

DHS リアクターへの排水供給方法が処理に与える影響

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○角野晴彦、非会員 岩田龍也、非会員 大橋優輝
 国立環境研究所 正会員 小野寺 崇、正会員 珠坪一晃

1. 目的

DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターは、曝気不要と維持管理容易という優位性を持つ。その処理性能は、低濃度排水(下水等)の有機物除去と硝化において、完璧に近い処理水質を得られるが、窒素除去の第2段階である脱窒は不得意である¹⁾。DHS リアクターは、排水の流下に伴い、各ろ材のくびれ部でDOを獲得しやすい。そこで、既報のDHSリアクターの運転条件よりも、各ろ材に水を保持している時間を長くすると、ろ材内で無酸素環境の形成と汚泥の自己分解が生じ、脱窒できると考えた。そこで本研究では、これを長時間HRT、間欠供給によって、実現可能であるか調査した。

2. 実験方法

図1に実験装置の概要を示す。実験は、同じ仕様の装置を2基用意し、連続供給運転と間欠供給運転を行った。

ろ材は、円柱状の樹脂製リング(φ3.5 cm, h3.0 cm)にスポンジを詰め込んだものを用いる。これを直列に40個繋げたものをろ床とする。ろ床は、高さ140 cm、スポンジ保水容積0.92 Lである。HRTの算出は、スポンジ保水容積を用いた。排水はリアクター上部から滴下され、ろ床を流下中に汚泥と接触し、リアクター下部で処理水となる。植種は活性汚泥を用いた。室温は20℃とした。

流入水には、NO₃⁻ 30 mgN/Lの硝酸性窒素人工排水とCOD 200 mg/Lの有機物添加用排水を用いた。前者には、無機栄養塩類と重曹を添加した。後者には、酢酸ナトリウムとプロピオン酸を各COD 100 mg/L、NH₄⁺を30 mgN/Lとなるようにした。各排水の流量比は、2:1とした。

連続供給運転では、コントロールとしてHRT 2 h(RUN1)、長時間HRTとしてHRT 8 h(RUN2)、内生脱窒として硝酸性窒素人工排水のみでHRT 8 h(RUN3)の3条件とした。

間欠供給運転では、HRT 2 hで固定した。1時間を1サイクルとし、排水の供給と停止の時間を3条件(RUN1~3)設定した。

3. 実験結果と考察

(1) 連続供給運転のDHSリアクター

図2に連続供給運転のDHSリアクターにおける各窒素濃度、表1に上から10個目までのろ材の汚泥濃度とOUR

(Oxygen Uptake Rate、基質無添加)を示す。RUN1・2における流入水の各窒素の平均は、T-N 33 mgN/L、Org-N 3 mgN/L、NH₄⁺ 9 mgN/L、NO₂⁻ 0 mgN/L、NO₃⁻ 21 mgN/Lであった。

運転15日目において、処理水のNO₂⁻は7 mg/Lであり、硝化の開始を確認できた。運転29日目において、処理水のNH₄⁺は1 mgN/L、NO₂⁻は1 mgN/L、NO₃⁻は26 mgN/Lであった。これ以降、硝化は、ほぼ完全に進んだ。RUN1におけるT-N除去率は、最大で20%程度であった。

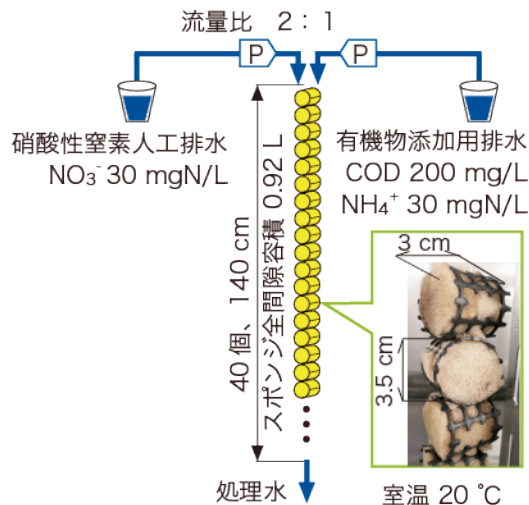


図1 実験装置の概要

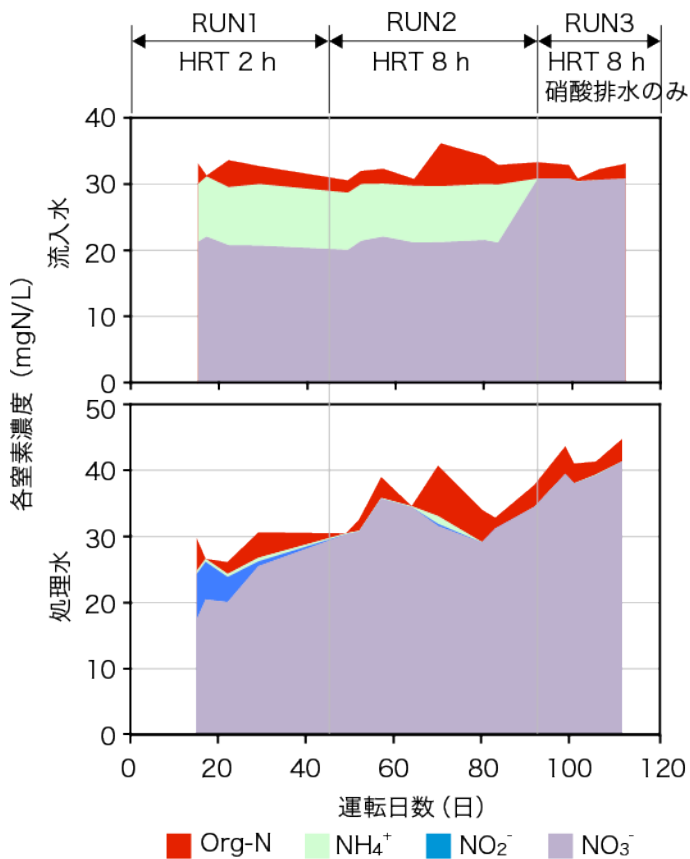


図2 連続供給運転のDHSリアクターにおける各窒素濃度の経日変化

キーワード DHS リアクター、連続供給、間欠供給、窒素除去、汚泥濃度

連絡先 〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2 環境都市工学科 TEL 058-320-1408

RUN2 では、RUN1 に引き続き硝化はほぼ完全だった。T-N 除去率は、運転 49 日目を除いて、プラスを示すことはなかった。RUN3 における T-N 除去率は、RUN2 より更に低いレベルで、-10~-35%で推移した。処理水の NO₃⁻ は、増加傾向を示した。これは、汚泥の自己分解に伴い生成された NH₄⁺ が硝化したと考えられる。RUN2・3 の汚泥濃度は、RUN1 (24 g-VSS/L-sponge) よりも減少し、10・5 g-VSS/L-sponge であった。ろ材の汚泥濃度が減少することで DO 消費が減り、ろ材内にまで DO が供給されやすくなる。このように汚泥濃度の減少と空気との接触時間の増加が相まって、無酸素環境が形成されずに、流入 COD および内生呼吸で生成された COD は DO により分解され (処理水の溶解性 COD 0~22 mg/L)、脱窒が進まなかったと考えられる。

(2) 間欠供給運転の DHS リアクター

図 3 に間欠供給運転の DHS リアクターにおける各室素濃度、表 2 に上から 10 個目までの汚泥濃度と OUR (基質無添加) を示す。全運転期間における流入水の各室素の平均は、T-N 32 mgN/L、Org-N 3 mgN/L、NH₄⁺ 10 mgN/L、NO₃⁻ 22 mgN/L、NO₂⁻ 0 mgN/L であった。

RUN1 では、T-N 除去率で 7%以下であり、脱窒はほぼ進まなかった。一方、硝化は、運転日数の経過とともに処理水の窒素態のうち NO₃⁻ が多くを占め、進行の様子をみせた。運転 29 日目において、処理水の NH₄⁺ は、0 mgN/L であり、この NH₄⁺ の減少分はほとんど NO₃⁻ に上積みされていた。処理水の溶解性 COD は、8mg/L 以下であった。RUN1 の汚泥濃度は 10 g-VSS/L-sponge であった。一方、並列で同一の有機物、窒素負荷で運転する連続供給運転の DHS リアクターの RUN1 の汚泥濃度は 24 g-VSS/L-sponge であり、汚泥がろ材を覆い隠すほど付着していた。よって、間欠供給運転の DHS リアクターでは、DO が消費されにくい環境にあった。また、排水の供給停止中は、DO を獲得できないと想定していたが、ここで DO を獲得し、脱窒しなかったと考えられる。

RUN1 汚泥の OUR は、0.137 g-O₂/g-VSS/day であった。並列で、同負荷で運転している連続供給運転の DHS リアクター (RUN1) の OUR は、0.307 g-O₂/g-VSS/day と高かった。にも関わらず、間欠供給運転の DHS リアクターの MLSS は、連続供給運転の DHS リアクターの 1/2 以下であった。この理由は、連続供給運転の DHS リアクターでは、常に COD が存在する環境にあり、内生呼吸による OUR (汚泥の自己分解) が発揮できておらず、一方、間欠供給運転の DHS リアクターでは、供給停止中に COD が欠乏し、OUR が発揮できていたと考えられる。

RUN2 では、NH₄⁺ 除去率は RUN1 に比べ、低下した。加えて、処理水から NO₂⁻ が検出されるようになった。これは、硝化反応の際、DO 不足によって、NO₂⁻ から NO₃⁻ の進行が妨げられていることを示す。これは、生物膜中に無酸素あるいは DO が欠乏し始めた部分が生じたことを示す。つまり、脱窒が進行可能な環境が作られ始めた。ただし、運転 66~81 日目において、処理水の溶解性 COD は 30~40 mg/L と悪化した。運転 83 日目において、処理水の T-N、T-N 除去率は 27 mgN/L、19%であった。脱窒は、RUN1 よりも向上しているが、連続供給運転の DHS リアクターの RUN1 とほぼ同程度であった。

RUN3 では、T-N 除去について、RUN3 は、RUN2 の終盤付近と大きな変化は見られなかった。RUN3 の運転期間は 20 日程度と短く、RUN3 の効果を確認するには、長期的な運転が必要となる。

参考文献 1) 角野晴彦ら、用水と廃水、Vol. 56、No. 11、p801~809、2014

謝辞 本研究の一部は、(公財) 岩谷直治記念財団の助成と (独) 国立環境研究所の環境都市システム研究プログラムによって遂行しました。関係各位に感謝します。

表 1 連続供給運転の DHS リアクターの汚泥濃度と OUR

RUN	MLSS、MLVSS (g/L-sponge)	OUR (gO ₂ /g-VSS/day)
RUN1 (運転 43 日目)	26、24	0.307 (±0.011)
RUN2 (運転 92 日目)	12、10	
RUN3 (運転 113 日目)	8、5	0.128 (±0.071)

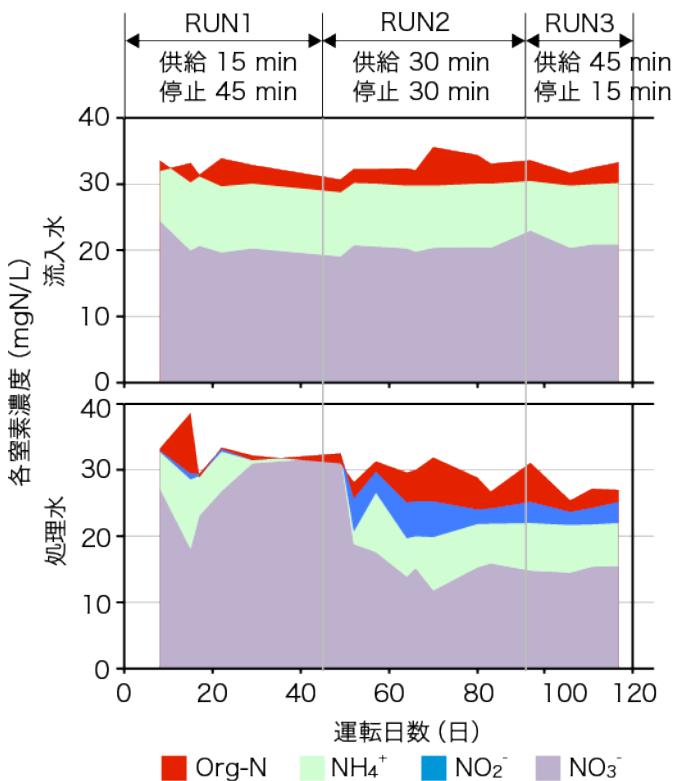


図 3 間欠供給運転の DHS リアクター (HRT 2 h) における各室素濃度の経日変化

表 2 間欠供給運転の DHS リアクターの汚泥濃度と OUR

RUN	MLSS、MLVSS (g/L-sponge)	OUR (gO ₂ /g-VSS/day)
RUN1 (運転 43 日目)	11、10	0.137 (±0.007)
RUN3 (運転 113 日目)	16、15	0.114 (±0.003)