

福岡県森林林業技術センター 研 究 報 告

第7号

2006年7月

・マツ材線虫病抵抗性クロマツの挿し木苗生産システムの開発

森 康浩・宮原 文彦・後藤 晋・・・・・・・・・・ 1～19

・ヌメリスギタケ栽培技術の改良

金子 周平・川端 良夫・・・・・・・・・・ 21～30

・林相の違いとそこで捕獲されたカミキリムシ相との関係調査

大長光 純・・・・・・・・・・ 31～41

マツ材線虫病抵抗性クロマツの挿し木苗生産システムの開発

森 康浩・宮原 文彦・後藤 晋*

Clonal propagation of nematode-resistant Japanese black pine plantlet by cutting.

Yasuhiro MORI, Fumihiko MIYAHARA and Susumu GOTO

森 康浩, 宮原 文彦, 後藤 晋: マツ材線虫病抵抗性クロマツの挿し木苗生産システムの開発 福岡県森林研報 7: 1 ~ 19, 2006 マツ材線虫病抵抗性クロマツの効率的な苗木生産システムを開発するため, 接種検定に合格したクロマツ健全個体から挿し木増殖を行い, 挿し木苗の増殖効率, マツ材線虫病抵抗性, 現地適応性を検討した。挿し木の環境条件を検討した結果, 2 ~ 4 月に鹿沼土とパーミキュライトの混合土に穂を挿し付けて, ガラス温室でミスト灌水を行うという方法で挿し木を行った。この方法での平均発根率は, 35.5 %とやや低い値であったが, 電熱温床を用いて挿し床を加温した結果, 54.7 %へと有意に向上した。また, 挿し穂の切り口を市販のオキシベロン液剤 100 倍希釈液 (IBA:0.004 %) に一昼夜浸漬した後にオキシベロン粉剤 (IBA:1.0 %) 塗布を行うか, オキシベロン液剤原液 (IBA:0.4 %) に数秒間だけ浸漬するという方法が発根に効果的であった。採穂圃の造成を想定すると, 採穂母樹の加齢による発根率の低下が懸念され, どのくらいの期間まで採穂母樹として使用可能かについて検討する必要がある。そこで, 同じ採穂母樹について 3 年生から 9 年生まで毎年挿し木を行った結果, 少なくとも 8 年生時点までは発根率の低下が認められないことが明らかになった。また, 採穂母樹ごとに発根率の年次相関を調べた結果, 発根の難易が採穂母樹によってある程度決まっていることが示唆された。次に, 挿し木苗の抵抗性を調べるため, 接種検定に合格した個体から増殖した挿し木苗に接種検定を行った。その結果, 健全率は 3 年間で, 61.0 ~ 71.1 %と高いレベルで安定しており, 接種検定不合格個体から増殖した挿し木苗や現行の抵抗性苗木の健全率を毎年上回った。さらに, 強病原性のマツノザイセンチュウを複数回接種しても発病しない個体から増殖した挿し木苗は, 接種後の健全率が 97.7 %と極めて高い値を示した。一方, 挿し木苗は 2 年生時点での得苗率 (規格に合致する苗木の割合) が 16.6 %と低く, 挿し付け後 2 年で出荷するには, 挿し穂のサイズや施肥などの管理方法についてさらに検討する必要があると思われる。しかし, 3 年生時点での得苗率は 74.6 %と高まり, これらを海岸林に植栽した結果, 植栽後 3 年目時点でも 94.1 %と高い活着率を示した。

以上の結果から, 採穂母樹を強病原性のマツノザイセンチュウを用いた接種検定で厳しく選抜し, 2 年生で出荷できるように改良できれば, 挿し木による抵抗性苗木生産システムは, 現行の実生苗方式に比べて, 生産性, 抵抗性が改良され, 現地適応性も備えた, 有効な手段となると考えられた。

キーワード: クロマツ, クローン, 挿し木, マツノザイセンチュウ, マツ材線虫病抵抗性

なお, 本研究は国庫助成研究「有用林木遺伝資源植物のバイオテクノロジーによる保存と増殖技術の開発」(平成 8 ~ 15 年度)を用いて実施したものである。また, データの一部は日本林学会誌第 86 巻 2 号 p98-104, 日本森林学会誌第 88 巻 3 号 p197-201 に掲載された。*東京大学北海道演習林

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) という体長 1 mm に満たない線虫が引き起こすマツの萎凋病である (森林総合研究所, 1999)。行政用語では、「マツクイムシ被害」ともいわれている。日本のみならず、韓国や福岡県の友好姉妹都市である中国の江蘇省でも発生しており (二井, 2003)、東アジアを中心に被害が拡大している。近年では、ポルトガルでヨーロッパ初の被害報告があり (Mota *et al.*, 1999)、世界的にも深刻な問題になっている。日本では、昭和 54 年 (1979 年) が被害のピークとされ、その後、被害量は漸減している (林野庁, 2005)。福岡県における平成 16 年度 (2004 年度) の民有林の被害量は 555 m³ で被害はやはり減少傾向にあるが (福岡県, 2005)、これについてはマツそのものが壊滅的な被害で減少したためだと考えられ、決して楽観視はできない。

福岡県では、防風防砂林であるクロマツ (*Pinus thunbergii*) の保全に対する県民の要望が高く、5 つの住民団体が保全活動が続けている。クロマツを本病から守るには、線虫の媒介者であるマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) を防除する方法が効果的である。そのために、海岸クロマツ林をもつ地元自治体では農薬スミチオンをヘリコプターなどで毎年散布している。しかし、農薬の効果は永年的に持続するものではないので、毎年多額の予算を投じて散布しなければならない。また、環境問題に敏感な現代社会においては、今後は農薬散布が受け入れにくくなることも予想される。そこで、福岡県では根本的な解決策として、マツ材線虫病抵抗性 (以下、抵抗性とする) を備えた苗木を生産し、これを被害跡地に植栽していく施策が展開されている。

福岡県で生産されている抵抗性のクロマツの苗木は、「筑前スーパーくろまつ」と呼ばれている (宮原, 1997)。この苗木の生産は、抵抗性のクロマツ同士が交配するように設計した採種園から種子を採取し、実生苗を育てることから始まる。その後、これら育苗した苗木 1 本 1 本に病原体の線虫を接種し、一定期間経過後に発病しなかったものだけが、「筑前スーパーくろまつ」として出荷されている。この接種作業は「筑前スーパーくろまつ」の生産において非常に重要な行程である。なぜなら、抵抗性のクロマツ同士が交配してできた苗木といっても、必ずしも抵抗性を持っているとは限らないからである。したがって、この接種作業は、できた苗木が抵抗性かどうかを検定するという意味をもつ。しかし、接種検定作業は、苗木の生産者と消費者の双方にデメリットをもたらす。つまり、生産者にとってのデメリットは、線虫を培養するための設備と管理が必要なこと、また、炎天下で苗木 1 本 1 本に接種検定を行わなければならないなど、生産性が非常に悪い点である。一方、消費者にとってのデメリットは、この接種検定作業そのもののコストや接種検定で苗木の約半数が枯死するというロスが苗木価格に反映されるため、1 本が 640 円 (福岡県森林組合連合会, 2006) と非常に高い苗木を購入しなければならないことである。

このような背景から、接種検定の不要な苗木生産システムを確立する必要が出てきた。そこで、われわれは、接種検定に合格した貴重な抵抗性の苗木をクローン増殖しようと考えた。つまり、一度接種検定で抵抗性を確認した苗木のクローンは、もとの苗木と遺伝子が同じなので、増殖した苗木を出荷のたびに検定する必要がなくなるという戦略である。

最初のアプローチとして、まず組織培養技術により苗木をインビトロで (試験管内で) クローン増殖することにした。その結果、培養期間を短縮させたり増殖率を高める培養条件を探索でき (後藤, 1999a)、試験管内での発根まで成功した (後藤・宮原, 1997)。しかし、培養シュートの伸長を効率よく促進できず、大量増殖は困難であると判断された。

そこで、挿し木によるクローン増殖を試みた。クロマツなどマツ属 (*Pinus*) の挿し木は古くから大変困難とされ (戸田, 1953; 小笠原, 1962; 大山・豊島, 1965; 町田, 1973; Kozłowski and Pallardy, 1997)、クロマツの挿し木は一般に行われてこなかった。本研究では、これまで検討されてこなかったクロマツの挿し木に取り組み、その実行

可能性について検討した。さらに、得られた挿し木苗のマツ材線虫病抵抗性についても検討した。最後に、得られた知見をもとに、挿し木による抵抗性苗木の生産システムの構築の可能性について考究した。

2. 用土の検討

・目的

日本では、古くから様々な樹木の挿し木に鹿沼土が使われてきた(佐々木ら, 1977; 三上ら, 1978; 戸田・藤本, 1983; 徳岡・竹岡, 1990; 徳岡, 1993)。鹿沼土は多孔性団粒状の火山灰性土壌で、通気性ととともに粒子に保水性もある、優れた挿し木用土の一つである(町田, 1973)。一方、バーミキュライトは諸外国でもよく用いられる用土の一つである(Goh *et al.*, 1995; Tartoura *et al.*, 2004)。バーミキュライトは、蛭石^{ひるいし}(黒雲母が風化したもの)を高熱で焼いた無菌的な土壌で、これも保水性と通気性がある(町田, 1973)。その他、挿し木の用土としては、赤土、川砂、パーライト、ピートモスなどがあるが、最もポピュラーな鹿沼土とバーミキュライトの混合用土を試すことにした。その際、混合比を検討するため、鹿沼土とバーミキュライトの混合比を3:1にした場合と、比率を1:3と逆にした場合とで発根率を比較した。

・実験と方法

採穂母樹は、抵抗性クロマツ「川内クー 290 号」と「志摩クー 64 号」の実生家系から挿し木増殖した5年生の14個体と、「志摩クー 64 号」家系の7年生実生苗4個体の計18個体とした。各採穂母樹から、2月中旬に10～20本ずつ当年枝を採取した。これら当年枝は一昼夜流水にさらして水上げした後、冬芽の根元から5 cmの部位を鋭利なナイフで斜めにカットした。さらに、針葉を5～6束と冬芽を1個だけ残し、他の針葉と冬芽は全て除去して、挿し穂を調製した。その後、オキシベロン原液の100倍希釈液(IBA:0.004%)に一昼夜浸漬し、さらに挿し付け直前にオキシベロン粉剤(IBA:1.0%)を切り口に塗布した。挿し床は、鹿沼土3:バーミキュライト1の混合土(以下、鹿3バ1区とする)と、鹿沼土1:バーミキュライト3(以下、鹿1バ3区とする)の混合土の2種を用意し、育苗箱に敷き詰めた。両用土とも粒径は中粒のものを用いた。採穂母樹の要因を排除するため、1つの採穂母樹から得られた挿し穂の半数は鹿3バ1区に、残り半数を鹿1バ3区に挿し付けた。灌水は、1日4回(3分/回)のガラス室内ミスト灌水とした。8ヶ月後の10月下旬に発根調査を行い、採穂母樹ごとに算出した発根率の平均を両区で比較した。

・結果と考察

両区の平均発根率を図-1に示す。発根率は鹿1バ3区が16.4%であったのに対し、鹿3バ1区では32.7%と有意に高かった(対応のあるt検定: $p < 0.01$)。鹿沼土もバーミキュライトも中粒を用いたが、前者の方が粒径はかなり大きいので、鹿沼土を多くした方がバーミキュライトを多くした場合よりも水はけがいいと考えられる。鹿沼土とバーミキュライトでは含有養分の質や量が全く異なるため断言はできないが、水はけのいいことが発根に有利な影響を及ぼした可能性もある。各用土の単価は、バーミキュライト13.0円/Lに比べ、鹿沼土が26.2円/Lと2倍も高い。したがって、発根率に違いがなければバーミキュライトが多い方が有利と考えられる。しかし、両試験区で発

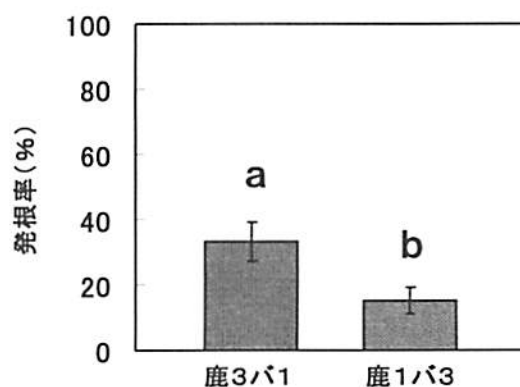


図-1. 鹿沼土とバーミキュライトの混合比が発根率に及ぼす影響

平均発根率±標準誤差を示す。

異なるアルファベットは、有意差があったことを表す(対応のあるt検定, $p < 0.01$)。

3. 挿し付け時期の検討

・実験と方法

・結果と考察

表一1. 2月挿しと4月挿しの発根率

異なるアルファベットは、その年の 2 月と 4 月の結果に有意差があったことを表す（対応のある t 検定、 $p < 0.01$ ）。

ブは 38.1mm, 発根しなかったグループは 47.7mm と, いずれも発根しなかったグループの方が有意に冬芽の長さが長かった (t 検定, $p < 0.05$)。これは, 挿し穂として用いる当年枝の養分が冬芽の伸長に消費され, 不定根形成に必要な養分がその分不足したことが原因の一つとして考えられた。また, 佐々木ら (2004) は挿し付けの際, 冬芽の一部または全部を除去すると発根性が向

上することを報告しており, その理由の一つとして我々の考察と同じように, 冬芽の伸長による栄養物質の消費が抑制されたことを挙げている。これらのことから, 2～4 月に挿し木を行う場合, 冬芽があまり伸長していないものを挿し穂として選んだ方が発根しやすいと考えられた。

一方, 冬芽の長さとしては 4 月の方が 2 月に比べて明らかに伸長しており, もしも冬芽が長いと発根に不利であるという仮説が正しいならば, 4 月挿しの方が不利である。しかし, 結果的に 2 月挿しも 4 月挿しも発根率が変わらなかったことから, 冬芽のステージ以外の要因, 例えば, 気温や地温が 2 月よりも 4 月の方が適していた可能性もある。これについては, 次項で検討する。

表一 2. 発根した穂と未発根の穂の冬芽長さの違い

挿し付け日	発根の有無	挿し穂数	冬芽長さ (mm)	
			平均値	標準誤差
2003年 2月19日	発根	28	20.9 ^a	± 1.7
	未発根	77	25.1 ^b	± 1.1
2003年 4月16日	発根	28	38.1 ^a	± 3.1
	未発根	77	47.7 ^b	± 2.9

異なるアルファベットは, それぞれの挿し付け日において, 発根と未発根の挿し穂の結果に有意差があったことを表す (対応のある t 検定, $p < 0.05$)。

4. 発根促進処理方法の検討

前項までの試験結果から, ミスト室で鹿沼土 3 : パーミキュライト 1 の混合土に挿し木をすると発根成績が最もよかった。挿し付け時期については, 2 月と 4 月では, 発根率はほとんど変化しないことが明らかになった。本項では, 基本的にこれらの条件を採用して, さらに発根率を向上させるための処理を開発することを目的とした。

1) 電熱温床の効果

・目的

前項 3 の挿し付け時期の試験結果から, 挿し穂の冬芽のステージとしてはあまり伸長していない 2 月の状態がよく, 環境としては 2 月よりも 4 月のよい可能性が示唆された。そこで, 冬芽がまだ伸長しきっていない 2 月に採穂し, 温かい挿し床環境を人工的につくることで発根率を向上できないかと考えた。挿し木では, 地温を温めるのに電熱温床を使うことがある。アカマツ (*Pinus densiflora*) (沖村, 1961), マツ属 (*Pinus*) 数種 (大山・豊島, 1965), 秋田スギ (*Cryptomeria japonica*) (武田, 1970), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) (塩川, 1995) など, 針葉樹の挿し木には挿し付け後の地温を電熱温床で加温することによって発根率が向上することが知られている。そこで, クロマツでも効果がみられるかを調べることにした。

・実験と方法

採穂母樹は, 抵抗性クロマツ「川内クー 290 号」家系の 6 年生実生苗 32 個体とした。各採穂母樹から, 2 月下旬に 7～10 本ずつ当年枝を採取した。挿し穂の調製は前項までの方法で行い, 挿し付け直前にオキシベロン粉剤 (有効成分: IBA 1.0%) を切り口に塗布した。なお, オキシベロン液剤への浸漬は行わなかった。挿し床は, 電熱温床によって加温した挿し床 (以下, 加温区とする) と, 電熱温床を使わない挿し床 (以下, 対照区とする) を用意し, いずれも鹿沼土 3 : パーミキュライト 1 の混合土を育苗箱に敷き詰めた。加温区は, 保温効果を上げるため用土の底に厚さ 1 cm の発泡スチロール板 (25 × 45cm) を敷き, その上に 30 × 60cm の (有) 國領電気製作所製の電熱温床マッ

ト「ファーマット」(S-125)を重ねて敷設した。さらに、用土表面の温度を感知し、15℃～25℃に保つことのできる(有)國領電気製作所製サーモスタット「園芸チャーム」を設置し、挿し付け開始から6月上旬まで床温を15～25℃に維持した。採穂母樹による発根の難易の違いを排除するため、1つの採穂母樹から得られた挿し穂の半数は加温区に、残り半数を対照区に挿し付けた。灌水は前項までと同様のミスト灌水を行い、排水を良くするため、棧木を用いて育苗箱を約5°傾けた。1年2ヵ月後の翌年4月上旬に発根調査を行い、採穂母樹ごとに算出した発根率の平均を両区で比較した。

・結果と考察

加温区と対照区の発根率を図-2に示す。発根率は、対照区が35.5%であったのに対し、加温区では54.7%と有意に高かった(対応のあるt検定, $p < 0.01$)。町田(1973)は、発根に適当な挿し床内の温度は多くの樹種で $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 程度がよいが、挿し穂の蒸散抑制のためには挿し床上部の温度はこれよりやや低めにした方がよいとしている。本試験の挿し付け時期は2月下旬であり、地上の環境は、挿し穂の蒸散抑制のためには適期であるが、挿し床内部の温度は適温よりかなり低いと考えられる。加温区では、電熱温床により挿し床内部が加温され不定根の誘導が起こり、高い発根率が得られたと考えられた。

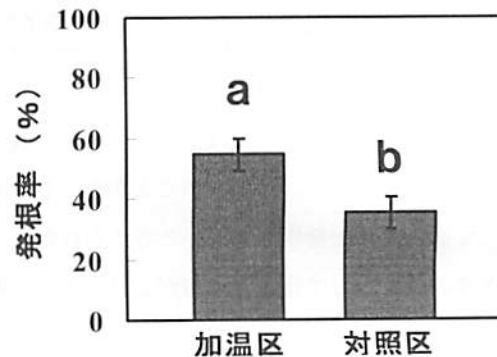


図-2. 発根に及ぼす加温の効果

平均発根率±標準誤差を示す。

異なるアルファベットは、有意差があったことを表す(対応のあるt検定, $p < 0.01$)。

2) 植物ホルモン処理の効果

・目的

不定根発生には、植物ホルモンの一つであるオーキシシンが中心的な役割を担うといわれており(Blakesley 1994; De Klerk *et al* 1999), 世界中の多くの植物の挿し木に IBA (インドール-3-酪酸) が用いられている(Hartman *et al* 1990)。日本では、園芸用のオーキシシン剤として、IBA を有効成分とするオキシベロン(バイエルクロップサイエンス株式会社製)が市販され、様々な樹木の挿し木に用いられている(上中ら, 1986; 川村, 1988)。オキシベロンは、タルク粉末に混ぜた粉剤と液剤とが市販されている。クロマツの発根を促進するには、このホルモン剤をどのように処理すべきか検討した。

・実験と方法

採穂母樹は、抵抗性クロマツ7家系の6年生実生苗9個体とした。各採穂母樹から、2月中旬に32本ずつ当年枝を採取した。挿し穂の調製は前項までの方法で行い、4つの試験区を設けて、以下に示すようなホルモン処理を行ってから挿し付けした。各試験区の処理内容は、①挿し付け直前にオキシベロン粉剤(IBA:1.0%)を切り口に塗布したもの(以下、粉剤区とする)、②オキシベロン原液の100倍希釈液(IBA:0.004%)に一昼夜浸漬後、さらに挿し付け直前にオキシベロン粉剤(IBA:1.0%)を切り口に塗布したもの(以下、併用区とする)、③挿し付け直前にオキシベロン原液(IBA:0.4%)に切り口を数秒間浸漬したもの(以下、原液区とする)、④ホルモン処理は一切行わなかったもの(以下、対照区とする)である。挿し床は、鹿沼土3:パーミキュライト1の混合土を育苗箱に敷き詰めたものを用いた。採穂母樹の要因を排除するため、1つの採穂母樹から得られた挿し穂を8本ずつ、各試験区に割り振って挿し付けた。灌水は前項と同様にミスト灌水とした。10ヵ月後の12月中旬に発根調査を行い、採穂母樹ごとに算出した発根率の平均を各試験区で比較した。

・結果と考察

各オキシベロン処理別の発根率について、図-3に示す。平均発根率は粉剤区が25%、併用区が33%、原液区が35%、対照区が1%であった。Tukeyの範囲検定により多重比較したところ、原液区と対照区、併用区と対照区の間に有意な差が認められた。対照区はほとんど発根することはない、オキシベロン処理がクロマツの挿し木に必須であることが確かめられた。後藤(1999b)は、本試験と同じ条件で併用区と粉剤区の発根率を比較し、前者が87.5%、後者が50.0%と併用区が非常に高かったことを報告している。しかし、後藤(1999b)の報告では両区の採穂母樹が異なるため、併用区に用いた採穂母樹がもともと発根しやすかった可能性が指摘されていた。一方、原液での処理については、石松(1999)が40倍希釈液に浸漬した処理と同程度以上の効果があったことを報告し、その後、宮崎(2003, 2004, 2005, 2006)、佐々木ら(2003, 2004)、大平ら(2005a)が使用している常法である。しかし、これらの報告では併用処理との比較はない。今回、採穂母樹の要因を排除して同じ条件でこれらの処理を比較した結果、オキシベロンの液剤を用いた併用処理または原液処理が発根促進に有効であることが明らかになった。

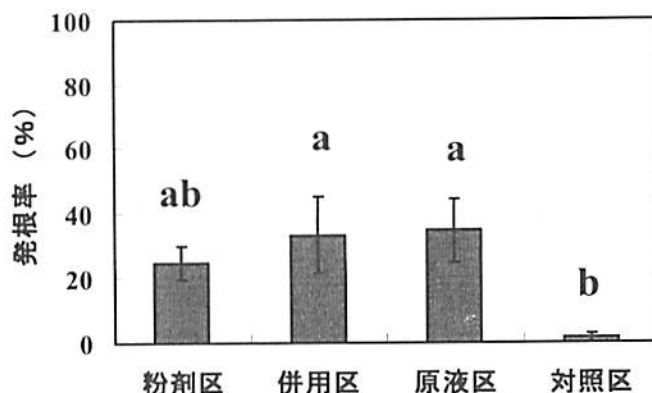


図-3. オキシベロン処理別の発根率の比較

平均発根率±標準誤差を示す。

異なるアルファベットは、有意差があったことを表す (Tukey の範囲検定, $p < 0.01$)。

5. 採穂母樹の加齢と個体差の影響

・目的

事業レベルでの挿し木苗生産を行うには、採穂母樹を定植して採穂園を造成することが必要である。しかしながら、採穂母樹が加齢とともに発根しにくくなるという現象が多くの樹種で指摘されており (Gardner, 1929; 大山, 1962; 町田, 1973; Hackett, 1988; 宮島, 1989; Eriksson and Ekberg, 2001), 採穂母樹が何年まで発根能力を維持できるかは、耐用年数を知る上で明らかにすべき課題である。また、スギやヒノキでは品種ごとに発根率が異なることが知られており (戸田・藤本, 1983; 上中ら, 1986; 宮島, 1989), クロマツでも発根率に個体差があると考えられる。個体ごとに発根の難易があるかどうかは、それによって挿し木増殖効率が大きく左右されるため、苗木生産システムを確立する上で欠かせない情報の一つである。本項では、採穂母樹が3年生から9年生に成長するまで毎年同じ条件で挿し木を行い、採穂母樹の加齢と個体差が発根率に及ぼす影響を調査した。

・実験と方法

採穂母樹は、抵抗性クロマツ「川内クー 290 号」の実生苗 36 個体とした。各採穂母樹から、1998 年から 2004 年まで毎年 2 月中下旬に 5 ~ 10 本ずつ当年枝を採取した。採穂母樹の一部が試験期間中に枯死や衰弱などにより採穂できなくなったが、最低 30 個体は採穂母樹として使用を続けた。挿し穂の調製は前項までの方法で行い、挿し付け直前にオキシベロン粉剤 (有効成分: IBA 1.0%) を切り口に塗布した。なお、2000 年の挿し木では、挿し付け時期とホルモン処理方法の 2 条件がその他の年と異なるため、参考までに発根率のみを示し、統計解析は行わなかった。挿し床は、前項までと同様に鹿沼土 3 : パーミキュライト 1 の混合土を育苗箱に敷き詰めたものを用いた。灌水も前項までと同様のミスト灌水を行った。いずれの年も挿し付け当年の 7 月 ~ 翌年 4 月に発根調査を行い、採穂母樹ごとに

算出した発根率の平均を各年で比較した。

・結果と考察

採穂母樹の年齢と発根率の関係を図-4に示す。各採穂母樹の平均発根率は採穂母樹の年齢が3年生時に25.6%, 4年生時に29.5%, 5年生時に54.3% (他の年と条件が異なる), 6年生時に35.5%, 7年生時に47.9%, 8年生時に29.0%, 9年生時に12.6%と変化した。Tukeyの範囲検定により多重比較したところ、7年生時の発根率が3年生時(5%水準)や9年生時(1%水準)に比べて有意に高いという結果となった。挿し木を行っているガラス温室内は周囲の気温や湿度に多少の影響を受ける

ため、挿し付け開始後3ヵ月間の月平均気温や月降水量(気象庁の久留米アメダスのデータ)を各年で比較した。しかし、7年生時の2002年だけが発根率が高くなったことを裏付ける気象データは得られなかった。また、採穂母樹の当年枝の発育ステージが2002年だけ異なっていた可能性もあるが、その点は未確認であり、今のところ原因は不明である。前述のとおり、樹木の挿し木では採穂母樹の加齢により発根率が低くなることが知られており、クロマツにおいても、年齢の高い採穂母樹からの挿し木の発根率は極めて低いことが報告されている(小笠原, 1962)。しかし、この報告は異なる個体を採穂母樹に用いて得られた結果であり、材料の個体差の影響は検討されていない。本試験では、毎年同じ個体を採穂母樹として用い、個体差の影響を排除して試験を行った。その結果、採穂母樹が8年生までは発根率の急激な低下は認められなかった(図-4)。これは、採穂母樹の年齢が3~5年になると急激に発根しにくくなるとする大山・豊島(1965)の報告や、4~6年が発根率の衰え始める移行期であるとするBrowne *et al.* (1997)の報告と異なっていた。Copes(1983)は、ダグラスファー(*Pseudotsuga menziesii*)の挿し木試験において、採穂母樹の年齢が上がっても発根率が低下しないことを報告し、毎年剪定によって採穂母樹の生理活性が保たれたのが要因ではないかと考察している。本試験では採穂母樹に対して夏期に剪定を実施しており、また、採穂自体も剪定を兼ねている。したがって、本試験でも剪定により挿し穂の生理的齢(橋詰・谷口, 1981)が若く保たれ、発根率の低下が回避できたのではないかと考えられる。しかしながら、9年生時は他の年に比べて発根率が減少している。今後も引き続き経過を見守る必要があるが、将来的に採穂圃の造成を行った場合、採穂母樹は8年程度で植え替えが必要と考えられた。

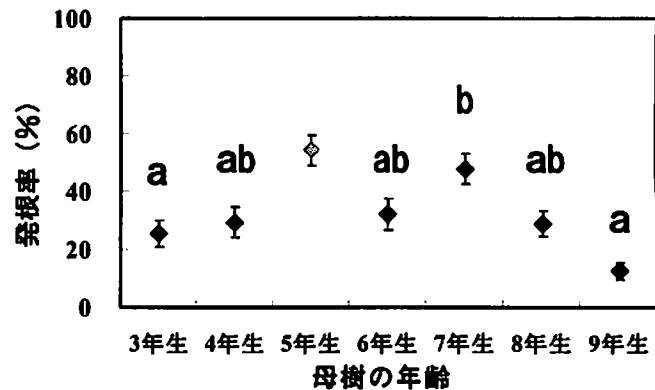


図-4. 採穂母樹の加齢が発根に及ぼす影響

平均発根率±標準誤差を示す。

異なるアルファベットは、有意差があったことを表す(Tukeyの範囲検定, $p < 0.05$)。

◆: 5年生時は、他の年と条件が異なるので、統計解析は行わなかった。

表-3. 採穂母樹ごとの発根率の年次相関

次に、これら採穂母樹ごとの発根率について年次相関を求めた(表-3)。その結果、3年生時と9年生時の相関係数は0.12と低かったが、その他は各年齢間で相関係数は0.44 ~ 0.67と統計的に有意であった。これまでに、クロマツの発根率の個体差を指摘する報告は多く挙げられるが(戸田, 1953; 大山・豊島, 1965; 石松, 1999; 後藤,

採穂母樹の年齢	採穂母樹の年齢					
	3	4	6	7	8	9
3	-	-	-	-	-	-
4	0.46 **	-	-	-	-	-
6	0.56 **	0.44 *	-	-	-	-
7	0.55 **	0.67 **	0.61 **	-	-	-
8	0.51 **	0.46 **	0.62 **	0.54 **	-	-
9	0.12 NS	0.60 **	0.48 **	0.54 **	0.47 **	-

値は相関係数を表す(NS $p > 0.05$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)。

1999b;宮崎, 2003), 本試験においても, 発根の難易が採穂母樹ごとに決まっており, その傾向は挿し付ける年が違っても変わらないことが示唆された。特に, 本試験に用いた採穂母樹の中には, 7年間の平均発根率が60%以上のものが3個体認められた。仮に, これら3個体のみを用いて挿し木を行った場合, 平均発根率はそれぞれ3年生で53%, 4年生で74%, 6年生で85%, 7年生で90%, 8年生で80%, 9年生で43%となる。このように, 発根率の高い個体を採穂母樹として選抜すれば結果として発根率が向上し, 効率的な挿し木苗生産が可能になると考えられた。

6. 挿し木苗の抵抗性

本研究の目標は, 「線虫接種検定に合格した苗木から挿し木増殖すれば抵抗性の高い苗木が得られること」を前提に, 接種検定の省略を図ることである。しかし, 接種検定に合格した苗木のクローンが本当に抵抗性が高いかどうかについては, 宮崎・石松(2002)の報告以外に例がなく, データが極めて少ない。そこで本項では, 挿し木苗の抵抗性を調べ, この前提が成り立つのかを検証した。さらに, 抵抗性の高い挿し木苗を効率的に生産していくために, 採穂母樹の選抜方法を検討し, その効果を実証した。

1) 検定合格クローンの抵抗性

・目的

上述の前提を証明するためには, 挿し木苗の絶対的な評価よりも相対的な評価の方が示しやすい。そこで, 接種検定に合格した採穂母樹群と不合格の採穂母樹群の双方から挿し木を行い, 得られた挿し木苗に接種検定を行い, 両者の抵抗性を比較した。なお, 接種検定に合格した採穂母樹群から挿し木を行えば, 毎年安定した抵抗性レベルをもつ苗木が生産できるかどうかを調べるために, この試験は3年間繰り返し行った。

・実験と方法

接種検定に合格した採穂母樹群と不合格の採穂母樹群をつくるため, 「川内クー290号」家系の実生苗38個体に, 以下の方法で線虫の接種検定を行った。つまり, 1999年7月に実生苗1個体につき線虫島原個体群(藤本ら, 1989)約6,000頭を改良剥皮接種法(藤本ら, 1989)で接種した結果, 健全15個体, 部分枯れ23個体の2つに分けられた。そこで, 両個体群を採穂母樹として, 2000年4月, 2001年2月, 2002年2月と連続する3年間に, 前項5の方法で挿し木を行った。発根した挿し木苗はいずれも挿し付けた翌年の春に苗畑に移植し, さらに次の年の春に別の苗畑に床替えした。それぞれ床替えが完了した2002~2004年の7月に, つまり, 挿し木苗が2年生になった時点で接種検定を行った。接種条件は, 採穂母樹に対するものと同様とし, 接種から6ヵ月以上経過した時点で病徴の進展を観察し, 健全, 部分枯れ, 枯死の3段階に分類した(以下, 接種に対する病徴進展の観察では, 同様に3段階の評価を行った)。この結果をもとに, 各接種年とも1クローンあたり複数個体に接種を行うことができた挿し木苗のみを対象に, 以下の解析を行った。各接種年ごとに, 接種検定に合格した健全採穂母樹群から増殖した挿し木苗と不合格の部分枯れ採穂母樹群から増殖した挿し木苗とに分けて, 健全, 部分枯れ, 枯死の本数割合を集計した。また, 挿し木苗の抵抗性が採穂母樹と接種年のどちらに影響を受けるかを調べるために, 採穂母樹の抵抗性(健全, 部分枯れ)と接種年を要因にして, 健全率についての二元配置の分散分析を行った。さらに, 挿し木苗の抵抗性がクローンごとに決まっているかどうかを調べるために, 採穂母樹ごとに挿し木苗の健全率を算出し, 各接種年間での年次相関を求めた。

・結果と考察

採穂母樹の抵抗性別にみた挿し木苗の3年間の接種結果を表-4に示した。健全採穂母樹群から増殖した挿し木苗の健全率は, 2002年が61.0%, 2003年が66.7%, 2004年が71.1%といずれの接種年も60%を上回った。また, 健全, 部分枯れ, 枯死の本数割合を各接種年間で比較したところ有意差は認められず(χ^2 検定, $p > 0.05$), この

傾向は接種年間で変わらず安定していた。一方、接種検定で不合格の部分枯れ採穂母樹群から増殖した挿し木苗の健全率は、2002 年が 35.1 %、2003 年が 19.6 %、2004 年が 58.4 % と、年変動が大きかった。さらに、健全、部分枯れ、枯死の本数割合は接種年間で有意に異なっており (χ^2 検定, $p < 0.01$)、接種反応結果は接種年ごとにばらついた。このことから、健全採穂母樹群から増殖した挿し木苗は、部分枯れ採穂母樹群からの挿し木苗に比べて健全率が常に高く、年変動も小さいことが明らかになった。現在、福岡県におけるクロマツの抵抗性苗木の事業生産では、抵抗性採種園産の自然交配実生苗に対して、本研究と同様に、島原個体群を 1 個体あたり約 6,000 頭接種し、健全個体を「筑前スーパークロマツ」として出荷している。これら事業生産における健全率は、2002 年が約 33 %、2003 年が約 42 %、2004 年が約 55 % である (福岡県樹苗農業協同組合、私信)。本試験では、健全採穂母樹群から増殖した挿し木苗は、同じ 3 年間の健全率が 61 ~ 71 % であることから、現行の「筑前スーパークロマツ」よりも生産効率が高まる可能性が示された。

表一 4. 採穂母樹の抵抗性別にみた挿し木苗の 3 年間の接種結果

採穂母樹の 抵抗性	挿し木年	接種年	採穂母樹数 (本)	1 採穂母樹あたり 接種本数 mean $\pm$ SD (本)	延べ接種本数 (本)	接種結果					
						健全		部分枯れ		枯死	
						(本)	(%)	(本)	(%)	(本)	(%)
健全	2000	2002	13	4.5 $\pm$ 2.8	59	36	61.0	13	22.0	10	16.9
	2001	2003	12	4.8 $\pm$ 1.8	57	38	66.7	11	19.3	8	14.0
	2002	2004	11	6.9 $\pm$ 5.9	76	54	71.1	14	18.4	8	10.5
部分枯れ	2000	2002	20	5.6 $\pm$ 2.4	111	39	35.1	41	36.9	31	27.9
	2001	2003	18	5.1 $\pm$ 2.4	92	18	19.6	38	41.3	36	39.1
	2002	2004	18	4.9 $\pm$ 2.6	89	52	58.4	26	29.2	11	12.4

採穂母樹には接種検定を行った川内クー 290 号の自然交配実生苗を用い、健全を示した採穂母樹群 (15 個体) と部分枯れを示した採穂母樹群 (23 個体) に分けて示した。複数個体の挿し木苗が得られなかった採穂個体を解析から除去したため、各接種年の採穂母樹数は健全で 11 ~ 13 個体、部分枯れで 18 ~ 20 個体となっている。

次に、採穂母樹ごとにみた健全率について二元配置分散分析の結果を

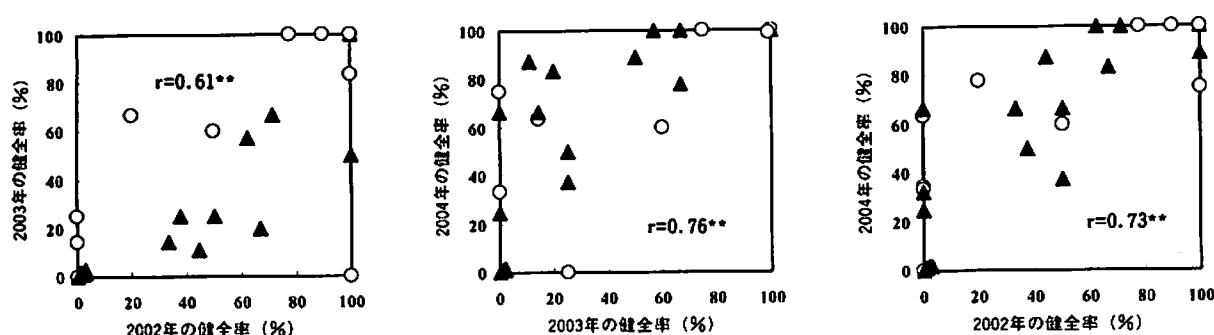
表一 5 に示す。その結果、採穂母樹の抵抗性のみに有意差が認められ ($p < 0.01$)、接種年と交互作用には有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。このことから、健全採穂

表一 5. 採穂母樹ごとの健全率についての二元配置分散分析の結果

要因	自由度	平方和	平均平方	F 値	有意確率
採穂母樹の抵抗性	1	1.242	1.242	9.276	0.003
接種年	2	0.692	0.346	2.582	0.081
交互作用	2	0.197	0.099	0.735	0.482
残差	86	11.517	0.134		

母樹群から挿し木を行えば、生産年によって抵抗性レベルが左右されにくい、品質の安定した苗木生産ができる可能性が示された。

また、採穂母樹ごとにみた健全率に関する接種年間での相関係数は 0.61 ~ 0.76 と、いずれの場合も 1 % 水準で有意な正の相関を示した (図一 5)。つまり、挿し木苗の抵抗性は接種年によらず採穂母樹の遺伝的性質で決まっている部分が大いと考えられた。したがって、抵抗性の高い採穂母樹を選抜することが、抵抗性の高い挿し木苗を安定して生産する上で重要だと考えられた。しかし一方で、本試験では、健全採穂母樹群に属していながら、挿し木苗の健全率が 3 年間とも常に 30 % を下回るような抵抗性の低い採穂母樹も検出された。これは、採穂母樹の接種検定の際、接種時に十分な頭数の線虫が樹体内に侵入しなかったなど何らかの影響で、もともと抵抗性の低い採穂母樹が発病せず「健全」と誤判定されたためではないかと考えられた。したがって、1 回の接種検定では採穂母樹の抵抗性判定における過誤を十分に排除できない可能性が示唆された。



図－5．採穂母樹ごとにみた健全率についての年次相関

r は相関係数（有意確率** $p < 0.01$ ）、○は健全を示した採穂母樹クローン、▲は部分枯れを示した採穂母樹クローンを表す。

2) 強病原性線虫の接種検定による採穂母樹選抜の効果

前項6の1)では、接種検定に合格した健全採穂母樹群から挿し木を行うことで、現行の抵抗性苗木よりも効率よく安定した品質の苗木生産が可能であることを示した。その一方、採穂母樹をたった1回の接種検定で選抜することの問題点も指摘した。本研究の最終的な目標は、未接種で挿し木苗を出荷することであり、そのためには生産される挿し木苗の中に抵抗性の低い苗木が出現するのをなるべく抑える必要がある。そこで、本項では強病原性の線虫を使って採穂母樹の接種検定を行い、抵抗性が高い採穂母樹のみを厳しく選抜して挿し木増殖を行った。その結果、抵抗性の低い挿し木苗の出現が抑制されたかどうか、採穂母樹の選抜効果を実証した。

・実験と方法

強病原性線虫による接種検定を行った採穂母樹は、抵抗性クロマツ採種園産の自然交配実生苗12家系である。遺伝的な偏りをできるだけ排除し、多様な両親組み合わせになるように、本試験では、後藤ら(2002)がRAPDマーカーで花粉親を明らかにした18個体を用いた。これらは1年生の1999年7月に1個体あたり約6,000頭の線虫島原個体群を接種して、健全であることを確認した。その後、3年生時の2001年7月に強病原性線虫のKa-4(Aikawa *et al.*, 2003)を1個体あたり約6,000頭接種して、2002年7月に病徴の進展を調べた。健全個体には、さらに4年生時の2002年7月に同じく強病原性線虫の唐津3(秋庭ら, 2002)を1個体あたり約6,000頭接種し、2003年7月に病徴の進展を調べた。以上のように、強病原性線虫による2回の接種検定に対する反応を予め調べておいたこれらの採穂母樹から、3年生時の2002年2月に10本ずつ挿し木を行い、1採穂母樹あたり2～9個体、合計90個体の挿し木苗を生産した。これらは、2003年春に苗畑に移植した後、床替えせずに2年生の2004年7月に唐津3を1個体あたり約6,000頭接種し、2005年2月に病徴の進展を調べた。

・結果と考察

島原個体群に対しては健全を示した18個体の採穂母樹に強病原性のKa-4を接種した結果、15個体が健全で、3個体が部分枯れを示した。次に、Ka-4を接種後も健全であった15個体に翌年唐津3を接種した結果、9個体が健全で、6個体が部分枯れを示した。すなわち、採穂母樹は強病原性線虫による2回の接種検定で常に健全を示した9個体(採穂母樹番号:H1～H9)と2回の接種検定のいずれかで部分枯れを示した9個体(採穂母樹番号:P1～P9)の2つに分けられた。これら2つの採穂母樹群から得られた挿し木苗について、接種結果を表－6に示す。2回の強病原性線虫の接種検定で常に健全を示した採穂母樹群からは、得られた挿し木苗の健全率が97.7%と非常に高く、群内のどの採穂母樹からも接種で枯死する挿し木苗は発生しなかった。一方、2回の接種検定のいずれかで部分枯れを示した採穂母樹群からは、得られた挿し木苗の健全率は87.0%であり、採穂母樹の一つ(P8)から得られた挿し木

苗の一部が枯死した。

近年、九州各地の被害林分から強病原性の線虫系統が新たに分離されている（秋庭ら，2001，2002，2003，2004）。線虫の病原力は林分間や宿主個体間でも変異があることが知られており（清原，1989），現地に適応する抵抗性苗木を生産するためには，島原個体群以外の強病原性線虫に対する抵抗性についても検討する必要がある。本研究で採穂母樹の接種検定に用いた Ka-4 は，抵抗性クロマツの2年生実生苗に対する発病率（接種した苗木に対する部分枯れと枯死の合計の本数割合）が64～78%と島原個体群の53～56%に比べて高かった（佐々木ら，2001，2002）。また，唐津3の発病率は88～89%とKa-4よりもさらに高かった（佐々木ら，2001，2002）。同様に，抵抗性クロマツの2年生実生苗を用いた秋庭ら（2002，2003，2004）および佐々木ら（2003）の報告でも，唐津3は島原個体群より常に発病率が高かった。このように発病率の高い強病原性線虫による2回の接種検定で常に健全を示した採穂母樹群からであれば，今回用いた3系統のうち最も病原力が強いと考えられる唐津3を接種した場合でも，挿し木苗の健全率は97.7%に達した。また，採穂母樹ごとにみると，2回の接種検定のいずれかで部分枯れを示した採穂母樹群からは，得られた挿し木苗の中に枯死したものが認められたが，常に健全を示した採穂母樹群からは，挿し木苗の枯死は発生しなかった。したがって，採穂母樹候補に対して強病原性線虫による接種検定を行えば，枯死木を生み出すような抵抗性の低い採穂母樹を除外でき，相対的に抵抗性の高い採穂母樹群を選抜できると考えられる。なお，複数回の接種検定により，1回の接種検定だけでは防ぎきれない接種作業時の偶発的あるいは人為的なミスなどをカバーできた可能性も考えられる。このように抵抗性の高い採穂母樹群を選抜できれば，生産される挿し木苗において抵抗性の低い苗木の割合を抑えられると考えられた。今回の健全率から考えれば，強病原性線虫による接種検定を少なくとも2回行って選抜した採穂母樹群から生産した挿し木苗に関しては，未接種で出荷できると判断でき，採穂母樹選抜の効果が示された。

表一 6. 採穂母樹の強病原性線虫に対する抵抗性別にみた挿し木苗の接種結果

強病原性線虫に対する抵抗性	採穂母樹番号	採穂母樹		供試数 (本)	接種結果			健全率 (%)
		種子親（抵抗性ランク）	× 花粉親（抵抗性ランク）		健全 (本)	部分枯れ (本)	枯死 (本)	
健全	H1	小浜ク-30 (3)	× 津屋崎ク-50 (3)	2	2	0	0	100
	H2	颯娃ク-425 (2)	× 津屋崎ク-50 (3)	2	2	0	0	100
	H3	志摩ク-64 (3)	× 波方ク-73 (5)	2	2	0	0	100
	H4	土佐清水ク-63 (4)	× 三崎ク-90 (4)	5	5	0	0	100
	H5	大瀬戸ク-12 (1)	× 波方ク-73 (5)	5	5	0	0	100
	H6	志摩ク-64 (3)	× 津屋崎ク-50 (3)	6	6	0	0	100
	H7	波方ク-37 (4)	× 津屋崎ク-50 (3)	6	5	1	0	83
	H8	大瀬戸ク-12 (1)	× 土佐清水ク-63 (4)	7	7	0	0	100
	H9	吉田ク-2 (3)	× 波方ク-37 (4)	9	9	0	0	100
合計				44	43	1	0	97.7
部分枯れ	P1	川内ク-290 (2)	× 三崎ク-90 (4)	2	2	0	0	100
	P2	三崎ク-90 (4)	× 波方ク-37 (4)	2	2	0	0	100
	P3	大分ク-8 (1)	× 大瀬戸ク-12 (1)	2	1	1	0	50
	P4	波方ク-73 (5)	× 夜須ク-37 (3)	5	5	0	0	100
	P5	大分ク-8 (1)	× 波方ク-37 (4)	5	4	1	0	80
	P6	波方ク-37 (4)	× 大瀬戸ク-12 (1)	6	6	0	0	100
	P7	川内ク-290 (2)	× 大瀬戸ク-12 (1)	7	7	0	0	100
	P8	田辺ク-54 (2)	× 川内ク-290 (2)	8	4	1	3	50
	P9	吉田ク-2 (3)	× 颯娃ク-425 (2)	9	9	0	0	100
合計				46	40	3	3	87.0

各採穂母樹の種子親および花粉親の抵抗性ランクは，5段階評価で数値が高いほど実生後代の抵抗性が高いことを示す（九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会，1999）。

7. 挿し木苗の得苗率

・目的

造林用の苗木には、植栽後の健全な育成を保証するため、大きさに規格が設けられている。したがって、苗木生産者としては、一定期間でこの規格に合致する苗木を生産しなくてはならない。海岸林に植栽される2年生クロマツ苗の規格は、苗高25～50cm、根元径7.0mm以上、3年生以上はポット苗とし、苗高30～70cm、根元径7.5mm以上と定められている（福岡県森林組合連合会，2006）。挿し木苗もこれと同等の規格が必要になるとと思われる。そこで、本項ではガラス温室で挿し木を行った苗木を露地の苗畑に床替えした場合、どのくらいの本数割合で規格を満たすのか、得苗率を調査した。

・実験と方法

供試したのは、2002年2月に抵抗性クロマツ15家系57個体から挿し木増殖した228個体と、2003年2月に抵抗性クロマツ11家系67個体から挿し木増殖した277個体とした。これらは、挿し付けして約1年後の2003年と2004年の春にそれぞれ野外の苗畑に20cm間隔で移植した。その後、どちらの個体群も2005年2月に根元径と苗高をノギスと物差しで測定した。つまり、前者は苗畑へ移植後に2年間床替えせず養生した時点で測定し、後者は1年間だけ養生した時点で測定した。したがって、挿し付けから3年間が経過した苗木ということで前者を3年生挿し木苗、2年間が経過した苗木ということで後者を2年生挿し木苗と呼ぶことにする。なお、両者とも挿し付け時の挿し穂の長さは5cmであった。また、苗畑には元肥として硫安100g/m²、苦土石灰30～50g/m²、48化成100g/m²を施肥し、その後の追肥は行わなかった。

・結果と考察

2年生挿し木苗のサイズについて、図-6に示す。平均は、根元径7.4mm、苗高18.4cmとなった。これらを福岡県の2年生クロマツ実生苗の規格と照らし合わせると、規格に合致したものは46個体であり、得苗率（全体に対する規格苗の本数割合）は16.6%と低かった。次に、3年生挿し木苗のサイズについて、図-7に示す。平均は、根元径16.8mm、苗高56.0cmとなった。3年生実生苗の規格と照らし合わせると、規格に合致したものは170個体であり、得苗率は74.6%とかなり高まった。

このように、2年生挿し木苗の場合、根元径や苗高不足が原因で規格に合致しない個体が多かった。一方、3年生挿し木苗の場合、根元径不足は0%、苗高不足は全体の7%に過ぎなかったものの、苗高超過が原因で規格に合致し

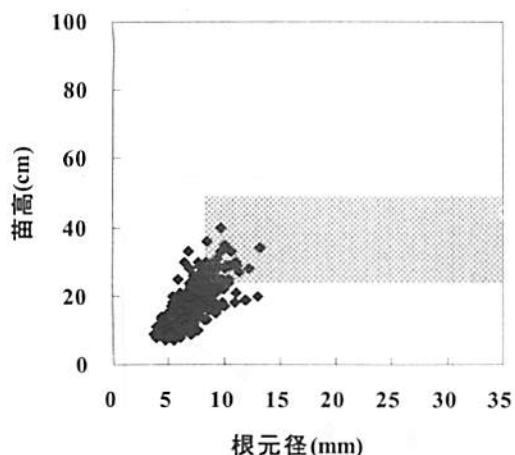


図-6. 2年生挿し木苗のサイズ

プロットは供試した個々の苗木のサイズを表す。
網掛けはクロマツ2年生実生苗の規格（根元径7.0mm以上、苗高25～50cm）を表す。

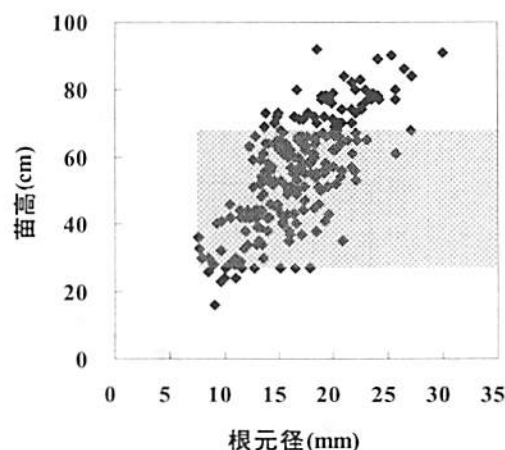


図-7. 3年生挿し木苗のサイズ

プロットは供試した1個々の苗木のサイズを表す。
網掛けはクロマツ3年生実生苗の規格（根元径7.5mm以上、苗高30～70cm）を表す。

ない個体が 18 %と多かった。本試験はできるだけ多くの家系やクローンを用いて行ったので、同じ条件で挿し木苗を育成すると、平均的には同様な結果になると思われる。したがって、3年生苗まで育成すれば高い得苗率で出荷できる可能性はあるが、このままでは2年生苗での出荷は難しいと考えられた。今後はこの課題をクリアするために、あまり細い枝を挿し穂として用いないようにし、挿し穂も長めに調製するなど、挿し穂の段階でサイズをコントロールしておくことが必要と思われる。しかし、挿し穂を長くすると発根率が低下することが報告されており(宮崎, 2006), どのくらいの長さに調製するかについては十分な検討が必要である。発根した挿し木苗を野外に移植する季節を早めたり、苗畑での施肥量を増やすなど、育苗管理技術の検討も今後必要になると思われる。

8. 挿し木苗の現地適応性

・目的

抵抗性クロマツ苗の多くは沿岸部の比較的厳しい環境下に植栽される。したがって、生産した挿し木苗が実際に現地で健全に成長するかを実証する必要がある。本項では、前項6の1)の接種検定試験で健全だった苗木のうち、出荷規格を満たした3年生挿し木苗を現地植栽したので、植栽後3年間の状況と成長経過を報告する。

・実験と方法

2003年2月中旬に、前項6の1)で接種検定を行い健全だった3年生挿し木苗のうち、出荷規格である根元径7.5mm以上、苗高30～70cmを満たした68本を岡垣町国有林内に植栽した。植穴は径30cm×深さ30cmとし、苗木1本あたり1Lのパーク堆肥(シーアイ・パーク)を植穴に投入した。さらに、植栽後は苗木の周囲に固形肥料のまるやま1号を苗木1本あたり60g施肥した。植栽間隔は、1m×1m間隔(10,000本/ha換算)とし、長さ1.5mの竹1本支柱で苗木を支えた。これら苗木の根元径と苗高について、植栽する7ヵ月前の2002年7月中旬、植栽から1年経過した2004年2月中旬、2年経過した2005年3月初旬、3年経過した2006年2月下旬に、それぞれノギスと樹高棒で測定した。なお、植栽地の概況は前生樹を皆伐した0.4haの一部で、北側は遊歩道を隔てて海に面しており、遊歩道との間には防風フェンスが施工されている。南側は前世樹のトベラやマサキなどの雑木林となっており、西側は2000年度に、東側は本試験苗木とはほぼ同じ時期に、それぞれクロマツ実生苗が植栽されている。

・結果と考察

植栽した68本は、植栽後1年時で64本が活着し、活着率は94.1%となった。その後、植栽後3年時に至るまで活着した64本は全て健全に生育していた。供試苗木の根元径と苗高の年変化を図-8に示す。根元径と苗高の平均は、それぞれ植栽7ヵ月前は10.7mmと36.0cm、1年後は18.3mmと45.3cm、2年後は25.6mmと100.3cm、3年後は31.7mmと150.2cm、と成長した。苗高の伸長量は植栽後1年間は小さかったが、その後は1年に約50cmずつ順調に

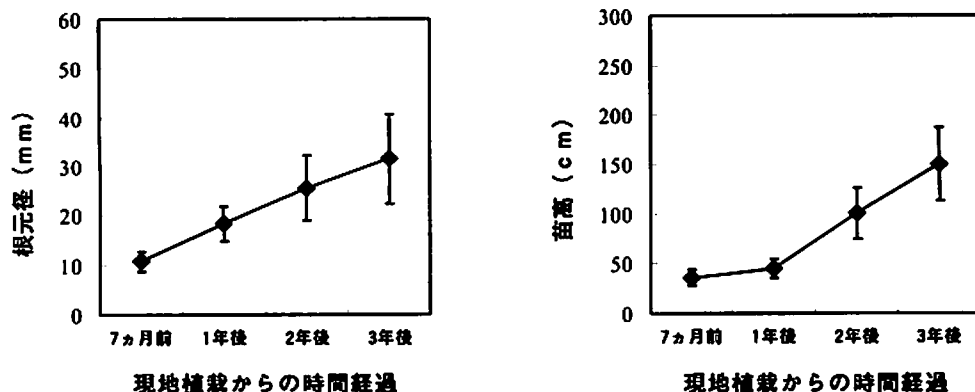


図-8. 海岸林に植栽した挿し木苗の成長経過

バーは平均値±標準偏差を表す。

成長している。本試験では、現行の抵抗性クロマツの生産手法である実生苗との成長比較を行っていないため、実生苗との違いを直接議論することはできない。しかし、Foster *et al* (1987) は、同じマツ属のテーダマツ (*Pinus taeda* L.) で挿し木苗と実生苗の初期成長を比較した結果、挿し木苗が実生苗より必ずしも成長が悪くないことを報告している。また、Stelzer *et al* (1998) もテーダマツの挿し木苗と実生苗の10年目の成長形質を比較しているが、両者の違いは実質的にみられないとしており、同じマツ属のクロマツの挿し木苗も実生苗と遜色なく現地に適応できると予想される。

9. おわりに

従来、クロマツは発根性が低いため挿し木は困難といわれてきたが、本研究では発根性を向上させるための技術改良を試みた結果、一定の成果を上げることができた。また、接種検定に合格した採穂母樹から挿し木を行えば、毎年、現行の実生苗方式より抵抗性の強い苗木生産を効率的に行えることが明らかになった。一方、挿し木苗の2年生での出荷は厳しく、この点については検討を要するが、挿し木苗を海岸林に植栽しても、活着や成長の面でも十分適応できるという結果も示した。生産コストについても、大平ら (2005b) は未接種の挿し木苗生産にかかる費用は1万円あたり244万円であり、接種作業が必須である現行の実生苗方式に比べて140万円のコストダウンが望めると試算している。このように、本研究で提唱した挿し木方式による抵抗性苗木生産の有効性は高い。今後は、本研究で示したように、強病原性線虫による複数回の接種検定により抵抗性の高い採穂母樹群を選抜し、それらの挿し木発根性が高いことを確認できれば、抵抗性の挿し木苗生産を事業レベルで実現できると考えられた。

しかし一方、このようなクローン苗による造林が進むとクロマツ林の遺伝的多様性が低下する危険性がある。集団全体の遺伝的多様性が低下すると、マツ材線虫病以外の病虫害や気象害などに対する危険性が高くなる可能性がある。これらの点を考慮して、アメリカ南東部などではクローン林業に対して法的な制限が課されつつある (Stelzer and Goldfarb, 1997)。本研究で対象とするクロマツの抵抗性苗木は、沿岸部の比較的厳しい環境下に植栽され、植栽地の環境条件も多様であることが予測されるため、なるべく多数のクローンを混交することが望まれる (勝田, 1995)。したがって、採穂母樹の選抜対象範囲としてはより多くの抵抗性家系を使用することが重要である。また、本研究でも示されたように、発根率など生産性については個体間で差異が生じる可能性があるため、生産苗木全体において一部の家系やクローンの頻度が大きくなならないよう、採穂母樹の遺伝的構成のバランスをコントロールする必要があると考えられる。現在、福岡県は、九州大学、林木育種センター、九州各県の林業研究機関、天草森林組合とともにプロジェクトチームを組んで、生産性や抵抗性はもちろん、遺伝的多様性にも配慮した採穂母樹の選抜作業を実行中であり、選抜後に採穂圃を造成して挿し木苗を生産するという実用化が待ち望まれる。

ところで、抵抗性のメカニズムについては、未だに不明な点が多い。抵抗性苗木生産が実用化されても、それがなぜ抵抗性を発揮したのかが未解明のままでは根本的な解決にならない。過去に、モノテルペン的一种 β -ミルセンが線虫に対して強い誘因力を持ち (Ishikawa *et al.*, 1986)、分散型第4期幼虫の脱皮や増殖を促進するため (Hinode *et al.*, 1987)、木部中の β -ミルセン含量は抵抗性個体のスクリーニングの指標となるという報告がある (Ishikawa *et al.*, 1987)。一方、 β -ミルセン含量と抵抗性には関連が認められないとする報告もあり (Kuroda *et al.*, 1991)、統一した見解は得られていない。また、殺線虫活性をもつピノシルピンやピノシルピンモノモチルエーテルなどのファイトアレキシンが抵抗性に関与しているとみる報告がある一方 (Suga *et al.*, 1993; 黒田, 1999)、ピノシルピンは抵抗性のマツに特徴的な成分ではないとの報告もある (梶原ら, 未発表)。この一要因として、材料の遺伝的要因と環境要因が複合的に作用して、再現性が得られないことも考えられる。これについて、本研究で示した挿し木技術を利用して半兄弟家系や全兄弟家系からクローン苗を予め増殖しておき、クローン苗を確保した後に接種検定を行え

ば、結果的に同一家系から「抵抗性が高い」クローン群と「抵抗性が低い」クローン群が増殖できる。このように、遺伝的なばらつきの少ない材料の中で接種反応の異なるクローン群同士の違いを比較すれば、抵抗性に結びつくより確かな知見を得ることができると思われる。今後は、このような抵抗性メカニズムの解明にクローン苗を利用することも有効であると考えられる。

10. 謝辞

本研究を進めるにあたり、森林総合研究所の相川拓也氏、同九州支所の秋庭満輝氏、林木育種センター九州育種場の太平峰子氏には、接種検定用の線虫を分譲していただきました。福岡県樹苗農業協同組合には、事業用苗木生産時の健全率についてデータを教えていただきました。福岡森林管理署の方々には、挿し木苗の現地植栽にご理解とご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

11. 引用文献

- Aikawa, T., Kikuchi, T., and Kosaka, H. (2003) Demonstration of interbreeding between virulent and avirulent populations of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by PCR-RFLP method. *Appl. Entomol. Zool.* 38 : 565-569.
- 秋庭満輝・石原 誠・佐橋憲生・佐々木峰子・戸田忠雄 (2001) クロマツ 5 家系に対するマツノザイセンチュウの病原力の変異. 112 回日林学術講 : 306.
- 秋庭満輝・石原 誠・中村克典・佐々木峰子・岡村政則・佐橋憲生 (2002) 同一林分内のアカマツ枯死木から分離されたマツノザイセンチュウの病原力. 113 回日林学術講 : 672.
- 秋庭満輝・石原 誠・佐々木峰子・岡村政則・佐橋憲生 (2003) 被害拡大期のアカマツ林におけるマツノザイセンチュウ個体群の病原力と遺伝的構造. 114 回日林学術講 : 756.
- 秋庭満輝・石原 誠・佐橋憲生・佐々木峰子・岡村政則・富樫一巳 (2004) 野外林分におけるアカマツの病徴進展とマツノザイセンチュウの病原力. 115 回日林学術講 : 263.
- Blakesley, D (1994) Auxin metabolism and adventitious root initiation. In *Biology of Adventitious Root Formation*, T.D. Davis and B.E. Haissig, eds (New York: Plenum Press), pp. 143-154.
- Browne, R.D., Davidson, C.G., Steeves, T.A. and Dunstan, D.I. (1997) Effects of ortet age on adventitious rooting of jack pine (*Pinus banksiana*) long-shoot cuttings. *Can. J. For. Res.* 27 : 91-96.
- Copes, D.L. (1983) Effects of annual crown pruning and serial propagation on rooting of stem cuttings from Douglas-fir. *Can. J. For. Res.* 13 : 419-424.
- De Klerk, G.J., Van der Krieken, W. and De Jong, J.C. (1999) The formation of adventitious roots : new concepts, new possibilities. *In vitro Cell Dev. Biol. - Plant* 35 : 189-199.
- Eriksson, G. and Ekberg, I. (2001) *An introduction to Forest Genetics*. 126pp, SLU Repro Press, Uppsala.
- Foster, G.S., Lambeth, C.C. and Greenwood, M.S. (1987) Growth of loblolly pine rooted cuttings compared with seedlings. *Can. J. For. Res.* 17 : 157-164.
- 藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・山手廣太・冬野劭一 (1989) マツノザイセンチュウ 抵抗性育種事業—技術開発と事業実施 10 年間の成果—. *林育研報* 7 : 1-84.
- 福岡県 (2005) 福岡県森林・林業・木材産業の動向と課題—平成 16 年度森林・林業白書—. 64pp, 福岡県水産林務部林政課, 福岡.

福岡県森林組合連合会(2006)平成17年度福岡県林業用苗木価格表。

二井一禎(2003)マツ枯れは森の感染症－森林微生物相互関係論ノート。222pp, 文一総合出版, 東京。

Gardner, F.E. (1929) The relationship between tree age and the rooting of cuttings. *Proceedings of American society for Horticultural Science* 26: 101-104.

Goh, C.J., Lakshmanan, P., Lee, C.L., Loh, C.S. and Tanaka, M. (1995) A simple and efficient method for clonal propagation of *Casuarina sumatrana*(de Vriese)L.Johnson. *Plant Growth Regulation* 17: 115-120.

後藤 晋・宮原文彦(1997)抵抗性クロマツの組織培養(I)－発根条件の検討－, 日林九支研論 50, 57-58.

後藤 晋(1999a)クロマツ成熟胚の液体培養における培養期間と不定芽増殖率, 110回日林学術講, 257-258.

後藤 晋(1999b)クロマツの挿し木増殖における発根条件の検討. 日林九支研論 52: 57-58.

後藤 晋・宮原文彦・井出雄二(2002)クロマツ種苗のマツ材線虫病抵抗性に対する花粉親の寄与. 日林誌 84: 45-49.

Hackett, W.P. (1988) Donor plant maturation and adventitious root formation In: Davis TD, Hassig BE, Sankhla N (eds) *Advances in plant sciences series. Adventitious root formation in cuttings*. Dioscorides, Portland, OR, 11-28.

Hartman, H. T., Kester, D. E. and Davis, F. T. (1990) *Plant propagation: principles and practices*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 246-247.

橋詰華人・谷口紳二(1981)低台式採穂圃方式によるヒノキ優良木家系の挿木増殖および挿穂の生理的齢と挿木の発根性との関係に関する二, 三の研究. 鳥大演報 13: 1-17.

Hinode, Y., Shuto, Y. and Watanabe, H. (1987) Stimulating effects of β -Myrcene on molting and multiplication of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Agric. Biol. Chem.* 51: 1393-1396.

石川広隆(1968)マツ・カラマツ類を中心としたさし木困難樹種の不定根の形成に関する基礎的研究 そのI さし木発根の内的条件に関する研究. 林試研報 214: 77-109.

Ishikawa, M., Shuto, Y. and Watanabe, H. (1986) β -Myrcene, a potent attractant component of pine wood for the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Agric. Biol. Chem.* 50: 1863-1866.

Ishikawa, M., Kaneko, A., Kashiwa, T. and Watanabe, H. (1987) Participation of β -Myrcene in the susceptibility and / or resistance of pine trees to the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Agric. Biol. Chem.* 51: 3187-3191.

石松 誠(1998)マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖. 日林九支研論 51: 47-48.

石松 誠(1999)マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木について. 林木の育種特別号: 20-23.

勝田 柁(1995)クローナルフォレストリーの育種戦略. 第2回林木遺伝育種セミナー: 3-7.

川村忠士(1988)カラマツの材質優良木クローンと13年生採穂台木におけるさし木発根性の違い. 日林東北支誌 40: 86-87.

清原友也(1989)マツ材線虫病の病原学的研究. 林試研報 353: 127-176.

Kozlowski, T.T. and Pallardy, S.G. (1997) *Growth control in woody plants*. Academic Press, Toronto.

Kuroda, K., Yamada, T. and Ito, S. (1991) *Bursaphelenchus xylophilus* induced pine wilt: Factors associated with resistance. *Eur. J. For. Path.* 21: 430-438.

黒田宏之(1999)マツ枯損防止のための新戦略構築. 京都大学木質科学研究所 木材研究・資料 35: 32-46.

九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(1999)ヒノキ精英樹・抵抗性マツ特性表. 58pp, 熊本.

町田英夫(1973)さし木のすべて. 261pp, 誠文堂新光社, 東京.

三上 進・佐々木文夫・渡辺 操(1978)カラマツのさし木増殖試験. 日林東支研論 30: 204-205.

- 宮原文彦 (1997) スーパーまつ生産技術の民間移転. 現代林業 375: 53.
- 宮島寛 (1989) 九州のスギとヒノキ. pp275, 九州大学出版会, 福岡.
- 宮崎潤二・石松 誠 (2002) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖 (Ⅱ) -挿し木苗の抵抗性-. 九州森林研究 55: 153-154.
- 宮崎潤二 (2003) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖 (Ⅲ) -育苗コストを抑えるための挿し木方法等の検討-. 九州森林研究 56: 188-189.
- 宮崎潤二 (2004) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖 (Ⅳ) -挿し付け時期と発根率-. 九州森林研究 57: 311-312.
- 宮崎潤二 (2005) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖 (Ⅴ) -簡易なビニールトンネルを利用した密閉挿しの検討-. 九州森林研究 58: 157-158.
- 宮崎潤二 (2006) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖 (Ⅵ) -挿し穂の長さが発根率および苗高に与える影響-. 九州森林研究 59: 237-238.
- Mota, M. M., Braasch, H., Bravo, M. A., Penas, A. C., Burgermeister, W., Metge, K., and Sousa, E. (1999) First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. Nematology 1 (8): 727-734.
- 小笠原隆三 (1962) クロマツのさし木に関する基礎的研究 (第 I 報) 発根が困難である原因について. 日林誌 44: 276-281.
- 沖村義人 (1961) マツ類のさし木に関する研究 (第 6 報). 日林誌 43: 272-276.
- 大平峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武 (2005a) クロマツのさし木発根性と成長に及ぼす用土および施肥の影響. 九州森林研究 58: 155-156.
- 大平峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・谷口亨・藤澤義武 (2005b) 抵抗性マツ育種戦略におけるさし木増殖システムの役割. 日本森林学会大会発表データベース 116: 96.
- 大山浪雄 (1962) さし木困難樹種の発根能力増進に関する研究. 林試研報 145: 1-135.
- 大山浪雄・豊島昭和 (1965) マツ属のさし木の発根能力とその増進法. 林試研報 179: 99-125.
- 林野庁 (2005) 平成 16 年度森林・林業白書 (森林及び林業の動向に関する年次報告). 222pp, (社) 日本林業技術協会, 東京.
- 佐々木峰子・秋庭満輝・戸田忠雄・岡村政則 (2001) マツノザイセンチュウ個体群の病原力とクロマツ家系の関係. 林木育種センター九州育種場年報 29: 51-54.
- 佐々木峰子・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武・秋庭満輝 (2002) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの特性-実生後代の諸特性と抵抗性の関係-. 113 回日林学術講: 649.
- 佐々木峰子・倉本哲嗣・岡村政則・平岡裕一郎・藤澤義武・秋庭満輝 (2003) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ実生家系におけるさし木発根性と抵抗性の関係. 114 回日林学術講: 551.
- 佐々木峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武 (2004) クロマツのさし木発根性に及ぼす摘葉・摘芽の影響. 日林誌 86: 37-40.
- 佐々木義則・諫本信義・小山田研一・中尾稔 (1977) クヌギ林分の造成に関する研究 (Ⅲ) -クヌギさし木の発根率のおよぼす AgNO₃ および IBA の影響-. 日林九支研論 30: 115-116.
- 森林総合研究所 (1999) 樹木の渇きのシグナルを捕らえる-水不足を知るための新たな取り組み-. 研究の“森”から 76.
- 塩川 彰 (1995) 実践面からみたさし木造林の進め方と問題点. 第 2 回林木遺伝育種セミナー: 37-41.

- Stelzer, H.E. and Goldfarb, B. (1997) Implementing clonal forestry in the southeastern United States : SRIEG satellite workshop summary remarks. *Can. J. For. Res.* 27 : 442-446.
- Stelzer, H.E., Foster, G.S., Shaw., D.V. and McRae, J.B. (1998) Ten-year growth comparison between rooted cuttings and seedlings of loblolly pine. *Can. J. For. Res.* 28 : 69-73.
- Suga, T., Ohta, S., Munesada, K., Ide, N., Kurokawa, M., Shimizu, M. and Ohta, E. (1993) Endogenous pine wood nematicidal substances in pines, *Pinus massoniana*, *P. strobus* and *P. palustris*. *Phytochemistry* 33 : 1395-1401.
- 武田英文 (1970) 電熱温床による秋田スギさし木試験. 日林北支講 19 : 99-102.
- Tartoura, K., Rocha, A. and Youssef, S. (2004) Synergistic interaction between coumarin 1, 2-benzopyrone and indole-3-butyric acid in stimulating adventitious root formation in *Vigna radiata*(L.) Wilczek cuttings : I. Endogenous free and conjugated IAA and basic isoperoxidases. *Plant Growth Regulation* 42 : 253-262.
- 戸田良吉 (1953) マツ類のサシキについて—総合抄録—. 林試研報 65 : 61-85.
- 戸田忠雄・藤本吉幸 (1983) ヒノキのさし木に関する研究 (I) —精英樹クローンのさし木発根性—. 日林九支研論 36 : 129-130.
- 徳岡正三・竹岡政治 (1990) ヒノキの密閉さしにおける吸水と発根. 日林誌 72(5) : 420-425.
- 徳岡正三 (1993) ほふく伸長する 2, 3 のヒノキ科植物のさし木. 日林誌 75(2) : 145-149.
- 上中久子・高木哲夫・藤本吉幸 (1986) 九州産スギ精英樹さし木発根促進処理効果. 日林九支研論 39 : 51-52.

ヌメリスギタケ栽培技術の改良

金子 周平・川端 良夫

Technical improvement of *Pholiota adiposa* cultivation

Shuhei KANEKO and Yoshio KAWABATA

金子 周平・川端 良夫；ヌメリスギタケ栽培技術の改良 福岡県森林研報 7：21～30，2006 ヌメリスギタケ野生株の二核菌糸体は 5～30℃で成長し，至適培養温度は 26℃前後であった。5℃では各系統とも 1mm／日程度の緩やかな成長がみられ，35℃ではある系統は成長できず，40℃ではすべての系統が成長できず殆ど 5 日間で枯死したが，10 日以上生存する系統もあった。

至適培地 pH は 6.5 前後であった。培養後の培地 pH 値はおよそ 3.5～5.5 に収束する傾向にあった。スギ鋸屑の炭素（C）窒素（N）の含有率は，特に N について，クヌギ，コナラより低い値であったが，米糠を混合することにより C/N 比に大きな差はなくなった。さらにコーンコブ，綿実殻を混合することにより C/N 比は低下した。スギ鋸屑と米糠を混合した場合の培地 pH は 5.7 であり，ブナや他の広葉樹の培地と大きな差はなかった。

スギ鋸屑に米糠を混合した培地は，瓶に詰めて殺菌した後の，瓶内上下の水分差が大きくバランスが悪いため栽培培地に不適と考えられたが，コーンコブミールさらに綿実殻を混合することにより水分バランスは良くなり，これにより二核菌糸体の培養で成長速度は速くなった。

スギ鋸屑を利用したヌメリスギタケ栽培では，米糠のみの混合では収量が少ないが，これにコーンコブと綿実殻を混合した培地（500g／800ml 瓶）から，2 回発生で 150g 以上の収量が得られ，これらの混合が効果的であった。瓶の比較では，収量の点では 800ml 広口瓶が 850ml 瓶に優るが，形質の点では後者が柄が長く，有利と考えられた。

キーワード：ヌメリスギタケ，至適培養温度，至適培養 pH，培地組成，子実体収量

なお，本研究は国庫助成研究「ニュータイプきのこ資源の利用と栽培技術の開発」（平成 8～15 年度）を用いて実施したものである。また，データの一部は日本応用きのこ学会第 2 回大会で発表し，日本応用きのこ学会誌第 11 巻 4 号 p183-192，に掲載された。本研究には，当福岡県森林林業技術センター所属の島 晃，山口 祐士郎が協力した。

1. はじめに

近年のきのこ産業は、価格低下を主要因としてその経営は厳しい状況にあり、生産者にとっては、生産コスト低減のための単位当たり生産量の増大、形質の安定化などが課題となっている。このような中で、新しいきのこ類の商品化についても大きな期待が寄せられている。

ヌメリスギタケはモエギタケ科スギタケ属のきのこで、我が国では従来から美味な食用きのことして知られており、野生きのこ愛好家の間では珍重されている。このきのこの人工栽培に関する研究もさまざまな取り組みがなされてきた（金子，1989；増野，1992）が、いずれもブナ *Fagus crenata* を利用するものであった。ブナ鋸屑は、産出量が少なく、特に九州では高価な材料でしかも入手が困難であり、本きのこの栽培の実用化には至っていなかった。橋岡ら（1977）³⁾は、わらによる栽培実用化の可能性を示唆しているが、これも実用化されてはいない。

本研究では、ブナの8分の1程度の価格で容易に入手できる（JA 大城取引資料，2002）スギ *Cryptomeria japonica* の鋸屑を利用して栽培することを目的として、まず、ヌメリスギタケ野生株数系統を用いて本種の培養特性（至適温度並びに培地 pH）を検討した。

次に、比較的手に入れやすい樹木のおがこを基材とした培地と、近年ブナシメジ *Hypsizygus marmoreus* の栽培に用いられるようになってきている綿実殻、コーンコブミールをスギ鋸屑と混合した培地において、炭素・窒素含有量、pH、菌糸伸長速度に関して比較検討を行った。さらにスギ鋸屑の利用に関しては、スギ鋸屑を基材とした培地の水バランス、スギ鋸屑の熱水抽出物添加培地上でのヌメリスギタケ菌糸伸長について検討し、ヌメリスギタケの栽培試験ではブナおがこ培地と比較した。培養瓶の選択に関して、800ml ナメコ瓶と、850ml ブナシメジ瓶を使用し、収量を検討した。

2. 試験材料と方法

1) ヌメリスギタケの最適培養温度と培地 pH

供試菌株：当センター保存のヌメリスギタケ野生菌株の中から、菌糸体コロニーに正円性があり、成長がスムーズ（菌叢に濃淡などのむらがない）な6系統を選抜した。これらを PDA（市販 DIFCO 社製・以下同じ）平板培地上で温度 20℃暗所で8日間培養したものを以下の実験の接種源として供試した。

試験方法：ヌメリスギタケの最適培養温度を検討するために、直径 90mm PDA 平板培地の中央に、上記の通り前培養した培養菌糸体コロニーの先端部分をコルクボーラで打ち抜いた直径 5 mm 接種源を接種した。接種後シャーレにシールをした後、5℃～40℃間で5℃間隔の温度設定をおこなった温度勾配高温器（日本医化機械製作所製 TG-100-ADCT）内で、暗所静置培養を行った。また 35℃、40℃については、3、5、7、10、14、18、28 日間培養後 25℃に移して10日間培養し、菌糸体の成長の有無により生死を判定した。成長の良好な2系統を選抜して、1℃間隔で設定した温度勾配高温器内で同様に培養し、詳細な至適温度を求めた。菌糸伸長量は、ノギスで直交する2方向のコロニー直径を測定し、その平均を求めた。各区シャーレ5枚づつを供試した。

最適培地 pH を検討するために、滅菌 SMY（スクロース 1%，麦芽エキス 1%，酵母エキス 0.4%）液体培地 40ml（／100ml フラスコ）に、滅菌した 0.1N、1 N の HCl、NaOH を適量添加して段階的に pH を調整した。pH の調整後、上記で選抜した2系統について、上記と同様の接種源を培養液上に浮かせた状態に接種した。接種後、温度 24℃、湿度 70% の暗黒下で20日間静置培養を行った。培養後、培養液を No. 2 ろ紙（ADVANTEC）でろ過し、接種源培地片を取り除き培養菌糸塊を得た。得られた菌糸塊は、65℃で重量が恒量になるまで乾燥し、菌糸体乾燥重量を測定した。各区フラスコ5本づつを供試した。

2) 各種培地の pH と C, N 含有量比較

試験方法：培地基材として、製材鋸屑や剪定枝のチップなど比較的手に入りやすい木質材料を中心に、畜産飼料等も利用することが考えられた。当センターでの製材時に排出されたスギ、ヒノキ *Chamaecyparis obtusa*, の鋸屑と、おがこ製造機（タイムリー社製, OGA-08DE）により粉碎した各種広葉樹のおがこを使用した。スギ、ヒノキの鋸屑は、直射日光と降雨を受ける野外に堆積し7ヶ月間放置した。ブナ以外の広葉樹は、主に立木の枝を伐採し約1～3ヶ月野外に放置した後、おがこにした。ブナはきのこ栽培用のおがこを購入した。ブナ以外はすべて皮付きであり、ふるいを用いて2mmメッシュ以下の粒度のものを使用した。これらに、それぞれ栄養材として新鮮な米糠を容積比で20%になるように混合し、水道水を加えて含水率約65%に調製した。スギについては米糠を加えたもの（以下Sr）の他、コーンコブと米糠を加えたもの（Scr：スギ，コーンコブ，米糠＝60%，20%，20% V/V），綿実殻，コーンコブ，米糠を加えたもの（Sccr：スギ，綿実殻，コーンコブ，

米糠＝40%，20%，20%，20%，V/V，含水率67

%）を調製した。スギ基材培地の含水率につい

ては、既報（近藤ら，1997；中谷，1998）⁵⁾⁶⁾を

参考にして他の広葉樹培地よりやや高めにした。

各培地の絶乾重比を表-1に示す。これらを、

それぞれ850ml瓶に550g詰めて、121℃60分

間の高圧滅菌を行った。

pHの測定：24時間放冷した後、100ml容ビーカーに25ml移し、イオン交換後の蒸留水を加えて50mlにメスアップしてガラス棒でよく攪拌し、24時間静置した。静置後、再び同様に良く攪拌し、上清液をpHメータ（BECKMAN社製，PHI-32）で測定した。各培地3試料につき3回繰り返しを行った。

炭素，窒素含有率及びC/N比の測定：同様にして滅菌した試料を65℃の乾燥器で安定重量になるまで乾燥した後、ミキサーで粉碎し、0.5mmメッシュのふるいを使い0.5mm以下の粒度の分析用試料を得た。得られた試料をC/Nコーダ（YANAKO社製，MT-700）で分析し、炭素，窒素含有率及びC/N比を測定した。各試料につき3回測定を行い平均値を得た。

3) 各種培地での二核菌糸体成長比較

供試菌株：二核菌糸体成長の良好なFPF-13をPDA平板培地で温度20℃、暗所静置で8日間培養した菌糸体を供試した。

試験方法：2)に示した培地を直径25mmの試験管に25gずつ、長さ120mmになるように詰め、121℃、30分間の高圧滅菌を行った。滅菌後一昼夜放冷し、床面（培地の上面）中央に、上記のように前培養したFPF-13菌糸体コロニー先端の5mmディスクをコルクボーラで打ち抜き接種した。接種後、温度24℃、相対湿度70%のインキュベータ内で暗所静置培養を行った。菌糸体生長量は、床面から下方に伸長する試験管周囲4方向の菌糸体先端部について、デジタルノギスで床面からの距離を測定した。38日間の培養を行い1日当たりの平均伸長量を求めた。各区試験管5本を供試した。

4) スギ鋸屑を基材とした培地の水分バランス

試験方法：スギ培地の物理的効果を検討するために、2)に示した，Sr，Scr，Sccrの3種類の培地を800ml瓶に500gずつ詰め、高圧滅菌（121℃，60分）後24時間放冷して、床面，培地中央部と底部の3カ所から培地を取り出し、生重を測定後、65℃で一定重になるまで乾燥し、乾重を測定して湿量基準の含水率を求め、部位別に比較した。各培地5瓶を供試した。

表-1. 培地材料の乾重比 (%)

培地材料	Sr	Scr	Sccr	Fr
スギ鋸屑	23.7	18.8	12.5	
綿実殻			6.6	
コーンコブ		6.8	6.7	
米ぬか	10.3	7.4	7.2	9.4
ブナおがこ				25.4
水道水	67.0	67.0	67.0	65.2

5) スギ鋸屑培地熱水抽出物添加培地でのヌメリスギタケ二核菌糸体培養

供試菌株：野生菌株のうち子実体発生量の多い FPF-998 を PDA 平板培地上で温度 20℃、10 日間暗所静置培養した二核菌糸体を供試した。

試験方法：スギ培地の成分的な菌糸伸長速度への影響を検討するためにオートクレープ後の培地 25ml に蒸留水を加えて 50ml にメスアップし、攪拌して 24 時間静置した。この溶出液を No. 2 ろ紙でろ過したろ液を PDA 培地の一部と置き換える培地調製を行った。置換量は 5% (PDA95ml + 溶出液 5 ml)、10%、20%、100% (原液 + 1.6% 寒天) とし、対照区として蒸留水 10% 添加区と無添加区を設定した。これらをオートクレープ (121℃、20 分) 後、直径 90mm のシャーレに 12ml ずつ分注した。上記のように前培養した菌叢のコロニー先端部を打ち抜いた 5 mm ディスクを接種後、温度 20℃のインキュベータ内で暗所静置培養を行い、コロニーの直交する 2 方向の直径をノギスで測定した。各区シャーレ 5 枚を供試した。

6) スギ鋸屑を基材とした培地によるヌメリスギタケ栽培試験

供試菌株：二核菌糸体成長が良好な FPF-13 をブナおがこ+米糠 (混合比 4 : 1 V/V 含水率約 65%) 培地 (850ml ブナシメジ瓶) で 35 日間培養したものを種菌として供試した。

試験方法：スギ鋸屑主体の培地 Sr, Scr, Sccr の 3 種類と、対照区としてブナおがこ培地 : Fr を調製し、800ml ナメコ瓶 (瓶口径 71mm ST キャップ) に 500g ずつ詰めた (表-1)。調製した培地は、121℃、60 分間の高圧滅菌を行い、20℃の放冷室で約 15 時間放冷後、上記種菌を約 15g ずつ自動接種機 (協全社製, GS2) で接種した。以後の栽培方法については、おおまかな予備実験の結果とブナシメジ栽培施設での実用化を考慮して設計した。培養温度は、高温によるコンタミの危険性とヌメリスギタケの菌糸体成長良好な範囲を考慮して Arita ら (1980) の報告より低い 22.5℃とし、培養期間は 70 日とした (培養室 : 1800 × 2700 × 3600mm WHD)。子実体発生処理としては、菌掻き (平掻き) をし、栽培期間が長いので注水处理 (40ml, 3 時間後排水) を行った。発生室 (1800 × 2700 × 3600mm WHD) の温度・湿度は予備実験から、子実体の柄が硬くなり過ぎないことと、芽数を多くするため温度 14℃相対湿度 95% 以上 (95% + 加湿器 10L / 5m²・日) とした。菌掻き後の初期の床面乾燥を防ぐため、新しい菌糸が伸びてくるまでの 4 日間キャップを付けたままにし、4 日後からは孔あきシート (縦横 4 cm 間隔で直径約 3 mm の孔) で覆った。光照射は床面照度約 700Lux (培地床面の上方約 25cm に瓶 48 本につき 40 W 白色蛍光灯 1 本の棚) とした。幼子実体が瓶口まで伸びたところで孔あきシートを除いた。発生した子実体は傘が 5 分開になった時点で採取し、直ちに瓶毎の生重と傘径 10mm 以上の柄数を測定した。

7) 栽培瓶別栽培試験

供試菌株：二核菌糸体成長が良好で子実体発生量も多い FPF-13 を、ブナおがこ+米糠 (混合比 4 : 1 V/V 含水率約 65%) 培地 (850ml ブナシメジ瓶) で 40 日間培養したものを種菌として供試した。

試験方法：栽培試験用培地として Sccr 培地を用いた、これを 800ml 広口ナメコ瓶に 440g, 460g, 480g, 500g, 850ml ブナシメジ瓶 (瓶口内径 59mm, ウレタンフィルター付き通気孔 6 孔キャップ) に 500g, 525g, 550g, 575g 詰めた。また、対照区として Fr 培地を 800ml 広口ナメコ瓶に 500g, 850ml ブナシメジ瓶に 550g 詰めた。培地の殺菌、放冷、接種および栽培方法は、6) と同様とした。発生した子実体は、6) と同様に採取し、瓶毎の子実体の収量を測定した。

3. 結果と考察

1) ヌメリスギタケの最適培養温度と培地 pH

ヌメリスギタケの培養温度特性について図-1 に示す。いずれの野生菌株も 5 ~ 30℃で成長を示し、20 ~ 30℃では良好な成長がみられた。ただ、菌株間により成長速度は違いが見られた。5℃では各系統とも 1mm / 日程度の緩

やかな成長がみられ、35℃では Mema 及び FPF-13 は成長できなかったが、14 日間で枯死する系統はなく、Oninome-B、FPF-2、Inumodo の 3 系統は 28 日でも枯死に至らず、わずかながら成長した。全ての系統で成長がみられなかった 40℃については、5 菌株は 5 日間で枯死したが Oninome-B は 10 日でも枯死せず、14 日間で枯死した。

次に、成長至適温度領域が広い FPF-13 と高温耐性のある Oninome-B について 1℃間隔での培養結果を図-2 に示す。最適温度は両者でやや異なり、FPF-13 は 26℃、Oninome-B は 27℃で、全体的に後者の成長速度が優っていたが、30℃の高温では FPF-13 が優った。きのこでは同種でも菌株間で至適温度や高温耐性に差があることは良く知られているが（温水，安藤，1959；Nakazawa, Mori, 1988；金子，1995），ヌメリスギタケも同様であった。またこれらの結果は Arita ら(1980)，増野(1991)の報告とほぼ一致し

表-2. 培養後の培地 pH

初発pH	菌株系統	
	FPF-13	Oninome-B
3.57	3.69	3.48
4.06	3.99	4.10
5.74	4.83	4.76
5.93	4.64	5.00
6.37	4.64	4.68
6.90	4.75	4.69
7.98	4.68	4.61
9.24	5.54	5.46

ており、また、ヌメリスギタケの近縁種であるヌメリスギタケモドキ（高島，1990）とも同様の傾向であった。ヌメリスギタケの高温耐性について 40℃・24 時間の処理では死滅しないことが確認されているが（増野，1991），今回の試験結果から、多くの系統が 5 日間で枯死し、高温耐性が強い系統でも 14 日間以内に枯死したことから、長時間の高温暴露は危険だと考えられた。

初発培地 pH の二核菌糸体成長への影響の結果を図-3 に示す。3.6 ～ 9.2 の広い範囲で成長がみられ、最適 pH は 6.0 ～ 7.0 とみられたが、およそ 4.0 ～ 8.0 で良好な成長であった。現在バナシメジやエノ

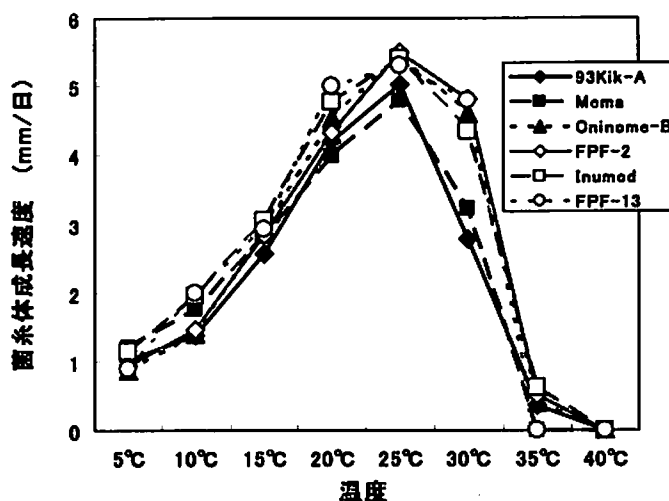


図-1. 培養温度別ヌメリスギタケ菌糸体成長速度-1

ヌメリスギタケ野生株 6 系統を供試

40℃では、5 日間で 5 系統枯死。Oninome-B のみ 10 ～ 14 日で枯死
温度範囲：± 0.2℃

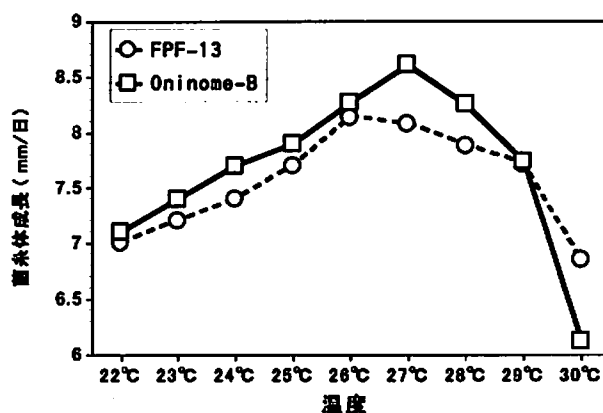


図-2. 培養温度別ヌメリスギタケ菌糸体成長速度-2

ヌメリスギタケ 2 系統を供試

温度範囲：± 0.2 ～ 0.5℃

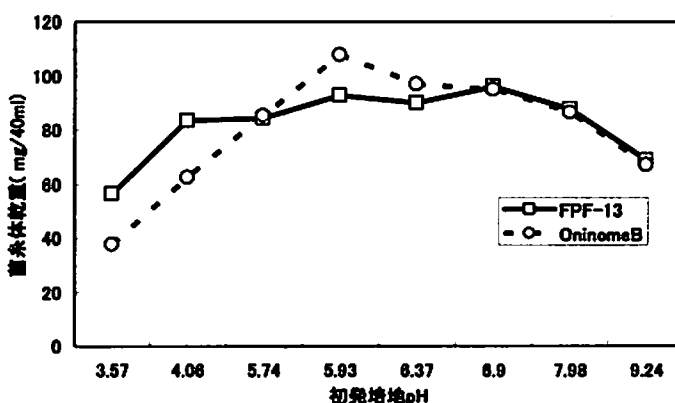


図-3. ヌメリスギタケ菌糸体成長における培地 pH

ヌメリスギタケ 2 系統を供試

キタケ栽培で通常使用されているおがこ培地の pH は 5.0 ～ 6.5 の範囲にあり、この点では他の食用きのこ大きな違いはなく（金子，1995；Chang, Miles, 1989；寺下ら，1995；東，北本，1994；Okamura ら，1997），ヌメリスギタケに特別な pH 調整は必要ないと考えられた。

20 日間培養後の培地 pH 値は，両菌株ともおよそ 3.5 ～ 5.5 となり（表－2），初発 pH が高い試験区ほど大きく減少した。初発 pH が低い場合には培養中に pH が高くなり，高い場合下がってくるという減少はブナシメジでもみられており（金子，1995），菌体外に出される代謝物（Chang, Miles, 1989）によって pH が収束すると考えられた。

2) 各種培地の C, N 含有量と pH

表－3. 各樹種鋸屑と添加材料の C, N 含有率及び C/N 比

C, N 含有率及び C/N 比について，米糠を混合しない代表的な一部の樹種おがこに添加した材料の分析結果を表－3 に，各混合培地の C, N 含有率，C/N 比及び pH を表－4 に示す。米糠を混合しないスギ，ヒノキは，N の含有率が低い，米糠を混合した各培地の C, N については顕著な差がみられなかった。C/N 比は 38 ～ 54 であり，このことは原田ら（1979）の報告にあるように N 含有率の高い米糠の添加が大きく影響し，米糠添加により N の含

樹種と添加材料	C(%)	N(%)	C/N
スギ	45.51	0.25	185.02
ヒノキ	44.43	0.25	176.14
クヌギ	45.21	0.70	64.34
ユリノキ	45.34	0.68	66.91
ブナ	45.43	0.30	151.98
米糠	45.29	2.43	18.66
コーンコブ	43.02	0.72	59.68
綿実殻	44.96	1.31	34.26

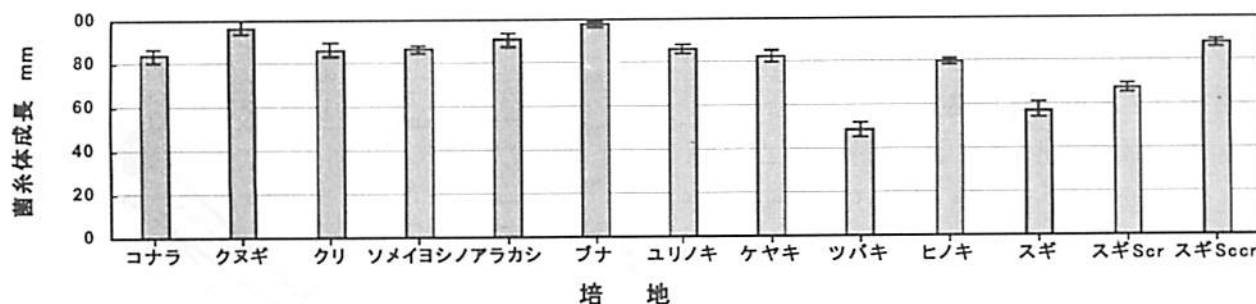
有率が均一化されたためと考えられる。一般的にきのこ栽培培地の C/N 比については，20 ～ 40 が最適とされており（北本，1979；北本，葛西，1968），米糠をオカラで置換することにより，置換前の C/N 比 55 を 30 ～ 40 に低下させることで子実体増収に効果があったことが報告されている（高畠，1998）。一方，シイタケ栽培においては，C/N 比 55 ～ 59 でも子実体収量に影響はないという報告もある（中谷ら，2001）。

今回の各培地の C/N 比については，Sr と比較してスギの一部をコーンコブで置換した Sscr が低下し，さらに綿実殻で置換することにより低下して Sscr のみ 40 以下であった。特に綿実殻の添加が C/N 比の低下に効果的であると考えられた。

pH については，各培地に顕著な差はみられないが，クリ，クヌギ，ケヤキ，コナラ，ツバキでやや低く，スギに綿実殻，コーンコブを加えたもので比較的高い値であった。コーンコブの添加が pH 上昇に影響していると考えられた。ヌメリスギタケの菌糸体成長のための至適 pH は 6.0 付近にあることから，Scr，Sscr の培地 pH は適性であると考えられた。

表－4. 菌糸体成長試験に用いた培地の C/N 比と pH

鋸屑樹種	添加材料	C%	N%	C/N	pH
ヒノキ	米糠	49.28	1.12	43.91	5.74
ツバキ	米糠	48.89	1.05	46.69	5.52
ケヤキ	米糠	47.56	0.99	48.11	5.51
ソメイヨシノ	米糠	48.10	1.20	40.07	5.64
ブナ:Fr	米糠	47.72	0.88	54.54	5.56
コナラ	米糠	47.26	1.06	44.39	5.52
クヌギ	米糠	47.97	1.11	43.20	5.32
アラカシ	米糠	47.47	0.93	51.07	5.58
クリ	米糠	47.42	1.09	43.65	5.17
ユリノキ	米糠	46.78	1.04	44.91	5.78
スギ:Scr	米糠	47.90	1.02	47.00	5.74
スギ:Sscr	コーンコブ＋米糠	47.41	1.05	44.99	5.85
スギ:Sccr	コーンコブ＋綿実殻＋米糠	47.74	1.24	38.56	5.84



図－４． 各樹種鋸屑培地（米糠添加）におけるヌメリスギタケ菌糸体成長（種菌：FPF-13）

鋸屑 80 %、米ぬか 20 % (V/V) を基本

Scr：スギ鋸屑 60 %、コーンコブ 20 %、米ぬか 20 % (V/V)

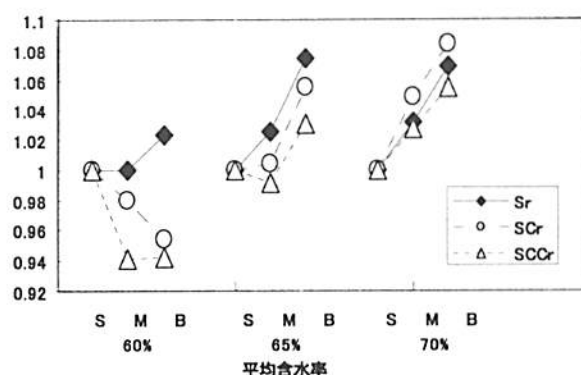
Scrr：スギ鋸屑 40 %、綿実殻 20 %、コーンコブ 20 %、米ぬか 20 % (V/V)

3) 培地樹種の違いが二核菌糸体成長に及ぼす影響

試験管に詰めたおがこ・米糠培地での菌糸体成長試験では、樹種間で差がみられた（図－４）。クヌギ、ブナの培地で 2.5mm/日以上 の良好な成長がみられ、ツバキでは 1.3mm/日と大きく劣り、スギではやや劣った。スギでは、接種後培地上部 3 分の 2 程度までは菌叢の色から判断して菌密度は薄いものの菌糸伸長は良好であったが、試験管の底部付近で伸長が遅くなった。底部の培地の色が濃いことから判断して水分が降下しているものと考えられ、気体状酸素不足（吉田，1992）から底部での菌糸伸長が遅れたものと考えられた。90mm シャーレに詰めた同様の組成培地間の比較で 7 日間のヌメリスギタケ菌糸体成長がヒノキ＞スギ＞ブナという報告があるが（増野，1991），水分下降などが考えられる 120mm の高さのある本試験では違った結果となった。一方，この培地にコーンコブミールおよび綿実殻を加えることによって水分下降，培地空隙の均一化の改善により菌糸伸長が速くなった。菌密度について近藤ら（1997）は，シイタケについてスギ培地では，コナラ培地と比較して菌密度が非常に低かったことを報告しているが，ヌメリスギタケについても菌叢の外観から同様の傾向が見られた。

4) スギ鋸屑を基材とした培地の水分バランス

スギ培地への綿実殻の添加効果として，水分バランスの調整効果が考えられたため，種菌接種前の部位別含水率を比較した結果（図－５）では，60%含水率区では瓶の肩口を硬めに詰めるため，床面より底部が低含水率になっているが，通常設定される 65%含水率区において Scr 区は Sr 区に比べて床面と底面の差が小さく，さらに Scrr 区は上下の差が小さくコーンコブ，特に綿実殻の添加が上下の水分バランスを良くしていることが明らかになった。井手ら（1997）は，コナラ材と比較してスギ材の保水性が高く，コナラ培地に比べてスギ培地は，シイタケ菌糸



図－５． 栽培瓶中の位置別（床面・中位・底）含水率

S：床面，M：中位，B：底

の水分取り込みが弱くなるために含水率を高める必要があるとしている。本実験では，スギ鋸屑は粒子間で自由水が

移動しやすく、培地調製後、水分の下降が大きいと考えられた。

5) スギ鋸屑培地熱水抽出物添加培地でのヌメリシグタケ二核菌糸体培養

Sscr 培地の熱水抽出物添加 PDA 培地での二核菌糸体成長比較 (図-6) では、5%, 10%, 20% 添加では対照区よりやや成長がよく、これら3試験区内では添加濃度間に殆ど差がみられなかった。抽出物のみの培地では、初期成長が劣るものの、培地活着後は急速な成長を示した。このことから、本培地は栄養源として PDA 培地と同様であり、阻害効果は認められなかった。スギ鋸屑については、フェルギノールのシイタケ菌糸伸長阻害の報告がある (中島ら, 1980; 河内ら, 1991)。スギ培地抽出物について清水 (1994) は水抽出物添加培地でウスヒラタケの、砂川ら (1994) は温水抽出物添加培地で各種きのこの菌糸伸長について検討しており、きのこの種により影響が異なるが、後者はヌメリシグタケでは菌糸伸長が劣るとしている。しかし、本実験に使用した7ヶ月野外堆積のスギ鋸屑については、ヌメリシグタケ菌糸伸長阻害はないと考えられた。

6) スギ鋸屑を基材とした培地によるヌメリシグタケ栽培試験

スギ鋸屑に添加する材料を検討するための栽培試験では (図-7), スギ鋸屑に米糠とコーンコブの添加: Sscr, 米糠だけの添加: Sr では他の2種類の培地に比べ収量が劣った。綿実殻を混合しない Sscr では、前述のように水バランスの問題が、Sr ではさらに N 含有率, pH の影響による菌糸体成長の遅れが原因したものと考えられた。Sscr 培地は、比較的 N 含有率が高い綿実殻を混合することで C/N 比が低下し収量が高くなったと考えられ、ブナおがこと米糠混合培地: Fr に劣るものの、2 回発生までで瓶1本当たり 150g 以上が得られ実用化できるものと考えられた。これらの添加材料はスギ鋸屑に比較するとコストが高くなるが、ブナおがこが入手困難な現在、スギ鋸屑の有効利用を支えるものとして有用な培地材料であると考えられる。

培地窒素の量は子実体収量に影響し、シビレタケ属で 0.1%, タモギタケで 0.3~0.4% で収量が良いとされている (北本ら, 1980) が、本試験の各培地は約 10 倍の 1% 前後で良好であった。本試験の中では、スギ鋸屑培地については N 含有率が高い Sscr が収量が高かったが、N 含有率の低い Fr がさらに高収量であったことから、培地の窒素の量が子実体収量へおよぼす影響については傾向が得られなかった。

また、善如寺ら (1978) は、シイタケでは、菌糸体成長率の高い菌株は子実体収量が多い傾向が見られるものの、ヌ

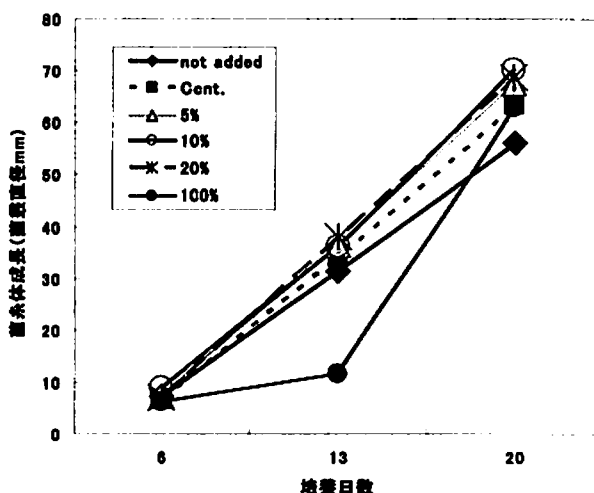


図-6. Sscr の熱水抽出物添加培地におけるヌメリシグタケ菌糸体成長 (種菌: PF-998)

PDA 培地に Sscr の高圧滅菌後のろ液を添加した培地で培養
*Cont: PDA 培地にイオン交換蒸留水を添加

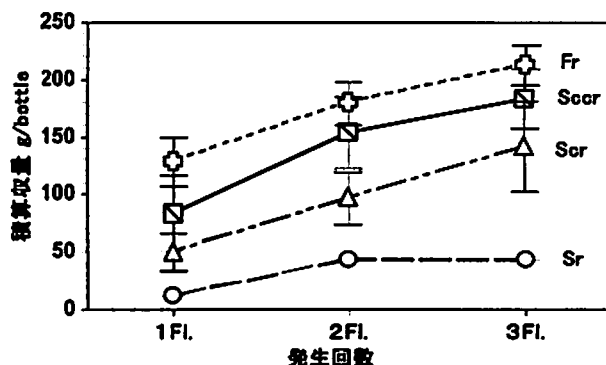


図-7. 各種培地別のヌメリシグタケ収量 (種菌 PF-13)

培地: 500g/800ml 瓶, 縦棒は標準誤差を示す

メリスギタケでは、二核菌糸体の成長と収量との相関関係は認められないとしている。予備試験で二核菌糸体の成長に大きな違いが認められない FPF-13 と Oninome-B において、Oninome-B で子実体収量が劣ったことから、本試験でも、ヌメリスギタケでは二核菌糸体の成長と子実体収量に相関関係がないと考えられた。しかし、収量の良好な FPF-13 のみを用いた本試験では、培地の違いにより二核菌糸体の成長に差が見られ、成長の早い培地では収量も優るという結果が得られた。菌糸体成長が早いことは培養期間の短縮から施設面積が少なくすむという意味でも有利である。

7) 栽培瓶別栽培試験

Sccr 培地による栽培瓶及び詰重別栽培試験結果(図-8)では、ナメコ瓶とブナシメジ瓶の両方とも Fr 培地より収量が劣るが、前者では 500g 詰め区が、後者では、550g 詰め区がいずれも 150g 程度の子実体収量があった。70~80g を 1 パックとしての実用化をめざす上で、この収量は両瓶ともヌメリスギタケ生産に利用できると判断できる。

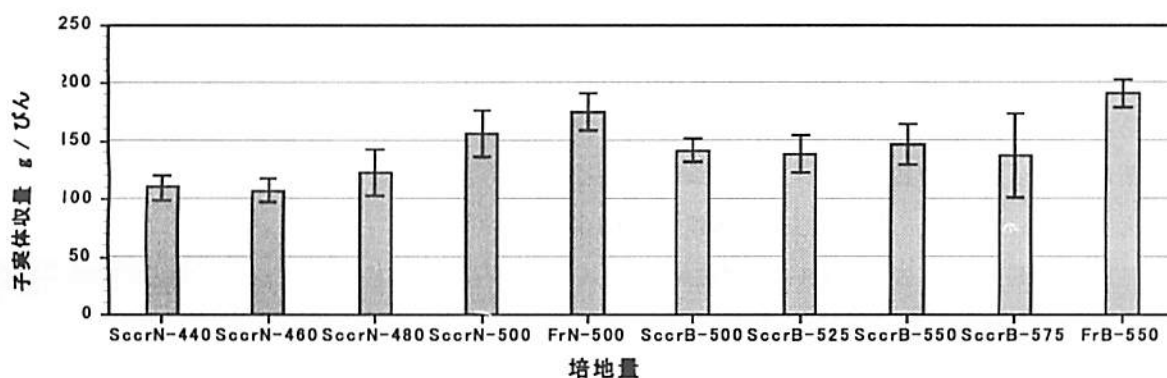


図-8. 培養瓶・培地重量別ヌメリスギタケ収量(種菌: FPF-13)

N: ナメコ瓶(800ml, 広口), B: ブナシメジ瓶(850ml, 中口径)

—以降の数値は、培地の重量(g)を示す

発生子実体の形質調査結果を図-9に示す。傘径、傘厚、柄径については両者に差はみられないが、柄はブナシメジ瓶が長くなった。このことについては、商品として出荷する場合、柄を2割カットする必要があるため柄の長い方が有利であると考えられる。

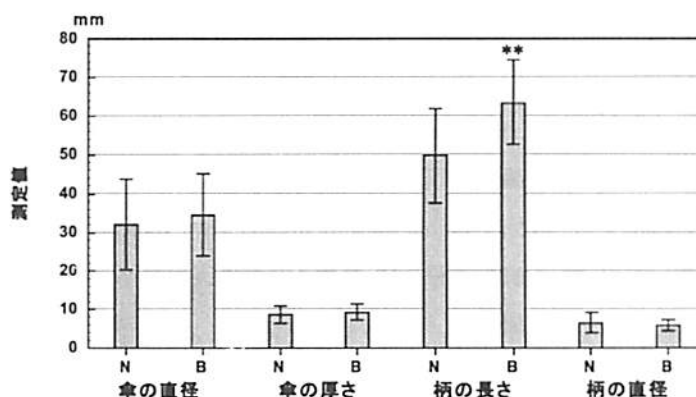


図-9. 培養瓶別のヌメリスギタケ子実体形質(種菌 FPF-13)

D.P.: 傘の直径, T.P.: 傘の厚さ, L.S.: 柄の長さ, D.S.: 柄の直径

N: 800ml ナメコ瓶詰め重 460g, B: 850ml ブナシメジ瓶詰め重 550g

4. おわりに

本研究では、ヌメリスギタケの栽培にスギ鋸屑を利用し、これにコーンコブ、綿実殻、米糠を添加する培地で優良菌株を使用

することにより生産実用化を可能にした。この結果は、本きのこ生産のための専用施設が必要となるわけではなく、現在のナメコ、ブナシメジの生産ラインを利用してできるものである。新規きのことして一般化するためには、現生産ラインを利用できることは重要な利点である。今後は、本きのこの生産単価低減のために、さらなる低コスト生産技術についての研究の展開が考えられる。

5. 引用文献

- Arita I. , Teratani A. and Shione Y. : Rept. Tottori Mycol. Inst. 18 , 107-113 , (1980)
- 原田 陽・宜壽次 盛生・伊藤 清・富樫 巖・中谷 誠：日本応用きのこ学会誌, 7(1), (1979)
- Hashioka Y. and Arita I. : Proc. Ann. Meet. Mycol. Soc. Japan, 22-23, (1977)
- 東 昇平・北本 豊：きのこの科学 1(1), (1994)
- 井手 太陽・目黒 貞利・河内 進策：日林九支研論 50, 163-164, (1997)
- JA 大城取引資料 (2002)
- 金子 周平：日林九支研論 42, 317-318, (1989)
- 金子 周平：きのこの科学 2(2), 51-56, (1995)
- 河内 進策・目黒 貞利・稲田聡 子：木材学会誌 37(10), 971-975, (1991)
- 北本 豊・葛西 善三郎：農化 42, 260-266, (1968)
- 北本 豊：菌草 24(9), 29-35, (1978)
- 北本 豊・大下 健三・細井 登・市川 吉夫：日菌報 21, 369-380, (1980)
- 近藤 邦亮・目黒 貞利・河内 進策：日林九支研論 50, 165-166, (1997)
- 増野 和彦：第 40 回日林中支論, 177-178, (1992)
- 増野 和彦：第 39 回日林中支論, 155-158, (1991)
- 中島 健・善本 知孝・福住 俊郎：木材学会誌 26(10), 698-702, (1980)
- 中谷 誠：農耕と園芸 48(6), 214-216, (1998)
- 中谷 誠・米山 彰造・加藤 幸浩・山村 忠明・原田 陽：日本応用きのこ学会誌, 9(4), 175-180, (2001)
- Nakazawa T. and Mori K. : Trans. Mycol. Soc. Japan 29, 55-62, (1988)
- Okamura T., Tani A., Shogawa E., Kazita T., Yoshimi S. and Ohsugi M. : 日本応用きのこ学会誌 5(2), 95-98, (1997)
- 温水 竹則・安藤 正武。堂園 安生：林試研報 116, 27-57, (1959)
- 清水 正俊：日林九支研論 47, 277-278, (1994)
- S-T. Chang and P G. Miles : Edible Mushrooms and Their Cultivation, 115-131, (1989)
- 砂川 政英・谷口 實・角田 光利・林 良興：日林九支研論 47, 275-276, (1994)
- 高島 幸司：富山県林技研報 3, 10-16, (1990)
- 高島 幸司：日本応用きのこ学会誌 6(4), 167-170, (1998)
- 寺下 隆夫・廬 成金・吉川 賢太郎・獅山 慈孝：きのこの科学 2(1), 15-20, (1995)
- 吉田 敏臣：きのこ学 (古川久彦編), 196-199, 共立出版, 東京, (1992)
- 善如寺 厚・中沢 武・藍沢 雅邦：日本菌学会第 22 回大会講要集, 58, (1978)

林相の違いとそこで捕獲されたカミキリムシ相との関係調査

大長光 純

Research on the relationship between forest types and species compositions of longicorn beetles

Jun ONAGAMITSU

大長光 純：林相の違いとそこで捕獲されたカミキリムシ相との関係調査 福岡県森林研報 7：31 ～ 40, 2006

林相の違いとそこに生息する昆虫類の関係を調査するため、2001 年から 2004 年にかけて福岡県南部の 3 か所 9 林分で、カミキリムシ類を対象に捕獲調査を行った。捕獲方法は、マレーズトラップ（非誘引型トラップ）とベンジルアセテート誘引剤とした吊り下げトラップ（誘引型トラップ）の 2 種類のトラップを用いた。マレーズトラップでは、種類毎の捕獲数は多くなかったが、吊り下げトラップには特定の種が多量に捕獲されるなどトラップのタイプの違いにより捕獲状況は大きく異なった。一つの林分が小面積であると周りからの飛び込みのため、カミキリムシにより林相の特徴を評価するのは困難であった。

近接した林地では、スギ・ヒノキ林よりも広葉樹林のほうがカミキリムシ相は豊富であり、林相とカミキリムシ相の関連を推定することが可能であることが示唆された。ただし、標高が高くなるとカミキリムシの種類は増加したため、低地の広葉樹林よりも高標高のスギ林の方がカミキリムシ相が豊富となった。このことから、近接した森林の相対的な特徴の評価はできても、標高や距離が離れた場所ではカミキリムシ相からだけではそれぞれの林相の特徴を評価することは難しいと思われた。調査に必要な捕獲時期は夏季と春季が重要であり、8 月以降の秋季はあまり重要でなかった。

キーワード：カミキリムシ、マレーズトラップ、吊り下げトラップ、ベンジルアセテート、林相

なお、本研究は林野庁情報活動システム化事業「昆虫を指標とした里山広葉樹林の評価手法及び管理手法に関する調査」（平成 13 ～ 15 年度）に参加して実施したものである（当センターは平成 14・15 年度の 2 ヶ年のみの参加）。また、事業全体の成果の一部は江崎らにより既に報告がある。

この調査にあたって、当福岡県森林林業技術センター所属の猪上信義、野田亮、馬場伸二、堤昭広、井上忠司が協力した。

1. はじめに

森林では同じような地形や気候条件下でも、成立している主林木の違いによって、針葉樹林と広葉樹林、人工林と天然林、管理の行き届いた森林と管理が不適切で荒廃した森林など、林相が大きく異なることも多い。これら異なる林相間では植生も違うため、そこに生息する動物相も当然違ってくることが予測される。

また近年、生物多様性を重視する面から、多様性の保持を伴った森林管理が求められるようになってきている。しかしながら森林の林況の変異とそこに生息する動物との関係については十分な調査が行われているとは言い難い。

そこで各種林相に生息する昆虫類を調べることにより、林況と昆虫類の関係、あるいは最適な調査手法について明らかにし、森林の適切な施業管理法の一助とすることが必要と考えられた。そのため、森林の害虫管理と森林の持つ生物多様性の持続についての調査として、林野庁情報活動システム化事業「昆虫を指標とした里山広葉樹林の評価手法及び管理手法に関する調査」に参加し、そこで行った調査結果、及びこの課題調査の前後に行った事前・事後調査の内容も併せて報告する。

なお調査地の設定では、高良大社および八女森林組合矢部支所のご協力をいただいた。関係者に厚く感謝する。

2. 調査地と調査方法

調査地は福岡県南部の八女郡黒木町、久留米市、八女郡矢部村とした（図－1）。

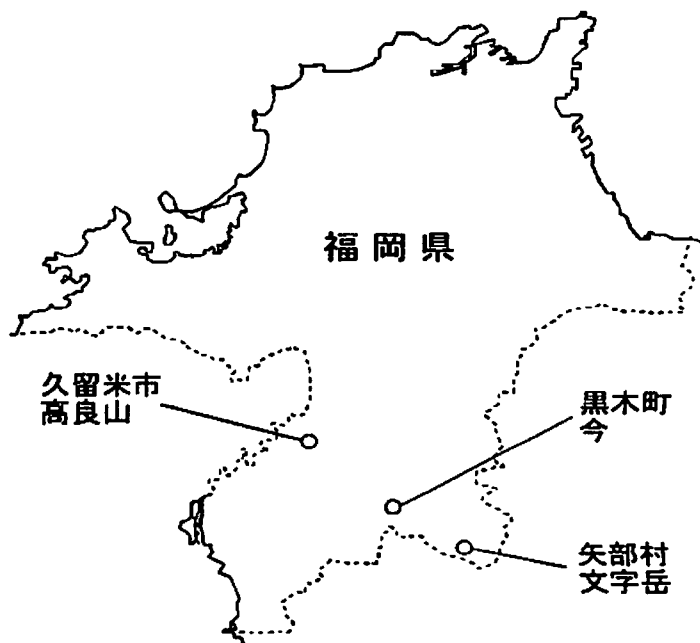
黒木町の調査地は当福岡県森林林業技術センターの黒木今試験林で、3.6haの中に数十アールの小面積でいろいろな樹木が見本園的に植栽されている。この試験林の周辺はヒノキ林、茶園、みかん園等に囲まれている。

久留米市の調査地は久留米市高良大社社有林で、数十アールから数ヘクタールの面積の竹林、スギ・ヒノキ林、天然林がパッチ状に入り組んでいる。この社有林の西側は、久留米市街地、東側は、耳納山地のスギ・ヒノキ林へと続いている。

矢部村の調査地は、熊本県境の文字岳周辺であ

る。スギ林調査地は、文字岳北側の当森林センター所有のニッチ試験林とした。この付近はほとんどがスギ林と一部ヒノキ林が混在した人工林地帯である。また、矢部村の広葉樹林調査地は、文字岳南側のスギ・ヒノキ人工林に囲まれた中に島状に6.9haの面積で残存する天然林で、スギ林調査地から約1,200 m離れている。

昆虫類の捕獲方法として、誘引型の吊り下げトラップ（サンケイ化学社製、白色型、誘引剤ベンジルアセテート、捕虫部分に洗剤を加えた食塩水）と非誘引型のマレーズトラップ（2001年使用：衝突部分面積1.00 m²、捕虫部にDDVP剤使用。2002～2004使用：衝突部面積1.87 m²、捕虫部にエタノール80%＋グリセリン少量。）を使用した（写真－1, 2）。



図－1. 調査位置図



写真-1. マレーズトラップ



写真-2. 吊り下げトラップ

捕獲虫の回収は1月間に2回程度行った。ここで使用した吊り下げトラップは、主に訪花性の昆虫類を対象として集める目的で開発されたものである。また、マレーズトラップは、地上付近を飛翔移動する昆虫類を捕獲するためのものである。各調査地の林相と使用したトラップの詳細を表-1に示す。

表-1. 調査地と使用トラップ

調査年	調査地	標高m	樹種	林齢	トラップ(注)	トラップ個数	備考
2001	黒木町大字今	A 165	コジイ天然林	54年生	マレーズトラップA	1	
		B 160	コナラ二次林	25年生	"	1	
		C 155	カシ類植栽林	40年生	"	1	
2002	黒木町大字今	A 165	コジイ天然林	55年生	吊り下げトラップ	1	前年と同一場所
		B 160	コナラ二次林	26年生	"	1	"
		C 155	カシ類植栽林	41年生	"	1	"
		D 135	スギ人工林	38年生	"	1	
	久留米市高良山	E 80	モウソウ竹林	49年生	マレーズトラップB	2	
		F 100	常緑広葉樹林	54年生	"	2	
		G 90	スギヒノキ人工林	40年生	"	2	
2003	黒木町大字今	A 165	コジイ天然林	56年生	吊り下げトラップ	1	前年と同一場所
		B 160	コナラ二次林	27年生	"	1	"
		C 155	カシ類植栽林	42年生	"	1	"
		D 135	スギ人工林	39年生	"	1	"
	久留米市高良山	E 80	モウソウ竹林	50年生	マレーズトラップB	2	前年と同一場所
		F 100	常緑広葉樹林	55年生	"	2	"
		G 90	スギヒノキ人工林	41年生	"	2	"
2004	矢部村文字岳	H 520	スギ人工林	36年生	マレーズトラップB	2	
		I 700	落葉広葉樹林	82年生	"	2	

(注) マレーズトラップA: 衝突面積1.00㎡、捕虫部分にはDDVPプレート使用。
マレーズトラップB: 衝突面積1.87㎡、捕虫部分にはエチルアルコールにグリセリン添加使用。
吊り下げトラップ: 白色型、誘引剤はベンジルアセテート固形、捕虫部分は塩水に洗剤添加。

これらのトラップで捕獲された昆虫類は多岐に渡り、全ての分類・同定は困難であった。そこで、同定の容易さと生態がある程度わかっていると言う2点の理由から、カミキリムシ類（ホソカミキリムシ科及びカミキリムシ科）のみについて種類と頭数を調べ、以下の解析に使用した。カミキリムシ類の種名は、大林ら(1992)の「日本産カミキリムシ検索図説」に従った。

3. 結果と考察

捕獲結果をまとめたものを表-2に示す。捕獲したカミキリムシ類の総捕獲種類数は52種、総捕獲頭数は1504頭となった。詳しくは、別表-1～6に示す。以下調査場所毎に述べる。

表-2. 捕獲結果まとめ

調査年	調査地(注)	トラップ	捕獲期間 (月/日)	捕獲カミキリ 種数	捕獲カミキリ 頭数
2001	黒木町大字今	A マレーズトラップ	5/11-9/28	9	16
		B "	"	4	4
		C "	"	4	10
		計		10	30
2002	黒木町大字今	A 吊り下げトラップ	5/24-10/3	7	74
		B "	"	6	109
		C "	"	5	56
		D "	"	6	80
		計		11	319
	久留米市高良山	E マレーズトラップ	5/31-10/17	12	32
		F "	"	13	34
		G "	"	9	25
		計		21	91
	黒木町大字今	A 吊り下げトラップ	3/24-9/17	5	188
		B "	"	6	224
		C "	"	4	97
		D "	"	6	127
		計		10	636
2003	久留米市高良山	E マレーズトラップ	3/25-9/17	17	106
		F "	"	18	54
		G "	"	16	50
		計		29	210
	矢部村文字岳	H マレーズトラップ	4/19-9/6	21	88
		I "	5/19-9/6	26	130
		計		31	218
		合計		52	1504

(注) 調査地のA～Iはそれぞれ表-1の場所に対応。

1) 黒木町の結果

(表-3～5, 別表-1～3)

黒木町の調査林では2001年マレーズトラップでシイ林, コナラ林, カシ林の3林分について、2002年と2003年には吊り下げトラップでシイ林, コナラ林, カシ林とスギ林の4林分について調査した。

捕獲したカミキリムシ類の種類数は、2001年から2003年までそれぞれ10種、11種、10種とほとんど一定であった。しかし、捕獲総頭数は

表-3. 2001年黒木町マレーズトラップ捕獲結果

(林相別集計、各林トラップ1器ずつ)

種名	シイ林	コナラ林	カシ林	計
ノコギリカミキリ	1			1
コバネカミキリ	4	1	4	9
アカハナカミキリ	1			1
ヨツスジハナカミキリ	3		4	7
ベニカミキリ	1			1
クリサビカミキリ		1		1
セミスジコビヒゲカミキリ	1		1	2
ガロアケシカミキリ	2	1		3
シラホシカミキリ	2	1	1	4
ヨツキボシカミキリ	1			1
種類数	9	4	4	10
個体数計	16	4	10	30

2001 年のマレーズトラップによる 30 頭に對して 2002 年と 2003 年の吊り下げトラップではトラップが 1 器多かったこともあるが、それぞれ 319 頭、636 頭と大きく異なっていた。吊り下げトラップによる捕獲が多かったのは、ヨツスジハナカミキリ、テツイロヒメカミキリ、トゲヒゲトラカミキリの 3 種であった。この 3 種の捕獲頭数の割合は、総捕獲頭数のうち 2002 年で 96 %, 2003 年で 98 % を占めた。これら 3 種は、いずれも成虫時に訪花性の種類であり、誘引剤に強く誘引されたと考えられた。

また、黒木町調査地では各林相ごとのトラップの間隔は、約 40 ~ 50m であった。しかし、林相による捕獲カミキリムシ類の差ははっきりしなかった。この理由として、この調査地では 20 ~ 30m で別の樹種に変わるような小面積の林相が近接しているために周囲の林からの飛び込みが生じていることが考えられた。捕

獲種類についてさらに見ると、3 年間の捕獲総種類数 19 種のうち 3 か年とも捕獲された種類数はアカハナカミキリとヨツスジハナカミキリの 2 種のみであり、いずれか 1 か年のみ捕獲された種類は 9 種にのぼった。このため短期間の調査では、その林分に生息すると考えられる全てのカミキリムシ類の種類数の把握は困難であると考えられた。

2) 久留米市の結果

(表-6 ~ 7, 別表-4 ~ 5)

久留米市高良山ではマレーズトラップを用いて 2002 年と 2003 年の 2 ヶ年調査を行った。トラップの設置場所は両年とも同じ場所を使用した。捕獲されたカミキリムシ類の種類数、総頭数はそれぞれ、2002 年が 21 種、91 頭 (別表-4), 2003 年が 29 種、210 頭 (別表-5) であった。いずれの年もスギ・ヒノキ林が種類数、捕獲頭数とも最も少なかった。

広葉樹林と竹林を比較すると、種類数は両者にあまり差はなかったが、頭数では 2003 年に竹林が広葉樹林の約 2 倍であった。この理由として、ス

表-4. 2002 年黒木町つり下げトラップ捕獲結果
(林相別集計、各林トラップ 1 器ずつ)

種 名	シイ林	コナラ林	カシ林	スギ林	計
コバネカミキリ	1		1	2	4
アカハナカミキリ		1	1		2
ヨツスジハナカミキリ	8	66	5	39	118
オオヨツスジハナカミキリ				1	1
キマダラミヤマカミキリ		1			1
アメイロカミキリ	1				1
テツイロヒメカミキリ	54	34	42	16	146
トゲヒゲトラカミキリ	8	6	7	21	42
ナガゴマフカミキリ	1				1
ガロアケシカミキリ	1	1			2
シラホシカミキリ				1	1
種類数	7	6	5	6	11
個体数	74	109	56	80	319

表-5. 2003 年黒木町つり下げトラップ捕獲結果
(林相別集計、各林トラップ 1 器ずつ)

種 名	シイ林	コナラ林	カシ林	スギ林	計
キバネニセハムシハナカミキリ	2	1			3
アカハナカミキリ				1	1
クロハナカミキリ		1			1
ヨツスジハナカミキリ	7	76	6	20	109
オオヨツスジハナカミキリ				1	1
テツイロヒメカミキリ	33	40	18	1	92
トゲヒゲトラカミキリ	145	105	72	103	425
ナガゴマフカミキリ	1				1
セミスジコブヒゲカミキリ			1		1
ラミーカミキリ		1		1	2
種類数	5	6	4	6	10
個体数	188	224	97	127	636

表-6. 2002 年久留米市マレーズトラップ捕獲結果
(林相別集計、各林トラップ 2 器ずつの計)

種 名	竹林	広葉樹林	スギ・ヒノキ林	合計
ホソカミキリ			1	1
ノコギリカミキリ	10	1	2	13
アカハナカミキリ		1	1	2
ヨツスジハナカミキリ	2	2		4
オオヨツスジハナカミキリ			3	3
アメイロカミキリ		3		3
テツイロヒメカミキリ	1	4	3	8
ヨツスジトラカミキリ		1		1
タケトラカミキリ	1			1
ナガゴマフカミキリ	3			3
アトジロサビカミキリ	2	5		7
ワモンサビカミキリ	2	3	4	9
ハイイロヤハズカミキリ	1			1
ビロウドカミキリ	4	2		6
ヤハズカミキリ	4	6	6	16
ホシベニカミキリ	1			1
セミスジコブヒゲカミキリ	1			1
ガロアケシカミキリ		4		4
アトモンマルケシカミキリ		1	4	5
クモガタケシカミキリ		1		1
ラミーカミキリ			1	1
種類数	12	13	9	21
個体数	32	34	25	91

表一 7. 久留米市マレーズトラップ捕獲結果
(林相別集計, 各林トラップ2器ずつの計)

種 名	竹林	広葉樹林	スギ・ヒノキ林	合計
ホソカミキリ	1			1
ノコギリカミキリ	6	4	2	12
アカハナカミキリ			1	1
ツマグロハナカミキリ	3	8	1	12
ヨツスジハナカミキリ	8	6	8	22
オオヨツスジハナカミキリ	1		1	2
アメイロカミキリ	2	3		5
テツイロヒメカミキリ		3	6	9
ベニカミキリ	34	2	5	41
ヒメスギカミキリ	2			2
クビアカトラカミキリ			1	1
ヨツスジトラカミキリ	2			2
タゲトラカミキリ	3			3
ヒメクロトラカミキリ		1		1
キイロトラカミキリ			1	1
トゲヒゲトラカミキリ		1	4	5
ナガゴマフカミキリ		3	1	4
アトジロサビカミキリ	5	6	1	12
クリサビカミキリ	1			1
ワモンサビカミキリ	4		4	8
ハイロヤハズカミキリ	19	2	4	25
ビロウドカミキリ	6	3	4	13
ニセビロウドカミキリ		2		2
ヤハズカミキリ	6	2	6	14
セミスジコブヒゲカミキリ		2		2
ヒトオビアラゲカミキリ		2		2
ガロアケシカミキリ		1		1
アトモンマルケシカミキリ		3		3
ラミーカミキリ	3			3
種類数	17	18	16	29
個体数	106	54	50	210

そこで 2003 年の結果を季節毎に区分したものを表一 8 に示す。夏季が種類数, 捕獲頭数とも最も多く, 夏季のみ捕獲された種類も 15 種と全捕獲種類の約半分を占めた。春季は種類数, 捕獲頭数は夏季に比べて少ないが, この期間のみ捕獲された種類は 4 種類で, 捕獲頭数は総頭数の約 36 %であった。竹林に多いベニカミキリも主に春季に出現するため, 調査年によって林相による捕獲状況が異なっている主な原因は, 調査時季の違いにあると推察された。つまり, この調査林において林相の特徴を把握するためには, 夏季と春季の両季にわたって調査することが重要だが, 秋季(8月7日以降)は種類数, 捕獲頭数ともわずかであることから, 秋季の調査は必ずしも必要ではないと言えよう。

3) 矢部村の結果 (表一 9, 別表一 6)

スギ人工林ではトラップ2器の合計で, 21 種 88 頭が捕獲された。広葉樹林では調査期間が一ヶ月短かったにもかかわらず 26 種 130 頭となり, スギ林に比べ種類, 捕獲頭数とも多かった(別表一 6)。ところで前項の低山地帯である久留米市高良山で行った 2003 年の結果で, 人工林(スギ・ヒノ

表一 8. 久留米高良山における季節別の
カミキリムシ捕獲結果(2003 年)

季節と調査 期間(月/日)	春季 3/25-5/29	夏季 5/29-8/7	秋季 8/7-9/17	計
種類数	11	24	4	29
1季節区分のみで 捕獲された種類数	4	15	0	-
捕獲頭数	75	129	6	210

ギ・ヒノキ林に依存するカミキリムシ類は少ないこと, 竹類を幼虫の餌木とするベニカミキリやハイイロヤハズカミキリが多数捕獲されたこと, この三林分では竹林が最も明るい林であったため, 明るい場所を好む訪花性のカミキリムシが多かったことなどがあげられる。ただし, 2002 年は竹林と広葉樹林との捕獲頭数に差はなかった。これは 2002 年と 2003 年との捕獲期間の差が影響している可能性が考えられた。つまり 2003 年は 3 月 24 日から捕獲調査を行ったが, 2002 年は 5 月 31 日以降の調査であった。

表一 9. 矢部村マレーズトラップ捕獲結果
(林相別集計, 各林トラップ2器ずつの計)

種 名	スギ林	広葉樹林	合計
ノコギリカミキリ	1		1
コバネカミキリ		3	3
チャイロヒメハナカミキリ		4	4
ツマグロハナカミキリ		2	2
ヨツスジハナカミキリ	18	30	48
オオヨツスジハナカミキリ	3	1	4
ヒゲジロハナカミキリ		1	1
クロソノホソハナカミキリ		1	1
ニンフハナカミキリ	4	28	32
ベーツヤサカミキリ	3	1	4
トビイロカミキリ	15	3	18
アメイロカミキリ	2	3	5
テツイロヒメカミキリ	11	3	14
ヒメスギカミキリ	1		1
ニイジマトラカミキリ	6	14	20
ウスイロトラカミキリ		3	3
トゲヒゲトラカミキリ	2	1	3
ナガゴマフカミキリ		1	1
キクスイモドキカミキリ	2		2
アトジロサビカミキリ	2	2	4
ハイロヤハズカミキリ	1	1	2
ヒメヒゲナガカミキリ	1		1
ビロウドカミキリ	5	4	9
ニセビロウドカミキリ	1	10	11
ヤハズカミキリ	6	3	9
チャボヒゲナガカミキリ		1	1
マルバネコブヒゲカミキリ	1	5	6
ドイカミキリ	1		1
キモンカミキリ		3	3
シラホシカミキリ	2	1	3
リンゴカミキリ		1	1
種類数	21	26	31
個体数	88	130	218

キ混交)が16種, 50頭, 広葉樹林(常緑樹のカシ・シイを主木とする)で18種, 54頭(いずれもマレーズトラップ2器の合計)であった。

この結果から, 同じスギ(ヒノキ)人工林どうしあるいは広葉樹林どうしで久留米市よりも矢部村が種類, 頭数とも多かった。また久留米市の広葉樹林よりも矢部村のスギ林の方がカミキリムシの種類, 頭数とも多い結果となった。矢部村と久留米市で主木がそれぞれ違うため単純に比較することにはできないが, それでも地域が異なるとカミキリムシ相の種類数・総頭数に大きな違いがあることを示している。また, 今回調査した矢部村の6.9haの孤島状の広葉樹林は, 周りのスギ・ヒノキ林とは違ったカミキリムシ相を維持しているものと思われ, 現在では本来の潜在植生の残存する貴重な森林であることが明らかとなった。

3. まとめ

2001年から2004年にかけて, 福岡県南部で3か所9林分でカミキリムシ類の捕獲調査を行った。使用したトラップは, マレーズトラップと誘引剤を用いた吊り下げトラップであった。捕獲総種類数は52種, 捕獲数は1504頭であった。吊り下げトラップでは特定の種が大量に捕獲された。ただしマレーズトラップと捕獲される種が一部異なり, トラップによって捕獲される種類に差があることが認められた。林相による捕獲状況の変化は, 林相が小面積ではあまり明らかではなく, 数十アールから数ヘクタール以上で林相特有の種類が認められるようになった。今回の調査地では平地よりも標高の高い方がカミキリムシ類の種数は多かった。

4. 引用文献

- 江崎功二郎ほか(2005a) 多様な里山林におけるカミキリムシ群集の違い(1) 森林防疫 54(10) 206-202
江崎功二郎ほか(2005b) 多様な里山林におけるカミキリムシ群集の違い(2) 森林防疫 54(11) 236-243
大林延夫・佐藤正孝・小島圭三(1992) 日本産カミキリムシ検索図説 PP696 東海大学出版会 東京

別表－１． 2001年黒木町マレーズトラップ捕獲結果（捕獲日毎，トラップ３器の集計，５月11日設置）

種名と学名		回収日(月/日)															計
		5/18	5/29	6/8	6/15	6/25	7/2	7/9	7/17	7/31	8/7	8/16	8/24	8/29	9/12	9/28	
ノコギリカミキリ	<i>Prionus insularis insularis</i> Motschulsky, 1857									1							1
コバネカミキリ	<i>Psephactus remiger remiger</i> Harold, 1879						1	2	1	4	1						9
アカハナカミキリ	<i>Corymbia succedanea</i> (Lewis, 1879)								1								1
ヨツスジハナカミキリ	<i>Leptura ochraceofasciata ochraceofasciata</i> (Motschulsky, 1861)				1	4	1		1								7
ベニカミキリ	<i>Purpuricenus (Sternoplistes) temminckii</i> (Guerin-Meneville, 1844)		1														1
クリサビカミキリ	<i>Pterolophia (Pterolophia) castaneivora</i> Ohbayashi et Hayashi, 1962							1									1
セミスジコブヒゲカミキリ	<i>Rhodopina lewisii lewisii</i> (Bates, 1873)			1					1								2
ガロアケシカミキリ	<i>Exocentrus galloisi</i> Matsushita, 1933			1				1						1			3
シラホシカミキリ	<i>Glenea (Glenea) relictata relictata</i> Pascoe, 1868		1			1		1		1							4
ヨツキボシカミキリ	<i>Epiglenea comes comes</i> Bates, 1884	1															1
種類数		1	2	2	1	2	2	4	4	3	1	0	0	1	0	0	10
個体数計		1	2	2	1	5	2	5	4	6	1	0	0	1	0	0	30

別表－２． 2002年黒木町つり下げトラップ捕獲結果（捕獲日毎，トラップ４器の集計，５月24日設置）

種名と学名		回収日(月/日)									計
		6/5	6/26	7/9	7/25	8/1	8/19	9/3	9/18	10/3	
コバネカミキリ	<i>Psephactus remiger remiger</i> Harold, 1879			3	1						4
アカハナカミキリ	<i>Corymbia succedanea</i> (Lewis, 1879)			1	1						2
ヨツスジハナカミキリ	<i>Leptura ochraceofasciata ochraceofasciata</i> (Motschulsky, 1861)	16	81	16	5						118
オオヨツスジハナカミキリ	<i>Macroleptura regalis</i> (Bates, 1884)				1						1
キマダラミヤマカミキリ	<i>Aeolesthes (Pseudaolesthes) chrysothrix chrysothrix</i> (Bates, 1873)		1								1
アメイロカミキリ	<i>Stenodryas clavigera clavigera</i> Bates, 1873	1									1
テツイロヒメカミキリ	<i>Ceresium sinicum</i> White, 1855	11	42	66	25	2					146
トゲヒゲトラカミキリ	<i>Demonax transilis</i> Bates, 1884	36	6								42
ナガゴマフカミキリ	<i>Mesosa (Aphelocnemia) longpennis</i> Bates, 1873			1							1
ガロアケシカミキリ	<i>Exocentrus galloisi</i> Matsushita, 1933		2								2
シラホシカミキリ	<i>Glenea (Glenea) relictata relictata</i> Pascoe, 1868			1							1
種類数		4	5	6	5	1	0	0	0	0	11
個体数計		64	132	88	33	2	0	0	0	0	319

別表-3. 2003年黒木町つり下げトラップ捕獲結果(捕獲日毎, トラップ4器の集計, 3月24日設置)

種名と学名	回収日(月/日)											計
	4/14	4/30	5/13	5/30	6/13	6/30	7/17	8/7	8/19	9/1	9/17	
キバネニセハムシハナカミキリ <i>Lemula decipiens</i> Bates, 1884		2	1									3
アカハナカミキリ <i>Corymbia succedanea</i> (Lewis, 1879)								1				1
クロハナカミキリ <i>Leptura aetiops</i> Poda, 1761					1							1
ヨツスジハナカミキリ <i>Leptura ochraceofasciata ochraceofasciata</i> (Motschulsky, 1861)				1	25	64	11	8				109
オオヨツスジハナカミキリ <i>Macroleptura regalis</i> (Bates, 1884)								1				1
テツイロヒメカミキリ <i>Ceresium sinicum</i> White, 1855		3	5	11	10	20	21	21	1			92
トゲヒゲトラカミキリ <i>Demonax transilis</i> Bates, 1884	20	260	56	73	9	7						425
ナガゴマフカミキリ <i>Mesosa (Aphelocnemia) longpennis</i> Bates, 1873								1				1
セミスジコブヒゲカミキリ <i>Rhodopina lewisii lewisii</i> (Bates, 1873)							1					1
ラミーカミキリ <i>Paraglenea fortunei</i> (Saunders, 1853)				1	1							2
種類数	1	3	3	4	5	3	3	5	1	0	0	10
個体数計	20	265	62	86	46	91	33	32	1	0	0	636

別表-4. 2002年久留米市マレーズトラップ捕獲結果(捕獲日毎, トラップ6器の集計, 5月31日設置)

種名と学名	回収日(月/日)										計
	6/7	6/21	7/8	7/23	8/2	8/15	9/2	9/12	9/30	10/17	
ホソカミキリ <i>Distenia gracilis gracilis</i> (Blessig, 1872)			1								1
ノコギリカミキリ <i>Prionus insularis insularis</i> Motschulsky, 1857		2	5	5	1						13
アカハナカミキリ <i>Corymbia succedanea</i> (Lewis, 1879)			1	1							2
ヨツスジハナカミキリ <i>Leptura ochraceofasciata ochraceofasciata</i> (Motschulsky, 1861)	1	1	1		1						4
オオヨツスジハナカミキリ <i>Macroleptura regalis</i> (Bates, 1884)				3							3
アメイロカミキリ <i>Stenodryas clavigera clavigera</i> Bates, 1873	3										3
テツイロヒメカミキリ <i>Ceresium sinicum</i> White, 1855	2	4	2								8
ヨツスジトラカミキリ <i>Chlorophorus quiquefasciatus</i> (Castelnau et Gory, 1841)					1						1
タケトラカミキリ <i>Chlorophorus annularis</i> (Fabricius, 1787)				1							1
ナガゴマフカミキリ <i>Mesosa (Aphelocnemia) longpennis</i> Bates, 1873						3					3
アトジロサビカミキリ <i>Pterolophia (Pterolophia) zonata</i> (Bates, 1873)		3	2	2							7
ワモンサビカミキリ <i>Pterolophia (Hylobrotus) annulata</i> (Chevrolat, 1845)	1	3	1			1			1	2	9
ハイイロヤハズカミキリ <i>Niphona (Niphona) furcata</i> (Bates, 1873)	1										1
ビロウドカミキリ <i>Acalolepta fraudatrix fraudatrix</i> (Bates, 1873)				3	3						6
ヤハズカミキリ <i>Uraecha bimaculata bimaculata</i> Thomson, 1864	1	4	2	5	3	1					16
ホシベニカミキリ <i>Eupromus ruber</i> (Dalman, 1817)						1					1
セミスジコブヒゲカミキリ <i>Rhodopina lewisii lewisii</i> (Bates, 1873)		1									1
ガロアケンカミキリ <i>Exocentrus galloisi</i> Matsushita, 1933			4								4
アトモンマルケンカミキリ <i>Exocentrus lineatus</i> Bates, 1873		1	2		2						5
クモガタケンカミキリ <i>Exocentrus fasciolatus</i> Bates, 1873				1							1
ラミーカミキリ <i>Paraglenea fortunei</i> (Saunders, 1853)		1									1
種類数	6	9	10	8	6	4	0	0	1	1	21
個体数計	9	20	21	21	11	6	0	0	1	2	91

別表－５． 2003年久留米市マレーズトラップ捕獲結果（捕獲日毎，トラップ６器の集計，３月25日設置）

種名と学名		回収日(月/日)										計	
		4/15	4/30	5/14	5/29	6/16	7/4	7/17	8/7	8/20	9/4		9/17
ホソカミキリ	<i>Distenia gracilis gracilis</i> (Blessig, 1872)					1							1
ノコギリカミキリ	<i>Prionus insularis insularis</i> Motschulsky, 1857					4	6	2					12
アカハナカミキリ	<i>Corymbia succedanea</i> (Lewis, 1879)						1						1
ツマグロハナカミキリ	<i>Leptura modicenotata</i> Pic, 1901			2	2	8	0						12
ヨツスジハナカミキリ	<i>Leptura ochraceofasciata ochraceofasciata</i> (Motschulsky, 1861)					17	3	2					22
オオヨツスジハナカミキリ	<i>Macroleptura regalis</i> (Bates, 1884)						1	1					2
アメイロカミキリ	<i>Stenodryas clavigera clavigera</i> Bates, 1873				1	2	2						5
テツイロヒメカミキリ	<i>Ceresium sinicum</i> White, 1855			2	2	5							9
ベニカミキリ	<i>Purpuricenus (Sternoplistes) temminckii</i> (Guerin-Meneville, 1844)			15	15	8	3						41
ヒメスギカミキリ	<i>Callidiellum rufipenne</i> (Motschulsky, 1860)	1	1										2
クビアカトラカミキリ	<i>Xylotrechus rufilius</i> Bates, 1884					1							1
ヨツスジトラカミキリ	<i>Chlorophorus quiquefasciatus</i> (Castelnau et Gory, 1841)							2					2
タケトラカミキリ	<i>Chlorophorus annularis</i> (Fabricius, 1787)							2	1				3
ヒメクロトラカミキリ	<i>Rhaphuma diminuta diminuta</i> (Bates, 1874)			1									1
キイロトラカミキリ	<i>Grammographus notabilis notabilis</i> (Pascoe, 1862)				1								1
トゲヒゲトラカミキリ	<i>Demonax transilis</i> Bates, 1884			2	2	1							5
ナガゴマフカミキリ	<i>Mesosa (Aphelocnemia) longpennis</i> Bates, 1873						1	3					4
アトジロサビカミキリ	<i>Pterolophia (Pterolophia) zonata</i> (Bates, 1873)					2	3	6	1				12
クリサビカミキリ	<i>Pterolophia (Pterolophia) castaneivora</i> Ohbayashi et Hayashi, 1962					1							1
ワモンサビカミキリ	<i>Pterolophia (Hylobrotus) annulata</i> (Chevrolat, 1845)	1	2	4								1	8
ハイイロヤハズカミキリ	<i>Niphona (Niphona) furcata</i> (Bates, 1873)		2	9	9	4	1						25
ビロウドカミキリ	<i>Acalolepta fraudatrix fraudatrix</i> (Bates, 1873)						3	7	2	1			13
ニセビロウドカミキリ	<i>Acalolepta sejuncta sejuncta</i> (Bates, 1873)					2							2
ヤハズカミキリ	<i>Uraecha bimaculata bimaculata</i> Thomson, 1864					3	4	3	4				14
セミスジコブヒゲカミキリ	<i>Rhodopina lewisii lewisii</i> (Bates, 1873)					2							2
ヒトオビアラゲカミキリ	<i>Rhopaloscelis unifasciatus</i> Blessig, 1873			1		1							2
ガロアケシカミキリ	<i>Exocentrus galloisi</i> Matsushita, 1933					1							1
アトモンマルケシカミキリ	<i>Exocentrus lineatus</i> Bates, 1873					3							3
ラミーカミキリ	<i>Paraglenea fortunei</i> (Saunders, 1853)					1	1	1					3
種類数		2	3	8	7	11	13	9	9	3	1	1	29
個体数計		2	5	36	32	51	29	21	28	4	1	1	210

別表ー6. 2004年矢部村マレーズトラップ捕獲結果(捕獲日毎, 2林分4器の集計)

調査期間 スギ林:トラップ2器, 4月19設置, 回収日4月30から9月6日まで

広葉樹林:トラップ2器, 5月19設置, 回収日5月27日から9月6日まで

種名と学名		回収日(月/日)									計	
		4/30	5/14	5/19	5/27	6/14	6/28	7/15	7/29	8/17		9/6
ノコギリカミキリ	<i>Prionus insularis insularis</i> Motschulsky, 1857									1		1
コバネカミキリ	<i>Psephactus remiger remiger</i> Harold, 1879								1	2		3
チャイロヒメハナカミキリ	<i>Pidonia (Mumon) aegrota aegrota</i> (Bates, 1884)				2	2						4
ツマグロハナカミキリ	<i>Leptura modicenotata</i> Pic, 1901				1	1						2
ヨツスジハナカミキリ	<i>Leptura ochraceofasciata ochraceofasciata</i> (Motschulsky, 1861)							14	23	11		48
オオヨツスジハナカミキリ	<i>Macroleptura regalis</i> (Bates, 1884)								2	2		4
ヒゲジロハナカミキリ	<i>Japanostrangalia dentatipennis</i> (Pic, 1901)							1				1
クロゾンホソハナカミキリ	<i>Mimostrangalia kurosonensis</i> (Ohbayashi, 1936)								1			1
ニンフハナカミキリ	<i>Parastrangalis nymphula</i> (Bates, 1884)				1	8	15	8				32
ベーツヤサカミキリ	<i>Leptoxenus ibidiiformis</i> Bates, 1877					3	1					4
トビイロカミキリ	<i>Allotraeus (Allotraeus) Sphaerionius</i> Bates, 1877			1	9	7	1					18
アメイロカミキリ	<i>Stenodryas clavigera clavigera</i> Bates, 1873					2	1	2				5
テツイロヒメカミキリ	<i>Ceresium sinicum</i> White, 1855					5	1	3	3	2		14
ヒメスギカミキリ	<i>Callidiellum rufipenne</i> (Motschulsky, 1860)	1										1
ニイジマトラカミキリ	<i>Xylotrechus emaciatius</i> Bates, 1884						1	10	5	2	2	20
ウスイロトラカミキリ	<i>Xylotrechus cuneipennis</i> (Kraatz,1879)							1	1	1		3
トゲヒゲトラカミキリ	<i>Demonax transilis</i> Bates, 1884					1		1		1		3
ナガゴマフカミキリ	<i>Mesosa (Aphelocnemis) longpennis</i> Bates, 1873										1	1
キクスイモドキカミキリ	<i>Asaperda rufipes</i> Bates, 1873		1			1						2
アトジロサビカミキリ	<i>Pterolophia (Pterolophia) zonata</i> (Bates, 1873)							2	2			4
ハイロヤハズカミキリ	<i>Niphona (Niphona) furcata</i> (Bates, 1873)						1	1				2
ヒメヒゲナガカミキリ	<i>Monochamus (Monochamus) subfasciatus subfasciatus</i> (Bates, 1873)							1				1
ビロウドカミキリ	<i>Acalolepta fraudatrix fraudatrix</i> (Bates, 1873)							3	3	1	2	9
ニセビロウドカミキリ	<i>Acalolepta sejuncta sejuncta</i> (Bates, 1873)							3	4	3	1	11
ヤハズカミキリ	<i>Uraecha bimaculata bimaculata</i> Thomson, 1864						2	2	4		1	9
チャボヒゲナガカミキリ	<i>Xenicotela pardalina</i> (Bates, 1884)								1			1
マルバネコブヒゲカミキリ	<i>Rhodopina integripennis</i> (Bates, 1884)								1	2	3	6
ドイカミキリ	<i>Mimectatina divaricata divaricata</i> (Bates, 1884)		1									1
キモンカミキリ	<i>Menesia sulphurata</i> (Gebler, 1825)					2	1					3
シラホシカミキリ	<i>Glenea (Glenea) relictata relictata</i> Pascoe, 1868						2	1				3
リンゴカミキリ	<i>Oberea japonica</i> (Thunberg, 1787)									1		1
種類数		1	2	1	4	10	10	15	14	11	6	31
個体数計		1	2	1	13	32	26	53	52	28	10	218

福岡県森林林業技術センター研究報告 第7号

平成18年7月31日発行

発行 福岡県森林林業技術センター
〒839-0827 福岡県久留米市山本町豊田1438-2
TEL 0942-45-7870
FAX 0942-45-7901

印刷 多田印刷株式会社
〒830-0037 福岡県久留米市諏訪野町2432
TEL 0942-35-3459
FAX 0942-36-1472

Clonal propagation of nematode-resistant Japanese black pine plantlet by cutting.
Yasuhiro MORI, Fumihiko MIYAHARA and Susumu GOTO

1 ~ 19

Technical improvement of *Pholiota adiposa* cultivation.
Shuhei KANEKO and Yoshio KAWABATA

21 ~ 30

**Research on the relationship between forest types and species compositions of
longicorn beetles.**
Jun ONAGAMITSU

31 ~ 41

福岡県行政資料	
分類番号 P F	所属コード 0803201
登録年度 18	登録番号 0002