

# 終了課題成果報告書

研究テーマ名	下水処理プロセスにおけるN <sub>2</sub> O生成ポテンシャルの評価						
研究担当者(共同研究者含む)	見島伊織 (水環境担当) 埼玉県下水道局、埼玉県下水道公社、茨城大学、日本大学						
実施期間	平成 24 年度 ~ 平成 26年度 (3 年)						
研究区分	自主研究事業						
研究費(千円)	24年度	25年度	26年度	年度	年度	研究費合計	備考
	全体経費	2,500	577	405	—	—	3,482
	関連外部資金	1,830					1,830
環境基本計画上の位置付	(目標) II 持続可能な循環型社会の構築 (施策) 8 地球温暖化防止対策等の地球環境問題への対応						
背景と目的(目標設定)							
<p>現在、地球温暖化が世界的な問題となっており、温室効果ガス(GHG<sub>s</sub>)の発生抑制は急務の課題である。埼玉県においては、下水道局からのGHG<sub>s</sub>排出が全機関の58%を占めていることから、下水処理場由来のGHG<sub>s</sub>排出抑制が求められている。下水処理施設においては、エネルギーの消費の他に窒素除去過程においてGHG<sub>s</sub>であるN<sub>2</sub>Oが排出されており、処理条件によっては排出量が大きく異なることが知られている。よって、N<sub>2</sub>O生成ポテンシャルやN<sub>2</sub>O排出量の変化を議論することで、N<sub>2</sub>O生成経路の特定やN<sub>2</sub>O排出量を低減できる条件を考察すること、処理施設全体から排出される環境負荷を評価することを本研究の目的とした。</p>							
研究内容(緊急性・必要性、新規性・独創性)							
<p>下水処理場においては、国が定めた係数を用いてN<sub>2</sub>O排出量を計算しているが、これまでのN<sub>2</sub>O排出量の調査では多種多様な排出量の報告例があり、処理条件が違えばN<sub>2</sub>O排出量が大きく異なる。また、同一の施設においても季節によってN<sub>2</sub>O排出量には変動があることも報告されている。これらのことから、N<sub>2</sub>O排出量を正確に算定するには、同一の排出係数を用いて計算するのではなく、処理施設から排出されるN<sub>2</sub>Oのポテンシャルを測定し、排出係数を場合分けするなどして使用することも必要である。速度論に基づいたポテンシャルの評価は、N<sub>2</sub>O排出量の施設間及び施設内の変動を求める際にも有用である。以上のことから、本研究では、曝気風量などに変化があり、窒素除去特性が大きく変化した下水処理施設の処理水窒素濃度、N<sub>2</sub>O排出量、硝化に関連する細菌数などの調査を継続して行った。また、硝化が完全に進行している施設及び硝化が抑制されている施設の活性汚泥を使用し、窒素源を強制的に添加した際のN<sub>2</sub>O生成ポテンシャルを評価するための条件について検討した。以上の結果を合わせ、硝化の進行とN<sub>2</sub>O生成の反応経路を考察するとともにN<sub>2</sub>O排出を低減できる条件を検討した。さらに、同下水処理場の異なる条件において、電力消費に由来するCO<sub>2</sub>排出や窒素除去過程でのN<sub>2</sub>O排出、水環境への全窒素やNH<sub>4</sub>-N排出などの環境負荷を総合的に評価するモデルを構築し、運転条件の相違による環境負荷削減効果を比較検討した。</p>							
成果の概要(目標達成度)							
<p>N<sub>2</sub>Oの生成に関連する窒素代謝速度を調査する条件を選定するため、埼玉県内にある農業集落排水処理施設(施設A)、同じく埼玉県にあり標準活性汚泥法で運転されている下水処理施設(施設B)の活性汚泥を用いて室内回分試験を行った。まずは、窒素源の濃度や反応時間を変化させて実験を行ったところ、添加したNO<sub>2</sub>-Nが増加するに従い生成したN<sub>2</sub>Oは増加した。また、時間経過に従って生成したN<sub>2</sub>Oは増加した。これらの結果から、初期NO<sub>2</sub>-N添加を5mg/Lとし、反応時間を1hとすることでN<sub>2</sub>O生成活性を測定することとした。硝化の制御が観察された施設Bの活性試験においては、硝化を抑制した運転をした際は、NO<sub>3</sub>-N生成活性が低く、N<sub>2</sub>O生成活性が高かった。また、硝化を促進した運転をした際は、NO<sub>3</sub>-N生成活性が高く、N<sub>2</sub>O生成活性が低くなった。これは、亜硝酸酸化細菌(NOB)の活性が低い際にはアンモニア酸化細菌(AOB)によるNO<sub>2</sub>-N還元が卓越し、NOBの活性が高まるとNOBのNO<sub>2</sub>-N酸化が卓越することによって生起すると考えられた。一方で、分子生物学的手法から、AOB及びNOBを定量すると、硝化が完全に進行した際には<i>Nitrosopira</i>が多量に観察された。よって、<i>Nitrosopira</i>が多量に発現するように硝化反応を進行させることで、N<sub>2</sub>O排出</p>							

を抑制できると考えられた。以上のように、本研究では、 $N_2O$ 生成ポテンシャルの測定方法を確立し、実処理施設において $N_2O$ 生成ポテンシャルを評価できた。また、本評価を応用して、 $N_2O$ 生成経路を特定すること、 $N_2O$ 排出量を低減できる条件を考察することを可能とした。

施設Bの硝化促進や硝化抑制の条件において、環境への負荷を統合的に評価するため、 $NH_4-N$ 排出に伴う生態毒性の影響をモデル化した。既存の評価モデルと本モデルを統合して、施設Bの評価を行った結果、人間健康や社会資産に与えるGHGsの影響は比較的少ないことがわかった。全体として、硝化抑制においては処理水の $NH_4-N$ の生態毒性の影響で硝化促進よりも環境負荷が大きかった。以上より、下水の処理において排出される環境影響を削減するためには、下水処理場にて硝化を行うことが肝要と考えられた。このように、下水処理施設における運転条件の相違による環境負荷削減効果を比較することに成功した。

#### 成果の公表(発表・投稿、講演会の開催、報道機関の活用、特許取得等)

##### 【論文】

- 1)見島伊織、吉田征史、藤田昌史:実下水処理施設における硝化プロセスの $N_2O$ 生成ポテンシャルの解析、水環境学会誌、Vol.37、No.6、p.219-227、2014
- 2)I. Mishima、N. Yoshikawa、Y. Yoshida、K. Amano:Development of an Integrated Environmental Impact Assessment Model for Assessing Nitrogen Emissions from Wastewater Treatment Plants、Journal of Water and Environment Technology、Vol.14、No.1、p.6-14、2016

##### 【記事】

- 1)見島伊織: $N_2O$ と私、そして地環研、水環境学会誌、Vol.38(A)、No.9、p.345-349、2015

##### 【学会発表】

- 1)見島伊織、伊藤耕輔、吉田征史、藤田昌史:消費電力抑制のための運転条件変更が窒素除去および $N_2O$ 生成に与える影響、第49回下水道研究発表会、2012
- 2)I. Mishima、Y. Yoshida、M. Fujita:Change in  $N_2O$  production from conventional activated sludge process by Tohoku Earthquake in Japan、IWA Nutrient Removal and Recovery 2012 Conference、2012
- 3)I. Mishima、K. Ito、Y. Yoshida、M. Fujita:Evaluation of Nitrous Oxide Production Potential Based on Nitrite Behavior in Nitrification and Denitrification Process、Water and Environment Technology Conference 2012、2012
- 4)I. Mishima、Y. Yoshida、M. Fujita:Characteristics of nitrous oxide emission and behavior of nitrifying bacteria in a full scale wastewater treatment plant、ICON3、2013
- 5)見島伊織、吉田征史、藤田昌史:実下水処理施設における $N_2O$ 連続測定結果の解析、第50回下水道研究発表会、2013
- 6)見島伊織、吉田征史、藤田昌史:実下水処理場における負荷変動が硝化活性および $N_2O$ 生成活性に与える影響、第47回日本水環境学会年会講演集、2013
- 7)I. Mishima、N. Yoshikawa、Y. Yoshida and K. Amano:Environmental impact assessment of a sewage treatment plant under different operating conditions、9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries、2014
- 8)見島伊織、吉川直樹、天野耕二、吉田征史:下水処理場における異なる運転条件下の環境影響評価、第51回下水道研究発表会、2014
- 9)見島伊織、池田和弘、柿本貴志、渡邊圭司、増田周平、丸尾知佳子、西村修:埼玉県内の主要河川における溶存 $N_2O$ の挙動特性、第49回日本水環境学会年会講演集、2015
- 10)大塚将吾、吉田征史、齋藤利晃、見島伊織:AOB優占種の異なる汚泥を用いた回分試験による $N_2O$ 生成に与えるpH・水温の影響、第43回土木学会関東支部技術研究発表会、2016

#### 成果の発展性(埼玉県(行政・地域)への貢献、技術発展・実用化、課題等)

本研究では、東日本大震災の影響で節電を余儀なくされ、曝気量を抑制した運転に移行した実際の県内の下水処理場において調査を行った。本研究の遂行により得られた $N_2O$ 排出量や $N_2O$ 生成の機構、 $N_2O$ 排出抑制に関する技術的情報は非常に貴重であり、関係各機関への情報共有を進めているところである。また、硝化の抑制や促進の条件における総合的な環境負荷評価の結果は、下水処理施設の今後の運転の意思決定を支援するための情報として活用できる。

一連の環境負荷評価手法は、環境部で所管する浄化槽への適用を進める予定である。現在、行政では単独処理浄化槽から合併処理浄化槽への移行を促進しており、そうした際の、住民への定量的情報の提供や行政側の公費投入の妥当性の検証のための強力なツールとして利活用できる。

