

御殿貯水池の成層破壊過程の解析

広島大学大学院

学生会員 ○川口隆尚

広島大学大学院

フェロー会員 河原能久

1. 序論

日本各地で貯水池や湖沼の富栄養化が顕在している。そのような水域では、夏季になると水温躍層が発生するため、深水層では表層から酸素が供給されず貧酸素化あるいは無酸素化が生じる。深水層の無酸素化のため、底泥から還元化しリン、窒素といった栄養塩の溶出が起こる。この富栄養化は利水障害をもたらすばかりでなく、貯水池内の生態系を劣化させるため、適切な水質改善が求められる。

本研究の対象である御殿貯水池では底層の貧酸素化対策として水流発生装置を用いた成層破壊が試みられている。そこで、数値解析モデルを用いて解析することで水流発生装置の有効性を検討する。

2. 御殿貯水池の概要

御殿貯水池は香川県高松市に位置し、総貯水量は 524,000 m³、平均水深は 9.2m、湛水面積は 60,000 m²で、御殿浄水場の自己貯水池として利用されている貯水池である。ここで、図-1の地点C、1～7は水質の観測地点を表す。また、地点Pと地点7の東側には水流発生装置が設置されておりそれぞれ図の矢印の方向に噴出している。

次に、御殿貯水池の地点Cにおける水温と溶存酸素濃度の経年変化を図-2、図-3に示す。図-2より水流発生装置を稼働させてない2001年から2003年は10～12月ごろ成層破壊し、その後は全層一様な水温分布を示す。また、水流発生装置を稼働させた2004年は例年と比較して成層破壊した時期は早く、水流発生装置を稼働させ続けた2005年は成層化することなく年間を通じて鉛直混合した。図-3から貯水池の成層化に伴い底層の貧酸素化、あるいは無酸素化が生じていることが分かる。

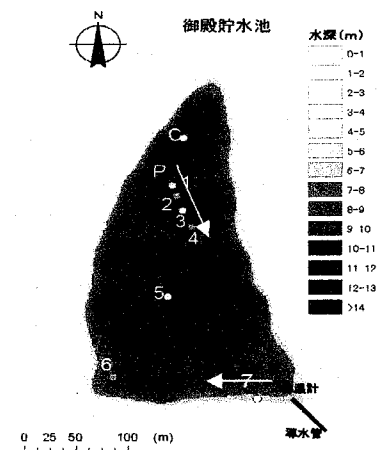


図-1 御殿貯水池

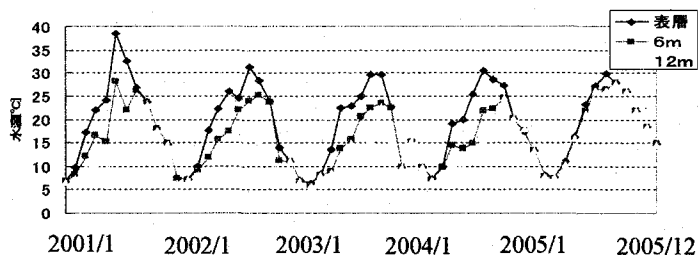


図-2 地点Cにおける水温の経年変化

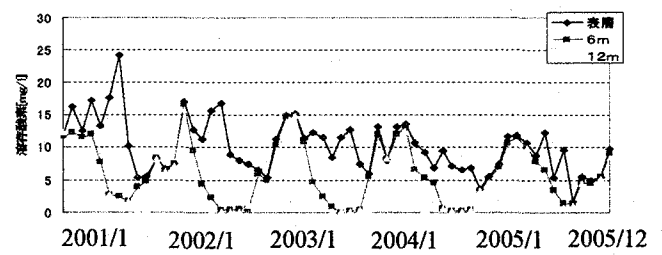


図-3 地点Cにおける溶存酸素濃度の経年変化

次に、水流発生装置の概略図を図-4に示す。表層の暖かく酸素を多く含んだ水を深水層に噴出し、水温成層を貯水池全体で徐々にかつ一様に破壊する。貯水池全体で深水層の混合を促し底泥の巻き上げを抑制するため、上向きに20°の角度をつけて水流を噴出させる。また流量は地点Pが3,600 m³/day、地点7が最大流量1,400 m³/dayである。水流発生装置の稼働に伴う貯水池全体の水温変動を図-5、6に示す。ここで装置は2004年7月20日から8月2日まで試験的に稼働させ、8月25日以後現在まで断続的に稼働させている。

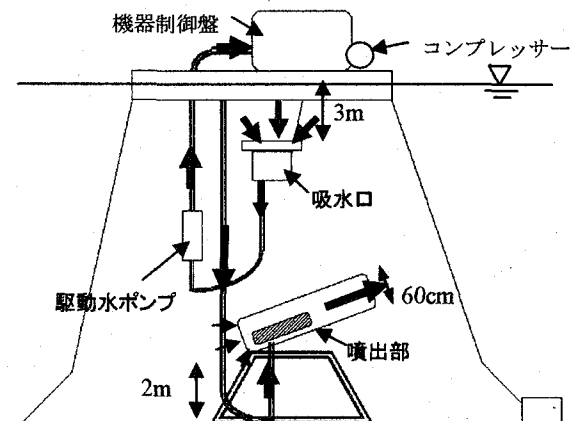


図-4 水流発生装置

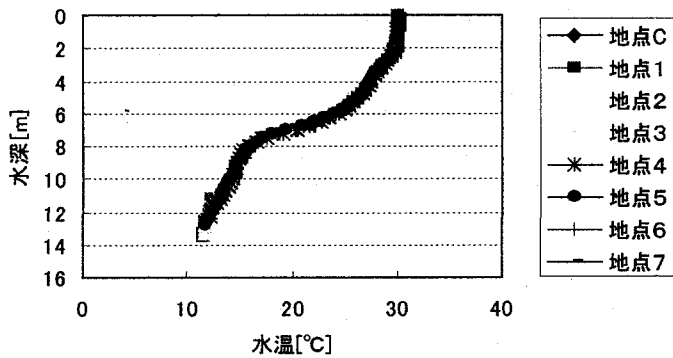


図 - 5 7/20 における水温分布

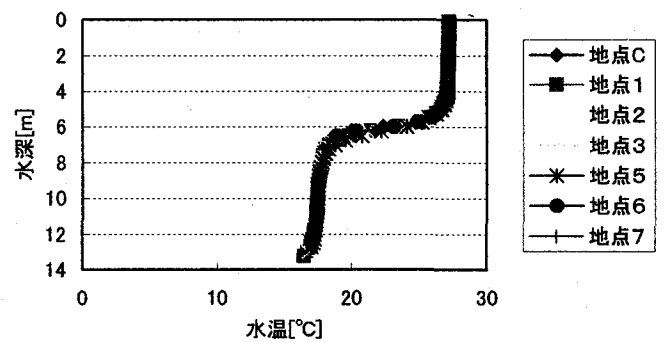


図 - 6 8/2 における水温分布

3. 数値解析

御殿貯水池は河川からの流入は少なく、また水流発生装置の稼動前後についてどちらも水平方向の水温変動はほとんどない。つまり水平方向と比較して鉛直方向の運動が卓越していることから、貯水池の水温について鉛直一次元非定常解析を行った。今回用いた基礎式を以下に示す。

$$\rho C A \frac{\partial T}{\partial t} = \rho C \frac{\partial}{\partial z} \left(K^H A \frac{\partial T}{\partial z} \right) + [AS] + (\rho C Q (T_3 - T_{z_{max}}) / \Delta z) \int_{-\infty}^{\infty} \delta(z - z_{max}) dz$$

ここで、 ρ は水の密度、 C は比熱、 A は断面積、 Q は水流発生装置の流量、 T_3 は水深 3 m の水温である。 S は日射量で水面より流入する日射量のうち水面近傍の層で約半分吸収され、残りは指数関数的に減衰しながら吸収される。また、損失熱量のバランスを維持させながら水温逆転部が生じないように水温分布を変化させることで対流現象を再現した。今回計算した期間は 7 月 20 日～10 月 6 日で、初期条件として 7 月 20 日の水温分布を与え、境界条件は湖底の水温勾配を 0 とした。また、計算条件は時間ステップ $\Delta t=30(s)$ 、鉛直方向のきざみ幅 $\Delta z=20(cm)$ とした。

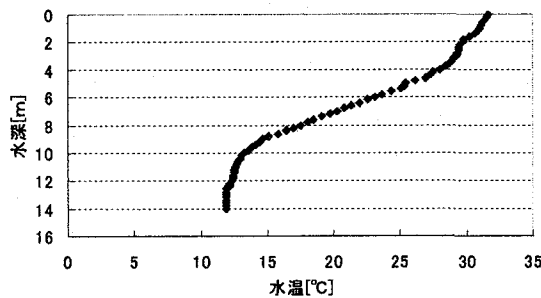


図 - 7 初期水温分布 (7/20)

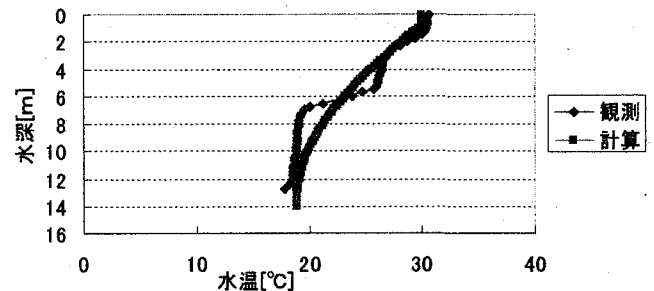


図 - 8 解析結果 (8/13)

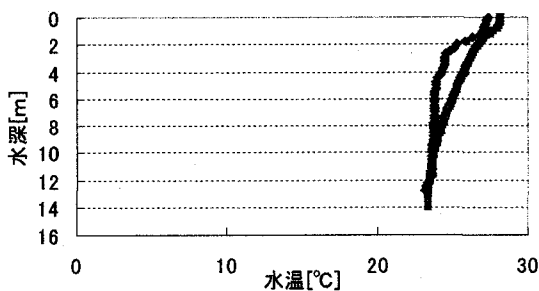


図 - 9 解析結果 (9/14)

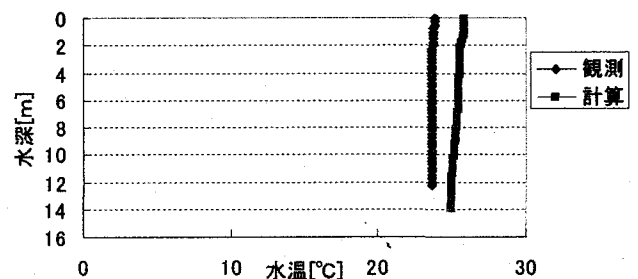


図 - 10 解析結果 (10/6)

4. 結論

水面から入射する日射量と水温の拡散項からなる水温について一次元非定常解析を行ったが、基礎式に水流発生装置の効果として底層に熱量を与える項を加えることで底層付近の鉛直混合が促進し、その結果水温成層の破壊時期を早めることができた。また、水温が鉛直方向に一様化した後水流発生装置を停止した場合、それ以降水温の成層化は見られなかった。

参考文献

野々村敦子, 森本茂昭, 河原能久, 野間京二: 流動発生による富栄養化した貯水池の水温躍層破壊実験, 水工学論文集, 第 49 巻, pp. 1147-1151, 2005