

一酸化二窒素排出量に着目した 標準活性汚泥法と擬似嫌気好気法における処理特性の比較

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 ○川住 亮太
国土交通省国土技術政策総合研究所 道中 敦子
国土交通省国土技術政策総合研究所 大西 宵平
国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 山下 洋正

1. はじめに

地球温暖化防止対策の一環として、公共部門においても地球温暖化ガス（GHG）排出量の削減が進められている。下水道事業から排出される GHG には、二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）があるが、この中でも水処理・汚泥処理過程で排出される N₂O は、CO₂ の約 310 倍の温室効果を有し、下水道事業全体の GHG 排出量に占める割合は無視できない¹⁾。汚泥処理においては、高温焼却の実施により N₂O 排出量削減が可能と報告されているが、水処理における排出実態については依然として不明な点が多く残されている。

本稿では、下水処理方式ごとの N₂O 排出特性の把握を目的として、実下水を用いたベンチスケール実験により N₂O 排出量の測定及び窒素・有機物処理特性の把握を行った。

2. 実験方法

実験は、実下水処理場内の実験施設に設置した完全覆蓋型活性汚泥処理実験装置（図-1）において行った。本装置は、6 つの反応槽（6.6L/槽）と最終沈殿池（13.2L）から成り、原水として当該下水処理場の流入下水を沈殿処理したものをを用いた。

運転条件を表-1 に示す。期間 1（Day0～18）では、RUN1、RUN2 とともに標準活性汚泥法（標準法）で運転を行い、期間 2（Day18～35）では、曝気風量を調節することで、RUN1 を嫌気好気法（AO 法）に、RUN2 を擬似嫌気好気法（擬似 AO 法）にそれぞれ変更した。

実験期間中は、1 週間に 2 回ガス採取及び採水を実施した。ガス態 N₂O の測定は、各反応槽からテトラバッグに採取し、ECD/GC（島津製作所製 GC-8A）により行った。溶存態 N₂O の測定は、20%グルコン酸クロルヘキシジン溶液を添加したバイアル瓶に試料を密封し、ヘッドスペース法（温度 40℃、恒温時間 150 分、Tekmar-DOHRMANN 社製 HEADSPACE Autosampler tekmar 7000）により行った。また、採水試料は

ガラス繊維ろ紙でろ過した後、Bran-Luebbe 社製 TRAACS2000 により NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N を、島津製作所製 TOC-5000A により DOC を測定した。なお、本稿では NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N の和を DIN と表す。

3. 結果

1) 処理法ごとの N₂O 排出係数の比較

処理法の変更による N₂O 排出係数の推移を図-2 に示す。ここで、N₂O 排出係数は、各反応槽のガス態 N₂O 排出量と放流水の溶存態 N₂O 排出量の総和を流入水量あたりで表したものである。期間 1 では、立ち上げ直後の Day4 を除くと RUN1、RUN2 とともに平均 663mg/m³ で推移し、両者は同様の変動傾向を示した。一方、期間 2 では、RUN1、RUN2 とともに期間 1 から 20%以下に減少し、処理方式切り替え直後

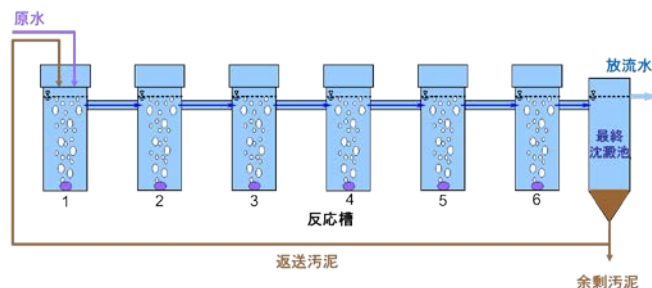


図-1 実験装置の模式図

表-1 実験条件

		RUN1	RUN2
処理方式	Day 0～18	標準法	標準法
	Day 18～35	AO 法	擬似 AO 法
曝気風量 (L/min)	Day 0～18	全槽： 1.0	
	Day 18～35	前段 2 槽： 0 後段 4 槽： 1.0	前段 2 槽： 0.1 後段 4 槽： 1.0
原水 DIN (mg/L)		14～22 (平均 19)	
原水 DOC (mg/L)		23～40 (平均 32)	
原水水温 (℃)		14～19 (平均 18)	
原水流量 (mL/min)		120～210 (平均 140)	100～200 (平均 130)
返送汚泥率 (%)		30～70 (平均 55)	
MLSS (mg/L)		2,100～3,200 (平均 2,700)	2,200～3,300 (平均 2,700)
HRT (hr)		4.2～7.7 (平均 6.5)	4.5～8.8 (平均 7.1)

キーワード 一酸化二窒素、下水処理、地球温暖化対策、擬似嫌気好気法、省エネルギー化

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 国土交通省国土技術政策総合研究所 TEL. 029-864-3933 E-mail : kawasumi-r92ta@nilim.go.jp

の Day20 を除いた平均は RUN1 で $106\text{mg}/\text{m}^3$, RUN2 で $58\text{mg}/\text{m}^3$ であった。

2) 各反応槽の N_2O 排出特性

各反応槽からの N_2O 排出係数のうち代表的なデータとして、Day11 及び Day28 の測定結果を表-2 に示す。Day11 では、RUN1, RUN2 どちらも前段で大きく、後段ではガス態、溶存態ともにほとんど排出されていない。一方、Day28 では、前段の嫌気槽ではガス態、溶存態ともに排出はほとんどなく、第3槽以降での排出量が大きいものの、好気槽の1槽目であるDay11の第1槽とDay28の第3槽を比較すると、10%以下にまで減少している。

3) 処理法ごとの窒素・DOC の処理特性

標準法、AO 法及び擬似 AO 法の処理能力の比較のため、Day11 及び Day28 における $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 及び DOC 濃度を図-3 に、DIN と DOC の除去率を図-4 に示す。ここで、図-3 中の流入は、原水と返送汚泥を流量平均したもの、図-4 の除去率は、原水と放流の差を原水で除したものである。Day11 では、RUN1, RUN2 ともに第1槽から硝化が進行し、第4槽では DIN のほぼ全てが $\text{NO}_3\text{-N}$ に転換されている。Day28 では、RUN1 と RUN2 の処理能力に大きな違いは見受けられず、期間2中の平均的な DIN 除去率は期間1と比較して約10%向上し、DOC については同程度であった。

4. 考察

水処理における N_2O 排出は、硝化及び脱窒過程で起こるとされているが、今回の実験においては表-2 及び図-3 から、硝化過程でほとんどの N_2O が排出されていると考えられた。既往の研究においては、曝気風量の制御により N_2O 排出量を削減したと報告²⁾されており、本実験においても曝気風量を制御することで N_2O 排出量が削減できる可能性が示唆された。また、期間2のAO法及び擬似AO法においては、DIN 除去率が向上しているが、これは硝化脱窒同時処理³⁾が進行した可能性が考えられる。

5. まとめ

実下水を用いたベンチスケール実験で N_2O 排出量を測定した結果、標準法と比較してAO法及び擬似AO法では約20%以下と非常に小さい結果となった。リン除去あるいは省エネを目的としてこれらの処理方式を導入している下水処理場においては、副次的に N_2O 排出量を削減でき、効果的な地球温暖化対策となり得る可能性を示唆している。

今後は、さらなる解析を進めて各種パラメータと N_2O 排出の関係性を明らかにするとともに、水処理における N_2O 排出量抑制方策について検討を行っていく予定である。

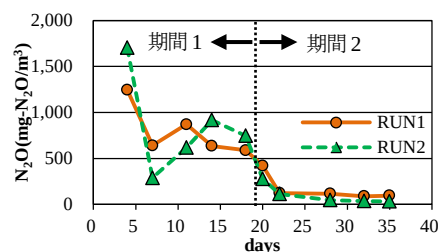


図-2 処理法の変更による N_2O 排出係数の推移

表-2 Day11, Day28 における各反応槽からの N_2O 排出係数 ($\text{mg}\cdot\text{N}_2\text{O}/\text{m}^3$)

	流入	1	2	3	4	5	6	放流
RUN 1 (Day11)	ガス態	-	433.0	260.6	101.3	40.5	25.6	5.4
	溶存態	5.3	111.0	30.3	47.4	20.9	8	5.2
RUN 2 (Day28)	ガス態	-	324.1	163.5	40.7	68.8	13.9	1.3
	溶存態	36.0	288.9	47.4	75.6	28.5	6.4	4.7
RUN 1 (Day11)	ガス態	-	0.0	0.0	33.8	25.4	19.4	14.9
	溶存態	42.5	3.9	3.9	16.7	20.3	92.2	42.7
RUN 2 (Day28)	ガス態	-	1.2	0.0	13.8	15.1	8.1	3.1
	溶存態	30.3	4	3.5	6.1	13.9	7.4	3.8

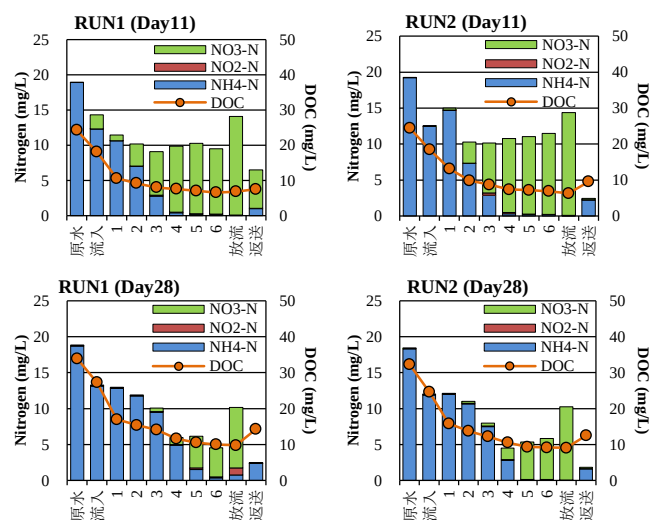


図-3 Day11, Day28 における DIN, DOC の処理特性

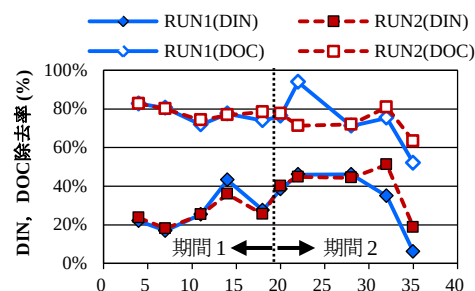


図-4 処理法ごとの DIN, DOC 除去率の推移

参考文献

- 1) 下水道における地球温暖化防止対策検討委員会：下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き，2009年3月。
- 2) 草野ら：ORP 計を用いた送風量制御による一酸化二窒素の排出量削減効果の検討，第50回下水道研究発表会講演集，2013年7月。
- 3) 岸野ら：好気槽における脱窒促進運転について，東京都下水道局技術調査年報2012，2013年1月。