

種々の炭素源素材を用いた浸出水の脱窒処理に関する実験的検討

神戸大学大学院	学生員	○田中大也	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. 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、施設の老朽化や、埋立当初よりも窒素負荷が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必要となっている。地盤中の浸透通過を経るため浸出水中に含まれるリンや易分解性有機物は非常に少なく、アンバランスな水質構成を有しているため、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、浸出水の硝化¹⁾と脱窒²⁾の処理方策を実験的・解析的に検討してきた。脱窒においては代替炭素源として水素徐放剤の有効性を確認した。しかし、実機ではその投与量が多くなり処理工程の低廉化は困難である。そこで、本研究では、より経済的な炭素源素材を模索するために、水素徐放剤を含むいくつかの素材の脱窒性能を実験的に検証・比較した。

2. 実験方法

実験に使用した炭素源はアムテクリーン ($C_{18}H_{36}O_2 : C_{16}H_{32}O_2 : C_{14}H_{28}O_2 = 65 : 30 : 5$, 写真-1)、高級脂肪酸三成分混和体 ($C_{18}H_{36}O_2 : C_{16}H_{32}O_2 : C_{14}H_{28}O_2 = 55 : 39 : 6$)、ステアリン酸 ($C_{18}H_{36}O_2$)、生分解性プラスチック (写真-2) の4種類である。特に、アムテクリーン、高級脂肪酸三成分混和体、ステアリン酸を比較し、炭素数が脱窒に及ぼす影響を検討する。これらは、粉末状であるため、湯煎・溶融し綿球に付着させ球状に加工したものを使用する。生分解性プラスチックは微生物が生息する自然環境下では分解されて炭酸ガスと水を生成する。使い捨て容器の再利用による資源循環を想定して、脱窒用炭素源としての利用を検討した。

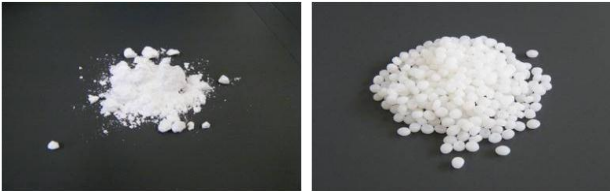


写真-1 アムテクリーン 写真-2 生分解性プラスチック

実験装置を図-1、実験条件を表-1に示す。塩化ビニル製の1L容器に、各種炭素源、底泥(脱窒菌供給源)、試料水を投入し、菌を馴致するために24h静置する。その後、 $Q=0.5\text{ml/min}$ の流量で試料水を通水する。残留窒素濃度を監視し、ほぼ安定した場合には平衡状態に達したと判断し、流量を1.0、2.0、4.0ml/minへと段階的に増加させて、脱窒反応に及ぼす流入負荷の影響を照査する。流量変更時において、各trackの容器内の試料はそのまま引き継がれる。多項目水質計による水温、DO、pHを定期的に測定するとともに、実験装置を通過した処理水を採取し、各水質濃度を測定する。

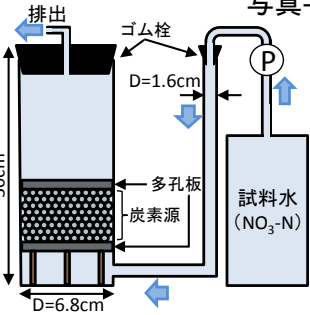


図-1 実験装置



写真-3 実験装置

表-1 実験条件

	track1	track2	track3	track4
試料水	硝化水* + リン**			
炭素源	アムテクリーン	高級脂肪酸三成分混和体	ステアリン酸	生分解性プラスチック
平均粒径	0.65 (cm)			0.32 (cm)
炭素源表面積	2000 (cm ²)			1800 (cm ²)

* 処理施設内の散水ろ床塔から採取。NH₄-Nが硝化され、主成分はNO₃-N。
** 脱窒を促進させるために、窒素の重量に対し2%添加する。

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 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-803-6056

3. 実験結果及び考察

各 track の流入水の T-N 及び処理水の T-N をはじめとする各窒素成分の濃度変化を図-2 に示す. track1 では, 流入水に比べて処理水の T-N が減少しており, 脱窒が確認された. 300h では $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度が一時的に上昇している(図-2(a)中の A). この原因として, 初期段階に $\text{NO}_3\text{-N}$ は十分に存在し脱窒菌($\text{NO}_3\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N}$)は速やかに馴致されるが, その段階の $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度はまだ低く脱窒菌($\text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{N}_2$)が十分に馴致せずに活動が制御されて $\text{NO}_2\text{-N}$ が残留気味であったことが考えられる. 次に, 負荷流量を増加して $\text{NO}_3\text{-N}$ がさらに供給されると脱窒は加速し, 気体窒素の生成量が増加した. 窒素気泡が炭素源表面に付着すると付着面は反応層として機能せず, 脱窒速度は低下した. 2,401h 以降, 気泡除去に留意して実験を管理すると, 反応面積に応じて脱窒量が増加することが確認された(図-2(a)中の B).

track2, track3 においては track1 と同じく T-N の減少から脱窒の進行が確認され, 高級脂肪酸三成分混和体とステアリン酸は炭素源として脱窒に寄与することがわかる. track3 の初期に $\text{NO}_2\text{-N}$ が残留している原因は track1 の場合と同様である. また, track3 の 3,335h において処理水の T-N が一時的に変動しているが(図-2(c)中の C), これはポンプの不調により滞留時間が長くなり, 脱窒が促進したためであると考えられる.

track4 では, 初期から T-N が変化せず, 脱窒は確認されなかった. そこで 672~1093h にメタノールを添加して脱窒菌の活性化を図った. 添加期間中, 脱窒は急速に進行したが, 添加終了後, 脱窒が即刻停止した. これより, 生分解性プラスチックは脱窒促進用の炭素源として機能しないことが確認された.

脱窒が確認された track1~track3 における, HRT (水理的滞留時間) と最大脱窒率との関係を図-3 に炭素源別に示す. 「昨年度」と付記されたデータポイントは track1 と同一条件で得られた昨年度の実験結果²⁾である. 図-3 から, HRT とともに脱窒率は増加することが確認された. 昨年度よりも脱窒率がやや低下している原因は不明である. 炭素源の種類が脱窒率に及ぼす影響に着目すると, track2>track1>track3 の順に脱窒率が大きく, 炭素源の平均炭素数 ($16.9 < 17.2 < 18.0$) と同順になっている. このことから, 平均炭素数の小さい炭素源を用いるほど, 脱窒反応がより促進することが明らかになった.

参考文献

- 1) 道奥康治, 松本敏秀他: 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.
- 2) 田中健治, 道奥康治他: 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.

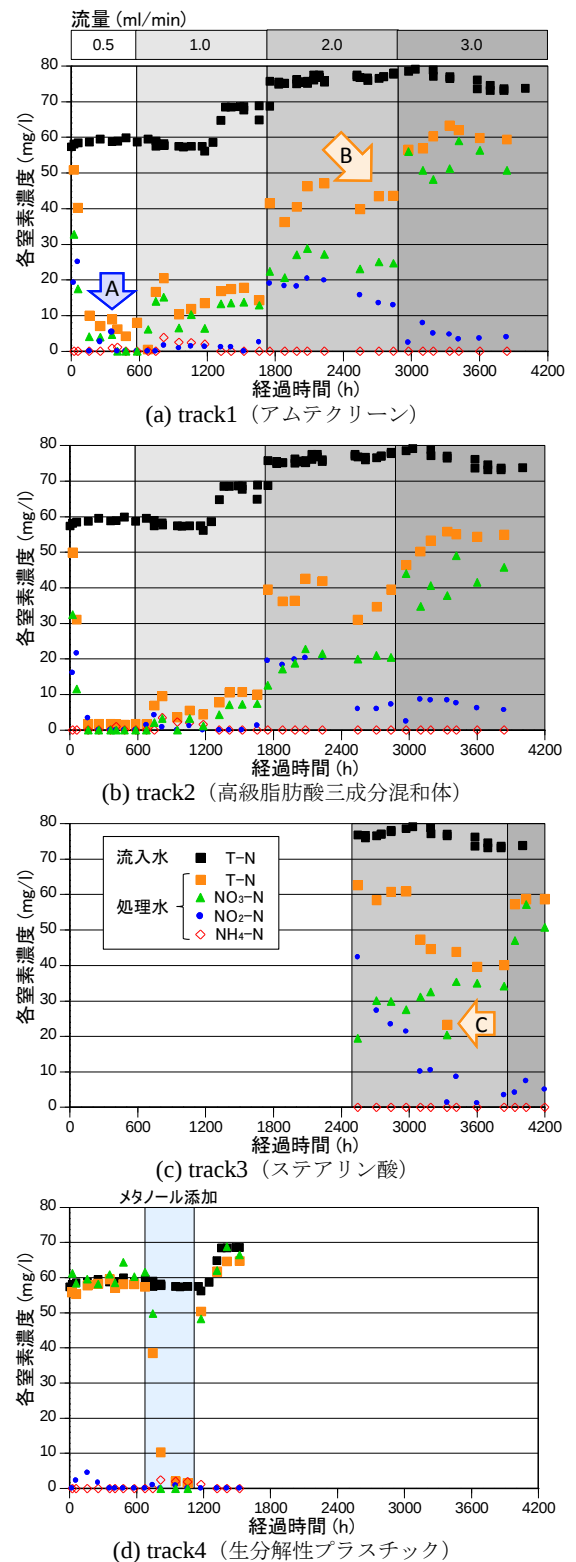


図-2 実験結果

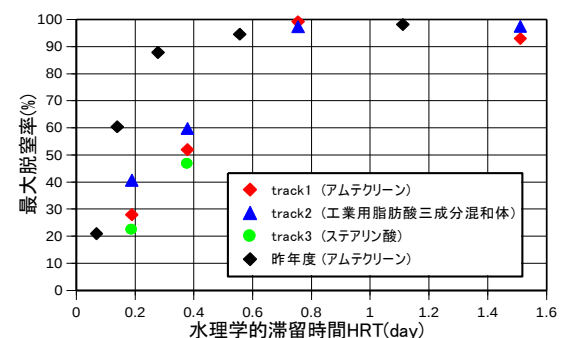


図-3 HRT と最大脱窒率