

短期間降水量が産業廃棄物最終処分場の浸出水水質に及ぼす影響

田中宏和・森陰早也香・長谷川耕治・吉田耕一郎

Effect of Period Precipitation on Leachate Quality of Industrial Waste Landfill

Hirokazu TANAKA, Sayaka MORIKAGE, Koji HASEGAWA, Koichiro YOSHIDA

降水量が多い北陸地方の管理型産業廃棄物最終処分場において、短期間降水量が浸出水水質に及ぼす影響を評価した。一部の区画では主要イオンのバランスが調査日により異なることと、調査前日までの7日間累積降水量の増加に伴い、イオン濃度の指数関数的な低下現象がみられたことから、埋立地表層部から下部まで浸透水が通過しやすい短絡部が存在すると考えられた。また、7日間累積降水量とイオン濃度の低下挙動の関係から、有機物分解由来の炭酸水素イオン、アンモニウムイオン、そして廃棄物由来で易溶解性のナトリウムイオンは、短期間降水量の増加により濃度低下が著しく、カルシウムイオンとマグネシウムイオンは緩やかであった。これらの差は、短絡部付近で局所的な安定化が進行していることと、降水の浸透に伴い嫌気性雰囲気緩和されることなどが影響していると推察された。

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。北陸地方は年間降水量が多く、さらに夏期よりも冬期に降水量が多い特徴を有するため、このような気候特性が最終処分場の安定化に及ぼす影響を把握することは、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研究開発する上で意義深い。そのため、筆者らは2005年から、複数に区分された福井県北部の管理型産業廃棄物最終処分場を調査している。

これまでの調査で、浸出水に含まれる主なイオン類は硫酸イオン(SO₄²⁻)、塩化物イオン(Cl⁻)、炭酸水素イオン(HCO₃⁻)、アンモニウムイオン(NH₄⁺)、ナトリウムイオン(Na⁺)、カリウムイオン(K⁺)、カルシウムイオン(Ca²⁺)、マグネシウムイオン(Mg²⁺)であり、冬期には浸透水量増加に起因すると考えられるこれらのイオン濃度の低下がみられ、特に一部の埋立区画において影響が大きいことを報告した¹⁾。そこで今回は、短期的な降水量が浸出水水質に及ぼす影響について検討したので報告する。

2. 調査方法

2.1 調査対象施設の概況

調査対象の処分場埋立地は掘り込み式で、全6区画が存在する。ただし、第6区画は2008年3月から埋立を開始した区画であるため、本報では対象としていない。

第1～5区画の容量と深さ、埋立時期を表1に、埋立物組成を図1に示す。全ての区画は深さ6mであり、第5区画は埋立終了に近い。最終覆土には埋立地の造成時に発生した砂質土を使用しているため、降水は浸透しやすい。下部集水管に溜まった浸出水は水中ポンプにより定期的に水処理施設へ送水し、水処理後に下水道へ排除し

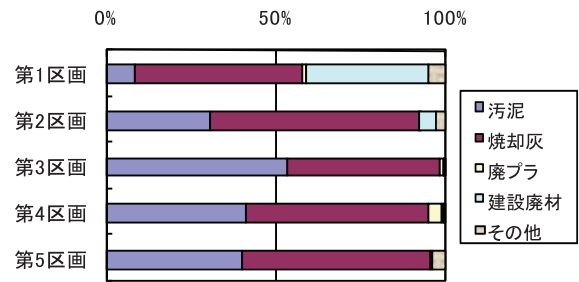


図1 埋立物の組成(重量換算)

表1 各区画の容量と埋め立て時期

(2009年3月現在)

区画	面積 (m ²)	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	3,840	13,274	6	1982年12月	1988年3月	5年4ヶ月	21年
2	3,840	13,274	6	1988年3月	1990年9月	2年7ヶ月	18年5ヶ月
3	7,800	31,951	6	1990年9月	1995年5月	4年8ヶ月	13年10ヶ月
4	7,800	31,951	6	1995年6月	2000年12月	5年6ヶ月	8年4ヶ月
5	11,790	52,650	6	2001年1月	—	—	—

ている。

2. 2 採水方法および調査頻度

浸出水は各区画別に採取し、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系列あるためNo. 3-1、No. 3-2とし、全6系統の浸出水について調査した。

調査は年4回実施し、今回は2005年4月から2009年1月までの計16回の結果について評価した。

2. 3 分析項目および方法

分析項目はイオン類 (Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+) と酸消費量(pH4.8)、酸化還元電位(Eh)とした。分析方法は原則として日本工業規格 JIS K0102 に準拠し、機器分析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^+ についてはイオン電極法を用い、 HCO_3^- は酸消費量から算出した。Eh は比較電極に銀/塩化銀を用いた電極で測定し、標準水素電極を比較電極とした値に換算した。

2. 4 気象データ

降水量は気象庁のホームページ²⁾から、調査対象処分場近傍の気象観測点のアメダスデータを引用した。

3. 結果と考察

3. 1 イオン濃度とバランス

調査対象処分場の浸出水中に含まれる主なイオンは Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ であることが分かっている¹⁾。これらのイオンの総濃度を図2に、当量の相対比率を図3に示した。なお、図3においては Na^+ と K^+ 、 Ca^{2+} と Mg^{2+} をそれぞれ合算値で示した。

図2から、浸出水中のイオン総濃度は、調査日により変動していることが分かる。この変動は主に浸透水量や保有水量の違いにより生ずるものと考えられるが、変動が比較的小さいNo. 2、No. 4、No. 5に対して、No. 1とNo. 3-2では最高値と最低値で数倍の差がみられた。

図3では、No. 1とNo. 3-2以外の浸出水については各調査日ごとの変動は少なく、ほぼ同じ形状をしているが、No. 1とNo. 3-2では形状のばらつきがみられ、イオンバランスが変化していることが示された。

3. 2 短期間降水量と主要イオン総量

調査前日までの累積降水量に対して、上述した8種のイオン総量をプロットしたものを図4に示した。7日間累積と14日間累積ではNo. 1とNo. 3-2において、累積降水量に対して指数関数的なイオン総量の低下傾向がみられ、No. 1では14日間累積が、No. 3-1では7日間累積が

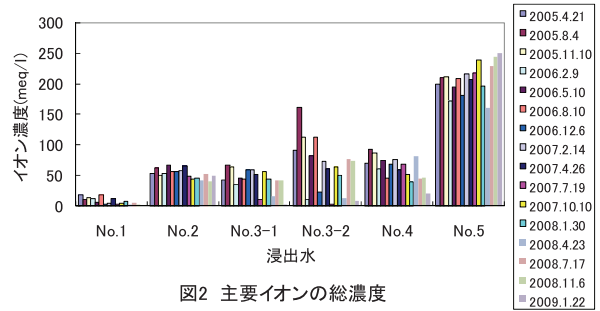


図2 主要イオンの総濃度

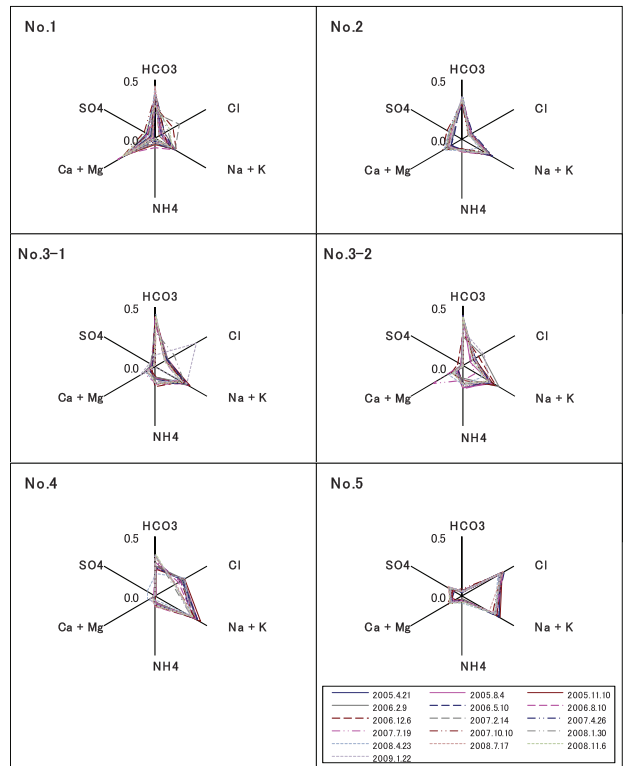


図3 主要イオンの相対比率

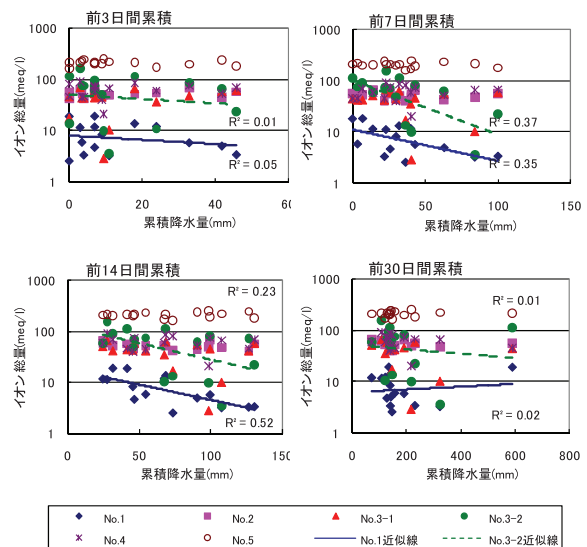


図4 調査前日までの累積降雨量と主要イオン総量

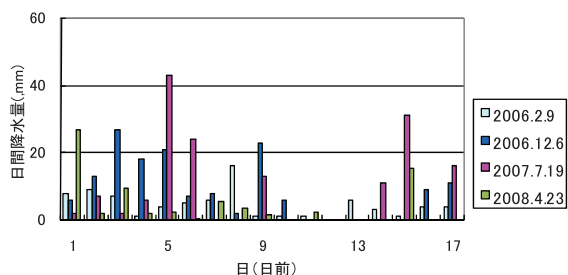


図5 調査前日までの降水状況

相関性が高く、特に7日間累積ではNo. 1、No. 3-1ともに決定係数(R²)が0.3以上の相関があった。

そこで、図2において主要イオンの総濃度が低く、図3で他の調査日に比べてイオンバランスの差が大きい2006年2月と12月、2007年7月、2008年4月について、調査前日までの降雨状況を図5に示した。これらの調査日は6日前から前日まで1mm以上の比較的多くの降水があり、連続して浸透水が供給されていたことが分かる。

大雨の後の浸透水濃度に関しては、洗い出しにより上昇した報告事例³⁾と、希釈効果により低下した報告事例^{4,5)}があるが、本報の調査対象処分場では埋立廃棄物層の下部4m程度は常に保有水が満たされた状態で維持管理されているため、図5程度の降水量では保有水が一樣に希釈されたとは考えにくい。つまり、図4でNo.1とNo.3-2以外は濃度低下傾向がみられないことや、イオンバランスの変化挙動から、第1区画と第3区画には埋立地表層部から下部へ浸透水が通過しやすい短絡部が存在し、その影響を反映していると考えられた。

3.3 短期間降水量が各種イオン濃度に及ぼす影響

次に、短期間降水量が各イオン濃度に及ぼす影響を評価するため、No.1とNo.3-2について、7日間累積降水量を横軸にNa⁺、Cl⁻、Ca²⁺、HCO₃⁻を縦軸にプロットしたものを、図6～図9に示す。これらのイオンについては全て、指数関数的な低下傾向がみられたため、その他のイオンについても同様な評価を行い、下記の式で近似させたときの定数kと決定係数(R²)を表2に示した。

$$[C] = a \cdot e^{-kt}$$

[C] : イオン濃度 (meq/l) t (mm) : 累積降水量
a (meq/l), k (1/mm) : 係数

表2では、k値が大きいほど累積降水量の増加に対するイオン濃度の低下が著しいことを意味する。なお、SO₄²⁻については、決定係数が小さく、相関関係があまり認められないので評価から省いた。

最もk値が大きいのは、No.1、No.3-2ともにNH₄⁺であり、HCO₃⁻とNa⁺についても比較的大きい値を示した。一

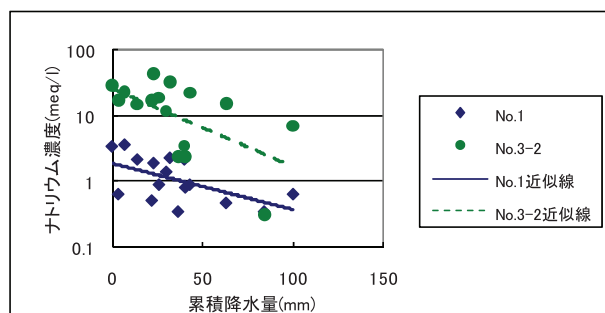


図6 7日間累積降水量とナトリウム濃度

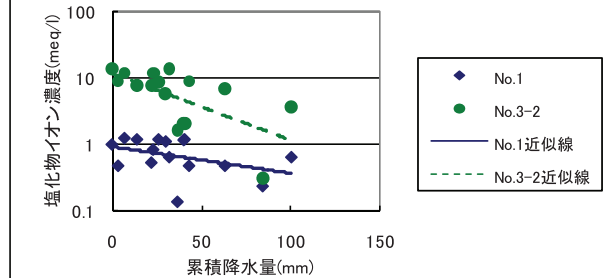


図7 7日間累積降水量と塩化物イオン濃度

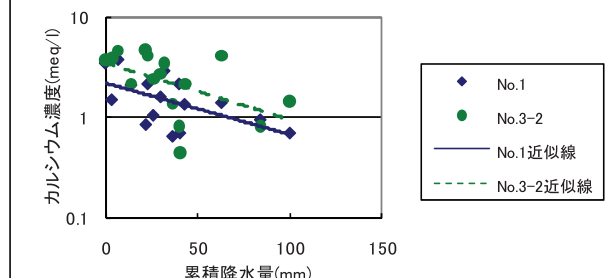


図8 7日間累積降水量とカルシウム濃度

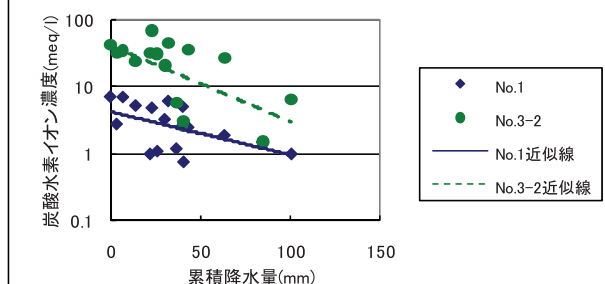


図9 7日間累積降水量と炭酸水素イオン濃度

表2 近似式の定数kと決定係数(R²)

	k		R ²	
	No.1	No.3-2	No.1	No.3-2
全体※	0.0139	0.0242	0.35	0.37
Cl ⁻	0.0091	0.0230	0.15	0.39
SO ₄ ²⁻	0.0107	0.0034	0.11	0.01
HCO ₃ ⁻	0.0153	0.0261	0.29	0.37
Na ⁺	0.0164	0.0273	0.33	0.34
K ⁺	0.0095	0.0162	0.12	0.24
Ca ²⁺	0.0119	0.0132	0.33	0.25
Mg ²⁺	0.0131	0.0162	0.28	0.30
NH ₄ ⁺	0.0352	0.0289	0.27	0.43

※)8種の主要イオンの総量について近似した場合

方、 Ca^{2+} と Mg^{2+} はNo. 1、No. 3-2ともにk値は小さかった。

埋立地に短絡部が存在する場合、短絡部付近は降水に伴う浸透水量の増加により溶存酸素が供給されやすくなる。これにより、有機物分解の進行が早くなり、有機物の残存量が少なくなるとともに、生物分解由来イオンである HCO_3^- と NH_4^+ 濃度が低下することは理解しやすい。

廃棄物由来のイオンについても同様に、 Na^+ などの易溶出性のイオン⁶⁾については、短絡部では洗い出しが進んでいて残存量がある程度少なくなっているため、降水量が増えると相対的な濃度低下が大きくなるが、 Ca^{2+} と Mg^{2+} は易溶出性のイオンに比べて短絡部での残存量が多いこと、さらに図10に示したとおり累積降水量増加に伴いEhが上昇し、嫌気性雰囲気緩和されることが影響して、濃度低下しにくいものと推察される。

なお、 K^+ と Cl^- は易溶出性イオンであるが⁶⁾、No. 1のk値はともに、 Ca^{2+} と Mg^{2+} よりも低い値を示した。また、No. 3-2のk値については、 K^+ では Ca^{2+} と Mg^{2+} と同程度の値を、 Cl^- のk値は Na^+ 程度の高い値を示した。

このように同じ易溶出性イオンであってもNo. 1とNo. 3-2でk値が異なる理由については、埋立経過期間や埋立物組成の相違による短絡部付近のイオン残存量の違いが影響していることが推察される。

4. まとめ

- 一部の埋立区画では、調査日によるイオンバランスの変化が大きいことと、調査前日までの累積降水量に伴いイオン濃度が指数関数的に低下することから、浸透水を通過させやすい短絡部が存在し、その影響を受けていると考えられた。
- 短期間降水量がイオン濃度に及ぼす影響は、イオンの種類により異なり、有機物分解由来の HCO_3^- と NH_4^+ 、廃棄物由来の Na^+ は短期間降水量の増加に伴う濃度低下が著しく、 Ca^{2+} と Mg^{2+} は緩やかであった。
- 短期間降水量が各種イオン濃度へ及ぼす影響の程度の違いは、短絡部付近で局所的な安定化が進行していることと、降水の浸透に伴う嫌気性雰囲気の緩和などが影響していると推察された。

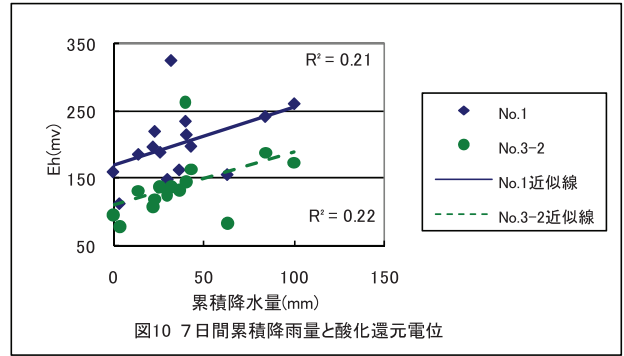


図10 7日間累積降水量と酸化還元電位

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、さらに、調査にご協力いただいた関係者の方々に深謝します。

参考文献

- 田中宏和他：北陸地方の気候が管理型産業廃棄物最終処分場の安定化に及ぼす影響, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1048~1050(2006)
- <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 福井博他：最終処分場の廃止時期の判定における浸出液採取方法の検討, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 874~876(2006)
- 長森正尚他：管理型最終処分場の廃止基準に関する考察(4), 第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1001~1003(2005)
- 栗原正憲他：最終処分場浸出水の成分濃度の時系列変化と降水量の関係, 第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 707~709(2007)
- 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)