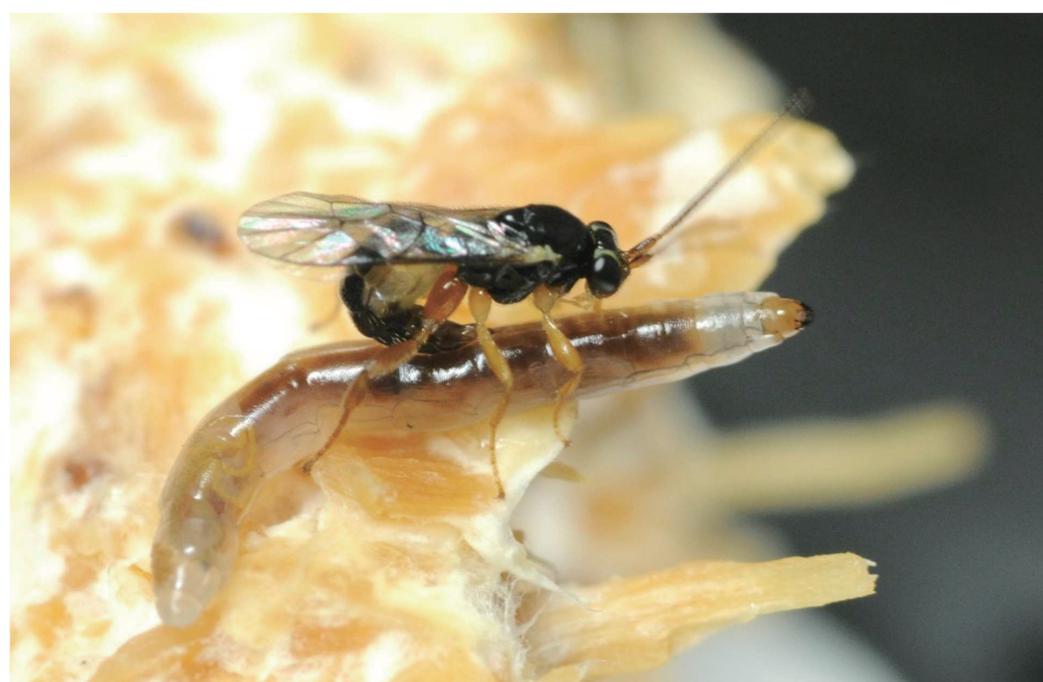


# 森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



## 目次

年頭所感 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 理事長 沢田治雄・・・・・・・・・・・・・3

### 論文

エゾシカの影響による林分構造の変化—17年間の追跡調査から—  
[明石信廣・南野一博・寺澤和彦]・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5

### 解説

シイタケハエヒメバチ(新称)はナガマドキノコバエ類の発生をおさえるか?:菌床シイ  
タケ栽培施設で土着天敵を活かす方法を考える  
[向井裕美・北島 博]・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

都道府県だより：兵庫県・島根県・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・21

協会だより

どなたでも投稿できます！・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・27

森林病虫獣害発生情報：令和元年11月・12月受理分・・・・・・・・・・・・・30



A



B



C



D

[表紙写真] シイタケ害虫ナガマドキノコバエ類を駆除する天敵寄生バチの発見

写真A：ナガマドキノコバエ類の幼虫に寄生するシイタケハエヒメバチの雌成虫。

写真B：シイタケ栽培施設のなかの様子。おが粉を固めてつくった菌床が棚に並べられ、そこから発生したシイタケが収穫される。

写真C：ナガマドキノコバエ類の成虫。交尾を終えた雌成虫は、シイタケ栽培施設のなかを飛び回り、シイタケや菌床に数百に及ぶ卵を産みつける。

写真D：シイタケを収穫したあとに残った菌糸を食べるナガマドキノコバエ類の幼虫。

シイタケ栽培における主要な害虫であるナガマドキノコバエ類に寄生するハチ(写真A)が、近年発見された(Mukai and Kitajima 2019)。シイタケハエヒメバチ(新称、以降ハチ)と呼ばれるこのハチは、腹部先端にある針のような産卵管を突き刺して、ナガマドキノコバエ類の幼虫の体内に卵を産みつける。体内で孵ったハチの幼虫は、寄生した幼虫の体内組織を徐々に食べて発育し、数日後、宿主を殺してハチの成虫となる。ナガマドキノコバエ類はシイタケ栽培施設(写真B)のなかで爆発的な速度で増殖し、幼虫が吐き出した菌糸体やシイタケの食害層が、商品であるシイタケに付着して異物混入を引き起こすことで問題となっている(写真C, D)。今回発見したハチを、シイタケ栽培施設においてナガマドキノコバエ類を駆除する天敵として活用することで、化学農薬を必要としない持続可能な栽培管理システムの構築に役立つことが期待される。

## 令和二年年頭所感

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 理事長 沢田治雄<sup>1</sup>



新年を迎え、謹んで年頭のご挨拶を申し上げます。

昨年は、大雨や暴風などに起因する大きな災害が日本各地で発生し、多くの方々が甚大な被害に遭われました。被災されました皆様、また関係者の皆様に心よりお見舞い申し上げますとともに、復旧にあたられている方々の安全をご祈念いたします。

令和最初の元旦を迎え、様々な面で心を新たにした取組みが期待されているところですが、昨年9月に天皇皇后両陛下が森林総合研究所林木育種センターに行啓くださったおりに、「たいへんよいことをしていますね」とのお言葉をくださいました。これは、育種事業に長い年月がかかることへのご理解の上で言われたことで、森林問題は、時代が変わっても長期継続的になすべきことがあることをご理解くださったと思っております。

昨年4月には、新しい森林経営管理制度の運用が始まりました。これは、森林所有者が経営管理できない森林に対して、市町村が林業経営者との仲介を行い、林業の成長産業化と適切な森林管理を両立させることを目的としています。また、森林環境税と森林環境譲与税が創設され、9月に譲与が開始されました。全国の市町村等がこの仕組みを活用して、森林整備が進められることが期待されていますが、同時に、国民の皆様の森林への関心が高まることを期待したいと思っています。

2015年に国連サミットで採択された持続的開発目標（SDGs）では、持続可能な社会を実現するために2030年までに成すべき17のゴールと169のターゲットが示されました。ここでも多くのゴールに関連して、森林の重要性が示されています。一方、国連気候変動枠組条約締約国会議では、パリ協定は採択されているものの、昨年12月のCOP25ではルールの詳細で合意にいたりませんでした。しかし、地球温暖化に対する緩和策と適応策の両面で森林は大きな関わりを持っていることは認識されています。このように、地球規模での社会基盤として、森林が重要な役割を果たしていることは論を待ちません。

<sup>1</sup>SAWADA, Haruo

これらのような地球規模での森林への関心の高まりの中で、この「森林防疫」誌が果たすべき役割は大きいと思います。読者の中には森林病虫獣害に関わる情報を持つ人と、情報を必要とする人がおられることと思いますが、情報発信とその共有、さらには森林病虫獣害の対策協力が一層着実に実施され、成果を生む取組（グッドプラクティス）を期待したいと思います。

森林総合研究所におきましても、関連分野の研究を推進して「森林産業実用化カタログ2019」を刊行し、配布・ネット掲載を通して連携協力を募っています。例えば、シカ情報マップの携帯端末アプリ、クビアカツヤカミキリ防除資材、マツクイムシ対策技術の刷新、食葉性害虫発生量がわかる捕獲器、などがあります。関心のある項目がありましたら、是非、研究成果の着実な活用を進め、一層の向上を図りたいと思いますので、ご連絡いただければ幸いです。また、今後とも、森林病虫獣害分野等では実用化できる研究を強化してまいる所存でございますので、ご指導、ご鞭撻をいただければ幸いです。

さらには、当該分野に関わる人材育成も重要な課題だと思っています。国土の約7割が森林で覆われる日本において、適切な林業従事者数の持続的な確保も喫緊の課題です。新国立競技場などでの木材利用を通して森林への関心が寄せられているこの時代に、ICT等の先端技術を導入するとともに、若者にとっても魅力のある対象とすることに努力してまいる所存です。

結びに、全国の森林・林業・木材産業にかかわる分野の発展と、読者の皆様のご健勝、ご多幸を祈念申し上げます。年頭のご挨拶とさせていただきます。

## 論文

# エゾシカの影響による林分構造の変化 — 17年間の追跡調査から —

明石信廣<sup>1</sup>・南野一博<sup>2</sup>・寺澤和彦<sup>3</sup>

## 1. はじめに

シカは樹皮や林床の植物を採食することにより、森林の構造や更新動態に大きな影響を及ぼす。強度の採食の継続によって下層植生が消失するほか (Miyaki and Kaji 2009a; 村田ら 2009; 藤木ら 2011)、全周剥皮による枯死が発生すれば、比較的短期間のうちに上層木を含む林分構造に大きな変化が生じる (Akashi and Nakashizuka 1999; Miyaki and Kaji 2009b)。しかし、比較的目立ちやすい樹皮への影響に比べ、稚樹や小径木を対象として大きな影響が生じる前から追跡調査した事例は少ない。

蒲谷 (1988) は東京大学千葉演習林の常緑広葉樹林において、1971年から1986年までの林床植生の種数の減少や樹高1.3m以上、胸高直径2cm未満の小径木の増減を、この間のシカの増加の影響として検討した。渡辺ら (2011) や明石 (2015) は、北海道日高・胆振地方の森林において毎木調査を複数年にわたって毎年行った結果から、シカの影響によって小径木が急速に減少したことを報告している。

このような変化の蓄積によって、“molar zone” (シカによる採食を受ける高さの範囲, Waller and Alverson 1997) の植物が減少し、採食ラインとして認識されるようになると考えられる。しかし、シカの生息密度が高密度でなければ、森林の変化はゆっくりとしたものであるため、短期間の調査では影響を認識することが難しい場合があると考えられる。このような長期にわたるシカの影響は、英語ではしばしば“chronic herbivory”あるいは“chronic browsing” (慢性的な採食) と表現される。シカの影響によって林分構造が大きく改変された森林では、もとの状態に回復させるのは難しく、シカによる大きな影響を回避するには、変化を早期に認識して対策を講じな

ればならない。そのためには、シカの影響によって生じる森林の変化について、知見を蓄積していく必要がある。

筆者らは、天然林の林分構造に及ぼすエゾシカの影響を明らかにするために、エゾシカの急増が認識された直後であった1996年に北海道浜中町に設定した調査区 (寺澤 1999) を2013年まで継続調査し、この間の林分構造の変化から、森林におけるシカの影響を示す初期の兆候について検討した。

## 2. 調査地及び方法

調査地は浜中町藻散布の天然林 (道有林釧路管理区48林班47小班) に設定した。海岸から北に約1.5km、藻散布沼上流の湿地と林道にはさまれた平坦地で、厚岸町との境界まで約50m、標高は約10mである。林床には調査区設定時点でササ類が生育しておらず、樹木の更新が良好であった (寺澤 1999)。

浜中町及び厚岸町は1991年から1996年まで休猟区となっており、狩猟が行われなかった。調査地を含む北海道東部地域では、2010年以降、エゾシカの生息頭数が減少していると推定されている (宇野 2017)。浜中町及び厚岸町のライトセンサス農耕地コースでは、1990年代から近年まで、年ごとに大きく変動しながらも、2002年以降は比較的観察頭数が少ない年が続いていたが、2010年頃から観察頭数が多くなっている (図-1)。また、調査地を含む5倍地域メッシュ (23.6km<sup>2</sup>) では、狩猟者の1人1日あたりエゾシカ目撃数 (SPUE) は10頭前後で推移し、狩猟によって毎年100頭以上が継続的に捕獲されている (図-2)。

1996年10月、21×21mの調査区内の胸高直径0.6cm以上の樹木について、胸高直径を測定し、樹皮の

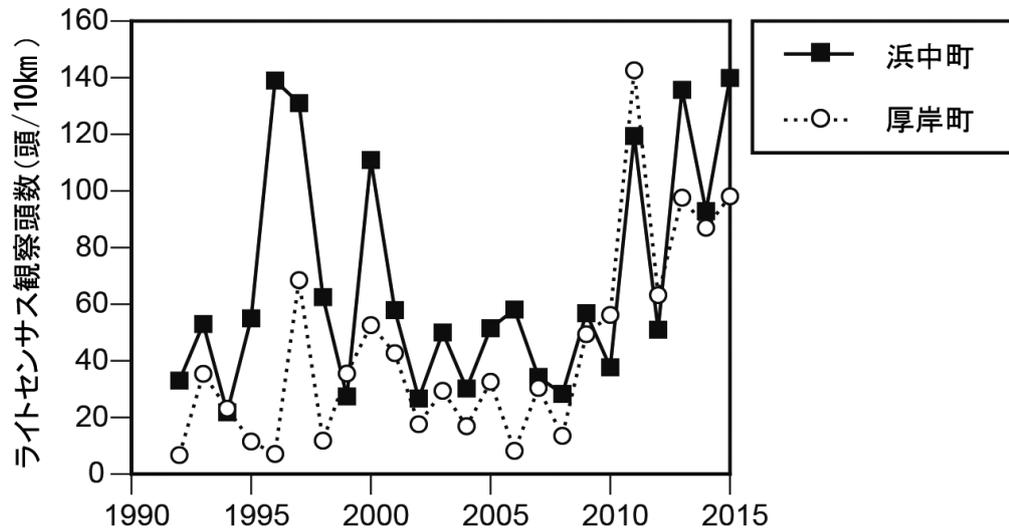


図-1 浜中町及び厚岸町におけるライトセンサスによる観察頭数  
調査は毎年10～11月に各市町村の農耕地において約10kmのコースで実施されている。

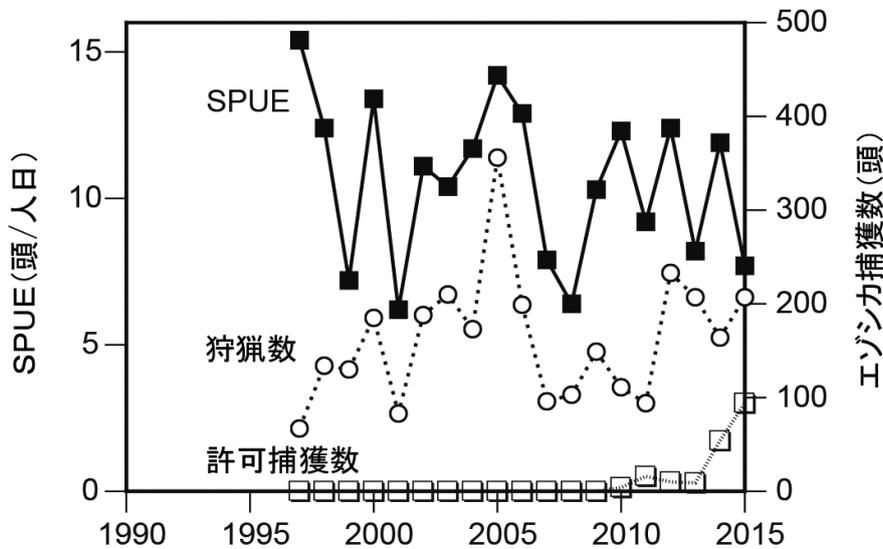


図-2 調査地を含む5倍地域メッシュにおけるエゾシカ捕獲数(狩猟数及び許可捕獲数)と狩猟者の1人1日あたりエゾシカ目撃数(SPUE)

食痕や角こすり，幹折りの痕跡を調査した。これらの樹木にはナンバーテープを付けて識別し，2000年，2003年，2013年のそれぞれ10月に樹木の生残や新規加入個体の有無，エゾシカの食痕等の有無を確認し，胸高直径を測定した。エゾシカの食痕等は1998年10月にも調査を行った。

1996年10月，調査区内に長さ20mのラインを2本

設定し，ラインの両側1mずつの範囲に生育する樹高20～130cmの稚樹の樹種，樹高およびエゾシカによる枝葉の食痕の有無を記録した。2013年10月に，ほぼ同じ場所において同様の調査を実施した。2013年の調査では，食痕の状態から，当年に発生したと思われるものを新しい食痕として，古い食痕と区別した。

### 3. 結果

#### (1) 樹木の本数の変化

胸高直径 0.6cm以上の樹木の直径階分布の変化を図-3に示す。

1996年には胸高直径 5 cm未満の広葉樹が106本存在していたが、アオダモ、ケヤマハンノキ、ナナカマドなどは多くの幹の樹皮に食痕が記録され、その後の調査ではアオダモなどで幹折りも発生していた(寺澤 1999)。

1996年には、胸高直径 2 cm未満の樹木としてアオダモ40本、ナナカマド9本、ダケカンバ7本、ケヤマハンノキ6本など広葉樹74本、トドマツ2本が生

育していた。2000年には広葉樹は36本とほぼ半減したが、トドマツは5本に増加した。ナナカマドは2000年までにすべての幹が枯死し、このうち3本はエゾシカによる幹折りが記録された。2013年の調査ではアオダモ3本、ダケカンバ3本、ケヤマハンノキ2本が生残しており、いずれも胸高直径 2 cm以上に成長していた。多くの広葉樹小径木が枯死したことにより、2013年には胸高直径 2 cm未満の樹木は広葉樹6本、トドマツ5本のみとなった。

幹折りは胸高直径 1.3cm未満の広葉樹において、2000年までに10本、2013年に1本が記録された。

胸高直径 2 cm以上 5 cm未満の広葉樹では、ケヤマ

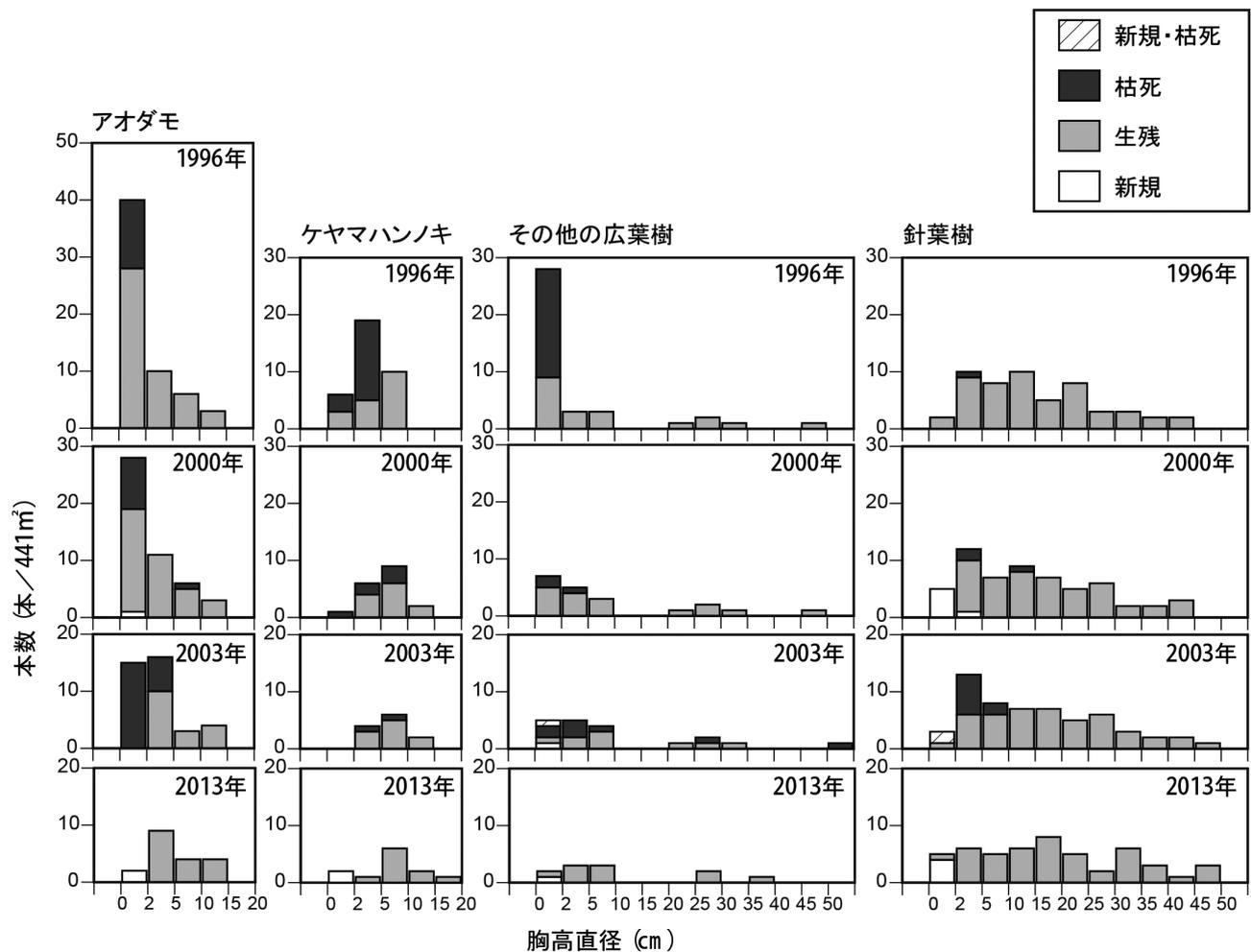


図-3 樹木の直径階分布の変化

各調査年から次回の調査までに枯死したものを「枯死」、前回に記録されず新たに胸高直径0.6cm以上に成長したものを「新規」とした。「新規・枯死」はその年に新たに記録されたが次回の調査で枯死していたもの。

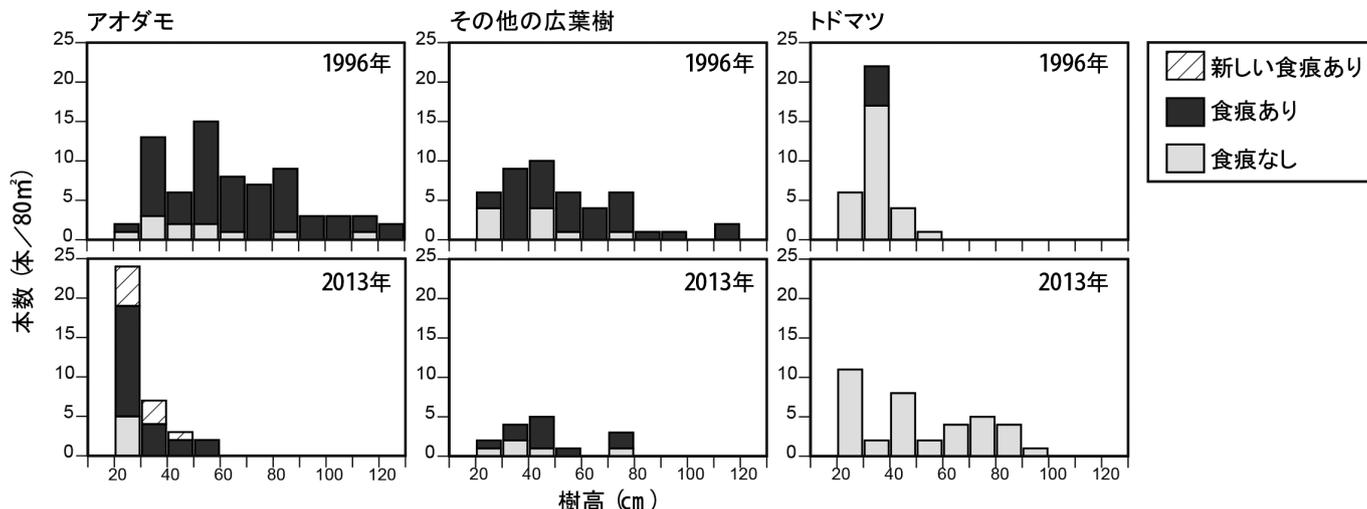


図-4 稚樹の樹高階別本数

1996年には、新旧を問わず、食痕が確認されたものを食痕ありとした。  
2013年には、食痕の状態から、当年に発生したと思われるものを新しい食痕とした。

ハンノキは19本のうち18本が枯死したが、アオダモは10本のうち6本が生残しており、胸高直径2cm未満に比べて枯死は少なかった。胸高直径5cm以上の樹木の本数は、5cm未満の本数の減少に比べて変化が小さかった。2003年の調査時に胸高直径27.7cmだったナナカマド、50.9cmだったミズナラが2013年には枯死していたが、これらにはエゾシカによる樹皮の食痕はみられなかった。

小径木の枯死の要因として、エゾシカによる幹折れや樹皮の食害だけでなく、上層木や周辺の樹木との個体間競争も考えられる。調査区のエゾシカによる幹折れや樹皮の食害だけでなく、上層木や周辺の樹木との個体間競争も考えられる。調査区のエゾシカによる幹折れや樹皮の食害だけでなく、上層木や周辺の樹木との個体間競争も考えられる。調査区のエゾシカによる幹折れや樹皮の食害だけでなく、上層木や周辺の樹木との個体間競争も考えられる。

トドマツは上層の個体がさらに成長する一方、下層木では枯死が発生した。全周剥皮を受けたものはなかったが、枯死木15本のうち8本には角こすりや全周の1/3を超える樹皮の食害の痕跡があった。生残木45本のうちこのような痕跡がみられたのは10本であった。林道に接する調査区のエゾシカによる幹折れや樹皮の食害だけでなく、上層木や周辺の樹木との個体間競争も考えられる。

稚樹が多数生育しており、その一部が新たに胸高直径0.6cm以上に加わった。

イチイは1998年の調査で樹皮食害の被害率が高かったが(寺澤 1999)、1996年に胸高直径19.9~36.9cmであった5本がすべて生存しており、近年は新しい樹皮の食害が発生していなかった。ただし、2000年に幹の周囲長の3分の1以上に及ぶ樹皮食害が記録された1本は、2013年には樹冠の一部が枯れるなど衰退が認められた。

## (2) 稚樹本数とエゾシカ食痕

80m<sup>2</sup>の調査範囲において、1996年にはトドマツ28本、落葉広葉樹116本の稚樹が記録されていた(寺澤 1999)。広葉樹稚樹のうち71本はアオダモであり、このうち8本は樹高100cmを超えていた。2013年には、調査箇所が完全に一致していないものの、トドマツ37本、アオダモ36本、その他の落葉広葉樹15本が生育していた(図-4)。樹高60cmを超える広葉樹稚樹はホザキナナカマドのみで、80cmを超えるものは調査箇所内にもその周囲にも存在しなかった。広葉樹稚樹のほとんどに食痕が確認されたが、新しい食痕がみられたのはアオダモのみであった。2013年に食痕がみられなかったトドマツは、1996年の調

査に比べて本数が増加し、樹高も高くなっていた(図-4)。

#### 4. 考察

日本の多くの森林と同様に、この調査地を含む森林でも、シカの生息密度やその推移を示す情報は少ない。しかし、広葉樹の稚樹や胸高直径2cm未満の小径木が1996年から2003年までの間に大きく減少し、その後もさらに減少していたことは、森林の天然更新を図るにはシカの密度が高すぎる状態が継続していたことを示唆している。森林の毎木調査では、一定の胸高直径以上を対象として調査されるのが普通であろう。Bradshaw and Waller (2016) は、米国の森林インベントリ調査のうち Wisconsin 州北部のデータを集計し、オジロジカの影響によって胸高直径 2.5 ~ 5.1cm の小径木が減少していることを示したが、これらの小径木はオジロジカの“molar zone”を超えており、現在の直接の影響よりも過去の影響の履歴を反映して、2.5cm 以上に進界してくる稚樹本数が少なくなったことを示すものとしている。シカによる現在の影響を把握するには、採食範囲に枝葉を着けるようなより小さな稚樹・小径木を調査することが重要である。

広葉樹稚樹が減少した一方、トドマツ稚樹は増加していた。この傾向が続けば、今後は小径木でもトドマツの優占度が高まっていく可能性がある。

北海道における森林へのエゾシカの影響として、剥皮がしばしば報告されている(阪部ら 1998; 小島ら 2006; 鈴木ら 2011 など)。本調査区では、ただちに枯死につながる全周剥皮のような樹皮食害は発生しなかった。そのため、この調査地では、17年間に胸高直径5cm以上の広葉樹やトドマツは、上層木の成長や大径木の枯死などはあったものの、本数に大きな変化は生じていなかった。北海道では、イチイは樹皮に対する嗜好性が高いと報告され(阪部ら 1998; 安井ら 2002)、この調査区でも1998年までに多くの幹が樹皮の食害を受けていたが(寺澤 1999)、その後の被害の拡大は一部にとどまっていた。剥皮の痕跡は、被害発生後も長期間にわたって

確認可能であり、エゾシカの影響が発生していることを容易に知ることができる。しかし、本調査地のように稚樹が継続的に減少するほどエゾシカの影響を受けている森林であっても、必ずしも剥皮の発生が続くわけではない。エゾシカの嗜好性が高い樹種が選択的に剥皮され、枯死することによって、林分構造には大きな影響が生じるが(Miyaki and Kaji 2009b)、嗜好性の高い樹種の減少によって、その後は剥皮の発生が少なくなることもある。したがって、エゾシカの森林への影響を把握する指標として剥皮を用いるには注意が必要である。

本調査区では、2000年までに胸高直径1.3cm未満の広葉樹小径木10本に幹折りが観察されたが、その後はほとんど確認できなかった。明石(2000)は北海道釧路市音別町の天然林において胸高直径2cmまでのアオダモに1.5m前後の高さで幹折りが発生していたことを報告している。2003年から2013年までは調査間隔が長く、この間に被害が発生していた可能性もあるが、2003年にはすでに胸高直径2cm未満の広葉樹の本数が少なくなっていたことから、幹折りのピークは2000年以前であったと考えられる。1996年から2000年までに胸高直径2cm未満の広葉樹は半減したが、当時はまだ小径木が消失するような状況ではなかった。したがって、幹折りは小径木が存在している森林においてシカによる影響の拡大を示す兆候の一つであると考えられる。

稚樹のうち2013年に樹高60cmを超えるものが確認されたのはホザキナナカマドだけであった。ホザキナナカマドは不嗜好性樹種とされているが(阪部ら 1998)、本調査地では古い食痕が確認された。樹種ごとのエゾシカの嗜好性は連続的であり、嗜好性の低い樹種でも餌資源が少なくなれば採食されると考えられる(Akashi *et al.* 2015)。Akashi *et al.* (2011) は本研究の調査地に近い厚岸町の道有林内において2009年にトドマツ人工林内の稚樹を調査し、アオダモの77%、ホザキナナカマドの21%に食痕があったことを報告している。嗜好性の低い樹種の採食は餌資源の減少を示唆すると考えられるが、このような現象を森林へのエゾシカの影響の指標として活用す

るには、樹種ごとの嗜好性の区分を確立する必要がある。

Akashi *et al.* (2015) が北海道内7地域のトドマツ人工林において高さ30～200cmの広葉樹稚樹の食痕の有無を調査したところ、稚樹本数の12～74%に食痕がみられた。本調査地では、2013年に新しい食痕が確認された広葉樹稚樹は51本のうち9本(18%)、高さ30cm以上に限ると25本のうち4本(16%)のみであった。この割合は、Akashi *et al.* (2015)の結果と比較すると、非常に低い割合であるといえる。この理由として、近年の強いエゾシカ捕獲圧の継続の効果が考えられる。

この調査地では、胸高直径2cm未満の広葉樹小径木が、1996年と比べれば大幅に減少したものの、2013年にもわずかながら生育していた。また、稚樹も食害を受けながらも消失には至っておらず、新しい食痕は比較的少なかった。この地域で実施されているライトセンサスでは、2002年から2008年までは目撃されたエゾシカが比較的少なかったが、その後は増加している(図-1)。また、この調査地を含む5倍地域メッシュの範囲におけるSPUEでもエゾシカ生息密度の低下を示唆するデータは得られていない(図-2)。しかし、北海道東部地域全体では2010年以降、エゾシカの生息頭数が減少していると推定されている(宇野 2017)。このように、この調査地におけるエゾシカの生息密度の推移は明らかではない。しかし、図-2に示したように、この調査地の周辺では、年間100頭を超える捕獲が継続されていた。このようなエゾシカ管理の取り組みがなければ、小径木や稚樹はさらに大きく減少していただろう。また、2003年から2013年まで調査の間隔が10年と長く、この間にどのような変化が生じたのかは知ることができないが、2013年の調査時点のような低い食痕率が維持されるなら、稚樹の消失が回避される可能性もあると考えられる。

シカの影響が継続するとしばしば下層植生が衰退することから、例えば兵庫県で開発された指標である「下層植生衰退度」では、低木層の被度を用いて森林の現状を把握している(藤木ら 2014)。しかし、

下層植生の衰退はシカの影響が継続した結果である。まだ衰退に至っていない森林において衰退を回避するには、下層植生が消失するまでに生じるどのような現象に注目すれば良いかを明らかにし、早めの対策につなげる必要がある。

図-3や渡辺ら(2011)、明石(2015)が示しているように、小径木はある程度の時間をかけて減少していく。したがって、早期に問題を認識することにより、小径木が消失する前に対策を講じられる可能性がある。図-4では、1996年に稚樹のほとんどにエゾシカの食痕が記録されている。すなわち、稚樹の多くに食痕がみられる森林では、稚樹の減少やその後の小径木の減少が予測される、と言っても良いだろう。また、2000年に多数みられた幹折りはシカの影響拡大による小径木の急減を示唆するものと考えられる。

アオダモの小径木は1996年から2013年までゆっくりと減少したのに対して、胸高直径2cm未満のナナカマドは2000年までにすべて枯死するなど、影響の受けやすさは樹種によって異なるため、森林の種組成に変化が生じる。エゾシカの嗜好性の高い樹種の急激な減少を回避するには、より影響が軽微な段階から対策を開始する必要があるだろう。

2000年頃には今日に比べてシカによる森林への影響に関する知見は乏しく、調査結果から対策の必要性を十分に発信することができなかった。しかし、2013年までの調査の結果や近年の他地域での研究成果を踏まえると、稚樹や小径木が多かった1996年から2000年頃に観察された稚樹の食痕や幹折りなどは、その後の稚樹や小径木の減少を十分に示唆するものであったと考えられる。実際のシカの管理に結びつけるには、小径木や稚樹の食痕がどの程度であれば許容できるのかなど、さらに精査が必要であるが、ここで得られた知見は、現在このような現象がみられる地域での早期の対策に活かしていかなければならない。

本調査地ではシカの影響によりすでに稚樹や小径木が少なくなり、今後、影響が継続したとしても林分構造の変化は小さく、変化を検出することが難し

いと考えられる。2013年の調査時点において、広葉樹稚樹の新しい食痕は少なく、シカの影響は軽減されている可能性がある。稚樹や小径木が今後も減少を続けるのか、シカの生息密度が稚樹の定着、成長が可能なレベルにあるのか、見極める必要がある。

## 引用文献

- 明石信廣 (2000) エゾシカが林床植生の構造に及ぼす影響. 日林北支論 48: 105 ~ 107
- 明石信廣 (2015) 北海道の森林におけるシカの影響 - シカの生息密度の変化と森林の反応. (シカの脅威と森の未来 - シカ柵による植生保全の有効性と限界. 前迫ゆり・高槻成紀編, 文一総合出版). 59 ~ 66
- Akashi N, Nakashizuka T (1999) Effects of bark-stripping by Sika deer (*Cervus nippon*) on population dynamics of a mixed forest in Japan. For Ecol Manage 113: 75 ~ 82
- Akashi N, Unno A, Terazawa K (2011) Effects of deer abundance on broad-leaf tree seedling establishment in the understory of *Abies sachalinensis* plantations. J For Res 16: 500 ~ 508
- Akashi N, Unno A, Terazawa K (2015) Significance of woody browse preferences in evaluating the impact of sika deer browsing on tree seedlings. J For Res 20: 396 ~ 402
- Bradshaw L, Waller DM (2016) Impacts of white-tailed deer on regional patterns of forest tree recruitment. For Ecol Manage 375: 1 ~ 11
- 藤木大介・岸本康誉・坂田宏志 (2011) 兵庫県氷ノ山山系におけるニホンジカ *Cervus nippon* の動向と植生の状況. 保全生態学研究 16: 55 ~ 67
- 藤木大介・岸本康誉・内田 圭・坂田宏志 (2014) 兵庫県における森林生態系保全を目的としたニホンジカ対策 - 広域モニタリング・データに基づいた状況把握と管理目標値の設定 -. 水利科学 335: 26 ~ 50
- 蒲谷 肇 (1988) 東京大学千葉演習林荒檜沢における常緑広葉樹林の下層植生の変化とニホンジカの食害による影響. 東大農演報 78: 67 ~ 82
- 小島康夫・安井洋介・折橋 健・寺沢 実・鴨田重裕・笠原久臣・高橋康夫 (2006) エゾシカの樹皮嗜好性と小径樹幹の内樹皮成分との関係. 日林誌 88: 337 ~ 341
- Miyaki M, Kaji K (2009a) Shift to litterfall as year-round forage for sika deer after a population crash. In: Sika deer: biology and management of native and introduced populations. McCullough DR, Takatsuki S, Kaji K (eds) Springer, 171 ~ 180
- Miyaki M, Kaji K (2009b) The dynamics of forest stands affected by sika deer on Nakanoshima Island: Change of size structure similar to the thinning effect. In: Sika deer: biology and management of native and introduced populations. McCullough DR, Takatsuki S, Kaji K (eds) Springer, 181 ~ 191
- 村田育恵・井上幸子・矢部恒晶・壁村勇二・鍛冶清弘・久保田勝義・馬淵哲也・椎葉康喜・内海泰弘 (2009) 九州大学宮崎演習林におけるニホンジカの生息密度と下層植生の変遷. 九大演報 90: 13 ~ 24
- 阪部智子・矢部恒晶・矢島 崇・渋谷正人・高橋邦秀 (1998) 知床半島岩尾別地区におけるエゾシカ越冬地の樹木被害. 北大演研報 55: 113 ~ 122
- 鈴木 牧・藤原章雄・鴨田重裕・前原 忠・齋藤暖生・松井理生・井口和信・梶 幹男・鎌田直人 (2011) エゾシカ低密度生息域の天然生林における剥皮発生リスク要因: シカの生息地利用特性と樹木個体の特性に基づく分析. 日林誌 93: 213 ~ 219
- 寺澤和彦 (1999) 道東地方の天然林におけるエゾシカ被害 - 浜中町での調査事例から -. 光珠内季報 115: 7 ~ 12
- 宇野裕之 (2017) 北海道のエゾシカ個体群の順応的管理. (日本のシカ: 増えすぎた個体群の科学と管理. 梶 光一・飯島勇人編, 東京大学出版会). 163 ~ 182
- 安井洋介・折橋 健・小島康夫・寺沢 実・鴨田重裕・笠原久臣・高橋康夫 (2002) エゾシカに対す

る樹皮嗜好性試験：積雪期における野外試験. 日  
林北支論 50：79～81

Waller DM, Alverson WS (1997) The white-tailed  
deer: a keystone herbivore. Wildl Soc Bull 25:  
217～226

渡辺展之・渡辺 修・明石信廣・宇野裕之・萩原 裕  
(2011) エゾシカの被食を受けた天然林の5年間  
の変化－日高・胆振国有林における3地域の比較  
－. 北方林業 63：61～65

(2019.9.20受理)

解説

# シイタケハエヒメバチ（新称）はナガマドキノコバエ類の発生をおさえるか？：菌床シイタケ栽培施設で土着天敵を活かす方法を考える

向井裕美<sup>1</sup>・北島 博<sup>2</sup>

## 1. はじめに

ナガマドキノコバエ類 (*Neoempheria* spp.) は、シイタケ栽培における主要な害虫である (写真-1A；北島 2012；森林総合研究所 2019)。日本では、リ

ュウコツナガマドキノコバエ (*N. carinata*)、フタマタナガマドキノコバエ (*N. bifurcata*)、フクレナガマドキノコバエ (*N. dilatata*) の三種類のナガマドキノコバエ類が、栽培きのこ類に被害を及ぼすこ



写真-1 ナガマドキノコバエ類 (A-C) と菌床シイタケ栽培施設の様子 (D, E)  
 A：成虫，B：菌床を食害する幼虫，C：シイタケの傘に潜む幼虫（矢印），D：施設内に並べられた菌床，E：菌床シイタケ栽培施設の一例（撮影：佐藤大樹氏）。

<sup>1</sup>MUKAI, Hiromi, 国立研究開発法人森林研究・整備機構林総合研究所 森林研究部門森林昆虫研究領域；  
<sup>2</sup>KITAJIMA, Hiroshi, 国立研究開発法人森林研究・整備機構林総合研究所 森林研究部門森林昆虫研究領域

とが知られる (末吉 2015)。これらの種は、いずれも同じような形態と生態を持ち、被害をもたらすため、本稿ではナガマドキノコバエ類 (以下、キノコバエ) と総称する。

キノコバエの幼虫は、自らが吐き出した糸を張りめぐらせて巣をつくり、菌糸やシイタケを食害する (写真-1B)。また、幼虫が付着したままシイタケが流通して店頭と並ぶと、異物混入という問題を引き起こす (写真-1C, 矢印)。このような被害が顕著となった背景には、“菌床”を利用した施設内での栽培法の普及がある。菌床とは、おが粉と栄養剤を混ぜてシイタケ菌を培養したブロック状の塊である。菌床栽培では、およそ10,000個もの菌床を栽培施設のなかに並べ、発生したシイタケを収穫する (写真-1D, E)。丸太にシイタケ菌を接種して作る“ほだ木”を使った原木栽培は、重労働を伴うことから、近年では菌床栽培によるシイタケの生産量が増加している (農林水産省 2019)。しかし、年間を通して子実体が発生している菌床シイタケ栽培施設では、一旦害虫が侵入すると爆発的な速度で増殖し、被害をもたらされてしまう。キノコバエは、卵から成虫になるまでにおよそ17日間しか必要としないため (25°C, 16L8D条件下; 北島ら 2012)、短期間に世代を繰り返すことが可能であり、被害は深刻化する。

キノコバエを防除するため、栽培ハウスのなかには、成虫を捕殺するための黄色粘着シートや乳酸発酵液によるトラップなどが設置され、効果が確かめられてきた (園田ら 2014)。また、シャワーや温水で菌床上の幼虫を洗い流す施業的防除も有効である (森林総合研究所 2019)。しかし、発生を完全に抑制することは困難であるため、新たな防除技術の開発が常に望まれている。

近年、著者らは、菌床シイタケ栽培施設のなかでキノコバエの幼虫に寄生するハチを発見した (Mukai and Kitajima 2019)。本稿では、このハチについて栽培施設内での発生消長やその防除効果及び国内における分布について解説し、キノコバエを駆除する天敵として利用することを考えたい。

## 2. ナガマドキノコバエ類の新たな天敵, シイタケハエヒメバチ (新称)

菌床シイタケ栽培施設で発見されたハチは、ハチ目ヒメバチ科に属するハエヒメバチ類の1種であることが判明し、同時に未記載種の可能性が高いことも明らかになった。これを、シイタケハエヒメバチ (新称; *Orthocentrus* sp.) と呼ぶ (渡辺ら 未発表)。

ヒメバチ科の多くは、雌成虫が宿主昆虫の体の内部に卵を産み付け、宿主を生かしたまま幼虫の体を餌として成長し、最後には宿主を殺す、“飼い殺し型寄生 (koinobiont)”と呼ばれる生態をもつ (Quicke 2015)。ハエヒメバチ類は、およそ500の記載種を含むハエヒメバチ亜科 (Orthocentrinae) に属する (Wahl and Gauld 1998; Quicke *et al.* 2009; Broad 2010)。既知種の多くがハエ目の幼虫に寄生することがわかっているが、野外における生態や生活史については、ほとんど明らかになっていない (Humala 2003; Humala *et al.* 2016; Yu *et al.* 2016)。

シイタケハエヒメバチ (以下、ハチ) がナガマドキノコバエ類の幼虫に寄生することを確認するために、菌床栽培施設内で捕獲したハチの雌成虫にキノコバエの成熟幼虫を与えて観察した。すると、キノコバエの幼虫を見つけたハチの雌成虫は、素早く幼虫に近寄り、幼虫に馬乗りになると、腹部の先端を曲げる行動を示した。腹部の先端には針のような産卵管があり (写真-2, 矢印)、雌成虫は、これをキノコバエの幼虫の体に突き刺した (写真-2)。このような寄生行動は数十秒のうちに完了するが、この間に雌成虫は何度も繰り返し幼虫に産卵管を挿入する様子が見られた。産卵管を挿入されたキノコバエの幼虫は、しばらく麻酔をかけられたように行動を停止したが、その後何事もなかったかのように動き出し、数日間は餌を食べて発育した。しかし数日後、キノコバエのものとは異なる蛹が形成され、その蛹からはハチの成虫が1頭だけ出てきた。以上の観察により、このハチは、キノコバエの幼虫を自身の子供の餌として利用する単寄生性の寄生バチであることが明らかになった (Mukai and Kitajima 2019)。

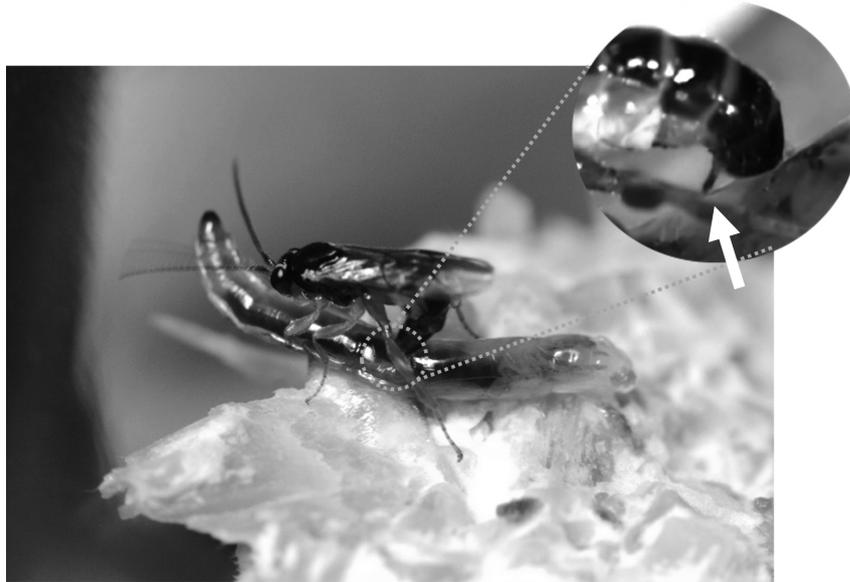


写真-2 ナガドキノコバエ類の幼虫に寄生するシイタケハエヒメバチの雌成虫幼虫にまたがり、針のような産卵管(矢印)を突き刺すハチの雌成虫。

### 3. シイタケ栽培施設内におけるハチとキノコバエの関係

菌床シイタケ栽培施設内におけるハチとキノコバエの関係を明らかにするため、群馬県藤岡市の生産者の栽培施設において虫の発生推移を調査した(Mukai and Kitajima 2019)。調査は、栽培工程の始めから終わりまでの期間中、1ヶ月に一度の頻度で実施した。栽培施設内に設置された9,600個の菌床のうち160個を任意に選択して、菌床上に存在するキノコバエの幼虫数を数えた。また、ハチによる幼虫への寄生頻度も併せて調査した。寄生の有無は外見的特徴から判別できないため、栽培施設からキノコバエの幼虫を採集し、羽化するまで個別飼育して、得られた成虫から判断した。調査に使用した栽培施設では二期栽培が施行されており、2017年6月から10月にかけては春-夏期栽培、2017年10月から2018年5月にかけては秋-春期栽培が行われたため、調査期間の設定はこれに従った。

栽培施設内のキノコバエの幼虫数は、栽培期間において大きく変動した(図-1 A, B)。春-夏期及び秋-春期栽培のいずれも、栽培開始直後からキノコバエの幼虫の発生がみとめられた。一方、ハチの

寄生は、キノコバエの幼虫数の増加から遅れてみられた(図-1 A, B)。春-夏期栽培における初期の寄生率は、僅か1.9%であったが、その後、栽培後期にかけて増加し、9月以降60%以上に達した(図-1 A)。秋-春期栽培では、栽培期間を通してほとんど寄生が確認されなかったが、後期にやや増加する傾向が見られた(図-1 B)。キノコバエの幼虫数は、春-夏期栽培では後期にかけて減少したことから、ハチの寄生による影響を受けた可能性がある。秋から翌春にかけては、ハチの寄生がほとんど見られなかった。ヒメバチ科のなかには越冬休眠を行う種も知られるため(安部 2010)、この時期のハチも越冬のための休眠状態にあり、寄生活動をしていないと予想された。

ハチの寄生率と、菌床上で見られたキノコバエの幼虫数との関係をみると、寄生率が10%を超えると、菌床上に存在する幼虫数の平均値は0.5頭以下となり、菌床上ではほとんど見られなくなるほど数が減少することがわかった(図-1 C, 灰色部分)。以上の結果から、ハチの寄生は、キノコバエの増殖を抑制している可能性が高いと考えられた。

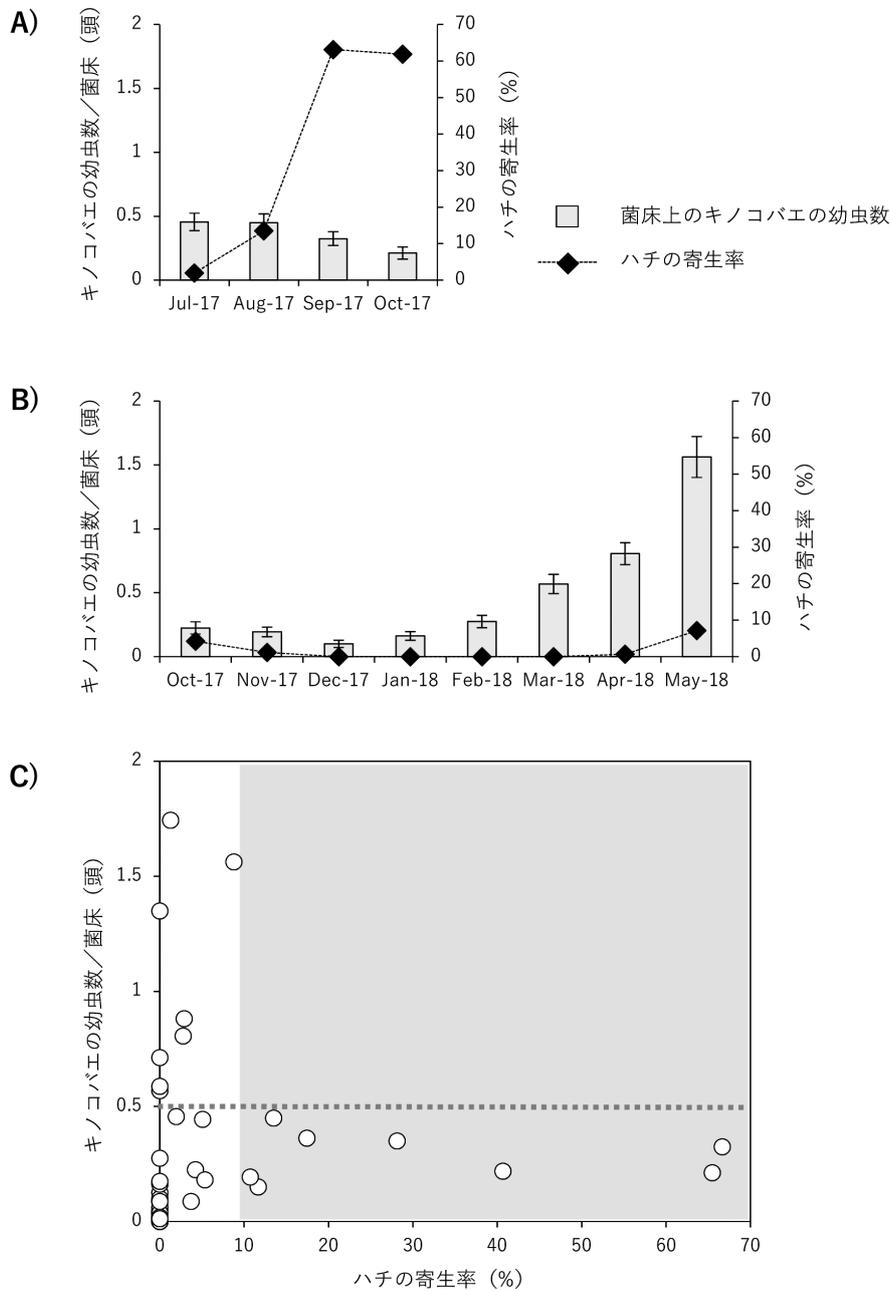


図-1 シイタケハエヒメバチとナガマドキノコバエ類の幼虫の関係

A：春-夏栽培における菌床上のキノコバエの幼虫数及びハチの寄生率の推移， B：秋-春栽培における菌床上のキノコバエの幼虫数及びハチの寄生率の推移， C：菌床上のキノコバエの幼虫数とハチの寄生率の関係。

#### 4. 模擬栽培施設におけるハチの防除効果

ハチは、本当にキノコバエの増殖を抑えるのだろうか。ハチの防除効果を検証するため、実験用の模擬栽培施設のなかに、ハチとキノコバエを同時に放飼する実験を行った (Mukai and Kitajima 2019)。

森林総合研究所敷地内の模擬栽培施設に、メッシュテントを8個設置した。それぞれのテントに栽培棚を1つずつ入れ、菌床を30個並べた。全ての菌床にキノコバエの成熟幼虫を2頭ずつ、計60頭を放飼した。4つのテントには、ハチの既交尾雌成虫を5頭

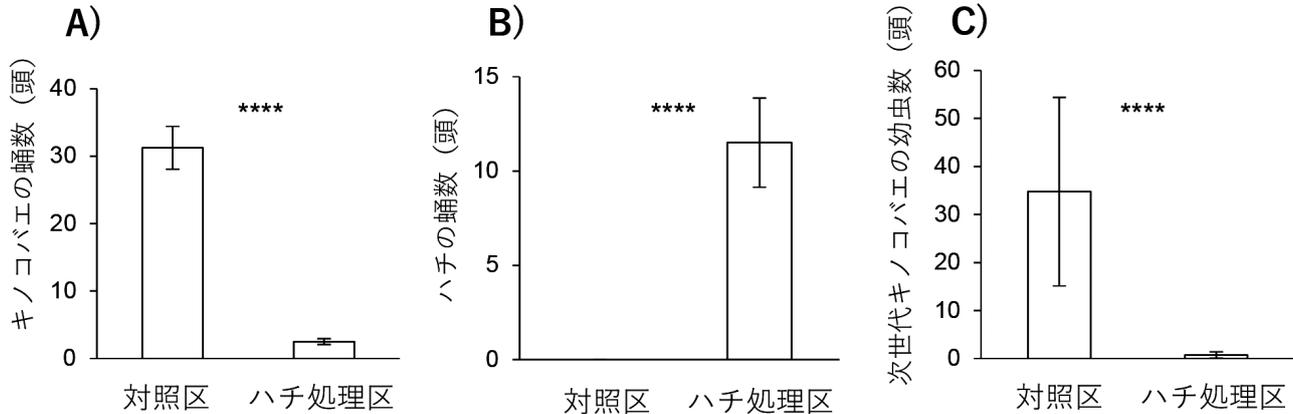


図-2 シイタケハエヒメバチによる防除効果

対照区とハチ処理区における、A：キノコバエの蛹数，B：ハチの蛹数，次世代キノコバエの幼虫数。  
\*\*\*\*は、GLMを用いた統計解析により、 $P < 0.0001$ を示す。

放飼して、ハチ処理区とした。キノコバエの成熟幼虫は5日以内に蛹を形成したため、その時点でキノコバエの蛹数とハチの蛹数を確認し、寄生成功率を求めた。その後、蛹からキノコバエの新成虫が羽化したことを確認してから二週間後に、菌床上の次世代キノコバエの幼虫数を調査した。

実験の結果、ハチ処理区では、菌床上にのせたキノコバエの幼虫の多くが寄生され、ほとんど蛹まで発育できないことが明らかになった（図-2A）。一方、ハチの蛹は多くみられ、テントに放したハチの雌成虫がキノコバエの幼虫に寄生したと考えられた（図-2B）。さらに、次世代のキノコバエの幼虫数は、ハチ処理区では対照区に比べて有意に減少し、増殖を抑えたことがわかった（図-2C）。以上の結果は、ハチの寄生によってナガマドキノコバエ類の蛹数が減少し、親となるキノコバエの成虫数が減少したため、次世代のキノコバエの幼虫数の激減につながったことを示唆している。

## 5. ハエヒメバチ類の分布

著者らは現在、シイタケハエヒメバチを含む寄生バチをキノコバエの土着天敵として利用する可能性を探るため、全国の菌床シイタケ栽培施設におけるハエヒメバチ類の分布を調査している。これまでの調査では、関東から九州にいたる広範囲の栽培施設

で、キノコバエの幼虫に寄生するハエヒメバチ類の生息が確認された（図-3）。ハエヒメバチ類が生息する地域では、例えば、群馬県富岡市で78.9%（2017年10月）、大分県日田市（2018年10月）で82.6%という高い寄生率を示した（向井ら 2019）。

さらに、菌床シイタケ栽培施設のなかでは、シイタケハエヒメバチの他、ヨリメハエヒメバチ（新称；*Symplexis bicingulata*）という、近縁のハエヒメバチ類1種も新たに見つかった（Mukai and Kitajima 2019）。徳島県小松島市ではヨリメハエヒメバチのみが確認されているが、群馬県藤岡市では同じ栽培施設にシイタケハエヒメバチとヨリメハエヒメバチが生息していた（向井ら 2019）。ヨリメハエヒメバチも、シイタケハエヒメバチ同様、キノコバエの幼虫に寄生行動を示した（向井 未発表）。菌床シイタケ栽培施設で害虫となっているナガマドキノコバエ類は3種だが、野外も含めると、国内には8種ものキノコバエが分布している（Sueyoshi 2014）。ヨリメハエヒメバチやシイタケハエヒメバチは、野外で数種類のナガマドキノコバエ類を宿主としながら、全国に広く分布していると考えられる。今後、全国各地のハエヒメバチ類の発生調査が進むことで、各地に生息するハチをキノコバエの土着天敵として栽培施設内で活用する可能性が見えてくると期待している。



図-3 ハエヒメバチ類が確認された菌床シイタケ栽培施設の分布  
黒色丸はシイタケハエヒメバチ，灰色丸はヨリメハエヒメバチの分布をそれぞれ示す。

## 6. おわりに

本研究により、シイタケハエヒメバチやヨリメハエヒメバチといった、菌床シイタケ栽培施設のなかでキノコバエの天敵として機能しうる寄生バチの存在が明らかになった (Mukai and Kitajima 2019)。これらハエヒメバチ類とキノコバエは、野外では「捕食」「被食」という食物連鎖のなかで、種間関係を築いて生息していると考えられる。その種間関係は、栽培施設という限定された空間のなかでも維持され、

害虫であるキノコバエの増殖を抑制できる可能性が高い。

国内外における農業の現場では、害虫を捕食する天敵を中心に据えた総合的病害虫管理 (IPM) の研究が精力的に進められている (矢野2018; Perović *et al.* 2018)。一方、きのこ栽培における天敵利用は、2000年以降着目され始めた比較的新しい技術である。欧米諸国では、マッシュルーム栽培施設で増殖するクロバネキノコバエ類 (ハエ目: クロバネキノコバ

エ科) やノミバエ (ハエ目: ノミバエ科) に対して, 昆虫病原性線虫やBT剤等の細菌, 及び捕食性のダニ類等を利用した圃場試験により, 防御効果が確かめられている (Jess and Kilpatrick 2000; Jess and Bingham 2004; Jess and Schweizer 2009; Navarro and Gea 2014)。国内のきのこ栽培においても, 天敵として線虫や細菌など微生物製剤を利用した防除法が検討され (北島ら 2017), 適用拡大が行われた。寄生バチを含む様々な天敵を活用することで, 化学農薬を必要としない持続可能な栽培管理システムの構築に役立つと期待される。

菌床シイタケ栽培施設でハチを有効に活用するためには, 周囲の自然環境に生息するハチを選択的に栽培施設に呼び込み, ハチが施設内で十分に活躍できる環境を整えることが重要である。今後は, ハチの自然環境における生態や寄生能力などを明らかにしていくと同時に, ハチを誘引し定着させる因子及び生存期間や産卵能力を向上させる餌条件などを解明し, 実用的な害虫防除法の開発を目指す。

## 謝辞

ハチの同定にご協力いただいた渡辺恭平氏 (神奈川県立生命の星・地球博物館), キノコバエの同定にご協力いただいた末吉昌宏氏 (森林総研生物多様性拠点) には厚く御礼申し上げます。また, 調査にご協力いただいた岩手県, 茨城県, 群馬県, 千葉県, 岐阜県, 徳島県, 大分県の菌床シイタケ生産者及び特用林産関係担当者の皆様には, 心より感謝申し上げます。本研究は, 森林総研交付金プロジェクト「シイタケ害虫における複数の刺激を利用した行動操作法の確立 (課題番号201707)」により実施された。

## 引用文献

安部淳 (2010) 送粉性ハチ類に対する害虫としての寄生蜂 *Melittobia*. 植物防疫 64: 63 ~ 66  
Broad GR (2010) Status of *Batakocomacrus* Kolarov (Hymenoptera: Ichneumonidae: Orthocentrinae), with new generic combinations and description of a new species. Zootaxa 2394: 51 ~ 68

Humala AE (2003) The Ichneumonid Wasps in the Fauna of Russia and Adjacent Countries: Microleptinae and Oxytorinae (Hymenoptera: Ichneumonidae). Nauka, Moscow In Russian  
Humala AE, Choi JK, Lee JW, (2016) A review of the genera *Gnathochorisis* Förster and *Symplecis* Förster of South Korea, with notes on Korean Orthocentrines (Hymenoptera, Ichneumonidae, Orthocentrinae). Zookeys 562: 85 ~ 104  
Jess S, Kilpatrick M (2000) An integrated approach to the control of *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae) during production of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). Pest Manag Sci 56: 477 ~ 485  
Jess S, Bingham JFW (2004) Biological control of sciarid and phorid pests of mushroom with predatory mites from the genus *Hypoaspis* (Acari: Hypoaspidae) and the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. Bull Entomol Res 94: 159 ~ 167  
Jess S, Schweizer H (2009) Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation: a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. Pest Manag Sci 65: 1195 ~ 1200  
北島 博・大谷英児・川島祐介 (2012) ナガマドキノコバエの発育に及ぼすシイタケ菌床, 日長および温度の影響. 応動昆 56: 1 ~ 7  
北島 博・向井裕美・坂田春生・斎藤みづほ (2017) 昆虫病原性線虫によるフタマタナガマドキノコバエ *Neoempheria bifurcata* (ハエ目: キノコバエ科) 幼虫の防除試験. 関東森林研究 68: 103 ~ 104  
Mukai H, Kitajima H (2019) Parasitoid wasps regulate population growth of fungus gnats genus *Neoempheria* Osten Sacken (Diptera: Mycetophilidae) in shiitake mushroom cultivation. Biol Cont 134: 15 ~ 22  
向井裕美・北島 博・渡辺恭平 (2019) 菌床シイタケ栽培施設におけるナガマドキノコバエ類天敵寄生蜂の分布. 関東森林研究 70-1.

- Navarro MJ, Gea FJ (2014) Entomopathogenic nematodes for the control of phorid and sciarid flies in mushroom crops. *Pesq Agropec Bras* 49: 11 ~ 17
- 農林水産省 (2019) [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/ringyou\\_sansyutu/](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/ringyou_sansyutu/), 2019.2.20公表
- Perović DJ, Gámez-Virués S, Landis DA, Wäckers F, Gurr GM, Wratten SD, You M, Desneux N (2018) Managing biological control services through multi-trophic trait interactions: review and guidelines for implementation at local and landscape scales. *Biol Rev* 93: 306 ~ 321
- Quicke DLJ, Laurenne NM, Fitton MG, Broad G, (2009) A thousand and one wasps: a 28S rDNA and morphological phylogeny of the Ichneumonidae (Insecta: Hymenoptera) with an investigation into alignment parameter space and elision. *J Nat Hist* 43: 1305 ~ 1421
- Quicke, DJ (2015) *The Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps: Biology, Systematics, Evolution and Ecology*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- 森林総合研究所 (2019) しいたけ害虫の総合防除. 森林総合研究所森林昆虫研究領域, つくば市
- 園田昌司・片岡洋子・小原陽子・中野 亮・井村有里・  
鈴江光良 (2014) 紫外線LEDと水盤トラップを用いた菌床シイタケ栽培施設に発生するハエ目昆虫の捕獲. *応動昆* 58 : 32 ~ 35
- Sueyoshi M (2014) Taxonomy of fungus gnats allied to *Neoempheria ferruginea* (Brunetti, 1912) (Diptera: Mycetophilidae), with descriptions of 11 new species from Japan and adjacent areas. *Zootaxa* 3790, 139 ~ 164
- 末吉昌宏・村上康明・川口真司・小島 靖・前田由美 (2015) 原木シイタケ・原木マイタケ・菌床アラゲキクラゲ栽培施設で発生したリュウコツナガマドキノコバエとフタマタナガマドキノコバエ (双翅目キノコバエ科). *森林総研研報* 14 : 43 ~ 47
- Wahl DB, Gauld ID (1998) The cladistics and higher classification of the *Pimpliformes* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Syst Entomol* 23: 265 ~ 298
- 矢野栄二 (2018) 天敵の放飼増強法に関する歴史と最新情勢. *応動昆* 62 : 1 ~ 11
- Yu DSK, Van Achterberg C, Horstmann K (2016) Taxapad 2016, Ichneumonoidea 2015. Database on flash-drive. [www.taxapad.com](http://www.taxapad.com), Ottawa, Ontario, Canada

(2019.12.17受理)

## 都道府県だより

## 兵庫県における森林病害虫対策(ナラ枯れ)について

## ○はじめに

兵庫県は、摂津・播磨・但馬・丹波・淡路の5つの国からなり北は日本海、南は瀬戸内海を経て太平洋を望む、多様な気候、風土を有していることから、「日本の縮図」とも言われています。今年度は「兵庫五国連邦プロモーション」と題して、それぞれの地域の特色を県内外に発信し、新たな魅力を再発見しよう！という試みを実施しています。五国の魅力を伝える情報をHPで見ることができるのでぜひご覧ください。

さて、広大な面積を有する本県は、森林資源にも恵まれてきましたが、その反面、古くから森林病害虫による被害が発生してきた地域でもあります。今回は、本県における森林病害虫被害のうちナラ枯れ被害の最近の動向について、紹介させていただきます。

## ○被害状況

兵庫県におけるナラ枯れの歴史は古く、昭和23年に県北部の城崎郡西気村栗栖野（現豊岡市日高町）で被害が初めて記録されて以来、昭和49年まで県北部を中心に断続的に被害が記録されています。

近年の被害は、昭和60年頃に県北部に位置する但

馬地域で確認され、日本海側に多く分布しているミズナラ林を中心に被害が発生しましたが、被害の範囲は年々南下するように拡大してきました。平成19年度には但馬地域を越えて県中部の丹波市で、平成21年度には県西部の宍粟市で、平成22年度には県南東部の神戸市、川西市や篠山市（現丹波篠山市）で被害が発生し、被害発生市町数は10市町、被害材積2,688m<sup>3</sup>と大きな被害をもたらしました。

その後、被害区域は拡大を続けながらも被害量は一時的に減少傾向が続きましたが、平成27年度には再び増加に転じ、平成29年度には被害発生市町数は20市町、被害材積9,234m<sup>3</sup>と過去最大となる被害が発生しました。このとき、被害の約8割は県南東部の阪神地域に集中しており、この地域にコナラをはじめとする里山林を構成するナラ類が多く残されていることが激害の原因の1つと考えられています。

平成30年度以降は、被害量が再び減少に転じ、令和元年度9月末時点では被害量は2,931m<sup>3</sup>で、平成29年度と比べると大きく減少しています。激害が発生した阪神地域でも平成29年度の16%程度にまで減少しました（写真-1）。一方で、阪神地域の西側に位置する神戸市では被害量が増加しているほか、これまでは被害が見られなかった県中西部や淡路島



写真-1 阪神地域（西宮市甲山地区）の被害推移の状況の変化

左：平成29年9月5日撮影 山全体に被害木が広がっている  
右：令和元年9月2日撮影 新たな被害木はほとんど見られない

表-1 兵庫県におけるナラ枯れ被害量の推移

	H4	H11	H15	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1.9現在
材積(m <sup>3</sup> )	451	413	156	813	2,688	1,947	977	329	494	2,490	4,578	9,234	5,745	2,931
市町数	3	4	5	6	10	9	12	11	15	17	18	20	22	26
発生市町（新たな被害を確認した市町）														0
市町名	豊岡市 香美町 新温泉町	養父市	朝来市	丹波市 宍粟市	神戸市 川西市 宍粟市 篠山市	△川西市	西宮市 川西市 多可町	宝塚市 △香美町 △新温泉町	芦屋市 神河町 香美町 新温泉町	三田市 猪名川町 西脇市 △養父市	川西市 明石市 △養父市	三木市 加東市	加古川市 淡路市 南あわじ市 △宍粟市	加西市(新) 姫路市(新) 市川町(新) 洲本市(新) 宍粟市 △丹波市

※△は被害が未確認となった市町。

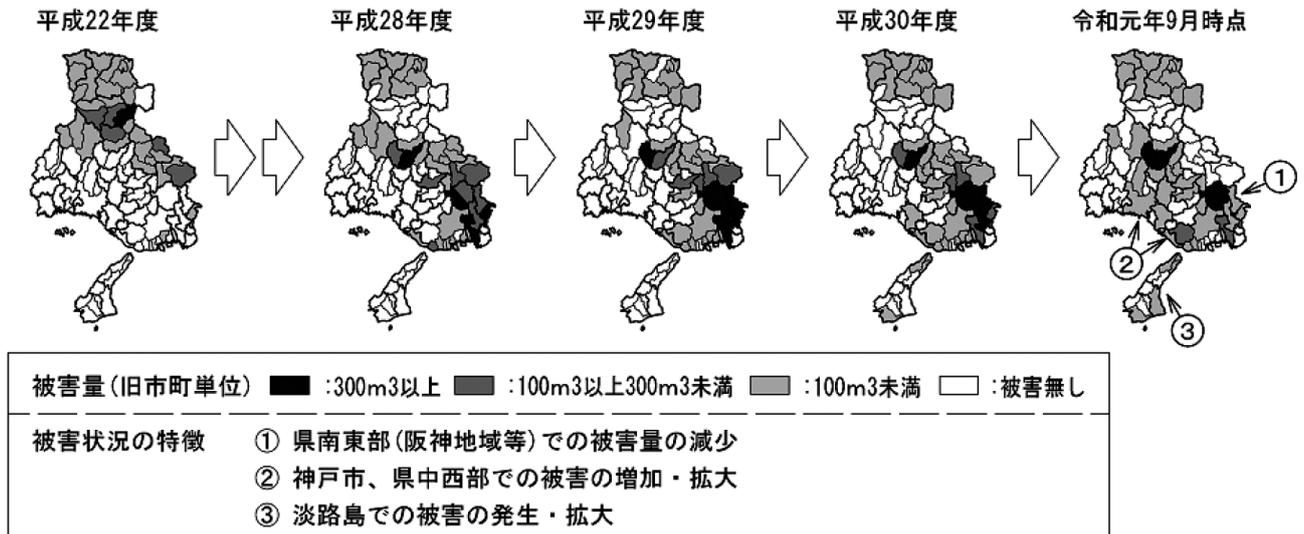


図-1 兵庫県におけるナラ枯れ被害区域の推移

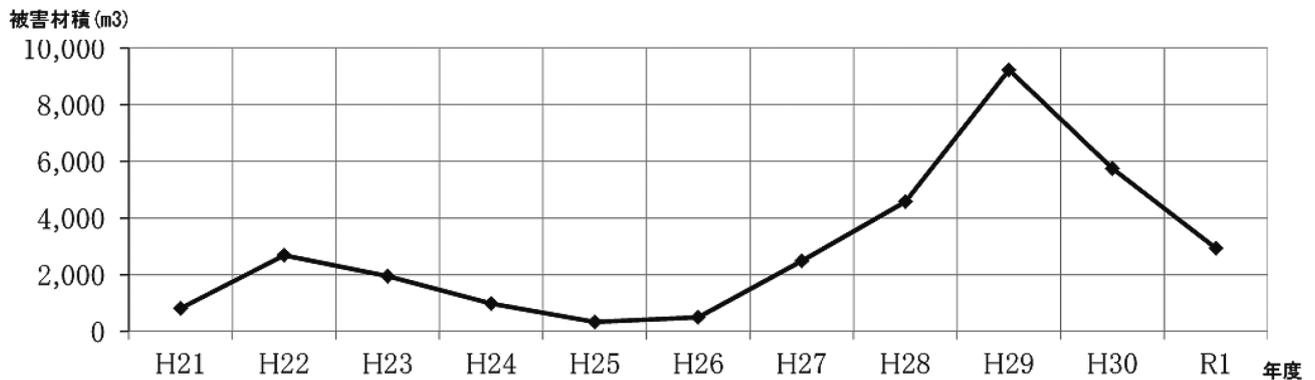


図-2 兵庫県におけるナラ枯れ被害量の推移 (H21～)

でも被害が発生し、拡大しつつあります（表-1、図-1、図-2）。

このように、兵庫県のナラ枯れ被害は、今後も増減を繰り返しながら被害区域が拡大していく恐れがあります。

### ○被害対策

コナラやクヌギ、ミズナラなどのナラ類は、兵庫県の里山林を構成する主要な樹種です。これらの森林は、人の生活にとって身近な存在で、防災機能や野生動植物の生息環境にとって重要な役割を担うだけでなく、里山の美しい景観を形成するなど、多様な機能を有しています。

ナラ枯れ被害拡大によるこれらの機能の低下を防止するために、兵庫県では、「ナラ枯れ被害対策実施方針」を作成し、①不特定の人が立ち入る森林（里山の散策道周辺等）や被害が集中する住宅地裏等の森林、②保安林や保安林と一体となった斜面にある森林等のうち、防災機能等の高度発揮が求められる森林、③地域資源として良好な自然環境や景観を有する森林、を主な対象として防除事業を実施してきました。

その他、豊かな里山が今も残されている阪神地域では、森林所有者や森林ボランティア団体等を対象に、ナラ枯れ防除にかかる経費の助成や資材の配布等、地域の特性に応じた対策も実施しています。

被害対策の実施にあたっては、その年度の被害概要が概ね把握できた後の10月頃に「兵庫県ナラ枯れ

被害対策連絡会議」を開催しています。会議では学識経験者や関係市町のほか、国有林やグリーンベルト（※）を所管している国の機関（兵庫森林管理署、六甲砂防事務所等）とも被害の情報交換や、被害対策の実施方針の確認等について協議を行い、関係機関が連携・協力して、効果的な対策を講ずることとしています。

（※）グリーンベルト：六甲山系の一連の樹林帯のことで、土砂災害に対する安全性を高めるとともに、緑豊かな都市環境、景観等を作り出すことを目的とした森林

### ○おわりに

最近の被害量の推移をみると、これまで激害であった地域での被害量が減少傾向にある反面、これまで被害がなかった地域での被害の発生がみられます。また、ナラ枯れ被害は県下の広範囲に広がっており、山間部や急傾斜地等の現場条件によっては被害状況の把握が困難となる場合もあるので、正確な被害状況の情報収集が課題です。

被害情報の収集にあたっては、各市町と協力をしながら担当職員が調査を実施していますが、地域住民から寄せられる被害情報も大きな力になります。かつてよりは「ナラ枯れ」という言葉が地域住民に知られるようになってきていると感じていますが、今後もナラ枯れやその対策の重要性についてPRを継続する必要があります。

（兵庫県農政環境部農林水産局 森林保全室）

## 島根県においてスギ・ヒノキコンテナ苗生産で発生する病害虫

### ○コンテナ苗生産の現状

島根県では平成26年からコンテナ苗生産が始まり、現在はスギ、ヒノキ、クロマツ、コウヨウザンのコンテナ苗が生産されています。本県では裸苗を含め

た苗木生産本数は平成30年で76万本であり、このうちコンテナ苗は11万本で全体の約1割を占めるに至っています。しかし、コンテナ苗生産では裸苗で発生していなかった病虫害の発生が問題となっており、生産の支障となっています。

## ○根腐病

平成30年夏季に、島根県の各地のコンテナ苗生産地で根腐病が多発しました。本病は根の一部の腐敗に留まる場合もありますが、生産地によっては苗木の多数が枯死する激しい被害が発生した事例もありました。裸苗生産では当年生幼苗が成長して6月頃になると根腐病（裸苗の場合は、「立枯病」と呼ばれる。）の被害は終息します。これに対して、コンテナ苗では梅雨明けして気温が上昇したのちに、根鉢で根の腐敗が進行し、7月下旬には地上部の萎凋

が認められるようになります。コンテナ苗では20cm程度に育った1年生苗や、さらに成長した2年生苗でも根腐病で多数枯死することがあります。

根腐れた部位からの菌分離試験からは *Fusarium* 属の数種が高率に検出されており、本属菌が根腐病に関与していると考えられています。今後、接種試験によって病原体を特定し、防除法を早急に確立する必要があります。

## ○カブラヤガ

一般的には「ヨトウムシ」と呼ばれます。当年播



写真-1a 健全苗：根は白から淡褐色で、根鉢表面に充満している（11月上旬）

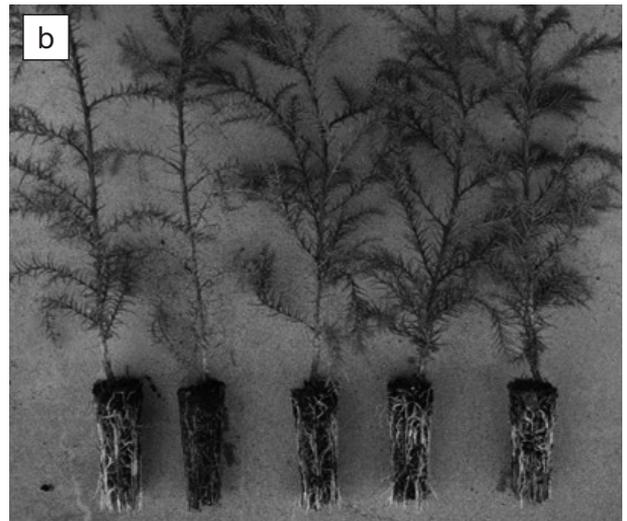


写真-1b 根腐苗：8月上旬に根腐病が確認され、大半の根が腐敗していた。11月上旬では白色の根が新たに伸長していたが、健全な根量は非常に少ない

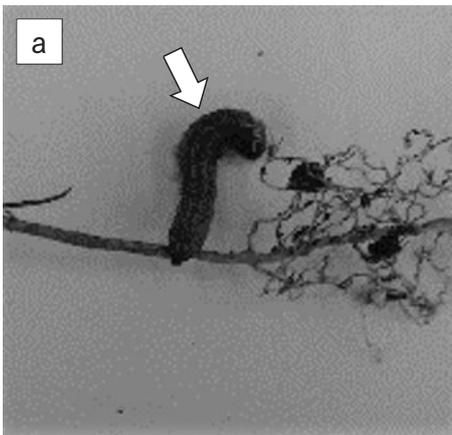


写真-2a カブラヤガの幼虫（矢印）

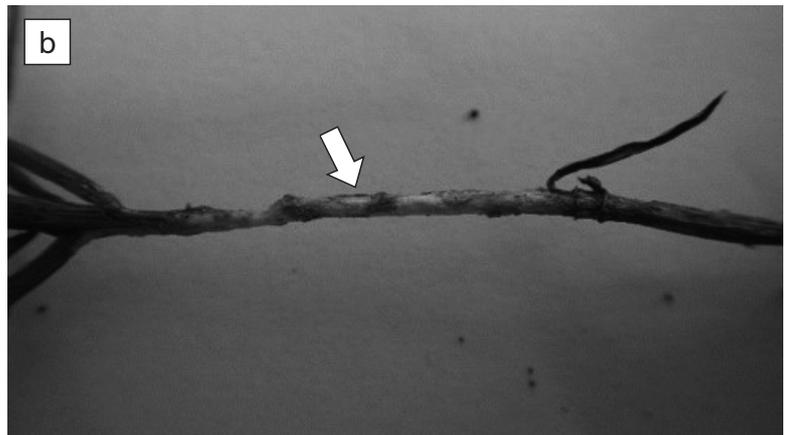


写真-2b 主軸の樹皮が摂食（矢印）されたスギ苗



写真-3a クロトンアザミウマの幼虫

写真-3b 吸汁による葉の白化と黒色排泄物（微小な黒色；矢印）の付着

種した1年生苗を食害します。昼間は培地中に生息し、夜間に主軸の樹皮を摂食する、あるいは地際部を切断して茎葉を培地中に引き込んで摂食します。茎葉の断片が培地表面に散在していることがあり、これによって本害虫の被害を発見することもできます。群状に食害が発生していることがあるため、キャビティ（育成孔）間を移動していると考えられます。

### ○クロトンアザミウマ

令和元年7月上旬、クロトンアザミウマによるスギ2年生コンテナ苗の吸汁被害が確認されました。本害虫はツツジ、バラ、サンゴジュなど様々な植物を吸汁することが知られていますが、裸苗を含めてスギ苗木での被害はこれまで報告がありません。苗木の枝葉は吸汁によって白化し、黒色排泄物の付着も見られます。被害が激しくなると枝葉が褐変し枯死する場合もありました。褐変した葉にはアザミウマが著しく多く寄生していました。被害はガラス室内で育成されていたスギ2年生コンテナ苗すべてに発生しており、屋外ではガラス室から逸出した個体によって1年生苗に微害が生じていました。樹木類のアザミウマ類で農薬登録があるアセフェート水和剤（商品名：オルトラン水和剤）を散布した結果、被害は終息しました。

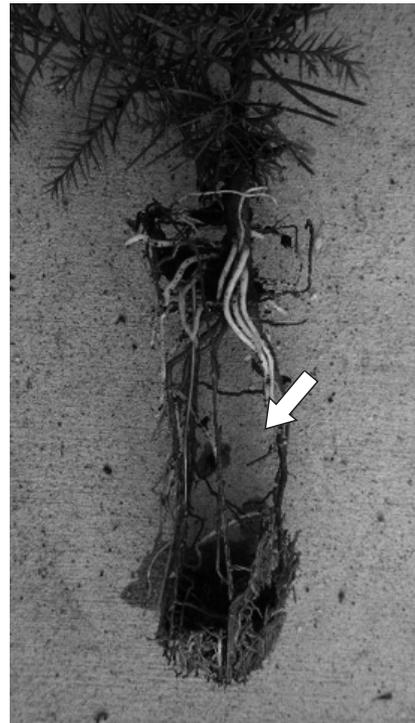


写真-4 根が著しく食害(矢印)されたスギコンテナ苗

### ○根切虫

樹木の苗木の根を食害するコガネムシ科の幼虫は「根切虫」と呼ばれます。根鉢の根のほとんどを食害することが多いですが、スギでは食害されても不定根が発生するため枯死に至ることはほとんどありません。外観から被害に気づくのは難しく、コンテ

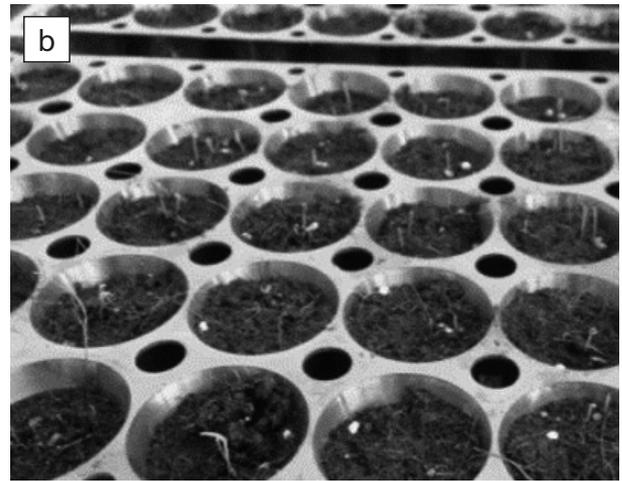


写真-5a 子葉を摂食するマイマイガ (矢印)

写真-5b すべての芽生えが食害され、主軸の一部のみが残る様子

ナ容器から苗を抜き取った時点ではじめて被害に気づきます。被害苗の割合は5%程度に留まることが多いです。

### ○芽生えを食害する昆虫類・軟体動物類

キャビティに直播きし発生した芽生えや、育苗箱であらかじめ発芽させてキャビティに移植した芽生えに被害が発生します。加害者としてはマイマイガの幼虫、カタツムリ・ナメクジ類がこれまで確認されています。発芽後はじめに展開する子葉（二葉）と軸の先端部が食害されます。本葉が展開したものは、摂食不適になっていると思われ、食害されることはほとんどありません。ごくわずかな頭数で数百本が数日で食害されることがあります。カタツムリ・ナメクジ類はコンテナ架台の下で水が停滞しているような場所や、近くに草木が茂っている場所で発生

することが多いようです。

本葉が展開するまでは注意深く観察し、被害が確認された場合は、速やかに加害種を駆除する必要があります。ナメクジ類は市販の忌避剤を散布すると被害を防ぐことができます。

### ○おわりに

コンテナ苗で発生する病害虫については防除法が未確立なものが多く、一部の病害虫についてのみ農薬取締法上で認可された農薬があるといった現状です。今後、病害虫の生態の解明とそれに基づいた適切な防除法の確立（農薬登録を含む）が早急に求められます。現在、コンテナ苗生産の研究を行っている島根県中山間地域研究センターで防除技術の開発を進めています。

（島根県農林水産部 森林整備課）

## 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。何年か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ませんが。

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ファイルを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](mailto: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 11～12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**<sup>®</sup> 乳剤

松枯れ防止樹幹注入剤

**グリーンガード**<sup>®</sup>・NEO

少量注入でケムシや吸汁性害虫を防除

**ウッドスター**<sup>®</sup>

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

**ディプロテックス**<sup>®</sup> 乳剤

ナラ枯れ予防用樹幹注入剤

**ウッドキング**<sup>®</sup>  
**DASH**

伐倒木用くん蒸処理剤

**キルパー40**<sup>®</sup>

マツクイ虫被害木伐倒駆除に

**パインサイド**<sup>®</sup>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2丁目14-6 新大阪第2ト'化'ル3F	(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69巻第1号(通巻第736号)  
令和2年1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 1,240円(送料込, 消費税別)  
年間購読料 6,200円(送料込, 消費税別)

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

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