

福井県内の産業廃棄物最終処分場（管理型）における 浸出水中のイオン挙動

田中宏和・田中博義・橘 治廣

Inorganic Ions in Leachate of Industrial Waste Landfill in Fukui Prefecture

Hirokazu TANAKA, Hiroyoshi TANAKA, Haruhiro TACHIBANA

県内の産業廃棄物最終処分場（管理型）において、埋立時期により区分された区画の浸出水中のイオン挙動を調査し、比較した。

季節的な変動としては、降水量が多い冬期に全体的なイオン濃度の低下傾向がみられ、浸透水量増加による希釈効果によるものと考えられた。さらに一部の区画では、層内に浸透水を通過させやすい短絡の存在が示唆され、生物分解由来イオンの含有率を下げるなど、水質に大きく影響することが確認された。

また、埋立物由来の易溶出性イオンとそれ以外のイオン類、さらに生物分解由来イオンの浸出水への溶出挙動は、各区画における塩類洗い出しや生物分解などの安定化状況を反映していた。

1. はじめに

管理型最終処分場の安定化には埋立地の層内雰囲気、特に浸透水量が大きく影響し、降水量は埋立層内への浸透水量に関係する重要な因子である。このような気候特性が安定化に及ぼす知見を得ることは、地域に適した処分場設計・管理を行う上で、また人工散水などの早期安定化技術を導入する上で大きな意義を有する。

北陸地方は年間降水量が多く、冬期には降雪があるなど特徴的な気候下にあるが、管理型最終処分場についての調査事例は少なく、情報が不足している。そこで今回、福井県内の管理型産業廃棄物最終処分場の浸出水について調査し、イオン挙動について得られた知見を報告する。

2. 調査方法

2.1 調査対象施設の概況

調査対象とした処分場は福井県北部に位置し、埋立地は5区画に区分されている。各区画の容量と埋立時期は表1のとおりである。また、各区画における埋立物組成は図1のとおりであり、第2～5区画では汚泥と焼却灰で約9割を占める。

全ての埋立区画の最終覆土には砂質土が使用され、下部集水管に集められた浸出水はそれぞれ水処理施設まで導水され、混合、処理後、下水道へ排除している。

2.2 採水方法および調査頻度

浸出水は水処理施設手前で各区画別に採取し、それぞれの区画番号を浸出水名とした。ただし、第3区画は集水管が2系列（No.3-1、No.3-2）に分割されているため、全5区画、計6検体を調査対象とした。本報は2005年4月、8月、11月と2006年2月、5月、8月、12月の計7回の調査結果についてまとめたものである。

2.3 分析項目および方法

分析項目はイオン類（ Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- ）とpH、酸消費量（pH4.8）、溶存酸素、酸化還元電位、水温、溶解性有機炭素量とした。分析方法は原則として日本工業規格 JIS K 0102 に準拠し、イ

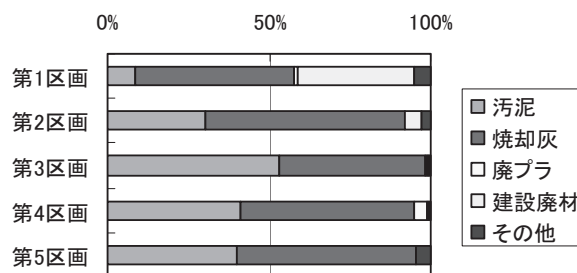


図1 埋め立て物の組成(重量換算)

表1 各区画の容量と埋め立て時期

(2007年2月現在)

区画	容積 (m ³)	深さ (m)	埋立開始	埋立終了	埋立期間	完了からの期間
1	13,274	6	1982年12月	1988年3月	5年4ヶ月	18年10ヶ月
2	13,274	6	1988年3月	1990年9月	2年7ヶ月	16年4ヶ月
3	31,951	6	1990年9月	1995年5月	4年9ヶ月	11年8ヶ月
4	31,951	6	1995年6月	2000年12月	5年7ヶ月	6年1ヶ月
5	52,650	6	2001年1月	—	—	—

オン類は主にイオンクロマトグラフ法と ICP 発光分析法を用いたが、 NH_4^+ はイオン電極法を用いた。

3. 結果と考察

3.1 溶存酸素、酸化還元電位、溶解性有機炭素量

浸出水中の溶存酸素(DO)を図2に、酸化還元電位(ORP)を図3に、溶解性有機炭素量(DOC)を図4に示す。

第1区画ではDOが毎回検出され、ORP値は高く、DOCは低い値で安定している。後述するイオン類においても濃度が低いため、塩類洗い出しと大気への進入がかなり進行していると推察された。

それ以外では ORP 値は第 4,5 区画で特に低く、DOCは第2~4区画で高い傾向がみられた。また2006年2月のDOCは、ほとんどの区画で低い傾向がみられたが、特にNo.3-2浸出水の変動が大きかった。

3.2 各種イオン類の挙動

2005年4月調査結果のイオンバランスを表2に示す。 HCO_3^- は酸消費量(pH4.8)から、 H^+ はpHから算出した。過去の研究において、浸出水に含まれる主なイオン類は Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} であり、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ は他イオンよりも早期に洗い出されることが報告されている^{1,2)}。

今回の調査結果では主なイオンとして SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} が確認され、易溶性の Cl^- 、 Na^+ は新しい区画ほど高い傾向がみられた。

イオンの総量をミリグラム当量数でまとめたものを図5に示す。埋立途中の第5区画が最も高く、第1区画が最も低い。埋立終了後の第1~4区画では第1区画に比べて第2~4区画が高く、2006年2月と12月を除けばNo.3-2浸出水が特に高い値を示している。

2006年2月は他の調査日に比べて全体的に低い濃度を示しているが、これは冬期の降水量増加に伴い浸透水が増加し、他の季節に比べて希釈されたためと考えられる。しかしNo.3-2浸出水の濃度低下は他区画に比べて著しい。全ての区画は同じ気象条件にさらされており、単位面積あたりの浸透水量にも大きな差異はないと考えられるため、この顕著な濃度低下は希釈だけでは説明できない。すなわち、この時期だけ ORP 値が高くなっていること(図3)や、水温が他の浸出水に比べて特に低いこと(図6)などから、層内に浸透水を通過させやすい短絡が存在することが示唆され、降水量が多い冬期に、その影響が顕著に現れたものと考えられる。同様な現象は2006年2月ほど顕著ではないが、2006年12月にもみられた。

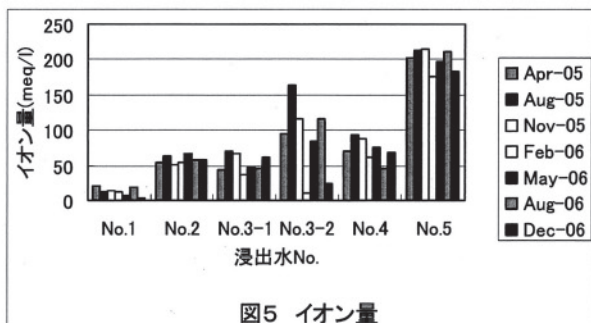


図5 イオン量

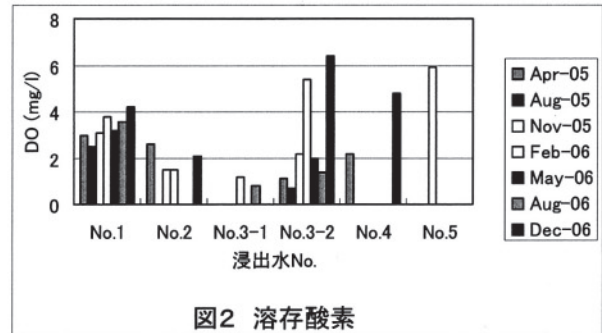


図2 溶存酸素

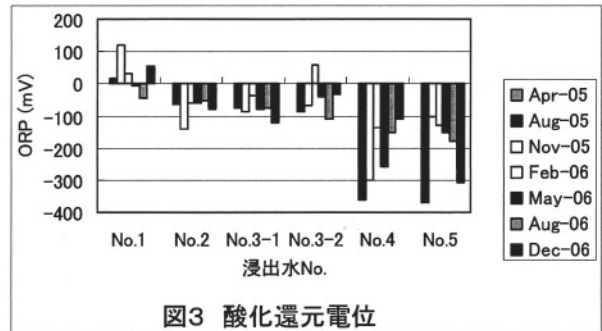


図3 酸化還元電位

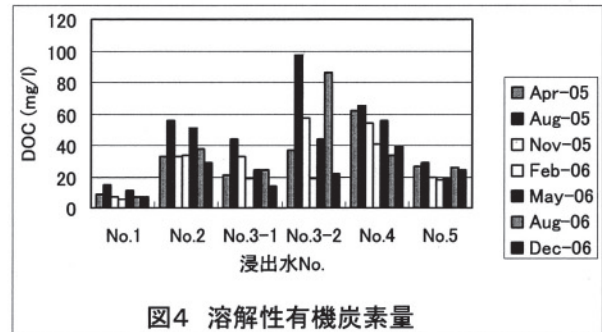


図4 溶解性有機炭素量

区画	1	2	3-1	3-2	4	5
SO_4^{2-}	1.6	6.2	1.6	0.4	0.8	16.9
NO_3^-	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Cl^-	1.3	4.5	4.5	11.6	17.5	76.2
HCO_3^-	7.1	16.0	16.0	35.0	17.0	7.2
H^+	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NH_4^+	1.0	5.1	4.8	16.4	5.5	7.9
Na^+	3.7	12.2	13.0	22.6	27.0	65.2
K^+	0.4	1.2	1.0	1.4	1.5	5.9
Ca^{2+}	3.7	7.5	1.7	4.6	0.7	20.0
Mg^{2+}	1.8	1.1	1.5	2.6	0.5	2.5
陰イオン計	10.0	26.9	22.3	47.1	35.5	100.4
陽イオン計	10.7	27.0	22.0	47.7	35.1	101.5

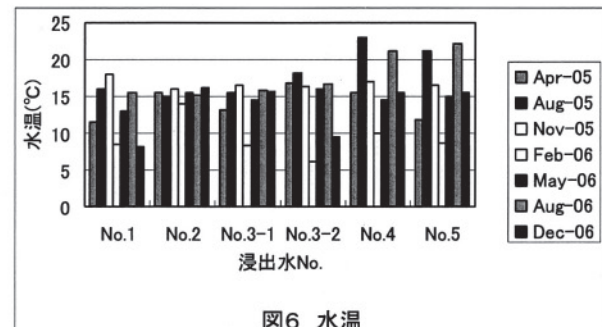
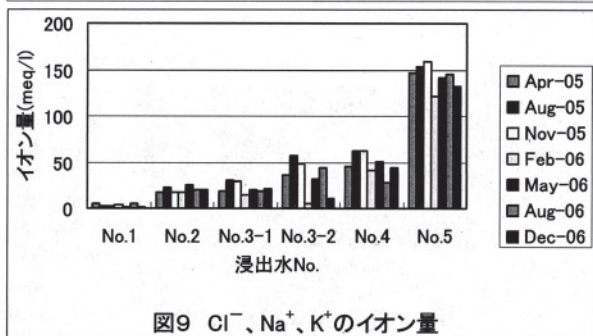
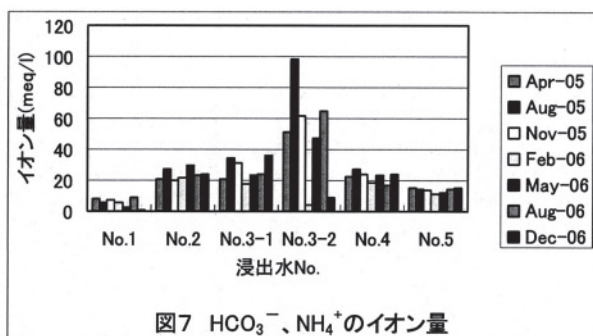


図6 水温



生物による有機物分解で生成する HCO_3^- と NH_4^+ の総量を図 7 に示す。第 2～4 区画で高い傾向があり、2006 年 2 月と 12 月を除き No.3-2 浸出水が特に高い値を示した。従って、図 5 の埋立終了区画でみられたイオン量の挙動は、有機物分解の影響を強く受けているものと考えられ、DOC の挙動 (図 4) ととも一致している。

主なイオンの中で HCO_3^- と NH_4^+ が占めるミリグラム当量の割合を図 8 に示す。第 5 区画では 6～7% と低く、有機物分解が活発でないことを示しており、第 4 区画も約 30% で第 1～3 区画に比べて低い。一方、第 1 区画においては約 40% を占めており、生成イオン量は少ないが、有機物分解が依然進行していることが分かる。

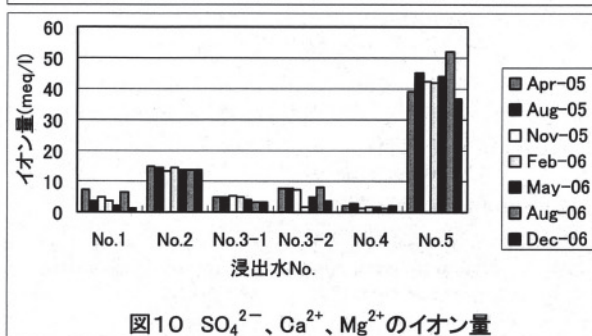
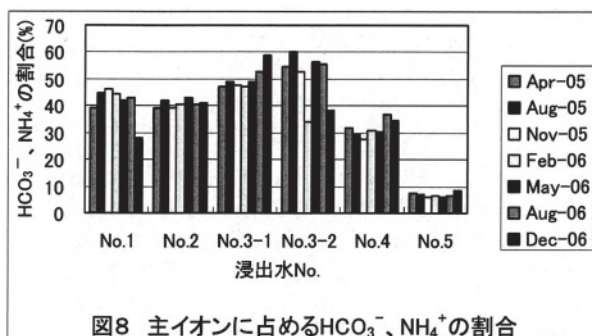
第 3 区画は他区画よりも高値であることから最も有機物分解が活発であると考えられるが、2006 年 2 月と 12 月の No.3-2 浸出水では他調査時よりも 20 ポイント程度低い値を示した。これは、降水量が多い冬期に短絡部を通過する浸透水量が増えたことによって、生物分解由来のイオン量が特に低下したものと考えられる。

埋立物に直接由来すると考えられるイオンについて、易溶出性 (Cl^- 、 Na^+ 、 K^+) の総量を図 9 に、それ以外の SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} の総量を図 10 に示した。

易溶出性イオン類は古い区画ほど濃度が低い傾向がみられ、これは浸透水による洗い出し効果によるものと考えられる。一方、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} は埋立途中の No.5 が最も高い値を示したが、埋立終了区画については最も新しい No.4 が最低値を示し、No.2 が高値を示すなど易溶出性イオン類とは異なる挙動を示した。年月の経過により廃棄物層内の嫌気性雰囲気弱まると SO_4^{2-} が溶出すること¹⁾や、 Na^+ や K^+ に対する Ca^{2+} の溶出割合が増加すること²⁾が報告されており、 SO_4^{2-} や Ca^{2+} の溶出挙動は経年変化による層内雰囲気の変化が影響していると考えられる。

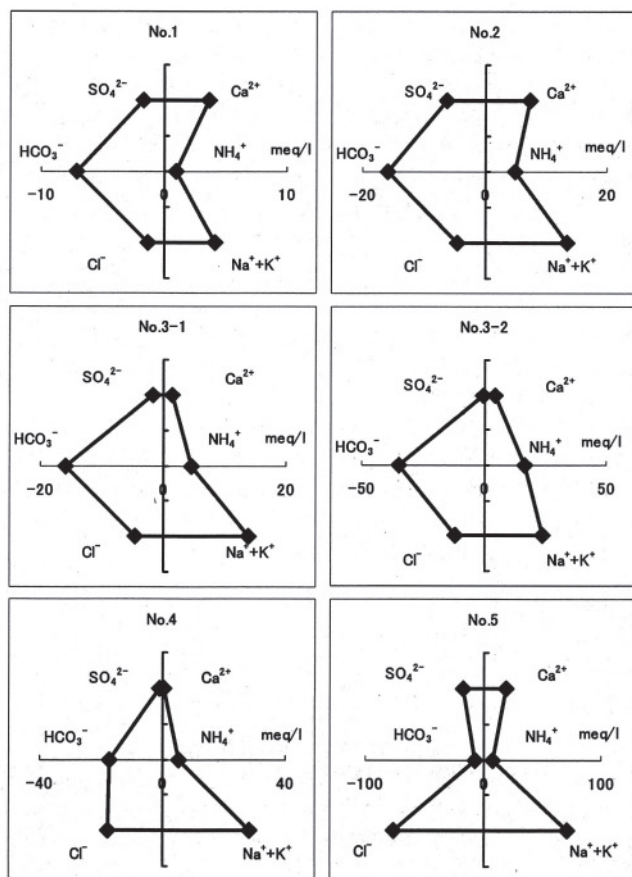
3.3 ヘキサダイアグラム

2005 年 4 月調査結果のヘキサダイアグラムを図 11 に示



す。なお、一般的に用いられる Mg^{2+} に代えて NH_4^+ を採用し、さらに Ca^{2+} の位置を変更している。

ヘキサダイアグラムの形状は調査日による変化はほとんどみられず同一形状であったが、区画により異なる形状



を呈した。埋立途中の第5区画や、埋立終了区画中で最も新しい第4区画では易溶出性の Cl^- と Na^++K^+ の割合が高く、古い第1,2区画では Ca^{2+} の割合が他区画よりも高い。さらに第4,5区画に比べて第1～3区画では有機物分解に起因する HCO_3^- と NH_4^+ の割合が高いことなどから、ヘキサダイアグラム形状の違いは各区画における安定化状況を反映していると考えられる。

4. まとめ

- ・冬期の全体的なイオン濃度低下は、降水量増加に伴う浸透水量増加による希釈効果が原因と考えられた。
- ・第3区画には廃棄物層内の浸透水を通過させやすい短絡が存在し、冬期には総イオン濃度を著しく低下させ、さらに有機物分解由来イオンの割合を下げるなど、水質に及ぼす影響が大きい。
- ・各埋立区画の浸出水中に含まれるイオン類には特徴がみられ、有機物分解由来イオンや埋立物由来イオンの溶出挙動は、生物分解や塩類洗い出しなどの安定化状況を反映していると考えられた。

5. 謝辞

本研究にあたり、ご指導いただいた国立環境研究所の山田正人主任研究員と遠藤和人主任研究員、そして、調査にご協力いただいた関係者の方々に深謝します。

6. 参考文献

- 1) 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)
- 2) 香村一夫他：一般廃棄物最終処分場における浸出水中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,14,123～132(2003)