

溶融スラグの化学的安全性試験について

竹野 大志 · 赤澤 貴光 · 香月 幸一郎

Analysis of Molten Slag

Taiji TAKENO, Takamitsu AKAZAWA and Koichiro KATSUKI

Key Words: 溶融スラグ, 重金属類, 溶出試験

キーワード: molten slag, heavy metal, dissolution test

はじめに

溶融スラグの有効利用については旧厚生省から有効利用に関する指針(平成10年3月26日)が通知されており, 公共建設工事への利用促進が図られている。平成14年現在, 長崎県下では3カ所の施設から溶融スラグが発生している。これらのスラグの安全性試験は, 各事業者によって定期的に自主検査が行われている。

今回, 溶融スラグからの重金属溶出特性を確認するために, 3種の酸性域溶出試験とアルカリ性域溶出試験, カラム溶出試験を行い, カドミウム, 鉛, 六価クロム, 砒素, 総水銀, セレンの6項目の重金属について分析を行った。また, 併せて含有量の分析も行った。

試験検体

試験サンプルは, 一般廃棄物焼却施設の諫早市環境センターと南高南部衛生福祉組合, 下水道汚泥焼却施設である佐世保市下水処理場の3カ所で製造されたスラグを用いた。スラグは各事業所のストックヤードからサンプリングした。以下, 諫早スラグ, 南高スラグ, 佐世保スラグと記す。

試験方法

溶出試験は, 環境庁告示第46号試験とシリアルバッチ試験, アベイラビリティ試験を実施した。これらの溶出試験条件を表1にまとめた。また, 重金属含有量試験は土壌分析法及び底質分析法に従い, 定量はICP/MSと原子吸光光度計を用いて行った。

酸性域溶出試験結果

表2に分析結果を示した。環境庁告示第46号試験とシリアルバッチ試験, アベイラビリティ試験の3種溶出試験では, 3箇所のスラグともすべての項目が定量下限値以下であった。アベイラビリティ試験法は, スラグを粉状に粉碎して, 強い酸によって溶出を行う含有量試験に近い検査法のため分析結果の単位を含有量試験結果と同じmg/kgで表示している。含有量試験では, 諫早スラグにおいて鉛が67mg/kgと総水銀0.02mg/kgが検出されたが, 指針値を下回る値であった。他のスラグの重金属含有量は定量下限値以下であった。

表1 溶出試験条件

国名	日本	オランダ	
試験名称	告示46号	SerialBatch	Availability
試料粒径	<2mm		<125 μm
溶媒	塩酸溶液	硝酸溶液	
pH	6.0	4.0	7.0/4.0
試料量(g)	50	40	16
溶媒量(mℓ)	500	800	800+800
液固比(L/S)	10	20,40,60,80,100	50+50
溶出容器	1ℓポリリンボトル	1ℓビーカー	
溶出方法	平行振盪(200回/min)	スターラー攪拌	
溶出時間(h)	6	24×5回	3×2回
溶出回数	1	5	2
固液分離法	0.45 μmメンブレンフィルター濾過		

表3 アルカリ性域溶出試験条件

試験名称	告示第46号	告示第46号 変法	告示第46号 変法
試料粒径	<2mm		
溶媒	塩酸溶液	水酸化ナトリウム溶液	水酸化ナトリウム溶液 塩酸溶液
pH	6.0	12.0	12.0 4.0
溶出時間(h)	6h		6h+6h
溶出回数	1		
試料量(g)	50		
溶媒量(mℓ)	500		
液固比(L/S)	10	20	
溶出容器	1ℓポリエチレンボトル		
溶出方法	平行振盪(200回/min)		
固液分離法	0.45 μmメンブレンフィルター濾過		
備考	公定法	公定法変法	

アルカリ性域溶出試験結果

アルカリ性域での重金属溶出特性を把握するために, 公定法である環境庁告示第46号試験を基本としてアルカリ性域での溶出試験を行った。溶出条件を表3に示した。実施した環境庁告示第46号の変法は, 水酸化ナトリウム溶液を用いて, 溶媒のpHを12.0に変更して溶出を行った。変法では, 変法と同じ条件で6時間溶出操作を行った後, さらにpH4.0の塩酸溶液で6時間溶出を行った。試験結果を表4に示した。結果は全て定量下限値以下であった。

表2 酸性域重金属溶出試験結果及び含有量試験結果

	告示46号試験	溶出試験 (mg/l)					シリアルバッチ試験	目標基準	溶出可能 (mg/kg)	含有量試験 (mg/kg)		
		シリアルバッチ試験								ア・イ ビリティ	含有量 試験	指針値
		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目						
諫早	カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.5	<0.5	<9	
	鉛	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<5	67	<600	
	六価クロム	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.05				
	砒素	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.5	<0.5	<50	
	総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.1	0.020	<3	
	セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01				
南高	カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.5	<0.5	<9	
	鉛	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<5	<5	<600	
	六価クロム	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.05				
	砒素	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.5	<0.5	<50	
	総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.1	<0.01	<3	
	セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01				
佐世保	カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.5	<0.5	<9	
	鉛	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<5	<5	<600	
	六価クロム	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.05				
	砒素	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.5	<0.5	<50	
	総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.1	<0.01	<3	
	セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01				

表4 アルカリ性域重金属溶出試験結果

溶出pH	諫早			南高			佐世保			指針値
	46号試験 6.0	変法 12.0	変法 12.0・4.0	46号試験 6.0	変法 12.0	変法 12.0・4.0	46号試験 6.0	変法 12.0	変法 12.0・4.0	
振盪後のpH	6.3	12.0	12.0・10.0	7.1	11.9	12.0・9.5	6.0	12.0	12.0・9.3	-
カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01
鉛	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01
六価クロム	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.05
砒素	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01
総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01

カラム溶出試験

スラグをカラムに充填して pH4.0 の硝酸溶液によって 25 日間接触溶出を行い、各分画について 6 項目の重金属濃度を測定した。試験諸条件は以下と表 5 のとおり。

スラグ試料量: 300g(2mm 以下)
 カラム容量: 内径 30mm*長さ 500mm
 溶媒: pH4.0 硝酸溶液
 接触時間: 600 時間(25 日間)

表5 カラム溶出試験条件

液固比	0.2	0.5	1	2	5	10
通過溶媒量(ml)	60	150	300	600	1,500	3,000
採取検体量(ml)	30	90	150	300	900	1500
接触時間(h)	12	30	60	120	300	600
接触日数(day)	0.5	1.25	2.5	5	12.5	25

カラム溶出試験結果

いずれのスラグも 25 日間にわたる溶出期間中において、重金属類は定量下限値以下であった。

まとめ

今回行った酸性域とアルカリ性域、カラムによる溶出試験の全てにおいて、重金属類溶出濃度は定量下限値以下であった。よって、溶融スラグの有効利用に関する目標指針値に適合していた。

諫早スラグについては含有量分析で鉛と水銀が検出されたが指針値以下であった。この要因には、諫早市の溶融炉は、現在発生している焼却灰と併せて過去に最終処分場に埋め立てられた焼却灰も対象としているため、他の施設と比べて被溶融処理物に重金属類が多く混入する可能性があることが理由の一つとして考えられる。また、今回対象としたスラグは、重金属含有量が少なかったためか溶出条件の違いによる溶出濃度の差は認められなかった。