

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24780144

研究課題名(和文) 森林の樹上パッチ状資源による腐食者群集の維持機構の解明

研究課題名(英文) Elucidation of maintenance mechanism of detritivore community in arboreal resource patches

研究代表者

吉田 智弘 (Yoshida, Tomohiro)

東京農工大学・農学部・助教

研究者番号：60521052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：林冠の生物多様性機構を明らかにするために、樹上に存在するパッチ状資源(樹洞リター、樹洞水溜まり、枯死材、樹上付着リターなど)に着目し、それらに生息する無脊椎動物群集を調査した。本研究の結果は、1)無脊椎動物(クモ、トビムシ)の群集構造は森林の層間で異なること、2)パッチ状資源(樹洞リター、樹洞水溜まり)のサイズおよび形状は枯死有機物や水の流入資源量を変化させ、結果として群集を変化させること、3)資源のサイズ(枯死材の直径)の多様さが動物種のニッチ分割をもたらし、結果として定着者の種多様性をもたらすこと、を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：To clarify the mechanisms of biodiversity in forest canopies, we focused on arboreal resource patches (dry and water-filled treeholes, dead wood, attached litter, etc.), and investigated invertebrate communities in the microhabitats. Our results showed that 1) community structures of invertebrates (spiders and springtails) were different between vertical layers of forests, that 2) size and shape of resource patches (treeholes) affect the detritus and water subsidies, resulting in changing the communities, and that 3) variety of resource size (diameter of dead wood) causes resource partitioning of wood-dwelling species, and thus contributes to species diversity.

研究分野：森林保護学

キーワード：土壌動物 林冠 枯死有機物 水生生物 樹洞 枯死材 垂直分布

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 森林の林冠は多種多様な生物群集を有している。その要因としていくつか挙げられているが、樹上に存在するパッチ状資源も林冠の動物バイオマスおよび生物多様性を維持する一因になっていると考えられる。樹上のパッチ状資源として、着生植物、樹洞の枯死有機物(リター)・水、コケ、枯死材などが知られている。これらは樹上の腐食性節足動物(腐食者)によって利用されている。パッチ状資源は林冠の主要な資源である生枝葉とは異なる樹上の特異的な生息場所であることから、そこに生息する腐食者群集は古くから着目されてきた。しかし、それらの研究の多くは他の生息場所の群集との差異を見出す記載的なものであり、樹上のパッチ状資源における群集の維持機構や機能的側面を明らかにする研究は数少ない。

(2) 陸域(森林)生態系における生物群集および生態系機能を明らかにするためには地下部(林床)と地上部(樹上)の両方に着目したアプローチが不可欠である。林床に生息する腐食者の一部(トビムシ等)は樹上へと生息域を拡大しており、本土(林床)と島(樹上パッチ状資源)の関係としてみる事ができる。このような「本土 島モデル」として、林床 樹上の生物群集を捉えることが、林冠の生物群集の多様性・バイオマスの維持機構を解明する足掛かりとなる。

## 2. 研究の目的

樹上の腐食者群集に対する(1)異質なパッチ状資源(水・リター)の存在、(2)それらの空間配置、の重要性を明らかにすることを目的とした。数種類の樹上のパッチ状資源(樹洞水たまり、樹洞リター、枯死材)を対象とし、これらに生息する腐食者群集の構造を定量的に把握し、それらに関わる環境因子(パッチのサイズ、資源量等)の影響を解明するために観察調査および野外操作実験を実施した。

## 3. 研究の方法

(1) 森林の階層構造における節足動物群集  
森林の林冠と林床における節足動物群集の垂直分布を明らかにするために、クモ類とトビムシ類に着目して調査を実施した。

### クモ群集

スギ林とカラマツ林において林冠と林床のクモ類を月1回採集した。林冠では上層と下層に分けて枝葉叩き落とし法で、林床ではピットフォールトラップ(落とし穴)を用いてクモ類を採集した。採集したクモ類は種まで同定した後、生活型に区分した。

### トビムシ群集

スギ林の林床リターおよび林冠から地上高1m間隔で採集した付着枯葉からツルグレン

装置によって抽出したトビムシ個体を飼った。それらトビムシ個体の体サイズを顕微鏡下で計測した。

### (2) 樹洞の土壤動物群集

#### 樹洞サイズと内部リター量の影響

樹洞のサイズ(容量)と内部のリター量が土壤動物群集に及ぼす影響を明らかにするために、人工樹洞を用いた操作実験を実施した。3種類のサイズ(546ml, 357ml, 217ml)の園芸用黒色ポリエチレン製容器を樹洞の代わりとして、各サイズの容器にそれぞれ1.0g、3.0g、6.0gのコナラリターを入れた。これらを2012年6月にコナラ樹幹部(地上高1.5m)に設置し、同年9月に回収した。回収したリターをツルグレン装置によって動物を抽出した。

また、コナラ林において自然条件下に存在する樹洞(自然樹洞)を探索し、内部のリターを採集後、樹洞サイズを計測し、ツルグレン装置によってリターから動物を抽出した。

#### ブナの形態変化に伴う樹洞の形成

物理的攪乱は、樹木の形態を変化させる。その結果、樹体には樹洞が形成され、リターパッチが樹上にもたらされることで、土壤動物は林床から樹上へと生息域を拡大していると考えられる。本研究では、ブナ林において、攪乱がブナ樹体を変形させた結果、1)樹洞が増加しリターパッチが増加するか否か、2)リターパッチを利用する土壤動物は林床の土壤動物とどれくらい異なるのか、を明らかにすることを目的とした。

伐採や雪害による樹木の形態変化が多く観察される福島県南会津郡只見町において調査を実施した。2015年10月末に、2か所のブナ林において、物理的攪乱により変形したブナ個体(変形木)と非変形個体(通常木)の樹幹本数をカウントした。また、それらのブナ個体地上高2m以下の幹・根部分において、樹洞の有無を確認した。樹洞内および林床からリターを採集し、ツルグレン装置によってリターから土壤動物を抽出した。

### (3) 樹洞の水生生物群集

#### 高さと同層植生の影響

樹洞の水生生物群集に対する森林の階層構造の影響を明らかにするために、2012年5月にコナラ林において野外調査を実施した。下層植生の有無でプロットを2か所作成し、樹洞を模したプラスチック製容器(人工樹洞)を異なる高さ(0.5m, 1.5m, 4.0m)に設置し、12月まで毎月回収した。

#### 資源流入の影響

樹洞外部からの水やリターなどの資源供給が、野外でどの程度発生して内部の水生生物群集に影響を及ぼしているのかを明らかにするために、資源供給の一部を制限して対照区との差異を検証する実験を行った。

2013年の5月から12月にかけて人工樹洞による野外実験を行った。ネットや仕切りによって3パターンの資源供給制限を設定した人工樹洞を各14個ずつ、計42個をコナラ成木に固定し、約7週間設置した。資源供給のパターンは、無制限区(対照区)、リター供給制限区、全資源供給制限区の3つを設定した。採取したサンプル内の水生生物を目視によって形態種で区分した。実験は4期間行い、資源供給制限や期間ごとに差異を検討した。

#### 樹洞の形状の影響

容量が同じで底面積と高さが異なる2タイプの人工樹洞を各12個、2012年5月に調査区内のコナラ成木に設置した。その内容物を約2ヶ月間隔で3回にわたって設置・回収した。採取したサンプル内の水生生物を目視によって形態種で区分した。

#### 内部資源の存在期間の影響

樹洞の内部資源の存在期間が水生生物群集に及ぼす影響を明らかにするために、2012年9月から翌年11月にかけて、コナラの優占する落葉広葉樹二次林において野外実験を実施した。蒸留水とコナラ葉リターを入れた人工樹洞を450日間コナラ樹幹部に設置した長期区と、各季節に50日間もしくは60日間設置した短期区を設定した。採集したサンプル内の環境因子を測定し、水生生物を同定・計数した。

#### (4) 枯死材の昆虫群集

枯死材もまた多様な節足動物が利用しており、代表的なものとして木材穿孔性甲虫と樹上営巣性アリが挙げられる。枯死材のサイズ(直径)は、定着する甲虫の体サイズや個体数、群集構成に影響することが知られている。アリは甲虫の形成した坑道を利用する二次定着者であることから、材のサイズは甲虫群集を規定し、それらの坑道を利用するアリ群集にも影響するものと予想される。伊豆半島の海岸線に広がるウバメガシ林において枯死材を採集し、直径でグループに分けた後、各グループの材を飼育容器に入れ、羽化脱出する節足動物を半年間採集した。

### 4. 研究成果

#### (1) 森林の階層構造における節足動物群集クモ群集

常緑針葉樹(スギ)と落葉針葉樹(カラマツ)の人工林において、クモ類の群集構成を樹冠上層と下層および樹冠と林床で比較した。推定種数はスギ樹冠内では上層(49.0種)と下層(45.1種)で同程度だが、カラマツ樹冠では下層(36.3種)よりも上層(11.3種)で少なかった。スギ樹冠では、徘徊型クモ類と造網型(粗)が、カラマツ樹冠では徘徊型と造網型(密)が高い割合を示した。スギ林床では造網型(密)が、カラマツ林床では徘徊型が優占していた。私たちの結果は、(1)個

体数に基づいた樹上性クモ群集は、スギ林とカラマツ林の両方の樹冠の上層と下層で有意に異なること、(2)それに対して種の在/不在に基づいた群集は、カラマツ林においてのみ層間で異なること、を示した。クモ群集はまた、樹冠と林床では全く異なっていた。私たちの結果は、針葉樹人工林におけるクモ群集は、1)資源の質(生枝葉・枯枝葉)や2)隣接する層との関連のような森林の垂直勾配に沿ったいくつかの要因のため、層間で区分されることを示唆している。

#### 森林の階層構造におけるトビムシの体サイズ分布

スギ林冠において優占していた樹上性トビムシ5種のうち、3種は小型個体が林床では春から秋にかけてみられたが、林冠では7月においてのみ出現した。これらの個体は林床よりも樹上において有意に大きいことから、林床で孵化した個体が樹上へと分布域を拡大していることが示された。また、林床と樹上を行き来する種は林冠上部に行くほどサイズが大きいのにに対して、真樹上性種は林冠内で体サイズに有意な違いはみられなかった。

#### (2) 樹洞の土壌動物群集

##### 樹洞サイズと内部リター量の影響

リターのみを溜めた自然条件下でのコナラ樹洞では、樹洞の環境因子はいずれも土壌動物個体数と相関を示さなかったが、同質のリターを用いた人工樹洞では、リター量およびリター密度(リター量/樹洞容量)が動物個体数に有意な影響を及ぼすことが示された(図1)。

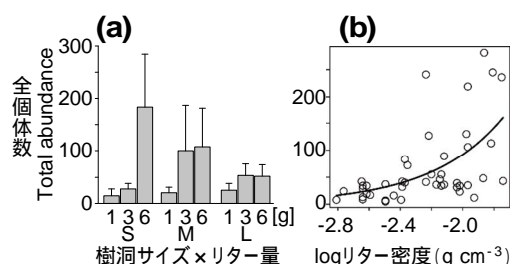


図1. 樹洞サイズ・内部リター量と全節足動物個体数の関係

#### ブナの形態変化に伴う樹洞の形成

ブナ通常木では、主幹はほぼ1本であったのに対して、変形木は萌芽再生によって、2本以上の幹が存在するものが多かった(図2)。また、変形木では、幹や根の変形部分に樹洞が形成されており、通常木よりもその数は有意に多かった。樹洞から採集した枯死有機物には、多数の土壌動物が確認され、その個体数密度は、林床と同程度であった。両生息場所においておもに採集された動物はササラダニ、トビムシ、トゲダニであったけれども、樹洞と林床の群集構造は有意に異なってい

た(図2)。本研究の結果から、物理的攪乱による樹木の形態変化は、樹洞を形成し、リターパッチを増加させ、それらは土壌動物にとって好適なハビタットであることが確認された。

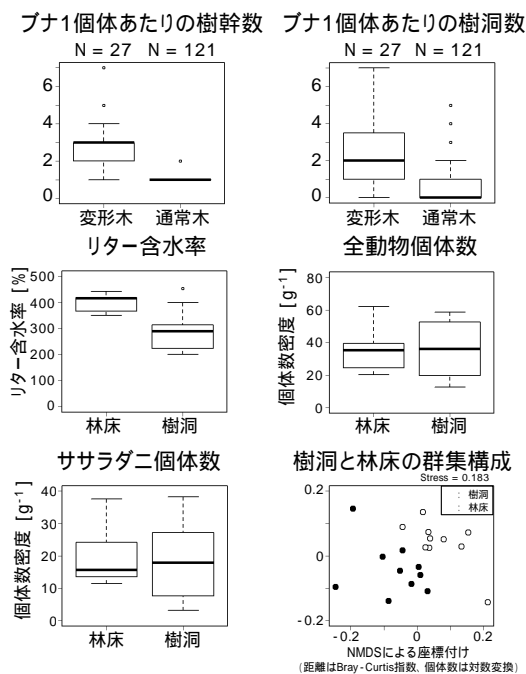


図2. 変形木と通常木における樹幹数、樹洞数、内部リター含水率、全動物個体数、ササラダ二個体数、および樹洞と林床の群集構成

### (3) 樹洞の水生物群集

#### 高さと同層植生の影響

水生生物の群集構成は、下層植生の有無、高さ、月(経過時間)によって有意な影響を受けていた。樹洞内の水量は地上高が低く、下層植生によって被覆された位置で多かった。一方、リター量と動物個体数は下層植生被覆プロットにおいて下部の方で少なかった。これは、下層植生(ササ)が落下リターを遮断することによって樹洞内に流入する量が減少したためである。また、水生生物の個体数と種数は動物遺体の人工樹洞において増加していた。これらは、森林の階層構造が樹洞に流入する資源量に影響することによって水生生物群集の構成を規定していることを示している。

#### 資源流入の影響

カ科などの生物が、リター供給制限区や全資源供給制限区にも出現したが、それらの総出現分類群数はいずれも無制限区より少なかった。優占的に出現した生物のうち、キンパラナガハシカはリターの供給制限によって個体数が少なくなっていた。一方ヤブカ属の力は水の供給制限によって出現頻度が低下する様子がみられ、各生物にとって重要な資源は一定ではないことが示唆された。資源供給の程度が生物におよぼす影響は、単純に

その量のみでなく、資源の種類も関係しており、野外において資源供給に様々な差異があることで、水を貯めた樹洞の生物群集が多様になっている可能性が考えられた。

### 樹洞の形状の影響

本調査の結果、異なる形状の人工樹洞間で出現した水生生物の総分類群数に有意差はみられなかったが、その総個体数は、時期によって広く浅い容器において多くなる傾向を示した。カ科のなかでは、一方の樹洞において個体数が多くなる種も複数みられた。カの種類によって生息地の選好性の差異やすみわけが存在すると考えられた。また、両タイプの容器で生物の個体数が平均から突出するサンプルがみられ、個々の樹洞間で群集構造の違いが大きいことが示された。

### 内部資源の存在期間の影響

短期区において、水量は初夏・夏よりも晩秋に少なく、葉リター量は秋・晩秋に有意に多くなる傾向がみられた。長期区では晩秋の同時期に回収した短期区と比較して、水量や葉リター量に違いはみられなかったけれども、微細有機物が有意に多く含まれていた。長期区では、短期区よりもヌカカ科の種の個体数も多く、また短期区でみられなかった捕食者のトワダオオカが出現した。これらの結果は、樹洞内の水や葉リターは流入・分解によって変動するけれども、樹洞や内部資源の存在期間が長いと、微細有機物の沈殿量が増加し、それに伴い、微細有機物を選好する種が増え、水生生物群集が遷移したり、食物網構造が変化したりすることを示している。

### (4) 枯死材の昆虫群集

調査の結果、太い材ほど材積あたりの甲虫個体数は少なく、全甲虫バイオマス量は多かった。優占種のなかでも、太い材ほど体サイズの大きな個体が棲息していた。アリもまた材サイズの増加とともに小型の種から大型の種へと移行しており、種構成に変化がみられた(図3)。以上のことから、枯死材のサイズは直接的・間接的に体サイズに基づいた資源分割をもたらし、甲虫群集およびアリ群集の種の共存に貢献していることが明らかとなった。

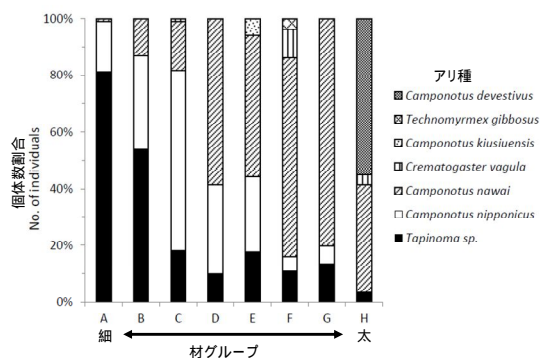


図3. 枯死材のサイズグループにおける各アリ種の個体数割合

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4件)

- Satoh, T., Yoshida, T.\*, Koyama, S., Yamagami, A., Takata, M., Doi, H., Kurachi, T., Hayashi, S., Hirobe, T., Hata, Y. Resource partitioning based on body size contributes to the species diversity of wood-boring beetles and arboreal nesting ants. *Insect Conservation and Diversity*, 査読有, vol. 9, 2016, 4-12.  
DOI: 10.1111/icad.12136. \*責任著者  
Yoshida, T., Hijii, N. The body-size distribution of arboreal collembolans in relation to the vertical structure of a Japanese cedar plantation. *Applied Soil Ecology*, 査読有, vol. 83, 2014, 116-124.  
DOI: 10.1016/j.apsoil.2013.08.006.  
Oguri, H., Yoshida, T.\*, Nakamura, A., Soga, M., Hijii, N. Vertical stratification of spider assemblages in two conifer plantations in central Japan. *Journal of Arachnology*, 査読有, vol. 42, 2014, 34-43.  
DOI: 10.1636/P13-73.1. \*責任著者  
Yoshida, T. Takito, Y., Soga, M., Hijii, N. Responses of litter invertebrate communities to litter manipulation in a Japanese conifer plantation. *Acta Oecologica*, 査読有, vol. 51, 2013, 74-81.  
DOI: 10.1016/j.actao.2013.06.003.

[学会発表](計11件)

- 吉田智弘, 森林地上部の枯死有機物を利用する節足動物群集. 第22回森林昆虫談話会, 第127回日本森林学会大会, 2016年3月30日, 日本大学生物資源科学部(神奈川県藤沢市).
- 吉田智弘, 攪乱によるブナの形態変化が土壌動物のハビタットを増加させる. 第63回日本生態学会大会, P2-266, 2016年3月24日, 仙台国際センター(宮城県仙台市).
- 吉田智弘, ブナがダメージを受けると土壌動物の棲みかが増える. 平成27年度「自然首都・只見」学術調査研究助成事業研究成果発表会, 2016年1月31日, 福島県南会津郡只見町・朝日振興センター(福島県南会津郡只見町).
- 吉田智弘, 宮松友浩, 綾部慈子, 樹上の付着リターと堆積リターにおける土壌動物群集の違い. 第38回日本土壌動物学会大会, P20, 2015年5月24日, 香川大学農学部キャンパス(高知県木田郡三木町).
- 吉田智弘, 伴雄太郎, 樹洞において内部資源の存在期間が水生生物群集に及ぼす

影響. 第62回日本生態学会大会, PB2-058, 2015年3月21日, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市).

宮松友浩, 吉田智弘, 綾部慈子, 樹洞の生息地サイズと内部資源量が土壌動物群集に及ぼす影響. 第37回日本土壌動物学会大会, P11, 2014年5月25日, 駿河台大学(埼玉県飯能市).

伴雄太郎, 吉田智弘, 都市近郊林における水を溜めた樹洞内の生物群集の構造. 第61回日本生態学会大会, PA2-036, 2014年3月16日, 広島国際会議場(広島県広島市).

伴雄太郎, 吉田智弘, 落葉広葉樹二次林における水が入った樹洞にみられる生物群集の構造. 第60回日本生態学会大会, P1-204, 2013年3月6日, 静岡コンベンションアーツセンター(静岡県静岡市).

Yoshida, T., Hijii, N., The demography of arboreal collembolans in relation to the vertical structure of a Japanese cedar plantation. XIII International Colloquium on Apterygota, August 14, 2012, Coimbra, Portugal.

Yoshida, T., Hijii, N., Utilization of canopy and soil litter by collembolans in a temperate coniferous plantation. XVI International Colloquium on Soil Zoology, August 7, 2012, Coimbra, Portugal.

宮松友浩, 吉田智弘, スギ林地上部における土壌動物の垂直分布. 第35回日本土壌動物学会大会. Pa6, 2012年5月27日, 昭和大学富士吉田教育部(山梨県富士吉田市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 智弘 (YOSHIDA Tomohiro)  
東京農工大学・農学部・助教  
研究者番号: 60521052

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし