

曝気循環施設の設置されている貯水池内の植物プランクトン予測モデルに関する研究

東北大学工学部 学生会員 古屋 哲志
 東北大学大学院 正会員 梅田 信
 東北大学大学院 フェロー 田中 仁

1. はじめに

ダム貯水池における富栄養化現象の一つであるアオコの発生は、上水道の浄水ろ過障害や景観障害といった利水および環境の面から問題視されている。その対策として、日本では曝気循環施設が多く設置されているが、その設置・運用に関しては課題が多い。これらは、一般住民への説明責任などの観点から効率のよい定量的な施設の設置計画手法の確立が必要となる。

設置・運用計画が確立されない原因のひとつとして、施設の効果指標の不確定さがある¹⁾。既往の研究において、アオコの原因となる藍藻類の増減は貯水池内の水温成層に影響を受けることが確認されている。水温成層を表すパラメータとして表層水温勾配が用いられており²⁾、本論文では表層水温勾配を曝気循環施設の効果指標として解析を行った。さらに、本論文ではデータを基に推定値を算定し、施設の設置計画の提案を行った。

2. 検討対象フィールド

本研究では広島県内に位置する土師ダムを対象とした。貯水池及び湖底地形の概要図を図1に示す。総貯水量は $47.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ であり、湾曲しているという地形条件も含め、水質が悪化しやすいダム湖であると考えられる。2001年のダム放流量は $1.93 \text{ m}^3/\text{s} \sim 12.57 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、ダムサイトから約1km上流に発電用水として取水されていて、ダム湖の流れに大きく影響している。2001年のダムサイトからの取水は $0 \sim 21.6 \text{ m}^3/\text{s}$ で推移

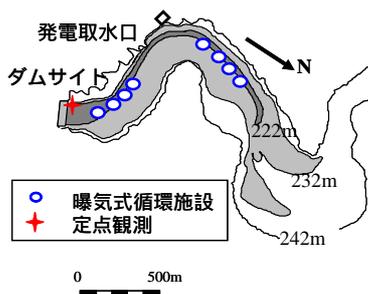


図-1 土師ダム地形図

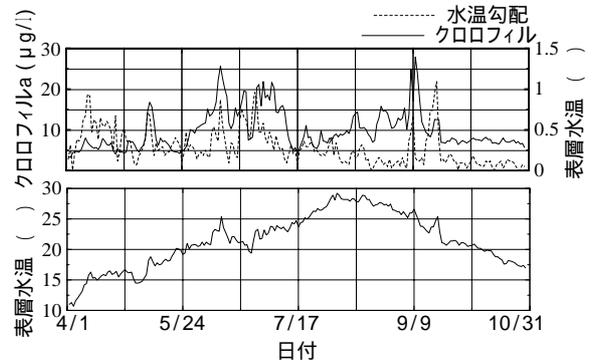


図-2 2001年の日平均実測によるクロロフィルaと表層水温勾配の比較

した。

1988年ごろから藻類の異常増殖が見られ、夏季にはミクロシステスを主とする藍藻類によるアオコが発生した。この対策として、1999年から2000年にかけて計8基の曝気循環装置を設置するなどの水質保全対策を図ってきた。

3. 曝気循環施設の効果指標

3.1 表層水温勾配とクロロフィルaの対応

表層水温勾配 K ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) は以下の式(1)で表される。

$$K = -\frac{T_1 - T_2}{D_1 - D_2} \quad (1)$$

ここに、 T_1 : 表層(水面付近)の水温($^{\circ}\text{C}$)、 T_2 : 水深5mの水温($^{\circ}\text{C}$)、 D_1 : 表層水温 T_1 の測定水深(m)、 D_2 : T_2 の測定水深 5m(m)である。既往研究では、表層水温勾配 K が 0.5 ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) を超過すると、藍藻類の細胞数が高くなり、アオコ発生の可能性が高いことが、国内のいくつかのダム貯水池を対象として確認されている。

図2に2001年の土師ダム(図1定点観測)における表層水温勾配とクロロフィルaの比較及び表層水温の時系列データを示す。図から、土師ダムにおいても表層水温勾配とクロロフィルaには概ね対応が見られるが、4月頃は必ずしも対応しているとはいえない。このことは、この時期まだ表層水温が上昇しておらず、植物プランクトンの増殖環境にないためだと考えられる。

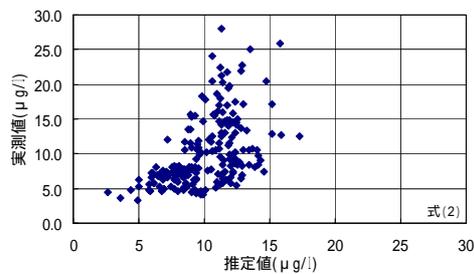


図-3 2001年の日平均実測によるクロロフィルaと表層水温勾配の比較

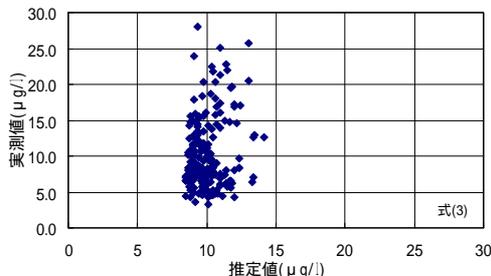


図-4 2001年の日平均実測によるクロロフィルaと表層水温勾配の比較

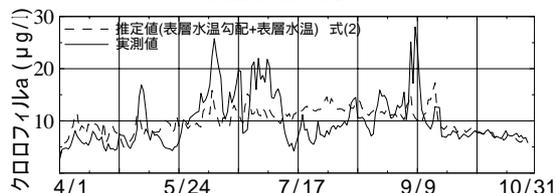


図-5 2001年の日平均実測によるクロロフィルaと表層水温勾配の比較

このことから、藍藻類の増減に影響を与える因子として、表層水温勾配と表層水温が挙げられるといえる。

3.2 重回帰分析による推定値

図2の土師ダムにおける実測値から重回帰分析により以下のクロロフィルaの推定値を算定した。

$$P_2 = 6.5310x_1 + 0.5152x_2 - 2.91757 \quad (2)$$

$$P_1 = 5.1915x_1 + 8.5213 \quad (3)$$

ここに、 $P_{1,2}$:クロロフィルa(植物プランクトン濃度)($\mu\text{g/l}$)、 x_1 :表層水温勾配($^{\circ}\text{C/m}$)、 x_2 :表層水温($^{\circ}\text{C}$)である。ただし、式(2)は表層水温勾配と表層水温から、式(3)は表層水温勾配のみから算出した推定値である。図3,4に、それぞれ式(2)、(3)から求めた推定値と実測値の相関を示す。この図から、表層水温勾配に加え、表層水温を考慮したほうが、実測値と推定値により良い相関が見られることがわかる。図5にクロロフィルaの実測値と式(2)から算出した推定値の時系列データを示す。推定値では、クロロフィルの増減は表現できているが、 $20(\mu\text{g/l})$ を超える大幅な増殖は表現できていない。そのため、式(2)の表層水温及び表層水温勾配の重み付けをすることでより相関がみられると考え

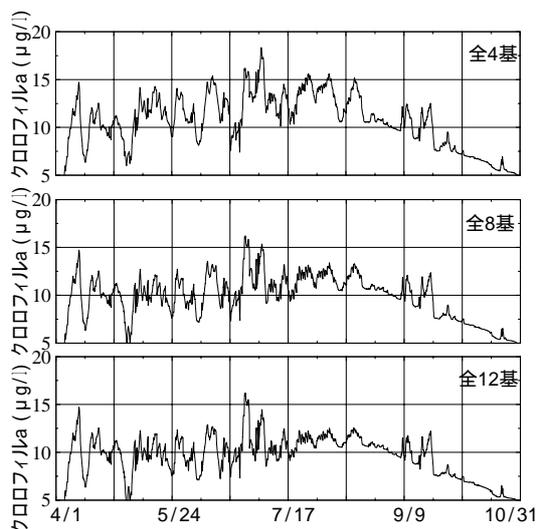


図-6 推定値によるクロロフィルa時系列データ

られる。

3.3 曝気循環施設の設置に関する評価

施設の設置規模についての評価は次のように検討した。まず貯水池内流動を数値シミュレーション³⁾により再現し、表層水温勾配及び表層水温を算出する。その値を用いて、推定値からクロロフィルaの値を算出することで評価を行う。本論文の対象期間は2001年の1年間とした。

本論文では図6のように施設数が異なる条件でのクロロフィルaを比較した。その結果、全4基のみクロロフィルaがやや高い値となったが、全8基及び全12基はあまり大差が見られなかった。そのため、少ないエネルギーで最も効果を発揮するには全8基が適当であるといえる。

4. おわりに

本論文では曝気循環施設の効果指標として提案されている表層水温勾配の分析及び重回帰分析を用いた曝気循環施設の設置計画手法の提案を行った。表層水温勾配とクロロフィルaに関しては、貯水池内の表層水温もクロロフィルaに影響を与えていることがわかった。

参考文献:

- 1) 関根, 吉田, 梅田, 浅枝: ダム工学 13(1), 5-18, 2003
- 2) 永由, 梅田, 和泉, 岡野: ICOLD, Q.85-18
- 3) 梅田: 水工学論文集, 第49巻, 2005年2月