水の液膜と空気の接触による新規の酸素供給装置の開発に関する研究

山口大学大学院　○谷公輔、今井剛、寺岡聡、朱花
浮田正夫、関根雅彦、樋口隆哉

1.-研究背景及び目的

現在下水処理に多く採用されている活性汚泥法は好気性微生物の働きを利用して下水中の有機汚濁物質を除去するものであるが、この微生物の活性を維持するためには、曝気により酸素を十分に供給する必要がある。しかしながら、曝気に要する電力コストは下水処理場全体に要する電力コストの４～５割を占めるといわれ、下水処理の低コスト化を実現するには、曝気効率を高めることにより、そのコストを低減させることが必須である。一般に水への酸素の溶解効率は水と酸素の接触面積に依存するため、気泡を微細化することが一般に重要とされている。それに対して本研究では大気中で水の液膜を形成させ、空気との接触面積及び効率を飛躍的に増大させる酸素供給法を考案し、その装置開発及び実験的検証を行った。

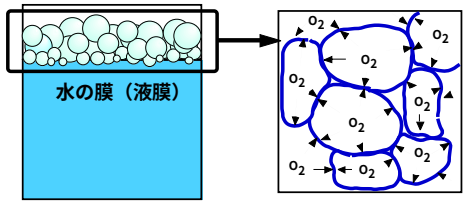

図 1-液膜式酸素供給法の考え方

2.-液膜式酸素供給装置の概要及び特徴

液膜式酸素供給装置は、装置下部よりエアポンプで曝気を行うことで、エアリフト効果により水と気泡が装置中心部のパイプ内を上昇し、装置上部において大気中で液膜が形成され、液膜の内外から瞬時に酸素供給を行う（**図 1、2** 参照）ものである。この装置は従来の曝気槽に被せるだけで使用でき、曝気を利用して液膜を形成されるため、本装置による消費電力の増加はない。また曝気の水深が数十cmからでも十分な酸素供給が行えるように設計されているため、低コストで効率的な酸素供給が行える。また水面より高い位置で液膜を形成せるため、水の移送を行うことも可能である。

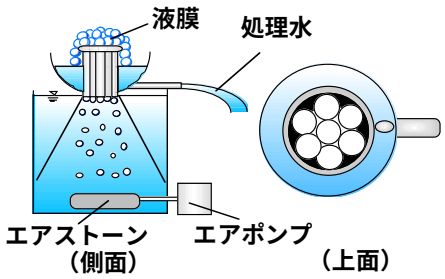

図 2-液膜式酸素供給装置の概略

表 1-実験条件

使用するエアストーン	使用するポンプ	曝気量(L/min)
エアストーン(気泡小)	ポンプ小	12.8
	ポンプ中	18.6
エアストーン(気泡大)	ポンプ小	13.5
	ポンプ中	19.2

3.-液膜式酸素供給装置の酸素供給能力の把握

3-1.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（$0mgO_2/L<DO<1.5mgO_2/L$）を入れた水槽に装置を設置する（**図 2 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の DO、流量を測定する。この実験は液膜式酸素供給装置（パイプ径10mm、液膜形成部高さ10cm：**図5**参照）を用いて**表1**のエアストーン、エアポンプを組み合わせた４条件で行う。また通常の曝気法との比較を行うために、各条件での処理水量と同量の水に通常の曝気を液膜式酸素供給法の処理時間と同じだｋ行い、DO を測定する。比較の指標として以下に示す酸素供給速度と飽和率を用いる。

- 酸素供給速度（mgO_2/min）=DO 上昇値×処理水流量
- 飽和率（%）=DO 測定値 / 実験時の水温における飽和溶存酸素濃度× 100

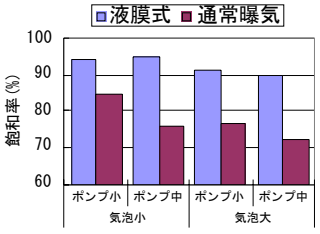

図 3 飽和率

3-2.実験結果及び考察

実験結果を**図3**、**4**に示す。**図3**より液膜式酸素供給法はどの条件においても通常曝気よりも高く、すべての条件において飽和率は 80% 以上であったことがわかる。**図4**は酸素供給速度を表しており、液膜式酸素供給法はどの条件においても通常曝気より高く、曝気量が大きい方がエネルギーを多く使用しているため処理水流量が多くなり、酸素供給速度が高い値となった。液膜式酸素供給装置から流出する処理水は、流出した時点で DO が 8mg/L 前後と高く、一過式の装置であることを考えると、その酸素溶解効率は非常に高いことが確認された。

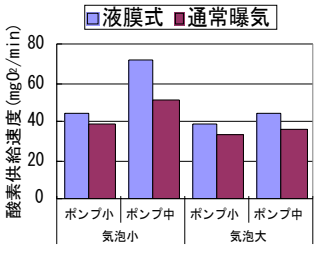

図 4 酸素供給速度

キーワード　液膜、曝気、酸素供給効率、活性汚泥法、DO
連絡先　〒 755-8611　山口県宇部市常盤台 2-16-1　山口大学工学部社会建設工学科　　☎(0836)85-9011

4. 液膜式酸素供給装置の酸素供給効率に影響する因子の検討

4-1.実験目的

液膜式酸素供給装置の液膜形成に影響を及ぼす因子として、液膜形成部高さ、エアリフト管径、曝気量が考えられ(**図5**参照)、それらが液膜形成に及ぼす影響を把握することを目的とする。

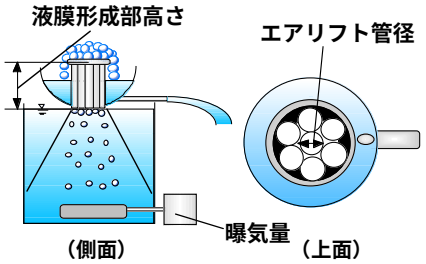

図 5-液膜形成に影響を及ぼす各因子

4-2.液膜形成部高さ、エアリフト管径の変化が酸素供給効率に及ぼす影響

(1)実験条件及び方法

実験方法は**3.**と同条件の水を使用し、実験条件として、液膜式酸素供給装置の液膜形成部高さに関して1,5,10cmの3条件と、それぞれの条件で管径を0.6、1、2、4、5cmと変化させ、液膜形成部面積1cm²当たりの曝気量1.0L/minとして比較・検討を行った。

(2)実験結果及び考察

図4に液膜形成部面積1cm²当たりの酸素供給速度を示す。液膜形成部高さは低いほど、酸素供給速度は高くなった。これは液膜形成部高さが低い場合は、エアリフト時のエネルギー損失が小さく、処理水流量が増加するためである。次に、エアリフト管径については4cmが最も高い値を示した。これは、管径が大きくなるほどエネルギー損失が小さくなり、処理水流量は増加するためと考えられる。しかし、エアリフト管径5cmでは酸素供給速度は減少した。これは管径が大きくなり過ぎると管内中心部の処理水が越流しにくくなり、管内部に落ち込んだことによると考えられる。

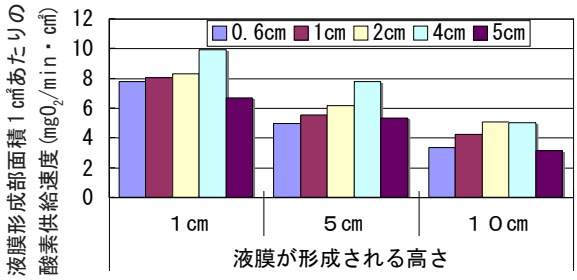

図 6-液膜形成部面積 1cm²あたりの酸素供給速度

4-3 曝気量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

実験方法は**3.**と同様である。装置の設定条件をエアリフト管径4cm、液膜形成部高さ1cmとして、曝気量6～18L/minの間で2L/minずつ変化させて実験を行った。

(2)実験結果及び考察

図7に曝気量1Lあたりの酸素供給量を示す。この結果より、曝気量1Lあたりの酸素供給量は6～12L/minまで上昇したが、14L/min以上になると減少することが確認された。これは曝気量が過大になると、液膜が効率よく形成されなかったためと考えられる。

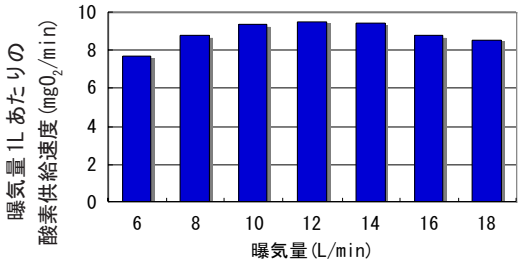

図-7　曝気量 1L あたりの酸素供給速度

5. 液膜式酸素供給法と通常曝気との酸素移動効率を用いた比較

(1)実験方法及び目的

実験方法は**3.**と同条件の水を使用し、水深0.75m、容量90Lの水槽を用いて実験を行った。水槽に水が80L(水深0.63m)になるように水を入れた後、水槽に液膜式酸素供給装置を設置して曝気を行い、溶存酸素濃度の経時変化より酸素移動効率を算出した。通常曝気も同様の条件で実験を行った。この実験で使用した装置はエアリフト管径4cm、液膜形成部高さ1cmであり、曝気量は12L/minとした。

(2)実験結果及び考察

図8に酸素移動効率の比較を示す。液膜式酸素供給法は7.7%、通常曝気は6.5%であった。液膜式酸素供給法と通常曝気とを比較すると液膜式酸素供給法は18%効率が向上し、その有効性が認められた。しかし、この実験で用いた水槽の水深が浅かったことなどから通常の値に比べどちらも低い値であったため、その再現性の確認が必要であると考えられる。

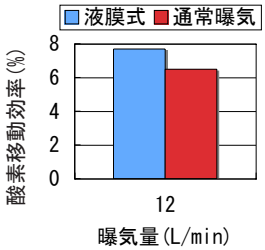

図 8　酸素移動効率

表 2　適正条件

液膜形成部高さ	1cm程度
エアリフト管径	4cm程度
液膜形成部面積1cm²あたりの曝気量	1.1L/min・cm²

6. まとめ

本実験結果より、装置の適正条件を把握することができた(**表2**参照)。今後、実処理場を想定した設置条件、性能評価を行い、液膜式酸素供給装置の実規模開発及びその有効性を検討する。

参考文献

尾松良太、実負荷運転における超微細気泡散気装置の省エネルギー効果、クリタ技報、2003.3、No46