石炭灰造粒物の海域暴露による重金属の溶出量等の変化について

株式会社エネルギア・エコ・マテリア　　正会員　○宮國　幸介
正会員　　福間　晴美

１．はじめに

㈱エネルギア・エコ・マテリアでは，石炭火力発電所から発生する石炭灰を環境修復材へ有効利用すべく研究・技術開発を推進し，中国地方において幅広い有効利用技術を実用化してきた。
近年，この有効利用技術の一つである石炭灰造粒物（以降「Ｈｉビーズ」という。）は覆砂材料として，閉鎖性海域での富栄養化に伴う水質環境改善に使用されてきている。しかしながら海域環境下でのＨｉビーズがどのように変化するものか確認できていない。本稿では，覆砂施工後８年経過した地点を対象に海域での暴露影響を調査した結果について報告する。

２．石炭灰造粒物の特性

覆砂および浅場造成に使用する材料には天然砂を利用することが多いが，砂資源の枯渇懸念および循環型社会の形成に向けた積極的なリサイクル材料利用推進の観点からＨｉビーズが用いられてきている。Ｈｉビーズは，微粉炭燃焼方式の石炭火力発電所から産出するフライアッシュに高炉セメントを 10～15%添加し，転動造粒方式により平均粒径 10㎜に造粒したものである。Ｈｉビーズによる覆砂効果としては，主に底泥からの窒素・リンの溶出抑制や，巻き上がりによる負荷溶出および濁りの抑制などが挙げられ，これらの効果に伴い水中の酸素消費速度の抑制や赤潮発生の抑制などが期待される。[1)] Ｈｉビーズの外観を写真-1,材料特性を表-1 に示す。

写真-１　Ｈｉビーズ外観

表-1 材料特性

製品名	Ｈｉビーズ（石炭灰造粒物）
使用材料	石炭灰:85%,ｾﾒﾝﾄ:15%,水:粉体の20%
形状	ほぼ球状
圧潰強度（28日）	1.2MPa以上
有害物質の溶出	「海洋の汚染に係る環境基準」を満足
その他	富栄養化物質吸着効果

３．試験条件

試験の対象は，覆砂後長期間経過した地点とする必要があるため，平成 14 年 5 月に覆砂を実施した馬島地点を選定した。当該地点は，過去に近傍でエビ養殖が行われており，排水等により前面海域の底質は富栄養化が進み，ヘドロ化している状況がみられた。このため自社の試験としてＨｉビーズを覆砂し改善効果を定期的に調査している。なお，Ｈｉビーズ覆砂により在来地盤に比べ底生生物が増えている等，結果は良好な状態となっている。現地の状況確認と各種試験を行うために資料採取を H22.11 に実施した。試料採取にあたっては，潜水士によりアクリル管(φ100mm)で直接コア採取した。試験位置を図-1 に,写真-2,3 に覆砂直後と８年経過の状況を示す。

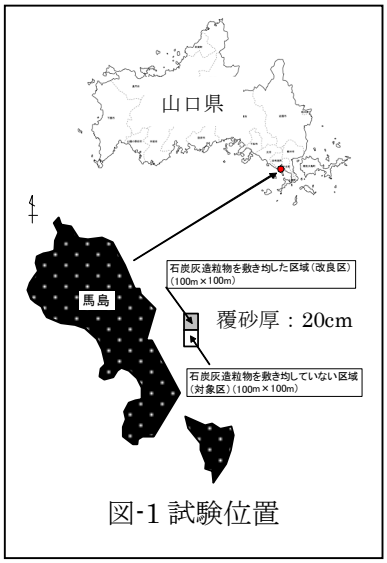

図-1 試験位置

写真-2（覆砂直後）

写真-3(覆砂後 8 年)

キーワード　石炭灰有効利用，覆砂，性状保持，溶出
連絡先　　㈱ｴﾈﾙｷﾞｱ･ｴｺ･ﾏﾃﾘｱ（〒730-0042　広島市中区国泰寺町１丁目３番 32 号　TEL：082-545-1543）

４．試験結果

4-1 海域暴露後のＨｉビーズの形状

Ｈｉビーズの形状は，覆砂前と同一であり，Ｈｉビーズの粒同士も団粒化することもなくコアをバットに移した際にはすぐに広がる状況であった。また，潮の流れ等に影響されず覆砂厚(20 ㎝)が確保されていた。写真-4 にサンプルしたコアを，写真-5 にコア中のＨｉビーズを示す

写真-5 コア中のＨｉビーズ

写真-4 コア状況

4-2 強度変化

底層から採取したＨｉビーズの圧壊強度は覆砂前の強度と同等以上(1.2MPa)であった。

4-3 重金属溶出特性

重金属の溶出については，海洋での覆砂材を対象とし海洋汚染防止法(水底土砂基準)総理府令第６号〔検定方法：環告 14 号〕により実施した。長期間海底に定置された状態で８年経過しても覆砂前製品と同様に基準値を満足していることが確認された。(表-2)

表-2 重金属溶出試験結果

項　　目	海洋汚染防止法 (水底土砂基準) 総理府令第6号	覆砂前製品	覆砂後8年経過
アルキル水銀化合物	検出されないこと	0.0005mg/L未満	0.0005mg/L未満
水銀又はその化合物	0.005 mg/L	0.0005mg/L未満	0.0005mg/L未満
カドミウム又はその化合物	0.1 mg/L	0.001mg/L未満	0.001mg/L未満
鉛又はその化合物	0.1 mg/L	0.005mg/L未満	0.005mg/L未満
有機りん化合物	1 mg/L	0.1mg/L未満	0.1mg/L未満
六価クロム化合物	0.5 mg/L	0.04mg/L未満	0.04mg/L未満
ひ素又はその化合物	0.1 mg/L	0.006mg/L	0.005mg/L未満
シアン化合物	1 mg/L	0.1mg/L未満	0.1mg/L未満
ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L	0.0005mg/L未満	0.0005mg/L未満
銅又はその化合物	3 mg/L	0.005mg/L未満	0.005mg/L未満
亜鉛又はその化合物	2 mg/L	0.01mg/L未満	0.01mg/L未満
ふっ化物	15 mg/L	0.2mg/L未満	0.2mg/L未満
トリクロロエチレン	0.3 mg/L	0.002mg/L未満	0.002mg/L未満
テトラクロロエチレン	0.1 mg/L	0.0005mg/L未満	0.0005mg/L未満
ベリリウム又はその化合物	2.5 mg/L	0.01mg/L未満	0.01mg/L未満
クロム又はその化合物	2 mg/L	0.04mg/L未満	0.04mg/L未満
ニッケル又はその化合物	1.2 mg/L	0.01mg/L未満	0.01mg/L未満
バナジウム又はその化合物	1.5 mg/L	0.1mg/L未満	0.1mg/L未満
有機塩素化合物	40mg/kg未満 (含有量ﾃﾞｰﾀ)	4mg/kg未満 (含有量ﾃﾞｰﾀ)	4mg/kg未満 (含有量ﾃﾞｰﾀ)
ジクロロメタン	0.2 mg/L	0.002mg/L未満	0.002mg/L未満
四塩化炭素	0.02 mg/L	0.0002mg/L未満	0.0002mg/L未満
1,2－ジクロロエタン	0.04 mg/L	0.0004mg/L未満	0.0004mg/L未満
1,1－ジクロロエチレン	0.2 mg/L	0.002mg/L未満	0.002mg/L未満
シス－1,2－ジクロロエチレン	0.4 mg/L	0.004mg/L未満	0.004mg/L未満
1,1,1－トリクロロエタン	3 mg/L	0.0005mg/L未満	0.0005mg/L未満
1,1,2－トリクロロエタン	0.06 mg/L	0.0006mg/L未満	0.0006mg/L未満
1,3－ジクロロプロペン	0.02 mg/L	0.0002mg/L未満	0.0002mg/L未満
チウラム	0.06 mg/L	0.0005mg/L未満	0.0005mg/L未満
シマジン	0.03 mg/L	0.0003mg/L未満	0.0003mg/L未満
チオベンカルブ	0.2 mg/L	0.001mg/L未満	0.001mg/L未満
ベンゼン	0.1 mg/L	0.001mg/L未満	0.001mg/L未満
セレン又はその化合物	0.1 mg/L	0.01mg/L	0.002mg/L未満

５．まとめ

覆砂して長期間海中暴露してもＨｉビーズは覆砂前の形状と同一であり，強度も同等以上であった。安全性を確認する指標である重金属の溶出試験結果についても，８ 年経過後も全く変化が見られず海洋汚染防止法（水底土砂基準）の基準を大きく下回るものであった。今後，閉鎖性水域における水環境改善が必要となっており循環型社会を形成する上で環境に安全なリサイクル製品であるＨｉビーズで環境修復に寄与したい。

６．参考文献

1) 福間ら(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，Vol.56