

資料 (Technical Report)

電気探査技術の活用による廃棄物最終処分場の調査手法の検討

辻 祥代, 三村春雄, 高橋通正*
(調査研究部, *湘南地域県政総合センター)

Research methods of landfill site by the electrical prospecting techniques

Sachiyo TSUJI, Haruo MIMURA and Michimasa TAKAHASHI*
(Research Division, Shonan Region Prefectural Administration Center*)

キーワード: 最終処分場, 安定化, 電気探査

1 はじめに

神奈川県内には、平成 21 年度末時点で 51 か所の廃棄物最終処分場が設置されており、周辺環境を汚染しない状態ことが確認されるまで長期にわたって維持管理されている。これらの廃棄物最終処分場では、埋立地や水処理施設の維持管理状態の確認調査、放流水、周縁地下水等が周辺環境に影響を与えない状態であることの確認調査等、様々な調査が実施されている。

また、埋立物の安定化状況を把握する場合には、埋立区域を直接掘削する調査等が実施されるが、この調査方法は、非常に高コストな上、掘削に伴い廃棄物に酸素が供給されてガスや汚水が発生するなど生活環境に支障が出るおそれもあるため、非破壊検査の適用が望まれている。

近年、最終処分場モニタリングにおける非破壊検査手法の一つとして電気探査の有効性が注目されつつある。これまで廃棄物層の安定化を判断する方法や水分分布の把握等を検討した報告があり、当センターにおいても、電気探査技術の最終処分場への適用性について検討を行ってきた。これらの成果を踏まえて、今回、廃棄物最終処分場の地下状況の把握の可能性の検証を目的として、埋立履歴が確認できる最終処分場において調査を行い、電気探査技術の応用手法について検討を行った。

2 方法

2.1 調査対象施設

本研究での調査対象の最終処分場として県営

のかながわ環境整備センターを選定した。この最終処分場は細長い谷戸に位置し、埋立面積が 5ha、廃棄物埋立容積が 54 万 m³ である。搬入廃棄物は、燃えがら、ばいじん、がれき類、ガラス・陶磁器くず等であり、平成 18 年 6 月から埋立を開始、現在 (平成 25 年 1 月末現在) も埋立中である。また、かながわ環境整備センターでは埋立区域ごとに廃棄物の種類、場所 (位置)、量、埋立期間が詳細に記録されている。

調査を実施した地点の位置については図 2、調査地点の埋立物については表 1 のとおりである。

2.2 測定条件

調査に用いた装置等は以下のとおりである。

(1) 探査装置:

応用地質 (株) 製 McOHM PROFILER-4

(2) 解析ソフト:

応用リソースマネジメント (株) 製 ElecImager/2D

(3) 電極配置:

ダイポール・ダイポール法

2.3 埋立物の位置把握

2.3.1 実測データとの照合

この調査では、埋立物が異なる 2 か所 (図 2 及び表 1 測線 A, B) について、電極間隔 1m、電極数 24 本で電気探査を実施し、得られた比抵抗断面図と、かながわ環境整備センターに記録されている埋立物情報と照合して電気探査の精度確認を行った。

2.3.2 埋立物溶出成分との比較

実際の廃棄物最終処分場は狭い範囲に様々な廃棄物が埋め立てられているため、測定した比抵抗

抗値と埋立物由来の成分に差異の可能性がある。そこで、比抵抗値と埋立物由来成分との関係を検討するため、電気探査調査を実施した場所の埋立試料を採取し、その成分分析を行うことにより、電気探査で得られた比抵抗値との関係について検証した。

電気探査調査は、ばいじんのみが埋め立てられている調査地点地区C（図1及び表1 地区C）内で、縦方向については電極間隔1m、電極数16本の調査測線を計3本、横方向については電極間隔1m、電極数24本の調査測線を計2本の測線を実施した。

溶出試験については、電気探査を実施した測線下で、比抵抗値を測定した深度1~2mの位置の試料を採取し、環境庁告示第13号に準拠して成分を溶出させた。水に溶出した埋立物由来の成分として、電気伝導率（EC）、塩化物イオン（Cl⁻）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、カルシウム（Ca）の分析を行い、電気探査で得られた比抵抗値との比較を行った。なお、電気伝導率はJIS K102.13（2012）に基づく測定方法、塩化物イオンは硝酸銀滴定法、金属類はすべてICP発光分光分析装置（Agilent VISTA-MPX(RL)）で定量を行った。

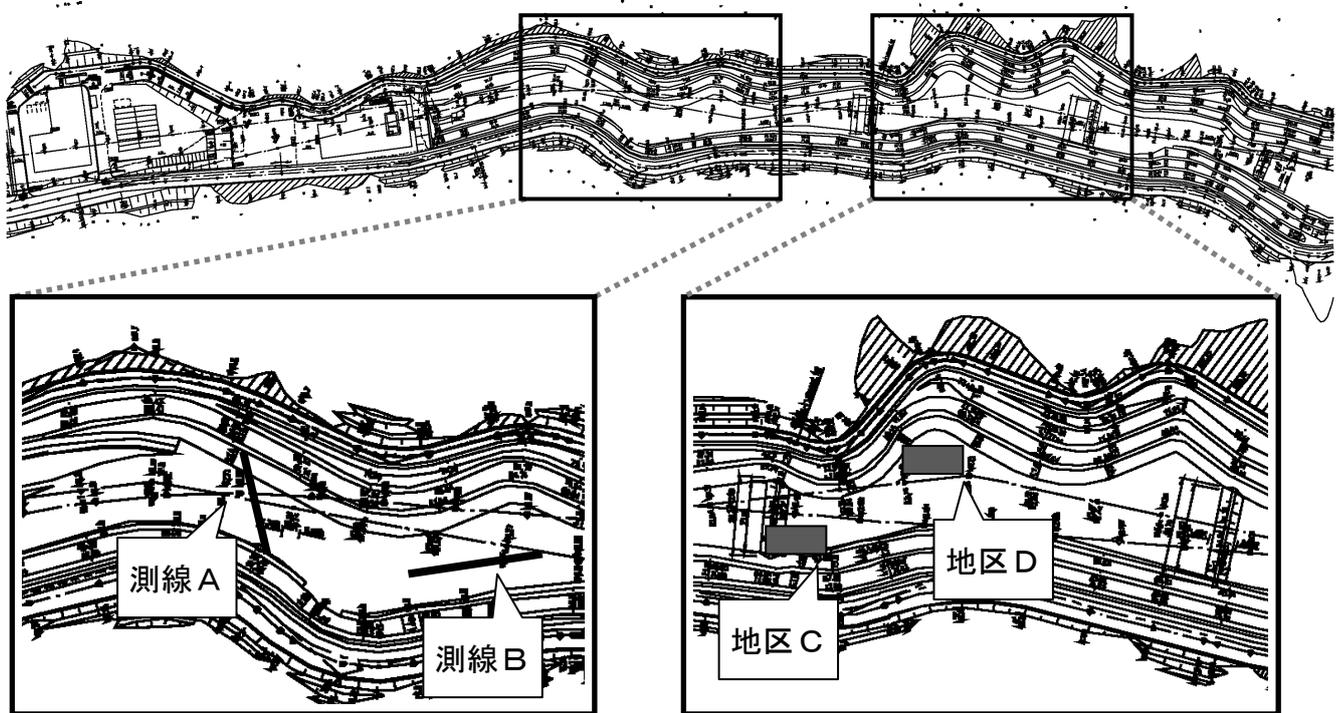


図1 かながわ環境整備センターの俯瞰図及び調査地点

表1 調査地点の埋立物一覧

調査地点	埋立物
測線A	燃えがら、ばいじん、がれき類、ガラスくず、汚泥
測線B	燃えがら、ばいじん、がれき類、ガラスくず、廃プラスチック
地区C	ばいじん
地区D	鉍さい、がれき類

2. 4 埋立区域境界線の把握

2. 4. 1 比抵抗値の変化による境界線の把握

廃棄物最終処分場の調査を実施するにあたり、埋立区域境界線を把握することは非常に重要で

あるが、処分場によっては埋立区域境界線が不明確となっている場合がある。廃棄物の種類によっては周辺土壌と比抵抗値に差が無く、電気探査を用いても埋立区域境界線の把握が困難な場合も想定されるが、雨水等が浸透することによる含水率の変化に伴い埋立物の比抵抗値も変化し、埋立区域境界線が把握できる可能性がある。そこで、降雨や散水の前後に電気探査を行い、比抵抗断面図の変化を見て埋立区域境界線を把握する手法を検討した。

2. 4. 2 室内実験による境界線把握調査

まず、室内実験としてどちらも高比抵抗値であるプラスチック類と土壌を充填した模擬的な最終処分場の実験槽を作成し、プラスチック類と土壌との境界線について比抵抗断面図から確認できるかどうかを検討した。

実験槽は、縦 30cm、横 90cm、高さ 50cm のアクリル製で、左半分にはプラスチック類、右半分には土壌を高さ 40cm まで充填し、その上部を 5cm の土壌で覆い、底部には水抜き孔 (φ2cm) を 3 個設けた (図 2)。電気探査を実施する調査測線は電極間隔 10cm、電極数 8 本とし (図 3)、水 1L (4mm/日の降水量に相当) の散水前後に電気探査を実施し、散水前後の比抵抗断面図を比較してプラスチック類と土壌との境界線の変化を確認した。

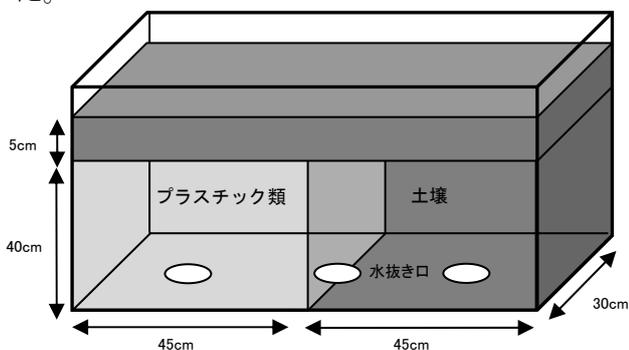
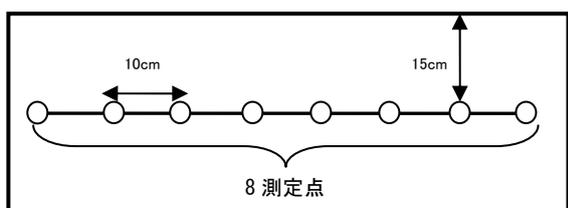


図 2 実験槽の概略図



○ : 電極

— : 電極ケーブル線

図 3 調査測線配置 (実験槽上面)

2. 4. 3 最終処分場での境界線把握調査

現地調査として、かながわ環境整備センターにおいて異なる廃棄物が埋められているが比抵抗値に大きな差がないと思われる調査地点地区 D (図 1 及び表 1 地区 D) について、電極間隔 1m、電極数 24 本の調査測線で、約 20mm/日の降雨前後に電気探査を実施し、降雨前後の比抵抗断面図を比較して埋立区域境界線の変化を確認した。

3 結果及び考察

3. 1 埋立物の位置把握結果

3. 1. 1 実測データとの照合結果

測線 A 及び B の電気探査調査の結果とかながわ環境整備センターに記録されている埋立物情報との照合を行ったところ、測線 A については図 4、測線 B については図 5 の比抵抗断面図が得られた。

測線 A、測線 B に共通する傾向として、全体として燃えがら・ばいじん類については低比抵抗値 (1~10Ωm)、がれき・ガラスくずに関しては高比抵抗値 (50Ωm ~) を示しており、比抵抗値と埋立物データは良い対応を示した。しかし、測線 B の中央下部には比抵抗値が高いがれき・ガラスくずが埋立てられているにも関わらず、測定された比抵抗値は低い値を示した。この埋立層は実際の埋立物情報に比抵抗値が低い廃棄物は記録されていない場所であるため、上部に埋め立てられている燃えがら・ばいじんに含まれる塩類が雨水によって流出し、下部のがれき・ガラスくず層に存在しているために低比抵抗値を示したものと考えられた。

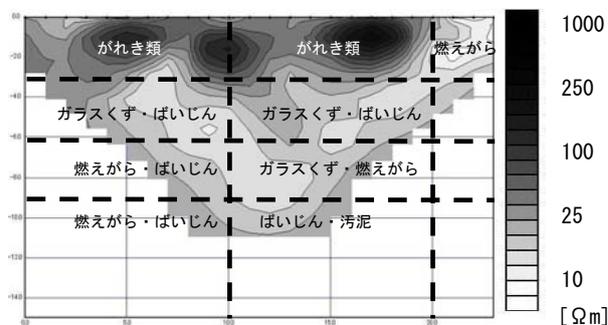


図 4 測線 A の比抵抗断面図

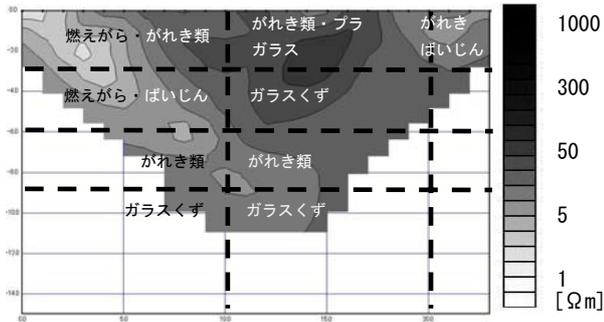


図 5 測線Bの比抵抗断面図

3. 1. 2 埋立物溶出成分との比較結果

かながわ環境整備センターの地区Cの測定点 10か所の比抵抗値と、測定点の埋立試料からの各溶出成分の濃度との相関関係を調べたところ、それぞれの成分について良好な相関があった(図 6 および表 2)。この結果は、埋立物が塩類を含んでいれば比抵抗値が低くなる電気的性質を反映しているものと考えられた。しかし、調査対象の地区Cはばいじんのみの埋立区画であり、埋立物の性質が比較的一様の条件下であったために全ての溶出成分が良好な相関を示したものと考えられるため、埋立物の種類や別の溶出成分など、更なる検討も必要であると思われた。

このように、かながわ環境整備センターに記録されている埋立物情報と比抵抗値との照合結果、及び埋立物溶出成分と比抵抗値の検討結果から、埋立物の性状が既知ならば電気探査によって測定された比抵抗値から作成した比抵抗断面図は、埋立物情報や埋立物溶出成分の電気的性質を反映しており、廃棄物の位置や、相対的な廃棄物の種類の判別などの地下内部状況の推定に応用できることがわかった。

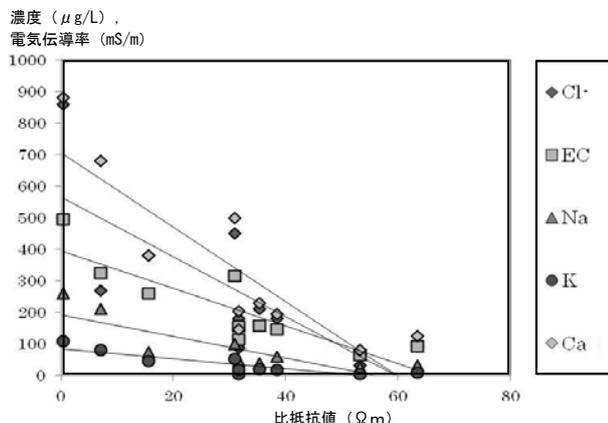


図 6 比抵抗値と溶出成分濃度との関係

表 2 比抵抗値と溶出成分との決定係数

溶出成分	決定係数 (r^2)
Cl ⁻	0.56
EC	0.74
Na	0.65
K	0.74
Ca	0.73

3. 2 埋立区域境界線の把握調査結果

3. 2. 1 室内実験による境界線把握調査結果

作成した実験槽について、1Lの散水(4mm/日の降雨に相当)前後に電気探査を実施したところ、比抵抗断面図に変化が認められた(図 7)。プラスチック類と土壌はどちらも比抵抗値が高く、散水前はその境界線が不明確であったが、散水後は土壌の比抵抗値が下がり、プラスチック類と土壌との境界線がおおよそ明らかになった。

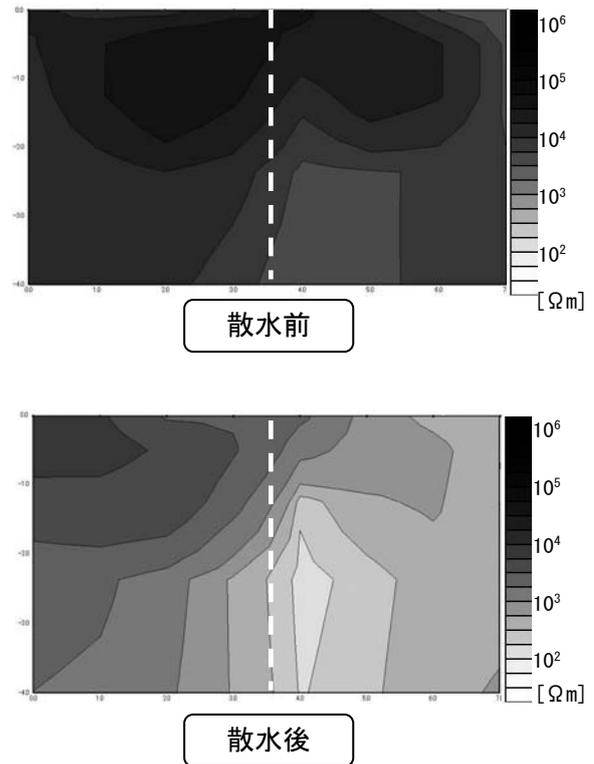


図 7 散水による比抵抗断面図の変化

3. 2. 2 最終処分場での境界線把握調査結果

かながわ環境整備センターの地区Dにおいて、約 20mm/日の降雨前後に電気探査を実施し、前後の比抵抗断面図を比較したところ、2つの比抵抗断面図に大きな差は見られなかった(図 8)。これは、地区Dは車両が通行する場所であったため

地表面が踏み固められていたこと、また水量不足などにより地区Dの地下に十分な水が浸透しなかったために変化がみられなかったものと考えられる。実際、4.2.1の室内実験では十分な散水によって比抵抗断面図の変化から境界線を確認できたため、最終処分場への適用においては、測定箇所含水率が変化したことを確認した上で電気探査を実施することで、埋立区域境界線が把握できる可能性が示唆された。

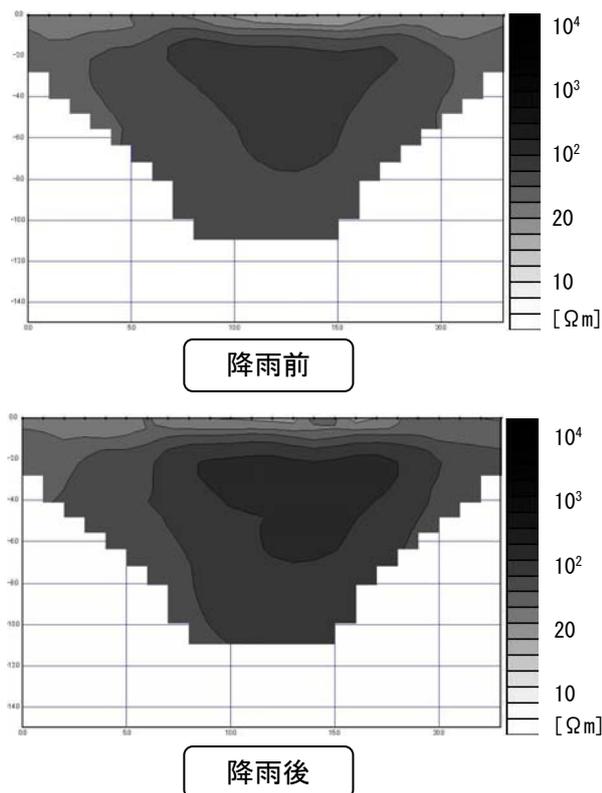


図8 散水による比抵抗断面図の変化

4 おわりに

今回、埋立履歴が明らかであるかながわ環境整備センターや室内実験において電気探査による調査を行い、電気探査技術の応用手法について検討を行ったところ、次のことが明らかとなった。

- (1) かながわ環境整備センターに記録されている埋立物情報と電気探査で得られた比抵抗値はほぼ一致しており、埋立物の位置を比抵抗断面図によって推定できる可能性を示していた。
- (2) 埋立物からの溶出成分濃度と電気探査で得られた比抵抗値には高い相関があることから、埋立廃棄物の電気的性質を正確に反映しており、相対的な比抵抗値から廃棄物の位置や種類を特定できる可能性が示唆された。

- (3) 埋立物の含水率を変化させることにより、比抵抗値に差が現れ、地下内部の埋立区域境界線を把握できる可能性が示唆された。

今回の調査において、最終処分場に電気探査技術を適用することで、埋立物の位置の把握、埋立区域境界線の把握を非破壊で行えることを確認した。また同地点の降雨による比抵抗値の経時変化を調査することにより、地下内部の保有水の状態が推定できる可能性があった。したがって、地下水流動調査や地盤の透水性調査など、保有水や地下水の挙動に対する新たな調査手法としての有用性についても、更なる検討の余地があるものと考えられた。

今後も引き続き測定データを蓄積するとともに、電気探査技術と他の調査方法を併用することで、電気探査技術を用いた新たな最終処分場の調査方法の提言が可能になると考えている。

参考文献

- 1) 香村一夫, 海老原 昇, 原 雄: 一般廃棄物最終処分場における浸出水のイオン濃度と廃棄物層の比抵抗について, 廃棄物学会論文誌, 14, (3), 123-132 (2003)
- 2) 栗原正憲, 大石 修, 佐藤賢司: 電気, 電磁探査による最終処分場モニタリングの有効性検討, 第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 753-755 (2008)
- 3) 磯部友護, 遠藤和人, 川寄幹生, 小野雄策: 埋立地内部水の移動現象における比抵抗探査の適用性評価, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1033-1035 (2006)
- 4) 福井 博, 高橋通正, 山田正人, 香村一夫, 石渡康尊, 大石 修: 廃棄物埋立層物性値における現位置測定手法の検討, 神奈川県環境科学センター研究報告, (30), 78-79 (2007)
- 5) 福井 博, 高橋通正, 坂本広美, 辻 祥代, 三村春雄: 電気探査技術の活用による廃棄物最終処分場の安定度判定に関する研究, 神奈川県環境科学センター研究報告, (33), 77-82 (2010)