

神戸大学工学部 学生員 ○井上晃介 神戸大学大学院 学生員 田中健治
 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
 神戸市環境局 非会員 中道民広 神戸山手大学 正会員 和田有朗

1. はじめに

一般廃棄物の埋立処分場からの浸出水は、地盤中で大部分の有機物が分解、リンが土壌中で吸着され、除去される。その結果、浸出水は嫌氣的になり BOD やリンの負荷は低く、逆に分解の遅れる、アンモニア態窒素を主成分とする窒素負荷が高いという水質構成を有する。したがって、窒素除去が水質処理で最も重要となるが、一般下水と水質構成が大きく異なるため硝化・脱窒に苦慮している。対象フィールドでは平成17年度より、脱窒の前処理工程として浸出水貯留池でマイクロバブル曝気（以下、MB と略記する）による硝化を実施している¹⁾。本研究では、隔離水塊（エンクロージャー）を設置し、硝化効率に及ぼす流入負荷や担体投入量などの影響を確認するとともに、季節に伴う水温変化が硝化に及ぼす影響を実証的に確認した。

2. 閉鎖系硝化実験（実験Ⅰ：2011年1月6日～5月30日）

浸出水貯留池に、1.5m×1.5m×1.5mのエンクロージャーを設置し、微生物の付着を期待した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する。図-1に実験システムを示す。まず、エンクロージャーに流入負荷を与えない完全閉鎖系の実験（実験Ⅰ）を実施した。曝気時間、担体量を変化させ、その効果を検証する。実験ⅠにおけるNH₄-N、NO₃-N濃度の経時変化と、NH₄-N、NO₃-N、T-Nの増減速度（g/day）と水温の経時変化を図-2,3に示す。全実験

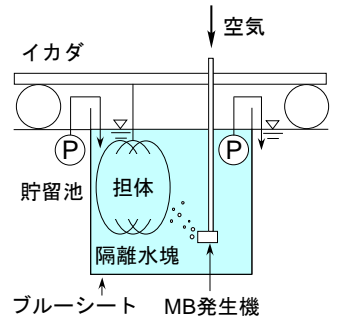


図-1 実験システム

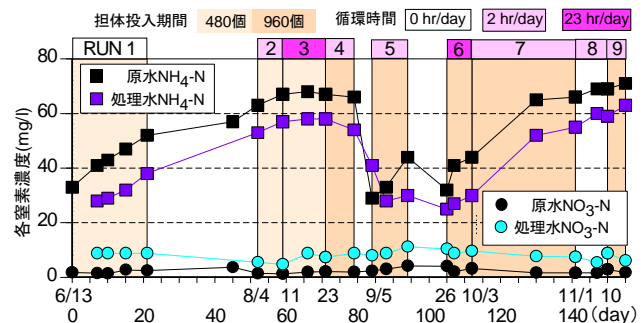
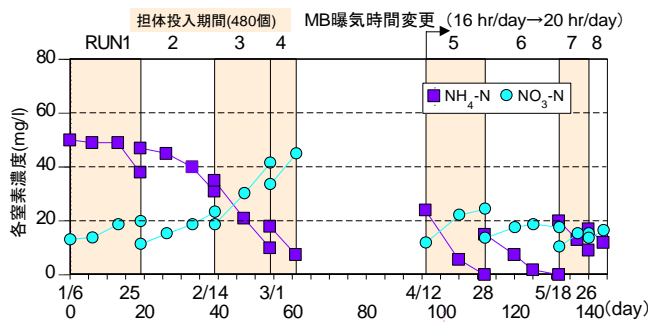


図-2 窒素成分の経時変化（左：実験Ⅰ，右：実験Ⅱ）

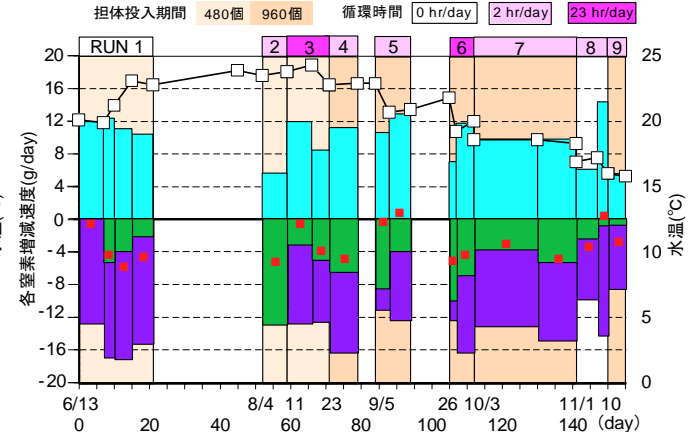
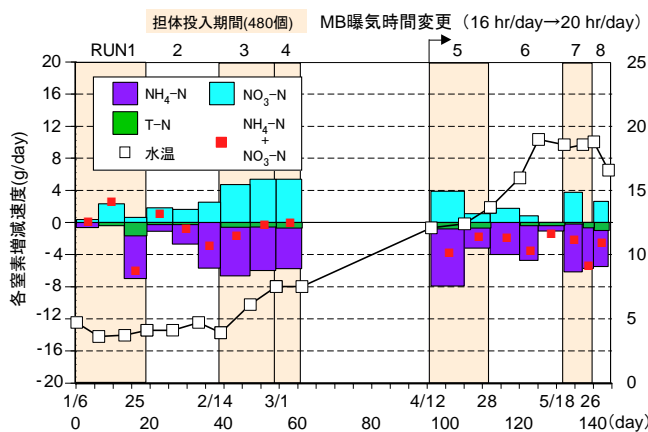


図-3 窒素成分の増減速度と水温の経時変化（左：実験Ⅰ，右：実験Ⅱ）

期間を通して NO₂-N は検出されず、DO 濃度は 5.0mg/l 以上と好気的環境に維持された。NH₄-N、NO₃-N の挙動から硝化が促進されていることが確認される。また、NH₄-N の減少率よりも NO₃-N の増加率の方が小さく、両者の合計を全窒素の変化率と考えれば、硝化と同時に脱窒も生じていると推定される。ただし、本実験の条件範囲内では、担体投入量や曝気時間が硝化・脱窒率に及ぼす影響は明確には現れておらず、担体や曝気の反応促進効果を定量評価するまでには至っていない。

3. 流水系硝化実験（実験Ⅱ：2011年6月13日～11月15日）

次に、流入負荷が硝化に与える影響を検証するため、エンクロージャーに周囲水（浸出水）を所定流量で供給して同じ量を排水する流水系の実験（実験Ⅱ）を実施した（図-1）。水中ポンプの運転/休止を間欠的に繰り返して流入量が 1,340 l/day となるように調整し、流入負荷を与えた。曝気時間は 22 hr/day に設定した。担体の投入量及びポンプによる循環時間を変化させ、その効果を検証する。実験Ⅰ（閉鎖系）と同様に、図-2,3 に NH₄-N、NO₃-N 濃度の経時変化と、NH₄-N、NO₃-N、T-N の増減速度（g/day）と水温の経時変化を示す。実験Ⅰと同じく全実験期間において NO₂-N は検出されなかった。実験Ⅰに比べ浸出水負荷が加わったために、硝化による DO の消費が増加し DO 濃度が実験Ⅰよりも低い 4mg/l 程度に留まっている。NH₄-N、NO₃-N の変化挙動から、実験Ⅰと同様に硝化が確認されるが、処理速度は実験Ⅰよりも増加している。これは、閉鎖系において硝化が進行すると硝化の素材である NH₄-N が減少して枯渇気味であったのに対し、流水系では NH₄-N が連続的に供給されるため、硝化反応が NH₄-N の律速を受けず順調に進むことが原因と考えられる。また、実験Ⅰと同様に、NH₄-N の減少率と NO₃-N の増加率とのバランスから、脱窒の進行が確認される。また、実験Ⅰと同じように、担体投入量の影響は限定的である。なお、実験Ⅱでは浸出水と担体との接触効率を増進させるために、水中ポンプでエンクロージャー内の水を循環させたが、その影響も顕著ではなかった。

4. 水温変動が硝化速度に及ぼす影響

硝化反応は水温による影響を受けやすく、アンモニア、微生物、DO などの濃度の制限を受けると考えられており、道奥らによりその制御関数が定式化されている²⁾。本実験では、微生物、DO は十分に高い濃度を維持しこれらの制限を受けないと考えると反応速度は以下のように表せる。

$$R_T = R_{20} \cdot \theta^{(T-20)} \cdot \frac{NH_4}{C_{N1} + NH_4} \quad (1)$$

ここで、 R_T ： T °Cにおける反応速度、 R_{20} ：20°Cにおける反応速度、 θ ：温度補正係数、 T ：セ氏温度、 NH_4 ：NH₄-N 濃度、 C_{N1} ：NH₄に関する半飽和定数であり、 $R_{20}=20$ 、 $\theta=1.12$ 、 $C_{N1}=5\text{mg/l}$ とする。本実験は 2011 年 1 月 6 日～11 月 15 日の気温変化を受けやすい期間に実施されたため、水温が硝化効率に及ぼす影響を検証することができる。図-4 に実験Ⅰ、Ⅱの平均水温に対する硝化速度を平均 NH₄-N 濃度別に色分けして RUN 毎に示す。図中の実線は式(1)を用いて算出した各 NH₄-N 濃度における硝化速度である。図-4 よりアンモニア濃度による制限を考慮に入れても、水温上昇にともなう硝化速度の増加が確認される。

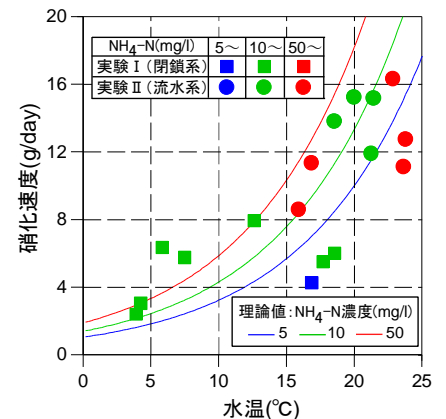


図-4 水温に対する硝化速度

5. 結論

浸出水貯留池にエンクロージャーを設置し、硝化実験を実施した。過年度に実施された室内実験よりも低調ではあるが、MB 曝気による硝化を確認した。担体量、曝気時間および循環時間などが硝化に及ぼす影響は確認されなかったが、硝化の水温への依存性が明確に検出された。また、閉鎖系実験との比較から、硝化素材の NH₄-N を流入負荷として与えることにより硝化が促進されることが確認された。

参考文献

- 1) 道奥他：廃棄物堆積層からの浸出水の浄化処理に関する実証実験，水工学論文集，第 52 巻，pp.1273-1278，2008.
- 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.