

硝化抑制運転による N₂O 排出抑制効果と N₂O 排出係数の実測について

横浜市 ○毛利 崇希・小泉 雄一郎・川口 進太郎・岩崎 章展・佐々木 恵子・仲田 佳祐
神谷 成行・新村 聰士
神南 みよ子・黒田 双葉

1. はじめに

横浜市では、下水道事業における地球温暖化対策として「下水道脱炭素プラン」で具体的な取組を定め、2050 年度の温室効果ガス排出量実質ゼロを目指している。その取組の一環として、西部水再生センターにおいて、令和 5 年 3 月から省エネルギーを目的とした硝化抑制運転を一部の系列で試験的に実施している。令和 5 年度冬季には、温室効果ガスである一酸化二窒素（以下、N₂O）の測定を行い、硝化抑制運転による N₂O 発生抑制効果について確認し、昨年報告している。令和 6 年度は、四季を通して N₂O を実測し、硝化抑制運転における N₂O 排出係数を求めたので報告する。また、これに送風量削減による電気量削減効果を合わせ、硝化抑制運転による処理場全体としての温室効果ガス抑制効果も報告する。さらに、N₂O 測定において、自動測定器による連続モニタリングに加え、ガス捕集器を用いた定期サンプリングを実施し、サンプリング方法による N₂O 測定結果の違いについて確認したので、こちらも併せて報告する。

2. 概要

（1）西部水再生センターについて

横浜市内の水再生センターの配置図を図-1、西部水再生センターの概要を表-1 に示す。西部水再生センターは横浜市の南西部に位置し、相模湾に通じる境川を放流河川としている。

表-1 西部水再生センター概要

| | | | |
|--------|-----------|--------|--------------------------|
| 計画処理面積 | 3,813ha | 計画処理能力 | 106,400m ³ /日 |
| 計画処理人口 | 270,300 人 | 処理方法 | 標準活性汚泥法 |



図-1 水再生センター配置図

（2）硝化抑制運転と N₂O 測定について

西部水再生センターの硝化抑制運転は、瀬戸内海等で行われている栄養塩類の能動的管理運転を参考に、硝化細菌の増殖抑制を行うことで硝化の進行を抑制している。具体的には 6 セルある標準活性汚泥法の反応タンクのうち、前段の 1 から 3 セル目までを疑似嫌気槽に変更することで、A-SRT を短縮し、硝化細菌の増殖を抑制している。後段となる 4 から 6 セル目の好気槽では、主として有機物処理を促進している。対照とする硝化促進系列では 1 セル目を疑似嫌気槽とし、2 から 6 セル目の好気槽で硝化及び有機物処理を促進している。それぞれの反応タンクの槽割及び処理フローを図-2 に示す。

N₂O 測定は、『下水処理に伴う一酸化二窒素排出量の実態把握に向けた調査マニュアル（案）』に基づき、反応タンク脱臭ダクトにおける連続モニタリングと、反応槽における定期サンプリングの 2 通りの方法で行った。各方法の概要および実施期間について、表-2 に示す。また、サンプリング場所については図-2 に記載している。

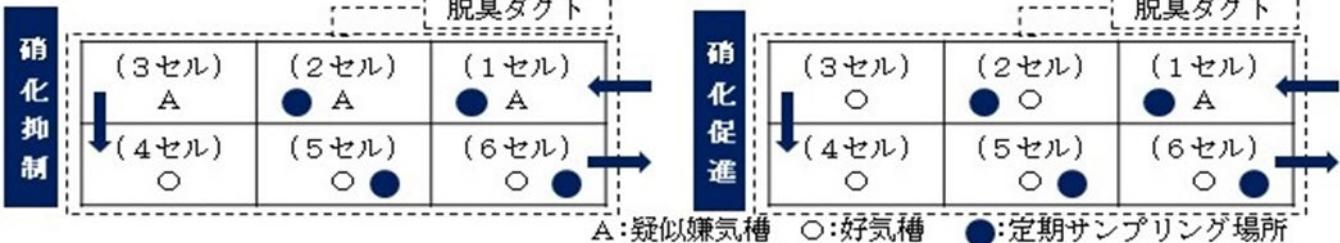


図-2 反応タンクの槽割と処理フロー及びサンプリング場所

表-2 N₂O 測定概要

| 調査方法 | 連続モニタリング | 定期サンプリング |
|---------|--|------------------------------|
| ガスの採取場所 | 反応タンク脱臭ダクト (各池集合管) | 反応タンク覆蓋の採水口 |
| 測定方法 | 自動連続測定 (非分散形赤外線吸収法) | ガス捕集器、ガスクロマトグラフ |
| ガスの流量 | 脱臭ダクトの断面積と内部の風速より算出 | 曝気風量より算出 |
| 実施時期 | 春季：2024.5.20～6.3 夏季：2024.8.26～9.8 秋季：2024.11.11～25 冬季：2025.2.17～3.3 | 夏季：2024.9.3 秋季：2024.11.14 |

3. 結果

(1) N₂O 測定結果

連続モニタリングにより得た季節ごとの排出係数を表-3に示す。硝化促進系列では、季節による変動が小さく、年間平均値は環境省が示す標準活性汚泥法による排出係数 (142 mg-N₂O/m³) と大きな差は無かった。硝化抑制系列の排出係数については、季節毎のばらつきはあるものの、年間平均では硝化促進系列の約 16%となつており、硝化抑制運転による N₂O 発生抑制効果を通年で確認することができた。

サンプリング方法の違いによる排出係数の違いを確認するため、夏季と秋季に実施した定期サンプリングと、連続モニタリングの時間帯別 N₂O 排出量を比較した結果を図-3に、それぞれから算出した排出係数を表-4に示す。夏季、秋季ともに、硝化促進系列はほぼ同水準の排出量が得られ、排出係数も近い値となつた。一方、夏季の硝化抑制系列の N₂O 排出量は全時間帯で 2～3 倍の差が見られ、排出係数も約 3 倍の値となつた。この要因として、系列内の各池で N₂O 発生量に差異があり、定期サンプリングではサンプリングし

表-3 通年の N₂O 排出係数 (mg-N₂O/m³)

| | 硝化促進 | 硝化抑制 |
|----|------|------|
| 春季 | 140 | 0.67 |
| 夏季 | 160 | 55 |
| 秋季 | 110 | 6.5 |
| 冬季 | 210 | 36 |
| 平均 | 155 | 25 |

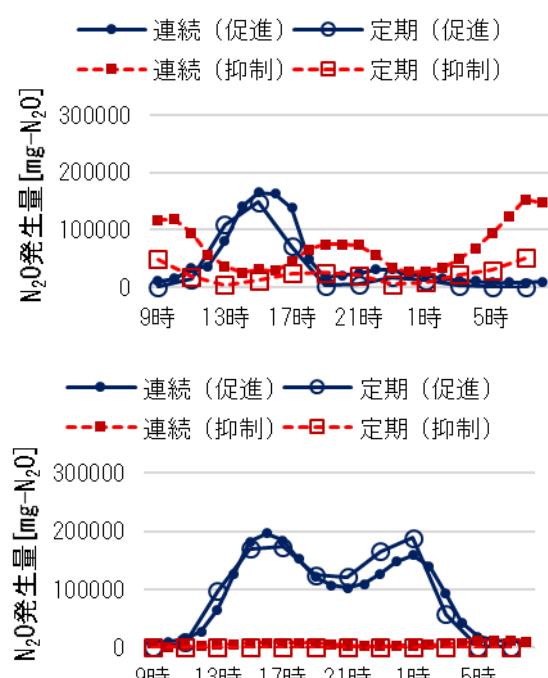


図-3 サンプリング方法ごとの時間帯別 N₂O 発生量 (上段：夏季、下段：秋季)

表-4 測定方法ごとの N₂O 排出係数 (mg-N₂O/m³)

| 時期 | 方法 | 硝化促進 | 硝化抑制 |
|---------------|----|------|------|
| 夏季 (9/3) | 連続 | 30 | 44 |
| | 定期 | 21 | 15 |
| 秋季 (11/14) | 連続 | 110 | 7.4 |
| | 定期 | 110 | N.D. |

ていない池からの発生量が多かった可能性が考えられる。

夏季の硝化抑制系列で排出係数が高くなっているのは、降雨の影響により硝化が進んだことが要因として考えられる。図-4に、夏季の各反応槽における亜硝酸性窒素濃度とN₂Oガス濃度の時間帯別グラフを示すが、反応槽内で亜硝酸性窒素が蓄積しており、蓄積量の増加に連動してN₂Oガス濃度も上昇することが確認できた。また、表-3において冬季のN₂O排出係数も高くなっているが、これは冬季に流入する有機物負荷が増加したため、DO設定値を上げて運転していたことにより、わずかだが亜硝酸性窒素の蓄積が起り、N₂O排出量が増加したものと考えられる。

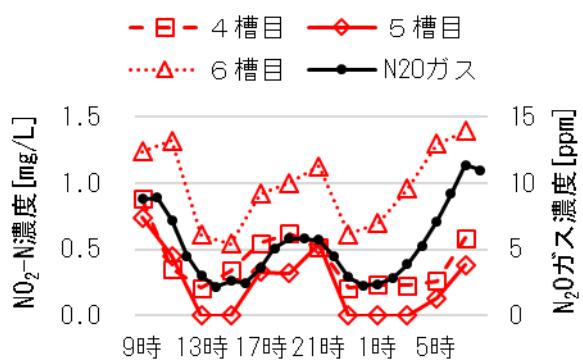


図-4 夏季の硝化抑制系列における亜硝酸性窒素濃度とN₂O濃度の関係

(2) 硝化抑制運転におけるCO₂排出量削減効果

令和6年4月から令和7年2月にかけて、当センターの三分の一にあたる系列で硝化抑制運転を実施した。硝化抑制運転では送風量を削減できることから、全系列で完全硝化促進運転を実施していた令和3年度と比較して、年間のプロワ電力量は62万kWh低減した。これは、二酸化炭素(以下CO₂)約300t分に相当する。また、当センターの令和5年度の二次処理水量は21,980,780m³であり、その三分の一を硝化抑制運転で処理した場合、通年で得た硝化抑制運転の排出係数と環境省の排出係数でN₂O発生量を算出して比較すると、硝化抑制運転では年間約0.86tのN₂O発生を抑制することができ、CO₂換算では年間約230tの発生を削減できたことになる。

これらを合わせると、硝化抑制運転によるCO₂排出量削減効果は年間約530tであり、令和3年度の当センターのCO₂排出量は約5,500tであることから、硝化抑制運転の実施により、当センターからのCO₂排出量を約9.6%削減することができた。

4. まとめ

四季を通してN₂O測定を実施することで、硝化抑制運転ではN₂O排出係数を硝化促進運転の約16%に抑えられることを通年で確認できた。当センターの三分の一の系列で硝化抑制運転を実施することにより、送風量削減効果と温室効果ガス発生抑制効果を合わせ、当センターからの温室効果ガス発生量をCO₂換算で年間約530t削減することができた。一方で、今後は温暖化対策と放流水質のバランスが課題となるので、硝化抑制運転による放流河川への影響も調査していきたい。

また、連続モニタリングと定期サンプリングの2通りの方法でN₂O測定を行い、硝化促進系列においては同水準の結果が得られることを確認できた。今回得た測定ノウハウを活用し、脱臭ダクトが設置されていない他センターにおいても、N₂Oの実態調査を行っていきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所 下水処理に伴う一酸化二窒素排出量の実態把握に向けた調査マニュアル(案)
- 2) 国土技術政策総合研究所 下水道技術開発会議エネルギー分科会(2023.9.4) 資料7

問合わせ先：横浜市下水道河川局下水道施設部水質課

TEL: 045-621-4343 E-mail: gk-suishitsu@city.yokohama.lg.jp