

H4-7

活性汚泥中のポリリン酸蓄積細菌による亜酸化窒素生成を分画するための硝化抑制剤の利用に関する基礎的検討

Basic Study on Utilization of Nitrification Inhibitor for Fractionation of Nitrous Oxide Production by Polyphosphate Accumulating Bacteria in Activated Sludge

○高橋啓太¹, 齋藤利晃², 吉田征史²

Keita Takahashi¹, Toshiaki Saito², Yukihito Yoshida²

Abstract: It is known that PAOs denitrify nitrite in a biological sewage treatment process under aerobic conditions and produce N₂O. This study clarifies the contribution of N₂O production by PAOs in various competing bacteria in sewage treatment plants. As a preliminary step, we checked the presence or absence of N₂O production of PAOs and made a competitive system of PAOs and AOB, and investigated the possibility of using PAOs and AOB using ATU, a nitrification inhibitor. As a result, it was confirmed that PAOs denitrified nitrite and N₂O was produced, and it was confirmed that ATU which is nitrification inhibitor has an inhibitory effect of AOB. Fractionation of PAOs and AOB by ATU was suggested.

1. 研究背景

生物学的下水処理プロセスの硝化・脱窒工程において強い温室効果を有する亜酸化窒素(N₂O)が生成されている。これまでに硝化細菌や脱窒細菌のN₂O生成能について精力的に研究がなされてきた。本研究室では、ポリリン酸蓄積細菌(PAOs)が好気条件下において亜硝酸を脱窒し、N₂Oを生成することを明らかにしてきた^[1]。これまではPAOsを集積培養し、模擬下水を用いたN₂O生成を明らかにしてきた為、実下水を用いたPAOsのN₂O生成能については明らかになっていない。下水処理場でのN₂O排出抑制を考えていく為にも、下水処理場でのPAOsによるN₂O生成の寄与を明らかにする必要があると考えている。

2. 研究目的

下水処理場では様々な細菌がN₂Oを生成しうることが考えられる。その為、下水処理場でのPAOsによるN₂O生成の寄与を明らかにすることは容易ではない。PAOsによるN₂O生成を明らかにする為にも、如何なる方法で分画するのかを考え、分画手法の確立を行う必要がある。そこで本研究では、分画手法の確立の前段階として、アリルチオ尿素(ATU)と呼ばれる硝化抑制剤を用いて、ポリリン酸蓄積細菌(PAOs)とアンモニア酸化細菌(AOB)の混合系での分画を試みることを目的とする。

3. 実験方法

模擬下水をもとに有効容積 4L の回分式反応装置を用いて嫌気好気法(AO法)による実験を行う(Fig1)。

1 サイクル6時間として嫌気 120分(流入 5分・攪拌 115分), 好気 190分(曝気 180分・排泥 10分), 沈殿 50分(沈殿 30分・排水 10分・待機 10分)での運転を行う。

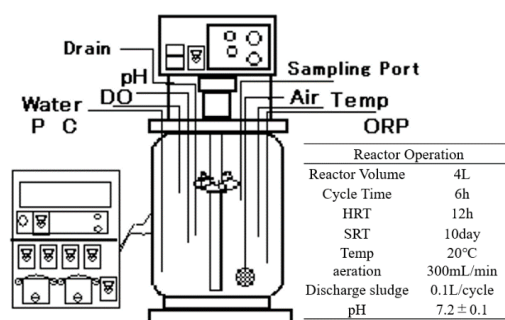


Fig1. Batch Reactor(AO)

模擬下水の組成であるが、酢酸ナトリウム三水和物を主基質とし、炭素源(36.16mgC/L), リン(2.5mgP/L), また塩化アンモニウムを窒素源とし、アンモニア態窒素(5mgN/L)となるように反応槽内に流入する。

測定項目は MLSS, MLVSS, リン濃度, 有機物濃度, N₂O-N 濃度, アンモニア態窒素濃度, 亜硝酸態窒素濃度, 硝酸態窒素濃度である。また DO, pH, 水温, ORP 等については 24h 水質モニタリングにて測定する。

3-1 PAOs の単体系での N₂O 生成

1 サイクル目において PAOs の単体系で実験を行い, PAOs が N₂O 生成に寄与しているのかを確認する。実験方法等は前述した通りに行うが, 好気工程の開始 30 分後に亜硝酸を添加する(反応槽内の亜硝酸濃度が 1mg/L になるように添加)。

3-2 PAOs と AOB の混合系での N₂O 生成

2 サイクル目において PAOs と AOB の混合系で実験を行い, 硝化抑制剤である ATU が分画手法の一つとして利用可能性があるのかを検討する。PAOs と AOB を混合するタイミングとして, 1 サイクル目の沈殿工程時に混合する。実験方法は前述した通りに行うが, 好気工程の開始 75 分後に ATU を添加する(反応槽内の ATU 濃度が 10mg/L になるように添加)。

1: 日大理工・院 (前)・土木 2: 日大理工・教員・土木

4. 実験結果

4-1 PAOs の単体系での N₂O 生成

1 サイクル目において PAOs の単体系を用いて、回分式反応装置にて嫌気好気法(AO 法)により実験を行った。PAOs の単体系におけるリアクター内での水質の経時変化を Fig2 に示す。

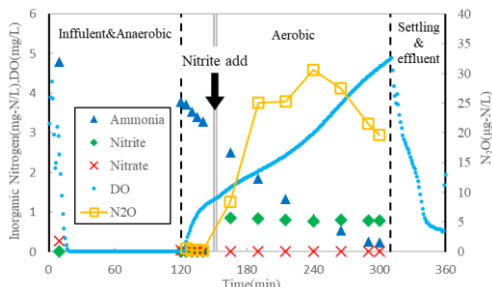


Fig2. Time course of water quality in 1 cycle (1st)

Fig2 より PAOs の単体系にも関わらず Ammonia の減少が見られた。サイクル時間 120min から 150min において、Ammonia 酸化による Nitrite 生成が見られないことから、AOB による寄与とは考えにくい。Ammonia が減少する理由としては、PAOs 自身による自己増殖によるものであると考えている。

亜硝酸を添加する前と後での N₂O 濃度の変化を見ると、亜硝酸を添加する前は N₂O 濃度が低く、ほとんど N₂O 濃度変化が見られなかった。亜硝酸を添加した後は 165 分から 240 分までではあるが、亜硝酸が減少し N₂O 濃度の上昇が見られた。これは PAOs による亜硝酸の脱窒で N₂O が生成されたと考えられる。前述した通り AOB による寄与は考えられず、また Nitrate の生成が確認できないことから亜硝酸酸化細菌(NOB)の存在も無視することができる為、PAOs が N₂O を生成していることが示唆された。

サイクル時間 240 分から N₂O 濃度が減少し始めた理由としては、PAOs によるリン摂取が終わり、PAOs の活動が鈍くなったためだと考えられる。

4-2 PAOs と AOB の混合系での N₂O 生成

2 サイクル目において PAOs と AOB の混合系を用いて、回分式反応装置にて嫌気好気法(AO 法)により実験を行った。PAOs と AOB の混合系におけるリアクター内での水質の経時変化を Fig3 に示す。

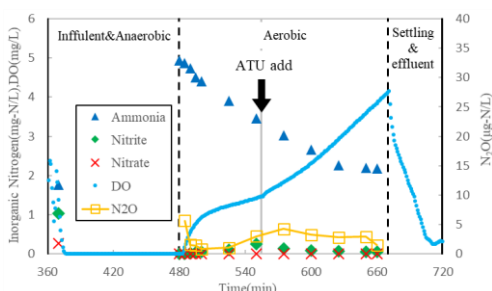


Fig3. Time course of water quality in 1 cycle (2nd)

Fig3 より ATU を添加してから DO の上昇傾向が見られた。これは ATU により AOB の活動が抑制され、Ammonia 酸化がなくなり、それによる酸素消費が少なくなったためと考えられる。ATU が硝化抑制剤として寄与していることが確認できた。またサイクル時間 480min から 550min において、Ammonia が減少し、尚且つ Nitrite が増加していることから AOB による Ammonia 酸化が行われていることが確認できた。また ATU を添加した後も Ammonia が減少しているのは、前述したように PAOs 自身による自己増殖によるものであると考えている。

Table1. Before and after the addition of nitrite (2nd)

ATU Before adding				
Cycle Time(min)	Ammonia(mg-N/L)	Nitrite(mg-N/L)	Nitrate(mg-N/L)	N ₂ O(μg-N/L)
550	3.46	0.26	0.00	2.99
ATU After adding				
Cycle Time(min)	Ammonia(mg-N/L)	Nitrite(mg-N/L)	Nitrate(mg-N/L)	N ₂ O(μg-N/L)
650	2.19	0.06	0.00	2.92

Table1 は ATU を添加する前と後での水質変化を表している。Table1 より ATU を添加する前後における Ammonia を見ると減少している。そして ATU を添加する前後における Nitrite を見ると減少している。Ammonia の減少が見られるにも関わらず、Nitrite の減少も見られることから ATU の添加により Ammonia 酸化が抑制されていると考えられる。ATU による AOB の活動を抑制する効果があることが確認できたが、ATU 添加後も N₂O が検出されていることからこの N₂O 生成は PAOs による寄与であると判断ができる。また ATU は AOB だけを阻害し、PAOs への影響はあまりないと考えられる。

5. 総括

本研究は好気条件下において亜硝酸の脱窒により N₂O を生成する PAOs に着目し、下水処理場内での様々な細菌が競合した中における PAOs による N₂O 生成の寄与を明らかにする。その前段階として、PAOs が N₂O 生成に寄与しているのかを確認し、また硝化抑制剤である ATU を用いて、PAOs と AOB の混合系での分画を試みた。実験結果より、PAOs が亜硝酸を脱窒し N₂O 生成を行っていることが確認できた。硝化抑制剤である ATU が AOB に効果があることが示唆された。

今後の課題として、AOB の Ammonia 酸化能力の把握を行う必要がある。定量的に N₂O 生成を把握できるように検討を行う必要がある。これらの課題を解決し、実下水処理場での PAOs による N₂O 生成の寄与を明らかにする。

6. 参考文献

[1] 内田ら (2012) ポリリン酸蓄積細菌の亜酸化窒素生成に及ぼす影響因子の検討と数式モデルの開発