

## Application of Electrical Resistivity Survey For Contaminant Evaluation at Uncontrolled Landfills

Seong-soon Lee<sup>1</sup> · Hee-Sung Yoon<sup>1</sup> · Kang-Kun Lee<sup>1</sup>

Jin-Young Lee<sup>2</sup> · Chang-Gyun Kim<sup>3</sup> · Young-Chul Yu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Hydrogeological Environment, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University

<sup>2</sup>GeoGreen21 Co., Ltd., <sup>3</sup>Department of Environmental Civil Engineering, Inha University, <sup>4</sup>DongA Co., Ltd

e-mail: soon3311@snu.ac.kr

### 요 약 문

To evaluate geology and extent of leachate migration around the landfills, electrical resistivity survey were conducted in area of uncontrolled landfills in Cheonan and Wonju. The Cheonan landfill is located above the paddy fields and the resistivity survey lines were crossed to confirm possible pollution of the paddy fields by leakage of the landfill leachate. In Wonju, the landfill and the downgradient paddy fields are divided by a concrete barrier wall. At the bottom of the landfill, there is a leachate settlement system but has not been in operation. And a total of 4 survey line installed (1 parallel and 3 perpendicular to mean groundwater flow direction). According to the resistivity survey results, the landfill leachate in Cheonan appeared to be restricted only within the interior of the landfill, not to migrate into the subsurface of the paddy fields. These results are well consistent with electrical conductivity values of groundwaters obtained from a periodic analysis of water qualities. In Wonju, however, it was inferred that the leachate emanating from the landfill migrated beneath the abandoned leachate settlement system and it would reach the downgradient paddy field.

**key words:** uncontrolled landfills, Leachate, Electrical Resistivity, Electrical Conductivity

### 1. 서 론

산업 및 도시의 발달로 대량생산 및 대량소비가 활성화되었고 이로 인한 쓰레기발생 또한 폭발적으로 증가하고 있다. 생활 및 산업쓰레기의 처리는 최근에는 위생적으로 매립되지만 과거에는 환경오염에 대한 인식 부족 및 행정적·경제적 한계로 비위생적이거나 불량으로 매립된 것은 사실이다. 매립지 내부에서 기인한 침출수는 인근 지하수를 오염시킨다. 따라서 매립장에서 발생한 침출수의 거동 및 분포양상을 예측하는 것은 매립장을 효과적으로 관리하는 초석이 될 수 있다. 국내외 매립지에 대한 오염평가를 위해 여러 지구물리탐사가 적용되었다. 특히 국내 매립지에 대한 최초의 물리탐사의 적용은 난지도 매립지의 침출수 및 주변 환경에 대한 연구에 최초로

적용되었다.

본 연구에서는 불량 매립지 주변 오염평가를 위해서 환경오염과 매립지 침출수 분포 파악에 대한 적용성이 매우 양호하고 광역적인 조사에 효율적인 방법으로 알려진 전기비저항 탐사를 수행하였다.

## 2. 본론

### 2.1 대상 매립지

연구 대상 매립지는 천안시 J매립지와 원주 T매립지이다(Fig. 1). 천안 매립지(Fig. 1a)는 상대적으로 평지위에 있으며 주로 생활쓰레기가 매립되어 있으며 매립깊이는 약 4 m 이고 상부 복토는 1~3 m 이고 평균 1 m 내외이다(Table 1). 이 매립지는 바닥 차수재나 침출수 집수시설은 없다. 본 지구물리탐사는 불량매립지 침출수의 분자생태학적 자연저감 연구의 일환으로 수행된 것으로 이 연구를 위해 매립지의 내외부에 내경 2.5 cm의 12개의 지하수 관측정이 설치되어 있다.

원주매립지는 다소 급경사의 산으로 둘러싸인 계곡에 위치한다(Fig. 1b). 매립깊이는 약 50 m 이며 복토는 1.5 m 정도이다(Table 1). 본 매립지도 하부 차수시설은 없으나 비교적 최근에 만든 것으로 추정되는 매립지 말단부의 콘크리트 장벽과 이를 통해 배출되는 일부 침출수를 모아 부유물을 침전시키는 시설이 있다. 그러나 이 시설은 건설 초기 외에는 거의 운영되지 않은 것으로 알려지며 현재도 폐기되어 있다. 매립지의 상하부에 깊이 3~6 m의 지하수 관측정이 13개 설치되었다.

Table 1. General conditions of the study landfills

Landfills	Cheonan	Wonju
Location	Jiksan, Cheonan	Taejang, Wonju
Period of landfilling	1991~December 1998 (7 years)	May 1982~August 1995 (13 years)
Landfill type	General landfilling	Valley landfilling
Landfilling volume	41,000 m <sup>3</sup>	322,000 m <sup>3</sup>
Waste type	Household wastes	Household wastes
Landfilling area	6,000 m <sup>2</sup>	81,000 m <sup>2</sup>
Landfilling depth	~4 m	~50 m
Thickness of cover soil	1 m	1.5 m
Landfill land use	Bare or barren land	Public sports facility

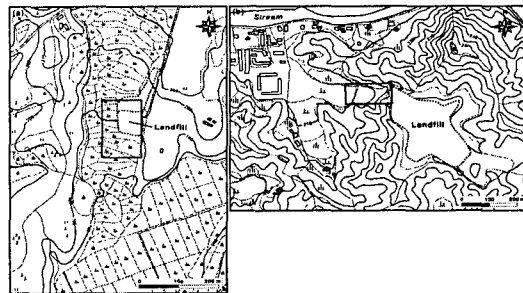


Fig. 1. Locations of the studied landfills in (a) Cheonan and (b) Wonju.

### 2.2 전기비저항 탐사

본 연구에서는 Dipole-Dipole 배열방법에 의한 2차원 전기비저항 탐사를 실시하였으며, Fig. 2는 본 연구에 적용한 탐사측선 배열을 보여준다. 천안매립지는 두 개의 측선을 그리고 원주 매립지는 4개의 측선을 적용하였으며, 총연장 길이는 1,095 m이었다. 탐사 측선 간격은 5~10 m 등간격으로 전극을 설치하였으며, 전류 주입량은 20~50 mA로 주입하였다.

자료해석은 DiproWin ver 4.0를 이용하여 지형의 영향을 유한차분(FDM)기법에 의해 보정한 후 진비저항 단면도를 산출하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 천안매립지

천안매립지의 탐사결과는 Fig. 3과 Fig.5(a)와 같다. CE-1 측선은 3개층으로 나눌수 있으며 1층은 평균 저항값이 150 ohm-m 이하의 값을 갖는 풍화대로 간주된다. 탐사측점 10번에서 16번이 매립지에 해당하는 지점으로 13번 지점 하부로 저비저항대가 존재하는 것으로 나타나는데, 이는 매립지내 침출수로 추정된다. 16번부터 19번까지 지표근처의 저비저항대는 일반적인 지하수 존재를 나타내며 이런 지하수의 존재는 지형구배나 수리 구배의 영향으로 매립지내 침출수 생성의 기원이 될 것으로 사료된다. 2층은 평균 저항값이 150~1,000 ohm-m에 해당하는 층으로 이 층을 기준으로 지하수의 연직방향의 이동이 제한되며 수평방향의 지하수 흐름이 일어날 것으로 사료된다. 또한 매립지내의 침출수가 10번, 12번 하부 약 4 m에 존재하는 매립된 쓰레기의 영향으로 형성된 중비저항대로 인해 지형구배로 인한 지하수의 흐름에 장애가 생겨 12번~14번 하부에 정류되어 있는 형태를 볼 수 있다. 이로 인해 기존 양수시험에서 양수 결과 시간경과에 따른 수위강하가 쉽게 일어나지 않는 것을 볼 수 있다. 또한 정기 샘플링의 결과에서도 매립지내 CW2, CW3 두 개의 관정에서 측정된 지하수의 전기전도도(EC)값이 CW4~CW7보다 상대적으로 높은 값을 나타내고 있다. 이는 위의 내용을 뒷받침 해주는 결과로서 지형구배로 인한 지하수의 흐름이 있다면 CW4, CW5도 EC값이 침출수에 의해 높게 나타날 수 있는데, CW3 이후의 관정들은 배경값에 해당하는 값으로 침출수의 영향이 적은 것으로 사료된다. 이는 전기탐사 결과에서 나온 지하수 흐름의 정체된 현상과 부합한다.

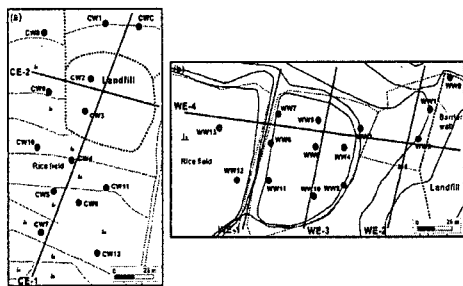


Fig. 2. Geophysical survey lines in (a) Cheonan and (b) Wonju.

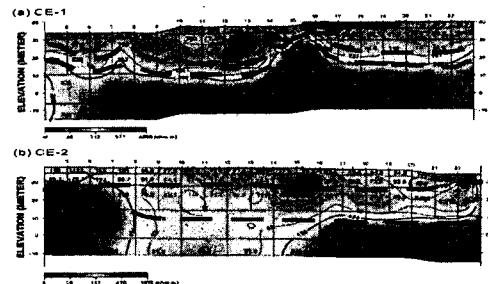


Fig. 3. Distribution of electrical resistivity along the lines (a) CE-1 and (b) CE-2 in Cheonan.

#### 3.2 원주매립지

원주 매립지의 전기탐사 결과는 Fig. 4와 Fig.5(b)와 같다. WE-1 측선은 저수지 제방 위에 위치하고 있어 역산 단면에서도 측정점 6~21번까지는 지표로부터 하부로 4m까지는 고비저항층이 존재하는 것으로 나타난다(Fig. 5a). 주된 지하수의 흐름은 17번 측정점 하부를 중심으로 흘러가는 것으로 추정된다. WE-2 측선은 매립지 침출수를 관리하기 위한 침전 처리시설 배수관이 놓여 있고, 전석이 주변에 산재해 있어 역산단면에 고비저항대의 분포가 많은 것으로 나타났다. WE-3 측선은 측정점 16번부터 산에 해당하여 높은 비저항대가 측정되었으며, 지하수의 흐름이 지형상 계곡부 발원한 지하수의 영향으로 왼쪽으로 편향된 형태로 흐르는 것을 관찰할 수 있었다. WE-4 측선은 매립지 옹벽을 가로지르는 측선으로 WE-1 측선과 교차부분에서는 제방 7~8m 하

부에 지하수 흐름이 관측되고 있으며, 측정점 34번은 매립지와 주변과의 경계인 옹벽에 위치하여 매립지로부터 발원한 침출수가 역산단면에 나타난 저비저항대의 위치를 따라 흐른다는 것을 추정할 수 있었다.

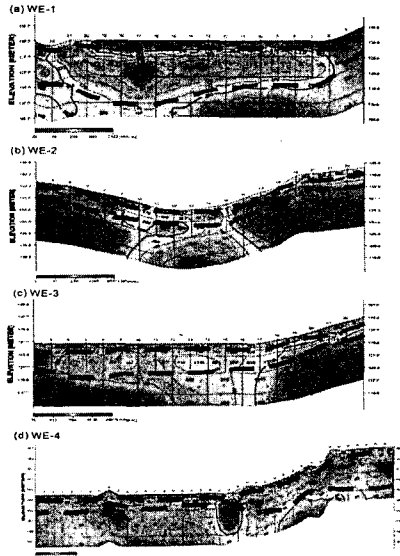


Fig. 4. Distribution of electrical resistivity along the lines (a) WE-1, (b) WE-2, (c) WE-3 and (d) WE-4 in Wonju.

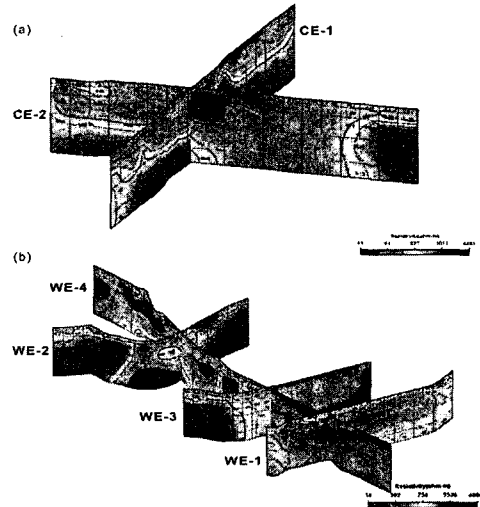


Fig. 5. Three-dimensional diagrams of electrical resistivities in (a) Cheonan and (b) Wonju.

#### 4. 결론

본 연구에서는 충남 천안시 불량매립지와 강원도 원주시 불량매립지 일대에 대해 전기비저항 탐사를 실시하였으며, 수집된 자료를 이용하여 2차원과 3차원 비저항 역산 모델링을 수행하여 매립지 주변 지질구조와 침출수 오염영역, 침출수 유동을 평가하였다. 천안과 원주 매립지는 불량매립지로서 2차원 비저항 역산모델을 수행한 결과 천안매립지의 경우 매립지 내부에 침출수의 존재를 파악할 수 있었으며, 침출수의 유동이 매립된 쓰레기의 영향으로 지형구배에 의해 이동하지 않고 매립지내에 정체된 형태로 존재하는 것으로 관찰되었다. 원주 매립지의 경우는 매립지로부터 유래된 침출수가 매립지 경계 부근 폐기된 침출수 처리시설 밑으로 흐름을 관찰할 수 있었고, 과거 저수지의 영향으로 지표 근처에서 낮은 비저항대를 형성하는 것도 확인할 수 있었으며, 저수지 제방에서는 하부 7~8 m 심도에서 지하수가 논으로 유입되는 것을 추정할 수 있었다.

#### 사 사

본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)”으로 지원받은 과제입니다. 이에 감사드립니다.