

貯水池における淡水赤潮集積過程の数値解析

中部大学工学部 正員 松尾直規

1. はじめに

本研究は、貯水池上流端におけるペリディニウム淡水赤潮の集積過程を、一方向多層モデルによる数値解析を通じて考察し、日周期的に集積・分散を繰り返しながら維持あるいは発達する淡水赤潮と流動特性との関係を明らかにしようとするものである。

2. 数値解析モデルと解析条件

数値解析に用いたモデルは、従来よりの貯水池水理に関する一方向多層モデル¹⁾である。水質について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、リン濃度の変化のみを扱うことにし、クロロフィル a 濃度収支則では、移流・分散項に加え、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を考える。対象藻類であるペリディニウムの生態的特徴の一つにシストの形成、発芽があるが、これらの過程は未だ不明な点が多いため扱わず、生産・消費項は、次式に示す現存量の増殖と死滅のみで表す。

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

ここに、 $FN = TN / (TN + KN)$ 、 $TP / (TP + KP)$ 、 $FI = I / (I + KI)$ 、 $FT = [T / TS \cdot \exp\{1 - T / TS\}]^n$ 、 $SP = \exp\{-k \cdot CP\}$ 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 ：温度補正指数、 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の形式で表すものであり、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 より次式のように表示した。

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

ここに、 $f = 0.8 \cdot I / (I + Kf)$ （ $f < 0.4$ では $f = 0.4$ ）、 $VS = 0.0000086 \cdot \exp\{-4550.0 / (T + 273.16)\}$ (m/hour) また、 Kf は f に関する日射量のミカエリス定数であり、 $WS = 0.14$ (m/hour) とした。

解析にあたっては、対象貯水池を所要計算精度に応じて、淡水赤潮の集積域である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、従来の貯水池水理解析と同様の staggered scheme による陽解法を用い、1992 年 10 月 22 日から 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。計算に用いた各種係数値は、室内実験等により得られた既存の経験的数値を参考に決めたが、水深方向の分散係数 Dz については各分割ブロックに関する密度勾配および速度勾配より求められる局所リチャードソン数 Ri の関数として次式で与えた。

$$Dz = 0.001 \cdot \exp(-0.5 Ri) + 0.000001 \text{ (m}^2/\text{sec)} \quad (\text{ただし、} Ri < 0 \text{ では } Ri = 0.0, Ri > 10.0 \text{ では } Ri = 10.0)$$

3. 解析結果と考察

図-1 に、流速分布の計算例を表層について示す。同図では、低温の河川水が貯水地底に沿って潜入した後に中層を流下するのに伴い表層に上流へ向かう流れが生じ、上流端から約 3 km 下流までの範囲にひとつの循環流が形成されている状況が表されている。こうした密度成層流とそれに伴う表層水の挙動は、図-2、3 に示した上流域での水温およびクロロフィル a 濃度分布の日周変化に反映されており、(2) 式で与えた藻類の走光性鉛直移動と併せて、昼間の上流端表層への藻体群の輸送・集積、夜間における下方、下流への移動・分散を支配している。なお、これらの計算結果は定性的には現地観測より得られている経験的知見と一致しており、用いたモデルの妥当性を示唆している。種々の条件下における淡水赤潮の集積と貯水池上流域での水理特性との関係等その他の結果については、紙面の都合上、講演時に述べることにする。

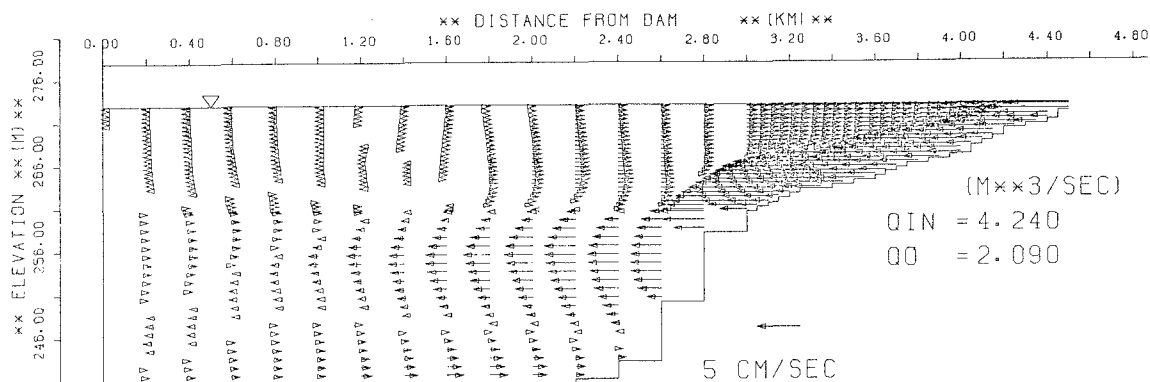


図-1 流速分布の計算例 (1992年10月24日13:00)

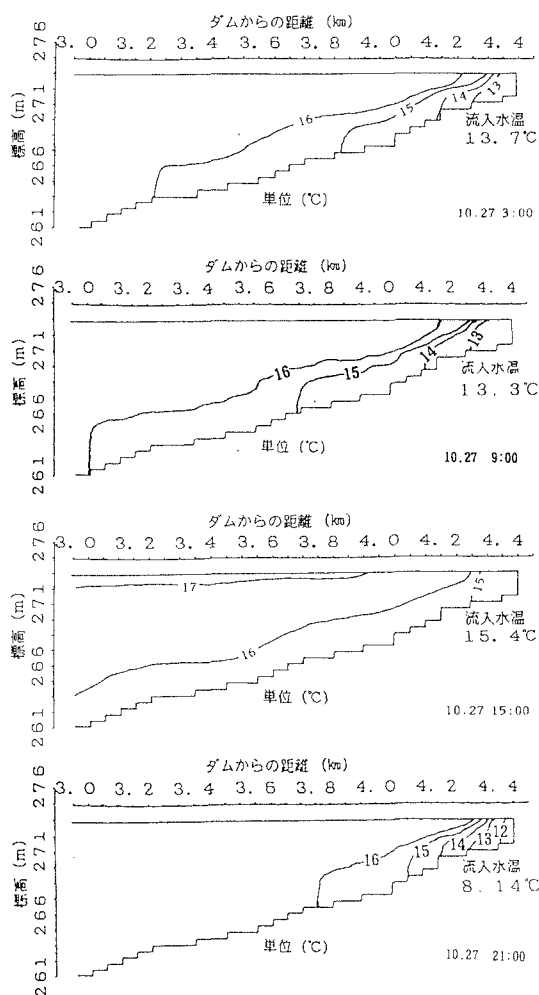


図-2 水温分布の計算例

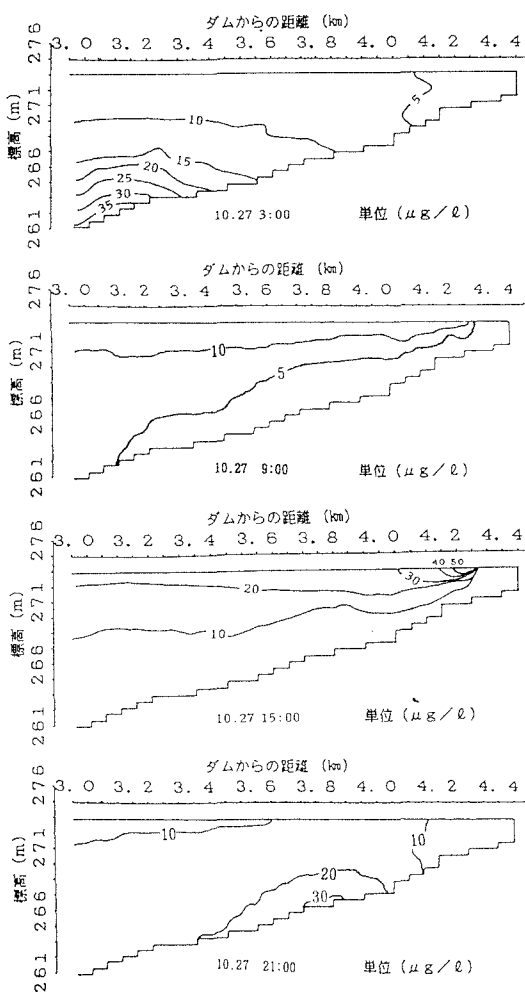


図-3 クロロフィル a 濃度分布の計算例

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、安永、小野：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