

II-492 播磨灘における富栄養化数値モデル

大阪工業大学大学院 学生員 柳生光彦
 京都大学 正員 津野 洋
 大阪工業大学 正員 綾 史郎

1. はじめに：近年、海域の富栄養化が進行し、赤潮の発生や魚類を中心とした生態系に混乱が生じている。一般に海域の富栄養化現象では、陸域から流入する無機栄養塩が植物プランクトンの一次生産に利用されとりこまれる。この無機栄養塩は、さらに動物プランクトンの捕食、生物の死亡、排泄等の過程を経て最終的にはデトリタス、もしくは溶存態の有機物内に存在する。これらの一部は分解し無機態に回帰し、一部は沈降して海底に堆積する。堆積した有機態の一部は底泥で分解されて無機態に回帰する。このサイクルを繰り返す。本研究では、このサイクルをモデル化して、播磨灘海域での富栄養化現象を水質シミュレーションで再現するとともに予測を行った。

2. シミュレーションモデルの選定：水質予測は生態系モデルで行い、水質指標の項目としては、生物態として植物プランクトン（クロロフィルa濃度）、動物プランクトン（乾燥重量）を取り上げ、非生態系として有機態及び無機態の窒素、リン及び生物の死骸等のデトリタスを取り上げた。なお、これらの定式化にあたっては、水温の影響、照度の影響、栄養塩濃度の影響、捕食に関する飽食効果等を考慮してモデル化した。⁽¹⁾

3. 予測モデル：用いたモデルの概要を図-1に示す。なお、播磨灘は層厚10mと15mの2層のボックスモデルで扱うものとし、明石海峡、鳴門海峡からの流入を考慮し、西側境界は小豆島付近として、1日ごとに平均流量を与えた。（図-2）ボックス（容積V）での任意の水質項目（濃度C）の物質収支式は次のように書ける。

$$\frac{d(V \cdot C)}{dt} = [\text{単位時間あたりの流入・流出量}] + V \cdot [\text{生物・化学的過程}] + [\text{単位時間あたりの物理的増減量}]$$

例として、上層、下層のリンの収支式を示せば以下のようなものである。

上層：無機リン $IP(\text{mg-P} / 1)$

$$V_U \cdot \frac{dIP}{dt} = [\text{流入負荷}] + [\text{他層からの流入}] - [\text{他層への流出}] - [\text{藻類の増殖}] + [\text{藻類の呼吸}] + [\text{動物プランクトンの呼吸}] + [\text{有機態の分解}] - [\text{上下交換}]$$

下層：無機リン $IP_L(\text{mg-P} / 1)$

$$V_L \cdot \frac{dIP_L}{dt} = [\text{他層からの流入}] - [\text{他層への流出}] + [\text{藻類の呼吸}] + [\text{動物プランクトンの呼吸}] + [\text{有機態の分解}] + [\text{上下交換}] + [\text{底泥からの溶出}]$$

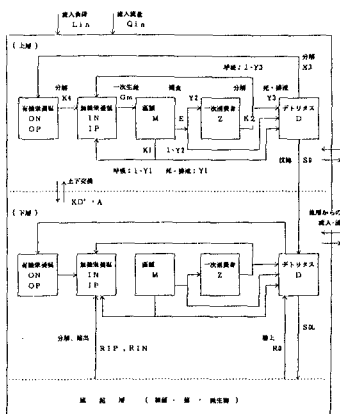


図-1 生態モデル



図-2 播磨灘

4. 結果と考察： 上述の基礎方程式を差分法を用いて積分した。図-3 (a)(b)(c)(d) は1月から1年間の植物プランクトン、全窒素（TN）、全リン（TP）及びCODの濃度をを示している。これより計算値と実測値を比較すると、まず植物プランクトンは春期から夏期にかけて急激に増加している。これは、水温と照度の上昇、栄養塩等の影響により植物プランクトンが増殖しやすい条件がそろったためであるが、播磨灘ではこのような植物プランクトンの増殖は、観測日には測定されていない。一方、観測にみられる秋期以降の植物プランクトンの再増殖は再現できていない。これは、本モデルでは植物プランクトンを一種類としたことや、秋期の表面冷却による対流循環現象が考慮していないことによる。すなわち、実際には秋期の対流により上層と下層で上下交換が起こり、下層の栄養塩が上層に上がってくることにより植物プランクトンは再び増殖する。秋に上層で高く下層で低いのはこれにより実測値に近づくものと考えられる。

全窒素は上層、下層とも実測値の範囲にあり年間の変動を再現できている。年間を通じて大きな変動はみられない。また計算値が秋期に上層で濃度が高く下層で低いのは密度流による上下混合を考慮していないためである。同様に全リン、CODとも実測値は上層では秋期が高い値を示しているが、計算値は秋期が低い値になっており、同様に秋期の現象が再現できていないことによる。水質項目の全窒素、全リンが上層で濃度が高くなれば、植物プランクトンが増殖しやすい条件になっていると考えられる。

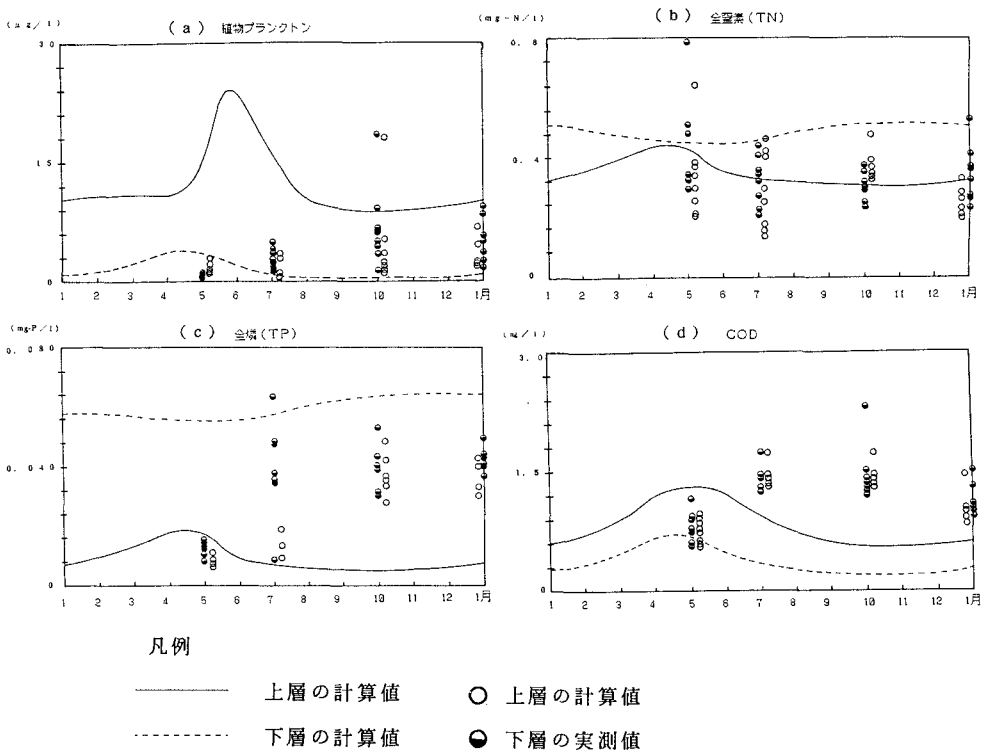


図-3 水質項目の経時変化（計算結果）

5. おわりに： 以上の解析結果により年間を通じたそれぞれの関連性と変動を示すことができた。計算値と実測値を比較すると、冬期から秋期にかけての濃度変化はよく再現できた。今回用いたモデルでは秋期の対流による成層循環過程を表現していないため、秋期以降の再現性はあまりよくない。今後、密度流による上下交換や、流れを考慮しメッシュ化する等のモデルの高度化を行いたいと考えている。

謝辞： 今回の研究を行うにあたり終始ご指導して下さいました摂南大学合田教授、実測値の提供と親切にご指導して下さいました兵庫県立公害研究所古城次長に心より感謝いたします。

参考文献 (1) 岩佐義朗編：湖沼工学、山海堂、1990。