

木質バイオマス焼却灰のジオポリマーへの適用

前橋工科大学 工学部 社会環境工学科 学生会員 ○石原 英
前橋工科大学 工学部 社会環境工学科 正会員 佐川 孝広

1. はじめに

木質バイオマス発電とは、火力発電と同等の原理で発電するシステムである。バイオマス発電は木質チップ等を燃料に発電するため、建設廃材の処理やCO₂が排出されず環境に負荷を与えない等の利点がある。しかし、その一方で建設廃材や木質チップ等の燃焼後には産業廃棄物である木質バイオマス焼却灰(以下、焼却灰)が多く発生し、焼却灰の処理が大きな負担となり処理方法が問題となっている¹⁾。

そこで本研究では、焼却灰のジオポリマー(GP)への適用を検討した。コンクリートはセメントと水との水和反応により凝結した硬化体であるが、GPとは、アルカリシリカ粉末(活性フィラー)とアルカリ溶液との縮重合反応による硬化体である。GPは、一般にCa源の高炉スラグ微粉末とSi源のフライアッシュを活性フィラーとして用い、セメントコンクリートに代わる新たな建設材料としての適用が期待されている²⁾。本研究では、木質バイオマス焼却灰の有効利用法の確立を目的として、GPの活性フィラーへの適用を検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

本研究では、高炉スラグ微粉末 4000 (BFS)、焼却灰、5号珪砂、水ガラス1号を水で2倍希釈(GP溶液)したものを使用した。焼却灰の比較対象として、天然ポゾラン(火山灰)である美瑛白土も併せて用いた。

2. 2 実験方法

(1) 物理化学試験

蛍光X線分析(XRF)により、焼却灰および白土の化学組成を測定し、粉末X線回析(XRD)によりガラス化率を測定した。また、ジオポリマーペースト

(GP-P)を作製後、20℃一定の封緘養生を行い、XRDにより材齢0、3、7、28、および91日での含有鉱物を同定した。

(2) 圧縮強度試験

JISA1108に準じ、φ5×10の円柱供試体を用いジオポリマーモルタル(GP-M)を作製した。表1に示す配合比にて、9種の供試体を20℃一定および図1に示す温度履歴の2種類の封緘養生を行い、合計18種類のモルタル圧縮強度試験を行った。測定材齢は3、7、28および91日とした。

表1 配合比

No.	BFS	焼却灰・白土	GP溶液/結合材比	細骨材比
1	1	0	0.68	2
2・6	0.75	0.25	0.72	
3・7	0.5	0.5	0.76	
4・8	0.25	0.75	1	
5・9	0	1	1.15・1.05	

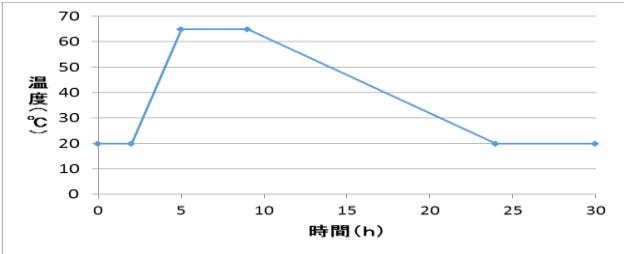


図1 養生温度履歴(最高温度65℃)

3. 実験結果および考察

XRFにより測定した焼却灰および白土の化学組成を表2に示す。焼却灰、白土のいずれもSiO₂、Al₂O₃を多く含み、また、XRDにより測定したガラス化率は焼却灰で71.7%、白土で96.3%であった。したがって、焼却灰、白土のいずれもフライアッシュと同様にガラス質のアルミノシリケートを含有することから、GPの活性フィラーとして適用できると考えられる。

キーワード 木質バイオマス焼却灰、ジオポリマー、水ガラス、圧縮強度、XRD

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460番地1 公立大学法人前橋工科大学

表 2 化学組成

焼却灰(%)	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	白土(%)	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
	1.7	3.1	15.9	41.5		2.4	0.4	14.1	71.7
P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO
1.2	2.1	0.5	4.2	15.9	0.03	0.07	0.15	5.2	1.9

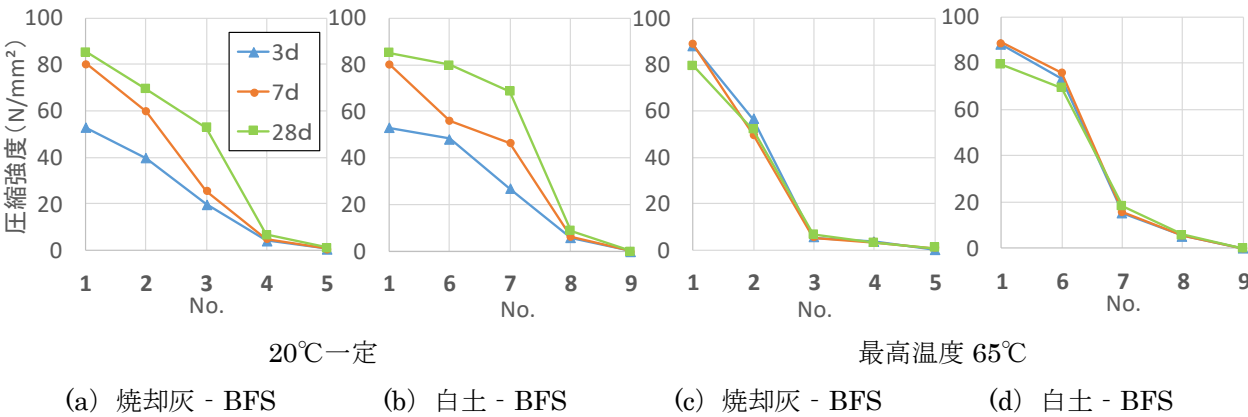


図 2 圧縮強度

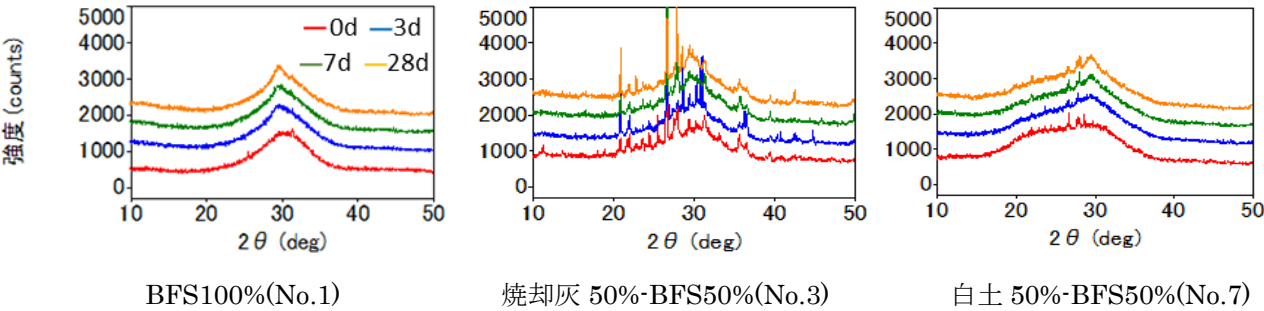


図 3 XRD プロファイル

図 2 には圧縮強度試験の結果を示す。図示されるように、いずれの条件も BFS100 %の圧縮強度が最も高く、焼却灰や白土の混合率が増すほど強度は低下した。最高温度 65℃の (c) (d) では、混合率が 50%を超えると強度は著しく低下した。また、材齢 7 日以降での強度増進はほとんど認められなかった。20℃一定の条件では、No.2, No.3 で材齢の経過による強度増進が大きかった。

20℃一定のモルタル強度試験の結果から No.1, No.3, No.7 の配合を選定し、ペースト硬化体試料の XRD を測定した(図 3)。No.3, No.7 に認められる回折ピークはいずれも焼却灰に含まれる石英、長石等のもので、No.1 を含めて反応生成物による明瞭な回折ピークは認められなかった。ただし、全ての条件で 30° 付近に C-(A)-S-H と思われる非晶質ハローが認められ、本研究の範囲では、GP の反応生成物は BFS と水ガラスの反応による C-(A)-S-H ゲルが主体であると考えられる。

4. まとめ

- (1) 高炉スラグ微粉末を単独で用いた GP のモルタル圧縮強度が最も高く、焼却灰、白土の混合により GP の強度は低下した。
- (2) 高炉スラグ微粉末とアルカリ溶液の反応により、C-(A)-S-H ゲル の生成が認められた。

謝辞

本研究は、株式会社吾妻バイオパワーより焼却灰を提供頂き実施した。記して、謝意を表す。

参考文献

1) 佐川孝広ほか:木質バイオマス焼却灰のセメント混和材への適用, 第 70 回セメント技術大会講演要旨, pp.100 - 101, 2016

2) 原田耕司:ジオポリマーの特性と施工事例, 西松建設技報, Vol39, pp.1-6, 2016