

# 気泡塔型曝気装置による模擬生活廃水の処理

田中 孝国<sup>\*1</sup>, 根津 那知<sup>\*2</sup>, 岡 悟史<sup>\*3</sup>, 出川 強志<sup>\*4</sup>

## Treatment of simulated domestic wastewater by bubble column aerator

Takakuni TANAKA, Nachi NEDU, Satoshi OKA and Tsuyoshi DEGAWA

Water aeration systems are major feature in many industrial applications. The general experiment of a bubble column aerator was used to compare many wastewater treatment units. Bubble column aerator has an ability for strong aeration. We evaluated and emphasized the performance of aerator for general wastewater treatment. As a result, aerator showed BOD removal of more than 90% in the all conditions. According to increase of BOD concentration, exhausted SS and MLSS concentration showed upward.

KEYWORDS : wastewater, bubble column aerator, aerobic reaction, activated sludge

### 1. まえがき

一般に家庭廃水は、下水道により廃水処理施設に送られる、もしくは、個別処理方式の合併浄化槽で浄化されている。合併浄化槽は嫌気ろ床槽、接触曝気槽、沈殿槽、消毒槽などから構成されており、廃水処理施設を大まかに小スケール化したものである。人間が生活する上で1人1日あたり約250 Lの家庭廃水が生じるといわれている<sup>1)</sup>。これを汚濁負荷原単位で表すと、1人1日あたりBOD 50 g, 窒素 12 g, リン 1.2 gであるとされている<sup>2)</sup>。近年、廃水処理の規制が強化され、単独浄化槽の新設が禁止されBOD分解率90%以上、処理後のBODが20 [mg/L]以下の処理能を有する合併浄化槽のみが新設を認められている<sup>3)</sup>。

近年、食生活の変化などにより、浄化槽に過度

な負荷が生じ、廃水処理能の低下および悪臭の発生が問題となっている。本研究で使用した気泡塔型曝気装置は、レック EM 益子によって開発された反応器である。本装置は、流入した廃水に対して、曝気の衝撃による浮遊物の粉碎や装置内の攪拌といった物理的作用、溶存酸素による有機物の直接的な酸化分解(化学的作用)や、好気性微生物の活性化による生物化学的な作用を有している<sup>4)</sup>。そのため本装置を浄化槽の前段階に設置することで、浄化槽に流入する廃水を好氣的に前処理し、浄化槽の負担を軽減することが可能である。我々は本装置をレック EM 益子から借り、その性能評価を2011年より行っている<sup>4)</sup>。

本報告では、一般的な廃水組成の濃度を変化させた場合について、模擬廃水をそれぞれ作製し、気泡塔型曝気装置による処理を実施し、その処理能について、評価したので報告する。

\*1 物質工学科 (Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering), E-mail: Tanakatakakuni@oyama-ct.ac.jp

\*2 物質工学科 H30 卒業生 (Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering)

\*3 物質工学科 5 年生 (Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering)

\*4 技術室 (Technical Office)

## 2. 実験方法

### 2.1 廃水処理装置について

本実験で使用した装置は、家庭用(商業用)の浄化槽へ流入する高濃度廃水の負担を低減するための前処理装置であり、実機の 1/75 スケールである。本装置は図 1 および表 1 の様に 3 重管構造の装置である<sup>4)</sup>。図 1 中の①の管に、装置上部からブロワーによって空気が送られ、下部の小さな孔から 2 番目の管に空気が送られる。同時に未処理の廃水が、図 1 中の①上部から流入し、2 番目の管内部で廃水と空気が混合される。続いて、2 番目の管の下部にもスリット状の隙間が存在するため、その隙間を通過して廃水が図 1 中の②と行き来する構造体である。処理された廃水は、反応塔上部から流出する。

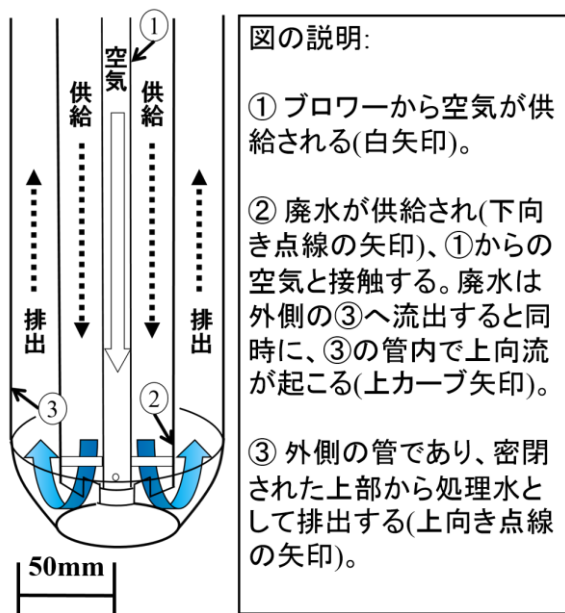


図 1 曝気による空気および廃水の流れ<sup>4)</sup>

表 1 反応装置を構成する管の仕様<sup>4)</sup>  
(アクリル製、高さ 400mm、厚さ 5mm)

図 1 中の管	管の内径 [mm]	その他
①	15	下部に直径 2mm の孔が 4 つ
②	50	下部に 25×5mm のスリットが 4 つ
③	110	

過去の装置内の DO 測定結果等<sup>5)</sup>から、この装置は断続曝気<sup>6)</sup>や、ろ材(高分子素材)添加<sup>7)</sup>等の操作を実施しない限り、好氣的な反応のみ行われる装置であることが判明している。

### 2.2 模擬廃水処理実験について

処理実験の開始にあたり、小山市内の廃水処理センターの活性汚泥微生物群 (MLSS 約 2,000 [mg/L]) を同 MLSS 濃度になるように装置(図 1)に添加した。装置内へ模擬廃水 3 [L] (表 2, 3 の廃水濃度倍率 1 倍) を入れ、活性汚泥の回分培養を 3 日間行い、活性汚泥中の微生物群を好氣的に増殖させると同時に、装置への定着を行い、その後、連続運転を実施した。廃水の滞留時間(HRT)は、家庭から排出される廃水が十分分解可能な約 14 [h] とした。実験中の温度は 25~27 [°C]、槽の容量は 3.2[L]、模擬廃水の供給水量は約 215 [mL/hr] で行った。また、各模擬廃水組成を表 2 に、開始時の水質データを表 3, 4 に示した。実験における測定項目は、BOD (生物化学的酸素要求量) [mg/L]、COD-Cr (化学的酸素要求量、本実験では二クロム酸カリウムを用いている) [mg/L]、pH [-]、SS (排出浮遊物質乾燥重量、処理後の水の乾燥重量) [mg/L]、MLSS (装置内の活性汚泥の乾燥重量) [mg/L] の 5 種類を実施した。各測定手法は、JIS に即している<sup>8)</sup>。グラフ中の点線は、放流基準値を示している。尚、全窒素量や全リンなどは、過去の報告から分解・除去が出来ないことが判明しているため、今回は測定対象外とした。

表 2 模擬廃水の組成

(1 倍濃度が 5 人未満の家庭用廃水の濃度を想定<sup>8)</sup>、以下をそれぞれ水道水で 13 倍に希釈して供給)

廃水濃度	グルコース [g/L]	ポリペプトン [g/L]	リン酸二水素カリウム [g/L]
0.5 倍	1.5	0.805	0.0025
1 倍	3	1.61	0.005
2 倍	6	3.22	0.01
5 倍	15	8.05	0.025

表3 実験開始時の模擬廃水の水質データ-1

廃水濃度	COD-Cr [mg/L]	BOD [mg/L]
0.5 倍	340	500
1 倍	680	1000
2 倍	1360	2000
5 倍	3400	5000

表4 実験開始時の模擬廃水の水質データ-2

廃水濃度	BOD 汚泥負荷 [BOD-kg/MLSS-kg・day]	BOD 容積負荷 [BOD-kg/m <sup>3</sup> ・day]
0.5 倍	約 0.4	約 0.8
1 倍	約 0.8	約 1.6
2 倍	約 1.6	約 3.2
5 倍	約 4.0	約 8.1

### 3. 実験結果

以下のグラフにおいて、プロットの説明の×1は廃水濃度1倍を示している。また、×1の後ろに数値がある場合は、流入廃水の処理前の濃度を示している。図2より、いずれの条件においてもBODは99%以上の処理能を示し、放流基準値(20 [mg/L])以下を示すことが判明した。BODの値が一番高い5000 [mg/L]の条件であっても放流基準値を示したことから、本装置は十分なBOD処理能力を有していることが判明した。その一方で、流入BOD濃度が高いほど最終的なBOD濃度が高い現象が見られた。

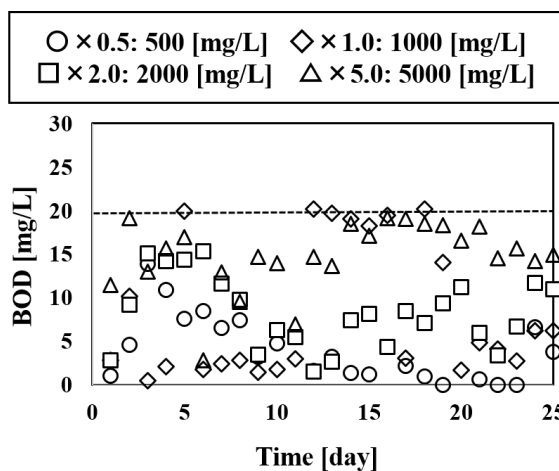


図2 BODの経日変化

図3はCOD-Cr処理効果の経日変化を示したグラフである。放流基準値は20 [mg/L] (図3の点線)である。測定データのバラつきが見られたが、全ての条件で80%以上の分解率を示した。放流基準値を満たすことは全ての濃度範囲下で困難であり、初期のCOD値が高いほど、処理後の値が高くなる傾向を示した。

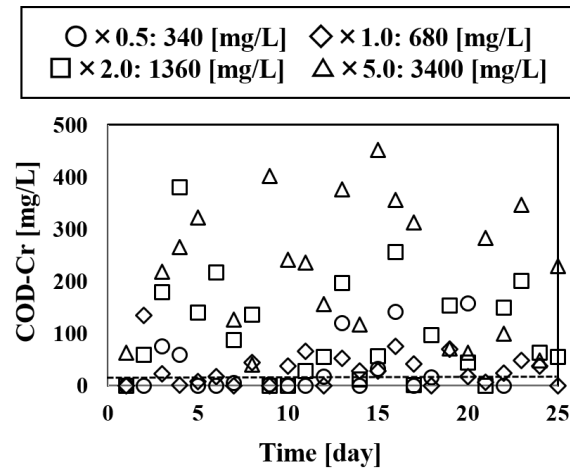


図3 溶解性COD-Crの経日変化

図4よりpHは、全ての条件において中性域(点線範囲内)を示すことが判明した。

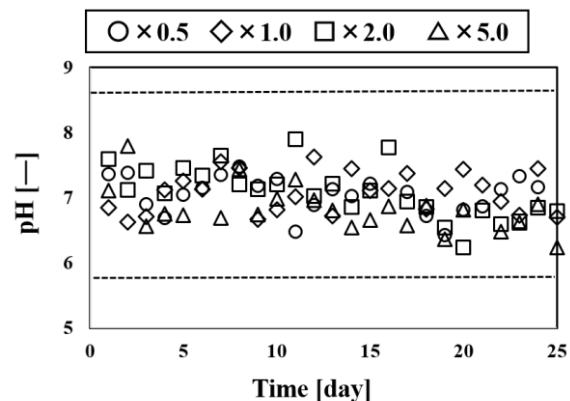


図4 pHの経日変化

図5は、排出された処理水のSSを示したグラフである。数百~1000 [mg/L]程度のSSが常に生じており、その色は茶色であった。この現象から、増殖した活性汚泥フロックの一部が、装置外へ流出していることが判明した。流出量は、供給した廃水の濃度が高くなると同様に高い傾向が見られた。

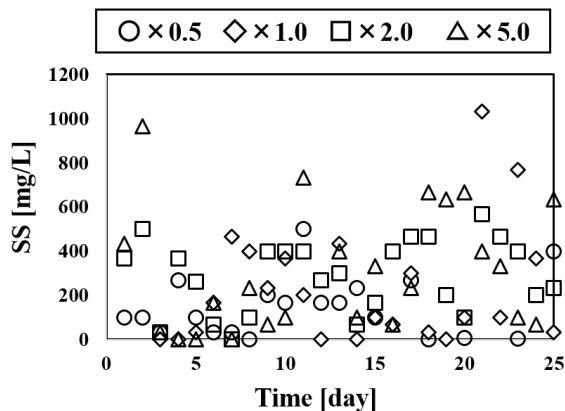


図5 排出浮遊物質SSの経日変化

図6から、全条件でMLSS(装置内の活性汚泥濃度)は時間とともに増加し、終了時には開始時の約3倍の値を示すことが判明した。本実験期間内では、装置内の活性汚泥量の増加による処理能の変化は見かけ上見られなかった。

続いて、MLSSの平均増加量を表5に示した。表5より、装置内の活性汚泥は実験中増加し続けることが判明した。装置内の活性汚泥濃度はある一定量を超えると、溶存酸素不足などにより、処理効率が減少することが広く知られている。そのため、適宜活性汚泥を引き抜く等の操作について、今後実験を行う必要があることが示唆された。

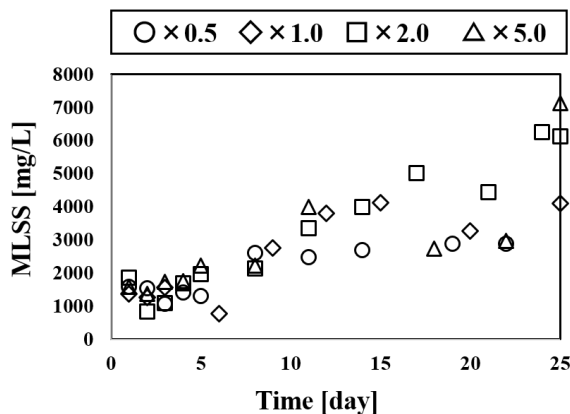


図6 MLSSの経日変化

表5 MLSSの1日あたりの増加量

廃水濃度	増加量 [mg/L]
0.5倍	約 50
1倍	約 109
2倍	約 171
5倍	約 221

廃水の濃度とSS平均値を図7に示した。このグラフから廃水濃度によって流出量が予想可能であることが示唆された。図5-7までの結果より、BOD負荷が上昇すると、装置内の活性汚泥蓄積量および流出SS量がともに上昇することが判明した。SSが処理水中には含まれることは好ましくないため、本装置を最終処理装置とする際は、排出口におけるSS除去が必要である。

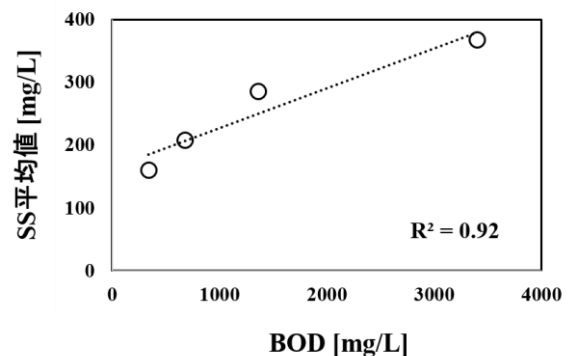


図7 BODとSSとの関係

#### 4. あとがき

本実験で使用した気泡塔型曝気装置は、BOD 5000 [mg/L] では90%以上、COD 3400 [mg/L] では80%以上の処理が可能であり、高濃度廃水処理へ適用できることが判明した。その一方で、SSやMLSSの増加が確認されたことから、今後、これらの除去対策についても検討を行う必要があることが示唆された。

#### 5. 謝辞

共同研究先である株式会社レック EM 益子の関係者の方々に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 稲森悠平 他:最新高度水処理技術 排水処理から有害物質の除去技術まで, 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.12-14 (1999)
- 2) 亀田泰武 他:新版 下水処理と水環境 ミクロの世界から地球環境まで, 株式会社山海堂, pp.54 (2000)
- 3) <http://www.mlit.go.jp/common/000113401.pdf> : 環境省廃棄物・リサイクル対策部 (2019.08.30引用)

- 4) 田中孝国, 武笠巨堯: 浄化槽補助を目的とした気泡塔型曝気装置の性能評価, 工業用水, No.618, pp.69-74 (2013)
- 5) 田中孝国, 中村百花, 加藤滉平: 曝気量を調節した気泡塔型排水処理装置の排水処理能の評価, 工業用水, No.630, pp.75-79 (2015.5)
- 6) 田中孝国, 中村百花: 断続曝気が及ぼす気泡塔型废水处理装置への影響, 工業用水, No.643, pp.82-86 (2017)
- 7) 田中孝国, 中村百花: ポリウレタン担体を投入した気泡塔型排水処理装置における排水処理能の評価, 工業用水, No. 640, pp. 77-82 (2017. 01)
- 8) 並木博 編: 「詳解 工場排水試験方法」, 日本規格協会 (1986)

【受理年月日 2019年8月30日】