

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2016

課題番号：26304015

研究課題名(和文) 熱帯林の二次林化が落葉分解過程に与える影響：機能形質と環境要因の気候依存性

研究課題名(英文) Effect of forest degradation on leaf litter decomposition along a drought gradient in Thailand

研究代表者

黒川 紘子 (KUROKAWA, Hiroko)

国立研究開発法人 森林総合研究所・森林植生研究領域・主任研究員

研究者番号：70515733

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：落葉分解は森林生態系の重要なプロセスであり、森林劣化に伴う群集の機能形質構造や物理環境の変化の影響を受けるとされる。タイの乾燥-湿潤傾度に沿った4森林タイプの調査では、森林劣化に伴い光環境や土壌水分含量は変化するものの、その変化は落葉分解に強く影響しないことが示唆された。形質構造に関しては、森林タイプによらず若い二次林でLMAが低く窒素が多い葉を持つ種が増えていたが、落葉分解はLMAや窒素の違いよりも古い成熟林と若い二次林で大きく変化しない二次代謝産物の違いに依存する場合が多かったことから、乾燥、湿潤の違いに関わらず、東南アジア熱帯林の森林劣化は必ずしも落葉分解を変化させない可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Leaf litter decomposition is one of the important processes in forest ecosystems, and thought to be affected by the changes in functional composition of tree community and microenvironments due to forest degradation. Among the four forest types along a drought gradient in Thailand, the differences in canopy openness and soil moisture between old-growth and young secondary forests did not affect the decomposition. As to the functional composition, community weighted mean of leaf mass area (LMA) and that of foliar nitrogen were generally lower and higher in young secondary than in old-growth forests, respectively. However, the variation in LMA and foliar nitrogen did not necessarily affect the decomposition. Rather, the variation in secondary metabolites, which was not changed by forest degradation, affected the decomposition in each forest type. This suggested that the forest degradation did not necessarily change the decomposition neither in dry nor moist tropical forests in Thailand.

研究分野：植物生態学

キーワード：熱帯林 森林劣化 生態系機能 機能形質 攪乱応答 落葉分解

### 1. 研究開始当初の背景

東南アジアでは、残存する森林の半分以上が土地利用によって既に二次林化しており、森林の生態系機能を評価する上で、二次林化による影響の解明は欠かせない。攪乱に対する生物群集の応答と、その結果引き起こされる生態系機能の変化の双方を統一的に予測するため、群集を構成する生物の「機能形質」に着目することが有用である。攪乱に伴う環境変化は各種の機能形質に基づいて群集の種構成を変化させ、その群集の形質構造（機能形質の群集平均値など）の変化は機能形質が規定する生態系機能に影響する。人為攪乱後の森林群集の変化と、森林の炭素・栄養塩循環の主要なプロセスである落葉分解過程は、どちらも植物の機能形質に強く規定されることがわかっており、二次林化に伴う群集の形質構造の変化から落葉分解速度の変化を広域で予測できる可能性がある。しかしながら、実際に二次林化が群集の落葉分解過程に影響するメカニズムを広域的に解析した例は世界的にも殆どなく、そのメカニズムの包括的な解明が二次林化影響の広域予測に必須である。

### 2. 研究の目的

落葉分解過程は森林生態系の重要なプロセスであり、群集の機能形質の構造や物理環境に強く影響される。東南アジア熱帯林の生態系機能を広域で評価するためには、乾燥-湿潤という気候傾度に加え、二次林化による群集の形質構造と物理環境の変化が落葉分解に影響するメカニズムの包括的な解明が必要である。この研究では、(1)湿潤熱帯林では二次林化に伴う光獲得競争の激化に応答し、成長速度が速く分解しやすい落葉を生産する種が増えるため、落葉分解は促進される、(2)乾燥熱帯林では二次林化に伴う乾燥ストレスの増加に応答し、乾燥耐性が高く分解しにくい落葉を生産する種が増えるため、落葉分解は抑制される、という2つの仮説を、二次林化に伴う物理環境変化の影響も考慮して検証する。

### 3. 研究の方法

本研究では、乾期が不明瞭な湿潤熱帯林から、乾期が明瞭な乾燥熱帯林を含む東南アジア熱帯の乾燥-湿潤傾度に沿って、タイ中部サケラート（乾燥落葉林、乾燥常緑林）、タイ西部メクロン（混交落葉林）、タイ半島部カオチョン（湿潤常緑林）の4つの森林タイプを対象に調査を行い、以下のことを明らかにする。

#### (1)二次林化に伴う群集の形質構造変化と物理化学環境変化の解明

各調査地で成熟林と若い二次林の種構成および物理化学環境を明らかにする。研究代表者らがこれまでタイで構築してきた樹木の機能形質データベースと種構成データを合わせて解析することで、二次林化に伴う群

集の形質構造変化と物理化学環境変化の関係性を各調査地で明らかにする。

#### (2)落葉分解における機能形質と物理化学環境の相対的重要性の解明

各調査地の成熟林と若い二次林に構成種の形質の幅を網羅するような15種を選定し、それらの落葉を用いたリターバッグ分解実験を成熟林と若い二次林の両方で行う。形質に幅を持つ多種を用い、異なる環境下で分解させることで、落葉分解を規定する形質に加え、物理化学環境との相対的重要性も明らかにする。

#### (3)二次林化が落葉分解過程に与える影響の気候依存性の解明

上記の(1)と(2)を合わせ、湿潤-乾燥傾度を考慮して解析することで、二次林化が形質構造と物理化学環境の双方の変化を介して落葉分解に与える影響の気候依存性を解明する。

### 4. 研究成果

#### (1)二次林化に伴う群集の形質構造変化と物理化学環境変化の解明

樹木種の応答に関わる光環境（開空度）や落葉分解を規定する地温や土壌水分含量などの物理環境は二次林化に伴い大きく変化し、その変化は森林タイプによって異なることが明らかとなった（図1）。森林内の光環境は予想に反し、乾燥落葉林の若い二次林で成熟林に比べ林床が明るくなった。一方、他の森林タイプでは成熟林と若い二次林の光環境は大きく変わらなかった。土壌水分は乾燥落葉林では二次林化に伴う変化は見られなかった。一方、乾燥常緑林、混交落葉林では若い二次林の方が土壌水分が高く、湿潤常緑林では若い二次林の方が土壌が乾燥していた。

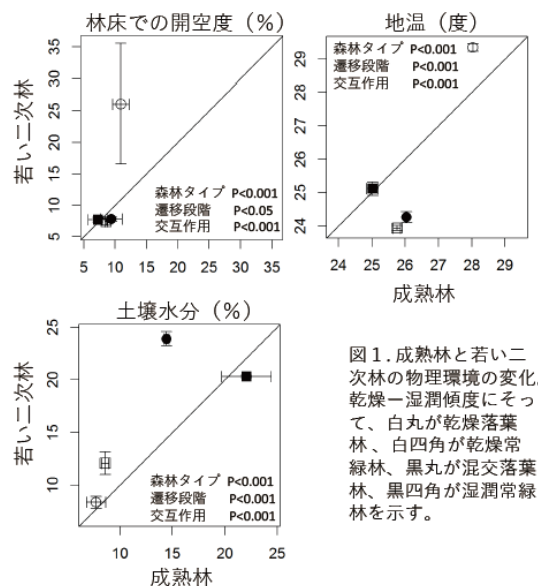


図1. 成熟林と若い二次林の物理環境の変化。乾燥-湿潤傾度によって、白丸が乾燥落葉林、白四角が乾燥常緑林、黒丸が混交落葉林、黒四角が湿潤常緑林を示す。

二次林化に伴う土壌の無機栄養塩などの化学特性は、栄養塩のプール（土壌中の含有量）と動態（栄養塩の無機化速度）で二次林

化に対する応答が異なっていた(図2)。土壌中のアンモニア態窒素や硝酸態窒素の含有量は森林タイプに大きく影響されるものの、どの森林タイプでも成熟林と若い二次林の間では大きな違いはなかった。一方、無機化速度や硝化速度は森林タイプの違いよりも遷移段階の違いに影響を受けていた。しかし、成熟林と若い二次林のどちらでそれらの速度が速いかは森林タイプによって異なり、例えば無機化速度は湿潤常緑林では成熟林で若い二次林より速かったが、他の森林タイプでは逆の傾向を示した。

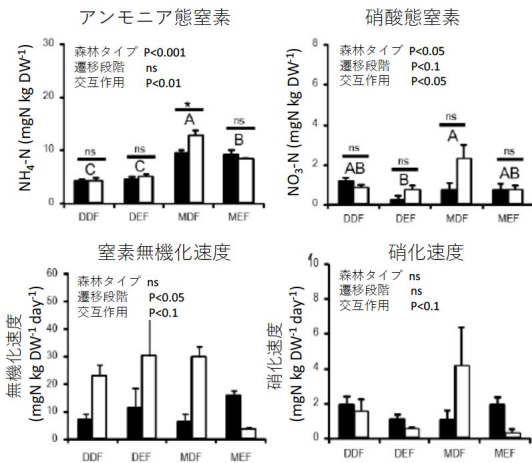


図2. 成熟林と若い二次林の土壌栄養塩の含有量と動態の違い。黒いバーは成熟林、白いバーは若い二次林を示す。DDFは乾燥落葉林、DEFは乾燥常緑林、MDFは混交落葉林、MEFは湿潤常緑林を示す。

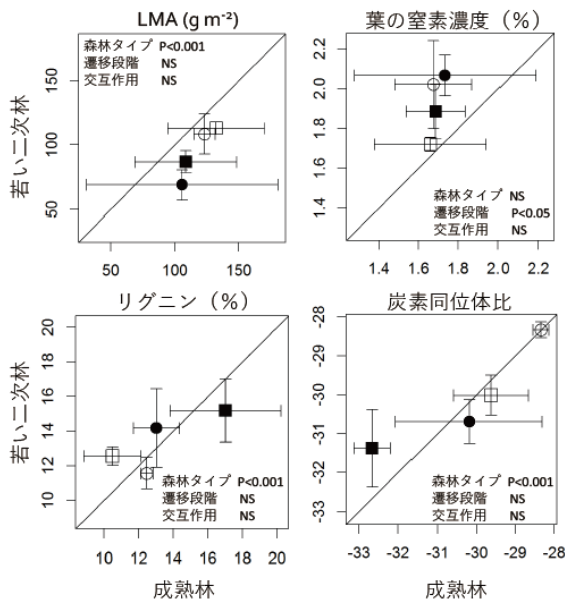


図3. 成熟林と若い二次林の各形質の群集平均値の比較。白丸が乾燥落葉林、白四角が乾燥常緑林、黒丸が混交落葉林、黒四角が湿潤常緑林を示す。

二次林化に伴う群集の形質構造の変化は、形質によって二次林化に対する応答が異なっていた(図3)。生産に関わる形質(LMA: 単位面積あたりの葉重量, 窒素濃度)の群集

平均値の変化から、森林タイプによらず若い二次林でLMAが低く窒素が多い葉を持つ種が増える傾向にあることがわかった。一方、水利用効率、落葉分解に関わる形質(13C, リグニン濃度)の群集平均値は森林タイプごとに大きく異なるものの、二次林化に伴う変化は森林タイプによって異なっており、全体として一定の傾向は見られず、遷移段階の影響は顕著ではなかった。

(2) 落葉分解における機能形質と物理化学環境の相対的重要性の解明

各森林タイプに出現する種の葉の形質を網羅する15種の落葉を成熟林と若い二次林の両方で分解させた結果、各群集での落葉分解速度の平均は森林タイプで異なるものの、成熟林と若い二次林で大きな違いはないことが明らかとなった(図4)。落葉分解速度は混交落葉林、湿潤常緑林の方が乾燥落葉林、乾燥常緑林よりも速かったが、各森林タイプとも成熟林と若い二次林の間には違いが見られなかった。つまり、各森林タイプにおける二次林化に伴う物理環境の変化は落葉分解速度に大きく影響しない可能性が示唆された。

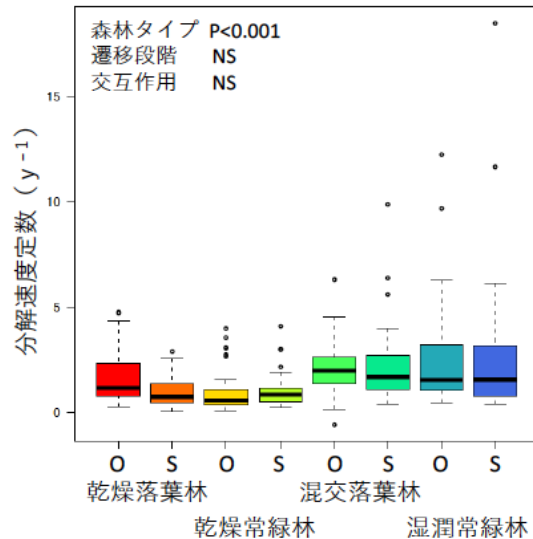


図4. 各森林タイプで群集内の形質の幅を網羅するように選んだ15樹種の落葉分解速度(1年間のリターバッグ実験)。Oは成熟林、Sは若い二次林を示す。

さらに、森林タイプごとに葉の形質と物理環境が各種の落葉分解に与える影響を解析した結果、どの森林タイプでも葉の形質の方が物理環境よりも落葉分解に与える影響が大きいことが明らかとなった。しかし、森林タイプごとに落葉分解に最も影響する形質は異なり、乾燥常緑林では種間のLMAのばらつきが重要であったが、他の森林タイプではフェノール性物質などの化学成分のばらつきが種の落葉分解に影響する要素として重要であった。

(3) 二次林化が落葉分解過程に与える影響の気候依存性の解明

二次林化に伴い光環境や土壌水分含量は変化するものの、その変化に乾燥-湿潤傾度に沿った一般的な傾向は認められなかった。一方、森林タイプ間の違いに着目すれば、土壌水分は混交落葉林、湿潤常緑林で乾燥落葉林、乾燥常緑林に比べて高く、それが森林タイプごとの落葉分解の平均値の違いに影響していると考えられた。形質構造に関しては、森林タイプによらず若い二次林でLMAが低く窒素が多い葉を持つ種が増えていた傾向から、若い二次林で落葉分解が速くなる可能性も考えられたが、LMAの違いが必ずしも落葉分解を規定しておらず、(LMAが落葉分解に影響するのは乾燥常緑林でのみ)、成熟林と若い二次林で大きく変化しない化学成分の違いに依存するが多かったことから、湿潤林、乾燥林の違いに関わらず、熱帯林の二次林化は落葉分解速度を必ずしも変化させない可能性が示唆された。今後、各森林タイプにおける落葉生産量と合わせて、実際の森林における落葉生産と分解の関係を解析する必要がある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

KACHINA Panida, KUROKAWA Hiroko, OGURO Michio, NAKASHIZUKA Tohru, TANAKA Hiroshi, THINKAMPHEANG Sathid, SUNGKAEW Sarawood, PANUTHAI Samroeng, MAROD Dokrak, Effect of Forest fire on the regeneration of a bamboo species (*Cephalostachyum pergracile* Munro) at a mixed deciduous forest in Mae Klong Watershed Research Station, Thailand, 2017, TROPICS, Vol.26, Number 2, 査読有

UEDA Miki U, KACHINA Panida, MAROD Dokrak, NAKASHIZUKA Tohru, KUROKAWA Hiroko, Soil properties and gross nitrogen dynamics in old growth and secondary forest in four types of tropical forest in Thailand, 2017, Forest Ecology and Management, Vol.398, pp.130-139, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.010>, 査読有

[学会発表](計6件)

KUROKAWA Hiroko, AIBA Masahiro, ONODA Yusuke, HYODO Fujio, KACHINA Panida, ICHIE Tomoaki, NAKASHIZUKA Tohru, Variations in plant functional traits of Asian woody species (アジア樹木の機能形質変異), 第64回日本生態学会大会, 2017年3月14日-18日, 早稲田大学(東京都・新宿区)

KACHINA Panida, KUROKAWA Hiroko, AIBA Masahiro, UEDA Miki U, ASANOK Lamthai, MAROD Dokrak, THINKAMPHEANG Sathid,

NAKASHIZUKA Tohru, Impacts of human-induced changes on litter production and decomposition in tropical forests along a drought gradient (乾燥傾度に沿った熱帯林における落葉生産と落葉分解における人為影響), 第64回日本生態学会大会, 2017年3月14日-18日, 早稲田大学(東京都・新宿区)

上田 実希, KACHINA Panida, MAROD Dokrak, 中静 透, 黒川 紘子, タイの4タイプの二次林における土壌窒素無機化機能の回復, 第64回日本生態学会大会, 2017年3月14日-18日, 早稲田大学(東京都・新宿区)

KACHINA Panida, KUROKAWA Hiroko, AIBA Masahiro, ASANOK Lamthai, MAROD Dokrak, NAKASHIZUKA Tohru, Changes in functional composition along forest degradation in different types of tropical forests in Thailand (タイ熱帯林の異なる森林タイプにおける森林劣化に伴う樹木群集の機能構造変化), 第63回日本生態学会大会, 2016年3月20日-24日, 仙台国際センター(宮城県・仙台市)

黒川 紘子, 機能形質からみるアジアの森林:生態系機能の広域評価に向けて, 第62回日本生態学会大会, 2015年3月18日-22日, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)

KUROKAWA Hiroko, AIBA Masahiro, Functional trait database across temperate and tropical forests in Asian regions (アジアの温帯、熱帯林における機能形質データベース), 4th Taiwan-Japan Ecology Workshop, 2014年11月14日-17日, 花蓮市(台湾)

[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

黒川 紘子(KUROKAWA, Hiroko)  
国立研究開発法人森林総合研究所・森林植生研究領域・主任研究員  
研究者番号: 70515733

##### (2)研究分担者

中静 透(NAKASHIZUKA, Tohru)  
東北大学・大学院生命科学研究科・教授  
研究者番号: 00281105

##### (3)連携研究者

饗庭 正寛 (AIBA, Masahiro)  
東北大学・大学院生命科学研究科・助教  
研究者番号：80751990

(4)研究協力者

マロッド ドクラック (MAROD, Dokrak)  
カセサート大学・林学部・准教授

アサノック ラムタイ (ASANOK, Lamthai)  
マジョー大学・農業森林学部・講師

カチーナ パニーダ (KACHINA, Panida)  
東北大学・大学院生命科学研究科・大学院  
生