HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Effects of long-term nitrogen fertilization on soil CO_2 and N_2O fluxes in a tropical peatland [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Auldry, Chaddy Anak Petrus Rudut
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第14210号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79572
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Auldry_Chaddy_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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 Auldry Chaddy Anak Petrus Rudut

審査担当者　主査　特任教授　波多野隆介
副査　教　授　石黒　宗秀
副査　教　授　信濃　卓郎

学位論文題名

Effects of long-term nitrogen fertilization on soil CO_2 and N_2O fluxes in a tropical peatland

（熱帯泥炭地における長期窒素施肥が土壌CO_2およびN_2Oフラックスに及ぼす影響）

本論文は英文 125 頁、図 23、表 23、8 章からなり、参考論文1編が付されている。

熱帯泥炭湿地林におけるアブラヤシ・プランテーション開発では排水と窒素施肥が行われる。このために生じる泥炭分解が CO_2 と N_2O の放出を促進することが指摘されている。温室効果ガス排出量を削減するとともに、熱帯泥炭農地を維持するためにも、窒素施肥量の影響の詳細な検討を行い、適正な施肥量を決定する必要がある。本研究では、マレーシア・サラワク・シブの熱帯泥炭のアブラヤシ・プランテーションにおいて 2010 年の開墾直後から 8 年間の長期にわたり、4 処理の年間窒素施肥量（無窒素区、低窒素区 31.1 kg N ha^{-1}、標準区 62.2 kg N ha^{-1}、高窒素区 124.3 kg N ha^{-1}）でアブラヤシを栽培し、アブラヤシ収量、土壌 CO_2 と N_2O 排出量、地下水位、表層土壌の水分飽和度（WFPS）、孔隙率、CN 比、NO_3-N 濃度などの土壌環境因子を測定し、それらの関係を解析した。さらに WFPS と窒素施肥量が CO_2 と N_2O 排出量に与える影響を室内培養実験で確認した。得られた結果に基づき、熱帯泥炭における持続的なアブラヤシ生産のための土壌管理を検討した。

1. 熱帯泥炭農地における異なる窒素施肥量での土壌 N_2O 排出

土壌からの年間 N_2O 排出量は高窒素区で有意に大きかった。地下水位、WFPS と N_2O 排出量との関係も高窒素区で有意に大きかった（それぞれ $p < 0.001$、$p < 0.01$）。2012 年以降、N_2O 排出量と NO_3-N 濃度は年々低下した。一方、WFPS は上昇し 70%以上となったことから、土壌が還元的となり脱窒が促進された可能性がある。窒素施肥はアブラヤシ収量に有意な影響を与えなかった（$p = 0.994$）。アブラヤシ収量は WFPS と明瞭な正の相関を示し（$p < 0.001$）、N_2O 排出量および NO_3-N 濃度と負の相関を示した（$p<0.05$）。また地下水位の低下が収量を増加させる傾向があった（$p<0.05$）。しかし、一般には表土の WFPS は地下水位の低下とともに低下するので、これらの関係は一見矛盾を含んでいる。このことについて、以下のように考えた。開墾当初の 2010 年と 2011 年に地下水位は 40cm から 100cm で推移し、地下水位の低下により WFPS の低下が有意に見られた。その後は地下

水位は 60cm から 70cm で推移したが WFPS は順次上昇していた。このことは年々泥炭の粗孔隙が潰れ毛管孔隙が増加し毛管上昇が生じやすくなったためと考えた。そしてこの水分環境の改善がアブラヤシの生育を良好にし、NO_3-N 吸収を高め、N_2O 排出量を低下させたと考えた。

2. CO_2 フラックスに対する窒素施肥の影響

窒素施肥は、CO_2 排出量に有意な影響を与えなかった（$p = 0.448$）。開墾直後の 2010 年と 2011 年には CO_2 排出量は地下水位の低下により増加した（それぞれ $p < 0.001$ と $p < 0.05$）。しかし、その後 CO_2 排出量は WFPS の増加に伴い低下した。また土壌 CN 比は窒素施肥区でも無窒素区より低いもののいずれも 20 以上であり、さらに年とともに上昇していた。この高い CN 比のために、有機物分解は抑制されていると思われた。ただし CO_2 排出量と N_2O 排出量の間には正の相関が見られ（$p < 0.01$）、高窒素区では CO_2 に対する N_2O の増加が助長された。これらのことは、窒素施肥により CN 比が低下すると泥炭が分解しやすくなり、N_2O 排出を増加させる可能性があることを示している。

3. 室内培養実験による泥炭分解に対する異なる窒素施肥量の影響

泥炭分解に伴う WFPS と窒素施肥の影響を見るために、土壌水分 2 処理（WFPS 50%、80%）、窒素施肥量 4 処理（無窒素 0 mg N kg^{-1}、低窒素 780 mg N kg^{-1}、標準 1550 mg N kg^{-1}、高窒素 3110 mg N kg^{-1}）で培養した。窒素施肥量は現地アブラヤシの局所施肥の影響範囲に配慮して設定した。CO_2 および N_2O 排出量は窒素施肥による有意な差はなかったが、WFPS 80%で 50%より有意に高かった（それぞれ $p<0.05$、$p<0.001$）。このことは圃場試験と異なり、室内培養実験では植物吸収による NO_3-N 低下が無かったためと考えられた。両 WFPS 条件ともに N_2O 排出量は CO_2 排出量と正の相関が認められ（$p < 0.01$）、泥炭分解により N_2O 放出が生じることが示された。

このように、長期の窒素施肥は泥炭の CN 比を低下させ泥炭分解を助長し N_2O 排出量を増加させる傾向を示したが、アブラヤシ収量に有意な違いをもたらさなかった。したがって現行の標準施肥量（62.2kgN ha^{-1} yr^{-1}）は削減可能であると考えられた。アブラヤシ収量は WFPS の上昇とともに年々高まり、WFPS が 70%以上になると NO_3-N 濃度低下とともに N_2O 排出量も低下したが、これらは土壌の毛管孔隙の増加によりもたらされたことから、土壌物理性の改良の重要性も指摘された。以上の結果は、熱帯泥炭における持続的なアブラヤシ生産のための適正な土壌管理の構築に大きく寄与するものと評価される。

よって審査員一同は、Auldry Chaddy Anak Petrus Rudut 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。