

## 木質バイオマス発電焼却灰のセメント混和材への適用

前橋工科大学 工学部 社会環境工学科 学生会員 ○北島和樹 丹波広樹  
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、木質バイオマス（薪、チップ、古紙、廃材など）を化石燃料の代替で燃焼させる方法である。発電方法自体は火力発電と相違ないが、燃焼による二酸化炭素の発生と樹木が生長する際に吸収する二酸化炭素は差引ゼロとなるためクリーンな発電方法とされ、今後最も有力なエネルギー源になると考えられる。その一方で、木質バイオマス燃焼後に発生する灰（以下、焼却灰）の処理が問題となっており、電力自由化に伴い増加するとされる中小規模の木質バイオマス発電所では焼却灰の処理は非常に大きな負担となる。セメント分野における焼却灰の利用については、石炭の一部に木質バイオマスを置換した焼却灰の利用を検討した例はあるものの<sup>1)</sup>、焼却灰単独でのセメント混和材としての利用例はない。そこで本研究では、木質バイオマスを単独で燃焼した焼却灰について、セメント混和材への利用を検討した。

### 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、5号硅砂、高炉スラグ微粉末4000および焼却灰を用いたモルタルを作製した。表1に焼却灰の強熱減量、90 $\mu$ m残分、150 $\mu$ m残分を、表2に蛍光X線分析により求めた化学組成をそれぞれ示す。

#### 2.2 モルタル圧縮強度

JISA1108に準じ、表3に示した合計18種類のモルタル圧縮強度試験を行った。Φ5×10cmの円柱供試体を用い、モルタルの配合は水結合材比を55%、細骨材比を2とし、測定材齢は3日、7日、28日とした。高炉セメントB種は研究用普通ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末4000を質量比45%、C種は65%混合した。また、90 $\mu$ mふるいを用いて通過分（以下、Ash-f）と残留分（以下、Ash-c）に分別した焼却灰を用い、Ash-fは普通ポルトランドセメント、高炉セメントB、C種に結

合材置換として結合材の質量に対して20%、Ash-cは細骨材置換として砂の質量に対して10%で置換して供試体を作製した。

### 2.3 焼却灰の鉱物組成

粉末X線回折(XRD)リートベルト法により、焼却灰の鉱物組成を測定した<sup>2)</sup>。XRDの測定は内部標準物質としてコランダムを内割10%添加して行い、リートベルト解析にはSiroquant Ver.3を用いた。

### 3. 実験結果および考察

表4に焼却灰のXRDにより求めた鉱物組成を示す。ポゾラン反応相である非晶質が約7割を占め、フライアッシュと同等に含まれていることが分かった。一方で、フライアッシュにはないポゾラン反応相の刺激剤

表1 木質バイオマス焼却灰の物性

強熱減量	90 $\mu$ m残分	150 $\mu$ m残分
5.22%	59.4%	39.0%

表2 木質バイオマス焼却灰の化学組成

化学組成(%)					
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
40.92	16.08	8.89	16.20	2.85	2.31
化学組成(%)					
TiO <sub>2</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl
1.33	0.24	1.53	4.13	1.31	0.64

表3 供試体の種類

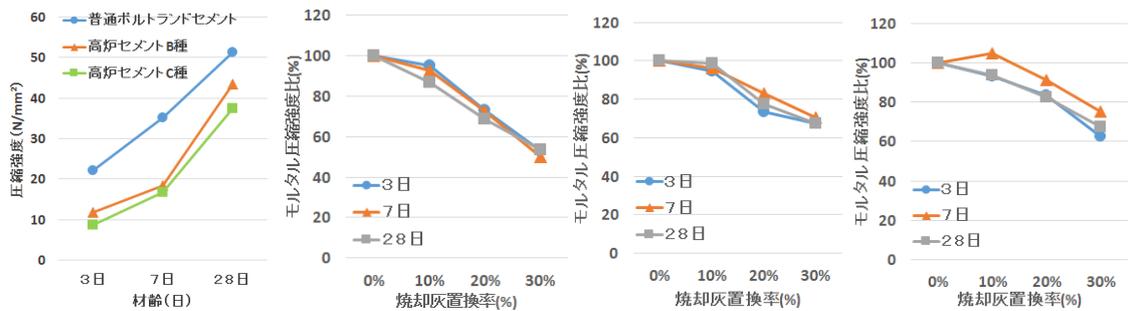
		セメントの種類/置換率		
		普通ポルト	高炉セメントB種	高炉セメントC種
焼却灰の種類	焼却灰(結合材置換)	0%	0%	0%
		10%	10%	10%
		20%	20%	20%
		30%	30%	30%
	Ash-f(結合材置換)	20%	20%	20%
	Ash-c(細骨材置換)	10%	10%	10%

表4 バイオマス焼却灰の鉱物組成

鉱物組成(%)						
Aibite	Quartz	Ettringite	Calcite	Dolomite	Fsalt	Amor
11.3	7.9	5.2	2.6	2.9	3.4	66.7

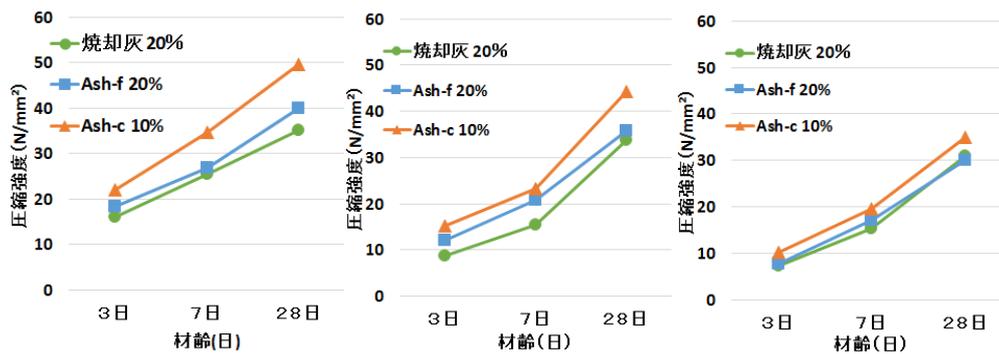
キーワード 木質バイオマス焼却灰、混和材、高炉セメント、結合材置換、細骨材置換

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



(a)モルタル圧縮強度 (b)普通ポルトランド (c)高炉セメントB種 (d)高炉セメントC種

図1 圧縮強度および圧縮強度比



(a)普通ポルトランド (b)高炉セメントB種 (c)高炉セメントC種

図2 Ash-f および Ash-c の圧縮強度

であるカルシウム塩も数種類含まれていることが確認された。このことから、本研究で使用した焼却灰はセメント混和材としての利用ができると考えられる。

図1に焼却灰無混和の圧縮強度および焼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。普通ポルトランドセメントでは、焼却灰を混合した際に強度の低下がみられるが、高炉セメントB、C種は共に強度の低下が緩和されており、焼却灰の置換率10%では0%と同等の圧縮強度が得られた。これは焼却灰中のカルシウム塩が刺激剤として高炉スラグと反応したためと考えられる。

図2にAsh-f、Ash-cおよび焼却灰の置換率が20%のモルタル圧縮強度を示す。Ash-fでは焼却灰の置換率20%に比べ、わずかに強度の増加がみられた。これは焼却灰の粒径が小さくなり、反応率と反応速度が増大したためと考えられる。Ash-cでは全種類で強度が向上した。これは細骨材置換により、実質的に水結合材比が小さくなったためと考えられる。以上のことから、焼却灰を細骨材置換で用いること、結合材置換と細骨材置換を併用することで、より効率的な焼却灰の利用が可能であると考えられる。

焼却灰はフライアッシュと類似した性質と考えられるため、長期強度の増加に期待ができる。さらに、高炉スラグ微粉末も長期強度の増加が期待できることから、より長期間での強度増進を確認する予定である。

#### 4. まとめ

- (1) 普通ポルトランドセメントに焼却灰を置換した際に強度は低下したが、高炉セメントB、C種は共に強度の低下が緩和された。
- (2) 焼却灰の90 $\mu$ m残分であるAsh-cを細骨材置換した場合、セメントの種類によらず強度が増大した。

#### 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) 加地貴ほか：土木学会四国支部技術研究発表会、pp. 370-371、2006
- 2) 佐川孝広ほか：第66回セメント技術大会講演要旨、pp. 298-299、2012