

水域における生物活性鉛直分布の測定システムの開発

奈良県

藤岡那津子

広島大学工学部 正会員

○福島 武彦

広島大学工学部 正会員

尾崎 則篤

国立環境研究所

松重 一夫

1. 目的

地球温暖化、湖や池の富栄養化などの環境問題は、水域の生態系に重大な影響を及ぼすと考えられている。水域の生態系への影響を知るための一つの手段として、生物活性(呼吸量・光合成量)という指標がある。本研究では水質測定器(ゾンデ)を昇降させる装置を開発し、それを利用して実際の水域の生物活性を水深ごとに評価することを目的とする。

2. 方法

初めに、DO、pH、水深、水温、クロロフィル a の測定センサーを有するゾンデ(YSI6600)を実験池の水深 0.5m に固定した連続測定を行った。次に同じ実験池において 10 分を 1 サイクルとしてゾンデを昇降させて連続測定を行った(図 1 上図参照)。最後に、霞ヶ浦において 18 分を 1 サイクルとした連続測定を行った(図 1 下図参照)。

この測定によって得られた水質の連続測定値から生物活性を求めるためには次の式を用いた。

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_{\text{biol}} = \frac{dC}{dt} - \Delta E_x - \Delta Q \quad \cdots (1)$$

ここで、 $(dC/dt)_{\text{biol}}$ は生物現象による変化(生物活性)、 dC/dt は水域での DO、DIC の濃度変化、 ΔE_x は大気との交換量、 ΔQ は水の流入・流出に伴う変化量である。 dC/dt は連続測定による濃度変化の差分から求まる。大気との交換量は次の方法によって計算した。

① ガス交換係数 $k_L(\text{cm/h})$ を求める。 $k_L = a \cdot EF \cdot R_v \cdot (D_{m20})^{0.5} \cdot (U_{10})^{1.5} \quad \cdots (2)$ ここで a は定数、 R_v は 20°C 純水と現地水の動粘性係数の比、 D_{m20} はガスの 20°C での分子拡散係数(cm^2/s)、 U_{10} は地上 10m での風速(m/s)である。 EF はガス交換量の増加倍率を表す。

② 大気との交換フラックス $F(\text{mmol} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$ を求める。 $F = k_L(C_{\text{sat}} - C_w) \quad \cdots (3)$ ここで k_L はガス交換係数(cm/h)、 C_{sat} は大気と平衡状態にある水中濃度(mmol/l)、 C_w は水中濃度(mmol/l)である。

③ 各水深における大気との交換量 $\Delta E_x(\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$ を決める。例えば水塊が鉛直方向に十分に混合して、大気との交換の影響が全水深均一であるとする、 ΔE_x は次のように表現できる。

$\Delta E_x = F/h \quad \cdots (4)$ ここで F は大気との交換フラックス($\text{mmol} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)、 h は池の水深 (cm) である。

3. 結果

ゾンデを昇降させたときの実験池と霞ヶ浦での DO の測定結果を示す(図 2、3)。これから水深ごとに生物活性の評価を行った(図 4)。この際、大気との交換に関して、①全層均一に交換する、②上層のみ交換する、

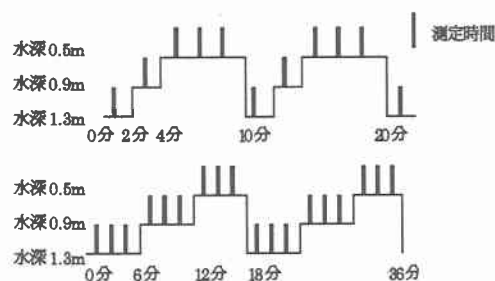


図1 ゾンデの動きと測定時刻

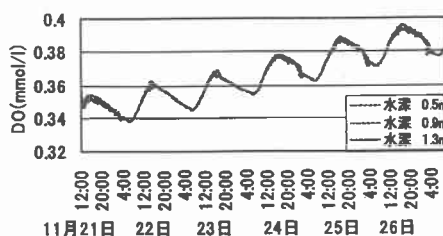


図2 実験池での連続測定結果

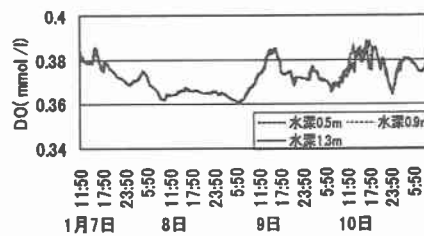


図3 霞ヶ浦での連続測定結果

という2つの仮定を考えた。次に、それぞれの仮定ごとに生物活性を求め、日射量と得られた光合成量との関係を比較した(図5、6)。なお、仮定②は池の水が混ざっていないという仮定であるため、鉛直方向の日射量の消散を考慮した。

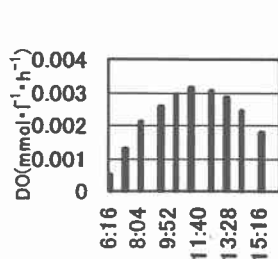


図4 霞ヶ浦1月9日の
生物活性 水深0.5m

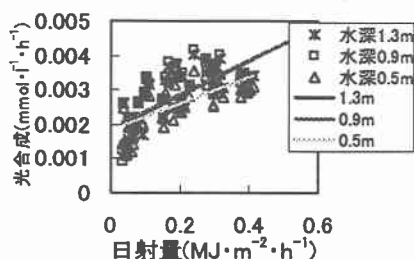


図5 全層均一交換を仮定した
日射量と光合成量の関係

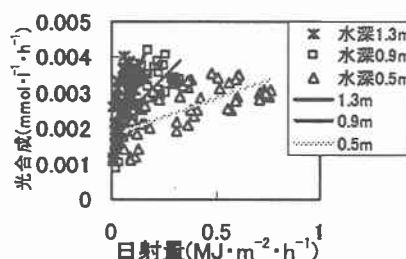


図6 上層のみ交換を仮定した
日射量と光合成量の関係

図5、6から全水深における日射量と光合成量の関係がほぼ同じ直線上に乗っているという理由で、全層均一に大気交換を行っているとする仮定を利用した。

4. システムに関する考察

本研究は1台のゾンデを昇降させて測定を行うものであるが、複数のゾンデを多水深に固定させるというシステムも考えることができる。そこで、両システムの問題点について考察を行い、どちらが良いか検討した。

1台を昇降させる場合は水の攪拌を考慮しなければならない。図7より測定値はゾンデが移動した直後のみ低く、その後はほぼ一定であることが分かる。すなわち、ゾンデ1台を昇降させる場合は、移動後2、3回目の測定値を使用すれば問題ないことが分かる。しかし、目的は差分を取ることであるので昇降後1回目の測定値を使用しても結果は変わらない。

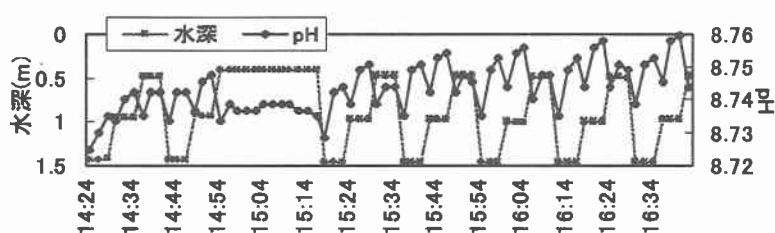


図7 ゾンデの測定水深とpHの関係

表1 測定パターンごとの誤差の大きさ

		1台のゾンデ	複数のゾンデ
DO ($\mu\text{mol/l}$)	日変化	± 0.557	± 0.557
	鉛直差	± 0.296	5.0
pH	日変化	± 0.0204	± 0.0204
	鉛直差	± 0.00263	0.2
クロロフィル ($\mu\text{g/l}$)	日変化	± 0.305	± 0.305
	鉛直差	± 0.242	1.2

複数のゾンデを固定させる場合には、鉛直方向の差分を取るときにゾンデの長期安定性が問題となる。そこで、ゾンデを同じ状態の水に長期間放置し、測定値にどれだけのずれが生じるか調べる実験を行い、ゾンデ1台を昇降させる場合と複数台を固定させる場合にどれだけ誤差が生じるか計算を行った。表1よりゾンデ1台を昇降させた方が正確に測定できることが分かる。これらの結果から鉛直方向を考慮した生物活性の評価を行うときは1台のゾンデを昇降させる測定の方が良いと考えられる。

5. 結論

- (1) 実験池と霞ヶ浦でゾンデを昇降させた測定を行った結果、測定水深ごとに生物活性の評価を行うことができた。しかし、純粋な生物活性の評価をするには、ゾンデによる測定のみでは不十分であるため、別の測定方法との併用が必要である。
- (2) 鉛直方向の差分を求める場合には、1台のゾンデを昇降させて測定を行った時は、複数のゾンデを固定させて測定を行ったときに比べ、1/5 から 1/76 ほど誤差が少なくすることができることを確認した。