

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

福井 博, 高橋通正, 坂本広美*, 辻 祥代, 三村春雄
(調査研究部, *県央地域県政総合センター)

Studies on the determination of stability in landfill site with the electrical prospecting techniques

Hiroshi FUKUI, Michimasa TAKAHASHI,
Hiromi SAKAMOTO*, Sachiyo TSUJI and Haruo MIMURA
(Research Division, Ken-o 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

県内の閉鎖した最終処分場は、ほとんどが廃止未了のまま、長期間にわたり維持管理を続けている。当センターの過去の調査においても、埋め立てられた廃棄物層中の一部に安定化の遅れがあることが原因となっているためか、閉鎖後 10 年以上が経過した県内 4 か所の最終処分場で浸出水のモニタリングを行ったところ、大雨後に塩化物イオンや COD 等の濃度が高くなる場合があるという調査結果を得ている¹⁾。廃棄物層の安定化を確認するためには、ボーリングあるいは掘削調査などの破壊検査が行われる。しかし、これらは高コストであり、掘削等により安定化の促進への影響も懸念されるため、非破壊検査の適用が望まれている。最終処分場の安定化を確認するためには、現時点では発生ガスあるいは浸出水のモニタリング結果から判断せざるを得ないが、近年、最終処分場モニタリングにおける非破壊検査の一手法である電気探査等の有効性が注目され、電気探査(比抵抗探査)により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る^{2~4)}。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してきたところであるが⁵⁾、今回、廃棄物層の安定化のモニタリングを目的として、埋立履歴が確認できる最終処分場において比抵抗探査を行い、埋立廃棄物との関連等を調査した。

2 方法

2. 1 調査対象最終処分場の概要

本研究での調査対象最終処分場は、県営のかながわ環境整備センターである。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(キレート処理)、がれき類(ほとんどがフレコンバッグに梱包されたスレート)、ガラス・陶磁器くず(主に石膏ボード)等であり、平成 18 年 6 月から埋立を開始した。また、かながわ環境整備センターでは、埋立ブロックごとに廃棄物の種類、量、埋立期間が記録されているため、比抵抗探査の結果とその測線下の廃棄物の種類と埋立時期との関連を調べることができる。

2. 2 埋立地における比抵抗探査

かながわ環境整備センターは埋立中であるため、埋立作業を行っているブロックに測線を設定し、埋立作業の進捗に合わせて測定した。

2. 2. 1 廃棄物の種類別比抵抗の測定

石膏ボード、ばいじんについては、搬入直後(乾燥時)に比抵抗を測定し、その後、散水して含水率を高くした状態でも測定した。がれき類は、フレコンバッグに梱包されて 5~6 段に積み上げ、その上にばいじん又は土を被せた状態で測定した。比抵抗の測定条件は、電極間隔を石膏ボードとばいじんは 0.2m、がれき類は 0.5m、測線長を石膏ボードとばいじんは 1.4m、がれき類は 3.5m、電極配置をダイポール・ダイポール法とした。

2. 2. 2 廃棄物層の比抵抗の測定

埋立作業が一段落している場所（測線 A, B）で比抵抗を測定した（図 1）。測線 A は 2 層埋立、B は 3 層埋立である（1 層の埋立厚さは中間覆土を含め約 3m）。A, B とも第 1 層に燃えがら・ばいじん、第 2 層にがれき類層があり、B の第 3 層に燃えがら・ばいじん層がある。比抵抗の測定条

件は、測線 A, B ともに電極間隔 1m、測線 A の測線長 30m、測線 B の測線長 28m、電極配置をダイポール・ダイポール法とした。

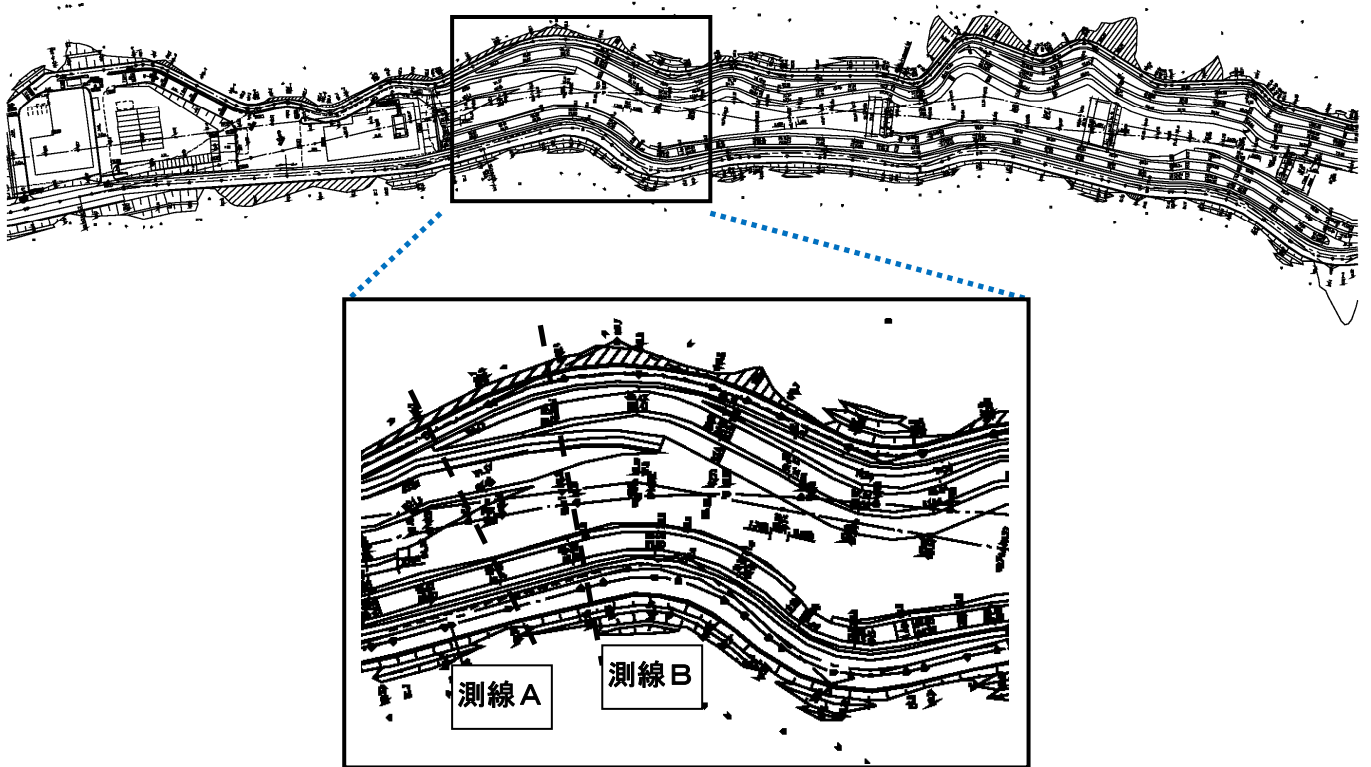


図 1 かながわ環境整備センターの俯瞰図及び側線配置図

2. 2. 3 同一測線上の比抵抗の測定

平成 20 年 8, 9, 10 月に、測線 A, B で比抵抗の時系列変化を測定した。測定条件は 2. 2. 2 と同様とした。比抵抗探査の測定機器には McOHM PROFILER-4（応用地質）を用い、ElecImager/2D（応用リソースマネジメント社）により逆解析を行い、比抵抗断面図を求めた。

2. 3 ばいじんを用いた室内実験

かながわ環境整備センターにおける測定とは別に、室内に最終処分場に見立てた実験槽を作成し、そこに電気探査技術を用いて雨水によるばいじんに含まれる成分の経時的な流出状況がどのように測定されるかの確認を行った。また、本室内実験では、電気探査技術での測定だけでなく、実験槽の下部から流出する排水を分析し、ばいじんに含まれる成分の挙動についても確認をした。

実験槽（容量 150L）は塩化ビニル製のものを作成し、これにキレート処理したばいじん（13L, 9.2kg）と鹿沼土（100L）をサンドイッチ状に充填し、水を充填物が浸るまで満たし、1 日 1 回、水を入れ替えた（水洗）。この水洗では底部から水を 40L 抜き、抜いた水（排水）の電気伝導率を測定し、その後、新しい水を 40L 入れた。水洗は 10 日間にわたり、計 10 回行った。実験槽内の充填物の比抵抗は、水抜き前に測定した。比抵抗の測定条件は、電極間隔 0.1m、測線長 0.7m、電極配置をダイポール・ダイポール法とした。（図 2, 図 3）

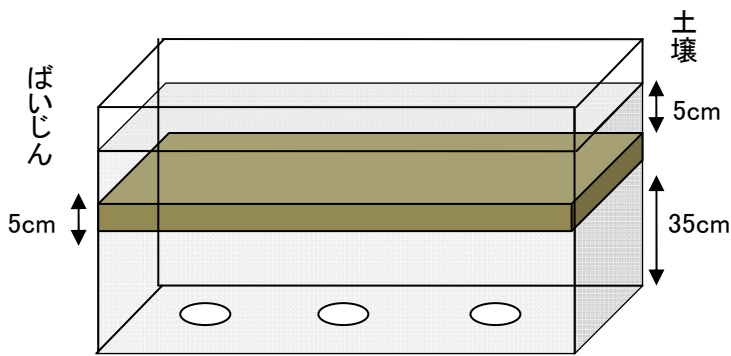


図2 実験装置の概略図

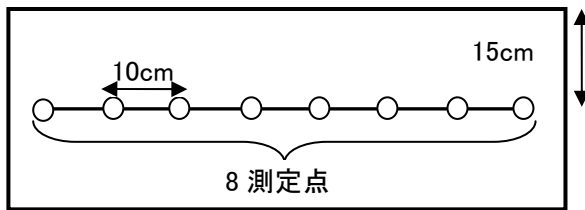


図3 測線配置（実験装置上面）

3 結果

3.1 廃棄物の種類別比抵抗

搬入直後の廃棄物の比抵抗は、石膏ボードが200~400Ωmであるのに対し、ばいじんには排ガス処理のための消石灰等の塩類が多量に含まれて3Ωmと比抵抗が低いため、地中の存在位置が確認できた（図4、5）。また、石膏ボード、ばいじんのどちらについても、散水して含水率を高めた部分では比抵抗が低くなったため、地中の状況が変化したことを確認することができた。

フレコンバッグに梱包されたがれき類の比抵抗は、埋立直後の即日覆土が施された部分で10~30Ωm、燃えがら・ばいじんが被せられた部分で3~10Ωmを示した。がれき類も石膏ボードと同様に低い比抵抗値を示していることから、この廃棄物層には燃えがら・ばいじん由来の塩類も含まれていることが示唆された（図6）。

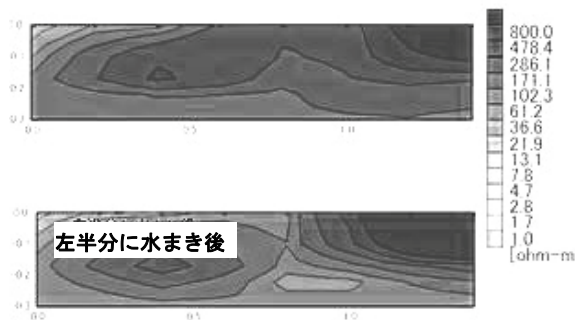


図4 搬入直後の石膏ボードの比抵抗断面図

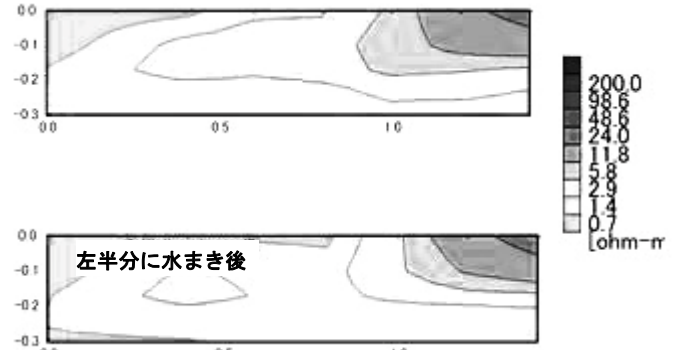


図5 搬入直後のばいじんの比抵抗断面

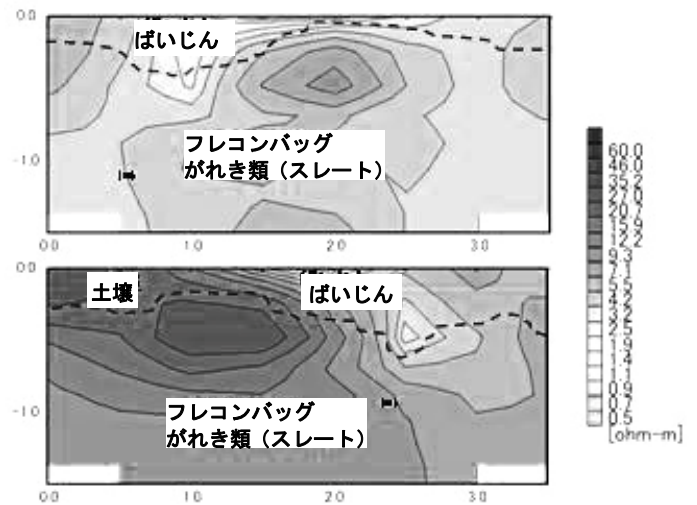


図6 埋立直後のがれき類の比抵抗断面図

3.2 廃棄物層の比抵抗（測線 A, B）

3.2.1 がれき類層、石膏ボード層

埋め立てられたスレートの比抵抗は、測線 A (10~60Ωm) に比べ、測線 B (0.5~2Ωm) では著しく低比抵抗となった（図7）。このことは、がれき類が測線 A では最上部に埋め立てられているが、測線 B では、燃えがら・ばいじん層の下に埋め立てられているため、燃えがら・ばいじんに含まれる塩類が雨で流出し、がれき類層へと移動して多量に存在していることが示唆された。

また、当最終処分場では、硫化水素対策として、石膏ボードとばいじんを混合して埋め立てているため、石膏ボードを埋め立てた区画ではばいじん由来の塩類が存在しているとのことから、低比抵抗となる原因を確認することができた。

3. 2. 2 燃えがら・ばいじん層

測線 A, B の最下層（第 1 層）には、燃えがら、ばいじんがほぼ同時期に埋め立てられており、第 1 層の比抵抗は測線 A が 2~10Ωm（図 7）、測線 B が 1~5Ωm であり、上部の層（第 3 層）に新たに埋め立てられた燃えがら・ばいじんが存在する測線 B の方がやや低比抵抗を示した。測線 A, B の第 1 層では、第 2 層の埋立が始まるまでの 1 年間に 2000 ミリの降雨があり、第 1 層が水没し、浸出水の電気伝導率がピーク値 5 S/m に達してい

ることから、その期間中の降雨により、燃えがら・ばいじん中の塩類の洗い出しが促進されたと考えられた。一方、新たに積み上げられた測線 B の最上部（第 3 層）の燃えがら・ばいじんは、比抵抗が 1Ωm 以下であり、覆土前のばいじんに近い低比抵抗を示した。第 3 層の燃えがら・ばいじんは、第 1 層の埋立から 1 年後に埋め立てられ、降雨による洗い出し期間が短く、水没もしていないため、塩類の洗い出しが遅れているものと考えられる。

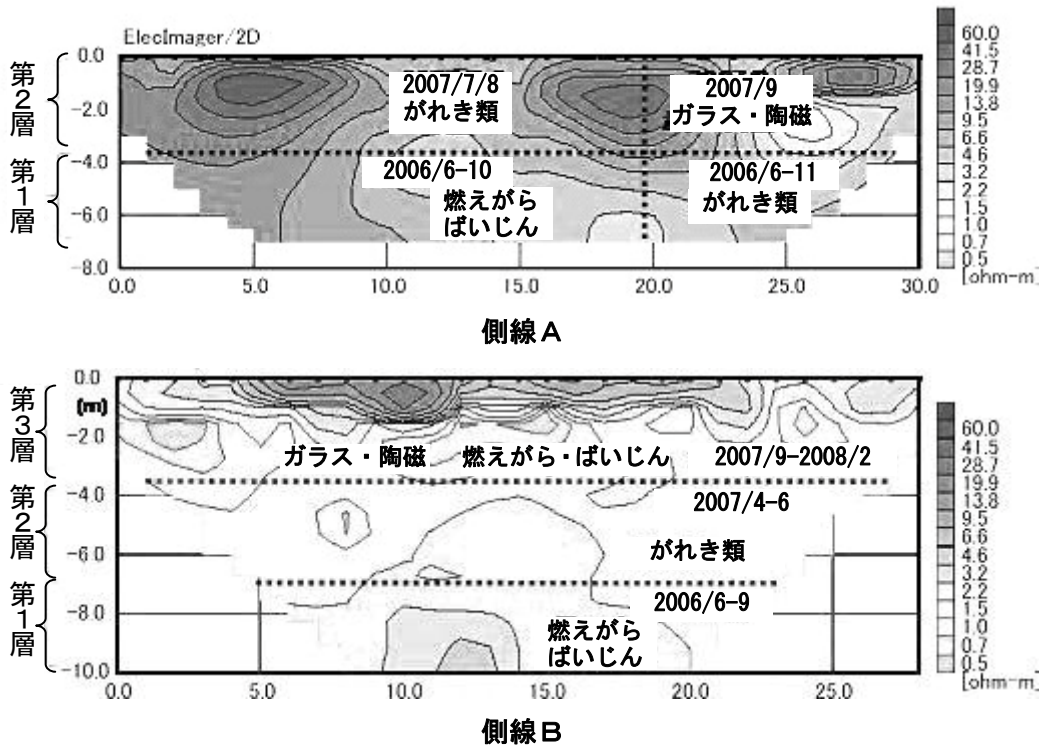


図 7 測線 A, B の比抵抗

3. 3 同一測線上の比抵抗の時系列変化

燃えがら・ばいじん等が埋め立てられている同一測線（測線 A, B）において、同一測定条件で比抵抗の時系列モニタリングを 3 か月間行った。燃えがら・ばいじん中に含まれる塩類の流出に伴い、比抵抗が変化することにより、安定化の進行が把握できるのではと考えられたが、期間が 3 か月程度と短かったためか、明確な変化は認められなかった（図 8, 9）。今後、埋立作業の進捗状況に合わせ、継続して測定する必要があると考えられる。

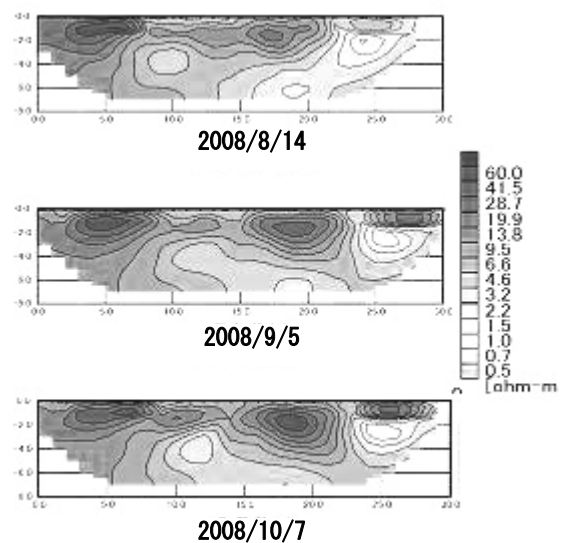


図 8 測線 A の時系列の比抵抗断面図

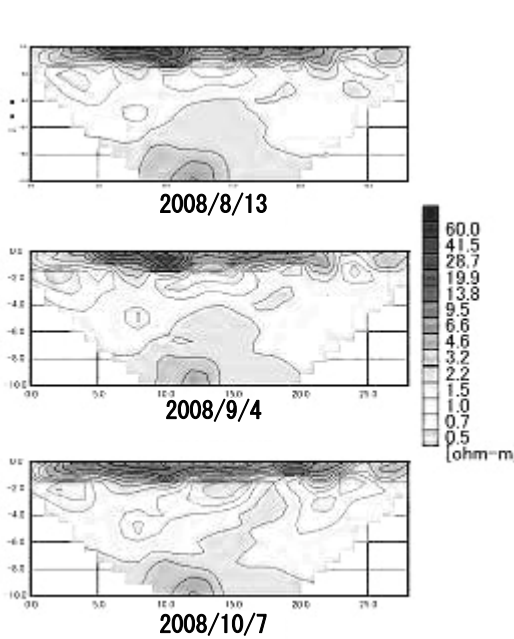


図9 測線Bの時系列の比抵抗断面図

3. 4 ばいじんを用いた室内実験

実験槽に充填したばいじん中の塩類は、水の入替え（水洗）のたびに溶出し、排水とともに排出された。排水中に流出する塩類濃度の指標として電気伝導率を測定したところ、水洗を重ねるごとに上層部から順次値が低くなり、8回以降ほぼ一定となった。このことから、この時点でばいじんからの塩類の溶出がほぼ終了したと考えられた。

一方、充填物の比抵抗を水洗のたびに測定したところ、水洗回数を重ねるごとに上層部から順次比抵抗値の高い部分が拡大していった。（図10）。また、併せて電気伝導率、塩化物イオン、塩類の濃度を測定したところ、水洗の度に濃度が減少していた（図11）。今回の実験では、浸出水の電気伝導率と塩化物イオン、COD、全窒素等との相関が高く（図12）、このような最終処分場では、廃棄物層の比抵抗を継続して測定することにより、塩類の流出に伴うCOD、全窒素等の挙動を把握することができるのではと考えられた。

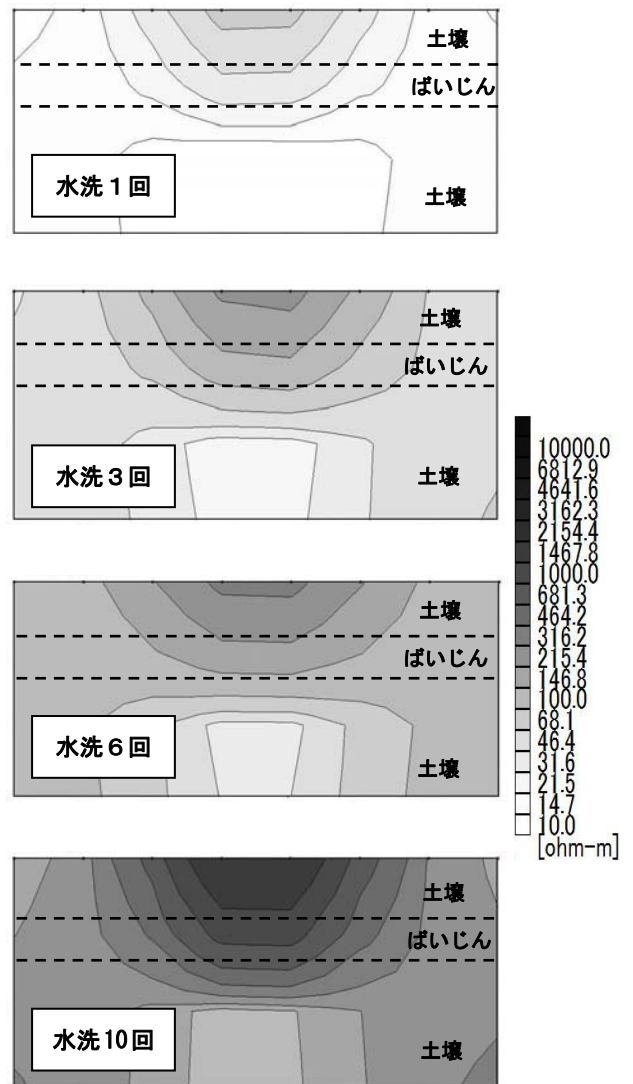


図10 ばいじんの水洗回数と比抵抗断面図

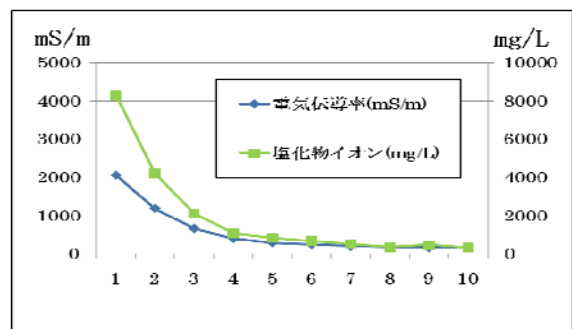


図11 排水中の電気伝導率と塩化物イオン濃度

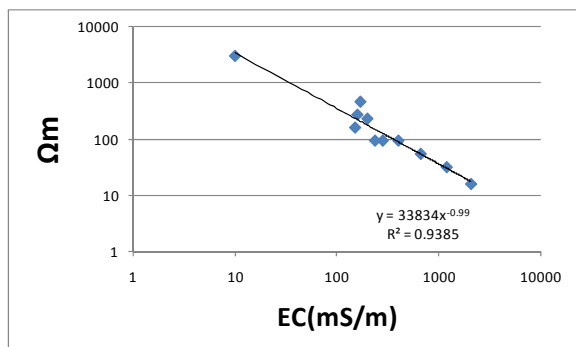


図 12 排水中の電気伝導率と比抵抗の関係

4 まとめ

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において、廃棄物層断面の比抵抗分布を測定し、比抵抗分布と埋立廃棄物の性状や安定化との関連性の検討や埋立地内の状況の可視化を試みた。

埋め立てられた廃棄物の比抵抗は、塩類を多く含むことにより電気を流しやすい燃えがら、ばいじん類については低い値となり、その他の埋立物であるがれき類、石膏ボード、スレート類等は高い値を示した。このことから、埋立物が不明であったとしても、データの経時変化を連続的に集積することにより、電導性廃棄物（ばいじん等）と非電導性廃棄物（がれき類、プラスチック等）を判別し、その位置を可視化するとともに、塩類の溶出動向を追跡し、安定化の状況について把握できる可能性があると考えられた。

また、実験槽を用いた室内実験及び実際の産業廃棄物最終処分場を調査して得られたデータから、燃えがら、ばいじん類は降雨により塩類が流出し、比抵抗値の高い部分が徐々に拡大していく状況が確認された。これらのことから、最終処分場における廃棄物層の安定化の把握には、同一測線における経時的なモニタリングによって比抵抗値の変化を長期的に把握していくことが有効であると考えられた。

なお、比抵抗探査は、上記のような廃棄物処分場の安定度判定以外にも、最終処分場浸出水の漏水検知、埋立範囲の確認、廃棄物層内の「みずみち」の状況把握、不法投棄範囲の特定などへの活用も期待されることから、今後も様々な条件でのデータ蓄積が肝要である。

参考文献

- 1) 福井 博, 坂本広美, 高橋通正, 山田正人, 遠藤和人: 最終処分場の安定度判定に関する研究—観測井を用いた安定度判定—, 神奈川県環境科学センター研究報告, 第 32 号, pp.111-119 (2003)
- 2) 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, 第 14 巻, 第 3 号, pp.123-132 (2003)
- 3) 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, pp753-755 (2008)
- 4) 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, pp1033-1035(2006)
- 5) 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, 第 30 号, pp78-79(2007)

プロジェクト研究 [平成 20~21 年度]

課題名: 循環型社会の形成に関する研究

テーマ: 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