

気泡曝気による酸素吸収について

東北大学大学院

○ 学生員 中村玄正

東北大学工業教員養成所 学生員 戸引 勲

§1 はじめに

近來、人口の増加、工業の発達等による下水、有機性廃液の処理のために各地に活性汚泥処理施設が建設、拡張され、下水、廃水等の処理に供されている。しかし活性汚泥処理法については槽内における酸素吸収、汚泥と下水の微生物学的反応、槽内での流動による酸素、汚泥、下水の接触機構等々については未だに解明されていないことが多く、殆んどが経験的な操作運転による。

本研究は、曝気槽における酸素吸収の基礎的な研究として一定散気装置より生じる気泡の分析と酸素吸収について実験を行ない今後の物理的解析の一部として役立てることを目的とした。

§2 実験方法および実験装置

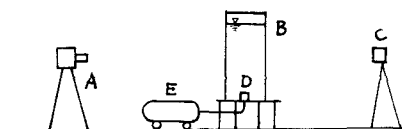
図1に気泡分布に関する実験装置、図2に酸素吸収に関する実験装置を示した。気泡分布については90×90×40(mm)の実験水槽に水道水を入れ15℃とし、φ=0.03cmの単孔散気装置より水中に気泡を発生させてストロボフラッシュと連動するカメラによってこれを撮影した。撮影された気泡をスクリーンに拡大投影して気泡の長径、短径を測定しこれから体積、表面積を算出した。この算定には、気泡は回転楕円体状を示しつゝ上昇するので回転楕円体の式を用いた。図3。

$$\text{即ち 体積 } V_b = \frac{4}{3}\pi a^2 b \quad \text{---(1)}$$

$$\text{表面積 } S_b = 2\pi a^2 + \frac{\pi ab^2}{\sqrt{a^2-b^2}} \log \frac{a+\sqrt{a^2-b^2}}{a-\sqrt{a^2-b^2}} \quad \text{---(2)}$$

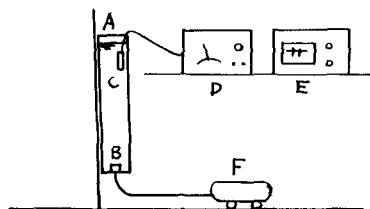
通気量 Q は正確を期すため水上置換によつて上昇気泡を集め、これを通気量とした。

酸素吸収については図2の底部にφ=0.03cmの単孔散気装置をつけた吸収塔を用い Na_2SO_3 により脱酸素した水道水中を気泡を発生させ、D.O.分析計によつて酸素の吸収状態から、酸素



A: カメラ
B: 水槽 (324ℓ)
C: ストロボフラッシュ
D: 散気装置
E: コンプレッサー

図-1 気泡実験装置



A: 吸収塔 4.5ℓ
B: 散気装置
C: センサー
D: D.O. 分析計
E: ペン書きレコーダー

図-2 吸収塔実験装置

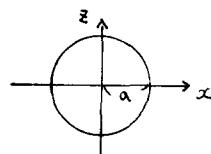
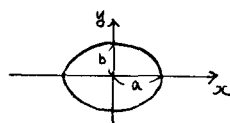


図-3 気泡

移動係数、酸素移動速度を求めた。

§3 結果と考察

1. 気泡の分布

図4に上記で測定した気泡の球相当半径と個数の関係を柱状図で表わした一例である。図5はこれを対数確率紙にプロットしたものでほぼ直線とみなせる。

$$\text{即ち } f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \log s} \exp \left[\frac{-\left\{ \log \left(\frac{r}{\bar{r}} \right) \right\}^2}{2 (\log s)^2} \right] \quad (3)$$

$\bar{r}$ は幾何平均径 (対数確率紙上で50%を示す径)

s は幾何標準偏差, (対数確率紙上で15.9%を示す

す r と $\bar{r}$ の比)。

(3)式によって得た確率密度函数より得た値を実線したのが図4の実線で柱状図を近似したものとなる。

通気量と幾何標準偏差の関係をプロットしたのが図6で通気量150 cm^3/M 付近にて標準偏差は値が大きくなっている。図7に通気量と球相当気泡幾何平均径をプロットした。

図8には通気量を変化させた場合 単位時間に生成される気泡の総表面積をプロットしたもので 直線、および曲線は最小自乗法によって表面積と通気量の関係を式に求めたものである。これによって $\alpha = 0.03 \text{ cm}$ より生成気泡の単位時間あたり表面積が、通気量を知ることによって求めることができる。

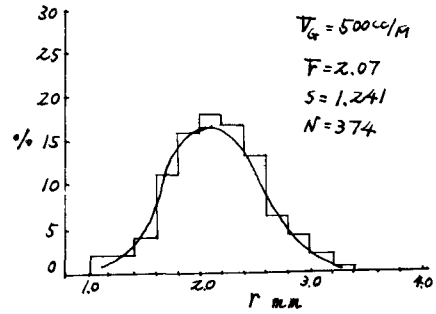


図-4 柱状図

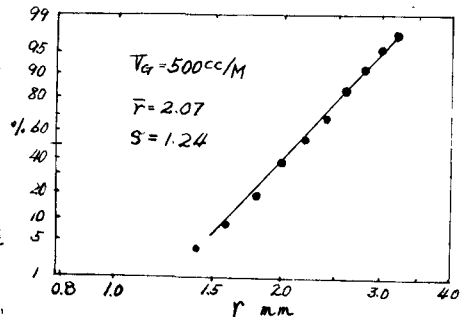


図-5. 対数確率

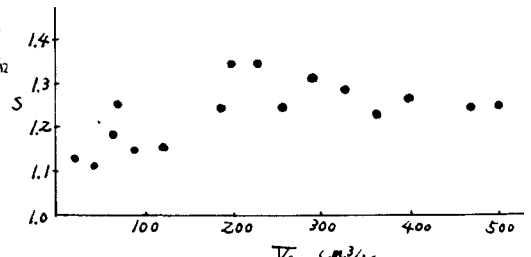


図-6. 空気量と幾何標準偏差

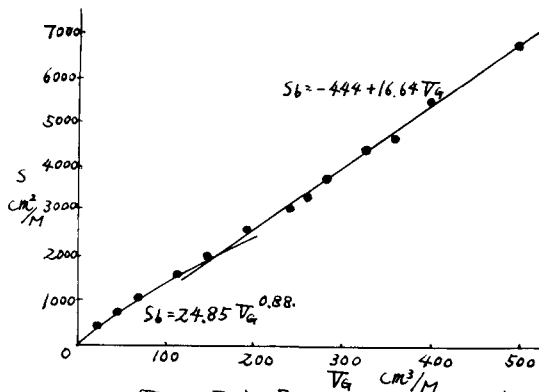


図-8 通気量と気泡総表面積

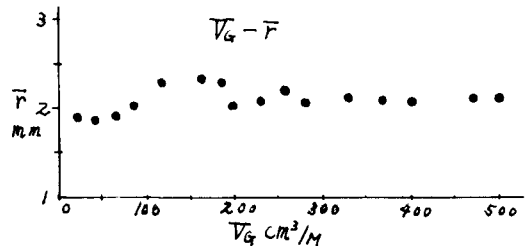


図-7 通気量と幾何平均径

2. 酸素吸収

酸素吸収については、二重境膜説に基づい

た
$$\frac{dC}{dt} = K_{La}(C_s - C_L) \quad \text{--- (4)}$$

が用いられ この式より

$$K_{La} = \frac{2.303}{t_1 - t_0} \lg \frac{C_s - C_1}{C_s - C_0} \quad \text{--- (5)}$$

これを空気量を変化させて D. O 分析計によって実測し K_{La} を求めた。又 K_{La} の値は水温によって大きく変化するのでこれを Eckenfelder らの補正式によって全て、15℃の値に補正した。

次に 総括酸素移動係数 K_{La} と酸素移動係数 K_L との間には

$$K_{La} = K_L \cdot \frac{S_b}{V_T} \cdot C_T \quad \text{--- (6)}$$

即ち K_{La} は界面×積、液体×積、又その系内における他の物理的・化学的な変動特性である。こゝに S_b , V_T は既知であり、

同一槽内における実験であるから $C_T = 1$ として K_L と通気量との関係を図9に示した。

酸素移動速度は

$$W_0 = K_{La} \cdot C_{s(15)} \quad [O_2 \text{ mg/l/hr}] \quad \text{--- (7)}$$

で表わされる。この酸素移動速度と通気量をプロットしたのが図10である。

§4. 総括および結論

(1) $\phi = 0.03 \text{ cm}$ の散気装置より発生する気泡はほぼ指数確率分布に従った分布状態である。

(2) 幾何標準偏差, 幾何平均径, 発生気泡表面積, 酸素移動係数, 酸素移動速度 等について

夫々通気量 $V_G = 150 \text{ cm}^3/\text{min}$ 付近において不連続点が見られる。この理由として通気量が小さいときには気泡は発生間隔が長くそのため気泡はほぼ均一な大きさのものと成り、通気量が大きくなると気泡は孔の所で生成するのではなく孔から気体が液中に柱となって上昇しその柱の先端で液の乱れによってちぎれて気泡となる。この影響が $V_G = 150 \text{ cm}^3$ の所で各図に変曲点となつて表われている。

(3) 界面×積 S_b は (i) 気泡自体の表面積, (ii) 槽における自由表面, (iii) 気泡形成時の非定常状態における界面を代表するものである。 $V_G = 150 \text{ cm}^3$ 以上の所で酸素移動速度が急に大きくなるのはこの非定常生成界面の影響と思われる。

謝辞 本研究を行なうにあたり 直接御指導いただいた東北大学工学部教授 松本順一郎先生に深く謝意を表します。又 実験中御助言をいただいた土木工学科衛生工学研究室の諸兄に厚く感謝

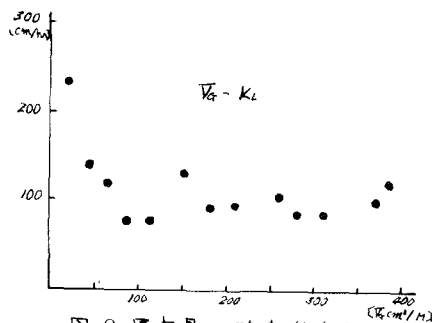


図-9 通気量と酸素移動係数

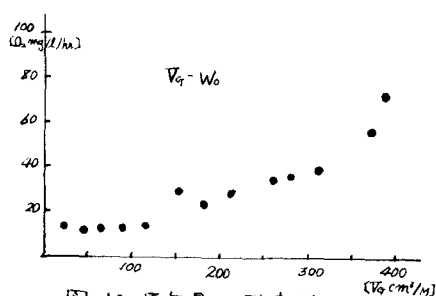


図-10 通気量と酸素移動速度

いたします。

参考文献

- 1) 只木横力 前田四郎 単-オリススより生ずる気泡の大きさについて
化学工学, 27巻(1963) P147
- 2) 井伊谷綱一 粉体の粒度 評論化学工学 P29.
- 3) W.W. Eckentelder, D.J. O'Connor, 岩井重ス 廃水の生物学的処理 P76
- 4) W.W. Eckentelder Aeration Efficiency and Design
Sewage and Industrial Wastes Vol 24, 25, 26, 27,
- 5) 森田優三 統計概論 日本評論社