

製造方法の違いが一般廃棄物熔融スラグに及ぼす影響
 — コンクリート用混和材やジオポリマーとして利用する場合の一考察 —

茨城大学工学部 正会員 ◦木村 亨
 茨城大学工学部 正会員 沼尾 達弥
 茨城大学工学部 紀 貴

1. 研究背景

現在、自治体では一般廃棄物を熔融処理して、一般廃棄物熔融スラグ(以下、SLとする)とし、路盤材(JIS A 5032)やコンクリート用細骨材(JIS A 5031)、地盤改良材などへの利用が進められている。しかし、SLの生産量は年々増加しており、更なる有効利用が求められている。

SLは、熔融後の急冷処理されることにより潜在水硬性を有することから、コンクリート用混和材(SL微粉末をセメントの一部と置換)やジオポリマー(SL微粉末とアルカリ刺激剤による硬化体)への利用が提案されてきた。

しかし、SLの品質は一般廃棄物処理施設ごとに様々で、その原因には、SLの原料が一般廃棄物であるために地域や季節による変動幅が大きいことと、熔融炉により様々なSLの製造方法が用いられていることが影響していると考えられる。熔融炉によっては、SL内に金属アルミ(Al)や金属鉄(Fe)が含まれており、Alはコンクリート中のCa(OH)₂と反応し発泡を生じさせ、Feは硬化後に酸化を起こすと酸化鉄になる際の膨張圧によりポップアウトを引き起こす可能性があるため有害である。

そこで本研究では、シャフト炉式ガス化熔融炉コークスベッド式(以下、SL1とする)とアーク式灰熔融炉(以下、SL2とする)のSLの他に、高炉スラグ微粉末(以下、BFSとする)を比較用として用い、SLの鉱物組成を明らかにするとともに、Al、Feの含有量を把握し、コンクリート用混和材やジオポリマーへの利用の可能性を調べた。

2. 実験概要

2.1 実験材料

表1に使用材料の化学成分を示す。SL1の製造方法は、一般廃棄物の熔融時にコークスと石灰石を投入して製造されることから、原料の変動が抑えられ化学成分が安定するとともに、Ca量が多いことから塩基度も高くなる。SL2の製造方法は、一般廃棄物の焼却灰を電極により熔融する際に、電極により還元雰囲気を作り出すことから、SL内にAl、Feが含有する可能性がある。

2.2 SLの鉱物組成検出試験方法

蛍光X線分析により化学成分を、粉末X線回折(XRD)により鉱物組成を調べた。なお、XRD回折条件は、Cu K α 、45kV-200mA、走査角度(2 θ)5~70°、一次検出器(D/tex Ultra)、走査速度10°/minとした。また、BFSおよびSLは非結晶質のためXRDの結果は明確なピークは示さない。そこで、マッフル炉で800°C~1000°C(50°C間隔)の5水準で加熱処理を行い結晶化させた後、XRDを行った。

2.3 気体発生量試験方法

SL微粉末(粉末度は、3210ブレン)とCa(OH)₂水溶液(pH=12.3±0.1)をプラスチック内に投入し、発生する気体を水上置換法により計測した。

2.4 モルタルの膨張率試験および圧縮強度試験方法

モルタルの膨張率試験(JIS A 5031)およびコンクリートの圧縮試験(JIS A 1108)に準じて、SL微粉末をコンクリート用混和材として用いる場合(配合は、W:(C+SL微粉末):S=1:(1+1):2.25)について、膨張率と所定材齢(水中養生:3日、7日及び28日)経過後の圧縮強度を測定した。なお、セメントには普通ポルトランドセメント(OPC)を用いた。

3. 試験結果

3.1 SLの鉱物組成

表2にSLの加熱処理に伴う質量変化を、図1にBFSおよびSLのXRD図を示す。加熱処理により結晶化することで鋭いピークが確認され、高温度ほど顕著に現れた。

表1 使用材料の化学成分

	化学成分 (%)								塩基度
	SiO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	他	
SL1	36.6	34.2	19.1	2.01	3.09	1.86	1.21	1.93	1.54
SL2	45.0	20.0	21.1	2.78	2.81	3.91	1.29	3.11	0.98
BFS	34.1	43.5	14.9	0.28	5.57	0.24	0.58	0.83	1.87

表2 SLの加熱処理に伴う質量変化

加熱処理温度(°C)	800	850	900	950	1000
SL1 重量変化(g)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
SL2 重量変化(g)	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03

キーワード：一般廃棄物熔融スラグ、潜在水硬性、鉱物組成、混和材

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Tel:0294-38-5274

SL1の主鉱物組成は、ゲーレンナイト($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), ウォラストナイト($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)であり, BFSと同様の主鉱物組成を示した. また, SL2の主鉱物組成は, ゲーレンナイト, ウォラストナイトに加え, アノーサイト($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)が検出された. しかし, SL2をコンクリート用混和材およびジオポリマーとして用いる場合, アノーサイトが水和反応や硬化性状に及ぼす影響は不明である.

また, SL1では900°C以降からFeの酸化による質量増加が, SL2では800~850°CでAlの酸化による質量増加に加え, 900°C以降からFeの酸化による質量増加が見られたことから, SL2内にはAlが存在していると考えられる.

3.2 気体発生量試験結果

図2に気体発生量結果を示す. 総気体発生量は, SL1が11.4 ml, SL2が82.0 mlと, SL2において顕著な気体発生量が確認されたことから, SL2内にはAlが存在し, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応したことで H_2 が発生したと考えられる.

3.3 膨張率試験結果

SL1の膨張率は0.09%, SL2は0.38%となった. しかし, 気体発生量試験結果を踏まえると, SL2の膨張率は非常に小さい. これは, 気体発生量試験時の, SL2内のAlと $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液との反応と異なり, 膨張量試験時では, SL2内のAlとOPCの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ との反応のため, OPCが水和反応を起こし $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を使用したため, Alとの反応が制限され, 膨張率が小さくなったと考えられる.

3.4 圧縮強度試験結果

図3に各材齢時の圧縮試験結果を示す. SL1がSL2より圧縮強度が高くなったが, その差は小さい.

4. 結論

SLの製造方法の違いにより, SLの鉱物組成や含有金属の状態が異なることを明らかにした.

SLをコンクリート用混和材およびジオポリマーとして用いる場合, SL内にAlが存在すると発泡を起こし, 強度低下を起こす. 本実験においては, 発泡に伴う膨張や強度低下への影響は小さかったものの, 粉体量の多い配合やジオポリマーとして用いた場合には, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ やアルカリ分が多くなることから, 発泡量や膨張量が大きくなり, 強度低下を引き起こすと考えられる.

【参考文献】 木村 亨, 福沢 公夫, 蛭田 豊, 鈴木 亮一: 一般廃棄物熔融スラグ微粉末を用いた高流動コンクリートの特性, コンクリートテクノ第27巻第4号, pp.9-13,

謝辞: 本実験にあたり茨城県工業技術センターの小島均様他に親切なご教示を賜りました. 感謝申し上げます.

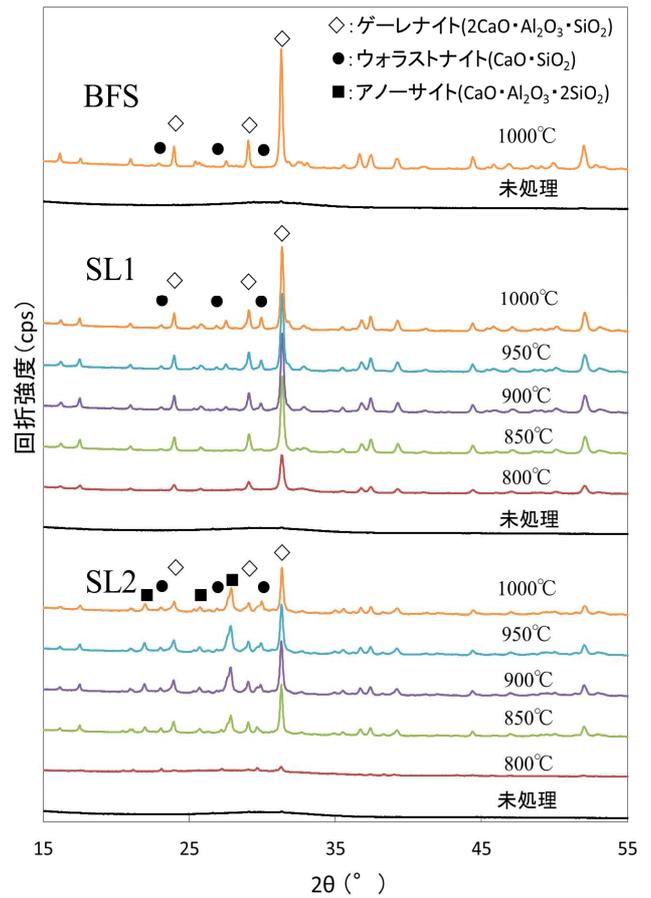


図1 BFSおよびSLのX線回折図

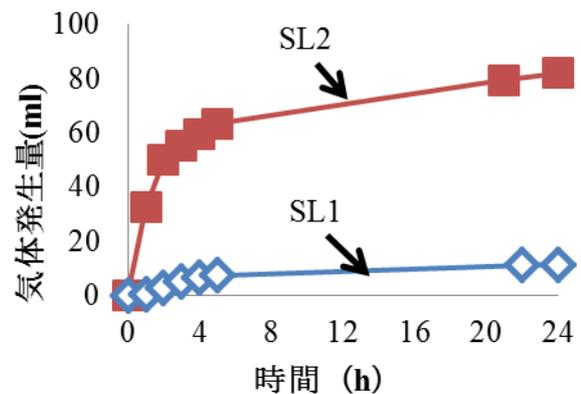


図2 気体発生量試験

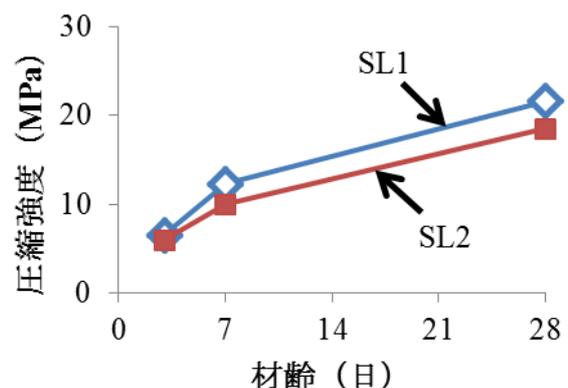


図3 圧縮試験結果