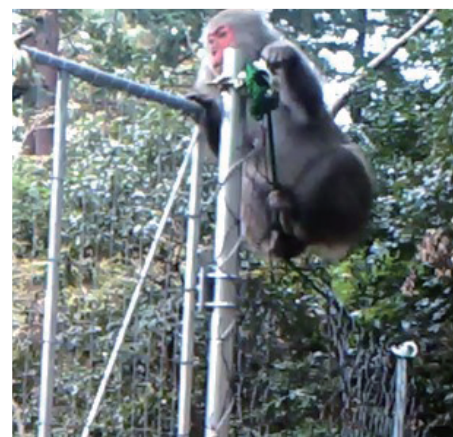


森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

シカ防護柵の設置が各種哺乳類の移動に与える影響

〔高山夏鈴・竹下実生・田村典子・小泉 透・山崎晃司〕 3

総説

野生動物個体群の遺伝構造に影響する要因を景観遺伝学が解き明かす

〔大西 尚〕 11

訃報

島津光明博士追悼文〔佐藤大樹〕 16

都道府県だより：秋田県 18

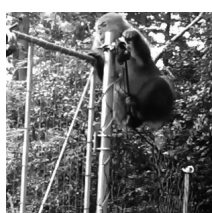
協会だより

どなたでも投稿できます！ 20

森林病虫獣害発生情報：令和元年7月・8月受理分 22



A



B



C



D

〔表紙写真〕 シカ防護柵の設置に対する各種動物の反応

(調査地(東京都八王子市廿里町)に設置したセンサー式デジタルビデオカメラで撮影された動物。)

写真A：樹脂ネット柵に開いた穴を通過しようと群がる疥癬(皮膚病の一種)を罹患しているニホンイノシシ*Sus scrofa*(2016年5月3日撮影)

写真B：柵の扉部分を乗り越えるニホンザル*Macaca fuscata*(2016年11月10日)

写真C：樹脂ネット柵に近寄るが、通過できずに止まるニホンジカ*Cervus nippon*(2016年11月3日)

写真D：金属柵扉下を通過するニホンアナグマ*Meles anakuma*(2016年6月21日)

調査地である東京都八王子市廿里町にある森林総合研究所多摩森林科学園では、2013年からニホンジカ*Cervus nippon*(以下シカ)の生息が確認され始めた。植生を保護する目的で、シカの侵入防止対策として、2014年に電気柵、2016年には樹脂ネット柵と金属柵が設置された。各柵に対し、各種動物は様々な反応を見せた。シカの通過は柵によって阻害されたが、ニホンイノシシ*Sus scrofa*は柵を破損して通過した。他に、柵をよじ登って乗り越えるニホンザル*Macaca fuscata*や、柵下を掘って通過をするアナグマ等がみられた。ホンドタスキ*Nyctereutes procyonoides*では樹脂ネット柵の通過が制限されていた。また、台風等に起因する倒木や地盤の緩みにより、柵の機能が損なわれる事例もあった。柵はシカの通過を制限する効果があったが、動物や環境変化によって破損する場合もあり、定期的な補修が必須であった。また、特定の動物を排除する目的で設置される柵が、対象以外の動物の移動に影響を与えることが明らかになった。

(東京農業大学大学院農学研究科林学専攻 高山夏鈴)

シカ防護柵の設置が各種哺乳類の移動に与える影響

高山夏鈴¹・竹下実生¹・田村典子²・小泉 透²・山崎晃司¹

1. はじめに

近年、哺乳類による農林業や生活被害が後を絶たない。農林水産省の野生鳥獣による2017年度の農作物被害状況は、ニホンジカ *Cervus nippon* (以下シカ) による農作物被害金額は55億円、イノシシによる被害金額は約48億円に上る。これらは、それぞれ野生鳥獣による農作物被害総額の33.7%と29.2%に当たる(農林水産省 2017)。

シカによる被害を防ぐ物理的防除方法の一つとして防護柵の設置がある。確かにシカ防護柵はシカの侵入頻度を低下させる(例えば大岩ほか 2013)。一方で、シカ柵の設置は、シカ以外の動物の行動に何らかの影響を与えていることが予想される。しかし、シカ防護柵がシカ以外の動物の行動にどのような影響を与えているのかについて、動物種ごとに検討した研究は例を見ない。さらにシカ防護柵には金属柵、ネット柵、電気柵など異なる素材のものが開発、実用化され、それぞれの立地環境と目的に応じて設置することが推奨されている(鳥獣被害基盤支援委員会 2014)。柵の素材の違いもまたシカ以外の動物の行動に影響するだろう。防護柵を設置する際は、設置場所の環境や生息する野生動物相を調査し、防除対象種以外の中小型獣の移動を確保するといった生態系への配慮を行うことも必要となる。柵ごと、動物種ごとの行動評価を行い、生態系に配慮した柵の設置手法を明らかにすることは、今後の防護柵の設置の指針となる。

そこで本研究は、シカ侵入を防止する目的で設置された金属柵、樹脂ネット柵、電気柵の3種類の柵の設置がどのように各種哺乳類の行動に影響を与えるのかをビデオカメラの画像をもとに解析する。それにより、各種哺乳類の保全あるいは管理のために適した柵のタイプを検討する。

調査方法

本調査は東京都八王子市にある国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所多摩森林科学園(北緯35° 38' 33" 東経139° 17' 00") (以下、多摩森林科学園)の試験林(面積39.81ha)で行った。多摩森林科学園はその西側の丘陵部で高尾山(599m)や景信山(727m)などの山地と接する。標高は183~287mと起伏に富み、地質は第三紀の小仏層群の粘板岩及び砂岩を母材とする石炭質の土壌と、山頂平坦面及び緩斜地は関東ロームといわれる火山灰質の土壌で覆われている(豊田・谷本 2000)。潜在自然植生はシラカシ *Quercus myrsinifolia* 群集またはシキミ *Illicium anisatum* - モミ *Abies firma* 群集であると推定されている(勝木ほか 2010)。1921年に帝室林野局林業試験場となってからは、ケヤキ *Zelkova serrata* やホオノキ *Magnolia obovata* などの広葉樹やヒノキ *Chamaecyparis obtusa* やテーダマツ *Pinus taeda* などの針葉樹の植栽が行われたほか、試験林に隣接して樹木園(6.94ha)やサクラ保存林(7.96ha)も造成された。樹木園、サクラ保存林は一般の見学も可能であり、年間の一般来客者数は約4万5千人である。

調査地には、2013年6月にシカが西側山塊から侵入したことが確認されている(東京都 2017)。2014年1月には、シカ侵入防止のための電気柵が総延長約1,000mにわたり設置された。2016年3月には侵入経路を完全に塞ぐために、金属柵約400m、樹脂ネット柵(メッシュの大きさは10cm×10cm)約800mが追加設置された(図-1)。それぞれの柵は鳥獣被害基盤支援委員会(2014)の設置手法に従って設置されている。柵の詳細は田村ほか(2018)に記載した。

全ての柵の設置が完了した2016年4月から2017年3月に赤外線センサーにより作動するデジタルビデオカメラ(Ltl社トレイルカメラLtl-6210MC、以下、

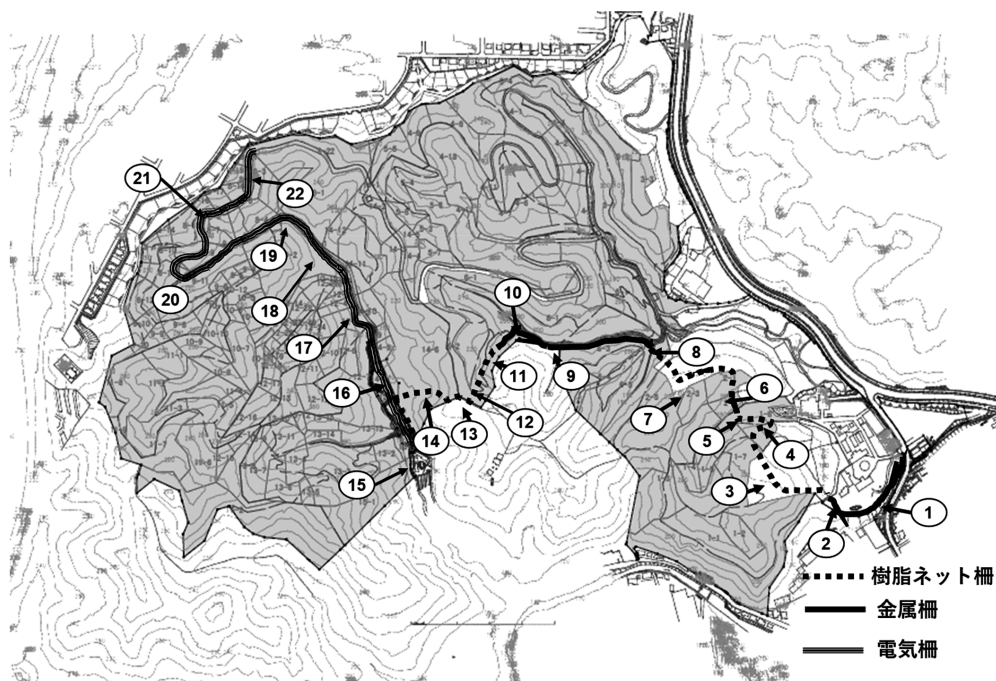


図-1 調査地内の柵設置状況及びセンサーカメラの設置状況

センサーカメラとする)を22台設置した。センサーカメラは、金属柵(カメラ数1)、金属柵扉下(3)、樹脂ネット柵(11)、電気柵(7)にそれぞれ設置した(図-1)。センサーカメラの動作設定は、センサー感度ミディアム、撮影時間20秒、撮影インターバル3分とした。記録媒体のSDカードと電池はおおむね2ヶ月ごとに交換した。延べ7,443カメラ日となった。

それぞれの動画について、撮影年月日および時刻、動物種、個体数、柵に対する行動を記録した。イノシシが撮影された場合は、縞模様の有無から幼獣、成獣を区分した。柵に対する行動は以下の5つのカテゴリーに分けた：1.柵への反応なし、2.柵を観察した、3.柵に接触した、4.柵を攻撃した(柵をかじる等柵を破損させる行動)、5.柵を通過した。カメラの動作日数を数えるため、撮影中、電池切れ等によって動画が撮影されない期間も考慮し、保存された全動画中の最初と最後の動画撮影日を記載した。一動画内において2種の動物が確認された場合は、2件の記録として数えた。

柵の通過率は、総撮影回数に占める通り抜け回数の割合とした。柵の種類、動物種ごとに、カメラ当

たりの通過率を算出し、その平均と標準偏差を求めた。次に、柵の種類によって通過率が異なるかどうか、動物種ごとに一元配置分散分析によって検定を行った。3種類の柵の間で通過率が有意に異なった場合、柵のタイプ間で多重比較を行った。

また、柵に対する上記5タイプの行動頻度を動物種ごと、柵の種類ごとに χ^2 検定によって比較した。すべての検定において、有意水準は0.05以下とした。統計検定は、Microsoft Excelの関数STDEV.PおよびR(R x64 3.3.2)によって行った。

結果と考察

撮影された哺乳類種

2016年4月から2017年3月に撮影された22台のビデオカメラの動物が確認された2,853件を用いて解析を行った。撮影された動物種及び動画本数は、ニホンザル*Macaca fuscata*(以下サル)107件、アカネズミ*Apodemus speciosus*25件、ニホンリス*Sciurus lis*(以下リス)3件、ニホンノウサギ*Lepus brachyurus*(以下ウサギ)240件、キツネ*Vulpes vulpes*29件、タヌキ*Nyctereutes procyonoides*567件、アライグマ*Procyon*

lotor 92件, ネコ *Feliscatus* 59件, ニホンイタチ *Mustela itatsi* (以下イタチ) 1件, テン *Martes memlampus* 30件, ニホンアナグマ *Meles anakuma* (以下アナグマ) 316件, ハクビシン *Paguma larvata* 43件, シカ 64件, イノシシ 1,277件の14種であった。このうち, 2件において, イノシシとタヌキが同時に撮影された。

通過率と通過方法

サル, ウサギ, アカネズミ, キツネ, タヌキ, アライグマ, ネコ, テン, アナグマ, ハクビシン, イノシ

シの11種を対象として通過率を算出した(図-2)。なお, シカ, リス, イタチの3種については, 柵の通過が確認されなかったため, 通過率の算出を省略した。図-2より, 9種が金属柵扉下部分を通過し, そのほとんどが中型の食肉類であった。また, 金属柵扉下部分の通過率は電気柵や樹脂ネット柵より高かった。タヌキとネコは樹脂ネットを通過することはなかった。サルは電気柵を通過することはなかった。

柵の通過形態は, 金属柵扉下では扉下の空間を潜り抜ける(アナグマ, アライグマ, イノシシ幼獣,

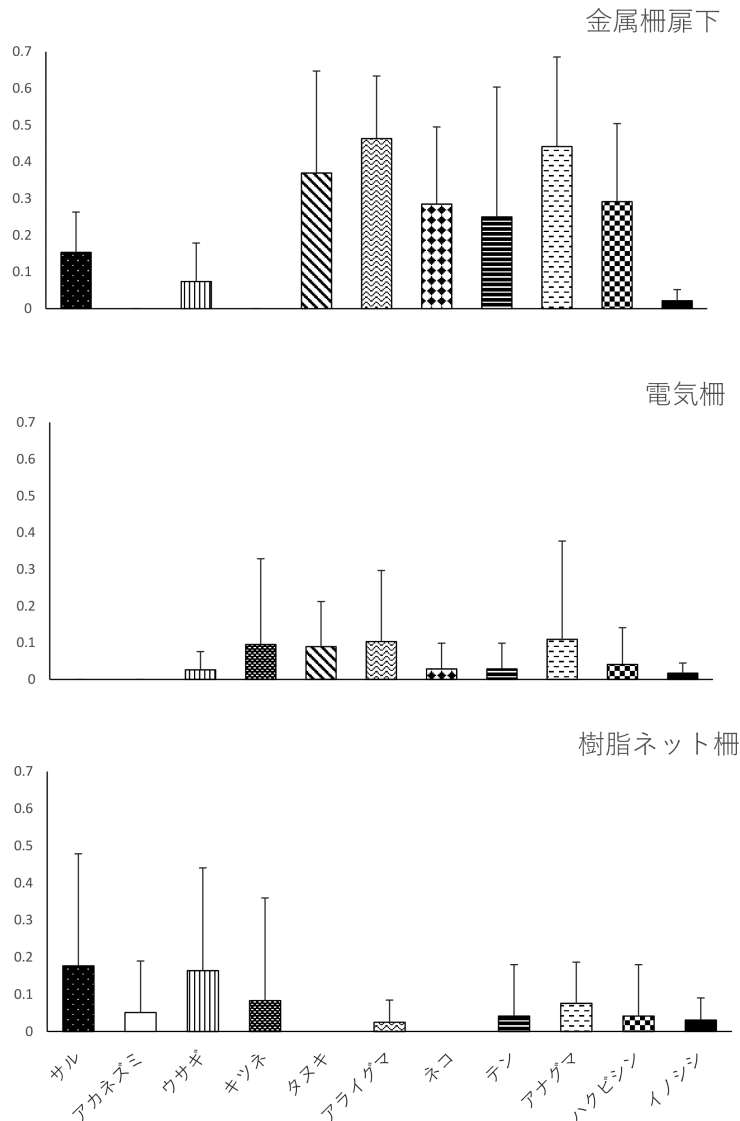


図-2 各動物種における柵の平均通過率(通過数/撮影数合計/カメラ台数)と標準偏差
金属柵ではサルのみ扉下の隙間ではなく金属柵を登って通過した。

表-1 11種の哺乳類における柵タイプ（電気柵，樹脂ネット柵，金属柵扉下）の通過率の違い。
一元配置分散分析と多重比較解析の結果をそれぞれ示す。

種名	ANOVA		TukeyHSD		
	F値	P	扉下/電気柵	樹脂ネット柵/電気柵	樹脂ネット柵/扉下
サル	1.335	0.288			
アカネズミ	0.581	0.569			
ウサギ	1.004	0.386			
キツネ	0.154	0.858			
タヌキ	8.609	0.000	0.021	0.387	0.002
アライグマ	10.364	0.000	0.006	0.547	0.001
ネコ	10.604	0.000	0.003	0.814	0.001
テン	1.638	0.222			
アナグマ	3.457	0.537			0.047
ハクビシン	3.292	0.060			
イノシシ	0.236	0.792			

ウサギ，タヌキ，テン，ネコ，ハクビシン），金属柵によじ登り乗り越える（サル）が確認された。樹脂ネット柵では，柵の隙間を通過する（アライグマ，イノシシ幼獣，ウサギ，アカネズミ，ハクビシン），柵を破壊した穴から移動する（アナグマ，アライグマ，イノシシ成獣と幼獣），よじ登り超える（サル）が確認された。電気柵では，下を潜り抜ける（アナグマ，アライグマ，イノシシ幼獣，キツネ，タヌキ，ネコ，アカネズミ，ハクビシン）が確認された。

次に，動物種ごとの通過率が3タイプの柵間で差があるかどうか一元配置分散分析で検定した（表-1）。アライグマ，タヌキ，ネコの3種において通過率に有意差がみられ，3種とも金属柵扉下を他の柵よりも選択的に利用していた（表-1）。

柵への行動の評価

柵に対する行動を5つのカテゴリーに分け，11種の動物種ごとにその頻度を比較した（図-3）。図-3より，動物種ごとに行動カテゴリーの頻度が異なった。ウサギ，タヌキ，キツネ，シカは全体的に観察（カテゴリー-2）を行う割合が多く，イノシシ，アナグマ，アライグマは観察（カテゴリー-2）が少なかった。サル，キツネ，ハクビシ，ネコにおいては，いずれの柵へも攻撃（カテゴリー-4）は見られなかった。アナグマとイノシシにおいて，全体的に攻撃の頻度が高かった。イノシシやキツネも，柵付

近の行動の中で移動が占める割合は相対的に少なかった。全種において電気柵に対する接触（カテゴリー-3）が少なかった。

次に，上記11種について行動カテゴリーの実測値から期待値を算出し，動物種，柵の種類ごとに検定を行った結果，ウサギ（ $\chi^2 = 27.33$, $P < 0.01$ ），タヌキ（ $\chi^2 = 138.51$, $P < 0.01$ ），アライグマ（ $\chi^2 = 20.86$, $P < 0.01$ ），アナグマ（ $\chi^2 = 48.24$, $P < 0.01$ ），イノシシ（ $\chi^2 = 370.05$, $P < 0.01$ ）において，行動カテゴリーの頻度に柵間で差があることが明らかになった。ウサギは電気柵に対して，柵とは無関係の行動（カテゴリー-1）の実測値が期待値を上回り，樹脂ネット柵では通過（カテゴリー-5）の実測値が期待値を上回った。タヌキは，電気柵，樹脂ネット柵に対して通過（カテゴリー-5）が制限されていた。アライグマは金属柵扉下を移動する頻度が他の柵よりも高かった。アナグマは金属柵扉下において柵への反応なし（カテゴリー-1）の実測値が期待値を下回り，通過（カテゴリー-5）の実測値が期待値を上回り，金属柵扉下では柵を通過することが多かった。また，樹脂ネット柵に対しては通過する傾向はみられなかった。イノシシは金属柵扉下に対して接触や攻撃（カテゴリー-3と4）が期待値を下回ったが，樹脂ネット柵においては積極的に柵を通過しようとする行動が頻繁に観察された。また，電気柵では柵とは無関係の行動（カテゴリー-1）が数多く観察された。

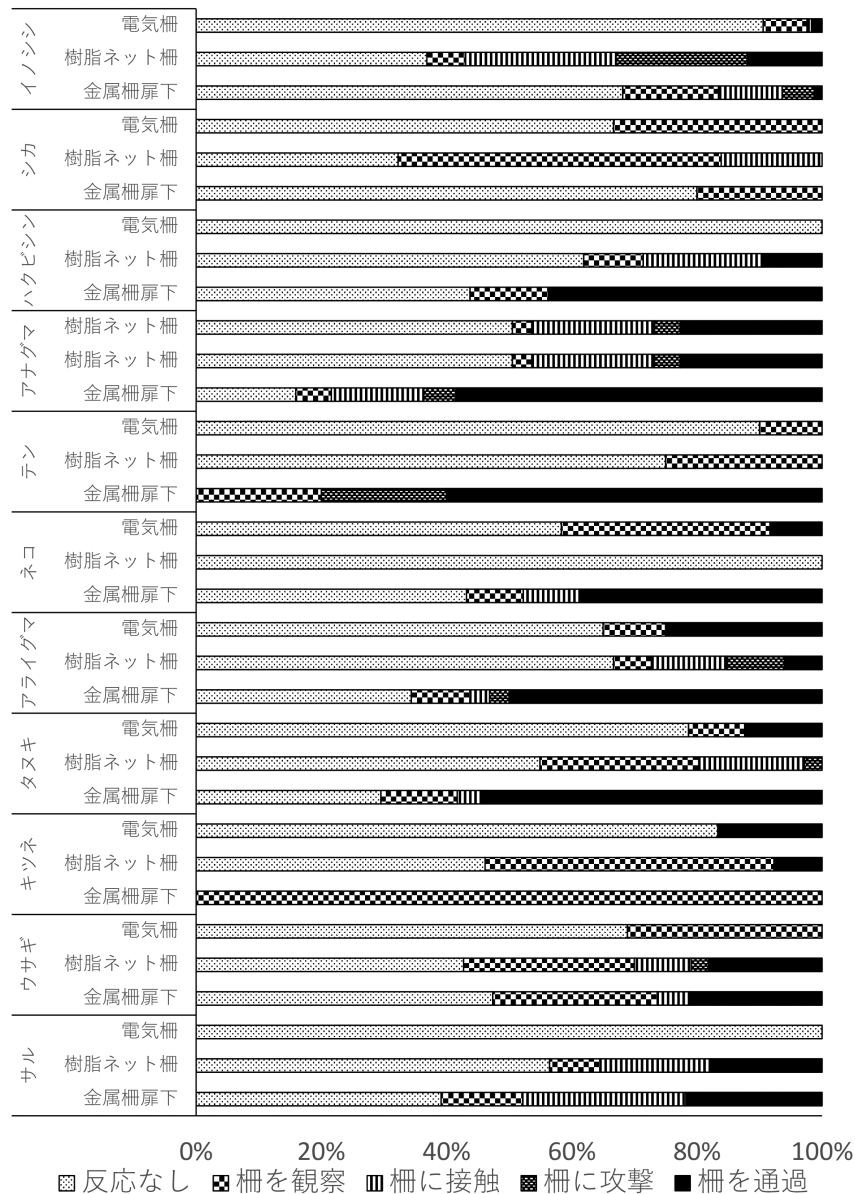


図-3 各種哺乳類における柵付近での行動タイプの比較

柵種ごとの特性

金属柵では、扉下にあいた隙間でのみ中型の大きさの哺乳類（ウサギ、タヌキ、アライグマ、ネコ、テン、アナグマ、ハクビシン、イノシシ幼獣）の通過が確認されており、扉下以外では柵の目をすり抜ける小型哺乳類や、柵をよじ登って内外を行き来するサル以外の移動は見られなかった。扉下については、タヌキやアライグマといった中型哺乳類が利用していると推測できる。金属柵扉下には高さ12～

15cm、幅15～20cm程度の隙間が確認されていた。これは大岩ほか（2013）における「掘り下げ穴」（平均幅35cm、高さ17cm）に相当し、破損開口部の動物通過頻度においてアナグマ、タヌキが多く移動していた結果に合致する。大岩ほか（2013）によると「シカが通過した破損開口部はいずれも高さは50cm以上であった」と報告されており、本調査においてシカが通り抜けるほどの大きさの隙間は存在しなかった。また、イノシシでは体が小さい幼獣のみが通り抜け

たが、成獣の通過は確認されなかった。したがって、本調査地で金属柵は、柵目をすり抜けられる小型哺乳類および柵をよじ登れるサル以外の哺乳類の通過を完全に阻害していたが、扉下部分などの隙間があれば、大型哺乳類のみの通過を防ぎ、かつ中型哺乳類の移動路を確保することはできると明らかとなった。しかし、掘り下げが進むことによって、大型獣が通過できる可能性は増加し、扉下の隙間の管理が課題である。

樹脂ネット柵では、中型哺乳類（アライグマ、イノシシ幼獣、ウサギ、テン、ハクビシン）が柵の目をすり抜けた。また、イノシシが破った穴を中・大型哺乳類（アナグマ、アライグマ、イノシシ）が通り抜けた。本調査地では、イノシシが破った穴を定期的に補修していたため（田村ほか 2018）、破損が長期間放置されることも、穴が拡大することもなかった。そのため、穴をシカが通り抜ける事例は確認されなかった。しかし、山地に設置された樹脂ネット柵は土砂や、シカの噛み切りおよび体当たりなどで壊され、シカの侵入が生じている事例も報告されている（大島ほか 2014）。樹脂ネット設置による各種動物の行動については、今後、生息種や補修頻度が異なる他地域と比較研究する必要がある。

電気柵では、小・中型哺乳類（アナグマ、アライグマ、イノシシ幼獣、キツネ、タヌキ、ネコ、ハクビシン）電気柵下を通過したが、中・大型哺乳類（イノシシ、サル、シカ）の通過は確認されなかった。イノシシの一例を除いて、出現したすべての動物において、接触や破壊行動は確認されなかった。これまでも、牧草地に設置した電気柵でシカの侵入防止効果が実証されている（高山ほか 2008）。イノシシでも設置時の管理が適切であれば簡易電気柵が高い侵入防止効果を発揮することが知られている（本田 2005）。定期的な漏電管理などが必要ながら、被害が問題となる大型獣の侵入のみを制限できること、動物による破損が少ないことなどが電気柵の利点である。

撮影された動物種の行動差

アナグマは、金属柵扉下、電気柵において多く通

過が確認された種であった。また、樹脂ネット柵においては、イノシシが穴を開けた場合に限って、柵を通過した。したがって、アナグマの体サイズでは樹脂ネットの目合（10cm×10cm）を通り抜けることは不可能と考えられる。金属柵扉下を通過する際、地面を掘って扉下と地面の空間を高さ約12～15cmまで広げる行動が見られた。アナグマが通過するためには、12～15cmの空間が必要であると考えられる。金属柵扉下、電気柵を通過する際には、柵の通過前後に地面に尻をつける行動がほぼ毎回のように見受けられた。また、柵の臭いを嗅ぎ、柵下の通過を止める場面も見られた。柵を通過するかどうかについては、体サイズ以外の社会的な移動の制限あるいは促進も関わっていることが示唆された。匂いによるコミュニケーションは、アナグマの社会生活に大きな役割を果たしていることが知られている（金子 2008）。柵の設置によって生じる移動ルートの制約は、なわばりや同種個体間のコミュニケーションに何らかの影響を及ぼしている可能性がある。

アライグマは主にアナグマによって掘り下げられた12～15cmの金属柵扉下および、電気柵に対して頻繁に通過する様子が確認された。樹脂ネット柵ではアナグマと同じく、イノシシの開けた穴を利用して柵の通過を行っていた。また、穴が開いていない樹脂ネット柵において、すり抜ける行動が1例確認された。この事例ではまず両手をつかかってネットのメッシュを押し広げ、その隙間に頭から体をねじ込み、腰骨部分が引っ掛かったものの身をよじって通過した。しかし、それ以外では樹脂ネット柵に手を掛けても通過する様子は見受けられず、ネットの目合（10cm×10cm）が通過可能な空隙のちょうど限界値であったと推測できた。

アナグマやアライグマと同様に、タヌキも掘り下げられた金属柵扉下および電気柵を通過した。しかし、樹脂ネット柵に関しては、イノシシが穴を開けた状態であっても、通過する様子は確認されなかった。タヌキは前述のアナグマやアライグマに比べて体サイズはやや小さめであるため、樹脂ネットの空隙サイズが通過の制限となっているとは考えられな

い。そのため、樹脂ネットそのものに対する警戒心が、アナグマやアライグマに比べて高い可能性が考えられる。タヌキは樹脂ネットに対しては観察する他、様子をうかがうように接触する行動が頻繁に見られた。また、タヌキがイノシシに注意する行動が1例、イノシシの姿を見て逃げ去る行動が1例確認された。これらのことから、タヌキはイノシシを避けており、イノシシが穴を開け、頻繁に通行する樹脂ネット柵部分に近寄ることを警戒していたことも考えられる。同様に、金属柵部分では柵を長距離にわたって設置することにより、タヌキの移動経路が空隙のある扉下に限られることになる。その結果、扉下を同種あるいは異種個体が通過する頻度が増加するため、においを執拗に嗅ぐ、警戒して立ち止まるなどの行動が多く見られた。金属柵扉下の通過頻度は、体サイズ以外の要因、例えば同種個体との社会関係や異種への警戒などが影響している可能性がある。タヌキは前肢が掛かれば2m以上のネットフェンスを登ることもでき、内径13cmの塩ビ管や檻の6×8cmの格子を抜けるなどという狭いところを通ることに長けているという報告がある(佐伯 2008)が、設置後1年間という本研究期間中には、ネットの登攀や狭い部分のすり抜けは認められなかった。

サルは、金属柵、樹脂ネット柵による移動制限を受けなかった。樹脂ネット柵の持ち上がった部分から潜り抜けた1事例を除き、ほとんどは樹木を伝って柵を超えるか、あるいは柵自体をよじ登った。サルでは、電気柵の移動は確認されなかった。すでに、サル被害を軽減するために電気柵を適切に設置することが有用であることが報告されている(和田・今井 2002, 鈴木 2003)。

ウサギも、柵によって移動が制限されない動物であった。金属柵のみ通過が確認されなかったが、金属柵扉下、樹脂ネット柵における通過が確認された。ただし、どの柵においても、柵の前で観察する(カテゴリー2)行動が多く、周囲の状況を警戒している行動が見られた。本調査地において、電気柵は開けた林道沿いに設置したため、ウサギの行動に影響した可能性がある。ウサギは林道沿いで採食す

るなど、柵とは無関係な行動がより多かった。

シカに関して、3種の柵を突破して柵内に入った様子は見受けられなかった。図-3から樹脂ネット柵においてのみ接触(カテゴリー3)が見られた以外は柵に接触する事はなかった。しかし、番匠(2013)には「シカがネットに絡まることによる破れや下部を掘って潜ることによる侵入が考えられる事例が多く見られた」、「ネット設置後、河川内(ネットを固定していない部分)から頭でネットを持ち上げれば侵入できることを学習したシカが確認され、他のシカがまねて侵入が増加していくおそれが考えられた」との記載がある。調査地である多摩森林科学園は東京都のシカ管理計画の中で分布拡大防止エリアに含まれており、シカの生息数は増加傾向にある(東京都 2017)ものの、現状では科学園に設置されたシカ防護柵が有効に機能していると言える。しかし、調査地においてすでにシカは樹脂ネット柵への接触をためらわない事が確認されており、イノシシと同様に頭でネットを持ち上げれば通過する事を学習する恐れがあるため、今後の経過を注意深く見守る必要がある。

イノシシは、体サイズによって柵による通過の影響が異なった。幼獣は金属柵扉下、樹脂ネット柵、電気柵をすり抜けることが可能であったが、成獣ではいずれも移動が阻害されていた。同じ調査地で行われた先行研究(田村ほか 2018)によると、樹脂ネット柵の設置当初はイノシシがネットを食い破る被害が多く発生したが、次第に杭を抜き、下を潜る通過方法に切り変わっていったことが報告されている。樹脂ネット柵を設置して1ヶ月未満でイノシシによる柵の破壊がみとめられた。また、見回りの度に抜かれた杭を打ち直し、破られた穴を補修して回っていたが、1週間未満で杭が抜かれ、動物が移動する様子が撮影されており、柵を維持するために多大なコストが必要であった(田村ほか 2018)。イノシシは優れた跳躍能力を有しながらも障害物の下をくぐり抜けることを優先する行動特性を有している(江口 2008)。鳥獣被害基盤支援委員会(2014)によるとイノシシは50～60kgの重さを鼻部

で持ち上げ押し動かすことができる。イノシシによる樹脂ネット柵への攻撃が頻繁であることが明らかになり、イノシシが生息する場所でシカ侵入を防止するためには樹脂ネット柵だけでは不適切であることが示唆された。

以上より、防護柵により動物の移動が制限されている場合が見られた。また、防護柵を適切に設置・管理することにより、柵の長期間の運用や生態系の保全が可能となり、自然と人との適切な距離を保つ重要な役割を果たすことが期待できるのではないかと考える。今後は、柵付近以外での動物の行動も含めた、環境要因による動物の土地利用に対する防護柵の影響を調査したいと考えている。

謝辞

柵類の維持管理を多摩森林科学園業務課にご協力いただいた。本研究は森林総合研究所運営費交付金プロジェクトの一部として行われた。

引用文献

番匠克二 (2013) 日光国立公園戦場ヶ原湿原における保全意識と保全対策の変遷. 東京大学農学部演習林報告 128 : 21 ~ 85

江口祐輔 (2008) 日本の哺乳類学②中大型哺乳類・霊長類第16章 農作物被害——ニホンイノシシ. 東京大学出版会. 401 ~ 406

本田 剛 (2005) イノシシ (*Sus scrofa*) 用簡易型被害防止柵による農業被害の防止効果: 設置及び管理要員からの検証. 野生生物保護 9(2) : 93 ~ 101

金子弥生 (2008) 日本の哺乳類学②中大型哺乳類・霊長類 第二章 生活史と生態——ニホンアナグマ. 東京大学出版会. 76 ~ 99

勝木俊雄・大中みちる・別所康次・岩本宏二郎・石井幸夫・島田和則 (2010) 森林総合研究所多摩森林科学園の野生植物. 森林総合研究所研究報告 9(4) : 207 ~ 225

農林水産省 (2017) 鳥獣被害コーナー 6. 野生動物による鳥獣被害状況 全国の野生鳥獣による農作

物被害の被害状況について 参考1 野生鳥獣による農作物被害状況 (平成29年) (農村振興局農村政策部農村環境課鳥獣対策室) http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo2/h29/attach/pdf/181026-3.pdf 2019年2月28日 参照

大岩幸太・藤田和宏・鉄谷龍之・小川 博・安藤元一 (2013) 広域獣害防止柵の開口部がニホンジカ侵入防止に及ぼす影響. 東京農業大学農学集報 59(1) : 21 ~ 28

大島千和・滝口 潤・佐藤尚弘・山田 守・大澤学 (2014) 全国の治山事業におけるシカ被害対策の実態と侵入防止柵の変状原因. 日緑工誌 39(3) : 406 ~ 411

佐伯 緑 (2008) 日本の哺乳類学②中大型哺乳類・霊長類第12章 里山の動物の生態 ホンドタヌキ. 東京大学出版会. 321 ~ 345

鈴木克哉 (2003) 下北半島北西部の野生ニホンザルによる夏期の農地利用. 野生生物保護 8(2) : 49 ~ 61

高山耕二・内山雄紀・赤井克己・廣瀬潤・片平清美・井村嘉美・中西良孝 (2008) 電気柵による牧草採草地へのニホンジカの侵入防止効果. 西日本畜産学会報 51 : 33 ~ 38

田村典子・竹下実生・高山夏鈴・岡 輝樹・小泉透 (2018) 都市近郊林におけるシカ・イノシシ侵入防止柵の設置効果と維持管理作業の1事例. 森林防疫 67(5) : 3 ~ 11

東京都 (2017) 第5期東京都第二種シカ管理計画, 平成29年4月東京都 29

鳥獣被害基盤支援委員会 (2014) 改訂版 野生鳥獣被害防止マニュアル イノシシ・シカ・サル 実践編 農林水産省生産局 監修

豊田武司・谷本丈夫 (2000) 多摩森林科学園 (旧浅川実験林) における森林遷移. 森林総合研究所研究報告 377 : 1 ~ 60

和田一雄・今井一郎 (2002) 青森県西目屋村の猿害について. 野生生物保護 7(2) : 99 ~ 110 (2019.7.16受理)

野生動物個体群の遺伝構造に影響する要因を景観遺伝学が解き明かす

大西尚樹¹

1. はじめに

遺伝的多様性は個体の適応度や生存、個体群の持続性、および環境の変化に対する種の適応力などに影響する生物多様性の最も重要な要素の1つである (Balkenhol *et al.* 2016)。生息地の空間的パターンは動物の行動に影響をおよぼし、それが個体群動態、遺伝子流動、および適応進化といったより高レベルなプロセスを駆動する (Cushman *et al.* 2016)。しかし、人間の活動は、程度の差こそあれ、生息地の空間的パターンを変化させ、それは自然個体群の遺伝的多様性に影響を与えると考えられる。

野生動物個体群における遺伝子流動は個体の分散によってもたらされる。多くの哺乳類において、分散はオスに偏っており、さらに亜成体から成体になるタイミングで起きる出生後分散と、その後の繁殖を伴う繁殖分散がある (Clutton-Brock and Lukas 2012)。また、クマ類では資源の変化に伴う季節移動が知られている (Kozakai *et al.* 2017; Ohnishi *et al.* 2011)。これらは個体自らの適応度を最大にするように行動していると考えられる。

野生動物個体群の遺伝構造は様々な種・地域で研究されてきており、遺伝子流動の程度や個体の移出入の頻度などが推定されている。近年、こうした遺伝子流動の頻度におよぼす景観要因の影響について検討されるようになってきた (Balkenhol *et al.* 2016)。単一で連続的な景観では、個体の移動はランダムウォークとなり、地理的距離が遺伝構造の違いをもたらす主要因となる (距離による隔離の効果)。一方、異質性に富んだ景観やハビタットの分断化が進んだ景観では、個体の移動経路は不適な環境を避けるようにして選ばれるようになる。この場合、地理的距離よりも景観要素の抵抗性による隔離

の効果が強くなる (Cushman *et al.* 2013)。このような景観要素に着目した景観生態学的アプローチで遺伝構造を解析する研究分野は景観遺伝学と呼ばれ、近年、遺伝構造をもたらす要因を解析する手法として着目されている。

2. アメリカクロクマにおける景観遺伝学的研究

アメリカクロクマ (*Ursus americanus*) は日本に生息するツキノワグマ (アジアクロクマ, *U. thibetanus*) と同様にハビタットを森林に依存している。森林が広く連続的に分布している場合、アメリカクロクマの個体群の境界は遺伝的に不明瞭である。カナダの五大湖地域では、個体群の遺伝構造は距離による隔離により550kmに渡って徐々にその遺伝構成が変化しており、人為的影響はほとんど観察されない (Pelletier *et al.* 2012)。一方、モンタナ州とアイダホ州の境界にある山岳地帯 (ロッキー山脈) のツキノワグマ個体群では、地理的距離よりも景観要因が遺伝的構造に大きな影響をおよぼしている (Cushman *et al.* 2006; Short Bull *et al.* 2011)。土地利用の影響を検討した結果、景観的な障壁 (バリアー) は検出されなかったが、景観的な抵抗が影響していた (用語説明)。さらに、標高による抵抗は中程度の標高域 (1000m) で最も低いことが示唆されている (Cushman *et al.* 2006)。一方で、緯度が上がるほど抵抗が小さい標高は低くなるとされている (Short Bull *et al.* 2011)。また、標高と土地利用の不均一性が高い景観において、抵抗の影響がより検出可能であると考えられている。一方で景観要因が均一で連続的な場合、距離による隔離の効果も同様に支持され、景観的な影響から分離できないとした (Short Bull *et al.* 2011)。

3. ツキノワグマにおける景観遺伝学的研究

日本のツキノワグマ個体群は京都府～中国地方、および紀伊半島で孤立しており、京都府以東では青森県南部にかけて広く連続している（大西 2011）。この京都府以西の孤立個体群では個体群間の遺伝構造が異なり、また京都府以東の連続個体群に比べ遺伝的な多様性が低いことが知られている（Ohnishi *et al.* 2007）。これは人為的な分断化による遺伝子流動の減少と個体数減少に伴う遺伝的浮動によるものと考えられている（大西 2011）。一方、京都府以東の連続個体群においても地域ごとに遺伝構成が異なり、遺伝的な構造化が観察されている。Uno *et al.* (2015) は山形県および宮城県周辺の南東北地域の個体群において、こうした遺伝構造は祖先集団の構造と人間の活動によって影響を受ける現在の遺伝子流動が混在してもたらしたものと示唆した。

Ohnishi *et al.* (2019) は、Uno *et al.* (2015) が解析した南東北地域と隣接（一部重複）する青森県・秋田県・岩手県の北東北地方において、景観遺伝学的手法で景観要因が遺伝構造にもたらす影響を明らかにした。この研究では景観要因として標高と土地利用に分けて解析を行っている。調査範囲で捕獲された148個体のツキノワグマの捕獲地点を全個体の組み合わせで直線をひき、その直線上に現れる景観要素について検討していった。ここで、2個体の捕獲地点を結んだ直線をネットワークと呼ぶ。このネットワーク内に現れる景観要素のパラメータを説明行列に、ネットワークを構成する個体ペア間の遺伝

的距離を従属行列に置いてマンテルテストを行った。多くの野生生物個体群では個体間の地理的距離が離れるほど遺伝的距離が大きくなることが知られている（距離による隔離の効果）。これは説明行列に地理的距離をおいた際に統計的な有意なマンテル r 係数が得られることにより証明され、それはこの研究の個体群でも確認されている。そして、そのマンテル r 係数の値が大きいほど、説明行列においたパラメータの説明力が強いことを意味している。

標高については次の4つのモデルを検証した：i) 個体の捕獲地点の標高の平均、ii) ネットワーク内の最大標高差、iii) ネットワーク内の標高の標準偏差 (SD)、iv) ネットワーク内の標高の変動係数 (CV)。これらについてマンテルテストを行ったところ、2個体の標高の平均(i)以外の3つのモデルで統計的に有意で、また地理的距離を説明行列とした場合よりも大きなマンテル r 係数が得られた（表-1）。これは個体が生息している地点の標高そのものよりも、標高差や起伏の程度が個体間の遺伝距離に影響していることを示唆している。アメリカクロクマの研究では、標高そのものが抵抗となっていた。アメリカクロクマの研究はロッキー山脈の一部で行われており、その調査地の標高は2000m付近から7000m付近と5000mもの差がある（Short Bull *et al.* 2011）。これだけの標高差があると、垂直方向に大きく移動した際にエサとなる植生が変化してしまうことが、標高そのものが抵抗として検出される理由だと考えられる。一方、北東北地方では標高差は

表-1 各標高モデルにおけるマンテル r 係数

標高モデル	全サンプル (n=148)	オス (n=87)	メス (n=35)
スルモデル (地理的距離)	0.0687*	0.1388*	0.2373*
捕獲地点の標高の平均	-0.0701	-0.0267	0.049
ネットワーク内の標高の最大標高差	0.1258*	0.1852*	0.2373*
ネットワーク内の標高の標準偏差	0.1205*	0.1692*	0.1954*
ネットワーク内の標高の変動係数	0.2087*	0.2678*	0.3511*

アスタリスク(*)は統計的に有意であることを示す ($p < 0.05$)。太字はスルモデルのマンテル r 係数よりも大きい値であることを示す。Ohnishi *et al.* (2019) を改変。

表-2 各土地利用モデルにおけるマンテル r 係数と最大抵抗値

土地利用モデル	全サンプル (n=148)	オス (n=87)	メス (n=35)
ヌルモデル (地理的距離)	0.0687*	0.1388*	0.2373*
森林	0.0664* (2)	0.1397* (25)	0.2290* (2)
草地	0.0672* (2)	0.1367* (2)	0.2349* (2)
農地	0.0779* (25)	0.1485* (25)	0.2634* (100)
住宅地	0.0721* (25)	0.1392* (5)	0.2403* (100)
開放水系	0.0681* (2)	0.1401* (2)	0.2385* (5)
特殊基質	0.0686* (2)	0.1387* (2)	0.2382* (100)
湿地	0.0687* (2)	0.1387* (2)	0.2381* (100)

各モデルの抵抗値を2, 5, 10, 25, 50, 100とした場合の最大のマンテル r 係数とその時の抵抗値 (括弧) を示す。アスタリスク(*)は統計的に有意であることを示す (全て $p < 0.002$)。太字はヌルモデルのマンテル r 係数よりも大きい値であることを示す。Ohnishi *et al.* (2019) を改変。

2000m程度であり、アメリカクロクマの研究調査地よりは差が小さい。これが、標高そのものの影響がツキノワグマで検出されなかった要因だろう。一方で、個体間の標高差や起伏の程度といった地形的要因はアメリカクロクマで検出されなかったが、ツキノワグマでは検出された。これは、標高そのものの影響が大きいアメリカクロクマに対して、ツキノワグマではその影響が小さいために、相対的に地形的要因の影響が大きくなることで検出されたのだと考えられる。

土地利用については各景観要素の抵抗について検討した (表-2)。森林と草地では抵抗値を変化させてもマンテル r 係数は地理的距離を説明行列とした場合より大きくなることはなく、抵抗として機能していなかった。一方、説明行列に農地と住宅地をおいた場合、地理的距離の時よりも大きく、かつ統計的に有意なマンテル r 係数が得られ、その値は抵抗値が25倍の時に最大であった。これをオス同士のペア、メス同士のペアで解析したところ、オス同士のペアは農地では同様の傾向が見られたが、住宅地ではマンテル r 係数が最大となる抵抗値は5となった。また、森林でも25倍の抵抗が見られた。メス同士のペアでは、農地、住宅地とも抵抗値が100の時に最大のマンテル r 係数を示した。さらに、メス同士のペアでは崖や自然裸地、火山性荒地などの特殊

基質や湿地などの非人為的に開けた環境においても、100倍の抵抗を示した。

この結果は、クマは開けた場所を避けていると一般に言われている傾向を支持する一方で、森林性と言われているツキノワグマにとって草地は抵抗として機能していないことも示した。農地や住宅地が森林や草地に比べ歩きづらいつとは考えられないので、クマにとっての抵抗とは身体的なものではなく、心理的な抵抗を意味しているのだろう。足尾山地においてGPS首輪を用いた行動圏調査においても農地や住宅地への忌避行動は両性で観察されている (根本ら 2016) かつ見スにおいては、農地と住宅地の抵抗が100倍である一方、オスではそれぞれ25倍、5倍であることが、人里への出没がオスに偏っていることの裏付けともなるだろう。さらに、メスは自然裸地や湿地などの非人為的に開けた環境においても高い抵抗値を示したことが、オスに比べて森林および草地に依存していることを示している。解釈が必要なのは、オスで森林の抵抗値が25となったことだ。これは森林が抵抗として機能していることではなく、ニュートラルであると考えられる。本稿で「抵抗」としているのは、基本的には「通り抜けにくさ」であるが、一方でその土地利用を通り抜けにくい「滞在しやすさ」も現象として含んでしまっている。アメリカクロクマの研究においても、森林は遺伝子流動

を制限も促進もしていないと位置づけられている (Short Bull *et al.* 2011)。

興味深いことに、各テストにおけるマンテル r 係数がオス<全個体<メス、とはならず、全個体<オス<メスという結果だった。哺乳類の多くは、オスは出生地から分散し、メスは出生地周辺にとどまる傾向がある。ツキノワグマでも同様の傾向は見られ (Ohnishi and Osawa 2014)、メスでは母親の周辺で行動圏が重複することが確認されている (Kozakai *et al.* 2017)。こうした傾向から、地理的距離や抵抗距離を説明行列に置いた場合のマンテル r 係数は、オス<メスとなることは容易に理解できる。そして、オス-メスのペアを含んだ全個体での関係では、マンテル r 係数はオス・メスの間の値を示すと予測された。しかし、それはオスよりも低い値をとることがわかった。これは富山県の個体群でも観察されており、ツキノワグマ個体群では一般的な現象である可能性が高い。では、なぜオスよりもオス-メス間の方がマンテル r 係数が小さいのか？その理由として、両性にとって環境選択のパターンが異なる可能性が考えられる。例えば、メスは春には亜高山帯の森林、夏には落葉樹林を選好する傾向があるが、オスは両季ともにこれらの森林に対して選好性を示さない (Takahata *et al.* 2017)。こうした異性間の行動パターンの違いに着目した研究も今後必要だろう。

4. おわりに

これまで集団遺伝学的解析では、野生生物の遺伝構造のパターンを検出し、そのパターンを見て構造をもたらす要因について地形や景観要素を考慮して議論してきた。景観遺伝学的解析は、この要因を統計的に解析するものである。例えば、滋賀県西部から兵庫県東部にかけて分布するツキノワグマの北近畿個体群では、京都府を流れる由良川を境に遺伝構造が異なるため、この由良川が障壁となっていると考えられてきた (Ohnishi *et al.* 2007; Saitoh *et al.* 2001)。しかし、本稿では触れなかったが、アメリカクロクマ、ツキノワグマ両種において抵抗ではな

く障壁として機能するような景観要素は見いだされていない (Cushman *et al.* 2006; Ohnishi *et al.* 2019)。今回紹介した論文の結果では、川そのものよりもその周辺に広がる農地や住宅地が抵抗となっていることが示唆された。このように景観遺伝学は、野生生物の遺伝構造をより詳細に理解するツールとなると言えるだろう。

近年、クマの人里への出没が全国で相次いでいる。また、ニホンジカ、イノシシ、ニホンザルなどでも分布拡大や人里への出没・被害が問題となっている。動物と人間の生息圏を分けて考えるゾーニング管理が提唱されている (山崎 2017)。人間にとってのゾーンの境界付近に動物にとっての抵抗となる景観要素を配置することも有効であると考えられる。景観遺伝学はこうした景観要素を抽出する際にも活用できるだろう。

用語説明

障壁 (barrier) : 動物が移動できなくなる、もしくは移動が極めて困難になる景観要素のこと。例えば、河川上流と下流で魚類の移動を妨げるダムがそれにあたる。障壁はその強さは関係なく、存在の有無が考慮される。

抵抗 (resistance, cost) : その景観要素が現れると移動しづらくなる程度を意味する。例えば、自転車で行く際の舗装路の抵抗を1とし、砂利道の抵抗を5とした場合、砂利道は舗装路に比べ5倍のパワーを要する、または同じパワーで自転車を漕いだ場合は5倍の時間を要することになる。

引用文献

- Balkenhol N, Cushman SA, Storfer A, Waits LP (2016) Introduction to landscape genetics- Concepts methods applications. In: Balkenhol N, Cushman SA, Storfer A, Waits LP (eds) Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, pp 1 ~ 7
- Clutton-Brock TH, Lukas D (2012) The evolution

- of social philopatry and dispersal in female mammals. *Mol Ecol* 21: 472 ~ 492
- Cushman S, Shirk A, Landguth E (2013) Landscape genetics and limiting factors. *Conserv Genet* 14: 263 ~ 274
- Cushman SA, McKelvey KS, Hayden J, Schwartz MK (2006) Gene flow in complex landscapes: testing multiple hypotheses with causal modeling. *Am Nat* 168:486-499
- Cushman SA, McRae BH, McGarigal K (2016) Basics of landscape ecology: an introduction to landscapes and population processes for landscape geneticists. In: Balkenhol N, Cushman SA, Storfer A, Waits LP (eds) *Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, pp 11 ~ 34
- Kozakai C, Nemoto Y, Nakajima A, Koike S, Ohnishi N, Yamazaki K (2017) Influence of food availability on matrilineal site fidelity of female Asian black bears. *Mammal Study* 42: 219 ~ 230
- 根本 唯・小坂井千夏・山崎晃司・小池伸介・中島亜美・郡 麻里・正木 隆・梶 光一 (2016) ブナ科堅果結実量の年次変動にともなうツキノワグマの秋期生息地選択の変化. *哺乳類科学* 56: 105 ~ 115
- 大西尚樹 (2011) 個体群の成り立ちと遺伝的構造. (日本のクマーヒグマとツキノワグマの生物学. 坪田敏男・山崎晃司編, 東京大学出版会). 189 ~ 208
- Ohnishi N, Osawa T (2014) A difference in the genetic distribution pattern between the sexes in the Asian black bear. *Mammal Study* 39: 11 ~ 16
- Ohnishi N, Osawa T, Yamamoto T, Uno R (2019) Landscape heterogeneity in landform and land use provides functional resistance to gene flow in continuous Asian black bear populations. *Ecology and Evolution* 9: 4958 ~ 4968
- Ohnishi N, Saitoh T, Ishibashi Y, Oi T (2007) Low genetic diversities in isolated populations of the Asian black bear (*Ursus thibetanus*) in Japan, in comparison with large stable populations. *Conserv Genet* 8: 1331 ~ 1337
- Ohnishi N, Yuasa T, Morimitsu Y, Oi T (2011) Mass-intrusion-induced temporary shift in the genetic structure of an Asian black bear population *Mammal Study* 36: 67 ~ 71
- Pelletier A, Obbard ME, Mills K, Howe EJ, Burrows FG, White BN, Kyle CJ (2012) Delineating genetic groupings in continuously distributed species across largely homogeneous landscapes: a study of American black bears (*Ursus americanus*) in Ontario, Canada. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 90: 999 ~ 1014
- Saitoh T, Ishibashi Y, Kanamori H, Kitahara E (2001) Genetic status of fragmented populations of the Asian black bear *Ursus thibetanus* in western Japan. *Popul Ecol* 43: 221 ~ 227
- Short Bull RA et al. (2011) Why replication is important in landscape genetics: American black bear in the Rocky Mountains. *Mol Ecol* 20: 1092 ~ 1107
- Takahata C, Takii A, Izumiyama S (2017) Season-specific habitat restriction in Asiatic black bears, Japan. *The Journal of Wildlife Management* 81: 1254 ~ 1265 doi: 10.1002/jwmg. 21305
- Uno R, Doko T, Ohnishi N, Tamate HB (2015) Population Genetic Structure of the Asian Black Bear (*Ursus thibetanus*) within and Across Management Units in Northern Japan. *Mammal Study* 40: 231 ~ 244
- 山崎晃司 (2017) ツキノワグマ すぐそこにいる野生動物. 東京大学出版会, 東京

(2019.8.8受理)

討報

島津光明博士追悼文

佐藤大樹¹

本誌編集長をこの3月まで8年間の長きにわたり務められた島津光明博士が2019年4月8日永眠されました。68歳でした。数年前から体調不良をお聞きしていましたが、この2月まで原稿審査のやり取りを行っていただけのご家族から連絡を受けた時には大変な驚きでした。島津博士は東京農工大学をご卒業後、九州農業試験場勤務を経て1978年に森林総合研究所に着任され、昆虫病原糸状菌を中心に研究を推進されました。著者が新人採用されたときの直属の上司であり、10年以上にわたり指導を受けてまいりました。仕事とともに思い出を振り返りたいと思います。

森林防疫上の最大の貢献は、「バイオリサマダラ」、「ポーベリアン」の農薬登録だと思います。これに先立ち、蚕糸昆虫農業技術研究所の河上清博士とともに、まず、果樹類のカミキリムシ類に効果のあるバイオリサカミキリ（主成分*Beauveria brongniartii*）の農薬登録が行われました。これが、日本初の害虫防除用昆虫病原糸状菌製剤です。現在、ゴマダラカミキリ、キボシカミキリ、ハラアカコブカミキリ（シイタケ原木害虫）、最近ではクビアカツヤカミキリ（サクラ）にも適用拡大されています。

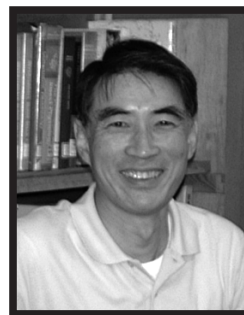
しかし、*B. brongniartii*はマツノマダラカミキリには防除効果がありません。そこで、マツノマダラカミキリの死体から分離された*Beauveria bassiana*の菌株を用い、新たな糸状菌製剤の農薬登録のための研究が、精力的に取り組まれていました。私が採用されたのは、ちょうど最初の製剤が登録される直前で、当時の検討委員会への参加や、マツノマダラカミキリを防除のために*B. bassiana*を枯れ木に導入する様々な技術開発のお手伝いをしました。

島津さんのリーダーシップと参画研究機関、メーカーの一致団結により、2007年2月21日付で「バイオリサマダラ」、「ポーベリアン」が農薬登録されました。登録までの歩みについては、本誌56号（2007）

に島津さんご自身による記事が掲載されています。1980年代から全国の林試の協力を得てより良い菌株を探すところから始まったことが記述されており、バイオリサマダラの農薬登録までには20年以上の歳月がかかったことがわかります。

その一方、売れ方は芳しくなく残念ながら発売10年後の2017年に製造中止になってしまいました（農薬登録は継続しています）。メーカーからの製造中止の連絡を受けたのは、島津さんが退官した後、森林総研が中心となりバイオリサカミキリを用いた防除を推進することを目標の一つと掲げたプロジェクト研究を行っている最中でした。極めて良い防除結果を得ていただけに大きなショックでした。普及のために、バイオリサカミキリ等を使用する場合、事業費の50%まで補助する林野庁の支援事業もありましたが、現場の担当者はなかなか新しい方法を採用してくれませんでした。製造中止が決まった時の本誌編集長が島津さんであり、バイオリサカミキリを振り返る記事の執筆を私が依頼されました（本誌66号2017）。その時の島津さんのお気持ちはいかばかりであったかと思います。

一方、現在もバイオリサカミキリの方は製造されているので、こちらはマツノマダラカミキリに効かないのかという問い合わせが届きます。そのたびに効きませんと回答しています。順番は前後しますが、バイオリサカミキリだけが登録されていた時代にも同じ質問が数多く寄せられ、島津さんは*B. brongniartii*はマツノマダラカミキリには効かないという論文をわざわざ発表しました（*B. bassiana*に比較して*B. brongniartii*は、はるかに殺虫性が劣ることを示した論文）。効かないということの根拠にする論文です。オリジナリティのある論文ながら、行政対応の



根拠となる論文を執筆する視点があるということ
を当時新人だった私は実体験しました。

島津さんは、研究したことを必ず論文にすることを常に心がけていらっしゃいました。論文を書かなければ、研究したことは残らない。税金で調査をしていることを忘れてはいけないということを常に意識していらっしゃいました。また、職場の役割分担の関係で、実験がほとんどできないような状況の時には、論文書きに専念されて年間で3報掲載を確定させました。駆け出しだった私は、とても驚いたことを覚えています。共著論文の下書きにコメントを求めた時もどんなに遅くとも1週間以内に帰ってきました。自分が書くだけでなく、部下が論文を書く場合も迅速に発表できるように指導をいただきました。このように書くと猛烈な上司のようにとらえられるかもしれませんが、週休二日制がまだ隔週だったころにも土曜日に休暇を取って、自主的に週休二日制にしていました。すべきことをしっかり把握し、時間の使い方のうまい方だったと思います。

本誌でも何回か表紙を飾っているように、島津さんは写真がとてもお好きでした。今はデジタルになりましたが、ご自宅に暗室を作り現像や焼き付けもなさっており、周りが少し暗めの写真が好きだとか、写真を焼くときご自身がどこに気を使うか、印画紙上の粒子のどの程度のザラザラ感が気持ちよいかなどを熱く語っていらっしゃいました。ご自身の撮影した写真カレンダーも毎年いただきました。構図の決め方、標本写真の撮影方法など実地で指導を受けたことは今も活用しています。

防除に寄った記述になりましたが、島津さんは基礎研究にも強い興味をお持ちでした。島津さんの基

礎研究での大きな業績は、*Beauveria*の有性世代（子実体）を世界で初めて発見し記載したことです。これをきっかけに、アジアで何種類かの*Beauveria*の有性世代が見つかってきました。また、昆虫病原菌の生態についてはよく話をしました。水平伝搬する胞子と休眠胞子の作り分け、虫がいないときに昆虫病原菌はどのように過ごしているのか、休眠胞子はどのような刺激で発芽するのか、有性世代と無性世代の作り分けなどよく話題になりました。実験方法まで考えたこともありました。本当に研究の好きな方で、まだまだ解明したいことだらけだったと思います。

島津さん、安らかにお眠りください

島津光明博士

1973年3月東京農工大学農学部植物防疫学科卒業

1974年4月九州農業試験場

1978年2月林業試験場浅川実験林天敵微生物研究室

1978年4月林業試験場保護部昆虫科天敵微生物研究室

1986年4月林業試験場保護部主任研究官

1988年4月林業試験場保護部昆虫科天敵微生物研究室長

1988年10月森林総合研究所森林生物部森林動物科昆虫病理研究室長

2001年年4月独立行政法人森林総合研究所森林昆虫研究領域チーム長

2006年4月森林総合研究所森林昆虫研究領域主任研究員

2011年3月定年退職

都道府県だより

秋田県における松くい虫及びナラ枯れ被害について

○被害状況

本県の松くい虫被害は、昭和57年に沿岸南部に位置するにかほ市で確認されて以降、年々増加し、平成

14年度にはピークとなる約3万9千㎡に達しました。

その後、薬剤散布を本格的に実施し、駆除と併用した防除対策を講じた結果、減少傾向に転じ、平成30年度は約9千2百㎡とピーク時の24%にまで減少

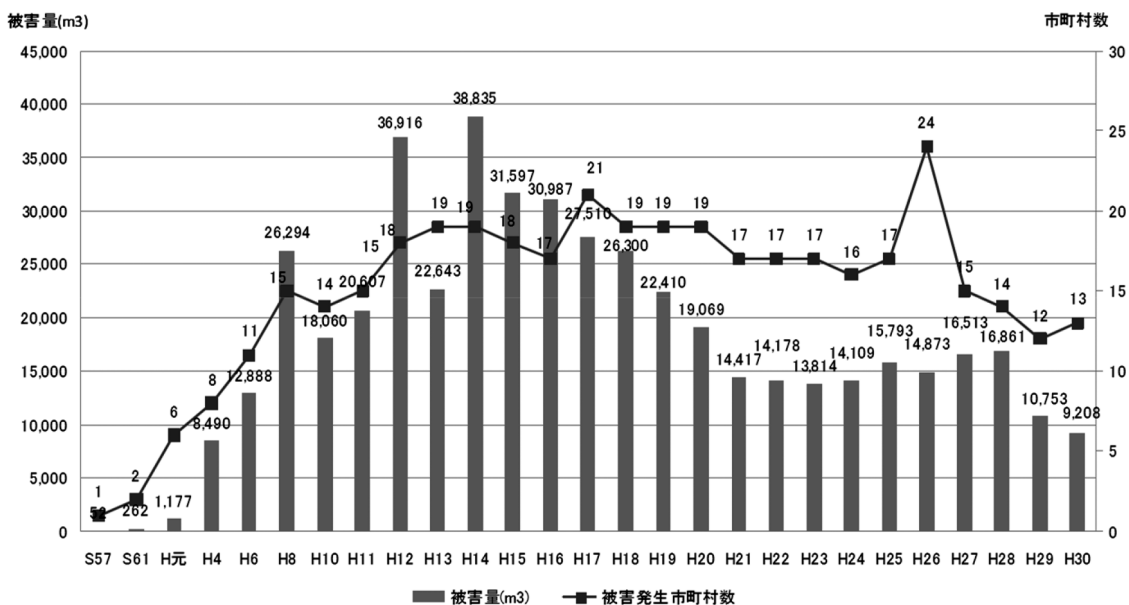


図-1 松くい虫被害量の推移

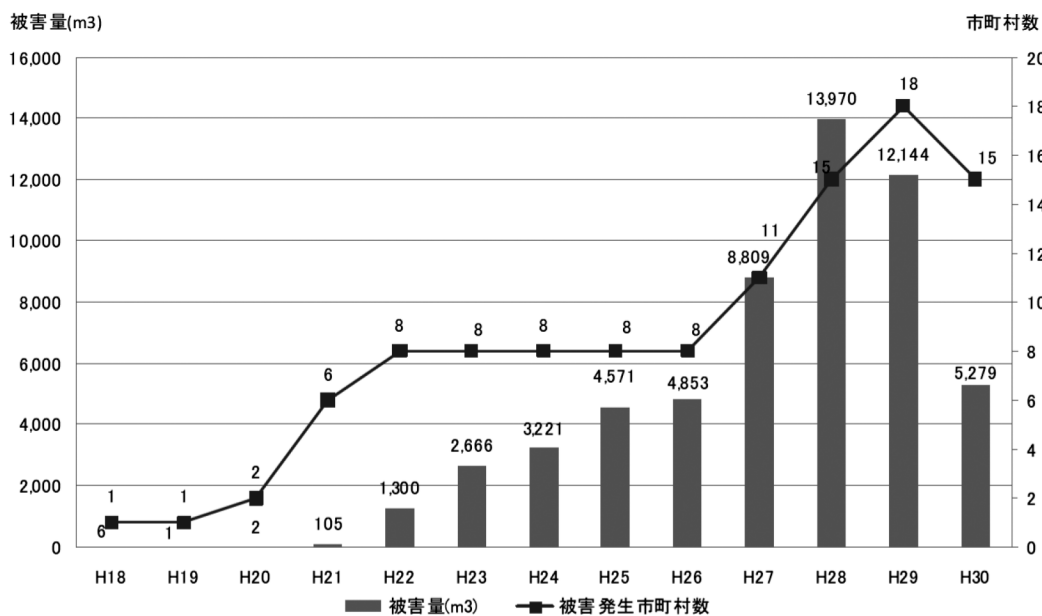


図-2 ナラ枯れ被害量の推移



写真-1 無人ヘリコプター散布

しました。(図-1)

一方、平成18年度に発生したナラ枯れ被害は、平成22年度以降急激に増加し、平成28年度には現時点でのピークとなる約1万4千㎡となりました。しかし、平成29年度より減少に転じ、平成30年度の被害量は約5千3百㎡と大幅に減少しています。(図-2)

<松くい虫>

○被害対策

沿岸部の保安林に指定されているクロマツ林や、自然公園・名木等の県民生活において重要な役割を担っている松林とその周辺に位置する松林を「対策対象松林」に指定し、予防のための薬剤散布や樹幹注入、被害の拡散防止を図るため、被害木の駆除を実施しています。(写真-1)

薬剤散布については、防除効果をより一層高めるため、国や関係機関と散布時期の調整を行い、一斉防除に努めています。駆除した被害木は、資源の有効利用を図る観点からチップ化し、パルプやバイオマス発電の原料として利用されています。

<ナラ枯れ>

森林公園や景勝地周辺など重要性の高いナラ林を「守るべきナラ林」に指定し、樹幹注入による予防



写真-2 ナラ林の伐採・搬出

と被害木処理によるまん延防止対策を実施しています。また、平成28年度の被害拡大に伴い、翌年度から3カ年の緊急対策として、ナラ林を主体とする広葉樹林の伐採・搬出経費に補助する事業を実施しています。こうした対策が広葉樹林の若返りを促進し、被害の未然防止効果が発揮されていくものと考えています。(写真-2)

○今後の対応

県内には、沿岸北部に位置する能代市の「風の松原」、沿岸中央部に位置する秋田市～潟上市の「夕日の松原」という国内でも有数の松林があます。これらの海岸林は先人が築き上げてきた歴史的、文化的に優れた「緑の遺産」としてその重要性はますます高まっており、県民の生活には欠かせない存在となっています。

また、里山の広葉樹林は、水源かん養機能や土砂崩壊防止機能のほか、彩りのある景観を有し、更には、薪やほだ木、チップ原料といった山村地域の貴重な資源となっています。

今後とも、この大切な森林資源を病虫害被害から保護するため、継続的かつ、効果的な防除対策を実施していきたいと考えています。

(秋田県農林水産部 森林整備課 森林管理班)

協会だより

どなたでも投稿できます！本誌に投稿してみませんか？

最近、「森林防疫」への投稿が少なくなっています。何年前から原稿料を差し上げられなくなってしまい、ご多忙の中、本誌への原稿を書いてくださる執筆者の方々には大変申し訳ない状態です。それが投稿が少ない大きな要因と思っております。自分の文が伝統ある雑誌に掲載される喜び、論文は2名のレフェリーによる査読付き、そんなものが執筆される皆様の支えになっているのかもしれない。

研究者の皆様にとっては、オリジナリティの高い研究成果を「森林防疫」に掲載するのはもったいない、というお考えもあるかと思えます。それも理解できますが、本誌の読者は研究者だけではありませんし、研究者でも専門から離れた学会の論文を読む機会は少ないのではないのでしょうか？国際誌に英語の論文で出した成果を、一般の読者に分かりやすく解説する日本語の雑誌、また、身近な観察の中から得られた貴重なデータを公表する場にもなります。本誌はそんな役割も果たせると思っています。

記事ばかりでなく、表紙写真の原稿もお待ちしております。

下に投稿規定を掲載しますので、どうぞ皆様、奮ってご投稿をお願いいたします。

森林防疫投稿規定 (2015. 3改訂)

本文記事

1. 原稿の種類

本誌記事の原稿の種類には、論文（速報、短報を含む）、総説、解説、学会報告、記録、新刊紹介、読者の広場、病虫獣害発生情報、林野庁だより、および都道府県だより等があります。

2. 審査委員会

各分野8名の専門家よりなる審査委員会を設け、1件の原稿につき原則として2名の審査委員（主1、副1）が審査にあたります。審査委員会の意見により、著者に原稿の変更をお願いする場合があります。

3. 著作権

本誌記事の著作権は、全国森林病虫獣害防除協会に属します。本誌記事の電子ファイルを転載、公開、商用利用、二次情報の作成（データベース化など）などを行う場合には、利用許諾の申請をお願いします。

4. 印刷

本文の印刷は原則として白黒ですが、ご希望の場合は割増料金にてカラー印刷も可能です。別刷をご希望の方は、実費にて100部単位で受け付けます。別刷を御購入の方には、論文のPDFファイルが無償で差し上げますが、PDFファイル単体での分譲はいたしません。

5. 執筆要領

皆様からの投稿を歓迎いたします。執筆に当たっては、幅広い読者に対し、わかりやすく、読みやすく、見やすく記述していただきますようお願いいたします。

1) 原稿はできるだけ汎用性のあるソフトを用いて作成した電子ファイルによる投稿をお願いします。本文と図表、写真は原則として別ファイルとして下さい。

2) 本文はできるだけMicrosoft Wordで作成してください。本文の最初の1枚目は、原稿の種類、表題（和文と英文）、連絡先住所・所属・氏名（ローマ字つづり）、E-mailアドレス（非公開、著者との連絡用）、別刷希望部数および写真・図表等資料の返送の要・不要、カラー印刷希望の有無について書き、実際の内容は2枚目から書き始めて下さい。1ページ46字×39行にすると、本誌の1ページと同じ字数になります。本文ファイルには、図表の張り付けはせず、説明文のみを本文末尾に付けて下さい。なお、本誌誌面は2段組みですが、原稿は段組みなしに設定して下さい。記事1件の長さは、通常刷り上り10ページ以内としますが、短編の記事も歓迎します。

3) 写真・図表もできるだけ電子ファイルで作成して下さい。それぞれ本文とは別ファイルで、望ましいファイル形式は、表はMicrosoft Excel (.xlsx)、写真はJPEG、図はイラストであればJPEGまたはPDF、グラフであればMicrosoft Excelのグラフ (.xlsx) です。

4) 用語等については、次の点に留意をお願いします。

- ①常用漢字、現代仮名遣いを用いてわかりやすく記述して下さい（ただし専門用語はこの限りではありません）。
- ②生物の標準和名はカタカナで、学名はイタリック体で表記します。

- ③樹齢の表わし方は満年齢です（当年生，1年生，2年生，40年生等）。
- ④単位は記号を用いて下さい（例：m，cm，mm，ha，%等）。
- ⑤年の表記は原則として西暦ですが，行政上の文書や施行に言及するような場合は，元号で構いません。
- 5) 本文の構成にはとくに既定しませんが，例えば論文であれば1. はじめに，2. 材料と方法，3. 結果，4. 考察，等の見出しを付けることをお勧めします。また，必要に応じてその下に中見出し(1), (2), …, 小見出し1), 2), …を付けて下さい。
- 6) 図表の見出しは，表-1，図-1，写真-1…とします。図表の説明文は，原稿本文の最後（引用文献の後）にページを改めて付けて下さい。
- 7) 文献は引用個所に「(著者姓 年号)」あるいは複数の場合は「(著者姓 年号；著者姓 年号；…)」のように記し，本文末に引用文献リストを付けて下さい。本文中の引用文献の著者名は，2人までは全員の，また3人以上は筆頭著者の後を「ら」あるいは「*et al.*」として省略します。引用文献リストでは著者名は全員の名前を書きます。引用文献リストの文献の順番は，著者名のアルファベット順，同一著者については年代順とします。同一著者で同一年の場合は，2004a，2004b，…のように記して下さい。アルファベットの著者名では，イニシャルのピリオドは省略します。また，誌名の略し方はNLM方式で，分からない場合は<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>でお調べ下さい。文献リストは，次の記載例を参考にしてお書き下さい。

論文引用

清原友也・徳重陽山（1971）マツ生立木に対する線虫*Bursaphelenchus* sp.の接種試験. 日林誌 53：210～218

Sepideh MA, Clement KM, Colette B (2009) Multigene phylogeny of filamentous ambrosia fungi associated with ambrosia and bark beetles. *Mycol Res* 113: 822～835

単行本部分引用

吉田成章（1993）ヤツバキクイムシ. (森林昆虫 総論・各論. 小林富士雄・竹谷昭彦編, 養賢堂). 171～178

Shimazu M (2008) Biological control of the Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus*. In: Pine wilt disease. Zhao BG, Futai K, Sutherland JR, Takeuchi Y (eds) Springer, 351～370

単行本全体引用

岸 洋一（1988）マツ材線虫病-松くい虫-精説. トーマス・カンパニー，東京（ページ数記載不要）

ホームページ引用

内閣府（2004）森林と生活に関する世論調査. <http://www.cao.go.jp>…, 2004.10.1参照（閲覧日を記入）

表紙写真

1. 表紙写真の種類

森の生物と被害に関係し，表紙を飾るにふさわしい写真を募集いたします。カラー写真で，単写真でも組写真でも結構です。内容は，本文記事との関連の有無はどちらでも構いません。写真の原画は出来るだけ高解像度・低圧縮率の方が高画質できれいな表紙にできます。写真はJPEG形式のファイルとして下さい。

2. 表紙写真説明文

表紙写真には300～500字の説明文が必要です。説明文の最後には，投稿者の所属と氏名をカッコ内に入れて記して下さい。

原稿の送付

本文記事，表紙とも原稿はなるべくE-mail添付で，boujo@zenmori.org宛てにお送り下さい。なお，大きなファイルをメール添付した場合，稀にトラブルがありますので，添付ファイル送信時には，原稿を送付したことを，別便のメールにてご連絡下さいますようお願いいたします。

ファイルサイズが大きく，添付が難しい場合は，ファイルをCDあるいはDVDに保存し，郵便などで次の宛先にお送り下さい。

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-1-12（全森連内）

全国森林病虫獣害防除協会 森林防疫編集担当宛

森林病虫獣害発生情報：令和元年7～8月受理分

病害

なし

獣害

なし

(森林総合研究所 服部 カ/佐藤大樹/岡 輝樹)

虫害

なし

マツクイ虫防除に多目的使用が出来る

サンケイ
スミパイン[®] 乳剤

松枯れ防止樹幹注入剤

グリーンガード[®]・NEO

少量注入でケムシや吸汁性害虫を防除

ウッドスター[®]

伐倒木くん蒸用分解性シート

ビオフレックス

樹木のケムシ退治に

ディプロレックス[®] 乳剤

ナラ枯れ予防用樹幹注入剤


ウッドキッキング[®]
DASH

伐倒木用くん蒸処理剤

キルパー40[®]

マツクイ虫被害木伐倒駆除に

パインサイド[®] S油剤D



サンケイ化学株式会社

〈説明書進呈〉

本社	〒891-0122	鹿児島市南栄2丁目9	(099)268-7588
東京営業部	〒366-0032	埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1	(048)551-2122
大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西中島4丁目5-1 新栄ビル	(06)6305-5871
九州北部営業所	〒841-0025	佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3	(0942)81-3808

森林防疫 第68巻第5号(通巻第734号)
令和元年9月25日 発行(奇数月25日発行)

編集・発行人 村松二郎
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都豊島区東池袋5-45-5
ASビル

☎ (03) 5944-9853

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://bojyokyoikai.main.jp/>