

スギの赤枯病に関する
病原学的ならびに病理学的研究 (IV)

Cercospora sequoiae ELLIS et EVERHART
(*C. cryptomeriae* SHIRAI) による赤枯病と溝腐病

伊藤 一雄⁽¹⁾・渋川 浩三⁽²⁾・小林 享夫⁽³⁾

K. Itô, K. SHIBUKAWA and T. KOBAYASHI: Etiological and Pathological
Studies on the Needle Blight of *Cryptomeria japonica*-IV
Blight and canker of the tree caused by *Cercospora sequoiae* ELLIS
et EVERHART (*C. cryptomeriae* SHIRAI)

要 旨: 実生苗は苗齡が高くなるほど赤枯病に対する抵抗力が大になる傾向は明らかである。さし木苗は実生苗にくらべて赤枯病に罹りがたいことは一般的傾向としては否定できないようである。しかし、2~4年生実生苗の前年成長枝をさし木し、母苗とさし木苗の当年成長部の本病に対する罹病程度を比較すると、その間には顕著な差は認められない。水耕法により、1年生稚苗に人工接種を行ない、肥料成分と赤枯病被害との関係を見ると、窒素欠除および磷酸欠除はともに、完全施肥の場合にくらべて被害程度が大になるが、カリ欠除の場合には明らかな影響は認められず、また窒素を適正量の2~3倍与えても、この実験に関するかぎり、罹病程度を増大する結果は得られなかった。本病病原菌の分生孢子を人工接種後、約24時間経過すると針葉組織内に侵入したものが多数確認された。侵入は通常気孔を通じて行なわれるが、しかし表皮細胞を直接穿入する場合、および表皮細胞縫合部から侵入すると認められるものも少数ながら観察された。苗木の赤枯病において従来よく知られていた針葉および小枝の病徴のほか、緑色主軸(茎)上に形成される壊死斑(胴枯型病斑)は、とくに注目されなければならない。スギ造林木の溝腐病は昭和初期の発見以来長い間病因不明とされてきた。本研究により、これは苗木時代に赤枯病に罹病、その茎に形成された壊死斑が発端になり、年を経て溝腐病に移行する経過が実験的に追跡・証明され、苗木の赤枯病と造林木の溝腐病との因果関係が明らかになり、永年の謎が氷解するとともに、赤枯病の重要性はいっそう強調されなければならないことになった。

目 次

緒 言	82
赤 枯 病	84
1. 病徴・標徴および被害の進展	84
2. 実生苗とさし木苗の赤枯病感受性	87
3. 赤枯病の被害と肥料成分との関係	90
4. 赤枯病の病態解剖所見	97
溝 腐 病	103
5. 溝腐病の病徴と病因について	103
6. 溝腐病被害造林木の調査	103
7. 緑色主軸上の壊死斑と赤枯病菌	104
8. 赤枯病壊死斑の症状推移の長期観察	111
9. 溝腐病罹病樹の樹幹解剖	114
考察および結論	123
文 献	125
図版説明	128
Summary	133

1974年5月25日受理

(1) (3) 保護部 (2) 元保護部

緒 言

著者らがスギ赤枯病の本格的研究に着手したのは第二次世界大戦の終戦後間もない1947年(昭22)のこととて、それからはや二十数年の歳月を閲した。1909~1910年(明42~43)に茨城県の一部に忽然として発生した本病は、その後燎原の火の如く拡大の一途をたどり、大正時代中期にはわが国のほとんどいたるところに見られるようになり、その病状は激烈をきわめ、これによって枯死するスギ苗は数知れず、ためにスギの育苗は危殆にひんした。大正初期に本病の研究が各方面でとりあげられて見るべき成果がおさめられ、一応の防除法が見い出されたのであるが、これを本病の第一期研究時代と称す(伊藤 1965²²⁾)。

その後本病は小康状態を保って昭和10年代を終わり、第二次世界大戦後、戦中の荒廃した山林を復興するために大規模な造林計画が国策として強力に推進されることになり、各地でスギ実生苗の養成が大量に行なわれるに及び、従来慣行の防除法が実施されたにもかかわらず、赤枯病の大発生にあい、ここに改めて本病的確な防除対策の樹立が林業界から強く要望された。

このような背景のもとに、農林省林業試験場において本病の研究をとりあげることになり、まずそれまでの試験研究成績に検討を加えたところ、本病の病因についてすら諸説紛々として帰一するところなく、したがってそれまでの防除法は病因および伝染経路にのっとって合理的にたてられたものではなく、多分に経験から得られた、いわば応急対策の域をでないことがわかり、先人の業績はそれはそれなりに貴重ではあるが、本病的確な防除対策を見い出すためには基礎的研究からやり直す必要のあることが痛感された。

ここにおいて著者らは本病の基礎的な病原学および病理学的分野を、そしてまた浅川支場(帝室林野局東京林業試験場は戦後の林政統一によって農林省林業試験場に統合され、当時このような名称でよばれていた)野原勇太氏らは主として薬剤防除の研究を分担、緊密な連けいのもとに協力して本病の研究に邁進することになった。

著者らはまず、スギのいわゆる赤枯症状部に見い出される多数の菌類について、その形態、生活史、生活圏、病原性および寄主の樹齢などを詳細に再検討し、本病の病原菌は *Cercospora cryptomeriae* SHIRAI にはかならず、他の菌類は病原性が微弱で實際上ほとんど問題にする必要のないことを明らかにし、ここに明治末期以来、長い間論議されたにもかかわらず不明確であった病原問題に終止符が打たれたことになり、本病の伝染、発病の経緯がきわめて単純化された。なお、この研究によって本病と寄主の樹齢との関係はそれまでいわれていたように、ごく幼齢な時代に限って発病するものではなく、毎年枝切りが行なわれる生垣、台木などは高樹齢のものでもきわめて罹病しやすく、これらがしばしば伝染源胞子の供給源になることから、その処置の衛生上の重要性が指摘され、また本病の潜伏期は従来考えられていたよりはるかに長いことが知られた(伊藤ら 1952¹⁴⁾)。つづいて病原菌 *C. cryptomeriae* の越冬、分生胞子の形成・飛散時期、発芽生理および発芽阻害と銅剤との関係などが明らかにされ、本病の伝染経路ならびに防除薬剤の散布時期、散布濃度のよりどころが示された(伊藤ら 1954¹⁷⁾)。一方、これらの基礎的研究結果を踏まえて行なわれた苗畑における薬剤散布試験によって、希薄ボルドー液の適期散布法が本病防除に卓効を示すことが実証され(野原・陳野 1952³⁹⁾, 1953⁴⁰⁾)、ここに衛生法および薬剤散布法を主体とする、理論的にも実際上もほとんど完璧な防除法の確立を見るにいたった(伊藤 1955¹⁸⁾, 野原 1956⁴¹⁾)。

1950年(昭25)以来、本邦各地の苗畑でギガントセコイア苗にスギ赤枯病に酷似する病徴の疾病が発生

して被害を与え、これを枯死させることがしばしば認められた。そして、この病原菌はスギ赤枯病菌 *Cercospora cryptomeriae* に一致する事実が知られたことが契機になって、米国でギガントセコイアに記載された *Cercospora sequoiae* ELLIS et EVERHART (1887)⁷⁾ と本菌の異同について関心が持たれ、文献で比較する限り、これら両者の間に差が認められないことが指摘された (伊藤ら 1958¹⁹⁾)。著者らはこれら両菌の直接比較を切望したのであるが、ギガントセコイアは北米において天然記念物的な取り扱いを受けているとかで、これを大規模に養苗して造林するというものではなく、またこの菌によるギガントセコイアの疾病は實際上ほとんど全く問題にならないものであるため (SCHUBERT 1962⁴⁹⁾)、長い間本菌を入手する途がなかった。幸いにもごく近年にいたり C. S. HODGES 博士のご好意によって *Cercospora sequoiae* のタイプ標本を含む多数の標本と培養がようやく著者らの手に入り、直接比較研究する機会に恵まれた。その結果、わが国でスギ赤枯病菌とされている *C. cryptomeriae* SHIRAI は北米産の *C. sequoiae* ELL. et EV. と全く同一であることが明らかにされ、先命権によって赤枯病菌の学名として *C. sequoiae* ELL. et EV. を採用するのが妥当で、われわれが長年親んできた *C. cryptomeriae* SHIRAI はその異名とすべきであるとの結論に到達した。なお、スギ赤枯病は1910年前後わが国に発生したこと、および史的考察その他から、明治時代に北米から *C. sequoiae* ELL. et EV. がわが国に導入され、これがスギに移ってその赤枯病菌になったものと考えられるにいたった (伊藤ら 1967²³⁾)。

昭和時代初期に埼玉県浦和付近でスギの樹幹に縦溝が形成される1種の疾病が発見され (北島 1927²⁸⁾)、つづいて高知および熊本両営林局管内でも同一症状を呈する造林木が見い出され、これに溝腐病の病名がつけられたのは1928年 (昭3) のことである (北島 1928²⁹⁾)。このように、溝腐病の発見・記載は昭和時代初期にさかのぼるものであるが、その後長い間この病因は不明 (北島 1933³⁰⁾) とされてきた。著者らが赤枯病の研究に着手してから数年後、またまた埼玉県下の民有造林地に溝腐病被害林が広い範囲にわたって認められる好機に会い、1952年 (昭27) に現地調査を行ない、つづいて本病の病因解明につとめた結果、これは苗木時代の赤枯病と密接不離の関係があり、すなわち主茎に形成された赤枯病の壊死斑 (胴枯型病斑) が年月を経て、病徴を全く異にする造林木の溝腐病になる経過が実験的に確かめられ、永年の疑問がようやく氷解された。造林木の価値をいちじるしく低下させるきわめて悪質な疾病であるにもかかわらず、病因がわからぬためにほとんど手の打ちようがなかった本病の防除は、これによってようやくその見とおしがえられるにいたった (伊藤 1953^{15,16)})。

既報の主として病原学的研究につづいて、本報では病理学的研究結果を述べることにするが、この重要性からその要点はこれまで機会あるごとに予報あるいは概報としてすでに報告済みである (伊藤 1953^{15,16)}, 1955¹⁸⁾, 1962²⁰⁾, 1965²¹⁾, 伊藤ら 1967²³⁾)。したがって、これらと重複するところも少なくないが、この点あらかじめご了承を願いたい。

この研究は元林業試験場保護部長今関六也氏の激励のもとに遂行されたもので、また現林業試験場土じょう部長 堀 隆男博士にはスギ苗の水耕法について懇切なご助言をいただいた。河合慎二氏 (元林野庁森林害虫防除室長) には造林木溝腐病の病因解明上貴重な示唆を賜わり、また元埼玉県林業試験場長熊井正善氏には同県下溝腐病被害造林地調査に格別の便宜をいただき、なおみずからの調査資料を提示されて多大のご協力を賜わった。著者らが溝腐病の病因を病理学的に解明することができたのは河合、熊井両氏の熱意とご好意に負うところきわめて大で、心からお礼を申しあげたい。なお、本報の実験の一部には現林業試験場四国支場保護研究室長寺下隆喜代博士、現同九州支場保護部鈴木和夫博士および林業試験場保護

部佐々木克彦技官を煩わしたものがあり、その労に対して謝意を表す。さらに、関係文献の閲覧には宮崎大学農学部教授平田正一博士と林業試験場北海道支場樹病研究室長横田俊一博士のご助力を仰いだ。

赤 枯 病

1. 病徴・標徴および被害の進展

(1) 病徴・標徴

2年生実生苗*1(1回床替苗)の病徴および標徴は次のとおりである。

針葉：病斑は針葉の先端、中央部および基部のいずれの部分にも形成されるが、中央部から先端部に見られることが比較的多い。一針葉に2～3個の病斑が形成されることもある。初期の病斑は淡黄褐色、大きさ1mm内外で帯状または不整形であるが、針葉先端部の場合には淡黄色に変色する。病斑は急速に拡大、褐色になってやや収縮乾固する。針葉全体が侵されると、やがて頂端部は灰褐色を呈して色がややあせることもある。病斑部と健全部との境界には、病斑が急速に乾固収縮するために不明瞭な「くびれ」ができる場合、あるいは漸移して淡黄褐色を呈する場合がある。病斑は針葉全体に拡大し、やがて針葉基部

(basal part) に達する。病針葉は全体として褐色～淡褐色であるが、基部は多くの場合暗濃褐色(こげ茶色)を呈する(Plate 1～3, Fig. 1)。

小枝：多くの病針葉がその基部を侵されると、患部から先方は赤褐色になって枯死する(Plate 2～3)。

側枝：多数の針葉基部が侵されると、濃褐色～暗褐色の壊死部は相連続して大きな病斑を形成し、さらに病状

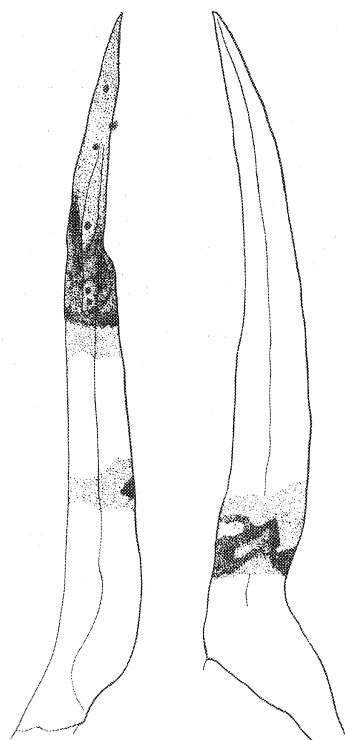


Fig. 1 赤枯病罹病針葉の拡大
Blighted needles of *Cryptomeria* seedling caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 4

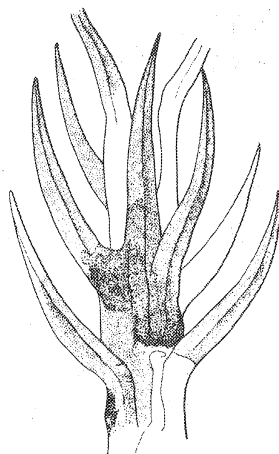


Fig. 2 赤枯病罹病葉・茎の拡大
A part of blighted shoot of *Cryptomeria* seedling caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 2

*1 前報と一致させるため、樹齢はすべて数え年で示す。

進展すれば患部は枝を一周、それから先きは鮮褐色を呈して枯死する (Plate 1~3)。

茎 (主軸) : 緑色主軸 (茎) に褐色病斑の形成がしばしば認められる。これは針葉が侵されてその基部が濃暗褐色を呈して茎に移行する場合と、側枝が侵されてその分岐部付近の患部が進展、茎部に濃暗褐色の壊死斑 (胴枯型病斑) を形成する場合とがある。茎の壊死斑の表面はやや収縮乾固して縦の小裂線が入り、普通濃暗褐色であるが、のちにやや褪色して淡褐色に変ずることもあり、なお病斑の周囲は鮮褐色を呈する。2年生苗では比較的まれであるが、さらに年数が経過すると、病斑は茎を一周し、そのため往々患部から先きは鮮褐色を呈して枯死する (Plate 3, 6, Fig. 2)。

被害は地面に近い針葉からしだいに上方に及び、地表から 1/2 ぐらいまでの部分の針葉および枝ははなはだしく侵されて、そのほとんどが褐変枯死し、なお古い病枝葉は灰褐色に変じて乾固する。針葉および茎の病斑表面には暗濃緑色、やや毛ばだったビロード状の菌体 (病原菌の分生胞子および分生子梗) が多量に認められ、また古い病枝葉では表皮を破ってその一部を露出する黒色微小菌体 (病原菌の子座) のみしか見られない (Plate 1~2)。

はなはだしく侵された 1~2年生苗では全株枯死するものも少なくないが、3年生以上のものでは死にいたることはまれである (Plate 4)。

(2) 被害の進展経過

苗畑において、本病の被害が日月の経過とともにどのように推移するかを知るために、1949年 (昭24) 東京都目黒区下目黒農林省林業試験場構内で次の観察を行なった。すなわち、同年5月床替した2年生実生苗約500本について、自然感染による本病被害の進展経過を摘記すれば次のとおりである。

まず8月10日の観察によれば、被害は地際に近い小枝の部分にとどまり、きわめて軽微な病徴を示すのみであったが、同月25日にはやや顕著な被害がみとめられて典型的な病徴を発見、つづいて同月30日には被害がきわめて明瞭になり、翌9月5日には被害の著しい苗木の数を増し、さらに翌10月26日には重被害のものが総数の約2/5をしめ、なお本病による枯死苗は1/10強に達した。これらの観察結果を Table 1 に示す。

なお、この観察期間およびその前後の気温および降水量は Table 2 のとおりで、とくに注目しなければならないことは、7月中旬~8月中旬は降水量がきわめて少なくてはなはだしく乾燥し、8月下旬~9

Table 1. 苗畑における2年生 (1回床替) 苗の赤枯病進展経過
Development of damage of the blight on 2-year-old *Cryptomeria*
seedlings in a nursery in Tokyo, 1949

観察年月日 Date of observation	苗木数 Number of seedlings					合計 Total
	重 害 Severely affected	中 害 Moderately affected	軽 害 Slightly affected	無被害 No-affected	他の原因に よる枯損 Killed by other causes	
Aug. 10 '49	0	0	4	499	0	503
Sept. 5 '49	29	95	332	42	5	503
Oct. 26 '49	130 57*	206	104	0	6	503

注：重害…小枝の完全枯死3本以上のもので針葉枯死はきわめて多数。

中害…小枝の完全枯死2本以下のもので針葉枯死は多数。

軽害…針葉枯死がみとめられるもの。

* …本病による枯死苗数。

Table 2. 1949年(昭24) 6～10月気象観測資料(東京)
 Meteorological data in June to October, 1949 in Tokyo

月 Name of months	旬 Decade	気 温 Air temperature (°C)			降 雨 Rain	
		最 高 Max.	最 低 Min.	平 均 Av.	降 水 量 Precipitation (mm)	降雨日数 Number of days with precipitation
6 月 June	上 旬 1st decade	20.6	14.4	17.9	86.6	4
	中 旬 2nd decade	23.0	17.3	20.9	155.3	4
	下 旬 3rd decade	23.9	17.3	21.6	63.8	4
	平均または計 Av. or sum.	22.5	16.3	19.4	305.7	12
7 月 July	上 旬 1st decade	24.9	18.6	22.7	72.4	6
	中 旬 2nd decade	30.2	22.8	29.4	0	0
	下 旬 3rd decade	30.3	23.8	28.3	21.8	5
	平均または計 Av. or sum.	28.5	21.8	26.8	94.2	11
8 月 August	上 旬 1st decade	31.2	22.5	28.5	0	0
	中 旬 2nd decade	30.6	22.5	28.3	14.7	3
	下 旬 3rd decade	29.8	23.1	27.3	237.3	7
	平均または計 Av. or sum.	30.5	22.7	28.0	252.0	10
9 月 September	上 旬 1st decade	27.6	16.9	25.5	224.2	3
	中 旬 2nd decade	25.3	17.6	22.6	43.7	5
	下 旬 3rd decade	25.7	17.8	23.6	86.2	4
	平均または計 Av. or sum.	26.2	18.0	23.9	354.1	12
10月 October	上 旬 1st decade	20.5	14.0	17.8	110.9	3
	中 旬 2nd decade	20.9	13.5	18.1	35.0	5
	下 旬 3rd decade	18.0	10.5	15.2	134.2	6
	平均または計 Av. or sum.	19.7	12.6	17.0	280.0	14

月上旬には多量の降水をみている点で、これらのことが本病被害の進展経過にかなりの影響を及ぼしたものと考えられる。

本病の第一次伝染源となる分生胞子は4月下旬～5月上旬から形成され(伊藤ら 1954¹⁷⁾), これが発芽してスギに侵入後約4週間の潜伏期を経て発病するもので(伊藤ら 1952¹⁴⁾), 普通梅雨あけの7月下旬には苗木の地際に近い部分の針葉にかなりの病針葉が現われ、盛夏の8月に降水量が少なければ病状の進展は鈍化し、9月上旬の台風期前後から被害は急速に進展、同月中・下旬から10月にかけて著しい被害状況を呈するもので、これはその年の気象条件、とくに降水量によって被害の推移にある程度の相違が現われるのは当然で、上記はその一例として東京におけるある年の被害進展の経過を追跡してみたもので

ある。

2. 実生苗とさし木苗の赤枯病感受性

本病は実生1～3年生苗に最もはなはだしい被害を与えるもので、なお伊藤ら (1952)¹⁴⁾ によれば樹齢9年生内外のものにも発病し、また毎年切り込みを行なう台木あるいは生垣では、樹齢20年以上のものでも激しく侵されると報じている (Plate 4)。

比較的高い苗齢の実生苗に対する接種試験の一例を示せば Table 3 のとおりで、播種後4～5年を経過した苗木 (5年生～6年生苗) は同じく3年を経過した苗木 (4年生苗) にくらべて、罹病程度は明らかに軽微である。なお、この人工接種試験は既報 (伊藤ら 1952¹⁴⁾) の実験方法に準じて行ない、供試菌株は C-2*1 (伊藤ら 1954¹⁷⁾) を用いた。

Table 3. 苗齢を異にする実生苗に対する接種試験 (1957年8月)
Results of the artificial inoculation with the fungus to
Cryptomeria seedlings in various ages (August 1957)

供 試 苗 木 Seedling tested	接種までの経過年数(苗齢) Years before inoculation (age of seedling)	接種による罹病率(%) Percentage of diseased seedlings by inoculation (%)	
		接 種 Inoculated	対 照 Check
1954 年 播 種	3	5.6*	0
1953 年 播 種	4	0.3	0
1952 年 播 種	5	0.7	0

注：* 当年成長部分の総針葉数に対する罹病針葉数の百分率 (苗木5本の平均)。

本病がしょうけつをきわめた大正初期にすでに“……挿木苗ハ播種ヨリ得タル幼苗ニ比シ其抵抗力大ナルガ為メ殆ソド赤枯病ノ被害ヲ認メザルガ如シ”という記事が見られ (伊藤 1965²²⁾)、さし木苗は本病にかかりがたいことが知られて、その後赤枯病防除対策の一つとして実生苗に代わってさし木苗の養成およびその造林が奨励されたという (徳重 1958⁶⁶⁾)。

第二次世界大戦後報告された愛知県下における観察によれば、さし木苗と実生苗をそれぞれ林地に植栽、翌年調査したところ、赤枯病罹病率はさし木苗の場合約28%であるのに対して実生苗では約89%と、さし木苗は実生苗に比べて赤枯病にかかりがたい結果が得られている (金子 1957²⁶⁾)。一方、台木からの穂をさし木した場合、これらは赤枯病にしばしば侵されることが知られており (伊藤ら 1952¹⁴⁾)、またまき付け1年後の若い実生苗の枝をさし木した場合には、さし木苗といえども赤枯病の被害がはなはだしいことも報告されている (温水 1956⁴²⁾)。

一般的傾向として、さし木苗は実生苗にくらべて本病にかかりがたいことは事実であるが (Plate 4, C)、しかしさし木苗の罹病例は上述のとおりけっしてまれではない。

苗齢を異にする実生苗のそれぞれから前年成長枝を春にさし木し、母苗とさし木苗の当年成長部分に本病病原菌 (菌株 C-2) を人工接種して、それぞれの罹病率を比較した。なお、接種方法は既報 (伊藤ら 1952¹⁴⁾) に準じて行なった。

*1 新潟県新発田市産2年生苗の本病病原菌分生胞子から1949年11月分離。

Table 4. 実生苗とさし木苗に対する接種試験(1) (1955年 8 月)
Result of the artificial inoculations with the fungus to *Cryptomeria*
seedlings and cuttings in various ages (1) (August 1955)

供 試 苗 木 Stock tested		接種による罹病率(%) Percentage of diseased needles by inoculation (%)	
播種およびさし木 Seedling or cutting	接種までの経過年数 Years before inoculation	接 種 Inoculated	対 照 Check
播 種 : 1954*1 さ し 木 : —	1 — 1	6.1*5	0
播 種 : 1954 さ し 木 : 1955	1 0 1	6.8	0
播 種 : 1953 さ し 木 : —	2 — 2	27.5	0
播 種 : 1953*3 さ し 木 : 1955	2 0 2	17.8	0
播 種 : 1952 さ し 木 : —	3 — 3	7.1	0
播 種 : 1952 さ し 木 : 1955	3 0 3	3.8	0

注 : *1 *2 1954年春まき付けした苗木の1年後1955年に接種。

*3 *4 1953年春まき付けした苗木の前年成長枝を2年後の1955年春にさし木し、同年接種。

*5 当年成長部分の総針葉数に対する罹病針葉数の百分率(苗木4~5本の平均)。

Table 5. 実生苗とさし木苗に対する接種試験 (2) (1955年 9 月)
Result of the artificial inoculations with the fungus to *Cryptomeria*
seedlings and cuttings in various ages (2) (September 1955)

供 試 苗 木 Stock tested		接種による罹病率(%) Percentage of diseased needles by inoculation (%)	
播種およびさし木 Seedling or cutting	接種までの経過年数 Years before inoculation	接 種 Inoculated	対 照 Check
播 種 : 1954 さ し 木 : —	1 — 1	2.2	0
播 種 : 1954 さ し 木 : 1955	1 0 1	1.7	0
播 種 : 1953 さ し 木 : —	2 — 2	25.2	0
播 種 : 1953 さ し 木 : 1955	2 0 2	11.7	0
播 種 : 1952 さ し 木 : —	3 — 3	1.2	0
播 種 : 1952 さ し 木 : 1955	3 0 3	0	0

Table 6. 実生苗とさし木苗に対する接種試験 (3) (1956年 8 月)
Result of the artificial inoculations with the fungus to *Cryptomeria*
seedlings and cuttings in various ages (3) (August 1956)

供 試 苗 木 Stock tested		接種による罹病率(%) Percentage of diseased needles by inoculation (%)	
播種およびさし木 Seedling or cutting	接種までの経過年数 Years before inoculation	接 種 Inoculated	対 照 Check
播 種 : 1954 さ し 木 : —	2 — 2	22.3	0
播 種 : 1953 さ し 木 : —	3 — 3	8.8	0
播 種 : 1953 さ し 木 : 1955	3 1 4	11.5	0
播 種 : 1952 さ し 木 : —	4 — 4	9.4	0
播 種 : 1952 さ し 木 : 1955	4 1 5	14.4	0

Table 7. 実生苗とさし木苗に対する接種試験 (4) (1956年 9 月)
Result of the artificial inoculations with the fungus to *Cryptomeria*
seedlings and cuttings in various ages (4) (September 1956)

供 試 苗 木 Stock tested		接種による罹病率(%) Percentage of diseased needles by inoculation (%)	
播種およびさし木 Seedling or cutting	接種までの経過年数 Years before inoculation	接 種 Inoculated	対 照 Check
播 種 : 1954 さ し 木 : —	2 — 2	10.5	0
播 種 : 1954 さ し 木 : 1955	2 1 3	30.0	0
播 種 : 1954 さ し 木 : 1956	2 0 2	17.1	0
播 種 : 1953 さ し 木 : —	3 — 3	4.4	0
播 種 : 1953 さ し 木 : 1955	3 1 4	3.5	0
播 種 : 1953 さ し 木 : 1956	3 0 3	5.3	0
播 種 : 1952 さ し 木 : —	4 — 4	3.7	0
播 種 : 1952 さ し 木 : 1955	4 1 5	3.5	0
播 種 : 1952 さ し 木 : 1956	4 0 4	9.6	6

1955～1956 年（昭 30～31）の 2 か年間にわたる 4 回の実験結果の概要は Table 4～7 のとおりで、これらの実験に関する限り、実生苗とさし木苗の間に顕著な感受性の差は認められない。ただここでは、さし穂の母樹として樹齢の低い苗木を用いたこと、および実験の都合上、罹病程度の比較は当年成長部分の針葉に限定したことが一般の苗畑における実状と一致せず、さし穂の母樹としてもっと高樹齢の造林木あるいは台木を選べば、おのずから本実験とは異なる結果がえられたかもしれない。ともあれ、以上の実験結果は樹齢の若い実生苗からとったさし穂は、本病にかなりの程度侵されることを示している。

スギさし木品種と本病の被害との関係については、1961 年（昭 36）10 月、東京都下元八王子苗畑においてヤブクグリ、アヤスギ、タノアカおよびネジカワ（いずれも 1959 年 5 月さし木）がいずれも本病に著しく罹病している事実が観察されている（伊藤 1962^{20）}）（Plate 5）。

最近徳重ら（1967）^{88）}の報告によれば九州において本病に弱いさし木品種としてボカ、タテヤマ、クモトオシ、サンプ、イワオ、ヤブ、ツヤマ、キジン、ヨシダ、シンジョウ、エンドウ、ハライガワ、ハチロウ、タク、メアサ、ヤマカンボ、ヤマダグロ、ガリン、マサルなどがあげられ、イワオ、クモトオシなどのような奨励品種が含まれていることは注目に値する。

3. 赤枯病の被害と肥料成分との関係

本病の被害と肥料との関係を追求した初の試験成績はすでに大正初期に今枝（1916）^{10）}によって報告されている。すなわち、同氏（1916）は“大正二年度ノ成績ニ於テ被害最多キハ無肥料区及石灰区ニシテ人糞尿区、過磷酸石灰区、硫酸アンモニア及綿実粉区之ニ次キ完全肥料区及木灰区被害最少シ 大正三年度ニ於テハ菜種槽区ヲ除ク外各肥料区共ニ被害激甚ニシテ殆ント大差ナク前年度最被害少カリシ木灰区亦被害多クシテ殆ント他ノ懸隔ヲ見ス……”と述べている。

第二次世界大戦後草下・緑川（1949）^{85）}の観察結果として、カリおよび石灰の多少は本病の被害率にはほとんど影響しないが、窒素とリン酸はかなり著しい影響を与え、窒素の施用量の多いほど被害率は大きく、逆にリン酸の多いほど被害は軽い傾向が認められると述べられており、また野原・陳野（1952）^{89）}は無施肥区において被害最大で、硫酸アンモニア・過リン酸石灰・木灰 3 種の組合せの区でこれにつぎ、人糞尿・鶏糞・木灰 3 種の組合せ施用区では被害程度が最も小であったと報じているが、草下・緑川（1949）^{85）}および野原・陳野（1952）^{89）}はいずれもその結果について統計的吟味を行なっておらず、また各区分における被害程度の差はいずれも僅少である。

肥料三要素と本病被害に関する試験成績を統計的に吟味した成績としては四手井ら（1954）^{50）}の報告があり、これによると“窒素肥料過多は罹病度を増し、加里肥料は苗木の〔本病に対する〕*1抵抗〔力〕をますこと、3 要素を適度に配合した対照区に被害がかなり少なかったことが認められ、リン酸肥料、石灰施用は赤枯病〔予防〕にさほど効果がみとめられなかった”といっているが、この試験においては無施肥区が設けられていない。

以上の諸報告によると無施肥区で本病の被害が著しい点ではよく一致し、また窒素質過多の場合に罹病程度を増す傾向はやや明らかであるが、カリおよびリン酸については本病の被害に影響を及ぼすとする見方と、顕著な関係がないとする結果が公にされている。

*1 [] 内は著者らが加筆した部分。

(1) 苗畑における肥料三要素が本病の被害に及ぼす影響

A. 試験方法

東京都目黒区下目黒農林省林業試験場構内苗畑の一角に、1949年(昭24)にラテン方格法により Fig. 3 のように設置した。各プロットは 1 m^2 の正方形に木わくで囲い、供試スギ苗は $4^2\text{本}=16$ 本植えとし、できるだけそろった無病床替苗を選定して春植えした。なお、施肥設計は Table 8 のとおりで、また本病の被害は自然感染にまかせた*1。

同年11月上旬に各プロットの全部の苗について被害程度を肉眼観察によって次の4段階に区分した。

無被害……被害が認められないもの

微 害……被害がきわめて軽微で針葉が点々と侵されているもの

軽 害……被害は軽微で小枝が局部的に点々と枯死し、なお罹病枯死した小枝はきわめて少なく2本内外のもの

中 害……中庸程度の被害をうけ、罹病枯死した小枝数が全体の1/3程度のもの

激 害……被害はなほだしく小枝の大部分が罹病し、なお枯死小枝はほぼ1/3~1/2に及ぶもの

以上5被害区分において無被害に0、微害に1、軽害に2、中害に3、激害に4の指数をそれぞれ与え、各被害度に相当する罹病苗木本数を各指数に乘じ、その総計数値を供試苗木員数で除して、各プロットごとの被害程度を現わすことにした。これは野原・陳野(1952)³⁹⁾の方法に準じたもので、氏らは被害程度を5段階に区分しているが、区分判定に困難をきたすことが往々あったので本試験では4段階とした。

B. 試験結果

B ₁	A ₁	D ₁	C ₁	E ₁
E ₂	C ₂	B ₂	D ₂	A ₂
D ₃	E ₃	A ₃	B ₃	C ₃
C ₄	B ₄	E ₄	A ₄	D ₄
A ₅	D ₅	C ₅	E ₅	B ₅

Fig. 3 試験区配置図
Test plan by the Latin-square method.

Table 8. 肥 料 設 計
Plan of fertilizers

試験区 Plot	施 肥 料 Fertilizer	硫酸アンモニア Ammonium sulphate (g/m ²)	過リン酸石灰 Super phosphates of lime (g/m ²)	硫酸カリ Kalium sulphate (g/m ²)
A	無施肥区 Unfertilized	—	—	—
B	—N区 —N culture	—	⁹⁴ (P ₂ O ₅ =15)	³¹ (K ₂ O=15)
C	—P区 —P culture	⁹⁵ (N=20)	—	³¹ (K ₂ O=15)
D	—K区 —K culture	⁹⁵ (N=20)	⁹⁴ (P ₂ O ₅ =15)	—
E	三要素区 Complete culture	⁹⁵ (N=20)	⁹⁴ (P ₂ O ₅ =15)	³¹ (K ₂ O=15)

*1 これは現林業試験場土壌学部長 陸男博士が当時「スギ床替苗に対する肥料三要素試験」として設定したものである。

Table 9. 肥料三要素が赤枯病被害に及ぼす影響
Effects of three elements of fertilizer on
damage of the blight of *Cryptomeria*
seedlings in a nursery

試 験 区 Plot	赤枯病被害度 Degree of damage from the blight
無施肥区 Unfertilized	A $\begin{cases} 1 & 1.4 \\ 2 & 2.0 \\ 3 & 1.8 \\ 4 & 1.8 \\ 5 & 1.5 \end{cases}$
-N区 -N culture	B $\begin{cases} 1 & 2.2 \\ 2 & 1.4 \\ 3 & 1.3 \\ 4 & 1.1 \\ 5 & 1.7 \end{cases}$
-P区 -P culture	C $\begin{cases} 1 & 1.5 \\ 2 & 1.6 \\ 3 & 1.2 \\ 4 & 1.4 \\ 5 & 1.4 \end{cases}$
-K区 -K culture	D $\begin{cases} 1 & 1.1 \\ 2 & 1.5 \\ 3 & 1.0 \\ 4 & 2.1 \\ 5 & 2.1 \end{cases}$
三要素区 Complete culture	E $\begin{cases} 1 & 2.1 \\ 2 & 1.4 \\ 3 & 1.6 \\ 4 & 1.5 \\ 5 & 1.5 \end{cases}$

行なつて、1ポットあたりの稚苗数を7木とした。なお、培養液は発芽がそろつた6月上旬以降は次の処方のもを用いた。

人工接種には菌株 C-3*1 (伊藤ら 1954¹⁷⁾) を用い、既報 (伊藤ら 1952¹⁴⁾) の方法によつて、8月2日に培養菌糸断片を噴霧接種後2日間ベルジャをかぶせた。各区ともポット数は接種7個、無接種(対照)4個ずつとした。

この実験はガラス室内で行なつたものであるが、夏期には室内温度がはなはだしく上昇するので、液温をできるだけ低く保つ目的で、ポットはいずれも水槽内にその下部を浸し、水槽内の水は常に一定量流下させ、なおその分量だけ新たに補給するようにした。このようにして、盛夏の7~8月においても液温を最高 25°C 内外にすることができた。

本実験に用いた水耕液は大政・塘 (1950)⁴⁴⁾ による Knop 氏改良液 (pH 5.6) で Table 10 に示す組成を有し、実験期間中水耕液は週に2回、とくに盛夏の候には3回更新した。

(b) 実験結果

ガラス室内の温度および湿度が高いためか、接種3週間後には初期病徴が現われ、4週間後には各区とも病針葉に本病病原菌の分生孢子が多数形成されて、典型的な病徴を呈した。なお、各区とも無接種対照

この試験結果を一括すると Table 9 にかかげるとおりで、肥料三要素と本病の被害との間にはこれといった傾向は認められない。本試験では苗木の成長にも外見的には顕著な差が現われなかったことから、この土壌には既存の肥料成分がかなり含まれていたものと考えられ、そのため被害程度にも明らかな影響が出なかったのかもしれない。

(2) 水耕培養による肥料三要素と本病被害との関係

A. 実験—1 (1952年—昭27)

(a) 実験方法

宮崎 紳氏の水耕と砂耕の折衷法 (大鹿糠・斉藤 1956⁴⁸⁾, 塘 1962⁶¹⁾) に準じて行なつた。まず砂は10% 塩酸で処理後よく水洗し、小石および礫はともに十分水洗する。白色陶製ポット (深さ 14 cm, 内径 14 cm, 内容約 2 l) に竹箆を入れ、この内側にシュロ皮2枚以上を敷き、その上に小石、礫、砂の順につめてこれを苗床とした。初め培養液として水道水を用い、ウスプルン 800 倍液で消毒したスギ種子 (秋田営林局山瀬営林署管内産) を5月8日に播種、7月中旬に間引きを

*1 1949年8月、東京都目黒区林業試験場構内2年生スギ苗から分離。

Table 10. 水耕液の組成 (実験—1, 1952年)
Composition of nutrient solutions used (Experiment-1, 1952)

使用塩類 Salts used	区分 Nutrient sol.	完全成分区 Complete culture (g/l)	-N区 -N culture (g/l)	-P ₂ O ₅ 区 -P culture (g/l)	-K ₂ O区 -K culture (g/l)
(NH ₄) ₂ SO ₄		0.0943	—	0.0943	0.0943
NaNO ₃		0.0911	—	0.0911	0.0911
Ca(NO ₃) ₂		0.0293	—	0.0293	0.0293
KH ₂ PO ₄		0.0472	0.0472	—	—
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O		—	—	—	0.1162
KCl		0.0261	0.0261	0.0475	—
CaCl ₂		0.0198	0.0396	0.0198	—
MgSO ₄ ·7H ₂ O		0.0615	0.0615	0.0615	0.0615
3% FeCl ₃		0.14 cc/l	0.14 cc/l	0.14 cc/l	0.14 cc/l

Table 11. 水耕による肥料三要素の本病被害に及ぼす影響 (実験—1, 1952年)
Effect of three elements of fertilizer on damage of the blight of
Cryptomeria seedlings in water culture (Experiment-1, 1952)

供試 ポット番号 No. of pots tested	区分 Nutrient sol.	罹病葉率 (%) Degree of infection (diseased needles/all needles×100)			
		完全成分区 Complete culture	-N区 -N culture	-P ₂ O ₅ 区 -P ₂ O ₅ culture	-K ₂ O区 -K culture
1		9.7	25.0	18.0	16.1
2		14.0	24.0	17.0	11.7
3		14.3	33.9	29.9	12.2
4		16.0	37.8	31.6	11.7
5		13.8	33.1	7.0	31.3
6		19.4	31.6	38.8	38.2
7		20.7	37.3	55.2	15.0
平均 Averaged		15.4	31.8	28.2	19.5

Table 12. 水耕スギ苗の成長状況
Yields of *Cryptomeria* seedlings cultured in nutrient solutions (1952)

区分 Nutrient solution	供試苗の成長量 Yield of seedling	無接種苗 (対照)*1 No-inoculated seedling		接種苗*2 Inoculated seedling	
		生体重 Green weight (g)	苗長 Height (cm)	生体重 Green weight (g)	苗長 Height (cm)
完全成分区 Complete nutrition		2.2	14.2	1.5	13.5
-N区		0.5	7.2	0.5	7.1
-P ₂ O ₅ 区		0.6	7.1	0.6	8.0
-K ₂ O区		1.7	12.2	1.3	12.3

注: *1 *2 供試苗総数の平均値。

苗には全く病変が現われなかった。

11 月中旬, すべての供試苗を抜きとり, 苗木の罹病葉率 (罹病針葉数 / 総針葉数 $\times 100$) を求めた結果を Table 11 に示す。

Table 11 の結果を分散分析によって検定を行なうと, 完全成分区と $-N$ 区, 完全成分区と $-P_2O_5$ 区および $-N$ 区と $-K_2O$ 区, $-K_2O$ 区と $-P_2O_5$ 区との間には罹病葉率において 5 % の危険率で有意差が認められるが, 完全成分区と $-K_2O$ 区, $-N$ 区と $-P_2O_5$ 区との間には有意差が認められない。

本実験終了時における供試苗の生体重および苗長は Table 12 にかかげるとおりで, 完全成分区に比べて $-N$ 区および $-P_2O_5$ 区の成長はきわめて不良で, また $-K_2O$ 区のそれはあまり大きな影響を受けていないようである。

B. 実験—2 (1953 年—昭 28)

(a) 実験方法

実験—1 と同じ方法により, 播種は 4 月 25 日, 人工接種は 9 月 15 日にそれぞれ行なった。各区とも供試ポット数は 15 個とし, うち 9 個には接種し, 6 個は無接種対照とした。

本実験では窒素量の本病被害に及ぼす影響を知るため, 窒素適量区, 無窒素区および窒素 2 倍量区のそれぞれを設けた。水耕液の組成は Table 13 に示すとおりである。

(b) 実験結果

接種後 20 日の 10 月 5 日には明りょうな病徴が現われ, 病斑には病原菌の子座が確認され, なお同月 12 日には分生孢子が形成されていた。ただし, 無接種対照には全く病変が現われなかった。

11 月中旬実験を打ち切り苗木の罹病葉率を求めた結果は Table 14 のとおりである。

Table 14 から検定すると, $-N$ 区と N 適量区との間には 5 % の危険率で有意差が認められるが, N 適量区と N 2 倍量区との間には有意差はない。

なお, 各区における供試苗木の成長状況を示せば Table 15 のとおりである。

C. 実験—3 (1954 年—昭 29)

(a) 実験方法

実験—1 と同様で, ただ人工接種は菌株 C-9*1 (伊藤ら 1954¹⁷⁾) を用いた。各区とも供試ポット数は 15 個とし, うち 9 個は接種, 6 個は無接種対照とした。播種は 4 月下旬, 人工接種は 9 月 12 日にそれぞれ行なった。

本実験では極端な窒素量が本病の被害に影響を及ぼすかどうかを確かめるために, 窒素適量区, 無窒素区および窒素 3 倍量区のそれぞれを設けた (Table 13)。

(b) 実験結果

9 月 30 日には初期病徴が現われ, 10 月 4 日には明りょうな病徴および病原菌子実体の形成が認められた。ただし, 無接種対照には全く病変が無かった。

11 月上旬に実験を打ち切り, 供試苗の罹病葉率を算出した結果を Table 16 に示す。

Table 16 の数値から検定を行なうと, $-N$ 区と N 適量区および N 3 倍量区との間には 5 % の危険率で有意差が認められるが, N 適量区と N 3 倍量区との間には差が現われない。

*1 1950 年 10 月, 山形県及位村 (現真室川町) 釜淵 (現山形) 分場構内 2 年生スギ苗から分離。

Table 13. 水耕液の組成 (実験—2, 1953年)
Composition of nutrient solutions used (Experiment-2, 1952)

使用塩類 Salts used	N 量 Amount of N	N 適量区 Suitable N culture (g/l)	—N 区 —N culture (g/l)	N 2 倍量区 2N culture (g/l)	N 3 倍量区 3N culture (g/l)
(NH ₄) ₂ SO ₄		0.0943	—	0.1886	0.2829
NaNO ₃		0.0912	—	0.1826	0.3040
KCl		0.0261	0.0261	0.0261	0.0261
KH ₂ PO ₄		0.0472	0.0472	0.0472	0.0472
MgSO ₄ ·H ₂ O		0.0615	0.0615	0.0615	0.0615
CaCl ₂		0.0198	0.0396	—	—
Ca(NO ₃) ₂		0.0293	—	0.0586	0.0586

Table 14. 水耕による窒素量が赤枯病被害に及ぼす影響 (実験—2, 1953年)
Amounts of nitrogen relating to damage of the blight of *Cryptomeria* seedlings in water culture (Experiment-2, 1953)

供試 ポット番号 No. of pots tested	区 分 Amount of N	罹 病 葉 率 (%) Degree of infection (diseased needles/all needles×100)		
		N 適量区 Suitable N culture	—N 区 —N culture	N 2 倍量区 2N culture
1		71.3	56.5	67.4
2		56.6	75.9	62.5
3		64.8	76.6	70.1
4		77.6	67.9	49.1
5		65.4	76.5	73.1
6		72.6	76.3	60.2
7		48.6	64.6	62.0
8		35.2	60.9	60.5
9		34.5	64.1	50.7
平 均 Averaged		58.8	68.8	61.7

Table 15. 水耕スギ苗の成長状況 (1953年)
Yields of *Cryptomeria* seedlings cultured in nutrient solutions (1953)

区分 Nutrient solution	供試苗の成長量 Yields of seedling	無 接 種 (対照) 苗*1 No-inoculated seedling		
		生 体 重 Green weight (g)	苗 長 Height (cm)	T/R 率 T/R ratio
N 適 量 区		1.8	12.1	4.23
— N 区		0.9	8.4	1.96
2 N 区		2.2	14.0	3.16

注：*1. 接種苗は被害部が萎凋して測定困難なため除外。
供試苗の平均値を示す。

Table 16. 水耕による窒素量が赤枯病被害に及ぼす影響 (実験-3, 1954年)
Amounts of nitrogen relating to damage of the blight of *Cryptomeria*
seedlings in water culture (Experiment-3, 1954)

供試 ポット番号 No of pots tested	区 分 Amount of N	罹 病 葉 率 (%) Degree of infection (diseased needles/all needles×100)		
		N適量区 Suitable N culture	-N区 -N culture	N 3 倍量区 3N culture
1		26.6	27.7	20.3
2		20.6	17.1	25.9
3		23.2	65.1	11.5
4		17.4	34.1	26.6
5		35.0	46.0	15.9
6		18.1	41.2	26.3
7		27.9	36.0	23.6
8		25.3	34.9	—
9		27.2	46.8	19.7
平 均 Averaged		24.6	38.8	19.9

Table 17. 水耕スギ苗の成長状況 (1954年)
Yields of *Cryptomeria* seedlings cultured
in nutrient solutions (1954)

区 分 Nutrient solution	供試苗の成長量 Yields of seedling	無接種 (対照) 苗*1 No-inoculated seedling	
		生 体 重 Green weight (g)	苗 長 Height (cm)
N 適 量 区		1.0	9.9
- N 区		0.3	5.5
3 N 区		1.1	11.5

注：*1 接種苗は被害部が萎凋して測定困難のため除外。
供試苗の平均値を示す。

なお、各区における実験打ち切り時における苗の成長状況をあげれば Table 17 のとおりである。

(3) 論議および結び

本病の被害に及ぼす肥料三要素の影響を知るために、行なう苗畑試験は、明りょうな傾向を示すこともある反面、また各処理区間に差が全く現れないこともある。これは複雑な環境に左右されやすく、なお普通自然感染に期待し、さらには供試苗畑土壤内に肥料成分が既存することなどの原因によると考えられ、ある程度やむをえないものと

いってよいであろう。著者らの苗畑における試験もまたその例にもれず、明らかな傾向をつかむことはできなかった。

水耕法（正しくは水耕と砂耕の折衷法）により、当年生稚苗に人工接種を行なって、肥料三要素と本病被害との関係を追求めた著者らの実験によれば、3回にわたるいずれにおいても窒素を欠く場合にはなほ罹病しやすく、またリン酸の欠除も被害程度をいぢるしくするが、カリはあまりはっきりした影響を及ぼさない結果が得られ、これは草下・緑川 (1949)³⁵⁾ の苗畑試験とその傾向を等しくする。つぎに、リン酸欠除がカリ欠除よりも本病の被害を大きくすることは、苗畑試験で四手井ら (1954)³⁰⁾ がカリ肥料は本病に対するスギの抵抗力を増すとした報告と一致しない。

苗畑において窒素肥料過多は、本病の罹病程度を増す傾向があることは、かなり以前から一般にいわれており、草下・緑川 (1949)³⁵⁾ および四手井ら (1954)³⁰⁾ もとくにこの点を強調し、野原・陳野 (1952)³⁹⁾ の試験成績もほぼその軌を一にしている。ところで、水耕法による著者らの実験成績では、窒素を適正と考えられる量の2倍および3倍にしても、被害を格別著しくする結果は得られなかった。これは土耕と水

耕との条件の差によるためなのか、あるいは水耕の場合、標準の2～3倍量投与しても、はたしてその量に応じてスギ苗が吸収するものかどうか疑義があるが、窒素を多く施すとスギ苗の成長量がある程度増加することは実験成績が示している。

ともあれ、肥料三要素のどれ一つを欠除しても、本病の被害を増大する傾向のあることは否定できないが、さればとて肥料成分を完全に含む条件下においても、被害程度は三要素のいずれかを欠く場合に比べればやや軽度とはいえ、本病の被害をまめがれることはできない。

4. 赤枯病の病態解剖所見

本病病原菌の寄生体侵入法および細胞・組織の病変経過を知るために病態解剖観察を行なった。

(1) 実験方法

1年生スギ苗から健全針葉をとり、殺菌蒸留水で数回洗浄後、殺菌ベトリ皿を温室としてこの中に針葉を入れ、病原菌分生孢子の濃厚懸濁液を接種、20～25℃に保った。接種後12, 24, 48, 72時間および2, 3週間のそれぞれにおいて次の方法によって観察した。

(A) スンプ法による表面観察

(B) 永久プレパラートによる解剖観察

2%クロム酸-氷酢酸液^{*1}で固定、*n*-ブチルアルコール法(ZIRKLE 1930⁶⁵)によってパラフィンに埋蔵、厚さ10μ内外のミクロトーム切片を作製、FLEMMING氏三重染色を行ない、カナダバルサムで封じた。

(2) 実験結果

1) 侵入方法

表皮上の分生孢子は発芽管を出し、やがてこれが伸長して菌糸になり、表面を迷走する。菌糸は特に気孔に集まるということはなく、アト・ランダムに伸長し、接種12時間後ではまだ侵入は認められなかったが、24時間後には気孔内に侵入するものが多数確認された(Plate 7～8, Fig. 4～5)。

侵入は普通気孔を通じて行なわれるが、しかし表皮細胞膜を直接貫通する場合、および表皮細胞縫合部から侵入するとみられるものが少数ながら観察された(Plate 8, Fig. 6)。

表皮上の発芽管(菌糸)の先端あるいは中途が不規則にふくらみ、またその一部が突起状を呈することがあり、なお気孔侵入の直前にきわめて細くなる場合も認められた。

2) 罹病針葉の細胞・組織の病変

発芽分生孢子および発芽管(菌糸)に近接する表皮細胞膜および気孔孔辺細胞膜は往々にしてやや肥厚し、サフラニン濃染性になり、細胞原形質は砂粒状変性を起こすことがある(Plate 7～8, Fig. 5, A～B, Fig. 7, A～B)。

侵入菌糸は気孔道を通じて気孔腔内に達し、さらに敷石状組織(柵状組織)から海綿状組織に及ぶと、それらの細胞原形質は油状～砂粒状変性を起こす。病組織の細胞膜は一般にやや薄くなり、また葉緑体の輪郭も不鮮明になる。やがて病細胞の原形質は凝固褐変する(Plate 8, Fig. 6, B)。

菌糸がさらにま延して海綿状組織の内方に達すると、維管束に近接する内皮の細胞膜はやや肥厚、原形質は変性を起こし、このような状態になると細胞間および細胞内に多量の菌糸が認められる(Plate 8,

^{*1} クロム酸 2g, 氷酢酸 1cc, 蒸留水 100cc。

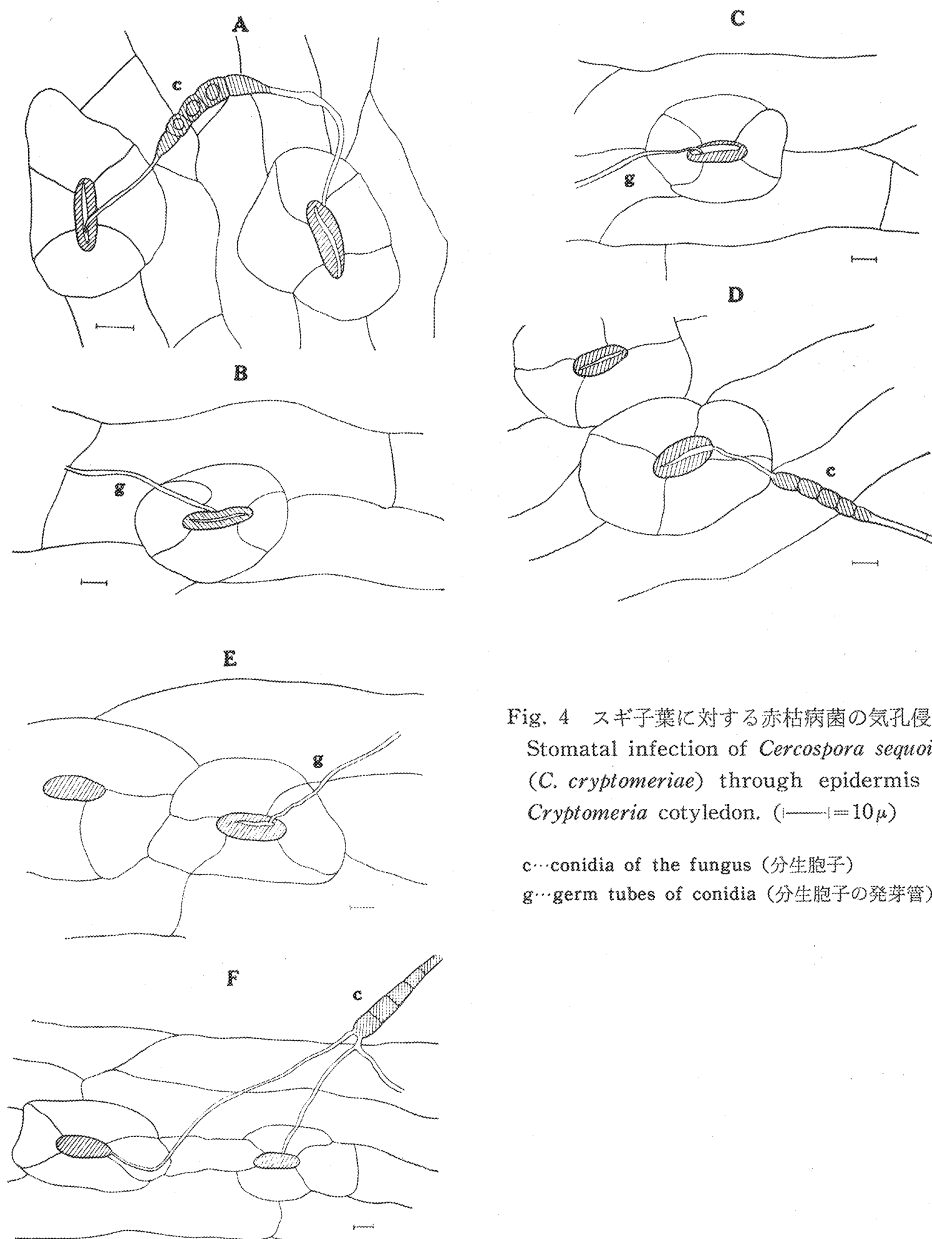


Fig. 4 スギ子葉に対する赤枯病菌の気孔侵入
Stomatal infection of *Cercospora sequoiae*
(*C. cryptomeriae*) through epidermis of
Cryptomeria cotyledon. (—=10 μ)

c...conidia of the fungus (分生孢子)
g...germ tubes of conidia (分生孢子の発芽管)

Fig. 7, C~E)。

病変がさらに進むと海綿状組織も崩壊し、病状末期にいたると、表皮と維管束がわずかに形がいをとどめるのみになる (Plate 8, Fig. 7, F~G)。

なお、病組織と健全部との境界部に、やや不整形で不完全ではあるが、木栓形成層(木栓母細胞層)、ついで木栓防衛層が新たに形成されることがまれに認められる (Fig. 8)。

以上のとおり、本病による針葉の病変は、細胞膜の褐変および細胞内容の凝固褐変の結果、細胞・組織

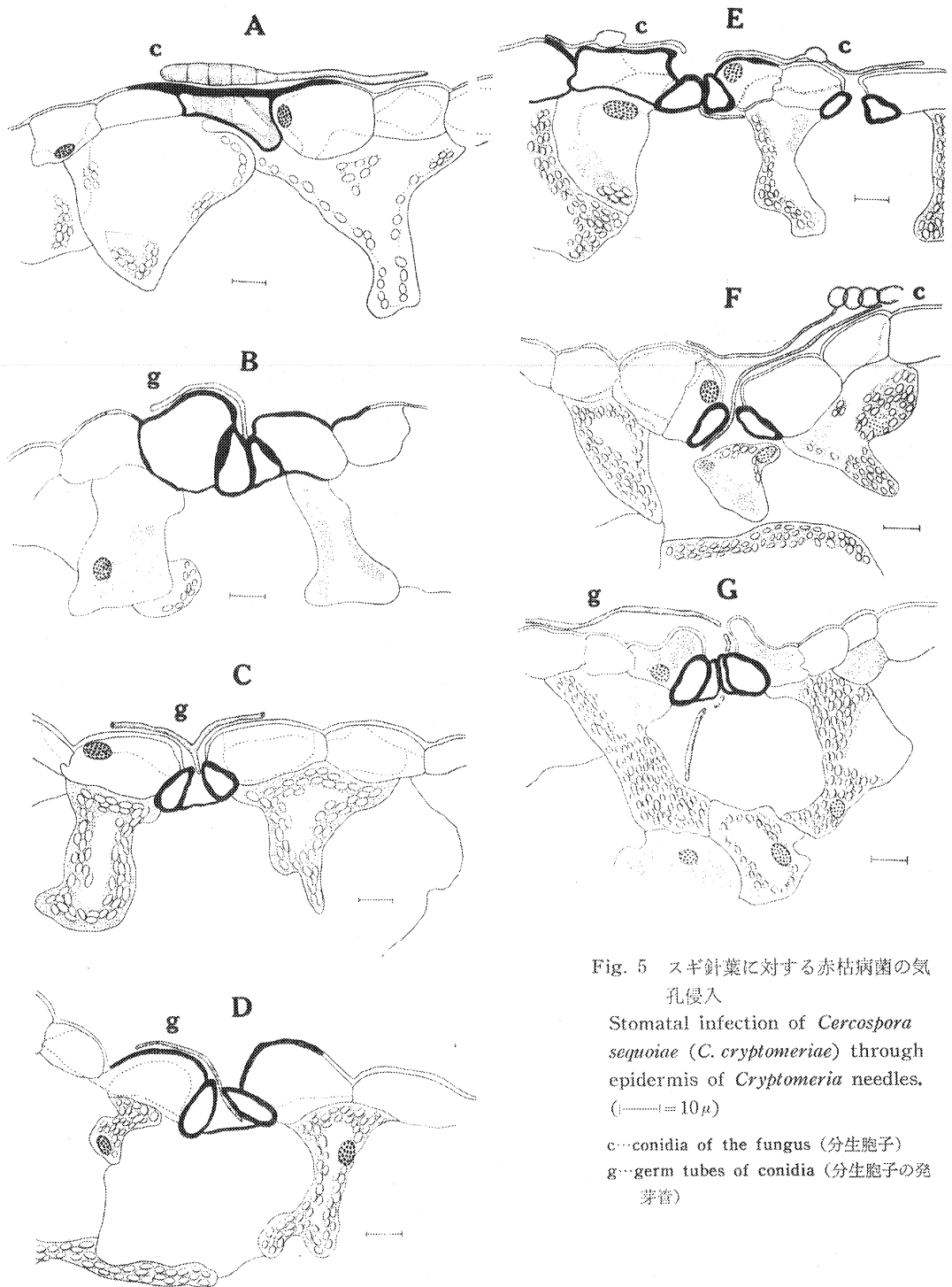


Fig. 5 スギ針葉に対する赤枯病菌の気孔侵入

Stomatal infection of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) through epidermis of *Cryptomeria* needles.
(1—10 μ)

c...conidia of the fungus (分生孢子)
g...germ tubes of conidia (分生孢子の発芽管)

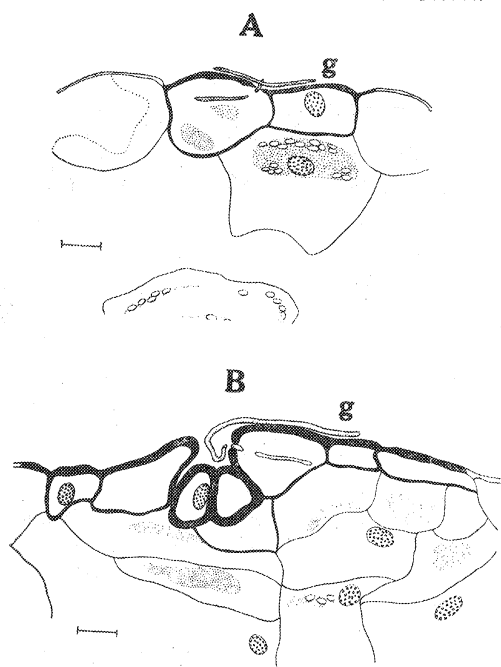


Fig. 6 スギ子葉に対する赤枯病菌の直接貫入
(角皮侵入)

Direct penetration of *Cercospora sequoiae*
(*C. cryptomeriae*) through epidermis of
Cryptomeria cotyledon. (—=10 μ)

g...germ tubes of conidia (分生孢子の発芽管)

(appressorium) としている。KLOTZ (1923)³¹⁾ はセルリ斑点病菌 *C. apii* FRES. について、同じく気孔侵入を行ない吸器を形成すると述べている。

吸器あるいは付着器を形成することなく、気孔侵入するものとしてサクラ穿孔褐斑病菌 *C. cerasella* SACC. (*Mycosphaerella cerasella* ADERH.) (JENKINS 1930²⁵⁾), バナナの *C. musae* ZIMM. (*Mycosphaerella musicola* LEACH) (STAHEL 1937⁵³⁾, GOOSE・TSCHIRCH 1963⁸⁾), カキ角斑落葉病菌 *C. kaki* ELLIS et EV. (鑄方 1942²⁹⁾), ニンジン斑点病菌 *C. carotae* (PASS.) SOLHEIM (THOMAS 1943⁵⁵⁾), マメ科植物の斑点性病原菌 *C. zebrina* PASS., *C. medicaginis* ELLIS et EV. および *C. davisii* ELLIS et EV. の3種 (BAXTER 1956³⁾, LATCH・HANSON 1962³⁶⁾, BERGER・HANSON 1963⁴⁾) が知られている。

PETTINARI (1960)⁴⁵⁾ によればオリーブの *C. cladosporioides* SACC. は葉では気孔または傷口から侵入し、なお無傷の樹皮には侵入能力はなく、亀裂あるいは皮目を通じてのみ侵入するということである。本菌の気孔侵入についてはなお BONIFACIO・TURCHELLI (1971)⁵⁾ の報告が近年公にされている。

JENKINS (1930)²⁵⁾ はサクラ穿孔褐斑病菌 *C. cerasella* は気孔侵入のほかに表皮を直接貫通することがあるとし、またダイズ斑点病菌 *C. diazu**1 MIURA (*C. sojae* HARA) について LEHMAN (1928)³⁷⁾ は、侵入方法をくわしく追跡することはせず、したがって正確なことは不明であるが、人工接種試験結果からみて、この菌は寄主体の表面に延びた菌糸が分泌する毒素によって表皮が殺され、この部分からのみ菌糸が侵入

が黒褐色に変じ、典型的な黒色壊死の様相を呈する。

針葉の敷石状組織および海綿状組織を侵してまん延した菌糸は、病状末期になると気孔の下部または表皮下層に菌糸塊を形成、これが子座に発達し、その圧力で表皮を押しあげ、ついでこれを破って分生子梗を形成、やがてその先端に分生孢子を着生する。菌糸塊(子座)の下方に位置する寄主の細胞および組織は、傷痕ゴム質生成のためか濃褐色の変化がとくにはなはだしい (Plate 9)。

(3) 論議および結び

Cercospora 属菌類の寄主体侵入法に関しては従来多くの報告が公にされている。サトウダイコン褐斑病菌 *C. beticola* SACC. について POOL・MCKAY (1916)⁴⁶⁾ が気孔侵入を行ない吸器 (haustorium) を形成すると報じて以来、同様の観察結果がほかの人によっても発表され (SCHMIDT 1928⁴⁸⁾, SOLE・MINZ 1971⁵²⁾), わが国でも成沢 (1964)³⁸⁾, 杉本 (1964)⁵⁴⁾ が気孔侵入の事実を認めているが、POOL・MCKAY (1916)⁴⁶⁾ が吸器とよんだものを付着器

*1 *C. daizu* の誤記。

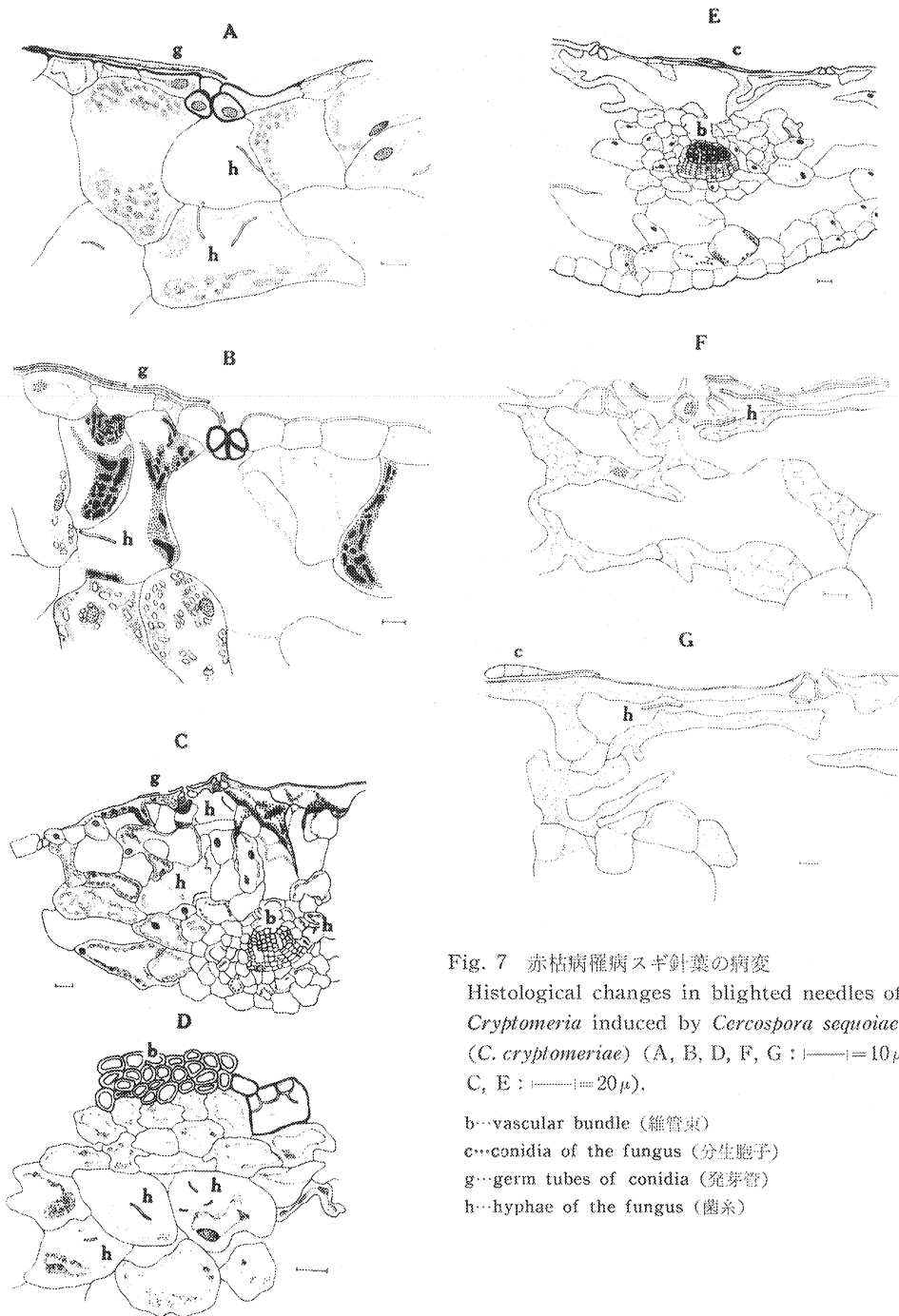


Fig. 7 赤枯病罹病スギ針葉の病変
Histological changes in blighted needles of *Cryptomeria* induced by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) (A, B, D, F, G : — = 10 μ , C, E : - - - = 20 μ).

b...vascular bundle (維管束)
c...conidia of the fungus (分生孢子)
g...germ tubes of conidia (発芽管)
h...hyphae of the fungus (菌糸)

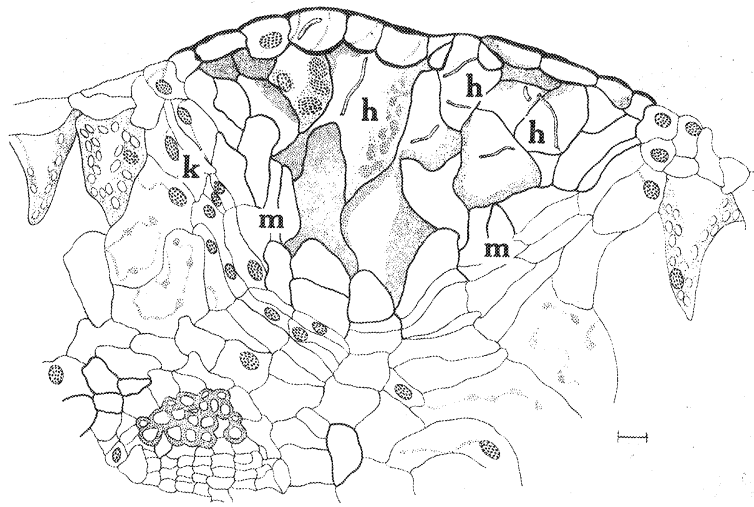


Fig. 8 赤枯病罹病葉における木栓防衛層の形成
Wound periderm formed in blighted needle of *Cryptomeria*
caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). (—=10 μ)
k, m...wound periderm (木栓層)
h...hyphae of the fungus (菌糸)

するように考えられると述べている。ソラマメ輪紋病菌 *C. fabae* FAUTREY (*C. zonata* WINTER) の侵入方法について WOODWARD (1932)⁶²⁾ はその人工接種試験結果から、この菌は傷ついた部分からのみ侵入可能であるとしたが、これに対して YU (1947)⁶³⁾ は、分生孢子による人工接種によって無傷の葉から侵入する事実を認めているが、しかし解剖観察を行っていない。

Cercospora 属菌類は以上のとおり気孔侵入するのが常で、スギ赤枯病菌もこの例にもれず、寄主体侵入は気孔を通じて行なうのが普通であるが、まれに表皮細胞膜を直接貫通することもあり、JENKINS (1930)²⁵⁾ がサクラ穿孔褐斑病菌 *C. cerasella* で報じたところと似ている。

Cercospora 属菌による斑点性疾病においては、病斑周縁部に傷痕形成 (cicatrice formation) が認められることは比較的少ない。CUNNINGHAM (1928)⁶⁾ が観察した *C. beticola* Sacc., *C. caulophylli* Pk., *C. symplocarpis* Pk., *C. menispermi* Ellis et Ev., および *C. circumscissa* Sacc. の5種のうち、病斑部に木栓防衛層が形成されるのはサトウダイコン褐斑病菌 *C. beticola* の場合のみであった。赤井 (1943)¹⁾ はサクラ穿孔褐斑病菌 *C. cerasella* による病斑に、木栓防衛層の形成を認めている。スギ赤枯病菌による針葉上の病斑の大きさは局限されることがないので、防衛組織は普通形成されないが、しかしまれに病斑周縁部に、不完全ながら木栓防衛層が認められることがあった。

溝 腐 病

5. 溝腐病の病徴と病因について

本病は最初北島 (1927)²⁸⁾ によって埼玉, 神奈川県下の造林木で注目されたもので, 翌年高知県でも同一被害を認めて, 氏 (1928)²⁹⁾ はこれに溝腐病という病名を与えた。そして, 同氏 (1927)²⁸⁾ は本病の病徴を次のように記している。“……被害樹は全然枯死しないのであるけれども, 樹幹の異常を呈する事で, 殆んど使用の途なき迄に惨状を呈するのである。即ち樹幹の長軸に沿つて, 数本の面からも長い比較的深い溝が形成されるもので, 其の溝の深い部分の材は, 已に腐朽を來たして居るものが, 多数あるを認めた。著者は被害材の横断面を, 多数に作つて検した結果, 此の溝の中央部分には必ず……枯枝を有するを認めた……”。

本病の病因について北島 (1928)²⁹⁾ は“北海道地方ニ於テハとどまつ, えぞまつ樹幹ニ溝腐病ト称スルモノアリテ其ノ病徴ハ本病害ニ酷似セルモノノ如ク 其病原菌ハ *Polyporus Hartigii* [*Phellinus hartigii* (ALLESCH. et SCHNABL) IMAZEKI]* ト称スル「サルノコシカケ」ノ1種ナルモ……杉ノ溝腐病ノ病原体ハ尚未ダ発見シ能ハス”といい, 暗にこれを材質腐朽菌による疾病としているようであるが, 数年後に出版された同氏 (1933)³⁰⁾ の著書には“病原菌 未定”とされている。

爾来本病の病因は不明のまま二十数年の歳月が流れたのであるが, 1952年(昭27)にいたり, 埼玉県下の民有林で本病による激害林分がふたたび発見された。すなわち, 樹齡約40年生以下の林木にこの被害が現われ, とくに植栽後4~6年経過した造林木にはなほだしく, 被害の少ないところで約30%, 多いところでは80%以上の被害率が数えられた。ついで茨城県でも同様の被害林が見い出され, これと前後して本邦各地で本病が続々と注目されるに及び, が然林業上の大きな問題になった。そして, このことが契機になって長年病因不明とされてきた本病が, 苗木の赤枯病と密接不離の関係にあることが立証されるわけであるが, 次にそのいきさつを詳細に述べる。

6. 溝腐病被害造林木の調査

1952年(昭27)7月および10月の2回にわたり埼玉県秩父郡荒川村を中心にして, その周辺民有林数箇所の実地調査が行なわれた。本病の被害は樹齡約40年の古いものから, 昭和21年(1946)および同23年(1948)植栽のような比較的若齡のものにも現われていた。樹齡四十数年のものは, それまで行なわれた数回の間伐によって極端にひどい病木はすでに伐採されていたが, それでも残存木には明らかに本病の病徴を呈するものが林分の大部分を占め, 特に目どおり以下の樹幹に顕著な病変が認められた。

樹齡二十数年生の林分では, そのほとんど全部に程度の差こそあれ, 本病の被害が認められ, 地表上2~3m以下の部分ではきわめて明りょうな病徴を呈し, 縦溝の形成による幹の凹凸がはなはだしく, また材部は変色して用材としてはほとんど無価値に等しいといってよいほどである。

樹齡および被害状況を異にする多数の調査対象木を詳細に観察すると, 発病初期と考えられるものから典型的な溝腐症状を呈するものまで, 連続的な推移があることに気づいた。数十年生の壮齡樹ではその病

* () 内は著者が加筆。

因を追求する手がかりはほとんど無いが、比較的幼齡の造林木、すなわち植栽後 4～6 年のものには、明らかに本病発現の経過を示すと思われる各段階の症状が認められ、被害の特に顕著なものでは、1 本の病樹で各段階の症状を示すものさえ見出された。これらの観察から、本病の症状の推移を帰納的に次のように概括できそうである (Plate 10～11)。

(1) 本病の初期は緑色主軸 (幹) に形成された濃暗褐色壊死斑 (胴枯型病斑) の形成にはじまり、壊死斑は多くの場合緑色側枝の分岐点付近から拡大してゆく。この際緑色主軸 (幹) および側枝上の針葉もまた侵されて枯死する (第一段階)。

(2) 緑色主軸上の壊死斑ははだいに拡大、なおこの部分はすこし陥凹し、側枝は分岐点付近において枯死する (第二段階)。

(3) 緑色主軸の壊死斑は拡大するとともにその外表は粗ざうになり、そうか (瘡癩) 状を呈することがある (第三段階)。

(4) 主軸はある年数経過すると緑色を失い、褐色の外表でおおわれるようになるのであるが、この時期には被害部は一見不明りょうになる。すなわち、健全部にくらべて患部は表面粗ざうで、ある程度そうか状病変の名ごりをとどめてわずかに陥凹する程度である (第四段階)。

(5) 典型的な溝腐状を呈し、幹にはなほだしい陥凹部が形成されるため、全体として幹に凹凸が著しくなり、また側枝は枯死して患部の中央部にその形骸をとどめている (第五段階)。

患部を詳細に観察すると、第一段階～第四段階の症状においては、*Cercospora* 菌の子実体がしばしば認められる。もっとも、その分生子梗および分生子胞子が確認できるのは第一～第二段階のものにおいてだけで、第三～第四段階では胞子はすでに脱去して分生子梗がわずかに残存し、なお子座が認められるにすぎない。そして、第四段階の症状では分生子梗も子座も、すでに確認できなくなっている場合が多く、第五段階の症状になると菌の子実体は全く認められない。

第一～第二段階症状において患部に認められる *Cercospora* 菌は形態的にも、また培養上の性質も *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) と同一である (伊藤ら 1954¹⁷⁾, p. 43, C(c) - 22, -23, -24)。患部に子座しか存在しないものでも、その形状は *C. sequoiae* (*C. cryptomeriae*) とよく一致する。なお、第四段階症状を呈する患部で、胞子はもちろん、分生子梗も子座も認められない部分の外表直下の組織から菌の分離を試みた結果、少数ながら *C. sequoiae* (*C. cryptomeriae*) と同一菌叢の培養を得ることができた (伊藤ら 1954¹⁷⁾, p. 43, C(c) - 25)。

7. 緑色主軸上の壊死斑と赤枯病菌

(1) 人工接種による壊死斑の形成

自然感染による罹病木における病徴推移の観察結果から、緑色主軸 (主茎, 主幹) 上の壊死斑 (胴枯型病斑) は赤枯病菌 *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) によることはほとんど疑いないと思われるが、なお念のため、人工接種によって緑色主軸上の壊死斑形式を確認する目的で次の実験を行なった。

A. 実験方法

2 年生および 3 年生苗の緑色主軸 (主茎) の表面を 0.1% 昇汞水および殺菌蒸溜水で処理後、赤枯病菌 (菌株 C-4^{*1} 伊藤ら 1954¹⁷⁾) の培養菌叢を軽く磨砕して塗抹し、その上を蒸溜水を吸収した脱脂綿でつ

*1 群馬県白井町小根山産, 2 年生苗から 1949 年 9 月分離。

つみ、さらにその表面をパラフィン紙でおおった。供試苗木は2年生苗22本および3年生苗12本で、うちそれぞれ2本を無接種対照とした。

人工接種は1951年(昭26)8月15日に実施し、その後約1か月間は休日を除いて1日1回以上、接種部の脱脂綿に給水を行なった。

B. 実験結果

接種後約1か月で接種部の針葉に赤枯病の初期病徴を示すものがあつた。

接種後約2か月経過した10月10日の観察によれば、2年生苗では接種個所の約1/2に明りょうな病変が現われて、患部には病原菌の子実体が確認され、なおそのうちの若干には子実体を伴う壊死斑が形成された。しかし、3年生苗では壊死斑にまで進展したものは認められなかった。

翌1952年(昭27)3月下旬になると、2年生苗(接種当時)の壊死斑はますます明りょうになり、また3年生苗(接種当時)の約1/2に明らかな壊死斑の形成が見られた。

同年4月下旬の観察によると、緑色主軸上の壊死斑はますます拡大して、主軸の周囲を2/3以上もとり巻くものが認められる反面、暗色壊死部が剥離して脱落、一見患部が治癒したように見られるものも若干現われた。

本実験では意識して緑色主軸上の小枝の部分を避けて、針葉のみが存在する部分に人工接種を行なったのであるが、このような場合でも、まず針葉が侵され、病針葉からその基部に患部は進展、緑色主軸に壊死斑(胴枯型病斑)が形成される経過をたどった。すなわち、緑色主軸上の壊死斑は *C. sequoiae* (*C. cryptomeriae*) による赤枯病の病徴の一つであることが実験的にも確認されたわけである (Plate 12, G)。

(2) 壊死斑の肉眼観察

緑色主軸に形成された赤枯病菌による壊死斑が、時の経過とともにその後どのように変化するかを追跡した。

壊死斑の形式はすでに1年生苗にも認められるが (Plate 2, B)、スギの形態的特質から、それが明りょうになるのは2年生以降になってからである (Plate 6)。

これは罹病枯死した小枝を中心にして形成されることが多いが、また小枝の存在とは関係なく、罹病針葉基部から拡大して形成されることも普通に認められる (Plate 6, 10, 11)。

1949年(昭24)東京都目黒区林業試験場構内において、4年生→5年生スギに形式された壊死斑の外観上の推移の概要をしるせば次のとおりである。

緑色主軸上の壊死斑は初め小さく鮮褐色、のちに拡大して濃暗褐色を呈す。この病斑を子細に観察すると、周縁部は多くは鮮褐色、内方は暗褐色で中央部には縦の細かい亀裂が入っているものもある。病斑部はやや陥凹して健全部に漸移する。病斑上の針葉はその大部分が枯死して灰白色であるが、しかし、病斑周縁部の針葉はその基部の一部のみが褐変し、針葉先端は緑色をとどめているものもある。比較的新しい病斑の表面には赤枯病菌 *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) の分生子梗および分生胞子の形成が認められるが、古いものでは子座が小黑粒点状に存在するだけである。なお、同年11月、壊死斑の数個についてその大きさを測定した結果を Table 18 に示す。

壊死斑が拡大して主軸を一周すると、患部から上は鮮褐色を呈して枯死する。このようなものは床替え

Table 18. 4 年生スギ緑色主軸上の赤枯病壊死斑の大きさ

Size of some necrotic lesions on main stem of 4-year-old *Cryptomeria* caused by the fungus

番 号 No.	長 さ Length (mm)	幅 (主軸の全周に対する病斑の割合) Width (Ratio to the whole circumference of stem)
1	22	ca. 1/2
2	25	" 1/2
3	45	" 4/5
4	25	" 1/3
5	18	" 1/8

年目の夏には外表が褐変する場合が多いようである。

(3) 壊死斑の解剖所見

A. 実験方法

1973 年 (昭 48) 11 月, 林業試験場浅川苗畑で罹病針葉から緑色主軸 (茎) に壊死斑が形成されたスギ苗, および小枝 (側枝) が侵され, 分岐点付近を中心に壊死斑を生じているものを採集, ただちにフォルマリン・氷酢酸アルコールで約 48 時間固定した。

試料はセロイジンで包埋し, スライディングミクロトームを用いて約 10 μ の連続切片を作製した。サフラニンとファーストグリーン FCF による二重染色法およびラクトフェノール (乳酸 20 : 石炭酸 20 : グリセリン 40 : 水 20) を用いたアニリンブルーとサフラニンによる二重染色法を併用, 永久プレパラートとした。

B. 観察結果

a. 病枝から進展した壊死斑

病枝と主軸 (茎) の接合部において, 病枝の形成層および篩部を通じて主軸の病斑は拡大する。病枝の形成層と篩部には防衛組織の形成は見られず, いわば裾あきの状態になっているので, 病変は病枝から直接主軸の皮層深部に及び, ついに形成層に達する。もっとも, 主軸の皮層には 2~3 層の傷痕木栓層が形成されるが, その内側の篩部および形成層には防衛組織の形成は見られない。このため侵害は停止せずに拡大し, 治癒に向かうことはない (Fig. 9)。

形成層まで侵された主軸の患部はしだいに剥離して木質部を露出し, その周縁部に一部残存する病組織中には多量の病原菌菌糸が認められる。病原菌菌糸はまた露出した木質部および健全部との境界にある篩部死細胞内にも存在する (Fig. 10, A)。

患部に接する木質部の放射組織細胞の一部は変性し, 死にいたるが, なお放射組織内には病原菌菌糸がかなり深部まで到達, 褐変, 厚膜化し (Fig. 10, C, D), また露出した木質部の表面には子座を生ずることなく, 菌糸から直接分生胞子が形成される (Fig. 10, B)。

b. 病針葉から進展した壊死斑

病針葉から主軸 (茎) の皮層に急速に進展, 傷痕木栓層の形成なしに形成層に到達した場合には, 前述

および造林地への植栽から除外されるから, その後の問題は起こらないが, 比較的小さい壊死斑を有する苗木が, 造林後長く影響を及ぼすことになるわけである。すなわち, 暗褐色の壊死斑はその表面の亀裂がしだいに多くなり, やや乾燥した状態を呈し, やがてこの部分は剥離してそのあとは平滑になり, これと前後して主軸は緑色を失ない褐変するため, 壊死斑の部分は不鮮明になって一見治癒したようになるが, しかしよく観察すると, この部分は健全部にくらべてすこしく陥凹している (Fig. 12, A)。なお, 主軸が緑色を呈する期間は約 2 か年で, 3

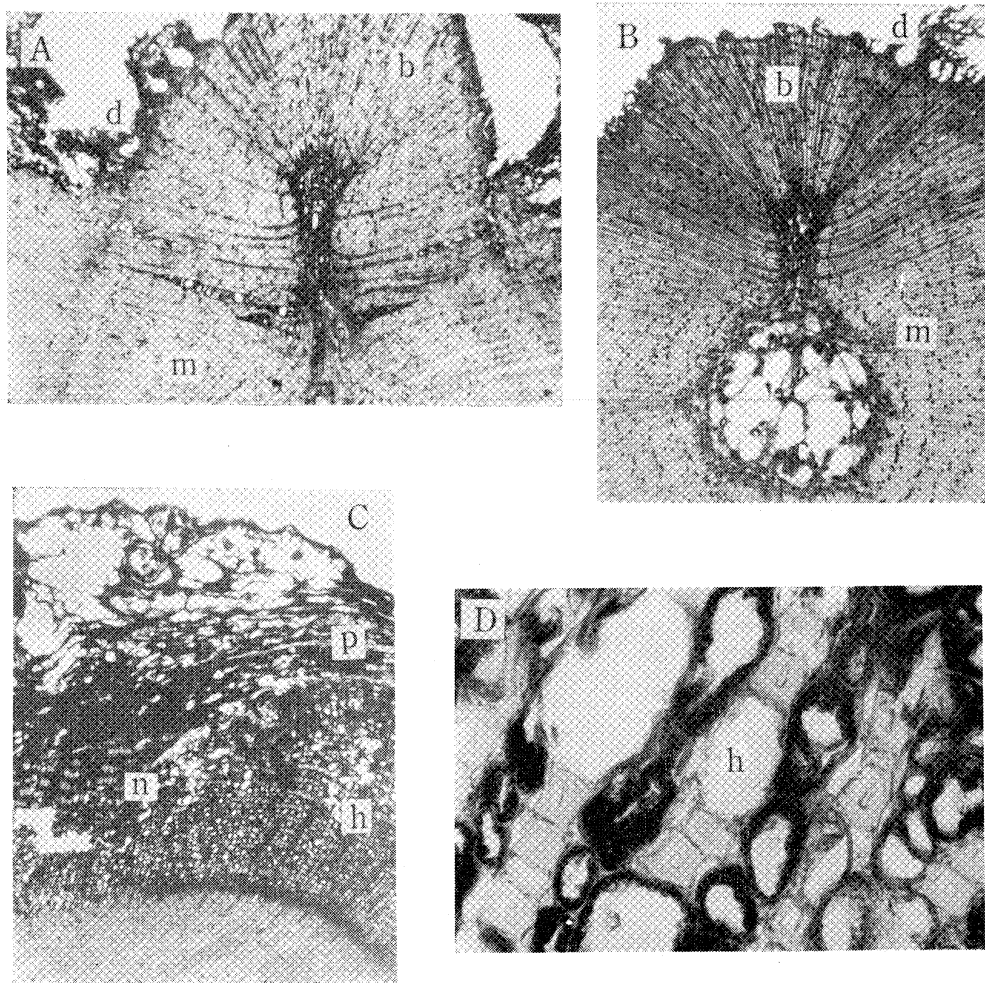


Fig. 9 スギ苗の茎(主軸)に形成された赤枯病壊死斑の解剖的性質 (1)
Patho-anatomical appearances in the necrotic lesions caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) on the green stem of *Cryptomeria* seedlings (1).

A~B. 病枝から進展した壊死斑の横断面

Transverse sections of the necrotic lesion developed from the diseased branchlet.

A: $\times 12$ B: $\times 10$

b: diseased branchlet (病枝) m: stem (茎)

d: destroyed secondary phloem (二次篩部)

C. 同上。壊死斑周縁部

Ditto. Marginal part of the necrotic lesion. $\times 18$

n: necrotic tissue (壊死部)

h: healthy tissue (健全部)

p: wound periderm (傷病木栓層)

D. 同上。傷病木栓層内方壊死細胞内の病原菌菌糸

Ditto. Hyphae of the causal fungus in the necrotic tissue beneath the wound periderm. $\times 250$

h: hyphae of the fungus (菌糸)

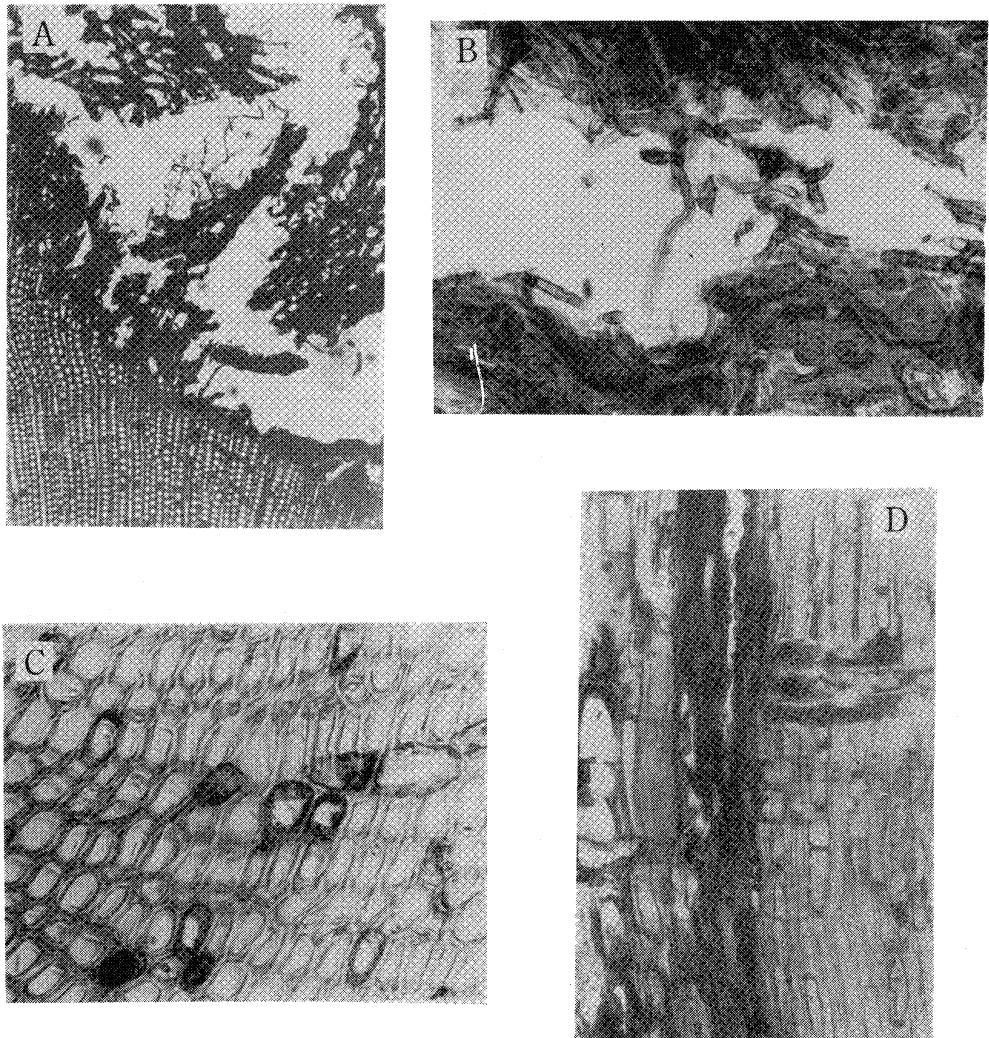
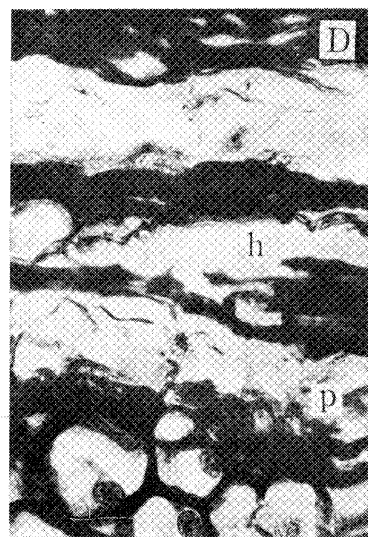
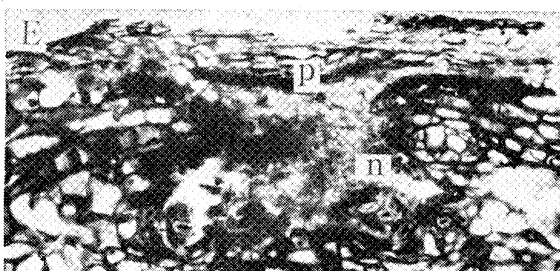
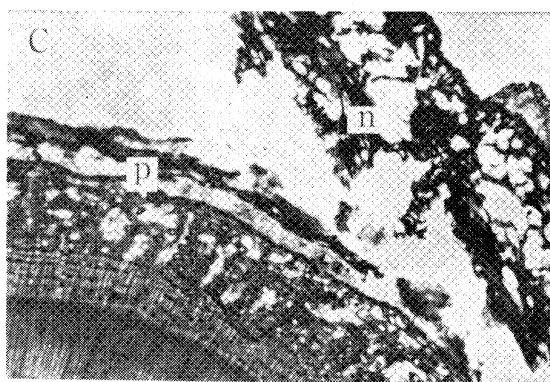
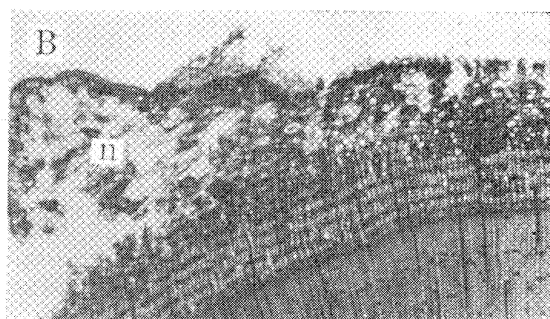
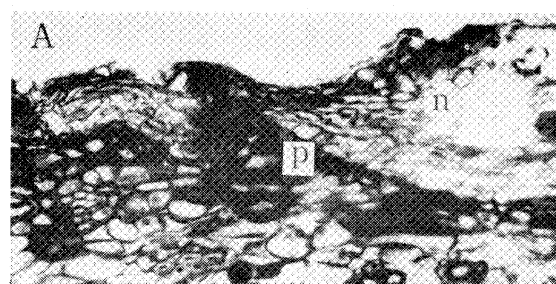


Fig. 10 スギ苗の茎（主軸）に形成された赤枯病壊死斑の解剖的性質（2）
 Patho-anatomical appearances in the necrotic lesions caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) on the green stem of *Cryptomeria* seedlings (2).

- A. 死節部組織内に生じた病原菌の菌糸
 Hyphae of the causal fungus in the destroyed secondary phloem. $\times 18$
- B. 木質部に近接する死節部組織内に生じた病原菌の菌糸および分生胞子
 Hyphae and conidia of the causal fungus in the destroyed secondary phloem near the xylem. $\times 150$
- C. 放射組織細胞内の病原菌菌糸（横断面）
 Hyphae of the causal fungus in cells of the ray in the transverse section. $\times 250$
- D. 同上（縦断面）
 Hyphae of the causal fungus in cells of the ray in the tangential section. $\times 250$



病針葉から進展した壊死斑の横断面
Transverse sections of the necrotic lesions developed from the diseased needle.

A. 壊死斑の周縁部

Marginal part of the necrotic lesion. $\times 50$

n : necrotic cortical tissue (皮層)

p : wound periderm (木栓防衛層)

B. 壊死斑の剝離

Falling-off of the necrotic tissue (n). $\times 20$

C. 同 上 Ditto. $\times 20$

n : fallen-off necrotic tissue (剝離した壊死斑)。

p : wound periderm (木栓防衛層)

D. 傷痍木栓層外部の病原菌菌糸

Hyphae of the causal fungus in the cortical cells outside the wound periderm. $\times 250$

h : hyphae of the fungus (菌糸)

p : wound periderm (傷痍木栓層)

E. 傷痍木栓層を破壊して進展した壊死部

Development of necrosis in the cortex through the wound periderm. $\times 40$

n : newly developed necrosis (新壊死部)

p : wound periderm (傷痍木栓層)

Fig. 11 スギ苗の茎(主軸)に形成された赤枯病壊死斑の解剖的性質 (3)
Patho-anatomical appearances in the necrotic lesions caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) on the green stem of *Cryptomeria* seedlings (3).

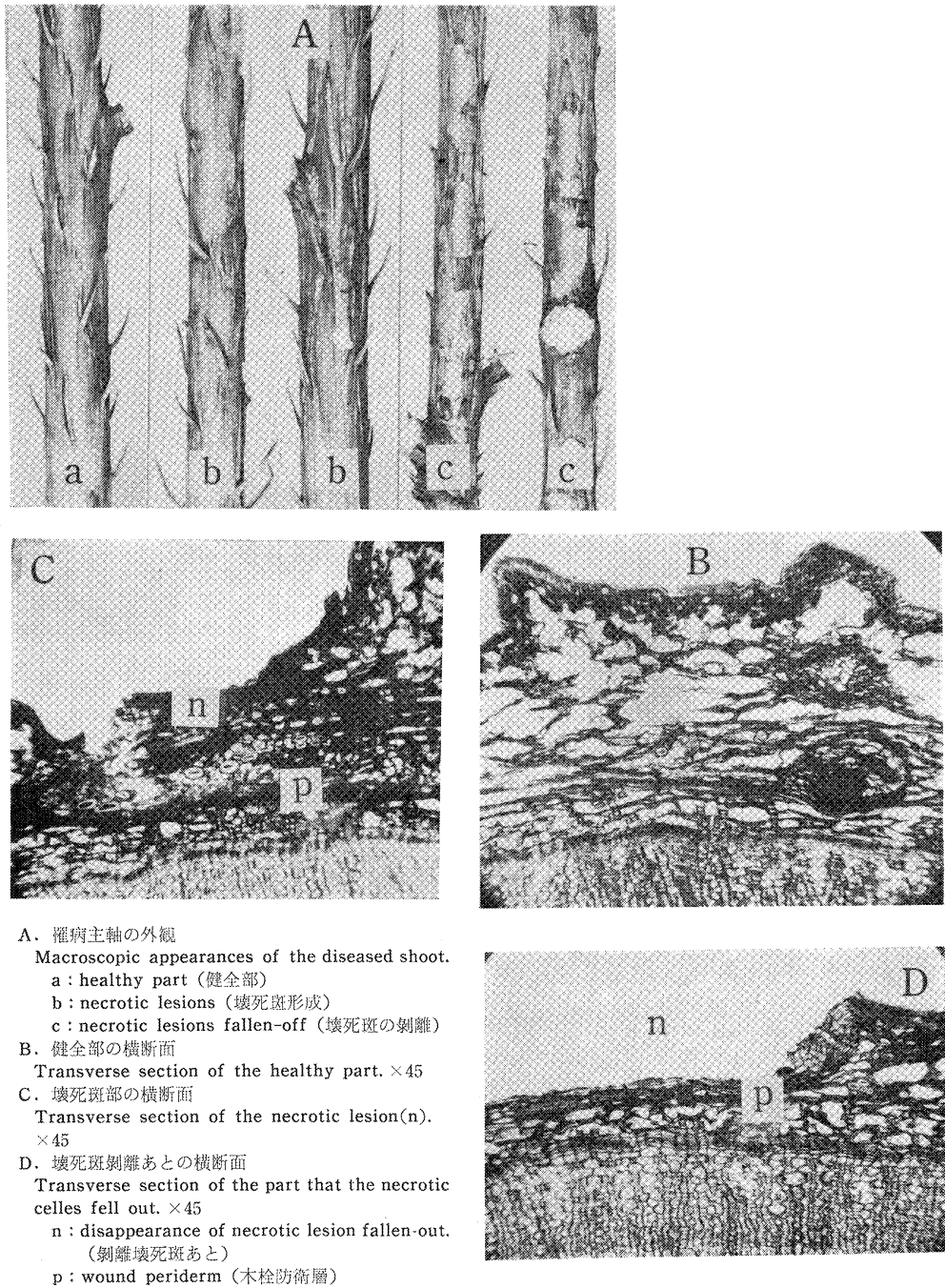


Fig. 12 5年生スギの主軸(茎・幹)における赤枯病壊死斑とその剥離
Necrotic lesions caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*)
on the shoot of 5-year-old *Cryptomeria*, and their falling-off.

の経過をたどり、治癒することなく患部は拡大しつづけるが、しかしこのような例は比較的少ない。

多くの場合、皮層の表層近くに傷痕木栓層が形成され、これは健全部の表皮細胞と連絡し、病葉基部を含めて壊死部は剥離し、その後は木栓層がそのまま外表となる。病斑の周縁部および剥離表面には病原菌菌糸が確認できないのが普通で、そのまま治癒の経過をたどるようである。しかし、ごくまれには、いったん形成された傷痕木栓層（防衛層）の一部が破壊されて、そこから深部に新たな病変を起こす場合、および病斑周縁部に接して健全部の表皮細胞が侵されることもあるらしい (Fig. 11)。

なお、病針葉から進展した5年生幼齡木主軸上の壊死斑について観察した結果によれば、そのほとんど大多数は完全な木栓防衛層の形成によって、壊死斑は剥離脱去、患部は治癒し、以後溝腐症状に発展移行したものはきわめて少数にすぎなかった (Fig. 12)。

(4) 溝腐病初期患部から分離された菌の病原性

1952年(昭27)埼玉県秩父郡荒川村で採集された7年生造林木で、患部の外表はすでに褐色化し、*Cercospora* 菌の子実体が全く認められない溝腐病の初期病徴を呈する部分(既述第四段階症状)の、外表直下形成層組織から得られた菌(菌株 C(c)-25 伊藤ら 1954¹⁷⁾)の培養菌叢と赤枯病菌 *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) のそれとの間に全く差が認められない。なお、この菌がはたして赤枯病菌であるかどうかを確かめるため、さらに次の人工接種試験を行なった。

A. 実験方法

供試菌株は上の C(c)-25 と、これと比較のために C-3*1 (伊藤ら 1954¹⁷⁾) の2つを用いて2年生苗に接種を行なった。接種は1954年(昭29)9月9日に実施し、既報(伊藤ら 1952¹⁴⁾)と同一方法によった。

B. 実験結果

接種後約40日経過した10月20日には菌株 C(c)-25 および C-3 とともに顕著な赤枯病の病徴を現わし、同月28日には患部に *Cercospora* 菌の分生子梗および分生子が形成され、その形状は両菌株間に差は認められず、赤枯病菌 *C. sequoiae* (*C. cryptomeriae*) とよく一致した。無接種対照苗には全く病変は現われず、また *Cercospora* 菌も認められなかった。

なお、両菌株による罹病苗上の *Cercospora* 菌の分生子から単孢子分離を行なって得られた培養の菌叢は、接種源としたそれぞれの菌叢の特徴とよく一致した。

以上の実験結果から、溝腐病患部内に赤枯病菌 *C. sequoiae* (*C. cryptomeriae*) の菌糸が生存蔓延していることが実証されたわけであるが、なお後年徳重(1967)⁵⁷⁾ は九州地方産溝腐病組織から、かなり高い頻度で赤枯病菌を分離し、著者らの実験結果を裏書きしている。

8. 赤枯病壊死斑の症状推移の長期観察

造林木溝腐病の発端は緑色主軸に形成された赤枯病の壊死斑によるらしいことは上述のとおりで、また苗畑では3年生苗においてすでに、小型ながら溝腐病の初期病徴に酷似する病状がしばしば認められる (Plate 6, D, E) ことから、赤枯病壊死斑と溝腐病の関連性は否定できないようである。

そこで、苗木時代に赤枯病にかかって形成された壊死斑が、その後どのような推移経過をたどるかを知

*1 東京都目黒区下目黒林業試験場構内で4年生苗から1949年8月に分離。

る目的で、長期間にわたって継続的に観察を行なうことにした。

(1) 自然感染による罹病苗

A. 東京都目黒区林業試験場構内における観察

1949 年 (昭 24) 5 月……自然感染によって赤枯病に罹病した 4 年生苗のうち、緑色主軸に明りょうな壊死斑が形成されているもの 40 本を選んで、観察に便な苗畑の一隅に定植した。

1949 年 (昭 24) 8 月……各苗木の壊死斑上に赤枯病菌 *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) の子実体を確認。

1949 年 (昭 24) 10 月……緑色主軸上の壊死斑の多くは拡大し、これが主軸を一周、患部から上が鮮褐色を呈して枯死したものが 10 本現われた。

1950 年 (昭 25) 6 月 (樹齢 5 年)……壊死斑が存在する主軸は緑色を失って、褐色の栓皮が形成されたため、病斑は不鮮明になり、患部は一見治癒したように見える。

1952 年 (昭 27) 12 月 (樹齢 7 年)……残存木 20 本のいずれにも溝腐病初期症状が認められた。

1953 年 (昭 28) 4 月 (樹齢 8 年)……溝腐病症状を呈する病樹 20 本を、間隔をひろげて苗畑に定植。

1953 年 (昭 28) 10 月……定植した 20 本のうち 4 本は活着不良によって枯死。

1954 年 (昭 29)～1956 年 (昭 31) (樹齢 9～11 年)……残存木 16 本のいずれにおいても溝腐病症状はますます進展して、明りょうな病徴を呈した (Plate 12, A, B, C, D)。

1958 年 (昭 33) 2 月 (樹齢 13 年)……残存木 16 本のすべてに典型的な溝腐病症状が顕著に現われた。

すなわち、苗木の緑色主軸 (茎) に形成された暗褐色壊死斑は、やがて主軸に栓皮が形成されて褐色化すると剥離して、患部は不明りょうになり、一見治癒したようになるが、しかしその翌年から漸次溝腐病症状に移行、のち年月の経過とともにこの症状はますます顕著になる。なお、緑色主軸に形成された壊死斑が急速に拡大する場合には、これが主軸 (茎) を一周すると、患部から上は鮮褐色を呈して枯死することもしばしば認められ、このような苗木は普通不良苗として排棄されて、造林地に植栽されることはない。

B. 山形県最上郡及位村 (現真室川町) 釜淵 林業試験場釜淵 (現山形) 分場構内における観察

1949 年 (昭 24) 10 月……赤枯病による壊死斑が緑色主軸 (主幹) に形成されている 1 回床替 2 年生の徒長苗を植栽し、その後壊死斑の変化を観察した。

1953 年 (昭 28) 9 月……すでに緑色主軸の外表は褐色栓皮に代わっており、枯死した小枝の基部を中心にして患部はやや陥凹している (Fig. 13, A)。

1954 年 (昭 29) 5 月……主幹上の患部中央はますます陥凹し、その上下に浅い溝が伸びて、小型ながら溝腐病症状が認められる (Fig. 13, B, C)。

1954 年 9 月……患部の中央の溝は顕著になり、なお被害部はやや扁平になる (Fig. 13, D)。

1956 年 (昭 31) 5 月……患部の溝はきわめて顕著に上下に伸長し、特にその中央部ははなはだしく陥没していている (Fig. 13, E)。

以上のとおり、緑色主軸に壊死斑が形成されている 2 年生苗を造林地に植栽すると、その後 5～6 年で患部は典型的な溝腐病症状を呈することはこの例からも明らかである。

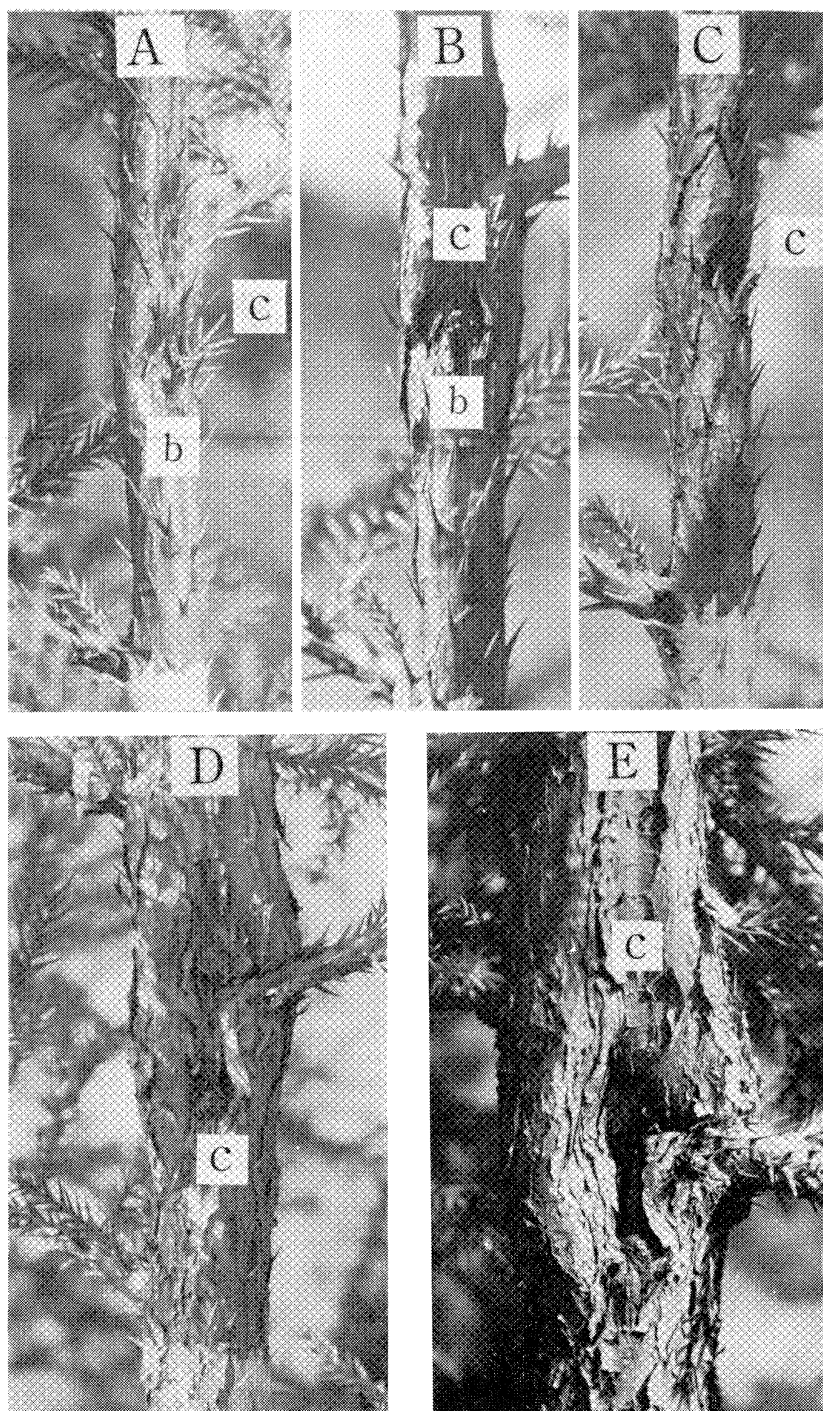


Fig. 13 溝腐病の病状推移 (1953~1956年) (山形県釜淵)
 Development of a canker induced by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*)
 on main stem of *Cryptomeria* in Yamagata Prefecture.
 A...September 1953, B...May 1954 (front view), C...May 1954 (side view)
 D...September 1954, E...May 1956.
 c...cankers (患部) b...a part of dead branchlets (枯死枝の基部)

(2) 人工接種による罹病苗

1949 年 (昭 24) 8 月, 菌株 C-1*1 (伊藤ら 1954¹⁷⁾) を用いて 2 年生苗に人工接種を行なった結果は, すでに報告済みである (伊藤ら 1952¹⁴⁾)。すなわち, 接種後 1 か月で接種苗 8 本のすべてに赤枯病が発生して, 病針葉には病原菌の分生子梗および分生孢子の形成が認められ, なおそれらのうち 2 本には罹病枯死した小枝が見られた。これに対して, 無接種対照苗には全く病変が起こらなかった。

その後接種苗の病状はますます進展してほとんどすべての小枝の枯死, それにひきつづいて主茎に壊死斑の形成が認められ, これが茎を一周, ために枯死にいたる苗が続出した。接種後 3 年の 1952 年 (昭 27) には, 生存するものわずかに 2 本をかぞえるのみになったのであるが, 一方無接種対照苗には何らの病変も見られなかった。

1955 年 (昭 30), 接種後 6 年 (樹齢 8 年) になると, 残存した接種木 2 本のどれにも, 樹幹基部に溝腐症状が認められた (Plate 12, E)。同年 3 月, 接種残存木 2 本と無接種対照木 2 本のそれぞれを実験苗畑の一隅に移植した。

移植後溝腐症状はますます顕著になって典型的な病徴に移行したが, 無接種対照木ではそれらしい徴候は全く現われなかった (Fig. 21, B, C, D)。

9. 溝腐病罹病樹の樹幹解析

(1) 自然感染によるもの

前節 (1) A の東京都目黒区林業試験場構内に赤枯病罹病苗を植栽, その後 9 か年間にわたって壊死斑から溝腐病に推移する状況を調査した 16 本の試験木のうち, 特に顕著な溝腐病症状を呈する No. 1, No. 4, No. 9, No. 12, No. 18, No. 21 および No. 22 の 7 本を選び, 1958 年 (昭 33) 2 月伐採の上樹幹解析を行なった。すなわち, 典型的な溝腐病症状を呈する樹幹部を約 2 cm ずつの円盤とし, 各円盤について患部における枯枝基部の存否, 変形の状態, 変色および腐朽の状態について調査した。

試験木—No. 1……①*2~⑮ および ⑳~㉔ にははなはだしい変色が認められ, なお顕著な偏心成長を起こし, ⑧~⑩ および ㉓~㉔ の第二年輪の部分に枯枝の基部が存在し, 主としてこれらを中心に著しい陥凹と変色が起こっている (Fig. 14)。

試験木—No. 4……①~⑮ および ㉑~㉔ に変色が, また ①~⑮ には腐朽が認められる。とくに ①~⑮ の腐朽ははなはだしく, ①~⑨ では中心部において腐朽が顕著である。②, ⑤, ⑦ および ㉑ には枯死枝の基部が, また ⑨ には明らかな入皮が認められる (Fig. 15)。

試験木—No. 9……①~㉗ に変色が, また ①~⑰ および ㉔~㉖ には腐朽が認められる。⑩, ⑫, ㉑ および ㉓ にはおおよそ第三年輪の部分に枯枝の基部が確認され, また第三~第四年輪の部分に深い入皮が形成されている (Fig. 16)。

試験木—No. 12……①~⑮ および ⑰~㉑ に変色が, また ⑦~⑮ には腐朽が認められる。なお, ⑨, ⑪, ⑫ および ⑮ には第二~第三年輪の部分に枯枝の基部が存在する (Fig. 17)。

試験木—No. 18……①~⑰ に変色が, ②~⑨ には腐朽が認められる。それから, ⑥, ⑦, ⑨, ⑪, ⑭, および ⑮ の第三~四年輪の部分に枯枝の基部が, また ② および ④ には入皮が形成されている (Fig. 18)。

*1 東京都目黒区林業試験場構内, 2 年生苗から 1948 年 11 月分離。

*2 試験木の円盤番号 (Fig. 14~Fig. 21) を示す。

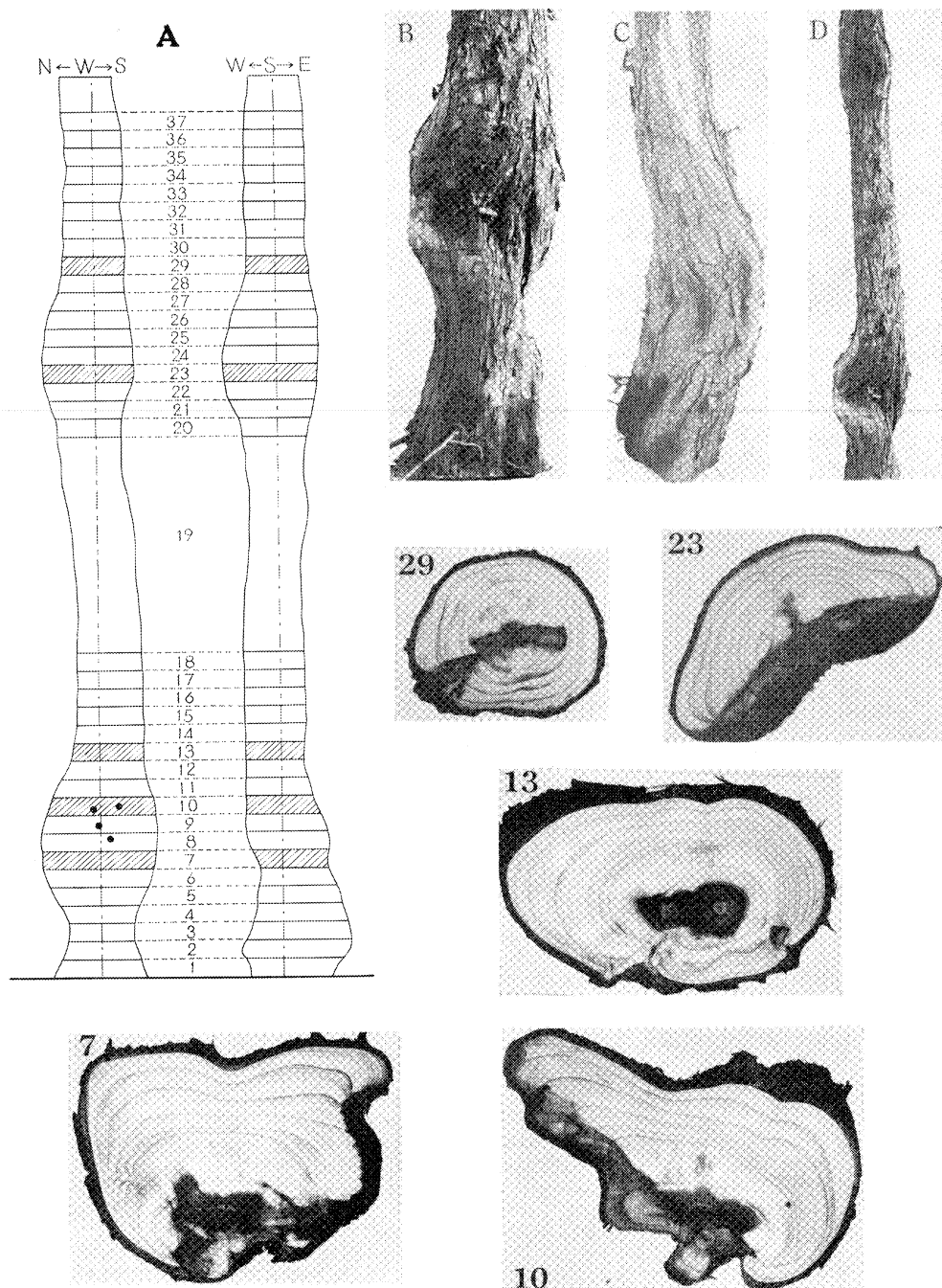


Fig. 14 溝腐病試験木 No. 1
Cankered tree-No. 1.

- A. Analysis of the tree. $\times 1/8$ B. Cankered part-NW side.(NW 面)
C. Cankered part-S side.(S 面) D. Cankered part-WN side.(WN 面)
⑦, ⑩, ⑬, ⑳, ㉓---Transverse sections of the cankered trunk. $\times 2/5$
Numbers in circle indicate those in A (analysis of the tree).
● in A---A part of dead branchlet. (枯枝基部)

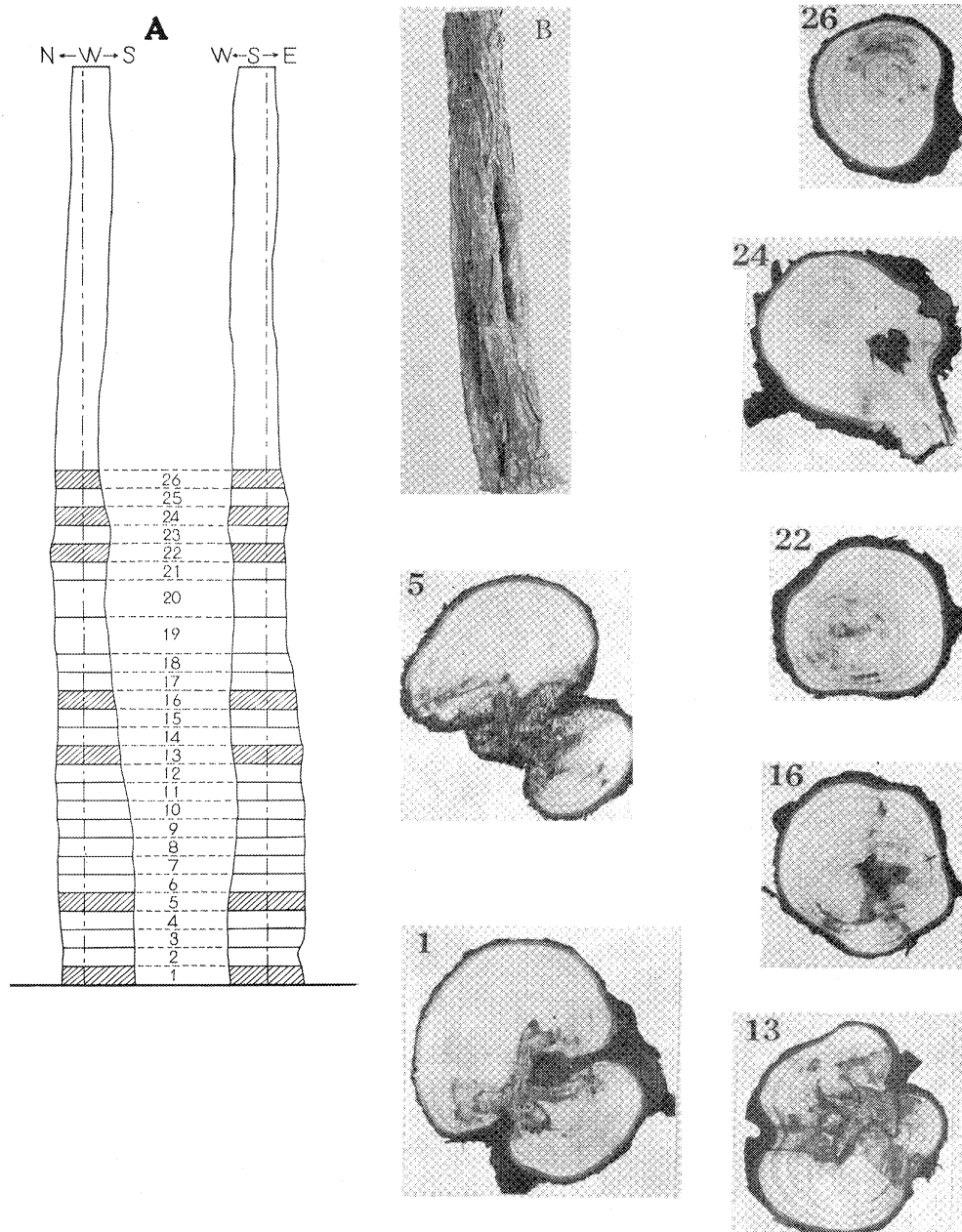


Fig. 15 溝腐病試験木 No. 4

Cankered tree-No. 4.

A. Analysis of the tree. $\times 1/8$

B. Cankered part-N side. (N 面)

①, ⑤, ⑬, ⑯, ②②, ②④, ②⑥... Transverse sections of the cankered trunk. $\times 2/5$

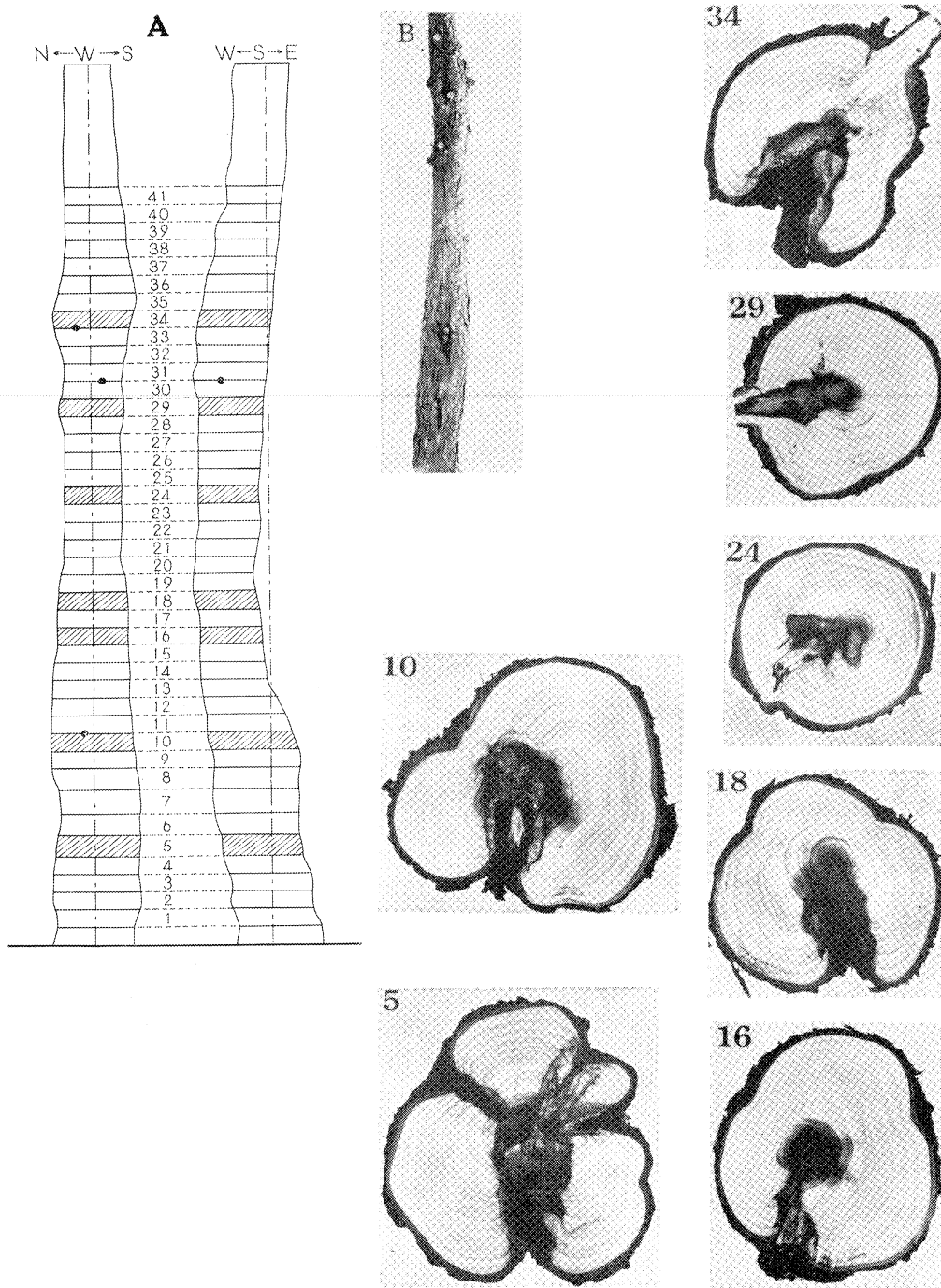


Fig. 16 溝腐病試験木 No. 9

Cankered tree-No. 9.

A. Analysis of the tree. $\times 1/8$ B. Cankered part-W side. (W 面)

(5), (10), (16), (18), (24), (29), (34)---Transverse sections of the cankered trunk. $\times 2/5$

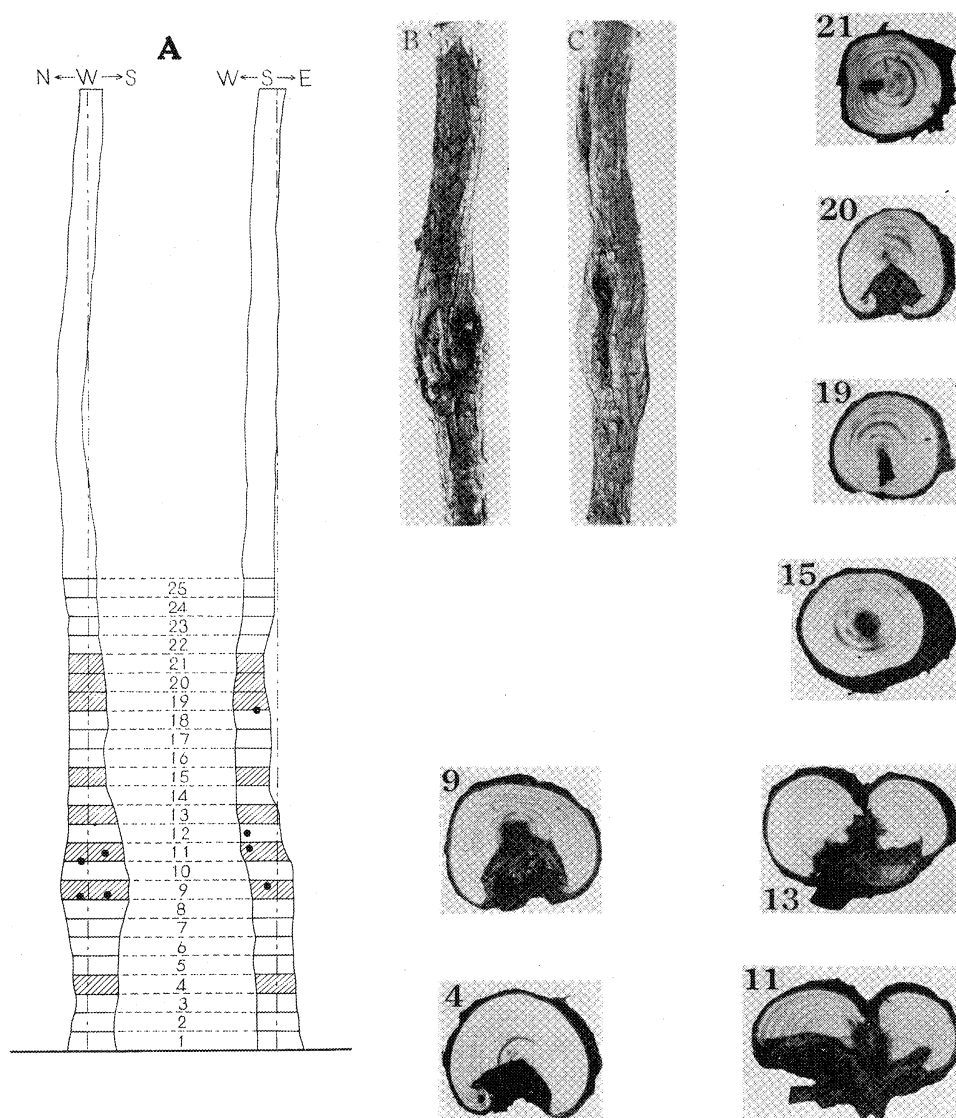


Fig. 17 溝腐病試験木 No. 12

Cankered tree-No. 12.

A. Analysis of the tree. $\times 1/8$

B Cankered part-N side. (N 面)

C. Cankered part-S side. (S 面)

④, ⑨, ⑪, ⑬, ⑮, ⑰, ⑳, ㉑...Transverse sections of the cankered trunk. $\times 2/5$

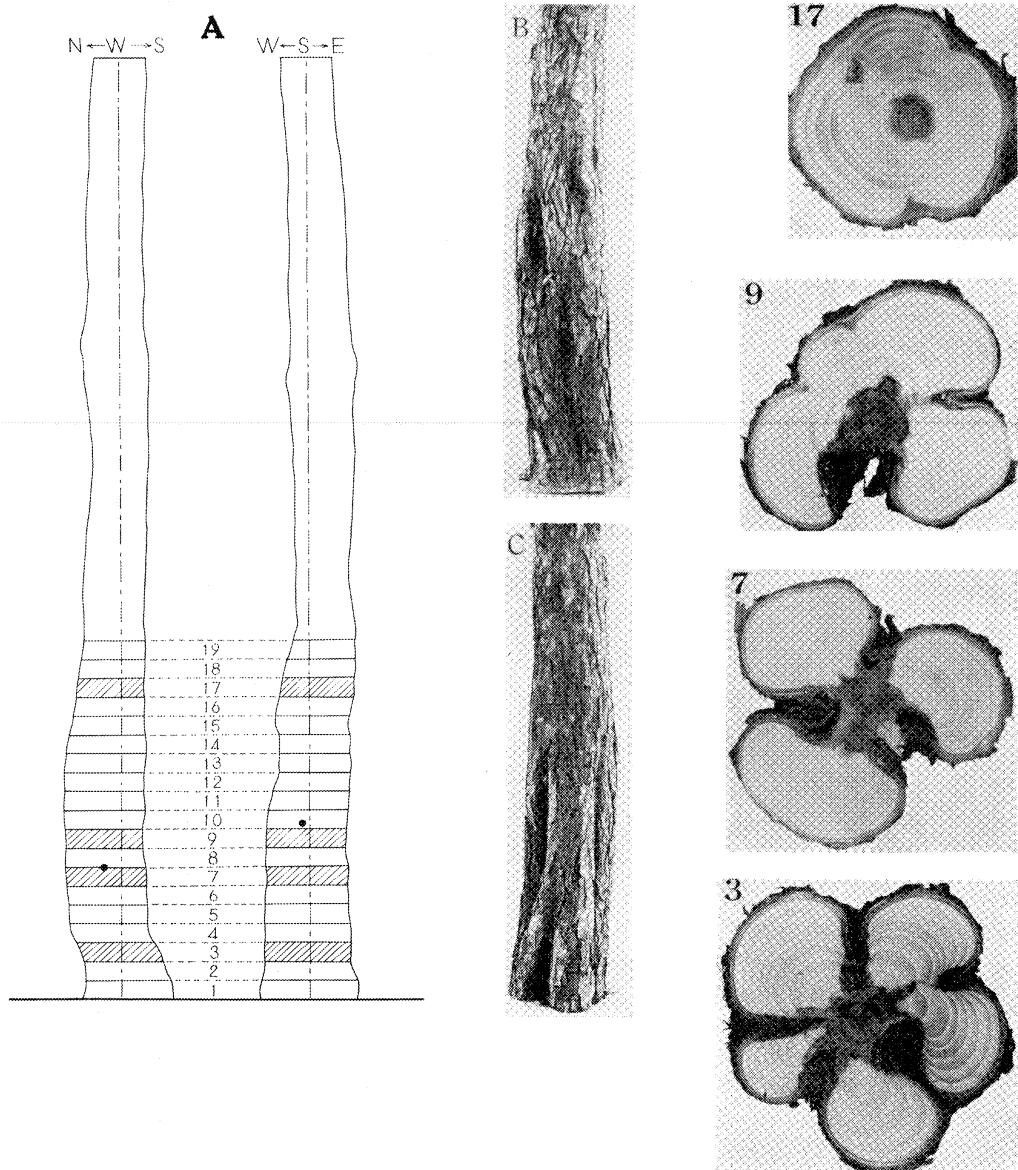


Fig. 18 溝腐病試験木 No. 18
Cankered tree-No. 18.

- A. Analysis of the tree. $\times 1/8$ B. Cankered part-NW side. (NW 面)
C. Cankered part-SE side. (SE 面)
③, ⑦, ⑨, ⑰...Transverse sections of the cankered trunk. $\times 2/5$

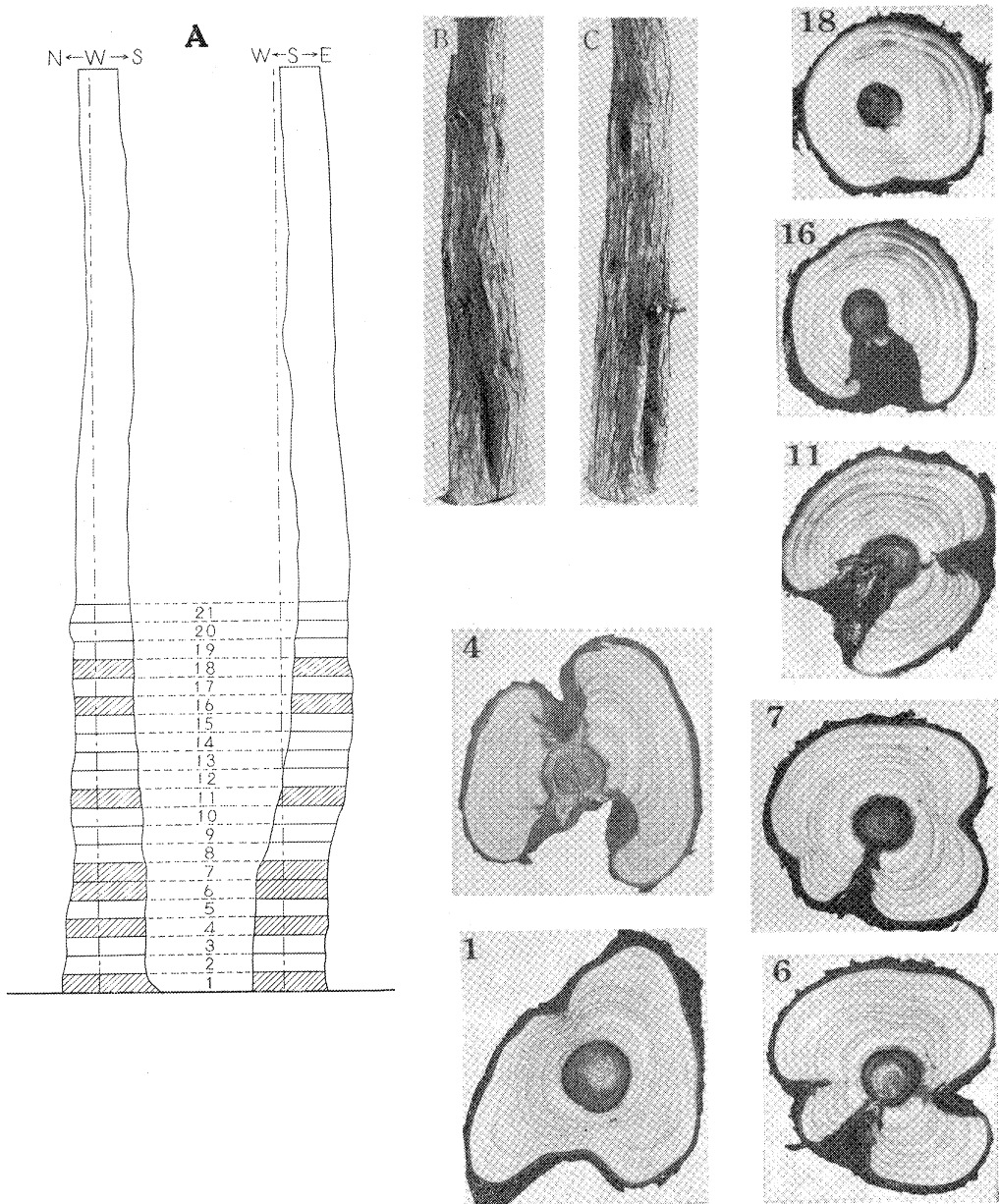


Fig. 19 溝腐病試験木 No. 21

Cankered tree-No. 21.

- A. Analysis of the tree. $\times 1/8$ B. Cankered part-W side. (W 面)
 C. Cankered part-S side. (S 面)
 ①, ④, ⑥, ⑦, ⑪, ⑬, ⑮...Transverse sections of the cankered trunk. $\times 2/5$

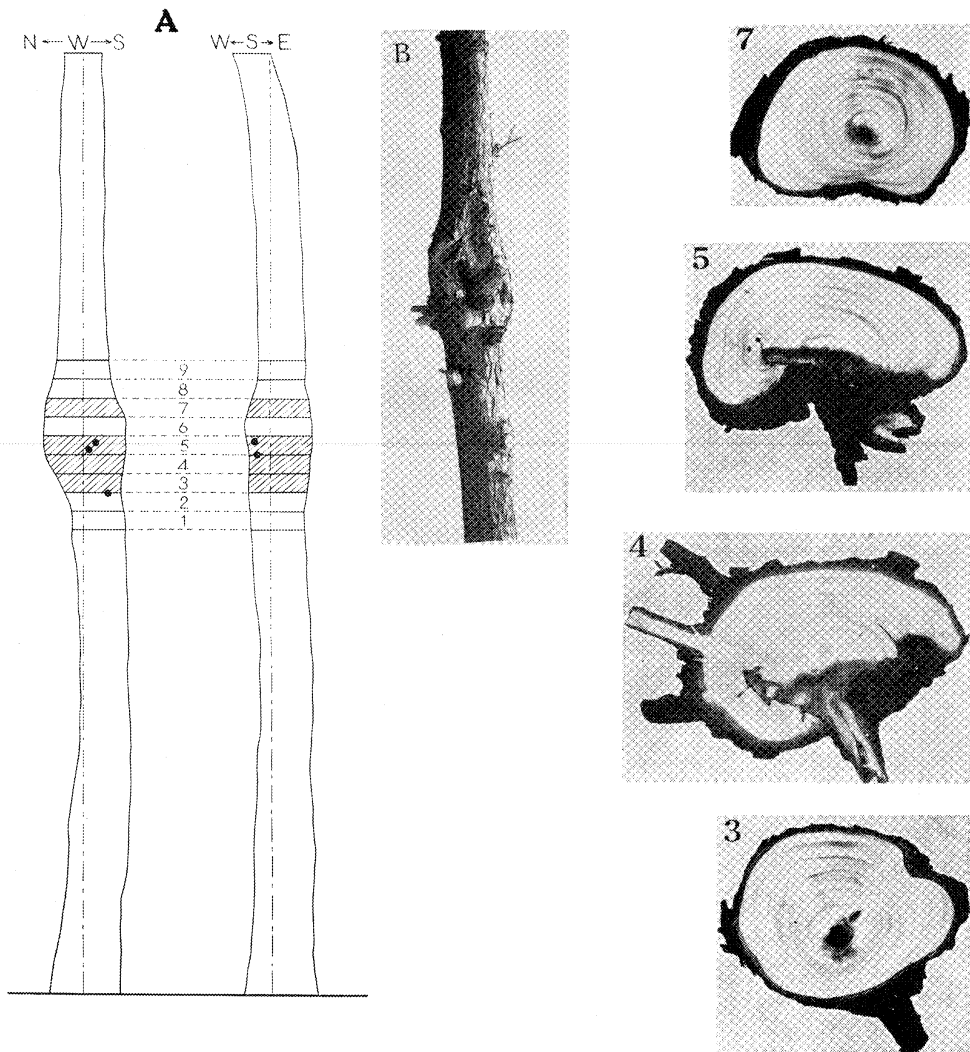


Fig. 20 溝腐病試験木 No. 22

Cankered tree-No. 22.

A. Analysis of the tree. $\times 1/8$ B. Cankered part-W side. (W 面)

③, ④, ⑤, ⑦...Transverse sections of the cankered trunk. $\times 2/5$

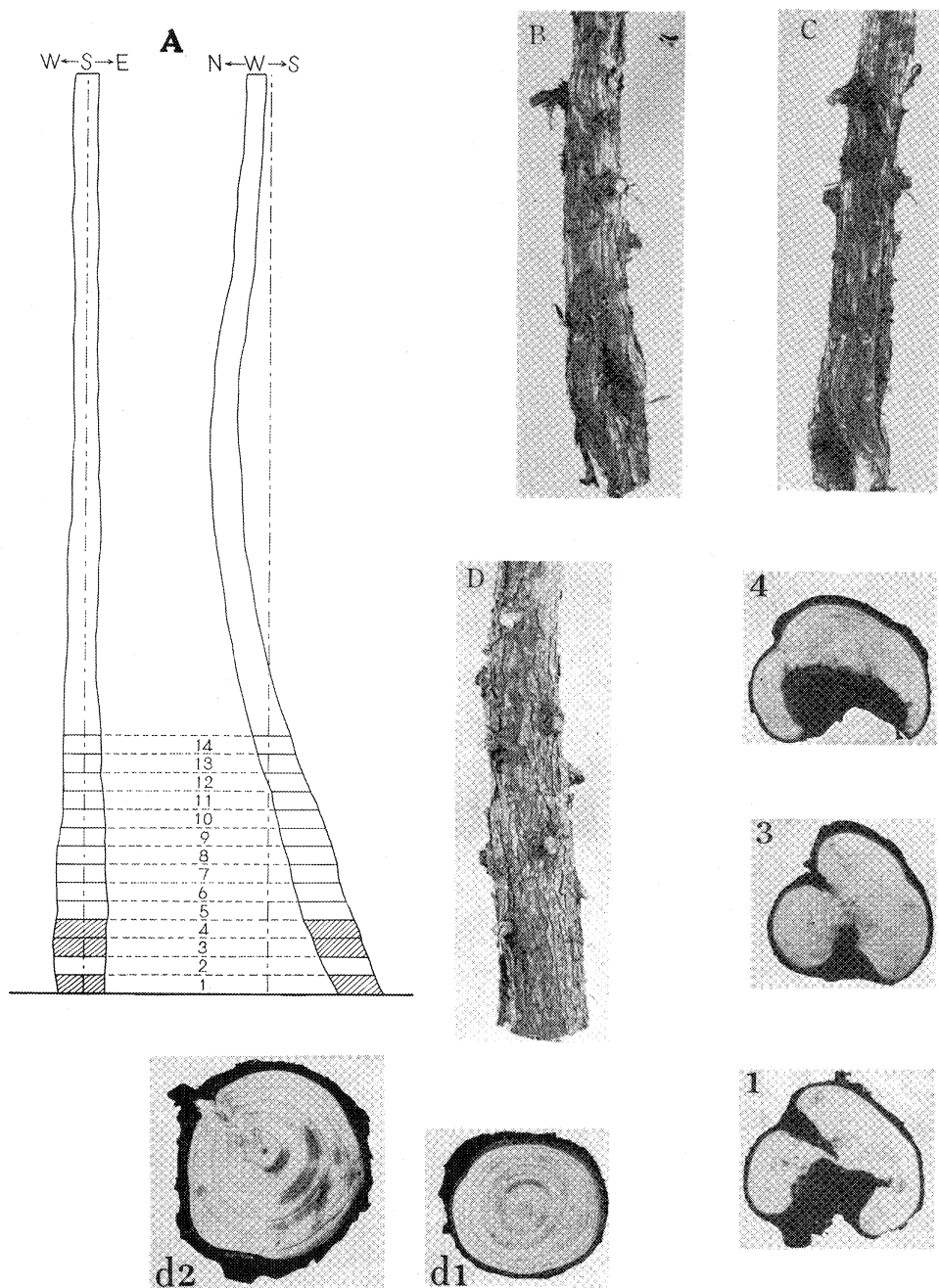


Fig. 21 溝腐病試験木 No. 8 および No. 0 (人工接種による)
Cankered tree-No. 8 and uncantered tree-No. 0 (Nine years after
artificial inoculation with *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) to
2-year-old *Cryptomeria* seedlings).

A. Analysis of cankered tree-No. 8. $\times 1/8$ B. Cankered part-N side. (N 面)
C. Cankered part-E side. (E 面) D. Uncankered trunk (No. 0) (Control). (無接種対照木)
①, ③, ④...Transverse sections of the cankered trunk (No. 8). $\times 2/5$
d-1, d-2...Transverse sections of the uncantered trunk (No. 0). (無接種対照木) $\times 2/5$

試験木—No. 21……①～⑥には変色が、また ①～⑥には腐朽が認められる。そして、④、⑦、⑩、⑫ および ⑬ の第二～四年輪の部分に枯枝の基部が確認され、また ④には顕著な入皮が形成されている (Fig. 19)。

試験木—No. 22……③～⑦に変色が、また ④～⑥に腐朽が認められる。なお、②、④ および ⑤ の第二～三年輪の部分に枯死した枝の基部が残存している (Fig. 20)。

(2) 人工接種によるもの

1949 年 (昭 24) 8 月に人工接種を行なって東京都目黒区林業試験場構内に植栽、その後の経過を観察したもの〔前節 (2)〕を、1958 年 (昭 33) 2 月に伐採、上述の方法によって樹幹解析を行なった。それらのうち、接種木 (試験木—No. 8) および無接種対照木 (試験木—No. 0) のそれぞれ 1 本について次に述べる。

試験木—No. 8……①～⑦には変色が、また ①～⑧には腐朽の初期と認められる部分が存在する。枯枝基部のこん跡は明らかでない (Fig. 21)。

試験木—No. 0……材部の変色・腐朽ともに認められず、また小枝は存在するが、この部分を中心にして樹幹が陥凹することはない (Fig. 21)。

考 察 お よ び 結 論

スギ赤枯病の病徴について、第二次世界大戦前に公表された報文には針葉および小枝の変色、枯死をその特徴としているが、緑色主軸 (主茎) に形成される壊死斑を記載したものはなく、これを本病の病徴の一つとして述べたものは、ようやく戦後に現われた (沢田 1950⁴⁷⁾, 伊藤 1951⁴⁸⁾, 伊藤ら 1952⁴⁹⁾。もっとも、北島 (1919)²⁷⁾ が *Valsa cryptomeriae* KITAJIMA^{*1} による疾病としたスギ苗がんしゅ病の病徴において“本病原菌ガ若キ枝条及茎ノ一部ニ寄生スルヤ其ノ部分ハ黒褐色若ハ赤褐色ニ変シ往々ニシテ小ナル亀裂ヲ生シ健全部ヨリ稍陥没スルニ至ル……被害部ハ往々ニシテ……畸形ヲ呈シ横断面ハ凹字形ヲ呈シ僅ノ健全ナル部分ニ依リ……余命を保ツモノアルモ被害部以上ハ枝葉漸次……鮮紅色を呈シテ枯死ス……病原菌ノ發育スクノ如ク迅速ナラサル時ハ被害部……直径ハ健全部ニ比シテ著ク増大シテ紡錘形ヲナシ……”とある点は注目するに足る。というのは北島 (1919)²⁷⁾ の報文をみると、多くの被害標本を調査してそのごく少数のものに *Valsa cryptomeriae* を見い出してこれを病原菌としているが、その接種試験結果によると、この菌の病原性ははなはだ微弱で、切枝に傷痕接種を行なったものに僅少の発病が認められたにすぎない。戦後上述の被害徴候を示す多数のスギ苗について調査されたが *Valsa* 菌はほとんど全く検出されず、この原因は他に求めざるを得ないことになり (伊藤 1951⁴⁸⁾、この病徴を示すものの一部は赤枯病による壊死斑に相当するものではないかと考えられている (伊藤 1965²⁸⁾)。

赤枯罹病苗木の壊死斑は病針葉基部を発端として生ずる場合と、病側枝の分岐点から形成されることがある。このような罹病苗木をよく観察すると、壊死斑が緑色主軸 (茎) を急速に拡大して一周、患部から上は鮮褐色を呈して枯死するものがある一方、壊死斑は主軸の一部に限定される場合もある。前者の苗木は普通廃棄されるが、後者の場合は往々にして山出しされて、後年造林木の溝腐病となって問題になるわ

*1 最近、本菌は *Valsa abietis* Fr. の synonym とされ (小林 1970³³⁾、なおこの菌による疾病はキトスボウ胴枯病と名づけられた (小林・浜 1969³²⁾)。

けである。それは、緑色主軸上の壊死斑が褐色～暗褐色を呈して健全部と明りょうな対照を示す期間は約 2 か年で、ほぼ 3 年めの春～夏には緑茎の表面は栓皮化して褐色に変わり、これと前後して壊死斑は色彩的に健全部との区別が困難になるからである。しかし、子細に観察すれば、2～3 年生苗でも壊死斑を中心にしてきわめて小型ではあるが、造林木の溝腐病症状と同様の患部がすでに形成されていることも、まれではない。

主軸（茎・幹）が褐色栓皮化する前後から壊死斑部は剥離して一見患部は治癒したようになる。病針葉基部を中心に生じた壊死斑には、傷痕木栓層および木栓防衛層が形成され、患部が剥離して治癒する場合が多いが、病側枝から進展した壊死斑では、側枝と茎の接合部から病原菌が侵入まん延し、傷痕木栓層が形成されても、これの防衛的機能は全く発揮されずに病変は深部まで及び、形成層および放射組織に病原菌菌糸は侵入し、ここで褐色厚膜化し、外観上耐久型菌糸の性状を呈す。したがって、このような場合には壊死斑の下部に菌糸が長い間残存生育をつづけて患部を拡大、典型的溝腐症状をもたらすことは容易に理解されるところで、造林木の溝腐病患部には枯死した枝を伴う事例がきわめて多いことと、符節がよく一致するといつてよいであろう。

なお、赤枯病罹病針葉から分離された病原菌を緑色主軸に人工接種することによって、明りょうな壊死斑が形成され、また溝腐病の初期症状を示す造林木の樹皮下形成層付近から分離された菌は、その菌叢の特徴が赤枯病菌のそれと同一であるばかりでなく、これをスギ苗に人工接種することによって、典型的赤枯病症状をもたらす、罹病針葉に生ずる分生子梗、分生孢子および子座の形態的特徴は、赤枯病菌によく一致したことから、赤枯病と溝腐病は同一病原菌によるものであることが知られる。

赤枯病の壊死斑を有するスギ苗について、その後長年にわたり観察を行なったところ、数年のうちに壊死斑が主軸を一周、そこから上部は褐色を呈して枯死するものが多数出た一方、壊死斑を中心にして年月の経過とともに、しだいに典型的な溝腐病に移行する推移が逐一追跡され、これは自然感染による赤枯病罹病苗木でも、また人工接種によって感染させた場合でも、全く同一であった。そして、溝腐病罹病樹の樹幹解析を行なってみると、患部は枯死した側枝のこん跡を中心に形成されたものが大多数で、また病針葉基部から発達したと考えられるものも少数認められた。罹患部の年輪の形成状態からも、苗木時代の赤枯病壊死斑がその発端になっていることは容易に推察された。

以上述べたことから、苗木の赤枯病も造林木の溝腐病も同一病原菌によるもので、すなわち、苗木上の壊死斑（胴枯型病斑）から進展、年を経て溝腐症状がもたらされることは疑う余地がない。

溝腐病患部の横断面を見ると、その材部にしばしば軟化腐朽現象が認められるのであるが、北島(1928²⁹⁾、1933³⁰⁾ はモミサルノコシカケ (*Phellinus hartigii* (ALLESCH et SCHNABL) IMAZEKI) によるトドマツ溝腐病の病徴に類似することから、スギ溝腐病の病因として材質腐朽菌を想定した。しかし、スギ溝腐病においては腐朽が常に伴うものではなく、この場合には腐朽菌の二次的侵入によって材の軟化崩壊が起こったと見るのが妥当であろう。なお、本病と一見近似で材質腐朽菌チャアナタケモドキ [*Fuscoporia punctata* (Fr.) CUNN.] によるサンプスギの溝腐症状の疾病(非赤枯性溝腐病)がある(今関 1960¹¹⁾、青島ら 1964²⁾) が、これはここにいう溝腐病とは全く異なる疾病である。

赤枯病罹病苗木を造林地に植栽後、針葉と小枝には新たな感染をしばしば見るが、緑色主軸に壊死斑が形成されることは少ない。これは多くの造林地において、溝腐病患部は樹幹の下方に限定されていることが裏書きしている。しかし、造林地が沢沿いで常に過湿な環境の場合には、往々にして植栽後緑色主軸に新

たな感染が起こって壊死斑を形成することがすでに指摘されていた (伊藤 1962⁸⁰⁾, 1968⁸¹⁾). 近年このような事例が徳重・清原 (1968)⁸⁰⁾, 下川 (1970)⁸¹⁾, 紺谷・峰尾 (1972)⁸⁴⁾ および陳野ら (1972)⁸⁴⁾ によって報告され, これは林内感染による溝腐病といわれている。

長年不明とされてきたスギ造林木溝腐病の病因を赤枯病菌 *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) とするに今や疑問の余地はなく, 本菌によって緑色主軸 (茎, 幹) に形成された壊死斑 (胴枯型病斑) が, とりもなおさず溝腐病の第一歩であることは明らかである*1。

文 献

- 1) 赤井重恭: 2, 3 サクラ属植物の葉に於ける穿孔性病害の解剖に就て. 植物及動物 11, 789~792, (1943)
- 2) 青島清雄・林 康夫・米林儀三・近藤秀明: サンプスギの非赤枯性溝腐病. 75 回日林講 394~397, (1964)
- 3) BAXTER, J. W.: *Cercospora* black stem of alfalfa. Phytoph., 46, 398~400, (1956)
- 4) BERGER, R. D., and E. W. HANSON: Pathogenicity, host-parasite relationships, and morphology of some forage legume *Cercosporae*, and factors related to disease development. Phytopath., 53, 500~508, (1963)
- 5) BONIFACIO, A., e T. TURCHELLI: *Cercospora cladosporioides* Sacc. Agr. Ital., 71 (26 n. s.), 351~365, (1971)
- 6) CUNNINGHAM, H. S.: A study of the histologic changes induced in leaves of certain leaf-spotting fungi. Phytopath., 18, 717~751, (1928)
- 7) ELLIS, J. B., and B. M. EVERHART: Additions to *Cercospora*, *Gloeosporium* and *Cylindrosporium*. Jour. Mycol., 3, 13~22, (1887)
- 8) GOOS, R. D., and Marylou TSCHIRCH: Greenhouse studies on the *Cercospora* leaf spot of banana. Trans. Brit. Myc. Soc., 46, 321~330, (1963)
- 9) 鑄方末彦: 柿の病害研究. 東京, 169~191, (1942)
- 10) 今枝直視: すぎ苗赤枯病ノ駆除予防ニ関スル試験. 林試報 14, 19~29, (1916)
- 11) 今関六也: 山武杉の新しい病気, 非赤枯性の溝腐れ病とその生態的防除論. 森林防疫ニュース 9, 240~245 (230~235), (1960)
- 12) 伊藤一雄: スギのいわゆる赤枯病に関する諸問題. 日林東北支部育苗研究会記録 67~82, (1951)
- 13) 伊藤一雄: 針葉樹苗の主要病害. 植物防疫 5, 293~295, (1951)
- 14) 伊藤一雄・波川浩三・小林享夫: スギの赤枯病に関する病原学的並に病理学的研究 (I). 赤枯症状部に認められる菌類の形態及び病原性. 林試研報 52, 79~152, (1952)
- 15) 伊藤一雄: 「役に立たないスギ」になったわけ. 森林防疫ニュース 13, 90~92, (1953)
- 16) 伊藤一雄: スギ造林木溝腐病の病因に就て. 植物防疫 6, 170~179, (1953)
- 17) 伊藤一雄・波川浩三・寺下隆喜代: スギの赤枯病に関する病原学的ならびに病理学的研究 (II).

*1 これに関連して徳重 (1958)⁸⁶⁾ および徳重・清原 (1968)⁸⁹⁾ の記事に注目する必要がある。徳重 (1958) によれば「日高〔義実〕氏は……赤枯病に罹ったスギ苗が, 山に植林された場合, いかなる結果になるかという点を確認る為に, 大正12年熊本営林局構内に, 赤枯病に激しく侵されたスギ苗20本を植栽して観察した。その結果, 殆んど全部のスギ苗が典型的な溝腐病になった。然し残念なことに, 此等溝腐病のスギは敷地整理の関係上, 昭和18年伐倒されてしまった。……日高氏は厳密な病理学的方法による裏付けは行わなかったのであるが, スギ赤枯病とスギ溝腐病との因果関係を確め, 赤枯病に罹った苗が山出しされた場合の危険性を実際に強調し, 警告を続けられた」ということであるが, これについて発表報告されたものは全く無く, 著者らは日高氏の卓見を徳重 (1958) によって初めて知った。

- Cercospora cryptomeriae* SHIRAI の生理, 生態的性質. 林試研報 76, 27~60, (1954)
- 18) 伊藤一雄: 図説樹病講義. 東京, 62~88, (1955)
 - 19) 伊藤一雄・渋谷浩三・小林享夫: *Cercospora cryptomeriae* SHIRAI によるギガントセコイア苗の赤枯病. 日林誌 40, 407~410, (1958)
 - 20) 伊藤一雄: 図説樹病新溝. 東京, 156~160, (1962)
 - 21) 伊藤一雄: スギ赤枯病. 日植病報 31 (記念号), 242~247, (1965)
 - 22) 伊藤一雄: 日本における樹病学発達の展望—日本樹病学史—II. 林試研報 181, 2~25,; 49, (1965)
 - 23) ITO, K., T. KOBAYASHI, and K. SHIBUKAWA: Etiological and pathological studies on the needle blight of *Cryptomeria japonica*—III. A comparison between *Cercospora cryptomeriae* SHIRAI and *Cercospora sequoiae* ELLIS et EVERHART. 林試研報 204, 73~90, (1967)
 - 24) 伊藤一雄: 夏から秋に発生する造林地の主な病害虫. 林業技術 315, 14~17, (1968)
 - 25) JENKINS, W. A.: The cherry leaf-spot fungus, *Mycosphaerella cerasella* ADERH., its morphology and life history. Phytopath., 20, 329~337, (1930)
 - 26) 金子次男: 造林後のスギ赤枯病被害状況—特に挿木苗と実生苗の罹病率を比較して—. 森林防疫ニュース 6, 55, (1957)
 - 27) 北島君三: すぎ苗ノ癌腫病ニ関スル研究. 林試報 18, 155~168, (1919)
 - 28) 北島君三: 各地方の森林に於て近年注意せらるるに至りたる新病害に就て. 林学会雑誌 9 (8), 34~42, (1927)
 - 29) 北島君三: 森林病虫害ノ研究. 高知営林局, iii+29, (1928)
 - 30) 北島君三: 樹病学及木材腐朽論. 東京, 82~84, (1933)
 - 31) KLOTZ, L. J.: A study of the early-blight fungus, *Cercospora apii* FRES. Mich. Agr. Exp. Stat. Tech. Bull., 63, 1~43, (1923)
 - 32) 小林享夫・浜 武人: スギに生ずる *Valsa* 属菌とその 2, 3 の性質. 日林誌 51, 12~18, (1969)
 - 33) KOBAYASHI, T.: Taxonomic studies of Japanese Diaporthaceae with special reference to their life-histories. 林試研報 170, 109~113, (1970)
 - 34) 紺谷修治・峰尾一彦: スギみぞ腐れ病の林内感染について. 林試関西支場年報 12(昭45), 115~117, (1971)
 - 35) 草下正夫・緑川卓爾: スギ赤枯病に対する施肥の影響に就て. 林試月報 4, 4~5, (1949)
 - 36) LATCH, G. C. M., and E. W. HANSON: Comparison of three stem diseases of *Melilotus* and their causal agents. Phytopath., 52, 300~315, (1962)
 - 37) LEHMAN, S. G.: Frog-eye leaf spot of soybean caused by *Cercospora diazu* MIURA. Jour. Agr. Res., 36, 811~833, (1928)
 - 38) 成沢信吉: テンサイ褐斑病菌の寄主体侵入 (第2報) (要旨). 日植病報 29, 62, (1964)
 - 39) 野原勇太・陳野好之: 杉の赤枯病防除に関する研究 (第1報). 林試研報 52, 159~178, (1952)
 - 40) 野原勇太・陳野好之: スギの赤枯病防除に関する研究 (第II報). 林試研報 62, 47~58, (1953)
 - 41) 野原勇太: 実験スギ赤枯病の防除. 東京, 149 pp., (1956)
 - 42) 温水竹則: 鉢肥スギ苗の赤枯病について. 森林防疫ニュース 5, 27, (1956)
 - 43) 大鹿糠春蔵・斎藤勝郎: カラマツ苗の生育と栄養素の欠乏について (水耕と砂耕の折衷法による). 林試青森支場研究だより 72, 1~3, (1956)
 - 44) 大政正隆・塘 隆男: 林木稚苗の水耕法に関する二三の実験. 日林誌 32, 305~310, (1950)
 - 45) PETTINARI, Carla M.: Istopatologia causata dal parassitismo di *Cercospora cladosporioides* SACC. su olivo. Boll. Staz. Pat. Veg. Roma, Ser. 18, 65~77, (1960)
 - 46) POOL, V. W., and M. B. MCKAY: Relation of stomatal movement to infection by *Cercospora beticola*. Jour. Agr. Res., 5, 1011~1038, (1916)

- 47) 沢田兼吉：東北地方に於ける針葉樹の菌類 I. スギの菌類. 林試研報 45, 27~53, (1950)
- 48) SCHMIDT, E. W. : Untersuchungen über die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit der Zuckerrübe. Zeitsch. f. Parasitenkunde 1, 100~137, (1928)
- 49) SCHUBERT, G. H. : Silvical characteristics of giant sequoia. Pacif. Northwest For. & Range Exp. Sta., Tech. Paper 20, 16 pp., (1962)
- 50) 四手井綱英・塩田 勇・児玉武男：苗畑における施肥がスギ赤枯病におよぼす影響. 日林誌 36, 214~216, (1954)
- 51) 下川利之：スギ溝腐病の品種別の罹病実態について. 森林防疫 19, 73~77, (1970)
- 52) SOLEL, Z., and G. MINZ : Infection process of *Cercospora beticola* in sugarbeet in relation to susceptibility. Phytopath., 61, 463~466, (1971)
- 53) STABEL, G. : Banana leaf spot (*Cercospora musae*). Trop. Agriculture, Trinidad 14, 59~60, (1937)
- 54) 杉本利哉：テンサイ褐斑病の防除試験に関する最近の展望. 北海道の農業 1, (2), 18 pp. (1964)
- 55) THOMAS, H. R. : *Cercospora* blight of carrot. Phytopath., 33, 114~125, (1943)
- 56) 徳重陽山：九州の森林病害. 森林防疫ニュース 7, 58~62, (1958)
- 57) 徳重陽山：スギ溝腐病組織より赤枯病菌の分離. 日林九州支部論文集 21, 67~68, (1967)
- 58) 徳重陽山・堂園安生・清原友也：みぞ腐病とスギの品種. 林試九州支場年報 (1966), 15, (1967)
- 59) 徳重陽山・清原友也：スギの赤枯病と溝ぐされ病の関係について. 日林九州支部論文集 22, 206~207, (1968)
- 60) 徳重陽山・清原友也：スギ溝ぐされ病の林内伝染について. 日林九州支部論文集 22, 207~209, (1968)
- 61) 塘 隆男：わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究. 林試研報 137, 1~158, (1962)
- 62) WOODWARD, R. C. : *Cercospora fabae* FAUTREY, on field beans. Trans. Brit. Myc. Soc., 17, 195~202, (1932)
- 63) YU, T. F. : *Cercospora* leaf spot of broad bean in China. Phytopath., 37, 174~179, (1947)
- 64) 陳野好之・高橋昌隆・中野 子：スギ溝腐病被害木における 2, 3 の観察—徳島での一例. 森林防疫 21, 42~46, (1972)
- 65) ZIRKLE, C. : The use of n-butyl alcohol in dehydrating woody tissue for paraffin embedding. Science, n. s., 71, 103~104, (1930)

図 版 説 明

Explanation of plates

Plate 1

- A. Blighted needles of *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) (Magnified).
スギ赤枯病罹病針葉の拡大
- B. Necrotic lesions on green shoot of *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 1
スギ緑色主軸（茎）に形成された赤枯病の壊死斑
- C. Blight of 3-year-old *Cryptomeria* seedlings caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*).
スギ 3 年生苗の赤枯病

Plate 2

- A. One-year-old *Cryptomeria* seedlings attacked by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*).
× 1 Photo. August 1949
スギ 1 年生稚苗の赤枯病
- B. One-year-old *Cryptomeria* seedling attacked by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*).
× 0.9 Photo. September 1960
スギ 1 年生苗の赤枯病
- C. Enlargement of blighted needles of *Cryptomeria* seedling caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 6
スギ赤枯病罹病針葉の拡大

Plate 3

- A. Blighted 2-year-old *Cryptomeria* seedling caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*).
× 0.8 Photo. October 1961
スギ 2 年生苗の赤枯病
- B. Ditto. × 1 Photo. November 1949
同 上
- C. Blighted 3-year-old *Cryptomeria* seedling caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*).
× 1.2 Photo. October 1948
スギ 3 年生苗の赤枯病
- D. Blighted 4-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 1
Photo. August 1949
スギ 4 年生苗の赤枯病
d.....severely affected part とくにはなはだしく侵された部分

Plate 4

- A. Severely diseased 1-year-old *Cryptomeria* seedlings caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) in a nursery. Photo. October 1950
赤枯病にはなはだしく罹病したスギ当年生稚苗
d.....very severely affected seedlings
とくにはなはだしく侵されたスギ苗
- B. Young *Cryptomeria* (mother tree for cuttings) attacked by *Cercospora sequoiae*

(*C. cryptomeriae*). Photo. October 1951

赤枯病にはなはだしく罹病したスギ台木

d.....very severely affected part

とくにはなはだしく侵された部分

C. Severely blighted *Cryptomeria* seedling-stocks caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) (a) and healthy cutting-stocks (b). Photo. October 1951

赤枯病にはなはだしく罹病した実生スギ苗 (a) と健全なさし木スギ苗 (b)

Plate 5

Severely affected *Cryptomeria* cuttings caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*).

赤枯病にはなはだしく罹病したスギさし木品種

A. form Tanoaka (タノアカ) $\times 0.7$

B. form Yabukuguri (ヤブクグリ) $\times 1.5$

C. form Ayasugi (アヤスギ) $\times 1.5$

n.....necrotic lesions 赤枯病の壊死斑

Plate 6

A. Necrotic lesion (n) on main stem (green shoot) of 2-year-old *Cryptomeria* seedling induced by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). $\times 0.8$ Photo. August 1954

2年生スギ苗の緑色主軸(茎)に形成された赤枯病の壊死斑(n)

B. Ditto. $\times 1$ Photo. November 1960

同上

C. Necrotic lesion (n) on main stem (green shoot) of 3-year-old *Cryptomeria* seedling induced by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). $\times 1.4$ Photo. October 1954

3年生スギ苗の緑色主軸(茎)に形成された赤枯病の壊死斑(n)

D~E. Necrotic lesions on main stems (brown parts) of 3-year-old *Cryptomeria* seedlings caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). $\times 0.8$ Photo. September (D) and October (E) 1954

3年生スギ苗の褐色化した主茎に認められる赤枯病の壊死斑—胴枯型病斑—

n.....necrotic lesions or cankers

壊死斑—胴枯型病斑(溝腐病)患部—

b.....branchlets on central part of lesions

枯死した小枝

Plate 7

A. Stomatal infection of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) through epidermis of *Cryptomeria* cotyledon (surficial view). $\times 500$

スギ赤枯病菌の気孔侵入(表面観察)

B. Ditto. $\times 600$

同上

C. Wound gummification in the epidermal cells of *Cryptomeria* cotyledon near the germinating conidium of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) (vertical view). $\times 370$

赤枯病菌発芽分生孢子に接着するスギ表皮細胞の傷痕ゴム化

D~F. Stomatal infection of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) through epidermis of *Cryptomeria* cotyledon (vertical view). $\times 500$

スギ赤枯病菌の気孔侵入

c.....conidia of the fungus 分生孢子

g.....germ tubes of the conidia 分生胞子の発芽管
k.....stomatal openings 気孔

Plate 8

- A. Stomatal infection of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) through epidermis of *Cryptomeria* needle. × 370
スギ赤枯病菌の気孔侵入
g.....germ tube of the conidium 分生胞子の発芽管
h.....penetrating hypha 侵入菌糸
- B. Direct penetration of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) through epidermis of *Cryptomeria* needle. × 500
スギ赤枯病菌の表面貫通侵入
g.....germ tube of the conidium 分生胞子の発芽管
h.....penetrating hypha 侵入菌糸
- C. Tissues of *Cryptomeria* needle attacked slightly by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 90
赤枯病罹病初期における針葉の組織病変
- D. Tissues of *Cryptomeria* needle attacked heavily by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 90
赤枯病にはなはだしく罹病した針葉の組織病変
- E. Tissues of *Cryptomeria* needle destroyed by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*), showing formation of fruit-bodies of the fungus on the surface of the dead needle. × 90
赤枯病末期症状スギ針葉の組織病変—病原菌子実体の形成—
- F. Hyphae of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) in diseased tissues of *Cryptomeria* needles, 2 weeks after inoculation. × 370
赤枯病罹病針葉内に認められる病原菌の菌糸 (接種 2 週間後)
h.....hyphae of the fungus 病原菌の菌糸
- G. Ditto. × 500
同 上
- H. Hypha of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) in diseased cell of *Cryptomeria* needle. × 500
赤枯病罹病針葉細胞内の病原菌菌糸
h.....hypha of the fungus 病原菌の菌糸

Plate 9

Development of fruit-bodies of *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) in the diseased *Cryptomeria* needles.

赤枯病罹病針葉における病原菌子実体の形成

- A~C. Stromata of the fungus × 370 子座
D~E. Mature fruit-bodies of the fungus × 370 成熟子実体
F. Ditto. × 200 同 上

s.....stromata of the fungus 子座

Plate 10

Necrotic lesions produced on main stems (green shoots) of *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*).

スギ緑色主軸(茎)に形成された赤枯病壊死斑

n.....necrotic lesions 壊死斑

b.....branchlet 小枝

A. Necrotic lesion with dead branchlet on main stem of 3-year-old *Cryptomeria* seedling caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 1.3 Photo. October 1963

枯死した小枝を中心に、3年生スギ苗の緑色主軸に形成された赤枯病壊死斑

B. Ditto. × 1.3 Photo. October 1963

同上

C. Necrotic lesion without dead branchlet on main stem of 4-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 1 Photo. August 1949

4年生スギの緑色主軸に形成された、枯枝を伴わない赤枯病壊死斑

D. Necrotic lesion with dead branchlet on main stem of 7-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 0.8 Photo. July 1952

7年生スギの緑色主軸に形成された、枯枝を伴う赤枯病壊死斑

E. Initial stage of necrotic lesion produced near basal part of branchlet of main stem of 7-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 0.8 Photo. July 1952

7年生スギ緑色主軸の小枝基部に形成された赤枯病壊死斑の初期

F. Necrotic lesion with dead branchlet on main stem of 9-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 0.8 Photo. July 1952

9年生スギの緑色主軸に形成された、枯枝を伴う赤枯病壊死斑

Plate 11

A. Canker on main trunk of 7-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) found in Arakawa, Saitama. × 0.8 Photo. July 1952

埼玉県荒川村で1952年に見いだされた7年生スギの溝腐病

B~C. Cankers on main trunks of 9-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) found in Arakawa, Saitama. × 0.8 Photo. July 1952

同上9年生スギの溝腐病

D. Canker on main trunk of about 17-year-old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*). × 0.8 Photo. June 1952

約17年生スギの溝腐病

E~F. Cankers on main trunk of old *Cryptomeria* caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) in Asakawa, Tokyo. Photo. April 1958

東京都浅川で1958年に見いだされたスギの溝腐病

Plate 12

A~D. Typical cankers on main trunks of 9-year-old *Cryptomeria* trees, bearing necrotic lesions caused by *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) on green shoots 5 years ago. Photo. October 1954

緑色主軸に赤枯病壊死斑を有する4年生スギの5年後の状況で、典型的な溝腐症状を呈する

E. Five years after artificial inoculation with *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) to

2-year-old *Cryptomeria* seedlings. Photo. May 1953

2年生苗の時代に赤枯病菌を人工接種, 5年後に認められた溝腐症状

c.....canker formation 溝腐症状

F. Ditto. Control

同上, 無接種対照木

G. Results of artificial inoculation with *Cercospora sequoiae* (*C. cryptomeriae*) to green shoots of 4-year-old *Cryptomeria* tree. × 1

4年生スギの緑色主軸に赤枯病菌を人工接種して形成された壊死斑

a.....inoculated 接 種

b.....control 無接種対照

n.....necrotic lesions 壊死斑

**Etiological and Pathological Studies on the
Needle Blight of *Cryptomeria japonica*—IV**

**Blight and canker of the tree caused by
Cercospora sequoiae ELLIS et EVERHART (*C. cryptomeriae* SHIRAI)**

Kazuo Irô⁽¹⁾, Kôzô SHIBUKAWA⁽²⁾ and Takao KOBAYASHI⁽³⁾

Summary

Symptoms and signs in seedling stage were described in detail for exact diagnosis of the disease (Plates 1, 2, 3, 4).

One- to 3-year-old seedlings were very susceptible to the blight, while the older saplings were resistant to the disease. It is generally said that the older the tree, the more resistant to the disease. But, regardless of the trunk age, sprouts of the young trees, whose branches were cut every year for cuttings are very susceptible to the blight (Plate 4, B).

Since about the first decade of this century it has been believed by foresters that rooted cuttings are highly resistant to the blight. In nurseries, undiseased rooted cuttings were frequently observed, but results of the inoculations to seedling and rooted cutting originated from the same plant on the current season's growth of the stems and branches showed that cutting as well as seedling was infected, and there were no remarkable differences between these two plants in susceptibility to the disease (Plate 4, C; Plate 5).

In the greenhouse inoculation experiments, the effect of the mineral nutrition of *Cryptomeria* upon the development of *Cercospora* blight was studied on 1-year-old seedlings grown in solutions complete in all nutritions, or deficient in nitrogen, phosphorus, or potassium. Results obtained showed that the nitrogen-deficient seedlings were most severely affected by the disease, and a deficiency of phosphorus markedly increased disease incidence, while potassium did not significantly affect susceptibility to the disease. An increase of nitrogen in the nutrient solution resulted in, against the authors' expectations, no significantly greater invasion of the plant by the fungus.

Conidia germinated on needle surface within several hours by germ tubes emerging from one or more cells. The tubes often branched repeatedly as they grew and penetrated the needles through stomata without forming appressoria. Some stomatal infection occurred within 24 hours, but it was abundantly found in material fixed for 48 to 72 hours.

Stomata apparently had no attractive influence on germ tubes, as many of them grew across stomata without penetrating. Germ tubes appeared to grow at random until they accidentally came in contact with a stoma. In a few cases, the germ tubes from conidia were also found entering the needles by direct penetration (Plates 7, 8).

The penetrating hyphae elongated in the stomatal cavity, and the advancing hyphae were

Received May 25, 1974

(1) Director, Division of Forest Protection Research, Government Forest Experiment Station, Meguro, Tokyo.

(2) Formerly Forest Pathologist, Forest Pathology Unit of the Division.

(3) Chief, Forest Pathology Unit of the Division.

intercellular at first, but intracellular invasion occurred subsequently. The first visible cytological change in the infected cells was a slight disintegration of the chloroplasts accompanied by a change of staining reaction. Usually this was quickly followed by disorganization of the protoplast and loss of turgidity. In advancing stages, many of the palisade cells, as well as some of the cells of the spongy parenchyma, were completely filled with a dense granular substance, and then they were severely collapsed (Plates 7, 8).

Needle and branchlet blight caused by the *Cercospora* has been reported on the host by many workers, but no reference to stem infection has been made. Necrotic lesions or depressed brown cankers on stem of *Cryptomeria* seedlings, resulting from infection of the fungus, have been generally considered to be caused by another agent. Necrotic lesions developed rapidly, and some of them girdled stems of the seedling and killed the distal end in one growing season, but a few of them spread very slowly. Seedlings bearing indistinct stem cankers are frequently transplanted to plantations (Plate 6).

Sunken cankers on trunks of *Cryptomeria* in plantations were first reported in 1927 as a new disease, and these have caused the boles to be worthless. This has been well known among Japanese foresters as one of the most important diseases of *Cryptomeria*, but the cause has never been determined (Plate 1, B; Plate 11).

Various stages of the canker development were traced on the stem of the younger trees infected naturally and the saplings inoculated with the fungus artificially. Young shoots and stems became infected around the base of a diseased needle, or through bud. The causal fungus soon developed a vegetative stage by which its advance in the bark was continued (Plate 12).

The necrotic lesions or cankers became blackened and slightly depressed. The cankers on the green shoots and stems were very distinct macroscopically, but they became gradually indistinct as the bark of the tree turned brown in several years. The cankers usually were perennial and increased both longitudinally and transversally for a long time (Plate 12).

The presence of fruit-bodies of the *Cercospora* on the surface of the canker or the isolation of the fungus in cultures from tissue of the canker is the only means by which an exact diagnosis could be made. A number of conidiophores and conidia of the fungus were observed on the initial stage of the canker, but none of them were presented on the later stage of the canker. From the inner bark at the outer margin of the young stem canker, cultures typical of the *Cercospora* were obtained. The isolated fungus, when inoculated into healthy seedling in the greenhouse, reproduced the disease symptoms. On the other hand, from old trunk cankers it was impossible to isolate the *Cercospora* and to determine the causal organism.

Trees with one to many cankers of the persistent type commonly maintained their position in a stand. The roughened face of a canker was usually shown with the stubs of a dead, lateral branch that had been engulfed and killed by the infection. Wood-destroying fungi entered frequently through the open wound and brought about discoloration and rot of the diseased trees.

Generally, no matter how old a cankered trunk may be, infection occurred when the stem or the shoot was young and green.

