



Title	都市ごみ処理システムにおける家庭系ごみ由来の金属フロー推定
Author(s)	松藤, 敏彦; 鄭, 昌煥; 田中, 信壽
Description	第11回衛生工学シンポジウム (平成15年11月6日 (木) -11月7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 一般セッション . 4 廃棄物・汚染修復 . P4-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 11, 187-190
Issue Date	2003-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7077
Type	departmental bulletin paper
File Information	11-4-5_p187-190.pdf



4-5

都市ごみ処理システムにおける家庭系ごみ由来の金属フロー推定

松藤敏彦、○鄭 昌煥、田中信壽（北海道大学）

1 はじめに

都市のごみ処理は発生源での分別、各ごみ種ごとの処理を経て、最終的には埋立処分あるいは資源化される。循環型社会における廃棄物処理としては、全体として環境負荷発生の小さなシステムを作りあげることが求められており、それには廃棄物処理全体の管理が必要である。筆者らは環境負荷のひとつとして重金属に注目し、都市ごみの主要な処理施設である熱処理施設、粗大ごみ処理施設などの調査をおこなってきた¹⁾²⁾³⁾。本報告では容器包装廃棄物の資源化施設、堆肥化施設など、資源化施設の調査を行い、都市ごみ処理システムにおける家庭系ごみ中の重金属フローを推定した。

2 資源化施設と調査方法

調査の対象とした施設の概要を表1に示す。資源選別施設は容器包装のうちガラスびん、スチール缶、PETボトルの選別を行っており、油化施設はPETボトル以外のプラスチック容器包装を対象としている。表中の搬入物、搬出物量は、2001年度の実績値である。

表1 調査対象資源化施設の概要

施設名	規模	搬入物		搬出物	
		種類	[t/年]	種類	[t/年]
資源選別施設	105 t/h	容器包装#	23,341	回収資源物 残渣	14,188 8,077
RDF1	20 t/h	可燃ごみ	1,106	RDF 残渣	832 30
RDF2	11 t/d	可燃ごみ	2,662	RDF 残渣	1,534 44
堆肥化1	3 t/h	厨芥	727	堆肥 残渣	240 5
堆肥化2	20 t/d	厨芥 チップ	4,837 669	堆肥 残渣	1200* 195
プラスチック油化施設	21 t/d	プラスチック	2000**	残渣	400**

ガラスびん、スチール缶、アルミ缶、PETボトル

* 売却量のみ計量されており、生産量はおよそその比率より推定。 ** 計画値

搬出物の分析試料は、各施設に1日3回の採取を依頼した。RDF（ごみ燃料）化施設、堆肥化施設についてはRDF、堆肥も送付してもらった。資源選別施設の試料採取は筆者らが行った。試料はまず組成分類を行い、組成ごとに含水率を測定したのち粉碎

し、重金属量の測定を行った。また不燃ごみは札幌市発寒破碎工場において減容化のため破碎されたものを採取した。以上の試料採取は、2002年6月から12月の間に行った。

3 試料分析結果

3.1 選別残渣の組成

残渣の組成分析結果を表2に示す。数値は湿ベース質量割合である。資源選別施設、RDF2はサブサンプル3つの平均であり、RDF1は磁選別、風力選別、アルミ選別残渣が入手できたので、それぞれの組成を求め、重み付け平均をとった。RDF1を除き、「その他」とした未分類残渣の割合が高いが、資源選別施設はガラス、RDF2は金属、ガラスなどの不燃物が多く認められた。堆

表2 資源化施設の残渣組成（湿ベース）

組成	資源選別	RDF1	RDF2	堆肥化1
プラスチック	2.0	19.4	9.9	21.7
ゴム	—	2.5	4.1	—
紙類	0.7	12.4	—	—
鉄	—	—	1.8	18.5
非鉄金属	0.7	37.0	8.1	19.2
その他	96.8	28.7	77.3	40.7

表3 不燃ごみ組成（乾ベース）

ふるい下	30.1	スポンジ、断熱材含む	
回収鉄・アルミ(17:1)	10.6		
プラスチック*	27.3	ゴム	1.6
繊維	7.9	ガラス	0.3
木	1.4	鉄・アルミ(6:4)	5.6
紙類	3.1	その他	12.0

肥化2の残渣は、大部分が木であり、油化施設の残渣は固化したカーボン残渣である。

不燃ごみ組成を表3に示す。破碎後のふるい上、ふるい下、および回収された鉄、アルミの重量比は試料採取当日の搬出量(収集車3台分)より求め、ふるい上は約5.1kgの試料を分類した。ふるい下は粒径が細かく、組成分類が困難であった。

3.2 残渣、製品中の金属含有量

各試料中の重金属含有量分析結果の一部を表4に示す。試料はマイクロウェーブで分解し、原子吸光法により金属濃度を測定した

各施設の残渣、および不燃ごみは組成別に乾燥、破碎後分析し、組成重量で重みづけ合計して算出した。表2、表3は湿ベースであるが、試料の含水率が低かったため、湿ベース比率をそのまま用いた。堆肥化は残渣、堆肥ともに2施設間でほぼ同じ含有量であるが、RDF2の残渣中Cd, Cu, Pb, Sb, ZnはRDF1の10~1000倍高い値を示した。RDF2の残渣には表2に示すように不燃物が多く含まれていることが原因と考えられ、特殊な例と思われたので以下ではRDFについては残渣、製品ともにRDF1のデータを使用する。

図1に、残渣、製品中の金属含有量を、焼却残渣、溶融スラグ、粗大ごみ破碎残渣と併せて示す。これらのデータは別報(1)(2)(3)で報告している(平均値を示している)。焼却施設、灰溶融施設、ガス化溶融施設における焼却残渣中重金属含有量は施設間で1オーダー程度またはそれ以上のばらつきがある。したがって、1けた以内の差であれば大きな違いがあるとはいえない。縦軸は比較が容易となるよう、焼却灰の含有量に対する比とし、0は0.01上にプロットした。

有害重金属であるPb, Zn, Cdに注目すると、資源化施設のうちRDF残渣中の含有量が高い。粗大ごみ破碎残渣、不燃ごみの含有量も焼却灰と同程度かそれ以上である。環

表4 残渣中金属量(乾ベース)

施設(試料)	As	Cd	Cr	Pb	Sb	Se	Zn
資源選別 残渣	9.1	-	124	106	76	1.3	57
RDF1 残渣	0.7	-	64	35	56	0.3	231
	0.9	1.2	102	98	41	0.8	825
RDF2 残渣	0.5	3.1	128	75	82	0.5	387
	2.7	153.1	294.5	6,036.1	786.8	1.3	9,322
堆肥化1 残渣	0.3	-	15	-	36	0.8	85
	0.3	-	66	-	35	0.1	128
堆肥化2 残渣	0.3	-	18	-	44	0.8	79
	0.3	-	58	-	46	0.4	88
油化 残渣	1.0	-	1,285	18	80	0.2	100
不燃ごみ	6	17	755	695	64	6	1426

単位 [mg/kg]

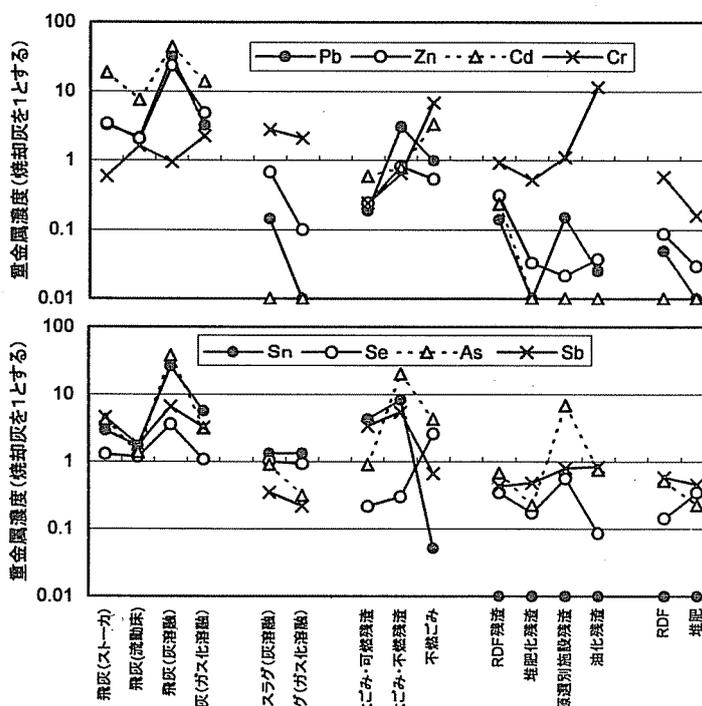


図1 残渣、製品中の金属含有量(乾ベース)。
 焼却灰(ストーカ炉)の含有量を1とする。
 (焼却灰の含有量はPb 710, Zn 2674, Cd 5.1, Cr 112, Sn 105, Se 2.3, As 1.3, Sb 96 mg/kg, 25施設の平均)。
 図中0.01以下の数値は、縦軸0.01上にプロット。

境リスクの大きさは溶出量によって評価する必要があるが、含有量が高いことはこれら残渣の処理を行う際に注意する必要がある。Cr, Se, As, SbはRDF、堆肥も含めてすべての残渣、製品に含まれており、特にCrは油化残渣と不燃ごみ中の含有量が焼却灰の10倍であった。

4 都市ごみ処理における金属流れ

4.1 推定の範囲

最後に、これまでの結果を用いて都市ごみ処理システムにおける重金属流れを推定した。事業系ごみは廃棄物処理業者による収集、発生者自らの搬入により処理施設へと搬入されるが、今回の研究では調査対象としていない。そこで、ここでは家庭から排出されたのちごみとして（資源ごみを含む）処理されるまでの重金属流れを、ごみ種別に推定する。また焼却施設では事業系ごみも処理されるため、熱処理施設のデータは以下の推定には用いなかった。

4.2 ごみ組成別金属含有量

各ごみ中の金属含有量（乾ベース）は、以下のように設定した。①厨芥（堆肥化）：搬入物、搬出物の水分を仮定し（コンポスト45%、厨芥80%）、搬入物あたりの重金属量を推定した。調査を行った2施設より得られた重金属含有量が2倍以内の差にとどまっていたので、堆肥化板倉の値を用いた。②RDF（厨芥を除く可燃ごみ）：RDF2は残渣中の金属含有量が異常に高かったため（表4）、RDF1の結果を用いた。③資源選別施設（容器包装）：回収物については分析していないが、残渣は大部分がガラスであり、搬入物に占めるガラスの割合も高いことから、搬入物の重金属含有量（乾ベースあたり）は残渣と同じと仮定した。④油化施設（その他容器包装プラスチック）：回収油中の金属含有量をゼロとし、搬入物中の重金属含有量を推定した。⑤粗大ごみ：別報³⁾より推定した。⑥家電製品（家電リサイクル対象製品）：別報⁴⁾より、製品別、単位重量あたり重金属量を求めた。

4.3 家庭系ごみ中重金属量推定

ごみ種ごとに推定した重金属含有量を、表5(a)にまとめて示す。各ごみ種に対応する一人あた

表5 家庭系ごみ処理における重金属のごみ種別寄与

(a) ごみ種別の含有量 [mg/kg (乾)]										
	可燃(厨芥除く)	厨芥	容器包装	その他プラ	不燃ごみ	粗大ごみ	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
As	0.7	0.3	0.7	0.2	5.7	5.6	1.3	0.7	0.6	0.3
Bi	0.1	0.0	0.0	0.0	15.2	6.4				
Cd	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	1.4	7.3	1.2	1.4	0.6
Cr	61.2	15.7	124.0	257.0	755.4	21.9	1.0	0.1	1.3	1.6
Cu	52	18	39	3	490	6073	24541	34828	34842	8489
Pb	35	0	106	4	695	464	49266	96	180	132
Sb	52	34	76	16	64	209	512	4	47	57
Se	0.3	0.7	1.3	0.0	6.0	0.3	1.2	0.3	0.0	0.0
Sn	0	0	0	0	5	318	1123	93	300	344
Zn	236	81	57	20	1426	623	305	1875	344	296

(b) 一人あたり排出量[g(乾)/(人/日)]										
	可燃(厨芥除く)	厨芥	容器包装	その他プラ	不燃ごみ	粗大ごみ	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
(湿)	248.41	251	65.67	87.52	13.4	23.5	1.4	3	1.1	0.8
(乾)	146.3	37.7	62.7	64.5	13.3	22.3	1.3	2.9	1.0	0.8

(c) 各金属に対するごみ種ごとの寄与率[%]										
	可燃(厨芥除く)	厨芥	容器包装	その他プラ	不燃ごみ	粗大ごみ	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
As	26	3	12	3	20	34	0	1	0	0
Bi	5	0	0	0	15	39	0	0	0	0
Cd	2	0	0	0	21	12	3	1	0	0
Cr	20	1	17	37	23	1	0	0	0	0
Cu	2	0	1	0	2	41	10	31	10	2
Pb	5	0	7	0	10	11	66	0	0	0
Sb	36	6	23	5	4	22	3	0	0	0
Se	18	11	33	1	33	3	1	0	0	0
Sn	0	0	0	0	1	75	15	3	3	3
Zn	42	4	4	2	23	17	0	7	0	0

■ 50%以上

▨ 30%以上

り排出量は、筆者らが作成した都市ごみ処理システム評価プログラム⁵⁾の細組成(28種)と対応させ、それぞれの排出量を合計した(表5(b))。家電4品目は同プログラムの大型家電製品重量を家電リサイクル施設における製品別搬入台数×平均重量の割合で配分した(データは別報4)。表5(b)は、家庭から排出されるごみ量のうち、粗大ごみ処理施設で不適物として除外される布団等の粗大物以外をすべて含んでいる。ただし、PETボトルと容器包装プラスチックが「可燃(厨芥除く)」にも含まれ、重複しているが、表5(a)よりCrがその他プラスチックの影響を受けている可能性があるが、その他の金属はRDF原料ごみの方が大きいので、そのまま使用した。

表5(a)に(b)を乗じて、各金属ごとにごみ種別の寄与を計算した結果を表5(c)に示す。寄与率50%以上、30%以上を網かけしたが、金属含有量が高いとされる大型家電製品は、Pbを除けば寄与は小さく、粗大ごみ、不燃ごみの寄与率が高い金属が多くある。厨芥以外のごみ種も、何らかの金属の寄与率が高い。金属含有量の低減のためには広範囲な製品の含有量を下げることが必要と思われる。また、これまで注目されていなかった資源化施設の残渣中金属量は少ないとは言えず、環境負荷を発生しない処理・処分が必要である。

5 おわりに

本章で得られた主な結論は、以下の2点である。

- 1) Pb, Zn, CdはRDF残渣中の含有量が高く、焼却灰に匹敵する。また粗大ごみ破碎残渣、不燃ごみとも焼却灰と同程度かそれ以上の含有量である。Cr, Se, As, SbはRDF、堆肥も含めてすべての残渣、製品に含まれている。
- 2) 家庭系ごみに伴う重金属流れを推定したところ、大型家電製品はPbを除けば寄与は小さく、粗大ごみ、不燃ごみの寄与率が高い金属が多くある。厨芥以外のごみ種も何らかの金属の寄与率が高く、環境へ放出される金属量低減のためには広範囲な製品の含有量を下げることが必要と思われる。

なお、本研究は平成14年度廃棄物処理等科学研究費(環境省)の補助を得て実施した。

参考文献

- 1) Jung, C-H, T.Okada, T.Matsuto, N.Tanaka: Metal flows in thermal treatment system of municipal solid waste(MSW) in Japan, エコデザイン 2002, pp.228-231, 2002.
- 2) 鄭昌煥、松藤敏彦、田中信壽、岡田敬志: 灰溶融施設・ガス化溶融施設における金属収支、第14回廃棄物学会研究発表会(発表予定)。
- 3) 鄭昌煥、筑紫康男、松藤敏彦、田中信壽、粗大ごみ処理施設における物質収支・金属の推定、第14回廃棄物学会研究発表会(発表予定)。
- 4) 松藤敏彦、佐々木通充、鄭昌煥、田中信壽: 家電リサイクル施設における物質収支・金属収支、エコデザイン 2002, 236-239, 2002.
- 5) 松藤敏彦、田中信壽: 一般廃棄物処理システムのコスト・エネルギー消費量・二酸化炭素排出量評価手法の提案、土木学会論文集、No.678(VII19)、pp.49-60、2001.