

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	環境理工学創造	専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (理学)	Doctor of
学籍番号： Student ID Number			指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	吉田 尚弘	
学生氏名： Student's Name	矢野 翠		指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

農地土壌は、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である。本研究では、日本の農耕土壌から放出される N_2O の生成、消費過程に影響を与える種々の環境要因を明らかにすることを目的とした。土壌型や肥料の種類、農地利用の異なる複数のフィールドにおいて、土壌表面から放出される N_2O や土壌内 N_2O のアイトポマー比(バルクの窒素、酸素同位体比を表す $\delta^{15}N^{bulk}$ 、 $\delta^{18}O$ および分子内窒素同位体比の偏りを表す ^{15}N site preference: SP)を指標として微生物の代謝過程を解析した。

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)を対象として観測を行った。これまでに、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。よって、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 の基質である土壌中のアンモニア態窒素および硝酸態窒素の $\delta^{15}N$ 、 $\delta^{18}O$ に、純粋培養実験における各過程の同位体分別係数の報告値を加えることで、各過程から生成する N_2O の $\delta^{15}N$ 、 $\delta^{18}O$ の取り得る範囲を推定した。また、 N_2O の SP 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ことが報告されている。よって、それらの値と $\delta^{15}N$ 、 $\delta^{18}O$ の推定範囲を、実際に土壌から放出された N_2O の $\delta^{15}N$ 、 $\delta^{18}O$ および SP と比較することにより、各過程の寄与率を推定した。化学肥料区においては、高いアンモニア態窒素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%)させた。また、有機肥料区においては、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、バクテリアによる脱窒由来の N_2O 生成を促進(50-90%)させることが分かった。一方、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 放出量が多いことが分かった。また、生成された N_2O への硝化または脱窒の寄与率は、土壌空隙の含水率や施肥により経時的に変動することが分かった。さらに、 N_2O が N_2 へ消費される際に N_2O の $\delta^{15}N$ 、 $\delta^{18}O$ および SP 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明らかにした。

第3章と第4章では、土壌水分の影響が大きかった灰色低地土について、酸化還元環境が大きく変わる水田に着目した。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、それらへの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た。その結果、地表面直下に地下水面がある場合に N_2O 放出量が最大となり、地表面が水で覆われると一時的に N_2O が土壌内に蓄積した。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かった。さらに、湛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が明らかになった。

第4章では、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、土壌中の無機態窒素濃度が比較的少ない場合の N_2O 生成・消費過程を解析することを目的とした。実験では N_2O が放出される落水後の非耕作期間において、「高 CO_2 区」と「外気区」の二つの処理区を対象に観測を行った。その結果、土壌空隙の含水率が比較的少ない場合(50-80%)はバクテリアまたはアーキ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、多い場合(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

た。しかし、一年目の実験においては、 N_2O 放出量および N_2O 生成・消費過程への大気 CO_2 濃度増加の影響は有意ではなかった。この理由について、高 CO_2 条件下におけるイネの蒸散量低下によって引き起こされる土壌水分量の上昇が、イネの枯れ上がりや収穫によって弱められたことや、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と考えられた。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えられた。

第 5 章では、各事例をもとに土壌型や土壌水分量、土壌中の基質濃度が N_2O 生成、消費過程に与える影響を比較するとともに、 N_2O 抑制方法について提案を行った。さらに、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 や産業革命以後に大気に付加された N_2O のそれと比較した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)

Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	環境理工学創造	専攻	申請学位 (専攻分野) : 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(理学)
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	吉田 尚弘
学生氏名 : Student's Name	矢野 翠		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In order to elucidate the effect of soil types, fertilizers, cropping systems and elevated atmospheric CO₂ concentrations on production, consumption, and soil-to-atmosphere emission processes of N₂O in Japanese upland and paddy fields, microbial metabolic processes were analyzed using isotopomer ratios of N₂O (bulk nitrogen and oxygen isotope ratios, $\delta^{15}\text{N}^{\text{bulk}}$ and $\delta^{18}\text{O}$, and intramolecular ¹⁵N-site preference, SP). In well-drained Andisol upland fields, fertilizer application had the most significant influence on N₂O emission. Isotopomer analyses revealed that the contribution of bacterial nitrification for N₂O emission was promoted by synthetic ammonium fertilizer application, while bacterial denitrification was dominant in the same soils amended with poultry manure. In poorly drained upland Fluvisol fields which are characterized by high bulk density, N₂O emissions were affected by not only soil inorganic nitrogen concentrations but also soil water content and soil temperature. To investigate the effect of soil water content and elevated atmospheric [CO₂] on production and consumption processes of N₂O, measurements were conducted in Fluvisol paddy fields. At the beginning of irrigation, it is indicated that surface-emitted N₂O is produced at shallow depths above the rising groundwater table, and that it is emitted by diffusive transport through air-filled soil pores. Immediately after soil surfaces are submerged, N₂O accumulates in the soil because of the low diffusivity and high solubility of N₂O in water. Isotopomer analysis revealed that high N₂O emissions during the flooding process resulted mainly from N₂O production by bacterial denitrification. Moreover, as soil submergence progressed, declining soil NO₃⁻ concentration promoted the use of N₂O as an electron acceptor. Thereby, most of the N₂O was reduced to N₂. After drainage for harvesting, it is suggested that bacterial and archaeal nitrification and fungal denitrification largely contributed to N₂O production compared to bacterial denitrification at the fields where WFPS were within the range of 50–80%, while relative contribution of bacterial denitrification for N₂O production increased with increasing WFPS. However, the elevated [CO₂] treatment showed no significant effect on the cumulative N₂O emissions and its microbial production processes. It is presumably because of small influence of elevated [CO₂] on both plant transpiration and substrates of N₂O after drainage in this one-year experiment.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).