

炭酸化する石炭灰造粒固化物の淡水域覆砂材利用の検討
その1 富栄養化防止効果

鹿島建設（株）正会員 ○林 文慶 中村華子 濱田那津子 石神大輔
河合達司 柴田晴佳 渡邊賢三 越川義功

1. はじめに

高度経済成長期以降、様々な経済活動によって閉鎖性水域（内湾、湖や濠等）の富栄養化が急激に進み、藻類（赤潮やアオコ等）の異常増殖や貧酸素水塊の発生等によって各地で水質の悪化が社会問題となった。これらに対する環境改善策の一つとして覆砂工法が挙げられる。覆砂工法は底層の溶存酸素消費量並びに底泥からの栄養塩溶出量を低減し、水質の改善と生物相の回復につながるため、海域環境創造事業（シーブルー事業）に利用されている¹⁾。石炭灰造粒固化物を用いた覆砂工法は海域での底質環境改善事例²⁾が見られるが、材料の特性（アルカリ性や重金属溶出等）に課題があり、淡水域ではまだ適用されていない。

そこで、石炭造粒固化物による pH 上昇抑制のための炭酸化処理と、重金属溶出抑制のための不溶化剤調整処理によってこれらの課題解決を試みた。本報告では適用条件に近い屋外水槽での実験を行い、この炭酸化養生した石炭造粒固化物の性能および覆砂の底質環境改善効果を評価した結果を紹介する。

2. 材料および方法

本試験には修景池の堆積底泥と覆砂材として火力発電所の石炭灰から造粒した固化物（図-1）を用いた。これらの材料の物性を表-1に示す。不溶化剤調整処理有無の炭酸化養生した石炭造粒固化物は、密度と有機物含有指標である強熱減量値が堆積底泥より小さく、50%粒径と均等係数が比較的に大きかった。試験は屋外に設置した角水槽（FRP製、900×600×500mm）の底部に修景池底泥（厚み 40mm）を敷き、その上に造粒固化物を厚み 50mm 覆砂した後、水道水を注入して開始した。試験ケースは、覆砂をしない対照区、不溶化処理をした造粒固化物で覆砂した不溶化処理造粒固化区と不溶化処理をしない造粒固化物で覆砂した不溶化未処理造粒固化区を設けた（図-2, 3）。試験水槽には水道水を水深 350mm となるように注入し、蒸発による水位低下には水道水を補充し、雨天時には水槽から水を溢れないように蓋をした。試験は、2019 年 6 月～10 月の 120 日間とし、試験期間中、水中の底層溶存酸素（DO）と表層および底層の水温を 1 時間毎、水中の表層および底層の pH と電気伝導度を 7 日毎、水中のアンモニウム態窒素（NH₄-N）と溶存態リン（PO₄-P）は 14 日毎に測定した。測定位置の表層は水面から 20mm、底層は底泥表面から 20mm の位置とした。覆砂効果の評価は、各試験区の底層溶存酸素濃度低下、底質からの栄養塩溶出並びに覆砂材沈下に伴う底泥噴出の有無で行った。



図-1 炭酸化養生した石炭造粒固化物

表-1 試験材料の物性分析結果

供試材料	密度 (g/cm ³)	50%粒径 (mm)	均等係数 (Uc)	強熱減量 (%)
堆積物底泥	2.478	0.049	4.75	14.7
不溶化処理造粒固化物	2.235	2.592	117.58	4.8
不溶化剤未処理造粒固化物	2.208	3.079	237.29	1.8

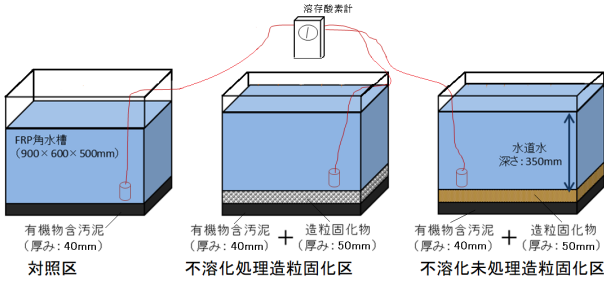


図-2 各試験区の設定条件イメージ図

キーワード：炭酸化養生石炭灰造粒固化物、閉鎖性水域、水質改善、溶存酸素
連絡先 〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色 2400 鹿島建設(株) 葉山水域環境実験場 TEL 046-876-1018



図-3 屋外試験水槽の状況

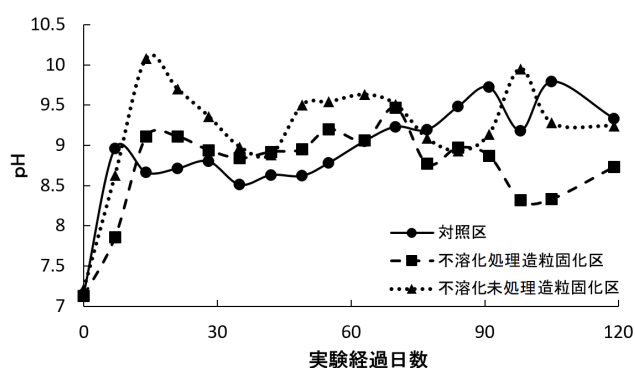


図-4 表層水の pH の変動

3. 結果および考察

試験期間中の表層水温は 18～35℃で変動し、底層水温はそれより最大 2℃低かった。炭酸化養生した石炭灰造粒固化物を使った 2 つの試験区では、試験開始時 pH は 7、その後出現した浮遊微細藻類の光合成によって上昇したが、対照区と同等、もしくはやや低かった(図-4)。図-5 には各ケースにおける底層水中の日間最低溶存酸素濃度(DO)の変動を示す。試験開始 14 日目以降、対照区の DO 値は他のケースより低くなり、水産用水基準(DO 値 4.3ppm)²⁾を下回ることが多かった。一方、2 つの石炭灰造粒固化区の DO 値は 7ppm 前後に推移し、石炭灰造粒固化物の覆砂による貧酸素水塊の発生抑制効果が確認できた。また、底層水中のアンモニウム態窒素濃度(NH₄-N)の変動(図-6)は、対照区では実験経過に伴って濃度が上昇し、最大 0.34ppm に達した。一方、2 つの石炭灰造粒固化区ではほぼ 0.1ppm 以下に推移した。この結果より、造粒固化物の覆砂が底泥から水中への栄養塩溶出を抑制したと考えられる。試験開始 90 日目以降、対照区では糸状緑藻類の大量発生が観察され、底泥から溶出した栄養塩の供給が原因だと考えられる。なお、試験終了時、覆砂の底質状況を水中カメラで確認したところ、底質表面には底泥の噴出が観察されなかった(図-7)。

4. まとめ

これらの試験結果より、炭酸化養生した石炭灰造粒固化物を使った覆砂工法の底質環境改善効果が確認できた。なお、不溶化処理による造粒固化物の重金属溶出抑制効果の検証結果は同講演会で別途報告する。

参考文献

- 1) 港湾局の環境事業紹介, <http://www.mlit.go.jp/kowan/ecoport/index3.htm#シーブルー-03>
- 2) 中原ら, 石炭灰造粒物の覆砂による底質改善, 水環境学会誌 Vol. 35, No. 10, pp. 159-166 (2012)
- 3) 財団法人日本水産資源保護協会, 水産用水基準第 7 版 (2012 年版), pp. 16~18

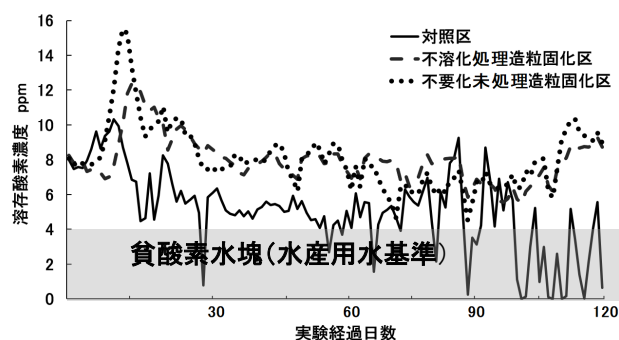
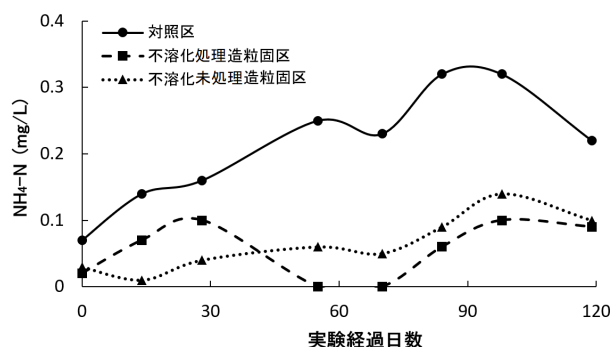


図-5 底層水の日間最低 DO 値の変動

図-6 表層水の NH₄-N の変動図-7 造粒固化物で覆砂した底質表面の状況
(実験120日間経過)