

貯水池における藻類・DO分布1次元モデルの検討

東北大学工学部 学生員 ○朝長 大介
東北大学工学部 正 員 後藤 光亀
東北大学工学部 正 員 真野 明

1. はじめに

浅い湖沼などの水質を管理する上で、水理環境の把握、特にそこに生育する藻類の分布やDOの分布の特性を把握しておくことは重要である。これまで仙台市近郊の貯水池において水象・気象の自動連続観測と水質の連続調査を行い、その測定データをもとにDO分布の特性に関する基礎的検討と、藻類・DO鉛直分布モデルのシミュレーションを行なった。

2. 藻類・DOの数理モデル

このモデルに関しては様々な研究が行なわれ、様々な数理モデルが提案されているが、それらを参考にして、連続観測・連続調査から得られた各種数多くのデータを有効に取り入れられる様、次の仮定や各種係数を決めた。

- 藻類は捕食されない
- 藻類濃度は、DO濃度の増減に対して影響されない。
- 栄養塩濃度の鉛直分布は時間的に変化しない。水質の連続調査のデータから本貯水池の栄養塩濃度（窒素、リン）を見ると、TN/TP比が20以上で窒素に比べてリンの方が不足しておりリン制限である。
- 貯水池への流入・流出はないものとする。
- 明暗瓶法によりDO生産速度を求め、光合成の最適温度、最適栄養塩濃度での値に飽和型あるいは指数型の関数で補正し、その補正した値と日射量の観測値との相関を図-1に示す。このように補正するによりかなりの相関関係を得られた。シミュレーションでは逆に、この関係で日射量から最適条件のDO生産速度を求め、求める深さでの水温と栄養塩濃度でその深さのDO生産速度に換算した。
- 藻類濃度とクロロフィル濃度は比例関係にあるとし、藻類の分布はクロロフィル濃度の分布として表現する。

基礎式は以下になる。

$$\frac{\partial A}{\partial t} = E_z \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} - V_{sed} \frac{\partial A}{\partial z} + \frac{X_{O_2}}{\alpha_{O_2}} A - r_e A \quad \dots\dots\dots (1)$$

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

ここで、A: クロロフィルa濃度、C: 溶存酸素量、 E_z : 鉛直方向混合拡散係数、 V_{sed} : 藻類沈降速度、 r_e : 藻類呼吸速度、 α_{O_2} : 藻類の増殖、呼吸に伴う酸素の発生当量、 X_{O_2} : DO生産速度、 K_{NH_4} : 硝酸加速度、 NH_4 : アンモニア性窒素濃度、 α_{NH_4} : NH_4 の硝酸化における酸素消費当量である。使用した値を表-1に示す。zは水面から鉛直下向きである。また、境界条件は次式となる。

$$-E_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{z=0} = K_L(C^* - C) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$-E_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{z=bottom} = X_{sod} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 K_L : 気液界面物質移動係数、 C^* : 溶存酸素飽和濃度、 X_{sod} : 底泥の酸素消費速度である。

3. 観測値との比較と考察

水質の連続調査の期間は1992年8月19日4時から8月21日8時までであるが、初日の8月19日より天候は下り坂となり8月21日以降は雨となった。なおこの期間内でシミュレーションを行なった。気象、水温分布を図-2～図-3に示す。水温の細かい変動は躍層内におきている内部波の影響と考えられる。図-4と図-5

はDO濃度の鉛直分布の自動観測結果と計算値を示したものである。Z=4.0~5.0m付近に（Zは底面からの高さ）DO濃度の高いところがあり、ここでは光合成により盛んに酸素が生産されている。水面では空中との交換により低い値となっている。また底面では硝化作用などの底泥の酸素消費により低酸素領域があらわれている。計算値は鉛直方向の全体的な分布に関しては観測値を表わしているが、日変化を観測値ほど明瞭に表わしていない。この点に関して各係数の与え方など検討を要する。

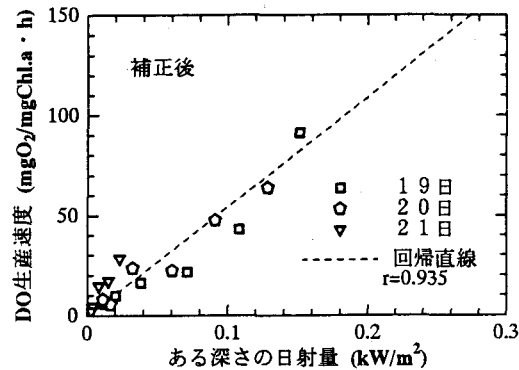


図-1 日射量とDO生産速度

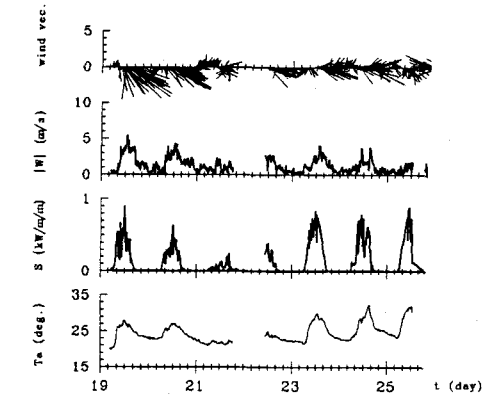


図-2 気象観測結果

Symbol	Value	Dimension	cite
E_z	7.41×10^{-7}	$[m^2/s]$	文献値
α_{O_2}	1.4	$[-]$	文献値
r_e	1.01×10^{-5}	$[1/s]$	文献値
K_{NH_4}	7.52×10^{-6}	$[1/s]$	文献値
α_{NH_4}	3.4	$[-]$	文献値
X_{sod}	0.21	$[gO_2/m^2/day]$	測定値

表-1 パラメーター表

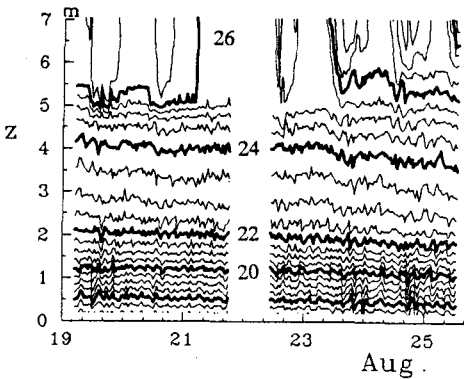


図-3 水温分布

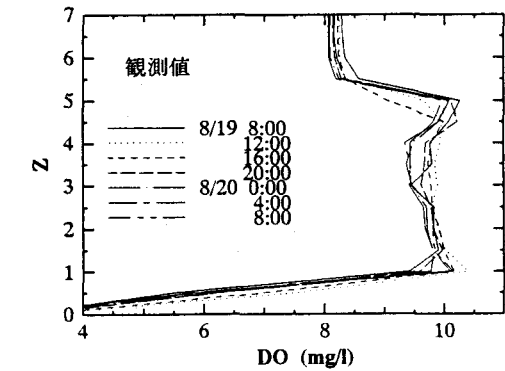


図-4 DOの鉛直分布(観測値)

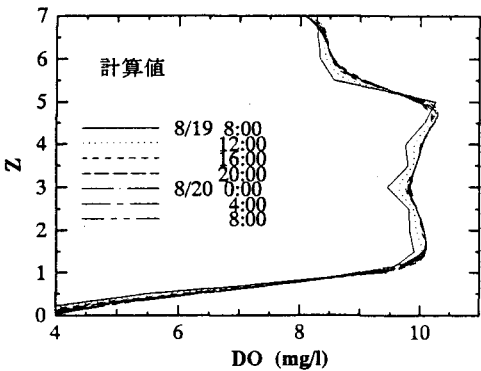


図-5 DOの鉛直分布(計算値)