

題目 傾斜型多段リアクター内における流動の実験的解析

長崎大学工学部 学生会員 米満 輔

長崎大学大学院工学研究科 正会員 夢田 彰秀

長崎大学大学院工学研究科 非会員 板山 朋聡

1. はじめに

乾燥地域の開発途上国では、旱魃や水源池悪化による水不足の為、安価な水の再生利用が求められている。特に現地でも手に入る木炭、レンガ廃材から作成した混合担体等を用いた、傾斜型多段リアクターによる雑排水処理法が研究され、アフリカの現地でその有効性が示されてきた。然るに、長期間の使用で微生物の増殖により目詰まりが生じ水の流れ方が変化することで、処理特性に影響を及ぼすことが知られており、傾斜型多段リアクター（リアクターと略）内の水の流れの解析もリアクターの効率化では重要である。本研究では、このリアクター内の流動特性の変化を実験的に解析することを目的とした。

2. 実験概要

処理システム：木炭 30L を詰めた嫌気槽（90L）に長崎大学食堂の雑排水を流入させた（90ml/分）。次に、担体構成の異なる A タイプ、B タイプ、C タイプの傾斜型三段リアクター（長さ 61cm，高さ 17cm，幅 10cm のプランター使用）に各々 30ml/分の流量で嫌気槽の処理水を流入させた。なお、A タイプ（粒径：4.75～9.75mm 破碎煉瓦 100%），B タイプ（粒径：4.75～9.75mm 木炭 25%：破碎レンガ 75%），C タイプ（粒径：4.75～9.75 木炭 50%：破碎レンガ 50%）の担体とし、嵩で 4L，充填率約 45%とした。実験は約 6 か月間実施し、BOD 等の処理特性も測定した。

温塩水トレーサーによる流動特性測定：本実験では薄型サーミスター温度センサー（石塚電子工業製 103JT-025）と電気伝導度測定ワイヤーをリアクター内の各位置（図 2，図 3）に設置し、温塩水（40℃，NaCl 0.1%）通水後の温度と電気伝導度の変化から、リアクター内の流動特性を測定した。今回、処理開始前（1回目）と 6 ヶ月間雑排水を流し続けた後（2回目）のリアクターを用いて各リアクターの流れの特性の変化について解析した。リアクターに室温の水を流入し、流出流量が安定した後、流入水を温塩水に切り替え、約 4 時間リアクター内の温度と電気伝導度の変化を計測した。また今回、赤外線カメラを用いて、リアクターの側面から撮影し、リアクター内の流動を可視化した。

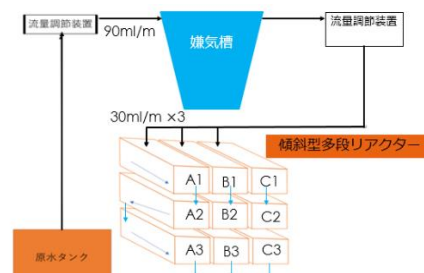


図 1 食堂排水処理システムの全体図

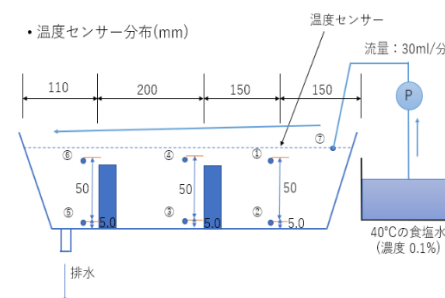


図 2 温度センサー分布図

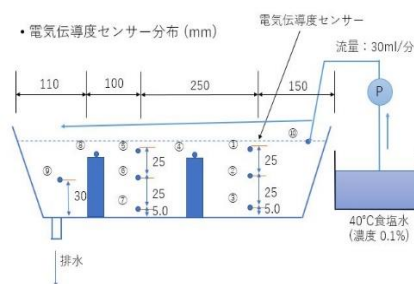


図 3 電気伝導度測定ワイヤー分布図

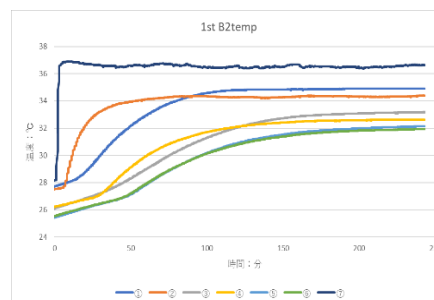


図 4 温度センサーグラフ（1回目）

3. 結果と考察

A,B,C 各タイプのリアクターの BOD 除去率は，処理システム全体で約 95%程度であり，嫌気槽を除いたリアクターのみでの BOD 除去率は A,B,C 各タイプで約 80.5%，75.5%，85%であった．排水流入期間中に，原水変更したこともあり，除去率が下がることもあったが，微生物がリアクター中に増殖した影響で，比較的高い除去率を保つことができた．図 4（1 回目，開始前），図 5（2 回目，開始 6 ヶ月後）に各点での温度変化の結果を示した．温水到達時間 T80 は，センサーの温度変化の最大と最小の差の 80%上昇時点とした．さらに，20%上昇点と 80%上昇点の時間間隔を Td，さらに，50%上昇時点を T50，⑤と②のセンサーにおける T20 の差を T'と定義して水の移動時間と透水係数の指標とした（表 1）．なお，Td は水理学的分散の指標である．開始前の各リアクターでは 7→2→1→4→3→6,5 の測定点の順番で温度が上昇し，これは水がリアクターの中央付近を流れていたこと示している．2 回目の実験でも 2→1→4→3→6,5 の順で温水が到達した．このことから，約 6 ヶ月後も流動のパターンは大きく変化しなかったと考えられる．一方，T'では，2 回目の実験の値の方が大きくなっている．リアクター内の増殖した微生物により，目詰まりが起こったことが原因と推察される．また，Td も 2 回目の実験時のほうが大きくなっている（表 1）．目詰まりにより，担体の間の間隙が小さくなることで，水理学的分散が大きくなったと考えられる．赤外線カメラの写真（図 6）からも，水が中央付近を良く流れていることが観察された．他のリアクターの流動特性も同様に計測し解析を行った．また，電気伝導度の変化も，同様な流動特性の変化が見られたが，温度変化は水の移流とともに熱伝導も関係している点で違いが見られた．

本実験で温塩水トレーサーを用いることで傾斜型多段リアクター内の流動特性の変化について調べることができると判明した．今後は，長期間の実験でリアクター内の流動に関するデータをより多く収集し，流動特性と処理特性の関係を明らかにすることで，処理効率の良いリアクターのデザインや運用方法に繋げていく必要がある．

参考文献

1) 板山朋聡ら，“On site experiments of the slanted soil treatment systems for domestic gray water”，2006
2) 牛島健ら，“アフリカサヘル地域での使用を想定した傾斜土槽システムによる生活雑排水の処理”，2013
3) 生地正人ら，“スポンジ担体を用いた傾斜土槽法による有機性汚濁物質と栄養塩類の同時浄化”，2014
4) 生地正人ら，“傾斜土槽法による台所排水の有機性汚濁と栄養塩類の同時浄化”，2015

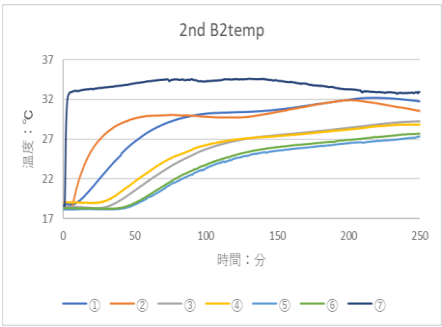


図 5 温度センサーグラフ（2 回目）

表 1 温度センサー反応時間

解析結果		T20(分)	T50(分)	T80(分)	Td(分)	T'(分)
1回目	B2-1	23.9	41.4	69.1	45.2	32.8
	B2-2	9.5	14.8	27.8	18.3	
	B2-3	36.7	70.1	112.1	75.4	
	B2-4	34.5	53.9	87.8	53.3	
	B2-5	42.3	74.1	117.1	74.8	
	B2-6	42.7	72.7	116.1	73.3	
	B2-7	2.1	2.5	2.9	0.8	
2回目	B2-1	22.9	42.1	77.4	54.5	53.7
	B2-2	9.3	16.9	34.5	25.2	
	B2-3	51.2	78.1	128.7	77.5	
	B2-4	45.1	68.9	118.6	73.5	
	B2-5	63.0	91.2	142.4	79.3	
	B2-6	62.2	89.3	139.8	77.6	
	B2-7	1.4	1.7	2.2	0.9	

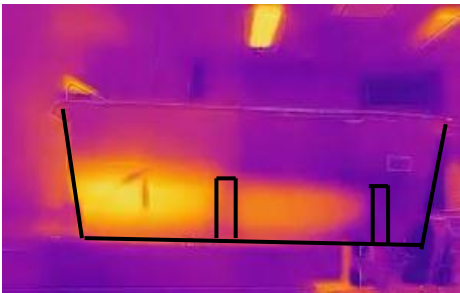


図 6 赤外線カメラ（B2 リアクター 2 回目実験時：1 時間半経過後）