

生物膜電極法を応用した硝化・脱窒同時処理操作に関する基礎的研究

群馬大学工学部 学生会員 橋本 創
群馬大学工学部 正会員 渡辺 智秀
群馬大学工学部 正会員 黒田 正和

1. はじめに

生物膜電極法では、水の電解に伴い陽極および陰極から生成する酸素および水素をそれぞれ電極上の生物膜内で利用することが可能であるが、これを応用して、反応槽内に好気および無酸素環境を安定して形成させることができれば、単一槽で排水中のアンモニア性窒素の硝化・脱窒を同時に進行させることが可能になると考えられる。このような操作を効果的に行うためには、一般に硝化過程が全体の律速段階になるため、その向上が必要であることおよび本系の電解、硝化ならびに脱窒反応の化学量論関係を考慮すると、通電に加えて必要最小限の曝気等による液本体への酸素供給を併用する必要もあると考えられる。本研究では、最終的に単一槽内硝化・脱窒同時処理を効率よく行うための操作因子を明らかにすることを目的とし、生物膜電極法による硝化および脱窒の各過程に対する液本体 DO 濃度および電流密度条件等の影響について実験的検討を行った。

2. 実験装置および方法

液容積約 3 L の容器内に 1 対の電極（幅 12cm、長さ 15cm、厚さ 0.12cm の不溶性金属または炭素製）を間隔 1cm となるように浸漬してそれぞれ電源と結線した。硝化実験では、陽極となる電極表面に厚さ 5mm のポリウレタンを固定し、予め研究室内で活性汚泥を種汚泥として所定条件下で運転している硝化細菌培養槽に浸漬し、硝化細菌を付着固定した後、反応槽へ設置した。一方、脱窒実験では、陰極となる電極に上述のポリウレタンを固定し、研究室内で予め活性汚泥を種汚泥として培養を行っている脱窒細菌培養槽に浸漬して付着固定した後、反応槽へ設置した。硝化実験は十分な無機炭素源の共存下で NH_4^+ 濃度 50mg-N/l に調整した溶液を用い、脱窒実験では同様に、 NO_3^- 濃度 50mg-N/l に調整した溶液を用いた。両溶液とも反応進行に伴う pH の変動を抑制するため、20mM のリン酸バッファ溶液となるように調整した。実験は液本体 DO 濃度および電流値を種々変化させた条件下で回分実験を行い、各条件ごとの窒素成分濃度等の経時変化を測定した。なお、反応槽は 30 ± 1 に制御するとともに液本体 DO 濃度は DO コントローラーを用い、空気 - 窒素ガス供給量で制御した。

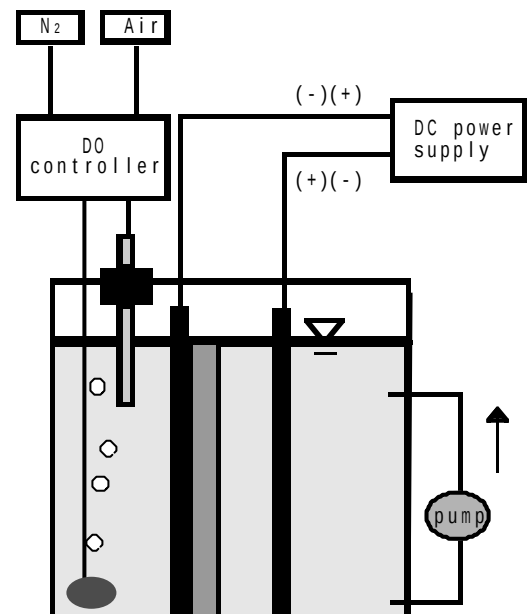


図1 回分実験装置の概略図

3. 実験結果および考察

3-1 硝化反応速度 硝化回分実験では、条件によらず実験初期を除いて NH_4^+ 濃度がほぼ直線的に減少して NO_3^- が蓄積し、 NO_2^- は、ほとんど検出されなかった。図2に液本体 DO 濃度および電流密度条件と単位陽極面積当たりの平均硝化反応速度の関係を示す。実験範囲において、対照系となる通電のない条件では、液本体 DO 濃度の増大に伴い比例的に速度が増大しており、これは、液本体 DO 濃度の上昇とともに生物膜内への

キーワード：硝化、脱窒、生物膜電極法、DO 濃度

〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部建設工学科 TEL.:0277-30-1632, FAX.:0277-30-1601

酸素供給フラックスが増大したことによると考えられる。また、通電を行った条件下でも液本体 DO 濃度増大に対する硝化速度の変化の傾向はほぼ同様であった。通電の有無による硝化速度を比較すると、液本体 DO 濃度が 1mg/l 程度までの条件下では、通電を行うことによる硝化速度増大効果が大きく、通電のない条件に比べ 2~3 程度の速度増大があるのに対して、液本体 DO 濃度が大きくなるとその効果が小さくなる傾向が見られた。一方、図からわかるように、本実験範囲内では、電流密度を 0.2 から 0.3mA/cm² に増大した場合に対応する電解酸素生成フラックスの増大から期待される硝化速度の増大への効果は小さかった。これは、本実験における電極の付着生物量が小さかったことが主な原因と考えられるが、形成している生物膜の生物濃度やの活性に依存して効果的な速度向上を行うための電流密度条件が存在することを示唆している。

3-2 脱窒反応速度 図 3 に回分脱窒実験期間中の TN 減少に基づいて算出した単位面積当たりの脱窒速度と液本体 DO 濃度および電流密度条件の関係を示す。液本体 DO 濃度 3mg/L までの範囲内において、その上昇に伴い、脱窒速度は、低下したが、DO 濃度 3mg/L でも無酸素条件下の約 70%程度であった。これは、液本体 DO 濃度が比較的大きい条件でも生物膜表面からの酸素が消費されて電極表面近傍の生物膜内で無酸素環境が形成され、電解生成水素を利用した脱窒が効果的に進行しているためであると考えられる。電流密度条件の変化に対し、0.3mA/cm² までの範囲内では、その増大に相当する水素生成フラックスにほぼ対応して脱窒速度が向上した。これは、電極表面の付着生物量が供給される水素を充分に利用できる程度に保持されていたためであると現段階では考えられ、さらに電流値を増大することにより脱窒速度を向上することが可能であると考えられる。また、上述した硝化実験においても生物付着量を大きくした条件下では、電流密度の増大に対応した速度向上が期待できるものと考えられる。

3-3 同時的処理のため要件の検討 通電を行うことにより、液本体 DO が存在する条件下での硝化速度の向上と脱窒の進行を維持することが可能であることが示されたが、図 2 および図 3 より各電極単位面積当たりの硝化速度は、脱窒速度比 1/3 ~ 1/10 程度であった。しかしながら、図 4 に示したように、例えば、電流密度 0.3mA/cm² 条件での各速度を単位生物量当たりで表すと液本体 DO が 0.5mg/L 以上では、その差は、最大で 1.5 倍程度であり、大きな差はなく、単位面積あたりの速度において差が大きくなったのは、硝化実験における生物付着量が小さかったことが主な原因であると考えられた。今後、本系における生物付着量等の生物膜特性と操作条件および処理速度の関係についてさらに検討を行う必要があるが、本法を用いて同時に硝化・脱窒処理を効果的に行うためには、槽内に設置する陽極および陰極の面積比を適切に設定することも必要になる場合があると考えられる。

謝辞：本研究は、文部省科学研究費(課題番号 10555187)の助成により行われた。記して謝意を表す。

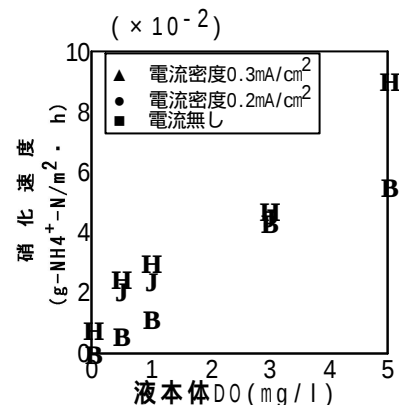


図 2 硝化速度に及ぼす電流密度および液本体 DO 濃度の影響

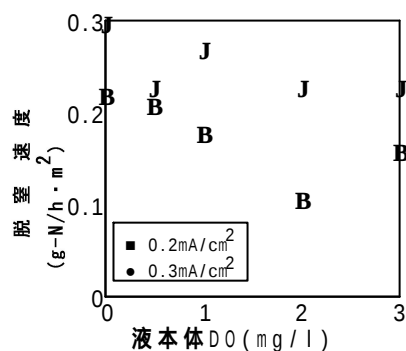


図 3 脱窒速度に及ぼす電流密度および液本体 DO 濃度の影響

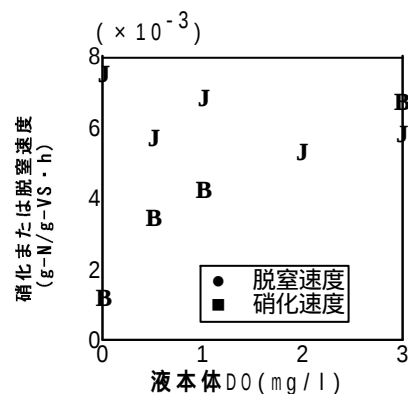


図 4 単位生物量あたりの硝化速度及び脱窒速度の比較 (電流密度: 0.3mA/cm²)