

II-438

都市ごみと共に埋め立てられる乾電池中の重金属の漏出過程に関する研究(オニ報)
 —模擬埋立実験による重金属溶出量と溶出速度について—

(北海道大学工学部) 正会員 神山 桂一, 正会員 田中 信寿
 (現 富士ファコム制御) 田中 優, (現 荏原製作所) 新保 秀人

1.はじめに 前報¹⁾で筒型乾電池について乾電池自体の条件及び埋立処分・保管条件が乾電池の初期腐食に及ぼす影響について述べた。本報では並行して行った模擬埋立実験の結果について述べる。

2.実験方法 実験装置(図1)に人工ごみ²⁾(厨芥を含む混合ごみ)を模擬し、高分子、金属、ガラス等も含む)8kg湿(含水率60%)を直径25cm×深さ40cmに充填した。マンガン乾電池(UM-3)購入品10個、廃品10個及びアルカリ乾電池(LR-6)購入品2個、廃品2個(投入時期昭59.11)を10cm深毎に3層に分散させ混入した。これは高月³⁾の計算した、ごみ1トン当り35個(質量で1.5kg)の混入率に対して単純に個数で85倍、質量で42倍に倍する。実験装置を3基用意し、次の条件とした。カラムNo.1:乾電池をそのまま混入。カラムNo.2:外容器を取除き混入。カラムNo.3:外容器を取除き、さらに破砕して混入。これらをほぼ20℃の室温におき、密閉するこ

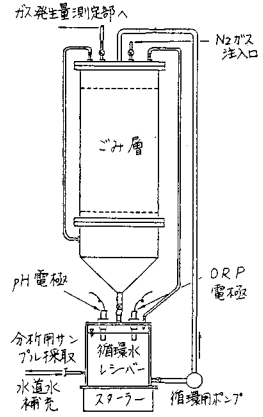


図1 実験装置

とで嫌気状態とし、水を流下させて湿潤状態とした。水はタイマにより1日1回約7ℓの内部水(全量約12ℓ)を循環させ、ほぼ1月に1回循環水を3ℓ採取分析し、その後N₂曝気水道水を3ℓ補充した(この水量は流出係数0.5として降水量1570mm/年に相当)。分析項目は電気伝導度、pH、ORP、蒸発残留物、熱灼減量、TOC、ケルダール窒素、アンモニア性窒素、Cl、Na、Fe、Mn、Zn、Pb、Cd、Hgである。また、発生ガス量、組成を随時測定した。

3.実験結果と考察 分析結果の内、pH、TOC、Zn、Mn、Hgの経時変化を図2~6に示す。実験期間(425日間)での金属溶出量及びを次の式により求めた(表1)。表1中の溶出率、Hg欄の[]内の値は表2のHgの[]内の値を用いた時の値。

$$\text{溶出量}[\text{mg}/\text{個}] = \sum Q C_i / N, \quad \text{溶出率}[\%] = (\text{溶出量}/M_i) \times 100, \quad \text{平均溶出速度}[\text{mg}/\text{個}\cdot\text{日}] = \text{溶出量}/T$$

ここで、C_i:金属iの濃度[mg/ℓ], Q:排水量(浸出量)=3ℓ/日, N:乾電池個数=24個, T:実験期間=425日, M_i:金属iの含有量[mg/個](表2)

嫌気性ごみ分解による有機酸の生成プロセスは人工ごみのみの実験結果⁴⁾と基本的に同じであるが、カラムNo.3では大量の重金属溶出が微生物活動をかなり阻害した。カラムNo.2では乾電池内缶の破損により、内部のKOHやMnO₂が流出し、200日目頃からpH、酸化還元電位が急激に上昇した(電位-200→200mV)。

金属濃度の経時変化には水の補充(降雨)による希釈の影響も含まれているので次の解析を行う。埋立初期に急激に可溶化し、以後希釈のみを受ける非反応性物質(本報でNa)は次式に従う。

$$C_N = C_N^0 e^{-Q/Vt} \quad (1) \quad V: \text{全内部水量(約12ℓ)}$$

$$\text{反応性物質} M \text{ に対して } V dC_M/dt = -C_M Q + R \quad (2) \quad Q: \text{浸出水量}[\ell/\text{日}]$$

$$\text{両式から } d \ln(C_M/C_N)/dt = R/(C_M V) \quad (3) \quad t: \text{実験日数(分析日)}[\text{日}]$$

R:反応による生成速度[mg/個] 従って $\ln C_M/C_N$ と t の関係をプロットした時(図7~9)、勾配が零となる希釈のみを受けて変化することを意味し、勾配の正又は負は反応による生成(溶出)、又は消滅(再不溶化)を示す。カラム1,2での初期溶出はごみ中金属の放出である。又、Hgが一時的に不溶化を示すがH₂Sによる沈殿やHgの気散が理由として考えられる。カラム1,2での勾配から次式で定義される溶出速度を求めた(表3)。特にカラム2で、内缶の破損が見られる。

$$\text{溶出速度} R_1[\text{mg}/\text{個}\cdot\text{日}] = R/N, \quad \text{溶出速度} R_2[\%/\text{年}] = (R_1/M_i) \times 365/\text{年}$$

表1 全期間で計算した溶出量

	溶出量 [mg/個]	溶出率 [%]	溶出速度 [mg/個・日]
カラム1	Fe	32.0	6.20
	Mn	10.8	0.53
	Zn	14.9	0.31
	Pb	0.14	3.4
Hg	0.86 × 10 ⁻³	0.0024 [0.29]	0.33 × 10 ⁻³ [2.0 × 10 ⁻⁶]
カラム2	Fe	188	25.3
	Mn	16.2	0.79
	Zn	57.0	1.2
	Pb	0.17	4.1
Hg	3.7 × 10 ⁻³	0.0101 [1.2]	8.6 × 10 ⁻⁶
カラム3	Fe	80.8	10.9
	Mn	71.3	35.0
	Zn	111.0	23.2
	Pb	0.12	2.9
Hg	35 × 10 ⁻³	0.095	81 × 10 ⁻⁶

表2 計算に使った金属含量

	マンガン [mg/個]	アルカリ [mg/個]	平均Mn [mg/個]
Fe	4500 (0)	8500 (4450)	5170 (740)
Mn	700	2700	2030
Zn	5100	3000	4750
Pb	5	0	4.2
Cd	2	0	1.7
Hg	0.36	200	33.6[0.3]

()内はNo.2,3コラムに対し
[]内は「マンガン」のみをベースの時

表3 図7.8の勾配から求めた溶出速度

		R ₁ [mg/(個・日)]	R ₂ [1/年]
カラム1	Fe	0.91	0.064
	Mn	0.026	0.0047
	Zn	0.043	0.0032
	Pb	0.22×10^{-3}	0.019
	Hg	0.92×10^{-6}	0.92×10^{-5} [0.0011]
カラム2	Fe	0.55	0.27
	Mn	0.021	0.0037
	Zn	0.17	0.013
	Pb	0.61×10^{-3}	0.054
	Hg	14×10^{-6}	13×10^{-5} [0.017]

[]内の数はマンガン電池のHgのみをベース(表2の[]内)に計算した値。

4. おわりに 本実験は(乾電池混入率(質量)42倍から)

一気に埋立てた約15m深のごみ層に相当し、高濃度有機酸存在下の過酷な状態で行った。筒型乾電池が破壊された場合(カラム3)には大量の金属流出が見られたが、乾電池がそのまま混入された場合(カラム1)には1年間程度では乾電池の内装の破壊は見られず、金属の溶出は余り見られなかった。模擬埋立実験から埋立地浸出水質を予測する方法は確立されていないが、幾つかの前提条件で浸出水中の金属濃度を予測した結果については発表当日に述べる。

引用文献 1) 田中他: 第40回土木学会年次学術講演会(第2部) P.617 2) 神山他: 衛生工学研究論文集, 19巻, P.136 (1983) 3) 高月: 新ニ誌83, 12月号 4) 田中他: 第37回土木学会年次学術講演会(第2部) P.47

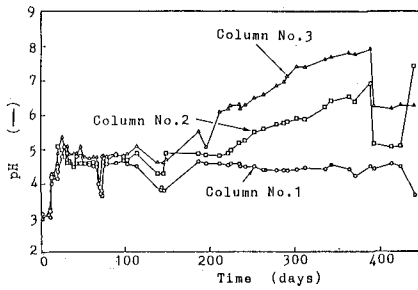


図2 pHの経時変化

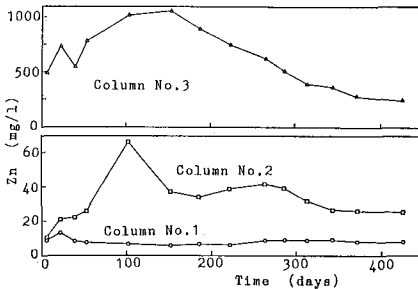


図4 Znの経時変化

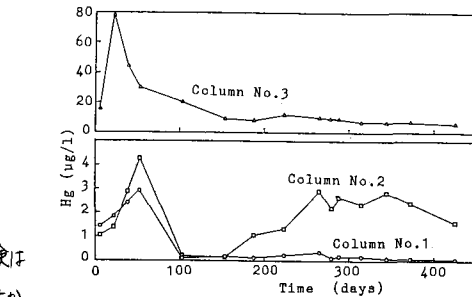


図6 Hgの経時変化

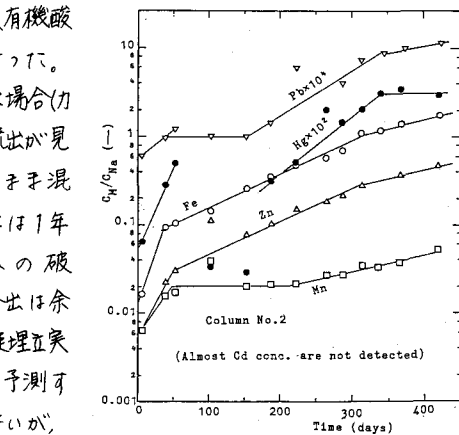


図8 Cm/CNaとの関係(カラム2)

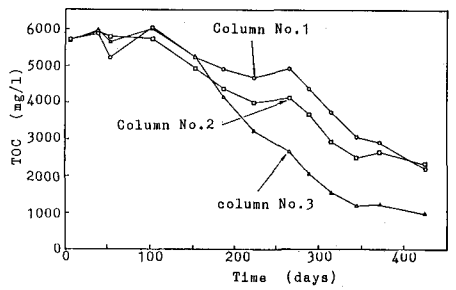


図3 TOCの経時変化

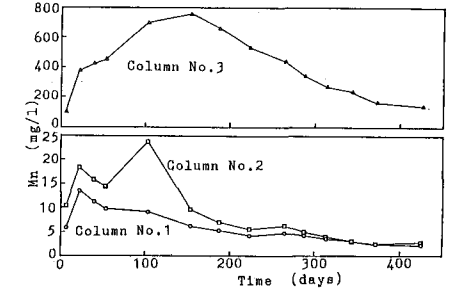


図5 Mnの経時変化

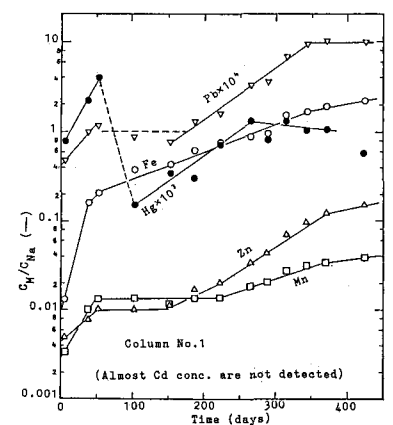


図7 Cm/CNaとの関係(カラム1)

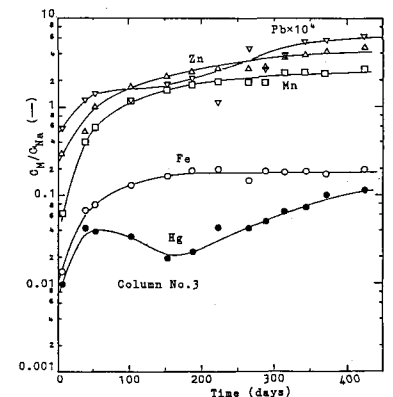


図9 Cm/CNaとの関係(カラム3)