

# 管理型産業廃棄物処分場の埋立層内における 塩類溶出能に関する一考察

田中宏和

Consideration on Elution Ability of Salts on Industrial Waste Landfill

Hirokazu TANAKA

埋立時期が異なる管理型産業廃棄物最終処分場でボーリング掘削を行い、コアサンプル中の各種イオン含有量を簡易的な振とう試験と、ホモジナイズ処理による粉碎試験の2通りの前処理方法で評価した。振とう試験に比べ粉碎試験の含有量が多く、その差は微細粒子内部に含まれる塩類と、その表面に強く付着した塩類の影響と考えられた。また、易溶出性イオンである塩化物イオンの一部は、年月の経過とともに溶出しにくい状態となることが示唆された。さらに、洗い出し効果を評価する手法として、簡易的な振とう試験と粉碎試験は有効であり、物理的な能力を評価する上ではナトリウムが最も適当な指標であることが確認された。

## 1. はじめに

最終処分場には種々雑多な物質が埋立されているが、その一部は安定化に伴う洗い出し効果により、時間の経過とともに埋立層から消失する。そこで筆者らは、管理型産業廃棄物最終処分場埋立層内の各種物質量を把握するために、埋立時期が異なる区画でボーリング掘削を行い、得られたコアサンプル中の物質含有量について調査した。今回は浸出水中に多く含まれるイオン類について、得られた結果を報告する。

## 2. 処分場情報と調査方法

### 2.1 調査対象施設の概況

ボーリング調査は2009年11月に実施し、その時点での各埋立区画の容量と埋立時期を表1に、埋立物組成を図1に示した。調査対象処分場は掘り込み式であり、埋立開始前から区画内に一定水位の降水を溜め、中間覆土は行わずに区画の端から順次埋立物を投入する水中埋立方式を採用している。

また、埋立終了後も保有水水位は年間を通じて高い状態で推移することが分かっているが、降水量、日照時間、可能蒸発量等から理論的に算出した浸透水量は設計水処理能力の範囲内であり、保有水水位が高い原因については、北陸地方の多雨な気候特性や最終覆土の高い透水性などが考えられるものの明らかではない。

### 2.2 ボーリング掘削と試料採取方法、検液の調製方法

ボーリングの掘削径は116mm、掘削深度は第1区画のみ3m、それ以外の区画は5mとした。乱れの少ないコアサンプルを採取するため、二重管のサンプラーを用いて無水オールコア方式で掘削した。大気との接触を避けるため、ポリカーボネート製の内管に採取したコアサンプルは、採取後速やかに内管の上下をビニルシートで密閉した。試料採取から30時間以内に、内管を長さ0.25m単位に切断し、

さらに管側面を切断分離して、コアのスケッチと柱状図を作成した。その後、手作業により0.25m単位で混合均一化したサンプルをラミジップに密封して持ち帰り、分析用試料とした。

検液調製のための前処理は、次の2通りの方法で行った(図2)。まず、持ち帰った当日に、分析用試料40gと超純水400mLをポリプロピレン樹脂製容器(容量500mL)に入れ、杉山元医理器製VERTICAL SHAKERを用いて300回/分で5分間上下振とうして検液を調製した。(以下、振とう検液という。)次に、試料持ち帰りの翌日に、ポリプロピレン樹脂製容器(容量1L)に分析用試料10gと超純水500mLを入れ、JANKE & KUNKEL社製URTRA-TURRAX T25を用いて20,500rpmで5分間ホモジナイズ処理して検液を調製した。(以下、粉碎検液という。)比較のため、処分場に併設している焼却炉から発生する黒色で微細粒子状を呈する焼却灰についても同様に検液を調製した。

懸濁物質を含んだままの検液で電気伝導率(EC)を、検液を3,000rpmで20分間遠心分離した上澄液を0.45μmのメンブレンフィルターでろ過したものについて塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)、硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、ナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)、カリウムイオン(K<sup>+</sup>)、カルシウムイオン(Ca<sup>2+</sup>)、

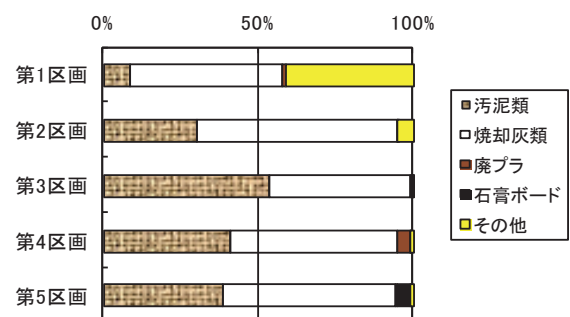


図1 埋立物組成 (重量換算)

表 1 各区画の埋立時期

(2009年11月現在)

区画	面積 (㎡)	容積 (㎡)	深さ (m)	埋立開始	埋立終了	埋立期間	終了後経過期間
1	3,750	9,730	3.5	1982年12月	1988年3月	5年4ヶ月	21年8ヶ月
2	3,750	13,275	6.0	1988年3月	1990年9月	2年7ヶ月	18年2ヶ月
3	7,800	31,950	6.0	1990年9月	1995年5月	4年9ヶ月	14年6ヶ月
4	7,800	31,950	6.0	1995年6月	2000年12月	5年7ヶ月	8年11ヶ月
5	11,790	52,650	6.0	2001年1月	2009年5月	8年5ヶ月	6ヶ月

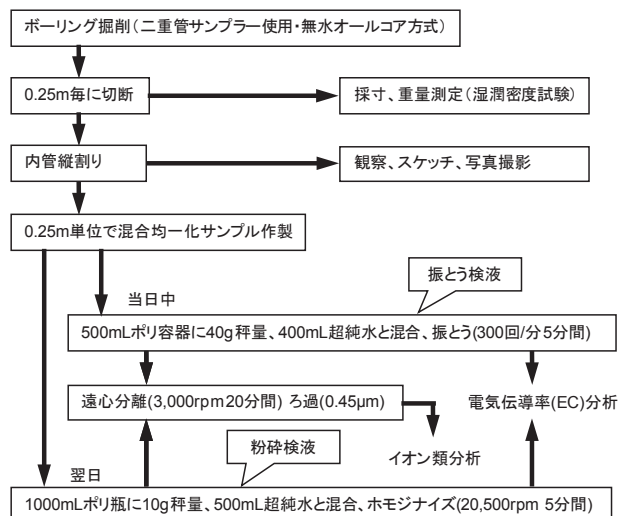


図 2 前処理のフローチャート

マグネシウムイオン ( $Mg^{2+}$ ) を分析した。得られた水質濃度と固形物含有量から、乾燥試料単位重量あたりの溶出量を算出した。本報告では、深度 1.75-2.00m、2.50-2.75m、3.50-3.75m、4.50-4.75m と焼却灰の結果を用いて評価を行った。

### 3. 結果と考察

ECの結果を図3に示す。区画とコアサンプルの最上端の深度を横軸に、溶出量を縦軸にプロットした。振とう検液と粉砕検液を比較すると、全ての検体について粉砕検液が高値を示した。この理由として、焼却灰等の団粒や固結化の影響が考えられる。つまり、振とう試験では団粒・固結化した粒状物内部と水は接触しにくいいため、粒状物内部の塩類は溶出しにくい。粉砕試験ではホモジナイズにより固結・団粒化したものが細粒化するため、比表面積が増して溶出しやすくなったと考えた。粉砕検液に対する振とう検液の比率は、総じて深度に伴い比率が増加する傾向がみられたが、第5区画では差が少なかった(図4)。

$Cl^-$ の結果を図5に示す。各区画の深度と溶出量の関係はECと同様であり、第5区画の $Cl^-$ 溶出量は焼却灰より多いことから、主に外部から搬入された焼却灰か汚泥に由来すると推察される。粉砕検液に対する振とう検液の比率は第2、3、4区画では深層の方が高く、第5区画では浅層から深層まで75%以上の高い比率でほぼ一定であった(図6)。

図5のとおり、第5区画の $Cl^-$ 溶出量が振とう検液と粉砕検液で差が少ないのは、埋立終了から経過期間が短いから、上述した団粒・固結化が進んでおらず、埋立物に含

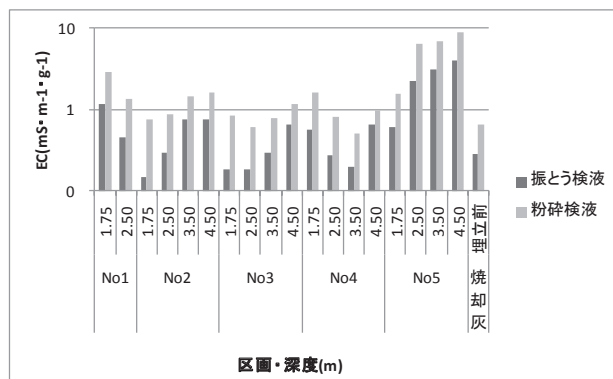


図 3 EC乾燥重量換算量

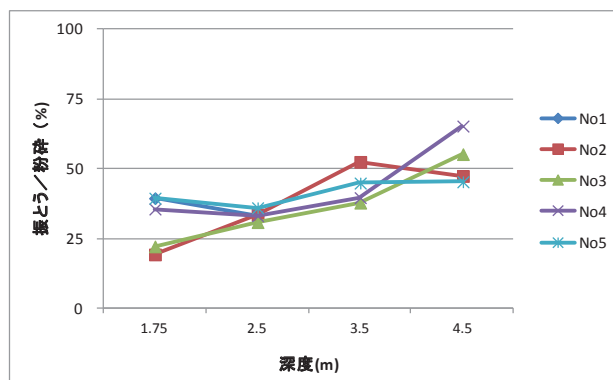


図 4 EC重量換算比

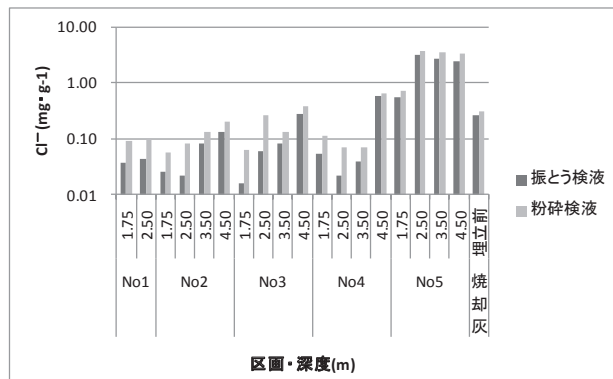


図 5 塩化物イオン溶出量

まれる  $Cl^-$ のほとんどが振とう試験で溶出可能な状態であったためと考えられる。一方、振とう検液と粉砕検液の $Cl^-$ 溶出量の差が、第5区画よりも第2~4区画の浅層で大きいことは、時間経過とともに団粒・固結化が進み、浅層部の $Cl^-$ は深層部より溶出しにくい状態のものが増えていることを表している。 $Na^+$ と $K^+$ については、粉砕検

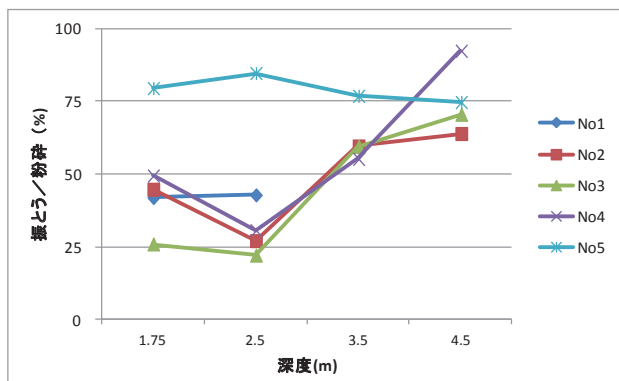


図6 塩化物イオン溶出量比

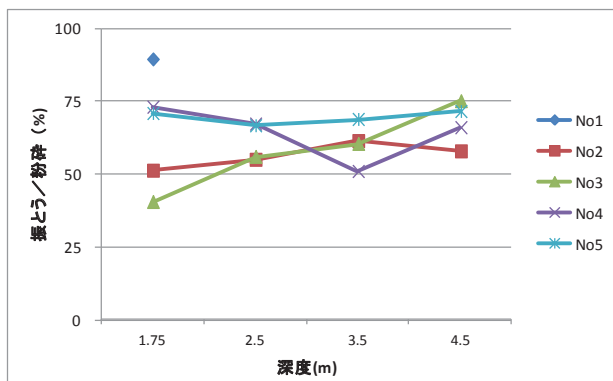


図7 ナトリウムイオン溶出量比

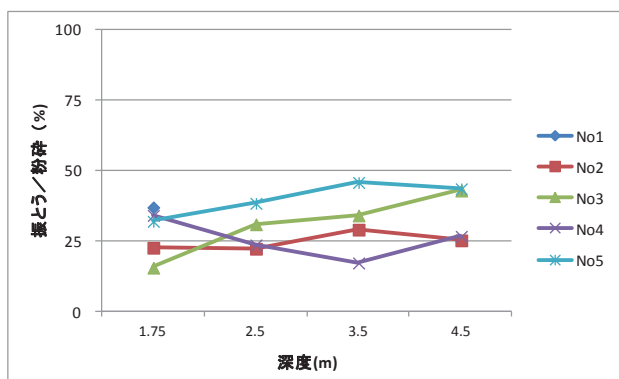


図8 カリウムイオン溶出量比

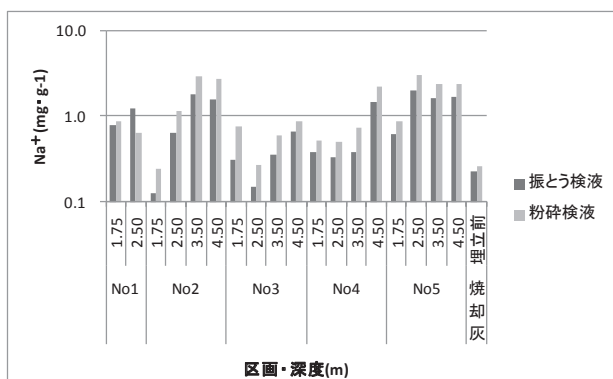


図9 ナトリウムイオン溶出量

液に対する振とう検液の比率は総じて深度に伴い微増する傾向がみられたが、その差は少なく  $\text{Na}^+$  で 50~75%、 $\text{K}^+$  で 15~45% であり、 $\text{Na}^+$  の方が溶出しやすく、団粒・固結化の影響を受けにくい (図 7,8)。つまり、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  は有機物分解や化学的変化に伴う埋立層内の環境変化の影響を受けにくい易溶性イオンであるものの、団粒・固結化による影響を受け、このことが浸出水への溶出速度、つまり濃度減衰の早さに関連するひとつの因子であることが推察される<sup>1,2)</sup>。しかし、団粒・固結化の影響の程度がイオンにより異なる理由は解明できていない。

以上から、通常の塩類洗い出し効果で消失する塩類は振とう試験での溶出量の一部であり、振とう検液と粉砕検液との溶出量差は、長期的に埋立地に残存する塩類と考えられるが、この差は時間経過とともに団粒・固結化により増加し、洗い出しを阻害する可能性が示唆された。

団粒・固結化の影響を受けにくい  $\text{Na}^+$  に着目すると図 9 では、総じて深度が深くなると高値を示す傾向がみられ、第 5 区画の 2.50m 以深については差が少なく、第 2 区画の 3.50m 以深と第 4 区画の 4.50m では第 5 区画の 2.50m 以深と同程度の値を示した。この理由として、本研究の調査対象処分場は年間を通じて保有水水位が高く、廃棄物層の大部分が水中に浸漬しているため、降水が上部から浸透することにより、浅層部の溶出性イオンが下層部に移動したためと考えられる。これを裏付けるデータとして、全層ストレーナの観測井内浸出水の EC が上層で低く、下層では高い濃度勾配を形成することを確認している (図 10)。埋立終了から経過期間が短い第 5 区画や第 4 区画の深層部では、上層部から流下した  $\text{Na}^+$  が保有水中に多く、下層埋立物に含有する  $\text{Na}^+$  の溶出が遅れるため高値を示す。つまり、深層部には上層部から溶出性のイオンが供給されるた

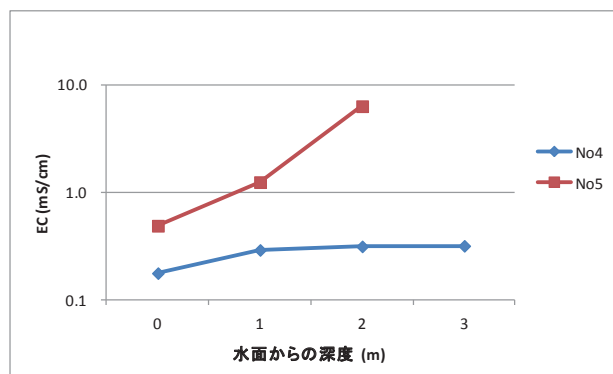


図10 観測井内浸出水のEC深度分布

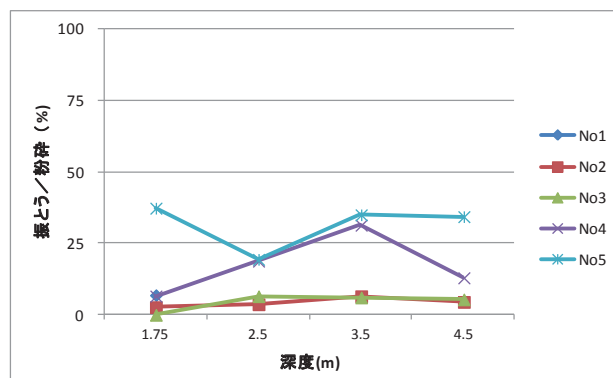


図11 硫酸イオン溶出量比

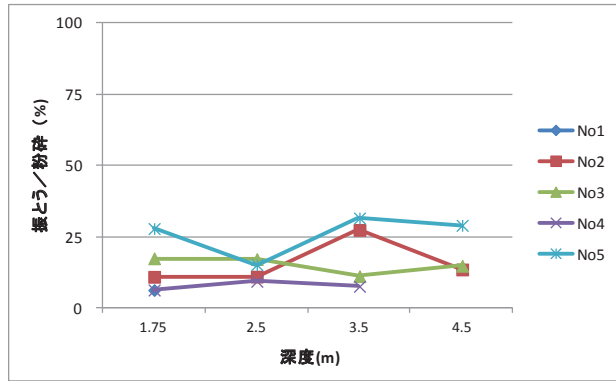


図 12 カルシウムイオン溶出量比

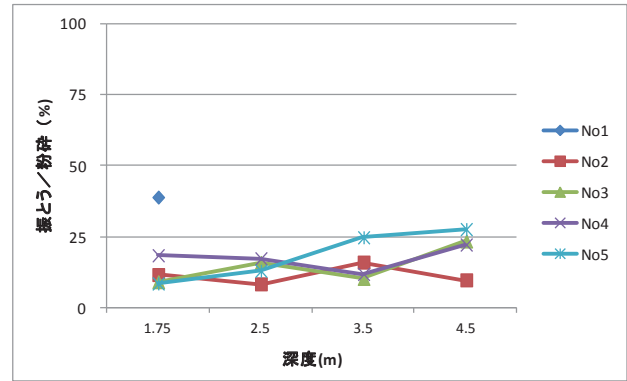


図 13 カリウムイオン溶出量比

め、粉碎検液に対する振とう検液の比率が深度とともに高い挙動を示すと考えられた(図 4、図 6~8)。第 2 区画では埋立物中の  $\text{Na}^+$  の含有量が他区画よりも多かったか、何らかの理由により塩類洗い出し能力が低いことが示唆される。なお、第 1 区画および第 3 区画の 1.75m で  $\text{Na}^+$  が高値を示した原因は、振とう検液、粉碎検液ともに高値を示していることから、埋立物の不均一性によりコア中の  $\text{Na}^+$  含有量が多かったためと考えられる。

なお、嫌気性雰囲気では難溶塩を形成しやすい多価イオンの  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  についても、粉碎試験に対する振とう試験結果の比率は低かったが、これは上述した団粒・固結化の影響だけでなく、埋立層内部の嫌気化に伴う難溶塩の形成が大きく影響していると考えられる(図 11~13)<sup>3)</sup>。

#### 4. まとめ

ボーリングコアの振とう試験と粉碎試験を比較すると、粉碎試験による溶出量が多く、その差は時間経過とともに進行する団粒・固結化により、粒子内部に封じこまれた塩類によると考えられた。

また、化学的変化等に伴う埋立層内の環境変化の影響を受けにくい  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  についても、団粒・固結化により溶出性に影響を受け、その程度はそれぞれ異なることが示唆された。

埋立物の団粒・固結化は洗い出し効果を阻害して塩類溶出を阻害する反面、処分場内のミネラル貯蔵能力を増加させる働きがあると考えられる。

#### 謝辞

本研究は、特別電源所在県科学技術振興事業「安定化の促進と安全な跡地利用のための最終処分場の分析評価と技術開発」の一環として実施した。ご指導いただいた国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター廃棄物適正処理処分研究室の山田正人室長、遠藤和人主任研究員、石垣智基主任研究員、そして、調査にご協力を賜りました関係者の方々に深謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 柴田公子他, 一般廃棄物最終処分場における浸出水の水質の推移について, 山口県衛生公害研究センター業績報告, 18, 56-59(1997)
- 2) 田中宏和他, 管理型産業廃棄物最終処分場における経過期間と浸出水水質の相関分析, 第 18 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 751-753(2007)
- 3) 長森正尚他, 浸出水の水質経年変化, 埼玉県公害センター研究報告, 21, 49-65(1994)