

## 水温躍層における植物プランクトンの極大層形成要因に関する検討

東京電機大学 学生会員 ○田村 恵介  
 東京電機大学 正会員 武村 武  
 東京電機大学 正会員 有田 正光

### 1. はじめに

湖沼やダム、海域等に生息する植物プランクトンは、水域における生態系の基礎を担うことがよく知られている。しかし、栄養塩の過剰供給によって植物プランクトンの大増殖が発生し、水質の悪化が問題となる事がある。このような問題を検討する上で、植物プランクトンの動態を解明することは重要である。そこで、本研究では現地調査により報告されている水温躍層付近での植物プランクトンの極大層形成の要因について、基礎実験と数値計算により検討することを目的とする。

### 2. 実験装置、及び実験条件

本実験では、植物プランクトンの動態に影響を及ぼす外的要因を制御するために、暗室内にて実験を行なった。実験装置を図-1に示す。また、実験条件を表-1に示す。実験装置には大小2つのタンクを使用し、外側のタンクと内側のタンクの間に入れた水の水深と水温を調節することで水温躍層を形成させた。光源は白色蛍光灯を用い、6:00~19:00の13時間を明時間とし、19:00~6:00の11時間を暗時間とした。採水は、水温躍層を破壊しないように、予めタンクの内部に設置しておいたチューブにより行なった。実験の試料水は東京電機大学キャンパス内の貯水池の水を用いた。試料水は簡易濾過をすることによって動物プランクトンを除去し、また栄養塩濃度が植物プランクトンの増殖の制限とならないように、栄養塩を十分に加えた。

### 3. 基礎実験

#### 3.1 実験結果及び考察

はじめに、水温躍層の存在が極大層の形成要因となりうるかを確認した。その結果を図-2, 3に示す。同図は、6月23日の午前10:30(実験開始4日後)における水温の鉛直分布とChl.-a濃度の鉛直分布の測定結果である。図-2より、case4-1は水深40(cm)程度まで水温躍層が形成されていることが確認できる。図-3より、case4-1は水温躍層下部付近においてchl.-a濃度の極大層が確認できる。一方、水温躍層が存在しないcase4-2では、case4-1のような明瞭な極大層は確認できない。よって、植物プランクトンの極大層形成には水温躍層が必要であると考えられる。

#### 3.2 極大層形成要因の検討

水温躍層付近に確認された極大層の形成要因を、実験条件より検討した。図-3より、case4-1は水温躍層付近で極大層が形成されているが、表層付近におけるChl.-a濃度がcase4-2と比較して減少していることがわ

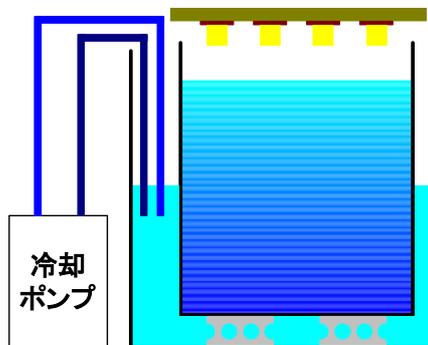


図-1 実験装置概略図

表-1 実験条件

case	計測日	光量	測定間隔	躍層
1-1	5/27-5/31	7000(lx)	24時間	有
1-2				無
2-1	6/9-6/13			有
2-2				無
3-1	6/16-6/20			有
3-2				無
4-1	6/23-6/27			有
4-2				無
5-1	6/30-7/4			有
5-2				無
6-1	9/8-9/13			有
6-2				無

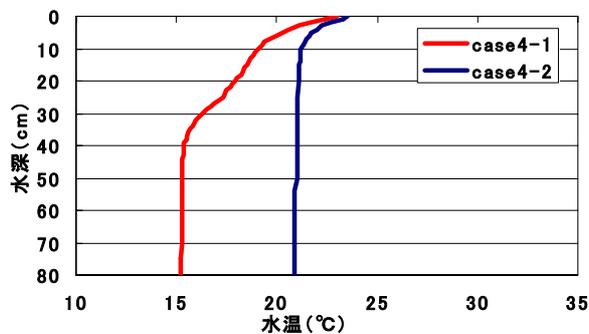


図-2 水温鉛直分布

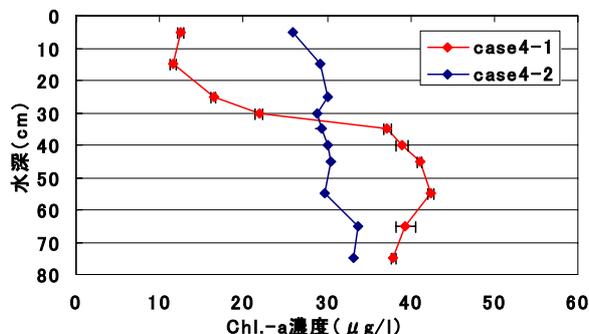


図-3 Chl.-a濃度鉛直分布

キーワード 植物プランクトン, クロロフィルa, 水温躍層,  
 連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 TEL: 049-296-2911 FAX: 049-296-6501

かる。実験条件より栄養塩の不足や強光阻害による植物プランクトンの減少は考えにくい。よって case4-1 の表層付近における Chl.-a 濃度の減少や、水温躍層付近における極大層は、植物プランクトンの沈降によるものであると考えられる。

4. 数値計算

4. 1 数値計算の概要

水温躍層における極大層の形成要因は植物プランクトンの沈降によるものである事が実験より示唆された。そこで、数値計算によって実験結果の再現を試みた。次式は植物プランクトンの一般的な増殖式である。

$$\frac{dM}{dt} = (G_M - k_m - S_M - E_Z)M$$

ここに、 $M$ は植物プランクトンの濃度、 $G_M$ は植物プランクトンの比増殖速度、 $k_m$ は植物プランクトンの呼吸や枯死による減衰速度、 $S_M$ は沈降による減少速度、 $E_Z$ は捕食による減衰速度である。

$k_m$ は数値計算によく用いられる値より  $k_m=0.06$  をとし、 $E_Z$ は基礎実験の条件より捕食は無いものとして  $E_Z=0$  とした。 $S_M$ は植物プランクトンの沈降がストークスの沈降式に従うものとして次式より求めた。

$$S_M = \frac{1}{18\mu} (q_s - q_w)gd^2$$

ここに、 $\mu$ は水の粘性係数、 $q_s$ と $q_w$ は植物プランクトンとその周りの水の密度、 $g$ は重力加速度、 $d$ は植物プランクトンの直径である。 $q_s$ は一般的な値より  $q_s=1.02$  ( $g/cm^3$ ) とした。 $d$ は基礎実験の試料水の優先種として確認された緑藻類セネデスス科の大きさを計測し、その直径を 8, 10, 12 ( $\mu m$ ) に分別して、確認された個数比より、その割合を 4 : 8 : 5 とした。

$G_M$ については、次式により求めた。

$$G_M = \mu_{max} \times f_N \times f_I \times f_T \times \beta$$

ここに、 $\mu_{max}$ は最大比増殖速度、 $f_N \cdot f_I \cdot f_T$ はそれぞれ栄養塩濃度、照度、水温に関する影響関数、 $\beta$ は混雑効果関数であり、それぞれのモデル式より求めた。

$\mu_{max}$ は、前述とは別に実施した増殖実験により算出した。増殖実験は、濾過した試料水を水温 25 ( $^{\circ}C$ )、光量 7000 (lx) の下で複数のバケツに入れ、バケツ毎に異なる栄養塩を加えて行った。一定時間の経過後、バケツ内の試料水の Chl.-a 濃度を測定し、植物プランクトンが栄養塩の制限を受けずに増殖したと思われる case の比増殖速度の平均した値を、最大比増殖速度  $\mu_{max}$  とし、 $\mu_{max}=0.911$  (1/day) とした。

水温の鉛直分布は case4-1 をモデルとし、実験初日と 4 日目の表層の Chl.-a 濃度と最大比増殖速度を考慮して沈降する植物プランクトンと停滞する植物プランクトンに分別し、その割合を 7 : 1 とした。Chl.-a 濃度の初期値は全層で 20 ( $\mu g/l$ ) とした。

4. 2 数値計算の結果

構築したモデルによる数値計算の結果を図-4 に示す。同図より、数値計算による植物プランクトンの動態は、水温躍層付近での集積や上層での減少など、基礎実験と同様の傾向を示した。しかし、数値計算によ

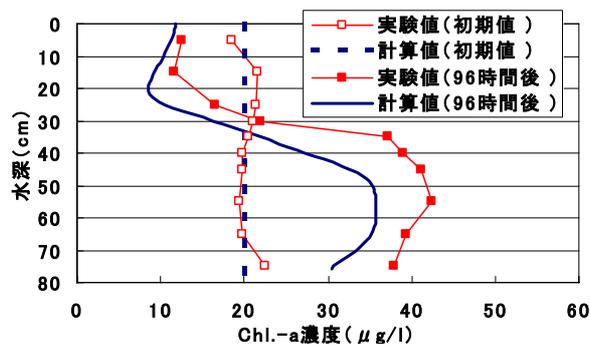


図-4 数値計算結果

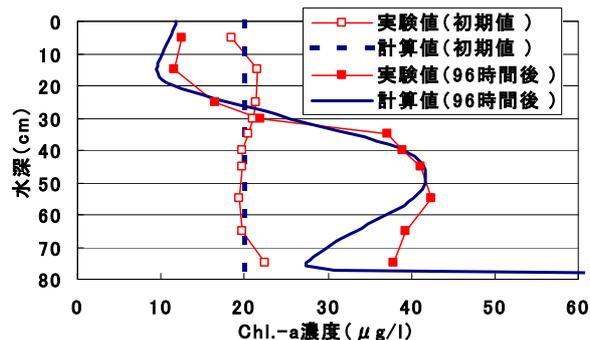


図-5 数値計算結果

る極大層は基礎実験結果よりも若干深い所で出現し、その値も小さい。これは、モデル式で求めた植物プランクトンの沈降速度が過大評価されている可能性を示唆している。そこで、ストークスの式で求めた沈降速度の 8 割を沈降速度とし、再度数値計算を行なった。その結果を図-5 に示す。同図より、基礎実験と数値計算の結果が概ね一致していることが確認できる。

5. まとめ

停滞水域における水温躍層による植物プランクトンの極大層形成要因について、基礎実験と数値計算によって検討した。その結果、植物プランクトンの沈降と、水温躍層における沈降速度の低下による集積が極大層出現の要因であると考えられる。なお、数値計算のモデル式に用いたストークスの式は植物プランクトンの沈降速度を過大評価している可能性が示唆された。

謝辞

本研究の一部は東京電機大学総合研究所研究費 (Q07E-07) により行われたものであり、ここに謝意を表します

参考文献

アレキサンダー・J・ホーン、チャールス・R・ゴールドマン：陸水学、京都大学学術出版会。  
岩佐義明（編）：湖沼工学、山海堂。