

モルトセラミックスを利用する Anammox リアクタの処理性能

熊本大学大学院	学生会員	○Luong Ngoc Khanh
熊本大学大学院	非会員	Tran Thi Hien Hoa
アサヒビール株式会社	非会員	岡本 裕行
熊本大学大学院	正会員	古川 憲治

1. はじめに

現在、排水中に含まれる窒素成分を除去する方法として、微生物による硝化・脱窒反応のプロセスを活用した処理が広く行なわれている。近年、流動床脱窒リアクタ内部の窒素収支の検討をもとに新しい窒素変換の経路「嫌気性アンモニア酸化（Anaerobic Ammonium Oxidation : Anammox）」が報告されている。これまで我々は、モルトセラミックス（MC）を充填した上向流リアクタを利用した連続試験により Anammox 汚泥の馴養を行っている。本研究はモルトセラミックスを生物担体として活用した Anammox リアクタの処理性能について検討したものである。

2. 実験材料及び実験方法

実験装置を図1に示す。リアクタの容量 1.62L、反応部体積 0.65L。供試担体として、アサヒビール株式会社製のビール炭化モルトセラミックス（MC）を用いた。MC は直径 3-5mm（リアクタ 1）と 10-15mm（リアクタ 2）の粒径で、比重が 1.96 である。3-5mmMC 及び 10-15mmMC の写真を写真1、2に示す。内部は多孔質であり、2.17nm ($2.17 \times 10^{-3} \mu\text{m}$) 程度の孔が中心部まで全通しているため、微生物を内部包括でき、剥離汚泥が少なく安定した処理能力が得られる。

流入水として $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ 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後、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、流入量を 0.65L-5.2L/d とし、リアクタ内の温度はリボンヒーターにより 35℃で一定に保った。発生した N_2 ガスはリアクタの上部からガスバックに収集した。流入の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度や流入量を種々変化させて連続実験を行い、流入及び流出水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を分析した。

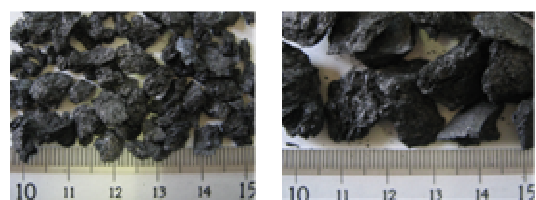


写真1 MC3～5mm

写真2 MC10～15mm

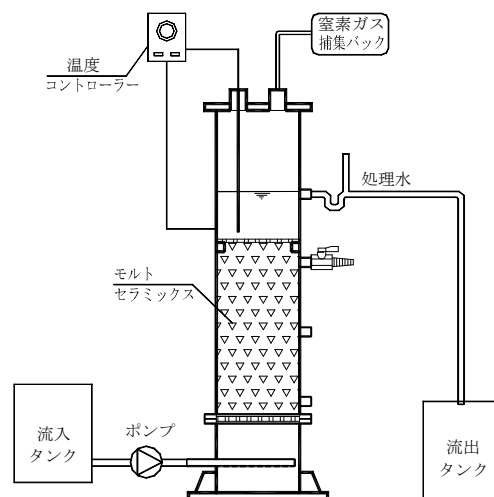
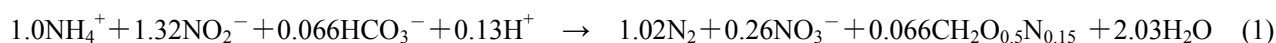


図1 実験装置模式図

3. 理論

Anammox 反応の化学理論式は式(1)で示される。Anammox は NH_4^+ を電子供与体、 NO_2^- を電子受容体として窒素ガスへと変換する独立栄養性の反応である。



4. 実験結果及び考察

図2、3にそれぞれリアクタ1、2の流入及び処理水の各態窒素濃度（ $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ）の経時変化を示す。図4、5にそれぞれリアクタ1、2の窒素除去速度およびHRTの経日変化を示す。

リアクタ 1: 実験開始から約 22 日で流入の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度を 50~100mg-N/l に高めた。この時の HRT は 12 時間である。23~72 日目の間、流入水の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度は約 125mg-N/l に維持し、HRT を 12 時間から 3 時間に下げていった。75 日目から HRT を 3 時間に固定し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度を段階的に 150mg-N/l から 425mg-N/l に上げ、流入負荷を高めた。Anammox 汚泥は流入窒素濃度を高めて負荷を高める馴養方法において、高濃度域では十分に対応できなかった。

リアクタ 1 の実験結果を図 2, 4 に示す。流入量を 1.3~5.2l/d (HRT12~3 時間) に上げていき、約 275 日間運転した。T-N の濃度を 100 から 850mg-N/l へと段階的に上げるのに伴い、T-N 除去速度は 0.18~5.36kg-N/m³/day に上昇した。258 日目に、最大 T-N 除去速度 5.4 kg-N/m³/day、T-N 除去率 79% を達成し、モルトセラミックスが Anammox 汚泥の微生物担体として優れた特性を有することが明らかになった。

リアクタ 2 : 実験開始から約 25 日で流入の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度を 50~125mg-N/l に高めていった。この時の HRT は 12 時間である。25~72 日目の間は、流入水の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度を約 125mg-N/l に維持し、HRT を 12 時間から 3 時間に下げていった。75~150 日目の間、HRT は 3 時間で固定し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度を段階的に 150mg-N/l から 275mg-N/l まで高めた。150~170 日の間において、流入水を合成無機培地から部分亜硝酸化を行った実排水に一時的に切りかえた。この時の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度は 100~150mg-N/l であった。この間、T-N 除去速度は上昇傾向にあった。

リアクタ 2 の実験結果を図 3, 5 に示す。流入量を 1.3~5.2L/d (HRT12~3 時間) に上げていき、約 275 日目間運転した。流入 T-N 濃度を 100 から 300mg-N/l へと段階的に上げるのに伴い、T-N 除去速度は 0.14~3.98kg-N/m³/day に上昇した。236 日目に、最大 T-N 除去速度 3.98 kg-N/m³/day、T-N 除去率 81% を達成した。

リアクタ 2 にて実排水での実験を行う前までの期間 (立ち上げ~150 日目) において、リアクタ 1、2 の

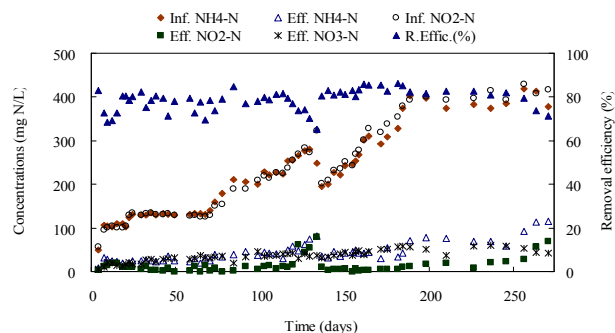


図 2 リアクタ 1 における各態窒素濃度の経日変化

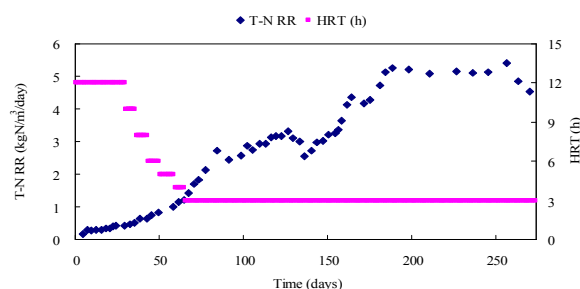


図 4 リアクタ 1 窒素除去速度の経日変化

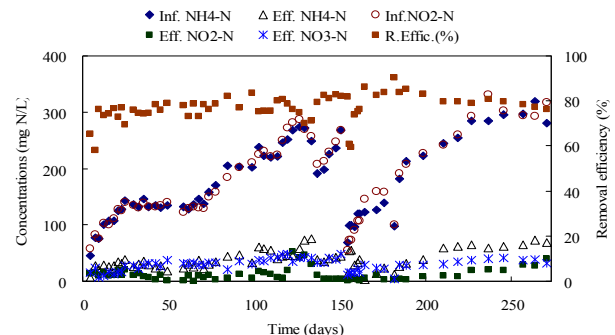


図 3 リアクタ 2 における各態窒素濃度の経日変化

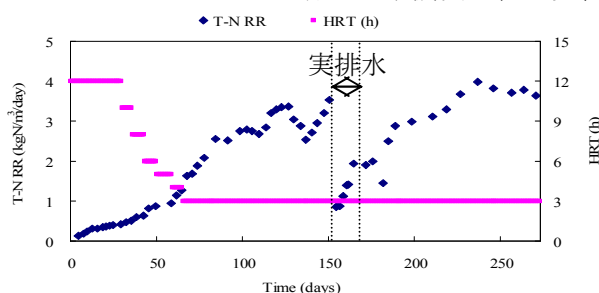


図 5 リアクタ 2 窒素除去速度の経日変化

T-N 除去率はそれぞれ、81%、82%、T-N 除去速度はそれぞれ 3.2kg-N/m³/day、3.5kg-N/m³/day となった。この結果、粒径の大きなリアクタ 2 の方が高い T-N 除去能を示すことが分かった。

5. まとめ

リアクタ 1 および 2 を約 9 ヶ月間運転を行い、窒素除去速度はそれぞれ 5.36、3.98kg-N/m³/day を達成した。今後、この処理システムを実排水での窒素除去に適用できるか検討する予定である。

[参考文献] : Tran Thi Hien Hoa : Anammox Treatment Performance using Malt Ceramics as a Biomass Carrier,

日本水処理生物学会誌、第 42 巻 第 4 号 pp.159~168(2006)