

大阪大学工学研究科	○高島知樹
兵庫県環境研究センター	古賀佑太郎
大阪大学工学研究科	嶋寺光
滋賀県琵琶湖環境科学研究センター	佐藤祐一
大阪大学工学研究科	PINTOS ANDEREOLI V.
兵庫県環境研究センター	鈴木元治
大阪大学工学研究科	松尾智仁
大阪大学工学研究科	近藤明

1. はじめに

瀬戸内海では、高度経済成長期に人口増加や工業発展に伴い富栄養化をはじめとする水質の悪化が進行したが、瀬戸内海環境保全特別措置法の制定以降は様々な対策によって水質が改善されてきた。一方で近年は、漁獲量の減少や海苔の品質低下などの問題が発生しており、原因のひとつとして貧栄養化が挙げられている。その対策として、瀬戸内海東部の播磨灘への流入河川流域では、下水処理場において栄養塩類の放流濃度を高める運転管理が実施されている。適正な栄養塩類供給を行うためには、栄養塩類供給に対する水域生態系の応答性を把握しておく必要がある。そこで本研究では食物連鎖モデルを用い、モデルの性能の評価を行った。

2. 方法

本研究では、佐藤ら¹⁾が開発した NPZFF (N: 栄養塩類, P: 植物プランクトン, Z: 動物プランクトン, F: 魚(プランクトン食生魚及び魚食性魚)) モデルを播磨灘に適用した。佐藤らによる NPZFF モデルは 1 ボックス型のモデルであるため、播磨灘に適用するにあたり、北部沿岸と中・南部を表現する 2 ボックス型のモデルに変更し、モデル計算に大きく影響を及ぼす植物プランクトンの種類について、北部沿岸及び中・南部で違いを考慮した。モデル概要図を図 1 に、計算領域を図 2 に示す。図 2 中の点については境界条件の設定のために参考にした広域総合調査の計測地点である。また、栄養塩類については播磨灘が窒素制限の環境であるため、一次生産の主な律速因子となる全窒素 (TN) を対象とした。

本研究では 2010 年代及び 1990 年代の播磨灘の再現計算を行い、TN 濃度および各バイオマス濃度の再現性及び TN 流入負荷量の変化に対する応答性を見ることでモデルの性能を評価した。モデルパラメータは一意に定めることが困難であるため、モンテカルロ法を用いたシミュレーションにより以下の手順で設定し、計算を行った。

STEP1: モデルパラメータを文献等から定めた幅の範囲内でランダムに設定し、計算を行う。

STEP2: 10 年目の計算結果が以下の条件を満たす場合にそのモデルを採用する。採用されなかった場合は STEP1 に戻る。
 ① 計算された TN 濃度および各バイオマス濃度の平均値が 2010 年代の観測値等から設定した範囲内にあること (現況再現条件)。
 ② TN 濃度および各バイオマス濃度の変動係数 (= 標準偏差/平均値) が 0.2 以下であること (定常条件)。

STEP3: 採用されたモデルでさらに 10 年間の追加計算を行う。その後、初期値を 20 年目の平均値に置き換え

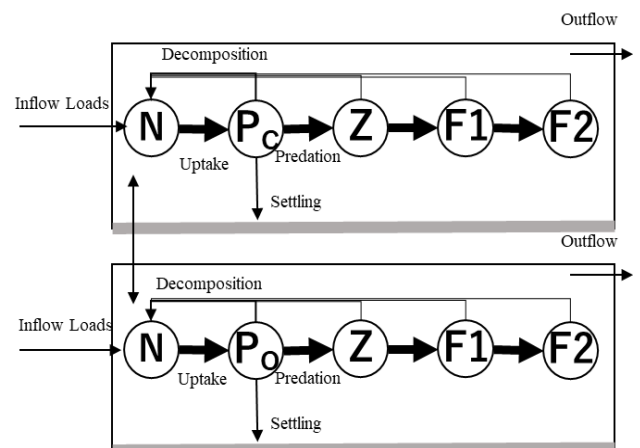


図 1 モデルの概要図 (N: 栄養塩類 (TN), P: 植物プランクトン (C: 北部沿岸, O: 中・南部), Z: 動物プランクトン, F: 魚類 (1: プランクトン食性, 2: 魚食性))

る。隣接海域及び陸域からの TN 流入負荷量を 1990 年代のものに置き換えて、1990 年代の再現計算を行った。

1000 パターンの結果が得られるまで STEP1~3 を繰り返す。

パラメータセットの取得期間およびモデルの安定化期間である 10 年は、本モデルによる計算結果が定常状態に落ち着くまでに必要となる期間を鑑みて決定した。本モデルのパラメータは、植物プランクトンに関するものが 10 個、動物プランクトン、プランクトン食生魚、魚食性魚に関するものがそれぞれ 6 個の計 28 個ある。パラメータとして、最大成長速度、死亡率などを採用している。

3. 結果

計算結果と広域総合調査結果²⁾の比較を行った。広域総合調査結果は各計算領域内の 5 地点の測定データを用いた。図 3 は 2010 年代の再現計算結果と実測値との比較を示しており、おおむね 2010 年代の再現ができています。TN 濃度や各バイオマス濃度については分布が沿岸のほうが高くなっている傾向も実測値と同じであるため再現性が高いと考えられる。また、1990 年代の再現計算結果と実測値との比較を図 4 に示す。TN と植物プランクトンの両方について 2010 年代とおなじように計算値がおおむね実測値と合致していることから、1990 年代の再現性も高いと言える。2010 年代を再現するためのパラメータセットを用いて 1990 年代の再現性が高いことが分かったため、このモデルは播磨灘をよく再現できており、陸域からの窒素負荷量を変化させたときの応答性は信頼性が高いことが考えられる。

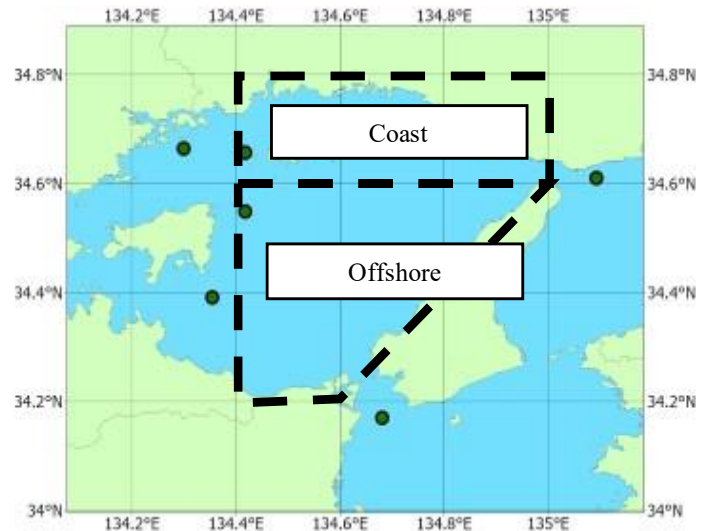


図 2 計算領域（丸印は境界条件の濃度を設定するために用いた観測地点）

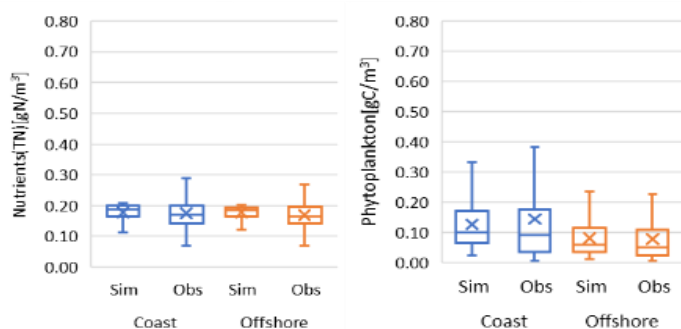


図 3 2010 年代の再現計算結果と実測値の比較

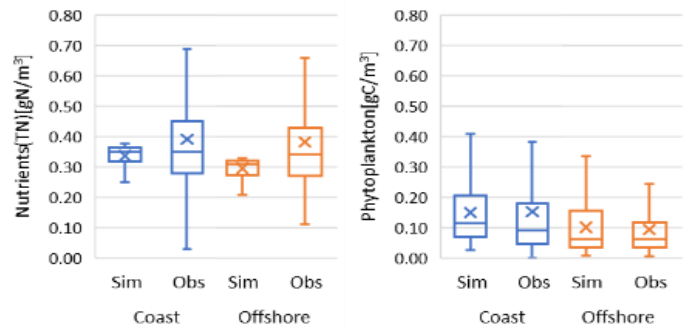


図 4 1990 年代の再現計算と実測値の比較

ひげ上端：95%値 箱上端：75%値 中央線：中央値 箱下端：25%値 ひげ下端：5%値 ×：平均値

4. まとめ

本研究では佐藤らのモデルを瀬戸内海東部の播磨灘に適用した。2010 年代で再現計算を行うと、モデルの再現性は高かった。また、2010 年代で再現を行ったパラメータセットで 1990 年代の再現計算を行うと、こちらも再現性が高いことが分かった。これらから、このモデルは播磨灘をよく再現できていることが判明した。

参考文献

- 1) 佐藤祐一, 早川和秀, 栄養塩負荷の増減が琵琶湖の高次生態系に与える影響: モンテカルロ法を用いた食物連鎖モデルによる解析, 水環境学会誌, 42, No.4, pp.133-143, 2019
- 2) 広域総合水質測定データ, 環境省, <https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/kouiki/dataMap.asp>
キーワード: Nutrients, Numerical Simulation, Food Chain model, Biomass production, Oligotrophication