

曝気循環装置による藍藻類増殖抑制対策に関する研究()

- 成層強度と藍藻類の現存量との関係 -

独立行政法人 水資源機構 総合技術推進室 正会員 ○後藤浩一

独立行政法人 水資源機構 総合技術推進室 酒井健寿

独立行政法人 水資源機構 総合技術推進室 岩崎 健次

埼玉大学 理工学研究科 正会員 古里 栄一

1. はじめに

富栄養化したダム貯水池における藍藻類の異常発生抑制対策として、圧縮空気を貯水池の深部から放出して貯水池の水温成層を制御する曝気循環対策が多くのダムで適用されている。しかしながら、全ての場合において藍藻類の増殖抑制が達成されているわけではない。この原因の一つとしては、曝気循環対策による藍藻類の増殖抑制機構が複雑であるために、合理的な設計・管理指針が明らかになっていないことが考えられる。曝気循環対策は、気泡噴流によって生じた密度流で貯水池全域の水理環境を制御することによって、間接的に植物プランクトンの生息環境を変化させて藍藻類の増殖を抑制する手法である。つまり、曝気循環装置の施設規模と、水理学的過程を通じた生態学的現象との因果関係を定量的に明らかにする必要がある。こういったメカニズムを反映させた工学的指針を明らかにするためには様々な検討・実験手法が必要であるが、現地データより経験的な関係性を見いだすことも有効であると考えられる。

本研究においては、曝気循環装置の設置された複数のダム貯水池における現地データを用いて、成層強度と藍藻類の現存量の関係について検討するものである。

2. 対象データの概要

表1 検討対象ダムにおける曝気循環装置の設置状況

ダム名称	曝気循環施設規模	導入時期および基数
KSダム	2400NL/min. × 5基	1994年 1基, 1995年 1基, 1996年 2基, 1997年 1基
TKダム	5600NL/min. × 4基	2001年 1基, 2003年 1基, 2004年 2基
TRダム	3700NL/min. × 2基	1999年 1基, 2003年 1基

：TRダムにおいては、1995～1997年の3カ年は、同規模1基の施設が実験的に1～2ヶ月稼働していた。

検討を行ったダム貯水池は、水資源機構所管ダムの中で藍藻類の増殖に伴う水質障害の抑制を目的として散気方式の曝気循環装置が設置されている3ダムとした(表1)。KS ダムにおいては *Phormidium* 属によって生産された2MIBによる異臭味障害が、TK ダムでは主に *Microcystis* 属によって発生したアオコによる景観障害が、TR ダムにおいてはこれら両現象が発生していた。整理対象データは、これら藍藻類の細胞数と、曝気循環装置によって直接的に制御する水温成層の強度とした。なお、対象地点は各貯水池の代表地点であるダムサイト付近の監視地点とした。また成層強度は浮力周波数(古里ら 2003)により評価した。なお、浮力周波数の算出水深については、各貯水池における水温鉛直分布の状況と藍藻類の増殖環境という観点より表層と水深 10m とした。対象時期は、表1に示した各ダムにおける曝気循環装置の設置時期を考慮して、KS ダムと TR ダムについては 1989 年からの 17 カ年、TK ダムについては 1991 年からの 15 カ年とした。これらのデータは、各ダムにて月1回の頻度で実施されている定期水質調査における水温鉛直分布と植物プランクトン細胞数計測結果より採用した。

3. 成層強度と藍藻類との現存量との関係

図1に、各貯水池における成層強度と *Phormidium* 属および *Microcystis* 属の細胞数との関係を示す。成層強度と各藍藻類との関係に着目すると、TRダムにおける *Phormidium* 属を除いては、成層強度が増加するほど、当該成層強度条件における藍藻類現存量が多くなる傾向があり、これら藍藻類の現存量が 10^3 cells/mL を上回ることを無い成層強度は、ダム貯水池および藍藻類の種類に関わらず概ね 10^{-4} [s⁻²] であった。

4. 曝気循環装置の影響

成層強度と藍藻類現存量との関係は、曝気循環装置の設置前後で顕著な違いは無い。ただし、曝気循環装置が4基設置されたTKダムにおいては、2003年以降は藍藻類の増殖抑制に成功している。TKダムにおいては、それ以前に比べて成層強度が低下して 10^{-4} [s⁻²] を超過することが少なくなっており、藍藻類現存量も少なくなっている。一方KSダムとTRダムにおいては全基導入後もTKダムほど成層強度は低くなっておらず、藍藻類現存量も多い状態が続いている。

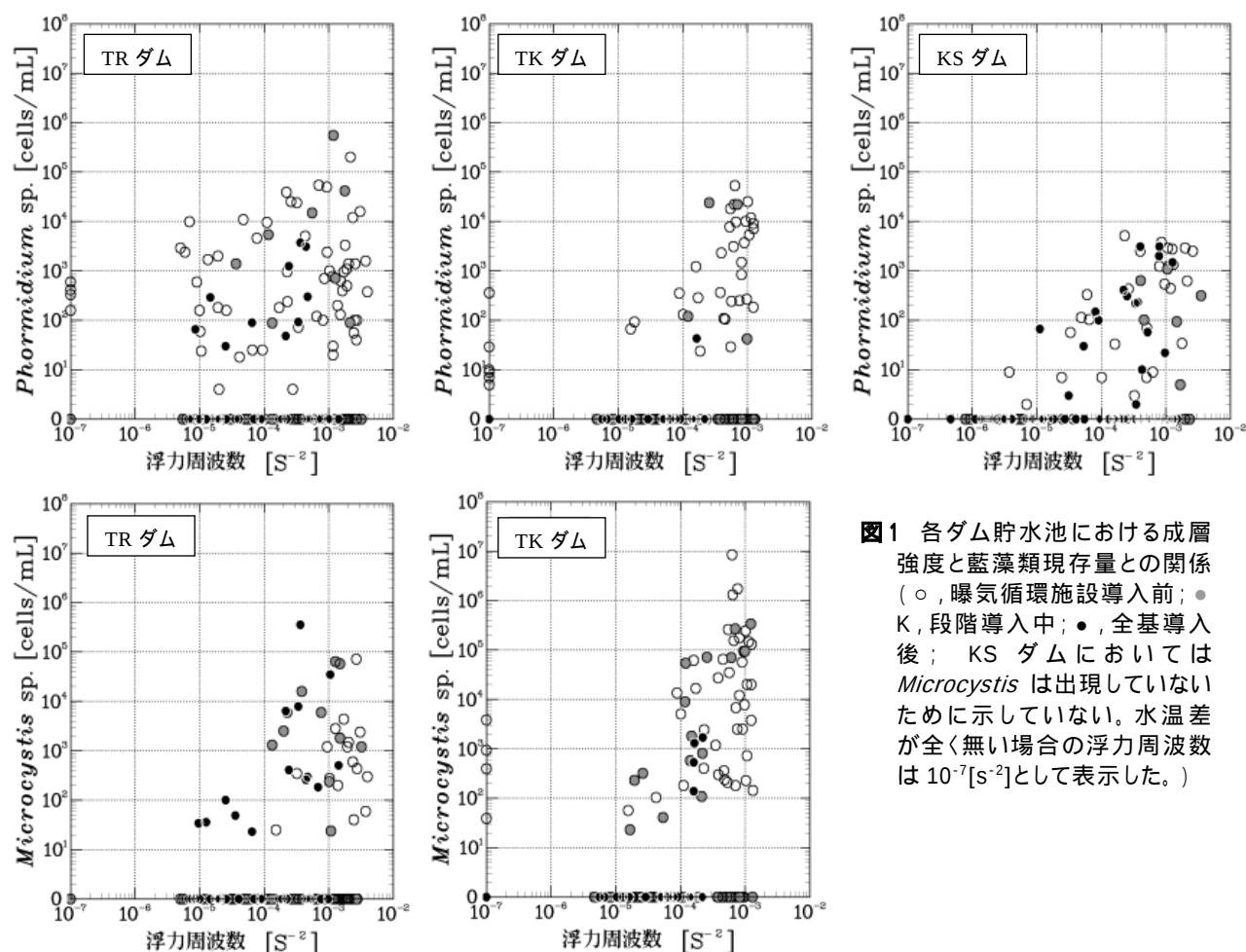


図1 各ダム貯水池における成層強度と藍藻類現存量との関係 (○, 曝気循環施設導入前; ◐, 段階導入中; ●, 全基導入後; KS ダムにおいては *Microcystis* は出現していないために示していない。水温差が全く無い場合の浮力周波数は $10^{-7}[S^{-2}]$ として表示した。)

5. 考察

藍藻類の中でも水質障害を引き起こすタイプである *Microcystis* 属や *Phormidium* 属の PC-type は、生態学的競合において安定成層を要求する傾向があることが指摘されている(古里ら 2003)。各ダムにおいて成層強度と藍藻類の現存量との関係がほぼ共通していたことは、安定成層要求性の強い藍藻類と物理環境との関係を示すものであると考えられる。ただし、TR ダムにおいて曝気循環装置の設置前に出現していた *Phormidium* 属にはこういった関係性が見られなかった。*Phormidium* 属には主要なアンテナ色素のタイプに応じて通称 PC-type と PE-type が存在し、水中で比較的透過性の良い短波長光を吸収する PE-type は混合環境で出現するという報告もある(古里ら 2003)。これに加えて、TR ダムにおける *Phormidium* 属は混合状態にある冬季も発生していたことを考慮すると、TR ダムにおいて発生していた *Phormidium* 属は安定成層よりも混合状態における光環境に適した PE タイプであった可能性があると推察される。

TRダムの *Phormidium* 属を除けば、物理環境に対する藍藻類の応答特性に基づいて曝気循環対策の影響が各ダム貯水池において生じていたと考えられる。すなわち、藍藻類の増殖抑制を達成した TK ダムにおいては、藍藻類が増殖しにくいレベルの成層強度まで循環混合されたが、KS ダムおよび TR ダムにおいては曝気循環装置によって成層強度は低下したものの、これらの貯水池で発生していた藍藻類が増殖困難なレベルにまで成層強度を低下できなかったことから現在でも藍藻類が増殖していると考えられる。なお、同様な観点の既存研究(古里ら 2003)においては、曝気循環施設のタイプが異なるために、ダム毎および藍藻類毎に、藍藻類の出現境界となる成層強度が異なっていたが、浮力周波数の算出水深を等しく揃えた場合には、ほぼ同じ成層強度が出現境界となった。こういった傾向より判断すれば、ダム貯水池に関わらず藍藻類の増殖の目安となる成層強度の値は共通する可能性がある。

6. 課題

ダム貯水池によって藍藻類の制御効果が異なる理由を明らかにするために各ダム貯水池における施設規模と成層強度との関係を検討する必要がある。

【参考文献】

古里栄一, 浅枝隆, 須藤隆一(2003)アンテナ色素の吸光特性に基づく藍藻類の光学および水理学的発生条件に関する現地データを用いた考察—アンテナ色素・浮力周波数仮説—, 水環境学会誌, 26;285-293.