

木質バイオマス焼却灰の反応性評価とセメント混和材への適用

前橋工科大学 正会員 佐川 孝広

前橋工科大学 学生会員 ○五十嵐 花奈

1. 目的

2011 年の原発事故以来、その安全性に対する危惧から、原子力発電所の現在の稼働数は 5 基のみとなっている。現在、さまざまな再生可能エネルギーの利用検討が進められており、その中でバイオマス発電は、火力発電と基本的な原理が等しく発電量が立地・自然条件に左右されないこと、炭素循環の観点から二酸化炭素が排出されないこと等を理由に、最も普及の可能性が高い。バイオマス発電の中でも入手が容易な建設廃棄物、木質チップ等を用いた木質バイオマス発電が注目されている。

しかし、発電後の焼却灰は、現状では産業廃棄物として有償で処理されており、焼却灰の有効利用法の確立が課題とされている。

そこで本研究では、木質バイオマス焼却灰についてその反応性を評価するとともにセメント混和材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、研究用普通ポルトランドセメント (OPC)、5 号珪砂、高炉スラグ微粉末 4000 (SO₃2%, BFS) および木質バイオマス焼却灰を用いたモルタルおよびペーストを作製した。

2.2 焼却灰の物理化学特性

焼却灰の鉱物組成、ガラス化率、化学成分および 90 μm・150 μmふるいの残分を測定した²⁾。その結果、粒度は粗いがフライアッシュの鉱物組成やガラス化率と類似していた。

2.3 モルタル圧縮強度試験

φ5×10 cmの円柱供試体を用い、水結合材比は 50%、細骨材比を 2 とした。コンクリート製品への適用を想定し、初期高温履歴のある封緘養生を行った。養生温度の履歴は、前置き時間を 2 時間、45℃への昇温時間を 3 時間、最高温度保持時間を 4 時間、20℃への降温時間を

15 時間とした。24 時間経過後は 20℃一定とした。測定材齢は、1, 3, 7 および 28 日とした。高炉セメント A 種(BA)は OPC に BFS を質量比 25%、高炉セメント B 種(BB)は 45%置換した。また、焼却灰は結合材質量に対してそれぞれ 20%および 30%を細骨材に置換した。以上の配合を表 1 に示す。

2.4 重金属類溶出試験

焼却灰を置換したモルタル 6 種において、重金属類の溶出量を分析した。検液の作成は環境庁告示 46 号に準じ行った。分析項目はカドミウム、鉛、六価クロム、砒素、水銀、セレン、ふっ素、ほう素及びそれらの化合物とした。

2.5 ペースト試験

焼却灰は粉碎し粉末度 5770cm²/g にした。表 2 の配合でペーストを作製し、チャック付きポリ袋に薄板状に成型し 40℃24 時間の封緘養生を行った。脱型後は 40℃の水中養生を行った。ペーストの作製には蒸留水を用い、ハンドミキサーにて 2 分間混練した。

測定材齢は 3, 7, 28 日とし、ペースト試料の表乾質量から 40℃および 105℃24 時間乾燥質量の減量を吸水率として求め、ゲル空隙率を算定した³⁾。また、40℃乾燥試料を粉碎し、粉末 X 線回折(XRD)の測定を行った。

3. 実験結果および考察

図 1 にベースセメント (3 種類) の圧縮強度および焼

表 1 モルタルの配合

	セメントの種類		
	OPC	BA	BB
W/B	50%		
S/B	2		
焼却灰置換率	0%, 20%, 30%		

表 2 ペーストの配合 (質量比)

	W/B	Ash	CH	BFS
Ash100%	50%	1.0	-	-
Ash-CH		0.5	0.5	-
Ash-BFS		0.5	-	0.5

キーワード バイオマス焼却灰、外割り、空隙率、フライアッシュ、ポゾラン反応

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学 TEL : 027-265-0111 E-mail : m1441008@maebashi-it.ac.jp

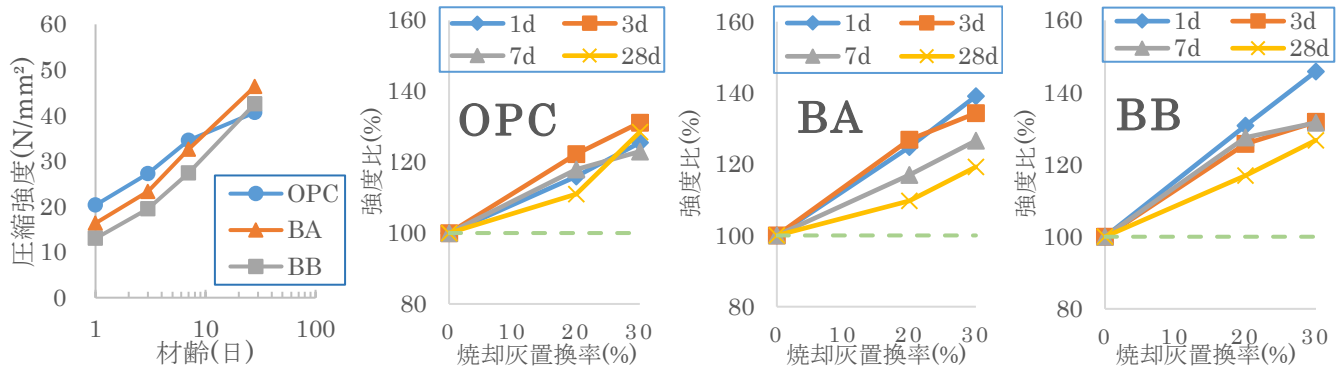


図1 モルタル圧縮強度および強度比

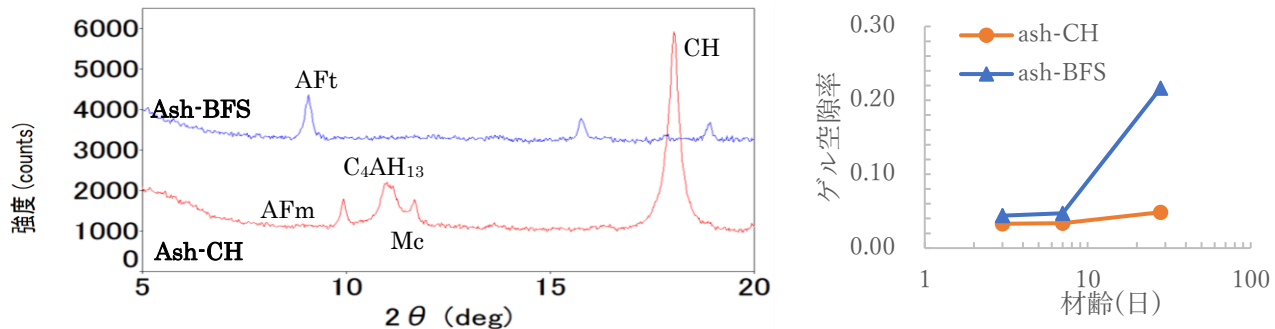


図2 ペースト 28d の XRD 測定結果および各材齢におけるゲル空隙率

却灰置換時のベースセメントと比較した圧縮強度比をそれぞれ示す。焼却灰を細骨材置換した配合は、いずれもベースセメントの圧縮強度を上回った。また、焼却灰の置換率が高いほど強度比が大きくなること、長期強度比に比べ初期強度比が大きくなるのがそれぞれ確認できた。この結果はフライアッシュを外割置換した圧縮強度試験と類似していた⁴⁾。さらに、OPC に比べ高炉セメント系の方が初期強度比と長期強度比の差が大きい。これは、高炉セメントが長期材齢で強度を発現することによる影響と考えられる。

重金属類溶出試験では、鉛や六価クロムが検出されたが、測定した全ての成分で環告 46 号の環境基準値以下であった。

図2に各ペースト 28d の XRD 測定結果および各材齢におけるゲル空隙率をそれぞれ示す。Ash100%は、硬化しなかった。Ash-CH では、AFm や C_4AH_{13} および Mc のカルシウムアルミネート系水和物が生成した。Ash-BFS では、AFt が生成した。

さらに、各材齢とゲル空隙率の関係より、Ash-BFS は材齢 28 日で反応が急激に進行したことが確認できた。これは、焼却灰中の Ca 塩等が高炉スラグ微粉末中のボゾラン反応相の刺激剤となり反応したためと考えられる。Ash-CH は材齢 28 日まであまり反応が進行していないことが確認できた。XRD 測定結果と比較すると、カルシウムアルミネート系水和物の生成が認められる

ため、焼却灰は反応しているが CH の多くは残存しているので反応性は低いと考えられる。

これらのことから、焼却灰は、フライアッシュと同等な SiO_2 系ガラスに加えて Ca 塩等も含有しているが²⁾、それ自体の反応性は低いと考えられる。

4. まとめ

木質バイオマス焼却灰について、反応性の評価、セメント混和材への適用を検討した。

焼却灰を各種セメントに細骨材置換したモルタルの圧縮強度は、ベースセメントと比較して増加した。また、重金属類溶出試験では、測定した全ての成分で環境基準を下回った。焼却灰と CH および BFS を用いたペーストは 28d において Ash-CH に比べ Ash-BFS のゲル空隙率が高かった。Ash100%のペーストは硬化しなかった。

参考文献

- 1) <https://this.kiji.is/244696377005850633?c=39546741839462401>(共同通信)
- 2) 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, 2016
- 3) 佐川孝広, 名和豊春:ポルトランドセメント-高炉スラグ系の水和反応-微細構造形成と乾燥収縮, 日本建築学会構造系論文集, Vol.75, 2010
- 4) 古賀善雄ほか:フライアッシュを外割り使用したコンクリートの諸特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, 2006