

제주도 비위생매립지 주변 수리지질환경 피악을 위한 전기, 전지탐사 적용

송성호, 옹환호, 김기표*, 안중기*, 김창용**

농업기반공사 농어촌연구원, *농업기반공사 제주도본부, **제주시 폐기물 환경사업소 (shsong@karico.co.kr)

<요약문>

쓰레기매립장의 침출수 누출 탐지를 위한 물리탐사법은 침출수의 전기전도도를 대상으로 한 전기탐사법이 주로 적용되어 왔다. 이 연구는 제주도에 위치한 비위생매립지를 대상으로 주변 수리지질환경 파악을 위한 전기비저항 탐사와 더불어 매립장 경계부와 토양층을 통한 침출수 누출 영역을 효율적으로 규명하기 위하여 다중주파수를 이용한 소형루프 전자탐사를 병행하여 수행하였으며, 아울러 오염지역의 천부 지하수 유동 방향을 추정하기 위하여 침출수의 유동에 의해 발생할 수 있는 자연전위를 모니터링 하였다. 전기비저항 탐사 및 자연전위 모니터링 결과 매립지 주변을 통한 침출수의 누출 가능성은 거의 없는 것으로 나타났으며, 이는 주변 하천에서 정기적으로 실시한 수질 분석 결과와 일치된다. 또한 소형루프 전자탐사 자료에 대하여 공간 필터링 및 1차원 역산법을 적용한 결과 매립장 경계부의 위치 및 매립장 내부의 심도별 매립물에 의한 저비저항 이상대를 효과적으로 도출 할 수 있었다.

주요어 : 쓰레기매립장, 침출수, 제주도, 전기비저항 탐사, 자연전위 모니터링, 소형루프 전자탐사

1. 서론

침출수 누출 영역 탐지에 일반적으로 적용되는 전기비저항 탐사는 전극의 지표 접지 및 긴 전선의 설치 등 상대적으로 많은 시간이 필요하므로 광범위한 지역의 전기비저항 변화를 효율적으로 조사하는데 제한이 있다. 일반적으로 매립장의 침출수는 천부의 토양층을 따라 확산되는 경우가 많으므로 최근에는 오염영역의 효과적 조사를 위하여 다중주파수의 소형루프 전자탐사를 이용하여 지표 하부 약 10 m 이내의 토양층에 대한 전기전도성 침출수의 분포 범위를 규명하는 등 현장 적용성을 검토한 연구 결과가 제시된 바 있다 (송윤호와 정승환, 2002). 이 연구에서는 제주도에 위치한 비위생 매립장의 매립지 경계부와 침출수 누출 영역 탐지를 위하여 전기비저항 탐사와 더불어 소형루프 방식을 이용한 고해상도의 전자탐사를 이용하여 천부의 전기비저항의 변화를 탐사하였으며, 최근 송성호외 (2002)에 의해 오염 현장에서 효과적으로 적용되고 있는 자연전위 방법을 병행하여 천부 지하수의 유동방향을 추정하였다.

2. 본론

이 연구의 목적은 비위생 매립지 주변의 수리지질 특성을 규명하여 매립 이후 지금까지의 오염 영역

규명 및 향후 장기적인 오염 모니터링 대책 수립을 위한 기초자료 제공에 있다. 현장 조사는 침출수의 물리적인 특성을 대표하는 전기전도도 변동양상을 규명하기 위해 전기비저항 탐사와 소형루프 전자탐사를 수행하였으며, 이와 병행하여 침출수의 유동과 밀접한 관련이 있는 유동전위를 측정하는 자연전위 모니터링을 수행하였다.

2.1 전기비저항 탐사

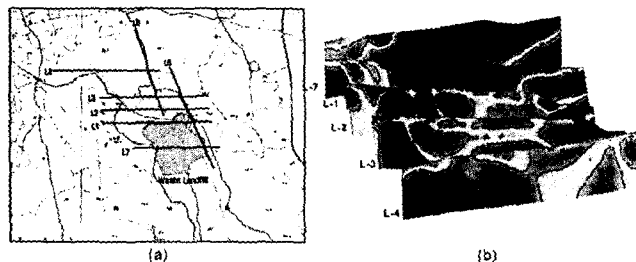


Fig. 1. Location map(a) and the fence diagram with inversion result(b) at each lines.

전기비저항 탐사는 조사지역 주변의 전체적인 수리지질구조와 오염 경로 파악을 위하여 전국 간격을 20 m로 하였으며, 배열은 신호대 잡음을 향상시키는 배열법으로 변형된 단극배열법을 주로 하고 슬립버저 배열법을 병행하였다. 측선은 매립지를 중심으로 상류부(L8), 매립지 내부(L7), 매립지 하류 경계부 1측선(L1) 및 매립지 하부 3측선(L2, L3, L4)을 지형경사와 수평하게 배열하였으며, 2개의 측선(L5, L6)을 매립지 하류부의 수평 배열 측선들과 수직되게 배열하여 탐사를 수행하였다 (Fig. 1(a)). Fig. 1(b)는 매립장 주변 전체에 대한 수평적인 전기비저항의 변화와 수평적인 이상대의 공간적인 연관성을 효과적으로 파악하고자 fence diagram으로 도시한 결과로, 매립장 내부와 하류 경계부인 L-7과 L-1 측선에서의 약 40 ohm-m 이하의 저비저항대가 하류부 측선인 L-2와 L-3 측선에서 두 갈래로 나뉘어지는 영상이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다. 특히 모식도 우측에 나타난 이상대는 계곡의 방향과 일치되며, 왼쪽으로 나타나는 이상대는 도로를 따라 발달되는 형태를 보여준다. 이러한 국부적인 이상대 중 계곡부의 경우는 지표수의 흐름과 연관되어 해석이 가능하지만, 반대쪽에 나타나는 이상대의 경우는 지형 및 수리지질 구조로 설명이 불가능함에 따라 향후 시추조사 등의 추가적인 조사가 필요하다고 판단된다.

2.2 자연전위 탐사

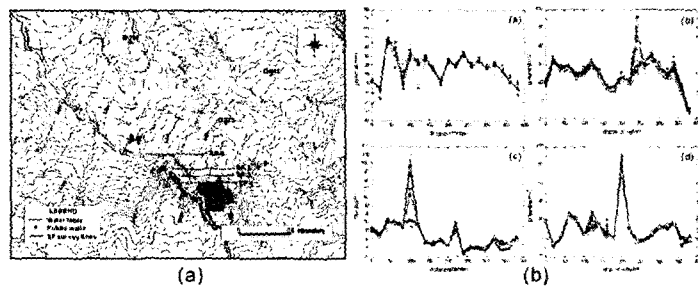


Fig. 2. Location map of SP survey with groundwater level(a) and total field SP profiles(b) at each lines.

대부분 오염지역의 경우 오염영역 및 향후의 오염의 예상 진행상황은 수리지질구조와 관련하여 지하수의 분포 및 유동양상과 밀접한 관계가 있으므로 연구지역 주변에 위치한 관정의 지하수위를 기초로 2차원 전기비저항 탐사의 측선과 동일한 측선에 대하여 각 약 1일 간의 자연전위 모니터링을 실시하였다. Fig. 2는 탐사 측선과 조사지구에서 얻어진 자연전위 자료를 기준전위에 대한 총 전위로 나타낸 그래프로, 매립지 경계부인 SP-1 측선의 경우는 각 측정에서의 자연전위값의 변화가 지그재그(Zig-zag) 형태로 나타나는데, 이러한 결과는 매립지에 묻어진 쓰레기의 다양한 성상에 의한 영향이 자연전위값에 반영된 것으로 판단된다. 매립지 하류부에 SP-1 측선과 평행하게 배열한 SP-2와 SP-3 측선의 경우는 전반적으로 10~50 mV 범위 내에서 자연전위값의 변화가 나타나지만, 측선 우측부인 계곡부 근처에서 음 (-)의 이상대가 각 각 나타나므로 이는 계곡부에 형성된 지하수의 흐름에 의해 주변지역에 비해 지하수의 유동 현상이 뚜렷하게 나타나는 영향으로 판단된다.

2.3 소형루프 전자탐사

탐사 측선은 매립지를 중심으로 상류부와 하류부 및 경계부를 대상으로 배열하여 침출수의 유출 가능성을 중점적으로 파악코자 하였다 (Fig. 3(a)). Fig. 3(b)는 각 측선별로 이상성분 자료에 공간 필터링을 적용한 후 겉보기 비저항을 구한 결과로, 매립장 내부의 값은 전체적으로 수십 ohm-m 이하의 저비저항으로 나타나며, 이는 이상성분의 결과 같이 심도별로 연속적인 변화가 나타나는 결과와 일치된다. 또한 매립장 외부에서 수행된 EM-5 측선에 대한 탐사 결과는 매립장 내부에 대한 탐사 결과와 달리 일정한 경향성이 나타나지 않음에 따라 지표 하 약 10 m 이내의 천부의 경우는 매립장으로부터 발생 가능한 침출수의 영향이 거의 없는 것으로 판단된다.

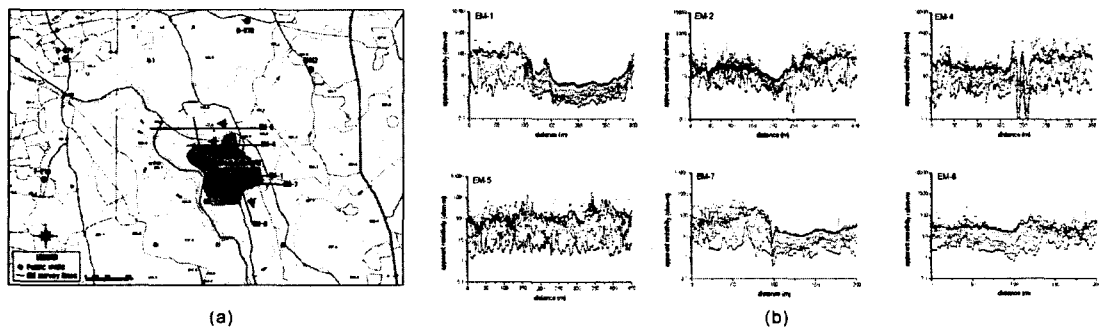


Fig. 3. Location map of the small-loop EM survey lines(a) and profiles of apparent resistivity(b) obtained from spatial filtered data for out-of-phase components at each EM survey lines.

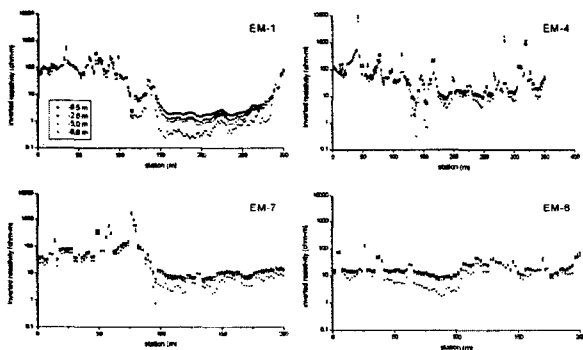


Fig. 4. Profiles of inverted resistivity at 0.5m, 2.0m, 5.0m and 6.6m obtained from one-dimensional inversion.

경우 지표 하부 약 5 m 이하에서 약 10 ohm-m 이하의 저비저항대가 국부적으로 나타남에 따라 침출수의 영향이 나타난 것으로 판단된다.

3. 결론

이 연구에서는 제주도에 위치한 비위생 매립지와 주변부에 대하여 침출수 누출에 의한 환경오염 가능성을 검토하기 위하여 종합적인 물리탐사를 수행하였다. 2차원 전기비저항 탐사는 변형된 단극배열을

Fig. 4는 1차원 역산법을 이용하여 처리된 자료를 이용하여 각 측선별로 도시한 결과로, 매립장의 중앙부를 동서로 가로지르는 EM-1 측선의 경우 상부는 약 2 ohm-m이며 하부로 갈수록 0.3~0.5 ohm-m로 낮아지는 경향을 보여주는데, 본 매립장의 매립고가 약 25 m인 점을 감안하면 매립물의 영향이 가장 크게 나타나는 것으로 판단된다. 매립장의 상부에서 수행된 EM-7, EM-8 측선의 경우는 역산에 의해 계산된 심도범위에서 전체적으로 10 ohm-m 내외의 전기비저항이 나타남에 따라 침출수의 영향이 매립지 중앙부에 비해 상대적으로 적게 나타나는 것으로 판단되며, 매립장 하류의 경계부 외곽을 따라 수행된 EM-4 측선의

적용하였는데, 변형된 단극배열법이 제주도의 지질조건에 따른 전극의 접지 불량을 극복하는데 효과적이었으며, 신호 대 잡음비를 향상시킴에 따라 매립지 주변의 수리지질구조를 밝히는데 효율적임을 확인하였다. 지하 약 10 m 이내의 천부를 대상으로 다중주파수 이동 송수신 방법인 고해상도 전자탐사 자료 처리 및 1차원 역산법을 적용한 결과 매립장 경계부의 위치 및 매립장 내부에 대하여 심도별로 매립물에 의한 저비저항의 이상대를 효과적으로 규명할 수 있었다.

4. 사 사

본 연구는 제주시 폐기물사업소와 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업 단 연구비의 일부 지원(과제번호 3-3-1)에 의해 수행되었습니다.

5. 참고문헌

1. 송윤호, 정승환, 소형루프 전자탐사의 감도분석 및 가탐심도 추정, 물리탐사, 5권, 299-308(2002).
2. 송성호, 배광옥, 용환호, 박삼규, 자연전위탐사를 이용한 지하수 유동 해석, 2002 대한지질학회 추계학술발표회 논문집, 123(2002).