

焼酎粕凝縮液を用いた高濃度硝酸性窒素の生物学的脱窒に関する研究

宮崎大学工学部 院(学) 中園 翔太、谷口 幸江
 宮崎大学 (正) 増田 純雄、斎藤 泰男
 鹿児島高専 (正) 山内 正仁、山田 真義

1. はじめに

農耕地での過剰施肥と畜産振興による家畜の集約化に伴い地下水の硝酸性窒素汚染が問題¹⁾となっている。これらの水を飲料水として利用した場合、血液中のヘモグロビンと結合し、酸素運搬機能に悪影響を及ぼすと報告されている。家畜の場合は、受胎率、孵化率の低下が危惧²⁾されている。特に畜産排水や茶園付近の地下水の硝酸性窒素は高濃度³⁾になることがある。さらに富栄養化の一つの要因ともされているため、水中に含まれる硝酸性窒素を除去する必要がある。

九州では、焼酎の生産量は減少傾向にあるものの、焼酎の製造が盛んに行われている。焼酎粕廃液は海洋投棄されていたが、ロンドン条約に基づく環境保護の観点から 2007 年以降海洋投棄が原則禁止された。現在は主に飼料化、肥料化、プラント処理などの陸上処理が行われている。しかし、九州で最も焼酎の製造量の多い鹿児島県では約 1 割は海洋投棄⁴⁾している。そこで焼酎粕の、新たな有効利用法の検討⁵⁾がされている。

本研究では焼酎粕の有効利用法の一つとして、網目構造回転翼脱窒装置を利用して焼酎粕凝縮液を有機炭素源とした生物学的脱窒実験を行い、高濃度硝酸性窒素の除去について報告する。

2. 実験方法

図-1 に網目構造回転翼脱窒装置を示す。装置の内径は 10.7 cm、円筒内に高さ 22.5 cm、1 mm の金網で作製した回転翼(縦 15.3 cm、幅 4.5 cm の回転翼が 8 枚)で構成されている。回転翼の網目の大きさは 5×5 mm である。表-1 に人工基質の成分、表-2 に焼酎粕成分を示す。実験は人工基質に有機炭素源として焼酎粕凝縮液をポンプで脱窒装置に流入させた。実験条件は、平均滞留時間; 30 分、水温; 25℃、C/N 比; 2.0 で、回転速度と硝酸性窒素濃度を変化させた。

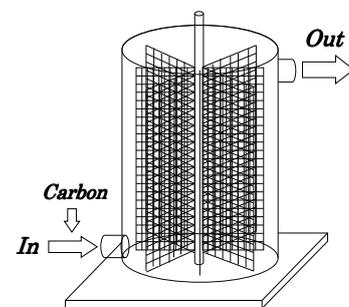


図-1 網目構造回転翼脱窒装置

3. 実験結果と考察

図-2 に中濃度硝酸性窒素(50、80mg/L)の脱窒率と経過日数の関係を示す。この時の回転速度は 60rpm である。実験開始 1 週間は脱窒率が安定せず、13 日目から硝酸性窒素濃度 50、80mg/L とともに脱窒率が上昇する傾向を示したが、脱窒率は 60%前後で安定した。これは付着生物膜が増加し、回転翼中心部への有機炭素が律速したためである。そのため実験開始 22 日目から C/N 比を 3.2 に増加させた結果、2 日目に脱窒率は約 90%に達し、硝酸性窒素濃度 50、80 mg/L 共に 96%と高い脱窒率が得られた。これは、C/N 比を増加させたことにより、回転翼中心部への有機炭素の律速が解消されたためである。また、実験開始 33 日目に C/N 比を 2.5 に低下させたが脱窒率がそれぞれ 95、94%で安定した。さらに C/N 比を 2.0 に低下させると、脱窒率はそれぞれ 68、58%に低下した。したがって、中濃度硝酸性窒素で回転速度 60rpm の場合、C/N 比 2.5 以上の有機炭素を供給する必要があることが明らかになった。

既往の研究⁶⁾で回転速度を大きくすると、拡散層厚が薄くなり、脱窒率が増加することを報告している。そこで、回転速度を 60rpm から 90rpm に変更し、C/N 比を 2.0 に固定して脱窒実験を行った結果を図-3 に示す。硝酸性窒素 50mg/L の場合、実験開始 4 日目に脱窒率は約 90%に達し、95%で安定した。

表-1 人工基質

成分	含有量(mg/L)
NO ₃ -N	50~120
KH ₂ PO ₄	23
NaCl	59
MgSO ₄ ·7H ₂ O	239

表-2 焼酎粕凝縮液成分

TOC	1900~4100
pH	3.1

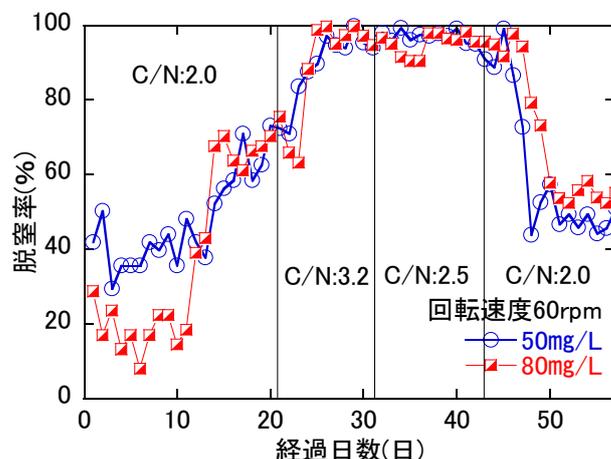


図-2 中濃度硝酸性窒素の脱窒率と経過日数の関係

同様に硝酸性窒素 80 mg/L の場合も、実験開始 7 日目に脱窒率は約 90% に達し 93% で安定した。このように初期段階から脱窒率が安定した原因は、前回の実験終了後ブラッシで生物膜を取り除いたが、微量の生物膜が網目に付着した状態で実験を開始したためである。中濃度硝酸性窒素除去は回転速度 90rpm に変更すると C/N 比 2.0 で高い脱窒率が得られることが明らかになった。

中濃度硝酸性窒素で C/N 比 2.0 の場合の回転速度と硝酸性窒素除去速度、生物膜乾燥重量(生物膜量)の関係を図-4 に示す。回転速度と生物膜量の関係から、硝酸性窒素 50、80 mg/L とともに回転速度 60rpm の場合より回転速度 90rpm の場合の生物膜量が少なくなることが分かる。これは回転速度が大きくなり、せん断力が大きくなることで、回転翼に付着する生物膜の増殖が制限されたためである。回転速度と除去速度の関係から、回転速度 90rpm の除去速度は 60rpm の約 2 倍の値となった。回転速度 60rpm の除去速度が小さいのは回転翼中心部で生物膜が閉塞状態で、基質律速となり、生物膜の一部が不活性になったためである。

図-5 に高濃度硝酸性窒素(100、120 mg/L)の場合の脱窒率の関係を示す。いずれの場合も実験開始 5 日目には脱窒率 90% に到達し、その後も平均 90% で安定した。また、中濃度の場合と同様に、微量の生物膜が網目に付着した状態で実験を開始したため、早い段階で高い脱窒率が得られた。実験開始 13 日目に回転速度を 90rpm から 120rpm に変更した結果、実験開始 14 日目にはいずれの場合も脱窒率 95% に達し、その後安定した。これは回転速度を大きくすることで、拡散層厚が薄くなり、基質輸送が容易になったためである。いずれの回転速度でも脱窒率が 90% 以上で安定していることから、消費エネルギーを考慮すると、高濃度硝酸性窒素の場合は 90rpm が最適であることが明らかになった。

4. おわりに

網目構造回転翼脱窒装置で回転速度と硝酸性窒素濃度を変化させ脱窒実験を行い、以下の知見が得られた。

- 1) 回転速度 90rpm で、中濃度硝酸性窒素 50 mg/L、80 mg/L の場合それぞれ脱窒率 95、93% が得られた。
- 2) 90rpm の場合の硝酸性窒素除去速度は 60rpm の場合の約 2 倍の値であった。
- 3) 高濃度硝酸性窒素 100 mg/L、120 mg/L の場合は回転速度 90rpm でいずれの場合も脱窒率 90% が得られた。

以上のことから、畜産排水や地下水などの高濃度の硝酸性窒素を含む排水の処理に、焼酎粕凝縮液と本装置は適応可能である。今後は、さらに効率を上げるため、滞留時間の短縮を検討したい。

なお、本研究において、焼酎粕凝縮液を提供して頂いた雲海酒造に感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 寺尾宏：硝酸性窒素による地下水汚染とその浄化対策 岐阜県保険環境研究所報 第 14 号 2006
- 2) 中村賢男：水質汚染と過産期(水道水・先天異常/硝酸塩と乳児ヘモグロビン血症)
- 3) 望月康秀、戸田任重、宮地直道：中山間地茶園直下の湧水の硝酸性窒素濃度の実態
- 4) 鹿児島県酒造組合連合会：平成 19 酒造年度本格焼酎原料別製成数量と焼酎粕の処理別・月別数量 2007
- 5) 焼酎粕の再利用のための基礎的調査委員会：焼酎粕の再利用のための基礎的調査報告書
- 6) 増田純雄、山内正仁、関戸智雄、藤本健二：拡散層を考慮した網目構造回転翼による窒素除去の効率化に関する研究 環境工学研究フォーラム Vol. 41, 2004

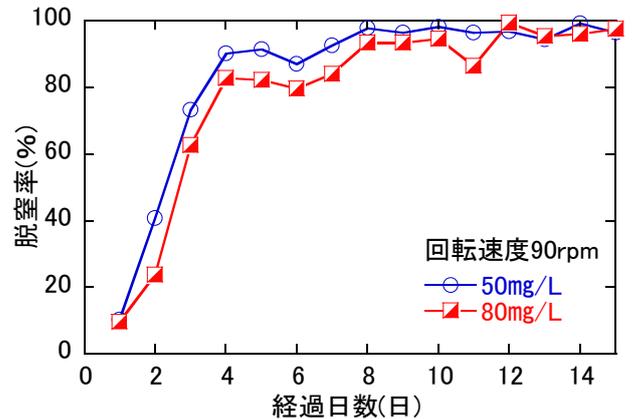


図-3 中濃度硝酸性窒素の脱窒率と経過日数の関係

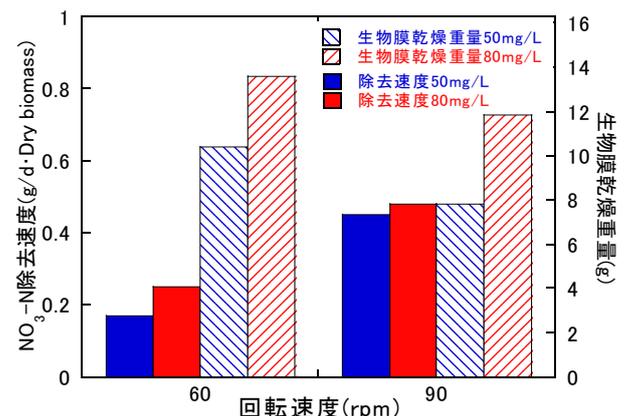


図-4 回転速度とNO₃-N除去速度 生物膜乾燥重量の関係

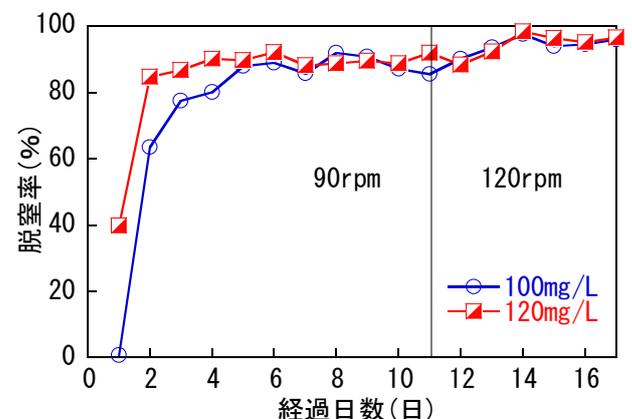


図-5 高濃度硝酸性窒素の脱窒率と経過日数の関係