

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2017～2020

課題番号：16H05787

研究課題名(和文) 熱帯乾燥季節林の水分ストレスと火災が炭素循環に与える影響評価と森林再生への対策

研究課題名(英文) Evaluation of the Impact of Water Stress and Fire in Tropical Seasonal Dry Forests on Carbon Cycling and Countermeasures

研究代表者

安立 美奈子 (ADACHI, Minako)

東邦大学・理学部・准教授

研究者番号：40450275

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：地球温暖化によって熱帯林は乾燥化する傾向にあり、枯死木の増加や森林火災によって生態系の炭素収支が大きく変化することが予想されている。本研究では、タイ東北部の乾季落葉林において、乾季の強い土壌の乾燥と火災が、森林の炭素循環に与える影響を明らかにし、適切な森林管理について提言することを目的とした。その結果、乾季に供給されるリター(落葉)や林床植生であるササが、火災によって全て焼失することは、土壌有機物供給が絶たれるために土壌が貧栄養となる可能性が示唆された。また、若い樹木の枯死率が高いことから、火災によって疎林となる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、樹木の生理特性や土壌呼吸速度の時間変動など、これまで解明されてこなかった点を明らかにしており、学術的意義はとても高いと考えている。特に、強い乾季と火災が熱帯季節林の物質循環に与える影響を明らかにしたことは、今後、地球温暖化が進むなかでの熱帯林の管理について重要な知見を示した。

研究成果の概要(英文)：Due to global warming, tropical forests are experiencing a tendency toward drying out, and it is expected that the carbon balance of ecosystems will be greatly affected by an increase in dead trees and forest fires. This study aims to clarify the impact of the strong soil dryness and fires during the dry season on the carbon cycle of the dry deciduous forests in northeastern Thailand and make recommendations for appropriate forest management. As a result, it was suggested that the complete loss of litter (fallen leaves) and understory vegetation, such as bamboo, due to fires may lead to soil nutrient depletion, as the supply of organic matter to the soil is cut off. Furthermore, the high mortality rate of young trees indicates the possibility of the forest becoming sparse as a result of fires.

研究分野：生態系生態学

キーワード：熱帯季節林 森林火災 植物生理学 土壌呼吸速度

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化によって熱帯林は乾燥化する傾向にあり、枯死木の増加や森林火災によって生態系の炭素収支が大きく変化することが予想される。例えば、東南アジアの熱帯林を対象としたモデル計算結果では、エルニーニョによる強い乾燥が起きた際に枯死率が高くなることが示唆されている。乾燥は森林火災を引き起こし、樹木の枯死率が増加して植生回復が遅くなれば、再び乾燥化や森林火災を引き起こし、森林の劣化が進むだけでなく、炭素吸収・貯留量も大幅に減少すると考えられる。本研究では、タイ東部のコラート高原に位置するサケラートの乾季落葉林において、「乾季の強い土壌の乾燥と火災は、樹木生長の悪化・リター供給量の減少を引き起こし、土壌の乾燥化・貧栄養化が促進することにより疎林化が進行する、という正のフィードバック作用によって森林劣化が起きる」という仮説を検証した。

2. 研究の目的

本研究は、熱帯季節林の環境応答に対して、多面的アプローチにより次の3テーマを軸に水ストレスと火災が森林の炭素循環に与える影響評価の研究を実施した。

(1) 雨季と乾季における最大光合成速度の違いと、樹液流量の時間的変動から植物の生理特性を把握すること

(2) 乾燥季節林の毎木調査の結果から、森林の特徴と森林火災による樹木の枯死率を明らかにすること

(3) 土壌呼吸速度の連続観測をおこない、特に乾季における人工火災実験前後の変動を捉えることで、火災が土壌からの炭素放出量に与える影響を明らかにすること

これらの結果から炭素循環の定量的かつ長期的評価を行い、適切な森林管理について提言することを目的とした。

3. 研究の方法

研究は、タイ・ナコンラーチャーシマ県、タイ科学技術研究所サケラート環境研究ステーション(14°30'N, 101°55'E) 内にある乾季落葉林で調査をおこなった。この森林に1.5ヘクタール調査地を設定し、コントロール区と火災区に分けた。2つの区に、主要樹木(*Shorea siamensis* 及び *Shorea obtusa*) から計4本を選定し、それぞれの樹木には個別にタワーを設置して、光合成速度や葉の水ポテンシャルの計測などの植物生理学の研究が行えるようにした。2018年には1.5ヘクタールの調査地内の全ての樹木の毎木調査、落葉量の調査をおこなった。また、火災および乾季の水ストレスが生態系全体の炭素循環に与える影響の評価を行うため、人工火災実験を2018年12月と2019年12月に行った(図1)。この火災で燃えた地上部の草本(主にササ類)は刈り取り調査によって推定した。山火事後での、樹木の枝の水ポテンシャル、枝の通水性は設置した4本のタワーから採取した葉を使用した。

土壌呼吸の測定は、2018年2月から2020年1月まで、自動開閉式のシステムを使用しておこなった。1.5haの調査区内のコントロール区と火災区にそれぞれ5つのチャンバーを設置し、1時間に1回5分間の測定を全てのチャンバーにおいておこなった。



図1. 調査地における人工火災実験の様子

4. 研究成果

(1) 樹木の光合成速度と樹液流速速度

樹木の最大光合成速度は、乾季より雨季の方が高い傾向にあったが、計測した樹木によって大きく異なり、樹種の違いには影響しなかった。この結果は、森林の生産量を生態系モデルを使って予測する際に誤差が生じやすくなることが示唆された。特に、雨期の始めの6月の結果では、葉の展葉時期の違いによって最大光合成速度が大きく異なった。また、昼間の水ポテンシャルの計測においても、乾季の方が低くなり、-2 から-3Mpa まで低下した。図2にはヒートパルス法による樹液流速速度を示した。この結果、乾季において樹液流量は徐々に低下していき、12月末にはほぼゼロを示した。このタイミングで落葉量が増えた。

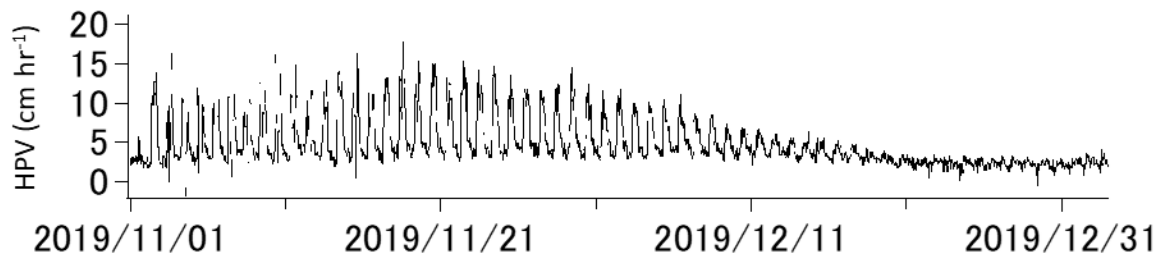


図2. 乾季における *Shorea siamensis* の樹液流速速度の時間変化 (ヒートパルス法)

(2) 樹木のバイオマスと火災における枯死率

2018年の毎木調査の結果、最小直径1cm以上の樹木の胸高直径を調査した。その結果、1.5ヘクタールの調査地において最大直径61cmの樹木をはじめとする1270本の樹木が確認され、胸高断面積合計は、1ヘクタールあたり約10.5 m²と、タイにおける他の森林のデータ(17.25 m² ha⁻¹)と比べて、樹木の密度が低い森林であることが明らかとなった。1.5ヘクタールの調査地内における優占樹種の胸高断面積は、*Shorea siamensis* で7.30 m²、*Pterocarpus macrocarpus Kurz* で3.71 m²であった。また、毎月の落葉量の調査の結果、落葉量は乾季にあたる11月から1月にかけて多くなり、年間1m²あたり717gであった。また、林床を優占しているササ(*Arundinaria pusilla*)のバイオマスは、1.22 kg m⁻²であった。火災実験後における毎木調査の結果、0.6ヘクタールの調査地内では、DBHが1cmから19.9cmの樹木で枯死が認められ、特にDBH 3.9cm以下の比較的若い樹木の枯死率が約48%と高い値であった。従って、森林火災が頻繁に発生すると、森林の次世代を担う若い樹木が育たずに疎林になる可能性が高いことが示唆された。

(3) 人工火災実験における土壌呼吸速度の時間的変化

図3には、2019年の人工火災実験前後の土壌呼吸速度、地温および土壌含水率の時間変化を示した。一般的には、土壌呼吸速度は地温の変動に影響を受けるとされており、地温が上昇すれば土壌呼吸速度も上昇する。しかしながら、本研究調査地の乾季の土壌呼吸速度の日変化は主に地温の変動に影響を受けていたが、降雨に伴う土壌含水率の急激な上昇によって土壌呼吸速度も大きく上昇する現象が認められた(図はない)。乾季においては、土壌含水率の増加によって土壌微生物活性が高まったことが考えられた。過去の文献において、火災後の地温の上昇に伴って土壌呼吸速度の上昇が多く報告されているが、本実験では火災直後の土壌呼吸速度はほとんど変化しないことが示された(図3)。この結果より、強い乾季によって土壌含水率が非常に低く、地温の上昇による生物活性の増大には繋がらなかった可能性が示唆された。乾季の地温と土壌含水率を用いた土壌呼吸速度を予測する重回帰モデルにおいては、火災後の土壌呼吸速度は温度にはほぼ影響を受けない結果となった。以上の結果から、土壌の乾燥条件が厳しい生態系では、土壌含水率が土壌呼吸速度において重要な影響要因となることが示唆された。

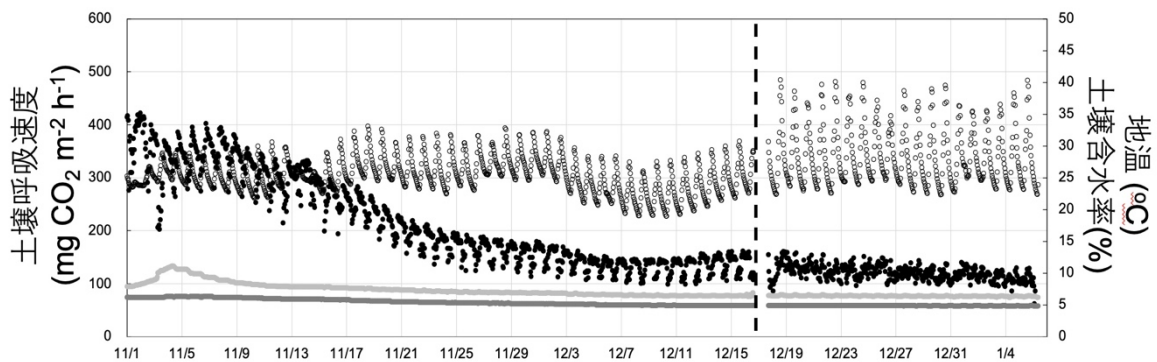


図3. 2019年11月から2020年1月にかけての土壌呼吸速度(黒い点)、地温(白い○)および土壌含水率(灰色線)の時間的変動

12月17日に人工火災実験をおこなった。

(4) 熱帯季節林における火災が炭素循環に与える影響

今回の研究においては、リターの分解率の調査など実施できなかった項目もあるため、全体の炭素収支が火災によってどのように変化したかは不明である。しかしながら、乾季に供給されるリター(落葉)や林床植生であるササが、火災によって全て焼失することは、土壌有機物供給が絶たれるために土壌が貧栄養となる可能性が示唆された。また、若い樹木の枯死率が高いことから、火災によって疎林となる可能性が示唆された。森林火災がない年もあるなど、不定期な攪乱要因であるため、長期観測に基づく解析が重要であると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Adachi Minaco, Ito Akihiko, Yonemura Seiichiro, Takeuchi Wataru	4. 巻 200
2. 論文標題 Estimation of global soil respiration by accounting for land-use changes derived from remote sensing data	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Management	6. 最初と最後の頁 97～104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jenvman.2017.05.076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 安立美奈子, Samreong PANUTHAI, 前田高尚, 吉村謙一, Surachit WAENGSOOTHORN, 石田厚
2. 発表標題 タイ東北地方の乾燥フタバガキ林における土壌呼吸速度の季節変化とその要因
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前田高尚, 石田厚, 吉村謙一, Samreong PANUTHAI, Ladpala PHANUMARD, Surachit WAENGSOOTHORN, 安立美奈子
2. 発表標題 タイ東北地方の乾燥フタバガキ林における火災実験-2018年度実験の概要-
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	前田 高尚 (MAEDA Takahisa) (10357981)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・主任研究員 (82626)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	吉村 謙一 (YOSHIMURA Kenichi) (20640717)	山形大学・農学部・准教授 (11501)	
研究分担者	石田 厚 (ISHIDA Atsushi) (60343787)	京都大学・生態学研究センター・教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関