

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

日本大学大学院
日本大学

○学生会員
正会員
正会員

内田 優希
齋藤 利晃
小沼 晋

1. 研究目的

下水処理プロセスの硝化・脱窒過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。その対策として、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な研究がなされてきたが、未だ有効な対策は確立していない。その原因の一つとして、硝化細菌や脱窒細菌以外の細菌種の寄与が考えられる。本研究ではこれまでに、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。しかしながら、PAOs の N₂O 生成能に及ぼす影響因子は明らかではなく、実プロセスにおける寄与の推定には至っていない。

そこで本研究では、脱窒能力の異なる PAOs を集積培養し、酸素分圧、亜硝酸投入濃度を変化させることで PAOs の N₂O 生成能に及ぼす影響を定量的に把握することを目的とした。

2. 実験方法

2-1 PAOs の集積培養

模擬下水をもとにして有効容積 4L の嫌気好気回分式培養装置を用いて PAOs の集積培養を行った。1 サイクル 6 時間とし、嫌気状態 180 分 (開始 10 分間は基質・水の流入)、好気状態 130 分 (終了 10 分は排泥)、沈殿 30 分、排水 10 分、待機 10 分で運転を行った。酢酸を主基質とし、炭素源 (150mgC/L)、リン (30mgP/L) となるように培養槽内に流入させた。以下の表に運転条件を示す。

表 1 運転条件		
運転条件		
条件	数値	単位
有効容積	4	L
サイクル時間	6	h/cycle
SRT	10	day
HRT	12	h
汚泥引き抜き量	0.1	L/cycle
pH制御	7.2±0.2	-

測定項目はリン濃度、TOC、MLSS、MLVSS である。リンと TOC のサンプルは基質、前サイクルの排水 (-30 分)、流入直後 (12 分)、嫌気中 (20 分) 嫌気中 (60 分)、嫌気終了直前 (180 分)、好気中 (240 分)、好気終了直前 (300 分)、排水直前 (340 分) に採取した。MLSS、MLVSS は好気終了直前のものを使用した。リン濃度は DR-多项目的迅速水質分析計(HACH)、N チューブ測定 (方法 8048 PhosVer3 法) に則り測定を

行った。TOC は TOC-5000 (株式会社島津製作所)、MLSS、MLVSS は下水試験方法に則り測定した。

2-2 N₂O 生成試験

表 2 に示す酸素分圧のバイアル瓶(125ml)を 3 本ずつ計 9 本作成し、control 系・サンプル系・pH 測定用系とした。それぞれの系に ATU0.1ml(4000mg/L)、pH 緩衝剤(0.1ml)を入れ、さらにサンプル系・pH 用系には所定の亜硝酸塩を入れた。

バイアル内に嫌気終了時の汚泥 10ml を入れて実験の開始とし、30 分攪拌後にサンプル系内のガスを採取した。採取したガスは ECD 検出器を備えたガスクロマトグラフィーにより N₂O 濃度を測定し、気液平衡関係より生成量を算出した。また、サンプル系と control 系の汚泥は直ちに 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過し、リン濃度は HACH を用い、NO₃⁻、NO₂⁻ は液体クロマトグラフィーを用いて測定した。N₂O 転換率は亜硝酸消費量当たりの N₂O 生成量として、次式に示す方法により算出した。

$$N_2O \text{ 転換率}(\%) = \frac{N_2O \text{ 生成量}}{\text{亜硝酸消費濃量}} \times 100$$

表 2 実験条件			
培養日数 (日)	亜硝酸濃度 (mgN/L)	酸素分圧 (%)	脱窒性脱リン 活性比 (-)
205	0.02	0、5、10	0.43
224			0.20
238			0.04
246	0.89		0.07
252			0.03
258			0.10
265	0.18		0.21
285			1、3、5
297		0.12	
299	0.45	0.12	

2-3 脱窒性脱リン活性試験

N₂O 生成試験時の汚泥の脱窒能力を調べるため活性試験を行い、脱窒性脱リン活性比を調べた。バイアル瓶(110ml)の無酸素槽を作成し、事前に硝酸 2ml(1000mgN/L)を投入しておく。無酸素槽に集積培養槽の嫌気終了直前の汚泥 98ml を入れて実験の開始とし、各槽からサンプルを採取する。測定項目は 2-2 と同様リン濃度、NO₃⁻、NO₂⁻ である。2 つの環境条件下におけるリン摂取速度の比から、以下の式を用いて脱窒性脱リン活性比を算出した。

脱窒性脱リン活性比 = $\frac{\text{無酸素的リン摂取速度}}{\text{好氣的リン摂取速度}}$

3. 実験結果

3-1 集積培養結果

図 1 より 65 日目前後から嫌気終了時のリン濃度が 100mgP/L に安定し、排水時のリン濃度も低い値で安定しているため、培養槽内で PAOs が優占していると考えられる。

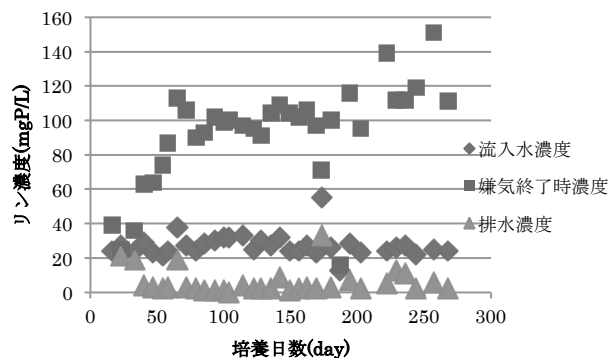
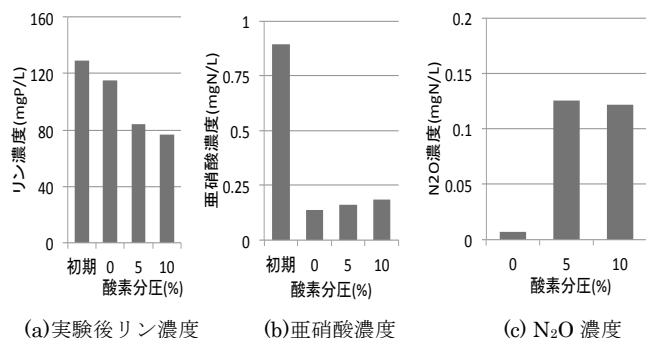


図 1 培養槽内リン濃度の経日変化

3-2 N_2O 生成試験・脱窒性脱リン活性試験結果

図 2 に 246 日、252 日での各酸素濃度におけるリン濃度、 NO_2^- 濃度、 N_2O 生成濃度を示す(共に亜硝酸投入濃度 0.89mgN/L)。リン摂取は酸素分圧が大きい程進み、 NO_2^- は酸素分圧が大きくなる程、消費が抑制された。 N_2O 生成濃度は各日とも酸素分圧 0% が最小で、酸素分圧 5%、10%においてはほぼ同じ N_2O 生成濃度を示した。252 日での N_2O 生成濃度が 246 日より高い値を示したのは、脱窒性脱リン活性比が 246 日の方が高く脱窒反応が進みやすい環境であったからだと思う。



(a) 実験後リン濃度

(b) 亜硝酸濃度

(c) N_2O 濃度

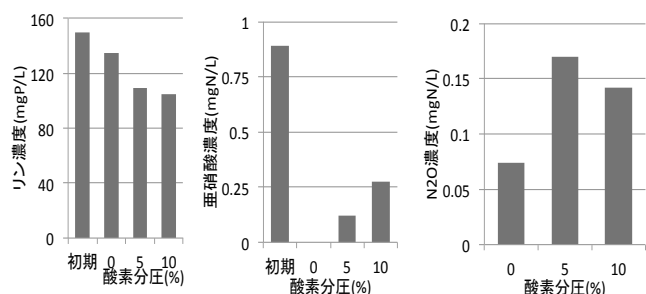


図 2 N_2O 生成試験結果

上 246 日目 (活性比 0.07) 下 252 日目 (活性比 0.03)

図 3 に酸素分圧と N_2O 転換率の関係を示す。各実験日とも酸素分圧 0% は他と比べ低い値を示し、5%、10% はほぼ同じ N_2O 転換率を示した。酸素分圧 1%、

3% での N_2O 転換率も 0% より大きい値を示していることから、酸素の存在が N_2O 生成に大きく影響を与えていると考えられる。また、258 日の結果より、亜硝酸投入濃度の大きさにも N_2O 転換率は左右され、亜硝酸投入濃度と転換率には正の相関があると考えられる。

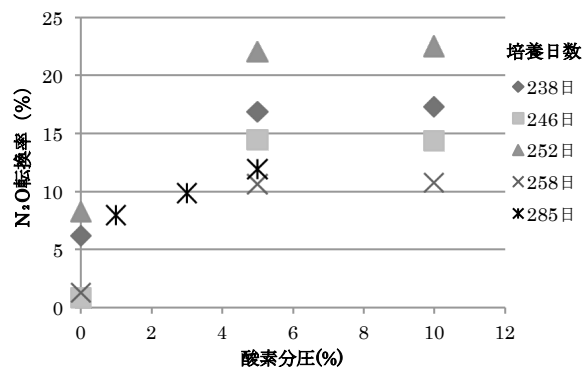


図 3 酸素分圧と N_2O 転換率

図 4 に脱窒性脱リン活性比と N_2O 転換率の関係を示す。脱窒性脱リン活性比と N_2O 転換率には負の相関がみられた。これは、脱窒性脱リン活性比が低いほど、脱窒の働きが弱くなり窒素まで還元されず、 N_2O が多く生成されたためと考えられる。

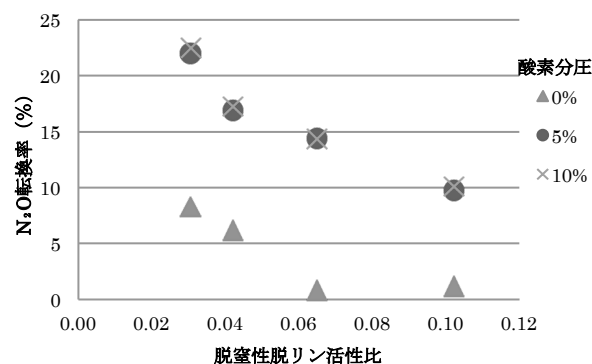


図 4 脱窒性脱リン活性比と N_2O 転換率

4. まとめ

環境条件の違いによる N_2O 生成能の違いを検証した結果、酸素の有無による差異はみられるが、酸素を有する実験系での酸素分圧の違いによる N_2O 生成濃度および N_2O 転換率への影響はないといえる。また、脱窒性脱リン活性比と N_2O 転換率には負の相関がみられ、脱窒性脱リン活性比が大きくなるほど、脱窒が進み N_2O 転換率が減少することが示された。

これらのことから、PAOs の優占している汚泥について、 N_2O 生成濃度および N_2O 転換率を低くするためには、溶存酸素をできる限り存在させず、活性比を高く保つような運転が望ましいといえる。

5. 参考文献

(1) 松橋ら(2009)ポリリン酸蓄積細菌の亜硝酸好気脱窒による亜酸化窒素ガスの生成 第 43 回日本水環境学会講演集