

曝気循環対策に伴う寺内ダムの水質特性の変化に関する研究

佐賀大学 理工学部都市工学部門

准教授 Vongthanasunthorn Narumol

曝気循環対策に伴う寺内ダムの水質特性の変化に関する研究

Vongthanasunthorn Narumol

1 はじめに

寺内ダムは、洪水調節、水道用水の供給及び灌漑用水の確保、流水の正常な機能の維持を目的とする多目的ダムとして 1978 年に管理開始された¹⁾。管理当初よりダム貯水池内ではアオコの発生をはじめ水質障害が確認されており、流域内対策、河川内対策、貯水池内対策など複数の水質保全対策が実施されている。

富栄養化を軽減する目的として曝気循環装置 6 基が稼働している。ダム貯水池水環境の改善対策を評価する際、曝気循環装置の効果及びダム貯水池の水質に対する曝気循環の影響に関する情報は必要不可欠である。曝気循環装置の効果は実験や現地調査で評価することが一般的であるが、藻類増殖は様々な自然現象と関係しており、曝気循環装置の効果について不明な点が多く検討の余地が残られている。水質モデルを用いた水質解析のアプローチにより、実験・調査では把握できない情報を得ることが可能な場合がある。

以上のことから、本研究の目的は観測データ及び水質モデルの活用により寺内ダム貯水池内における曝気循環対策の影響に関する知見を得ることである。

2 寺内ダム

寺内ダムは福岡県甘木市荷原の筑後川水系佐田川に位置しており、流入河川は佐田川及び帝釈寺川である。図-1 に寺内ダムの概略図を示す。現在、寺内ダムの水管理は独立行政法人水資源機構筑後川上流総合管理所寺内ダム管理所によって実施されている。



図-1 寺内ダム概要図²⁾

3 曝気循環装置

寺内ダムでは、運用開始直後から貯水池内でアオコやカビ臭障害が頻繁に発生したため、曝気循環装置をはじめ、流入河川対策及び貯水池内対策が行われている¹⁾。

寺内ダム貯水池において、1999 年に曝気循環装置 1 基、2003 年に 1 基、2011 年に 4 基設置され計 6 基が現在稼働している。曝気循環装置による藻類抑制の効果は、光条件を制限する「光制限効果」、藍藻類の密度を下げ寡占的な増殖を制限する「循環混合効果」、水温が下がることによる増殖速度を下げる「水温低下効果」等が挙げられる³⁾。

4 研究方法

4.1 寺内ダムの水質と曝気循環装置の稼働に関する検討

曝気循環装置を設置する前の期間(以下 0 基)、曝気循環装置数ごとの期間(以下、1 基、2 基、6 基)における水質観測データの鉛直分布を比較し、曝気循環装置の数と寺内ダムの水質の変化について検討する。次に、各期間における曝気循環装置の平均稼働位置と水温の鉛直分布との相関を算出し、温度躍層の形成と曝気循環装置の稼働状況の関係性を確認する。

4.2 水質モデルの構築

寺内ダムの内部生産と曝気循環装置の効果を検討するために鉛直一次元モデルを構築し、計算ステップは 1 日とする。流入負荷は流入河川の $L-Q$ 式を用いて与える。研究対象の藻類種は、緑藻・珪藻・藍藻の 3 種とする。

4.3 曝気循環装置の効果に関する検討

鉛直一次元モデルを用いて、曝気循環装置が設置されていない期間の水質解析を行い、寺内ダム貯水池内における藻類の増殖特性を把握する。次に、各期間に曝気循環装置が稼働されていない場合と曝気循環装置が稼働されている場合のシミュレーション結果を比較し、曝気循環装置の数と藻類増殖の抑制効果の関係を検討する。

5 寺内ダムにおける水質障害の発生状況

淡水赤潮、アオコ、水の華を対象とし、各期間の平均を水質障害の年間発生日数⁴⁾として図-2 に示す。曝気循環装置の基数の増加により淡水赤潮と水の華が抑制されていることが分かる。アオコの発生日数に関して、曝気循環装置が設置されていない期間に比べ 1 基及び 2 基の期間では大きな変化は見られないが、6 基の期間にアオコの発生日数が大幅に減少したことが分かる。

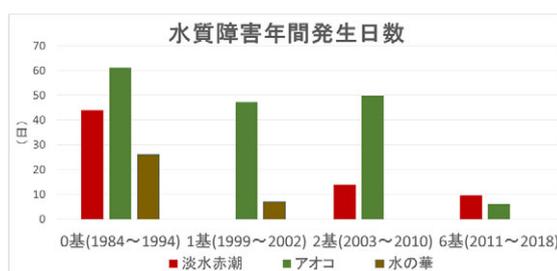


図-2 寺内ダムにおける水質障害の年間発生日数⁴⁾

6 寺内ダムの水質と曝気循環装置の稼働の関係

6.1 寺内ダムの長期的水質変化

図-3 に寺内ダム貯水池内の水温の経年変化を示す。1999 年以降は曝気循環装置台数の増加に伴い各層の水温の差は減少傾向が見られ、表層の最高水温は 1998 年以前に比べて低い値を示す。以上のことから、曝気循環装置の循環混合による水温の均一化が見受けられる。成層期は 4 月～11 月、循環期は 12 月～3 月である。図-4 よりすべての観測点において水温鉛直分布がおおよそ一定であることから貯水池全体で曝気循環装置の混合効果が十分に得られていることが分かった。

貯水池及び佐田川の Chl-a の経年変化の比較を図-5 に示す。1999 年以降は曝気循環装置台数の増加に伴い表層の Chl-a 濃度は減少傾向にある。流入河川の濃度に変化が見られないため、曝気循環装置により藻類増殖が抑制されたと考えられる。また、流入負荷の影響は弱く、貯水池の表層の Chl-a は内部生産の影響を強く受けていることが分かる。

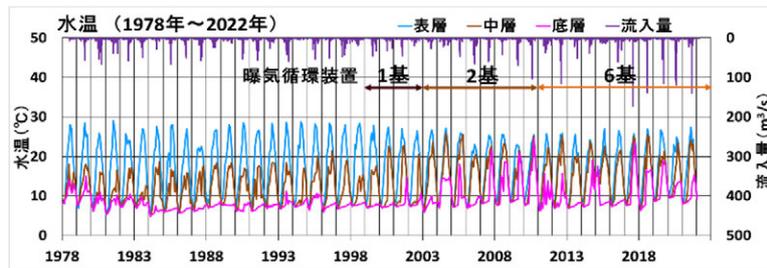


図-3 水温の経年変化

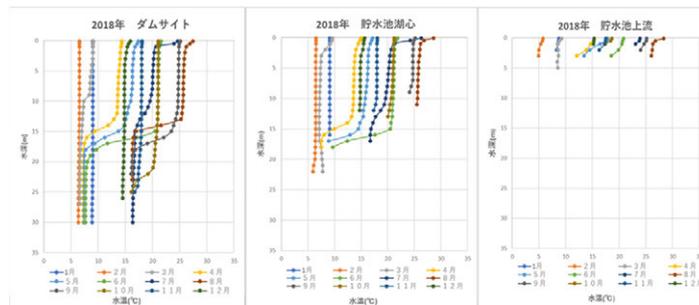


図-4 貯水池上流地点、貯水池湖心地点、ダムサイト地点の水温鉛直分布⁵⁾

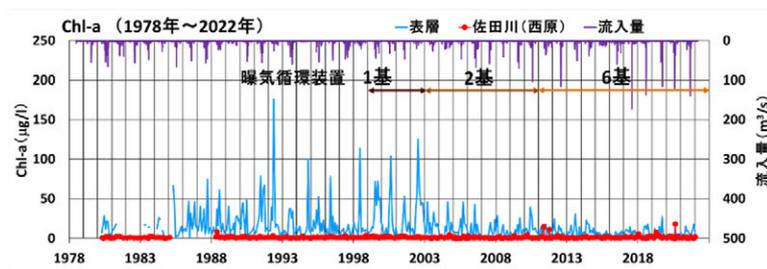


図-5 寺内ダム貯水池及び佐田川における Chl-a の経年変化

6.2 温度躍層の形成と曝気循環装置の稼働状況の関係性

図-6 に平均稼働位置と水温鉛直分布^{4)、5)}を示す。表層厚は曝気循環装置の平均稼働位置と近い値を示すから曝気循環装置の平均稼働位置は、表層厚の形成に影響を及ぼしていることが分かった。図-7 に稼働開始時である2003年5月31日の水温、濁度、Chl-aの鉛直分布⁵⁾を示す。曝気循環装置が稼働してから混合の増加に伴い躍層が下がり始め、6月8日に安定した躍層が確認できる。Chl-a濃度は表層から徐々に減少し、6月8日に表水層の混合状態が確認できる。

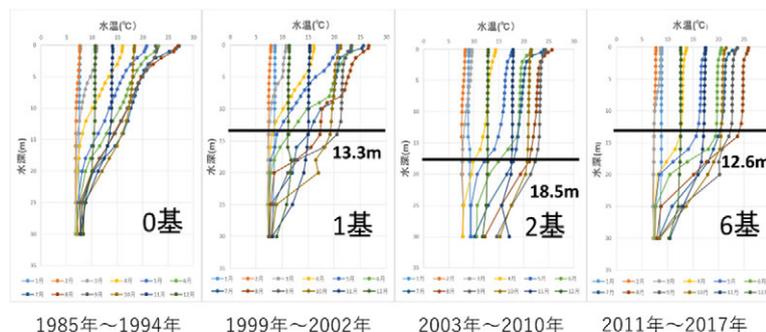


図-6 曝気循環装置の平均稼働位置と水温鉛直分布^{4)、5)}

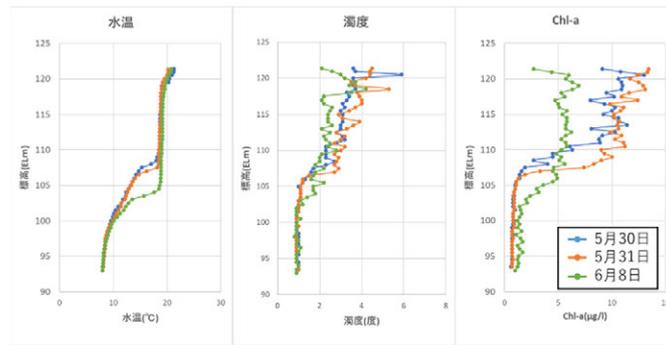


図-7 曝気循環装置の稼働開始時(2003年5月31日)の水温、濁度、Chl-aの鉛直分布⁵⁾

7 水質モデルを用いた曝気循環装置による藻類増殖の抑制効果に関する検討

寺内ダム貯水池内における藻類の増殖特性を把握するために鉛直一次元モデルを用いて曝気循環装置が設置されていない期間(0基)の水質解析を行う。図-8に0基の期間に表層のChl-a濃度の再現結果⁴⁾を示す。この図から再現結果は概ね良好なようである。

次に、曝気循環装置が稼働されている場合を想定し、各期間のChl-aを再現する。寺内ダム貯水池内で発生した藻類種の情報から夏季に藍藻が多く発生する傾向にある。各期間の藍藻の増殖速度を変更し、曝気循環装置の効果の再現を試みる。図-9に示すように0基の藍藻の増殖速度を下げることで1999年の夏季を除き、再現結果は概ね良好である。図-10より藍藻の増殖速度と曝気循環装置の数は反比例の関係にあり、曝気循環装置による藻類増殖の抑制効果が確認できた。

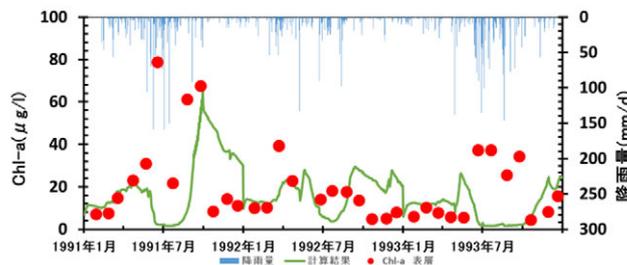


図-8 表層のChl-aの再現結果(0基)⁴⁾

まとめ

本研究では、観測データの分析及び水質モデルを用いた水質解析により寺内ダムの水質保全対策である曝気循環装置の影響の検討を試みたものである。

淡水赤潮、アオコ、水の華を対象とする水質障害の年間発生日数の分析から曝気循環装置の基数の増加により淡水赤潮及び水の華が抑制されていることが分かる。アオコの発生に関して、6基の期間にアオコの発生日数が大幅に減少したことが分かる。

水質観測データの考察により、曝気循環装置台数の増加に従い各層の水温の差は減少傾向が見られ、曝気循環装置の循環混合による水温の均一化が確認できた。6基の期間において貯水池全体で曝気循環装置の混合効果が十分に得られていることが分かった。1999年以降曝気循環装置の増設により表層のChl-a濃度は減少傾向にあり、Chl-aの鉛直方向の差も大幅に減少したことが分かる。

曝気循環装置の設置基数別の月平均の水温鉛直分布図から表層厚は曝気循環装置の平均稼働位置と近い値を示すことから表層厚の形成は平均稼働位置の影響を受けていることが確認できた。

成層期における鉛直方向のChl-aの自動観測データの推移から2基と6基の期間に表層の藻類が下層に輸送され、安定した水質改善効果が確認された。

水質解析の結果から、0 基の藍藻の増殖速度より低い値を用いることで 1999 年の夏季を除き各期間の Chl-a を概ね再現できることが分かった。また、藍藻の増殖速度と曝気循環装置の数は反比例の関係にあり、曝気循環装置による藻類増殖の抑制効果が確認できた。

今後の課題として、発生する藻類種の特性を考慮してパラメーターを与え、より精度の高い結果を得ることが挙げられる。

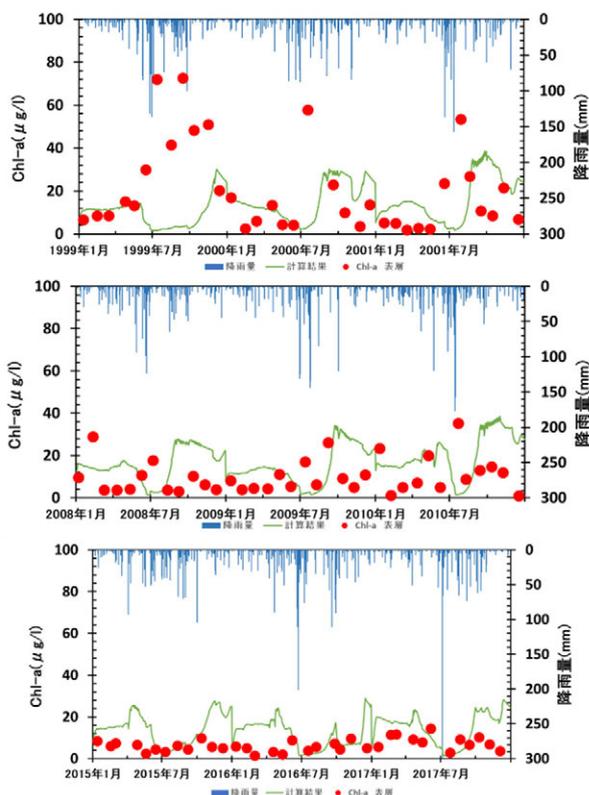


図-9 曝気循環装置が稼働されている場合の再現結果(1基、2基、6基)⁴⁾

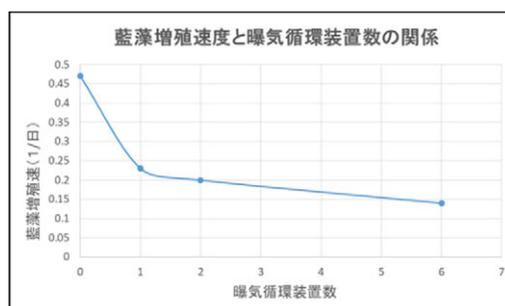


図-10 曝気循環装置の設置基数と藍藻の増殖速度との関係⁴⁾

参考文献

- 1) 独立行政法人水資源機構 朝倉総合事業所 寺内ダム管理所ホームページ：
<http://www.water.go.jp.chikugo/terauchi>
- 2) 独立行政法人水資源機構:水質年報(寺内ダム):
<http://www.water.go.jp/honsya/honsya/torikumi/kankyo/suisitu/index.html>
- 3) 国土交通省:ダム貯水池水質改善に向けた気泡式循環施設マニュアル(案), 令和3年5月.
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam/pdf2/damtyosuichisuisitukaizen_kihoushiki.pdf
- 4) 吉田英司:曝気循環による寺内ダムの水質変化, 佐賀大学卒業論文, 2021.
- 5) 村上千優:自動観測設備のデータを用いた寺内ダムの水質解析, 佐賀大学卒業論文, 2022.