

気相酸素分圧制御下における硝化・脱窒同時反応

宮崎大学工学部 学員○美川一洋 正員 増田純雄

宮崎大学工学部 正員 渡辺義公 正員 石黒政儀

1. はじめに

筆者らは単一回転円板(RBC)装置による硝化・脱窒同時反応が装置槽内の気相酸素分圧、C/N比、平均滞留時間、有機物炭素源の種類などに影響される事を報告^{1~2}した。これらの影響因子のうち気相酸素分圧は硝化・脱窒同時反応を効率的に行う上で重要である。特に、C/N比が低い廃水の場合には、気相酸素分圧を低下させることにより、脱窒率を高めることができる。しかしながら、この実験結果は気相酸素分圧を徐々に低下(非定常状態)させたものであり、装置槽内の気相酸素分圧を固定(制御)した場合(定常状態)については殆ど検討されていない。RBC装置槽内の気相酸素分圧制御は安定した硝化・脱窒同時反応と効率的な運転操作を行う上で重要である。

本文では、RBC装置槽内の気相酸素分圧を制御し、流入有機物の炭素濃度とアンモニア性窒素濃度の比(C/N比)を変化させた場合の硝化・脱窒同時反応の実験結果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に示すような完全混合密閉型のRBC装置(実水容量 2.65 L, 空中部容量 2.8 L, 円板直径 16 cm, 円板厚 0.5 cm, 円板有効表面積 0.41 m²)であり、装置槽内の気相酸素分圧を制御するために気体注入及び気体放出孔が設けられている。原水は所定のC/N比になるように塩化アンモニウム、酢酸ナトリウムおよび微量元素を添加したものを用いた。実験は水温:25°C, 流入NH₄-N濃度:25mg/L, 平均滞留時間:5.5時間, NH₄-N負荷:0.7 g/m² dに固定し、有機物濃度と装置槽内の気相酸素分圧を変化させて行った。装置槽内の気相酸素分圧はコンプレッサーとフローメータを用いて、気体注入孔から常時一定量の空気を注入し制御した。なお、気相酸素分圧はDOメーターにより測定し、水質分析(NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, CH₃COOH)はイオンクロマトグラフ法により行った。

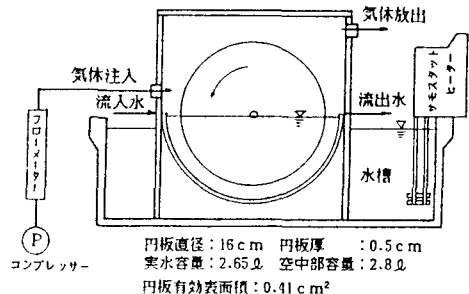


図-1 回転円板実験装置

3. 実験結果と考察

図-2に硝化、脱窒率と経過日数の関係を示す。この実験は大気圧状態(気相酸素分圧0.21atm)で、実験を行ったものであり、原水として人工基質のみを用い、有機物は無添加(C/N比=0)である。このように流入原水中に有機物が含まれない場合には硝化が完全に達成され、脱窒は殆ど生じない。図-3は任意にRBC装置槽内の気相酸素分圧を平均滞留時間の5時間に渡って制御した場合の硝化、脱窒率と気相酸素分圧の関係を示す。C/N比が2.4と低いために、気相酸素分圧0.21atmでの脱窒率は10%程度である。気相酸素分圧0.10 atm以上では硝化率100%で、脱窒率はほぼ一定である。更に、気相酸素分圧を0.04 atmに制御すると脱窒率は僅かに増加するが、硝化率は急激に低下する。このように、装置槽内の気相酸素分圧を短時間制御した場合には脱窒率は増大しなかった。図-4に装置槽内の気相酸素分圧

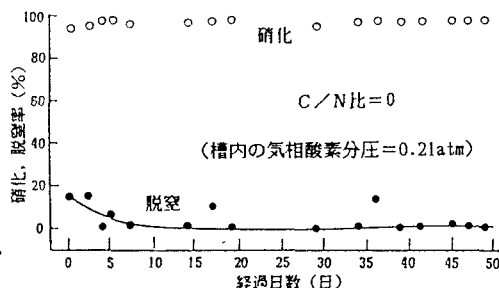


図-2 硝化、脱窒率と経過日数の関係

を0.17 atmに制御し、C/N比を変化させた場合の硝化、脱窒率と経過日数の関係を示す。C/N比2.5の場合には経過9日までは脱窒率は殆ど生じないが、経過10日目から脱窒率が徐々に増加している。その後脱窒率は30%程度で一定になるものと考えられる。経過初期で脱窒が生じない原因は、有機物無添加状態から実験を開始したために、生物膜内に他栄養性細菌、通性嫌気性細菌が十分生育していなかったものと考えられる。C/N比 4.0では経過日数と共に脱窒率が増加している。これはC/N比2.5の実験終了後に、有機物無添加で生物膜を一週間培養した後に実験を開始したために、生物膜内に他栄養性細菌、通性嫌気性細菌が十分生育していたためと思われる。経過 7~10日の間で脱窒率が低下している原因は流入C/N比が2.0と低下したためであるが、それ以後の脱窒率は50%とほぼ一定である。C/N比 6.0 では経過日数と共に脱窒率が増加し、C/N比4.0と同様に一週間程度で一定となっている。経過7日以後の脱窒率は70%とほぼ一定した値が得られている。このように気相酸素分圧を0.17atmに制御することにより、大気圧状態の脱窒率に比べて、C/N比2.5では10%から30%に増加した。C/N比4.0、6.0ではそれぞれ50%、70%の脱窒率が得られた。この程度の気相酸素分圧低下では有機物が完全に酸化され、流出水中に酢酸は検出されなかった。図-5に装置槽内の気相酸素分圧を0.13atmに制御し、C/N比を変化させた場合の硝化、脱窒率と経過日数の関係を示す。経過日数と共に脱窒率は増加し、経過9日以降ではC/N比 2.5で脱窒率60%、C/N比4.0で脱窒率75%が得られている。気相酸素分圧が0.13atmに低下した場合にも硝化はほとんど影響されなかった。このように槽内の気相酸素分圧を制御することにより、低いC/N比(酢酸濃度=150 mg/l、C/N比=2.5)の場合にも60%の高脱窒率を得ることができた。以上のように、装置槽内の気相酸素分圧を0.21atm、0.17atm、0.13atmの3段階に制御した結果、いずれのC/Nの場合にも気相酸素分圧を制御することにより脱窒率は増大した。また、この範囲のC/N比、気相酸素分圧制御では硝化率が急に低下するような事はなく、流出水中に酢酸は検出されなかった。従って、短期間に装置槽内の気相酸素分圧を制御する方法は安定した硝化・脱窒同時反応と脱窒効率を高める上で有効であることが判明した。

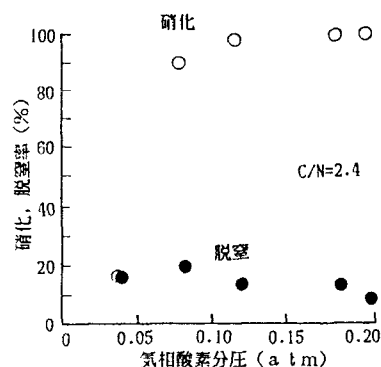


図-3 気相酸素分圧と硝化、脱窒率の関係

経過7日以後の脱窒率は70%とほぼ一定した値が得られている。このように気相酸素分圧を0.17atmに制御することにより、大気圧状態の脱窒率に比べて、C/N比2.5では10%から30%に増加した。C/N比4.0、6.0ではそれぞれ50%、70%の脱窒率が得られた。この程度の気相酸素分圧低下では有機物が完全に酸化され、流出水中に酢酸は検出されなかった。図-5に装置槽内の気相酸素分圧を0.13atmに制御し、C/N比を変化させた場合の硝化、脱窒率と経過日数の関係を示す。経過日数と共に脱窒率は増加し、経過9日以降ではC/N比 2.5で脱窒率60%、C/N比4.0で脱窒率75%が得られている。気相酸素分圧が0.13atmに低下した場合にも硝化はほとんど影響されなかった。このように槽内の気相酸素分圧を制御することにより、低いC/N比(酢酸濃度=150 mg/l、C/N比=2.5)の場合にも60%の高脱窒率を得ることができた。以上のように、装置槽内の気相酸素分圧を0.21atm、0.17atm、0.13atmの3段階に制御した結果、いずれのC/Nの場合にも気相酸素分圧を制御することにより脱窒率は増大した。また、この範囲のC/N比、気相酸素分圧制御では硝化率が急に低下する

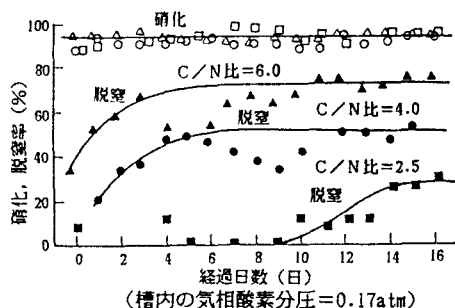


図-4 硝化、脱窒率と経過日数の関係

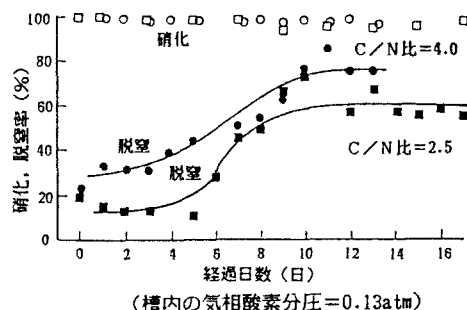


図-5 硝化、脱窒率と経過日数の関係

4. おわりに

RBC装置槽内の気相酸素分圧を制御する実験を行い、槽内の気相酸素分圧をある値に制御すれば、その値に対して安定した硝化、脱窒率が維持できる結果を得た。C/N比が低い場合、槽内の気相酸素分圧が0.21atmでは脱窒率が10%であったが、酸素分圧を0.13atmに制御することで60%に増加した。従って、装置槽内の気相酸素分圧を制御することにより、安定した硝化・脱窒同時反応が得られ、脱窒効率を高める上で有効な方法であることが判明した。

参考文献 1)増田,渡辺,石黒: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, 2)増田,渡辺,石黒:回転円板法による窒素除去に関する研究(2),下水道協会誌,Vol.19,No.215,198