

II-560

循環式嫌気好気濾床法における硝化脱窒効率の計算モデルについて

金沢工業大学 正員 安田正志 太田篤志
常磐開発K K 二瓶正彦

1. はじめに 循環式嫌気好気濾床法はBODばかりではなく窒素の除去も可能であることから、特に小型の生活排水処理システムとして実用化が期待されている。しかしながら、本システムの設計法については未だ十分な検討がなされているとは言えない。筆者らはこれまでに実験室での基礎実験^{1)~3) 5)}、さらには大学合宿所(金沢工業大学穴水湾自然学苑)の生活排水を処理するパイロットプラントによる実験を行ってきた^{4) 6)}。本報告では、特に基礎実験の結果から硝化、脱窒の各速度について実験式を算出し、それに基づき本プロセスにおける窒素除去効率に関する計算モデルの基礎的検討を行った。

2. 実験方法 本報告で検討に用いたデータはベンチスケールの実験装置から得られたものであり、反応槽の全容量は11~15lである。第1槽は嫌気(無酸素)反応槽で、第2、第3槽は好気槽、第4槽は沈澱槽で、この沈澱槽から第1槽へ硝化液および沈澱汚泥の循環を行っている。各反応槽には芯入りひも状担体を体積充填率で12~32%に設置している(後段で充填率を高くした)。流入水はペプトン、肉エキス、尿素を主体とし、これに微量無機物質を添加した人工排水である。流入水量は、反応槽のHRTとして18~39hrs、循環水量も含めると5~30hrsとなるように調整し、循環比は0~4.9に調整した。全槽容量に対するTOC負荷率は0.06~0.2gTOC/l/d程度、T-N負荷率は0.03~0.11gT-N/l/dであった。水温は硝化反応が抑制されないように、Water Bathにより20℃以上となるようにした。アルカリ度はNaOH溶液を添加して不足しないようにした。

3. 結果と考察 Fig.1は第2、第3槽におけるNH₄-N負荷率に対する硝化速度の関係を示した。両者の関係にLineweaver Burkプロットによりモノ型の式を当てはめてみたところ、ややばらつきがみられるが次式の様であった($r=0.88$)。

$$V_{NOx} = 0.34 * L_{NH_4} / (0.27 + L_{NH_4}) \dots (1)$$

なお硝化速度については温度補正を行っておらず、実験の温度範囲20~30℃において平均的に適用されるものである。この結果からNH₄-N負荷率約0.1gNH₄-N/l/d程度まではほぼ硝化反応は完全に進行するが、それ以上では硝化率としては低下することがわかる。さらにFig.2は第1槽へ循環により流入するNO_x-N負荷率に対して脱窒速度の関係を示した。その結果、両者の関係を次式のような回帰直線により表すことができた($r=0.97$)。

$$V_{N_2} = 0.997 * L_{NOx} \dots (2)$$

この結果は、循環してきたNO_x-Nについては第1槽でほとんど完全に脱窒していることを示している。

ここで、本プロセスにおける窒素除去性能は主として第2、第3槽における硝化効率と第1槽における脱窒効率が循環によって関連づけられ、それらの最適条件において高い除去率が得られるものと考えられる。Fig.3はそのようなことから本プロセスにおいて窒素除去率を推定計算するための考え方を示したモデル図である。流入するT-Nは第1槽でNH₄-Nに分解され(ここではすべてNH₄-Nになるとしている)、第2、

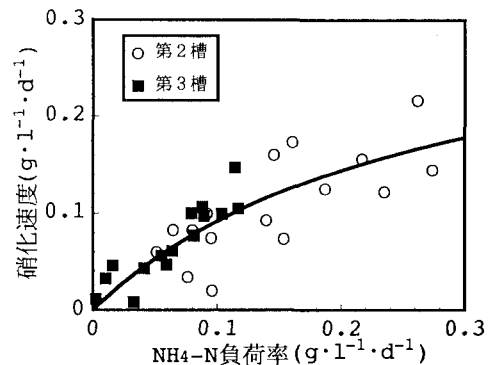


Fig.1 NH₄-N負荷率と硝化速度

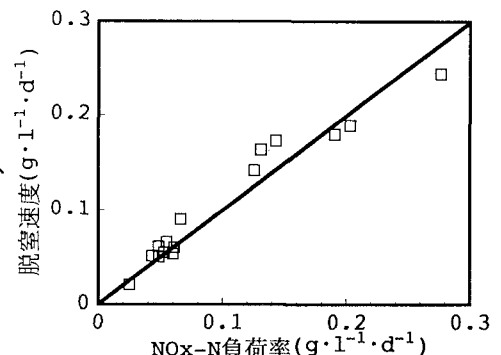


Fig.2 NO_x-N負荷率と脱窒速度

第3槽で（1）式に示される効率で硝化が進行する。そして第4槽の沈澱槽において設定した循環比に応じて、 $\text{NO}_x\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の一部がそれぞれ第1槽は戻される。その割合は例えば循環比3とすればそれぞれ3/4である。第1槽において（2）式に示される効率で脱窒が進行する。このとき残留した $\text{NO}_x\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ は再びプロセスの中で硝化脱窒され、これが繰り返されて定常状態になるものと考えられる。定常状態における窒素除去率の推定は、このフローにしたがって収れんするまで計算を行ってみればよいこととなる。

そのような計算を行い、第1槽において循環比に対するT-N除去率の関係を計算値と実測値について示したのがFig.4である。この結果は（1）（2）の実験式を用いた前記の計算モデルが本プロセスの硝化脱窒の反応効率を十分に反映できることを示唆している。さらにFig.5は流入T-N負荷率とT-N除去率の関係を循環比をパラメーターとして計算した結果を示した。この図から所定のT-N除去率を得たい場合の流入T-N負荷率とその時の循環比を選ぶことができる。ただしここで示した計算例は第1槽における循環脱窒のみを想定しており、第2槽における硝化と脱窒の同時進行（同時脱窒）は考えていない。従って、窒素除去率としては実際より低めに評価している可能性がある。また、各反応槽の容積を同一であるとし、嫌気槽と好気槽の容積比を1：2とした場合である。第2槽の同時脱窒のモデル化、さらに各反応槽の容積が異なる場合については、今後の検討課題である。

4. まとめ 以上の結果をまとめると以下のようなものである。

（1）第2、第3槽の好気槽における $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷率と硝化速度の関係をモノ型の式で表示した。（2）第1槽における $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷率と脱窒速度の関係を回帰直線式で表示した。（3）これらの実験式により、第1槽流入T-N負荷率に対して循環比をパラメーターとしてT-N除去率を推定する計算方法を提示し、計算例によりその有効性を示した。

（謝辞）装置の運転管理や採水分析に協力してくれた平成2～4年度卒研生諸氏に感謝します。（参考文献）1）第24回水質汚濁学会年会 p.187（平成2年3月）。2）第46回土木学会年講 p.370（平成3年9月）。3）第27回水環境学会年会 p.368（平成5年3月）。4）第48回土木学会年講 p.1274（平成5年9月）。5）第28回水環境学会年会 p.268（平成6年3月）。6）第28回水環境学会年会 p.270（平成6年3月）。

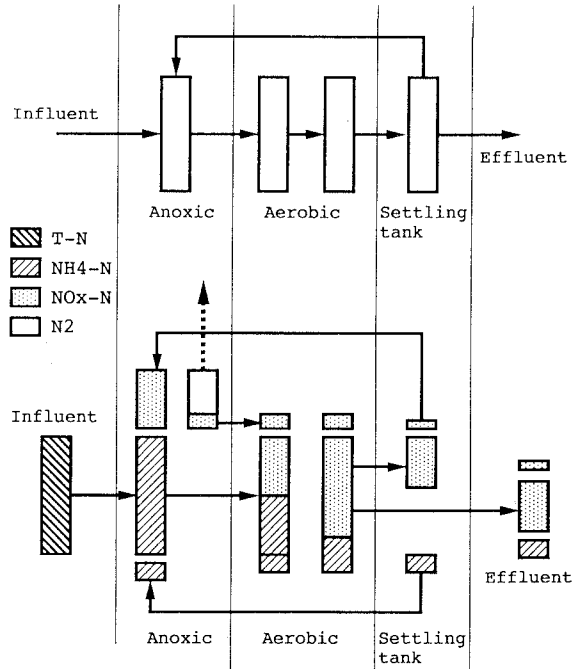


Fig.3 計算モデル

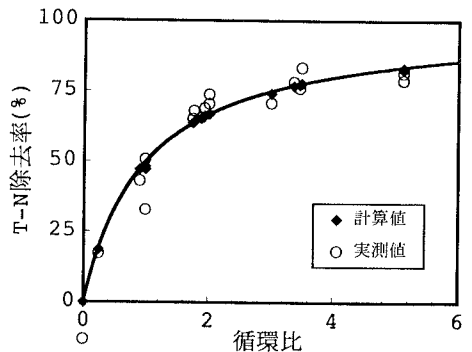


Fig.4 循環比とT-N除去率

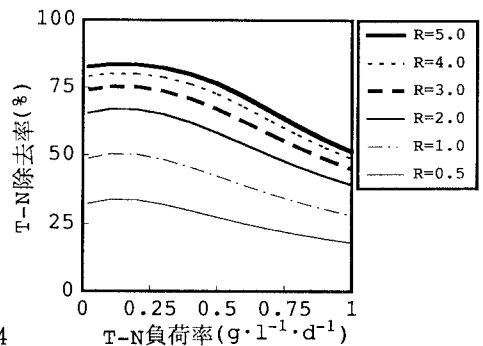


Fig.5 流入T-N負荷率とT-N除去率