

埋立物と比抵抗の比較調査事例

栗原正憲 大石 修

1 はじめに

廃棄物研究室では、比抵抗探査（電気探査）を用いた最終処分場の調査手法の開発に取り組んでいる。安定化度把握に適用した場合、本手法は非破壊、低コストで広範囲に調査可能なことが利点となる。比抵抗情報から安定化を推測するには、実際の埋立物との対比を行い、どの程度の相関が期待できるのか確認する必要があるため、埋立物と探査結果の関連調査を行った。

2 調査方法

調査地点は産業廃棄物最終処分場 F・M の埋め立て地内のうち、埋め立て記録では木屑を多く埋めたとされる K エリア(1 箇所)、燃え殻を多く埋めたとされる M エリア(2 箇所)の 3 箇所を設定した。それぞれで電気探査を実施し廃棄物層の比抵抗情報を得た。電気探査の測線上で廃棄物試料のボーリングコアを採取し、1m 間隔で試料を平均化して各種分析を実施した。比抵抗は埋め立て地の含水率(コア中の水分重量割合)、間隙水の電気伝導度、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、どの要素が主に相関関係にあるかの確認を行った。

3 調査結果

3・1 採取コア性状

採取コアの大まかな分類を表 1 に示した。目視観察では上部の数十 cm が覆土、それ以下の深度はほぼすべてが浚渫土と鉱さいであり、深度ごとの廃棄物種の変化は少ない。K、M エリアのどちらも埋め立て記録どおりの木屑、燃え殻主体の埋立物は確認できなかった。コアには部分的に白色の固形物が含まれ、X 線回折分析により $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が主成分であると確認された。

3・2 コア分析結果（含水率、含有元素量）

含水率と比抵抗の相関は確認できなかった。また、蛍光 X 線分析、CN コーダーにより含有する主成分元素の定量を行ったが、比抵抗との明らかな関連性は確認できず、今回の調査地点においては埋立物の元素組成が比抵抗に与える影響は少なかったと考えられる。

表 1 ボーリングコア分類

K エリア		M エリア		
深度 m	コア内容	深度 m	コア内容	
コア K 1	0~1	覆土 浚渫土	0~1	覆土 コンクリート片
	1~2	浚渫土	1~2	鉱さい
	2~3			
	3~4			
	4~5	鉱さい	4~5	鉱さい Ca 含有物
	5~6	鉱さい Ca 含有物	5~6	
	6~7	鉱さい	6~7	鉱さい レンガ片
	7~8	鉱さい コンクリート片	7~8	
	8~9		8~9	
9~10	鉱さい	9~10		
コア M 2	0~1	覆土 コンクリート片	0~1	覆土 コンクリート片
	1~2	鉱さい	1~2	鉱さい
	2~3			
	3~4			

3・3 コア分析結果（溶出試験：溶出イオン濃度）

固液比 1:10 で溶出を行った溶出液の電気伝導度あるいは主要イオンの濃度と、合わせてその深度の比抵抗($\Omega \cdot \text{m}$)を図 1~3 に示した。 Na^+ 、 Cl^- は比抵抗の増減傾向とおおむね類似している部分が多い。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の固形物が多く含まれていた深度では、溶出液の Ca イオン濃度が周囲よりも極端に高く、比抵抗値の動きに反している。

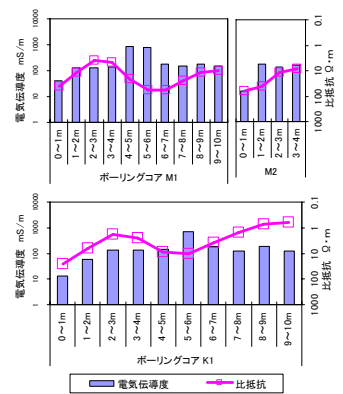


図 1 溶出液の電気伝導度

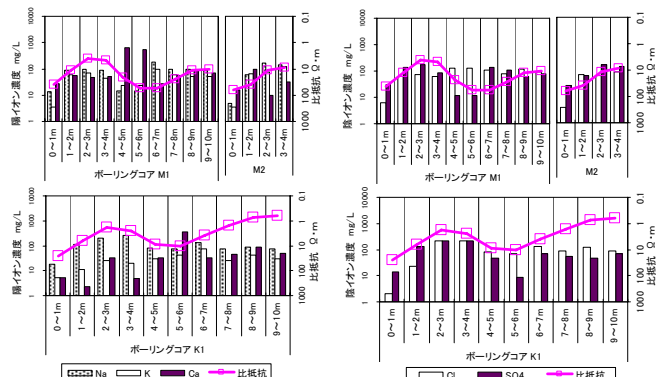


図 2 溶出液の陽イオン濃度 図 3 溶出液の陰イオン濃度

4 考察

4・1 間隙水のイオン組成について

今回実施した溶出試験は、過剰な水を加えた条件での溶出状態を観察するものであった。各物質の溶解性が埋め立て状態とは異なるため、間隙水のイオン組成の再現が不十分であった可能性がある。調査地点の保有水は強塩基性であり、また埋め立て地の内部でCaはCaCO₃やCa(OH)₂等の溶解度の低い形態で存在していることが予想される。そのためCaイオンの比率は溶出液に比べ低い状態にあると考えられる。

当研究室で過去に行った調査では、最終処分場の浸出水において極限モル伝導率から求めた電気伝導度の理論値と実測値はよく一致していた¹⁾。Caイオン濃度が極めて低かったと仮定した場合の電気伝導度を求めるため、Ca以外の主要なイオン(Na⁺,NH₄⁺,K⁺,Mg²⁺,Cl⁻,SO₄²⁻)の電気伝導度を計算により求めた。それを比抵抗と比較したものが図4である。電気伝導度の計算値と比抵抗の相関関係はいくつかの部分で改善された。コアK1の深度7~10mにおいて挙動が一致しない原因は不明である。

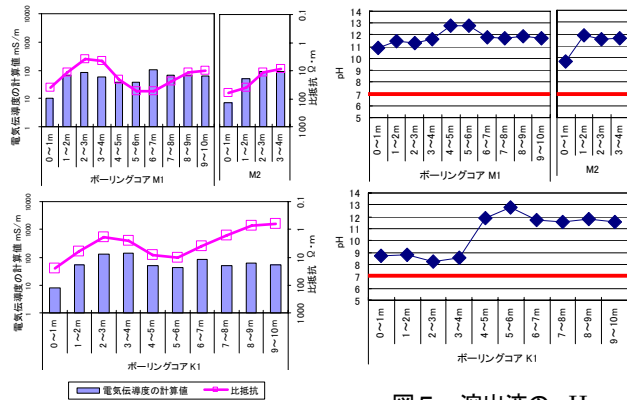


図4 Ca²⁺以外の電気伝導度の計算値

4・2 比抵抗との相関について

磯部らの調査²⁾によると、電気探査により求めた比抵抗値は、埋立物の溶出液の電気伝導度をはじめ複数の溶出成分濃度との間に相関が確認された。図6は本調査で得られた比抵抗と溶出イオン濃度あるいは電気伝導度計算値の関係、表2は相関の有意性検定の結果を示したものである。溶出イオンのうちNa⁺,NH₄⁺,Cl⁻は右上がりの相関を示していると捉えることができ、本調査においても保有水のイオン濃度が比抵抗値に影響を与えていることが示唆されたと考えられる。

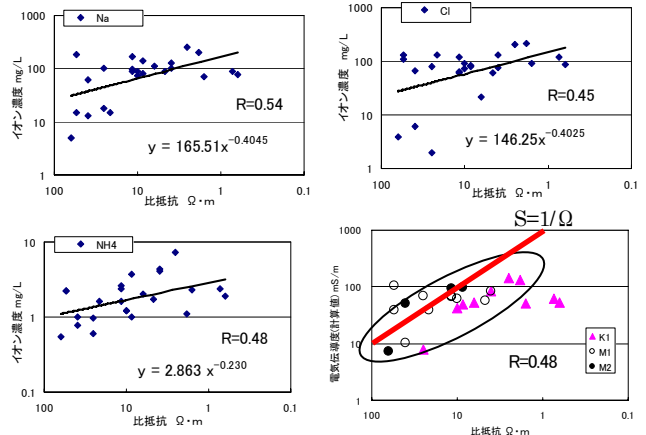


図6 溶出イオン濃度と比抵抗の相関

ただし、今回の調査は廃棄物種の変動が少ないエリアにおいて行われたものであり、保有水のイオン濃度の変化が比抵抗に反映しやすい事例であった可能性がある。異なる種類の廃棄物やみずみちが複雑に入り組んだ埋立地では、比抵抗の決定には複数の要素が絡み影響してくるため、相関は悪化する可能性がある。

表2 相関の有意性検定

	相関係数 R	有意性検定 (危険率5%)
EC	0.094	×
EC計算値	0.476	○
Na ⁺	0.540	○
K ⁺	0.119	×
NH ₄ ⁺	0.477	○
Mg ²⁺	0.157	×
Ca ²⁺	0.119	×
Cl ⁻	0.446	○
SO ₄ ²⁻	0.372	×

5 まとめ

- 電気探査の比抵抗測定値とボーリング試料の各元素含有量の間には明確な相関は確認できなかった。
- コア溶出液のNa⁺,NH₄⁺,Cl⁻濃度は比抵抗と弱い相関(危険率5%で有意)にあり、比抵抗は保有水のイオン濃度に影響を受けていると考えられる。

今後、比抵抗への影響因子の吟味を進めると同時に、埋立物の状態をより正確に把握できる実験条件を模索し詳細な比較作業を行うことが必要である。比抵抗探査から局所の安定化を判断するには埋め立て地の情報を広く集めて考察することが必要であり、今後の課題は多いと考えられる。比較データを蓄積し体系的に整理することにより、比抵抗探査を保有水の半定量的把握を目的として活用しようと考えられる。

参考文献

- 関ら：最終処分場浸出水中のイオン類について、千葉県廃棄物情報技術センター年報 vol.5, 64-66 (1998)
- 磯部ら：埋立廃棄物の性状分析から見た廃棄物最終処分場における比抵抗探査の有効性評価、第29回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 263-265 (2008)