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_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野名称：博士（農学）　　氏　名：石倉　究

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

1. 背景と目的

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，熱帯泥炭地で農業利用が拡大し，排水された泥炭地から炭素が損失しており (0.10–0.23 Pg C yr^{-1})，全球の炭素循環に大きな影響を与えている。また，炭素損失は泥炭沈下を引き起こし，持続的な土地利用を阻害しうる。

熱帯泥炭地の炭素損失評価のため，土壌表面からの二酸化炭素排出である土壌呼吸 (SR) が広く研究されてきた。SR は地下水位 (GWL) の低下で促進されるが，SR と GWL の関係は不確実性が大きい。その要因として GWL 変動に伴う再湿潤化による有機物分解の促進 (乾土効果) が考えられるが，熱帯泥炭地で乾土効果が SR に与える影響はまだ知られていない。

一方，SR ではなく土壌表面における有機物の分解と供給の収支である正味炭素損失 (NCL) を熱帯の排水泥炭地で評価する研究も増えている。しかし，水管理された熱帯泥炭地での研究はまだほとんどない。また，NCL の評価方法には各生態系過程を積み上げる生態学的手法と，沈下速度と容積重変化から土壌炭素現存量の減少速度で評価する沈下法の二つが提案され，それぞれが異なる場所で別々に適用されてきた。沈下法は生態学的手法よりも推定精度が低いと言われているものの，両手法は熱帯泥炭地では比較されておらず，よくわかっていない。

そこで，異なる土地利用・水管理の熱帯泥炭地において，SR と GWL の関係を乾土効果に着目して解析すること，NCL を生態学的手法と沈下法で評価し，手法を比較すること，水管理が NCL と沈下に与える影響を明らかにすることを目的に研究を行った。

2. 調査地と方法

調査は異なる土地利用と水管理を行っている 3 箇所で行った：インドネシア中央カリマンタン州パランカラヤ市近郊のカランパンガン村，リアウ州パンカランクリンチ市郊外のランガム農園およびムランティ農園である。カランパンガン村は水路掘削後に水管理されていない泥炭地である。火災跡地 (4 地点)，耕作地 (3 地点)，森林 (3 地点)，草地 (1 地点) に調査地を設け，2002 年から 2011 年まで毎月調査をおこなった。ランガム農園はカンパル川の氾濫原に位置し，洪水により土砂が表層に堆積している。本農園はアカシアプランテーションで，縦横に掘削された水路を通じて 1995 年から排水されてきた。ここに泥炭厚の浅い所から直線に 6 地点 (AP1–6) を設けた。調査は 2008 年 9 月から 2010 年 12 月まで毎月行った。ムランティ農園はカンパル川流域の降水涵養性泥炭地にあり，メラレウカ属を植えた緩衝帯を挟んで保護林を泥炭ドーム頂上に残してアカシアプランテーションが 2009 年から営まれている。アカシア区画には等高線に水平な水路が掘削され，ダムの開閉により雨季の GWL を目標水位 (–0.9 m から–0.4 m) に収める水管理を行っていた。アカシア区画に 2 地点 (A1, A2)，緩衝帯に 1 地点 (B)，保護林に 1 地点 (N) を設けた。調査は 2012 年 6 月から 2013 年 7 月まで毎週行った。

SR 速度と HR 速度は静的クローズドチャンバー法で測定した。HR 速度にはトレンチ法を用いた。また，4 cm 深の地温 (T_s) と 10 cm 深の土壌水分 (WFPS) を測定した。鉛直に埋めた PVC

管から GWL と沈下速度 (S_{IR}) を測定した。落葉落枝はリタートラップで測定した。容積重 (BD) と全有機態炭素含量 (TOC) はボーリング調査から測定した。生態学的手法による NCL は積算 HR と積算落葉落枝の差で評価した。沈下法による NCL は排水直前から現在までの表層の土壌炭素現存量の減少速度で評価した。排水直前の土壌炭素現存量は，下層土の BD と TOC を用い，排水直前の表層土厚を現在の表層土厚 (0–60 cm) と S_{IR} から外挿して求めた。

3. 地下水位変動に伴う乾土効果が土壌呼吸に与える影響

カランパンガン村で SR 速度と GWL の関係を乾土効果に着目して解析した。SR 速度 (mg C m^{-2} h^{-1}) は耕作地 (333 ± 178) で有意に最も高く，続いて草地 (259 ± 151)，森林 (127 ± 69)，火災跡地 (100 ± 90) の順だった。耕作地では，高 WFPS 範囲 (0.75–1 m^3 m^{-3}) 時に SR 速度は再湿潤化期で乾燥化期よりも有意に高かった。また，高 WFPS 範囲時に，$\log(SR) = \alpha - \beta \times GWL$ の関係における傾きβは再湿潤化期で乾燥化期よりも有意に大きかった。これらの結果は耕作地で乾土効果により SR 速度が促進されたことを示唆する。一方，火災跡地では高 WFPS 時に湛水することが多く，SR 速度は再湿潤化期で乾燥化期よりも有意に低かったこと，また，森林と草地では再湿潤化と乾燥化で SR 速度に有意差がなかったことから，乾土効果はみられなかった。

4. アカシアプランテーションにおける正味炭素損失の手法間比較

ランガム農園で NCL を生態学的手法と沈下法で評価し，両者を比較した。地点平均の NCL (kg C m^{-2} yr^{-1}) は沈下法 (0.43 ± 0.35) で生態学的手法 (1.20 ± 0.29) より有意に小さく，AP3–5 において沈下法で生態学的手法より有意に小さかった。これは，土砂堆積により収縮・圧密以外の要因で BD が増大し，全沈下に占める NCL の割合が過小評価されたことや，外挿で求めた排水前の表層土壌の厚さが過小評価され，排水前の炭素現存量が過小評価されたのが原因だと考えられた。そのため，沈下法は NCL を過小評価したかもしれない。

5. 水管理されたアカシアプランテーションにおける沈下と正味炭素損失

ムランティ農園で沈下と生態学的手法による NCL を評価した。沈下速度 (S_{IR}, cm yr^{-1}) は A2 (9.8 ± 0.8) で最大で，A1 (6.9 ± 0.5)，N (3.1 ± 0.5)，B (3.0 ± 0.5) と続いた。S_{IR} は平均 GWL と有意な負の相関がみられ，GWL の上昇で S_{IR} は抑制されることを示唆した。一方，NCL は年積算 HR と有意な正の相関があり ($R^2 = 0.99$, $P < 0.01$)，A1 (3.97 ± 0.26) で有意に最大で，A2 (1.91 ± 0.86)，B (1.26 ± 0.29)，N (0.71 ± 0.15) の間に有意差はなかった。全地点で HR 速度は低い WFPS で促進されたため ($R^2 = 0.38$, $P < 0.001$)，A1 で最大の NCL は低い WFPS が原因だと考えられた。A1 では WFPS と GWL の間に有意な相関はみられず，GWL が雨季の目標水位にあっても WFPS は低かった (0.20 ± 0.08 m^3 m^{-3})。一方，A2 では BD が A1 より大きいため毛管孔隙が増加し，表層への毛管上昇が保たれた可能性がある。これらの結果は，GWL よりも WFPS の上昇で NCL は抑制されることを示唆する。

6. 結論

水管理されていない耕作地では GWL 変動に伴う乾土効果により SR 速度は促進された。NCL を生態学的手法と沈下法で比較した結果，氾濫原や沿岸部のように土砂が堆積する地域や，排水直後の沈下量を得られない地域では，沈下法は NCL を過小評価するかもしれない。水管理された熱帯泥炭地では，沈下速度は GWL の上昇で抑制されると考えられた。一方，NCL は表層土壌水分の上昇で抑制されると考えられた。