

# 化学 工学

Chemical Engineering  
of Japan

# 2

Feb 2025  
vol.089



KKGKA4, 89 (2) 053-118 (2025)

SCEJ  
公益社団法人  
化学工学会

特集 気泡塔・エア/ガスリフト型装置の設計と応用  
小特集 分析化学とインフォマティクス  
本会の動き 米国化学工学会年会に参加して / 女性技術者ネットワーク開催報告



# 特集

気泡塔・エア／ガスリフト型装置の設計と応用

## エアレータの性能評価と排水処理への適用

伊藤 和宏・吉田 憲史

Evaluation of Performance of Aerator and Its Application for Wastewater Treatment

### 1. はじめに

好気性排水処理において、安定した酸素供給は最も重要な課題の一つであるが、消費する電力量が多いため、一般的に高効率な装置が望まれる<sup>1)</sup>。気泡径が小さく、上昇速度の遅い気泡ほど酸素移動効率は高くなるため、近年では微細気泡を生成するタイプの散気装置が好まれる傾向がある<sup>2)</sup>。

しかし、食品加工排水などBOD負荷の大きい排水処理では酸素供給量が不足し、処理能力の低下をまねくことがある。このような場合、粗大気泡であっても送気の絶対量を安定的に確保でき、攪拌効果の高い散気管（エアレータ）が有効となる。ここでは、大量送気型エアレータが誘起する液循環流量の測定と、実際の排水処理への適用例について紹介する。

### 2. 清水実験でのエアレータ性能評価

対象としたエアレータ（アイエンスAL-750）の概要を図1に示す<sup>3)</sup>。エアレータは直径140 mm、高さ465 mmのステンレス製であり、空気噴出ノズルは直径23 mmである。下部のL字管より空気が噴出され、構造物（図1の写真）が6～8枚挿入される。これらは回転しないが、微細な突起が、供給空気や排液中の衝突粉砕に寄与する<sup>4)</sup>。

著者らは、地下水槽に深さ1.75 mまで水道水を貯め、槽底にエアレータを配置して、液循環流量 $Q_L$ 、送気圧力 $P$ 、酸素移動容量係数などを調査してきた<sup>5,6)</sup>。表1に送気量 $Q_g$ に対する $Q_L$ と $P$ の測定値を示す。条件Aは構造物を6枚

（翼形と針形を交互に3枚ずつ）挿入した場合、また、条件Bは構造物を全く挿入しなかった場合の結果である。1.6 kWの送気ブロワをインバータで制御し、定格周波数まで一挙に上げた後、5～10 Hzずつ周波数を下げて流速等を測定し、送気できる限界までデータを取得した。また、送気に伴って誘起される液循環流はエアレータ下部の液吸入口付近に電磁流速計（JFEアドバンテックACM3-RS）を置き、水平方向流速の平均値を吸込み断面積内で積分することにより求めた。

最大1356 L/minの空気流により、206～546 L/minの液循環流量が得られることが分かった。また構造物の挿入により液循環流量は30%程度減少した。一方で、条件Aの送気量は7%増加し、送気圧力は13%減少した（ $Q_g$ が近

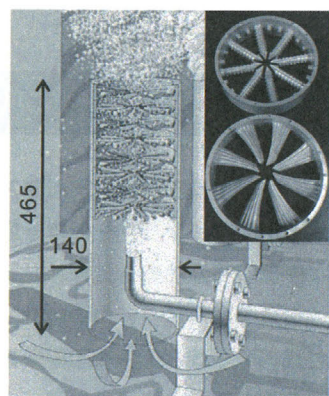


図1 エアレータ概要（文献3図1より転載）

表1 液循環流量と送気圧力

	$Q_g$ [L/min]	$Q_L$ [L/min]	$P$ [kPa]
A	229～1356	206～395	14～19
B	206～1266	382～546	15～20

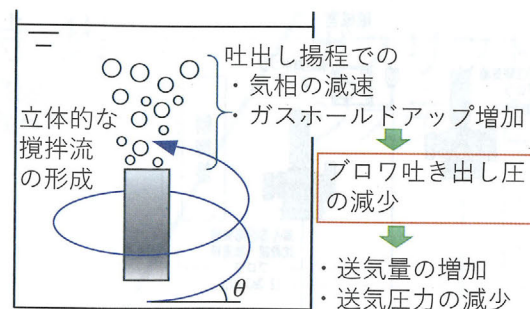


図2 構造物が流動に及ぼす影響

い条件と比較)。構造物の挿入による $Q_L$ の減少は、エアレータ外に発生する鉛直方向の液流速増加が原因と考えている。例えば、条件Aで $Q_g = 1356$  L/minにおいて発生した鉛直方向流速は0.029 m/sであり、この位置での水平方向流速は0.055 m/sであったことより、速度ベクトルの傾きは $\theta = \tan^{-1}(0.029/0.055) = 28$  deg.に及ぶ。条件Bでの鉛直方向流速は0.008 m/sであり、条件Aの1/3にも満たない（文献6、図4参照）。構造物によって立体的な攪拌流が発生し、水平流速のみで循環流の値を評価できなくなることが $Q_L$ の減少として現れたと考えている。

また $Q_g$ と $P$ の変化について、環状分離流モデルより計算されるエアレータ内部の運動量収支を計算して考察した<sup>6)</sup>。この結果、構造物を挿入するとエアレータ出口における気相流速が減少し、ガスホールドアップが増加することが分かった。この概要を図2に示す。構造物により気相から液相への運動量伝達が促進され、出口および吐出し揚程の気相流速が低下し、ガスホールドアップが増加する。これより、エアレータ出口にかかる水頭圧（すなわちブロアの吹き出し圧）が減少して、送気量 $Q_g$ の増加と送気圧力 $P$ が減少したと考えられる。このように、一見、流動を阻害するように感じられる内部構造物が、送気処理能力の向上に寄与することが分かった。

### 3. 実排水への適用

前述のエアレータを食品コンビナートの総合排水処理場（兵庫県）に適用した。排水量は約6,000 m<sup>3</sup>/日である。原水および処理水の成分を表2に示す。調整槽（22 m × 20 m × 水深3.5 m）のディフューザ型排気管を、94本のAL-750に入れ替えた。設置図面は文献4に記載されている。

適用前後の水面の写真を図3に示す。導入以前にはバULKING（油分がオイルボールやスカムとなって水面に分離する現象）が頻繁に発生していたが、導入後から発生回数が激減した。浮上汚泥発生量も36 t/月からほぼゼロになり、最終発生汚泥も15%削減された。

次に、排水量が300 m<sup>3</sup>/日のカット野菜工場（岩手県）へ

表2 実排水への適用例（単位：mg/L）<sup>4,6)</sup>

	BOD	COD	SS	n-hex
食品加工工場排水処理槽 <sup>4)</sup>				
原水	500	300	250	50
処理水(設置前)	275	168	85	24
処理水(設置後)	55	54	25	17
カット野菜工場 <sup>6)</sup>				
原水	920	830	960	9
処理水	7	22	7	1
社員食堂排水 <sup>6)</sup>				
原水	1000	500	1200	400
処理水	40	40	50	1

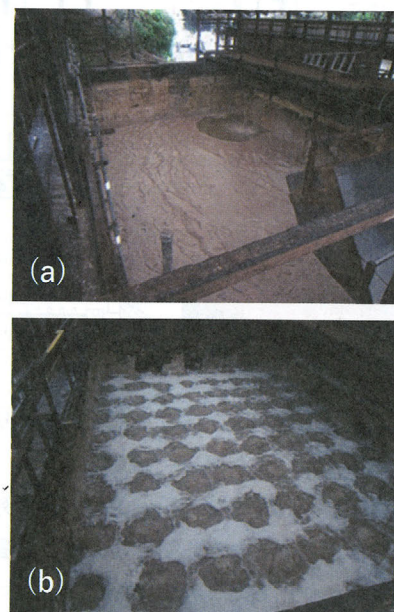


図3 調整槽の写真 (a) が設置前、(b) が設置後で、白くみえるのは気泡である

の適用例について述べる。7つの曝気処理槽（各容量31.5 m<sup>3</sup>）にAL-750を5本ずつ、計35台設置した。また曝気槽の上流に存在する流量調整槽（101.3 m<sup>3</sup>）に小型エアレータAS-250（直径68 mm、高さ176 mm）を31台設置した。曝気槽の下流には40.3 m<sup>3</sup>の沈殿槽がある。各曝気槽への送気量は3.75 m<sup>3</sup>/min、流量調整槽へは7.75 m<sup>3</sup>/minであった。水質を表2に示すが、排水基準値を下回っており、河川放流が可能となっている。

排水量60 m<sup>3</sup>/日の計測機器メーカー食堂の厨房除害設備（神奈川県）への適用例を示す。図4に示すように、第1から第5までの曝気槽（各容量23.8 m<sup>3</sup>）に5台ずつ、第6曝気槽（10 m<sup>3</sup>）に2台、合計27台のAL-750を設置した。その下流には7.8 m<sup>3</sup>の沈殿槽と4.0 m<sup>3</sup>の放流槽が存在し、その中に合計5台のAS-250を設置した。第1から第3曝気槽の合計送気量は13.5 m<sup>3</sup>/min、第4から第6曝気槽と沈殿槽、放流槽を合計した送気量は12.3 m<sup>3</sup>/minであった。表2より放流可能な状態まで処理できている。旧設備では油脂分の不完全処理や悪臭が発生していたが、エ



Kazuhiro ITOH（正会員）  
1999年 名古屋大学大学院工学研究科博士課程修了 博士(工学)  
現在 兵庫県立大学 大学院工学研究科 教授  
連絡先：〒671-2280 兵庫県姫路市書写2167  
E-mail itoh@eng.u-hyogo.ac.jp



Norifumi YOSHIDA  
1983年 兵庫県立神戸甲北高等学校卒業  
現在 株式会社アイエンス 大阪本社 代表取締役  
連絡先：〒550-0002 大阪市西区江戸堀1丁目21-7 コーワ江戸堀ビル3F  
E-mail n-yoshida@aience.co.jp

2024年10月16日受理



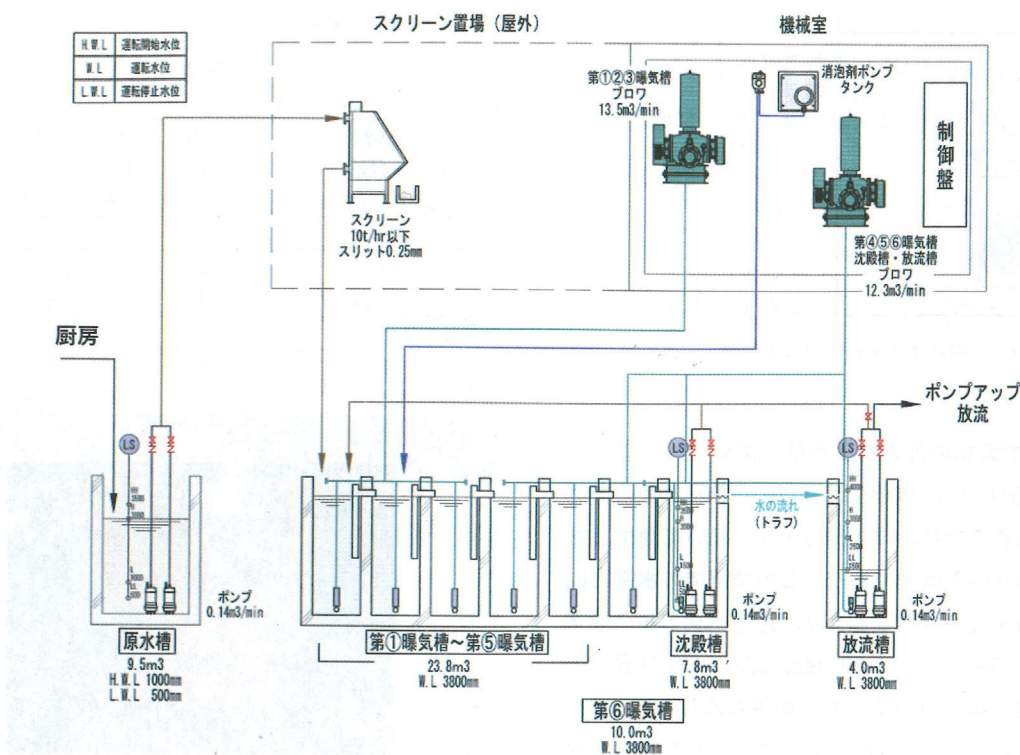


図4 厨房除害設備の例<sup>6)</sup>

アレータ設置後は汚泥回収がほとんど不要になり、油脂分も残留しなくなった。また悪臭も低減した。

これらのBOD負荷の大きい排水に対する事例では、十分な酸素供給と攪拌、および、衝突粉碎による固形物や油滴の分解が有効に作用したと考えている。

#### 4. まとめ

大量送気型エアレータの清水実験による性能評価と、実

排水設備への適用例について紹介した。好気性処理の健全性を保つことは環境保全において重要であり、高負荷排水に対する一つの対策になれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) Gu, Y. et al. : J. Clean Prod., **418**, 138008 (2023)
- 2) Rizzardi, I. et al. : J. Membr. Sci., **685**, 121927 (2023)
- 3) 伊藤和宏ら：環境技術, **47**(3), 154 (2018)
- 4) 特開2011-4749961 (2011)
- 5) 伊藤和宏ら：環境技術, **49**(5), 268 (2020)
- 6) K. Itoh et al. : Des. Water Treat., **318**, 100383 (2024)