

VII-70

廃棄物溶融スラグの金属溶出機構に関する考察

長岡技科大 環境建設系
広島道路エンジニア(株)
パブコック日立株式会社
横浜国立大 工学部

正 桃井清至 正 小松俊哉 佐藤友香
正○重本幹成
正 島村 慎
正 亀屋隆志

1. はじめに

焼却飛灰などを1400℃程度の高温で処理した廃棄物溶融スラグは、路盤材や建設資材などとして再利用することを視野に入れて研究・開発が行われている。この際、廃棄物に関する重金属の規制には産廃埋立基準と土壤環境基準があり、都市ごみ焼却灰や下水汚泥、建設汚泥等を再利用する際は土壤環境基準を満たす必要がある。しかし、スラグからの金属類の溶出は条件によって大きく異なり、実際には、酸性雨など過酷な環境下に晒される可能性があること、溶出水を管理することは事実上不可能と考えられることなど課題が多い。このため、廃棄物溶融スラグの化学的安定性を的確に評価する必要がある。

そこで本研究では灰組成の異なるスラグについて、粒径を変化させ、各条件下での各金属成分の溶出量の違いを検討するとともに、スラグからの金属類の溶出機構について、溶出に伴うスラグ表面の物性変化や形態変化の観点から考察した。

2. 実験方法

2-1. 試験方法

溶出試験は図1に示す実験装置を用い、pH制御を行った。溶出条件はpH4、固液比(L/S)100、接触時間6時間で行い、溶出液を0.45μmのろ紙でろ過した。分析は、溶出液とスラグの成分分析をICPで行い、溶出試験前後のスラグ表面をEDXで組成分析し、SEMで表面観察した。

2-2. 試料の作成

表1に示した人工灰は、実際の焼却灰組成を参考に組成を決定したNo.0人工灰を元に、組成による影響を調べるためNo.1~5はSiO₂以外の比を一定として、SiO₂の量のみを変化させた。同様にしてNo.6~10はCaOの量を変化させた。表2はPbを含有した人工灰である。ここで、塩基度はCaOとSiO₂との比である。これらの人工灰を実験室内の電気炉で溶融温度1400℃、溶融時間2時間で溶融した後、水冷又は2℃/minの冷却速度で冷却して得たスラグを溶出試験に用いた。

3. 実験結果

3.1 塩基度と溶出濃度の関係

図2に塩基度(CaO/SiO₂)と金属類の溶出濃度との関係を示す。塩基度が増加すると溶出濃度は上昇した。このため、スラグの主成分であるCaがスラグからの金属類の溶出に密接に関係すると考えられた。

3.2 スラグからの金属類の溶出メカニズム

3.2.1 スラグの浸食モデル

Ca含有ケイ酸塩ガラスの水による浸食は次のようにして起こるものと考えられる。まず第一段階として、スラグ表面が水と接触するとイオン化傾向の高いCaが溶出し、スラグ表面にSi-OHに富む層が形成される。次に第二段階としてCaイオンの溶出により水中のOH濃度が増し水のpHが高くなると、OHによるSi-O-Si結合の切断が起こり、Si-OHに富む表面全体が崩壊溶出する。そして新たに露出した表面からまた同様の反応により溶解してこれを繰り返して表面が剥離するようにして溶出が進行していくと考えられる。以下にこのモデルの検証を行った。

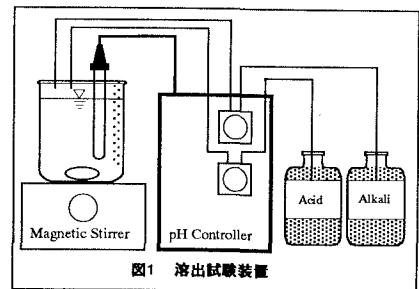


図1 溶出試験装置

表1 人工灰組成（主成分の影響）

（単位：g）

成分	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ CO ₃	P ₂ O ₅	合計	塩基度
0	44	44	15	16	8	8	100	0.54
1	16	34	15	16	8	8	100	2.10
2	28	30	14	14	7	7	100	1.05
3	37	26	12	12	6	6	100	0.70
4	30	21	10	10	5	5	100	0.42
5	54	19	9	9	5	5	100	0.35
6	46	18	12	12	6	6	100	0.38
7	39	30	10	10	5	5	100	0.77
8	36	37	9	9	5	5	100	1.03
9	33	42	8	8	4	4	100	1.28
10	30	47	8	8	4	4	100	1.54

表2 人工灰組成（Pb含有）

（単位：g）

成分	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ CO ₃	PbO	合計	塩基度
①	25	42	20	10	5.13	1	103.13	1.68
②	30	37	20	10	5.13	1	103.13	1.23
③	35	32	20	10	5.13	1	103.13	0.91
④	42	25	20	10	5.13	1	103.13	0.60
⑤	55	12	20	10	5.13	1	103.13	0.22

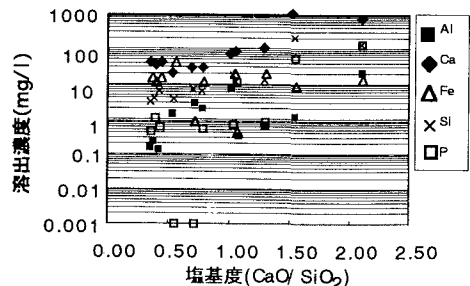


図2 塩基度と溶出濃度の関係(pH4固定法)

キーワード：溶融スラグ 溶出機構 焼却飛灰 溶融固化

〔連絡先〕〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1

T E L & FAX 0258-47-9662

3.2.2 スラグ表面積との関係

図4にCa溶出濃度とスラグ表面積の関係を示す。各金属の溶出濃度はスラグの表面積にほぼ比例することがわかり、この結果から、金属類の溶出はスラグ表面が浸食されることによって起こり、その浸食の度合いが溶出量の差として現れると考えられた。

3.2.3 金属類の溶出率の相違

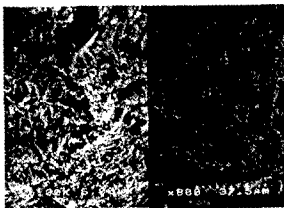
図5にスラグからのCa溶出率と他の金属の溶出率との関係を示す。Ca溶出量の少ない塩基度0.92のスラグではCa溶出率と他の金属の溶出率は同程度であり、図5の溶出メカニズムが確かめられた。しかし、Ca溶出量の多い塩基度1.68のスラグではCaと共にスラグの結晶構造を構成しているSi以外の他の金属類の溶出が低く押さえられる傾向が見られた。この原因は、イオン化傾向の高いCaが先に溶出することにより他の金属の溶出が抑制されているためであると考えられた。

3.2.4 スラグ表面の形状変化

図6に塩基度の異なるスラグの溶出試験後の表面写真を示す。塩基度が高く、溶出量の大きいスラグでは表面の浸食が激しいことが確かめられた。

3.2.5 スラグ表面の組成変化

粒径の異なるスラグの溶出試験前後のスラグの表面における元素組成をEDXで分析し、図7に示した。粒径が小さくなるとCa溶出量は多くなり、溶出後にCaの割合が低下してその他の成分の割合が上昇する傾向が見られた。この結果からCa溶出量の多いスラグでは他の成分の溶出が抑制され、スラグ表面に残存することが確かめられた。



塩基度1.68 塩基度0.91

図6 塩基度の異なるスラグの溶出試験後のSEM写真（平均粒径0.1mm、pH4）

4. まとめ

- 1) いずれの金属類も溶出量は、塩基度の増加と共に増大した。
- 2) 溶出量がスラグ表面積と比例したことから、スラグ表面の変化が溶出と密接に関係することが示唆された。
- 3) 塩基度の高いスラグではCaの溶出によりスラグ表面の浸食が激しくなり、スラグ表面積が増大することが確認できた。
- 4) 金属類の溶出は、Ca濃度の影響を受けないとき全ての金属が均一に溶出することから、スラグ表層面が順に浸食されることによって起こることが確かめられた。
- 5) 塩基度の高いスラグでは、溶出液中のCa濃度が高くなるため、他の金属は溶出が抑制されて、スラグ表面に残存することが確かめられた。

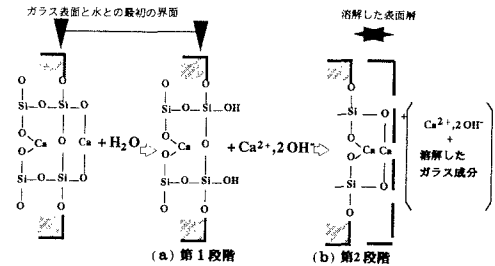


図3 Ca含有酸塩ガラスの水による浸食メカニズム

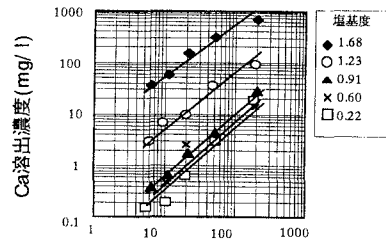


図4 スラグ表面積とCa溶出濃度の関係(Ca)

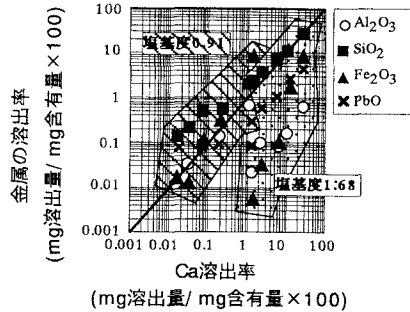


図5 Ca溶出率と他の金属との溶出率の関係

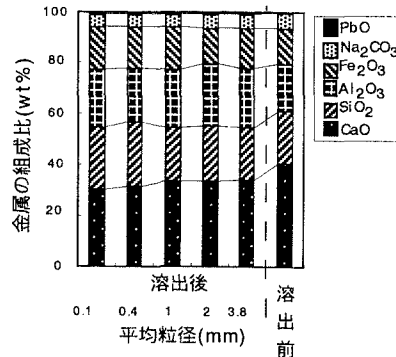


図7 粒径の異なるスラグの表面での溶出試験前後の元素組成変化(塩基度1.68、pH4)