

高濃度酸素供給装置の稼働がダム湖の水質に及ぼす影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○門田純一
愛媛大学大学院 フェロー 伊福 誠

1. はじめに

貧酸素水塊の改善には、熱的な成層破壊、もしくは曝気による人工的な水の循環などがある。現在、深層水への酸素供給システムとして、水中型気液溶解装置 Water Environmental Preservation System(以下、WEP システムと記す)がある。WEP システムは上昇流を生じないため底泥を巻き上げないことおよび水温成層を破壊しないという点では曝気装置とは大きな違いがある。しかしながら、高濃度酸素水の流動に関する詳細なデータが取得されていないため、WEP システムの高効率の運用にあたっては流動メカニズムを明らかにする必要がある。

本研究の解析対象場所である灰塚ダム(広島県三次市)は 2007 年 7 月 5 日に WEP システムを導入した。灰塚ダムは三次市および庄原市の一部の水道用水を確保するための重要なダムである。

本研究では、国土交通省中国地方灰塚ダム管理事務局の観測データに基づいて、濁度、水温、溶存酸素量の時系列および鉛直分布の推移を明らかにし、鉛直 2 次元の数値モデルを用いて、WEP システム近傍の流況を調べるとともに、高濃度酸素水の供給が底層の貧酸素水塊の改善に及ぼす影響についての基礎資料を得ようとしたものである。

2. 観測結果

図-1 は 2007 年 7 月 5 日の水温観測データを示す。さらに、図中の黒実線は正規化した水の密度 $\tilde{\rho}$ ($\tilde{\rho} = \rho/\rho_0$, ρ_0 : 流体の基準密度)を示す。ここに流体の基準密度は $1,000\text{kg/m}^3$ である。水深 1m 付近で 1 次躍層、水深 16~18m で 2 次躍層が存在していることがわかる。

図-2 は 2007 年 7 月 5 日、WEP システム稼働前の観測点ごとの DO を示したものである。(a)および(b)をみると底面において DO はほぼ 0 であり、貧酸素状態であることが明らかである。ここに、Stn は堤体から上流の観測点を示しており、Stn.1 は堤体から上流方向に 100m の地点である。

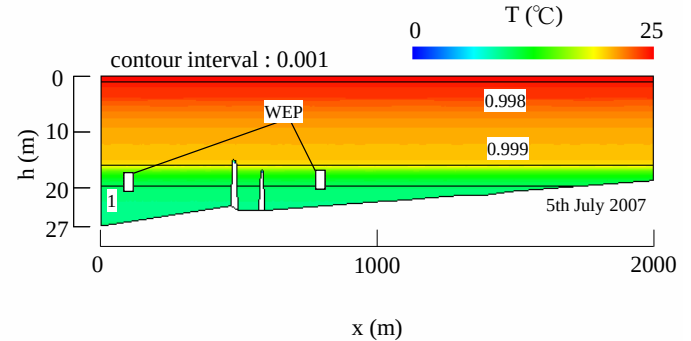


図-1 水温と $\tilde{\rho}$ の分布

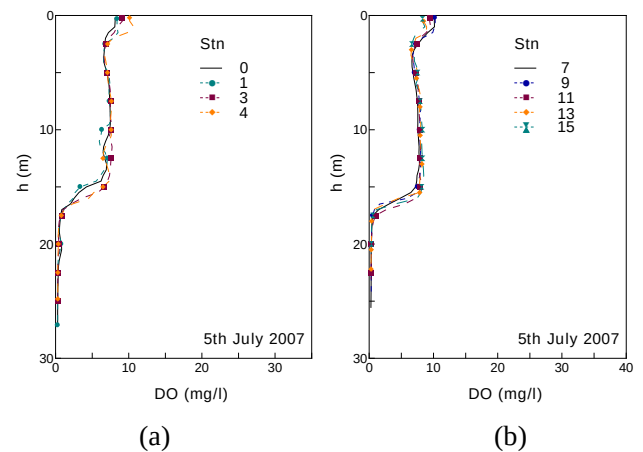


図-2 WEP システム稼働前の DO 鉛直分布

3. 数値解析法

鉛直 2 次元モデルで数値解析を行なう。

(1)解析モデル

解析対象領域について、x 軸は堤体を 0 とし、上流方向に 2000m、z 軸は基準面から鉛直上方とした。また、ダム堤体から 480m および 600m 上流に転流工があり、底面から天端までの高さは 8.3m および 7.1m である。気液溶解装置の設置位置は、ダム堤体から 100m (以下、Stn.1 と記す)および 800m(以下、Stn.8 と記す)上流に、それぞれ 1 時間あたり 80m^3 (以下、type80 と記す)および 120m^3 (以下、type120 と記す)の高濃度酸素水を吐出する装置が設置されている。(図-1 参照)

(2)各種係数の評価

計算時間間隔は 2s とし、27 日計算した。なお、動粘性係数は $10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ 、水の分子拡散係数は $10^{-9}\text{m}^2/\text{s}$ とした。

4. 数値解析結果

図-3 は、2007 年 7 月 10 日の Stn.1 における気液溶解装置周辺の流速ベクトルおよび DO である。また、吐出水深は 21.5m である。なお、黒破線は気液溶解装置である。気液溶解装置底部の鉛直方向流速は、気液溶解装置が水を吸込む際に発生するものであり、その大きさは 0.078m/s である。気液溶解装置近傍における水平方向流速は吐出速度とほぼ同一であるが、10m 以上離れた場所においては小さい。なお、鉛直方向流速は極めて小さい。また、高濃度酸素水は吐出水深である水深 21.5m から水平に拡がっている。しかし、2 次躍層が存在しているため、水平方向への移流・拡散はほとんどなく、吐出水深で浅での貧酸素状態は改善されていない。

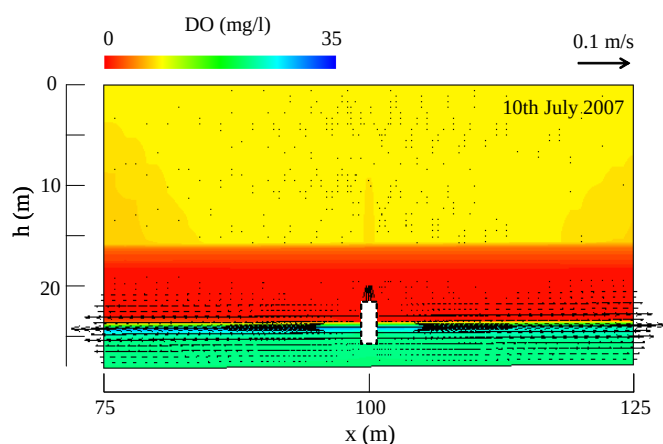


図-3 DO および流速分布

図-4 および 5 はそれぞれ WEP システム導入 20 日後の 2007 年 7 月 25 日における Stn. 9 および 11 の観測結果と解析結果の比較である。ここに、図中の赤丸実線および黒実線は、それぞれ解析結果および観測結果である。また、(a)および(b)は、それぞれ水面における熱収支を無視および考慮した場合である。

図-4 および 5 をみると、水面近傍で再現性が悪い。その理由としては、観測結果は、太陽熱の影響によって水面近傍の水温が上昇し、アオコの発生によって酸素を生産したことが考えられる。

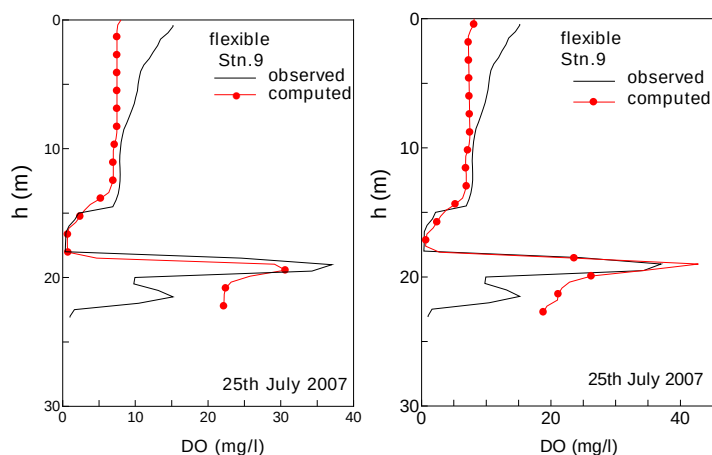
図-4 では、2 次躍層が存在する水深における貧酸素状態が良好に再現できており、DO のピーク値およびそれが生ずる水深はかなりの精度で再現性し得ている。底面近傍において DO の層が 2 つ存在するが、解析では DO の層は 1 つしかない。吐出口の水深変化による

流れが移流・拡散を十分な精度で追従できていないことに起因すると考える。

図-5 では 2 次躍層が存在する水深における貧酸素状態が再現できており、2 次躍層が存在する水深から水深 5m 程度まではほぼ再現できている。

(a)をみると、底面近傍での DO のピークが観測結果では 33.7mg/l、解析結果では 12.6mg/l であり、20mg/l 程度過小評価している。

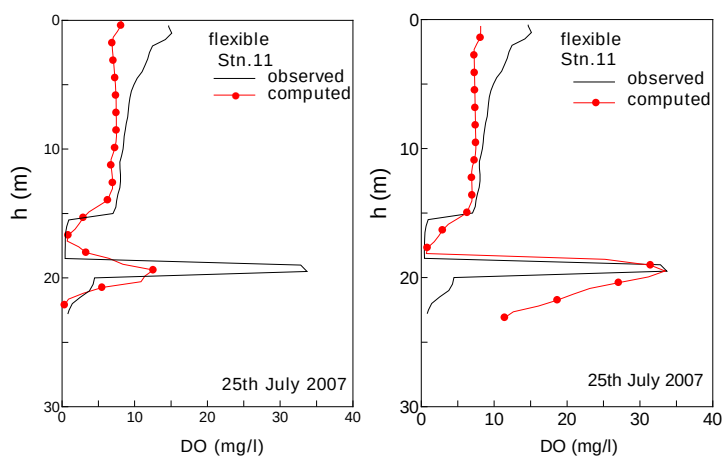
(b)をみると、DO のピーク値およびそれが生ずる水深はかなりの精度で再現性し得ている。これは、熱収支および水温の移流・拡散を考慮することによって、水温の変化ひいては密度の変化が生じたことに起因する。



(a)熱収支無視

(b)熱収支考慮

図-4 Stn.9 における解析結果と観測結果の比較



(a)熱収支無視

(b)熱収支考慮

図-5 Stn.11 における解析結果と観測結果の比較