

液膜式酸素供給装置の開発に関する研究

山口大学 ○谷公輔、井田宜孝、今井剛、浮田正夫、関根雅彦、樋口隆哉

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、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の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、その装置の開発及び実験的検証を行った。

2. 液膜式酸素供給装置の概略

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わせる（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せるため、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させるため、水の移送を行うことも可能である。

3. 液膜式酸素供給装置の酸素供給能力の把握

3-1 実験目的

液膜式酸素供給装置の特性と酸素供給能力を把握することを目的とする。

3-2 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（ $0\text{mgO}_2/\text{L} < \text{DO} < 1.5\text{mgO}_2/\text{L}$ ）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。この実験では液膜式酸素供給装置（パイプ径10mm、液膜が形成される高さ10cm）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時間行い、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 (mgO_2/L) × 処理水流量 (L/min)
- ・ 飽和率 (%) = DO 測定値 (mg/L) / 実験時の水温における飽和溶存酸素濃度 (mg/L) × 100

3-3 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も高く、曝気量が大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7mg/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。

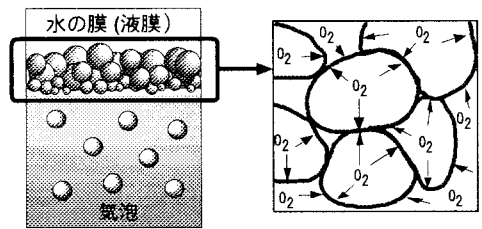


図1 液膜式酸素供給方法の考え方

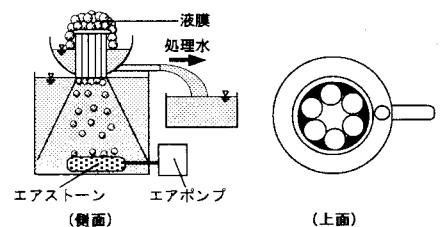


図2 液膜式酸素供給装置概略図

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

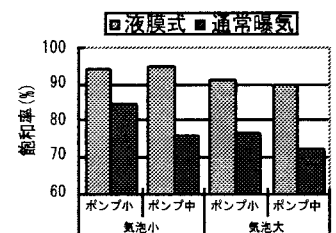


図3 飽和率

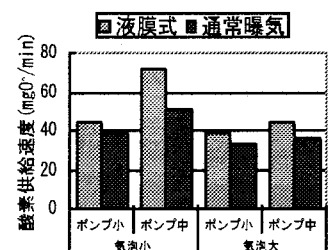


図4 酸素供給速度

4. 液膜式酸素供給装置における液膜形成に影響を及ぼす各因子に関する検討

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、装置に供給する曝気量、気泡径、装置のパイプ径、曝気の水深、液膜が形成される高さが考えられ(図5参照)、それらが液膜形成に及ぼす影響の大きさを検討することを目的とする。

4-2 実験条件及び方法

実験方法は3. と同条件の水を使用し、以下にまとめた各因子の実験条件は表2に示す通りである。

- ①パイプ径、気泡径、曝気量を変化させた場合の影響
- ②曝気の水深を変化させた場合の影響
- ③液膜が形成される高さを変化させた場合の影響

表2 実験条件

実験番号	パイプ径	使用するエアストーン	使用するポンプ	曝気量(L/min)	水深
①	4mm 6mm 10mm	エアストーン(気泡小)	ポンプ小	12.8	27cm 62cm
			ポンプ中	18.6	
			ポンプ大	22.2	
		エアストーン(気泡大)	ポンプ小	13.5	
			ポンプ中	19.2	
			ポンプ大	22.8	
②	6mm	エアストーン(気泡大)	ポンプ小	13.5	27cm 62cm
③	6mm 10mm	エアストーン(気泡小)	ポンプ小	12.8	10cm 4cm 0cm
			ポンプ中	18.6	
			ポンプ大	22.2	
		エアストーン(気泡大)	ポンプ小	13.5	
			ポンプ中	19.2	
			ポンプ大	22.8	

4-3 結果及び考察

①の実験結果を図6、7に示す。図6は酸素供給速度、図7は曝気量あたりの酸素供給量を表している。図6より、パイプ径、曝気量が大きく、気泡径が小さい条件が酸素供給速度が高かった。これは気泡が小さく、パイプ径が大きいとエアリフトの際にエネルギー損失が小さくなり、処理水量が増加したためと考えられる。しかし、図7より曝気量が大きくなると酸素供給量が低下したことがわかる。これは曝気量が過大になると、パイプ内を空気が抜けてしまい、液膜が効率よく形成されなかったためと考えられる。

②の実験結果を図8、図9に示す。図8は飽和率、図9は酸素供給速度を表しており、どちらも水深62cmの方が高い値となった。これは水深が大きくなると、気泡が装置に達するまでの水との接触時間が長くなり、一方、水深の変化による処理水流量にあまり変化がなかったことによると考えられる。また曝気の水深は62cmで飽和率98.6%と飽和値に近かったため、曝気の水深は60cm程度で十分と考えられる。

③の実験結果を図10に示す。図10は酸素供給速度を表しており、液膜が形成される高さが低いほど、酸素供給速度は高くなり、液膜が形成される高さ0cmの場合の酸素供給速度は高さ10cmの場合より最大で約2倍になった。したがって、液膜が形成される高さは酸素供給速度に大きく関係していると考えられる。

5. まとめ

液膜式酸素供給装置により、高効率な酸素供給を行うことができることが確認された。なお各因子が及ぼす影響より、装置の設定条件をある程度把握できた(表3)。また活性汚泥を用いて同様の実験を行ったが(データは非表示)、水を用いた場合と同じ傾向がみられ、本研究で求めた設定条件は実際の施設に適用できると考えられる。

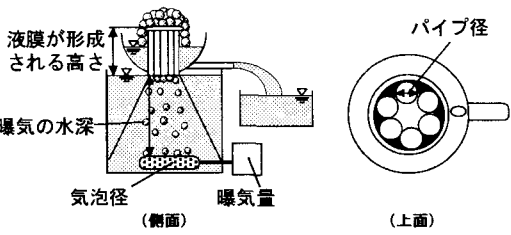


図5 液膜形成に影響を及ぼす各因子

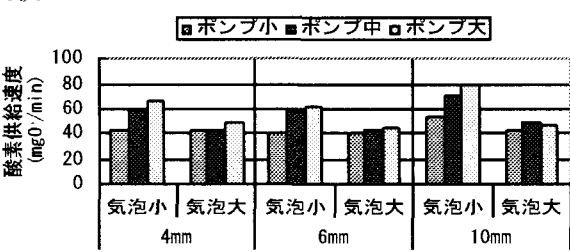


図6 酸素供給速度

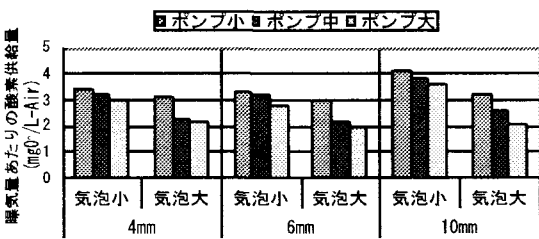


図7 曝気量あたりの酸素供給量

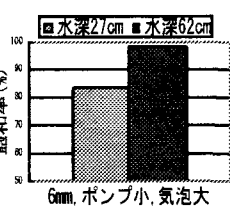


図8 飽和率

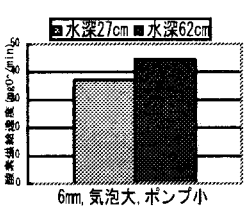


図9 酸素供給速度

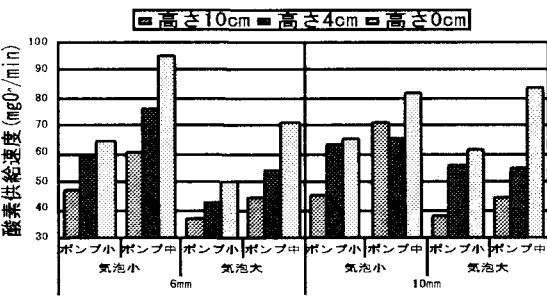


図10 酸素供給速度(液膜が形成される高さ)

表3 各因子の設定条件

パイプ径	大きい方がよい
気泡径	小さい方がよい
曝気量	比較的小さい方がよい
曝気の水深	水深60cm程度で十分
液膜が形成される高さ	低い方がよい