

II - 603

都市ゴミ焼却灰溶融スラグの重金属類溶出特性

長岡技術科学大学 学 金井栄一

正 桃井清至 原田秀雄

日本下水道事業団

根岸達雄

1. はじめに

都市ゴミ焼却灰、下水汚泥等の減容化・安定化・無害化を目的として溶融処理が進められている。特にばいじん等の特別管理一般廃棄物は、平成4年7月に溶融処理、セメント固化、薬剤処理、酸処理の4つの方法で処理する事に定められた。また、平成6年11月に産業廃棄物の埋立基準が改正され、Pb、Asの溶出基準が、Pbで3mg/lから0.3mg/lにまた、Asは1.5mg/lから0.3mg/lに強化されており、スラグを建設資材、窯業原料として有効利用する場合、その安全性の評価の検討が必要となる。そこで、本研究ではスラグ中の重金属類の溶出特性について、スラグ中の重金属濃度（特にPb0の濃度）とスラグの性状（ガラス質スラグ、結晶質スラグ）の影響の検討を行った。

2. 実験方法

(1) 実験試料

今回用いた試料はA市都市ゴミ焼却灰（流動床灰）で、その組成を表-1に示す。また、焼却灰に含まれるPb0の含有量変化が、Pb0の溶出へ及ぼす影響を検討するため表-1示すPb添加焼却灰を作成した。

表-1 焼却灰の成分組成

組成	焼却灰A市焼却灰		Pb添加A市焼却灰	
	mol%	mol%	mol%	mol%
Na2O	3.315	3.307	3.298	3.279
MgO	10.037	10.010	9.983	9.928
Al2O3	13.228	13.193	13.157	13.084
SiO2	34.202	34.112	34.019	33.830
P2O5	1.900	1.895	1.890	1.880
Cl	1.105	1.102	1.099	1.093
K2O	0.498	0.496	0.495	0.492
CaO	33.207	33.120	33.029	32.846
TiO2	1.367	1.363	1.359	1.352
Cr2O3	0.018	0.018	0.018	0.018
MnO	0.100	0.099	0.099	0.098
Fe2O3	0.724	0.722	0.720	0.716
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000
CuO	0.058	0.058	0.058	0.057
ZnO	0.189	0.189	0.188	0.187
SrO	0.024	0.024	0.024	0.024
ZrO2	0.008	0.008	0.008	0.008
NbO	0.000	0.000	0.000	0.000
WO3	0.015	0.015	0.015	0.015
PbO	0.004	0.268	0.539	1.093

(2) スラグの作成

表-1に示す4つの試料を用い、電気炉で1400℃、2時間溶融した後、空冷によりガラス質スラグを作成した。また、結晶質スラグは、このガラス質スラグを870℃（核形成温度）で2時間保持した後、1008℃（結晶成長温度）で3時間保持し作成した。図-1にガラス質スラグと結晶質スラグのX線回折図を示す。ガラス質スラグはガラス特有のハローを示すが、結晶質スラグは鋭いピークが存在し、析出主結晶鉱物は $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ と判定された。なお、PbOを添加した結晶質スラグも同様の結晶が析出した。

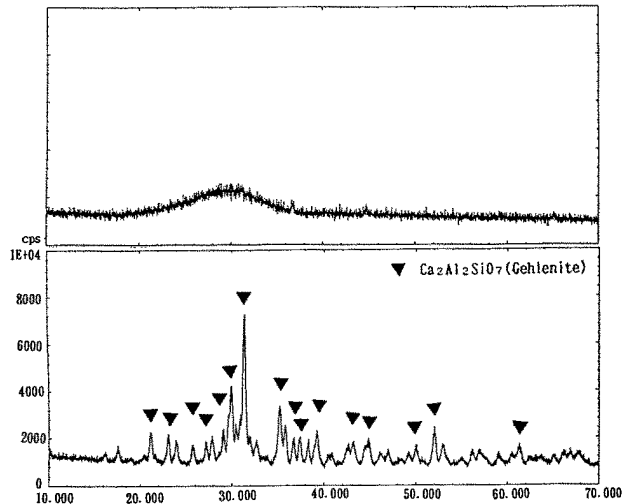


図-1 溶融スラグのX線回折図

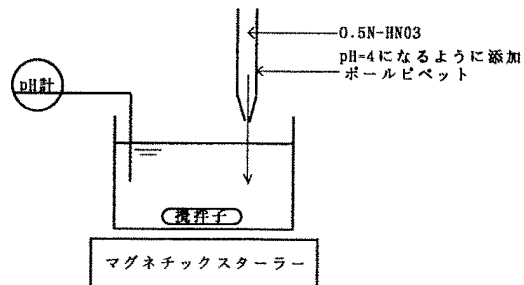


図-2 溶出実験装置

(3) 溶出試験方法

溶出試験は環境庁告示第13号法及びオランダ方式の2通りで行った。環告13号法では常温(20℃)で試料5gを溶媒500ml(初期pH=5.8~6.3)に入れ、6時間平行振とう機で振とうし、孔径0.6μmのグラスファイバーフィルターで吸引ろ過した検液を測定した。また、オランダ方式では、図-2に示す実験装置を用い、溶媒のpHを4に一定にして6時間振とうした検液を測定した。元素分析は原子吸光度計により、Ca, Mg, Pbの3種類を測定した。

3. 実験結果と考察

(1) 溶出試験方法の比較

表-2に環告13号法による焼却灰とスラグの溶出試験結果を、表-3にオランダ方式による焼却灰と現在A市で実施されている焼却灰セメント固化灰及びスラグの溶出試験結果を示す。環告13号法では溶媒のpHを5.8~6.3に設定し、6時間振とうする方法であり、試験中にアルカリを含むような試料では溶媒のpHは上昇する。図-3は、Pb0無添加の焼却灰、セメント固化灰、ガラス質スラグの6時間振とう中の溶媒のpH変化を示す。溶媒のpHは試料添加後数分でpH9~11に急激に上昇し、セメント固化灰が一番高くなるが、いずれの試料もアルカリ側で溶出試験を行う結果となる。環告13号法で、Pb0無添加の焼却灰とガラス質及び結晶質スラグの溶出量を比較すると、Ca溶出量に特に大きな差が生じている。これ等3試料について、環告13号法とオランダ方式を比較すると、pH=4の酸性域での溶出量は著しく増加する事が観察される。

また、表-3に示すオランダ方式の結果では、焼却灰をセメント固化してもCa, Mgの溶出量は焼却灰と比較し、必ずしも減少しているとはいえず、酸性域ではセメント固化による安定性は少ないものと思われる。

(2) ガラス質、結晶質スラグの比較

表-2, 3によりガラス質・結晶質の溶出量を調べた結果、告示法ではそれほど変化は見られないが、オランダ方式ではCa, Mg溶出量は5~10倍程度結晶質スラグの方が溶出量を抑制している。またPb濃度についても2倍程度差があり、結晶質の方がガラス質より耐酸性が強いことが分かる。

(3) Pb0含有率とスラグ溶出量の変化

表-3に示した結果よりオランダ方式(酸性)による実験条件下ではPb0添加量増加に伴いPb溶出量が増加するが、スラグの性状により、結晶質の方がガラス質よりPb溶出量を抑えることが出来る。

4. まとめ

熔融スラグは、焼却灰やセメント固化灰よりも溶出量を低減し、耐化学性に関しても強い事が言える。また、熔融スラグは耐酸性に弱く、耐アルカリ性に強い事が言え、ガラス質と結晶質では結晶質の方が溶出量を抑えることが出来る。有害物質のPb0添加に伴うPb溶出量に関しても結晶質の方が溶出量を低く抑えることが出来る点から、結晶質がガラス質より再利用の面で安全であることが言える。

表-2 環境庁告示第13号法による溶出量

サンプル名	Pb0含有率 mol %	試料重量 g	初期pH	終了時pH	Ca濃度 mg/l	Mg濃度 mg/l	Pb濃度 mg/l
焼却灰	0	4.9973	6.01	10.1	40.48378	0.04401	0.05810
ガラス質スラグ	0	5.0025	6.01	9.8	1.13422	0.12830	0.06133
結晶質スラグ	0	5.0011	6.01	9.1	0.50274	0.06723	0.05477
ガラス質スラグ	0.268	5.0004	6.01	9	0.55787	0.10503	0.06041
結晶質スラグ	0.268	4.9996	5.98	8.9	0.46986	0.06404	0.07687
ガラス質スラグ	0.539	5.0006	5.98	8.9	0.39438	0.07191	0.07028
結晶質スラグ	0.539	4.9986	6.02	8.9	0.39030	0.05888	0.08676
ガラス質スラグ	1.093	5.0021	6.02	8.7	0.31050	0.06410	0.07544
結晶質スラグ	1.093	5.0000	6.02	8.5	0.38765	0.05582	0.08063

表-3 オランダ方式(pH=4一定)による溶出量

サンプル名	Pb0含有率 mol %	試料重量 g	Ca濃度 mg/l	Mg濃度 mg/l	Pb濃度 mg/l
焼却灰	0	4.9976	150.3	21.1	N.D
セメント固化灰	0	4.9996	119.8	17.0	N.D
ガラス質スラグ	0	5.0010	21.6	3.14	N.D
結晶質スラグ	0	4.9974	7.50	0.314	N.D
ガラス質スラグ	0.268	4.9990	14.0	2.08	0.313
結晶質スラグ	0.268	5.0009	5.42	0.424	0.166
ガラス質スラグ	0.539	5.0011	13.1	1.75	0.665
結晶質スラグ	0.539	4.9974	3.74	0.278	0.363
ガラス質スラグ	1.093	5.0004	17.5	2.82	1.88
結晶質スラグ	1.093	5.0045	4.08	0.373	1.12

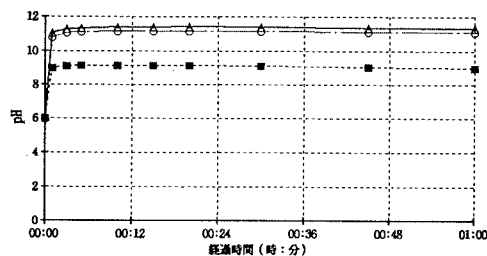


図-3 各試料によるpHの変動曲線