

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	安定同位体比を用いた下水処理過程における一酸化二窒素の生成・消滅機構の研究
Title(English)	A study of nitrous oxide production and consumption mechanisms in wastewater treatment system using stable isotopic analysis
著者(和文)	TumendelgerAzzaya
Author(English)	Azzaya Tumendelger
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9611号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 尚弘,小島 英理,山田 桂太,豊田 栄,丹治 保典
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9611号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Tumendelger Azzaya	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	吉田 尚弘	教授	丹治 保典	教授
	審査員	小島 英理	教授		
		山田 桂太	准教授		
豊田 栄		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「A study of nitrous oxide production and consumption mechanisms in wastewater treatment system using stable isotopic analysis (安定同位体比を用いた下水処理過程における一酸化二窒素の生成・消滅機構の研究)」と題し、英文で書かれ、5章で構成されている。第1章では研究の背景と目的、第2章では実験法について、第3章では典型的な下水処理場における現場観測に基づく一酸化二窒素 (N_2O) の生成・消滅過程の解析、第4章では下水処理過程を模擬した実験系における N_2O の生成・消滅過程の解析に関して述べ、第5章では第3章及び第4章の議論を総括し、今後の課題について述べている。

第1章 "Introduction" では、まず地球温暖化や成層圏オゾン層の破壊などをもたらす N_2O の性質と地球規模での物質収支について概説している。次に、下水処理の目的と種々の処理工程について示しつつ、有機態・無機態の窒素化合物を多量に含む下水の生物学的処理が N_2O の人為発生源として無視できないこと、 N_2O が硝化・脱窒などの複数の微生物代謝過程により生成あるいは消費されることを概説している。さらに、 N_2O の生成・消滅過程の解析における安定同位体比分析の有用性について解説し、既往の研究と知見を整理し、本研究の目的を述べている。

第2章 "Methodology" では、論文中で用いた試料の計測方法について述べている。 N_2O は比較的単純な直線3原子分子であるが、その非対称性から、2つの窒素原子に同位体位置異性体が存在する。この窒素位置異性体と酸素同位体置換化学種の計測法を示している。また、溶存酸素濃度とCODおよび酸化還元電位とpHなどに加えて、関連する一般的な窒素化学種であるアンモニウムイオン (NH_4^+)、硝酸イオン (NO_3^-)、亜硝酸イオン (NO_2^-) などの濃度と同位体比の測定法を示している。

第3章 "Observational analysis of the concentrations and isotopomer ratios of N_2O in a conventional activated sludge system under different aeration conditions" では活性汚泥を用いた標準的な生物学的処理法で運用されているフル・スケールの下水処理場を対象とし、生物反応槽において生成する N_2O および関連化合物の濃度・安定同位体比観測を行っている。曝気風量を変化させた3つの異なる条件で設備を運転し、処理工程毎に水および気体試料の採取と分析を行い、 N_2O が常に大気に対して過飽和で溶存していること、流入下水中の NH_4^+ 態窒素の0.03-0.14%が大気中に放出されていること、溶存 N_2O 濃度は溶存酸素濃度が低い条件下で3700 nmol/kgに達することを示している。安定同位体比の解析から、高酸素濃度条件では一部工程において N_2O は主に硝化細菌によるヒドロキシルアミン (NH_2OH) 酸化過程で生成するものの、多くの場合、細菌による NO_2^- 還元過程で主に生成することを明らかにしている。

第4章 "Isotopomer analysis of N_2O production and consumption during simulated wastewater treatment under various experimental conditions" では、下水処理過程を実験室スケールで再現し、好氣的あるいは嫌氣的な条件を設定して N_2O および関連化合物の濃度・安定同位体比測定を行い、溶存酸素、C/N比、窒素負荷量、温度等が N_2O の生成・消滅に与える影響を調べている。好氣的条件で NH_4^+ を基質として与えた場合、低酸素濃度あるいは高窒素負荷条件で溶存 N_2O 濃度が高くなる傾向が見られたが、安定同位体比解析から、 N_2O はいずれの場合も NO_2^- 還元すなわち硝化菌脱窒で主に生成していることを示している。一方、嫌氣的条件で硝酸を基質として与えた場合、溶存 N_2O 濃度および安定同位体比はC/N比や窒素負荷量にはあまり依存しなかったが、 N_2O が脱窒過程により生成すると同時に窒素 (N_2) へと還元されていることを安定同位体比解析から明らかにしている。次に、嫌氣的条件で活性汚泥を用いて N_2O を分解する実験も行い、汚泥量が分解速度に与える影響を調べるとともに、活性汚泥による N_2O 分解における同位体濃縮係数を初めて明らかにしている。さらに、活性汚泥に代わる微生物担体として下水処理過程への応用が期待されている好氣的細粒(aerobic granule)を用いた、部分硝化処理の模擬実験を行い、 N_2O 生成過程について、濃度および安定同位体比による解析を行っている。

第5章 "Conclusions and perspectives" では第3章のフルスケール観測、第4章の実験室スケールの模擬実験で得られた結果を総括し、下水処理において N_2O 生成の鍵となる因子を整理するとともに、環境中への N_2O 放出を低減するための運転条件の提案および今後の課題を記している。

以上のことから、本論文は下水処理過程における N_2O の生成・消滅機構を安定同位体比により解明したものであり、理學上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (Science) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。