

UASB 型 Anammox のスタートアップおよび阻害因子の検討

東北大学大学院環境科学研究科

○張彦隆 牛啓桂 李玉友

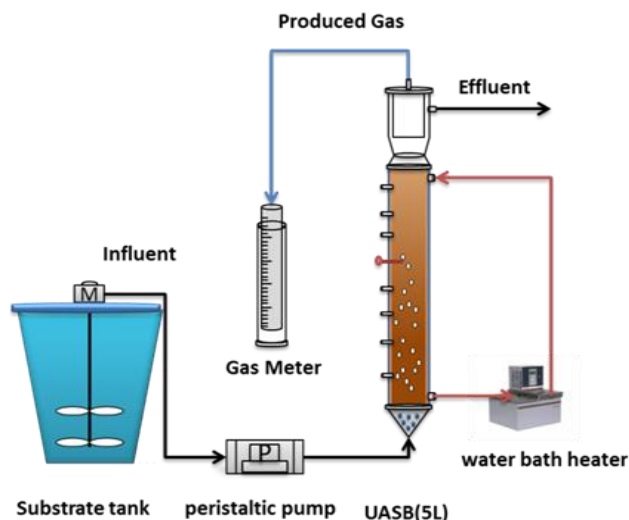
An experimental study on rapid start-up and inhibitory factors of ANAMMOX process in UASB reactor

○Yanlong ZHANG,^a Qigui NIU,^a Yu-You LI.^a

^aDept. Of Environ. Science, Graduate School of Environ. Studies, Tohoku Univ., Sendai 980-8579, Japan

1.はじめに

Anammox は嫌気性条件下で亜硝酸性窒素を電子受容体、アンモニア性窒素を電子供与体として N_2 ガスを生成するプロセスである。これまでの研究によれば、このプロセスを担う ANAMMOX 細菌は排水処理場や自然環境中から発現されている。ANAMMOX プロセスは高負荷や省エネルギーの他に、汚泥発生が少ないなどの長所があるため、理想的窒素除去技術として期待されている。しかし、Anammox 細菌は増殖時間が約 11 日と長く、環境変化にも敏感なため、これまで成功した事例は少ない。本研究は Anammox の実用化を図ることを目的として、スタートアップの方法と阻害因子について実験的な検討を行った。



2.実験装置及び実験条件

2.1 実験装置

本研究に用いた実験装置は図 1 に示すような UASB 反応槽（有効容積 5 L）である。光による悪影響を避けるため、反応槽を遮光材料で包んだ。種汚泥は、2L の活性汚泥と 3L の消化汚泥を接種した。反応槽の温度は $33.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ にコントロールした。

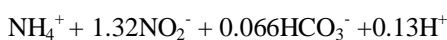
2.2 実験方法

スタートアップに用いた人工廃水の TN 濃度は 210mg/L ($\text{NH}_4^+ = 85\text{mg/L}$, $\text{NO}_2^- = 125\text{mg/L}$) であり、HRT を 24hr から段階的に短縮することで、NLR を $0.21\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$, $0.42\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$, $0.84\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$, $1.68\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ と徐々に高めた。スタートアップが成功した後、TN 濃度の変化による ANAMMOX 反応への影響を検討するために、347 日目から NLR を変更せずに流入水 TN 濃度を 420mg/L に増加させた。その後、TN の除去率が 40% に下がったため、流入水の TN 濃度を 210mg/L に戻して回復実験を行った。

3.結果と考察

3.1 実験の経日変化

図 2 に示すように、ガス生成量は 100 日から増加し、Anammox 反応の理論式(1)とほぼ一致していた。



この反応では H^+ が消費されるので、pH は次第に増加した。それと同時に、処理水のアンモニア性窒

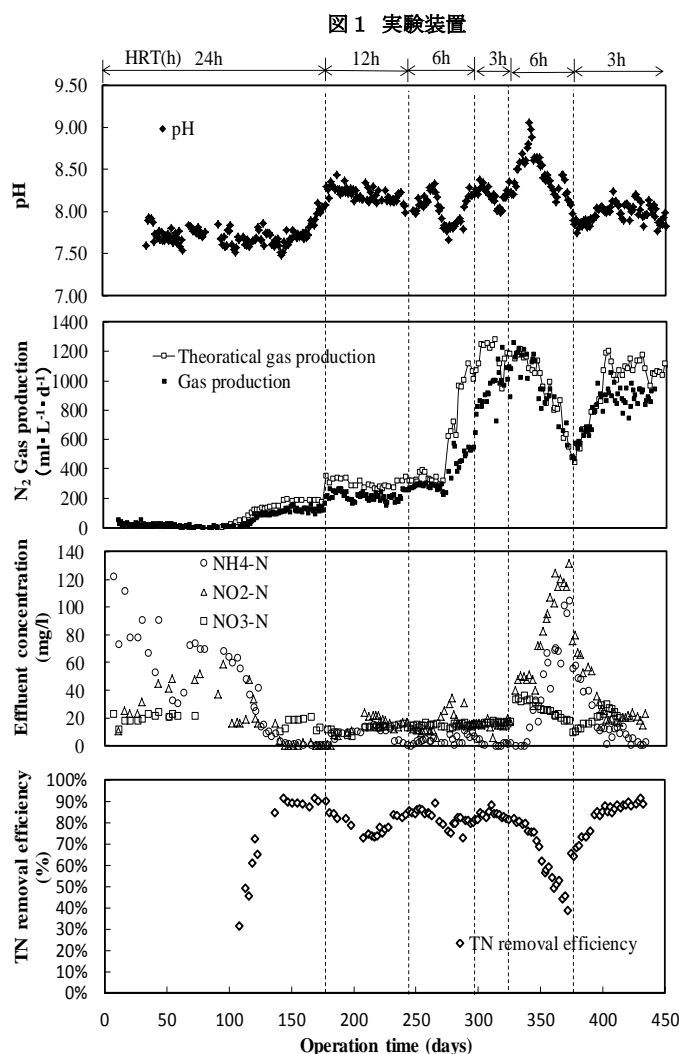


図 2 連続実験における経日変化

素と亜硝酸性窒素の濃度が次第に減少した。第 140 日では反応は安定するようになった。その時、TN 除去率は 90% に達し、流出水 pH は 8.2 ぐらいに保たれていた。第 175 日から第 300 日まで、HRT を段階的に短縮することを通して NLR を増加させた。図 3 に各 HRT 条件での窒素バランスを示している。流入水の 82-87% が窒素ガスになり、約 7-11% が NO_3^- -N となっており(1)式に近い結果となった。一方、実験の定常運転期間中において反応で利用されたアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素のモル比率が 1.0 から 1.1 となっており、Anammox 反応の理論比率より若干低かった。また、300 日の運転により UASB の底部に明らかに赤色の Anammox グラニュール汚泥が形成された。図 5 の写真に示すように、直径 1~2mm のグラニュールが見られ。

3.2 阻害と回復

流入水の TN 濃度変化が Anammox 反応に及ぼす影響を研究するために、327 日から NLR を変更せずに TN 濃度を倍増させて実験した。図 2 のように、TN 濃度が倍増した後、pH は急速的に 9.0 まで上昇した。pH を最適な範囲 (7.5~8.5) を維持するために、二倍の HCO_3^- を入れて、pH を調整したが、ガス生産量及び TN 除去率が急速に下がり、放流水アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素の濃度はそれぞれ $100\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ と $120\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ まで上昇した。図 4 のように、Anammox の阻害因子である FA は pH と放流水アンモニア性窒素の増加によって急速的に上昇した。また、FNA は最初 pH の上昇によって急激な増加はなかったものの、350-370 日の期間で pH の低下及び放流水亜硝酸性窒素の増加によって FNA は $7\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ に急速に増加した。以上の結果により、TN が倍増した時、明らかに Anammox 反応が阻害されたことが示された。

Anammox 反応活性の回復を図るために、第 373 日に、TN の濃度をスタートアップ時の 210mg/l に戻した。その後、FA と FNA は下がり始め、ガスの生産量及び TN 除去率が上昇した。40 日間ぐらいで、TN 除去率が 90% 以上に回復し、Anammox 反応の正常運転を再確認できた。これらの結果より阻害因子を把握することができた。

3. まとめ

- (1) 活性汚泥と消化汚泥を種汚泥として、UASB 型 Anammox 反応槽を 140 日で稼働させることに成功した。TN 除去率は 90% であった。安定状態における NH_4^+ と NO_2^- の消費モル比は 1.0~1.1 の範囲にあった。
- (2) Anammox 反応は基質濃度と pH の変化に敏感であり、FA と FNA が阻害の要因となる。
- (3) TN 濃度の上昇によって阻害された Anammox 反応の回復には約 40 日間の長い期間がかかった。

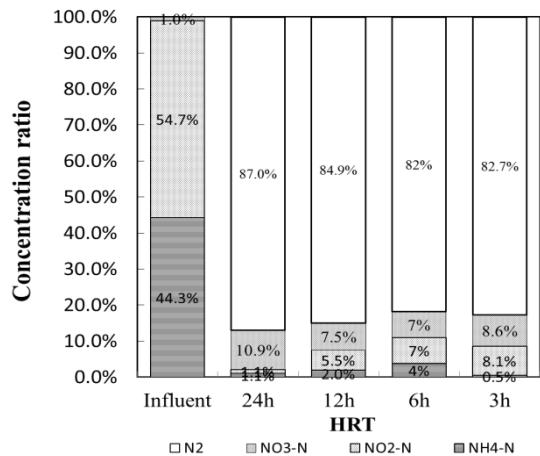


図 3 窒素バランス

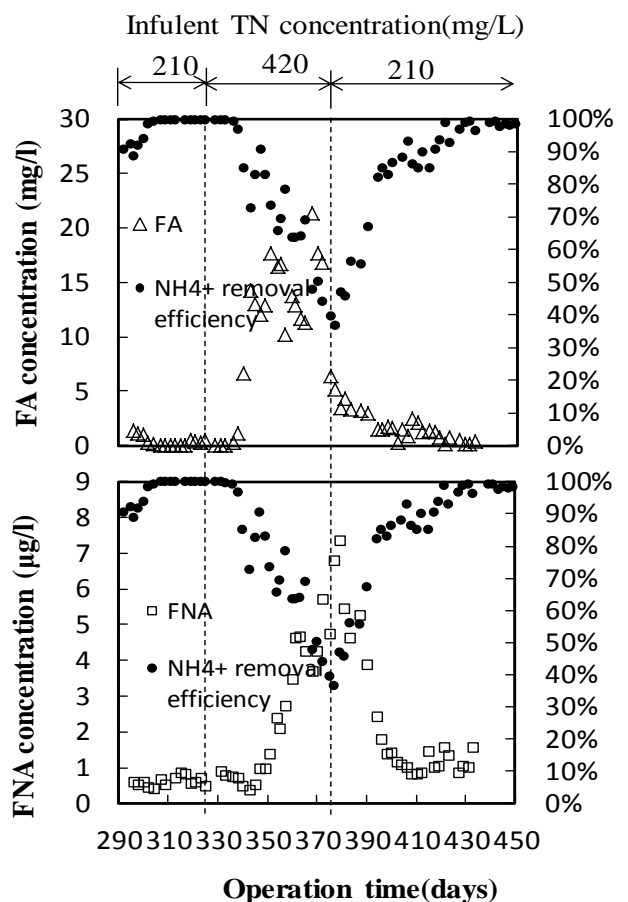


図 4 連続実験における FA と FNA の影響

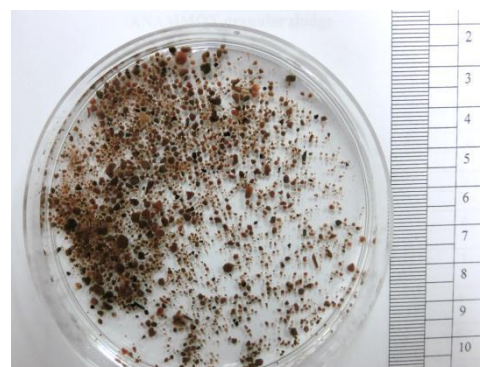


図 5 生成した Anammox グラニュール汚泥