

## 豊かな沿岸・汽水域の保全と有効利用に関する環境のモニタリングおよび修復 —中海浚渫窪地の覆砂による環境修復に関する研究—

地域環境科学科 准教授

桑原 智之

### 目 的

中海周辺には、工業団地や農業用地が造成されており、その一部には中海の湖底の土砂が採取（以下、浚渫とする。）されて利用されている。しかし、浚渫跡はそのままの状態で窪地となって残されており（以下、浚渫窪地とする。）、現在も通常の湖底面より 3～7 m 程度深くなっている。浚渫窪地内部の堆積速度は通常の湖底に比べ数倍程度速いことが報告されており（井内ら 2010）、蓄積した堆積物からは酸化還元電位の低下に伴い栄養塩や硫化水素の溶出が認められる。特に独立した窪地内部の水塊は容易に入れ替わらず、通常の湖底よりも長い期間貧酸素の状態となっている（相崎ら 2011）。窪地内の貧酸素化は栄養塩等の内部負荷を増加させ、底生生物の生息を困難とすることから、早期の環境修復が必要と考えられる。浚渫窪地の環境修復は、周辺の自然湖底と同水深まで埋め戻すことが前提であるが、直ちに埋め戻すことは非常に困難である。そこで、窪地全体に覆砂を行うことで、底質からの負荷物質の溶出を抑制することが考えられる。細井沖浚渫窪地（面積約 0.05 km<sup>2</sup>）では 2012 年 12 月～2013 年 2 月に、錦海-穂日島沖浚渫窪地（面積約 0.043 km<sup>2</sup>）では 2013 年 12 月～2014 年 3 月に石炭灰造粒物を用いてそれぞれ厚さ 0.5 m, 0.7 m で全面覆砂を実施し、底質からの溶出物質の抑制に対しての効果について検討を進めている。本研究では、覆砂の効果として期待される窒素・リン・硫化水素の溶出抑制効果について、水質調査と底泥チャンバー法を用いて検証した。

### 研究成果

水質観測と栄養塩・硫化水素の溶出速度の観測を隔月に実施した結果、2014 年度においては、窪地内は覆砂前と同様に貧酸素状態（DO 3mg・L<sup>-1</sup>以下）が継続し、ORP も負の値で推移し、覆砂による酸素環境の改善は認められなかった。夏季はアンモニア態窒素（以下、NH<sub>4</sub>-N とする。）やリン酸態リン（以下、PO<sub>4</sub>-P とする。）濃度、硫化水素（以下、H<sub>2</sub>S とする。）濃度が上昇し、これらの湖底からの溶出物質の値も覆砂前と同程度まで上昇した。細井沖浚渫窪地では石炭灰造粒物上に堆積物が蓄積しており、覆砂効果の持続性が失われつつある。そこで、対策を講じるための現状調査として、全面覆砂して 2 年 5 ヶ月経過時点である 7 月に石炭灰造粒物上の堆積泥の厚さ、間隙水の栄養塩と硫化水素濃度、泥の強熱減量等を測定した。その結果、覆砂材上には平均 9.8cm（n=18, 最大 21cm）の堆積物が存在することが明らかになった。堆積物の含水率や強熱減量は全面で同様な性状であったが、含有する栄養塩や H<sub>2</sub>S 濃度は時期的な影響から低い状態であった。浚渫窪地全体で同様な堆積状況であり、新生堆積物に由来する栄養塩や硫化水素の溶出を抑制する必要があること、堆積物が肥厚化する前に対策を行う事により、覆砂の持続性を検証できることから、2014 年 12 月から石炭灰造粒物を用いて追加覆砂し、今後も覆砂効果と持続性を検証することになった。石炭灰造粒物を全面覆砂した細井沖及び錦海-穂日島沖浚渫窪地の栄養塩・硫化水素の溶出速度の測定を 11 月まで行った結果、硫化水素については細井沖では約 88%、錦海-穂日島沖では約 98%の溶出速度を低下させた。一方、栄養塩に関しては両窪地で差が生じており、細井沖では N: 約 14%, P: 約 22%, 錦海-穂日島沖では N: 約 80%, P: 約 89%であった。石炭灰造粒物には、H<sub>2</sub>S を酸化して無害化できる機能が報告されていることから、覆砂により覆砂材下からの H<sub>2</sub>S の溶出を顕著に抑制できたと考えられた。一方、PO<sub>4</sub>-P に関しては、石炭灰造粒物に含有す

るカルシウムと反応して吸着等が生じることが実験室で確認されているが、実際の環境下では間隙水中の pH は 9 程度であることから、反応が進行せず溶出抑制できなかつたと考えられた。なお、NH<sub>4</sub>-N に関しては材料自体には無害化及び吸着等の効果はなく、蓋の効果のみが期待できる。今後、両窪地で異なる効果が得られた要因について検討を進め、覆砂効果を発揮する要因について検討する必要がある。

### 社会への貢献

中海では第 6 期湖沼水質保全計画（案）が策定されており、長期的な対策として窪地を含めた底質からの内部負荷について検討が行われる予定である。本研究結果は島根県・鳥取県の水質保全政策へ貢献し、具体的な浚渫窪地対策を行う上で重要な知見となる。また、全国の汽水域では里海としての利用が衰退しており、中海でも沿岸域での海草藻類の減少が著しい。浚渫窪地はもともと水深が浅い沿岸域に多く存在することから、湖底の環境修復は海草藻類をはじめ、底生生物の生息環境を大きく損なう原因となっている。本研究の成果は、汽水域沿岸域の環境修復方法の一つとしてデータを提供することが可能であり、全国の同様な問題を抱える汽水域での環境修復に有用な知見を提供できる。

### 次年度に向けた検討状況

細井沖浚渫窪地において実施されている石炭灰造粒物の全面覆砂（2 回目）が 2015 年 2 月末で終了する予定である。1 回目の全面覆砂では、覆砂直後に堆積物が存在しており、この堆積物が窪地由来のものか外部からの新たに堆積したものか判断ができなかつた。今回の覆砂により、石炭灰造粒物上にはほとんど堆積物が無い状態になることから、堆積物の由来や堆積速度及び覆砂の持続効果を検証できると共に、夏季の栄養塩等の濃度上昇を抑制できる可能性が高い。したがって、次年度も水質・底質調査と溶出速度の測定を継続し、石炭灰造粒物の追加投入の効果を検証する。

### 公表論文

1. 木戸 健一朗・斉藤 直・魚谷 律人・桑原 智之・相崎 守弘（2014）中海浚渫窪地における N・P・S の溶出速度の見積もりと石炭灰造粒物を用いた覆砂の効果，水環境学会誌，37（3），71-77.
2. 斉藤 直・桑原智之・相崎守弘・徳岡隆夫（2014）自然再生推進法に基づく中海自然再生事業，土木学会論文集 B3（海洋開発），70（2），I\_1128-I\_1133.

### 学会発表等

1. 須崎萌実・桑原智之・樋野和俊・徳岡隆夫：中海細井沖浚渫窪地における覆砂材上堆積物の栄養塩・硫化水素含有特性，島根大学研究機構汽水域研究センター第 22 回新春恒例汽水域研究発表会 汽水域研究会第 3 回例会 合同研究発表会（2015.1.10 松江）
2. 桑原智之・須崎萌実・樋野和俊・徳岡隆夫：細井沖・錦海沖浚渫窪地の覆砂施工による栄養塩・硫化水素溶出抑制効果の検証，島根大学研究機構汽水域研究センター第 22 回新春恒例汽水域研究発表会 汽水域研究会第 3 回例会 合同研究発表会（2015.1.11 松江）
3. 須崎萌実・桑原智之・樋野和俊・徳岡隆夫：中海における独立性の高い浚渫窪地への全面覆砂による硫化水素溶出抑制効果の検証，第 49 回日本水環境学会年会（2014 年度）（2015.3.16 金沢）

### 外部資金

中海浚渫窪地の覆砂効果検証に関して、1 件の共同研究を行った。