

VII-50

焼却灰組成の調質とスラグ品質の最適化に関する考察

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

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

1. はじめに

廃棄物溶融スラグは、有効にリサイクルすることを目的として研究されている。この際、焼却灰の溶融性やスラグの物理的な材料強度、環境安全性などの品質を的確に評価することが必要となる。スラグ品質は、もともと焼却灰の組成や溶融条件によって大きく異なることが指摘されている。このため、焼却灰の溶融性を向上させる目的でCaOやSiO₂を添加し、塩基度（CaO/SiO₂）を操作する調質が行われているが、調質がスラグ品質に及ぼす影響などについては情報が不足している。そこで本研究では、①焼却灰の溶融性や②スラグのすり減り減量、③スラグからの金属類の溶出量、④廃棄物量、⑤溶融炉での燃料費に及ぼす灰組成の影響と調質の効果を検討し、調質によるスラグ品質の最適化手法について考察した。

2. 実験条件

実験試料は、実際の焼却灰性状調査の結果をもとに調質した表-1の6成分系の人工灰を用いた。（その1）の人工灰ではCaOとSiO₂及びその他の成分(others)の割合をそれぞれ変化させた。なお、No.1～12については、重金属の溶出特性を観察するため、Pbを1wt%添加した。また、（その2）は灰組成中の一つの酸化物だけを実際の焼却灰の組成範囲より大きく変化させた。これらの人工灰を溶融温度1400℃、溶融時間2hr、冷却速度を水冷、2℃/minとしてスラグを作成した。

3. 結果及び考察

3.1 人工灰の溶融性に及ぼす灰組成の影響

マイクロヒーティング法(JIS K 2151)により測定した表-1(その1)の人工灰の溶融点、溶流点の等温線図と実灰の組成調査例を図-1に示す。塩基度0.5～1.0程度、others(CaO, SiO₂以外の酸化物)量30～40%程度に低溶融点域があり、塩基度1.0、others量30%程度に低溶流点域が存在することが観察でき、大部分の実灰は低溶融点域、低溶流点域より100℃以上差があることが分かった。また、溶融点、溶流点は、SiO₂-CaO-othersの三成分図においてothersを頂点とする方向に縦長に分布しており、塩基度の変化に対して敏感に反応することが分かった。

3.2 調質による影響

3.2.1 溶融炉内温度と燃料費

CaOあるいはSiO₂を添加して、塩基度を操作する調質作業により溶融炉内温度を低下させることが可能となる。そこで溶融プロセスでの熱収支から、溶融炉内温度、調質による無機物添加量をパラメータとして溶融プロセスでの燃料消費量を求め、図-3に示す。これより炉内温度が上昇すると、燃料費が多少増加したが、炉内温度は燃料費にあまり大きく影響しないことが分かった。

表-1 人工灰組成

基本組成	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	43	23	11	11	6	6	100	0.54

others = Al₂O₃ + Fe₂O₃ + Na₂CO₃ + P₂O₅

塩基度 = CaO/SiO₂

修正塩基度 = (CaO + Fe₂O₃ + Na₂CO₃) / (SiO₂ + Al₂O₃ + P₂O₅)

（その1）CaO-SiO₂-othersの3成分で変化させる場合

others内は基本組成と同じ割合

（その2）各成分を変化させた場合

基本組成中の以下の酸化物だけを変化させ、その他の成分については基本組成の割合のまま合計を100wt%とする。

成分	SiO ₂	CaO	others	塩基度	成分	変化した酸化物	含有量	塩基度
1	55	30	15	0.54	1		16	2.10
2	49	26	25	0.54	2		28	1.05
3	36	19	45	0.54	3	SiO ₂	37	0.70
4	29	16	55	0.54	4		50	0.42
5	23	12	65	0.54	5		54	0.35
6	58	9	33	0.15	6		18	0.38
7	51	15	33	0.30	7	CaO	30	0.77
8	39	27	33	0.70	8		37	1.03
9	33	33	33	1.00	9		42	1.28
10	29	36	33	1.3	10		47	1.54
11	27	40	33	1.50	11		0	0.54
12	22	44	33	2.00	12	Al ₂ O ₃	6	0.54
13	50	5	45	0.10	13		16	0.54
14	48	7	45	0.15	14		20	0.54
15	39	6	55	0.15	15		24	0.54
16	65	20	15	0.30	16		0	0.54
17	58	17	25	0.30	17	Fe ₂ O ₃	6	0.54
18	58	32	10	0.54	18		16	0.54
19	39	21	40	1	19		20	0.54
20	13	7	80	1	20	Na ₂ CO ₃	24	0.54
21	44	31	25	1	21		0	0.54
22	32	23	45	1	22		11	0.54
23	43	43	15	1	23		19	0.54
24	38	38	25	1.0	24		23	0.54
25	28	28	45	1.0	25		26	0.54
26	23	23	55	1.0	26	P ₂ O ₅	0	0.54
27	33	42	25	1.3	27		11	0.54
28	22	43	45	2	28		15	0.54
29	17	50	33	3	29		19	0.54
30	6	61	33	10	30		23	0.54

○ 無機系下水汚泥焼却灰
△ 有機系下水汚泥焼却灰
□ 都市ゴミ焼却灰

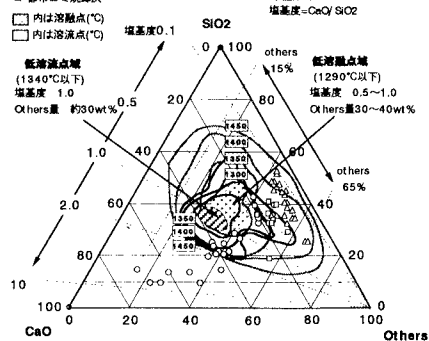


図-1 実灰の組成調査例と人工灰の等溶融、溶流点

キーワード：焼却灰，溶融スラグ，溶融性，スラグ品質，調質

【連絡先】〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 TEL 0258-47-9662

3.2.2 総廃棄物量

また調質を行うことにより総廃棄物量は増加することになる。そこで溶流点を最低とする塩基度1.0に調質する場合の調質前の塩基度に対する廃棄物重量増加率を図-4に示す。これより、有機系污泥焼却灰及び都市ゴミ焼却灰では、その重量が最大1.4倍程度となり、無機系污泥焼却灰では最大1.6倍程度になることが分かった。そこで、廃棄物重量増加率と燃料費の関係を図-5に示す。これより、廃棄物重量が増加すると、燃料費が急激に増加し、炉内温度よりも敏感に反応していることが分かった。これらの結果より、調質によって炉内温度を低下することができるものの、総廃棄物重量が増加するため、燃料費は急上昇することが分かった。

3.2.3 溶出環境負荷

スラグからのPbの溶出環境負荷を定義すると、調質による総廃棄物重量とPbの溶出量との関係は図-6に示すような概念で評価できる。これより、塩基度2.0のスラグを塩基度1.0に調質すると、総廃棄物量は増えるが、溶出環境負荷としては減少することとなり、逆に塩基度0.3のスラグでは塩基度1.0に調質することにより、溶出環境負荷が増加することが分かった。

3.3 調質によるスラグ品質の最適化手法の検討

以上の結果に基づき、①溶流点や②すり減り減量、③溶出負荷、④総廃棄物量、⑤燃料(重油)費について塩基度0.3の灰を塩基度1.0へ調質した前後について図-7に示す。この図において、軸の外側ほど、経済性やスラグの品質が悪化することとなる。調質により塩基度0.3の灰は溶融点が1450℃以上から1330℃となり、また徐冷スラグであればすり減り減量が低下しているが、これに対して、総廃棄物量、Pbの溶出環境負荷、水冷スラグのすり減り減量、燃料(重油)費は増加することが分かった。本研究では、軸スケールを任意に設定したが、これらの軸スケールが使用目的等によって規格化されることにより、スラグ品質の総合的な定量評価が可能となり、目的に応じたスラグの設計が行えるようになると考えられる。

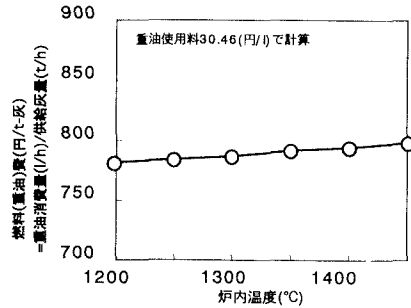


図-3 溶融炉内温度と燃料(重油)費の関係

なお、燃料費には、溶融炉内耐火物などの補修費は含んでいない。

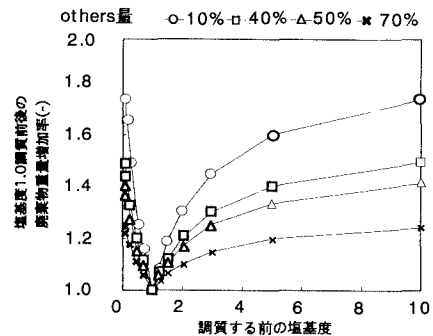


図-4 塩基度1.0に調質する場合の廃棄物重量増加率
重量増加率=増加後(g)/増加前(g)
破線は実灰として、存在しない組成

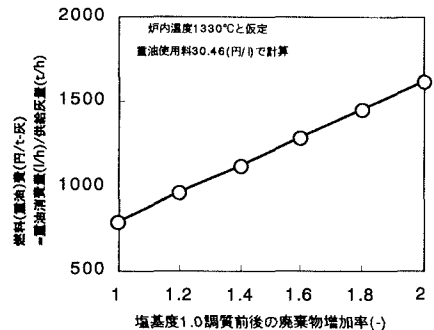


図-5 調質での廃棄物増加率と燃料(重油)費

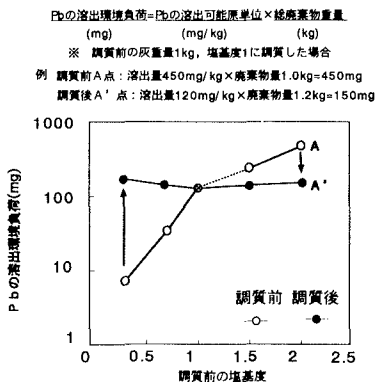


図-6 調質前後のPbの溶出環境負荷

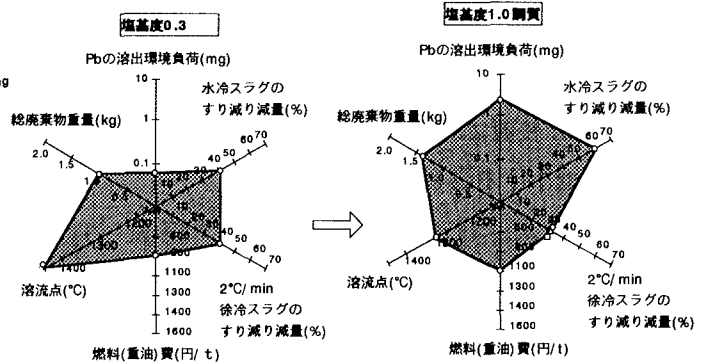


図-7 塩基度0.3人工灰を塩基度1.0へ調質した前後での溶融性とスラグ品質の評価