

神戸大学工学部 学生員 ○井上晃介
神戸大学大学院 フェロー会員 道奥康治

神戸大学大学院 学生員 田中大也
神戸市環境保健研究所 非会員 八木正博
神戸市環境局 非会員 中道民広

1. はじめに

対象とする一般廃棄物埋立処分場からの浸出水は溶存態有機物やアンモニア態窒素を主成分とする高い汚濁負荷を有し、廃水処理施設で浄化され受水域へ放流されている。しかし、埋立終了後 30 年以上も経過しており、処理施設の老朽化や汚染成分濃度の経年的減少を考慮すると、省力的かつ簡易的な処理施設への更新が求められている。過年度より著者らは、浸出水の貯留池のマイクロバブル曝気（以下、MB と略記する）による硝化に関して実験的・解析的に検証してきた。前報ではエンクロージャー実験における水温が硝化に及ぼす影響を報告し¹⁾、本報では同実験における曝気、循環時間、担体個数など、他の制御因子が硝化に及ぼす影響を報告する。なお、本文における「浸出水」は廃棄物埋立処分場から貯留池に流入する水を指し、「原水」とは貯留池の水を指す。

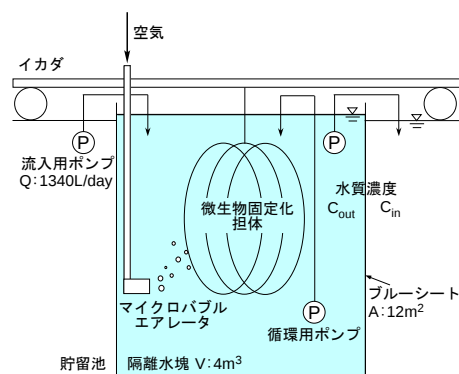


図-1 エンクロージャー実験の様子

2. エンクロージャー硝化実験（閉鎖系実験、流水系実験）

前報¹⁾の通り、浸出水貯留池にエンクロージャー（容積：約 4m³、潤辺面積：約 12m²）を設置し、微生物の付着基盤として PE 製担体（0.02m²/個）を吊下して、MB エアレータで大気空気を送気して硝化を促進した。図-1 に実験の様子を示す。実験開始より 158 日目までは流入負荷を与えない「閉鎖系」で実験が実施され、それ以降は隔離水塊内に周囲水（浸出水）を所定流量で供給し同じ量を排水する「流水系」の実験を実施した。閉鎖系では担体の個数を 0 個（表面積：0m²）、480 個（表面積：9.6m²）の 2 通りとし、MB 運転時間（曝気時間）を 16hr/day から 20hr/day へと変化させた。流水系では担体の個数を 0 個（表面積：0m²）、480 個（表面積：9.6m²）、960 個（表面積：19.2m²）の 3 通りとした。また、そのエンクロージャー内の均質性を

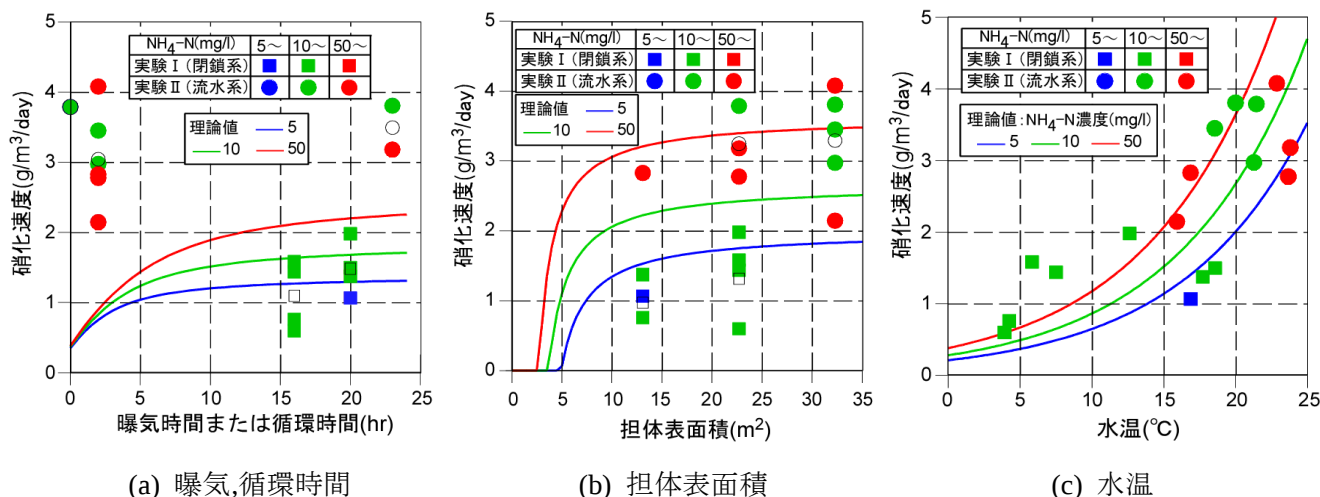


図-2 各硝化関連項目に対する硝化速度

確保する目的で、水中ポンプにより内水を循環させた。0hr/day, 2hr/day, 23hr/day の循環時間に対し、循環の硝化促進効果を検証した。なお、本実験は通年にわたり実施したため、水温の季節変化が硝化効率に及ぼす影響を検証することができた。図-2 に硝化速度と各制御因子との関係を示す。図中の実線は水質収支モデル²⁾で用いている硝化速度の推算値である。硝化反応には微生物が介在しており Michaelis-Menten 型の制御関数を適用した。例えば、アンモニア態窒素濃度 $\text{NH}_4\text{-N}$ の消費速度は次のように表される。

$$S(\text{NH}_4) = -R_{\text{N1}} \cdot f_{\text{N1}}(T) \cdot \frac{\text{DO}}{D_{\text{N1}} + \text{DO}} \cdot \frac{B_{\text{NH}_4}}{B_{\text{N1}} + B_{\text{NH}_4}} \cdot \frac{\text{NH}_4}{C_{\text{N1}} + \text{NH}_4} \quad (1)$$

アンモニア酸化

ここで、 R_{N1} :基準状態におけるアンモニア酸化速度、 $f_{\text{N1}}(T)$:温度制御関数、 DO :溶存酸素濃度、 B_{NH_4} :アンモニア酸化菌濃度、 NH_4 :アンモニア態窒素濃度、 D_{N1} , B_{N1} , C_{N1} : DO , B_{NH_4} , NH_4 に関する半飽和定数である。まず、図-2 の(a)において曝気時間が硝化に及ぼす影響に着目すると、曝気時間の増加にともなう硝化速度の増加傾向が確認される。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の制御効果が同程度と考えられる緑色のデータポイントを見比べてもその傾向があらわれている。なお、循環時間の影響を見ると、循環時間が 23hr/day の場合においても、硝化速度の有意な増加傾向は確認されず、水質均一化が硝化速度に及ぼす影響は限定的であると考えられる。次に、図-2 (b)において担体表面積の影響に着目すると、担体表面積の増加が硝化を促進する効果は少なからず認められる。しかし、担体表面積とともに硝化速度が単調に増加するようには見えない。図-2 (c)において水温の影響を見ると、閉鎖系においては水温の制御効果が明確にはあらわれていないが、流水系においては、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の制御効果を勘案しても、水温上昇に伴う硝化速度の増加が確認される。

別途、水質モデルによるエンクロージャー実験の水質挙動の再現が良好であることを確認した。そこで、得られた各水質濃度を式(1)に表される Michaelis-Menten 型の制御関数式に代入し、各制御因子が硝化速度に及ぼす影響を図-3 に示した。制御が働かない状況で制御関数（同図の縦軸）が 1 であり、その制御因子による硝化への律速が大きくなるほど制御関数の値が 0 に近くなる。閉鎖系では硝化の進行とともに $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少する。そのため各 RUN の後半において $\text{NH}_4\text{-N}$ の制御効果が大きくなる。 $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少すると、やや遅れて硝化菌が減少し始める。このように微生物が介在する水質化学反応で特徴的に見られる微生物の増殖・死滅挙動が定量的に評価される。流水系では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が連続的に供給され、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の制御は働きにくい。同時に微生物も高濃度で推移しながら増殖・死滅の速度がほぼ平衡している。一方、 DO の影響に着目すると、制御関数が 0.4 程度と制御が大きく、酸素曝気を用いるなどによって DO を増加させることにより硝化効率がさらに向上することが示唆される。

3. まとめ

浸出水貯留地にエンクロージャーを設置して硝化実験を実施した。曝気時間の増加による DO 供給量の増加、微生物の付着基質である担体表面積の増加は硝化を促進することが示唆された。また、水質モデルを用いて $\text{NH}_4\text{-N}$ 、微生物、 DO の硝化律速特性を検討し、本実験の条件下では DO が支配的な律速要因であることが確認された。

参考文献

- 1) 井上他: 浸出水貯留地のマイクロバブル硝化処理における水温の影響, 平成 24 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2012.
- 2) 道奥他: 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, pp.1333-1338, 2009.

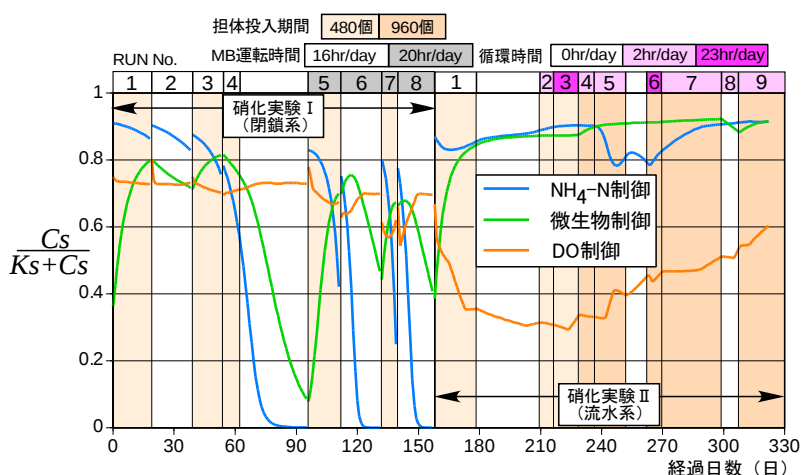


図-3 各制御因子が硝化速度に及ぼす影響