

廃棄物最終処分場からの漏水汚染評価に関する研究

Study on the evaluation of leakage and contamination from sanitary landfill

室蘭工業大学 ○学生員 谷口友英 (Tomohide Taniguchi)
室蘭工業大学 正 員 吉田英樹 (Hideki Yoshida)
室蘭工業大学 正 員 穂積 準 (Hitoshi Hozumi)

1. はじめに

近年、廃棄物最終処分場からの汚水漏出问题が社会的な関心事となっており、より一層環境安全な最終処分場を建設することが必要となってきた。現在、我が国では、埋立地底面に、透水係数が 1×10^{-7} m/s 以下の地盤が厚さ5 m以上存在する場合以外は、遮水工が必要とされている。そして、遮水工を建設する場合の構造としては難透水性地盤の上に遮水シート（ジオメンブレン）を敷設することとされている。しかし、遮水シートは施工中の不備や施工後の劣化により破損を生じることがあるため、これによる汚染水漏水のリスクを評価する必要がある。本研究では、日本およびカナダの遮水構造をもつ最終処分場からの汚染水漏水現象を明らかにし、地下水にどのような影響を与えるのかを検討するため、数値解析を行い、考察を加えた。なお、本研究では R.K.Rowe¹⁾らが開発した処分場汚染解析プログラム pollute-v6 を使用した。

2. 解析条件設定

本研究では、日本とカナダの遮水構造の基準を想定して図-1のような遮水構造を設定した。廃棄物、浸出水および粘土層の性質の詳細については表-1に示した。JA, JB, JC は日本、CA はカナダをモデルとした構造である。JA にはジオメンブレン（以下GM）が敷かれておらず、やや高め permeability の粘土層が厚く敷かれた状態である。JB と JC では構造的には同じものだが、JC の粘土層の方が permeability が低く、厚さも薄いものとなっている。CA は GM の下に permeability の違う二層の粘土層が敷かれている状態である。GM には $1 \text{ cm}^2/\text{acre}$ (4000 m^2 あたり 1 cm^2 の大きさのものが1ヶ所) の破損がありそこから漏水するものとした。²⁾ また、破損状況の違いによる影響を検討するため、 $10 \text{ cm}^2/\text{acre}$ (1 cm^2 の大きさのものが10ヶ所) の場合も仮定した。

本研究では、一般に最終処分場からの汚染指標として使われている浸出水中の塩素濃度について解析を行うこととした。日本とカナダの浸出水中の塩素濃度の実測例に基づき表-1のように条件の設定をした。廃棄物中に焼却残渣を多く含んでいる日本の方が塩素濃度は高い。また、各処分場では浸出水の集水を行っており、雨水の浸入によって発生した浸出水量は漏水した量以外はすべて処分場外へと排水されていると仮定している。

3. 解析方法

本研究では、解析プログラム pollute-v6 を使用し解

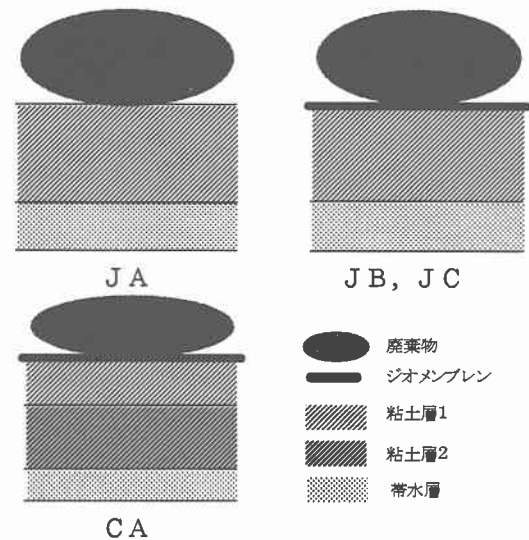


図-1 遮水構造図

表-1 遮水構造および廃棄物の設定条件

構成	条件	日本			カナダ
		JA	JB	JC	CA
ジオメンブレン	厚さ (mm)		1.5	1.5	1.5
	破損 (cm ² /acre)	なし	1(10)	1(10)	1(10)
	拡散係数 (m ² /a)		3.E-05	3.E-05	3.E-05
粘土層1	厚さ (m)	5	0.5	0.05	0.75
	密度 (kg/m ³)	1.6	1.6	1.6	1.6
	透水係数 (m/s)	1.E-07	1.E-08	1.E-09	1.E-09
	拡散係数 (m ² /s)	1.E-09	1.E-09	1.E-09	1.E-09
	間隙率	0.4	0.4	0.4	0.4
粘土層2	厚さ (m)				3
	密度 (kg/m ³)				1.6
	透水係数 (m/s)	なし	なし	なし	1.E-07
	拡散係数 (m ² /s)				1.E-09
	間隙率				0.4
帯水層	厚さ (m)	3	3	3	3
	間隙率	0.37	0.37	0.37	0.37
	水平流速 (m/a)	20	20	20	2
廃棄物	初期濃度 (mg/l)	2000	2000	2000	1000
	埋立地幅 (m)	100	100	100	100
	埋立厚さ (m)	30	30	30	30
	浸透量 (m/a)	0.8	0.8	0.8	0.41
	密度 (kg/m ³)	1000	1000	1000	600
	塩素量 (%)	2	2	2	0.1
	浸出水水位 (m)	0.3	0.3	0.3	0.3

析を行った。2で示した設定のもと最終的に帯水層に達した汚染水中の塩素濃度を計算して、その比較を行った。なお、このプログラム内での漏水した汚染水の移動挙動は下記の支配方程式により求められている、

$$n \frac{\partial c}{\partial t} = nD \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - nv \frac{\partial c}{\partial z}$$

c: 時間 t における濃度[mg/l]、D: 分散係数[m²/s]、v: 浸透速度[m/s]、n: 間隙率

4. 解析結果と考察

図—2に各タイプ(1 cm²/acre の破損)の帯水層における塩素濃度の経年変化を示した。また、表—2(1)に帯水層中の塩素濃度ピーク値とその発現年を示した。GMがない JA がその他のタイプと比べ帯水層の塩素濃度は非常に高い値を示し、CA では低い値を示した。JB と JC とを比較すると、粘土層の透水係数を1オーダー小さく、かつ厚さも1オーダー薄くした場合でも、同じ結果は得られず、ピーク濃度はJCのほうが1.6倍ほど高い値を示した。透水係数が10⁻⁸m/s や10⁻⁹m/sのような低い値の粘土層では移流より拡散が支配的になり粘土層の厚さが汚染物質の移動時間を決定するためと思われる。

JA では、20 年ぐらいで汚染水が帯水層に到達し、それから急激に濃度が増加し、およそ 50 年でピークに達している。粘土層の厚さが JA に比べ比較的薄い JB、JC では 20、10 年でピークに達している。一方、CA では 115 年でピークに達している。ピーク濃度以後の濃度変化は、CA は JA、JB、JC に比べ減少の速度が大きく 400 年後には、ほぼ 0 mg/l に近い値となっている。それに対し JA、JB、JC の濃度減少の速度は小さく 400 年後もピーク濃度の 1/2~1/3 程度の値までしか下がっていない。このように、JA、JB、JC の減少の速度が小さいのは日本の処分場の方がカナダより多くの塩素が含まれている(約 20 倍)ことと、初期段階の浸出水中の塩素濃度が高いこと(2 倍)に起因していると思われる。

このように、カナダの遮水構造が漏水汚染に対するリスクが極めて低いことは明らかである。また、日本の遮水構造で特に GM のない JA に関しては、JB、JC に比べて汚染リスクがかなり大きくなることがわかる。さらに、JA では漏水による帯水層中の塩素濃度の変化がゆるやかで、ピーク濃度が約 50 年後に発現するが、日本の処分場の場合は埋立開始から 20~30 年程度で埋立終了・廃止措置がとられる可能性があるため、埋立事業終了後もさらに長期間のモニタリングが必要である。日本における地下水中の塩素濃度が 10~20mg/l 程度であることから、長期間の塩素濃度モニタリングで JA、JB、JC からの漏水汚染を検知することが可能である。

次に、表—2(2)に GM の破損が 10 cm²/acre としたときの塩素濃度ピーク値とその発現年を示した。濃度の経年変化は破損が 1cm²/acre の時とほぼ同じ傾向を示し、ピーク濃度の発現年数は全く同じであった。破損面積が 10 倍になったことによる帯水層の濃度への影響は小さく、数 mg/l 上昇した程度であった。これは、汚染が拡散主体の移動現象で、漏水流量の増大による直接的な影響が小さいものと思われる。

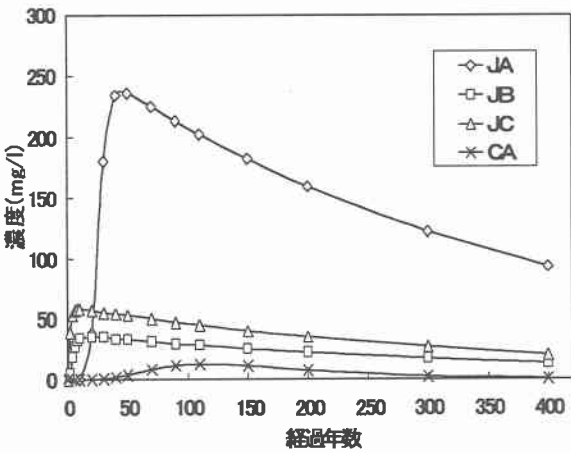
5. まとめ

本研究では、解析プログラム pollute-v6 を用いて、遮水構造の違いによる帯水層へ達する汚染水中の塩素濃度の計算を行い、以下のような結論を得た、

- 1) 日本の遮水構造はカナダのそれに比べ、漏水汚染のリスクが高い。
- 2) 日本の遮水構造で GM を敷設しないものは、敷設しているものに比べて、汚染ピーク濃度は高いが現象がゆっくりと進行するという特徴があり、長期的な地下水のモニタリングが必要である。
- 3) 日本の遮水構造で GM を敷設したものは、GM 直下の難透水性層(粘土層)の透水係数が小さいが厚さが薄い方が汚染ピーク濃度は高くなった。
- 4) 日本の遮水構造では、地下水の塩素濃度を用いて、最終処分場からの漏水を検知することは可能であることが分かった。

参考文献

1)R.K Rowe, Booker J.R and Fraser J: "POLLUTEv6.3.6- 1D pollutant Migration Through a Non-Homogeneous Soil",1983,1990,1994,1997, 1998. Distributed by GAEA Environmental Engineering Ltb.
2)R.k Rowe : Gotohical and Geoenvironmental Engineering Hand Book,p.802, Kluwer Academic Publishers (2001)



図—2 各タイプの帯水層における濃度経年変化

表—2 ピーク濃度とその発現年

(1) GMの破損 1cm²/acre

	ピーク濃度 (mg/l)	ピーク発現年
JA	237	47
JB	36	20
JC	59	10
CA	13	115

(2) GMの破損 10cm²/acre

	ピーク濃度 (mg/l)	ピーク発現年
JB	39	20
JC	60	10
CA	17	115