

石炭灰造粒物（リサイクル材）の活用技術について

中国電力(株)エネルギー総合研究所 正会員 ○野原 秀彰, 及川 隆仁
中国電力(株)電源事業本部 正会員 中本 健二
広島大学大学院工学研究科 正会員 日比野 忠史

1. はじめに

国民経済の発展に伴う産業廃棄物量の増加から、リサイクルの一層の推進が望まれている。リサイクル材である石炭灰を造粒固化させた石炭灰造粒物（Hi ビーズ）は、港湾工事用の地盤改良材や、ヘドロ化が進行した沿岸域や感潮河川への環境修復材（覆砂材、浸透柱等）として、数々の実績を有する^{1), 2)}。本稿では、リサイクル材としての石炭灰造粒物のこれまでの活用技術を紹介し、今後の展望について述べる。

2. 石炭灰造粒物の特徴

石炭灰造粒物(写真 1)は、石炭火力発電所から発生するフライアッシュを少量の水、セメントで造粒固化させた概ね球形(5~40mm)の造粒物である。石炭灰造粒物は多孔質構造（空隙率 40%以上）を有し、砂より軽量（湿潤密度 1.0~1.4g/cm³）かつ高せん断抵抗性（φ35 度）を有する特徴がある。また、石炭灰造粒物粒子間の高間隙構造は高い浸透性を確保できる。石炭灰造粒物は環境修復材として、国土交通省新技術情報システム（NETIS）³⁾やしまねグリーン製品⁴⁾等へ登録され、ETV 環境技術実証事業（環境省）においてもその効果が認証されている⁵⁾。また、公的機関から活用手法の手引きが発行されている^{6,7)}。



写真 1 石炭灰造粒物（Hi ビーズ）

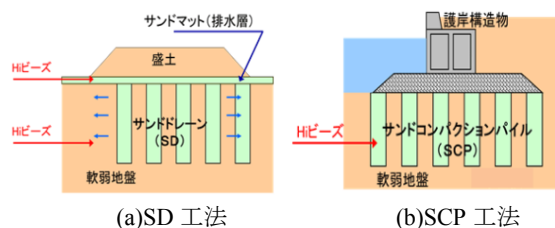


図 1 石炭灰造粒物による地盤改良工法概要図

3. 石炭灰造粒物の活用事例

(1) 地盤改良材

石炭灰造粒物は砂より軽量かつ高浸透性等を有することから、港湾工事（図 1）の地盤改良材（サンドドレーン工法等）として使用実績が豊富である。これまでに広島県大竹市の埋立工事や山口県山陽小野田市の防波堤工事（写真 2）等に石炭灰造粒物が使用されている。主な施工実績を表 1 に示す。海砂、石炭灰造粒物を用いた現場透水試験では、各材料とも(10⁻³~10⁻⁴ cm/sec)オーダーの高い排水効果を有することが報告されている(表 2)。また、砂杭打設 1m 当たりの所要時間(sec)に大差はなく、材料によって施工効率が大きく低下するというような傾向は認められないことも報告されている(表 3)。これらのことから石炭灰造粒物を地盤改良材として活用した場合の有効性が確認されている。



写真 2 地盤改良材としての施工状況

表 1 施工実績⁸⁾ (地盤改良工)

No.	発注機関	施工時期	施工場所	概略数量 (m ³)	備考
1	国土交通省中国地方整備局	平成14年	小野田港	7,000	SCP
2	山陽小野田市	平成15年	刈屋漁港	11,000	SCP
3	広島県	平成14~15年	大竹地区	76,000	SD・SM
4	山口県	平成16~18年	徳山下松港	81,000	SM
5	国土交通省中国地方整備局	平成17~18年	元安川	3,000	SM
6	中国四国防衛局	平成19~20年	岩国基地	43,000	液状化対策SCP
7	中国四国防衛局	平成20~21年	岩国基地	60,000	SD
8	国土交通省中国地方整備局	平成23年	尾道市	700	低置換SCP

SCP: サンドコンパクションパイル SD: サンドドレーン SM: サンドマット

表 2 現場透水試験の結果⁹⁾

材料	透水係数 × 10 ⁻⁴ (cm/sec)	
	打設直後	10ヵ月後
海砂	12.4	7.21
石炭灰造粒物	22.7	10.9

表 3 砂杭の打設時間⁹⁾

代替材料	打設1m当たり所要時間(sec)			
	SCP		SD	
	打込	造成	打込	造成
海砂	12	48	8	15
石炭灰造粒物	10	44	11	16

キーワード 石炭灰造粒物, 地盤改良材, 環境修復材, 覆砂材, 浸透柱

連絡先 〒739-0046 広島県東広島市鏡山3丁目9番1号 中国電力(株)エネルギー総合研究所(土木) TEL082-420-0700

(2) 環境修復材

(a) 覆砂材

石炭灰造粒物は沿岸域等を中心に主に砂代替用の覆砂材として活用され、底泥から発生する硫化水素の抑制効果¹⁰⁾や、溶出ミネラル(CaO, SiO₂ 等)による藻類の着生と栄養塩類の溶出抑制効果等を有している(図 2)。これまで広島県の福山内港、広島市内の京橋川等で、石炭灰造粒物を用いた様々な環境再生事業が実施されている(写真 3)。石炭灰造粒物の覆砂により、親水性が向上した事例や生態系が再生した事例が報告されている⁶⁾。石炭灰造粒物が覆砂された広島市京橋川では、平成 26 年 8 月の広島土砂災害で石炭灰造粒物上に有機泥の堆積が見られたが、数年後には土砂災害前と同程度になったことが確認されている(図 4)。干満に伴った石炭灰造粒物層内での水流浸透により、冠水中の空気が保持され、有機泥の粘着性が低下することで有機泥の掃流が促進されている⁶⁾。

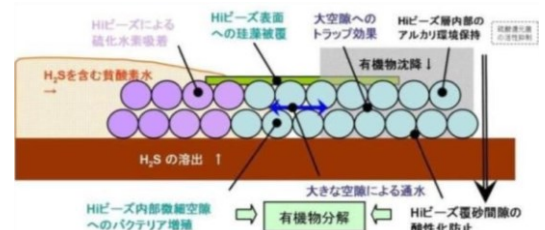


図 2 石炭灰造粒物の環境改善効果³⁾

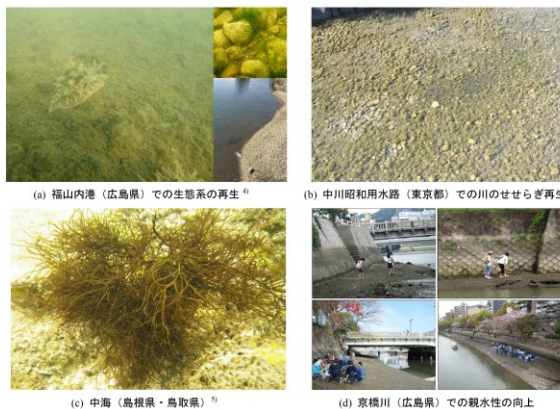
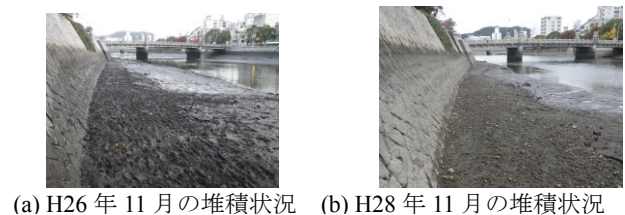
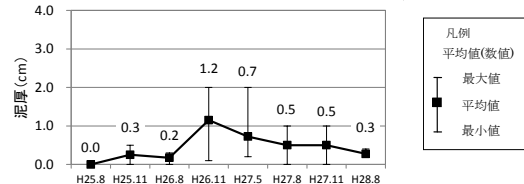


写真 3 石炭灰造粒物を用いた環境改善事業の一例⁶⁾



(a) H26 年 11 月の堆積状況 (b) H28 年 11 月の堆積状況



(c) 有機泥堆積厚の経時変化

図 4 石炭灰造粒物への有機泥の堆積と掃流⁶⁾

(b) 浸透柱

広島市内太田川派川では、ヘドロ下に浸透層を有する干潟場において潮汐の干満差と地下水流を利用して、水や酸素を循環させることで干潟場の生物の生息環境を改善する浸透柱(図 5)が構築され、干潟場の親水性向上や生態系の回復等の効果が確認されている¹⁾。石炭灰造粒物粒子間の高間隙構造は、酸素を保持しやすく、沈降有機泥の好氣的分解を促進させるとともに、高い透水性を維持し、周辺域にも好氣的な環境場を形成している。

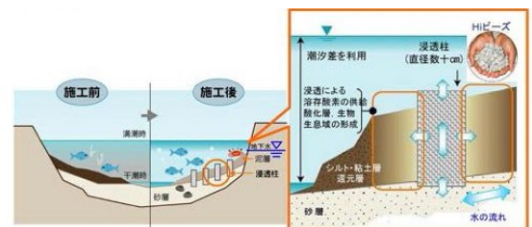


図 5 浸透柱の概要図

4. おわりに

リサイクル材である石炭灰造粒物は、港湾工事等への地盤改良材だけでなく、沿岸域等への環境修復材として多方面で有効活用されている。今回紹介した石炭灰造粒物の活用技術以外に、新たな活用技術についても現地実証中である。また、地盤改良材等の建設資材と環境修復材の複合利用等が図れば、リサイクル材としての利用促進に向け、相乗効果が期待される。なお、本稿では石炭灰造粒物の環境改善機能等の科学的根拠は示していないが、詳細は参考文献を参照していただきたい。

参考文献：1)藤原哲宏他：浸透柱による水循環の形成と底質改善効果の把握，海洋開発論文集，第 23 巻，pp. 1135-1140，2) 日比野忠史他：スカムが発生する内港での底質環境の改善法の設計と施工，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.68,No.2,I_1151-I_1156,2012. 3)国土交通省 新技術情報提供システム (NETIS) 登録 No. SKK-120002-A 4)島根県：しまねグリーン製品 (平成 27 年 3 月)，5)環境省：石炭灰造粒物による海域環境の改善技術 (平成 22 年)。6)広島県土木建築河川課：石炭灰造粒物による環境改善手法の手引き，感潮河川編(平成 29 年 3 月)，7)国土交通省中国地方整備局：石炭灰造粒物による底質改善手法の手引き (平成 25 年 3 月)，8)リサイクルポート推進協議会(循環資源利用促進部会)：港湾工事推奨用リサイクル製品便覧 (平成 28 年度版) 9)石原健司他：代替材料による地盤改良効果に関する実証的研究，土木施工(11 月号)，2007.Vol.48,No.11 10)浅岡聡他：石炭灰造粒物による硫化物イオンの除去，水環境学会誌，32，363-368，2009。