

水の液膜と空気との接触による新規酸素供給法の開発に関する研究

山口大学大学院 ○寺岡 聡、朱 花、今井 剛、樋口隆哉、関根雅彦
関西保温工業株式会社 谷 公輔

1.はじめに

現在下水処理に多く採用されている活性汚泥法では、処理に必要な酸素を供給するための曝気操作を行う必要がある。しかし、曝気操作に要する消費電力は処理場全体のその 40～50%程度を占めるといわれており、処理場の省エネルギー化を図るためには曝気効率(酸素溶解効率)の向上が不可欠である。そこで、本研究では従来の曝気方法とは異なる水の液膜を利用した新規発想に基づく酸素供給法を考案し、その装置の酸素供給効率を高める適正設計条件について検討し、本装置の有用性について評価することを目的とする。

2.液膜式酸素供給装置の概略

図-1 に液膜式酸素供給装置の概略図を示す。本装置は、槽底部から曝気を行い、気泡を集積し、水面近くに設置したエアリフト管内を処理対象水と気泡がエアリフト効果により上昇し、装置上部において大気中で液膜(水の泡)を形成させるものである。液膜状態では、膜の内外で酸素と接触するため(図-2 参照)、水と酸素との接触面積を飛躍的に増加し、酸素溶解効率が高まる。また、本装置の構造は単純であり、既設の曝気槽に被せるだけで使用でき、曝気水深についても従来のもの(4～5m)よりも浅い位置(数十cm)からの曝気で済むため、曝気に要する消費電力の削減も大いに期待できることが本装置の主たる特徴である。

3.液膜式酸素供給装置の設計条件に関する検討

本装置の設計条件として、液膜形成に及ぼす各因子であるエアリフト管径、液膜形成部高さ、エアリフト管の配置形状、気体収束部の形状、曝気量についての実験的検討を行い、各因子の液膜形成への影響を把握するとともに各因子の適正値を検討する。

3.1. 気体収束部の形状の変化が酸素供給効率に与える影響

(1)実験方法及び条件

亜硫酸ナトリウムを添加して脱酸素させた水道水 80 Lを入れた水槽(水深 62 cm)に装置を設置する(図-1 参照)。水槽内の DO、水温を測定した後、曝気を行い、装置から流出する処理水(液膜を形成して装置から越流した水)の DO、流量を測定する。

装置の設定条件として、これまでの研究で適正と判断されたエアリフト管径 4cm、液膜形成部高さ 1cm の条件のものをを用い、装置の気体収束面積を変化させるため気体収束部の角度を 60°と 76°(図-3 参照、エアリフト管長さ 0 cm)、90°(図-3 参照、エアリフト管長さ 10cm)と変化させて連続流通過実験を行った(表-1 参照)。また、90°の条件では、その部分だけで気泡を収束させるのは困難であったため、90°部分となるエアリフト管の末端に角度 60°の収束部を接続した。装置の評価指標として、DO の上昇分に処理水の流量を乗じた酸素供給速度(1)式を用いた。

$$\bullet \text{ 酸素供給速度}(\text{mg-O}_2/\text{min}) = (\text{測定 DO 値} - \text{初期 DO 値}) \times \text{処理水流量} \quad (1)$$

(2)実験結果及び考察

実験結果を図-4 に示す。図-4 に角度 60°の条件の結果がないのは、処理水が得られず測定不能であったためである。図-4 より、酸素供給速度は角度が小さくなるにつれ、減少する傾向がみられた。これは、角度が小さくなるほど、気泡の鉛直方

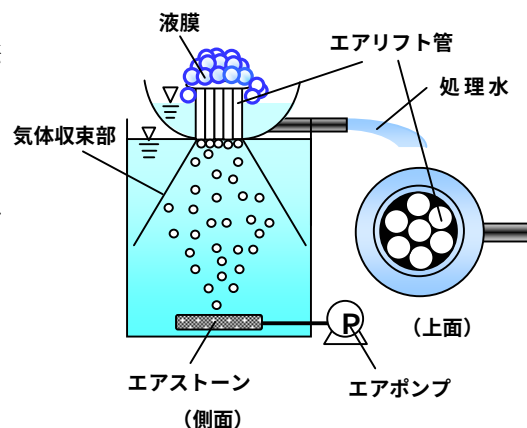


図-1 液膜式酸素供給装置の概略図

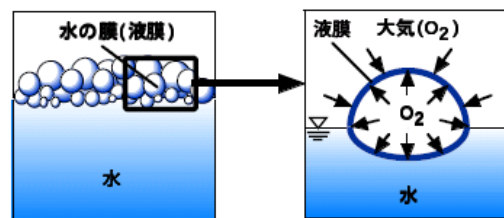


図-2 液膜式酸素供給法の概念図

表-1 実験条件

気体収束部角度	液膜形成部高さ (cm)	エアリフト管径 (cm)	曝気量 (L/min)
60°	1	4	6
76°			
90°			

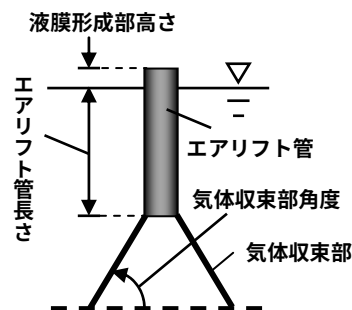


図-3 気体収束部角度図

キーワード 液膜、曝気、溶存酸素、酸素供給、活性汚泥法

山口大学大学院理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1) E-mail: imai@yamaguchi-u.ac.jp

向の駆動力が気泡と気体収束部との接触による摩擦により減少したため処理水流量が減少したためと考えられる。よって、装置の形状は気体収束部角度 90°であるエアリフト管に気泡を収束させる形状がよいことが確認された。また、エアリフト管への気体収束部の角度は、この実験で処理水が得られなかった 60°のような小さい角度で気体収束部を広げ、曝気量を確保するために必要な気体収束部面積を自由に設定できることが確認された。

3.2.エアリフト管の長さの変化が酸素供給効率に与える影響

3.1.より、気体収束部角度 90°のエアリフト管長さについて、新たな影響因子として検討する必要があることがわかったため、以下にその検討を行う。

(1)実験方法及び実験条件

3.1.と同条件の水と水槽及び曝気量を設定し、3.1.の実験で用いたエアリフト管径 4 cm、液膜形成部高さ 1 cm、気体収束部角度 90°(エアリフト管の末端に角度 60°の気体収束部を設置した)の形状の装置を用いて実験を行った。また、装置の水面下におけるエアリフト管の長さは、10、15、20、25、30、45cm と変化させて実験を行った(表-2 参照)。

(2)実験結果及び考察

実験結果を図-5 に示す。酸素供給速度は 10~30cm まで上昇するが、30cm 以降は低下することが確認された。これは、エアリフトの原理より、エアリフト管内の空気が混入した水の重量と周りの水圧が釣り合わなければならないことから、エアリフト管が長くなるにつれ、エアリフト管内の気泡が混入した水の容積が増加し、周りからの水圧が大きくなるため処理水流量が増加し、酸素供給速度が増加したと考えられる。また、45cm において酸素供給速度が低下した理由としては、処理水流量の増加に伴い、液膜形成の効率が低下し、酸素供給効率が低下したためと考えられる。よって、水面下におけるエアリフト管長さは 30cm 程度が適正であると考えられる。

3.3.曝気量の変化が酸素供給効率に与える影響

(1)実験条件及び方法

実験方法は 3.1.と同様である。3.2.の結果を踏まえて、装置の設定条件をエアリフト管径 4cm、液膜形成部高さ 1cm、エアリフト長さ 30cm として、曝気量を 1、2~12L/min の間で 2L/min ずつ変化させて実験を行った(表-3 参照)。

(2)実験結果及び考察

図-6 に曝気量 1L あたりの酸素供給速度を示す。曝気量 1L あたりの酸素供給量は、曝気量が少なくなるにつれ増加することが確認された。しかし、曝気量 1L/min の条件では、エアリフト管に対しての気体量が少なすぎたためエアリフト効果が低減し、処理水量が極端に少なかったため最も低い値となった。また、図示していないが、曝気量の違いによる処理水の DO 濃度の差はほとんどなく、DO 濃度が 2.4mg-O₂/L 前後であった。以上から、このときの液膜式酸素供給装置の曝気量の適正值は、液膜形成部 1cm² あたりの曝気量 0.16L/min・cm² 程度となった。また、曝気量 1L あたりの酸素供給量が最も高い値となった曝気量 2L/min の条件のみについて、比較の対象として通常曝気(液膜式酸素供給装置から排出される処理水量と同量の脱酸素水に通常の曝気を液膜式酸素供給法の処理時間と同じ時間行い、DO を測定した)を行ったところ、液膜式酸素供給法が 21.7mg-O₂/L-Air、通常曝気が 18.9 mg-O₂/L-Air となり、液膜式酸素供給法は通常曝気より酸素溶解効率が約 15%向上していることが確認された。

4.まとめ

ラボスケールにおける液膜式酸素供給装置の適正設計条件について検討した結果、液膜形成部高さ、エアリフト管径、気体収束部の形状、エアリフト管長さ、曝気量に関して、表-4 に示す条件が得られた。しかし、既存の曝気槽における条件 (MLSS など) は考慮されていないため、今後既存の曝気槽での運転条件、装置の性能評価を検討する必要がある。

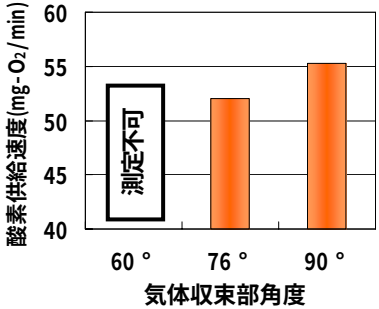


図-4 酸素供給速度

表-2 実験条件

エアリフト管長さ (cm)	液膜形成部高さ (cm)	エアリフト管径 (cm)	曝気量 (L/min)
10	1	4	6
15			
20			
25			
30			
45			

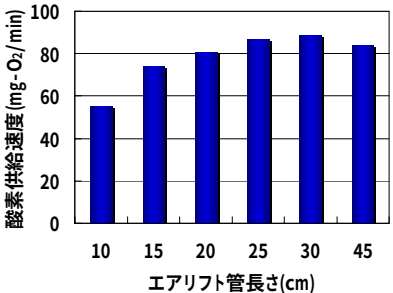


図-5 酸素供給速度

表-3 実験条件

曝気量 (L/min)	液膜形成部高さ (cm)	エアリフト管径 (cm)	エアリフト管長さ (cm)
2	1	4	30
4			
6			
8			
10			
12			

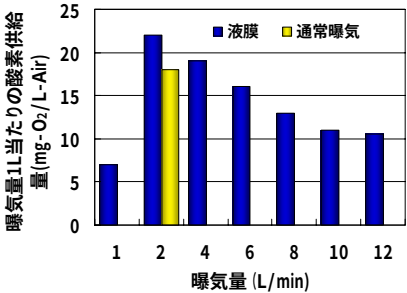


図-6 曝気量 1L 当たりの酸素供給速度

表-4 本装置の適正設計条件

液膜形成部高さ	1cm程度
エアリフト管径	4cm程度
エアリフト管の配置形状	1本のエアリフト管をそれぞれ独立させて設置
気体収束部の形状	90°程度
エアリフト管長さ	30cm程度
液膜形成部1cm ² 当たりの適正曝気量	0.16L/min・cm ²