フライアッシュ洗浄技術によるコンクリートのワーカビリティー改善効果について

中国電力（株）エネルギア総合研究所　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　福本　直
中国電力（株）エネルギア総合研究所　正会員　及川　隆仁

１．目的

火力発電所から発生するフライアッシュ（FA）は，コンクリート混和材として活用されている．FA は微細な球形をしているため，ワーカビリティー改善に効果があることが知られている．しかし，未燃カーボン含有率が高い低品質な FA は，コンクリートに用いられる AE 減水剤，AE 剤といった混和剤を吸着し，通常のコンクリートと比較して所定のワーカビリティーを得るための混和剤量が増加する傾向にある．この未燃カーボン分を除去するため，FA 洗浄技術として CCAS（Controlled Coal Ash Slurry）装置[1)]が開発されている．

本研究では，この FA 洗浄技術を用いて，未燃カーボン含有率の高い FA に対する洗浄効果を検証するために,洗浄前後の FA の品質特性を評価するとともに洗浄後 FA を混和材として用いたコンクリートのワーカビリティー改善効果について評価した．

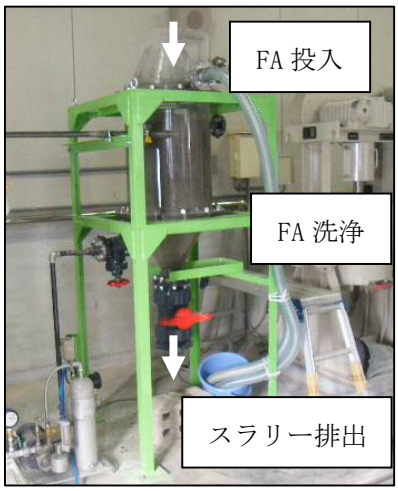

図-1　CCAS 装置

２．CCAS 技術の概要

CCAS（**図-1**）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[2)]．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．

本研究では，洗浄水に薬剤として灯油を FA 重量比で 1～5%，気泡剤を灯油に対して 5%添加した．

洗浄後 FA はスラリー状態で CCAS 装置から排出されることから，本研究ではコンクリート試験のためフィルタープレスにより脱水した．

３．CCAS 技術による FA の品質向上

未燃カーボン含有率が高い FA を CCAS 装置により洗浄した.洗浄前後の FA 品質特性を**表-1** に示す．未燃カーボンの含有量を評価する強熱減量は，洗浄前 5.2%から洗浄後 2.1%に改善された．また，MB 吸着量も同様に,洗浄前 0.28mg/g から洗浄後 0.13mg/g に改善された．

表-1　洗浄前後の FA 品質特性

	物理的性質試験						
	密度 g/cm3	強熱減量 %	比表面積（ブレーン値法） cm2/g	湿分 %	45μm ふるい残分 %	フロー値比 %	MB 吸着量 mg/g
洗浄前FA	2.26	5.20	3,940	<0.1	14	106	0.28
洗浄後FA	2.25	2.10	3,660	<0.1	12	114	0.13

表-2　実験材料の特性

材料	種　類	記　号	特　性
ｾﾒﾝﾄ	普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ	C	密度：3.16g/cm^3，比表面積：3,370cm^2/g
混和材	ﾌﾗｲｱｯｼｭ	FA	表-1参照
	洗浄したﾌﾗｲｱｯｼｭ	CCAS	表-1参照
細骨材	石灰砕砂（福岡県北九州市東谷）	S	表乾密度：2.69g/cm^3，吸水率：0.75%
粗骨材	硬質砂岩（砕石2005：周南市久米）	G	表乾密度：2.73g/cm^3，吸水率：0.41%
混和剤	高機能AE減水剤	―	ﾌﾛｰﾘｯｸSV10
	AE剤	―	ﾌﾛｰﾘｯｸAE9B

表-3　実験ケース（配合一覧）

配合名	内外置換率 FA/(C+FA) (%)	水ｾﾒﾝﾄ比 (W/C) (%)	水結合材比 (W/B) (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m^3) W	C	FA (C置換)	FA (S置換)	S	G
NC	0	55	―	4.5%	47.6	165	300	0	0	897	987
洗浄前FA20	20	―	49		46.1	165	270	30	38	843	987
洗浄前FA30	30	―	45		45.0	165	255	45	64	806	987
洗浄後FA20	20	―	49		46.0	165	270	30	38	842	987
洗浄後FA30	30	―	45		44.9	165	255	45	64	805	987

キーワード　フライアッシュ，未燃カーボン，強熱減量，ＦＡ洗浄技術，ワーカビリティーの改善
連絡先　〒739-0046　広島県東広島市鏡山 3-9-1　中国電力㈱ｴﾈﾙｷﾞｱ総合研究所　ＴＥＬ082-420-0700　ＦＡＸ 082-420-0704

4．ワーカビリティーの改善効果

コンクリートのワーカビリティーの改善効果を評価するため，洗浄前後の FA を用いて室内実験を実施した．実験の使用材料を**表-2** に示す． FA の置換率は，セメントに対して 10，15%とし，さらに総粉体量（C+FA）に対して 20，30%となるよう細骨材を FA 置換した.配合名は,普通コンクリートを「NC」，洗浄前の FA 置換率 20，30%の FA コンクリートをそれぞれ「洗浄前 FA20」，「洗浄前 FA30」，洗浄後の置換率 20，30%の FA コンクリートを「洗浄後 FA20」，「洗浄後 FA30」とした．実験ケースを**表-3** に示す．NC 配合で所定の目標スランプ（8.0cm±2.5cm），目標空気量（4.5%±1.5%）を得るために添加した混和剤の添加率（AE 減水剤 0.35%，AE 剤 0.001%）で，洗浄前 FA20，FA30，洗浄後 FA20，FA30 について実施したスランプ試験の結果を**図-2** に示す．スランプは，洗浄前 FA と比較して洗浄後 FA は高い結果となった．次に洗浄前 FA20，FA30，洗浄後 FA20，FA30 において目標のスランプ，空気量が得られる AE 減水剤添加量，AE 剤添加量を**図-3**，**図-4** に示す．なお，添加量は配合における総粉体量に対する割合としている．AE 減水剤添加量について,洗浄前 FA に対し洗浄後 FA は低減されたことが確認できた．同様に AE 剤添加量についても，洗浄前 FA に対し洗浄後 FA は低減されたことが確認できた．

以上より洗浄により FA の未燃カーボンが除去されたことによりワーカビリティーが改善されたと推察される．

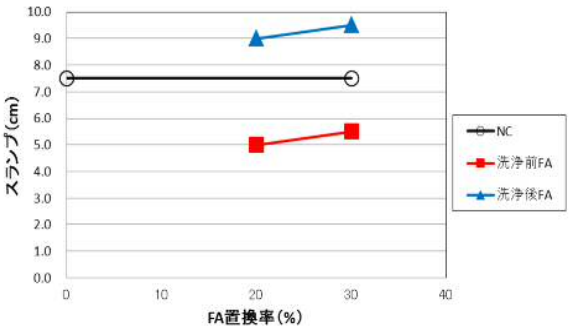

図-2 スランプ試験結果

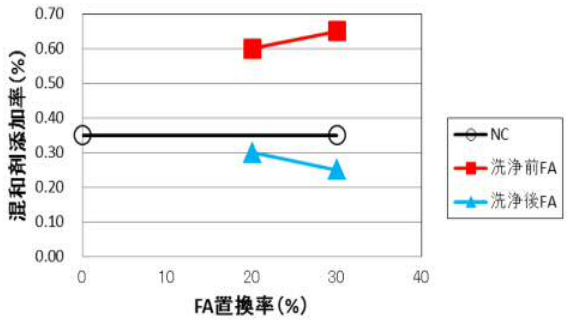

図-3 AE 減水剤添加量

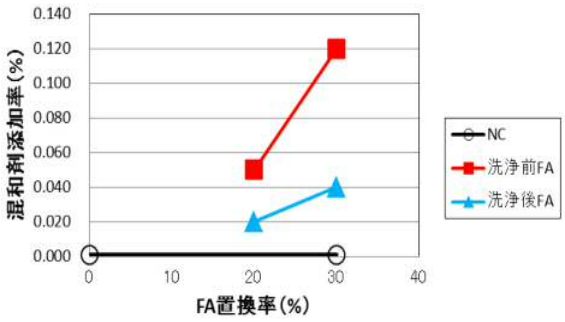

図-4 AE 剤添加量

6．圧縮強度による評価

圧縮強度試験結果を**図-5** に示す．FA 洗浄後に残る油分の影響が懸念されたが，結果として洗浄前 FA と比較して洗浄後 FA の圧縮強度は同程度であることが確認できたことから悪影響はないと思われる．洗浄前後 FA の長期強度はすべての配合で NC よりも高い結果となった．長期強度については，洗浄前後 FA いずれもポゾラン活性による効果が得られたと推察される．

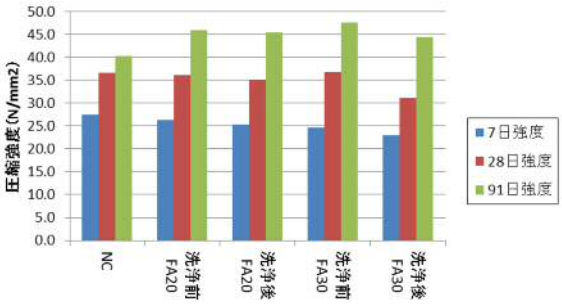

図-5 圧縮強度試験結果

7．まとめ

本研究により FA 洗浄技術について以下の事項が確認された．

- FA 洗浄により所要のワーカビリティーを得るために必要な混和剤添加量を低減できる．
- FA 洗浄により強熱減量（5.2%→2.1%），MB 吸着量（0.28mg/g→0.13mg/g）の面で品質向上が確認された．
- 洗浄前後の圧縮強度は同等であり，油分による強度への影響はほとんどないと想定する．

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