

## 都市ごみ等に含まれる金属資源の挙動に関する研究(4)

### 溶融処理における希少金属等の酸化物と塩化物

辰市祐久 茂木敏\* 飯野成憲 井上宏\*\*

(\*現・東京都環境局資源循環部 \*\*東京二十三区清掃一部事務組合)

\*\*\*\*\*

【要約】焼却灰の溶融処理により灰溶融スラグ、溶融メタル及び溶融飛灰が生成する。焼却灰中の金属類は各溶融生成物に分配されるが、金属類の沸点と溶融飛灰への分配の比率から、溶融生成物中のアルミニウム、チタン、バナジウム、クロム、マンガン、コバルト、ストロンチウム、ジルコニウム、モリブデン、パラジウム、タングステンの化合物形態は元素又は酸化物で、鉛、ビスマスの化合物形態は塩化物のものが多くと推定された。

\*\*\*\*\*

#### 【目的】

都市ごみ等は清掃工場で焼却処理され焼却灰となり、さらに溶融処理によって溶融スラグ、溶融メタル及び溶融飛灰となる。焼却処理の過程で生成する焼却灰、焼却飛灰と溶融処理の過程で生成する溶融飛灰、溶融スラグ、溶融メタルに希少金属等がどのような比率で分配されるかを4か所の清掃工場について調査した。溶融物中の金属の化合物形態が元素又は酸化物か塩化物であるかによって沸点が大きく相違するため、各金属の沸点と分配の調査から金属の形態を推定した。

#### 【方法】

都市ごみの希少金属等の調査は、表1に示す焼却炉と溶融炉を併設する3施設とガス化溶融炉1施設について、それぞれ3回分の焼却灰、焼却飛灰、溶融スラグ、溶融メタル、溶融飛灰(1施設はスラグ、溶融飛灰)を採取した。採取した試料は、前年度と同様にEDXによる分析と、王水やアルカリ溶融後硝酸に溶解してICP-MSによる分析を行った。

#### 【結果の概要】

##### (1) EDXによる焼却灰等中の主要元素

3施設の元素比率を図1～3に示した。焼却灰の元素は、各清掃施設ともカルシウム、ケイ素、アルミ、鉄が多かった。焼却飛灰の主な元素はカルシウム、塩素、カリウム、ケイ素であり、このうちカルシウムは酸性ガスの中の中和のため添加された消石灰から由来した割合が多いと考えられる。溶融スラグに含まれる元素はカルシウム、ケイ素、アルミニウム、鉄が主であった。溶融メタルには鉄と銅が主要な元素であり、溶融飛灰には焼却飛灰と同様な元素のほか、特に亜鉛を多く含んでいた。

##### (2) 金属類の焼却施設別分配比率

3施設のICP-MSで分析した焼却灰、焼却飛灰中の金属類の含有濃度と年間生成トン数から、金属別のトン数を計算し、3回分を平均して分配比率を図4～図6に示した。大部分金属類は焼却灰中に含まれるが、ルビジウム、カドミウム、アンチモンは焼却飛灰の比率が高かった。

##### (3) 金属類の溶融施設別分配比率

4施設の灰溶融スラグ、溶融メタル、溶融飛灰中の金属類の含有濃度と年間生成トン数から、金属別のトン数を計算し、金属類別の3項目の分配比率について3回分を平均して図7～図10に示した。図8と図10についてはメタルがほとんど出ないか、分離できる施設となっていない。アルミニウム、スカンジウム、チタン、マンガン、ストロンチウム、イットリウム、ジルコニウム、バリウム、ネオジウム、タングステンについては主に溶融スラグに分配され、亜鉛、ルビジウム、カドミウム、鉛、ビスマスについては主に溶融飛灰に分配されていた。メタルを分離する施設の場合、コバルト、ニッケル、銅、貴金属類は主に溶融メタルに分配されていた。

##### (4) 金属類の酸化物と塩化物の沸点及び溶融飛灰含有比率から推定した金属の化合物形態

表2に金属元素又は酸化物及び塩化物の沸点と、各金属の溶融飛灰中の含有比を示した。溶融飛灰中の含有比の低いアルミニウム、チタン、バナジウム、クロム、マンガン、コバルト、ストロンチウム、ジルコニウム、モリブデン、パラジウム、タングステンでは塩化物の沸点が溶融温度の1,300℃より低く、元素・酸化物で高いため、溶融生成物の化合物形態は主に元素・酸化物と考えられる。溶融飛灰中の含有比の高い鉛、ビスマスでは、塩化物の沸点が1,300℃より低く、溶融生成物の化合物形態は主に塩化物と考えられる。他の金属では元素・酸化物及び塩化物の沸点とも1,300℃より高いか、1,300℃より低く、工場によりばらつきがあることから沸点から化合物形態を推定することは難しかった。

表1 調査した各清掃工場の概要

	焼却方式	焼却能力(t/d)	灰溶融方式	溶融能力(t/d)
A清掃工場	火格子炉	450	アーク式	50
B清掃工場	回転ストーカ式	300	回転式表面溶融	30
C清掃工場	火格子炉	500	プラズマ式	110
D清掃工場	ガス化溶融炉	360		

\*D清掃工場の灰溶融炉は運転停止中であった。

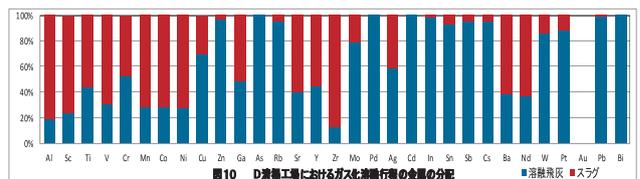
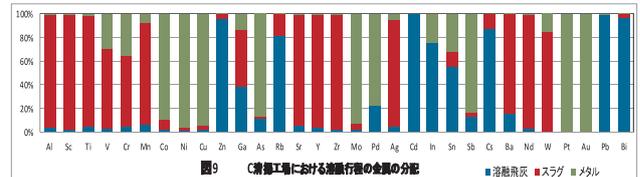
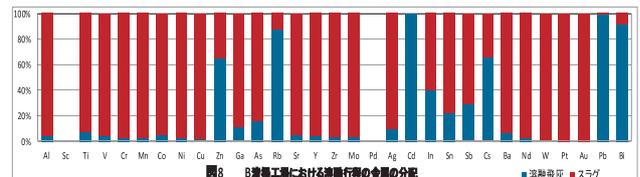
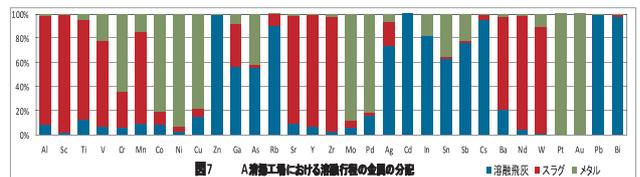
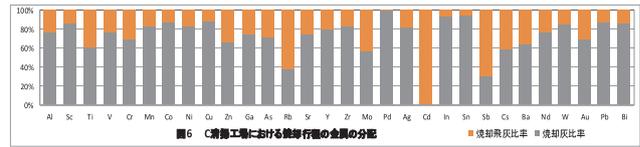
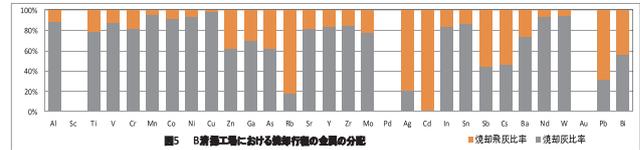
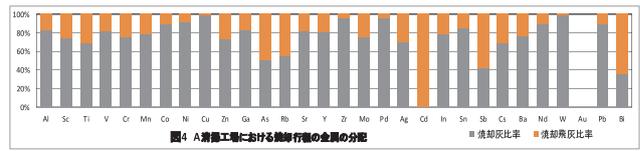
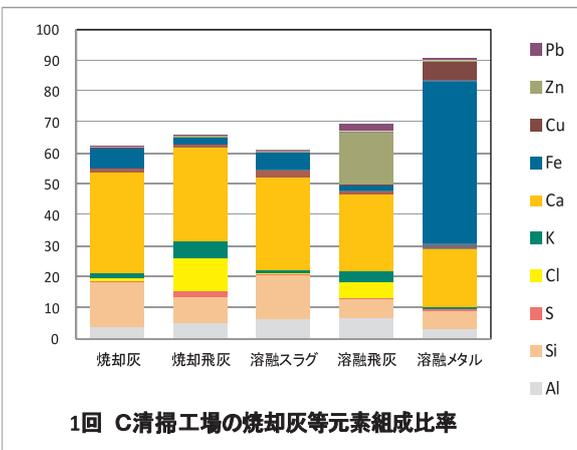
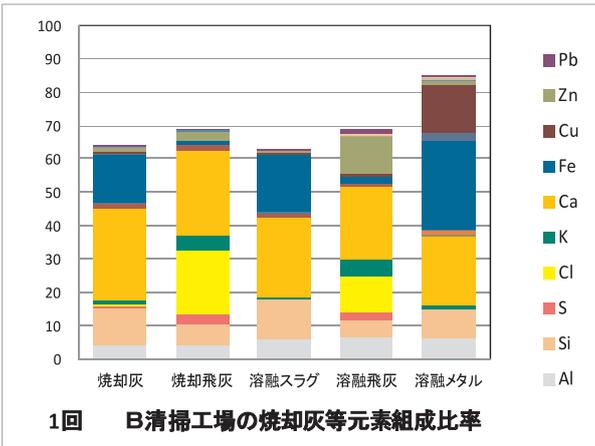
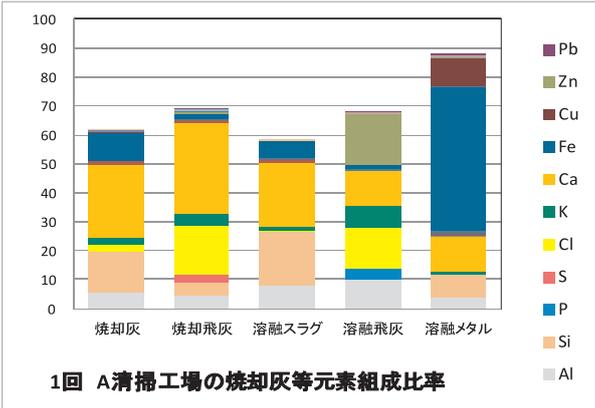


表2 溶融処理における元素又は酸化物と塩化物沸点と飛灰分配率

金属の種類	Al	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	
金属元素又は酸化物沸点 °C	2,467	3,285	3,350	2,690	2,060	3,100	2,920	2,570	907	2,403	
塩化物沸点 °C	120	136.4	154	1200	1225	1074	-	1490	541	201	
溶融飛灰	A清掃工場	9.4	12.8	7.2	6.5	9.9	8.6	3.1	15.2	99.1	56.8
	B清掃工場	3.6	6.9	4.4	2.6	2.4	4.7	2.3	1.5	64.5	11.4
	C清掃工場	4.2	4.5	3.1	5.0	5.8	2.1	1.2	2.0	95.9	38.6
金属の種類	As	Rb	Sr	Y	Zr	Mo	Pd	Ag	Cd	In	
金属元素又は酸化物沸点 °C	615	688	1,381	2,927	4,200	4,650	2,940	2,155	765	2,080	
塩化物沸点 °C	130	1390	1250	1780	330	268	675	1550	960	-	
溶融飛灰	A清掃工場	56.3	90.8	9.8	7.2	2.8	6.7	18.0	73.5	100.0	81.9
	B清掃工場	15.7	87.1	5.2	3.8	3.1	3.3	9.7	100.0	39.6	
	C清掃工場	11.3	81.4	5.8	3.9	2.7	1.7	22.4	5.2	100.0	75.8
金属の種類	Sn	Sb	Cs	Ba	Nd	W	Pt	Au	Pb	Bi	
金属元素又は酸化物沸点 °C	2602	1,380	671	1,850	3,027	5,500	4,170	2,808	1,751	1,751	
塩化物沸点 °C	623	223	1295	1560	1600	347	-	-	950	447	
溶融飛灰	A清掃工場	62.9	76.2	95.4	20.6	4.2	0.9	0.0	0.0	99.1	97.4
	B清掃工場	22.0	29.5	65.9	5.9	2.4	0.2	0.0	0.0	99.0	90.9
	C清掃工場	55.4	13.3	86.9	15.7	2.9	0.2	0.0	0.0	88.7	96.6