

宮崎大学工学部 正員 ○増田 純雄 正員 渡辺 義公 正員 石黒 政儀

1. はじめに 回転円板法による硝化, 脱窒, 有機物酸化同時反応(以下, 硝化脱窒同時反応という)を解明するため, 筆者らは回転円板に付着生育している生物膜内に好気性的他栄養性細菌と硝化細菌および通性嫌気性の脱窒細菌がどのように棲息しているかについて, 生物膜をマイクロスライサーで Cutting (切断面部分)し, 膜切断面部分毎に培養測定した。その結果, 人工下水, 都市下水のいずれを処理した場合にも, 生物膜内には硝化細菌と通性嫌気性の脱窒細菌および好気性的他栄養性細菌が混在し, 膜全体に相当数分布していることが判明した。^(1~2)(ただし, この結果は最適条件下で培養測定したものであり, 生物膜内の潜在的細菌数を示す)したがって, 硝化脱窒同時反応は生物膜内の環境状態(膜内のDO, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, 有機物の有無)によつて, いずれの場所においても十分起こり得ると考えられる。本文では都市下水を処理した場合の硝化脱窒同時反応による窒素除去効率と硝化脱窒同時反応に及ぼす気相酸素分圧, 円板回転速度の影響について考察を加えて報告する。

2. 実験装置と実験方法 実験装置は図-1に示すような完全密閉型の実水容量; 13.0ℓ, 空中部容量; 12.6ℓの槽と塩化ビニール製円板から成り, 円板カバーには通気孔が設けてある。円板直径; 16 cm, 円板回転数; 10 rpm, 円板枚数; 10枚, 円板間隔; 2.0 cm, 円板有効表面積; 14.0 m^2 である。流向は中心軸と直角で, 円板浸漬率; 約 50%である。実験装置を宮崎市下水終末処理場に設置し, 最初沈澱池流出水を原水として, 流量 40ℓ/ m^2 日で, 1ヶ月間の馴致期間後, 通気孔を開放(気相酸素分圧 0.21 atm)した状態から通気孔密閉状態で実験を行なった。表-1に実験期間中の平均原水水質を示す。硝化脱窒同時反応に及ぼす気相酸素分圧, 円板回転速度の影響については前年講と同じシミュレーション方法で, 気相酸素分圧と円板回転速度を変数として数値計算を行なった。

表-1 最初沈澱池流出水の平均水質

水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	TOC (mg/l)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)	T-N (mg/l)
19.5	6.8	0.0	43.8	22.0	26.8

3. 結果と考察

3-1. 硝化脱窒同時反応 図-2に通気孔密閉後の液相の水質と経過時間の関係を示す。気相酸素分圧は経過時間と共に減少し, 経過 8 時間後には 0.09 atm となる。T-N 濃度は気相酸素分圧の減少と共に減少するが, 気相酸素分圧 0.17 atm 以下になると T-N 濃度が増加する。TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は気相酸素分圧の減少につれ徐々に増加する。図-2に示す実験結果を気相酸素分圧と硝化, 脱窒率の関係に書き換えたのが図-3である。硝化率は気相酸素分圧の減少と共に低下するが, 脱窒率は気相酸素分圧 0.17 atm まで増加し, それ以後減少する。人工基質を利用した場合には, 気相酸素分圧がある値以下になると, 硝化, 脱窒率が同じ値で減少する。しかし, 本実験の場合, 気相酸素分圧 0.17 atm 以下では同じ減少パターンを示すが, 硝化と脱窒率が同じ値とならない。これは人工基質が単基質(CH_3OH)であるのに対して, 都市下水は複合基質(下水中の有機物は炭水化物, 脂肪, 有機酸等を含む)であるために, 脱窒に利用できる有機物が不

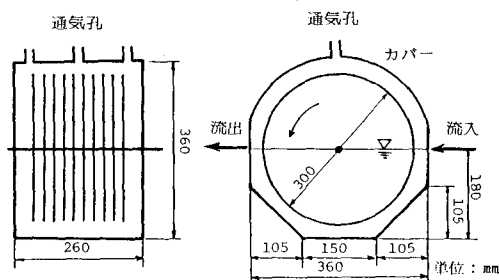


図-1 回転円板実験装置

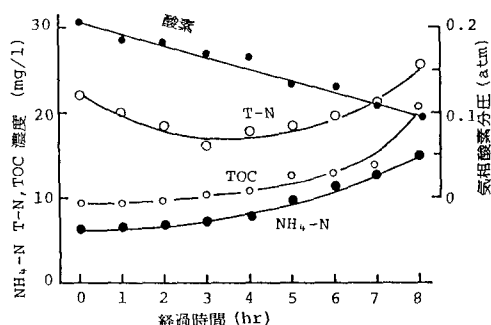


図-2 液相の水質変化と経過時間の関係

足していることを示す。また、液相に 20 mg/l 程度の TOC が残存するが、これは脱窒に利用できない生物難分解性有機物であることを示唆している。流入原水中の TOC/T-N (C/N) 比は 1.5 と低い値にもかかわらず、脱窒率 42% が得られている。この原因としては、SS に由来する有機物が生物膜表面に吸着され、徐々に酸化されるためと考えられる。

3-2. 気相酸素分圧、円板回転速度の影響 先に報告したように、硝化脱窒同時反応では生物膜内に通性嫌気性層の形成が必要である。この通性嫌気性層厚(酸素が間欠的に侵入する領域)は気相酸素分圧、円板回転速度に影響されると考えられる。ここでは実験データを用い、気相酸素分圧と円板回転速度をパラメータとした場合のシミュレーション結果について検討する。図-4 に気相酸素分圧と生物膜内の最大酸素侵入深さ、通性嫌気性層厚の関係を示す。最大酸素侵入深さは気相酸素分圧に比例して増加し、気相酸素分圧 0.21 atm での最大酸素侵入深さは 130 μm 、好気性層厚(空中、水中のいずれの場合にも常に酸素が存在する領域)は 10 μm となる。気相酸素分圧 0.12 atm では通性嫌気性層厚と最大酸素侵入深さが一致し、好気性層厚は形成されなくなる。図から明らかなように、硝化脱窒同時反応では気相酸素分圧の高い方が有利となる。しかしながら、液本体の基質濃度($\text{NH}_4\text{-N}$ 、有機物)が低い場合には好気性層部分で、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、有機物酸化が完全に行なわれるため、通性嫌気性層内に有機物が存在しなくなり、脱窒反応が生じなくなる。効率的な硝化脱窒同時反応を行なうには、液本体基質濃度が低い場合には気相酸素分圧を下げ、液本体基質濃度が高い場合は気相酸素分圧を高める必要がある。図-5 に円板回転速度と最大酸素侵入深さ、通性嫌気性層厚の関係を示す。円板回転速度の増加により、生物膜内の最大酸素侵入深さと通性嫌気性層厚は減少するが、好気性層厚は増加する。円板回転速度 30 rpm では酸素侵入深さと好気性層厚が一致し、通性嫌気性層は全く形成されない。したがって、生物膜内の通性嫌気性層厚と最大酸素侵入深さを大きくするためには円板回転速度が遅い方が良いことが分かる。

4. おわりに 都市下水による硝化脱窒同時反応の実験を行なった結果、人工基質を利用した場合と同様の硝化脱窒率パターンが得られ、気相酸素分圧 0.17 atm で最大脱窒率 42%

が得られた。また、気相酸素分圧が高く、円板回転速度が遅い程、通性嫌気性層が厚くなることが判明した。効率的な硝化脱窒同時反応を行なうためには液本体の基質濃度により気相酸素分圧、円板回転速度を調整する必要がある。今後は都市下水による硝化脱窒同時反応効率を高めるための実験研究を進展させたい。なお、本研究は鹿島学術振興財団の助成金により遂行されたことを付記し関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 小湊哲朗, 増田, 石黒; 生物膜内の細菌分布に関する基礎的研究。土木学会西部支部講演集, pp. 150-151, 1984.2
- 2) 宮川幸子, 杉田淳一, 増田, 石黒; 硝化脱窒同時反応による都市下水処理に関する研究。土木学会西部支部講演集, pp. 198-199, 1985.2
- 3) 増田, 渡辺, 石黒; 回転円板法における硝化脱窒有機物酸化過程のシミュレーション。土木学会, 第39回年講, pp. 777-778, 1984.10

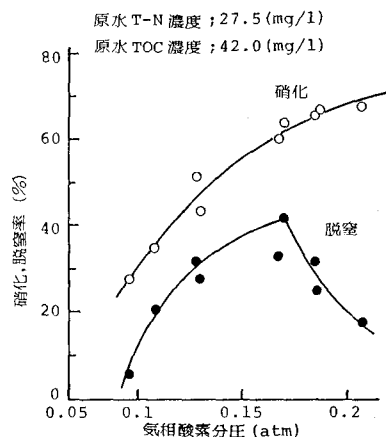


図-3 気相酸素分圧と生物膜内酸素侵入深さの関係

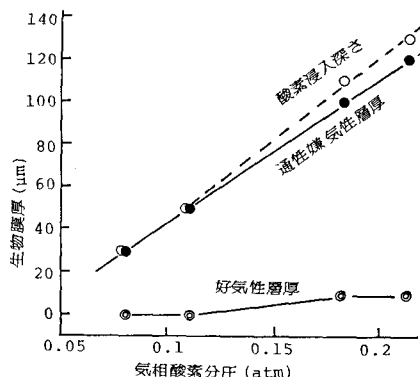


図-4 気相酸素分圧と硝化、脱窒率の関係

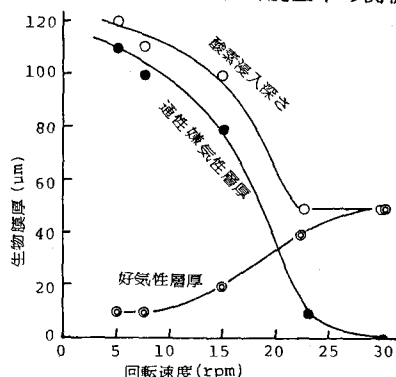


図-5 円板回転速度と生物膜内酸素侵入深さの関係