

水俣湾における底泥コアサンプリング結果に基づく 底泥輸送のシミュレーション

九州大学大学院 学生員 松野下晃平 九州大学大学院 学生員 谷中敬亮・北岡泰成
九州大学大学院 フェロー 矢野真一郎 長崎大学大学院 正員 多田彰秀
環境省国立水俣病総合研究センター 松山明人

1. 研究目的

水俣病の公式確認から 60 年以上が過ぎ、世間の認識において水俣病は解決した問題であるとみなされている。しかし、現在でも加齢による症状の悪化や潜在的な患者の顕在化など問題は続いている。水俣湾の総水銀 25ppm 以上を含む底泥は、1977 年からの 13 年間に熊本県が実施した環境修復事業において、浚渫後に海岸の埋立地に密封された。しかし、現在でも自然界のバックグラウンド濃度(～1ppm)と比較すると高く、最大 10ppm の総水銀が残留している。ただし、この濃度は水俣病の様な重篤な健康被害を発生するレベルではなく、安全性は確保されているといえる。しかし、将来的なリスク管理の観点からモニタリングの継続や将来予測の技術が必要である。本研究の目的の一つは、水俣湾の底泥内に残留する微量水銀の動態を明らかにし、将来の水銀リスクを予測可能とする数値モデルの開発を行うことである。

これまで、矢野ら(2014)は汎用沿岸域流動モデルである DELFT3D を用いた水俣湾を起源とする底泥の輸送モデルを構築してきた。その結果、過去に実施された南部八代海におけるコアサンプリングに基づく底泥中総水銀分布と類似の堆積パターンを再現しており、少なくとも水俣湾から再懸濁した底泥が八代海へ拡散する様子はおおむね再現できていたと考えている。しかし、底泥の巻き上げに関するパラメータである限界せん断応力が不明であるため、近隣の有明海での実測値を用いていた。

そこで、2012 年に実施した水俣湾内でのコアサンプリングにより得られた中央粒径の測定結果 [Matsuyama *et al.*(2014)]から、底泥輸送において最も重要な過程である再懸濁を決定するパラメータである限界せん断応力を推定して水俣湾内に分布を与えることで、より確信度の高い底泥輸送シミュレーション

の実施を試みた。

2. 研究方法

1) 水俣湾における限界せん断応力分布の推定

2012 年 5 月に実施された水俣湾内 73 地点のコアサンプリング調査において、底泥コアの水銀(総水銀、メチル水銀)の鉛直分布がそれぞれ測定されている[Matsuyama *et al.* (2014, 2016)]。その際、底泥表面の層(0-10cm)については別途サンプルを保管し、粒度分布を測定した。土の粒度・物理試験のための試料調製(JIS A 1201 T-1979)に従い常温の室内で乾燥させ、九州大学工学部地盤工学研究室(安福規之教授)所有のレーザー回折式粒度分布測定装置(SALD-3100, 島津製作所社製。測定レンジ: 0.05～3000 μ m)により測定を行った。

その中央粒径値を用いて、次に示す無次元限界掃流力の式(シールズ・ダイアグラム)と限界摩擦速度の定義式から限界せん断応力を推定した。

$$\tau_{*c} = \frac{U_{*c}^2}{\left(\frac{\sigma}{\rho} - 1\right)gd_m} \quad (1)$$

$$U_{*c} = \sqrt{\frac{\tau_c}{\rho}} \quad (2)$$

ここで、 τ_{*c} : 無次元限界掃流力、 U_{*c} : 限界摩擦速度[m/s]、 σ : 礫粒子の密度[g/cm³]、 ρ : 水の密度[g/cm³]、 d_m : 底質コアサンプルの中央粒径[μ m]、 g : 重力加速度[m/s²]、 τ_c : 限界せん断応力[N/m²]である。

無次元限界掃流力 τ_{*c} は一般的に 0.04～0.06 の値をとるが、ここでは代表値である 0.05 を使用する。よって、中央粒径値から限界せん断応力値が算出される。得られた、限界せん断応力の分布を図-1 に示す。

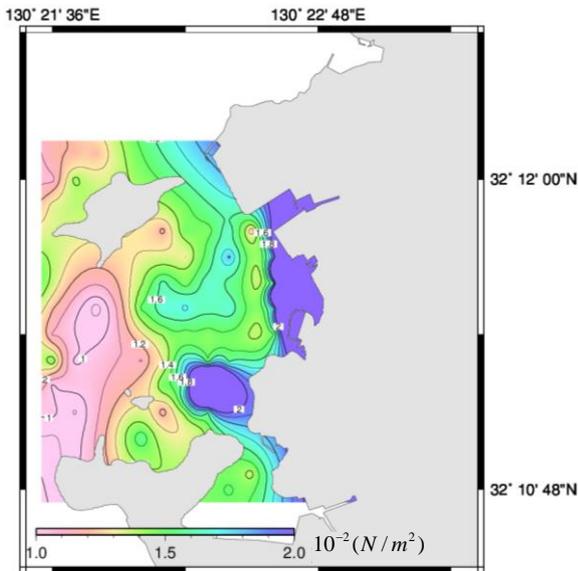


図-1 推定限界せん断応力の分布

得られた値は 0.01N/m^2 オーダーであった.

2) 底泥輸送モデルによる数値シミュレーション

次に、得られた限界せん断応力の分布を水俣湾に与えて、初期条件として水俣湾内のみ底泥を 1m の厚さで敷いた場合の底泥輸送シミュレーションを試みた. 本研究では、矢野ら(2014)が開発した有明海と八代海を結合した計算領域を持つ底泥輸送サブモデルをもつ 3次元流動モデルを使用し、鉛直層数は σ 座標で 5 層とした. また、外海の境界条件として、40 分潮の潮汐を与えている. 2003 年 1 月から計算期間 1 年間のシミュレーションを実行しているが、ここでは本稿執筆段階で結果が得られている約 4 ヶ月間分の結果について示す.

3. 結果と考察

図-2 に 2003 年 4 月 17 日 (大潮) の累積堆積・浸食厚の平面分布を八代海南部のみ示す. 水俣湾から八代海へと底泥が移動し、拡散していることが確認できる. また、初期に底泥が存在した水俣湾においてのみ浸食が発生するが、湾内でも比較的流速が大きくなる狭窄部のみで浸食が発生していることが分かる. 次に、図-3 には同じ時の最下層 (第 5 層) の懸濁物質 SS の平面分布を示す. 水俣湾から再懸濁した底泥が八代海南部に輸送され、堆積・再懸濁を繰

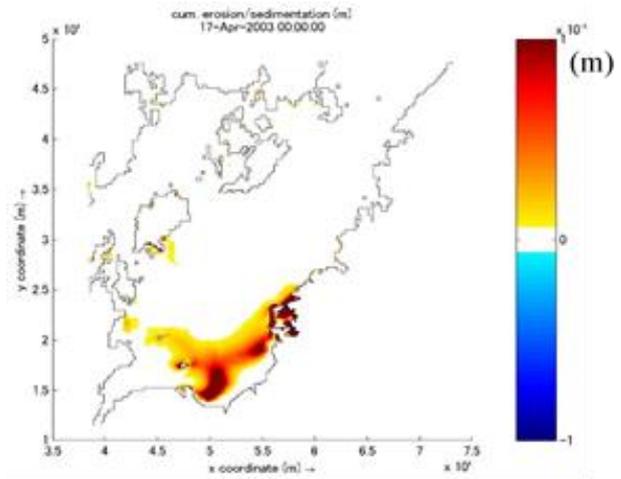


図-2 累積堆積・浸食厚の平面分布(2003/4/17)

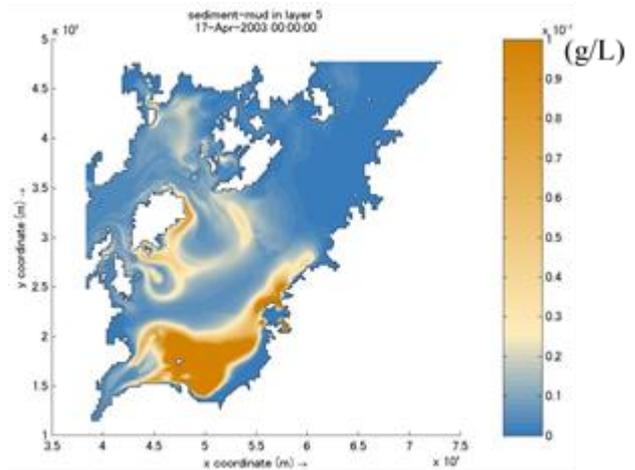


図-3 底層における SS 平面分布(2003/4/17)

り返しながら拡がっている. 得られた分布は、既往研究で評価に用いた過去の底泥中総水銀の平面分布と比較すると同様に似たパターンを示していた.

4. 結論

水俣湾から再懸濁する底泥について、観測より得られた中央粒径分布から推定した限界せん断応力を与えた数値解析を行い、定性的に良好な結果を得た.
 [参考文献] 1) 矢野ら(2014): 水俣湾における底泥輸送とバロクリニック構造との関係の数値モデルによる検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 70(2), I_416-I_420., 2) Matsuyama et al.(2014): Reevaluation of Minamata Bay, 25 years after the dredging of mercury-polluted sediments, *Marine Pollution Bulletin*, 89(12), 112-120., 3) Matsuyama et al.(2016): Distribution and characteristics of methylmercury in surface sediment in Minamata Bay, *Marine Pollution Bulletin*, 109, 378-385..