

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K07842

研究課題名(和文) 東南アジア熱帯林における枯死木による炭素蓄積と生物多様性維持のコベネフィット評価

研究課題名(英文) A co-benefit relationship between carbon and biodiversity stored by coarse woody debris in tropical rainforests of Southeast Asia

研究代表者

山下 聡 (Yamashita, Satoshi)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員

研究者番号：70450210

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：炭素蓄積量と生物多様性間のコベネフィット関係は、同一の森林タイプにおいては認められたものの、単木レベルや複数タイプの森林が含まれる地域レベルでは認められなかった。森林タイプが異なると、維持されている生物相そのものが大きく異なるため、複数の森林タイプが存在することは地域の生物多様性を維持するという観点から非常に重要である。森林タイプや地域により固有の生物がいることも考慮して、枯死木依存性生物の多様性に配慮したきめ細かい森林管理が求められる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

倒木などの枯死木によって維持される炭素蓄積量と生物多様性間のコベネフィット関係、すなわち、どちらかが増加すると片方も増加するという関係は、同じ森林タイプの中では認められたものの、単木レベルや湿地林やフタバガキ林といった様々なタイプの森林が含まれる地域レベルでは認められなかった。森林タイプが異なると、菌類や昆虫といった枯死木依存性生物の種類そのものが大きく異なることも示されたことから、地域の生物多様性を維持するという観点からみると、複数の森林タイプが存在することが非常に重要であることが示された。本研究の成果は、気候変動と多様性の喪失に対応した森林管理を考えるうえで有益である。

研究成果の概要(英文)：A co-benefit relationship between carbon stocks and biodiversity of saproxylic living organisms which are stored in coarse woody debris was found for the same forest type, but not at the single fallen tree level or at the regional level where multiple forest types are included. The presence of multiple forest types at the regional level is very important in terms of maintaining regional biodiversity, because different forest types maintain very different fungal flora. Taking into account the fact that some saproxylic living organisms are unique to each forest type and region, careful forest management that takes into account the diversity of saproxylic living organisms is required.

研究分野：森林保護学

キーワード：多様性 熱帯雨林 枯死木依存性生物

1. 研究開始当初の背景

森林は広大な面積を地球上で占めており、様々な生態系機能を十分に発揮することが期待されている。例えば巨大バイオマスと膨大な生物多様性で特徴づけられる東南アジア熱帯地域の森林には、炭素蓄積と生物多様性の維持という機能が期待されている。その一方で、同地域では急速に森林の劣化や消失が進行しており、適切に管理することで生態系機能を発揮させる必要がある。

枯死木は、森林の主要な 5 つの炭素プールの一つであるのと同時に、非常に多様な生物に生息場所を提供することで、森林の炭素蓄積と生物多様性維持の二つの機能に大きく貢献している。そのため、枯死木の維持に配慮した森林管理が北欧を中心に模索されている。一方で、東南アジア熱帯地域においては枯死木による炭素蓄積量の推定や枯死木を利用する生物(以下、枯死木依存性生物)の多様性評価の研究例がごく限られている。

主要な枯死木依存性生物である多孔菌類 (Polypores; 多孔菌目、タバコウロコタケ目などの 10 目からなる多系統群で、サルノコシカケ型を含む長命な子実体を形成するグループ) は、材分解者としての機能が明確であるため、高緯度地域で盛んに森林管理と群集構造の関係が研究されてきた。応募者は東南アジア熱帯地域で枯死木依存性生物の生態学的研究を 10 年以上行ってきた。その結果、枯死木のサイズとそこから発生する子実体のサイズとの間、および子実体のサイズと子実体に形成される多孔菌食性昆虫群集の種多様性との間のいずれにおいても、正の相関関係があることがわかってきた。加えて、異なる森林タイプ間では林分内の枯死木量が多いと多孔菌類の多様性は高いことから、サイズの大きな枯死木が多い森林では、炭素蓄積が高く、かつ、枯死木依存性生物の多様性も高いものと考えられる。すなわち、枯死木による炭素蓄積と生物多様性維持は相乗便益関係にあることが推察される。

ところが、枯死木単木レベルとみると、炭素蓄積量は枯死後の数年をピークにした一山型の変化を示す (Pfeifer et al. 2015) 一方で、菌類や昆虫の多様性は腐朽段階が進んだ材でピークを示す (Bunnell & Houde 2010) と言われているため、これらが正しいならば、多様性と炭素蓄積量の間には非線形の関係が生じる。ある林分について枯死木による炭素蓄積と生物多様性維持機能を推定するにあたり、どの腐朽段階の材がどれだけその林分内にあるかを把握することが重要である。また、森林の面積は枯死木依存性生物の多様性 (Abrego & Salcedo 2014) に、標高は気温を介して炭素蓄積 (Iwashita et al. 2013) や生物多様性に影響を及ぼす要因である。そのため、これらの環境要因の影響も考慮する必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は枯死木による炭素蓄積量と生物多様性維持の二つの機能の間の量的関係を明らかにすることである。本研究では、マレーシア国サラワク州政府諸機関との協力のもと行う野外調査とその解析を行う。複数の国立公園に調査地点を設置して、調査地点内の枯死木の腐朽段階と体積、多孔菌類および菌食性昆虫の種多様性を記録する。この結果から、炭素蓄積量と多孔菌または菌食性昆虫の種数が線形関係か非線形関係にあるかを検討する。そのうえで、得られた環境要因と生物の種数の関係についてモデルを作成し、様々な環境要因の変動に対する各生物の種数の挙動を明らかにする。有意な影響を及ぼしていた説明変数と応答変数の関係から、どの環境要因によって炭素蓄積量と生物多様性の関係が得られたかを明らかにする。

3. 研究の方法

(1)

単木レベルでのランビルヒルズ国立公園において、直径 10 cm ~ 20 cm の枯死木 26 本を選定し、腐朽度を記録した。その枯死木から長さ 50 cm の材を採取し、実験室において割材して内部に生息する昆虫を得た。また、同じ枯死木の別の場所から一定体積のドリル屑を採取し、材密度を記録した。

(2) グンガディン国立公園およびランビルヒルズ国立公園においては、ライントランセクトを各 3 か所設置し、その内部において、この内部において直径 10 cm 以上の枯死木から出現した子実体を記録した。枯死木のサイズ (両端の直径と長さ) と腐朽段階を記録し、Pfeifer et al (2015) に準じて、炭素蓄積量を推定した。

(3) 上記の国立公園に加えて、タンジュンダトゥ国立公園、ニア国立公園、クバ国立公園、シミラジャウ国立公園、ムル国立公園、およびロアガング国立公園において既存のトレイルを 1.2 km から 7.4 km の範囲で踏査し、両側 2 m 以内にかかる直径 10 cm 以上の枯死木の本数を記録した。これらの国立公園において、キノコ食昆虫を採集し、科まで同定した後、個体数を計数した。

4. 研究成果

(1)

腐朽度と推定された炭素蓄積量の関係を見ると、腐朽度3のある程度腐朽が進行した時点での炭素蓄積量が最も大きかった。Pfeifer et al. (2015)は腐朽度2で最も材密度が高くなることを示したが、本研究でも腐朽の進行に伴って一時的に材密度が高くなることが示された。また、昆虫全体の個体数についてみると、腐朽度4の腐朽が最も進んだ材で、個体数が多かった。これらのことから、単木レベルにおいては、腐朽が進行する過程において、枯死木中での炭素蓄積量のピークと枯死木依存性生物の多様性のピークとなる腐朽段階が異なる可能性が高いものと考えられる。炭素蓄積量とハネカクシ科の個体数の間の関係を見ると、炭素蓄積量が少ない材で個体数が多い傾向が認められたのに対して、アリ科昆虫では炭素蓄積量の増加に伴い、個体数も高くなる傾向が認められており、分類群ごとにみると異なる反応をしていると考えられる。昆虫の多様性については今後、種レベルまでの同定を行う必要がある。また腐朽がある程度進行してから枯死木中の炭素蓄積量のピークを迎える要因として、菌糸の侵入が考えられるが、これについても今後の課題である。

(2)

各トランセクトにおいて推定された炭素量は 2.12t/ha~155.14 t/ha と異なった。トランセクト内の枯死木により蓄積された炭素量が増えるにしたがって、子実体が記録された頻度も増加した。枯死木の炭素蓄積量は、枯死木の本数とは比例せず、巨大な樹木個体の倒木が存在するかどうかによって、炭素蓄積量は大きく影響を受けているようであった。本調査は丘陵フタバガキ林で行っており、同じ森林タイプであれば、枯死木により維持される炭素蓄積量と多様性の間にはコベネフィット関係が認められ得る。丘陵フタバガキ林を利用した土地に成立した二次林等も含めて炭素蓄積量を推定し、多様性との関係を解析すると、森林の復元と共に炭素蓄積量と多様性がどのように変化するかについて予測可能になると考えられる。

(3)

タンジュンダトゥ国立公園を除く7か所の国立公園において、キノコ食昆虫が得られ、個体数の上で、ゴミムシダマシ科昆虫とハネカクシ科昆虫が圧倒的に優占していた。この他に、オオキノコムシ科やテントウムシダマシ科、タマキノコムシ科などの昆虫が得られた。単木レベルでの枯死木中の炭素量と枯死木に形成された子実体から得られた昆虫の総個体数との関係をみたと、7か所中6か所の国立公園では、枯死木中の炭素量がある一定の値を上回ると、訪菌性昆虫の個体数が大きく増加する傾向が認められた。ある国立公園での生物多様性管理を考えると、一定サイズの枯死木があることが、多様性維持のために必要であることが示された。ただし、一本の枯死木から得られる昆虫の個体数が大きく増加する枯死木中の炭素量は国立公園間で異なり、その差は数十倍程度であった。

8か所の国立公園でトレイル沿いに長さ1m以上、直径10cm以上の倒木量を記録したところ、最小はタンジュンダトゥ国立公園(海岸フタバガキ林)での44本/km、最大はロアガンプ国立公園(湿地林)での148本/kmで、残りの国立公園(主に丘陵フタバガキ林)では60本/kmから108本/kmであった。これまでに採集されたキノコ食昆虫の子実体1個当たりの個体数と倒木量の関係を見ると、約100本/kmを頂点とした一山型の関係を示した。この要因として、湿地林では嫌気的条件となりやすく担子菌類による分解が進みにくく、その結果として枯死木により維持される炭素蓄積は多いものの多様性は低くなる可能性が示唆された。今後、昆虫の種同定を進めたうえで解析を行う必要がある。

(4)

本研究で行われた野外調査は、丘陵フタバガキ林が中心となって行われたが、東南アジア熱帯地域には様々なタイプの森林がある。今回、野外調査を行えなかった森林タイプを含むサラワク州内の159地点で1954年から2003年にかけて採集され、サラワク州森林局に保管されていた木材腐朽性多孔菌類標本476点について整理する機会を得た。これらを再同定の上、標本ラベルより採集地点を特定し、菌類相により調査地点を分類した。その結果、フタバガキ林と熱帯ヒース林との間、石灰岩地林と溪畔林との間、マングローブ林と湿地林との間で、類似性が高かった。マングローブ林と湿地林は、他の森林タイプと菌類相が異なっていたが、山地林の菌類相はさらに大きく異なった。この結果からは森林タイプごとに固有の菌類相があることを示しており、州レベルでの生物多様性維持するには、炭素蓄積量に関わらず、様々な森林タイプあることが重要と考えられる。

(5)

菌類が形成する子実体には、非常に短命なものがあり、そのような子実体は偶発的にしか発見することができない。当初、予定にはなかったが、丘陵フタバガキ林において採集されたキヌガサタケ属の子実体を摂食する昆虫について、知見をまとめることができた。これらの昆虫は、菌擬態する植物とも関係を持っている可能性がある。今後、この系について研究を進めることで、熱帯雨林の複雑な生物間相互作用網に対する理解が深まることと期待される。

上記の結果から、炭素蓄積量と生物多様性間のコベネフィット関係はあるものの、それは同一の森林タイプにおいての場合に限られる。森林タイプや地域により固有の生物がいることも考慮して、枯死木依存性生物の多様性に配慮したきめ細かい森林管理が求められる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 YAMASHITA, Satoshi SALLEH, Habibah HATTORI, Tsutomu	4. 巻 31
2. 論文標題 List of polypores collected from natural forests in Sarawak, Borneo Island between 1954 and 2003	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Contributions from the Biological Laboratory Kyoto University	6. 最初と最後の頁 1-46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Satoshi Yamashita, Sadatomo Hisamatsu, Munetoshi Maruyama, Meleng Paulus, Takao Itioka	4. 巻 72
2. 論文標題 COLEOPTERAN INSECTS COLLECTED FROM THE FRUITING BODIES OF DICTYOPHORA SPP. (PHALLALES: PHALLACEAE) IN A BORNEAN TROPICAL RAINFOREST	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Coleopterists Bulletin	6. 最初と最後の頁 134-137
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1649/0010-065X-72.1.134	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 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山下聡、市岡孝朗、市栄智明、Paulus Meleng, Habibah Salleh, Mohd Effendi Wasli, Mohamad Azani Alias
2. 発表標題 マレーシアにおける枯死木による炭素蓄積と生物多様性維持の相乗便益
3. 学会等名 日本森林学会大会第132回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川越葉澄（名）、清水加耶、浅野郁、山下 聡、竹松葉子、金尾太輔、Ali Nafri Mohamad, Meleng Paulus, 市岡孝朗
2. 発表標題 サラワク州における蛾類群集の地理的変異
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下 聡, 久松 定智, 丸山 宗利, Paulus Meleng, 市岡 孝朗
2. 発表標題 ボルネオ島北部の熱帯林でキヌガサタケから採集された甲虫相
3. 学会等名 日本昆虫学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 升屋勇人, 滝久智, 山下聡, 服部力, 松田陽介, 佐橋憲生, 山路恵子, 春間俊克, 松岡俊将, 大園崇司	4. 発行年 2018年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 307
3. 書名 森林と菌類	

〔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

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		
マレーシア	Forest Department Sarawak		