

包括固定化担体の同時硝化・脱窒性能に及ぼす有機物の影響

○日本大学大学院 学生会員 瀧本真理
 日本大学理工学部 正 会 員 齋藤利晃
 日本大学理工学部 正 会 員 田中和博

1. はじめに

近年、湖沼などの閉鎖性水域で窒素、リンが原因となる富栄養化が問題となっている。これに対し、包括固定化担体（以下、担体）を用いた硝化促進型循環変法（PEGASUS）が実用化され、高窒素除去率と硝化時間の短縮による省スペース化が可能となった。この PEGASUS で用いられている担体に脱窒細菌も存在していることから、図-1 に示すように担体表層の好気層で硝化、内部の無酸素層で脱窒を行う、単一槽での同時硝化・脱窒プロセスの可能性が示唆され、我々はこれまでに実下水および人工下水を用いた検討を行ってきた^{2),3)}。本研究は、これまでに必ずしも十分な窒素除去率が得られなかった原因を明らかにするため、アルギン酸ナトリウムを添加した担体を新たに作成し、連続処理実験およびコンピュータシミュレーションを用いて、有機物添加が同時硝化脱窒性能に与える影響を調査した。

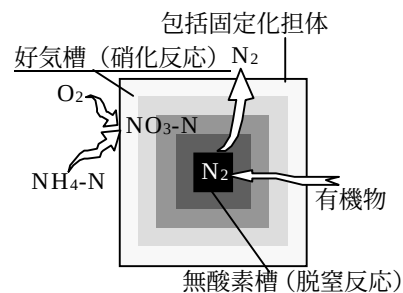


図-1：同時硝化・脱窒の概念図

2. 実験方法

2-1.担体の作成方法

MLSS 約 70,000 (mg-SS/l) の濃縮汚泥と、PEG 溶液、およびアルギン酸ナトリウム (0~0.50%) の混合液に、重合開始剤としてペルオキシ二硫酸カリウムを添加し、固定化後、一片 3mm に切断して実験に供した。

2-2.空隙率、分配係数

アルギン酸の添加効果を確認するため、作成直後の担体と、アンモニアを主成分とする基質で 1~2 週間馴養した担体について、空隙率と分配係数を測定した。空隙率は、担体の湿潤重量と乾燥重量（デシケーター中で 2 週間程度乾燥）の差から担体内部の水分量を算出することにより求めた。分配係数は、等容積の担体と塩化アンモニウム水溶液 (30mg-N/l) をバイアルに入れ、24 時間以上平衡させた後のアンモニア濃度測定値から式①を用いて求めた。なお、式①で定義される分配係数は、吸着が無視できる系では空隙率に等しい。

$$K_p = \frac{V_0}{V_p} \times \frac{C_0 - (C_1 - C_2)}{C_1 - C_2} \quad \dots\dots ① \quad \left[\begin{array}{lll} V_0: \text{溶液量(ml)} & C_0: \text{初期基質濃度(mg/l)} & C_2: \text{純水での基質平衡濃度(mg/l)} \\ V_p: \text{担体量(ml)} & C_1: \text{基質平衡濃度(mg/l)} & \end{array} \right]$$

2-3.連続処理実験での処理水質の調査

最もアンモニアの分配係数が高かったアルギン酸添加濃度 0.50%の担体を、容積 800ml の円筒型容器に体積比 10%で投入し、HRT6h、C/N 比および DO を制御して運転を行った。使用した流入水は、塩化アンモニウム（流入濃度 30mgN/l）を主成分とする無機栄養塩水溶液で、C/N 比の調整には酢酸ナトリウムを用いた。実験開始後 63 日間は C/N 比=4、DO=2.0~3.0mg/l で運転し、その後 24 日間、有機物の流入を停止（C/N 比=0）すると共に DO をほぼ飽和濃度に上げ、硝化細菌の活性回復を行った。その後は再び初期の運転条件で実験を行った。

2-4.解析ソフト「AQUASIM」による担体内部のシミュレーション

解析ソフト「AQUASIM」の生物膜モデルを用いて連続式実験における担体内における生物相及び処理水の解析を行った。運転条件は、流入 NH₄-N 濃度 30mgN/l、DO3.0mg/l、C/N 比を 0~4 の範囲で、馴養開始後 30 日後の生物相および処理水中の各態窒素濃度を解析した。

3. 実験結果・考察

3-1.空隙率、分配係数

空隙率、分配係数の測定結果を過去の実験の結果⁴⁾との平均値として図-2 に示す。添加したアルギン酸濃度の違いによる空隙率の違いはほとんど認められなかった。作成直後の担体と馴養した担体を比較すると、後者の方が空隙率が増加する傾向が見られた。しかし、アルギン酸添加量以上に空隙率が増加していることなどから、アルギン

キーワード：包括固定化担体、窒素除去、同時硝化-脱窒、生物膜モデル

連絡先：〒101-0062 千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL 03-3259-0875 FAX 03-3259-0875

酸の分解による変化より、固定化に使用されなかった未反応成分の溶出が主要因と考えられる。アンモニアの分配係数は、添加したアルギン酸濃度が高い担体の方が大きく、また、作成直後より馴養後の担体の方が大きいことから、分配係数の増大は、アルギン酸の添加と分解および未反応成分の溶出に伴って吸着能力が向上したためではないかと考えられる。

3-2.連続処理実験での処理水質の調査

連続処理実験での処理水中の各態窒素濃度の経日変化を図-3に示す。実下水を用いて担体を馴養した実験では、DOを3mg/lで馴養中に十分な硝化反応が起きていることが確認されているが、今回の実験では、C/N比=4で運転中は処理水中のアンモニア濃度は安定せず、硝化反応および同時硝化脱窒が起きているか明らかではなかった。しかし、有機物の投入を停止すると硝酸濃度が上昇していたことから、担体自体は硝化能力を持っていることが推察される。しかし、アンモニアの減少が見られなかったことから、担体からのアンモニアの溶出によって相殺されたことが考えられる。再び有機物を添加すると硝酸濃度が低下したが、アンモニア濃度はあまり変化しなかったことから、C/N比=4の条件下では、DOは主に従属細菌の増殖のために摂取され、硝化反応が抑制される一方、余剰アンモニアの一部が担体に吸着し蓄積されてしまうことが考えられる。

3-3.解析ソフト「AQUASIM」による担体内部のシミュレーション

連続式反応槽を様々なC/N比で30日間運転したときの処理水質及び担体内生物相のシミュレーション結果を図-4、図-5に示す。図4より、C/N比が低いと硝化反応は起こるが脱窒されずに硝酸が蓄積し、逆にC/N比が高い場合は硝化反応が起きず、どちらも窒素除去率が改善しないことが分かった。また、図5より、有機物投入時には担体表面に脱窒細菌が集中的に存在し、硝化細菌が内部に生息することがわかった。

4. まとめ

アルギン酸添加によってアンモニアの分配係数を高めた担体を用い、連続処理実験およびコンピュータシミュレーションを行った。その結果、有機物無添加時は担体表面に硝化細菌が増殖して硝化が行われるが脱窒は進行せず、同時硝化脱窒に必要な有機物を与えると、

脱窒細菌が担体表面近傍でより増殖し、硝化菌の担体表面での増殖が抑制されるとともに、内部にいる硝化菌までに十分な酸素が供給されず、硝化反応が容易に抑制されてしまうことが分かった。

謝辞 本研究を行うにあたりご協力を頂きました高橋紘平様、喜多村延政様をはじめSND班の皆様に感謝致します。

参考文献 1) 角野ほか 『包括固定化担体の生菌数と硝化細菌・脱窒細菌の共生を利用した窒素除去 第30回下水道研究発表会講演集 pp.533-535』
2) 澤田友則ほか 『包括固定化担体を用いた同時硝化脱窒法におけるDOとC/N比の影響』平成11年度 第27回土木学会関東支部技術研究発表
3) 斉藤利晃ほか 『包括固定化担体の窒素除去挙動に及ぼすDOとC/N比の影響』平成10年度 第53回年次土木学会学術講演
4) 吉田征史ほか 『同時硝化-脱窒プロセスに用いる包括固定化担体の開発に関する研究』平成15年度 第58回年次土木学会学術講演

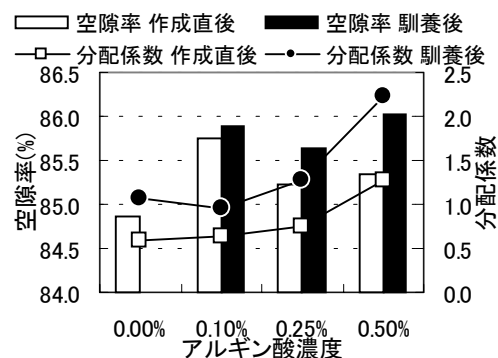


図-2：各担体の空率率、分配係数

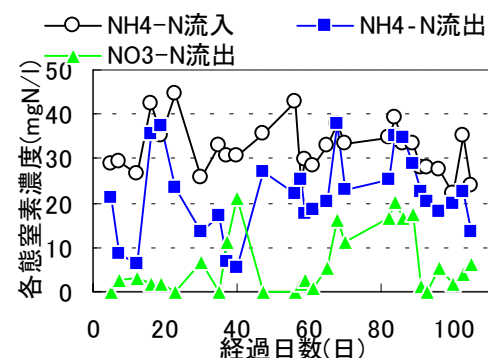


図-3：各態窒素の経日変化

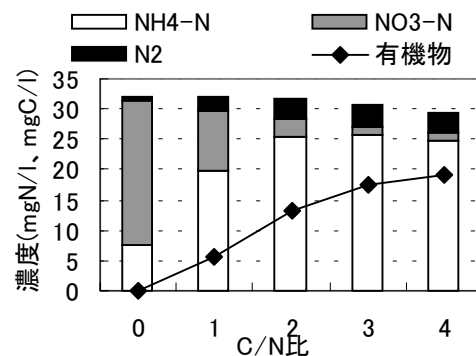


図-4：シミュレーションでのC/N比による処理水の変化

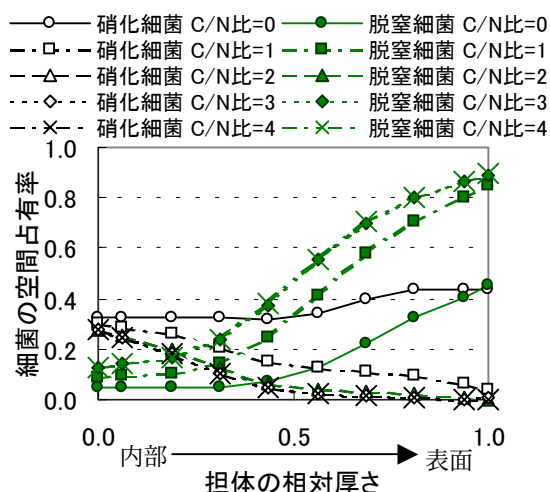


図-5：担体内の生物相