

脂肪酸の炭素溶出特性を考慮した浸出水処理における水質収支解析

神戸市役所 正会員 ○田中大也 神戸大学大学院 学生員 井上晃介
 京都大学大学院 学生員 池田俊一 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥康治
 神戸市環境保健研究所 非会員 八木正博 (元) 神戸市環境保健研究所 非会員 中道民広

1. 目的

対象とする埋立処分場では廃棄物堆積層からの浸出水が高濃度のアンモニア負荷をもたらしており、現在は集中管理型施設で硝化-脱窒処理が行われている。しかし、施設の老朽化して閉鎖が急がれるとともに、窒素負荷は埋立当初より相当に軽減していることから、省力的で持続的な簡易処理への移行が望まれている。浸出水は地盤中を浸透してリンや易分解性有機物が少ないアンバランスな水質構成であるため一般下水と同様の処理工程を適用できない。著者らはこれまで、浸出水の窒素除去に関する実験的・解析的検討を進めてきた¹⁾²⁾。本研究では、脂肪酸からの炭素溶出特性を考慮した浸出水の脱窒過程に関する水質モデルを提案し、実験結果³⁾との比較からモデルの有効性を検証する。

2. 流水系反応槽における脱窒実験³⁾

実験装置を図-1に示す。塩化ビニル製の1L容器に、炭素源として水素徐放剤1500個、底泥(脱窒菌供給源)10g、試料水を投入し、24hrの馴致後、負荷流量 $Q=0.5\text{ml/min}$ で試料水の通水を開始する。試料水としては、浸出水を十分に酸化処理した $\text{NO}_3\text{-N}$ を主成分とする硝化水を用いる。所定の時間間隔で水温、DO、pH、各種水質濃度を分析・計測する。残留窒素濃度を監視しながら、概ね平衡状態に達した段階で、流量を1.0, 2.0, 4.0 ml/min と段階的に増加させ、流入負荷が脱窒速度に及ぼす影響を照査する。流量変更時において、容器内の試料水を入れ替えることなく微生物条件は引き継ぎながら実験を継続する。

3. 水質モデル

水質収支モデル¹⁾²⁾に水素徐放剤からの炭素溶出過程を考慮した(図-2)。介在する各種微生物反応にはMichaelis-Menten型反応速度式が用いられている。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化速度を式(1)に例示する。水素徐放剤からの炭素溶出速度は実験に基づいて式(2)のように与えられる。

$$S(\text{NH}_4) = - \frac{R_{\text{NH}_4}}{\text{最大硝化速度}} \cdot \frac{\theta_{\text{NH}_4}^{(T-20)}}{\text{温度制御}} \cdot \frac{\text{DO}}{D_{\text{NH}_4} + \text{DO}} \cdot \frac{B_{\text{NH}_4}}{B_{\text{BNH}_4} + B_{\text{NH}_4}} \cdot \frac{\text{NH}_4}{C_{\text{NH}_4} + \text{NH}_4} \quad (1)$$

DO制御 微生物濃度制御 各窒素濃度制御

$$S(\text{TOC}_{\text{amte}}) = \frac{R_{\text{CA}}}{\text{最大溶出速度}} \cdot \frac{1}{1 + e^{-1.8(\text{pH}-9.1)}} \quad (2)$$

pH制御

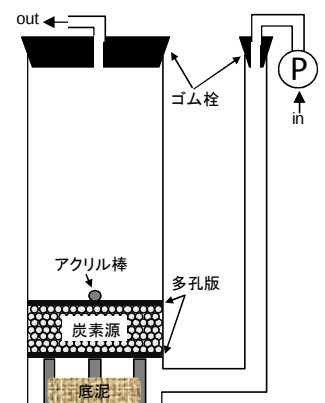


図-1 実験装置

4. 実験値と理論値の比較

図-3, 4に各種窒素濃度およびTOC, DOの実験値と理論値との比較を示す。実験開始時よりDOは減少して嫌気的環境が形成され、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少、すなわち脱窒の進行が確認された。また、負荷流量の増加とともに、脱窒速度が低下して $\text{NO}_3\text{-N}$ の残留量は増加する。水質モデルにおいてもこの傾

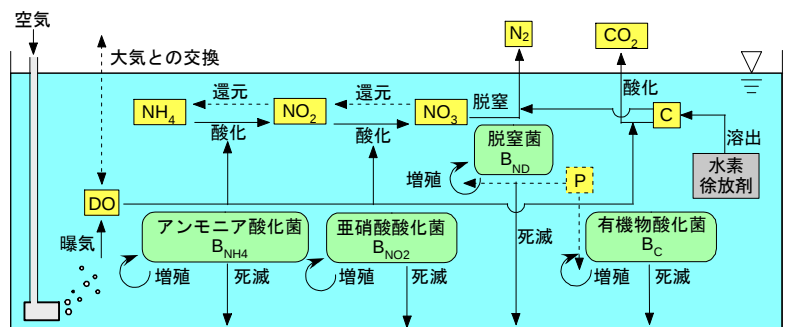


図-2 浸出水処理における微生物反応の考え方

キーワード 浸出水, 脱窒, 微生物反応, 水素徐放剤, 水処理

連絡先 michioku@kobe-u.ac.jp

向は再現されている。実験では、図中に青矢印で示した $\text{NH}_4\text{-N}$ が検出される期間が確認されるのに対し、解析では $\text{NH}_4\text{-N}$ が過剰に評価されている。これは、水質モデルにおいて、DO が不足気味に評価されて硝化の進行が過小となり、実現象よりも水質反応に対する DO 濃度の影響が過敏に評価されていることが原因と考えられる。DO は水素徐放剤から溶出する有機物の酸化によって消費されるが、モデルの DO 収支は溶出炭素量の影響を強く受けている。70~120day においては、 $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の解析値—実験値間の乖離が大きい。流入水に含有される $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ が非常に小さいことから、この期間に検出される $\text{NO}_2\text{-N}$ のほとんどは $\text{NO}_3\text{-N}$ の還元によって生成されたことになる。本解析では、脱窒における $\text{NO}_3\text{-N}$ から N_2 への還元を単一種の微生物が担うモデル化しかなされていない。しかし実際には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ から $\text{NO}_2\text{-N}$ への還元や $\text{NO}_2\text{-N}$ から N_2 への還元など様々な脱窒反応が介在しており、これらをより正確にモデル化することにより $\text{NO}_2\text{-N}$ の再現精度は向上すると考えられる。TOC に関してはわずかながら解析値の方が実験値よりも過小に評価された。モデルにおいては、脂肪酸の溶出量が pH のみに依存すると仮定しているが、実際には水流による炭素源素材の物理的剥離など本モデルに考慮されていない炭素溶出も生じており、これらが水質モデルにおける誤差要因と考えられる。

5. 結論

本報では、浸出水の脱窒に関する実験と水質モデルの構築によって、各因子が窒素除去過程に及ぼす影響を把握した。炭素源として水素徐放剤を用いた場合には、有機物酸化酸素が消費されて嫌気的環境が形成され、脱窒を促進することが実験において確認されている。また、水素徐放剤は有機炭素の徐放性を有していることから、炭素源としての持続的使用が可能であり、本研究が目指す省力的な廃水処理に適用できる有力な素材であるといえる。水質収支モデルでは、硝化・脱窒の溶存酸素濃度への強い依存性が確認された。水質モデルの酸素濃度挙動の再現においては、有機物酸化の影響が大きく、実験値で観測された溶存酸素濃度の再現は必ずしも正確に再現されなかった。

参考文献

- 1) 道奥康治・松本敏秀・和田有朗・山田怜奈：廃棄物堆積層からの浸出水の曝気・硝化過程に関する水質モデル，水工学論文集，第53巻，p.1333-1338，2009.
- 2) 田中健治・道奥康治・井上晃介・中道民広・八木正博・和田有朗：浸出水の硝化処理効率に及ぼす流入負荷の影響に関する実験的・解析的検討，平成24年度土木学会関西支部年次学術講演会，VII-12，2012.
- 3) 田中大也・井上晃介・田中健治・道奥康治・八木正博・中道民広・和田有朗：種々の炭素源を用いた浸出水の脱窒処理に関する実験的検討，第67回年次学術講演会講演概要集，VII-023，2012

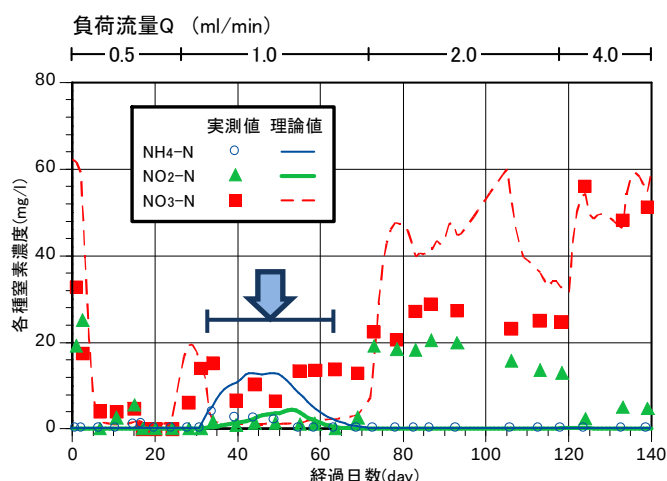


図-3 各種窒素濃度の実験値と理論値の比較

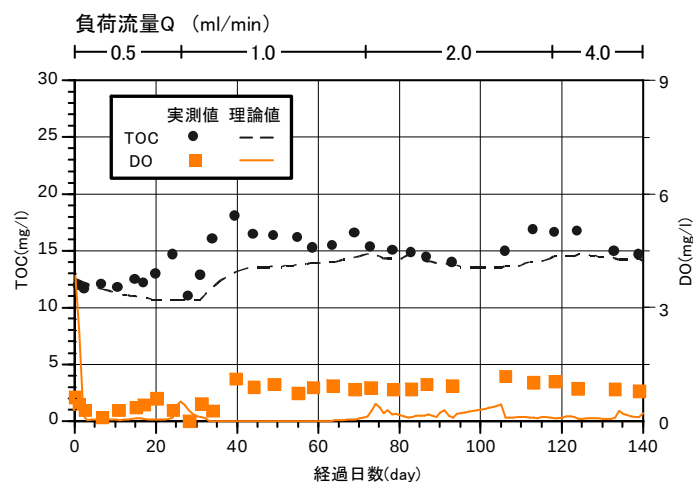


図-4 TOC, DO の実験値と計算値の比較