

福岡大学 正会員 ○柳瀬龍二 花嶋正孝
松藤康司 長野修彦
永井恵子

1. はじめに

我国における都市ごみ処理は、焼却中心の廃棄物処理が主流であり、最終処分を必要とする焼却残渣も年々増加の一途をとっている。ところでこの焼却灰中には微量の重金属が含まれているが、特に埋立処分を行つた時の微量重金属の挙動と環境保全対策については、取り組みの遅れ分野でもある。今回、焼却灰中の埋立実験を行い、焼却灰中の重金属の挙動と流出メカニズムについて若干の知見を得たのでここに報告する。

2. 実験方法

実験装置は既報(59年度年講)に示す準好気性埋立構造の小型模型槽(φ30cm×100cm)を用い、埋立廃棄物及び充填条件は表1に示した。No.3槽は底部に真砂土を施し、重金属の浮遊吸着を目的としたものである。降雨条件は平均日降雨量5mmとし2回/週で散水した。

3. 結果及び考察

3.1 重金属の流出パターン

焼却灰の物理組成及び重金属含有量を表2,3に示す。

また、埋立開始から18ヶ月間の浸出液中のHgの経時変化を図1に示す。浸出液中の重金属濃度は埋立開始から3~6ヶ月は一時的に環境基準をオーバーする事があるが、その後

は、環境基準以下であり不検出となつた。さらに、18ヶ月間に浸出液中へ流出した重金属の割合を流出パターンで示すと、図2に示す様になり18ヶ月間の流出量の約70~80%が、埋立開始から6ヶ月間に流出した。

次に模型槽に充填した全重金属含有量に対する浸出液への重金属流出量(18ヶ月)を表4に示す。Hg0.02~0.4%, Cd0.02~0.7%, Cu0.002~3%, Pb0.002~0.1%, Zn0.001%以下と、各重金属とも非常に流出率が小さく、18ヶ月間ではほとんどが埋立槽内に残存していると考えられる。また焼却灰の燃焼状態の違いによる流出率は、熱灼減量の高いNo.2槽が若干高かった。

さらに、同じ焼却灰を充填したNo.1槽と底部に真砂土を施したNo.3槽の

流出率を比較すると、HgとCdは差がなく、Cu, Pb, Znは若干差が見られる等金属種によつてその流出防止効果が違うことがわかる。また、その効果は埋立初期に大きくその後は大差なかった。

3.2 流出形態

浸出液中の重金属が、SS由来又は溶解性状態であるかを調査した結果を図3に示した。浸出液の浮遊(1.2μmフィルター)前後の重金属濃度差から、SS由来で流出する期間は埋立初期の3~4ヶ月間であり、Cu, Pb, ZnがSS由来で流出

表1 実験槽充填構成

実験槽	焼却灰 A	焼却灰 B	真砂土	E P 灰	充填量	見掛け比重 (t/m ³)
No.1	92.3 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	92.3	1.50
No.2	0	87.5 (100)	0 (0)	0 (0)	87.5	1.42
No.3	82.7 (88.5)	0 (0)	16.7 (11.5)	0 (0)	99.4	1.52
No.4	0	0	0	54.0 (100)	54.0	0.93

単位: kg ()は充填割合(%)

充填量: No.1,2,3=0.0615m³, No.4=0.058m³

焼却灰A: 濃焼灰, 焼却灰B: 稀焼灰パッチ

表2 焼却灰の組成

項目	焼却灰 A	焼却灰 B	真砂土	E P 灰
含水率	14.0	16.2	—	—
不燃分	9.2	15.2	—	—
灰分	15.5	8.6	—	—
灰分	<0.1	1.4	—	—
灰分	78.3	74.8	—	—
灰分	2.5	4.6	2.2	3.8
灰分	(3.2)	(6.2)	—	—

()は不燃分、灰分を除いた燃焼減量

項目	焼却灰 A	焼却灰 B	真砂土	E P 灰
Hg (μg/g)	0.345	0.105	0.045	1.100
As (μg/g)	4.25	9.17	1.18	3.05
Cd (μg/g)	12.7	2.78	0	127
Cu (μg/g)	3910	1360	0.98	1430
Pb (μg/g)	748	330	5.72	5290
Zn (μg/g)	3104	2805	0	18900
Cr (μg/g)	684	535	0.58	95.0
Fe (μg/g)	92600	21600	8470	14600
Mn (μg/g)	1860	1150	445	840
Na (μg/g)	3880	11400	3120	27900
Ca (μg/g)	102000	1230	99.7	44600
K (μg/g)	16900	19700	4580	5580

試料: 焼却灰は10mm以下の灰分(未燃分を含む)

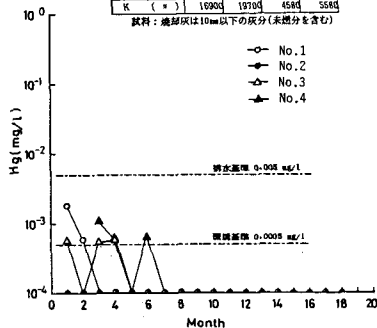
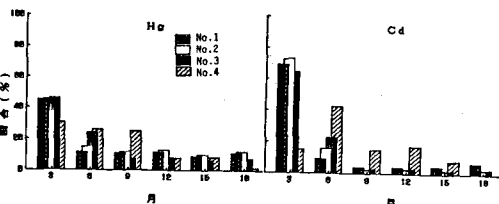


図1 浸出液中のHgの経時変化

表3 重金属の含有率

槽	充填量	流出量	流出率	充填量	流出量	流出率
Hg (mg)	21.7	0.025	0.12 %	4.90	0.023	0.47 %
Cd (μg)	790	0.575	0.07 %	135	0.885	0.66 %
Cu (μg)	243000	364	0.15 %	68000	1809	2.69 %
Pb (μg)	48500	11.1	0.02 %	16000	37.8	0.24 %
Zn (μg)	193000	28.7	0.01 %	141000	35.9	0.03 %

図2 重金属の流出パターン



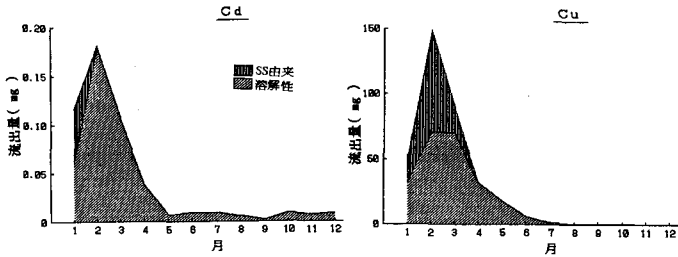


図3 重金属の経時的流出形態

表5 スケール中の重金属濃度

採取年月日	59.3.3				59.4.29			
層	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4
スケール量	0.94	0.45	—	4.98	0.36	1.12	0.95	0.33
Hg (ppm)	0.0618	0.108	—	0.019	0.053	0.061	0.0056	0.0462
Cd (ppm)	0.33	0.15	分	17.2	0.20	0.20	1.75	1.25
Cu (ppm)	268	45.5	分	8.0	389	311	42.6	1.1
Pb (ppm)	11.6	14.6	分	9.38	134	810	N.D	N.D
Zn (ppm)	301	20.4	分	1.44	257	605	15.3	10.7
Cr (ppm)	0.01	0.69	分	0.10	4.20	N.D	1.00	N.D
Fe (ppm)	81.1	988	分	7.41	1350	132	964	116
Mn (ppm)	0.94	17.6	分	0.11	22.3	34.5	290	4.60
Na (ppm)	11100	5290	分	109000	1060	897	1650	67100
Ca (ppm)	1480	34600	分	4420	107000	163000	182000	319000
K (ppm)	2190	11400	分	41600	1130	10900	1810	171000

11月17日のスケールは、58-3の真砂土と焼却灰の接点部分
スケール量：スケール(g-dry)/流出量(g)

する傾向にありHg, Cdが溶解性の状態で流出する傾向がみられた。この時の18ヶ月間での流出量は全量の約70%が溶解性の状態である。また、熱効減量の高いNo.2槽は溶解性状態で流出する傾向があり、燃焼状態で重金属の流出形態が違うと言える。

3.3 スケール形成と重金属の挙動

埋立後半年頃から集水管や排水ピットにスケールが形成され始めた。このスケール中には表5に示す様に重金属が高濃度含有され、その主成分はX線解析の結果 CaCO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaSO_4 等であった。このため重金属の蓄積と濃縮は、 CaCO_3 等のスケール成分による共沈現象と予想される。そこで、 air 曝気又は CO_2 吹込みによるスケールの形成と重金属の共沈実験を行ない、その結果を図4.5に示す。時間の経過と共に濃度が増加するにつれて、 Ca^{2+} が減少しスケール形成が確認されたが、さらに長時間続けると再溶解する事も認められた。この時の重金属の除去率をみると、 Ca^{2+} 同様、重金属は除去されるが、スケールが再溶解すると重金属濃度も再び高くなる傾向がみられた。次に、採取したスケールを用いた重金属吸着カラム実験の結果を図6に示す。カラムに約16ppmのCd, Cuの混合溶液を $10\text{ml}/5\text{min}$ で通水した結果、Cd, Cuはスケールに吸着される事が確認できた。しかしながら、このスケールの成分が CaCO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等であるため、先の共沈実験で示す様に再溶解や長期的な酸性雨等の影響によって、スケールが再溶解した場合、浸出液中へ重金属が溶け出す可能性もある事が予測された。

4. まとめ

本実験より得られた知見をまとめると、(1)焼却灰中の重金属流出率は全体の1%以下である。(2)重金属の流出パターンは埋立初期に大半が流出する傾向にある。(3)埋立初期はSS由来であるが全体的には溶解性での流出が70%前後を占めていた。(4)スケール中には高濃度の重金属が含有されている。(5)スケールは CaCO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaSO_4 等が主成分であり、スケールを形成しながら重金属を共沈する。その過程は表面吸着、混晶生成、吸蔵等によって溶解性の微量イオンを捕集するため、スケール中に重金属が蓄積されるものと考えられる。

以上の結果、焼却灰埋立地からの重金属流出防止対策として①埋立初期のSSの流出防止を行い、②浸出液を曝気又は CO_2 吹込み等によってスケール形成を行い、③発生したスケールを隔離埋立又は再溶解しない条件で処理をして処分することが焼却灰埋立に伴って、流出する重金属の環境保全対策として有効である。

(参考文献) 初瀬他「焼却灰埋立処理に伴う微量有害物質の挙動」第9回日本公害学会大会、永中他「焼却灰埋立における微量有害物質の流出特性」、工学会西部支部(1985.2)

<謝辞>本研究は「環境庁委託廃棄物の処理処分に伴う微量有害物質の挙動に関する研究」の一部である。

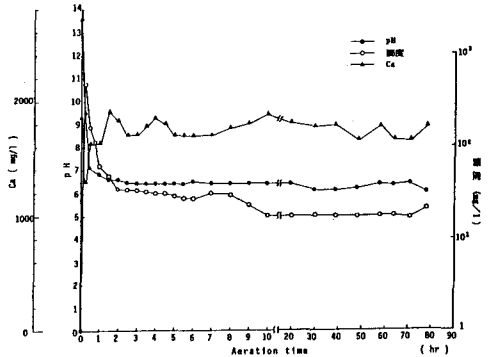


図4 炭ピット水を用いた CO_2 吹込みによるpH、 Ca^{2+} の経時変化

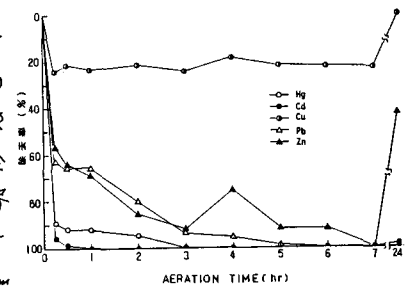


図5 炭ピット水を用いたエアレーションによる重金属除去

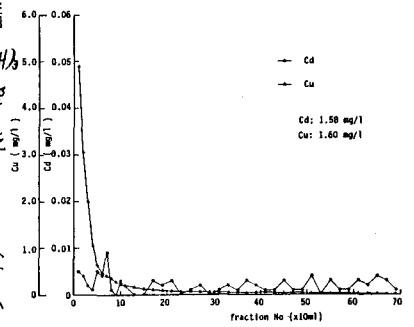


図6 スケールによる重金属の吸着実験(カラム実験)