

大阪大学工学部 学生員 ○岡田 輝久  
 大阪大学大学院工研究科 正会員 入江 政安  
 大阪大学大学院工研究科 正会員 西田 修三

1. はじめに

夏季の大阪湾では、溶存酸素濃度 (DO) の低い貧酸素水塊の発生が問題となっている。その要因は、汚濁した底泥や、河川からの淡水流入等、様々である。これらが要因となる複雑な酸素循環は数値シミュレーションにより、その実態把握がなされてきた。

沿岸海洋モデリングシステム ROMS (Regional Ocean Modeling System) は水質モデルが組み込まれた流動モデルであり、流動・水質の再現を行うことで、沿岸域の実態把握に用いられている。ROMS には他のオープンソースの海洋モデルにはない、高度なデータ同化手法を使うことができるという特徴がある。さらに、水質モデル同様、波浪モデル、気象モデル、流水モデルなどの他の分野のモデルと結合されており、様々な海域への適用が可能である。しかし、底質のモデル化についてはなされておらず、大阪湾のように汚濁した底泥が存在する海域ではモデル化が不十分であると考えられる。

本研究では、貧酸素水塊の動態に及ぼす底質の影響を明らかにするために、ROMS に底質モデルを結合し、大阪湾での貧酸素水塊の再現性を検証する。また底質モデルに吸脱着や生物擾乱などの改良を加え、その効果を検証する。

2. 水質・底質結合モデルの概要

構築した水質・底質結合モデルの概念図を図-1 に示す。本研究では、ROMS に接続されている Fennel ら (2006) のモデルを基にリンや還元物質の項を追加し、水中の窒素・リン・酸素の循環を表す水質モデルを構築した。さらに、貧酸素水塊の原因と考えられる硫化物イオン  $S^{2-}$  の項も追加した。

結合する海底の底質モデルは入江ら (2010) が海洋モデル POM に結合し、大阪湾に適用したことのある Berg ら (2003) の研究を基に構築した底質モデルを採用している。このモデルは海底に堆積した有機物が、有酸素下で好氣的に分解された後、脱窒、マンガン還

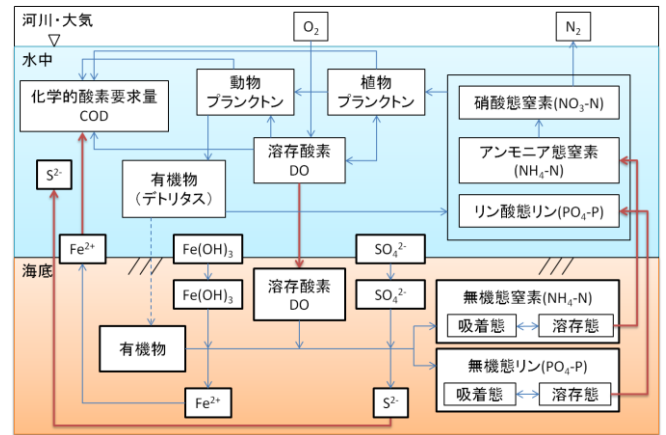


図-1 水質・底質結合モデルの概念図



図-2 計算領域と底質調査地点

元、鉄還元、硫酸還元、メタン生成の順で無酸素下においても分解が進むモデルとなっている。本研究では、Berg ら (2003) を参考に、上記のモデルに  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  について吸脱着を考慮する改良を加えた。特に  $PO_4^{3-}$  は DO 濃度との関係が強いために DO 濃度によって吸着態と溶存態の比を決定させた。さらに底生生物の活動によって海底中の間隙水や土粒子が乱され、拡散が行われる過程 (bioturbation) と底生生物の巣穴によって直上水が底泥内に直接供給される過程 (bioirrigation) を加えた。

底質内は鉛直方向に各層 1cm の 20 層に分割し、水平方向は水質モデルと同様、湾奥部で 1km, 湾奥部で

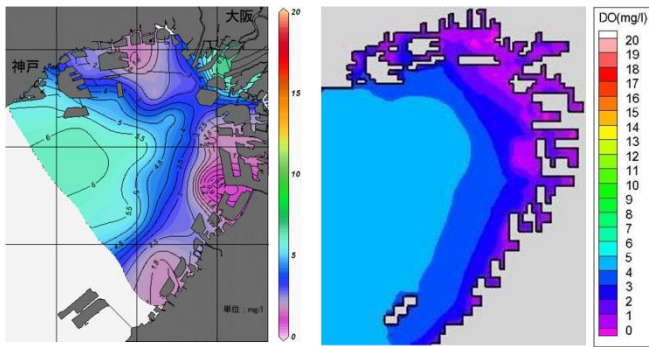


図-3 底泥直上水中の DO 濃度水平分布  
(左：観測結果(第5管区保安本部, 2011),  
右：再現計算結果)

500mとした。計算期間は2011年6月1日からの2カ月間とした。底質の初期条件は2009年の底質調査を基に、大阪湾を水深や底質状況によって4つに区分し、初期条件を区分ごとに与えた。

### 3. 計算結果の検証

#### ・DO濃度

図-3に第五管区海上保安本部の観測による2011年7月13日の底泥直上水中のDO濃度の観測結果と同日の再現計算結果を示す。観測で見られる湾奥部の貧酸素水塊が再現計算でも現れている。また、再現計算を行う際、海底の区分ごとに与えた初期値のパターンをいくつか試行した結果、与えた初期値によって底層のDO濃度が大きく変化することが分かった。貧酸素水塊の挙動には底質の性状の影響が大きいことが推察される。

#### ・リン酸態リンの吸脱着

図-4に底質モデルにおいて無機態物質の土粒子への吸脱着を考慮しない場合とする場合のそれぞれについて、底泥直上水中のリン酸態リン濃度の水平分布を示す。リン酸態リンは無酸素下において脱着が進むことが知られており、モデル内でも吸脱着を考慮することで、湾奥部の無酸素化した地点でのリン酸態リン濃度が高くなっていることが分かる。

#### ・生物擾乱の効果

図-5にS1からS4地点の酸素消費速度の計算結果を示す。湾奥部のS1, S2地点では、生物擾乱の考慮の有無によって酸素消費速度にほとんど変化がない。一方で、湾中央部のS3, S4地点では、生物の活動により、酸素消費速度が大きくなっている。これは湾中央部の底層のDO濃度が湾奥部に比べて相対的に高いため、底生生物がより活性化していることが表現でき

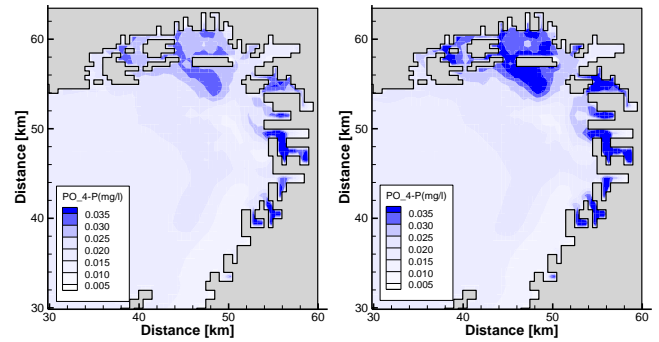


図-4 底泥直上水中のリン酸態リン濃度水平分布  
(左：吸脱着なし, 右：吸脱着あり)

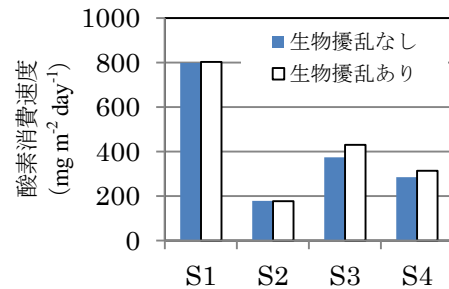


図-5 酸素消費速度

た結果であり、堆積した有機物の分解がより活発であることを示している。

### 4. まとめ

- ・沿岸海洋モデリングシステム ROMS に底質モデルを結合し、大阪湾に適用した。貧酸素水塊は底質からの影響が大きく、適切な条件やパラメータの設定を行うことで、より正確な再現が可能であることを示した。
- ・土粒子に吸着していたリン酸態リンが無酸素下において脱着し、底泥中の間隙水から溶出する現象をモデルで表現することができた。
- ・湾奥部で堆積している底泥の分解が進まない原因の一つに、貧酸素化のために底生生物が少なく、底泥内へのDO供給が少ないことが原因の一つであることが示唆された。

### 参考文献

- 入江ら(2010)：硫化水素の発生・溶出に着目した水底質モデルによる貧酸素水塊の動態解析，土木学会論文誌 B2 (海岸工学) Vol.66, No.1, pp.1066-1070.
- 第五管区海上保安本部(2011)：大阪湾環境保全調査，[www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN5/kankyo/kankyotop.htm](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN5/kankyo/kankyotop.htm)
- Bergら(2003)：Dynamic modeling of early diagenesis and nutrient cycling. A case study in an arctic marine sediment, American Journal of Science, Vol.303, P. 905-955.
- Fennelら(2006)：Nitrogen cycling in the Middle Atlantic Bight: Results from a three-dimensional model and implications for the North Atlantic nitrogen budget, Global Biogeochemical Cycles 20, GB3007, 14p.