

森林防疫

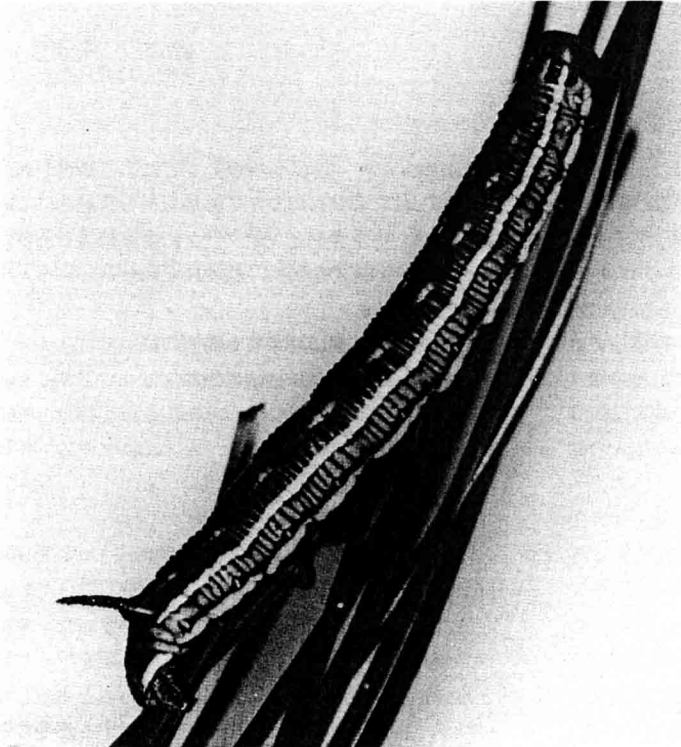
FOREST PESTS

VOL.41 No.4 (No. 481)

1992

昭和53年11月8日第三種郵便物認可

平成4年4月25日発行(毎月1回25日発行)第41巻第4号



クロスズメの幼虫

佐藤 重穂*

農林水産省森林総合研究所九州支所昆虫研究室

クロスズメ *Hyloicus caliginus caliginus* Butler の老熟幼虫は体長約65mmに達し、背面黒褐色、亜背線は白色、側面は緑色で、この配色はマツの針葉上に静止していると見つけにくい。尾角は黒く、先端が二叉に分かれる。

アカマツ、クロマツ、ゴヨウマツ、エゾマツ、トドマツ、カラマツなどの針葉を食べる。2化性で成虫は5～6月と7～8月、幼虫は6～7月と8～9月に出現する。落葉中で蛹化し、蛹態で越冬する。北海道から九州および朝鮮に分布し、アカマツ林では普通に見られる。

写真は熊本県芦北町で採集したクロスズメの幼虫。

* Shigeho SATO

目次

マツ枯損に関する萎凋枯死機構.....	鈴木 和夫... 2
ブナ種子の害虫ブナヒメシクイの生態と加害.....	五十嵐 豊... 8
長野県佐久地方におけるカラマツ根株心腐病菌とその樹幹侵害.....	黒田 吉雄・大沢 正嗣... 14
《森林病虫獣害発生情報》.....	田端 雅進・牧野 俊一... 17
《随想》.....	小林 義雄... 18

マツ枯損に関する萎凋枯死機構

鈴木 和夫*

東京大学農学部教授・農博

1. はじめに

松くい虫被害は現在も100万^m前後の被害量が報告され、北海道と青森県を除く都府県下の約7割、2千を越える市町村でマツに被害が蔓延している(以下クロマツ、アカマツなどをマツと呼ぶ)。今までの松くい虫被害の推移をみると、明治末期の被害発見以降被害で推移していたものが第二次大戦後初めて100万^mを越えた。その後ファーニス勧告によって防除対策が強化されて被害は鎮静化に向かったが、1970年代に入って被害は再び増大の傾向を示し、1973年の被害量は100万^mに達した。このような状況下で1977年に「松くい虫防除特別措置法」が5年間の時限立法として制定されたが、その後も被害は蔓延・拡大の一途をたどり、1979年には第二次大戦後の最大被害量の2倍に相当する243万^mに達した。このため同法律は、1982年、1987年に「松くい虫被害対策特別措置法」と法律名が改められて延長され、1992年には再び法律の改正時期を迎え、現在新たな被害対策に迫られている。

マツの萎凋枯死機構については、十数年前に、「マツの材線虫病の発現機構」と題して筆者の考えを本誌に述べた(鈴木 1979)。その後、萎凋枯死機構について研究が蓄積され、幾つかの考え方が提案されている。しかし、未だに不明の点が多いので、再度これまでの研究成果をふまえてマツの萎凋枯死機構について論及してみたい。

2. マツの枯損に関与する病原菌

マツ枯損の原因となる病気として以前から知られているものに、ナラタケ (*Armillaria mellea*)、ツチクラゲ (*Rhizina undulata*)、ムラサキモンバ (*Helicobasidium mompa*)、アズマタケ (*Onnia orientalis*)、アミロステリウム菌 (*Amylosterium areolatum*) などの病原菌があり、また、マツの青変菌

(*Ceratocystis ips*, *C. minor*) などによる被害もあげられる。これらの病害のなかで林地で最も普遍的にみられるものは、ナラタケとツチクラゲによる被害であり、いずれもマツの樹勢を弱め、枯死に至らせる。

3. マツの枯損に関与する病原の説

いわゆる激害型マツ枯損の病原体はマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*, 以下線虫と呼ぶ) であることが知られているが、今までにマツの枯損原因に関する病原について、線虫以外に次のような異説が取り上げられてきた。

a) 大気汚染説: 吉岡 (1974) はマツが枯死する10年位前からマツの樹勢が弱まって年輪幅が狭くなっていることに注目し、大気汚染が原因で樹勢の弱まったマツにマツノマダラカミキリカガ害してマツの枯死を早めていると推論し、松枯れの原因は大気汚染であると主張した。

マツ、特にアカマツは亜硫酸ガスに対する感受性が高く、大気汚染地域ではすす葉枯病の被害を受けやすい(千葉・田中 1968)。また、材線虫病は亜硫酸ガスの接触によって(田中 1975)、あるいは酸性雨処理によって(二井 1990)、病徴が進展することが実験的に示されており、大気汚染の激しい場合にはその影響を強く受けることが推測される。しかし、このような大気汚染がマツの枯死原因であると特定することは極めて困難な場合が少なくない。この説は、大気汚染の影響を強調する余り、材線虫によるマツの枯死を切り捨ててしまった感がある。しかし、環境ストレスの材線虫病の進展に及ぼす影響という観点からは、今後考慮すべき課題であろう。

b) 糸状菌(青変菌)説: 角田ら (1980) は、マツの枯損木より糸状菌、特に青変菌に着目して分離を行い、*Ceratocystis* sp., *C. ips* および *C. minor* を分離した。これらの菌の接種試験結果から *Ceratocystis* sp. へのみ病原性があるとし、本菌を *Ceratocystis densiflora* nov. sp. (仮称) として、マツ枯損の病原菌とした。

* Kazuo SUZUKI: Mechanisms of pine wilt in the pine wilt disease.

一般に、健全なアカマツあるいはクロマツの枝や幹からは糸状菌がかなり分離されることが知られており、その主なものは *Pestalotia* sp., *Rhizosphaera kalkhoffii*, *Papularia* sp., *Cladosporium* sp. などである (小林ら 1975)。感染初期の樹脂滲出停止をしたばかりのマツ樹体内の菌類相は健全マツ中の菌類相とほとんど変わらないが、マツに異常が生じてから 1~2 か月が経過すると材中の菌類相は大きく変化し、健全木中の主要な菌類群である *Pestalotia* 属, *Rhizosphaera* 属, *Papularia* 属などの菌類はしだいに姿を消し、*Ceratocystis* 属, *Verticicladiella* 属, *Macrophoma*・*Diplodia* 属菌群などの菌類が優占してゆく。*Ceratocystis* 属や *Verticicladiella* 属菌は青変菌と呼ばれる菌の仲間である。このような青変菌は、ニレ立枯病 (病原菌 *Ceratocystis ulmi*) に見られるように主として穿孔虫類の被害に伴って蔓延する場合が多く、生立木では何らかの理由で樹体水分が減少して初めて侵入することが出来るものと考えられている (伊藤 1973)。

マツの枯損が青変菌によって引き起こされるとするマツ枯れ糸状菌 (青変菌) 説は、実験的な根拠は乏しかったものの、萎凋病として名高いニレ立枯病との関連もあり注目を引いた。その後、この糸状菌がオランダ (C.V.S.社) で同定されて、枝枯性・胴枯性病原菌の仲間であるホモプシス属菌 (*Phomopsis* sp.) であるとされ (諸岡ら 1983)、青変菌とは関連がないことが明らかにされた。

c) 細菌説: 後述する毒素説 (奥ら 1980) に関連した説として取り上げられた。

4. マツの萎凋枯死原因に関する説

a) 水ストレス説: 鈴木・清原 (1975) は野外において夏季にマツの針葉の蒸散量が著しく低下する現象 (これを水ストレスと呼ぶ) があり、この時期を境として材線虫病の病徴は著しく進展し、樹体内で線虫が増殖し始めると推測した。その後、環境を制御した接種試験によって、マツに生ずる水ストレスを人工的に緩和するとマツは枯死を免れ、逆に強度の水ストレス下では 50 頭前後の線虫接種頭数でも (樹体内に移行する線虫数は接種頭数の 1~2 割程度で、7~8 頭と考えられる) マツは速やかに枯死に至ることを明らかにした (鈴木・清原 1978)。そして、材線虫病で枯死する過程は水ストレス下のマツと線虫の場で生ずる反応系で決定され、その反応値は水ストレスの程度と線虫個体数に依存して決定されるものと考えた (鈴木 1984)。また、このマツに生ずる水ストレスはわが国の夏季の気象環境と密接な関係があることを指摘した (鈴木ら 1987)。

一般に気象環境が松くい虫被害の拡大に及ぼす影響としては、宿主であるマツ、病原体であるマツノザイセンチュウ、媒介昆虫であるマツノマダラカミキリの 3 者に対する影響が考えられる。いままでに、気象環境と松くい虫被害拡大との関連については、マツの枯損被害の程度と多元的気象値 (竹下ら 1975)、マツ枯損の発生環境と温量 (竹谷ら 1975)、温度要因のみならず年による気象環境の隔たり (小林 1980) などが指摘されてきた。また、林分内のギャップ発生などによるミクロな気象環境の変化も、マツの水分生理状態に影響を及ぼし、材線虫病の病徴の進展に重要な役割を果たしているものと考えられる (清水ら 1988)。

このように、マツに生ずる水ストレスはマツに萎凋枯死を引き起こす誘因として重要な役割を果たしているものと考えられるが、水ストレスは材線虫病進展の誘因であって、マツを萎凋枯死させる原因については明らかにされていない。

b) 毒素説: 奥ら (1979) は、マツ葉ジュースに線虫を懸濁しておくとき抗菌性物質 (毒素) が生成され、この物質をマツ苗に投与すると萎凋を引き起こすことを見出した。この抗菌性物質は罹病マツ材中からも分離されることから、この毒素は線虫によるマツの成分の代謝産物であろうと推論した。この発見は線虫の産生する毒素として線虫学的にも注目を集めたが、翌年この毒素は線虫が産生するものではなく、線虫に付随する *Pseudomonas* 属の細菌がマツ葉ジュース中で産生する物質であることが明らかにされた (奥ら 1980)。また、この細菌が罹病マツ材中にも存在することからマツ枯れ細菌説ともいわれた。

Pseudomonas 属細菌は線虫から分離された直後には毒素生産能力があるものの、培地で培養するとその能力が失われる。このことから細菌の毒素生産能力は線虫の体内に存在する物質によって誘導されるものと考えられた (多田ら 1981)。この線虫随伴細菌のマツ枯れに果たす役割については、この細菌が自然界に広く分布しているものの、線虫随伴細菌のみではマツ苗を枯死させることは出来ず、また無菌化した線虫の接種でもマツ苗が枯死すること (近藤ら 1982, 田村 1983) などから、マツの枯死に直接的に関与している可能性は少ないものと考えられている。

罹病したマツから分離される萎凋毒素については、引き続き奥 (1988) により検討されており、罹病アカマツの生葉から安息香酸 (benzoic acid; BA) と catechol (CA) が、材からは BA, dihydroconiferyl alcohol (DCA), 8-hydroxycarvotanacetone (8

HCA) が抽出されている。一方、アメリカ合衆国の Bolla ら (1987) は、ヨーロッパアカマツを用いて接種試験を行い、線虫接種後の材中から 8 HCA と 10-hydroxyverbenone を植物毒素として分離・同定している。

これらの毒性的物質の生成機構については、CA がマツ葉中の何らかの成分が線虫随伴細菌によって代謝生成されるものであること以外は明らかではないが、いずれも線虫の感染によって引き起こされたマツの異常代謝産物と考えられている。感染後のマツ樹体内で生成されるこのような毒性的物質については、今後、どのようにして生成され、どのような作用でマツを枯らすのかについて明らかにされなければならない。

c) 酵素 (セルラーゼ) 説: 佐々木ら (1984) は線虫接種後にマツ樹体内で樹脂道から樹脂が仮道管部に異常に漏出して仮道管を閉塞する現象を認め、この現象は線虫が柔細胞の細胞壁あるいは細胞膜の透過性に影響を及ぼした結果生じた現象であると考えた。そこで、このような現象を引き起こす可能性のある表面活性剤や細胞壁分解酵素などの試薬の投与試験を行った結果、市販のセルラーゼをマツの苗木に投与することによって材線虫病の初期症状と類似の症状が引き起こされた (小谷ら 1985)。そこで、このような細胞壁分解酵素であるセルラーゼが感染後のマツ樹体内で検出されるか否かについて検討した結果、線虫の磨砕液の上清や、ポリアクリルアミドゲルのプレート上を這わせた線虫の運動軌跡からもセルラーゼ活性が検出された (山本ら 1986)。これらのことから、セルラーゼは線虫の体外分泌酵素であることが明らかにされた。一方、このセルラーゼは、マツノザイセンチュウのみならずニセマツノザイセンチュウからも分泌されることが確認されている (小谷ら 1985)。

以上の結果から、線虫の体外分泌酵素であるセルラーゼが材線虫病の初期病徴の発現に関与していることが明らかにされた。このようなセルラーゼの病徴進展に及ぼす影響は、セルラーゼが細胞壁に対する吸着性が強いことから、マツ樹体内での線虫の分散・増殖に依存するものと考えられる。すなわち、この考え方に立てば、生立木樹体内で線虫が速やかに増殖すれば、樹体への破壊力は強くなるはずである。

d) キャビテーション (空洞化) 説: 池田・須崎 (1984) は、線虫接種後のマツの水分状態の変化は仮道管にキャビテーション (cavitation, 後述) が生じることによって現れる現象で、このキャビテーションは木部の放射柔細胞が毒素の影響を受けた結果生じたのではないかと推論した。一方、黒田ら (1988) は線虫接種後に樹幹部に酸

性フクシンを注入すると樹幹の木口断面に放射方向に白色の線状～紡錘形の部分が現れて、この部分の仮道管は水を失いキャビテーションが生じていることを指摘した。そして、この現象がマツの萎凋枯死を引き起こす直接的原因であろうと推論した。

植物の通水組織における水の流れ (水柱) は一定の条件で切れるように工夫されており、キャビテーションとは木部の仮道管などの通水組織内に何らかの理由で壁孔から空気が入り込み、水柱の連続性が切れる現象をいう。この仕組みは次のように説明される。相接する細胞の圧が異なると、隣接する組織の中に溶け込んでいる気泡は壁孔を通じて圧の低い方へと吸い込まれる。吸い込まれた気泡は最初は小さくても、低い圧のもとで水蒸気が溶け込み急速に大きくなる。また、周囲の組織からさらに気泡が追加されて仮道管は完全に空気で充満し、壁孔は破裂的に閉塞して仮道管から水が排除されてしまうのである (Zimmermann 1983, Tyree and Sperry 1988)。このようなキャビテーションは夏季には日中に水不足が生じて現れるが、夜間に水不足が徐々に解消されると仮道管に再び水が満たされ、通水機能は回復するものと考えられている。

材線虫接種後の木部にキャビテーションの現れる現象は、佐々木ら (1984) の指摘した樹脂道周辺の仮道管の閉塞部分 (パッチ) 形成と同一の現象と考えられる。このようなパッチ形成の原因について、佐々木らはすでに述べたように、線虫の産生するセルラーゼによって木部柔細胞の細胞壁が溶解して樹脂が仮道管に漏出した結果生ずる現象であると推論しているが、黒田 (1989) は感染後木部柔細胞で生成される疎水性のテルペン類がキャビテーション形成を助長し、さらに切断された水柱が元に戻ることを妨げているのではないかと推論した。

一般に木部に通水阻害の生じる原因には、何らかの作用で産生された物質が維管束を閉塞させる場合、細胞壁分解酵素などの酵素の作用によって通水障害が生ずる場合、フェノール性物質の生成などによって維管束壁が褐変し通水障害が生ずる場合など様々な場合があるものと考えられている (Wood 1967)。しかし、いずれの場合にも通水阻害が維持・拡大されて直接的に形成層の壊死に進展しなければ、形成層の分裂機能によって通水組織は次々と作られて通水機能は回復するものと考えられる。

5. 材線虫病によるマツの萎凋枯死機能

材線虫病によるマツの萎凋枯死のメカニズムについては現在のところ定説はない。そこで、いままでの研究成果を基にして (真宮 1983, 鈴木 1984, 佐々木ら

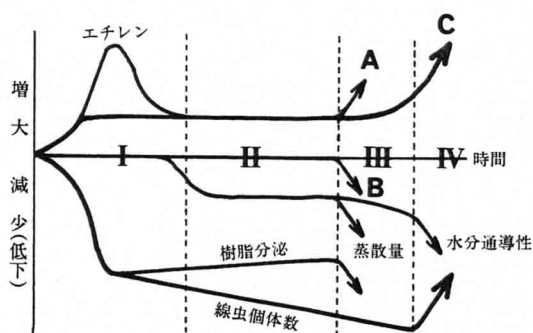


図-1 材線虫病によるマツの萎凋枯死過程
I~IV は病徴に対応したステージ。
A: エチレン, 異常代謝産物。B: クロロフィル, 光合成, 水ポテンシャル。C: 毒素, セルラーゼ, キャビテーション。

1984. 池田・須崎 1984, 森・井上 1986, 黒田ら 1988, 奥ら 1988など) マツの萎凋枯死機構を考えると, 模式的に図-1のように示すことが出来る。

まず, 第Iのステージでは樹体内に線虫が侵入して移動・分散を開始する。ここで, 材線虫病に特異的な病徴である樹脂滲出量の低下が現れる。この現象は線虫によって樹脂道やそれに連なる放射柔細胞に障害が生じたことに起因する現象と考えられる。このような障害に伴って, あるいは線虫の分泌するセルラーゼによってエチレンが生成する。また, セルラーゼの分泌による細胞壁の溶解, 線虫随伴細菌による毒素生産と異常代謝産物(毒素)の生産が行われ, さらにこれらの影響によって木部にキャビテーションが生じるものと考えられる。この時期には樹体内に侵入した線虫は, その個体数を減少させるのが一般的な傾向である。

第IIのステージでは樹脂滲出量の低下とエチレンの生成は一段落し, 一見病徴の進展は停止しているかのように見える。ただ, わずかに蒸散量の低下と木部の水分通導性の低下などが認められる。そして樹体内の線虫個体数は徐々に減少する傾向にある。

第IIIのステージでは再びエチレンの生成が活発になり, その生成量は最初のピークを遥かに上回る。樹幹からの樹脂滲出と針葉の蒸散は著しく低下し, 水分通導性が低下する。同時にクロロフィル a:b 比は急激に変化して, ここで初めて2~3年生針葉の変色という可視的病徴が現れ, 光合成も著しく低下する。この時期になって初めてマツ樹体内で異常代謝産物が全身的に生成・蓄積され始めるものと思われる。

最後に, 第IVのステージでは, 第IIIステージを受けて樹体内では線虫個体数が増大し, 毒素生産やセルラーゼ

の分泌は高まり, キャビテーションも樹幹全体に及ぶようになる。そして, 水ポテンシャルの低下は決定的となる。

以上が単純化したマツの萎凋枯死過程についての試論である。そこで, この観点からいまままでに提案されたマツの萎凋枯死原因について論及してみたい。

キャビテーション説はこれによって生ずる水不足のためにマツが萎凋枯死すると推論している。このような現象は樹体の小さな苗木を用いた接種試験では苗木の木部断面積が小さいことから引き起こされる可能性はある(福田・鈴木 1988b)ものの, 樹体の大きなマツ生立木では, キャビテーションが原因となって形成層に壊死が生じ, さらにその後も形成層の壊死が全身に及んでマツが萎凋するとは考えにくい。また, 材線虫病の萎凋過程における水分特性の変化は特異的であって, 水分欠乏による萎凋過程とは著しく異なるとする考え(福田・鈴木 1988a)とも大きく食い違う。

一方, 線虫によるセルラーゼの分泌やキャビテーションの形成によって樹幹木口面に部分的なパッチが現れるが, この形成・拡大には図-2に示されるような幾つかの様相が考えられる。マツの萎凋枯死には形成層への影響が不可欠であると考えれば, 形成層の壊死がキャビテーション形成後にどのようにして生じて広がるのかについて, 今後さらに明らかにする必要があるだろう。

毒素, セルラーゼおよびキャビテーションはいずれも線虫個体数に強く依存して現れる現象である。従って, 線虫個体数の少ない第IIステージまでの段階では, マツの生理状態, 特に放射柔細胞や形成層に及ぼす影響には必ずから限界がある。これらの説は, 第III~第IVステージで初めて破壊力を発揮するものとするのが妥当であろう。

以上のような考えから, 材線虫病の病徴進展に関するブラックボックスは, 第IIステージに潜んでいるものと思われる。すなわち, 自然条件下では樹体内に侵入する線虫個体数は著しく少ない。このような少数の線虫がマツの全身的な萎凋を引き起こすには, 何らかの連鎖反応を引き起こさなければならない。その反応(刺激値)が一定の閾値に達すると, 初めて病徴は第IIIステージへと移行する。また, この反応は水ストレス下で著しく増強され, 強度の水ストレス下では病徴は第IIステージをジャンプして第IIIステージへと進むのである。

残されたもう一つの課題は, 侵入した線虫の樹体内での正確な行動の把握であろう。この行動が明らかにされない限り, 数千~数万頭という接種試験と自然条件下における少数の線虫による感染との違いは大きすぎる。

以上の考え方が, 材線虫病の萎凋枯死機構の今後の参

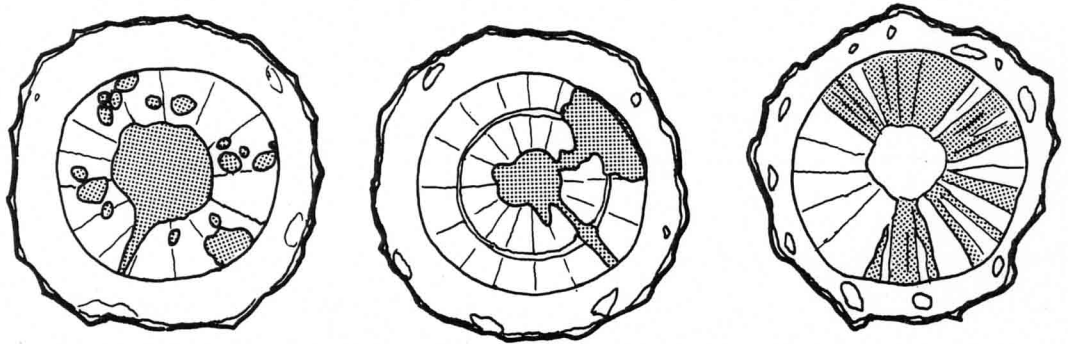


図-2 マツの木部に現れるパッチの様相

左：木部樹脂道の周囲から発生したと思われる通水障害部分が散在して認められる（佐々木ら 1984）。
 中央：木部の通水障害と共に形成層が部分的に壊死し、線虫による直接的破壊が示唆される（田村ら 1988）。
 右：毒素の影響と思われるパッチが放射方向に規則的に現れて通水障害と共に形成層壊死を生じている。（鈴木未発表）。 何れも引用文献から簡略化して模写したもので、パッチ部分が通水障害部分を示している。

考になれば幸いである。

引用文献

- 1) Bolla,R.I.,Winter,R.E.K.,Fitzsimmons,K., Weaver,C.,and Koslowski,P.(1987) : Phytotoxins and pathotypes associated with the pine wood nematode in the United States.In M.J.Wingfield ed.'Pathogenicity of the pine wood nematode.'26-39.American Phytopathol.Soc.Press.
- 2) Chiba,O.and Tanaka,K.(1968) : The effect of sulphur dioxide on the development of pine needle blight caused by *Rhizosphaera kalkhoffii*.Bubak (I).J.Jap.For.Soc. 50,135-139.
- 3) 福田健二・鈴木和夫(1988a) : マツ材線虫病の病徴の進展と水分生理特性の変化.日林誌 70,390-394.
- 4) 福田健二・鈴木和夫(1988b) : クロマツ苗の材線虫病における水分特性の変化と水分欠乏による変化との比較.東大演報 80, 25-35.
- 5) 二井一禎(1990) : マツ枯れと酸性雨.日本の松の緑を守る 40, 8-12.
- 6) Ikeda,T.and Suzaki,T.(1984) : Influence of pine-wood nematodes on hydraulic conductivity and water status in *Pinus thunbergii*.J. Jap.For.Soc. 66,412-420
- 7) 伊藤一雄(1973) : 樹病学体系II. 302pp.農林出版.
- 8) 小林一三(1980) : 気象の年次変化と松くい虫被害のでやすさ-鳥取と岡山を例として-.日林関西支講 31, 236-238.
- 9) 小林享夫・佐々木克彦・真宮靖治(1975) : マツノザイセンチュウの生活環に関連する糸状菌(II).日林誌 57, 184-193.
- 10) Kondo,E.,Foudin,A.,Linit,M.,Smith,M., Bolla,R.,Winter,R.,and Dropkin.V.(1982) : Pine wilt disease-nematological,entomological,and biochemical investigations.Univ.of Missouri-Columbia Agric.Exp.Sta.SR 282,56pp.
- 11) Kuroda,K.(1989) : Terpenoids causing tracheid-cavitation in *Pinus thunbergii* infected by the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*).Ann.Phytopathol.Soc.Japan 55,170-178.
- 12) Kuroda,K.,Yamada,T.,Mineo,K.,and Tamura,H.(1988) : Effects of cavitation on the development of pine wilt disease cused by *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann.Phytopathol. Soc.Japan 54,606-615.
- 13) Mamiya,Y.(1983) : Patholgy of the pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann.Rev.Phytopathol. 21,201-220.
- 14) 森 徳典・井上敏雄(1986) : マツノザイセンチュウによるマツ樹幹のエチレン生成とその誘導因子としてのセルラーゼ.日林誌 68,43-50.
- 15) 諸岡信久・角田 廣・辰野高司(1983) : マツの立ち枯れ病に関与する糸状菌類の研究.防菌防微 11,423-431.
- 16) Odani, K., Sasaki, S., Nishiyama, Y., and Yamamoto,N.(1985) : Early symptom development of the pine wilt disease by hydrolytic

- enzymes produced by the pine wood nematodes-cellulase as a possible candidate of the pathogens-. J.Jap.For.Soc. **67**, 366-372.
- 17) Odani, K., Sasaki, S., Yamamoto, N., Nishiyama, Y., and Tamura, H. (1983). Differences in dispersal and multiplication of two associated nematodes, *Bursaphelenchus xylophilus* and *Bursaphelenchus mucronatus* in pine seedlings in relation to the pine wilt disease development. J.Jap.For.Soc. **67**, 398-403.
- 18) Oku, H. (1988). Role of phototoxins in pine wilt disease. J.Nematol. **20**, 245-251.
- 19) Oku, H., Shiraishi, T., and Kurozumi, S. (1979). Participation of toxin in wilting of Japanese pines caused by a nematode. Naturwissenschaften **66**, 210.
- 20) Oku, H., Shiraishi, T., Ouchi, S., Kurozumi, S., and Ohta, H. (1980). Pine wilt toxin, the metabolite of a bacterium associated with a nematode. Naturwissenschaften **67**, 198-199.
- 21) Sasaki, S., Odani, K., Nishiyama, Y., and Hayashi, Y. (1984). Development and recovery of pine wilt disease studied by tracing ascending sap flow marked with water soluble stains. J.Jap.For.Soc. **66**, 141-148.
- 22) 清水一郎・鈴木和夫・福田健二 (1988). 材線虫病の病徴進展に及ぼす環境の影響—ギャップ効果—. 東大演報 **79**, 95-101.
- 23) 鈴木和夫 (1979). マツの材線虫病の発現機作. 森林防疫 **28**, 90-94.
- 24) 鈴木和夫 (1984). マツの水分生理状態と材線虫病の進展. 林試研報 **325**, 97-126.
- 25) 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の蒸散量および樹脂滲出量の変化と材中の線虫密度. 86回日林講 **293-295**.
- 26) Suzuki, K. and Kiyohara, T. (1978). Influence of water stress on development of pine wilting disease caused by *Bursaphelenchus lignicolus*. Eur. J. For. Pathol. **8**, 97-107.
- 27) 鈴木和夫・仁多見俊夫・熊谷洋一 (1987). マツ類材線虫病の発現と気象要因. 東大演報 **76**, 163-175.
- 28) 多田幹郎・大水章正・白石正英 (1981). マツノザイセンチュウから単離したバクテリアの生育と毒素生産に及ぼすリン酸塩の影響. 岡山大農学報 **57**, 35-40.
- 29) 竹下敬司・萩原幸弘・小河誠司 (1975). 西日本におけるマツの立枯れと環境. 福岡林試時報 **24**, 1-45.
- 30) 竹谷昭彦・奥田素男・織田隆治 (1975). マツの激害型枯損木の発生環境—温量からの解析—. 日林誌 **57**, 169-175.
- 31) Tamura, H. (1983). Pathogenicity of aseptic *Bursaphelenchus xylophilus* and as sociated bacteria to pine seedlings. Jap. J. Nematol. **13**, 1-5.
- 32) Tamura, H., Yamada, T., and Mineo, K. (1988). Host responses and nematode dispersion in *Pinus strobus* and *P. densiflora* infected with the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann. Phytopath. Soc. Japan **54**, 327-331.
- 33) 田中 潔 (1975). マツの材線虫病の発生に及ぼす SO₂の影響. 86回日林講 **287-288**.
- 34) 角田 廣・諸岡信久・辰野高司 (1980). マツの枯損に関与する糸状菌類に関する研究 (第1報). マイコトキシン **12**, 36-39.
- 35) Tyree, M. and Sperry, J. S. (1988). Do woody plants operate near the point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic water stress. Plant Physiol. **88**, 574-580.
- 36) Wood, R. K. S. (1967). Physiological plant pathology. 570pp., Blackwell Scientific Publications.
- 37) Yamamoto, N., Odani, K., Sasaki, S., and Nishiyama, Y. (1986). Cellulase exudation by the pine wood nematode—detection of activity in its crawling track. J.Jap.For.Soc. **68**, 237-240.
- 38) 吉岡金市 (1974). 赤松の立枯れ—真犯人は大気汚染だった—マツクイムシは「ぬれ衣. 毎日新聞, 昭和49年11月8日.
(同様の見解は山下敬彦 (1976, 1977) によってもマスコミ紙上で紹介された)
- 39) Zimmermann, M. H. (1983). Xylem structure and the ascent of sap. 143pp., Springer-Verlag.

(1991・8・1 受理)

ブナ種子の害虫ブナヒメシクイの生態と加害

五十嵐 豊*
農林水産省森林総合研究所
東北支所主任研究官

はじめに

ブナヒメシクイは鱗翅目、ハマキガ科、ヒメハマキガ亜科に属す小さな蛾で、最近の調査結果からブナの種子害虫として最も重要な種であることが明らかにされた^{3,4,5)}。

ブナ種子の虫害については、これまでもその更新に関連した報告の中で、各地においてかなりの高率で被害がみられていた^{1,2,6)}。しかし、これらの報告は種子の成熟落下期の調査で、すでに加害後のものであり、加害種についてはいずれもふれられていない。1970年畠山²⁾は開花結実時には並作と判断された年にもかかわらず、秋の調査時で結実した種子が少なく、その原因として種子落下以前に害虫に被害されることを指摘している。結実初期からの虫害調査は、1974年亀山⁹⁾が種子消滅の実態調査をして、5月上旬から殻斗果の中に幼虫のいることを認め、この虫による加害率が非常に高いことを報告している。

ブナヒメシクイの記載

1974年亀山の発見した幼虫は農林省林業試験場東北支場（現、森林総合研究所東北支所）に鑑定を依頼されたが虫の名を明らかにするまでに至らなかった。その後、この虫が東北各地で広く分布することが明らかになり、同支場等から送られた材料から、1980年駒井⁷⁾によって新属、新種のブナヒメシクイ *Pseudopammene fagivora* Komai と記載された。しかし、その後も各地の調査で虫害は多いものの^{9,10,11,12)}、種子害虫に関する具体的な調査の進展はみられなかった。

ブナヒメシクイの形態

成虫：翅の開張9～13mm、前翅長4～6mm（表-1）。前翅は灰褐色で、オーカー色の鱗片が混じる。前縁に約10個の黄白色くさび状紋がある。翅を閉じた状態では中央部の灰色紋が目立つ。後翅は暗灰褐色（写真-1、

2）。

蛹：体長5.5mm内外。黄茶褐色（写真-3）。

幼虫：成熟幼虫は体長8～9mm。頭部は光沢のある淡茶褐色。胴部は灰色を帯びた黄白色（写真-4），老熟幼虫になると黄色味を帯び、暗色の小点がみられる。若中齢幼虫は頭部と前胸背楯は光沢のある黒褐色ないし暗褐色。胴部は光沢のある黄白色、赤褐色の腸の内容物が透けて見える。

卵：長径0.7mm、短径0.4mm内外。乳白色。

ブナヒメシクイの生態

成虫は東北北部で5月中旬～6月上旬にみられ、ブナ林内を昼間さかんに飛翔する。常温の室内で飼育した羽化期を図-1に示す。老熟幼虫が土中に潜入する時期は6月中旬から8月初めで、羽化は翌年の4月上旬から始まり、6月下旬に終了、2か月半の長期間にわたっていた。この経過がそのまま野外の羽化消長につながらないと考えられるが、後述するように加害種子の中にみられる幼虫期間の長さ、幼虫の大きさからみて（図-2），野外においても成虫は融雪直後から相当長期間にわたって羽化しているものと思われる。

卵は果実の殻斗（総苞）表面に生えている鱗片（総苞片）に産みつけられる。卵期間は明らかでないが、まもなくふ化した幼虫は殻斗に穿入し、殻斗の内部と種子（堅果）を摂食する。殻斗が成長し堅果も大きくなると、殻斗の一片の内部を接触後、堅果に穿入して内部を食いつ

表-1 ブナヒメシクイ成虫の大きさ

頭数	前翅長(mm)	翅の開長(mm)
	平均 (最小-最大)	平均 (最小-最大)
♀ 58	5.5±0.38 4.2-6.0	11.6±0.77 9.1-13.3
♂ 60	5.1±0.32 4.3-5.8	10.8±0.65 9.5-11.9

* Yutaka IGARASHI

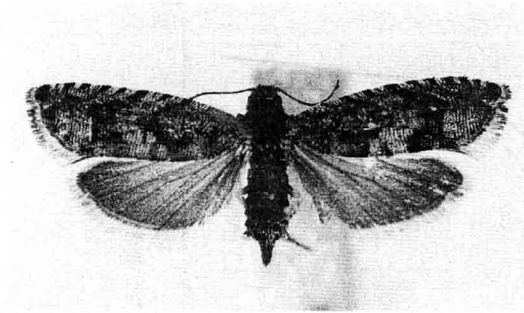


写真-1 ブナヒメシンクイ 成虫(♀)

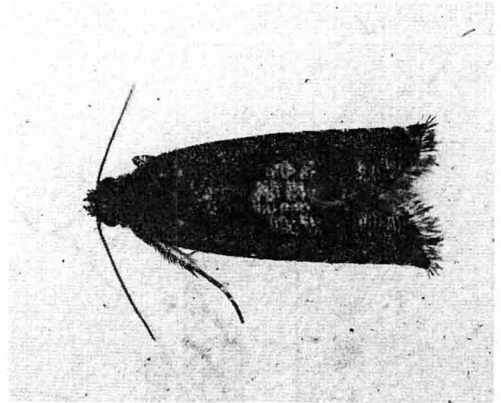
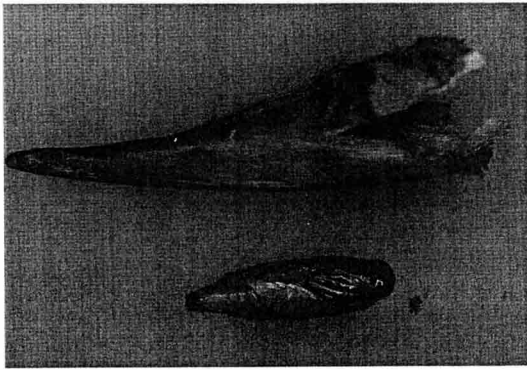
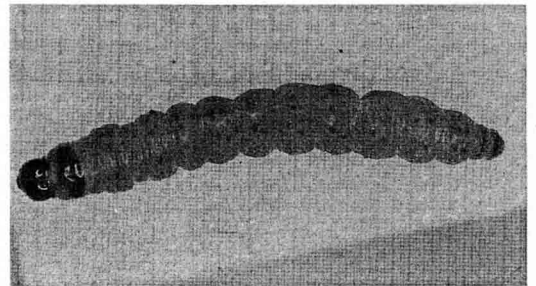
写真-2 ブナヒメシンクイ成虫
一翅を閉じている状態一写真-3 ブナヒメシンクイの繭と蛹
一繭はブナの芽りんを利用一

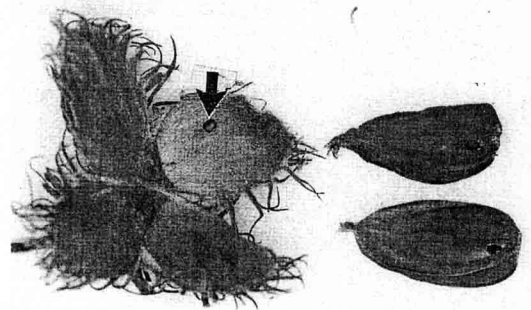
写真-4 ブナヒメシンクイ成熟幼虫

くし、約1 mmほどの穴をあけて隣の堅果に移動し摂食する(写真-5)。

老熟した幼虫は殻斗から脱出、あるいは加害殻斗と共に落下し、落葉層の中に潜入して営繭する。繭は芽鱗(写真-3)や落葉などを外壁を利用して作る。まもなく蛹化し、そのまま越冬する。

ブナヒメシンクイの幼虫期間

時期別に樹上で採種した殻斗を調査した結果を図-2に示す。これによると、幼虫のみられた時期は8月上旬までの2か月半にわたっていた。しかし、6月上旬にすでに終齢幼虫がみられ、7月中旬でも若齢幼虫がおることや、すでに述べた羽化時期、羽化期間等を考え合わせると、個々の幼虫期間はおよそ2週間と思われる。なお、この図における年齢構成等の表示は終齢、若齢は幼虫を大小で分けたもので、種子食害は堅果が食害されて幼虫のいないものであり、また殻斗食害は殻斗のみ食害されて幼虫のみられないもので、種子食害の7月以降は老熟幼虫が脱出し、6月中のものは脱出のほか幼虫の移動、死亡があるものと思われる。また殻斗食害の多くは幼虫

写真-5 ブナの殻斗(総苞)と堅果の虫害状況
一矢印は殻斗の脱出孔一

が死亡したものと推定された。

以上の結果をまとめた東北北部での生活環を図-3に示す。なお、関西地方では成虫が4月中旬から5月中旬にかけてみられ、6月中、下旬頃には落葉層内で営繭するといわれている⁸⁾。

ブナヒメシンクイの加害実態

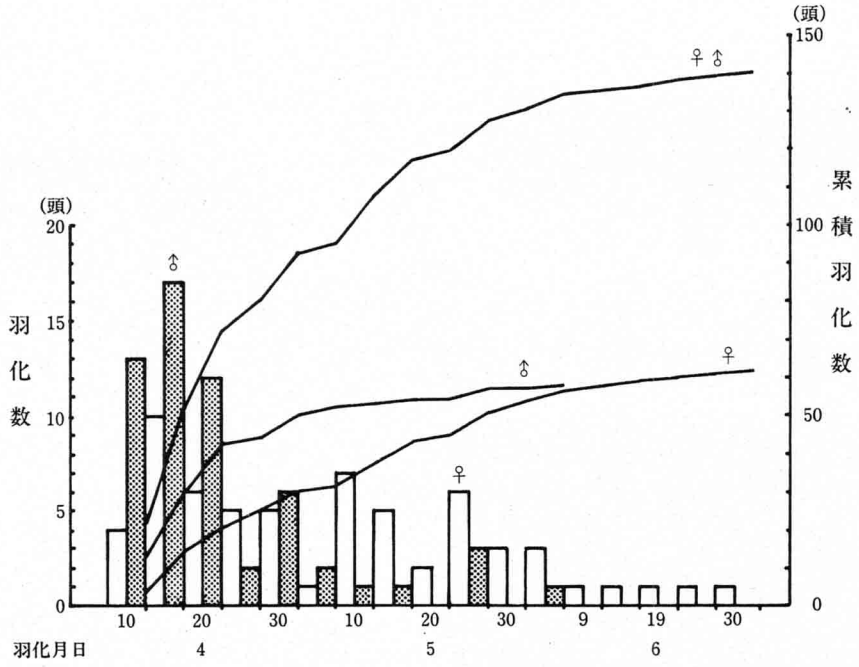


図-1 ブナヒメシクイの羽化消長(室内飼育 1989年)

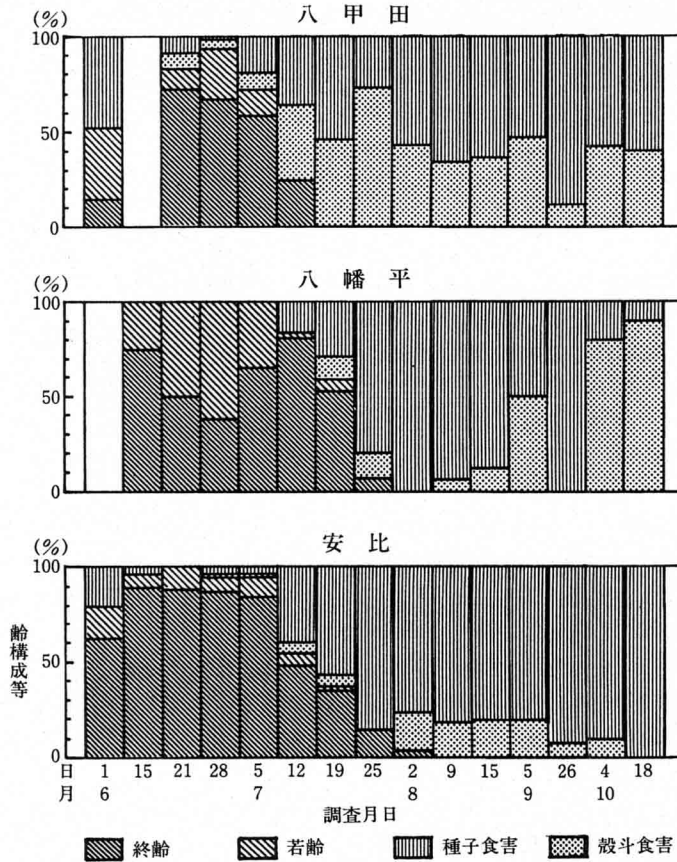


図-2 ブナヒメシクイの年齢構成等(樹上の種子 1989年)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蛹	○	○	○	○	○	○	○					
成虫					+	+	+	+				
卵					●	●	●	●				
幼虫					-	-	-	-				
蛹							○	○	○	○	○	○

図-3 東北北部におけるブナヒメシクイの生活環

東北地方北部のブナの種子を加害する害虫は数種類あるが、主な加害種はこのブナヒメシクイとメムシガ科の1種 (*Argyesthia* sp.) である。図-4に東北各地の1987年から1990年の種子生産量と種子の内容を示す。調査は各林分の中に1 m²のシードトラップ5個を5月上旬から設置し、10月末まで5~10日おきに回収した。ブナは種子の豊凶が激しく、種子生産量は年によって大きな違いがみられ、この4年間には、各地とも1987年は凶作、1988年は並作、1989年は豊作、そして1990年は並作であったという。

各地ともブナヒメシクイの加害は大きく、加害された種子の多くはまもなく落下する。年間を通して種子の落下がどのような経過をたどるかを、八甲田で調査した結果を図-5に示す。種子の落下は結実直後の5月下旬から始まり、6月中、下旬に一つのピークがみられ、8月中、下旬には落下がほとんどみられなくなる。この時期までの種子は殻斗が十分発達しても、中の堅果はまだ未熟である。9月上旬から再び落下がみられ、成熟した種子が10月上、中旬をピークに落下する。このような落下の経過は並作、豊作の年でも変わらないが、未熟、成熟期別の落下率では大きな違いがみられる。未熟期の落下のほとんどは虫害によるものであり、種子の豊凶に対する虫害の影響は大きいことがわかる。

種子の豊凶とブナヒメシクイの加害

ブナヒメシクイの加害は健全種子の生産に大きな影響を与えているが、虫害率は種子生産量に対応して異なる。すなわち種子の生産量が少ない年は被害率が高く、生産量の多い年は逆に低い。図-4から健全種子の生産量をみると1988年の並作年に少量、1989年の豊作年にやや多く、1990年は1988年を上回る種子が生産されたにもかかわらず、健全種子はほとんど得られなかった。一方、1990年のブナヒメシクイの加害率は非常に高く、この年は本種の加害によって健全種子が得られなかったことになる。種子の豊凶と虫害との関係を見ると、1987年(成熟期だけの調査)は凶作で種子の生産量が少なく、この

ためほぼ100%がブナヒメシクイに加害されたものの本種の密度が低下した。したがって、1988年は並作程度の種子生産量にもかかわらず、若干の健全種子が得られた。1989年は豊作で多くの種子が生産され、前年密度の高まったブナヒメシクイの加害も増加したが、種子の生産量がより大きかったために、多くの健全種子を残すことができた。1990年には前年の豊作でさらに密度の高まったブナヒメシクイの加害のため、1988年を上回る種子が生産されたにもかかわらず、健全種子を残すことができず、最終的に凶作になったものと判断された。

本種の加害の激しい例として、連続して毎年大量に種子を生産した単木の結果を図-6に示す。この木の種子生産量は1 m²当たり、1988年が489粒(6月中旬からの調査)、1989年が951粒、そして1990年が1,212粒と年々増加したが、図に示すように、1989年の地域全体が豊作であった年にわずかに健全種子が得られただけで、1990年には1,200粒もの種子を生産したものの、そのすべてが7月上旬までに落下している。この図は種子の未熟期と成熟期の落下率とそれぞれの内容を示しているが、未熟期の落下のほとんどは虫害によるもので、虫害のみられない種子は少ない。特に、早期にすべての種子が落下した1990年には99%以上が虫害を受け、うち92%が種子害虫で、そのほとんどはブナヒメシクイによるものであった。このように、毎年大量に種子を生産されても、ブナヒメシクイによる加害力が大きく、健全種子は得られないことを示している。

ブナヒメシクイの加害時期と加害の形態

すでに生態のところでも述べたように、加害は種子の結実直後から始まる。東北地方のブナヒメシクイの羽化は5月中、下旬の融雪直後から始まるが、この頃ブナはすでに開花し、小さな殻斗も形成されている。羽化した成虫は殻斗表面に生えている鱗片に産卵し、ふ化した幼虫は殻斗の中に穿入する。したがって、加害はこの時期から始まることになる。殻斗に穿入した幼虫は、殻斗の内部を摂食した後、堅果を食害するが、結実初期のまだ

(69)

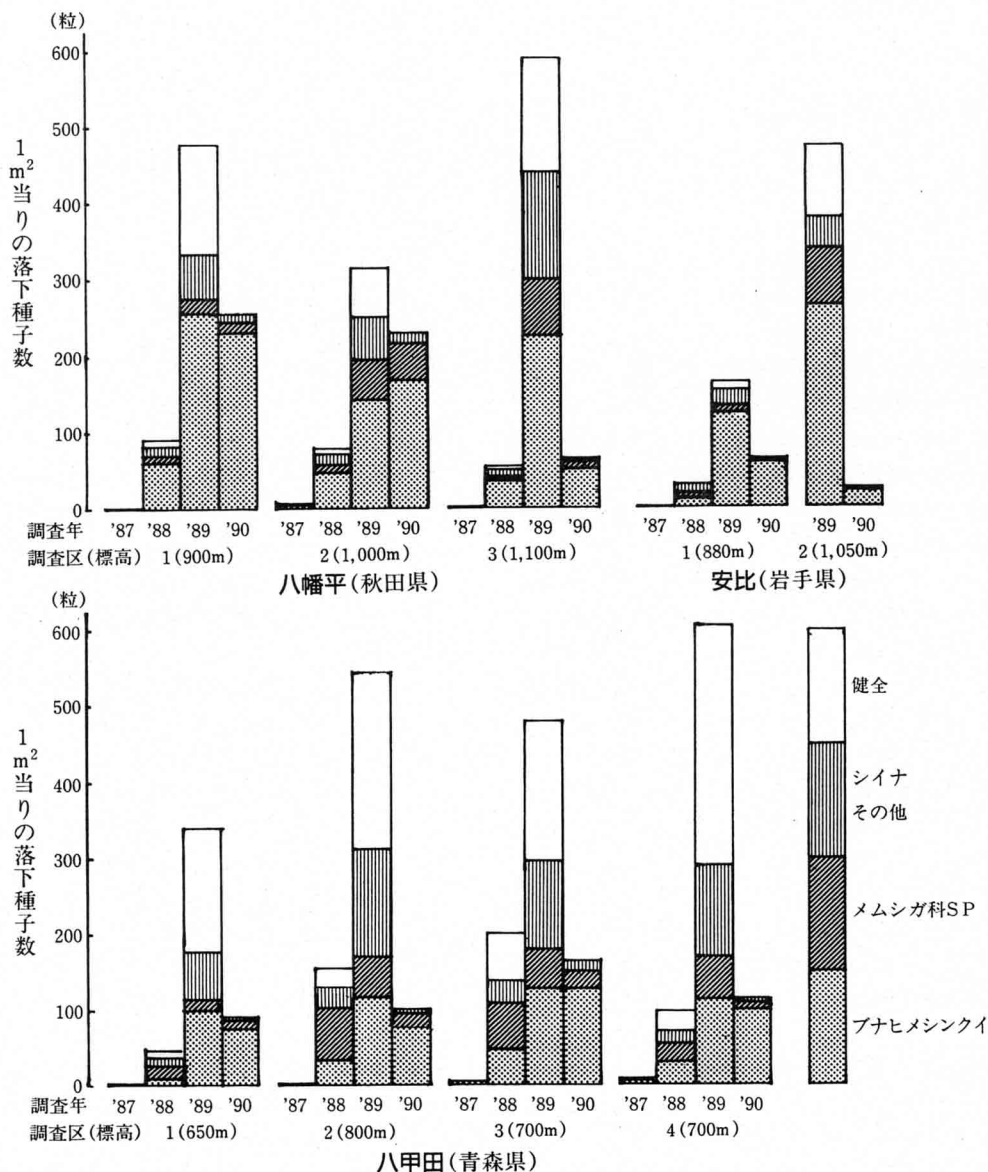


図-4 東北各地における年間種子落下数と種子の内容

堅果の小さい頃は、堅果のほとんどを摂食する。殻斗には普通複数の産卵が行われ、殻斗内にも複数の幼虫がみられることから、この頃の幼虫は殻斗間を移動しているかも知れない。殻斗の成長は早く、6月に入ると急激に大きくなるが、このごろ、ふ化した幼虫は殻斗の一片の内部を摂食して成長した後、堅果に移動、一方の堅果の内部を食いつくすと、1 mm ほどの穴をあけて隣の堅果に移動、摂食する。老熟した幼虫は殻斗から脱出あるいは加害殻斗とともに、地上に落下する。加害はこの時期までで、東北地方北部では遅くとも8月の初めまでである。この頃の種子は殻斗、堅果とも十分発達しているも

の、堅果の内部は未熟で、プナヒメシクイは種子の未熟な時期にのみ加害する。したがって、秋期種子が成熟して落下した時に見られる加害種子は、すでに加害されたものが落下せずに残っていたものである。

おわりに

ブナの種子に虫害の多いことは古くから知られていたが、調査の多くは成熟期の落下種子であったために、加害種については明らかにされていなかった。近年、種子の結実初期から連続して調査した結果、プナヒメシクイの加害が種子の生産に大きくかかわっていることが明

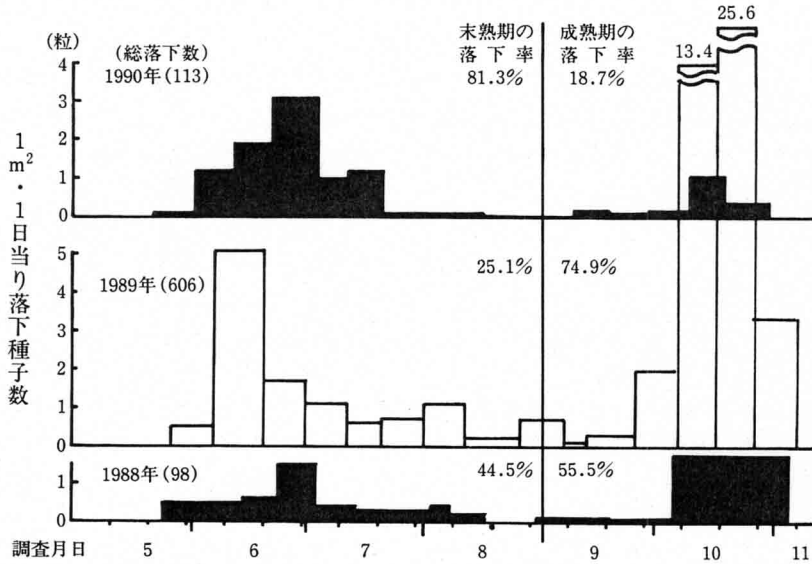


図-5 種子の落下の経過(八甲田)

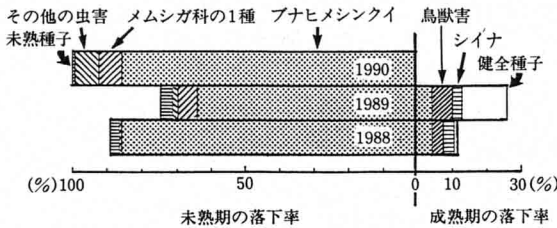


図-6 連年結実木の時期別落下率と種子の内容

らかになった。最近の報告によると、本種による加害は北海道¹³⁾や関西地方⁸⁾でも多いことが明らかにされており、これまでに報告されている虫害種子の多くは本種によるものと思われる。

ブナの種子は豊凶が激しく、豊作は4、5年から7、8年の周期で見られ、その間凶作、並作を繰り返すが、これにはブナヒメシクイの加害によって、結果的に凶作になった年も多いものと思われる。

参考文献

- 1) 橋詰隼人・山本進一：中国地方におけるブナの結実 (II) 種子の稔性と形質について。日林誌 56, 393~398, 1974.
- 2) 畠山与四郎：ブナ林における天然下種1類の施業について。日林東北支誌 22, 38~41, 1970.
- 3) 五十嵐 豊・鎌田直人：ブナ種子害虫に関する研究 (I) -青森県八甲田山におけるブナ種子の被害-。101回日林論 521~522, 1990.
- 4) 五十嵐 豊・鎌田直人：ブナ種子害虫に関する研

- 究 (II) -ブナヒメシクイに関する2, 3の知見-。日林東北支誌 42, 156~158, 1990.
- 5) 五十嵐 豊・鎌田直人：ブナ種子害虫に関する研究 (III) -連年結実木に対するブナヒメシクイの加害-。102回日林大会講演要旨集 53, 1991.
- 6) 亀山喜作：ブナの種子消滅の実態とその原因について。秋田営林局研究発表会論文集 29~32, 1974.
- 7) Komai, F.: A new genus and species of Japanese laspeyresiini infesting nuts of beech (Lepidoptera, Tortricidae). Tinea 11(1) 1~7, 1980.
- 8) 駒井古実：ブナ堅果の害虫。和泉葛城山ブナ林保護増殖調査中間報告書。92~104, 1991.
- 9) 箕口秀夫・丸山幸平：ブナ林の生態学的研究 (X X X VI) 豊作年の堅果の発達とその動態。日林誌 66, 320~327, 1984.
- 10) 布谷知夫：和泉葛城山のブナ林。Nature Study 33, 9~11, 1987.
- 11) 大久保達弘ほか：秩父山地イヌブナ (*Fagus japonica* Maxim.) 天然林における堅果落下量と実生の消長。日生態会誌 39, 17~26, 1989.
- 12) 鈴木和次郎：ブナの結実周期と種子生産の地域間変異 (予報)。森林立地 131, 7~13, 1989.
- 13) 寺沢和彦：ブナの結実を阻害する種子害虫。光珠内季報 83, 15~17, 1991.

(1991・7・22 受理)

長野県佐久地方におけるカラマツ根株 心腐病菌とその樹幹侵害

黒田 吉雄*・大沢 正嗣**
筑波大学農林技術セン ター八ヶ岳演習林
山梨県林業技術セン ター

1 はじめに

カラマツの造林は1796～1804年、群馬県と長野県において山引苗が植栽されたのが最も古く、以後1877～1880年にかけて長野県で播種苗が養成されたのが、この造林普及の始まりとされている^{1,4)}。カラマツは高冷地域でも成長が極めて速いことから、主に長野県、山梨県、東北地方および北海道で戦後の拡大造林が行われ現在に至っている。そして、これらのカラマツ造林地においては、根株心腐病の発生が問題になっている。

長野県におけるカラマツ根株心腐病の発生地は県下全域に及ぶと考えられ、特に南佐久郡、北佐久郡、東筑摩郡、松本市および塩尻市などのカラマツ主産地域で多発し、大きな問題になりつつある^{2,4,5,6,7,10,12,13,15)}。

本県で発生が報告されているカラマツの心腐病菌はカイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケ、マスタケ、ニセカイメンタケ、ミヤマシロアミタケ、チウロコタケモドキ、マツノカタワタケ、カラマツアナタケ、エブリコのほか未同定の担子菌等で、この中で根株心腐病菌はカイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケ、未同定担子菌の4種である^{1,2)}。

ここでは1986～1987年に八ヶ岳東部山麓の標高1,600～1,700mに位置する長野営林局白田営林署事業区で伐採された根株心腐病罹病木の樹幹地際部から病原菌の分離を行い、さらに病原菌の種別に樹幹内部の腐朽進展状態について調査した結果と、一部既報告⁹⁾を含めて報告する。

2 材料と方法

供試木には74～75年生カラマツ人工林の根株心腐病に罹病した全幹集材木118本を用いた。これら全ての供試木について、伐採面から健全部位までを50～100cm間隔で玉切りし、さらに樹幹の中心部が通るようにチェ

ンソーで縦断後、直ちに病原菌の分離を行った。供試木118本中腐朽が末期状態で分離が困難なもの18本を除外し、病原菌の分離に100本用いた。分離用培地としてポテトデキストロース寒天培地にペノミル(10～15mg/ℓ)を添加した選択培地を用いた。分離方法³⁾は供試木の初期腐朽部の縦断面を火炎殺菌し、三角刀を用いて材表面を剥ぎ取った後、小木片(大きさ約3 mm角)を切取り、培地上に置き25℃の恒温器で7～10日間培養した。この小木片から伸長した菌糸の先端を新しい培地に移植して純粋培養菌株を得て菌の同定を行った。

樹幹内部の腐朽状態の調査は、それぞれの供試木の縦断面を、伐採面から上方に5 cm毎に樹皮、辺材、心材、腐朽部の幅をそれぞれ計測した。本調査では腐朽部として初期変色部位をも含めた。樹幹内に占める腐朽部体積の割合は、伐採面から腐朽末端位置までの樹幹部体積(末口自乗法により算出)と腐朽部体積(区分求積法により算出)との比で表した。

3 病原菌の分離結果

根株心腐病罹病木100本からの分離では、カイメンタケが最も多く41本から分離され、次いでハナビラタケが12本から分離された。また、太い菌糸に0～4個の多重クランプを持つ未同定菌(担子菌の1種)(以下Basidiomycete-1と称す)が9本から分離され、残りの38本からは病原菌を得ることができなかった。なお、病原菌の分離には末期腐朽部を除き、初期変色部位からの小木片を供試することにより分離率が高められた。

分離結果から、本調査地ではカイメンタケによる被害が多いようであった。なお青島・林⁹⁾により、八ヶ岳山麓ではカイメンタケよりもレンゲタケの被害が多いと指摘されているが、本調査地ではレンゲタケを分離することができなかった。しかし、大沢^{11,12)}は筑波大学農林技術センター八ヶ岳・川上演習林で、また阿部¹⁾らは白田営林署管内(立科町・望月町)においてレンゲタケを分離して

* Yoshio KURODA ** Masashi OHSAWA

表-1 カラマツ根株心腐病罹病木の伐採面の腐朽

病原菌	カイメンタケ	ハナビラタケ	Basidiomycete-1	非検出	未調査	全供試木
調査木本数	41	12	9	38	18	118
伐採面直径範囲(cm)	12.6~35.2	13.9~33.6	18.0~32.5	13.4~34.3	15.1~29.5	12.6~35.2
伐採面平均直径	23.7	25.2	24.2	21.2	21.0	22.7
伐採面腐朽部直径の範囲	3.1~23.5	6.7~16.0	0.9~15.4	1.9~15.4	1.0~12.5	0.9~23.5
伐採面腐朽部の平均直径	11.9	11.7	7.1	8.4	6.4	9.5
伐採面腐朽部面積の範囲(cm ²)	8~434	35~181	1~177	3~186	1~123	1~434
伐採面積腐朽部の平均面積	126.0	114.6	57.7	66.0	41.4	87.4

表-2 カラマツ根株心腐病罹病木の伐採面からの腐朽高

病原菌	カイメンタケ	ハナビラタケ	Basidiomycete-1	非検出	未調査	全供試木
調査木本数	41	12	9	38	18	118
腐朽高の範囲(cm)	25.1~450.0	48.2~216.7	30.0~108.5	24.3~395.0	6.7~250.0	6.7~450
腐朽高の平均	164.0	113.3	58.3	97.9	69.8	115.1

いることから、カラマツ林分の立地条件等の違いによって優勢な病原菌の種が異なるものと推測される。なお、本調査地に近接する八ヶ岳東部山麓のカラマツ造林地においては根株心腐病菌の一つとして Basidiomycete-1 が多く分離され、これがカラマツに大きな被害を与えていることが報告されている¹²⁾。

4 伐採面における腐朽について

全供試木の伐採面直径は12.6~35.2cm (平均22.5cm) で、本地域以外の同林齢木に比べると伐採面直径は小さく(表-1)、本調査地は成長が悪い林分であることを示している。

一方全供試木の伐採面における腐朽部直径は0.9~23.5cm (平均9.5cm) であった(表-1)。この腐朽部の直径を5cm毎の階級別に分けて見ると、伐採面における腐朽部直径が5cm以下のものが17.0%、6.0~10.0cmが36.4%、11.0~15.0cmが35.6%、16.0~25.0cmでは11.0%であった。このことから伐採面における腐朽部直径の大半は15cm以内であって、全供試木(118本)の89%に及んでいることが判明した。すなわち、同地におけるカラマツ根株心腐病罹病木の伐採面の腐朽部直径の大半は15cm以内にとどまっているものと推測される。

これらをさらに腐朽菌別に分けて見ると、カイメンタケによる腐朽部直径が5cm以下のものが4.9%、6.0~15.0cmが75.6%、16.0~20.0cmが12.2%、21.0~25.0cmが7.3%であった。ハナビラタケでは5cm以下のものではなく、6.0~15.0cmのものが83.4%、16.0~20.0cmが16.6%であった。さらに、Basidiomycete-1では5.0cm以下のものが44.5%、6.0~15.0cmが44.4%であった。また、伐採面の腐朽部直径が20cmを越えたものはカイメンタケの7.3%のみで、ハナビラタケ

と Basidiomycete-1 では腐朽部直径が20cmを越えたものはなかった。

一方、伐採面の断面積に対して腐朽部が占める割合は全供試木では0.04~67.8% (平均21.2%) の範囲であった(表-1)。これらを腐朽菌別に分けて見ると、カイメンタケによる罹病木では3.1~67.8% (平均27.7%) で最も大きく、次いでハナビラタケ6.0~57.6% (平均25.5%)、Basidiomycete-1 で0.03~46.1% (平均21.2%) の順であった。

根株心腐病菌がカラマツ生立木へ侵入した時期をここでは明らかにすることはできなかったが、樹幹内部での病原菌の進展速度はカイメンタケが最も速く、次いでハナビラタケで、Basidiomycete-1 は最も遅いことが推測される。

5 伐採面からの腐朽高について

全供試木の伐採面からの腐朽高は6.7~450cm (平均115.1cm) の範囲で(表-2)、腐朽高100cm以内の供試木は全体の60.1%を占めていた。次に腐朽高を腐朽菌別に見ると、カイメンタケは25.1~450.0cm (平均164.0cm) で最も高く、次いでハナビラタケの48.2~216.7cm (平均113.3cm)、Basidiomycete-1 の30.0~108.5cm (平均58.3cm) であった。

全供試木118本の伐採面腐朽直径と伐採面からの腐朽高との間には相関関係が認められた(相関係数 $r=0.710$)。また、伐採面からの腐朽高は伐採面腐朽直径の約13倍であった。腐朽直径と腐朽高の関係を病原菌別に見ると、カイメンタケでは相関係数 $r=0.778$ で、伐採面からの腐朽高は伐採面腐朽直径の約15.5倍で最も高かった。一方、ハナビラタケと Basidiomycete-1 ではその相関係数はそれぞれ $r=0.665$ および $r=0.753$ であった。なお、腐朽直径と腐朽高の関係については川崎・

表-3 カラマツ根株心腐病罹病木の腐朽高までの材積に占める腐朽部体積

病原菌	カイメンタケ	ハナビラタケ	Basidiomycete-1	非検出	未調査	全供試木
調査木本数	41	12	9	38	18	118
腐朽高までの樹幹内部に占める腐朽部割合の範囲(%)	1.10~47.10 (14.7)	2.10~45.50 (13.0)	0.04~8.40 (3.5)	0.30~24.20 (8.2)	0.10~63.90 (7.1)	0.04~63.90 (10.4)

注) ()は平均値

管の報告があり、その相関は $r = 0.798$ で、腐朽高は根元腐朽直径の約10倍としている⁹⁾。

6 腐朽部の体積について

全供試木の伐採面から腐朽高位置までの材積に対する腐朽部体積の割合は0.04~63.9% (平均10.4%) であった (表-3)。また、その腐朽部体積の割合が、0~10%の範囲内にあるものは61.9%を占めていた。これを腐朽菌別に見ると、カイメンタケによる腐朽部体積の割合は1.1~47.1% (平均14.7%)、ハナビラタケは2.1~45.5% (平均13.0%) で、両者間には大差は見られなかった。一方、Basidiomycete-1の腐朽部体積の割合は0.04~8.4% (平均3.5%) で材積に占める腐朽部体積は前2者に比べて小さく、しかもその割合はすべて10%以下であった。なお、樹幹内の平均的な腐朽状態を病原菌別に図-1に示す。

一方、全供試木の根元伐採面の腐朽部断面積と腐朽部体積との間には高い相関 ($r = 0.880$) が認められた。これらを病原菌別に見ると、カイメンタケで最も高い相関 ($r = 0.936$) が認められ、次いでハナビラタケ ($r = 0.838$)、Basidiomycete-1 ($r = 0.567$) の順であった。病原菌別腐朽力の違いについて大沢¹¹⁾は、最も腐朽力の強いものはハナビラタケで、次いでカイメンタケ、Basidiomycete-1、レンゲタケの順としているが、小林・阿部⁸⁾は培養菌株14種のなかで最も強い腐朽力を示したものはレンゲタケとカイメンタケ、次いでマスタケ、646同定菌、未同定菌 (302-93) で、中程度がハナビラタケと報告している。しかし、同一種でも菌株によって腐朽力に差が認められたことが報告されているので、根株心腐病菌でも多くの菌株を用いて腐朽力試験を行い、それぞれの腐朽力を判断する必要がある。

7 おわりに

八ヶ岳東部山麓の74~75年生カラマツ林の根株心腐病罹病木からの分離試験および樹幹内腐朽状態を調査した結果では、根元伐採面の腐朽部直径、腐朽高および材積に占める腐朽部の割合など全てにおいて、カイメンタケによる罹病木がハナビラタケおよびBasidiomycete-1よりも高い数値を示し、当地ではカイメンタケによる被害が

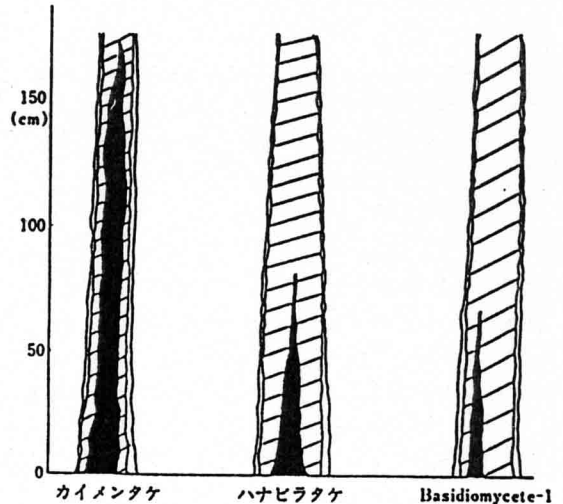


図-1 樹幹内の平均的な腐朽状態

最も激しいと推定された。しかし、これが病原菌の種類による腐朽力の差なのか、または病原菌の侵入時期の相違によるものなのかについては明らかにすることはできなかった。今後は従来報告されている各病原菌のカラマツ樹幹内に侵入した後の生育速度などについて詳細な調査が必要である。

八ヶ岳東部地域に広く分布していると考えられる腐朽菌 Basidiomycete-1 はカイメンタケおよびハナビラタケよりも全般的に腐朽力が弱いと推測される。本調査に供試した罹病木本数は、病原菌別に見るとその数が少なく、今後大規模な調査を行う必要がある。本調査地は不成績造林地ではあり、本地域以外のカラマツ根株心腐病発生地での調査結果と直接比較するには困難であるが、高齢林におけるカラマツ根株心腐病罹病木の樹幹内の腐朽状態を知るうえで、いささか参考になるものと思われる。

本調査研究を実施するにあたり長野営林局白田営林署から多数供試木を分譲していただき、ここに厚くお礼を申しあげる。また、調査の実地と取りまとめについてご指導をいただいた筑波大学農林学系勝屋敬三博士、および調査にご協力いただいた本学農林技術センター八ヶ岳演習林高見澤 澄技官と菊池英美氏に深謝する。

引用文献

- 1) 阿部恭久・小林 正・仙石鉄也・佐々木 紀：長野県下におけるカラマツ根株腐朽病害の被害調査－腐朽菌の種と林内分布－. 100回日林講：143, 1989.
- 2) 青島清雄・林 康夫：カラマツの心腐れ病菌について. 72回日林論：308～309, 1962.
- 3) ———・椿 啓介・三浦宏一郎：菌類研究法. 173～180, 共立出版, 東京, 1983.
- 4) 遠藤 昭・渡瀬 彰：根株腐朽と立地 (V). 78回日林論：201～203, 1967.
- 5) 逸見武雄・赤井重恭：木材腐朽菌学. 306～309, 朝倉書店, 東京, 1947.
- 6) 川崎圭三・管 誠：長野県におけるカラマツ腐心病発生に関する検討. 94回日林論：449～450, 1983.
- 7) 北島君三：樹病学及び木材腐朽論. 109～113, 養賢堂, 東京, 1933.
- 8) 小林 正・阿部恭久：カラマツの材質腐朽菌－培養の諸性質と材腐朽力－. 100回日林論：591～592, 1989.
- 9) 黒田吉雄・大沢正嗣・勝屋敬三：カラマツ根株心腐病菌の樹幹内での進展. 日林誌 73：232～237, 1991.
- 10) 三原康義・片倉正行：佐久地方におけるカラマツ腐心病の調査. 長野林指業務報告, 155～163, 塩尻, 1983.
- 11) 大沢正嗣：カラマツ根株心腐病罹病木および健全木樹幹内に棲息する菌類に関する研究. 筑波大学大学院農学研究科修士論文. 82～92. 1984.
- 12) Ohsawa, M., Katsuya, K., and Takei, H. : Newly unidentified butt-rot basidiomycetous fungus of Japanese larch and method for baiting the fungus from the soil. J. Jpn. For. Soc. 69：309～314, 1987.
- 13) 奥村俊介：長野県におけるカラマツ腐心病の発生状況とその対策. 森林防疫 37：212～216, 1988.
- 14) 高橋松尾：カラマツ林業総説. 345～347, 日本林業技術協会, 東京, 1960.
- 15) 武井富喜雄・片倉正行：カラマツ腐心病の調査. 長野林指業務報告, 169～173, 塩尻, 1981.

(1991・7・22 受理)

森林病虫獣害発生情報

平成3年12月受理分

虫害22件の報告があった。虫害は松くい虫に関するものが1県から10件報告があったが、ほかはなかった。獣害の報告もなかった。情報をお寄せいただいた方々にお礼を申しあげる。

病 害

○ くもの巣病

島根 太田市と飯石郡1年生ヒノキで1991年7, 9月発生, 発見。(県林業技術センター 周藤靖雄)

○ 黒点枝枯病

島根 太田市30～80年生スギ人工林に1991年春発生, 同年7月発見。被害面積10ha。(県林業技術センター 周藤靖雄)

○ こぶ病

鳥取 八頭郡智頭町で65年生スギ人工林と15年生コナラ天然林に発生。1991年10月発見。被害面積はそれぞれ1.0, 0.05ha。(県林試 西垣真太郎・竹下努)

○ 赤斑葉枯病

鳥取 八頭郡河原町20年生クロマツに1991年春発生, 発見。被害本数1本。(県林試 竹下努)

○ 炭そ病

鳥取 倉吉市シュロに1991年春発生, 同年7月発見。被害面積0.01ha。(県林試 竹下努)

○ てんぐ巣病

鳥取 八頭郡河原町50年生サクラ類に発生。1991年10月発見。被害本数40本。(県林試 竹下努)

○ 胴枯病

鳥取 八頭郡40年生サクラ類(ソメイヨシノ)に1991年春発生, 同年7月発見。被害本数20本。(県林試 竹下努)

○ 床替苗根腐病

島根 浜田市2年生ヒノキと西伯郡1～2年生ヒノキで, 1991年春発生。(県林業技術センター 周藤靖雄)

○ 苗立枯病

鳥取 八頭郡1年生ヤシャブシに1991年6月発生, 同年7月発見。被害面積0.1ha。(県林試 竹下 努)

○ ならたけ病

京都 船井郡八木町5年生ヒノキ人工林に発生。1991年7月発見。被害面積0.2ha。(府園部地方振興局 田中光一)

○ 葉枯性病害 (仮称)

鳥取 八頭郡河原町7年生トチノキに1991年, 発生。被害面積は0.1ha。葉の病斑部に *Phyllosticta* sp.を認めた。病気はすべての植栽木に発生していた。(県林試 竹下 努)

○ フォマ葉枯病

鳥根 浜田市2年生スギで1991年春発生, 同年8月発見。(県林業技術センター 周藤靖雄)

○ フォモプシス枝枯病 (仮称)

鳥根 平田市2年生ヒノキ人工林に発生。1991年8月

発見。(県林業技術センター 周藤靖雄)

○ ペスタロチア病

鳥根 飯石郡3年生スギと鏡川郡3年生ヒノキで発生。発見はそれぞれ1991年7, 8月。(県林業技術センター 周藤靖雄)

○ 林地根腐病 (仮称)

鳥根 邇摩郡2~3年生ヒノキ人工林に1991年春発生, 同年7月発見。(県林業技術センター 周藤靖雄)

○ 輪紋葉枯病 (仮称)

鳥取 鳥取市サカキに1991年6月発生, 同年7月発見。(県林試 竹下 努)

○ 漏脂病

鳥取 東伯郡24年生ヒノキ人工林に発生。1991年5月発見。被害面積0.80ha。(県林試 竹下 努)

(農林水産省森林総合研究所 樹病研究室 田端 雅進・昆虫管理研究室 牧野 俊一)

随 想

サクラのてんぐ巣病点描

小林 義雄

(財)日本さくらの会理事・元
農林水産省林業試験場浅川実験
林樹木研究室長

東京西部山地高尾山(海拔603m)の山頂から一丁平を経て小仏の城山に至る尾根道には, 昭和初期に植栽されたヤマザクラの並木があり, また途中の一丁平には同42年植栽のソメイヨシノの群状地がある。

昨平成3年3月, 小林享夫博士(前農林水産省森林総合研究所)らとサクラの樹勢調査を行ったところ, 予想していたことではあるが, 一丁平のソメイヨシノには全体的にてんぐ巣病が見られ, 病樹1本当たり最高28個, 平均10個を超える病巣が形成されていた。これに対してヤマザクラではわずか数本に各々1~2個のてんぐ巣がみられるのみであった。

この病気は空中湿度の高い環境下で発生しやすく, 被圧木に被害が多いといわれているが, 調査地の朝には, 無数の水滴が小枝についていたことから, 湿気がいかに多いところかがうかがわれた。このような山地に植栽さ



写真-1 ソメイヨシノのてんぐ巣病
— 病状初期 —

れたソメイヨシノの成育不良地を各地で見ているが, それらのどこでもてんぐ巣病の激害を受けていた。

天然記念物調査とサクラの研究で知られた三好 学博士の郷里岐阜県恵那郡岩村町は城下町の面影を今なお残しているところである。岩村城址である城山(海拔713m)の山頂付近には昭和初期植栽と思われるソメイヨシ

ノが多く、一部にヤマザクラが見られる。花崗岩のくずれた砂地に植えつけられたソメイヨシノのほとんどがてんぐ巣病の激害をうけており、中には枝のすべてが病巣という個体も数本認められた。幹にはウメノキゴケが寄生しており、空中湿度が高そうなので、「この山は霧が多いでしょう」と町役場職員にうかがったところ、「一名霧が城ともいい、戦国時代には森蘭丸の居城でもありました」との返事であった。

千葉県山武郡におられた若名東一先生は植物とくにシダ類とサクラを愛好された人で、その名刺には「日本のサクラは文化と共にあり保育に力めよ。サクラの国日本の天狗巣病は国の辱。出葉前に切り棄てよう」と印刷されていた。

平坦地であれば、最近では街路樹の剪定に使用されるバスケット付クレーン車に乗って枝先の病巣の切除は容易になった。しかし、急斜面の多い山地などに植栽されている場合にはこれが使えない。それで作業困難の故についで放置されている罹病木が各地に多く見られるのは、サクラ愛好者の一人としてはなはだ残念である。

ソメイヨシノは南は鹿児島から北は北海道まで広く多数植栽されているのであるが、今でもその苗木の要望が高く、「日本さくらの会」から各地に配布される苗木の約

50%はそれである。

適地への植栽指導は進められてはいるが、これと平行しててんぐ巣病追放運動を強力に展開する必要がある。

今や東京のサクラの名所となった農林水産省森林総合研究所多摩森林科学園(旧浅川実験林)(東京都八王子市)の展示林内ソメイヨシノのごく一部にわずかながらてんぐ巣病枝を生じたことがあったが、早期にこれを完全に切除焼却したので、植栽後24年経過したにもかかわらずいずれも健全であり、適切な保護管理によって本病を完全に防除し得ることを示している。

森林防疫 第41巻第4号(通巻第481号)

平成4年4月25日 発行(毎月1回25日発行)

編集・発行人 佐藤清吉

印刷所 松尾印刷株式会社

東京都港区虎の門 5-8-12 ☎(03)3432-1321

定価 600円(送料共)

年間購読料 6,000円(送料共)

発行所

〒101 東京都千代田区内神田1-1-12(コープビル)

全国森林病虫獣害防除協会

電話 東京(03)3294-9719番

振替 東京 8-89156番

現地からの投稿はいきいきした「森林防疫」を作ります

観察記録 ■ 防除事業記録 ■ 質問 ■ そのほか

枚数自由 ■ 写真もあつたらそえて ■ 採用の分には規定の謝礼をさしあげます

投稿お願い

- 必ず原稿用紙を用いて下さい。
- 題名(勤務先・氏名を含む)に英文を希望される場合は、和文の下段へ記入下さい。
- 別刷は有料で最低100部からうけたまわります。

表紙の写真

原則として1枚もの ■ キャビネ ■ モノクロ ■ 採用写真には規定の謝礼をさしあげます

送り先 ■ 東京都千代田区内神田1-1-12, コープビル8階(郵便番号 101) / 全国森林病虫獣害防除協会

「森林防疫」編集事務局あて ■ しめきり / とくに定めておりません