

国指定史跡名勝南湖における調査と培養試験による 藻類増殖の制限栄養塩に関する研究

日本大学工学部 学生会員 ○日比野 巧 日本大学工学部 非会員 渡邊 寛斗
日本大学工学部 正会員 手塚 公裕

1. 背景と目的

福島県白河市にある南湖は、国の史跡および名勝に指定されており、観光や近隣住民の親水の間として利用されている。しかし、近年、富栄養化が進行し、夏季にアオコの発生が観測されている。本研究では、現地調査と藻類培養試験を実施し、それらの結果を組み合わせることで、南湖における藻類増殖の制限栄養塩について検討した。

2. 調査方法

2.1 調査地点と内容

調査地点を図-1に示す。H28～R2において地点L-1, 3, 8, 10を対象に水質調査を月1, 2回の頻度で実施した。表層水の窒素、リン等を河川水質試験方法(案)に準じて分析した。また、地点L-3の上層に蛍光式小型メモリーDO計(miniDOT, 環境システム)を設置して1時間毎のDOと水温を観測した。なお、南湖では例年12～2月に池干しを行っているため、その期間のデータはない。

2.2 AGP^M試験方法

南湖の水質が藻類増殖に与える影響を把握するため、AGP^M試験¹⁾を実施した。AGP^M試験は純粋培養で行うAGP試験と比較して、①試験が簡略化できる、②試水に適応した藻類が優制的に増殖できる可能性が高い、③自然界に近い状態で藻類生産の潜在能力が測定できる、等の利点がある。

AGP^M試験は令和2年9, 11月のL-1, 3, 8, 10の表層水を対象に行った。各試水の初期水質を分析した後、300mlの三角フラスコに200mlずつ入れ、無添加、窒素添加、リン添加、窒素とリンの両方添加の4条件を各試水で作成した。窒素添加は、リン酸二水素カリウムを用いて窒素濃度を10mg/L増加、リン添加は硝酸カリウムを用いてリン濃度を1mg/L増加させた。温度条件は、現地状況に合わせて、9月は30℃、11月は15℃とした。明条件を10,000luxとし、明暗を12時間で切り替えた。培養は静置状態で行った。3日に1回の間隔で濁度(750nm)を測定し、藻類の最大濃度になるまで培養し、最大濃度となった試水のSSを測定し、そこから初期SSを差し引くことによりAGPを算出した。ただし、付着藻類の増殖等により最大濃度に達したか判定できなかった場合は、他の条件が全て最大濃度に達した際にSSを測定した。また、付着藻類は超音波により剥離させ、SSに含めて評価した。

3. 結果および考察

3.1 水質分析

水温の季節変動を図-2に示す。R1, 2の水温は10～30℃で推移しており、年による顕著な差はなかった。南湖で夏季に発生するアオコの主な原因となる藍藻類 *Microcystis* sp.は、増殖に最適水温が25～35℃²⁾とされており、7～9月では超える日がみられた。

滞留時間を図-3に示す。滞留時間は、貯水量(平均水深1mと仮定)を別途調査した全流入水量で除して求めた。*Microcystis* sp.の比増殖速度は水温、光条件、栄養塩条件等で変化するが比較的増殖の遅くなる水温20℃では約0.1日⁻¹²⁾とな

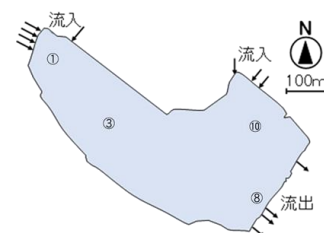


図-1 調査地点

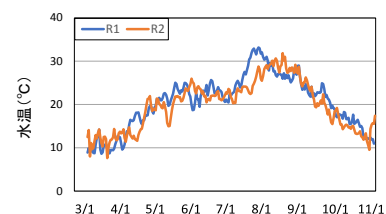


図-2 水温の季節変動(R1, R2)

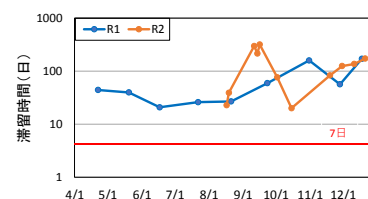


図-3 滞留時間(R1, R2)

キーワード:南湖, 現地調査, AGP^M試験, 富栄養化, 制限栄養塩

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部水環境システム研究室 TEL:024-956-8724

る。これを世代時間（細胞数が 2 倍になる時間）にすると約 7 日であり、*Microcystis* sp.の増殖には滞留時間が概ね 7 日以上必要であると考えられる。南湖の滞留時間は 7 日を満たす日が殆どであり、*Microcystis* sp.の増殖には十分な滞留時間を有していると考えられる。

H28～R2 の T-N 濃度を図-4、T-P 濃度を図-5 に示す。一般に富栄養化の目安は T-N では 0.4mg/L、T-P では 0.02mg/L 程度とされている。流入河川の近い L-1 では、T-N、T-P 共に富栄養化の目安を超えることが多かった。一方、下流の L-8、10 では年や季節によって変動があり、目安を下回ることもあった。

H28～R2 の T-N/T-P を図-6 に示す。一般に、Redfield 比（質量比で約 7）よりも N/P 比が高いと植物プランクトン増殖の制限栄養塩はリン（リン制限）であり、低いと窒素（窒素制限）と考えられる。南湖では年、季節、地点に関わらず、T-N/T-P が 7 を上回っており、N/P からはリン制限と判断される。

3.2 AGP^M 試験

AGP^M 試験の初期値を表-1 に示す。T-N 濃度は 0.4～0.7mg/L、T-P 濃度は 0.03～0.05mg/L と地点や季節による差はあまりなかった。SS 濃度は地点による差があり、L-1 が他地点よりも 9 月で低く、11 月で高かった。AGP 値を図-7 に示す。9 月では、概ね、無添加＜リン添加＜窒素添加＜窒素・リン添加となっていた。ただし、L-8 は窒素添加よりもリン添加がやや高い値であった。11 月では、無添加またはリン添加＜窒素添加＜窒素・リン添加となっていた。従って、試水を採取した際の南湖における藻類の制限栄養塩は窒素であったと考えられる。既往の研究によると、藍藻類の半飽和定数は無機態窒素では 0.1mg/l、無機態リンでは 0.01mg/l とされ³⁾、これらよりも高濃度の場合は制限栄養塩とならないと考えられる。本試験では無機態栄養塩濃度の変動は把握していないが、全条件で窒素添加よりも窒素・リン添加の AGP 値が高い値を示していたことから、窒素のみではなく、リンも不足気味であったと推測される。なお、最大 SS 測定時における顕微鏡観察では、全地点で *Microcystis* sp.が確認された。

3.3 南湖における藻類増殖の制限栄養塩の検討

過去 5 年間の T-N/T-P より、南湖における藻類増殖の制限栄養塩はリンであると判断された。一方、令和 2 年の AGP^M 試験により、窒素制限の可能性が高いが、リンも不足気味であると推測された。これらのことから、南湖における藻類増殖の制限栄養塩は、年、季節、地点により変動する可能性が示唆された。南湖でアオコ発生を抑制するためには、窒素、リン両方の対策が必要と考えられる。

4. まとめ

- 1)南湖における夏期の水温、滞留時間は、藍藻類の増殖に適している。
- 2)南湖における藻類増殖の制限栄養塩は、T-N/T-P ではリン、AGP^M試験では窒素の可能性が高いが、リンも不足気味であったと考えられた。これらのことから、南湖における藻類増殖の制限栄養塩は、年、季節、地点により変動する可能性が示唆された。

謝辞 本研究は、白河市文化財課と(有)水月の皆様のご協力を頂きました。ここに記し謝意を表します。

参考文献 1)須藤隆一他(1981)陸水域の富栄養化に関する総合研究(X)藻類の培養試験法による AGP の測定, 国立公害研究所研究報告, No.26, pp.38-41. 2)矢木修身他(1981)*Microcystis* の増殖特性, 国立公害研究所研究報告, No.25, 47-58. 3)財団法人ダム水源地環境整備センター(1996)三春ダム水質保全対策検討資料。

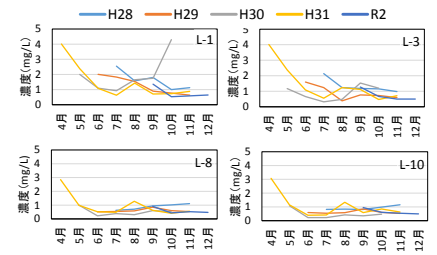


図-4 T-N 濃度

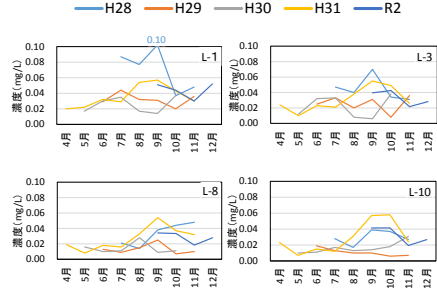


図-5 T-P 濃度

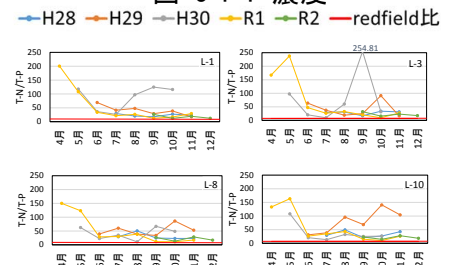


図-6 T-N/T-P

表-1 AGP^M 試験の初期

		窒素 (mg/L)	リン (mg/L)	SS (mg/L)
L-1	9月	0.5	0.04	6.9
	11月	0.6	0.05	11.2
L-3	9月	0.7	0.04	23.1
	11月	0.5	0.03	4.3
L-8	9月	0.4	0.03	17.3
	11月	0.5	0.03	4.6
L-10	9月	0.6	0.04	24.4
	11月	0.5	0.03	4.1

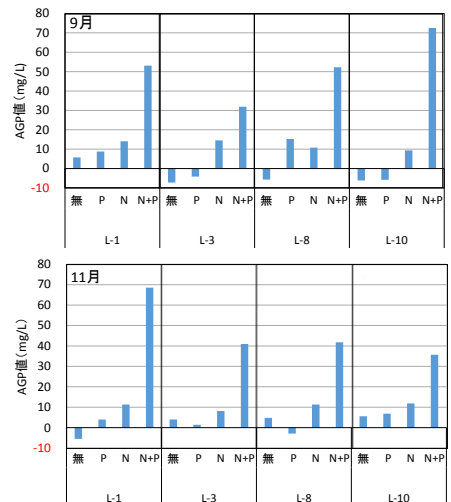


図-7 AGP 値