

数値モデルによる貯水池上流部での淡水赤潮の再現

中部大学工学部 正員 松尾直規

1. はじめに

本研究は、一方向多層モデルを用いた数値シミュレーションにより貯水池上流部でのペリディニウム淡水赤潮集積現象の再現を図り、その結果の考察を通じて現象に関係する支配的要因とその取り扱いについて検討したものである。

2. 数値モデルと計算条件

数値解析に用いたモデルは、貯水池水理に関する一方向多層モデル¹⁾である。水質は藻体密度の指標としてのクロロフィルa濃度、栄養塩としての窒素・リン濃度、およびSSの変化を扱う。クロロフィルa濃度に関する生産・消費項、および藻体群の遊泳と沈降による鉛直移動項について示せば次のようである。まず、生産・消費項は、藻類現存量の増殖と死滅による変化で表し、

$$S(CP) = (G \cdot FN \cdot FI \cdot FT \cdot SP - D \cdot \theta^{(T-20)}) \cdot CP \quad (1)$$

ここに、 $FN = TN / (TN + KN)$ 、 $FI = I / (I + KI)$ 、 $FT = [T / (TS \cdot \exp\{1 - T/TS\})]^n$ 、 $SP = \exp(-k \cdot CP)$ であり、 CP : クロロフィルa濃度、 TN : 全窒素濃度、 TP : 全リン濃度、 T : 水温、 I : 日射量、 G : 最大増殖率、 D : 20℃における死滅率、 θ : 温度補正計数、 KN , KP , KI : 全窒素、全リン、日射量のミカエリス定数、 TS : 最適温度、 n : 尖り度定数、 SP : スペース効果係数、 k : 比例定数である。

鉛直移動項は、藻体群の平均的な鉛直移動による変化を移流項と同様に表し、その速度 WP (上向きが正)は、山田らの室内観測結果²⁾に基づいてペリディニウムの平均遊泳速度 VS 、沈降速度 WS 、および上方へ遊泳する藻体の割合 f より、

$$WP = f(VS - WS) - (1 - f)(VS + WS) \quad (2)$$

とした。ここに、 f は水温および日射量の関数、 VS 、 WS は水温の関数であり、次式のように表した。

$$f = (0.114T + 0.686) \{ (0.295I / I + 1000) + 0.74 \} \quad (3)$$

$$VS = 0.0000086 \cdot \exp\{-4550.0 / (T + 273.16)\} \text{ (m/hour)} \quad (4)$$

$$WS = 0.1 + 0.008(T - 10) \text{ (m/hour)} \quad (5)$$

解析にあたっては粗細格子を用い、淡水赤潮の集積域である貯水池上流域では流下方向に50m、水深方向に0.5m、中下流域では流下方向に200m、水深方向には表層で0.5m、それ以下では1.0mに分割した。数値計算は、staggered schemeによる陽解法を用い、1992年10月22日9時から12日間について実測の時間データを使って実施した。計算は、時間間隔を2秒として先に流速、水温を求め、次にそれらの値を使って時間間隔72秒で各種水質濃度を求めた。初期条件は、淡水赤潮が貯水池上流部での流動特性に支配される集積現象であるため正確に与える必要がある。ところが、ごく一部の水域を除き実測値がないため、静水で水質分布が一様の状態より3日間の予行計算を始め、解析開始時刻に得られた流速および水質分布を初期条件として与えた。ただし、水質については既存の実測値を使って数値の補正を行い、できるだけ現実に近い初期値が設定されるようにした。

3. 再現結果と考察

まず、図-1に水温分布の再現例を示す。同図では、低温の河川水が貯水池低層に潜りし連行水と混合しながら流下する状況が表されており、実測値との一致の程度も良好である。最上

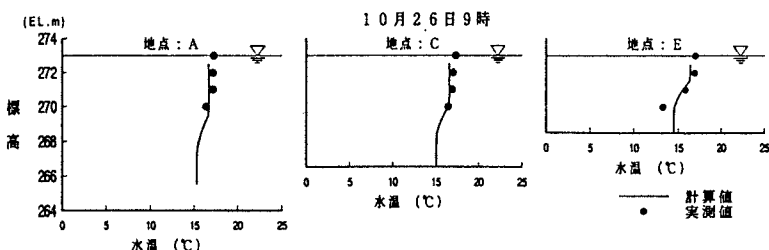


図-1 水温分布の再現例

流部の低層水温が計算値の方がやや高いのは、気温との相関式で推定した流入水温が実際よりも高かったためである。

図-2は、クロロフィルa濃度の日周変化の再現例を示している。日の出から午後2~3時のピークにかけての藻類集積の状況、日没後の沈降・分散状況は概ね再現されていると考えられる。しかしながら、最上流部E地点での分布形状や濃度値には実測値との不一致もみられ、その原因についての検討が今後必要である。現時点では、藻類の増殖特性および水深方向への移動特性の把握が十分とは言えず、それらのモデルでの取り扱いの不備が主な原因であると推測される。

図-3は、藻類密度と比較的相関が高いSS、総リン、および総窒素の各濃度分布について示している。SSの再現精度は比較的良好、図-2に示したクロロフィルa濃度と対応して藻類量の分布を反映した結果が得られている。総リン、総窒素についてもまずまずの再現性は得られているが、総窒素にみられるように精度上問題を残しているものも少なくなく、今後の検討課題の一つであろう。

参考文献：1) 岩佐、松尾：貯水池における水理特性の変化とその予測、第24回水講演文集、1980 2) 山田、宗宮ら：渦鞭毛藻 *Peridinium* の走光性による遊泳速度に関する研究、陸水学会誌、Vol. 56 (2)、1995

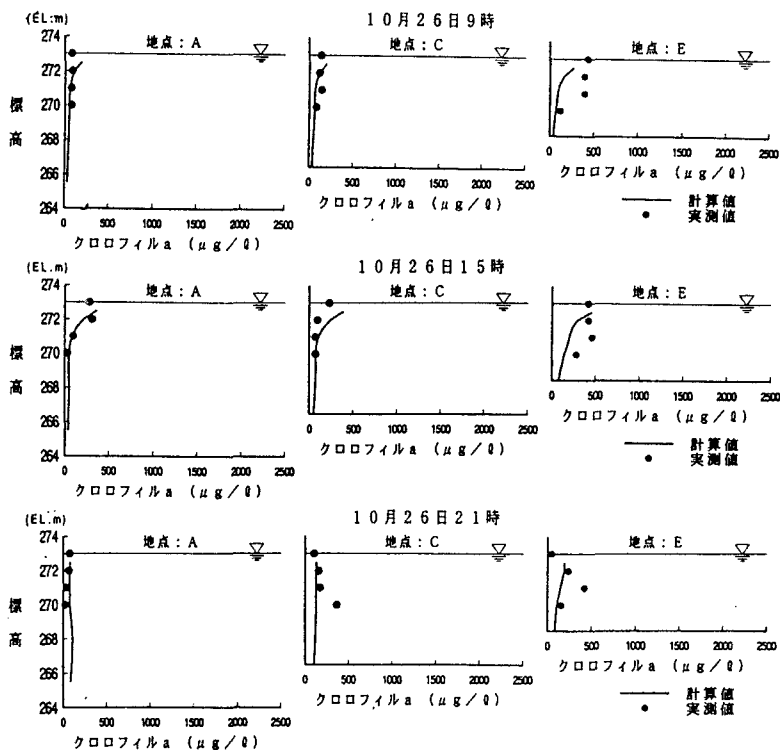


図-2 クロロフィルa濃度分布の再現例

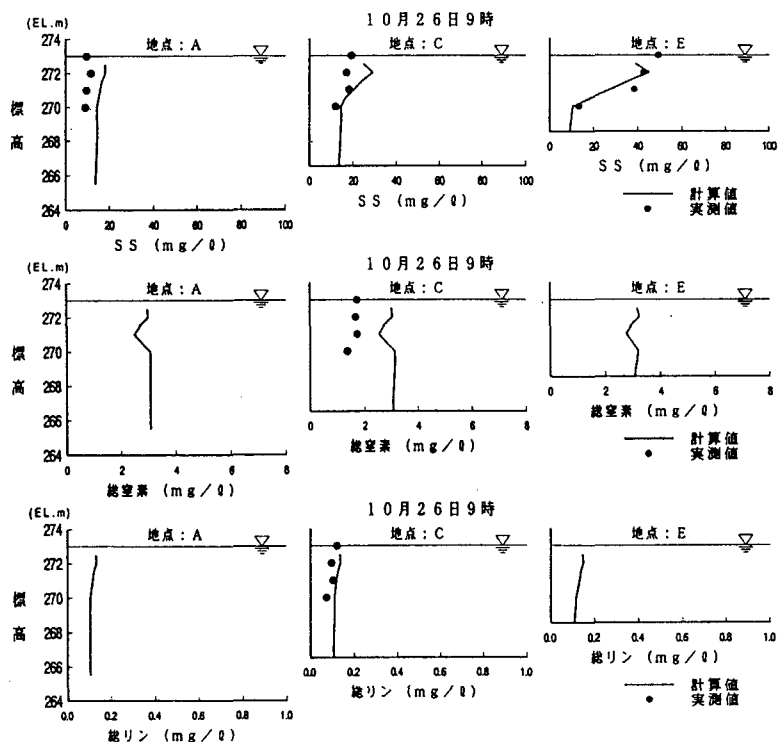


図-3 各種水質濃度分布の再現例