

硝化脱窒同時反応による都市下水処理に関する研究

宮崎大学工学部 ○学員 宮川幸子 学員 杉田淳一郎
宮崎大学工学部 正員 増田純雄 正員 渡辺義宏

1. はじめに 固定生物膜を利用する回転円板法では、単一槽内で硝化・脱窒が同時に進行する。この硝化脱窒(硝化・脱窒同時反応)については、これまで主に原水として人工基質を取り扱っており、実廃水である都市下水についてはほとんど検討が行われていない。都市下水中の窒素は放流水域の富栄養化の原因の一つであり、下廃水中の窒素除去は水質汚濁防止の観点からも重要である。本文では都市下水を利用した場合の硝化・脱窒同時反応による窒素除去効率、生物膜内の細菌濃度分布及び膜内の細菌活性の実験を行い、その結果に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なり、カバーには通気孔が設けてある。円板直径:16cm、円板枚数:10枚、円板間隔:20cm、円板有効表面積:14㎡である。流向は中心軸と直角で、浸漬率50%である。実験装置を宮崎市下水終末処理場に設置し、最初状態から出水を原水として、流量40ℓ/日で、1ヶ月間の馴養期間を置き、通気孔を開放(気相酸素分圧21%)した状態から通気孔密閉状態で実験を行った。生物膜内の細菌活性実験は、回転円板運転開始後4週間目の付着生物膜を抜き取り、表面からCuttingを行い表層部、中層部、底層部に分割した後、それぞれをホモジナイザーで均一化した。都市下水を0.45μmのメンブランフィルターでろ過し、SS分を除いたろ液を原水として用い、酸素が充分である条件で回分実験を行った。回分実験終了後、硝酸と有機物を添加して、嫌気性状態での脱窒実験を行った。なお、細菌測定及びCuttingについては、前年度と同様の方法で行った。

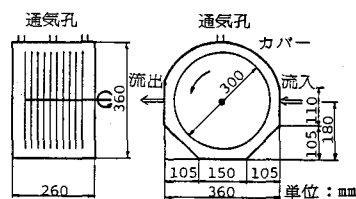


図-1 回転円板実験装置

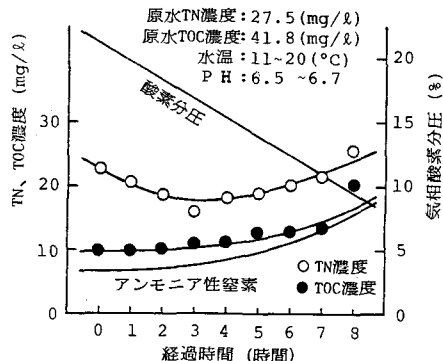


図-2 液相中の水質変化と経過時間の関係

3. 実験結果と考察 3-1 硝化・脱窒同時反応 図-2に通気孔密閉後の経過時間と反応時間の関係を示す。気相酸素分圧は時間の経過とともに減少し、それに伴いT-N濃度が減少するが、気相酸素分圧17%以下では、TOC、NH₄-N、T-N濃度が徐々に増加する。このことは、気相酸素分圧17%を境にして、酸素律速になるものと考えられる。図-3に気相酸素分圧と硝化・脱窒率の関係を示す。硝化率は気相酸素分圧の減少とともに低下するが、脱窒率は気相酸素分圧17%まで増加し、それ以後減少する。流入原水中のC/N(TOC/T-N)比が15と小さいにもかかわらず、脱窒率42%が得られた。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 生物膜内の細菌分布と細菌活性 図-4に運転開始後の付着生物膜厚の変化を示す。生物膜は表面のスフェロリルス部分と、膜状部分からなる。1週間目の膜厚は200μmであり、5週間目で約

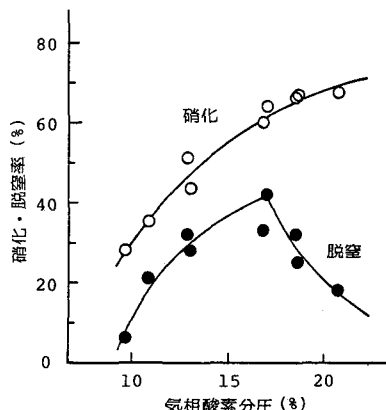


図-3 気相酸素分圧と硝化・脱窒率の関係

800 μ mとなった。Cutting は生物膜を水に浮かした状態で、スフェロティルス部に初めに刃が接触した所を表面とした。スフェロティルス部分に、膜厚を加えたものと全厚として示した。図-5に運転開始後3週間目の生物膜厚さ方向の多栄養性細菌、通性嫌気性細菌、脱窒細菌、アンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌の菌濃度分布を示す。1~3週間は表層部と膜状部に分割し、4週間以降は膜状部をさらに2分割して、中層部、底層部とした。表層部は膜状を形成していないスフェロティルス部分である。多栄養性細菌、通性嫌気性細菌は、1週間よりほぼ一定して生息している($10^6 \sim 10^7$ 個/バイオマス1ml)が、硝化菌(アンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌)は経過日数に伴い菌数が増加し、1週間目で $10^5 \sim 10^6$ 個/バイオマス1ml、3週間目では、 $10^6 \sim 10^7$ 個/バイオマス1mlとなる。流出水の硝化率は1週間目で14%、3週間めでは92%となり、硝化菌数の増加に伴って硝化率が増加している。図-6.7に4週間目の付着生物膜による、TOC及びNH₄-N残存率と反応時間の関係を示す。図からわかるように有機物酸化と硝化反応は0次反応である。TOCとNH₄-Nの除去速度を本文では有機物酸化及び硝化活性度と定義する。生物膜の名層(表層、中層、底層部)における有機物酸化と硝化活性度を計算するとそれぞれ、69、60、117% μ m/日、12、10、12% μ m/日となる。また生物膜内の脱窒活性度は中層部で72% μ m/日、底層部で95% μ m/日である。以上のことにより、生物膜内ではすべての部分で硝化、有機物酸化、脱窒の活性度があり、実際の生物膜内における生物膜厚さ方向の活性は酸素の浸入深さによって変化すると考えられる。

4. おわりに 都市下水を硝化・脱窒同時反応で処理し、その時の生物膜内の細菌濃度分布とその活性を測定して、次のような結果が得られた。①水温:11~20℃、滞留時間:53時間、気相酸素分圧:17%で、60%、42%の硝化、脱窒率が得られた。②生物膜内の各種菌濃度分布は膜全体を通してほぼ一定である③生物膜厚さ方向の有機物酸化、硝化、脱窒活性はほぼ一定であり、シュミレーションの結果と照合すると有機物酸化硝化脱窒反応が生物膜内の環境条件に左右されると考えられる。今後は窒素除去率を高めるために、気相酸素分圧を操作できる槽に加えて硝化部を別に設け、その処理水を返送する研究を進展させていきたい。また生物膜内の細菌活性実験については更に測定方法等の検討を行う予定である。なお本研究は鹿児島学術振興財団の助成金により遂行された事を付記して関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 増田、渡辺、石黒:回転円板法による有機物窒素除去に関する研究、宮崎大学工学部紀要、第13号、1983.6.
- 小津、渡辺、増田、石黒:生物膜内の細菌分布に関する基礎的研究、西部支那講義集、第150~151、1984.2.
- 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ュミレーション、土木学会第39回年報、第777~778、1984.10.

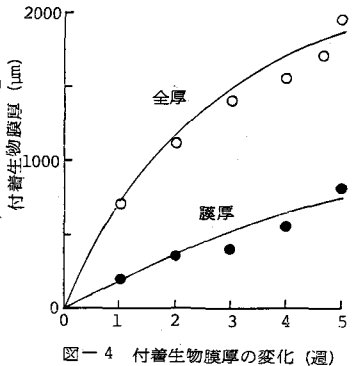


図-4 付着生物膜厚の変化(週)

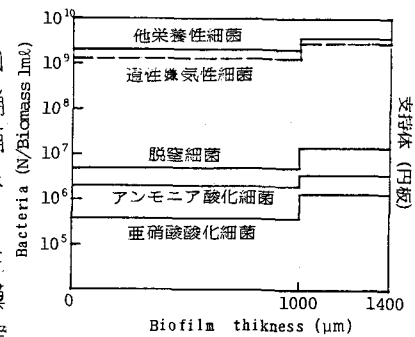


図-5 生物膜内の細菌の変化(3週間)

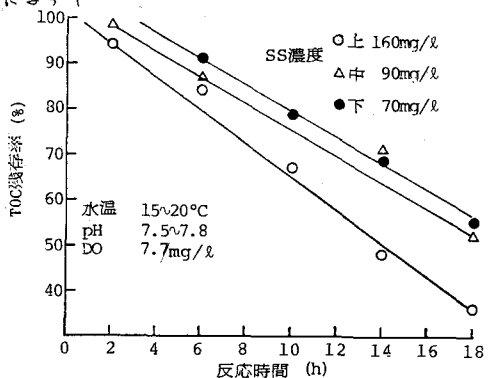


図-6 TOC残存率と反応時間の関係

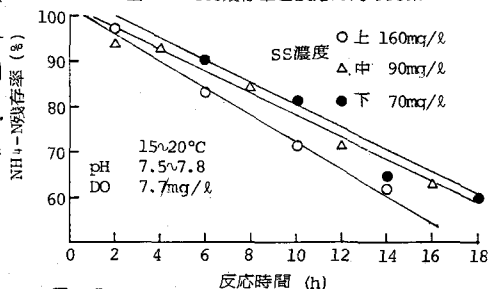


図-7 アンモニア性窒素残存率と反応時間の関係