

酸素吸収に関する2, 3の実験

東北大学 大学院 ○油井 彰
東北大学 工学部 志村克文
同 中座恒夫

1. はじめに

河口部や湾内の水質汚濁の重要なパラメーターに溶存酸素濃度がある。Thames 河で英国汚濁防止委員会が行なった調査によると、酸素の補給源として大気からの酸素吸収によるものが圧倒的に多かった。また現場の測定から波や風の強い日は酸素濃度が高いことが報告されている。ここで混合モデルを考え大気からの酸素吸収と流動の関係を結びつける手がかりを得ようとした。さらに簡単な水槽を用いて波、風による影響を調べた。

2. 混合モデル

湾内や河口部の様に大気と水との接触時間が十分に長く、表面が砕ける程乱れが激しくなれば吸収過程は定常的に取り扱えると思われる。定常的な物質移動速度は(1)式で表わされる。

$$\frac{dm}{dt} = K_L A (C_S - C_L) \quad (1)$$

図1. 攪拌槽

液本体中の溶存酸素濃度の変化速度は

$$\frac{dC_L}{dt} = K_L \frac{A}{V} (C_S - C) = K_L a (C_S - C_L) \quad (2)$$

で表わされる。ただし

K_L : 移動係数 (cm/hr) , C_S : 溶存酸素飽和濃度 (ppm.)

$K_L a$: 総括物質移動係数 ($1/\text{hr}$) , C_L : 液中の酸素濃度 (ppm.)

A : 気液接触面積 (cm^2) , V : 液容積 (cm^3)

また流動側からいうと、酸素吸収は水面近くの乱流構造、特に最小渦の大きさに関係しているといわれている。以下の実験装置で等方性乱れを想定し、酸素吸収力を $K_L a$ で表わして両者の間に簡単な仮定を立てた。

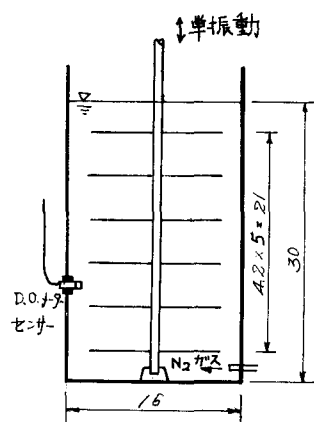
2-1. 実験装置

攪拌槽は厚さ2mmの塩化ビニール製で、全体を20°Cの恒温槽につけた。

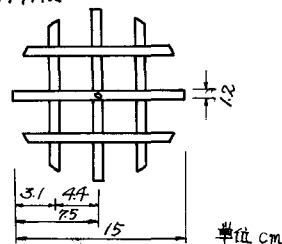
2-2. 条件及び方法

蒸留水を用い N_2 ガスで脱酸素した。

一番上の攪拌羽根が最高位にきたとき水面との距離(カパー)を0, 0.75, 1.50 cm. 単振動のストロークを1.60, 2.40, 3.20 cm. 振動数を20 ~ 260 r.p.m. の範囲で



攪拌羽根



20 R.P.M. ごとに変えた。

K_{La} は DO メーターの記録紙から溶存酸素濃度の時間変化を読みとり四式と積分した四式より濃度変化の対数対時間をプロットして勾配より求めた。

$$K_{La} t = 2.303 \log_{10} \frac{C_s - C_0}{C_s - C_t} \quad (3)$$

C_0 : 初期の溶液の溶存酸素濃度

2-3 結果

本攪拌槽だと水中に溶け込んだ酸素は槽内一様に拡散し、流動も等方性乱れと考えられる。 K_{La} は水表面近くの乱流構造のうち乱れの強さに比例し、乱れの大きさに反比例すると仮定する。

乱れの強さは振動数に比例し、乱れの大きさは表面近くの混合距離、つまりカバーに関係するとなると、関係式

$$K_{La} \propto \frac{\text{振動数}}{\text{カバーの大きさ}} \quad (4)$$

が考えられる。

ストロークを変えたのは得られた結果があるストロークでセッとした特殊性によるものか調べるためである。

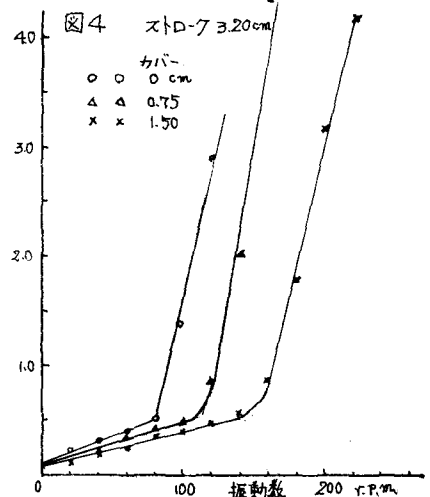
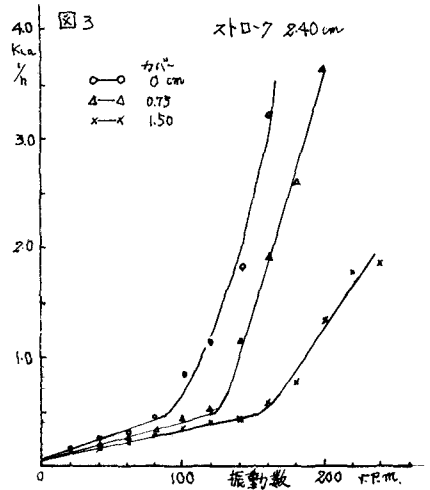
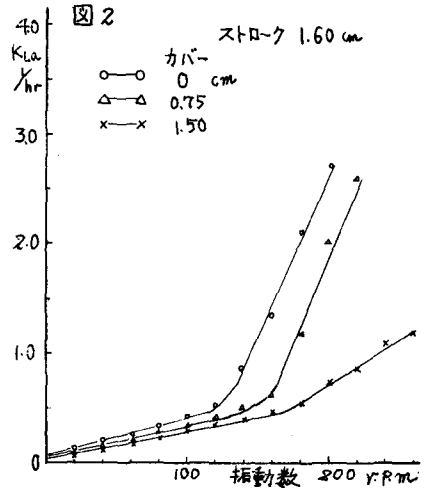
図2, 3, 4を見るとストロークにより勾配に差はあるが同じ傾向を示している。いずれの場合にも K_{La} が 0.5 /hr 付近で急に立ち上がっているのは表面が剥離し飛ぶはじめ振動数が増加するにつれ格子間に気泡が生じたためである。急上昇している点以降の K_{La} を直線で結ぶのはデーターが少ないので無理かも知れない。

急上昇している点以下では、カバーが同じであれば振動数に略正比例して K_{La} が増加している。

また振動数が同じであれば、カバーが小さい程 K_{La} の値が大きいの。カバーの条件は通りしか行なっていないのではっきりした事は言えないがカバーに反比例の関係に K_{La} がある傾向が見られる。

以上の事から(4)の仮定に正当性があり、等方性乱れを河川や湾の水理量で表わされれば現場の K_{La} が推定できる。

今後検討するつもりである。



3. 波, 風による酸素吸収への影響

波, 風の影響については殆ど知られていない。波が破壊しなければ酸素吸収は波の表面を通じて定常的に行われる。(1)式からわかる様に定常的な物質移動速度は表面積が増加する程大きくなる。この関係を知るために、同じ周期で同じ波長の波を起こしストロークを変えて波高を高くして表面積を増加させた。

波はファンで起こし水面へ約30°の角度であてた。

3-1 実験装置

図5のものを用い、造波機はストロークを変えられる。消波装置は金網としろ製のマットを用いた。

3-2 条件及び方法

学内の水道水を用い N_2 ガスで脱酸素した。

水温; 13~15°C

水深; 25, 35 cm

風のとき

水道水水温; 11~14°C

水深; 35 cm

風速; 1.5~6.3 m/sec (水面上5cm)

溶存酸素濃度の測定はD.O.メーターと滴定(ウィンクラー法)を行なった。 K_{La} の求め方は実験2の方法と同じであるが水温は20°Cに出来なかったため報告されている実験式(15式)を用いて20°Cの K_{La} の値に換算した。

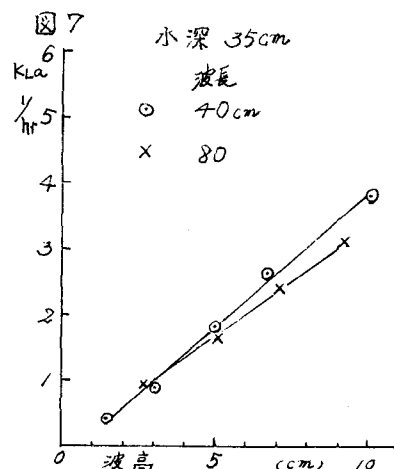
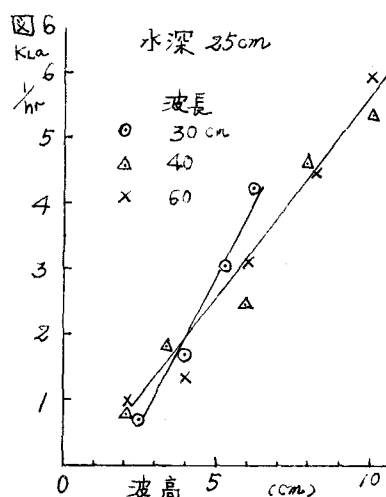
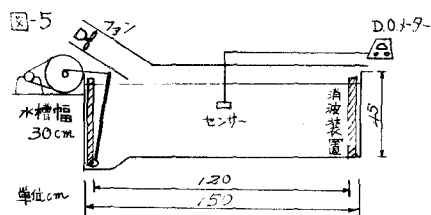
$$K_{La}(20^\circ\text{C}) = \frac{K_{La}(t)}{1.024^{(t-20)}} \quad (15)$$

$K_{La}(t)$ = 温度 $t^\circ\text{C}$ における K_{La}

3-3 結果

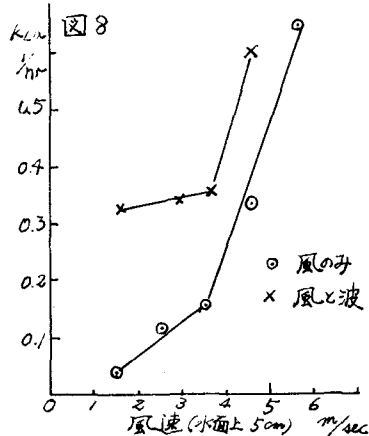
実験では各波長とも、波高が8cm位までは比較的安定な波形を保つことが出来たが、8cmを越えると破壊した。各条件とも波高が増加するにつれ略直線的に K_{La} が増加した。破壊した波による K_{La} の値の傾向は見られなかった。

風のみ送った場合、風速が3.5 m/sec までは水面は5mm以下の波状立つが穏やかであり、 K_{La} もゆるやかに増加したが3.5 m/sec を越えると水表面の乱れが多くなり水本体に横ゆれが生じた。 K_{La} も3.5 m/sec 付近で急激に増加した。



周期0.5秒、波高20cmの波と風を同時に起こしたときの傾向は、風のみの場合と類似していた。風速が4 m/secを越えると波の表面が乱れ始め $k_L a$ の値が上昇した。

本実験のように、風が水面へ30°の角度であたりまた測定期間中同じ風速で吹き続ける条件は自然条件とは大分異なっていて問題はあるが、風速がある速度に達すると風の流れ方が変わって水に及ぼす影響が大きく変わると思われる。風の場合、単に定常的な酸素吸収論を応用して吸収量と表面積の相関性を説明することは困難である。



参考文献

- 1) Her Majesty's Stationery Office ; "Effects of Polluting Discharges on the Thames Estuary" (1964)
- 2) Lewis, W. K. and Whitman, W. C. ; "Principles of Gas Absorption" Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 26 (1924)
- 3) O'Connor, D. J. and Dobbins, W. E. ; "Mechanism of Reaeration in Natural Streams" Trans. A.S.C.E. vol. 123, (1958)