

選択取水施設の運用方法が表層滞留時間と藍藻類現存量に及ぼす影響

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

ダム貯水池における富栄養化対策手法は、現在までに曝気循環対策を含めて様々な方策が開発および適用されているが、全ての場合で問題が解決しているわけではなく、今後も継続的に対策手法に関する更なる検討が必要である。選択取水施設は古くから冷水および濁水対策を中心に使用されているが、富栄養化対策としては、藻類の大量発生時における取水水深の変更の様に、受動的な運用が多いのが実態であると考えられる。しかしながら、選択取水施設は貯水池内の流動に対して一定の影響を与えることから、植物プランクトン対策としても積極的な活用が望まれる。本研究は、機構管理ダムにおける植物プランクトン等の実測値を用いて、表層滞留時間と植物プランクトンとの関係、およびこれに及ぼす選択取水施設の影響について検討するものである。

2. 選択取水運用状況

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が生じているとともに、選択取水施設の運用方法がある時期に顕著に変更させている2つのダム貯水池を選定した。なお、対象期間は貯水池内の流動に強い影響を及ぼす曝気循環施設の導入されていない期間とした。表1に、検討対象ダム毎の選択取水運用状況を示す。

表1 検討対象ダムおよび選択取水施設の概要

ダム名称	表層取水		中層取水	
	対象年	取水水深 ^a	対象年	取水水深 ^a
阿木川ダム	1993～1997	4.2m	1998～2002	8.4m
一庫ダム	1993～1997	1.9m	1998～2002	7.2m

^a 取水水深は、成層期平均(4～10月)の平均値を示した。両ダムにおいて循環期は取水標高を底部にしている場合が多いこと、植物プランクトンの増殖環境としては成層期が重要であることを考慮して、成層期を示した。

3. 検討対象データ

本研究における作業仮説は選択取水施設の運用という人為的な操作の違いが、貯水池内の水理水質等に影響することにより、植物プランクトンの生息環境が変化し、その結果藍藻類の発生状態が変化するということである。ただし、検討においては現地データを用いることから、年毎の気象・流況等の貯水池外部条件がバイアスとして作用することが懸念される。このことから、まず気温や流量、流入水質等に関して、対象ダムにおける植物プランクトンの現存量との関係について重回帰分析を実施して、植物プランクトンに対して影響を与える要素を抽出し、こうした要素が特に顕著に異なる年のデータをバイアスとして除去して検討を実施した。なお、気温が植物プランクトンに最も影響を与える解析結果が得られたことから、気温に着目して冷夏であった1993年を除外することとした。

滞留時間については、表層容量と流量の比とした。時間解像度は植物プランクトンの動態とデータ観測頻度を考慮して1ヶ月とした。表層容量は、選択取水水深より上部の容量とした。なお、水位変動に伴う容量変動も見込んだ。流量は、表層容量の定義と対応させ、選択取水施設からの取水量とした。ただし、洪水吐が表層に設置されている阿木川ダムでは全放流量を流量とした。

4. 滞留時間と植物プランクトンとの関係

図1に、各貯水池における表層滞留時間と藍藻類細胞数との関係を示す。これより、両ダムにおいて藍藻類の細胞数は、約20日弱の表層滞留時間で最大となる傾向があることがわかる。こうした滞留時間と植物プランクトン発生量との関係は高田・工藤(1992)が指摘しており、室内培養実験(工藤ほか 2004)によっても最適滞留時間が存在することが確かめられている。また、近年は現地調査データからもこうした滞留時間と植物プ

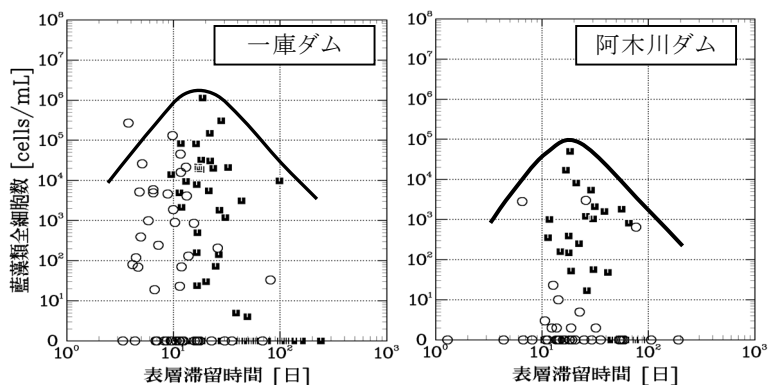


図1 各ダム貯水池における表層滞留時間と藍藻類現存量との関係(○, 表層取水年; ●, 中層取水年)

キーワード 選択取水施設, 植物プランクトン, 藍藻類, 表層滞留時間 連絡先 〒338-0812 さいたま市桜区大字 神田 936 (独)水資源機構 総合技術推進室 浦和技術センター TEL048-853-1785 E-mail:Koichi_Goto@water.go.jp

ランクトン発生量との関係が得られている(後藤・嶋田 2003)。

5. 最適滞留時間に関する考察

工藤ら(2004)は、*Phormidium* を用いた連続培養実験における平衡状態の細胞数と滞留時間との関係について、動力学モデルを用いて解析を行っている。このモデルより、下式を得ることができる。

$$\tau_{\max} = r \cdot \frac{1}{G_p - k_d} \quad r = \frac{S_0 - S}{q \cdot X}$$

ここで、 $\tau_{\max}$: 植物プランクトンの現存量が最大となる滞留時間[d], G_p : 植物プランクトンの比増殖速度[d⁻¹], k_d : 植物プランクトンからのリンの再溶出速度[d⁻¹], r : 水中の有機体リンと植物プランクトン細胞内リンの比[-], S_0 : リンの流入水中の濃度[μg/L], リンの滞留水中の濃度[μg/L], q : 植物プランクトンのリン現存量比率[μg^{-P}/μg^{-Chla}], X : 植物プランクトンの現存量[μg^{-Chla}/mL]である。図2に、上式に基づいて G_p と $\tau_{\max}$ との関係に関する解析結果を示す。なお、現地における状況を考慮して、 k_d は工藤ら(2004)が実験により得た値である0.02に加えて、0.01と0.1場合を示した。また、現地においては r も変動すると考えられることから、 $r=2.0$ の場合も合わせて示した。これらより、①増殖速度の増加に応じて、最適滞留時間は短くなってゆく傾向があること、② k_d の影響は、 k_d と同じオーダーよりも増殖速度が小さい条件で生じること、③ r (非植物プランクトン態有機態リン)が大きくなると、最適滞留時間は短くなること、等の傾向があることがわかる。しかしながらいずれにしても、最適滞留時間に対して支配的な条件となるのは増殖速度であると考えられる。したがって、①培養実験値(工藤ら 2004)に比べて図1に示した現地データでは最適滞留時間が長いこと、②河口堰において水温が高いほど最適滞留時間が短いこと(後藤・嶋田 2004)等は、増殖速度の違いが影響していることが推定される。

6. 選択取水施設の影響

図1には、選択取水施設の運用方法の異なる期間のデータを合わせて示している。両貯水池において、表層取水年の方が中層取水年に比べて表層滞留時間が短い傾向がある。これは、取水水深より上部と仮定している表層容量が小さいことによるものである。ただし、対象ダムによって選択取水施設の運用方法による滞留時間への影響は異なっている。阿木川ダムにおいては、表層取水年と中層取水年とにおいて、滞留時間の顕著な変化は見られないが、一庫ダムにおいては、表層取水年の方が中層取水年に比べて表層滞留時間が顕著に短い傾向がある。これは、一庫ダムにおいては表層取水年とした期間においては、取水水深が1.5m 前後の表層取水を行っていたことや、阿木川ダムにおいては洪水吐が比較的表層部に設置されていることから、中層取水年においても表層部の滞留時間が短い傾向があることに由来すると考えられる。以上より、一庫ダムにおいては、表層取水による藍藻類増殖抑制が生じていた可能性がある。

7. まとめと課題

近年においては選択取水施設を中層に通年固定して、突発的な藻類の発生に対して対処する方法が多く用いられているが、結果的に植物プランクトンの増殖に適した滞留時間となっている場合がある。よって、選択取水施設の運用にあたっては、選択取水深度と表層滞留時間および植物プランクトン発生量の関係について考慮した上で取水深度を決定する必要があるものと考えられる。

【参考文献】

- 工藤勝弘ほか(2004)ダム貯水池の滞留時間と藻類増殖に関する実験的考察, 水文水資源学会誌, 第17巻, 607-617.
 高田利彦・工藤勝弘(1992)長期滞留を利用した貯水池の水質保全対策, 第4回水資源に関するシンポジウム印刷集(72)
 後藤浩一・嶋田啓一(2003)堰上流域における藻類発生量と水温、滞留時間の関係について, 平成15年度土木学会中部支部研究発表会講演集

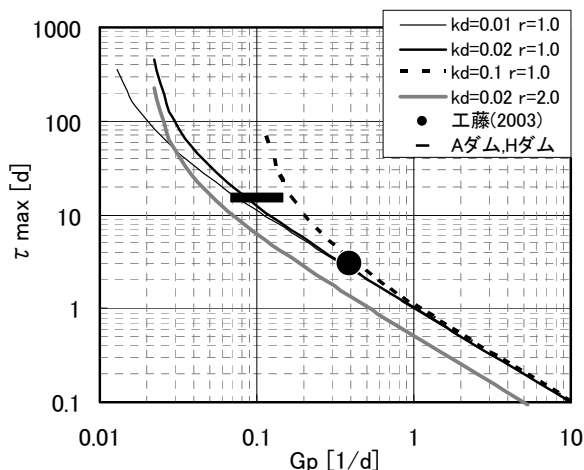


図2 増殖速度(G_p)と植物プランクトン現存量が最大値に達する滞留時間($\tau_{\max}$)との関係