

石炭灰利用の TRD 工法

石炭灰利用の TRD 工法とは、ソイルセメント地中連続壁工法として知られる TRD 工法 (Trench cutting Re-mixing Deep wall method) の固化材であるセメントの一部をフライアッシュで代替し、更にベントナイトを膨潤使用することで、止水性能を向上させた工法です。

特 徴

1. セメントの一部を石炭灰に代替することで経済性の向上が図れます。
2. 予め施工面に膨潤させたベントナイトを敷設することにより、材料混合度の改善を図ることができ、高い止水性と均一性が確保できます。
3. 本工法は、地下掘削時の土留め止水壁、液状化対策、地盤補強、地下水遮断にはもちろんのこと、特に廃棄物処分場遮水壁などの適用に有効です。

施工事例

響灘西部廃棄物処理場 3 号地で止水壁築造試験工事を行ない、品質および施工性の確認をしました。

強 度 : 1000kN/m² 以上 (28 日強度)

透水係数 : 1×10^{-6} cm/s 以下

標準配合 : 固化液

	セメント (kg/m ³)	フライアッシュ (kg/m ³)	ベントナイト (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	W/(F+C) (%)
膨潤ベントナイトなし	300	0	15	240	80
FA利用TRD工法	240	120	15	288	80
FA + 膨潤ベントナイト利用TRD工法	200	100	0	240	70

膨潤ベントナイト

ベントナイト (kg/m ³)	水 (kg/m ³)
15	75

施工数量 : 掘削幅 0.55m

改良深度 15.4 ~ 19.5m

改良延長 8.0m

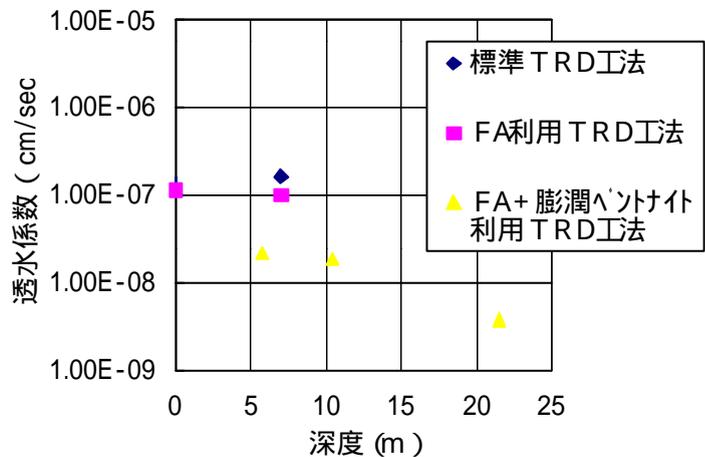
連続地中壁数量 約 800m³

膨潤ベントナイト数量 約 9m³

フライアッシュ使用数量 約 80 t

セメントの一部を石炭灰に置換した場合は、標準 TRD 工法と同等の止水性が得られることが確認できました。

また、セメントの一部を石炭灰に置換し、更に膨潤ベントナイトを敷設した場合は、標準 TRD 工法に比べ、透水係数が 1 オーダー程度小さく、止水性能向上に効果的であることが確認できました。



膨潤ベントナイト敷設



攪拌・混合



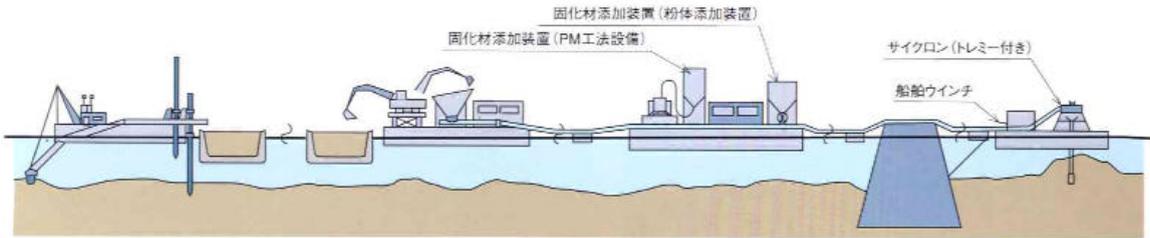
TRD施工状況

(資料提供 : J-power)

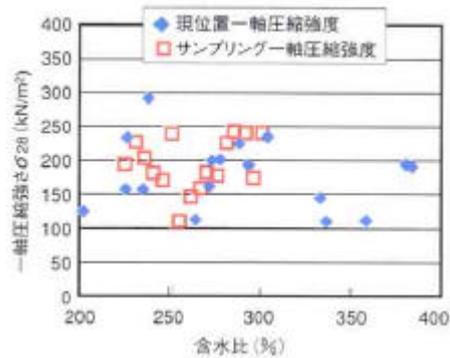
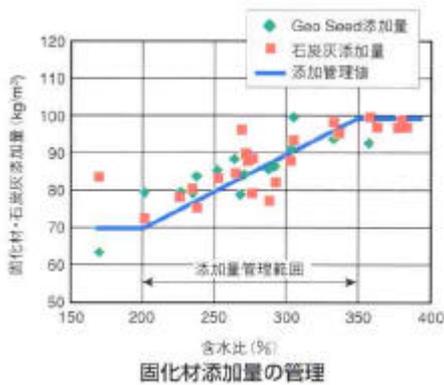
7. 管中混合処理工法
- Geo Seed -

「特徴」

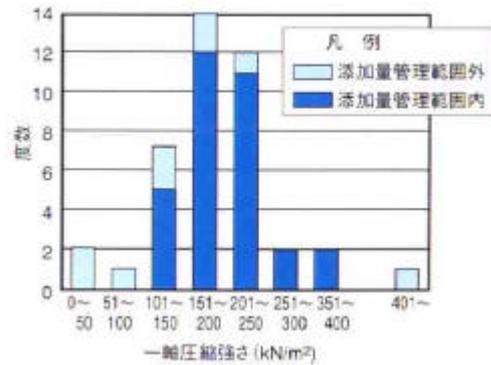
- 石炭灰の持つ物性改善効果や締固め性能の向上などの性質により、含水比のばらつきが大きい浚渫土において安定した強度が得られる。



施工システムの一例



管中混合改良土吹込



強度発現性



管中混合処理船

「特許」

- 軟弱地盤の表層埋立固化工法

「施工実績」

- 新小野田泊地維持浚渫工事：1,624
- 新小野田刈屋漁港埋立工事：1,700t

自硬性安定液(SG液)

特 徴

・通常、遮水壁に使うSG液はセメント、ベントナイト、水等から作製されますが、SG液にフライアッシュを利用することでベントナイト量とセメント量の低減が可能になります。また、水粉体比が小さくなることから、スラリー密度が $1.4\text{g}/\text{m}^3$ 以上となり、掘削孔壁の安定性および固化壁の耐久性に優れています。

用 途

・産業廃棄物を埋立する管理型最終処分場の遮水構造として石炭灰を用いた鉛直遮水構造を採用し、廃掃法改正後の基準を満足する遮水壁を構築することが可能となりました。(H=10m、t=0.5m)

工 法

・掘削はケリー掘削機で行い、グラブを押さえつけながら土に食い込むように作動させて掘削し、掘削中はSG液を孔内に常に充填させ孔壁面の崩壊を防止し、時間の経過とともに所定の強度と止水性を発現させます。施工量は、昼3ガット/基、夜3ガット/基の計6ガット/基を標準とし、2台にて施工しました。

設 計 条 件

- ・壁厚：50cm
- ・透水係数(材齢91日)： 1×10^{-6} (cm/s) 以下
- ・一軸圧縮強度(材齢91日)：0.6kN/mm²

配 合

単体量 (kg/m ³)					
フライアッシュ	セメント	ベントナイト	水	硬化遅延剤	逸泥防止剤
645~755	190	20	587~634	1	5

品質管理項目

試験方法	頻度	管理値
Pポート流下時間	1日1回	13秒以下
比重(レッドバランス)	1日1回	計算値±0.05
一軸圧縮強度試験	100m ³ 毎、3試料/回	目標値以上
透水試験	300m ³ 毎、3試料/回	1×10^{-6} cm/s 以下

施 工 実 績

遮水壁の面積 10,788m²
 フライアッシュ使用量 7000t



掘削状況

(資料提供：北海道電力)

石炭灰人工ゼオライト

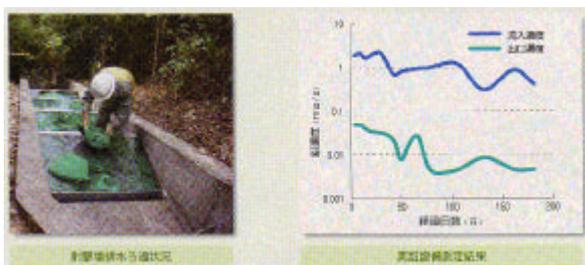
石炭灰から人工ゼオライト

石炭灰は、アルミナ、シリカの成分が約 8 割を占め、そのほとんどが非結晶で無秩序な化学構造の状態が存在しています。それに苛性ソーダを混合し熱処理することにより、規則正しく配列し直され様々な機能を有する人工ゼオライトが生成されます。

ゼオライトの優れた機能

多孔質の部分に物質が吸着する機能（吸着機能）と、マイナス電荷部位に最初に結合していた Na イオンと重金属などの別のプラスイオンと交換する機能（イオン交換機能）を有しており、重金属の除去等に効果があります。

ゼオライトの活用事例



射撃場の鉛含有水の浄化
生態系ブロック
土壌改良

(資料提供：中部電力)

ファイナッシュを使用したポリエチレン製品
- ファインプラス -

特 徴

環境面での特長

- ・塩素系の材料を含まないので、焼却しても塩素ガスが発生しません。
- ・JIS 種フライアッシュ（ファイナッシュ）をリサイクル資源として、材料に使用しています。

品質面での特長

- ・リーズナブルな価格の上に、高耐久で繰り返し使用が可能です。
- ・強度は、JIS規格の約3倍の強さを有しています。
- ・従来品以上の防水性を有しています。

用 途

ファインプラス®なら
幅広い分野で多様な使用方法を提案できます。



レジャーシート



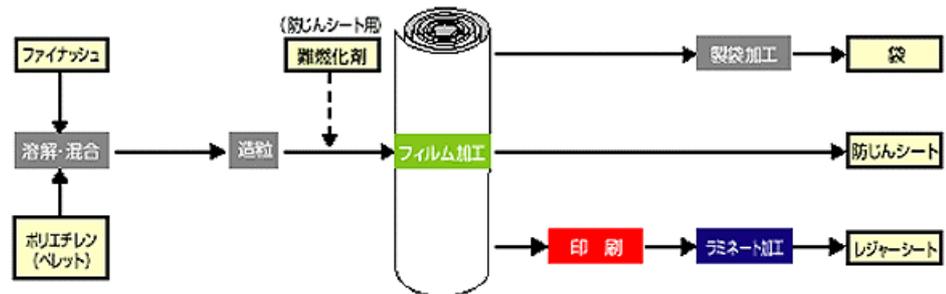
防じんシート(50/100m巻き)



業務用ゴミ袋

製造工程

ファインプラス®製造工程



特 許

出願特許：フライアッシュを使用した
プラスチックフィルム（特願：H10-187663）

（資料提供：四国電力）

特 徴

- ・フライアッシュを用いた接合材とパーク材の一部をクリンカアッシュ(CA)に置換えた緑化基盤材を組み合わせたものです。
- ・従来の厚層基盤吹付工法と同等以上の効果があり、コスト削減が図れます。

工 法

- ・植生基材吹付工は、客土吹付工(客土吹付機使用)と層厚基材吹付工(モルタル吹付機使用)の2種類に分かれ、法勾配、気象、緑化目標、土壌硬度等の現場条件により選定しています。

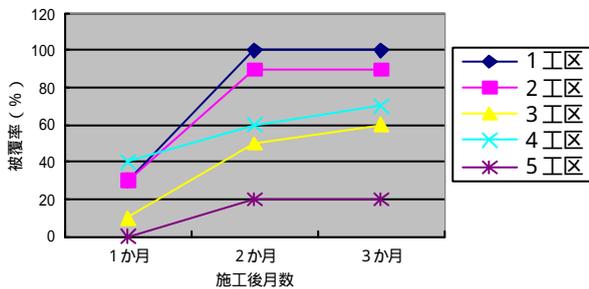
試験結果

1. CAの効果確認及び最適CA置換量の確認

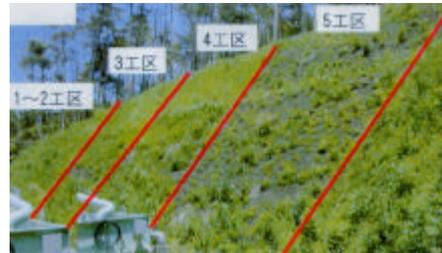
- ・CAを吹付基盤に混入させた1~4工区と、混入しない5工区を比較したところ、被覆率(単位面積当りの植物体が、地表面に対して被覆する割合)の結果から、CA混入の効果を確認された。
- ・また、被覆率の結果から、客土吹付工では1工区が、層厚基材吹付工では4工区が優位であり、最適CA置換率は20%と推定された。

[試験概要]

工区	工 種	吹付厚さ	CA容積置換率	FA接合材
1	客土吹付工	5 cm	20%	使用
2	客土吹付工	5 cm	40%	使用
3	層厚基材吹付工	5 cm	10%	使用
4	層厚基材吹付工	5 cm	20%	使用
5	層厚基材吹付工	5 cm	0	使用



3か月後の植生



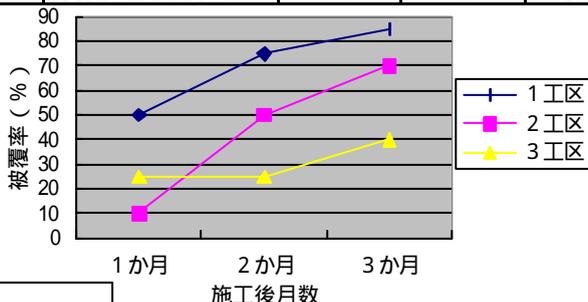
10か月後の植生

2. 在来工法との比較

- ・在来工法(2工区)と比較して、CAを20%混入させた1工区は、被覆率等から優れた結果が得られた。
- ・FA接合材のみを使用した3工区には造成基盤のひび割れが確認されたが、1工区ではほとんどひび割れが発生しなかった。

[試験概要]

工区	工 種	吹付厚さ	CA容積置換率	FA接合材
1	層厚基材吹付工	5 cm	20%	使用
2	層厚基材吹付工 (従来工法、刃金網)	5 cm	0	不使用
3	層厚基材吹付工	5 cm	0	使用



3か月後の植生

特 許

出願特許：植物生育基盤材，それを用いた客土吹付け工法

(特願：平 13-015972)

(資料提供：北陸電力)

厚層基盤材 - クリンカアッシュ -

特 徴

- ・ 植生法面吹付け材の一種である厚層基盤材は、植生工が困難な岩盤等の緑化にも使える吹付け材です。
- ・ 主材料はクリンカアッシュと粘性土を粒状に加工した団粒加工土です。
- ・ これにVA菌根菌を添加しています。
- ・ クリンカアッシュ使用量は、吹付け材1m³あたり約300kgです。
- ・ クリンカアッシュを混入した吹付け材は、パーク堆肥を主材料としたものと比較して、吹付け後の体積変化が小さい分、少量の材料で施工が可能です。

吹付け材の種類

	種子吹付	客土吹付	厚層基盤材
主材料	ファイバー	土(黒ボク)	パーク堆肥
吹付け厚さ	1cm未満	1~3cm	3cm以上
適用範囲	砂質土	砂質 礫質土	砂質 礫質土 岩

パーク堆肥を主材とした吹付け材



クリンカアッシュ混入吹付け材



生育状況(施工後40日の比較例)

施 工

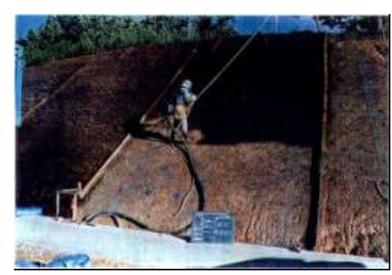
クリンカアッシュ混入吹付け材は従来の吹付け材と同等の施工性を有するものです。



プラント設置状況



吹付け施工状況



吹付け施工状況(拡大)

用 途

法面緑化吹付け

(資料提供：東北電力)

クリンカーアッシュを用いた培養土
花めぐり培養土

クリンカーアッシュを主成分とし、花が量く咲くように材料・肥料配合を工夫しています。高い排水性を有し、軽量化にも寄与できるヤシ殻堆肥化物を配合するなどの改良を重ねることで軽量化しています。

養分が調整されていますので、そのまま利用できます。



写真 花めぐり培養土

特 性

1. 水はけがよい

- ・砂と同様に、透水性に優れています。

2. 水持ちがよい

- ・植物が吸収しやすい水分をたくさん保持でき、保水性に優れています。

3. 通気がよい

- ・多孔質による空隙を多く持つため、締め固まりや踏圧などに強く、排水性やつう

4. 肥料を逃さずに溜める力がある

- ・同じく多孔質のため、肥料などの保持ができ、保肥力に優れています。

栽培試験結果

クリンカーアッシュ入りの本培養土を用いてシクラメンを栽培したところ、花の数も多く、色鮮やかに育っています。また、根は写真のように極めて成長が良く、植物の土台部分がしっかりしたものとなっています。根を顕微鏡で観察すると、クリンカーアッシュの孔の中に根毛が入り込んでいることが分かります。この孔には水分や栄養分がうまく蓄えられており、この孔に根の根毛が入り込むため、根の張りも極めて良くなり、葉や茎、花が元気に育つことができます。このようにクリンカーアッシュは、肉眼で見えないところで活躍しています。



▲シクラメン栽培の様子

シクラメンの根張りの様子



電子顕微鏡による根毛の様子

孔
根毛

植栽土壌改良材
- ポーラスサンド -

特 徴

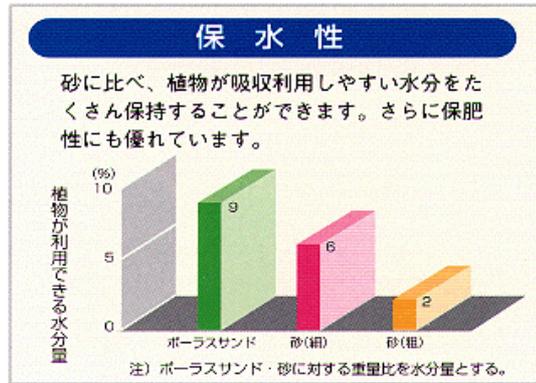
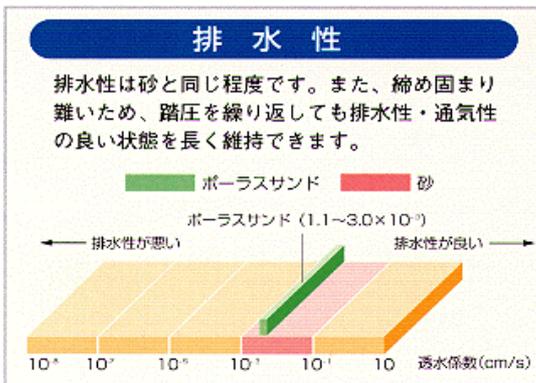
- ・ポーラスサンドは、石炭火力発電所のボイラーで燃料の石炭を燃焼させたときに溶融し、炉底に落下固形化したクリンカアッシュです。
- ・ポーラスサンドは多硬質で適度な保水性と排水、通気性を持っているため、植栽土壌改良やグラウンドなどの排水改良に効果的です。
- ・ポーラスサンドは、土の固화를防ぎます。
- ・ポーラスサンドは、空隙を多く持つため、肥料などの保持力が高まります。
- ・ポーラスサンドは、粒度組成から見ると粗粒分の多い砂に似ています。また、比重は通常の土に較べて軽く、多孔質のため比表面積は砂の数倍になります。
- ・ポーラスサンドの主成分は一般土壌とほぼ同じで、二酸化ケイ素と酸化アルミニウムからできています。また、雑菌や雑草の種が含まれていないため安心して使えます。



ポーラスサンドの外観



ポーラスサンドの拡大写真



用 途

土壌改良材

- ・道路植栽
- ・公園等の緑化植栽
- ・ビル等の人工地盤の植栽

排水改良材

- ・サッカー場などのグラウンドの排水改良材
- ・ゴルフ場のグリーンなどの排水改良材



施 工 実 績

ゴルフ場・・・松山ロイヤルCC(愛媛), 新居浜CC(愛媛)
 グラウンド・・・綾南町総合運動公園(香川), 高瀬町緑ヶ丘サッカー場(香川), マドンナスタジアム(愛媛)
 緑化・造園・・・浜街道緑地帯(香川), 伊方発電所緑化(愛媛)
 白鳥町人工スキー場(香川)

堆肥副資材 - フライアッシュ -

特 徴

- ・フライアッシュの添加により、発酵に伴う悪臭成分の発生量を抑制できます。
- ・糞尿は含水比が極めて高いため、水分が極めて低いフライアッシュを添加することにより水分調整が可能です。
- ・フライアッシュを糞尿に添加しても、発酵が良好に進行します。

用 途

- ・フライアッシュを添加することで、家畜糞尿処理を行い、堆肥としてご利用いただけます。

発酵試験

- ・各種フライアッシュ（苫東厚真発電所1～3号灰）を家畜糞尿（鶏糞）に添加して発酵試験を行いました。
 (1) 糞尿の発酵に及ぼすフライアッシュ添加（乾物重量%）の影響を発酵温度推移により評価した結果、鶏糞の場合、1号灰で50%まで添加しても発酵が良好に進行しました。

(2) 1号灰は他灰に比べ吸水性が高く（保水量=0.92ml/g 乾物重）CaO含有量が低いため糞尿への添加に伴うpHの上昇が小さいことから、糞尿の水分調整に有効であることが明らかとなりました。

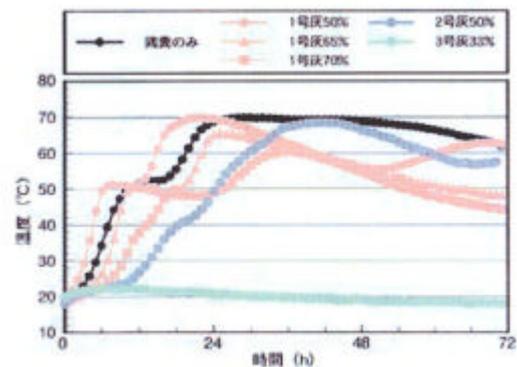


図-1 FA(1～3号灰)添加鶏糞の発酵温度推移

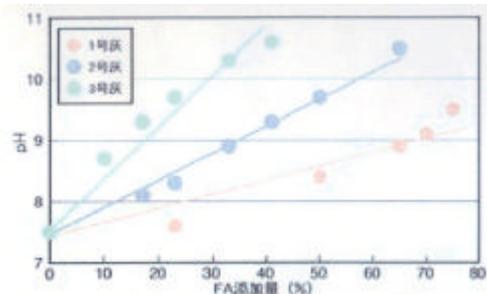


図-2 鶏糞のpHに及ぼすFA添加の影響

施 工 実 績

- ・現在、フライアッシュ添加堆肥の経年施用による圃場試験を実施しており、作物への影響や、重金属類の溶出蓄積などについて検討中です。



牛糞尿の実規模堆肥化試験状況

（資料提供：北海道電力）

3. 水質浄化・改善材
- Hiビーズ -

Hiビーズの完成写真



- ・ HiビーズはSCP工法で通常用いられる海砂の代替材であり、低コストで製造可能です。
- ・ Hiビーズは、海砂と同様の締固め効果、及び施工性が期待できます。
- ・ 海砂等の天然資源の枯渇・環境問題に貢献できます。
- ・ 富栄養化物質の吸着作用があり、水質・底質の浄化特性をもっています。

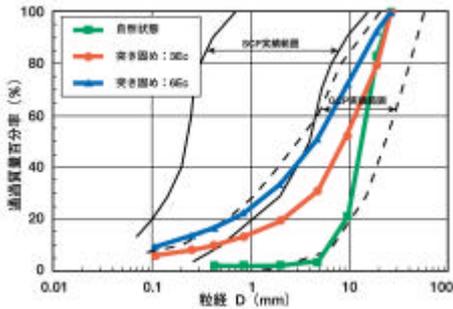
Hiビーズの基本配合

フライッシュ(FA)	セメント(C)	ペントナイト(B)	水
90%	10%	3%	23.5%

Hiビーズの物理特性

形 状	ほぼ球形	
圧潰強度(28日)	1.2~1.6MPa	
内部摩擦角(φ)	OEc	38.7°
	6Ec	47.6°
突固密度(6Ec)	1.70~1.75t/m ³	
透水係数	OEc	1.46×10 ⁰ cm/sec
	6Ec	1.34×10 ⁻³ cm/sec
環境負荷	環境改善効果	
長期品質	強度	1年経過後増進
	透水性	1年経過後無変化

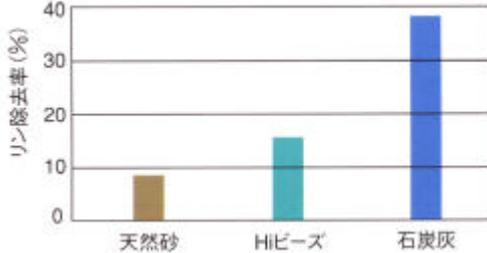
Hiビーズの粒度分布



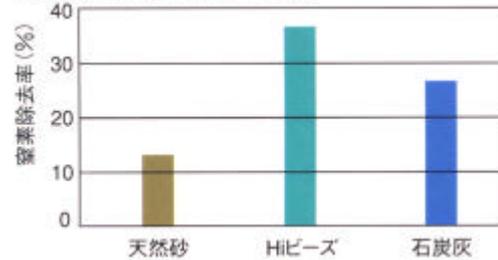
水質浄化作用

Hiビーズは、赤潮の原因となる富栄養化物質であるリンや窒素を吸着する優れた水質・底質の浄化特性をもっています。

リン除去性能(リン酸)



窒素除去性能(アンモニア性窒素)



富栄養化海域にはこれまで敷砂(天然砂)による被覆対策が実施されてきましたが、Hiビーズは原材料である石炭灰の吸着効果を活かした材料であり、天然砂と比べて富栄養化物質の高い吸着効果をもっています。



サンドマット材としての施工状況

「施工実績」

大竹埋立地SD工事(54,000m³)
 サンドマット材・サンドドレン材として採用。
 田布施地区水質浄化試験工事: 2,000m³

「特許」

石炭灰を活用した水質浄化材料

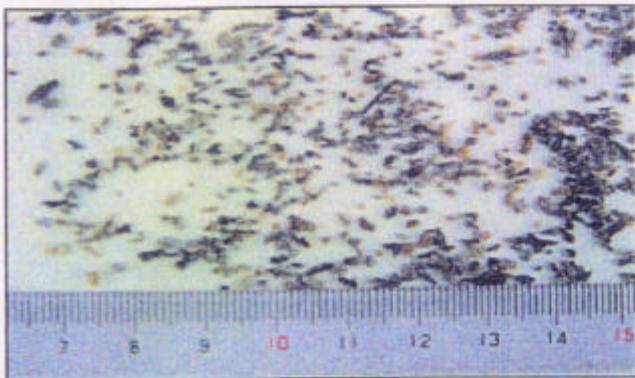
F ブラスト

特許出願中

「F ブラスト」は石炭火力発電所から排出される石炭灰の一種「クリンカアッシュ」を原料にした「リサイクル製品」です。

F ブラスト の特性

- サビ・古塗装除去に高い性能を有しています。
- 粒径 1 ～ 2 mm で多孔質の粒です。
- 既存のブラスト機器に使用できます。
- 安価で数回の繰返し使用が可能です。
- ガラス質なので母材の金属類を傷めません。
- ほぼ中性で、母材に塗られる塗料への影響はありません。
- 環境面は「土壌環境基準」をクリアしています。



荷姿： k g 袋
 価格： 円/袋 (1 k g 当り 円)