

폐기물매립지 주변의 오염물질 분포 및 이동 특성
Characteristics of Distribution and Potential Route of
Contaminants at Waste Disposal Site.

박성원, 황세호, 이평구, 박인화, 신성천, 이상규
한국지질자원연구원
(e-mail : spark@kigam.re.kr)

ABSTRACT

A geophysical and geochemical study was performed to verify the depth of landfill as well as the horizontal/vertical distribution of leachate at the landfill site located in Gongju. The electrical resistivity, with dipole-dipole array and dipole spacing of 5m, was applied along the nine survey lines and electromagnetic induction survey was conducted along the perimeter traverse surrounding the landfill. Cations, anions and stable isotope (δD and $\delta^{18}O$) analyses were performed on about 63 water and leachate samples collected in dry and rainy seasons at 31 sites. The result of electromagnetic induction survey make it possible to derive the potential route of leachate in the past or present. The imaging of processed resistivity field data show that the possible route of leachate doesn't exist except the survey line 7. The weak zone traversing the landfill, however, is revealed by the electrical resistivity imaging, which may be the potential route of leachate toward the deep ground. The geochemical data agree well with geophysical data for deducing possible route of leachate of the site.

key words ; Landfill, Leachate, Weak zone, Potential route, Stable isotope,

1. 서론

쓰레기를 위생적으로 처리하기 위하여 많은 노력을 기울여 왔음에도 불구하고 쓰레기 매립과정에서 여전히 주변의 환경오염 문제가 많은 관심을 불러일으키고 있다. 우리나라에는 현재 생활 및 산업폐기물의 과반수 이상이 매립처리되고 있으나 국내의 사용종료된 매립지의 대부분은 차수시설이 갖추어져 있지 않은 불량매립지여서, 비위생적으로 처리된 수많은 불량매립지로부터 배출되는 침출수 및 매립가스는 토양 및 대기중으로 확산되어 주변환경을 오염시키고 있는 실정이다. 더구나 매립지의 대부분이 농경지, 임야나 주거지역에 인접해 있거나 상수원 부근에 위치한 경우도 상당수 조사되고 있다. 오염된 토양 및 수질을 정확시키는 것은 상당한 시간과 노력이 요구되므로 이러한 매립지의 특성을 면밀하게 분석하여 적절한 대책을 수립하는 것이 무엇보다 시급하다고 할 수 있다.

1997년 2월 현재 사용 종료된 매립지는 898개소이며, 그 중 약 10%인 88개소만이 침출수를 자체처리하고, 741개소는 처리되지 않는 불량 매립지인 것으로 조사되었다. 또한 전국의 사용 종료된 매립지의 실태조사를 위해 182개소에서 지하수 검사를 실시한 결과, 이중 56개소에서 COD, NH₃-N, NO₃-N, Mn 등의 오염물질이 지하수 수질기준(생활용수기준)을 초과하는 것으로 나타났다 (국회환경포럼, 1999).

연구지역으로 선정된 금홍동 매립지는 1983년부터 1999년까지 16년간 공주시에서 발생하는 생활쓰레기를 매립해 왔으며 99년도에 환경부에 의해 비위생매립장 정비사업 대상지로 확정되었다. 본 연구에서는 지구화학적, 지구물리학적 연구를 통한 매립장 및 주변 환경영향 지역에서의 침출수등 오염물질의 분포와 이동 특성을 밝히고자 한다.

2. 연구방법

(1) 물리탐사 연구

지구물리탐사는 매립장에서 침출수의 공간적 확산 경로 및 오염원의 분포 특성을 파악하기 위하여 수행하였다. 쓰레기 매립장은 매립이 완료된 상태이며 매립장 경계부에 침출수의 차단 목적으로 차수벽이 설치되어 있다. 차수벽 시공 시기는 알 수 없지만 매립이 완료되는 시점이나 완료된 상태에서 시공된 것으로 보인다. 물리탐사 축선은 매립장 경계부에서 침출수의 확산이 예상되는 경로 파악을 위한 축선과 매립장 상부에서 심도에 따른 매립물의 두께와 매립장 하반의 오염 정도를 파악하기 위한 축선으로 구분하여 설정하였다. 지형적으로는 축선 Line 5의 100 m 부근(축선 우측부)이 약간 높으며 매립장 주변에 위치한 축선들의 지형은 거의 평탄하다. 축선 Line 9, Line 4 및 Line 6은 각각 축선 Line 1과 Line 2의 탐사 결과에서 확인되는 약선대의 연장성 확인 목적으로 설정한 축선이며 매립장 상부에 위치하는 축선 Line 8은 축선 Line 3에 대한 탐사 결과, 기반암의 심도를 파악하지 못해 가탐 심도를 증진시켜 설정한 축선이다 (Fig. 2 참조).

물리탐사를 실시한 시기는 5월과 11월 초순이며 쓰레기 매립장 경계에서 주파수 영역 전자탐사 및 전기비저항 탐사, 그리고 매립장 상부에서 전기비저항 탐사를 수행하였다. 전기비저항 탐사는 쌍극자 배열을 이용하였고 전극간격은 5 m (축선 Line 8은 10 m)이고 전극전개수를 10, 측정자료의 중합수는 약 16 번, 입력 전류는 50~100 mA이며 탐사자료의 역산 입력시, 전기적 잡음의 영향을 받은 자료는 삭제하였다 (김정호, 1987).

(2) 지구화학적 연구

시료채취는 북쪽의 중산천과 서쪽의 정안천 과 남동쪽의 고지대로 둘러싸인 매립지를 중심으로 지하수 및 침출수를 대상으로 하였다. 지하수 시료는 매립지를 중심으로 침출수에 의한 오염영향이 예상되는, 양수 가능한 모든 관정과 매립지 남동쪽에 설치돼 있는 관측정에서 채취 하였으며, 지표수 시료는 매립지를 둘러싸며 흐르는 중산천과 금강으로 유입되는 정안천에서 채취하였다. 한편, 오염영역 및 이동/확산 탐지를 위해 중요한 연구 대상이 되는 침출수 시료는 매립지 중앙에 설치돼 있는 관측정과 차집시설, 그리고 매립지에서 유출되어 흐르는 침출수를 대상으로 하였다. 모든 시료는 계절적 변화 양상을 고려하여 전기인 2000

년 4월, 우기인 8월과 9월의 세차례에 걸쳐 채취되었다. 4월에는 논과 밭에 설치된 11개 관정 등 총 14개 관정의 지하수 시료(G)와 매립지 주변 5지점에서 침출수 시료(L)가 채취되었다. 8월에는 양수가 12개 관정의 지하수 시료와 2개 관측공(M)의 물시료 채취와 매립지 중앙부 관측공(T)에서 침출수 1개 시료와 주변 침출수 시료 4개 및 남동쪽의 관측공(2)에서 물시료를 채취 하였다. 9월에는 7개 관정의 지하수 시료와, 중앙부 관측공에서 1개 시료와 차집시설내에서 심도별 채취가 이뤄졌다. 계절에 따른 수질변화 양상을 보기위해 시료채취시 관정이외의 지표수나 침출수의 경우 되도록 동일지점에서 시료채취가 이뤄졌다. 채수 즉시 현장에서 온도, pH, EC, Eh 및 Alkalinity(HCO_3) 등을 측정하였으며, 채수 후 $0.45\mu\text{m}$ 멤브레인 필터로 여과한 다음, 음이온 분석용 시료는 진공 튜브(15ml)에 담아 5°C 이하로 냉장 보관하였고, 양이온 분석을 위한 시료는 100ml 폴리에틸렌 병에 넣고 1ml 질산 처리후 상온 보관하였다. 수소 및 산소 안정동위원소 측정용 물시료는 대기 수분과의 접촉 및 증발에 의한 동위원소 분별작용을 피하기 위해 진공 튜브(15ml)에 직접 시료를 주입시켜 진공상태로 채취하여 분석시 까지 냉장실(5°C)에 보관하였다.

양이온은 Join-Yvon사의 ICP-AES인 Geoplasma(Model BJY-70)를 이용 정량분석 하였으며, 음이온은 Ion Chromatography(Dionex)로 분석하였다. 수소 및 산소 안정동위원소비는 가스-질량분석기(Finnigan MAT-252)로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

물리탐사 결과 천부 지층의 전기전도도를 측정하는 전자탐사 결과, Line A의 225~325 m와 375~410 m 구간 (Fig. 1의 왼쪽 하단의 화살표와 Fig. 2의 A와 B)은 매립장에서 흘러나온 오염된 침출수의 영향을 받은 것으로 보이며 시기는 차수벽을 설치하기 前 또는 後인지는 알 수 없다. 매립장 주변에서 수행한 전기비저항탐사 결과인 그림 1을 보면, 축선 Line 7의 축점 20~21 하부가 현재 침출수의 확산 경로일 가능성이 제일 높으며 (Fig. 2에서 ↑로 표기), 다른 위치에서는 침출수의 확산경로로 추정되는 구간을 확인할 수 없었다. 그리고, 축선 Line 5, Line 1, Line 9 및 Line 4의 낮은 비저항대가 연결되는 약선대가 매립장을 통과하는 것으로 해석되어 매립장 하부로 침출수 확산의 통로 역할을 하는 것으로 보인다 (Fig. 1의 우측 하단과 Fig. 2의 점선 C). 마지막으로 축선 Line 2와 Line 6에서 북동방향으로 발달하는 것으로 예상되는 연약대가 매립장 안으로도 연장되는 것으로 추정되어 추가적인 탐사가 요망된다.

상기 결과와 지구화학분석자료의 비교를 위해 천부지하수와 침출수의 화학분석 자료 중에서, 폐기물 매립지 조사시 오염운(plume)의 영역탐지 및 이동 감지를 위해 일반적으로 가장 많이 사용되는 Cl, EC를 선정하여 공간적 변화양상을 비교검토 하였다. 축선은 물리탐사결과 자료중에서 축선 Line 7상에서 침출수의 확산경로로 추정되는 지점(Fig. 2에서 ↑로 표기)을 중심으로 하였으며, 본 지역의 지하수 유동방향 및 매립장 상부에서 시행한 오거시추결과 확인된 매립물과 차수재(논토양)와의 경계면 방향을 고려하여, 매립장을 관통하는 축선을 설정 도시한 결과(Fig. 3) 배경치(G5)에 비해 G7(Fig. 2의 ↑와 동일한 위치), G6위치 방향으로 높은 값을 보여주고 있으며, 침출수 거동 확인을 위한 또다른 지시자로서 사용한 수소 및 산소 안정동위원소 비값의 변화률도

시한 결과(Fig. 4) 역시 G7위치에서의 δD 및 $\delta^{18}O$ 의 값이 주변 지하수에 비해 높아 침출수와 혼합작용 결과로 생각된다(지하수 시료에 비해 낮은 δD 및 $\delta^{18}O$ 값을 갖는 침출수는 강우에 의한 희석작용의 결과로 해석됨). 이러한 지구화학적연구 결과는 상기의 물리탐사결과와 잘 일치하며, 침출수 유동등의 추정을 가능케 한다.

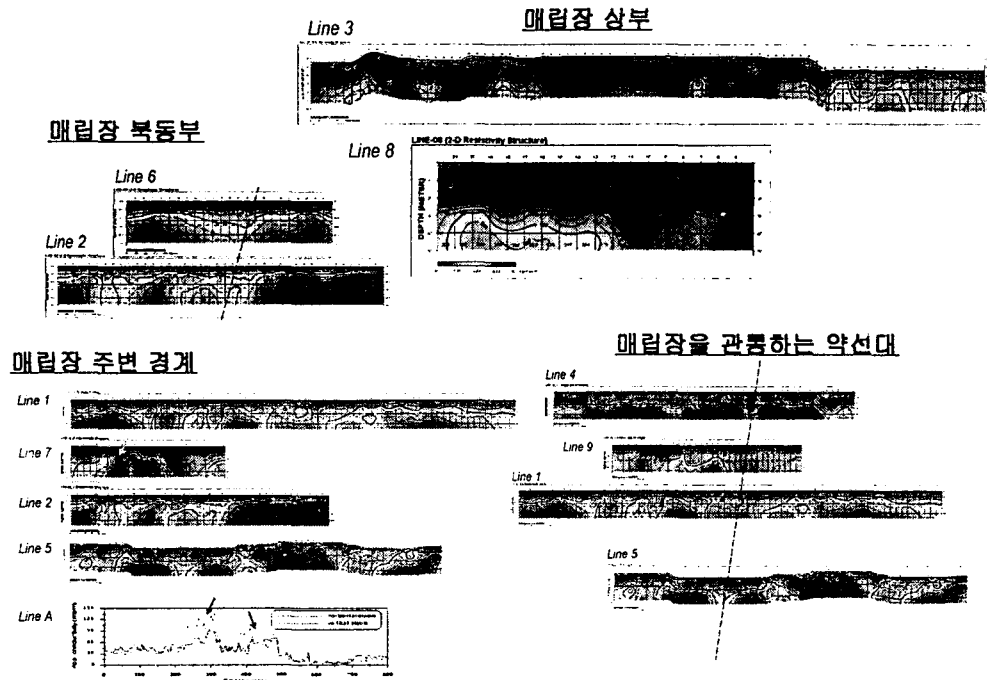


Fig. 1. Results of geophysical survey along and on the waste disposal site.

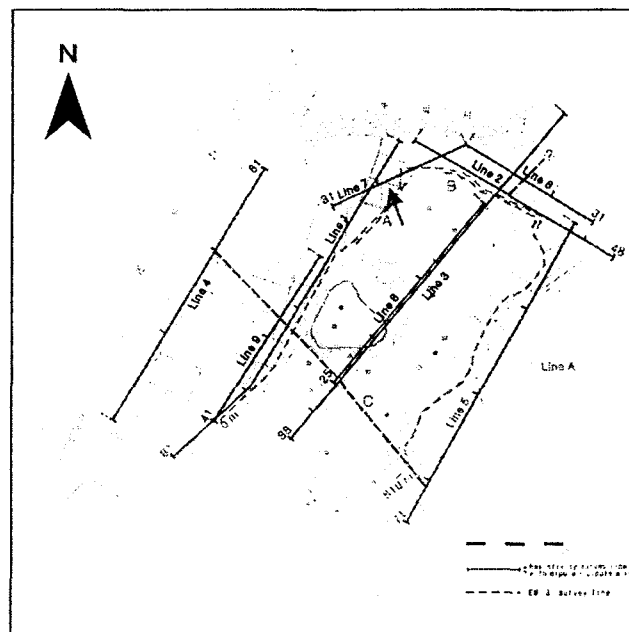


Fig. 2. Geophysical survey lines and results of interpretation(dotted line: weak zone, arrow: potential route of leachate).

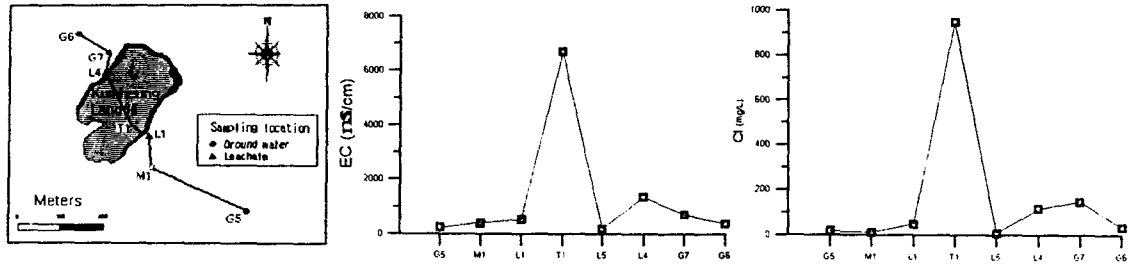


Fig. 3. Sampling locations and horizontal variation of Cl and EC at Gongju landfill site(G7 is same location with the arrow in Fig. 2).

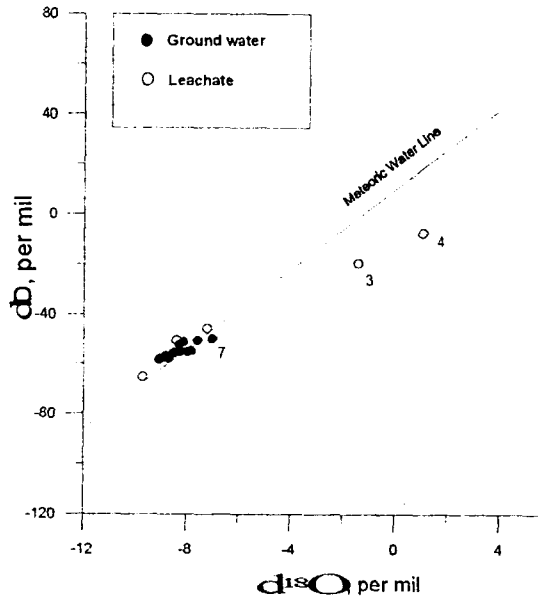


Fig. 4. $\delta D - \delta^{18}O$ plot for the groundwater and leachate from the study area(2000. 4).

4. 참고문헌

1. 국회환경포럼, 1999, 토양환경문제 워크샵, p. 101.
2. 김정호, 1987, 2차원 전기비저항 탐사자료의 역산. 서울대학교 박사학위 논문.
3. Clark I.D. and Fritz Peter, 1997, Environmental isotopes in hydrogeology, Lewis Publishers, New York, 328p.
4. Dixon K.K., 1992, Preliminary assessment(PA) report for the old Norman landfill, Oklahoma State Department of Health, Oklahoma City.

사사 : 본 연구는 한국지질자원연구원 기관고유사업의 일환으로 수행되었다.