

自由水面から酸素移動について

東北大学 正員 高橋克夫

東北大学 学生員 金子 明

1. はじめに

溶存酸素濃度は、酸素供給量と消費量とから決まるが、その割合を決定する因子は複合的である。つまり生物因子、物理的因子、化学的因子が複雑な過程を作りあげている。

そこで本実験では、海域での自由水面からの酸素移動の基礎的実験として、波を起因、酸素吸収に対する影響を調べる。

2. 実験装置および方法

図-1の造波水槽を用い、水道水を使用し、 N_2 ガスで脱酸素し、D.O.メーターとウィンクラム法で溶存酸素濃度を求めた。D.O.メーターとウィンクラム法とはほぼ一致した。

液本体中の溶存酸素濃度変化は以下で式で表わされる。

$$\frac{dC_L}{dt} = K_L \frac{A}{V} (C_S - C_L) = K_{La} (C_S - C_L) \quad (1)$$

K_{La} は(1)式と積分した(2)式より濃度変化の対数対時間をプロットして勾配から求めた。

$$K_{La} t = K_L \frac{A}{V} t = 2.303 \log_{10} \frac{C_S - C_0}{C_S - C_L} \quad (2)$$

また K_{La} は 20°C の値に以下の式を用いて修正した。

$$K_{La}(20) = K_{La}(T) / (1.024)^{T-20} \quad (3)$$

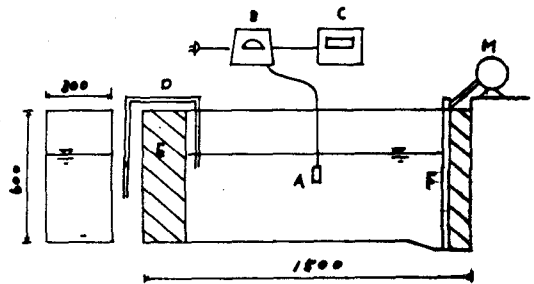


図-1 造波水槽装置

A: センサー B: D.O.メーター

C: 記録計 D: ウィンクラン

E: 43型消波装置

F: 造波板

M: モーター

R.P.M. 600~3000

減速機 1/15

3. 結果および考察

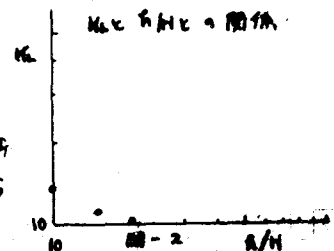
酸素移動に影響する因子として次のようなものが考えられた。酸素移動係数(K_L)、波高(H)、波長(L)、水深(h)、流速(U)、周期(T)、粘度(μ)、重力加速度(g)、気圧(P)、 $\gamma = TR$ 定理により無次元項を求めると以下の式を得た。

$$\frac{K_L}{C} = C_1 \left(\frac{h}{H} \right)^a \left(\frac{CHP}{\mu} \right)^b \left(\frac{H^3}{C^2} \right)^c \left(\frac{L}{H} \right)^d \left(\frac{CT}{H} \right)^e \quad (4)$$

ここで相対深度(h/L)が $h/L > 1/2$ であり、たゞ深瀬域として扱

うが、 $C = \sqrt{gL/2\pi}$ と(4)式に代入して整理すると(5)式が得ら

れ、 a, b, c は実験結果から求められた。



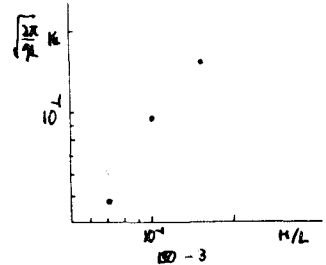
波長、波高が算しければ酸素移動係数は水深の増加とともに小さくなる傾向があることが分かる。

波形因数(H/L) が大きければレイノルズ数 $\sqrt{g/L} \frac{HP}{\mu}$ が大きければ酸素移動係数は大きくなることも分かる。

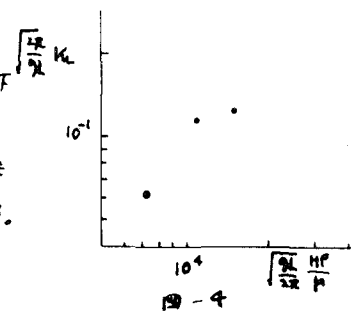
現場での値と比べた場合、本実験値はかなり大きな値となっており、つまり実際の海洋における酸素消費はそう大きくなく、実験値は最大吸収速度ともいうべき値であることが分かる。

水槽内の溶存酸素濃度は一定であった。そこで本実験では海洋モデルで、11カ所の表層に対称し、実際の海洋でのごとく水深方向での溶存酸素濃度変化を観察した。水槽内の流動状態を白金線を用い酸素ガスを発生させて観察した。その結果、表層では水粒子は内に近い軌道を前進しながら流れ下層では反対方向の流れがあり完全な混合が十分なためであることが分かる。よって波長、波高の変化に伴う流動状態の変化が酸素吸収に大きく影響していることが分かる。

K_L と H/L の関係



K_L と $\sqrt{\frac{g}{L}} \frac{HP}{\mu}$ の関係



使用記号

K_L : 移動係数 (cm hr)

K_{La} : 総括的移動係数 (l hr)

C_s : 溶存酸素飽和濃度 (ppm)

C_L : 溶存体中の溶存酸素濃度 (ppm)

A : 気液接触面積 (cm²)

V : 容積 (cm³)

$K_{La(20)}$: 20°C における総括的移動係数 (l hr)

$K_{La(T)}$: T°C における総括的移動係数 (l hr)

波長 25cm
波高 2.5cm

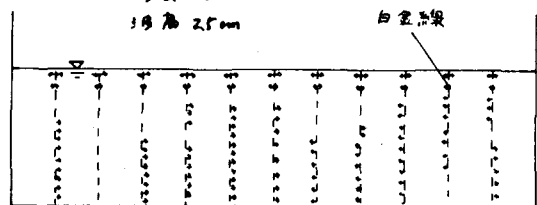


図-5 流動状態の模式図

最後に本実験を行うにあたり協力した金子君および諸君に感謝いたします。

参考文献

1) Her Majesty's Stationary Office, "Effects of Billuting discharges on the Thames Estuary" (1964) p347~389

2) 油井、志村、中座 "酸素吸収に関する2,3の実験" 土木学会東北支部研究発表会講演要旨 546