

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23710028

研究課題名(和文) 熱帯季節林の土壌炭素蓄積プロセスとゴム林転換による影響の評価

研究課題名(英文) Accumulation process of soil organic carbon in seasonally dry tropical forest and its response to the impact of forest conversion to rubber plantation

研究代表者

鳥山 淳平(Toriyama, Jumpei)

独立行政法人森林総合研究所・温暖化対応推進拠点・任期付研究員

研究者番号：00582743

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジアにおける熱帯季節林の伐採とゴム林への転換に伴い、土壌中の炭素のストックとその構成がどのように変化するかを明らかにするため、カンボジアで広域土壌調査を行った。その結果、熱帯季節林の土壌中に存在する比較的分解されやすい炭素プールは、その多くが森林の伐採とゴム林転換の初期ステージで消失すること、その一方で古いゴム林の植え替えが土壌炭素プールに与える影響は限定的であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Conversion of tropical dry forest to rubber plantation is widely observed in South east Asia at present. We conducted soil survey in seasonally dry tropical forests and rubber plantations in Cambodia to clarify the temporal changes in stock and physical composition of soil organic carbon during the land use change. The labile carbon pool in forest soil which is composed of fine plant debris rapidly decreased after the clear cutting of forest and planting of rubber trees. On the other hand, the impact of re-planting of old rubber plantations on soil organic carbon pool was small compared to that of the establishment of new rubber plantations.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：カンボジア ゴム林 熱帯季節林 土壌炭素 比重分画法

1. 研究開始当初の背景

IPCC 第5次評価報告書の中で熱帯林の伐採と農地転換は、化石燃料使用に次ぐ温室効果ガスの人為排出源とされる。東南アジア大陸部においては、熱帯季節林域の縮小とゴム林経営の拡大が進行している。同地域の土地利用変化が温室効果ガスの排出シナリオと地球温暖化に与える影響を予測する為には、バイオマス炭素だけでなく土壤炭素ストックのモニタリングとモデル化が求められる。近年、土壤炭素プールを化学的または物理的に分画し、比較的分解されやすい画分と安定的な画分にわけることで、土壤炭素動態モデルを高度化する試みが温帯地域を中心に行われている。上記の手法は熱帯季節林とゴム林の土壤にも適用可能であり、それによって土地利用変化に伴う土壤炭素のストックとその構成要素の変化を評価できる可能性がある。

2. 研究の目的

(1) 従来の土壤炭素ストック計算で発生する誤差を解消する為、新たな計算手法を開発する。

(2) 熱帯季節林およびゴム林において物理分画手法の一つである比重分画を用い、土壤炭素の物理的構成を明らかにする。その際、熱帯季節林の着葉フェノロジーが土壤炭素の物理的構成を規定するという仮説を設定し、これを検証する。

(3) (1)(2)の成果から、熱帯季節林のゴム林転換に伴う土壤炭素のストックと構成要素の変化を明らかにする。特にゴム林の新規植栽と植え替えが土壤炭素に与えるインパクトに着目する。

3. 研究の方法

(1) <土壤炭素ストックの計算手法の改良>
 深度基準(例えば深さ 0-30cm の土壤)でサンプリングされた2時期の土壤炭素蓄積データを、細土容積重によって質量基準(例えば 1000 t ha^{-1} の土壤)に補正する。このとき質量基準の値を林分で一つではなく、サンプリング地点間のばらつきを考慮した形で、サンプリング地点に個別に割り振る手順が旧来の手法にない改善点である。また2時期の調査地点が1対1で対応していないケースや、サンプリング数が異なるケースにおいても適用可能である。検証の為、過去にインドネシア西ジャワ州で得られた4年間の土壤炭素モニタリングデータを利用する。同地域では二次林を伐採し *Acacia mangium* と *Shorea leprosula* を試験的に植栽した結果、*Acacia mangium* 林の生育速度が早く、試験の後半期間に元の二次林を上回るバイオマスを示したが、*Shorea leprosula* 林の生育は遅く、バイオマスも低い水準に留まったことが確認されている。

(2) <既存データの予備解析>

熱帯季節林の土壤炭素ストックのレンジを把握する為、既に報告されているカンボジアの熱帯季節林 18 地点の土壤調査断面とタイの 27 地点の土壤調査断面のデータを解析する。その際、特に森林の着葉フェノロジー(常緑、落葉性)と地質(堆積岩、玄武岩)のタイプに注目する。

(3) <熱帯季節林の土壤採取と分析>

カンボジアの保護林域 8 サイト(常緑、落葉林 4 サイトずつ)で広域調査を行う(図 1)。同サイトでは 2005 年からカンボジア環境省による毎木調査が行われている。8 サイトの年間降水量は 1020-2860 mm の範囲にある。各サイト 4 地点反復を行う。各地点で葉リター(L 層)と鉞質土壤(0-5、5-15、15-30cm)を採取する。

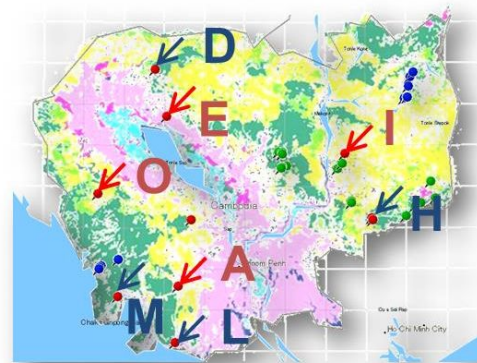


図 1. カンボジアの調査位置

緑色と黄色のエリアはそれぞれ常緑林と落葉林の分布を示す。D, H, L, M は常緑林、A, E, I, O は落葉林サイトである。

0-5cm 土壤について比重分画試験 (1.6 g cm^{-3})を行い、4つの画分を得る。軽画分(LF、 1.6 g cm^{-3})を 640 J mL^{-1} の超音波処理前(free LF)と処理後(occluded LF)に分け、重画分(HF、 $>1.6 \text{ g cm}^{-3}$)を $63 \mu\text{m}$ の篩により砂サイズ(coarse HF)とシルト・粘土サイズ(fine HF)に分画する。リター、バルク土壤、0-5cm 土壤の比重分画試料をCN分析に供する。バルク土壤試料について鉄・アルミ酸化物(ジチオナイト、及び酸性シュウ酸塩可溶の鉄とアルミニウム)を定量する。

(4) <ゴム林の土壤採取と分析>

施業サイクル(1回目と2回目)の異なるゴム林を調査対象とする。施業サイクル1回目のゴム林はカンボジアコンポントム州の北部に位置し、森林伐採後に植栽された1-9年生の林分(4サイト)である。施業サイクル2回目のゴム林は同国コンポンチャム州のゴム研究所の試験地である。同試験地では40年生以上の古いゴム林を伐採した後に植栽した1-16年生のゴム林を調査対象とする(9サイト)。さらに同試験地に残存する施業サイクル1回目の60年生ゴム林を調査対象に

加える。各サイトで樹木バイオマス調査を行い、葉リター、鉍質土壌を採取した後、熱帯季節林と同様の解析を行う。

4. 研究成果

ここでは方法の(1)-(4)に対応した成果を記載する。

(1) 土地利用変化に伴う土壌炭素ストックの経年変化を適正に評価する計算手法を開発した。従来の深度基準の計算では有意な傾向がないとされた *Acacia mangium* と *Shorea leprosula* の土壌炭素データを質量基準に補正することで、それぞれの林分で 3.6 MgC ha^{-1} の増加と 3.0 MgC ha^{-1} の減少傾向 ($p < 0.001$ 、深さ 0-10cm 相当) を明らかにした。この理由として、一般的に炭素濃度が時間的に増加する場合、同じ深さの細土容積重は減少する(逆も然り)傾向があるため、両者を掛け合わせた深度基準の土壌炭素ストックの変化が常に相殺されることを指摘した。質量基準の土壌炭素ストックの増減が、林分のリター蓄積の変化量と高い正の相関を示したことから、質量基準のアプローチがより合理的であると結論した。

(2) 土壌炭素ストックの層化パラメータとしては、第一に地質タイプ、続いて常緑・落葉性のタイプが重要であることを明らかにした。既存データの解析から深さ 30 cm の土壌炭素ストックの平均値は、カンボジアの玄武岩地域で常緑、落葉林がそれぞれ $71, 58 \text{ MgC ha}^{-1}$ で、堆積岩地域でそれぞれ $39, 24 \text{ MgC ha}^{-1}$ であり、タイの同じ地質タイプの森林と同程度の土壌炭素ストックを示した。玄武岩地域のデータはタイの熱帯季節林域で報告がなく、東南アジアの土壌炭素インベントリにおいて重要なデータと考えられた。玄武岩土壌で炭素ストックが高い原因を明らかにするために鉍物分析を行った結果、堆積岩土壌と比べ、玄武岩土壌により多く含まれる遊離酸化アルミニウムが炭素吸着の安定化に貢献していることを指摘した。

(3) 熱帯季節林ではリター、鉍質土壌ともに C:N 比の森林タイプ間差がみられた。リターの C:N 比は落葉 > 常緑林の傾向を示した。0-5cm 土壌の C:N 比は落葉林 1 地点を除き落葉 > 常緑林であり、深さの増大に伴い常緑・落葉間差は不明瞭となった。常緑林下では乾季にも林冠が閉じて比較的高い土壌水分環境が維持されていることが、落葉林より低い C:N 比の要因として考えられた。リター現存量は常緑 > 落葉の傾向がみられ、リター由来の炭素、窒素蓄積量はともに常緑 > 落葉林であった。

比重分画試験では、土壌炭素に対する寄与が高い順に fine HF > free LF > occluded LF > coarse HF の傾向が見られた(図 2)。coarse HF は特に寄与が低く、平均で全炭素の 3%未

満を構成した。この理由として coarse HF が石英主体の一次鉍物から構成されることが考えられた。森林タイプ因子、鉍物因子(酸性シュウ酸塩可溶のアルミニウム)とそれらの交互作用からなる線形モデル解析では、各比重画分の炭素量および比率の変動はもっぱら鉍物因子の主効果で説明され、森林タイプ因子は有意な効果をもたらさなかった。土壌炭素画分の中で、主に細根の断片等から構成される軽画分炭素(fine LF + occluded LF)が全炭素に占める割合は、天然林サイトで 3~4 割程度であった。この割合も常緑、落葉の森林タイプ間で有意差がみられず、土壌中の軽画分炭素は全炭素から高い精度で推定された ($R^2 = 0.94$)。

以上をまとめると、リターと鉍質土壌の質(C:N 比)は常緑、落葉林の間で明瞭に異なるが、バルク土壌または比重画分の炭素量は鉍物因子に規定され、植生間差があるとはいえなかった。

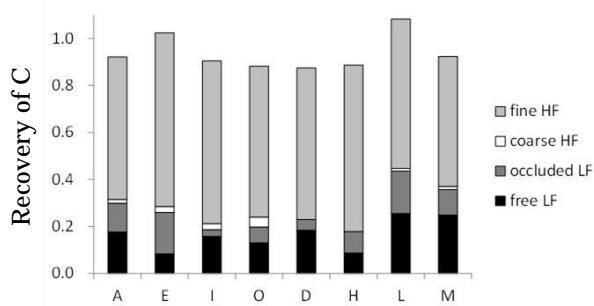


図 2. 熱帯季節林の土壌炭素の物理的構成
各サイトの ID は図 1 と対応する。

(4) ゴム林の施業サイクルの 1 回目と 2 回目で土壌炭素の変化パターンが異なることを明らかにした。施業サイクル 1 回目のゴム林では、森林からの転換後に、深さ 0-30 cm 相当の土壌炭素ストックが 10 年以内に大きく減少し、その値はコンボンチャムに残存する 60 年生のゴム林と同程度となった。このとき土壌炭素ストックは森林の 6 割程度であった。土地利用変化の開始から 10 年以内に土壌 C:N 比は急激な増加とその後の減少を示し、森林由来の新鮮な有機物が急速に分解されたと考えられた。一方、40 年超のゴム林の植え替えの前後では、土壌炭素の質的・量的変化は明瞭でなかった。

比重分画試験により回収された軽画分炭素の割合は、ゴム林転換地では 1 割程度に留まり、植え替え後も同程度であった。このことから、熱帯季節林の土壌中に存在する比較的分解されやすい炭素プールは、その多くが森林の伐開とゴム林転換の初期ステージで消失すること、その一方で古いゴム林の植え替えが土壌炭素プールに与える影響は限定的であると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3件)

J. Toriyama, S. Ohta, Y. Ohnuki, A. Imai, E. Ito, M. Kanzaki, K. Hirai, M. Araki, Y. Kiyono, S. Chann (2013) Physicochemical Properties and Carbon Storage of Forest Soils on Cambodian Basalt: A Preliminary Study with a Density Fractionation Approach. Japan Agricultural Research Quarterly 47(2): 217-226 (査読有)

J. Toriyama, T. Kato, C.A. Siregar, H.H. Siringoringo, S. Ohta, Y. Kiyono (2011) Comparison of depth- and mass-based approaches for estimating changes in forest soil carbon stocks: A case study in young plantations and secondary forests in West Java, Indonesia. Forest Ecology and Management 262: 1659-1667 (査読有)
DOI: 10.1016/j.foreco.2011.07.027

J. Toriyama, S. Ohta, Y. Ohnuki, E. Ito, M. Kanzaki, M. Araki, S. Chann, B. Tith, S. Keth, K. Hirai, Y. Kiyono (2011) Soil Carbon Stock in Cambodian Monsoon Forests. Japan Agricultural Research Quarterly 45(3): 309-316 (査読有)

〔学会発表〕(計 5件)

鳥山淳平他、熱帯林のゴム林転換に伴う土壌炭素の物理的組成の変化、日本熱帯生態学会、2014年06月14日、宇都宮大学

J. Toriyama et al. Estimation of soil carbon stock and its change in tropical monsoon forest region. International workshop on Monitoring of Forest Ecosystems: Where Do We Stand? p.6

2013年12月2日、東京大学生産技術研究所

鳥山淳平他、森林の常緑・落葉性が堆積有機物と鉱質土壌の炭素蓄積に与える影響

第124回日本森林学会大会、2013年03月26日、岩手大学

鳥山淳平他、熱帯季節林の堆積有機物と鉱質土層の炭素蓄積量および森林タイプとの対応、日本土壌肥料学会 2012年大会、2012年09月04日、鳥取大学

鳥山淳平他、比重分画を用いた土壌炭素蓄積の評価 - 熱帯季節林域における立地との対応 -、第123回日本森林学会大会、2012年3月28日、宇都宮大学

〔その他〕

ホームページ等：

森林総合研究所広報・研究最前線

(1)「土壌炭素の経年変化を捉える計算法を開発」

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2011/20111222-02.html>

(2)「カンボジア熱帯林の『赤い土』はいかにして炭素を貯めこむか？」

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鳥山 淳平 (TORIYAMA, Jumpei)

独立行政法人森林総合研究所・温暖化対応推進拠点・任期付研究員

研究者番号：00582743