

デンブン含有排水を処理する Hi-DHS リアクターの運転方法の検討

岐阜工業高等専門学校（学）○段下剛志、（正）角野晴彦 阿南工業高等専門学校（正）川上周司
（株）トーエネック 高石有希子 国立環境研究所（正）珠坪一晃

1. 背景と目的

本研究室では、高負荷処理を実現できるプロセスとして、DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターの気相部を高酸素濃度に維持する Hi-DHS (High DO 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 の豆腐工場模擬排水を連続処理した¹⁾。その結果、リアクター容積基準の容積負荷 1.2 kg-BOD/m³-reactor/日 (ろ材充填率を 50%と仮定) で全 BOD 10 mg/L 以下の良好な処理水が得られた。

本研究では、適用排水種に関する知見を拡大するため、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、処理性能向上のための運転方法を検討した。

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、三角柱スポンジ（幅 20 cm、断面積 5 cm²、間隙率 80%）とした。ろ床は、ろ材を 39 本、塩化ビニル製のシートへ図-1 のように貼り付けたものとした。ろ床の高さは 158 cm、スポンジ間隙容積は 3.1 L である。HRT の計算では、スポンジの間隙容積を用いた。リアクター基準の容積負荷の計算では、ろ材充填率を 50%と仮定した。ろ床は、槽内に設置した。槽は、ろ床を懸垂後、処理水の流出部と排気部に水封槽を備え密封した。

槽内への酸素供給には、PSA (Pressure Swing Adsorption) 式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) 連続処理実験

排水は、デンプンを有機源とし、全 COD 1000 mg/L に調整した。排水には、栄養塩と重曹を添加した。

処理温度は、20℃とした。運転開始前、本校浄化槽より採取した活性汚泥を植種した。植種終了後を0日目とし、HRT 8時間で運転開始した。HRTは、

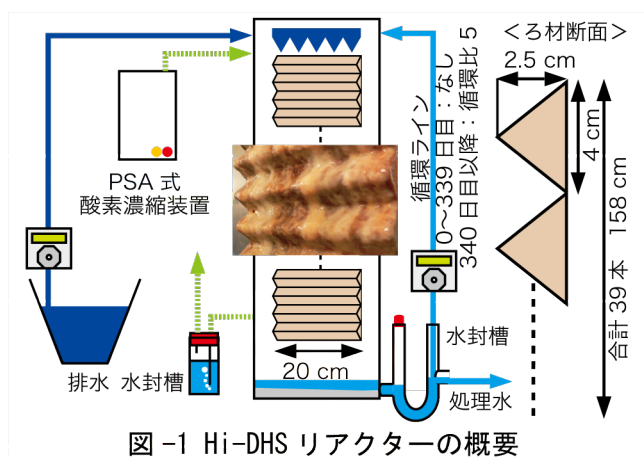


図-1 Hi-DHS リアクターの概要

処理状況に応じて変更した。

168～381 日目の処理水において、全 COD をデンプン、グルコース、その他 COD に分画した。

(3) 溶解性 COD、DO の流下方向プロファイル

309・381日目において、流下方向で溶解性COD、DOを測定した。DOは、Unisense社のニードルセンサーを用い、原位置で測定した。

3. 結果と考察

(1) 連続処理実験

図-2 (a) に排水、(b) に処理水のCOD、BODの経日変化を示す。排水の全COD、溶解性CODの平均は1016、930 mg/Lであった。排水の全BOD、溶解性BODの平均は563、515 mg/Lであった。

運転開始後、実験装置のトラブルにより、処理が不安定な状態が続いた。処理の回復を図り、88日目にHRTを12時間に延長した。処理は回復し、処理水の平均は突発的な悪化を除き、全BOD 19 mg/Lであった。

168日目にHRTを8時間に短縮した。HRT 8時間における容積負荷の平均は、 $0.85 \text{ kg-BOD/m}^3\text{-reactor/日}$ であった。203日目以降、処理水は悪化し始め、全BOD 40 mg/L 以上であった。239、248日目において、排水を水道水に替えて48時間供給した。すると処理は回復し、以降、約20日間処理水の平均は、全BOD 11 mg/L と良好であった。248日目において、実HRT (6.8時間) /理論HRT (7.8時間、排水流量より計算) は0.89であり、理論HRTと実HRTはほぼ合致した。267日目において処理水は全BOD 70 mg/L となったが、276日目に排水を水道水に替えて48時間供給したところ、次のHRT変更日まで処理水は全BOD 10 mg/L 以下であった。

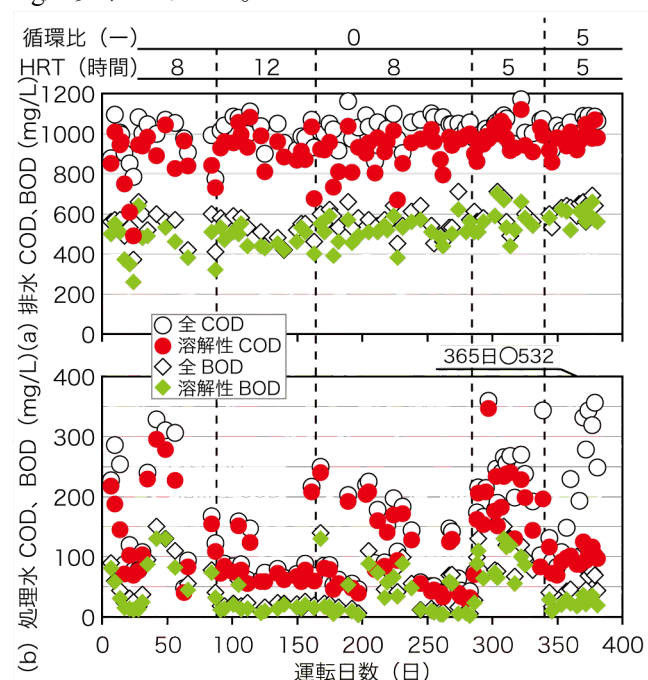


図-2 (a) 排水 (b) 処理水の COD、BOD の経日変化

284日目にHRTを5時間に短縮した。容積負荷の平均は、 $1.4 \text{ kg-BOD/m}^3\text{-reactor/日}$ であった。これは、豆腐工場模擬排水に対してHi-DHSリアクターが達成した容積負荷 ($1.2 \text{ kg-BOD/m}^3\text{-reactor/日}$) と同程度であった¹⁾。

288日目以降、処理水は、全BOD 60 mg/L 以上であった。314日目において、実HRT (0.6時間) /理論HRT (4.9時間) は0.12であった。HRT 8時間と比較して、HRT 5時間では、極端な短絡流が発生した。豆腐工場模擬排水を処理するHi-DHSリアクターにおいて、実HRT (3時間) /理論HRT (5.5時間) は0.55であった¹⁾。デンプン含有排水を処理する本Hi-DHSリアクターは、同程度の容積負荷ながら、より極端な短絡流が発生した。

334日目に排水を水道水に替えて48時間供給した。すると全COD 160 mg/L 以上であった処理水が全COD 102 mg/L (BODはデータなし) となった。HRT 5時間において水道水を供給しても、各地の排水基準を達成できる処理水質は得られないと判断した。そこで、後述するろ床のDO不足を解消することを図り、340日目以降、処理水循環を循環比5で試みた。

直後から処理は向上した。処理水は、溶解性BOD $10\sim36 \text{ mg/L}$ となった。357日目以降、運転日数の経過に従って、処理水的全BODは悪化する傾向であり、365日目の処理水は全BOD 100 mg/L であった。この理由は、線流速の増大に伴い剥離した汚泥であった。388日目において、実ワンパスHRT (0.13時間) /理論ワンパスHRT (0.9時間) は0.15であった。短絡流は解消されていなかった。

(2) 処理水のCOD分画

図-3に168～381日目における処理水的全COD分画を示す。HRT 8時間のうち、処理が悪化した期間 (203～238日目) において、グルコースCODは、 8 mg/L 以上であった。グルコースが検出されたことから、嫌気処理があったと言える。一方、水道水供給によって処理が回復した期間 (245～262日目) において、グルコースCODは 3 mg/L 以下に減少した。

HRT 5時間・循環比0 (水道水供給後を除く) において、グルコースCODの平均は 29 mg/L であった。HRT 5時間・循環比5において、グルコースCODの平均は 8 mg/L に減少した。これより、処理水循環によって好気処理が増加し、処理が向上したと考えられる。循環比5において、その他CODは、 $71\sim466 \text{ mg/L}$ であり、固形性CODに比例して増加する傾向であった (データ不提示)。ここでのその他CODは、剥離した汚泥由来だと言える。

(3) 溶解性COD、DOの流下方向プロファイル

図-4にHRT 5時間・循環比0 (309日目) および循環比5 (381日目) における溶解性COD、DOの流下方向プロファイルを示す。循環比0、循環比5における溶解性COD除去率は、流下長76 cmで43、39%、流下長158 cmで78、60%となり、流下長76 cmまでの減少割合が大きくなった。流下長76 cmまでの溶解性COD除去速度 (溶解性COD減少量/理論ワンパスHRT) を計算すると、循環比0では 180 mg/L/時間 であったのに対し、循環比5では 230 mg/L/時間

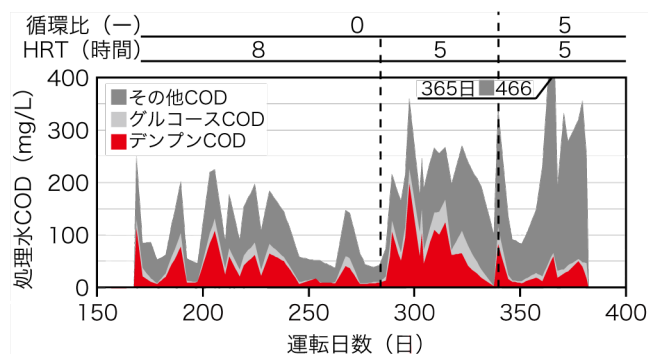


図-3 168～381日目における処理水的全COD分画

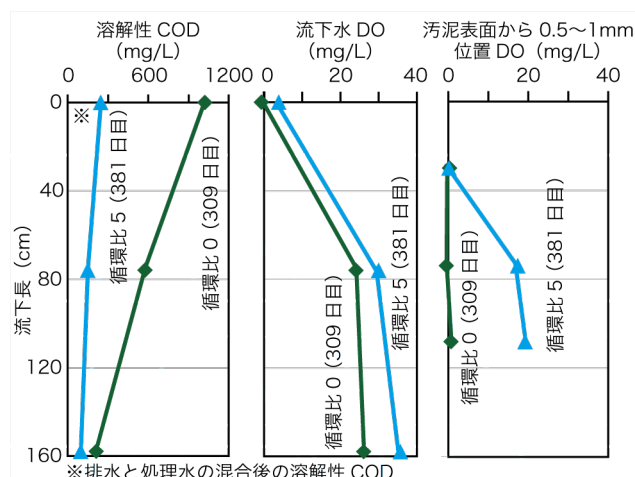


図-4 HRT 5時間・循環比0および循環比5における溶解性COD、DOの流下方向プロファイル

であった。

循環比0において、流下長30、74、108 cmの汚泥表面から0.5～1 mm位置におけるDOはほぼ 0 mg/L であった。これは、この運転条件にて前述した嫌気処理が行われているという考察を裏付けている。

流下長76 cmにおける流下水DOは、 25 mg/L であった。ここでのDOは、ろ材から水が滴り落ちる箇所で測定した。流下長74 cmにおける汚泥表面から0.5～1 mm位置におけるDOはほぼ 0 mg/L であったことから、流下する排水は、ろ材から滴り落ちるわずかな時間でDOを獲得した。

循環比5において、流下長74、108 cmの汚泥表面から0.5～1 mm位置におけるDOは、 20 mg/L 程度であり、深さ1.5 mm程度までDOが残存した (データ不提示)。これは、この運転条件にて前述した好気処理が増加したという考察を裏付けている。

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 程度の排水を連続処理した。HRT 8時間 ($0.85 \text{ kg-BOD/m}^3\text{-reactor/日}$) において、排水を水道水に替えて48時間供給した。すると約20日間、処理水の平均は、全BOD 11 mg/L と良好であった。HRT 5時間 ($1.4 \text{ kg-BOD/m}^3\text{-reactor/日}$) において、循環比5で処理水循環した。循環比0と比較して処理は向上し、溶解性BOD $10\sim36 \text{ mg/L}$ であった。この理由はDOがスポンジ内部まで供給され、好気処理が増加したことだと考えられる。

参考文献

1) 角野晴彦ら、用水と廃水、第55巻、第11号、2013