

長期連続実験による DHS を用いた 有機物除去とアンモニア性窒素の酸化におよぼす塩分の影響評価

木更津高専
長岡技術科学大学
広島大学
東北大学

学生会員
正会員
正会員
正会員
○木村晶典
山口隆司
大橋晶良
原田秀樹

正会員
学生会員
上村繁樹
竹村泰幸

1. はじめに

我々は既往の研究において、DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターを使用し、製鉄所より排出される、コークス炉ガス洗浄排水を模した人工排水の処理実験を行い、処理水にて、亜硝酸性窒素 (NO_2^- -N) が優占 (亜硝酸化) する結果を得た¹⁾。この要因として、人工排水に添加した、実海水由来の塩分の影響を推察したが、海水中の塩分の変動が大きく、アンモニア性窒素 (NH_4^+ -N) 酸化、有機物除去への塩分の影響の究明には至らなかった。そこで、本研究では、人工排水への実海水の添加を止め、NaCl を用いて人工排水の塩分を人為的に制御し、有機物除去と NH_4^+ -N の酸化におよぼす塩分の影響を約 800 日にわたり評価した。

2. 実験方法

本研究で用いた DHS は、3 台の同形のユニットから成り、排水の流入側から 1st, 2nd, 3rd ユニットとした。なお、本 DHS は、約 400 日にわたり、海水を用いて希釈した人工排水を連続処理していた装置を継続して使用したものである¹⁾。ユニット 1 台につき、三角柱型のポリウレタンスポンジを、60 個貼り付けて作成し、(1 ユニット当たりのスポンジ容量: 240cm^3) 1st の上部より人工排水を供給した (図-1)。また、既報¹⁾に準じ、2nd, 3rd の上部から NaHCO_3 溶液を、無機炭素量として各々 350mg-C/L ($2,900\text{mg-CaCO}_3/\text{L}$) で補充するように添加した。1 ユニット当たりの HRT を 4 時間、DHS 全体として 12 時間とし、20 から 25°C に設定した実験室に設置した。人工排水の組成は、フェノール 600mg/L ($\text{COD}=1,400\text{mg/L}$)、 NH_4^+ -N 500mg/L 、 NaHCO_3 $3,600\text{mg/L}$ とした。栄養塩類として下水試験方法に準じて作成した BOD 緩衝液 (A, B, C, D 液) を、人工排水 1L に対して 1mL ずつ添加した。塩分の調整には NaCl を用い、塩分を 8.0g-Cl/L に制御した期間を Phase 1 (0~24 日)、以下、 10g-Cl/L : Phase 2 (25~39 日)、 15g-Cl/L : Phase 3 (40~320 日)、 20g-Cl/L : Phase 4 (321~395 日)、 25g-Cl/L : Phase 5 (396~656 日) とした。また Phase 6 (657~792 日) として、Phase 5 終了後に人工排水の塩分を 10.9g-Cl/L へ減じて処理性能の回復を試験する期間を設けた。

3. 結果と考察

有機物 (COD) の除去に関しては、各 Phase の 3rd 処理水で Phase 3 : $94.5\pm2.4\%$ 、Phase 4 : $93.6\pm3.1\%$ 、Phase 5 : $81.8\pm1.4\%$ 、Phase 6 : $90.6\pm3.6\%$ の除去率を確認した (結果省略)。なお、有機物除去の大部分は、全 Phase 共通で 1st で選択的に進行した。除去率は Phase 5 で若干低下するが、COD 容積負荷が約 $2.80\text{kg}/\text{m}^3/\text{日}$ であることを考慮すれば、比較的高い除去率を維持できたと考える。また、760 日目付近でユニットごとの汚泥保持量を測定したところ、

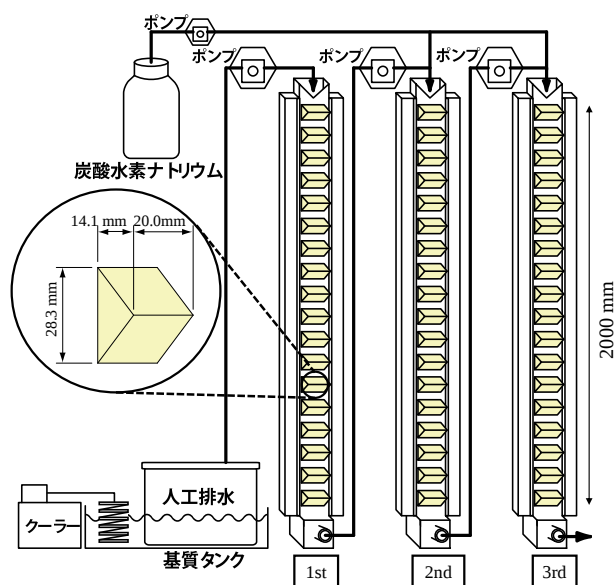


図-1 実験装置概要

キーワード 塩分, DHS, アンモニア酸化, 有機物除去

連絡先 (上村) 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津高専環境都市工学科 TEL 0438-30-4152

1st : 29.6g-VSS/L, 2nd : 18.9g-VSS/L, 3rd : 18.0g-VSS/L であった。このように、非常に高濃度の汚泥が DHS スポンジ担体内に保持されていたことが、優れた有機物除去性能を維持できた一因であると思われる。

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化に関する連続実験結果を図-2 に示す。Phase 1 では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は硝酸性窒素 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) へと酸化されており、最終処理水における $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の残存は確認されなかった。Phase 2 でもその傾向が継続した。しかしながら Phase 3 では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化に変化が生じ、3rd 処理水において $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の蓄積が顕著に確認されるようになった。Phase 4 では、P3 と同様に $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の酸化の抑制とともに、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の生成の助長が確認されたが、若干の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の残存が確認された。Phase 5 では、Phase 4 を凌ぐ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ への酸化の抑制を確認したが、同時に $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の生成量も激減し、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の残存量も大きく増加するなど、著しい $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化の低下を確認した。塩分を減じた Phase 6 では、開始直後より、Phase 5 で残存していた $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化が急激に進行し、720 日目付近で $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の生成が急増した。その後、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の大部分が $\text{NO}_3^-\text{-N}$ へと変換され、Phase 1, 2 と同様に処理水では $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が優占した。

図-3 に、各 Phase の定常状態における流入水中の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ に対する 3rd 流出水中の各窒素成分の割合を示す。Phase 4 までは、塩分の増加に伴い、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ が蓄積する傾向にあった。これは塩分により、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ を酸化する亜硝酸酸化細菌 (NOB) が阻害を受け、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ の酸化効率が低下したためであると考えられる。塩分を 25 g-Cl/L に増加させた Phase 5 では、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が多量に残存するとともに、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ および $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の生成が激減しており、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を酸化するアンモニア酸化細菌 (AOB) の活動が阻害されたことが示唆された。一方、塩分を 10.9 g-Cl/L に低下させた Phase 6 では、阻害を受けていた $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化が回復し、完全硝化に戻った。

また、処理水中の各窒素成分の合計が、流入する $\text{NH}_4^+\text{-N}$ よりも減少していることが全 Phase で確認され、その減少分は脱窒によるものと推測された (図-3)。図-3 より、例えば Phase 1 では、最大で、流入 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の 34% が脱窒されていた。DHS は好気的な排水処理装置であるが、スポンジ担体の表面に汚泥が高濃度で付着することにより、スポンジ内部は嫌気となり、そこに脱窒細菌が保持されているものと思われる。

4. まとめ

有機物除去に関しては、全 Phase で概ね 80% 以上の除去性能を得た。また、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化に関しては、20 g-Cl/L までは塩分の増加に伴い、亜硝酸化へ推移する傾向を示し、25 g-Cl/L では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化自体が著しく阻害された。塩分を 10.9 g-Cl/L に減じたところ、有機物除去、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化ともに回復することを確認した。さらに、本 DHS では全 Phase において脱窒が生じていることが示唆された。以上、これらの現象を、

- ① 塩分の増加前後における、亜硝酸化関連細菌に対する菌叢解析。
- ② 3rd 処理水を循環による、脱窒の促進。

について、さらに詳細に調査した結果を、別報にて報告する²⁻³⁾。

参考文献

- 1) 鈴木紗織他, 土木学会論文集 G, Vol. 64, No. 4, pp. 327-335, (2008).
- 2) 名取哲平他, 第 37 回土木学会関東支部技術研究発表講演概要集, (2010).
- 3) 川上雄大他, 第 37 回土木学会関東支部技術研究発表講演概要集, (2010).

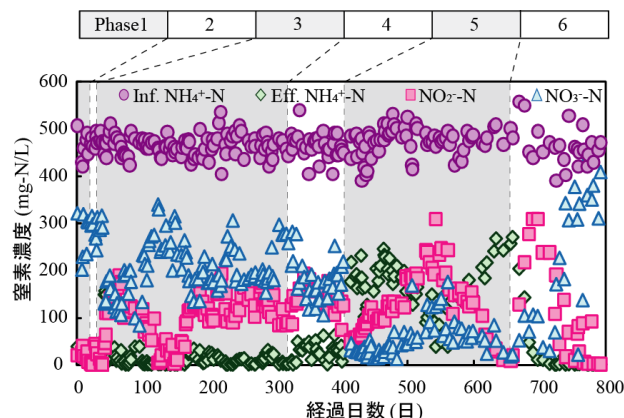


図-2 連続実験結果 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化)

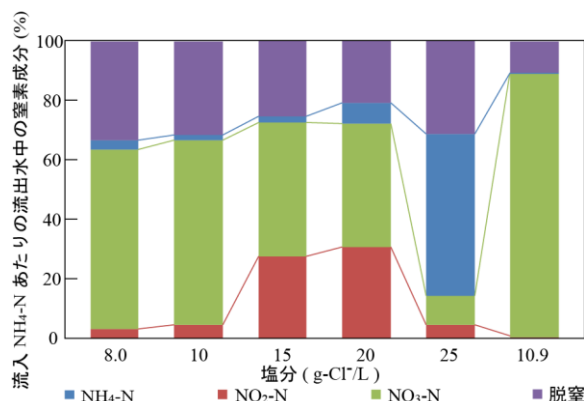


図-3 3rd 処理水における各窒素成分の割合