

宮崎大学工学部 正 石黒政儀

宮崎大学工学部 正 ○増田純雄

1.はじめに 固定生物膜法での脱窒を伴う硝化反応(硝化部脱窒)を実証するために、筆者らは完全密閉型回転円板硝化槽内の窒素ガスを測定し回転円板法における硝化部脱窒現象を確認し報告した。本法では通常硝化・脱窒・有機物酸化菌が共存するために、同一槽内で硝化・脱窒・有機物除去を同時に行うことができる。本論文では $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷 $1, 2 \text{ g/m}^2\text{d}$ で、有機物負荷を変化させた場合の気相酸素分圧と硝化・脱窒・有機物除去の関係および回転円板硝化菌層上に付着生育した有機物酸化菌を剥取った回分実験結果について報告する。

表-1 実験条件

Run NO	M R T (hr)	$\text{NH}_3\text{-N}$ loading ($\text{g/m}^2\text{d}$)	CH_3OH Conc. (mg/l)	CH_3OH loading ($\text{g/m}^2\text{d}$)
Run1-1	5.5	1	116	3.5
Run1-2	5.5	1	332	7
Run1-3	5.5	1	475	10
Run2-1	5.5	2	332	7
Run2-2	5.5	2	664	14
Run2-3	5.5	2	949	20

2.実験方法 実験装置は先に報告した完全密閉型回転円板装置と同型の装置を用い、硝化菌培養のため人工基質を供給した。1ヶ月間の馴致期間をおき、円板上に硝化菌が十分付着生育した時点で、次の2通りの実験を行った。

1) $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷 $1, 2 \text{ g/m}^2\text{d}$ で有機物(メタノール)負荷を変化させ、1週間後円板カバーを取り付けた状態で実験を行い、槽内の気体と水質を測定した。2) 有機物添加1週間後、回転円板硝化菌層上に付着生育した有機物酸化菌を人為的に剥取り、 $\text{NH}_3\text{-N}$ と CH_3OH 混合液を入れた三角フラスコに投入し回分実験を行った。なお、気体のガス分析は円板カバーを取り付けた状態で、注射器(20cc)により槽内の気体を採取し、充填剤(Molecular sieve 5A)、水中の CH_3OH は充填剤(PEG1000 Filasim T)を用いてガスクロマトグラフィーで測定した。実験条件は表-1に示す通りである。

3.実験結果と考察 3-1 気相酸素分圧と硝化・脱窒および有機物除去の関係。図-1に $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷 $1 \text{ g/m}^2\text{d}$ で、有機物負荷を3通りに変化させた場合の気相酸素分圧と硝化・脱窒・有機物除去の関係を示す。円板カバー取り付け後(気相酸素分圧21%)の硝化率はいずれの場合にも100%であり、硝化部脱窒率は有機物負荷の増加により6, 35, 58%となる。Run 1-1, 1-2では気相酸素分圧の減少により脱窒が増加する。硝化率は気相酸素分圧10, 15%まで100%であるが、気相酸素分圧がさらに減少すると硝化は律速になる。このような場合をA型(初期では有機物律速、気相酸素分圧数%以下では硝化律速)とする。Run 1-1, 1-2において、硝化率100%の状態に最大脱窒率を得るには気相酸素分圧が10, 14%あればよいことが判る。有機物負荷 $3.5 \text{ g/m}^2\text{d}$ では流出 CH_3OH 濃度はゼロであり、気相酸素分圧が8%に低下しても CH_3OH は完全に酸化される。これは有機物負荷が低いために気相酸素分圧が減少しても有機物・ $\text{NH}_3\text{-N}$ 酸化に必要な酸素量が十分存在することを示す。有機物負荷 $7 \text{ g/m}^2\text{d}$ では流出 CH_3OH 濃度が気相酸素分圧10%までゼロであるが、気相酸素分圧がそれ以下に低下すると CH_3OH 濃度が出現する。これは有機物負荷の増加に伴い酸素消費量が増大し、有機物酸化菌優占層内が酸素律速になることを示す。Run 1-3では有機物負荷が $10 \text{ g/m}^2\text{d}$ となり、気相酸素分圧12%以下になると急激に流出 CH_3OH 濃度が高くなるが酸素分圧8%での

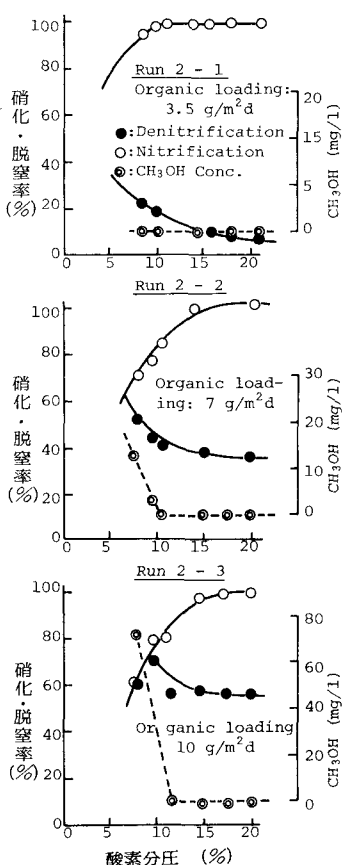


図-1 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷 $1 \text{ g/m}^2\text{d}$ の、
気相酸素分圧と硝化・脱窒
有機物除去の関係

有機物除去率は92%である。図より流出 CH_3OH 濃度が出現する時期は硝化と脱窒が交差する付近である。また、流出 CH_3OH 濃度の出現時期は有機物負荷、平均滞留時間、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷等により異なる。Run 1-3では高有機物負荷のため、酸素分圧21%での脱窒率が56%と高くなり、酸素分圧の減少と共に増加減少の傾向を示す。この場合、気相酸素分圧10数%までは有機源律速であり、それ以下では硝化律速で硝化と脱窒率が同じ減少パターンを示す。このような現象を示す場合をB型とする。図-2に $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷2 $\text{g/m}^2\text{d}$ で、有機物負荷を変化させた時の気相酸素分圧と硝化・脱窒・有機物除去の関係を示す。この場合の $\%(\text{CH}_3\text{OH}/\text{NH}_3\text{-N濃度})$ 比は図-1と同じであり、円板カバー取り付け後の硝化率は68, 38, 20%と有機物負荷の増加に伴って減少する。硝化・脱窒率は気相酸素分圧の減少により同じ減少パターンを示す。このような場合をC型(硝化律速)とする。流出 CH_3OH 濃度は気相酸素分圧21%ではいずれの場合にもゼロであるが、有機物負荷7 $\text{g/m}^2\text{d}$ では10%, それ以上の有機物負荷では気相酸素分圧の減少と共に流出 CH_3OH 濃度が出現する。気相酸素分圧6%での有機物除去率はそれぞれ97, 72, 74%となる。以上のように、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷1, 2 $\text{g/m}^2\text{d}$ における気相酸素分圧と硝化・脱窒・有機物除去の関係から、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷1 $\text{g/m}^2\text{d}$ の場合気相酸素分圧10数%までは硝化率100%で有機源律速となるが、気相酸素分圧がそれ以下に低下すると硝化律速となる。有機物除去は気相酸素分圧21%ではいずれの場合にも完全に除去されるが、気相酸素分圧の低下と有機物の増加により有機物濃度が流出水中に出現する時期(酸素分圧)がそれぞれ異なる。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷2 $\text{g/m}^2\text{d}$ の場合、気相酸素分圧21%から硝化律速となり硝化と脱窒が同じ減少パターンで減少する。同一 $\%$ 比で $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷が異なる場合、硝化・脱窒率は図-1, 2のように異なる。したがって、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷一定での硝化部脱窒は $\%$ 比に支配されるが、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷が変化する場合には同一 $\%$ 比で論ずることはできない。本論文のように、人工下水を用いた硝化部脱窒では硝化・脱窒率の増減パターンによりA, B, C型に分類することができる。

3-2 生物膜モデルの検証 図-3に硝化菌層上に付着生育した有機物酸化菌を人為的に剥取り、3 l のフラスコ($\text{NH}_3\text{-N}$ と CH_3OH 混合液)中へ投入し、空気量700 cm^3 分で曝気を行った回分実験結果を示す。 CH_3OH 濃度は直線的に減少し0次反応であることを示す。一方 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は一定である。同様の実験条件で有機物負荷7, 10, 14, 20 $\text{g/m}^2\text{d}$ で培養した有機物酸化菌の回分実験結果はいずれの場合にも $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の変化は見られず CH_3OH 濃度のみが減少した。したがって、本論文のように人工下水で微生物を培養した場合には円板表面工の付着生物膜は有機物酸化菌優占層であることが判明し、前報の生物膜モデルの妥当性が確認された。

4. おわりに 回転円板硝化部脱窒は $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷一定の場合には $\%$ 比に支配されることを判明し、硝化・脱窒率の増減パターンによりA, B, C型に分類することができる。今後は $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の低い場合の実験を行いたい。

参考文献 1) 増田, 石黒, 渡辺; 回転円板法による窒素除去に関する研究(1) 下水道協会誌 Vol. 16, No. 187, 1979. 12 pp. 24-32

2) 石黒, 増田; 回転円板法による好気部脱窒に関する基礎的研究(II) 土木学会第35周年講 pp. 676-677, 1980.

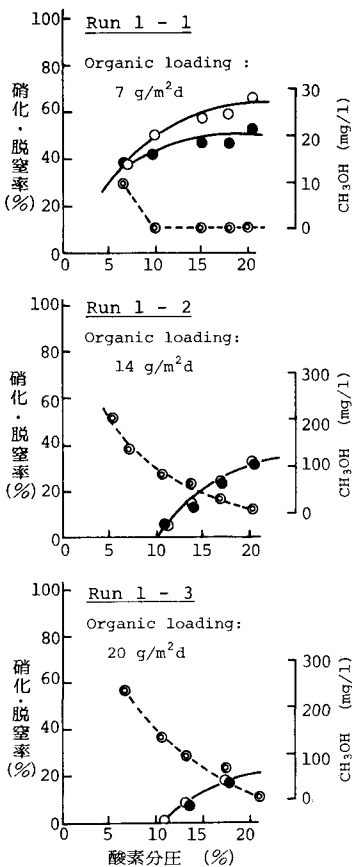


図-2 $\text{NH}_3\text{-N}$ 負荷2 $\text{g/m}^2\text{d}$ の、気相酸素分圧と硝化・脱窒・有機物除去の関係

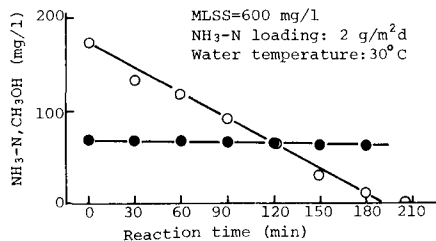


図-3 $\text{NH}_3\text{-N}$, CH_3OH 濃度と反応時間の関係