

石炭灰から未燃炭素を除去する 洗浄システム

島根県産業技術センター
江木俊雄

2022年12月13日

研究の背景

石炭灰とは：石炭火力発電所において、石炭を燃焼した際に発生する集塵灰であり、石炭に付着した粘土鉱物を由来とするケイ素が主成分の酸化物と十数%以下の炭化物とから形成されている。

H23年度のフライアッシュの発生量：860万トン

セメント・コンクリート分野での利用量：516万トン（60%）

生コンクリート用混和材としての利用は25万トン（4.8%）
大半がセメント用原料として利用されている。

出典元：最近のフライアッシュ事情について
コンクリート工学 Vol.52, No.5, 2014.

研究の背景

表 ファイブツ1の品質規定（石炭灰の品質規定） / JIS A 6201 1999

	I種	II種	III種	IV種
二酸化けい素 (%)	45.0%以上			
湿分 (%)	1.0以下			
強熱減量 (%)	3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度 (g/m ³)	1.95以上			
比表面積 (cm ² /g)	5000以上	2500以上	2500以上	1500以上
フロー値比 (%)	105以上	95以上	85以上	75以上
活性度指数 (%) 材齡28日	90以上	80以上	80以上	60以上
活性度指数 (%) 材齡91日	100以上	90以上	90以上	70以上

研究の背景

石炭灰をコンクリートに利用する場合の課題

1. 流動性を調整する減水剤を吸着する
2. 空気量を調整するAE剤を吸着する
3. コンクリートの外観に問題が生じる
4. サイロ内で石炭灰が固化する



原因物質である未燃炭素の除去

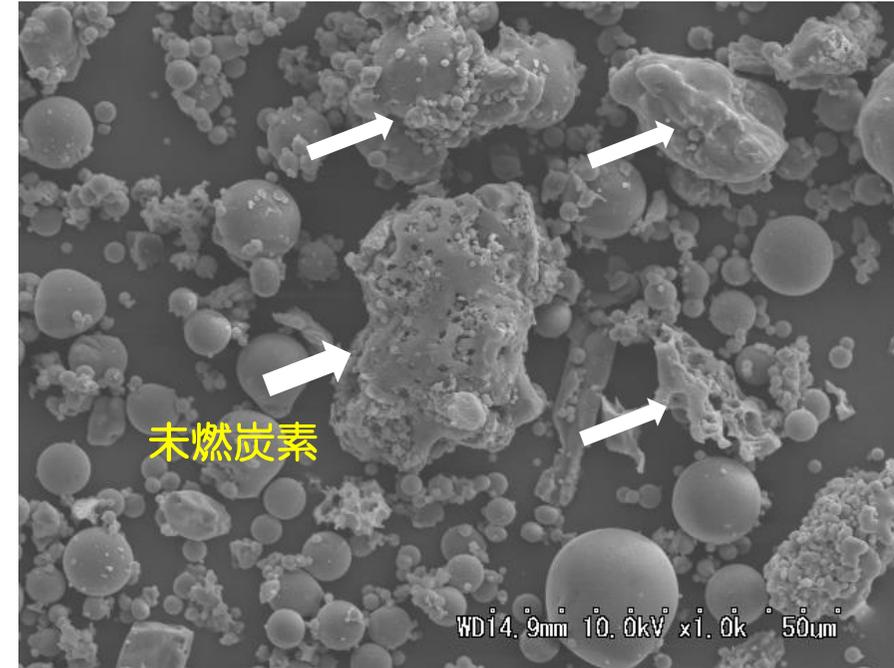


図 石炭灰の電子顕微鏡写真

研究の背景

精製方式	特徴	判定
燃焼法	燃焼コストが大きい	△
湿式法	洗浄・除去コストが小さい	○

北九州市立大学 松藤先生らの研究（従来技術）

2009年：浮遊分離装置及び方法並びにその利用製品の製造方法を出願
特許第4802305

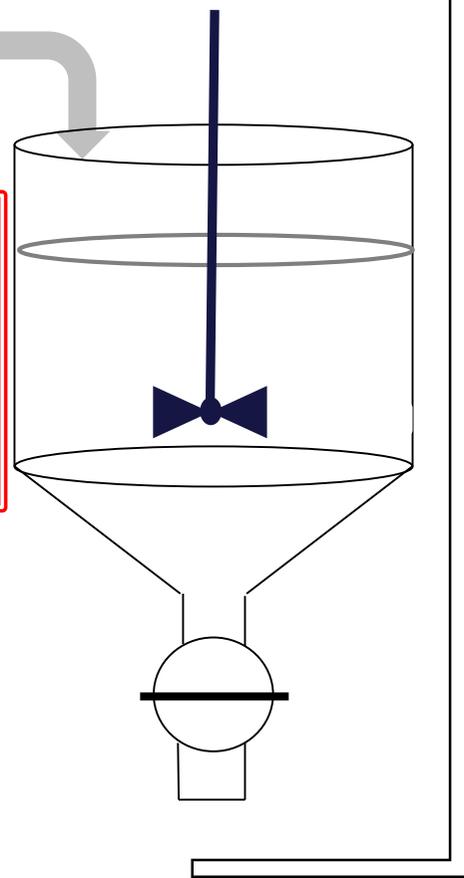


2種類の石炭灰（Ⅲ種）を湿式処理（30分）したところ、
強熱減量を3%以下に低減できた。

従来技術

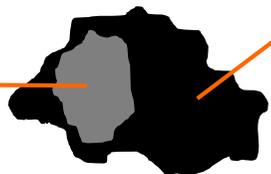
石炭灰、水、
灯油、気泡剤

1. 石炭灰と水を攪拌
2. 1に灯油を加え攪拌
3. 2に水と気泡剤を加え、
固形分濃度を5~20wt%
に調整



油分付着工程

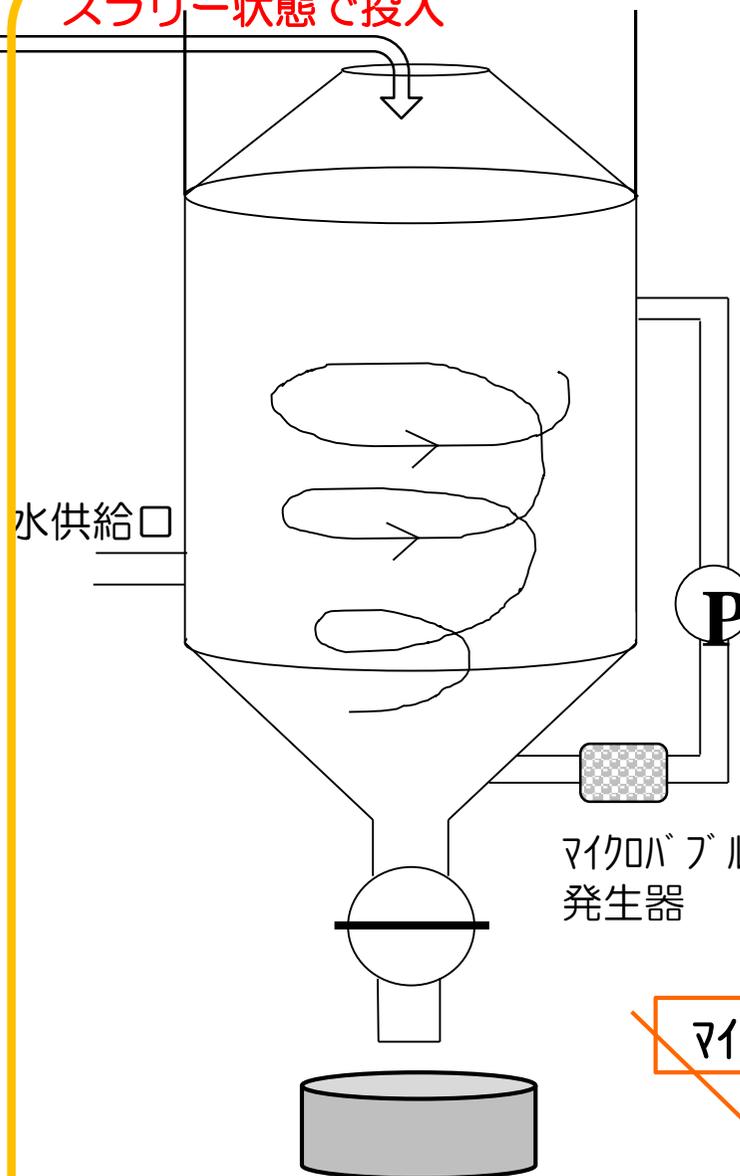
灯油



未燃炭素

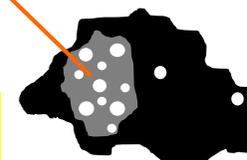
スラリー状態で投入

水供給口



マイクロバブル
発生器

マイクロバブル



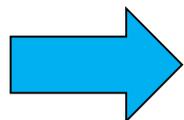
未燃炭素分離工程

特許第4802305の簡略図

従来技術とその問題点

松藤先生らの技術は、既に生コンクリート会社によって実用化されている。

島根県内企業が従来技術の実用化を検討したが、同等の洗浄効果が得られなかった。

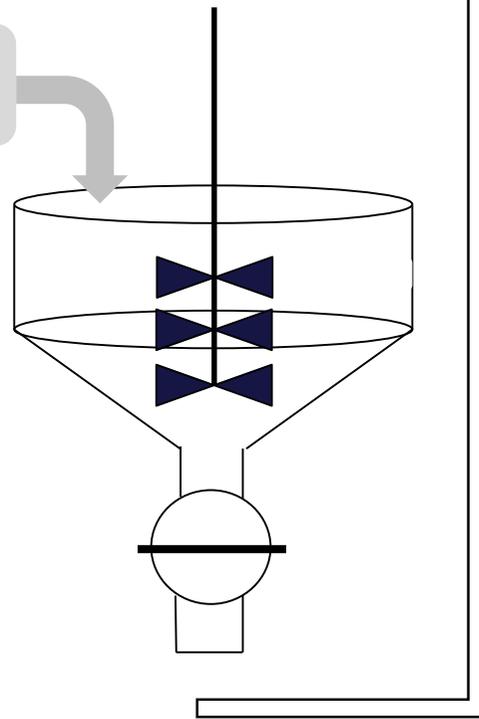


洗浄方法について見直しを行った

新技術(1)

石炭灰、水、
灯油、パソ油

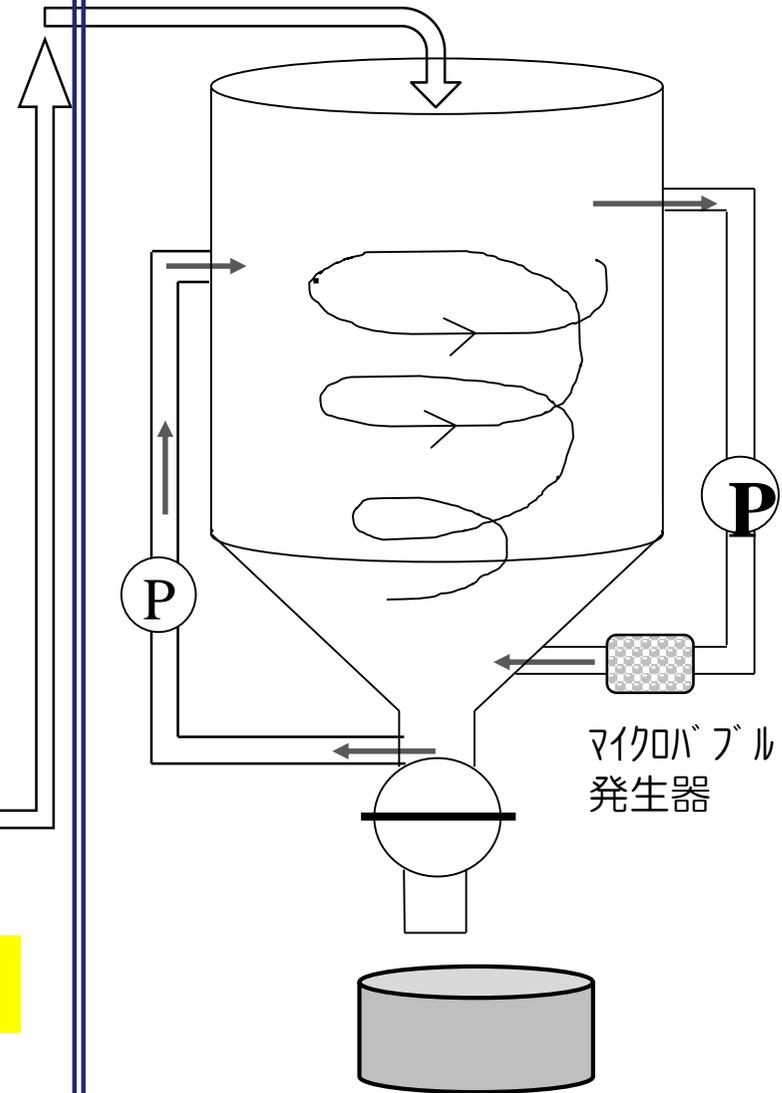
1. 水、灯油、パソ油を
攪拌し乳化
2. 1と石炭灰を攪拌
固形分濃度は65~
85wt%に調整



油分付着工程

特許第6813828の主な範囲

湿潤粉体で投入



未燃炭素分離工程

新技術(2)

石炭灰、水、
灯油、パイン油

1. 水、灯油、パイン油を
攪拌し乳化
2. 1と石炭灰を攪拌
固形分濃度は65~
90wt%に調整

油分付着工程

3. 2に水を加えスリ-化

4. 気泡を含む水を赤
矢印まで溜める。
5. スリ-化した石炭灰
を投入する。
6. 気泡を含む水を青
矢印まで溜める。
7. 10分静置後石炭
灰スリ-だけを回収
する。

気泡
発生器

水供給

未燃炭素分離工程

特許第6975419の主な範囲

新技術の特徴・従来技術との比較

	油分付着工程	未燃炭素分離工程
	固形分濃度(%)	循環ライン(本)
従来技術	5~20	1
新技術(1)	65~85	2
新技術(2)	65~90	0

	強熱減量(%)		洗浄時間 (分)
	処理前	処理後	
従来技術	7.72	1.62	30
従来技術	6.84	2.39	30
新技術(1)	4.6	0.35	30
新技術(1)	13.2	0.54	15
新技術(2)	13.2	0.50	7
新技術(2)	8.3	0.28	7

特許第4802305、
特許第6813828、
特許第6975419

新技術の特徴・従来技術との比較

- 油分付着工程での固形分濃度を高める、乳化した油分を利用することで、洗浄後の石炭灰の強熱減量を0.5%近傍まで低下することができた。
- 未燃炭素除去工程での攪拌を最小限にすることにより、本工程の時間を大幅に短縮できた。
- 両技術により、従来技術より短時間で低強熱減量の石炭灰を得ることができた。

新技術(1)

油分付着工程 (一例)

1. 石炭灰を5kg量り取る。
2. 灯油：75ml、水：1250ml、食用油：6.3mlを量り取り、ミキサーで混合・攪拌し乳化する。
3. アイリッヒミキサーに石炭灰と2の乳化剤を投入し、4分間攪拌する。
4. 同様の処理を4バッチ行い、合計20kgの前処理石炭灰を準備する。



新技術(1)

分離処理工程 (1例)



石炭灰洗浄装置の外観

1. 分離槽に水を約100L注水する。
2. 気泡発生装置で水を循環させる。
3. 循環ポンプで水を下から上に循環させる。
4. 前処理石炭灰20kgを分離槽に投入する。
5. 所定の時間が経過後に循環ポンプを停止する。
6. 所定の時間経過後に気泡発生装置のポンプを停止する。
7. 10分間静置後に、石炭灰スラリーを回収する。



気泡供給時(2)の様子

新技術(1)

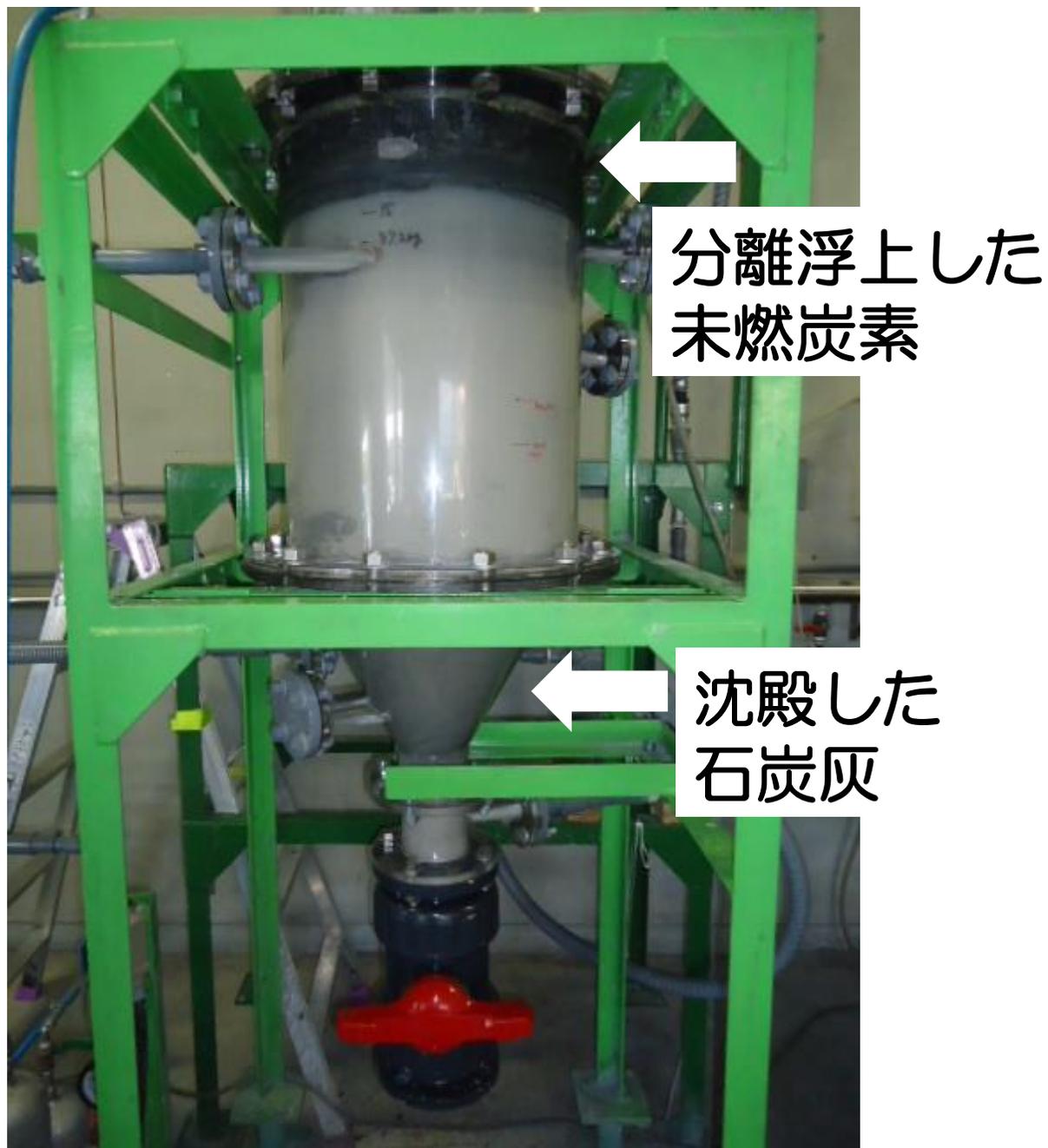


図 静置による分離の様子

新技術(1)

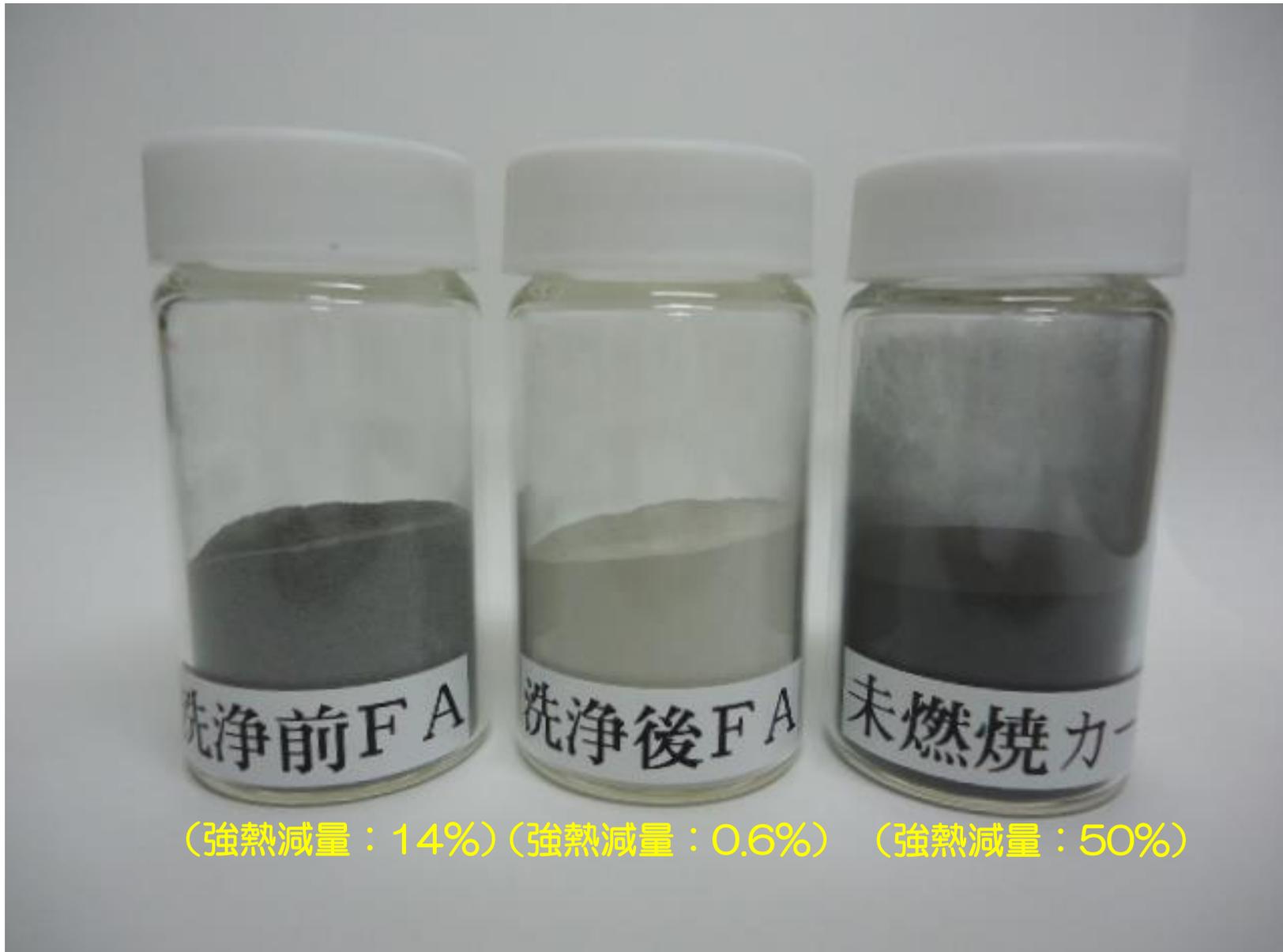


図 洗浄済み石炭灰回収時の様子



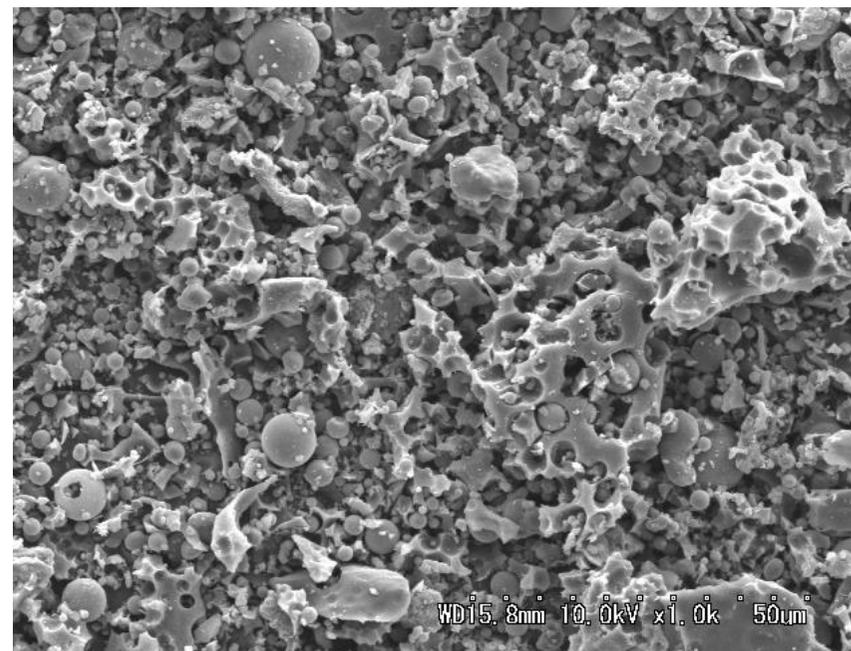
図 回収した未燃炭素

新技術(1)

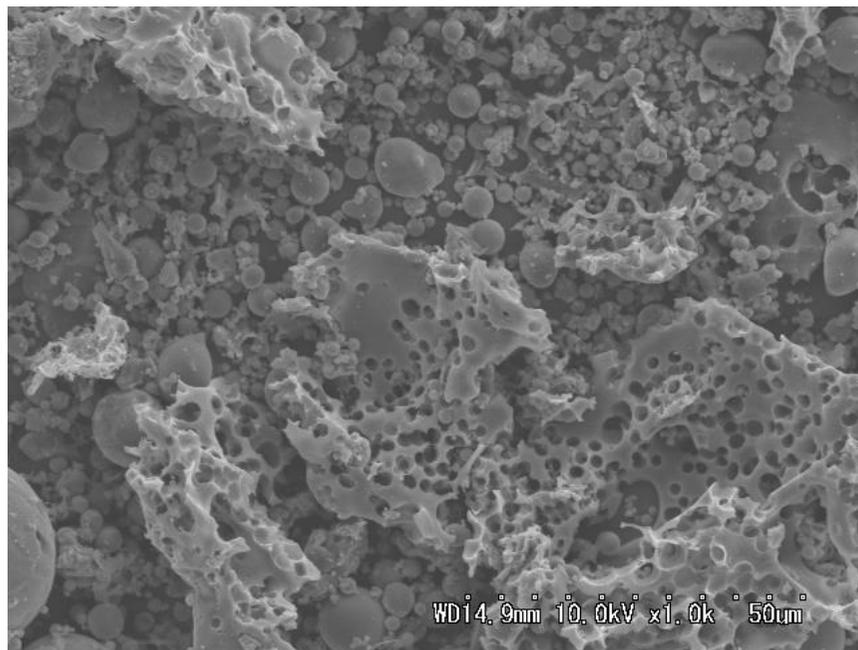


洗浄前石炭灰、洗浄・乾燥後石炭灰、未燃炭素乾燥後の写真

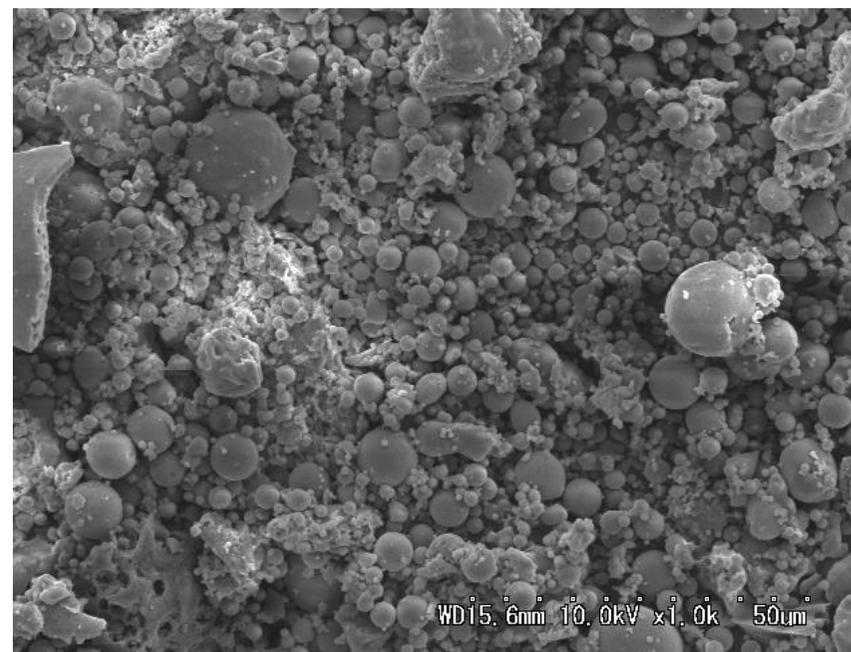
新技術(1)



回収した未燃炭素のSEM像



洗浄前石炭灰 (14.1wt%) のSEM像



洗浄後石炭灰 (0.6wt%のSEM像

新技術(1)

石炭灰の品質試験結果

項目	洗浄前FA	洗浄後FA
湿分 (%)	0.3	0
強熱減量 (%)	14.1	0.6
ブレン比表面積 (cm ² /g)	6170	4570
45 μmふるい残分 (%)	30.2	19.4
密度 (g/cm ³)	2.13	2.19
二酸化けい素 (%)	46.8	50.3
平均粒径 (μm)	19.8	12.5
フロー値比 (%)	85	107
活性度指数28日 (%)	79	82
活性度指数91日 (%)	95	97

* 洗浄後FA (石炭灰) は加熱により乾燥した。

新技術(1)

表 コンクリート試験の示方配合

配合記号	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	単体量 (kg/m ³)					
							W	C	FA (C置換)	FA (S置換)	S	G
NC	0%	55.0%		4.5	46.3%	kg	164	298	0	0	827	972
洗浄FA10	10%	58.0%	52.2%		45.6%	kg	164	283	15	16	802	972
洗浄FA20	20%	61.2%	49.0%		44.6%	kg	164	268	30	37	771	972
洗浄FA30	30%	64.8%	45.4%		43.4%	kg	164	253	45	63	735	972

注) 表記の割合の半分でセメントを、残りは細骨材を置換している。

表 混和剤配合量

配合	W/B	W	B	AE減水剤 (SV10)		AE剤(AE9B)	
	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(B×%)	(kg/m ³)	(B×%)	(kg/m ³)
NC	55.0	164	298	0.9	2.68	0.002	0.00596
洗浄FA10	52.2	164	314	0.9	2.83	0.002	0.00628
洗浄FA20	49.0	164	335	0.9	3.02	0.002	0.00670
洗浄FA30	45.4	164	361	0.9	3.25	0.002	0.00722

B(粉体量) = セメント量 + 洗浄石炭灰量

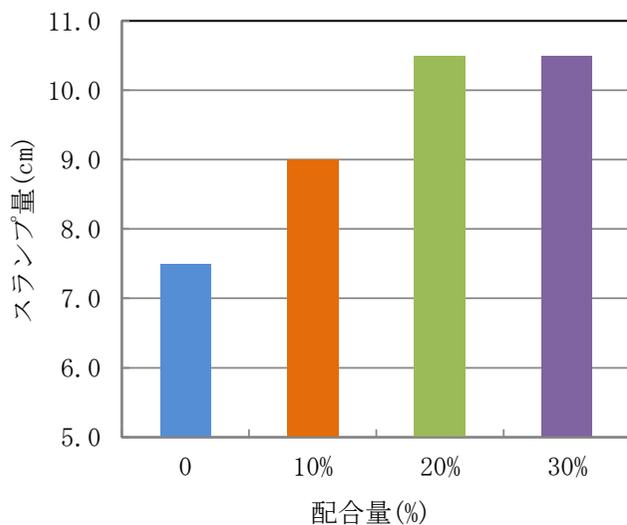


図 スランプ量

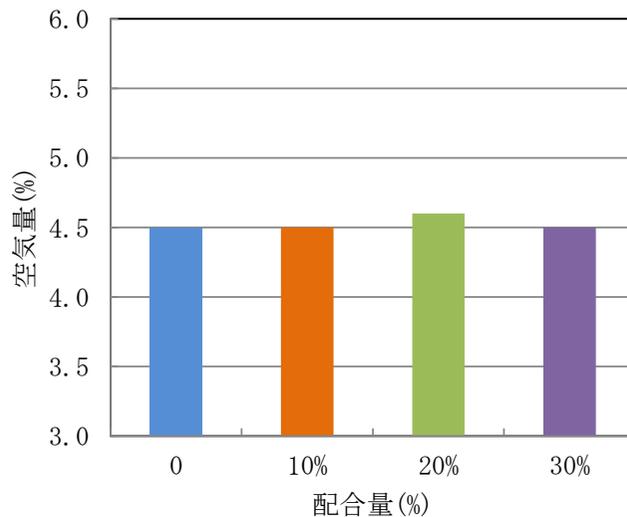


図 空気量

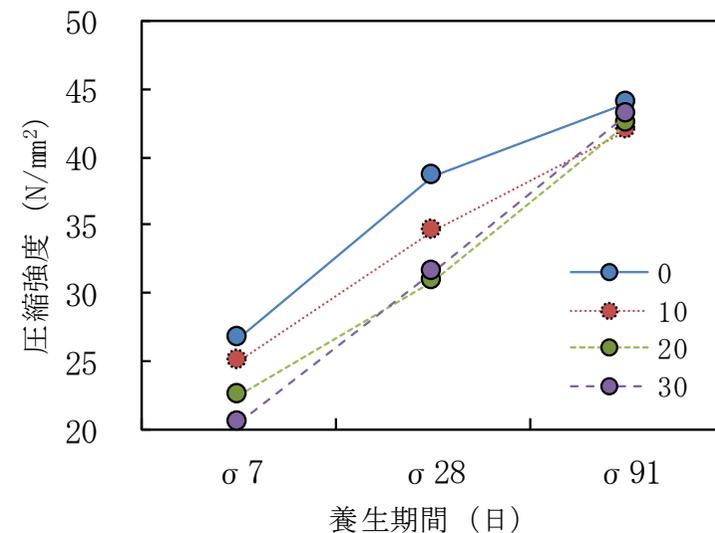
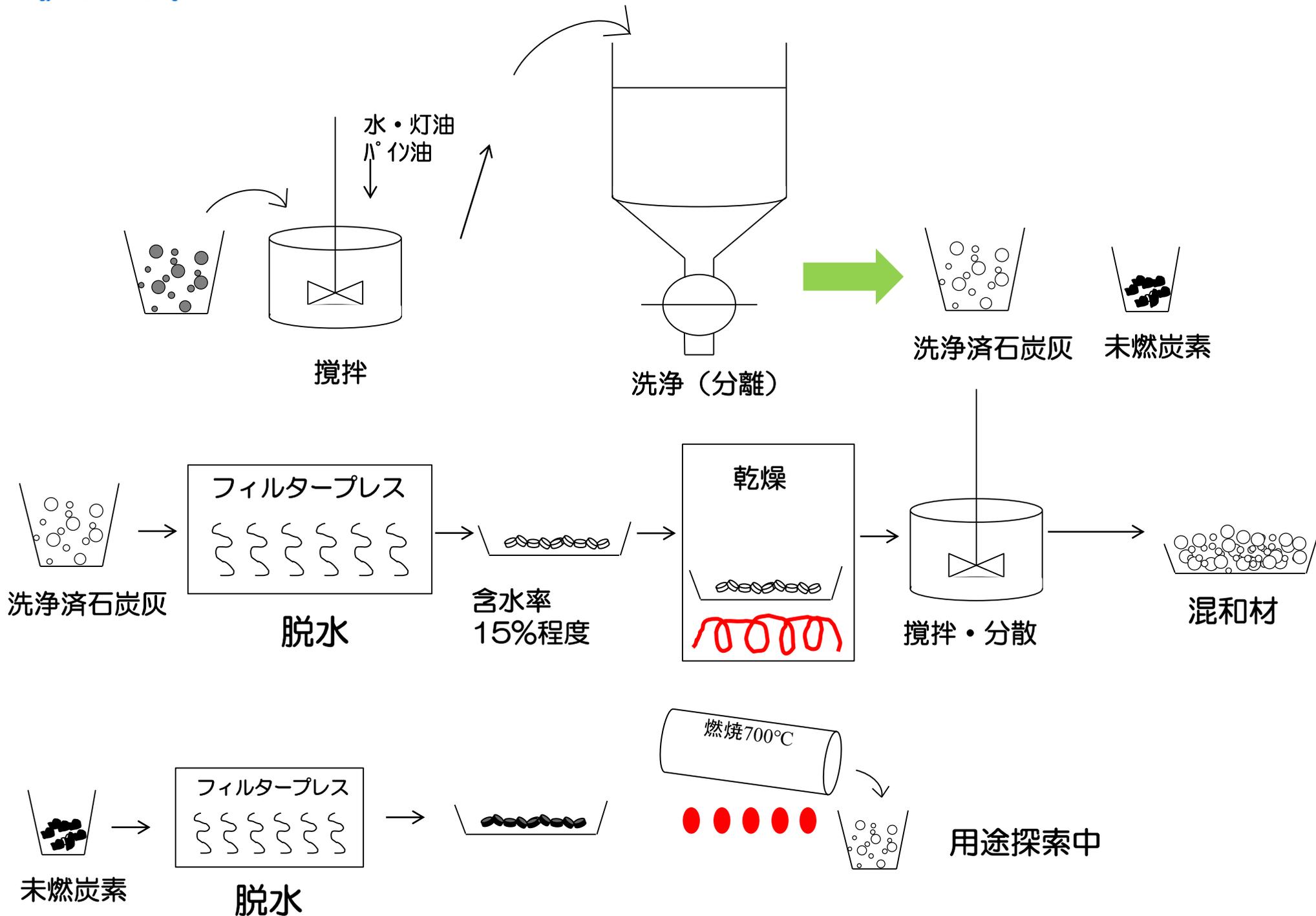


図 圧縮強度試験結果

石炭灰利用までのフロー



想定される用途

- 本技術で洗浄した石炭灰は、生コンクリートやコンクリート二次製品用の混和材として用いることが、最もメリットが大きいと考えられる。
- 本技術により石炭灰の色が灰色から乳白色に変わることに着目すると、樹脂やペンキ等の増量剤として用いることも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 洗浄後にフィルタープレスによって脱水した石炭灰の含水率は15%前後となっている。他方、JIS規格では湿分は1%以下と定められている。JIS規格（第II種）品として洗浄後の石炭灰を販売するためには、乾燥させる必要がある。
- 回収した未燃炭素には微粒子の石炭灰が50%前後含まれている。未燃炭素の用途を見出す必要がある。
- 洗浄に用いた水は循環して利用できるが、その水質の変化は十分に把握できていない。実用化に向けて調査の必要がある。

企業への期待

- 未解決の石炭灰の乾燥については、100℃強の熱源、例えば水蒸気があれば克服できる。中間処理業を有し、熱源を持たれている企業に興味を持って頂きたい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：未燃炭素の付着量を低減させた石炭灰の製造方法
および洗浄システム
- 登録番号：特許第6813828号
- 出願人：島根県¹⁾、(株)藤井基礎設計事務所²⁾
- 発明者：江木俊雄¹⁾、中島剛¹⁾、藤本栄之助²⁾、神門誠²⁾、
櫛谷知之²⁾

- 発明の名称：分離装置、石炭灰の製造方法、および石炭灰の
洗浄システム
- 登録番号：特許第6975419号
- 出願人：島根県¹⁾、(株)藤井基礎設計事務所²⁾
- 発明者：江木俊雄¹⁾、吉岡尚志¹⁾、藤本栄之助²⁾、神門誠²⁾、
櫛谷知之²⁾

お問い合わせ先

**島根県産業技術センター
企画調整スタッフ**

TEL 0852-60-5141

FAX 0852-60-5144

e-mail siit-kikaku@pref.shimane.lg.jp