

(20) 埋立地における廃乾電池中の重金属の挙動に関する研究

Study on the movement of heavy metals in the dry cell batteries in landfill

花嶋正孝* 松藤康司* 長野修治*
Masataka HANASHIMA*, Yasushi MATSUFUJI*, Syuji NAGANO*
柳瀬龍二* 西村義之* 永井恵子*
Ryuji YANASE*, Yoshiyuki NISHIMURA*, Keiko NAGAI*

ABSTRACT; The main disposal of the municipal refuse consists of the incineration for combustibles and the landfill for noncombustibles. However a trace of hazardous materials such as heavy metals in the dry cell batteries make all the more difficult to dispose of the solid waste. Especially, the fear that the dry cell batteries in the landfill may be caused whether mercury or other heavy metals will leach. The purpose of this research is to study of the movement of mercury and other heavy metals in the dry cell batteries in landfill. The movement of the heavy metals in the dry cell batteries were monitored using the landfill-simulated test cells. The experiment was just started and movement of the heavy metals were estimated to be very slow. The measures of the protection of the environment against the heavy metals in the dry cell batteries in landfill are the subject for a future study.

KEYWORDS ; Landfill, Solid waste, Dry cell battery, Heavy metal, Mercury

1. はじめに

昭和58年夏、乾電池中の水銀が社会問題としてクローズアップして以来、使用済み乾電池が可燃性ごみや不燃性ごみに廃棄処分される場合、焼却処理による水銀の大気拡散や最終処分地での水銀等の地下水汚染の問題が懸念されるようになっている。

ところで、乾電池が社会問題となったにもかかわらず、最終処分地における使用済み乾電池の埋立特性は不明な点が多く、特に水銀等の埋立地における挙動の解明については、極めて取り組みが遅れている現状である。

こうした中で、本研究は使用済み乾電池が埋立処分された場合の乾電池中の水銀等の挙動を調査研究することを目的として実施したものである。

2. 実験装置及び方法

2.1 埋立模型槽

大型埋立模型槽は図2-1に示すように、直径1 m, 全長5.8 mの鋼鉄製で円筒形のを8基設け、それぞれ底部にφ 150~200 mmのグリ石を充填し、実質埋立高は4.3 mのものである。

* 福岡大学工学部土木工学科

Dep. of Civil Eng. Fukuoka Univ.

更に、最終覆土として、槽上部に真砂土(厚さ200mm)を被覆し、自然降雨の際に埋立地表面で表流水が排除できるように表流水排除溝を設置した。

その他の埋立条件は表2-1に示す。

2. 2 充填廃棄物の組成

現在、我国では、可燃性ごみは焼却処分が主流であるため、埋立処分されるごみは不燃物を主体としたごみが増加する傾向にある。そこで、各都市のごみ組成調査資料及び実験的基礎資料を検討し、表2-2に示す組成の「調整ごみ」を作成し、充填した。

2. 3 廃乾電池埋立て状況と量

乾電池は、一般に不燃物収集の際や最終処分地で埋立処分される際に、パッカー車やブルドーザー、コンパクター及び搬入車によって圧縮破損される可能性があり、実際に埋立地内では破損した乾電池が見られる。このため、本実験では充填する乾電池の約半量を圧縮試験機を使用して100kgf～450kgfの範囲で変形させた後、充填した。

3. 充填廃棄物中の重金属

3. 1 調整ごみ中の重金属

本実験に用いた調整ごみ中に含まれる重金属については各廃棄物毎に測定し、この結果とごみ充填量、含水率等より各実験槽に充填される重金属量を試算すると、表3-1のようになる。この結果、調整ごみ1トン当りの重金属量はT-Hg 197mg/t, Cd 352mg/t, Cu 528g/t, Pb 105g/t, Zn 760g/t, Mn 4424g/tである。

3. 2 乾電池中の水銀量

乾電池中の水銀量を文献等からの調査データを含めて表3-2に示す。

表中の福大の分析結果以外は、いずれも乾電池問題発生前後のデータである。日本乾電池工業会が水銀量の削減計画を発表後は、製造日によって水銀量にバラツキがみられた。従って、本実験に用いた乾電池中の水銀量は製造日毎に分析し、その結果より水銀量を試算した。

この結果、乾電池由来の水銀量は表3-3に示すよう

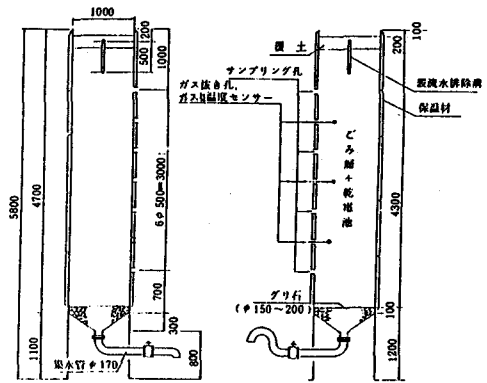


図2-1 大型埋立模型槽

表 2-1 埋立条件

埋立場所	埋立構造	埋立方法	埋立廃棄物	降雨条件	乾電池種類	実験槽 No.
陸上	準好気性	中間覆土	調整ごみ	自然降雨	混合	No.1
		無し	"	"	アルカリ	No.2
		無し	"	"	マンガ	No.3
		無し	"	"	ブランク	No.4
	嫌気性	中間覆土	調整ごみ	自然降雨	混合	No.5
		無し	"	"	アルカリ	No.6
		無し	"	"	マンガ	No.7
		無し	"	"	ブランク	No.8

表 2-2 本実験で使用するごみ組成

焼却灰	草木屑	プラスチック類	繊維類	ガラス類	金属類 ^{#1}	土砂類	汚泥 ^{#2}
38%	5%	2%	0%	20(砕石)%	10%	0%	25%

但し金属類^{#1}は鉄屑4%, 金屑6%, 汚泥^{#2}は下水汚泥(2次発酵汚泥)15%, 都市ごみコンポスト10%の割合とする。

表 3-1 充填廃棄物中の重金属量

組 成	充填量 kg	重 金 属 量					
		T-Hg(mg)	Cd(mg)	Cu(g)	Pb(g)	Zn(g)	Mn(g)
焼 却 灰	1092	227	757	1911	367	2948	14087
チ ャ ッ プ	126	0.4	0	0.058	0.227	0.693	144
下 水 汚 泥	397	343	540	86.9	12.6	2.30	222
コンポスト	161	172	111	20.0	17.1	0.398	29.5
空 缶	160	40	0	15.5	0.141	12.9	2900
廃 プ ラ	80	0	-	0.15	6.57	31.1	0.192
砕 石	799	3.2	0	77.3	14.4	42.2	230
真 砂 土	182	2.9	0	1.29	0.539	0.899	83.7
合 計	1958	789	1408	2112	419	3038	17696
1 t 当り	-	197	352	528	105	760	4424

各組成の充填量は乾量当り 焼却灰は灰分のみ

表 3-2 乾電池中の水銀量

(mg/個)

乾電池	村田 ¹⁾	藤井 ²⁾	高月 ³⁾	滝沢 ⁴⁾	占 部 ⁵⁾	電池工業 ⁶⁾	福 大
LR 20	1300						475~1143
LR 14	600						
LR 6	200	200	(114)	36(41)	120~293		107~197
LR 44							14~15
SUM-1	3.5				3.93	4.9	2.97~5.86
SUM-2	1.8				0.61~2.25	2.7	1.80~2.48
SUM-3	0.36	0.36	(0.65)	3(0.05)	0.25~1.77	1.0	1.18~2.63
MR 4414	620				618		
MR 9		700~	(895)				1250~1270
MR 52		1500		42(244)			
LR1130	5						

(1)(2)(3)(4)(5) 廃乾電池対策のすべて、地域交流センター

1) 生活と環境 50年9月

() は放電後

福大の分析検体数: LR20 6個, LR6 17個, LR44 5個, SUM-1 6個, SUM-2 6個, SUM-3 6個, MR9 3個, R-HgはMR9が3.0~9.4 μg/個検出(滝沢, 藤井は: 1.5~40 μg/個) 3個

に混合槽2480mg/t, アルカリ槽2953mg/t, マンガン槽221mg/t となった。

表 3-3 充填乾電池中の水銀量

乾電池	水銀濃度 (mg/個)	混合槽		アルカリ槽		マンガン槽	
		個数	mg	個数	mg	個数	mg
MR9	1260	4	5040	—	—	—	—
LR6 ¹⁾	190	—	—	28	5320	—	—
" ²⁾	124.8	32	3994	52	6490	—	—
SUM-1	4.37	80	350	—	—	80	350
SUM-2	2.17	80	174	—	—	80	174
SUM-3	1.50	240	360	—	—	240	360
合計	—	436	9918	80	11810	400	884
1 t 当り	—	109	2480	20	2953	100	221

乾電池の分析検体数: MR9 3個, LR6¹⁾ 3個, LR6²⁾ 12個
SUM-1 6個, SUM-2 6個, SUM-3 6個
LR6は¹⁾がS. 84. 12, ²⁾がS. 85. 2の製造

3. 3 槽当りの水銀量

実験に用いる調整ごみ中の水銀量と乾電池中の水銀量を加えた量が本実験における総水銀量であり、充填ごみ1 t 当りに換算すると、それぞれ混合槽2677mg/t, アルカリ槽3150mg/t, マンガン槽418mg/t, ブランク槽197mg/t である。

尚、マンガン槽は物流量より試算される量の約4倍量に相当する含有量を初期条件とした。

4. 調査項目

調査試料は、浸出液、表流水及びガスであり、分析項目は次の通りである。

(ア) 浸出液

pH, T-Hg, R-Hg, Cd, Zn, Mn, Cl⁻

(イ) 表流水

pH, T-Hg, R-Hg

(ウ) ガス

CO₂, CH₄, O₂, N₂, T-Hg

ガスの分析方法はJIS K0102のガスクロマトグラフィーによる、またガス中のT-Hgは金-アマルガム法を用いた。

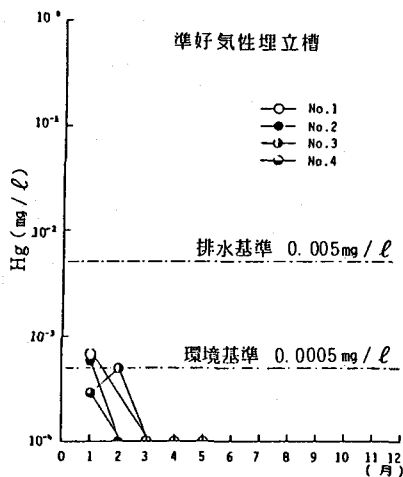


図5-1 浸出液中のT-Hgの経時変化

5. 実験結果及び考察

大型埋立模型槽における実験では、特に充填廃棄物及び乾電池中の水銀の挙動について、①浸出液、②表流水、③埋立層内の気中の水銀について調査した。

まず、充填初期における調整ごみの含水率は約18%であったため、浸出液を早期に得るため、実験開始から2ヶ月間人工的に日降水量10~15mm相当の水道水を散水した。その結果、各槽共浸出液が得られるようになった。この時点での槽内の含水率は、約25%前後であると推定された。

5. 1 浸出液の水質

浸出液中の重金属のうちT-Hg, Cd, Znの経時変化を図5-1, 5-2, 5-3に示す。

準好気性槽のT-Hgは埋立初期に検出され、一時的には環境基準以上を呈することもあるが、埋立後3~4ヶ月目には不検出となった。この原因については、槽内が不安定な時期に降雨によって洗い出されるSSに由来して流出するもので、乾電池の腐食に伴って流出しているとは考えられない。

一方、嫌気性槽においては埋立初期にも検出されていないが、これは実験槽の構造上、集水管の末端部に

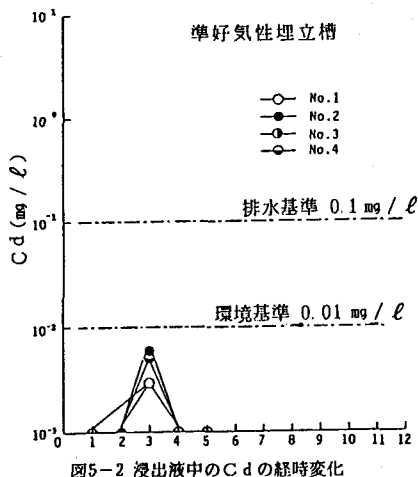


図5-2 浸出液中のCdの経時変化

において浸出液が滯水沈殿するため、この部分に初期流出のSSが沈澱し、浸出液へ直接流出しないためと考えられる。

また、別途に実施している乾電池の腐食実験結果によると、埋立6ヶ月後の乾電池の腐食面積率は、平均20%以下で、この腐食もサビ(錆)程度で乾電池中の水銀やアマルガム等が露出するには至っていなかった。

これらの事から判断すると、現時点では充填した乾電池からのHg等の重金属の流出は無いものと考えられる。

5.2 表流水の水質

表流水の水質は、T-Hg, R-Hgとも不検出であり、槽表面の表流水に層内で気化した水銀が吸収されるような現象は認められなかった。

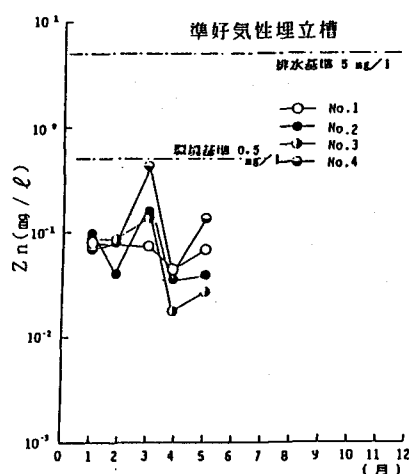


図5-3 浸出液中のZnの経時変化

5.3 埋立層内の気中水銀

埋立層内で気化している水銀(以下気中水銀と略す。)をガスサンブル孔より吸引し採取後測定した。

準好気性槽は初期濃度 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から5ヶ月後 $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、嫌気性槽においては初期濃度 $0.05 \sim 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ へと減少傾向を示した。これは大気中の水銀濃度($0.01 \sim 0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$)と比較すると1オーダー高いもののWHOのガイドライン $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と比較すると低い値を示している(図5-4参照)。

しかし、前述のように埋立6ヶ月後では乾電池はほとんど腐食されておらず、気中水銀の発生は調整ごみに起因しているものと考えられる。

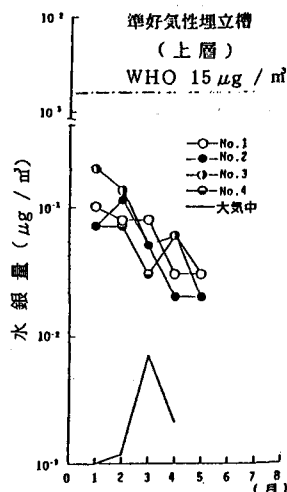


図5-4 埋立層内の気中水銀

6. まとめ

本研究は、実験を開始してから1年足らずであり、現時点では充填した乾電池からのHg等の重金属の流出の影響はないものと考えられる。周知のように、埋立地での諸現象は極めて緩慢なものが多いと予想されるだけに、本研究も長期的な視点での取り組みが重要であると言える。

今後の調査結果が最終処分地における乾電池問題の対策と解決のための一助になれば幸いである。

最後に、本研究に多大なる御協力をいただいた(社)日本乾電池工業会並びに関係各位に深謝致します。

また、本実験室の研究スタッフ及び卒論生に感謝致します。

(参考文献)

- (1) 村田徳治; 乾電池の基礎, 廃乾電池対策のすべて, 地域交流センター
- (2) 高月紘; 乾電池の埋立処分による水銀溶出, 廃乾電池対策のすべて, 地域交流センター
- (3) 柳瀬他; 焼却灰の埋立処分に伴う微量有害物質の挙動(第2報), 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集
- (4) 松藤他; 焼却灰の埋立処分に伴う微量有害物質の挙動に関する実験的研究, 都市清掃, 第39巻第150号