

水環境管理を目的とした大鶴湖上下流域
における水質形成機構の解明

鹿児島大学大学院・理工学研究科・海洋土木工学専攻

小橋乃子・安達貴浩

水環境管理を目的とした大鶴湖上下流域における水質形成機構の解明

小橋乃子・安達貴浩

1. 研究の目的

ダム湖や貯水池等における水環境は、アオコや淡水赤潮、外来水草の異常繁茂、濁水・冷水の放流など、様々な問題を抱えている。前者は主に上流域とダム湖内の問題であり、後者はダム湖内と下流域との問題と考えられるが、ダム湖内で増大した一次生産が下流域の底生生物に影響を及ぼしていることや¹⁾、栄養塩バランスが変化した水塊が放流される可能性についても検討が行われている^{2),3)}。このように、ダム湖の水環境管理を考える上でも、ダム湖内と上下流域を含めたトータルの水質変化を考慮することが望ましい。

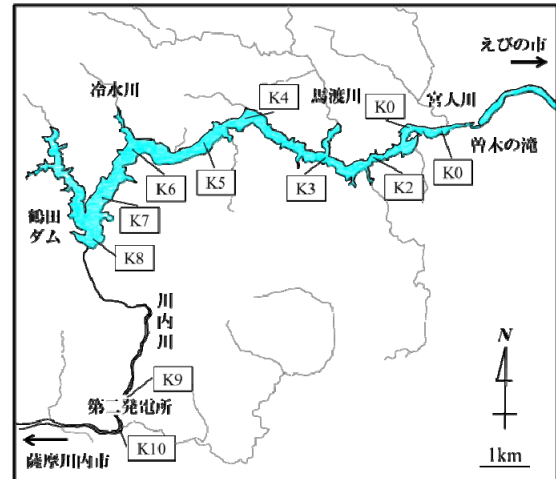
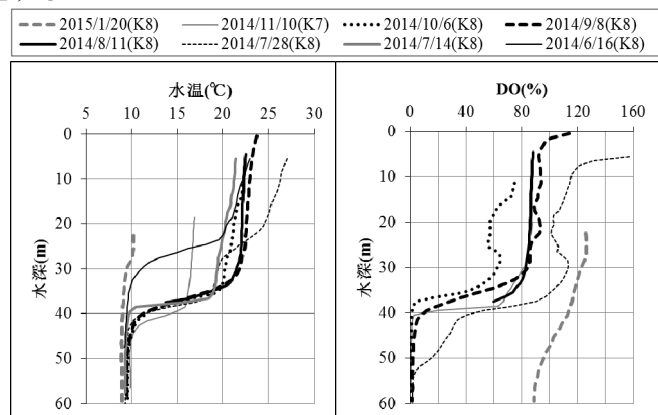


図-1 観測地点

そこで、本研究では、川内川中流域に位置する鶴田ダム貯水池の大鶴湖を対象に、その上下流域における水質形成機構を明らかにすることを目的とした。大鶴湖では、外来種の繁茂や淡水赤潮がたびたび問題となっているが、平成26年度においては浮草の繁茂およびアオコの発生は観測されなかった。このため、本研究では特に上流からの流入負荷が大鶴湖のダム湖内に及ぼす影響について検討を行った。



(2014年7月28日のデータ) 図-2 K7,K8における水温 (左図) とDO (右図) の鉛直分布

2. 大鶴湖上下流の水質特性

(1) 現地観測の概要

2014年6月以降、月に1~2回の頻度で現地観測を実施した。具体的には、図-1に示す調査地点 (K1~K8) において、水温、DO、蛍光度、濁度の鉛直分布を計測し、更に、有機物 (溶存態、懸濁態)、栄養塩 (3態窒素、リン酸、シリカ、TN、TP、DON、DOP)、クロロフィルaの分析を行っ

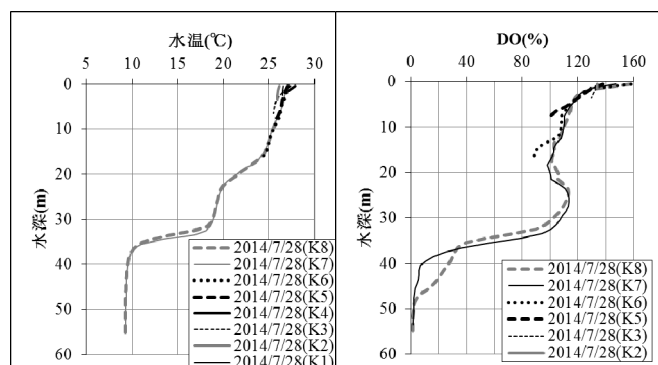


図-3 水温 (左図) とDO (右図) の鉛直分布

た。また、補足的にK0, K9,K10の地点でも調査を行った。
 なお、再開発事業工事のため、10月以降、ダム湖の水深が約20m程度減少したが、比較的水深が大きい10月以前の水深を比較すると、K1~5：約10m, K6：約35m, K7,8：約50mである。

(2) 水質の時空間変化の特性

K7, 8地点における水温の鉛直分布の季節変化を見ると(図-2・左図), 観測を開始した6月において既に水温躍層が発達しており, 7月に躍層の位置が湖底から約20m上方の位置まで低下した後は, 11月まで水温躍層は同じ高さに安定して存在し続けていることが分かる。1月になると, 水温は大きく低下し, 躍層における温度勾配は急激に小さくなっている。DOの躍層は, 水温躍層とほぼ同じ高さに形成されており(図-2・右図), 6月から11月にかけて躍層より下の層では, 無酸素水塊が形成されている。以上の観測結果から, ダムの貯水位が比較的強く制御されていた平成26年度において, 大鶴湖底層の無酸素水塊は, 12~1月にしか解消されないことが明らかとなった。次に, 水温とDOの水平分布について調べたところ, これらは水平方向にほぼ様な分布を示すことが分かった(図-3)。K5, K6の水路床近傍のDOが, 同一レベルのK7, K8よりも小さくなっているが, これは底泥による酸素消費の影響を表していると判断される。

(3) 上流河川と湖内の水質の関係

次に, 流入する河川水が, 大鶴湖内でどのような水質変換を受けているのかを把握するために, K0地点(河川)またはK1地点の表層を「河川上流」, K7地点またはK8地点の表層を「湖内」の代表点として比較を行った(図-4~6)。まず, 水温について見ると, 河川上流と湖内でほぼ同じ値を示すことが分かった(図-4)。密度の関係から判断すると, 大鶴湖では, 年間を通じて, 河川水はそのままダム湖の表層付近に流れ込んでいると考

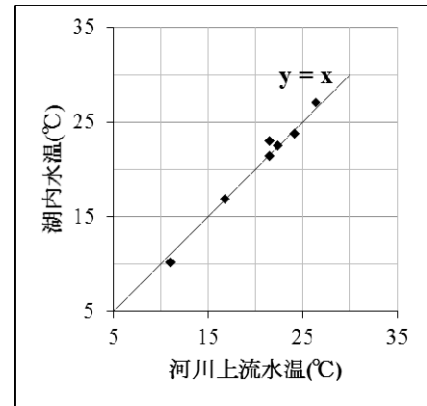


図-4 河川上流と湖内の表層水温の関係

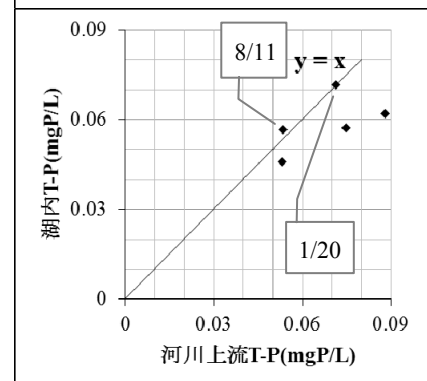
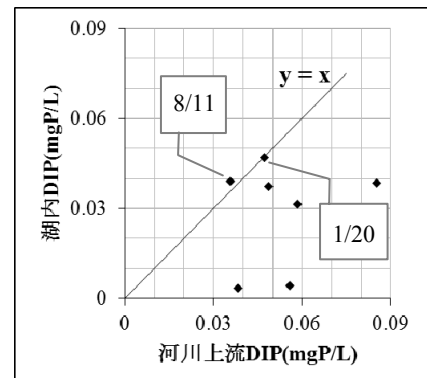


図-5 河川上流と湖内の表層栄養塩の関係

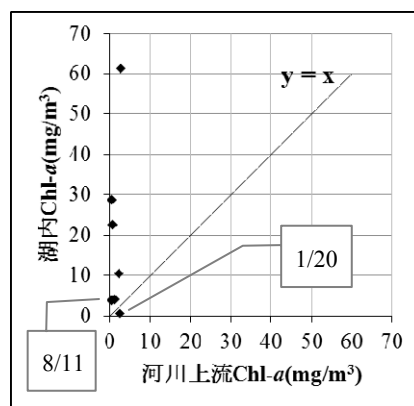


図-6 河川上流と湖内の表層Chl-aの関係

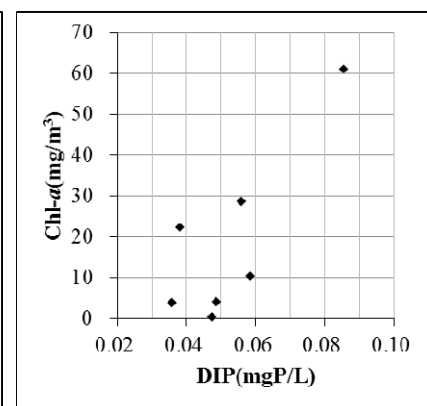


図-7 DIPとChl-aの関係(K0,1表層)

えられる。この結果に基づいて、表層の栄養塩の関係を調べた。なお、一般に湖では、リンが制限要因になるため、ここでは、栄養塩指標の中でDIP、T-Pのみを対象に検討を行った。図-5に示す両者の関係を見ると、DIP、T-Pはいずれも湖内で減少していることが分かった。DIPの急減は、上流から供給された無機態の栄養塩が植物プランクトンに取り込まれたことを意味しており、事実、Chl-aの変化を調べてみると、上流では数 mg/m^3 であったChl-aが湖内で急増すること、Chl-aが小さい時(8/11, 1/20)、DIPは上下流でほぼ同一の値を示すことが確認された(図-6)。一方、T-Pが湖内で若干減少することは、湖内で増殖した植物プランクトンが枯死し、デトリタス態の有機物として下方に沈降していることを意味すると考えられる。

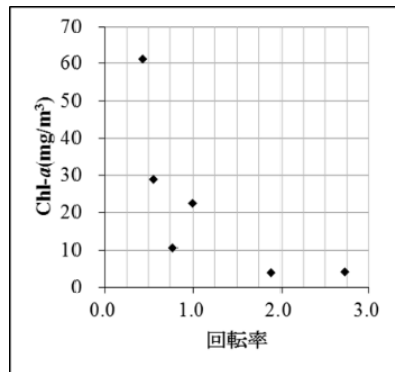


図-8 回転率とChl-aの関係 (K8表層)

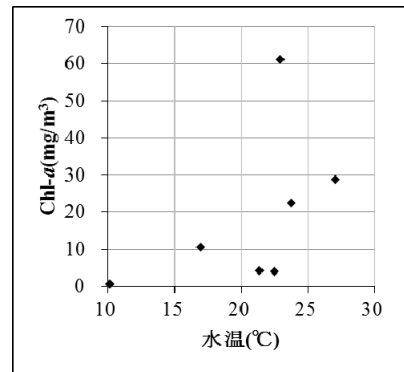


図-9 水温とChl-aの関係 (K8表層)

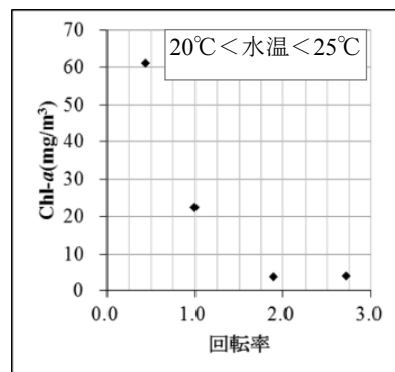


図-10 回転率とChl-aの関係 (K8表層)

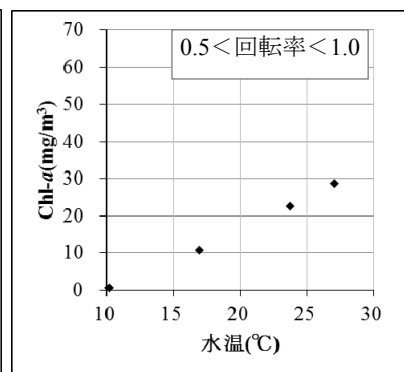


図-11 水温とChl-aの関係 (K8表層)

(4) 大鶴湖内における植物プランクトン増殖の要因

上述したプランクトン増殖の要因をより詳しく理解するために、ダム湖の回転率、水温、栄養塩のデータを基に考察を行った。なお、ここでの「回転率」とは、ダム湖への流入量を有効貯水容量で除したものであり、湖水の循環の程度を示す指標である。回転率を求めるにあたって、観測日の1週間前からの総流入量を流入量として回転率を算出した。放流流量によっても湖水の循環速度は変わるが、上記の定義ではその影響は考慮できないため、ここでは、放流流量が河川流量と大きく異なる時、すなわち貯水位を急激に変化させる場合の結果は取り除いて考察を行った。植物プランクトンの増殖と関連性の強いDIP、回転率、水温とChl-aの関係を図-7~9に示す。この結果を見ると、ばらつきはあるものの、回転率の減少、水温の増加に伴ってChl-aは増加傾向にあることが分かった。またDIPとChl-aの間にも相関関係が存在するように見て取れるが、最小値でも富栄養化の目安となる $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ 以上のDIPが上流から流入していることから、DIPによってChl-aの増減は規定されていないと判断した。そこで、次にある一定範囲の回転率(水温)のみを対象に、水温(回転率)とChl-aの関係を調べた(図-10, 11)。この結果、水温、回転率に対しChl-aは単調に変化することから、この両者の影響でダム湖内の植物プランクトンの増殖が制御されていると判断することができる。

(5) 下流の水質に及ぼす大鶴湖の影響

次に、大鶴湖の上下流を含めた栄養塩の変化について検討を行った。2014年11月11日および2015年1月20日に、K0～K10・表層においてサンプリングされた河川水について全リンの内訳（懸濁態リン：POP、溶存態有機リン：DOP、 PO_4 -P）を示す（図-12）。まだ湖内に成層が発達している11月の結果を見ると、流入するTPの値が一番高く（K0）、ダム堤体付近のK8で最も小さな値を取っていることが分かる。これはダム湖内（K5～K8）に入るとPOPが増加していることや、前述の議論からも分かるように、植物プランクトンの増殖によって PO_4 -Pが使用され、主に、枯死することによって下層に沈降した結果を表しているものと推察される。一方、循環期である1月については、湖内の一次生産も低いことからこのような変化は見られず、上下流でほぼ一様な値となっていることが分かる。得られたデータが限られていることから、今後さらなる検討が必要であるが、一次生産が卓越する時期にはダム湖内にTPがトラップされることにより、下流の値が上流の75%程度まで低下しているという結果が得られた。

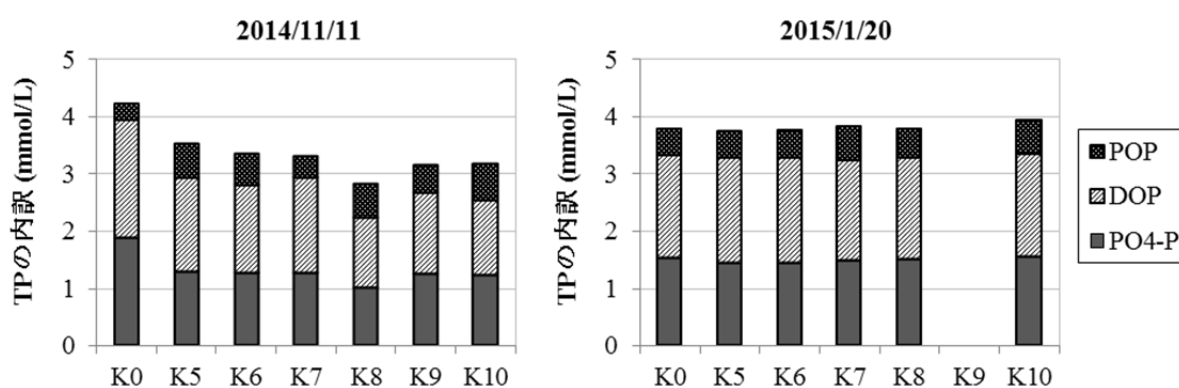


図-12 大鶴湖上下流における全リンの変化とその内訳

3. まとめ

本研究により大鶴湖の水環境に関して以下のことが明らかになった。

- 1) 水温とDOは水平方向にはほぼ一様の分布を示す。
- 2) 比較的運用水位が低い平成26年度においても、水温躍層は12～1月にならないと解消されず、結果的に、大鶴湖底層の無酸素水塊も12～1月にならないと消失しない。
- 3) 年間を通じて上流からの河川水はダム湖表層に供給される。
- 4) ダム湖内のプランクトンの増殖は、水温と回転率によって規定されている。鶴田ダム再開発事業後は、ダム湖の水位は従前よりも低く運用されるため、大鶴湖では、将来的にプランクトンの増殖が軽減される可能性があると言える。
- 5) ダム湖内の一次生産が卓越する時期には、全リンの約25%がダム湖内にストックされていることが分かった。

参考文献

- 1) 谷田・竹（1999）：門ダムが河川の底生動物へ与える影響，応用生態工学，2(2)，pp.153-164
- 2) 香川（1999）：河川連続体で不連続の原因となるダム貯水による水質変化，応用生態工学，2(2)，pp.141-151
- 3) 天野・時岡（2007）：ダム貯水池における珪藻類による珪酸補足量の評価，環境工学研究論文集，44，539-545