

バイオマス資源を用いた脱窒に関する基礎検討

長野高専 正会員 ○酒井 美月
中部電力 (元長野高専) 宮澤 和也

1. はじめに

窒素は生体に必須の元素であるため、肥料として農耕地に施用されているが、余剰分が地下水を汚染あるいは河川に流入することが問題となっている。他方、長野県には森林資源を始めとした、バイオマス資源が多く存在している。中でも竹は全国的に放置竹林が問題となっており、県内にも多数存在しているが、成長が早いことから注目される資源でもあり、その有効利用が求められる。溝添ら¹⁾の研究では、竹粉が水中の硝酸態窒素除去能を有するとの報告がある。そこで本研究では、水域を対象とした窒素除去を目的として、竹粉の機能に関する基礎検討を行なった。

2. 研究内容

2.1 水質汚染対策法について

水域における硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の汚染対策方法は大きく2つに分類することができる。1つ目は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ・ $\text{NO}_2\text{-N}$ が水域へ侵入するのを防止する方法で、2つ目は、過分に水域へ侵入したそれらを水中から除去する方法である。後者には従属栄養性脱窒菌、あるいは硫酸酸化細菌などの独立栄養性菌を用いた、生物学的な手法がある。水中から NO_3 が除去される過程は存在する $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ を窒素ガスに変えて大気中に放出する作用となり、それらが完全になくなることを完全脱窒という。微生物を用いた方法においては、 NO_3 から NO_2 に還元する能力をもつものは多いが、 NO_2 から N_2 への還元する能力を持つものは少ない。しかし、 NO_2 は生体に対して毒性を持つということが知られている。そこで、本研究ではまず竹粉を利用した完全脱窒について検討した。

2.2 機能材料化のための検討

竹粉の脱窒能を実際の地下水や河川に利用するには、機能材料化を検討する必要がある。脱窒を目的とした機能材料には、ポーラスコンクリートを使用したものが多くみられる²⁾。空隙に植物の生育や微生物の棲息が可能で、また透水性が良いためと考えられ、使用例として、ポーラスコンクリートの表面にバイオフィルムを形成させたものなどがある³⁾。そこで本研究では、このポーラスコンクリートと竹粉を組み合わせることを想定し、環境条件を変化させ分解試験を行った。ポーラスコンクリートは、セメントの種類によるが pH9.5~13.5 のアルカリ性³⁾ であり、固まるときに約 30°C の発熱を伴うという性状をもっている。そこで、pH、温度の条件を変化させた状態において、竹粉による脱窒が可能であるかを検討した。

3. 試験条件

3.1.1 完全脱窒検討試験

試験水には初期濃度を 10ppm に調整した亜硝酸態窒素標準液、硝酸態窒素標準液 (ともに Wako イオンクロマトグラム用) を用い、試験水量は 100ml、竹粉量は 1.0g とした。試験水は透明ガラス瓶に入れ、上部に気相のある密閉状態で室温 (24 時間 25°C の空調管理室) にて静置し、照度は規定せず試験に供した。竹粉投入から 0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 時間後に試験水を採取し、イオイオンクロマトグラフ (SHIMADZU 製) にて $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度を測定した。

3.1.2 機能材料化検討試験

試験水には硝酸態窒素標準液 (Wako) を用い、設置条件、試験水量、濃度、竹粉量と採取時間は完全脱窒検討試験と同じとし、pH と気温の試験のみを変化させた。pH はアルカリ条件として 9.5, 10.7 および 12.5 の3段階とし、気温は 7°C と 50° の2段階とした。

4. 試験結果

4.1 完全脱窒検討試験

図1に、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の経時変化を示す。 $\text{NO}_2\text{-N}$ は48時間を超えたあたりから減少をはじめ時間の経過ごとに減少していき、168時間後にはほぼ無くなった。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の発生はなく、コントロールでは変化が見られなかった。

図2に、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 標準液を用いた試験結果を示す。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は実験開始から時間の経過ごとに減少していき、72時間後に無くなるという結果を得た。一方で、時間の経過とともに $\text{NO}_2\text{-N}$ が発生し、72時間後に最高点に達し、その後減少し、168時間後に無くなるという結果を得た。また、滅菌した竹粉では $\text{NO}_3\text{-N}$ は減少せず、これらの反応が微生物反応によるものと確認できた。以上より竹粉に存在する微生物により、 NO_3 が NO_2 へ変化し、その後 NO_2 も除去される完全脱窒が起こるといことが確認された。

4.2 機能材料化検討試験

図3に pH12.5, pH10.7, pH9.5 の試験結果を示す。pH12.5では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は減少せず、pH10.7とpH9.5では、ほぼ同様の経過を示し最終的に $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ がなくなり、完全脱窒を確認した。図4に、気温50°Cと気温7°Cの試験結果を示す。50°Cでは $\text{NO}_3\text{-N}$ は減少せず、7°Cでは変化が見られたものの、室温の結果に比べて反応速度が遅くなっており、168時間後も変化を続けていることが確認された。そのスピードは常温・中性の条件の2倍程度かかるものと推定された。

5. まとめ

本研究により以下のことが明らかになった。

- 竹粉による常温、中性条件下での完全脱窒が確認できた。
- pH9.5, 10.7のアルカリ性で差異なく微生物活用による脱窒が可能であるが pH12.5 の条件下では機能しなかった。
- 低温下でも反応速度は鈍化するものの反応が確認された。一方極端な高温下では機能しなかった。

6. 参考文献

- 1) 溝添暁子：竹粉を利用した排水処理剤の開発，県内未利用資源を活用した脱窒に関する研究
- 2) 瀬戸昌之：ポーラスコンクリートを微生物固定担体として用いた窒素除去
- 3) 日本コンクリート工学協会：ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会

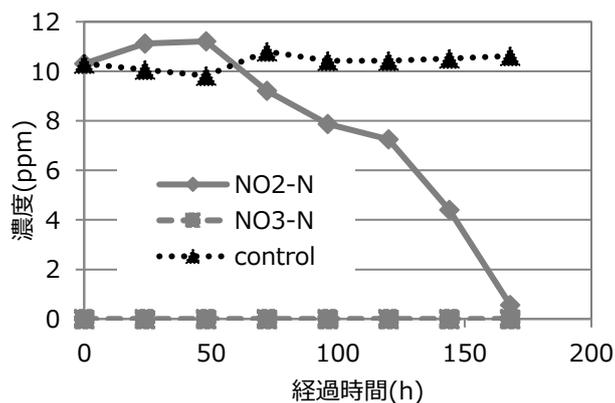


図1 亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) 濃度の経時変化

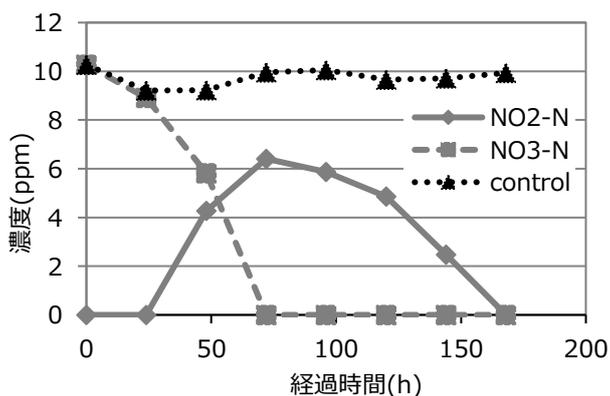


図2 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度の経時変化

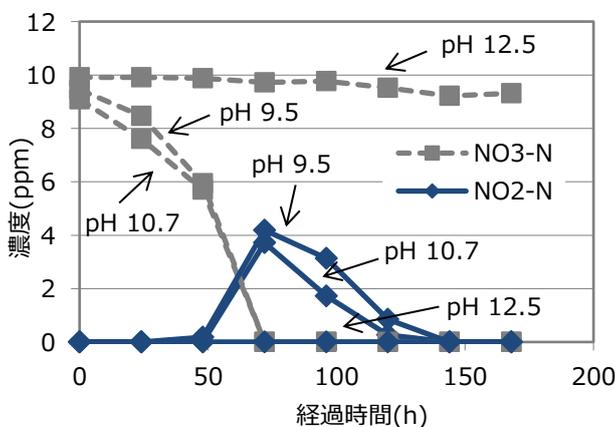


図3 pH9.5, 10.7, 12.5 の場合の経時変化

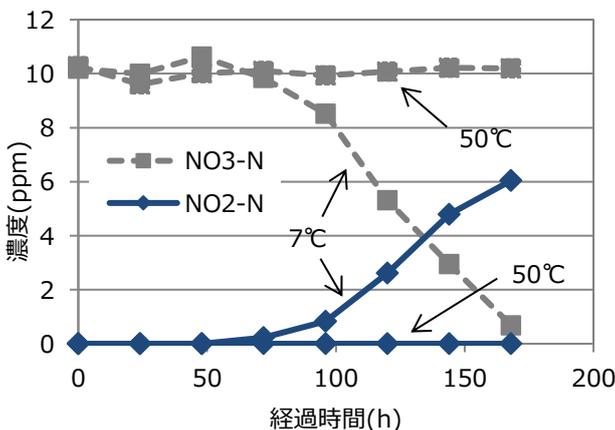


図4 反応温度を高温, および低温にした場合の経時変化