

ヒノキ幹の加齢によるSeiridium unicorne感染に対する抵抗性増大の要因

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
巻/号	771
掲載ページ	p. 66-71
発行年月	1995年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



論 文

ヒノキ幹の加齢による *Seiridium unicorne* 感染に対する
抵抗性増大の要因*

山田利博**・伊藤進一郎***

山田利博・伊藤進一郎：ヒノキ幹の加齢による *Seiridium unicorne* 感染に対する抵抗性増大の要因 日林誌 77：66~71, 1995 ヒノキの加齢に伴う樹脂胴枯病に対する抵抗性増大の要因を解明するため、9年生ヒノキの幹部高3, 2, 1mの部位(それぞれの齢は2~3, 3~5, 5~6年)に *Seiridium unicorne* を接種して感染の有無および発病の程度と齢との関係を調べた。付傷のみの対照では皮層あるいは師部の表層における壊死部形成にとどまった。無傷接種では高さ3mの部位に感染および樹脂の流出が生じたが、高さ1, 2mの部位ではいずれも生じなかった。有傷接種では高さ3mの部位でやにつば形成が最も多く、樹脂流出が生じた。しかし、高さ1, 2mの部位では感染、発病した場合も樹脂流出は見られなかった。これらの結果は、感染前に形成されている外樹皮が加齢による感染の低下にとって大きな要因であること、齢の高い部位では病斑に樹脂流出が伴わないことを示唆する。解剖学的観察により、齢の高い部位では感染後新たに形成された外樹皮が病斑の拡大を阻止することが明らかとなった。齢の高い部位では師部内での病斑の拡大程度が小さいこと、病斑が拡大した場合のやにつば形成率が少ないことも示された。

YAMADA, T. and ITO, S.: Factors affecting the age-related resistance of hinoki stem to *Seiridium unicorne* infection. J. Jpn. For. Soc. 77: 66~71, 1995 To reveal the factors affecting the age-related resistance of hinoki (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) to *Seiridium* canker, stems of 9-year-old hinoki trees were inoculated with *Seiridium unicorne* (CKE. et ELL.) SACC. at heights of 3, 2, and 1 m, corresponding to 2~3, 3~5, and 5~6 years old portions respectively. Relationships between the degrees of infection and the ages of the tissue were determined. Wounding resulted in superficial necrotic zones in the cortices or phloem. Non-wound inoculations induced infection and resinosis at a height of 3 m, but not at heights of 1 and 2 m. Wound inoculations induced resin pocket formations most frequently and resinosis at a height of 3 m. No resinosis, however, was observed at heights of 1 and 2 m even when successful infections occurred. These results suggest that preformed outer bark is the most responsible factor for fewer infections, and that lesion formations do not induce resinosis in aged portions. Anatomical observations revealed that newly formed exophylactic periderms often prevented the enlargement of lesions in aged portions. Smaller lesion enlargements in the phloem and fewer resin pocket formations also were demonstrated in aged portion.

I. はじめに

樹脂胴枯病(病原菌 *Seiridium unicorne* (CKE. et ELL.) SACC.) はヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) 幼齢木の枝や幹、あるいは壮齢木の枝や梢端部から樹脂を流出するのが特徴であり(2)、樹脂流出部位の皮層や師部内には壊死病斑がみられる(4)。また発病した部位の材内には、材斑と呼ばれるシミや年輪の乱れが残ることが多く、これを利用して発病年やその部位の発病時の年齢を知ることができる(1, 6)。被害木の

幹で材斑や年輪の乱れを伴う病斑が形成された齢を調査した結果から、発病は2~3年の若い部位がピークであり、齢が高くなると発病は少なくなり、5年以上の部位ではほとんど発病がないことが明らかとなった(6)。さらに齢の低い時期に形成された病患部は木の成長とともに回復し、外樹皮に病斑の痕跡が残る、最終的には脱落する(4)。

このように本病がヒノキの若齢部には発生するが、齢が高くなると新たな感染や発病が生じないのは、一つには外樹皮の厚さやその状態のためだという考えが

* 本研究の一部は第104回日本林学会大会で発表した。

** 森林総合研究所 For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305

*** 森林総合研究所関西支所 Kansai Res. Ctr., For. and Forest Prod. Res. Inst., Kyoto 612

ある (I)。もしそうであれば、有傷の場合は齢の高い部分にも感染する可能性がある。そこで通常では樹幹下部に感染の起こらない樹齢のヒノキを用い幹部高、すなわち齢を変えて無傷と有傷とで接種試験を行った。そして、加齢による抵抗性増大の要因が感染から樹脂流出までのどの段階にあるのかを検討した。さらに各段階がどの程度抵抗性増大に寄与しているかの評価を試みた。

II. 材料と方法

森林総合研究所関西支所の実験林に植栽された9年生実生ヒノキ(樹高3.3~4.4 m)を接種試験に用いた。樹高1, 2および3 m (3 mの部位はなるべく梢端から1 m以内とした)部位の幹周囲に各高さ5カ所カッターナイフで内樹皮に達する径数mmの傷をつけた。なお各高さの齢は1mの部位が5~6年, 2mが3~5年, 3 mが2~3年であった。既報の方法(5)により調製した*S. unicorne*の分生子懸濁液(10万個/ml)を、各高さで長さ約20 cmの範囲に幹を一周するように約10 mlずつ噴霧した。接種部はパラフィルムで1週間覆った。傷をつけた部位を有傷接種、傷以外の部位を無傷接種として扱った。接種木は7本、付傷のみの対照木は3本で、接種は1991年6月11日に行った。

調査は接種の1, 3および6カ月後に行い、接種した全個体について樹脂流出の有無を観察し、毎回接種木を2本、対照木を1本伐倒した。伐倒木は剥皮して接種部の外観を調査し、壊死病斑の大きさを測定した後、菌の分離あるいは解剖観察用試料を採取した。各高さの有傷接種部位3カ所および無傷接種による樹脂流出部位から菌の分離を行った。菌の分離はアンチホルミン5倍液で3分間表面殺菌したのち、PDA培地上に20°Cで培養することで行った。各高さの有傷接種部位2カ所から病斑を含むブロックをとり、解剖試料とした。解剖試料はFAAで固定したのち、アルコールシリーズで脱水しセロイジン包埋に導いた。スライディングマイクロトームで厚さ約20μmの切片を作成し、コットンブルーで染色、あるいはサフランin-ファストグリーンで二重染色し、光学顕微鏡で観察した。

III. 結 果

1. 接種菌の再分離

無傷接種部位では高さ3 mの部位のみに樹脂流出病斑が認められ、接種の3および6カ月後に菌の分離

を試みた9個の病斑中7個から*S. unicorne*が検出された。

有傷接種部位からも*S. unicorne*は高い頻度で分離された。有傷接種部位における接種菌の分離頻度は時間が経つに従って次第に低下する傾向があったが、接種1カ月後では高さによる差異は認められなかった(図-1 a)。齢の高い1, 2 mの部位では、接種の1カ月後にすでに接種傷の部分が新たな周皮形成によって外樹皮となっている場合があったが、菌は高さ3 mの部位と同じ頻度で分離された。

接種高を区別せず、病斑が拡大した部位とそうでない部位とに分けて比較すると、接種1カ月後では分離頻度に差がなかった。しかし、病斑が拡大しなかった部位では時間の経過とともに分離頻度が低下した(図-1 b)。この分離頻度の低下は齢の高い部位でも低い部位でも同様に生じた。逆に病斑が拡大した部位では、齢の高い部位でも接種6カ月後まで分離頻度は高かった。なお、対照において付傷によって形成された壊死

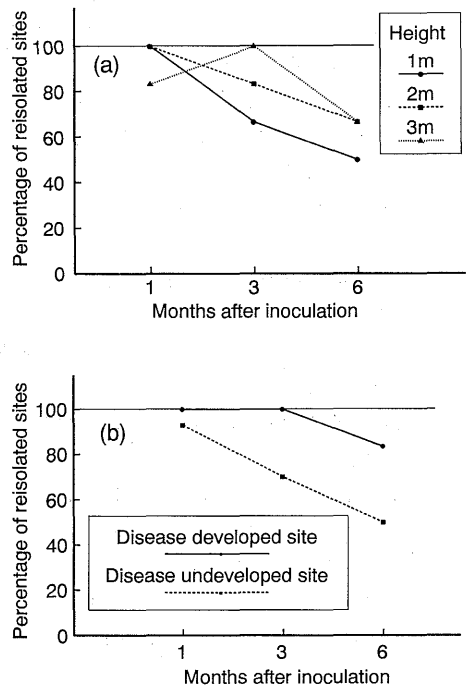


図-1. 樹脂胴枯病菌の有傷接種によるヒノキの幹部高別 (a) および病気の進展別 (b) の菌の分離頻度

Frequency of re-isolation of *Seiridium unicorne* from wound inoculation site of a hinoki tree (a), and of disease developed and undeveloped sites of a hinoki tree (b)

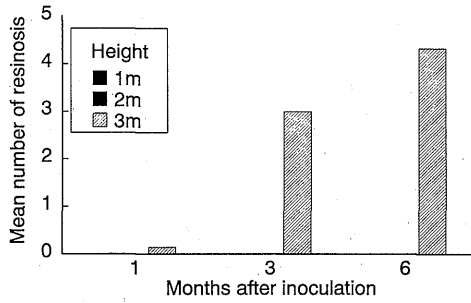


図-2. 樹脂胴枯病菌の無傷接種によるヒノキの平均樹脂流出数

Mean number of resinosis per hinoki tree by non-wound inoculation with *Seiridium unicorne*

斑からは *S. unicorne* はまったく分離されなかった。

2. 樹脂の流出

無傷接種により、高さ3mの部位のみに認められた壊死病斑のすべてから樹脂の流出が認められた。接種1カ月後にはすでに樹脂流出がみられる箇所があり、その後次第に樹脂流出箇所が増加した(図-2)。高さ1, 2mの部位では、無傷接種によって壊死病斑形成や樹脂流出は発生しなかった。

有傷接種においても、樹脂の流出は高さ1, 2mの部位ではみられず、高さ3mの部位のみ生じた(図-3)。高さ1, 2mの部位で接種2週間後から2カ月後にわずかに樹脂の滲出がみられることがあった。しかし、樹脂の滲出はその後継続せず、樹脂が消失することもあった。この樹脂滲出は接種時の傷のためであると考えられる。付傷のみの対照においても、接種2週間後に1カ所から傷のためと考えられる少量の樹脂滲出がみられた以外には樹脂流出は観察されなかった。

3. 有傷接種部位の剥皮調査および解剖観察

1) 樹皮の構造

高さ3mの部位では、未だ外樹皮が形成されていなかったが、高さ1mの部位ではすべてが、また2mの部位でもほとんどが外樹皮に覆われていた。幹の齢で見ると、4年以上ではすべての部位で外樹皮が形成されていたが、3年以下ではほとんどが未形成であった。

2) 周皮の形成

壊死病斑が師部内で十分拡大しないうちに、その内側に新たに周皮が形成され、その周皮の外側が外樹皮となると、ほとんどの場合それ以上の病斑の拡大が阻止された(図-4 a)。接種1カ月後の観察では、新たな周皮の外側の師部組織は未だ褐変していない例もみられた。このような例では解剖観察における染色性につ

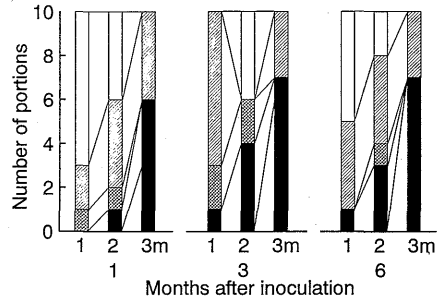


図-3. ヒノキ樹脂胴枯病の有傷接種における病気の進展

Disease development of *Seiridium* canker of hinoki at wound inoculation sites

いても新たな周皮の外側と内側の師部組織との間で差異はなかった。新たな周皮形成は高さ1, 2mの部位では高い頻度でみられたが、高さ3mの部位では生じなかった(図-3)。この周皮形成は、高さ1, 2mの部位では付傷のみの対照においても菌接種部と同様にみられた。なお、ここで単に周皮としたものは健全部に形成される正常な周皮を指し傷害周皮を除外したものである。

3) 菌の進展範囲および傷害周皮の形成

菌糸は、いずれも壊死病斑内のみ分布しており、生きている宿主組織には観察されなかった。

接種の1カ月後には、傷害周皮は付傷のみの対照ではすでに形成されていたが、菌接種部では未だ完全に病斑の周囲を囲んでいない場合が多かった。接種の3カ月後には菌接種部においても傷害周皮は完全に病斑を囲んでいた。高さ、すなわち齢の違いによる傷害周皮形成の早さに差異は認められなかった。

4) 壊死病斑の進展および傷害樹脂道の形成

いずれの高さにおいても、壊死病斑の拡大は接種1カ月後にはほとんど停止したと判断され、高さによる病斑拡大の速度に差異はなかった。しかし、接種後のどの時期でも齢の高い部位ほど病斑の拡大した割合が低かった(図-3)。高さ1, 2mの部位で周皮が形成されなかった場合、あるいは周皮形成が遅く病斑拡大が阻止されなかった場合においても、師部内での病斑の拡大が小さく、形成層の近くまで達しないが多かった(図-4 b)。それに対し、高さ3mの部位では病斑の拡大が接種部位の60~70%の範囲でみられた。

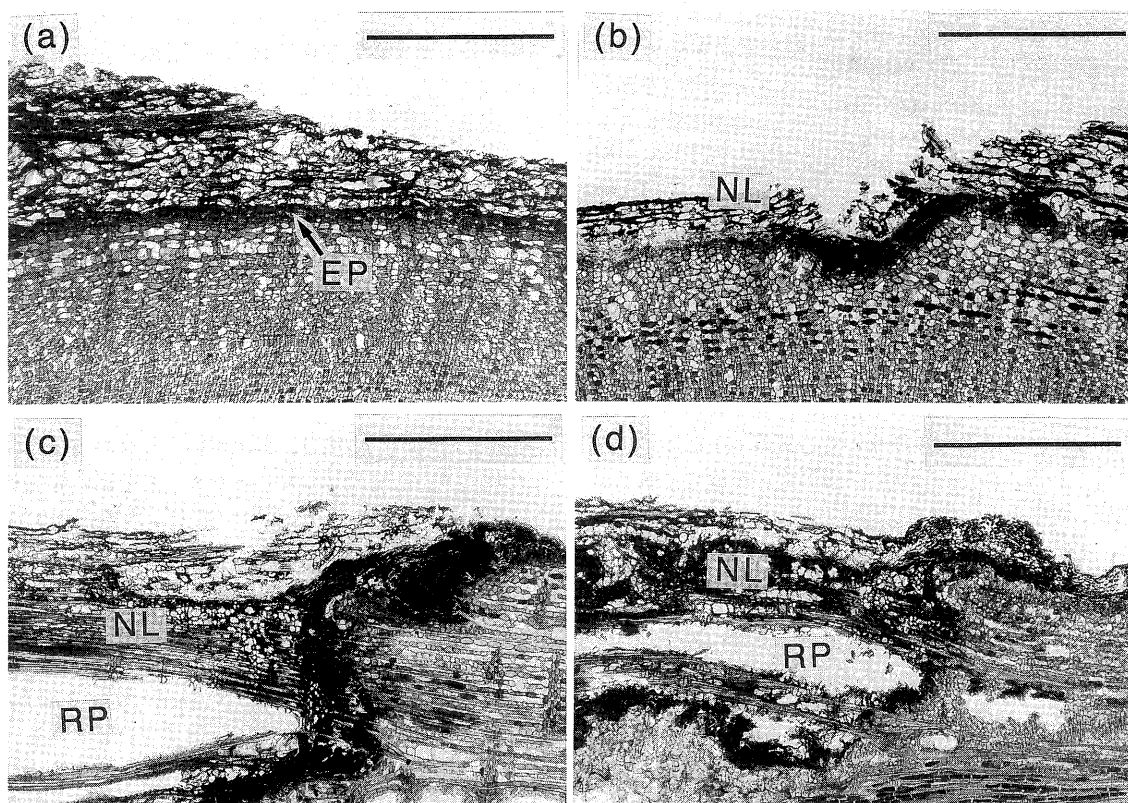


図-4. 樹脂胴枯病菌接種ヒノキの解剖写真
Micrographs of *Seiridium unicorne*-inoculated hinoki trees

(a), 齢の高い部位における新たな周皮形成 (木口面); (b), 齢の高い部位における拡大しなかった病斑 (木口面); (c), 樹脂流出のみられた齢の低い部位におけるやにつぼ形成 (径断面); (d), 樹脂流出のみられなかった齢の高い部位におけるやにつぼ形成 (径断面)。スケールは1 mm。

(a), Newly formed exophylactic periderm under the inoculation wound at aged portion (cross section); (b), Superficial necrotic lesion at aged portion (cross section); (c), Resin pocket formation at young portion where resin flow was observed (radial section); (d), Resin pocket formation at aged portion where no resin flow was observed (radial section). Scales: 1 mm. EP, Exophylactic periderm; NL, Necrotic lesion; RP, Resin pocket.

いずれの高さにおいても病斑の拡大が小さかった場合は、傷害樹脂道が形成されることはあったものの、やにつぼ形成に至ることはなかった。傷害樹脂道は付傷のみの対照においても形成されることがあった。なお、病斑が拡大しなかった場合でも接種菌の分生子層や分生子が形成される場合があった。

5) やにつぼの形成および樹脂流出

病斑が拡大した場合には、幹の齢に関わらず接種6か月後までにほとんどの部位でやにつぼ形成に至った(図-3)。とくに高さ3 mの部位では接種1か月後にはすべての病斑拡大部でやにつぼが形成され(図-4 c), 齢の違いによってやにつぼの形成速度に差異のあることが示された。

接種1か月後には、樹脂流出は高さ3 mの部位においてもまだ少なく、やにつぼ形成から樹脂流出までにタイムラグが認められたが、接種3か月後にはやにつぼ形成部位のほとんどで、6か月後にはすべてで樹脂流出がみられた。それに対し、高さ1, 2 mの部位ではやにつぼが形成されても(図-4 d), 樹脂流出はまったく観察されなかった。

IV. 考 察

今回の接種試験結果から、ヒノキ樹脂胴枯病における抵抗性は図-5に示すような、感染から樹脂流出に至る各段階で示されるものと考えられた。ただし、無傷部における本病原菌の侵入感染の部位や機構は未だ

解明されていない。なお、結果的に高さ1 m, 2 mの部位と3 mの部位とで症状が区別できたことと樹皮構造の違いから、以下では高さ1 m, 2 mの部位を齢の高い部位、3 mの部位を齢の低い部位と呼ぶこととする。

外樹皮がまだ形成されていない齢の低い部位では、無傷接種の場合も発病が起こった。齢の高い部位では無傷接種の場合はまったく発病しなかったのに対し、有傷接種の場合は菌が侵入し病斑の拡大、やにつぼの形成がみられた例があった。このことから、齢の高い部位の抵抗性要因としては外樹皮の存在すなわち病原菌の侵入に対する物理的な抵抗性が最も大きいことがわかった。これにより従来からの推測(1)に実験的な裏付けが得られた。しかし、齢の高い部位では病気が進展した割合が低かったことから菌の侵入後の抵抗性要因も存在する可能性が残された。

齢の高い部位では壊死病斑が師部内に形成された場合でも、接種傷より内側に周皮が形成されて、接種傷を含む周皮の外側が外樹皮となり、それ以上の病斑の拡大が阻止されることが多かった。この周皮形成は付傷のみの対照においても認められたことから、菌の接種によって誘導されたものではなく、加齢に伴い自然に生じたものと考えられる。したがって、この周皮形成は、齢の高い部位では季節によっては高い頻度で起こると考えられる。接種1カ月後に新たな周皮の外側で褐変していない師部組織がみられたことは、この時期に外樹皮化が進行したことを示している。今回の接種は自然感染が多いとされる時期(3)に行っており、一般には感染の起こらない齢の高い部位で傷を受けた直後に感染が起こった場合には実際に周皮形成が抵抗性要因として働いている可能性がある。

次に菌が師部内に侵入した後の抵抗性要因について考察する。まず傷害周皮形成の速度に齢による差異がなかったことは、齢の高い部位の師部において病斑拡大が小さい要因が傷害周皮形成ではないこと、すなわち加齢による抵抗性増大に直接傷害周皮が関わっていないことを示唆している。齢の低い部位では、病斑が皮層あるいは師部内に形成された場合における病斑が拡大した場合の割合が高いが、齢の高い部位ではこの割合が低下し、高さ1 mの部位では高さ3 mの部位の半分以下であった(図-3)。このことは病斑が拡大しないことが抵抗性増大の重要な要因であることを示している。

接種菌の再分離頻度は、病斑が拡大しなかった場合には時間とともに低下したことから、齢の高い部位における分離頻度の低下は病斑が拡大した割合が少なかったことが原因であると考えられる。本病原菌は、病斑が拡大しなかった場合に表層の薄い壊死斑においては、いったんは孢子形成まで可能であるが長期間は生存できないと思われる。したがって、菌の繁殖の面からも、病斑の拡大阻止は抵抗性増大の一要因となる。

次に、やにつぼが形成された場合についてみると、齢の低い部位では高い頻度で樹脂流出が生じるのに対し、齢の高い部位ではまったく生じない。いずれの場合もやにつぼが病斑内に観察されることから、齢の高い部位で樹脂流出に至らないのは樹皮構造の違いによることが示唆される。

以上のことから、何らかの原因で傷がついた場合は、新たな周皮形成による外樹皮化によって病斑を隔離すること、さらに師部深くまでの病斑拡大を阻止することが外樹皮の存在に次ぐ大きな抵抗性要因であると考えられた。やにつぼが形成されにくいことは、抵抗性要因としては小さい。樹脂流出がないことは、比較的高率で発生したが、実際の抵抗性では重要性は低いものと考えられる。すなわちこの段階ではやにつぼ形成、樹脂流出に至らずとも病斑はすでに拡大している。したがって、ヒノキの加齢に伴う抵抗性の増大では病斑拡大以前の段階が重要であると考えられた。

齢の高い部位で病斑が形成層の近くまで拡大せず、やにつぼ形成に至らない原因の一つとして皮層および師部の厚さが考えられる。供試木の皮層および師部の厚さは樹幹の高さによって差異があり、高さ3 mの部位では薄い。また皮層が存在するのはもっぱら高さ3 mの部位だけであった。病斑拡大に対する抵抗性に皮層および師部の厚さが影響しているのか、あるいは内

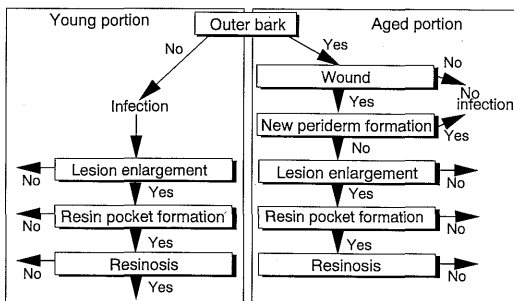


図-5. ヒノキ樹脂胴枯病の感染から樹脂流出に至る流れ

Flow chart of disease development of Seiridium canker of hinoki

樹皮の化学成分や感染後の能動的な防御反応が影響しているのかを解明することが今後必要である。

報告にあたり原稿を校閲していただいた森林総合研究所森林微生物科長金子 繁博士に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- (1) 小倉健夫(1987)茨城県内のヒノキ樹脂胴枯病被害状況および罹病木材内にみられる変色部について. 茨城県病害虫研究会会報 26: 49~51.
- (2) 佐々木克彦・小林享夫(1975) *Monochaetia unicornis* (CKE. et ELL.) SACC.によるヒノキ・ビャクシン類の樹脂胴枯病 (I) 病原菌および病原性. 林試研報 271: 27~38.
- (3) 下川利之(1990)西日本におけるヒノキ樹脂胴枯病の被害と伝播様式. 岡山県林試研報 9: 1~11.
- (4) 山田利博(1987)ヒノキ樹脂胴枯病の病態解剖. 日林誌 69: 59~63.
- (5) 山田利博(1988)樹脂胴枯病菌分生胞子の無傷接種によるヒノキの発病. 森林防疫 37: 15~18.
- (6) 山田利博・伊藤進一郎・黒田慶子・國分義彦・塩見晋一(1988)ヒノキ樹脂胴枯病の罹病木の材への影響と発病経過の追跡. 日林関西支講 39: 303~306.

(1994年6月16日受理)