

清掃工場の焼却灰等に含まれる金属類の形態分析

辰市祐久・飯野成憲・茂木 敏*

(*東京都環境局環境改善部)

【要約】 金属類を形態別に調査する逐次抽出法を用いて、金属塩化物と金属酸化物、清掃工場からの焼却灰、焼却飛灰、溶融飛灰の形態別重量比率を測定した。焼却灰等からの抽出物合計重量はAl, Fe, Cu, Zn, Pbの検出量が多かった。焼却灰の金属類は酸化物態、残留物態に多く分画された。焼却飛灰の金属類は塩化物を示す水溶態がほとんどなく、イオン交換態、酸化物態、残留物態に多く分画された。溶融飛灰の金属類は焼却飛灰と同様に分画されていた。

【目的】

ごみを焼却した時、焼却灰、焼却飛灰が生成し、溶融処理により溶融飛灰が生成する。これらを埋立処分する場合、有害金属が含まれるので適切な処理が求められる。また、有用金属も含まれるため、金属を抽出して資源化することも考えられる。焼却灰等に含まれる金属の処理や回収を適切に行うために、逐次抽出法を用いて金属の形態を明らかにする。

【方法】

簡易的に金属類を形態別に調査する方法として高岡氏らの方法¹⁾に準じる逐次抽出法を用いた。これは、抽出溶液をデータ集に示す6段階に変えることにより、金属化合物が水溶態、イオン交換態、炭酸塩態、酸化物態、有機物・硫化物態、残留物態として分けることができる。15種の金属塩化物と24種の金属酸化物の標準品で逐次抽出を行い、どの形態に抽出されるかを分析した。また、5カ所の清掃工場からの焼却灰、焼却飛灰、溶融飛灰を用いて、逐次抽出後の溶液をICP-MSにより分析し、形態別の金属比率を測定した。

【測定結果】

(1) 逐次抽出により回収された重量 試料 5g を用いて逐次抽出を行った各金属について、検出濃度と使用溶液量から検出重量を計算し、6回の抽出重量の合計値を計算し、合計値が1mg以上の分析項目について表1に示した。焼却灰ではAl, Fe, Cuが多く検出され、焼却飛灰はAl, Fe, が多く、溶融飛灰はZn, Al, Pbが多く検出されていた。

(2) 金属塩化物の形態 金属塩化物のうちAg, Snは回収率が低く、Agは王水に溶けにくいため、Snは加水分解して水に溶解しにくくなったと考えられる。図1のZr, Mo, Ag, Sn以外の金属塩化物は水溶態に分画された。

(3) 金属酸化物の形態 金属酸化物のうちAl, Ti, Cr, Zr, W, Pd, Sn, Taの回収率が低く、水に不溶性であり、酸化が進んだ高級酸化物では王水にも溶けにくかったと考えられる。図2よりV, Mn, Cu, Nd, Ptは酸化物態に多く分画されていた。Zn, Ag, Taは水溶態かイオン交換態に多く分画され、Fe, Ni, Pd, Sn, Sb, は残留物態、Mo, Ba, Pbは有機物・硫化物態に比較的多く分画されていた。

(4) 焼却灰中の形態 図3より焼却灰中のほとんどの金属は酸化物態、有機物硫化物態、残留物態であり、塩化物となった化学形態の金属は少ないと推定された。Cu, Zn, St, Crは数10%がイオン交換態を示し、酢酸アンモニウムとの錯体で溶出してくると考えられる。また、Fe, Sn, Sb, W, , Mnは標準添加した酸化物態の結果から、これらの化学形態は主に酸化物と推定される。Pbは酸化物態が主で、PbO又はPbO₂やそれらと珪素との複合化合物が多いと推定された。

(5) 焼却飛灰中の形態 高岡氏ら¹⁾の結果では、Znはイオン交換態と酸化物態が主で化学形態としてZn又はZnOを推定し、Pbは酸化物態が主で、化学形態としてPbO₂、Cuはイオン交換態と酸化物態が主で、化学形態としてCu(OH)₂及びCuO、Cdはイオン交換態が主で、化学形態としてCd(OH)₂及びCdOを推定していた。図4に示すこれらの金属種はほぼ同様な結果を示した。Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Baはほとんど水溶態が見られず、塩化物以外の化学形態と考えられる。Sn, Sbは大部分が残留物態であるが、標準の酸化物も同様の傾向であったので、化学形態としてSnO, Sb₂O₃と推定された。

(6) 溶融飛灰中の形態 図5に示す金属形態のZn, Pb, Cu, Cdは焼却飛灰と同様の傾向を示した。焼却飛灰と同様にAl, Ti, Cr, Mn, Fe, Ba, Pbはほとんど水溶態が見られず、塩化物以外の化学形態と考えられる。Rbは酸化物が水と反応してRbOHになり、水溶性のため水溶態を示していた。Sn, Sbは焼却飛灰と同様に残留物態が主であった。

表1 各清掃工場からの焼却灰等5gに含まれる金属を形態別に抽出した合計値 (mg)

	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Ce	W	Pb	Bi
A清掃工場焼却灰	0.00	223.81	17.75	0.66	3.19	178.48	0.18	0.14	24.39	14.61	0.30	0.03	3.22	0.02	0.01	0.85	0.30	3.60	0.56	1.84	17.97	0.02
焼却飛灰	0.00	130.77	14.54	0.63	2.40	36.23	0.17	0.00	1.97	33.25	0.22	0.21	1.33	0.12	0.37	0.86	2.00	2.80	0.05	0.03	5.76	0.07
溶融飛灰	5.34	100.06	4.71	1.05	3.08	42.96	0.20	0.00	18.69	773.95	0.52	1.16	1.06	0.79	3.83	8.09	3.06	2.13	0.04	0.16	99.40	0.37
B清掃工場焼却灰	0.00	345.31	27.57	1.15	10.36	345.44	0.28	0.20	40.48	33.09	0.39	0.00	1.96	0.15	0.01	0.66	0.26	4.90	0.09	0.57	0.36	0.00
焼却飛灰	1.09	135.74	18.06	1.19	1.98	30.27	0.10	0.00	3.77	90.13	0.22	0.22	1.25	0.07	0.61	1.32	1.47	2.73	0.06	0.06	6.68	0.06
溶融飛灰	0.17	152.29	9.32	0.89	6.55	93.31	0.51	0.50	19.36	547.40	0.25	0.51	1.46	1.10	0.34	8.71	1.31	2.38	0.05	0.76	46.01	0.14
C清掃工場焼却灰	0.00	232.49	18.68	1.13	10.89	175.67	0.38	1.80	18.58	54.49	0.26	0.00	1.37	0.05	0.00	0.51	0.19	3.31	0.08	0.21	23.11	0.01
焼却飛灰	0.00	200.12	13.31	1.40	2.45	37.70	0.11	0.00	2.00	32.19	0.23	0.16	1.29	0.03	0.20	0.64	1.06	2.77	0.07	0.08	2.75	0.05
溶融飛灰	1.04	141.68	5.45	2.88	4.30	39.32	0.14	0.18	12.69	731.10	0.40	0.82	1.15	0.22	1.15	3.75	0.86	1.80	0.05	0.04	40.41	0.23
D清掃工場焼却灰	0.00	275.85	18.93	0.49	2.98	181.54	2.70	0.21	32.79	30.93	0.33	0.01	2.55	2.59	0.00	0.54	0.17	4.09	0.11	0.06	0.62	0.00
焼却飛灰	0.04	257.14	15.53	1.45	4.48	52.81	0.32	0.02	3.19	84.78	0.20	0.18	1.93	0.11	0.52	1.60	1.28	2.55	0.11	0.14	5.10	0.06
溶融飛灰	0.22	143.71	4.78	5.53	3.35	38.13	0.13	0.12	24.74	696.91	0.16	0.80	1.11	0.98	1.09	9.35	1.03	1.64	0.06	0.13	72.68	0.30
E清掃工場焼却灰	0.85	289.05	20.59	1.05	6.59	166.13	0.26	0.69	84.98	17.01	0.79	0.00	3.00	0.04	0.01	1.77	0.70	11.69	0.41	0.11	1.07	0.01
焼却飛灰	0.00	35.06	6.94	0.20	1.01	9.14	0.05	0.00	2.23	23.17	0.15	0.11	1.14	0.07	0.38	1.26	1.65	2.10	0.07	0.03	3.28	0.07
溶融飛灰	4.51	0.99	0.31	0.18	0.27	2.73	0.03	0.00	7.09	336.62	0.06	0.39	0.99	0.60	0.91	6.20	3.46	0.12	0.00	0.17	39.34	1.00

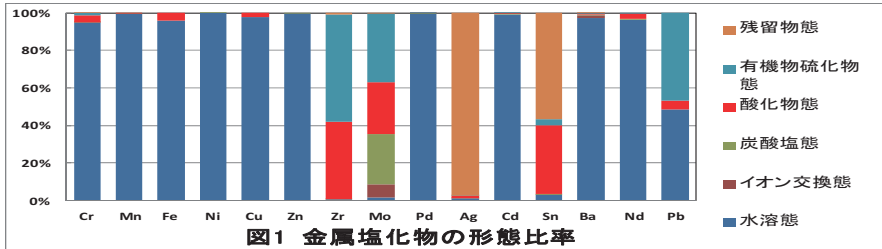


図1 金属塩化物の形態比率

多くの金属塩化物は水溶態に分離されたが、Zr, Moは酸化物態、有機物・硫化物態に入り、Ag, Snは残留物態や酸化物態に多く分離された。

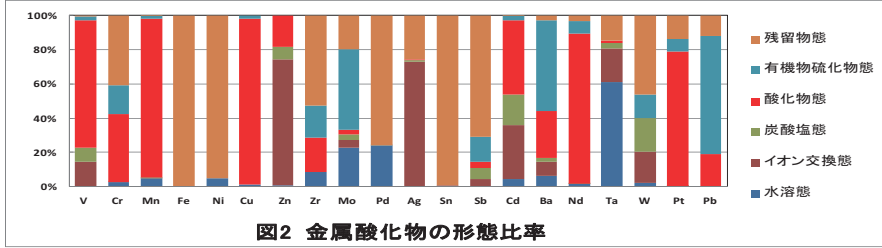


図2 金属酸化物の形態比率

金属酸化物の V, Mn, Cu, Nd, Pt は酸化物態に Zn, Ag, Ta は水溶態かイオン交換態、Fe, Ni, Pd, Sn, Sb, は残留物態、Mo, Ba, Pb は有機物・硫化物態に比較的多く分離されていた。

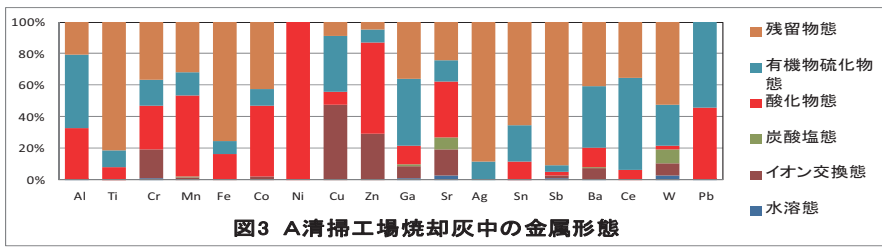


図3 A清掃工場焼却灰中の金属形態

焼却灰中の金属は水溶態が見られず、塩化物以外の化学形態と推定された。Znはイオン交換態と酸化物態、Pbは酸化物態、Cuはイオン交換態と酸化物態、Cdはイオン交換態が主であった。Sn, Sbは大部分が残留物態であった。

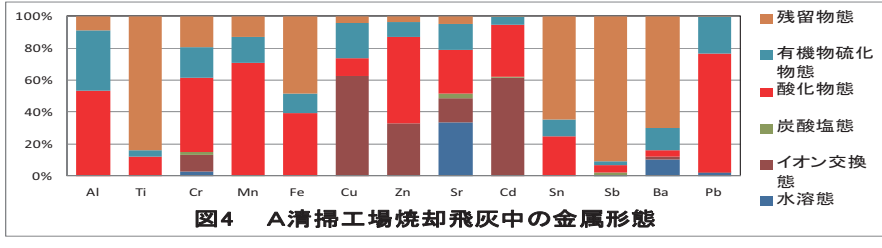


図4 A清掃工場焼却飛灰中の金属形態

飛灰中の金属はほとんど水溶態が見られず、塩化物以外の化学形態と推定された。Znはイオン交換態と酸化物態、Pbは酸化物態、Cuはイオン交換態と酸化物態、Cdはイオン交換態が主であった

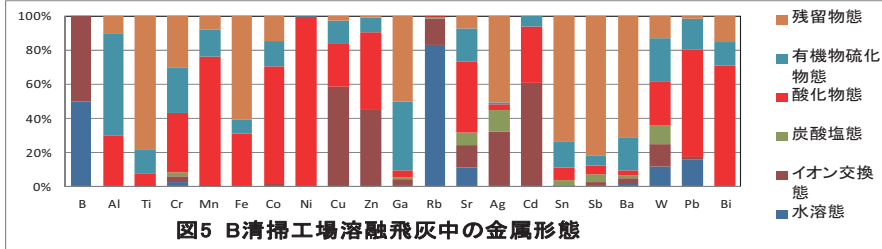


図5 B清掃工場溶融飛灰中の金属形態

溶融飛灰中の金属はRb以外ほとんど水溶態が見られず、塩化物以外の化学形態と推定された。

参考文献 1) 高岡昌輝 他 逐次抽出法による飛灰中亜鉛、鉛、銅及びカドミウムの化学形態推定, 土木学会論文集, No685 p79-90, 2001. 8