

|         |        |       |            |     |      |
|---------|--------|-------|------------|-----|------|
| 神戸大学大学院 | 学生員    | ○田中大也 | 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  | 神戸大学工学部    | 学生員 | 井上晃介 |

1. はじめに

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，集中管理型の処理施設において硝化-脱窒が行われている．しかし，施設は老朽化し，埋立当初よりも窒素負荷は軽減していることから，省力的で持続的な代替処理技術が求められている．浸出水は地盤中の浸透を経るためリンや易分解性有機物の濃度が極端に低く，アンバランスな水質構成比を有する．そのため，一般下水と同様の処理方法を適用することはできない．著者らはこれまで，マイクロバブル（以下，MB と略記）曝気を用いた硝化<sup>1)</sup>と水素徐放剤を炭素源とする脱窒<sup>2)</sup>を個別に検討し，二つの技術を統合した窒素除去システムの開発を目指してきた．二つの反応は相反する酸素環境を求めるものであるが，下水処理の硝化液循環法や回分式活性汚泥法と同様に同一反応槽内でも硝化と脱窒が同時に進行する実験的知見を得た．そこで本研究では，同一反応槽における硝化・脱窒特性を実験的に検討した．

2. 実験方法

1m 立方の FRP 水槽に浸出水（主成分：アンモニア態窒素 NH<sub>4</sub>-N）を満たし，担体，底泥（微生物供給源）を投入して窒素の挙動を計測した．実験概要を図-1 に示す．Case-1 では水素徐放剤（高級脂肪酸：平均炭素数 17.1）を塗布した担体（写真-1(a)）を，Case-2,3 では PE 製の担体（写真-1(b)）をそれぞれ投入した．Case-1,2 では MB 曝気を行ったが，Case-3 は曝気なしのコントロールとする．Case-1-2 の比較より炭素源の有無が，Case-2-3 の比較より MB 曝気がそれぞれ硝化・脱窒に及ぼす影響が確認される．また，曝気時間を 24hr/day 連続運転（Run-1：2011/9/30～10/21），12hr/day 間欠運転（Run-2：10/21～11/15），3hr/day 間欠運転（Run-3：11/15～12/27）と変化させて，曝気量，すなわち DO 濃度の影響を検証した．実験は，各 Run 間の試料水の入替え以外に系外からの流入負荷がない閉鎖系で実施された．

3. 実験結果及び考察

図-2,3 に各水質濃度及び水温の経時変化を示す．Case-1 では MB 曝気に加えて水素徐放剤被膜から炭素が溶出し，硝化・脱窒がともに進行しやすい．Case-1 の各 Run 初期に T-N が減少し，その後，安定する．曝気時間の短い Run-2,3 では Run-1 よりも脱窒が進み T-N はより減少する．MB 曝気によって硝化が促進される Case-1,2 では Case-3 よりも NH<sub>4</sub>-N の減少が顕著である．Case-1 では，水素徐放剤による酸素消費により DO 濃度がやや低いいため，NH<sub>4</sub>-N の減少は Case-2 よりも緩やかである．MB 曝気のある Case-1,2 において，実験開始まもない Run-1 では，「NH<sub>4</sub>-N→NO<sub>2</sub>-N」の反応

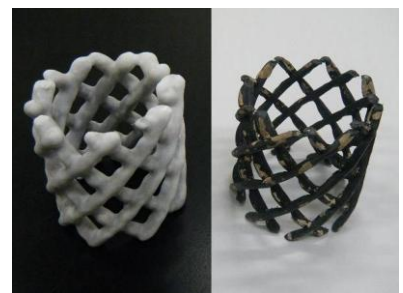


写真-1 担体

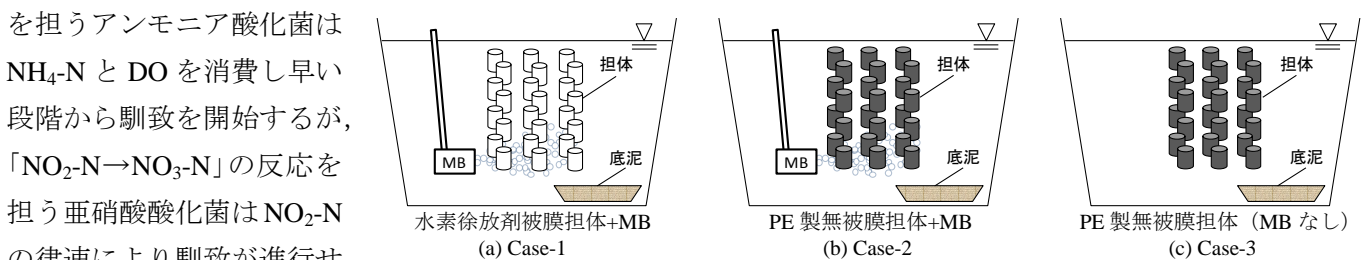


図-1 実験の概要

ず、 $\text{NO}_2\text{-N}$  が残留している。Run-2,3 では Run-1 から菌相を引き継いでいるため、速やかに亜硝酸酸化が進行し  $\text{NO}_2\text{-N}$  はほとんど検出されない。

Case-1 では  $\text{NH}_4\text{-N}$  の酸化が低調であることと、水素徐放剤によって脱窒が促進されていることから Case-2 と比べ  $\text{NO}_3\text{-N}$  の増加速度は小さい。前述のように、Case-1,2 の Run-1 においては硝化菌の馴致遅れにより DO の消費が低調で一時的に DO 濃度が増加し、その後、硝化が進むと DO が消費される。Case-1,2 とも  $\text{NH}_4\text{-N}$  枯渇後は、硝化による消費が停止し、DO が上昇する。Case-1 では、 $\text{NH}_4\text{-N}$  が残留している期間は水素徐放剤・硝化による

DO 消費と MB 曝気による DO 供給がバランスし DO 濃度が  $4\text{mg/l}$  前後で維持される。また、Case-1 の DO 濃度は Case-2 よりも常に低い。Case-2 では MB 曝気による好機的環境の下で全期間にわたり硝化が活発で脱窒は低調なため、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の減少と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の増加が顕著である。コントロールの Case-3 では水面から気中酸素が溶解し、緩やかな硝化が進むが、Run-1 でも  $\text{NO}_2\text{-N}$  が検出されない程度にアンモニア酸化が低調である。

Run-1 の実験初期においては生物馴致が進行中であることを考慮し、ここでは反応が落ち着いた Run-2,3 に着目して、Case-3 に対する Case-1,2 の硝化・脱窒速度の偏差を図-4 に示す。両 Case とも、 $\text{NH}_4\text{-N}$  が残留しながら硝化・脱窒が同時に進行し、かつ微生物の活動が期待できる水温  $10^\circ\text{C}$  以上の期間のみのデータを抽出して硝化・脱窒速度を求めている。まず、Run-2 を見ると、Case-1 では MB 曝気による硝化と担体被膜からの炭素溶出により脱窒がともに進行している。Case-2 では、硝化は顕著に進むが、好気的環境の下でしかも炭素供給がないことから脱窒は低調である。むしろ MB 曝気がなく、嫌気的環境に保たれた Case-3 よりも脱窒速度が小さい。次に Run-3 を見ると、Case-1 では MB 曝気時間が減少して Run-2 よりも脱窒が進行すると期待されたが、硝化が低調で  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が小さいために  $\text{NO}_3\text{-N}$  が律速因子として脱窒を制御し、結果的に硝化・脱窒速度とも Run-2 を下回った。Case-2 では硝化が低調になったが脱窒の促進は確認されなかった。以上の知見に基づいて、同一反応槽で硝化・脱窒を同時進行するための最適 DO 濃度を別途解析している。

#### 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, pp.1333-1338, 2009.
- 2) 田中健治, 道奥康治, 中道民広, 八木正博, 和田有朗: 炭素・リン・微生物環境ならびに窒素負荷が浸出水の脱窒効率に及ぼす影響, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.68, No.4, pp.I\_619-I\_624, 2012.

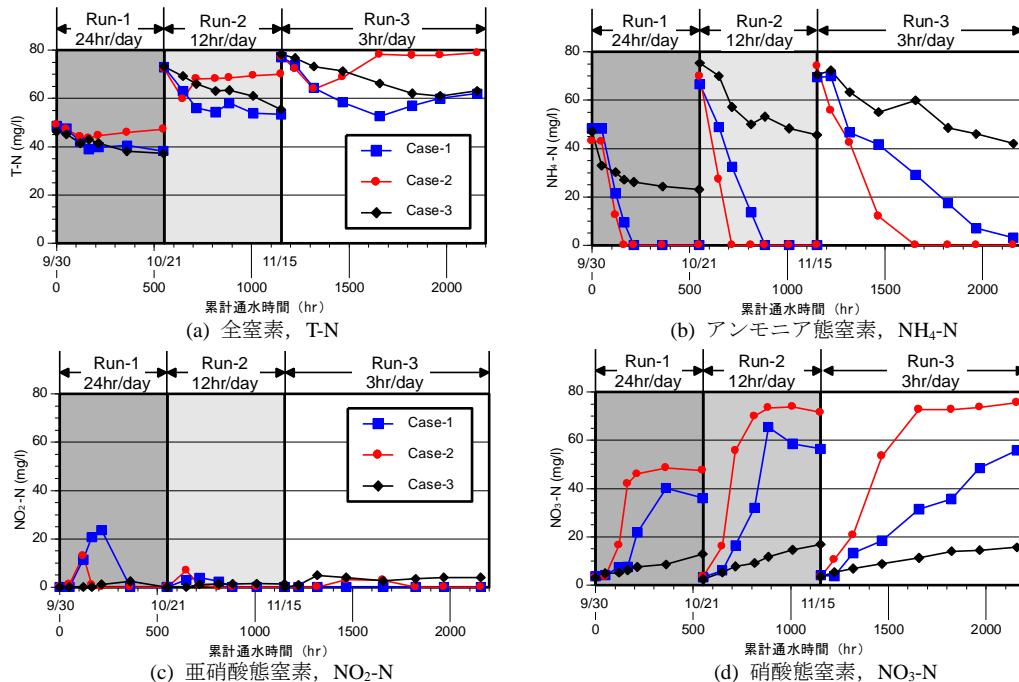


図-2 各窒素濃度の経時変化

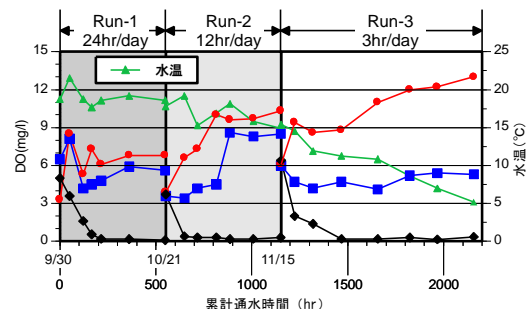


図-3 DO 濃度, 水温の経時変化

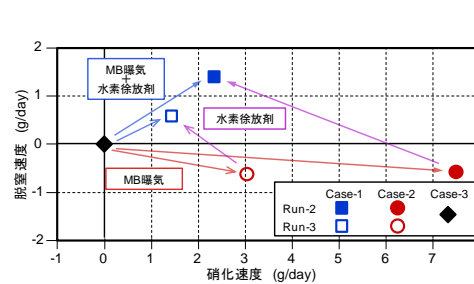


図-4 Run-2,3 の硝化・脱窒速度 (Case-1,2 の Case-3 との偏差)