

ステップ流入式 DHS リアクターによるメタン発酵脱水ろ液の部分硝化の試み

長岡技科大院・工 (学) ○段下 剛志 (非) DAO THI NGOC HOANG (正) 幡本 将史 (正) 山口 隆司

1. 研究の背景と目的

メタン発酵は、曝気動力が不要、プロセスの過程で発生するメタンガスをエネルギー源として利用できることなどのメリットがある。しかしながら、メタン発酵産物の固液分離で生じる脱水ろ液は、生物分解が難しい有機物や、高濃度の窒素を含有する。メタン発酵脱水ろ液のような高濃度の窒素を含有する廃水の処理には、嫌気性アンモニア酸化を活用したプロセスが注目されている。しかしながら、このプロセスを適用するためには、好気的な前処理として、有機物除去や部分硝化などが必要である。

そこで、本研究では、前処理のプロセスとして、スポンジを汚泥保持担体に用いる DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターに注目した。DHS リアクターのメリットは、曝気が不要、運転管理が容易なことである。従って、DHS リアクターを嫌気性アンモニア酸化処理の前処理として適用できれば、運転コストの削減が期待できる。本研究では、DHS リアクターの容積負荷および廃水の供給方法の制御によって、メタン発酵脱水ろ液の有機物除去と部分硝化を試みた。

2. 実験方法

図-1 に本研究で用いた DHS リアクターの概要を示す。ろ材は、三角柱状のスポンジ (断面積 5cm^2 、幅 3cm) とした。ろ床は、26 個のろ材を PVC 製シートに貼付けたもの 4 本を、図-1 に示すように 2 列に分けて配置した。スポンジ容積は 1.56L となり、スポンジ容積を用いて HRT を計算した。DHS リアクターへの植種には、下水処理場より採取した活性汚泥を用いた。

供給廃水は、生ゴミをメタン発酵処理した後の脱水ろ液とした。廃水は、原液を水道水で 2 倍希釈し、栄養塩を添加してから供給した。

連続処理実験は、 $25\sim 30^\circ\text{C}$ に保った室内で行った。実験開始時の HRT は 24 時間とし、処理状況に応じて 24 日目に 16 時間、41 日目に 8 時間へと短縮し、容積負荷を上昇させた。さらに、134 日目以降、廃

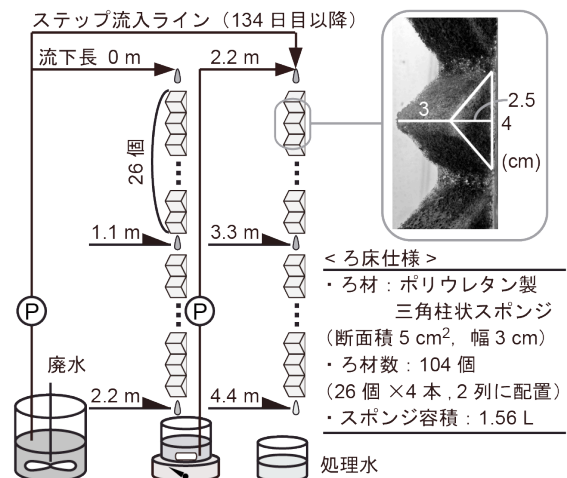


図-1 DHS リアクターの概要

水の供給箇所を 1 箇所 (通常流入) から 2 箇所 (ステップ流入) へと変更した。ここでは HRT 8 時間と容積負荷が同じになるように、廃水を図-1 に示す流下長 0 m および 2.2 m に同量ずつ供給した。

3. 実験結果と考察

(1) 通常流入における処理性能

実験期間中、廃水の全 BOD、溶解性 BOD は、それぞれ 256 ± 99 、 $83\pm 47\text{mg/L}$ であった。また、全 BOD/全 COD、溶解性 BOD/溶解性 COD は、それぞれ 0.24 ± 0.05 、 0.19 ± 0.08 と低い値であり、生物分解が難しい廃水であった。処理水の全 BOD は、HRT の短縮に伴い、悪化する傾向であった。これは、線流速の上昇によって処理水に流出する SS が増加したこと一因であった。一方で、処理水の溶解性 BOD は、運転 HRT によらず比較的安定し、 $16\pm 7\text{mg/L}$ であった。

廃水の全窒素は、 $546\pm 55\text{mg-N/L}$ であり、80%がアンモニア態窒素であった。亜硝酸態窒素、硝酸態窒素は、ほぼ検出されなかった。図-2 に処理水の窒素態濃度の経日変化を示す。HRT 24 および 16 時間において、亜硝酸態窒素はほぼ検出されなかったため、41 日目に HRT を 8 時間に短縮した。HRT 8 時間での窒素負荷は、 $1.7\pm 0.2\text{kg-N/m}^3\text{-sponge}\cdot\text{day}^{-1}$ であり、時間経過に伴って亜硝酸態窒素が増加して

キーワード 部分硝化 DHS リアクター ステップ流入

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壌環境研究室 (0258-47-9612)

いく傾向が見られた。64～94 日目において、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素は、それぞれ 245 ± 30 、 232 ± 25 、 32 ± 18 mg-N/L となり、容積負荷の制御のみで部分硝化に近い状態となった。

102 日目以降、亜硝酸態窒素に代わり硝酸態窒素が増加し、完全硝化に近い状態となった。そこで、118 日目に流下方向の水質変化を測定した (図-3)。流下長 0～2.2 m では有機物除去が主に進行し、流下長 2.2～4.4 m では硝化が進行した。特に、流下長 3.3～4.4 m では、pH が 6.5 から 5.8 まで低下し、アンモニア酸化が進行せず亜硝酸酸化のみが進行していた。これより、pH の低下を抑制できれば、部分硝化を再現できると考えられた。

(2) ステップ流入における処理性能

前述の通り、HRT 8 時間では、pH の低下が一因と考えられる亜硝酸酸化が発生した。そこで、pH の低下を抑制することを目的に 134 日目以降、廃水の供給方法をステップ流入に変更した。

ステップ流入時における窒素負荷の平均は 1.5 ± 0.1 kg-N/m³-sponge・day⁻¹ であった。通常流入の HRT 8 時間と同程度の負荷であったにもかかわらず、ステップ流入では硝化性能が悪化し、回復するまでに 60 日間程度を要した。それ以降、約 20 日間は、50 mg-N/L 程度の亜硝酸態窒素が残存した。しかし、硝化性能の回復後も、処理水の溶解性 BOD は 30 mg/L 程度が最高値であり、有機物除去性能はやや悪化する傾向であった。そこで、硝化性能が回復した 204 日目に再び流下方向の水質変化を測定した (図-3)。流下長 0～2.2 m (HRT 8 時間) では、有機物除去や完全硝化とそれに伴う pH の低下が確認された。また、流下長 2.2 m での溶解性 BOD は 24 mg/L と良好であった。ステップ流入による有機物除去性能の

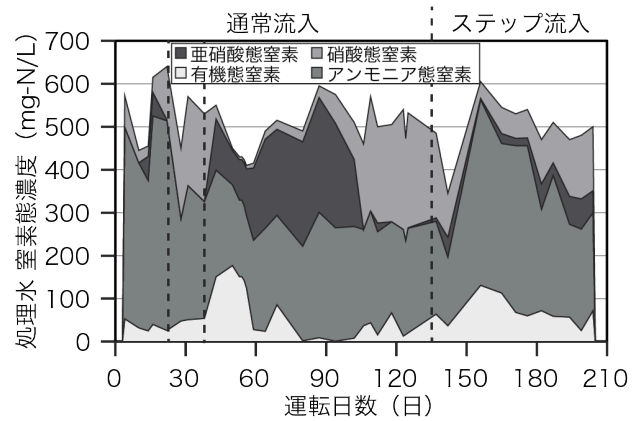


図-2 処理水の窒素態濃度の経日変化

悪化は、流下長 2.2 m 以降での HRT の短縮 (8 時間から 4 時間へと短縮) が原因であった。一方で、ステップ流入後の流下長 2.2 m における pH は再び 8.0 程度まで上昇しており、流下長 2.2～3.3 m にかけてはアンモニア酸化のみが進行していることが確認された。これより、ステップ流入は、pH の低下とそれに伴う亜硝酸酸化を抑制することに効果があった。

4. まとめと今後の予定

DHS リアクターによってメタン発酵脱水ろ液の有機物除去および部分硝化を試みた。窒素負荷 1.7 kg-N/m³-sponge・day⁻¹ において、約 30 日間、容積負荷の制御のみで部分硝化に近い状態を実現した。その後は、連続処理の経過に伴い完全硝化へと変化した。しかし、廃水の供給方法をステップ流入に変更したところ、同程度の窒素負荷で運転しても、処理水に再び亜硝酸態窒素を残存させることができた。これより、部分硝化は、廃水の供給方法によっても制御できる可能性があることを示した。今後は、ステップ流入させる流下長を変更するなど新たな廃水の供給方法によって、部分硝化の再現を試みる。

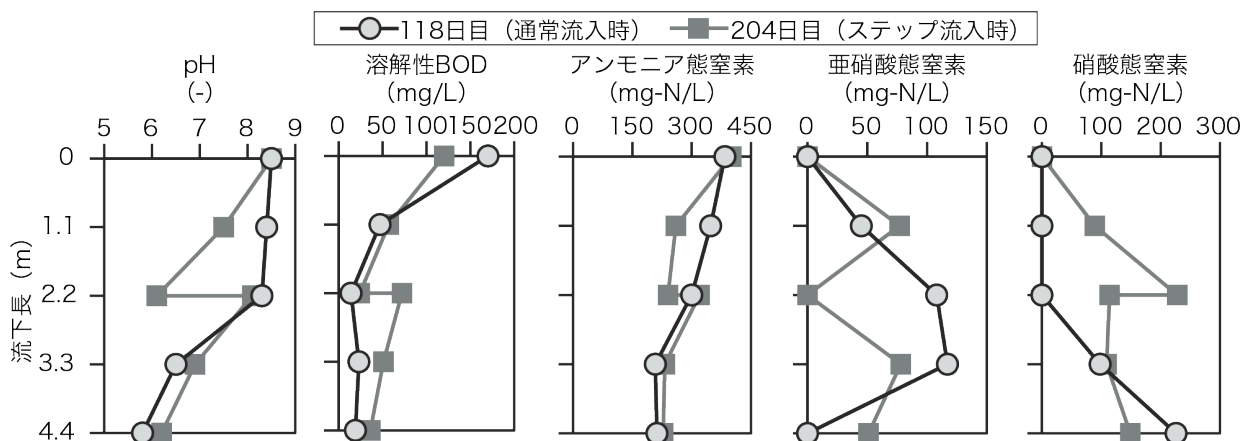


図-3 118 日目および 204 日目における流下方向の水質変化