

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	日本の畑地および水田におけるN ₂ O生成、消費過程および土壌表面からの放出過程のアイソトポマー比による解析
Title(English)	Isotopomer analysis of production, consumption and soil-to-atmosphere emission processes of N ₂ O in Japanese upland and paddy fields
著者(和文)	矢野翠
Author(English)	Midori Yano
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9263号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 尚弘,中村 恭志,豊田 栄,大河内 直彦,丹治 保典,野尻 幸宏
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9263号, Conferred date:2013/9/25, 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	矢野 翠	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	吉田 尚弘	教授	丹治 保典	教授(生命理工学研究科)
	審査員	中村 恭志	准教授	野尻 幸宏	国立環境研究所上級主席研究員
		豊田 栄	准教授		
大河内 直彦		連携教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Isotopomer analysis of production, consumption and soil-to-atmosphere emission processes of N_2O in Japanese upland and paddy fields (日本の畑地および水田における N_2O 生成、消費過程および土壌表面からの放出過程のアイソトポマー比による解析)」と題し、英文で書かれ、5 章で構成されている。

第 1 章では導入と目的を記述している。地球温暖化および成層圏オゾンの減少に関与する一酸化二窒素(N_2O)の日本における最大の人為放出源(2011 年度)である農地土壌について、 N_2O のアイソトポマー比(分子内窒素同位体比の偏りを表す ^{15}N site preference: SP) の解析により、その生成・消費過程に影響を与える環境要因を明らかにすることを目的としている。

第 2 章では、二種類の土壌(排水性の良い黒ボク土、排水性の悪い灰色低地土)を対象とした観測を行っている。排水性の良い土壌では N_2O 放出量と窒素添加量との間に正の相関が報告されていることから、黒ボク土においては肥料の種類の違いが微生物過程に与える影響を解析するために、三種類の肥料(鶏ふん堆肥、鶏ふんペレット堆肥、硫酸アンモニウム)を用いてコマツナを栽培した。 N_2O の基質となる土壌中のアンモニア態窒素(硝化過程)および硝酸態窒素(脱窒過程)の窒素・酸素同位体比を測定し、これまでに純粋培養実験により報告された各過程における同位体分別係数を足し合わせることで、それぞれの過程から生成する N_2O の同位体比の取り得る範囲を推定している。また、 N_2O の SP 値は基質の同位体比によらず生成過程により固有の値をとる。よって、これまでに報告された各過程における N_2O の SP 値および窒素・酸素同位体比の推定範囲を、実際に土壌から放出された N_2O の同位体比と比較することにより、各過程の寄与率を推定している。化学肥料区においては高いアンモニア濃度がバクテリアによる硝化由来の N_2O 生成を促進(40-70%)させる一方で、有機肥料区では高い有機態炭素・窒素濃度と、降雨による嫌気的環境の発達に伴ってバクテリアによる脱窒由来の N_2O 生成を促進(50-90%)させることを明らかにした。一方、排水性の悪い灰色低地土においては、水田から転換畑への農地利用の変化が N_2O 放出過程に与える影響を解析するために、単一の肥料(尿素)を用いて三種類の作物(水稲、大豆・小麦の二毛作、陸稲)を栽培した。その結果、水田と比較して転換畑において N_2O 放出量が多く、それらへの硝化または脱窒の寄与率は降雨や施肥により経時的に変動することを示した。また、 N_2O が N_2 へ消費される際に残存する N_2O の窒素・酸素同位体比と SP 値が一定の割合で上昇することを利用して、 N_2O の N_2 への還元率が高いことを示した。

第 3 章では、4 月下旬の水田への灌漑開始時に単発的に放出される N_2O について、脱窒の寄与および土壌から大気への N_2O の輸送過程を解析している。その結果、地表面直下に地下水層がある場合に N_2O 放出量が最大となり、地表面が水で覆われると N_2O 放出量は減少し、土壌内に一時的に N_2O が蓄積することを明らかにした。また、硝酸および N_2O の同位体比の解析から、放出される N_2O へのバクテリアによる脱窒の寄与が大きいことを明らかにした。さらに、灌水後は嫌気的環境の発達と硝酸濃度の減少により、土壌内 N_2O の N_2 への還元が促進され、大部分の N_2O が土壌内で消費されることを明らかにした。

第 4 章では、灰色低地土の水田土壌において気候変動による大気 CO_2 濃度の上昇が N_2O 放出過程に与える影響を屋外開放系条件で明らかにすると同時に、比較的窒素濃度が低い場合の N_2O 生成・消費過程を解析することを目的としている。実験では N_2O が放出される落水後の非耕作期間を対象として、「高 CO_2 区」と「外気区」の二つの処理区において観測を行っている。その結果、土壌空隙の含水率が比較的小さい場合(50-80%)はバクテリアによる硝化と糸状菌による脱窒が N_2O 生成に大きく寄与し、高い場合(80%以上)はバクテリアによる脱窒が N_2O 生成に大きく寄与することを明らかにしている。しかし、高 CO_2 条件にした最初の一年目の実験においては、 N_2O 放出量と土壌内 N_2O 濃度および N_2O 生成・消費過程への水稲生育期間の高 CO_2 条件の影響は有意ではなかった。この理由について、イネが枯れたり、コメの収穫で高 CO_2 条件下におけるイネの蒸散量低下による土壌水分の上昇が弱められたことや、アンモニア・硝酸態窒素濃度に高 CO_2 条件が与える影響が有意ではないことなどが主な原因であると考察している。また、高 CO_2 区では有機態炭素濃度がやや上昇したものの、それが脱窒を促進させる効果は小さいと考察している。

第 5 章では、本研究のまとめとそれぞれの事例における N_2O 抑制方法について提案を行っている。また、本実験で得られた土壌起源の N_2O 同位体比を他の排出源の N_2O 同位体比や産業革命以後に大気に付加された N_2O の同位体比と比較し、農耕地起源の N_2O については、放出量が多い地域または土壌型における微生物過程の解析の必要性を指摘した。

以上のことから、本論文は、実環境中の N_2O の同位体自然存在比の解析により、 N_2O 放出に関わる微生物過程および土壌表層からの放出過程について直接的、体系的に明らかにするものであり、理学的に貢献するところが大きい。よって本論文は博士(理学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。