第Ⅶ部門　　従属栄養脱窒と Anammox を組み合わせた連続式脱窒リアクターに及ぼす C/N 比の影響

立命館大学理工学部　学生会員　○吉田　光太郎
立命館大学大学院理工学研究科　　尾田　小太朗
立命館大学大学院理工学研究科　学生会員　Liu Zongpei
立命館大学理工学部　正会員　　惣田　訓

１．はじめに

嫌気性アンモニア酸化(Anammox)反応を用いた窒素除去プロセスは、曝気電力量や有機物の添加量を減らせるなど、従来の硝化脱窒プロセスを上回る可能性があるとして注目されている（図 1)。しかし、基質である亜硝酸態窒素の下廃水中の濃度は低濃度であり、Anammox を用いた窒素除去プロセスは、部分亜硝酸化によって基質を生成させやすい高濃度のアンモニア態窒素を含む廃水を対象とすることが多い。このような制約を解消し、Anammox 反応を都市下水の処理に利用する方法として、従属栄養脱窒と Anammox 反応の同時進行プロセス(Simultaneous Anammox and Denitrification；SAD)が提案されている(図 2)。これは、脱窒槽において硝酸性窒素を亜硝酸性窒素に従属栄養細菌によって還元させ、それを下水中のアンモニア性窒素とともに Anammox 細菌に除去させるものである。SAD プロセスの成功には、従属栄養脱窒細菌と Anammox 細菌の共生が必要であり、C/N 比の制御が重要である。C/N 比が低過ぎれば、Anammox 細菌が利用できる亜硝酸態窒素の生成量自体が少なく、C/N 比が高過ぎれば、Anammox 細菌が従属栄養脱窒細菌との競合に負けてしまう。加温条件（33℃）のシーケンシングバッチリアクターによる SAD プロセスでは、C/N 比=1.0 において高い窒素除去率がこれまでに報告 [1]されている。本研究では、より実条件に近い常温下（20℃）における連続式 SAD リアクターを構築し、その窒素除去に及ぼす C/N 比の影響を検討した。

２．実験方法

ポリビニルアルコール（PVA）ゲルで表面固定化した活性汚泥を 300mL、PVA ゲルで包括固定化した Anammox 汚泥 [2]120mL を 1500mL 容積のリアクターに入れ、20℃に制御し、水理学滞留時間(HRT)を 24 時間として模擬廃水の連続処理を行った（図 3)。模擬廃水の溶存酸素（DO）濃度を 0.5mg/L 以下に下げた。廃水の窒素濃度を固定し、酢酸塩濃度を変えることで運転期間の C/N 比を変化させた。C/N 比は、第 1 期を 1.00、第 2 期を 1.25、第 3 期を 1.5、第 4 期を 1.75、第 5 期を 0.5、第 6 期を 0.75 とした。

３．実験結果と考察

３．１　SAD リアクターによる窒素除去

図 4 に SAD リアクターによる窒素除去の結果を示す。硝酸の除去率は C/N 比が 0.5 のときは 55%、C/N 比が

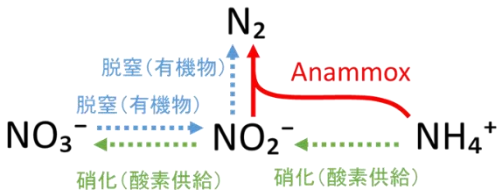

図 1　SAD プロセス.

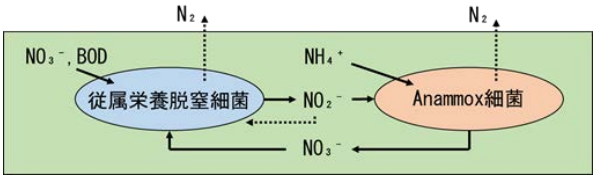

図 2　SAD プロセスにおける従属栄養脱窒細菌と Anammox の関係.

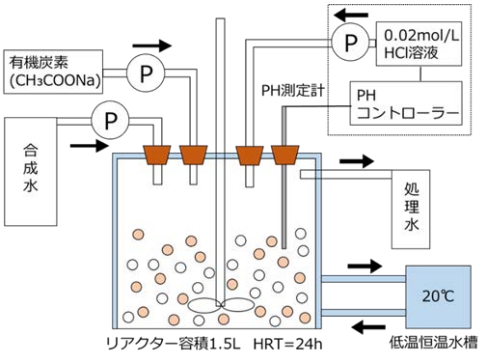

図 3　SAD リアクターの略図.

Koutarou Yoshida, Kotaro Oda, Zongpei Liu, Satoshi Soda
soda@fc.ritsumei.ac.jp

1.75 のときは 97%であった。硝酸の除去率は C/N 比とともに上昇した。一方、アンモニア態窒素の除去率は C/N 比が 0.5 のとき 82%、C/N 比が 1.75 のときは 90%と C/N 比を変化させても常に 70%以上であり、予想以上に良好に除去された。

３．２　C/N 比が与える全窒素（TN）除去率と Anammox 寄与率への影響

図 5 に各 C/N 比における平均 TN 除去率とそれに対する Anammox 寄与率を示した。TN 除去率は C/N 比が 1.0 から 1.75 にかけて上昇し、C/N 比 1.75 において最高値 92%を示した。また、Anammox 寄与率は、C/N 比が 0.5 と 0.75 のとき 100%を超えてしまった。このことから活性汚泥または Anammox 汚泥に含まれていた好気性アンモニア酸化細菌の存在が示唆された。低 C/N 比においては、低 DO 条件下においても活性の高い好気性アンモニア酸化細菌が、亜硝酸を生成し、Anammox 細菌に基質を供給し、Anammox 寄与率が計算上は 100%を超えてしまったと考えられる。これらのことを考慮すると、C/N 比が 0.5 と 0.75 の時を除いて考えると、C/N 比が 1.25 において Anammox 寄与率は 94%が最大値であったといえる。

４．結論

C/N 比が低いときは Anammox 細菌が、C/N 比が高い時は従属栄養脱窒細菌が窒素除去に大きく貢献していることが分かった。また、TN 除去量における Anammox 寄与率は C/N 比が 1.25 の時に 94%と最も高い寄与率を示した。低 C/N 比条件下では好気性アンモニア酸化細菌の存在によってアンモニア態窒素の除去が維持された。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 17H01897 の助成を受けたものである。PVA ゲルによる Anammox 汚泥の包括固定化には、井坂和一准教授（東洋大学）の協力を受けた。活性汚泥を固定化した PVA ゲルは、高見優子氏（クラレアクア（株））の提供を受けた。

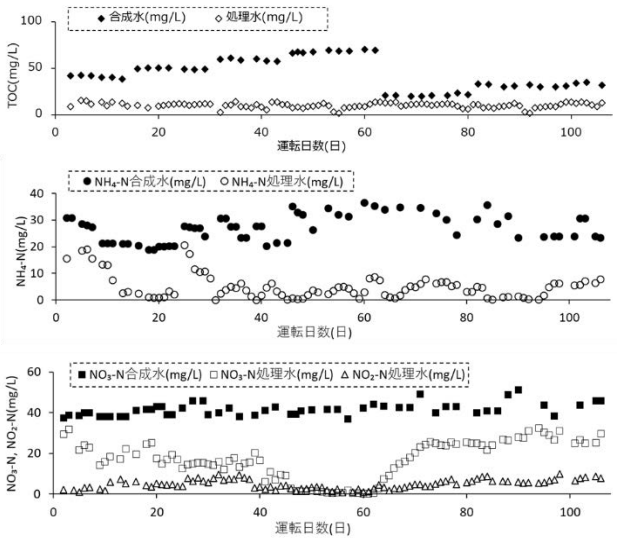

図４　常温連続式SAD リアクターによる窒素除去. a)TOC 濃度、b)硝酸態窒素、亜硝酸態窒素濃度、c)アンモニア態窒素濃度.

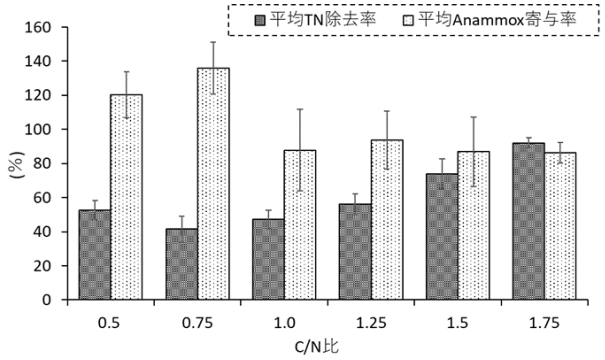

図５　平均 TN 除去率と平均 Anammox 寄与率.

参考文献

1) Takekawa et al. (2014) Bioresor. Technol., 174, 159-166.

2) Park et al. (2016) Jpn. J. Wat. Treat. Biol., 52(3), 73-83.