

森林

FOREST PESTS

防疫



目次

年頭所感 (独)森林総合研究所理事長 鈴木 和夫 3

総論

キツツキ類の保全のための森林管理 2.希少種クマゲラの保全のための森林管理
[中村充博・鈴木祥悟・由井正敏] 4

日本に侵入するシロアリ
[大村和香子] 15

論文

エダシャク類2種によるアセビの採食痕 -ニホンジカの採食痕との類似点と相違点-
[佐野 明] 22

マツ材線虫病によるアカマツ年越し枯れ過程における水分生理状態の変化
[市原 優・窪野高德・升屋勇人・小岩俊行] 26

記録

トラップの連年取り付けに基づく
スギノアカネトラカミキリ地域個体群の衰亡に関する考察
[小島耕一郎] 35

都道府県だより：富山県・大阪府 39

森林病虫獣害発生情報：平成21年10月・11月受理分 42



A



B

[表紙写真] キボシカミキリの産卵痕の一例

写真A：ヤマグワに付けられた長さ20mm，幅10mmの産卵痕

写真B：長さ7mmの若齢幼虫

キボシカミキリ *Psacotheta hilaris* (Pascoe) はイチジク、クワ類の害虫で、その産卵痕は—または×字型のかみ傷として知られている。しかし、筆者の観察ではイチジクやヤマグワの若い枝にキボシカミキリが産卵する場合、クワカミキリ *Apriona japonica* Thomson の産卵痕と同じように楕円形にかみ傷をつけ、そのかみ傷の中に産卵する。このような産卵形態は多くの人からクワカミキリだけの特徴だと思われる。これまで、多くの人がクワ類の若い枝にこのような産卵痕を見つけてもクワカミキリによるものだと思ったに違いない。楕円形にかみ傷をつけるのは孵化幼虫が樹脂により死亡することを防ぐ目的であることを考えると、キボシカミキリが樹脂の豊富なイチジクやクワ類の若い枝に産卵する場合、楕円形のかみ傷をつけ、その中に産卵することは意味深い。

撮影は2008年9月24日、茨城県霞ヶ浦市千代田町上志筑で行った。

((独) 森林総合研究所 楨原 寛)

年 頭 所 感

独立行政法人森林総合研究所 理事長 鈴木 和夫¹



平成22年の新年を迎え、新春のお慶びを申し上げます。

2010年は国連の国際生物多様性年、2011年は国際森林年です。わが国国土の7割を占める森林は生物多様性の価値を生み出す最大の場であり、かつ健全な森林生態系の維持が持続可能な森林経営を可能にします。森林の健全性 (forest health) と真っ向から取り組む年を迎えました。

オバマ大統領のグリーンニューディール政策以降、わが国では「グリーンイノベーション」がキーワードになっています。グリーンは第一義的には「青と黄の間の色」なのですが、英英辞典にはgrowingやgreen growthなど「成長する」ことをイメージすることばとして記されています。みどりは新緑のように「これからの成長を期待する」ことばなのです。勿論低炭素社会の構築をキーワードとする「コンクリートから木へ」も「モノからココロへ」も「育む」という価値観の転換を目指すものです。

森林の重要性については、政府から日本学術会議に対して三十数年ぶりの諮問といわれた「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的機能の評価について」(答申)以降、2001年1月に総合科学技術会議が発足したこともあって、社会と学術の関係の見える化が進んできたように思われます。しかし、残念ながら昨年最先端研究支援プログラムの30の研究課題(当初予算2,700億円、後に1,000億円)の中には、地球環境・人間生活に関わるみどりを代表する農林水産分野の課題は一つも採択されませんでした。いまだに、人間生活に関わる森林の多面的機能の見える化は名実共に前途多難なのです。

「行き詰まり問題」解決のために「イノベーション25」がイノベーション立国に向けて検討され始めたのは2006年のことです。イノベーションは、オックスフォード辞典では「新奇さを産み出す (bring in nobelties), あるいは変化する (make changes)」とあり、ウェブスター辞典では「新しいものを取り入れる (introduce as or as if new)」こととしていますが、一般に「革新や刷新」と訳しています。が、私は吉川弘之氏(元日本学術会議会長)の「新たな価値が生まれて社会が豊かになること」という定義が明快だと思います。新たな価値は最先端科学技術によって生み出されるばかりではありません。市場外経済である森林の多面的機能の見える化は新たな価値の創出に繋がります。生物多様性保全もまさにこのような観点からの取り組みが不可欠です。

現在、わが国の森林は、マツ枯れ (pine wilt, マツ材線虫病) が北上を続けていて、ナラ枯れ (Japanese oak wilt, ブナ科樹木萎凋病) は里山の脅威となっています。また、わが国で未確認であったニレ立枯病菌 (Dutch elm disease) の存在も報告されて、マツ材線虫病に加えて世界3大流行病 (五葉マツ発疹さび病WPBR, クリ桐枯病CB, ニレ立枯病DED) の存在が明らかになりました。一方で、木材自給率5割を目指す政策にとって、国産材利用の負の要因であるハチカミやトビグサレなどの虫害被害やシカなどの獣害被害への対応など、森林の健全性の維持には今後多様な対応が求められます。とくに、地域社会との関わりの観点からの取り組みがますます重要になります。

新しい年を迎えて、森林防疫誌が、新しい時代に応えてますます充実し、持続可能な森林を育むことに貢献することを祈念致します。

¹SUZUKI, Kazuo

総説

キツツキ類の保全のための森林管理

2. 希少種クマゲラの保全のための森林管理

中村充博¹・鈴木祥悟²・由井正敏³

はじめに

キツツキ類は、森林生態系において多くの種との相互関係を持ち、種間関係のかなめの役割を果たしているため中樞種あるいはキーストーン種と呼ばれている (Paine, 1969; Mills *et al.*, 1993)。このようにキツツキ類は生物多様性維持に重要な役割を果たしているため積極的な保全が望まれるが、特に、数の少なくなってしまった希少種については生活の場である生息地の確保を重点とした保全を考える必要がある (樋口, 1994, 1996)。

森林性の希少な鳥類の生息環境を保全した例としては、北米のマダラフクロウが有名であり、営巣や採食のために必要な森林タイプやその面積の研究により、樹齢250年以上の大木があるような針葉樹林でしか繁殖できないことが明らかになったことから (Forsman *et al.*, 1984; Lande 1987, 1988), 伐採方法をこれまで行われてきた皆伐から択伐へと変更し、木材生産量をそれまでの四分の一から五分の一にまで減少させた (太田, 2000)。また、回廊 (コリドー) の設定により分断化が進む生息地間をつなげて、移動分散、繁殖や避難の場所として機能させようという試みも行われており (Diamond, 1975), 北米で繁殖するコマツグミとチャイロツグミモドキでは、回廊によって結ばれた孤立した2つの防風林の間で高い頻度で個体の移動分散が起きていたという報告がある (Haas, 1995)。

キツツキ類では、北米南東部に分布するホオジロシマアカゲラの例が知られており、生息に必要な森林タイプなどの研究により、樹齢80年生以上のダイオウマツが含まれる森林が必要であることなどが明らかになり (Ligon, 1971; Walters, 1991), 生息地の適切な管理や人為的な営巣木の創出などによる保

護対策が行われている (Walters, 1991; Walters *et al.* 1996)。また、日本でも沖縄本島に生息するノグチゲラで、環境省や農林水産省による保護増殖事業計画に基づき生息地や食物の研究が行われ、生息地の保全や人工的な営巣資材の架設などの保護対策が行われている (玉城・中村, 1988; 石田, 1989; 林, 2004)。

今回、保全策を考えるクマゲラ (*Dryocopus martius*) は、ユーラシア大陸の北部に広く生息する大型のキツツキ類であり、日本では主として北海道に数百羽から1,000羽程度 (小笠原, 1997) が生息するが、本州では、北東北のブナ林でわずかに生息が確認されているのみである。1965年に国の天然記念物に指定されているほか、環境省のレッドリストでは絶滅の危険が増大している種として絶滅危惧Ⅱ類に区分されている (環境省編, 2002)。

国外ではその生活史 (Cramp (ed.), 1985), 餌内容 (Glantz and Bauer, 1980; Rolstad *et al.*, 1998) や営巣環境 (Angelstam, 1990; Tjernberg *et al.*, 1993) について明らかにされている。国内では、北海道で生息状況や分布 (藤巻・梅木, 1993), 繁殖状況 (小西ら, 1993; 隅田ら, 1990; 隅田・有澤, 1992), 生活史 (永田, 1952; 有澤, 1974), 餌内容 (Kojima and Arisawa, 1983; Kojima and Matsuoka, 1985; Matsuoka and Kojima, 1979), 営巣環境 (磯ら, 1990), 巣穴の形態 (有澤, 1990), 営巣木の特徴 (有澤, 1989) や営巣密度 (有澤, 1988) などについて多くの報告がある。

一方、本州ではクマゲラの生息数が少ないうえに衰退が著しいといわれており (小笠原・泉, 1977; 由井・石井, 1994), これまで秋田県森吉山 (小笠原・泉, 1977, 1978), 青森県側の白神山地地域 (小

笠原・千羽, 1986; 藤井, 2001; 内海, 1990), 青森県南八甲田地域(中村ら, 1995)など数カ所で繁殖が確認されているだけである。本州での生息状況(小笠原・泉, 1977, 1978; 小笠原(代表), 1990; 小笠原, 1988)や食性(楨原ら, 1993)の研究などからブナ林の重要性が明らかにされてきているが, その生態や行動圏についてはまだ調査事例が少ないため生息環境, 繁殖生態, 食性についてさらに解明を進めて緊急に保護対策を立てる必要がある。

クマゲラの生息環境

クマゲラは行動圏が広く, しかも森林内を移動することが多いのでその行動圏を明らかにすることが困難である。特に, 本州のクマゲラはブナ林地帯に生息し生息数も少ないため, 目撃することもまれである。そのため, クマゲラの行動圏を明らかにするには生活痕を探すのが有効であると考えられる。キツツキ類は採餌のためにクチバシで木に穴を開けるが, その際につつき跡であるノミ跡が残る。そこで,

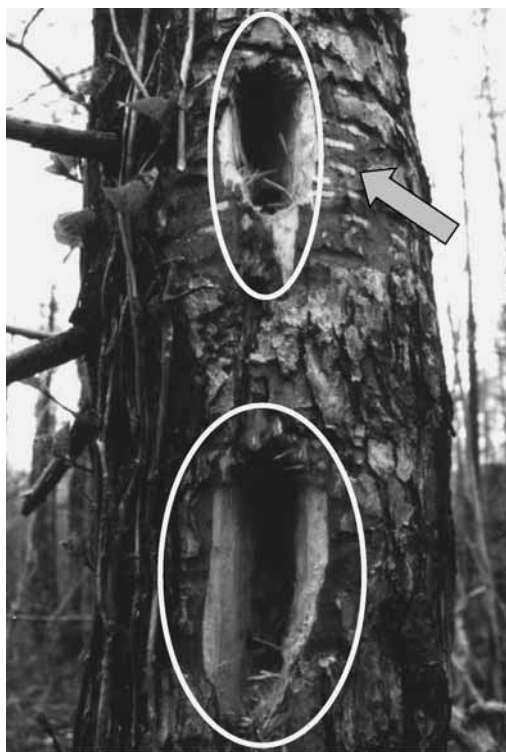


図-1 カラマツに残された食痕(楕円内)とつつき跡(矢印)

食痕(採餌痕)に残されたノミ跡の分布から行動圏を明らかにすることができないかを検討した。これまでクマゲラのノミ跡は幅5mmから7mmと他のキツツキ類のものよりも大きくはっきりとついているので容易に区別できると言われていたが(由井・鈴木, 1990; 小笠原(代表), 1990), はっきりとした基準がなかった。そのため, クマゲラの生息が確認されている南八甲田のカラマツ林で食痕を調べ, クマゲラのものであると確認するためのノミ跡の横幅の大きさを検討した(中村ら, 1994: 図-1)。ここで食痕は, クマゲラのもの他に, 同所的に生息するキツツキ類のアオゲラ, オオアカゲラ, アカゲラ, コゲラのものである可能性や, ひとつの食痕に2種類以上のキツツキによるノミ跡がある可能性がある。そのため, 食痕毎のノミ跡は, クマゲラのみノミ跡, クマゲラと他のキツツキ類のノミ跡の混合, クマゲラ以外のキツツキ類のノミ跡に分類することができると考え, 一番大きなノミ跡(平均5.7mm)の食痕をクマゲラのみ食痕とし, このノミ跡と有意な差が見られたノミ跡の食痕をクマゲラ以外の食痕, 有意な差がみられないノミ跡(平均4.7mm)の食痕をクマゲラのノミ跡を含んでいる食痕と考えた。ノミ跡から確実にクマゲラの食痕であると判断できるのは, 平均5.7mm以上であるが, 平均4.7mmについても, クマゲラのノミ跡であるという可能性は否定できないため, ノミ跡が平均4.7mm以上の食痕をクマゲラのものである可能性が高いと判定できる基準と考えた。

この基準にしたがってクマゲラの食痕木を判定し, 南八甲田地域でのクマゲラの行動圏を推定したところ約1,900haであった(中村ら, 1995)。本州のクマゲラの行動圏については, これまでもいくつかの地域においてその行動圏の面積が推定されている。岩手県では, 食痕木の分布密度から3,000ha(小笠原(代表), 1990), 青森県尾太岳と秋田県森吉山では, 約1,000ha(Ogasawara *et al.*, 1994)と推定されている。北海道の針広混交天然林では1つがいの繁殖期の行動圏は, 約250~300ha(有澤, 1988)と推定されており本州に比べて狭いが, これは植生

表-1 森林調査簿*の分析による営巣木を中心とした1.8km円内に含まれる植生区分別面積 (ha)

植生区分	虎ノ沢	赤石川	追良瀬
ブナ	579.9	565.1	494.3
その他の広葉樹	222.3	155.3	369.6
カラマツ	107.0	21.9	8.3
スギ	78.4	187.8	118.2
その他の針葉樹	0	0	1.5
開放水域	0	9.1	12.7
その他	18.4	74.0	12.6
合計	1006.0	1013.2	1017.2

*東北森林管理局 平成2年～12年 第5次地域施業計画

の違いによると思われる、本州のブナ林地帯に生息するクマゲラの行動圏は1,000から数千haのオーダーであると考えられる。なお、ヨーロッパのブナ林で調べられた1つがいの行動圏の面積は870haである (Cramp *et al.*, 1985)。本州のクマゲラの生息環境の特徴を明らかにするために、これまで生息が確認されている南八甲田と白神山地の尾太岳、虎ノ沢、赤石川、追良瀬について植生を分析したところ、すべての地域でブナ林の面積割合が一番高く、ほぼ50%以上を占めていた。また、120年生以上の高齢のブナ林の割合が、尾太岳、虎ノ沢でほぼ50%、南八甲田、赤石川、追良瀬では80%以上を占めており、高齢なブナ林の存在が重要であると考えられた (表-1, 2)。

どうして高齢のブナ林がクマゲラの生息に必要であるかについて、営巣木としての観点から考えてみる。本州のクマゲラの営巣木はこれまでブナでのみ確認されており、平均胸高直径は約70cmである (Suzuki *et al.*, 2008)。ブナ林では、平均胸高直径が30cm以上の林分は林齢120年生以上である (樫村, 1949) ことから、クマゲラが繁殖に使用できるような候補となるブナが多数存在するような林分はかなり高齢である (図-2)。本州北部には秋田の天然スギ林などクマゲラの営巣木として十分な太さの木も存在するがクマゲラの営巣は確認されておら

表-2 森林調査簿*の分析による営巣木を中心とした半径1.8km円内に含まれるブナ林の林齢別面積 (ha)

ブナの林齢	虎ノ沢	赤石川	追良瀬
79年生以下	22.5	16.7	13.3
80～119年生 以下	261.4	32.3	5.8
120年生以上	296.0	516.1	475.2
合計	579.9	565.1	494.3

*東北森林管理局 平成2年～12年 第5次地域施業計画

ず、営巣木の大きさだけでなく、樹皮の状態、枝下高の高さ、あるいは餌の量などの問題もあるのではないかと考えられる。北海道の針広混交天然林の優占する林では、クマゲラの営巣木はトドマツ、ダケカンバ、シラカンバなどで、そのうちトドマツ生立木が60%以上を占め、平均胸高直径は約55cmである (有澤, 1991)。トドマツ林は、胸高直径30cm以上になるのに45～55年生以上を要するが (森林総合研究所北海道支所・道内5営林 (支)局, 1995)、ブナ林と比較すると短期間で営巣可能な林になると考えられる。

次に、高齢のブナ林がクマゲラの採餌場所として果たす役割から考えてみる。クマゲラは、主に枯損木にすむ昆虫類を食物としており (千羽, 1969; 小笠原 (代表), 1990)、南八甲田の調査ではクマゲラの食痕木のうち66%が枯損木であったことから、高齢のブナ林にはクマゲラの食物の供給源としての枯損木も多いのではないかと推定される。そこで、白神山地や南八甲田のクマゲラの繁殖地を含むいくつかのブナの林分で枯損木 (伐根, 倒木, 立ち枯れ木) 量と林齢の関係について調査を行った結果、枯損木の本数では調査地間に有意な差はみられず、林齢に関係なく枯損木は発生している可能性がある。枯損木の材積では、南八甲田の保残帯の枯損木の材積が同一地域の繁殖地以外の場所に比べて多かったが、

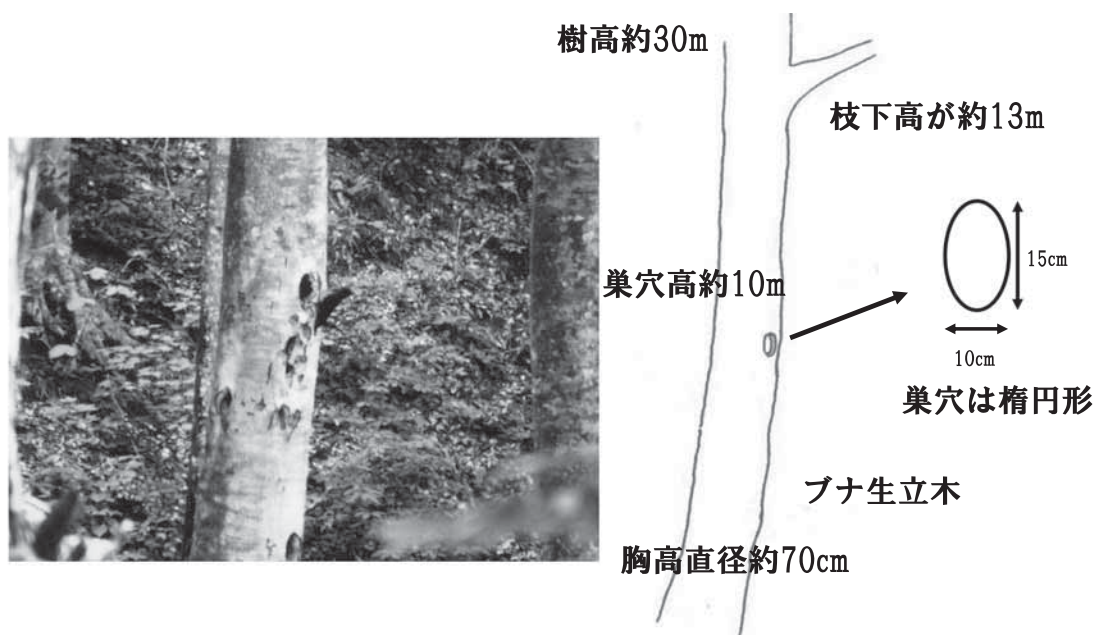


図-2 営巣木としてのブナの特徴（北東北で営巣が確認された樹木についての計測結果）

保残帯の面積は狭いため、クマゲラの生息には十分でないと考えられる。一方、立ち枯れ木の本数では繁殖地とそれ以外の場所の間で有意な差がみられ、営巣木周辺では立ち枯れ木が多い可能性がある。立ち枯れ木の材積では保残帯や高齢のブナ林で多い傾向にあり、やはり高齢のブナ林で立ち枯れ木が多いと考えられる。そのため、120年生以下と120年生以上に林分を区分し比較した結果、枯損木の本数や材積では林齢間に有意な差はみられなかったが、立ち枯れ木の材積では林齢間に有意な差がみられた。このため白神山地や南八甲田のブナ林のように、冬期に3mもの積雪がある地域では積雪期でも雪に埋もれず食物の供給源として利用可能な立ち枯れ木の存在が特に重要であると考えられる（中村ら、2005）。また、クマゲラはムネアカオオアリを主要な餌としており（千羽、1969；有澤、1976）、ムネアカオオアリの生息状況もクマゲラにとって重要な条件であると考えられる。ムネアカオオアリの生息調査では、林齢が高く枯損木量が多い林分で捕獲数が多かったことから、林齢の高い林分はムネアカオオアリの生息数が高いと予想される。また、針葉樹天然林を主な生息域としている中部スウェーデンのクマゲ

ラの場合、針葉樹天然林と農耕地の混在する地域においては、行動圏1,700haの中に76パッチ、計450ha（26%）の針葉樹天然林が残存すれば繁殖可能であり、その繁殖成績は針葉樹天然林が連続している地域と変わりがないという報告がある（Tjernberg *et al.*, 1993）。この事例は、多少分断化された状態でも生息に必要な森林が一定の面積確保されれば繁殖が可能であることを示しており、ブナ林を主な生息域としている本州のクマゲラでも、1,000ha位の範囲内にブナ林が50%以上であれば繁殖できる可能性はあると思われる。しかし、ブナ林の林況としては、森林調査簿でブナ林の面積が50%以下の場所（追良瀬）では、残存するブナ林の96.1%を120年生以上のものが占め、そのすべてが20ha以上の小班から構成されていた。また、ブナ林の割合が50%以上の場所（虎ノ沢、赤石川）であっても、残存するブナ林の50%以上が120年生以上のものであった。森林調査簿ではブナ林の林齢について記載があるが、小班全体の林齢を表しているため、単木の樹齢を表しているわけではなく、伐採が行われた場合、小班全体の林齢を下げる方法をとっていることを考慮にいれても、クマゲラの繁殖にとってブナ林の面積だけ

ではなく、その林分の状況が重要であると思われる。本州ではクマゲラの採餌木はほとんどが胸高直径30cm以上のブナの枯損木であり（小笠原・泉，1978；由井・石井，1994），ブナ林の平均胸高直径が約30cm以上になるには120年以上を要する（檜村，1949）。スカンジナビア半島の積雪深が0.7m以下の森林では、皆伐後の森林での採餌が有効であり（Rolstad *et al.*, 2000），森吉山の伐採地でもブナの大きな伐根でも採餌するのが観察されている（小笠原・泉，1978）。しかし、白神山地のような積雪深が3mもある地域では、皆伐後の伐根などが餌の供給源になるのは一時的なもので、積雪で埋もれてしまうと利用できない。このため、白神山地でクマゲラの採餌場所を持続的に確保するためにも120年生以上のブナ林が重要であり、繁殖巣も胸高直径60cm以上のブナに掘られることから（藤井，2001），営巣木としても120年生よりさらに高齢なブナが存在することが重要であると考えられる。

また、虎ノ沢、赤石川や追良瀬のGIS分析の結果から、ブナ林のパッチ面積は、100ha以上のパッチ面積をもつブナを含む群落が面積割合としてブナ林の面積の50%以上を占めていたこと（図-3）や、

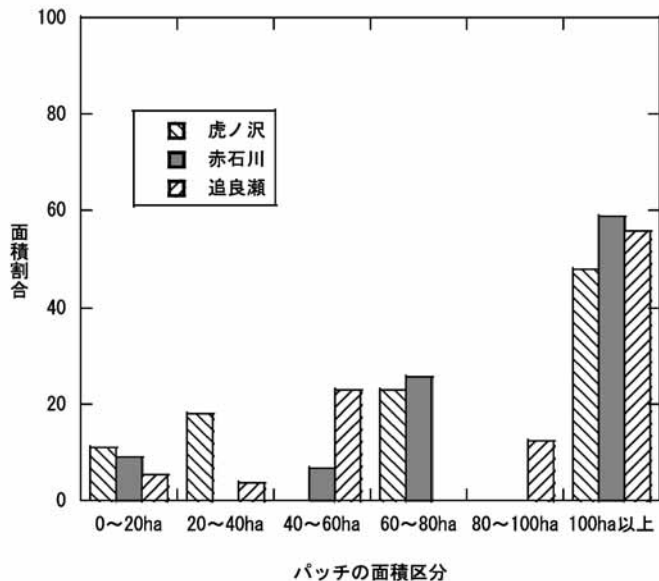


図-3 GIS*分析による営巣木を中心とした半径1.8km円内に含まれるブナを含む群落の面積区分別面積割合

*環境省 平成5~10年 第5回基礎調査自然環境GIS植生データ

森林調査簿の分析の結果でも、120年生以上のブナ林の小班単位の面積は20ha以上のものが一番多かったことを考えると、ブナ林の面積割合だけではなく、やはり広い面積規模のブナ林のパッチが残存している必要がある。その分布は、営巣木の中心部分でブナ林の割合が一番高く、営巣木から行動範囲内のどの距離へ飛翔しても50%以上の確率で餌場としてのブナ林へ行けるような条件であった。また、営巣木から離れるにしたがってブナ林の割合が低下していたが、これは、営巣適地を中心とする行動範囲をすべてブナ林が覆う環境が現実にないためと考えられる。一方、南八甲田地域のクマゲラの行動圏は白神山地のクマゲラ行動圏より広がった。植生構造が明らかにできた尾太岳の行動圏内では、針葉樹人工林が3.0%、広葉樹林が97.0%であり、すべてが林地であった。これに対し南八甲田地域の行動圏内には、針葉樹人工林が16.4%とかなり高い割合で存在し、林地以外の開放地も122ha（6.3%）あった。中部スウェーデンの針葉樹天然林地帯に生息するクマゲラでは、生息不適地が増えるに従って、行動圏が拡大することが報告されている（Tjernberg *et al.*, 1993）。おそらく本州のクマゲラにとって針葉樹人工林は生息不適地であり、その割合が高くなったので行動圏面積も拡大したと考えられる。また、南八甲田地域の営巣木は行動圏の東端の斜面にわずかに残った高齢ブナ林にあるが、その斜面の西側は、若い人工林地帯となっており、まとまったブナ林はクマゲラの行動圏の北側と南側に偏在している。すなわち、移動に必要な距離という点で最も効率よく利用できるはずの営巣木周辺が利用に不適であった。このことから、ブナ林の分布としては、営巣木の周辺にまとまったブナ林があることや営巣木から主要行動圏内のどの距離にもブナ林が50%以上の割合で存在する配置であることがよいと考えられるが、そうでない場合は、南八甲田地域のように広い行動圏が必要であると考えられる。

クマゲラの保全のための森林管理

本州のクマゲラの保全を考えた場合、最低でも1

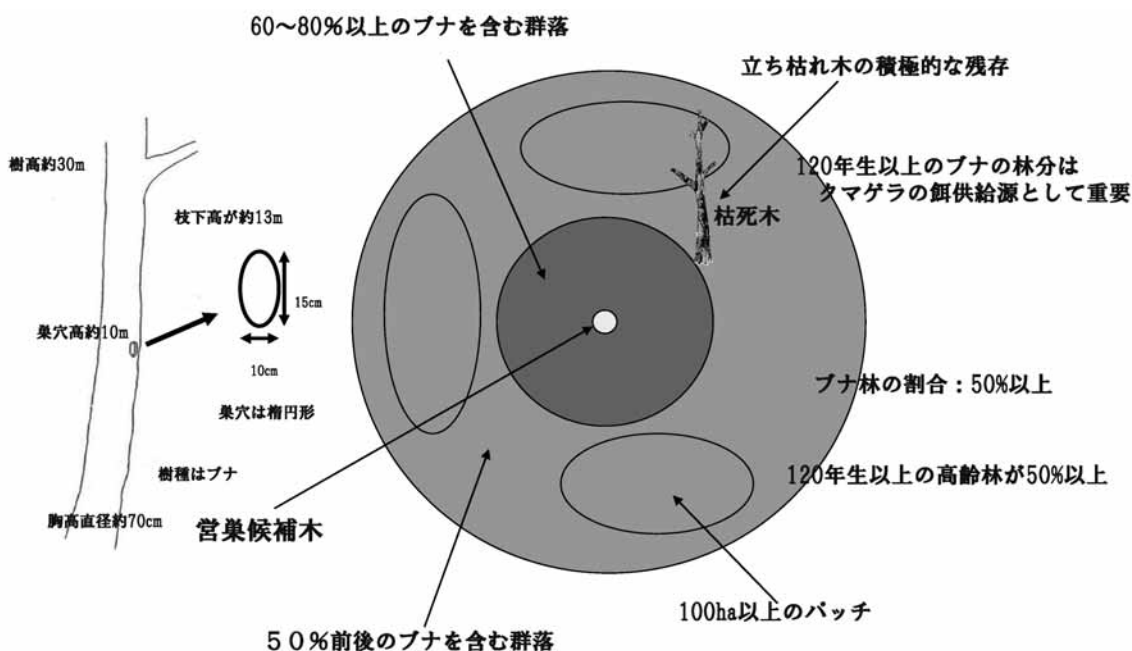


図-4 クマゲラの保全のための森林管理

つがいあたり1,000ha以上のブナを含む森林面積が必要であり、その森林におけるブナ林の割合として50%以上つまり500ha以上のブナ林が必要である。しかし、生息不適地と考えられるスギの人工林などの増加によっては行動圏の面積を広く考えておく必要がある。単木的にはクマゲラの営巣候補となる胸高直径約70cm以上のまっすぐ伸びたブナを積極的に残す必要がある。林齢としては、120年生以上のブナ林がブナ林の50%、つまり最低でも250ha以上残存している必要があり、営巣木の周辺にまとまったブナ林を残し、主要行動圏内にも100ha以上のブナ林のパッチを配置するとともに、20ha以上の120年生以上のブナのパッチを残すように配置することが重要である（図-4）。これらを実際の森林管理に応用するため、まず、GISや森林調査簿によってクマゲラ生息地の条件である1,000ha以上のブナを含む森林と、その森林のブナを含む割合が50%以上（500ha以上）ある地域を選定することが重要である。さらにその地域において100ha以上のブナ林のパッチが存在しており、20ha以上の120年生以上のブナのパッチが存在している地域を絞り込むことが必要である。その後、これらの選定された地域にお

いて、キツツキ類による食痕木を探索し、クマゲラの生息の可能性があると考えられるノミ跡幅である4.7mm以上のノミ跡を探索したり、食痕の木くずに残される糞を探したりして、DNA分析手法を用いてクマゲラの生息を確認する必要がある。クマゲラの生息が確認された場合には、その地域での事業の中止やそれができない場合には繁殖期における事業実行を見合わせる必要がある。また、それらの地域において、繁殖のための巣穴が掘れる胸高直径70cm程の通直なブナの繁殖候補木や、餌場としては胸高直径が30cm以上の立ち枯れ木がどのくらい残っているかを確認し、少ない場合には、営巣木の整備として通直なブナに巻き付いているツタの除去、営巣候補木の周辺の木目の除去による巣に飛び込みやすい周辺環境の整備（有澤，1997）や営巣木の育成を行うとともに、クマゲラの餌の確保のために立ち枯れ木を伐り出さずに積極的に残すような森林管理を行うことがクマゲラの保全のために必要である。また、応急的な対策としてシマフクロウで行われているような、ねぐら用巣箱や営巣用巣丸太の架設を行っていく必要がある。

クマゲラの保全のための立ち枯れ木管理 および緑の回廊

森林防疫 (Vol.58 No.5) で示したようにアカゲラの生息場所として適しているのは針広混交林であり、今回示したようにクマゲラの本州での生息場所はブナ壮齢林と老齢林であった。キツツキ類の保全のためにはまずそれぞれの種に応じた森林管理が必要である。その他に生息場所には営巣、採餌、ねぐらなどに利用できる木が必要である。営巣木としてどのような木を利用しているかについては、クマゲラでは枯れ枝であり (石田ら, 1988), ヤマゲラでは生立木が多い (松岡, 1992) という報告がある。アカゲラでは針葉樹では85.7%が立ち枯れ木であり, 広葉樹でも52.4%が立ち枯れ木であった。クマゲラでは本州ではすべてがブナの生立木であり, 北海道では針葉樹の97.6%が生立木で, 広葉樹の57.1%が生立木であった。クマゲラの採餌場所については, 66%が枯れ木であり (中村ら, 1995), 餌となる昆虫は枯れ木により多く生息すると考えられる。また, クマゲラは積雪期には立ち枯れ木や生立木で越冬しているムネアカオオアリのコロニーを捕食するために大きな穴を開けると言われており (小笠原, 1988), 冬期の採餌場所として立ち枯れ木が重要であることがわかってきた。また, 立ち枯れ木の密度の増加に伴ってキツツキ類を含む樹洞営巣種の種数, 密度は増えていく傾向が見られるという報告がある (Zarnowits and Manuwal, 1985) ことから, 立ち枯れ木が重要な営巣場所や採餌場所であると考えられる。森林管理の現状として, 林業生産中心の管理から森林の各機能類型に応じた管理がなされるようになってきており, 東北森林管理局ではクマゲラの保護のための施業指針の策定などがされている。一方, 立ち枯れ木の管理に関しては, 病害虫の発生源, 落雷による森林火災の発火点や倒壊の危険による伐採作業の障害 (McClelland and Frissell, 1975) などから除去の推奨や利用上や景観を損ねるといった観点で扱われ, 日本では立ち枯れ木は基本的に除去の対象となっている (松岡ら, 1999)。しかし, 森林性鳥類の誘致増殖の観点からは, 空洞のある木を保存すること

の推奨 (新島・村上, 1918), 樹洞のある木や立ち枯れ木を残すことが望ましい (由井・石井, 1994) と言われている。また, アメリカ合衆国の国有林では, 伐採に際しては一定の大きさ以上の枯損木・樹洞木をすべて伐り残すこと, このような木を多く含む林分 (老齢林) を広く分散して配置すること, 大きさ・密度について一定の基準を作り, 木材として価値の低い木を輪状剥皮し, 将来の枯損木を確保することなどが提案されている (Brown, 1985)。

2008年6月に生物多様性基本法が制定された現在, 日本においても種に応じた森林の保全と森林機能に応じた管理とともに, 立ち枯れ木の管理も行う必要がある。マツ林においては枯損木がマツ材線虫病の病原になる可能性が高いため除去していく必要があるが, マツ林内にある広葉樹やマツ木の周辺部に導入された広葉樹については残していくことは可能であると考えられる。また, クマゲラの保全のためには積極的に立ち枯れ木を確保する管理を行っていくことが重要である。

キツツキ類の保全のための森林管理がなされた次の段階として, 遺伝的多様性を維持することが重要になってくる。現在, わが国の森林では, 開発や人工林化にともない森林生態系の孤立, 分断化が進行しており, 遺伝的多様性の維持のための地域個体群間の交流が十分になされないようになっていく危険性がある。そのため, 森林の適正な配置とそれらの連続性を確保することが重要であり, 移動分散, 繁殖場所や避難場所として海外で行われている回廊 (Diamond, 1975) の設定について, 特に希少種であり遺伝的多様性の低下が懸念されるクマゲラにおいて考える必要がある。また, 回廊のように連続した通路ではないが, 同様に移入率を高める効果が期待される手段として二つの生息地の間に小面積の島を飛び石 (stepping stone) として配置する方法もある (Diamond, 1975)。回廊の潜在的な欠点として, 病気や外来種など有害な生物も回廊を通じて移入しやすいこと, 山火事などによる生息地の攪乱が広がりやすいこと, 回廊を移動中に捕食者, ハンター, 密猟者などに発見されやすいことや, 異なる個体群

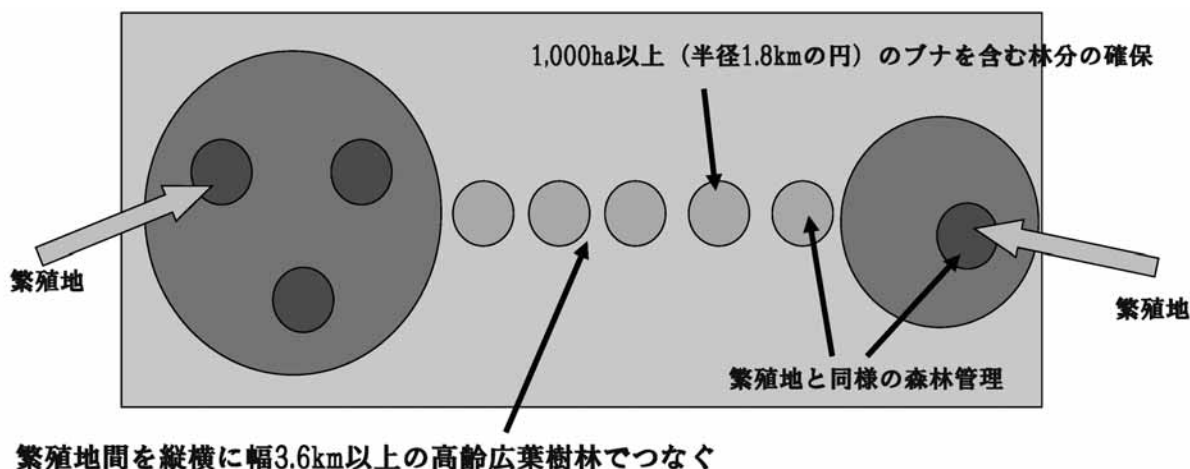


図-5 クマゲラの保全のための緑の回廊

との交雑により遺伝的変異が失われやすいことなどがあげられる (Simberloff and Cox, 1987; Noss, 1987)。回廊や飛び石の意義は数多く紹介され、すでに実際の保全計画にも取り入れられてきているが、その有効性はまだ議論のさなかにある (Simberloff *et al.*, 1992)。しかし、回廊は歩行性の野生動物の日常の行動や季節移動の経路として利用されるほか、分断された個体群の交流を促し、個体群の遺伝的組成の健全化や巣立ち個体の分散に有効なばかりでなく、里から追われた獣の安全な逃避ルートとしても利用され、人間との無用な摩擦も回避されると考えられる。渡り鳥や幼鳥では安全な移動ルートが確保され、また、彼らの餌資源の供給にも役立つし、幅の広いコリドーは野生生物の繁殖拠点としても機能すると考えられる。開発によって生息地が分断された野生生物を救うための回廊の設定には十分意義があるものと考えられ、従来から自然林でつながっていた地域をそのまま確保したり、つなぎ直したりすることは緊急の課題であると言われている (藤森ら (編), 1999)。このため「緑の回廊」や野生生物コリドーが各地で設定されつつあり、東北地域では東北森林管理局が2000年度に奥羽山系、2001年度に北上高地と白神八甲田に「緑の回廊」を設定し、森林生態系の連続性の維持に努めているが、現状では現在ある森林を回廊と設定したに過ぎない。クマゲラにとって意義のある回廊のデザインとしては、

単に分散や移動だけのものでなく、繁殖ができることがより望ましいと考えられる。そのため、緑の回廊のデザインとして、まずクマゲラの繁殖地と同様の1,000ha以上 (半径1.8kmの円) のブナを含む林分を確保し、繁殖地と同様の森林管理を行うとともに、既往の繁殖地間を縦横に幅3.6km以上の高齡広葉樹林からなるコリドーでつなぐことが重要である (図-5)。

引用文献

- Angelstam, P. (1990) Factors determining the composition and persistence of local woodpecker assemblages in taiga forest in Sweden -case for landscape ecological studies. In: Carlson, A. and G. Aulen (eds.) Conservation and Management of Woodpecker Population, Report No.17. Dept. of Wildlife Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- 有澤 浩 (1974) 北国の森の博物誌. 294pp. 河出書房新社, 東京.
- 有澤 浩 (1976) 特定鳥類調査 クマゲラ. 昭和50年度環境庁委託, 環境庁.
- 有澤 浩 (1988) クマゲラの営巣密度. 第35回日本生態学会大会講演要旨集: 350.
- 有澤 浩 (1989) クマゲラの営巣木の特徴. 第36回日本生態学会大会講演要旨集: 261.

- 有澤 浩 (1990) クマゲラ巢穴の形態. 日本林学会北海道支部論集 38: 116~118.
- 有澤 浩 (1991) クマゲラの営巣密度及び営巣木. 東大農学部演習林報告 84: 221~37.
- 有澤 浩 (1997) 北方系希少鳥類の保全と森林管理. 森林科学 20: 46~50.
- Brown, E. R. (1985) Management of wildlife and fish habitat in forests of Oregon and Washington, Part 1, Chapter Narratives. USDA Forest Service, Pacific Northwest Region Exp. Stn.
- 千羽晋示 (1969) 日本産啄木鳥の食物分析. 山階鳥研報 5: 487~510.
- 地球環境法研究会(編) (1995) 生物の多様性に関する条約. 地球環境条約集-第2版-. pp.171~182. 中央法規出版株式会社, 東京.
- Cramp, S. (ed.) (1985) "Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa, IV". Oxford University Press, 960p, New York.
- Diamond, J. M. (1975) The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. Biological Conservation 7: 129~146.
- Forsman, E. D., Meslow, E. C. and Wight, H. M. (1984) Distribution and biology of the spotted owl in Oregon. Wildlife Monograph 87: 1~64.
- 藤井忠志 (2001) 本州産クマゲラの繁殖期行動圏とその生態. 森林科学 32: 59~63.
- 藤巻裕蔵・梅木賢俊 (1993) アンケート調査にもとづく北海道におけるクマゲラの分布. 山階鳥研報 25: 144~156.
- 藤森隆郎・由井正敏・石井信夫(編) (1999) 森林における野生生物の保護管理生物多様性の保全に向けて. 日本林業調査会, 東京.
- Glantz von Blotzheim, U. N. and Bauer, K. M. (1980) Handbuch der Vogel Mitteleuropas. Band 9. Columbiformes-Piciformes. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.
- Haas, C. A. (1995) Dispersal and use of corridors by bird in wooded patches on an agricultural landscape. Conservation Biology 9: 845~854.
- 林 丈智 (2004) ノグチゲラについて. 技術環境研究所北部支部だより しまたてい 30: 36~37.
- 樋口広芳 (1994) 生物の多様性-その意味, 仕組, 進化, 保護. Strix 13: 1~30.
- 樋口広芳(編) (1996) 保全生物学. 東京.
- 石田 健 (1989) オーストンオオアカゲラとノグチゲラ個体群の保護と調査・研究に関する提言. Strix 8: 249~260.
- 石田 健・多賀レア (1988) 馬事公苑(東京都内) 武蔵野自然林の植生とコゲラの穴木分布. Strix 7: 213~230.
- 磯 清志・藤巻裕蔵 (1990) 北海道中央部におけるクマゲラの営巣環境と営巣木の性質. 日鳥学誌 38: 157~165.
- 環境省編 (2002) 「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-2 鳥類」. 278p, 自然環境研究センター, 東京.
- 檜村大助 (1949) 青森営林局管内ブナ林分の成長に就いて. 第1回林業試験場研究発表記録: 85~104.
- Kojima, K. and Arisawa, H. (1983) Habitat and food habits of the black woodpecker *Dryocopus martius* in Hokkaido. Tori 32: 109~111.
- Kojima, K. and Matsuoka, S. (1985) Studies on the food habits of four sympatric species of woodpeckers. II. Black woodpecker *Dryocopus martius* from winter to early spring. Tori 34: 1~6.
- 小西弘臣・鈴木利典・玉田克巳・藤巻裕蔵 (1993) 北海道中央部におけるクマゲラの繁殖生態. 山階鳥研報 25: 76~92.
- Lande, R (1987) Extinction thresholds in demographic models of territorial populations. American Naturalist 130: 624~635.
- Lande, R (1988) Demographic models of the northern spotted owl (*Strix occidentalis caurina*). Oecologia 75: 601~607.
- Ligon, J.D. (1971) Some factors influencing num-

- bers of the Red-cockaded Woodpecker. In "The Ecology and Management of the Red-cockaded Woodpecker" R. L. Thompson ed., U. S. Department of the Interior in Cooperation with Tall Timbers Research Station, Florida: 4~49.
- 榎原 寛・中村充博・鈴木祥悟・庄司次男 (1993) カラマツ生立木中に生息するムネアカオオアリの現存量とクマゲラによる捕食. 日林論 104: 655~656.
- 松岡 茂 (1992) 静かな採食者ヤマゲラ. 動物たちの地球 7: 150.
- Matsuoka, S. and Kojima, K. (1979) Contents of fecal dropping collected in a nest of the black woodpecker *Dryocopus martius*. Tori 28: 97~98.
- 松岡 茂・高田由紀子 (1999) キツツキ類にとっての立枯れ木と森林管理における立枯れ木の扱い. 日本鳥学会誌 47: 33~48.
- McClelland, B. R. and Frissell, S. S. (1975) Identifying forest snags useful for hole nesting birds. Journal of Forestry 73: 414~417.
- Mills, L. S., Soulé, M. E. and Doak, D.F. (1993) The keystone-species concept in ecology and conservation. BioScience 43: 219~224.
- 永田洋平 (1952) クマゲラの営巣. 野鳥 17: 226~228.
- 中村充博・西園朋広・鈴木祥悟・由井正敏 (2005) 白神山地におけるクマゲラの繁殖地の環境. 東北森林科学会誌. 10(1): 45~48.
- 中村充博・鈴木祥悟・五十嵐豊・中北理・高橋和規・由井正敏・榎原 寛 (1995) 東北地方におけるクマゲラの生息実態の解明. 森林総合研究所平成6年度研究成果選集: 28~29.
- 中村充博・鈴木祥悟・由井正敏 (1994) カラマツにおけるクマゲラ等キツツキ類のつつき跡について. 日林東北支誌 46: 61~62.
- 中村充博・鈴木祥悟・由井正敏 (2005) クマゲラの餌資源としての枯損木量. 東北森林科学会大会講演要旨集 10: 47.
- 中村充博・由井正敏・鈴木祥悟 (1995) 南八甲田地域のクマゲラの行動圏とその植生構造. 野生生物保護 1(3/4): 153~157.
- 新島善直・村上醸造 (1918) 森林美学. 成美堂, 東京.
- Noss, R. F. (1987) Corridors in real landscapes: a reply to Semberloff and Cox. Conservation Biology 1: 159~164.
- 小笠原暁 (1988) クマゲラの世界. 201pp. 秋田魁新報社, 秋田.
- 小笠原暁 (1997) クマゲラ. 樋口広芳・森岡弘之・山岸哲(編). 日本動物大百科4, 鳥類II. 平凡社: 62~63.
- 小笠原暁(代表) (1990) 分布南限地におけるクマゲラの生態に関する基礎研究, 平成元年度科学研究費補助金(総合研究A) 研究成果報告書. 75pp. 秋田.
- 小笠原暁・千羽晋示(代表) (1986) 「白神山地のブナ林生態系の保全調査報告書」(日本自然保護協会報告書62). 日本自然保護協会, 28p, 東京.
- 小笠原暁・泉 祐一 (1977) 森吉山地域のブナ林及びその周辺におけるクマゲラの生息状況. 山階鳥類研究所研究報告 9: 1~15.
- 小笠原暁・泉 祐一 (1978) 森吉山ブナ林のクマゲラの生態学的研究-利用木の分布及び就峙・採餌行動例. 山階鳥研報 10: 127~141.
- Ogasawara, K., Izumi, Y. and Fujii, T. (1994) The status of black woodpecker in Northern Tohoku District, Japan. Journal of the Yamashina Institute for Ornithology 26: 87~98.
- 太田伊久雄 (2000) アメリカ国有林管理の史的展開 - 人と森林の共生は可能か?. 京都大学学術出版, 京都.
- Paine, R. T. (1969) A note on trophic complexity and community stability. Amer. Natur. 103: 91~93.
- Peterson, A. W. and Grubb, Jr. T. C. (1983) Artificial trees as a cavity substitute for wood-

- peckers. *J. Wild. Manage.* 47: 790~798.
- Rolstad, J., Majewski, P. and Rolstad, E. (1998) Black woodpecker use of habitats and feeding substrates in a managed Scandinavian forest. *Journal of Wildlife Management* 62: 11~23.
- 森林総合研究所北海道支所&道内5営林(支)局 (1995) 収穫試験報告第19号 森林の構造と成長の関係解析に関する研究—北海道における収穫試験30年の経過—. 154pp.
- Simberloff, D and Cox, J. (1987) Consequences and costs of conservation corridors. *Conservation Biology* 1: 63~71.
- Simberloff, D., Farr, J.A., Cox, J. and Mehlman, D. M. (1992) Movement corridors: conservation bargains or poor investment? *Conservation Biology* 6: 493~504.
- 隅田重義・有澤 浩 (1992) トドマツ人工林におけるクマゲラの繁殖例. *日林北支論* 40: 12~14.
- 隅田重義・吉沢貞一・越田幹男・藤巻裕蔵 (1990) 函館地方におけるクマゲラの繁殖. *山階鳥研報* 22: 124~132.
- Suzuki M., Yanagihara C., Fujii T. and Yui M. (2008) Nest and roost tree characteristics of the Black Woodpecker *Dryocopus marutius* in northern Honshu, Japan. *Tohoku Journal of Forest Science* 13(1): 1~7.
- 玉城長正・中村 保 (1988) ノグチゲラ その生態と生息地. 沖縄あき書房. 沖縄.
- Tjerberg, S., Johnsson, K. and Nilsson, S. G. (1993) Density variation and breeding success of the Black Woodpecker *Dryocopus martius* in relation to forest fragmentation. *Ornis Fennica* 70: 155~162.
- 辻 華織 (2006) 北東北におけるクマゲラの繁殖生態と営巣地周辺の環境解析. 岩手大学大学院農学研究科平成17年度修士論文. 69pp.
- 内海和徳 (1990) クマゲラの生息調査とその生態観察. 青森営林局業務研究発表集録: 26~29.
- Vandeweerdt, V.; Cheatle, M.; Henricksen, B.; Schomaker, M.; Seki, M.; Zahedi, K., (1997) *Global Environment Outlook (GEO) —UNEP Global State of Environment Report.*
- Walters, J. R. (1991) Application of ecological principles to the management of endangered species: the case of the Red-cockaded Woodpecker. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 22: 505~523.
- Walters, J. R., Robinson, P. P., Starnes, W. and Goodson, J. (1996) The relative effectiveness of artificial cavity status and artificial cavities in inducing the formation of new groups of Red-cockaded Woodpecker. In: *Red-cockaded Woodpecker: Recovery, Ecology and Management*, D. L. Kulhavy, R. G. Hooper and R. Costa (eds.), A center for Applied Studies in Forestry, Texas: 367~371.
- 由井正敏・石井信夫 (1994) 林業と野生鳥獣との共存に向けて—森林性鳥獣の生息環境保護管理—. 280pp, 日本林業調査会, 東京.
- 由井正敏・鈴木祥悟 (1990) クマゲラの生息実態と保護. *森林総研東北支所たより* 341: 1~3.
- Zarnowits, J. E. and Manuwal, D. A. (1985) The effects of forest management on cavity nesting birds in northwestern Washington. *Journal of Wildlife Management* 49: 255~263.

(2009. 7. 30 受理)

総説

日本に侵入するシロアリ

大村和香子¹

1. はじめに

シロアリは熱帯～温帯域に広く分布しており、現在までに世界中で7科(15亜科)約2900種が知られている(森本, 2009)。日本(離島を含む)では22種類が確認されており、そのうち明治時代以降に定着が確認された種類を外来種とするという時間軸定義を適用すると、アメリカカンザイシロアリ(*Incisitermes minor* (Hagen)), ハワイシロアリ(*I. immigrans* (Snyder)), フィリピンイエシロアリ(*Coptotermes vastator* Light), ネバダオオシロアリ(*Zootermopsis nevadensis* (Hagen))の4種類が外来種に該当する。また、過去あるいは現在の自然分布以外に導入された(侵入した)種を外来種とするという地理的定義を適用すると、小笠原・父島などで猛威をふるうイエシロアリ(*Co. formosanus* Shiraki)および山口～福岡の限られた地域に生息するカンモンシロアリ(*Reticulitermes kannmonensis* Takematsu)が追記される。さらに最近では、ニシインドカンザイシロアリ(*Cryptotermes brevis*

(Walker))による被害も発見されている(表-1)。

シロアリの食性は枯死木のほか、リター(落枝, 落葉), 草本類, 地衣類, 土壌(土壌中の有機物)など種によって様々であり(安部, 1989), 木材および木造建築物を加害するのは約100種程度である。一方, 生立木(植林木, 果樹, 街路樹などを含む)や農作物の被害は世界各国で報告されており, 海外からの侵入危険種のなかにもこのような被害を及ぼす種類が知られる。

そこで本稿では, 日本に侵入・定着している外来シロアリ種および侵入危険種の生態と被害状況に関して解説する。

2. 外来シロアリ種と侵入危険種

シロアリの場合, 特定の地域に持ち込まれ「侵入」がなされたあと, 当該地域での群飛や隣接地域での被害が確認されるようになる, つまり侵入後, 繁殖し新たなコロニーが確認されてはじめて「定着」したとみなされる。シロアリの侵入経路としては, 製

表-1 日本における外来シロアリ種(2009年末現在)

種名	原産地(原記載地)	日本における初記載地/年
オオシロアリ科		
ネバダオオシロアリ <i>Zootermopsis nevadensis</i>	北米	兵庫県川西市/2000年
レイビシロアリ科		
アメリカカンザイシロアリ <i>Incisitermes minor</i>	北米	東京都江戸川区/1976年
ハワイシロアリ <i>Incisitermes immigrans</i>	ハワイ	硫黄島/1995年
ニシインドカンザイシロアリ <i>Cryptotermes brevis</i>	不明(新熱帯区?)	調査中
ミゾガシラシロアリ科		
イエシロアリ <i>Coptotermes formosanus</i>	中国南部～台湾	不明
フィリピンイエシロアリ <i>Coptotermes vastator</i>	東南アジア	南鳥島/2000年
カンモンシロアリ <i>Reticulitermes kannmonensis</i>	不明	不明

材品や家具等の貿易物資や街路樹・苗木等に食害・営巣していたところを、そのまま運ばれたという偶発的なものと考えられる。侵入しやすい種としてはアメリカカンザイシロアリやダイコクシロアリ (*Cr. domesticus*) など「乾材シロアリ (Drywood termite)」と総称されるレイビシロアリ科 (Kalotermitidae) と、日本で主要加害種とされるイエシロアリ (*Co. formosanus*) やヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*) が属するミゾガシラシロアリ科 (Rhinotermitidae) などが含まれる、別名「地下シロアリ」(Subterranean termite) のシロアリが挙げられる。さらに「湿材シロアリ (Dampwood termite)」とされるネバダオオシロアリやアメリカオオシロアリ (*Z. angusticolis*) も、輸入材に付着して見つかる場合がある。

2.1. オオシロアリ科

ネバダオオシロアリ (写真-1) は北米大陸の太平洋沿岸が原産地であり、2000年に兵庫県川西市において定着が認められている (鈴木, 2000)。擬職蟻の体長は13mm程度にまで、兵蟻は17mm程度にまで成長する。定着地域の林内は水源の豊富なくぼ地で、真夏でも湿度が高く涼しい。マツ材の倒木に穿孔して生息しており、樹幹には特に軟らかい早材部に大きな坑道をあける。本種は湿材シロアリと見なされているが、ある程度乾燥に耐えることができるよう

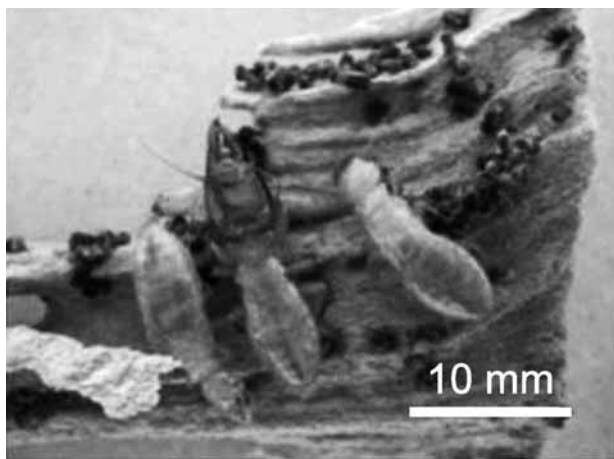


写真-1 ネバダオオシロアリ
(*Zootermopsis nevadensis*)

である。また、体の大きさのわりには一頭あたりの木材消費量は少なく、このような耐乾燥性と少食性が他地域への移入を容易にしていると思われる。

アメリカオオシロアリは北米原産で、合衆国では西海岸の4州に分布している。これまでドイツやオーストリア、そして日本でも何回か侵入記録がなされている。しかしThorne & Haverty (1989) によって、擬職蟻におけるネバダオオシロアリとの明らかな区別点が報告されるまでは両種が混同されており、少なくとも日本における本種の記録のいくつかはネバダオオシロアリであったと推察されている (森本, 2000)。

2.2. レイビシロアリ科

レイビシロアリ科は300種以上が知られているが、そのほとんどは野外において主として広葉樹の枯木・枯枝に生息しており、木造建築物の加害種はアメリカカンザイシロアリ属 (*Incisitermes* sp.) とダイコクシロアリ属 (*Cryptotermites* sp.) の2属のシロアリ種に限られる。これらのシロアリには、含水率12~15%程度の木材内部だけで、水の供給がなくても生息が可能である、擬職蟻 (他の階級に分化する能力を持った職蟻) を有していて少数の個体からコロニーを再生できる、巣材と餌場とが共通のため生活範囲が狭い、といった共通の特徴があり、このような特徴が両属の世界各国への侵入を促してきたと思われる。

2.2.1. アメリカカンザイシロアリ属

アメリカカンザイシロアリ (写真-2) は、北米の西海岸地域に野外分布が認められ、自然分布北限はワシントン州タコマ、南限はメキシコのガイマスおよびカリフォルニア半島であり、北限は1月の平均気温0℃の等温線に合致している (Light, 1934; Weesner, 1970)。オハイオ州、オクラホマ州などへは人為的に侵入したと考えられており、カナダ・トロントが被害発生北限である。日本でも宮城県仙台市や山形県上山市といった比較的高緯度の地域で被害発生報告があるが、この2箇所は家具類におけ

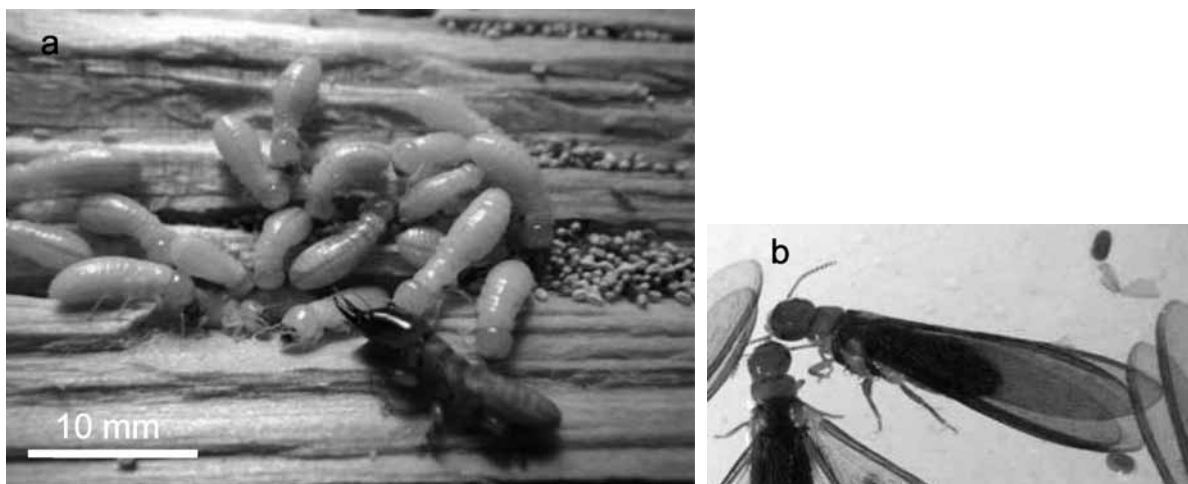


写真-2 アメリカカンザイシロアリ (*Incisitermes minor*)

a : 兵蟻と擬職蟻 (周囲の顆粒が糞) b : 有翅虫

る被害発生のみで家屋自体への被害はない。しかし、高気密・高断熱化の進んだ日本家屋の環境下では、北海道でも生息が可能であろう。本種は1975年の東京都江戸川区における被害発見(森, 1976)から20年を経た2005年末現在で、被害発生地は20都府県の市町村に点在して発生している(乾材シロアリ対策特別委員会, 2007)。黒色を呈する有翅虫による群飛はイエシロアリやヤマトシロアリと比較すると小規模で、時期は3~11月の不定期に生じる。被害家屋の薬剤処理や(部分)解体による激しい振動など何らかの「刺激」を与えると、上記以外の季節にも群飛が見られることがある。また、有翅虫は適切な生息場所が見つかるまで容易には羽を落とさない傾向がみられる。本種による被害地域は年々拡大しているが、被害の進行はイエシロアリによるものと比較すると、きわめて緩やかである。実際、被害原因と考えられる事象があってから家人が被害に気づく、つまり被害が顕在化するのに10年以上要している事例が多い。乾材シロアリは木材内部に入り込んで生活しており、通常蟻道をつくらないため、材表面からではどこにシロアリがいるか判断できない。従来から我が国で防除対象であったイエシロアリやヤマトシロアリによる被害の有無は、シロアリが土や排出物で作る「蟻道」というトンネル状の覆いを見つけるのがめやすの一つであるが、本種は通常「蟻道」

を作ることなく木材内部に穿孔してコロニーを作り加害する。材表面の直径2 mm程度の穴から排出される顆粒状の糞が、被害発見のめやすである。

ハワイシロアリはアメリカカンザイシロアリと同属のシロアリで、ハワイで最初に記載された。現地でも時折発見される程度で、野外の枯木、木柱や柵などを加害するにとどまり、家屋への被害はほとんどない。日本では1995年に硫黄島で初めて採取され(森本, 1998)、さらに1998年に南大東島でも確認されている。日本での分布はこれら2つの離島だけであり、野外の枯木に小集団で生活している。



写真-3 ダイコクシロアリ属による被害例 (周囲の顆粒が糞)



写真-4 ニシインドカンザイシロアリ (*Cryptotermea brevis*)

(写真提供：南山和也氏) a：擬職蟻 b：兵蟻

2.2.2. ダイコクシロアリ属

ダイコクシロアリ属は熱帯地方で最も激しい被害を及ぼす害虫という認識がなされており、家具等の木製品や建物（写真-3）だけでなく野外の枯木・枯枝にも生息が認められる。

ニシインドカンザイシロアリ（写真-4 a,b）は、以前も座間の米軍基地で発見された例はあるが、その時点では定着は認められていない。したがって、著者ら（大村・所, 2003）は2003年6月に「森林科学（日本森林学会編）」において外来シロアリ種に関する報告を行った時点では、外来種とはみなさなかった。しかし最近、岡山と東京という互いに遠く離れた2箇所で、本種による家屋被害および輸入家具の被害が確認されており、現在定着の有無について調査がなされているところである。本種の原因は不明であるが（新熱帯区と考えられている）、フロリダ半島～カリブ海沿岸、中・南米、オーストラリア東～中央部などに侵入、定着を果たしている。兵蟻の体長は5 mm程度であり、同属のダイコクシロアリと同程度の大きさである。枯木や構造用材の辺・心材問わず、小コロニーに分散して生息している。

2.3. ミゾガシラシロアリ科

ミゾガシラシロアリ科は木材食性であり、木材・家屋害虫として知られる種が多い。屋外では古い庭

木などの立木の根元、切株、建築工事の廃材、杭、門柱などの地中部分に営巣し、前述の「蟻道」を地中部から伸ばして蟻道内部を行き来することにより、乾燥や外敵から身を守りつつ家屋へ侵入する。イエシロアリ属やヤマトシロアリ属のシロアリは街路樹、果樹、造林木、庭木など生立木にも大きな被害を与えることが知られている。例えばオーストラリアでは、樹木内部にイエシロアリ属による営巣が認められた場合、金属製の長いプローブを材表面から差し込み、プローブ先端の突き刺し抵抗がなく、先端が温くなる箇所（巣の中心は海綿状で柔らかく、かつ温度は通常周辺部よりも高く保たれているため）を探し当てたあと、プローブで空いた空洞部に薬剤を流し込み、巣の駆除を図っている（Hadlington, 1987）。日本では農薬取締法の観点から、生立木にシロアリが営巣したり被害を与えたりしていても、シロアリを殺す目的で直接薬剤を施用して駆除することができない。したがって、公園樹や街路樹のシロアリ防除法としては、以下のような所謂「ベイト工法」により間接的に駆除する方法を選択する。(1)被害が生じている樹木の周辺にシロアリの餌となるような木杭を複数本埋設し、シロアリが木杭を加害するのを待つ、(2)シロアリが加害した木杭に対して遅効性のシロアリ防除剤で処理を行う、(3)シロアリに薬剤を巣へ持ち帰らせ、巣仲間への栄養交換を介

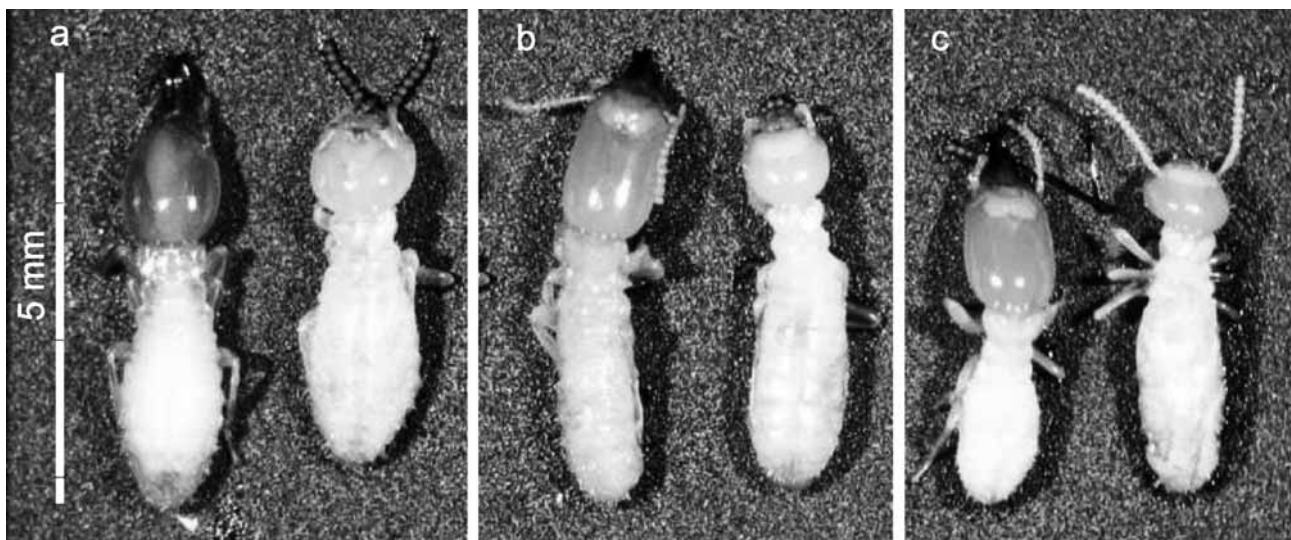


写真-5 地下シロアリ各種の兵蟻および擬職蟻

(写真提供：神原広平氏)

a：イエシロアリ (*Coptotermes formosanus*)

b：カンモンシロアリ (*Reticulitermes kannmonensis*)

c：ヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*)

して巣に薬剤を蔓延させることで巣を撲滅させる。

2.3.1. イエシロアリ属

イエシロアリ (写真-5 a) は世界のシロアリ種の中でも最も加害力の大きい種として知られ、木造建築物に多大な被害を与える。イエシロアリは日本では現在房総半島以南の太平洋沿岸に沿って分布しているが、分布域であっても海岸線から遠い内陸や標高の高い地域で生息が認められることは少ない。房総半島へは九州地方からの街路樹の移設により、人為的に侵入したとみなされている。その行動半径は障害物がない場合は100mにもおよぶという報告がある。有翅虫は黄褐色をしており、日本では6～7月頃の夕方に群飛が見られる。野外での分布北限は1月の平均気温4℃、最低平均気温0℃の線にほぼ一致する。

1950年代後半～60年代前半頃、宮崎県都井岬付近のオビスギ造林地において、イエシロアリによる被害が大々的に報じられたことがあった (中島・森, 1961)。原因として、その15～20年前に起こった近隣地における松枯れ被害と、被害木へのシロアリ被害、スギ林への移動・スギ切株～立木への被害、と

いう一連の流れが考えられている。オビスギは古くから造船用の弁甲材として利用されており、材密度が小さく樹脂分が多いのが特長である。当地でのイエシロアリ被害は都井岬付近に森林施業案が作られた大正時代中頃以降には知られており、被害材は九州でシロアリを指す「きじら (木虱)」という言葉を用いて、「きじらびき」と呼ばれ買いたたかれたこともあったとのことである。最近では、佐藤ら (2003) らが屋久島におけるスギ立木の被害について調査し、林分内の被圧による立枯れ木や台風等による折損・傾斜木などが被害を多く受けていると報告している。また、小笠原・父島における本種による被害は甚大で (大村・所, 2003)、マスコミ等でも時折報道される。東アジア原産と考えられるイエシロアリにとっては、小笠原の高温多雨・多湿な環境とその植生が、好適なのであろう。

フィリピンイエシロアリは原産地がフィリピンと考えられる移入種であり、2000年に南鳥島に定着が確認されている (森本・石井, 2000)。グアム島やハワイ島へも侵入が認められており、ハワイでは生立木や木造家屋への被害が知られている。本種の分布域は熱帯～亜熱帯のため、日本本土には侵入した

としても定着は困難と思われる。

一方2003年に *Co. havilandi* と同一種であるとの報告がなされた *Co. gestroi* は (Kirton & Brown, 2003) 東南アジア原産で、南太平洋のマルケサス諸島、インド洋のモーリシャス諸島やレユニオン、カリブ海のバルバドスやジャマイカ、南米のブラジルにも侵入・定着している。1996年にはフロリダ州マイアミで初記載され、州内で広がりを見せている。生態はイエシロアリと同様であるが、世界的にはイエシロアリは温帯域に多く生息し、*Co. gestroi* は熱帯域に多く生息が認められ、フロリダはこの2種が同時に分布する唯一の地域である (Scheffrhan & Su, 2009)。本種はイエシロアリのように例えば小笠原・父島のような環境に人為的に侵入すれば、定着して新たに大きな経済的被害を及ぼす危険性があるだろう。

2.3.2. ヤマトシロアリ属

日本には7種が知られており、ヤマトシロアリとカンモンシロアリ以外は、琉球列島以南の離島において湿った枯木に生息している。

カンモンシロアリ (写真-5b) は山口県山陽町～福岡県遠賀町の限られた地域にのみ分布しており、侵入種と考えられるが、近隣の朝鮮半島や対馬などの地域にも分布が確認されていない (伊藤, 1984a, 1984b, 1990; 森本, 2000)。外見はヤマトシロアリ (写真-5c) と極似するが、共生原生動物相がヤマトシロアリとは全く異なり、群飛時期も山口～福岡地域ではヤマトシロアリが4月下旬～5月上旬であるのに対してカンモンシロアリは2～3月が最頻月、と大きく異なる。また、本種は古くはノキシロアリ (軒白蟻) と呼ばれており、ヤマトシロアリが腐朽材などの比較的高含水率の材を好んで加害するのに対して、木造家屋の軒先まで比較的乾いた材でも加害し、蟻道構築力が大きい。

また、今後侵入・定着し多大な経済的損失を生じさせる危険性を有する種としては、*R. flavipes* が考えられる。本種は北米原産で、すでに1837年にオーストリア (Emerson, 1936)、1937年にドイツ・ハ

ンブルグ (Weidner, 1937) において記録され、その後中南米 (メキシコ、グアテマラ) (Gay, 1969)、合衆国内でも分布域を広げている (CABI, 2003)。なおCABI (2003) にはサトウキビが主要寄主植物として記載されている。日本では同属のヤマトシロアリで、サトウキビのほか畑作地でのサツマイモ、にんじんなどの根菜類被害 (中島・森, 1961) やチャ、サクラなどの樹木被害 (梅谷・岡田, 2003) が知られている。

3. おわりに

シロアリ類は木材害虫のイメージが強いため、生立木や農作物へも被害を生じさせる種類がいることは、意外と知られていない。また、アメリカカンザイシロアリやニシインドカンザイシロアリに関しては、現時点で野外での生息が認められていないが、ネバダオオシロアリやカンモンシロアリのように、環境が合えば本州でも野外で生息できる可能性がある。特に乾材シロアリ類に関しては、国内での被害域を拡大しないために、被害地域からの木材製品の移動の際に被害の兆候がないか確認するなどの配慮をすべきである。

謝辞

写真をご提供くださいました関東白蟻株式会社 南山和也氏、山口大学農学部 神原広平氏にお礼申し上げます。

引用文献

- 安部琢哉 (1989) シロアリの生態-熱帯の生態学入門. 東京大学出版会, 東京.
- CABI (2003) Crop Protection Compendium, 2003 ed., CAB INTERNATIONAL, Wallingford, U.K.
- Emerson, A. E. (1936) Distribution of termites. Science, 83: 410~411.
- Gay, F. J. (1969) Species introduced by man. In: Biology of termites Vol. 1 (ed. By Krishna, K. and Weesner, F.M.), pp. 459~494.

- Hadlington, P. (1987) Australian termites and other common timber pest. UNSW PRESS, Australia.
- 伊藤修四郎 (1984) 関門白蟻. (1). しろあり 57: 3~10.
- 伊藤修四郎 (1984) 関門白蟻. (2). しろあり 58: 2~8.
- 伊藤修四郎 (1990) カンモンシロアリ. 原色ペストコントロール図説第Ⅲ集, p.3~1/3~3, (社)日本ペストコントロール協会, 東京.
- 乾材シロアリ対策特別委員会 (2007) 乾材シロアリとその防除対策に関する報告書. しろあり 147: 11~24.
- Kirton, L. G. and Brown, V. K. (2003) The taxonomic status of pest species of *Coptotermes* in Southeast Asia: Resolving the paradox in the pest status of the termites, *Coptotermes gestroi*, *C. havilandi* and *C. travians* (Isoptera: Rhinotermitidae). Sociobiology 42: 43~63.
- Light, S. F. (1934) The distribution and biology of the common dry-wood termite, *Kaloterme minor*. In: Termites and termite control. (ed. By Kofoid, C. A., Light, S. F., Hornoer, A. C., Randall, M., Herms, W. B., Bowe, E. E.), 2nd ed., pp. 210~216. University of California Press, Berkeley.
- 森 八郎 (1976) アメリカ乾材シロアリ東京都内に定着. しろあり 27: 45~46.
- 森本 桂 (1998) 小笠原のシロアリ. しろあり 112: 3~10.
- 森本 桂 (2000) カンモンシロアリについて. しろあり 121: 3~8.
- 森本 桂, 石井勝洋 (2000) 南鳥島のシロアリ調査とフィリピンイエシロアリの定着. しろあり 121: 9~17.
- 森本 桂 (2000) 日本に侵入したアメリカオオシロアリ属 *Zootermopsis* について. しろあり 122: 3~8.
- 森本 桂 (2009) シロアリの生態と被害. しろあり及び腐朽防除施工の基礎知識, pp.11~37. 社団法人日本しろあり対策協会.
- 中島 茂・森 八郎 (1961) しろありの知識. グリーンエイジ編集室, 東京.
- 大村和香子・所 雅彦 (2003) 海外より日本に侵入したシロアリ類. 森林科学 38: 7~9.
- 佐藤嘉一・谷口 明・中平廣夫 (2003) 屋久島におけるスギ生立木のシロアリ被害. 鹿児島県林試研報 8: 17~24.
- Scheffrahn, R. H. and Su, N.-Y. (2009) Asian subterranean termite. University of Florida ホームページ (<http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures/urban/termites/havilandi.htm>), 2009. 8.26.ダウンロード.
- 鈴木英明 (2000) 兵庫県川西市で発見されたアメリカオオシロアリ. 家屋害虫 21: 137~144.
- Thorne, B. L. and Haverty, M. I. (1989) Accurate identification of *Zootermopsis* species (Isoptera: Termopsidae) based on a mandibular character of nonsoldier castes. Ann. Entomol. Soc. Amer. 82: 262~266.
- 梅谷献二・岡田利承 編 (2003) 日本農業害虫大事典, 全国農村教育協会, 東京.
- Weesner, F. M. (1970) Termites of the nearctic region. In: Biology of Termites, Vol. II. (ed. By Krishna, K. and Weesner, F. M.), pp. 477~525, Academic Press, New York and London.
- Weidner, H. (1937) Termiten in Hamburg. Ztschr. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. 47: 593~596.

(2009. 9. 11 受理)

論文

エダシャク類 2 種によるアセビの採食痕 —ニホンジカの採食痕との類似点と相違点—

佐野 明¹

1. はじめに

アセビ *Pieris japonica* は本州、四国および九州に広く分布するツツジ科の低木で有毒物質グラヤノトキシン (grayanotoxin) を多く含むため、これを食べた場合、大型哺乳類でも中毒を起こすことがある (Plumlee *et al.* 1992)。このため、ニホンジカ *Cervus nippon* (以下、シカ) にもほとんど食べられることはなく、林木食害の深刻な地域では低木層にアセビのみが残る森林も見られる (写真-1)。しかし、シカの生息密度がきわめて高い宮崎県椎葉村の人工林ではアセビの食害も報告され (齊藤ほか, 2005)、奈良県奈良公園 (鳥居春己 私信) と神奈川県丹沢 (田村 淳 私信) でも採食されるようになってきたという。

シカによるアセビの採食が始まったか否かは、個体群における食性の変化のみならず、森林に対する影響の深刻さや餌不足の度合いを推し量る上でも重要な情報である。このため、「シカが本当にアセビ

を食べているかどうか」については、特に慎重な判断が求められる。

今回、アセビを食樹とするエダシャク類 (チョウ目シャクガ科) 2 種の食痕がシカのものと同様と類似し混同しやすいことを確認したので、その特徴について報告する。

エダシャク類の同定に際し、ご指導、ご助言を賜った三重蝶友会の松井弘見氏と栃木県林業センターの野澤彰夫氏、シカによるアセビ食害の情報を提供してくださった神奈川県自然環境保全センターの田村淳氏と奈良教育大学の鳥居春己氏に深謝する。

2. 調査地の概況

調査地は三重県津市榊原町 (標高約 750m, 環境省 3 次メッシュコード 5236-0264) にある低木の混じるササ草原である (写真-2)。2009 年 3 月に実施した糞粒法による調査では周辺のシカ生息密度は 14.8 頭/km² と推測され、その採食圧のため、背丈の



写真-1 ニホンジカによる林木食害が顕著な森林
草本層を欠き、低木層にアセビのみが見られる (三重県伊賀市)。



写真-2 調査地遠景 (三重県津市榊原町)
ニホンジカが高密度で生息するため、背丈の低いネザサ群落の中にアセビ、ヤマツツジ、アカマツが散生する。

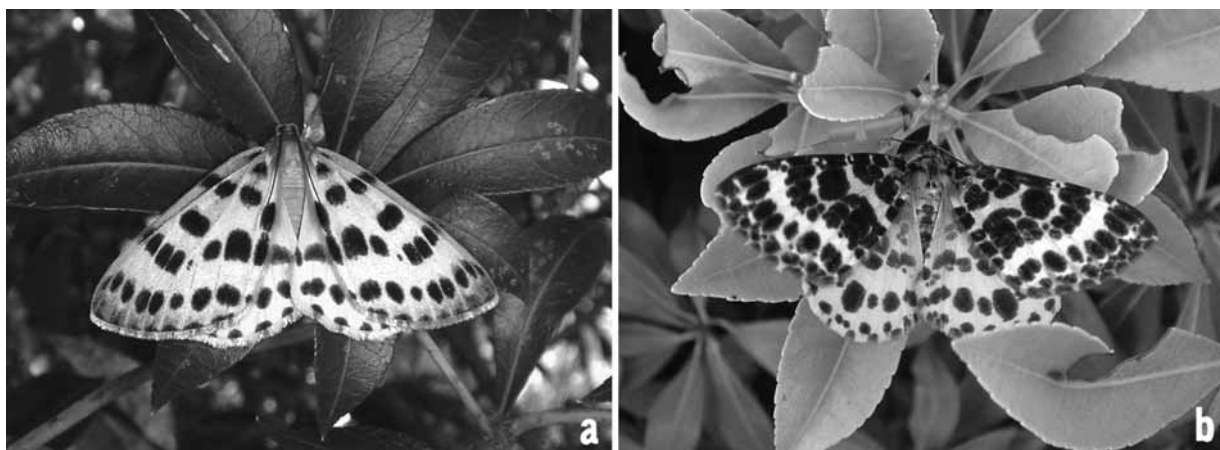


写真-3 アセビを食樹とするエダシャク類2種の成虫
a, ヒョウモンエダシャク; b, キシタエダシャク.

低いネザサ *Pleioblastus chino* var. *viridis* 群落の中にアセビ, アカマツ *Pinus densiflora*, ヤマツツジ *Rhododendron obtusum* var. *kaempferi* 等が散生する。

3. 調査地内におけるエダシャク類2種の生息状況に関する断片的な知見

調査地内で確認されたエダシャク類はヒョウモンエダシャク *Arichanna jaguararia* とキシタエダシャク *Arichanna melanaria* であった (写真-3)。これら2種はいずれも北海道, 本州, 四国, 九州に広く分布し, アセビを含むツツジ科を食樹とする (井上, 1982)。

2009年5月15日にアセビを採食しているこれら2種の幼虫を多数認め, 食痕を確認した (写真-4, 5)。同年5月22日に行った生息密度調査では, ヒョウモンエダシャクの方が個体数が多く, キシタエダシャクが樹高1.3m以上ある木でのみ確認されたのに対し, ヒョウモンエダシャクは0.3m以下の幼齢木でも確認された (表-1)。いずれの種も日中は樹冠内に潜んでいることが多かった (写真-5c, 6)。

6月2日には両種の幼虫は全く確認されず, すでに土中で蛹化していた。6月15日にはキシタエダシャクの, 6月23日にはヒョウモンエダシャクの成虫を初めて確認した。7月9日にはまだ両種の成虫を観察することができたが, 7月16日にはいずれの種の



写真-4 アセビを採食するヒョウモンエダシャク幼虫 (頭部が下)

表-1 エダシャク類幼虫の樹高階別生息密度*

樹高	調査本数	生息密度 (頭/本)	
		ヒョウモンエダシャク	キシタエダシャク
0.3m以下	6	0.3±0.51	0
0.3-1.3m	22	1.0±1.57	0
1.3m以上	18	5.3±4.23	1.4±1.38

*2009年5月22日におけるアセビ1本あたりの生息頭数(平均±標準偏差)

成虫も確認できなかった。

キシタエダシャクは株元の落葉やコケなどの上にはばらばらに産卵し, 卵態越冬するが (坂之下, 1997), 卵を確認することはできなかった。



写真-5 エダシヤク類の幼虫によって新葉を採食されたアセビ
樹高約1.8 m (a)と約0.2m (b)のアセビに見られる食痕と、葉のかけで休息する
ヒョウモンエダシヤクの幼虫(c).



写真-6 アセビの樹冠内で休息するエダシヤク類2種の幼虫
左、ヒョウモンエダシヤク；右、キシタエダシヤク。

4. エダシヤク類2種によるアセビ採食痕の特徴

シカによるアセビの採食痕に関する報告はないが、食痕の一般的な特徴として、シカは上顎の門歯を欠くため、「引きちぎる」あるいは「摘み取る」ように採食し、切口面は不揃いでしばしば繊維が残される(関, 1991; 桑畑, 1996; 小泉, 2001)。今回観察したエダシヤク類の食痕にも同様の特徴を持つものが見られ(写真-7), それらは筆者がこれまで観察してきたシカによる木本類の枝葉採食の痕跡と類似していた。

しかし、採食痕をつぶさに観察すると枝先を一口で食べず、葉を一枚ずつ食べたように枝先に複数の葉柄が残されていたり(写真-5 a), 葉柄の途中に食痕が見られる場合が多かった(写真-8)。このため、慎重に判断すれば相違点を見い出せる場合が多いものの、ヒョウモンエダシヤクによる幼齡木の食痕にはシカによるものと区別できないものもあった(写真-5 b)。

シカによるアセビ食害の判定に際しては、エダシヤク類の食痕が時としてシカのものと同識別困難なほど類似することに留意し、明確な判断ができない場合



写真-7 先端部に繊維が残るヒョウモンエダシャクの食痕 (矢印)



写真-8 新葉の葉柄に残されたヒョウモンエダシャクの食痕 (矢印)

には4～5月に調査を行って、樹冠内に潜む幼虫の所在を確認することも必要であろう。

引用文献

井上 寛 (1982) シャクガ科. 日本産蛾類大図鑑第1巻: 解説編 (井上 寛ら編), 536, 講談社, 東京.

小泉 透 (2003) 森林被害の特徴と防除. 農林業における野生獣類の被害対策基礎知識. pp.4～11. 農林水産技術会議事務局・森林総合研究所・農業・生物系特定産業技術研究機構, 東京.

桑畑 勤 (1996) 動物の林業被害ハンドブック (獣類編). 全国森林病虫獣害防除協会, 東京.

Plumlee, K.H., VanAlstine, W.G. and Sullivan, J.M. (1992) Japanese pieris toxicosis of goats. *J. Vet Diagn Invest* 4: 363～364.

齊藤 哲・永松 大・佐藤 保・小南陽亮 (2005) ニホンジカが高密度で生息する地域における人工林内の広葉樹類の混交状態. *九州森林研究* 58: 166～168.

坂之下 旭 (1997) 霧島山系におけるミヤマキリシマの害虫, キシタエダシャクとクジュウフユシャクの生活史と習性. *宮崎大学農学部研究報告* 44: 61～71.

関 勝 (1991) 森林に加害する獣類とその被害防除 (7) - 獣種の判別 -. *山林* 1289: 40～47.

(2009. 7. 17 受理)

論文

マツ材線虫病によるアカマツ年越し枯れ過程における水分生理状態の変化

市原 優¹・窪野高德²・升屋勇人³・小岩俊行⁴

1. はじめに

マツ材線虫病はマツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* (以下、線虫とする) を病原とするアカマツ *Pinus densiflora* およびクロマツ *P. thunbergii* の重要病害である (清原・徳重, 1971)。線虫はマツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* により媒介され (森本・岩崎, 1972)、感染したマツの樹体内に侵入し萎凋枯死させる。マツ材線虫病の発病過程は大きく病徴初期と病徴進展期の2ステージに分けることができる (Fukuda, 1997)。病徴初期には、線虫は主に樹脂道内を移動して樹体全体に分散し (Ichihara *et al.*, 2000a, 2000b; Mamiya, 1985)、木部に通水阻害を引き起こす (Fukuda *et al.*, 1992b; Kuroda *et al.*, 1988; Sasaki *et al.*, 1984)。通水阻害の拡大に伴い枝条部に水ストレスがかかり光合成速度と蒸散速度が低下するが (Fukuda *et al.*, 1992a; Ichihara *et al.*, 2001)、外観的症状は見られず樹脂滲出の低下が観察される (鈴木・清原, 1975)。その後病徴進展期になると、木部の通水が停止し水ポテンシャルの急激な低下を伴って萎凋枯死する (Ikeda and Suzaki, 1984)。

一般に温暖な地域では感染したマツは年内に枯死するが、寒冷地域におけるマツ材線虫病の被害は、線虫に感染したマツが年内に枯死せずに翌年になってから枯死する年越し枯れの割合が高い特徴があり、年や地域によってばらつくものの年間枯死本数の25~75%を占める (在原・斎藤, 1984; 早坂ら, 1982; 作山・千田, 1983; 山崎・布川, 1984; 陳野ら, 1987)。このような年越し枯れ木は防除対象から漏れマツノマダラカミキリの伝染源となる可能性があることから、今後の寒冷地におけるマツ材線虫病の防除を進める上で、年越し枯れの発生機構の解明が必要であ

る。しかし、これまで年越し枯れ現象の記述は外観的観察に基づくものが多く、年越し枯れ木の病徴進展過程の生理変化はほとんど調査されていない。そこで本研究では、年越し枯れを含めた寒冷地におけるマツ材線虫病の発生機構を生理的側面から明らかにすることを目的として、線虫を接種したアカマツについて、外観的観察とともに水分生理状態の変化について調査を行った。

なお、本報告の一部は、市原ら (2006a, 2006b) で報告した。

2. 材料と方法

1) 接種試験 1

岩手県盛岡市の森林総合研究所東北支所構内の苗畑に植栽されたアカマツ13本 (約15年生) を供試した。接種に用いた線虫 (S6-1系統) は、*Botrytis cinerea* をジャガイモ寒天培地上で25℃、暗黒下で7日間培養した菌叢上で10日間培養し、ペールマン法により分離し、接種に供した。調査木10本の幹の胸高付近にドリルで3箇所を開け、培養した線虫 (S6-1) を計6万頭ずつ接種し、3本には蒸留水を入れ対照木とした。接種は1999年7月に行った。接種後1~3ヶ月おきの晴天日に各供試木の日当たりの良い樹冠部の枝を採取し、プレッシャーチャンバーを用いて日中の水ポテンシャルを測定するとともに外観的観察を行った。水ポテンシャルは、樹冠の枝を用いて測定し枝条部の水分生理状態の指標とするもので、水ストレス下にあるほど低い値となり、-3.0MPa以下では萎凋していると考えた。調査は1999年7月~2001年5月まで行った。

2) 接種試験 2

岩手県江刺市の岩手県林木育種場内の20年生アカ

マツ人工林で、23本（樹高約8 m、平均胸高直径12.5 cm）を供試した。2000年7月11日に、20本（I-4～I-23）の胸高付近の幹にドリルで3箇所の穴（直径5 mm、深さ3 cm）を空け、各穴2万頭（6万頭/本）の培養線虫（S6-1系統）を接種した。対照木3本（C-1～C-3）には同様の方法で蒸留水を入れた。

水ポテンシャルと蒸散速度の測定は、接種日から1～3ヶ月おきの晴天日に11時から13時に各個体について行った。日中の水ポテンシャルは、接種試験1と同様の方法により測定した。水ポテンシャル値が-3.0 MPa以下の場合には-3.0 MPaとして記録した。蒸散速度はバッテリー電源の電子天秤を用いた重量法により測定した。電子天秤は試験地内に置き、測定部をボール紙製の風防で覆った。蒸散量は、日当たりの良い樹冠部から採取した当年の針葉約2 gを秤量したのち、直ちに試料を風防から出して直射日光下へ移動させ、プラスチック製の秤量皿上に立てかけ2分間蒸散させた後、再秤量した時の減少重量とし、針葉の乾重当たりの蒸散量を算出した。当年枝が伸長中の4～6月には1年生針葉を測定に供した。蒸散速度は冬期には測定しなかった。

また、測定と同時に、外観と樹脂滲出量を観察した。樹脂滲出は、樹幹において直径1 cmのポンチで樹皮を打ち抜き、滲出する樹脂がにじむ程度だけになったもの、および停止しているものを異常として記録した。樹脂滲出量は11月から3月には調査しなかった。さらに、樹幹にキクイムシの穿孔が見られた個体については、穿孔したキクイムシの一部を採集し同定した。また、キクイムシの孔道に見られた菌類を1%麦芽エキス寒天培地上に置き、菌類の分離、同定を行った。調査は、接種日から2001年11月20日まで行った。

3. 結果

1) 接種試験1

観察期間中に線虫接種木は、年内枯死5本、年越し枯れ2本、生残木3本となった（図-1）。対照木は、落葉期の10月に旧葉の黄化と落葉が観察された以外は針葉が緑色を保ち健全だった。日中の水ポテンシャルは、-0.52～-1.65 MPaで推移し、冬期の方が夏期よりも高い値を示した（図-2）。年内枯死木では、接種2ヶ月後の9月から水ポテンシャルが急激に低下する個体が現れ、12月までに-3.0

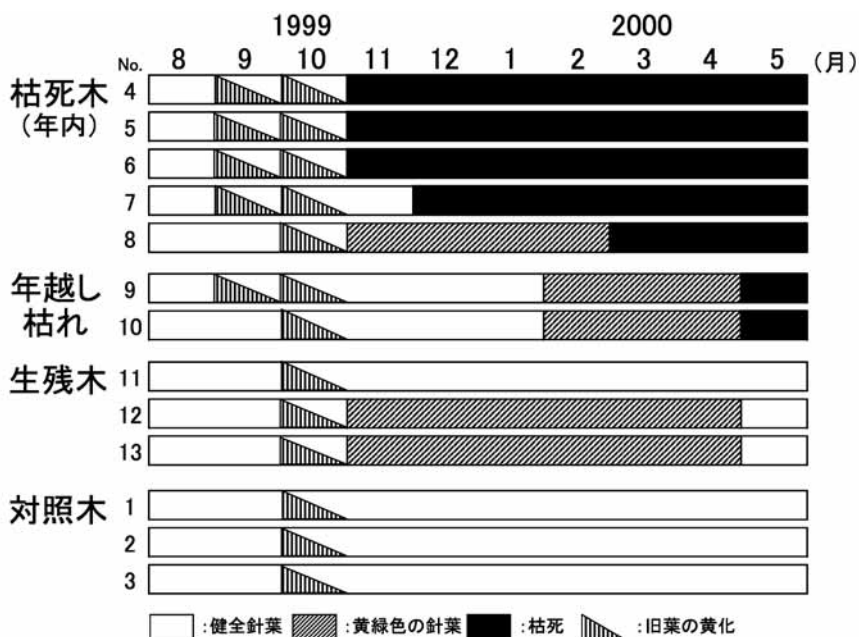


図-1 調査木の外観的病徴の変化（接種試験1）

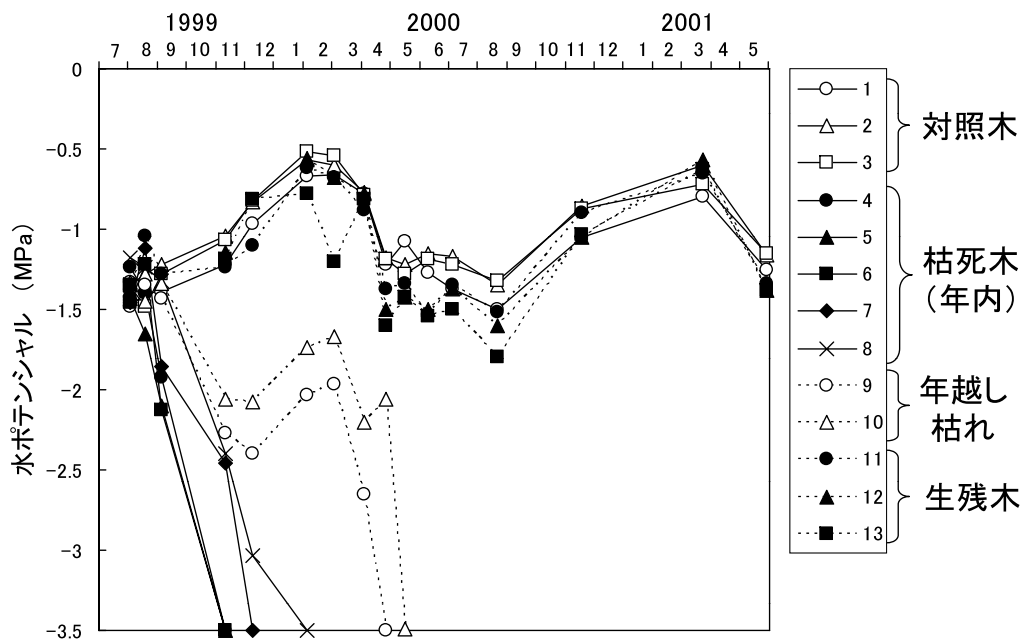


図-2 調査木の水ポテンシャルの変化 (接種試験1)

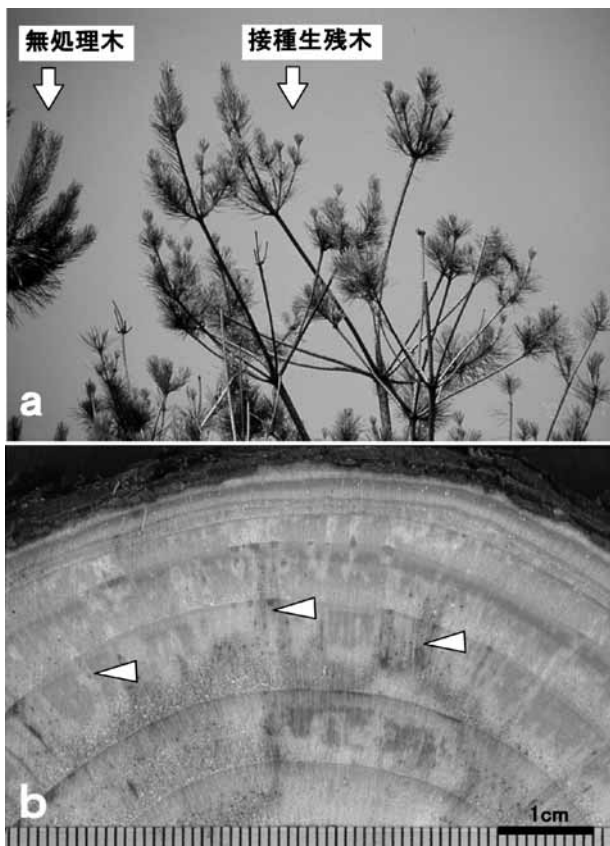


図-3 線虫接種後の生残木におけるシュート成長の低下 (a) と通水障害 (b, 矢印)

MPa以下に低下し、針葉の褐変を伴って枯死した。年越し枯れ木の水ポテンシャルは、接種年秋の11月に $-2.06 \sim -2.27$ MPaと低い値を示した後、冬期間は対照木の $-0.52 \sim -1.19$ MPaよりも低い $-1.67 \sim -2.65$ MPaを維持した。冬期の針葉はあせた緑色をしており、幹の内樹皮は胸高部では生きていたが地際部では壊死していた。その後接種翌春の4～5月に水ポテンシャルの低下とともに針葉が褐変して枯死した。接種後生残したものでは、水ポテンシャルは対照木と同様に推移し、接種翌々春まで生残した。しかし、接種翌春においてシュート成長が小さく (図-3)、水ポテンシャルも対照木に比べ低い値を示した (図-2)。また、試験期間終了後 (2003年2月) に伐採した際の辺材に広く通水障害が認められ、肥大成長の低下も認められた (図-3)。

2) 接種試験2

供試木の接種時から2001年11月までの外観観察結果を図-4に示す。対照木 (C-1～C-3) は、10月に旧葉の黄化と落葉が観察された以外は針葉が緑色を保ち健全であった。対照木の日中の水ポテンシャルは、 $-0.43 \sim -1.45$ MPaで推移し、冬期の方が夏期よりも高い値を示した (図-5)。蒸散速度は、

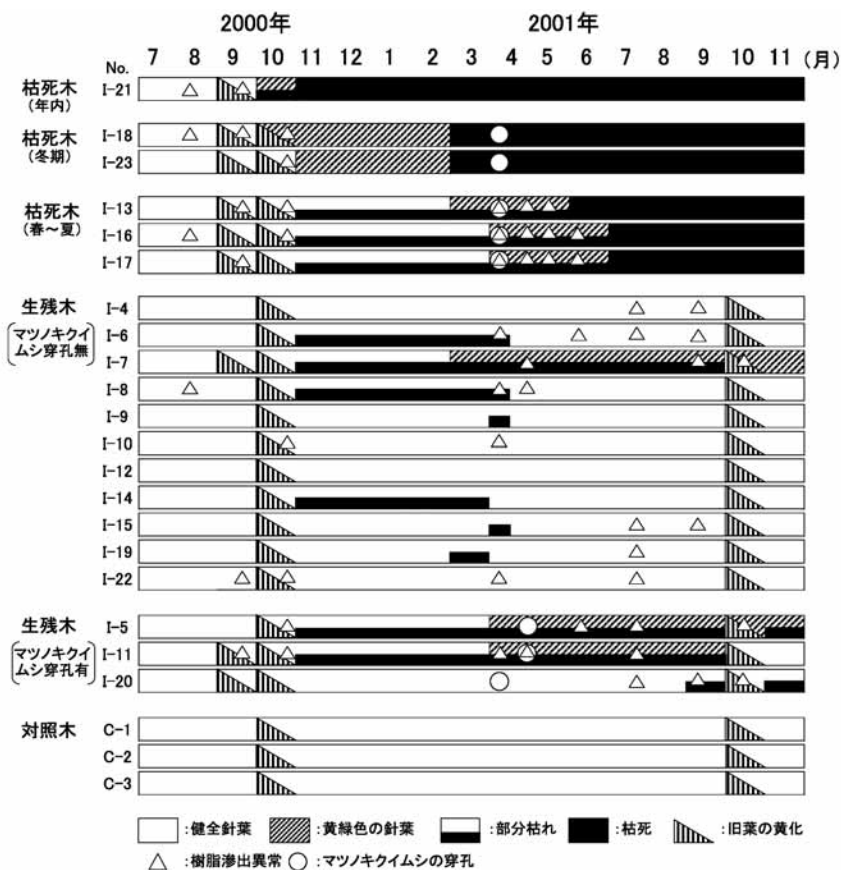


図-4 調査木の外観的病徴の変化 (接種試験2)

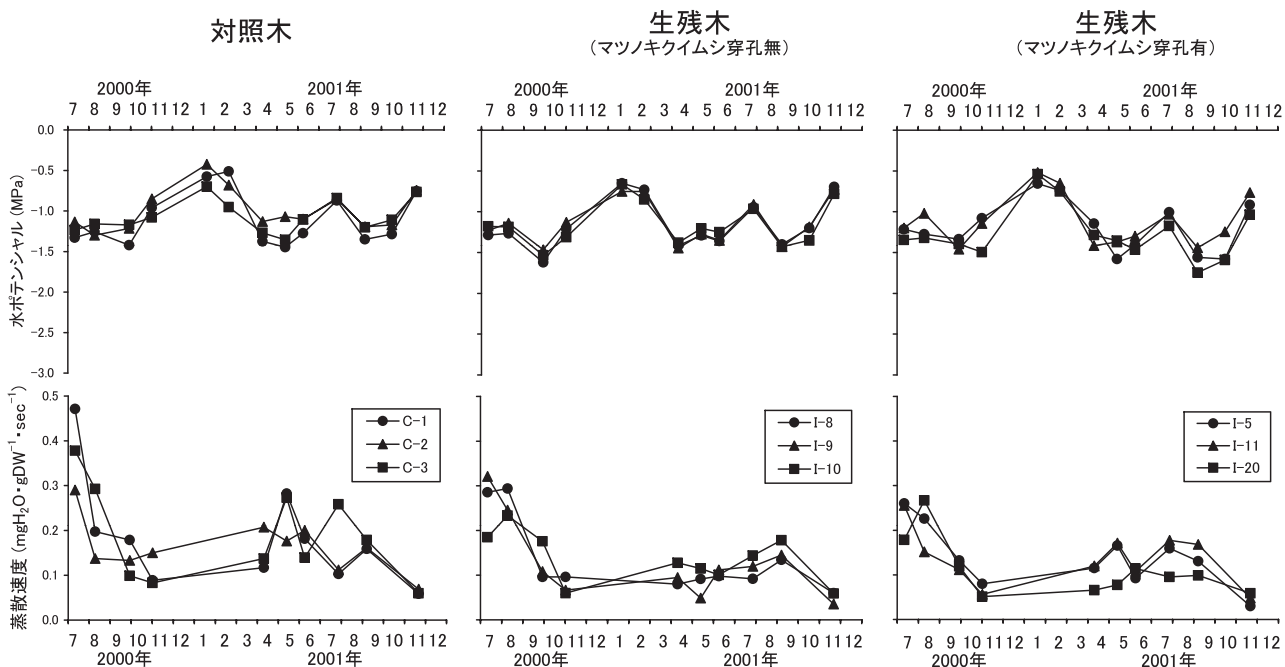


図-5 生残した接種木と対照木の水ポテンシャルと蒸散速度の変化 (接種試験2)

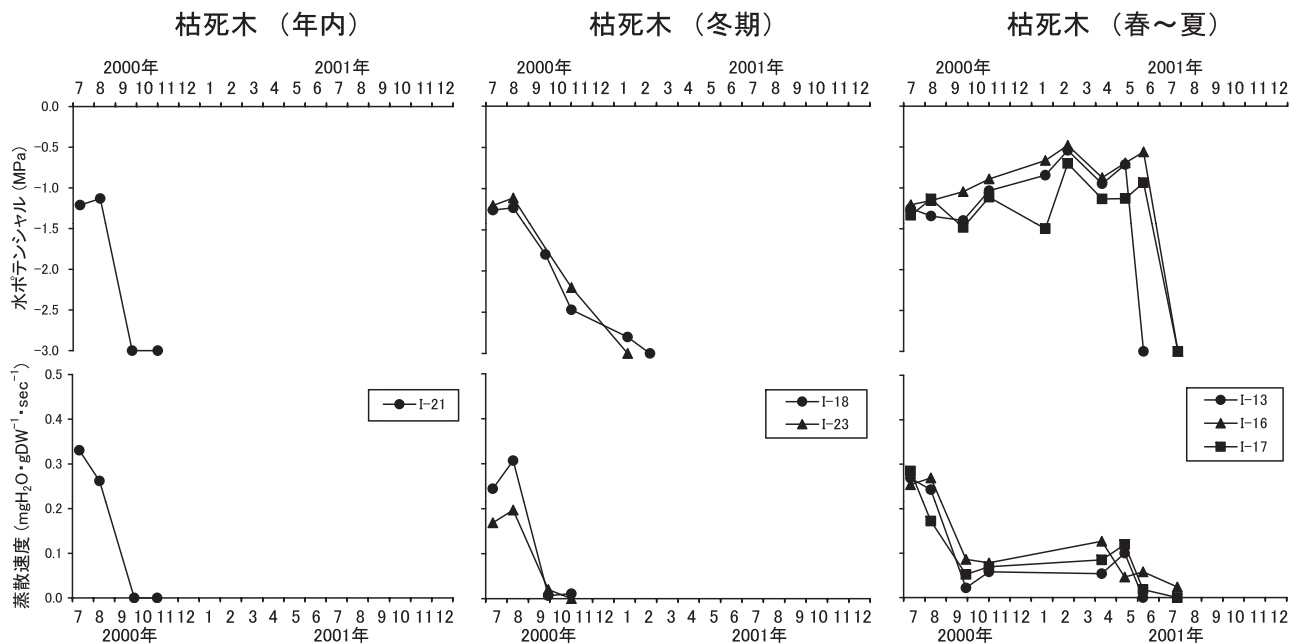


図-6 枯死した接種木の水ポテンシャルと蒸散速度の変化 (接種試験2)

0.06~0.47 $\text{mgH}_2\text{O} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$ で推移した (図-5)。

観察期間中に線虫接種木は、年内枯死木1本、冬期の枯死木2本、春から夏にかけての枯死木3本、および生残木14本となった (図-4)。年内枯死木 (I-21) では、接種1ヶ月後から樹脂滲出量が低下し始めた (図-4)。9月に水ポテンシャルが急激に -3.0MPa 以下に低下し (図-6)、10月末までに針葉の褐変を伴って枯死した。冬期の枯死木 (I-18, I-23) では、10月までに樹脂滲出異常が見られ (図-4)、蒸散速度は9月にほとんど停止した (図-6)。これら2本の水ポテンシャルは、10月には対照木の平均値が -0.96MPa だったのに対し -2.0MPa 以下へ急激に低下し、1~2月に -3.0MPa 以下に低下した。1月には針葉はあせた黄緑色をしており、幹の内樹皮は胸高部では生きていたが、その後2月に針葉が褐変して枯死した。接種翌年の春から夏にかけての枯死木3本 (I-13, I-16, およびI-17) では、樹脂滲出が9月までにほとんど停止していた (図-4)。水ポテンシャルは、冬期間までは対照木と同程度の値を示したが、4~6月には対照木よりも高い傾向を示し、その後6~7月に急激に低下し

萎凋枯死した (図-6)。蒸散速度は、接種年9月以降対照木よりも低い傾向があり、接種翌年5月には対照木の平均値が $0.24\text{mgH}_2\text{O} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$ だったのに対し $0.05\sim 0.13\text{mgH}_2\text{O} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$ と低い値を示し、その後6~7月に水ポテンシャルの低下と同時期にほとんど停止した (図-6)。これらの個体の樹幹下部には、4~5月に多数のマツノキクイムシ *Tomicus piniperda* の穿孔が観察された (図-7)。また、マツノキクイムシの孔道からは青変菌 *Leptographium wingfieldii* が分離され、木口面には青変と通水障害が認められた (図-7)。

接種後の生残木14本の水ポテンシャルと蒸散速度はほぼ同様の傾向で推移したため、キクイムシの穿孔がなかった11本のうち3本について水ポテンシャルと蒸散速度を図-5に示す。接種後の生残木では、樹脂滲出量に異常が見られる個体もあったが (図-4)、日中の水ポテンシャルは対照木とほぼ同様に推移し、接種翌年11月まで生残した。しかし、接種翌年においてシュートや針葉の成長が小さい個体や、接種翌年の蒸散速度が対照木に比べ低い値を示す個体が多かった。生残木のうち3本 (I-5, I-11, およびI-20) では、接種翌年4~5月にマツノキ

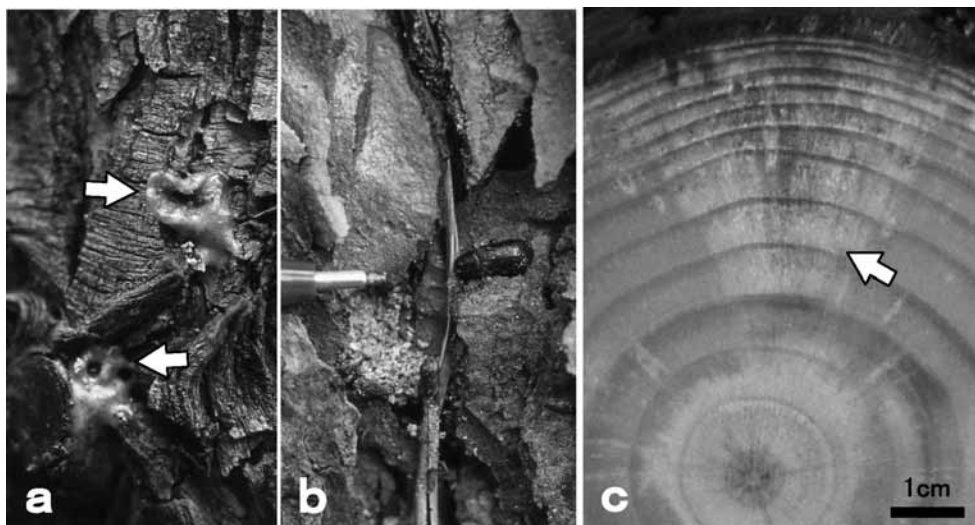


図-7 春から夏の枯死木へのマツノキクイムシの穿孔

a : 樹脂とマツノキクイムシが排出したフラスにより形成されたピッチチューブ (矢印), b : マツノキクイムシと穿孔口からのフラス (松ヤニが少なくピッチチューブにならなかった場合), c : マツノキクイムシ孔道付近の青変菌による通水阻害部 (矢印).

クイムシの穿孔が樹幹下部に認められたが (図-4), 2~8箇所と春~夏の枯死木の場合よりも少数だった。これらの孔道からは菌類の分離は行わなかった。これらのマツノキクイムシ穿孔木では, その後対照木に比べ水ポテンシャルと蒸散速度が低い値を示したが, 2001年度中は生残した。

4. 考察

接種試験1と2から, 接種木の枯死パターンは, (1)接種後すみやかに萎凋枯死する年内枯死, (2)年内に水分生理状態が悪化し, 冬~越冬直後に萎凋枯死する冬期の枯死, および(3)冬期までは水分生理状態は維持され, 接種翌春にマツノキクイムシが穿孔して水ポテンシャルが一時上昇し, その後枯死する春~夏の枯死, の3パターンになった (図-8)。

年内枯死木では9月末までに水ポテンシャルと蒸散速度が低下していたのに対し, 冬期の枯死木では, 蒸散速度は年内枯死木と同時期に低下したものの, 水ポテンシャルは低い値を維持していた。このことは, 冬期枯死木では, 年内枯死木と同様に秋の段階で樹幹部の通水機能がほとんど停止していたが, 枝条部は水ストレス下にあるものの萎凋せずに生残し, その後枝条部が冬期に乾燥枯死したと考えられる。

このように考えると, 冬期の枯死木の病徴進展過程は, 年内枯死木と同様に秋の段階で病徴初期から進展期に移行していたが, 枝条部が萎凋する時期が遅れ冬期になったと考えられる。接種試験1での年越し枯れ木は, 冬期に水ポテンシャルが低い値であったことや幹の樹皮が壊死していたことから, この冬期の枯死に当てはまると考えられる。

春から夏の枯死木は, 接種翌年の4月までに蒸散速度が対照木に比べ小さくなっていったものの停止には至っておらず, 水ポテンシャルは対照木と同様に高い値を維持していたことから, これらは樹幹部の通水機能が低い状態で維持されている病徴初期にあったと考えられる。その後4~5月にマツノキクイムシが穿孔し, 通水阻害が拡大することによって枝条部の水ストレスが強くなり気孔閉鎖し, これに伴って蒸散が抑制され一旦水ポテンシャルが上昇したが, その後萎凋枯死したと考えられる。マツノキクイムシの穿孔があったにもかかわらず生残した個体もあることから, 春から夏の枯死木はマツノキクイムシの穿孔と無関係に萎凋枯死した可能性もあり検討が必要であるが, マツノキクイムシの穿孔は通水阻害を拡大させ萎凋枯死へと病徴進展を加速させている可能性が高い。通水阻害の拡大に対するマツノキク



図-8 年越し枯れを含めた寒冷地における線虫接種木の枯死パターン

イムシ穿孔の影響として、穿孔に伴う付傷部からの脱水と、随伴する青変菌類の侵入による通水阻害部形成が考えられる。とくにマツノキクイムシの穿孔に伴って持ち込まれる青変菌類は辺材の通水阻害を拡大させることから (金子ら, 1993; Masuya *et al.*, 2003), 本研究においてもマツノキクイムシの穿孔によって青変菌類が樹体内に侵入し、辺材の通水阻害を拡大させた可能性が考えられる。供試木から分離された *L. wingfieldii* は、マツノキクイムシ随伴青変菌類の中では比較的強い病原力を有しており、辺材に通水阻害を形成させる菌である (Masuya *et al.*, 2003)。Fukuda and Suzuki (1988) は、アカマツ自然感染木の年越し枯れにおいても4月にマツノキクイムシの穿孔を観察しており、それらは辺材部の電気抵抗値が前年秋から冬にかけては正常値を示した後、春から初夏にかけて急激な変化を示し、また針葉の水分生理特性値は枯死直前まで変化せずに枯死した。このことは、春以降に辺材の菌類相が変化した後に萎凋したことを示しており、本研究で示唆されたマツノキクイムシ穿孔後の青変菌類による病徴進展の加速を支持するものと考えられる。しかし、本研究においては樹幹の外観観察を行ったのみであるので、マツノキクイムシ穿孔に伴う付傷や青変菌の侵入が、年越し枯れ木の通水阻害の拡大に対してどのように影響を与えるかについては、樹体内の通水状態の観察などによって明らかにする必

要がある。一方で、春から夏の枯死木には前年秋の段階でニトベキバチ *Sirex nitobei* の産卵が見られている (Fukuda and Suzuki, 1988)。本研究ではニトベキバチの産卵痕は記録しなかったが、ニトベキバチは衰弱木に産卵し枯死を早めることから (小林ら, 1978; 佐藤ら, 1988), ニトベキバチの年越し枯れに対する影響についても検討する必要がある。

接種後の生残木ではマツノキクイムシの穿孔の有無にかかわらず、対照木に比べ接種翌年の蒸散速度が小さい個体や、枝条部の成長低下が見られた個体が多かったことから、枝条部が水ストレス下にあると考えられる。線虫感染後の生残木では辺材に通水阻害が生じており (Fukuda, 1997; 福田ら, 1997; Sasaki *et al.*, 1984), 接種試験1でも通水阻害が確認されたことから、これが枝条部の水分状態に影響していると考えられる。また、両接種試験で観察された感染木の成長抑制はこれまでも報告があり (福田ら, 1997; 古野・二井, 1983), これが感染木発見のための一つの指標になると考えられる。

寒冷地における年越し枯れ発生時期については、これまで外観的な観察の報告が多い。福島県におけるアカマツ自然感染木の枯死経過の調査では、年越し枯れとして1月から7月に枯死するものがあり、2月と5～6月に枯死本数のピークがあった (在原・斎藤, 1984)。作山・千田 (1983) は、岩手県において自然感染のアカマツ枯死木を調査し、冬期の枯

死木と、6月に本数ピークのある春から夏の枯死木を観察している。宮城県におけるクロマツ自然感染木の枯死経過の調査では、枯死木のうち12～3月の枯死が約15%、4～7月の枯死が約25%であった(早坂ら, 1981)。梅田・小松(1985)は、宮城県で線虫を接種したアカマツを調査し、接種翌年の5～7月の枯死と、接種翌年の9～10月の枯死を観察している。宮城県で線虫を接種したクロマツでは、枯死木のうち接種翌年の春以降6月までに30%が年越し枯れとなり、そのうちの約半数にマツノキクイムシの穿孔を確認している(滝沢ら, 1983)。また、宮城県と岩手県の自然感染のアカマツと、秋田県の線虫を接種したクロマツでも冬期枯死と春から夏の枯死を観察している(須藤ら, 2004)。これまでの枯死発生パターンの一部は、本研究で見られた冬期の枯死木と、春から夏の枯死木の病徴進展過程をあてはめて考えることができる。従って、寒冷地における防除にはこのような年越し枯れのパターンを考慮し、宿主の外観や樹脂滲出量だけでなく、生理状態や樹幹の穿孔虫を指標とした年越し枯れの早期予測ができる可能性がある。さらに、マツノマダラカミキリの産卵時期と枯死時期とがずれる場合があることから(図-8)、産卵対象となる個体がどのパターンに当てはまるかを詳細に調査することによって、より効率的に被産卵木を防除することにつながると考えられる。しかし、接種翌年の秋の枯死(滝沢ら, 1983; 梅田・小松, 1985)や、接種後2冬を経過した枯死があり(梅田・小松, 1985)、本研究で見られた枯死パターンだけでは不十分であると思われる。今後、本研究で見られた枯死パターンが自然感染の被害地で発生するかどうか、その他の枯死パターンはどのような枯死過程なのかについて、詳細に調査する必要がある。

引用文献

在原登志男・斎藤勝男(1984) 福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(I)―マツの枯損時期とマツノサイセンチュウの検出率―. 日林論 95: 463～464.

- Fukuda, K. (1997) Physiological changes of the symptom development and resistance mechanism in pine wilt disease. J. For. Res. 2: 171-181.
- Fukuda, K. and Suzuki, K. (1988) Electrical resistance of wood tissue and water relation parameters of leaves in "over-year wilt" of pines induced by pine wilt disease. Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 54: 625～628.
- Fukuda, K., Hogetsu, T. and Suzuki, K. (1992a) Photosynthesis and water status in pine-wood nematode-infected pine seedlings. J. Jpn. For. Soc. 74: 1～8.
- Fukuda, K., Hogetsu, T. and Suzuki, K. (1992b) Cavitation and cytological changes in xylem of pine seedlings inoculated with virulent and avirulent isolates of *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus*. J. Jpn. For. Soc. 74: 289～299.
- 福田健二・市原 優・鈴木和夫(1997) マツ材線虫病における誘導抵抗性の発現. 日林論 108: 355～356.
- 古野東洲・二井一禎(1983) マツノサイセンチュウ接種マツ属の生育, とくに接種後3年間の生育について. 京大農演報 55: 1～19.
- 早坂義雄・尾花健喜智・滝沢幸雄・庄司次男(1981) 宮城県石巻におけるマツ材線虫病の枯損動態(I)―マツ材線虫病の病徴発現時期と穿孔虫の寄生状況―. 日林東北支誌 33: 166～168.
- 早坂義雄・尾花健喜智・志水勝彦(1982) 宮城県石巻におけるマツ材線虫病によるマツの枯損動態(II)―大門崎における枯損経過―. 日林東北支誌 34: 128～130.
- Ichihara, Y., Fukuda, K. and Suzuki, K. (2000a) Early symptom development and histological changes associated with the migration of *Bursaphelenchus xylophilus* in seedling tissues of *Pinus thunbergii*. Plant Dis. 84: 675～680.
- Ichihara, Y., Fukuda, K. and Suzuki, K. (2000b)

- The effect of periderm formation in the cortex of *Pinus thunbergii* on early invasion by the pinewood nematode. For. Path. 30: 141~148.
- Ichihara, Y., Fukuda, K. and Suzuki, K. (2001) Suppression of ectomycorrhizal development in young *Pinus thunbergii* trees inoculated with *Bursaphelenchus xylophilus*. For. Path. 31: 141~147.
- 市原 優・窪野高德・升屋勇人・小岩俊行 (2006a) 寒冷地のマツ材線虫病枯死過程における水分生理状態. 森林総研東北研究情報 6(2): 1~6.
- 市原 優・窪野高德・升屋勇人・小岩俊行 (2006b) マツ材線虫病の年越し枯れ過程における水ポテンシャルと蒸散速度の変化. 東北森林科学会誌 11: 7~13.
- Ikeda, T. and Suzuki, T. (1984) Influence of pine-wood nematodes on hydraulic conductivity and water status in *Pinus thunbergii*. J. Jpn. For. Soc. 66: 412~420.
- 金子 繁・長谷川絵里・箭田浩士・佐藤博二・市原 耿民 (1993) アカマツ青変病菌 *Ceratocystis piceae* およびその生理活性物質のアカマツ苗に対する作用. 日林論 104: 613~614.
- 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.
- 小林亨夫・佐々木克彦・遠田暢男 (1978) 冬期のマツ枯損に関与するキバチ (*Sirex*)-糸状菌 (*Amylostereum*) 相互の関係. 日林誌 60: 405~411.
- Kuroda, K., Yamada, T., Mineo, K. and Tamura, H. (1988) Effects of cavitation on the development of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 54: 606~615.
- Mamiya, Y. (1985) Initial pathological changes and disease development in pine trees induced by the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 51: 546~555.
- Masuya, H., Kaneko, S. and Yamaoka, Y. (2003) Comparative virulence of blue-stain fungi isolated from Japanese red pine. J. For. Res. 8: 83~88.
- 森本 桂・岩崎 厚 (1972) マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割. 日林誌 54: 177~183.
- 作山 健・千田寿光 (1983) 岩手県における材線虫病によるマツの枯損時期-枯損木材片の線虫分離結果から- . 日林東北支誌 35: 137~138.
- Sasaki, S., Odani, K., Nishiyama, Y. and Hayaishi, Y. (1984) Development and recovery of pine wilt disease studied by tracing ascending sap flow marked with water soluble stains. J. Jpn. For. Soc. 66: 141~148.
- 佐藤平典・小林光憲・作山 健 (1988) ニトベキバチが関与するアカマツの枯死被害. 日林論 99: 507~508.
- 須藤昭弘・田代丈士・小岩俊行・長岐昭彦・金子 繁・楠木 学 (2004) マツ材線虫病の早期診断法. 森林防疫 53: 87~95.
- 鈴木和夫・清原友也 (1975) マツノザイセンチュウ接種後のクロマツ蒸散量および樹脂滲出量の変化と材中の線虫密度. 日林講 86: 293~295.
- 滝沢幸雄・山家敏雄・早坂義雄・尾花健喜智 (1983) クロマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験-枯損木内の穿孔虫相-. 日林論 94: 477~478.
- 梅田久男・小松利昭 (1985) アカマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験. 日林東北支誌 37: 248~250.
- 山崎秀一・布川耕市 (1984) 新潟県におけるマツの枯損動態調査. 新潟県林試研報 26: 67~77.
- 陳野好之・滝沢幸雄・佐藤平典 (1987) 寒冷・高地地方におけるマツ材線虫病の特徴と防除法. わかりやすい林業研究解説シリーズ86. 林業科学技術振興所, 東京.

(2009. 8. 4 受理)

記録

トラップの連年取り付けに基づくスギノアカネ トラカミキリ地域個体群の衰亡に関する考察

小島耕一郎¹

1. はじめに

スギノアカネトラカミキリはスギ・ヒノキ生立木の枯れ枝に産卵、幼虫は枯れ枝から形成層を破壊することなく樹幹に潜り変色や腐朽を生じさせる材質劣化害虫である。この被害軽減策として訪花性のスギノアカネトラカミキリを花の香り成分から検索された化合物により捕獲し、密度低減を図る試みが開発された。初め、強い誘引力を持つベンジルアセテートが開発されたが、この化合物はスギノアカネトラカミキリ以外にも数多くの昆虫を誘引するため、誘引剤としては適当でないとされた。そこでメチルフェニルアセテートがさらに強い誘引力を有し、スギノアカネトラカミキリとその類縁種であるトゲヒゲトラカミキリが捕獲されることが明らかになった（池田，1994）。

今回、1992年から1995年の期間、1991年に多くの個体を捕獲し被害発生区域を確認した山ノ内町の角間川流域（小島・片倉，1994）に調査区を設け、トラップを連年取り付け同一手法で調査を行ったところ、捕獲個体の多くは雌成虫で卵保有個体が多いという成果が得られた。ここにその概要を紹介する。

本研究は1988～1992年の大型プロジェクト研究「スギ・ヒノキ材質劣化害虫防除に関する総合研究」を経て、1993～1995年の林野庁交付金・林業普及情報活動システム化事業「スギノアカネトラカミキリ防除技術に関する調査」により実施した。

2. 調査地と方法

1) 調査区の位置と林況

長野県北部の多雪地帯に位置する山ノ内町の角間川流域右岸（標高850m，傾斜度5～25度，傾斜方位：西南西）のスギ人工林。林況はモザイク状異齡

林で、林齡約30年，平均樹高17～23m，胸高直径19～22cm，林分密度1400～2500本/ha，収量比数0.80～0.98。

2) 調査区の規模

トラップ取り付け範囲は120m×120mの方形区で、調査区の北西側と南西側はスギ幼齡林あるいは林道の開放的環境（林縁）で、林内への光の入射量が多い。この林内に30m幅のメッシュをかけ、メッシュの交点のスギ生立木にそれぞれトラップを取り付けた。トラップは16器、林縁に面したトラップは15mの林内に取り付け、トラップ1器当たりの範囲は30m×30mとした。

3) トラップの構成と取り付け高

トラップは黄色プラスチック製衝突板式（図-1）と固形メチルフェニルアセテート（50g剤）の組み合わせで、調査期間中薬剤の交換は行わず、トラップ受け皿には合成洗剤を溶かした水を入れた。取り付け高はスギ生立木の幹に器具を付け、地上高6mとした。

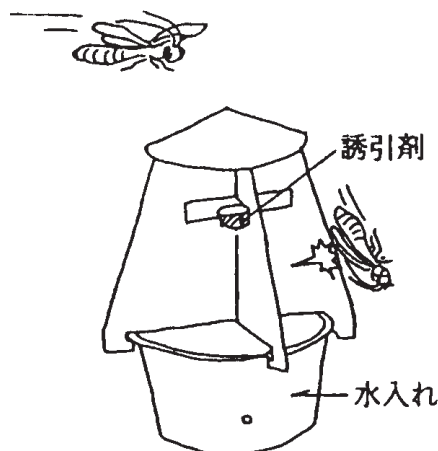


図-1 トラップの構成

3. トラップによる捕獲個体数

1) 捕獲個体数の経年変化

1992年から1995年のトラップ16器の捕獲個体数は大きな隔年変動を示し、93個体、235個体、57個体、228個体（表-1）で、捕獲個体数に基づく年次ご

との数値から判断すれば、捕獲されなくなる年次は明らかにできなかった。片倉ら（1997）によると、1995年の捕獲個体数は隣接する外部スギ林から飛来した個体が含まれている可能性を指摘している（図-2）。

表-1 調査区における捕獲個体数

調査年次	トラップに捕獲された主な種類				
	スギノアカネトラカミキリ			トゲヒゲトラカミキリ	ハナカミキリ亜科 優占種・ツヤケシハナカミキリ
	♀	♂	計		
1992 年	80	13	93 個体	4935 個体	295 個体
1993	214	21	235	24299	1108
1994	55	2	57	4613	1163
1995	224	4	228	17743	955
計	573	40	613	51590	3521

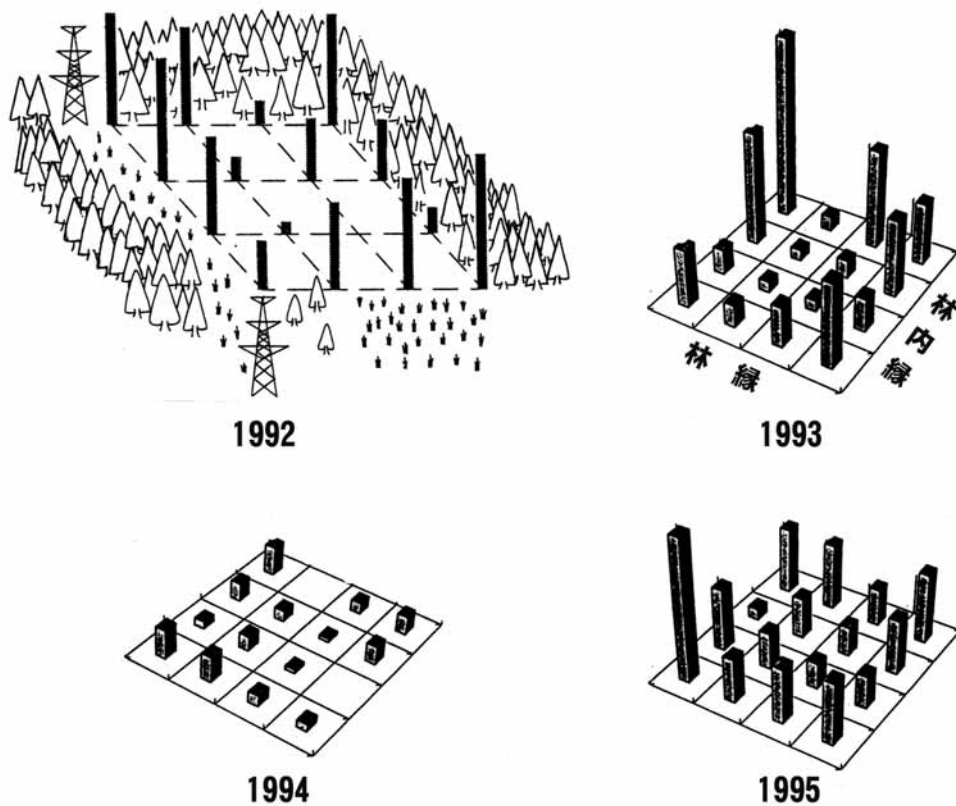


図-2 スギノアカネトラカミキリ成虫のトラップによる捕獲概要

表-2 捕獲されたスギノアカネトラカミキリ雌成虫数と保有卵数 (片倉ら, 1997)

年	区分	6月			7月			8月		計
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬		
1992	個体数	A	8	24	17	21	5	5	—	80
	有卵個体数	B	5	18	17	14	4	3	—	61
	有卵率	B/A	63	75	100	67	80	60	—	76
	卵総数	C	18	45	41	28	23	4	—	159
	平均卵数	C/A	2.3	1.9	2.4	1.3	4.06	0.8	—	2.2
	卵総数	C	34	278	262	41	11	21	7	647
1993	個体数	A	9	91	72	11	15	11	5	214
	有卵個体数	B	8	85	64	11	7	11	4	186
	有卵率	B/A	89	93	89	100	47	100	80	87
	卵総数	C	34	278	262	41	11	21	7	647
	平均卵数	C/A	3.8	3.1	3.6	3.7	0.7	1.9	1.4	2.6
	卵総数	C	16	32	38	63	12	12	0	173
1994	個体数	A	9	8	7	22	3	5	1	55
	卵総数	C	16	32	38	63	12	12	0	173
	平均卵数	C/A	1.8	4.0	5.4	2.9	4.0	2.4	0	2.9
1995	個体数	A	111	37	40	22	6	8	—	224
	卵総数	C	292	142	120	36	20	8	—	618
	平均卵数	C/A	2.6	3.8	3.0	1.6	3.3	1.0	—	2.6
平均	卵数/頭		2.6	3.2	3.6	2.4	3.2	1.5	0.7	2.6

注1 卵数は卵管内に認められた卵の数。

注2 1994, 1995年は個体ごとの卵数を計測しなかった。

2) トラップの位置と捕獲個体数

調査区をトラップの位置により3つに分け、開放的環境を林縁(トラップ7器)、調査区に続く林内を林内縁(トラップ5器)、中央(トラップ4器)とした(片倉ら, 1997)。1992年から1995年の総捕獲個体数613個体(♀573, ♂40)をトラップの位置によるそれぞれの平均値で示すと次の数値が得られ、光に対する正の趨光性を有し明るいとこを好む習性は既知の資料(滝沢ら, 1982)と一致した。

林縁 (n=7) ♀47.57±17.26, ♂3.42±2.55

林内縁 (n=5) ♀35.00±11.29, ♂2.80±1.46

中央 (n=4) ♀16.25±3.63, ♂0.50±0.50

3) 捕獲個体の性比と雌成虫の卵保有個体

スギノアカネトラカミキリ成虫の性比は自然状態ではほぼ雌雄同数である(滝沢ら, 1982)。総捕獲個体(表-1)から性比を求めると♀93.5%, ♂6.5%で、性比は大きく変異していた。

卵保有個体は表-2に示す1992年の61個体と1993年の186個体に基づき卵保有個体率を求めると数値は84%となり、総捕獲雌成虫573個体に基づく卵保有個体数は481個体となる。1個体当たりの卵保有数を6月上旬から7月下旬に捕獲された6回の数値で示すと、平均値は2.75±0.68となり、消失した卵数は481×2.75=1322個と推定される。

4) 雌成虫が捕獲される主な時期

材外へ脱出した雌成虫は1~2日後に交尾し、7

～10日後から産卵を始め20～40個を産む（滝沢ら、1982）。雌成虫がトラップに捕獲される時期は6月上中旬に集中し、早い時期に捕獲される特徴がある。これは1991年5月29日にトラップを取り付け6月7日に捕獲した雌成虫のうち卵保有個体は12個体（小島・片倉、1994）、6月中旬に捕獲した1992年の18個体、1993年の85個体（表-2）などの事例から明らかである。

交尾から産卵に至る期間は数日ある。スギノアカネトラカミキリは花に集まり蜜や花粉を食べ花の上でよく交尾を行い、交尾は何回も行われ少しずつ産卵する習性がある（楨原、1987）。これらの習性に加えて多くの卵保有個体は早い時期に捕獲される特徴があるため、産卵を行う以前に捕獲される可能性は高いものと考えられ、したがって消失した卵量は前項目で述べた数量を大きく上回る可能性は高い。

4. 総括

1995年に捕獲された多くの個体は林縁に多かった。これらをさらに低減させるためには、トラップ取り付けはあと1回は必要であろう。この課題はさておき、捕獲効果は至る所で散見された。稿を閉じるにあたり、種の繁栄の源となる個体数の増加（個体群生長）に基づき考察すると、スギノアカネトラカミキリ個体群はトラップにより個体数を低減され、これが原因で増殖を抑制させる幾つかの阻害要因が生じ衰亡したと言えよう。特に注意を喚起したい要因は、試料木内に幼虫が生息していなかったことであ

る。(1)性比は大きく変異し、性比の変異に基づき雌雄の出会い頻度は著しく減少したことであろう。(2)卵保有個体が早い時期に捕獲され多くの卵量が消失した。これは1995年に試料木5本を伐採したところ、1本の試料木から雄成虫2個体を確認したが、幼虫は発見されなかった（片倉ら、1997）ことを裏付ける資料となろう。繰り返す世代のなかで幼虫が欠如したことは一部の現象とはいえ、個体群生長に負の効果およびしたことは確かである。

引用文献

- 池田俊弥（1994）スギノアカネトラカミキリの誘引物質。森林昆虫—総論—各論—（小林富士雄・竹谷昭彦編），p.129，養賢堂，東京。
- 片倉正行・小島耕一郎・古川 仁（1997）スギノアカネトラカミキリ防除技術に関する調査。長野県林業総合センター研究報告 11：51～66。
- 小島耕一郎・片倉正行（1994）スギ・ヒノキ材質劣化害虫防除に関する総合研究。長野県林業総合センター研究報告 8：1～33。
- 楨原 寛（1987）スギノアカネトラカミキリの被害と防除（わかりやすい林業解説シリーズ84），林業科学技術振興所，東京。
- 滝沢幸雄・斉藤 諦・井戸規雄（1982）スギノアカネトラカミキリ。スギ・ヒノキの穿孔性害虫—その生態と防除序説—（小林富士雄編），pp.59～100，創文，東京。

（2009. 9. 29 受理）

都道府県だより

富山県におけるナラ類集団枯損被害の実態

○はじめに

カシノナガキクイムシによる樹木の枯損被害が全国各地で発生しています。富山県における被害は2002年に初めて、県西端部の二次林から見つかりました。県境を越えた石川県側では被害が既に発生していたことから、被害は石川県から富山県へ伝播したものと推定されました。本県では被害の拡大に対して防除の対策を図るため、被害の実態を把握する調査をこれまで継続して行ってきました。

○被害の分布と経年変化

県内の民有林を対象に、目視によって枯死木の位置とその本数を調べました。調査時期は枯死木が多く発生した直後の、紅葉にはまだ早く遠方からの観察が容易な8月に設定しました。枯死木の本数に平均的なサイズの個体から求めた材積を乗じて、年毎の被害量を推定しました。

図-1は被害の分布を、平成における合併前の旧市町村を単位とし、枯死木が初めて見つかった年毎に区別して表したものです。被害は2～3年間で急速に拡大し、2005年には新潟県や岐阜県に接する地域まで到達して、県内の広い範囲で確認されるようになりました。

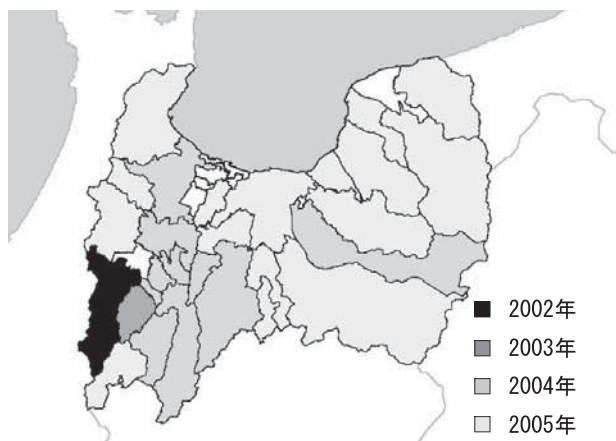


図-1 旧市町村地域における被害の発生初年

図-2は枯死木の材積による被害量の経年変化を示したものです。被害量は2007年に著しく増加し、2008年には幾分減少したものの、2009年には再び増加して過去最大の32,624m³となりました。

被害は県東部を中心に増加しています。県西部の初めて被害が見つかった周辺地域では、最近の2年間に被害が大きく減少しており、終息に向かいつつあると推定されました。また、被害は奥地化する傾向が認められ、2009年には標高1,000mを超える地域でも被害が見つかりました。

○標高・樹種別の被害

初めて被害が見つかった地域において、3km以内の範囲に5箇所の区画を設定し、生存・枯死木の樹種と胸高直径を調査しました。これらの区画では、最近の2年間に被害を受けた新規の枯死木が出現しておらず、被害は終息したと判断されました。

図-3は標高が異なるそれぞれの区画において、胸高直径10cm以上の個体を対象に、主要な樹種の胸高断面積（地上から1.3mの高さにおける幹の半径を二乗して円周率を掛けた値）の合計を、生存木（左側）と枯死木（右側）に分けて示しています。枯死木はコナラとミズナラが大半を占めています。これらの区画を平均すると、コナラでは本数および胸高断面積合計の21%が、ミズナラでは本数の75%、

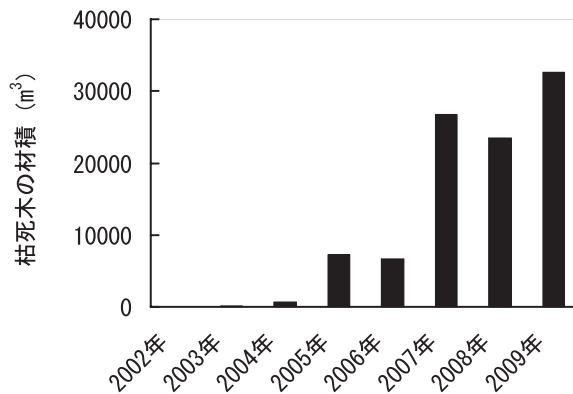


図-2 県内全域における被害量の経年変化

胸高断面積合計の77%が枯れて失われました。また、被害量が特に大きいのは、ミズナラが優占する標高500～600mの範囲であることがわかりました。

〇おわりに

本県では被害調査の結果を受けて、地域の住民と関わりが深い箇所を対象に、枯死木の伐倒と害虫の駆除を実施してきました。また、主要な道路の沿線など、防災や景観の保全から対応が必要な箇所において、過年度に発生した枯損木の除去を行っています。さらに、景観上特に保全すべき地域などでは、2009年から薬剤の樹幹注入による被害の予防措置に取り組んでいるところです。

(富山県森林政策課森づくり推進班・富山県農林水産総合技術センター森林研究所)

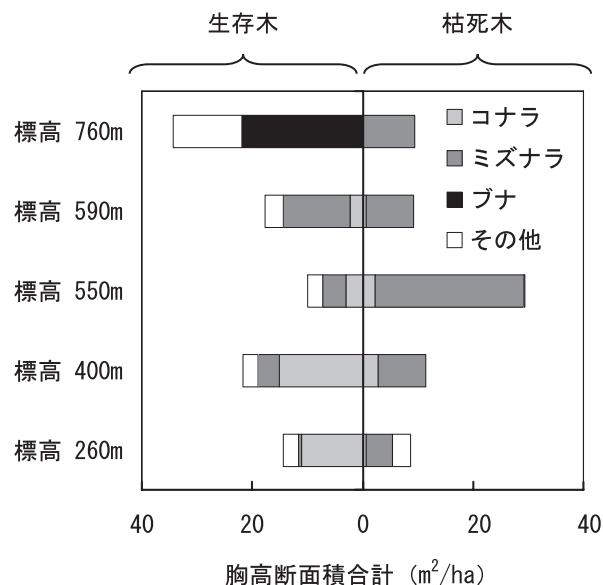


図-3 標高・樹種による被害量の相違

大阪府におけるGPSを用いたニホンジカ生態調査

〇ニホンジカ保護管理計画の推進

大阪府では大阪府シカ保護管理計画を策定し、有害鳥獣捕獲の実施や防鹿柵の設置、生息環境の整備等の被害対策に努めてきました。

依然として農林業被害は許容水準に収束していないことから、第2期計画を策定し、総合的対策を講じているところです。同計画において、科学的知見に基づく捕獲、防除、生息地管理の適正化の必要性が示されています。そのため、当所では他の行政機関と協力しながら、ライトセンサスや出猟カレンダーの解析等、様々な調査を実施しています。その中で、最近実施される例が増えてきたGPSテレメトリに早くから取り込んできており、様々な成果がみられるようになりましりましたので、その一部を報告します。

〇GPSテレメトリの概要

深刻な農林業被害を引き起こしているニホンジカについて、被害発生と結びつく行動特性を調査し

ました。野生のシカを捕獲し、首輪型GPS受信機 (Televilt製GPS SymplexおよびTellus, 以下GPS首輪) を装着し、1から3時間毎に位置情報を取得しました。調査期間は数ヶ月から1年に設定しました。調査期間終了時にGPS首輪を自動脱落装置か遠隔操作で脱落させて回収し、位置情報に関するデータを抽出しました。得られたデータをGISソフト (Arc View3およびArc GIS9) で図化し、行動パターンを解析しました。



GPSラジオカラーTelevilt製
Tellus Basic 5H1D

1. GPSアンテナ
2. GPS本体
3. ビーコン発信用 アンテナ
4. バッテリー
5. ドロップオフ装置

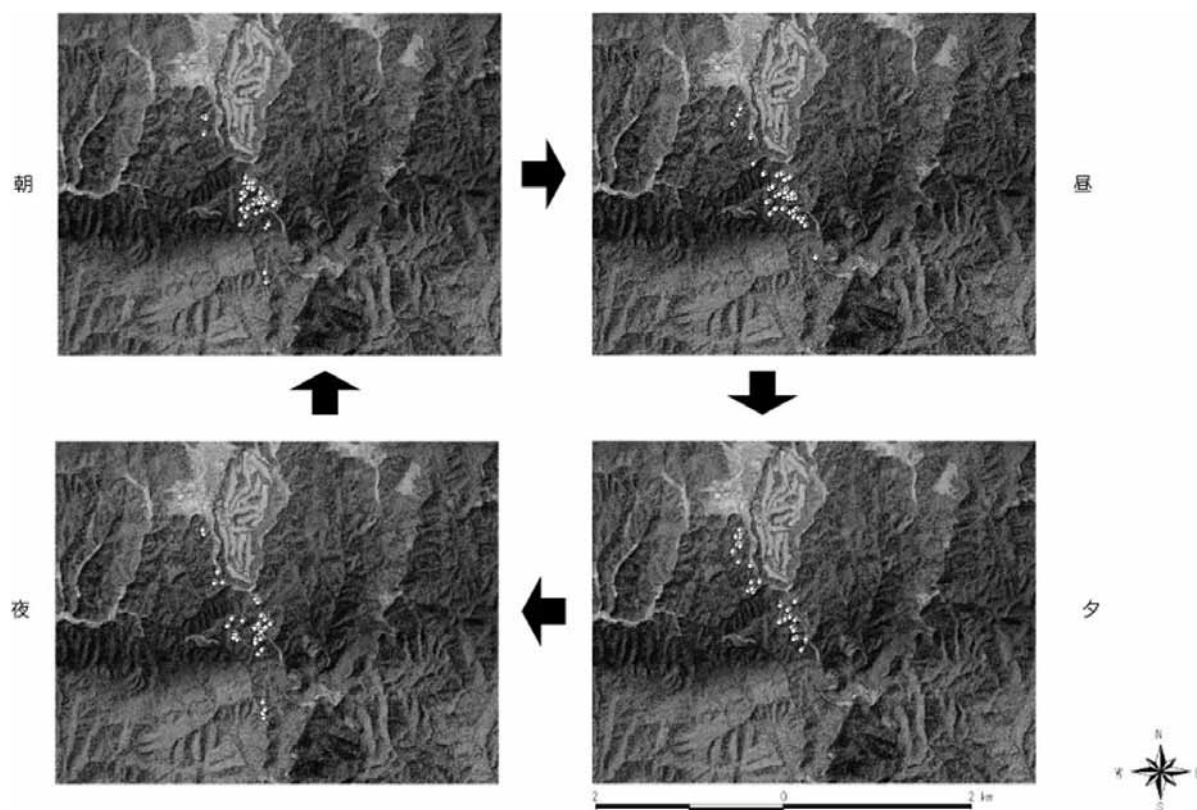


写真-1 日周行動しないシカ

○典型的な行動のパターン

人里周辺に出没するシカと森林内から出ないシカで明らかに異なる行動パターンを示しました。

○日周行動を示さないシカ

一般的に野生動物は夜行性と認識されていることが多いようですが、この調査によりそのことが検証されました。まず、人家周辺に出没しないシカについて時間帯と位置情報の関係を調べてみました。写真-1は2005年4月27日から5月23日までデータが取得できたシカの位置情報を時間帯ごと（朝：6時、9時、昼：12時、15時、夕方：18時、21時、夜：0時、3時）に示したものです（写真-1 朝から夜を参照。）どの時間帯でも居場所に違いが見られません。唯一、路上に出現するのは夜ということが読み取れるのみです。罾と餌場を往復するような行動は認められませんでした。人間活動の影響を受けな

いシカは夜行性というよりは終日行性というべきでしょう。

○日周行動を示すシカ

人里周辺以外に出没するシカに関する調査とともに、人里周辺に出没するシカの行動も調査しました。その結果、昼は林内、夜間は林内で、その距離は500mから1kmと遠く離れていないことがわかりました。そして、森林から出ないシカと違って明らかな日周性を示しました（写真-2 朝から夜を参照）。

○結論

ニホンジカの行動特性に関して、夜間に里に出現し、昼は森林内で過ごす農地依存型と、日周行動を示さず森林内で小移動と定着を繰り返している非農地依存型に大別できることが明らかになりました。平坦地を含む1km以上の森林域を後背地にもつ農耕地で、シカによる被害が発生しやすいと考えられま

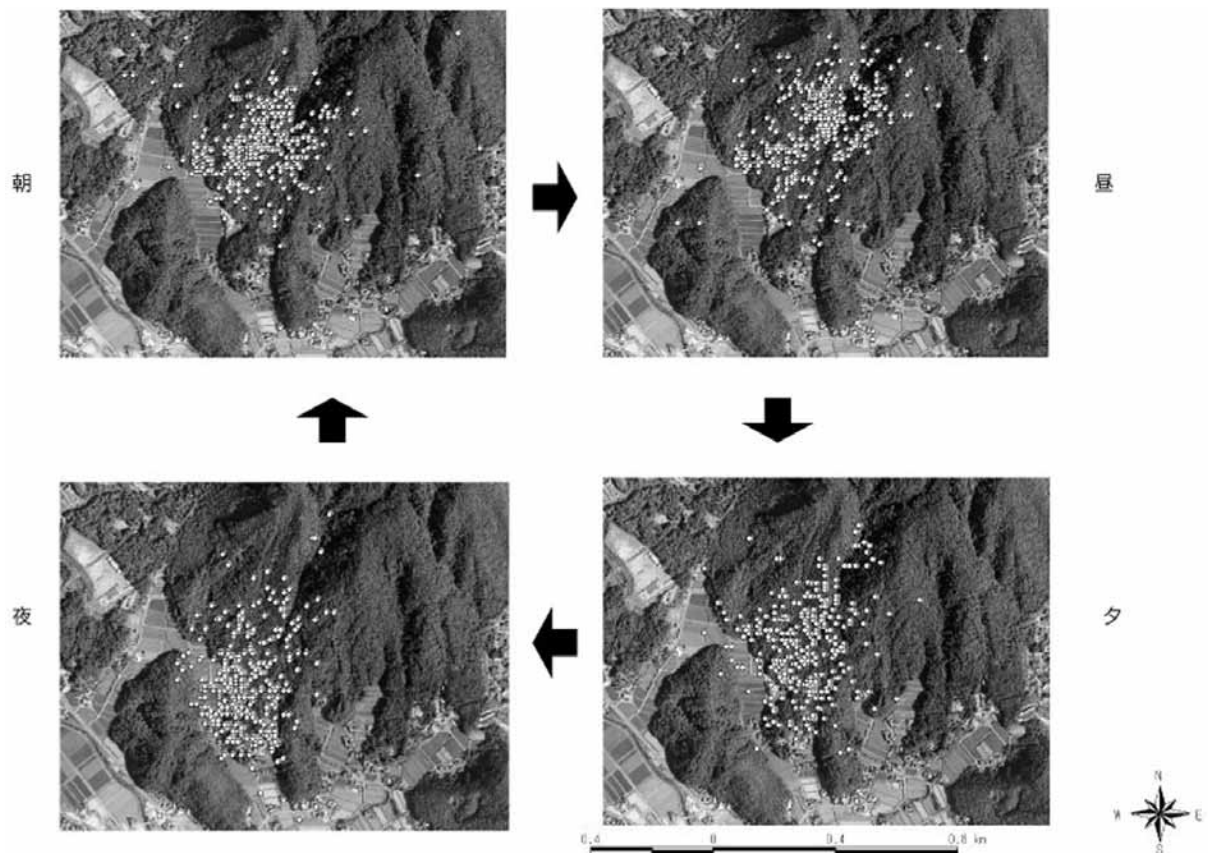


写真-2 日周行動するシカ

す。これは捕獲による対策の有効性を判断するための指標となるでしょう。シカが日周行動を示すのは人間活動に応じたものであることが示されました。したがって昼間に人の姿が見られない農耕地では昼にも防除を実施する必要があると考えられます。農

業被害を低減させる目的で行う捕獲は、被害地から1 km程度以内で実施しないと有効性が低いことが示唆されました。

(大阪府環境農林水産総合研究所 川井裕史)

森林病虫獣害発生情報：平成21年10月受理分

病害

〔漏脂病…鹿児島県 志布志市〕

30年生ビンロウ天然林，2009年9月10日発見，被害本数60本（鹿児島県林業労働力確保センター・村本正博）

虫害

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 富良野市〕

37年生カラマツ人工林，2009年8月25日発見，被害本数6,800本，被害面積2.27ha（上川南部森林管理署・大塚優佳）

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 勇払郡〕

壮齢カラマツ人工林，2009年8月26日発見，被害本数126,000本（上川南部森林管理署・大塚優佳）

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 空知郡〕

壮齢カラマツ人工林，2009年8月26日発見，被害本数134,000本（上川南部森林管理署・大塚優佳）

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 富良野市〕

50～53年生カラマツ人工林，2009年9月10日発見，被害本数19,000本，被害面積18.29ha（上川南部森林管理署・

大塚優佳)

〔ウスバツバメ…奈良県 吉野郡〕

30年生カソメイヨシノ緑化樹, 2009年10月1日発見, 被害本数3本(奈良県南部農林振興事務所・木南正美)

〔マツノクロホシハバチ…岩手県 九戸郡〕

アカマツ, カラマツ人工林, 2008年10月発見, 被害面積0.8ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マツカレハ…岩手県 奥州市〕

アカマツ人工林, 2008年6月発見, 被害面積37ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マツカレハ…岩手県 奥州市〕

アカマツ人工林, 2008年6月発見, 被害面積98ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マツカレハ…岩手県 紫波郡〕

アカマツ人工林, 2008年6月発見, 被害面積0.1ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マツカレハ…岩手県 岩手郡〕

アカマツ人工林, 2008年6月発見, 被害面積1ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マツカレハ…岩手県 岩手郡〕

アカマツ人工林, 2008年6月発見, 被害面積1ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マツカレハ…岩手県 盛岡市〕

アカマツ人工林, 2008年6月発見, 被害面積0.3ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 九戸郡〕

カラマツ, スギ, 広葉樹の人工林および天然林, 2008年7月発見, 被害面積3,500ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 九戸郡〕

カラマツ, 広葉樹の人工林および天然林, 2008年7月発見, 被害面積4,300ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 下閉伊郡〕

クリ, コナラの人工林および天然林, 2008年7月発見, 被害面積0.1ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 九戸郡〕

カラマツ, コナラの人工林および天然林, 2008年7月発見, 被害面積1.95ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健

太郎)

〔マイマイガ…岩手県 久慈市〕

カラマツ, スギの人工林, 2008年7月発見, 被害面積423ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 下閉伊郡〕

カラマツ, 広葉樹の人工林および天然林, 2008年7月発見, 被害面積1,133ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 下閉伊郡〕

カラマツ, 広葉樹の人工林および天然林, 2008年7月発見, 被害面積4,676ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 八幡平市〕

カラマツ人工林, 2008年7月発見, 被害面積65ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 岩手郡〕

カラマツ人工林, 2008年7月発見, 被害面積161ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔マイマイガ…岩手県 岩手郡〕

カラマツ人工林, 2008年7月発見, 被害面積782ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

獣害

〔カモシカ…岩手県 盛岡市〕

スギ, その他の人工林, 2009年4月発見, 被害面積5.66ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 岩手郡〕

スギ人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.27ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 花巻市〕

スギ人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.12ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 遠野市〕

スギ, カラマツ, その他の人工林, 2009年4月発見, 被害面積2.46ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 一関市〕

ヒノキ人工林, 2009年4月発見, 被害面積1.49ha(岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 大船渡市〕

ヒノキ人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.60ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 陸前高田市〕

スギ, その他の人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.6ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 釜石市〕

スギ, ヒノキの人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.4ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔カモシカ…岩手県 九戸郡〕

スギ人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.92ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔ニホンジカ…岩手県 遠野市〕

スギ, その他の人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.08ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔ニホンジカ…岩手県 陸前高田市〕

スギ人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.15ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔ニホンジカ…岩手県 気仙郡〕

スギ人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.60ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔ニホンジカ…岩手県 気仙郡〕

スギ人工林, 2009年4月発見, 被害面積0.60ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔ニホンジカ…岩手県 花巻市〕

カラマツ, 広葉樹の人工林, 2009年4月発見, 被害面積4.61ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔ニホンジカ…岩手県 大船渡市〕

スギ, その他の人工林, 2009年4月発見, 被害面積9.60ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

〔ニホンジカ…岩手県 釜石市〕

スギ, アカマツ, カラマツ, その他の人工林, 2009年4月発見, 被害面積12.92ha (岩手県農林水産部森林整備課・高橋健太郎)

(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21年11月受理分

病害

〔さび病…鹿児島県 霧島市〕

5年生タブノキ人工林, 2009年10月28日発見, 被害本数18本 (鹿児島県林業労働力確保センター・村本正博)

〔材線虫病…新潟県 村上市〕

58年生アカマツ天然林, 2009年5月26日発見, 被害本数2本, 被害面積0.01ha (下越森林管理署・上條勉)

〔材線虫病…新潟県 村上市〕

54年生アカマツ天然林, 2009年5月28日発見, 被害本数38本, 被害面積0.01ha (下越森林管理署・上條勉)

虫害

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 日高郡〕

9~60年生カラマツ人工林, 2009年8月7日発見, 被害本数86,000本 (日高南部森林管理署・井貝紀幸)

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 沙流郡〕

24~60年生カラマツ人工林, 2009年8月7日発見, 被害本数54,000本 (日高南部森林管理署・井貝紀幸)

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 新冠郡〕

16~78年生カラマツ人工林, 2009年8月7日発見, 被害本数183,000本 (日高南部森林管理署・井貝紀幸)

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 浦河郡〕

32~61年生カラマツ人工林, 2009年8月7日発見, 被害本数27,000本 (日高南部森林管理署・井貝紀幸)

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 村上市〕

49年生コナラ人工林, 2009年5月26日発見, 被害本数130本, 被害面積0.05ha (下越森林管理署・上條勉)

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 村上市〕

58年生コナラ天然林, 2009年5月26日発見, 被害本数119本, 被害面積0.05ha (下越森林管理署・上條勉)

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 岩船市〕

69年生コナラ天然林, 2009年6月16日発見, 被害本数34本, 被害面積0.01ha (下越森林管理署・上條勉)

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 岩船市〕

125年生コナラ天然林, 2009年6月12日発見, 被害本数11本, 被害面積0.01ha (下越森林管理署・上條勉)

(森林総合研究所 窪野高德/牧野俊一/小泉 透)

樹木病害デジタル図鑑

(独)森林総合研究所 森林微生物研究領域／編集

緑化樹・造林樹木の主要病害304種, 897枚の画像を1枚のCDに収納
ひとつの病害について簡潔な症状等の記載と複数の被害・病徴写真で解説
対象: 樹木医, 現場の担当者, 研究者から自然愛好家まで
画像を研修, 講義などにも利用できます

Windows 2000 (Service Pack 3 以上) / XP / Vista, Mac OS X 10.3 / 10.4 日本語版対応
パソコンにInternet Explorerなどのインターネット閲覧ソフトがインストールされていることが必要です

発行: 全国森林病虫獣害防除協会
定価: 3,000円 (消費税込・送料別) (10部以上送料無料)

注文は, ファックスまたE-mailで防除協会まで

編集からのお知らせ

森林防疫 1 巻 (1952年) から昨年発行の58巻までの目次を一つにまとめ, ホームページに載せました。
これはExcelファイルとして取り込むことができますので, 全巻の目次の検索にご利用ください。

森林防疫 第59巻第1号(通巻第676号)
平成22年1月25日 発行(隔月刊25日発行)

編集・発行人 宮崎繁則
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://bojyokyokai.hp.infoseek.co.jp/>