

単一オリフィスより生じる気泡の分布

東北大学大学院 学生員 中村玄正
東北大学工学部 〃 橋本克治

§1. はじめに

有機性廃水を好気性微生物によって処理する活性汚泥法においては、汚泥微生物への酸素供給、すなわち通気と、汚泥微生物、流入廃水および供給酸素間の接触、すなわち攪拌ということが装置的に最も重要な問題である。散気式気泡曝気は、機械式曝気が回転羽根等によって通気と攪拌を行なうのとは異なり、曝気槽内に設けた散気装置から発生する気泡によって通気と攪拌を行なおうとするものである。しかし、槽内に発生する気泡の分布や気泡からの酸素移動、また槽内流の流動のメカニズム等については、未だに不明な点が多い。本研究では、別報⁽¹⁾に引き続いて、単一オリフィスより生じる気泡について実験を行ない、その分布状態をオリフィスの孔径、通気量を変化させた場合について報告する。

§2. 実験装置および方法

図-1は実験装置の概略を示したものである。曝気槽は400×900×900、容量約324ℓである。槽内に生じる気泡の深度の誤差を小さくするために、150mm望遠レンズ付カメラを槽前面4mの位置に固定し、約 $\frac{1}{3000}$ 秒で発光するストロボフラッシュと連動して写真撮影を行なった。撮影した気泡をスクリーン上に拡大投影し、後述の方法で各気泡の体積 v 、球相当半径 r を求めた。なお、通気量は正確を期するため水上置換法によって測定し、15℃、1気圧での値に換算補正し、水温も15℃に保った。

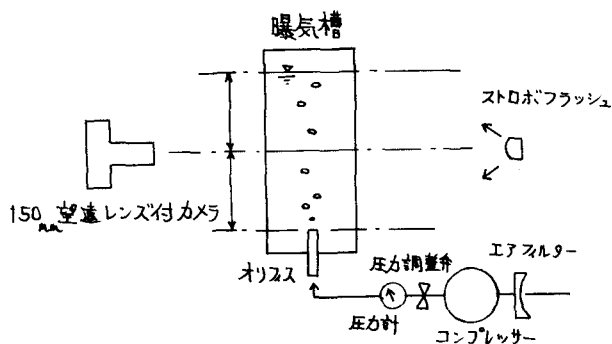


図-1. 実験装置の概略図

§3. 実験結果

只木⁽²⁾らの報告によれば、気泡はその大きさに応じて、形状が球形、回転楕円体およびキノコの形状に変化すると述べられている。筆者らの撮影した写真の観察によってもオリフィス径 $\phi = 0.3 \sim 1.2\text{mm}$ より発生する気泡はほぼ回転楕円体と見なしよく、 $\phi = 1.6\text{mm}$ および 2.0mm より発生する気泡も近似的に回転楕円体と見なすことができた。気泡を回転楕円体と仮定し、長半径 a 、短半径 b を測定して、これと同体積の球の半径 r に換算し、 r についてその分布状態を調べた。

$$v = \frac{4}{3} \cdot \pi a^2 b = \frac{4}{3} \cdot \pi r^3 \quad (1)$$

図-2は通気量 V_g をほぼ $250 \text{ cm}^3/\text{min}$ としオリフイス径を変化させて気泡の度数分布を示したものであり、図-3はこれをさらに対数確率紙にプロットしたものであり、両端での外れが見られるが、いずれもほぼ直線関係を満足すると考えることができる。すなわち、

$$f(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \log \sigma} \exp \left\{ \frac{-(\log r - \log \bar{r})^2}{2(\log \sigma)^2} \right\} \quad (2)$$

ここに $f(n)$ は対数確率密度関数で、 $\bar{r}$ は幾何平均気泡径(対数確率紙上で50%の値を示す気泡径)で

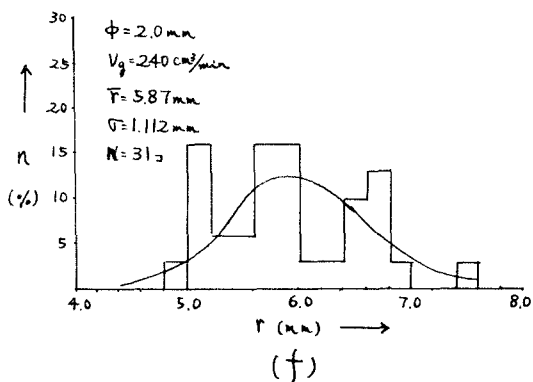
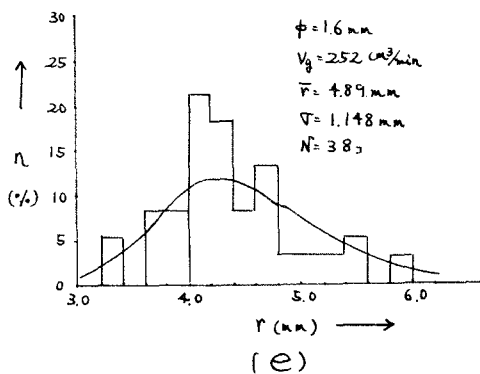
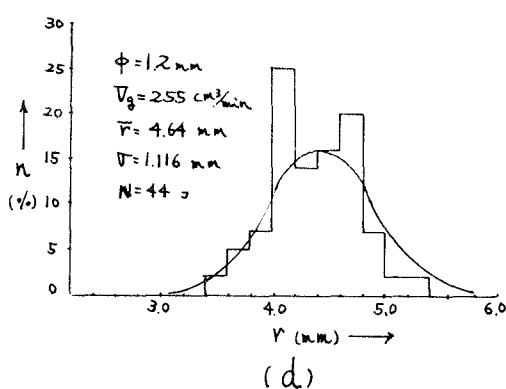
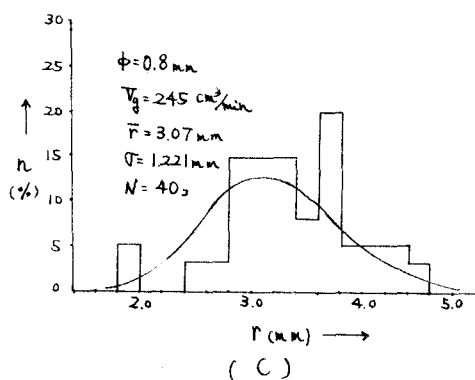
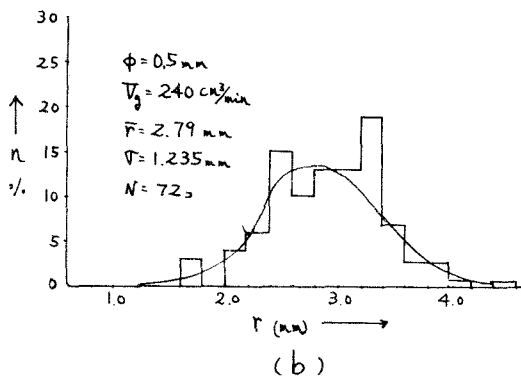
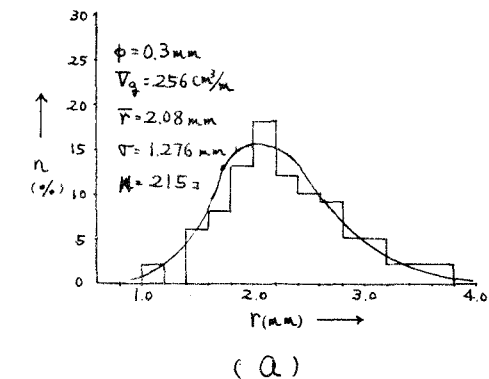


図-2. 気泡の分布状態

あり、 σ は幾何標準偏差(対数確率紙上で84.1%を示す r と下との比である。また、 σ はつぎのようにも定義される。

$$\log \sigma = \sqrt{\frac{\sum [N(\log r - \log \bar{r})^2]}{\sum N}} \quad (3)$$

なお、図-2の実線は式-(2)に $\bar{r}$ と σ の値を代入して密度関数のグラフを描いたもので柱状図を近似したものとなる。

つぎに幾何平均半径 $\bar{r}$ および幾何標準偏差 σ について検討してみる。通気量 V_g に対し

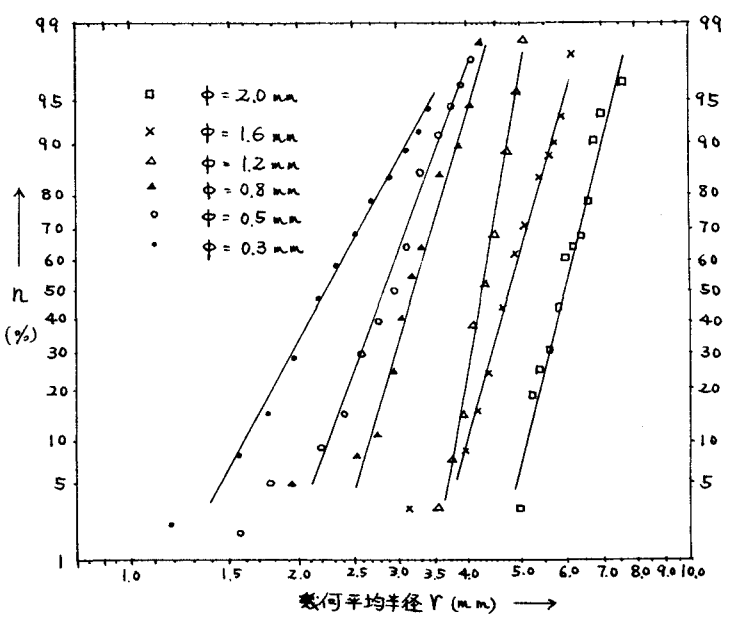


図-3 対数確率紙上の気泡分布

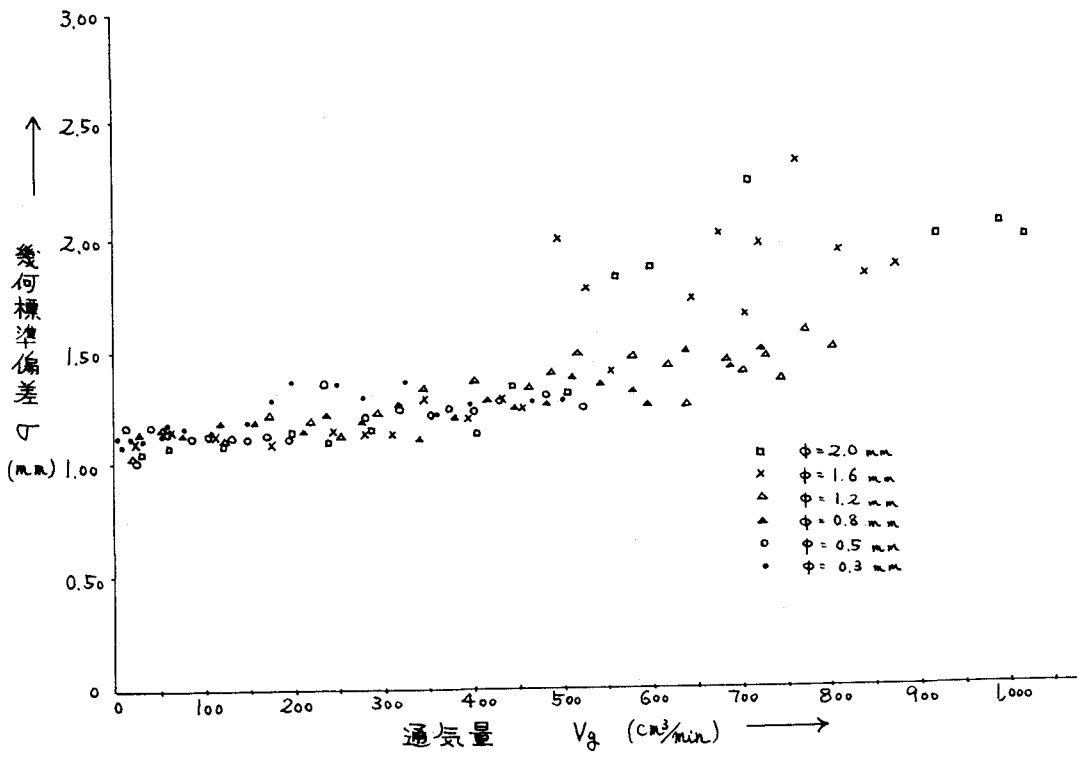


図-4 通気量と幾何標準偏差

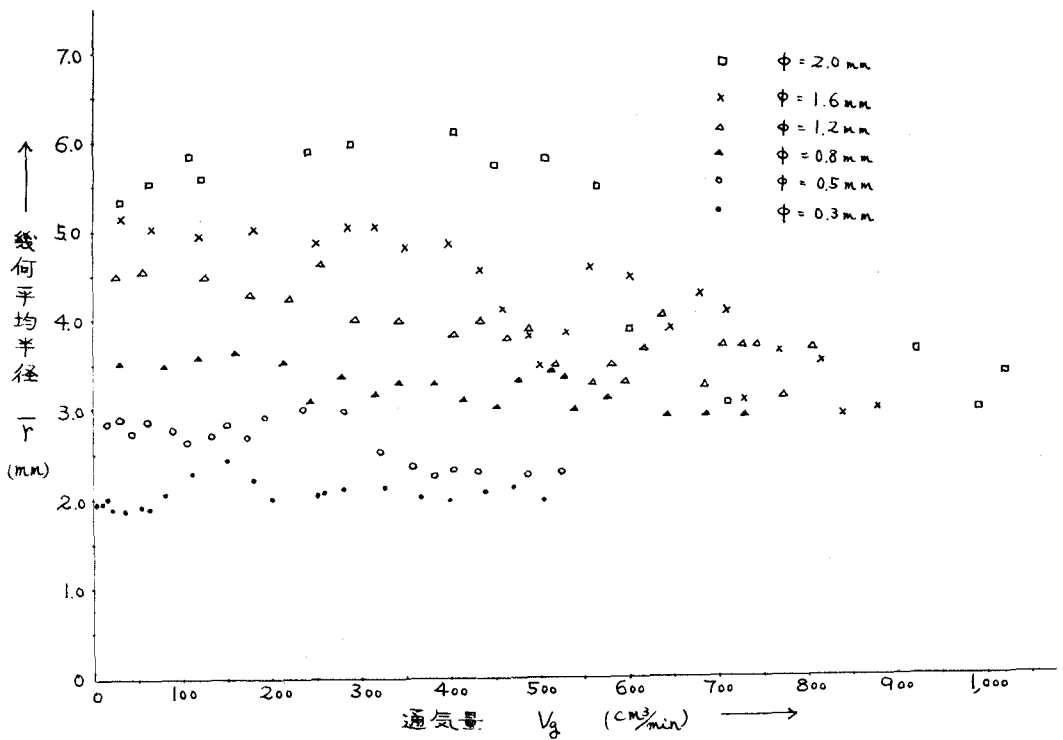


図-5 通気量と幾何平均半径

て下の値をプロットしたのが図-4であり、同様に σ との関係を求めたのが図-5である。

§4 結論

- 1). 実験の範囲内では、通気量、オリフィス径によらず、生成される気泡はほぼ対数確率的な分布状態を示す。
- 2). 気泡径は通気量が小さい範囲では、ほぼオリフィス径の大きさによってきまる。
- 3). 通気量を大きくすると平均気泡半径はオリフィス径に関係なく一定値に近づき、逆に標準偏差は大きくなる。

謝辞： 本実験を行なうにあたり御指導いただいた東北大学工学部 教授、松本順一郎先生、助教授、只木槇力先生に深く感謝いたします。

参考文献

- (1), 松本順一郎, 中村玄正: “気泡エアーレーションと酸素吸収について” 第5回下水道研究発表会講演集 74 ~ 76 ページ (昭和43年)
- (2), 只木槇力, 前田四郎: “単一オリフィスより生ずる気泡の大きさについて,” 化学工学, 第27巻, 3号, 147 ~ 155 ページ (1961年).