

ファインバブル技術を活用した排水処理の効率化に関する研究

日大生産工 ○李 澤君 生産工(院) 水野 翔太・土井 和希
日大生産工 亀井 真之介・下村 修一・松本 真和・高橋 岩仁

1. はじめに

ファインバブルは、直径100 μm 未満の気泡のことをいい、液相内でバルブのサイズを小さくするとゼータ電位が低下することにより液層内での滞留時間が増加する。この特性を活かし、産業界において多様な分野での活用法が開発されている^{1) 2)}。下水道分野においても、排水処理や汚泥減量化などへの活用事例が報告されている^{3) 4)}。一方で、現在、日本には約2,147ヶ所の下水処理場が存在し(令和2年度末現在)、全処理場の約28%が標準活性汚泥法(計画晴天時日最大処理水量5,000 m^3 /日以上で見ると約64%)、約45%がオキシデーションディッチ法であり、その他の処理方法を見てもほとんどが活性汚泥法を応用したものである⁵⁾。これらの処理法は、好気性微生物によって有機物を除去する方法であり、コストや環境負荷に対して利点が多いといわれている。しかし、好気性微生物を活性化させるため、反応槽(曝気槽)へのエア供給に多くのエネルギーが使用され、また、供給されたエアの多くが、未使用のまま、大気に放流される。この対策として、送風機の省エネ化が必要であり、その実現には低圧損型メンブレン式散気装置の導入が有効である。しかし、処理場の機能維持等の制約から、段階的な導入にならざるを得ず、導入後に最大限の効果を発揮できていない事例もみられる⁶⁾。

本研究は、下水処理工程においてさらなる省エネルギー、効率化を図るべく、従来の曝気方法をファインバブルに置き換え、有機物処理の効率化について検討した。

2. 実験条件および方法

図-1に今回使用した剪断式ファインバブル発生装置を示す。ファインバブルの発生方法には表-1で示す通り、数種の分類、方法があるが、今回使用した装置は、インペラーの高速回転により生じる負圧によりガスを引き込み、インペラーの剪断でガスを微細化する方式である。使用ガスは用途に応じて選定可能であるが、今回



図-1 ファインバブル装置

表-1 主なファインバブルの発生方法
(マイクロバブル)

分類	方式
液の剪断による気泡の破碎	巡回液流式
	エゼクター式
	ベンチュリー式
	微細孔式
液中ガス溶解度変化	スタティックミキサー式
	加圧溶解析出式
蒸気泡の急凝縮	加温析出式
	蒸気直接接触凝縮式

※ファインバブル産業会 HP 参照

表-2 試料 1L に対する人工基質の組成

試料名	(mg)
スキムミルク	400
硫酸アンモニウム	188
リン酸二水素カリウム	18
炭酸水素ナトリウム	400
炭酸ナトリウム	25

Study on Improving Efficiency of Wastewater Treatment
Utilizing Fine Bubble Technology

Takukun LI, Shouta MIZUNO, Kazuki DOI, Shinnosuke KAMEI,
Shuichi SHIMOMURA, Masakazu MATSUMOTO and Iwahito TAKAHASHI

は従来の曝気法との単純な比較を目的としているため、大気（流量0.36L/min）とした。なお、従来の曝気法には、小型エアポンプの吐出孔に平型半面（円形φ13cm）のエアストーンを接続し、ファインバブル発生装置に合わせて流量0.36L/minに調節して用いた。

実験は、N市浄化センターから採取した活性汚泥を下水道施設計画・設計指針と解説（日本下水道協会，2019）に基づき調整して入れ、そこに表-2に示した人工基質を投入し、回分式により処理を行った。測定項目はCODmnとし、実験開始から30分ごとに120分間まで測定した。

3. 実験結果および考察

図-3にCODmn経時変化を示す。これより、両曝気方法とも時間の経過とともにCODmnの減少が確認され、今回使用した活性汚泥の性状が良好であったことが伺える。曝気方法ごとに確認すると、ファインバブルを使用した場合、90分までは直線的に減少した。実験開始時点では175.9mg/Lあった値が120分時点で16.8mg/Lまで減少しており、約90%の有機物が除去されたことが確認できた。それに対し、従来のエアレーションの実験開始時では、165.7mg/Lあった数値が120分時点で42.4mg/Lであり、除去率約74%とファインバブルより約16%、除去率が低下したことが確認できた。直線的に処理された実験開始から90分までの近似式（線形近似）は、
ファインバブル：

$$y=1.6698x+170.09 \quad (R^2=0.9895)$$

従来のエアレーション：

$$y=1.0447x+162.76 \quad (R^2=0.9713)$$

となり、傾きだけで比較しても1.6倍弱となり、ファインバブルの効果が確認できた。

以上のことから、ファインバブルを使用した方が従来のエアレーションよりも短時間で有機物の処理が可能であるといえる。

4. まとめ

本研究は、下水処理工程において省エネルギー、処理効率化を図るべく、近年、多様な分野で活用されているファインバブルに着目し、曝気槽での活用を検討した。

その結果、従来のエアレーションに比べ、ファインバブルで曝気を行うことにより、有機物除去率が向上することが確認された。なお、本研究は始まったばかりであり、今後、実用化に向けてはクリアしないといけない課題が山積している。例えば、昨年の実験結果からは、

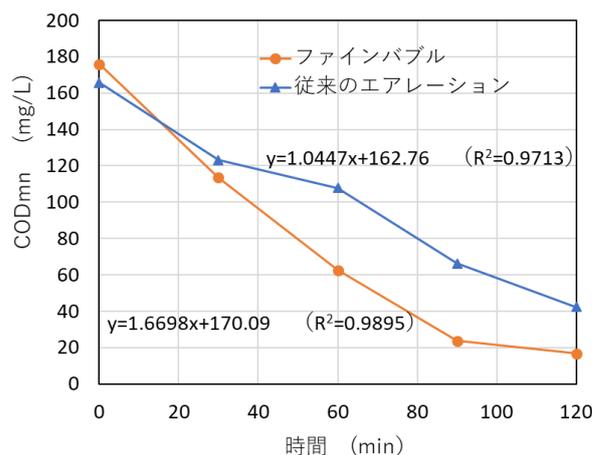


図-3 CODmnの経時変化

消費電力が大幅に上がってしまい、省エネルギー化に向けては不本意な結果であった。今後は、ファインバブルの発生方法を含め、高塩分排水処理や油分含有排水の特殊環境における処理方法など有効な活用方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 尾上薫, 和田善成, 松本真和, ファインバブルを活用した反応場の魅力と工学的応用, 混相流, Vol.30, No.1(2016)pp.27-36.
- 2) 渋谷良一, ファインバブルの応用, 表面技術, Vol.68, No.6(2017)pp.29-31.
- 3) 秦隆志, 西内悠佑, 坂本正興, ファインバブルを用いた洗浄・水処理技術, Vol.68, No.6(2017)pp.11-14.
- 4) 山口庸子, ファインバブルの水系洗浄への導入, Vol.17, No.9(2017)pp.11-16.
- 5) 公益社団法人日本下水道協会, 令和5年度下水道白書 日本下水道, 資料編(2023) p.22.
- 6) 公益財団法人 日本下水道新技術機構, 低圧損型メンブレン式散気装置の導入マニュアル(2019年3月), No.433 (1992) pp.41-51.
- 7) 水野翔太, 秋田竜摩, 土井和希他, ファインバブルを用いた排水処理に関する基礎研究, 日本大学生産工学部学術講演会, No.56, (2023) pp.674-675

謝辞

本研究は、令和6年度大学院生産工学研究科横断型プログラム（ファインバブルを用いたグリーンイノベーションプロセスの構築）の支援を受けて実施されました。ここに記して感謝の意を表します。