

海面最終処分場における保有水位変動に伴う汚濁成分の溶出と酸素侵入に関する研究

九州大学工学部

学生会員 ○土岐宣寛

九州大学大学院工学研究院

正会員

島岡隆行 小宮哲平

1. はじめに

本研究は、大阪湾圏域広域処理場整備基本計画に基づく神戸沖埋立処分場の整備（フェニックス事業）¹⁾に関する研究である。近年、日本では近畿圏のみならず内陸部の都市化が進み、各自治体が独自で廃棄物処分場を確保することが極めて困難となり、共同で利用できる長期・広域的な廃棄物処分場の需要が高まっている。このため、港湾域で埋立を行う海面最終処分場の需要が増加している。また、跡地利用問題上、埋立地の早期安定化が望まれている。しかし、海面処分場では、廃棄物は海水中に没するため、汚濁成分の洗い出し等の安定化が進行しにくく、海面処分場は安定化に長期間を要する。そこで本研究では、保有水位面より上層の不飽和領域に着目し、廃棄物充填カラムを用いた保有水位の変動実験を行い、保有水位変動による汚濁成分の洗い出し促進効果、および廃棄物層への酸素侵入促進効果を定量的に明らかにした。

2. 実験概要

2.1 実験試料：2008年8月1日にK市のF環境センターで採取した焼却灰（粒径19mm以下）および不燃破碎ごみを湿润重量比で1:1に混合した試料（以下、混合廃棄物と称す）を用いて、水位変動実験を行った。表1に試料の性状として溶出試験により得られたデータを示す。

2.2 実験条件：表2に実験条件を示す。散水強度は、K市の2000～2007年における年間最大降水量の時間平均値26.3mm/h²⁾を基準とし、Case1,2,3を26.3mm/h、Case4を52.6mm/hとした。また、水位変動幅を表2の通りとし、水位変動の有無による影響の差をCase1と3、変動幅の違いによる影響の差をCase2と3、変動速度の違いによる影響の差をCase3と4とをそれぞれ比較することにより、知ることができる。

2.3 実験方法：実験装置の模式図を図1に示す。高さ方向に200mmおきにガス採取口が付いた内径200mm、高さ2,000mmの円筒カラムの下部にコック付きの底を取り付けたものに碎石を高さ100mm充填した後、混合廃棄物を密度1.1g/cm³、高さ1,800mmに充填し、海面処分場内の内水ポンドを模擬した水位調整装置をゴムチューブでつなぎ付設した。散水装置は、カラム上部に発泡スチロールの板を取り付け、チューブにつないだ散水針を5本刺し、微量定量ポンプにより散水させた。Case2,3,4では散水と排水（微量定量ポンプにより水位調整装置内の水を排除し、排水時は散水を停止）の繰り返しにより水位変動を与えた。変動回数は、Case1を7回、Case2を10回、Case3を5回、Case4を12回とした。

2.4 浸出水水質および酸素侵入量の分析方法

2.4.1 浸出水水質およびその蒸発残留物：水位変動による廃棄物中の汚濁成分の洗い出し促進効果の定量化を目的に、水位変動における排水により得られた浸出水を採水し、浸出水のTOC、T-N、さらに、イオンクロマトグラフにより種々のイオン濃度を測定した。また、浸出水を蒸発乾固させ、蒸発残留物の重量を測定した。

2.4.2 酸素侵入量：水位変動による廃棄物層内への酸素侵入促進効果の定量化を目的に、水位変動開始前のカラム内のガスを酸素濃度が5%以下になるように窒素で置換した後、水位変動における高水位時および低水位時に水位面より上部の所定のガス採取口からガスを採取し、ガスクロマトグラフにて成分分析を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 水位変動による廃棄物中の汚濁成分の洗い出し促進効果：図2に累加蒸発残留物量及びその組成を示す。累加蒸発残留物量をみると、Case3が最も多く、次いでCase2、Case1、Case4の順となった。水位変動幅が大きい、または水位変動速度が遅いほど汚濁成分の溶出が促進される結果となった。蒸発残留物の組成は、全CaseにおいてNa、K、Cl⁻が多く含まれ、Case4では他に比べ、特にTOCが著しく少なかった。次に、図3にTOC、T-Nの累加溶出量を示す。TOC、T-Nはそれぞれ同様の傾向であるが、T-Nに関してはCase1とCase2の差が大きかった。

表1 試料の性状

項目	単位	混合廃棄物	焼却灰	不燃破碎ごみ
pH	-	9.6	11.3	9.1
EC	mS/cm	0.9	1.4	0.8
ORP	mV	301	255	376
Na	mg/L	75	98	62
K	mg/L	47	69	32
Ca	mg/L	155	301	106
Cl ⁻	mg/L	156	188	95
SO ₄ ²⁻	mg/L	60	33	64

表2 実験条件

項目	Case1	Case2	Case3	Case4
充填試料	混合廃棄物（焼却灰：不燃破碎物＝1：1）			
充填密度(g/cm ³)	1.1			
堆積層高さ(cm)	180			
散水強度(mm/h)	26※			52
水位変動幅(cm)	0	45	90	90
散水流量(mL/h)	824			1,648
排水流量(mL/h)	常時排水	824		1,648

※ 2000～2007年(8年間)の神戸市の最大時間降雨量の平均値(気象庁調べ)

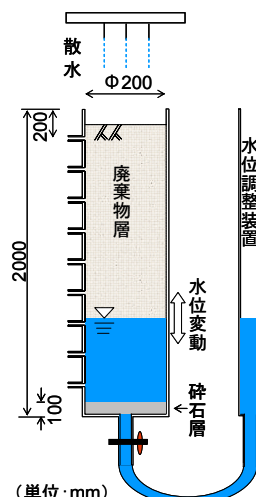


図1 実験装置の模式図

表 3 に各 Case における各種汚濁成分の累加溶出量、および水位変動による溶出量の変化を定量的に示す。TOC、T-N、Ca および蒸発残留物量については、水位変動による洗い出し促進効果が認められ、変動幅が大きいほど、また変動速さが遅いほど洗い出しが促進された。

3.2 水位変動による酸素侵入促進効果：図 4 に水位変動前の初期状態、水位変動 1 回目直後、および 67 時間経過後（低水位時）のカラム内深さ方向の酸素濃度分布を示す。図 4 より全 Case において酸素が侵入したことが分かる。水位変動幅が異なる Case2 と Case3 の 67 時間経過後の酸素侵入量を算出すると、それぞれ $6.2 \times 10^{-2} \text{mol}$ 、 $5.5 \times 10^{-2} \text{mol}$ であり、

変動幅が小さな Case2 の方が多かった。これは、Case2 の方が変動幅が小さい分、変動周期が短く、変動回数が多かったためと考えられる。水位変動速度が異なる Case3 と Case4 を比較すると、両 Case 共に $5.5 \times 10^{-2} \text{mol}$ となり変動速度に関わらずほぼ同量の酸素が侵入した。この場合、Case4 の方が変動速度が速い分、変動周期が短く、変動回数が多いので、より多くの酸素を侵入させると考えられた。しかし、散水強度が大きいほど水位面より上部の不飽和領域の体積含水率が大きくなり、ガス移動経路の屈曲度が非常に大きくなるため、散水強度が大きな Case4 では酸素が侵入しにくかったと考えられた³⁾。以上より、水位変動による酸素の侵入は、水位変動回数が多いほど促進され、一方で不飽和領域の体積含水率が高いと酸素の侵入が抑制されると考えられた。

Case1 を見ると、水位変動が無くても、酸素が侵入している。これは、拡散現象に加え、散水と排水の繰り返しによる酸素侵入も生じたと考えられる。つまり、散水時は体積含水率が大きくなるが、散水をやめ排水を行うと、体積含水率が減少し、その分だけ上層から空気が侵入すると考えられる。

4.まとめ

- (1) 水位変動は汚濁成分の洗い出し効果があり、変動幅が大きいほど、散水強度が小さいほど、TOC、T-N、Ca の洗い出し促進効果があることが定量的に示された。
- (2) 水位変動により酸素侵入促進効果が高まると考えられ、散水強度が等しい場合、変動幅が小さいほど酸素は侵入する。また、散水と降水の繰り返しによっても酸素侵入効果があり、さらに散水強度により酸素侵入量が影響されると考えられ、散水強度が小さいほど酸素が侵入すると考えられる。

<参考文献>

- 1) “大阪湾圏域広域処理場整備基本計画（フェニックス計画）の概要”，
http://www.epcc.pref.osaka.jp/kannosomu/kankyo_singikai/waste/giji/2/2-12.pdf
- 2) “気象統計情報”，気象庁ホームページ，<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>
- 3) Per Moldrup, Torben Olesen, Seiko Yoshikawa, Toshiko Komatsu, and Dennis E. Rolston: Three-Porosity Model for Predicting the Gas Diffusion Coefficient in Undisturbed Soil, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.68, pp.750-759, 2004.

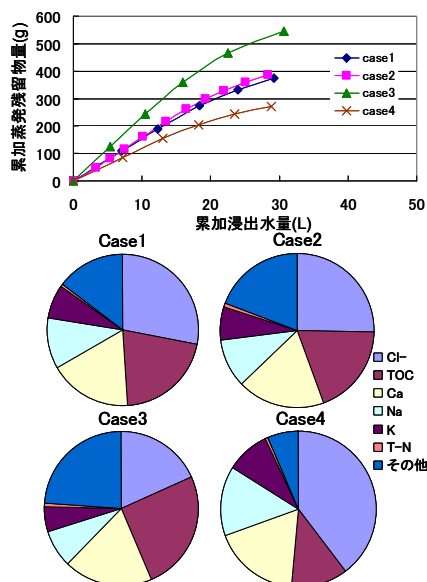


図 2 累加蒸発残留物量及びその組成

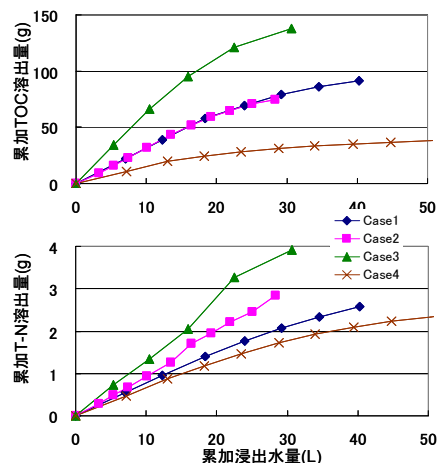


図 3 TOC、T-N の累加溶出量

表 3 汚濁成分の累加溶出量の比較

汚濁成分	累加溶出量 (g)				水位変動による 溶出量の増加 C/A	水位変動幅による 溶出量の増加 C/B	水位変動速さによる 溶出量の増加 D/C
	Case1	Case2	Case3	Case4			
	A	B	C	D			
TOC	79	75	138	31	1.7	1.8	0.2
T-N	2.1	2.8	3.9	1.7	1.9	1.4	0.4
Na	40	40	43	39	1.1	1.1	0.9
K	27	26	29	25	1.1	1.1	0.9
Ca	67	70	100	49	1.5	1.4	0.5
Cl ⁻	105	97	100	107	1.0	1.0	1.1
蒸発残留物	376	385	545	270	1.4	1.4	0.5

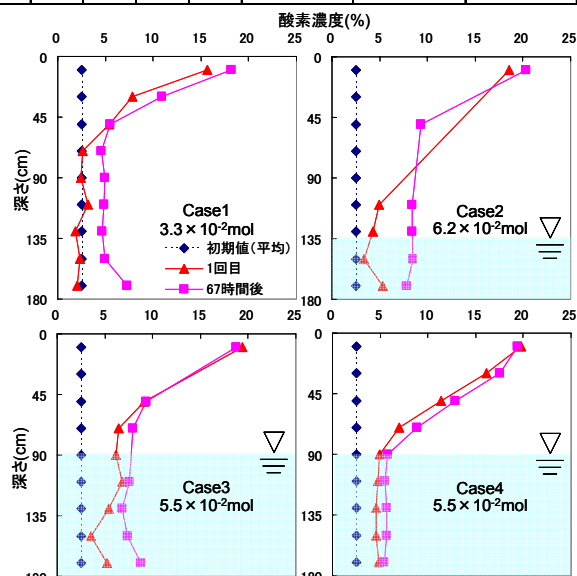


図 4 深さ方向の酸素濃度分布