

山梨大学 正員 ○平山公明

東京大学 正員 松尾友矩

1. はじめに 酸素移動に関する研究は、今までに数多くなされている。河川の再びつ 気係数を水理量で表わす試みも多くの人によって行なわれ成果を得てきているが、なおその機構については十分解明されているとはいえない。空気中から水中への酸素移動という現象は、空気と水の接触面の状態が大きく関係しているものと思われる。そこで、本実験は、接触表面に、ある変化を与えた時の酸素移動速度と求めることにより、どの因子が酸素移動の支配因子であるかを調べることを目的としている。また、得られた実験結果より、 $K_La$ と変動速度成分との関係について考える。

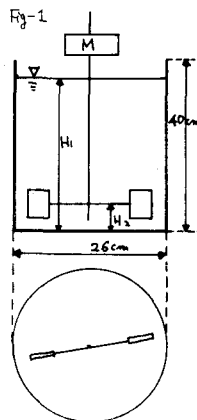
2. 実験方法 Fig-1 のような、直径 26cm、高さ 40cm の円筒容器中の水を、あらかじめ酸素ガスで、酸素濃度を 20% 程度に低下させた後、モーターの先につけた羽根を回転させ、表面ばつ気により酸素と溶けこませる。この時の酸素濃度の増加速度を、溶解酸素計とペンレコーダーを用いて測定した。酸素濃度の時間変化は、一般に次の式で表わされる。

$$\frac{dC}{dt} = K_La(C_s - C) \text{ ----- (1)} \quad (1) \text{式により } K_La \text{ を求め、酸素移動速度の指標とした。また同時に、表面流速、変動速度成分、水位変化を測定した。}$$

## 3. 実験条件

表-1

| 実験No            | A-0 | B-1 | B-2 | C-1 | C-2 | C-3 | D-1 | D-2 | E-1 (槽半径 20cm) |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| 水深 $H_1$ (cm)   | 35  | 35  | 35  | 30  | 25  | 20  | 35  | 35  | 35             |
| 羽根高さ $H_2$ (cm) | 12  | 20  | 27  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12  | 12             |
| 攪乱棒 (cm)        | なし  | なし  | なし  | なし  | なし  | なし  | 3   | 9   | なし             |

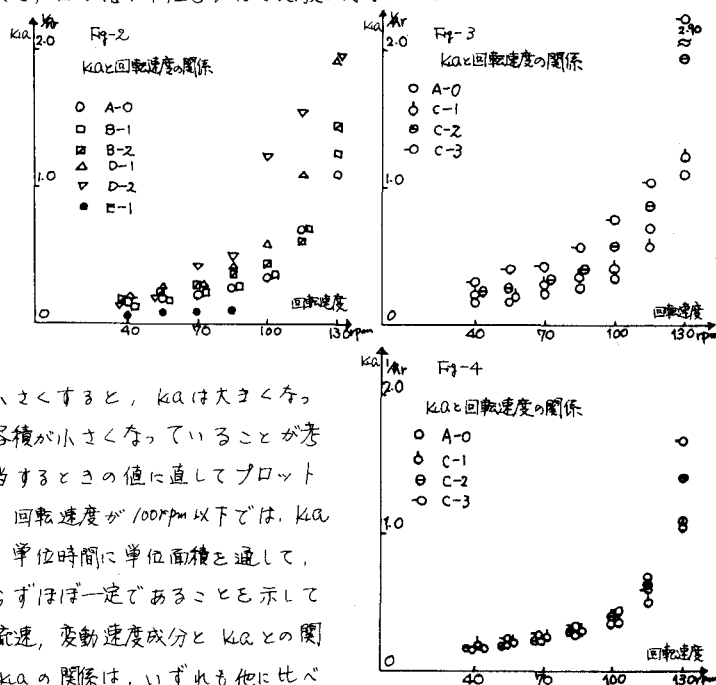


実験条件と上の表-1 に示す。A-0 は最も基本となる実験である。B は羽根の高さ  $H_2$  を変化させ、C は水深  $H_1$  を変化させ、D は攪乱棒を水面から挿入し、E は槽の半径をかえて実験を行なった。

4. 実験結果 羽根の回転速度と  $K_La$  の関係を Fig-2, Fig-3 に示す。羽根の高さを高くしたり、水深を小さくしたり、攪乱棒を入れたりすると  $K_La$  は大きくなる。

回転速度を大きくすると、中心と外側とで水位差を生じ、表面積が大きくなるが、その増加は数パーセントで、 $K_La$  の増加はこのような意味での表面積の増加だけでは説明しきれない。

水深を小さくすると、 $K_La$  は大きくなっているが、その原因のひとつに、水の容積が小さくなっていることが考えられる。そこで、水深が 35cm に相当する時の値に直してプロットしたのが Fig-4 である。これを見ると、回転速度が 100rpm 以下では、 $K_La$  の値がよく一致している。このことは、単位時間に単位面積を通して、水中へ溶けこむ酸素の量が、水深によらずほぼ一定であることを示している。水位変化（波数と波高）、表面流速、変動速度成分と  $K_La$  との関係は Fig-5 ~ 8 に示す。水位変化と  $K_La$  の関係は、いずれも他に比べ



てバラつきが大きい。表面流速と  $K_a$  の関係では、流速の小さい部分でひとつの曲線にのっている。しかし、攪乱棒を入れた時の値 (Fig-7 の破線内) は、全体からはずれている。これは、攪乱棒を水面から押入しても、表面流速はほとんど変化しないのに、 $K_a$  は大きくなっているためである。変動速度と  $K_a$  の関係をみると、他のいずれのグラフよりも全体として、ひとつの曲線にまとまっている。したがって、本実験で調べた指標の中では、変動速度成分が最も大きく  $K_a$  を支配しているといえる。

ち、従来の理論との比較。両対数グラフを用いて、 $K_a$  が、表面流速、変動速度の何乗に比例するかを調べてみると、 $K_a$  の小さい範囲では、 $K_a \propto (\text{表面流速})^{0.45}$  ..... (2)  $K_a \propto (\text{変動速度})^{0.7}$  ..... (3) となっている。Dobbins と村上は、表面張力を考慮に入れて、表面更新率  $\gamma$  を  $\gamma \propto E^{1/2}$  ( $E$ : 単位体積あたりのエネルギー消散率) と求めている。本実験では、 $E$  として、Taylor によるエネルギー消散率  $E \propto (\sqrt{u'w'})/l$  ..... (4) ( $\sqrt{u'w'}$ : 変動速度  $l$  系の寸法と定義するある長さ) を用いる。(4) と  $\gamma \propto E^{1/2}$  に代入し  $K_a$  との関係をとると、 $K_a \propto \sqrt{u'w'}$  より、 $K_a \propto (\sqrt{u'w'})^{1/2}$  ..... (5) の関係が想定される。一方、水深  $H = 35\text{cm}$  で一定であるから、(5) 式の  $K_a$  は (3) 式  $K_a$  と同等であると思われる。しかし、(3) 式と (5) 式の指数には、かなりの相異が認められる。

6. 試論 そこで、 $E$  と  $\gamma$  の関係を考え直してみる。次のように考えることも可能であろう。表面更新率  $\gamma$  は、Kolmogoroff による最小渦の渦径  $(\sqrt{E})^{1/2}$  とその速度  $(\sqrt{E})^{1/2}$  とからきまる周波数  $(E/l)^{1/2}$  に比例する。すなわち、 $\gamma \propto (E/l)^{1/2}$  と考える。この仮定と、(5) の関係とを用いると、 $\gamma \propto (\sqrt{u'w'})^{1/2}$  となり  $K_a \propto (\sqrt{u'w'})^{1/2}$  が求められる。これは (3) 式に求めた実験結果と一致しているといえよう。

7 結論 本実験で用いた指標の中では、変動速度が最も大きく、 $K_a$  を支配する要因と考えられる。なお、今後、表面張力と  $K_a$  の関係を調べたい。

#### 参考文献

- W.E. Dobbins BOD and Oxygen Relationships in Streams, Proceedings ASCE 94, 1964  
 村上 健 河川における再ばう気 第6回衛生工学研究討論会講演集  
 G.I. Taylor Statistical Theory of Turbulence, Proceedings of the Royal Society A164 1938

