

閉鎖性海域における浮遊系-底生系結合生態系モデルの開発

いであ株式会社 正会員 ○永尾 謙太郎
 いであ株式会社 非会員 畑 恭子
 東海大学 非会員 中田 喜三郎

1. はじめに

内湾での水質改善対策の評価にあたっては、対策に伴う水質浄化、それに応答する底質浄化や生物相の回復、さらなる水質浄化といった自律的な生態系の変遷の評価が重要になる。本研究ではこのような自律的な生態系の変遷を表現するため、水質と底質、底生生物の相互作用を評価する浮遊系-底生系結合生態系モデルの構築ならびに検証を行った。

2. モデル構造

浮遊系-底生系結合生態系モデルの物質循環図ならびに解析項目を図-1に示す。本モデルの特徴は、底生系モデルにおいて酸素循環を律速している重要な要素であるマンガン・鉄・硫黄を構成要素とし、堆積物内の酸化還元状態による有機物の電子受容体の変化、それに伴う段階的酸化分解を考慮していることである。これにより堆積物による酸素消費量ならびに堆積物からの硫化水素等の還元物質の溶出量を詳細に推定することが可能となり、貧酸素化のメカニズムに対して各種生物・化学過程を定量化することができる¹⁾。また底生生物については、安岡ら²⁾のモデル構造を引用している。ここでは懸濁物食者や堆積物食者は貧酸素水塊への暴露による死亡を考慮している。そのため、①ある水質改善対策により貧酸素化が一部解消、②底生生物の生息数が増大、③水中・堆積物中有機物の捕食量の増大、④さらなる貧酸素化の改善といった自律的な生態系の回復が表現できる構造となっている。

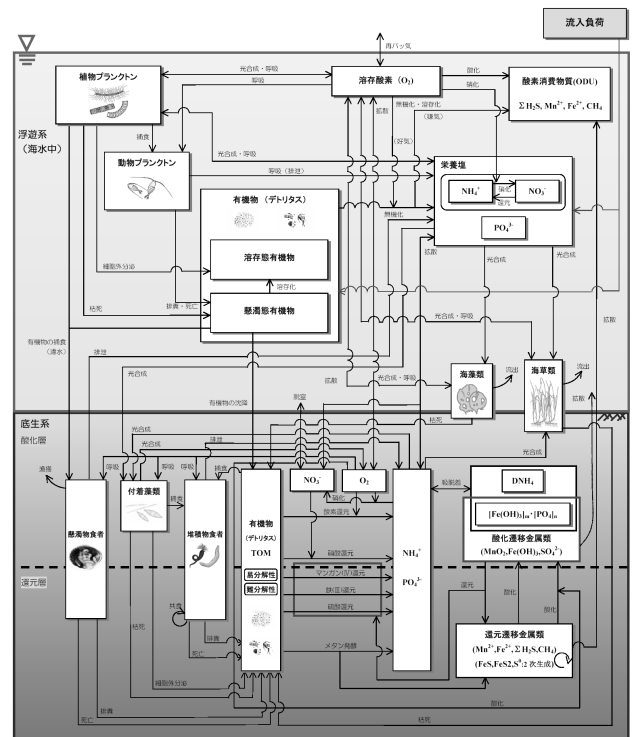


図-1 モデルの物質循環図と解析項目

3-1. 計算手法(浮遊系モデル)

浮遊系モデルは、鉛直方向に多層のレベルモデルとし、気象・河川および工場・事業場からの負荷物質の流入・湾口部の水質濃度・底生系モデルで計算される堆積物との物質交換・底生生物による物質循環等の条件を基に湾内における非定常の物質循環を解析する。なお浮遊系モデルではマンガン・鉄・硫黄等の解析は行わず、堆積物より溶出するこれらの還元物質を酸素消費量に換算した ODU(酸素消費物質)という一つの解析項目に集約し計算を簡易なものにした。

3-2. 計算手法(底生系モデル)

底生系モデルは、浮遊系モデルにおいて計算される有機物の沈降量を境界条件として鉛直一次元モデルにおいて解析を行う。堆積物表層より 10cm を計算対象とし、計 10 層に区分した。格子間隔は不等間隔格子とし格子幅は 0.02~15cm とした。堆積物内で考慮する物理過程としては、堆積、分子拡散、バイオターベーションによる固相・液相の拡散であり、簡単のため土粒子の沈降・圧密に伴う堆積物の空隙率の変化は取り扱わないものとした。堆積物表層に沈降するマンガン酸化物(MnO_2)や鉄酸化物($Fe(OH)_3$)、直上水の硫酸イオン

キーワード 貧酸素水塊, 硫化水素, 生態系モデル, 底生生物, 水質改善対策

連絡先 〒224-0025 神奈川県横浜市都筑区早渕 2-2-2 いであ株式会社 TEL : 045-593-7626 E-mail : ngo20503@ideacon.co.jp

(SO_4^{2-})は、浮遊系モデルにおいてこれらを解析項目としていないため、境界値(固定値)として取り扱った。

4. 検証(東京湾への適用)

東京湾にモデルを適用し、モデルの再現性の検証を行った。計算期間は1999年4月から2000年3月までとした。浮遊系モデルは、水平方向に1kmの正方向格子に、鉛直方向には20層(水深30mまでを2m間隔)にそれぞれ分割した。また底生系モデルは計算負荷の観点より浮遊系モデルの正方向格子を任意に連結させたボックス格子にて解析を行った。

図-2には東京湾湾奥部(公共用水域水質調査結果St-25)における、表層クロロフィルaおよび底層溶存酸素濃度について観測値と計算値を比較したものを示している。計算値は比較的良く実測値の変動を捉えているものと考えられる。また図-3には盤洲干潟における堆積物内の溶存酸素濃度のプロファイルについて計算値と実測値を比較したものを示している。このような堆積物内の詳細な物質プロファイルについての既往調査例は限られていることから、計算年次と比較する観測の調査年次を一致させることは難しいが、計算値は観測値に見られる溶存酸素の浸透層の季節変化を表現できているものと考えられる。次に堆積物内の硫酸イオンおよび硫化水素の観測値と計算値の比較を図-4に示す。硫酸イオンおよび硫化水素については、本研究において東京湾奥部深掘跡地において測定した結果と比較を行った。計算値は深掘内における計算結果である。硫酸還元に伴う硫酸イオンの減少を計算値はある程度表現しているものと考えられる。一方で、硫化水素については計算値が実測値よりも過大になっている。この要因としては、硫化水素の受け皿となる鉄(II)イオン(Fe^{2+})や硫化鉄(FeS)が計算では過小となっている、硫化水素を酸化する硫黄酸化細菌(*Beggiatoa*)をモデルに考慮していない、などが可能性として考えられる。今後のモデル精度の向上には、堆積物内の物質濃度についての現地データの蓄積が重要である。

5. おわりに

構築した浮遊系-底生系結合モデルを東京湾に適用し、モデル再現性の検証を行った。その結果、紙面上、図示していない点もあるが東京湾全域において、水質項目、底質項目、底生生物について、実測値と計算値を比較し、概ね妥当な結果を得た。

謝辞：本研究は平成18年度経済産業省委託業務「平成18年度環境負荷物質対策調査(閉鎖性海域水質環境対策検討調査)」の一部である。

参考文献：1)National Environmental Research Institute Ministry of the Environment/Denmark(2004):A model set-up for an oxygen and nutrient flux model for Aarhus Bay(Denmark), *NERI Technical Report*, No.483, 2004
2)安岡澄人・畑恭子・芳川忍・中野拓治・白谷栄作・中田喜三郎(2005):有明海の泥質干潟・浅海域での窒素循環の定量化-泥質干潟域の浮遊系-底生系結合生態系モデルの開発-, 海洋理工学会誌, Vol.11, No.1, pp.21-33
3)相馬明郎・関口泰之・垣尾忠秀(2005):貧酸素海域の生態系評価を目的とした内湾複合生態系モデル”ZAPPAI(雑俳)”の開発と適用, 海洋理工学会誌, Vol.11, No.2, pp.21-52

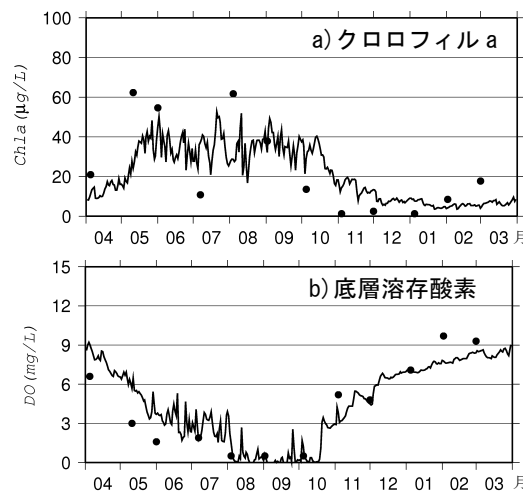


図-2 水質項目の観測値と計算値の比較 (●: 観測値, —: 計算値)

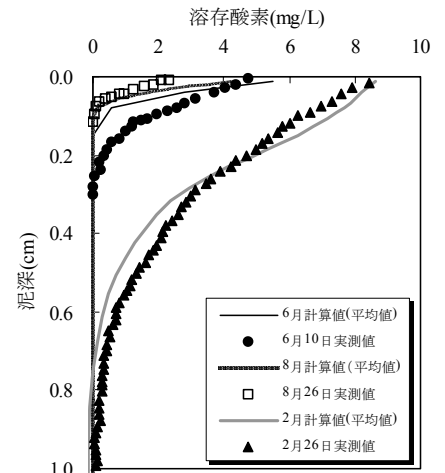


図-3 堆積物内の溶存酸素の観測値と計算値の比較³⁾(調査年次は2003年度)

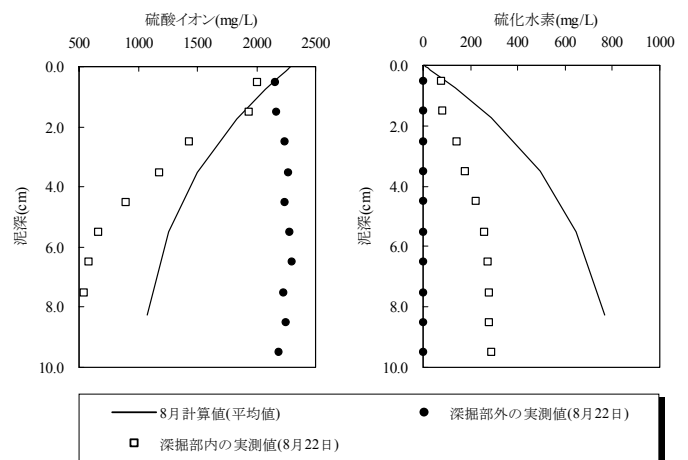


図-4 堆積物内の硫酸イオンおよび硫化水素の観測値と計算値の比較(調査年次は2007年度)