

森林防疫

FOREST PESTS

—森の生物と被害—



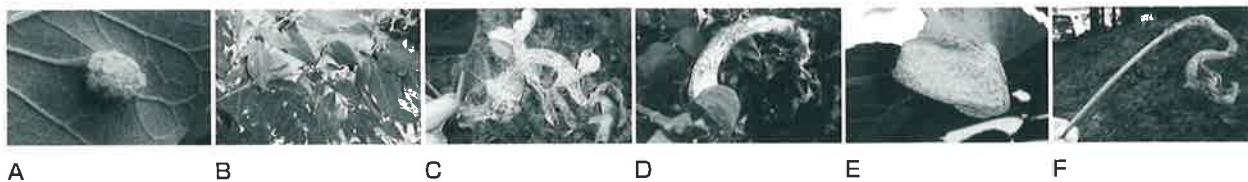
目次

論文

- 愛媛県内のマツ林におけるサビマダラオオホソカタムシの生息確認
[浦野忠久・杉本博之・磯田圭哉] 3
- キクイムシ類に対する標本非破壊DNA抽出法の適用
[藤井正典・平尾聰秀・鎌田直人] 7
- ブナ人工林における忌避剤の連年散布によるウサギ害の防除効果
[南野一博・阿部友幸・佐藤 創・明石信廣] 13
- 兵庫県東中国山地において初確認したスギのクマハギ被害
[尾崎真也・稻葉一明・森下克好] 20

記録

- 京都府向日市におけるナラ枯れ対策奮闘記
[小林正秀・清水広行・藤下良夫・矢尾尋子・吉井 優] 26
- 都道府県だより：山形県・佐賀県 39
- 森林病虫獣害発生情報：平成25年7月・8月受理分 42



[表紙写真] タラノキさび病 *Aecidium araliae* Sawada ex Ito et Murayama

2012年5月31日、新潟県新発田市のタラノキの葉が黄色い瘤状になっていると一報があった。翌日、新潟県村上市の新潟県森林研究所構内のタラノキでも同様の病徴を確認した（写真A）。6月4日、最初に通報のあった新発田市に行ったところ、病徴の見られた葉はほとんど処分されていたが、罹病葉が一部残っており（写真B）、当所のものと同じもので、森林総合研究所田端雅進微生物生態研究室長と同所東北支所の升屋勇人チーム長に見ていただき、タラノキさび病と同定された。

県内の発生地域を調査した結果、胎内市（写真C）と村上市（写真D）で確認され、県北地域だけの発生であることが分かった。なお、2013年に2012年に病徴を確認した全てのタラノキを観察したが、さび病の発生はなかった。20年以上タラノキを栽培していて初めての病気であり、発生翌年には確認できなかったことから、新潟県内では比較的珍しい病気と思われる。

本病の特徴は、小葉や葉軸が異常に肥大して、そこに鮮やかな黄色の大小の楕円形、円形等のさび胞子堆が数多く並ぶことである（写真E）。病徴が見られたところは、黄色の粉状物になり、徐々に灰色から黒に変わる（写真F）。被害が小葉だけの場合は、罹病した小葉が落ちる程度であるが、葉軸まで罹病すると葉身がねじれ、葉柄基部から落下する。

（新潟県森林研究所 松本則行）

論文

愛媛県内のマツ林におけるサビマダラオオホソカタムシの生息確認

浦野忠久¹・杉本博之²・磯田圭哉³

1. はじめに

サビマダラオオホソカタムシ (*Dastarcus longulus* Sharp) は、甲虫目ムキヒゲホソカタムシ科 (Bothridiidae) に属する捕食寄生性昆虫である (写真-1)。寄主はおもにカミキリムシの幼虫および蛹である。本種は1年1化で7~9月に羽化し、成虫で越冬した後、翌年4月頃から枯死木の樹皮亀裂内等に産卵する。孵化幼虫は樹幹の寄主孔道内に侵入し、寄主を麻痺させた後、うじ虫型の2齢幼虫へと脱皮し、寄主を外部から摂食する。成熟した幼虫は繭を作つてその中で蛹化し、成虫が羽化する。

本種がマツノマダラカミキリの有力な天敵であることが判明して以来 (竹常 1982; 井上 1993), マツ林内の寄生率調査 (岡本 1999) および室内、網室および野外での放飼試験 (三浦ら 2003; Urano 2003, 2004) が行われ、マツ林内での放飼によってマツノマダラカミキリの死亡率が48~85%となることが判明した (Urano 2006)。一方で人工飼料を用いた成虫および幼虫の人工飼育法も開発され (Ogura et al. 1999), 省力的な室内増殖が可能となっている。

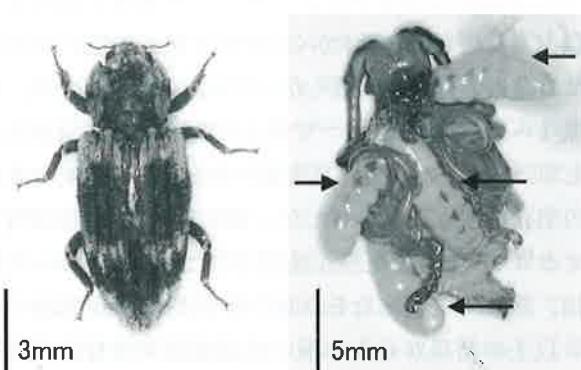


写真-1 サビマダラオオホソカタムシ成虫（左）とゴマダラカミキリ蛹に寄生する幼虫（右：矢印）

本種は国内では本州、四国、九州、対馬に分布する。しかし成虫、幼虫とも枯死木樹幹内に生息するため採集例が少ない (青木 2009)。しかしマツ材線虫病被害林内でマツノマダラカミキリに寄生している場合は寄生率が高くなることが多く、比較的容易に採集できる。ただしこのような場所が確認されているのは岡山、広島、鳥取の3県のみであった (浦野ら 2004)。四国では香川県琴平町において灯火に飛来した1個体 (佐野 2001) が、筆者の確認できた唯一の採集例である。本文では2012年に行われた愛媛県内のマツ林における生息確認について報告するとともに、本種によるカミキリムシ防除の展望について考察する。

なお、本種の学名には古くから *D. longulus* が使われていたが、これは Sasaji (1997) によって *D. helophoroides* Fairmaire のシノニムとされた。したがってここ10年間ほどの研究業績には *D. helophoroides* が使われていることが多い。ところが最新の研究では再びこの2つが別種とされており (Löbl and Smetana 2007)，日本産の個体には *D. longulus* の学名を使用するのが妥当ということになった。

2. 愛媛県における採集状況

今回生息が確認された場所は、森林総合研究所林木育種センター関西育種場が愛媛県四国中央市土居町の西山国有林内に、1993年および1994年に設定した抵抗性マツ検定林2箇所である。樹種はアカマツおよびクロマツであるが、2005年よりマツ材線虫病による枯死が生じ始め、2009年には累積枯死率が28および41%に達した (磯田ら 2010)。本検定林内において、2012年よりマツノマダラカミキリの発生状況調査および防除試験が行われている。防除法は枯死木を伐倒、集積した上に粘着ネット (カモ井加工

The first record of *Dastarcus longulus* Sharp in the pine stands in Ehime Prefecture.

¹URANO, Tadahisa, 関西育種場；²SUGIMOTO, Hiroyuki, 山口県農林総合技術センター；

³ISODA, Keiya, 関西育種場

紙(株)製造)を設置し、全体を半透明のビニールシートで被覆するという方法(写真-2)で、薬剤や微生物製剤を使わない新たな手法である(杉本ら 2012)。2011年の枯死木に対するシート被覆を2012年4月に行い、検定林内に全部で18箇所設置した。

同年7月から一部の被覆内におけるマツノマダラカミキリ成虫脱出および死亡状況の調査を開始した。7月19日の調査において、著者の一人である杉本は、防除箇所の内、5ヶ所の被覆シートを剥がして内部の調査をしていたところ、集積された枯死丸太の表面を歩行するサビマダラオオホソカタムシ成虫を見た。この日採集されたのは1個体のみであったが、その後9月7日の調査で16個体、さらに9月21日には29個体が採集された(写真-3)。これらの大半は集積丸太上で確認されたが、調査時に伐倒した枯死木上からも1個体のみ採集された。また丸太表面には本種と思われる脱出孔が確認された。本種



写真-2 集積後粘着ネットを設置しシートで被覆した供試木



写真-3 集積丸太上で発見されたサビマダラオオホソカタムシ成虫

の産卵は野外では5~8月に行われるが、供試木は4月に伐倒・集積および被覆が行われたので、その時点では供試樹幹上に存在していた成虫がそのまま被覆内で集積丸太の表面に産卵し、孵化幼虫は材内蛹室のマツノマダラカミキリ幼虫および蛹に寄生して発育し、羽化したものが採集個体と考えられる。

被覆内においては、脱出したマツノマダラカミキリを含む数種類の昆虫の死骸が主に粘着ネット上で確認されたが、サビマダラオオホソカタムシ以外に生きた昆虫はほとんど確認されなかった。集積丸太はシート被覆の状態で夏季を通じて放置されていたため、内部はかなりの高温になっていたものと推定され、実際に山口市内の露地で計測された被覆内集積丸太上部の最高温度は、7月に60°Cを超えていた(杉本 未発表)。しかしホソカタムシ成虫は生きた状態で数多く採集されているため、材内などの高温の影響を受けにくい場所にとどまっていた可能性が高い。またホソカタムシ成虫はその食性から、野外では昆虫等の死骸を食べていると推定されるため、集積丸太内という閉鎖された環境でも餓死することはなかったものと考えられる。

3. サビマダラオオホソカタムシの分布に関する考察

マツ林内でマツノマダラカミキリに寄生するサビマダラオオホソカタムシは1981年に広島県、1982年に岡山県で発見された(竹常 1982; 井上 1993)。その後浦野ら(2004)は2003年に近畿、中国、四国地方の8県でマツノマダラカミキリ発生予察事業に供試されたマツ枯死木からのサビマダラオオホソカタムシの発生の有無を調査した。なお、この調査では、各県1~3箇所の被害マツ林からの枯死材を調査木としている。その結果、鳥取県の供試木から初めて本種の羽化成虫が確認されたが、1980年代にサビマダラオオホソカタムシの生息が確認された場所に近かった岡山、広島県を含めた他の県では採集されなかった。

以上の結果から、本種の生息地はマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの発生するマツ林の分布に依存する形で、短期間で変化しているものと推定され

る。1つの林分におけるマツ枯損の終息は、マツノマダラカミキリという寄主資源の枯渇を意味するため、サビマダラオオホソカタムシももはやその場所では生きられなくなる。マツノマダラカミキリは飛翔により新たなマツ林へ到達し、分布を拡大していくことができる。しかしサビマダラオオホソカタムシ成虫は不活発で飛翔能力も低いため（浦野ら 2007）、マツノマダラカミキリと同じ速度で分散することはできない。したがってマツノマダラカミキリの分布拡大に同調することができず、結果として局所的な分布にとどまっているのではないかと考えられる。

先にも述べたように、サビマダラオオホソカタムシは希少種ではないが、世代のほとんどを樹幹内で過ごすため、採集（発見）困難な虫である。これまでの本種のマツ林以外での採集記録を見ても、東京、大阪周辺に採集地点が集中している（青木 2009）ことから、人的要因（採集者の数）に依存した分布記録になっている可能性が高い。マツ林における分布に関しても類似のことが言えるとすれば、現在分布が知られていない地域のマツ林でもサビマダラオオホソカタムシが存在する可能性は高いと言えるであろう。

4. サビマダラオオホソカタムシを用いたカミキリムシ防除における展望

マツ枯損被害林において天敵生物のみで被害を抑えるには、マツノマダラカミキリをほぼ絶滅させるほどの捕食・寄生能力を持った生物が必要になる（吉田 2006）。この点からすると本文冒頭に示したサビマダラオオホソカタムシ放飼試験によるマツノマダラカミキリ死亡率では、マツ枯れ被害を抑えるレベルに達しているとは言い難い。最近行われた試験では、岡山県内のサビマダラオオホソカタムシ土着個体が存在するマツ林内で、枯死木の一部に成虫と卵放飼を3年間継続して行ったところ、枯死木内のマツノマダラカミキリ死亡率を90%まで上昇させることができた（牧本 2011）。ただしこの試験では開始前年の枯死率が10%以下であったことから、激害に達する前の段階であれば人為的にコントロールできる可能性もある。しかし今回の愛媛県のマツ林

のように、自然の状態ではおそらくサビマダラオオホソカタムシの寄生率が上昇する前に激害化してしまったマツ林がほとんどであろう。

浦野ら（2007）でも指摘されたように、すでに枯損率の上昇し始めた林分においては、本種単独で被害を食い止めるような能力は期待できないが、微害状態の林分に放飼すれば、先の岡山県の例のようにある程度の効果を期待することができるかもしれない。その際、マツノマダラカミキリの穿入した被害木を伐倒して金網製のカバーで覆い、その中でサビマダラオオホソカタムシを増殖させて次世代成虫を林内に放つという方法が考案された。この金網カバーの代わりに、今回の愛媛県での調査において使用されたビニールシートを用いれば、作業効率の上昇が見込まれる。

マツノマダラカミキリのマツ材線虫病における伝搬者としての役割を考えると、サビマダラオオホソカタムシをはじめとする天敵昆虫に、薬剤の代替となるような防除効果は期待できないが、本種は他のカミキリムシ類にも寄生可能であるため、より効果の得やすい害虫への転用を考えることができる（浦野 2008）。愛媛県の場合はカンキツの栽培が盛んであるが、カンキツの大害虫とされるゴマダラカミキリの防除への利用が検討されている（浦野・金崎 2010）。天敵昆虫を生物的防除に使用する場合、農薬取締法により、同一都道府県内で採取された土着天敵に関しては、県内に限り登録なしで防除に使用することができる。このような天敵生物（昆虫およびクモ）を特定防除資材（特定農薬）と称している。サビマダラオオホソカタムシはこの規定に該当するため、愛媛県で採集された個体は県外で使用することはできない。今回県内で成虫が採集されたことから、野外での放飼試験も可能となつたため、マツノマダラカミキリ以外の樹木食害性カミキリムシ防除への利用の検討も進めていきたいと考えている。

謝辞

本文を作成するにあたり、森林総合研究所林木育種センター関西育種場の山口和穂氏と坂本庄生氏、および同四国増殖保存園の岡村政則氏と河合貴之氏

には野外調査に同行、ご協力いただいた。また岡山県美作県民局の牧本卓史氏には資料を提供いただいた。心からお礼申し上げる。

引用文献

- 青木淳一 (2009) ホソカタムシの誘惑. 東海大学出版会, 神奈川
- 井上悦甫 (1993) マツノマダラカミキリの天敵昆虫 サビマダラオオホソカタムシについて. 森林防疫 42: 171~175
- 磯田圭哉・山口和穂・山野邊太郎 (2010) マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツ現地適応試験地における枯損効果. 第121回日本森林学会大会学術講演集 (CD-ROM): C12
- Löbl I, Smetana A (2007) Catalogue of Palaearctic Coleoptera volume 4. Apollo Books, Stenstrup
- 牧本卓史 (2011) サビマダラオオホソカタムシの松くい虫防除への適用. 岡山県農林水産総合センター森林研究所平成22年度研究報告: 73~82
- 三浦香代子・阿部剛俊・中島嘉彦・浦野忠久 (2003) マツノマダラカミキリ穿入丸太に対するサビマダラオオホソカタムシの野外放飼および成虫の移動分散. 日林誌 85: 12~17
- Ogura N, Tabata K, Wang W (1999) Rearing of the colydiid beetle predator, *Dastarcus helophoroides*, on artificial diet. BioControl 44: 291~299
- 岡本安順 (1999) マツノマダラカミキリの天敵サビマダラオオホソカタムシの寄生状況と生態調査. 森林応用研究 8: 229~232
- 佐野信雄 (2001) 四国で採集したホソカタムシ科甲虫. へりぐろ 22: 2~5
- Sasaji H (1997) A new species of the genus *Antibothrus* (Col.: Bothrideridae) from Japan, with notes on the Japanese Bothrideridae. Esakia 37: 111~116
- 杉本博之・薦田邦晃・岡部武治・曾根晃一 (2012) 農薬を使用しないマツノマダラカミキリ成虫駆除の可能性－現場における駆除効果の検証－. 樹木医学研究 16: 186~187
- 竹常明仁 (1982) マツノマダラカミキリの天敵サビマダラオオホソカタムシ. 森林防疫 12: 228~230
- Urano T (2003) Preliminary release experiments in laboratory and outdoor cages of *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) for biological control of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). Bulletin of FFPRI, 2: 255~262
- Urano T (2004) Experimental release of a parasitoid, *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae), on *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) infesting *Pinus densiflora* in the field. Bulletin of FFPRI 3: 205~211
- Urano T (2006) Experimental release of adult *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) in a pine stand damaged by pine wilt disease: Effects on *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Bulletin of FFPRI 5: 257~263
- 浦野忠久 (2008) 天敵昆虫による穿孔性害虫の生物的防除は可能か？ 森林技術 790: 13~17
- 浦野忠久・井上牧雄・石井 哲・安藤義朗・塙見晋一・軸丸祥大・福井修二・杉本博之・竹本雅晴・稻田哲治 (2004) 関西地域におけるサビマダラオオホソカタムシの網室内羽化脱出調査. 日本林学会大会学術講演集 115: 245
- 浦野忠久・金崎秀司 (2010) 捕食寄生性昆虫サビマダラオオホソカタムシのゴマダラカミキリに対する予備的放飼試験. 第54回日本応用動物昆虫学会大会講要旨: 160
- 浦野忠久・中村克典・牧本卓史 (2007) サビマダラオオホソカタムシのマツノマダラカミキリ生物的防除への利用における展望. 森林防疫 56: 224~232
- 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－. 日林誌 88: 422~428

(2013. 1. 17受付, 2013. 4. 15掲載決定)

論文

キクイムシ類に対する標本非破壊DNA抽出法の適用

藤井正典¹・平尾聰秀²・鎌田直人³

1. はじめに

近年、キクイムシ類が媒介する樹木萎凋病害の拡大が世界各地で問題になっている。これらの問題に対処するためには、分子生物学的アプローチが有用な場合が多い。これまでのキクイムシ類の遺伝子解析においては、試料からゲノムDNAを得るために、物理的および化学的に細胞組織を破壊する方法が用いられてきた (Ito *et al.* 2008; Hamaguchi and Goto 2010)。この方法は、試料組織の隅々までを破壊するため、試料からのDNA回収率が高く、また、脚部など体の一部からの抽出も可能である。しかしながら、体の一部とはいっても、供試した試料を失ってしまい、標本としての価値を損なうため、個体数が少ない希少な標本に対しては使用しがたいという欠点があった。一方で、近年の研究では、化学的破壊のみで昆虫の標本試料からDNAを抽出する方法（非破壊DNA抽出法）が開発され、標本試料を物理的に破壊することなく遺伝子解析を行うことに成功している (Gilbert *et al.* 2007)。本研究では、非破壊DNA抽出法をキクイムシ類に対して適用する

方法を検討し、安定的に抽出できるようになったので報告する。

2. 材料と方法

(1) 実験試料

コナラから採集したシノホソキクイムシ *Xyleborus defensus* Blandford, トドマツオオキクイムシ *Euwallacea validus* (Eichhoff), ヨシブエナガキクイムシ *Platypus calamus* Blandford の 3 種を実験試料とした。シノホソキクイムシは2009年6月17日に愛知県犬山市の東京大学生態水文学研究所犬山研究林、トドマツオオキクイムシは2009年10月22日に埼玉県秩父市の東京大学秩父演習林大血川団地、ヨシブエナガキクイムシは2012年10月2日に埼玉県秩父郡小鹿野町の秩父ミューズパーク管理事務所横の駐車場近くで採集された乾燥標本を実験に供試した。標本は採集後しばらくの間70%ないし99%エタノールに保存したのち、乾燥標本としたものである。乾燥標本はピン止めされた小片の台紙上に酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤で固定され、防カビ剤とし

表-1 1 試料あたりのDNA溶出液組成

保存溶液	使用容量	最終濃度
300mM 塩化カルシウム	10 μ l	3mM
10% (w/v) ドデシル硫酸ナトリウム ¹	200 μ l	2% (w/v)
400mM ジチオトレイトール ²	100 μ l	40mM
20mg/ml プロティナーゼK	12.5 μ l	0.25mg/ml
1 M トリス塩酸緩衝液 (pH 8.0)	100 μ l	100mM
1 M 塩化ナトリウム	100 μ l	100mM
UltraPure TM DEPC-Treated Water	477.5 μ l	
合計		1ml

¹ 保存中に結晶が析出した場合、65°C程度の熱湯で完全に溶解させてから使用する² 保存できないため、実験ごとに作成する

てパラジクロルベンゼン入りの密閉容器の中に室温で保存されていた。

(2) 非破壊DNA抽出

非破壊DNA抽出は、 Gilbert *et al.* (2007) が開発した方法を改良して行った。3種のキクイムシからそれぞれ3個体ずつ、合計9個体（以下、試料という）をDNA抽出に供した。各試料は、物理的な損傷を避けるため、台紙との接着部を残したまま台紙から切り離し、台紙の一部および接着剤ごと2 mLチューブに入れた。次に、DNA溶出液（表-1）を作成し、試料が入った2 mLチューブに分注した。試料の内部組織までDNA溶出液を浸透させるため、真空浸潤を行った。各チューブの蓋を開けたままデシケーターに入れ、真空ポンプでデシケーター内の空気を1分間吸引した。この操作を2回繰り返し、試料がDNA溶出液中に完全に沈んでいるのを確認した。その後、チューブの蓋を閉め、ヒートブロックで55°C、48時間反応させ、DNAを抽出した。55°C反応中は内部の酵素活性を均一に保つため、8時間おきにチューブの転倒混和を10回行った。また、酵素反応を長時間維持させるため、反応開始から24時間後にはプロティナーゼK溶液（20mg/mL）12.5 μLを新たに添加したのち、転倒混和を10回行った。48時間後、DNA溶出液を新しい2 mLチューブに移した。また、チューブに残った試料については、酵素反応を止めるために100%エタノール1 mLを添加し、転倒混和を10回行った。室温で3時間静置した後、チューブ内のエタノールを捨てた。DNA抽出反応中に古い台紙から外れた試料は、風乾によって乾燥させた後、新しい台紙に張り付けて元の標本箱に戻した。新しいチューブに移したDNA溶出液については、以下のフェノール抽出法によって抽出DNAを精製した。すなわち、フェノール：クロロホルム：イソアミルアルコール（25：24：1）混合液（以下、フェノール溶液）700 μLを添加し、チューブの蓋を閉めて、手で1分間しっかりと攪拌した。常温下で、遠心分離機により最高速度（著者らの場合、14,000×g）で5分間遠心分離を行い、チューブの中のDNA溶出液を上層（抽出DNA溶液）・中間層

（タンパク質）・下層（フェノール溶液）に分離した。中間層を取らないように注意して、上層のみを新しい2 mLチューブに移し、もう一度フェノール抽出法を繰り返した。次に、余分な塩類などを除去するため、イソプロパノール沈殿によるバッファー置換を行った。まず、1 μLのグリコーゲン溶液（20mg/mL）、抽出DNA溶液に対して0.6倍量のイソプロパノール、および0.1倍量の3 M酢酸ナトリウム水溶液を添加し、ボルテックスミキサーで十分混合した。常温下にて、14,000×gで30分間遠心分離を行い、析出した抽出DNAをチューブの底に沈殿させ、沈殿を捨てないように注意しながら、チューブの中のDNA溶出液を捨てた。次に、氷冷した70%エタノール1 mLを添加し、チューブ内の壁を洗うようにゆっくりと転倒混和した。常温下にて、14,000×gで5分間遠心分離を行い、沈殿を捨てないように注意しながら、再度チューブの中の液体を捨てた。チューブ内に残ったエタノールを完全に除去するため、デシケーターと真空ポンプを用いて真空乾燥させた。乾燥後、UltraPure™ DEPC-Treated Water（インビトロジョン）100 μLを添加し、ボルテックスミキサーでしっかりと混合することにより、析出していた抽出DNAを溶解させた。

(3) 抽出DNAの確認

キクイムシ標本試料からDNAが抽出されたことを確認するため、ミトコンドリアのチトクロムCオキシダーゼサブユニットI（CO I）遺伝子の部分領域およびラージサブユニットリボソームRNA（28S rRNA）遺伝子の部分領域をそれぞれHebert *et al.* (2003) とJordal *et al.* (2008) のプライマーを用いてPCR法によって増幅した。PCRにはKOD FX neo（東洋紡）を使用した。PCR反応溶液の組成は製品の説明書に従った。各プライマーのPCR反応条件は表-2のとおりである。サーマルサイクラーを使用して目的の遺伝子をPCR増幅した。増幅されたPCR産物は、アガロースゲル電気泳動で確認した。増幅が確認されたPCR産物について、各種から代表1試料ずつを選択し、それzellustra ExoStar (GEヘルスケアジャパン) で精製後、PCR

表-2 実験に使用したPCRプライマーの塩基配列およびPCR反応条件

遺伝子	プライマー塩基配列	PCR反応条件
CO I	5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3' 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'	94°C, 2分間 98°C, 15秒 50°C, 30秒 68°C, 45秒 68°C, 7分
28S rRNA	5'-AGACAGAGTTCAAGAGTACGTG-3' 5'-TTGCTCCGTGTTCAAGACGGG-3'	94°C, 2分間 98°C, 15秒 55°C, 30秒 68°C, 50秒 68°C, 7分

増幅と同じプライマーを用いてTaKaRaシーケンス解析受諾サービス（タカラバイオ）で塩基配列を決定した。決定した塩基配列は、国際塩基配列データベース（DDBJ/EMBL/GenBank）上でBLAST相同意検索を行うことにより、類似する塩基配列情報を探った。また、本研究で得られた塩基配列は、国際塩基配列データベースに登録した（登録番号：AB812619, AB812620, AB812621, AB812622, AB812623, AB812624）。

(4) 顕微鏡観察

DNA抽出による試料の損傷程度を調べるために、実体顕微鏡による観察を行った。試料の個体全体および頭部の顕微鏡写真を、抽出前と後に撮影して、比較を行い、実験による標本の損傷を確認した。

3. 結果

実験に用いた全9個体について、CO I 遺伝子および28S rRNA遺伝子のPCR増幅が確認された（写真-1）。シーケンス解析の結果、得られた塩基配列は、全て既知のキクイムシ類の塩基配列と高い相同性を示した（表-3）。とくに、28S rRNAに同種が登録されていたトドマツオオキクイとヨシブエナガキクイムシは、相同性は100%であった。また、非破



写真-1 PCR増幅産物のアガロースゲル電気泳動写真

(A) CO I 遺伝子 (B) 28S rRNA 遺伝子 1, 4, 7: シノホソキクイムシ, 2, 5, 8: トドマツオオキクイムシ, 3, 6, 9: ヨシブエナガキクイムシ

壊DNA抽出の前後で、各標本試料の外部形態の基本構造には損傷が認められなかった（写真-2）。頭部の毛についても、DNA抽出後の損失が認められなかつたことは、本研究で用いた方法によって外部形態の標本としての価値を損なうことなくDNAが抽出できたことを示している。

表-3 試料から得られた塩基配列の相同性検索結果

試料名	対象遺伝子	最も近縁だった種* (登録番号)	同一性 (%)
シイノホソキクムシ	CO I	<i>Ambrosiodmus asperatus</i> (HM064047)	502/583 (86%)
<i>Xyleborus defensus</i>	28S rRNA	<i>Xyleborus adusticollis</i> (HM099732)	441/447 (99%)
トドマツオオキクムシ	CO I	<i>Euwallacea validus</i> (HM064087)	400/400 (100%)
<i>Euwallacea validus</i>	28S rRNA	<i>Euwallacea xanthopus</i> (HM099706)	412/448 (92%)
ヨシブエナガキクムシ	CO I	<i>Platypus koryoensis</i> (JN087409)	506/612 (83%)
<i>Platypus calamus</i>	28S rRNA	<i>Platypus calamus</i> (AB478248)	516/516 (100%)

* NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) のBLASTで検索を行った結果、最もスコアの高かった塩基配列情報をそれぞれ示した

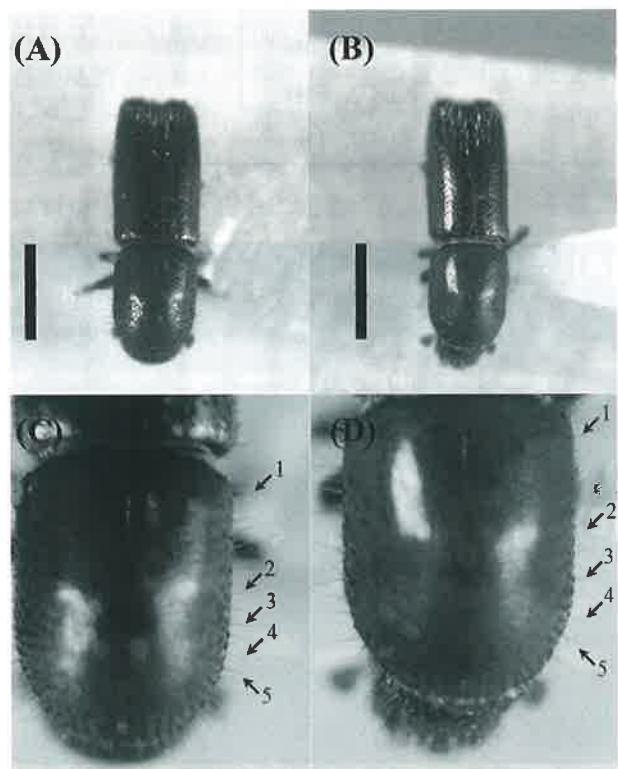


写真-2 非破壊DNA抽出前後の顕微鏡写真（シイノホソキクムシの同一個体：2009年6月17日Sunisa Sangu ansub採集）

(A) DNA抽出前の全体像 (B) DNA抽出後の全体像 (C) DNA抽出前の頭部拡大写真 (D) DNA抽出後の頭部拡大写真 1-5：対応する番号はそれぞれ同一の毛を示す スケールバー：1 mm
撮影日：2013年3月22日 (A, B), 2013年3月28日 (C, D)

4. 考察

(1) 標本試料の経年劣化

本研究で使用したキクムシ標本は、最も古いもので2009年6月に採集したものである。したがって、

少なくとも保存期間が4年以内であれば、乾燥標本であっても高い確率でDNAを抽出できるものと考えられた。生物のDNAは、細胞膜に包まれている状態であれば比較的長い期間保持されるが、それでも時間の経過とともに分解され徐々に劣化していく。Gilbert et al. (2007) は、最長で50年前のオサムシ科の乾燥標本から非破壊によるDNA抽出に成功しているが、それより古い試料からは成功していない。標本の保存状態にも関係するものと推測されるが、数十年という単位で保存されていた乾燥標本については、必ずしもDNAが抽出できるとは限らない。組織の内側部分からDNAを抽出する破壊的抽出法と比較すると、組織表面から抽出を行う非破壊抽出法は抽出効率という点では劣るものと考えられる。もし、希少な標本を得た場合は、出来る限り早い段階に非破壊抽出法でDNAを抽出し、遺伝子解析を実施するのが好ましい。

(2) コンタミネーション（他生物由来のDNAの混入）の影響

非破壊DNA抽出法では試料丸ごと1個体を使用するため、試料体に他の生物が付着していた場合、それらのDNAも一緒に抽出される。使用するプライマーによっては、PCR増幅の際に複数種の生物のDNAを増幅してしまうため、その後のシーケンス解析で複数パターンの塩基配列波形が混在し、塩基配列の決定が困難になる場合がある。とくに、キクムシ類の場合、アンブロシア菌や青変菌と共生関係にあるため(二井・肘井 2000)，共生菌のDNA

が混入する問題は避けられない。また、キクイムシ類にはダニや線虫が寄生している場合があることが報告されているため (Moser *et al.* 2005), これらの生物のDNAが混入する可能性もある。ダニのような外部寄生性生物の場合には、試料の表面から物理的に取り除くのがもっとも手っ取り早い。また、乾燥標本の場合、体表に共生菌以外のカビが付着することがあるため、筆などを使ってできるだけ抽出前に取り除くのが好ましい。しかし、胞子貯蔵器官内も含め、内部寄生性の生物に関しては、非破壊で取り除くのは困難であるため、使用するPCRプライマーの選択によって、検出対象とする生物を限定する方法が有効である。ちなみに、本研究で使用したPCRプライマーは、どちらも菌類およびバクテリアを対象としているため、キクイムシ標本試料に付着するこれらの微生物由来のDNAが混在していたとしても、増幅されなかったものと思われる。逆に、物理的に取り除くことが困難な付着生物自体を調べたい場合には、分子レベルでの操作が必要となる。例えば、キクイムシに付着する菌類の中から、マイカンギアに含まれるアンブロシア菌のみを検出しようとする場合、アンブロシア菌に特異的なPCRプライマーを設計するか、もしくは菌類全てを対象とするPCRプライマーで標的遺伝子を増幅した後、クローニング法 (中山・西方 1995) や変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法 (Muyzer *et al.* 1993) といったDNA分子の分別手法を用いれば解決できる可能性がある。

(3) 非破壊DNA抽出結果の成否判断について

本研究では、PCR増幅によってDNA抽出の成否を確認したが、この方法は厳密にはDNA抽出の確認には適さない。その理由は、DNAは抽出されているのにPCR増幅しない場合があるからである。したがって、PCR増幅が確認されなかった場合、DNA抽出に失敗したと判断する前に、蛍光分析による高感度なDNA定量キットや分光光度計を用いて抽出DNA溶液中のDNA濃度を測定することにより、DNA抽出の成否を確認するべきである。もし、DNA抽出が成功しているのにPCR増幅がうまくい

かない場合、主な理由として考えられるのは以下の2点である。
①DNA抽出溶液の中にPCR阻害物質(タンパク質やフェノールなど)が残存している。
②対象とする試料の塩基配列とPCRプライマーの塩基配列とが合っていない。
①については、本研究で使用したKOD FX neo (東洋紡) のようなPCR阻害物質に強いDNAポリメラーゼを使用するか、あるいは市販のゲノムDNA精製キットなどを使用することで解決できる。
②については、PCRプライマーの変更や、PCR反応条件によって解決できる可能性がある。

5. おわりに

本研究で用いた方法は、別の昆虫グループで開発された方法であるが、キクイムシ類に適用させるために以下の点について改良を加えた。

- ①標本を損傷させないため、乾燥標本に張り付いている台紙と接着剤ごとDNAを抽出した点。DNA抽出反応およびPCR反応においては、不純物質の混入がそれぞれの反応阻害やコンタミネーションを引き起こす可能性があるが、本研究の結果から、台紙や接着剤の混入については問題ないことが確認された。非破壊での処理を優先する場合は、標本に対して出来る限り慎重な取り扱いを行うことを推奨する。
- ②キクイムシの内部組織にDNA溶出液をよりよく浸透させるため、真空浸潤を行った点。標本にもよるが、ボルテックスミキサーや転倒混和による攪拌では、標本の内側に空気を含んだままDNA溶出液中に浮かんでいる場合が多く、この状態では内部組織へのDNA溶出液の浸透が困難となり、抽出DNAを安定的に得ることができなかった(未発表データ)。また、長時間の攪拌は標本に損傷を与える可能性がある。したがって、真空浸潤によるDNA溶出液の浸透が最も迅速かつ安全であり、確実性も高い。
- ③より多くの抽出DNAを得るために、DNA抽出時間を20時間から48時間に変更した点。もし、短時間で十分量の抽出DNAが得られる場合は、DNA

抽出時間を48時間より短くしてもよいが、逆に、抽出DNA量が不十分であった場合は、DNA抽出時間をさらに長くすることで解決できる可能性がある。ただし、この場合は、酵素反応を維持させるため、24時間ごとにプロティナーゼK溶液(20 mg/ml) 12.5 μlを新たに添加する必要がある。

この改善した方法により、希少な標本試料を損失・損傷することなくキクイムシ類のさまざまな遺伝子を対象とした解析が可能になった。今後、キクイムシ類の系統関係や分布拡大経路などの研究に必要な遺伝子解析に寄与するものと考えられる。

謝辞

濱口京子博士には養菌性キクイムシのDNA解析についてご教示いただいた。Sunisa SANGUANSUB博士には本研究に使用したキクイムシ標本試料を提供していただいた。また、齋藤俊浩氏には予備実験に多数のキクイムシ標本試料を提供していただいた。本研究は、科学研究費(23255011)の補助を得て行われた。この場を借りてお礼申し上げます。

引用文献

- 二井一慎・肘井直樹編著(2000)森林微生物生態学。養賢堂: 東京
- Gilbert MTP, Moore W, Melchior L, Worobey M (2007) DNA extraction from dry museum Beetles without conferring external morphological damage. PloS ONE 2:e272.
- Hamaguchi K, Goto H (2010) Genetic variation among Japanese populations of *Platypus quer- civorus* (Coleoptera: Platypodidae), an insect vector of Japanese oak wilt disease, based on

- partial sequence of the nuclear 28S rDNA. Applied Entomology and Zoology 45: 319~328
- Hebert PDN, Cywinski A, Ball SL, deWard JR (2003) Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society Biological Sciences 270: 313~321.
- Ito M, Kajimura H, Hamaguchi K, Araya K, Lakatos F (2008) Genetic structure of Japanese populations of an ambrosia beetle, *Xylosandrus germanus* (Curculionidae: Scolytinae). Entomological Science 11: 375~383
- Jordal B, Gillespie JJ, Cognato AI (2008) Secondary structure alignment and direct optimization of 28S rDNA sequences provide limited phylogenetic resolution in bark and ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae). Zoologica Scripta 37: 43~56
- Moser JC, Konrad H, Kirisits T, (2005) Phoretic mites and nematode associates of *Scolytus multistriatus* and *Scolytus pygmaeus* (Coleoptera : Scolytidae) in Austria. Agricultural and Forest Entomology 7: 169~177
- Muyzer G, deWaaij EC, Uitterlinden AG (1993) Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. Applied and Environmental Microbiology, 59: 695~700
- 中山広樹・西方敬人(1995)バイオ実験イラストレイテッド②遺伝子解析の基礎。秀潤社、東京
- (2013. 4. 11受付, 2013. 5. 10掲載決定)

論文

ブナ人工林における忌避剤の連年散布によるウサギ害の防除効果

南野一博¹・阿部友幸²・佐藤 創³・明石信廣⁴

1. はじめに

ブナは九州から北海道までの広範囲に分布する冷温帯を代表する樹種である。しかし、戦後に推進された拡大造林施策や森林の開発によって多くのブナ林が伐採され、資源量は激減した。そのため、ブナ林の保全や、ブナ材資源の安定供給を目的に各地で天然更新施業が進められており、天然更新が見込めないような場所では、苗木を植栽することでブナ林の再生が図られている（杉田ほか 2006；常本 2008）。しかし、ブナ人工林の施業体系は確立されておらず（小山・岡田 2006），植栽後のブナの生育が順調ではない林分も多くみられる。その要因として、野ネズミやニホンノウサギ・エゾユキウサギ（以下、ウサギ）による食害のほか、誤伐による枯損や樹高の低下が指摘されている（川井 1999；小山ほか 2002；明石ほか 2009）。獣害のうち野ネズミ害については、殺そ剤による防除が一般的となっている（中田 1998）ほか、下草や粗朶枝条の除去などによって被害を軽減できることが明らかとなっている（中田ほか 2000）。一方、ウサギ害については、防除資材（川井 1999；谷口・小松 2003）や忌避剤（蜂谷ほか 1995；吉村・仲野 2005；南野・佐藤 2011）による防除が報告されているが、多くは単年度の調査結果である。そこで本研究では、ウサギによる被害が発生しているブナ人工林において忌避剤を5年間連続して散布し、忌避剤の効果と樹高成長への影響について検証した。

2. 試験地と方法

試験は北海道函館市にある道有林渡島東部管理区133林班59小班（24ha）で実施した（図-1, 写真-1）。標高は630m、最大積雪深は約160cmである。試験地周辺の森林は、ミズナラ、ブナ、ダケカンバ

などの広葉樹によって構成され、下層植生はチシマザサが優占している。刈り幅3m、置き幅2mで地表処理されたところに、2006年5月に苗間1.6m、列間1.8mで2列に樹高80cm程度のブナが植栽された（図-2）。試験対象木は1列につき25本とし、隣り合う2列のうち1列に忌避剤を散布し、もう1列を無処理としたセットを計6反復設定した（ただし、忌避剤を散布したのべ6列のうち1列は18本）。忌避剤には、広葉樹の野ウサギ防除農薬として登

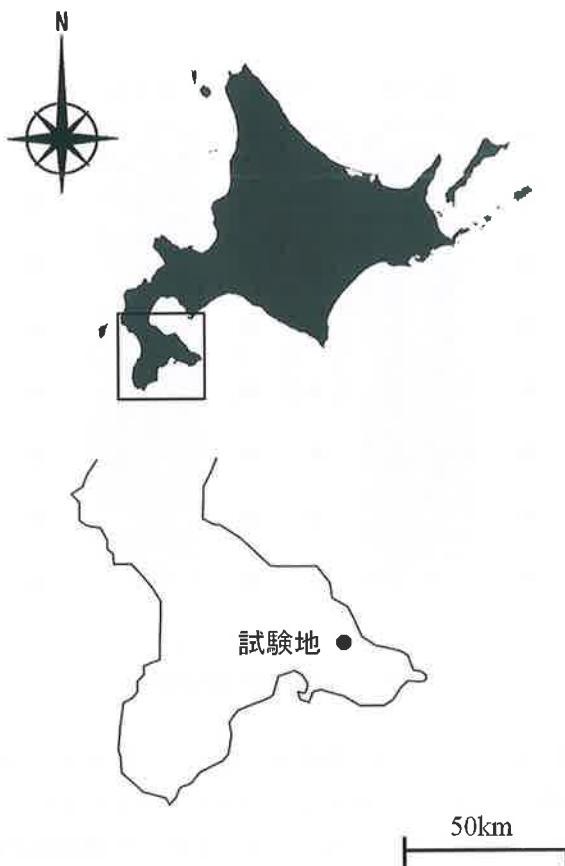


図-1 試験地の位置

Effect of annual spray of repellent on mountain hare damage to beech plantation
¹MINAMINO, Kazuhiro, 北海道立総合研究機構林業試験場；²ABE, Tomoyuki, 北海道立総合研究機構林業試験場；
³SATO, Hajime, 北海道立総合研究機構林業試験場；⁴AKASHI, Nobuhiro, 北海道立総合研究機構林業試験場



写真-1 散布から5年目が経過した調査地の状況
右側が忌避剤散布区、左が無処理区。

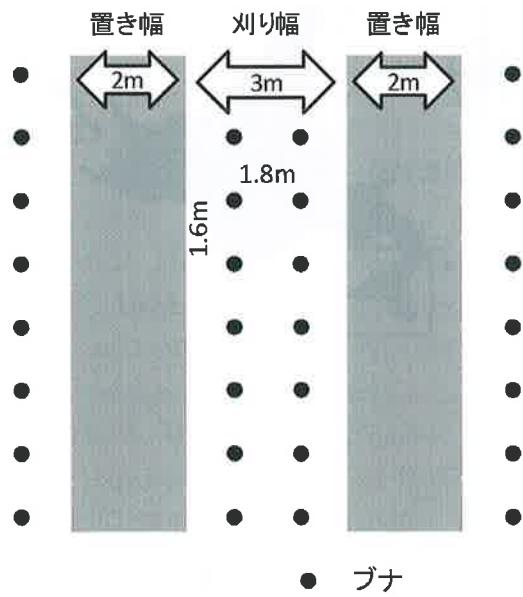


図-2 試験地の模式図

録されているジラム水和剤（32.0%，農林水産省登録第17911号）を使用し、2006年～2010年までの5年間、9月～10月上旬に3倍に希釀した薬剤を幹の全面に付着するように噴霧器を使って散布した。散布翌年の5月下旬～6月上旬にウサギによる食害の



写真-2 ウサギによる幹の切断



写真-3 ウサギによる樹皮剥ぎ（下部は野ネズミ害）

有無、食害高、樹高を調査した。幹にウサギ害以外の生育不良要因が認められた場合は、その種類を記録した。被害部位は、ラッカースプレーで着色することで重複カウントを避けた。ウサギ害の有無及び生育不良要因の確認は、9月～10月上旬の忌避剤散

布時にも同様に実施した。なお、ウサギ害には、幹や枝が切断される被害（写真－2）と樹皮への食害（写真－3）が確認されたが、本研究では、最も多く見られ、樹高への影響が大きかった幹の切断被害のみを調査対象とした。その理由として、側枝は被害があっても樹高に影響せず、忌避剤の散布漏れもみられたためであり、また、樹皮食害については枯損に至ったケースがなく、影響が小さかったためである。

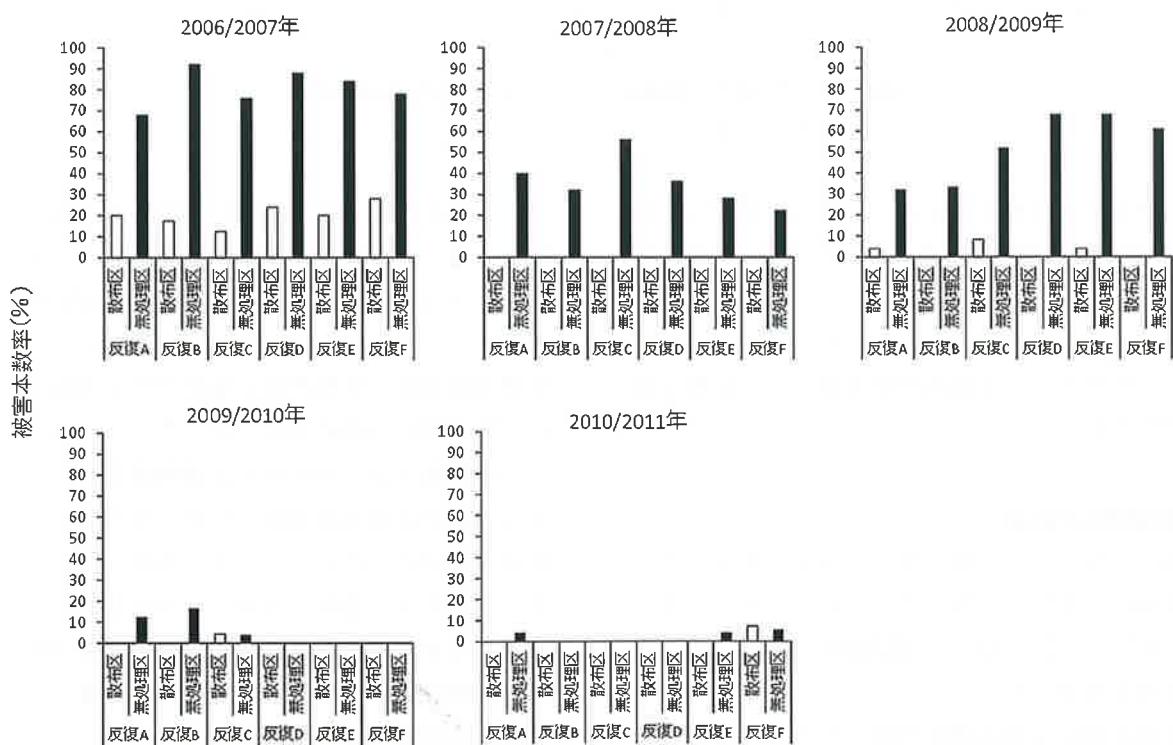
3. ウサギによる幹の切断

本試験地におけるウサギ害は、秋の忌避剤散布後から翌年春の被害調査までの期間に多く発生していた。一方、春の被害調査から秋の散布までの期間の被害は、2007年にのみ確認され、2007年6月19日～9月26日の間に無処理区で2本、2010年5月28日～10月13日に無処理区で4本、忌避剤散布区で1本の被害が確認された。この期間中に発生した被害は、本数が少なかったことや、忌避剤の効果が不明であることから、忌避剤の効果を検証する際は除いて解

析を行った。

被害の発生数は、年によって違いがみられ（図－3）、2006年秋～2007年春（以下、06/07年、他の年も同様に示す）には、無処理区における被害本数率が68.0～95.2%に達していたのに対し、09/10年以降、被害本数率は急激に減少し、10/11年には、無処理区の被害本数率が0.0～5.6%にまで低下した。2009年以降、被害が減少したことについては、ウサギの個体数の減少や餌条件の変化、あるいはブナが成長したことによる嗜好性の低下などが考えられるが、原因を特定することはできなかった。

図－4に苗木の樹高と幹の切断高の推移を示した。切断高は年による明瞭な違いはみられず、平均切断高は49.8cm、被害の92.8%は70cm以下の位置で発生しており、これまでの報告（川井 1999；小山ほか 2002；南野・佐藤 2011）と同様の傾向がみられた。しかし、ウサギは主に冬期に苗木を加害し、積雪のある地域では積雪上から加害するため、被害が高い位置で発生すると考えられる。実際、大小さまざまなサイズのブナ苗木が植栽されている試験地では、



図－3 2006～2011年までのウサギによる被害状況の推移

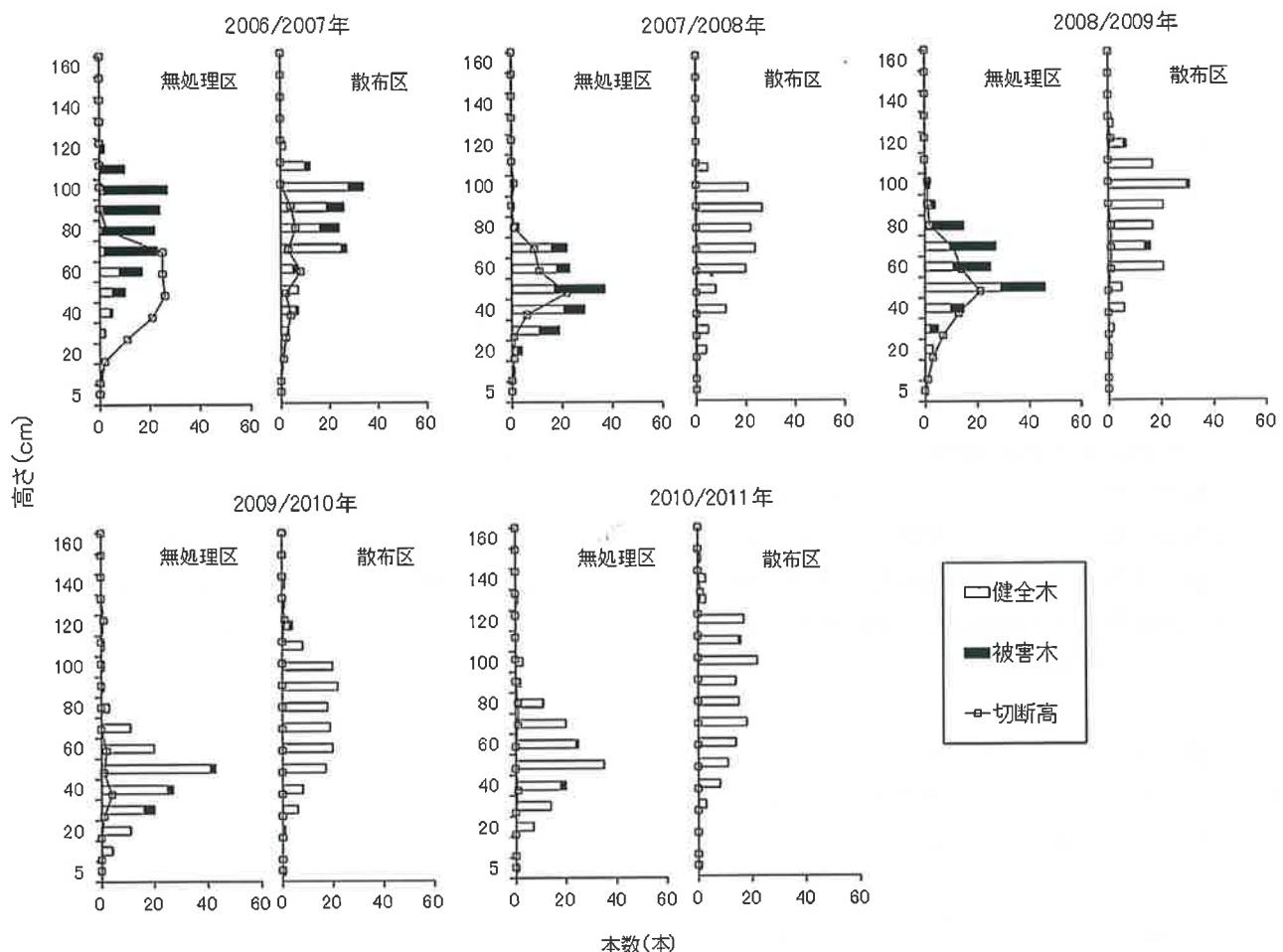


図-4 ブナ苗木の樹高とウサギによる幹の切断高の推移

樹高は切断前の値を示す。

大きいサイズでも幹が切断される被害が発生しており（阿部ほか 未発表），本試験地でも最高127cmの高さで切斷されているものもあった。このように、積雪の多い地域では、高い位置にまで被害が及ぶことから、ウサギによる食害が寡雪地よりも長期に及ぶ可能性がある。

4. 忌避剤の効果

薬剤の1本あたりの使用量は、26ml～36mlであった。散布時に葉が多く残っていた年は使用量が多くなり、また、苗木が成長して樹高が大きくなるに伴って使用量も増加した。

忌避剤散布区と無処理区では、ウサギ害を受けた割合に大きな違いがみられ（図-3），06/07

年，07/08年及び08/09年は、全ての反復で無処理区と比較し、忌避剤散布区で食害の割合が統計的に有意に少なかった（フィッシャー正確確率検定， $p < 0.05$ ）。一方、09/10年及び10/11年については、忌避剤散布区、無処理区ともにウサギ害が少なく、両区間で違いは認められなかった。

本試験地では、毎年秋に忌避剤を散布し約7ヶ月後の春に確認作業を実施したが、その間は十分な防除効果が認められた。一方で、初夏～初秋については、ウサギ害の発生が少なく、両区間での差を検出することができなかった。そのため、本試験地では年1回秋の散布だけでも忌避剤の効果を十分に確認することができたと考えられる。

一方、茨城県の海岸林で実施した調査では、忌避

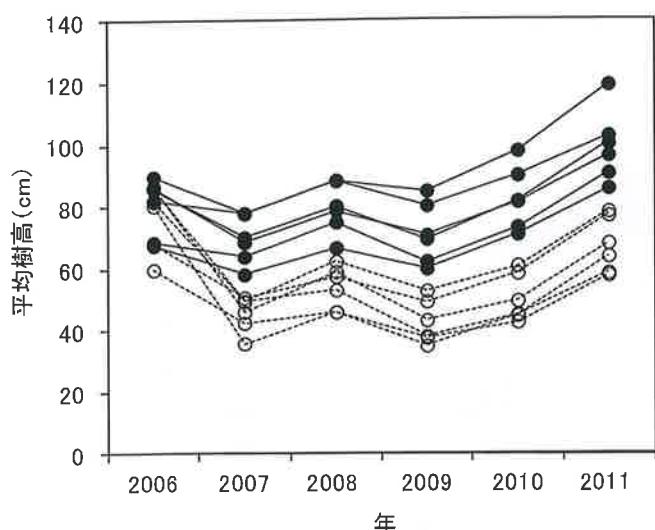


図-5 忌避剤散布区及び無処理区における平均樹高の推移
●は忌避剤散布区、○は無処理区を示す。

表-1 忌避剤散布5年目（2011年）における反復・処理別の平均樹高（cm, 平均±標準偏差）。

反復	忌避剤散布区	無処理区	p値*
A	102.6±37.3	58.2±19.9	<0.001
B	96.2±42.4	63.6±31.4	<0.01
C	100.1±31.9	57.5±20.5	<0.001
D	85.5±28.2	68.7±17.3	<0.05
E	90.4±32.0	76.8±33.0	n.s.
F	119.1±28.2	78.1±26.6	<0.001

*: Student's t-test.

剤散布後3ヶ月程度は防除効果が認められたが、その後は被害が増加した（茨城県林業技術センター2013）。このような防除効果の違いが生じる要因として、忌避剤の散布時期やウサギの生息密度、加害期間、樹種、植栽地の立地条件などの影響が考えられ、今後、各植栽地の条件に応じた効果的な忌避剤の散布頻度や時期を検討する必要があるだろう。

5. 樹高成長

2006年～2011年までの忌避剤散布区と無処理区の平均樹高の推移を図-5に示した。06/07年はウサギ害のほか、雪害が多く発生したことから、忌避剤散布区、無処理区ともに2006年の平均樹高から大き

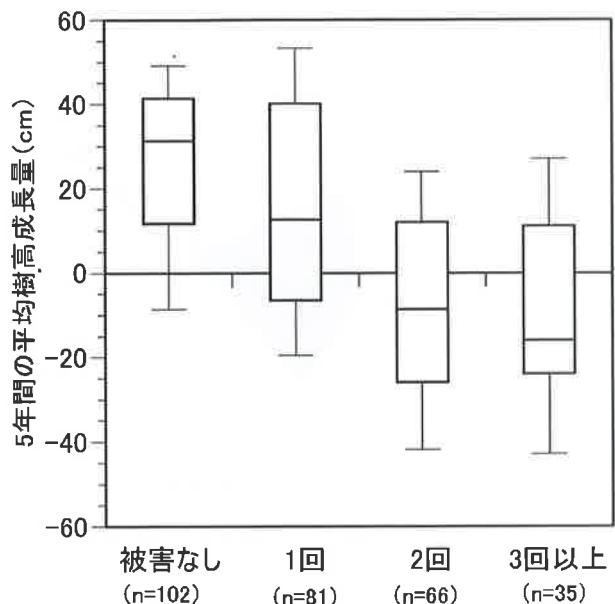


図-6 食害回数と5年間の平均樹高成長量の関係
上下の線は最大値と最小値、長方形の下側の辺は第1四分位数、上側の辺は第3四分位数、長方形の中央の線は中央値を示す。

く低下した（図-5）。また、2008年5月に晩霜害が発生し梢端部が枯れ下がったことにより、2009年は全ての処理区で平均樹高が低下した。2009年以降は、忌避剤散布区、無処理区ともにウサギ害や気象害が少なく順調に平均樹高が増加していた。しかし、無処理区における2011年の平均樹高は、6反復のうち5反復で試験を実施した2006年よりも低下しており、各反復の5年間の平均樹高成長量は-23.2～8.4cm（平均-9.9cm）であった。一方、忌避剤散布区の平均樹高は、全ての反復で2006年よりも増加しており、5年間の平均樹高成長量は、9.9～29.1cm（平均19.2cm）であった。その結果、忌避剤散布区と無処理区では、2011年の平均樹高は6反復中5反復で統計的な有意差がみられた（表-1, Student's t-test, p < 0.05）。

5年間の平均樹高成長量と幹が切断された回数の関係について図-6に示した。幹の切断を受けた回数が多いほど、5年間の平均樹高成長量は少なく、2回以上切断されると、平均樹高成長量がマイナス

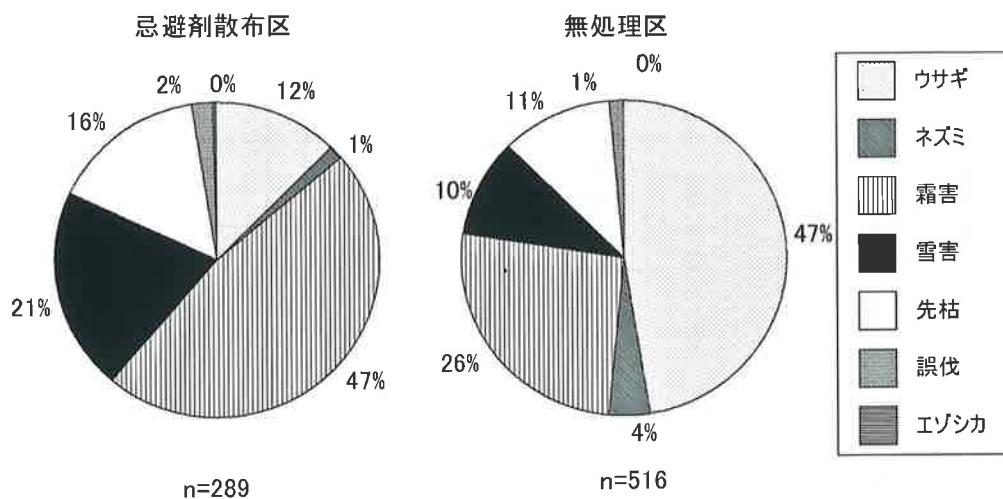


図-7 2007年～2011年にブナ人工林で確認された生育阻害要因の割合

になる傾向がみられた。このことから、本試験地では、ウサギによる幹の切断が繰り返されることで、ブナ苗木の樹高成長が阻害されていると考えられた。

6. ブナ人工林の生育阻害要因

2007年～2011年の5年間にブナ人工林で確認された生育阻害要因は、ウサギ害や霜害など7種類のべ805本に及んだ(図-7)。忌避剤散布区と無処理区ではそれらの割合が異なり、無処理区ではウサギ害の割合が全体の48% (245本) を占め、主要な生育阻害要因となっていた(図-7)。一方、忌避剤散布区では、被害木に占めるウサギ害は12% (36本) と少なく、霜害の割合が47% (137本) ともっとも高かった。霜害は2008年5月に発生し、すべての試験木の93.5% (271本) に梢端部の枯れ下がりがみられた。先枯れは、無処理区で57本(11%)、忌避剤散布区では45本(16%) であった。ブナ人工林では、本調査地以外にも先枯れ被害が多く確認されており、その原因の解明が望まれている(明石ほか2009)。また、雪害は植栽1年目の06/07年に多く発生し、幹折れや幹曲がりなどの損傷が発生した。一方、野ネズミとエゾシカによる食害は、それぞれ25本、1本と少なかった。北海道では、エゾシカによる食害が全道的に問題になっているが(明石2009)、本試験を行った道南地域は、他の地域と比較してエ

ゾシカの生息密度が低い地域であることから、被害が少なかったと考えられる。

誤伐は5年間で13本(忌避剤散布区6本、無処理区7本)とわずかであった。誤伐を受けた13本のうち12本は、誤伐前にウサギ害、ネズミ害、雪折れ、先枯れ、誤伐のいずれかの生育阻害を受けて樹高が低下しており、誤伐前の樹高は、28～112cm(平均52.3cm)となっていた。樹高の低下は誤伐を招くとされており、ブナ植栽地では、誤伐が生育阻害の主要な要因となっている林分が多い(前田2004; 小山ほか2002; 明石ほか2009)。本試験地はチシマザサが優占しているが、下刈りによってチシマザサの成長が抑えられ、他の植生も少なく苗木の位置が確認しやすかったため、誤伐が少なかったと考えられる(写真-1)。枯死木については、5年間の試験期間中に無処理区で4本、忌避剤散布区で5本の計9本発生したが原因は特定できなかった。

7. まとめ

ウサギ害の防除には、忌避剤以外にも苗木を資材で物理的に覆って保護する方法がある(小山ほか2002; 谷口・小松2003; 茨城県林業技術センター2013)。防除資材は、資材で覆われた部分は確実に被害を防ぐことができる一方で、防除資材から出た部分を食害される危険性がある(茨城県林業技術センター2013)。

また、積雪地で使用する場合は、資材が傾いたり倒伏したりするなどの課題があり（明石・福地 2003），防除資材を使用する際は施工後の管理が重要となってくる。

その点、忌避剤による防除は、被害を完全に防ぐことはできないものの、散布後の管理が不要なうえ、積雪地での使用も可能である。さらに本試験のように忌避剤を連年散布することで、被害が継続的に軽減され、それにより苗木の樹高成長を期待することができる。これらのことから、忌避剤の連年散布は、ウサギ害に対する有効な防除手法であると言える。

謝辞

本試験を行うにあたり、北海道渡島総合振興局東部森林室には試験地の提供を受けた。また、はこだて広域森林組合、北海道立総合研究機構林業試験場の職員の各位には調査に協力していただいた。中田圭亮博士、寺田文子氏には原稿に目を通していただき、貴重なコメントをいただいた。記して感謝いたします。

引用文献

- 明石信廣・福地 稔（2003）エゾシカによる幼齢木食害の防除資材. 日林北支論 51: 89~91
 明石信廣（2009）幼齢人工林におけるエゾシカ食害の発生状況とエゾシカ生息密度指標との関係. 日本森林学会誌 91: 178~183
 明石信廣・南野一博・阿部友幸・小野寺賢介（2009）北海道のブナ人工林における獣害の発生実態. 森林防疫 58: 4~8
 蜂谷春雄・北川善一・中田圭亮（1995）野ウサギ忌避剤の野外試験について. 平成6年度林業技術研究発表大会論文集: 133~135
 茨城県林業技術センター（2013）茨城県内の海岸に植栽した苗木のノウサギ被害防除について. 森林

防疫 62: 38~41

川井裕史（1999）ブナ幼樹に対するノウサギ害の軽減について. 大阪農技セ研報 35: 20~24

小山泰弘・岡田充弘・古川 仁（2002）ブナを主体とした広葉樹人工林の初期管理技術の開発－冷温帶地域における広葉樹林施業技術の確立－. 長野県林総セ研報 16: 1~22

小山泰弘・岡田充弘（2006）ブナを主体とする広葉樹林の造成管理技術の開発－多様な広葉樹林の育成管理技術の開発－. 長野県林総セ研報 20: 1~20

前田雄一（2004）植栽から7成長期を経過したブナの残存と誤伐被害の実態. 鳥取林試研報 41: 11~17

南野一博・佐藤 創（2011）エゾユキウサギの広葉樹3樹種に対する樹皮食害と忌避剤による防除効果. 森林防疫 60: 132~136

中田圭亮（1998）野ネズミの予察調査と防除の手引（第2版). 北海道森林保全協会, 札幌

中田圭亮・佐々木満・松尾 巍（2000）施業・環境因子による野ネズミ被害の数値予測. 北林試研報 37: 41~49

杉田久志・金指達郎・正木 隆（2006）ブナ皆伐母樹保残法施業試験地における33年後, 54年後の更新状況. 日林誌 88: 456~464

谷口真吾・小松輝弘（2003）生分解性不織布でつくられたノウサギ食害防止資材の被害軽減効果とその利用法. 日本緑化工学会誌 28: 501~506

常本誠三（2008）北海道南西部におけるブナ林施業の過去・現在・未来. ブナ林再生の応用生態学（寺澤和彦・小山浩正編), pp255~278, 文一総合出版, 東京

吉村武志・仲野 節（2005）ノウサギ忌避効果試験. 徳島森研報 4: 1~5
 (2013. 5. 7 受付, 2013. 6. 7 掲載決定)

論文

兵庫県東中国山地において初確認したスギのクマハギ被害

尾崎真也¹・稻葉一明²・森下克好³

1. はじめに

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus* 以下、クマと略す) による林業被害では、クマがスギやヒノキの樹皮を剥ぐ「クマハギ」が有名で、全国的にみても、京都府の由良川以東、北陸地方、関東地方、東北地方などで激しい被害が確認されている（斎藤 2005；坂庭ら 2010）。最近では、西中国山地の島根県西部においてクマハギ被害が確認された（澤田ら 2010）。一方、兵庫県のクマではナシやカキなど果樹被害が主体であり、クマハギの被害報告はなかった。また、東中国地域の隣接県である鳥取県、岡山県でのクマハギの発生に関する報告もない。ところが、2008年5月に兵庫県東中国山地において、クマハギの発生を確認した。クマハギは、剥皮部分からの腐朽によりスギ材の価値を無くしてしまう深刻な被害をもたらすことから、伐期を迎えた但馬地域の林業経営を考えると重大な問題である。

そこで今回、兵庫県で初めて発生したクマハギの実態を明らかにするため調査を行ったので、その結果を報告する。

2. 調査地と調査方法

(1) 調査地（被害発生場所）

被害発生場所は、兵庫県と鳥取県の県境の水ノ山（標高1,510m）から北北西に直線距離で約10kmに位置する香美町村岡区大筈地内と香美町小代区秋岡地内のスギ壮齢林である（図-1）。被害発生は両林分とも2008年5月に確認した。大筈調査地は、標高910mに位置するスギ林で、被害発生時の林齡は41年生であった。また、秋岡調査地は、標高610mに位置するスギ林で被害発生時の林齡は39年生であった。両スギ林分とも沢沿いはトチノキ (*Aesculus*

turbinata)、斜面中部から上部はクリ (*Castanea crenata*)、ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*)を中心とした落葉広葉樹林で囲まれていた。被害は、傾斜約20度、北向きの山腹斜面で発生していた（表-1）。

(2) クマハギ被害木の観察

兵庫県では近年、ニホンジカ (*Cervus nippon* 以下、シカと略す) によるスギ壮齢木の樹皮摂食害が顕在化している（尾崎 2004）。そこで、まずスギの樹皮剥皮害がシカによるものかクマによるものか剥皮部分を丁寧に観察し判定した。調査は、両林分とも被害発生直後の2008年6月上旬に行った。さらに、2012年6月上旬、2013年5月上旬に両林分の被害発生カ所周辺を踏査し、新しいクマハギの発生がないか観察を行った。

(3) 被害林分調査

被害林分に幅10m×長さ40mにプロットを設定し、プロット内に出現した全立木について胸高直径、被害の有無、被害部位の方向、被害部位の高さ、被害程度を調査した。被害程度は、被害部位の樹幹周囲における拡がりから次のように区分した。すなわち、無害木：剥皮されていないもの。0～1/4周被害木：剥皮部位が樹幹周囲の0～1/4周程度に達しているもの。1/4～2/4周被害木：剥皮部位が樹幹周囲の1/4～2/4周程度に達しているもの。2/4～3/4周被害木：剥皮部位が樹幹周囲の2/4～3/4周程度に達しているもの。3/4～4/4周被害木：剥皮部位が樹幹周囲の3/4～4/4周程度に達しているもの。全周被害木：剥皮部位が樹幹周囲の全周に達しているものである。被害林分調査は、大筈調査地においては2008年9月中旬に行い、秋岡調査地においては2013年5月上旬に行った。

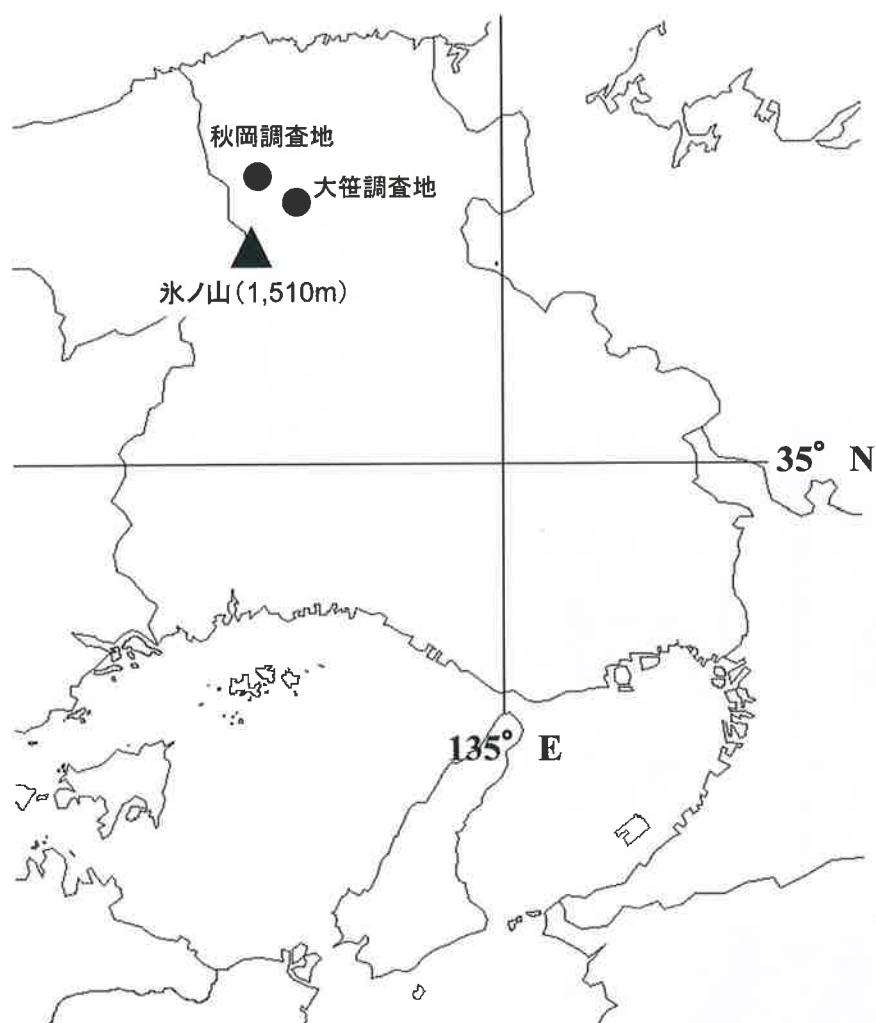


図-1 調査地の位置図

表-1 調査地の概況

調査地	大 筈	秋 岡
場 所	香美町村岡区大筈	香美町小代区秋岡
標高 (m)	910	610
樹 種	スギ	スギ
被害発生年月	2008年5月	2008年5月
被害発生時の林齢	41年生	39年生
傾 斜	約20度	約20度
地 形	山腹斜面	山腹斜面
斜面方位	北向き	北向き

3. 結果と考察

(1) クマハギ被害木の観察

2008年6月上旬に観察した被害木の状況を写真-1, 2, 3に示した。大笹調査地では、地上2mに門歯痕があり、剥皮された外樹皮はそのまま残っていた(写真-1)。秋岡調査地においても、バナナの皮をむいたように剥皮された外樹皮はそのまま残り(写真-2), スギの剥皮部分に門歯痕とクマの爪痕を認めた(写真-3)。兵庫県で確認されたシカの



写真-1 大笹調査地における被害木の状況
地上2m部分にクマの門歯痕が縦方向に走る。



写真-2 秋岡調査地における被害木の状況
地際に剥皮された外樹皮が残る。



写真-3 秋岡調査地における被害木剥皮部分の状況
門歯痕と爪痕が残る。

剥皮は、樹皮が根元に散乱して、むき出しとなった木部にシカの歯型はほとんど残らない(尾崎 2004)こと、また、両調査地ともに剥皮部分にクマハギの特徴である太い門歯の歯痕が縦方向に走るとともに爪痕があったことから(農林水産省森林総合研究所鳥獣管理研究室 1992), クマによる剥皮であると断定した。

被害発生から4年後の2012年6月、5年後の2013年5月の踏査では、新しいクマハギは確認されなかった。被害は2008年に集中して発生したものと考えられる。踏査で確認した被害部位は巻き込みを始めていた。今回発生したクマハギ被害は散発的であり、被害の拡大はみられなかった。

(2) 被害林分調査

調査林分におけるクマハギの発生状況を表-2に示した。ha当たり本数は大笹で575本、秋岡で675本と少なかった。これは、兵庫県スギ人工林収穫予想表林齢40年生立木密度1,250本/ha(兵庫県農林水産部林務課 1986)の約半分の値である。両調査林分とも兵庫県下でも豪雪地帯に位置する。兵庫県の最深積雪図(矢野 1986)によれば、両調査地ともに最深積雪は2mを越える。雪圧のために消滅した植栽木も多かったと考えられる。林床には、ウリノキ(*Alangium platanifolium* var. *trilobum*)、タニウツギ(*Weigela hortensis*)などの灌木類やミヤマイラクサ(*Laportea macrostachya*)などの草

表-2 調査林分におけるクマハギの発生状況

調査林分	大 笹	秋 岡
プロットの大きさ	幅10m×長さ40m	幅10m×長さ40m
ha当たり本数	575本	675本
調査本数	23本	27本
被害本数(被害率)	6本(26%)	6本(22%)
無被害木の平均胸高直径(cm)	27.2(12.6~42.2)	38.1(19.2~48.1)
被害木の平均胸高直径(cm)	36.1(31.7~42.0)	46.4(33.0~54.0)
全出現木の平均胸高直径(cm)	29.5(12.6~42.2)	40.0(19.2~54.0)

注) 平均胸高直径の括弧書きは、範囲(cm)を示した。

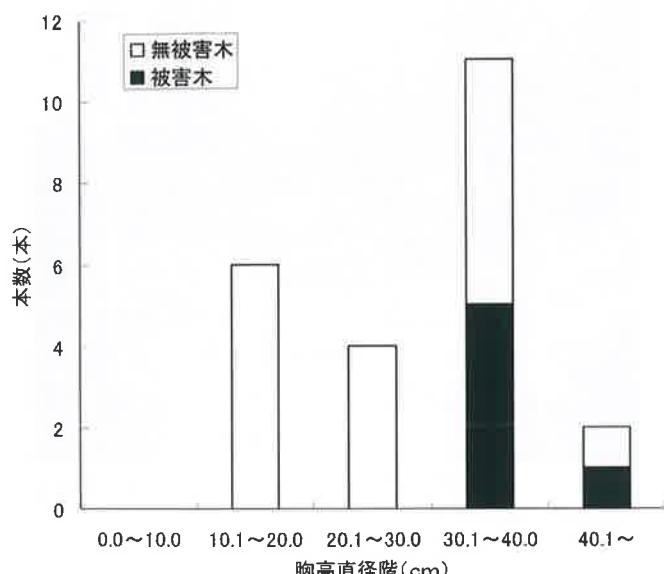


図-2 大笹調査地における胸高直径階別本数分布

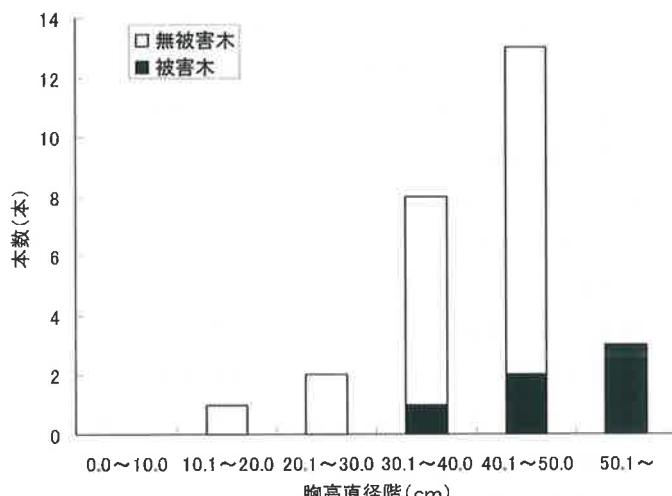


図-3 秋岡調査地における胸高直径階別本数分布

本類が繁茂していた。

大笹調査地における胸高直径階別本数分布を図-2に、秋岡調査地における胸高直径階別本数分布を図-3に示した。被害木は、無被害木に比べて胸高直径の大きい個体が多く、被害木は胸高直径が約30cm以上の個体で発現していた。平均胸高直径をみると、被害木は無被害木より大笹調査地で約9cm、秋岡調査地で約8cm大きかった。無被害木と被害木の胸高直径の平均値の差をt検定したところ、秋岡調査地では有意差が認められなかったが、大笹調査地では1%水準で有意差が認められた。林分内で胸高直径の小さな個体は被害を受けておらず、太い優勢木が

剥皮されていた。これは、山形県や石川県、島根県での調査報告(齊藤 1996; 八神 2000a; 澤田ら 2010)と同様の傾向であった。

被害部位の上端の高さを表-3に示した。両調査地とも被害木はすべてが山側からの剥皮であった。クマハギは、山側からの加害が多く、山形県や石川県の調査報告(齊藤 1996; 八神, 2000a)と同様の結果であった。被害部位の上端の高さは、大笹調査地で平均は約2.5mであり、最大は3.8mに達した。一方、秋岡調査地での被害部位の上端の高さは、平均は約1.3mであり、最大は1.6mであった。また、被害程度が大きくなると、すなわち、被害部位が樹幹

表-3 被害部位の上端の高さ

調査林分 被害程度	大 笹		秋 岡	
	本数 (本)	上端の高さ (cm) 平均値 (範囲)	本数 (本)	上端の高さ (cm) 平均値 (範囲)
0~1/4周	2	100 (80~120)	4	110 (100~120)
1/4~2/4周	4	328 (280~380)	2	155 (150~160)
2/4~3/4周	0	—	0	—
3/4~4/4周	0	—	0	—
全周剥皮	0	—	0	—
被害木計	6	252 (80~380)	6	125 (100~160)

周囲に占める割合が大きくなるほど剥皮される長さも長くなる傾向がみられた(表-3)。山田ら(1992)がクマハギによるスギ材質に及ぼす影響を調査した結果によると、材の腐朽の進行は剥皮高の2倍程度に達することを報告している。今回の調査で大笹調査地、秋岡調査地の剥皮高の平均は約2.5m、約1.3mであることから、材の腐朽はそれぞれ約5.0m、約2.6mまで進行していると推察される。兵庫県のスギ約40年生林分で発生した激しいシカによるスギ樹皮摂食害調査結果によると、剥皮部位の上端の高さは平均で約1m程度である(尾崎 2004)ことから、クマハギ被害の方が材質劣化に及ぼす影響は深刻である。

(3) クマハギの発生原因について

今回行った調査結果から、兵庫県東中国山地でクマハギが発生した原因について考えてみたい。クマハギを最初に確認した筆者の1人の観察によると、2008年の被害発生時期の5月頃、大笹調査地周辺地域ではチシマザサ(*Sasa kurilensis*)のタケノコが沢山生えていて、被害地周辺ではクマの糞に大量のチシマザサのタケノコを確認している。また、大笹調査地、秋岡調査地ともにスギの立木密度が少なく、よく陽光が差し込むため林床にはミヤマイラクサなど春季にクマの食料となる柔らかい草本類が繁茂しており、食料不足でクマハギを行ったとは考えにくい。

被害林分周辺地域は、近年、スギ造林木が成熟してきた地域である。クマハギが発生した理由につい



写真-4 秋岡調査地周辺地域で発生したシカによるスギ若齢木の樹皮食害
全周剥皮による枯損もみられ、枝葉も食害されていた。

ては今のところ想像するしかないが、成長して太くなったりスギが剥皮しやすい大きさになり、たまたま樹皮を剥いだクマがスギの樹皮下部分が新たな食物資源として利用できることを学習したと考えられる。樹皮下では、葉で生産されたショ糖などの単糖類が周年流動しているが、初春には蓄積された糖類が細胞内に多量にある。(山田ら 1992)。石川県では、昔は被害が軽微であったクマハギが最近になって被害が激化し、被害地が拡大している。この要因として、夏季に食料となる高茎草本に代わる食物資源として生育してきたスギを大量に利用し始めたからであるといわれている(八神 2000b)。今回の調査で、クマハギが発生するかしないかに年次変化があったが、このことも食物量の年次変化などの環境

条件がクマハギ発生と関係していることを示唆している。しかし、被害の拡大は、クマの母子間の行動の垂直伝搬によるという仮説（大西 2011）もあり、被害がこれまで発生していた地域（京都府など）からの分散個体によるもの可能性はないのかなど検討すべきことは多い。

また、秋岡調査地周辺で行った2012年6月の踏査では、クマハギ発生場所から東に約1km離れたスギ若齡林で激しいシカによる樹皮摂食害を確認した（写真-4）。兵庫県では、近年、シカが分布域を北へ拡大しており、日本海沿岸部においてもシカによる激しい植生被害が報告されている（尾崎ら 2013）。兵庫県東中国山地のクマ生息域はシカ生息域と重複してきている。シカの分布拡大とともに、クマの春季の食料となる柔らかい草本類がシカに食べ尽くされることも想定される。そうなると、クマにとって、草本類の代替え食料としてスギのクマハギを行うことも考えられる。さらに、クマハギとシカによる樹皮摂食害が同一区域で発生していることから、クマかシカか加害した獣類をきちんと見分けた上で、被害防除対策を検討していく必要がある。

引用文献

- 兵庫県農林水産部林務課（1986）兵庫県民有林スギ人工林収穫予想表. pp29, 神戸
 農林水産省森林総合研究所鳥獣管理研究室（1992）哺乳類による森林被害ウォッチング. pp4~5, 財団法人 林業科学技術振興所, 東京
 大西尚樹（2011）ツキノワグマによる樹皮剥ぎ行動の拡大過程. 森林防疫 60: 126~131
 尾崎真也（2004）兵庫県におけるニホンジカによる

スギ壮齡林の樹皮摂食害の実態. 森林応用研究 13: 69~73

尾崎真也・永井英司・宮田和男（2013）兵庫県豊岡市絹巻神社スタジイ林で発生したニホンジカによる植生被害. 森林防疫 62: 25~35

斉藤正一（1996）ツキノワグマによるスギ剥皮発生林分の立地環境と防除に関する一考察. 山形林試報告 26: 25~38

斉藤正一（2005）野生動物の動向と森林管理(4)クマハギ被害地の特徴と被害軽減方法. 森林組合 422: 12~18

坂庭浩之・姉崎智子・中山寛之（2010）群馬県におけるツキノワグマの期間限定給餌事業とその課題（速報2009）. 群馬県立自然史博物館研究報告 14: 103~110

澤田誠吾・金森弘樹・山川 渉・藤田 曜・金子愛（2010）島根県西部において初確認したスギ・ヒノキのクマハギ被害. 森林防疫 59: 128~134

八神徳彦（2000a）石川県におけるクマ剥ぎ被害の現状（第1報）—クマ剥ぎ激害地における剥皮形態-. 石川県林試研報 31: 1~9

八神徳彦（2000b）石川県におけるクマ剥ぎ被害の現状（予報）. 中森研 48: 145~148

山田文雄・小泉 透・伊藤進一郎・山田利博・三浦由洋・田中正己（1992）ニホンツキノワグマによる剥皮のスギ材質に及ぼす影響. 第103回日林論: 545~546

矢野進治（1986）兵庫県下の降積雪環境に関する研究(I)—最深積雪の分布-. 兵庫県林試研報 30: 69~75

(2013. 6. 6 受付, 2013. 6. 16掲載決定)

記録

京都府向日市におけるナラ枯れ対策奮闘記

小林正秀¹・清水広行²・藤下良夫³・矢尾尋子⁴・吉井 優⁵

1. はじめに

ナラ類、シイ・カシ類などのブナ科樹木がカシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* (以下、カシナガ) の穿入を受けて枯死する被害（以下、ナラ枯れ）が各地で拡大している（伊藤・山田 1998；小林・上田 2005）。

京都府では、1991年の旧久美浜町での被害が最初で（小林 2000），1993年に旧大江町の大江山で大規模な被害が発生して以降、北部全域に拡大し、1996～1997年には全国の被害面積の7割以上を占める大被害になった。その後、北部の被害は終息に向かったが、被害は徐々に南下し、2005年には京都市市街地周辺で確認された（小林・村上 2008）。その後も南下の勢いは止まらず、2012年には京都府内の全ての市町村で被害が確認された（図-1）。

ナラ枯れを抑えるため、様々な防除法が検討され

てきた。ここでは、京都府向日市での対策について詳述し、ナラ枯れを抑えるための注意点を指摘する。

2. 被害の発見と1年目の対策

2008年1月、一般市民によって向日市のはりこ山（面積4.5ha）での被害が発見された。この被害は、前年の被害地から最短で7.4km離れていた。このような飛び火的な被害の場合、枯死木の他に穿入生存木（カシナガの穿入を受けても生き残った樹木）が多数見つかるのが通常である。ところが、はりこ山での被害は、枯死木は発見されず、穿入生存木17本のみの初期段階で発見された。はりこ山は、京都盆地の南西端に位置し、京都府南部の被害先端地であったことから、被害を南下させないためにも対策が必要であった。しかし、カシナガの活動開始前までにブナ科樹木の樹幹部にビニールシートの被覆（以下、シート被覆）が実施できなかった。また、はりこ山の周辺が住宅地で、子供の遊び場であることから、「薬剤を一切使用しないで欲しい」との市議会議員からの強い要望があり、薬剤も使用できなかった。既存の被害地から離れた初期段階の被害であったことから、穿入生存木からのカシナガの脱出さえ防止すれば、周辺からの飛来虫は少なく、被害を抑えることができると思った。そこで、江崎（2002）が開発したスカート型トラップ（以下、ST）を用いて、穿入生存木からの脱出を防止することとした。

ナラ枯れを抑えるためには、その林分にどれだけのブナ科樹木が存在するのかを把握する必要がある。そこで、毎木調査（樹種、胸高直径、被害程度、コンパス測量による位置の把握）を実施した。なお、カシナガは直径10cm未満の樹木への穿入は少ないことから（末吉・谷口 1990），胸高直径9.0cm以上を対象とした。その結果、はりこ山には、コナラ、ア

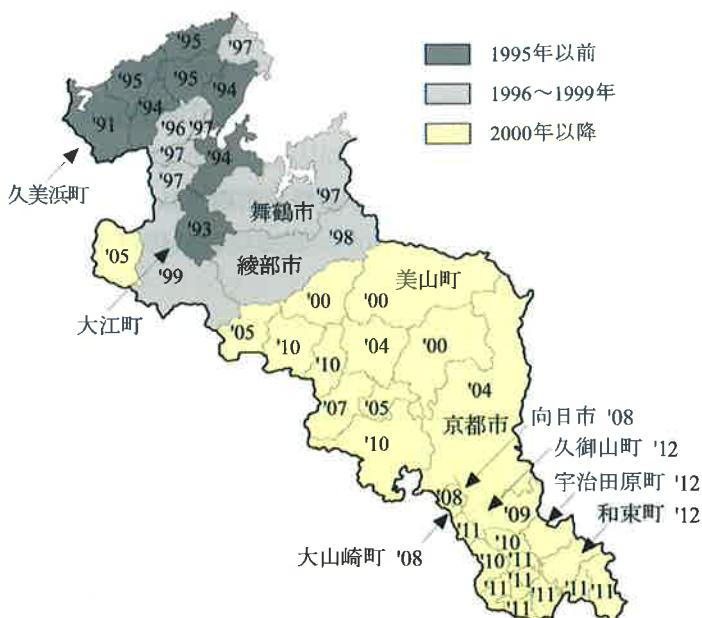


図-1 京都府におけるナラ枯れの発生経過

26 The record of struggles of prevention for Japanese oak wilt disease at Muko-city, Kyoto

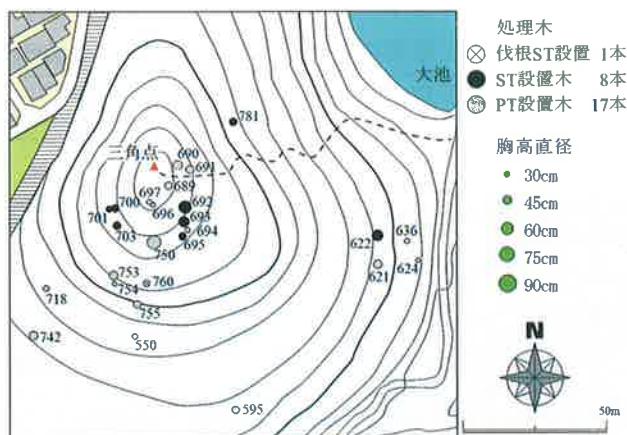
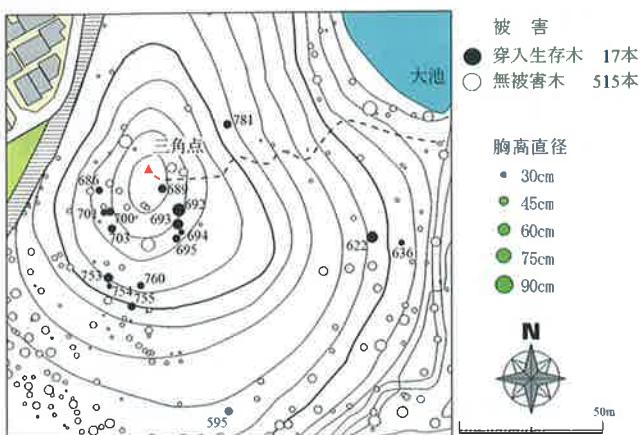
'KOBAYASHI, Masahide, 京都府立大学・京都府森林技術センター; SHIMIZU, Hiroyuki, 向日市産業振興課;

'FUJISHITA, Yoshio, 向日市産業振興課; YAO, Hiroko, 京都府立林業大学校; YOSHII, Yuu, 大阪府みどり推進課

表-1 はりこ山のブナ科樹木

調査木	本数 (N)	カシナガの穿入を受けた本数				総穿入数 (A)	穿入率 (A/N)	枯死本数 (B)	枯死率 (B/N)	平均DBH(cm)			
		2007年	2008年	2009年	2010年					全体	穿入木	枯死木	
コナラ	230	16(16)	35(20)	58(34)	139(96)	166	72.2%	69	30.0%	33.4	36.4	37.0	25.7
アラカシ	230	0(0)	1(1)	11(10)	62(51)	62	27.0%	3	1.3%	23.1	25.5	31.2	22.2
クヌギ	45	0(0)	0(0)	1(1)	6(5)	6	13.3%	0	0.0%	34.5	46.3	—	32.7
アベマキ	12	1(1)	1(0)	1(0)	3(2)	3	25.0%	1	8.3%	32.5	32.5	22.1	32.6
クリ	11	0(0)	0(0)	1(1)	0(0)	1	9.1%	0	0.0%	27.7	25.8	—	27.9
コジイ	4	0(0)	1(1)	2(1)	3(2)	4	100.0%	0	0.0%	58.1	58.1	—	—
合計	532	17(17)	38(22)	74(47)	213(156)	242	45.5%	73	13.7%	29.1	34.1	36.5	24.9

かっこ内の数値は、その年に初めて穿入を受けた本数



ラカシ、クヌギ、アベマキ、クリおよびコジイが合計532本存在していた（表-1）。

最初に発見された穿入生存木17本（表-1）は、三角点の周辺に多く（図-2）、コナラ16本の胸高直径（平均土標準誤差=40.1±10.2cm）は、残るコナラ214本の胸高直径（32.9±12.9cm）よりも有意に大きかった（対応のないt検定；P=0.031）。ナラ枯れでは、明るい場所の大径木が最初の穿入を受けやすいが（小林・柴田 2001；小林・上田 2001），はりこ山でも三角点から西～南斜面の明るい場所の大径木が最初に穿入を受けていた。

胸高直径35cmの衰弱木（760番：図-2）は、前年からのフ拉斯（虫糞と木屑が混じった粉）が根元に多量に堆積しており、地上高4m以上の幹にも多数の穿入孔があった。4m以上からの脱出を立木の

まま防止することは困難であることから、この衰弱木は5月16日に伐倒し、樹幹部は京都大学に持ち込んで脱出数を調査していただいた。また、伐根（直径50cm）は地際部まで切り戻して周辺の土を取り除いて木枠を置き、木枠周辺を黒色ゴムシートで被覆



写真-1 伐倒した衰弱木の伐根へのST設置

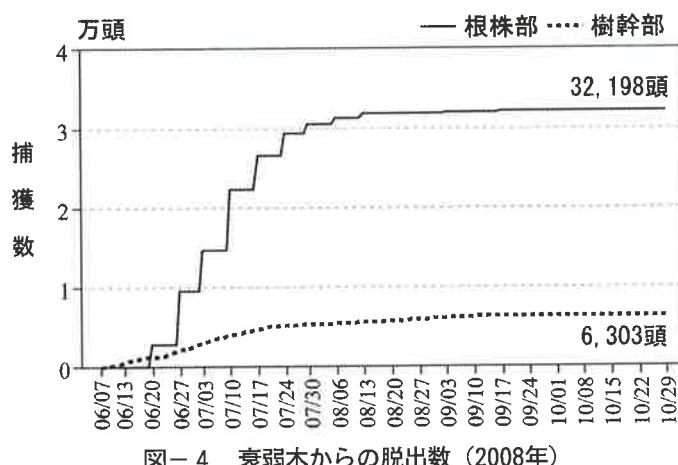


図-4 衰弱木からの脱出数 (2008年)

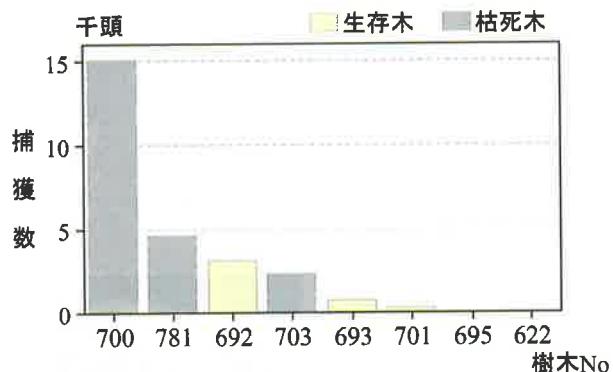


図-5 ST設置木毎の捕獲数 (2008年)

して明かり窓 3箇所にエタノール入りのペットボトルを設置した(図-3, 写真-1)。また、残る16本のうち、プラス排出量が多い8本の穿入生存木については、5月23日、STを設置して明かり窓を1

~2箇所設置した(図-3, 写真-2)。そして、6月7日~11月26日の間、ほぼ1週間ごとに捕獲虫を回収して雌雄別に数えた。

760番の樹幹部からは6,303頭が脱出したが、根株部からはその5倍以上の32,198頭が脱出した(図-4)。また、穿入生存木8本に設置したSTによって合計26,224頭が捕獲された(図-5)。700番の樹木では最多の15,080頭が捕獲されたが、穿入孔から樹液を排出していた695番と622番の樹木では捕獲がなく(図-5)、樹液を排出している樹木ではカシナガが繁殖困難であることが確認された。なお、8本中3本(700, 703および781番)が枯死したが(図-5)、これは、ST内に脱出した成虫が再穿入したために生じたと考えられた。

林内におけるカシナガの脱出が防止できても、林外からの飛来虫を捕獲しなければ、被害を完全に抑えることはできないことから、餌木誘殺を行った。5月24日、旧京北町男鹿谷でミズナラ1本とコナラ2本を伐倒し、ミズナラ丸太7本(長さ52~103cm, 中央径10.8~15.6cm)とコナラ丸太20本(長さ49.5~106cm, 中央径10.3~21.5cm)を作成し、9日間、貯水池に浸けた。そして、6月4日にはりこ山に持ち込み、はりこ山で伐倒して作成したコナラ丸太16本(長さ120~202cm, 中央径7.6~23.4cm)も加えて、衰弱木が発生した近くの2箇所(I区とII区)に設置し(写真-3), 穿入数を数えた。また、ペットボトルの先端部をつなげて作成したトラップ(以下、PT)を餌木周辺に2本ずつ吊り下げ、捕獲数を数えた(写真-3)。6月17日にも、再び男鹿谷でミズナラ1本とコナラ2本を伐倒し、ミズナラ丸太7本(長さ99~103.5cm, 中央径14.3~20.1cm)とコナラ丸太17本(長さ50~104.5cm, 中央径13.1~22.0cm)を作成し、6日間、貯水池に浸けた。そして、6月23日にはりこ山に持ち込み、衰弱木の近くに並べ、粘着紙(カミキリホイホイ)を取り付けて、粘着紙での捕獲数と餌木への穿入数を数えた(III区;写真-4)。

餌木誘殺の結果、I区とII区にセットしたPTで6月7日~7月3日の間に327頭が捕獲された。ま

た、Ⅲ区にセットした粘着紙で6月27日～7月24日の間に215頭が捕獲された。I区、II区およびⅢ区の餌木への穿入数は、それぞれ347孔、332孔および192孔（材積1m³当たりの穿入数は973孔、1,018孔および352孔）であった。斎藤（2012）に準じて1

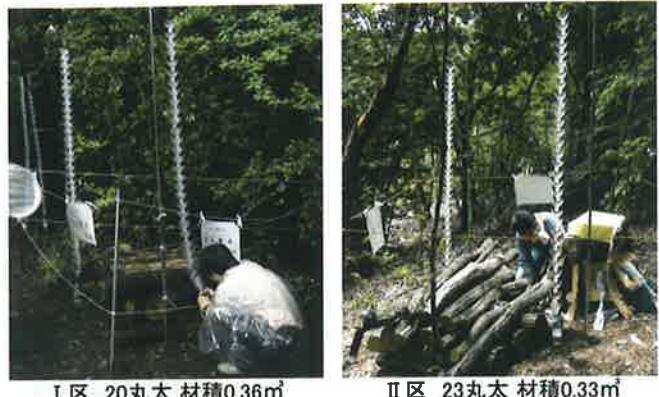


写真-3 6月4日に設置した餌木とPT



表-2 2008年に実施した餌木誘殺（I区とII区）

	本数	平均材積 (m ³)	総穿入数	丸太当たり穿入数	材積当たり穿入数
樹種	ミズナラ	7	0.013	72	10.3
	コナラ	36	0.017	607	16.9
処理	浸水	27	0.014	399	14.8
	無処理	16	0.019	280	17.5
材積	0.01m ³ 未満	13	0.008	36	2.8
	0.01m ³ 以上	30	0.019	643	21.4
					1,066

穿入孔に1.4頭の成虫が穿入したと仮定すると、餌木による誘殺数は合計1,761頭となった。

I区とII区の餌木での穿入数を表-2に示す。材積当たりの穿入数は、ミズナラとコナラ間に大差はなかった。カシナガと同属の*Platypus subgranosus*では、浸水丸太への穿入数が多くなることが知られている（Elliott et al. 1983）。カシナガも、浸水丸太は繁殖に適しており（小林・上田 2003；Kitajima and Goto 2004），誘引力が増す（小林ら 2004b）。そこで、今回、浸水丸太を用いた結果、有意な差ではなかったが、浸水丸太での穿入数は浸水しなかった丸太よりも多かった。また、小さい丸太では含水率が低下しやすく、カシナガが繁殖できないことから、大きい丸太ほど穿入数が多くなることが知られている（小林・上田 2002；小林ら 2003；2004b）。



写真-5 メイカコートの塗布



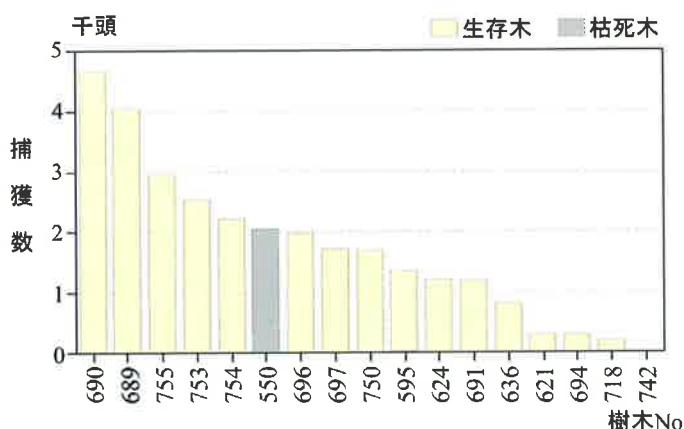


図-6 PT設置木毎の捕獲数（2008年）

今回も、大きい丸太ほど材積当たりの穿入数が多く、
0.01m³未満の丸太と0.01m³以上の丸太間に有意差が
認められた（対応のないt検定： $P < 0.0001$ ）。

このほか、カシナガの穿入を回避するため、大径木を中心に合成樹脂製の樹木保護資材（明成化学製メイカコート）を塗布した。塗布本数は、6月30日6本、7月3日18本、7月11日18本、8月12日9本の合計51本であった。うち20本は地上高2mまでを塗布したが、31本では経費節減のため塗布部位を根

元に限定した（写真-5）。また、塗布時点で穿入を受けていた樹木も多く、最終的には51本中24本が穿入を受け、2本（550と687番）が枯死した。

上述したように様々な対策を実施したにもかかわらず、カシナガによる穿入を受ける樹木が発生した。そこで、穿入を受けた17本に順次PTを2～5基（合計50基）設置して飛来虫を捕獲した（図-3、写真-6）。その結果、6月27日～10月22日の間に合計29,209頭が捕獲され、690番では最大の4,670頭が捕獲された（図-6）。PT設置木のうち550番のみが枯れたが（図-3、図-6），この樹木ではPT設置時に既に多数の穿入を受けていた。

3. 2年目（2009年）の対処法

2008年の総合防除にもかかわらず、38本が穿入を受けて（表-1），うち5本が枯れた。そこで、2009年は、2月にこれら5本を伐倒搬出し、樹幹部をチップ化した。そして、5月19日、これら5本の伐根と前年の伐根に2008年と同様にSTを設置した（図-7）。その結果、5月29日～10月9日の間に19,810頭が捕獲された。2008年に初めて穿入を受けた687

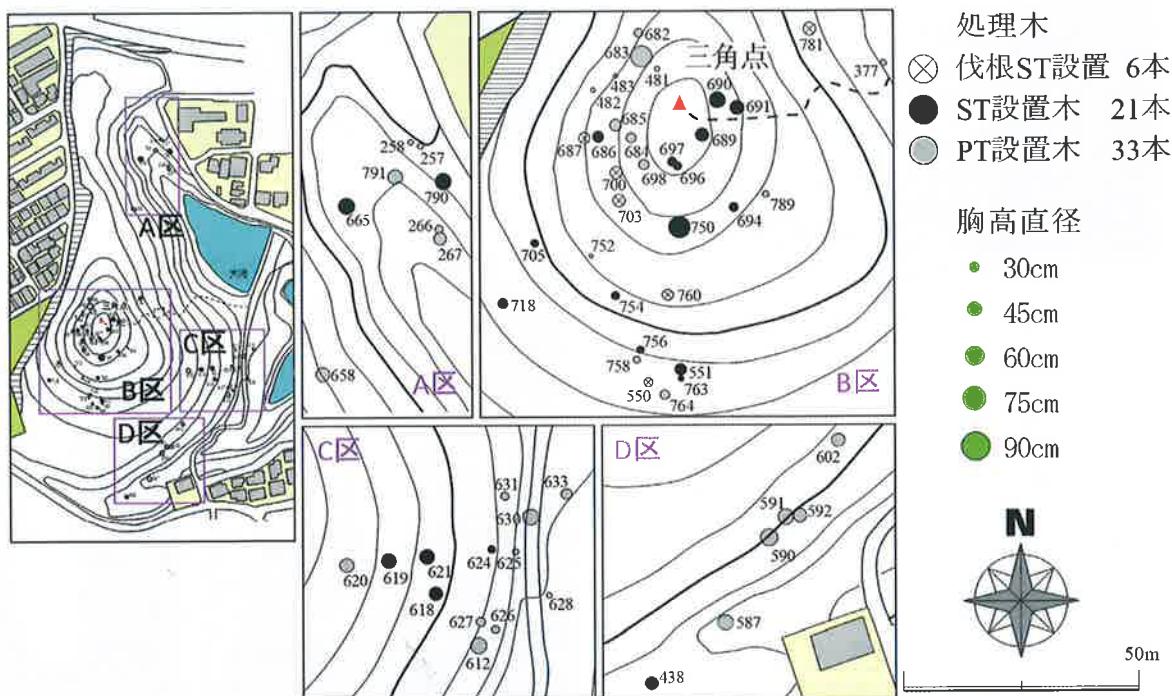


図-7 2009年のSTまたはPT設置木

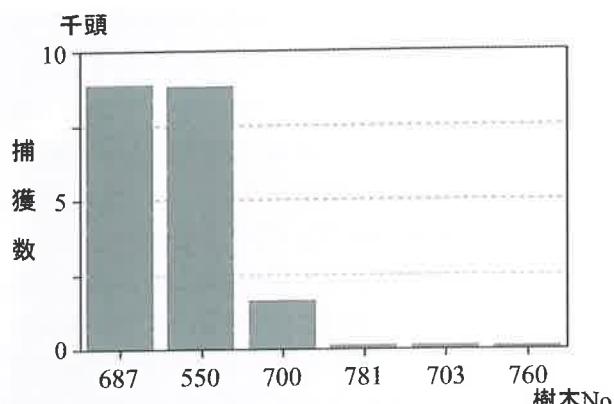


図-8 STを設置した伐根毎の捕獲数（2009年）

番と550番の伐根では捕獲数が多く、それぞれ8,919頭と8,842頭が捕獲されたが、2007年に穿入を受けた700, 781および703番での捕獲数は、それぞれ1,631頭、164頭および135頭と少なかった（図-8）。既に穿入を受けた樹木に穿入したカシナガの繁殖成功度は低くなることが知られており（加藤ら 2001；江崎ら 2002；小林ら 2004a），2007年に穿入を受けていた樹木に穿入したカシナガの多くが繁殖に失敗したと考えられる。なお、前年に3万頭以上が捕獲された衰弱木の伐根（760番）からは、2009年にも119頭が捕獲された。穿入孔にチューブを挿入して脱出数を把握する方法で、200頭以上が脱出した穿入孔から、翌年にも数十頭が捕獲されたことがあり、羽化までに2年を要したと考えられている（小林 2006）。この119頭も2007年に穿入した成虫から生まれた子供が、羽化するのに2年を要した個体である可能性が高い。

2009年も、6月2～5日の間、前年からのプラス排出量が多い穿入生存木21本にSTを設置した（図-7）。なお、2008年は明かり窓が1～2箇所と少なかったため、ST内への脱出虫が明かり窓まで到達できずに、同じ木に再穿入したと考えられたことから、2009年は、明かり窓を2～4箇所に増やした。その結果、6月9日～10月29日の間に303,425頭を捕獲したが、21本中12本が枯死した（図-9）。最も大きかった（胸高直径68cm）750番は生存していたが、59,015頭が捕獲された（図-

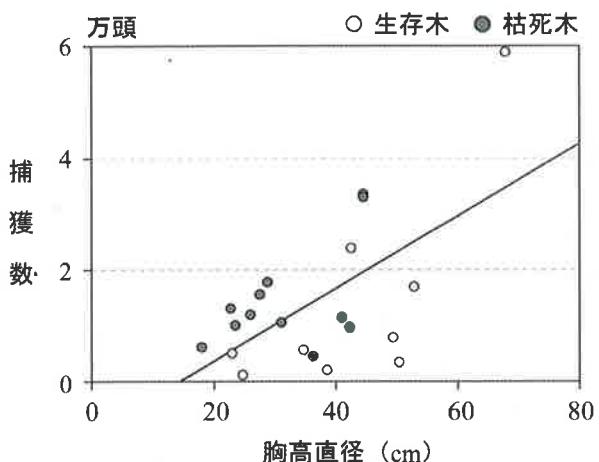


図-9 穿入生存木毎のSTによる捕獲数（2009年）

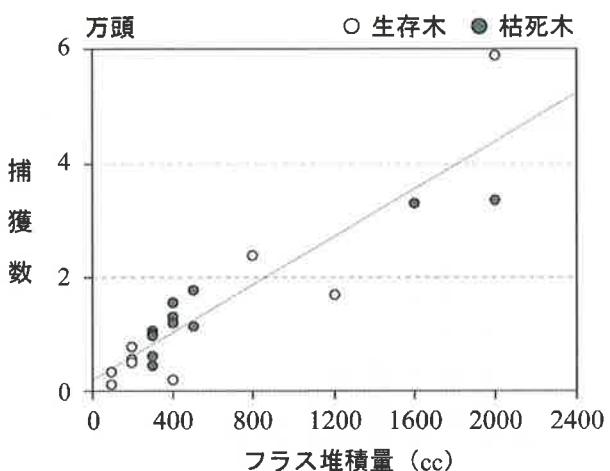


図-10 プラス堆積量とSTによる捕獲数との関係

9）。このように、最終的な樹木の生死とは無関係に胸高直径が大きいほど捕獲数が多い傾向があり、両者間に有意な正の相関関係が認められた（回帰直線、 $r=0.597$, $P=0.004$ ）。なお、ST設置前に、地際部に堆積していたプラスをかき集めて牛乳瓶に入れ、牛乳瓶の何本分に相当するかの概略を把握しておいた。そのプラス堆積量が多い樹木ほど捕獲数が多く（図-10）、両者間に有意な正の相関関係が認められ（回帰直線； $r=0.908$, $P<0.0001$ ），プラス排出量が多い樹木ほど多数の幼虫が育ち、脱出数が多くなることが確かめられた。

2008年はメイカコートを既に穿入を受けている

樹木に塗布したり、地際部にだけ塗布したために塗布木が枯死した。そこで、2009年は、6月15日に6本、6月22日に8本の合計14本の未穿入木の地上高2mまでを塗布した。その結果、14本中3本が穿入を受けたが、枯死した樹木はなかった。

上述の対策を実施したにもかかわらず、林内の樹木がカシナガの穿入を受け始めたことから、穿入を受けた33本に順次PTを2~10基（合計145基）設置して飛来虫を捕獲した（図-7）。その結果、6月29日~10月29日の間に合計116,884頭が捕獲された。PT設置木のうち、591、626および630番の3本が枯れたが、これらの樹木ではPT設置時に既に多数の穿入を受けていた（図-7）。

穿入生存木に設置したSTとPTによる捕獲消長を

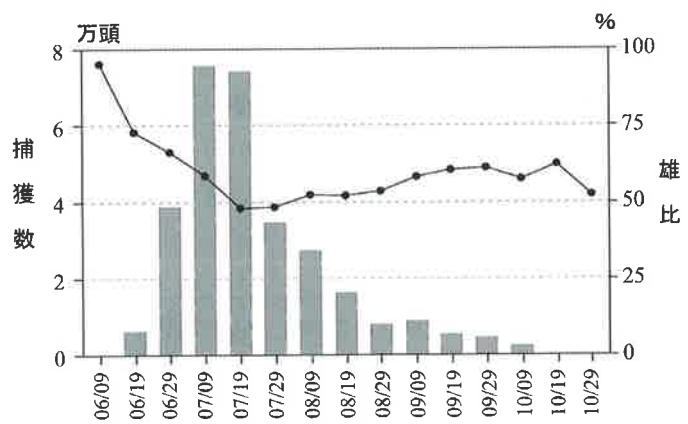


図-11 STによる捕獲消長 (2009年)

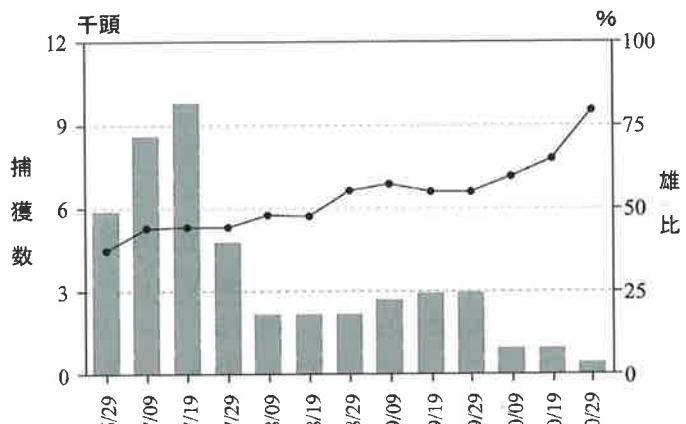


図-12 PTによる捕獲消長 (2009年)
(7月8日までに設置した9本での結果)

図-11、図-12に示す。カシナガの発生消長は、5月下旬~6月に始まり、6~8月がピークで、10~11月まで続き（谷口・末吉 1990；佐藤ら 1993；小林・萩田 2000；Esaki *et al.* 2002），雄の脱出時期は雌よりも早いことが知られている（Soné *et al.* 1998；小林・萩田 2000）。STによる捕獲消長はこれと一致し、脱出初期には雄の捕獲割合が高かった（図-11）。しかし、PTによる捕獲消長では異なる傾向が認められた。7月8日までにトラップを設置した9本では、雄の捕獲割合は脱出初期は50%以下であったが、8月中旬以降に50%を超えた（図-12）。この原因は、樹木に飛來した成虫の行動が雌雄によって異なるために生じたと考えられる。樹木への飛來虫は着地位置を探すためにホバリングするため、PTで捕獲される。従ってホバリング時間が長いほど捕獲される確率が高くなる。樹木に飛來した雄は穿入孔を掘る場所（穿入孔がない場所）を探すが、雌は穿入孔がある場所を探す。脱出初期は、幹に掘られた穿入孔が少ないため、雄は穿入場所を吟味する必要がなく、ホバリング時間は短いが、雌は少ない穿入孔を探さねばならず、ホバリング時間が長くなると考えられる。このため、脱出初期には雄の捕獲割合が低くなったと考えられる。一方、時間経過とともに、幹に掘られた穿入孔の数が多くなると、雄は穿入孔がない場所を探さねばならず、ホバリング時間が長くなるが、雌は多数の穿入孔があるため、ホバリング時間が短くなるはずである。このため、時間経過とともに雄の捕獲割合が高くなつたと考えられる。なお、STでの総捕獲数のうち9月に捕獲されたのは21,945頭で全体の7.2%に過ぎなかったが（図-11）、PTでの総捕獲数のうち9月に捕獲されたのは、7月8日までにトラップを設置した9本では10,851頭（図-12）、全体では52,919頭で、それぞれ総捕獲数の23.4%と45.3%を占めた。カシナガの雄は交尾後に集合フェロモンの発散を停止する（上田・小林 2002）。このため、9月になると穿入孔の多くで交尾が終了し、通常であれば、集合フェロモンを大量に発散する樹木は林内には存在しなくなるはずである。しかし、PT設置木では、雌が飛



写真-7 向日神社境内の放火木へのシート被覆

来しても穿入孔に到達するのが困難で、未交尾の雄が多く残る。このため、PT設置木では9月になっても未交尾の雄による集合フェロモンの発散が継続され、捕獲数が低下しなかったと考えられる。

はりこ山での防除は、600mほど離れた向日神社の周辺林に被害を拡大させないことも目的としていた。そのため、定期的に向日神社周辺林を見回っていたところ、6月23日と7月17日にそれぞれ1本(いずれも放火による焼け焦げた樹木)に穿入が確認され、その日のうちにシート被覆などの対策を実施した(写真-7)。また、7月下旬には向日神社周辺林の約50本にメイカコートを塗布した。その結果、向日神社周辺林での枯死木の発生を食い止める成功した。

4. 3年目(2010年)の対処法

2009年も2008年と同様の総合防除を実施したが、74本が穿入を受けて15本が枯死したため(表-1)、これまでの方法では被害は抑えられないと判断された。特に、2008年の枯死木5本中3本と、2009年の枯死木15本中12本はST設置木であり、ST設置でカシナガの脱出が防止できても、樹木の枯死は防げなかった。そこで、ウレタンの利用を検討した。カシナガ成虫は、大顎を利用して樹木纖維をほぐし、ほぐした纖維を引き抜くようにして坑道を掘る(小林2006)。このため、引いても伸びるウレタンを幹に被覆すれば、脱出が抑えられると考えた。そこで、2010年6月2~11日の間、穿入生存木32本に、無償提供を受けたウレタン(厚さ10mm)を被覆し、うち24本にはスミバイン乳剤50倍液などの薬剤を1樹当たり3~5ℓ散布した。さらに、これら32本のウレタンの上に、ストレッチフィルム(厚さ15μm×幅30cm、ポリエチレン製)を被覆した。そして、ウレタン処理木からの脱出数を把握するためにSTを設置した。この他、15本の穿入生存木には、ウレタンにスミバイン乳剤50倍液を散布してストレッチフィルムで被覆した後、地際部を黒色ゴムシートで被覆した(図-13, 写真-8)。その結果、32本のST設置木で、6月15日~11月2日の間に38,120頭が捕獲された。ウレタン処理による効果を表-3に示す。ウレタンに薬剤を散布した処理木当たりの脱出数は907頭で、薬剤を散布しなかった場合(2,044頭)より



写真-8 ウレタン処理木へのST設置またはゴムシート被覆

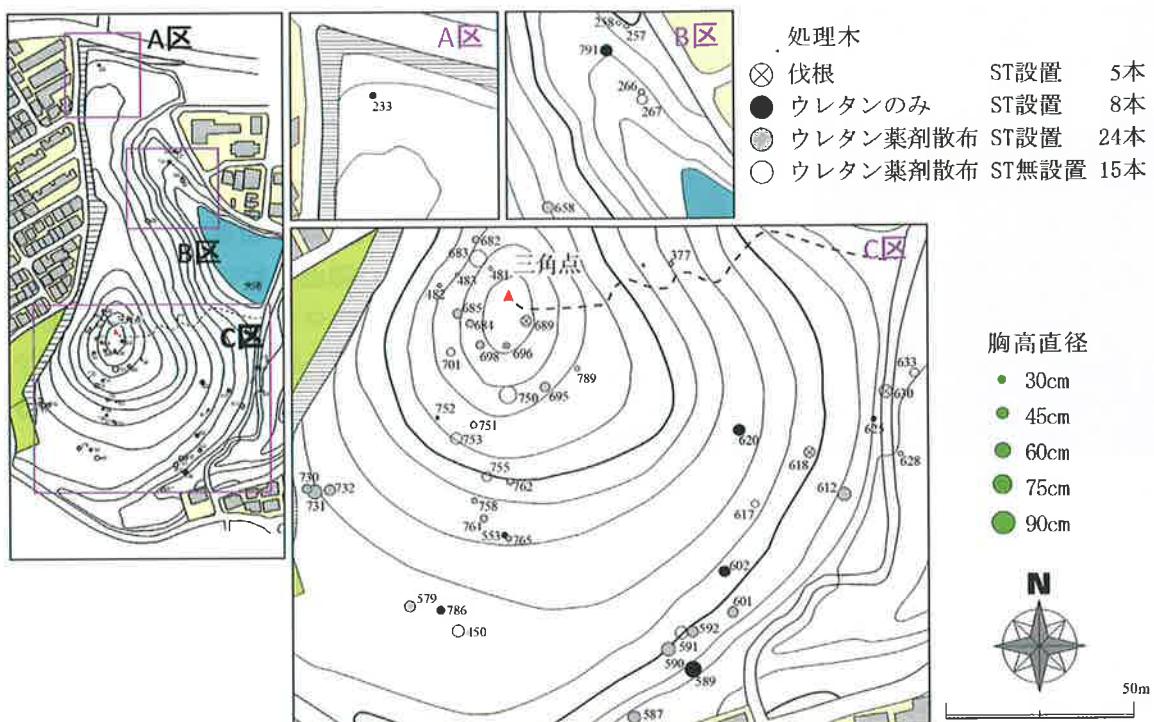


図-13 2010年の処理木の位置図

表-3 ウレタン処理の効果

薬剤 散布 の有無	ST 設置 の有無	処理 本数	捕獲数		枯死 本数	枯死率 (%)
			総数	1本当たり		
無	有	8	16,353	2,044	4	50.0
有	有	24	21,767	907	16	66.7
有	無	15	-	-	2	13.3

も少なかったが、処理木間のばらつきが大きく有意な差ではなかった。また、ウレタン処理木47本のうち22本が枯れてしまった。STトラップを設置しなかった場合は、15本中2本しか枯れなかったことから、STが悪影響を与えた可能性がある。いずれにしても、ウレタンを用いた方法でも脱出を完全に防止することはできず、樹木の枯死も回避できなかった。これは、カシナガがウレタンを食い破ったのではなく、ウレタンを重ねた隙間から脱出したことが原因と考えられた。伐根に1枚のウレタンを被覆してスミパイン乳剤を散布した場合は、被覆したウレタンにカシナガの脱出による穴があかなかつたこと



写真-9 ウレタン被覆による伐根からの脱出防止

から（写真-9），伐根からの脱出を抑える方法としてウレタン処理は有効であると考えられた。

2010年は、前年に発生した枯死木15本のうち5本しか伐倒・搬出できなかったが、これら5本の伐根にはSTを設置した（図-13）。その結果、6月15日



写真-10 2010年に実施した餌木誘殺



写真-11 2012年8月31日のヘリ調査結果

～9月15日の間に21,652頭が捕獲された。この他、6月21日、はりこ山でアラカシが数本伐倒されたため、これから餌木用の丸太71本（長さ50～100cm、中央径9.2～30.9cm、総材積1.04m³）を作成し、三角点付近に井桁状に設置した（写真-10）。しかし、餌木の設置時期が遅く、これらの餌木への穿入数は386孔で、540頭程度しか誘殺できなかった。

2010年はPTの設置もできなかったことから、合計213本が穿入を受けて52本が枯れた（表-1）。また、隣接する向日神社周辺林にも被害が拡がり、52本が穿入を受けて20本が枯れた。

5. 4年目（2011年）以降の対処法

2010年に向日神社周辺林にも被害が拡大したことから、2011年は、防除予算が確保され、薬剤も使用されることになった。そして、はりこ山で39本と、向日神社周辺林で9本の合計45本が伐倒くん蒸された。また、向日神社周辺林では、穿入生存木65本にウレタン被覆と、健全木の大半（412本）にシート被覆が実施された。その結果、被害は減少に転じ、はりこ山では33本（うち11本が枯死）が、向日神社周辺林では22本が穿入（うち8本が枯死）を受けただけであった。また、2012年は、数本にメイカコートを塗布する対策を実施しただけで、穿入を受ける樹木もほとんどなく、2012年8月31日に実施したヘリコプターによる調査では、枯死木は見つからなかった（写真-11）。

6. 考察

今回の対策によって新知見が得られた。まず、カシナガは樹幹部よりも根株部での繁殖数が多い場合があることが判明した。また、フラス排出量が多い樹木ほどカシナガの繁殖数が多く、穿入生存木でも、1本から10万頭近くが脱出する場合があることが判った。これらの結果は、カシナガの個体群密度は、これまでの予想よりも高いことを示唆している。衣浦・後藤（2002）は、枯死木に設置したSTによる捕獲数を基にカシナガの個体群密度を推定しており、ミズナラ枯死木89本が存在する調査地では26万頭が脱出すると推定した。しかし、STでは脱出虫の全ては捕獲できないことから、この結果は過小評価になっていると考えられた。そこで、小林・野崎（2006）は、枯死木の材積当たりのカシナガ生息数をまとめ、材積当たりの脱出数が35,000頭/m³程度であることを示し、この数値を基に個体群密度を推定する数理モデルを提案した。この数理モデルでは、枯死木89本（胸高直径30cm）から200万頭近くが脱出すると推定された。この数理モデルは、枯死木の樹幹部だけを対象としているが、穿入生存木や根株部からの脱出も多いことが今回判明した。さらに、数理モデルの基になった枯死木からの脱出数は、被害発生から5年以上が経過した林分の枯死木での値であり、被害発生初期林の枯死木での値ではなかった。カシナガの穿入孔当たりの脱出数、すなわち繁殖成功度（2頭の親が育て上げる子供の数）は、数十頭程度とする報告が多い（小林・上田 2005など）。しかし、

被害発生初期林での繁殖成功度は高く、例えば、長岡京市の落雷を受けた枯死木からは穿入孔当たり平均164頭（最高588頭）が（小林 2010）、京都大学構内の外来樹種では947頭が脱出した記録がある（伊東ら 2010）。はりこ山でも、最初に見つかった衰弱木の根株部から3万頭以上が脱出した。その上、林分内のカシナガの個体数には、林分外からの飛来数も含まれる。これらのことと総合すると、89本の枯死木が発生している林分では、1000万頭以上のカシナガがいても不思議ではない。実際、2008年に17本の穿入生存木しかなかったはりこ山では、その年に10万頭程度を捕獲したにもかかわらず、多くの樹木が穿入を受けており、40万頭以上が生息していたと推定された（小林 2010）。

今回の対策は、ナラ枯れ対策において何が最も重要な点を示唆している。京都府では、枯死木の伐倒くん蒸とシート被覆の併用で防除に成功している事例が多い（小林・萩田 2003）。このため、はりこ山でも、同じ対策を実施すべきであったが、予算がなく、シート被覆が実施できなかった。また、薬剤も使用できなかった。結果、2008～2010年には、実績のない方法で対応せざるを得ず、被害を抑えることができなかった。被害が向日神社の社叢林に拡大し、ようやく、シート被覆が実施された結果、被害が終息した。2008～2011年の4年間で、はりこ山と向日神社周辺林で合計93本が枯死し、はりこ山では、コナラの30%が失われた（表-1）。この間に要した経費は、人件費や資材費など合計1000万円を超えたであろう。もし、初年度に徹底した対策を実施していれば、経費も被害量も低く抑えられたと考えられる。ナラ枯れ対策として、これまでに多くの防除法が開発されているが、新しい防除法を単独で用いて防除に成功した例は報告されていない。ここで紹介した向日市での対策でも、新しい方法だけで対応したことが失敗の原因であった。やはり、経費はかかるが、実績のある方法を組み合わせ、初期段階で、徹底的な対策を講ずることが重要である。実際に、神戸市では、被害発生前から警戒を強め、チラシ配布などにより被害情報の提供が呼びかけられた。これが功

を奏し、2010年に六甲山系でコナラ枯死木3本が発見された。そして、枯死木やフラス排出量が多い穿入生存木が直ちに伐倒処理され、周辺木120本がシート被覆された。このような徹底した対策が実施された結果、2012年まで、毎年の枯死木数を2本以下に抑えている（神戸市 細井直樹氏私信）。

ナラ枯れを抑えるためには、2つの方法がある。1つは「カシナガの数を減らすこと」であり、もう1つは「カシナガの餌を減らすこと」である。先人達がやっていた餌木誘殺は、餌である立木を伐倒して、カシナガに穿入させて燃やす方法であり、カシナガの数と、カシナガの餌を減らすことを同時に行う優れた方法である。しかし、木を燃料として使わなくなってしまった現在では、大径木の伐倒や、餌木の利用が困難である。そこで、向日市では、2008～2010年に「カシナガの数を減らすこと」を目的とした方法を実施した。その結果、3年間で60万頭近くを捕獲したにもかかわらず、被害は減らなかった。これは、PTが開発途上で、捕獲効率が低かったことも影響している。しかし、そもそも、林分内に、どのくらいの数が生息しているのか判らないカシナガを捕まえて被害を抑えることは難しい。一方、ほぼ全木をシート被覆した結果、被害は一気に減少した。カシナガは、シート被覆木を餌として認識できないはずであり、シート被覆はカシナガの餌を減らす方法である。向日市での対策は、カシナガの数を減らすだけでなく、カシナガの餌を減らす方法との併用が有効であることを示している。

7. おわりに

向日市でのナラ枯れ対策は、奮闘記というタイトルにふさわしいほど、向日市職員などが予算のない中、現場で奮闘した。こうしたやり方は、一見、経費節減になるように見えるが、かえって膨大な経費をつき込むことになった。現在の日本では、ナラ枯れに対して、被害の初期段階で多額の経費が投入されることは少ない。大被害になってから予算が確保されることが多いが、それでは被害拡大は止まらない。ここで紹介した事例は、最終的には被害を抑え

たが、成功例とは言い難い。新たに被害が発生した市町村や、被害が迫っている市町村は、この奮闘記を参考にして被害の初期段階で徹底した対策を講じていただきたい。

引用文献

- 伊東康人・飯塚弘明・山崎理正 (2010) 日本に自生しないブナ科 2 種 (*Quercus laurifolia*, *Q. robur*) におけるカシノナガキクイムシの繁殖成功度. 第 57回日本生態学会講演要旨集: P2~179
- 伊藤進一郎・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損被害の分布と拡大. 日林誌 80: 229~232
- Elliott HJ, Madden JL, Bashford R (1983) The association of ethanol in the attack behaviour of the mountain pinhole borer *Platypus subgranosus* Schedl (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae). J Aust Entomol Soc 22: 299~302
- 江崎功二郎 (2002) スカート型トラップによる食材性甲虫類の調査法. 昆虫と自然 37(4): 24~25
- Esaki K, Kamata N, Kato K (2002) A sticky screen trap for surveying aerial populations of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). Appl Entomol Zool 37: 27~35
- 江崎功二郎・鎌田直人・加藤賢隆・井下田寛 (2002) カシノナガキクイムシの穿入と枯損木拡大経過. 森林防疫 51: 132~135
- 加藤賢隆・江崎功二郎・井下田寛・鎌田直人 (2001) カシノナガキクイムシのブナ科樹種 4 種における繁殖成功度の比較 (予報). 中森研 49: 81~84
- 衣浦晴生・後藤秀章 (2002) カシノナガキクイムシの個体群密度推定. 第113回日林講要: 276
- Kitajima H, Goto H (2004) Rearing technique for the oak platypodid beetle, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae), on soaked logs of deciduous oak tree, *Quercus serrata* Thunb. ex Murray. Appl Entomol Zool 39: 7~13
- 小林正秀 (2000) カシノナガキクイムシの各種広葉樹丸太への穿孔. 森林応用研究 9(2): 99~103
- 小林正秀 (2006) ブナ科樹木萎凋病を媒介するカシノナガキクイムシ. 樹の中の虫の不思議な生活 (柴田叡式・富権一巳編著). 東海大学出版会, 東京, pp187~212
- 小林正秀 (2010) 大量捕獲によるカシノナガキクイムシの個体群密度推定. 第121回日林講要: c32
- 小林正秀・萩田 実 (2000) ナラ類集団枯損の発生経過とカシノナガキクイムシの捕獲. 森林応用研究 9(1): 133~140
- 小林正秀・萩田 実 (2003) カシノナガキクイムシのビニールシート被覆による防除法. 森林防疫 52: 137~147
- 小林正秀・村上幸一郎 (2008) ブナ科樹木萎凋病の防除の実際—京都市東山での事例から—. 森林科学 52: 46~49
- 小林正秀・野崎 愛 (2006) カシノナガキクイムシの脱出数と枯死本数の推定. 森林防疫 55: 224~238
- 小林正秀・柴田 繁 (2001) ナラ類集団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(I)—京都府舞鶴市における調査結果—. 森林応用研究 10(2): 73~78
- 小林正秀・上田明良 (2001) ナラ類集団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(II)—京都府和知町と京北町における調査結果—. 森林応用研究 10(2): 79~84
- 小林正秀・上田明良 (2002) 長さの異なる餌木へのカシノナガキクイムシの穿入と繁殖. 森林応用研究 11(2): 55~58
- 小林正秀・上田明良 (2003) 異なる処理をした丸太におけるカシノナガキクイムシの繁殖. 森林応用研究 12(2): 173~176
- 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死—被害発生要因の解明を目指して—. 日林誌 87: 435~450
- 小林正秀・野崎 愛・衣浦晴生 (2004a) 樹液がカ

- シノナガキクイムシの繁殖に及ぼす影響. 森林応用研究 13(2): 155~159
小林正秀・野崎 愛・上田明良 (2004b) 寄主の含水率がカシノナガキクイムシの穿入行動と孔道内菌類に与える影響. 応動昆 48: 141~149
小林正秀・上田明良・野崎 愛 (2003) カシノナガキクイムシの飛来・穿入・繁殖に及ぼす餌木の含水率の影響. 日林誌 85: 100~107
斎藤正一 (2012) 大量集積型おとり丸太によるカシナガの誘引法. 第123回日林講要: Pb142
佐藤千恵子・荒井正美・衣浦晴生 (1993) 山形県におけるナラ類集団枯損—カシノナガキクイムシの発生消長—. 日林論 104: 647~648
Soné K, Mori T, Ide M (1998) Life history of

the oak borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). Appl Entomol Zool 33: 67~75
末吉政秋・谷口 明 (1990) カシノナガキクイムシに関する研究(I)—被害の地理的分布と被害の実態—. 日林九州支論 43: 153~154
谷口 明・末吉政秋 (1990) カシノナガキクイムシに関する研究(II)—成虫の発生消長・加害時期・加害量の推移—. 日林九州支論 43: 155~156
上田明良・小林正秀 (2002) カシノナガキクイムシの交尾後の集合停止および忌避フェロモン不在の予測. 第46回応動昆講要: 58
(2013. 6. 6 受付, 2013. 6. 16掲載決定)

都道府県だより

山形県民有林におけるナラ類集団枯損被害について

○山形県民有林の被害推移について

山形県民有林におけるカシノナガキクイムシによるナラ類集団枯損被害（以下ナラ枯れ被害と記載）については、昭和34年に鶴岡市旧温海町内で最初のナラ枯れ被害と思われる被害木が発見されましたが、数年で被害が終息しました。その後、平成3年に鶴岡市旧朝日村でナラ枯れ被害が発生し、近隣の鶴岡市旧櫛引町や鶴岡市旧羽黒町にも被害が拡大していました。平成15年まではナラ枯れ被害の発生は本県日本海側の庄内地区のみでしたが、平成17年以降、最上地区、置賜地区、村山地区と被害区域が県内陸部に向けて急激に拡大し、平成21年には5条森林のない三川町を除く県内34市町村でナラ枯れ被害が発生しました（図-1）。

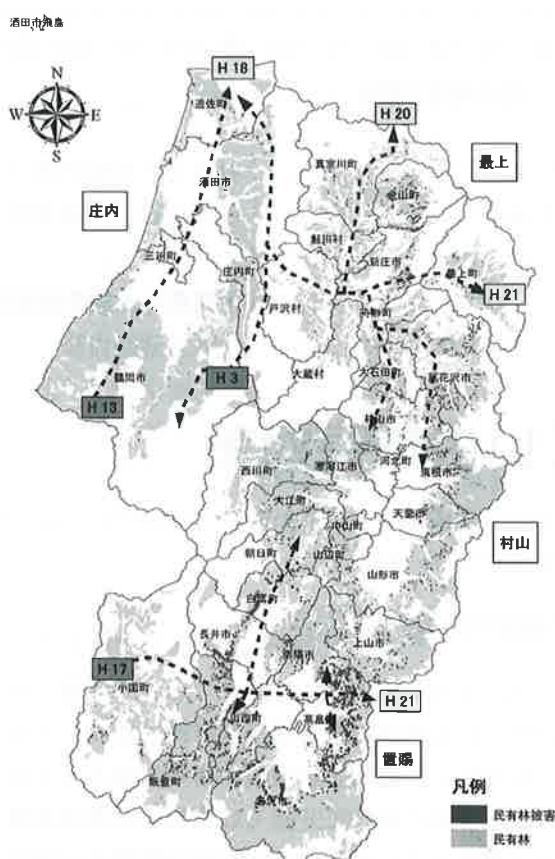


図-1 山形県民有林におけるナラ枯れ被害拡大経路

ナラ枯れ被害量については、平成3年に鶴岡市旧朝日村で600本の被害木が発生してから、平成17年に40,578本まで拡大するまでは、被害のほとんどが庄内地区で発生していました。その後、平成19年からは内陸部の市町村で被害量が急増し、平成22年には過去最大の176,075本の被害量となり、その約8割を県南部の置賜地区が占めています。平成23年以降は被害量が急減し、平成24年のナラ枯れ被害本数は、46,447本で、被害ピークである平成22年の約3割に減少しています（図-2）。

○被害対策の取組について

急激にナラ枯れ被害が拡大していた平成21年までは、被害拡大先端地での集中的な駆除を実施していましたが、ナラ枯れ被害が全県的に拡大してからは、特に公益性が高く継続的にナラ類を保全していく森林を「特定ナラ林（86箇所、計3,495ha）」に指定し、国庫補助事業を中心に重点的な防除を実施しています。

他のナラ林については、被害軽微地ではナラ林の伐採利用を推進することにより害虫駆除とナラ林の更新を図る広葉樹林健全化促進事業（やまがた緑環境税活用事業）や、ナラ枯れ被害倒木による二次被害防止のための枯損木処理を行う荒廃森林緊急整備事業（やまがた緑環境税活用事業）を実施すると共に、激害地の跡地処理から未被害地の予防まで対応する市町村総合交付金事業（県単独予算）を導入し、地域の実情に合わせた総合的な防除を行っています。さらに、合成フェロモン誘引剤によるカシノナガキクイムシの大量捕殺手法の実用化に向けてナラ枯れ被害対策検証事業（やまがた緑環境税活用事業）を実施しています。

○おわりに

図-2のグラフにあるように、平成21年から全県域に拡大したナラ枯れ被害は、これまでの徹底した防除の取り組みの効果もあり、漸く減少傾向を迎え

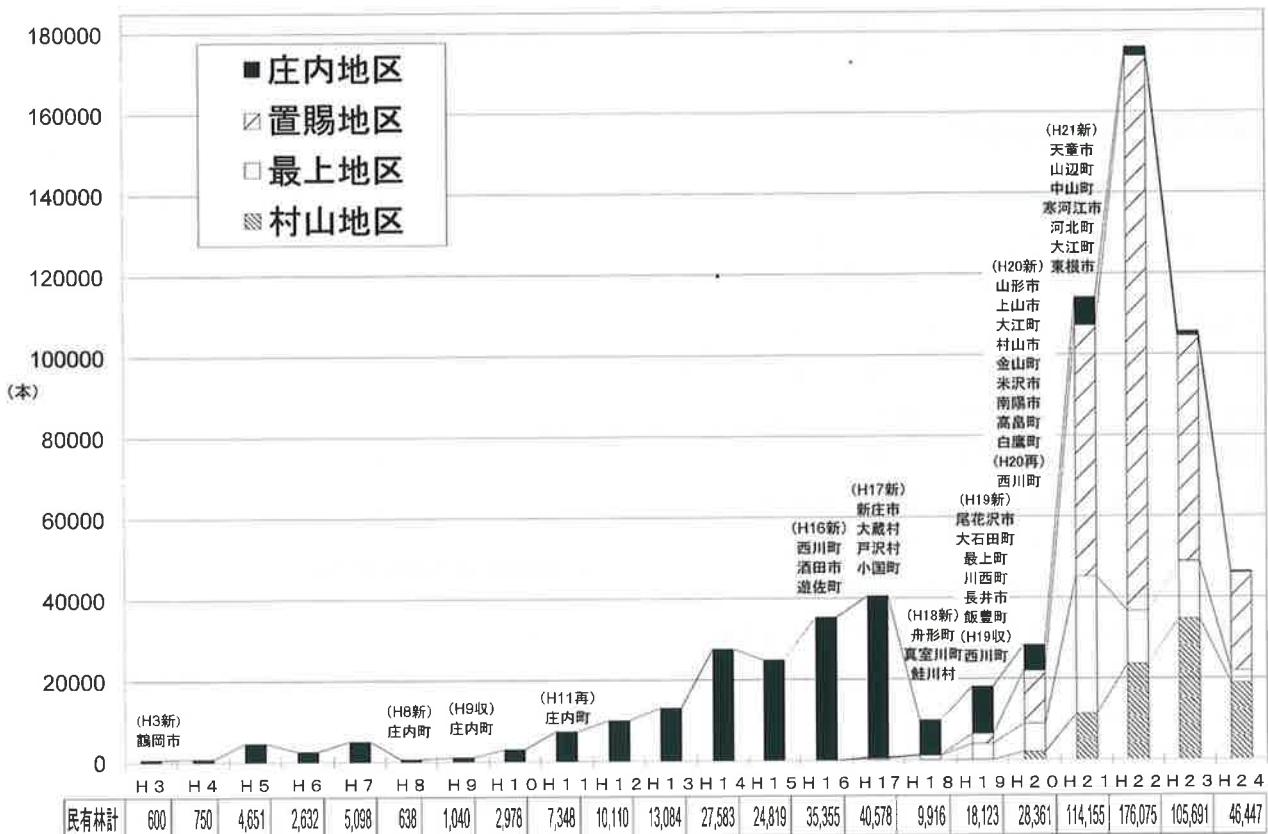


図-2 山形県民有林におけるナラ枯れ被害の推移

ています。ナラ枯れ被害の発生当初には被害の中心であった庄内地区では、平成24年には被害がほとんど発生しておらず、平成22年の被害ピークの約8割を占めた置賜地区でも同様に被害が減少しています。今後はナラ枯れ被害の半数を占める村山地区での被

害拡大が懸念されますが、これまでの防除の取り組みを徹底することにより、ナラ枯れ被害の終息に努めていきたいと考えています。

(山形県農林水産部森林課)

佐賀県における松くい虫被害対策

○松くい虫被害の推移

佐賀県の松林は、北に位置する玄界灘周辺に多く分布していており、特に「虹の松原」(国有林)は日本三大松原とも言われ、国の特別名勝にも指定されるなど、先人のたゆまぬ努力により守られてきた海岸林が多くあります。

県内の被害量は、昭和47年の2万2千m³をピークに漸減し、平成14年度以降は、200m³~400m³で推移しています。

なお、平成23年度は204m³、平成24年度は257m³の被害量でした(図-1)。

○被害対策の方針

平成23年度までの5ヶ年計画であった「第3次佐賀県松くい虫被害対策事業推進計画」については、引き続き松くい虫被害の対策が必要であることから、地域森林計画において「松くい虫被害対策事業推進計画を策定する」旨を定め、平成24年度から29年度までの「第4次佐賀県松くい虫被害対策事業推進計

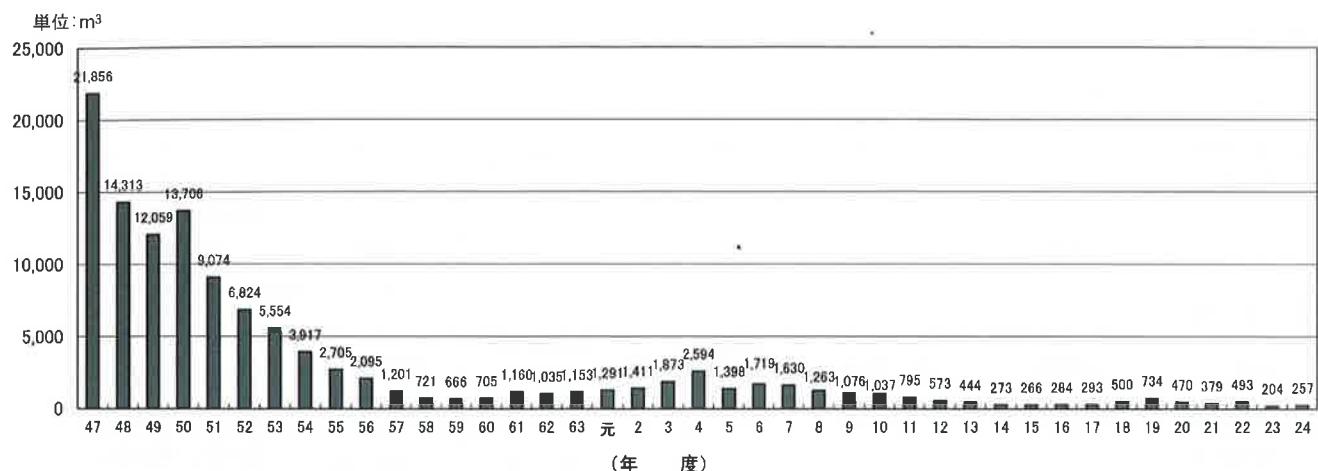


図-1 被害量の推移

画」を策定し、これに基づき、特別防除や伐倒駆除等を確実に行うこととしているところです。

また、市町においても「松くい虫被害対策自主事業計画」を策定していただき、この計画を基に補助事業等を実施しているところです。

○松くい虫被害対策

(1) 特別防除事業

本県の民有林における空中散布については、2箇所、18haを県が行っています。

以前は離島や内陸部も実施していましたが、被害拡大及び樹種転換が進み、現在ではこの2箇所だけを実施しています。

なお、空中散布については、虹ノ松原約143haを佐賀森林管理署が実施されますので、散布を同日に行うなど、地域住民に対する配慮を図りながら、効率的な実施に努めているところです（写真-1）。

(2) 佐賀県における補助事業

ア. 事業内容

命令・奨励防除により、松くい虫の駆除又はその蔓延の防止に関する措置を実施した者に対し、命令防除においては、損失補償金を交付し、奨励防除においては、補助金を交付することとしています。（樹幹注入以外は県単独事業）



写真-1 七ツ釜 空散

- 補助率
 - 命令防除 1／1 (損失補償金)
 - 奨励防除 1／2 (補助金)
 - ※樹幹注入については、3／4
- 事業主体
 - 市町、森林組合等

イ. 県内の対策対象松林

- 命令防除
 - 高度公益機能森林 (51.41ha)
 - 被害拡大防止森林 (46.40ha)
- 奨励防除
 - 地区保全森林 (20.58ha)
 - 被害拡大防止森林 (6.26ha)

4) 平24年度事業量及び事業費の実績

事業量

防除区分	特別防除	地上散布	伐倒駆除 (くん蒸)	特別伐倒 (焼却)	樹幹注入	備考
命令防除	18.0ha	13.51ha	8m ³	131m ³	一本	唐津市、有田町
奨励防除	—	—	—	42m ³	232本	唐津市、嬉野市、玄海町
計	18.0ha	13.51ha	8m ³	173m ³	232本	

事業費

防除区分	特別防除	地上散布	伐倒駆除 (くん蒸)	特別伐倒 (焼却)	樹幹注入	備考
命令防除	1,960千円	1,150千円	160千円	2,479千円	一千円	唐津市、有田町
奨励防除	—	—	—	686千円	1,909千円	唐津市、嬉野市、玄海町
計	1,960千円	1,150千円	160千円	3,165千円	1,909千円	全体事業費：8,344千円

○今後の取り組み

ソフト面では、佐賀県森林病害虫等防除連絡協議会が主催する「虹の松原総点検」（平成5年度より実施）に、地域住民やボランティア団体等の参加を頂いているところであります。松林の保護対策を継続していく必要があること等について、意識の醸成を図っているところです。

また、新たな抵抗性クロマツ「虹青」（H21佐賀県品種登録）が、初出荷を迎え、今年の3月に開催された虹の松原フェスタにおいて記念植樹が行われました。

今後は、虹青の出荷量の増加を図るとともに、まずは、県内における森林整備において活用して参りたいと考えています（写真-2）。



写真-2 虹青記念植樹

一方、ハード面については、各種対策事業を引き続き実施し、被害の拡大を最小限に留めたいと考えているところです。

（佐賀県生産振興部 間伐造林担当）

森林病害発生情報：平成25年7～8月受理分

病害

〔マツ材線虫病…大分県 国東市国東町〕

マツ10年生人工林、2013年6月24日発見、被害面積1ha、被害本数250本（大分県東部振興局・栗林 良）

虫害

〔ゴマダラカミキリ…群馬県 高崎市双葉町〕

6年生ウンシュウミカン、2013年6月15日発見、被害本数1本（群馬県樹木医・成田邦夫）

〔モンクキバチ…群馬県 高崎市柴崎町〕

10年生サンゴジュ、2013年6月15日発見、被害本数10本（群馬県樹木医・成田邦夫）

〔テントウノミハムシ…群馬県 高崎市双葉町〕

20年生ヒイラギ庭木、2013年6月21日発見、被害本数1

本（群馬県樹木医・成田邦夫）

[ホシヒトリモドキ…沖縄県 那覇市・名護市]

壮齡イヌビワ人工林，2013年6月27日発見，被害面積15ha

(沖縄県森林資源研究所・喜友名朝次)

[スキバドクガ…沖縄県 南城市・名護市・金武町・恩納村]

壮齡ガジュマル緑化樹，2013年6月27日発見，被害本数200本，(沖縄県森林資源研究所・喜友名朝次)

[ヒロヘリアオイガラ…群馬県 高崎市柴崎町]

30年生ヤマモミジ庭木，2013年6月24日発見，被害本数1本，(樹木医・成田邦夫)

[アメリカシロヒトリ…群馬県 高崎市柴崎町]

20年生アメリカハナミズキ庭木，2013年6月24日発見，被害本数1本，(樹木医・成田邦夫)

[クロトンアザミウマ…群馬県 高崎市柴崎町]

20年生サンゴジュ庭木，2013年6月28日発見，被害本数20本，(樹木医・成田邦夫)

[チャドクガ…群馬県 高崎市柴崎町]

15年生カンツバキ庭木，2013年7月3日発見，被害本数3本，(樹木医・成田邦夫)

獣害

[ネズミ…北海道 中川郡]

カラマツ，2011年6月発見，被害面積5.82ha，被害本数13,066本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

[ネズミ…北海道 中川郡]

トドマツ，2011年7月発見，被害面積1.0ha，被害本数2,267

本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

[ネズミ…北海道 中川郡]

カラマツ，2011年10月発見，被害面積4.57ha，被害本数8,789本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

[ネズミ…北海道 中川郡]

レジノーザマツ，2012年10月発見，被害面積2.2ha，被害本数350本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

[ネズミ…北海道 中川郡]

レジノーザマツ，2012年11月発見，被害面積1.28ha，被害本数911本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

[ネズミ…北海道 足寄郡]

カラマツ，2012年11月発見，被害面積1.078ha，被害本数2,776本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

[ネズミ…北海道 足寄郡]

トドマツ，2011年9月発見，被害面積25.89ha，被害本数17,225本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

[ノウサギ…北海道 足寄郡]

トドマツ，2011年12月発見，被害面積4.38ha，被害本数2,900本(十勝東部森林管理署・酒井浩二)

(森林総合研究所 佐橋憲生／伊藤賢介／大井 徹)

森林防疫 第62巻第5号(通巻第698号)
平成25年9月25日 発行(奇数月25日発行)

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

定価 1,302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
<http://bojyokyokai.main.jp/>