

神戸大学工学部	学生員	○黒田 将嵩	神戸大学大学院	フェロー	道奥 康治
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 大也
神戸市環境局	非会員	中道 民広	神戸市環境保健研究所	非会員	八木 正博

1. 序論

一般的に廃棄物埋立処分場からの浸出水においては、有機汚濁成分に比べ窒素濃度の経年的低減率が小さいため、低 C/N 比を呈するという特徴が見られる。対象とする処分場の浸出水も同様の水質特性を有しており、現行の廃水処理施設の脱窒工程では炭素源としてメタノールを添加している。将来、排水処理施設を閉鎖した段階において、なお、脱窒処理を要する場合には、現状のようなメタノール添加をとまなう処理工程の継続は、維持管理と財政面を勘案すると困難である。以上の背景により、低 C/N 比の浸出水を低廉で最小メンテナンスの脱窒技術を開発する必要がある。著者らは、維持管理しやすい持続的な炭素源として水素徐放剤を利用した浸出水の脱窒処理を実験的に検討してきた¹⁾。しかし、実験に基いて推算した実機における水素徐放剤の必要量は、その価格を勘案すると実用化に至る水準ではなかった。本研究では、炭素源の低廉化と資源の循環利用を図るために、ビール粕、固化食用油（廃油を想定）の脱窒用炭素源としての可能性を検討するために、浸出水の流入負荷を伴う反応系に各種固体炭素源を充填し、脱窒性能を分析した。

2. 実験概要（実験期間：2012 年 10 月 24 日～2013 年 2 月 1 日）

実験に使用した炭素源は水素徐放剤（ $C_{18}H_{36}O_2 : C_{16}H_{32}O_2 : C_{14}H_{28}O_2 = 65 : 30 : 5$ ，湯煎・溶融し綿球に付着させ球状に加工したもの、写真-1），ビール粕（ビール醸造所の醸造工程で排出されたもの、写真-2），固化食用油（菜種油 600ml に市販の植物性廃油処理剤 18g を添加して固化させたもの、写真-3）の 3 種類である。ビール粕はアルコールを含有するとともに、粕自体に炭素溶出機能を期待した。菜種油は天然の高級脂肪酸混和体（主としてオレイン酸，リノール酸， α リノレン酸； $C_{18}H_{34}O_2$ ， $C_{18}H_{32}O_2$ ， $C_{18}H_{30}O_2$ ）であり水素徐放剤組成との類似性を根拠に炭素溶出機能を期待するとともに、廃油処理剤にも同様の機能を期待した。廃油処理剤には一定のコストをとまなうが、水素徐放剤よりも投資の縮減が可能である。水素徐放剤を参照 track の炭素源とし、ビール粕と固化油それぞれとの脱窒性能を比較するために実験を実施した。

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 1 日静置する。その後、 $Q=1.0\text{ml/min}$ の流量で試料水を通水し始める。残留窒素濃度がほぼ安定した段階を平衡状態と判断し、流量を 2.0, 4.0, ml/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。流量変更時には、各 track の容器内の試料を入れ替えることなく引き継ぐ。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。



写真-1 水素徐放剤



写真-2 ビール粕



写真-3 固化油

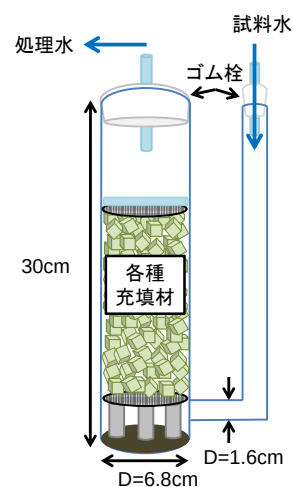


図-1 流水系脱窒実験装置

表-1 実験条件

	track1	track2	track3
試料水	硝化水* + リン**		
炭素源	水素徐放剤	ビール粕	固化油
炭素源表面積	2000 (cm ²)	不明***	2000 (cm ²)

* 処理施設内の散水ろ床塔から採水。NH₄-N が硝化され、窒素の主成分は NO₃-N

** 脱窒を促進させるために、硝化水中の窒素の重量に対し 2% 添加する。

*** 形状不均一のため 100g 充填する。

3. 実験結果及び考察

各 track の流入水、処理水の T-N など各窒素成分の濃度変化を図-2 に示す。track1 (図-2(a)) では、流入水中の T-N と比べて処理水の T-N が減少しており、脱窒の進行が確認される。実験 21 日目に負荷流量を 1.0ml/min から 2.0ml/min に増加させると、56 日目まで脱窒が低調となる。この期間においては、季節的な気温低下が進んだため、流入負荷だけではなく水温も脱窒の制御因子になっていると考えられた。56 日目より水温を人為的に 20℃ 以上に保温すると、80% 以上の脱窒率が維持された。この条件下では、水温が脱窒の支配的な制御因子であることが分かった。

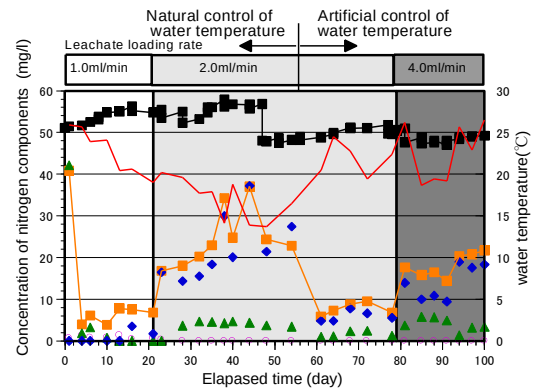
track2 (図-2(b)) では、実験開始後 10 日目に NH₄-N が検出され始めた。ビール粕に含まれている NH₄-N²⁾ の溶出が原因であると考えられる。実験初期の段階において NO₂-N が検出されたが、その後は NO₂-N、NO₃-N が 21 日目まで検出されず、脱窒の進行が確認される。以上より、ビール粕から溶出した麦汁は脱窒菌の炭素源として十分に機能したが、21 日目以降 TOC が低濃度で推移し、ビール粕の炭素供給機能は持続的でないことが分かる。

track3 (図-2(c)) では、track1 と同様に脱窒の進行が確認される。負荷流量が 2.0ml/min の条件で水温を 20℃ 以上に保つことによって T-N はほぼ除去されている。4.0ml/min でも水温が低下すると脱窒が低調となるものの、水温が上昇すれば脱窒率が增加することから、水温が支配的な制御因子であることが分かった。

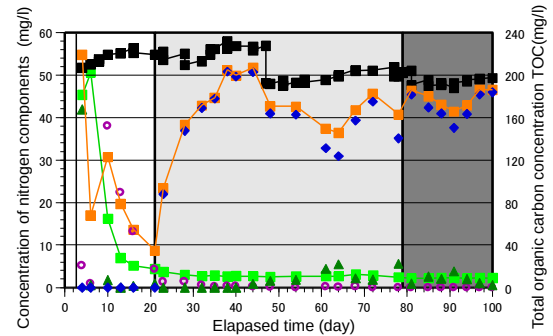
track1~track3 における、負荷流量と最大脱窒速度の関係を図-3 に示す。ここで脱窒速度は T-N の時間低減率によって定義されるが、track2 (ビール粕) においては実験開始時に NH₄-N を検出したため、脱窒速度は NO₂-N+NO₃-N の時間低減率から算出した。図-3 から、負荷流量の増加とともに最大脱窒速度は上昇することが確認された。負荷流量 2.0ml/min、4.0ml/min においては track3>track1>track2 の順に脱窒速度が大きく、固化油は水素徐放剤よりも脱窒効果が高いことが確認できた。ビール粕は、先述の通り持続性が低いのが、充填量を増やすことにより処理効果を向上できる可能性がある。本研究で目指す簡易な窒素除去を行うためには、固化油も有効な炭素源であることが明らかになった。

参考文献

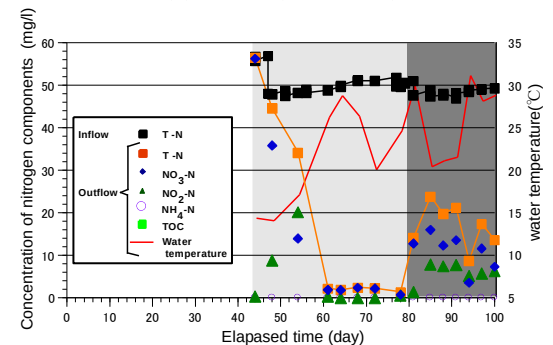
- 1) 田中健治, 道奥康治, 中道民広, 八木正博, 和田有朗: 炭素・リン・微生物環境ならびに窒素負荷が浸出水の脱窒効率に及ぼす影響, 土木学会論文集 B1 (水工学), vol.68, No.4, pp.619-624, 2012.
- 2) 岡本裕行, 八木紀依他: ビール粕を原料とする形成炭の水質浄化特性, 環境資源工学, vol.50, No.4, pp.165-174, 2003.



(a) track1 (水素徐放剤)



(b) track2 (ビール粕)



(c) track3 (固化油)

図-2 実験結果

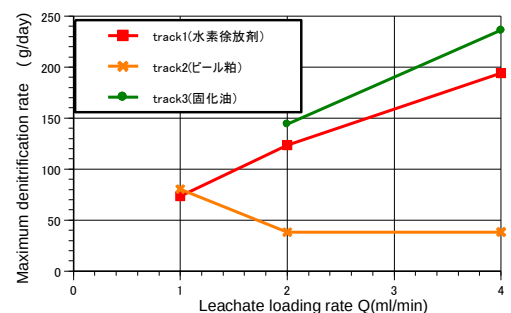


図-3 負荷流量と最大脱窒速度