

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450504

研究課題名(和文)ペレット堆肥からの一酸化二窒素発生メカニズムの解明

研究課題名(英文)Study on mechanisms of nitrous oxide emission from pelleted manure fertilizers

研究代表者

西村 誠一(Nishimura, Seiichi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター生産環境研究領域・上級研究員

研究者番号：70354090

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：数種の土壌培養試験を行った結果、ペレット堆肥(有機質の原材料を成型してペレット状に固めた肥料)施用土壌からの一酸化二窒素(N₂O)発生は一般的に化学肥料よりも高いが、ペレット製造時に硫酸アンモニウムや尿素を付加、ペレット製造時に微量の石灰窒素を付加、ペレット堆肥施用後に土壌をポリフィルムで一定期間被覆、することによって、N₂O発生が低減された。これらの実験結果により、ペレット堆肥内部でのN₂O生成が主に脱窒によるものであり、脱窒の抑制によってN₂O発生を大幅に低減できること()、また、硝化の抑制によってもある程度のN₂O発生低減が可能であること()が示された。

研究成果の概要(英文)：We conducted soil incubation experiments with soils amended with various pelleted manure fertilizers (PM) to elucidate mechanisms and characteristics of nitrous oxide (N₂O) emission from PMs. We found that N₂O emission from soils amended with PM was generally higher than that amended with chemical fertilizers. However, the N₂O emission was decreased by addition of ammonium sulfate, urea, or small amount of lime nitrogen. The N₂O emission was also decreased by covering the soil with polyethylene film (soil mulching) after amendment of PM for two weeks. Decrease in the N₂O emission by the addition of ammonium sulfate or urea, or by the soil mulching indicated that N₂O was produced mainly via denitrification process inside the pellets, and that it could be decreased remarkably by restraining denitrification. On the other hand, decrease in the N₂O emission by the addition of lime nitrogen indicated that N₂O emission could also be decreased to some extent by restraining nitrification.

研究分野：農業環境学

キーワード：一酸化二窒素 ペレット堆肥 硝化 脱窒 有機物 局所的嫌気部位

1. 研究開始当初の背景

ペレット堆肥(有機質の原材料を成型してペレット状に固めた肥料)は、取り扱いの容易な有機肥料として開発・普及が近年進んでいるが、一方で、その畑地土壌への施用にともなって温室効果ガスである一酸化二窒素(N_2O)が多く発生する可能性が指摘されている。

2. 研究の目的

本研究では、 N_2O 発生量の低いペレット堆肥とその適切な施用法の開発に必要な基礎的知見を得ることを目的として、様々なペレット堆肥の畑土壌への施用にともなう N_2O 発生メカニズムを解明するとともに、 N_2O 発生に与えるペレット堆肥の物理・化学性および土壌・環境要因の影響、および N_2O 発生を低減できる条件を総合的に明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 尿素や硫酸溶液を付加したペレット堆肥からの N_2O 発生

ペレット堆肥中に元々含まれる有機態窒素だけでは、肥料として十分ではない場合があり、不足分の窒素を補うためにペレット堆肥製造時に尿素や硫酸アンモニウム(硫酸)等の無機態窒素化合物を付加する試みがある。そこで、尿素を付加した鶏ふんペレット堆肥(以下、鶏ふんペレット UR)、および硫酸溶液を付加した豚ふんペレット堆肥(以下、豚ふんペレット AS)について、容積約 14L の密閉容器を用いた室内培養を行い、 N_2O 発生量を測定した。対照として、単体の硫酸、尿素、および家畜ふん堆肥のみのペレット堆肥を供試した。

N_2O 濃度は、ECD 検出器付ガスクロマトグラフにより分析した。

(2) 微量の石灰窒素を添加した尿素付加ペレット堆肥からの N_2O 発生

石灰窒素は、硝化を抑制する作用があるため、 N_2O 発生を低減できる可能性があることが、既存の研究で示唆されている。そこで、原料の牛ふん堆肥に重量で 20%の尿素を付加してペレット化した尿素付加ペレット堆肥(以下、UR ペレット)と、さらにそれに重量で 1%の石灰窒素を添加してペレット化した石灰窒素添加尿素付加ペレット堆肥(以下、LNUR ペレット)を作成し、(1)と同じ密閉容器を用いた室内培養により N_2O 発生量を測定した。

(3) マルチ被覆による N_2O 発生削減効果の検証およびその要因の解明：通気式チャンバー法による N_2O および一酸化窒素(NO)の同時連続測定

研究代表者らは、先行研究により、ペレット堆肥施用後の土壌を一定期間(4週間程度)ポリフィルムにより被覆(マルチ被覆)した状態での土壌中での N_2O 生成機構および

その大気中への放出経路を解明した(Nishimura et al., 2012)が、この研究の過程で、ペレット堆肥からの N_2O 生成がマルチ被覆により削減される可能性を見出した。そこで、マルチ被覆の有無がペレット堆肥施用土壌からの N_2O 発生に与える影響を直接比較するための土壌培養実験を行った。

この実験では、 N_2O 、および一酸化窒素(NO)発生量の詳細な時間変化を捉えるために、本課題共同研究者の米村正一郎が過年度の科研費課題(課題番号:23310017)において開発したシステムを用いて、培養土壌から発生する N_2O 、 NO 発生量の同時連続測定を行った。このシステムは、通気式チャンバー法をベースとしており、 N_2O 濃度は赤外線ガス分析計により、 NO 濃度は本実験のために特別に調整した化学発光ガス分析計により測定される。この測定システムに、2 反復でマルチ土壌(マルチ区)、2 反復でコントロール土壌(コントロール区; マルチ被覆無)をそれぞれ 300g(乾土相当)ずつ封入した計 4 個のチャンバーを設置した。実際の畑作物栽培圃場での状況(施肥・マルチ被覆畝と通路(無施肥)とが隣接している状態)を想定して、チャンバー内の土壌を半分に区切って片側にだけペレット堆肥を施用(マルチ区ではマルチ被覆)し、マルチ区では 2 週間後にマルチフィルムを取り外した(図 1)。また、下層への浸透水が排出されるように底面をメッシュ構造にしたシャーレに土壌を入れ、そのシャーレをチャンバー内に設置する工夫を施した。



図 1 チャンバー内シャーレへのペレット堆肥・マルチフィルム施用
チャンバー半面にペレット堆肥を均等に埋設し、マルチ区(1,3)ではその上をポリマルチフィルムで被覆した。

4. 研究成果

(1) 尿素や硫酸溶液を付加したペレット堆肥からの N_2O 発生

乾土 1 kg 当たりの N_2O -N 積算発生量を図 2 に示した。 N_2O -N の発生は 3 回目(14 日後)まで活発であった。 N_2O -N 積算発生量は、豚ふんペレットと市販発酵鶏ふんが 1.1 mg kg^{-1} と高かった。豚ふんペレット AS、鶏ふんペレットおよび鶏ふんペレット UR は 0.7 mg kg^{-1}

であり、尿素は 0.8 mg kg^{-1} 、硫酸は 0.6 mg kg^{-1} であった。

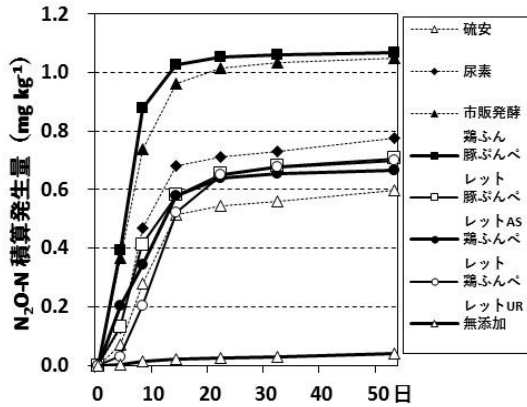


図2 $\text{N}_2\text{O-N}$ の積算発生量

乾土 1 kg 当たりの土壤中硝酸態窒素とアンモニア態窒素の含有量を図3に示した。いずれの資材施用区も2回目(8日後)に存在していたアンモニア態窒素は、3回目(14日後)にはほとんど硝化されていた。豚ふんペレットと市販発酵鶏ふんの硝酸態窒素蓄積量は、全窒素施用量の約3割にとどまった。

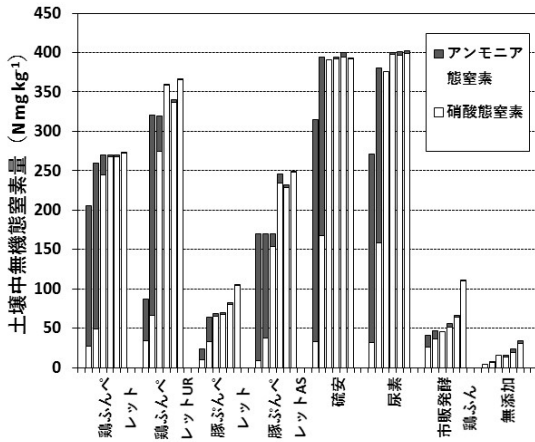


図3 土壤中アンモニア態窒素と硝酸態窒素の推移

各資材左から右へ1~6回目、それぞれ、4, 8, 14, 22, 32, 55日後のサンプリング時の値を示す。

硝酸態窒素蓄積量に対する $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生量の割合を N_2O 割合(単位%)として求めたところ、硫酸および尿素的 N_2O 割合は 0.15% および 0.20% であった。豚ふんペレットの N_2O 割合は 1.03% とかなり高いが、硫酸溶液を付加することにより、 0.29% まで低下した。市販発酵鶏ふんの N_2O 割合は、 0.95% とかなり高いが、鶏ふんペレットは有機質資材にもかかわらず 0.24% と低く、鶏ふんペレット UR の N_2O 割合は 0.19% とさらに低下した。鶏ふんペレットおよび鶏ふんペレット UR からの N_2O 発生が比較的低かったことには、本ペレット堆肥に供用した鶏ふんの尿酸含量が高かったことが関係していると考えられた。これら

の結果から、ペレット堆肥に窒素付加することにより、 N_2O 発生が削減されることが明らかとなった。

(2) 微量の石灰窒素を添加した尿素付加ペレット堆肥からの N_2O 発生

サンプリングの各回の $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生量、土壤中硝酸態窒素量およびアンモニア態窒素量を図4に示した。牛ふんペレット区は5日後の $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生量が大きく、12日後から26日後にかけても発生が持続した。URペレット区とLNURペレット区は、5日後の $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生はほとんどなく、12日後および19日後に大半の $\text{N}_2\text{O-N}$ が発生した。URペレットおよびLNURペレットからの N_2O 発生は主にアンモニアの硝化によるものと考えられた。

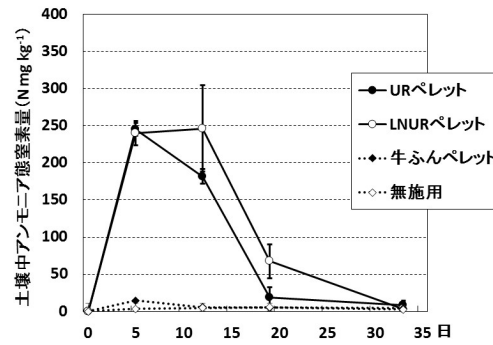
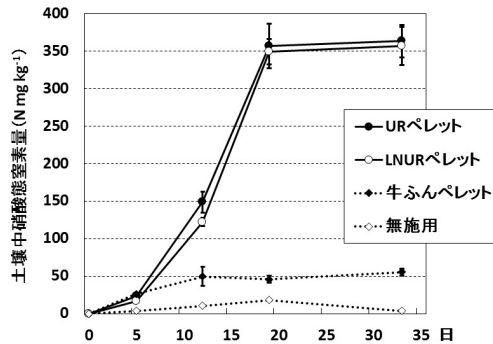
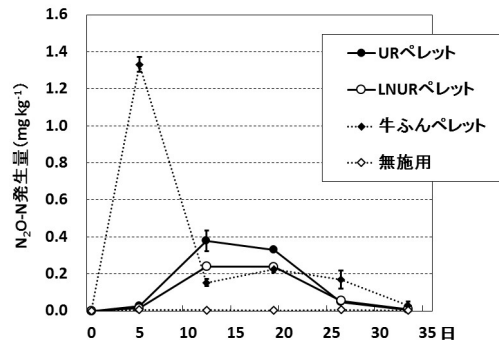


図4 各回のサンプリング時の $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生量(上)、土壤中硝酸態窒素量(中)およびアンモニア態窒素量(下)

積算 $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生量は、牛ふんペレット区、URペレット区およびLNURペレット区でそれぞれ、 1.910 ± 0.007 、 0.788 ± 0.036 および $0.557 \pm 0.026 \text{ mg kg}^{-1}$ であった。URペレット区の積算 $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生量に対し、LNURペレット

区では29%減少し、両区の間には5%水準で有意差が認められた。URペレットへ石灰窒素を1%添加することによりN₂O発生が低減することが示唆された。

(3) マルチ被覆によるN₂O発生削減効果の検証およびその要因の解明：通気式チャンバー法によるN₂OおよびNOの同時連続測定

N₂OおよびNO発生の経日変化を図5に示した。マルチ区、コントロール区ともに、N₂O発生は実験開始後数日の間にピークに達し、一週間程度で低い値になった。マルチ区におけるマルチ被覆期間(実験開始～2週間)のN₂O発生量は、コントロール区よりも大幅に低かった。本試験では、実際の圃場での降雨を想定して実験開始時に両区に同量の灌水を行ったが、マルチ区ではマルチ被覆下にあるペレット堆肥周辺の土壌水分が上昇しなかったため、脱窒によるN₂O生成が促進されず、コントロール区よりも低いN₂O発生量になったと考えられた。また、NOについても両区ともに実験開始後に一時的な発生が観測された。

実験開始から2週間後にマルチ区のフィルムを取り外した後は、N₂Oは両区とも発生量の増加は観測されなかったが、NOについてはマルチ区でのみ若干の発生量の増加が観測された。マルチ区におけるペレット堆肥周辺の土壌水分は、マルチを取り外した後に上昇したと考えられるが、硝化による若干のNO生成は生じたものの、N₂Oの生成が活発になるまでには至らなかったと考えられた。

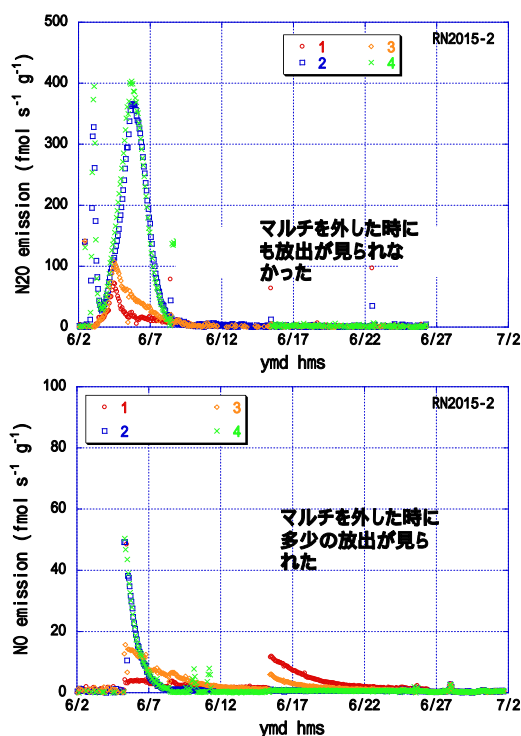


図5 ペレット堆肥添加後のN₂O、NO発生の経日変化
○, □: マルチ区, ○, ×: コントロール区
マルチ区のフィルムは、6/16に取り外した。

この実験の結果から、ポリフィルムを適切

に利用して施肥後の土壌を被覆することにより、ペレット堆肥の施用に伴うN₂O発生量を大幅に削減できる可能性が示された。N₂O発生のピークは施肥直後に見られるのが一般的であり、マルチで被覆するのはこの時期だけに行うのが適当であると考えられるが、農業現場への普及に向けては、それぞれの栽培作物・栽培管理の状況に応じて適用を検討する必要がある。

<引用文献>

Nishimura S., Komada M., Takebe M., Yonemura S., Kato N., 2012. Nitrous oxide evolved from soil covered with plastic mulch film in horticultural field. *Biol. Fertil. Soils*, 48, 787-795.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

駒田充生、西村誠一、堂本晶子、加藤誠二、安藤正、林清忠、加藤直人(2015) 家畜ふん堆肥ペレットへの窒素付加が一酸化二窒素発生に及ぼす影響 日本土壤肥料学雑誌 86(3), 207-210. 査読有

〔学会発表〕(計 4件)

駒田充生、西村誠一、井原啓貴、金澤健二. 尿素およびナタネ粕施用土壌における亜硝酸およびNO蓄積の違いがN₂O発生に及ぼす影響. 2015年度日本土壤肥料学会関東支部大会 2015年11月28日 東洋大学板倉キャンパス(群馬県邑楽郡板倉町)

駒田充生、西村誠一、堂本晶子、加藤誠二、安藤正、林清忠、加藤直人. 鶏ふんおよび豚ふん堆肥ペレットへの窒素付加が一酸化二窒素発生に及ぼす影響. 2014年度日本土壤肥料学会関東支部大会 2014年12月6日 山梨大学甲府キャンパス(山梨県甲府市)

駒田充生、西村誠一、井原啓貴、金澤健二. 有機質肥料と硫酸、硝酸カリの共存がN₂OおよびNO発生に及ぼす影響. 2014年度日本土壤肥料学会東京大会 2014年9月9日~11日 東京農工大学小金井キャンパス(東京都小金井市)

米村正一郎、西村誠一. 室内制御実験下における土壌のN₂O・NO・CO₂発生量の連続測定. 日本農業気象学会2014年全国大会 2014年3月17日~21日 北海道大学(北海道札幌市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

西村 誠一(NISHIMURA, Seiichi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構・北海道農業研究センター生産環
境研究領域・上級研究員
研究者番号：70354090

(2)研究分担者

駒田 充生 (KOMADA, Michio)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構・中央農業研究センター土壌肥料
研究領域・主席研究員
研究者番号：30354046

井原 啓貴 (IHARA, Hirotaka)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構・九州沖縄農業研究センター生産
環境研究領域・主任研究員
研究者番号：00370502

米村 正一郎 (YONEMURA, Seiichiro)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構・農業環境変動研究センター気候
変動対応研究領域・主席研究員
研究者番号：20354128

大浦 典子 (OURA, Noriko)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構・農業環境変動研究センター企画
管理部企画連携室交流チーム・主任研究員
研究者番号：50354022