

令和 5 年 4 月 3 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H02318

研究課題名（和文）同位体と微生物解析による農地土壌におけるN₂Oの生成経路の解明研究課題名（英文）Mitigation of N₂O emission from agricultural soil and estimate of N₂O production processes

研究代表者

秋山 博子（Akiyama, Hiroko）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境研究部門・グループ長

研究者番号：00354001

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：温室効果ガス連続測定装置を用いて茨城県つくば市の黒ボク土ライシメーター圃場において3年間の測定を行った結果、硝化抑制剤施用により施肥後のN₂O発生が有意に抑えられており、また年間N₂O発生量は硝化抑制剤区のほうが尿素区よりも有意に低かった。一方でキャベツ収量は有意差がみられなかった。このため、面積あたりN₂O発生量および収量あたりN₂O発生量は硝化抑制剤区のほうが尿素区よりも低かった。また土壌中無機態窒素の解析の結果、硝化抑制剤により硝化が抑えられていた。以上の結果から、硝化抑制剤は肥料由来N₂O発生量を削減するとともに収量を維持しながら追肥の労力を削減できることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一酸化二窒素（N₂O）は強力な温室効果ガスであるとともにオゾン層破壊物質でもある。農業はN₂Oの最大の人為的排出源であり、農耕地におけるN₂Oの発生削減技術の開発は急務である。N₂Oの発生経路は主に微生物による硝化および脱窒（細菌脱窒、硝化菌脱窒、糸状菌脱窒）である。本課題では、硝化抑制剤は肥料由来N₂O発生量を削減するとともに収量を維持しながら追肥の労力を削減できることが明らかになった。本研究成果は農耕地から発生する温室効果ガス削減に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：We measured N₂O emissions from an Andosol field for three years using an automated flux monitoring system. The annual N₂O emission was significantly lower in the nitrification inhibitor treatment than in the urea treatment, due to low N₂O emission after fertilizer application. Cabbage yield was not significantly different. Therefore, the both N₂O emission per area and per yield were lower in the nitrification inhibitor treatment than in the urea treatment. In addition, nitrification was inhibited by nitrification inhibitors. Our results showed that nitrification inhibitor can reduce N₂O emissions and reduce the labor cost of additional fertilizer application while maintaining the yield.

研究分野：環境農学

キーワード：一酸化二窒素 土壌

1. 研究開始当初の背景

2015年に「パリ協定」が採択され、世界の長期目標として産業革命以降の気温上昇を2度未満に抑制することが合意された。さらに2021年のグラスゴー気候合意において、1.5度以内に抑える努力を追求することが合意された。

一酸化二窒素(N₂O)はCO₂の約300倍の地球温暖化係数をもつ強力な温室効果ガスであり、またオゾン層破壊物質でもある。N₂Oの人為的排出源のうち59%を農業が占め、農業は最大の人為的発生源である。農耕地において、N₂Oは窒素肥料(化学肥料、有機肥料)や作物残渣より発生しており、その発生削減技術の開発は急務である。

一方、N₂Oの発生量は気候や土壌の影響を受け、また時間的、空間的変動も大きいことから、農地からの発生量推定およびその削減ポテンシャルには依然として大きな不確実性があり、さらなる精緻化が必要である。また、N₂Oの発生経路は主に微生物による硝化および脱窒と考えられているが、実際の圃場における発生経路の割合は不明である。このことは新たな発生削減技術の開発を阻む大きな要因である。

2. 研究の目的

圃場におけるN₂O発生経路推定のためには、N₂O発生量の正確な測定が必要である。農耕地から発生する温室効果ガスのフラックスは季節変動が大きいいため、高頻度・通年測定が必要である。しかし、一般的な手動サンプリング法には多大な労力がかかるため、測定頻度や期間を十分にとることは困難である。

このため、本課題では我々がこれまでに開発した温室効果ガス自動連続モニタリング装置(図1)を用いて、日本の農耕地の代表的な土壌である黒ボク土圃場においてN₂Oフラックスの連続測定を行い、硝化抑制剤のN₂O発生削減効果について評価を行った。また同時にN₂O自然安定同位体比の解析による発生経路の推定を行った。

3. 研究の方法

茨城県つくば市のライシメーター圃場において、温室効果ガス自動連続モニタリング装置(図1)を用いて、実験を行った。土壌は日本の農耕地の代表的な土壌である黒ボク土である。処理区は硝化抑制剤区および慣行(尿素)区である。キャベツ(品種:YCRげっこう)を年2作栽培した。2018年~2020年の3年間にわたりECD付きガスクロマトグラフ(島津14B)を用いてN₂Oフラックスの連続測定を行った。またN₂Oの自然安定同位体比についてレーザー分光N₂O同位体計(CW-QC-TILDAS-SC-S-N₂OISO; Aerodyne Research Inc., Billerica MA, USA)を用いた測定を行った。

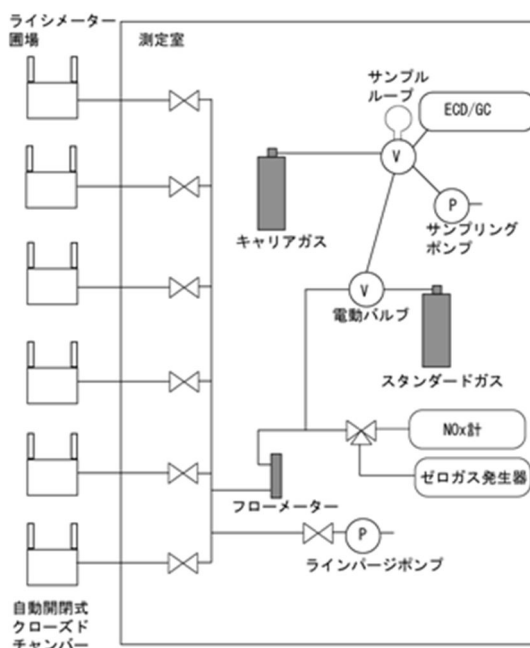


図1 温室効果ガス自動連続モニタリング装置

4. 研究成果

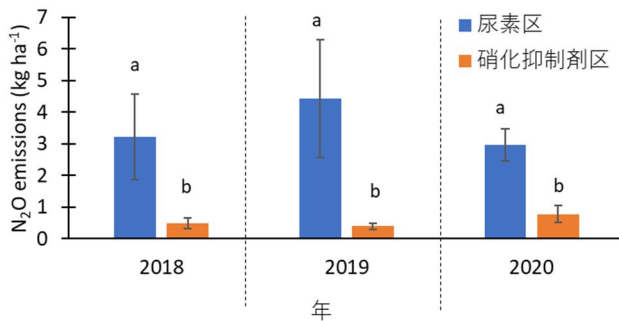


図2 年間 N₂O 発生量
異なる英数字は同じ年のなかでの有意差を示す。

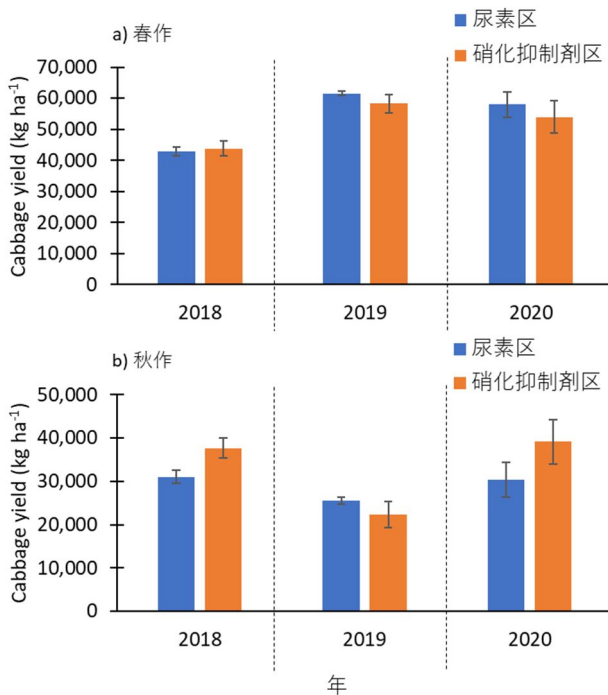


図3 キャベツ収量（新鮮重）

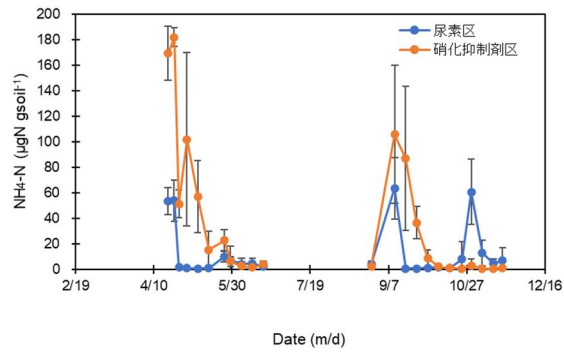
黒ボク土圃場における3年間の測定の結果、施肥後の N₂O 発生量は硝化抑制剤区のほうが尿素区よりも有意に低かった。年間 N₂O 発生量においても硝化抑制剤区のほうが尿素区よりも有意に低かった(図2; t-test, $P > 0.05$)。またキャベツ収量はいずれの年においても有意差がみられなかった(図3)。このため、面積あたり N₂O 発生量だけでなく収量あたり N₂O 発生量も硝化抑制剤区のほうが尿素区よりも低かった(t-test, $P > 0.05$)。また土壤中無機態窒素の解析からは硝化抑制剤により圃場における硝化が抑えられていた(図4)。

一方で収穫後の残渣から発生する N₂O については、処理区による有意差は見られなかった。この理由は収穫残渣による N₂O 発生は残渣そのものから発生している(Akiyama et al., 2020)のに対し、硝化抑制剤は土壌に混和しているため、N₂O の発生部位と硝化抑制剤の施用位置が異なること、ならびに硝化抑制剤の施用は施肥時に行っているのに対し、収穫残渣による N₂O 発生は施肥後から約3か月後であり硝化抑制剤の分解が進んでいる時期であるためと考えられた。

また、N₂O 自然同位体比測定の結果から、施肥後の N₂O 発生は主に硝化由来であり、残渣から発生する N₂O は脱窒(細菌脱窒および糸状菌脱窒)であることが明らかになった。このことから、肥料由来 N₂O 発生の抑制には硝化抑制剤の施用が効果的であることが裏付けられた。

以上の結果から、硝化抑制剤は肥料由来 N₂O 発生量を削減するとともに収量を維持しながら追肥の労力を削減できることが明らかになった。

NH₄-N



NO₃-N

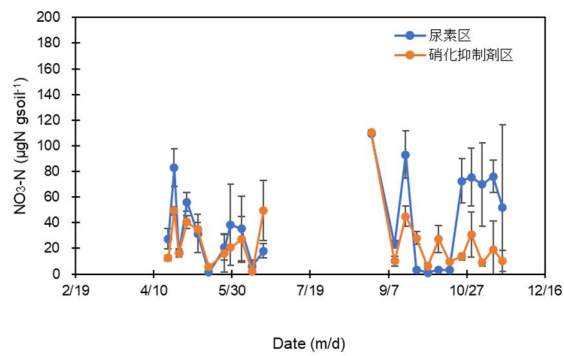


図4 土壤中無機態窒素の変化 (2018年の例)

引用文献

Akiyama et al., 2020, Effect of low C/N crop residue input on N₂O, NO, and CH₄ fluxes from Andosol and Fluvisol fields, The Science of the total environment, 713, 136677-136677

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akiyama Hiroko, Yamamoto Akinori, Uchida Yoshitaka, Hoshino Yuko Takada, Tago Kanako, Wang Yong, Hayatsu Masahito	4. 巻 713
2. 論文標題 Effect of low C/N crop residue input on N ₂ O, NO, and CH ₄ fluxes from Andosol and Fluvisol fields	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 136677 ~ 136677
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scitotenv.2020.136677	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yamamoto Akinori, Akiyama Hiroko, Kojima Masahiro, Osaki Ayano	4. 巻 113
2. 論文標題 Nitrous oxide emissions from an Andosol upland field amended with four different types of biochars	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NUTRIENT CYCLING IN AGROECOSYSTEMS	6. 最初と最後の頁 323-335
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10705-019-09983-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tian Linlin, Cai Yanjiang, Akiyama Hiroko	4. 巻 245
2. 論文標題 A review of indirect N ₂ O emission factors from agricultural nitrogen leaching and runoff to update of the default IPCC values	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 300 ~ 306
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.envpol.2018.11.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tian Linlin, Akiyama Hiroko, Zhu Bo, Shen Xi	4. 巻 242
2. 論文標題 Indirect N ₂ O emissions with seasonal variations from an agricultural drainage ditch mainly receiving interflow water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 480 ~ 491
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.envpol.2018.07.018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 秋山 博子, 藤田 裕, 白鳥 豊, 辻 正樹, 蓮川 博之, 鈴江 康文, 山田 寧直, 水上 浩之, 八木 一行, 佐野 智人, 仁科 一哉, 須藤 重人, 大浦 典子, 藤森 美帆, 上園 一郎, 矢野 真二, 大越 聡
2. 発表標題 日本の農耕地における有機物施用によるN ₂ O排出係数の推定
3. 学会等名 日本土壌肥料学会講演要旨集 67 143-143
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 蓮川 博之, 猪田 有美, 武久 邦彦, 秋山 博子, 須藤 重人
2. 発表標題 水田転換小麦跡大豆畑における被覆肥料と減肥の組合せによるN ₂ O排出量削減効果の定量評価
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tian Linlin, Cai Yanjiang, 秋山 博子
2. 発表標題 施肥窒素の流亡によるN ₂ O間接発生の排出係数の推定
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 昭範, 水村 彩乃, 秋山 博子
2. 発表標題 コーヒー抽出粕施用が硝化, 脱窒, N ₂ O発生に与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本昭範、秋山 博子、小嶋正弘、大崎あや乃
2. 発表標題 黒ボク土圃場における4種のバイオチャー施用がN2O発生に与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋山 博子、Cai Yanjiang
2. 発表標題 放牧草地における糞尿からのN2O発生と削減技術の評価
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 秋山博子	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日本電気協会新聞部	5. 総ページ数 4
3. 書名 〔農耕地および畜産における温室効果ガス排出削減〕 カーボンニュートラル2050アウトLOOK（書籍の1章）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------