

養殖海域の環境容量の数値解析に関する研究

北澤大輔（東京大学生産技術研究所）

周金鑫・朴相圭（東京大学大学院工学系研究科）

張俊波（上海海洋大学海洋科学学院）

董書闊・李僑・吉田毅郎（東京大学生産技術研究所）

1. 緒言

近年、世界の養殖生産量は急速に増加しているが、養殖排泄物による自家汚染問題がしばしば報告されている。富栄養化による赤潮や貧酸素水塊の発生は、養殖生産密度と海域の特性に依存する。海域の環境容量内で養殖生産密度を決定する必要があるが、環境容量の定量的な把握は困難である。

近年、沿岸海域を対象とした流れ場・生態系結合数値モデルが開発され、養殖海域の物質循環や環境容量の推定が試みられている¹⁾が、その事例は少ない。本研究では、環境容量を定量的に把握するための第一歩として、数値モデルを鳥取県美保湾（Fig.1）のギンザケ養殖に適用し、養殖が周辺海域の環境に及ぼす影響について検討した。

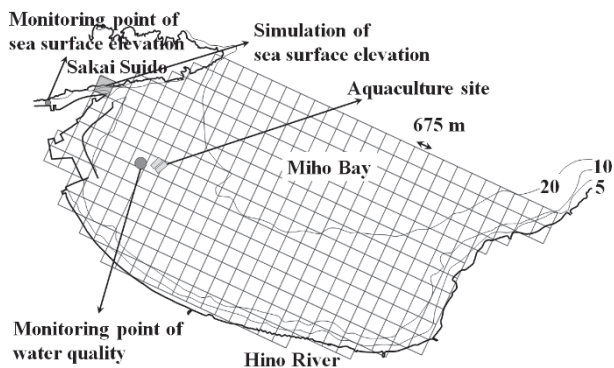


Fig.1 Topography, grid system, and monitoring points of Miho Bay.

2. 数値解析の方法

1) 数値モデル

本報で用いる数値モデルは、これまでに著者らが用いてきたものであり²⁾、流れ場モデルの基本方程式は、運動方程式、連続の式、水温と塩分の移流・拡散方程式、状態方程式である。生態系モ

デルの状態変数は、植物・動物プランクトン、植物プランクトン体内のリン・窒素保持量、懸濁態・溶存態の有機物、無機態リン・窒素、溶存酸素であり、状態変数間のフラックスを求めた後、移流・拡散方程式を解いた。開境界では、海面変動を与え、開境界、海面、海底、河川境界では、熱、塩分、各状態変数のフラックスを与えた。

2) 格子分割方法と計算方法

美保湾を水平方向に 675m の正方格子、鉛直方向に 2m の格子で分割した（Fig.1）。各格子において、流速と圧力、水温、塩分、生態系モデルの状態変数の評価場所をスタッガードに配置し、基礎方程式を有限差分法により離散化して解いた。

3) 計算条件

計算期間は、2016 年 3 月から 2019 年 2 月までの 3 年間とした。気象境界条件としては、松江地方気象台と境気象観測所で観測された気温、大気圧、全天日射量、雲量、相対湿度、降水量、風向、風速のデータを用いた。河川境界条件としては、境水道の第二号灯浮標付近の流速推定値と水道の断面積とから流量を求め、塩分は 20psu と仮定し、境水道中央部で計測された水質データを参考にして水質条件を与えた。日野川の境界条件は、車尾の流量データ、皆生の水質データをもとに与えた。開境界の海面変位は、境港の海面変位が一致するように与えた。水温、塩分は、日本海洋データセンターの統計値、水質は、大山町御崎地点 1.0km と M-1 地点の観測値を参考にして与えた。

養殖魚の影響については、ギンザケの養殖期間を 2016 年 12 月～2017 年 5 月、生産量を 1,200 トン、増肉係数を 1.5 と仮定し、排泄物の半分は無

機態リン，無機態窒素の負荷，酸素の消費として与え，残りの半分は有機物として直ちに海底に落下するものと仮定した。

3. 計算結果と考察

計算結果の一例として，Fig.2～Fig.4 に，Fig.1 に示す観測地点の表層の全窒素（T-N），化学的酸素要求量（COD），溶存酸素濃度（DO）の観測値，養殖を行わない場合と行った場合の計算値を示す。T-N は，観測値に比べて計算値がやや低くなっている。計算値は，春季から秋季に光合成で利用されるために低くなり，冬季に上昇するが，観測値には明確な季節変動は見られない。養殖の影響を考慮した 2017 年 3～5 月に濃度が上昇している様子が見られ，光合成の活発化による COD の上昇も確認される。DO についても，濃度が若干低下する様子が見られる。しかし，これらの水質変化は，養殖に影響を及ぼすレベルではないと考えられる。

4. 結言

流れ場・生態系結合数値モデルをギンザケ養殖に適用し，養殖が周辺海域の環境に及ぼす影響について検討したところ，養殖海域近傍で水質変化が見られたが，養殖に影響を及ぼすレベルではなかった。今後は，より詳細な格子を用いた数値計算と現地観測データとの比較，環境容量の把握を行う予定である。

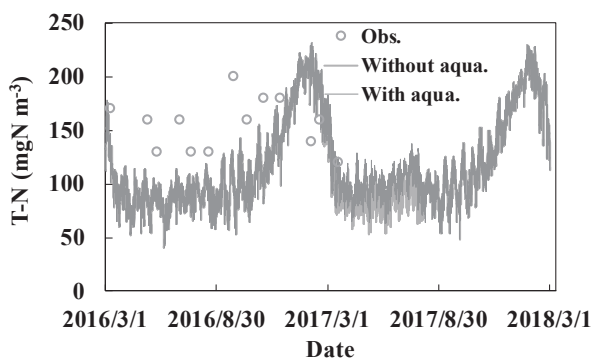


Fig.2 Time histories of T-N at sea surface.

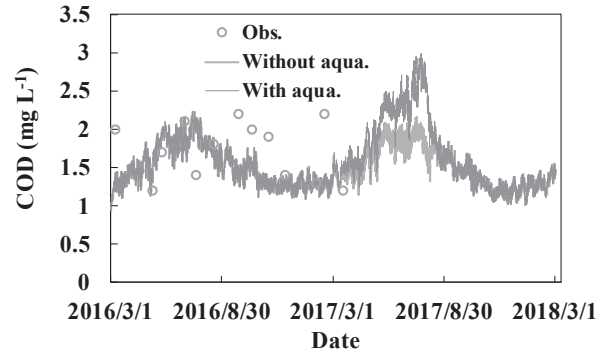


Fig.3 Time histories of COD at sea surface.

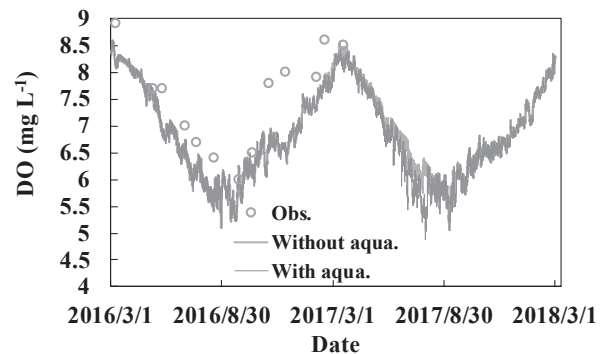


Fig.4 Time histories of DO at sea bottom.

謝辞

本研究は，生研支援センター「知」の集積と活用による革新的技術創造促進事業（うち知の集積と活用による研究開発モデル事業）「大規模沖合養殖システム実用化研究」として実施された。また，美保湾の境界条件データは，日本水路協会，気象庁，日本海洋データセンター，水環境総合情報サイト（公共用水域），水文水質データベースのデータを使用した。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 古谷研，黒倉寿，岸道郎，柳哲雄，養殖海域の環境収容力（水産学シリーズ），恒星社厚生閣，2006.
- 2) Zhang J., Kitazawa D.: Assessing the bio-mitigation effect of integrated multi-trophic aquaculture on marine environment through a numerical approach. Marine Pollution Bulletin, 110(1), 484-492, 2016.