

森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

年頭所感 林野庁長官 今井 敏 3

論文

北見市留辺蘂地区で試みた自動撮影による野生動物調査
[村林 宏] 4

樹木の葉上に生じる粉藻病藻*Phycopeltis epiphyton*の観察
[周藤靖雄・大谷修司] 11

事前伐採と塩素酸ナトリウム粒剤(クロレートS)全面土壌散布の組み合わせ
による放置マダケ林の防除
[江上 浩・久本洋子・鈴木重雄・高橋幸貴・須藤智博・尾川新一郎・若林利昌・遠藤良太] 20

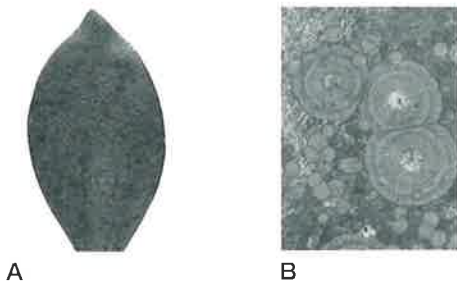
短報

森林環境学習における科学的知見の導入に向けて
～題材としてトビムシの活用の意義～
[中川宏治] 29

都道府県だより：山梨県 36

森林病虫獣害発生情報：平成26年11月・12月受理分 38

協会だより 39



[表紙写真] 樹木の葉上に生じる粉藻病藻*Phycopeltis epiphyton* Millardet

写真A：モチノキの葉面を覆う褐色で微細な藻体。繁茂した木の下枝など陰湿な場所で多く生じる。

写真B：キツタの葉に生じた藻体。藻体は葉表面の角皮上に付着して生じる。単層で円盤状、漸次拡大して、直径は500～1,000 μ mに達する。

本藻の葉表面への付着に伴う病斑形成、枯死などの病変は認めないが、激しく生じた場合は美観を損なう。わが国ではこの症状を「粉藻（こなも）病」と呼んでいる。本藻のわが国での研究例は少なく、また一般にも関心が持たれていない。しかし、島根県においては本藻が広く分布してときに激しく生じているのを観察した。病害の診断に当たっては本藻の発生の有無について注意すべきである。また、本藻は樹木葉上を生活の場所とする生物のひとつとしてその生態的性質を明らかにすることが必要である。（本文11～19ページ参照）。

（島根県松江市 周藤靖雄）

年 頭 所 感

林野庁長官 今井 敏¹



新年を迎え、謹んで年頭の御挨拶を申し上げます。

昨年は、広島県や高知県を始め、全国でこれまでに類を見ない豪雨による山腹崩壊や土石流等、甚大な山地災害が発生し、また長野・岐阜県境にまたがる御嶽山が噴火するなど、自然災害により多くの人命・財産が失われました。林野庁といたしましては、関係機関、関係団体等との連携により、被災者の立場に立った対応に万全を期するとともに、治山事業と森林整備事業を推進し、安全な国土づくり・緑の国土強靱化にお一層取り組んでまいります。

また、東日本大震災が発生してから今年で4年になります。現在も、被災地においては森林・林業・木材産業への深刻な影響が続いていますが、昨年から、特用林産物の出荷制限の一部解除の件数も徐々に増える等の新たな動きも見えてきています。被災施設等の復旧や放射性物質による影響に対応した技術開発等をさらに加速化し、復旧・復興に全力を挙げて取り組んでまいります。

さて、戦後造成した人工林の多くが本格的な利用期を迎える中で、豊富な森林資源を循環利用し、新たな木材需要の創出や国産材の安定的・効率的な供給体制の構築等により、林業の成長産業化を実現することが重要です。これは、山村地域での雇用の創出や地域の活性化を通じ、地域創生にも貢献するものです。

こうした中、林野庁においては、新たな木材需要の創出に向け、CLT（直交集成板）、耐火木材など新たな製品・技術の開発・普及に取り組んでいます。中高層建築物等での利用が期待されるCLTについては、現在国土交通省と連携して、建築基準の整備、実証建築の積み重ねによる施工ノウハウの確立、国産CLTの生産体制の整備などを進めているところであり、昨年11月には、同省と共同でCLTの普及に向けたロードマップを公表したところです。生産側や建築側などに幅広く周知し、関係者の取組を促してまいります。また、国産材の利用を拡大するため、公共建築物の木造化や木質バイオマスのエネルギー利用等を進めるほか、木材・木材製品の輸出にも取り組んでいきます。なお本年5月に開催されるミラノ万博では、日本館の外壁に日本国産カラマツ集成材を使用した木格子が使われることになっております。これは日本の森林・林業・木材産業を世界に発信するよい機会になるとともに、輸出の促進にも資するものと期待しています。

国産材の安定供給体制の構築に向けては、森林施業の集約化や路網整備の促進、多様な担い手の確保・育成、高性能林業機械を活用した効率的な作業システムの整備等を進めております。例えば、川上において、森林所有者等の原木供給サイドが連携して生産量を取りまとめ、製材業者等との協定に基づき、大型加工施設等へ原木を安定的に供給する取組を推進しております。人材育成については、地域全体の森林づくりや林業活性化のビジョンづくりを支援する技術者として、森林総合監理士（フォレストラー）を登録し公開する取組を昨年より始めています。市町村の森林・林業行政を技術面で支援する新たな人材の活動により、持続的な森林経営を広げていく取組を推進してまいります。

さらに、地球温暖化の防止、国土の保全などを図る上で重要な役割を果たしている森林を適切に管理・保全するため、間伐等の森林整備を通じた森林吸収源対策や森林の多面的機能の維持・向上に取り組んでまいります。森林吸収源対策の財源確保については、森林整備等に係る受益と負担の関係に留意しつつ、財源の確保の新たな仕組みについて、早急に総合的な検討を進めます。

国有林野事業については、本年4月に、一般会計への移行から3年目を迎えます。民有林に係る施策との一体的推進を図りつつ、公益重視の管理経営を一層推進していくとともに、国産材の安定供給や林業の低コスト化等の面で民有林をリードし、林業全体の成長産業化に貢献してまいります。

森林・林業・木材産業は、多くの可能性を秘めた、成長分野であると考えております。行政と関係者の皆様とが連携し、地域の実情に応じた戦略を立て、創意工夫を凝らしながら、森林・林業・木材産業の再生・成長産業化に意欲をもって取り組んでまいりますので、行政への一層の御支援・御協力をお願いいたします。

結びに、全国各地の森林・林業・木材産業の発展と、皆様の益々の御健勝と御発展を祈念申し上げまして、年頭の挨拶とさせていただきます。

¹ IMAI, Satoshi

論文

北見市留辺蘂地区で試みた自動撮影による野生動物調査

村林 宏¹

1. はじめに

北見市留辺蘂自治区は国道39号線が通ることから交通量が多い土地である。さらに石北峠に近い富士見地区、厚和地区はトドマツ、エゾマツ等の針葉樹、ダケカンバ、ミズナラ、シナノキ等の広葉樹が混生する国有林が国道近くまで広がっており、野生動物の出現が頻繁に認められる。そのため、オホーツク地域において国道333号沿線のルクシ地区と並んでエゾシカの輪禍が多発している地域である（網走開発建設部 2013）。しかし、野生動物の分布や、季節移動に関するデータはみられない。

野生動物の個体数調査には全数調査法、間接調査法（相対密度把握法、除去法、区画法、マーキング法、こん跡利用法）などがある（松良 1978）。これらの方法には、動物の発見や捕獲という大きな労力を要すること、糞や足跡を探し同定するには、研究者の熟練度によって作業効率に大きな差が出るという問題がある。近年、野生動物調査に自動撮影という手法が用いられるようになってきている（平川 2003, 2004a, 2004b；小金澤 2004）。自動撮影は、カメラの前を通過する動物をセンサーが検知し、カメラのシャッターを切るという仕組みで作動する。この手法の利点は、定点で継続観測が可能で、さらに、映像を伴う客観的なデータを得られることである。北海道内では、森林総合研究所北海道支所が多くの機関と連携して、道内各地で自動撮影を用いた野生動物調査を実施している（森林総合研究所北海道支所 2014）。そこではYoyShot（森林総合研究所北海道支所が開発した機種）という自動撮影装置（フィルム式）が用いられている（森林総合研究所北海道支所 2014）。しかし、映像をフィルムで記録する方式の場合は、フィルム枚数の制約で稼働時間が制限さ

れるため、欠測を防ぐためには頻繁に現地を訪れなければならない。フィルム購入、現像のコストも考慮せねばならない（平川 2013）。一方、映像をデジタルで記録する方式の場合、こうした問題に代わり、大きな電力消費によるバッテリーの持続性が問題となる。さらに、多くのデジタル方式では検知から撮影までの遅れ（トリガータイム）が1秒以上かかることにより、動物が映像に残らないという問題があった（平川 2013）。しかし、近年のデジタル撮影機器の進歩は目覚ましく、最近の装置は以前と比較して、消費電力が低下し、トリガータイムが1秒未満の装置も増加し、また価格も低下してきた。

本研究では、北見市留辺蘂地区の野生動物の生息状況を明らかにするため、デジタル映像方式の装置を利用した自動撮影による野生動物調査を試みたので、その結果を以下で報告したい。

2. 調査地と方法

調査地は北見市留辺蘂地区、国道39号線を挟む留辺蘂国有林内で、3箇所撮影装置を設置した。撮影地点1は厚和管理区厚和林道沿い（1114林班；北緯43度41分59.3秒、東経143度21分56.6秒）、撮影地点2は富士見管理区50号林道沿い（1063林班；北緯43度40分42.0秒、東経143度17分22.7秒）、撮影地点3は厚和管理区岩山林道沿い（1049林班；北緯43度44分33.2秒、東経143度19分44.1秒）とした（図-1）。撮影地点間の道のり（国道と林道に沿って移動したと換算）は、撮影地点1と2では約8.6km、撮影地点1と3では約12.1km、撮影地点2と3では約15.9kmであった。

自動撮影装置（以下装置と略する）はAmbush（Cuddeback, Green Bay, WI）を使用した。カタロ

Wild animal survey using automatic camera at Rubeshibe area, Kitami-shi, Hokkaido

¹MURABAYASHI, Hiroshi, 日本赤十字北海道看護大学生態科学領域

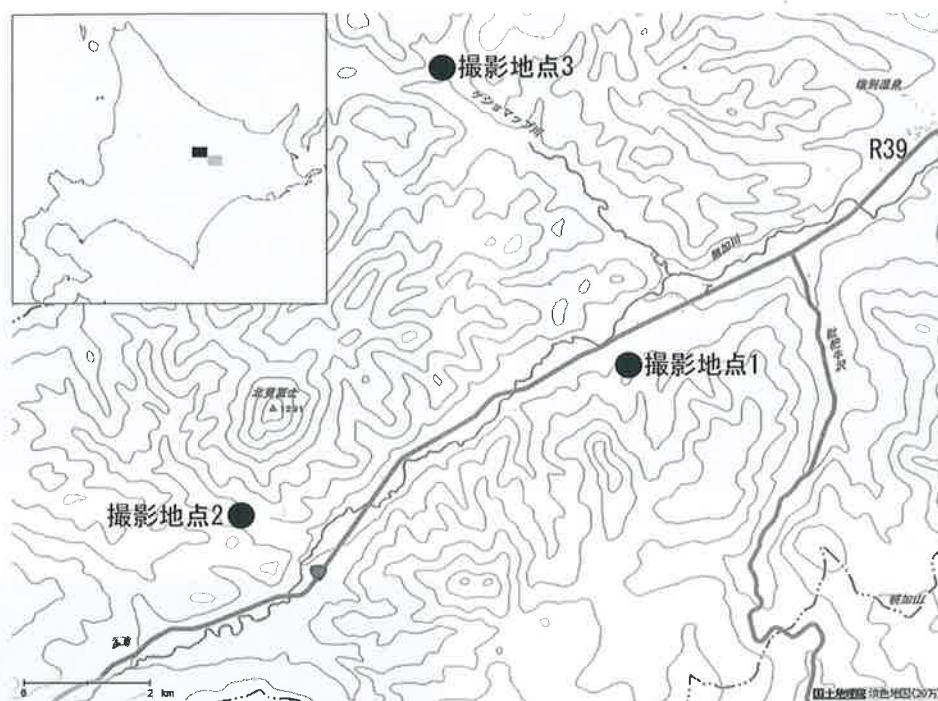


図-1 留辺蘂地区撮影地点 (国土地理院HPより転載, 一部加工)

■: 調査地全域, ■: 隣接の置戸町 (車田ら 2008の調査地域)。

グによれば, この装置の特徴は, 赤外線検知型デジタル撮影方式 (焦点距離: 約45mm (35mmフィルム版換算), 画素数: 500万画素) で, 夜間でもストロボ発光 (有効距離約8m) によりカラー撮影が可能である。赤外線センサーによる物体の検知距離は約8m, 検知範囲は22度, 検知してから撮影までの間隔 (トリガータイム) は0.25秒である。撮影日時も同時に記録される。電源は単3アルカリ電池を8本使用する。この装置を, 撮影地点に1台ずつ設置した。

調査は森林総合研究所北海道支所 (2014) の方法に従い, 林道脇の立ち木に装置を設置して, 林道を通過する野生動物を対象として撮影を行った。調査は夏期 (2013年7月16日から7月30日まで) と秋期 (2013年9月19日から10月31日) に分けて実施した。夏期は撮影地点1において, 1台の装置を付属のアクセサリーとバンドをもちいて, 直接立木に固定し (高さ約1m), 俯角は0度にした。立木の位置は, 幅約4mの林道の縁から約1m離れた場所とした。秋期調査では, 夏期調査の結果に基づいて, 装置の高さを1.5~1.6m, 俯角を17度とした。俯角を

つけるための土台は自作した (写真-1)。

秋期には設置から22日目 (10月10日) に中間チェック (稼働状態の確認, データ回収, 電池交換) を行い, 10月31日に装置を回収し, 調査終了とした。

得られたデータは, 森林総合研究所の平川が開発したデータ処理システムを用いて整理・解析した (平川 未発表)。このシステムはマイクロソフト社のソフト, エクセルとその一連の操作を自動化するマクロの技術を用いたもので, 調査内容に応じたデータフォーマットの作成や, 入力データの処理 (撮影内容の分類・集計・図化など) を自動的に行う機能がある。データ入力補助機能もあり, 考え得る最低限のキータ입で入力が可能である。北海道野生生物観測ネットワーク参加者などに限定して公開されている。撮影は昼間 (撮影日の日出から日没まで), 夜間 (撮影日の日没から日出まで) の時間帯に区分した。

なお本研究は, 調査地を管轄する網走中部森林管理署の許可を得て行った。



写真-1 使用機材(Ambush, Cuddeback, Green Bay, WI) および設置方法

林道端より2.0m離れた立木の、林道面から約160cmの高さに設置。土台は自作。2013年9月19日撮影。

3. 結果

(1) 夏期調査

総稼働時間は13.6日間(昼間199.2h, 夜間127.2h), 検知撮影数(作業時を除く)は22枚, そのすべてが有効撮影(センサーが反応したと思われる対象が映像に残されているもの)で, そのうち鳥獣撮影が14枚, 人や自動車の撮影(ヒト撮影)が8枚であった。無効撮影(何を検知して撮影されたか不明なもの)はなかった。有効撮影頻度は1.62枚/日であった。撮影された動物は, エゾシカ *Cervus nippon yesoensis* (写真-2, 以下シカと表記) が9枚, エゾタヌキ *Nyctereutes procyonides albus* (写真-3, 以下タヌキと表記) が3枚, キタキツネ *Vulpes vulpes schrencki* (写真-4, 以下キツネと表記) が1枚, エゾヒグマ *Ursus arctos yesoensis* (写真-5, 以下ヒグマと表記) が1枚であった(表-1)。また, 動物が撮影された位置は, 林道の幅方向で中央より奥側にかけてであった。調査終了時の電池残量は, 装置の表示で75%であった。

(2) 秋期調査

撮影地点3の装置について, 10月3日を最後に鳥獣の撮影がなく, 次の8日撮影の写真では装置の向きがずれが確認された。また10日の中間チェックの際に土台を補強したが, 直後に土台ごと落下してい



写真-2 夏期調査で撮影されたエゾシカ, 2013年7月20日撮影



写真-3 夏期調査で撮影されたエゾタヌキ, 2013年7月28日撮影



写真-4 夏期調査で撮影されたキタキツネ, 2013年7月23日撮影



写真-5 夏期調査で撮影されたエゾヒグマ，2013年7月24日撮影

表-1 夏期調査時における撮影枚数および撮影頻度
撮影地点1 (7/16 ~ 7/30)

動物名	撮影数 (枚)	撮影頻度 (枚/日)	昼間 (枚)	夜間 (枚)
エゾヒグマ	1	0.07	0	1
エゾシカ	9	0.66	1	8
キタキツネ	1	0.07	0	1
エゾタヌキ	3	0.22	0	3
ヒトおよび車	8	0.59	8	0
無効撮影	0	0.00	0	0
検知撮影数*	22	1.62	9	13
有効撮影率**	100.0		100.0	100.0
無効撮影率***	0.0		0.0	0.0

* 設置，中間チェック，回収時を除いた撮影枚数
** 動物，ヒトおよび車両など判別可能な物体が撮影された割合
*** 判別不能な物体が撮影された割合

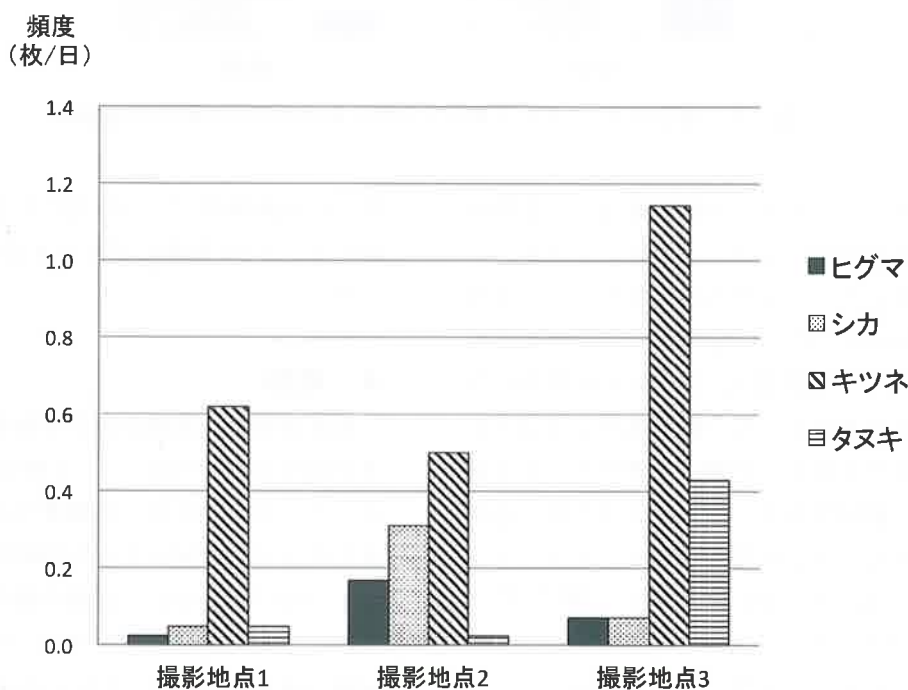


図-2 秋期調査時における各撮影地点の動物撮影頻度

たため、10月3日以降は欠測とした。落下原因は吸湿による土台木材の耐水性不足であると考えられた。このため、撮影地点3の稼働時間は他の2地点の42日間に対して14日間と少なくなった。

3地点での装置の総稼働時間は延べ98日間（昼間

1118.4h，夜間1233.6h），総撮影数は160枚，有効撮影は149枚（鳥獣撮影が97枚，ヒト撮影が52枚）で，無効撮影は3枚であった。有効撮影頻度は1.58枚/日，無効撮影頻度は0.03枚/日であった。

鳥獣撮影は，撮影地点1で31枚，地点2で42枚，

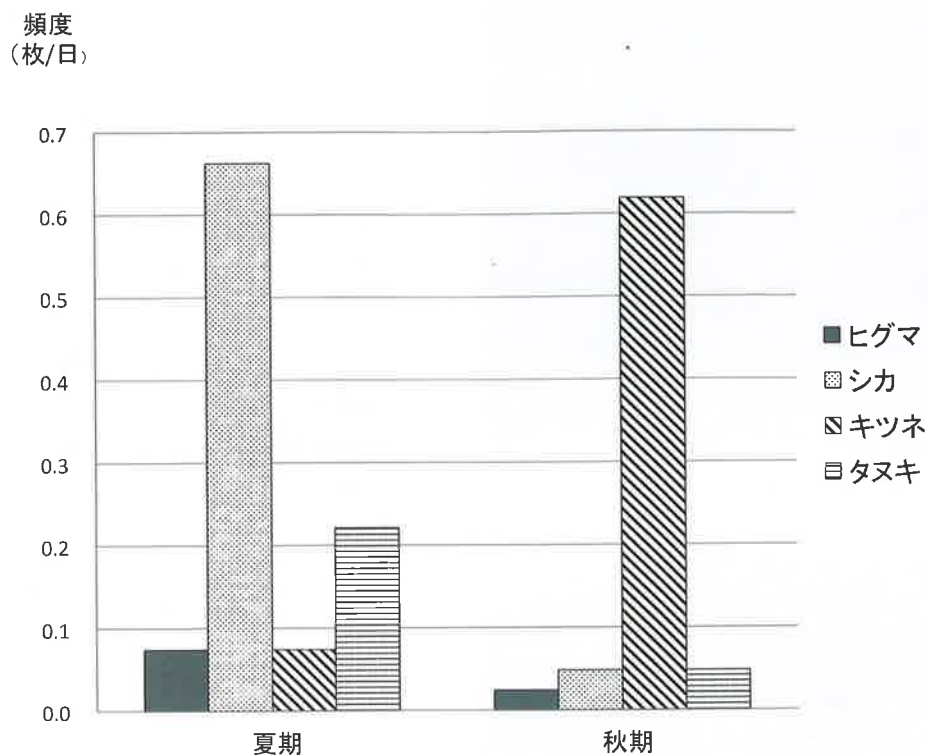


図-3 撮影地点1における夏期調査時と秋期調査時の動物撮影頻度

地点3で24枚あった。すべての撮影地点で、夏期調査と同様に4種の動物（ヒグマ、シカ、キツネ、タヌキ）が撮影されたが、その内容には大きなばらつきがあった。（図-2）。どの地点でもキツネの撮影頻度が最も高かった。撮影地点1ではキツネ以外の3種の撮影は1～2枚であった。撮影地点2ではタヌキの撮影は1枚と少なかったが、ヒグマとシカはある程度の頻度で撮影された。撮影地点3では、逆にタヌキの撮影頻度はある程度あったが、ヒグマとシカについては1枚のみの撮影にとどまった。

各撮影地点で撮影された動物の位置に関しては、林道の幅方向で中央より奥側にかけてであった。

電池の残量は、撮影地点1の装置では中間チェック時に75%、電池はそのまま継続使用し、回収時には50%であった。撮影地点2および3の装置はともに、中間チェック時に50%で、電池交換を行い、回収時には75%であった。

(3) 夏期と秋期の撮影頻度の違い

撮影地点1で行われた夏期と秋期の調査では、撮

影される動物種ごとの頻度に大きな差があった。夏期にはシカが、秋期にはキツネが多く撮影された（図-3）。

4. 考察

夏期調査の撮影地点および秋期調査時の撮影地点3か所すべてにおいて、4種の動物（ヒグマ、シカ、キツネ、タヌキ）が撮影された。この調査地ではこれまで、今回のような形の野生動物調査は行われていない。しかし、近隣の置戸町内道有林において2004年と2007年に行われた、野生動物の自動撮影記録（車田ら2008）でもこの4種が記録され、しかもシカ、キツネがヒグマ、タヌキよりもかなり多く撮影されている点で、本調査と同様の傾向があった。調査年、使用機種が異なることから単純な比較は難しいが、本調査の動物撮影頻度は、留辺蘂、置戸両地域における4種の動物の生息密度のおおまかな指標となる可能性が示唆される。ただし、これらの調査では同一個体が装置の前を複数回通過する場

合があり、また林道の利用傾向が種によって異なることも予想される。こうした調査で見ているのはあくまで動物の林道通過頻度であり、個体数を数えているわけではないことに注意が必要である。

撮影地点1に関して、夏期調査の際にもこの地点に装置を設置したことから、1日当たりの動物の撮影頻度の比較ができた。夏期調査ではシカの撮影頻度が高かったが、秋期調査ではいずれの地点でもキツネの撮影頻度が高かった。しかし、夏期は装置1台でわずか14日間の運用、秋期も装置3台で延べ98日間の運用結果であり、装置の稼働時間や撮影地点数が揃っていないので結果の簡単な比較は難しい。今後は全撮影地点で春期から秋期にかけて装置を設置する予定であり、その上で季節的な撮影頻度の変化についても検討したい。

今回の調査により装置の性能に関する基礎的なデータを取得することができた。夏期調査の際は、装置の取り付け位置を地上から100cm、俯角0度に設定したところ、撮影された動物はいずれも、中型から大型の動物であり、撮影位置も林道の中央から遠方にかけてであった。これらのことを考慮し、秋期調査では、装置の取り付け位置および角度を地上から150cm～160cm、俯角約17度に修正して、林道の手前側を通る動物に関しても撮影できると期待した。しかし、撮影された動物種、林道上の位置は夏期と同様であり、より小型の哺乳類や鳥類に関しては撮影されなかった。一方で、置戸でYoyShotを用いて行われた2004年と2007年の調査ではイタチ類、エゾリス、コウモリ類も撮影されていた(車田ら2008)。また、同機種を用いた知床、阿寒の調査でも、ミンク、クロテン、エゾリス、エゾシマリス、コウモリ類が撮影されていた(平川2004b)。このことから、今回の結果との違いは、調査地や年の違いだけでなく、機種の違いが大きく関係している可能性がある。YoyShotはフィルムで映像を記録する方式で、反応の遅れがほとんどない。またセンサーの感度調整も自由度が高く、比較的小さめの動物まで検知できるように設定できる。こうした違いが明確な撮影結果の差となって現れている可能性は高い。

本調査で用いた機種Ambushでは無効撮影が極めて少なかったことから、赤外線センサーの感度が低いこと、検知範囲も狭いことが小型動物や動きの速い動物を検知できなかった原因と考えられる。林道のより手前側を通過する動物、およびより小型動物を撮影目標とする場合は、設置する位置を低くし、角度も林道近くを撮影できるようにすることが必要であると考えられる。本装置の電池の消費に関しては、撮影地点1では42日間(48枚撮影)で50%の残量を示し、撮影地点2および3では中間チェックで電池交換を行った後、残りの21日間(撮影地点2で45枚、撮影地点3は交換後落下により無効)で75%の残量を示したことから、かなり電池の持続性はあり、60日(100枚撮影)ほどは交換しなくても撮影可能であると推察される。

この調査は一過性のもものでは意味をなさないもので、今後とも調査を継続する。また、今回の撮影地点と同地点に装置を設置することに加えて、さらに撮影地点を増やすこと、春期、夏期、秋期と調査期間を延ばすことで、この地域における林道を利用する動物相をさらに詳細に把握したい。

謝辞

本研究を行うに当たり、森林総合研究所北海道支所の平川浩文氏には、自動撮影装置の調査方法に関する助言、データ処理プログラムの提供をいただいた。また、網走中部森林管理署の方々には調査対象地区に関する情報を提供いただいた。

引用文献

- 網走開発建設部(2013)オホーツク管内シカ飛出し衝突注意マップ。網走開発建設部<http://www.ab.hkd.mlit.go.jp/douro/ezosika/pdf/chuuiimap.pdf>, 2014. 7. 22. ダウンロード
- 平川浩文(2003)自動撮影が切り開く新しい哺乳類研究のアプローチ。(独)森林総合研究所北海道支所研究レポート69:1~8
- 平川浩文(2004a)自動撮影調査から動物の密度がわかるか-密度推定の問題を考える-。哺乳類科

- 学 44 : 103 ~ 105
- 平川浩文 (2004b) 自動撮影装置を用いたインベントリー調査手法の確立. 第6回自然環境基礎調査生物多様性調査「種の多様性調査(北海道)報告書」: 48 ~ 60
- 平川浩文 (2013) 2013年野生生物観測講習資料. (独) 森林総合研究所北海道支所 53-54, <http://cse.ffpri.affrc.go.jp/hiroh/photo-survey/sub/YSSettingConcept.html>, 2014. 7. 22. 閲覧
- 小金澤正昭 (2004) 赤外線センサーカメラを用いた中大型哺乳類の個体数推定. 哺乳類科学 44 : 107 ~ 111
- 車田利夫・稲富佳洋・富沢昌章・釣賀一二三・明石信廣・南野一博・平川浩文 (2008)(2)自動撮影. 第7回自然環境基礎調査生物多様性調査「種の多様性調査(北海道)報告書」: 31 ~ 40
- 松良俊明 (1978) 動物の個体数調査方法. 京都教育大学理科教育研究年報 8: 1 ~ 17
- 森林総合研究所北海道支所 (2014) 北海道野生生物観測ネットワークへようこそ. <http://cse.ffpri.affrc.go.jp/hiroh/wildlife-monitoring/>, 2014. 7. 22. 閲覧
- (2014.7.23受付, 2014.9.1掲載決定)

論文

樹木の葉上に生じる粉藻病藻 *Phycopeltis epiphyton* の観察周藤靖雄¹・大谷修司²

1. はじめに

葉表が褐色で微細な粉状物に覆われた樹木の葉をしばしば見かける。これに伴う病斑形成、枯死などの病変は認めないが、激しく生じた場合は美観を損なう。この粉状物は *Phycopeltis epiphyton* Millardet という気生藻 (aerial algae) であり、この症状を「日本植物病名目録」(日本植物病理学会 2000) では「粉藻 (こなも) 病」と呼んでいる。

Phycopeltis は緑藻門 (Chlorophyta), アオサ藻綱 (Ulvophyceae), スミレ藻目 (Trentepohliales), スミレモ科 (Trentepohliaceae) に所属する。*Phycopeltis* の生活場所はおもに植物の葉や枝の角皮上である。スミレモ科に所属して、同じく葉に生じる藻の *Cephaleuros* (白藻病藻) (Suto and Ohtani 2009, 周藤・大谷 2010) が植物の葉、緑枝および果実の角皮下、また種によっては表皮細胞下や葉肉組織内に侵入するのとは異なる。

Phycopeltis は Millardet (1870) によって *P. epiphyton* をタイプ種として創設された属である。本属に所属する種として Karsten (1891) は 4 種を、Printz (1939) は 12 種を、また Thompson and Wujek (1997) は 18 種を挙げた。これら研究者のモノグラフにない種として Cribb (1967) は 1 種を、また Neustupa (2003, 2005) は 3 種を新種として報告した。これまでに報告された種は 28 種になる。これらのうち *P. epiphyton* は熱帯、亜熱帯および温帯の広範囲に分布する藻として知られている (Thompson and Wujek 1997; Neustupa 2003)。

わが国においては、Molish (1926) が *P. epiphyton* の発生をはじめて報告した。ついで、末松は本種の形態 (末松 1950; Suématu 1959), 宿主 (末松 1950; Suématu 1957), 葉の組織変化 (末松 1958)

について報告し、これらに生態調査の結果を含めてまとめた (Suématu 1962)。また、Akiyama (1961) は山陰地方では本属に所属する藻として *P. epiphyton* に加えて *P. arundinacea* (Mont.) De Toni, *P. irregularis* (Schmidle) Wille の計 3 種が生じることを報告した。しかし、その後わが国では本属の藻についての研究は行われておらず、また一般にも関心が持たれていない。

筆者らは、島根県において本属に所属する藻が広く分布して、ときに激しく生じているのを観察した。したがって病害の診断に当たっては、本藻の発生の有無について注意すべきである。また、本藻は樹木葉上を生活の場所とする生物のひとつとして、その生態的性質を明らかにすることが必要である。そこで 2001 ~ 2013 年、本属藻を採集してその宿主と発生様相を調査し、形態を観察し、また季節的推移について調査し、また感染単位のひとつである配偶子の行動についての観察を行った。なお、筆者らが島根県で採集した *Phycopeltis* はそのほとんどが *P. epiphyton* であり、他にこれとは形態が異なる 2, 3 種を少数採集しているが未同定である。したがって、本稿では *P. epiphyton* についての調査結果のみを報告するに留める。

2. 材料と方法

(1) 採集

調査期間 (2001 ~ 2013 年) に島根県下の 8 地域で計 330 標本を採集した。1 標本は 5 ~ 15 葉の藻体付着葉からなる。現場では肉眼で、またルーペを用いて本藻の発生状態を観察した。本藻を共生藻とする地衣菌が生じている場合は、その発生状態も観察した。採集した標本については宿主の樹種と葉齢を

Observations on *Phycopeltis epiphyton*, the causal alga of the algal powdery spot, on leaves of woody plants¹SUTO, Yasuo, 島根県松江市; ²OHTANI, Shuji, 島根大学教育学部

記録した。なお、これらの標本は著者周藤靖雄の個人腊葉標本 (YSH) として保管している。

(2) 形態

持ち帰った標本について、藻体を針先で掻きとり、または藻体が生じた葉表の組織をかみそりの刃で薄く剥ぎ取り、これら切片をスライドグラス上に置いたShear液の中に入れて、藻体とそれを構成する細胞や、繁殖器官である配偶子のう (gametangium) や遊走子のう枝 (sporangiate-lateral) の形態を観察した。同様の切片を、スライドグラス上に置いた水滴中に3分間入れて配偶子や遊走子を放出させて、それらの形態を観察した。また、藻体の生じた葉の横断切片を作り、Shear液の中に入れて藻体の厚さや構造、また宿主の組織や細胞に対する影響を観察した。

(3) 季節的進展

2011年と2012年には1～12月の各月、松江市西川津町の楽山公園において2～9標本を継続的に採集した。採集標本の宿主は13樹種であり、ツバキ、アオキ、タブノキ、スダジイ、クロキおよびモチノキが多かった。藻体の成長と配偶子のうや遊走子のうの形成については(2)に記したと同様な方法で調査した。配偶子のうや遊走子のうの放出の有無と量については、配偶子のうや遊走子のう枝が形成された切片をスライドグラス上に置いた水滴中に3分間入れて観察したが、採集直後にこれらの放出が認められない場合は、切片を湿ったろ紙を入れたペトリ皿に24～48時間保ったのち、再び水中に入れて放出を観察した。

(4) 配偶子の行動

(3)の調査において配偶子のうから放出された配偶子について、水中での接合の有無について観察した。また、2010年の7月、配偶体 (gametophyte) のみが生じた部位を選んで葉表を剥ぎ取り、配偶子のうから配偶子を放出させて、その後の行動を継続的に観察した。その行動はスライドグラス上に置いた水中のほかに、淡水藻類の培養に使われる合成培養液であるCA培地 (Ichimura and Watanabe 1974) 中でも観察した。スライドグラスは湿気を保ったペトリ皿中に入れた。実験は室内の散光下で行った。観

察期間の室温は最高25.8～28.9℃、最低19.8～26.1℃であった。

3. 結果と考察

(1) 採集

葉の表面に付着した本藻は、褐色の微細な粉状物として肉眼でも観察できるが、ルーペを用いるとより鮮明に確認できた。この粉状物が葉面に疎に散在する場合から、群状、互いに重なって生じる場合もあった (写真-1, 2; 表紙写真)。また、葉上に成長した白藻病藻 (*Cephaleuros*) 藻体の上にも重なって生じる場合もあった。宿主は29種の植物であり、うち裸子植物 (針葉樹) はイヌガヤ、スギ、ヒノキおよびモミの4種、他は被子植物 (広葉樹とササ類1種) であった。すべて常緑であり、落葉樹での発生は認めなかった。採集数はツバキが最も多く (84標本)、ついでアオキ、クロキ、スダジイ、タブノキおよびモチノキが多かった (21～41標本) (表-1)。藻体の発生は多くの樹種で2・3年生葉であり、当年生の葉での発生はアオキで認めただのみであった。本藻は他の木の陰、繁茂した木の下枝、林床に生じた稚樹など、陰湿な場所で多く発生した。

Molish (1926) はわが国において (採集地を記していない) 本藻を10種の植物上で採集したが、その宿主は蘚苔植物1種、しだ植物3種、被子植物6種であった。また、末松 (1950)、Suématu (1957, 1962) は本州と四国において本種を23種の植物上で採集したが、その宿主はしだ植物3種、裸子植物6種、被子植物14種であった。本研究で採集した標本のうち、わが国における新宿主はつぎの18種である。アラカシ、アリドオシ、イヌガヤ、イヌツゲ、カルミア、キツタ、クマザサ、クロキ、サザンカ、サネカズラ、シャシャンボ、スダジイ、タブノキ、ツルグミ、テイカカズラ、ヒメユズリハ、ムベ、モッコク。

本調査では19標本の葉上にマルゴケ属 (*Porina*) の地衣菌を採集した (表-1; 写真-3)。これらは同一葉上には *P. epiphyton* が生じていることから、これを共生藻として生じたものとする。その

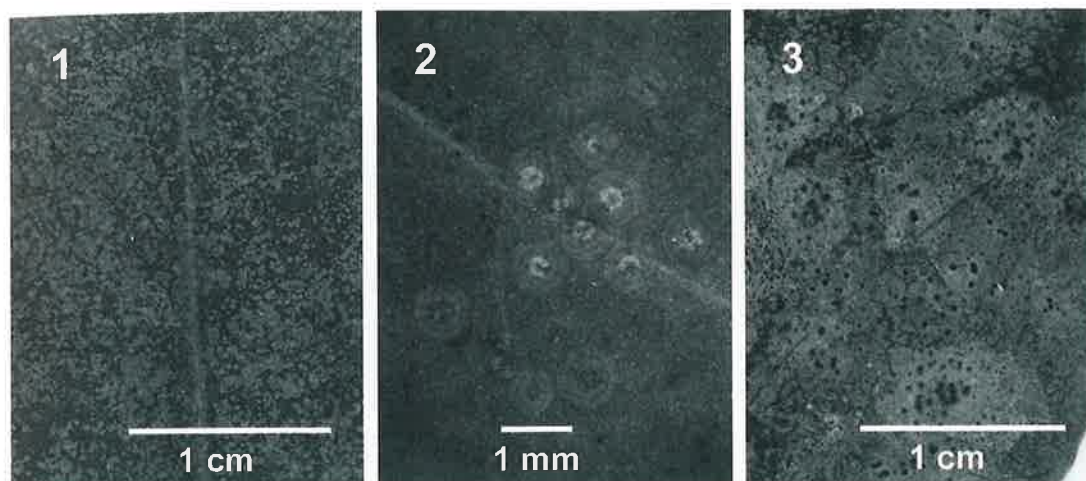


写真-1~3 葉上に生じた*Phycopeltis epiphyton*の藻体とその地衣化

1. ツバキ上藻体, 2. キヅタ上藻体, 3. ケマルゴケ (*Porina nitidula*) による地衣化 (ツバキ葉上, 黒色粒は地衣菌の被子器)。

表-1 粉藻病藻*Phycopeltis epiphyton*の宿主別採集標本数

樹種名		標本数 (マルゴケにより地衣化した標本数)
針葉樹	イヌガヤ	1
	スギ	1
	ヒノキ	2
	モミ	18
広葉樹	アオキ	41(2)
	アラカン	1
	アリドオシ	2
	イタビカズラ	4
	イヌツゲ	1
	カルミア	1
	キヅタ	4
	クロキ	36
	サカキ	8
	サザンカ	1
	サネカズラ	3
	シャシャンボ	5
	スダジイ	35
	タブノキ	31
	タラヨウ	2
	ツバキ	84(16)
	ツルグミ	2
	テイカカズラ	3
	ネズミモチ	12
	ヒサカキ	5(1)
	ヒメユズリハ	1
	ムベ	1
	モチノキ	21
モッコク	3	
ササ類	クマザサ	1
計		330(19)

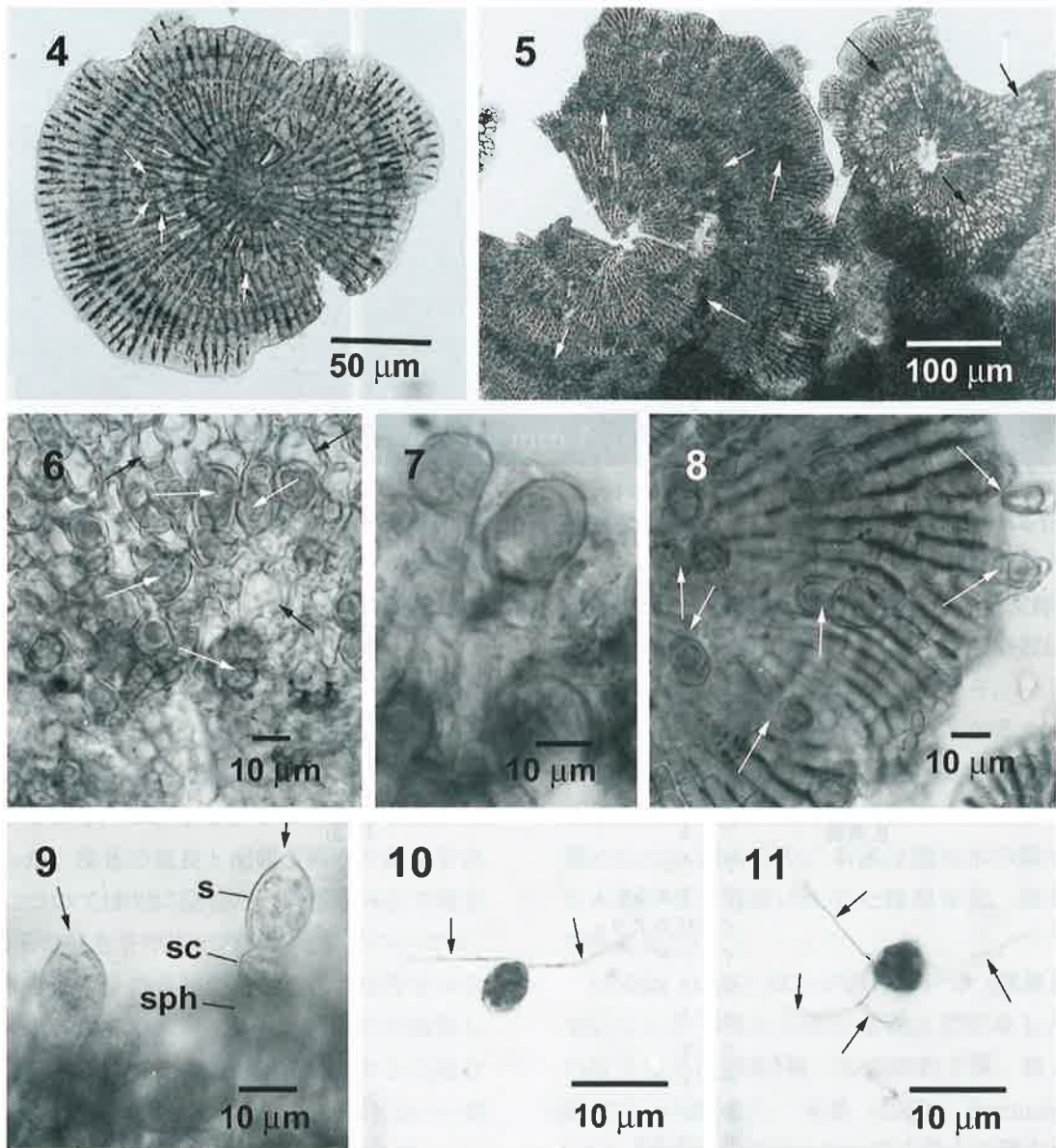


写真-4~11 *Phycopeltis epiphyton*の藻体と繁殖器官

4. 中径の藻体-配偶体, 中心部に配偶子のうが少数形成 (矢印). 5. 発達した大径の藻体, 配偶体 (右) - 配偶子が放出された痕は空胞化 (黒矢印); 造胞体 (左) - 多数の遊走子のう枝が形成 (白矢印). 6. 配偶子のうの形成 (白矢印), 空胞化した配偶子のう形成痕 (黒矢印) も見られる. 7. 配偶子のう. 8. 遊走子のう枝の形成 (矢印). 9. 遊走子のう枝, s 遊走子のう, sc 支持細胞, sph 遊走子のう柄, 矢印: 乳頭状小孔. 10. 配偶子, 矢印はべん毛. 11. 遊走子, 矢印はべん毛.

形態を調査した結果, これらはケマルゴケ (*Porina nitidula* Müll. Arg.), アカマルゴケ (*P. semecarpi* Vain.), アスナロマルゴケ (*P. thujopsicola* G. Thor) および *Porina* sp. と同定されたが, 詳細は省略する。これら地衣の形態と分類についてはすでに報告した (周藤・大谷 2005, 2012)。

(2) 形態

藻体は葉表面の角皮上に付着して, 厚さ 6~9 μm になる。糸状体が規則的に二又分枝をして, 側方は密着しながら放射状に伸長して偽柔組織を作り, 単層で円盤状, とくに房状に裂片が生じる。藻体 (円盤) は漸次拡大して, 直径は最大 500~1,000 μm に達する (写真-4, 5)。

藻体は配偶子のうが生じる配偶体と遊走子のう枝が生じる造胞体 (sporophyte) とが区別して観察される。前者は普遍的に観察されるが、後者は概して少数であった (写真-5)。Thompson and Wujek (1997) は本種の造胞体には遊走子のう枝のみを生じるが、配偶体には配偶子のうと遊走子のう枝両方が生じて若い藻体では配偶子のみが生じることもあると記している。しかし、筆者らの採集した試料では、配偶子のうと遊走子のう枝の両方が生じる配偶体は観察することができなかった。

藻体を構成する糸状体の細胞は、円筒形、緑色、またはオリーブ色～淡褐色。配偶体と造胞体のいずれもが観察できた4標本について、その細胞の大きさを計測して比較した。計測は径401～500 μm に発達した藻体について、外縁から3～5列内側の細胞について行った。その結果、配偶体では6.5～17×4.5～7 μm 、L/W (長さ/幅) は1.8～2.1、造胞体では8～18.5×5～8 μm 、L/Wは2.0～2.3。配偶体と造胞体の細胞の大きさを t -検定 (1%と5%) によって比較した ($n=30$) が、後者が前者に比べて、長さについては半数の試料で、また幅については全部の試料で有意に大きかった。

Thompson and Wujek (1997) は藻体を構成する細胞の色について、日陰では緑色、低湿度で日照がよいと淡～濃褐色または赤黄色～赤褐色になると記している。また、その大きさについては、配偶体では8.4～18.0×4.2～6.3 μm 、造胞体では15.0～26.0×4.6～7.7 μm 、後者が前者に比べて若干大きいと指摘し (記された計測値ではその長さについては、後者が前者に比べてきわめて大きい)、L/Wはいずれでも3.0と報告している。本研究での測定値に比べて、造胞体の細胞の長さで配偶体・造胞体細胞のL/W値が大きい。

配偶子のうは成長した藻体の中心部の細胞が膨れて生じるが、発生は連続的である。大きさは11～21×8～14.5 μm (写真-6)。配偶子は楕円形、4.5～6×4～5 μm 、2本のべん毛があり、10～14 μm (写真-10)。配偶子が放出された痕の配偶子のうは空胞となる (写真-5, 6)。遊走子のう枝は、はじ

め藻体の先端部の糸状体細胞に形成されるが、その後の藻体の成長・拡大によって縁辺部ばかりでなく内部にも観察される。遊走子のう枝は遊走子のう (zoosporangium) とこれを支える支持細胞 (suffultory cell) から成るが、支持細胞の下部に1～数細胞から成る遊走子のう柄をときに認めることがある。遊走子を放出する乳頭状の小孔が遊走子のうの頂端に認められて、これが *Phycopeltis* をスミレモ科の他の属から分ける形態的特徴のひとつになっており、他の属ではこれが遊走子のうの底部に支持細胞との付着部に隣接して着いている (Thompson and Wujek 1997) (写真-8, 9)。遊走子のうの大きさは12～22.5×9.5～13 μm 。遊走子はほぼ円形～だ円形、6×5～6 μm 、4本のべん毛があり、12～13 μm (写真-10)。Thompson and Wujek (1997) は配偶子のうの大きさは16.3～20.0×1.8 (? 誤記か)～14.6 μm 、遊走子のうは18.0～24.6×14.2～16.6 μm と記していて、本研究における計測値と大差を認めない。

前述したように、本藻の葉面への付着に伴って病斑形成、枯死などは生じない。また、多数の藻体が生じた葉の断面について徒手切片を作成して観察したが、藻体直下の表皮細胞、また柵状組織や海綿状組織の細胞にも病変は認めなかった。一方、末松 (1958) と Suématu (1962) は藻体直下での表皮細胞では異常な分裂がみられ、内容が赤褐色に凝固して沈殿すること、また柵状組織の細胞ではまれに異常な分裂がみられ、膨大や空胞化をして、花青素 (アントシアニン) が生成されることを報告している。

(3) 季節的進展

1～3月、おもに2・3年生葉、まれに当年生葉上に、多数の小径 (100 μm 以下)、また少数の中径 (101～400 μm) の藻体を認めた (写真-12)。4月以降は大径 (401～1,000 μm) に成長したが、新たな小径の藻体も継続して認めた (写真-13)。8～9月には中心部が空胞化した藻体 (配偶体) の周縁に新たな細胞が放射状に生じて、輪状を呈する藻体が多数生じた (写真-5, 14)。これら大径の藻体は10月以降崩壊して脱落するものが多かったが、翌年の

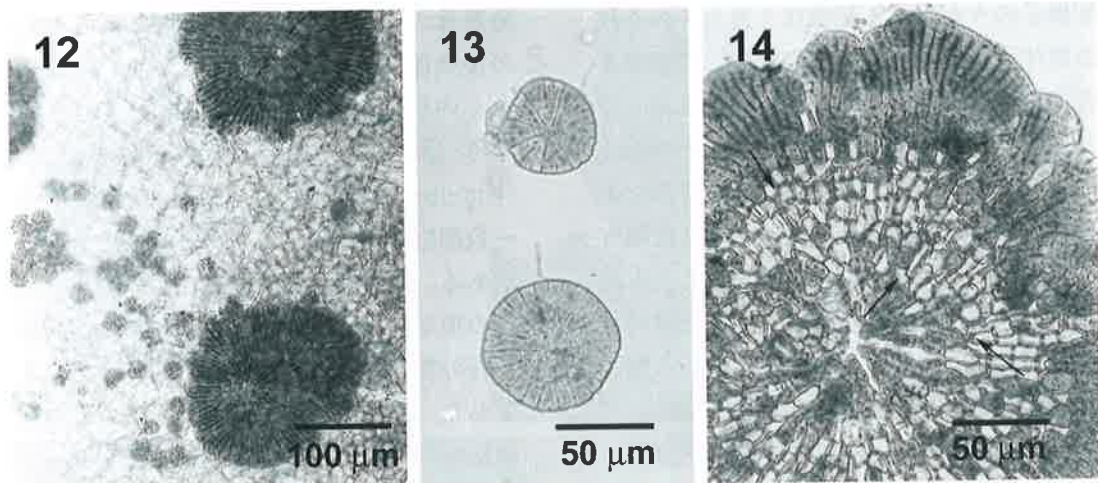


写真-12～14 *Phycopeltis epiphyton*藻体の発達

12. 1月上旬, 葉面に散在する小径と中径の藻体。13. 10月上旬, 拡大途次の小径藻体。14. 8月中旬, 中心部に空胞(矢印)が多く外縁に新藻体が拡大する大径藻体(配偶体)。

表-2 配偶子のう形成と配偶子放出の時期

月	2011年			2012年		
	標本数	配偶子のう形成数 ¹	配偶子放出量 ²	標本数	配偶子のう形成数 ¹	配偶子放出量 ²
1	5	-~+	-	5	-	-
2	4	-~+	-	5	-	-
3	4	-~+	-	3	-	-
4	4	-~++	-	5	-~+	+~++
5	4	+~++	+~++	5	+~++	+~++
6	8	++	+~++	4	+~++	+~++
7	2	+~++	+~++	3	++	+
8	9	+~++	+	2	++	+~++
9	6	+~++	++	3	+	+
10	6	-	-	6	-	-
11	8	-	-	4	-~+	-
12	5	-	-	5	-	-

¹配偶子形成数 直径401μm以上の大径配偶体について調査, -:無形成, +:少量形成(配偶体中心部に散在), ++多量形成(配偶体中心部~外縁に近い部分に連続的に形成)。

²配偶子放出量 顕微鏡(15×10倍)1視野当たりの放出量について調査, -:無放出, +:少量放出(まれに放出を観察), ++:多量形成(ほぼどの視野でも放出を観察)。

3月まで小径や中径の藻体に混じって残存している場合があった。

配偶子のうについては, 2011年には5~9月, 2011年には4~9月に大径の藻体(配偶体)に形成されて, これらからの配偶子放出を認めた。(2)に記

したように, 配偶子放出後の配偶子のうの細胞は空胞になった。2011年1~4月, 2012年の11月にも概して少数の配偶子のうが形成されたが, これらは未熟のためか配偶子の放出を認めなかった(表-2)。

遊走子のうについては, 2011年, 2012年とも5~

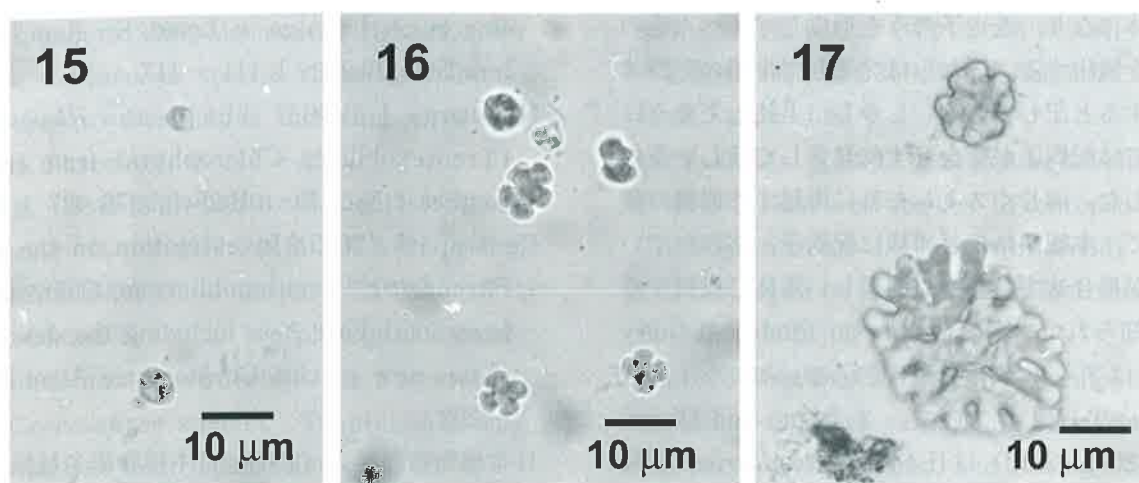


写真-15～17 *Phycopeltis epiphyton*配偶子の発芽

15. 遊泳後休止した配偶子，球形になる。16. 水中での発芽，設定10日。17. CA培地中での発芽，設定16日後。

9月に藻体（造胞体）に形成を認めたが，概して少数の場合が多かった。また，これらからの遊走子の放出を認めたが，少数であった。1～3月と10～12月も遊走子のうの形成をまれに認めたが，これらは未熟のためか遊走子の放出を認めなかった。

本藻の藻体の発生は配偶子や遊走子が感染単位になると考えられている（Thompson and Wujek 1997）が，本調査では配偶子のうが遊走子のうに比べて形成がきわめて多く，また配偶子が遊走子に比べて放出がきわめて多量であったので，配偶子が感染単位の主体となると考える。配偶子のうや遊走子のうの成熟と，それらからの配偶子や遊走子のうの放出は4～9月に認めたので，この時期に新たな小径の藻体が発生すると考える。配偶子のうや遊走子のうの成熟と配偶子や遊走子の放出は，まず前年生じて越冬した藻体が成長し大径化したもので行われる。小径の藻体は4月以降にも継続的に認めたので，藻体の発生・成長と配偶子・遊走子のうの形成，配偶子・遊走子の放出の過程は，年内に少なくとも2回は反復すると推察する。

一方，Suématu (1962) は，配偶子のうは年中形成が認められて配偶子は7～9月に放出され，遊走子のうは5～11月に形成されて，遊走子は7月に放出されたと報告しているが，その調査方法や結果の詳細は記していない。

(4) 配偶子の行動

注意深く観察したが，配偶子のうから放出された配偶子の接合をまったく認めることができなかった。Thompson and Wujek (1997) は放出された配偶子は接合して接合子を形成し，これから新しい藻体（造胞体）が生じると記している。しかし，古くKarsten (1891) やPrintz (1939) も筆者らと同様に配偶子の接合を観察していない。また，他にも本種の配偶子の接合を観察した報告を見ない。

配偶子は30～60分遊泳したのち停止してほぼ球形になった（写真-15）。その後，細胞が増殖して分枝しながら放射状に伸長して，円形の藻体に成長した。その成長はきわめて緩慢で，藻体の径は水中で10日後に径6～9×5～8μm，CA培養液中で16日後に11～34×9～21μmとなった（写真-16, 17）。なお，放出された配偶子は遊泳中または停止後に崩壊するものが多く，標本によっては全部が崩壊した。また，遊走子の放出はきわめて少数であったので，その発芽などの行動を追跡することができなかった。

Thompson and Wujek (1997) は*Phycopeltis*の生活環について同型世代交代をずっと考えている。すなわち，単相（n）の配偶体は配偶子のうを形成して2べん毛の配偶子を放出する。それらは接合の結果，接合体を形成して，それが発達して複相（2n）

の造胞体になり、遊走子のうを形成して4べん毛の遊走子を放出する。これらは発芽して単相の配偶体を形成すると記している。しかし、上述したように本研究では配偶子が接合せずに発芽して新しい藻体に進展した。同じくスミレモ科に所属する他属の藻において、本観察結果と同様に配偶子とされていたものが接合せずに発芽して新しい藻体に成長することが知られている。すなわち、Rindi and Guiry (2002) はアイルランド産の *Trentepohlia* の3種と *Printzina* の1種について、また Suto and Ohtani (2009, 2011, 2013) は日本産の *Cephaleuros* の5種について同様の現象を観察した。

P. epiphyton の増殖についての本観察は、Thomson and Wujek (1997) が提起した *Phycopeltis* の生活環に大きな問題を提起する。今後、本属藻の生活史については詳細に検討を重ねる必要がある。

引用文献

- Akiyama M (1961) Aerial and terrestrial algae in San-in region of Honshu, Japan. Bull Shimane Univ. Natural Sci. 10: 75 ~ 88
- Cribb AB (1967) *Phycopeltis kosteriana* sp. n., an epiphyllous alga of the family Chroolepidaceae from Australia. Blumea 15: 3 ~ 4
- Ichimura T, Watanabe M (1974) The *Closterium calosporum* complex from the Ryukyu Islands, Variation and taxonomical problems. Mem Natn Sci Mus Tokyo 7: 89 ~ 102
- Karsten G (1891) Untersuchungen über die Familie der Chroolepideen. Ann Jard Bot Buitenzorg 10: 1 ~ 66
- Millardet A (1870) De la germination des zygospores des genres *Closterium* et *Staurastrum* et sur un genre nouveau d'algues chlorospores. Mém Soc Sci Nat Strasbourg 6: 37 ~ 70 (in Thompson and Wujek 1997)
- Molish H (1926) Botanische Beobachtungen in Japan V. *Mycoidea parasitica* Cunningham, eine parasitische und *Phycopeltis epiphyton* Millard, eine epiphyllous Alge in Japan. Sci Rep Tohoku Imp Univ, Biology 1: 111 ~ 117
- Neustupa J (2003) The genus *Phycopeltis* (Trentepohliales, Chlorophyta) from tropical Southeast Asia. Nova Hedwigia 76: 487 ~ 505
- Neustupa J (2005) Investigation on the genus *Phycopeltis* (Trentepohliaceae, Chlorophyta) from South-East Asia, including the description of two new species. Cryptogamie Algol 26: 229 ~ 232
- 日本植物病理学会 (2000) 日本植物病名目録. 日本植物防疫協会, 東京.
- Printz H (1939) Vorarbeiten zu einer Monographie der Trentepohliaceae. Nytt Mag, Naturvidenskaberne 80: 137 ~ 210
- Rindi F, Guiry MD (2002) Diversity, life history, and ecology of *Trentepohlia* and *Printzina* (Trentepohliales, Chlorophyta) in urban habitats in western Ireland. J Phycol 38: 39 ~ 54
- 末松四郎 (1950) 地上藻類 *Cephaleuros*, *Phycopeltis* について I. 和歌山大学芸研究 自然科学 1: 89 ~ 97
- Suématu S (1957) *Cephaleuros* and *Phycopeltis*, parasitic and epiphytic aerial-algae III. Lists of infected plants. Bot Mag 70: 276 ~ 281
- 末松四郎 (1958) 地上藻類 *Cephaleuros*, *Phycopeltis* について (IV), 寄着植物の葉組織の変化. 和歌山大学芸部紀要 自然科学 8: 17 ~ 26
- Suématu S (1959) Notes on *Cephaleuros* and *Phycopeltis*, parasitic and epiphytic aerial-algae, V ~ VI. Somatic cell division and pit structure. Bull Lib Arts Coll Wakayama Univ Nat Sci 9: 12 ~ 18
- Suématu S (1962) Morphological and ecological studies on Trentepohliaceae. Bull Lib Arts Coll Wakayama Univ Nat Sci 12: 15 ~ 52
- 周藤靖雄・大谷修司 (2005) 島根県産生葉上マルゴケ属 (*Porina*) 地衣の分類学的研究. Lichenology 4: 14 ~ 24

Suto Y, Ohtani S (2009) Morphology and taxonomy of five *Cephaleuros* species (Trentepohliaceae, Chlorophyta) from Japan, including three new species. *Phycologia* 48: 213 ~ 236

周藤靖雄・大谷修司 (2010) 樹木を侵す気生藻 *Cephaleuros*属 - わが国で採集される種, その宿主および形態的特徴 -. 森林防疫 59 : 87 ~ 97

Suto Y, Ohtani S (2011) Morphological features and chromosome numbers in cultures of five *Cephaleuros* species (Trentepohliaceae, Chlorophyta) from Japan. *Phycol Res* 61: 105 ~ 115

周藤靖雄・大谷修司 (2012) 島根県において採集し

た葉上地衣類 - アオバゴケとマルゴケ属, 白藻病と粉藻病の病原藻を共生藻とする地衣類. 森林防疫 61 : 117 ~ 126

Suto Y, Ohtani S (2013) Seasonal development of five *Cephaleuros* species (Trentepohliaceae, Chlorophyta) on the leaves of woody plants and behaviors of their gametes and zoospores. *Phycol Res* 61: 105 ~ 115

Thompson RH, Wujek D (1997) Trentepohliales: *Cephaleuros*, *Phycopeltis*, and *Stomatochroon*. Morphology, Taxonomy, and Ecology. Science Publishers, Enfield

(2014.9.1受付, 2014.10.16掲載決定)

論文

事前伐採と塩素酸ナトリウム粒剤（クロレートS）全面 土壌散布の組み合わせによる放置マダケ林の防除

江上 浩¹・久本洋子²・鈴木重雄³・高橋幸貴⁴
須藤智博⁵・尾川新一郎⁶・若林利昌⁷・遠藤良太⁸

1. はじめに

放置竹林の拡大は1970年代から進み始め、90年代にはその進行が目立ってきたといわれ、現在に至るまで拡大の一途をたどっている（鳥居・井鷲1997）。その要因として様々な社会的・経済的理由が挙げられているが（鳥居1998；鈴木2010b）、放置竹林の防除については一部の伐採以外はほとんどなされていない。また、具体的対策について様々な技術的な報告がなされているが（片野田・井手2005；佐渡・山田2008；京都府畜産技術センター2010）、それらが有効に活用されているとは言い難い。

対策としてまず挙げられるのが、地上部の全伐という方法である。しかし、一度伐採した程度ではむしろ旺盛な発筈を促進してしまうため、最低でも3～5年間は伐採を続ける必要があり、地下茎も含めての完全駆除に至るには相当の労力と時間がかかる（河原ほか1987；藤井ほか2005；藤井・重松2008）。

薬剤防除に関しては、グリホサート系薬剤の竹稈注入試験が行われている（伊藤2005；石井2009；山中2011）。また、塩素酸ナトリウム50%粒剤（製品名：クロレートS）を用いた全面土壌散布（以下散布）試験も実施されている（野中2002；江崎ら2012；江崎2013）。両剤は農薬登録取得済みであり、竹の駆逐に有効であることが確認されている。しかし、グリホサート剤は稈への直接注入に手間がかかることや、両剤とも通常は伐採前に注入もしくは散布が行われることにより、大量に発生する枯死稈の活用が難しい点に課題がある。また、枯死稈は、生稈に比べて乾燥が進み、伐採により多くの手間がか

かることが知られている（鳥居・奥田2014）。

加えて、タケ類は地下に水平に張り巡らされた地下茎を通じて栄養繁殖を行い、マット状の細根層を形成する。これが他の植生への生長阻害要因のひとつとなっていると考えられる（香川県環境森林部2005）。薬剤処理によって地下部を枯死させてタケ類の回復を抑制することができれば、他の植生への転換が推進され、一般に植物相が貧弱といわれる放置竹林（瀬嵐ほか1989；石田ほか1999；鈴木2010a）よりも、生物多様性が増す可能性がある。

そこで、本研究は除去される稈の有効利用が可能である事前伐採後の薬剤処理が、タケの駆逐に有効であるかを検証した。この場合、稈への注入を行うことは不可能であるため、薬剤処理は塩素酸ナトリウム50%粒剤（クロレートS、以下本剤）の地面への散布を行った。さらに、地下茎の掘り取りにより、地下部への薬剤の作用状態を確認した。

2. 材料と方法

(1) 試験地

千葉市若葉区古泉町の雑木林にマダケが侵入し、マダケ林となった場所約1,900㎡を試験地とした。マダケが侵入した時期は不明であるが、放置後15年以上が経過していることは管理者から確認している。処理開始前には、10mを超えるマダケ以外には、高木はほとんど見られない状態であり、マダケの稈密度は35,000～40,000本/haであった（写真-1）。平坦地で、南西側が道路と隣接し、北西側はスギ林と隣接しており、既にスギ林にはかなり深くマダケが侵入していた。残りの2側面では稈高10m以上の

Prevention of abandoned bamboo grove of *Phyllostachys bambusoides* by the combination of prior cutting and soil dispersion of chloric acid-based granules (Chlorate S)

¹EGAMI, Hiroshi, 住化グリーン株式会社；²HISAMOTO, Yoko, 東京大学大学院農学生命科学研究科千葉演習林；³SUZUKI, Shigeo, 立正大学地球環境科学部；⁴TAKAHASHI, Yukitaka, 住化グリーン株式会社；⁵SUTOH, Tomohiro, 住化グリーン株式会社；⁶OGAWA, Shinichiro, エス・ディー・エス バイオテック株式会社；⁷WAKABAYASHI, Toshimasa, エス・ディー・エス バイオテック株式会社；⁸ENDO, Ryota, 前千葉県農林総合研究センター森林研究所（現 千葉県中部林業事務所）



写真-1 伐採前の試験地の遠景（左）と近景（右）

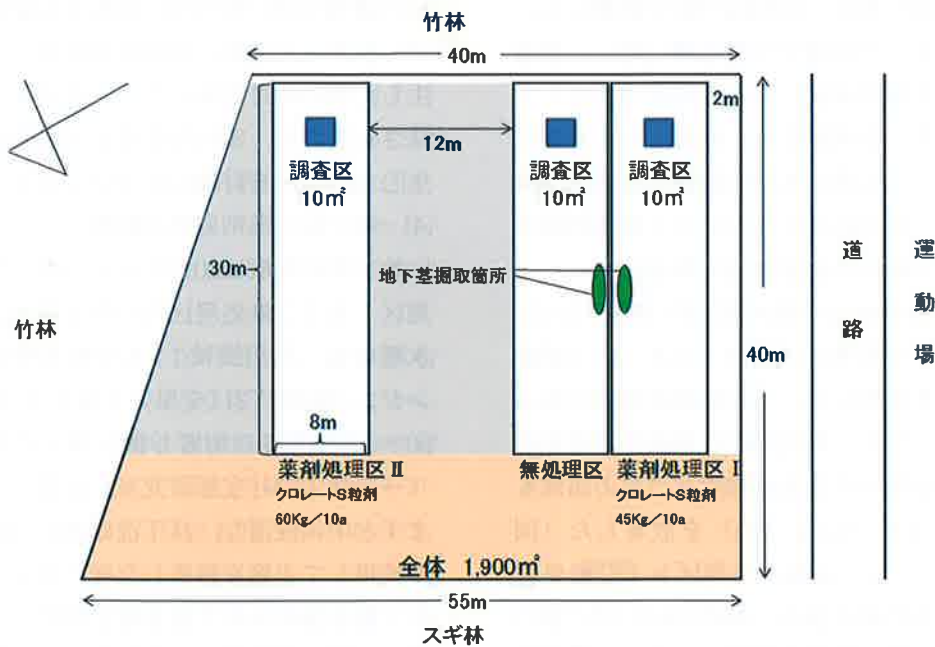


図-1 試験地の概要

マダケ放置竹林が近接している（図-1）。土壌は壤土（火山灰質粘性土）で、pHは6前後であった。

試験地内には、30×8mの区画を3つ設けた（図-1）。道路側から、薬剤処理区I、無処理区、薬剤処理区IIを配置した。日当たりは道路側の薬剤処理区Iと無処理区は良く、薬剤処理区IIでは北東側に近接するマダケ林の影響でやや悪かった。各処理

区の南東側中央に3.3×3.3mの竹稈推移調査区を設置した。地下茎掘り取り箇所は無処理区と薬剤処理区Iの境界付近とした。

(2) 伐採と薬剤処理

2013年5月5日～15日にかけて試験区全体（約1,900m²）の地上部の全ての稈を伐採した。この際、作業効率上、僅かに存在していたマダケ以外の木本



写真-2 道路側から見た伐採直後の試験地。写真奥は北東側の竹林。

も伐採せざるを得なかった。伐採直後の試験区全体は、写真-2の状態となった。5月15日に、背負い式散粒器MG14M（電池式、丸山製作所）を用いて、本剤を、薬剤処理区Ⅰ（30×8m）に45kg/10aで、薬剤処理区Ⅱ（30×8m）に60kg/10aで散布した。

本剤は稈が林立した状態で全面土壌（均一）散布することが農薬登録用試験に準じた処理方法として提示されているが、本研究では、前述したとおり稈を全伐して更地にした後に本剤を散布する方法で実施した。なお、この方法は生育期という使用制限はあるものの農薬登録上は使用可能である。

また、薬剤散布から1年後の2014年5月7日に、両薬剤処理区および無処理区（30×8m）内で確認された全ての稈を伐採した。また両薬剤処理区および無処理区に並行した、無処理区と薬剤処理区Ⅱの間、および薬剤処理区Ⅱと北東側竹林の間の領域も全伐し、さらに本剤（45kg/10a）を散布した（図-1灰色部分）。なお、両薬剤処理区および無処理区の端からスギ林の間の部分（幅約10m）は、2013年5月15日の初回全伐以降は放置しており、既に竹林に戻っている。

(3) 地上部伐採と薬剤散布の組み合わせ効果の判定

薬剤効果試験では枝葉の外見観察によって枯死を判定し、枯死稈数で評価することが通常である。本研究では、事前に地上部の稈を全伐しているため、伐採と薬剤との組み合わせによる効果を判定する方法として、全伐のみを行った無処理区と全伐後に薬剤処理を行った区とでその後に発生した竹稈数を比

較した。また、各区の外観の経時的変化を観察した。

本剤は処理後速やかに地下茎および根に吸着・吸収され、その直接的な効果持続期間は最大でも2ヶ月程度である。今回対象としたマダケは、毎年5～6月に新しい稈を発生させることから、有効性を評価するためには、1年経過後までの推移を確認することが重要である。このため、竹稈の本数調査を、全伐終了直後の2013年5月15日、薬剤処理37日後の6月22日、当年の新稈発生時期を過ぎた7月30日、薬剤処理から約1年後の2014年5月7日の再度全伐を経て、1年後の新稈発生時期を過ぎた同年7月1日に実施した。竹稈推移調査区内に発生した全ての稈の本数、地際直径、稈高を計測した。なお、2013年5月15日は、調査時点ですでに稈の伐採を行っていたため切り株数で計数した。なお、2014年5月7日の調査では、その年に発生する新稈はまだ発生していなかったため、2013年の伐採・薬剤散布後に発生した稈のみを対象とした。その後それらの稈は伐採されたため、2014年7月1日の結果は2014年に発生した稈のみを計数したものである。

(4) 地下部の薬剤効果の観察

地下茎の採取は2013年10月24日に行った。薬剤処理区Ⅰおよび無処理区内の各2箇所において、高圧水噴射器（使用機械：「大型動力噴霧機」ロビンエンジン；型式EY21）を用いて地下茎全体を露出させ、50～60cm程度に切断し掘り採ったものを、住化グリーン株式会社宝塚研究室に送付した。研究室では、まず水中に浸漬し、高圧洗浄機KÄRCHER K3.150を使用して土壌を排除した後、温室で風乾した。次に、散水用ホースで地下茎と根のマット層部分を洗浄し、根を切断後、再度同部分を洗浄する作業を3～4回繰り返す。最後に5日間温室で風乾した。全ての工程において細根が脱落しないよう留意し、脱落した細根は可能な限り回収した。採取から約1か月後、地下茎および根それぞれの乾燥重量を測定し、比率を算出した。さらに、地下茎と根をそれぞれ枯死および生存に分類し、同様に比率を算出した。生死判定において、「枯死」は地下茎ではこげ茶色に変色しているもの、根ではこげ茶色～黒色に変色し

ているものとした。「生存」は地下茎では変色が無い或少ないもの、根では白色あるいはそれに近く変色が少ないものとなる。なお、本調査の主眼は薬剤の影響による枯死生存比率の差をみることであり、そのために切断した地下茎とそれに付随する根を土塊ごと採取したのみである。すなわち、それよりも深い位置の、別の地下茎から伸びている根の有無等は確認しておらず、通常の地下茎と根の比率との比較には必ずしも適していない。

3. 結果

(1) 竹稈の発生状況

2013年5月15日、6月22日、7月30日、2014年5月7日（伐採前・伐採直後）、7月1日の各区の外観の経時的変化を示す（写真-3）。伐採直後の6月の時点で、各区ともマダケの再生稈が発生した。無処理区では、再生稈は大きく成長し、2013年7月30日時点で藪状となった。さらに、2014年5月7日の再度の全伐後に再生が旺盛であり、7月1日には再び藪状となった。一方、薬剤処理区Ⅰ・Ⅱでは、2014年5月7日、7月1日には、マダケに代わり、オオマツヨイグサ、ヨウシュヤマゴボウなどの草本が繁茂していた。

各時期での竹稈数の推移を図-2に示した。散布直前の各調査区内の稈数に大きな差はみられなかった。散布約2か月後の2013年7月30日時点で無処理区では30本近い稈が出現していたが、薬剤処理区Ⅰ・Ⅱでは、無処理区と比較し1/5程度と少なかった。1年後の2014年5月7日では薬剤処理区Ⅰで同区Ⅱに比べてわずかに稈数が増えていたものの、無処理区の1/3程度に抑えられていた。2014年7月1日の結果を見ると、無処理区では発生数が61本であったが、薬剤処理区Ⅰ・Ⅱでは6および5本で前年同月よりも稈数は少なかった。

また、2014年5月7日時点での稈の地際直径は、薬剤処理区Ⅰでは最大8mm、同区Ⅱでは最大で17mmであったのに対し、無処理区では最大34mmであった。2014年の全伐後同年7月1日の稈の地際直径は、薬剤処理区Ⅰでは最大14mm、同区Ⅱでは同18mm、無処

理区では同31mmであった。

稈高は、2013年7月30日時点で薬剤処理区Ⅰでは最大2m、同区Ⅱでは最大3.5mに対し、無処理区では最大7mに生長している稈もあったが、その後、翌年5月7日に観察した時点では同レベルに生長した稈の大半が先折れ・倒伏した状態で、残っていた稈のほとんどが稈高3~4m程度であった。これは2014年2月8~11日の大雪が原因と思われる。2014年7月1日時点では、無処理区で5m超、薬剤処理区Ⅰで2m超、同区Ⅱで4m超であった。

また、薬剤処理区では再生した稈の中に矮化したものや、腐敗による立ち折れ状態のものが多くみられた（写真-4）。

(2) 地下茎および根の状態

部位別の乾燥重量比率の比較では、薬剤処理区Ⅰは2箇所とも地下茎と根の比率が85:15程度であったのに対し、無処理区ではそれと同等であるものと、70:30に近いものに分かれた。

地下茎と根における枯死・生存の比率の比較では、薬剤処理区Ⅰは枯死率が70%前後であった。その内訳としては、枯死した根の割合は、3%前後であった。一方、無処理区では枯死率が0%であるものと、20%程度あるものに分かれたが、共に枯死した根は無かった。

掘り採り時の全体の外観の目視観察により、薬剤処理区では地下茎が黒変しているのが見られた（写真-5）。また、乾燥後の根の脱落が顕著であった。

4. 考察

薬剤処理区Ⅰ・Ⅱともに本剤散布直後に留まらず1年後まで発生竹稈数が抑制されており、無処理区との差は顕著であった（写真-3、図-2）。稈数と地際直径および再生稈の状態を総合して評価すると、薬剤処理区Ⅰ・Ⅱ共に効果はほぼ同等であり、十分に実用範囲内である。

地下茎・根の枯死状況の結果から薬剤処理区Ⅰで約30%の地下茎および根が生存しており、完全に撲滅することは出来なかった（表-1）。このため芽子からの再生が予想されたが、2014年5月7日の結



写真-3 各区の外観の経時的变化

果(図-2)からは、無処理区に比較し大幅に稈数および地際直径が抑制されており、2013年10月24日以降も地下茎および根の衰弱・枯死は進展していると推察された。以上から、1回だけの薬剤処理で十分抑制可能であり、その後の管理労力を大幅に低下できると期待できる。一方、無処理区における評価としては2つの掘り取り地点で結果が異なった。こ

れは、掘り取り地点が薬剤処理区Iに近接し成分の転流が生じていたことも考えられる。

地上部および地下部の観察を総合して効果の発現を推察すると、まず地上部の全伐により光合成による養分貯蔵が不可能となったのに加えて、地下部においても、本剤により根からの水分及び養分吸収が阻害された。このため、地下茎自体も衰弱しながら、

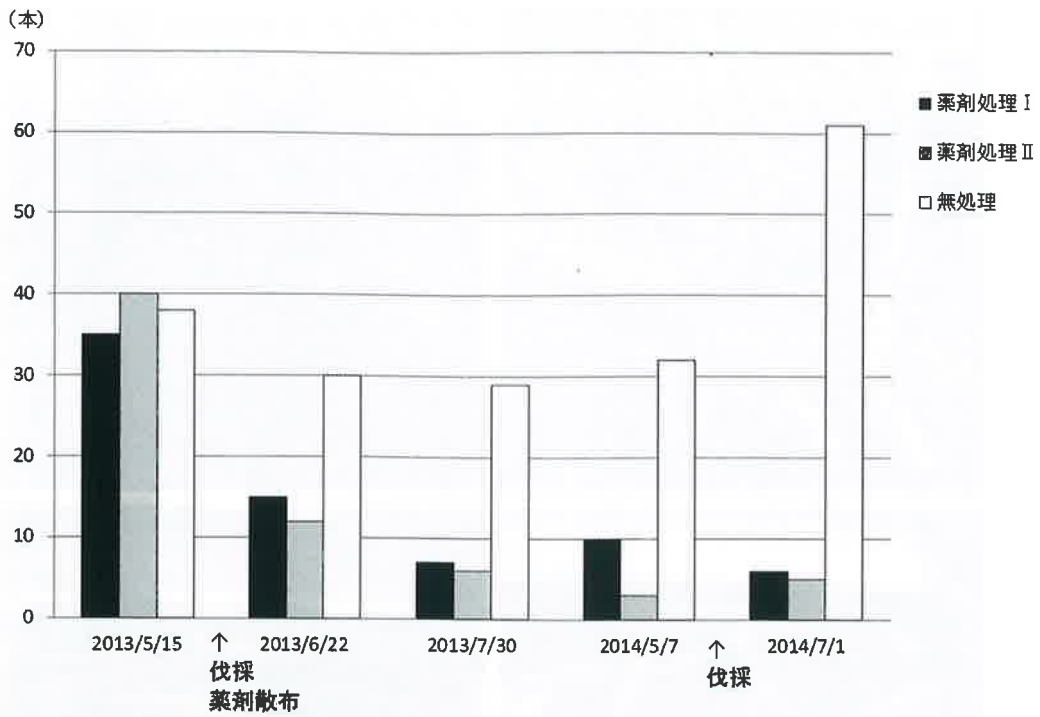


図-2 竹稈数の推移



写真-4 薬剤処理区での再生稈の矮化（左）および立ち枯れ症状（右）



写真-5 無処理区と薬剤処理区Iの掘り取り時の地下部(上段),乾燥後の地下茎(中段),根(下段)の様子

地下茎の貯蔵養分のみで再生竹を地上に出し、それも尽きた結果地上部及び地下部ともに衰弱・枯死に至ったと推察された。

5. おわりに

本研究では、竹稈発生調査のために薬剤散布後1年間は発生稈を放置したが、自然植生への転換あるいは植林作業を容易にするためには、事前全伐と薬

剤処理に加え、再生稈を容易に伐採可能なうちに除去する管理を行うことで、薬剤処理は1回でも十分である可能性が示唆された。ただし、実施においては放棄竹林をどのように変えたいのかという事業目的や現地環境条件、施工前後の天候等により、1回の散布だけでは必ずしも期待される成果が得られない場合もある。

一方で、現実の竹林防除の場面では、過密な林内

表-1 地下茎および根の乾燥重量 (kg) と枯死・生存比率割合 (%)

		全体			枯死			生存		
		地下茎	根	合計	地下茎	根	合計	地下茎	根	合計
薬剤処理区	乾重	1.75	0.26	2.01	1.20	0.06	1.26	0.55	0.20	0.75
I - ①	比率	(87.1%)	(12.9%)	(100.0%)	(59.7%)	(3.0%)	(62.7%)	(27.4%)	(10.0%)	(37.3%)
薬剤処理区	乾重	1.03	0.17	1.20	0.90	0.03	0.93	0.13	0.14	0.27
I - ②	比率	(85.8%)	(14.2%)	(100.0%)	(75.0%)	(2.5%)	(77.5%)	(10.8%)	(11.7%)	(22.5%)
無処理区	乾重	0.35	0.14	0.49	0.00	0.00	0.00	0.35	0.14	0.49
- ①	比率	(71.4%)	(28.6%)	(100.0%)	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)	(71.4%)	(28.6%)	(100.0%)
無処理区	乾重	1.30	0.21	1.51	0.35	0.00	0.35	0.95	0.21	1.16
- ②	比率	(86.1%)	(13.9%)	(100.0%)	(23.2%)	(0.0%)	(23.2%)	(62.9%)	(13.9%)	(76.8%)

に入り込み、粒剤の撒きむらを作らず散布することは非常に困難といわざるを得ない。また、枯殺出来たとしても枯死稈は倒れるなどして景観を損ね、結局は伐採せざるを得なくなるであろう（荒生・大石 2001；伊藤 2009；江崎 2013；鳥居・奥田 2014）。しかも枯死稈は既に堅くなっており、伐採作業自体の難易度が上昇するとともに、その稈利用やチップ化も困難である。これに対し、事前に伐採を行って本剤を散布する方法であれば、最初に伐採作業が入ることへの心理的抵抗感はあるかもしれないが、薬剤のロスや偏りが最小限に抑制されるため、より安定した薬剤効果が生じることに加えて、施薬量の低減により環境負荷の低減にも繋がり、効率的な処理が可能となる。また、生稈を伐採するため、稈の利活用に関する選択肢が広がることで、より計画的な施業が可能となると期待される。

一般には、未だ薬剤による防除は広く普及していないのが現状である。原因として、薬剤購入というコスト負担の問題もあるが、それ以上に薬剤使用に対する環境への悪影響への懸念に起因すると考えられる（鳥居・奥田 2010）。放置竹林がある場所は比較的人家に近いこともあり、開放系の土地に大量の薬剤を散布することに関して心理的な抵抗感があると思われる。一方で、本剤は非選択性の接触型除草剤であることから、他の植物にも負の影響を及ぼす

ことが懸念されるものの、林床植生への影響が少ないとも評価されている（林業薬剤協会 2010；江崎ほか 2011）。放置竹林の駆逐には、他種の自然的な再生や人為的な導入が不可欠であり、今後は、本剤の使用にともなう他の植物への影響の調査が重要と考えられ、継続的に植生調査を実践していく方針である。

最後に、本研究はマダケを対象としたが、本剤の農薬登録は「竹類」であり、最大の放置対象であるモウソウチク対策にも活用出来ると期待される。今後、同様な実証試験が実施されることに期待したい。

謝辞

本試験実施にあたっては、実施場所の手配、伐採等の諸作業、試験地管理に関して、特定非営利活動法人ちば森づくりの会の皆様に厚いご理解と甚大なお協力を頂いた。この場を借りて深甚な謝意を表す。

引用文献

- 荒生安彦・大石 剛 (2001) 造林地に侵入したモウソウチクの除草剤による駆除方法の検討. 林業と薬剤 157: 15 ~ 21
- 江崎功二郎 (2013) 竹林の駆除技術. 植調47(7): 3 ~ 9

- 江崎功二郎・石田洋二・柳田 亨・前浜 直・榑場英代 (2011) 塩素酸系除草剤の竹稈注入によるモウソウチクの枯損と再生経過. 林業と薬剤 198:7~10
- 江崎功二郎・千木 容・八神徳彦・石田洋二・北村里外史・榑場英代・末野正俊・高田一郎・間明弘光 (2012) 塩素酸系除草剤によるモウソウチク林の駆除. 林業と薬剤 201:14~19
- 藤井義久・重松敏則 (2008) 継続的な伐竹によるモウソウチクの再生力衰退とその他の植生の回復. ランドスケープ研究 71:529~534
- 藤井義久・重松敏則・西浦千春 (2005) 北部九州における竹林皆伐後の再生過程. ランドスケープ研究 68:689~692
- 石田弘明・服部 保・今西朋子・加藤 文・高比良響・豊木麻由・山田真紀子・山崎香陽子 (1999) 三田市フラワータウンにおけるモウソウチク林皆伐後の植生動態. 人と自然 10:29~40
- 石井 哲 (2009) 竹林拡大防止技術に関する研究. 岡山県林業試験場研究報告 25:13~32
- 伊藤孝美 (2005) グリフォサート剤注入によるモウソウチクの枯殺効果. 大阪府立食とみどりの総合技術センター研究報告 41:33~35
- 伊藤孝美 (2009) タケの侵入対策の現状と問題点. 林業と薬剤 189:11~18
- 香川県環境森林部 (2005) 竹林の整備と利用の手引き. pp37 香川県環境森林部
- 片野田逸郎・井手幸樹 (2005) 造林地に侵入したモウソウチクの繁殖過程とその継続的な皆伐による駆逐効果. 九州森林研究 58:63~66
- 河原輝彦・加茂皓一・井鷲裕司 (1987) 伐採後のモウソウ竹林の再生経過. Bamboo Journal 5:63~74
- 京都府畜産技術センター (2010) 肉用繁殖牛の放牧による皆伐後の竹林の再竹林化の防止. <http://www.pref.kyoto.jp/chikken/documents/2010bamboo2.pdf>, 2014.11.10ダウンロード
- 野中重之 (2002) 竹侵入被害と対策-環境と作業者に優しい竹の枯殺法-. 森林応用研究 11(1):73~75
- 林業薬剤協会 (2010) 平成21年度林業薬剤等試験成績報告集. 林業薬剤協会
- 佐渡靖紀・山田隆信 (2008) 竹林適正管理技術の開発-モウソウチク林皆伐継続調査. 山口県林業指導センター平成18年度研究報告 1~4
- 瀬嵐哲央・丸真喜子・大森美紀・西井武秀 (1989) 竹林群落の構造と遷移の特性-雑木林の竹林化-. 金沢大学教育学部紀要 (自然科学編) 38:25~40
- 鈴木重雄 (2010a) 竹林は植物の多様性が低いのか? (特集 広がるタケの生態特性とその有効利用への道). 森林科学 58:11~14
- 鈴木重雄 (2010b) 竹林の分布拡大過程における土地利用履歴の影響-広島県竹原市小吹集落の事例-. 地理学評論 83:524~534
- 鳥居厚志 (1998) 空中写真を用いた竹林の分布拡大速度の推定-滋賀県八幡山および京都府男山における事例-. 日本生態学会誌 48:37~47
- 鳥居厚志・井鷲裕司 (1997) 京都府南部地域における竹林の分布拡大. 日本生態学会誌 47:31~41
- 鳥居厚志・奥田史郎 (2010) タケは里山の厄介者か? (特集 広がるタケの生態特性とその有効利用への道). 森林科学 58:2~5
- 鳥居厚志・奥田史郎 (2014) 放置竹林の拡大・侵入被害とその駆除. 森林防疫 63:4~10
- 山中啓介 (2011) 除草剤を使用したモウソウチクの枯殺試験. 島根県中山間地域研究センター研究報告 7:111~114
(2014.10.06受付, 2014.11.14掲載決定)

森林環境学習における科学的知見の導入に向けて ～題材としてトビムシの活用の意義～

中川 宏治¹

1. はじめに

森林施業が周囲の自然環境に与える影響については、林業関係者のみならず一般市民の関心も高いだろう。柴田ら(2009)は森林施業が物質循環に及ぼす影響に関する文献をレビューしている。そこでは、伐採後に樹木の養分吸収が低下することによって河川へ硝酸態窒素が溶脱すること、伐採後の林床植生が窒素養分を吸収する効果を示すこと、急傾斜地の施業の結果斜面崩壊が生じると流域生態系の水文・水質形成過程が影響されることなどが明らかにされている(柴田ら 2009)。また、森林施業と動物相の関係を調査した事例も多く、森林タイプ(針葉樹人工単層林, 針葉樹人工複層林, 天然更新二次林), 林齢, 植物種数, 倒木量とカミキリムシ相の関係を検証したもの(稲田ら 2006), 温帯落葉樹林の二次林, 混交林および自然林において, 皆伐後の双翅目昆虫の種数・個体数を通年で調査したもの(末吉ら 2003)などが挙げられる。現在, 我が国の人工林は資源として充実しつつあり(守屋・龍原 2014), 科学を教育や普及啓発と連携させることの重要性が指摘されていることから(小川 2006), 森林施業を実施する際, 周辺環境や生物相に与える影響を科学的に認識することは意義がある。

環境教育の題材として, 身近に生息する土壌動物を通して生態系について学習することは既に行われている(奥井 2005)。例えば, 滋賀県が取り組む森林体験学習「やまのこ」事業では, 事業実施での事前から事後の一連の学習において, 水や生物に視点を置いた系統的な教材・教具の学習プログラムが作成されており, その対象の中で土壌動物が取り上げられている(大江 2011)。しかし, 土壌動物などの分解者を主体として環境教育のフィールドが選ば

れることは少ない(山口 2003)。幼児期から小学校低学年の期間は脳が未分化であり自己と自然を切り離して客観的にみることが難しく, 科学を学び始める時期は小学校高学年以降が望ましい(小林・山田 1995)。土壌動物に関しても, この指摘を踏まえ, 小学校および中学校で実現可能性の高い教材の開発が求められる。

本稿では, 森林施業が自然環境に及ぼす影響を土壌動物の視点から考えてみる。そして, 森林環境教育で土壌動物に着目する意義を明らかにした上で, 土壌動物の中からトビムシ類に注目し, 森林環境教育への導入の可能性と課題について考えてみたい。

2. 森林施業とトビムシ群集

トビムシについて, 長谷川(2012)が分かりやすく解説している。それを要約すると, トビムシの体長は通常1mmから2mm程度で, 日本で360種あまりが知られ, 中型土壌動物の中でダニと並んで個体数が多いグループである。トビムシ目(Collembola)は系統分類学的な研究が進んだ結果, 最近では形体の特徴から, 狭義の昆虫綱(Insecta)に含めないことが多い。森林において落葉や落枝を分解する能力は, 菌や細菌ほど直接的ではないものの, 微生物の作用を促進する触媒的な役割を持つ分解者の一部と考えられる。

(1) 土壌動物群集の多様性

土壌生態系を構成する動物群集は多様である。森林土壌では落葉が蓄積することで土壌の異質性が高まり生息環境が多様化し, 土壌動物の住み場所が増える(Perez *et al.* 2013)。森林の落葉層は, ほとんど分解の進んでいないL層, 分解は進んでいるが落葉の器官の判別ができる状態のF層, 分解が進

んで器官の判別ができないH層に分けることができる(長谷川 2012)。土壤動物の多様性は高く、例えばカメルーンのマバルマヨ森林保護区(Mbalmayo Forest Reserve)では5,000個体の線虫類が採取され、その中に431種が確認された(Bloemers *et al.* 1997)。また、アメリカのカンザス州にある4年に一回野焼が行われる草原では、84,000個体のダニ類を採取し、その中に162種が確認されている(St John *et al.* 2006)。したがって、森林施業が土壤動物に及ぼす影響を考える際、群集の多様性を踏まえる視点は不可欠であろう。

トビムシ類は、このような森林の落葉層の分解に伴う住み場所の環境変化に対応して、種が遷移することにより、きわめて狭い面積の中で多様な群集構造を維持することができる。例えば、京都上賀茂のアカマツ林では30種以上のトビムシが落葉層に生息し、落葉層の深度が深まるとともに、優占する種も変化していく(長谷川 2012)。トビムシはササラダニ類と異なり、乾燥や高温といった環境条件の変化に対応して垂直分布を変えるが、これは菌糸などの餌資源の質が環境条件に合わせて垂直方向に変化するため、より良い餌資源を求めた行動と考えられる(Kampichler 1990; Huhta and Hänninen 2001)。

(2) トビムシ群集と生息環境

一方、トビムシ類各種の分布パターンについては、*Folsomia octoculata* (写真-1)は生息環境のF層を中心に適応範囲が垂直方向に広く分布する傾向があるが(Takeda 1987)、*Folsomia onychiurina*はF層の深部を中心に集中分布する傾向がある。大部分のOnychiuridae科の種は土壤の深層に生息し、色素、眼および跳躍器が退化している(Takeda 1983)。一方で、3 cm未満の表層では、*Isotoma*属や*Lepidocyrtus*属および*Anurophotus*属など地表性(Epedaphic)の種が生息しており(Hågvar 1983)、トビムシ群集は種によって土壤中の生息場所がさまざまである。

森林施業の中で最も動物の生息環境に影響を及ぼす施業の一つに皆伐がある。森林施業の多くは動植物の生息環境の変化をもたらす、特に皆伐は地温の



写真-1 *Folsomia octoculata*

上昇や土壤含水率の低下などトビムシ類を含む土壤動物群集にとって生息環境の急激な変化を及ぼす。土壤動物は種によって、個体数が増加したり、減少したりと異なる反応を示すことが知られている(Urbanovičová *et al.* 2014; Hasegawa *et al.* 2006)。

トビムシ群集の構造は含水率に大きな影響を受けることが知られており(Takeda 1987)、特に有機物層の薄い森林では皆伐後の環境変化を緩和するバッファー効果が発揮されにくく(Siira-Pietikäinen and Haimi 2009)、トビムシ群集が受ける影響も大きいと考えられる。

地温の変化との関係性も重要である。昆虫類の孵化率と幼虫の生存率は気温との相関が見られないが、幼虫の発育速度については発育0点から一定の高温域まで正の相関が見られる。また、内的自然増加率についても一定の高温域までは温度が高くなるにつれて増加する(Choi *et al.* 2002)。つまり、ある程度の温度までの上昇であれば、トビムシ群集の繁殖に寄与する。

皆伐直後から通常は個体数がそれほど多くない地表性の種の個体数が増加し、トビムシ群集全体の多様性が高まり、その後、餌資源として有効な有機物の量が減少するに伴い群集構成種の個体数が減少することが知られている(Chauvat *et al.* 2003)。特に、地表性の種に着目すると、皆伐後、L層の消失により、大型の地表性の種が個体数を減らす(Urbanovičová *et al.* 2014)。一方、皆伐後、野外(open-habitat)を好む種や乾燥耐性のある種が増

加することがある (Urbanovičová *et al.* 2014)。地表性の種の多くはパイオニア種であり、生息環境の変化に敏感に対応する (Perez *et al.* 2013)。皆伐後、地表性の種やそれよりもやや深い層に生息する半地中性 (hemiedaphic) のトビムシ各種の個体数が高い移動能力を伴って増加し、全体の生物量も増加することが知られている (Chauvat *et al.* 2003)。このように、トビムシ類が群集レベルで森林施業による生息環境の変化に対して見せる応答を通して、トビムシ類の多様な種の特徴を学ぶことが可能である。

(3) トビムシ群集が物質循環に及ぼす影響

森林施業はトビムシ類などの土壤動物群集を通して、生態系にどのような変化をもたらすのだろうか。それを考え理解するために、ここでは土壤動物の物質循環への寄与について説明しておきたい。

土壤の生態系を構成する、トビムシ、ササラダニ、線虫などの動物は互いに影響し合い、微生物との相互作用も加わって、物質循環に大きな影響を及ぼす (Nielsen *et al.* 2011)。落葉落枝は、ミミズなどの大型土壤動物やダニおよびトビムシといった中型土壤動物による破碎作用を受けてから、菌類に分解され無機物に変化する (山下ら 2013)。また、土壤生態系における食物連鎖の関係性が変化することにより、リターの分解に影響を与える可能性がある。例えば、操作実験により、クモ類による捕食がトビムシ群集の落葉リターの分解速度に与える正の作用を抑制することが示されている (Lawrence and David 2000)。

Heemsbergenら (2004) は、大型土壤動物 (ミミズ、等脚類および倍脚類) の分類群によって、落葉リターの分解効率が異なることを示している。森林施業は、これらの土壤動物の構成に影響を及ぼし、結果的に物質循環を中心とした土壤生態系の状態を変化させる可能性が高い。

土壤動物の中でトビムシ類が物質循環に及ぼす影響は少なくない。例えば、ヒノキの落葉リターの窒素固定期 (immobilization phase) は15か月から18か月の期間継続することが報告されており、この時期に落葉リターのC/N比が低下し、分解が促進される。

その要因としてトビムシ類などが菌糸を摂食することによる菌糸の更新が示唆されている (Takeda 1995)。

実験室内でトビムシを除去した落葉リターと除去しないリターの分解を比較した操作実験では、トビムシ類の個体数が多すぎない程度に調整した容器内の落葉リターで菌糸の成長が大きく、トビムシ類の物質循環に果たす役割として、アンモニア、窒素、カルシウムの溶脱を促進したことが示されている (Ineson *et al.* 1982)。

3. 科学的知見の導入の意義と課題

学校教育の現場における森林環境教育の中で土壤動物を選択するメリットはどこにあるのだろうか。ここでは土壤動物を題材とした環境教育に関する文献を参照し、土壤動物に焦点を当てる意義を考えてみたい。

(1) カリキュラムとの関係

学習指導要領の内容は履修したすべての生徒が学ぶべき最低基準である (鳩貝 2007)。そのため、学校教員は基本的に学習指導要領やそれに基づいて作成される検定教科書の内容を踏まえつつ、科学的知見の導入に取り組むべきであろう。2012年度には、文部科学省の検定意見により、検定教科書での記述内容について、ダンゴムシやミミズなどの土中の小動物も分解者に含まれることになった (学校図書株式会社ウェブサイト <http://www.gakuto.co.jp/hirika/qa.html>)。中学校のカリキュラムでの土壤動物の取り扱いについては、宮崎 (1996)、山口 (2003) などが支持している。

一方で小学校のカリキュラムでの土壤動物を用いた学習の導入については、少なくない実践事例の報告が参考になる。森・松良 (2005) は、「小学校学習指導要領理科編第6学年」の内容と整合させつつ、落葉リターの分解に果たすオカダンゴムシの役割を学ぶ教材を検討している。塩俵・安藤 (2013) はビオトープの土壤動物について、ツルグレン装置を用いてあらかじめ採集したトビムシ類などの土壤動物と吸虫管を用いて児童が採集した大型土壤動物の観察を行っている。

また、大江 (2011) は、小学校の体験学習で土壤

動物を扱う理由として、①常に土の中に生息し、一年中どの季節でも学習可能であること、②各分類群の中の大型種であれば児童が肉眼で観察することが可能であること、③中学校理科の「自然界のつり合い」の学習につなげることができることを挙げている。土壌動物の生態については、小学校から中学校にかけて体系的に学習する機会を設けることが重要である。

(2) 分解者に関する教育

生態系の中の分解者の働きは中学校のカリキュラムで学習することになっている(哇・鎌谷 2011)。森・松良(2005)は、オカダンゴムシの個体群密度の多寡と落葉の消失速度の関係を確認することでオカダンゴムシの分解者としての役割を理解するプログラムを提供している。前述のとおり、トビムシ類は異なる生息環境で住み分けを行っており、物質循環に対しても少なからぬ影響を与えていることから、トビムシ類を分解者についての学習の素材として用いることも可能であろう。分解者を中心とする環境教育の教材については、農村部、漁村部および都市近郊部といったフィールドの違いによる方法論に差異はなく、共通かつ普遍的に教材および方法が存在している(山口 2003)。

教員の科学的知見に関する専門性が十分ではないことも課題である。例えば、小学校の教員で中学校や高等学校の理科免許を保持している割合は、1995年度の数値では約7%しかなく、非常に低い(Ogawa 2001)。鳩貝(2007)は、生物教育の充実・改善のために大学の研究者と小中学校等の教員が連携することの重要性を指摘している。トビムシ類を扱った研究の蓄積は少なくなく、大学教員等の専門家はこれまでの知見を活かした教材の開発に加え、授業への直接的な参加などを通して学習に貢献することができる。

(3) 生物多様性に関する教育

学校教育の学年段階が上がるにつれて、教科書に掲載される生物の数は増加するが、扱われる分類群は脊椎動物が多い(田牧・田中 2004)。従って、そこで想定される生息空間はかなり大きなものと言えるだろう。一方、土壌動物は、比較的少ない量の面積あるいは体積で、非常に多くの個体数を採集する



写真-2 ツルグレン装置

ことが可能であり、そこには複数の分類群や機能群を同時に含んでいる。このような、小面積での生態系においても複数の分類群や機能群によって構成されているということを学習することは生物多様性の理解を深める点で有意義であろう。また、調査方法もそれほど難しくはない。トビムシやササラダニといった中型の土壌動物は、大型の土壌動物を取り出した後の土壌をツルグレン装置にかけることで抽出することができる(写真-2)。装置の中で落下した動物を双眼実体顕微鏡を用いて観察すれば、体長2mm程度かそれ以上の大型の種は比較的是っきりと見える(奥井 2005)。つまり、トビムシ類を採取する過程で、他の分類群および捕食者を含む機能群の個体を確保することが容易であり、生物多様性や食物連鎖について派生的な学習が十分可能である。

中学校および小学校の学習指導要領では、生物多様性という言葉は確認できないが、「自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、自然と人間のかかわり方について認識を深める」ことや「動物や植物の生活を観察したり、資料を活用したりして調べ、生物と環境とのかかわりについての考えをもつ」ことなど、生物多様性の理解に結びつく学習内容が多く取り上げられている(小南ら 2013)。

また、トビムシ類は多くの種が住み分けながら高密度で生息しており、周辺の気候や環境条件によって多様な群集構造を有するため、学習者が「種の多様性」や「生態系の多様性」を効果的に学習するの

に適していると考えられる。ただし、「遺伝子の多様性」に関する学習については、トビムシ類を扱う利点は不透明である。

生物多様性の保全に関しては、児童・生徒は義務教育段階のさまざまな教科を通じて学ぶことから、児童・生徒が小学生のうちに生物の多様性という概念を形成していれば、各教科にちりばめられた野生生物保護に関する記述から、多様性保全の基本的な考え方を習得することが期待できる（竹ノ下 2006）。義務教育段階で身近に生息するトビムシ類を科学的に見つめる経験は、高等教育段階で生物の多様性を取り扱う「理科総合B」の約4割といわれる低い履修率の改善にも寄与するだろう（鳩貝 2007）。

次に、土壤生態系では、ササラダニ、カニムシ（写真-3）、カマアシムシといったトビムシ以外の興味深い動物が多様な生態系を形成していることが挙げられる。カニムシはトビムシを捕食し（中村 1991）、カマアシムシは菌食と考えられている。土壤動物を素材として子どもたちが土の中の生物に触れることで、生命への親しみや物質循環、環境問題に関心が高まることが期待できる（寺田 2002）。

(4) 生息環境との関係性

笹本ら（1987）は、ワラジムシ、ヨコエビ、ダンゴムシ、ヒメミミズ、イシムカデなど体長2mm以上の大型土壤動物の教材化を試み、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林の違いや森林の林内、林縁といった位置の相違によって、土壤動物の種類や個体数が異なることを学習することの重要性を指摘している。また、宮崎（1996）は、土壤の質、深度の違いなどにより、土壤動物の種類数や個体数が変化し、それを指標に環境を評価することができると述べている。森・松良（2005）が実践したオカダンゴムシを用いたプログラムでは、常緑広葉樹、落葉広葉樹、針葉樹に対する動物の選好性を確認する実験を取り入れており、生息環境として樹種の違いの重要性を学ぶ内容であるといえる。青木の「自然度」では、同定した土壤動物を各々点数化し、その点数を合計することでその土地の自然の豊かさを判定する（塩俵・安藤 2013）。トビムシ類は、種によって生息環境の変



写真-3 カニムシの一種

化に対する応答や選好する生息環境が異なることから、「自然度」の評価に関する学習の中で同じ分類群でも種によって異なる生存戦略やニッチを有することを学ぶ材料としてトビムシ類は有効であろう。また、トビムシ類を含む土壤動物を通して、生息環境や生態系の健全性を考えることは、児童・生徒が自然環境に関心を持つきっかけとして意義深いと考えられる。

4. おわりに

森林環境教育のテーマとして林業を取り上げる場合、施業による人為的な環境変化と生物群集の動態を学習することは課題の一つである。本稿ではトビムシ類がそのような学習のツールとして寄与する可能性を検討した。

間伐や皆伐による生息環境の変化が具体的にどのような個体群に影響を及ぼすかについて群集レベルで考えることができる点でトビムシ類を教育で取り上げる意義がある。森林環境教育において、伐期を迎えた我が国の人工林資源の活用と生態系の保全の両立に向けた方策を考える視点は欠かせないだろう。また、このような人為的攪乱に対する反応は同じ分類群の中でも種によって異なる可能性が高い。そして、トビムシ類を材料とすれば、簡易な方法により比較的多くの種を取り扱うことが可能である。例えば、適応可能な生息範囲が広い *Folsomia octoculata* は、都市化に伴って個体数が減る傾向が指摘されており（新島 1974）、本種のみに着目するだけでは、森林伐採が土壤動物に及ぼす影響を断片

的にしか把握することができないが、大型の地表性の種やパイオニア種、有機物層の深層に生息する *Folsomina onychiurina* など複数の種を含む群集レベルで検証すれば種によって異なる反応を示すことがわかるだろう。トビムシ類を通して、林業振興や森林施業という社会科学の要素が多い課題に対して、自然科学の視点から考える素養を養えるものと筆者は考えている。

引用文献

- Bloemers GF, Hodda M, Lamshead PJD, Lawton JH, Wanless FR (1997) The effects of forest disturbance on diversity of tropical soil nematodes. *Oecologia* 111: 575 ~ 582
- Chauvat M, Zaitsev AS, Wolters V (2003) Successional changes of Collembola and soil microbiota during forest rotation. *Oecologia* 137: 269 ~ 276
- Choi WS, Ahn KJ, Lee DW, Byun MW, Park HJ (2002) Preparation of chitosan oligomers by irradiation. *Polym Degrad Stab* 78: 533 ~ 538
- Hågvar S (1983) Collembola in Norwegian coniferous forest soil. II. Vertical distribution. *Pedobiologia* 25: 383 ~ 401
- 長谷川元洋 (2012) 森林と土壤動物(3)トビムシ. *山林* 1537: 52 ~ 55
- Hasegawa M, Fukuyama K, Makino S, Okochi I, Goto H, Mizoguchi T, Tanaka H (2006) Collembolan community dynamics during deciduous forests regeneration in Japan. *Pedobiologia* 50: 117 ~ 126
- Heemsbergen DA, Berg MP, Loreau M, Van Hal JR, Faber JH, Verhoef HA (2004) Biodiversity effects on soil processes explained by interspecific functional dissimilarity. *Science* 306: 1019 ~ 1020
- Huhta V, Hänninen SM (2001) Effects of temperature and moisture fluctuations on an experimental soil microarthropod community. *Pedobiologia* 45: 279-286
- 稲田哲治・柚村誠二・前藤 薫 (2006) 森林施業がカミキリムシ相に与える影響. *日林誌* 88: 446 ~ 455
- Ineson P, Leonard MA, Anderson JM (1982) Effect of collembolan grazing upon nitrogen and cation leaching from decomposing leaf litter. *Soil Biol Biochem* 14: 601 ~ 605
- 鳩貝太郎 (2007) 学習指導要領と生物教育の課題. *Anthropological Science (Japanese Series)*, 115: 56 ~ 60
- Kampichler C (1990) Community structure and vertical distribution of Collembola and Cryptostigmata in a dry-turf cushion plant. *Biol Fertil Soils* 9: 130 ~ 134
- 小林辰至・山田卓三 (1995) 観察・実験等の活動を重視した生物教育への改善に関する提案. *年会論文集* 19: 5 ~ 6
- 小南陽亮・平賀大地・加藤理恵・瀬戸賀代 (2013) 生物多様性教育における教材としての里山の利用: 樹木センサスによる種多様性と調節的サービスの学習. *教科開発学論集* 1: 173 ~ 182
- Lawrence KL, Wise DH (2000) Spider predation on forest-floor Collembola and evidence for indirect effects on decomposition. *Pedobiologia* 44: 33 ~ 39
- 宮崎直高 (1996) 土壤動物の教材化. *北海道立理科教育センター研究紀要* 第8号: 73 ~ 74
- 森 正恵・松良俊明 (2005) 小学校理科教材としての土壤動物オカダンゴムシによる落葉の摂食に関する諸実験. *京都教育大学環境教育研究年報* 13: 1 ~ 9
- 守屋智之・龍原 哲 (2014) 収益の安定性を考慮した持続可能な木材供給量水準の予測. *日林誌* 96: 109 ~ 116
- 中村好男 (1991) 土壤生態系活用型農業とそれを支える土壤動物. *東北農業研究 (別号)* 4: 43 ~ 59
- Nielsen UN, Ayres E, Wall DH, Bardgett RD (2011) Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity-

- function relationships. *Eur J Soil Sci* 62: 105 ~ 116
- 新島溪子 (1974) 東京付近の土壤中型節足動物相. 日林講 85 : 291 ~ 292
- 小川正賢 (2006) 科学と教育のはざままで: 科学教育の現代的諸問題. 東洋館出版社
- Ogawa, M (2001) Reform Japanese style: Voyage into an unknown and chaotic future. *Sci Educ* 85: 586 ~ 606
- 奥井則行 (2005) 環境教育の試み: 身近な生物的自然を活用して. 文芸社
- 大江 大 (2011) 地域の自然を大切にしようとする心情を育む環境学習-「おうみのこ環境学習ガイド」の作成に向けた「やまのこ」の系統的な学習プログラム-. 滋賀県総合教育センター研究紀要第54集
- Perez G., Deçaëns T, Dujardin G, Akpa-Vinceslas M, Langlois E, Chauvat M (2013) Response of collembolan assemblages to plant species successional gradient. *Pedobiologia* 56: 169 ~ 177
- 笹本一高・辻 功・木下鉄雄・高橋節朗 (1987) 大形土壤動物の教材化に関する基礎的研究(II)- 神奈川県海岸地帯における大形土壤動物相について-. 神奈川県立教育センター研究集録 6: 117 ~ 122
- Siira-Pietikäinen A, Haimi J (2009) Changes in soil fauna 10 years after forest harvestings: Comparison between clear felling and green-tree retention methods. *For Ecol Manage* 258: 332 ~ 338
- 柴田英昭・戸田浩人・福島慶太郎・谷尾陽一・高橋輝昌・吉田俊也 (2009) 日本における森林生態系の物質循環と森林施業との関わり. *日林誌* 91 : 408 ~ 420
- 塩俵昂平・安藤秀俊 (2013) 小学校におけるビオトープを用いた自然体験活動が児童に及ぼす教育的効果. *理科教育学研究* 54 : 189 ~ 199
- St John MG, Wall DH, Behan-Pelletier VM (2006) Does plant species co-occurrence influence soil mite diversity? *Ecology* 87: 625 ~ 633
- 末吉昌宏・前藤 薫・楨原 寛・牧野俊一・祝 輝男 (2003) 皆伐後の温帯落葉樹林の二次遷移に伴う双翅目昆虫群集の変化. *森林総研研報* 2 : 171 ~ 191
- Takeda H (1987) Dynamics and maintenance of collembolan community structure in a forest soil system. *Res Popul Ecol (Kyoto)* 29: 291 ~ 346
- Takeda H (1983) A long term study of life cycles and population dynamics of *Tullbergia yosii* and *Onychiurus decemsetosus*. *Pedobiologia* 25: 175 ~ 185
- Takeda H (1995) A 5 year study of litter decomposition processes in a *Chamaecyparis obtusa* Endl. forest. *Ecol Res* 10: 95 ~ 104
- 田牧 愛・由中賢二 (2004) 「理科総合 B」教科書における「生物の多様性」. 岡山大学教育実践総合センター紀要 4 : 25 ~ 34
- 竹ノ下祐二 (2006) 国が学校に求める生物多様性保全教育を探る-学習指導要領と教科書の分析 (第51回プリマーテス研究会 自然保護-家族, 学校, そして社会)--(第2部家庭, 学校における自然保護教育). 財団法人日本モンキーセンター年報 : 25 ~ 29
- 寺田美奈子 (2002) 土壤動物と理科. *昆虫と自然*. 37(7) : 20 ~ 23
- 畦 浩二・鎌谷泰州 (2011) 土壤微生物の新たな教材開発-中学校理科「自然と人間」への導入を目指して. *Hikobia* 16: 105 ~ 110
- Urbanovičová V, Miklisová D, Kováč Ľ (2014) Forest disturbance enhanced the activity of epedaphic collembola in windthrown stands of the High Tatra mountains. *J Mt Sci* 11: 449 ~ 463
- 山口 修 (2003) 森林における分解者を主とする環境教育教材の開発. *学校教育学研究* 15 : 95 ~ 102
- 山下 聡・岡部貴美子・佐藤 保 (2013) 森林生態系における生物多様性と炭素蓄積. *森林総研研報*, 12 : 1 ~ 21
(2014.8.28受付, 2014.11.6掲載決定)

都道府県だより

2013年夏の高温少雨がもたらした害虫の関与する樹木被害

○はじめに

山梨県森林総合研究所森林保護科では、森林病虫獣害の研究を行っていますが、一般の県民の方から樹木の病害虫に関する相談も多く寄せられます。

その相談を受ける中で明らかになった、平成24年及び平成25年の7月、8月における高温少雨を原因とする一部の害虫被害の増加について紹介します。

○甲府盆地周辺の気象について

山梨県の中央に位置する甲府盆地は、もともと雨が少なく、甲府の年平均降水量は1,135mmと、東京の1,528mmと比較しても少ないことが分かります。(1981～2010の各気象台データ)

特に、平成24年、平成25年は、盛夏(7月、8月)に雨が少なく、平成25年においては例年の1/4程度の降水量しかありませんでした(図-1)。また、7月、8月の平均気温も平成24年、平成25年とも平年より高く、平成25年は全国1位の暑さがテレビ等で報道されるほどでした。

○松くい虫の被害

山梨県では、昭和53年に松くい虫被害(マツ材線虫病)が甲府盆地で発生以来、残念ながら多くのマツの名木が枯死しましたが、媒介者であるマツノマダラカミキリが飛んで行きにくい市街地のマツはその被害を免れていました。

平成24、25年は、甲府盆地周辺の低標高のマツ林において、松くい虫被害が多く発生しましたが、今年になり、今まで被害を免れていた市街地にある神社、寺院や民家に植えられたマツに、松くい虫被害が発生し、当研究所に多くの相談が寄せられました。

松くい虫の被害は、高温少雨の年に多く発生することが一般的に知られおり(岸 1988)、今回の市街地における松くい虫被害も、高温少雨により拡大したと考えられます。

相談を受けた被害木は、天然記念物に指定されているクロマツ名木から、比較的小さい、樹高3m程度程のゴヨウマツやアカマツまで多岐にわたっています。松くい虫による松枯れは、一度罹ってしまう

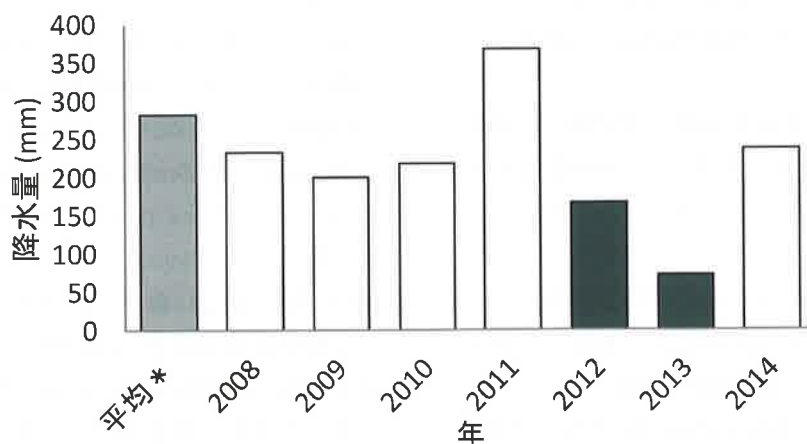


図-1 夏期(7月+8月)の降水量(mm)

*: 1981～2010年までの平均値 甲府地方気象台調べ。



写真-1 樹皮下から捕獲されたマダクロホシタマムシ

と治療方法がほぼ無いことを説明すると、相談をしてきたマツ所有者の方々は、一様に大変落胆され、回答する私達も心苦しく感じました。

今後は、県の松くい虫対策の所管課である森林整備課や、庭木等の緑化木についての相談を受けている「みどりの相談所」（県が緑化相談を委託）と連携しながら、従来、森林所有者を主な対象としてきた松くい虫予防知識の普及活動を、一般家庭に対しても行うことを検討していきたいと考えています。

○ヒノキの集団枯損

平成25年9月頃から甲府盆地周辺の低山帯で、岩場や凸地形に植栽されたヒノキの葉色が薄く変色し始め、翌年の平成26年春には、これらのヒノキが褐変し枯死が明瞭となりました。

枯損面積は、1 ha以下のものが5箇所確認されたほか、数本～十数本程度の枯損も複数箇所確認されました。枯れ木には、マダクロホシタマムシ、ヒメスギカミキリ等が生息し、特にマダクロホシタマムシ（写真-1）が多数生息する枯損林分が確認されました。マダクロホシタマムシはスギ、ヒノキを食害し、強度間伐等森林環境が変化した時や夏の乾燥時にこれらの樹木に被害を与えることが知られています（竹谷 1994）。

今回の被害で枯死したヒノキの樹皮を剥くと、マダクロホシタマムシ幼虫の食痕が多数見られ、本



写真-2 マダクロホシタマムシ食痕と脱出孔（三角印）

害虫の枯死への関与が考えられます（写真-2）。

しかし、調査した枯損木は樹脂を出して抵抗した跡が見られないか、あってもごく僅かで、マダクロホシタマムシの加害が始まった時点で、ヒノキは乾燥により既に枯れていたか、相当弱った状態にあったのではないかと推測されます。しかし、今年のヒノキ被害林における調査において、マダクロホシタマムシが多く見いだされたことから、今年度から来年度にかけて、既被害地周辺において、この虫による被害の拡大が懸念されます。

○今後について

以上のように、近年の夏の高温少雨は、松くい虫の被害を始め、一般的には認知度の低い2次害虫等の被害も拡大させる可能性が認められました。気象変動が問題となっている中、病害虫の発生には、今後ますます注意を払っていく必要があると感じています。（山梨県森林総合研究所 森林保護科）

引用文献

- 岸 洋一（1988）マツ材線虫病－松くい虫－精説。p41～44, トーマス・カンパニー 東京
 竹谷昭彦（1994）マダクロホシタマムシ。小林富士雄・竹谷昭彦編 森林昆虫。p193～194, 養賢堂 東京

森林病虫獣害発生情報：平成26年11～12月受理分

病害

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

林齢55～67年生アカマツ天然林，2014年9月発見，被害面積0.08ha，被害本数15本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・田代智宏）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

林齢72～106年生アカマツ人工林，2014年9月発見，被害面積0.02ha，被害本数4本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

林齢23年生アカマツ人工林，2014年9月発見，被害面積0.02ha，被害本数7本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

林齢7～95年生クロマツ人工林，2014年9月発見，被害面積0.36ha，被害本数178本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

林齢122年生アカマツ天然林，2014年9月発見，被害面積0.13ha，被害本数32本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

11年生クロマツ人工林，2014年9月発見，被害面積0.01ha，被害本数27本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

62年生アカマツ人工林，2014年9月発見，被害面積0.02ha，被害本数7本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

121年生アカマツ天然林，2014年9月発見，被害面積0.02ha，被害本数15本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

15年生クロマツ人工林，2014年9月発見，被害面積0.13ha，被害本数77本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

122年生アカマツ天然林，2014年9月発見，被害面積0.09ha，被害本数27本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

62～121年生アカマツ天然林，2014年9月発見，被害面積0.7ha，被害本数164本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

22年生クロマツ人工林，2014年9月発見，被害面積0.02ha，被害本数4本（下越森林管理署村上支署村上森林事務所・川内敏郎）

虫害

なし

獣害

なし

（森林総合研究所 窪野高徳／伊藤賢介／大井 徹）

協会だより

森林防疫記事の著者によるウェブサイト上での公開について

雑誌「森林防疫」に掲載された論文、解説などの別刷りは、著者をご希望の場合には有料で購入できますが、別刷りを購入された方にはその記事のpdfファイルを無償で配布しております。ただしpdfファイルのみの販売はしていません。

「森林防疫」に掲載された記事の著作権は、全国森林病虫獣害防除協会に帰属します。著者が、本誌に掲載された自身の記事のpdfファイルを、著者個人のウェブサイトに掲載・公開することは構いませんが、次の点にご注意ください。

- 1) 全国森林病虫獣害防除協会の承諾を得ること
- 2) 公開はその記事を掲載した本誌の発行後12か月以降にすること
- 3) 著作権は全国森林病虫獣害防除協会に帰属することを明記すること

なお現在のところ、「森林防疫」の内容で、目次は全国森林病虫獣害防除協会のホームページで公開しておりますが、記事本体は、過去のものも含めて公開していません。記事の公開については今後の検討課題とさせていただきます。

森林防疫 第64巻第1号(通巻第706号)
平成27年1月25日 発行(奇数月25日発行)

編集・発行人 佐藤重芳
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都港区虎ノ門5-8-12
☎ (03) 3432-1321

定価 1,339円(送料込, 消費税込)
年間購読料 6,696円(送料込, 消費税込)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会
National Federation of Forest Pests Management
Association, Japan

〒101-0047 東京都千代田区
内神田 1-1-12(コープビル)

☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726

振替 00180-9-89156

<http://bojyokyokai.main.jp/>