

下水処理場における反応槽終端から処理水放流における亜酸化窒素の発生

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○佐々木直斗 非会員 大友 渉平 正会員 増田周平
秋田県立大学 非会員 岡野邦宏 東北大学 非会員 佐藤丈実 正会員 西村 修

1 はじめに

近年締結されたパリ協定では、温室効果ガスの削減を地球規模で削減する方針が確認され、わが国においても温室効果ガス(GHG_s)を 2013 年比で 26%削減することを目標としている。亜酸化窒素(N_2O)は、 CO_2 ・メタンなどと共に代表的な GHG_s であり、 CO_2 の約 300 倍・メタンの約 12 倍の温室効果能を有している。

N_2O の主な発生源の一つとして、排水処理が挙げられている。わが国の下水処理場で発生する N_2O の主な発生源は、汚泥焼却によるものと、反応槽での硝化・脱窒反応に由来するものと考えられている。しかし、水処理工程における最終沈殿池や消毒槽でも N_2O が発生する可能性があり、最終沈殿池では硝化・脱窒反応によって生成¹⁾、消毒槽では次亜塩素酸と水中のアンモニアの反応によって生成²⁾される可能性がある。

そこで本研究では、特に反応槽以降での N_2O の生成に着目し、下水処理場の反応槽及び処理水で N_2O の測定を 1 日を通して行い、その発生特性を調査した。

2 研究方法

2-1 調査対象

調査対象は秋田臨海処理センターとした。図 1 に秋田臨海処理センターの下水処理工程を示す。秋田臨海処理センターは、計画処理人口 335,900 人、流入下水量は約 80,400 m^3 /日(H26 実績)、処理方式は標準活性汚泥法である。水処理工程は、沈砂池・最初沈殿池・反応槽・最終沈殿池・消毒槽から構成される。また反応槽は第一槽・第二槽・第三槽・第四槽と四つの反応槽から構成されており、第一槽は疑似嫌気槽、第二槽、第三槽、第四槽は好気槽となっている。

2-2 調査方法

調査は、2015 年 8 月 19 日から 20 日にかけてと 11 月 25 日に行った。8 月の採水は流入水、反応槽流入水、

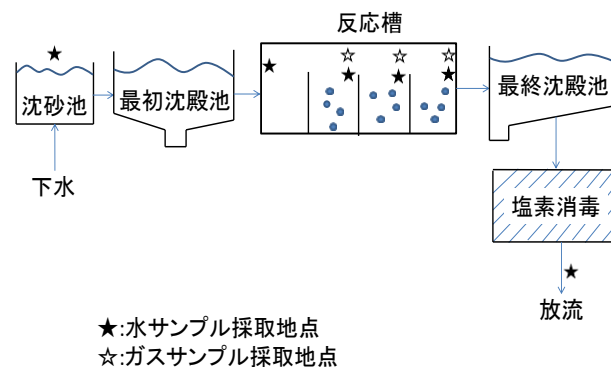


図 1 秋田臨海処理センターの下水処理工程

第二槽、第三槽、第四槽、処理水において午前 9 時から翌日の午前 6 時まで、3 時間おきの 9 時、12 時、15 時、18 時、21 時、24 時、3 時、6 時に行った。また、11 月の採水は流入水、反応槽流入水、第二槽、第三槽、第四槽、最終沈殿池、処理水において 11 時に 1 回のみ行った。

反応槽では各反応槽の末端において水サンプルとガスサンプルを採取した。各地点においてバケツを用いて採水し、60ml シリンジと 0.45 μm メンブレンフィルターを用いて濾過を行った。また、処理水は濁度測定ユニット内から直接採取した。

2-3 測定項目および分析方法

現場において、水温、pH、DO を測定し、現場で採取した水サンプルから T-N、 NH_4 、 NO_2 、 NO_3 、 N_2O を分析した。T-N、 NH_4 は DR890(HACH.CO)、 NO_2 、 NO_3 は QuAAtro2(BLTEC)を用いて分析を行った。また N_2O はガス態と溶存態を測定した。ガス態はチャンバー法を用いて反応槽からガスを採取した。また、溶存態は 70ml のバイアル瓶に水サンプルを採取し、グルコン酸クロ

キーワード：下水処理場，亜酸化窒素，溶存態，温室効果ガス

連絡先：〒011-8511 秋田市飯島文京町 1-1 秋田工業高等専門学校 増田周平 E-mail: masuda@akita-nct.ac.jp

ルヘキシジン 5%液を 2ml 添加した。その後、実験室へ運搬し、ガス態は直接、溶存態はヘッドスペース法により、890N Network Gas Chromatograph (Agilent Technologies)を用いて分析を行った。

3 結果および考察

3-1 各ユニットにおける水質の傾向

表 1 に通日調査における各地点の測定結果の平均値を示す。これより、反応槽の第二槽および第三槽においては、DO は低く、NH₄の減少や NO₂の蓄積もほとんど見られなかった。一方で、第四槽では、DO は 4.34mg/l、NO₂は 0.74mg/l と他の反応槽よりも高かった。このことから、第四槽においてはわずかに硝化反応が進行していたと考えられる。また第四槽と処理水を比べると NH₄が減少しており、NO₂および NO₃が増加していた。このことから反応槽流出後において、NH₄が酸化される反応が起きていたと考えられる。

なお、11 月の水質の傾向も 8 月の測定結果と同様であり、反応槽においては第四槽において DO および NO₂が増加していた。また、反応槽流出から処理水にかけても NH₄の減少と NO₂および NO₃の増加が見られた。

3-2 各ユニットにおける N₂O の傾向

図 2 に各ユニットにおける N₂O の時間変動を示す。これより反応槽では第四槽の 9 時の時点のみで高く、それ以外では、全ての反応槽において N₂O はほとんど検出されなかった。一方で、処理水では 9 時以外のどの時間帯を見ても N₂O が他の地点よりも高く検出されていた。第四槽と処理水の値を平均値で評価すると、第四槽が 1.9μg/l に対して、処理水では 12.6μg/l と約 6.6 倍に増加しており、反応槽流出以降に N₂O の増加が見られた。したがって、N₂O は最終沈殿池及び消毒槽で生成されていたと推察される。

それぞれのユニットにおけるメカニズムは以下のよう
に考えられる。最終沈殿池においては、第四槽においてわずかながら硝化反応が進行していたことから、沈降過程において硝化反応が進行し、それにともない N₂O が生成した可能性がある。また消毒プロセスにおいては、次亜塩素酸と NH₄が反応を起こしてジクロラミンが生成する過程において、副産物として N₂O が生成された可能性がある²⁾。

表 1 各ユニットにおける水質測定結果

	DO	T-N	NH ₄	NO ₂	NO ₃	N ₂ O
流入	—	—	29.25	0.08	0.01	—
反応槽流入	0.64	36.2	28.25	0.0075	0.03	—
第二槽	0.7	30.15	29.63	0.02	0.0025	1.3
第三槽	0.49	29.3	28.88	0.02	N.D.	0.72
第四槽	4.34	27.5	27.13	0.74	0.07	1.9
処理水	—	—	23.75	2.3	0.52	12.63

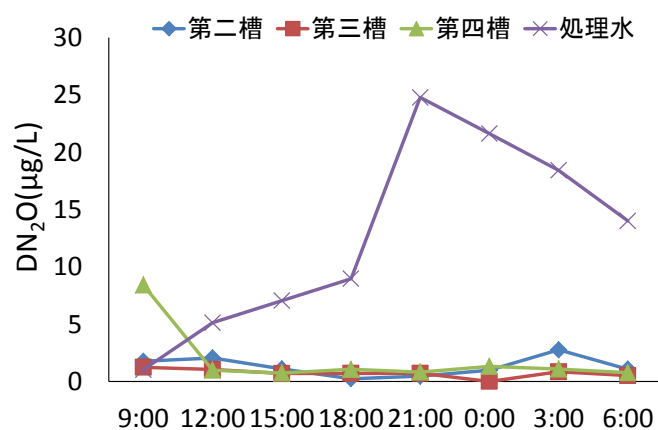


図 2 各ユニットにおける N₂O の時間変動

なお、11 月の調査における第二槽、第三槽、第四槽、処理水の N₂O 濃度は、それぞれ 0.65μg/l、1.29μg/l、1.21μg/l、16.9μg/l であった。N₂O 濃度は第四槽から処理水に至る段階で約 14 倍増加しており、8 月と同様の傾向が見られた。

4 まとめ

本研究では反応槽以降の水処理ユニットでの N₂O の発生特性に注目して調査を行った。その結果、N₂O 濃度は反応槽終端から放流水に至るまでに増加しており、その要因は最終沈殿池における硝化脱窒反応、あるいは消毒プロセスにおける化学的生成によるものと考えられた。

参考文献

- 1) 増田周平他, 下水処理水に含まれるメタンおよび亜酸化窒素の排出量に占める溶存態成分の割合, 用水と廃水, 55(3)59-66, 2013
- 2) 田中利昭他, クロラミン類生成に関する新たな知見と浄水処理での低減化への適用, 水道協賛雑誌, 79(6)2-12, 2010