

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26740011

研究課題名(和文) 熱帯林の劣化ステージに対応した土壌有機物の分解機構の解明

研究課題名(英文) Mechanism of decomposition of soil organic matter in relation to different stages of forest degradation in tropical region

研究代表者

鳥山 淳平(Toriyama, Jumpei)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・研究員

研究者番号：00582743

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：森林劣化の進行するカンボジア中央部において森林の劣化前後で土壌調査を行い、土壌有機物の分解速度を明らかにするとともに、その規定因子を指摘した。さらに既往の土壌調査報告と未公表データの整理により、同地域における新たな土壌炭素データセットを構築し、公開のための技術文書をまとめた。同データセットにもとづき、国レベルの土壌炭素貯留量とその分解ポテンシャルを推定するモデルの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：Based on soil samplings before and after the events of forest degradation in Central Cambodia, we assessed the decomposition rate of soil organic matter and pointed out its controlling factors in this region. We also reviewed the published and unpublished data on soil organic carbon in Cambodia to create a new dataset on soil carbon stock and a technical report for public release. We used this dataset to develop a model for estimating soil carbon stock and the potential amount of decomposition of soil organic carbon after forest degradation in the national level.

研究分野：森林土壌

キーワード：森林劣化 熱帯林 土壌有機物 土壌炭素

1. 研究開始当初の背景

熱帯地域において土壌有機物は、元来貧弱な土壌の養分保持機能を強化し、透水・排水性を改善することで農林地における生産活動を支える、人間の生存基盤である。この為、同地域における森林減少と森林劣化（以下森林劣化）に伴う土壌有機物の分解プロセスの解明と、分解速度の予測精度の向上が求められている。しかしながら森林劣化の発生は多くの場合偶発的であり、発生地点をピンポイントで予測して試験設定を行うことは困難である。この問題に対し研究代表者は、将来的に森林劣化が発生する可能性が高い地域を選び、森林が劣化する前の状態で土壌調査を行うことで、森林劣化後の再調査と合わせ、森林劣化に伴う土壌有機物の量的変化を評価できるのではないかと考えた。

また、土壌有機物は陸上生態系のもっとも大きな炭素プールでもあるため、土壌有機物に由来する土壌炭素の貯留量とその分解ポテンシャルを国レベルで推定することは、熱帯諸国の共通課題となっている。調査資源の乏しい地域において調査コストを低く抑えるためには、モデリングによる推定が不可欠である。しかしながら、技術開発の基礎となる土壌炭素のデータセットが不十分であるため、データに裏づけされたモデルの開発は進んでいない。

2. 研究の目的

本研究は森林劣化の進行する熱帯地域において、

- (1) 土壌有機物の分解速度とその規定因子を明らかにするとともに、
- (2) 国レベルの土壌炭素貯留量とその分解ポテンシャルを推定する技術を開発する。

3. 研究の方法

本研究はカンボジアの熱帯林を対象とする。研究の目的と対応した2つの手法を以下に示す。

(1) 同一地点における土壌有機物の追跡調査

カンボジア森林局の協力を得て2010年の森林インベントリ調査で採取した、カンボジア中央部の乾燥常緑林10サイトのリターおよび土壌試料を取得した(図1)。さらに、森林劣化の進んだ2014年に同調査区の再調査を行った。

2014年時点で10サイトのうち3サイトはキャッサバ畑に転換されており、残りの7サイトは異なる強度の伐採影響を受けている。森林の保存状態が良好なサイトでは、2010年の土壌調査断面(1サイトにつき4地点反復)の跡により再調査を行った。一方キャッサバ畑ではGPSの座標情報に基づき調査区(30m×40m)を復元し、再調査を行った。以上の現地調査により、葉リター試料80点と、3深度(0-5、5-10、15-30 cm)の土壌試料

240点を取得した。すべての試料について全炭素全窒素分析を行い(SUMIGRAPH NC-22)、リターおよび土壌炭素蓄積量の経年変化を評価した。加えて土壌pH(H₂O)の変化について検討を行った。

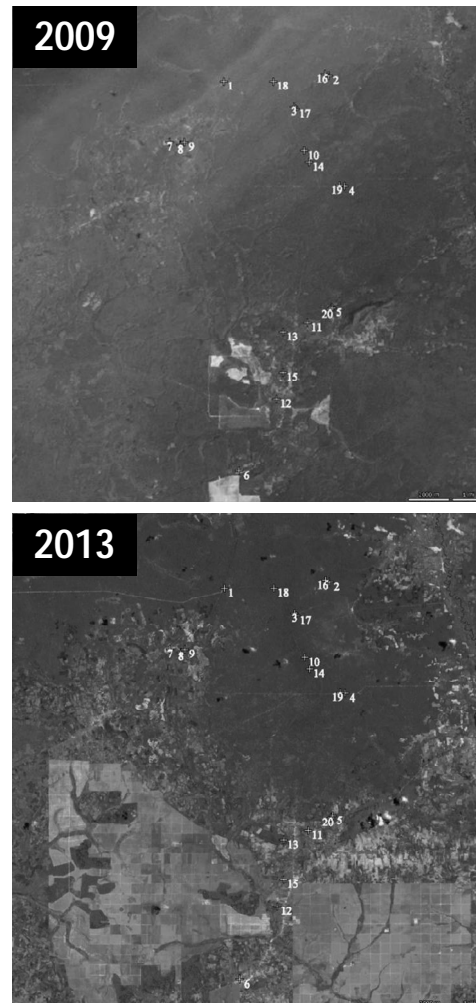


図1. 調査候補地における森林劣化

2009年12月と2013年5月に取得したLandsat画像。画像の1辺は約25km。2009年時点では多くが森林(黒色)に覆われているのに対し、2013年では南側から農地(白い方形区)が拡大していることがわかる。図中の数字は土壌サンプリングの候補地20地点で、このうち10地点からサンプリングを行った。

(2) 土壌炭素データセットを利用した土壌炭素貯留量の広域評価

研究代表者らのグループが2002年から現在までにカンボジアで収集した土壌炭素の貯留量データを取りまとめ、研究資料として公開するための編集作業を行った。

次にデータセットを利用し、2つのタイプの土壌炭素推定モデルを検討した。1つはシンプルな重回帰モデルで、もう1つはプロセスモデルである。重回帰モデルは、カンボジアの国土を7616の格子点に分割したのち、データセットの土壌炭素貯留量を目的変数、

植生型と月別気象値を説明変数とした。月別気象値は英国の Climatic Research Unit (CRU) のデータを利用した。

さらに重回帰モデルで推定した土壤炭素貯留量を利用し、森林劣化による土壤炭素の潜在的分解量を広域推定するため、熱帯林において伐採後に速やかに分解される植物遺体タイプの土壤炭素含有量の推定式を作成した。具体的には、過去にカンボジアの森林域で取得された、土壤有機物の存在形態（比重分画法にもとづく遊離態もしくは有機無機複合体）のデータ解析を行った。土壤有機物の存在形態に影響すると予想された因子（森林の常緑・落葉性、土壤中の酸化物質、月別降水量）について検討を行った。このとき土壤中の遊離態炭素を易分解性画分とみなし、重回帰モデルの結果と合わせ、熱帯林の消失に伴い速やかに分解される土壤炭素の貯留量を広域推定した。

プロセスモデルも重回帰モデルと同様の格子点を対象とし、土壤炭素動態モデル CENTURY と CRU の気象データを利用した。このとき土壤有機物由来の炭素貯留量に影響を与える因子として、火災履歴と土壤の粒径組成のパラメータ調整を行った。

4. 研究成果

(1) 土壤有機物の分解速度とその規定因子

土壤有機物由来の炭素貯留量は、森林消失サイトも含め、4年間で明瞭な変化がみられなかった。キャッサバ転換サイトでも深さ 0-30cm で 1-2%の減少に留まった。4年間で 1-2%の減少は、同じくカンボジアのゴム林転換サイトの減少分（10年以内に 40%減少、未発表データ）と比べて極めて小さい水準である。また、土壤の圧密の指標となる細土容積重は 2014/2010年の平均値が、0-5cm、5-15cm、15-30cm でそれぞれ 0.98、0.95、0.95 であり、森林劣化に伴い土壤の緻密化と細土容積重の増加が起こるという予想に反した。このように土壤炭素貯留量の変化が小さく、圧密が見られなかった要因として、調査地域の森林土壤の砂質土性が影響していると考えられた。カンボジアでは赤色の粘土質土壤（主に Ferralsols）において森林のゴム林転換が古くから行われてきた。これに対し、近年白色の砂質土壤（主に Acrisols）において森林のキャッサバ転換が行われるようになった。カンボジア中央部の Acrisols については森林土壤の炭素貯留量の水準が低く、細土容積重が高く、堅密な構造をもつことが知られているが、本研究の結果は同地域の Acrisols が、森林劣化に対する土壤有機物の分解抵抗性が高いことを示唆している。

一方、キャッサバ転換サイトでは土壤 pH(H₂O) が上昇する傾向が見られた。pH(H₂O) 上昇の要因として、土地利用変化に伴う火入れと、林床の有機物の無機化の影響が考えられた。本研究における葉リターの蓄積量は有意な減少傾向を示し、2014/2010年の平均値

が 0.55 であり (N = 40)、キャッサバ転換サイトを除いた場合でも 0.66 であった (N = 28)。このように、GPS の位置情報を利用した森林劣化前後のリセンサスの結果から、リター由来の炭素プールが大きく減少するのに対し、土壤有機物由来の炭素プールは必ずしも明瞭な減少を示さないことが明らかとなった。

(2) 国レベルの土壤炭素貯留量を推定するための技術開発

これまで未公表のデータを含む、カンボジアの土壤炭素貯留量のデータセットを構築した。データセットはカンボジア国の森林 66 地点（新規公開の 34 地点を含む）土壤層位数 309 点から構成される。メタデータとして座標情報、植生型、最大深度、調査時期等を含む。データセットとその技術文書は、2018年 6 月に森林総合研究所の研究報告資料として公開される予定である。

次に、上記のデータセットと重回帰分析にもとづくカンボジア森林域の土壤全炭素のマップを作成した（深さ 0-30cm、図 2）。モデル推定値と観測値の重相関係数は 0.87 であった。土壤炭素貯留量に強く影響を与える因子として植生型および乾季の降水量が挙げられた。さらに、熱帯林において伐採後に速やかに分解される植物遺体タイプの土壤炭素含量の推定式を作成した（図 3）。推定式を作成するためのデータ解析の過程で、植物遺体と有機無機複合体に由来する土壤有機物の量はいずれも、土壤中の酸化アルミニウムの量と相関があり、森林のタイプや気候条件に左右されないことを明らかにした。この成果について学術論文にまとめ、国際誌で公表した（雑誌論文）。重回帰モデルと推定式の結果から、カンボジアの森林域において、森林の消失に伴い速やかに分解されると考えられる土壤炭素の貯留量を広域推定した。

さらに、プロセスモデル CENTURY のパラメタリゼーションにより、バイオマスや枯死木の減少とリンクした土壤有機物の動態モデルのプロトタイプを構築した。このモデルによってカンボジアの主要な森林帯である Koh Kong（丘陵地、多雨、砂質土壤）、Kampong Thom（低地、降雨中程度、砂質土壤）、Mondul Kiri（丘陵地、降雨中程度、粘土質土壤）、Kratie（低地、降雨中程度、礫質土壤）等の地域における、土壤有機物由来の炭素貯留量のバリエーションを表現することができた。

以上の成果は、途上国の森林減少抑制のための国際的メカニズムである REDD プラスにおいて求められる、参照レベルの設定に貢献するものである。また 2017 年 12 月にリリースされた、全球土壤炭素マッピングプロジェクト GSOC の熱帯林地域の精度向上に資するものである。

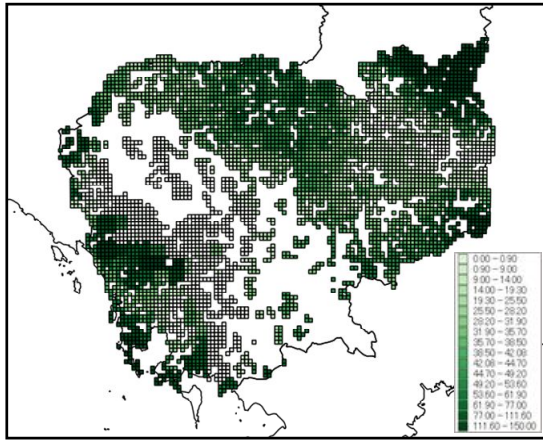


図2. カンボジア森林域の土壤炭素マップ
単位は MgC ha^{-1}

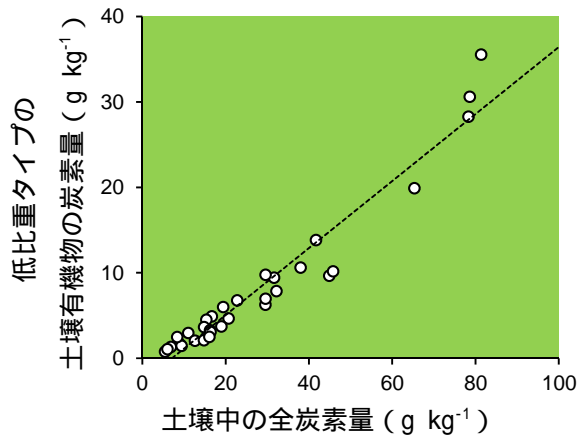


図3. 土壤中の全炭素量と低比重タイプの
土壤有機物由来の炭素量の関係
Toriyama et al. (2015)のデータをもとに研
究代表者が新たに作成した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

J. Toriyama, M. Hak, A. Ima, K. Hirai, Y. Kiyono. (2015) Effects of forest type and environmental factors on the soil organic carbon pool and its density fractions in a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 335:147-155, 査読有
DOI: 10.1016/j.foreco.2014.09.037

[学会発表](計 4 件)

鳥山淳平、森林劣化が進む熱帯地域の炭素貯留量推定のための土壤炭素データベース、第129回日本森林学会大会、2018年

鳥山淳平他、熱帯林の劣化過程における土壤炭素蓄積量の変化、日本ペドロロジー学会2016年度大会、2016年

鳥山淳平他、熱帯季節林の劣化とキャッ

サバへの転換が土壤炭素蓄積量に与える影響、第25回日本熱帯生態学会年次大会、2015年

鳥山淳平他、熱帯林のゴム林転換に伴う土壤炭素の物理的組成の変化、第24回日本熱帯生態学会年次大会、2014年

[図書](計0件)

[産業財産権]

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

鳥山 淳平 (Toriyama, Jumpei)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・研究員

研究者番号: 00582743