



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Carbon, nitrogen and greenhouse gas flux dynamics in cornfield and managed grassland : Effects of land-use change, manure management and liming [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Mukumbuta, Ikabongo
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第12884号
Issue Date	2017-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/67714
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ikabongo_Mukumbuta_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（農学）	氏 名	Ikabongo Mukumbuta
審査担当者	主査	教 授	波多野隆介
	副査	教 授	石黒 宗秀
	副査	准教授	内田 義崇

学位論文題名

Carbon, nitrogen and greenhouse gas flux dynamics in cornfield and managed grassland: Effects of land-use change, manure management and liming

（飼料畑および草地における炭素、窒素、温室効果ガス動態：土地利用、堆肥施与、酸性矯正の影響）

本論文は英文 202 頁、図 33、表 31、8 章からなり、参考論文 2 編が付されている。

農地土壌は二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、亜酸化窒素（N₂O）といった温室効果ガス（GHG）の主要な発生源である。GHG排出による気候変動の影響を緩和するため、農業分野では作物収量増加とともにGHG排出削減に取り組んでいる。

土地利用変化は、栽培作物とともに施肥、耕うん、酸性矯正などの管理方法を変える。これは土壌中の炭素と窒素の動態に影響し、GHG排出量を変化させる。本研究は草地とコーン畑の間の土地利用変化で生じる炭素、窒素、GHG動態がどのように変化するかを調査した。とくにコーン畑では堆肥の施与時期と施与量が地球温暖化ポテンシャル(GWP：CO₂換算したGHG総排出量)と温室効果ガス強度（GHGI：作物収量あたりGHG排出量）に与える影響を明らかにするとともに、酸性矯正によるN₂O排出削減の可能性について検討した。

1. 草地とコーン畑の間の土地利用変化で生じる炭素、窒素、GHG動態

北海道大学静内研究牧場の一つの圃場において、2005年から2015年の11年間、炭素、窒素、GHG動態を調査した。土地利用は2005年から2009年が草地（OG）、2010年から2012年がコーン畑、2013年から2015年が草地（NG）である。堆肥に化学肥料を追肥（MF）、化学肥料のみ（F）および無施肥（CT）の処理区を3反復で設け、土壌炭素、土壌窒素、およびGHG類のフラックスを測定した。施肥は北海道で推奨されている要素量を上限に、秋に堆肥を草地、コーン畑ともに表面散布（コーン畑では耕うんして土壌に混合）、春に化学肥料を草地では表面散布で追肥し、コーン畑では播種時に150 kg N ha⁻¹をすじ蒔きした。その結果、これまでの報告とは異なり、土壌炭素、土壌窒素含量は草地からコーン畑への転換で増加し、コーン畑から草地への転換でさらに増加した。とくに堆肥区では0-15 cm、15-30 cmともに有意に増加した（p < 0.01）。これらの結果から作物残渣および堆肥を土壌炭素、土壌窒素として固定するためには、耕うんは効果的であることを示した。N₂O排出量と有機物分解由来CO₂排出量は、コーン畑で最も高く、ついでNGであり、OGで最も低

かった ($p < 0.01$)。ただし、NGでは3年目までにOGと同じ水準に低下した。 N_2O 排出量は土壌中の溶存有機炭素に対して NO_3^- 濃度が高まると増加する関係が認められた。コーン畑での高い N_2O 排出は、耕うんによる有機物分解が無機態窒素を増加させ、溶存有機炭素濃度より NO_3^- 濃度を高めたことによると推察した。

2. コーン畑における堆肥の施与時期と施与量がGWP、GHGIに与える影響

コーン畑において、先に示したCT、F、MFの3つの処理区に加えて、新たに2010年から堆肥の秋施与に化学肥料の春追肥 (MF2) と堆肥のみ (M) の2つの処理区を追加した。また堆肥の秋施与のみ (M1)、堆肥の秋施与に堆肥の春施与 (MM) の2処理区を設けて1年間観測し、MF、MF2区と比較した。その結果、堆肥と化学肥料を併用したMF、MF2では、炭素収支の改善によりGWPが低下し、純1次生産量 (NPP) も増加し、GHGIは有意に減少した。堆肥を秋施与し、春に堆肥あるいは化学肥料を追肥したMMとMFおよびMF2では、NPPは同様に増加したが、MMはMFやMF2に比べ、炭素収支が改善され、GWPの低下が図られ、GHGIを有意に減少させた。すなわち、堆肥施与は、生産量の向上に寄与し、土壌の炭素固定を高めることでGWPを抑制し、収量あたりのGHG排出量を低下させることを示した。

3. 酸性矯正による N_2O 排出削減の可能性

圃場条件下での観測では、コーン畑で N_2O 排出量と土壌pHとの間に有意な負の相関が見られた ($r = -0.72$, $p < 0.01$)。そこで、石灰処理が実際に N_2O 排出量を改善するかどうかを好気的および嫌気的条件の培養実験で検討した。石灰処理として石灰無添加 (L0)、 $4 \text{ mg CaCO}_3 \text{ kg}^{-1}$ 土壌の低石灰処理 (L1) および $20 \text{ mg CaCO}_3 \text{ kg}^{-1}$ の高石灰処理 (L2) の3処理を設けた。好気的条件下では、 ^{15}N 標識 KNO_3 を添加して排出する $^{15}\text{N}_2\text{O}$ を同位体 N_2O 分析器 (レーザ分光) で分析した。嫌気的条件下では、アセチレン阻害法を用いて KNO_3 添加に伴う N_2O と N_2 排出量を測定した。嫌気的条件下では石灰施与により N_2 排出量が増加し、 N_2O 排出量は大幅に低下した。好気的条件下では、高石灰処理 (L2) は、無添加 (L0) より30%少ない N_2O 排出量を示したが、低石灰処理 (L1) では、逆に N_2O 排出量は増加した。好気的条件下では、土壌中では硝化と脱窒の両方のプロセスが N_2O 生成に関わるので、L1処理では、Nie et al. (2016)が報告した本供試土壌の N_2O 還元酵素の最適pH (6.5) より土壌pHが低かった (6.0) ことが、 N_2O 排出量を増加させた理由であるとした。

以上の成果は、農地における土地利用変化がGHG排出に影響を与える要因として、とくに耕うんの影響が大きいことを示すとともに、堆肥施与、酸性矯正を適正に行うことで、作物収量の向上とGHG排出量の抑制が得られることを実証したものであり、関連学会においても高く評価されている。

よって審査員一同は、Ikabongo Mukumbuta が博士 (農学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。