

## 浮遊選鉱法により洗浄したフライアッシュのコンクリート混和材としての評価

中国電力(株) エネルギー総合研究所 正会員 ○松尾 暢  
 島根県産業技術センター 江木 俊雄  
 中国電力(株) 電源事業本部 正会員 渡辺 勝, 福本 直

### 1. 目的

火力発電所から発生するフライアッシュ (FA) に含まれる未燃カーボンは、AE 減水剤、AE 剤といった混和剤を吸着することから、未燃カーボンを多く含む FA を使用すると混和剤量の調整が困難となる。この未燃カーボン分を除去するため、浮遊選鉱法による FA 洗浄技術 (CCAS 装置)<sup>1)</sup>が開発されており、これまでの研究により洗浄による混和剤量低減効果が確認されている。

しかし、石炭火力発電所で使用する石炭は複数種あり、さらに発電所の燃焼特性によってフライアッシュの性状は異なっている。一方で、これら性状が異なる FA の CCAS 洗浄による品質特性の変化は十分に評価されていない。本研究の目的は、性状が異なる複数種の FA を CCAS 洗浄しコンクリート混和材としての品質特性の変化を評価することである。

### 2. CCAS について

本研究に使用する CCAS とは、油類による FA の洗浄によって未燃カーボンを除去し、スラリー状の FA を製造する技術である<sup>2)</sup>。油類や気泡剤等を、水に投入し空気を送ることで未燃カーボンを浮かし選別する浮遊選鉱法を用いた。洗浄水には薬剤として灯油を FA 重量比で 1~5%、気泡剤を灯油に対して 5%添加する。

また、CCAS 洗浄による物理的性質、化学的性質に対する効果を検証するために、複数種による洗浄前後 FA の性質把握のために、石炭火力発電所から排出される複数種の FA (表-1) により評価した。

### 3. 試験方法

4種類の FA を CCAS 技術により洗浄実施した。

洗浄した FA の分析に関する試験項目を表-2、表-3 に示す。FA の未燃カーボン含有率を示す強熱減量 (IL)、FA の薬剤吸着量を表す指標の一つでもある MB (メチレンブルー) 吸着量、FA を混和材として用いた際の流動性を示すフロー値比、FA の活性度 (反応性) を示す活性度指数、FA の粉末度を示す比表面積 (ブレン法) の物理的性質および化学分析を実施した。

また、洗浄前後における FA の SEM 画像による観察を実施した。

### 4. 結果と考察

#### (1) SEM 画像観察

洗浄前後 FA の SEM 観察画像を図-1 に示す。なお、FA\_A の画像により比較を行う。洗浄前の FA に関しては、FA の特徴である球形状の物体以外の異形物質が多数点在していることが確認できた。一方、洗浄後の FA に関しては球

表-1 使用する複数種 FA の基礎特性

FA 試料	密度	強熱減量	比表面積 (ブレン法)
	g/cm <sup>3</sup>	%	cm <sup>2</sup> /g
FA_A	2.21	3.3	3,320
FA_B	2.15	3.1	3,260
FA_C	2.21	2.8	3,290
FA_D	2.26	5.2	3,940

表-2 物理的性質試験項目

試験項目	強熱減量	MB吸着量	フロー値比	比表面積 (ブレン法)	活性度指数 (28, 91日)
試験方法	JIS A-6201	JCAS I-61 (セメント協会)	JIS A-6201	JIS A-6201	JIS A-6201

表-3 化学的性質分析項目

分析項目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
分析方法	JIS A-6201	JIS M-8815	JIS M-8815	JIS M-8815	JIS M-8815
分析項目	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		
分析方法	JIS M-8815	JCAS I-14 (セメント協会)	JCAS I-14 (セメント協会)		

キーワード フライアッシュ, 未燃カーボン, 強熱減量, MB 吸着量, FA 洗浄技術

連絡先 〒739-0046 広島県東広島市鏡山 3-9-1 中国電力(株)エネルギー総合研究所 TEL 082-420-0700 FAX 082-420-0704

形状の物体が洗浄前と比較して多く確認できた。以上から、未燃カーボンと思われる異形物質が洗浄により低減されたと推察される。

(2) 洗浄前後 FA の品質特性

洗浄前後 FA における物理特性分析結果のうち、強熱減量を図-2、MB 吸着量を図-3、フロー値比を図-4、比表面積(ブレン法)を図-5、活性度指数(28, 91日)を図-6、洗浄前後 FA の化学分析結果(FA\_A)を図-7へ示す。図2~6に関して、横軸は洗浄前の結果を示し、縦軸は洗浄後の結果を示す。以下 FA\_A を代表値として洗浄前後の比較を行った。強熱減量は、洗浄により 3.3 mass% から 0.5 mass% 程度に低減されている。MB 吸着量は、洗浄により 0.31 % から 0.05 % まで低減されている。フロー値比は、洗浄により 98 % のものが 103 % へ向上している。比表面積は、3,320 cm<sup>2</sup>/g から 3,170 cm<sup>2</sup>/g とほぼ同程度の値と評価できる。活性度指数は、材齢 28 日が 84 % から 80 %、91 日が 93 % から 89 % といずれも洗浄前と比較して洗浄後は低下する傾向が確認された。また、化学分析により全 FA の洗浄前後の化学成分変化が無いことを確認した。

以上からいずれの FA も未燃カーボンが除去され諸物性が概ね改善もしくは洗浄前後で同程度の結果となり洗浄による改善効果があると推察される。

5. 結論

CCAS 技術により洗浄した FA のコンクリート混和材としての諸特性を未燃分含有量等性状の異なる複数種 FA を用いて実験的に分析、評価した。

本研究による結果は以下の通り。

- FA の物理的性質のうち強熱減量、フロー値比、MB 吸着量について定量的に評価を行い、改善効果を確認した。(IL : 3.3 mass% → 0.5 mass%, フロー値比 : 98 % → 103 %, MB 吸着量 : 0.31 % → 0.05 %)
- FA の物理的性質のうち、活性度指数を指標とする混和材の反応性を定量的に評価した結果、活性度の低下を確認した。(材齢 28 日 : 84 % → 80 %, 材齢 91 日 : 93 % → 89 %)

参考文献

- 1) 松藤泰典, 磯部敏幸, 小山智幸, 重富光人 : 石炭灰をコンクリートに大量使用するための安定化処理に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 22, No. 2, 2000年6月
- 2) 江木俊雄, 中島剛, 高橋青磁, 神門誠, 藤本栄之助 : 石炭灰洗浄装置の試作と洗浄効果, 島根県産業技術センター研究報告, 第51号, 2015年2月

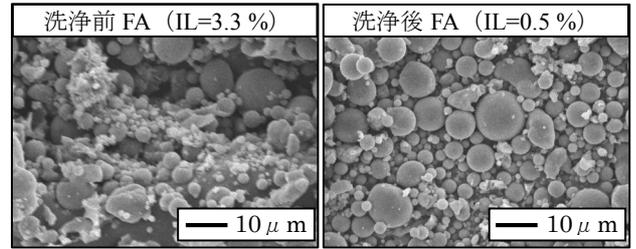


図-1 洗浄前後 FA の SEM 画像

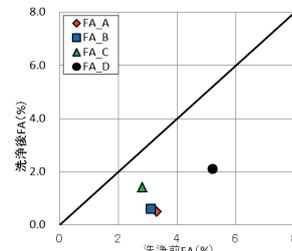


図-2 強熱減量 (IL)

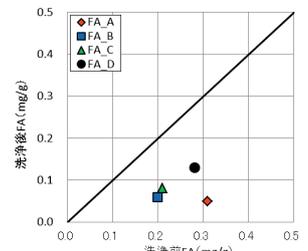


図-3 MB 吸着量

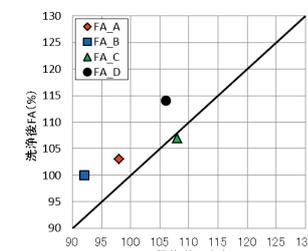


図-4 フロー値比

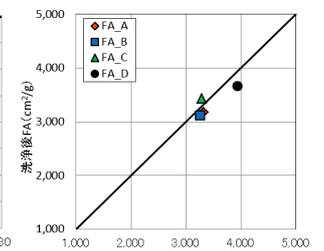
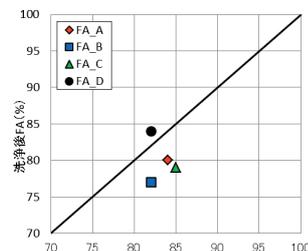
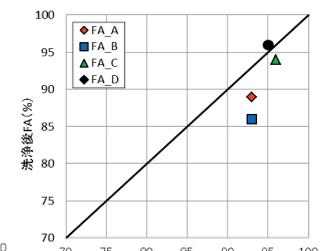


図-5 比表面積



材齢 28 日



材齢 91 日

図-6 活性度指数

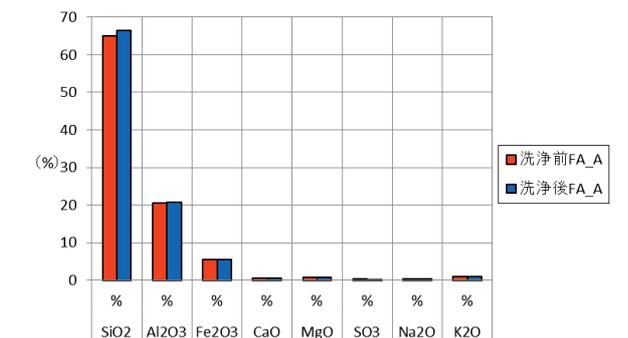


図-7 洗浄前後 FA 化学分析結果 (FA\_A)