

連結式 DHS リアクターを用いた有機物・窒素除去プロセスにおける塩化物の影響

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 ○木村晶典
学生会員 阿部憲一
正会員 大橋晶良
正会員 原田秀樹

須藤泰幸
正会員

正会員
山口隆司

上村繁樹

1. はじめに

我々は、人工コークス炉ガス洗浄排水を、下向流スポンジキューブ懸垂型 (Downflow Hanging Sponge: DHS) リアクターを連ねた「連結式 DHS 法」を用いて処理実験を行っている。コークス炉ガス洗浄排水は、フェノールと高濃度のアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) を含み、海水で希釈しているため海水由来の塩化物 (Cl^-) を多量に含有している。我々のこれまでの研究においても、その実情を反映し、海水希釈の基質を使用して研究を行った。その結果、卓越した有機物除去と $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化が確認された。とくに最終処理水において亜硝酸塩が優先することが確認されたことから、海水由来の Cl^- が亜硝酸塩の酸化を阻害したことが示唆された。しかしながら海水中の Cl^- 濃度の変動が大きく、 Cl^- の亜硝酸化におよぼす影響の究明には至らなかった。また、 Cl^- 濃度の変動を原因とする、有機物除去および $\text{NH}_4\text{-N}$ 酸化に対する影響も推測された。そこで本実験では、人工排水の作成時における海水の希釈をやめ、 NaCl の添加へと変更し、 Cl^- 濃度を制御することにより、有機物除去・ $\text{NH}_4\text{-N}$ 酸化に対する Cl^- の影響を評価した。

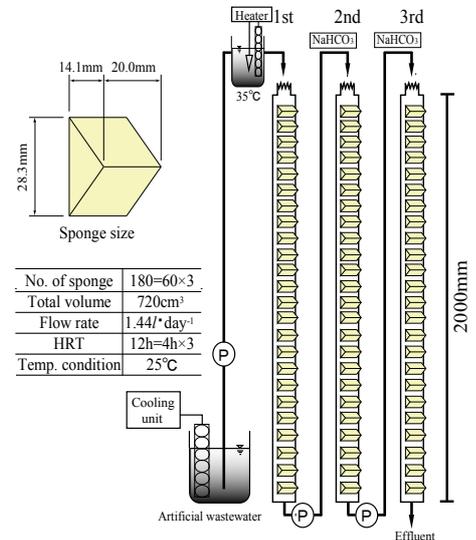


図1 連結式 DHS リアクター

2. 実験方法

本研究で用いた DHS は、1 台当たり、三角柱ポリウレタンスポンジを高さ 2m のアクリル板に 5mm 間隔で 60 個貼り付けて作成した (図 1)。この DHS を直列に 3 台連結させ、人工基質を 1st の上部から供給した。2nd, 3rd の上部には無機炭素 (IC) 源として NaHCO_3 溶液を各々 $530\text{mg-C}\cdot\text{d}^{-1}$ で添加した。本装置を用いてコークス炉ガス洗浄排水処理実験を 400 日行った後に、海水による希釈をやめ、 NaCl を添加する実験を行った。人工基質の組成は、フェノール $600\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ($\text{COD}=1,400\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ $500\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 NaHCO_3 $3,600\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ とした。人工基質の Cl^- 濃度を $8,000\text{mg}\cdot\text{Cl}^- \cdot \text{l}^{-1}$ に制御した期間を Phase1 (1 -24 日)、 $10,000\text{mg}\cdot\text{Cl}^- \cdot \text{l}^{-1}$ を Phase2 (25 -39 日)、 $15,000\text{mg}\cdot\text{Cl}^- \cdot \text{l}^{-1}$ を Phase3 (40 日-320 日)、 $20,000\text{mg}\cdot\text{Cl}^- \cdot \text{l}^{-1}$ を Phase4 (320 日-現在) とした。

3. 結果と考察

(1) 連続実験結果

連続実験の結果を図 2 に示す。Phase1 (P1) では $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化に伴い、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) が優先的に生成された。Phase2 (P2) においてもその傾向に変化はなく、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成が継続された。Phase3 (P3) では $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化は順調に行われたが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が減少し、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の生成が顕著となった。P3 において、実験中のアクシデントにより IC の添加量が 2 倍となった期間には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加し $\text{NO}_2\text{-N}$ が減少した。その後は IC の量を通常に戻し実験を継続した。 Cl^- 濃度を $20,000\text{mg}\cdot\text{Cl}^- \cdot \text{l}^{-1}$ に上昇させた (P4) 後は、P3 と同様に $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成抑制と $\text{NO}_2\text{-N}$ 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 ごとに定常状態における各窒素成分濃度を平均したものを図 3 に示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化は全ての Phase で順調に行われたが、 Cl^- 濃度の増加に伴い、若干ながら 1st, 2nd において $\text{NH}_4\text{-N}$ の残存量の増加が確認された。また、1st では Cl^- 濃度の増加に伴い

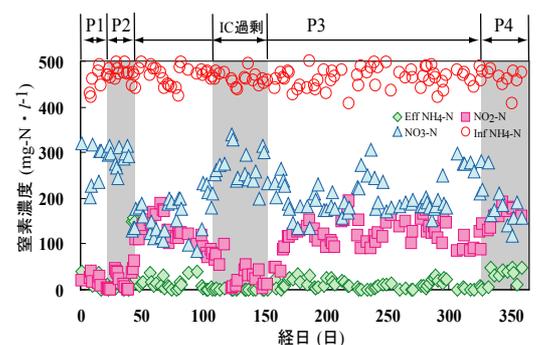


図2 連続実験結果

キーワード 亜硝酸化, DHS, 塩化物, アンモニア

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 TEL0438-30-4152

NO₂-N の生成量が減少した。これは 1st の Cl⁻ による NH₄-N の酸化抑制との関連を示唆している。2nd 以降は Cl⁻ 濃度の増加に伴い NO₂-N の生成量も増加した。NO₃-N の生成は、1st では NO₂-N の生成量の変化に関わらず、全 Phase 通してほとんど確認されなかった。2nd, 3rd は、P1 と P2 では大きな差異は見られなかったが、P3 に移行すると急激に NO₃-N の生成量は減少した。各 Phase における各窒素成分の濃度変化から、Cl⁻ 濃度を変化させることで、NH₄-N の酸化形態を制御できる可能性が示唆された。また高 Cl⁻ 濃度であるほど NO₂-N の酸化が阻害を受け、亜硝酸化に適した条件となることが示唆された。なお、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N の総和 (T-N) は各リアクターを経るごとに段階的に減少し、その傾向は全 Phase においてほとんど変化しなかった(結果省略)。

実験開始から 212 日目に本実験系の SRT を測定したところ、約 1800 日であり、また全汚泥量も平均 61.3g-MLSS・l⁻¹ (スポンジ容量当り) と過大なバイオマスを持っていた。上記の結果より、DHS 内の亜硝酸酸化細菌 (NOB) は Cl⁻ により多大に阻害を受けていると考えられるが、DHS は膨大な汚泥を有していることから、保持汚泥中には、Cl⁻ の阻害を受けてもなお、活動可能な NOB の存在が示唆された。

(2) 有機物除去性能

COD 平均除去率は Phase1~3 で大きな差はなく、1st で 87%、2nd で 92%、3rd リアクターで 94% と、卓越した有機物除去能力を確認した(結果省略)。この結果より、有機物除去に対する Cl⁻ の影響はほとんど見られず、Cl⁻ 濃度 15,000mg-Cl⁻・l⁻¹ までにおいても効果的な有機物除去が可能であった。本研究では優れた NH₄-N 酸化と有機物除去を 1 つの実験系で達成している。これは有機物を 1st リアクターで除去し、後段のリアクターで NH₄-N 酸化が行われることで、従属栄養細菌と硝化細菌の競合を防いだ、効果的な処理が行われたからであると推測できた。

(3) プロファイル結果

連続実験 279 日目に、本実験系の鉛直方向における各窒素成分の濃度変化を計測した(図 4)。1st では 20% 程度 NH₄-N の減少が見られたが NO₂-N および NO₃-N の生成は微量であった。海水希釈時においても、同様に 1st における NH₄-N の減少は確認されており¹⁾、若干の硝化・脱窒が示唆された。2nd では、NH₄-N の酸化に伴う NO₂-N の生成と、少量の NO₃-N の生成が確認された。3rd においても NH₄-N の酸化は順調に継続された。流入直後では NO₂-N の生成が優先するが、流下するにしたがい NO₃-N が優先的に生成された。T-N の変化は、1st で 20% 減少程度した後は一定であった。以上、Cl⁻ 濃度 15,000mg-Cl⁻・l⁻¹ では、2nd の NH₄-N の酸化形態は NO₂-N が優先し、3rd においては NO₂-N と NO₃-N がほぼ等量となっていることが確認され、今後 Cl⁻ 濃度を増加させることで、さらに NO₃-N の生成を抑制し、亜硝酸化を促進できる可能性が示唆された。

4. まとめ

連結式 DHS による有機物除去・NH₄-N 酸化への Cl⁻ 濃度の影響を調査した結果、有機物除去への影響は 15,000mg-Cl⁻・l⁻¹ では確認されず、卓越した有機物除去能力を示した。NH₄-N の酸化に対する阻害は、20,000mg-Cl⁻・l⁻¹ で若干確認されたが、15,000mg-Cl⁻・l⁻¹ では影響は見られなかった。NH₄-N の酸化形態では、Cl⁻ 濃度が増加するほど NO₂-N の酸化が抑制され、亜硝酸化に推移することが示唆された。今後、Cl⁻ 濃度の制御を継続し、有機物除去・NH₄-N 酸化に対する Cl⁻ の影響の評価を行ってゆく予定である。

参考文献

- 1) 鈴木紗織他, 第 62 回土木学会年次学術講演会 (CD-ROM), 2007.

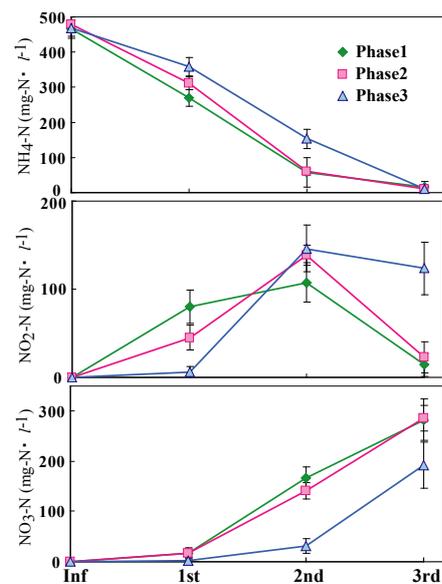


図 3 窒素成分別平均値

(NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N)

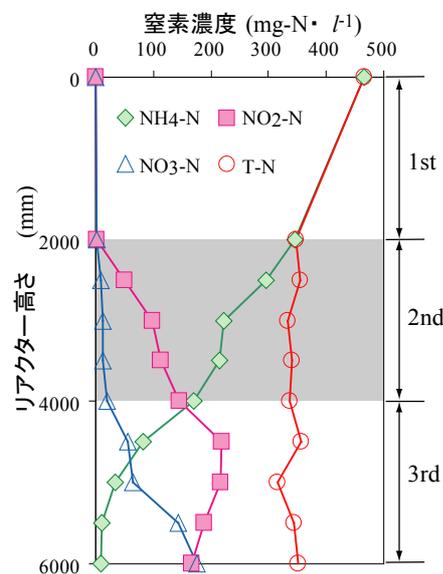


図 4 プロファイル結果