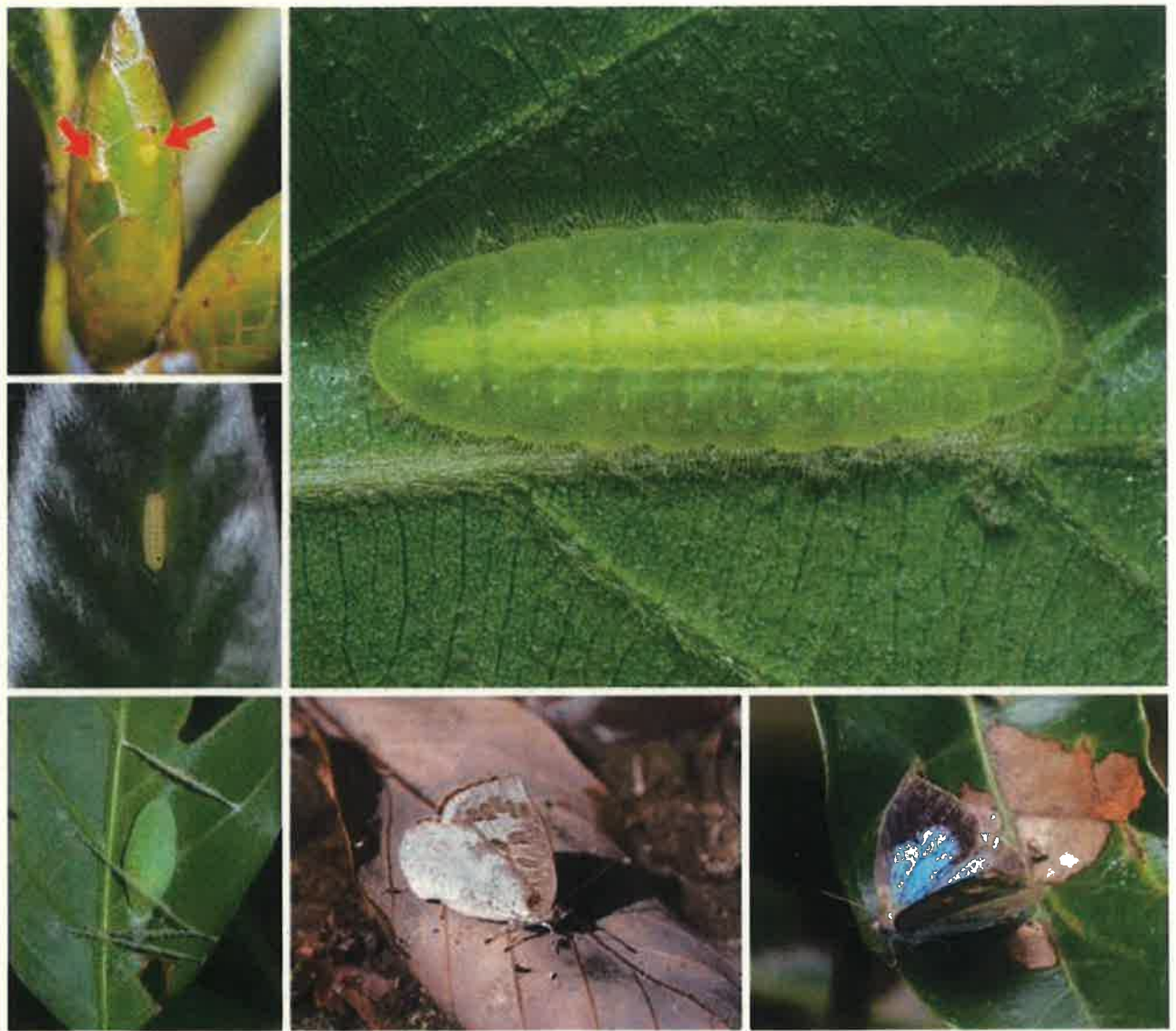


森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

桜島におけるマツ材線虫病—火山活動は被害量変遷の決定要因か?—
[曾根晃一・松尾俊幸・畑 邦彦] 3

日本へのノクチリオキバチに対する潜在生物的抵抗要因としての
針葉樹キバチ類の寄生蜂相
[田端雅進・前藤 薫・渡辺恭平・梶村 恒・小坂 肇・神崎菜摘] 13

解説

リアルタイムGPS首輪の開発と行動把握
[坂庭浩之] 17

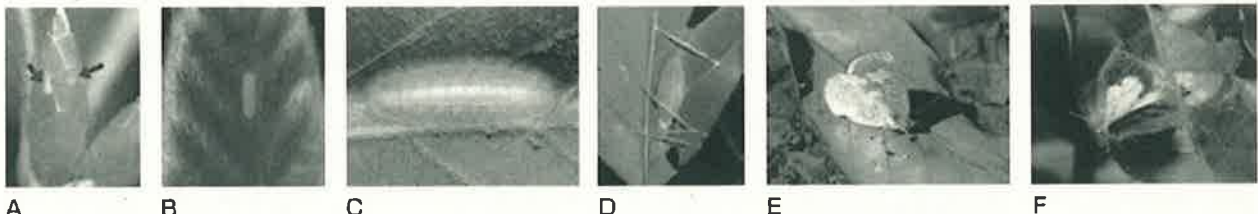
総説

ニホンジカによる林業被害に対する防除戦略：獣害防除の既存研究の整理
[中川宏治] 24

都道府県だより：秋田県・岡山県 34

森林病虫獣害発生情報：平成27年9月・10月受理分 38

森林防疫ジャーナル：(研)森林総合研究所生物関連人事異動 39



[表紙写真] ルーミスジミ *Panchala ganesa loomisi* (H. Pryer) の各発育ステージ

写真A：アカガシの新芽に産まれた卵（矢印、芽鱗の内側に産まれた卵が透けて見えている）、写真B：1齢幼虫、
写真C：5齢（終齢）幼虫、写真D：蛹、写真E：成虫（翅裏）、写真F：成虫（翅表）

暖温帯の常緑樹林にすみ、イチイガシやアカガシを食樹とする絶滅危惧II類のチョウ。本州(千葉, 三重, 奈良, 和歌山, 鳥根, 山口), 四国(愛媛, 徳島, 高知), 九州(福岡, 大分, 宮崎, 熊本, 鹿児島)と、島嶼では隠岐と屋久島に分布記録があるが、このうち、愛媛県, 高知県, 福岡県, 熊本県, 大分県, 鳥根県本土, 鹿児島県本土では絶滅した可能性が高い。房総半島は本種の最大の産地で、晩夏には多数の成虫が谷底に降りているのを見ることがある。従来年3回発生するとされてきたが、最近の房総半島などでの研究からは年1回発生であると考えられるようになった。即ち、4～5月に産まれた卵から孵化した幼虫は5齢を経過して6月に蛹化、7月初め頃に羽化する。成虫の姿で、夏、秋、冬を過ごし、越冬後に産卵する。成虫越冬・1化性という生活環は、シジミチョウとしては異例。成虫は羽化直後から盛夏までは休眠していると考えられるが、その調節機構など、まだまだ謎の多いチョウである。1日中だれにも会わない深い渓谷で、ヒルの襲撃に怯えながらも、チョウの誘惑に勝てない自分は、やはりもの好きとしか言いようがない。すべて千葉県の野外で撮影。

((研)森林総合研究所多摩森林科学園 井上大成)

論文

桜島におけるマツ材線虫病 — 火山活動は被害量変遷の決定要因か？ —

曾根晃一¹・松尾俊幸²・畑 邦彦³

1. はじめに

鹿児島県の錦江湾内に位置する桜島は、周囲約55 km、面積約73km²の火山島で、文明8年(1446年)、安永8年(1779年)、大正3年(1914年)、昭和21年(1946年)に大噴火し、その際火口から流れ出た溶岩が広い地域を覆っている。特に、大正3年(1914年)の大噴火の際山腹から流れ出た溶岩で、島の南東部分が大隅半島とつながってしまったことはよく知られている。今回1994年にマツ材線虫病が再発する以前には、溶岩台地上にもクロマツが多く生育していたが、溶岩の噴出した年代により、その林相は異なっていた。文明溶岩や安永溶岩といった古い溶岩上では、火山灰が何層にも厚く堆積し、土壌が多少とも発達している。そのような場所でのクロマツ林分では、クロマツ大径木が林冠を形成していた。一方、大正溶岩や昭和溶岩のような新しい溶岩台地では、溶岩が至る所に露出し、土壌の発達は極めて悪く、植生の遷移は初期段階にとどまっていた。大正溶岩上では樹齢35～40年生のクロマツに交じり、樹高10m以下、胸高直径10cm以下の若いクロマツ小径木が多く生育していた。また、昭和溶岩上では樹齢20年よりも若いクロマツ小径木が多数生育していた。

桜島でも、以前からマツ材線虫病は発生していたが、被害量はそれほど多くなかった。そして、1987年から1993年までの7年間は、被害は発生しなかった。ところが、被害丸太が持ち込まれた西部地域には1994年に、被害の激しかった大隅半島と接している南西部には1997年から1998年にかけて、マツ材線虫病が再侵入し、2000年までに被害は島内全域のマツ林に拡大した(曾根ら 2002 a)。

マツ材線虫病はマツノザイセンチュウ(*Bursaphelenchus xylophilus*, 以下センチュウ)がマツ類の

樹体内に侵入することで発病する萎凋病で(清原・徳重 1971)、センチュウがマツノマダラカミキリ(*Monochamus alternatus*, 以下カミキリ)により健全な寄主に運ばれることで被害は拡大する(Mamiya and Enda 1972)。そのため、マツ材線虫病の被害レベルには、夏の気象条件とそれによる寄主が受けるストレスの程度、センチュウの運び屋であるカミキリの生息状況やセンチュウ保有状況、センチュウの病原力、寄主のマツ材線虫病に対する抵抗性など、多くの要因が関わっている(Mamiya 1972; 小林 1979; 鈴木 1984; 岸 1988)。それらに加え、世界でも有数の活火山で、現在も活発な噴火活動が続いている桜島では、マツ材線虫病の発生や被害量に対し火山活動が何らかの影響を及ぼしている可能性も考えられる。それについて、地元では、「桜島の火山活動が盛んで、火山灰の降下が多いときには、マツ枯れはほとんどみられず、火山活動が沈静化し、降灰が少なくなったら被害が増える」といわれてきた。そのため、「今回のマツ枯れの大量発生は、桜島の火山活動の沈静化が原因ではないか」という声がよく聞かれる。

しかしながら、この点について、野外での実証的な調査事例はない。そこで本稿では、被害の拡大傾向が顕著になり始めた1997年から被害がほぼ終息した2013年まで鹿児島大学森林保護学研究室が実施した、桜島の被害状況やカミキリの生息状況などについての調査結果などをもとに、桜島の火山活動の変化と被害量の経年変化との関係についてについて考察した。

2. 火山活動

カミキリ成虫の主要な活動時期で、マツ材線虫病

Pine wilt disease in Sakurajima, Kagoshima Prefecture -Is volcanic activity a determinant factor of the temporal changes in the incidence of pine wilt disease?

¹ SONE, Koichi, 鹿児島大学農学部森林保護学研究室; ² MATSUO, Toshiyuki, 鹿児島大学大学院農学研究科森林保護学研究室;

³ HATA, Kunihiko, 鹿児島大学農学部森林保護学研究室



図-1 降灰量の計測地 (▲) とマツノマダラカミキリ生息状況と枯死木数の調査地 (●)

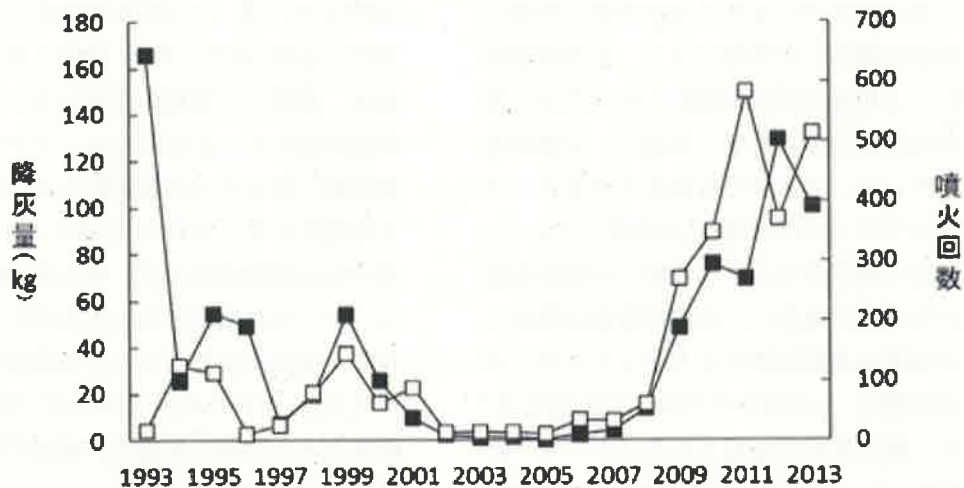


図-2 桜島における5月から9月にかけての降灰量 (■) と噴火回数 (□) の経年変化

の発生に影響があると思われる、5月から9月までの噴火回数と降灰量を用いて、火山活動を評価した。噴火回数は鹿児島気象台 (2015) のホームページに記載されたデータを、降灰量は鹿児島県 (2015) が14か所の地点 (湯之平, 二俣上, 二俣, 武, 西道 (2011年に藤野に名称変更), 赤水, 小池, 高免, 園山, 黒神, 有村, 湯之平, 持木, 桜島口) (図-1) で測定した1㎡あたりの降灰量の合計を、各年の値とした (以下 降灰量)。

図-2に、1993年から2013年にかけての噴火回数と降灰量の変化を示す。噴火回数は、1993年は17回と少なかったが、1994年と1995年は125回と113回と比較的多かった。噴火回数は、1996年に11回に減少した後、1997年から1999年までの3年間は増加を続け、1997年は25回であった噴火回数は、1999年には145回に達した。その後、2000年に62回に減少し、2001年には88回に増加したが、2002年から2005年にかけては、11回から14回と少なかった。2006年と

2007年には34回と33回, 2008年には61回と増加した後, 2009年に270回と急激に増加した。その後も噴火回数は増加し, 2010年には348回, 2011年には583回, 2012年には317回, 2013年は514回と, 噴火回数の多い状態が続いた。

1993年の降灰量は165.7kgで, 噴火回数は少なかつたにもかかわらず, 2013年までの21年間で最も多かった。これは, 南岳山頂火口から大規模な噴火が生じたことによる。その後, 降灰量は, 1994年は25.4kg, 1995年は54.5kg, 1996年は49.3kg, 1997年は7.2kgと増減を繰り返した。1998年から1999年までは増加を続け, 1999年には54.2kgに達した。その後, 2000年は25.7kg, 2001年は9.5kg, 2003年は1.2kg, 2004年は1.3kg, 2005年は0.3kgと減少し続けた。降灰量は2006年からは増加に転じ, 2006年は2.4kg, 2007年は4.5kg, 2008年は13.8kg, 2009年は48.6kg, 2010年には75.8kgと毎年増加した。そして, 2011年から2013年の降灰量は, それぞれ69.6kg, 129.2kg, 100.4kgと, 高いレベルで推移した。1993年から1996年までを除き, 1997年以降の噴火回数と降灰量の年変動パターンはよく一致していた。

以上の結果から, 1994年から1996年にかけてやや活発だった火山活動は, 1997年に一旦弱まり, 1999年まで再び活発化したが, その後は次第に沈静化し, 2002年から2007年までは極めて低調であった。そして, 2008年以降再び火山活動は活発化して, 現在に至っているといえる。

3. 被害状況の変化

1970年代の終わりから1980年代の初めには, 桜島に接している垂水市では, マツ材線虫病による年間被害材積 (以下 被害量) は2,500 ~ 3,000m³であったのではないかと推測されている (曾根ら 2002a) のに対し, 鹿児島県の統計によると, 桜島での毎年の被害量は10m³以下にすぎなかった。その後も1986年までは被害量は低レベルで推移し, 1987年から1993年までは全く被害は発生しなかった。そして, 1994年に新たに35m³のクロマツの被害が発生した。1995年度の被害量は18m³とやや減少したが, 1996年

度以降増加に転じ, 1996年度は101m³, 1997年度は317m³, 1998年度は527m³, 1999年度は1,260m³, 2000年度は2,000m³と増加し続け, 2001年度は13,400m³と1万m³を超えた。こうしてみると, 被害量は2001年に急激に増加したように見えるが, 以前著者の一人である曾根が出席した松くい虫被害対策に関する会議で, 少なくとも1998年度から2000年度までの被害量は, 県が実施した枯損木の処理量で, これは全枯損量の約1/3に相当するとの説明があった。そうすると, 1998年度, 1999年度, 2000年度の被害量は, それぞれ1,500 ~ 1,800m³, 3,500 ~ 4,000m³, 約6,000m³となり, 被害量は毎年コンスタントに増加し続けたことがわかる。被害量はその後も増加し続け, 2004年度には最大となった (25,800m³)。被害量はその後緩やかに減少し, 2009年度には12,400m³まで減少した。ところが, 2010年度に被害量は550m³まで激減し, その後も2011年度は100m³, 2012年度は22m³, 2013年度は11m³と毎年減少し続けた (図-3)。

図-4に, 1997年から鹿児島大学森林保護学研究室が後述するカミキリ成虫の生息状況を調査した島内8か所のクロマツ林分での被害状況を示す。調査林分は, 鹿児島大学農学部附属演習林桜島溶岩実験場 (以下 実験場), 碩原, 古里, 黒神溶岩, 黒神, 長谷, 赤生原, 湯之平で (図-1), 被害状況は, 林分内に設置したカミキリ成虫捕獲トラップの周囲約100mの地域 (面積は5 ~ 8ha) 内の被害木数で表した。大径木の被害木数は, 1999年以降増加し, 2002年から2007年までは高いレベルで推移した後, 急激に減少した。胸高直径10cm以下の小径木の被害は, 2004年まではまったく見られなかったが, 被害木数は2005年以降増加し, 2007年にピークに達した後は減少に転じ, 2010年以降は極めて少なくなった。

このように, 全国各地のマツ林で報告されていると同様に, 桜島でも被害は大径木から始まり, 2006年ころまでに島内で多数生育していた胸高直径が30cm, 樹高20m近くないしはそれ以上のクロマツ大径木の多くが, マツ材線虫病により枯死し, その後は徐々にサイズの小さいクロマツに被害が移行した。全島の被害木数のデータがないので, 2004年か

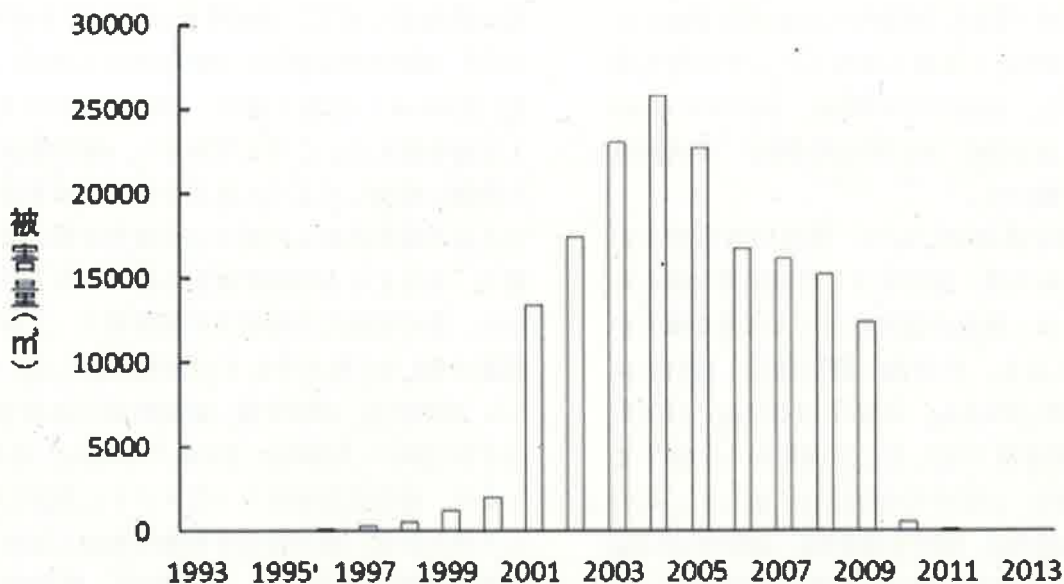


図-3 桜島でのマツ材線虫病の被害量の経年変化 (鹿児島県調べ)

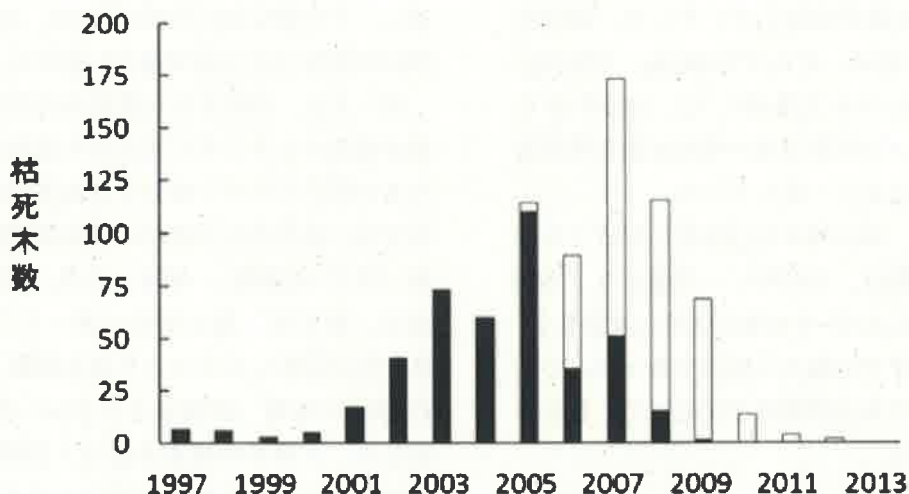


図-4 マツノマダラカミキリ成虫の生息状況調査地あたりの大径木 (■) と小径木 (□) の枯死木数の経年変化

ら2009年までの被害の減少が、被害木数の減少によるものなのか、被害木のサイズの減少によるものなのかは断言できない。しかし、上記の8箇所の被害木の調査結果から、2005年以降の被害量の減少は、被害木のサイズと本数の双方の減少によると考えられる。しかし、大径木がほとんどなくなった2010年以降の被害量の急激な減少は、明らかに被害木数の減少による。

これらの結果をもとに、1994年以降の桜島のマツ

材線虫病被害は、被害材の持ち込みと大隅半島からのカミキリの飛来による侵入・定着期 (1994～1998年)、島内のクロマツ林に被害が拡大した拡大期 (1999～2002年)、被害量が最大に達し、島内のクロマツ大径木のほとんどが枯死し、小径木への被害が見られ始めたピーク期 (2003～2006年)、被害の主体が小径木に移行し、被害量が減少し続けた減退期 (2007～2009年)、そして被害量が急激に減少し、枯死木がほとんど見られなくなった終息期 (2010

年以降)の、5つのステージに区分できる。

4. カミキリの生息状況

1997年から2013年にかけて、桜島島内の実験場、碩原、古里、黒神溶岩、黒神、長谷、赤生原、湯之平、高免(図-1)の9カ所に、90%エチルアルコールと松脂の主成分の一つである α -ピネンを誘引剤とした、生け捕り型に改良したサンケイ化学株式会社の昆虫誘引器(中村ら1999;中村・曾根2004)(以下トラップ)を、地上2~10mの高さに、10~30m間隔で3基ずつ設置し、カミキリの成虫の捕獲調査を行った。高免では、1998年から2004年まで調査を行っていたが、調査地周辺のクロマツがすべて枯死したため、2005年度以降は実施しなかった。実験場、古里、黒神、長谷、湯之平では1997年度から、碩原、黒神溶岩及び赤生原では、被害が見られ始めた2000年から調査を行った。

トラップの容器の部分には、捕獲した成虫が逃亡しないように透明のアクリル板で返しをつけ、餌木として当年生から3年生までのクロマツの生枝を1~3本入れた。トラップは毎年5月初旬に設置し、9月中旬から10月上旬まで、原則として毎週2回捕獲状況を確認した。餌木はほぼ毎調査日に、誘引剤は2週間間隔で交換した。

各調査日で成虫が捕獲された場合は、捕獲数、捕

獲個体の性や状態(衰弱や死亡)、餌木上の後食痕や産卵痕の有無を記録した。この調査では、成虫が捕獲されなかったにもかかわらず餌木上に後食痕が確認された場合や、成虫が捕獲されなかった、または雄成虫のみが捕獲されたトラップ内の餌木に、産卵痕が残されていた場合があった。前者は、性は不明だが成虫が1個体以上、後者は少なくとも雌成虫が1個体以上捕獲されたが、捕獲状況を確認するまでに逃亡したことを意味している。そこで、これらの事例数(トラップ数)に実際に捕獲された成虫の個体数を加えた値を捕獲個体数とした。そして、衰弱個体と死亡個体の総捕獲個体数に対する割合(以下死亡・衰弱率)を求めた。

トラップあたりの捕獲個体数は、被害が拡大した1999年から2000年にかけて、2.8個体から8.3個体に急激に増加し、2001年から2004年まで11~20個体と高いレベルで推移した。その後は、2009年まで5~13個体の間で増減を繰り返しながら、全体としては減少し続け、2000年に1.3個体まで急激に減少した。捕獲個体数は、2011年以降も1.2個体、2012年は0.4個体、2013年は0.1個体と減少し続け、非常に低いレベルで推移した(図-5)。

調査途中から捕獲状況の確認を週1回に変更した2012年と2013年を除いた1997年から2011年の死亡・衰弱率の年次変動は、以下の通りであった。死亡・

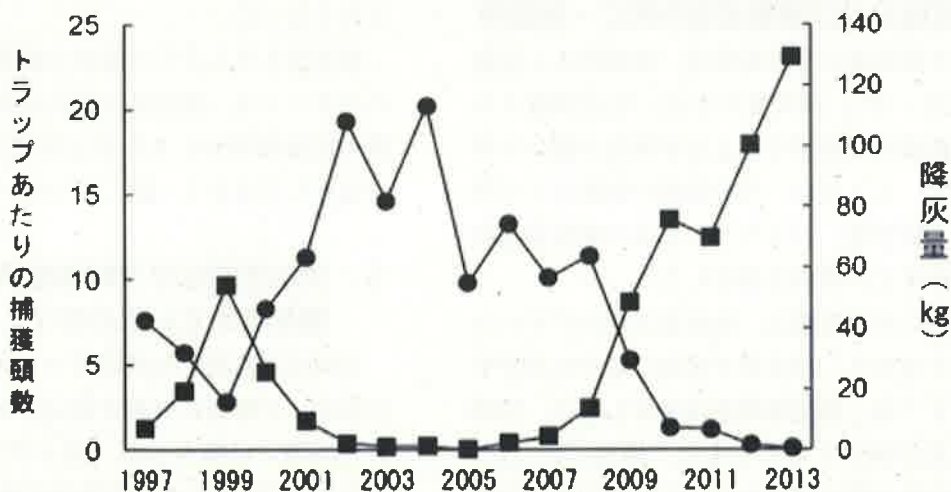


図-5 トラップあたりのカミキリ成虫捕獲数(●)と降灰量(■)の経年変動の関係

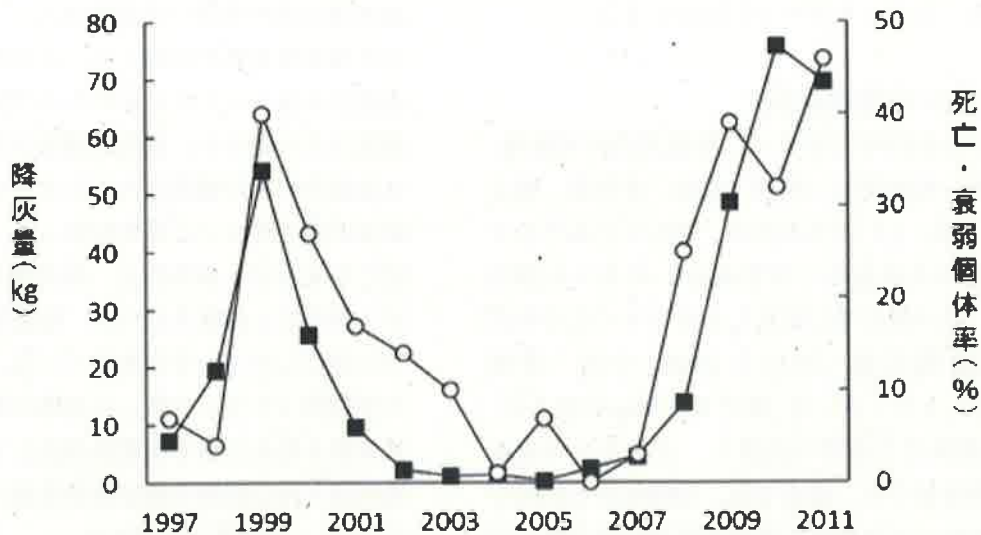


図-6 降灰量 (■) とトラップで捕獲されたカミキリ成虫の死亡・衰弱率 (○) の経年変化の関係

衰弱率は、1997年と1998年は、それぞれ7%、4%と低かったが、1999年は40%に増加した。その後、2000年には27%、2002年にはその約半分の14%、2004年には1%にまで低下し続けた。2005年に再び7%に上昇したが、2006年には0%に低下した。2007年に3%に上昇した後は、2008年は25%、2009年は39%と急激に上昇した。2010年に32%に減少した後、2011年には調査期間中で最大の46%となった(図-6)。

5. 火山活動と被害量、カミキリの成虫の捕獲個体数および捕獲成虫の死亡・衰弱率

噴火回数と降灰量の年次変動は、比較的良好に同調していた(図-3)。降灰量の方が、噴火回数よりカミキリに直接的な影響を与える可能性が高いと考えられたので、ここでは、火山活動の指標として降灰量を用い、被害量、カミキリの成虫の捕獲個体数や死亡・衰弱率との関係を検討した。

捕獲個体数の年次変動は、降灰量と逆のパターンを示した。すなわち、降灰量が増加し続けた1997年から1999年までは、捕獲個体数は減少し続け、2000年以降降灰量が減少するとともに、増加に転じた。そして、降灰量が極めて少なかった2007年までの期間は、捕獲個体数は高レベルで推移し、降灰量が増

加した2009年以降、捕獲個体数は減少の一途をたどった(図-5)。また、死亡・衰弱率の年変動は、降灰量の変動パターンとよく一致し、1999年、2009年、2010年、2011年といった降灰量が多かった年は高く、2002年から2007年までの降灰量が少なかった年は低かった(図-6)。

降灰量が少なかった時期は被害量が多く、多かった時期に被害量が少なくなる傾向が認められた(図-7)。すなわち、降灰量は被害の拡大期に減少し、ピーク期に最小となり、被害の減退期に増加し始め、終息期には1994年にマツ材線虫病が再発してから最も多くなった。

被害量とカミキリの成虫の捕獲個体数の年次変動のパターンは、被害拡大期の1999年以降、捕獲個体数の増加開始が1または2年程度早かったものの、全体としてはよく一致していた(図-8)。

6. 火山活動はマツ材線虫病被害の変遷に影響を与えていたのか?

1994年に再発した桜島のマツ材線虫病では、降灰の多かった時期には被害量は少なく、降灰が少なかった時期には多かった(図-7)。このことだけを見ると、「桜島の火山活動が沈静化し、火山灰が降らなくなったせいで、マツ枯れが大量に発生した」

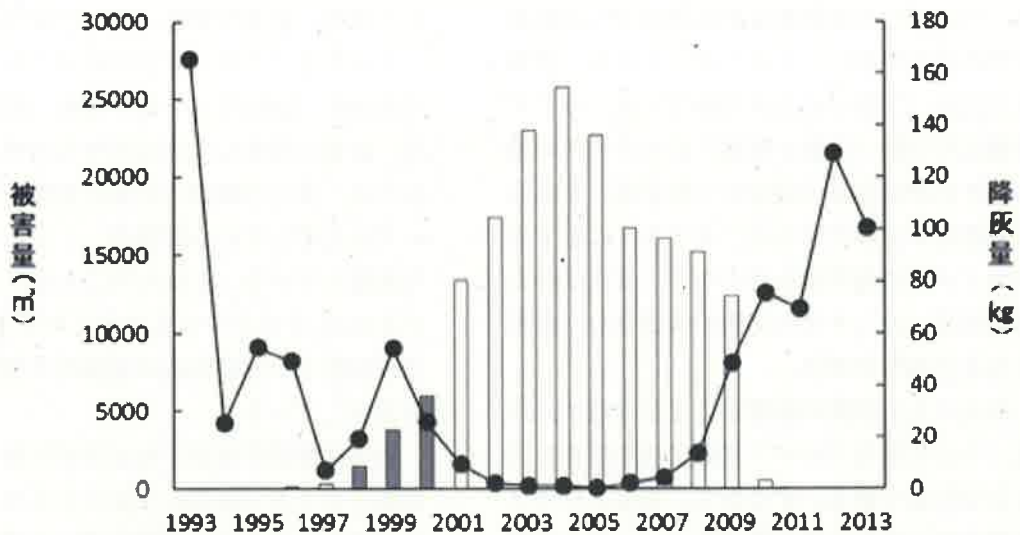


図-7 桜島における被害量(棒グラフ)と降灰量(折れ線グラフ)の経年変動

1998年, 1999年, 2000年の被害量(灰色)は鹿児島県の調査結果(処理量)を処理率(約33%)で補正した値。

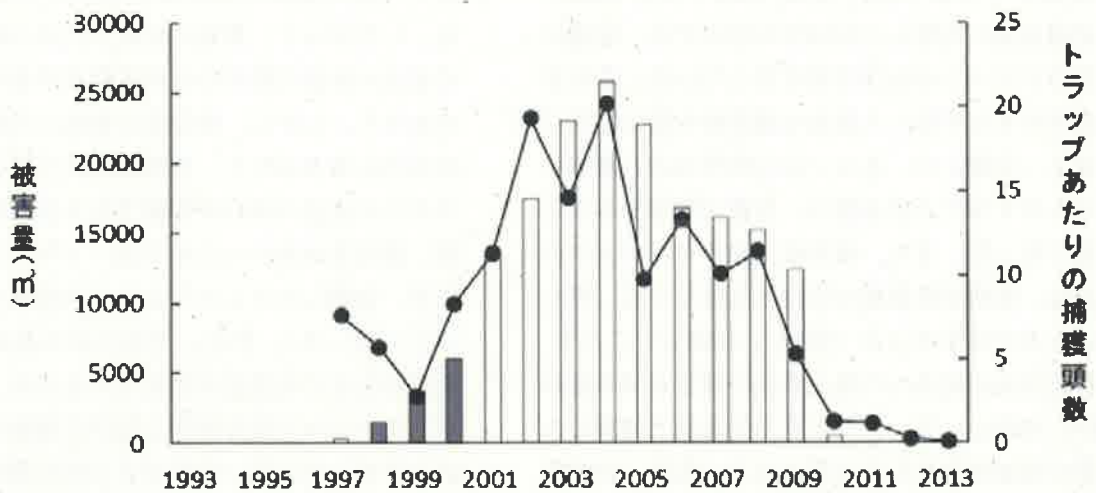


図-8 桜島における被害量(棒グラフ)とトラップあたりのカミキリ成虫捕獲数(折れ線グラフ)の関係

1998年, 1999年, 2000年の被害量(灰色)は鹿児島県の調査結果(処理量)を処理率(約33%)で補正した値。

という, 巷間の説も説得力を持っている。その場合, 火山活動のマツ材線虫病への影響のメカニズムとしては, 次のような可能性が考えられる。今回, 被害量とカミキリの成虫の捕獲個体数の年次変動パターンは, よく一致していた(図-8)。また, 降灰量の多かった年には, カミキリの成虫の捕獲個体数は少なかった(図-5)。さらに, 捕獲個体の死亡・衰弱率は, 降灰の多かった年は高く, 少なかった年は低かった(図-6)。トラップで捕獲された成虫

の死亡や衰弱は, 降灰だけでなく, 夏にトラップ内が高温になることでも生じる。しかし, 7月から9月の平均気温と死亡・衰弱率の年次変動パターンは一致しなかった(松尾 2012)。また, 死亡または衰弱した個体は, 夏だけでなく, トラップ内に大量の火山灰が堆積した場合, 6月でもみられた。したがって, 降灰量が多かった年の高い死亡・衰弱率は, トラップ内が高温になったことよりも, 成虫がトラップ内で餌木を後食したりする際, 火山灰を口から

取り込み、何らかの生理的異常を引き起こした結果である可能性の方が高い。これらのことから、活発化した火山活動（大量の火山灰の降下）は、カミキリの生存期間や行動（分散や後食）にマイナスの効果を持ち、それが被害量の減少につながる。それに対し、火山活動が沈静化すると、カミキリに対するこれらのマイナスの効果が小さくなる、または無くなり、その結果、カミキリの活動が活発化し、被害が激しくなる可能性が増す。

他方、桜島の火山活動の影響をさほど考慮に入れなくても、今回の桜島でのマツ材線虫病の推移を説明することは可能である。すなわち、本来クロマツはマツ材線虫病に対する抵抗性は低く（二井・古野 1979）、桜島に生育するクロマツの抵抗性も決して高くない（曾根ら 2010）。カミキリの大径木での繁殖率は高く（竹常 1983；在原 1984；井上 1985）、マツ材線虫病が再発した1994年の時点では、桜島には大量のクロマツの大径木が生育していた。そのような条件のもとでは、人為的な被害材の持ち込みにより侵入・定着した、あるいは大隅半島から飛来し定着したカミキリの生息数は、急激に増加することは可能であった。また、被害拡大期のセンチウの病原力は、強病原性系統のKa-4と比較しても、著しく低いものではなかった（曾根ら 2002b）ことや、マツ材線虫病の桜島への侵入直後の被害対策の遅れ（曾根ら 2002a）も、カミキリの生息数と同調した被害量の増加を助長したと思われる。実際、1997年から1999年にかけて、火山活動が活発になったにもかかわらず、被害地域は拡大し、被害量は増加した（図-7）。被害が蔓延した後は、大径木の多くが枯死し、小径木へ被害は移行した。小径木ではカミキリの繁殖成功は低い（曾根ら 2015b）ので、カミキリの個体数は減少し、センチウの病原力の低下（曾根ら 2015a）も加わり、被害量が減少し、終息に向かった。

火山活動は、火山灰や火山ガスのマツの活力やカミキリの個体群動態と行動への影響を通して、マツ材線虫病被害に影響するであろう。桜島に生育するクロマツでは、大量の火山灰が長期間にわたり付着

した場合、針葉や新梢、そして樹木自体が枯死することもあることを、著者は火山灰が大量に噴出した平成24年（2012年）7月の噴火の際に観察した。また、針葉に付着した火山灰や火山ガスの影響によるものか、多くの個体で針葉に黄斑が生じ、通常3シーズン付着している針葉が、1ないしは2シーズンで落葉している。これらのことは、火山活動が盛んになれば、クロマツにより多くのストレスがかかり、その結果マツ材線虫病の発病の可能性が高まることを意味している。

森林保護学研究室で火山灰を付着させたクロマツ新梢をカミキリ成虫に与えたところ、火山灰が大量に付着したクロマツ新梢を盛んに後食した。中村・曾根（2003）は、桜島の火山灰を付着させたクロマツ枝と付着させなかった枝で、カミキリの摂食量や枝での滞在頻度に差がなかったことを報告している。したがって、新梢に付着した火山灰がカミキリの成虫の後食活動そのものを阻害する可能性は低いであろう。しかし、後食時に新梢に付着した火山灰を体内に取り込むと、生理的異常を引き起こし、カミキリの成虫の寿命が短縮される可能性がある。実際、降灰量が多かった年では、トラップ内で死亡したり、衰弱したりしたカミキリの成虫の割合は高かった（図-6）。また、平均生存日数は、個体間の変動が大きく有意差は無かったものの、火山灰が付着したクロマツ枝を摂食し続けた個体の方が、火山灰が付着していない枝を与えられた個体より短かった（中村・曾根 2003）。火山灰が多く付着した新梢や若枝を後食することで、寿命とともに後食期間が短縮され、センチウの健全木への侵入が妨げられるかもしれない。しかし、鹿児島では、カミキリの成虫からのセンチウの離脱は、カミキリの成虫が被害材から脱出直後から比較的短期間に生じることが多い（曾根ら 2007, 2009）。そのため、降灰によるセンチウの材内への侵入阻害効果は、あってもかなり小さいだろうと考える。

さらに、霧島温泉郷の火山ガスが噴出する泉源近くにカミキリの成虫を長時間放置しても、成虫は死亡しなかった（鹿児島県林業試験場（現鹿児島県森

林技術総合センター)私信)。泉源近くのガスの濃度に比べ、桜島のクロマツ林でのガス濃度はかなり低いと考えられる。したがって、桜島で火山ガスの直接的な影響によりカミキリの成虫が死亡するとは考えにくい。火山ガスがカミキリ成虫の飛翔方向に影響を与える、すなわち火山ガスが飛来する方向から逃避する可能性は否定できないが、その点については明らかにされておらず、今後の課題であろう。ただし、火山活動が極めて低調だった2002年から2007年までの時期を経て、再び火山活動が活発化し始めた2008年に、火口から2～2.5kmの場所にある黒神のクロマツ若齢林で、標識再捕法を用いてカミキリ成虫の生息状況を調査したところ、成虫の再捕率は、繁殖活動開始前の7月は3.6%、開始後の8月は22.5%であった(大久保ら 2010)。この再捕率は、火山活動の影響がない石川県での値(6, 7月は約10%、8, 9月は約20%)(Togashi 1990)と著しい差はなかった。極めて高い濃度の火山ガスが流れてこない限り、成虫の飛翔への影響は小さいのではないだろうか。

以上のことから判断すると、1994年から2013年にかけての桜島におけるマツ材線虫病の被害量の変化は、火山活動の変化というよりは、むしろカミキリの生息数と彼らの繁殖資源であるクロマツの生育状況の変化により引き起こされていたと考える方が、より妥当であろう。そして、今回の火山活動と被害量変化が同調していたのは、偶然の事象であった可能性が高いと思われる。

引用文献

- 在原登志男 (1984) 松の枯損防止技術に関する総合研究. 福島県林試研報 16: 1～22
- 二井一禎・古野東洲 (1979) マツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性. 京大農演報 51: 23～36
- 井上悦甫 (1985) マツノマダラカミキリの個体数変動とその要因. 岡山県林試研報 6: 46～61
- 鹿児島県 (2015) <http://www.pref.kagoshima.jp/aj01/sonae/sakurajimakouhairyou.html>, 2015.3.25

参照

- 鹿児島気象台 (2015) http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_erp_num.html, 2015.3.25参照
- 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
- 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する *Bursaphelenchus* sp.の接種試験. 日林誌 53: 210～218
- 小林一三 (1979) 関西地方における2年連続の異常気象と松くい虫被害の激化. 森林防疫 28: 80～84
- Mamiya Y (1972) Pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus* Mamiya and Enda, as a causal agent of pine wilting disease. Rev Plant Prot Res 5: 46～60
- Mamiya Y, Enda N (1972) Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Nematologia 18: 159～162
- 松尾俊幸 (2012) 桜島におけるマツ材線虫病の変遷とそれに関わる要因. 平成23年度鹿児島大学大学院農学研究科修士論文 45pp
- 中村克典・曾根晃一 (2003) 火山灰の付着したクロマツ枝へのマツノマダラカミキリ成虫の嗜好性と接触: 桜島における材線虫病被害激化要因の検討. 114回日林講: 766
- 中村克典・曾根晃一 (2004) 捕獲虫の逃亡を抑制するためのマツノマダラカミキリ生け捕り用トラップの捕虫容器の改良. 九森研 57: 110～112
- 中村克典・曾根晃一・大隈浩美 (1999) サンケイ式昆虫誘引器を改良したマツノマダラカミキリ生け捕り用トラップ. 応動昆 43: 55～59
- 大久保恵介・林崎 泰・畑 邦彦・曾根晃一 (2010) クロマツ若齢林におけるマツノマダラカミキリ成虫の生息活動状況. 九森研 63: 85～88
- 曾根晃一・畑 邦彦・佐藤嘉一・中村克典 (2002a) 桜島におけるマツ材線虫病の侵入, 拡大とその蔓

- 延. 森林防疫 51: 141 ~ 146
- 曾根晃一・岩永 裕・畑 邦彦 (2009) マツノマダラカミキリ成虫の昆虫病原性糸状菌*Beauveria bassiana*感染によるクロマツ枯損防止効果. 日林誌 91: 313 ~ 317
- 曾根晃一・北田義幸・榑原あおい・田中幸紀・畑 邦彦・佐藤嘉一 (2002b) 桜島で捕獲されたマツノマダラカミキリから抽出されたマツノザイセンチュウの病原性. 鹿大演研報 30: 1 ~ 7
- 曾根晃一・宮田晃志・朝田清子・畑 邦彦 (2015a) 桜島におけるマツ材線虫病終息期におけるマツノザイセンチュウの病原性と誘導抵抗性. 九森研 68 (印刷中)
- 曾根晃一・富吉啓太・大久保恵介・林崎 泰・平田 令子・畑 邦彦 (2015b) クロマツ小径木のマツノマダラカミキリの繁殖にとっての資源的有効性. 鹿大演研報 42 (印刷中)
- 曾根晃一・富元雅史・徳楽貴洋・松山健太郎・畑 邦彦・樋口俊男・岡部武治 (2007) マツノマダラカミキリ成虫駆除のためのボーヴェリア培養型不織布製剤の効果的な施用方法の検討. 日林誌 89: 262 ~ 268
- 曾根晃一・安田奈津子・大隈浩美・福山周作・永野武志 (2010) 桜島の溶岩台地に生育するクロマツのマツ材線虫病に対する抵抗性. 鹿大演研報 37: 29 ~ 39
- 鈴木和夫 (1984) マツの水分生理状態と材線虫病の進展. 林試研報 325: 97 ~ 126
- 竹常明仁 (1983) マツノマダラカミキリの個体数変動調査と天敵生物による防除試験. 広島県林試研報 18: 39 ~ 62
- Togashi K (1990) Change in the activity of adult *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) in relation to age. Appl Entomol Zool 25: 153 ~ 159
(2015.4.7受付, 2015.5.30掲載決定)

論文

日本へのノクチリオキバチに対する潜在生物的抵抗要因としての針葉樹キバチ類の寄生蜂相

田端雅進¹・前藤 薫²・渡辺恭平³・梶村 恒⁴
小坂 肇⁵・神崎菜摘⁶

1. はじめに

貿易のグローバル化により、外国産木材の輸入量が増加している。これに伴い、外来生物が侵入し、農林業や生態系への影響が報告されている (Giblin-Davis 1993; Mamiya 1983)。このため、現在、未侵入病害虫に対して侵入予防対策が求められているが、その中で緊急に対策が求められているものが、ノクチリオキバチ (*Sirex noctilio*, 写真-1) である。

ノクチリオキバチは、膜翅目 (Hymenoptera) キバチ科 (Siricidae) ルリキバチ属 (*Sirex*) に属するヨーロッパ原産の昆虫で、マツ科樹木を寄主としている (Rawlings 1948)。本種はその原産地で大量の枯死をもたらし。しかし、ニュージーランドに侵入、定着した後、短期間にラジアータマツ造林地の約30%を枯死させた (Rawlings 1955)。その後、オーストラリア、ブラジル、アルゼンチン、南アフリカ (写真-2) に拡大し、各地のマツ造林地

で大量の枯死被害をもたらす (Madden 1975; Neumann and Minko 1981; Tribe 1995)、現在はその被害が米国やカナダにまで拡大している (Dodds *et al.* 2010)。

このキバチの侵入、拡大経路は発生地域からの輸入木材であり、現に、南アフリカ、米国、カナダではノクチリオキバチが寄生したマツの梱包材が輸入植物検疫で発見された (Ciesla 2003; Taylor 1962)。我が国においても、著者らのこれまでの調査により、輸入検疫の水際でノクチリオキバチを確認している。すなわち、現状ではこのキバチの侵入、定着は時間の問題であるといえる。このような事例からノクチリオキバチの侵入に対し、早急に対策を講じる必要がある。

そこで、日本への外来キバチの侵入における抵抗要因としての土着天敵を考えるため、マツ科樹木のキバチ科昆虫とその寄生蜂について調査した。



写真-1 産卵するノクチリオキバチ



写真-2 ノクチリオキバチによる枯死被害

Indigenous parasitoid fauna of coniferous woodwasps as a potential biological resistance factor to the invasion of *Sirex noctilio* in Japan

¹TABATA, Masanobu, (研)森林総合研究所東北支所; ²MAETO, Kaoru, 神戸大学大学院農学研究科;

³WATANABE, Kyohei, 神奈川県立生命の星・地球博物館; ⁴KAJIMURA, Hisashi, 名古屋大学大学院生命農学研究科;

⁵KOSAKA, Hajime, (研)森林総合研究所九州支所; ⁶KANZAKI, Natsumi, (研)森林総合研究所

表-1 供試したマツ科樹木の衰弱枯死木と間伐木

樹種	採集場所	採集年月	備考
アカマツ	青森県田子町	2011・2012年5月	衰弱枯死木
ウラジロモミ	長野県小諸市	2012年5月	間伐木
カラマツ	長野県小諸市	2011・2012年5月	間伐木
トドマツ	山梨県南都留郡鳴沢村	2011年6月	衰弱枯死木

2. 材料と方法

マツ科樹木に寄生するキバチ科昆虫と寄生蜂を明らかにするため、マツ科樹木のアカマツ、ウラジロモミ、カラマツ、トドマツの衰弱枯死木と間伐木を用いた(表-1)。青森県田子町でアカマツ衰弱枯死木3本を2011年5月、アカマツ衰弱枯死木4本を2012年5月に、山梨県南都留郡鳴沢村でウラジロモミ衰弱枯死木1本を2011年6月に伐採し、1mに玉切りした。一方、長野県小諸市でウラジロモミ3本を2011年5月に、カラマツ4本を2010年5月に、カラマツ10本を2011年5月に間伐し、1年間、間伐木を林内に放置した後に1mに玉切りした。玉切りした丸太3~10本を茨城県つくば市の森林総合研究所に持ち帰り、寒冷紗に入れ網室に持ち込んだ後、6月中旬~10月下旬まで脱出したキバチ科昆虫と寄生蜂を調べた。

3. 結果と考察

(1) 日本産キバチ科昆虫と寄生蜂

アカマツから脱出した日本産キバチ科昆虫はニトベキバチ(*S. nitobei*)の1種のみであった。一方、オナガキバチ(*Xeris spectrum*)、ニホンキバチ(*Urocerus japonicus*)、ヒゲジロキバチ(*U. antenatus*)の3種がウラジロモミやカラマツから、また、オナガキバチとヒゲジロキバチの2種がトドマツから脱出した(表-2)。

ニトベキバチは主にアカマツやクロマツに、また、オナガキバチ、ニホンキバチ、ヒゲジロキバチはスギやヒノキの他に、ウラジロモミやトドマツに産卵し、脱出することが報告されている(福田 1997；

細田ら 1998；金光 1978)。今回の結果から、オナガキバチ、ニホンキバチ、ヒゲジロキバチの3種がカラマツから脱出することが判明した。

キバチ類の寄生蜂はクロヒラタタマバチ(*Ibalia leucospoides*)とシロフオナガバチ(*Rhyssa persuasoria*)の2種がアカマツで、クロヒラタタマバチ1種がウラジロモミとトドマツで、クロヒラタタマバチとオオホシオナガバチ(*Megarhyssa praececellens*)の2種がカラマツで確認された(表-2)。

クロヒラタタマバチはニトベキバチ、オナガキバチ、ニホンキバチ、ヒゲジロキバチの4種への寄生が認められた。本種は全北区に広く分布し、針葉樹を加害するキバチ類の天敵として広く寄生することが知られている(福田 1997；金光 1978；Madden 1988；Talbot 1977)。この種はノクチリオキバチの防除のために日本、ヨーロッパ、トルコから南半球に導入し、定着したものであるが(Taylor 1976)、それが国内の針葉樹キバチ類の土着天敵として広く分布することは、ノクチリオキバチの侵入定着に対する抵抗要因のひとつになる可能性がある。

今回採取されたシロフオナガバチはクロヒラタタマバチと共にニトベキバチに寄生していた。本種はインドやパキスタンからニュージーランドやタスマニアにノクチリオキバチの天敵として導入され、定着しており(Madden 1988；Talbot 1977；Zondag 1969)、外来キバチ類に対する抵抗要因になるかもしれない。

シロフオナガバチやオオホシオナガバチなど *Rhyssa* 属や *Megarhyssa* 属の寄生蜂は、キバチ類の

表-2 マツ科樹木の衰弱枯死木と間伐木から脱出したキバチ亜科昆虫と寄生蜂

宿主	キバチ亜科昆虫	寄生蜂
アカマツ	ニトベキバチ	クロヒラタタマバチ, シロフオナガバチ
ウラジロモミ	オナガキバチ, ニホンキバチ, ヒゲジロキバチ	クロヒラタタマバチ
カラマツ	オナガキバチ, ニホンキバチ, ヒゲジロキバチ	オオホシオナガバチ, クロヒラタタマバチ
トドマツ	オナガキバチ, ヒゲジロキバチ	クロヒラタタマバチ

天敵として特異な生態を持っていることが知られており (Madden 1968), キバチ類の雌成虫が産卵時、接種する共生菌 *Amylostereum* 属菌が繁殖した材から放出される匂いに誘引され、キバチ幼虫が存在する木に集まるが、その詳細は未解明である。オナガキバチ雌成虫は共生菌を保持していないが、ニホンキバチやヒゲジロキバチの雌成虫は共生菌としてキバチウロコタケ (*A. laevigatum*) を保持している (Tabata and Abe 1997, 1999)。ニホンキバチやヒゲジロキバチの雌成虫が産卵時に接種する共生菌が繁殖した材から発せられる匂いと寄生蜂の生態について、今後の解明が望まれる。

謝辞

本研究を行うにあたり、ウラジロモミやカラマツの間伐や玉切りでは旧(独)森林総合研究所林木育種センター長野増殖保存園(現(研)森林総合研究所林木育種センター西表熱帯林育種技術園)古本良氏に、また、キバチ科昆虫や寄生蜂の採集では東京大学田無試験地の竹本周平博士にご協力いただいた。この場を借りて深謝申し上げます。本研究は文部科学省研究費補助金(22380091)によって行われた。

引用文献

Ciesla WM (2003) European woodwasp: a potential threat to North America conifer forests. *J For* 101: 18 ~ 23
 Dodds KJ, Groot P, Orwig DA (2010) The impact of *Sirex noctilio* in *Pinus resinosa* and *Pinus sylvestris* stands in New York and Ontario. *Can*

J For Res 40: 212 ~ 223
 福田秀志 (1997) キバチ類 3 種の資源利用様式と繁殖戦略. 名大森研 16 : 23 ~ 73
 Giblin-Davis RM (1993) Interactions of nematodes with insects. In: *Nematode Interactions*. Khan W (ed) Chapman and Hall, London, 302 ~ 344
 細田浩二・岸 洋一・小倉健夫 (1998) 茨城県北部におけるスギ・ヒノキを加害するキバチ類の発生消長と林分被害率. 茨城県病害虫研究会報 37 : 35 ~ 38
 金光桂二 (1978) 針葉樹に入るキバチ類とその寄生蜂. *昆虫* 46 : 498 ~ 508
 Madden JL (1968) Behavioral responses of parasites to symbiotic fungus associated with *Sirex noctilio* F. *Nature* 218: 189 ~ 190
 Madden JL (1975) An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae) in *Pinus radiata*. *Bull Ent Res* 65: 491 ~ 500
 Madden JL (1988) *Sirex* in Australia. In: *Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications*. Berryman AA (ed) Plenum Press, New York & London, 407 ~ 429
 Mamiya Y (1983) Pathology of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. *Ann Rev Phytopathol* 21: 201 ~ 220
 Neumann EG, Minko G (1981) The *Sirex* woodwasp in Australian radiata pine plantations. *Aust For* 44: 46 ~ 63
 Rawlings GB (1948) Recent observations on the

- Sirex noctilio* population in *Pinus radiata* forests in New Zealand. N Z J For 5: 411 ~ 421
- Rawlings GB (1955) Epidemics in *Pinus radiata* forests in New Zealand. N Z J For 7: 53 ~ 58
- Tabata M, Abe Y (1997) *Amylostereum laevigatum* associated with the Japanese horntail, *Urocerus japonicus*. Mycoscience 38: 421 ~ 427
- Tabata M, Abe Y (1999) *Amylostereum laevigatum* associated with a horntail, *Urocerus antennatus*. Mycoscience 40: 535 ~ 539
- Talbot PHB (1977) The *Sirex* -*Amylostereum*-*Pinus* association. Ann Rev Phytopathol 15: 41 ~ 54
- Taylor JS (1962) *Sirex noctilio* F., a recent introduction in South Africa. Entmol Rec 74: 273 ~ 274
- Taylor JS (1976) The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga 21: 429 ~ 440
- Tribe G (1995) The woodwasp *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), a pest of *Pinus* species, now established in South Africa. Afr Entomol 3: 215 ~ 217
- Zondag R (1969) A nematode infection of *Sirex noctilio* (F.) in New Zealand. N Z J Sci 12: 732 ~ 747

(2015.5.11受付, 2015.7.2掲載決定)

解説

リアルタイムGPS首輪の開発と行動把握

坂庭浩之¹

1. はじめに

1960年代から野生動物の行動を把握するため、間欠的にビーコン電波を発信する発信器によるラジオテレメトリー法が開発され研究に用いられてきた (Cochran and Lord 1963)。

この方法は、発信器の構造が簡単かつ軽量で電池寿命が長いため各種動物の行動研究に広く利用されてきた。この技術のもとになっている電子部品の開発の歴史をみると、1954年にテキサス・インスツルメント社がシリコントランジスタを開発し、巷では電池で稼働する小型のトランジスタラジオが普及を始めた頃である。この時代に行われた小型発信器を装着した動物の行動研究は、当時の最新の技術を用いた研究であった。

ところで、ビーコン電波による測位は、電波の発信源を特定するため2地点以上から三角測量の要領で電波の発信源を割り出す必要があり、技術的な習熟が必要であったことに加え、長時間の連続的な測位は大きな労力が必要である。

このようなビーコン電波による調査手法の欠点が解消されたのは、フランスのアルゴス衛星を用いることができるようになってからである。1978年にアルゴス社が設立され、鳥類等に小型の発信器 (PTT: プラットフォーム発信器) を装着し、野生動物の位置特定をする技術が利用可能となったことで、野生動物の行動研究に大きな変革もたらされた。

現在、広く用いられるGPS (Global Positioning System, 全地球測位システム) は、アメリカで航空機や船舶の位置を正確に把握するため、軍事用途に1973年から使用をはじめた。1993年からは民生利用が可能となり、自動車のカーナビゲーションや野生動物用のGPS首輪が開発され、長期間連続した野生動物の行動研究に広く活用されるにいたった (Moen

et al. 1996)。

初期のGPS機材は測位のために10分以上を必要としたが、今日では条件によっては30秒以下で測位できる機材が提供され、長期間の活動記録が得られるようになった (Tomkiewicz *et al.* 2010)。

ビーコン電波やGPS首輪による野生動物の行動研究は多くの研究報告があるが、近年問題となっている鳥獣害対策のためにGPS首輪を利用した行動研究の報告もされている (瀧井ら 2013)。

しかし、被害発生などを未然に抑止するため、被害農家などからは「加害動物が今いる場所を今知りたい」と言った要求も根強く、より迅速に野生動物の位置を把握する技術が求められている。このため、位置データ情報提供の即時性を一層高めた調査機材の開発に着手する必要がある。群馬県林業試験場は、そのようなニーズにこたえるため、(株)数理設計研究所 (群馬県太田市) と共同で、新たな通信システムを用いたGPS首輪を開発した。その概要、開発の経過、被害対策への利用について報告する。

2. 技術的な課題と改善

既存のGPS首輪では、ロガーに蓄えられた位置データをどのように回収するかが課題であった (青井ら 2013; 宇野ら 2003)。

データ回収の方法として、首輪を脱落させる方法や、携帯電話通信網を用いた遠距離回収や地上波を用いた近距離回収による方法などがある (表-1)。

遠隔回収方法のうち、地上波によるデータダウンロードでは、その動物に数百メートルまで近づく必要があり、動物種によっては接近が困難な場合もある。その距離を伸ばそうとすると、大きな出力の電波発信が必要であり、GPS首輪の寿命を考慮すると非常に大容量の電池が必要となり、機器全体が大き

表-1 データ回収方法による分類

分類	手法	備考
直接回収	脱落回収	首輪を起爆して脱落させる
	遠距離回収	携帯電話通信網によるダウンロード ・GSM (日本では対応していない) ・アルゴス (衛星) ・Globalstar (衛星)
遠隔回収		・イリジウム (衛星) スペクトラム拡散通信 (地上波)
	近距離回収	地上波によるダウンロード ・VHF電波 ・UHF電波

く重くなる。過剰な負荷は野生動物行動に影響が及ぶ可能性があることから、その重量に限界があることが知られており、通常は個体体重の3~5%程度である (Amlaner and MacDonald 1979)。

群馬県林業試験場と(株)数理設計研究所で共同開発してきたニホンジカ用リアルタイムGPS首輪は、小出力で遠距離通信ができるスペクトラム拡散通信技術を用いている。この技術は、従来の1000分の1の出力で同一距離へ情報伝達できるもので、国内特許 (特許第3639839号) や複数の国際特許も得ており、長距離通信には卓越した性能を有している。海上通信試験では、良好な環境下では送信出力40mWで200kmの通信が可能とされている。実際に、ニホンジカに装着したリアルタイムGPS首輪から発せられた電波は、20km離れた受信局でも非常に強い電波強度で受信することが確認されている (坂庭 2013)。ここで用いているスペクトラム拡散通信技術は、測位座標データを100倍の長さに特殊な符号化した後、非常に正確な周波数で複数回の送信を繰り返し、基地局側では同一周波数 ($\pm 100\text{Hz}$) で受信する方法である。この方法では、伝送したい信号よりも10倍程度大きな雑音があっても正常に通信できるため、結果として長距離通信が可能となる。

現在、スマートフォンなどに用いられている通信技術が、良好な電波状態であれば高速通信できる技術に特化したことに対して、正反対の方向である低電力・長距離通信に発展してきた技術と考えると



写真-1 シカ用リアルタイムGPS首輪

理解しやすいであろう。

小出力の遠距離通信方法を利用したことで、測位間隔1時間で設計寿命430日のGPS首輪を610gで制作することができた (写真-1)。

今回、作成したリアルタイムGPS首輪は開発段階から4回の構造変更が加えられ、初期型では1200gの重量があったが、最終型では610gとなった。装着を想定しているニホンジカの体重が30kg以上であることから、初期型では体重比が4.0%であり最終型では2.0%となっている。

最終型のGPS首輪は、背部にGPSユニットと送信ユニットが入ったケースから突き出したアンテナがあり、測位データを発信する (写真-1)。頸下部にはバッテリーが下垂し、全体としてのバランスを保っている。初期型では142MHzの1/4λ (λ:波長) にあたる50cmの超弾性合金製のアンテナを首輪側部から上方に突出させていたが、シカの行動制限をより少なくすることや、衝撃によるアンテナの破損を減らすため、1/8λの25cmのステンレスワイヤー製アンテナに変更した。この短縮による電波の損失は

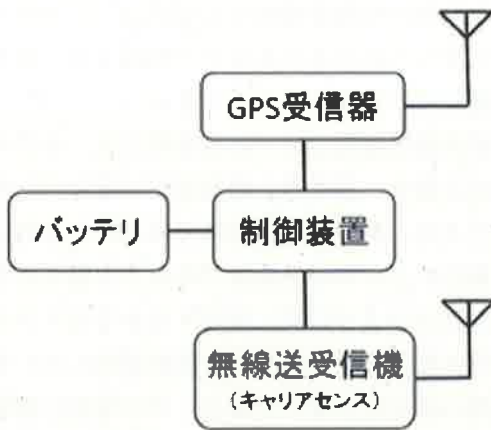


図-1 リアルタイムGPS首輪ブロック図

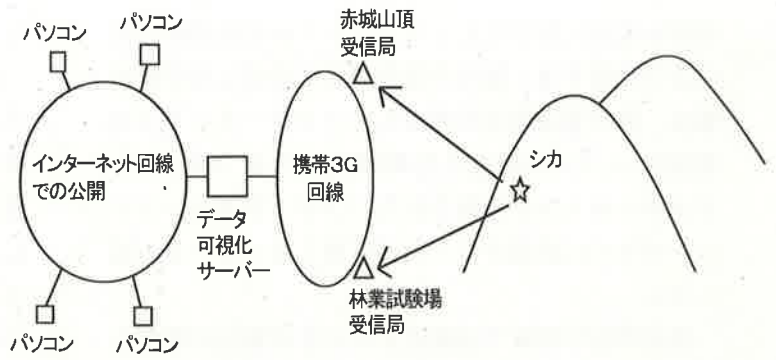


図-2 データ伝達イメージ

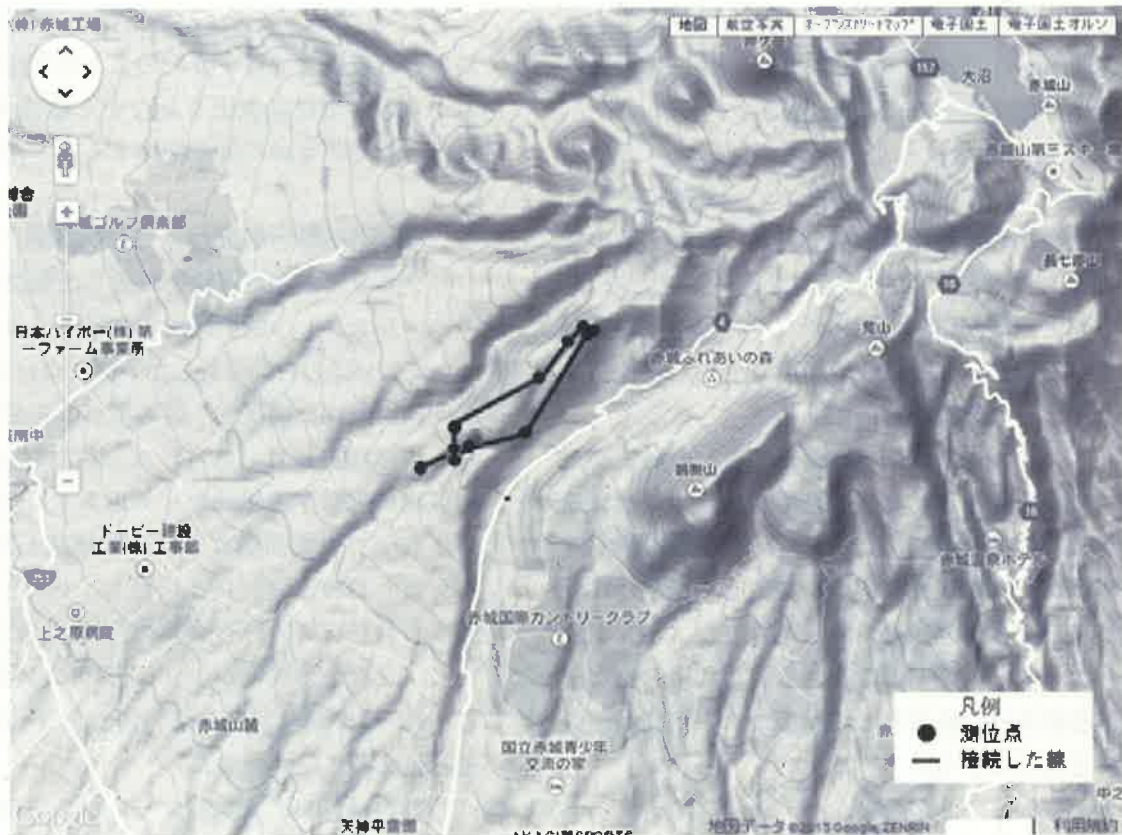


図-3 パソコン表示画面

少なく、ほぼ同性能を維持することができている。

リアルタイムGPS首輪の構造は図-1のとおりであり制御装置、GPS受信器、無線送受信機、バッテリーから構成されている。これに加え、一般社団法人・電波産業会が定める技術基準（ARIB STD-T99：特定小電力無線局150MHz帯動物検知通報 システム

用無線局の無線設備）に適合させるため、混信の予防として、この首輪から発信される周波数に別の首輪などから発信された電波が存在しないかを検出する機能（キャリアセンス）が追加され、日本の電波法に適合した構造となっている。

3. インターネットとの融合

リアルタイムGPS首輪では、GPSで測位した位置情報を即座に符号化してスペクトラム拡散無線通信により送信する。遠方の受信局にて受信した位置情報は、携帯電話網等を経由してインターネット上の地図サーバーに転送され地図化される(図-2)。インターネットに接続されたパソコンやスマートフォンですぐに確認することが可能となっている(図-3)。

従来のGPS首輪では測位データを首輪内に蓄積していたが、リアルタイムGPS首輪では測位データをインターネットサーバーに蓄積することになる。首輪から発信された測位データは良好な環境下であれば非常に高い伝達成功率(98.8%)で受信局に届けることが可能であった(坂庭 2013)。

従来の地上波を使ったデータダウンロード型のGPS首輪では、データ回収のために定期的に首輪を装着した動物の追跡作業が必要であったが、その必要もなくなり容易に行動把握ができることとなる。深い谷など電波が届かない場所にその動物が移動してしまった場合は、補完する簡易な受信局を設置することでデータ取得が可能である。

また、リアルタイムGPS首輪を装着した動物が死亡等で動かなくなってしまった場合は、すぐに現地を捜索することもできる。ハンディGPSに測位された座標データを入れ、山中を捜索した結果、10分程度で発見できた経験がある。死亡したニホンジカからリアルタイムGPS首輪を回収し再利用したケースも複数回あり、結果として研究コストの削減が図れることにつながる。

4. リアルタイムGPS首輪でできること

野生動物の行動研究の場合は、動物の位置をリアルタイムで知る必要性は低く、一定期間蓄積したデータをダウンロードすることで、十分に行動研究に資する結果が得られてきた。

しかし、野生動物の研究分野も近年では被害対策に資する研究が求められるなかでは、GPS首輪にも新たな利用要求が生まれている。特に、被害対策と

して野生動物の行動を把握する場合は、どのルートを通過し今どこにいるのかなどの情報も得られることで捕獲対策に資することができる。

群馬県林業試験場で取り組む研究では、リアルタイムGPS首輪を、効率的な捕獲技術の確立のために活用してきた。例えば、誘引物である餌を林内に設置し、餌付いたシカが昼間はどのような場所を利用し、夜間はどのように餌に接近するかなどリアルタイムGPS首輪を装着したシカ行動を研究した。主たる行動圏に誘引餌を置いた場合、その場所に確実にシカを誘引することができるかなどの研究に利用している。

また、リアルタイムに位置情報が得られることで、現在の気象条件ではシカどのような利用地を選択するかなど、実際の天気を見ながら確認することで、実感としてシカの行動を把握することができる。

5. 実際に得られたデータの事例

リアルタイムGPS首輪を装着した個体を継続的にモニタリングし、誘引餌場の利用とシカの行動圏について71日間の行動分析した事例について記載する。

2014/10/18に捕獲し、最終型首輪を装着、放獣した。放獣後24日目(11/11)に再び餌場に現れ、餌を執拗に採餌する状況をリアルタイムGPS首輪でとらえた上で自動撮影カメラにて確認した。その後、シカは、11/15、11/16と出没し、11/28(最初の捕獲から41日目)には同一場所で再度捕獲し放獣した。12/7(2度目の捕獲から9日目)には再び餌場に現れ、12/28まで繰り返し誘引餌へ引きつけられる行動を捉えることができた。

行動圏は0.46km²(50%カーネル)、9.6km²(95%カーネル)の範囲であり、誘引餌場は50%カーネルのほぼ中心点に位置していた(図-4)。このことから、下生えの乏しくなる秋から冬季においては、餌の場所を覚えたシカは、繰り返し餌場に誘引され、捕獲経験があってもその餌場を繰り返し利用することが分かった。このデータから誘引技術を上手に利用することで、高い捕獲効率を達成できる可能性が確認された。

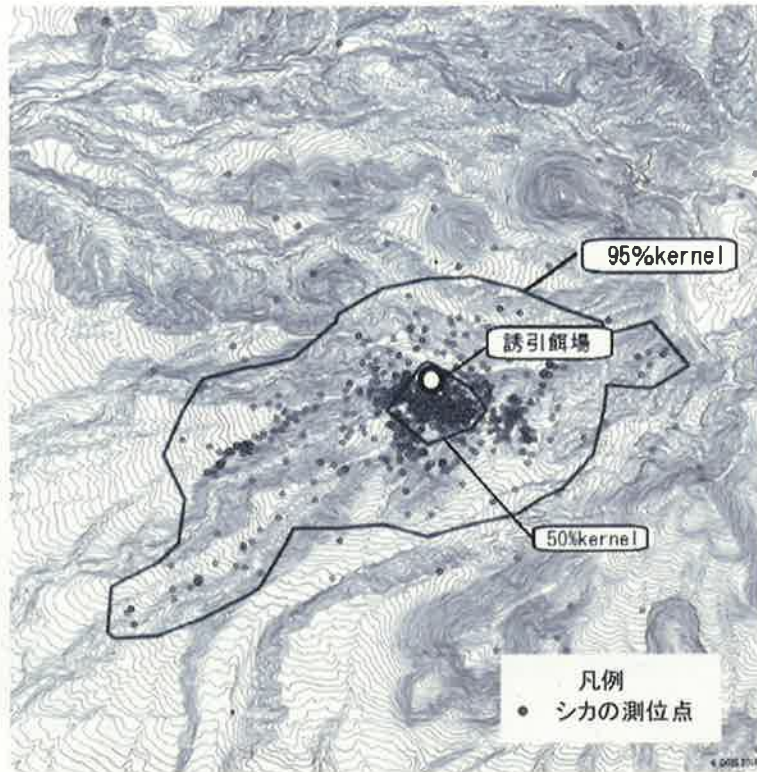


図-4 誘引餌と行動圏

6. リアルタイムGPS首輪の可能性 ～ニホンザルへの応用～

リアルタイムGPS首輪は農業被害対策の現場で最も活躍が期待される。特に、ニホンザルでは被害の発生を未然に防ぐためにも、「今いる場所を今知りたい」との要求が強い。従来はパトロール員が定期的に巡回しサルの位置を特定していた。この作業が自動化されることで、対応スピードの向上と人件費の削減が期待される。

2014年10月には、ニホンザル用リアルタイムGPS首輪を開発し実証試験に着手し、鳥獣害対策の現場での普及を目指して研究開発を進めている（写真-2）。

実証試験のため放獣後49日間で得られたサルの測位点と受信局の位置を示す（図-5）。河川両脇に形成された河岸段丘にサルの位置が連続的に分布していることが確認できる。当該地域は3年ほど前から急速にサルの行動圏が拡大し農業被害が発生しており、詳細な行動把握が求められていた。短期間で

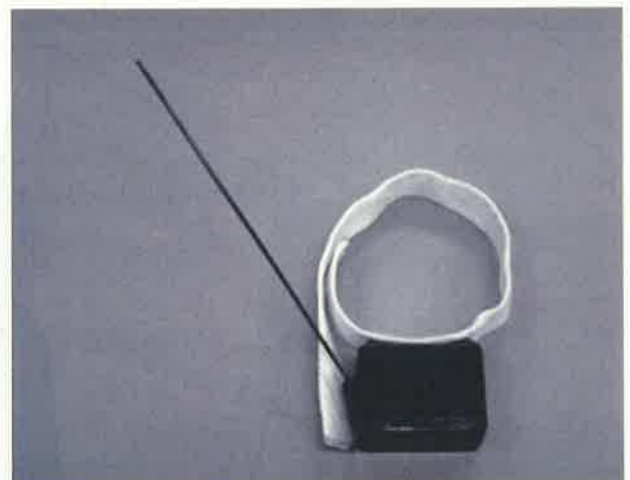


写真-2 サル用リアルタイムGPS首輪

あっても1時間ごとの測位点が得られることから、カーネル密度分析するとサルが選択的に利用している位置を割り出すことができ、結果として対策を要する農地の抽出が可能となる（図-6）。

この技術を利用して農業被害対策を進めるには、得られた位置情報をどのように農業者などへ伝える

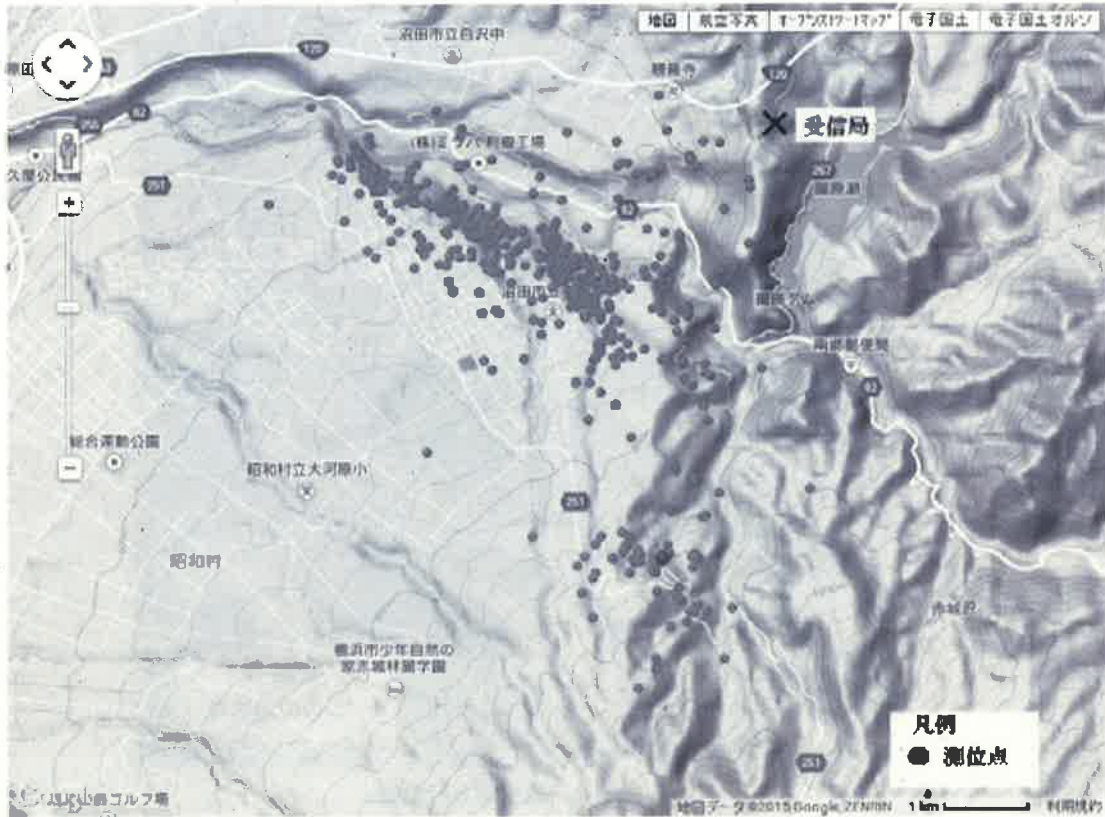


図-5 サル用GPS首輪の測位点 (49日間)

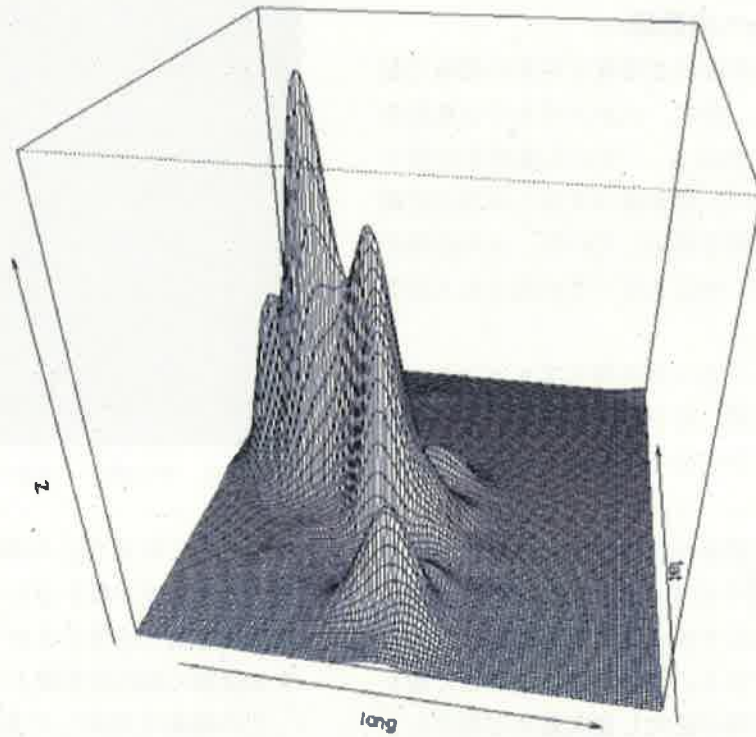


図-6 カーネル密度分布によるパース図

かも研究の対象となる。従来であれば、サルパトロール員 → 役場職員 → 農業関係者の電話連絡等により行われ、時間も手間もかかる作業であった。近年普及している「Facebook」や「LINE」などのSNSを、サルの位置情報の伝達や共有に利用すると、リアルタイムGPS首輪 → 基地局 → (インターネット回線) → データサーバー → SNSへの自動投稿 → 関係者(スマートフォン)となり、リアルタイムGPS首輪がインターネットと融合し、リアルタイムであることの本来の目的を達成できる。

サルの位置情報を、インターネットを介し正確で迅速に伝達し共有することができれば、新たな対策方法が生まれることも期待できる。

7. まとめ

電子技術の発展は早く、スマートフォンなどの情報端末を子供から老人まで持つ時代である。それは田舎であっても同じ状況である。最近使われる言葉として「IoT (Internet of Things)」, 日本語では「物のインターネット」がある。身の回りの物をインターネット接続し、その情報をインターネット経由でどこからでもアクセスできる方法である。野生動物にインターネット端末(リアルタイムGPS首輪など)を装着することで、野生動物の位置をネット検索ができることが現実味を持ってきた。

1960年代から行われているテレメトリー技術だけで、増え続ける野生動物と対峙することは限界のようである。野生動物をインターネットと繋げる入り口としてリアルタイムGPS首輪があり、新時代の研究テーマとして開発を進めている。

リアルタイムGPS首輪の電池寿命や、GPS衛星から送信された電波が、山腹や構造物等に反射、回折し電波が複数に到達するマルチパスによる測位誤差など解決すべき課題もあるが、野生動物対策に必要なツールとして今後も研究を進めたい。

引用文献

- Amlaner CA, MacDonald DW (1979) A practical guide to radio tracking. In: A Handbook on Biotelemetry and Radio Tracking: Proceedings of an International Conference on Telemetry and Radio Tracking in Biology and Medicine, Amlaner CA, MacDonald DW (eds), Program Press, Oxford, 149
- 青井 俊・山崎晃司・坪田敏男 (2013) 新しい技術による野生動物テレメトリーシステムの現状. 哺乳類科学 53 : 206 ~ 208
- Cochran WW, Lord RD Jr (1963) A radio-tracking system for wild animals. J Wildl Manage 27: 9 ~ 24
- Moen R, Pastor J, Cohen Y, Schwartz CC (1996) Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. J Wildl Manage 60: 659 ~ 668
- 坂庭浩之 (2013) ニホンジカの森林内行動の研究(1) -リアルタイムGPS首輪の開発とその実証-. 群馬県林業試験場業務報告 平成24年度 : 16 ~ 17
- 瀧井暁子・泉山茂之・奥村忠誠・望月敬史 (2013) 長野県霧ヶ峰高原におけるニホンジカの草原の利用と電気柵の影響. 信州大学農学部AFC報告 1 : 17 ~ 23
- Tomkiewicz SM, Fuller MR, Kie JG, Bates KK. (2010) Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 365: 2163 ~ 2176
- 宇野裕之・山崎晃司・早稲田宏一・瀧井暁子・伊吾田宏正 (2003) どこまで使えるGPSテレメトリー? ~その現状と課題~. 哺乳類科学43 : 77 ~ 81
(2015.5.7受付, 2015.7.3掲載決定)

総説

ニホンジカによる林業被害に対する防除戦略： 獣害防除の既存研究の整理

中川宏治¹

1. はじめに

林業現場では、時代とともに主な加害動物や被害の程度、さらには被害防除の対策も変化してきた。近年、ニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下 シカ) の生息分布は1978年から2014年までの36年間で約2.5倍に拡大し、獣による森林被害のうち、シカによる被害が全体の約8割を占めている(馬場 2015)。「奥山に紅葉ふみわけ鳴く鹿のこえきく時ぞ秋はかなしき」(よみ人しらず)と『古今和歌集』(905年)にも詠まれたように、シカは太古の昔から人間にとって身近な動物であった。津久井郡誌によれば、1777年、丹沢山塊(神奈川県)の相州津久井郡若柳村外6か村の組頭、百姓代が奉行に対しシカによる被害を訴え、予防のための増助(補助金)を陳情している(飯村 1984a)。シカは繁殖力が極めて高い動物であるが、資源として利用されており、明治期には乱獲により個体数が激減した(馬場 2015)。

近年は、環境林の整備などによる強度間伐が増加し、新たな補助制度による皆伐推進の取り組みも始まった。伐採、搬出に使う車両系機械を活用して伐採搬出、地拵え、植付けを連携して同時に行う「一貫作業システム」では、無下刈りによるシカ被害軽減も検証されている(森林総合研究所 2013)。また、林業の動向や林況変化は野生鳥獣の個体数変動や被害の程度と密接な相互作用があり(山田 2002)、現場の状況に応じた被害対策が求められる。

本稿では近年最も深刻な森林被害を及ぼしているシカの被害防除に着目する。まず、シカ被害の動向について既存文献を整理する。次に、シカに加え、過去に甚大な森林被害を及ぼした他の獣類に関する先行研究および文献を参照しながら獣害防除の知見を整理し、シカ被害に対する防除に関して現場技術

者が考慮すべき事項を検討する。これからの木材生産の現場において、過去から蓄積されてきた防除技術や科学的な知見を状況に応じて活用していくことは今後も林業技術者に求められるだろう。そのため、今回、シカの防除対策の視点から、林業現場で被害を及ぼす他の獣類も含めて先行研究の成果を俯瞰的に整理することに本稿の意義があると考えられる。

2. シカによる森林被害

(1) 生態

シカは、偶蹄目シカ科に属し、日本以外にも南はベトナムから北は沿海州に至る東アジアの沿岸部に分布する。雄シカは枝角を有し、雌雄が洞角を有するニホンカモシカ *Capricornis crispus* (以下 カモシカ) と異なる。一方、臼歯は月状歯、咀嚼運動は主に左右の水平運動で食餌を磨り碎き、胃は4室から構成される複胃であることなどカモシカとの共通点も多い。

一方、食性について、シカは繊維質の多いササ類やスゲ類などイネ科草本を選り好みなく採食するグレーザー (grazer) であり、各種木本類の葉や広葉性草本類など繊維質の少ない植物を選択的に摂食するブラウザー (browser) のカモシカとは異なる(三浦 1992)。しかし、他の習性は似通っており、混棲地帯では被害がどちらによるものか判別がかなり困難である(飯村 1984b)。Yamashiro *et al.* (2013) は、糞粒数、糞粒の縦横比、糞塊の層数および糞塊の密集度の4つの形態的特徴を集団学習アルゴリズムにより分析し、両種の糞塊の糞粒数と糞の縦横比から種をおおよそ正確に判別できことを明らかにした。

(2) これまでの森林被害動向

江戸期から大正期にかけて一部の地域で獣害が深

表-1 獣害に関する主な出来事

時代	西暦	事項
江戸	1687年	生類憐みの令実施で和泉国日根郡においてシカ・イノシシの獣害増加
	1724年	木曾谷中で熊剥の被害が増加していると記録がある
	1783年	播磨国多可郡山口治右衛門が幼齢林をノウサギから守るため「麦笹程」で苗を包む
	1818年	「陵漫録」(著者不詳)で兎害・獣害防除の方法が記載される
	1831年	羽州米沢で野兎防除法として泥水を利用
	1848年	黒羽地方で苗畑の周囲にニンニクやネギを植えてモグラやネズミを防除
明治	1882年	滋賀県でノウサギ害が発生
	1888年	エゾシカ捕獲禁止
	1904年	このころ、日本からオオカミが姿を消す
	1905年	ノウサギには鶏卵の腐臭を糸に浸し、シカには猪肉の腐敗臭を毛髪に浸して防除
大正	1912年	内地のヤマイヌ、北海道のオオカミが絶滅
	1934年	文部省がカモシカを天然記念物に指定
昭和	1937年	ノウサギの毛皮を軍に献納(1937年:65万枚,1938年:100万枚が目標)
	1939年	高知営林局が賞金を出してクマ狩りを実施
	1940年	竹田営林署が野生イタチを捕獲・放獣し、ノネズミ被害を防除
	1949年	北海道のカラマツ造林地でノネズミ被害が激化、発生予察を開始
	1951年	ノネズミを松くい虫防除法の適用害虫等に指定(1年以内の時限規定)
	1951年	北海道、茨城、島根に野鼠駆除命令を発動
	1952年	野鼠駆除にモノフルオール酢酸ナトリウムの使用開始
	1954年	野兎による造林地被害が激増
	1955年	カモシカを特別天然記念物に指定
	1958年	北海道で、初のヘリコプターによる殺鼠剤散布
	1959年	「全国一斉カモシカ密猟取締り」が全国26都府県で総数170人以上を検挙
	1963年	有害獣駆除費としてイノシシに加えてノウサギの補助奨励費を予算化
	1970年	発生予察事業費をノネズミも対象に含めて国庫助成を図る
	1976年	ノウサギ被害の防除費を予算化し国庫の助成を図る
	1977年	カモシカによる幼齢林の食害激増について全森連が環境庁に陳情
	1978年	岐阜県小坂町でワナによるカモシカの保護捕獲開始
	1979年	文化・環境・林野の3庁が「カモシカの保護及び被害対策について」合意
	1985年	日本自然保護協会などがニホンカモシカ保護に関する意見書を国に提出
1985年	岐阜県の林業家ら430人が国に対し総額約16億円のカモシカ食害補償訴訟を起こす	
1986年	環境・文化・林野の3庁がカモシカの毛皮販売を条件付きで認める	

日本林業調査会(1997)、全国森林病虫獣害防除協会(1978)、および林野庁(1960a)をもとに作成。

刻化しており、江戸期にはシカ被害の問題が確認され始めた(表-1)。菌部・三浦(1929)の記述から、昭和初期の野生鳥獣による被害や対策の状況を知ることができる。シカについては、「林木の樹皮を剥ぎ食ひ、主として小丸太材以下の林木に對し、特に冬期中に多く害する。歐洲では此害が多く樹幹に粗朶を巻付けて保護している」と記述されている。また、角こすりについて、「角を磨くために樹幹に傷つけることがある。これは七月頃袋角の完成期に行うことが多い」と解説しており、これらの内容から

もシカによる林業被害は古くから存在していたことがわかる。

1990年代に入るとそれまで被害が著しかったカモシカと被害量が逆転し、新しい局面を迎えた。しばらくの間、人工林における植栽木の食害が主であったが、近年は成林した針葉樹の樹皮の食害も目立っている(馬場 2015)。シカによる食害や剥皮といった被害形態に関しては、既にカモシカやツキノワグマ *Ursus thibetanus* (以下 クマ) などの加害獣類の横断的な研究が進められてきた結果、被害発生に対

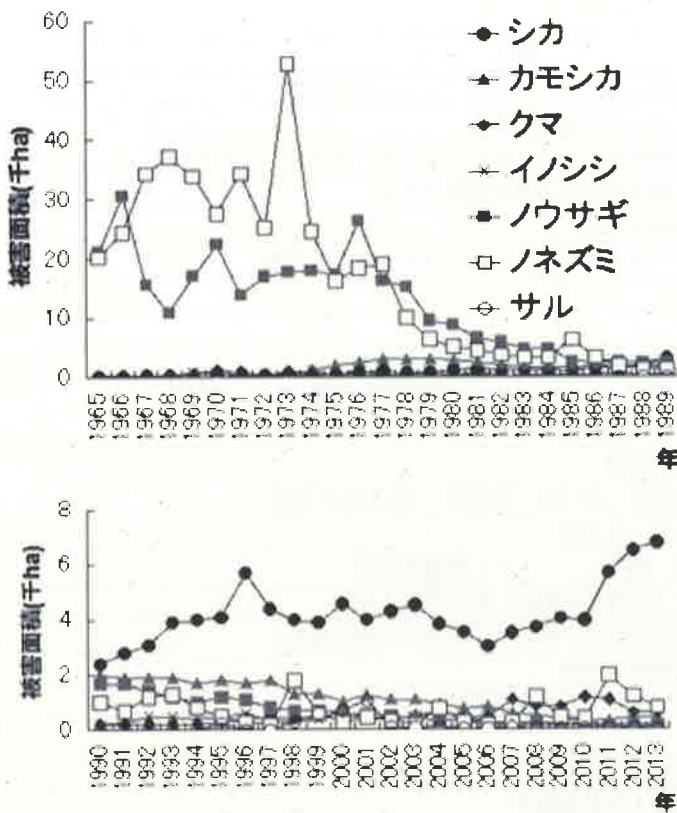


図-1 各種獣類による森林被害面積の推移
各年の「森林・林業統計要覧」(林野庁)にもとづき作成。

する防除手法に関する技術や学術的な知見が多く蓄積されてきた。

(3) 森林被害の形態

シカによる森林被害の形態は、①採食型(頂部採食型、側枝採食型)、②剥皮型(剥皮採食型、角擦り型)、③踏圧型に分類される。さらに被害発生地域は、①剥皮害が主な地域、②採食害が主な地域、③採食害および剥皮害がともに多い地域の3つに分けることができる(飯村 1985)。

図-1に示したように被害は1965年頃から報告されるようになり、1980年代後半から急激に増加した(小泉 2002)。被害拡大の背景として、大面積皆伐一斉造林による下層植生量の増加や狩猟圧の低下などが指摘されている(小泉 2002)。

採食害の発生機構の研究では、生息地域の動物個体群収容能力(環境収容力)の季節間格差を一般的な要因と推察する文献は多い(飯村 1985)。一方で、三重県尾鷲および滋賀県土山町で行われた植生、糞

および造林木の被害に関する調査結果から、餌植物の豊富な夏季においてもヒノキ造林木が食害されていることが明らかとなった(北原 1987)。特に、草本類が質的にも量的にも豊富な土山において、全林床植物現存量に占める造林木の割合が低いにも関わらず、選択的に造林木を採餌していた。このように、シカによる造林木の食害の要因を環境収容力のみで説明することは今のところ困難である。

環境収容力の概念を活用した事例の一つとして、阿寒国立公園の前田一歩財団山林ではエゾシカによる森林被害を防止するため1995年度から給餌に取り組み、周辺地域の被害が激減した。冬季から春季にかけてビートバルブを給餌する試験が継続的に実施された結果、本手法の被害防除に対する有効性を認められた。しかし、年々餌場に集まる個体数が増加し、使用する給餌飼料の量も増加する傾向があるなどの課題も指摘されている(高崎ら 2005)。

3. 被害防除に関する研究動向

林地におけるシカ被害防除の対策は方法により大きく「マンディフェンス」、「ゾーンディフェンス」および「パッチディフェンス」に大別される。マンディフェンスは、苗木および成木の単木を網、テープおよび筒状の資材等で保護する方法、ゾーンディフェンスは柵で造林地の外周を囲む方法、パッチディフェンスは将来の林冠高木の成立期待位置に小規模柵を設置する手法である(岡本 2013)。また、シカ被害対策における防除を侵入防止柵などの「物理的防除」、「化学的防除」(忌避剤)および「林業的防除」に分類する場合もある(北原ら 2013; 森林総合研究所 2006)。

(1) マンディフェンス

(a)物理的防除

本稿では物理的防除を大きく、「巻き付け型」「ツリーシェルター型」および「その他」の3種類に分けて整理する。

(i)巻き付け型

もともと造林木の剥皮被害はクマによる被害が先行し、激害地のひとつ、京都市花脊地区では、被害

を防ぐために、下刈り、除伐などの徹底に加え、縄や赤い布を幹に巻き付けるなどの取り組みがあった(背戸 1966)。その後、シカに関しても、スギ・ヒノキの樹幹にさまざまな単木防護資材を巻き付けて剥皮を防ぐ試みは各地で始まった。例えば、島根県の弥山山地では、一部の林家が樹幹に枝打ちした枝や割竹を巻いて剥皮害を防除している(金森ら 1998)。また、各地で検証試験も行われており、島根県では、荒縄、針金、アルミ帯(金森ら 1998)、九州ではプラスチック製シート、ネット、テープ(池田ら 2000)などの効果について検証された。吉岡(2011)は、1990年頃に長崎県対馬で一部の林家がシカ道沿いの林木に古着や漁網、枝条を巻き付けて剥皮害を防除しており、1991年度には県が枝条巻き付けを県単独の補助事業として採択し、対馬全域で普及したことを紹介している。これは、標準伐期齢時の残存本数に基づいて主伐予想木を選木し、主伐予想木を枝条巻き付けの対象とする方法である。無処理木を残すことによりシカの生理的欲求に対応し、シカの馴れの問題にも効果があることが大きな特徴の一つである。また、環境に配慮した方法として、佐野・金田(2009)は、ポリ乳酸を主成分とする生分解性テープを螺旋状に巻き付ける方法を検証し、根張りの保護に技術的な課題があるものの、被害防止の効果が確認された。また、金森ら(1998)は、費用対効果に着眼して、既被害木に巻き付け処理を行わず、①被害木周囲の無被害木、または②シカ道沿いの無被害木にのみ巻き付けることにより、無被害木に対する被害回避効果が向上することを示した。

(ii) ツリーシェルター型

江戸期には播磨国で麦藁で苗木を包んだり、粘土を水に混ぜて苗木に注ぎかける方法でニホンノウサギ *Lepus brachyurus* (以下、ノウサギ) の食害を防除した事例があり(徳川 1941)。苗木や幼齢木を物理的に防除する方法は古くから存在した。同様の方法には、ノウサギ被害防除で新聞紙、ナイロン袋およびポリネットがある(松枝 1973)。カモシカ被害防除では、例えば、小松(1984)は造林木用の獣害

予防用ネットでポリエチレン製のひもを網状に編んだ「ポートボール」(新日本ソフトK.K.)の欠点として被覆後の接合作業がやりにくいこと、接合部分からはがれやすいことなどを指摘し、ミカン等包装用に使用されていた「メトロンネット」がカモシカによる剥ぎ取りへの耐性で上回ることを実証した。このような資材の選択と活用は現場技術者の経験や知恵が生かされることが期待される。

森田・長崎(2001)は、ツリーシェルターの設置の際に従来の造林方法ではコストが高いことを踏まえ、低密度植栽、除草剤の少量散布を併用した施業体系を検証した。シェルターを設置し除草剤を散布した処理区(1,000本/ha, 1,500本/ha)とシェルターなしで機械による全刈りを実施した対照区(3,000本/ha)を設定した操作実験により、それぞれの作業の作業量(人/ha)を算出する工期調査と作業実施の効果を確認するための植生調査を行った。処理区では、2年間で対照区と比較し約1.6倍の樹高成長が確認され、除草剤の散布は刈り払い作業と比較し4分の1程度の少ない作業量で済んだ。総作業量は、対照区で32人/haであったのに対し、処理区では1,500本/haの調査区で26人/ha(19.4%)、1,000本/haの調査区で19人/ha(40.6%)といずれも人件費が削減された。

廣澤(2002)は、ツリーシェルターが抱える問題点を検証するために、栃木県で材質、形状、照度透過率、空気穴の有無などが異なるツリーシェルターの内部環境の違いやスギ苗木の初期成長促進効果を調べた。その結果、照度透過率(デジタル照度計で測定した上方に遮蔽物のない照度を100%とした場合の各材質毎の測定値から算出した値)が高く、断面積の小さいツリーシェルター内部で高温多湿になる傾向があり、逆に、空気穴の面積が大きいほど内部の湿度が低下することが確認された。また、スギを含む4樹種において樹高成長が促進された。一方で年数が経過すると使用するツリーシェルターによっては脱落や破損が発生したことから、植栽木がツリーシェルターを支持できるようになるまでの期間の定期的なメンテナンスや樹種に合った種類の支柱

を選択することなどに留意する必要性を指摘した。

資材の考案および改良に関する報告も多い。長崎(1998)は、当時から社会問題となっていた廃棄ペットボトルを利用した「ペットボトルシェルター」を開発し、市販チューブ(ヘキサチューブ)、防護柵、忌避剤で処理した調査区および無処理区を設定した上で、成長量、枯損率、食害および雪害の程度、資材費および人件費の各項目を比較した。検証の結果、改善点はあるものの、枯損率、雪害の程度の項目で相応の効果が見られ、特に資材費が安価であることを示した。

ツリーシェルターの資材は、当初から成型プラスチックや織物を利用したものが大部分であったが、矢野ら(2006)は、2004年度から編物による低コストツリーシェルターを開発し、複数回の改良を加えた適用試験の結果を報告した。まず、編み方は平編み(天竺編)で、FRP(Fiber Reinforced Plastics)を芯とし、特殊樹脂でコーティングしたダンボールを支柱としたものを使用した。また、芽の飛び出し防止のため編み目を小さくし、さらに編地全体の強度を上げて弛みを少なくした2種類の資材の効果を比較した。その結果、一方の資材は、樹高が高くなっても芽の飛び出し本数が少なく抑えられ、実用化の見込みがあることを明らかにした。

島田(2010)は、ネットやチューブなどの単木防護資材を用いた造林地で植栽木以外の植生がシカ採食にさらされることに着目し、単木防護資材を設置した場合のシカの採食による下刈り効果を検証した。その結果、人力による下刈りを行った場合と同等に植栽木が成長する可能性を指摘している。また、下刈り中止によるシカ食害軽減の有効性は、新植地やその周辺の植生状況によって異なることや大苗や成長に優れた苗木を併用することの重要性が指摘されている(森林総合研究所 2013)。

(iii)その他

「色」を用いた防除方法がカモシカおよびクマに対して検討されている。小松(1984)は、赤、白および黒の3色のカラーズプレーを造林木(スギの2~4年生)に吹き付けることによる食害防止効果を

検証した。調査の結果、カラーズプレーで処理した造林木の被害率は約11%と、無処理木のその17%と比較して低かったが、完全な防止効果が確認されたとはいえない。なお、色別では、赤14%、白10%、黒5%と被害率の若干の差が確認されたが、この差異の要因については言及されていない。また、複数の色のペンキで着色した杭を用いて、クマの色に対する反応を検証したところ、各杭が損傷を受けた本数は、黒色(14本)、白色(13本)、赤色(11本)、青色(10本)、黄色(5本)となり、黄色を除いて大きな違いは確認されなかった(山中 1991)。したがって、シカ以外の獣類は2色型色覚であるため、シカを中心としたさらなる調査研究が必要である。

狩猟のさかんなドイツなどでは、狩猟活動の妨げになる防護柵よりも、シカ対策クリップによる保護が好まれる。シカ対策クリップ“TS-protector”を生産するドイツのTS-Holz社は、この15年間に毎年20%程度の収益増を達成しており、2014年の収益は340万ユーロに及ぶという(TS-Holz社 G. Buchegger氏私信)。シカ対策クリップについては、吉田(2013)がオーストリア林野庁(Austrian Ministry of Forest)の実験結果を紹介している。クリップは青、オレンジ、黄色の異なる色があり、シカが識別できる青色の効果が高いとする意見がある(TS-Holz社 G. Buchegger氏私信)。また、UV加工により10年程度の耐用年数がある。新芽が柔らかいカラマツなどではクリップの重さで芽が折れることがあり注意が必要である。防護柵とのコスト比較から、クリップは小面積および長方形の造林地の保護に適していると述べた(吉田 2013)。

(b)化学的防除

ノウサギでは、1960年頃から忌避剤の利用が増え始め(林野庁 1960b)、石炭廃液から抽出したチオソルベントとクレオソートの混合剤、モノフルオル酢酸塩、硝酸ストリキニーネ、シクロヘキシミドなどの防除効果が実証された(林野庁 1968)。薬剤の濃度と忌避効果や薬効期間の関係の検証実験(野平 1977)、展着性と噴霧器の作業能率(小島 1979)などの野外実証試験が活発に行われ、カモシカやクマ

の被害を対象とした研究でも忌避剤が重要課題として取り上げられた。

忌避剤は性質に応じて、「恐怖心」(fear)、「痛み」(pain)、「苦味」(taste)、「嫌悪条件付け」(aversive conditioning)の4タイプに分けることができる(北原ら 2013)。このうち、「痛み」(pain)はカプサイシンなど粘膜に痛みを伴う成分、「苦味」(taste)は苦味がある成分であり(北原ら 2013)、クマ被害防除では放線菌から得られた抗生物質の一種で毒性のほとんどないシクロヘキシミド剤ナラマイシンが開発された(飯塚 1962)。本稿では、「恐怖心」(fear)および「嫌悪条件付け」(aversive conditioning)について整理する。

(i)「恐怖心」(fear)

糞尿、肉および血液など天敵の気配を感じさせ恐怖心を抱かせる成分である(北原ら 2013)。背戸(1966)は、クマに精通した猟師から、「クマを穴で撃ち取った場合、血と油の匂いが残るため、その後別の個体は入ってこない」と聞いたことをヒントに防除法の検証を試みた。それは、1965年、1966年の2回、本物のクマの油脂分を材料に作製した「クマの油」を尾根側の樹幹部に刷毛で塗り付けるといったユニークな方法である。その結果、隣接林分で相当の被害があるにも関わらず、調査地で被害が確認されなかったと報告している。現在導入事例が確認されないことから現場で適用する上での課題が示唆されるが、「恐怖心」を利用した初期の防除対策の好例といえる。

我が国では2007年よりオオカミの尿を使用した天然性の忌避剤がアメリカから試験的に導入され、オオカミを天敵として忌避行動をとる哺乳類の本能を利用した防除が取り入れられた(日本林業調査会 2009)。海外で導入事例のある“Wolfin”はオオカミの尿を含む化合物であり、液体がプラスチック製のカプセルから浸透して徐々に放出される。Nolteら(2001)は、スウェーデン製で製品化されている“Wolfin”が明確な薬効の検証が行われなまま流通していることを問題視し、3m幅のコリドーの通過、牧草地への侵入および苗木の摂食を“Wolfin”

の使用により防げるかどうか検証した。調査の結果、スウェーデンやカナダの先行研究の結果と同様に、明確な効果が確認されなかった。一方で、Ward and Williams (2010)は、コヨーテの尿が約2か月の間、シカ(*Odocoileus virginianus*)に対して忌避効果を発揮し、チューブよりも噴霧タイプがより有効であることを示した。このタイプの忌避剤は国内外で注目されてきたが、未だに明確な効果は立証されておらず、現場の技術者の見極めが不可欠である。

(ii)「嫌悪条件付け」(aversive conditioning)

個体に消化不良などの体調不良を引き起こし、嫌悪条件を付加するものである(北原ら 2013)。カモシカによる食害防除で開発された忌避剤の多くはジチオカーバメイト系、クレオソート系、ナフトール系、酢酸グアザチンなどで、多くは消化管内に多数の微生物を有する反芻獣に対して効果のある殺菌剤である(三浦 1992)。クマ被害対策では、粘膜に対する刺激作用や中枢神経制御作用が忌避効果に関与するチウラム剤ヤシマレント(斉藤 2002)が開発された。「嫌悪条件付け」による防除の研究は、当初は主にカモシカやクマを対象として実施されており、いくつかの研究成果を挙げると以下のとおりである。

カモシカの被害防除に関連して、忌避剤の実証研究が精力的に進められた。忌避剤は水溶性が多く、雨雪による薬剤の流亡が問題であったため、森本(1979)は、膏薬などの原料に用いられる精製ラノリン(羊毛脂)を展着用の基材とし野兎忌避剤のアンレス(デメチルカルバモイル剤)および抗生物質シクロヘキシミドを混合して実験したところ、ラノリンにアンレスを混合して植栽木茎葉に少量塗布する方法で施用後3~4か月の間効果が確認された。

カモシカに対する忌避剤の効果を積極的に認めた研究として横溝ら(1988)が挙げられる。この研究では、1977年に新植され、食害が激しかったため1979年および1982年に改植されたスギ・ヒノキ造林地において、プロットを64メッシュに分割し、ヤシマレント(TMTD25%・油脂等配合の塗布剤)を

面積割合を操作して処理したところ、1/4処理区および1/2処理区において、無処理区のほぼ半数以下のレベルに被害が抑えられた。また、1/4処理区および1/2処理区の間では、忌避効果にほとんど差が認められず、部分的な処理である程度の効果が認められたことは特筆に値しよう。

剥皮防止に関しては、クマ被害防除の実証研究の成果から、①忌避剤の塗布処理を被害発生頻度が高い山側のみとすること、②処理木の本数減など林分全体での処理木の適正配置の効果が取り上げられた。その結果、区域内の立木のうち径級に配慮しながら半数に山側塗布処理、防除区域の内縁2列の立木に山側塗布処理、地上30cmの位置に幅10cmで山側塗布処理する方法などで効果が確認された(斉藤2002)。

このように多くの研究が費用対効果の改善に着目しており、シカに対して忌避剤の使用を検討する際の参考になる。シカの防除に使用される登録薬剤である、ジラム水和剤およびチウラム塗布剤(ジチオカーバメイト系)はともに魚毒性を有し、薬効期間が6か月程度と短く、毎年複数回の処理を要する(小泉2002)。したがって、現場技術者には効果のメカニズムや環境負荷を踏まえた活用が求められる。

(2) ゾーンディフェンス

(a)物理的防除

物理的手法による防除はカモシカの防除の分野で研究が進み、有刺鉄線柵、金網柵、合成繊維柵、電気柵などの効果が検証された。その結果、防除効果が高まる升目の間隔、漁網の代替手段として見通しの効かない壁で心理的效果が働く遮光ネットの重要性などが明らかにされた(三浦1992)。また、施業地を包囲する柵とは異なるアプローチとして、造林地内に約10m間隔で荷造り用テープを張り、風による振動音を利用したところ、カモシカ防除に若干の効果が示された研究成果もある(三浦1992)。

カモシカの初期の研究で三尾(1973)は、カモシカが音に敏感であることを応用して、造林地の周囲に針金を張り廻し、飲料水の空缶を2個ずつ吊り下げる方法を検証した。その結果、一定期間の侵入を

防止できたが、本手法の検証件数が少なく、カモシカ対策は複数の方法を導入して防除に取り組むことが必要であると述べている。

近年、防護柵の改良を試みた検証実験は多い。池田ら(2000)は、現場でのシカが防護柵内に侵入する行動の観察結果から、侵入経路の多くは、固定杭の抜けや浮き上がりによる下縁の水平ロープのはずれのため柵下部に空いた間隙からの滑り込みであり、飛び越えによる侵入は少ない点を報告した。田戸ら(2008)は、防護柵の出入口でシカの侵入を防ぐため、シカ用テキサスゲートを開発した。尾崎ら(2012)は、テキサスゲートでは人間が歩行する際に滑りやすく、重量があり設置が困難であるといった問題点を踏まえて、径1cmの鉄筋を網目間隔が6.5cmに溶接した金網マットの効果を検証し、シカの侵入防止効果を確認した上で、隣接地の下刈りの刈り高を高くしたり、間伐木の枝条などを積み上げるなどの対策の併用による相乗効果の重要性を指摘した。高い防除効果が注目されているスカート付きネットについても、導入や効果の検証が行われ、3種類のシカ防護柵の構造を調査し、防護柵A(亜鉛メッキ金網、L型鋼材支柱、スカートネット)が、防護柵B(超高強度繊維入りポリエチレンネット、被覆鋼管支柱、スカートネット)および防護柵C(ステンレス入りポリエチレンネット、間伐材支柱)よりもシカの侵入が少なく、苗木の被害率が低いことを示した(福本2012)。

江口ら(2013)は安価で効果的な防護柵を開発した。安価で入手が容易な海苔網を破れ防止のため2重にして用い、海苔網柵の存在によって稚樹の相対成長速度が増加すること、費用は既製品の20%以下であることなどの利点を示した。さらに、海苔網を2重にして防護柵を設置することで、安価かつ効果的にシカ害の早期防除ができると述べた。

(b)林業的防除

カモシカによる被害に対して、小松(1984)は、植栽方法および樹種(スギさし木苗、スギ実生苗、カラマツおよびケヤキ)、下刈り方法(全刈、両面刈、列間刈)を組み合わせる被害本数を比較し、スギさ

し木苗の被害本数率が高く、下刈方法によるカモシカ食害防止法は実用的ではないことを示した。

曾根(1996)は、シカによる被害は、林冠や林内の疎開度に左右され、林冠や林内が開けているほど被害率は高いことを示し、その要因として林冠が疎開することで林内のシカの嗜好する植物が優占するようになり、林内が疎開することでシカが自由にそこを移動できることを指摘した。井上ら(2007)も剥皮被害と下層植生の関連性を調査し、下層植生として常緑高木性の樹種が優占する場合の物理的遮蔽効果の存在を指摘した。

一方、森林施業のやり方によっては被害を増幅させる可能性を指摘する研究成果もある。三重県津市のスギ・ヒノキ混交林で行われた操作実験では、枝打ちの実施の際、打ち落とされた生枝が新たな餌資源となりシカを誘引する事例が確認された(佐野2009)。しかし、枝打ちの実施適期である冬季には、シカによる林分利用頻度が高まるにもかかわらず、利用頻度の高まりは剥皮害の発生増に影響しなかった(佐野2009)。現場の施業では被害を助長しないための適切な施業実施の計画が求められる。

(3) パッチディフェンス

カモシカ被害の防除策として、ノウサギ被害防止用のポリエチレン製ネットを使用し、無被覆の造林木を中心に周囲に30m幅で帯状に被覆木を配置したところ、若干の効果を確めた研究報告がある(三浦1992)。このように、パッチディフェンスの発想自体は特に新しいものではない。

宮川森林組合ではシカによる食害対策として2007年度から新たにパッチディフェンスを導入している。これは、従来のマンディフェンスおよびゾーンディフェンスでは保全すべき樹木の選定や継続した維持管理のコスト等の課題があることから、10m四方程度の閉ざされた方形区をパッチ状に設置し、柵サイズの適正化の検証を進めている(岡本2013)。パッチディフェンスでは、柵が破損した場合にも全域に被害が及ぶこともなく、小さな沢等を選んで設置の容易な場所を選定することができる。造林未済地に対する広葉樹植栽については一定の効果が得ら

れており(岡本2013)、人工造林地においても群状間伐とパッチディフェンスを組み合わせ、柵内で更新した多様な植生に誘引される個体を捕獲する技術について開発を進めている(中須2013)。

4. おわりに

林業生産の現場技術者は長期的な視点で獣害問題に向き合っていく必要があり、特に現在最も被害が深刻であるニホンジカによる被害防除においては、主な害獣の被害動向と防除対策の技術および知見を総動員して取り組むことが重要である。

本稿では、ニホンジカによる林業被害に関して、過去に深刻な被害を及ぼしてきた獣類を対象とした先行研究を踏まえながら、防除技術や科学的知見を整理した。現場技術者がシカ被害の防除に取り組む視点として、低コストで身近で入手可能な資材の考案や改良、部分的な対処で全体的な効果を発揮できるような工夫、施業体系全体の一貫するシステムに位置付けた防除対策といった切り口が求められる。

今後何らかの理由により大面積の皆伐や造林未済地の草地化が進行した場合、ノネズミなどが再び大規模に異常繁殖する可能性があり(中津2002)、将来的にも野生鳥獣による林業被害は新たな局面を迎えることが予想される。その際、現場の林業技術者は、被害を及ぼす複数の獣類の防除技術に関する科学的知見を収集・整理し、現場の状況を踏まえ、多角的な視点による被害防除のアイデアを活用して森林所有者との適切なコミュニケーションを図りながら、地域ぐるみで具体的な措置を実践していくことが求められる。獣種で縦割の専門分野を横断して科学技術を現場で生かすことは、防除に限らず、駆除および生息地管理のアプローチの方向性として、現場の林業技術者が共通認識すべき課題であろう。

引用文献

- 馬場敏郎(2015)シカ等野生鳥獣による森林被害対策について、森林組合541:8~15
江口則和・中井亜理沙・栗田 悟(2013)ニホンジカ低密度地域を対象とした低コスト防鹿柵の開発

- と伐採跡地における効果. 日本森林学会大会発表データベース 124: 515
- 福本浩士 (2012) 再造林地におけるスギ・ヒノキ苗のシカ食害状況と防護柵の構造について. 第2回中部森林学会大会講要D07
- 廣澤正人 (2002) シカ食害の常習地域におけるツリーシェルターを用いた造林技術の検討. 栃木林セ研報 15: 1 ~ 27
- 飯村 武 (1984a) シカによる森林被害とその防除 (I)シカとその被害. 森林防疫 33: 132 ~ 135
- 飯村 武 (1984b) シカによる森林被害とその防除 (II)シカとカモシカとの関係・食性・二次被害. 森林防疫 33: 156 ~ 161
- 飯村 武 (1985) シカによる森林被害とその防除(IV)防除. 森林防疫 34: 5 ~ 8
- 飯塚 実 (1962) クマの忌避剤の撒布効果について. 森林防疫ニュース 11: 118 ~ 119
- 池田浩一・奈須敏雄・森 琢磨 (2000) ニホンジカによる激害型枝葉採食被害の発生状況と被害防除. 森林防疫 49: 194 ~ 199
- 井上友樹・村上拓彦・光田 靖・宮島淳二・溝上展也・吉田茂二郎 (2007) ニホンジカによる人工林剥皮害と下層植生との関連性. 日林誌 89: 208 ~ 216
- 金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄 (1998) 樹幹への障害物巻きつけによるニホンジカ角こすり剥皮害の回避試験. 鳥根林技報 49: 23 ~ 32
- 北原英治 (1987) カモシカとシカによる造林木食害の発生機構について. 森林防疫 36: 159 ~ 165
- 北原理作・笠井文考・小松輝行・増子孝義 (2013) 海外におけるシカ類に対する忌避材の評価. 畜産の研究 67: 900 ~ 906
- 小泉 透 (2002) IV. 獣害3 ニホンジカ. (森をまもる - 森林防疫研究50年の成果と今後の展望 -. 全国森林病虫獣害防除協会) 315 ~ 324
- 小島耕一郎 (1979) アンレス添加アスファルト乳剤の野ウサギ食害防止効果. 森林防疫 28: 68 ~ 69
- 小松 晃 (1984) ニホンカモシカによる造林木の食害防止対策について. 森林防疫 33: 46 ~ 50
- 松枝 章 (1973) ポリネットによるノウサギ害の予防法. 森林防疫 22: 241 ~ 245
- 三尾隆司 (1973) カモシカの被害防止対策について. 森林防疫 22: 264 ~ 265
- 三浦慎吾 (1992) 森林被害をめぐるニホンカモシカの20年(I). 森林防疫 41: 220 ~ 226
- 森本勇馬 (1979) ラノリンを基材とした忌避剤によるイチイ植栽木のカモシカ被害防除の試み. 森林防疫 28: 142 ~ 146
- 森田 厚・長崎征哉 (2001) ツリーシェルター導入のための低コスト造林手法. 埼玉農林総セ研報 1: 185 ~ 186
- 長崎泰則 (1998) PET ボトルを利用したシカの食害対策. 森林応用研究 7: 181 ~ 182
- 中須真史 (2013) これからのシカ害対策 (第4回) パッチディフェンスの効果と今後の展開. 森林組合 517: 10 ~ 13
- 中津 篤 (2002) IV. 獣害1 野ネズミ. (森をまもる - 森林防疫研究50年の成果と今後の展望 -. 全国森林病虫獣害防除協会) 303 ~ 307
- 日本林業調査会 (1997) 総合年表/日本の森と木と人の歴史. 日本林業調査会, 東京
- 日本林業調査会 (2009) 林政ニュース. 平成21年12月9日, 9
- 野平照雄 (1977) 野兎による被害防止試験 (第2報) - アスファルト乳剤の濃度別・処理回数別の効果について -. 森林防疫 26: 72 ~ 75
- Nolte DL, Shipley LA, Wagner KK (2001) Efficacy of Wolfn to repel black-tailed deer. West J Appl For 16: 182 ~ 186
- 岡本宏之 (2013) これからのシカ害対策 (第3回) シカ害から守る技術: パッチディフェンス. 森林組合 516: 8 ~ 11
- 尾崎真也・尾畑俊彦・雑賀謙彰・近藤伸一 (2012) 金網マットの設置によるニホンジカ侵入防止柵のゲートの改良. 森林防疫 61: 22 ~ 28
- 林野庁 (1960a) 戦後の森林病害虫等防除事業. 森林防疫ニュース 7: 149 ~ 157
- 林野庁 (1960b) 防除の手引き. 森林防疫ニュース

- 11 : 220
- 林野庁 (1968) 獣害. 森林防疫ニュース 17 : 263 ~ 264
- 斉藤正一 (2002) IV. 獣害5 クマ. (森をまもる - 森林防疫研究50年の成果と今後の展望 -. 全国森林病虫獣害防除協会) 335 ~ 345
- 佐野 明 (2009) 枝打ちはニホンジカを呼び, 剥皮害を招くか? 哺乳類科学 49 : 61 ~ 64
- 佐野 明・金田英明 (2009) ニホンジカによるスギ剥皮害に対するテープ巻きの防除効果. 森林防疫 58 : 11 ~ 13
- 島田博匡 (2010) 単木獣害防護資材を設置したヒノキ幼齢造林地におけるシカ採食の下刈り効果. 森林防疫 59 : 226 ~ 232
- 森林総合研究所 (2006) 野生動物による森林被害 - その対策と管理のために -. (森林被害対策シリーズ)
- 森林総合研究所 (2013) 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chukiseika7.pdf, 2015.8.14 参照
- 背戸与子夫 (1966) 私の「クマの油」によるクマの害の防ぎ方. 京都の林業 96 : 8
- 曾根晃一 (1996) 霧島山系におけるニホンジカの採食がモミ・ツガ天然林の更新に及ぼす影響. 自然愛護 22 : 18 ~ 21
- 菌部一郎・三浦伊八郎 (1929) 標準林学講義. 西ヶ原刊行會, 東京
- 田戸裕之・小枝 登・細井栄嗣 (2008) ニホンジカによる侵入防止試験. 日林講 119 : 736
- 高崎ゆかり・今泉圭一郎・増子孝義・佐藤健二・高村隆夫・西国力博 (2005) 野生エゾシカ (*Cervus nippon yezoensis*) の餌付け用餌場における個体数の変化と個体誘導の可能性. 北海道畜産学会会報 47 : 53 ~ 58
- 徳川宗敬 (1941) 江戸時代に於ける造林技術の史的な研究. 西ヶ原刊行會
- Ward JS, Williams SC (2010). Effectiveness of deer repellents in Connecticut. Hum-Wildl Interact 4: 56 ~ 66
- 山田文雄 (2002) IV. 獣害2. ノウサギ. (森林を守る - 森林防疫研究50年の成果と今後の展望. 全国森林病虫獣害防除協会) 309 ~ 314
- 山中典和 (1991) クマハギの防除に関する研究-1-スギ樹幹へのテープ巻付けの効果. 京大演集 22 : 45 ~ 49
- Yamashiro A, Kamada M, Yamashiro T (2013) A comparative study of the fecal characters of Japanese serow (*Capricornis crispus*) and sika deer (*Cervus nippon*). Mammal Study 38: 117 ~ 122
- 矢野幸宏・小笠原雅彦・田中 武 (2006) 造林木に対する獣害防止資材の開発 編物による低コストツリーシェルターの現地適用試験(3). 野生鳥獣研究紀要 33 : 15 ~ 20
- 横溝康志・津布久隆・矢野幸一 (1988) ニホンカモシカに対する忌避剤の使用法について. 森林防疫 37 : 45 ~ 48
- 吉田美佳 (2013) シカ対策クリップの試みと効果. 森林技術 860 : 24 ~ 25
- 吉岡信一 (2011) 対馬のシカ被害対策 - 「枝条巻き付け法」に取り組んで. (獣害対策最前線. 全国林業改良普及協会) 256
- 全国森林病虫獣害防除協会 (1978) 森林防疫制度史 森林病虫獣害防除事業28年の歩み. 全国森林病虫獣害防除協会 (2015.8.14受付, 2015.9.1掲載決定)

都道府県だより

秋田県における森林病虫害防除対策

○被害状況

秋田県の松くい虫被害は、昭和57年に旧象潟町で発生して以来、年々増大し、雪害と夏期の高温少雨

等の影響で、平成14年度にはピークとなる4万9千㎡に達しました。

その後、薬剤散布区域を拡大しつつ駆除と予防の併用といった防除対策を講じた結果、平成15年度以

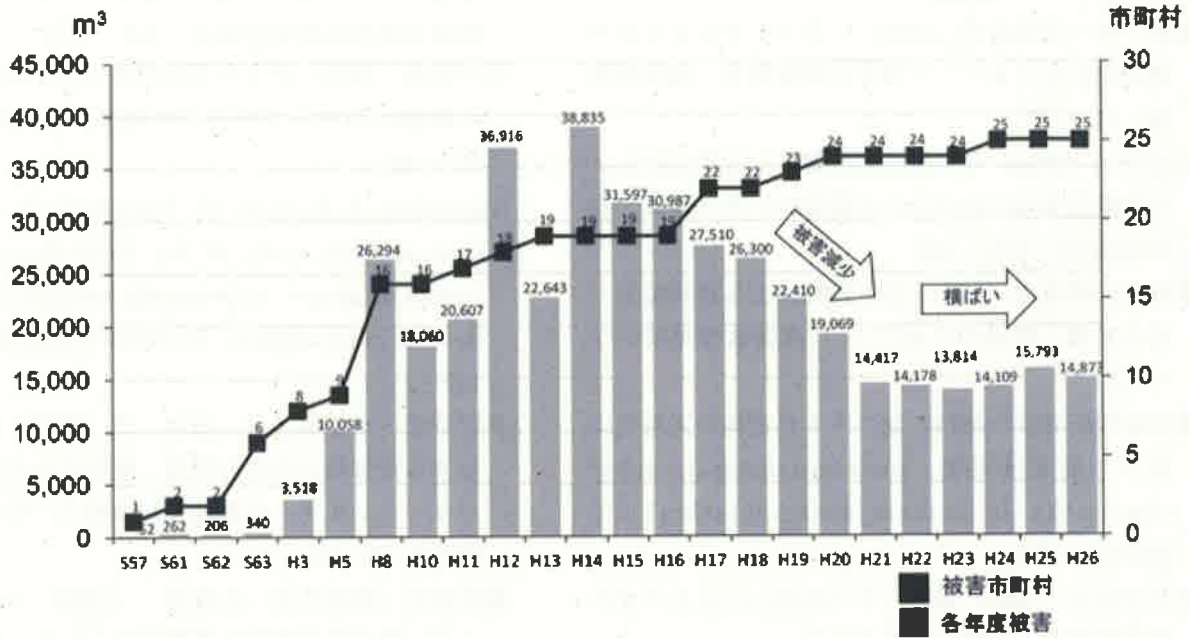


図-1 松くい虫被害量の推移

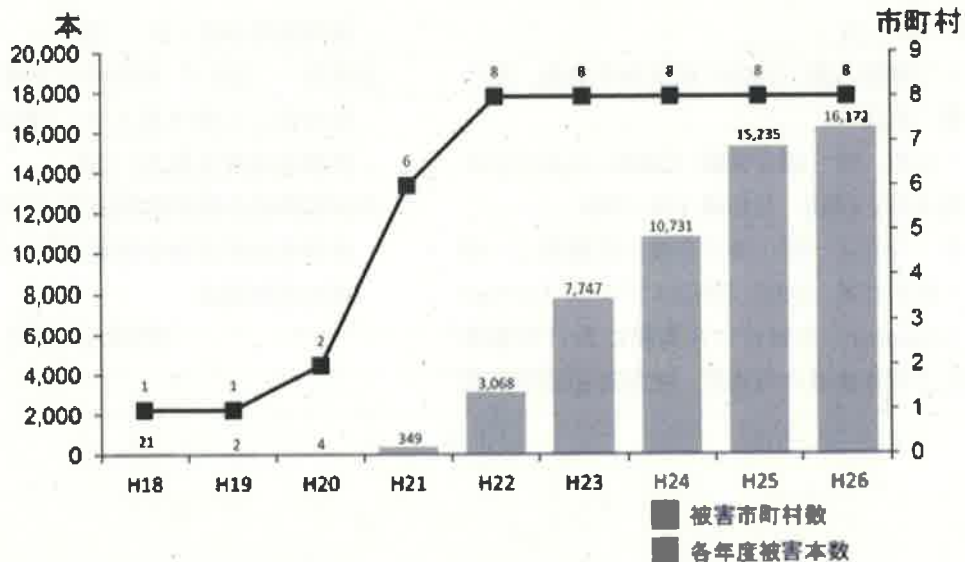


図-2 ナラ枯れ被害量の推移

降は減少傾向に転じ、平成26年度は1万4千9百㎡とピーク時の38%にまで低下しています。(図-1)

また、平成18年に発生したナラ枯れ被害は、平成21年度以降、急激に被害が増加し、平成26年度は男鹿市、秋田市、由利本荘市、にかほ市、横手市、湯沢市、羽後町、東成瀬村の8市町村で16,172本の被害が発生しています。(図-2)

○防除対策

<松くい虫被害対策>

県内の民有松林は約1万9千haあり、このうち海岸部の飛砂防備・防風、保健休養等の保安林や自然公園、名木等の県民生活にとって重要な役割を担っている松林とその周辺の松林、併せて7,388haを「対策対象松林」に指定し、その区域に限定して薬剤散布・樹幹注入による予防と被害材の伐倒駆除といった防除対策を行っています。

対策の実施にあたり、被害材の処理については資源の有効活用を図る観点からチップ化し、パルプ原料として利用しており、薬剤散布については周辺住民や関係者への周知はもとより周辺環境に応じた農薬を選定しているほか、被害が沈静化した地域では薬剤散布を取りやめるなど環境に配慮した対策を行っています。

また、対策対象松林以外での対策としては、電線等のライフラインの確保に支障となる危険木や景観を悪化させているものについて、平成20年より秋田県水と緑の森づくり税事業を活用し、市町村が実施主体となって伐倒処理を行っています。

<ナラ枯れ被害対策>

県内の民有広葉樹林のうちナラ類が占める割合は59%で、10万9千haとなっています。このうち、将来に残すべきナラ林として約2千haを「守るべきナラ林」に指定し、樹幹注入による予防と被害木処理による被害のまん延防止対策を行っています。(写真-1)

これにより、平成26年度の守るべきナラ林での被



写真-1 ナラ枯れ予防の樹幹注入

害本数は900本と低位で推移しているものの、そのうち861本が秋田県の北端被害地域である男鹿市での発生となっており、被害区域の北上が危惧される状況にあります。

○今後の対応

県内には風の松原、夕日の松原といった国内でも有数の松林があり、県民の生活や田畑を風や砂の害から守ってきました。また、海岸の松林は東日本大震災でも津波被害の軽減効果が明らかにされるなど、防災林としての機能が非常に高い森林といえます。

また、里山の広葉樹林は、水源かん養機能や土砂の流出・崩壊を防ぐ機能を有するなど、地域生活にとって欠かすことのできない機能を有しています。

しかしながら、こうした防災林ができあがるには何十年という長い年月が必要であり、一度失った林分は、すぐには元どおりの機能を発揮することはありません。

国、県、市町村ともに予算の確保が厳しい状況の中で被害を減少させていくためにも、被害率の高い地域に絞り込んだ徹底防除を実施しつつ、より効率的な防除方法について検討し、森林の保全に努めていきます。

(秋田県農林水産部 森林整備課 森林管理班)

岡山県における松くい虫被害について

○はじめに

岡山県の森林は、中国山地から瀬戸内海にかけて、変化に富んだ気候、地形などの自然的条件や利用形態の違いにより、ブナ林、スギ・ヒノキ林、ウバメガシ林等、多様な樹木が生育しています。

県中部の吉備高原から南部地域にかけては、アカマツ林などが大部分を占めていましたが、松くい虫被害等により減少し、コナラなどの広葉樹が広がりつつあり、被害防止対策、被害跡地対策が求められています。

○被害の推移

本県の松くい虫被害は、昭和12年、県南東部に位置する備前市（旧日生町）で初めて確認されました。

その後、昭和49年度の約22万 m^3 をピークに、平成26年度は約6千 m^3 まで減少していますが、依然とし

て被害が発生している状況です。（図-1）

○被害対策

本県では、関係市町村等と連携しながら、保安林など公益的機能が高く、今後とも松林として保全する必要がある「保全すべき松林」を中心に、空中散布、地上散布、樹幹注入及び伐倒駆除等、地域の状況に応じて様々な被害対策を行い、被害拡大防止に努めています。

また、松くい虫被害を受け広葉樹へ転換すべき松林については、枯損木を伐倒整理するとともに、混交している広葉樹は常緑樹を中心に強度な伐採を行うことで、林床に光を入れ下層にある落葉性の稚樹の成長を促し、広葉樹林へと誘導する、「自然力を活かした森林施業」を行っています。（写真-1, 2, 3）

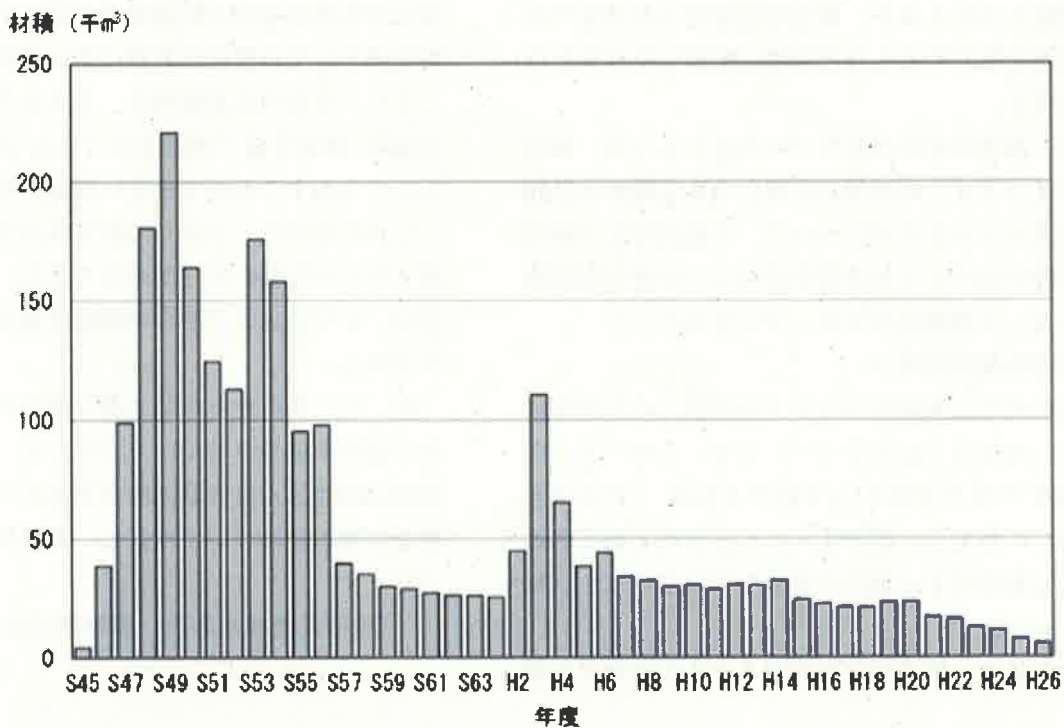


図-1 松くい虫被害の推移



写真-1 被害を受けた松林



写真-2 被害木・不用木の伐倒・整理



写真-3 自然力を活かした跡地更新

○おわりに

松くい虫被害は減少傾向にあります。松林面積は平成26年3月末現在で約69千haと、約50年前と比較して半減している状況です。

松林は、建築用材、まつたけ生産だけでなく、瀬戸内海国立公園等の景勝地において景観上欠かせないものであるとともに、本県の特産である備前焼の燃料としても利用されており、古くから県民に親しまれ、アカマツは県の木としても指定されています。

貴重な松林を保全するため、市町村や地域の方々と一体となって、被害対策を進めていきたいと考えています。

(岡山県農林水産部 林政課)

森林病虫獣害発生情報：平成27年9～10月受理分

病 害

なし

虫 害

〔オオトラカミキリ…北海道 檜山郡上ノ国町〕

トドマツ, 2013年8月発見, 被害面積4.84ha, 被害本数3,246 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔キクイムシ類…北海道 網走郡津別町〕

ヨーロッパアカマツ, 2013～2014年発見, 被害面積2.23ha, 被害本数177 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔トドマツオオアブラムシ…北海道 日高郡新ひだか町〕

トドマツ, 2014年7月発見, 被害面積1.35ha, 被害本数470 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔ダケカンバハバチ…栃木県 日光市〕

ダケカンバ, 2015年9月5日発見, 天然林 (栃木県林業センター・丸山友行)

獣 害

〔エゾシカ…北海道 斜里郡斜里町〕

トドマツ・ナラ類・イチイ・シナノキ・イタヤカエデ・センノキ他, 2014年4月発見, 被害面積176.16ha, 被害本数9,381 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 勇払郡占冠町〕

シナノキ・エゾマツ他, 2014年4月発見, 被害面積14.70ha, 被害本数441 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 釧路市阿寒町〕

ニレ・ハンノキ・ヤナギ他, 2014年6月発見, 被害面積

2.00ha, 被害本数50 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 川上郡標茶町〕

トドマツ, 2014年7月発見, 被害面積3.93ha, 被害本数3,812 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 日高郡新ひだか町〕

トドマツ・ナラ類他, 2015年1月発見, 被害面積0.19ha, 被害本数100 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 根室市〕

イチイ他, 2015年2月発見, 被害面積5.01ha, 被害本数501 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 天塩郡豊富町〕

トドマツ他, 2015年3月発見, 被害面積0.68ha, 被害本数408 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 恵庭市〕

トドマツ・アカエゾマツ・カンバ類, 2015年3月発見, 被害面積1.64ha, 被害本数3,600 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔エゾシカ…北海道 千歳市〕

トドマツ・アカエゾマツ, 2015年3月発見, 被害面積1.39ha, 被害本数1,100 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔ノネズミ…北海道 北斗市〕

スギ, 2012年12月発見, 被害面積2.72ha, 被害本数8,172 (北海道森林管理局・酒井浩二)

〔ノネズミ…北海道 稚内市〕

トドマツ, 2014年5月発見, 被害面積0.33ha, 被害本数616 (北海道森林管理局・酒井浩二)

(森林総合研究所 佐橋憲生/伊藤賢介/堀野真一)

森林防疫ジャーナル

(研)森林総合研究所* 生物関連人事異動
(平成27年10月1日)

松本剛史 (四国支所流域森林保全研究グループ主任
研究員)

→ 森林昆虫研究領域昆虫管理研究室主任研究員
長谷川元洋 (森林昆虫研究領域昆虫生態研究室主任
研究員)

→ 四国支所流域森林保全研究グループ主任研究
員

(平成27年11月1日)

尾崎研一 (北海道支所森林生物研究グループ長)

→ 森林昆虫研究領域長

伊藤賢介 (森林昆虫研究領域長)

→ 北海道支所地域研究監

佐藤重穂 (四国支所流域森林保全研究グループ長)

→ 北海道支所森林生物研究グループ長

長谷川元洋 (四国支所流域森林保全研究グループ主
任研究員)

→ 四国支所流域森林保全研究グループ長

*: 森林総合研究所の法人名が国立研究開発法人森林総合研究所と改称されて以来、統一された略称がなかったため、本誌では略称を用いてきませんでした。各省、農林水産技術会議事務局、林野庁で「国立研究開発法人」を「(研)」と略す統一使用を始めたとに倣い、今後本誌でも「(研)」を使用することとします。

お知らせ

森林防疫編集委員は次の通りです (平成27年11月1日現在)。

佐橋憲生 森林総合研究所樹木病害担当チーム長

服部 力 森林総合研究所森林病理研究室長

北島 博 森林総合研究所広葉樹害虫担当チーム長

浦野忠久 森林総合研究所生物的制御担当チーム長

堀野眞一 森林総合研究所野生動物研究領域長

岡 輝樹 森林総合研究所鳥獣生態研究室長

島津光明 全国森林病虫獣害防除協会技術顧問

森林防疫 第64巻第6号(通巻第711号)

平成27年11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(コービル)

☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726

振替 00180-9-89156

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