

# 水俣湾における微量残留水銀の動態に関する数値モデリング

九州大学 矢野真一郎・久野彰大・Herawaty Riogilang・川瀬颯人・田井明  
環境省国立水俣病総合研究センター 松山明人 長崎大学 多田彰秀

## 1. 研究の目的

九州の八代海に面する水俣湾では、1950年代に化学工場からの排水中のメチル水銀が原因で水銀汚染が進行した。湾内において高濃度水銀が蓄積した食用魚や二枚貝を多量に摂取した結果、中枢神経中毒症である「水俣病」が発生しており、近隣住民を中心に甚大な被害をもたらした。1977年から1990年にかけて行われた環境修復事業により水俣湾の環境は復元されているが、現在もなお自然界のバックグラウンド濃度(0.06ppm程度)を超えた10ppm以下の微量な水銀が残留している。微量なメチル水銀の毒性については多くの研究が進められている。その一例として、生物濃縮により水銀を含有した大型魚類を妊婦が多量に摂取した場合、その胎児に軽微な神経障害を引き起こす可能性があることが疫学的な見地から指摘されている。このような微量残留水銀に対する将来のリスク管理に対し、有効な対策を講じるためにも、海域における水銀の輸送構造や動態の解明が求められている。そのためには、(1)自然環境下の海水中でのメチル化(*in-situ* methylation)・脱メチル化機構の解明、(2)対象海域における溶存態水銀と懸濁態水銀のソースの解明、(3)水銀の生化学反応を取り入れた、流動および底質移動の高精度なシミュレータの開発、などが必要とされる。

そこで本研究では、水銀動態モデル開発の第一歩として、矢野ら(2010)が作成した有明海・八代海を結合した3次元流動・底質輸送モデルをベースにして水俣湾周辺海域における底質輸送モデルの開発を試みた。

## 2. 研究の内容

**2.1 数値モデルの概要：**本研究では、汎用沿岸域3D流動モデルであるDelft3Dを適用し、有明海と八代海を結合した数値モデルを開発した。図1に計算領域を示す。本研究では、破線部の開境界でM<sub>2</sub>潮のみを与えている。水平方向には格子間隔約250mの

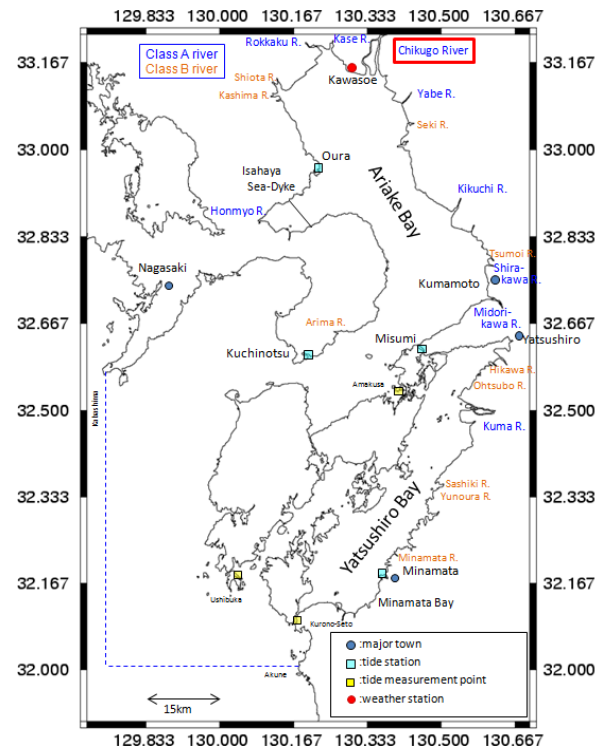


図1 計算領域（1級河川、主要2級河川の位置も含む）

直交直線座標系を、鉛直方向には $\sigma$ 座標系（5層均一）を適用した。水平渦動粘性係数はSGSモデル、鉛直渦動粘性係数は $k-\varepsilon$ 乱流モデルで評価し、潮位変動に伴う干潟の干出・水没も考慮している。底質の侵食・堆積過程についてはPartheniades-Kroneの式で評価した。侵食と堆積に対する限界せん断応力は、それぞれ0.001Paと1.0Paとした。侵食速度パラメータと懸濁物質(SS)の沈降速度は、Nakagawa&Yoshida(2008)による有明海の実測値である $M=3.3 \times 10^{-4} \text{kg/m}^2/\text{s}$ を $w_s=1.8 \text{mm/s}$ 適用した。計算期間は一年間とし、助走計算を10日間行い潮汐が安定した後に侵食・堆積が始まるようにした。初期条件として水俣湾内にのみ輸送対象である底質を厚さ1mで一様に敷き詰め、水俣湾以外の海域では初期に底質がない状態とした。また、外海や河川からの土砂流入量は考慮していない。

**2.2 計算結果：**図2, 3, 4に計算開始からそれぞれ1ヶ月後、6ヶ月後、ならびに1年後の累積底質厚さ

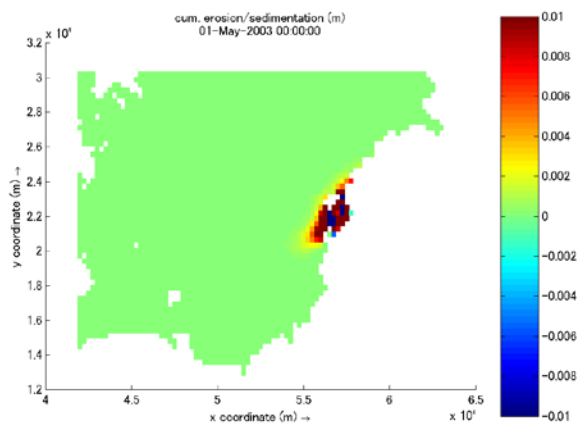


図2 水俣湾起源底質の堆積・侵食厚さの計算結果  
(初期から1ヶ月後、単位：m)

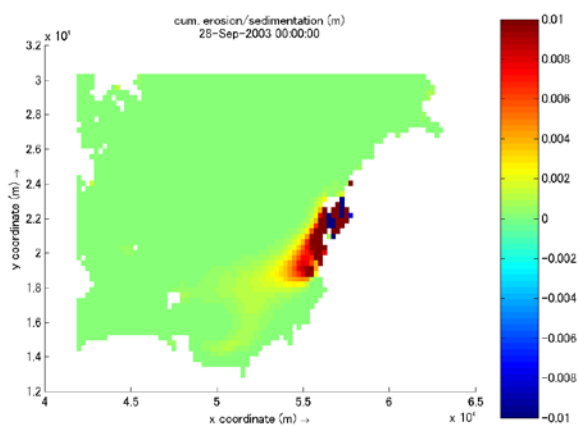


図3 水俣湾起源底質の堆積・侵食厚さの計算結果  
(初期から6ヶ月後、単位：m)

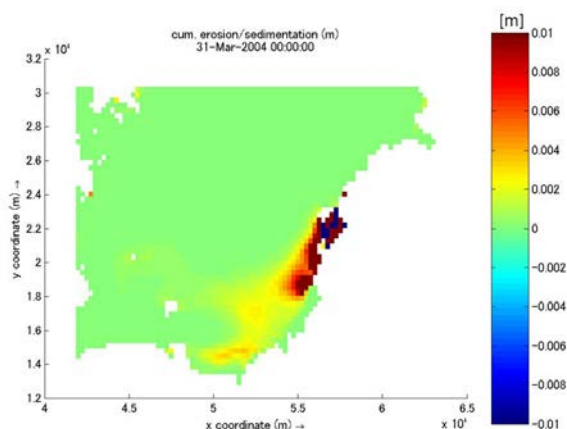


図4 水俣湾起源底質の堆積・侵食厚さの計算結果  
(初期から1年後、単位：m)

の分布を水俣湾周辺海域についてのみ示している。また、図5に Rifaldi *et al.*(1998)により測定された水俣湾から南部八代海に広がった底質中総水銀濃度の分布図を示す。潮流により再懸濁した水俣湾内の底質は、八代海南部海域において南下に伴い2つに分

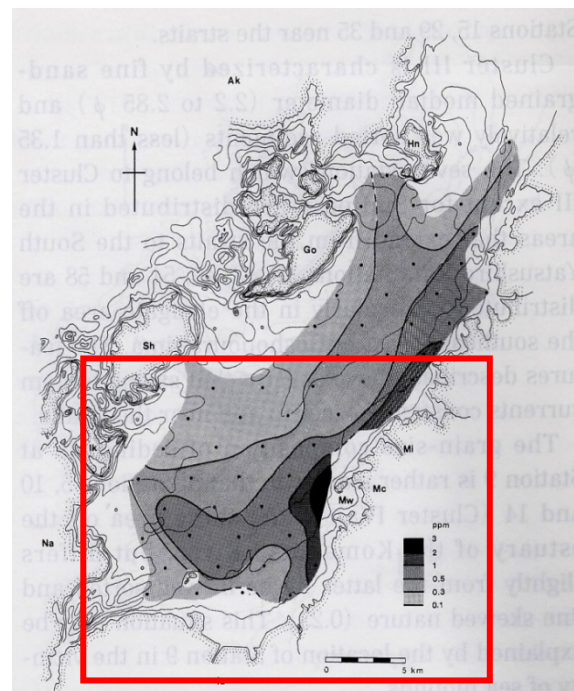


図5 水俣湾から八代海に広がった底質中総水銀の分布  
(Rifaldi *et al.* (1998)より、枠が図2, 3, 4の表示範囲。)

岐して輸送され、堆積していた。これは図5に示された残留水銀分布から推定される水俣湾起源の底質の移動状況を比較的良好に再現している。しかしながら水俣湾より北側へ運ばれた様子は再現されていない。これは、塩淡密度流を再現していないことに起因するものと推測されるが、今後確認が必要である。加えて、水俣湾内の堆積・侵食傾向と別に底質コアサンプリングにより得られた砂質・泥質土の分布がよく一致していたことから、底質の再懸濁・沈降過程は定性的には再現できていると考えられる。

### 3. 結論

水俣湾における懸濁態水銀輸送の数値モデル開発のために底質輸送モデルを構築した。1年間の計算を行い、水俣湾内の底泥が再懸濁し、南部八代海へ流出し堆積する過程を再現した。今後は、成層を考慮した同期間の長基底質輸送計算を行い、水俣湾から北側へ輸送される様子を含めて再現したい。

〔謝辞〕本研究は、環境省国立水俣病相互研究センターによる平成24年度総合的水銀研究推進事業により実施された。ここに記し謝意を表する。

〔参考文献〕1) 矢野ら(2010) 土木学会論文集 B2, 66(1), 341-345. 2) Nakagawa & Yoshida(2008) *Sediment and Ecohydraulics*, 155-163. 3) Rifaldi *et al.* (1998) *J. Sediment. Soc. Jpn.*, 48, 67-84.