

N-8 酸素供給型DHSリアクターによる デンプン含有排水の連続処理

○段下 剛志^{1*}・角野 晴彦²・川上 周司³・高石 有希子⁴・珠坪 一晃⁵

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阿南工業高等専門学校 建設システム工学科 (〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木265)

⁴株式会社トーエネック 技術開発室 (〒457-0819 愛知県名古屋市中南区滝春町1-79)

⁵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)

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

1. 研究の背景と目的

本研究室では、高負荷が達成できる新たな処理方法として、DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターの気相部を高濃度酸素に維持する酸素供給型DHS (High DO DHS、Hi-DHS) リアクターを開発した。

これまでHi-DHSリアクターによって、全COD 1000 mg/L程度の豆腐工場模擬排水を連続処理した¹⁾。その結果、DHSリアクターの2～5倍の容積負荷 (2.4 kg-BOD/m³-sponge/日) で、全BOD 10 mg/L以下の処理水が得られた。ろ床充填率50%としたリアクター容積基準の負荷は、1.2 kg-BOD/m³-reactor/日となる。加えて、汚泥返送が不要な維持管理の容易な運転であった。

本研究では、Hi-DHSリアクターの適用排水種の拡大を検討するために、デンプンのみを有機源とする排水 (全COD 1000 mg/L) を連続処理した。

2. 実験方法

(1) 実験装置

図1に、本研究で用いたHi-DHSリアクターの概要を示す。ろ材は、幅20 cm、断面積5 cm²の三角柱スポンジとした。ろ床は、ろ材を39本、塩化ビニル製のシートに図1のように貼り付けたものとした。ろ床の高さは158 cm、スポンジの間隙容積は3.1 Lとなった。HRTの計算には、スポンジの間隙容積を用いた。ろ床は、処理水の流出部・排気部に水封槽を備えた密封可能な槽内に懸垂した。

槽内への酸素供給には、PSA (Pressure Swing Adsorption) 式の酸素濃縮装置を用いた。槽内の酸素濃度は、90%程度とした。

排水は、ろ床上部へポンプアップし、ろ床に滴下する。流下する排水は、気相部から酸素を獲得し、ろ床表面・内部の汚泥と接触しながら処理される。

(2) 連続処理

供給排水は、水道水にデンプン (溶性)、栄養塩および重曹を加えて作成した。CODは、1000 mg/Lに調整した。保管温度は、25日目まで15～10℃、それ以降4℃とした。交換頻度は、1週間に2～3回とした。

連続処理の開始前に植種した。植種汚泥は、本校合併処理浄化槽から採取した活性汚泥を用いた。

連続処理は、20℃に制御した恒温室内で実施した。HRTは、8時間で開始し、処理状況に合わせて調整した。

(3) 処理水のCOD分画

168～317日目において、処理水のデンプンおよびグルコースを測定した。これらの測定は、Megazyme社の総澱粉量測定キットを用いた。得られた結果は、COD換算した。全CODからデンプンCODとグルコースCODを引いたものは、その他CODとした。

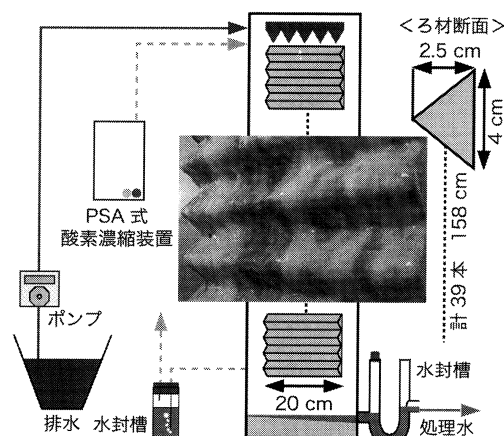


図1 Hi-DHS リアクターの概要

(4) 実HRTの測定

115・248・314日目において、Hi-DHSリアクターの実HRTを測定した。測定方法は、下水試験法の反応槽の混合特性試験うち塩化ナトリウム添加法に準じた。

(5) 流下方向のCOD・DOプロファイル

158・224・309日目において、流下方向のCOD・DOを測定した。DOの測定は、原位置で測定するため、Unisense社のニードルセンサーを用いた。

COD・DOの測定箇所は、流下長0 cm (排水)・76 cm (中間処理水)・158 cm (処理水)とした。ここでのDOは、ニードルセンサーが汚泥と接触していない液相部で測定した。また、流下長30・74・108 cmにおいて、汚泥表面から深さ0.5～1 mm位置のDOを測定した。

3. 結果と考察

(1) 連続処理

植種後のHi-DHSリアクターの汚泥濃度は、0.3 g-SS/L-spongeであった。図2に (a) 排水、(b) 処理水的全COD・全BODの経日変化を示す。実験期間における排水の全COD・全BODの平均は、1008・551 mg/Lであった。また、排水の溶解性COD・溶解性BODの平均は、916・498 mg/Lであった (データ不提示)。

連続処理開始後、生物処理は徐々に進行し、28日目における処理水は全BOD 20 mg/Lを下回った。32～34日目にかけて槽内の酸素濃度の低下 (70%程度) と、発生日不明～59日目まで排水の一部がろ床の裏側 (スポンジろ材がない面) を流下するトラブルが発生した。これらに伴うように、35～56日目の処理水は、全COD 240 mg/L以上、全BOD 95 mg/L以上と悪化した。これらのトラブルを解消後の63～87日目における処理水は、全COD 48～167 mg/Lと不安定であった。

そこで処理の回復を試みるため、88日目にHRTを12時間に延長した。直後から、処理水は、全COD 80 mg/L程度、全BOD 20 mg/L程度となった。運転を継続してもこれ以上、処理水は著しく向上することはなかった。ただし、105・114・161日目における処理水は、全COD 150 mg/L以上 (114・161日目のBOD値なし) と悪化した。ここで溶解性CODは、全CODと同程度であり、汚泥の剥離による処理の悪化ではなかった。これらの処理の悪化は突発的なものと判断し、再度HRTを短縮することにした。

164日目にHRTを8時間とした。HRT変更後、1週間まで変更前の処理水質となった。その後197日目まで処理水は、突発的な悪化 (189日目) も認められたが、継続的に悪化することはなかった。203日目以降、処理水は悪化し始め、238日目まで全COD 90～225 mg/L、全BOD 46～110 mg/Lで変動した。この時点で、HRT 8時間では各地の排水基準を達成する程の良好な処理水質が得られないと考えられた。

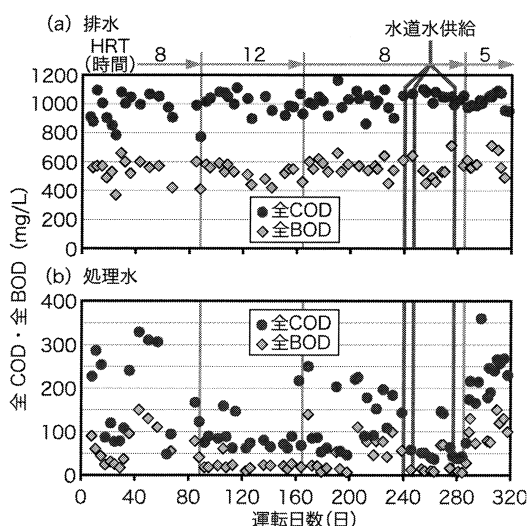


図2 (a) 排水、(b) 処理水の
全COD・全BODの経日変化

239・248日目において、実HRT測定時に電気伝導度の明確なピークを得るため、排水の代わりに水道水を48時間供給した。すると処理水は、これまでと一変し、245～262日目において全COD 37～58 mg/L、全BOD 10～14 mg/Lに回復した。水道水を供給後、約20日が経過した267日目から、処理水は全COD 150 mg/L程度に悪化した。そのため、276日目から水道水を48時間供給した。処理水は、274～283日目において、全COD 38～64 mg/L、全BOD 6～16 mg/Lに再び回復した。これより48時間の水道水供給、すなわち排水供給の停止は、処理の回復に効果があると言える。HRT 8時間で、ろ床充填率50%としたリアクター容積負荷は、0.9 kg-BOD/m³-reactor/日であり、高負荷というには不十分であった。そこで、最適な排水の供給・停止時間、それによる処理の回復機構は、さらに短いHRTで調査することにした。

284日目にHRTを5時間とした。288日目以降、処理水は、全COD 166～360 mg/Lで変動した。今後、排水の供給停止実験を行う予定である。

(2) 処理水のCOD分画

図3に168～317日目における処理水のCOD分画を示す。HRT 8時間において、全COD 37～64 mg/L (全BOD 20 mg/L以下) と良好な処理水が得られている場合のCOD分画は、デンプンCOD 20 mg/L以下、グルコースCOD 7 mg/L以下、その他COD 27 mg/L以上であった。全CODに対して60～90%程度がその他CODであった。

全CODと各CODの関係を調べたところ、いずれも全CODの増加に比例して増加する傾向であった。この増加割合は、その他COD (0.49)、デンプンCOD (0.39)、グルコースCOD (0.12) の順であった。グルコースが検出されることから、ろ床では、DO不足が好気的な処理に悪影響を及ぼし、嫌気的な代謝が進行していると考え

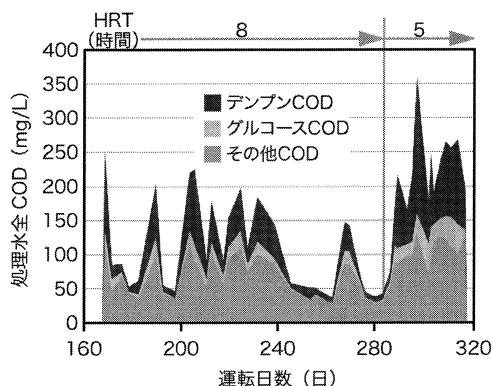


図3 168～317日目における処理水のCOD分画

られる。そのため、その他CODには、有機酸が含まれていると考えられる。

(3) 実HRTの測定

表1に115・248・314日目における理論HRTと実HRTの比較を示す。ここでの理論HRTは、排水流量からより正確に表現した。理論HRT 11.7・7.8時間（115・248日目）では実HRT/理論HRTが0.9程度となり、スポンジろ材の間隙がほぼ有効に使われていたと考えられる。HRT 4.9時間（314日目）では実HRT/理論HRTが0.12となり、極端な短絡流が発生した。この短絡流は、処理水質を悪化させた一因だと考えられる。

豆腐工場模擬排水を処理するHi-DHSリアクターでは、理論HRT 5.5時間における実HRTは3時間（実HRT/理論HRT=0.55）であった¹⁾。短絡流の原因は、ろ床表面の肥大化した汚泥であることを挙げている。本Hi-DHSリアクターでは、この既報と同程度の理論HRTながら、さらに大きな短絡流が発生した。従って、Hi-DHSリアクターは、供給する排水種によって、汚泥の生物膜化に違いがあると考えられる。

(4) 流下方向のCOD・DOプロファイル

図4にHRT 12時間（158日目）・8時間（224日目）・5時間（309日目）における（a）溶解性COD、（b）DOの流下方向プロファイルを示す。排水の溶解性CODは900 mg/L程度であった。中間処理水における溶解性COD除去率は、HRT 12・8・5時間でそれぞれ40・50・43%であった。処理水における溶解性COD除去率は、HRT 12・8・5時間でそれぞれ91・83・78%であった。HRTが長いほど中間処理水の溶解性COD除去率が高いと予想していたが、その通りにはならなかった。

中間処理水のDOは、HRT 12・8・5時間でそれぞれ33・12・25 mg/Lであった。中間処理水のDOは、ろ材から水が滴り落ちる位置で測定している。この測定位置のわずかな高さの違いによって、中間処理水のDOは差が見られたと推測される。

HRT 5時間では、流下長30・74 cmの汚泥表面から0.5～

表1 115・248・314日目における理論HRTと実HRTの比較

運転日数 (日)	①理論HRT (時間)	②実HRT (時間)	②/①
115	11.7	10.8	0.92
248	7.8	6.8	0.87
314	4.9	0.6	0.12

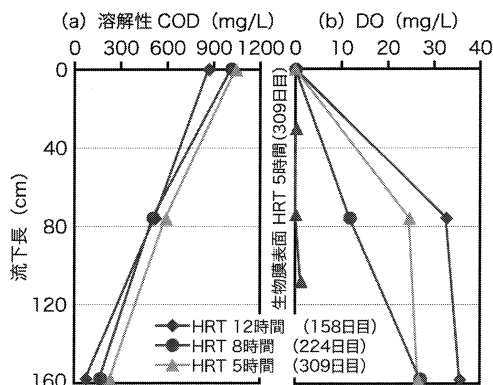


図4 HRT 12・8・5時間における（a）溶解性COD、（b）DOの流下方向プロファイル

1 mm位置におけるDOが0 mg/Lであった。スポンジろ材内でDOが0 mg/Lとなった排水は、気相部と接触するスポンジろ材の接合（くびれ）部で10～30 mg/LのDOを獲得できた。従って、Hi-DHSリアクターは、ろ材のサイズを小さくし、排水と気相部の接触（ろ材の表面積）を増やせば処理性能が向上する可能性がある。

4. まとめ

Hi-DHSリアクターによってデンプンを有機源とする全COD 1000 mg/Lの排水を連続処理した。HRT 8時間において、全COD 90 mg/L以下、全BOD 25 mg/L以下の処理水が得られた。処理が悪化した場合において、排水の替わりに水道水を48時間供給すると、処理は回復した。

HRT 5時間において、実HRT/理論HRTが0.12という短絡流が発生し、処理水は全COD 160 mg/L以上になった。

流下する排水は、スポンジろ材の接合（くびれ）部で10～30 mg/LのDOを獲得しているが、汚泥表面から0.5～1 mmでDOが完全に消費されていた。処理性能を向上させる1つの提案として、排水と気相部の接触（ろ材の表面積）を増やすことが挙げられる。

参考文献

- 1) 馬島孝治ら、平成24年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp.455-456、2013.3

謝辞

本研究の一部は公益社団法人鉄鋼環境基金の助成を受けて実施しました。関係各位に感謝致します。