



石炭灰の有効利用技術について

日本フライアッシュ協会

2021年10月26日

1



はじめに

- 電力はご承知のとおり重要なインフラである。発電にはいろいろな方式があり、石炭火力発電は全発電量の約32%を供給している。
- 石炭は地球上に広く存在し、その採掘量も多く安価な燃料であり、経済性、供給安定性に優れたものである。
- 一方で地球温暖化防止のために温暖化ガス排出抑制が叫ばれ、石炭火力から発生する二酸化炭素もその抑制が必要となっている。しかし、高効率な石炭火力による電源も当面の間は必要と考えられる。
- 石炭を燃焼するとフライアッシュやクリンカアッシュなどの石炭灰が発生するため、その適切な処理・有効利用は重要事項である。
- これまで石炭灰の有効利用については種々検討、研究されてきた。今回はその技術の一部を紹介することとした。

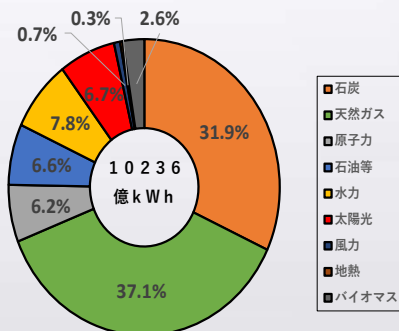
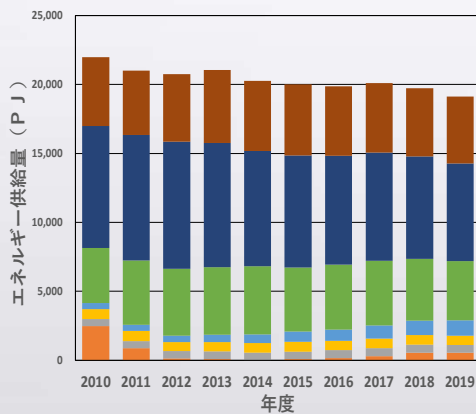
2

日本フライアッシュ協会とは

- ・日本全国の電力会社の石炭灰を取扱うグループ企業（11社）を主体に設立
- ・設立 1958（昭和33）年
- ・主な事業
 - （1）フライアッシュの需要・供給・品質
 - （2）日本工業規格（JIS A6201コンクリート用フライアッシュ）の管理
 - （3）副製品の有効利用
 - （4）産業副産物の適正処理および資源リサイクル
 - （5）環境設備対応
 - （6）普及・宣伝
 - （7）その他
- ・URL <http://japan-flyash.com>

3

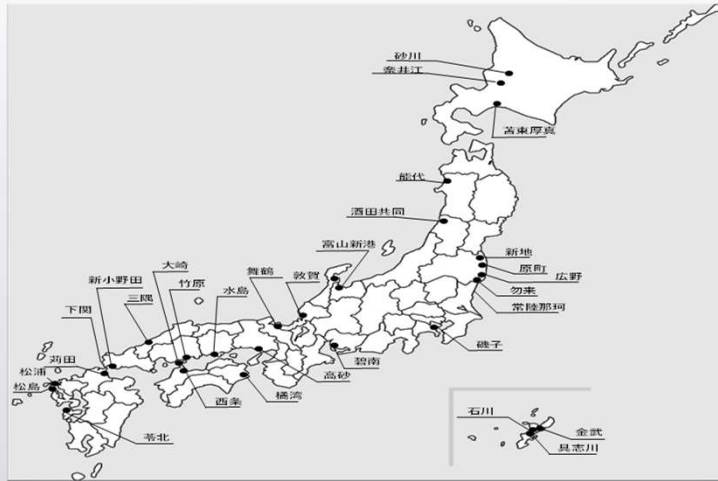
エネルギー供給と電源構成



石炭火力発電は電源の約32%を占めています
 （出典：資源エネルギー庁：資源エネルギー統計）

4

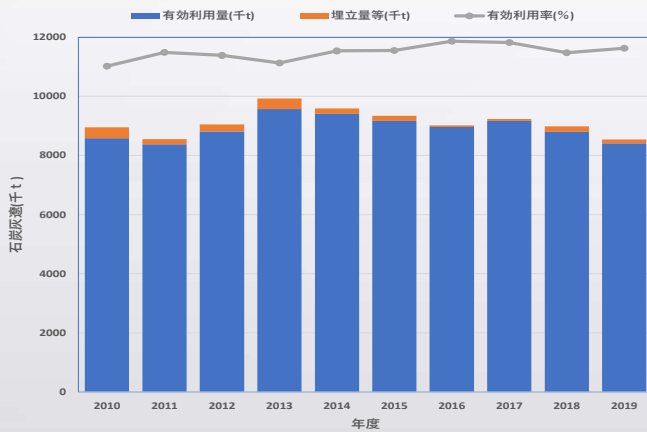
主な石炭火力発電所の分布



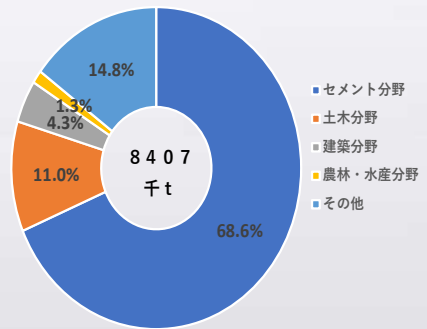
2021年9月末現在 69基、3926万kW(フライアッシュ協会関係)

5

石炭灰の発生量と利用用途



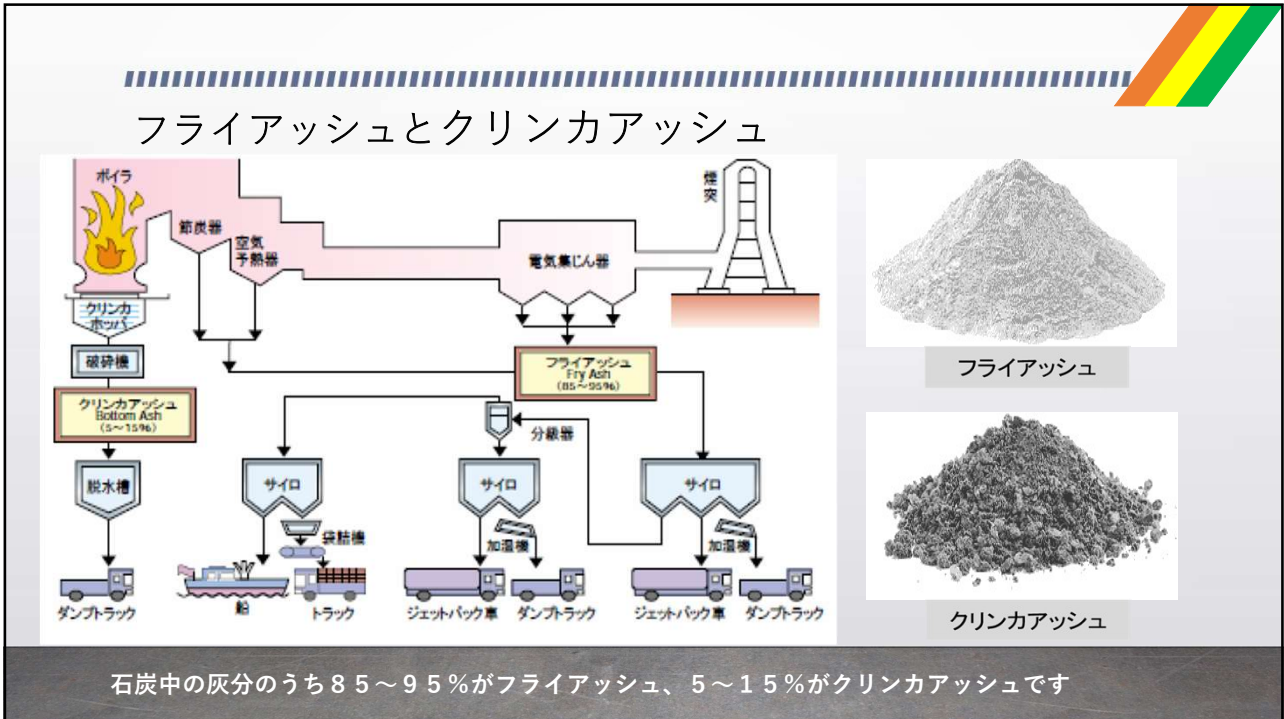
石炭灰発生量・有効利用率の推移



有効利用の内訳 (2019年度)


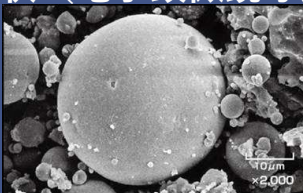
電力からの石炭灰の有効利用量、埋立量等及び有効利用率の推移 (左図: 2010年~2019年度) 並びに有効利用用途 (右図2019年度)、石炭フロンティア機構資料から

6



7

フライアッシュの性状と利用用途

外観	形状（電子顕微鏡写真）
	
<p>特徴</p> <p>コンクリート混和材として使用した場合の効果</p> <p>利用用途</p>	<p>○乾燥粉末 ○球状の粒子 ○ポゾラン活性</p> <p>○流動性の向上 ○長期強度の向上 ○水和発熱の低減 ○アルカリ骨材反応抑制</p> <p>○生コン混和材 ○コンクリート2次製品混和材 ○道路材（フィラー） ○混合セメント ○地盤改良材 ○裏込め材</p>

球形粒子を含む粉体でポゾラン活性をちます

8

コンクリート用フライアッシュの品質規格 (J I S A 6 2 0 1 : 2 0 1 5 年改正)

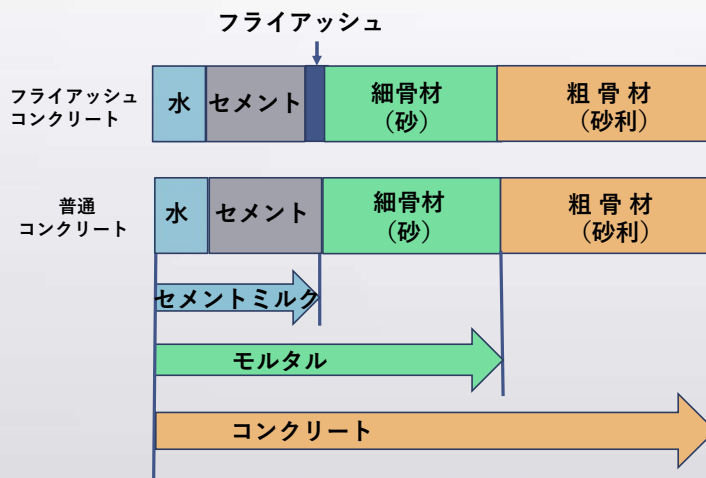
種類		フライ アッシュ I 種	フライ アッシュ II 種	フライ アッシュ III 種	フライ アッシュ IV 種
項目					
二酸化けい素 %		45.0以上			
水分 %		1.0以下			
強熱減量 %		3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度 g/cm ³		1.95以上			
粉末度	45 μmふるい残分(網ふるい方法) %	10以下	40以下	40以下	70以下
	比表面積(プレーン方法) cm ² /g	5000以上	2500以上	2500以上	1500以上
フロー値比 %		105以上	95以上	85以上	75以上
活性度 指数%	材齢28日	90以上	80以上	80以上	60以上
	材齢91日	100以上	90以上	90以上	70以上

コンクリート用フライアッシュには4種類の品質規格があります

9

フライアッシュの利用方法

・コンクリート用混和材として利用の場合



・使用方法

一般的にセメントの10～30%を置換して使用する。

・使用するメリット

- ✓ 施工性能(流動性)の向上
- ✓ 単位水量の減少
- ✓ 長期強度の増進
- ✓ 水和熱の減少
- ✓ 化学抵抗性の向上
- ✓ A S Rの抑制
- ✓ 水密性の向上
- ✓ 塩分浸透の抑制
- ✓ ひび割れの抑制

フライアッシュコンクリートの配合(イメージ図)とメリット

10

フライアッシュの利用の具体的事例

・ 建築、土木分野への利用 その1



橋脚躯体への利用
細骨材補充混和材



ダムへの利用
中庸熱フライアッシュセメント

JISフライアッシュの利用は多方面に広がっています

11

フライアッシュの利用の具体的事例

・ 建築、土木分野への利用 その2



トンネルへの利用
吹付けコンクリート


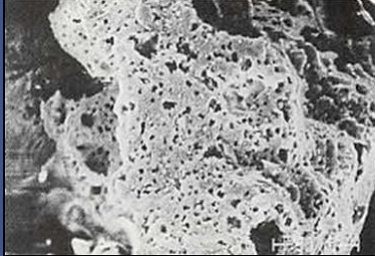


建物への利用
CO₂削減効果

JISフライアッシュの利用は多方面に広がっています

12

クリンカアッシュの性状と利用用途

外観	形状（電子顕微鏡写真）
	
特徴	<input type="checkbox"/> 砂礫状 <input type="checkbox"/> 多孔質粒子 <input type="checkbox"/> 軽量（12kN/m ³ 程度） <input type="checkbox"/> 透水性（10 ⁻⁵ ～10 ⁻³ cm/sオーダー） <input type="checkbox"/> 保水性が高い
利用用途	<input type="checkbox"/> 道路材（路床，下層路盤材） <input type="checkbox"/> 軽量盛土材 <input type="checkbox"/> 埋め戻し材 <input type="checkbox"/> 土壌改良材 <input type="checkbox"/> 屋上緑化材 など

砂礫状、軽量、多孔質粒子で保水性が高い

13

クリンカアッシュの利用方法

- ・ 砂礫状で排水性がよく、砂より比重が軽い性状をもつ。



グラウンドの中層材としての利用



道路の舗装材としての利用

クリンカアッシュの利用用途も多方面にわたっています

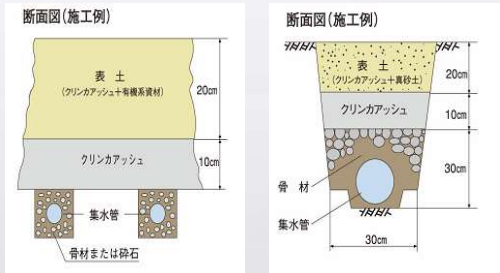
14

クリンカアッシュ利用の具体的事例

・ 中層材としての利用



【中層材としての利用例】

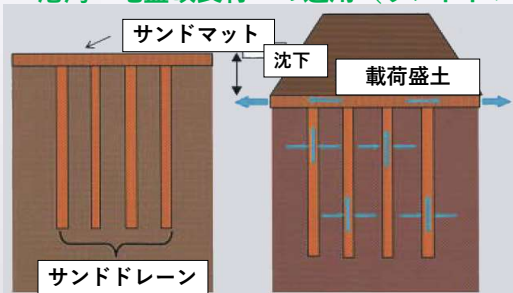


中層材、寒冷地における凍上抑制、ほ場整備に利用されています

15

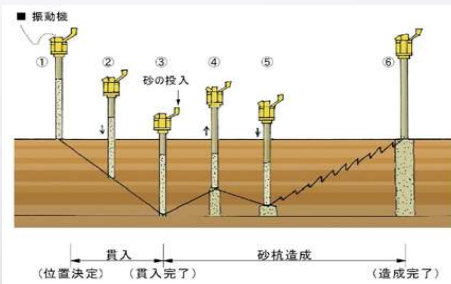
クリンカアッシュ利用の具体的事例

・ 港湾・地盤改良材への適用 (サンドドレーン、サンドコンパクションパイル)



サンドドレーン、サンドマット主な使用実績

2009年度～10年度
鍋田ふ頭地盤改良工事
(名古屋港)
8700 t 使用



サンドコンパクションパイル主な使用実績

2008年度 川越火力発電所 LNGタンク基礎工事 800 t 使用	2010～14年度 姫路第二発電所 設備更新工事 21000 t 使用
---	--

クリンカアッシュによる基礎工事 (サンドコンパクション)

16

クリンカアッシュ利用の具体的事例

・その他の利用方法（家畜パドック泥濘防止化）

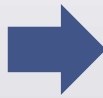
透水性が高く硬度が安定したクリンカアッシュを敷設することで、家畜パドックの泥濘化防止に顕著な効果が得られる。

○北海道での利用実績：

2012年度 4797 t → 平成2013年度 7834 t → 2014年度 9365 t



改良前



改良後

牛へのストレス改善

17

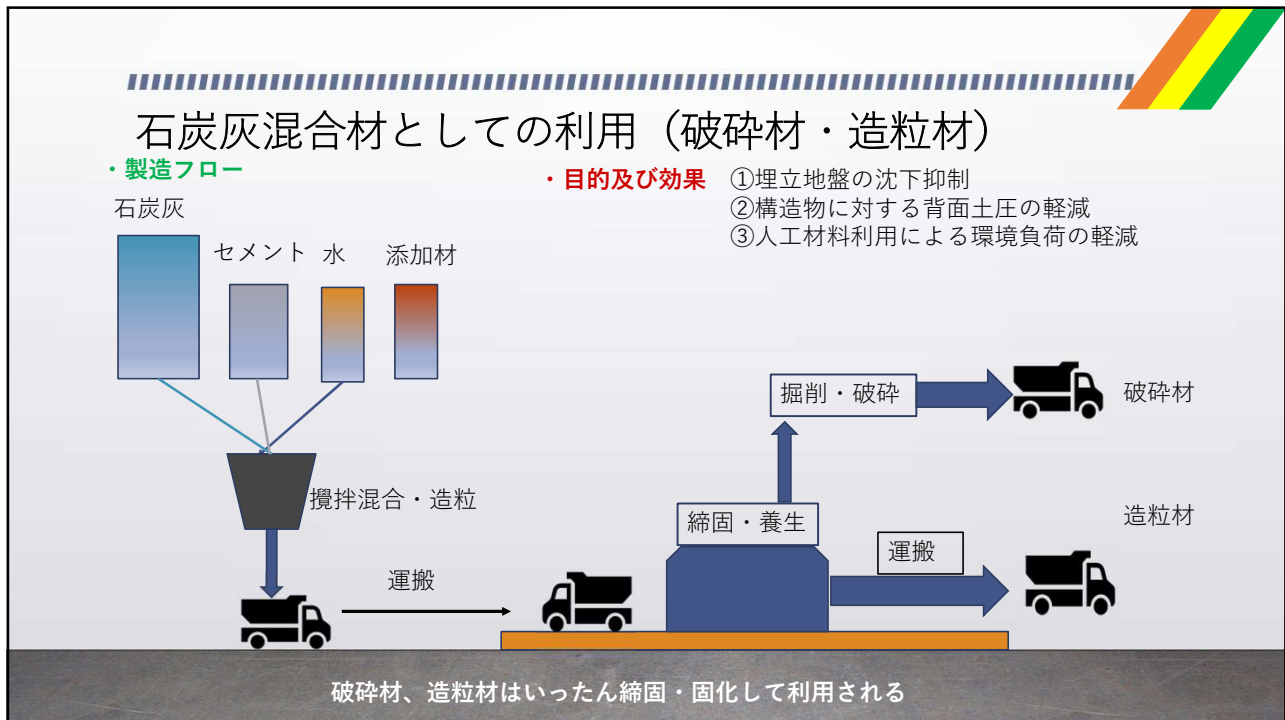
石炭灰混合材としての利用

・石炭灰混合材料としての工学的特性

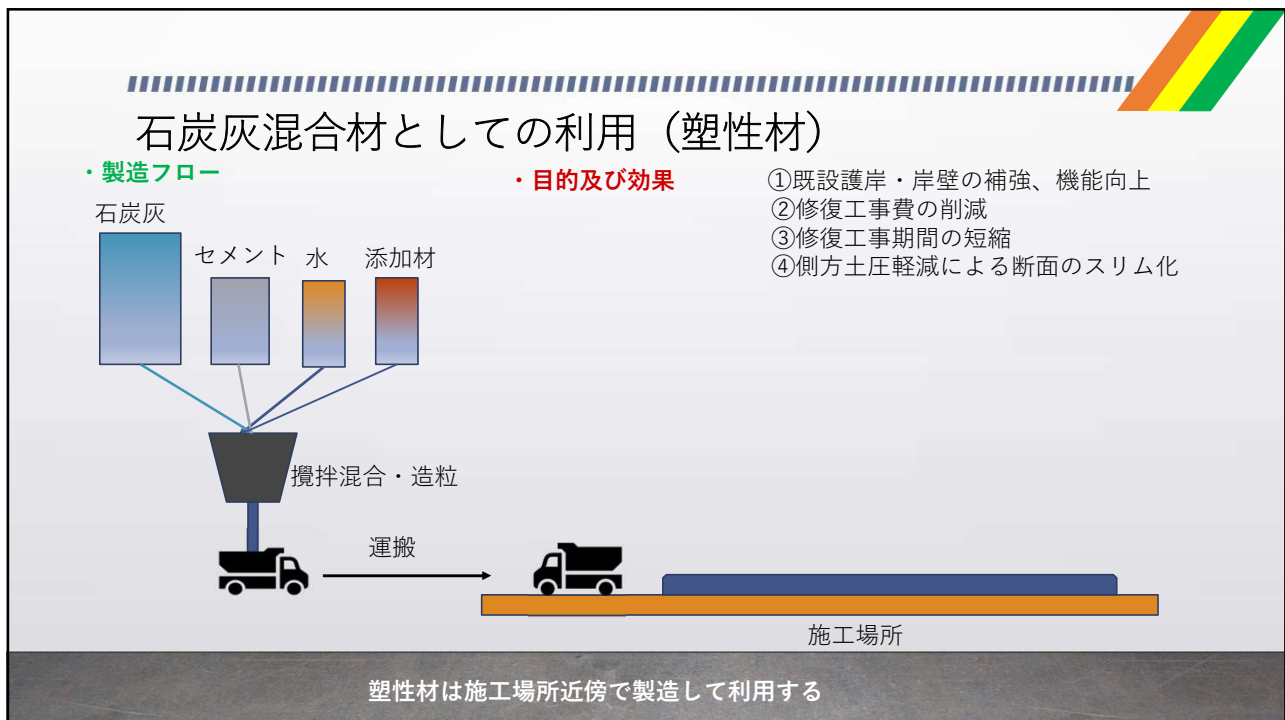
特 性	効 果		
	破砕材・造粒材	塑性材	スラリー
工学的分類	・礫質土または砂質土	・改良土	・改良土
力学特性	・通常の碎石や土砂と同等	・改良土と同等 ・固化することで一体化し、液状化を防止	・流動化処理度と同等 ・固化することで一体化し、液状化を防止
軽量性	・盛土荷重低減 ・土圧低減 ・沈下防止 ・運搬、施工効率の向上	・同左	・同左
透水性	・透水性に優れる (粒度による)	・低透水性	・低透水性

新たな利用法である石炭灰混合材料

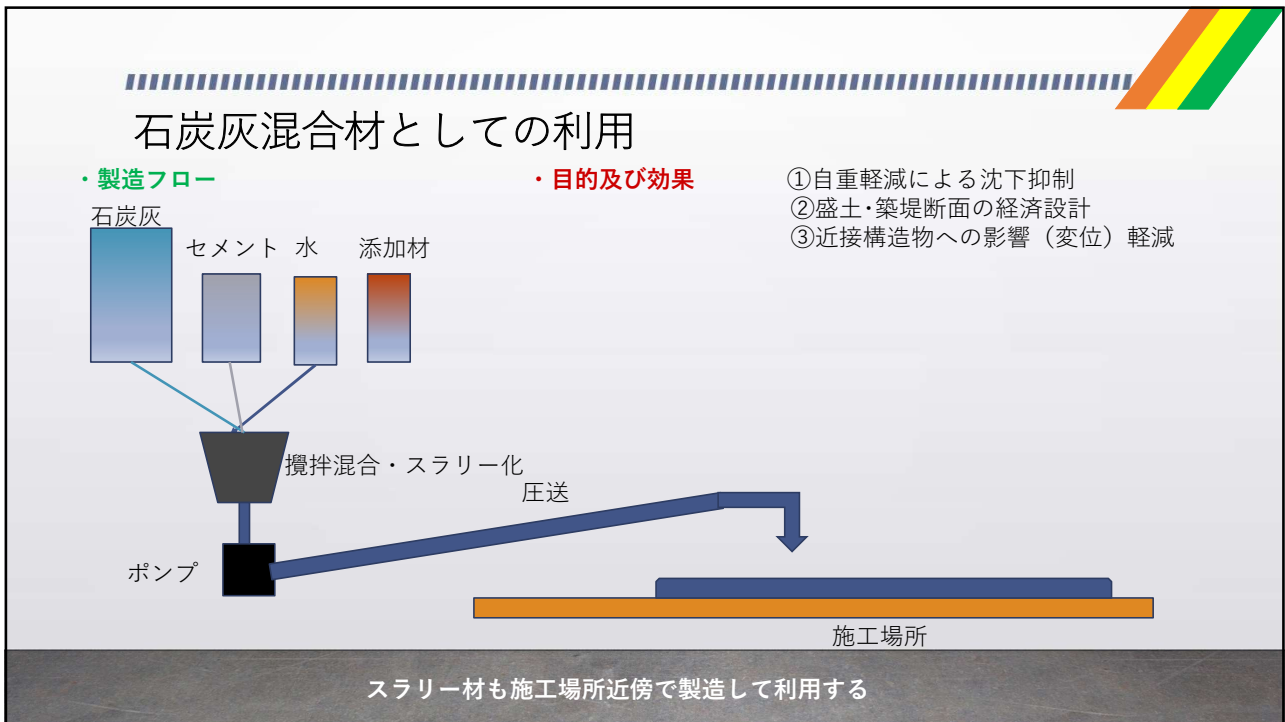
18



19



20



21

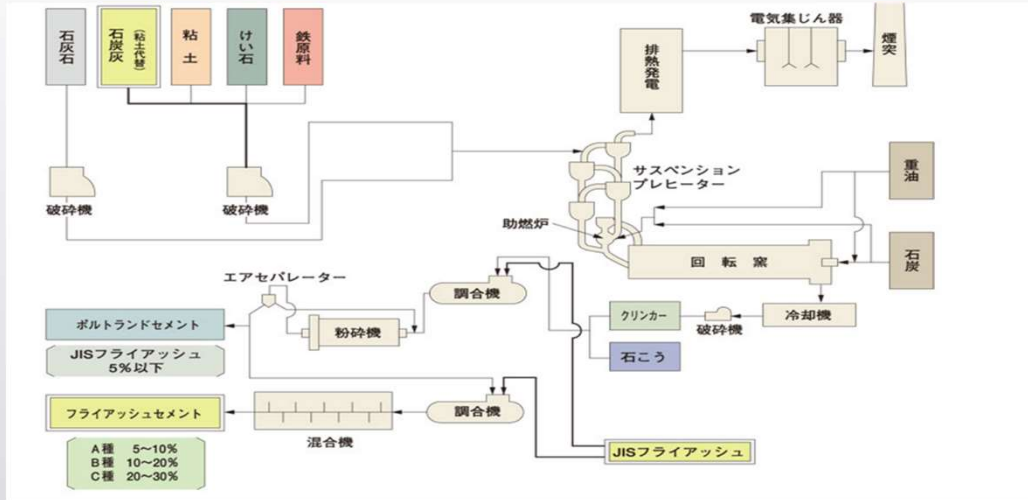
石炭灰混合材料の主な利用用途一覧

工種	適用例	破碎材 造粒材	塑性材	スラリー 材
埋戻工	埋戻工	◎	○	◎
土工・基礎工	盛土（路床盛土、炉体盛土、築堤盛土）材	◎	◎	○
	裏込材	◎	◎	◎
地盤改良工	バーチカルドレーン材、 サンドマット材	◎	—	—
	サンドコンパクション材	◎	—	—
舗装工	上層路盤材、下層路盤材	◎	◎	—
建築・基礎工	建築基礎碎石	◎	—	—

石炭灰混合材料の特徴と適用例

22

セメントと石炭灰



セメント原料として天然資材の利用削減が可能

23

フライアッシュ・クリンカアッシュの用途

利用分野	フライアッシュ	クリンカアッシュ
セメント	フライアッシュセメント セメント製造原料（粘土代替）	セメント製造原料（粘土代替）
コンクリート	生コンクリート、マスコンクリート（混和材） トンネル吹付けコンクリート	——
建材・資材	プレキャスト製品、コンクリート二次製品 L型ブロック、インターロッキングブロック	インターロッキングブロック原料 舗装ブロック原料
農林水産	肥料原料 人工漁礁	特殊肥料 暗渠排水管理戻材
地盤安定	深層混合処理材 石炭灰混合材による軽量盛土	埋戻材、埋立材、軽量盛土、排水材 コンパクションパイル材、サンドドレーン材
道路	路盤材、路床材	下層路盤、凍上抑制材
その他	補修用モルタル材 ジオポリマー 水処理材	グラウンド土中層材、除草材、緑化基盤材 軽量地盤（屋上緑化等）、植生基材吹付材 泥濘防止材、汚水処理材

石炭灰には様々な用途があり、環境配慮資材といえます

24

おわりに

- 地球温暖化ガスの排出抑制は進められていくと思われるが、当面石炭火力は電力供給の役割を一定程度担っていくものと考えられる。
- 石炭火力発電に伴って発生する石炭灰は、CO₂フリーの材料として活用が可能である。
- また、新規天然資源採掘を抑制することも可能であり、資源循環をとおして地球環境にやさしい資材といえる。
- これからも引き続き各方面への石炭灰の有効利用・普及を進めて、よりよい社会インフラの形成の手助けとなるべく活動して参りたい。

25

ご清聴ありがとうございました。



日本フライアッシュ協会

26