Anammox 汚泥の大量調整および早期立ち上げに関する研究

熊本大学工学部　学生会員　○山本　洋充
熊本大学大学院　非会員　宅和　正治
熊本大学工学部　正会員　古川　憲治

１．はじめに

湖沼や内湾の富栄養化防止の観点から，下排水から経済的に窒素，リンを除去できる新しい処理技術が望まれている。1995 年に脱窒リアクタ内部の窒素収支をもとにして新しい窒素の代謝経路（図１）である「嫌気性アンモニア酸化(Anaerobic ammonium Oxidation：Anammox)」がオランダの Delft 工科大学の研究グループから報告された。

これまで我々のグループはポリエステル製不織布を充填した上向流カラムリアクタを用いた連続実験により Anammox 汚泥の馴養について検討を行ってきた。今回 15L の上向流カラムリアクタを用いて，立ち上げから短期間で高い窒素除去速度を得ることを目的に検討を行った。

２．実験装置並びに実験方法

図２に実験装置の模式図を示す。容量 15L のアクリル製上向流カラムリアクタを使用し，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)を充填した。担体充填率は 34.9%とした。この付着担体に同一のリアクタで培養した Anammox 汚泥 6.0g-MLSS を種汚泥として付着固定化させた後，連続実験を開始した。流入水として NH_4-N と NO_2-N を主成分とする合成無機培地を用い，溶存酸素(DO)1.0mg/L となるよう N_2 ガスで脱気を行ったあと上向流にてリアクタに連続的に供給した。窒素負荷に応じて，流入量は 15～100L/day, NH_4-N, NO_2-N 濃度を 30～140mg-N/L の範囲で変化させた。またリアクタ内の温度はウォータージャケットにより 35℃で一定に保ち，藻類の発生を防ぐためにリアクタの周囲を暗幕で覆った。流入水および処理水中の NH_4-N，NO_2-N，NO_3-N 濃度を定期的に測定してリアクタ内の Anammox 活性を測定した。

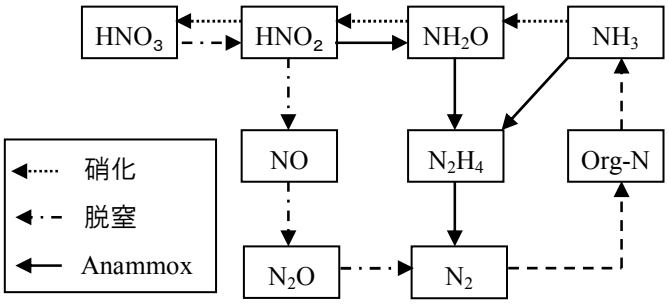

図１　窒素循環図

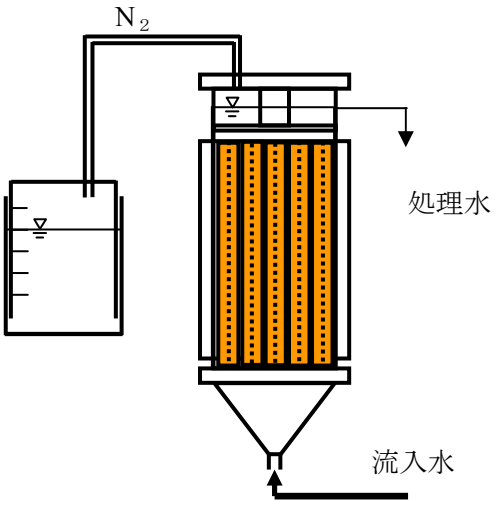

図２　実験装置模式図

３．理論

従来の知見では NH_4^+は好気条件下(oxic)で硝化菌によって NO_2^-，NO_3^-に酸化され，生成した NO_3^-は無酸素条件下（anoxic）で脱窒菌によって N_2に脱窒される（図１）。

一方，Anammox 反応の化学量論式は次式に示すように,NH_4^+を電子供与体，NO_2^-を電子授与体として利用できる自栄養性の Anammox 細菌による脱窒反応である。

$$1.0\ NH_4^+ + 1.32\ NO_2^- + 0.066HCO_3^- + 0.13H^+ \rightarrow 1.02\ N_2 + 0.26\ NO_3^- + 0.066CH_2O_{0.5}N_{0.15} + 2.03H_2O$$

４．実験結果および考察

図３に連続処理試験の流入濃度および処理水の各態窒素濃度（NH_4-N，NO_2-N，NO_3-N）の経時変化を示した。図４には，窒素除去速度および HRT の経時変化を示した。実験開始時の NH_4-N，NO_2-N の流入濃度はともに 30mg/L，HRT は 15 時間とし，その後段階的に流入量と流入 NH_4-N，NO_2-N 濃度を高めることで流入窒素負荷量を高めた。

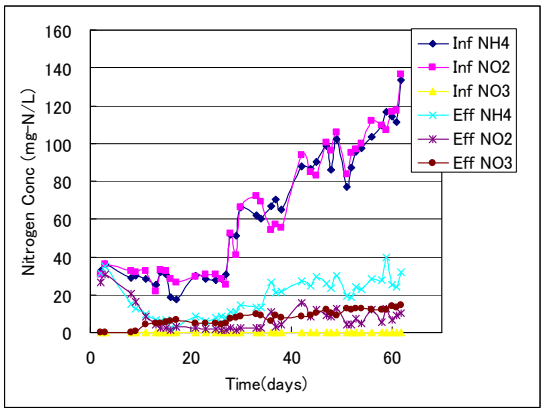

図３　連続処理試験における流入水，処理水の各態窒素の経時変化

実験開始直後から NH_4-N と NO_2-N は同時に除去され，NO_3-N が生成される Anammox 特有の反応が確認された。運転開始から 60 日が経過した現在でも窒素除去速度は安定して上昇している。また当初 100 日間の運転で窒素除去速度 1kg-N/m^3/day を目指して Anammox リアクタの立ち上げ試験を行ったが，62 日という短期間で T-N 除去速度 1.04kg//m^3/day と極めて良好な結果が得られ（図４），前回同様の実験を行ったデータに比べると約 20 日近くリアクタの T-N 除去速度を 1.0kg//m^3/day にもっていくことができた。

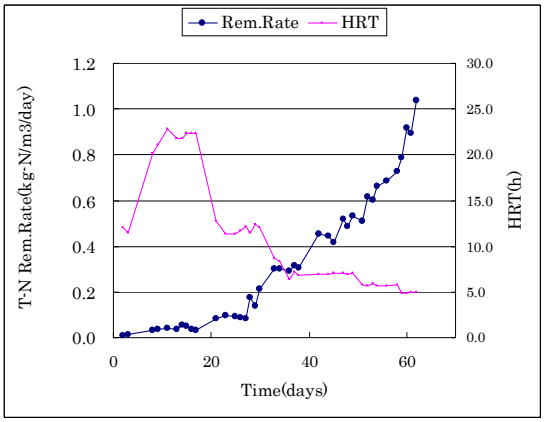

図４　窒素除去速度および HRT の経時変化

今回は流出の NO_2-N 濃度が 10mg-N/L 以下（窒素除去率 75%以上を維持）になるように留意するとともに，窒素除去速度が 0.5 kg-N/m^3/day となるまで確実に流入水の DO を 1.0mg/L 以下にしたことでこれまでにない早い日数で 1.0kg//m^3/day の T-N 除去速度が得られたと考えている。

図５に NH_4-N 消費量に対する NO_2-N 消費量と NO_3-N 生成量との関係を示した。今回の実験から得られた反応比は NH_4-N を１とした場合，NO_2-N が 1.26，NO_3-N が 0.16 であり，オランダの Delft 工科大学が報告した値とほど同様の値が得られた。

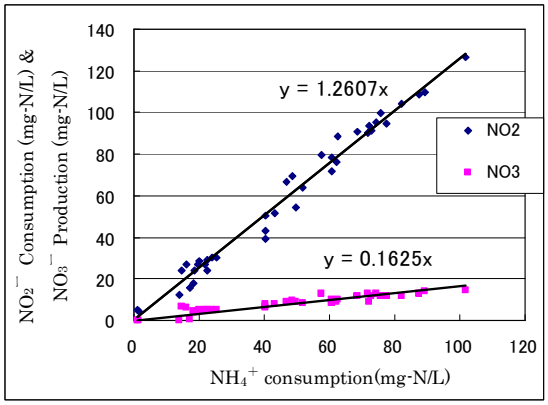

図５　Anammox の反応比

５．まとめ

窒素除去速度が約 60 日で 1.04kg-N//m^3/day というこれまで我々が行った Anammox リアクタの立ち上げでは最も迅速に Anammox 反応を立ち上げることが出来た。現在，最終目標である 2.0 kg-N//m^3/day をこれまでより短い時間で達成できるよう実験を継続中である。

【参考文献】宅和，高木，時任，古川：不織布を活用する Anammox リアクタのスケールアップに関する研究 平成 15 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp.430-431