

下水処理へのマイクロバブルの適用に関する検討

徳島大学工学部 学 ○政木健作 高知高専 正 山崎慎一
高知高専 秦 隆志 長岡技術科学大学 正 山口隆司

1. はじめに

地球温暖化問題が重要視されている現在、下水道分野では地球環境に配慮した効率の高い運転や省エネ化が求められている。下水処理に最も一般的に用いられている活性汚泥処理法は、所要動力の半分以上を空気供給（曝気）が占めており、省エネ化の一つの方法として水中への酸素の溶解効率を高めることがあげられる。このような課題に対して、本研究室では、溶解効率の非常に高いマイクロバブルと呼ばれる直径 10～数十 μm の超微細気泡¹⁾ を廃水処理に適用する検討を行った。具体的には、マイクロバブルの水中への溶解効率の測定を行った後、人工下水を連続処理している活性汚泥処理装置にマイクロバブルで曝気を行って、その処理性能の変化を調査した。

2. 実験方法

2.1 酸素溶解効率実験方法

図 1 にマイクロバブルの酸素溶解効率実験装置を示す。コンプレッサーで圧力 0.2～0.5 MPa まで段階的に変化させて空気を圧送し、水槽底部からマイクロバブル発生装置を通して水中に供給し、水槽上部の溶存酸素（DO）センサーにより DO 濃度を測定する。通常サイズの気泡の場合の測定には、エアーポンプにエアーストーンを接続して行った。測定された DO 濃度から溶解効率 Ea（%）を式（1）で算出する。

$$Ea = \frac{K_L a \cdot C_s \cdot V}{Q_T} \times 3.58 \times 100 \cdots (1)$$

ここで、 $K_L a$ ：総括酸素移動容量係数（1/h）、 C_s ：槽内平均飽和 DO 濃度（g/l）、 V ：水槽容量（l）、 Q_T ：供給空気量（l/h）、3.58：20℃における酸素 1g 当たりの空気量（l/g）である。 $K_L a$ は酸素の気体から液体への溶解速度を表し、曝気時間と DO 濃度の変化から実験的に求められる。

2.2 活性汚泥処理実験方法

図 2 に人工下水を処理する活性汚泥処理装置を示す。原水には、ショ糖とポリペプトンを主体とした人工下水を使用し、CODcr 300 mg/l に調整した。原水は定量ポンプにより連続的に容量 5l の曝気槽に供給した。表 1 に実験条件を示す。実験は、運転 8 日目以降、水学的滞留時間（HRT）を 8.3 時間で一定とし、エアーストーンで曝気して処理性能を確認した後（RUN 1）、マイクロバブルによる曝気に変更した（RUN 2）。しかし、マイクロバブルのみでの曝気では槽内の混合状態が悪化し、DO 濃度も減少したため、エアーストーンにマイクロバブルを併用して曝気を行った（RUN 3）。

表 1 実験条件

RUN	1	2	3
運転期間	10/9～11/10	11/11～11/23	11/24～12/25
日数	33	13	32
HRT(h)	16.7→8.3	8.3	8.3
COD 容積負荷(g/l・d)	0.43→0.86	0.86	0.86
散気装置	エアーストーン	マイクロバブル	エアーストーン マイクロバブル
空気供給量(l/min)	1.0	0.013→0.023	1.013

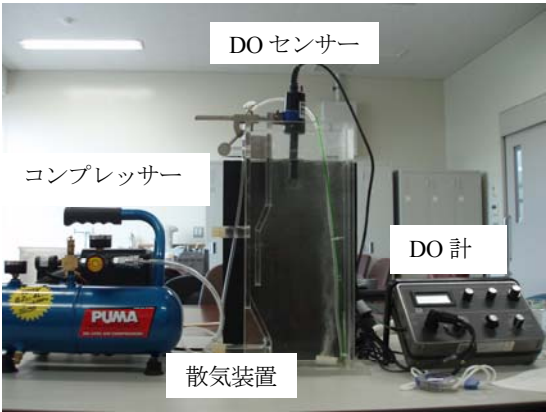


図 1 酸素溶解効率実験装置

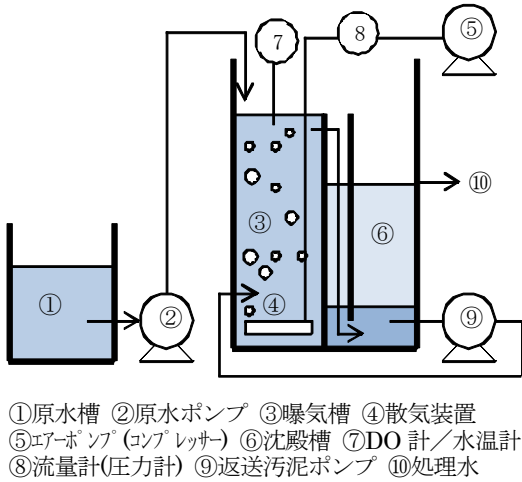


図 2 活性汚泥処理実験装置の概要

3. 実験結果及び考察

3.1 マイクロバブルの溶解効率

図3にマイクロバブルとエアーストーン気泡における曝気時間に対するDO濃度の変化、表2に空気供給量に対する酸素溶解効率の比較を示す。マイクロバブルの溶解効率は、コンプレッサーの圧力上昇とともに低下する傾向が見られたが、エアーストーン気泡と比較すると、圧力が0.2MPaの場合で約18倍、0.5MPaの場合で約8倍高い値が得られ、マイクロバブルの溶解効率の高さが確認できた。

3.2 マイクロバブルの活性汚泥処理への適用

図4に槽内温度とDO濃度の経日変化を示す。曝気槽内の水温は、実験初期は20℃前後であったが、気温の低下とともに実験終期には10～15℃程度まで低下した。曝気槽内のDO濃度は、RUN1では7～9mg/lと安定していたが、RUN2に移行するとDO濃度は2～5mg/lに低下した。マイクロバブルは、溶解効率は高いが空気供給量が極めて少ないために、汚泥の混合状態が悪化して次第に処理水質に影響を及ぼした。エアーストーン気泡とマイクロバブルを組み合わせたRUN3では、DO濃度は7～10mg/lに回復した。

図5にCODcr除去率の経日変化を示す。RUN1の運転開始時は微生物の馴致期間として除外し、21日目以降の値で考察する。RUN1では除去率80～90%を示し、RUN3では90%以上の高い処理性能を得ることができた。マイクロバブルの併用で処理性能が向上した原因として、マイクロバブル圧壊時に発生するフリーラジカルが有機物を酸化分解していることや、マイクロバブルのもつ生物活性作用が微生物に何らかの効果をもたらし、この点については今後の検討課題である。

4. まとめ

マイクロバブルを活性汚泥処理へ適用した結果、以下の知見が得られた。

- 1) マイクロバブルの溶解効率は、エアーストーン気泡の場合と比較して、圧送空気圧力0.2MPaの場合で約18倍の非常に高い値が得られた。
- 2) 曝気槽へのエアーストーンによる空気供給に、マイクロバブルを併用することで、CODcr除去率は80～90%から90%以上に処理性能が向上した。

参考文献

1) 大成博文：マイクロバブルのすべて、日本実業出版社、2006

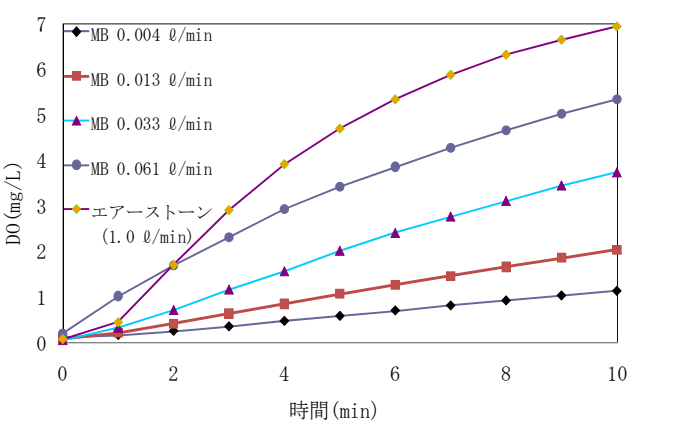


図3 曝気時間に対するDO濃度の変化

表2 2種の散気装置の酸素溶解効率の比較

散気装置	マイクロバブル				エアーストーン
圧力(MPa)	0.2	0.3	0.4	0.5	
空気量 (ℓ/min)	0.004	0.013	0.033	0.061	1.0
Ea (%)	49.1	29.6	26.0	22.1	2.7

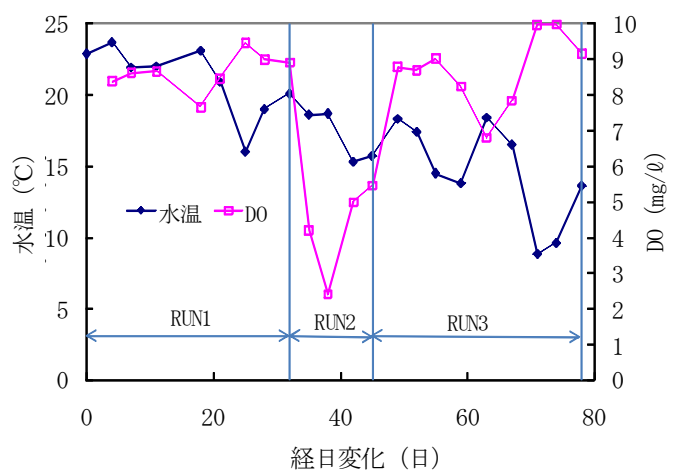


図4 槽内温度とDO濃度の経日変化

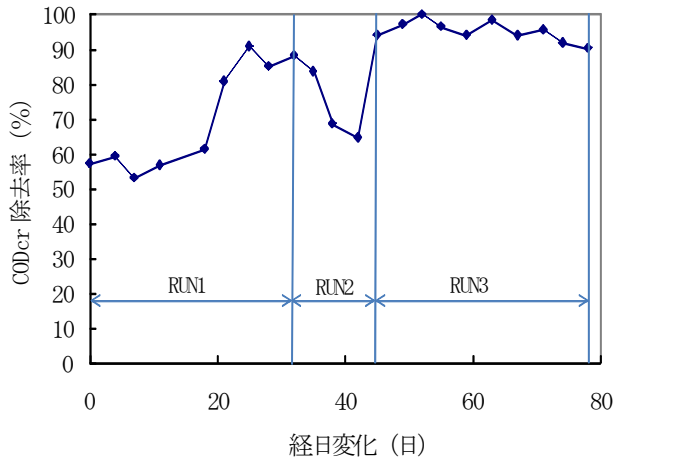


図5 CODcr除去率の経日変化