

はじめに エアレーションタンクにおける酸素供給のプロセスとしては、次の4つが考えられる。

- (i) 気泡が生成するときの酸素の移動
- (ii) 気泡が液中を上昇するときの酸素の移動
- (iii) 気泡が水面で破裂消滅するときの酸素の移動
- (iv) 自由水面において大気から行なわれる酸素の移動

本報告は、上記(i), (iii), (iv)の項目を端効果として、気泡の上昇時の酸素の移動と端効果による酸素の移動とを実験的に分離することを目的としたものである。

1. 実験装置および方法

気泡の性状は、マルチストロボと連動するカメラによってコラム内に存在する気泡群を撮影し、これから求めた。一方、酸素吸収速度は、室素ガスにより脱酸素したコラム内の蒸留水にオリフィスを通して空気を送り込み、溶存酸素の濃度変化を酸素分析計を用いて連続測定することにより求めた。

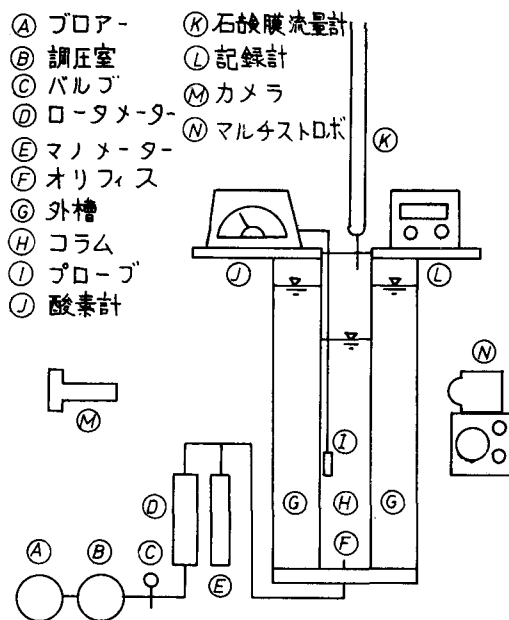


図-1 実験装置

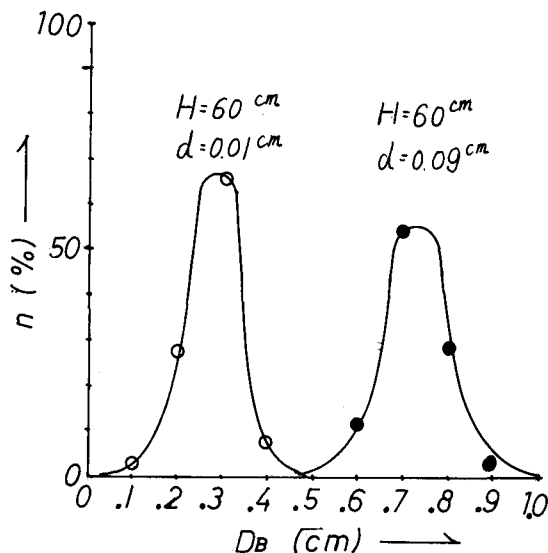


図-2 気泡分布の例

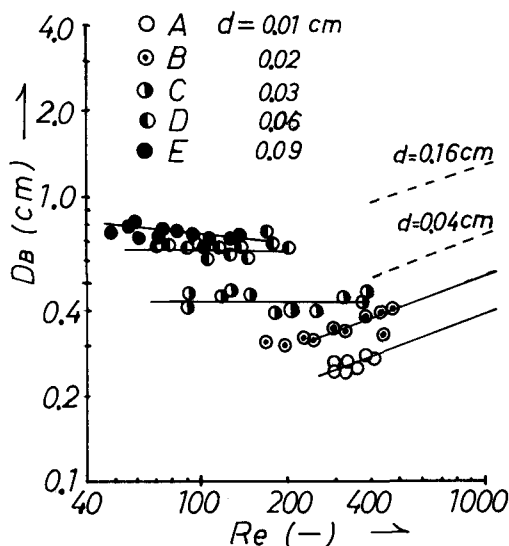


図-3 気泡径とレイノルズ数

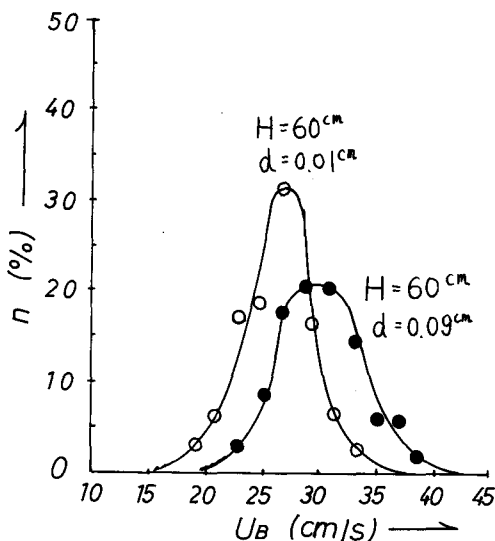


図-4 速度分布の例

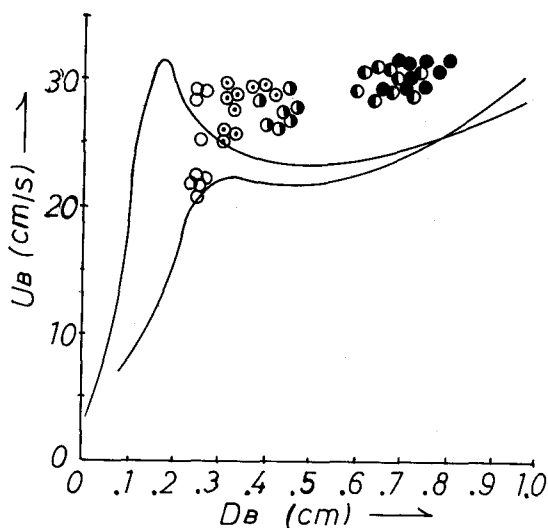


図-5 気泡径と上昇速度

2 実験結果と考察

(i) 気泡の大きさについて. 空気流量 G が小さいときには, 発生する気泡の大きさ (球相当気泡直径) D_B は殆んど一定している. 図-2 は実験の一例をプロットしたものであり, 正規分布に近い分布状態を示している. さらに, 気泡径 D_B をオリフィスにおけるレイノルズ数 Re との関係で示すと図-3 のようになる. すなわち.

$$D_B \sim Re^m \quad Re < 300 \rightarrow m < 0 \quad Re > 300 \rightarrow m > 0, \quad \text{--- (1)}$$

(ii) コラム内の気泡の上昇速度. 図-4 は, コラム中を上昇する気泡の上昇速度 U_B の分布を示したものであり, ほぼ正規分布に近い分布を示している. さらに図-5 は, 測定した気泡の上昇速度と静止液体中を上昇する気泡の上昇速度とを比較したものである. 図中のプロットは各実験における平均

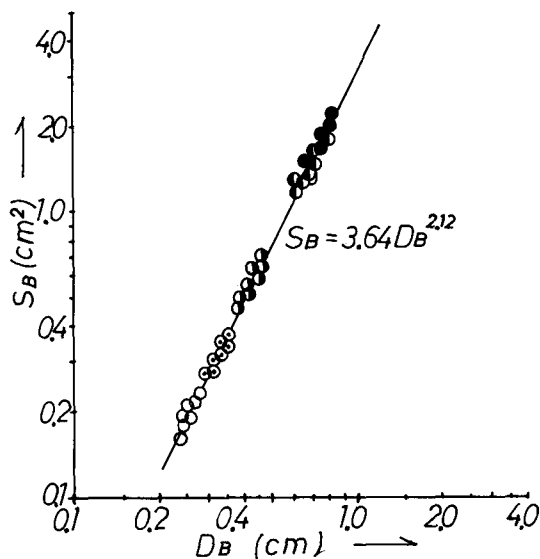


図-6 気泡径と表面積

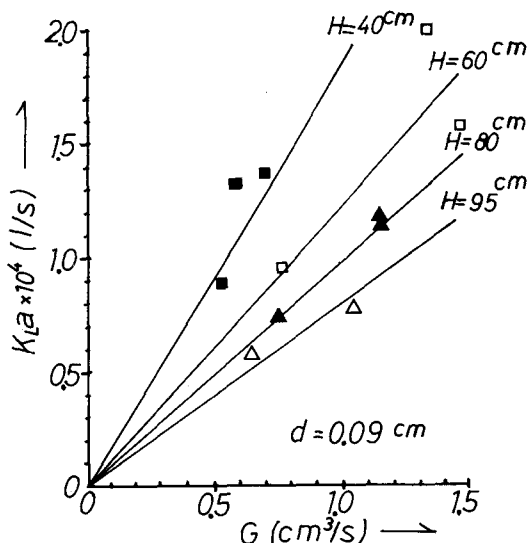


図-7 総括移動係数と通気量

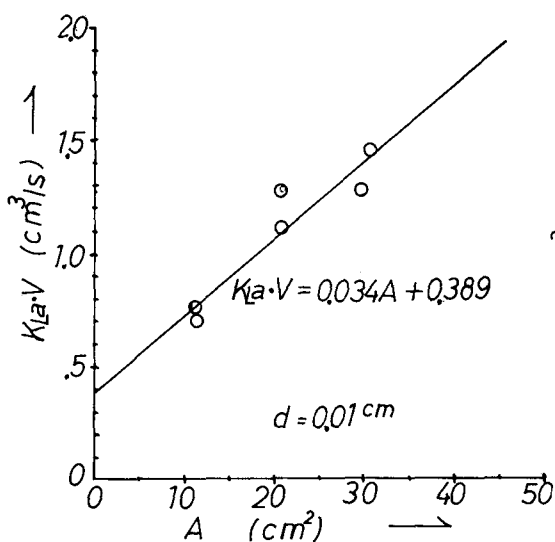


図-8A K_L の分離

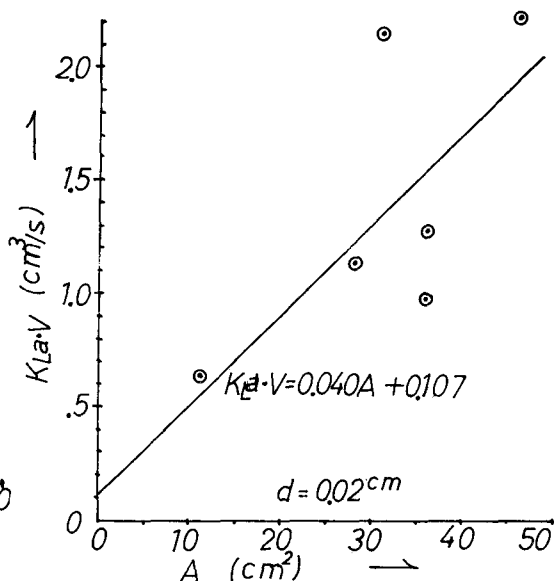


図-8B

値を示すものであり、標準偏差は2.5~4.5 cmである。また図に示されているように、気泡の存在個数が比較的少ない場合においても、その平均上昇速度は、単一気泡の速度に比較して2~8 cm程度大きくになっている。また、気泡径に比例して上昇速度も僅かながら大きい値が得られている。

(iii) 気泡径と表面積 回転槽円体とみなしうる気泡の径 D_b と表面積 S_B の関係については、実験式として

$$S_B = 3.64 D_b^{2.12} \quad (2)$$

が得られている。図-6は本実験における気泡の D_b と S_B をプロットしたものであり、ほゞ式(2)によって近似できることが確認される。

(iv) 総括酸素移動係数と空気流量 総括酸素移動係数 $K_L a$ におよぼす空気流量 G やオリフィス径 d については、実験的にほゞ一定の関係が得られているが、さらに水深 H を変化させた場合の $K_L a$ の変化を図-7に示す。測定が少ないという不満はあるが、当然予想されるように、水深 H に逆比例して $K_L a$ は大きくなっている。

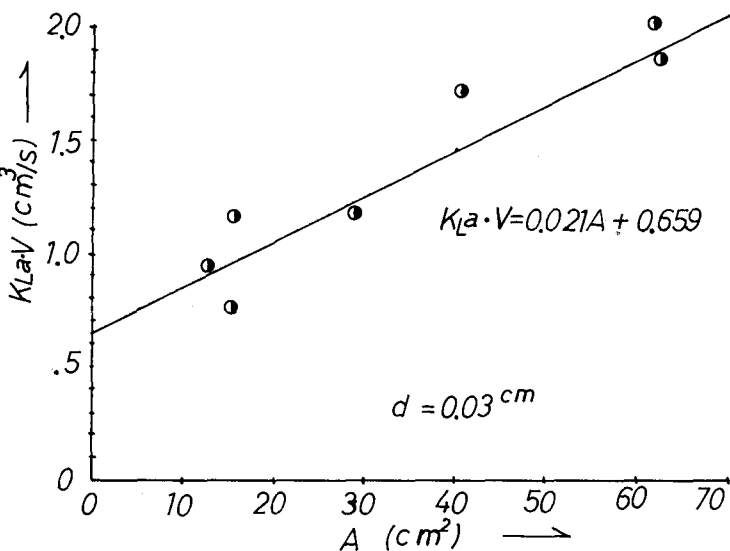


図-8C

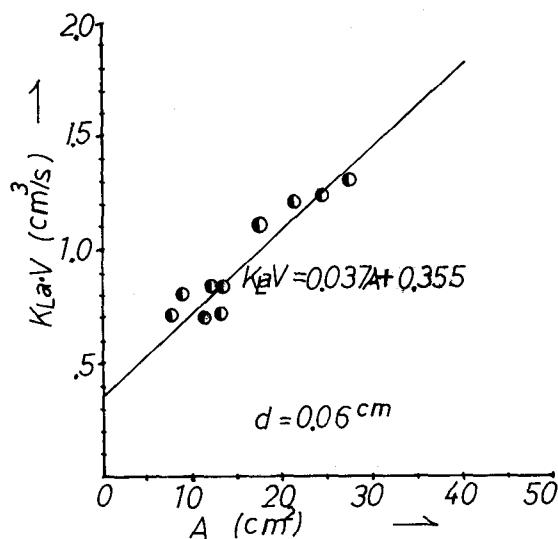


図-8D

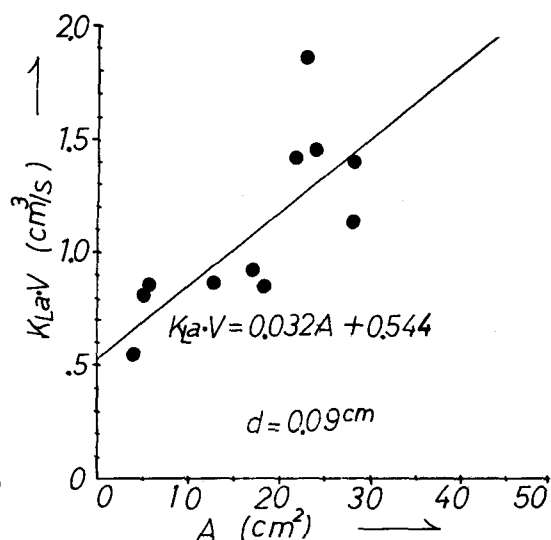


図-8E

(V) 酸素移動係数の分離および自由水面からの酸素移動 コラム中の酸素の移動が気泡の上昇時と端効果によって行なわれるとし、これをコラム容量および界面積を含めた濃度単位で移動速度を表わすと式(3)となる。

$$\frac{dC}{dt} = K_L A (C_s - C) \quad \text{--- (3)}$$

$$= K_L \frac{A}{V} (C_s - C_b) + K_{LE} \frac{A_E}{V} (C_{SE} - C_E)$$

ここでコラム内における液は完全混合に近く、液中の酸素濃度は均一であるとし、飽和濃度も一定値であるとする式(4)が得られる。

$$K_{La} \cdot V = K_L \cdot A + K_{LE} \cdot A_E \quad \text{--- (4)}$$

ここに $A = \frac{G \cdot S_B \cdot H}{U_B \cdot v_B} \quad \text{--- (5)}$

式(4)にもとづいて各実験値を整理した結果を図8に示す。また、酸素移動係数を気泡径についてプロットしたものが図-9である。

3. おわりに

酸素移動係数は気泡径により異なり、大略、 $0.02 \sim 0.045 \text{ cm}^3/\text{sec}$ の値が得られた。また、端効果による酸素移動は極めて小さいと考えられる。

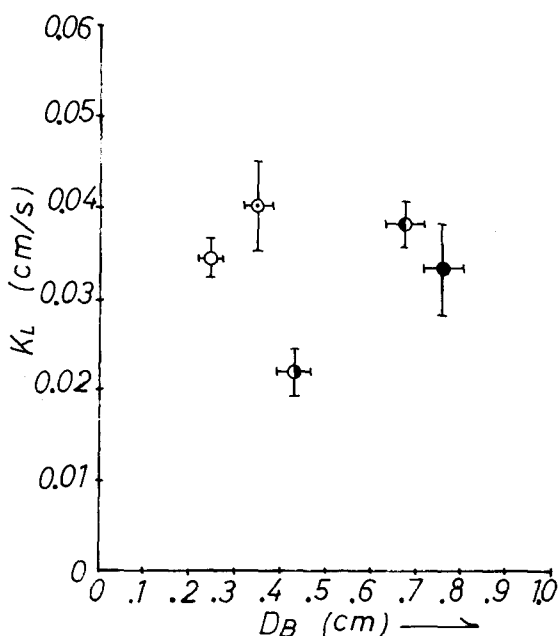


図-9 気泡径と酸素移動係数

謝辞 本研究について御指導頂いた東北大学工学部松本順一郎教授に深く謝意を表します。また、実験に協力下さった仙台市役所菅田孝徳氏、東北大学学生小松誠之助氏にも深く謝意を表します。