

水俣湾における分級した底泥の輸送シミュレーションの試行

九州大学工学部 学生員 北岡泰成 九州大学大学院 学生員 谷中敬亮・松野下晃平
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

近年、世界中の海洋や沿岸域において海水や底泥中に含まれる微量水銀が生物濃縮し、マグロやサメなどの大型魚類や鯨などの大型ほ乳類の筋肉中に濃縮されることで、それらの魚肉を摂取する人間への健康被害が懸念されている。それらのリスク管理を行う上で、海洋環境中の水銀の動態やそれらのメチル化・脱メチル化機構を考慮した数値モデルの開発が求められている。

本研究グループでは、沿岸域における水銀の動態を把握するための数値モデルの開発をすることを目的とし、過去に重大な水銀汚染が発生し、現在は環境修復事業により水銀の汚染レベルが低いものの、自然界のバックグラウンド濃度と比べると高レベルの水銀が底泥中に残留している水俣湾を対象として数値モデルの開発を行っている[矢野ら(2014)]。開発中のモデルでは、水銀は底泥中の土粒子表面に付着し、それらが再懸濁することで潮流に乗って輸送されると仮定しているため、数値モデルの開発には底泥輸送の高精度シミュレーションを行うことが必要となる。Fathya *et al.* (2016)は、汎用沿岸域流動モデルである DELFT3D に水俣湾周辺海域の水平計算格子間隔を細かく設定した Variable Mesh Grid を適用し、底泥の巻き上げに関する限界せん断応力を一定として計算を行った。その結果、過去に八代海南部で実施された底泥中の総水銀濃度分布から推定される水俣湾から輸送された底泥が拡散・堆積したパターンを概ね表現できることを確認している。

しかし、本来は底泥の粒径分布の影響や、シルトや粘土などの粘着性材料においては含水率や有機物含有量ならびに電氣的状態などによる影響を受けて、場所毎に分布があると考えられる限界せん断応力を一定にするなど物理的に問題があると考えられる条件を用いている。そこで本稿では、底泥の粒径について分級を行い、各分画毎の底泥輸送シミュレ

ーションを試行的に行ってみたので、その結果を報告する。シミュレーションの精度をより高めるために、底泥を粘土・シルト・細砂の3つに区分し、各粒径ごとの挙動を調べた。

2. 底泥輸送シミュレーションの概要

DELFT3D を使用し、計算領域を八代海と有明海を結合した領域に設定した。計算期間は、2003年1月1日から1年間としているが、本稿執筆段階では最終結果が得られておらず、ここでは1ヶ月間の計算結果を用いて結果を紹介する。水平計算格子は Fathya *et al.* (2016)と同様に Variable Mesh を用いて、水俣湾周辺を最高解像度である 62.5m メッシュで、その周辺を2倍の 125m メッシュ、離れた海域はオリジナルの 250m メッシュの直交座標系グリッドで解像している。鉛直方向は、長期間の計算を行うため計算コストを考慮して σ 座標系で均等5層と設定した。開境界条件は鹿児島県の阿久根と長崎県の樺島水道を結んだ線上に、外力として40分潮成分の潮汐波を与えた。また、水俣湾内のみ厚さ1mの底泥を敷き、それ以外の領域には底泥が初期時刻に存在していない条件とすることで、水銀を含有する水俣湾の底泥が再懸濁し、八代海へ拡散しながら堆積と再懸濁を繰り返して拡がる様子をシミュレートする。

底泥に関しては、試行として粘土(<5 μm)・シルト(5 μm ~75 μm)・細砂(75 μm ~250 μm)の粒径に区分し、それぞれの代表粒径として中央値を用い、次の Shields 式から、無次元限界せん断応力を 0.05 と仮定して限界せん断応力を算出し、全計算領域に与えた。

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

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

ここで、 τ_{*c} : 無次元限界せん断応力, U_{*c} : 限界摩擦速度, σ : 礫粒子の密度, ρ : 水の密度, d_m : 底質分級の代表粒径, g : 重力加速度, τ_c : 限界せん断応力である。

また、懸濁物の沈降速度はその代表粒径から Rubey 式により推定した。得られた各分級のパラメータは表-1 に示すとおりである。

表-1 各分級のパラメータ値

分級	粘土	シルト	細砂
代表粒径 (μm)	2.5	40	162.5
τ_c (Pa)	2.02×10^{-3}	3.24×10^{-2}	1.32×10^{-1}
沈降速度 (cm/s)	5.56×10^{-4}	1.42×10^{-1}	1.88

3. シミュレーション結果と考察

図-1 に計算開始1ヶ月後にあたる1月31日における南部八代海の各分画の累積堆積・浸食厚の計算結果を示す。なお、細砂についてはほとんど広がっていないため、図は割愛した。最も粒径の細かい粘土については、南部八代海と水俣湾の対岸に位置する天草側へ広がっていることが分かる。一方、シルトは水俣湾周辺のみ広がっているに過ぎず、粒径

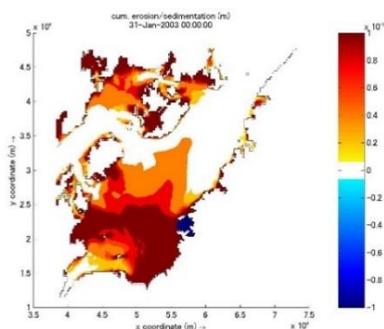


図-1 (a) 粘土の累積堆積・浸食厚分布 [単位: m]

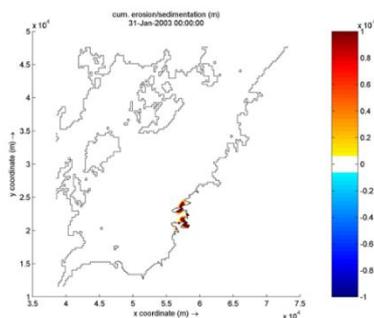


図-1 (b) シルトの累積堆積・浸食厚分布 [単位: m]

による移動範囲の違いが鮮明に現れている。

次に、図-2 に水俣湾周辺のみを拡大した同様な計算結果を示す。粘土については、水俣湾全域で浸食されており、ほぼ残留している底泥がない状態である。小さい限界せん断応力を持つことから、水俣湾内の小さい潮流でも巻き上げが発生し、外海となる八代海へ移動している。一方シルトは、狭窄部のみ浸食が発生しており、その他では堆積か、底泥の移動が見られないかのどちらかとなっている。粘土とシルトでは限界せん断応力が1オーダー異なることから、水俣湾内でも潮流が大きくなる海域においてのみ巻き上げが発生し、空間的に底泥を供給することができる海域が限定されていることが分かる。

4. まとめ

水俣湾の底泥を粒径で分画した底泥輸送シミュレーションを行い、分画毎に移動特性が異なることを示した。講演時には、より長期の計算結果を紹介する予定である。

[参考文献]

- 1) 矢野ら(2014), 土論B2(海岸工学), 70(2), I_416-I_420.,
- 2) Fathya et al.(2016), 土論B2(海岸工学), 72(2), I_1285-I_1290.

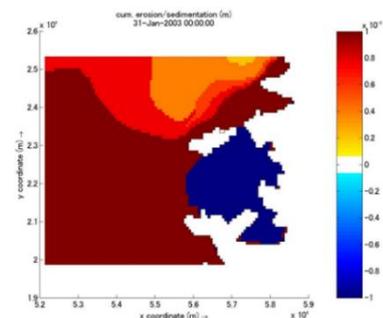


図-2 (a) 粘土の累積堆積・浸食厚分布 [単位: m]

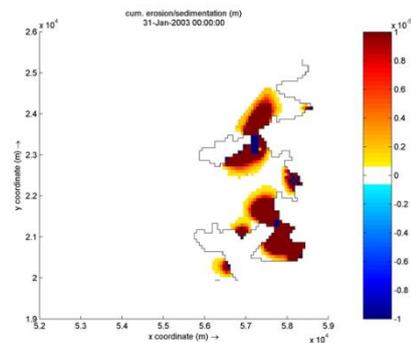


図-2 (b) シルトの累積堆積・浸食厚分布 [単位: m]