

VII-223

都市ごみ焼却炉集じん灰の元素組成・溶出特性とその経時変動

北海道大学大学院工学研究科 (正)松藤敏彦、(正)田中信寿
菅野一敏 (現：鹿島建設)、香林千晶

1. 研究目的と背景

1991年の廃棄物処理法改正により、集じん灰が特別管理廃棄物に指定され、直接埋立が禁止された。安定化処理法としては薬剤処理法やコンクリート固化法などが用いられているが、発生する集じん灰自体の特性については、これまでに研究があまり行われていない。そこで、本研究では、3つの都市ごみ焼却炉から集じん灰を採取し、金属含有量と溶出量、それらの経時変動と施設による違いについて検討した。

2. 試料の採取方法と実験方法

2.1 試料の採取方法 S市のH工場・S工場・K工場を調査対象とした（以下文中では「工場」を省略）。施設の概要を表1に示す。表に示すように炉の形式・規模は同じであるが、焼却ごみの内容は異なっている。すなわち、Hはパッカー車で収集される可燃ごみだけを焼却しているのに対し、S、Kは破碎工場を併設しており、家庭系粗大ごみと事業者が持ち込む大型ごみを破碎し、選別後の可燃物を焼却している。表1のごみの割合は焼却・粗大ごみ処理施設への搬入量合計（平成7年度）であり、正確な収支をとるには家庭系・事業系の各々について、破碎処理量（表中のカッコ内の数値）のうちの焼却量を知る必要がある。その内訳は不明であるが、平成6年度の実績では破碎ごみ中の87%（S）、78%（K）が可燃物として焼却されたので、表1よりS、Kでは焼却ごみの約20%が破碎ごみであると言える。Sは、Kよりも事業系の割合が高い。

集じん灰の採取は、調査日において15～60分の間隔で3～8回連続して行った。一回の採取量は約0.5kgで、これをHで2日、K、Sで3日行った（経時サンプルと呼ぶ）。試料の合計数は、H：13、S：19、K：24であり、このデータをもとに含有量と溶出量の関係、経時変動を考察する。また、日間変動が大きいと、2～3日のデータからは施設間の差を検討することができない。そこで、上記のサンプリングのほか、各施設で2日間、コンテナ一杯（約10kg）の集じん灰を一度に採取し、2～3回の分析を繰り返して採取日ごとの平均をとった（日平均サンプルと呼ぶ）。以上の採取日の日付（いずれも平成8年）は、図2に示している。

2.2 分析方法①金属含有量分析：試料5gを王水分解し、ろ過したのち原子吸光度計で測定した。②溶出試験：環境庁告示法13号にもとづき、集じん灰25gに対し蒸留水250mlを加えて6時間振とうする（固液比=1:10、約20℃；200回/min.）。1μmガラスファイバーろ紙でろ過し、原子吸光度計で測定する。測定元素は含有量と同様である。各施設の試料の熱灼減量は、それぞれ6サンプルの分析の平均をとるといずれも1.3%であり、溶出試験におけるpHは11.4～12.7の範囲であった。

3. 実験結果と考察
3.1 含有量と溶出量の関係
分析を行った含有量、溶出量の平均値を、施設ごとにまとめて表2に示す。経時サンプルについては一日の平均を求め、日平均サンプルを含めた、日単位の分析値をすべて平均した

表1 集じん灰採取焼却施設の概要

施設名	H清掃工場	K清掃工場	S清掃工場
竣工年月	1992年11月	1985年11月	1980年12月
炉形式	全連ストーカー炉	全連ストーカー炉	全連ストーカー炉
施設規模	300t/d × 2 炉	300t/d × 2 炉	300t/d × 2 炉
EP前後のガス温度 [℃]	(入)204 (出)195	(入)272 (出)249	(入)276 (出)258
搬入系	一般(可燃)ごみ	49.5	48.8
家庭系	大型ごみ	10.5 (10.5)	8.0 (8.0)
事業系	分別(不燃)ごみ	1.1 (1.1)	0.0
割合	許可収集ごみ	27.1 (3.5)	25.3 (0.7)
	事業者持ち込み	10.7 (9.3)	17.3 (14.2)

3工場とも集塵は電気集塵機；排ガス処理は消石灰吹き込み。K、Sは破碎工場併設。
ただし、S工場は消石灰の節約のため捕集した集塵灰の一部を排ガス中に吹き込んでいます。
搬入ごみ割合は、焼却・破碎施設へ搬入されるごみの重量割合 [%]。カッコ内は、破碎処理量（内数）。

表2 金属の含有量と溶出量

	含有量 [mg/g]			溶出量 [mg/L]		
	H工場	K工場	S工場	H工場	K工場	S工場
Ca	179	142	134	6076	4828	4447
Mg	14.1	13.8	12.8	0.09	0.07	0.07
Zn	11.4	16.5	20.5	4.8	3.8	3.5
Na	62.2	60.2	40.6	5267	3666	3474
K	60.3	37.9	39.4	5313	3338	3395
Pb	1.9	3.0	2.9	61.5	71.6	88.7
Cd	0.12	0.18	0.22	ND	ND	ND
Fe	9.3	13.8	15.0	0.38	0.61	0.43
Cu	0.8	1.1	1.1	0.24	0.27	—
Al	33.6	42.3	36.9	1.9	2.8	1.9
Cr	0.13	0.11	0.10	—	—	—
Mn	0.34	0.69	0.72	—	—	—

各施設ごとに、各測定日（図2参照）の平均を、さらに平均した。
検出基準値（溶出量 mg/L） Pb: 0.3, Cd: 0.3, Cr⁶⁺: 1.5

キーワード：集じん灰、都市ごみ、重金属、含有量、溶出試験

連絡先：〒060 札幌市北区北13条西8丁目 Tel (011)706-6827 Fax (011)706-7890

ものである。（K、Sはn=5、Hはn=4。図2参照。）

いずれの施設でも HCl ガス除去のために消石灰を吹き込むため、Ca が含有量の約 15%を占め、次いで Na、K、Al の順となっている。含有量と溶出量から溶出率を求めると、Na、K が約 80%と高く、Ca、Pb は約 30%であった。Pb は含有量は 0.3%にすぎないが、溶出率の高さのため、埋立基準値（0.3mg/L）の 200 倍もの溶出量となっている。Pb 以外には、埋立基準値を越えるものはない。また、一部の試料のみの分析であるが、塩化物イオンは H : 22400mg/L、K : 15700mg/L、S : 9040mg/L、硫酸イオンは H : 46.2mg/L、K : 68.6mg/L、S : 78.5mg/L であった。

図1に、Pb、Ca と、含有量の大きい金属の中から Zn を選び、含有量と溶出量の関係を示す（経時サンプルのみ）。Ca に比べ、Pb、Zn の含有量、溶出量のサンプルごとのばらつきは大きく（含有量で見ると Ca が 2~3 倍、Pb、Zn は 6~8 倍の範囲）、含有量と溶出量の相関も小さい。特に、Pb、Zn の S におけるばらつきの大きさが目立つ。

3. 2 変動特性および施設間の差

図2に、Pb、Ca の含有量、溶出量の時間変動特性を示す。同一日のサンプルは線で結び、採取月日は図中に示した。各採取日のサンプリングは午前9時、あるいは10時に開始し、サンプリング間隔も一定ではないが、時間的な変動を示す目的なので、単純に採取時刻順に左から右へ並べている。

含有量は、Ca は 5/9 の H、5/13 の K、Pb は 6/24、8/8 の S、8/9 の K で時間変動が大きい。同一日の変動幅は大きいときでも 2 倍程度にすぎず、比較的安定している。

経時サンプルを日単位で見、図2中に大きな記号で示した日平均サンプルも含めて施設間の違いに注目すると、S、K の Pb の含有量は H に比べて大きい。表1に示すように S、K では大型ごみを破碎したものを焼却しているが、たとえば家電製品中には電子基板に Pb が多く含まれており、Pb の施設間の差は焼却ごみ質の違いによると思われる。また、図2の経時的なばらつきは焼却炉へ投入される破碎粗大ごみ割合の変動によると考えられる（可燃ごみのみを焼却する H の時間変動は小さい）。図には示さないが、Fe、Cu の含有量も S、K で高く（表2参照）、やはり大型ごみが原因と思われる。一方、Pb の含有量で見ると日単位の変動も認められるが、測定日数が少ないので季節の変動かどうかはわからない。

Ca については H で高く、表1に示したように、集じん灰を再び排ガス中に吹き込んでいるためと思われる。

Ca については H で高く、表1に示したように、集じん灰を再び排ガス中に吹き込んでいるためと思われる。

4. おわりに

S 市の3つの清掃工場から採取した集じん灰を分析したところ、12 種の金属中、溶出量が埋立基準を越えるのは Pb のみであった。Pb の溶出濃度は非常に高く、灰の安定化処理の目標金属となる。また、Pb の含有量、溶出量の時間変動は大きい。施設間の差はそれ以上である。S、K 清掃工場が高いのは、破碎大型ごみを焼却しているためと思われるが、大型ごみを完全に排除しても、Pb の溶出量に大きな変化はない。なお、本研究は S 市からの受託研究「都市ごみ焼却工場の集じん灰中重金属の固定化に関する研究」の一部として行った。

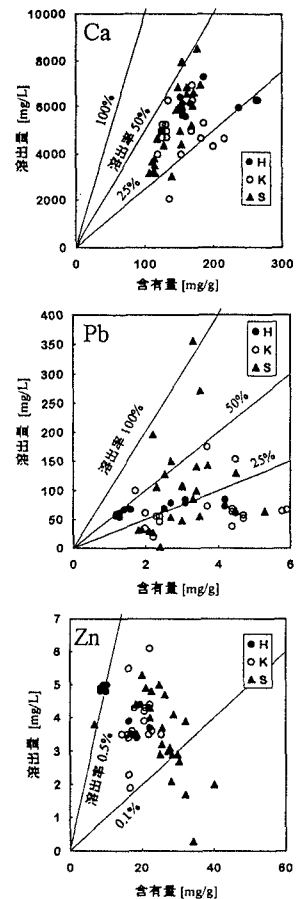


図1 含有量と溶出量の相関図

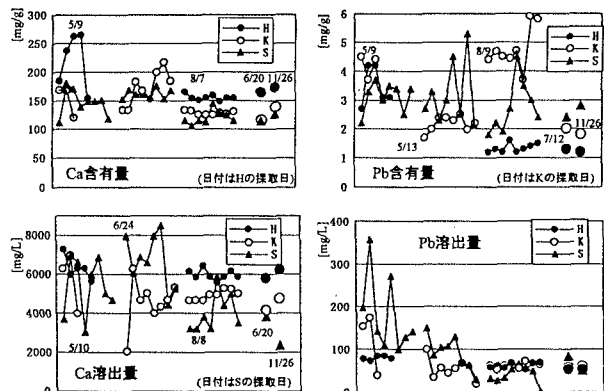


図2 Ca、Pbの含有量・溶出量の経時変化
経時サンプルは、同一採取日のデータを線で結び、時刻順に並べた。
採取日各図の右の大きな記号は、サンプルをコンテナに一杯とり、複数回分析した平均値（日平均サンプル）