

II - 79

貯水池における数値シミュレーション

東北大学大学院 学生員 ○岡 史浩
東北大学大学院 正 員 真野 明
東北大学大学院 正 員 後藤光亀

1. はじめに

湖沼や貯水池の水質を管理する上で、DO や藻類の気象、水象の影響による挙動を知ることは重要である。貯水池のような閉鎖的な環境においては、風が水表面に及ぼす応力によって生じる鉛直方向の応力分布により起こる鉛直方向の拡散、藻類による DO の消費や生産が支配的である。本研究は、仙台市近郊の中原貯水池において行なった気象・水象の自動観測をもとに、DO のシミュレーションをし、そこで用いた拡散係数及び貯水池内の DO の収支について検討したものである。貯水池の平面図を図-1に示す。

2. 拡散係数

成層がない場合、鉛直拡散係数は水表面と底の影響を考慮することにより次のように与えられる。

$$E(z) = \kappa u_* z \left(1 - \frac{z}{h}\right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 κ はカルマン定数、 u_* は摩擦速度、 h 及び z は水面から湖底までの距離及び水面から鉛直下向きの距離である。成層が発達している場合には、密度差が生じ拡散が起こりにくくなる。この影響を表す場合 Richardson 数 Ri を用いた影響関数が用いられる。ここでは上式を基本式とした以下の3通りのモデルを用いて拡散係数を算定した。

- 1 Gerard により提案されたモデル¹⁾
- 2 式-(1)に関数 $\frac{1}{1-\alpha \frac{z}{h}}$ を乗じたモデル
- 3 式-(1)に $\frac{1}{1+\beta Ri}$ を乗じたモデル

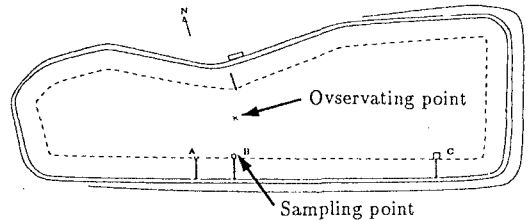


図-1 中原貯水池平面図

ここで、 α 、 β は定数、 $Ri = gh^2(dp/dz)/\rho u_*^2$ である。

3. DO の数値シミュレーション

本貯水池における自動観測で得られたデータをもとに、以下の基礎式を用いて DO の数値シミュレーションを行なった。期間は'96 8/25～30 であり、拡散係数は上述の3通りを用いてそれぞれについて行なった。

$$\frac{\partial D}{\partial t} = E_z \frac{\partial^2 D}{\partial z^2} + X_{O_2} C - R_e C - K_{NH_4} NH_4 \alpha_{NH_4} \dots\dots\dots (2)$$

ここで D は DO、 X_{O_2} 、 R_e は水中の酸素生産及び消費速度、 C は Chl.a、 K_{NH_4} は硝酸加速度、 α_{NH_4} 硝化の酸素発生当量、 NH_4 はアンモニア性窒素濃度である。

水深 0.1m、3.5m、7.0m での結果を図-2～4に示す。拡散係数の算定に関しては、若干の特性差があるもののほぼ同程度で得られた。表層においては、風による曝気の影響が大きく、飽和量付近で推移している。model3 の底層付近以外において、実際の DO とほぼ同程度の値で算定されているものの、拡散によると思われる急激な変動を表すには至らなかった。Gerard のモデルを用いて計算を行なった場合の拡散によるフラックスを図-5に示す。この貯水池では DO がピークを示す 2.5～3.5m から上下に拡散が行なわれているが、上層への酸素移動が卓越していることがわかる。下層への移動量は水温躍層や水中でのせん断力の分布の影響により、上層への移動量 1/2～1/4 程度であることがわかる。また風速が 1/2 程度に弱まると移動量が約 1/10 まで減少し、風速の変化に大きく左右されている。またこのときの光合成による酸素生産と水中での酸素消費の収支を図-6に示す。光合成による酸素生産は上層はもちろん底層においても行なわれていることがわかる。底層では水温や日射に対する藻類の特性の差により、日射の少ない朝や夕方でも DO の収支がプラスに現れている。また水深 0.1m と 1m では藻類量がほとんど同程度であるが、酸素生産量に大きな差がある。貯水池に生息する

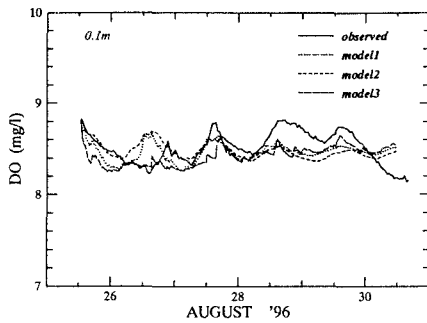


図-2 $z = 0.1m$ での計算結果

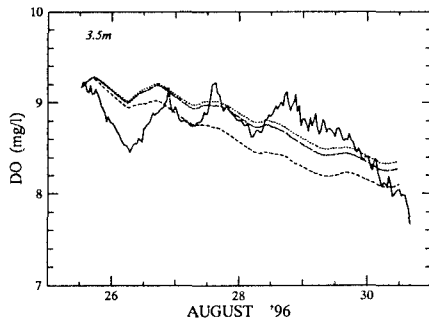


図-3 $z = 3.5m$ での計算結果

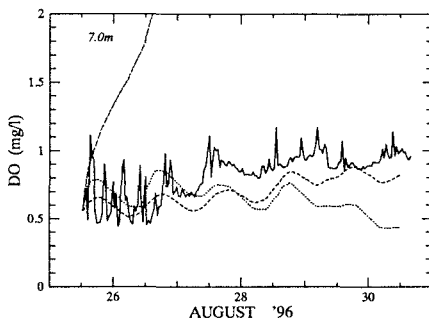


図-4 $z = 7.0m$ での計算結果

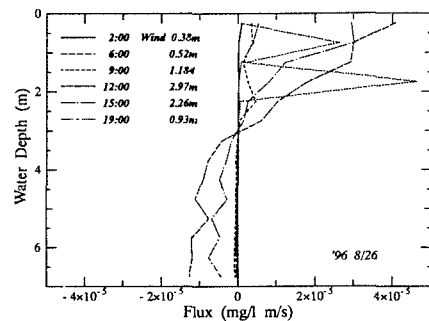


図-5 拡散によるフラックス

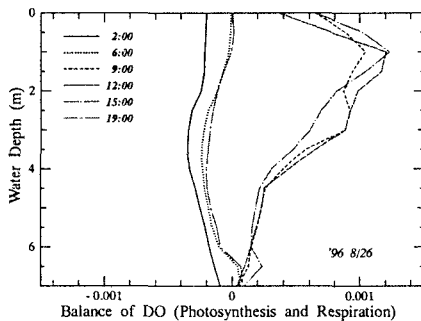


図-6 生産と消費のバランス

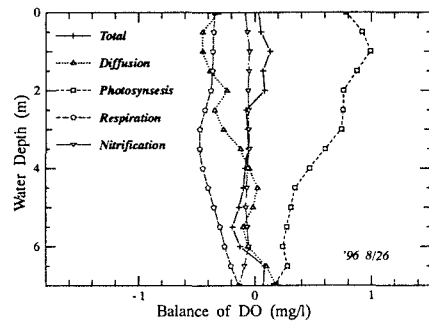


図-7 DO の収支

藻類の光合成速度における、日射と水温の最適条件²⁾が $1m$ 付近にあるため、水表面の倍程度の差が生じていることがわかる。8/26の1日の収支を図-7に示す。

4. おわりに

水温勾配による影響を考慮した拡散係数を算定することで、DOのシミュレーションを行なうことができた。これにより、貯水池において、水深により異なる水中でのDO変動特性を把握できる。貯水池の水質改善、制御を行なう上でこの結果が有用となる。

参考文献

- 1) Gerard A.L. Delvigne : Model for vertical diffusion in stratified flows, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.112, pp.1069-1087, 1986.
- 2) 岡史浩, 真野明, 後藤光亀 : 貯水池における酸素の消費・生産特性, 水工学論文集第40巻, pp25-30, 1996.