

B-12 DHSリアクターによる 中有機物濃度の食品工場廃水の長期連続処理

○段下 剛志^{1*}・馬島 孝治¹・角野 晴彦²・高石 有希子³
珠坪 一晃⁴・大橋 晶良⁵・原田 秀樹⁶

¹岐阜工業高等専門学校 建設工学専攻 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑2236-2)

²岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑2236-2)

³株式会社トーエネック 技術開発室 (〒457-0819 愛知県名古屋南区滝春町1-79)

⁴独立行政法人国立環境研究所 地域環境研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

⁵広島大学大学院 社会環境システム専攻 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1)

⁶東北大学大学院 土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6)

* E-mail: 2012k13@edu.gifu-nct.ac.jp

1. はじめに

DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターは、スポンジを汚泥保持担体とした好気性散水ろ床である。活性汚泥法と比較すると、DHSリアクターの大きな長所は、曝気エネルギーが不要で省エネルギーなこと、余剰汚泥の発生量が少なく維持管理が容易なことが挙げられる。これまでのDHSリアクターに関する既報の多くは、下水を処理するUASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) リアクターの後段処理であり^{1)~3)}、流入CODはおおよそ150 mg/Lである。今のところ、DHSリアクターを適用できる廃水種や廃水濃度に関する知見は、少ないと言える。

そこで本研究では、DHSリアクターによって中有機物濃度 (COD 1000 mg/L程度) の実食品工場廃水を連続処理し、処理性能を調査した。また、DHSリアクター基軸方向におけるDOとCODのプロファイルを調査した。

2. 実験方法

(1) 実験装置

図-1に本研究で用いたDHSリアクターの概要を示す。ろ床は、幅20 cm、高さ4 cm、断面積5 cm²の三角柱状のポリウレタン製スポンジを、PVC製シートに39個貼付したものとした。ろ床全体の高さは158 cmであった。スポンジの間隙体積は3.1 Lで、HRTの計算にはこれを用いた。ろ床は、羽虫の飛散を防止するため、槽内に設置して密閉した。槽内への廃水供給と空気供給には、ポンプを用いた。リアクター上部に供給された廃水は、ろ床を流下中に保持汚泥によって浄化され、処理水となる。

(2) 供給廃水

供給廃水は、実食品工場廃水とした。廃水の採取頻度は、週1回とした。廃水供給前にpHを測定し、pHが6.5より低い場合は重曹を用いて6.5程度に調整した。廃水は、常時攪拌したタンクに保管した。廃水の保管温度は、実験開始～364日目まで13℃、それ以降は20℃とした。

(3) 連続処理実験

連続処理実験の開始前日に、活性汚泥を用いてDHSリアクターへの植種を行った。

処理温度は、実験開始～268日目まで20℃に制御した。この期間では、HRTを変化させることによって、数段階のCOD容積負荷における処理性能を調査した。

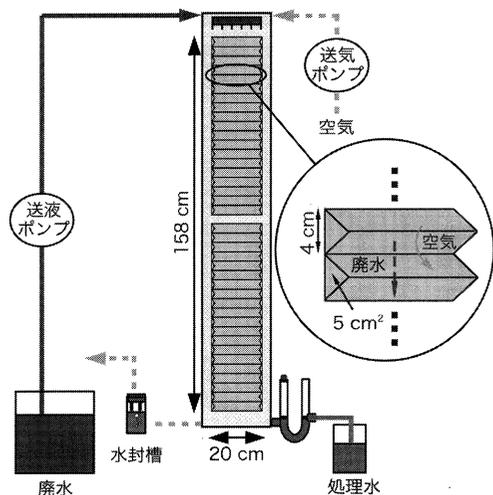


図-1 本研究で用いたDHSリアクターの概要

269日目以降は処理温度を制御フリーとした。この期間では、HRTを12時間に固定し、温度変化が処理性能に及ぼす影響を調査した。

(4) 基軸方向のプロファイル調査

基軸方向のプロファイル調査では、スポンジ担体表面のDOと溶解性CODを測定した。DOは、Unisense社のニードルセンサー（OX-N）を用い、原位置で測定した。溶解性CODは、ろ床にろ床幅の集水用の板を当てることによって、流下してきた廃水を全量サンプリングした。

3. 結果と考察

(1) 処理温度20℃における連続処理

図-2に処理温度20℃（実験開始～268日目）におけるCODの経日変化を示す。廃水の全CODは、工場の稼働状況によって変動し、200～4000 mg/Lで推移した。

運転開始時のHRTは、24時間とした。18日目以降、処理水の全CODは40 mg/L程度で安定したため、33日目にHRTを12時間に短縮した。変更直後も処理水質は、悪化しなかった。そこで68日目にHRTを8時間に短縮した。しかし、HRT 8時間では、処理水の全CODはほぼ200 mg/L以上であった。

110日目以降のHRTは12時間に戻した。その後、処理水質が回復するのに、2週間程度を要した。それ以降は、全COD 2000 mg/Lを超える廃水が流入した場合を除けば、処理が安定した。HRT変更直後の110～126日目と、高濃度廃水が流入した200～216、249～253日目を除く廃水の全、溶解性CODの平均（標準偏差）は781（±352）、506（±329）mg/Lであったのに対して、処理水の全、溶解性CODの平均は53（±40）、34（±17）mg/Lであった。同期間のCOD容積負荷の平均は、1.5（±0.63）kg-COD/m³-sopnge/日であった。また、同期間の処理水の全、溶解性BODの平均は、12（±16）、6.3（±6.4）mg/Lであった。岐阜県の排水基準を定める条例⁹では、最も厳しい排水基準をBOD 10 mg/L以下と定めている。処理水の溶解性BODは、これを満たす水準であった。流入濃度が200～2000 mg/Lであっても、COD容積負荷が1.5 kg-COD/m³-sopnge/日以下であれば安定した処理ができた。

(2) 処理温度制御フリーにおける連続処理

図-3に処理温度制御フリー（269～527日目）におけるCODと処理温度の経日変化を示す。処理温度は、サンプリング終了時の処理水の水温とした。この期間では、処理水質が悪化せず、かつ最高に近いCOD容積負荷で運転するために、前節の実験結果より、HRTを12時間に固定し、廃水の全CODを1300 mg/L以下とした。廃水の

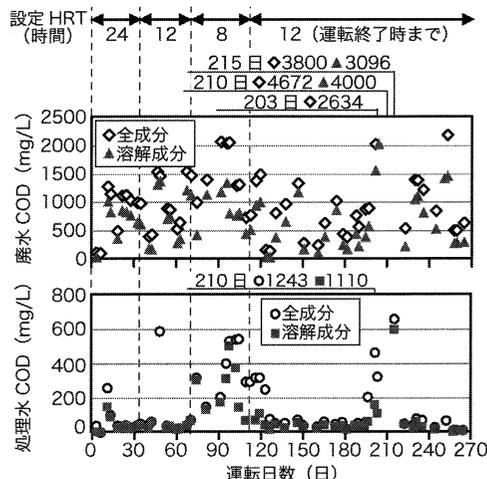


図-2 処理温度20℃におけるCODの経日変化

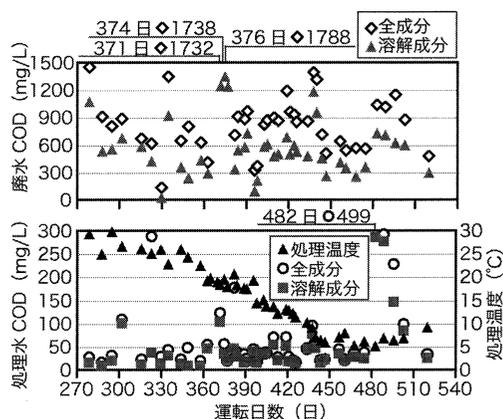


図-3 処理温度制御フリーにおけるCODと処理温度の経日変化

全COD、溶解性CODの平均は、それぞれ887（±371）、580（±306）mg/Lであった。

処理温度は25℃前後で推移した後に、徐々に低下し、437日目以降は10℃以下で推移した。269～474日目において、301、371（廃水濃度の調整ミス）、437日目を除けば、処理水の溶解性CODが60 mg/L以下で安定していた。特に、439～474日目は、処理温度が10℃以下であったのにもかかわらず、処理水の溶解性CODは50 mg/L以下であった。温度変化が処理性能に及ぼす顕著な影響は見られなかった。

482～488日目にかけて処理水質が急激に悪化した。その後の処理水質は徐々に回復した。482～488日目に、突発的な過負荷、急激な温度変化は見られなかった。これら以外に、処理悪化の原因を導くような結果はなかった。

(3) 基軸方向のプロファイル調査

図-4に基軸方向の溶解性CODとろ床表面のDOを示す。このプロファイル調査は、流入の溶解性CODが異なった438日目(1016 mg/L)、465日目(281 mg/L)、472日目(695 mg/L)に実施した。

処理水質は、全ての測定日とも30 mg/L前後(除去率90%以上)と良好であった。流下長78 cmにおける溶解性COD除去率は、1016、695、281 mg/Lの場合でそれぞれ96、86、52%となった。流入の溶解性CODが高いほど、リアクター上部で大部分の有機物が除去された。

DOプロファイルは、695、281 mg/Lの場合で類似した。1016 mg/Lの場合のみ、リアクター上部(流下長44 cm以降)からDOが確認された。最初にDOが確認された流下長の溶解性CODは、1016、695、281 mg/Lの場合でそれぞれ369、99、81 mg/Lであった。

流入の溶解性CODの濃度変化がDOプロファイルに与える影響は確認できなかった。ただし、全ての測定日とも流下長40 cmまではDOが確認されず、流下長114 cm以降ではDOがほぼ飽和に達していた。

(4) 527日間のCODバランス

527日目に運転を終了し、CODバランスを計算した。運転期間中、余剰汚泥の引き抜きは、一切行わなかった。

図-5に527日間のCODバランスを示す。流入したCODは、11.8%が流出し、83%が分解された。流出した固形性CODは、全て余剰汚泥に由来すると仮定し、汚泥流出率を計算した結果、0.03 g-VSS/g-除去CODであった。

表-1に既報^{1)~4)}と本研究のDHSリアクターの汚泥流出率の比較を示す。既報の処理システムはUASBリアクターとDHSリアクターで構成されており、原水は既報^{1)~3)}が下水、既報⁴⁾が食品系廃水であった。DHSリアクターの汚泥流出率は、COD容積負荷、処理温度によって変化していた。本研究の汚泥流出率は、比較した既報によ

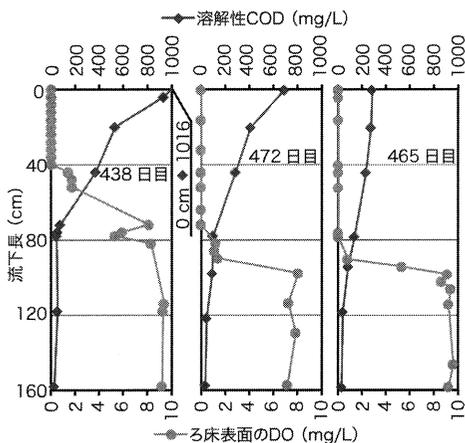


図-4 基軸方向の溶解性CODとろ床表面のDO

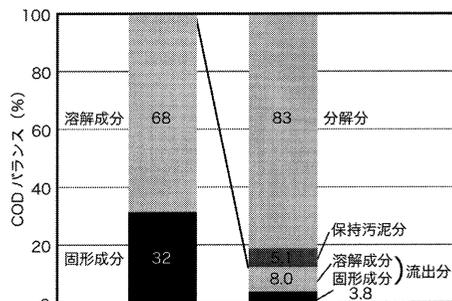


図-5 527日間のCODバランス

表-1 DHSリアクターの汚泥流出率の比較

文献	温度 ℃	流入COD mg/L	COD容積負荷 kg/m ³ -sponge/日	汚泥流出率 g-VSS/g-除去COD
1)	9~32	227	2.2	0.02(SS基準)
2)	22~32	169	1.8	0.04
3)	~25	112	0.85	0.2
	25~			0.01
4)	15~27	554	3.2	0.1
本研究	6~29	1016	2.1	0.03

り流入CODが高かったものの、COD容積負荷が同程度である既報¹⁾²⁾と同程度であった。活性汚泥法の汚泥流出率は0.9 g-SS/g-除去COD程度である¹⁾。DHSリアクターによって中有机物濃度の廃水を処理しても、余剰汚泥は大幅に削減できた。

4. 結論

DHSリアクターによって中有机物濃度の食品工場廃水を連続処理した。COD容積負荷が1.5 kg-COD/m³-sopnge/日以下であれば、処理水の溶解性CODは40 mg/L程度で安定した。処理温度が10℃を下回っても、処理の顕著な悪化は見られなかった。汚泥流出率は0.03 g-VSS/g-除去CODであり、余剰汚泥の少なさが示された。DHSリアクターによって中有机物濃度の廃水を処理する場合、COD容積負荷を制御すれば、曝気不要で、余剰汚泥の少ない処理プロセスとなると言える。

参考文献

- 1) Madan Tandukar et al., *Water Research*, 41, 2697-2705, 2007
- 2) Mohaed Mahmoud et al., *Chemical Engineering Journal*, 168, 535-543, 2011
- 3) 松永健吾ら、*環境工学研究論文集*, 46, 623-638, 2009
- 4) Hala El-Kamah et al., *Bioresourse Technology*, 102, 7029-7035, 2011
- 5) 岐阜県庁 環境 法令・条例ホームページ、<http://www.pref.gifu.lg.jp/kanky/horei-jorei/>, 2012.9閲覧