

# 電磁探査と比抵抗探査を用いた最終処分場の構造解析

大石 修 磯部友護<sup>1)</sup> 川崎幹生<sup>1)</sup> 遠藤和人<sup>2)</sup>

(1 : 埼玉県環境科学国際センター 2 : 独立行政法人国立環境研究所)

## 1 背景と目的

旧処分場とよばれる基準省令が適用されない最終処分場は、規制がかからないとはいえ当時の埋立方法や埋立物、構造などが不明なことが多く、むしろ現処分場より環境汚染を引き起こすリスクを多く包含しているおそれがある。このような現場の健全性と安全性を簡易にスクリーニングするための調査手法の開発を共同研究により平成 23~25 年度 に実施した。<sup>1-5)</sup>

この成果を処分場を所管する自治体等が調査・指導に活用できるように「健全性が疑われる廃棄物最終処分場の初期調査と応急対策マニュアル(案)」としてとりまとめたので、確認調査方法の一つである「土堰堤構造に対する非破壊調査」についてここに報告する。

## 2 調査方法

廃棄物層と土堰堤の存在や厚みを非破壊で把握するため、多段積み土堰堤を有する複数の処分場において調査した。

電磁探査は Geophex 社製 GEM-2 を用い最終処分場の堰堤斜面にて探査を行い、結果を見かけ電気伝導度で表示した。原理を図 1 に示す。

比抵抗探査は IRIS 社製探査機 SYSCAL Pro を用い電極配列をダイポール・ダイポール法で測定し Geotomo 社製 RES2Dinv で解析した結果を比抵抗断面図として表示した。

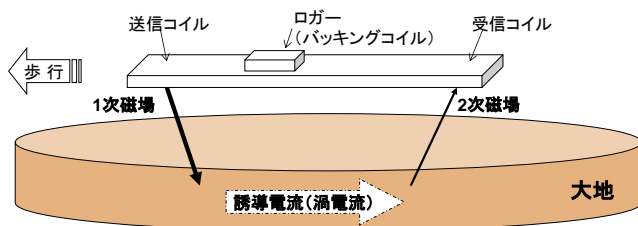


図 1 電磁探査装置の原理

## 3 調査結果

本研究は管理型最終処分場 5 施設で調査を行った。ここでは表 1 の 3 施設における結果を示す。処分場 A における探査結果を図 2, 3 に示す。

表 1 調査現場概要

<b>処分場 A 産業廃棄物最終処分場</b> 埋立期間 1982~2000 年 約 20m のコンクリート堰堤を有し、その上に多段積み土堰堤を構築しさらに約 25m 埋立て
<b>処分場 D 産業廃棄物・一般廃棄物最終処分場</b> 埋立期間 2004 年~ 調査区画の埋立深度が約 40m、22 段の多段積み土堰堤が構築されている
<b>処分場 B 産業廃棄物最終処分場</b> 埋立期間 1985~1992 年 岩盤遮水工で最終覆土は 5m 以上ある

堰堤最下段から天場（埋立地）まで 140m のラインを共通測線とした。

図 2 より天場すなわち廃棄物層上に到達した時点で明らかに電気伝導度が上昇しており土堰堤に起因する比抵抗の高さが示された。

周波数が低いほど相対的に深い位置の応答を表しているため、深いほど廃棄物の電気伝導度の影響を受けていることがわかる。

図 3 から堰堤と天場の比抵抗の違いが明確に現れた。また掘削調査から最終覆土の層厚は 0.5m 程度であることが確認されており、層厚の違いが比抵抗値に反映している。

また、電磁探査の測定結果を解析ソフト<sup>6)</sup>を用いて比抵抗断面図に変換した結果を図 4 に示す。深さや比抵抗の数値の精度は欠けるがおおまかな断面把握はでき、最終覆土と土堰堤の厚みの区別が可能となった。

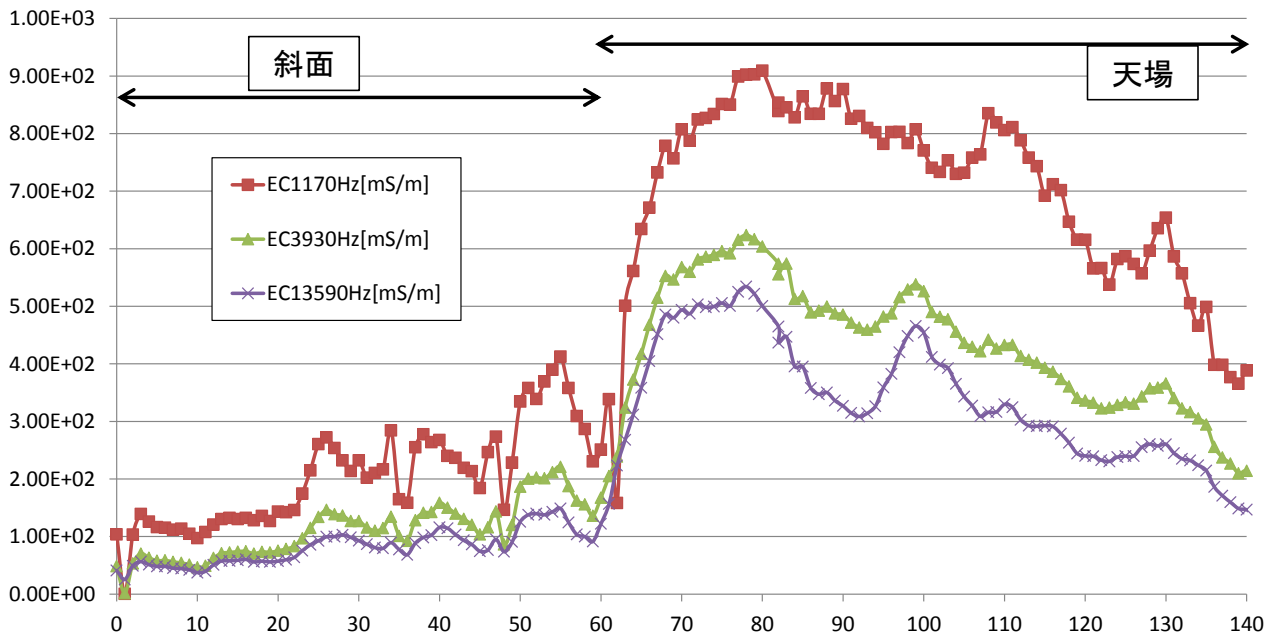


図2 電磁探査結果（処分場 A 縦軸：電気伝導度 [mS/m]、横軸：測線距離 [m]）

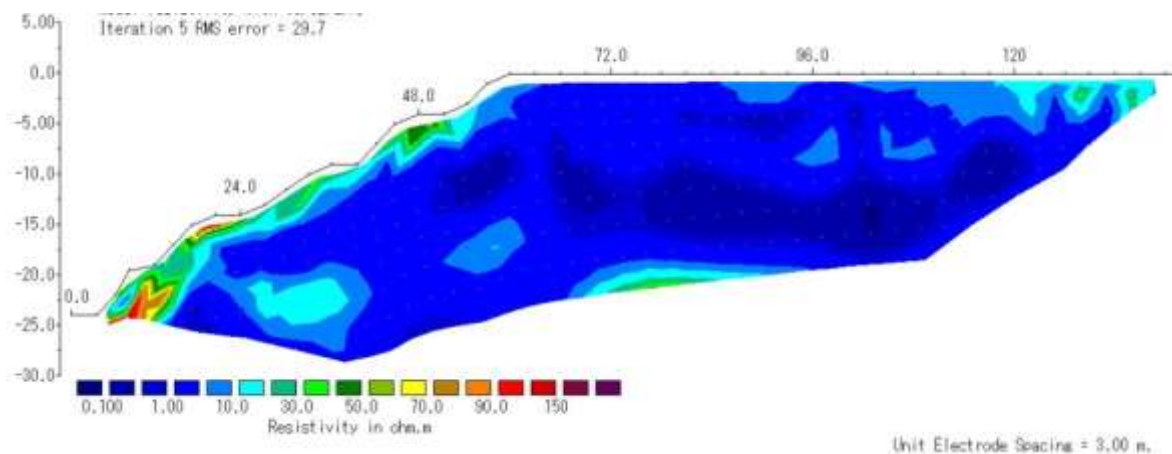


図3 比抵抗探査結果（処分場 A 構造断面図 [Ωm] 縦軸：深さ [m]、横軸：測線距離 [m]）

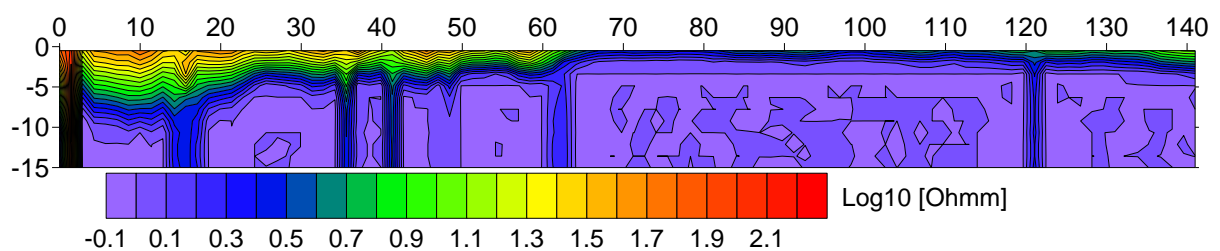


図4 電磁探査結果（処分場 A 比抵抗断面変換図 Log10 [Ωm] 縦軸：深さ [m]、横軸：測線距離 [m]）

次に処分場 D における探査結果を図 5, 6 に示す。多段堰堤 18 層を原点とし天場まで 100m のラインを共通測線とした。最上段 23 層の天場は埋立て中であり、22 層の天場はやや広く金属製タンクや制御盤、ケーブルが配置された段となっている。

図 5 より 22 層から応答に変化がみられ、天場へ上がる前に 2 つの大きなピークが現れた。この原因はともに金属製タンク、制御盤、ケーブルによるノイズ的応答と考えられる。この 2 つのピークを無視しても 22 層からの応答は徐々に高くなっている。これは 21 層以下がほぼ斜面であるのに対し、22 層の天場が数 m

の平面であるため、廃棄物層からの応答を強く反映しているためである。逆に言うと堰堤斜面で同等の強い応答があったとすれば、その堰堤は十分な厚みの土で施工されていないことが考えられる。結果として測線上の全体で厚みのある土層が存在することが推測される。

図6から土堰堤に由来する高比抵抗領域が層状に深度3mまで分布している。また22層天場での表層における高比抵抗領域が約1.5mの小さい厚みであるのは、ここが土堰堤でなく最終覆土で施工されたためと考えられる。これらの結果はいずれも電磁探査結果と整合がとれている。

次に処分場Bにおける探査結果を図7,8に示す。処分場AとDでは1m毎に静止し電磁探査を行ったが、処分場B(30~155m)における電磁探査は歩行探査により行ったため振動によるぶれが大きい。

図7において天場の埋立区画(46m付近)から高電気伝導度となり、斜面(7~44m)では低電気伝導度となっている。排水溝をまたいだ2点で低いピークがあるのは排水溝の高比抵抗によるものと考えられる。145m以降の応答が低いのは廃棄物からの影響が減少したためと推測される(150m位置で直交する側線で測定したところ約200mS/mの応答だった)。

図8における結果からは深さ方向ではっきりとした比抵抗の違いが現れた。これは、正確な深さは不明だが最終覆土は5m以上あるという事前情報どおりであり、深度約6mまでの高比抵抗領域が覆土の存在を、深度約6m以下の低比抵抗領域が廃棄物の存在を示している。30m(図7の45m)からやや比抵抗が低くなる層が現れているのは電磁探査の結果と比較するとこのあたりから覆土層が薄くなり廃棄物の影響が強まっていることが推測される。

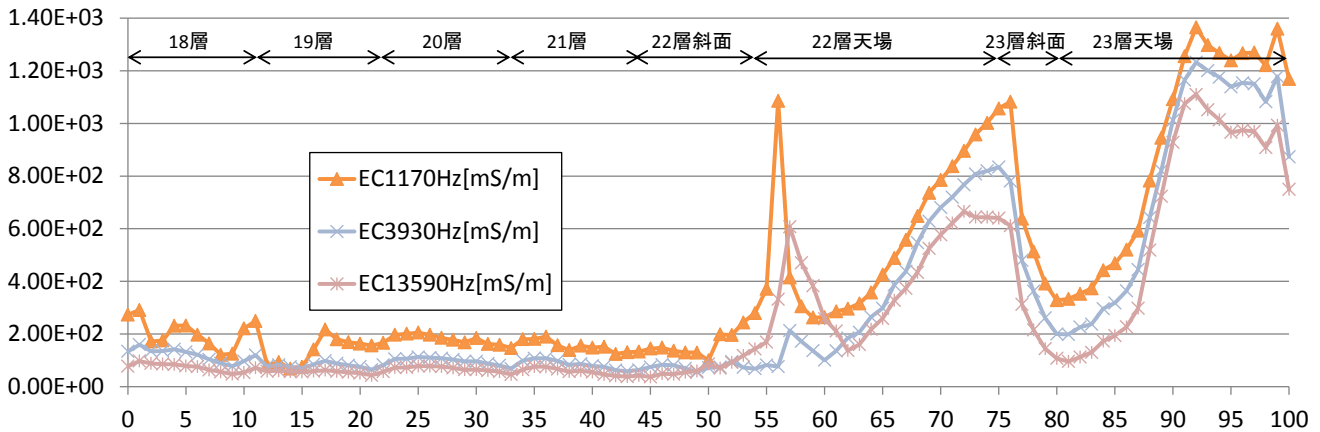


図5 電磁探査結果(処分場D 縦軸:電気伝導度[mS/m]、横軸:測線距離[m])

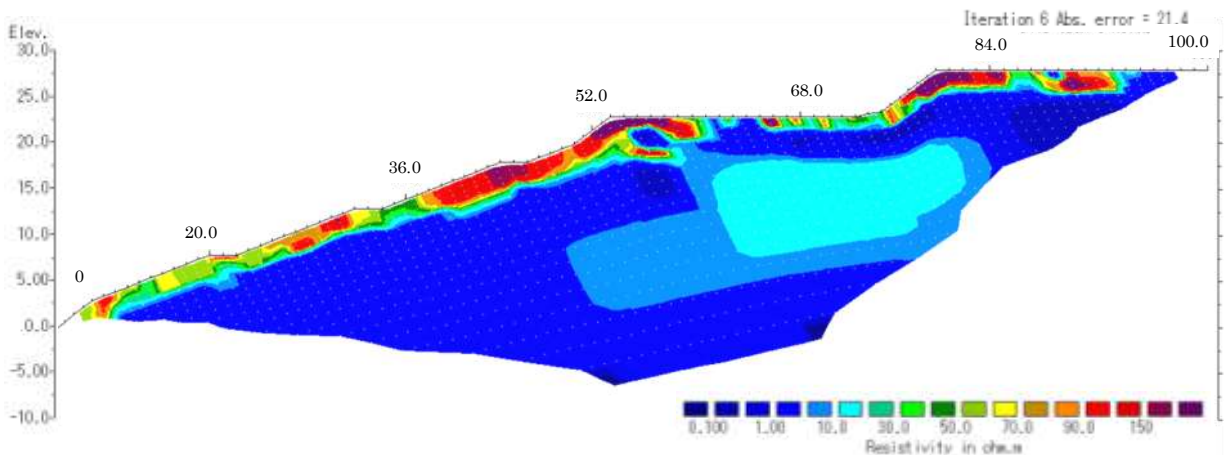
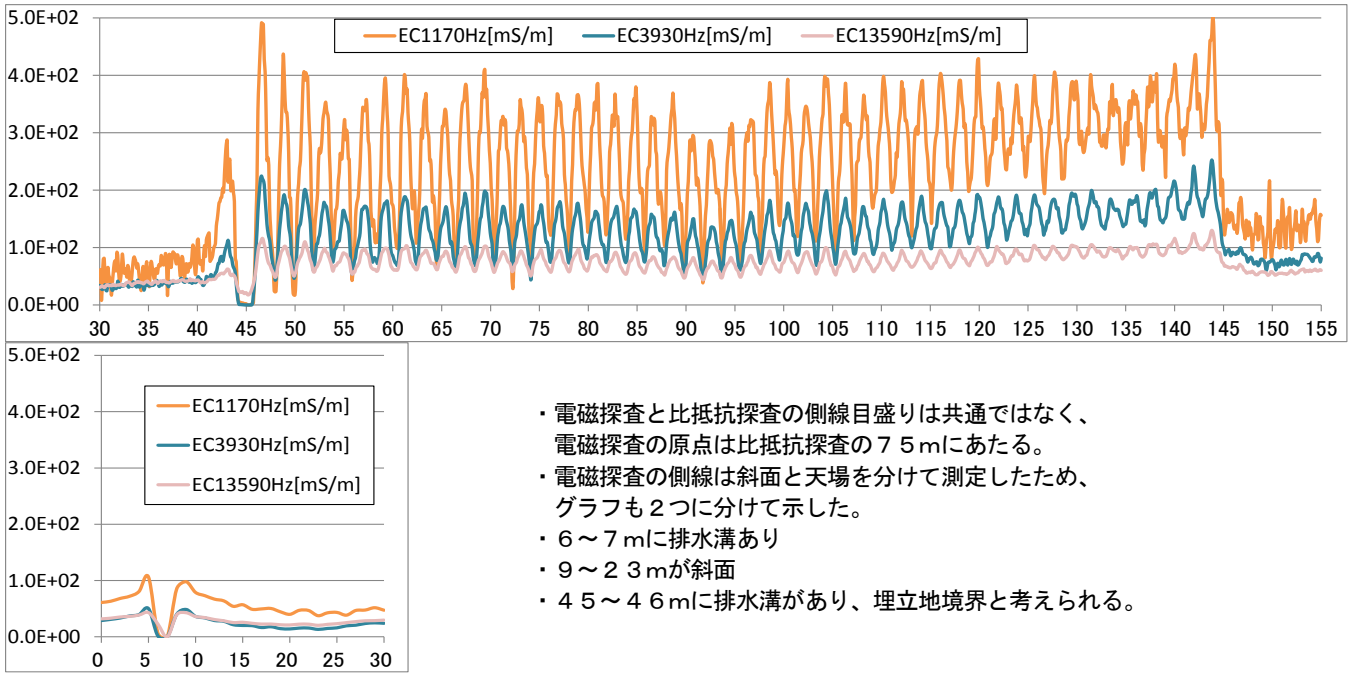


図6 比抵抗探査結果(処分場D 構造断面図[Ωm] 縦軸:深さ[m]、横軸:測線距離[m])



- ・電磁探査と比抵抗探査の側線目盛りは共通ではなく、電磁探査の原点は比抵抗探査の7.5mにあたる。
- ・電磁探査の側線は斜面と天場を分けて測定したため、グラフも2つに分けて示した。
- ・6～7mに排水溝あり
- ・9～23mが斜面
- ・45～46mに排水溝があり、埋立地境界と考えられる。

図7 電磁探査結果（処分場B 縦軸：電気伝導度 [mS/m]、横軸：測線距離[m]）

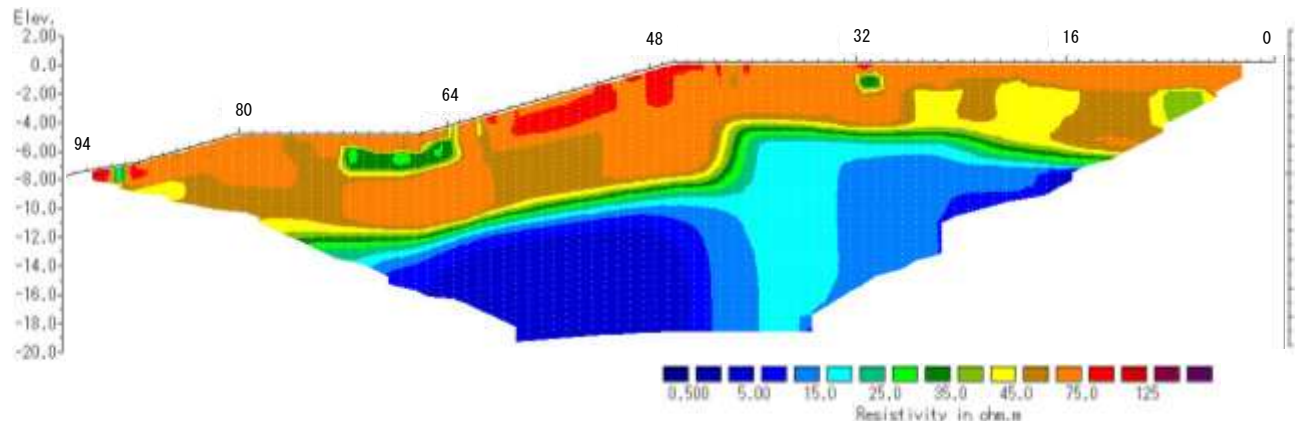


図8 比抵抗探査結果（処分場B 構造断面図 [Ωm] 縦軸：深さ[m]、横軸：測線距離[m]）

#### 4 まとめと考察

構造が不明な処分場を対象として電磁探査と比抵抗探査によりその内部構造を把握するための調査を行った。その結果、廃棄物層と土堰堤の存在や厚みの違いを把握することができた。調査対象とした処分場および調査結果のすべてを本稿で紹介することはできないが、他の現場においてもおおむね同様の結果が得られた。

しかし、想定しない結果が得られた現場もあるため、その原因を検討のうえスクリーニング時の留意点として押さえておく必要がある。特に電磁探査は周辺に存在する金属類の影響を受けやすい。たとえば図5の結果はケーブル等の設置物の影響を受けている。本来で

あれば探査前に目視で確認し、このような位置から測線は外すべきであるが、現場では必ずしも目的にあった測線配置がとれるとは限らない。そこで本研究は調査手法の開発が大きな目的であることからあえて影響を受ける測定をし、別途影響を受けないように測線をずらした測定も行った。その結果、探査結果に影響を及ぼす原因物とその基本的な対処方法を整理することができた。

本調査で対象とした現場は廃棄物最終処分場であるが、現場の特徴により調査目的の焦点が異なっている。

まず、無許可で嵩上げを行い許可容量以上の廃棄物を埋め立てたため堰堤の構造や強度が不明な最終処分



場・埋立廃棄物の正確な記録が存在せず、堰堤から保有水が浸み出している最終処分場・遮水工やシートの存在と位置が不明な最終処分場といった不適正な施設は、周辺環境に汚染や被害を及ぼすおそれがないかを確認するために調査した現場である。

一方、20層を超える多段積み上げ堰堤を有する最終処分場・本来であればせいぜい1m程度の最終覆土が数mもの厚みのある最終処分場では、このような特徴を探查でどこまで捉えることができるか確かめるために試験的に調査した現場もある。

これらの現場に対して電磁探查および比抵抗探查を組み合わせることにより非破壊的に処分場の内部構造を評価できることを示した。しかし、未だ本調査で想定していない構造を有する最終処分場が存在することも考えられる。そのために今後も引き続き現場調査を実施し調査結果の有効性を示すとともに、新たな事例を蓄積することで構造解析手法の精度を高めていく必要がある。

また「健全性が疑われる廃棄物最終処分場の初期調査と応急対策マニュアル(案)」における確認調査方法の一つとして「土堰堤構造に対する非破壊調査」を報告したが、「漏水に係る調査」や「跡地利用に係る調査」といった浸出水・地下水及び発生ガスの確認評価手法も取りまとめられているため、これら方法と組み合わせることで最終処分場の実体把握に貢献することが期待できる。さらには最終処分場に限定することなく、不法投棄現場などへの適用も検討し、廃棄物を原因とする環境汚染のリスク低減に寄与していくこととする。

## 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費補助金「最終処分場機能の健全性の検査手法と回復技術に関する研究」の一環として実施した。調査にご協力およびご助言をいただきました関係者の方々に深謝いたします。

## 5 参考文献

- 1) 平成 23 年度環境研究総合推進費補助金(K113009)  
遠藤和人、大石修ほか：最終処分場機能の健全性の検査手法と回復技術に関する研究報告書
- 2) 平成 24 年度環境研究総合推進費補助金(K113009)

遠藤和人、大石修ほか：最終処分場機能の健全性の検査手法と回復技術に関する研究報告書

- 3) 平成 25 年度環境研究総合推進費補助金 (3K113009) 遠藤和人、大石修ほか：最終処分場機能の健全性の検査手法と回復技術に関する研究報告書
- 4) 大石修：最終処分場における構造評価のための検査技術開発、平成 23 年度千葉県環境研究センター年報
- 5) 大石修：最終処分場における構造評価のための検査技術開発(2)、平成 24 年度千葉県環境研究センター年報
- 6) Mitsuhashi, Y., Uchida, T., Matsuo, K., Marui, A., and Kusunose, K., 2006, Various-scale electromagnetic investigations of high-salinity zones in a coastal plain : Geophysics, 71, B167-B173

# Structural Analysis of Landfills using Electromagnetic Method and Resistivity Method

Osamu OOIHI, Yugo ISOBE, Mikio KAWASAKI and Kazuto ENDO

キーワード：最終処分場，電磁探査，比抵抗探査，構造解析

## 要旨：

構造が不明確な廃棄物最終処分場を対象に電磁探査と比抵抗探査を用いてその内部構造を把握するための調査を行った。その結果、廃棄物層と土堰堤の存在や厚みの違いを判別することができ、埋立履歴が不明確な現場における簡易スクリーニング手法として適用可能であることがわかった。

今後、本研究の結果を最終処分場だけでなく不法投棄現場などにも適用し、環境汚染のリスク低減に寄与していくこととする。