

実証対象技術／環境技術開発者	石炭灰造粒物(Hiビーズ)による海域環境の改善技術／(株)エネルギー・エコ・マテリア
実証機関	(財)広島県環境保健協会
実証試験期間	平成 22 年 6 月 1 日～平成 23 年 3 月 18 日
実証の目的	石炭灰造粒物による硫化物イオン、DINおよびDIPの吸着による底質・水質の改善とこれに伴う底生生物の生息環境の改善効果の検証

## 1. 実証対象技術の概要

<p>技術の模式図</p>	<p>原理</p> <p>石炭火力発電所から産出される石炭灰(フライアッシュ)を少量のセメントで造粒固化した石炭灰造粒物は、栄養塩や硫化物イオン等の吸着効果が付加されることが確認されている。このことから、水質、底質改善材として、従来材料(天然砂)にある物理的効果に加えて、化学的な効果を期待できる技術である。また、海藻草類の着生・繁茂や有用二枚貝の生産などの付加価値も期待される。</p>
---------------	--

## 2. 実証試験の概要

### ○実証試験実施場所の概要

・石炭灰造粒物を新設し、短期的な効果を検証した場所

海域の名称	大河漁港(広島県広島市南区丹那町)	
主な利用状況	実証試験実施海域は港湾区域内の奥まった地形にあり、非常に静穏な場所であるが、小型漁船の往来がある。	
海域の状況	水質	港湾区域内の奥に位置するため閉鎖性が強く、海水交換は悪い。 溶存酸素(平成 18 年 6 月):海底上 0.3mで 6.2 mg/L
	底質	試験実施前(平成 22 年 5 月):酸揮発性硫化物(AVS-S)1.0~1.6mg/g、酸化還元電位 -320mV、COD29.0~30.8 mg/g、IL12.3~12.9%、軟泥
	生物生息環境	試験実施前(平成 22 年 5 月)の目視観察では、肉眼的サイズのベントスは確認できなかった。

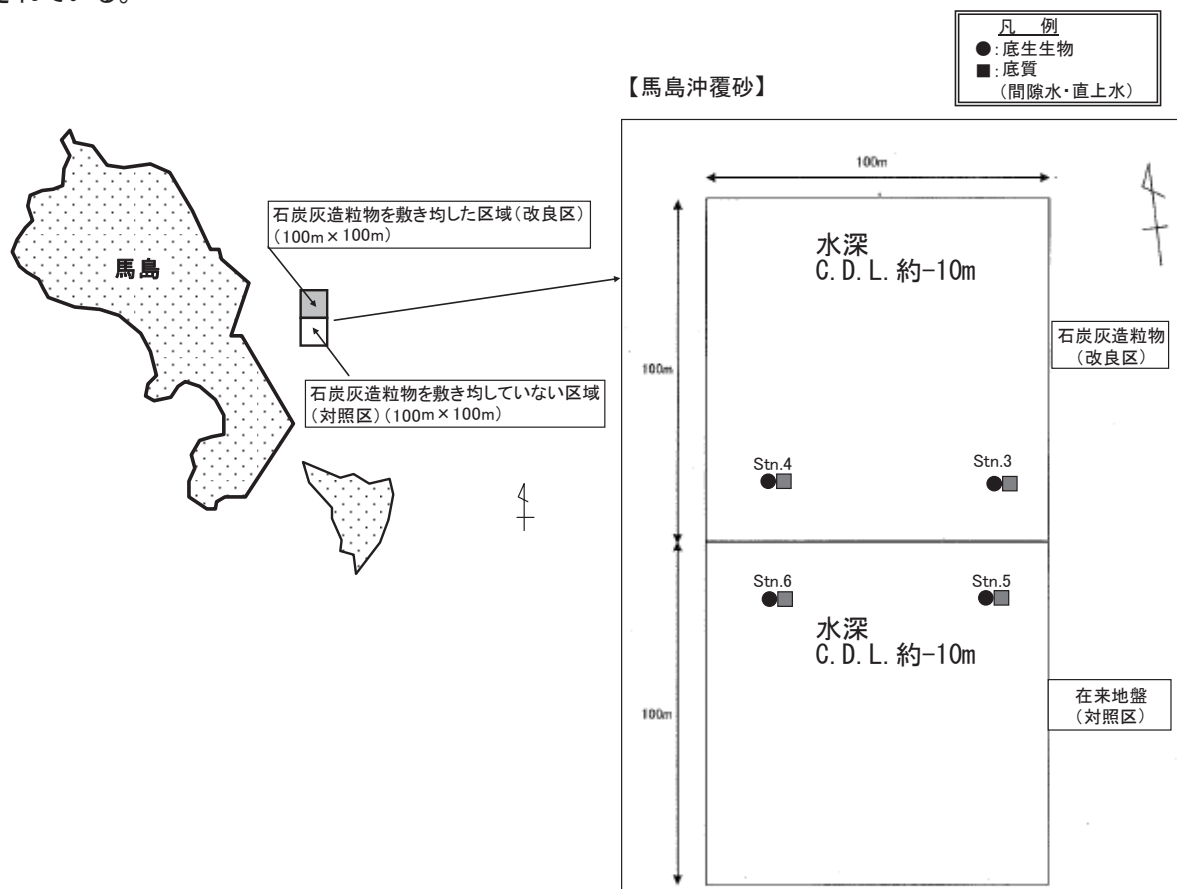
・石炭灰造粒物設置後 8 年経過し、長期的な効果を検証した場所

海域の名称	馬島沖(山口県熊毛郡田布施町馬島沖周辺海域)	
主な利用状況	実証試験実施海域は港湾区域外で、かつてエビ養殖の排水の影響を受けた海域であり、平成 14 年 5 月に石炭灰造粒物が覆土された。 設置場所は船舶航路ではなく、比較的静穏な場所である。 漁場は山口県漁業協同組合田布施支店の漁業権が設定されている。	
海域の状況	水質	閉鎖性は低く、水深 10m程度。 覆砂敷設前(平成 14 年 2 月実施):pH8.2~8.3、T-N 0.12~0.20 mg/L、T-P 0.008~0.036 mg/L
	底質	覆砂敷設前(平成 14 年 2 月実施):pH 8.5~8.7、T-N1950~2150 mg/kg、T-P 701~878 mg/kg、T-S 0.18~0.41 mg/g、IL 10.3~10.8 %
	生物生息環境	覆砂敷設前(平成 14 年 2 月実施):個体数 299~357 個体/m <sup>2</sup> 、湿重量 19.4~121.5g/m <sup>2</sup> 、種類数 11~17 種



・馬島沖<長期的効果の検証場所>

石炭灰造粒物を 100m×100m×20cm(厚さ)で覆砂した改良区(石炭灰造粒物設置後8年以上経過)が設定されている。



3. 維持管理にかかる技術情報

○使用資源量・生成物処理量

項目	単位(適宜設定)	結果
消耗品及び電力使用量	—	消耗品及び電力使用量はない
汚泥や廃棄物の物理化学的特性と頻度	—	汚泥や廃棄物の発生はない
薬剤	—	薬剤の使用はない

○維持管理項目

管理項目	技術者の必要性	一回あたりの管理時間	管理頻度
維持管理に必要な作業項目	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	—	—
使用者に必要な維持管理技能	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	—	—

○維持管理に係るその他の特記事項

溶出による問題がないこと

## 4. 実証試験結果

### ○実証試験の目標と結果

調査項目	目標水準
底質 (間隙水・直上水)	・溶出抑制効果が認められる。 →石炭灰造粒物区(改良区)の溶存無機態窒素、リンおよび硫化物イオン濃度が対照区よりも低い(大河漁港:石炭灰造粒物区が砂利区よりも低い)。 【参考】 →石炭灰造粒物区(改良区)の酸化還元電位が対照区よりも高い(大河漁港:石炭灰造粒物区が砂利区よりも高い)。
底生生物	・石炭灰造粒物区(改良区)の底生生物の個体数・種類・多様度指数が対照区と比べて高い値を示している(大河漁港:石炭灰造粒物区が砂利区よりも低い)。

#### (1) 短期的効果(大河漁港)

石炭灰造粒物の設置は、広島湾内の比較的栄養塩濃度の高い海域であり、平成22年7月～10月にかけて短期的な効果を検証した。

##### ア. 水質・底質の改善効果

###### ①溶存態窒素DIN

- ・直上水の平均DIN濃度は、石炭灰造粒物区および砂利区は、対照区と同水準もしくはそれより低く、溶出の抑制効果が考えられた。
- ・石炭灰造粒物区の間隙水中濃度は、栈橋1(コア試験区)では砂利区より高かった。しかしながら、当該技術を活用した実際の事業を想定した栈橋2(覆土試験)の試験では、設置間もない8月を除くと、砂利区よりも低い値を示し、石炭灰造粒物による溶出抑制効果を裏付ける結果が得られた。なお、石炭灰造粒物区の濃度は、対照区の概ね1/10以下であった。

###### ②溶存態リンDIP

- ・直上水の平均DIP濃度は、石炭灰造粒物区が砂利区、対照区と同水準もしくはそれより低く、溶出の抑制が考えられた。
- ・石炭灰造粒物区の間隙水中濃度は、砂利区の濃度を1として比較すると、9月には0.1～0.4、10月には0.2～1.0であり、石炭灰造粒物による溶出抑制効果を裏付ける結果が得られた。なお、石炭灰造粒物区の濃度は、対照区の概ね1/20以下であった。

###### ③硫化物イオンS<sup>2-</sup>

- ・直上水の平均硫化物イオン濃度は、いずれもほぼ定量下限値を下回り、溶出抑制効果については確認できなかった。
- ・石炭灰造粒物区の間隙水中濃度は、砂利区濃度を1として比較すると、0～0.8の値を示し、特に9月は栈橋1を除くと定量下限値を下回っており、硫化物発生抑制効果を裏付ける結果が得られた。なお、間隙水中の濃度は、石炭灰造粒物区が対照区よりも概ね1/100以下であった。

###### ④pH

- ・直上水の平均pHは、試験区間で顕著な差は認められなかった。
- ・間隙水のpHは、石炭灰造粒物区において8前後であり、対照区、砂利区よりもやや高い程度で、顕著なpH上昇は確認できなかった。

###### ⑤酸化還元電位ORP

- ・直上水の平均ORP値は、いずれもプラスを示し、試験区間で顕著な差は認められなかった。
- ・間隙水中のORP値は、設置後間もない8月を除くと、石炭灰造粒物区が対照区および砂利区よりも高い値を示し、ORPの低下抑制効果を裏付ける結果が得られた。

## イ. 生物生息環境の改善効果

### ①底生生物

- ・貧酸素状態が維持されやすい栈橋 2（覆土試験）では、石炭灰造粒物区において、底生生物の個体数、湿重量、種類数および多様度指数が高い値を示し、石炭灰造粒物による生物生息環境の改善効果を裏付ける結果が得られた。
- ・干潮時に貧酸素状態の解消が可能な栈橋 1（コア試験）では、石炭灰造粒物区で平均種類数が最高となり、生息環境の改善効果が確認された。ただし、個体数と湿重量については砂利区（ホトトギスガイの大量出現）で、多様度指数は対照区（種類数は最小、優先度の偏り小）で高かった。また、石炭灰造粒物区では、アサリ（対照区でも出現）、マガキ（砂利区でも出現）などの有用魚介類が生息するほか、付着性の生物も確認された。

## (2) 長期的効果（馬島沖）

山口県田布施町馬島沖の石炭灰造粒物設置海域は、かつてエビ養殖の排水の影響を受けた海域であり、設置後 8 年を経過していることから、平成 22 年 8 月～11 月にかけて長期的な効果の検証を行った。

## ア. 水質・底質の改善効果

### ①溶存態窒素 DIN

- ・直上水の DIN は、8 月調査では改良区で、9 月調査では対照区で高い値を示し ( $p < 0.05$ ,  $n=6$ )、また間隙水についても 8 月および 11 月に改良区で高い値を示しており ( $p < 0.05$ ,  $n=6$ )、石炭灰造粒物による溶出抑制効果については確認できなかった。

### ②溶存態リン DIP

- ・直上水の DIP は、8 月には改良区で高く ( $p < 0.05$ ,  $n=6$ )、間隙水についても 8 月に改良区で高くなったが、9 月および 11 月には対照区で高い値 ( $p < 0.05$ ,  $n=6$ ) を示したことから、石炭灰造粒物による溶出抑制効果の可能性が示唆された。

### ③硫化物イオン $S^{2-}$

- ・直上水の硫化物イオンは検出されず、石炭灰造粒物による溶出の抑制効果については確認できなかった。
- ・間隙水については、8 月と 9 月には検出されてもわずかであったが、11 月調査においては改良区でおおむね定量下限値を下回るのに対して対照区では  $0.10 \sim 0.14 \text{mg/L}$  を示し、石炭灰造粒物による硫化物イオン発生抑制効果を示唆する結果が得られた。

### ④ pH

- ・直上水、間隙水ともに改良区と対照区との間で顕著な差はなく、石炭灰造粒物による顕著な pH 上昇については確認できなかった。

### ⑤酸化還元電位 ORP

- ・直上水の ORP 値は、8 月および 9 月には改良区で高く ( $p < 0.05$ ,  $n=6$ )、間隙水（底質）についても 9 月および 11 月には改良区で高い値 ( $p < 0.05$ ,  $n=6$ ) を示したことから、石炭灰造粒物による ORP の低下抑制効果を示唆する結果が得られた。

## イ. 生物生息環境の改善効果

### ①底生生物

- ・個体数、湿重量、種類数および多様度指数は、改良区で高い傾向にあり、特に種類数と多様度指数は改良区で高い値を示した。また、種類数と個体数は、覆土前より増えており、生物生息環境の改善効果を裏付ける結果が得られた。
- ・撒布後 8 年を経過した石炭灰造粒物の状況をみると、覆土された状態を残し、底生生物にとっては、堆積した泥だけでなく、付着基質やその隙間など、多様な生息環境が形成されていた。

## ○実証試験の結論

### 水質および底質の改善

#### 【短期的効果:設置後 18 日～約 3 ヶ月】

- ・石炭灰造粒物の覆土については、DIN、DIP および硫化物イオンの溶出抑制効果が確認された。
- ・ORP の低下抑制効果、pH の顕著な上昇がないことが確認された。

#### 【長期的効果(8 年以上経過)】

- ・覆土後 8 年以上経過した改良区では、DIN の溶出抑制効果は確認できなかったが、DIP、硫化物イオンの溶出抑制効果および ORP の低下抑制効果を示唆する結果が得られた。

### 生物生息環境の改善

#### 【短期的効果:設置後 18 日～約 3 ヶ月】

- ・貧酸素状態が維持されやすい試験区(覆土試験区)では、石炭灰造粒物区において、底生生物の個体数、湿重量、種類数および多様度指数が高く、生物生息環境の改善効果が確認された。貧酸素状態の解消が可能な試験区(コア試験区)でも、石炭灰造粒物区で種類数が最高となり、生物生息環境の改善効果が確認された。

#### 【長期的効果(8 年以上経過)】

- ・石炭灰造粒物を敷設した海域(改良区)において、底生生物の個体数、湿重量、種類数および多様度指数が高い傾向にあり、生物生息環境の改善効果が確認された。石炭灰造粒物は、硫化物イオンの発生抑制や酸化還元電位の低下抑制などとともに、多様な生息環境を提供することによる生物生息環境の改善効果が期待できる。

## ○実証試験についての技術委員会の見解

### ○実験結果の見解

#### 水質および底質の改善

##### 【短期的効果】

- ・本実証対象技術(石炭灰造粒物の覆土)は、短期的な効果として DIN、DIP、硫化物イオンの溶出抑制及び ORP の低下抑制による水質および底質改善が期待できる技術である。

##### 【長期的効果】

- ・本実証対象技術(石炭灰造粒物の覆土)は、長期的効果として DIP、硫化物イオンの溶出抑制および ORP の低下抑制による水質および底質改善が期待できる技術である。

#### 生物生息環境の改善

##### 【短期的効果】

- ・本実証対象技術(石炭灰造粒物の覆土)は、原地盤や砂利区と比較して数ヶ月でより多くの種類が出現するなど、生物生息環境の改善において短期的効果が期待できる技術である。

##### 【長期的効果】

- ・本実証対象技術(石炭灰造粒物の覆土)は、石炭灰造粒物敷設後 8 年を経過しても原地盤より種類数などが多いことから、生物生息環境の長期的改善効果が期待できる技術である。

### ○技術的課題や改善の方向性

- ・水質及び底質の改善については、効果の持続性をより高めるための技術的検討(覆土厚等)が、今後、必要である。

### ○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点

- ・本実証対象技術(石炭灰造粒物の覆土)の適用場所については、覆土により海底地形の変化が伴うことを考慮しつつ、比較的栄養塩濃度の高い海域などの環境改善を必要とする場所を慎重に選定する必要がある。

### ○その他

- ・上記の改善効果については、(株) エネルギア・エコ・マテリアの技術によって造粒固化された石炭灰造粒物(Hi ビーズ)に限定して認めるものである。

(参考情報)

注意：このページに示された製品データは、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○製品データ

項目		環境技術開発者 記入欄			
名称		石炭灰造粒物による海域環境の改善技術(Hiビーズ)			
型式		-			
製造(販売)企業名		株式会社エネルギー・エコ・マテリア			
連絡先	TEL/FAX	TEL(082)545-1543 / FAX(082)545-1544			
	Web アドレス	http://www.energia-eco-materia.co.jp/			
	E-mail	t-saito@energia-eco-materia.co.jp			
設置方法		沖合覆砂:ガット船による投入 浅場造成:ガット船による投入または陸上巻き出し・投入			
供給能力		1,000~2,000m <sup>3</sup> /日			
コスト概算	費目		単価(円)	数量	計(円)
	イニシャルコスト				
	土木費		通常工法で覆砂厚(数量)を低減可能 砂と同程度～(輸送距離によって異なる)		
	資材費				
	( )				
ランニングコスト(月間)		0	0	0	

○その他 本技術に関する補足説明(導入実績、受賞歴、特許・実用新案、コストの考え方 等)

<p>施工特性:軽量であるため、高含水・高有機質の底泥上にカバーリングできる。</p> <p>導入実績: ○導入実績 中国地方の公共事業採用:約 20 万 m<sup>3</sup>, 15 件 ○受賞歴 ●会社表彰 平成 16 年度 リデュース・リユース・リサイクル推進功労者表彰(会長賞) 平成 16 年度 資源循環技術・システム表彰(経済産業省産業技術環境局長賞)等 ●Hiビーズ 平成 13 年度 電力技術協会 高橋賞 ○特許 特開 2007-136395 珪藻類着生材料及びこれを用いた水質改善方法 等 ○製品登録 山口県認定リサイクル製品 第 14 号</p> <p>主要論文 ・「石炭灰造粒物による沿岸海域有機質汚泥からの硫化物イオンの吸着」水環境学会誌 2008, Vol.31(No.8) ・「NEW METHOD FOR REDUCTION IN EUTROPHICATION OF SEA WATER BY USING FLY ASH」Asian and Pacific Coasts 2009 ・「石炭灰造粒物覆砂による環境修復効果—汽水域をフィールドとして—」海岸工学論文集, 第 56 巻, 2009 ・「Effects of Granulated Fly Ash for Restoration of Water Environment」International Conference on Civil and Environmental Engineering 2009</p>
--