

폐기물매립지 주변 토양 및 지하수 오염도 조사 및 분석
Investigation and Assesment of Ground Contamination around Waste Landfill

정하익 · 김상근

한국건설기술연구원 토목연구부 기초및지반환경그룹

hichung@kict.re.kr

ABSTRACT

There has been a steady increase in geoenvironmental engineering projects where geotechnical engineering has been combined with environmental concerns. Many of these projects involve some investigation on contaminant and leachate flume in the ground and landfill. In this study, investigation and assesment on soil and groundwater around the waste landfill was carried out. Many techniques such as drilling and sampling method were applied. As a result of this study, the concentration of soil and groundwater were investigated and analysed.

key word : Ground, Groundwater, Soil, Drilling, Sampling, Contamination

I. 서 론

본 연구에서는 차수막이 설치된 폐기물 매립지에 침출수가 주변으로 누출되어 오염이 되고 있는 매립지 주변지역에 대한 정밀지반조사를 통하여 침출수 배출원, 지반 오염범위 등을 검토하였다. 이와 관련하여 본 연구에서는 기존자료를 이용하여 문헌조사를 먼저 실시하고, 다음에 현지답사를 실시한 후에 시추장비를 이용하여 현장조사를 실시하였으며, 현장조사 시에 채취된 시료에 대하여 토양오염 조사를 실시하였다.

II. 지하수의 오염도 분석 및 평가

1. 시료채취 방법

연구대상 매립지 주변의 침출수 누출현황 및 오염원을 살펴보기 위하여 수질시료를 채취하였다. 채취 대상시료는 지하수, 누출수, 오수, 지표수, 침출수 등으로 매립지 주변에 설치되어 있는 지하수 감시정을 통하여 4개의 시료를 채취하였다. 시료채취 깊이는 #1 시료는 -9m, #2 시료는 -16.5m, #3 시료는 -9m, #4 시료는 -6m이었다. 지하수를 제외한 기타 시료는 지표부근에서 채취하였다. 시료채취는 지하수는 나일론줄에 채수통을 매달아 채취하였고, 기타 시료는 채수통으로 직접 채취하였다.

2. 시료분석 결과

현장에서 채취된 시료를 실험실로 운반하여 화학성분 분석을 실시하였다. 일반적으로 폐기물 매립지에서 발생하는 침출수에는 고농도의 유기물, 암모니아 질소(NH_4^+-N), 난분해성 물질 및 독성물질 등이 함유되어 있다. 참고적으로 매립지 내부에서 채취한 침출수 원수의 농도를 살펴보면 pH는 7.6으로 거의 중성에 가까웠으며, COD_{Mn} 의 값이 5766 mg/L로 유기물의 함량이 높게 나타났고, 대부분의 매립지에서 불쾌한 냄새를 유발시키고 있는 암모니아성 질소의 형태로 존재하는 총질소(T-N)의 농도는 약 1345 mg/L로 나타났으며 총인(T-P)의 농도는 10.43 mg/L로 나타났다. 또한, 매립지 침출수중 음이온으로는 염소(Cl)의 이온이 8054 mg/L로 높게 나타났고 중금속으로는 Cu, Pb, Cr⁶⁺ 등이 미량 검출되었으며 유기성 물질인 페놀의 농도는 약 17.5 mg/L로 나타났다. 이러한 침출수와 주변에서 채취한 지하수 시료들과 비교하여 살펴보면, 매립지 하부에 위치하고 있는 세 지점에서 채취한 지하수와 다소 비슷한 수질의 값이 나타났다. 지하수의 COD_{Mn} 농도는 각각 3564, 3636, 4545 mg/L로 침출수보다 약간 낮게 나타났으며 페놀 및 T-N, Cl 등의 농도는 거의 유사하게 측정되었다. 그 외의 매립지 주변 도로변내의 지하수정(#1)에서 채취된 지하수의 수질은 유기물 농도가 매우 낮고 대부분의 중금속류가 매우 낮거나 검출되지 않아 거의 오염이 되지 않았음을 알 수 있다.

III. 토양의 오염도 분석 및 평가

1. 오염토양 시추장비 조사 및 분석

본 연구에서는 오염토양을 전문으로 채취하는 오염토양시추기를 이용하여 매립지

주변 지반의 토층 상태 및 토양시료를 채취하였다. 시추보링조사는 매립지 주변의 4개 지점에 대하여 실시하였다. 육안으로 채취한 시료를 관찰한 결과, #B-1의 시료는 채취 깊이 약 4m 까지는 황갈색의 점토가 섞인 표토층으로 나타났고 채취 깊이가 약 5.4~10m 범위에는 자갈이 섞인 매립층으로 나타났다. #B-2는 채취 깊이 약 2m 까지 황갈색의 점토층으로 나타났고 3.4~10 m 범위에는 자갈 섞인 매립층으로 차츰 색이 회색으로 변하였다. #B-1 및 #B-2보다 낮은 지대에 위치한 #B-3 및 #B-4의 시료들은 표토층부터 대부분 검은 회색의 자갈 섞인 매립층로 나타났다. 특히, #B-3의 채취 깊이가 4 m 밑부분과 #B-4의 채취 깊이가 8 m 밑부분은 대부분이 풍화암이나 연암으로 이루어져 있어 보링장비를 관입할 수가 없었다. 채취된 토양시료 분석결과 구리의 농도는 0.769 ~ 2.050 mg/kg, 카드뮴의 농도는 0.05 ~ 0.06 mg/kg, 납의 농도는 2.433 ~ 3.143 mg/kg, 6가 크롬의 농도는 0.569 mg/kg 그리고 비소의 농도는 0.082 ~ 2.234 mg/kg로 나타났다. 이로부터 상기에서 분석된 5개의 중금속 중에서 납의 농도가 가장 높은 것으로 나타났다. 위치로는 #B-4지점에서 대체적으로 농도가 가장 크게 나타났다. 토양시료 분석 결과를 국내 토양환경보전법과 비교하여 보면, 채취한 토양의 중금속 농도는 위의 분석항목에 대해 모두 공장용지에 해당되는 나지역의 토양오염 우려기준치 및 대책기준치보다 낮게 나타났다.

2. 인력 조사 및 분석

본 연구에서는 매립지 주변에 있는 토양 오염의 유무를 파악하고자 매립지 부근의 천층토양을 인력으로 채취하였다. 채취시료에 대한 구리(Cu)의 농도는 #1과 #4의 농도는 각각 54.008, 51.320 mg/kg로 다른 지점보다 높게 나타났으나 토양오염 우려기준치의 나지역 농도인 200 mg/kg 보다는 낮게 검출되었다. 그리고 #2의 비소(As)의 농도는 4.095 mg/kg으로 다른 지점에 비해 상당히 높게 나타났으나 모두 기준치 이내였다. 그 외의 카드뮴(Cd) 및 납(Pb), 6가 크롬(Cr^{6+}) 그리고 수은(Hg)의 농도는 기준치 이내로 낮게 나타났다. 위에 제시된 바와 같이 토양시료의 농도범위를 살펴보면 구리의 농도는 20.074 ~ 54.008 mg/kg, 카드뮴의 농도는 0.154 ~ 0.720 mg/kg, 납의 농도는 0.140 ~ 44.162 mg/kg, 6가 크롬의 농도는 0.569 ~ 1.923 mg/kg, 비소의 농도는 0.062 ~ 4.095 mg/kg 그리고 수은의 농도는 0.023 ~ 0.416 mg/kg로 나타났다. 이로부터 상기에서 분석된 6개의 중금속 중에서 구리의 농도가 가장 높은 것으로 나타났다.

이상과 같이 시추장비 및 인력채취에 의하여 채취된 토양시료에 대한 화학분석 결과, 전체적인 오염물질의 농도범위를 살펴보면 구리의 농도는 0.769 ~ 54.008 mg/kg, 카드뮴의 농도는 0.05 ~ 0.720 mg/kg, 납의 농도는 0.140 ~ 44.162 mg/kg, 6가 크롬의 농도는 0.569 ~ 1.923 mg/kg, 비소의 농도는 0.062 ~ 4.095 mg/kg 그리고 수은의 농도는 0.023 ~ 0.416 mg/kg로 나타났다. 제시된 바와 같이 중금속이 일부 검출되었으나 이의 농도는 토양환경보전법에서 규정한 공장용지인 나지역의 우려기준 및 대책기준 이내인 것으로 나타났다.

IV. 결 론

1. 매립지 주변에 대한 지하수질분석 결과, 매립지 주변에서 누출되는 오염수는 매립지내의 침출수 원수보다 농도가 낮게 나타났으며 오염수와 침출수의 구성성분 중에는 부분적으로 유사한 특성을 지니고 있는 것으로 평가되었다. 오염수의 악취나 색깔 및 농도 등으로 판단할 때 주변의 오염수는 폐기물매립지의 침출수가 부분적으로 누출된 것으로 판단된다.
2. 매립지 인근에서 관측된 오염수의 농도가 지역적으로 이상 분포를 보여 주변지역에서 연결된 지하배출관, 기타 지하매설관, 지중매설이물질 등의 추가오염원을 전혀 배제할 수는 없다고 판단된다.
3. 매립지 주변에 대한 토양분석 결과, 매립지 주변 토양에서 중금속 등이 일부 검출되었으나 이는 토양환경보전법에서 규정한 공장용지인 나지역의 우려기준 및 대책기준 이내인 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 건설교통부, 오염지반의 거시적 분포 및 오염원의 형태조사기법 개발, '96연구개발사업 연차보고서, 1997
2. 염익태, 최상일, 토양오염 문제에의 효율적 대응, 환경 21, 1997
3. EPA, Subsurface characterization and monitoring techniques, EPA/625/R-93/003a, 1993