

中海浚渫窪地の硫化水素発生抑制における Hi ビーズの適正施工量

中国電力株式会社

○下田英実 中本健二 玉井孝謙

広島大学 大学院統合生命科学研究科

名誉教授 山本民次

島根大学 生物資源科学部

教授 桑原智之

米子工業高等専門学校 総合工学科

准教授 藤井貴敏

1. はじめに

島根県と鳥取県の県境に位置する中海（汽水湖）には、干拓事業に伴う大規模な浚渫により約 8 km²（約 3,000 万 m³）もの浚渫窪地が存在する（図-1）。中海は1年を通して安定した塩分躍層が見られる弱混合型の汽水湖のため、もともと湖底は貧酸素化しやすいが、浚渫窪地は通常の湖底面より 3~7 m 程度深いため、自然湖底に比べて窪地内はさらに無酸素化しやすい。窪地内が貧酸素化する初夏から晩秋まで硫化水素が発生し、栄養塩が溶出しており、これらが窪地外へ遡上・拡散することで、中海全体の生態系に悪影響を及ぼしていると推測される。このため浚渫窪地の環境修復事業について関係機関の協力のもと Hi ビーズ（石炭灰造粒物）（図-2）を用いた窪地の覆砂・埋戻しを 2012 年度から実施している。本研究では 2012 年に行った全面覆砂による硫化水素の溶出抑制効果について、数値モデルを用いて定量的に検討・評価したうえで、Hi ビーズの最適投入量（覆砂厚）を見積もることを目的とした。

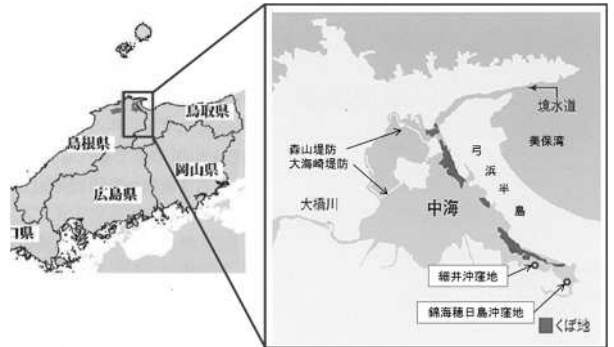


図-1 中海の窪地の分布と実証場所



図-2 Hi ビーズ

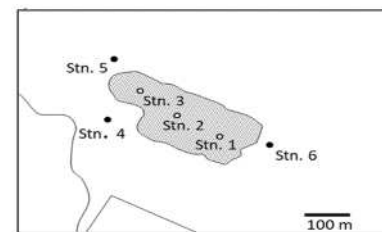


図-3 細井沖窪地の調査図

2. 対象地点

2012 年の全面覆砂は、容積約 20 万 m³、水深 10 m 弱の小規模で独立した窪地である細井沖窪地（図-3）にて 50 cm 厚で実施した（覆砂量：約 3 万 m³）。また、本覆砂の前後で水底質調査を実施した。

3. 物質循環モデルによる解析方法

本研究で構築した底泥近傍の物質循環モデルのフレームワークイメージを図-4 に示す。モデルは窪地内と窪地外の 2 つにわけ、それぞれのモデル間において物質循環をするように計算した。計算期間は 2013 年 6 月から 2014 年 6 月までの 1 年間とし、解析ソフト Stella ver. 10.1 (isee systems) を用い、タイムステップ $\Delta t=0.02$ (day) で 366 日間の計算を行った。

窪地内モデルにより、窪地内の物質循環が再現されたことを確認後、Hi ビーズの投入量を変えることによる硫化水素の低減効果による感度解析を行った。具体的には、Hi ビーズ（図中 GCA）の施工量を 0, 10,000, 20,000, 30,000（現状）, 40,000m³ として硫化水素低減効果の違いを比較した。

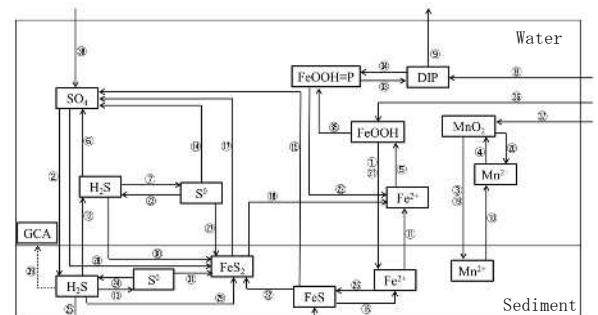


図-4 底泥近傍の物質循環モデルフレームワーク
（窪地内ボックスには GCA による硫化水素吸着プロセスを追加）

4. 結果と考察

(1) 窪地内外の底質

覆砂前後における窪地内の底泥中の全硫化物濃度は、約1.5%から0.5%に低下した(図-5)。覆砂から一定の時間が経過した後には、少しずつ濃度上昇の傾向があったが、覆砂後1年半の時点では1.0%未満にとどまった。濃度が上昇したことの1つの解釈として、窪地に対する有機物負荷があまりにも大きいいため、敷設したHiビーズの上に新たな粒子状有機物が降りそそぎ、Hiビーズを覆ってしまっていることが考えられる。

(2) 物質循環モデルによる解析結果

窪地内外のモデルについて、1年間のフローとストックの年間平均値を図-6に示す。間隙水中で発生した硫化水素については、窪地外においてはS⁰になるパスが2,170mg L⁻¹ yr⁻¹に対し、S⁰が硫化水素になるパスが1,846 mg L⁻¹ yr⁻¹であった。これは、S⁰となった硫化物の多くが再び硫化水素になることを示している。一方、窪地内では、Hiビーズ(図中GCA)による硫化水素吸着プロセスが大きく(1,106mg L⁻¹ yr⁻¹)、硫化水素の低減に大きく貢献している。

Hiビーズの投入量に対する間隙水中の硫化水素量について感度解析を行った結果、硫化水素の出力は石炭灰造粒物の施工量の増加に伴い減少した(図-7)。Hiビーズを施工しない場合、硫化水素は夏季において約300mg S L⁻¹まで上昇した。10,000m³のHiビーズ投入を仮定したシミュレーションでは、硫化水素濃度のピークは約80mg S L⁻¹に低下し、施工なしの場合と比較して最大値で200mg S L⁻¹以上抑制された。また、施工規模をさらに増やすにつれて、減少幅は小さくなるものの、夏季における硫化水素濃度は減少した。このことから、少なくとも1回あたり10,000m³以上(30cm~50cm以上)の施工を行い、これを1回/2年程度の頻度で繰り返し、最終的にすべてを埋め戻すという方法が良いと考えられる。

5. まとめ

本研究の結果から、Hiビーズ覆砂における効果および適正施工量は以下の通りである。

- Hiビーズ全面覆砂後の底泥中の全硫化物濃度は、覆砂前の約1/3程度に減少した。
- 10,000m³の覆砂により、間隙水中の硫化水素濃度は最大値で200mg S L⁻¹以上抑制されるシミュレーション結果となった。

以上より、1回あたり10,000m³以上のHiビーズを覆砂し続けることで中海の環境は改善されることが期待でき、現在は山型形状の覆砂や窪地の全面埋戻し等の覆砂方法の効果を研究中である。

参考文献 中海浚渫窪地の硫化水素発生抑制における石炭灰造粒物の適正施工量. 水環境学会誌 第45巻 第5号(2022), 207~221

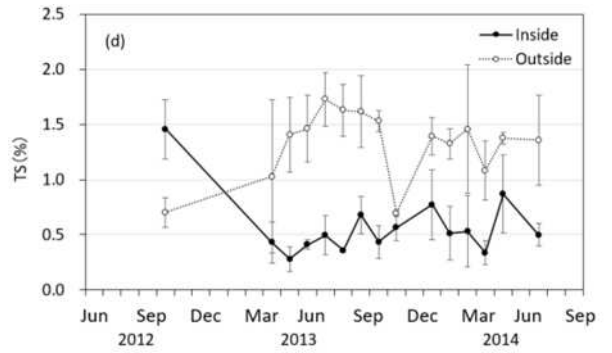


図-5 底泥中の全硫化物濃度変動

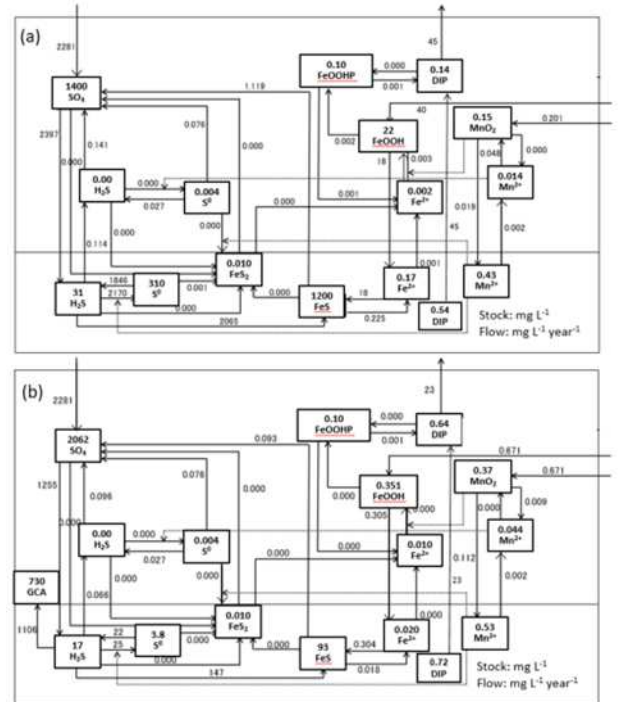


図-6 1年間のフローとストックの年間平均値 (a)窪地外モデル, (b)窪地内モデル

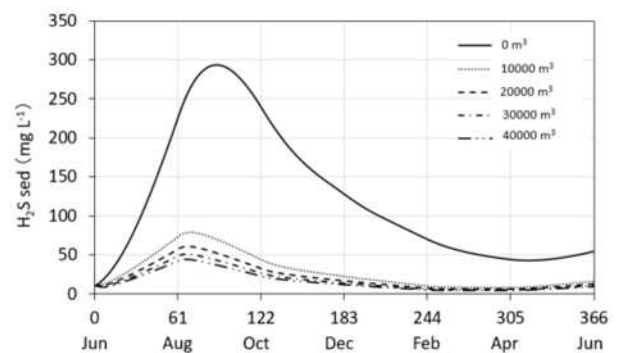


図-7 間隙水中の硫化水素濃度の感度解析結果