HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	熱帯泥炭地のさまざまな土地利用における正味炭素損失と沈下［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	石倉, 究
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第12713号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65628
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kiwamu_Ishikura_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　石倉　究

審査担当者　主査　教授　波多野隆介
副査　教授　石黒　宗秀
副査　教授　平野　高司
副査　教授　井上　京

学位論文題名

熱帯泥炭地のさまざまな土地利用における正味炭素損失と沈下

本論文は和文 102 項、図 30、表 29、7 章からなり、参考論文 1 編が付されている。

泥炭地には全陸域炭素の約 1/4 が現存している。しかし近年、熱帯泥炭地の開発が拡大し、泥炭からの炭素損失が生じた。これは、大気へ二酸化炭素を排出し、地球温暖化を促進するとともに、泥炭沈下を引き起こし、持続的な土地利用を阻害する原因になっている。

熱帯泥炭地からの二酸化炭素排出の見積もりのために、土壌呼吸の測定が行われ、土壌呼吸は地下水位の低下で増加することが指摘されてきた。しかし、土壌呼吸と地下水位の関係には不確実性が大きく、その要因として地下水位変動に伴う再湿潤化による泥炭分解の促進（乾土効果）が指摘されている。

正味の炭素損失は、有機物分解量（従属栄養呼吸量）と土壌への有機物供給量の収支である。現地で従属栄養呼吸量とリター供給量を直接測定して求める方法を生態学的手法という。一方、泥炭沈下は、有機物分解と泥炭の圧縮の合計として生じるので、容積重から圧縮量を見積もり、沈下量と圧縮量の差を正味の炭素損失として推定することができる。この方法を沈下法と呼ぶ。ただし、これらの方法を熱帯泥炭地の同一地点で比較した例はない。また、生態学的手法による測定は極めて限られており、水管理されたプランテーションでの測定例はまだない。

そこで、本研究では、まず、異なる土地利用の熱帯泥炭地において、長期にわたる土壌呼吸と地下水位の観測データを解析し、再湿潤化による乾土効果を検証した。ついで、アカシアプランテーションにおいて、正味炭素損失を生態学的手法と沈下法で測定し手法間の比較を行った。さらに、水管理による正味炭素損失と沈下への影響を、自然林、自然林とプランテーションの緩衝帯、プランテーション内部で検討した。

調査はインドネシア熱帯泥炭地の異なる土地利用・水管理の 3 箇所で行った。カランパンガン村では火災跡地、畑地、森林、草地で 2002～2011 年に毎月調査した。アカシアプランテーションを営むランガム農園には 100 m 間隔で 6 地点（AP1～6）を直線上に設け、2008～2010 年に毎月調査した。ムランティ農園ではダムを設置するなどして、水管理されたアカシアプランテーション（A1、 A2）、緩衝帯（B）、泥炭ドーム頂上に残した自然林（N）で、2012～2013 年に毎週調査した。土壌呼吸速度および従属栄養呼吸速度は静的クローズドチャンバー法で測定し、従属栄養呼吸速度の測定にはトレンチ法（根を除去し根の侵入を防いだ処理区で測定する）を適用した。また、地温（4 cm 深）、土壌水分飽

和度（10 cm 深）、地下水位、沈下量、リター量を測定した。容積重と全有機態炭素含量はボーリング調査から測定した。生態学的手法による正味炭素損失は積算従属栄養呼吸量と積算リター量の差で見積もった。沈下法による正味炭素損失は排水直前から現在までの表層の土壌炭素の減少量として見積もった。排水直前の表層土厚は現在の表層土厚から沈下速度で外挿し、その土壌炭素現存量は、現在の地下水面下の下層土の容積重と全有機態炭素含量を用いて推定した。

カランパンガン村で土壌呼吸速度と地下水位の関係を乾土効果に着目して解析した。土壌呼吸速度（mg C m^{-2} h^{-1}）は、畑地（333 ± 178）で最大、火災跡地で最小（100 ± 90）だった。畑地では、地下水位の変動が大きく、乾期では150 ㎝以下にしばしば低下した。土壌呼吸速度は再湿潤化で乾燥化よりも有意に高く、土壌呼吸速度の対数値と地下水位の回帰直線の傾きも再湿潤化で乾燥化よりも有意に大きかった。これらの結果は畑地では、乾土効果により土壌呼吸速度が促進されたことを意味する。一方、火災跡地では泥炭が火災で失われて湛水し、土壌呼吸速度は再湿潤化期で乾燥化期よりも有意に低く、森林と草地では再湿潤化と乾燥化で土壌呼吸速度に有意差がなかった。すなわち、これらの地点では、乾土効果は無いことを示した。

ランガム農園で正味炭素損失を生態学的手法と沈下法で評価し、両者を比較した。地点平均正味炭素損失は、沈下法で 0.43 ± 0.35 kg C m^{-2} yr^{-1} であり、生態学的手法の 1.20 ± 0.29 kg C m^{-2} yr^{-1} より有意に小さく、正味炭素損失が沈下速度に占める割合は、沈下法で 31%と、生態学的手法での 81%より小さかった。沈下法では、過小評価、生態学的手法では過大評価の可能性がある。すなわち、沈下法では、沈下速度から排水前の表層土厚を外挿するが、これを過小評価している可能性がある。一方、生態学的手法では、トレンチ法で枯死脱落根が生じこの分解の影響のために過大評価する可能性がある。

ムランティ農園で生態学的手法による正味炭素損失を評価した。正味炭素損失は年積算従属栄養呼吸と有意な正の相関があり（R^2 = 0.99）、土壌水分飽和度が低い A1 で最大であり（3.97 ± 0.26 kg C m^{-2} yr^{-1}）、N で最小だった（0.71 ± 0.15）kg C m^{-2} yr^{-1}）。これらの結果は、土壌水分飽和度の上昇で正味炭素損失が抑制されることを示唆する。

結論として、水管理されず大きな地下水位変動が生じると乾土効果により泥炭分解が促進されること；正味炭素損失の見積もりについては、沈下法で過小評価、生態学的手法で過大評価の傾向があること；水管理により土壌水分飽和度を上昇させると正味炭素損失を抑制できることがあげられる。

以上の成果は、熱帯泥炭の炭素損失の機作を示し、泥炭の維持のための水管理の重要性を述べたものであり高く評価されるとともに、温室効果ガスインベントリーへの貢献も期待される。

よって審査員一同は、石倉　究が博士（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。