

マルチボックス生態系モデルを用いた有明海の海域環境に対する 人的活動の影響評価 Evaluation of Human Activity for Coastal Environment Using Multi-Box Ecosystem Model in the Ariake Sea

○田畑俊範*, 中島広大**, 平松和昭*, 原田昌佳*
Toshinori Tabata*, Kodai Nakashima**, Kazuaki Hiramatsu* and Masayoshi Harada*

1. はじめに 有明海では近年、赤潮や貧酸素水塊などの発生に代表される海域環境の変化が漁業資源に与える影響について懸念されている。そのため、有明海における海域環境を定量的かつ経年的に把握し、環境異変の要因・メカニズムを解明することが必要である。本研究では、水理現象の全体像の把握を目的とし、浮遊系-底生系結合マルチボックス生態系モデルを構築して経年的な水質動態解析を行った。また、人的活動が海域へ与える影響を評価するため、養殖ノリへの施肥と、河川流入負荷に関するシナリオ分析を行った。

2. 浮遊系-底生系結合マルチボックス生態系モデル マルチボックス生態系モデルとは、対象水域を複数のボックスに分割し相互の移流・拡散を考慮した生態系モデルであり、その全体像の把握に適している。本研究で構築したモデルでは、Fig.1 に示すように有明海を12個のボックスに分割した。水中における各計算項目の濃度変化は、次に示す基礎式に基づいて計算した。

$$V_i \cdot \frac{dC_{k,i}}{dt} = -\sum_j Q_{i \rightarrow j} \cdot C_{k,i} + \sum_j K_{j \rightarrow i} (C_{k,j} - C_{k,i}) + S_{k,i} \quad (1)$$

ここで、 V_i はボックス*i*の体積 (m^3)、 $C_{k,i}$ はボックス*i*における水質項目*k*の濃度 (mg/m^3)、 $Q_{i \rightarrow j}$ はボックス*i*からボックス*j*への移流量 (m^3)、 $K_{j \rightarrow i}$ はボックス*j*からボックス*i*への拡散水量 (m^3)、 $S_{k,i}$ はボックス*i*における水質項目*k*の生物・化学的変化項、 C_k^* は $Q_{i \rightarrow j} \geq 0$ のとき $C_k^* = C_{k,i}$ 、 $Q_{i \rightarrow j} < 0$ のとき $C_k^* = C_{k,j}$ である。水質の変化を再現するには底質の働きも重要であるため、生物・化学的変化項は、各ボックスを水中、底泥酸化層、底泥還元層の3層に分割した生態系モデルを用いて考慮した。生態系モデルのうち水中の概要図を Fig.2 に示す。底質中における各計算項目の濃度変化は、鉛直方向の拡散と各ボックス内の生物・化学的変化過程のみを想定した。移流の方向およびその水量比は2次元単層モデルの計算結果を基に設定した。河川流入負荷量は、各河川のL-Q式によって算出し、生物・化学的変化項

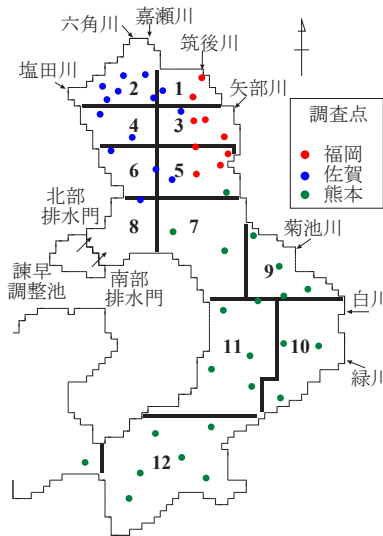


Fig.1 Target area, box layout and water sampling sites

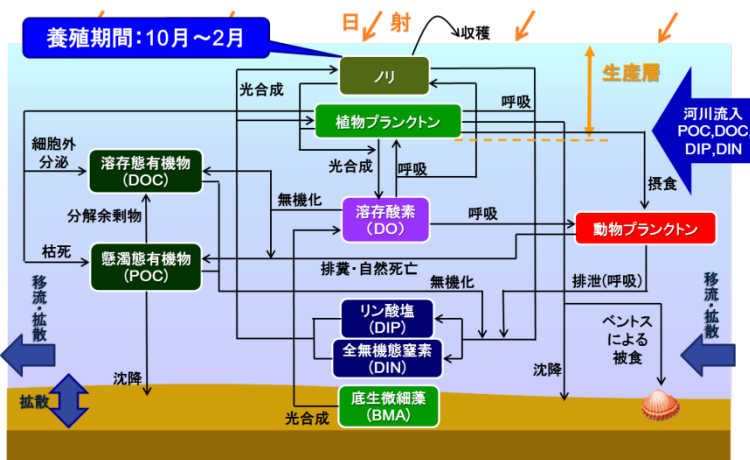


Fig.2 Overview of the ecosystem model in water

*九州大学大学院農学研究院 / Faculty of Agriculture, Kyushu University **デロイトトーマツコンサルティング 合同会社 / Deloitte Tohmatsu Consulting LLC
キーワード：有明海，浮遊系-底生系結合型マルチボックス生態系モデル，養殖ノリ，河川負荷量

内で考慮した。計算期間は2001年1月1日～2012年12月31日とし、数値解法にRunge-Kutta-Gill法を採用した。モデルのパラメータは、遺伝的アルゴリズムを用いて決定した。

3. シミュレーション結果 Box2の計算値と実測値のうちCODおよびDOをFig.3に示す。シミュレーション結果は、実測値を良好に再現できているといえる。紙面の都合上掲載しないが、その他の水中の計算項目についても良好な計算結果が得られた。全体を通して実測値と大きなずれは見られず、精度の高いシミュレーションモデルを構築できた。

4. シナリオ分析 構築したモデルを用いて、有明海の周辺地域における人的活動が海域環境に与える影響を評価するため、シナリオ分析を行った。佐賀県が色落ちを防ぐため行っている養殖ノリへの施肥を行わなかった場合をCase1、流域対策により流入負荷量が現況の1/2に削減した場合をCase2としてそれぞれ解析を行った。佐賀県が管理するノリ養殖施設が広範囲に存在し、3つの河川が流入するBox2のCOD、DINの計算結果をFig.4に示す。現況とCase1を比較すると、ノリを養殖する冬季のみにおいて現況のDIN濃度の方が高いが、その他の季節では一致している。このことから、養殖ノリへの施肥は海域環境の長期的な悪化要因にはなっていないことがわかる。次に、現況とCase2を比較すると、流域対策を行うことで冬季のDINの急激な上昇が緩和されている。CODについても、流域対策によって、ほぼ全計算期間を通して、環境省が自然環境保全のための環境基準として定めている3mg/lを大きく下回るまで改善できている。以上の考察から、有明海へ流入する河川における流域対策の実施は、有明海の海域環境を大幅に改善させることが示された。

5. おわりに 本研究では、有明海における水理現象の全体像を把握するために、浮遊系-底生系結合マルチボックス生態系モデルを構築し、水質動態解析を行った。更にシナリオ分析を行った結果、佐賀県における養殖ノリへの施肥は、有明海の海域環境に対して長期的な影響は及ぼしていないこと、陸域からの排水を適切に処理し、河川流入負荷を削減することで、有明海の海域環境は大幅に改善されることが示唆された。

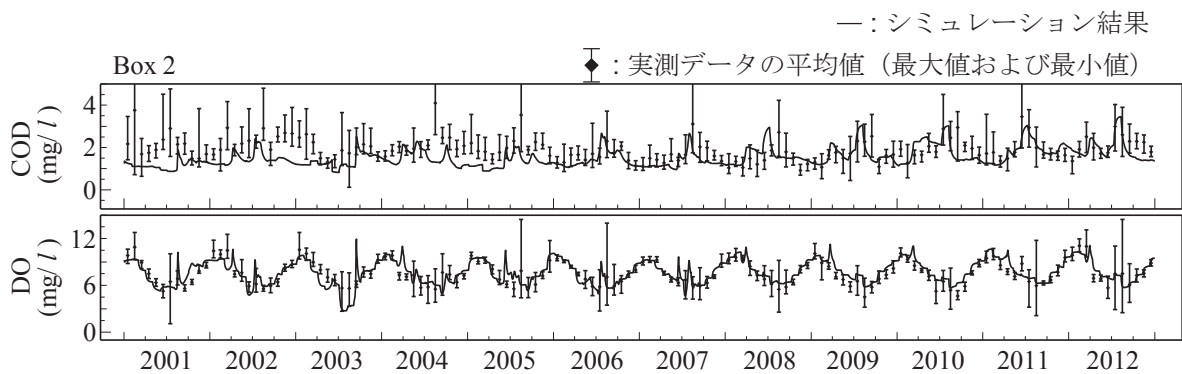


Fig.3 The comparison of simulation result and observed data

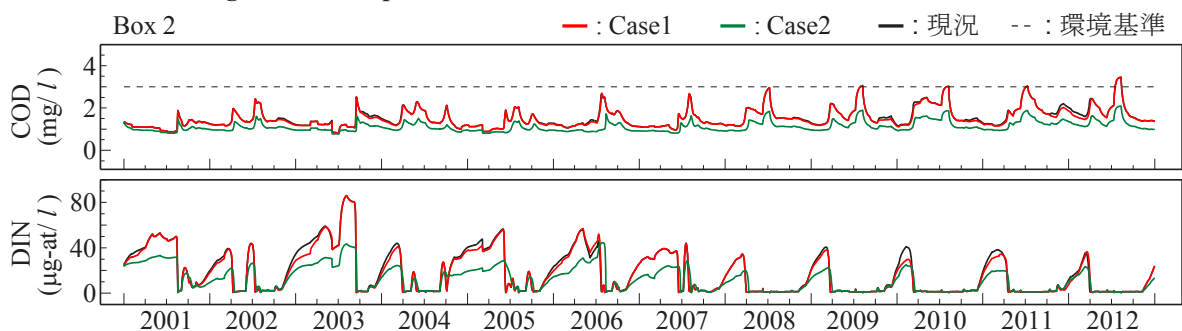


Fig.4 The simulation result of scenario analysis