

N-11 超微細気泡散気装置の基本特性調査と実負荷運転実験

三機工業㈱ 伊東賢洋

1. はじめに

下水処理施設において送風機動力に使用される電力は処理場全体の30～50%にも及ぶ状況にある。反応タンクに酸素移動効率の高い散気装置を用いることができれば、省エネルギー効果および二酸化炭素排出低減効果を期待することができる。

現在、愛知県春日井市勝西浄化センターにおいて、超微細気泡を発生させることで高い酸素移動効率が得られる樹脂製膜式散気装置を設置し実証実験を実施中である。本報では、全面曝気式および準全面曝気式（緩やかな旋回流）の幾つかの設置パターンについて、清水と汚水における酸素移動効率と攪拌性能を評価し、さらに実負荷運転における曝気風量、送風機動力および水質について既設散気筒方式との比較を行った結果を報告する。

2. 実験設備および実験方法

2.1 実験設備

表1 実験設備仕様

散 気 方 式		超微細気泡方式	既設散気筒方式
散 気 装 置 仕 様	材 質	SUS板、樹脂製膜	ABS 樹脂製
	寸 法	0.145mW×3.5mL	0.56mL×0.082mφ
	発 泡 面 積	0.508m ² /枚	—
	通 気 量	3～61Nm ³ /(h・枚)、6～120Nm ³ /(m ² ・h)	114m ³ /min
散 気 装 置 の 配 置	全 面 曝 気 式	ω=11.0% 図1中①②③④⑤使用 ω=6.6% 図1中①③⑤使用	w/W=43% 槽当たり散気筒本数 160 本
	準 全 面 曝 気 式	ω=11.0% w/W=63% 図2中①②③④⑤使用 ω=6.6% w/W=63% 図2中①③⑤使用 ω=6.6% w/W=37% 図2中①②③使用	
散 気 水 深		3.87m (散気装置設置高 底面から0.5m)	
槽 形 状		4.6mW×40mL×4.5mD、ハンチ有り、有効容量 811m ³	
計画日最大汚水量		4,090m ³ /(日・槽)	
送 風 機		多段ターボブロワ 170Nm ³ /min×吐出圧 5,500mmAq×吸引圧 200mmAq×250kW	

実験設備の仕様を表1に示す。また超微細気泡散気装置での配置パターンを図1と図2に示す。表1中に示すように、超微細気泡方式の全面曝気式では発泡面積比 ω （以降 ω と示す）11.0%と6.6%について検討した。準全面曝気式では ω = 11.0%，散気装置設置比 w/W （図2中に示すように槽巾に対する散気装置の占める巾の割合；以降 w/W と示す）=63%、 ω = 6.6%，

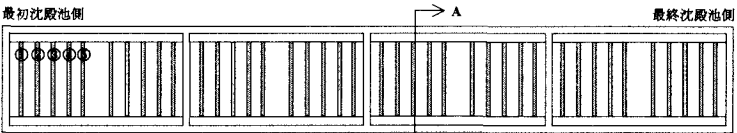


図1 全面曝気式での散気装置配置図

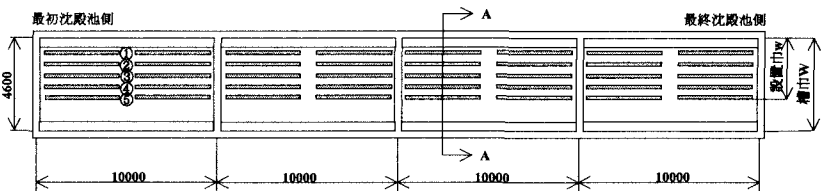


図2 準全面曝気式での散気装置配置図

w/W=63%および $\omega=6.6\%$ 、w/W=37%を検討した。また勝西浄化センターの既設設備である散気筒方式についても検討を行った。

2.2 実験方法

(1) **酸素移動効率** 清水と汚水で測定した。清水は井水を利用した。清水での酸素移動効率は非定常法を用いて求めた。亜硫酸ナトリウムと塩化コバルトを添加し溶存酸素を0にした後、溶存酸素濃度上昇速度を測定して物質移動容量係数 $K_L a$ を求めた。得られた $K_L a$ を用いて20℃における $K_L a(20)$ に換算して酸素移動効率を算出した。汚水の酸素移動効率はオフガス法を用いて求めた。一定風量に設定し、大気中酸素濃度、活性汚泥を散気後の排ガス中酸素濃度およびエアレーションタンク DO を測定し、汚水中に溶解した酸素量を求め酸素移動効率を算出した。測定は汚水運転開始から45日目と206日目で実施した。

(2) **搅拌能力** 汚泥沈降防止搅拌に必要な底部流速が得られるかを評価した。流速はファラデー電磁誘導方式の3次元電磁流速計を用い、各測定点につき3分間の合成平均流速を求めた。測定点は図1、2中のA-A断面とした。

(3) **曝気風量・送風機消費動力低減効果** 超微細気泡散気方式の全面、準全面曝気式および既設散気筒方式について、3月から現在までの約半年間汚水運転を行った時点での曝気風量と送風機消費動力を算出して比較を行った。

(4) **水質** 4時間ごとに6回(24時間)採取したものをコンポジットサンプルとし分析を行った。各6回のサンプルは、エアレーションタンクより採取した試料を10Lのメスシリンダーに移し、3時間静置させて汚泥等を沈殿させた後の上澄水を用いた。

3. 結果および考察

3.1 酸素移動効率

図3に超微細気泡方式における全面曝気式での結果を示す。超微細気泡方式の全面曝気式 $\omega=11.0\%$ では29~31%、 $\omega=6.6\%$ では26~28%を示し発砲面積比の減少による影響が認められた。図4に超微細気泡方式における準全面曝気式と既設散気筒方式の結果を示す。超微細気泡方式の準全面曝気式 $\omega=11.0\%$ 、w/W=63%では23~29%、 $\omega=6.6\%$ 、w/W=63%では22~28%を示し発砲面積比の差はほとんど見られなかった。一方、準全面曝気式の $\omega=6.6\%$ 、w/W=37%では18~21%を示し、w/W=63%の場合よりも低下した。w/Wが減少することにより上向流速が増加し、気泡の槽内滞留時間が短くなるためと考えられる。既設散気筒方式では15%程度を示し、0.55~1.1Sm³/(m³・h)の範囲での風量による影響はあまり見られなかった。超微細気泡方式の酸素移動効率は、既設散気筒方式に対して全面曝気式 $\omega=11.0\%$ の条件で最大2倍程度高かった。

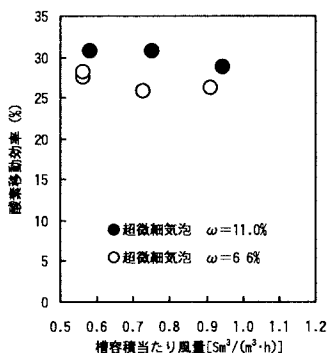


図3 酸素移動効率 全面曝気式

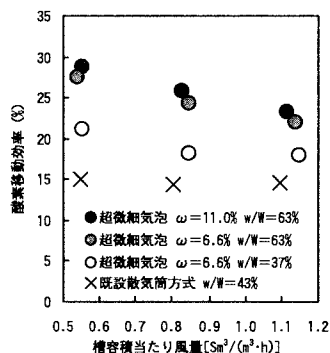


図4 酸素移動効率 準全面と既設

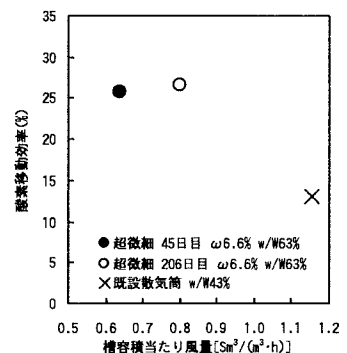


図5 酸素移動効率(汚水)
準全面と既設

超微細気泡散気方式の準全面曝気式と既設散気筒方式の汚水での酸素移動効率の結果を図5に示す。超微細気泡方式では運転開始45日目と206日目で測定を行ったがいずれも清水時とほぼ同等であった。既設散気筒方式では13%を示した。

3.2 攪拌性能

超微細気泡方式での全面曝気式を図6に示す。準全面曝気式 $\omega=6.6\%$ 、 $w/W=63\%$ の結果を図7に、 $w/W=37\%$ の結果を図8にそれぞれ示す。槽底部から0.1mでの平均流速10cm/s以上を十分に槽内攪拌できる基準とすると、各方式とも基準を満たしていることが確かめられた。準全面曝気式の方が全面曝気式よりも、また準全面曝気式でも w/W の小さい方が高い攪拌能力を有することを確認した。

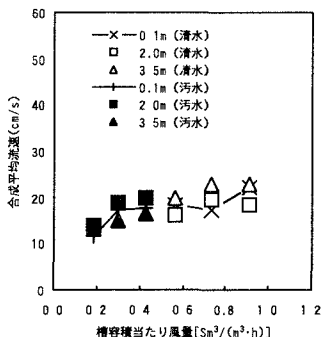


図6 槽内平均流速 全面曝気式
 $\omega=6.6\%$

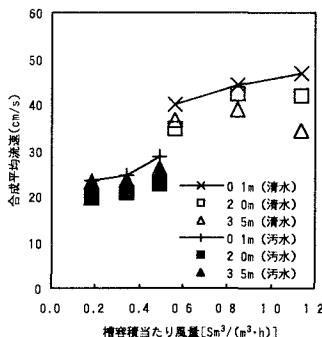


図7 槽内平均流速 準全面式
 $\omega=6.6\%$ $w/W=63\%$

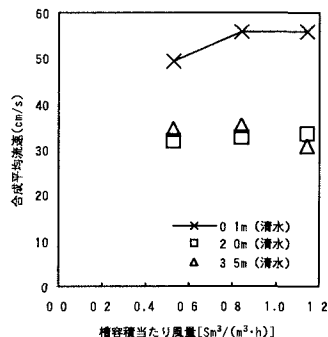


図8 槽内平均流速 準全面式
 $\omega=6.6\%$ $w/W=37\%$

3.3 曝気風量・送風機消費動力低減効果

超微細気泡方式の全面、準全面と既設散気筒式の半年間の曝気風量を図9に示す。また曝気風量の平均値を用いて年間換算した送風機消費動力を表2に示す。曝気風量は既設の散気筒方式に比べおよそ4割、送風機消費動力はおよそ3割の削減となり、超微細気泡方式により送風機消費動力を低減化できる可能性が高いことを確認した。

3.4 水質

水質測定結果を表3に示す。既設の散気筒方式と同等の水質が得られていることが確かめられた。

4. まとめ

超微細気泡方式は、既設の散気筒方式に比べて最大で2倍高い酸素移動効率が得られた。底部流速は汚泥沈降防止攪拌に必要な10cm/sが得られており、十分な攪拌性能を有することを確認した。曝気風量は既設の約4割、送風機の消費動力は既設の約3割の削減効果が得られた。水質は既設とほぼ同等の値が得られた。

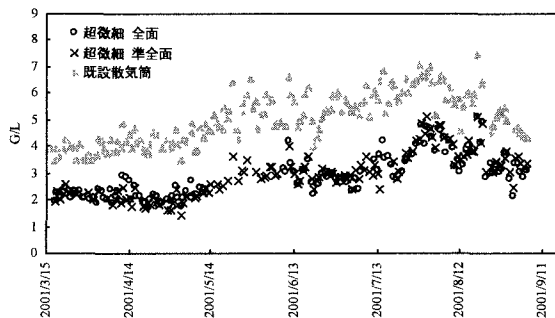


図9 曝気風量の比較

表2 風量削減効果と送風機消費動力低減効果

	平均水量L	平均風量G	平均G/L	対既設 風量削減率	消費動力	年間換算	対既設 動力削減率
	[m³/day]	[Sm³/day]		[%]	[kW]	[kWh]	[%]
全面式	3,271	10,006	2.9	-43	66.2	580,000	-32
準全面式	3,271	9,926	2.8	-44	65.4	573,000	-33
既設	3,271	17,649	5.0	—	98.1	859,000	—

表3 水質の比較

分析項目	単位	超微細気泡		散気筒 既設旋回流
		全面曝気式	準全面曝気式	
pH	—	6.7	6.7	6.9
透明度	度	>50	>50	49
S-BOD	mg/L	6	7	8
CODMn	mg/L	12	12	13
T-N	mg/L	24	25	24
アモニア性窒素	mg/L	22	22	22
硝酸性窒素	mg/L	0.16	0.22	0.08
T-P	mg/L	1.9	1.4	2.0