

ファインバブルを用いた排水処理に関する基礎研究

日大生産工 ○水野 翔太 日大生産工 秋田 竜摩 生産工(院) 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. まえがき

わが国において下水処理人口普及率は年々増加しており、令和3年度末における全国の下水道普及率は80.6%¹⁾となっている。日本で広く普及している処理方法として標準活性汚泥法が用いられており、その中で特にコストがかかっている工程として反応槽(曝気槽)への曝気が挙げられる²⁾。下水処理場の省エネルギー化を図るためには、送風量削減による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³⁾。

本研究は、近年様々な分野での活用や研究事例がある「ファインバブル」に着目し、下水処理の分野、特に曝気槽での活用を検討する。ファインバブルは酸素の溶存効果を期待できることから、従来の曝気方法をファインバブルに置き換えることで、問題点である酸素溶存効率の低さの解決や曝気時間の短縮、電力消費量の削減が可能か検討した。

2. 実験条件および方法

活性汚泥は、N市浄化センターから採取したものを使用した。実験で使用する際は、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MLSS濃度を1500~3000mg/Lに調整した。

図1に巡回液流式ファインバブル装置を示す。実験槽は、アクリル製の矩形容器(25cm×30cm×40cm)を用いた。従来のエアレーションでは、活性汚泥への空気供給を小型のエアポンプ(安永社:エアポンプAP-40P40)と内径4mmのシリコン製チューブに接続したエアストーン(直径13cm)を用いて流量が0.36 L/minとなるように曝気を行った。

本実験では回分式実験法を採用し、測定項目はCOD_{mn}、曝気時間を120分とし、30分ごとに汚泥を沈殿させ、上澄みを採取した。投入する

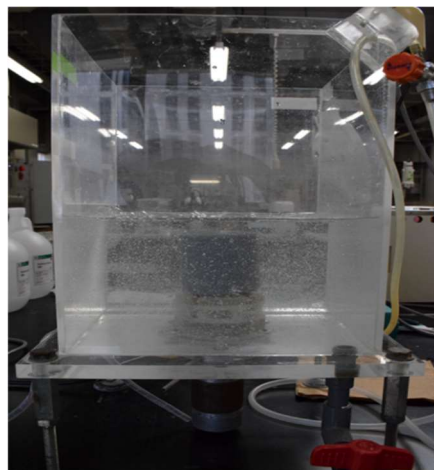


図1 ファインバブル装置

表1 人工基質の組成

水道水(L)	15
スキムミルク(g)	6.00
硫酸アンモニウム(g)	2.82
リン酸二水素カリウム(g)	0.27
炭酸水素ナトリウム(g)	6.00
炭酸ナトリウム(g)	0.375

人工基質はCOD_{mn}値200mg/L程度とし、槽内の水量は8Lとした。表1に今回使用した人工基質の組成を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 有機物除去の検討

図2にCOD_{mn}経時変化を示す。

図2より、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

Study on Wastewater Treatment Using Fine Bubbles.

Shouta MIZUNO, Ryuuma AKITA, Kazuki DOI, Shinnosuke KAMEI, Shuichi SHIMOMURA, Masakazu MATSUMOTO and Iwahito TAKAHASHI

まで減少しており、除去率約 74%のであった。ファインバブルと従来のエアレーションによる COD 除去率を比較すると約 16%の差があることが確認できた。

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。

3.2 電力消費量の検討

180 分間の電力消費量をラトックシステム株式会社の Bluetooth ワットチェッカー RS-BTWATTCH2 を用いて測定し、その平均から 1 秒当たりの消費電力を求めた。図 2 から CODmn 値 10mg/L 程度に必要な曝気時間を推定し、電力消費量を比較した。

表 2 に従来のエアレーションを使用した場合とファインバブルを使用した場合の必要曝気時間と電力消費量を示す。従来のエアレーションの消費電力はワットチェッカーで計測した値の平均から 1 秒あたり 2.6W となった。ファインバブルの消費電力はワットチェッカーで計測した値の平均から 1 秒あたり 24.2 W となった。従来のエアレーションで CODmn 値 10mg/L 以下にするためには $2.6 \times 2.683 \approx 7.0$ Wh 必要である。ファインバブルで CODmn 値 10mg/L 以下にするためには $24.2 \times 2.5 \approx 60.5$ Wh となった。それぞれの計算結果を表 2 に示す。表 2 より、ファインバブル装置は従来のエアレーションよりも 10 倍近く電力を消費することが確認できた。

以上のことから、今回の実験に使用したファインバブル装置では、電力消費量の削減は難しいため、他の発生方法を検討する必要がある。

4. まとめ

ファインバブルで曝気を行うことで、従来のエアレーションよりも有機物除去に必要な時間の短縮が可能である。一方で、電力消費量が従来のエアレーションよりも大きくなってしまふ。本実験では巡回液流式のファインバブル装置を使用した。ファインバブルを発生させる機構により過剰な攪拌が行われた。そのため、より効率的なファインバブルの発生方法も検討していく必要があると考える。また、ファインバブル装置と従来のエアレーションで使用したポンプの引き込み空気量を測定できていないため、引き込み部分での空気量の測定方法も検討する必要がある。さらに、現在、下水処理場の反応タンク内において、生物反応によって生成される二酸化炭素によるコンクリート

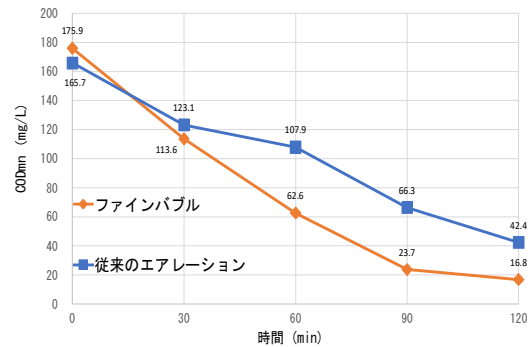


図 2 CODmn 経時変化

表 2 電力消費量

	計測値 (w)	必要曝気時間 (h)	電力消費量 (Wh)
従来のエアレーション	2.6	2.683	6.97
ファインバブル	24.2	2.5	60.61

の劣化事例が報告されている⁴⁾。今後は、ファインバブルを使用した場合の反応タンク内のコンクリート劣化状況も確認していきたい。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本下水道協会:都道府県別の下水処理人口普及率 <https://www.jswa.jp/sewage/qa/rate/>
- 2) 国土交通省:脱炭素化/資源・エネルギー利用 https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage Tk_000124.html
- 3) 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.
- 4) 日本下水道事業団技術戦略部,有機酸・炭酸劣化対策による施設長寿命化(平成 29 年度~令和 3 年度)報告書,令和 4 年 3 月

謝辞

本研究は、令和 5 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。