

栄養塩濃度および動物プランクトンの存在に対する 植物プランクトンの応答特性

大阪府立大学 ○人見晃司 中桐貴生 堀野治彦 櫻井伸治

1. はじめに ため池などの閉鎖性水域では、河川などに比べ水の滞留時間が長く、植物プランクトンの栄養塩吸収・死滅・腐植(分解)といった生物的作用を長く受けるため、水質変化を受けやすい。したがって、こうした水域において、水質変化の推定や予測を行っていくためには、植物プランクトン量の正確な評価が重要となる。植物プランクトンの動態の評価には植物プランクトンのみでの変動を考慮したモデルが用いられることが多く、動物プランクトンの存在まで考慮されていることは少ない。本研究では、植物プランクトンだけの増減を栄養塩濃度と水温の条件を変えて培養・観測し、その上で動物プランクトンを滴下した培養を行うことで、動物プランクトンの存在による植物プランクトンの増減への影響についても検討した。

2. 研究方法 本研究では以下の3つに関する実験を行った。

2.1 植物プランクトンだけの場合の増減特性 動物プランクトンが存在しない状態での植物プランクトンの増減特性を把握するため、異なる水温(表1 実験①)ならびに栄養塩濃度(同 実験②)の条件下で、植物プランクトンの培養実験を行った。培養方法はAGP試験に準じ、実験①は2回、実験②は1回行った。両実験とも、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス内のため池(以下、府大池)の水をろ過し、栄養塩濃度を調整したものを培地とし、複数の100mlの三角フラスコに、植物プランクトンを等量に滴下し培養した。できるだけ実際の環境条件に近づけるため、植物プランクトンをまず1日12時間植物育成用蛍光灯を照射する明条件下で増殖させ、ほぼ一定に達した後、アルミホイルで覆って遮光して減少させた。各実験(約20日)の間、各三角フラスコ内のChl a濃度を蛍光法によって順次計測し、植物プランクトンの比増殖速度 μ および死滅係数 k_d を求め、日変動を観察した。なお、実験には、府大池で採取し、Gorhamの5倍希釈培地で培養した植物プランクトンを用いた。

2.2 動物プランクトンによる植物プランクトンの減少期への影響

動物プランクトンが植物プランクトンを捕食し減少させる影響をみるため、2.1と同様に培養した植物プランクトンが自然減少期に差し掛かったところでダフニア(ミジンコ)を滴下する実験(約30日)を、表1の実験③の条件下で1回行い、死滅係数 k_d に捕食が与える影響の大きさを評価した。なお、実験に用いた動物プランクトンは、府大池の水を濾過し動物プランクトンを取り除いたものを培地にして培養したものを用いた。

表1 培養条件

項目	実験①		実験②		実験③	
	D-N	D-P	D-N	D-P	D-N	D-P
濃度倍率	×1 ×5	×1 ×10	×1 ×5 ×10	×1	×10	×10
動物プランクトン	無				有	
水温(°C)	20, 25, 30		25			
光強度(lx)	3500~4500					

※2016/9/30の府大池原水の濃度を1倍とする。

2.3 動物プランクトンと植物プランクトンの相対関係 実際の環境に近い条件で植物プランクトンと動物プランクトンの相対関係をみるため、府大池で採取した水を希釈だけ行って培養する希釈培養実験を2回行った。希釈は、試水の割合が20, 40, 60, 80%になるように行い、実験②、③と同じ水温、光強度の条件下で24時間培養した。

3. 結果と考察

3.1 比増殖速度および死滅係数の算出 植物プランクトン量の経時変化は式(1)で表され、減少期と増殖期の初期値でそれぞれ解くと式(2), (3)となる。

$$dP/dt = (\mu - k_d) \cdot P \cdots (1)$$

$$P(t) = P(t_{a0}) \cdot \exp(-k_d \cdot t) \cdots (2)$$

$$P(t) = P(0) \cdot \exp\{\mu - k_d)t\} \cdots (3)$$

k_d は植物プランクトンの死滅係数(d^{-1})、 P は植物プランクトン量($\mu g/L$)、 t は経過日数(d)、 t_{a0} は植物プランクトンの減少開始時の経過日数(d)、 μ は比増殖速度(d^{-1})である。

実験毎に減少期に対して式(2)を適用し、死滅係数 k_d を求め、増殖期もそれが不変であるものとして、 k_d を式(3)に代入し比増殖速度 μ を求めた。たとえば、図1に示す実験②の結果の一部(25°C, D-N×1, D-P×5)に適用すると、 $\mu=1.16$, $k_d=0.116$ が得られた。

3.2 植物プランクトンの増減特性 動物プランクトンが存在せず、水温のみによる植物プランクトンの増減への影響を調べた実験①の結果、20~30°Cの設定範囲内では、 μ および k_d に温度に対する明確な傾向はみられなかった。一方、栄養塩濃度による影響を調べた実験②では、D-N, D-Pのいずれの濃度が上昇した場合も、 μ ,

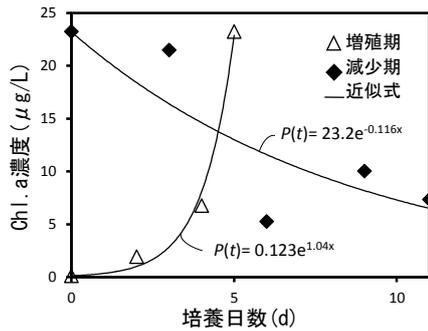


図1 Chl. a濃度の日変化
(25°C D-N×1 D-P×5)

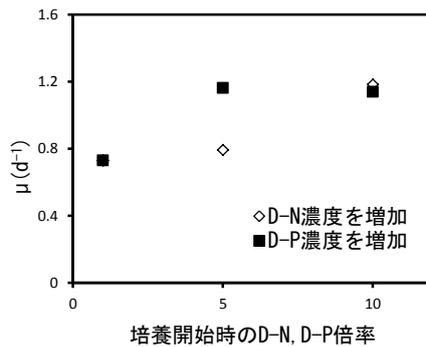


図2 栄養塩濃度のμへの影響

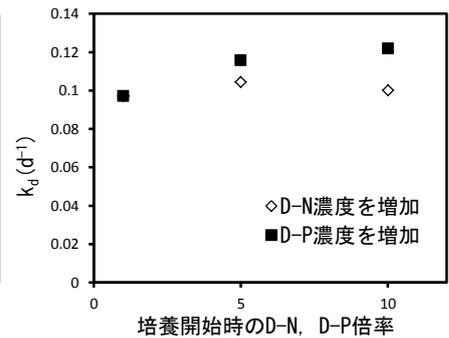


図3 栄養塩濃度のk_dへの影響

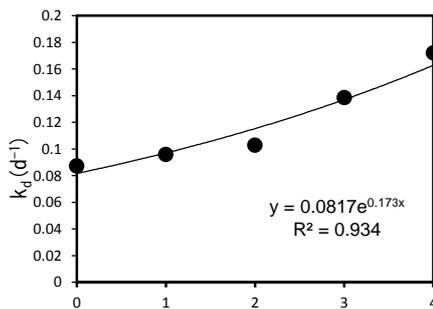


図4 ダフニアのk_dへの影響

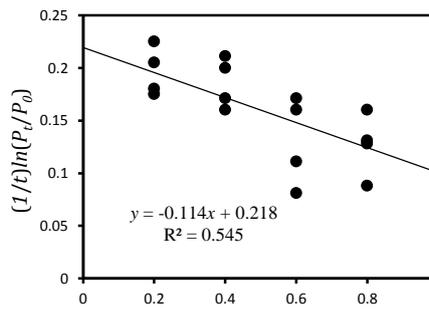


図5 希釈培養法

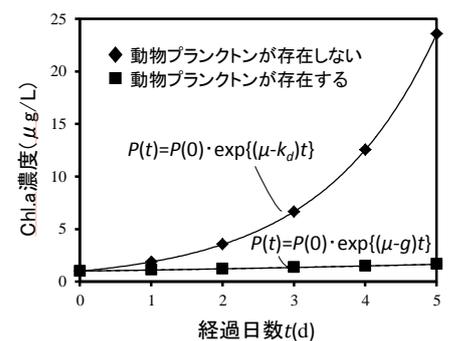


図6 植物プランクトン増殖試算結果

k_d とも値が上昇した(図2, 3)。ただし、 μ の上昇幅は約0.5であるのに対し、 k_d については0.03程度と、ほぼ一定と見なしても差し支えない程度であった。すなわち、栄養塩濃度は、植物プランクトンの増殖には影響を与えるが、死滅には大きな影響を与えないことがわかる。また、D-N濃度を増加させた場合と、D-P濃度を増加させた場合では、 μ の増加の仕方に違いが見られたため、別の条件でも実験を行い、検証を行う必要がある。

3.3 動物プランクトンによる植物プランクトンの減少期への影響

図4は、実験③の結果としてダフニアの滴下個体数と k_d の値の関係を示したものである。滴下個体数の増加に応じて k_d の値は増加し、その増加量は個体数が多くなるほど大きくなっている。僅か4匹のダフニアを滴下しただけで、 k_d の上昇幅は約0.09となり、実験②の上昇幅の約3倍となった。すなわち植物プランクトンの死滅に対して、栄養塩濃度よりもダフニアの存在が与える影響の方が大きいと考えられる。こうした結果から、滴下数 x に対して k_d が指数関数的に増加するとして、その関係式は $k_d = 0.0817e^{0.173x}$ で表された。いずれにせよ、動物プランクトン量と k_d には正の相関関係があることが確認された。

3.4 動物プランクトンと植物プランクトンの相対関係 希釈培養法の結果として、試水の割合と、次のLandry and Hassett式¹⁾から求めた $\mu - cg$ と等価である $(1/t)\ln\{P(t)/P(0)\}$ の対応関係を図5に示す。

$$(1/t)\ln\{P(t)/P(0)\} = \mu - cg \cdots (4)$$

c は希釈後の試水の割合で、 g は動物プランクトンによる植物プラ

ンクトンの捕食速度(d^{-1})である。なお、本研究では g には k_d が含まれると仮定した。

回帰直線の切片が μ 、傾きが g として決定され、希釈率が高い(試水の割合が少ない)ほど、 $\mu - cg$ が大きくなる傾向がうかがわれる。これは、希釈による植物プランクトンの増殖速度変化に比べ、動物プランクトンによる捕食速度の低下がより顕著であることを示し、上記の実験②、③の結果と矛盾しない。

以上の結果を踏まえ、動物プランクトンによる捕食が k_d へ与える影響が無視できるか判断するために、植物プランクトンは増殖始めて5日目で最大量になることが多かったため、府大池における植物プランクトン量について、5日間における変化を例に計算した結果を図6に示す。5日目には、動物プランクトンによる捕食を考慮した場合に対し、それを考慮しなかった場合は約14倍大きな値となったことから、植物プランクトンの増減に対する動物プランクトンの影響はかなり大きく、その制御が水質形成に少なからず関与するものと思われる。

4. おわりに 閉鎖性水域における水質変化には、植物プランクトン量が密接にかかわっているため、そのモデル化を行う上で、植物プランクトン量の変動への影響が大きい栄養塩濃度と動物プランクトンは除外することなく、的確に考慮していく必要がある。各種係数について、より実用的な値を決めていくには、より現実的な環境条件下でのさらなる実現や、他の水域への適用が必要である。

1) Landry, M.R. & Hassett, R.P. : Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. Marine Biology 67, 283-288 (1982)