

N-1 下向流水中軸流曝気装置の実液運転時気泡径の実測と検討

住友重機械工業(株) ○青井 透、岡庭 良安
東北大学 野池 達也

1. はじめに

高負荷生物脱窒素し尿処理施設の水深10m高深度曝気槽を用い、清水時及び実液運転時(汚泥混合液濃度約1.3%)において、独自に開発した水中軸流下降流曝気装置の酸素移動効率について実験を行ったところ、一般的な知見とは異なり、酸素移動効率は汚泥混合液中の方が高い値を示した(清水時44~53%、汚泥混合液時66~74%)¹⁾²⁾。この結果は、曝気槽の高い汚泥濃度による粘性上昇により気泡の分散性が増加し、気泡径が減少することによる気液界面面積の増大が主な原因と思われたので、実際に汚泥混合液中の気泡径を写真撮影し、気泡径の分布を実測するとともに、気泡径が酸素移動効率に与える影響を検討したので報告する。

曝気槽混合液中の気泡径の測定については、Fujie, et al. が450mm ϕ ×6.0mHの透明カラムを使用し、清水をカラム上部でディフューザにより曝気しカラム内を下向流で流れている状態での気泡径を写真撮影により測定しており、測定気泡径は3~5mmの間にあったと報告している³⁾。またSekizawa, et al. はプラチナ電極を設置した2mm径の細いガラス管を用いることにより、曝気槽汚泥混合液中の気泡径を測定して散気性能指標との関係を報告している⁴⁾が、実曝気槽の汚泥混合液の気泡径が直接写真撮影されたデータは従来殆ど報告されていない。

2. 実験設備及び方法

曝気槽汚泥混合液中の気泡径実測に用いた高深度曝気槽の断面図を図1に示す。本曝気槽では短サイクル間欠曝気運転により硝化脱窒素を交互に行なう運転が継続しており、インバータ駆動ポンプにより送気量は15分高風量(3.3m³/分)・15分低風量(0.5m³/分)、1サイクル30分の運転モードであった。各設備概要を表1に示す。本曝気槽の水面下約2.6mに冷却用循環ポンプのサクションが設置されているので、このポンプを利用して15mmホースで気液混合液を取り出し、気液分離を起こさない流速下でその一部を流路幅1mmの7クリルガラス間(スケールを内側に添付)を流し、裏から照明を当て高感度フィルムを用いてカメラで気液混合液を撮影した(シャッタースピード1/1000)。撮影は毎分1枚の速度で行ない、気泡径と気泡数を印画紙上で実測して検討を行なった。

表1 高深度曝気槽設備概要

Name of Equipment	Specification
Submerged axial down-flow aerator	power 22Kw, 10pole $\times$ 3 set 36m ³ /min $\times$ 2mAq, 60Hz, 750rpm
Aeration blower	Roots type with 7.5kw inverter motor 0.5~6m ³ /min $\times$ 0.32kg/cm ²
Deep aeration tank	2.55 ^m $\times$ 7.65 ^m $\times$ 10.0 ^m V=192m ³
DO analyzer	YSI portable model57

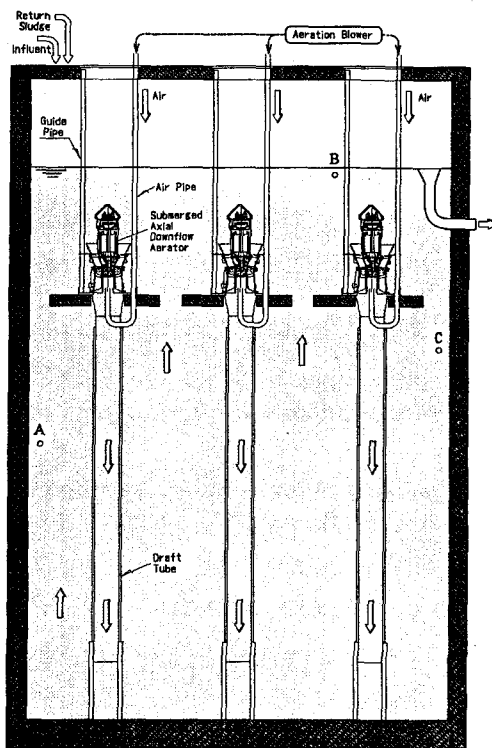


図1 高深度曝気槽断面図

3. 実験結果および考察

3.1 曝気槽排気中の各気体成分組成

図3は気泡径測定実験とは別の日に測定した曝気槽排気中の各気体成分組成を示す²⁾。酸素濃度は高風量時4~6%、また二酸化炭素濃度は10~11%と著しく高く、酸素移動効率が低いことを示している。

3.2 実測気泡径の分布

写真1は図2に示した7クリガラスを通過中の気液混合流の写真の一例を示す。超高感度フィルムと速いシャッタースピードのため気泡が鮮明に写っている。

2で述べた方法で実測した、汚泥混合液中気泡径の分布を図4に示した。気泡径分布のピークは0.4mm(0.3~0.5)と0.9mm(0.8~1.0)にあった。このピーク径は清水時気泡径(約4mm)と比べて大幅に小さく、高負荷・高汚泥濃度の本曝気槽では、汚泥混合液中の気泡が微細化して混在している。この結果は本混合汚泥をシジグに採取したときの目視による気泡径とよく一致しており、またシジグ採取汚泥が自然浮上することの裏付けでもある。但し図2に示した方法では、曝気槽中の比較的大きな気泡はサクションパイプに流入せずに直接曝気槽中を上昇するため、この部分を考慮すると曝気槽全体の平均気泡径は1~2mmの範囲にあると思われる。

3.3 汚泥混合液中気体含有率の経時変化

各測定時間(撮影時間)毎に気泡径分布と各気泡数を測定し、気泡体積を計算した結果を時間毎にプロットした気体含有率の経時変化を図5に示す。多少のばらつきはあるが、高風量時間と低風量時間では気体含有率が変化することがわかる。高風量時間帯の気体含有率は3~4%、低風量時間帯のそれは1~2%の範囲であった。3.2に述べた比較的大きな気泡の存在を考慮すると、曝気槽全体の気体含有率は若干高い値になるとと思われる。

3.4 気泡径変化の酸素移動速度への影響

送気量が同一の場合には、気泡径が微細化するに伴い、気液界面面積(A)は大幅に増加する。他方実液時には総括酸素移動容量係数(K_La)は低下するとされ補正係数 α 、 β が与えられている⁵⁾。本実験設備において気泡径をパラメータとして、各気泡径と酸素移動速度の清水時に対する倍率との関係を求めた結果を図6に示す²⁾。本検討より、実液時の酸素移動効率上昇の主たる原因は実液時における平均気泡径の低下であることが確認された。

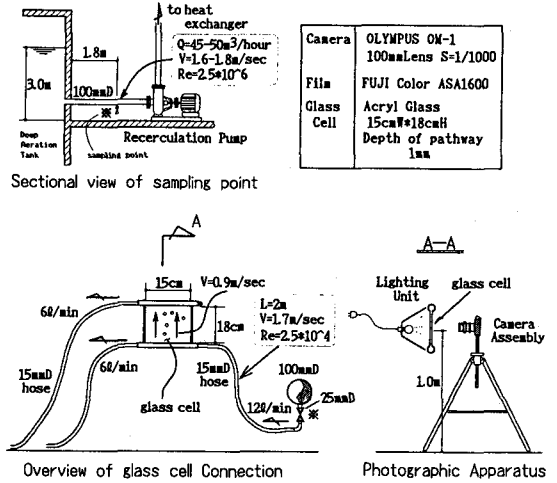


図2 気泡径測定装置概要

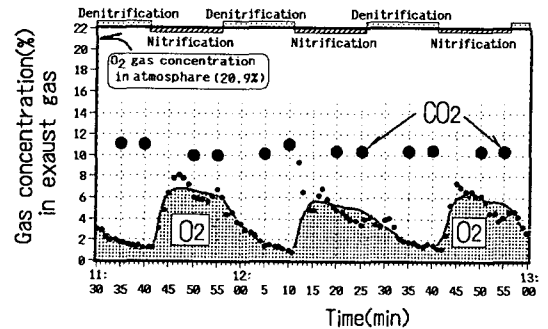


図3 定常運転時の排気中気体濃度変化の一例

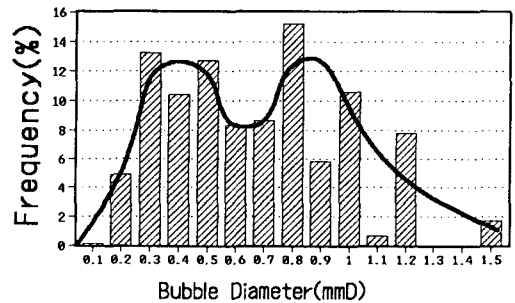


図4 測定気泡径の分布

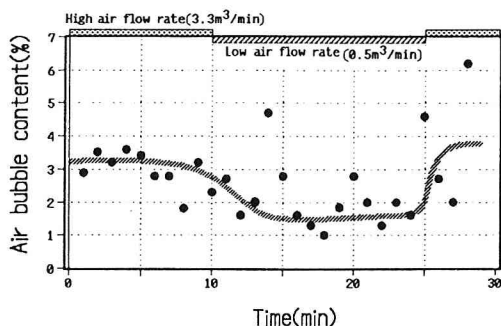


図5 気泡径と気泡数から計算した液中気体含有率の経時変化

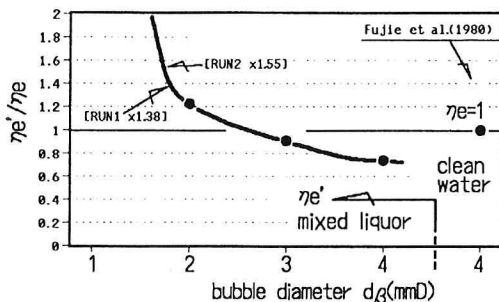


図6 気泡径変化による実液時酸素移動速度の清水時に対する倍率（計算値）

4. まとめ

高負荷・高濃度汚泥曝気槽中の汚泥の性状は、標準的な曝気槽（汚泥濃度0.3~0.6%）中の汚泥とは大きく異なることが現象的に知られているが、本研究の結果はその属性の一部を説明している。得られた結果を以下に示す。

- (1) 写真撮影法により、実液運転時の汚泥混合液中に含まれる気泡径を実測したところ、気泡径分布のピークは0.4mmと0.9mmにあり清水時に比べて大幅に微細化していることがわかった。
- (2) 同上的方法により実測した、気泡径と気泡数量より汚泥混合液中の気泡含有率を計算すると、硝化運転時には3~4%・脱窒運転時には1~2%となったが、この値は汚泥混合液の密度測定法より求めた気泡含有率とおおむね一致し、高負荷・高濃度曝気槽汚泥混合液は常に気液混合液と見なせることがわかった。
- (3) 本実験を行なった高深度曝気槽では、実液時の方が清水時よりも酸素移動効率が上昇するという特異的な結果を示したが、この現象は実液運転時の気泡径の減少による気液界面面積の増加が主たる原因であることが確認された。

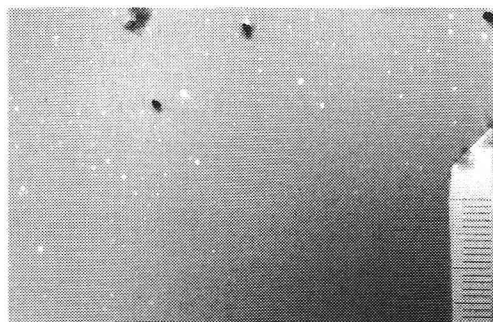


写真1 気泡径測定写真の一例

<参考文献>

- 1) 青井 透、岡庭 良安、萩原 薫(1992):高深度用下降流水中軸流エーラの酸素溶解特性について、第26回水環境学会講演集、pp312-313
- 2) 青井 透、岡庭 良安、野池 達也(1993):深槽式曝気槽における下降流水中軸流曝気装置の酸素移動特性の検討、下水道協会論文集、Vol.30, No.375, pp30-40
- 3) Fujie, K., Takaine, M., Kubota, H. and Miyaji, Y. (1980): Flow and Oxygen Transfer in Cocurrent Gas-Liquid down flow, J. Chem. Eng. Jpn, Vol.13, No.3, pp188-193
- 4) Sekizawa, T., Fujie, K., Kubota, H., Kasakura, T. and Mizuno, A. (1985): Air Diffuser Performance in Activated Sludge Aeration Tanks, Jour. WPCF, No.57, No.1, pp53-59
- 5) Eckenfelder, W. W., Jr., O'Conner, D. J. (岩井重久訳) (1961): 排水の生物学的処理、コロナ社、pp76-94