매립지의 계절별 온도변화와 전기비저항값의 상관성 분석

Analysis of the Relationship between the Seasonal Temperature Change and the Electrical Resistivity Value of Landfill Site

심낙종*** · 류돈식* · 김창균**,* · 이철희***

Nak Jong Sim*** · Don Sik Ryu* · Chang Gyun Kim**,* · Chul Hee Lee***

*수도권매립지관리공사 · **인하대학교 환경공학과 · ***아시아지오

*R&D Division, Sudokwon Landfill Site Management Corp

**Department of Environmental Engineering, Inha University

***ASIAGEO Co., LTD.

(Received May 12, 2017; Revised July 17, 2017; Accepted September 8, 2017)

Abstract : The bioreactor type of landfill is to operate to enhance waste decomposition by continuously supplying water such as leachate and wastewater within the landfill, which helps increase the landfill gas production, which in turn prematurely stabilize the landfill. Recently, the environmental law for the operation of the bioreactor type of landfill has been enacted and thereafter the bioreactor type of landfill has been introduced for the first time in Korea to the SUDOKWON landfill site. In order to properly apply for bioreactor to the landfill, it is necessary to investigate the water distribution inside the landfill so that water recirculation should be optimally allocated with the zone of concern. In this regard, electrical resistivity survey has been suitably performed to delineate the water distribution in the landfill. That is, it has surveyed for long-term of period that the recirculation of leachate has been properly reflected from electrical resistivity within the second landfill of SUDOKWON landfill site. As a result, the electrical resistivity immediately corresponded to the variation of the extent of the seasonal temperature dynamics. From this, a calibration could be accomplished by correlating between temperature and electrical resistivity obtained from this study that can be applicable for optimally monitoring to keep the ideal operating condition for the bioreactor type of landfill.

Key Words : Bioreactor Landfill, Electrical Resistivity Survey, Leachate Recirculation, Temperature Compensation

요약 : 바이오리액터형 매립지는 매립지 내부로 침출수나 폐수 같은 수분의 공급을 통하여 폐기물의 분해를 촉진하기 위하여 운영하며, 이러한 수분 공급은 매립가스를 증산하고 결국 매립지 조기안정화에 기여한다. 최근 바이오리액터형 매립지 운영을 위한 환경법이 제정되었으며 이에 따라 국내 최초로 수도권매립지에 도입하였다. 바이오리액터형 매립지의 안정적인 적용을 위하여는 매립지 내부의 수분분포 파악이 필수적이며 이를 통해 해당 구역에 적정하게 수분이 유지되도록 한다. 이를 위하여 매립지 내부 수분분포 파악을 위하여 전기비저항탐사를 실시하였다. 본 연구에서는 수도권매립지 제2매립장 내에 침출수 재순환과 함께 장기간 전기비저항탐사를 수행하였다. 그 결과, 전기비저항값이 계절적 온도 변화에 큰 영향을 받고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 본 연구를 통해 조사된 온도와 전기비저항값의 상관관계를 통한 보정방법을 이용하여 바이오리액터형 매립지를 안정적으로 운영할 수 있도록 하였다.

주제어 : 바이오리액터형 매립지, 전기비저항 탐사, 침출수 재순환, 온도보정

1. 서론

침출수를 매립지로 재순환하는 바이오리액터형 매립공법은 매립지내 적정 함수율을 유지하여 매립지내 유기성 폐기물의 분해조건을 최적화함으로써 그 분해 속도를 향상시키고 매립가스의 발생속도를 일정하게 조절하여 매립 폐기물의 에너지원으로서의 활용성을 극대화시킬 수 있는 매립공법이다.¹⁻⁴⁾ 국내에는 2016년 4월 폐기물관리법 시행규칙 개정을 통하여 매립가스 발전·연료화시설이 설치된 매립지의 경우 침출수를 매립지 내부로 재순환할 수 있는 침출수매립시설환원정화설비를 설치하여 바이오리액터형 매립장을 조성할 수 있게 되었다.

이같은 바이오리액터형 매립지를 효율적으로 관리하기 위해서는 다양한 운영 인자가 고려되어야 하며, 그 가운데 가

장 중요한 인자는 침출수 재순환에 따른 매립지 내부의 수분 분포 변화를 파악하는 것이다. 수분 분포도 파악은 함수율이 높은 지역과 낮은 지역을 구분하여 선택적으로 침출수를 재순환하는데 그 목적이 있다. 이를 통하여 매립지의 사면안정성을 확보할 수 있으며, 침출수 재순환 효과를 극대화 할 수 있다.

매립지 내부의 수분 분포도 파악은 전기비저항 탐사를 통하여 수행할 수 있다. 전기비저항 탐사는 전류 전극으로부터 흘려준 전류에 의해 야기되는 특정 지점간의 전위차를 이용하여 지하의 전기적 물성을 추정하는 탐사방법으로서 특히 지하수 탐사에 많이 이용되고 있다.⁵⁾

이에 수도권매립지내에 침출수 재순환에 따른 수분 분포 변화를 파악하기 위하여 장기간에 걸친 전기비저항 탐사를 수행하였으며 침출수 재순환에 따른 수분 분포가 변화하는

* Corresponding author E-mail: cgk@inha.ac.kr Tel: 032-860-7561 Fax: 032-865-1425

것을 확인할 수 있었다. 그러나, 지속적인 재순환에도 불구하고 매립지 최상부는 함수율 증가에 따른 전기비저항값의 감소가 뚜렷하게 나타나지 않았고 오히려 고 비저항대를 형성하는 등 나머지 부분과 층 분리현상을 보였으며, 이러한 현상은 특히 동절기에 심하게 나타났다.

일반적으로 전기비저항은 함수율, 공극률, 공극수의 전기전도도, 점토함유량, 온도 등 여러 가지 물성들의 복합적인 요인으로 결정된다.⁶⁾ 그리고 전기비저항값은 온도가 낮아지면 서서히 증가하게 되는데 이는 온도가 낮아짐에 따라 간극수에 존재하는 이온의 이동성이 감소하기 때문이며, 특히 간극수가 액체에서 고체로 상변화 하는 구간인 0℃에서 -1℃ 사이에서 급격한 전기비저항값의 증가를 보인다.⁷⁾ 이러한 현상으로 인하여 침출수 재순환시 시간경과에 따른 전기비저항값의 변화를 정확히 파악하는 것은 매우 어려운 사안으로 별도의 보정방안이 필요한 실정이다.

이러한 온도변화에 따른 전기비저항값의 보정방안은 Hayley 등⁹⁾ 및 Ward 등¹⁰⁾ 여러 학자들에 의하여 경험식에 의한 다양한 방안이 검토되었다. 그러나, 이러한 방안들은 일반적인 토질을 대상으로 실험하여 얻어진 결과로서 폐기물이 매립된 매립지에 적용하기에는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 바이오리액터형 매립지에 대한 전기비저항탐사 시 매립지 상부의 계절적 온도변화에 따른 영향을 검토하여 이를 바탕으로 수도권매립지 전기비저항탐사 자료의 신뢰도와 정확도를 높일 수 있도록 보정방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 대상 매립지 개요

침출수 재순환에 따른 연구 대상지역은 수도권매립지 제2매립장 4C블록 7단으로, 매립높이는 약 35 m, 매립면적은 42,300 m², 폐기물 매립량은 약 2,638,671 m³이다. 블록 내

Fig. 1. Leachate injection & electrical resistivity survey line in 2nd site of Sudokwon landfill.

Fig. 2. The amount of leachate recirculated into the 4C block.

Fig. 3. Leachate level of 4C block.

침출수 재순환 위치(8개 라인), 전기비저항 탐사위치(L1 ~ L7) 및 온도측정 지점(2개소)은 Fig. 1과 같다.

침출수 재순환 시설은 Fig. 1과 같이 4C 블록 내 각 138 m로 8개 라인이며, 지표로부터 약 1.2 m 깊이 폐기물 층에 설치하였다. 재순환은 2013년 10월 23일부터 2015년 12월 말까지 일평균 약 104톤을 재순환하여 총 83,128톤을 재순환 하였으며 각 라인별로 균등하게 재순환하였다(Fig. 2). 침출수 재순환에 따른 4C블록의 침출수 수위는 Fig. 3과 같이 큰 변동이 없는 것으로 측정되었다.

2.2. 전기비저항 탐사개요

2013년 8월부터 2015년 9월까지 약 3개월 주기로 침출수 재순환에 따른 매립지 내부의 수분분포의 변화를 평가하기 위하여 수도권매립지의 제2매립장 4C 블록에 50 m 간격의 격자형태로 전기비저항탐사 측선을 설치하여 전기비저항값을 모니터링 하였다(Fig. 1).

탐사측선은 Fig. 1의 7개 측선(L1 ~ L7)에 대하여 측정간격 7 m로 하여 전기비저항값을 모니터링 하였다. 측정간격은 매립지 높이 35 m를 고려하여 7 m로 정하였다. 먼저 L1, L2, L4, L5, L7 측선에 대하여 2013년 8월부터 약 3개월 주기로 실시하였으며, 2014년 12월부터 보다 정밀한 탐사를 위하여 L3과 L6측선을 추가하여 탐사를 진행하였다. 탐사장비는 ABEM사의 SAS-4000으로 획득한 데이터는 DIPRO

for Windows를 활용하여 2차원 비저항 역산을 수행하여 최종 평가자료로 확보하였다.

2.3. 전기비저항 탐사방법

일반적으로 4개의 전극(전류전극 2개, 전위전극 2개)을 이용하는 전기비저항 탐사의 전극 배열법에는 단극 전극배열(Pole-pole array), 단극-쌍극자 전극배열(Pole-dipole array), 쌍극자 전극배열(Dipole-dipole array), 웨너 전극배열(Wenner array) 및 슬럼버저 전극배열(Schlumberger array) 등이 있으며 탐사목적 및 현장 여건에 따라 적절한 전극 배열과 전극 간격을 선택하여 수평탐사, 수직탐사 또는 수평·수직 병행탐사를 실시한다.

전기비저항 탐사시에는 탐사의 목적과 규모, 그리고 현장여건에 따라 가장 적합한 전극배열법을 선택하여야 하는데 본 연구에서는 수평·수직 분해능이 상대적으로 높은 쌍극자 전극배열법을 사용하였으며, 적절한 가탐심도가 되도록 전극간격을 7 m로 유지하였다. 쌍극자 전극배열에 대한 일반적인 전극배열 모식도를 Fig. 4에 나타내었다.

쌍극자 전극배열은 Fig. 4에서 보는 바와 같이, 전류, 전위전극 간격 a 를 탐사목적, 정밀도 등을 고려하여 결정하고 $a, 2a, 3a, \dots, na$ 간격으로 단계적으로 이동하면서 전위차를 측정하여 겉보기 비저항치를 계산한다.

쌍극자 전극배열에서의 겉보기 전기비저항 ρ_a 는

$$\rho_a = \pi n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

식 (1)과 같이 표현할 수 있다.¹¹⁾

쌍극자 배열법으로 얻어진 측정값은 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 전위전극 중심과 전류전극의 중심에서 45°로 빗금을 그어 만나는 점에 기록한다. 전극전개수(N)중 N=1은 지표에서 가장 가까운 하부의 값을 나타내고 있으며 본 연구의 경우 N=1은 지표하부 약 7 m, N=2는 약 10.5 m, N=3는 14 m까지의 값을 나타낸다.

2.4. 매립지 내부 온도측정

매립지 내부 온도변화는 Fig. 1에 나타낸 바와같이 4C 블록 가운데 매립지 표면 하부 심도 3 m에 온도 측정용 센서를 설치하여 2014년 3월부터 측정하였으며, 이후 2014년 12월부터 심도 8 m 지점을 추가하여 측정하였다. 측정 초기에는 오전(09:00), 오후(13:00), 저녁(17:00)으로 일일 3회 측정하였으나 일일 평균값과 오후(13:00)측정값의 오차율이 평균 2.8% 이내로 높지 않아 2015년 1월부터는 오후(13:00)만 측정하였다. 측정심도 3 m, 8 m는 각각 매립지내 7단 및 6단의 가운데에 해당하는 위치로, 깊이별로 온도 차이는 일부 있을 수 있지만 각 단별 온도를 대표하는 것으로 가정하였다. 또한, 6~7 m 이하의 깊이에서는 연변화가 없는 것으로 보고되어¹²⁾ 8 m 이하의 깊이는 설치를 생략하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 계절에 따른 전기비저항값의 변화

Fig. 5는 Fig. 4에서 기술한 4C 블록 각 측선별로 N=1, N=2, N=3 지점의 시간에 따른 변화를 나타낸 것으로 각 측선 모두 지표와 가까운 N=1의 진폭이 가장 크게 나타나고 심도가 깊어지는 N=2, N=3로 갈수록 그 진폭이 감소하는 것을 볼 수 있다. N=1의 전기비저항값은 기온이 낮은 겨울에 상승하고 기온이 높은 여름에는 상대적으로 더 하락하는 경향을 보인다. 이는 기존의 온도도와 전기비저항값은 반비례한다는 연구들과 같이 계절 변화에 따른 온도변화가 지중내 전기전도도에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다.^{8,9)}

특히 N=1의 겨울철 전기비저항 측정값이 매우 높은 것은 Park 등⁷⁾의 연구 결과와 같이 동결상태에서 전기비저항 측정값이 급등하는 현상과 유사하며, 본 연구에서도 매립지 상부 복토층이 겨울철에 동결될 경우 전기비저항 측정값에 매우 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인할 수 있었

Fig. 4. The dipole-dipole array and apparent resistivity pseudosection from expanding the array (after Chung and Kim, 1992).

Fig. 5. Variation of apparent electric resistivity.

다. $N=2$, $N=3$ 의 전기비저항값은 계절적 영향은 미미하였지만 전반적인 추세는 하락하는 모습을 보이며, 이는 Fig. 7(b)에서 볼 수 있듯이 침출수 재순환에 따른 함수율 변화에 따른 영향으로 판단된다.

3.2. 매립지 내부온도 특성

지중온도는 지표면에서 발생하는 일사량, 강수량 및 지하수 유동 등 다양한 인자에 영향을 받는다. 특히 지중온도는 지면에 가까울수록 기상적 영향을 많이 받으며 일변화도 심하다. 보통 지표면 하부 1 m 심도에서는 온도의 일변화는 거의 제거되며, 특히 6~7 m 깊이에서는 연변화도 상쇄된다. 즉, 연중 지중온도는 일반적인 주기함수의 형태를 보이며, 그 심도가 증가할수록 그 진폭은 오히려 감소하는 반면 위상은 증가한다.¹²⁾

이에 따라 본 연구에서는 수도권매립지의 매립지 내부 온도특성을 알고자 1년여에 걸쳐 심도 3 m와 8 m의 내부 온도자료를 측정하여 특성을 파악하고자 하였다.

Fig. 6은 일단위로 측정되고 있는 매립지 내부온도를 월별 평균으로 나타낸 것이다. 조사기간 동안 월평균 온도는 깊이 3 m의 경우 15.7~33.7℃, 깊이 8 m의 경우 41.3~45.1℃의 범위로 나타났다. 심도 3 m의 경우에는 계절에 따라 주기적으로 온도의 오름과 내림의 현상을 보이는 사인곡선

Fig. 6. Variation of the temperature.

의 형태로 나타나고 있으며, 심도 8 m의 경우에는 일정한 범위의 온도분포를 유지하는 것으로 관측되었다. 이는 대기 온도가 감소하는 겨울에는 내부온도가 하락하고, 대기 온도가 상승하는 여름에는 내부온도 또한 올라가는 양상을 그대로 반영하여, 결국 심도 3 m에서의 내부온도에 영향을 주는 것은 계절적 요인이 주된 것으로 판단된다. 그러나, 심도 8 m의 경우 이러한 계절적 영향이 없는 것을 알 수 있다.

3.3. 전기비저항과 온도의 관계

Fig. 7(a)는 전기비저항값과 Fig. 6에 제시된 탐사기간 중의 심도 3 m의 월평균 온도의 변화를 나타낸 그래프이다. 계절 영향이 큰 심도 3 m의 온도 측정위치와 가까운 측선 L2의 $N=1$ 지점 전기비저항값을 토대로 결정된 겹보기 비저항값을 비교한 결과 월평균 온도 측정값은 계절적 영향에 따라 주기적으로 오르내리는 사인곡선 모양을 나타내는 반면, 전기비저항값은 명확히 그와 반대의 경향을 나타내었다 (Fig. 7(a)). 또한, 같은 기간 심도 3 m 폐기물 시료의 함수율 측정값과 비교한 결과, $N=1$ 지점의 비저항값은 함수율 변화에 영향이 없음에 따라 $N=1$ 지점은 온도변화가 전기비저항값 변화의 중요 인자인 것으로 판단된다 (Fig. 7(b)). 한편 Fig. 7(b)의 함수율 변화와 Fig. 5 각 그래프의 $N=2$, $N=3$ 값의 변화를 살펴보면, 함수율이 증가함에 따라 전기비저항값이 점차 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 계절적 영향을 받지 않는 $N=2$, $N=3$ 지점에서는 함수율이 전기비저항값 변화의 중요한 요인인 것을 알 수 있다.

이에 따라 매립지 복토로 인해 외부 영향인자가 차단된 상황에서 전기비저항값에 영향을 미칠 수 있는 요소는 침출수 재순환에 따른 함수율 변화와 매립지 내부 온도 변화임을 알 수 있다. 따라서, $N=1$ 지점 전기비저항값의 온도 보정은 침출수 재순환에 따른 매립지 내부 수분분포도 변화의 분석에 필수 요소로 판단된다.

따라서 변화특성을 분석하기 위해 전기비저항탐사 기간의 심도 3 m의 월평균 온도와 전기비저항값의 상관관계를 비교 평가하였다 (Fig. 8(a)). 전기비저항탐사 기간의 월평균

Fig. 7. Apparent resistivity versus temperature and moisture content.

Fig. 8. Relationship between the apparent resistivity and the temperature observed from the landfill site.

온도는 20.2°C ~ 32.1°C의 범위를 나타내었다. 상관관계는 Y (전기비저항) = $-0.8385X$ (온도) + 45.611의 관계를 보이고 있으며, 이때의 신뢰도(R^2)는 0.5512로 나타났다. 이때 대부분의 측정값이 추세선 근처에 위치하였지만 온도 약 25.5°C에서의 측정값이 각각 30.7 Ohm-m 및 19.7 Ohm-m로 편차가 매우 높게 측정되어 전체적인 신뢰도(R^2) 값을 감소시켰다.

이같이 온도 25.5°C에서의 편차가 매우 크게 나타난 이유는 측정시점의 계절적 영향이 극대화된 결과로 판단된다. 30.7 Ohm-m은 '14.12.17일경 측정된 값으로 이때 인천시 평균기온은 -7.8°C로 매우 낮았고, 매립장 상부 표면은 동결된

상태로 간극수가 액체에서 고체로 상변화하는 구간인 0°C에서 -1°C 사이에서 전기비저항값이 큰폭의 증가를 나타내는 특징에 따라 매우 높게 측정된 것으로 분석된다.¹²⁾ 또한, 19.7 Ohm-m으로 측정된 시점은 '15.6.23일경으로 '15.6.20일 인천지역에 28.8 mm의 강우가 내리는 등 우기철로 인하여 매립장 상부 표면이 함수율이 높았던 원인으로 판단된다.

이에 따라 25.5°C에서의 측정값은 제외하고 나머지 측정값을 기준으로 상관관계를 검토한 결과 식 (2)와 같이 나타났으며 이때의 신뢰도(R^2)는 0.99로 매우 높은 상관도를 보였다(Fig. 8(c))

$$\rho = -0.8448T + 45.362 \quad (2)$$

또한 25.5°C에서의 측정값을 30.7 Ohm-m과 19.7 Ohm-m의 산술평균값인 25.2 Ohm-m로 검토해본 결과 그 상관관계식은 식 (3)와 같이 나타났으며 이때의 신뢰도(R^2)도 약 0.98로 나타났다(Fig. 6(c)).

$$\rho = -0.8457T + 45.624 \quad (3)$$

3.4 지중 온도와 전기비저항값의 보정

전기비저항값의 계절별 온도 변화에 대한 영향은 심도 3 m 지점에서의 1년 동안의 전기비저항 측정값과 해당기간의 매립지 월평균 지중 온도를 기준으로 보정하였다(Table 1).

즉, 매립지 내부의 심도 8 m 이하는 계절적 온도변화의 영향을 받지 않은 것으로 가정하였고, 계절적 온도변화에 상대적으로 큰 영향을 받는 지표 하부 첫번째 구간(N1)에 대하여 온도 보정을 하였다. 보정온도는 심도 8 m의 지중 온도가 약 40°C 내외로 형성됨에 따라 40°C로 온도보정을 적용하였다. 온도보정은 식 (2)와 식 (3)의 계산값의 편차 (평균 0.21% 편차)가 크지 않은 관계로 식 (3)로부터 유도된 아래 식 (4)을 이용하여 보정하였다.

$$\rho_2 = \rho_1 - 0.8457(T_2 - T_1) \quad (4)$$

여기서 ρ_1 은 전기비저항 측정값이고, ρ_2 는 보정하고자 하는 기준온도에서의 전기비저항값, T_1 은 온도 측정값, T_2 는 보정하고자 하는 온도를 나타낸다.

Fig. 9는 계절적 변화에 대한 온도 보정 전후에 대한 전기비저항 탐사 결과이다. 즉, Fig. 9(a)는 2014년 12월, (b)

Table 1. Corrected reference temperature defined at the 4C Block

Survey times	4C Block landfill temperature (Depth-3 m)
December 2014	25.6
March 2015	21.1
June 2015	25.5
September 2015	32.1

Fig. 9. Resistivity section obtained from the inversion (left column) and with temperature correction (right column) set measured at December 2014 (a), March 2015 (b), June 2015 (c), September 2015 (d).

는 2015년 3월, (c)는 2015년 6월, (d)는 2015년 9월에 대한 전기비저항탐사 결과 단면이다. Fig. 9의 좌측은 각 시기의 온도 보정을 하지 않은 독립적인 탐사결과 단면도이며 Fig. 9의 우측은 온도보정을 적용하여 얻은 결과이다.

온도의 영향을 상대적으로 크게 받는 겨울의 보정효과가 높게 나타났으며, 온도보정에 따라 Fig. 9(a) 및 (b)에서 보는 바와 같이 보정 전 통상 지표 부근과 심도가 깊은 지점 사이의 온도차에 따라 윗부분에 나타나는 층 분리 등 왜곡 현상이 상당부분 개선되었다.

4. 결론

2013년 8월부터 2015년 9월까지 3개월 주기로 매립지 내부의 수분분포 변화를 모니터링하고자 수도권매립지의 제2 매립장의 4C 블록에서 전기비저항탐사를 수행하였다. 그 결과 전기비저항 탐사 측정값과 매립지 내부의 온도가 계절적 온도변화에 영향을 받고 있음을 알 수 있었으며 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 측정된 전기비저항값은 기온이 낮은 겨울에 그 측정

값이 상승하고 기온이 높은 여름에 상대적으로 감소하며, 이러한 현상은 지표면부근에서 더욱 확연히 나타난다.

2) 매립지 내부의 월평균 지중 온도특성은 심도 3 m의 온도값은 15.7~33.7℃, 심도 8 m 온도값은 41.3~45.1℃의 범위로 나타났다. 심도 3 m의 경우 계절에 따라 주기적으로 오름과 내림의 현상을 반복하는 사인곡선의 형태를 보였으며 이때의 전기비저항값은 그와 반대되는 경향을 나타내었다. 그러나, 심도 8 m의 온도값은 계절에 따른 변화없이 일정한 범위를 유지하였다.

3) 깊이 3 m의 계절별 온도 변화에 따른 전기비저항 측정값의 변화특성을 분석한 결과 $\rho(\text{전기비저항}) = -0.8457 T(\text{온도}) + 45.624$ 의 상관관계식을 도출할 수 있었으며, 동식으로부터 도출된 $\rho_2 = \rho_1 - 0.8457 (T_2 - T_1)$ 식을 이용하여 깊이 3 m의 전기비저항 측정값과 온도측정값으로부터 희망하는 온도의 전기비저항값으로 보정할 수 있었다. 이를 통해 계절별 온도변화에 따른 매립지 상부 전기비저항 측정값의 오류를 보정할 수 있었다.

본 연구를 통해 매립지 내부의 온도 변화에 따른 왜곡된 전기비저항값의 보정으로 전기비저항탐사 결과의 신뢰도를 높일 수 있었다. 향후 지중 온도계측 자료 및 전기비저

항값 그리고 시간경과에 따른 전기비저항 역산 및 매립지의 특수한 조건에서의 다양한 물성 정보와 계측자료를 수집·분석하여 향후 보다 신뢰도 높은 전기비저항탐사에 의한 매립지 수분분포 변화를 모니터링할 수 있을 것으로 기대된다.

KSEE

Acknowledgement

본 논문은 수도권매립지관리공사 연구개발처에서 수행한 바이오리액터형 매립장 조성을 위한 실증연구 내용 중 전기비저항 탐사 결과에 대한 연구 결과입니다.

References

1. Rhee, S. W., Ryu, D. S. and Chun, S. K., "Analysis of Leachate Characteristics and Landfill Gas Increase by the Injection of Leachate in Sudokwon Landfill," *Korea Soc. Waste Manage.*, **29**(7), 634~641(2012).
2. Yoon, S. P. and Lee N. H., "Comparison of Bioreactor Landfill and Conventional Landfill with Respect to Economical and Environmental Aspect," *Korea Soc. Waste Manage.*, **22**(7), 676~684(2005).
3. Lee, S. W., Yoon, I. S., Kim, K. Y., Chung, K. J. and Lee, D. H., "The Effects of Landfill Types and Leachate Recirculation on the Stabilization of Household Solid Waste," *Korea Soc. Waste Manage.*, **11**(3), 436~443(1994).
4. Bae, S. J., Lee, K. D., Shim, J. H., Kwon, J. A. and Lee, D. H., "Effect of leachate recirculation on Decomposition of Municipal Solid Wastes in Simulated Landfill Lysimeters," *Korea Soc. Waste Manage.*, **27**(5), 415~421(2010).
5. Rhee, K. W. and Son, H. W., "Geo-Spatial information system. GIS," Goomibook (2016).
6. Sakaguchi, K., "Proposal of engineer against a geophysical exploration application," *KSGE*, **44**, 600~610(2008).
7. Park, J. H., Seo, S. Y., Hong, S. S., Kim, Y. S. and Lee, J. S., "Variation of Electrical Resistivity Characteristics in Sand-Silt Mixtures due to Temperature Change," *Korean Geotechnical Soc.*, **13**(10), 25~32(2012).
8. Hayley, K., Bentley, L. R., Gharibi, M. and Nightingale, M., "Low temperature dependence of electrical resistivity: Implications for near surface geophysical monitoring," *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L18402, doi:10.1029/2007GL031124(2007).
9. Hayley, K., Bentley, L. R. and Gharibi, M., "Time-lapse electrical resistivity monitoring of salt-affected soil and groundwater," *Water Resour. Res.*, **45**, W07425(2009).
10. Ward, S. H., "Resistivity and induced polarization methods; in Ward, S. H. Ed.," *Geotechnical and Environ. Geophysics*, **1**, 147-189(1990).
11. Chung, S. H., Kim, J.H., Yang, J. M., Han, K. E. and Kim, Y. W., "Delineation of water seepage in earth-fill embankments by electrical resistivity method," *J. Eng. Geol.*, **2**(1), 47~57(1992).
12. Sohn, B. H., "Evaluation of Ground Temperature and Soil Thermal Diffusivity Using the Soil Temperature Data of KMA," *Korea Soc. Geothermal Energy Eng.*, **7**(1), 1~9(2011).