

森林

FOREST PESTS

防疫



目次

総説

線虫捕食菌とマツノザイセンチュウ

[真宮靖治] 3

論文

ハトメケージ接種によるカシノナガキクイムシの穿入率とMEP乳剤の穿入防止効果

[江崎功二郎] 10

ヤシオオオサゾウムシの被害と樹幹注入による防除効果

[齊藤真由美・讀井孝義・黒木逸郎・鈴木敏雄・岡部武治] 14

ヒトツバタゴとウチワノキに対するテントウノミハムシ属の加害の可能性

[井上大成] 24

絶滅危惧種ヤクタネゴヨウにおける殺線虫剤の樹幹注入1年後の効果

[金谷整一・荒田洋一・水之浦義輝・池亀寛治・手塚賢至・秋庭満輝・中村克典・川口エリ子・吉丸博志] 28

速報

沖縄におけるデイゴヒメコバチの発生と防除に関する報告

[喜友名朝次] 36

森林病虫獣害発生情報：平成20年8月・9月受理分 40



A



B



C



D

[表紙写真] ヤシオオオサゾウムシと被害木

写真A：カナリーヤシのヤシオオオサゾウムシによる被害木。幼虫が葉の基部や樹幹内部、特に成長点付近を食害する。被害を受けたカナリーヤシは、樹幹から上方に伸長する新葉の束が欠落、側方の葉が下垂しやがて立ち枯れ状態となる。

写真B：カナリーヤシの葉の基部（葉柄）の食害痕。成虫は葉柄に産卵する。ふ化した幼虫は葉柄を食べ進むため、基部を食べられ支持力を失った葉は、次第に変色し下垂する。

写真C：ヤシオオオサゾウムシの成虫。甲虫目オサゾウムシ科に属し体長3 cm前後で日本最大のゾウムシ。体色は、赤褐色～オレンジ色で胸部背面に黒紋があるが、黒紋は変異が大きい。

写真D：幼虫とビロウ葉柄に形成された繭。ヤシオオオサゾウムシは、熱帯を中心に20種類のヤシ類を食害し、甚大な被害を与えている。日本での被害は、カナリーヤシがほとんどだが、ビロウやワシントンヤシでも報告がある。終齢幼虫は、体長5～6 cmのイモムシ状で、体色は乳白色で頭部は茶褐色。ヤシの葉柄付近の繊維で俵状の繭を作り、その中で繭となる。

(宮崎県林業技術センター 齊藤真由美)

線虫捕食菌とマツノザイセンチュウ

真宮靖治¹

1. はじめに

線虫を捕らえて体内組織を分解し、養分として摂取する菌類は線虫捕食菌として150種以上が知られている。そのほとんどは不完全菌類で、広く土壌中での生息が観察されている。文献上線虫捕食菌は、nematode trapping fungi, nematode destroying fungi, nematophagous fungi, predacious fungi, さらにcarnivorous fungiなどと呼ばれている。多くの食虫植物と同様に、線虫捕食菌は餌動物を窒素源として利用することで、窒素分欠乏の環境下での生息を可能にしている。線虫捕食菌は餌となる線虫を捕捉するために菌糸上に特殊な器官を形成する。そのような捕捉器官としては、粘着性の網やノブ、2~3個の細胞でつくるリング（線虫を捕捉すると収縮するものもある）、粘液物質を分泌する特殊な細胞などがある。糸状菌には孢子が線虫の体内に取り込まれることで体内定着を果たし、菌糸が伸長して体内養分を摂取するといった内部寄生性のグループもある。内部寄生の菌では粘着性の孢子が線虫の体表に付着することで体内侵入を果たすものもある。これら内部寄生性の菌には、*Verticillium*属や*Harposporium*属などがあり、有害線虫に対する生物的防除資材としての利用が検討されたりしている。なお、「線虫捕食菌」というのは、特殊な捕捉器官によって線虫寄生を果たす、いわば外部寄生的な菌を指す用語として限定されることもある。*Arthrobotrys*属、*Dactylaria*属、*Dactylella*属、*Monacrosporium*属、*Nematoctonus*属などが代表的な線虫捕食菌である。わが国で、線虫に対する生物的防除への適用が検討されているものもある（田場ら、2004）。

線虫捕食菌全般にわたる研究史や生態などに関しては、日本では田村（1973）および三井（1975）の総説に詳しい。

2. 線虫捕食菌としての木材腐朽菌

それまで9種が記載されていた不完全菌の*Nematoctonus*属は、いずれも線虫捕食菌であり、菌糸にクランプコネクションをもつのが特徴とされた。Barron and Dierkes（1977）は土壌から新たに分離した*Nematoctonus*菌がその培養の過程で子実体としてきのこを形成したことから、本種が担子菌*Hohenbuehelia*の不完全世代であることを証明した。これは不完全菌が主体であった線虫捕食菌における有性世代を初めて示した報告となった。これにより、担子菌に属する線虫捕食菌の存在が明らかになった。*Hohenbuehelia*属の各種は土壌あるいは植物残滓などにも発生するが、腐朽した木材での発生が一般的である。樹体のC/N比はきわめて大きく、枯死木材中で生活する生物にとって窒素源の確保はそのような環境下で生存していくうえでの必要条件となる。このような観点から、Thorn and Barron（1984）は木材腐朽菌について、窒素源確保の手段となる線虫捕食能の有無を検証した。ヒラタケ、ナラタケ、ツクリタケ、エノキタケ、ムキタケ、ヒメムキタケ、シジミタケ、スギヒラタケなどハラタケ目の17属27種の木材腐朽菌を調べた結果から、3属11種に線虫捕食能を確認した。それらは、ヒラタケ属菌（*Pleurotus*）5種の他、ヒメムキタケ属菌（*Hohenbuehelia*）5種、シジミタケ属菌（*Resupinatus*）1種である。ヒメムキタケ属菌、シジミタケ属菌では、菌糸上に粘質物で覆われた砂時計型の細胞を形成し、これが捕捉器となって線虫体表に付着、体内に侵入した菌糸により養分を吸収して、組織分解にいたる。ヒラタケ属菌では、菌糸上に小さな匙状の粘液分泌細胞を形成する。この粘液に触れた線虫は瞬時に麻痺して動きを止め、やがて口腔や肛門などの開口部から菌糸の侵入を受ける。線虫を捕捉するための細胞は、

線虫の存在に反応して形成されることが明らかにされている。ヒラタケ菌糸の粘液分泌細胞については、分泌液は毒素オストレアチン (ostreatin) と定義され (Barron and Thorn, 1987), 後にその化学構造が明らかにされた。それは、ジカルボン酸の一種, trans-2-decenedioicである (Kwok *et al.*, 1992)。線虫捕捉のため毒素が使われていることは、それまでに知られていなかった捕捉手段を示す新たな発見であった。ところで、ヒラタケにはヒラタケヒダコブセンチュウ (*Iotonchium unguatum*) によってひき起こされる「ひだこぶ線虫病」という病気がある。線虫寄生によって子実体のひだにこぶができるため、ヒラタケ栽培上問題となっている。子実体にいるこの線虫はヒラタケ菌糸に捕食されないのだろうかという疑問がわく。これは子実体菌糸が毒素を分泌しないからと考えられている (Barron, 2004)。ひだを構成する分化した菌糸は線虫捕食機能をもっていない。

ヒラタケ目の木材腐朽菌に線虫捕食能を有するもののあることを明らかにしたThorn and Barron (1984) の論文は線虫捕食菌に関して新たな知見を加えた画期的な報告として注目を集めた。それは担子菌、とくに木材腐朽菌の生態とも関連する実態の普遍性を予測させるものである。C/N比の高い枯死木の材中で生活する木材腐朽菌にとって線虫は窒素源として利用価値の高い食餌対象となるからである。なお、食用菌としてなじみの深いヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) が線虫捕食菌であるという事実は、広く世人の関心をもひきつけた。

担子菌では、ヒダナシタケ目の木材腐朽菌にも線虫捕食菌のあることがTzean and Liou (1993) によって初めて示された。コウヤクタケ科の*Hyphoderma* 属の18種に殺線虫効果を確認したのである。線虫捕食の方法は、ヒメムキタケ属やシジミタケ属と同様に粘着性の細胞による捕捉と菌糸の体内侵入、そして菌糸自体のもつ麻痺効果による線虫捕食、この二つの方法である。線虫捕食効果のあった18種のうち、7種は前者、すなわち粘着性のステファノシスト (2細胞からなる特殊なシスチジアで子実層に存在

する) が線虫に付着して捕捉する方法である。11種は子実体にステファノシストが存在せず、線虫が菌糸を摂食することで発揮される毒性効果による捕食であった。雑木林の倒木や枯れ枝などでよく見かけるシロコメバタケ (*Hyphoderma setigerum*) は後者の例としてあげられている。なお、ステファノシストの機能についてはそれまで十分に解明されていなかったが、このような線虫捕捉器官としての役割もその存在意義にかかわっているのかもしれない。

3. マツノザイセンチュウにかかわる線虫捕食菌

1976年に筆者はマツノマダラカミキリ (以下、マダラとする) の蛹室周辺材から分離したマツノザイセンチュウが線虫捕食菌に捕捉されているのを観察して、マツ材中における線虫捕食菌の生息を知った (真宮・田村, 1976)。千葉県君津市久留里で採取したマツ材線虫病被害木について、マダラの蛹室周辺材から線虫分離を行っていたところ、シラキース時計皿にとりだした線虫懸濁液 (ほとんどが分散型3期幼虫の) に、菌糸に捕捉されている線虫を観察したのである。捕捉環をつけた線虫のほかにも、すでに体内に伸びた菌糸によって組織が分解されてしまった多数の死亡個体がみられた (写真-1)。また広がっていた菌糸層にも線虫捕捉環の形成が確認できた。調査したほぼすべての蛹室から線虫捕食菌は検出された。この菌は胞子の形態や捕捉環の形状などから*Dactylella leptospora*と同定できた。その後、茨城県新治郡千代田で採取したアカマツ枯死木のマダラ蛹室周辺材からも線虫捕食菌が検出された (田村, 1980)。蛹室周辺材から分離した線虫の懸濁液をシラキース時計皿内で1週間静置した後、液内に伸長した菌糸を寒天平板培地に移植してマツノザイセンチュウを加え、数日後に検鏡した。供試したほとんどすべての蛹室周辺材から3種の線虫捕食菌が検出された。それらは*Arthrobotrys*属が2種 (未同定) と*Dactylaria polycephala*であった。また、羽化脱出直後のマダラ成虫から分離した分散型4期幼虫から*Dactylella leptospora*が高頻度で

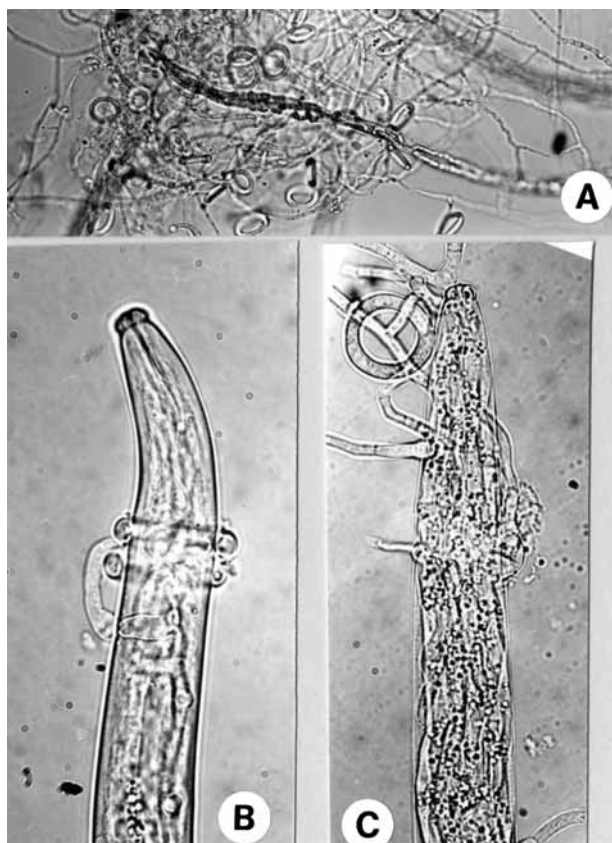


写真-1 線虫捕食菌 *Dactylella leptosporal* に捕食されたマツノザイセンチュウ分散型3期幼虫。A：菌糸と多数の捕捉環。B：体前部にはまった捕捉環（2個）から菌糸が伸びて体内に侵入し、体内で伸長。C：体内に充満する菌糸と体外に伸びた菌糸上に形成された捕捉環。

検出された。このような調査結果は線虫捕食菌がマダラ蛹室周辺材に普遍的に生息していることを示唆した。さらに線虫捕食菌に感染した分散型4期幼虫が、たとえば捕捉環をつけたまま、マダラによって別な木に運ばれている可能性も示した。土壌生息が一般的である線虫捕食菌が樹木材組織から検出された例は稀であり、その生態など興味深いところであるが、研究はその後途切れてしまった。

4. 木材腐朽菌のマツノザイセンチュウに対する捕食効果

木材腐朽菌、すなわち担子菌類にも線虫捕食菌があるとする Thorn and Barron (1984) の報告をうけて、まずはヒラタケのマツノザイセンチュウに対する効果を検証することにした (真宮, 1997)。

表-1 各種木材腐朽菌のマツノザイセンチュウに対する捕食効果 (Mamiya *et al.*, 2005a のTable1を改変)

供試菌		捕食効果	
ヒラタケ	<i>Pleurotus ostreatus</i>	A	
ウスヒラタケ	<i>P. plumonarius</i>	A	新
エリンギ	<i>P. eryngii</i>	A	新
シイタケ	<i>Lentinula edodes</i>	B	新
マツオウジ	<i>Neolentinus lepideus</i>	C	新
ツキヨタケ	<i>Lampteromyces japonicus</i>	B	新
スギヒラタケ	<i>Pleurocybella porrigens</i>	N	
ナラタケ	<i>Armillariella mellea</i>	N	
ナメコ	<i>Pholiota nameko</i>	C	新
シハイタケ	<i>Trichaptum abietinum</i>	C	新
ウスバシハイタケ	<i>T. fuscoviolaceum</i>	C	新
ヒトクチャタケ	<i>Cryptoporus volvatus</i>	C	新
カワラタケ	<i>Coliurus versicolor</i>	N	
スエヒロタケ	<i>Schizophyllum commune</i>	N	

A：24時間以内にほとんどすべての線虫を殺し、体内内容を分解吸収

B：24時間以内にほとんどすべての線虫を麻痺させて不動化

C：5-6日で殺線虫効果あり

N：効果なし

新：線虫捕食菌としての新発見

マツノザイセンチュウはヒラタケによって短時間のうちに不動化されるとともに引き続く菌糸の体内への侵入で、まもなく体組織は伸長した菌糸に摂取・分解された。同時に供試したウスヒラタケでもヒラタケ同様に顕著な殺線虫効果が認められた。さらに多くの木材腐朽菌についてマツノザイセンチュウに対する影響を明らかにするため、11属14種の木材腐朽菌を供試して調べた (Mamiya *et al.*, 2005a)。9 cmペトリ皿内の1.5%水-寒天平板上で発育・伸長させた供試菌の菌叢周辺にマツノザイセンチュウ懸濁液を接種した。接種後、経時的に実体顕微鏡で観察して線虫に対する菌糸の影響の有無を明らかにした (表-1)。ヒラタケ属では3種すべてが線虫に対して強い捕食効果を示した (写真-2; A,B,C)。線虫接種後、1時間以内に多くの線虫が菌叢周辺で不動化しているのが観察され、24時間後にはほとんどすべての線虫の体内に菌糸が侵入していた。2日後には線虫の体内組織は菌糸によって分解・摂取されていた。ヒラタケ菌糸によるマツノザイセンチュウの捕食経過や状況は、Thorn and Barron, (1984) の記述とよく一致していた。シイタケの場合、24時

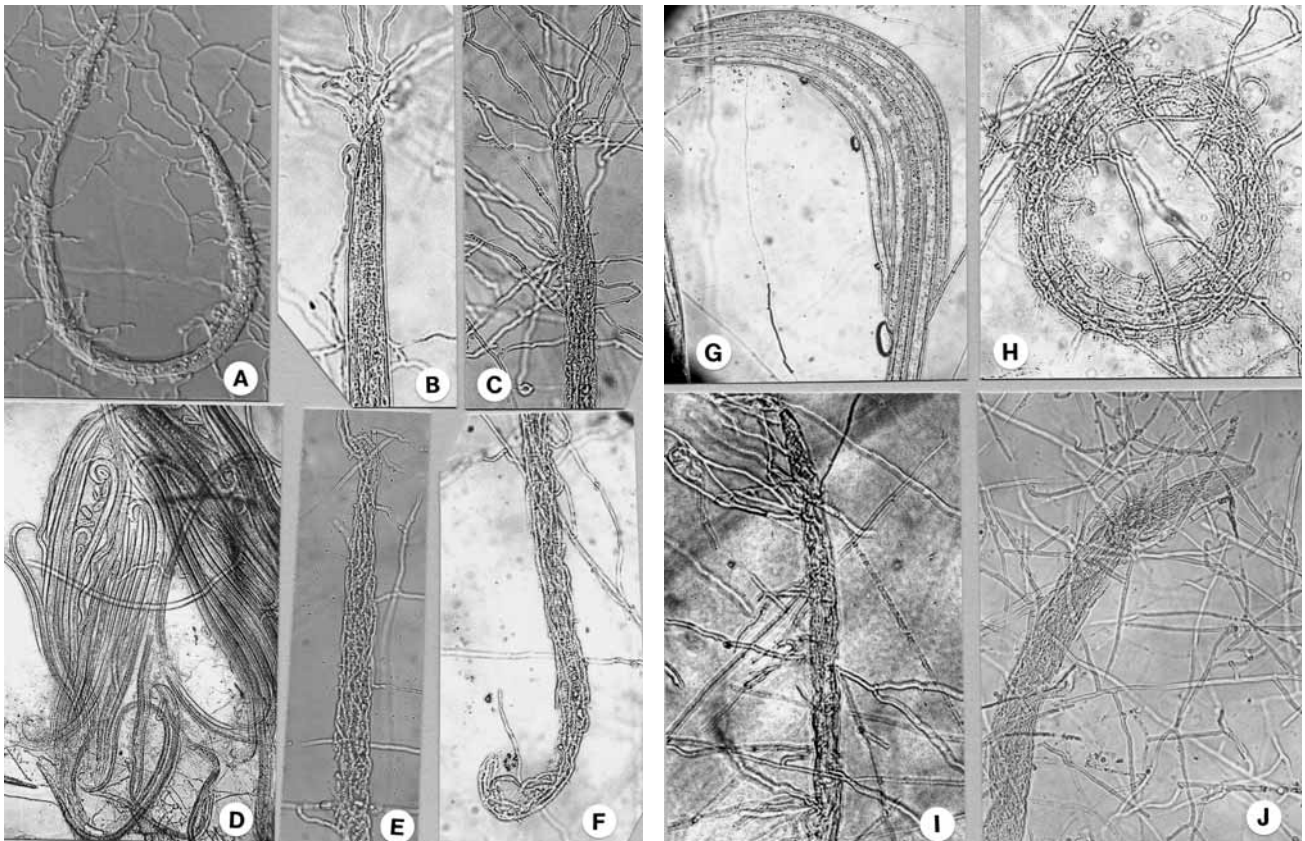


写真-2 A：ヒラタケ菌糸に捕食されたマツノザイセンチュウ。接種5日後，体内に菌糸充満。B：接種18時間後，口腔からの菌糸侵入。C：接種3日後，体内に菌糸が充満，体外に伸びる菌糸。D：シイタケ菌叢の周辺で麻痺・硬直するマツノザイセンチュウ。E, F：接種12日後，体内にシイタケの菌糸充満。G：ツキヨタケ菌叢の周辺で麻痺・硬直するマツノザイセンチュウ。H：接種13日後，体内にツキヨタケの菌糸充満。I：接種18日後，体内にシハイタケの菌糸充満。J：接種3日後，体内にマツオウジの菌糸充満。

間以内にほとんどの線虫が菌叢周辺に集合して，硬直したように不動化する（写真-2；D）。菌糸の線虫体内への侵入は，接種後5日ぐらいたったところで観察された。その後，線虫体内での菌糸の伸長と充満で体組織は完全に破壊された（写真-2；E, F）。ツキヨタケでもシイタケと同様な経過が観察された（写真-2；G, H）。菌叢周辺での線虫の硬直した不動化は両種に共通した線虫の反応である。ヒラタケでは菌糸上に液滴をつけた細胞が多数出現して，Barron and Thorn (1986) の示したように線虫の麻痺はこの液滴の効果によるものと推測された。一方，シイタケとツキヨタケでの線虫の麻痺・硬直現象はヒラタケとはまた異なる菌糸による影響を示すものとして注目された。捕食機構の解明などは今後の課題である。ヒラタケ，シイタケ，ツキヨ

タケほどの顕著な捕食効果はみられなかったが，マツオウジ，シハイタケ，ヒトクチャケ，ナメコでは，接種数日後に菌糸が線虫体内に侵入している死亡個体が目立つようになった。やがて菌糸の体内充満が観察された（写真-2；I, J）。

これらの木材腐朽菌をPDA平板培地上で培養し，繁茂した菌叢にマツノザイセンチュウを接種してその増殖経過を追った。ヒラタケ属菌やシイタケ，ツキヨタケでは線虫はまったく増殖することなく，接種線虫は接種後すぐに消滅した。一方，マツオウジ他の菌でも目立つ線虫増殖は起こらなかったが，少数ながらも線虫の菌叢中での生存は維持されていた。このような結果は，各菌の線虫捕食効果の強弱を反映していた (Mamiya *et al.*, 2005a)。

アカマツ丸太にヒラタケを接種して，材内でも線

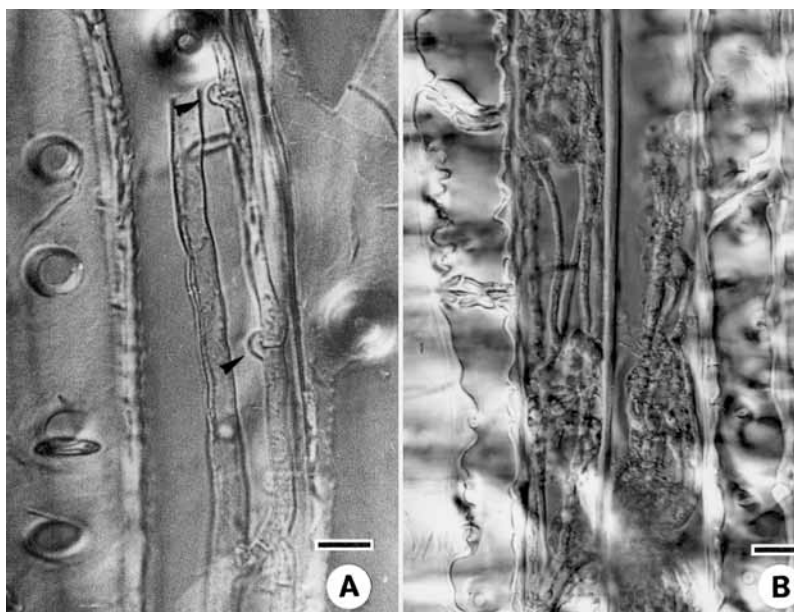


写真-3 マツ材組織内のヒラタケ菌糸。A：仮道管内の菌糸，クランプコネクションがある（矢印）。B：放射組織内の菌糸。（スケールバーは20 μ m）

虫捕食効果を示すかどうかを検証した。健全な立木を伐倒後、玉切りした1 m長の丸太にヒラタケの種駒を打ち込み（3月10日）、1か月後にマツノザイセンチュウを接種した。線虫接種1か月後に丸太から材片を採取して線虫を分離してヒラタケ無接種の丸太との比較を行った。両区における線虫個体数の差は顕著であった。ヒラタケがマツ材組織内でもマツノザイセンチュウを捕食し、個体数の抑制に効果を示したことが証明された (Mamiya, *et al.*, 2005b)。なお、これらの丸太では秋にヒラタケの子実体（きのこ）が多数発生した（本誌56巻5号の表紙写真参照）。マツ材線虫病による枯死木にヒラタケを接種して材内のマツノザイセンチュウに対する影響を調べたが、線虫個体数抑制効果はみられなかった。これは、ヒラタケが、枯死後間もない木においてのみ発育する先駆的な定着種であることによると考えられる。マツ枯死木に対しては、ヒラタケ定着のためには枯死後間もない時期での感染（＝接種）が必要条件となる。

ヒラタケの他、シイタケ、マツオウジ、シハイタケ、ヒトクチャタケを30cmに切りそろえたマツ枝に接種して、材内での線虫捕食効果を検討した。ヒラタ

ケ、シイタケに明らかな線虫の個体数抑制効果が確認できた。その他の菌でも線虫のみ接種の対照枝とは線虫個体数に差があったので、材に生息する線虫への影響が推測できた (Mamiya *et al.* 2005b)。なお、ヒラタケとシハイタケについては、材組織内における菌糸の伸長が直接確認できた（写真-3）。

ヒラタケやシイタケでは寒天平板上の観察で菌叢周辺に線虫が集まって死亡している状況が普遍的に認められたことから、線虫の菌叢に対する集合反応が予測された。線虫捕食菌の菌糸が餌となる線虫を誘引するとして、線虫の集合現象を説明する報告もある (Field and Webster, 1977; Jansson, 1982; Jansson and Nordbring-Hertz, 1979)。木材腐朽菌とマツノザイセンチュウとの相互関係を解明するための一環として、木材腐朽菌の線虫誘引の有無が検討された (Mamiya, 2006)。線虫に対して大きな捕食効果を示したヒラタケ属菌やシイタケ、ツキヨタケで顕著な誘引現象が認められた。その他のマツオウジ、シハイタケ、ヒトクチャタケ、ナメコなどでは、とくに菌叢による線虫誘引は起こらなかった。線虫捕食効果があまり大きくないこれらの菌でも、線虫との接触機会があることで、線虫を捕食してい

ることが、上に述べた材中での線虫個体数抑制効果があったことから推測できる。

シハイタケ、ヒトクチャタケはマツ材線虫病枯死木においては先駆的に定着する木材腐朽菌であり、その発生頻度は高い(真宮ら, 1999)。枯れて間もない木の樹幹にクリの実のような子実体が発生しているのをよく見かけるが、これがヒトクチャタケである。シハイタケもマツが枯死した翌春にはその樹幹に発生した子実体が普通に見られる(本誌55巻12号の表紙写真参照)。また、それほど一般的ではないが、マツ枯死木の樹幹からヒラタケの子実体が発生することもある。枯死木樹体内でのマツノザイセンチュウの個体数変動に関して、これら木材腐朽菌の影響は十分に考えられる。とくにある時期以後の個体数減少傾向との関連が疑われる。このような観点からも線虫の樹体内動態を追求していく必要がある。

一連の研究(Mamiya *et al.*, 2005a; 2005b; Mamiya, 2006)を通じて、ハラタケ目、ヒダナシタケ目の木材腐朽菌から、線虫捕食菌の新たな記録として数種を付け加えることができた(表-1)。なかでも、シイタケとツキヨタケは殺線虫力の強さや、その捕食様式から、従来の知見にない特徴を示している。さらなる究明が必要である。コウヤクタケ科の*Hyphoderma*属菌のなかにも線虫捕食菌のあることが明らかにされていることから(Tzean and Liou, 1993)、今後広く探索することによりさらに多くの線虫捕食菌が木材腐朽菌に見出されるだろう。ちなみに、*Hyphoderma*属菌のある種(*Hyphoderma* sp.)が、マツノザイセンチュウをステファノシストで捕捉して、体内に侵入した菌糸で養分吸収を行うことがTzean and Liou (1993)によって指摘されている。

5. 菌食性線虫と線虫捕食菌

草地や芝生などに発生するキコガサタケ(*Conocybe lactea*)の菌糸は菌食性の線虫*Aphelenchoides* sp.に対して殺線虫効果のあることが明らかにされた(Hutchison *et al.*, 1996)。これまでみてきた線虫捕食菌とは異なり、死亡線虫に対する菌糸の体内侵

入、養分吸収といった経過は認められていない。菌糸の分泌する物質が線虫に対して忌避的に働いた結果であるとされ、これは菌糸の示す摂食阻害効果(antifeedant)であり、線虫による摂食から身を守るための防御反応ということができる。シイタケやツキヨタケがマツノザイセンチュウに示した捕食効果も、この摂食阻害効果の現われではないかと考える。マツノザイセンチュウをいろいろな菌で培養して増殖経過を調べた報告がある(堂園, 1974)。54種の糸状菌を供試した結果から、担子菌には線虫増殖がみられない種類の多いことが明らかにされた。これらの中にはヒラタケやシイタケも含まれ、担子菌については捕食効果を有するものの他、菌糸が摂食阻害効果を示すものも多くあるのではないかと推測される。窒素源確保のための戦略と菌食線虫に対しての摂食阻害効果による防御反応との両面から、今後は菌食性線虫と木材腐朽菌との相互関係を究明する必要がある。

引用文献

- Barron, G. L. (2004) Predatory fungi, wood decay fungi, and the carbon cycle. *Biodiversity* 4: 3~9.
- Barron, G. L. and Dierkes, Y. (1977) Nematophagous fungi: *Hohenbuehlia*, the perfect stage of *Nematocytus*. *Can. J. Bot.* 55: 3054~3062.
- Barron, G. L. and Thorn, R. G. (1987) Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. *Can. J. Bot.* 65: 774~778.
- 堂園安生 (1974) 各種糸状菌類におけるマツノザイセンチュウの増殖 日林九州支研論 27号: 161.
- Field, J. J. and Webster, J. (1977) Traps of predatory fungi attract nematodes. *Transactions of British mycological Society* 68: 467~469.
- Hutchison, L. J., Madzia, S. and Barron, G. L. (1996) The presence and antifeedant function of toxin-producing secretory cells on hyphae of the lawn-inhabiting agaric *Conocybe*. *Can. J. Bot.* 74: 431~434.

- Jansson, H. B. (1982) Attraction of nematodes to endoparasitic nematophagous fungi. Transactions of British mycological Society 79: 25~29.
- Jansson, H. B. and Nordbring-Hertz, B. (1979) Attraction of nematodes to living mycelium nematophagous fungi. J. Gen. Microbiology 112: 89~93.
- Kwok, O. C. H., Plattner, R., Weisleder, R. and Wicklow, D.T. (1992) A nematocidal toxin from *Pleurotus ostreatus* NRRL 3526. J. Chemical Ecology 18: 127~136.
- 真宮靖治 (1997) ヒラタケの線虫捕食効果—マツノザイセンチュウに対して. 日本線虫学会誌 27 : 99.
- Mamiya, Y. (2006) Attraction of the pinewood nematode to mycelium of some wood decay fungi. Japanese Journal of Nematology 36: 1~9.
- Mamiya, Y., Hiratsuka, M. and Murata, M. (2005a) Ability of wood decay fungi to prey on the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner) Nickle. Japanese Journal of Nematology 35: 21~30.
- Mamiya, Y., Hiratsuka, M. and Murata, M. (2005b) Effects of wood decay fungi on the population of the pinewood nematode in wood of pine trees. Japanese Journal of Nematology 35: 63~70.
- 真宮靖治・木元淳子・脇坂文也・加島 歩 (1999) シハイタケの生態およびマツ材線虫病との相互関連性. 玉川大学農学部研究報告 39 : 35~50.
- 真宮靖治・田村弘忠 (1976) マツノマダラカミキリの蛹室周辺材から検出された線虫捕食菌の一種. 森林防疫 25 : 147~149.
- 三井 康 (1975) 線虫を捕食する菌類. 植物防疫 30 : 99~103.
- 田場 聡・諸見里善一・高江洲和子・大城 篤 (2004) 線虫捕捉菌を活用したサツマイモネコブセンチュウの生物的防除と薬剤感受性. 日本線虫学会誌 34 : 21~29.
- 田村弘忠 (1973) 線虫捕食菌研究の現状. 日本線虫研究会誌 3 : 9~18.
- 田村弘忠 (1980) 材線虫捕捉菌その後の検出. 森林防疫 29 : 39~42.
- Thorn, R. G. and Barron, G. L. (1984) Carnivorous mushrooms. Science 224: 76~78.
- Tzean, S. S. and Liou, J. Y. (1993) Nematophagous respinate basidiomycetous fungi. Phytopathology 83: 1015~1020.

(2008. 4. 29 受理)

論文

ハトメケージ接種によるカシノナガキクイムシの穿入率とMEP乳剤の穿入防止効果

江崎功二郎¹

1. はじめに

カシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）の丸太への接種は、Ytsma（1986）が考案した1ケージあたり数十頭の成虫を接種する方法が用いられてきた（小林ら，2002；Ueda and Kobayashi，2005；ほか）。このケージの設置には、ペットボトルの切り口を丸太に結合するための接着剤を乾燥させる必要があり、さらに1頭で複数の穿入孔を空ける可能性もあるため、正確な穿入率の算出には破壊的な調査を伴う。今回の実験では、高温条件下に設置した丸太に継続してカシナガの接種ができるように、新たに考案したハトメケージを利用した。

これまでカシナガの寄主への穿入防止のために、フェニトロチオン（以下、MEP）乳剤や接着剤の樹幹処理がなされてきた。MEP80%乳剤はキクイムシ類防除のために一般樹木の樹幹に散布できる登録農薬である（全国農薬協同組合・全国農薬安全指導者協議会，2006）。接着剤は農薬登録なしで防除資材として利用可能である。小林（1977）は著書の中で、カシナガの予防法としてMEP 100倍希釈液の樹幹散布が有効であることを述べている。しかし、末吉（1990）はMEP 200倍希釈液をマテバジイの樹幹2 mまで散布したが、低濃度であったために穿入防止効果がなかったことを報告している。中村ら（1996）はMEP 50倍希釈液をミズナラの樹幹4 mまで2回散布し、散布範囲内における高い穿入防止効果を確認しているが、散布範囲より高い箇所でも穿入され十分な枯損防止効果が確認されなかったことを報告している。斉藤・中村（2005）は無処理林、樹幹1.5 mまでMEP50倍希釈液を処理した林、MEPに加えて1.5～2.0 mまで接着剤を付加処理した林の順に3カ年の枯損防止効果が高くなったことを報告

している。大橋（2005）はMEP50倍希釈液と接着剤の混合液を2 mまで樹幹散布し、穿入および枯損防止効果が認められたことを報告している。また、増田（2006）および大橋（2007，2008）は接着剤のみの処理で穿入防止に有効であったことを報告している。これらの報告は一定濃度以上のMEP乳剤、接着剤およびそれらの混合液の樹幹散布は、カシナガの穿入防止に有効であることを示唆している。

今回の報告では、まず、考案したハトメケージによるカシナガ接種の穿入率について、Ytsma（1986）が考案したペットボトルケージと比較を行った。そして、ハトメケージを使いMEP単独、MEPと接着剤を別々に散布した丸太にカシナガ♂を接種し、死亡率や接種後の経過観察を行い、MEP処理がカシナガの穿入に及ぼす影響について考察を行った。

2. 材料と方法

実験に使った丸太は石川県加賀市刈安山（標高300 m）の落葉広葉樹二次林で生育していたコナラ1本およびウラジロガシ1本から2006年12月5日に、直径20 cm程度の0.5 m丸太6玉ずつ伐り出した。コナラおよびウラジロガシ丸太の中央直径（±標準誤差）は、19.8（±0.5）cmおよび19.6（±0.9）cmであった。同日にコナラおよびウラジロガシ丸太それぞれ6玉のうち、2玉は木口面を除いてMEP80乳剤50倍希釈液を500cc/m²散布し（MEP区）、さらに2玉はMEP乳剤散布直後に接着剤（住友3M製，JA-7562）を散布した（MEP+JA区）。接着剤の散布は斉藤ら（2003）を参考に有効成分が50%になるように水道水で調整し、プレッシャー式噴霧器（ダイヤ製，S5042）で丸太表面の全体が均一に白くなるように散布した。残り2玉は無処理とした（無処理区）。25℃全暗、

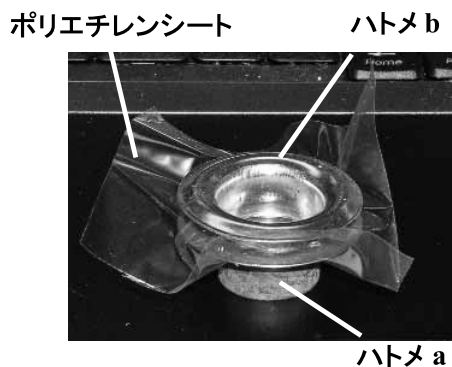


写真-1 考案したハトメゲージ
ハトメの内径は15mm.

1時間あたり1リットル噴出するスチームを5時間/日に設定した恒温槽（床面積6.5㎡、高さ3m）に、各丸太をコンクリートブロック（高さ12cm）をゲタにして横置きに並べて設置した。

MEP散布1, 3および5週後に各丸太にハトメゲージを10個一列に設置し、各ハトメゲージあたり1♂を接種した。5週間後は接種虫数が不足したため、コナラ丸太のみ実験を行った。ハトメゲージの設置には、まず、横置きにした丸太上部に真鍮製のハトメaをハンマーと台木棒を使って数ミリ浅く打ち込みハトメaを固定する。そして、内径周に沿って直径1.3mmのドリルで5カ所均等になるように、深さ5mmの穴を空ける。接種個体は24時間以内に繁殖丸太から脱出した活性を維持した個体を使った。♂1頭をハトメa中に放し、その上に透明ポリエチレンシート（厚さ0.02mm）の小片（5×5cm）をのせて、アルミ製のハトメbで挟み込んだ（写真-1）。

接種12および24時間後に個体ごとに、穿入、生存および死亡の判定を行った。穿入：穿入した個体（写真-2左）、生存：穿入していない生存個体、死亡：痙攣しているか全く動きがない個体（写真-2右）、不明：それ以外の個体を示す。接種12時間後の観察で生存の場合は、個体に直接かからないように0.1cc施水し、再び接種24時間後に最終的な判定を行った。調査終了時にはハトメゲージを取り外し、丸太を30度程度回転させ、次の接種面を上部にした。生存（生存+穿入個体数）率、穿入（穿入個体数）率および死亡（死亡個体数）率は、不明個体数

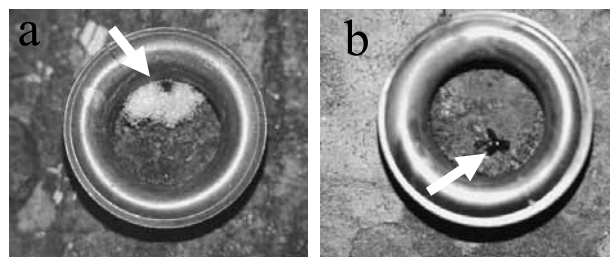


写真-2 接種個体の穿入(a)と死亡(b)

を除いた接種個体数から丸太ごとに算出した。

また、カシナガに及ぼすMEPの影響を観察するために、接種直後にハトメゲージのポリエチレンシートを通して個体の行動観察を行った。

3. 結果と考察

無処理区におけるコナラ丸太のカシナガ♂の生存率52.6% (n=6, ±1.7) は、ウラジログシ丸太の65.6% (n=4, ±16.6) と比較して違いはなかった (Mann-WhitneyのU検定, p>0.05) (図-1)。しかし、コナラ丸太あたり穿入率は40.4% (n=6, ±9.9) は、ウラジログシ5.2% (n=4, ±3.1) より有意に高かった (Mann-WhitneyのU検定, p<0.05)。

コナラとミズナラでカシナガの穿入経過や密度に差がないこと (Kamata et al., 2002; 小林・上田, 2001; 上田・小林, 2001) や、ミズナラはウラジロ

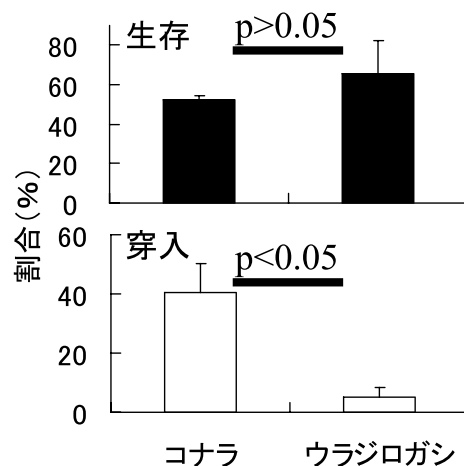


図-1 無処理丸太の生存と穿入率

図中のp値は、Mann-WhitneyのU検定の解析結果を示す。縦棒は標準誤差を示す。

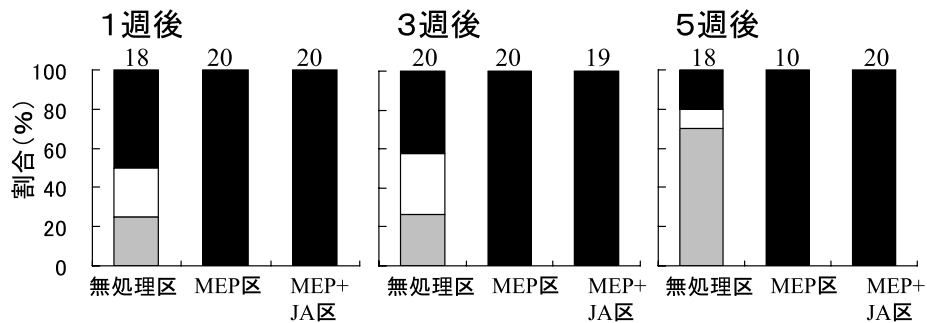


図-2 コナラ丸太におけるMEP処理後の穿入防止効果

図中の数字は不明個体数を除いた接種個体数を示す。
 ■：穿入, □：生存, ●：死亡

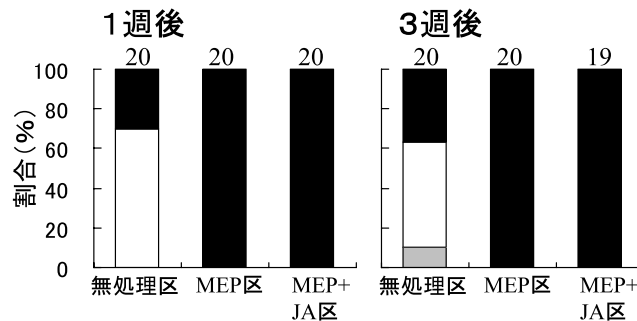


図-3 ウラジログシ丸太におけるMEP処理後の穿入防止効果

図中の数字は不明個体数を除いた接種個体数を示す。
 ■：穿入, □：生存, ●：死亡

ガシより穿入密度が高くなることが知られている (Yamasaki, 2007)。これらの報告は、コナラ丸太の穿入率がウラジログシ丸太より高くなった今回の結果を支持している。コナラはウラジログシと比較して、カシナガの穿入が容易な樹種であると考えられる。

また、小林ら (2002) は、接種丸太を入れた飼育ケースにカシナガ♂50頭を放虫する方法の穿入率は15.0%であった (Kobayashi et al., 2001) が、Ytsma (1986) の方法を用いると穿入率が37.8~72.6%に向上することを示した。さらに、上田ら (2002)、上田・小林 (2003) および Ueda and Kobayashi (2005) は、Ytsma (1986) の方法で1ケースあたり20頭の丸太接種 (16.7頭/100cm²) を行うと、ほぼ50%以上の穿入率が期待できることを示している。今回考案したハトメゲージの接種密度は14.2頭/100cm²で、コナラ丸太あたりの穿入率は40.4%になるため、ハトメゲージによるカシナガの穿入期待値は、

Ytsma (1986) の方法より低くなると考えられた。

コナラ丸太において、散布後1, 3および5週間後のMEP区, MEP+JA区の死亡率は100%であった (図-2)。ウラジログシ丸太においても、散布後1および3週間後のMEP区, MEP+JA区の死亡率は100%であった (図-3)。これらの結果は、両区においてカシナガの死亡に影響するMEPの残留濃度が、コナラ丸太では5週間以上、ウラジログシ丸太では3週間以上、維持される可能性があることを示している。

沼崎・鈴木 (1986) はMEPを散布したカラマツ丸太へのカラマツヤツバキクイの接種実験で、主な死亡要因として経口毒として作用していることを述べている。カシナガ♂の接種直後の観察では無処理区と両処理区では行動に違いは見られないが、両処理区において供試個体が穿入を始めると、穿入箇所から離れゲージ内を非常に活発に動き回り数時間後には死亡していた (写真-3b)。このような観察

から、穿入防止効果は樹皮に残留したMEPがカシノナガに経口毒として作用していると考えられた。

引用文献

- Kamata, N., Esaki, K., Kato, K., Igeta, Y. and Wada, K. (2002) Potential impact of global warming on deciduous oak dieback caused by ambrosia fungus *Raffaelea* sp. carried by ambrosia beetle *Platypus Quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae) in Japan. *Bull. Entomol. Res.* 92 : 119~126.
- 小林富士雄 (1977) ナラ・カシの害虫。緑化樹木の病害虫 (下) 害虫とその防除, pp. 145~161, 日本林業技術協会, 東京。
- 小林正秀・上田 明 (2001) ナラ枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況(Ⅲ)ー京都府和知町と京北町における調査結果一。森林応用研究 10 : 79~84.
- 小林正秀・上田 明・野崎 愛 (2002) コナラ丸太を用いたカシノナガキクイムシの繁殖試験。森林応用研究 11 : 27~33.
- Kobayashi, M., Ueda, A. and Takahata, Y. (2001) Inducing infection of oak logs by a pathogenic fungus carried by *Platypus Quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *J. For. Res.* 6 : 153~156.
- 増田信之 (2006) 液体接着剤を用いたカシノナガキクイムシの防除。研究成果選集 3 : 19~20.
- 中村人史・齊藤正一・三浦直美・三河孝一・小野瀬浩司 (1996) ナラ類集団枯損におけるカシノナガキクイムシの加害特性と防除に関する一考察。山形県立林試研報 26 : 9~13.
- 沼崎忠幸・鈴木重孝 (1986) カラマツヤツバキクイムシの穿入時におけるMEP剤の殺虫効果。森林防疫 414 : 161~163.
- 大橋章博 (2005) 接着剤を利用したナラ類集団枯損被害の防除。日林講 116 : 689.
- 大橋章博 (2007) 接着剤散布によるナラ枯れの予防防除。日林講 118 : 50.
- 大橋章博 (2008) 接着剤散布によるナラ枯れの予防防除Ⅱ。日林講 119 : 711.
- 齊藤正一・中村人史 (2005) 殺虫剤と接着剤によるナラ類集団枯損被害の防除法。研究成果選集 2 : 19~20.
- 齊藤正一・中村人史・三浦直美 (2003) 薬剤と接着剤によるナラ類集団枯損被害における枯死木の新たな防除の試み。林業と薬剤 166 : 18~24.
- 末吉政秋 (1990) 広葉樹に発生したカシノナガキクイムシ被害 (第2報)。森林防疫 39 : 242~245.
- 上田 明・小林正秀 (2001) 生立木へのカシノナガキクイムシとヨシブエナガキクイムシの飛来消長。日林誌 83 : 77~83.
- 上田 明・小林正秀 (2003) 雄の穿入数が異なる丸太へのカシノナガキクイムシの飛来。森林応用研究 12 : 137~142.
- Ueda, A. and Kobayashi, M. (2005) Attraction of *Platypus Quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) to logs bored by conspecific silent males. *Bulletin of FFPRI* 4 : 39~44.
- 上田 明・小林正秀・野崎 愛 (2002) カシノナガキクイムシ被害生残木丸太での未交尾雄の生存と誘引効果。森林応用研究 11 : 57~60.
- Yamasaki, M., Iwatake, A. and Futai, K. (2007) A low *Platypus Quercivorus* hole density does not necessarily indicate a small flying population. *J. For. Res.* 12 : 384-387.
- Ytsma, G. (1986) Inducing attack male *Platypus* (Col., Platypodidae) on wood lilets in the laboratory. *J. Appl. Ent.* 102 : 210~212.
- 全国農薬協同組合・全国農薬安全指導者協議会 (2006) 農薬安全適正使用ガイドブック2007年度版。全国農薬協同組合, 東京。

(2008. 4. 28 受理)

論文

ヤシオオオサゾウムシの被害と樹幹注入による防除効果

齊藤真由美¹・讃井孝義²・黒木逸郎³・鈴木敏雄⁴・岡部武治⁵

1. はじめに

ヤシオオオサゾウムシ *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (以下ヤシオサという。写真-1, および表紙写真参照) は、主にインド、東南アジア及びニューギニアに分布し、ヤシ類の害虫として知られている。日本では、1975年に沖縄県で最初に生息が確認された。その後1998年から2005年の間に宮崎県、岡山県、福岡県、鹿児島県、長崎県、三重県、熊本県、兵庫県でカナリーヤシ *Phoenix canariensis* (Chabaud) (通称フェニックス) の被害が確認され、分布が拡大している (臼井ら, 2006)。日本での被害はほとんどがカナリーヤシで報告されており、ビロウやワシントンヤシでも報告があるがその件数は少ない (安部ら, 2007)。

宮崎県において、カナリーヤシは南国を象徴する大切な観光資源であるとともに、「県の木」として親しまれている。しかし、1998年に日南海岸の「いるか岬」付近で初めてヤシオサによる被害が確認されて以来県内に拡大しており、1998年8月から2007年3月までに459本のカナリーヤシが枯死した (図-

1)。被害対策として、薬剤の予防散布、被害木の伐倒処理などが行われ、一定の効果が上がっている。しかし、高所作業車やクレーンが必要な場合もあり作業に手間がかかることや、薬剤の飛散による環境への影響が懸念されている。

そこで、筆者らは2006年からこれらに代わる防除法として、薬剤の樹幹注入によるヤシオサ防除技術の開発を行ってきた (黒木ら, 2007)。

本稿では、樹幹注入によるヤシオサ防除実用化のための効果的な施工法について報告する。

2. ヤシオオオサゾウムシの生態と加害状況

宮崎県におけるヤシオサ成虫の発生消長は5月上旬～11月中旬であり、6～7月と9月にピークが確認されている (阿万, 2001)。

ヤシオサはヤシの傷から発生する揮発性物質に誘引され、葉の切口や樹幹の傷口などに産卵する。ふ化した幼虫は葉の基部 (以下、葉柄という) や樹幹内部、特に成長点付近を食害する (安部ら, 2007)。被害を受けたカナリーヤシは、樹冠から上方に伸長



写真-1 ヤシオオオサゾウムシの成虫(左) と幼虫(右)

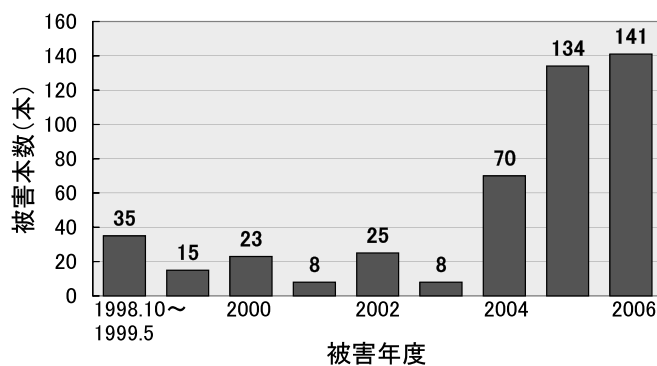


図-1 宮崎県におけるヤシオオオサゾウムシ食害によるカナリーヤシ枯死本数の推移

する新葉の束が傾きはじめ、やがて強風などにより欠落する。その後、側方の葉が下垂し立ち枯れ状態となる（写真-2, 3）。



写真-2 梢頭部が欠落したカナリーヤシ



写真-3 落下した梢頭部

3. 試験方法

1) 試験地の概要

試験地は日南市の猪崎鼻公園（以下、猪崎鼻という）と、南郷町の宮崎県総合農業試験場亜熱帯作物支場（以下、支場という）の2箇所に設けた。

猪崎鼻は日向灘に突き出した半島で、昭和30年代に250本程のカナリーヤシが植栽され、2008年3月で80本程度が残っている。ヤシオサによる被害は2005年に初めて確認され、以来100本以上が枯死し、現在も被害が拡大している。

支場は猪崎鼻から南に直線距離で7 km離れた場所にあり、場内に30本程度のカナリーヤシが植栽されている。ヤシオサによる被害は、2006年に初めて確認され、そのうち幼齢木1本が枯死した。

2) 材料と方法

(1) 樹幹注入試験

樹幹注入には、猪崎鼻70本（うち薬剤注入56本、無処理の対照14本）、支場14本（全て薬剤注入）のカナリーヤシを供試した（表-1）。使用した薬剤は、井筒屋化学産業株式会社より提供を受けたチアメトキサム液剤（商品名：アトラック液剤）である。試験は、薬剤を1回注入した区（以下、1回注入区という）、2回注入した区（以下、2回注入区という）を設けて実施した。

1回注入区の薬剤量は $600\text{ml}/\text{m}^3$ を基準とし、倍量区（ $1,200\text{ml}/\text{m}^3$ ）及び3倍量区（ $1,800\text{ml}/\text{m}^3$ ）を設けた。地上高70cm程の位置に、4方向から斜め下

表-1 処理区の概要

注入回数	処理区分		施工箇所	供試本数(本)	平均材積(m^3)※	平均薬剤量($\text{ml}/\text{本}$)
	1回注入量(ml/m^3)	総注入量(ml/m^3)				
1	600	600	猪崎鼻	28	1.221	732
1	1200	1200	猪崎鼻	7	1.062	1,274
1	1800	1800	猪崎鼻	7	1.136	2,044
2	400	800	猪崎鼻	14	1.171	937
2	600	1200	支場	14	0.858	1,029
	対照		猪崎鼻	14	1.074	

※樹幹を円柱として計算。



写真-4 薬剤の樹幹注入状況

方約45°, 孔径6.5mmで深さ10cm以上の注入孔をあけ、この注入孔からマツクイムシ防除で使用する樹幹注入容器により、薬剤を加圧注入した(写真-4)。注入後、木栓をして癒合剤を塗布した。注入は2007年5月8日と9日に行った。

2回注入区の薬剤量は400ml/m³ (400ml/m³×2回)を基準とし、1.5倍量区(600ml/m³×2回)を設けた。注入は1回注入区と同様の方法で行った。1回目の注入は2007年5月8日と9日、2回目の注入は2007年8月7日と8日に実施した。

供試木について、樹幹注入時及び生物試験用葉柄採取時の計8回、目視で葉の枯損、下垂状況などに

よりヤシオサの寄生を確認するとともに、樹冠を撮影して樹形の推移や葉の変色について調査した。

(2) 生物試験

供試木から葉柄基部を採取して持ち帰り、研究室内でヤシオサ幼虫に摂食させ、幼虫の死亡率及び幼虫が摂食した孔道の長さ(以下、穿孔長という)を調査し、薬剤の効果を判定した。

葉柄の採取は、6月11日、7月9日、8月6日、9月12日、10月10日、11月12日、12月17日の計7回行った。試験に供した幼虫は被害木から採取したものと、飼育していた成虫に産卵、ふ化させたもので、体長2~5cmの中~終齢の個体である(表-2)。

葉柄は長さ約30cmに調整し、元口中央に径1~2cm、深さ5cm程度の孔を開けた。後の調査がしやすいように孔を中心に縦方向に割り、ゴムバンドで元の形にもどした後、幼虫を1頭入れた。その後、幼虫の脱出を防止するため水苔で孔を塞ぎ、乾燥防止として元口と末口をラップで覆い、室温に置いた。処理後12日目に葉柄のゴムバンドをはずし、幼虫の死亡率と穿孔長を調査した。ただし、8月は11日目、12月は8日目に調査を行った。

(3) 薬剤の樹体への影響調査

薬剤の注入量及び穿孔径の違いによる樹体内部への影響を調べるため、2006年4月に樹幹注入を行った2個体を対象に、2007年8月樹幹注入した。4ヶ

表-2 供試幼虫の概要

処理区分			(下段): 平均体長 cm						
注入回数	1回注入量 (ml/m ³)	総注入量 (ml/m ³)	1ヶ月 (6月)	2ヶ月 (7月)	3ヶ月 (8月)	4ヶ月 (9月)	5ヶ月 (10月)	6ヶ月 (11月)	7ヶ月 (12月)
1	600	600	10 (3.3)	10 (3.4)	10 (3.8)	10 (4.2)	10 (3.7)	10 (4.3)	10 (4.1)
1	1200	1200	5 (3.9)	5 (3.3)	5 (3.8)	5 (4.0)	5 (3.4)	5 (4.3)	5 (4.0)
1	1800	1800	5 (4.1)	5 (3.1)	5 (3.6)	5 (3.8)	5 (3.4)	5 (4.5)	5 (4.2)
2	400	800	5 (3.0)	5 (3.5)	5 (4.0)	5 (4.3)	5 (3.6)	5 (4.6)	5 (4.3)
2	600	1200	6 (3.3)	7 (2.6)	8 (3.6)	8 (4.0)	8 (3.3)	8 (4.3)	8 (4.2)
	対照		5 (3.2)	5 (3.2)	5 (3.9)	5 (3.7)	5 (3.4)	5 (4.3)	5 (4.3)

表-3 変色域調査の概要

	胸高直径 cm	樹高 m	材積 m ³	注入時期	注入量 ml/孔	穿孔径		
						名称	穿孔径mm	穴の深さcm
①	66	6	2.1	2007. 8	50	普通径	6.5	10
				2007. 8	100	普通径	6.5	10
				2007. 8	300	普通径	6.5	10
				2006. 4	413	普通径	6.5	10
②	57	3	0.8	2007. 8	100	小径	4.0	10
				2007. 8	100	普通径	6.5	10
				2007. 8	100	大径	9.0	30
				2006. 4	113	普通径	6.5	10

月後に伐倒して注入部位付近を採取し、注入孔を基準に、上下に約10cm間隔で横方向に切断し、断面ごとの変色域の面積を測定した。これを基に変色域の体積及び樹幹に占める変色域の割合を算出するとともに、注入孔から10cm下部の中心方向への変色域の広がり方を比較した。

注入量別調査は、地上高70cmの位置に、孔径6.5mmで深さ10cmの注入孔を3箇所開け、それぞれに50ml, 100ml, 300mlの薬剤を注入した箇所と、2006年注入した箇所（1孔の注入量413ml）の4箇所で行った（表-3-①）。

穿孔径別調査は、地上高70cmの位置に孔径4mmで深さ10cm（以下、小径という）、孔径6.5mmで深さ10cm（以下、普通径という）、孔径9mmで深さ30cm（以下、大径という）の孔を開け、1箇所あたり100mlの薬剤を注入して行った（表-3-②）。

また、変色域周辺の推移を調べるため、2006年に注入した孔周辺を採取し、20ヶ月経過後の状態を調査した。

4. 結果と考察

1) 樹幹注入試験

樹幹注入を行っていない対照区では、試験開始1ヶ月目の6月から側葉の下垂などヤシオサによる被害と考えられる樹冠の変化が見られ、2ヶ月目には枯死木が発生した（図-2-⑥）。7ヶ月目には、14本中11本（78%）が被害を受け、そのうち10本が枯死した。

a 1回注入区

1回注入区の基準量区（600ml/m³。図-2-①）では、注入4ヶ月目から被害が見られ、6ヶ月目には枯死木が発生した。7ヶ月目には28本中8本（29%）が被害を受け、うち5本が枯死した。一方、倍量区（1,200ml/m³。図-2-②）及び3倍量区（1,800ml/m³。図-2-③）では被害は認められなかった。

以上のことから、1回注入では、600ml/m³で3ヶ月程度、1,200ml/m³以上で7ヶ月以上の効果が期待できると考えられる。今回は3段階の薬量で調査を行ったが、600ml/m³から1,200ml/m³の間での検討が必要である。

b 2回注入区

2回注入区の基準区（400ml/m³×2回。図-2-④）では、1回目の注入2ヶ月目に14本中1本（7%）に被害が認められ、3ヶ月目には3本（21%）に増加したが、この時期に2回目の注入を行ったところ、新たな被害は発生しなかった。一方、1.5倍量区（600ml/m³×2回。図-2-⑤）では、被害の発生は認められなかった。

以上のことから、1回注入ごとに400ml/m³で1～2ヶ月程度、600ml/m³で3～4ヶ月程度の効果が期待できると考えられる。今後は、効果の高い注入回数と注入量の検討が必要である。

2) 生物試験

対照区では、幼虫の死亡率が2ヶ月目以降0%となった（図-3-⑥）。平均穿孔長の推移をみると、

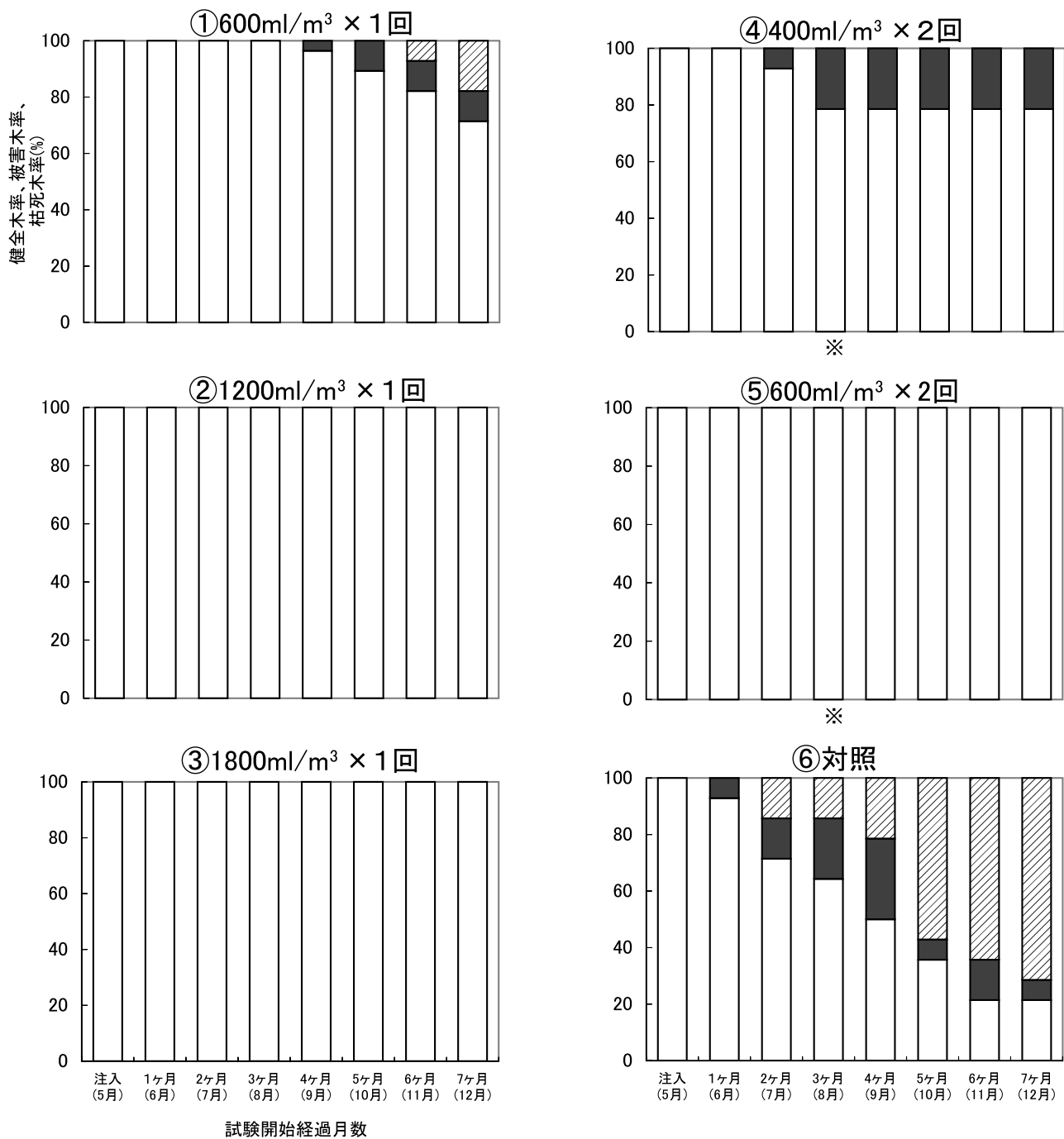
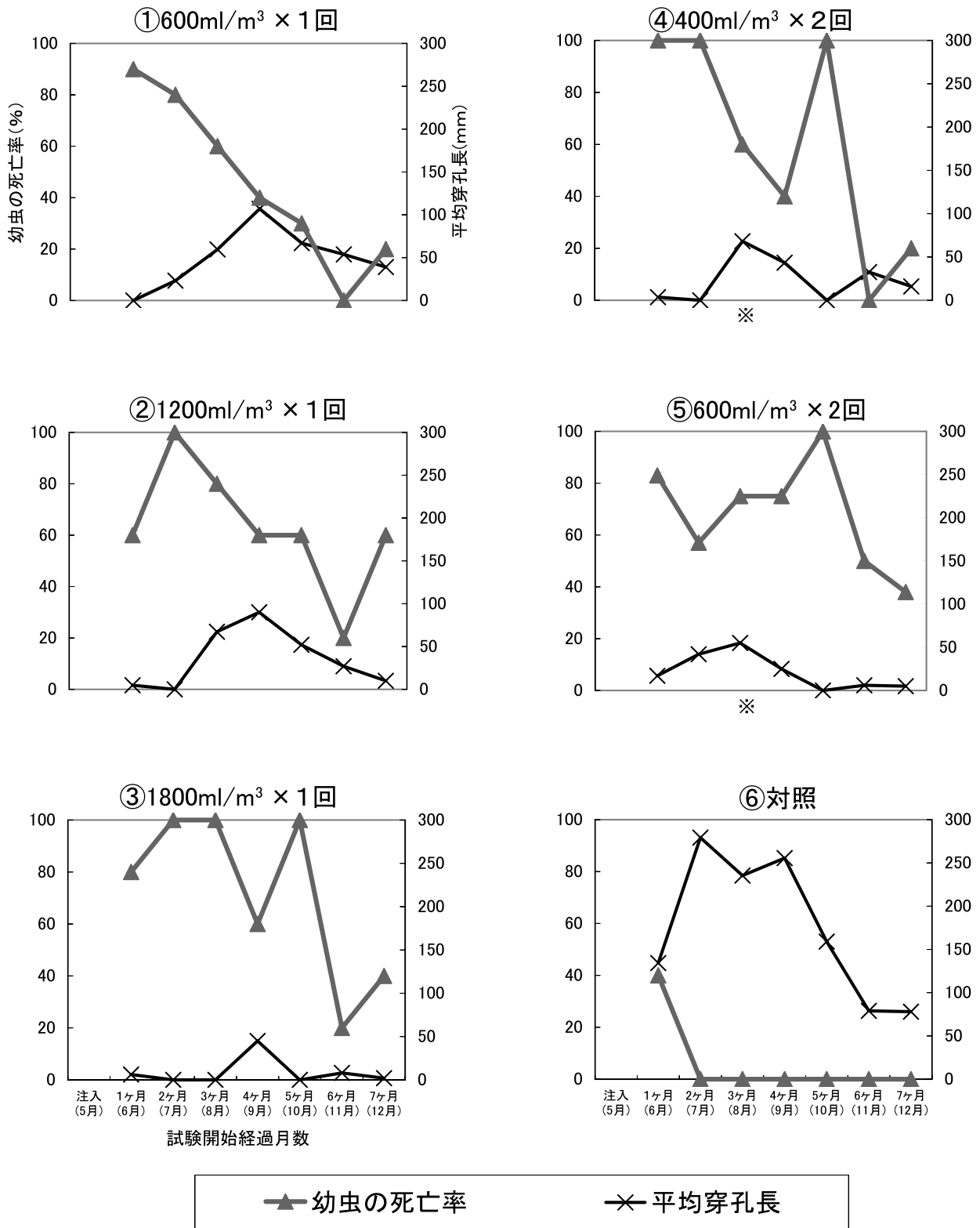


図-2 樹幹注入区ごとのカナリーヤシ被害割合の推移

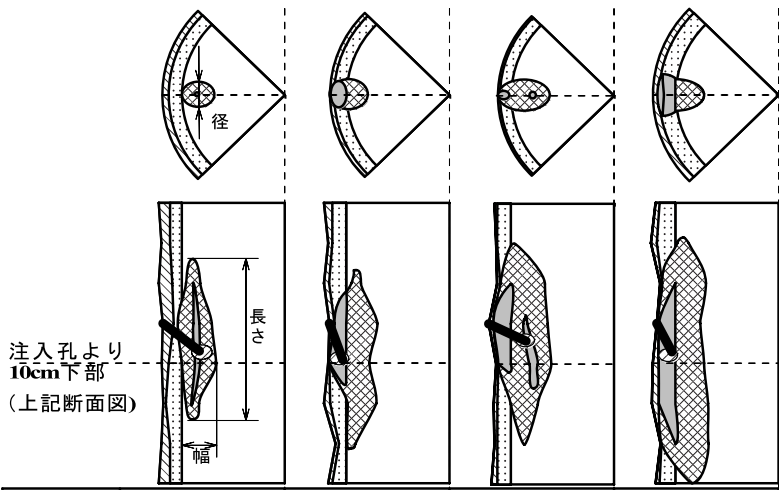


※ : 2回目注入

図-3 樹幹注入区ごとの幼虫の死亡率及び平均穿孔長の推移

① 注入量の違いによる変色域の状況

※DBH: 66cm, H: 603cm, V:2.063



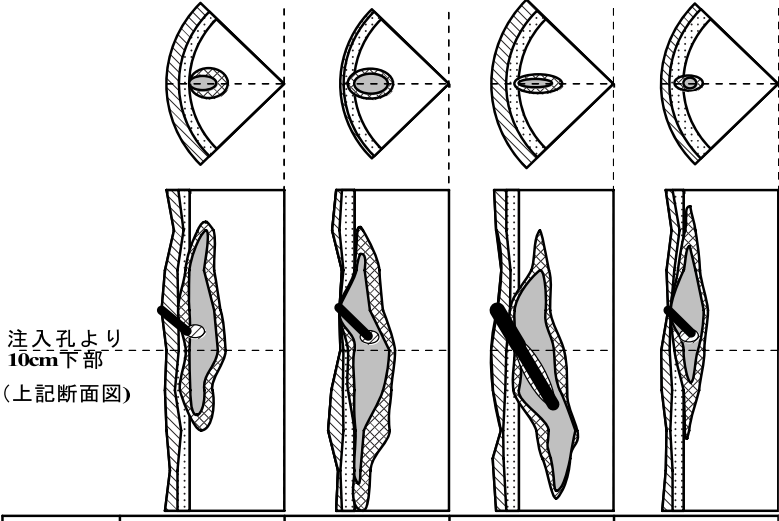
	50ml('07)		100ml('07)		300ml('07)		413ml('06)	
	変色域	濃い変色域	変色域	濃い変色域	変色域	濃い変色域	変色域	濃い変色域
径(Max)	6.6	1.3	8.0	7.0	8.2	2.0	18.0	10.0
長さ	40	30	45	23	50	23	62	40
幅(Max)	8.3	1.3	10.4	2.9	12.9	5.1	11.9	4.0

(単位: cm)

② 穿孔径の違いによる変色域の状況

※DBH: 57cm, H: 296cm, V:0.755

1穴あたり注入量: '06(113ml)、'07(100ml)



	小径('07)		普通径('07)		大径('07)		普通径('06)	
	変色域	濃い変色域	変色域	濃い変色域	変色域	濃い変色域	変色域	濃い変色域
径(Max)	8.0	4.0	8.0	5.5	5.0	2.5	4.2	2.5
長さ	52	46	71	57	67	55	58	34
幅(Max)	9.7	6.9	11.4	8.5	13.0	10.0	9.0	8.0

(単位: cm)

変色域
 濃い変色域
 注入孔
 薬剤注入箇所

図-4 注入部周辺組織の変色

7～9月が大きくなっており、幼虫の摂食活動のピークと考えられ、また、成虫発生のピーク（阿万，2001）と重なることが明らかとなった。この時期は、最初の羽化成虫から生まれた幼虫が盛んに食害する時期と考えられ、この時期以降カナリーヤシの枯死割合が増加している（図-2-⑥）。このことから、7～9月の幼虫の食害がカナリーヤシに致命的なダメージを与えていると考えられる。

a 1回注入区

1回注入区の基準区（600ml/m³。図-3-①）では、注入2ヶ月目から徐々に幼虫の死亡率が低下した。4ヶ月目には死亡率が40%となり、平均穿孔長が最大となった。6ヶ月目以降は死亡率、平均穿孔長が対照と同程度となり、薬効が失われたと考えられた。倍量区（1200ml/m³。図-3-②）では、幼虫の死亡率は3ヶ月目以降徐々に低下したものの、6ヶ月目を除き60%以上で効果は安定していた。3倍量区（1800ml/m³。図-3-③）では、6ヶ月目以降、死亡率が下がったが、他の注入区と比べて効果が高いことが分かった。

b 2回注入区

2回注入区の基準区（400ml/m³。図-3-④）では、1回目の注入3ヶ月目に死亡率が40%に低下したが、この時期に2回目の注入を行った結果、平均穿孔長で翌月（4ヶ月目）、死亡率で翌々月（5ヶ月目）に効果が回復した。しかし、2回目注入3ヶ月目（1回目注入6ヶ月目）には再び死亡率が低下し、薬効が失われたと考えられた。1.5倍量区（600ml/m³。図-3-⑤）では、平均穿孔長から3ヶ月目まで徐々に薬効が低下したと考えられるが、この時期に2回目の注入を行った結果、翌月（4ヶ月目）から効果が回復し、その後も安定していた。

以上の結果を樹幹注入試験結果と比較してみると、7～9月の幼虫の死亡率が60%より低くなると被害を受けやすくなると考えられる。

3) 樹幹注入部位調査結果

薬剤注入箇所を中心として内部組織に褐色の変色域が広がり（以下、変色域という）、また、その一



写真-5 注入孔付近の変色状況

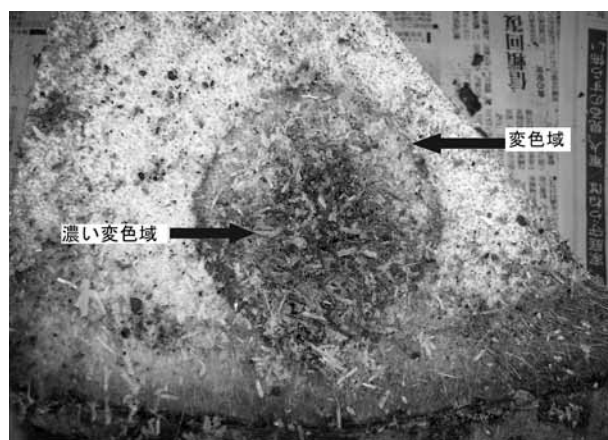


写真-6 注入孔付近の変色状況（接写）

部にえ死したとみられる柔らかく色の濃い変色域（以下、濃い変色域という）が確認された（図-4。写真-5, 6）。

a 注入量の違いによる変色

注入量50ml, 100ml, 300mlを比較すると、注入量が多くなるほど、変色域及び濃い変色域が大きくなる比例関係が認められた（図-5-①）。また、2006年に注入した（413ml）注入孔付近の変色域の広がりも、この比例直線上に乗ることが分かった。

b 穿孔径の違いによる変色状況

小径、普通径、大径を比較すると、普通径で変色域及び濃い変色域の体積が最も大きく、小径及び大径ではほぼ同程度であった（図-5-②）。変色域の横方向への広がり、小径・普通径では変色域が外（樹皮）側に存在し、中心方向（髓）よりも接線

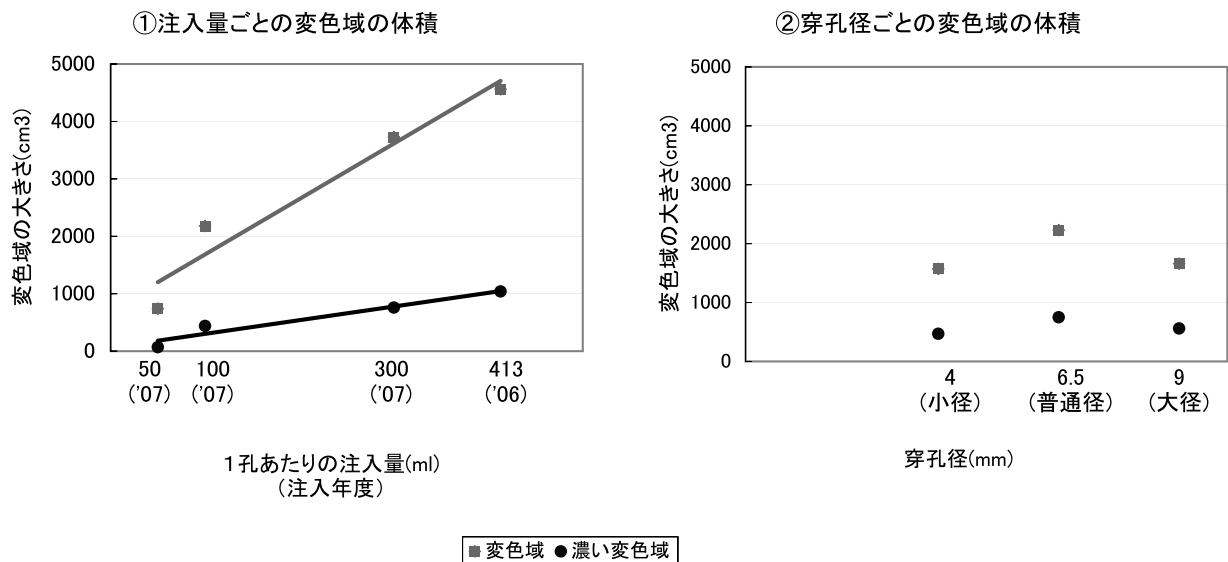


図-5 注入量及び穿孔径ごとの変色域の体積

方向への広がりが大きくなる傾向が見られた。一方、大径の変色域は、中心（随）方向への広がりが大きくなり、また注入孔より下部でも濃い変色域が広がっていた。これは、孔の深さが長くなる分、薬剤が樹幹の中心及び下部方向まで広がったためと考えられる。

c 変色域の推移

2006年に注入した注入孔の変色域を調査したところ、濃い変色域では組織がえ死しているとみられ、変色域を修復するような新たな組織の伸長は見られなかった。また、2007年注入孔付近の変色域と比べて変色域の広がり方、組織の堅さともに違いはなかった。

樹幹注入後、木栓や癒合剤などで雨水や雑菌の侵入を防ぐための適切な後処理を行えば、時間が経過しても変色域は拡大しないと考えられる。

以上の結果から、変色域の発生は穿孔による傷害より、薬剤注入の影響によるもので、その量に比例して拡大すると考えられる。

樹幹材積に対する変色域の割合は最大0.3%、濃い変色域で0.1%であること、変色域の上下では内部組織が正常に機能していること、20ヶ月経過後も変色域は拡大していないことから、今のところ生理的機能への影響は問題ないと考えられる。また、樹体強度への影響も現れていない。

5. 防除案

図-6 にヤシオサの活動時期と防除法の案を示す。

1) 微害地での予防及び駆除

成虫の飛翔及び幼虫の摂食活動が活発な時期は6月下旬～9月下旬である。そこで、微害地で予防を行う場合は、3ヶ月程度の効果が必要であるため、6月下旬に600ml/m³を注入する。このことにより、9月下旬まで成虫の産卵の予防とともに、6月以前に産卵、ふ化した樹幹内幼虫の駆除を行う。

注入後、12月まで定期的に目視による樹勢調査を行い、可視的な標徴が確認された場合は、再度400ml/m³～600ml/m³を注入する。

2) 激害地における予防及び駆除

ヤシオサの成虫が飛翔を行う4～11月は、同時に産卵の時期であり、激害地において予防及び駆除を行う場合は、6ヶ月程度の効果が必要である。

成虫の飛翔及び、越冬幼虫の摂食活動が再開される4月下旬に600ml/m³を注入する。これにより、7月下旬までの成虫の産卵予防及び越冬幼虫の駆除を行う。第1回注入の効果が低下してくる8月中旬に2回目の注入を行い、11月中旬まで予防及び駆除効果を持続させることで、シーズンを通しての防除が期待できる。

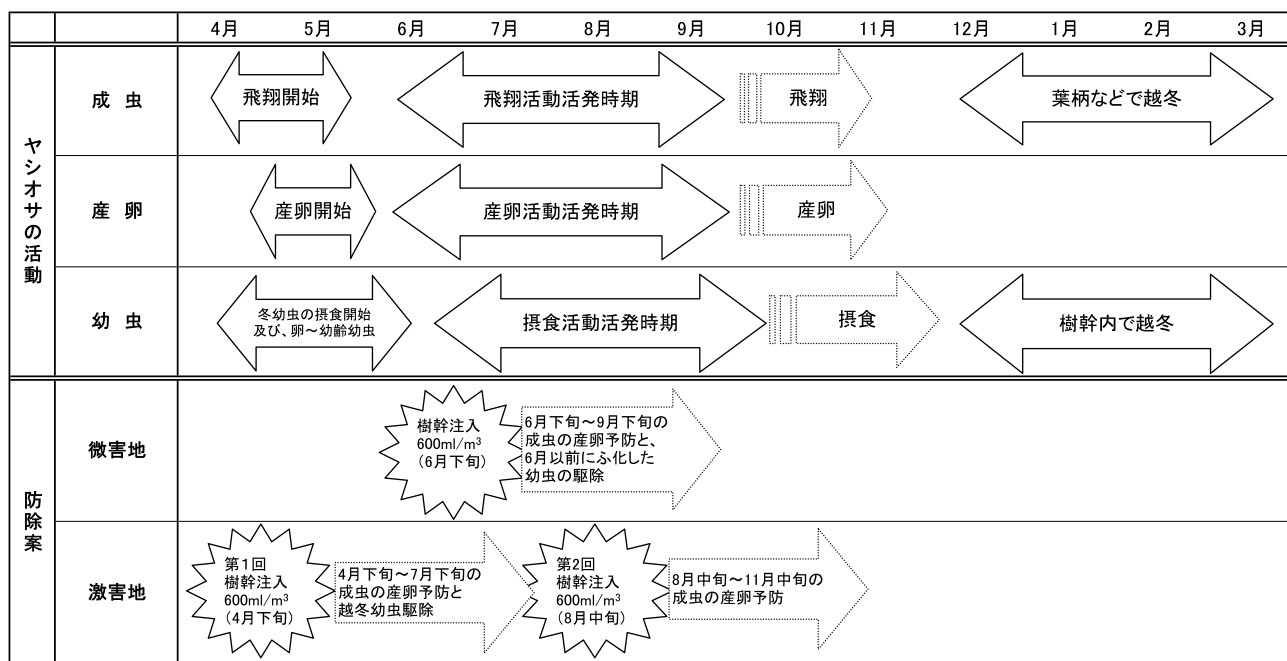


図-6 ヤシオサの活動時期と防除法案

3) 課題

予防を目的とする場合、連年の樹幹注入が必要となる。そのたびに、新たな注入孔を開けた場合、力学的機能や生理的機能の低下が懸念される。今後は、注入孔の固定などにより、樹体への影響を軽減する注入法を検討する必要がある。

また、材積が大きくなると注入薬剤量が増え、注入時間が長くなるとともに、費用が高くなる。そこで、孔径を大きくし注入時間を短縮することや、注入位置を高くするなど注入量を削減する方法の検討も必要である。

6. おわりに

今回の報告では、薬剤の飛散が無く、作業が容易なヤシオサの防除方法を提示した。この方法は、学校や観光地などでも安全な防除が可能である。今後は、連年使用する方法、費用を軽減する方法など実用的な課題を解決していく必要がある。

最後に、本試験を実施するにあたり日南市及び宮崎県総合農業試験場亜熱帯作物支場に試験地の提供を、南那珂農林振興局林務課の方々には現地でご協

力をいただいた。さらに、鹿児島大学大学院安部布樹子氏にはヤシオサの生態について貴重な情報をいただいた。ここに深く感謝申し上げる。

引用文献

- 安部布樹子・曾根晃一 (2007) ヤシオオオサゾウムシの被害と南九州の生活史・生態. 昆虫と自然 42(7): 32~35.
- 阿万暢彦 (2001) ヤシオオオサゾウムシの発生と被害実態. 植物防疫 55(7): 298~302.
- 黒木逸郎・讚井孝義・岩切裕司・鈴木敏雄・岡部武治 (2007) カナリーヤシへの樹幹注入によるヤシオオオサゾウムシの防除効果. 九州森林研究 60: 89~91.
- 白井陽介・榎原寛・具志堅允一 (2006) ヤシオオオサゾウムシ *Rhynchophorus ferrugineus* の被害発生分布と文献目録. 森林防疫 55: 110~119.
- 吉本貴久雄 (2006) 長崎県におけるヤシオオオサゾウムシによるフェニックスの被害分布及び樹幹注入剤による予防効果. 九州森林研究 59: 201~203. (2008. 5. 28 受理)

論文

ヒトツバタゴとウチワノキに対する テントウノミハムシ属の加害の可能性

井上大成¹

1. 緒言

ヒトツバタゴ *Chionanthus retusus* Lindl. et Paxton は朝鮮半島、台湾、中国と日本に分布する落葉高木である（北村・村田，1971）。日本では岐阜県、愛知県と長崎県対馬に隔離分布しており、古くから各地で天然記念物に指定されている（例えば、倉内，1984；外山，1984；南川，1984）。またナンジャモンジャの別名を持ち（倉田，1976）各地に植栽されている。ウチワノキ *Abeliophyllum distichum* Nakai は、朝鮮半島特産の落葉低木で、日本では観賞用に栽培される（北村・村田，1971）。

一方、テントウノミハムシ属 *Argopistes* のハムシはわが国には4種が分布し（Kimoto，1965；木元，1984；木元・滝沢，1994），このうちテントウノミハムシ *A. biplagiatus* Motschulsky とヘリグロテントウノミハムシ *A. coccinelliformis* Csiki の2種はモクセイ科の緑化樹や森林の害虫として知られている（井上，1999a，1999b，2004）。各種のモクセイ科におけるテントウノミハムシとヘリグロテントウノミハムシの加害様相や寄主植物選好性については、既にいくつかの報告がある（井上・篠原，1951；井上・真梶，1989a，b；井上，1990；Inoue，1991）。しかし、上記2種のモクセイ科樹木に対するテントウノミハムシ属の加害の可能性を詳しく検討した例はないと思われる。今回、これらの樹種でテントウノミハムシ属の発生状況を調査したので、本報ではその結果を報告する。

2. 調査地および調査方法

茨城県かすみがうら市の森林総合研究所千代田試験地（以下、千代田）およびつくば市の森林総合研究所（以下、つくば）を調査地とした。千代田には

樹高約5～8mのヒトツバタゴが3本植栽されていた。至近距離にはモクセイ科植物はなかったが、試験地構内にはトネリコ属が植栽されており、またイボタノキも少数自生していた。つくばにある第一樹木園には樹高約5～8mのヒトツバタゴが8本、樹高約1.6～1.8mのウチワノキが2本植栽されていた。ヒトツバタゴとウチワノキの植栽場所同士の距離は30m程度であった。これらの近くには、テントウノミハムシ属の寄主となるイボタノキ、オオバイボタ、ヒイラギ、ヒイラギモクセイも植栽されており、テントウノミハムシとヘリグロテントウノミハムシが発生していた。

2007年2月に1回、3月から11月までは毎月2回、調査を行った。まず、成虫の発生密度を把握するため、地上から見える範囲を10分間観察し、確認されたテントウノミハムシ属の成虫数を記録した。また、継ぎ竿に取り付けた直径50cmの捕虫網を用いて、木1本あたり10回、樹冠部をスウィーピングし、採集された成虫数を記録した。捕虫網で採集された成虫は、原則としてその場で放逐した。卵・幼虫の発生密度を把握するため、4月～6月まで、千代田では50シュートを、つくばのヒトツバタゴでは30シュートを、全体から無作為に選んで観察し、卵・幼虫数を数えた。つくばのウチワノキでは卵や幼虫が発生しているかどうかを適宜観察した。

3. 結果

千代田、つくばとも確認されたのはテントウノミハムシのみだった（写真1，2）。

千代田のヒトツバタゴでは、6～10月に成虫が樹上で観察された（図-1上）。成虫の密度は低く、7月後半の4匹が最高だった。スウィーピングでは



写真-1 ヒトツバタゴの葉上で観察された
テントウノミハムシ成虫



写真-2 ヒトツバタゴの葉に潜るテントウノミハムシ
幼虫（終齢と思われる）

4月に1匹が捕獲されただけだった。生きた卵，幼虫は確認されなかったが，5月に卵の脱落痕が，6月に幼虫の発生痕（孔道）がごく少数確認された。

つくばのヒトツバタゴでは，5～10月に成虫が樹上で観察された（図-1下）。成虫の密度はやはり低く，6月後半と7月前半の7匹が最高だった。スウィーピングでは4～6月と，10月に少数の成虫が捕獲された。最高は5月前半の4匹だった。孵化前と思われる卵は4月後半（30シュート合計で11卵）に，生きた幼虫は5月前半（同11匹）に確認された。なお5月後半にも，調査した30本以外のシュートで生きた幼虫が少数確認された。6月には幼虫の発生痕のみが確認された。5月に観察された幼虫は終齢に達していると思われる個体を含んでいた（写真2）。また6月に確認された幼虫の発生痕の一部は，幼虫が老熟し，葉から脱出した後のものと判断された（本種は土中で蛹化する；井上，1990）。

つくばのウチワノキでは，成虫，卵，幼虫ともまったく確認されなかった。

4. 考察

ヒトツバタゴ属へのテントウノミハムシの加害については，朝鮮半島における古い記録がある（斎藤，1938，1941）。しかし越冬後成虫の加害植物として名があげられているのみで，詳しくは報告されてい

ない。日本では，井上（1999a，2004）が本種の加害植物としてヒトツバタゴをあげているが，これも加害植物としての記載のみである。従って，ヒトツバタゴでの発生経過や発生密度についてはこれまで詳しく書かれたものはなかったと思われる。テントウノミハムシでは，春に越冬後成虫が寄主植物の新芽・新葉に産卵し，6～7月頃に新成虫が羽化する（井上，1990）。今回の調査では，つくば，千代田とも，樹上観察では6～7月に成虫密度が最大になったが，これは新成虫の羽化によるものと考えられる。成虫や幼虫の密度が低いことを除けば，ヒトツバタゴにおいてもこれまで知られているものと大差ない発生経過をとっていると思われるが，ヒトツバタゴでテントウノミハムシの幼虫が発育を完了できることが明らかになったのは，これが初めてである。

今回の結果から，野外においてヒトツバタゴがテントウノミハムシの寄主植物となりうることが明らかになったが，発生の密度は両調査地ともに低かったことから，自生地で大きな被害を与える可能性は高くないと思われる。ウチワノキが自生する朝鮮半島にもテントウノミハムシは分布している（木元，1984など）。今回の調査地では，近くに植えられた他の樹種でテントウノミハムシやヘリグロテントウノミハムシが発生していたにもかかわらず，ウチワノキ樹上でテントウノミハムシ属は観察されなかつ

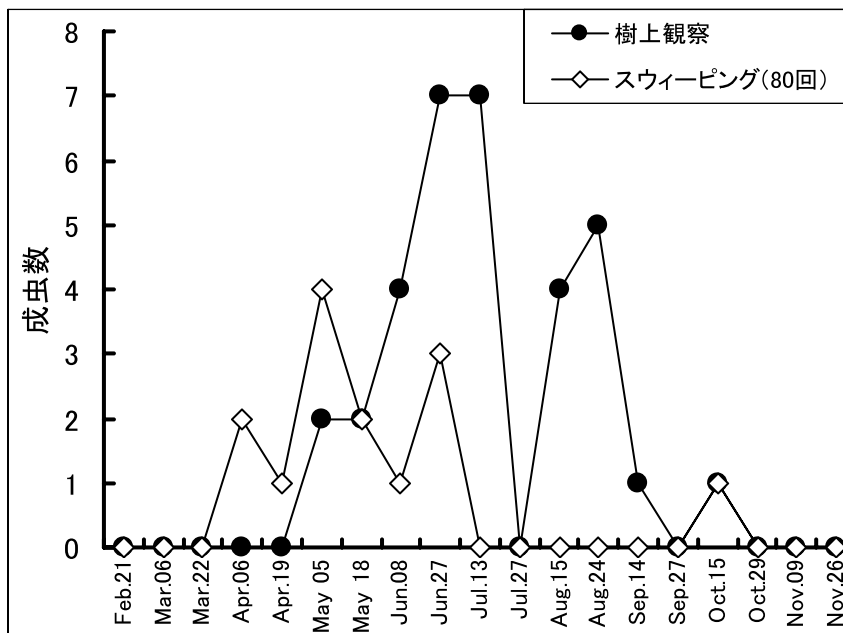
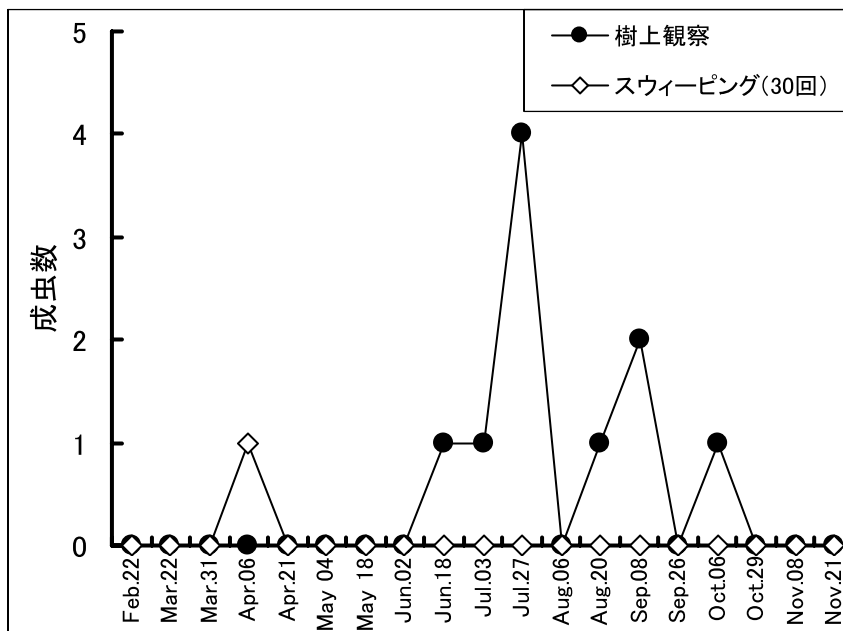


図-1 ヒトツバタゴ樹上におけるテントウノミハムシ成虫の個体数の季節変化 (2007年)
 上：森林総合研究所千代田試験地 (茨城県かすみがうら市)，下：森林総合研究所本所 (茨城県つくば市)

た。このため、野外でウチワノキがこれらのハムシの寄主植物となる可能性はほとんどないと考えられる。

引用文献

井上元則・篠原均 (1951) ヤチダモを害するテントウノミハムシについて. 日本林学会誌 33: 247~250.

井上大成 (1990) テントウノミハムシ *Argopistes biplagiatus* Motschulsky の千葉県における加害様相と発生経過. 日本応用動物昆虫学会誌 34: 153~160.

Inoue, T. (1991) Host plant preference of flea beetle, *Argopistes biplagiatus* Motschulsky adults (Coleoptera: Chrysomelidae). Applied Entomology and Zoology 26: 403~406.

井上大成 (1999a) ヒイラギ. テントウノミハムシ. 花卉病害虫診断防除編第7巻, pp. 165~172, 農山漁村文化協会, 東京.

井上大成 (1999b) モクセイ類. ヘリグロテントウノミハムシ. 花卉病害虫診断防除編第7巻, pp. 479~490, 農山漁村文化協会, 東京.

井上大成 (2004) テントウノミハムシ属2種による被害と防除. グリーン・エージ (368): 12~16.

井上大成・真梶徳純 (1989a) ヘリグロテントウノミハムシの生活史に関する研究 I. 種々の寄主植物上での加害様相と発生経過. 日本応用動物昆虫学会誌 33: 217~222.

井上大成・真梶徳純 (1989b) ヘリグロテントウノ

ミハムシの生活史に関する研究 II. 寄主植物と発育. 日本応用動物昆虫学会誌 33: 223~230.

Kimoto, S. (1965) The Chrysomelidae of Japan and the Ryukyu Islands IX. Subfamily Alticinae II. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University 13(3): 431~459.

木元新作 (1984) ハムシ科. 原色日本甲虫図鑑 IV. pp. 147~223, 保育社, 大阪.

木元新作・滝沢春雄 (1994) 日本産ハムシ類幼虫・成虫検索図説, 東海大学出版会, 神奈川.

北村四郎・村田源 (1971) 原色日本植物図鑑 木本編 I, 保育社, 大阪.

倉田 悟 (1976) ヒトツバタゴ. 世界の植物18, pp. 441~442, 朝日新聞社, 東京.

倉内一二 (1984) ヒトツバタゴ自生地. 日本の天然記念物4 植物 II (沼田真編), pp. 84, 講談社, 東京.

南川 幸 (1984) 白山神社のハナノキおよびヒトツバタゴ. 日本の天然記念物5 植物 III (沼田真編), pp. 66~67, 講談社, 東京.

斎藤孝蔵 (1938) テウセントネリコ及ヤチダモの五大害虫に就て. 朝鮮山林会報 第155: 9~16.

斎藤孝蔵 (1941) 昆虫に依る樹相の変化に関する研究. 水原高等農林学校学術報告 第6号: 1~272 (当該記述はp. 44).

外山三郎 (1984) 鰐浦ヒトツバタゴ自生地. 日本の天然記念物4 植物 II (沼田真編), pp. 85, 講談社, 東京.

(2008. 6. 3 受理)

論文

絶滅危惧種ヤクタネゴヨウにおける殺線虫剤の樹幹注入1年後の効果

金谷整一¹・荒田洋一²・水之浦義輝³・池亀寛治⁴・手塚賢至⁵
秋庭満輝⁶・中村克典⁷・川口エリ子⁸・吉丸博志⁹

1. はじめに

ヤクタネゴヨウ (*Pinus armandii* var. *amamiana*) は、屋久島と種子島に固有の五葉松である (初島, 1938; Yahara *et al.*, 1987)。その生残個体数は、屋久島で1,500~2,000, 種子島で300と推測されている (金谷ら, 2005b)。ヤクタネゴヨウは、もともと生残個体数が少ないことに加え、近年の個体数減少が懸念されることから、日本に自生するマツ属樹種のうち唯一レッドデータブックにリストされ、「絶滅危惧種IB類」にランクされている (環境庁, 2000)。自生地におけるヤクタネゴヨウの個体数減少に関しては、伐採 (Kanetani *et al.*, 2004) や台風等の影響 (Kanetani *et al.*, 2001) が報告されているが、以前よりマツ材線虫病の関与が懸念されてきた (林ら, 1984; 矢原, 1994)。

マツ材線虫病は、病原であるマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) が、マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) に媒介されマツ樹体内に侵入することによって引き起こされるマツの伝染病である (清原・徳重, 1971; 岸, 1988)。本病によって、アカマツ (*P. densiflora*)、クロマツ (*P. thunbergii*) ならびにリュウキュウマツ (*P. luchuensis*) といった日本のマツ属樹種に深刻な被害が生じている (岸, 1988)。植木鉢や苗畑等に植栽された個体へのマツノザイセンチュウの人工接種実験により、ヤクタネゴヨウもマツ材線虫病に感受性であることが報告されている (寺下・松本, 1986; 戸田ら, 2001; Akiba and Nakamura, 2005)。種子島では近年、多くのヤクタネゴヨウの枯死が確認されている。台風による根返りや上層木による被圧で枯死したと考えられる個体を除く大半

の枯死木よりマツノザイセンチュウが検出されていることから、マツ材線虫病は、種子島におけるヤクタネゴヨウの個体数減少の主要因とみなされている (Nakamura *et al.*, 2001; 金谷ら, 2005a)。

このような状況下でヤクタネゴヨウの自生地保全を推進していくためには、マツ材線虫病への対策を講じることが第一である。アカマツ、クロマツおよびリュウキュウマツのマツ材線虫病への対策として、枯死木を処理する「駆除」と生残木への感染を防ぐ処置を行う「予防」が広く実施されている (岸, 1988; 吉田, 2006)。前者は、枯死したマツ樹体内に生息しているマツノマダラカミキリの幼虫を駆除することを目的とし、伐倒した枯死木の焼却、破砕および薬剤処理等の方法がある。後者は、マツノマダラカミキリの成虫が羽化脱出する時期に、空中あるいは地上からマツ健全木の樹冠に薬剤を散布し、後食のために飛来した成虫を死亡させる方法と、マツ樹体内にあらかじめ殺線虫剤を注入し、侵入してきたマツノザイセンチュウを殺す樹幹注入法がある (松浦, 1984; 田畑ら, 1997)。マツ材線虫病の被害を抑制するためには、「駆除」と「予防」を組み合わせた防除が効果的であり、どちらか一方のみの作業では徹底した防除は成し得ない (吉田ら, 1997; 吉田, 2006)。

著者らは2004年より、種子島におけるヤクタネゴヨウの自生地の数カ所でマツ材線虫病被害の拡大抑制を目的に、当該地内で確認されたヤクタネゴヨウおよびクロマツの全ての枯死木を伐倒し、くん蒸処理、または自生地外へ搬出し焼却処分する活動を行ってきた (金谷ら, 2005b, 2007; 手塚, 2006)。しかしながら、このような駆除作業を行っている自生地においても、域外から飛来するマツノマダラカミ

キリに伝播されたマツノザイセンチュウによると考えられる罹病枯死木が毎年のように確認されている(未発表)。当該地におけるマツ材線虫病に対する防除は、これらの活動による「駆除」のみであり、「予防」は実施していない。マツ材線虫病の影響を強く受けている種子島のヤクタネゴヨウの自生地保全を行うにあたり、枯死木の「駆除」だけではなく、生残木に対する「予防」を組み合わせる行うことが急務かつ必要不可欠である。

種子島では、ヤクタネゴヨウは各地に散在していることから(金谷ら, 2001, 2004)、自生地を網羅した薬剤散布は効率的にも経済的にも困難が伴う。さらに自生地の多くは、河川の上流部に位置することもあり(金谷ら, 2001, 2004)、環境影響の面からも薬剤散布は適さない(岸, 1988; 田畑ら, 1997)。一方、樹幹注入法は、クロマツやアカマツに対して高い予防効果が確認されており、マツ樹体内に殺線虫剤を直接施用するため森林生態系へ薬剤が拡散することはない(吉田ら, 1997)。しかし、これまでにヤクタネゴヨウに対して樹幹注入を実施し、マツ材線虫病の予防効果を調べた事例はない。また、五

葉松類であるゴヨウマツ (*P. parviflora*) では、メスルフェンホス剤を使用した場合に枝枯れ等の葉害を生じることが報告されている(柴田・天野, 1984)。このように、ヤクタネゴヨウに対する樹幹注入法の適用には、効果や葉害リスクの点で不安があるものの、マツ材線虫病によって急速にヤクタネゴヨウの個体数が減少している現状では、この方法による被害回避の可能性に期待し、将来に備えてその効果を確認しておくべきと判断した。

そこで本報告では、2005年3月に屋久島および種子島の自生地ならびに植栽地においてヤクタネゴヨウ生立木に殺線虫剤を注入し、1年経過後の効果を検証した。また、注入した薬剤の樹体内への拡散について調べるため、樹幹注入を実施した約9ヶ月後に方位別の枝を採取し薬効成分の検出を行った。

2. 調査地と方法

1) 調査地および調査木

調査は、種子島の「中割(中割国有林1108林班)」、「千段之峯(千段之峯国有林1117林班)」および「納官(県有林)」の3カ所、屋久島の「高平岳(ハサ岳国有林66林班)」および「屋久島森林管理署」の2カ所の合計5カ所において行った(表-1, 図-1)。いずれの調査地においても、胸高直径15cm以上の生立木を任意に選択して殺線虫剤の樹幹注入を実施した。また、樹幹注入を実施しない対照木を設定し、薬剤の効果の比較検討に用いた。

中割(30°37'54"N, 131°00'35"E, 海拔: 120~140m)は、戦後にヤクタネゴヨウの保護を目的として設定された「種子島学術参考保護林(現: 種子島植物群落保護林)」である。当調査地は、ヤクタネゴヨウの自生地としては珍しく川沿いに位置する。ここでの樹幹注入は3個体(胸高直径の平均値: 31.8cm, 以下同)に実施し、2個体(44.5cm)を対照木とした。なお、1997年に当調査地で枯死したヤクタネゴヨウ1個体からは、マツノザイセンチュウが検出されているが(Nakamura *et al.*, 2001)、樹幹注入時にヤクタネゴヨウのマツ材線虫病被害は確認されなかった。

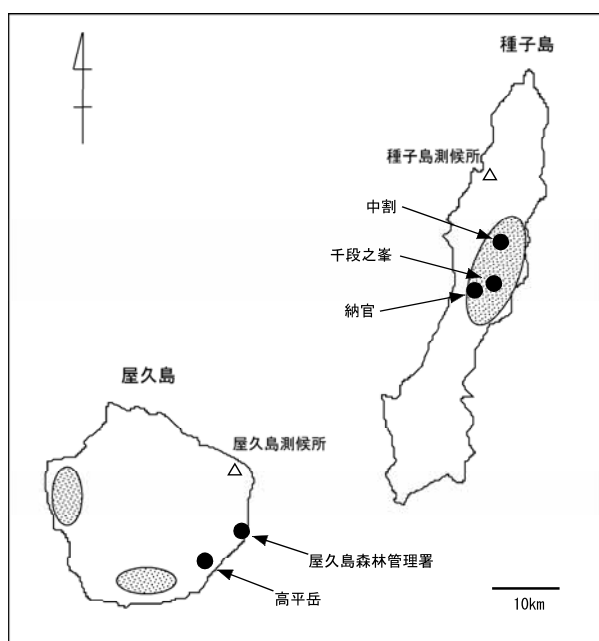


図-1 ヤクタネゴヨウの自生地および調査地
網掛けの範囲はヤクタネゴヨウの自生地、黒丸は調査地、白三角は測候所を示す。

千段之峯 (30°36'13"N, 131°00'18"E, 海拔: 160~200m) は、西之表市と中種子町の境界に位置し、スギ (*Cryptomeria japonica*) およびヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の人工林に囲まれた常緑広葉樹林である。当調査地内のヤクタネゴヨウは、南東方向にのびる尾根筋から東斜面に点在している。ここでの樹幹注入は5個体 (32.3cm) に実施し、5個体 (58.2cm) を対照木とした。なお、注入実施前の2002年に1個体、2003年に3個体の合計4個体のヤクタネゴヨウが枯死しており、このうち3個体からはマツノザイセンチュウが検出されている (未発表)。

納官 (30°35'40"N, 130°58'37"E, 海拔: 90~160m) は、2004年11月に新たに確認されたヤクタネゴヨウの自生地である。ヤクタネゴヨウは北向きの数本の尾根上に自生し、発見時に24個体が確認されたが、そのうち4個体はすでに枯死しており、材片を採取した2個体からはマツノザイセンチュウが検出された (未発表)。当調査地での樹幹注入は8個体 (34.6cm) に実施し、7個体 (28.4cm) を対照木とした。なお、当調査地内外 (半径1km以内) にはクロマツが散在しており、マツ材線虫病によるとみられる多くの枯死木がみられた。

屋久島の南東部に位置する高平岳 (30°16'26"N, 130°36'09"E, 海拔: 300~450m) は、島内3カ所のヤクタネゴヨウ自生地のうち最も分布面積が小さい (金谷ら, 2005b)。高平岳 (標高: 493m) のピークから南北に伸びる尾根筋および東側斜面にヤクタネゴヨウが散在しており、その数は約100個体と推定されている。ピークから南向きの尾根筋に点在するヤクタネゴヨウを調査対象とし、樹幹注入は8個体 (30.4cm) に実施し、6個体 (36.5cm) を対照木とした。なお、樹幹注入時に当調査地内ではマツ材線虫病の被害は生じていなかったが、南東約3kmにある千尋之滝周辺のクロマツ林では、マツ材線虫病の被害が生じており、地元自治体による伐倒駆除が行われていた。

屋久島東部の安房港に隣接する屋久島森林管理署 (30°18'55"N, 130°39'24"E, 海拔: 5m) の構内には、7個体のヤクタネゴヨウが植栽されている。

当調査地での樹幹注入は4個体 (34.8cm) に実施し、3個体 (29.0cm) を対照木とした。近傍の町道沿い等には、クロマツが植林されているが、樹幹注入時にマツ材線虫病の被害は生じていなかった。

2) 樹幹注入

樹幹注入は、2005年3月初旬から中旬にかけて実施した。使用薬剤は、酒石酸モランテル液剤 (商品名: グリーンガード・エイト, 220ml/本, ファイザー株式会社) とした。地上高1m以下の主幹に、複数個の注入口を充電式電気ドリル (刃径: 6.5mm, 長さ: 100mm) で穿孔し、薬剤を加圧注入した (写真-1)。1個体あたりの注入量は、使用基準 (グリーンガード・エイト施工ハンドブック, ファイザー株式会社) に従い胸高直径に基づき算出した。すなわち、胸高直径15cmまではボトル1本を基本とし、直径が5cm大きくなるごとにボトルを1本ずつ追加した (表-1)。注入後は、雑菌等の侵入を防ぐ為に注入口を癒合剤で塞ぐ処置を行った。

3) モニタリング調査

樹幹注入後、2005年9月および11月、2006年2月の合計3回のモニタリング調査を行った。モニタリング調査では、樹幹注入を実施した個体 (以下、処理木) ならびに対照木について、生死に加え針葉変色や樹脂滲出等の状況を記録した。この調査では、



写真-1 屋久島高平岳のG20に対する樹幹注入の様子 (2005年3月4日)

全ての針葉が変色あるいは落葉した場合、枯死と判断した。立枯れ状態の枯死個体については、調査時に地上高0.5～1.5mの主幹の2～3ヶ所からハンドドリル（刃径：15mm，長さ：130mm）を用いて材片を採取した。採取した材片は、チャック付きビニール袋に入れ、森林総合研究所九州支所（熊本県熊本市）へ送付し、ベールマン法（Southey, 1986）によりマツノザイセンチュウの検出を試みた。

4) 薬剤のマツ樹体内での拡散

種子島の全調査地および屋久島の高平岳の全処理木について、各個体の高さ5～8mの枝を方位別に採取し、酒石酸モランテルの含有濃度（ppm）を測定した。枝の採取は、樹幹注入9ヶ月後にあたる2005年12月に、伸縮可能な長さ12mの赤白検測桿（ST FIBER GRASS POLE, 竹谷商事株式会社）の先端にカマ（刃長：10cm）を取り付けて行った。採取した枝は、現場でチャック付きビニール袋に封入し、ファイザー株式会社（東京都渋谷区）に送付して酒石酸モランテルの含有濃度を測定した。

なお、屋久島森林管理署を除く調査地は、いずれも急傾斜地であったため、個体によっては全ての方位の枝を採取できないことがあった。

5) 気象イベントのデータ収集

モニタリング調査期間中における台風等の気象データについては、気象庁のホームページにある気象統計情報（<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>）から収集した。調査項目として、種子島測候所（西之表市西之表，30°43.2'N，130°58.9'E，海拔：24.9m）あるいは屋久島測候所（屋久島町小瀬田，30°23.1'N，130°39.5'E，海拔：37.0m）で最大風速が20m/sを超える月日を抽出し、その気象イベント名、気象イベント期間中の最大風速および瞬間最大風速を記録した。

3. 結果

1) モニタリング調査

千段之峯では、処理木の1個体（B30）で2005年

11月に針葉の変色が観察され、2006年2月に枯死と判断された（表-1）。この処理木の材片から、マツノザイセンチュウは検出されなかった。また、対照木の1個体が2005年11月に枯死し、マツノザイセンチュウが検出された（表-1）。

納官では、処理木の1個体（B255）で2005年11月に針葉の変色が観察され、2006年2月に枯死と判断された（表-1）。この処理木の材片からは、マツノザイセンチュウが検出された。対照木の7個体のうち3個体が2005年11月に枯死しており、全ての枯死木からマツノザイセンチュウが検出された（表-1）。

高平では、処理木の1個体（G17）が2005年9月に根返り状態で観察された（表-1）。対照木の6個体については、枯死や針葉の変色は観察されなかった。

なお、中割および屋久島森林管理署においては、処理木ならびに対照木とも枯死は発生せず、樹脂滲出や針葉の変色等の異常はみられなかった。

2) マツ樹体内での薬剤濃度

樹幹注入9ヶ月後における各方位の枝の酒石酸モランテル濃度は、0.0～278.4ppmと様々な値を示した（表-1）。同じ個体内でも、方位によっては酒石酸モランテル濃度が100倍以上異なる場合があった。また個体によっては、検出されなかった枝もみられた。中割のB62と千段之峯のB34では、同じ方位で複数サンプルが採取されたが、酒石酸モランテル濃度は同個体の近接する枝間でも異なっていた。

樹幹注入を実施したが枯死した3個体についてみると、千段之峯のB30では、1枝は8.3ppmであったが、それ以外の2枝では0.0ppmであった。納官のB255は、計測した全ての方位で100ppmを超える高濃度であった。なお、高平のG17については、針葉を採取する際に根返りによる枯死と判断したため、酒石酸モランテル濃度の測定は行わなかった。

3) 気象イベント

調査期間中、最大風速20m/s以上を計測した気象イベントとして、2005年9月4～6日に屋久島の西側を通過した台風14号があった。この台風14号は、

表-1 樹幹注入9ヶ月後の方位別の枝における酒石酸モランテル含有濃度とモニタリング調査の結果

島	調査地 樹幹注入 個体番号	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)	薬剤 注入量 ¹⁾ (本)	酒石酸モランテル濃度 (ppm) ²⁾				確認した調査年月			備考
					東	南	西	北	針葉変色	枯死 ³⁾	枯死形態	
種子島												
中割												
処理木												
	B40	48.5	17.0	8	0.0	—	0.0	1.6	—	—	—	
	B61	20.0	12.0	2	24.1	—	11.7	29.7	—	—	—	
	B62	27.0	14.0	3	—	—	9.4	14.5/38.4	—	—	—	
対照木												
	B38	43.0	18.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B39	46.0	18.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
千段之峯												
処理木												
	B26	31.0	17.0	5	9.9	—	1.3	0.0	—	—	—	
	B28	26.5	14.0	4	3.2	2.7	—	0.0	—	—	—	
	B30	48.0	19.0	8	8.3	—	0.0	0.0	2005年11月	2006年2月	立枯れ	
	B34	31.0	15.0	5	0.0	—	—	48.5/2.4	—	—	—	
	B52	25.0	8.0	3	—	0.3	3.0	0.2	—	—	—	
対照木												
	B25	56.0	18.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B31	46.0	18.0	—	—	—	—	—	—	2005年11月	立枯れ	マツノザイセンチュウ検出
	B35	43.0	18.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B36	75.0	20.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	J1	71.0	16.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
納官												
処理木												
	B243	32.0	16.0	5	2.7	0.0	6.2	0.8	—	—	—	
	B251	27.5	13.0	4	43.6	7.4	8.2	46.4	—	—	—	
	B252	30.0	13.0	4	—	6.8	18.9	5.6	—	—	—	
	B254	35.5	16.0	5	41.0	111.0	—	33.3	—	—	—	
	B255	35.0	15.0	5	129.9	278.4	—	129.9	2005年11月	2006年2月	立枯れ	マツノザイセンチュウ検出
	B257	49.0	15.0	8	—	7.2	0.0	0.8	—	—	—	
	B258	45.0	18.0	7	—	—	0.4/0.4	0.0	—	—	—	
	B259	22.5	14.0	3	0.8	7.4	—	—	—	—	—	
対照木												
	B244	29.6	14.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B245	31.8	14.0	—	—	—	—	—	—	2005年11月	立枯れ	マツノザイセンチュウ検出
	B246	22.3	13.0	—	—	—	—	—	—	2005年11月	立枯れ	マツノザイセンチュウ検出
	B247	37.6	18.0	—	—	—	—	—	—	2005年11月	立枯れ	マツノザイセンチュウ検出
	B248	43.9	18.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B253	17.0	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B256	16.5	12.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
屋久島												
高平岳												
処理木												
	G1	30.2	9.0	5	—	4.7	12.8	21.0	—	—	—	
	G2	23.3	10.0	3	—	115.9	0.4	1.2	—	—	—	
	G12	16.7	6.8	2	—	—	—	104.2	—	—	—	
	G17	40.5	11.0	7	—	—	—	—	—	2005年11月	根返り	2005年9月に根返り確認
	G20	28.0	10.0	4	2.3	—	135.7	108.1	—	—	—	
	G21	46.0	14.0	8	—	73.1	3.1	0.0	—	—	—	
	G22	24.0	12.0	3	—	121.3	0.0	0.0	—	—	—	
	G52	34.2	8.0	5	—	0.0	—	0.0	—	—	—	
対照木												
	G12	16.7	6.8	—	—	—	—	—	—	—	—	
	G17	40.5	11.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	G20	28.0	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	G21	46.0	14.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	G22	24.0	12.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	G30	64.0	18.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
屋久島森林管理署												
処理木												
	1	56.5	12.0	10	—	—	—	—	—	—	—	
	3	29.0	11.0	4	—	—	—	—	—	—	—	
	4	28.0	11.0	4	—	—	—	—	—	—	—	
	7	25.5	10.0	4	—	—	—	—	—	—	—	
対照木												
	2	29.0	11.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5	26.5	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	6	31.5	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	

¹⁾ 使用したグリーンガード・エイトのボトル (220ml入り) の本数を示す。

²⁾ 2005年12月に採取できた方位の枝について測定した。数値が2つある場合は、同方位より2枝を採取したことを示す。

³⁾ 全針葉が変色、あるいは落葉していた場合、枯死と判断した。

9月6日に種子島で最大風速28.4m/s、瞬間最大風速59.2m/sを、屋久島で最大風速32.2m/s、瞬間最大風速58.1m/sを記録した。

4. 考察

種子島や屋久島では、近年、クロマツ林でのマツ材線虫病被害が報告されている（鹿児島県林務水産部，2008）。千段之峯や納官では、調査地近傍で枯死したヤクタネゴヨウやクロマツがマツ材線虫の感染源となり、調査地内のヤクタネゴヨウの枯損被害をもたらしたと考えられる（表-1）。これらの調査地で、処理木と対照木の枯死率を比較したところ、処理木が15%（13個体中2個体が枯死）であったのに対し、対照木は33%（12個体中4個体が枯死）と高かった。特に、調査地周辺に多くの感染源が残されていた納官では、対照木が7本中3本枯死したのに対し、注入木では8本中1本のみの枯死にとどまった。また、枯死した全対照木の材片からは、マツノザイセンチュウが検出された（表-1）。このように、マツ材線虫の被害地に自生するヤクタネゴヨウで、処理木の枯死率が低かったことから、ヤクタネゴヨウに対する酒石酸モランテル液剤の樹幹注入は注入1年目ではマツ材線虫病に対して予防効果があったと考えられる。

しかしながら、処理木のなかでも、千段之峯のB30および納官のB255、高平のG17の3個体が枯死した（表-1）。このうち高平のG17は、台風14号の襲来直後のモニタリング調査で根返りが観察され（表-1）、この時点では枯死してはいなかったが、その後の調査で枯死が確認された。屋久島におけるヤクタネゴヨウは、強力な台風の襲来に加え、崩壊しやすい花崗岩上に生育する分布条件が大きく影響し、根返りや土壌流出で枯死することがある（Kane-tani *et al.*, 2001）。高平ではマツ材線虫の被害が発生していないことも考え合わせて、G17の枯死原因は台風による根返りと判断した。

一方、種子島ではB30およびB255の2個体とも立枯れの状態で枯死していた。納官のB255については、枯死した材片よりマツノザイセンチュウが検出

された（表-1）。このように樹幹注入を実施したにも関わらずマツ材線虫病によると考えられる枯死が生じた理由として、まず、薬効成分の拡散にばらつきがあったことが考えられる。分析に用いた処理木の枝における酒石酸モランテル濃度のばらつきは大きく（表-1）、分析した枝に薬効成分が検出されていても、樹体全体には拡散していなかった可能性も否定できない。さらに、樹幹注入の実施時期が適切でなかった可能性もある。樹幹注入後、薬剤がマツ樹体全体に拡散するには、若齢木や樹勢の旺盛な個体で1ヶ月、大径木や樹勢が衰えている個体では2～3ヶ月を要する（田畑ら，1997）。種子島におけるマツノマダラカミキリの羽化脱出は、5月上旬～中旬に始まる（鹿児島県調べ）。今回は樹幹注入の実施時期が3月であったことに加え、対象木が胸高直径が30cm以上もある大径木であったことを考慮すると、樹幹注入の実施時期が遅く、薬剤が樹体全体に拡散する前にマツノザイセンチュウの侵入を受けた可能性がある。また、樹幹注入時には既に何らかの要因で樹勢が衰えており、薬剤の拡散が不十分だったことも考えられる。さらに、これらの要因の他にも、ゴヨウマツでは樹幹注入によって薬害が生じる事例が報告されており（柴田・天野，1984）、今回、立枯れ状態で枯死した種子島の2個体についても薬害を受けた可能性は否めない。以上のように、樹幹注入を実施して枯死した個体は根返りを含めて3個体と少ないものの、生残個体の今後の推移や、薬剤の残効期間など引き続き注意深く観察する必要がある。

5. おわりに

今回の報告では、個体数の少ない絶滅危惧種ヤクタネゴヨウが対象であったため、十分なサンプル数を確保して樹幹注入の効果を検証することはできなかった。しかしながら、樹幹注入した個体のほとんどが、マツ材線虫の被害を受けることなく生残したことから、樹幹注入1年目での予防効果はあったと考えられる。

種子島のヤクタネゴヨウ自生地では、マツ材線虫

病の被害が発生しており、絶滅危惧種の自生地保全の観点から、生残木にマツ材線虫病感染の予防処置を講じる重要性および緊急性は極めて高い。樹幹注入法は、マツ1個体に要するコストは高いが、種子島におけるヤクタネゴヨウの推定生残個体数が300個体程度であることから（金谷ら，2005b），将来的に全ての生残個体に対する樹幹注入の実施も不可能ではない。近年、民・学・官の協同によるヤクタネゴヨウ保全の取組みとして、自生地からのヤクタネゴヨウおよびクロマツのマツ材線虫病罹病枯死木の伐倒、搬出が行われている（金谷ら，2005a，2007；手塚，2006）。これらの作業と樹幹注入法を組み合わせることにより、より強力かつ確実にヤクタネゴヨウのマツ材線虫病対策が進められると考えられる。

鹿児島県内には、沖永良部島や吹上浜などマツ材線虫病に対する防除に優れた成果を上げている地域がある（Muramoto, 1999；田實ら，2000；Nakamura and Yoshida, 2003；森田，2005）。これらの地域の活動例を参考にして、ヤクタネゴヨウに対しても適切な防除を継続すれば、将来的にヤクタネゴヨウに対するマツ材線虫病の脅威は大幅に減少すると考えられる。このことが結果として、種子島や屋久島におけるヤクタネゴヨウの保全のみならず、ヤクタネゴヨウを含む森林生態系の保全につながることに期待したい。

謝辞

今回の活動を行うに際し、林野庁屋久島森林管理署ならびに屋久島森林環境保全センター、鹿児島県熊毛支庁には作業の許可をいただいた。現地での作業およびモニタリング調査では、種子島・ヤクタネゴヨウ保全の会の大山末広氏、小柳剛氏、高木秀雄氏、長野広美氏および野口悦士氏、屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊の川上哲也氏、斉藤俊浩氏、手塚田津子氏、吉田明夫氏および吉田直樹氏、ファイザー株式会社に協力していただいた。以上の方々に謝意を表す。なお今回の報告は、環境省地球環境保全等試験研究費、環境再生保全機構地球環境基金、鹿児島県森林環境税の助成を受けて行われたことを付記する。

引用文献

- Akiba, M. and Nakamura, K. (2005) Susceptibility of adult trees of the endangered species, *Pinus armandii* var. *amamiana*, to pine wilt disease in the field. *J. For. Res.* 10: 3~7.
- 初島住彦 (1938) タカネゴエフとアマミゴエフに就て. *日林誌* 20: 392~400.
- 林 重佐・馬田英隆・高橋素子 (1984) ヤクタネゴヨウ松の絶滅抑止に関する森林育種学的研究 I. ヤクタネゴヨウの実態. *鹿児島大学農演報* 12: 67~77.
- 鹿児島県林務水産部 (2003) 平成19年度鹿児島県森林・林業統計. 鹿児島県.
- 環境庁 (2000) 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物レッドデータブック8 植物I (維管束植物). 自然環境研究センター, 東京.
- Kanetani, S., Akiba, M., Nakamura, K., Gyokusen, K. and Saito, A. (2001) The process of decline of an endangered tree species, *Pinus armandii* Franch. var. *amamiana* (Koidz.) Hatusima, on the southern slope of Mt. Hasadake in Yaku-shima Island. *J. For. Res.* 6: 307~310.
- 金谷整一・玉泉幸一郎・齋藤 明・吉丸博志 (2001) 種子島における絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの分布. *林木の育種 特別号*: 34~37.
- 金谷整一・池亀寛治・手塚賢至・寺川眞里・湯本貴和 (2004) 種子島におけるヤクタネゴヨウの新群生地の発見. *保全生態学研究* 9: 77~82.
- Kanetani, S., Kawahara, T., Kanazashi, A. and Yoshimaru, H. (2004) Diversity and conservation of genetic resources of an endangered Japanese five-needle pine species, *Pinus armandii* Franch. var. *amamiana* (Koidz.) Hatusima. *Proceedings of Breeding and Genetic Resources of Five-Needle Pines: Growth, Adaptability and Pest Resistance. USDA For. Ser. Proc. RMRS-P-32: 188~191.*
- 金谷整一・中村克典・秋庭満輝・寺川眞理・池亀寛

- 治・長野広美・浦辺菜穂子・浦辺 誠・大山末広・小柳 剛・長野大樹・野口悦士・手塚賢至・手塚田津子・川上哲也・木下大然・斉藤俊浩・吉田明夫・吉村充史・吉村加代子・平山未来・山口恵美・稲本龍生・穴井隆文・坂本法博・古市康廣 (2005a) 種子島木成国有林におけるマツ材線虫病で枯死したヤクタネゴヨウの伐倒駆除. 保全生態学研究 10: 77~84.
- 金谷整一・手塚賢至・池亀寛治 (2005b) ヤクタネゴヨウ. 林木の育種 214: 27~30.
- 金谷整一・吉丸博志・中村克典・秋庭満輝・手塚賢至・池亀寛治 (2007) 屋久島と種子島におけるヤクタネゴヨウの保全の現状について. 林木の育種 特別号: 33~36.
- 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線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. 日林誌 53: 210~218.
- 松浦邦昭 (1984) 樹幹注入法によるマツ材線虫病の防除. 植物防疫 38: 27~31.
- 森田 茂 (2005) 吹上浜における松くい虫防除について. 山林 1456: 22~31.
- Muramoto, M. (1999) Ending of pine wilt disease in Okinoerabu Island, Kagoshima prefecture. Proceedings of Symposium on Sustainability of pine forests in relation to pine wilt disease and decline: 193~195.
- Nakamura, K., Akiba, M. and Kanetani, S. (2001) Pine wilt disease as promising causal agent of the mass mortality of *Pinus armandii* Franch. var. *amamiana* (Koidz.) Hatusima in the field. Ecol. Res. 16: 795~801.
- Nakamura, K. and Yoshida, N. (2003) Successful control of pine wilt disease in Fukiage-hama seacoast pine forest in southern Japan. Nematology Monographs & Perspectives Vol.1: 269~281.
- 柴田叡弼・天野孝之 (1984) 松の枯損被害パターンをもとにした新たな防除技術の実用化に関する調査. 昭和58年度奈良県林試報: 31.
- Southey, J. F. (1986) Laboratory methods for work with plant and soil nematodes, 6th ed., Her Majesty's Stationary Office, London.
- 田畑勝洋・島津光明・埤田 宏 (1997) 防除対策. 「松くい虫 (マツ材線虫病)—沿革と最近の研究—」, pp.122~167. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京.
- 田實秀信・吉元英樹・大迫康弘 (2000) 奄美におけるマツ材線虫病 (松くい虫) の防除に関する研究. 鹿児島県林試研報 5: 32~38.
- 寺下隆喜代・松本憲二郎 (1986) ヤクタネゴヨウに対するマツノサイセンチュウの病原性. 日林九支研論 39: 159~160.
- 手塚賢至 (2006) 絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの保全活動—民・官・学協働の取り組み—. 林木の育種 220: 13~15.
- 戸田忠雄・千吉良治・久保田権・中島勇夫 (2001) ヤクタネゴヨウのマツノサイセンチュウ接種結果. 林木の育種 198: 29~32.
- 矢原徹一 (1994) “絶滅” についての生物学的理解を深めるために. 科学 64: 611~616.
- Yahara, T., Ohba, H., Murata, J. and Iwatsuki, K. (1987) Taxonomic review of vascular plants endemic to Yakushima Island, Japan. J. Fac. Sci. Univ. Tokyo III 14: 69~119.
- 吉田成章 (2006) 研究者が取り組んだマツ枯れ防除—マツ材線虫病防除戦略の提案とその適用事例—. 日森林誌 88: 422~428.
- 吉田成章・中村克典・埤田 宏 (1997) 実用化された防除手法の評価とマツを取り巻く環境等の検証. 「松くい虫 (マツ材線虫病)—沿革と最近の研究—」, pp.95~121. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京.

(2008. 6. 4 受理)

速報

沖縄におけるデイゴヒメコバチの発生と防除に関する報告

喜友名朝次¹

1. はじめに

デイゴ (*Erythrina variegata* L.) はインドを原産とするマメ科の落葉高木で、樹高は10mに達し、4月から5月かけて南国情緒に富んだ鮮紅色の花を咲かせることから、沖縄の県花に指定されている。また、本樹種は防風防潮林や街路樹として用いられるほか、材が軽軟で加工性に優れているため、琉球漆器の素材として伝統的に用いられるなど多様に活用され、広く県民に親しまれている。しかしながら、近年、各地においてデイゴの新芽や新梢に異常落葉や異常形態が生じ、また、時として枯死するデイゴが確認されるようになった。この虫えいはヒメコバチの一種により発生するものであり、加害種は2004年に新種として記載されたデイゴヒメコバチ (*Quadrastichus erythrinae* KIM 以下、ヒメコバチ) であることが判明した (Uechi *et al.*, 2007)。

本種は、世界各地で大発生してデイゴに大きな被害を与えており、その防除対策が求められているが、生態や防除に関する資料は乏しい。

本稿では、防除研究に資するため、ヒメコバチに関する文献を整理するとともに沖縄県における被害分布ならびに防除について報告する。

2. デイゴヒメコバチ

ヒメコバチの雌成虫は (写真-1) 体長1.4~1.6 mmで体色は暗褐色で頭部の大部分、触角、胸部中央部、脚の大部分は黄褐色を帯びる。雄成虫 (写真-2) は1~1.2 mm、体色は黄白色で、胸部の前方と後方、腹部の後半分は暗褐色である (上地, 2007)。

雌はデイゴの新梢や若い葉と葉柄に好んで産卵し、卵から成虫までの生活史は21日間である。1日齢の雌成虫の卵巣には約85個の成熟卵を擁しており、1



写真-1 デイゴヒメコバチ雌成虫



写真-2 デイゴヒメコバチ雄成虫

頭当たりの雌の蔵卵数は平均 322 ± 98 個である。成虫の寿命は、餌を与えていない場合が約3日、与えた成虫は6~10日である (Yang *et al.*, 2004)。

3. 被害分布

本種は世界各国で大発生しており、2003年に台湾 (YANG *et al.*, 2004) で大量発生し、2004年にシ

ンガポール、モーリシャス（アフリカ）、Reunion、アメリカ領サモワ、タイ、2005年にはインド (Faiza *et al.*, 2006)、ハワイ (Heu *et al.*, 2006)、沖縄 (Uechi *et al.*, 2007)、ベトナム、中国広東省、フィリピン、グアム、香港へと被害地域が拡げ、2006年にはフロリダ州 (Wiley and Skelley., 2006) に侵入している。

台湾ではデイゴ属の5種と1亜種 (*Erythrina variegata* L., *E. variegata* var. *orientalis* (L.) Merr., *E. corallodendron* L., *E. crista-galli* L., *E. abyssinica* Lam, *E. berteroana* Urban.) が寄主として報告されており (Yang *et al.*, 2004)、さらにハワイの固有種 *E. sandwicensis* (Heu *et al.*, 2006) と *E. stricta* (Wiley and Skelley., 2006) でも確認されている。

沖縄県では2005年に石垣島で確認されて以来、同年に沖縄本島、久米島、宮古島、西表島、波照間島でも確認されるようになり (Uechi *et al.*, 2007)、2007年には南北大東島でも被害が発生した。2006年12月には鹿児島県奄美大島でも被害が確認された (鹿児島県森林技術総合センター龍郷町駐在 住吉氏私信)。

熱帯から亜熱帯にかけて110種のデイゴ属が確認されているが (八尋, 1997)、県内で被害が確認されたのはデイゴ、アメリカデイゴ (*Erithrina crista-galli*) のみで、他種の被害は現在のところ確認されていない。

4. 被害の様態 (特徴)

デイゴの新梢や新芽は虫えいによってコブ状に変形し、生長は止まり、やがて黒く腐り落葉する。被害が著しい樹では葉がなくなり枯死する場合があることが台湾 (Yang *et al.*, 2004) やハワイ (Heu *et al.*, 2006) で報告されている。

枯死木の多くは幹や枝の内樹皮から辺材部の外縁にかけて僅かな変色を伴う軟腐症状を呈し特有のアミン臭を発する。このような軟腐症状は、多くのヒメコバチ被害木で観察されるが、亀山 (2007) はヒメコバチによる枝の壊死部位が軟腐部位まで進行することがないことからヒメコバチ被害と軟腐症状に直接的な関係を認めていない。

5. 沖縄本島における被害拡大の様相

2006年6月から沖縄本島における街路樹のデイゴで虫えいが顕著に目立つようになった。被害の状況を確認するため2006年7月、8月、11月に本島最北端の国頭村から南部の那覇市までの27カ所で目視による被害レベルの推移を調査した。

調査は便宜上、被害のレベルを以下の3段階に区分した。

被害1：樹全体の外観からは確認できない。葉や葉柄は展開しているが、数カ所の虫えいが確認できる (写真-3)

被害2：樹全体の外観は葉が萎縮しているのが容易に観察できる。葉や葉柄が変形し、膨張している (写真-4)



写真-3 被害レベル1



写真-4 被害レベル2



写真-5 被害レベル3

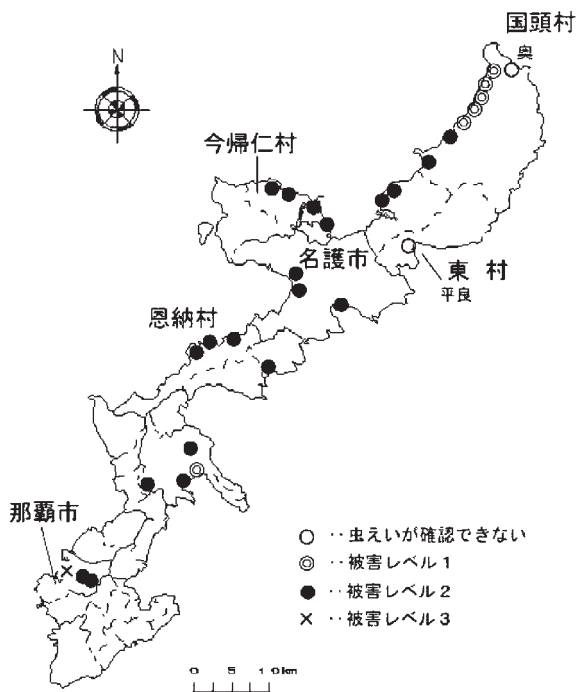


図-1 2006年7月4日の被害レベル

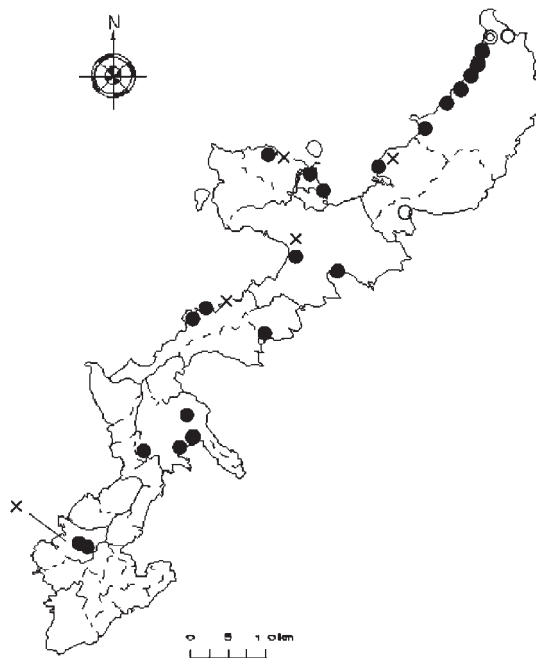


図-2 2006年8月27日の被害レベル

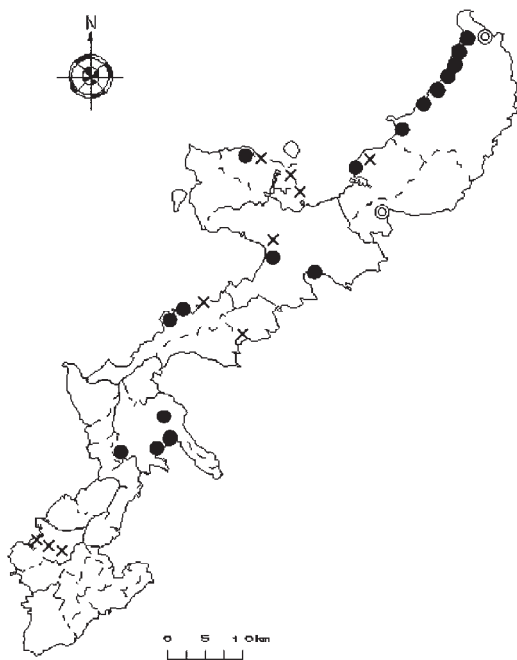


図-3 2006年11月30日の被害レベル

被害3：樹全体の外観は枝が目立ちほとんどが落葉している。黒く枯死した虫えいがほとんどである（写真-5）。

調査を開始した7月4日には国頭村奥と東村平良を除いた25カ所で既に虫えいが確認されており、このうち国頭村奥間～宜名真の国道58号沿線に街路樹として植栽されたデイゴの被害レベルは1であった。

一方、那覇市では完全に落葉し、完全に落葉している個体も確認された（図-1）。

8月27日には今帰仁村、名護市、恩納村で被害レベル3のデイゴが確認された。また、被害レベルが低かった国頭村の国道沿いの4カ所のデイゴで葉や葉柄の変形が多数確認されるようになり、被害レベルは2となった（図-2）。

11月30日の調査では、それまでに発生が確認されなかった国頭村奥と東村平良でも虫えいが見られ、被害は沖縄本島全域に及ぶことが確認された。さらに被害レベル3のデイゴが新たに那覇市2カ所、宜野座村1カ所、名護市屋我地島に2カ所確認された（図-3）。

以上のように、被害は急速に分布域を拡げつつ深刻化しており、防除対策を早期に講じる必要がある。

6. 防除対策

ヒメコバチは新たに発生した侵入害虫であることから、国内における生態や防除に関する報告は少ない。

先に被害が発生した台湾やハワイでは薬剤散布や粘着シートによる捕獲、虫えいのついた枝の剪定を実施しているが効果的な防除方法ではない（台湾林業試験所森林保護組Wu私信 2006, 第一回琉台技術研究交流会）。

Yang (2004) らは、虫えい形成昆虫に対して最も効率的な抑制方法は化学的防除であり浸透性殺虫剤が有効であると述べる一方、薬剤散布による抵抗性の発現や対象外昆虫への影響、ドリフト問題を考慮すべきことを指摘している。また、デイゴの単一樹種による集植を避け、デイゴとデイゴの間に他樹種を植栽するなどして総合防除管理をするべきとし、さらに、長期的な対策として最も効果的な防除方法は寄生性昆虫を利用する古典的な生物防除であると述べている。

いずれにしても、国内ではヒメコバチに対する登録薬剤は無く、また天敵生物も発見されていない。

筆者は緊急策としてヒメコバチに有効とされるイミダクロプリド (Heu *et al.*, 2006) を成分とする薬剤の殺虫効果試験を実施し高い効果を確認した。また散布剤は環境への影響が懸念され、使用可能な場所が限定される等の課題が残されるため、樹幹注入薬剤による試験を同時に実施し発生抑制効果を確認している (喜友名, 未発表)。しかし、猛烈な勢いで発生するヒメコバチを薬剤防除のみで抑制するのは難しいと思われ、また、薬剤の環境への負荷等を考慮した場合、今後はYangらが述べるように生物的防除や耕種の防除方法を組み合わせた総合防除へと展開する必要があると思われる。

7. おわりに

ヒメコバチの発生以前においては新梢を穿孔加害

するオオエグリノメイガ (國吉, 1954) や葉を摂食加害するベニモンノメイガが主要害虫として知られており、前者が開花が阻害し、後者が一葉もとどめないほど大発生することはあるが、一過性であり、枯死させるほどの被害ではなかった。

県内におけるヒメコバチは2005年5月に発見されてから2年間で急速に分布を拡大しており、周囲を海で囲まれた離島や地形的に隔離された場所に植栽されるデイゴも例外ではなかった。ヒメコバチの侵入経路は分かっていないが、体サイズが小さいことと、短期間に世界各地に発生していることから気流と関係していると考えられる。

本種は4℃の低温下で6日間飼育しても室温 (28℃) に戻すと正常に活動することから低温にもよく耐えると思われる。このため沖縄県以外のデイゴ属の植栽地についても警戒を要すると考えられる。今後のデイゴヒメコバチに対する更なる生態調査と防除対策が急務である。

引用文献

- Faizal, M.H., Prathapan, K.D., Anith, K.N., Mary, C.A., Lekha, M. and Rini, C. R. (2006) *Erythrina* gall wasp *Quadrastichus erythrinae*, yet another invasive pest new to India. *Current Science* 90:1061~1062.
- Heu, R.A., Tsuda, D. M., Nagamine, W.T., Yallemar, J.A., and Suh, T.H. (2006) <http://www.hawaiiag.org/hdoa/npa/npa05-03-EGW.pdf>
- 伊波善勇 (2006) 沖縄植物図譜. pp. 209, (財) 海洋博覧会記念公園管理財団, 沖縄.
- 亀山統一 (2007) 九州・沖縄地区から デイゴヒメコバチの侵入. 樹木医学研究第 11: 140~141.
- 國吉清保 (1954) デイゴの害虫デイゴのメイガについて. 沖縄県林業試験場研究報告 2: 54~57.
- Uechi, N., Uesato, T. and Yukawa, J. (2007) Detection of an invasive gall-inducing pest, Entomological *Quadrastichus erythrinae* (Hymenoptera: Eulophidae), causing damage to *Erythr-*

ina variegata L. (Fabaceae) in Okinawa Prefecture, Japan. Entomological Science 10: 209~212.

上地奈美 (2007) デイゴにゴールを形成するデイゴヒメコバチ *Quadrastichus erythrinae*. 植物防疫 61: 494~497.

Wiley, J. and Skelley, P. (2006) Pest Alerts: *Erythrina* gall wasp, *Quadrastichus erythrinae* Kim, in Florida (<http://www.doacs.state.fl.us>

[/pi/enpp/ento/gallwasp.html](http://pi/enpp/ento/gallwasp.html)).

八尋洲東 (編) (1997) 植物の世界 4. pp. 266, 朝日新聞社, 東京.

Yang, M. M., Tung, G. S., Salle, J. L. and Wu, M.L.(2004) Outbreak of erythrina gall wasp (Hymenoptera:Eulophidae) on *Erythrina* spp. (Fabaceae) in Taiwan. Plant Protection Bulletin 46: 391~396.

(2008. 5. 2 受理)

森林病虫獣害発生情報：平成20年 8 月受理分

病害

〔首垂細菌病…宮城県 仙台市〕

壮齡トウカエデ緑化樹, 2008年 8 月 8 日発見, 被害本数 100本 (宮城県樹木医会・早坂義雄)

〔首垂細菌病…茨城県 牛久市〕

若齡トウカエデ緑化樹, 2008年 7 月21日発見, 被害本数数本 (林業科学技術振興所筑波支所・佐々朋幸)

〔灰星病…福井県 越前市〕

壮齡ソメイヨシノ緑化樹, 2008年 4 月発見, 被害本数数本 (井上重紀)

〔溝腐病…千葉県 富津市〕

47年生スギ人工林, 2008年 7 月31日発見, 被害本数65本, 被害面積0.28ha (千葉県森林管理事務所・飯島貞親)

虫害

〔セスジノメイガ…奈良県 大和郡山市〕

ササ類, 2008年 7 月21日発見 (奈良県樹木医会・天野孝

之)

〔アオバハゴロモ…鹿児島県 鹿児島市〕

12年生ムベ庭木, 2008年 7 月28日発見, 被害本数 5 本 (日本樹木医会・村本正博)

〔アメリカシロヒトリ…群馬県 高崎市〕

10年生ネグンドカエデ庭木, 2008年 8 月 5 日発見, 被害本数 1 本 (群馬県樹木医会・成田邦夫)

〔カシノナガキクイムシ…兵庫県 養父市〕

50年生ミズナラ天然林, 2008年 8 月 3 日発見, 被害本数 1 本 (兵庫県樹木医会・宮田和男)

〔ヒモワタカイガラムシ…宮城県 仙台市〕

壮齡ケヤキ緑化樹, 2008年 8 月 9 日発見, 被害本数92本 (宮城県樹木医会・早坂義雄)

〔ネムノキスガ…福井県 越前市〕

5~10年生ネムノキ天然林, 2008年 7 月発見 (井上重紀)
(森林総合研究所 窪野高德/牧野俊一/小泉 透)

森林病虫獣害発生情報：平成20年 9 月受理分

病害

〔黒点枝枯病…兵庫県 朝来市〕

40年生スギ人工林, 2008年 8 月 2 日発見, 被害面積20ha (日本土地山林株・柘岡望)

〔材線虫病…秋田県 北秋田市〕

壮齡アカマツ天然林, 2008年 7 月25日発見, 被害本数 1 本, 被害面積0.0028ha (秋田県森林整備課・千葉崇)

虫害

〔オオトラカミキリ…北海道 檜山郡〕

52年生トドマツ人工林, 2008年 8 月13日発見, 被害本数 400本, 被害面積3.06ha (松山森林管理署・森脇晃)

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 勇払郡〕

48~54年生カラマツ人工林, 2008年 8 月18日発見, 被害本数3,000本, 被害面積8.55ha (上川南部森林管理署・大

塚優佳)

〔カシノナガキクイムシ…兵庫県 朝来市〕

90年生ミズナラ天然林, 2008年9月1日発見, 被害本数3本 (日本土地山林㈱・栢岡望)

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 村上市〕

70年生コナラ天然林, 2008年8月12日発見, 被害本数11本, 被害面積0.01ha (下越森林管理署・石栗克也)

〔クワコナカイガラ…群馬県 高崎市〕

10年生エノキ緑化樹, 2008年9月1日発見, 被害本数1本 (群馬県樹木医会・成田邦夫)

〔ヒメシロイラガ (幼虫)…群馬県 高崎市〕

10年生アラカシ緑化樹, 2008年9月3日発見, 被害本数1本 (群馬県樹木医会・成田邦夫)

〔チャドクガ…群馬県 高崎市〕

10年生ツバキ庭木, 2008年9月6日発見, 被害本数2本 (群馬県樹木医会・成田邦夫)

〔チャドクガ…群馬県 高崎市〕

10年生サザンカ庭木, 2008年9月6日発見, 被害本数6本 (群馬県樹木医会・成田邦夫)

〔チャドクガ…群馬県 高崎市〕

20年生シャラノキ緑化樹, 2008年9月10日発見, 被害本数1本 (群馬県樹木医会・成田邦夫)

〔マツツマアカシムシ…鹿児島県 いちき串木野市〕

30年生多行松庭木, 2008年8月27日発見, 被害本数1本 (日本樹木医会・村本正博)

〔カシノナガキクイムシ…秋田県 にかほ市〕

壮齢ミズナラ天然林, 2008年8月12日発見, 被害本数2本, 被害面積0.0025ha (秋田県森林整備課・千葉崇)

〔トサカフトメイガ…石川県 金沢市〕

10~20年生ヌルデ天然林, 2008年9月1日発見, 被害面積20ha (石川県樹木医会・松枝章)

〔クヌギキハモグリガ…石川県 金沢市〕

30年生クヌギ人工林, 2008年9月19日発見, 被害面積10ha (石川県樹木医会・松枝章)

獣害

〔ニホンジカ…兵庫県 朝来市〕

30~50年生スギ, ヒノキ人工林, 2008年7月14日発見 (日本土地山林㈱・栢岡望)

〔カモシカ…石川県 金沢市〕

苗畑 (現植栽種: ソバ), 2008年9月16日発見, 被害面積0.3ha (石川県樹木医会・松枝章)

(森林総合研究所 窪野高徳/牧野俊一/小泉 透)

21年3月 「樹木病害デジタル図鑑」発行予定

CDで緑化樹・造林木の病害の診断・検索ができる「樹木病害デジタル図鑑」(編集; 森林総合研究所森林微生物研究領域)を来年3月に防除協会より発行いたします。なお、販売価格等詳しくは、次号でお知らせする予定です。

森林防疫 第57巻第6号(通巻第669号)
平成20年11月25日 発行(隔月刊25日発行)

編集・発行人 國井常夫
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 1,302円(送料共)
年間購読料 6,510円(送料共)

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
E-mail shinrinboeki@zenmori.org
http://bojyokuyokai.hp.infoseek.co.jp/