

瀬戸内海における低次生産過程の解明と 予測モデルの構築

The study of lower trophic level ecosystem and construction of the prediction model of the Seto Inland Sea.

林 美鶴 (神戸商船大学 助手)

Mitsuru HAYASHI (Research Associate, Maritime University of Kobe)

Abstract

To clear the lower trophic level ecosystem in the Seto Inland Sea, we carried out in-situ observation on the T/S Fukae-maru. At the same time, nitrogen cycling in the Iyo-Nada/Suo-Nada is analyzed using numerical ecosystem model, which consists of the euphotic and aphotic layers. A ship's observation is useful to understand a temporal and spatial variation of marine environment. Therefore to assimilate in-situ data to a numerical ecosystem model is able to not only understand the lower trophic level ecosystem but also predict primary production in the Seto Inland Sea.

1. 研究目的

瀬戸内海は世界の閉鎖性水域の中でも、極めて高い生産力を誇る海域である。これは、外洋への出入り口を2つ持ち、海洋構造の異なる多数の灘・湾で構成され、周囲で活発な人間活動が行われているという、瀬戸内海の特異な環境により実現されている。瀬戸内海の持続可能な発展を目指すためには、瀬戸内海の生態系構造を解明し、生物生産活動に及ぼす要因を明らかにする必要がある。

このためには、継続的な現場観測による現状把握と共に、観測値を元にした数値モデルによる低次生産構造の解明、及び将来予測が必要である。本研究では、船舶により瀬戸内海の海洋環境を観測するとともに、過去の現場観測データを用

いて低次生産過程に関する数値生態系モデルを構築した。

2. 研究経過

2.1 船舶による現場観測

神戸商船大学練習船深江丸は、瀬戸内海を年間約20航海する。これらの航海で表層海水を連続観測することができれば、瀬戸内海の海洋環境の変動を季節的・空間的に把握することが可能となる。そこで、深江丸の船底から連続的に汲み上げられている海水を甲板上に設置した水槽に導入し、水槽内に設置した計測器で1分毎に水温・塩分・溶存酸素・濁度・蛍光光度の連続観測を行った。ここでは2000年9月及び2001年3月の実験について示す。両航海とも、大阪湾から友ヶ

島水道を出て、四国を反時計回りに一周する航路である。

2. 2 数値生態系モデル

本研究では、大阪湾奥部に対して開発した生態系モデルを改良し、伊予灘・周防灘に対して生態系モデルを構築した。

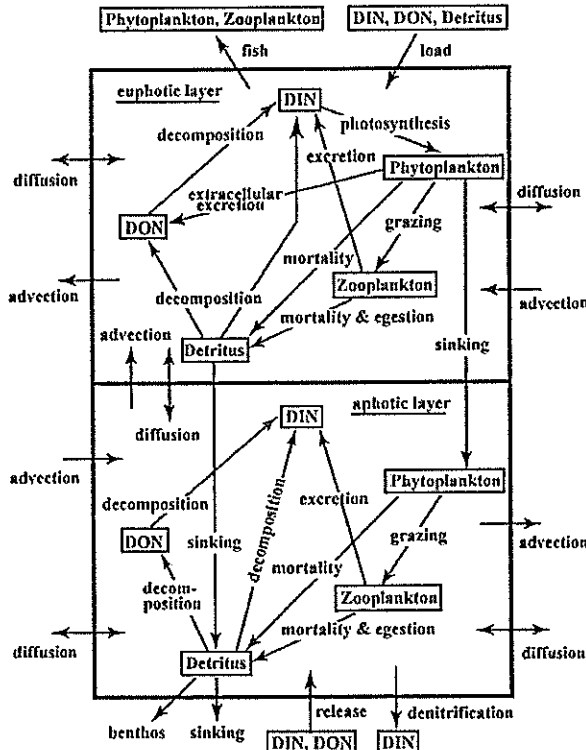


図1 数値生態系モデル

$$\begin{aligned}
 V_u \frac{dDIN_{iu}}{dt} = & DIN_{load} + V_u(-A1 PHY_{iu} + B2 ZOO_{iu} + C1 DET_{iu} + D1 DON_{iu}) \\
 & - F_u \frac{K_h}{L} (DIN_{iu} - DIN_{ou}) - F_s \frac{K_v}{H} (DIN_{iu} - DIN_{il}) \\
 & + F_s W DIN_{il} - F_u U_u DIN_{iu}
 \end{aligned}$$

第1項は河川負荷、第2項に光合成、動物プランクトンの尿、デトリタス及びDONからの再生の生化学過程、第3、4項は水平・鉛直拡散、第5、6項は鉛直・水平移流を表している。第2項のうち生

瀬戸内海の一次生産に影響を与える栄養環境は、東部はリン律速の富栄養化海域、西部は窒素律速の貧栄養化海域の傾向がある。外洋の出入り口に近く、好対照な栄養塩構造を持つ大阪湾と伊予灘・周防灘について解析することは、瀬戸内海の低次生産構造を解明する足がかりとなる。

本研究のモデルは、図1に示す有光層と無光層からなる鉛直2層のボックスモデルで、海域全体の生態系構造の特徴を明らかにするには有効である。1993年～1994年にかけて広島大学が実施した瀬戸内海全域での海洋観測データを用い、窒素を指標としてボックス内に溶存無機態窒素(DIN)、溶存有機態窒素(DON)、植物プランクトン態窒素(PHP)、動物プランクトン態窒素(ZOO)、デトリタス態窒素(DET)の5要素を設定した。さらにボックス内外の交換として移流、拡散、河川負荷、漁獲、堆積、溶出、脱窒を想定した。その上で各要素の濃度の時間変化を、例えば有光層内のDINは次式で定式化した。

化学課程を表すパラメータ、例えばA1は光合成を表しており、次式で示される。

$$A1 = V_{max} \left(\frac{DIN}{DIN + K_p} \right) \times \exp(kt) \times \frac{I}{I_{opt}} \exp\left(1 - \frac{I}{I_{opt}}\right)$$

光合成は、栄養塩(DIN)と水温(t)及び光量(I)の関数として表した。

3. 研究成果

3. 1 船舶による現場観測

両航海で得られた水温、塩分、クロロフィル濃度及び溶存酸素の一例を図 2(a) (b)に示す。尚、9月の航海では、溶存酸素センサーでデータが取れなかったため、ウインクラー法による分析結果を示す。9月の大阪湾の表層水温は、外洋並みに高

いことが解る。また、3月は大阪湾奥でのみクロロフィル濃度が高いが、9月は湾全体で高濃度のクロロフィルが観測され、その値は外洋の約10倍だった。以上のように表層水の連続観測によって、海洋環境の空間的、季節的変動を捉えることが出来た。また、測定間隔1分は約400mに相当することから、気象要素や潮流の流向・流速など他の観測項目も含み、湾・灘でのより詳細な海洋環境の空間分布を解析することも可能である。

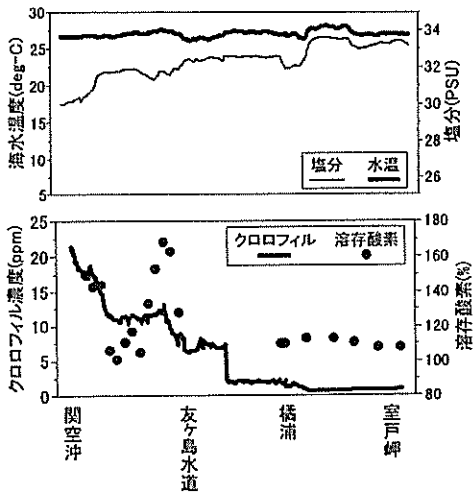


図 2(a) 9月の観測結果

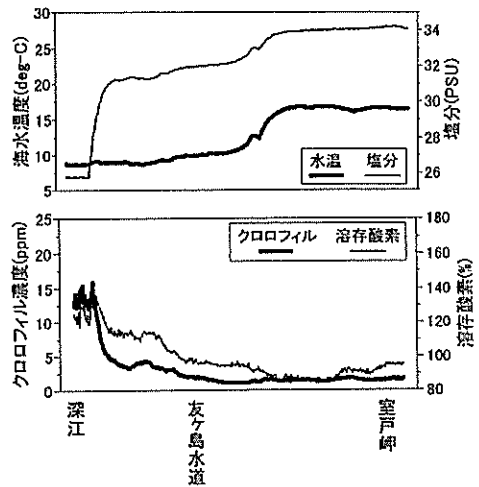


図 2(b) 3月の観測結果

3. 2 数値生態系モデル

DIN、DON 及び植物プランクトン、動物プランクトンとデトリタスの総量である懸濁態窒素(POP)の数値計算結果を図 3 に示す。無光層の DIN 以外は季節変動を再現することが出来た。無光層の DIN 濃度が再現できなかった理由として、底泥からの溶出量の見積もりが多いことが考えられる。この値は観測値を元に決定しているが、伊予灘と周防灘では溶出量が

大きく異なり、両海域を一体として取り扱う事による不具合が現れたと考える。計算結果から、伊予灘有光層の栄養塩の供給源は、主としてバクテリアによる DON の分解と下層からの供給によることが明らかとなった。

両海域の一次生産構造は類似しているため一つの海域として扱ったが、周防灘は伊予灘に比べ水深が浅い、周防灘は底

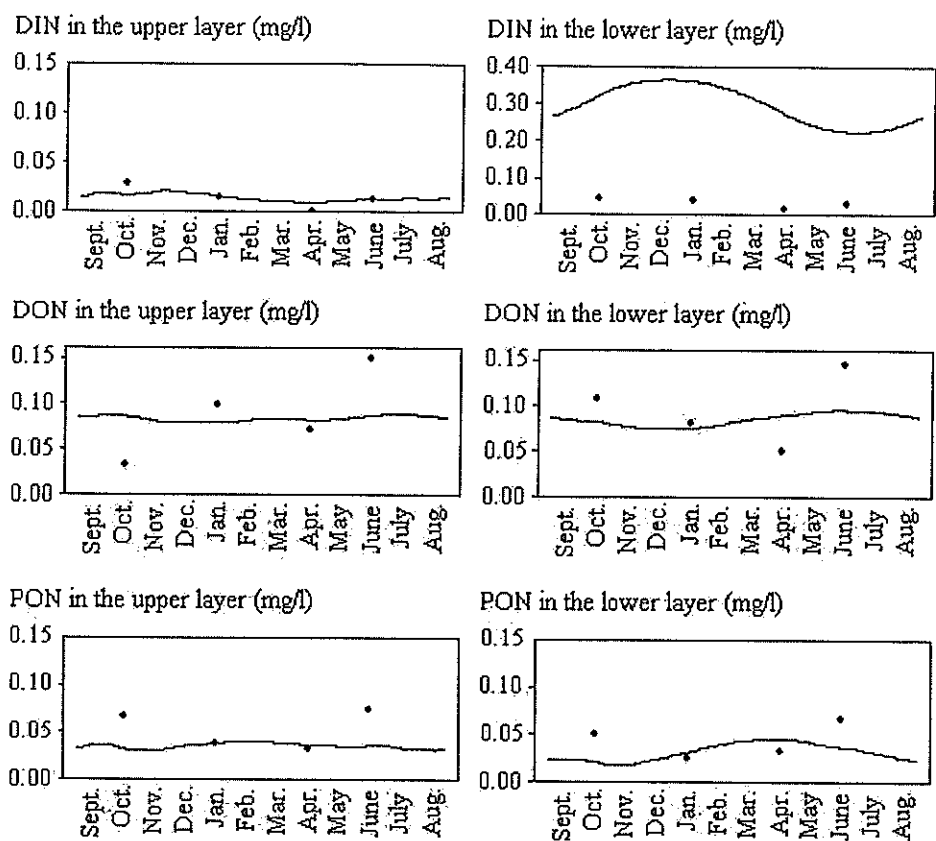


図3 数値計算結果

泥の堆積が多いのに対し伊予灘の底質はほとんど砂であるなど、両海域の物理構造の違いが栄養塩環境に大きく影響していることが示唆された。

4. 今後の課題と発展

海域の一次生産過程を把握するためには、溶存態・懸濁態中の窒素・リン濃度を定量的に把握することが必要である。今後は、自動採水・濾過装置の導入により、化学項目の自動観測を試みる。数値モデルについては、伊予灘と周防灘の数値生態系モデルを個々に構築し、解析する予定である。

さらに順次他の灘・湾についてモデルを構築し、観測によって得られたデータを用いて瀬戸内海全域の生態系構造を総合的に解析すると共に、観測値を基にした一次生産予測モデルを構築する。

5. 発表論文リスト

現在、論文発表には到っておらず、準備中である。尚、船舶による現場観測結果は、クルーズレポートとしてまとめている。また、伊予灘・周防灘の数値生態系モデルの計算結果については、2001年度日本海洋学会春季講演会で口頭発表を行った。