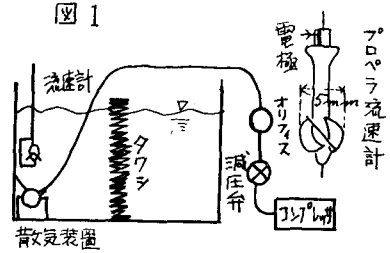


九州大学工学部 正員 栗谷 陽一
 学生員 北野 義則

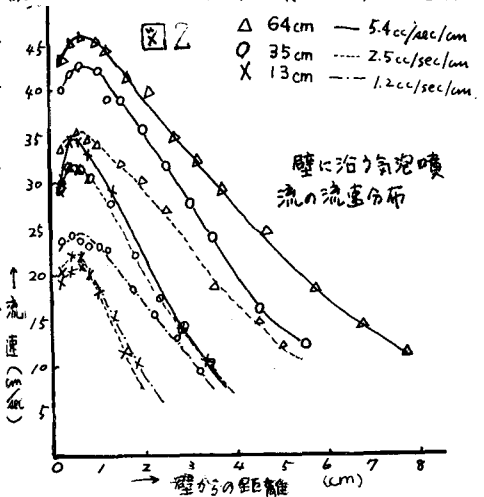
1. まえがき 活性汚泥処理における曝気槽の散気は、酸素供給能と巡回流による汚泥の沈降防止、基質と汚泥との接触向上、攪拌混合を目的としている。この真実なる気泡混相としてでなく、気泡噴流としての性質がかなり重要とされる。著者らは、先に壁面の影響をうけ、自由な気泡噴流の性質についで検討を加えたが、現実の曝気槽では気泡の噴流が一側壁に沿って作られるのが普通である。この場合自由な気泡噴流と異なり、壁面との間に境界層を作るなどのためかなり異なる性質がある。この報告はこの様な壁面に沿う気泡噴流の性質を明らかにしようとするものである。

2. 実験装置及び測定方法 長さ2000mm、幅400mm、深さ1200mmの全面ア



クリル製水槽の一侧壁底部に散気装置を置き、これに図1の様にコンプレッサーより減圧弁、オリフィス流量計を通して送気する。散気装置は真管に注射針(外径1/4、内径0.23mm)を7mm間隔に55本取付けて先端を壁面に沿わせて気泡を発生させる。流速測定はプローバ流速計を用い、噴出口から13, 35, 64cmの高さでカウンターで計測した。なおタウシは巡回流を止めるためのものである。

3. 実験結果 上昇流速分布の実測例を図2に示す。流速分布の形は鉛直壁面からの熱自然対流の場合と非常に良く似ている。又方向に対して噴流の幅だけでなく(最大流速)も増大していることが自由気泡噴流の場合とくらべて異なる。この点を詳細にみるために流量と運動量と指標に、 $UB = \int_0^\infty u dy$, $UB = \int_0^\infty u^2 dy$ となるような噴流代表流速 U と代表幅 B を求め



れば図3に例示するような結果を得る。比較のため自由気泡噴流の実験結果をもとに同様に $UB = \int_0^\infty u dy$, $UB = \frac{1}{2} \int_0^\infty u^2 dy$ より U 及び B を求めると図3の様になる。噴流のひろがり角は自由気泡噴流の半幅に比べてもかなり小さく(約0.6倍)、流速は x によって変化するために比較しにくいがある x 以上では自由流の場合にくらべて太くなっていく。

4. 考察 線源からの二次元自由噴流については熱気流に対する Schmidt の実験及び理論から知られている様に気泡の相対速度を無視すれば噴流の幅は散気板からの高さ (x とする) に比例して直線的に増し、最大流速は深さに無関係、気泡密度は $1/x$ に比例する。また上昇速度分布、気泡密度分布は相似の形をしている。一方壁面に沿う噴流については壁面条件と拡散条件との間で相似性が保たれず複雑であるが実験的には噴流の幅はやはり直線的に増大し、流速は $x^{0.55}$ に比例すると云われている。この報告が取扱う線源からの気泡噴流の場合は、壁からの伝熱による自然対流の取扱いと似ているが、線源が壁面の下端に集中した場合に相当する。この場合もやはり壁面の影響の仮定と井側の乱流拡散の影響の割合が x によって

変るために横断面内の流速分布、気泡密度分布の相似の仮定と外側の乱流の仮定が許されるため理論的解析は極めて困難であるが粗い計算で概略を推測してみる。壁面に沿う境界層方程式を積分形で表示すれば運動量の増大は、

$$\int_0^y u^2 dy = g \int_0^y dy - U_B^2 \quad (1)$$
 気泡保存則は、

$$\int_0^y u dy = 0 \quad (2)$$

又壁面に沿って上向き、 y は、壁面に垂直にとり、 u は流速、 α は気泡密度、 U_B は壁面摩擦速度である。簡単のため気泡の相対速度は考慮しない。単位幅あたりの散気量を Q とすると(2)は積分して $\int_0^y u dy = Q \quad (3)$ となる。又代表流速 U 、代表気泡密度 S 及び噴流代表幅 B で表示するものと考えると、(1)(3)は、 $\int_0^y (U^2 B) = g S B - U_B^2 \quad (4)$ $U S B = Q \quad (5)$ となる。また噴流流量の増大は乱流拡散によるものであるから、乱流拡散係数 $\propto U B$ 、速度勾配 $\propto U/B$ 、従って $U \frac{d}{dy} (U B) = \alpha \cdot U B \cdot U/B$ で与えられると考えられる。 $\therefore \frac{d}{dy} (U B) = \alpha U \quad (6)$ 摩擦速度は Blasius の式から $U_B^2 = \beta U^2 (\nu/U B)^{1/4}$ を仮定すると(2)は、 $\int_0^y u dy = g \int_0^y dy - \beta U^2 (\nu/U B)^{1/4}$ となる。

U, S, B を用いて書きなおし(6)を用いて S を消去すると $\frac{d}{dy} (U^2 B) = \frac{2g}{U} - \beta U^2 (\nu/U B)^{1/4} \quad (7)$ 無次元化に
 によって $x = (\frac{g}{\nu})^{1/4} \nu / \alpha^{1/4} \sqrt{30/a}$ $x_1, U = \sqrt{30/a} U_1, B = (\frac{g}{\nu})^{1/4} \nu / \sqrt{30/a} B_1$ とおくと(6),(7)は $\frac{d}{dx} (U_1 B_1) = U_1 \quad (8)$ $\frac{d}{dx} (U_1^2 B_1) = \frac{1}{U_1} - U_1^2 (U_1 B_1)^{-1/4} \quad (9)$, (8),(9)を用いて数値積分を行った。ここで α の値は図3の実測結果の x の十分大きいところでの幅流の幅のひろがりより $\alpha = 0.05$, (6)で $U = \text{const}$ なら $\frac{d}{dy} (U B) = \alpha$ を用い β の値は NACA, TN # 27077 により概略の値として 0.1 とした。上昇流速ははじめある値から急激に増大し、一定値に漸近することが示されかなり実測結果を説明していると思われる。(図4)。従来の説では壁面に沿う散気でも、液中中で散気したと至もあまり変わらないといわれていたが、ここで求めた運動量及び上昇速度をみると壁面に沿う場合には壁面摩擦のために同一気泡量に対する運動量がかかなり小さく旋回流と作る効果は自由噴流より劣り、さらに流速は太くなるため気泡滞留時間として短く、酸素供給態もやや劣るのでないかと思われる。

参考文献: 1) 曝気槽における気泡噴流の性質 栗谷田中 23回年次学術 2) NACA TN # 27077 by E.R. Eckert & T.W. Jackson.

