



# エコパウダー®



**中国電力株式会社**

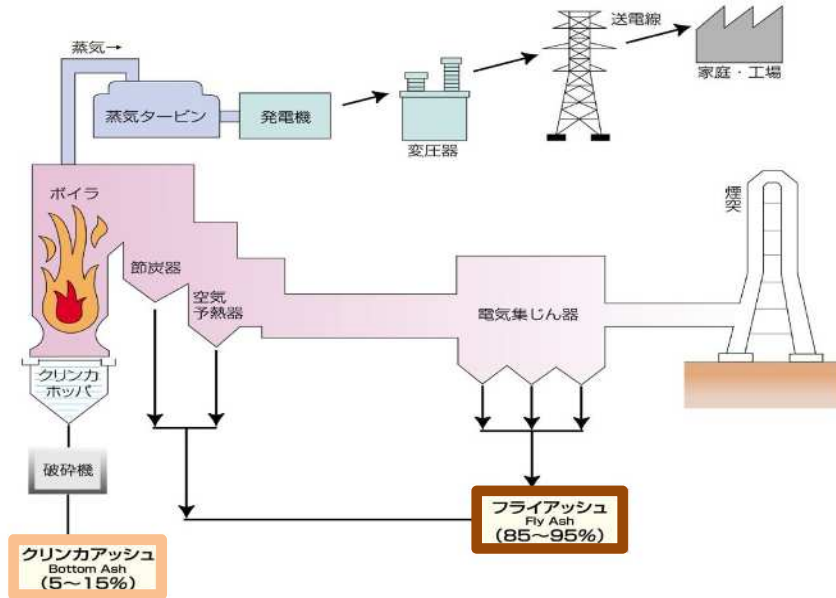
**中国高压コンクリート工業株式会社(製造・販売元)**

# エコパウダー

## エコパウダーの特徴

エコパウダーとは……

- ・石炭火力発電所から産出されるフライアッシュの商品名です。

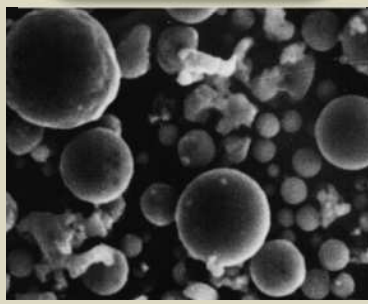


## エコパウダーの特性

### 色・外観



### 粒子形状



### 耐久性と水密性

主成分はシリカ・アルミナであり、セメントの水和反応で生成される水酸化カルシウムとこれらの主成分が反応(ポゾラン反応)し、長期的に密実な硬化体を形成します。

化学的性質

### 流動性

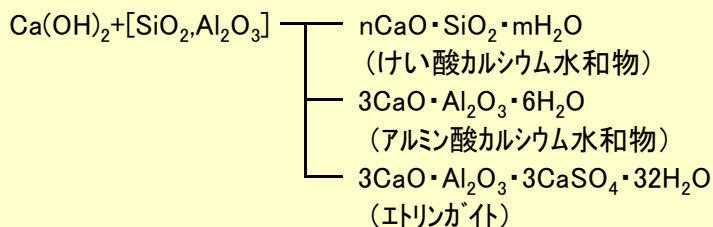
フライアッシュは微細粒子で球形をしているため、フライアッシュを混合したコンクリートやモルタルは流動性が向上します。

物理的性質

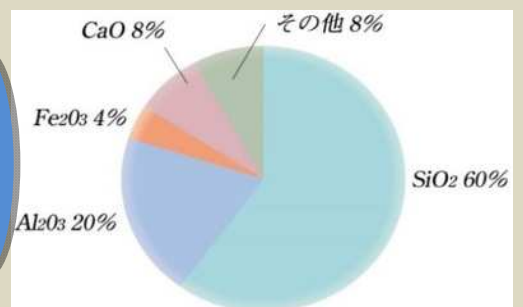
### 参考

#### ■ポゾラン反応

フライアッシュは、セメントの水和反応で生成される水酸化カルシウムと反応し、硬化する性質をもっています。



成分



## エコパウダーの品質

- ・フライアッシュの品質は、コンクリート用フライアッシュ(JIS A 6201)のⅡ種、Ⅳ種に適合しています。
  - 三隅発電所産:フライアッシュⅡ種
  - 新小野田発電所産:フライアッシュⅡ種、Ⅳ種

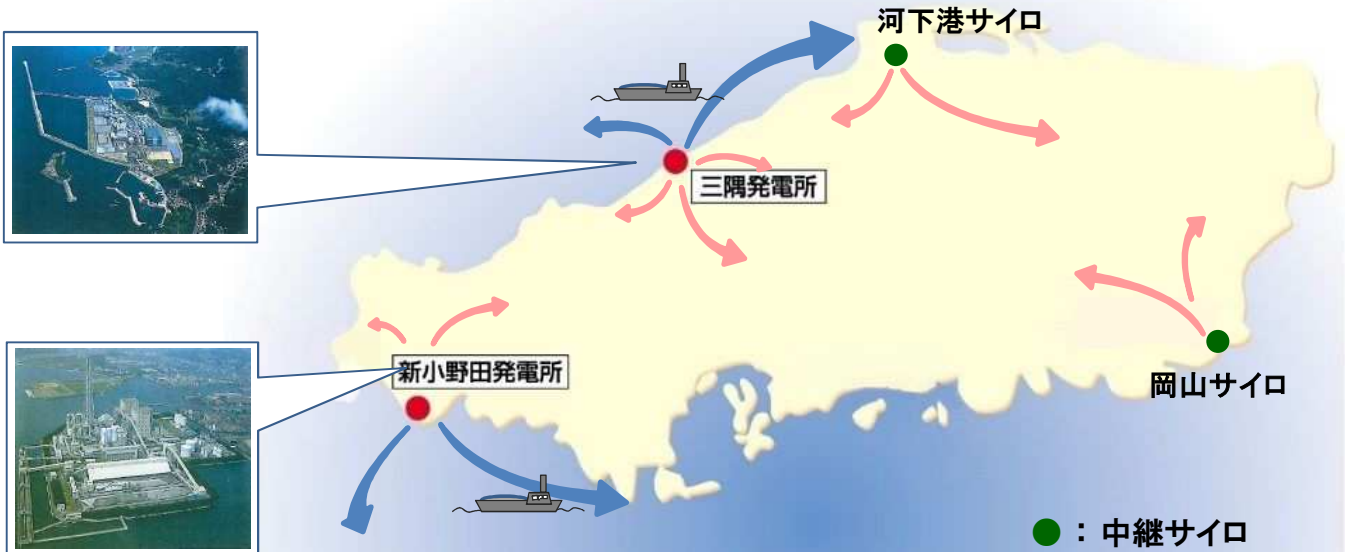
コンクリート用フライアッシュ(JIS A 6201)

項目		種類	フライアッシュⅠ種	フライアッシュⅡ種	フライアッシュⅢ種	フライアッシュⅣ種
二酸化けい素		%	45.0以上	45.0以上	45.0以上	45.0以上
湿分		%	1.0以下	1.0以下	1.0以下	1.0以下
強熱減量 <sup>(1)</sup>		%	3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度		g/cm <sup>3</sup>	1.95以上	1.95以上	1.95以上	1.95以上
粉末度 <sup>(2)</sup>	45 μmふるい残分(網ふるい方法) <sup>(3)</sup>	%	10以下	40以下	40以下	70以下
	比表面積(ブレン方法)	cm <sup>2</sup> /g	5,000以上	2,500以上	2,500以上	1,500以上
フロー値比		%	105以上	95以上	85以上	75以上
活性度指数 <sup>(4)</sup>	%	材齢28日	90以上	80以上	80以上	60以上
		材齢91日	100以上	90以上	90以上	70以上

注<sup>(1)</sup> 未燃炭素測定による場合は、その試験値に(炭素)と付記する。  
<sup>(2)</sup> 粉末度は、網ふるい方法又はブレン方法による。  
<sup>(3)</sup> 粉末度を網ふるい方法による場合は、ブレン方法による比表面積の試験結果を参考値として併記する。

## 供給体制

- ・各需要地には、三隅・新小野田発電所および中継サイロから陸上輸送・海上輸送により、確実に供給いたします。



## 主な活用先

- ・FAコンクリート、コンクリート2次製品、吹付コンクリート、FCスラリー(深層混合)アスファルトフィラー材、空洞充填材など



EPショット(トンネル吹付)



2次製品

# 石炭灰を使ったコンクリート ～FAコンクリート～

## 特性と用途

- バイブレータによる良好な作業性と仕上がり  
～複雑なRC構造物, トンネル覆工等の作業条件の悪い構造物
- クラック抑制  
～マスコンクリート等の発熱による温度ひび割れ, スラブ等の乾燥収縮ひび割れの抑制
- ASR抑制  
～ASR骨材の誤混入の恐れのある地域, 再生骨材への活用

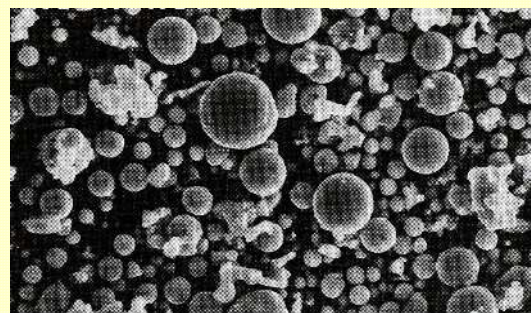
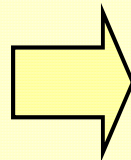
## 石炭灰の特徴

石炭灰の特徴として, 以下の事項が挙げられます。

- 球形の粒子形状……コンクリートの流動性向上, 減水効果
- 低発熱……コンクリート硬化初期の発熱抑制(温度応力の低減)
- 長期強度増進……ポズラン反応による長期耐久性の向上
- 化学安定性……緻密な硬化組織やASR抑制効果

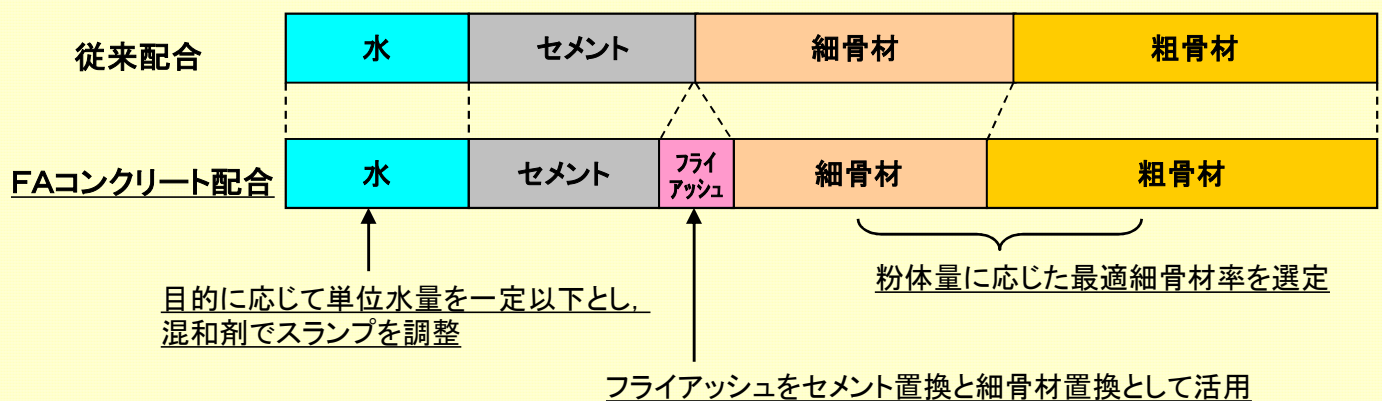


石炭灰(フライアッシュ)



電子顕微鏡写真

## 配合選定



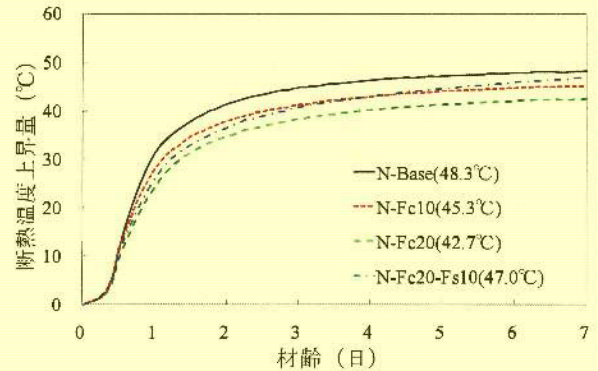


# 活用効果

## 低発熱

フライアッシュを混和したコンクリートの発熱量は、フライアッシュのセメントに対する置換率に応じて低減され、同時に発熱速度が減少することで、温度ひび割れの抑制に効果的である。

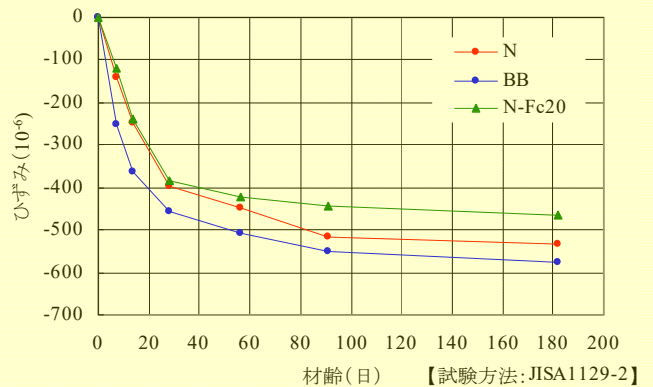
区分	配合名	W/B(%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		
			W	C	FA
普通コンクリート	N	54.9	167	304	—
FAコンクリート	N-F <sub>c</sub> 10	54.9		274	30
	N-F <sub>c</sub> 20	54.9		243	61
	N-F <sub>c</sub> 20-F <sub>s</sub> 10	44.4		243	133



## クラック抑制

フライアッシュの混和は、収縮低減効果を示し、特に実構造物のクラックに影響を及ぼす初期の乾燥収縮量の低減に効果的である。

区分	配合名	W/B(%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		
			W	C	FA
普通コンクリート	N	58.9	166	282	0
	BB	58.9		282	0
FAコンクリート	N-F <sub>c</sub> 20	58.9	226	56	



# 採用事例

◆高規格道路トンネル【土木】  
優れた施工性と仕上がりに



◆高規格道路橋脚【土木】  
発熱抑制に伴うひび割れ防止



◆事務所【建築】  
優れた施工性と仕上がりに

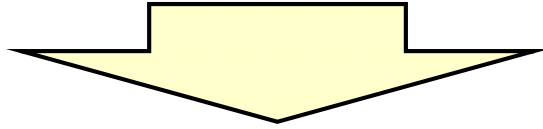


# 施工実績

工事期間	工事名	発注者	コンクリート量
H20. 6~H21. 3	広島市中区鉄砲町ビル新設工事	三菱商事	3,200 m <sup>3</sup>
H20. 11~H21. 4	三原バイパス 下木原高架橋第1下部工事	国土交通省福山河川国道事務所	5,000m <sup>3</sup>
H21. 4	松江市新ごみ処理施設建設工事	松江市	9,000m <sup>3</sup>
H21. 5~H22. 1	広島南共同清出島西第2工事	国土交通省広島国道事務所	2,500m <sup>3</sup>
H21. 6	3精整手入設備新設基礎工事	JFE福山	680m <sup>3</sup>
H21. 12~H22. 1	斐伊川放水路神戸堰改築第2期工事	国土交通省出雲河川事務所	600m <sup>3</sup>
H22. 1~H22. 3	馬洗川橋下部工事	国土交通省三次河川国道事務所	3,100m <sup>3</sup>
H22. 1~H23. 3	江波雨水滞水池建設工事	広島市 下水道局	6,000m <sup>3</sup>
H21. 9~H23. 9	斐伊川沿岸農水事業 平田船川汐止堰建設工事	農林水産省中国四国農政局	9,000m <sup>3</sup>
H22. 2~H22. 4	倉敷支社新築工事	中電工	1,800m <sup>3</sup>
H23. 6~H24. 2	広島西部山系武田山5号砂防堰堤工事	国土交通省太田川河川事務所	1,840m <sup>3</sup>
H24. 9~H25. 3	島根原子力発電所固体廃棄物貯蔵所D棟新築工事	中国電力㈱	8,000m <sup>3</sup>
H24. 4~H24. 10	島根原子力支社および寮新築工事	中電プラント㈱	4,000m <sup>3</sup>
H24. 10~H25. 3	仁摩温泉津道路福光改良第2工事	国土交通省松江国道事務所	970m <sup>3</sup>
H25. 12~	島根原子力発電所2・3号機フィルターベント設置工事	中国電力㈱	13,000m <sup>3</sup>
H26. 7~H26. 9	仁摩温泉津道路天河内第2トンネル工事	国土交通省松江国道事務所	1,500m <sup>3</sup>
H26. 8~H26. 11	川崎医科大学附属川崎病院新築工事	川崎医科大学附属川崎病院	700m <sup>3</sup>
H27. 1~H27. 3	岡山済生会総合病院 新病院建築工事	岡山済生会総合病院	700m <sup>3</sup>

# 石炭灰使用による環境負荷の低減 (CO<sub>2</sub>排出量の削減)

現在、コンクリートの分野においても、**廃棄物の再資源化**や**環境負荷低減**への貢献が強く求められている。



## 特徴

産業副産物であるフライアッシュをコンクリート材料に使用することは、

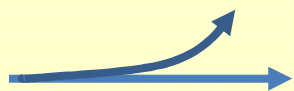
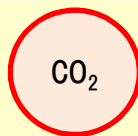
1. コンクリート混和材として活用することで**再資源化**に繋がる。
2. フライアッシュをセメントの一部代替利用することで、コンクリートのCO<sub>2</sub>排出量が削減可能となり、**環境負荷低減**に繋がる。

## CO<sub>2</sub>排出量の比較

コンクリート製造に関わるセメントとフライアッシュのCO<sub>2</sub>排出量を比較すれば、同じ使用量ではセメントのCO<sub>2</sub>排出量が大きく、フライアッシュに置換することでCO<sub>2</sub>排出量の削減に繋がります。

### セメント製造に関わるCO<sub>2</sub>排出量

766.6kg-CO<sub>2</sub>/t ※



セメント

1,450°C以上で焼成，粉砕

### フライアッシュに関わるCO<sub>2</sub>排出量※

19.6kg-CO<sub>2</sub>/t ※

フライアッシュは、**原材料の製造に関わるCO<sub>2</sub>排出量が「非常に少ない」**

・産業廃棄物は、加工によって生じる環境負荷のみが、カウントされる。

※ 出展：循環型社会に適合したフライアッシュコンクリートの最新利用技術（132）引用

# 活用評価

## コンクリート材料の各種CO<sub>2</sub>排出原単位

材料名	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材
CO <sub>2</sub> 排出原単位 (kg-CO <sub>2</sub> /t)	766.6	19.6	3.7	2.9

出展：循環型社会に適したフライアッシュコンクリートの最新利用技術（132）引用

## コンクリート打設量：2,500m<sup>3</sup>の場合

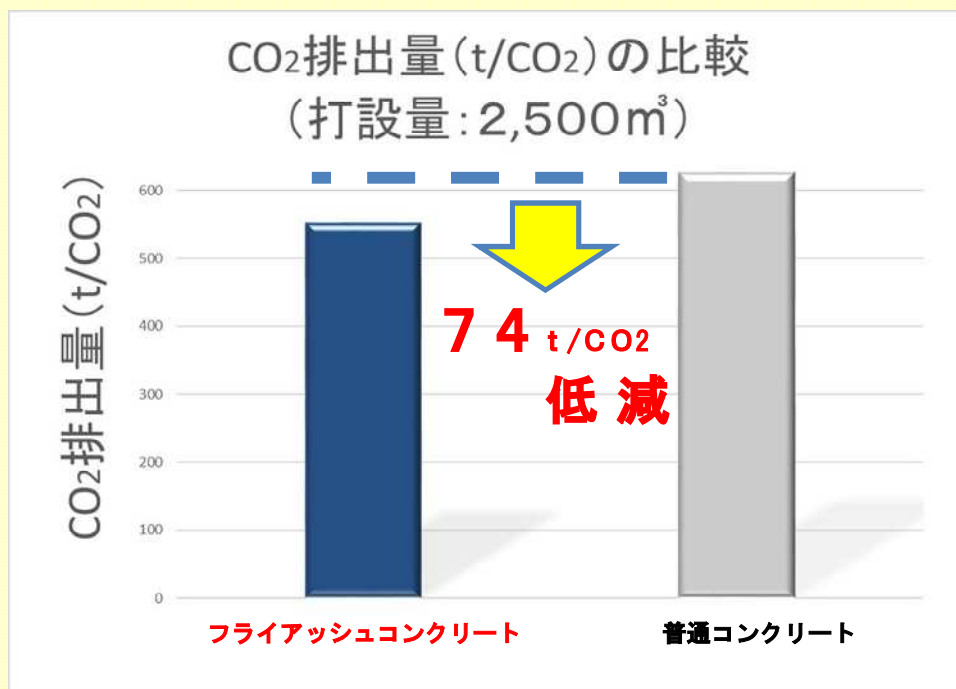
### コンクリート 打設量：2,500m<sup>3</sup>の場合

#### ★普通コンクリート配合のCO<sub>2</sub>排出量

使用材料	1m <sup>3</sup> 使用量	総使用量	CO <sub>2</sub> 排出原単位	CO <sub>2</sub> 排出量
セメント	320 kg	800 t	766.6 kg-CO <sub>2</sub> /t	613,280 kg-CO <sub>2</sub>
フライアッシュ	0 kg	0 t	19.6 kg-CO <sub>2</sub> /t	0 kg-CO <sub>2</sub>
細骨材	934 kg	2,335 t	3.7 kg-CO <sub>2</sub> /t	8,640 kg-CO <sub>2</sub>
粗骨材	852 kg	2,130 t	2.9 kg-CO <sub>2</sub> /t	6,177 kg-CO <sub>2</sub>
合計				628,097 kg-CO <sub>2</sub> 約 628 t-CO <sub>2</sub>

#### ★フライアッシュコンクリート配合のCO<sub>2</sub>排出量 (フライアッシュ置換率20%)

使用材料	1m <sup>3</sup> 使用量	総使用量	CO <sub>2</sub> 排出原単位	CO <sub>2</sub> 排出量
セメント	280 kg	700 t	766.6 kg-CO <sub>2</sub> /t	536,620 kg-CO <sub>2</sub>
フライアッシュ	70 kg	175 t	19.6 kg-CO <sub>2</sub> /t	3,430 kg-CO <sub>2</sub>
細骨材	869 kg	2172.5 t	3.7 kg-CO <sub>2</sub> /t	8,038 kg-CO <sub>2</sub>
粗骨材	865 kg	2162.5 t	2.9 kg-CO <sub>2</sub> /t	6,271 kg-CO <sub>2</sub>
合計				554,360 kg-CO <sub>2</sub> 約 554 t-CO <sub>2</sub>



普通自動車（燃費14km/L)のCO<sub>2</sub>排出量を165g-CO<sub>2</sub>/kmとした場合、

**CO<sub>2</sub>排出削減量74tは、普通自動車45万kmの走行に相当する。**

# 石炭灰を使用した吹付けコンクリート ～EPショット工法～

## 特徴

- ① 発塵を抑制することができ、吹付け時の作業環境を大幅に改善することができます。
- ② 付着性能が向上しますので、材料ロスとなるリバウンド量を低減することができます。
- ③ エコパウダー（フライアッシュ）の添加によるコンクリートの長期的な強度発現により、密実な硬化組織を形成し、耐久性のある構造体となります。

## 用途

- ① 山岳トンネル、立坑、斜坑等のNATM施工現場
- ② 地下発電所等の大規模地下空洞
- ③ 大規模なのり面の保護



在来工法

【大規模地下空洞(奥津第二発電所)】



【山岳トンネルNATM】



EPショット工法

## 配合例

### 湿式吹付コンクリート

- あらかじめ製造したベースコンクリートを搬送し、吹付ける直前に急結剤を添加する工法です。
- 従来から使用されていた粉体系の急結剤から液体急結剤に変更となり、配合が大幅に変更となっています。
- 液体急結剤中の水分による水セメント比の低下による強度低下を抑制するため、単位セメント量を20～60kg増量し、石炭灰は砂置換のみとしています(この配合では石炭灰の砂置換量を50～70kgとした例となります)。
- 配合例3は砂置換量を増加させ、粉体充填効果と石炭灰の反応サイトとしての効果により強度発現を促進し、セメント増量を抑制した配合となります。

### ベースコンクリートの配合例

配合No.	W/C %	FA/(G+FA) %	細骨材率 %	単位量kg/m <sup>3</sup>					備考
				水	セメント	石炭灰	細骨材	粗骨材	
1	50	11	60	200	400	50	945	702	液体急結剤 46～50kg/m <sup>3</sup>
2	50	10	60	210	420	49	922	686	
3	50	16	60	200	380	70	942	699	

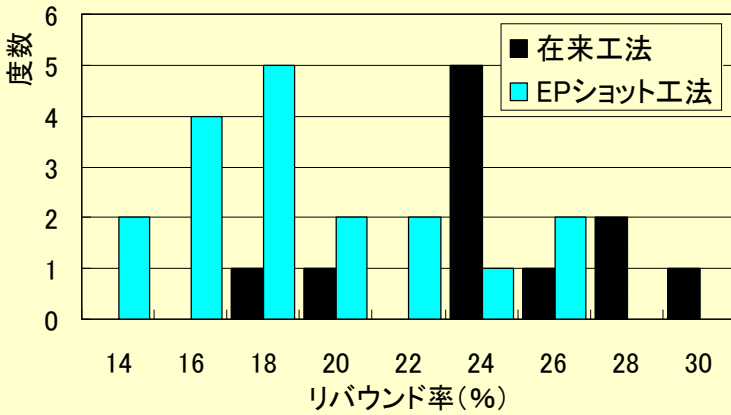
FA: 石炭灰, C: セメント, W: 水



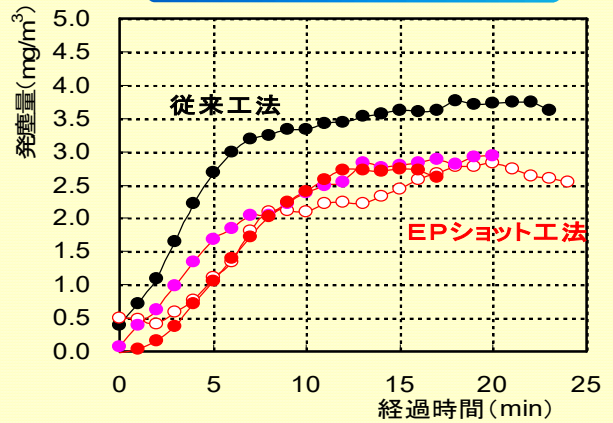
# 施工性

- ・石炭灰を使ったEPショット工法のリバウンド率は、通常のコンクリートと比較して5%程度低減することができます。
- ・EPショット工法では、石炭灰の添加によってコンクリートの粘性が適度に得られるため、粉塵量が大幅に低減でき、トンネル内の作業の改善が図れます。

リバウンド量測定結果



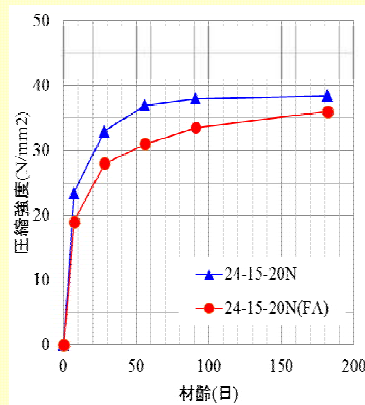
粉じん量測定結果



# 強度

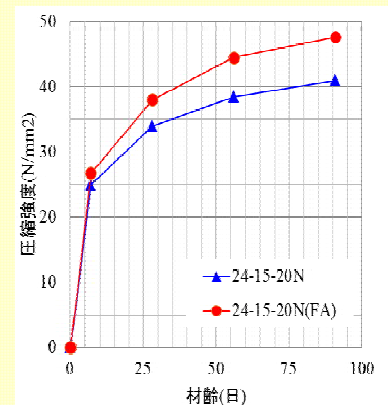
- ・フライアッシュをセメント置換すると初期強度は低下するが、長期強度はフライアッシュのポゾラン反応により増加します。
- ・フライアッシュを砂置換すると無置換のコンクリートに比べて、初期材齢からコンクリートの強度発現が大きく、長期強度発現も大きくなります。
- ・これはフライアッシュによる空隙充填効果とフライアッシュの比表面積が大きく、フライアッシュがセメントの反応サイト(セメントが反応する場所を提供すること)になり、セメントの水和反応が促進されるためです。

配合	W/B	単位量 (kg/m³)				
		W	B	FA	S	G
24-15-20N	55%	170	310	0	861	978
24-15-20N (FA)	55%	170	248	62	839	978



a.フライアッシュのセメント置換配合

配合	W/B	単位量 (kg/m³)				
		W	B	FA	S	G
24-15-40N	57%	159	279	0	886	1011
24-15-40N (FA)	57%	159	279	60	807	1018



b.フライアッシュの砂置換配合

## フライアッシュコンクリートの強度発現性

# 施工実績

工事期間	工事名	発注者	工事概要
H22.7~H23.8	尾道・松江自動車川平トンネル工事	国土交通省三次河川国道事務所	延長 1,100m
H22.9~H23.8	東広島・呉道路広石内トンネル工事	国土交通省広島国道事務所	延長 520m
H22.9~H23.7	一般国道53号大田トンネル工事	国土交通省岡山国道事務所	延長 580m
H23.8~H24.12	一般国道9号駒馳山バイパス駒馳山トンネル工事	国土交通省鳥取河川国道事務所	延長 950m
H23.10~H24.3	仁摩温泉津道路福波トンネル工事	国土交通省松江国道事務所	延長 190m
H23.11~H24.5	尾道・松江自動車吉田南トンネル工事	国土交通省松江国道事務所	延長 547m
H23.12~H25.2	県営広域営農団地農道整備事業芸北4期地区芸北トンネル工事	広島県西部農林水産事務所	延長 1,068m
H24.2~H25.6	主要地方道矢野安浦線 矢野安浦トンネル工事	広島県西部建設事務所	延長 1,167m
H24.10~H25.10	浅利渡津線渡津工区社会資本整備 総合交付金 改良) 仮称) 江の川トンネル工事	鳥根県浜田県土整備事務所	延長 1,320m
H25.1~H25.7	東広島・呉道路金剛山トンネル工事	国土交通省広島国道事務所	延長 570m
H25.6~H25.12	仁摩温泉津道路新湯里トンネル工事	国土交通省松江国道事務所	延長 299m
H25.9~H26.1	東広島・呉道路乃美尾トンネル工事	国土交通省広島国道事務所	延長 286m
H26.3~H26.6	仁摩温泉津道路天河内第2トンネル工事	国土交通省松江国道事務所	延長 111m

# フライアッシュを活用した深層混合処理工法 ～FCスラリー工法～

## 特徴

### (社会的な効果)

- ① 深層混合処理工法において、施工性の改善や改良体の品質向上を図るため、石炭火力発電所の副産物であるフライアッシュをセメントの一部代替材として活用することは、セメント使用量の低減によるCO<sub>2</sub>排出量削減等の**環境負荷低減**に繋がるとともに、**循環型社会の構築**に寄与することが出来ます。

### (当該技術の効果)

- ② FCスラリー（フライアッシュをスラリー用の粉体として活用）とすることで、同一水改良材比のフライアッシュ無混和のスラリーに比べて、**流動性が改善され、施工性の向上**が図れます。
- ③ FCスラリーはフライアッシュがセメントを均質に分散させる効果を有するため、改良体の品質変動が減少し、**より均一な品質の改良体**を造成することが出来ます。また、フライアッシュの**ポゾラン反応により、長期強度の増進**が期待出来ます。
- ④ 均質な改良体を造成するのに必要なスラリー量を確保するため、フライアッシュを代替材として粉体を増量する場合、セメントを増量させて対応する場合に比べて、改良体が過強度にならないため、改良体の品質を確保しながら、合理的に低強度の改良体を造成することが出来ます。このため、土留壁や止水壁等に使用する場合には、**改良体の接合部施工および矢板打設等の施工も容易**となります。

標準仕様		
改良材の種類		フライアッシュ+普通ポルトランドセメント または高炉セメントB種
水改良材比:W/(F+C)		60～100%
配合	セメント添加量(kg/m <sup>3</sup> )	配合比により数種類設定
	スラリー量(L/m <sup>3</sup> )	90～300
	ポート流下時間	13秒以下

## 施工事例

### ●FCスラリー改良(中国電力株下松石炭中継基地基礎工事):施工数量185,000m<sup>3</sup>

(改良方式)

石炭積付け部 : 複合地盤的改良(杭式改良)  
石炭払出地下洞道部: ブロック改良

### 改良対象土の性状

	砂質土	粘性土
土粒子の密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.66
含水比(%)	20.9	41.3
液性限界(%)	NP	47.1
塑性限界(%)	NP	22.2
塑性指数(%)	NP	24.9
粒度	砂れき分(%)	34.8
	シルト分(%)	36.5
	粘土分(%)	28.7



下松石炭中継基地(建設時)

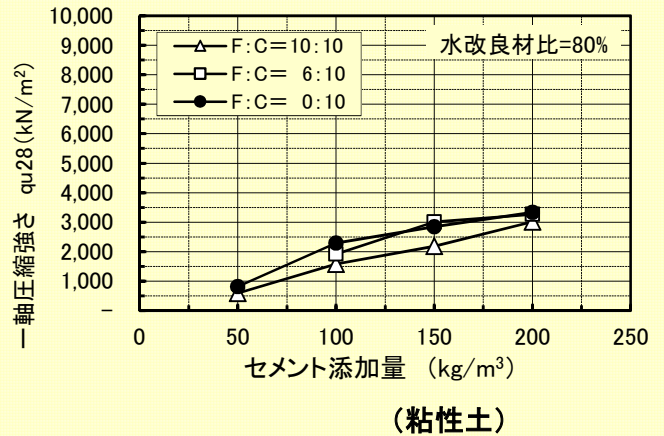
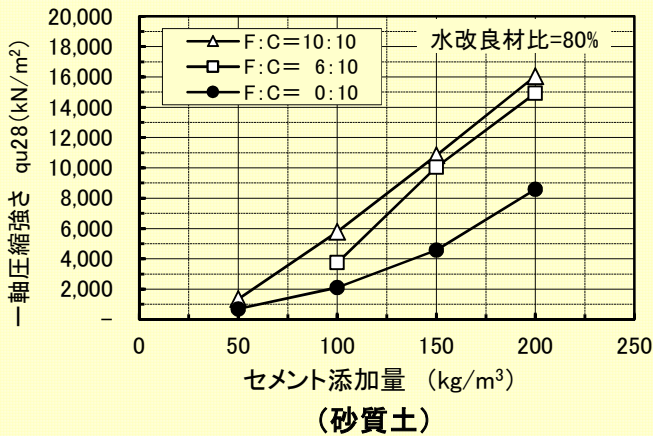


FCスラリーによる施工状況  
(ブロック改良部)

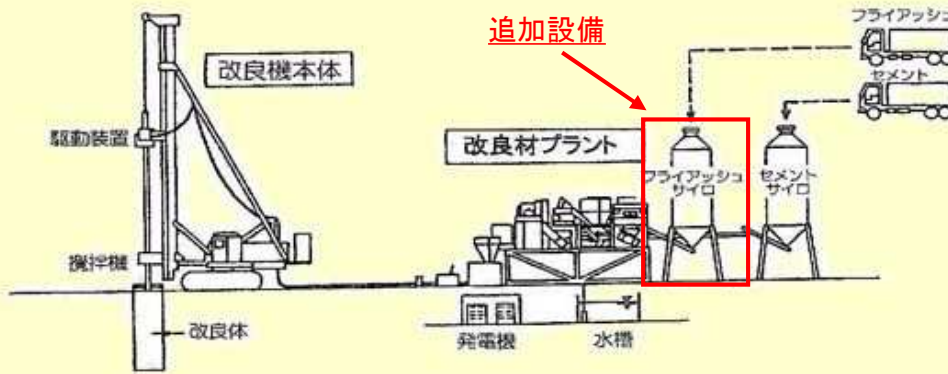
## 選定配合

設計基準強度 (kN/m <sup>2</sup> )	室内試験改良体 目標強度 (kN/m <sup>2</sup> )	最低スラリー量 (L/m <sup>3</sup> )	水改良材比 :W/B (%)	F:C	改良材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )			スラリー量 (L/m <sup>3</sup> )
					F	C	B=(C+F)	
500	1,000	170	80	10:10	75	75	150	177
1,500	3,000		70	6:10	75	125	200	213

## 改良土の室内試験結果



## 施工機械構成



## 施工実績

発注者	工事名	施工時期	改良土量	仕様
電源開発(株)	橘湾火力発電所新設工事	H9.3~H9.9	108,309m <sup>3</sup>	F:C=1:2 水改良材比=100%
電源開発(株)	磯子火力発電所更新工事 水路第一工区工事	H10.4~H10.8	19,200m <sup>3</sup>	F:C=5:2 水改良材比=100%
北海道電力(株)	苫東厚真発電所4号機増設工事 貯炭サイロ基礎	H11.3~H11.9	40,700m <sup>3</sup>	F:C≒3:5 水改良材比=60%
横浜市港湾局	大さん橋ふ頭再整備工事	H11.11~H12.3	施工本数 2,296本	F:C=2:3 水改良材比=100%
九州電力(株)	松浦発電所第2号機増設工事	~H15.6	8,400m <sup>3</sup>	F:C=1:2 水改良材比=120%

# 二次製品会社・建材メーカーへの販売 ～製品原料～

○エコパウダー（フライアッシュ）の製品特性を活かして、コンクリート二次製品や建材メーカーにおける製品原料としても活用して頂いています。

○エコパウダー（フライアッシュ）をコンクリート二次製品や建材メーカーにおける製品原料としても活用する場合、エコパウダーの産地選定や配合選定のコンサルティングも実施しております。

○製品の製造メーカー（コンクリート二次製品会社）ではエコパウダーを混和した製品を各県の「エコ認定製品」として登録して販売して頂いています。

## 土木用資材としての活用

FAコンクリートで示した以下の「石炭灰の特徴」を活かしてコンクリート用混和材として活用して頂いています。

- コンクリートの流動性
- 温度ひびわれ、乾燥収縮ひびわれの低減効果
- 化学抵抗性の向上（塩分浸透抑止効果、アルカリ骨材反応抑止効果等）

## 建築用資材としての活用

FAコンクリートで示した以下の「石炭灰の特徴」を活かして、基本的にはコンクリート用混和材として活用して頂いています。

- 材料の充填性の向上
- 製品の成型性の向上



## 土木用資材



ボックスカルバート



L型擁壁



マンホール



自由勾配側溝



ブロック

## 建築用資材



- ・屋根材
- ・外壁材
- ・内装材(壁材・天井材)

※神島化学工業(株)HPからの参照

- 島根県 しまね・ハツ・建設ブランド [土木分野]  
登録No. B1003 「エコパウダー」

技術に関するお問い合わせ

中国電力株式会社 電源事業本部(石炭灰有効活用グループ)  
〒730-8701 広島市中区小町4番33号  
TEL 082-545-1543  
URL <http://www.energia.co.jp/business/sekitanbai/index.html>

製造販売に関するお問い合わせ

中国高圧コンクリート工業株式会社 土木本部  
〒730-0041 広島市中区小町4番33号  
TEL 082-243-6928  
FAX 082-244-9058

新小野田リサイクルセンター 山口県山陽小野田市新沖 2丁目 1番 1号  
三隅リサイクルセンター 島根県浜田市三隅町岡見1810  
URL <https://chucon-ic.co.jp/business/coal-ash/>