충북환경기술개발센터, pp. 2~15.
 17. 환경관리공단 (2007), *폐기물매립시설에서의 온실가스 산정*
 18. 환경부 (2002), *사용종료매립지 정비지침*.
 19. 환경부 (2006), *토양오염공정시험법*, pp. 15~100.
 20. 환경부 (2006), *토양환경보전법*, 별표 3, 별표 7.
 21. 환경부 (2006), *폐기물공정시험법*, pp. 93~96.
 22. 환경부 (2006), *폐기물관리법*, 별표 11.
 23. 환경부 (2008), *토양 측정망 및 실태조사 결과*.
 24. 환경부 (2008), *환경백서*.
- (접수일: 2009. 3. 27 심사일: 2009. 4. 20 심사완료일: 2009. 9. 10)