

植物プランクトン優占種の種間競争に及ぼす栄養塩濃度の影響

千葉工業大学 正員 ○村上和仁 石井俊夫 瀧 和夫
日本大学 正員 松島 眸

1. はじめに

閉鎖性水域における富栄養化の一因である植物プランクトンの現存量を予知・予測することは、富栄養化対策を講じる上で、きわめて重要である。また、植物プランクトンの種構成を人為的にコントロールする手段として、底質改善による栄養塩濃度の制御を有効とする報告もなされている。しかしながら、植物プランクトンの優占種は季節によって異なり、また、同じ季節であっても毎年同じ種が必ずしも優占するとは限らない。植物プランクトンの優占化機構にはさまざまな環境要因が作用しており、その因子を抽出して検討していく必要がある。本研究では、栄養塩濃度、特に N/P 比の違いに着目した室内培養実験により、富栄養化湖沼における植物プランクトンの優占化機構の基礎的知見を得ることを目的として、種間競争に着目した実験的検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試藻類

供試藻類は、手賀沼から、藍藻：*Microcystis aeruginosa*、珪藻：*Melosira varians*、緑藻：*Scenedesmus quadricauda* を単離して用いた（写真1）。環境水からの単離はピペット洗浄法に従い、他のプランクトン種が確認されなくなるまで繰り返した。ここで、*S.quadricauda* は春季、*M.aeruginosa* は夏季、*M.varians* は秋季～冬季において優占的に出現する植物プランクトンである。手賀沼の湖水をオートクレーブ（121℃、30min）で加圧滅菌処理した後、ガラスフィルター（GF/C）にてろ過して夾雑物を除去し、300ml 容三角フラスコに 150ml 注入し、窒素源とリン源を添加して調整した後、これらの植物プランクトンを初期個体数が 100cells/ml となるよう調整して添加した。なお、実験は常に3連で行った。

2.2 培養条件

植物プランクトンの増殖に不可欠な栄養塩である窒素とリンをパラメーターとして、異なる N/P 比条件下における植物プランクトンの種間競争を考慮した培養実験を行った。

(1) 季節変動を考慮した種間競争の検討： 培養条件は、調和型湖沼の栄養塩濃度を考慮して培養開始時の N/P 比を 10 とし、Run1：20℃、30,000lux（春季；緑藻優占条件）、Run2：30℃、30,000lux（夏季；藍藻優占条件）、Run3：20℃、10,000lux（秋季；珪藻優占条件）、Run4：10℃、20,000lux（冬季；珪藻優占条件）とし、それぞれ単種系、3種混合系を作成した。

(2) 窒素過多条件下における種間競争の検討： 培養開始時の N/P 比を 20 に調整して窒素過多条件とし、上記 Run1～Run4 をそれぞれ Run5～Run8 として作成した。

(3) リン過多条件下における種間競争の検討： 培養開始時の N/P 比を 5 に調整してリン過多条件とし、上記 Run1～Run4 をそれぞれ Run9～Run12 として作成した。

2.3 評価方法

培養開始後、0、1、3、5、7、14 日目に顕微鏡観察（Nikon Eclipse E800）にて各種植物プランクトンの個体数を計数し、比増殖速度（ μ ）および最大個体数（ N_{max} ）を算出して評価した。



a) 藍藻 *Microcystis aeruginosa*



b) 珪藻 *Melosira varians*



c) 緑藻 *Scenedesmus quadricauda*

写真1 手賀沼から単離した植物プランクトン

表 1 培養実験における培養条件と植物プランクトン優占

Run No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N/P比	10				20				5			
温度(°C)	20	30	20	10	20	30	20	10	20	30	20	10
照度(lux)	30,000	30,000	10,000	20,000	30,000	30,000	10,000	20,000	30,000	30,000	10,000	20,000
優占種	藍	藍	緑・珪	珪	藍	藍	緑・珪・藍	珪	緑	緑	緑	緑・珪

3. 結果および考察

3.1 種間競争に及ぼす季節変動の影響

N/P 比=10 の条件下では、現地観測より得られた環境条件と同様に、春季条件 (Run1) および夏季条件 (Run2) では、種間競争が存在する 3 種混合系において、*M.aeruginosa* (春季: μ : 0.26day⁻¹, $N_{\max}$: 3,200cells/ml、夏季: μ : 0.27day⁻¹, $N_{\max}$: 3,600cells/ml) が優占的に増殖した。一方、秋季条件 (Run3) では、*S.quadricauda* (μ : 0.21day⁻¹, $N_{\max}$: 1,600cells/ml) および *M.varians* (μ : 0.19day⁻¹, $N_{\max}$: 1,200cells/ml) が優占的となったが、冬季条件 (Run4) では *M.varians* (μ : 0.01day⁻¹, $N_{\max}$: 120cells/ml) のみならず、すべての藻類について増殖は認められなかった。これらの結果は、現地観測における春季: 緑藻、夏季: 藍藻、秋季: 珪藻、冬季: 珪藻という優占種の観察結果とは異なり、植物プランクトンの優占化には温度・照度・栄養塩類以外の環境要因、すなわち、藻類代謝産物のような間接的な種間相互作用が大きく影響している可能性が示唆された。

3.2 窒素過多条件下における種間競争

N/P 比=20 の窒素過多条件下では、春季 (Run5): *M.aeruginosa* (μ : 0.29day⁻¹, $N_{\max}$: 3,800cells/ml)、夏季 (Run6): *M.aeruginosa* (μ : 0.28day⁻¹, $N_{\max}$: 4,000cells/ml)、秋季 (Run7): *S.quadricauda* (μ : 0.21day⁻¹, $N_{\max}$: 1,500cells/ml)・*M.varians* (μ : 0.19day⁻¹, $N_{\max}$: 1,300cells/ml)・*M.aeruginosa* (μ : 0.18day⁻¹, $N_{\max}$: 1,100cells/ml)、冬季 (Run8): *M.varians* (μ : 0.01day⁻¹, $N_{\max}$: 120cells/ml) が優占する結果となった。藍藻類の優占化、すなわちアオコの異常発生は窒素過多の環境条件化で生じ易い傾向にあることが報告されており、本実験結果もこのことを裏付ける結果となった。すなわち、藍藻類は窒素過多の条件下で優占化し、アオコを形成すること、またその優占化には高温度・高照度を満足することが必要であることが明らかとなった。

3.3 リン過多条件下における種間競争

N/P 比=5 のリン過多条件下では各植物プランクトン間に大きな差は生じなかったが、春季 (Run9): *S.quadricauda* (μ : 0.21day⁻¹, $N_{\max}$: 1,500cells/ml)、夏季 (Run10): *S.quadricauda* (μ : 0.23day⁻¹, $N_{\max}$: 2,200cells/ml)、秋季 (Run11): *S.quadricauda* (μ : 0.21day⁻¹, $N_{\max}$: 1,700cells/ml)、冬季 (Run12): *S.quadricauda* (μ : 0.01day⁻¹, $N_{\max}$: 120cells/ml)・*M.varians* (μ : 0.01day⁻¹, $N_{\max}$: 120cells/ml) が優占する結果となり、いずれの培養条件においてもリン過多の条件下では緑藻が優占化する傾向にあることがわかった。緑藻類の優占化はリン過多の環境条件下で生じ易い傾向にあることが報告されており、本実験結果もこのことを裏付ける結果となった。すなわち、藍藻類はリン過多の条件下では優占化せず、したがってアオコも発生しないことが示された。しかしながら、海水が混入するリン過多の公園池で、*M.aeruginosa* と *A.spiroides* を優占種とするアオコが発生しているという報告もあり、栄養塩濃度・温度・照度以外の環境要因の検討の必要性が示された。

3.4 種間競争に及ぼす N/P 比の影響

各培養系における培養条件と植物プランクトン優占種を表 1 に示した。一般に、植物プランクトンは自身の体組成と同じ比率で栄養塩類を吸収・摂取するといわれている。また、藍藻類と緑藻類は季節変化に対して感受性が高く、一方で珪藻類は季節変化に対する感受性が高くなく年間を通じて普遍的に存在する種であると考えられる。すなわち、植物プランクトンの季節変遷に N/P 比が影響しているならば、N/P 比の推移は季節的变化を示すものと考えられる。手賀沼の現地調査における N/P 比の年変動には周期性がなく、明確な季節変化は認められない。したがって、水中に存在する栄養塩類は N/P 比としての作用よりも植物プランクトンの増殖を律する制限因子としての作用が強いものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 窒素過多 (N/P 比=20) の条件下では藍藻 (*M.aeruginosa*) が優占化する。
- 2) リン過多 (N/P 比=5) の条件下では緑藻 (*S.quadricauda*) が優占化する。
- 3) 適正とされる N/P 比の条件下であっても、高温度・高照度であれば藍藻が優占化する。