林育研報 Bull. For. Tree. Bree. Inst. No. 1, 1983　　109～123

スギザイノタマバエ抵抗性育種に関する研究

藤本吉幸[1]・前田武彦[2]・田島正啓[3]
戸田忠雄[4]・西村慶二[5]・栗延　晋[6]

Yoshiyuki Fujimoto, Takehiko Maeta, Masahiro Tajima, Tadao Toda, Keiji Nishimura and Susumu Kurinobu : Studies on Resistant Tree Breeding to Sugi Bark Midges (*Resseliella odai* Inouye)

要　旨：スギザイノタマバエは現在のところ鹿児島県屋久島から福岡県南部，大分県中部に至る九州のスギ林業地帯のほとんどの地域で生息が認められており，その被害は年々拡大を続けている。本種による被害は，主として内樹皮・形成層・材部などが幼虫に外部消化されることによって生じるもので，材価の著しい低下を招くばかりでなく，虫密度が高くなると内樹皮，外樹皮を損傷し，気象害等を受けやすくなるなど生理的危険も増大するものと考えられる。一方本種の生活史をみると大半はスギ樹皮内で過ごすものであるため，いろいろな角度から検討が加えられているものの，その防除法は確立されるに至っていない。しかしながら最近の研究によって，樹皮の厚さが抵抗性要因の一つであることが分ってきたため，スギの外樹皮及び内樹皮に関する調査を進めてきた。その結果，次の事柄が明らかとなった。① 内樹皮の厚さはさし木品種によって異なる。② 同一品種内においても，クローンによって内樹皮厚は異なる。③ 在来品種の中に内樹皮が厚いものが存在し，その品種と同一グループに属する精英樹系統においても同様の結果が得られた。④ スギの内樹皮の厚さは樹幹の方位によって変化はないが，1m 以下では変動が大きいため，測定試料は胸高部で採取することが望ましい。⑤ 採取には直径 2cm 程度の皮革用ポンチが便利で，厚さの測定には 0.01mm まで測定可能なダイアルシックネスゲージがノギス・ダイアルキャリパーにくらべ簡便・正確である。

I　は　じ　め　に

スギザイノタマバエ（*Resseliella odai* Inouye）は，1952年に宮崎県西諸県郡加久藤村（現えびの市）の作鹿倉国有林内でその被害が発見されて以来，林業試験場九州支場を中心に，分布，生態，被害実態及び防除法などに関する研究が進められてきた。しかしながら，本種はスギの樹皮内で一生のほとんどを過ごすことから，その防除は容易なものではなく，被害は年々北上を続け，1982年現在では福岡県・大分県の一部にまで広がっている。本種による実害としては，まず第一に幼虫による外部消化で材部に生じるシミ（材斑＝Stain）及び二次的な腐朽などによって生じる材価の低減があげられる。また，内樹皮や形成層が侵されることによって生じる生育阻害や，気象害等に対する生理的抵抗性のそう失などが考えられる。これに対して，幼虫密度の減少や内樹皮厚の増大などによって，ある程度は被害を軽減させることは可能と考えられるが，産卵・生育を抑制し，または幼・成虫を減少させる方法としての林業的防除，薬剤防除等では技術的・経済的に対応が極めて困難なことが明らかとなってきている。そこで最終的には育種的対応が必要で，全く寄生しないものか，寄生はしても生育や材価に影響の及ばない系統の選抜育成が考えられる。筆者らはこうした立場から1979年以来スギザイノタマバエ抵抗性育種に関する研究を続けた

1982年10月18日受理
(1) (2) (4) (5)　九州林木育種場
(3)（現）関西林木育種場
(6)（現）関東林木育種場

結果，関連形質のひとつ，樹皮について二三の知見が得られたので報告する。

II　スギザイノタマバエの地理的分布

九州本島における本種による被害分布は，1982年現在で北は福岡県の南部，大分県中・南部付近まで広がっており，南は薩摩・大隅両半島南部まで見られる。しかし，九州本島における被害あとを材斑から調べた結果では，1944年以前のものは見つからなかったのに対して，吉田らがヤクスギの工芸品で調査した結果では，750年前の材斑が発見されたとしている[1)]。また種子島ではほとんどのスギ林に寄生が見られたのに対して奄美大島では発見されていない。さらに佐賀・長崎両県下ではまだ発見されておらず，九州以外の本州・四国地域でも発見されていない。

III　本種の形態と生活史

成虫は雌が体長2.5～4.0 mm，雄が1.5～2.5 mmで，ともに腹部は赤橙色を呈し，全体に灰黒色の剛毛を密生するため，体全体は灰黒色にみえる。雌の尾端は長い産卵管となり，雄では一対のカギ状となっている。卵は長さ0.3～0.4 mmで細長く，淡紅色を呈する。幼虫は体長3.0～4.5 mmになる長卵形の蛆状で，孵化直後のものは半透明で乳白色を呈するが，2～3週間後にはしだいに赤橙色を呈するようになる。

吉田ら[2)]によると本種は年2世代で，スギへの加害時期は1齢から3齢初期である。越冬した3齢幼虫は5月上旬に蛹になり，中旬に羽化し始める。雄成虫は樹幹のまわりで飛翔し，樹幹表面の雌と交尾する。雌の飛翔は比較的少なく，樹幹表面にとまっているか歩いているものが多い。交尾後雌はスギ外樹皮のすき間などに産卵する。雌の蔵卵数は約120コで，寿命は約3日である。卵は約4日で孵化する。1齢幼虫は外樹皮内を内側に向かって移動し，内樹皮表面の最も新しい周皮上に定着する。ここで消化液を出して内樹皮を消化し，3齢初期まで栄養を摂取する。十分に成熟すると体色は赤橙色となり，栄養摂取場所を脱して外樹皮内にまゆを作り，蛹となる。蛹は外樹皮表面まででて成虫になる。2回目の羽化は8月上旬に始まり10月上旬まで続く。成虫以外のステージはすべて樹皮内で過ごすが，その生息は樹幹の比較的低い位置に多く，地上3～4 mまでの部分に集中しているようである。吉田らはこれについて主として外樹皮の厚さによるものであろうとしている[2)]。

IV　被害の形成過程

本種による被害は，スギの内樹皮に形成される皮紋（Fleck）と，内樹皮がうすい場合や幼虫密度が著しく高い場合に，材部まで侵されて形成される材斑（Stain）に分けられる。このうちスギにとって最も重大な実害は，それ自体材価を損なうばかりでなく腐朽の原因となりやすい材斑であるが，皮紋だけにとどまる場合であっても，材価には直接の影響は及ばないものの，林木の生長や健全性など生育面に及ぼす影響も無視できないものと思われる。しかしながら，これについての報告は見当たらない。このように皮紋形成のもつ意味は大きいが，これに関して吉田ら[2)]は次のようにまとめている。

1.　フレックの形成と形状

幼虫が内樹皮表面に定着すると，その部分の内樹皮は変色する（Fleck）。変色の時期は観察者により多少異なるが，だいたい3齢初期に始まる。この皮紋の生じる原因は，幼虫が消化液を出すことによって植

物体を消化して栄養を摂取する外部消化の機能によるものと考えられており，その根拠は次のとおりである。

（1） 内樹皮の壊死したスギでは幼虫が育たないことから，生きたスギの組織（内樹皮）から栄養を摂取している。

（2） 幼虫の定着した内樹皮表面に機械的な加害痕がみつからず，幼虫口器にも口針などの器官がない。定着している幼虫は液状物に浸っており，これから栄養を摂取している。

（3） 皮紋の楕円体は消化液の及んだ範囲である。1頭の幼虫によって内樹皮表面に作られる皮紋の形状は楕円形で，内樹皮内にはすり鉢状に入りこんでいる。皮紋の長径と，楕円中心における深さの関係は，長径が大きくなる程深い。また長径の大きさは6 mm（深さ1 mm）前後を中心にほぼ正規分布を示し，最大のものは15 mm（深さ1.6 mm）程度なので，この二つの関係から皮紋の最大深さは1.6 mm程度であろう。しかし幼虫密度が高くなると皮紋は互いに重複し，不定形を示すものが多くなる。

2. 内樹皮の厚さとステインの形成

皮紋が内樹皮の厚さよりも深く入ったとき，形成層が侵され，壊死して褐色のシミになる（Stain）。このことから，材斑の形成に内樹皮の厚さが関係していることは明らかである。そこで，内樹皮の厚さと皮紋の深さの問題を整理して考えてみると，材斑は内樹皮の厚さによって二つの形成過程に分けられる。一つは内樹皮の厚さが1.6 mm以下の場合で，単独の皮紋によって材斑が形成されるものが現れ，この場合材斑の数は皮紋数に比例する。他の一つは内樹皮の厚さが1.6 mm以上の場合で，単独の皮紋が材斑を形成することはほとんどなくなるが，幼虫密度が高くなると，同世代幼虫が形成する皮紋が重なり，その深さが増すため材斑が形成される。すなわち，内樹皮が1.6 mm以上の場合，材斑の形成はある皮紋密度以上で起こることになる。何頭の幼虫が集まった時，皮紋の深さがどのくらいになるかというデータはまだないが，内樹皮の厚さが1.7 mmのスギについてみた場合，内樹皮表面での新旧の皮紋密度が130コ/100 cm^2をこえると材斑が現れ始めている。

かなり大きな材斑が形成された場合，通常は木部のまきこみが起こってこの傷は修復されるが，形成層部の侵される部分がさらに大きくなると，まきこみは十分に行われず，木部に壊死する部分ができる。材斑の形状は木部繊維方向に長い紡すい状で，単独の材斑の長さの分布は2～31 mmであるが正規分布はしておらず，平均長は約10 mmである。

V 防　除　法

1. 薬　剤　防　除

産卵予防，幼虫駆除，成虫駆除の3つの場合について，林業試験場九州支場，大分県林業試験場，宮崎県林業試験場，熊本県林業研究指導所などにおいて，これまでに数多くの実験が行われている。以前は有機塩素系殺虫剤によるものが多かったが，これらの薬剤が使用禁止になった最近では有機燐系殺虫剤による試験が行われ，樹幹に散布する方法でかなりの効果をあげている。しかしながら，大面積にわたる薬剤散布は経費・労力の面から実施が困難であり，また環境汚染の面からも考慮する必要があって，剤型・使用方法などについて今後の検討が必要であるとされている。

2. 天　敵　利　用

吉田ら[2]によれば，クロコバチの一種 *Synopeas* sp.，捕食性タマバエ *Lestodiplosis trifaria* YUKAWA

& SANUI. および寄生菌，の三者がみつかっている。これらのスギザイノタマバエ密度制御能力の解析については実施中であるが，この内 *Synopeas* sp. は限られた地域に存在することから，今後この天敵の分布拡大に期待がもたれるとしている。

3. 林業的防除

本種についてはこれまで林内湿度の高い林分では虫密度が高く，被害の発生も多いとされていた。このため，枝打ち，除・間伐など保育による林業的防除の試みがなされ，効果の認められたものも数例報告されている。しかし，その後讃井ら[3]の調査によって，1,500～10,000本/haと密度を変えて植栽された14年生林分での幼虫密度には差がなかったことが報告されており，環境条件が幼虫密度に及ぼす影響についてはなお今後の検討が必要である。一方，内樹皮の厚さは直径との相関が高いことから，除・間伐によって残存個体の肥大生長が促進され，内樹皮厚も増大すると言う，いわば間接的効果も期待できるが，こうしたことも含めて，林業的防除に関する検討がさらに必要であるとされている。

VI　スギザイノタマバエ抵抗性育種

II～Vの結果から，現存林分についての被害防除はそれ程容易ではないこと，したがつて今後の造林材料として，抵抗性品種・系統の育成は不可欠かつ緊急を要するものであることが明らかとなる。しかし，本種に対する抵抗性育種に関する情報は極めて少なく未知の分野が多い。したがつて，現段階において早急に着手しなければならないことは，① 現存林分における品種，家系及びクローン等の被害程度の違いの調査，② 抵抗性要因の解明，③ すでに抵抗性関連形質の一つとしてとらえられている内・外樹皮の厚さ，外樹皮の形状などに関する研究である。ここでこれまでの情報から抵抗性要因として考えられるものをあげると次のとおりである。

① 外樹皮・内樹皮等の形質，化学成分や含水率など，物理的，化学的あるいは生理的に特殊な性質をもっているため，スギザイノタマバエが産卵しないこと。

② 産卵はしても上記のような理由から，孵化または幼虫が生育できないこと。

③ 内樹皮が厚い場合などのように，特殊な形質をそなえているため，材部に実害が及ばないこと。

④ 細胞・組織に破壊に対する耐性があること。

⑤ カルス形成能力が旺盛なため，材部の被害を最小限度にとどめうること。

現在考えられるこうした抵抗性要因のうち，③の内樹皮の厚さについては，最も探索に着手しやすい形質であって，品種，家系及びクローン等によって内樹皮の厚さに差があるとすれば，こうした面での選抜は技術的にそれ程困難なことではない。

筆者らは上記のような抵抗性要因に対して，被害林分の調査解析結果から推定・解明を図ることとしたが，まず内樹皮の厚さが品種・家系によって遺伝的に異なるかどうかについての究明から着手することとした。

1. 標本採取位置・方向における個体内変動

内樹皮厚は樹齢，直径，地上高，主幹の形状，枝座の有無，方位，斜面の上下及び採取時期等の他に環境条件によっても変化するものと考えられるので，品種やクローンにおける遺伝変異を調査するために，これらを考慮し標本の採取を行わねばならない。そこで標本採取箇所の違いによる樹皮厚の変動を知るために樹高・直径階・方位等においてどの程度の変動が見られるかを調査した。

（1） 材料及び方法

樹皮採取は円筒形打抜器（皮ポンチ）によって直径 1.9 cm の内外樹皮を採取し，測定はダイアルキャリパー（0.05 mm 単位 15 mm まで測定可能）で行った。採取材料は材部をとりのぞいて全樹皮を，次にカッターで外樹皮を剥いで内樹皮厚をそれぞれ測定した。標本採取に際しては皮ポンチ径を大きくし，標本中央部では切り抜きの際の圧力の影響を受けないように，また測定については標本の乾燥や変形を防止し，全樹皮厚，外樹皮厚，内樹皮厚とそれぞれの相互関係及び地上高と方位による違いを調査した。

供試材料は 1979 年 6 月 1 日と 4 日に九州林木育種場構内集植所に定植されている 21 年生クモトオシ 3 個体，17 年生精英樹 8 クローン・48 個体（薩摩 4，川辺 3，姶良 6，佐伯 6，竹田 12，東臼杵 7，藤津 12，佐賀 3 号）である。クモトオシについては地上 1 m まで 0.2 m おきに，それ以上は 1 m おきに 6 m の樹高まで主幹の南側 10 か所について，また精英樹クローンのうち薩摩 4，川辺 3 号については主幹の地上 0.2 m から 1 m おきに 6.2 m までを，他の 6 クローンについては 0.2 m と 1.2 m の部位のみをそれぞれ南北二方向から標本を採取し，方位における差異を調査した。同様の方法で 1981 年 8 月，キジンスギにおいて 0.5 m おきに 13.5 m までの直径及び年輪数と内樹皮との関係の高さ別変動の調査も行った。このキジンスギの調査は前述のクモトオシ及び精英樹の調査で 6～6.2 m までしか調査されなかったので，それ以上の枝付き部の主幹の樹皮厚の変化をみるために行われたものである。

（2） 結果及び考察

クモトオシ 3 個体の測定結果は Fig. 1 に示すとおりである。全樹皮厚及び外樹皮厚では地上高による変動が大きいのに対して，内樹皮厚ではそれ程の変動はなく，特に 1 m 以上での変動は小さい。地上高と各樹皮厚の相関をみると，全樹皮厚では −0.73，−0.88，−0.84，外樹皮厚では −0.90，−0.91，−0.84，内樹皮厚では −0.61，−0.62，−0.59 であった。また各樹皮厚に関する分散分析の結果（Table 1）

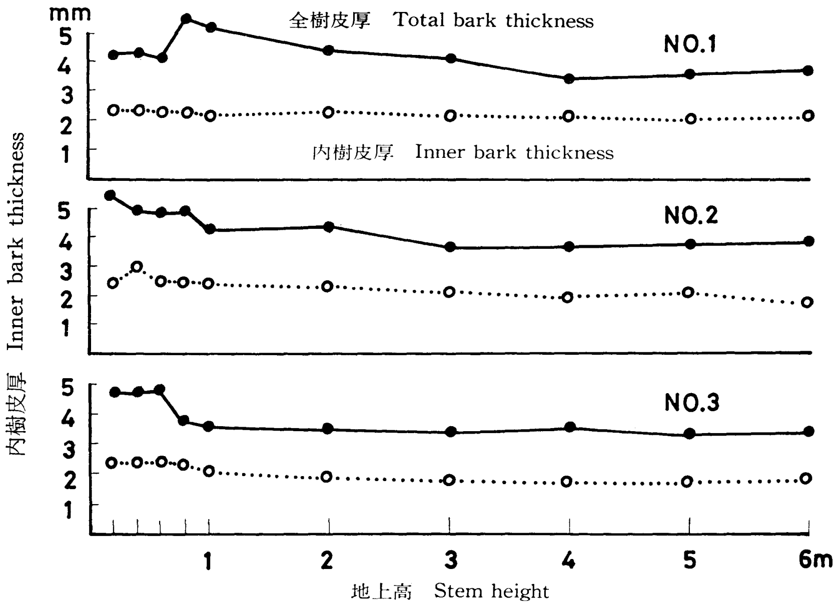

Fig. 1. クモトオシ 3 個体の地上高と樹皮厚の関係
Relationship between stem height and bark thickness in Kumotoshi-Sugi.

Table 1.　各樹皮厚に関する分散分析表
Analysis of variance in inner and outer bark thickness of Kumotoshi-Sugi

Source	*d. f.*	内樹皮 Inner bark thickness		外樹皮 Outer bark thickness		全樹皮 Total bark thickness	
		S. S	*M. S*	*S. S*	*M. S*	*S. S*	*M. S*
地上高　Stem height	9	1.3033	0.1448**	3.2041	0.3560**	7.9650	0.8850**
個　体　Replication	2	0.0232	0.0116	0.4675	0.2338	0.7118	0.3559
誤　差　Error	18	0.1939	0.0108	1.9048	0.1058	1.6851	0.0936
全　体　Total	29	1.5204		5.5764		10.3619	

** 1%水準で有意差あり　Significant at 1% level

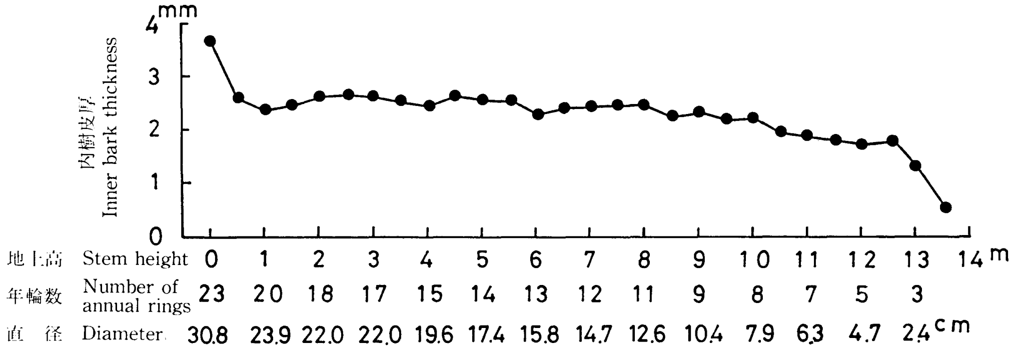

Fig. 2.　キジンスギ個体内の内樹皮厚の変化
Relationship between diameter and inner bark thickness for each stem height of Kijin-Sugi.

から各樹皮とも地上高において1%水準で差があることが認められたが，地上高1m以上6m以下のみの分析結果では有意差はなく，少なくとも1〜1.2m以上6m以下（枝下部分）では地上高別の内樹皮の変動はないといえる。しかしながらキジンスギ（23年生，樹高13.9m）の調査結果では上述のとおり枝下部分での変動はなかったが枝付き部分における変動は大きく，10m以上（年輪数8以下）になると内樹皮厚は急激に薄くなる傾向があった（Fig. 2)。これらのことから内樹皮厚は地上高1〜10mの範囲での変動は小さく，全樹皮厚の変動はほとんど外樹皮厚の変動に起因していることがうかがえる。

方位別内樹皮厚の変動では薩摩4，川辺3号の各2個体の測定結果を Fig. 3 に示した。また精英樹8クローンについては地上高，方位及びクローン間で内樹皮厚を調査分析し，Table 2 に示している。ここで地上高別の内樹皮厚変動に有意差が生じているのは地上高1.2mまでの測定値を含むためであり1.2m以上では全く差は見られない。もちろんクローン間には大きな差はあるが，先の薩摩4，川辺3号の場合と同様に方位については差は見られなかった。吉田ら[2]の行った内樹皮厚1.7mmの個体の調査では，新旧皮紋数が130コ/100cm² を超えると材斑が現われ始めるという。今回のキジンスギの例でみると，内樹皮厚が1.7mm以上を示したのは地上高12.5m（年輪数4，皮付直径3.6cm）までの部分である。この

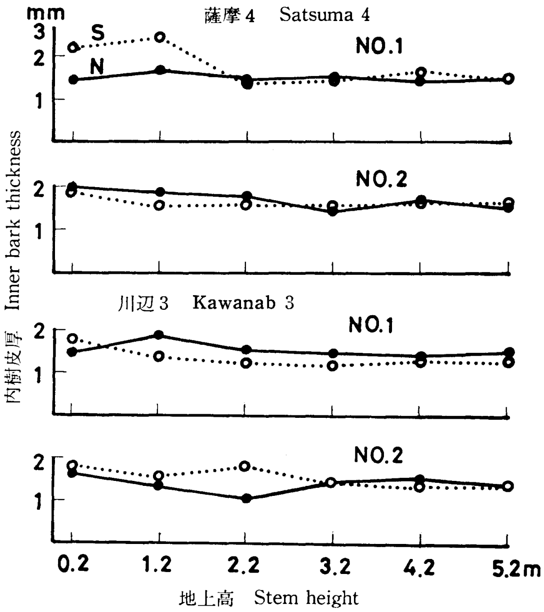

Fig. 3. 採取方位と樹皮厚との関係
Relationship between direction of stem and bark thickness.
S：南側 South　N：北側 North

Table 2. 内樹皮厚に関する分散分析表
Analysis of variance in inner bark thickness in different direction and height of Sugi plus tree clones

Source	*d. f.*	*S. S*	*M. S*	*F*
クローン Clone	7	23.25	3.321	39.54**
地上高 Stem height	1	1.19	1.190	14.17**
方位 Stem direction	1	0.004	0.004	0.05
誤差 Error	182	15.226	0.084	
全体 Total	191	39.670		

** 1%水準で有意差あり Significant at 1% level

結果から，直ちに植栽木の幼齢時における直径及び年輪数と内樹皮厚の関係を推定するわけにはいかないが，このように内樹皮厚は材斑形成にかかわる極めて重要な形質であるので各在来品種，精英樹クローンについて幼齢時からの経年変化を把握しておく必要がある。

2. 樹皮厚と皮紋形成の差異における遺伝性

類似した生育環境下で生長した同一品種の地上高1.0～1.2m以上の部位で，直径階が同一であれば内樹皮厚の変動は少ないが，品種等による内樹皮厚の差によって材斑形成に著しい差異が生じることはすでに述べたとおりである。そこで抵抗性育種を進めるにあたって樹皮厚に与える生育環境の影響と皮紋形成

の差異において，これらの遺伝性の検討を行った。

（1）　材料及び方法

調査林分は菊池営林署部内深葉国有林16林班に設定されているスギ次代検定林である。この検定林は1965年，さし木12クローンを用いて設定され，1プロット当り50本の単一クローンが植栽されており，1ブロック12プロットのランダム配置で3回反復されている。調査及び試料の採取は1プロット当り10個体とし，2ブロックについて行った。このうち第1ブロックについては樹高，胸高直径，スギザイノタマバエの幼虫密度（無，少，多），内樹皮表面（25×2cm）の皮紋数及び材斑の有無の調査並びに樹皮厚測定のための試料の採取を行い，また，第2ブロックでは樹皮厚測定のみを行ったが，このうち枯損木の多い1プロットだけは除外した。樹皮厚測定用標本の採取はVI-1の方法と同様である。皮紋数についてはナイフで外樹皮を剥ぎ取り25×2cmの面積の内樹皮表面で計数を行った。

（2）　結果及び考察

Fig. 4に内・外及び全樹皮厚に関する2ブロック間の相関を示した。内・外および全樹皮厚の相関係数は0.75，0.57及び0.65を示し，1及び5％水準で有意で，内樹皮厚の遺伝性はかなり高いと考えられた。次に第1ブロックの調査木120本の皮紋数について分散分析を行った結果，クローン間に有意差が認められた。

次にクローン別各個体の50 cm² 当り皮紋数をFig. 5に示した。皮紋数が最も多かったのは八女12号

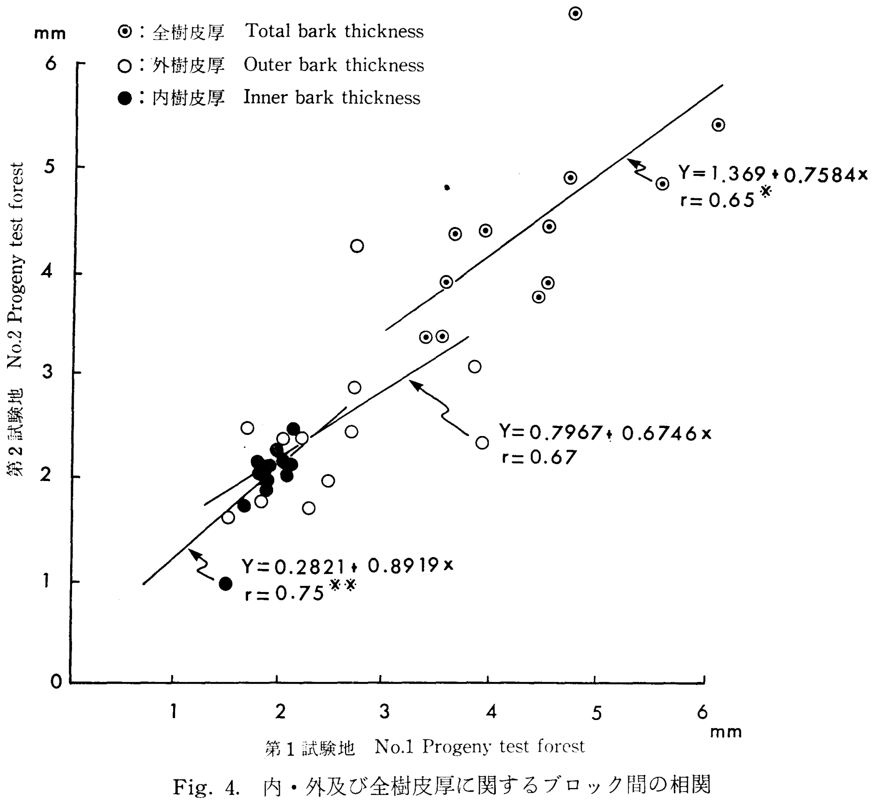

Fig. 4.　内・外及び全樹皮厚に関するブロック間の相関

Correlation of inner and outer bark thickness between two progeny-test forests.

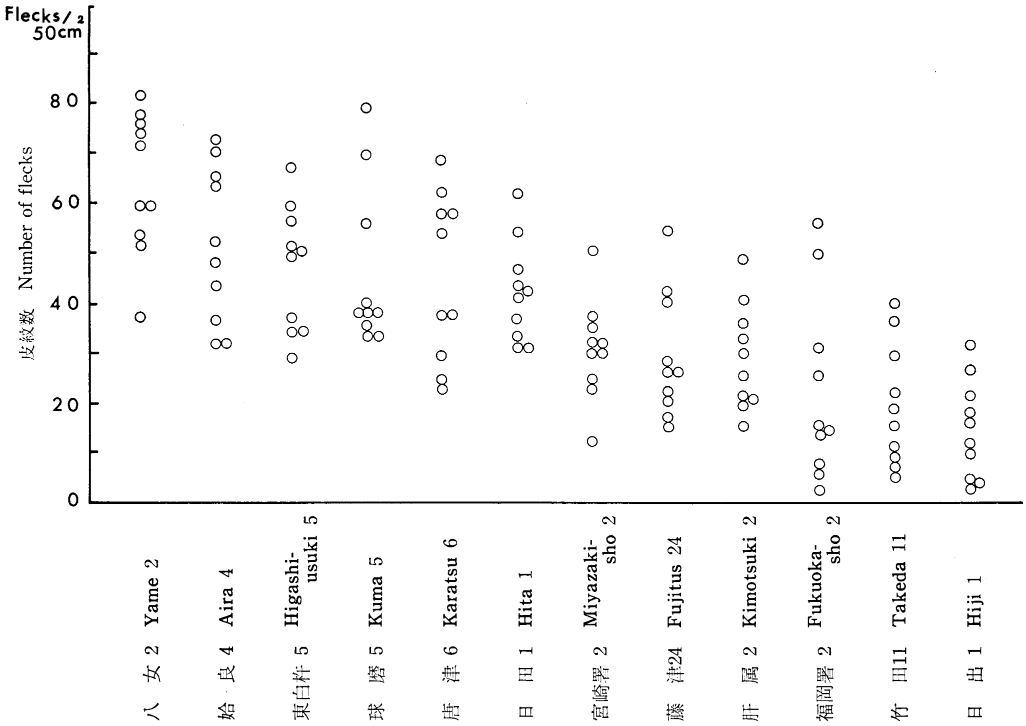

Fig. 5. クローン別・個体別皮紋数
Number of flecks per 50 cm² of inner bark surface in twelve plus tree clones.

(63.8 個)，最少は日出 1 号（14.3 個）でその差は 50 個もあった。これに関連して井上ら[4]も在来品種あるいは精英樹クローンによって皮紋形成に明確な差異があることを報告している。このように品種・系統によって皮紋形成に明らかな差異がみられることは品種・系統によって，き裂紋様やその深さなど外樹皮形態や内樹皮厚あるいは揮発性成分等化学物質の違いによるものと考えられ，スギザイノタマバエ抵抗性の一つの要因として考える必要がある。

3. スギ内樹皮厚の品種・系統間の変異

スギザイノタマバエによる材斑形成に関しては内樹皮厚と密接な関係があることが明らかにされている。このため，抵抗性育種の立場からスギ在来品種，精英樹クローン間での内樹皮厚の差異を調査した。

（1） 内樹皮厚の在来品種間差

ア 材料及び方法

供試材料は九州林木育種場構内スギ在来品種樹木園に定植されているもので，アヤスギ（19 年生），オビアカ（15 年生），ヤブクグリ（19 年生）及びメアサ（15 年生）の 4 品種である。各品種 100 個体を選び試料を採取した。採取法及び測定法はⅥ-1 と同様である。またこれとは別にクモトオシの 9，17 及び 21 年生の各 10 個体についても同様の調査を行った。

イ 結果及び考察

4 品種の内樹皮厚に関するデータを分析した結果，品種によって大きな差異が見られると同時に，樹木

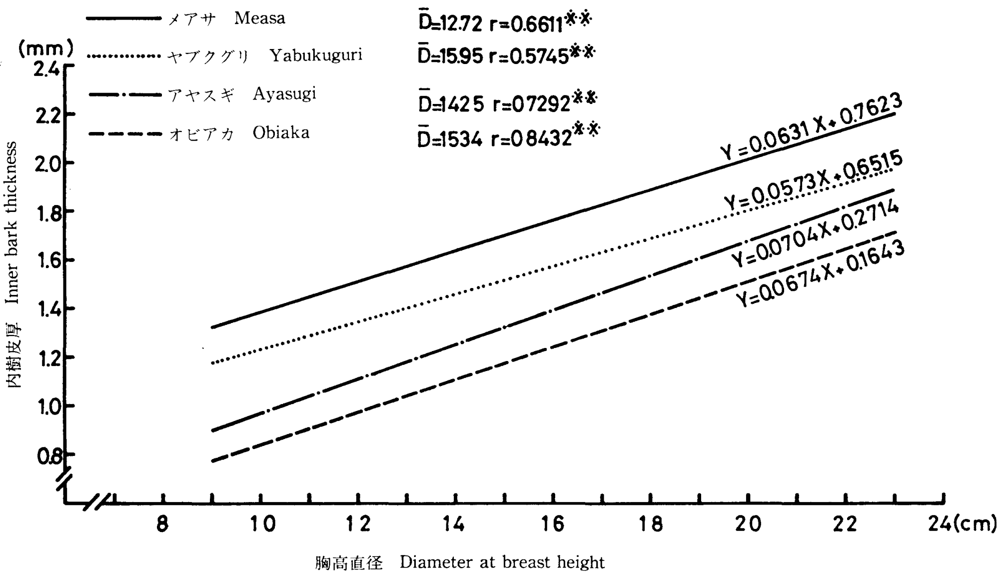

Fig. 6.　在来品種4系統の胸高直径と内樹皮厚の相関
Correlation between breast height diameter and inner bark thickness in four local cultivars.

園の列間でも差異が見られた。これは場所によって欠株があり，密度が必ずしも一定でないといった環境等の影響と供試品種の一部が複合クローンであったためと考えられる。また 9，17，21 年生とそれぞれ樹齢の異なるクモトオシ各 10 個体を用いて樹齢の違いによる影響を調べた。その結果，内樹皮厚は樹齢の違いよりむしろ直径の違いに左右される傾向が強いことが明らかとなった。そこで，上記4品種各々について直径と内樹皮厚の関係を調べた結果を Fig. 6 に示した。いずれの品種も相関係数は 0.57 以上を示し，内樹皮厚は直径と密接な関係があることが分った。しかし供試木はいずれも 20 年生以下で，直径も比較的小さいので，高樹齢（直径の大きい）のものについても吟味しておく必要がある。

（2） 樹皮厚の精英樹クローン間差

ア　材料及び方法

調査林分は 1967 年に熊本営林署桜ケ水国有林 5 林班に設定された さし木苗による 次代検定林である。単植区内の 10 クローンを用い，各クローン 25 個体ずつ 2 ブロック，計 447 個体から試料を得た。試料採取と測定は Ⅵ-1 と同様の方法で行った。このうち 7 クローン，165 個体については 検鏡によって内樹皮層数を測定した。

イ　結果及び考察

ブロック別のクローン別個体ごとの内樹皮厚を Fig. 7 に示した。1 ブロック当たりの測定数は原則として 25 本であるが，欠株のため少ないところもあった。各個体の内樹皮厚の分布はブロック内及びブロック間で若干の差が認められるがクローン間ではそれ以上に差異があることが分る。Table 3 に示した分散分析の結果でも 1 %水準でクローン間にのみ有意差がみられた。

次に，クローンと内樹皮層数との関係を調べた。個体当たりの内樹皮層数は 4 ～ 6 で，クローン別平均層数も 4.36～5.20 を示し，そのレンジは比較的に小さかった。しかし個体レベルで分散分析（Table 4）

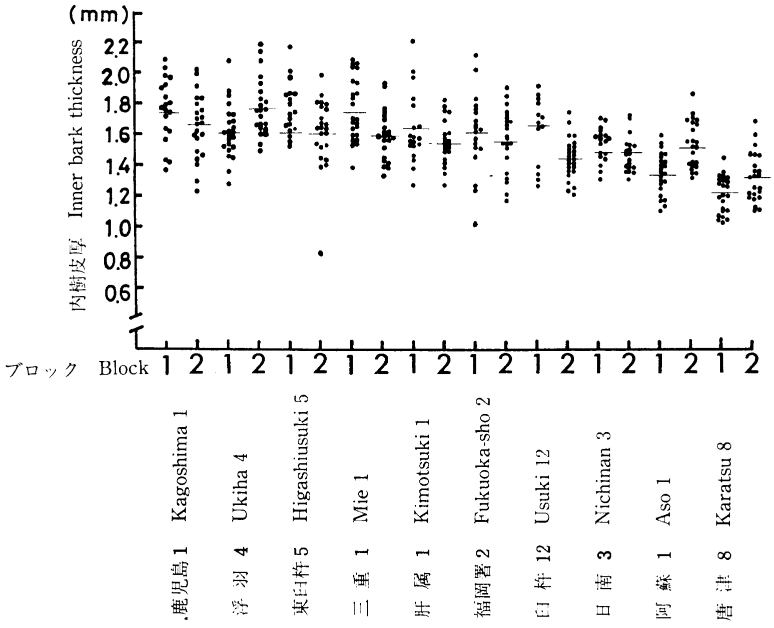

Fig. 7. 各クローンのブロックによる内樹皮厚の違い
Differences in inner bark thickness of Sugi plus tree clones, between two blocks in a progeny test forest.

を行うと1％水準でクローン間に有意差が認められ，内樹皮層数はクローンによって異なることが明らかとなった。さらに，これらのクローン（165本）について内樹皮1層当たりの厚さの違いをみると（Fig. 8），クローン内個体間でかなり変動はみられるものの，クローン毎の平均値間には著しい違いが認められた。Table 4 の右側に示された分散分析の結果から，内樹皮一層当たりの平均厚はクローンによって差があることがうかがわれる。また内樹皮層数と内樹皮厚との相関係数は0.21と小さく，層数と厚さはあまり関係がないようである。以上のことから，内樹皮厚は精英樹クローンによって異なり，さらに内樹皮層数及び一層当たりの平均厚も差異があることが明白となった。しかしクローン間の内樹皮厚の違いが層数の違いに起因するものか，あるいは層ごとの厚さの違いに起因するものかは明確でない。

Table 3. 内樹皮厚に関する分散分析表
Analysis of variance in inner bark thickness of Sugi plus tree clones

Source	*d. f.*	*S. S*	*M. S*
クローン Clone	9	7.9987	0.8887**
ブロック Block	1	0.0902	0.0902
誤　差 Error	436	14.8539	0.0341

** 1％水準で有意差有り Significant at 1％ level

（3） 品種別に区分した各クローンの内樹皮厚

ア 材料及び方法

在来品種及びそれらと同一グループに属すると考えられる精英樹クローン群との内樹皮厚における関係を調査した。供試材料は九州林木育種場構内の在来品種樹木園及びクローン集植所に植栽されているもので，1981年8月，Table 5 に示した材料からⅥ-1と同様の方法で試料採取，調査を行った。なおこの

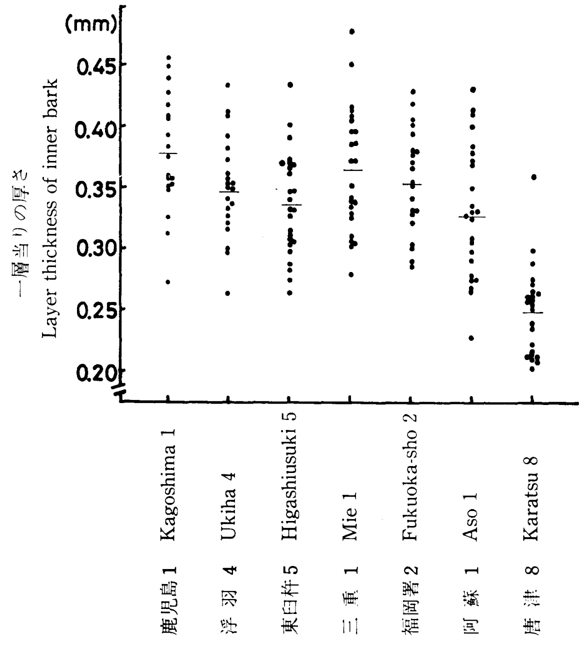

Fig. 8.　各クローンの内樹皮 1 層当たりの厚さ
Layer thickness in inner bark of seven plus tree clones of Sugi.

Table 4.　内樹皮層数と 1 層当りの厚さに関する分散分析表
Analysis of variance in the number of layers and layer thickness of inner bark

Source	*d. f.*	層　数 Number of layers		1 層の厚さ Layer thickness	
		S. S	*M. S*	*S. S*	*M. S*
クローン　Clone	6	11.0569	1.8428**	0.2502	0.0417**
誤　差　Error	158	40.7370	0.2578	0.3154	0.0020
全　体　Total	164	51.7393		0.5656	

**　1 %水準で有意差あり　Significant at 1% level

際，林縁木等は除外した。これらのクローンは外部形態，増殖・生育特性から，それぞれの品種に由来すると考えられるもののうちパーオキシダーゼザイモグラムが同一表現型を示したものをグループ分けしたものである。

イ　結果及び考察

Fig. 9 に代表的 4 在来品種とそれらの グループに区分された精英樹クローン の胸高部の皮内直径と内樹皮との関係を示した。 図中▲印で示した各在来品種における内樹皮厚と 胸高部の皮内直径との相関係数は，アヤスギでは 0.49 とそれ程高くなかったものの， メアサ (0.75)，ヤブクグリ (0.81)， オビアカ (0.85) といずれも高い値を示した。 またタノアカ，トサアカ，キジン等においても同様であった。 しか

Table 5. 品 種 別 ク ロ ー ン 一 覧 表
Plus tree clones classified into eight types of local cultivars

品種 Local cultivars		精英樹クローン Plus tree clones
オビアカ	Obiaka	Higashiusuki 10, Aira 3
トサアカ	Tosaaka	Hyuga-sho 2, Aira 5
タノアカ	Tanoaka	Miyazaki-sho 3, Aira 1, Takaoka-sho 2
ハアラ	Haara	Higashiusuki 6, Aira 16, Satsuma 1
ヤブクグリ	Yabukuguri	Kusu-sho 3, Takeda 3, Ukiha 3
アヤスギ	Ayasugi	Ukiha 8, Aso 1
メアサ	Measa	Kimotsuki 7, Satsuma 11, Sendai-sho 1, Takeda 5
キジン	Kijin	Kimotsuki 1

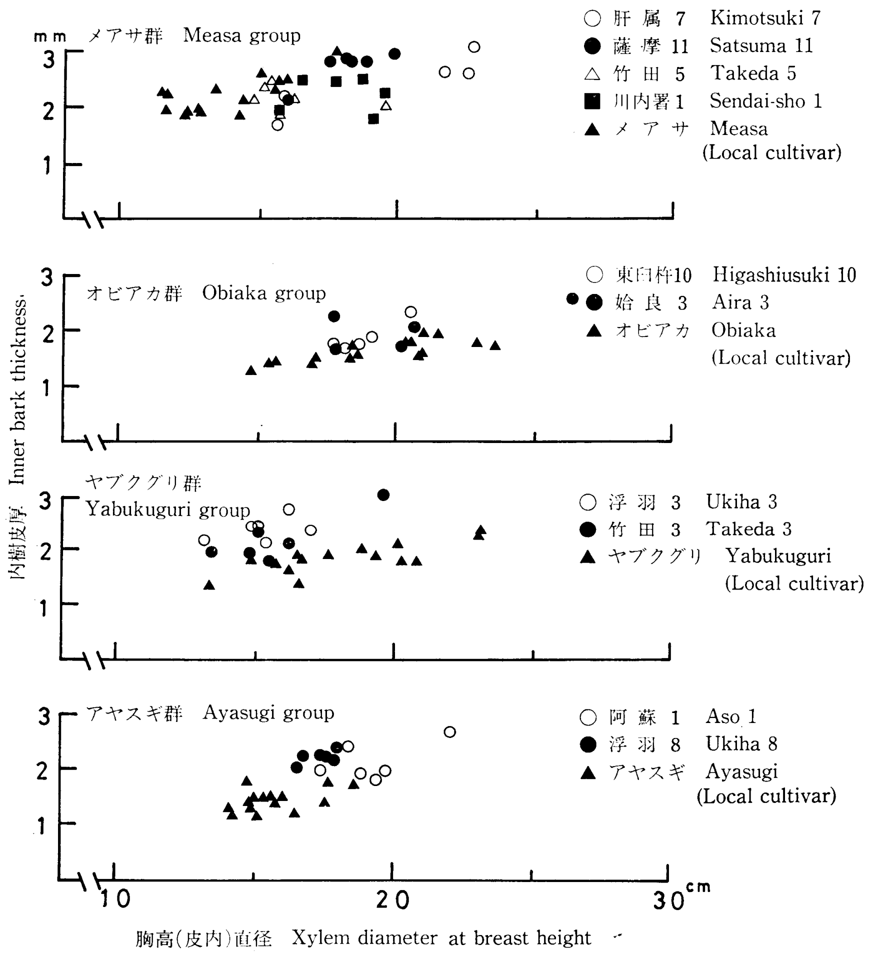

Fig. 9. 系 統 群 別 内 樹 皮 厚
Inner bark thickness in plus tree clones classified into four types of local cultivars of Sugi.

し Fig. 9 にも明らかなように品種・各クローンをグループごとにみると分散が大きく，共分散分析の結果でも有意差が認められた。これらグループ内の品種・クローンは遺伝的に極めて近いものとみなされているものの，内樹皮厚に関しては必ずしも変動が少ないとはいえないようである。この変動の要因としては植栽密度，周辺クローンの影響，樹幹の外傷痕，枝座等の影響が考えられ，また標本数が過少であったことにも原因があると思われる。しかし品種別グループ間でⅥ-3でも述べたように，メアサ系に内樹皮の厚いものが多く，アヤスギ系では薄い傾向がみられ，系統群内でのクローン選抜の可能性は残されているといえる。

Ⅶ おわりに

スギザイノタマバエ被害は北九州の一部を除いて九州全域に広がっているが，被害が材質に大きな影響を与え，材価の低下を招くため森林所有者の間では被害をかくす傾向が強く，その実態はつかみにくい。九州地域における被害地の分布については林業試験場九州支場で調査が行われ，現在育種的対応が可能であるかどうかが各林業研究機関及び林木育種協会で検討されている。しかしながら育種・防除に必要なスギザイノタマバエの好適繁殖環境等生態学的情報は少なく，特に，スギザイノタマバエの生息と光・空中湿度・通風・土壌水分との関係が明らかにされていないため，現在までの情報から推定される被害地の環境条件によって育種母材料の検定，防除法の研究を行わなければならない。

スギザイノタマバエ被害防除は幼虫が樹皮内に潜入すること，産卵・羽化回数が1回でないことなど困難な点が多く，林業的防除，薬剤等による防除，抵抗性品種・系統の育成，天敵等の利用など総合的な対策を行うことによって，その成果をあげうるものと考えられる。抵抗性育種については現在品種・系統によって被害に大きな差異があることが数か所の林地で認められており，また内樹皮厚，外樹皮表面の形態的差異が明らかなことから抵抗性系統の育成の可能性は高い。もっとも内樹皮厚に関する育種のみで基本的に解決できるわけではないが，少なくとも，材斑形成の防止には有効であると同時に，内樹皮厚は比較的安定した形質で個体内変動，環境変動が小さいことから，選抜育種法による抵抗性系統育成の育種目標の一つとして選抜が進められるべきであると考えられる。なお，近年福岡，大分，鹿児島各県の林業試験場が行ったスギ品種現地適応性試験地での調査結果（未刊）によれば，スギ在来品種の同質三倍体クローンで内樹皮の厚い傾向がみられたことから，選抜育種ばかりでなく，こういった育種法も検討していく価値があると考えられる。

引用文献

1) 吉田成章・讃井孝義・国生定男：日林九支論，34，219～220，(1981)
2) 吉田成章・讃井孝義：森林防疫，28，8，2～7，(1979)
3) 讃井孝義・尾方信夫・上中作次郎：日林九支論，32，295～296，(1979)
4) 井上忠喜・吉田成章：日林九支論，34，225～226，(1981)

Studies on Resistant Tree Breeding to Sugi Bark Midges (*Resseliella odai* INOUYE)

Yoshiyuki FUJIMOTO(1), Takehiko MAETA(2), Masahiro TAJIMA(3), Tadao TODA(4), Keiji NISHIMURA(5) and Susumu KURINOBU(6)

Summary

The existence of Sugi bark midges (*Resseliella odai* INOUE) in Kyushu was found in almost all region from Yaku-Island to southern part of Fukuoka prefecture and central part of Ohita prefecture. These areas recognized the existence of Sugi bark midges are really important for Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) forestry in Kyushu, and moreover, the damages from the Sugi bark midge are increasing year by year. The damages occur in the inner bark, cambium and xylem by external digestion of bark midge larvae, therefore, timber values are reduced by the stains formed in xylem. In addition to the damage, in case of high density of Sugi bark midge larvae, it is considered that climatic damage in stem is caused by the falling of the outer bark. Observing the life history of the Sugi bark midge, the most part of its life cycle is in the bark of Sugi, and the protection method has not been found yet. It was clarified, however, in recent investigation that the thickness of inner bark of Sugi was considered to be one of the factors in resistance to Sugi bark midges. In these investigations, the inner and outer bark of Sugi were examined as a resistant character to Sugi bark midges, and from the results, the following facts were clarified;

(1) There was no difference in the inner bark thickness in different directions of the Sugi stem, but a larger deviation was observed in the lower portion than at 1 m height of the stem. Therefore, sample collection must be carried out at higher portions than the breast height of the stem.

(2) It was convenient to collect bark samples using a leather punch with 2 cm diameter and dial-thickness-gauge was suitable for measuring exactly bark thickness.

(3) The differences in inner bark thickness were observed among local cultivars propagated by cutting.

(4) Clonal differences in the inner bark thickness were recognized in each local cultivar.

(5) The existence of clones with thick inner bark was recognized in local cultivars. The same results were found in plus tree clones classified into local cultivars.

(1) (2) (4) (5) Kyushu Forest Tree Breeding Institute
(3) Kansai Forest Tree Breeding Institute
(6) Kanto Forest Tree Breeding Institute