

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06090

研究課題名(和文) 森林の伐採が林冠の動植物群集に与える影響 ～屋久島のヤクスギ林を例として～

研究課題名(英文) Effects of tree cutting on plant and animal communities in forest canopy: implication from old-growth Yakusugi forest in Yakushima Island

研究代表者

佐伯 いく代 (Saeki, Ikuyo)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：70706837

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：樹齢1000年を超えるヤクスギの森は、屋久島の自然を象徴する生態系です。私たちはこのヤクスギに登り、樹上に発達した林冠土壌を採集しました。これを、DNAメタバーコーディングという遺伝子解析技術を用いて調べたところ、この土壌から極めて多くの無脊椎動物が検出されました。その多様性は高く、地表の土壌動物にも匹敵するものでした。しかし、検出された科の組成は大きく異なっており、林冠土壌には、地表とは異なる生物相があることが明らかになりました。老齢で大きな樹木が生育する森林は世界的に減少しています。本研究は、そのような森林が持つ生物多様性の価値を新たな視点で捉えなおす成果といえます。

研究成果の学術的意義や社会的意義

屋久島のヤクスギ林のような老齢で大きな樹木が生育する森林は世界的に減少しています。1000年という長い年月を経て形成された林冠の土壌生態系は、まさに森のレガシー(遺産)であり、本研究は、そのような森林が持つ生物多様性の価値を新たな視点で捉えなおす成果といえます。このような林冠の生物のすみかを確保し、次世代の森に継承するためには、まず、現在存在する老齢林を確実に保全していくことが重要です。また林業などで樹木を伐採する際に、一部の老齢木を残しておくなどして、老齢木に宿った生物多様性が次の世代の森林にも引き継がれていくための取り組みが必要です。

研究成果の概要(英文)：Yakushima is characterized by old-growth forests with huge Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*). Canopy soil is present in the cedars' crowns. We climbed five retained (> 1000 years old) and four regenerated (ca. 300 years old) *Cryptomeria* trees, the latter established after intensive logging in the 17th century. We investigated the taxonomic composition of invertebrates in canopy and ground soil samples by DNA metabarcoding analyses. In total, invertebrates in 33 orders and 183 families were detected. Invertebrate taxonomic richness identified from the canopy soil of retained trees was similar to that from ground soil, but taxonomic composition differed markedly. Canopy soil of retained trees was deeper and more developed than that of regenerated trees, and held a higher number of taxonomic groups per soil sample area. The results imply that canopy soil of old trees contains rich and unique invertebrate diversity that has not recovered from logging, even after 300 years.

研究分野：保全生態学

キーワード：生物多様性 森林 老齢木 無脊椎動物 伐採 人為攪乱 生態系管理 保全

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

屋久島は、豊かな生物多様性を持つことで知られる世界遺産です。中でも樹齢 1000 年を超えるヤクスギの森は、この島の自然を象徴する生態系です。ヤクスギの幹の直径は 1m 以上にも達し、上部にはどっしりとした太い枝が広がっています (図 1)。こうした空間は、林冠 (りんかん) とも呼ばれ、多くの生き物のすみかとなっていますが (Erwin, 1982; Ozanne et al., 2003) 調査が難しい点が課題でした。本研究では、ヤクスギの樹上にロープとクライミング機器を使って登り、枝や幹の合間に堆積し、長い年月をかけて分解し堆積した林冠土壌 (りんかんどじょう) に生息する生き物を調べることにしました。土壌というと、私たちは普通、地面の土を思い浮かべますが、ヤクスギ林では木の上にも土壌と呼べるものがあるのです。この林冠土壌は、老齢の樹木に特有に存在し、着生植物の重要な生育基盤となっているほか (Ishii et al. 2018) 物質循環などにおいても重要な役割をもつと考えられています (Gotsch et al., 2016)。



図 1. 調査を行ったヤクスギ林と林冠土壌の様子

a. ヤクスギ林の林冠、b. 老齢木 (推定樹齢 1000 年以上)、c. 若齢木 (推定樹齢 300 年程度)、d. ヤクスギの老齢木の樹上に着生した植物 (この下部に林冠土壌が堆積している)、e. ヤクスギの老齢木の樹上に堆積した落ち葉と着生植物、f. ヤクスギの老齢木の落ち葉の下に堆積した林冠土壌、g. 若齢木の枝に堆積した林冠土壌 (老齢木に比べて堆積量が少ない) (Saeki et al. 2024)

2. 研究の目的

本研究では、フィールド調査と遺伝子解析から、ヤクスギ林の林冠の生物相を明らかにし、保全のための基礎情報を得ることを目的としました。具体的には、ヤクスギの樹上に堆積した林冠土壌に着目し、そこに生息する無脊椎動物群集の特徴を調べ、地表群集と比較しました。また、江戸時代にヤクスギが伐採された後、新たに生育した若齢のスギについても調査を行い、森林伐採が林冠土壌の生物相に与える影響についても推定しました。

3. 研究の方法

調査は、屋久島にある小花山試験地にて行いました。本試験地内のヤクスギのうち、樹齢 1000 年以上と推定される老齢木 5 個体と、江戸時代に伐採された後、新たに成長した樹齢 300 年程度の若齢木 4 個体を選び、これらに登って、樹高約 10~27m の地点から林冠土壌を採集しました。さらに各調査木の近隣で、地表の土壌を採集しました。採集後、ツルグレン法を用いて土壌内の無脊椎動物を抽出し、ミトコンドリア DNA の *COI* 領域 (Cytochrome oxidase subunit I) を対象として DNA メタバーコーディング解析を実施しました。*COI* は、動物細胞内のミトコンドリア中にある遺伝子で、塩基配列の多様性に富むことから、生物の同定や系統に関する研究に利用されています。また各生物が有する *COI* 領域の配列の国際的なデータベースが整備されており、本研

究では、このデータベースを用いて、科や目レベルでの同定を実施することとしました。

4. 研究成果

検出された塩基配列を調べたところ、採集サンプル全体から、33 目 183 科の陸生無脊椎動物の配列が検出されました。このうち老齢木の林冠土壌からは、1 サンプルあたり約 12 目 28 科の生物群が検出され、地表の土壌の値（約 11 目 32 科/サンプル）に匹敵するほど多様な種類の生物が生息していました。一方、若齢木は林冠土壌の堆積量が少なく、無脊椎動物の多様性（約 9 目 11 科/サンプル）が低いということも分かりました。また、樹上で検出された生物群の組成は、地表のそれとは異なり、樹上独特の生物多様性を有していることが明らかになりました（図 2）。これらの結果から、ヤクスギの老齢木の林冠土壌には、地表土壌の生物相とは異なる豊かな生物多様性があることが示されました。

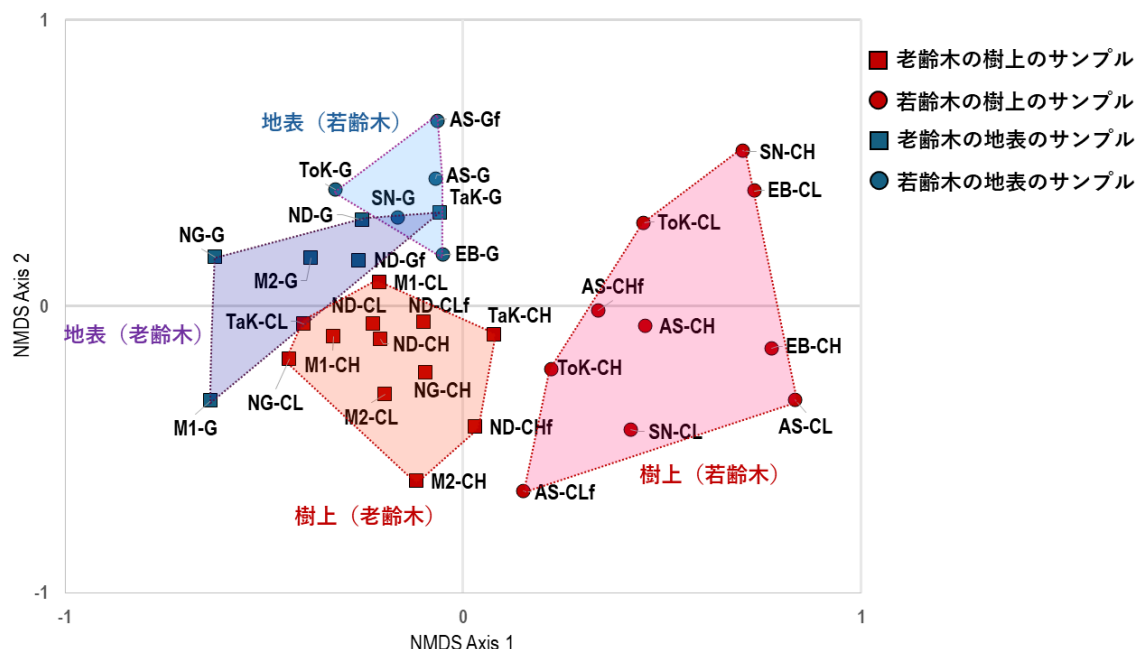


図 2. 検出された科の組成の比較結果。各点は、解析した個々のサンプルに対応しており、近くに配置されている点ほど、検出された科の種類が類似していることを示している。凡例の色と形の違いは、各サンプルの採集地点の違いを示す。この図では、樹上と地表の採集地点の凡例が離れた位置に表示され、重なりがほとんどないことから、科の組成が大きく異なることが分かる。

屋久島のヤクスギ林のような老齢で大きな樹木が生育する森林は世界的に減少しています。1000 年という長い年月を経て形成された林冠の土壌生態系は、まさに森のレガシー（遺産）であり、本研究は、そのような森林が持つ生物多様性の価値を新たな視点で捉えなおす成果といえます。このような林冠の生物のすみかを確認し、次世代の森に継承するためには、まず、現在存在する老齢林を確実に保全していくことが重要であり、林業で樹木を伐採する際に、一部の老齢木を残しておくなどの取り組みが必要だと考えられます。

< 引用文献 >

Erwin, T. L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopt. Bull.*, 36 (1) (1982), pp. 74-75

Gotsch et al., 2016. The functional roles of epiphytes and arboreal soils in tropical montane cloud forests. *J. Trop. Ecol.*, 32 (5) (2016), pp. 455-468, 10.1017/S026646741600033X

Ishii H. R. et al. 2018. Large, retained trees of *Cryptomeria japonica* functioned as refugia for canopy woody plants after logging 350 years ago in Yakushima, Japan. *For. Ecol. Manag.*, 409 (2018), pp. 457-467, 10.1016/j.foreco.2017.11.034

Ozanne, C.M.P. et al. Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies. *Science*, 301 (5630) (2003), pp. 183-186, 10.1126/science.1084507

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 1件）

1. 著者名 Saeki Ikuyo, Hioki Sho, Azuma Wakana A., Osada Noriyuki, Niwa Shigeru, Ota Aino T., Ishii Hiroaki	4. 巻 292
2. 論文標題 Legacy over a thousand years: Canopy soil of old-growth forest fosters rich and unique invertebrate diversity that is slow to recover from human disturbance	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Biological Conservation	6. 最初と最後の頁 110520 ~ 110520
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.biocon.2024.110520	査読の有無 有
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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐伯いく代 日置頌 東若菜 長田典之 丹羽慈 石井弘明
2. 発表標題 ヤクスギの林冠土壌に生息する 無脊椎動物のメタゲノム解析
3. 学会等名 第70回日本生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐伯いく代 日置頌 東若菜 長田典之 石井弘明
2. 発表標題 樹上カメラトラップで明らかにするヤクスギ林の林冠動物群集：伐採の影響に着目して
3. 学会等名 第71回日本生態学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Koki SUEYOSHI, Chikae TATSUMI, Jennifer M. BHATNAGAR, Sho HIOKI, Morimaru KIDA, Tamihisa OHTA, Hiroaki ISHII, Ikuyo SAEKI, Wakana AZUMA
2. 発表標題 Microbial communities associated with nitrogen transformation in canopy soils on large cedars in Yakushima, Japan
3. 学会等名 第71回日本生態学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 佐伯いく代 日置頌 東若菜 長田典之 丹羽慈 太田藍乃 石井弘明
2. 発表標題 DNAメタバーコーディングによる屋久杉林の土壤動物分析：林冠・地表の比較と伐採の影響
3. 学会等名 第46回日本土壤動物学会
4. 発表年 2024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	石井 弘明 (Ishii Hiroaki) (50346251)	神戸大学・農学研究科・教授 (14501)	
研究分担者	東 若菜 (Azuma Wakana) (20780761)	神戸大学・農学研究科・助教 (14501)	
研究分担者	長田 典之 (Osada Noriyuki) (80400307)	名城大学・農学部・教授 (33919)	
研究分担者	太田 民久 (Ota Tamihisa) (60747591)	富山大学・学術研究部理学系・助教 (13201)	

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
---------	---------