

DHS リアクタを用いた亜硝酸生成プロセスに対する塩分ショックロードの影響

木更津高専 学生会員 ○松林 未理 正会員 大久保 努, 上村 繁樹
東北大院・工 学生会員 名取 哲平, 竹村 泰幸 正会員 原田 秀樹

1. はじめに

我々は、下降流懸垂型スポンジ (DHS) リアクタを用いた亜硝酸生成プロセスの構築を目指し、塩分制御による亜硝酸塩 ($\text{NO}_2\text{-N}$) 蓄積の誘導効果の検証を行ってきた¹⁾。その結果、塩分 25g-Cl/L において、流出水中の全無機態窒素濃度 (TIN) に対する $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度比が $87.6\pm 2.4\%$ と安定的な亜硝酸生成プロセスを構築することができた¹⁾。

本研究では、既往の研究に引き続き、既往¹⁾の研究で設定した HRT (2 時間) を変化させても安定した亜硝酸生成能が維持されるかどうかを検証した。さらに、HRT 変動実験において、安定的な亜硝酸生成能が破綻したことから、その回復のための方法を検討した。一般的に、亜硝酸酸化細菌 (NOB) の塩分耐性は、アンモニア酸化細菌 (AOB) より低いことが報告されている¹⁾。そこで、破綻した亜硝酸生成能を回復させるための手段として、通常よりも高い塩分を含む基質を短期間与えることにより、AOB の生存を図りながらも、NOB の生育を阻害させるための「塩分ショックロード」を考案した。

2. 実験方法

既往の研究で用いた DHS リアクタを引き続き用いた¹⁾。人口基質のアンモニウム塩 (TAN) は 100mg-N/L とし、塩分は NaCl を用いて最も $\text{NO}_2\text{-N}$ の蓄積が進行した 25g-Cl/L に調整した。その他の組成は既往と同様に調整した¹⁾。HRT を 1 時間および 4 時間に変更することで、HRT の変動が DHS における亜硝酸生成能に及ぼす影響を確認した。さらに、その後、HRT を再び 2 時間に戻すことにより、亜硝酸生成能が回復するかを検証した。

HRT の変動実験により、安定的な $\text{NO}_2\text{-N}$ の生成が阻害され、最終的に良好な亜硝酸生成能が破綻をきたした。そこで、亜硝酸生成能が破綻した DHS リアクタに、

塩分ショックロードを与え、亜硝酸生成能の回復を目指した。すなわち塩分 25g-Cl/L で運転している DHS リアクタに、短期間、高塩分の基質を与え、再度元の塩分 (25g-Cl/L) に戻し、その後の亜硝酸生成能の回復を観察した。ショックロードで与えた塩分は、 50g-Cl/L から 10g-Cl/L ずつ段階的に 150g-Cl/L まで増加させ、その期間は 24 時間とした。しかしながら、 150g-Cl/L でもなお、亜硝酸生成能の完全な回復には至らなかったため、 150g-Cl/L でショックロード時間を 48、72 時間に延長し、実験を行った。

3. 実験結果および考察

3-1. HRT の変動による検証

各 HRT における流出水中の各無機態窒素の割合を図 1 に示す。

既往の研究 (Phase1~Phase7)¹⁾に引き続き、Phase8 から Phase10 を HRT 変動期間とした。塩分 25g-Cl/L における安定的な亜硝酸生成が達成された期間を Phase7 とし、Phase8, Phase9, Phase10 では、それぞれ HRT を 4 時間、1 時間、2 時間と変動させた。HRT=1 時間 (Phase8) では、流出水中の残存 TAN の割合が増加したものの、Phase7 と比べて、亜硝酸生成速度は、 $0.9\text{kg-NO}_2\text{-N/m}^3\text{/d}$ から $1.3\text{kg-NO}_2\text{-N/m}^3\text{/d}$ に向上した。一方で、HRT を短縮したにもかかわらず、 $0.8\pm 1.9\%$ 程度の硝酸塩 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の生成がみられた。この原因として、塩分 25g-Cl/L での運転期間が長かったため、NOB が塩分に馴致したことが考えられる。

また、HRT=4 時間 (Phase9) では、時間の経過に伴い $\text{NO}_3\text{-N}$ が生成され、流出水中の $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ は、それぞれ $4.2\pm 1.1\%$ 、 $94.6\pm 1.0\%$ となった。これは、リアクタ内における流出水の滞留時間が長くなったことで、塩分阻害を受けながらも NOB の増殖が促進されたものと考えられる。従って、塩分 25g-Cl/L という高塩分環境においても、HRT を長くすることにより NOB

キーワード DHS リアクタ, 亜硝酸生成プロセス, HRT, 塩分ショックロード

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津工業高等専門学校 E-mail : uemura@wangan.c.kisarazu.ac.jp

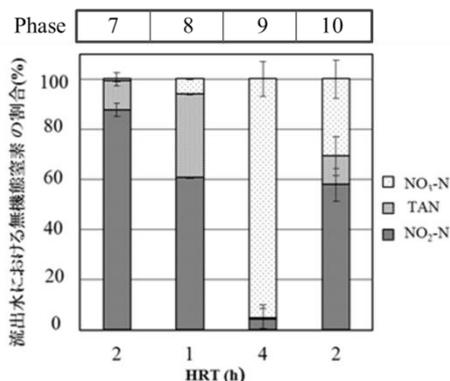


図1 各 HRT における流出水中の無機態窒素の割合による NO₂-N の酸化は進行することが確認された。

さらに、再び HRT=2 時間 (Phase10) に戻して運転を行ったところ、亜硝酸生成能は回復せず、流出水中の NO₂-N および NO₃-N の割合はそれぞれ、57.9±3.7%、30.7±3.0% となった。

図1より、Phase7 と Phase10 を比較すると、TAN の残存量は変わらず、NO₃-N の割合が増加していることがわかる。亜硝酸生成能が回復しなかった原因として、Phase9 (HRT=4 時間) で増殖した NOB が、HRT を再度短くした期間においても、なお、スポンジ内部に保持されたからと考えられる。

3-2. 塩分ショックロード実験による検証

本研究では、既往の研究における NO₂-N 濃度 88% 程度を亜硝酸生成能回復の目標値として設定した。なお、破綻後の定常状態は、流出水中の NO₂-N の割合が 57.9±3.7% であった。

例として、ショックロード時間 72 時間、塩分 150g-Cl/L に設定した際の、流出水における各無機態窒素の推移を図2に示す。150g-Cl/L のショックロードを72時間与えた結果、塩分をもとに戻した3日後においてもアンモニア酸化率は 6.9% であり、NO₂-N、NO₃-N の割合は、それぞれ 1.6% (1.5mg-N/L)、0% (0mg-N/L) であったが、時間経過とともにアンモニア酸化率は増加し、36 日後の NO₂-N、NO₃-N の割合は、12.1% (11mg-N/L)、0% (0mg-N/L) と、NO₂-N のみ生成が進行した。68 日後の NO₂-N、NO₃-N の割合は、83.0% (78mg-N/L)、3.1% (2.9mg-N/L) と、わずかに NO₃-N が生成され始めたが、NO₂-N の割合は、亜硝酸生成能達成時に大きく近づいた。図3に、各塩分ショックロード後の定常状態の流出水中の TAN に対する NO₂-N の割合を示す。ショックロード時間 24 時間で塩分 110

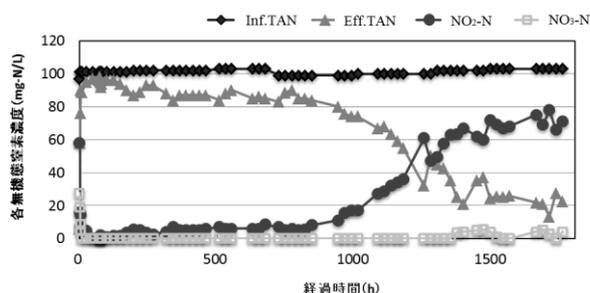


図2 塩分ショックロード (150g-Cl/L, 72h) における流出水の無機態窒素濃度の推移

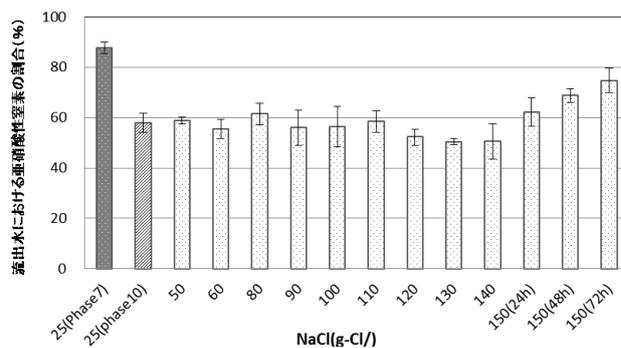


図3 各塩分ショックロード後における流出水中の NO₂-N の割合

g-Cl/L までは、ショックロード後の NO₂-N の割合は、ほぼ破綻後の定常状態と同等であり、塩分 120g-Cl/L から 140 g-Cl/L の間ではむしろ NO₂-N の割合が若干減少する傾向にあったものの、塩分 150 g-Cl/L で固定し、ショックロード時間を 24, 48, 72 時間と延長させたところ、NO₂-N の割合は徐々に増加した (図3)。

4. おわりに

本実験によって、塩分ショックロードは、破綻した亜硝酸生成能の回復に、ある程度有効であることが示唆されたが、その回復には非常に長期間を有することから実用上の適用は困難であると考えられる。そこで、今後は、塩分以外の制御因子における亜硝酸生成プロセスの回復方法を検討する必要がある。

謝辞：本研究の一部は、SATREPS「エネルギー最小消費型下水処理技術の開発」(研究代表者：原田秀樹)の補助を受けて遂行されました。ここに記して謝辞とします。

参考文献

- 1) T. Natori *et al.*, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. **87**, pp. 1466–1472, 2012.