

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

栗原正憲 大石 修 佐藤賢司

1 研究背景

最終処分場埋立地は、廃棄物種や内部の水浸透が不均一であることが指摘されており^{1) 2)}、安定化の進行に差が生じていると予想される。本研究室ではより適切な安定化判断実現のため電気、電磁探査法に取り組んできた。これまで測定エリア内での相対的な比較目的の利用が中心であったこれらの探査手法と最終処分場の安定化度を反映するパラメータとの間に関連を見出すことが出来れば、安定化判断手法としての利用価値が高まると思われる。

2 調査内容

電気、電磁探査の結果と浸出水の電気伝導度との関係を調べ、応答強度が浸出水の性状をどの程度反映しているかを吟味した。調査対象地は表1に示した7箇所である。最終処分場5箇所の他、最終処分場以外の土地2箇所(EVC、S-I)を比較材料として加えた。それぞれ1～3回の電気、電磁探査を実施した。埋立物は焼却灰、破碎物、汚泥など多種類であり、各処分場で種類、比率においてそれぞれ異なる。

○使用機器

応用地質社製：McOHM-Mark II (ダイポール・ダイポール法)

Geopex 社製：GEM-2

表1 調査対象地一覧

名称	埋立期間	埋立物	容積 m ³	面積 m ²
H	S61/9～H7/1	一廃	237,000	32,800
K	S53/4～H4/3	一廃	255,000	61,473
S	S54/9～S63/3	一廃	148,860	14,736
O	S45～H12	一廃	63,855	3,377
F-T	S59～H4/9	産廃	707,587	50,028
EVC	—	なし	—	—
S-I	—	なし	—	—

3 調査結果

3・1 電気探査結果と浸出水の相関調査

電気探査により得た比抵抗マップから図1の手順により解析を行った。まず各処分場の探査強度の分布割合図を作成し、比較のために探査日に観側した浸出水の電気伝導度をプロットしたものが図2である。プロ

ット数に違いがあるのは、それぞれの処分場の観側井の数に違いがあるためである。次に比抵抗幅と浸出水の電気伝導度の観側幅の関係を図3に示した。各処分場の分布位置には違いがあり、低比抵抗に分布を持つ処分場ほど電気伝導度の高い浸出水が観側される傾向にある。埋立地の低比抵抗部分は一般的に保有水の電気伝導度が高いと予想され、浸出水の電気伝導度の上昇に寄与していると考えられる。そこで、それぞれの処分場の比抵抗の最低値と電気伝導度の最大値の関係を示したものが図4である。破線は対象が均一な導電物と仮定した場合の関係を示している。右上がりの傾向(危険率1%で有意)を読み取ることができ、「埋立地の比抵抗の低さ」と「浸出水の電気伝導度の高さ」には相関が期待できることが実測によっても確認された。

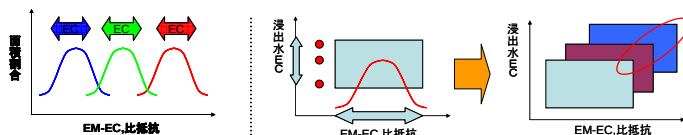


図1 浸出水と探査結果の比較手順

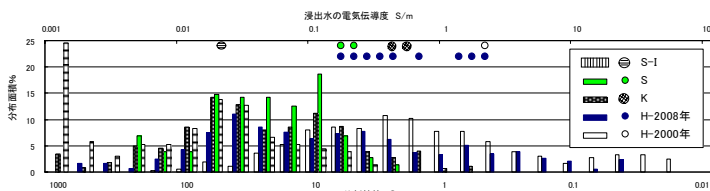


図2 浸出水 EC と比抵抗の比較1

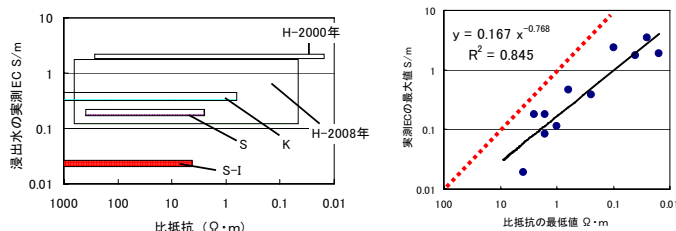


図3 浸出水 EC と比抵抗の比較2 図4 浸出水 EC と比抵抗の比較3

3・2 電磁探査結果と浸出水の相関調査

電磁探査の測定結果を電気伝導度に換算し³⁾、同様の解析を行ったものが図5～7である。原因は不明であるが、測定値の極端なピンスポットが見られることがあり、長く伸びた分布となることがあったため、今回は分布の両側2.5%を除いた95%のみを採用して解析を行った。比抵抗と同様に右上がりの相関関係が認められ(危険率1%で有意)、電磁探査結果は浸出水の

電気伝導度に影響を受けていると考えられる。

ただし、表層に小さな金属片が存在したり水分を含んだ枯れ草が厚く堆積しているエリアでは、この傾向に比べやや高めの電磁探査 EC を示すことがあった(図7矢印)。測定エリアの表層の組成によっては強い影響を受ける特性があるものと予想される。

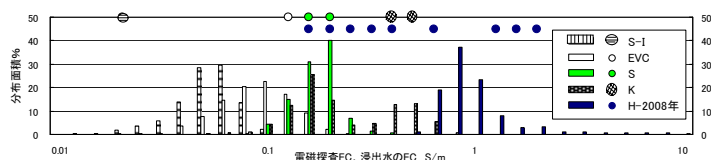


図5 浸出水 EC と電磁探査 EC の比較 1

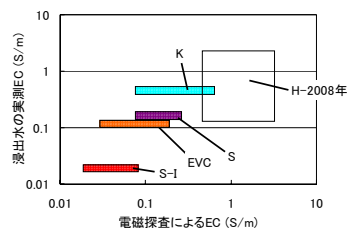


図6 浸出水 EC と
電磁探査 EC の比較 2

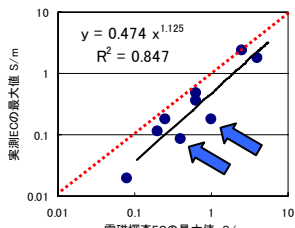


図7 浸出水 EC と
電磁探査 EC の比較 3

4 考察

今回の調査では、埋立物の異なる複数のエリアにおいて電気、電磁探査を実施したが、浸出水の電気伝導度と探査結果の相関関係は一定の範囲内に収まっており、埋立物の違いの寄与は浸出水に比べて相対的に小さかったと思われる。岩石と間隙水からなる地盤のモデルを考えた場合、地盤の電気伝導度 σ は、岩石の電気伝導度を σ_c 、間隙水の電気伝導度を σ_w 、間隙率を ϕ として次式のように決定すると考えることができる^{4) 5)}。つまり、図8⁶⁾に示したように間隙水の電気伝導度が高いエリアでは相対的にその影響が大きくなる。

$$\sigma = \frac{\sigma_w}{F} + \sigma_c \quad (F: \text{地層比抵抗係数})$$

$$F = \frac{a}{\phi^m} \quad (\text{砂岩: } a=0.5 \sim 2.5, m=1.3 \sim 2.5)$$

廃棄物処分場のように間隙水(保有水)の電気伝導度が高いエリアではその寄与が相対的に大きくなると考えられ、また今回は埋め立て地全体から最大値の1点のみを採用して比較しているため、埋立物の違いが影響しにくく直線的な相関が得られたものと思われる。浸出水性状の把握を目的

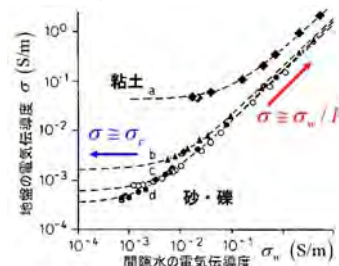


図8 地盤の EC と
間隙水 EC の関係

として電気、電磁探査を実施する場合、埋立物の異なる処分場でもこれらの探査結果を材料に議論できる可能性が示されたことは本調査法の利点のひとつと捉えることができる。

ただし、電導性の良い埋立物が多く存在したり間隙率、水飽和率が大きく異なるエリアでは、それらの影響度が大きくなり今回の相関傾向から解離してくると予想される。特に最終処分場の局所的エリアを判断するためには、埋立物や埋め立て状態についての情報を揃えた上で慎重な考察を行うべきであると思われる。

5 まとめ

電気、電磁探査の探査結果は一般的に含水率、保有水のイオン濃度、廃棄物種の違い等により影響を受けていると考えられるが、今回の一連の調査では浸出水(保有水)の電気伝導度との間に有意な相関が観察された。特に低比抵抗部分(電磁探査の高 EC 部分)に着目することで、埋め立て地から発生する浸出水の電気伝導度上限の推測に利用できる可能性が示された。

電磁探査では測定エリア表層の違いが測定値に大きく影響する事例が見られた。測定値に強く寄与する物質が調査エリア内に多く存在した場合、誤った結果解釈につながる恐れがある。正確な知見を得るためには測定対象物ごとに電磁探査の感度特性を把握し、測定、解析方法について最適化を進めることが必要である。

参考文献

- 1) 香村一夫, 栗原正憲, 原雄: 浸出水中の無機イオン濃度からみた廃棄物層の性状変化, 資源地質, 55(2), 203-210 (2003)
- 2) 栗原正憲: 観測井に関する降水量の影響調査, 千葉県環境研究センター年報, 第4号, 94-95 (2006)
- 3) Haoping Huang: Depth of investigation for small broadband electromagnetic sensors, GEOPHYSICS, vol.70, NO.6 (NOVEMBER-DECEMBER2005), 135-142
- 4) 高倉伸一: アーチーの式と並列回路モデル, Conductivity Anomaly 研究会, 2003 年論文集, 127-132 (2003)
- 5) 光畑裕司: 電磁探査法による海岸平野における高塩分地下水調査, Journal of Geography, 115(3), 416-424 (2006)
- 6) SchÖn: Physical Properties of Rocks, Handbook of Geophysical Exploration, Elsevier, (2004)