

# メッシュ担体を用いた回転ろ床法による都市下水処理に水温が及ぼす影響

長岡技科大院・工 明石拓己, (学)高木稜太, (正)幡本将史, 渊上俊次, (正)渡利高大, (正)山口隆司

## 1. はじめに

現在, 先進国を中心に広く普及している活性汚泥法は, 曝気にかかるエネルギーやコストが問題視されている。一方で, 回転円盤ろ床法 (Rotating Biological Contactor : RBC) は, 曝気を必要としない排水処理法であり, 従来の活性汚泥法の代替技術または都市下水の二次処理としても利用されている。また近年は, RBC の回転体の表面積を増加させ, 排水処理性能を向上させる技術が開発されている。そこで我々は回転体にメッシュ担体を用いて微生物を固定することに特化した Mesh Rotating Biological Reactor (MRBR) を運転し, 都市下水処理を行った。本研究では, 都市下水の水温が MRBR の都市下水処理性能に及ぼす影響を調査することを目的とし, 1 年間の運転で得られた処理性能を温度帯 10~15°C, 15~20°C, 20~25°C ごとに比較した。また, 通常の RBC と MRBR の都市下水処理性能を比較し, MRBR の都市下水処理性能を評価した。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験装置

実験に用いた MRBR を図 1 に示す。MRBR は, 長岡中央浄化センターに 2 基設置し, 本実験開始前に約半年間運転した。また, 水槽容積は 40 L, 回転体は, 塩化ピニリデン系合成繊維製 (空間率 96 %, 比表面積 170 m<sup>2</sup> m<sup>-3</sup>, 厚さ 0.05 m) を用い, 回転体の浸没率 40%, 回転速度 5 rpm, HRT 4 時間の条件で運転を行った。植種汚泥は都市下水処理標準活性汚泥及び脱窒型膜分離活性汚泥方式のし尿処理場の汚泥を用いた。MRBR にはスクリーン及び沈殿槽通過後の都市下水を供給した。

### 2.2 分析項目

各 MRBR の流入水及び流出水を採取し, 水質分析を行った。分析項目は, 水温 DO, pH, 溶解性 COD (sCOD), NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度とした。水温, DO, pH は各 MRBR で測定した。sCOD 濃度の測定は, HACH 社の Method 800 に基づいて測定した。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度は, 高速液体クロマトグラフ (Shimadzu) を用いて測定した。

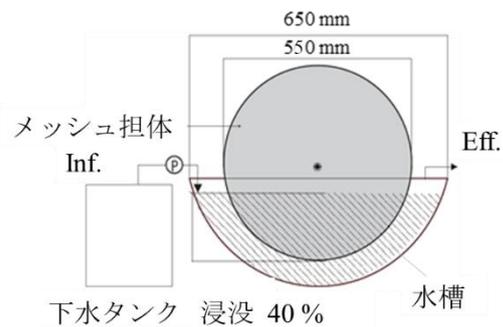


図 1 MRBR 概略図

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 都市下水処理結果

表 1 に水温帯 10~15 °C (P1), 15~20 °C (P2), 20~25 °C (P3) における MRBR の都市下水処理性能を示す。また, 図 2 に MRBR における水温と sCOD 除去率の関係, 図 3 に MRBR における水温と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去率の関係をそれぞれ示す。sCOD 除去率は, 水温帯 P3 で 71 %, P2 で 61 %, P1 で 57 % と水温の低下に伴い減少した。平均流入 sCOD 濃度が水温の低下に伴い 169 mg L<sup>-1</sup> から 109 mg L<sup>-1</sup> に減少しているため, 実際の sCOD 除去率も減少した。水温と sCOD 除去率における相関係数は 0.27 であり, 弱い正の相関が認められた。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去率は, 水温帯 P3 で 38 %, P2 で 26 %, P1 で 17 % であり, 水温の低下に伴い低下した。水温と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去率における相関係数は 0.28 であり, sCOD 除去率と同様に弱い正の相関が認められた。また, 全条件において NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N の蓄積は確認されず, 硝化反応は滞りなく進行した。また, 流出水中の T-N 濃度が流入と比べ, 減少していることから, MRBR では, 硝化と脱窒が同時に進行していたと考えられた。同時硝化脱窒率は, 水温帯 P3 で 78 %, P2 で 90 %, P1 で 74 % であり, 水温との相関は認められなかった。

### 3.2 RBC の処理性能との比較

MRBR の都市下水処理性能を既存の RBC<sup>2,3)</sup> と比較し評価した。先行研究では, HRT 2.5 時間, 水温は 12°C~24°C の条件で, Up-flow Anaerobic Sludge Blanket 通過後やスクリーン通過後の都市下水を供給し, 運転を行っていた。これらの先行研究をもとに, RBC と

MRBR における sCOD と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N の処理性能について比較した。水温帯 P1 (10~15℃) の MRBR の回転体の単位体積当たりの sCOD 除去速度は、1.3 kg-sCOD m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>、水温 13 °C の RBC では 0.9 kg-sCOD m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> であり、MRBR の sCOD 除去速度は、RBC の約 1.4 倍であった。また年間の水温帯 10 ~ 25 °C の MRBR の回転体における単位体積当たりの sCOD 除去速度は 1.9 kg- sCOD m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> であり、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去速度は 0.16 kg-N m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> であった。一方で水温 12~24℃ の RBC の回転体における単位体積当たりの sCOD 除去速度は 0.4 kg-sCOD m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去速度は 0.04 kg-N m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> であった。ここから、年間の水温帯 10 ~ 25 °C の MRBR の回転体における単位体積当たりの sCOD 除去速度と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去速度は、水温帯 12 ~ 24℃ の RBC より各々約 4.8 倍、約 4.0 倍高かった。

#### 4. まとめ

MRBR の sCOD 除去率及び NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去率は、水温との弱い正の相関が認められた。また、MRBR と RBC の処理性能について比較したところ、年間の MRBR の回転体の単位体積当たりの sCOD 除去速度と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去速度は、RBC の各々約 4.8 倍、約 4.0 倍であった。また、低水温帯においても、MRBR の回転体の単位体積当たりの sCOD 除去速度は、RBC の約 1.4 倍であった。

#### 5. 謝辞

本研究では、長岡中央浄化センターから研究場所を提供して頂きました。記して謝意を表します。

#### 6. 参考文献

- 1) Ozturk, M. C., Serrat, F. M., et.al.; *Chemical Engineering Science*, 139, pp 1-14. (2016).
- 2) Tawfik, A., et.al.; *Water science and technology*, 48, pp 131-138. (2003).
- 3) Tawfik, A., et.al.; *Water, Air, and Soil Pollution*, 175, pp 275-289. (2006).

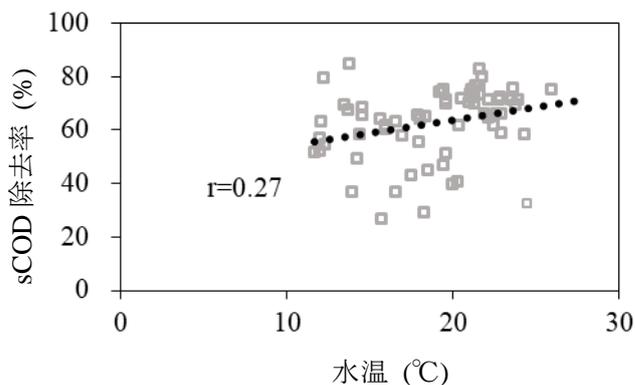


図 2 MRBR における水温と sCOD 除去率の関係

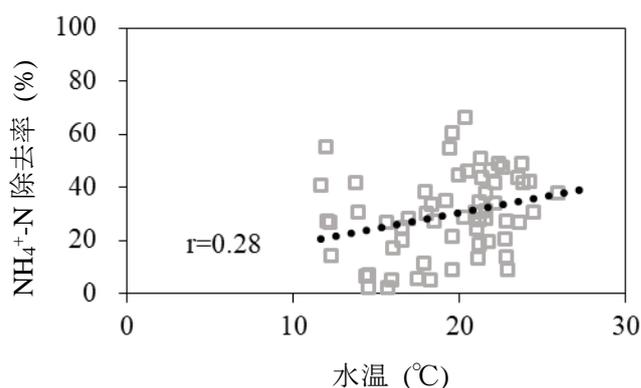


図 3 MRBR における水温と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去率の関係

表 1 各水温帯における MRBR の都市下水処理性能

水温帯	P1 (10 ~ 15 °C)		P2 (15 ~ 20 °C)		P3 (20 ~ 25 °C)	
	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
pH	6.4 ± 0.2	6.8 ± 0.2	6.4 ± 0.1	7.1 ± 0.2	6.4 ± 0.2	7.1 ± 0.2
DO (mg L <sup>-1</sup> )	0.4 ± 0.3	2.1 ± 1.3	0.4 ± 0.5	1.1 ± 0.6	0.2 ± 0.2	1.2 ± 0.7
sCOD (mg L <sup>-1</sup> )	109 ± 38	47 ± 20	167 ± 44	63 ± 71	169 ± 30	48 ± 11
sCOD 除去率 (%)	57 ± 17		61 ± 15		71 ± 7	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg-N L <sup>-1</sup> )	22.9 ± 4.8	18.7 ± 6.0	29.5 ± 4.5	22.5 ± 5.4	26.8 ± 4.7	17.3 ± 6.4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 除去率 (%)	17 ± 21		26 ± 17		38 ± 17	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg-N L <sup>-1</sup> )	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.2	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg-N L <sup>-1</sup> )	0.3 ± 0.2	3.4 ± 4.5	0.1 ± 0.1	1.0 ± 1.8	0.2 ± 0.0	2.4 ± 3.0
同時硝化脱窒率 (%)	74 ± 19		90 ± 8		78 ± 2	