

不織布担体を活用する Anammox リアクタのスケールアップに関する研究

熊本大学工学部 学生会員 ○宅和 正治
 熊本大学大学院 非会員 高木 啓太
 熊本大学大学院 非会員 時任 博之
 熊本大学工学部 正会員 古川 憲治

1. はじめに

近年、脱窒リアクタ内部での窒素収支の検討からアンモニアの嫌気酸化 (Anammox) が提案され、新たな窒素変換の経路 (図-1) として注目されている。これまで我々は、不織布を充填した上向流カラムリアクタを用いた連続試験により Anammox 汚泥の馴養を行ってきた。今回、50L にスケールアップさせた上向流カラムリアクタを製作し、その立ち上げについて検討し有用な知見が得られたので報告する。

2. 実験材料並びに実験方法

図-2 に示す容量 50L のアクリル製上向流カラムリアクタを製作し、リアクタ内には Anammox 汚泥の付着固定担体として菊花状のポリエステル製不織布担体 (日本バイリーン製) を計 17000cm³ 充填した。カラム内は上部と下部に分かれており、それぞれの担体充填率を 40%、35% とした。この付着担体に 15L のカラムリアクタで長期間馴養培養した Anammox 汚泥を種汚泥として付着固定化させた後、連続試験を行なった。NH₄-N と NO₂-N を主成分とする合成無機培地に N₂ ガスを吹き込み、DO < 1.0mg/L になるように調整した流入水を連続的に供給した。流入量は 50~240L/day とし、リアクタ内の温度は 35℃ で一定に保った。NH₄-N、NO₂-N 濃度を変化させ、流入水および処理水中の NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N 濃度を測定した。発生した N₂ ガスはリアクタ上部からガスタンクに捕集した (図-2)。また、リアクタの周囲を暗幕で覆って遮光し、藻類の繁殖を防いだ。

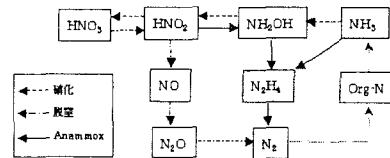


図-1 窒素循環図

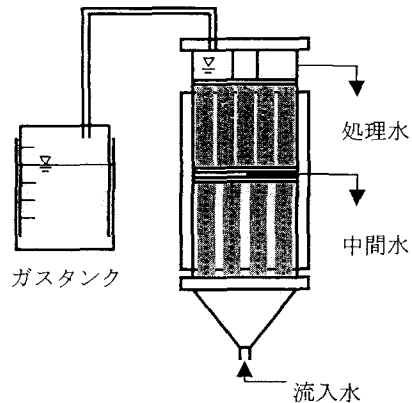
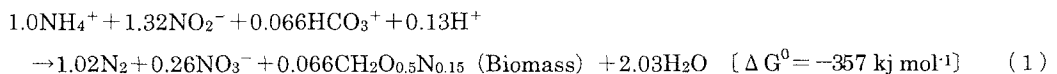


図-2 実験装置模式図

3. 理論

従来の知見では NH₄⁺ は好気条件下で硝化菌によって NO₂⁻、NO₃⁻ に酸化され、生成した NO₃⁻ は嫌気条件下 (anoxic) で脱窒菌によって N₂ に脱窒される (図-1)。

Anammox 反応の化学量論式は式-(1)で示される。NH₄⁺ が水素供与体、NO₂⁻ が水素受容体となる自栄養の脱窒反応であり、自由エネルギーの減少する発エルゴン反応であることから、理論的には Anammox 反応によって細菌の生育に必要なエネルギーを供給することができる。



4. 実験結果及び考察

図-3に連続実験装置の流入窒素濃度および流出窒素濃度 (NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^-) の経時変化を示し、図-4に窒素除去速度の経時変化を示す。実験開始時の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の流入濃度はともに 50mg/L 、HRTは24時間とし、その後、段階的に負荷を上げた。

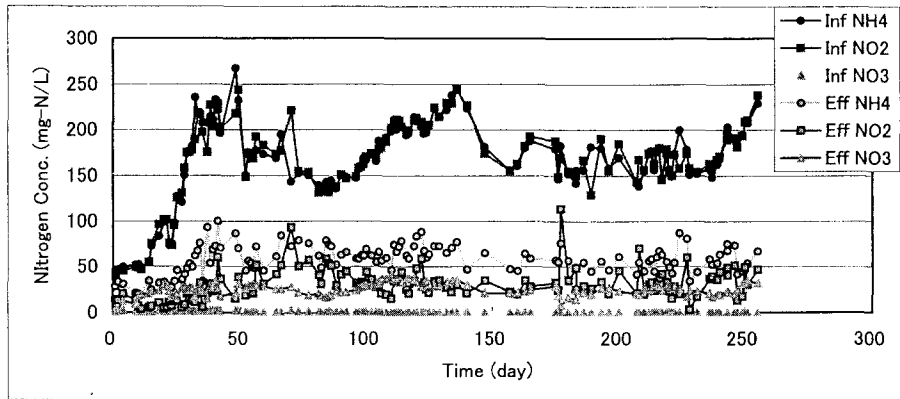


図-3 連続試験の流入水、流出水の各窒素の経時変化

実験開始直後からアンモニアと亜硝酸は同時に除去され、硝酸が生成される Anammox 特有の反応が確認され、41日目までは安定して窒素除去速度は上昇した。しかし、その後1ヶ月程、処理能に応じて流入濃度を調整しつつ運転を行なったが安定した処理能の向上は得られなかった。そこで、HRTを徐々に短くしたところ、HRTを6時間に变化させた時点(実験開始後90日目)から再び処理能は向上し、110日目で窒素除去速度 $> 1.0\text{kgN/m}^3/\text{day}$ の処理能が得られた。実験当初はリアクタ内下部で大部分が処理されていたが、HRTを短くすることでリアクタ内上部の Anammox 汚泥が活性化され、処理能の向上につながったと考えられる。

図-5に $\text{NH}_4\text{-N}$ 消費量に対する、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 消費量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成量との関係を示す。今回の実験から得られた反応比は $\text{NH}_4\text{-N}$ を1とした場合、 $\text{NO}_2\text{-N}$ が1.23、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が0.22であり、オランダの Delft 工科大学が報告した値とほぼ同様の値が得られた。

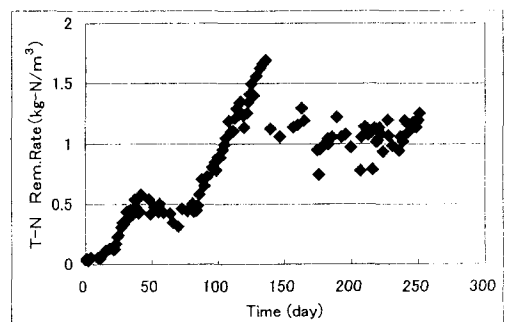


図-4 窒素除去速度の経時変化

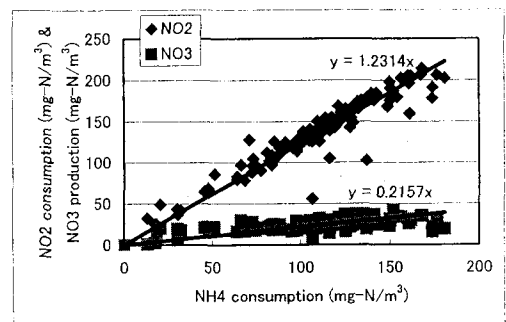


図-5 Anammox の反応比

5. まとめ

窒素除去速度が約110日目で目標の $1.0\text{kgN/m}^3/\text{day}$ に達し、短期間でリアクタを立ち上げることができ、大量の Anammox 汚泥を培養することに成功した。