

〔原 著〕

埋立処分を行おうとする場合の廃棄物中 有機成分等の負荷量推定に関する試験*

Experimental studies on the organic or
miscellaneous matter loading to the
water from solid wastes landfilled.

西尾 高好** 長谷川 隆**

Takayoshi NISHIO and Takashi HASEGAWA

はじめに

現在、廃棄物は埋立処分されるのが、一般的となっている。現行の「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に定める処分基準は、産業廃棄物に含まれる金属等のいわゆる有害物質については、検定方法があり、金属等が水へ溶出する場合「有害な廃棄物」となり、埋立処分に法的規制がおよぶ。しかし、有機成分については、廃棄物の種類（例えば、有機性汚でい）による埋立の規制はあるが、CODやBOD等の有機性汚濁成分の水への溶出に関する一般的な規制はない。

埋立処分にもなう問題は多く存在し、特に浸出水による周辺環境の水質・土壌汚染はその代表例である。浸出水に関する調査事例は多く報告されており、一般に、浸出水の性状は埋立てられる廃棄物の種類や埋立方法、埋立後の経過年数、埋立地地質、気象条件などで大きく変化するといわれている。^{1)~4)}しかし、埋立初期での有機性汚濁を推定する目的で廃棄物を試験した例はほとんどない。

埋立初期での汚濁成分の負荷量を推定しようとする方法としては、金属等の検定方法で定められているような溶出（振とうによる実験）や浸漬実験、透水実験などを行い、溶出量を測定する方法が考えられる。そこで今回、汚でい等の廃棄物を用いて、振とう及び浸漬による実験を行い、実際の埋立初期における有機性汚濁成分等の浸出水への負荷について調べた。

* 本報告の一部は、第47回日本公衆衛生学会において発表した。

** (財)日本環境衛生センター公害部分析試験課
Department of Environmental Pollution,
Japan Environmental Sanitation Center

1. 実験方法

1-1 概要

廃棄物試料に水を加えて、振とう実験及び浸漬実験を行い、溶出液を調製した。その液中のCOD、BOD等を測定し、溶出量を算出した。

1-2 廃棄物試料

実験に用いた廃棄物は、浄水場の汚でい、下水処理場の脱水汚でい、消化汚でい及び汚でいの焼却灰並びに都市ごみの焼却灰の5種類とし、都市ごみ焼却灰のみ4.75mmのふるい通過部分を試料とした。他の廃棄物については、採取したものをそのまま用いた。これらの廃棄物試料の水分と強熱減量は表1に示した。

表1 廃棄物試料

試 料 ※	水分 (%)	強熱減量 (%)
浄水脱水汚でい	54.0	13.9
下水脱水汚でい	78.3	40.0
下水消化汚でい	63.1	27.4
下水汚でい焼却灰	38.4	8.9
都市ごみ焼却灰	22.5	5.8

※ 都市ごみ焼却灰のみ、4.75mmのふるい通過部分を試料とした。

1-3 実験に用いた水

振とう実験及び浸漬実験に用いる水は、純水とした。

1-4 振とう実験方法

廃棄物試料75gをポリエチレンびんに取り、水750mlを加えて6時間連続振とうした後、3000rpmで遠心分離して、上澄液を採取し、1回目の溶出液とした。廃棄

物の残ったびんに再度水 750 ml を加えて、1 回目と同様にして 2 回目の溶出液を採取し、この操作を 10 回目の溶出液を採取するまで行った。

1-5 浸漬実験方法

廃棄物試料 150 g をポリエチレンびんに取り、水 1500 ml を加えて 5 回転倒混合して、1 週間静置後、上澄液 750 ml を採取し、1 回目の溶出液とした。また、びんに水 750 ml を加え、1 回目と同様にして 1 週間静置し、2 回目の溶出液を採取した。同様に、1~10 週は 1 週毎に、その後は 15, 20, 30 週と全体で 13 回採取した。

1-6 分析項目と分析方法

溶出液について pH, COD, BOD, 塩素イオン, 全窒素及び全りん の 6 項目を分析した。

分析方法は全ての項目とも JIS⁵⁾ に従った。

2. 実験結果

溶出液についての分析結果にもとづき、各項目の廃棄物 1 kg あたりの溶出量を算出し、負荷量の推定値とした。結果は、表 2 に示した。ただし、下水汚でい焼却灰の場合 COD, BOD の溶出濃度が小さく、溶出量が算出できなかった。

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times V}{W}$$

ただし、L : 廃棄物 1 kg あたりの各項目の負荷量推定値 (mg)

i : 溶出液採取回数 (i = 1 ~ n)

振とう実験では n = 10

浸漬実験では n = 13

C_i : 各項目の溶出液中の濃度 (mg / ℓ)

V : 溶出液の採取量 (750 ml)

W : 廃棄物試料の採取量

振とう実験では 75 g

浸漬実験では 150 g

また、この負荷量推定値を 100 として、各回の溶出割合 (溶出%) R_i を求めて、図 1 及び 2 に示した。

$$R_i = \frac{L_i}{L} \times 100 = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \times 100$$

ただし、R_i : i 回目の溶出 (%)

L_i : i 回目の廃棄物 1 kg あたりの溶出量 (mg)

表 2 各項目の負荷量推定値と変化

試料	方法	pH	COD	BOD	塩素イオン	全窒素	全りん
浄水脱水汚でい	振とう	— (9.5→10.1)	1900 (99→3.1)	330 (20→ND)	460 (42→ND)	120 (3.7→0.7)	7.5 (0.13→0.02)
	浸漬	— (9.3→8.0)	2200 (75→15)	390 (24→ND)	430 (42→ND)	88 (1.1→1.0)	58 (0.17→0.84)
下水脱水汚でい	振とう	— (11.8→11.0)	9500 (510→15)	14000 (940→13)	4200 (370→ND)	780 (35→2.6)	23 (0.31→0.03)
	浸漬	— (11.6→8.5)	11000 (210→59)	14000 (350→35)	4200 (170→5)	410 (15→0.9)	81 (0.09→0.54)
下水消化汚でい	振とう	— (10.9→11.0)	5000 (280→10)	5800 (380→7.2)	2700 (180→ND)	370 (4.6→2.5)	5.4 (0.04→0.04)
	浸漬	— (10.7→8.3)	7800 (250→78)	8600 (300→30)	2800 (18→ND)	430 (13→0.7)	28 (0.09→0.36)
下水汚でい焼却灰	振とう	— (8.4→7.9)	100以下 (ND→ND)	100以下 (ND→ND)	240 (19→ND)	37 (0.6→0.3)	45 (0.25→0.21)
	浸漬	— (8.1→7.6)	100以下 (ND→ND)	100以下 (ND→ND)	240 (18→ND)	29 (0.4→0.4)	110 (0.64→0.62)
都市ごみ焼却灰	振とう	— (11.8→10.7)	1200 (47→4.2)	1400 (61→3.8)	9000 (790→ND)	41 (0.6→0.3)	2.6 (0.05→ND)
	浸漬	— (11.5→8.7)	1300 (27→9.8)	1300 (52→5.6)	9000 (650→9)	38 (0.7→0.3)	7.6 (0.08→0.07)

負荷量：試料 1 kg あたりの mg 数

変化：(初回の値) → (終回の値)。単位は mg / ℓ (ただし、pH を除く)。

ND は定量限界以下。

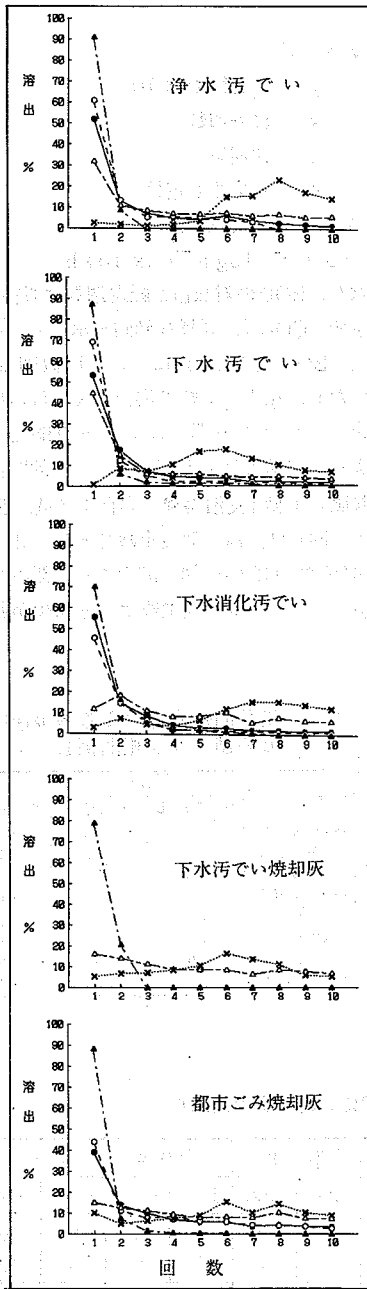


図1 振とう実験における溶出回数と溶出割合

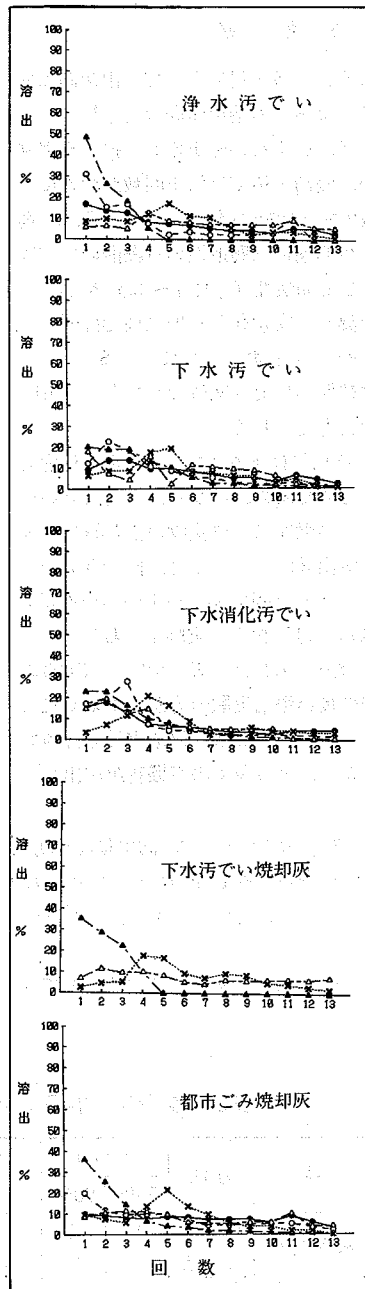


図2 浸漬実験における溶出回数と溶出割合

3. 考 察

図1, 2に示すように, 各項目によって溶出傾向は異なり, 又, 実験方法によっても溶出傾向は若干異なった。pHの変化については, いずれの廃棄物も, 振とう実験では変動が小さいが, 浸漬実験では溶出回数が増すにしたがい pHが若干減少する傾向がみられた。一般に, 埋立地の浸出水の pHは初期には腐敗性の有機酸の生成等があり, pHは減少して弱酸性 (pH 4~6.5)を示し, 経過年数とともに上昇し, 安定化した埋立地では弱アルカリ性 (pH 7.5~8.5)を示すといわれている。^{2) 3)} 浸漬実験では, 埋立初期の状況 (30週間)であり, pH減少がみられたものと考えられる。

CODについては, 溶出量は下水汚でい, 下水消化汚でい, 浄水汚でい, ごみ焼却灰の順に多く, 下水汚でい焼却灰は少なかった。この順序は, 廃棄物の強熱減量の測定結果と一致した。溶出傾向については, 振とう実験では初期に多く溶出し, 1~2回で50%以上の溶出を示した。浸漬実験による溶出は, 振とう実験よりおそく, 4~6回で50%以上の溶出を示した (表3参照)。CODの溶出量は, 実験期間の長い浸漬実験の方が若干多くなった。このことも, pHの場合と同様, 浸漬実験では嫌気性状態となり腐敗のため, より多くの有機物が溶出したものと考えられる。

BODについては, 浄水汚でいを除き, 溶出量はCODと大差なかった。浄水汚でいのみ CODに比べて小さな値となった。溶出傾向等については, CODとほぼ同様の傾向を示した。

埋立地の浸出水の BODは, 一般に指数関数の式で変化するといわれている。

$$y = ab^x$$

y : x 週後の BOD

x : 経過週数

a : 初期値

b : 減少速度定数

この式の対数をとると,

$$\log y = \log a + x \log b$$

となり, BODの対数値と経過週数は直線関係となることを示す。CODも, 同様な傾向を示しているため (図1, 2), BOD及びCODについて指数回帰直線を求めた (ただし, 振とう実験の場合, xには溶出回数を用いて試算した)。相関係数は, 0.85~0.98を示し, 振とう実験よりも浸漬実験の方が若干よい直線関係を示した (表4参照)。b値 (浸漬実験の場合1/週, 振とう実験の場合1/回)は, 減少速度定数であり, b値が小さいとBOD値やCOD値は速く減少する。都市ごみ焼却灰のみ, b値は大きく, 他の廃棄物よりも減少が遅いことがわかる。

表4 指数回帰直線による減少速度定数 (bの値) 及び相関係数

方法	試料	BOD		COD	
		減少速度定数	相関係数	減少速度定数	相関係数
振とう	浄水脱水汚でい	0.68	0.85	0.74	0.91
	下水脱水汚でい	0.68	0.89	0.71	0.93
	下水消化汚でい	0.69	0.88	0.72	0.91
	都市ごみ焼却灰	0.79	0.90	0.80	0.91
浸漬	浄水脱水汚でい	0.77	0.85	0.85	0.98
	下水脱水汚でい	0.78	0.95	0.88	0.89
	下水消化汚でい	0.76	0.91	0.82	0.97
	都市ごみ焼却灰	0.86	0.92	0.96	0.89

表3 各項目の溶出量が50%又は90%を超える溶出回数

試料	方法	COD		BOD		塩素イオン		全窒素		全りん	
		50%	90%	50%	90%	50%	90%	50%	90%	50%	90%
浄水脱水汚でい	振とう	1	7	1	5	1	1	3	9	8	10
	浸漬	4	11	3	11	2	3	7	12	5	10
下水脱水汚でい	振とう	1	6	1	4	1	2	2	8	6	9
	浸漬	5	11	3	10	3	7	4	10	5	10
下水消化汚でい	振とう	1	5	1	4	1	3	4	9	7	10
	浸漬	4	11	3	9	3	7	4	9	5	11
下水汚でい焼却灰	振とう	-	-	-	-	1	2	4	9	6	9
	浸漬	-	-	-	-	2	4	6	12	5	11
都市ごみ焼却灰	振とう	2	8	2	8	1	2	5	9	6	9
	浸漬	6	11	4	11	2	6	5	11	5	9

COD及びBODの溶出量に関しては、廃棄物試料として生ごみを用いて本実験のような溶出を行った事例は多いが⁶⁾~¹¹⁾、小林ら⁹⁾はごみ焼却灰、下水汚でい及び浄水汚でいについても実験し、又、高見沢ら¹⁰⁾はごみ焼却灰について実験し、表5のような値を示している。これらの結果は、実験方法が異なるため比較は難しいが、いずれの廃棄物も本実験結果と同様、CODとBODの有機成分の溶出は少なくないと考えられる。

表5 COD及びBODの負荷量の算出事例

試料	方法	負荷量 (mg/kg) [※]		文献No.
		COD	BOD	
ごみ焼却灰	透 水	180 ~ 670	270 ~ 1000	9)
	1回浸漬	490	600	9)
	14回浸漬	1500 ~ 1700	3500 ~ 7200	10)
	1回振とう	480 ~ 620	710 ~ 980	10)
下水汚でい	1回振とう	1300 ~ 2300	2800 ~ 5500	9)
浄水汚でい	1回振とう	220 ~ 570	96 ~ 790	9)

※廃棄物1kgあたりのmg数を示す。

塩素イオンについての溶出傾向は、COD及びBODにも増して初期に多く溶出する傾向であった。50%以上の溶出を示すのは、振とう実験では1回、浸漬実験では2~3回であった。なお、全体の溶出量は、振とう実験と浸漬実験ではほぼ同じであった。

全窒素及び全りんについては、COD、BOD及び塩素イオンよりも溶出がおそく、実験の全期間中溶出する傾向がみられた。このような傾向は、水野ら³⁾~¹¹⁾も報告しており、本実験での廃棄物とは異なるが、浸漬実験において2~5週で溶出が多くなり、その後減少し、その減少傾向はCODやBODの初期に生じる傾向とほぼ同一である(指数関数の式で変化する)と示している。しかし、本実験ではCODやBODに比べて減少の程度は小さいか、ほとんどなかったためか、大部分の廃棄物について指数関数の式では相関がみられなかった。溶出量については、振とう実験と浸漬実験で一致しなかった。これは、実験期間内では溶出が完了しきれなかったこと等によると思われる。全窒素の場合、下水消化汚でいを除き、振とう実験の方が多く溶出した。全りんの場合、全ての廃棄物について、振とう実験よりも浸漬実験の方が多く溶出し、その差はいずれの廃棄物も大きかった。

以上、振とう実験と浸漬実験の結果の概略を示したが、COD、BOD及び塩素イオンについては、両実験方法による溶出量はあまり異ならなかった。しかし、全窒素及び全りんについては、両実験方法で溶出量は異なり、特に全りんは大きく異なった。浸漬実験の溶出量は、埋立処分後の初期(30週)の負荷を示していると考えられる。したがって、その負荷量は、COD、BOD及び塩素イオンの場合、浸漬実験よりも簡単な振とう実験から得た溶出量により推定可能と思われる。

なお、図1及び2が示すように廃棄物試料によって溶出傾向は異なったが、本実験の5種類の廃棄物について、COD及びBODの有機成分の埋立初期での負荷量を推定する場合、表3の結果が目安となり、その概略値(50%溶出値)は振とう1~2回の結果から推定でき、90%溶出値は振とう4~8回で推定可能と考えられる。塩素イオンについては、50%溶出値は振とう1回、90%溶出値は振とう2~3回で推定可能と考えられる。

引用文献

- 1) 佐野和生ら：都市と廃棄物，Vol. 7，No. 4，33~40 (1977)
- 2) 猪狩叔将ら：産業公害，Vol. 14，No. 14，27~35 (1978)
- 3) 水野勝ら：水処理技術，Vol. 27，No. 5，35~41 (1986)
- 4) 市川照明：荏原インフィルコ時報，62号，37~40 (1975)
- 5) 日本規格協会：JIS K 0102 (1984)
- 6) 本多淳裕ら：水処理技術，Vol. 10，No. 8，23~30 (1969)
- 7) F. A. Rovers et al：J. Env. Eng. Div.，99 (EE5) 671~685 (1973)
- 8) 山田浩一ら：用水と廃水，Vol. 17，No. 12，13~21 (1975)
- 9) 小林康彦ら：都市と廃棄物，Vol. 12，No. 12，15~22 (1983)
- 10) 高見沢一裕ら：用水と廃水，Vol. 20，No. 11，59~68 (1978)
- 11) 水野勝ら：水処理技術，Vol. 27，No. 3，57~63 (1986)