

ごみ処理生成物中の重金属について

清水 典徳 丹野 幹雄

要 旨

ごみ焼却場における重金属の動態把握調査の一環として、日量300 tの焼却処理能力をもつ全連続燃焼方式のごみ焼却場を選定し、ごみ組成及び各種処理生成物中の重金属濃度等を測定した。

その結果、ごみ組成では紙・布類が約50%を超え、ビニール・プラスチック類と合わせると、全組成の60～80%を占めていた。また、重金属は、各種処理生成物の中で電気集塵灰が最も高い濃度を示した。しかし、排出量としては、焼却残渣の方が大きくなる。

さらに、液状の処理生成物中の多くの重金属は、ろ過処理のみで低減することから、懸濁物質に由来すると考えられる。また、液状処理生成物中の溶存性重金属は、洗煙水を除いて低いレベルにある。加えて、洗煙水中の溶存性重金属は1週間放置等の重力沈降で濃度が低くなることが判明した。

1 はじめに

家庭から排出される廃棄物の大半は、公衆衛生の確保と減量化や早期安定化を目的として、ごみ焼却場で焼却された後に最終処分されている。

しかしながら、この焼却過程で廃棄物に含まれていた重金属などの不燃分が焼却灰等の各種の処理生成物に移行する。

そのため、これら処理生成物の処分にあたっては、その性状を考慮したうえで、周辺の土地利用や環境に留意して処理を行う必要がある。

そこで、性状を把握するために、処理生成物に含まれる重金属と液状の処理生成物の溶存性重金属を調査し、若干の知見が得られたので報告する。

2 調査方法

2・1 調査対象施設及び施設概要

調査対象施設として、ごみ焼却方式の内から一般的な全連続燃焼式の処理施設を対象として調査することとし、公称処理能力150 t/dayの反転ストーカー炉を2基もつ全連続燃焼方式のごみ焼却場を選定した。

当該施設の処理工程を図1に示す。

この施設は排煙対策として、洗煙スクラバー・マルチサイクロン・電気集塵器を備えている。

洗煙スクラバーからの洗煙水は灰出し水・ピット汚水と共に水処理施設で処理され、循環使用されことなく放流されている。

また、マルチサイクロンで集められた灰は、灰出しコンベアで水封下に焼却灰へ混入され、電気集塵器で集められた灰は、フライトコンベア上で焼却灰と一緒に灰バンカーに貯留される。

2・2 試料及び測定項目

調査対象試料は焼却残渣・電気集塵灰（以下「EP灰」という）・ばいじん・洗煙水・ピット汚水・プラント汚水・脱水汚泥の7種類とし、測定項目はT-Hg・Cd・Pb・Cu・Zn・Fe・T-Cr・Ni・Mnの9種類の金属（以下「測定重金属」という）とした。

ただし、焼却残渣は焼却灰・マルチサイクロン灰・EP灰の混合した物であり、プラント汚水は灰出し水・洗煙水・冷却水の混合した物となっている。

また、脱水汚泥は他の施設からの生活系汚水の処理分（ごみ焼却施設の放流水とほぼ同量）を含んでいる。

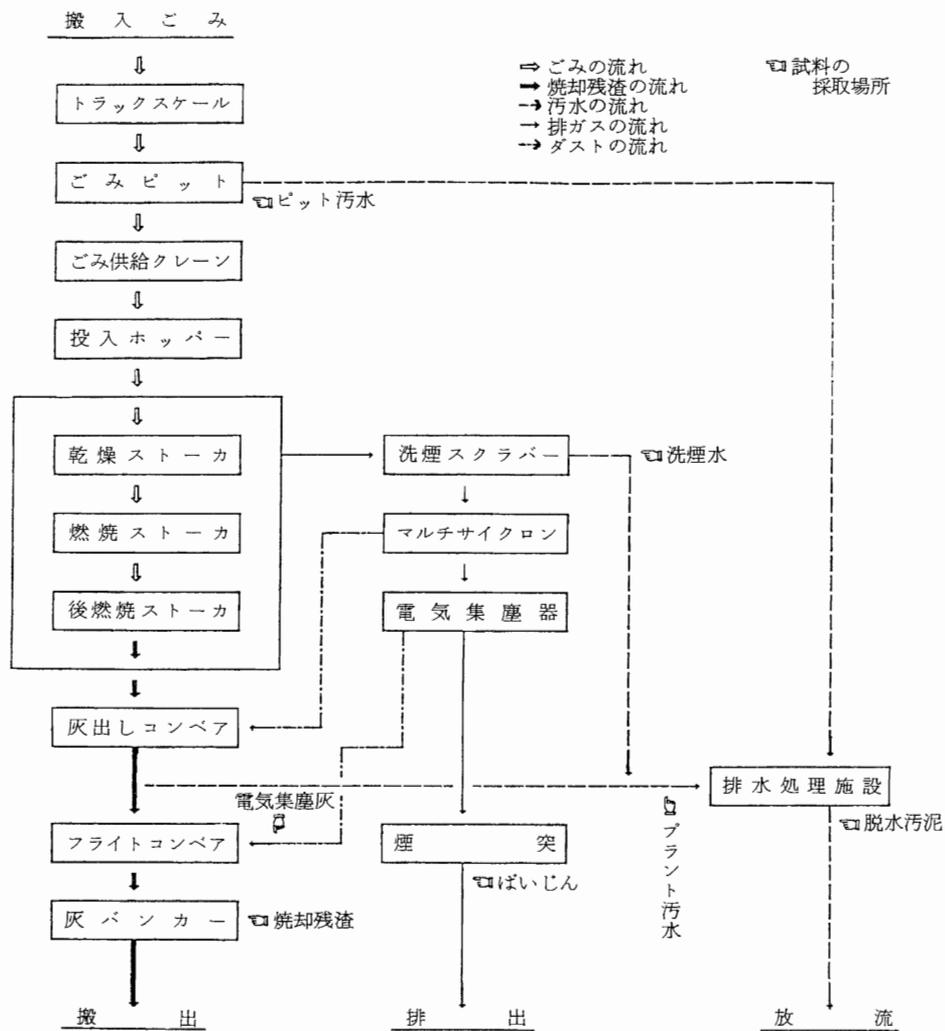


図1 処理施設工程図

表1 試料採取方法及び分析方法

	採取方法	分 析 方 法	
焼却残渣 電気集塵灰 脱水汚泥	ごみ焼却施設 各種試験マニ アル ¹⁾ に準拠	底質調査法 ²⁾ に準拠	水銀；還元気化原子吸光法 鉄，マンガン；原子吸光法（直接噴霧） 上記以外の項目；原子吸光法（溶媒抽出）
洗煙水 プラント汚水 ピット汚水	JIS-K0094 ³⁾ に準拠	JIS-K0102 ⁴⁾	同 上
ばいじん	JIS-Z8808 ⁵⁾	底質調査法 ²⁾ に準拠	同 上

なお、マルチサイクロン灰は開孔部がないために単一では、採取していない。

2・3 試料採取及び分析方法

試料の採取方法と分析方法を表1に示し、試料の採取場所は図1中に示す。

2・4 調査期間

調査は、対象施設の選定も含め、昭和63年4月から平成2年3月まで実施した。

2・5 ごみ組成の調査

試料は、4月・7月・11月・1月の4回、ごみピットから採取した。測定方法等はごみ焼却施設各種試験マニュアル¹⁾に拠った。なお、調査期間外のデータは、当該施設の自主分析値を用いた。

3 結果及び考察

3・1 ごみ組成の経時変化

当該施設のごみ組成の経年変化を昭和60年度から平成元年度までの5年間について、年平均値（調査回数は年に4回）で表2に示した。

この結果は、紙・布類が最も多く、少ない年でも48%、多い年では62%にもなっている。次いで、ビニール・プラスチック類が13-29%を占め、この2種類で、全組成の75-84%となっている。

平成元年度におけるごみ質の季節変化を見ると、表3のようにやはり、紙・布類が最も多く、少ない月の7月でも50%とかなり多く、4月では65%であった。

次いで、ビニール・プラスチック類が11-22%と、

表2 ごみ組成の経年変化
(単位：%)

	S 60	S 61	S 62	S 63	H 元	S56~ S59
紙・布類	54.6	48.1	62.4	57.9	57.1	47.4
ビニール・ プラスチック類	28.8	27.7	13.2	18.5	17.9	22.0
木	1.8	5.4	9.2	6.0	3.4	3.9
厨 芥 類	11.8	12.5	9.7	12.4	13.7	19.5
不 燃 物	1.6	2.2	2.2	1.9	2.5	4.8
そ の 他	1.4	4.1	3.3	3.3	5.4	2.4

注) S60~H元は年4回測定における平均値
S56~S59は年1回測定における平均値 但しS58年は欠測

表3 平成元年度のごみ質の変化

(単位：%)

組成分析	4月	7月	10月	1月
紙・布類	65.1	50.0	53.0	60.1
ビニール・ プラスチック類	21.7	20.9	10.5	18.6
木 く ず	2.5	2.6	3.1	5.3
厨 芥 類	6.1	22.7	18.4	7.7
不 燃 物	1.2	1.5	4.6	2.7
そ の 他	3.4	2.3	10.4	5.6

この2種類で全組成の64-87%となっている。

平成元年度の調査結果を、昭和58年度から昭和59年度（昭和58年度は欠測）の平均値と比べると、昭和61年度を例外として、紙・布類の増加と厨芥類の低下がみられる。このごみ組成を変動させた要因として、昭和60年以降の故紙価格の低落による回収率の低下やOA化による紙の増加が考えられる。また、この紙・布類やビニール・プラスチック類の増加は、発熱量の増大をもたらし、ひいては、EP灰やばいじん中の重金属の増加の一因⁶⁾となる。

当該施設では、4月・5月の調査時点で、紙・布類の増加による発熱量の増大への対応策として、ゴミピットへの散水が行われていた。

3・2 重金属濃度

処理生成物の重金属の濃度を表4に示す。

この結果を平均濃度で見ると、測定項目のすべてにおいてEP灰が最も高い重金属濃度を示し、次いでばいじん・焼却残渣となっている。

次に、処理生成物を個々に見ると、焼却残渣では図2にみられるように、Feが最も多く平均で15,000mg/kgと測定した重金属の含有量（以下「測定重金属量」という）の大半（78%）を占めている。次いで、Znが2,100mg/kgと測定重金属量の11%を占め、以下、Cuが850mg/kg（4%）、Mnが610mg/kg（3%）と続いている。また、焼却残渣7試料中の重金属の変動はCd・Cu・Niを除いて30-60%と比較的少ない。

EP灰では図3のように、Znが32,000mg/kgと最も多く、測定重金属量の59%を占めている。次いで、Feが16,000mg/kg（30%）、Pbの2,600mg/kg（5%）となっており、ZnとFeの2種類で測定重金属量の80-90%を占める。また、EP灰8試料の重金属の変動はPb・Cd・Cuが10-25%と小さいが、Zn・Mn・Ni・Feで

表 4 処理生成物の重金属濃度

試料 (単位)	試料数	Pb	Cd	T-Cr	T-Hg	Cu	Zn	Mn	Ni	Fe
焼 却 残 渣 (mg/kg)	7	290	46	240	0.38	850	2,100	610	60	15,000
		180	10	160	0.21	240	1,100	400	15	6,100
		580	130	320	0.61	2,900	5,000	920	220	32,000
E P 灰 (mg/kg)	8	2,600	200	860	2.9	1,300	32,000	1,200	100	16,000
		1,600	160	230	0.83	1,200	7,900	280	12	2,200
		3,400	290	2,600	4.7	1,600	96,000	4,000	910	49,000
プラント汚水 (mg/l)	7	0.2	0.031	0.1	<0.0005	0.15	2.4	3.9	< 0.005	13
		<0.05	<0.005	<0.01	<0.0005	<0.01	0.62	<0.05	< 0.005	2.6
		1.2	0.07	0.52	<0.0005	0.52	10	25	< 0.005	36
洗 煙 水 (mg/l)	7	1.7	0.2	14	0.014	2.3	57	24	0.63	230
		0.71	0.009	0.17	<0.0005	0.72	12	41	0.08	17
		5.4	0.46	70	0.045	4.3	240	68	3.6	790
ピット汚水 (mg/l)	3	0.04	<0.005	0.20	<0.0005	0.02	0.42	1.8	0.16	18
ばいじん (μg/g)	2	2,200	1,100	510	—	1,300	8,500	160	<0.05	3,800
脱水汚泥 (mg/kg)	1	35	40	410	0.66	140	580	190	15	6,200

注) データの第一段は平均値
同 第二段は最小値
同 第三段は最大値
なおピット汚水・ばいじんは平均値のみ
脱水汚泥は測定値

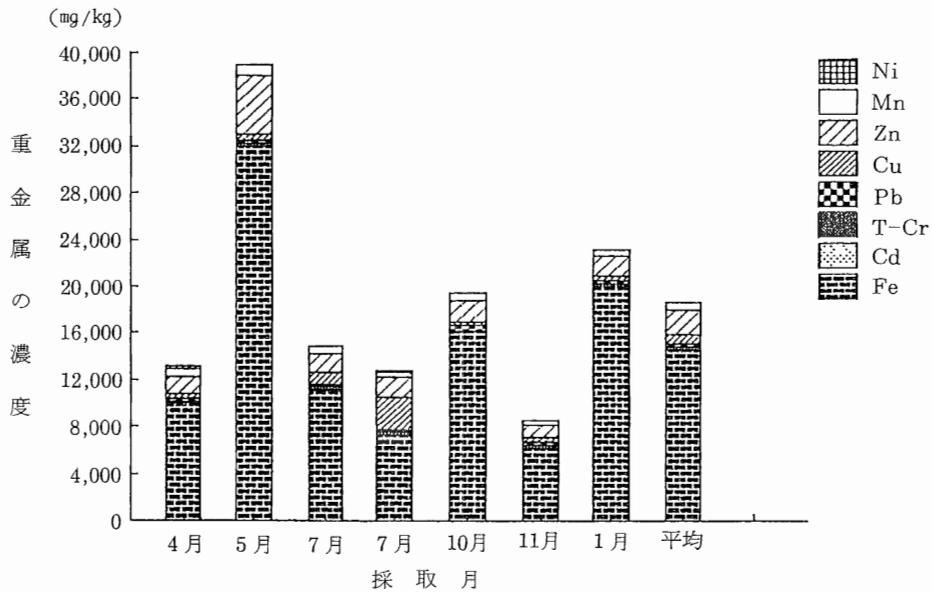


図 2 焼却残渣中の重金属

は100-130%と大きくなっている。

洗煙水は図 4 のように、Fe が最も多く 230mg/l と測定重金属量の過半数 (70%) を占め、次いで Zn が 57mg/l (17%)、Mn が 24mg/l (7%) となっている。ま

た、Fe と Zn の 2 種類で測定重金属量の 90% 近くになる。なお、洗煙水中の重金属の変動は、EP 灰等の固形状の処理生成物より大きく、Cd・Cu を除いて 100-200% となっている。

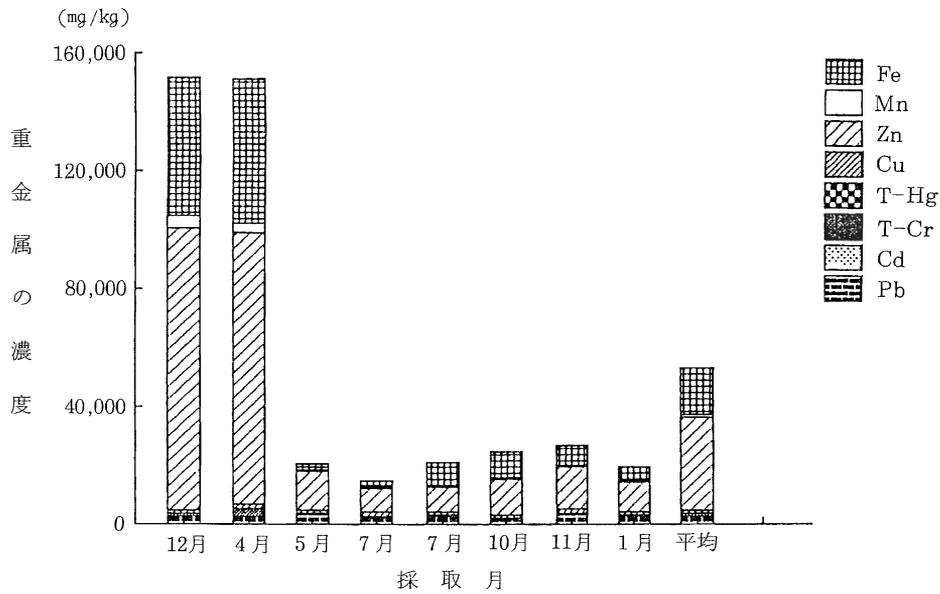


図3 EP灰中の重金属

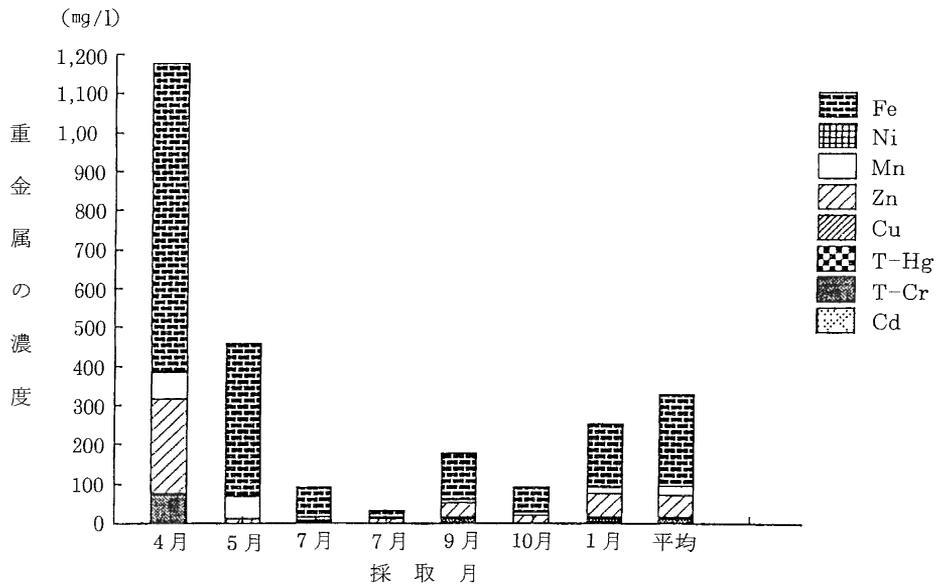


図4 洗煙水中の重金属

プラント汚水でも、図5にみられるようにFeが一番多く、13mg/lと測定重金属量の過半数（66%）を占め、次いでMnが3.9mg/l（20%）、Znが2.4mg/l（12%）となっている。また、Fe・Zn・Mnの3種類で測定重金属量の90%前後になる。なお、プラント汚水7試料の変動はT-Hg・Cu・Niを除いて大きく100-240%となっている。

ピット汚水は、7月から10月にかけて採水可能であったが、その外観は緑褐色から黒褐色さらには黄褐色と変化した。ピット汚水中の重金属も図6のように変化した。その内容はFeが主であった。

各処理生成物の重金属組成割合を見ると、排煙処理系統のEP灰とばいじんが同傾向を示し、焼却残渣・プラント汚水・洗煙水が同様な傾向を示している。

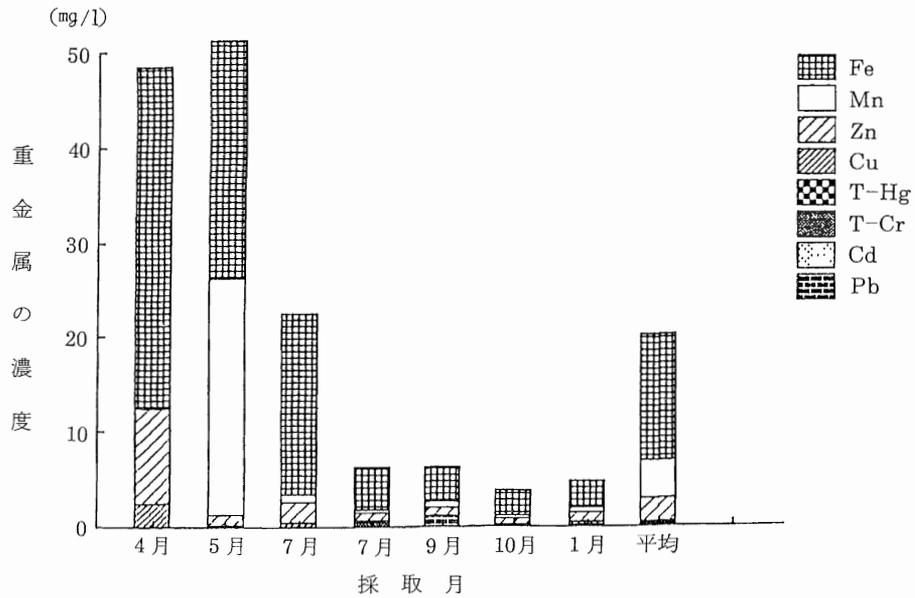


図5 プラント汚水中の重金属

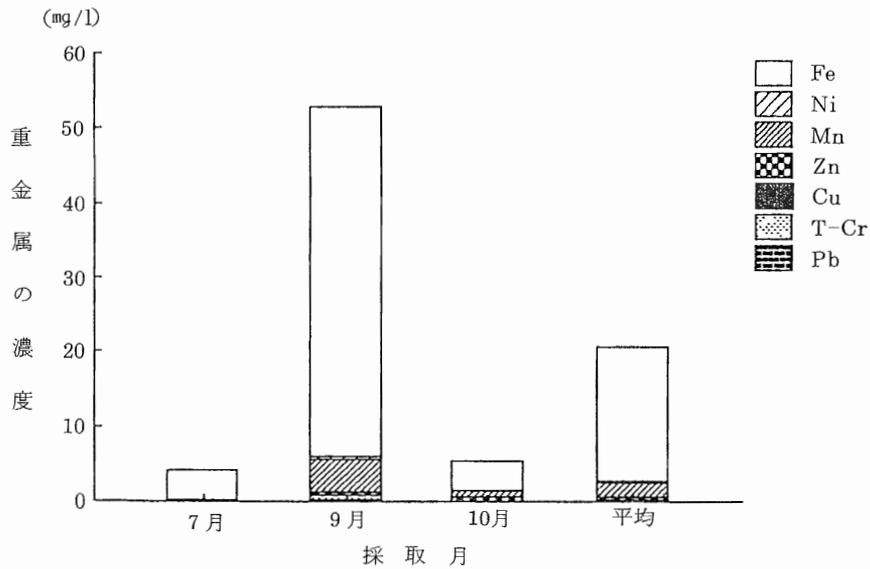


図6 ピット汚水中の重金属

ピット汚水は前二者のグループといくぶん異なった組成を示している。これらのことは、各処理生成物の発生・由来を反映していると思われる。

次に、各処理生成物の平均重金属濃度（表4）と当該ごみ焼却場が把握している各処理生成物の発生量（表5）を基に1日当りの処理生成物中の重金属量を算出すると表6のとおりとなる。

表5 処理生成物の発生量

焼却量 (ton/day)	162
焼却残渣 (ton/day)	17.3
電気集塵灰 (ton/day)	0.6
プラント汚水 (m ³ /day)	100
ピット汚水 (m ³ /day)	0.1
脱水汚泥 (ton/day)	0.05
ばいじん量 (g/Nm ³)	0.098
排ガス量[乾きガス] (Nm ³ /day)	52,300

表6 各処理生成物中の重金属量

処理生成物	Pb	Cd	T-Cr	T-Hg	Cu	Zn	Mn	Ni	Fe
焼却残渣 (kg/day)	2.5	0.4	2.1	0.003	7.5	18	5.4	0.53	130
E P 灰 (kg/day)	1.6	0.1	0.51	0.002	0.78	19	0.73	0.05	9.6
プラント汚水 (g/day)	20	3.1	10	—	15	240	390	—	1,300
ピット汚水 (g/day)	0.004	—	0.02	—	0.002	0.004	0.18	0.02	1.8
ばいじん (g/day)	11	5.6	2.6	—	6.7	44	0.82	—	19
脱水汚泥 (g/day)	0.44	0.51	5.2	0.008	1.8	7.4	2.4	0.19	79

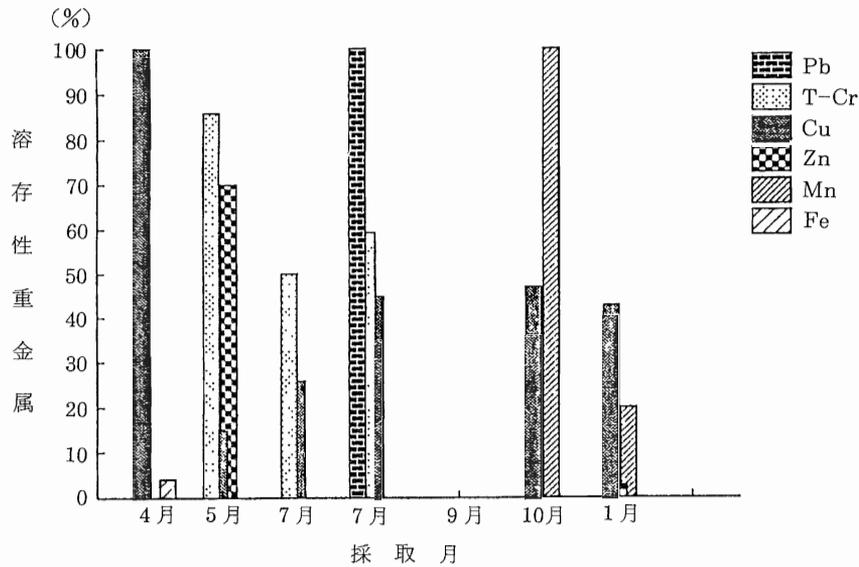


図7 プラント汚水中の溶存性重金属

これを見ると、この施設は固形状処理生成物では、焼却残渣が、液状の処理生成物では洗煙水が排出される重金属量に対して大きい割合を占めている。

殊に、表4でみられるようにプラント汚水へ流入する洗煙水の濃度が高い値を示している。

3・3 液状処理生成物中の重金属の性状

水処理施設への重金属負荷を削減するためにプラント汚水と洗煙水のろ過及び重力沈降を行った。

まず、ろ過実験ではプラント汚水と洗煙水を0.45μmのメンブレンフィルターでろ過し、溶存性の重金属を調べた。ろ過前後の重金属濃度の比をとり、溶存性重金属を百分率で表わすと、図7のようにプラント汚水ではCr・Cu・Mnが溶存態として多く存在していた。洗煙水では、図8のようにCd・Mnが溶存性となって

多く存在した。

また、ピット汚水中の溶存性の金属は変化が大きいですが、図9のようにMnは3試料中2試料にみられ、そのほとんどが溶存性であった。

プラント汚水と洗煙水を4℃の冷暗室に入れ1週間及び1カ月放置して重力沈降させ、そのろ過水中の重金属の増減を見た。その結果は表7のようになり、洗煙水では、1週間後にPb・Cd・Cu・Zn・Mn・Feが減少した。1カ月後には、Cd・Cu・Zn・Feが減少したが、Pb・T-Crは増加した。

洗煙水での溶解性重金属濃度の減少は、懸濁物質への吸着、さらには当初のpHが弱酸性(pH5)から放置後に中性(pH7前後)へと変化したための金属の溶解性の低下等によるものと考えられる。

次にプラント汚水では、1週間後にZn・Mnが増加

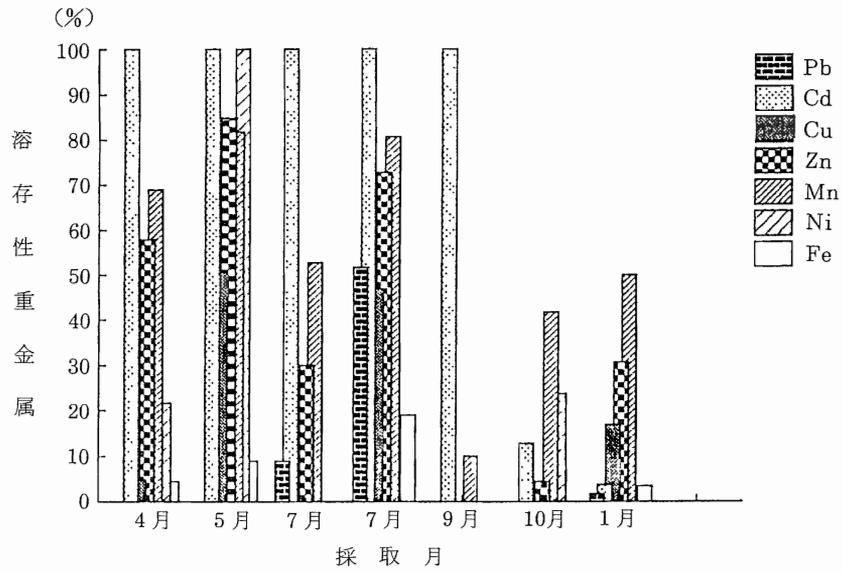


図8 洗煙水中の溶存性重金属

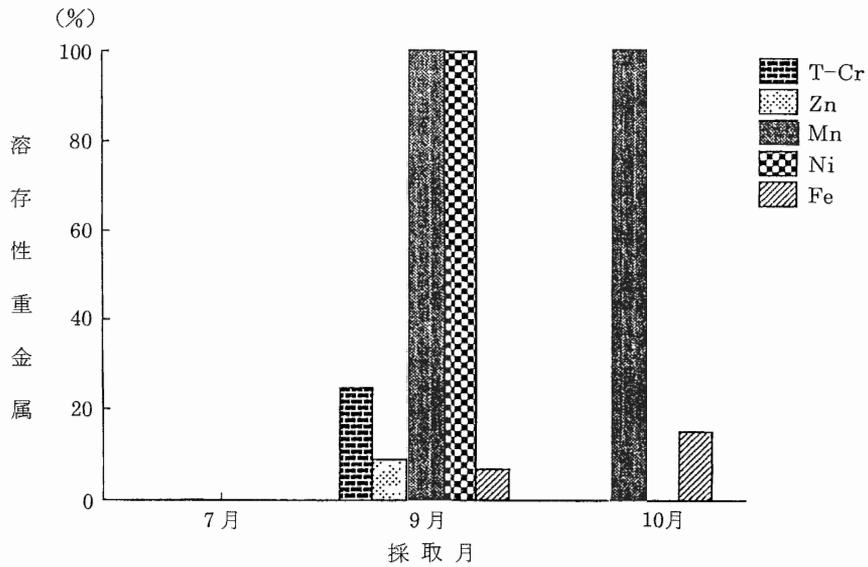


図9 ピット汚水中の溶存性重金属

表7 液状処理生成物中の溶解性金属

	洗煙水			プラント汚水		
	採水直後	1週間後	1ヵ月後	採水直後	1週間後	1ヵ月後
pH	5.3	6.8	7.2	9.9	—	—
Pb	0.09	<0.05	0.3	<0.05	<0.05	<0.05
Cd	0.21	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
T-Cr	<0.01	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	0.11
T-Hg	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cu	0.73	<0.05	<0.05	0.12	0.12	0.07
Zn	58	0.43	0.03	0.03	0.3	0.4
Mn	18	0.9	0.43	0.1	0.4	0.43
Ni	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fe	5.6	<0.1	0.15	<0.1	<0.1	<0.1

(単位 重金属はmg/l pHは無単位)

し、1カ月後では、T-Cr・Zn・Mnが増加し、Cuで減少している。

プラント汚水での溶存性金属の濃度の増加は、金属濃度や懸濁物質の濃度が洗煙水に比べて僅かであること、焼却灰や燃え残りのごみから来る有機物が比較的多いこと等から増加したものと思われる。

このろ過実験と重力沈降結果から言えることは、ろ過という簡単な処理で重金属が固形分に残り水分には移行してこないため、洗煙水等の濃度が高く水量が少ないものの処理に用いると水処理費用の節約になると考えられる。また、実際の処理施設にあっては限外ろ過等の膜処理技術の適用が可能と思われる。

なお、都市ごみ中の重金属及び洗煙水・プラント汚水中の重金属の動態については、今後さらに詳しい調査を行う予定である。

4 まとめ

ごみ焼却場での重金属の動きを把握するため、日量300tの処理能力をもつ全連続燃焼方式のごみ焼却場を選定し、ごみの組成と各種処理生成物中の金属及び液状の処理生成物の溶存性の重金属を測定した。

その結果、次のことがわかった。

- (1) ごみ組成では紙・布類が過半数を超え、ビニールプラスチック類と合わせると全組成の60-80%を占める。
- (2) 各種処理生成物中の重金属は、電気集塵灰が最も高い濃度を示した。
- (3) 当該ごみ焼却場の重金属の排出量は、焼却残渣が最も大きい。
- (4) 液状の処理生成物中の多くの重金属は、ろ過処理で低減することから懸濁物質に由来すると考えられる。
- (5) 液状の処理生成物中の溶存性金属の存在割合は、洗煙水を除いて低い。
- (6) 洗煙水の溶存性金属濃度は、1週間放置でかなり低下する。

文 献

- 1) 厚生省環境衛生局水道環境部環境整備課編：ごみ焼却施設各種試験マニュアル，(社)全国都市清掃会議，253pp，1983.
- 2) 環境庁水質保全局水質管理課編：底質調査方法と

その解説(改定版)，(社)日本環境測定分析協会，175pp，1988.

- 3) 日本工業標準調査会：工業用水・工場排水の試料採取方法(JIS-K0094，1974)
- 4) 同上：工場排水試験方法(JIS-K0102，1986)
- 5) 同上：排出ガス中のダスト濃度の測定方法(JIS-Z8808，1986)
- 6) 斉藤幸男ら：都市固形廃棄物処理における重金属の挙動と処理条件，環境技術，9，359-365，1980.