

H4-6

攪拌工程における一酸化窒素強制通気が亜酸化窒素生成に及ぼす影響

Effect of intentional bubbling of nitric oxide on nitrous oxide production during stirring process

○赤城大史¹, 齋藤利晃², 小沼晋²Taishi Akagi¹, Toshiaki Saito², Susumu Konuma²

Abstract: In this study, we examined the physiological function of nitric oxide (NO) produced in a trace amount in the nitrification process as an influencing factor on nitrous oxide (N₂O) production. For this purpose, nitrifying sludge were cultured with inorganic substrates in a sequencing batch reactor (SBR). Various amounts of NO were intentionally bubbled in the stirring process of the SBR cycle. Exhausted N₂O gas was monitored. When the amount of NO addition was small, the N₂O conversion ratio decreased, and when NO addition was large, the N₂O conversion ratio increased conversely. While, interestingly, a direct effect of NO on N₂O conversion ratio excluding the influence of nitrite depends on DO. From these results, it was confirmed that intentional NO bubbling could reduce N₂O production.

1. 背景及び目的

現在, 地球温暖化が全世界で問題となっており, その原因物質である温室効果ガスの削減が求められている。下水道事業から排出される温室効果ガスの 1 種である亜酸化窒素(N₂O)は, CO₂ の 265 倍の温室効果があり, 水処理過程から発生する温室効果ガスの約 11% を占めていることから, 削減効果は大きいとされている。下水処理過程では, アンモニア酸化細菌(AOB)の亜硝酸脱窒が主な N₂O 生成経路であるとされていることから, AOB の亜硝酸脱窒を抑制することが N₂O 排出抑制につながると考えられる。一方, AOB が亜硝酸脱窒を行う際には N₂O とともに NO も生成されることが知られており, NO にはアンモニア酸化活性を上昇させるという報告がある^[1]ことから, AOB による亜硝酸脱窒は NO 生成のために行っている可能性がある。すなわち, NO を外部から添加すれば亜硝酸脱窒が抑制され, ひいては N₂O 生成抑制につながるのではないかと考えられる。そこで本研究では, 攪拌工程に NO を強制通気させ, N₂O 生成に与える影響を考察した。また, DO の変化によって N₂O 生成が影響を受ける^[2]ことから, DO の影響を排除して NO が N₂O 生成に与える直接的な効果の検証を試みた。

2. 実験方法

実験には有効容積 4L の回分式反応槽を用い, アンモニア態窒素 30mgN/L を含む無機栄養塩を HRT15h で流入させ, 曝気風量 70ml/min, pH=7.05±0.05 及び水温 =20±2° に制御して硝化汚泥を培養した。また, 1 サイクル 3 時間となっており, 運転条件の概要は Table1 に示す。C.I~C.III は NO 通気を行わない通常運転である

が, C.II 及び C.III では攪拌工程に窒素ガス, NO(20)~NO(90)は攪拌工程に 200ppm の NO 及び窒素ガスを強制通気させた。

試料は, 曝気工程中に採取し, N₂O 濃度を GC/ECD にて測定した。また, 評価指標は N₂O 転換率とし, アンモニア酸化量当たりの N₂O 生成量の比で表した。

Table1. Cycle Operations

Operation		Elapsed Time (days)	Cycle Phases (min)				
Name	Period		Aeration	Settling	Drainage	Mixing	Idle
C.I	Oct.25,2016 -Nov.12	602 - 620	120	30	5	24	5
C.II	Nov.12 -Dec.6	620 - 644	120	30	5	24 with N ₂	1
NO(20)	Dec.6 -Dec.27	644 - 665	120	30	5	24 with NO	1
NO(50)	Dec.27 -Jan.12,2017	665 - 686	120	30	5	24 with NO	1
NO(90)	Jan.12 -Feb.7	686 - 707	120	30	5	24 with NO	1
C.III	Feb.7 -Feb.28	707 - 728	120	30	5	24 with N ₂	1

C.II → N₂ 70ml/min, C.III → N₂ 90ml/min, NO(20) → NO 20ml/min, N₂ 70ml/min
NO(50) → NO 50ml/min, N₂ 40ml/min, NO(90) → NO 90ml/min

3. 結果と考察

Fig.1 に N₂O 転換率及び DO の経日変化を示す。C.I で転換率は, 概ね 1.0(%)で推移していたが, C.II に変更後, 大きく減少した。この期間は水温が低下するトラブルがあり, その影響によって減少したのではないかと考えられる。C.II の末端では急激に上昇し, C.I と同等の値に回復した。その後 NO(20)に変更したところ, 転換率の上昇が抑えられ, 徐々に低下していった。NO(50)に変更後は期間中の後半で急激に増加し, NO(90)及び C.III にかけて増加していった。DO は転換率が低い状態の時に高く, 逆に高い時に低い既存の知見^[2]と同様の傾向を示した。

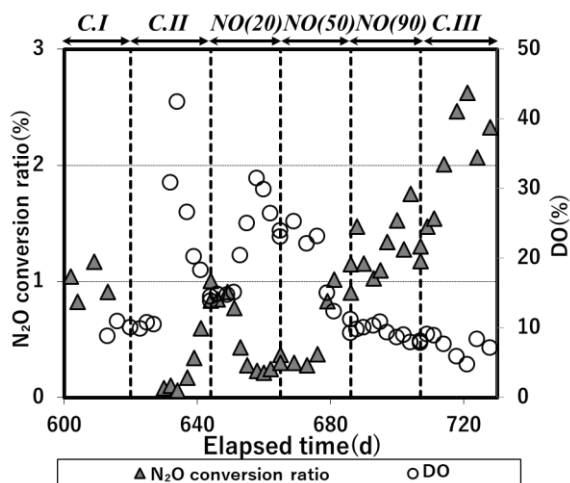


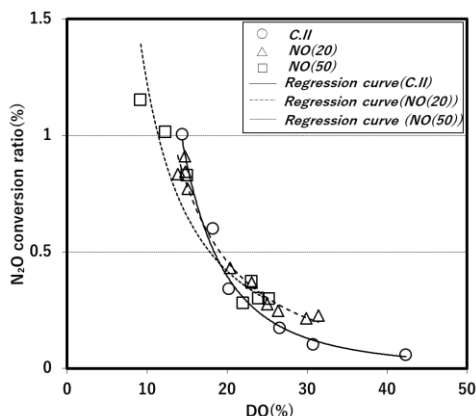
Fig.1. Course of N₂O conversion ratio and DO

転換率の増減に関与している DO の影響を排除し、NO が直接 N₂O 生成に与えた影響評価を行った(Fig.2).

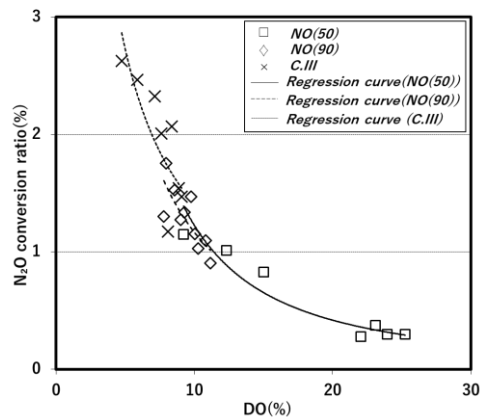
C.II と NO(20)の回帰曲線を比較すると、DO が 20% 以下では同程度の DO と比較して低い転換率を示したが、逆に DO が 20%以上では高い転換率を示した(Fig.2, i). また、C.II と NO(50)を比較したところ、同様の結果となった(Fig.2, i). 一方で C.III と NO(90)を比較したところ、同程度の DO と比較して低い転換率を示し、NO(50)と比較した結果も同様の結果であった(Fig.2, ii).

Fig.3 では、NO 通気量の違いが N₂O 生成に与えた影響を評価した。NO(20)と NO(50)を比較すると、同程度の DO と比較して低い転換率を示したが、NO(50)と NO(90)を比較したところ、ほぼ変化はなく、通気量を増加させることが必ずしも N₂O 生成の低下につながる可能性がある。

通気量及び通気時の DO の違いによって NO が N₂O 生成に与える影響は異なり、逆に N₂O 生成を高めてしまう可能性もあるが、NO 通気条件によっては、NO は N₂O 生成を抑制する可能性がある。

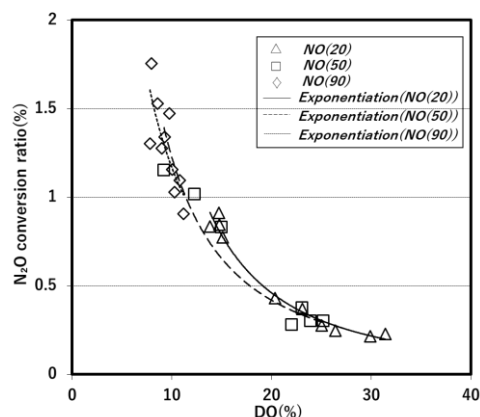


(i) Comparison between C.II, NO(20) and NO(50)



(ii) Comparison between NO(50), NO(90) and C.III

Fig.2. Effect of NO addition on relationship between N₂O conversion ratio and DO



(iii) NO(90) and C.III

Fig.3. Effect of NO exposure intensity on N₂O conversion ratio

4. 総括

本研究では、攪拌工程に NO を強制通気させ、N₂O 生成に及ぼす影響を評価した。DO の影響を排除したところ、全ての運転条件で N₂O 生成の低下が確認され、NO が N₂O 生成を抑制する可能性が示唆された。しかし、通気条件によっては、N₂O 生成を高めてしまうことも示唆された。すなわち、DO が 20%以下であれば N₂O 生成を低下させ、逆に DO が 20%以上の場合には逆に高める結果が得られた。このことから、通気時の DO によって NO が N₂O 生成に与える影響が異なる可能性があると考え、今後は NO 通気時による DO の影響を明らかにしていきたいと考えている。

5. 参考文献

- [1] Zart 他 (2001) *Antonie van Leeuwenhoek*, Vol.77, 49-55
- [2] Furuya 他 (2013) *Journal of Water and Environment Technology* Vol. 11, 477-486