

トドマツがんしゅ病に関する研究 *

松 崎 清 一⁽¹⁾・横 田 俊 一⁽²⁾

Seiichi MATSUZAKI and Shun-ichi YOKOTA:

Studies on a Canker Disease of Todo-fir (*Abies sachalinensis* MAST.)caused by *Trichoscyphella calycina* (SCHUM. ex FR.) NANNFELDT

要 旨: トドマツがんしゅ病菌の生理, 生態的性質および本病の発生機構を明らかにするための調査, 実験を行なった。本病原菌は北海道全域に広く分布するが, その生活様式は多くの場合腐生的で, 病原菌の存在と被害の発生は平行関係にあるとはいえない。本菌は全道的に分布するにもかかわらず, 被害をうけた造林地は意外に少ないが, いったん発生すると壊滅的な被害を生ずることが知られた。本菌の子のう胞子の放出, 発芽および菌そうの発育はきわめて好低温性である。子のう盤は -20°C の低温にたえて, 子のう胞子を放出すると同時に子のう胞子は発芽力を維持し, 0°C で子のう胞子が発芽し, 菌そうも発育した。これらのことは積雪下あるいは早, 晩霜にあっても本菌は成長できることを示している。造林地の被害実態および病勢の推移に関する調査の結果から, 本病の発生および病勢の進行に関与する誘因として病原菌の好適な繁殖の場となる傷の形成(雪圧, 早晚霜による凍傷痕, ノネズミの食痕, 下刈など), 寄主の活力を低下させるアブラムシの寄生, 土壌凍結と強風による樹体内水分の欠乏などが明らかにされた。接種試験の結果, トドマツの成長期に接種しても発病せず, 休眠期に接種した場合, 発病して病斑および子実体を形成するが, 多くの個体では成長期に入ると病斑の拡大がとまり, ほとんどの場合カルスによるまき込みによって治癒するが, アブラムシを寄生させると成長期でも病斑が拡大することがたしかめられた。また, 病原菌が外観健全なトドマツ樹皮や葉痕に潜することが, 分離実験および環状剥皮処理によってたしかめられた。以上のことから, 本病原菌が造林地で若い造林木に生ずる諸種の壊死組織内に定着し, しかも発病にいたらない, いわゆる潜在感染を行なっているのであるが, これらの保菌木は環境諸条件の影響をうけて発病にいたる場合と, 保菌していても外観健全のまま経過する場合とにわかれる。

ま え が き

近年いわゆる拡大造林による大面積植栽が行なわれるようになってから, 気象的・生物学的諸被害が多発し, トドマツ造林地もその例外ではない。

トドマツ造林地における枯損をとまなう被害の原因は必ずしも明確ではないが, その原因について観察した1, 2の報告¹²⁾²¹⁾をみると, 寒さの害, アブラムシ, キクイムシ, ノネズミ, がんしゅ病などを直接, 間接的な要因としてあげている。これらの要因は, 単独あるいはいくつかが総合的に作用するものと考えられるが, 本病がトドマツ枯損の一大要因となっていることは疑いない。

カラマツ先枯病の被害蔓延以後, トドマツの造林面積が増加している今日, 本病はとくに考慮されるべき問題の1つと考えられる。

本病による被害は, いままで組織的に調査されておらず, はたしてどのくらいの被害が発生しているかは不明であった。しかし, 局所的な被害については亀井¹²⁾, 余語ら²²⁾の調査例があり, これらにより本病による被害が予想以上に大きいことが明らかにされている。

従来, わが国における本病に関する研究成果は, 亀井¹²⁾の報告がほとんど唯一のものといつてよいであ

* 本報告の一部は76回日林大会講, pp. 323~324, 1965; 北方林業, 18, pp. 62~66, 1966; 79回日林大会講, pp. 229~231, 1968; 北方林業, 22, pp. 49~52, 1970; 林試研報, 238, pp. 119~139, 1971に報告した。

1971年7月9日受理

(1) (2) 北海道支場

ろう。氏は本病原菌の学名を *Dasyscypha calisiformis* (WILLD.) REHM から *Trichoscyphella calycina* (SCHUM. ex FR.) NANNFELDT とするのが妥当であろうとのべ、本病による被害状況を記述したが、本病原菌の生理学的、病理学的ならびに発生環境学的諸性質についてはほとんどふれていない。

このような理由から筆者らは1964年以降本病に関する研究に着手し、本病原菌の諸性質ならびに発生環境などを明らかにするための調査研究を行ってきたので、ここにその大要をとりまとめて報告する。

本研究を実施するにあたってご教示、ご指導いただいた林業試験場保護部長伊藤一雄博士、同樹病科長千葉修博士、同樹病研究室長小林享夫博士、前北海道支場研究顧問故亀井専次博士ならびに北海道大学農学部教授村山大記博士に厚くお礼申しあげる。また、調査および試料の採集に当たってご協力いただいた国有林の関係各位に感謝の意を表する。

林業試験場東北支場保護部長（前北海道支場樹病研究室長）小野馨博士からは菌株の恵与および有益

Table 1. 道内各地から採集した病原菌の子のう盤の
Dimensions of asci and ascospores of

採 集 地	樹 種	植 栽 年
Localities	Host	Year when planted
支 場 構 内 Campus of the Branch Station	ト ド マ ツ <i>Abies sachalinensis</i>	1963
苫 小 牧 Tomakomai	"	1963
室 蘭 Muroran	"	1961
谷 地 山 Yachiyama	"	1962
松 山 Hiyama	"	1962
野 田 追 Nodaoi	"	1961
今 金 Imagane	"	1962
八 雲 Yakumo	"	1961
大 雪 Taisetsu	"	1961
標 津 Shibetsu	"	1963
稚 内 Wakkanai	"	1962
天 塩 Teshio	"	1963
浜 頓 別 Hamatonbetsu	"	1962
中 標 津 Nakashibetsu	カ ラ マ ツ <i>Larix leptolepis</i>	1962
音 威 子 府 Otoineppu	ト ド マ ツ <i>Abies sachalinensis</i>	天 然 林 Natural forest
俱 知 安 Kutchyan	"	天 然 林 Natural forest
黒 松 内 Kuromatsunai	"	防 風 垣 Hedge of wind break
山 部 Yamabe	ス ト ロ ー プ マ ツ <i>Pinus strobus</i>	1961

な助言をいただき、また当支場造林第1研究室渡辺富夫技官、同樹病研究室遠藤克昭技官には調査、実験にあたっご協力いただいた。これらの方々に心からお礼申しあげる。

1. 病徴、標徴ならびに病原菌の形態

本病の初期の病徴は、樹皮の表面が赤褐色に変色し、病気が進むにつれて病患部は暗赤褐色を呈する。病斑の形は不規則な楕円形で主幹の方向に長く、おおくの場合、中心部には枯枝やその他の壊死部分が見とめられる。そして、病患部に隣接する健全部が成長して肥大するために、病患部は陥没し、境界は明りようになる (Plate 1, A)。次いで病患部の樹皮は粗ざうとなって割れ目ができる。病斑はしだいに拡大して樹幹を一周すると、それから上部は枯死する。

幼若なトドマツの場合は、病斑の拡大がきわめてすみやかで、病患部の横断面から推定すると、1～2

子のうおよび子のう胞子の測定値

T. calycina collected at various plantations and natural forests in Hokkaido

採集年月日 Date of collection	子のう Asci μ	子のう胞子 Ascospores μ	側糸 Paraphyses μ
Apr., '64	43.0~70.0×3.3~5.0 (52.1×4.2)	4.5~7.5×2.0~3.3 (6.2×2.7)	
Sep., '64	46.3~60.0×3.8~5.0	3.8~6.0×2.5~2.9	40.8~78.2×1.9~3.1
June, '64	48.0~53.0×4.0~5.0 (49.0×4.6)	5.3~7.5×2.3~3.3 (6.4×2.9)	58.0~73.0×1.5~2.8 (62.3×2.1)
Oct., '67	43.0~55.0×3.8~5.0 (49.0×4.8)	5.0~6.8×2.5~3.3 (5.8×2.8)	60.0~80.0×2.5~3.8 (66.0×2.8)
Oct., '67	45.0~55.0×4.3~5.3 (48.5×4.8)	5.0~7.0×2.5~4.0 (6.2×3.2)	53.0~70.0×2.0~3.0 (61.0×2.4)
Oct., '67	43.0~62.0×3.8~6.3 (54.0×5.5)	6.3~7.5×2.5~3.8 (6.5×3.0)	53.0~70.0×2.5~3.0 (58.0×2.8)
Oct., '67	45.0~53.0×4.0~5.3 (47.0×4.8)	5.5~7.5×2.5~3.8 (6.5×3.0)	58.0~68.0×1.3~3.5 (61.3×2.0)
Oct., '67	43.0~55.0×4.3~5.8 (47.8×4.8)	5.0~7.0×2.5~3.5 (5.8×2.8)	55.0~68.0×1.3~2.5 (61.0×1.7)
Oct., '67	45.0~53.0×4.5~5.0 (48.3×4.9)	4.5~7.0×2.5~4.3 (6.3×3.3)	53.0~65.0×1.5~2.5 (59.3×2.1)
Jun., '68	47.5~55.0×4.5~5.5 (51.1×5.0)	5.0~7.0×2.5~3.8 (5.8×3.0)	
Jul., '68	42.5~52.5×4.3~5.0 (47.3×4.7)	5.5~7.0×2.8~3.8 (6.3×3.1)	
Jul., '68	45.0~50.0×4.5~5.3 (52.9×4.9)	5.0~7.5×2.5~3.8 (6.2×3.0)	
Jul., '68	45.0~55.0×4.8~6.3 (50.8×5.2)	5.3~7.0×2.8~4.0 (6.1×3.2)	
Jul., '69	42.5~50.0×3.8~5.0 (47.5×4.6)	5.0~6.3×2.5~3.0 (5.9×2.7)	50.0~67.5×2.0 (59.0×2.0)
Sep., '69	40.0~50.0×3.5~5.0	5.0~7.5×2.5~3.0	
Sep., '69	42.5~52.5×4.3~5.0	4.5~7.5×2.5~3.0	43.0~78.4×2.0
Sep., '69	42.5~50.0×3.3~5.0	5.0~6.5×2.5~3.0	37.5~65.0×2.0
Oct., '69	42.5~50.0×4.3~5.0	5.0~6.3×2.5~3.3	

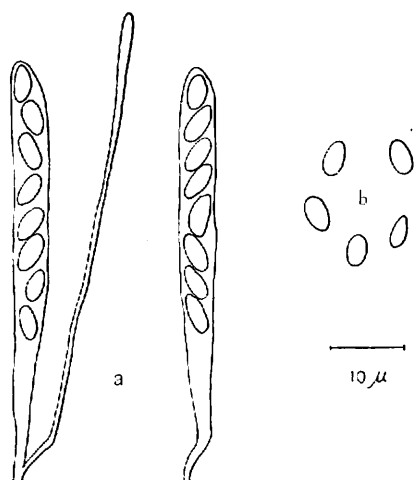


Fig. 1 病原菌の子のうおよび子のう胞子
Tricoscyphella calycina (SCHUM. ex
FR.) NANNFELDT on Todo-fir (*Abies*
sachalinensis MAST.).
a: Asci and paraphyses.
b: Ascospores.

不完全世代は見いだされていない。

年で顕著ながんしゅ症状を呈するようである。

病患部には子実体が形成される。この子実体は乾燥すると収縮するが、湿ったときには水盤状で、1 mm 前後の柄を有する。子実体の直径はさまざまであるが、おおくは 1～3 mm である (Plate 1, B)。

本病原菌の形態については亀井¹²⁾の詳細な記載があり、氏は本病原菌を *Tricoscyphella calycina* (SCHUM. ex FR.) NANNFELDT とした。

筆者らが道内各地で採集した子実体に関する顕微鏡観察の結果は、Fig. 1 および Table 1 のとおりで、これらの測定値と亀井のそれと比較すると、きわめてよく一致する。またトドマツ以外の樹種、すなわちニホンカラマツ (標本, 中標津営林署)、ストロブマツ (富良野市所在東大演習林) から採集された子実体の測定値も、これらとよく一致した。なお、本菌は完全世代のみが知られ、培養の条件によっては精子器世代が生ずるが、不

2. 病原菌と被害造林地の分布

本病原菌の分布は、Fig. 2 にしめされるように北海道全域におよんでいる。しかし、本菌の生存様

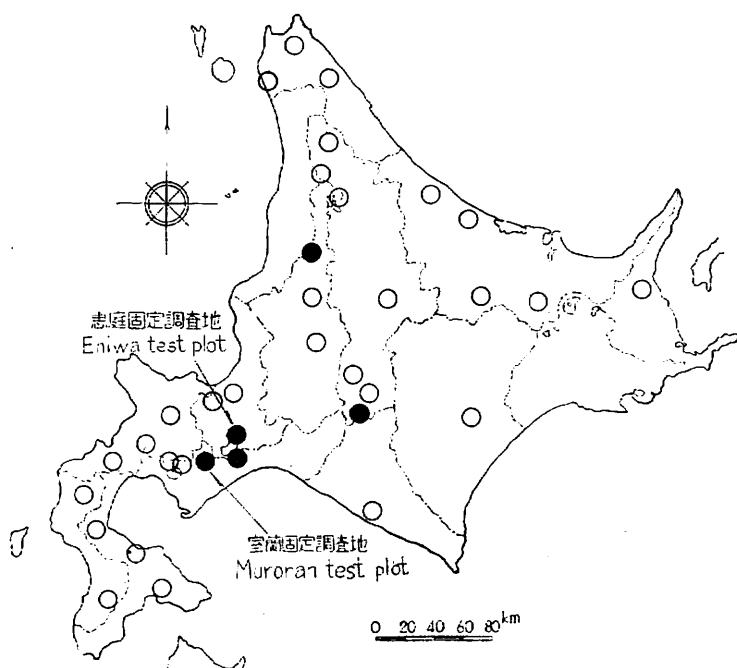


Fig. 2 病原菌の分布と
被害造林地
○病原菌の分布
●被害造林地
Distribution of the
causal fungus (○),
Tricoscyphella
calycina (SCHUM. ex
FR.) NANNF., and
severely damaged
Todo-fir plantations
(●), and the locality of
test plot.

式は、おおくの場合腐生的で、樹幹下部の枯枝に子実体を形成している。時には、なんらかの原因で枯死した樹幹全面に子実体がみられることもある。

本病による被害を受けたことが知られている造林地は、室蘭営林署 67 林班 (大滝国有林)、恵庭営林署 328 林班、苫小牧営林署、幌加内営林署、金山営林署などがあるが、本菌が全道的に分布していることからみると意外に少ないといえる。もちろん、上記以外の造林地でも本病は発生してはいるが、多くは散発的で、被害としては軽微であるとみてよい。なお、本病は林齢10年以下の幼齢造林地に主として発生することも、本病の特徴の1つと考えられる。

3. 病原菌の生理的性質

3-1. 子のう胞子の放出・発芽と温度との関係

実験—1

ペトリ皿に寒天を流し込み、そのフタに支場構内の同一枯損木から採集した成熟した子のう盤をはりつけて、3日後および6日後の胞子放出と発芽の状況を Table 2 に示す。

表にみられるとおり、本病病原菌の放出・発芽の温度の範囲は多くの場合 $0 \sim 25^{\circ}\text{C}$ のあいだにあり、 30°C では放出しても発芽せず、放出・発芽に良好な温度は $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$ であった (Plate 1, C~F)。

実験—2

同様な実験を Van Tieghem cell 法をもちいて行なった。

成熟した子のう盤を殺菌蒸留水中で碎いて胞子浮遊液をつくり、 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{C}$ まで 5°C きざみで定温器に入れ、24時間後の発芽率を Fig. 3 に示す。図に示されるように、子のう胞子は $0 \sim 30^{\circ}\text{C}$ の範囲で発芽し、 15°C 付近でもっとも発芽率が高く、 35°C ではまったく発芽しなかった。

Table 2. 子のう胞子の放出・発芽と温度の関係
Effect of temperatures upon discharge and germination of ascospores of *T. calycina*

温度 Temperature (°C)									
No.		0~2	5	10	15	20	25	30	35
放出状況 Discharge of spores	1	-(±)	-(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	±(±)	-(-)
	2	-(±)	-(±)	±(+)	+(+)	+(+)	+(+)	±(±)	-(-)
	3	-(±)	-(±)	±(+)	+(+)	+(+)	+(+)	±(±)	-(-)
	4	-(±)	-(±)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	±(±)	-(-)
発芽状況 Germination of spores	1	-(±)	-(+)	-(+)	+(+)	+(+)	+(+)	-(-)	-(-)
	2	-(+)	-(+)	-(+)	+(+)	+(+)	+(+)	-(-)	-(-)
	3	-(+)	-(+)	-(+)	+(+)	+(+)	+(+)	-(-)	-(-)
	4	-(±)	-(+)	-(+)	+(+)	+(+)	+(+)	-(-)	-(-)

左欄は3日後、右欄 () は6日後の結果 Left column shows the results after 3 days, and right column () shows those after 6 days.

放出状況 + : 肉眼でもわかる Discharge was recognized with naked eye.
 Discharge ± : 顕微鏡でみればわかる Discharge was recognized by microscopic observation.
 — : 放出なし No ascospores discharged.
 発芽状況 ± : きわめてよく発芽 Ascospores germinated very abundantly.
 Germination + : よく発芽 Ascospores germinated abundantly.
 ± : わずか発芽 Ascospores germinated scarcely.
 — : 発芽なし Ascospores did not germinate.

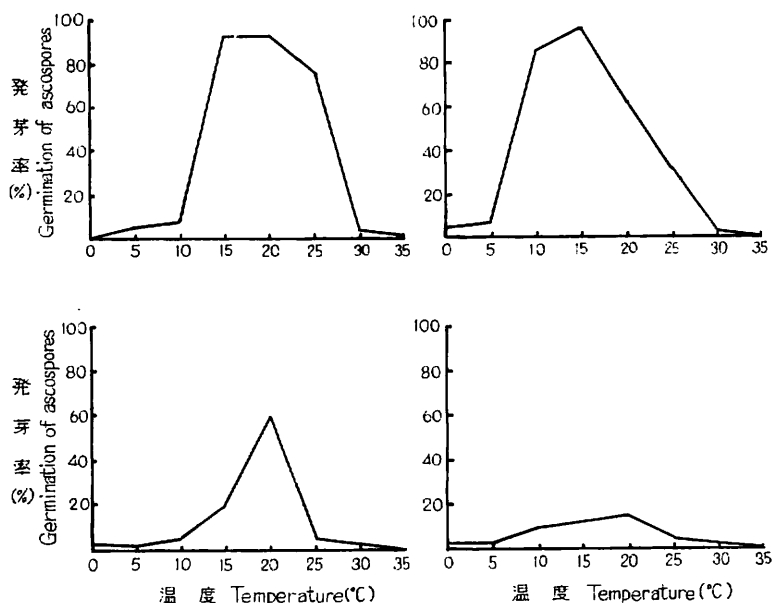


Fig. 3 病原菌の子のう胞子の発芽と温度との関係

Effect of temperatures upon germination of ascospores of *T. calycina*.

Table 3. 子のう胞子の放出によぼす関係湿度の影響

Effect of relative humidity upon discharge of ascospores of *T. calycina*

時間 Time passed (hr)	24			48			100		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
関係湿度 Relative humidity (%)	No.								
100	++	+	+	++	++	++	++	++	++
98	-	-	-	-	-	-	-	-	-
94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87	-	-	-	-	-	-	-	-	-

++ : Ascospores discharged very abundantly, + : Ascospores discharged abundantly,
- : No ascospores discharged.

3—2. 子のう胞子の放出・発芽と関係湿度との関係

実験方法

各種の飽和塩類溶液を用いて関係湿度を調節したデシケーターを用意し、20°Cの定温器に入れた。2枚のスライドガラスの両端に小木片をはさみ、上側のスライドガラスの下面中央に、支場構内で採集した、十分吸水させた子のう盤をワセリンではりつけ、湿度を調整したデシケーターに入れ、下側のスライドガラスに落下した子のう胞子の発芽の有無を100時間後まで観察した。

実験結果

結果は Table 3 に示されるように、関係湿度 100 % でだけ放出が行なわれたが、発芽はみられなかった。しかし、その後の実験で関係湿度 100 % のもとでは24時間後に放出・発芽のおこることが確かめられた。

Table 4. 低温処理した子のう盤からの子のう胞子の放出および発芽

Survival of apothecia after exposure to low temperatures

低温処理 (°C) Low temperature treated; () time treated (hr)		放出状況 Discharge			発芽状況 Germination		
		1	2	3	1	2	3
乾燥状態の子のう盤 Dried apothecia	- 5 → + 20 (5) (24)	+	-		+	-	
	- 10 → + 20 (2) (24)	卅	卅	卅	+	卅	卅
	- 20 → + 20 (5) (24)	卅	卅	卅	卅	+	卅
	- 20 → + 20 (24) (24)	卅	卅	卅	卅	卅	卅
十分吸水した子のう盤 Moistened apothecia	- 5 → + 20 (4) (24)	卅	卅	卅	+	卅	卅
	- 10 → + 20 (4) (24)	卅	卅	卅	卅	卅	卅
	- 20 → + 20 (4) (24)	卅	卅	卅	卅	卅	卅

3-3. 本病病原菌の耐低温性

実験方法

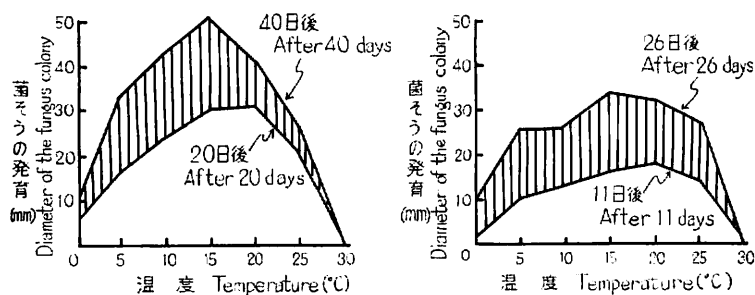
供試材料は支場構内で枯損した7年生トマツの樹幹上にできた子のう盤をもちいた。

子のう盤の多数付着した樹幹を3 cmに切り、それぞれの切り枝を室温から直接所定の低温室に入れた。この場合、乾燥した子のう盤のついている切り枝と、子のう盤に十分吸水させた切り枝の両方をもちいた。

これらの切り枝を一定時間後とりだし、室温に24時間放置した後、子のう盤を十分吸水させて樹皮ごときりぬき、寒天を流したシャーレの上ぶたにワセリンではりつけ、20°Cの定温器に入れ、子のう胞子の放出と発芽を3日間観察した。

実験結果

結果は Table 4 に示されるように、低温処理前の子のう盤の乾湿に関係なく、室温から直接 -20°Cに24時間、さらに直接室温という処理後でも十分放出および発芽することが確かめられた。



培地: 齊藤氏しょう油寒天培地 Culture medium: SAITO's soy agar.
 左: 支場構内分離菌株 Left: Isolate from the campus.
 右: 定山溪中山峠分離菌株 Right: Isolate from Nakayama-tôge.

Fig. 4 菌そうの発育と温度の関係

Effect of temperature upon mycelial growth of *T. calycina*.

3—4. 菌そうの発育と温度との関係

本実験に供試した菌株は、当支場管内および倶知安営林署管内中山峠で採集された子う盤からの多胞子培養である。これらをあらかじめ、ジャガイモ寒天培地を用いてペトリ皿で培養し、この周辺部の菌そう小片を新たな偏平培地の中心に移して所定の温度に保ち、一定時間後に菌そうの直角2方向の直径を測定した。この場合の温度は0～35℃とし、1温度区につきペトリ皿10枚をもちい、測定値を平均した。ジャガイモ寒天培地と斉藤氏しょう油寒天培地をもちい、イノキュラムの大小による誤差をとりのぞくために測定は培養期間別に2度行ない、その期間内の成長の差で比較した。

実験結果

結果はFig. 4に示されるように、本菌の菌そうの成長は0～25℃の範囲内でみられ、30℃以上では成長がみとめられず、両培地および各菌株とも15℃前後がもっとも良好な成長を示した。しかし、成長の速度はきわめておそく、もっとも良好な15℃区においても、1か月で3.5～4.5 cm程度であった。

4. 本病被害の実態と発生環境

本病の被害実態と発生環境を明らかにし、さらに本病発生を左右する主たる要因を知るため、室蘭および恵庭両営林署管内トドマツ造林地に固定調査地を設定し、1965年6月から調査を開始した。

4—1. 固定調査地の概況および調査方法

固定調査地の位置はFig. 2に示したとおりである。その1つは室蘭営林署67林班（大滝国有林）で、調査地は長流川本流と美笛峠から南北にのびる分水嶺にはさまれた高原地帯で海拔高は約680 mの地域に位置する。室蘭営林署の調査結果によると、本地域の土壤は羊蹄系の火山灰からなり、土柱はほぼ砂壤土～壤土、構造は粒状～堅果状でBd型だが、一部には埴上の強いG層がみとめられる。気象条件は、夏季には南西風がおおく、白老岳を中心として濃霧の日がおおく、日照時間はきわめてすくない。また冬期は積雪が多く2 m前後に達し、堅く氷盤化した積雪は若いトドマツを圧しつけ、融雪後は幹の屈曲や下枝の折れなどが目だつ。加えて春おそくまで土壤凍結がつづき、北西の強風のため寒冷である。調査地を含む67林班は全刈火入れ後、1961年春植栽のトドマツ造林地で、南西10°の緩斜面である。このうち25 m平

Table 5. 室蘭、恵庭両調査地の被害
Actual status of the damage caused by the

調 査 地 Test plot	室 蘭 営 林 署 67 林 班 Muroran District Forestry Office, 67			
調 査 年 月 日 Surveyed in	June 8, 1965		November 2, 1965	
調 査 区 分 Content of survey	本 数 Number of trees	割 合 (%) Ratio per total number of trees	本 数 Number of trees	割 合 (%) Ratio per total number of trees
健 全 木 Healthy trees	60	42.9	17	12.1
罹 病 木 Diseased trees	73	52.1	95	67.9
枯 損 木 (1) Dead trees	1	0.7	22	15.7
枯 損 木 (2) Dead trees	6	4.3	6	4.3

方（トドマツ140本）を調査地とした（Plate 2, A）。

他の1つは恵庭営林署328林班で、筆者らの調査地に隣接しておこなわれた高瀬¹⁹⁾によるアブラムシに関する試験から概況を引用すると次のとおりである。土壌および立地条件は、一部5～6°の傾斜地を含む平坦な場所で、土壌は樽前山から噴出した浮石質噴出物を母材とした風化不十分な火山灰地で、土壌型はIm（未熟土）、土壌条件は悪い。林況は、1957年植栽のトドマツ造林地で、刈り幅4.6m、残幅2.5mの3条植えである。当該地は比較的霜害の強いところで、植栽木の大部分が霜害、アブラムシ、がんしゅ病などの被害をうけている不成績造林地である。このうちの3列（植え列は9条）約170本をもって調査地とした（Plate 2, B）。

この両調査地のトドマツに一連番号を付け、春秋2回、3年間にわたって樹高、当年伸長量、病斑の地上高、方向、大きさ、子実体の有無、土莢（主としてトビイロケアリがアブラムシを保護、共生するためにつくる巢状物）の有無とその地上高、樹体の損傷の位置、原因などを調査した。

4-2. 被害の実態と罹病状況の推移

Table 5は1965年の両調査地の被害状況を示したものである。表から明らかなように、大滝では、わずか5か月間で、はじめ43%あった健全木が12%に減少し、罹病木は15%増、枯死15%増という変化がみられた。しかも、この枯損木はすべてがんしゅ病によるもので、子実体も発生しており、本病の進行がいかに急激であったかがうかがい知られる。また恵庭の場合は、大滝の場合よりは進行がはげしくないが、いずれにしても健全木の減少は、罹病木ならびに枯死木へ移行したためであることが知られる。

Fig. 5は1965年春から1967年秋までの罹病状況の推移を示したものである。本図から明らかなように、両調査地とも同様な傾向を示した。すなわち、1965年秋に罹病木本数が最高となり、以後漸減し、1967年秋には罹病木がほとんどなくなった。この間、本病による枯損木は漸増したが、1967年には全くなかった。このような推移は、大滝においてとくに顕著で、1967年には罹病木が回復して、健全木に移行したものが約50本に達した。

このような被害のあらわれかたは、調査地外の場所での被害とかなり相違している場合がある。

4-3. 環境条件の相違による被害の相違

実態（1965）

canker in two test plots in 1965

恵庭営林署 328 林班 Eniwa District Forestry Office, 328				備考 Remarks
May 13, 1965		October 29, 1965		
本数 Number of trees	割合 (%) Ratio per total number of trees	本数 Number of trees	割合 (%) Ratio per total number of trees	
126	71.2	103	58.2	明らかにがんしゅ病によって枯れたとみられるもの。 <i>T. calycina</i> was probably the cause of death. 枯損原因不明のもの。 No cause of death was recognized.
22	12.4	40	22.6	
8	4.5	13	7.3	
21	11.9	21	11.9	

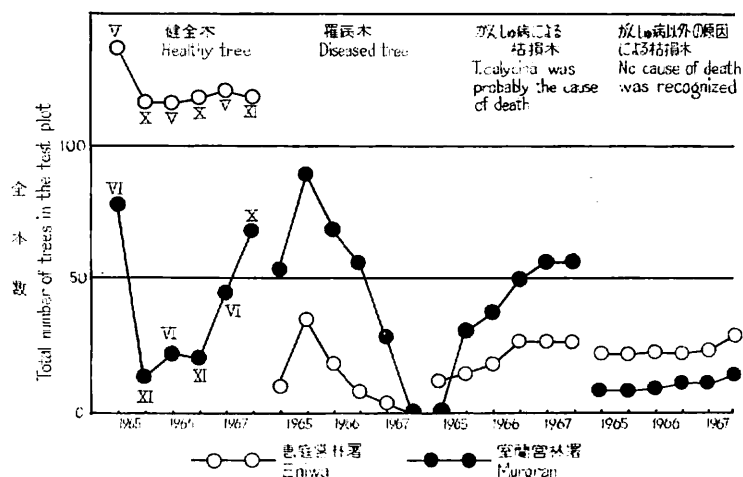


Fig. 5 室蘭, 恵庭両調査地における罹病状況の推移
Change of actual status of the damage caused by the canker in both Muroran and Eniwa test plots.

Table 6. 環境の相違による
Relationship between the damage

調 査 地 Test plot		恵 庭 営 林 署 328 林 班 Eniwa District Forestry Office, 328	
		固定調査地(無散布区) Test plot (Not controlled)	調査地に隣接するアブラムシ駆除区 Aphides control plot adjacent to test plot
調 査 年 月 日 Surveyed in		May 13, 1966	
調 査 本 数 Total No. of trees surveyed		177	30
健 全 木 Healthy trees	木	117	29
罹 病 木 Diseased trees	木	19	1
罹 病 率 (%) Infection percent		10.7	3.3
罹病木1本当たり Per one diseased tree	病 斑 数 No. of lesion	1.3	1.0
	樹幹方向の病斑長 (cm) Length of lesion	4.7	3.0
	円周方向の病斑長 Circumference of lesion	0.59	0.50
平 均 樹 高 Mean tree height (cm)		90.4	105.1
平均当年伸長 Mean current growth (cm)		10.5	14.4
伸 長 率 Rate of growth (%)		13.1	15.9
本病による枯損木 No. of dead trees by the disease		18	0
植 栽 年 Planted in		1957	

恵庭の場合、幼若なトドマツはアブラムシ (トドマツオオアブラムシ *Cinara todocola* (INOUE)) の寄生による被害がはなはだしいため、恵庭営林署で有機リン剤による駆除をおこなっていた。そこで、固定調査地に隣接する駆除区の被害状況を調査し、大滝では固定調査地と春先の風のあたりかたの異なる南東斜面における被害状況を調査して、固定調査地と比較した。

その結果は、Table 6 に示されるとおり、恵庭ではアブラムシ駆除区は罹病率が低く、成長良好であった。大滝においても、南東斜面は罹病率が低く、成長良好で、いずれも固定調査地とくらべて本病にかかりにくい条件のあることが暗示された。このような被害のあらわれかたを左右する誘因は、恵庭と大滝とは異なっているようではあるが、両調査地ともトドマツを弱らせて、本病病原菌にたいする抵抗力を低下させるような条件が備わっているようである。

4-4. アブラムシの寄生とがんしゅ病との関係

大滝国有林では、アブラムシの寄生は少なく、140 本中わずか2本にすぎなかった。恵庭の場合、アブラムシの寄生がはなはだしいことはすでにのべた。恵庭では主としてトビイロケアリが土英を作ってアブラムシを保護しているので調査にあたってはアブラムシの寄生度合を調査するのではなく、土英の有無を寄生の日安とした (Plate 2, C)。

Table 7 は、恵庭で春に調査したとき土英があったものが、秋の調査でがんしゅ病にかかっていたかどうかを知るために、個々のトドマツの推移をぬきだしてみたものである。表の中で、5月に土英がなく、10月にも土英がなくて (したがって土英とは無関係に) 罹病木となったものは80本中11本であった。この値と他の土英と関係のある場合の罹病木への移行をくらべてみると、アブラムシの寄生は、がんしゅ病の一誘因と考えられる。

4-5. 健全木とアブラムシ寄生木との樹皮

水分の比較

樹皮水分の多寡は、樹勢を推定するうえでの1つの指標と考えられている。そこで、アブラムシの寄生がトドマツにどのような形で影響をおよぼすかを、とくに樹皮水分に関して調査した。この際、水分含有度合の標示法として WEATHERLEY¹⁸⁾ によって提案され、ついで BIER^{6) 6)} らが胴枯性病害に対する樹木の抵抗力 (健康度) を知るうえでの、1つの指標として採用した比較膨潤率 (Relative turgidity) を適用した。

その結果は Table 8 に示されるように、寄生木の樹皮水分は健全木よりも有意に少ないことが知られた。

室 蘭 営 林 署 67 林 班 Muroran District Forestry Office, 67	
固定調査地(南西斜面) Test plot (SW slope)	固定調査地に隣接する 南東斜面 SE slope adjacent to test plot
June 10, 1966	
140	30
23	19
70	11
50.0	36.7
1.5	1.3
4.1	3.6
0.49	0.46
66.0	75.8
18.0	26.3
37.5	53.1
31	0
1961	

Table 7. アブラムシの寄生（土莢）とがんしゅ病の関係（恵庭固定試験地）
Relationship between aphides parasite on the trunks and canker formation (Eniwa test plot)

5 月 13 日 調 査 Surveyed in May 13, 1965		10 月 29 日 調 査 Surveyed in October 29, 1965	
a. 土 莢 あ り Parasitized by the aphides	健 全 木 19..... Healthy trees 罹 病 木 5..... Diseased trees	健 全 木 9 Healthy trees 罹 病 木 10 Cankered trees 健 全 木 0 Healthy trees 罹 病 木 5 Cankered trees	a. 土 莢 あ り Parasitized by the aphides
b. 土 莢 あ り Parasitized by the aphides	健 全 木 8..... Healthy trees 罹 病 木 6..... Diseased trees	健 全 木 5 Healthy trees 罹 病 木 3 Cankered trees 健 全 木 3 Healthy trees 罹 病 木 3 Cankered trees	b. 土 莢 消 失 Not parasitized
c. 土 莢 な し Not parasitized	健 全 木 8..... Healthy trees	健 全 木 2 Healthy trees 罹 病 木 6 Cankered trees	c. 土 莢 あ り Parasitized by the aphides
d. 土 莢 な し Not parasitized	健 全 木 80..... Healthy trees	健 全 木 69 Healthy trees 罹 病 木 11 Cankered trees	d. 土 莢 な し Not parasitized

Table 8. 健全木とトドマツオオアブラ寄生木の樹皮水分の比較
Comparison of water content in bark expressed by relative turgidity between
parasitized trees by aphides (*Cinara todocola*) and healthy trees

調 査 年 月 日 Date of examination	調 査 場 所 Localities where samples were taken	樹 齢 Age of stand	比 較 膨 潤 率 (%) Relative turgidity	
			健 全 木 Healthy	土 莢 木 Parasitized
May 14, 1966	恵庭営林署 328 林班 Eniwa Dist. For. Office, 328	9	85.2 **	76.2
Sept. 20, 1966	苫小牧営林署 99 林班 Tomakomai Dist. For. Office, 99	4	82.3 **	70.0

(注) ** 1%で有意. Significant in 1% level.

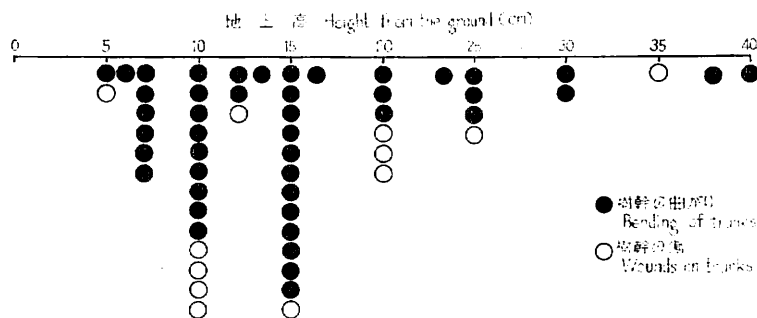


Fig. 6 樹幹上の損傷部の分布
Distribution of bending and wounded positions on Todo-fir trunks.

Table 9. 樹体の損傷とがんしゅ病との関係 (室蘭営林署 67林班, 1961年植栽)

Relationship between wounds on trunks and canker development

(Muroran District Forestry Office, 67, planted in 1961)

調査木番号 No. of trees surveyed	8/VI '65 調査 Wound in June 8, 1965	2/XI '65 調査 Canker development in Nov. 2, 1965	調査木番号 No. of trees surveyed	8/VI '65 調査 Wound in June 8, 1965	2/XI '65 調査 Canker development in Nov. 2, 1965
477	7B	6・4・f	537	10B	10・4・ $\frac{1}{2}$ ・F
479	10B; 40BBr	10・5・f・F; 35・1・ $\frac{1}{4}$	542	35W	35・3・ $\frac{1}{2}$
489	7W	5・3・ $\frac{1}{2}$	544	15B	15・1・5・ $\frac{1}{3}$
502	15B	12・1・ $\frac{1}{4}$ ・F; 15・3・ $\frac{1}{4}$	549	25B	25・3・f
515	10B	10・3・ $\frac{1}{2}$	558	12W	12・3・f・F
519	10W	10・2・ $\frac{1}{2}$	566	10B	10・3・ $\frac{1}{2}$ ・F
526	10W	10・4・ $\frac{1}{2}$ ・F	573	20W	20・3・ $\frac{1}{2}$ ・F
534	8BrBr; 15B	7・1・ $\frac{1}{4}$; 15・1・ $\frac{1}{2}$	575	23B	22・2・ $\frac{1}{2}$
536	16BrBr	16・BB2・ $\frac{3}{4}$ ・F			

注) 10・5・f・F……………地上10cmに長さ5cm, 幹を1周した病斑あり, 患部に子実体あり。

5・3・ $\frac{1}{2}$ ……………地上5cmに長さ3cm, 幹を $\frac{1}{2}$ 周した病斑あり。

B: 曲がり BBr: 枝曲がり W: 傷 BrBr: 枝折れ BB: 枝のつけね

Note) 1. Concerning the wound:

B: Bending of trunk, BrBr: Broken of branch,

B・Br: Bending of branch, 15B: Bending of trunk occurred at 15

W: Wounds, cm above the ground.

2. Concerning the canker development:

10・5・f・F: There was a canker lesion of 5cm in length, surrounding the stem with fruit bodies at 10cm above the ground.

15・3・ $\frac{1}{4}$: There was a canker lesion of 3cm in length, appearing in a quarter of the stem without fruit bodies at 15cm above the ground.

BB: At the base of the branch.

4-6. 樹体の損傷とがんしゅ病との関係

すでにのべたように、大瀧国有林の積雪はしばしば3mにおよび、若いトドマツを押しつけ、融雪後は幹の屈曲や下枝の折れなどが目だつ。こうした損傷部や枯枝の付近に本病病斑が多いことは、野帳の記録から以下のように要約される。

Fig. 6 は樹幹上での損傷部の分布を示すものであり、損傷部が地上8~20cm, とく10~15cmの間に多いことが明らかである。

また、Table 9 は春の調査時にみられた樹体の損傷部が、秋までにどう変化したかを示したものである。表から明らかなように、樹体の損傷部と病斑の形成部位が一致しており、あたかも冬期間の雪圧によってできた傷から本病菌が侵入して、秋までに病斑が形成されたかのように見えた。

4-7. 樹齢を異にするトドマツ樹皮の比較膨潤率

筆者らの固定調査地もふくめて、本病によるトドマツの被害造林地は、およそ10年生前後までに限られており、また本病進行の誘因としてすでに指摘した、アブラムシのトドマツへの寄生も10年生前後を境に低下するという(山口・高井²¹⁾)。これらの原因はまだ不明であるが、寄主の樹齢によって、寄生者に対する造林木の抵抗力の差があるのではないかと考えられ、これらを知る1つの目安として、樹齢の異なるトドマツの季節別樹皮水分を比較膨潤率で比較した。

その結果は Fig. 7 に示されるとおりで、その変化のパターンは各樹齢において変わりなく、休眠開始

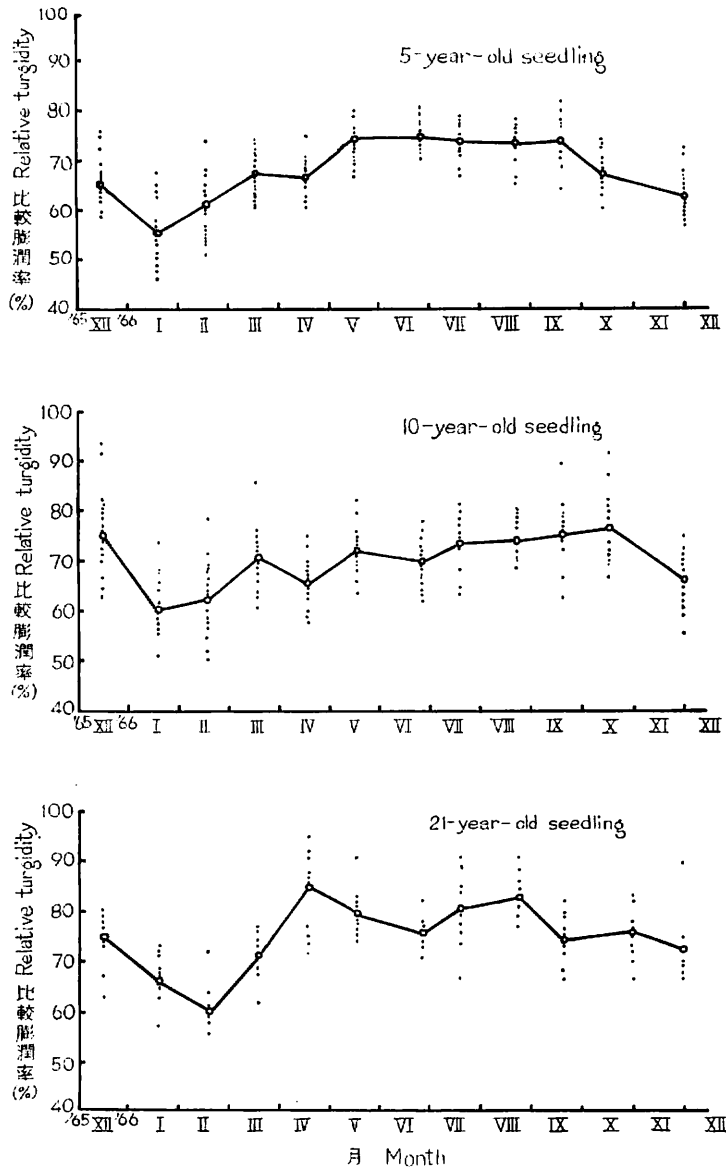


Fig. 7 樹皮水分の季節変化 (比較膨潤率)

Seasonal change in the bark moisture expressed by relative turgidity.

と同時に急速に低下し、成長開始にともなう急増する。また樹齢が高いほど高い値をとる傾向がうかがわれた。

4-8. トドマツ造林木の健康度の判定

造林地内のほぼ同一な環境条件のもとで、あるものは病斑が生じてその後治癒し (Plate 2, D), 他方はそのまま病斑が拡大して枯死する例がしばしばみられるのであるが、これらはトドマツ各個体の活力の相違にもとづくように思われた。

そこで、大滝国有林に隣接する壮瞥国有林 (海拔 600m) の7年生トドマツ造林地で、見かけ上健全な

トドマツ(枝張り良好で、葉色も青い)と不健全なトドマツ(枝張り不良で、葉色は黄色味をおびる)をそれぞれ15本ずつえらびだし、これらに対して6月から11月まで毎月1回、同一木の樹幹にはば5 cm 間隔で螺旋状に、径5 mmのコルクボーラーで樹皮をうちぬき、翌月調査時までの傷のふさがりかたを調査し、小さなものから大きなものへ順に0(ふさがらない)、3(半分ぐらいふさがった)、5(ほとんど完全にふさがった)の点数をあてた。

その結果を15本の平均値で示したのがFig. 8である。また、うちぬいた樹皮を直ちに秤量管に入れ、密封して実験室にもちかえて測定した比較膨潤率の平均値も同図に示した。この図から明らかなように、比較膨潤率では健全木と不健全木との間に6、8、9月には有意差(1%)がみられた以外は差がみられなかったのに対し、傷のふさがりかたには明らかな相違がみとめられ、その差は9月以降にさらに大きくなることが知られた。

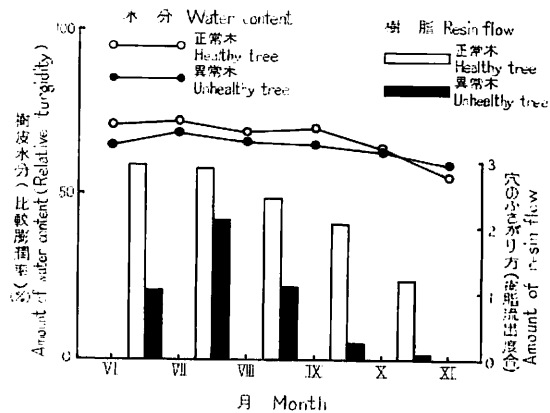


Fig. 8 トドマツ造林木の健康度
Estimation of tree activity of Todomatsu based on the amount of water content and resin flow in the bark.

5. 本病菌の病原性

前節でのべたような発生環境解析の結果、本病の発生および病勢の進行に關与する誘因として、アブラムシの寄生、樹幹の傷あるいは土壤凍結と樹皮水分の多少など、いくつかの誘因が推定されるに至った。そこで、これらの考えられる誘因を考慮に入れ、発病に必要な条件を明らかにすることを目的として、次の接種試験をおこなった。

5-1. 接種の方法

地ぎわから10~15 cm 上部の樹幹を80%アルコールで表面殺菌し、殺菌蒸留水で洗浄後、5 mm 四方の生傷ないし焼傷をつけ、あらかじめジャガイモ寒天培地上に培養しておいた本病病原菌の菌そう小片あるいは子のう盤を砕いて作った胞子浮遊液を接種し、脱脂綿でおおい、水を十分ひたし、セロテープで固定した。以下接種はすべてこの方法によった。

5-2. 時期別の接種試験

実験-1

本病菌が0°Cで発芽し、休眠期間中の樹皮水分がきわめて低いことはすでにのべた。このことは、トドマツにとって寒さに対する抵抗力は大きい、病原菌に対する抵抗力はきわめて少ないと考えられる。これらの点から、感染は主として休眠期間中におこるのではないかと考え、時期別の接種試験をおこなった。

実験結果

結果はTable 10 および Plate 3, A~B に示されるように5、8月の接種部にはカルスが形成され、接種の傷は治癒した。一方、これ以外の時期に接種するときは翌春がんしゅ病病斑が形成された。接種源

Table 10. 時 期 別 の 接 種 実 験
Inoculation experiments conducted at various times (surveyed in 1966)

接種時期 Date of inoculation (1965)	接 種 源 Source of inoculation	接種本数 No. of trees inoculated	発病本数 No. of diseased individuals	病斑の広がり mm Lesions formed (length mm)×(circumf.)			病斑上の子実体 Appearance of apothecia		
				May 10	June 16	Aug. 11	May 10	June 16	Aug. 11
May 22	M	5	0						
Aug. 10	M	5	0						
Sept. 21	M	5	5	$34 \times \frac{3}{4}$	$36 \times \frac{3}{4}$	$45 \times \frac{3}{4}$	—	—	+
Oct. 18	M	5	5	$29 \times \frac{3}{4}$	$36 \times \frac{3}{4}$	$43 \times \frac{3}{4}$	—	±	+~+++
Oct. 18	S	5	5		$36 \times \frac{1}{2}$	$42 \times \frac{1}{2}$	—	—	++
Nov. 20	M	5	5	$27 \times \frac{3}{4}$	$36 \times \frac{3}{4}$	$41 \times \frac{3}{4}$	—	±	+~+++
Nov. 20	S	5	5	$15 \times \frac{1}{4}$	$20 \times \frac{1}{2}$	$27 \times \frac{3}{4}$	—	—	+~+++

注) M: 菌糸 Mycelial colony with a bit of agar medium.

Note) S: 胞子 Ascospore suspension.

—: なし Apothecia did not appeared. ±: ごくわずか Apothecia appeared scarcely.

+ : わずか Apothecia appeared less abundantly. ++ : やや多い Apothecia appeared abundantly.

+++ : 多い Apothecia appeared more abundantly.

Table 11. 休眠期間中の病斑の拡大 (1967年7月13日調査)
Canker development during the dormant period of Todo-fir seedlings
(Observation in July 13, 1967)

処 理 Treatment	病 斑 の 広 が り (mm×周) Lesions formed (length mm×circumf.)		対 照 Check	備 考 Remark
	5鉢の平均 Mean	範 囲 Range		
A	36×0.75	$25 \sim 50 \times 0.5 \sim 1.0$	0	子実体形成 Apothecia appeared
B	32×0.67	$25 \sim 37 \times 0.5 \sim 1.0$	0	
C	32×0.75	$20 \sim 40 \times 0.5 \sim 1.0$	0	子実体形成 Apothecia appeared
D	0	0	0	カルス形成、治癒 The wounds were recovered by callus formation

注 (Note) 対照は菌そうを接種する代わりに寒天片を傷つけた。

For the check, a bit of agar was applied to fresh wound.

数字はそれぞれ5鉢の平均値。Each treatment contained 5 potted seedlings.

A: Sept. 27, '66 inocu., then kept at outdoor.

B: Sept. 27, '66 inocu., kept at 25°C from Jan. 26, '67.

C: Jan. 26, '67 inocu., then kept at outdoor.

D: Seedlings were inoculated in Jan. 26, '67, then kept at 25°C.

Table 12. 雪 積 下 で の 病 斑 の 拡 大
Enlargement of cankered lesions under the snow

調査年月日 Date of observation	病斑の広がり Enlargement of lesions		備 考 Remark
	軸方向の長さmm×円周方向 (length mm×circumf.)	範 囲 Range	
Dec. 20, '68	$7.0 \times \frac{1}{4}$	$6.0 \sim 10.0 \times \frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$	5月中旬以後次々と子実体 が形成された。 Many apothecia were formed in early May
Mar. 12, '69	$16.2 \times \frac{1}{2}$	$10.0 \sim 22.0 \times \frac{1}{2}$	
Apr. 30, '69	$23.0 \times \frac{1}{2}$	$12.0 \sim 36.0 \times \frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$	

生傷, 菌そう接種: 7/X. '68

Inoculation was done on Oct. 7, 1968, with the fungus colony to the fresh wounds in 5-year-old seedlings.

は菌そうの小片でも、孢子浮遊液でもともに発病した。

実験—2

トドマツが休眠に入ってからでない、接種しても発病しないことがわかったので、次には休眠をやぶったらどうなるかについて実験した。このために、鉢うえした山出し苗をもちいて次の処理をおこなった。

処理 A: 1966年11月25日に鉢植えし、同27日、生傷に菌そう接種し、そのまま戸外に放置。

処理 B: A と同じ処理をし、1967年1月26日以降25°Cに保つ。

処理 C: A と同じ苗木を戸外に放置しておき、1967年1月26日、生傷に菌そう接種し、そのまま戸外に放置。

処理 D: C と同じ処理をし、直ちに25°Cに保つ。

実験結果

この実験の結果は Table 11 に示されるとおり、B区では接種後40日間積雪下に放置されている間に病斑を拡大したが、その後の病斑の進展はみとめられなかった。また、D区では病斑の拡大はまったくみとめられず、カルスが形成された。この結果から、休眠期間中に病斑が拡大し、休眠がやぶられると病原性を発揮しにくくなることが知られた。

5—3. 積雪下での病斑の拡大

休眠期間中の病斑拡大のしかたを、より正確に知るために次の実験を行なった。

実験方法

1968年10月、3年生トドマツ30本の生傷に菌そう接種し、その後ほぼ2か月おきに5本ずつ積雪下からほりおとし、病斑拡大の状態を調べた。

実験結果

結果は Table 12 に示されるとおりで、積雪下でも、十分病斑が拡大することが知られた。

5—4. 病斑拡大におよぼすアブラムシの影響

すでにのべたように、アブラムシの寄生が木病の病勢の進行と関係あるものと考え、これを明らかにするため、次の実験を行なった。

実験方法

処理 A: 1966年11月25日に鉢植えした山出し苗木に1967年8月1日、生傷に菌そう接種をおこない、15°Cに保つ。

処理 B: A と同じ鉢植苗木に1967年7月27日、アブラムシを寄生させ、8月1日に生傷に菌そう接種、直ちに15°Cに保つ。

処理 C: 1966年11月25日に鉢植えし、11月27日、生傷に菌そう接種してそのまま戸外に放置した。1967年7月27日、病斑を形成したものを供試苗として適宜選び15°Cに保つ。

処理 D: C と同じ病斑を形成した苗木に、1967年7月27日アブラムシを寄生させ、15°Cに保つ。

実験結果

結果は Table 13 に示されるとおりで、アブラムシを寄生させた処理 B、D 区では、寄生させなかった処理 A、C 区とくらべて病斑の拡大が著しくすみやかであった (Plate 3, C, D)。

5—5. 交互接種試験

Table 13. アブラムシの寄生と
Relationship between the enlargement of cankered lesions

処 理 Treatment	試 験 開 始 時 At start of the experiment		1967年9月1日 Results of observation	
	アブラムシの コロニー Colony of aphides	病斑平均 (mm, 周) Largeness of lesion	アブラムシの コロニー Colony of aphides	病 斑 Largeness 平均 (mm, 周) Mean
A	—	0	—	14×0.38
B	+	0	+	24×0.45
C	—	26×0.75	—	27×0.75
D	+	32×0.75	+	36×0.75

注) 5鉢の平均値 Each treatment contained 5 potted seedlings.

(Note) A : Aug. 1, '67 inocu., then kept at 15°C.

B : Parasitized aphides in July 27; Aug. 1, '67 inocu., then kept at 15°C.

C : Sept. 27, '66 inocu., kept at 15°C from July 27, '67.

D : Sept. 27, '66 inocu., parasitized aphides in July 27, '67, then kept at 15°C.

Table 14. トドマツ菌とカラマツ菌の両樹種に対する交互接種試験結果
Results of cross-inoculation experiment with isolates from
Todo-fir and Japanese larch to both tree seedlings

接 種 源 Inoculum	供 試 木 No. of trees inoculated	5 年 生 カ ラ マ ツ <i>Larix lept.</i> (5-year-old)			8 年 生 ト ド マ ツ <i>Abies sach.</i> (8-year-old)		
		病 斑 の ひ ろ が り Lesion area developed		子実体の有無 Appearance of apothecia	病 斑 の ひ ろ が り Lesion area developed		子実体の有無 Appearance of apothecia
		主 幹 方 向 Length	円 周 方 向 Circumference		主 幹 方 向 Length	円 周 方 向 Circumference	
トドマツから分離された本病菌 <i>Trichoscyphella calycina</i> of many ascosporous origin	1	4.0cm	0.50	—	2.5cm	0.50	—
	2	8.0	0.75	+	3.0	0.50	—
	3	4.5	0.50	—	2.7	0.50	—
	4	3.0	0.50	—	2.3	0.50	—
	5	3.5	0.75	+	3.5	0.25	+
	6	2.2	0.50	—	2.2	0.50	—
	7	1.5	0.25	—	3.2	0.50	+
	8	2.0	0.25	—	4.0	0.50	—
	9	3.4	0.75	—	3.0	0.50	—
	10	3.0	0.50	—	4.0	0.50	—
	平均 Mean	3.5	0.53		3.0	0.48	
カラマツから分離された菌株 The culture isolated from apothecium, closely resembled with that of the causal fungus, appeared on Japanese larch	1	4.0	0.50	—	2.5	0.50	+
	2	4.5	0.50	—	2.5	0.50	+
	3	3.5	0.75	—	3.0	0.50	—
	4	2.0	0.25	—	3.5	0.50	—
	5	2.2	0.25	—	3.0	0.50	+
	6	4.5	0.50	+	2.5	0.50	+
	7	3.0	0.50	—	2.0	0.25	+
	8	1.3	0.25	—	2.5	0.50	+
	9	2.0	0.25	—	3.5	0.75	++
	10	2.5	0.25	—	4.5	0.50	++
	平均 Mean	3.0	0.40		3.0	0.50	

がんしゅ病斑の広がり

and the parasite of aphides (*Cinara todocola*)

調 査 時 in Sept. 1, 1967	1967年10月4日 調 査 時 Results of observation in Oct. 4, 1967		
of lesion	アブラムシの コロニー Colony of aphides	病 斑 Largeness of lesion	
範囲 (mm, 周) Range		平 均 (mm, 周) Mean	範 囲 (mm, 周) Range
12~17×0.25~0.50	—	18×0.38	16~20×0.25~0.50
20~27×0.25~0.50	++	58×1.00	50~80×1.00
25~30×0.75	—	28×0.75	25~30×0.75
25~50×0.5~1.00	++	53×1.00	30~60×1.00

魚住²⁰⁾は北海道大雪山のグイマツ (*Larix gmelinii* GORD.) および本州のウラジロモミ (*Abies homolepis* SIEB. et Zucc.) 上で本病病原菌がみいだされたことを報告している。

筆者らは、本病病原菌の寄主範囲を明らかにするための実験はとくにくなかった。しかし、中標津営林署管内の8年生カラマツ (*Larix leptolepis* GORD.) から採集された子う盤、および富良野市麓郷所在の東大演習林で採集されたストロブマツ (*Pinus strobus* LINN.) 上の子う盤の測定値が、本病病原菌のそれと一致するところから、カラマツからの分離菌のトドマツに対する病原性をたしかめ、かつ本病病原菌のカラマツに対する病原性をたしかめるための交互接種試験を行なった。

実験方法

当支場構内5年生カラマツおよび8年生トドマツ各20本ずつを用意し、カラマツ上の子う盤から分離した本病病原菌との酷似菌、およびトドマツから分離した本病病原菌の菌そうを、それぞれ10本の生傷に接種した。

実験結果

結果は Table 14 に示されるように、両菌ともトドマツ、カラマツに病斑を形成し、子実体を形成することが知られた。とくに、カラマツ上の子う盤からの分離菌株が、トドマツで子実体を多く形成した。

6. 本病病原菌の生息様式

本病病原菌の子実体は、個々の発生活長はあるが、枯死木の樹幹、枯枝や病患部には四季を通じて形成されている。ところで、青木¹¹²⁾はクワの胴枯病菌 (*Diaporthe nomurai* HARA) が健康なクワの皮目に潜んでいることを報告している。筆者らも同様なことがらを経験的に知ることができた。すなわち、本病菌の病原性を知るために、野外で接種試験を行なった際、寒天小片だけをのせた対照木に、たまたま本菌子実体の形成をみたこと、また病患部を含む樹幹の一部を切り枝にし、子実体を発生させるための温室処理を行なった際、切り枝の健全部分に、比較的短期間で子実体が形成された (殺菌した切枝に接種した場合でも、普通子実体を形成するのに数か月はかかる) こと、さらにまた、当支場経営部経営研究室で、収穫予想表を作成するため、1965年秋に北見枝幸から持ちかえった外観健全なトドマツ壮齡木の円盤を、測

定後ポリエチレン袋に入れて翌春まで放置したところ、全円盤（根元から梢頭まで）の樹皮上に本病原菌の子実体が形成されたことなどである。

これらの経験から、筆者らは本病原菌はもともと健全なトドマツの樹皮中に存在しているのではないかと考え、これを明らかにするため、次のような実験を行なった。

6-1. 外観健全なトドマツ樹皮からの本病原菌の分離

実験—1

実験方法

本実験のために、道内のいくつかの造林地および支場構内の、外観健全なトドマツの地上 30~50 cm の範囲の樹皮あるいは葉痕を切りとり、これから 5 mm 四方の小片をつくり、20 倍希釈のアンチフォルミン (Sodium hypochlorite) に 5~10 分間浸漬殺菌後、9 cm のペトリ皿ジャガイモ寒天培地上に 10 個ずつ並べ、0~5°C および 10~15°C の低温で分離を行なった。

実験結果

結果は Table 15 に示されるとおりで、本病原菌と酷似の菌そうが毎回低率ではあるが分離された。また 1 回だけ、葉痕部からきわめて高率で本病原菌酷似の菌そうが分離された (Plate 4, A, B)。

実験—2

実験方法

これらの菌そうを純粋培養し、次のような方法でトドマツの切り枝に接種した。すなわち、当支場構内の 7 年生トドマツの樹幹を 10 cm の長さに切断し、そのほぼ中間にあらかじめ 5 mm 四方の傷をつけてお

Table 15. 外観健全樹皮と葉痕
Fungi isolated from apparently healthy

分離場所 Materials used for isolation	健全樹皮 Healthy bark				
採集場所 Localities where samples were collected	苫小牧 Tomakomai				清水 Shimizu
樹齢 Age of stands	7	8	8	8	10
分離月 Time of isolation	X, '69	XI, '69	V, '70	V, '70	VI, '69
分離温度 (°C) Isolation temperature	0~5	0~5	0~5	10~15	0~5
<i>Trichoscyphella calycina</i>	5%	2%	1%	%	5%
<i>Phomopsis</i> sp.	10	37	47	10	20
<i>Ascocalyx</i> sp.	+				+
<i>Cytospora</i> sp.				+	
<i>Phacidium</i> sp.					
<i>Fusarium</i> spp.	+	15	1	3	+
<i>Botrytis</i> sp.	+	+	+	1	+
<i>Rhacodium</i> sp.		+	+	+	+
<i>Pestalotia</i> sp.		3		+	
Others **	85	43	51	86	75

* 地ぎわに近い部分の葉こんから分離された。Pieces of leaf scar to be isolated were collected from the

** その他には常に高い頻度で検出される菌が 2 種ふくまれる。Others were always containing two dominant

き、直径30mmの試験管に入れ、乾燥をふせぐため、20 ml の水を加えて殺菌したあと、その傷に菌そうを接種し、10～15°C の恒温ガラス室に放置した。

実験結果

これらの切枝には数か月後、無数の Spermatia が形成され、その後つぎつぎと子実体が形成された (Plate 4, C～D)。子実体の顕微鏡観察の結果は Table 16 に示されるように、本病病原菌の測定値ときわめてよく一致した。

6-2. 環状剥皮によって枯死したトドマツ樹幹におけるがんしゅ病菌子実体の出現

培地上では、低率でしか本病病原菌の菌そうを分離することができなかった。そこで、人為的にトドマツを枯死させ、すでに潜在しているはずの本病病原菌の子実体を出現させようと試みた。

実験方法

当支場構内 (支場構内では、本病の自然発病は見られないが、本病病原菌の子実体はトドマツの枯枝上また枯死木幹上に多数見いだされる) の7年生トドマツ20本を、構内の一隅にあるシラカンパ林内に隔離移植し (Plate 5, A), 11月下旬、地ぎわから5～10cmの高さで、幅1cmの環状剥皮をおこなった (Plate 5, B)。その際、枝のつきかたや樹形から、剥皮の部位を幾分高くしたものが数本あった。

実験結果

これらのトドマツは個体差はあるが、8か月後ころから枯死しはじめ、それにひきつづき剥皮した部分の上下の樹皮に本病病原菌と酷似の子実体が形成されはじめ、Table 17 および (Plate 5, C～D) に示されるように、12か月後すべてのトドマツに子実体が形成された。これら子実体の測定値を Table 18 から分離された菌類

			葉 痕 Leaf scar						
支 場 構 内 Campus of the Branch Station			壮 警 Sôbetsu		苗 小 牧 Tomakomai		支 場 構 内 Campus of the Branch Station		壮 警 Sôbetsu
8	8	8	10	10	8	8	8	8	10
I, '70	IV, '70	IV, '70	XI, '69	XI, '69	V, '70	V, '70	IV, '70	IV, '70	XI, '69
0～5	0～5	10～15	0～5	0～5	0～5	10～15	0～5	10～15	0～5
3%	%	+%	5%	4%	+	+	2%	2%	41 * %
7	25	20	10		29	31	21	12	
	+		+		+				
3	3	5	10		8	5	2	5	
+	4	+	+		+	+		+	
	+	+	+		+	+	3	+	
2	1	2				+		+	
85	66	73	75	96	63	64	72	76	59

lower part of a trunk.
species unidentified.

Table 16. 外観健全なトドマツの樹皮から分離し、切枝に接種して生じた本病菌酷似菌の測定値
Dimension of apothecia appeared on sterilized cuttings by inoculation
with fungi isolated from apparently healthy bark and leaf scars

採 集 地 Localities where samples were collected	年 生 Age of stands (year)	分離月日 Time of isolation	子 の う μ Asci	子のう胞子 μ Ascospores
清 水 Shimizu	10	VI, '69	50.0~62.5×4.5~5.0 (55.0×4.7)	5.0~7.5×2.5~3.0 (6.5×2.5)
壮 警 * Sôbetsu	10	XI, '69	43.2~48.0×4.1~4.3 (47.8×4.3)	4.3~7.2×2.4~3.1 (6.0×3.0)
苫 小 牧 Tomakomai	8	XI, '69	47.5~57.5×4.3~5.0 (53.0×4.8)	4.5~6.8×2.5~3.3 (5.5×2.8)

注：* 葉こんから分離 Isolated from leaf scars.

Table 17. 環状剥皮によって枯死した樹幹上に出現した子実体 (1970年調査)
Appearance of apothecia on the dead stem surrounding the girdled zone (1970)

剥皮木 No. No. of trees girdled	出現した子実体 Appearance of apothecia		剥皮木 No. No. of trees girdled	出現した子実体 Appearance of apothecia	
	Aug. 17	Nov. 26		Aug. 17	Nov. 26
1	+	卅	11	卅	卅
2	+	卅	12	卅	卅
3	卅	卅	13	—	+
4	卅	卅	14	+	卅
5	卅	卅	15	+	卅
6	—	+	16	卅	卅
7	—	+	17	卅	卅
8	卅	卅	18	—	卅
9	—	+	19	—	+
10	—	+	20	—	卅

剥皮：1969年11月 Girdling: Nov. 1969.

Table 18. 環状剥皮によって枯死した樹幹上に出現した子実体の測定値
Dimensions of apothecia appeared on the dead stem surrounding the girdled zone

供 試 木 番 号 No. of tree on which apothecia appeared	子 の う μ Ascus	子 の う 胞 子 μ Ascospore
1	42.5~47.5×3.8~5.0 (44.8×4.5)	5.0~6.8×2.5~3.3 (5.8×3.0)
2	42.5~50.0×4.5~5.3 (46.5×5.0)	5.0~6.8×2.5~3.8 (5.8×3.3)

剥皮：1969年11月 Girdling: Nov. 1969.
測定：1970年12月 Dimension: Dec. 1970.

示したが、本病原菌のそれと一致した。また、子実体のできかたは地ぎわほど多く、上述のような剥皮部位の高いものでは例外なく少なかった。

7. 考 察 お よ び 結 論

トドマツがんしゅ病は盤菌目の1種 *Trichoscyphella calycina* (SCHUM. ex Fr.) NANNFELDT によって起こる疾病である。北海道における本病原菌の分布は全道におよんでいるが、そのおおくは腐生的で、枯枝上に子実体としてみとめられる。この全道的な分布にもかかわらず、激害をうけた造林地は意外に少ない。しかし、いったん発生すると壊滅的な被害を生ずることが知られている。

生理的性質に関する実験結果は、本病原菌の好低温性を示している。とくに本菌の子のう盤が -20°C の低温にたえて、子のう胞子の放出、発芽機能を維持し、 0°C で子のう胞子が発芽し、菌糸も成長できることは、本菌の大きな特徴の1つであり、積雪下あるいは早霜や晩霜にあっても成長可能なことを示している。

青木⁸⁾らは植物病原菌胞子の低温に対する抵抗力は、その病原菌の越冬、初期感染などに深い関係があるとして、数種菌の分生胞子をもちいて低温凍結に対する抵抗力を実験し、菌種によって耐性に差のあること、また融氷温度が胞子発芽に影響することをのべている。筆者らの子のう盤をもちいての実験では融氷温度による胞子の放出、発芽への差はみられなかった。また亀井¹²⁾は大滝国有林での被害調査の結果からがんしゅの発現には低温が関与することを暗示しているが、実験的な根拠はない。

1965年から1967年の3年間にわたる本病の被害状況と発生環境解析の結果、その発生に関与すると思われる誘因のいくつかが明らかとなった。室蘭、恵庭両調査地とも1965年に被害が最高となり、1967年にはほとんど本病がなくなった。このような、本病の激発、消滅の過程について考察してみたい。

室蘭営林署大滝国有林の調査地は全刈り、火入地ごしらえによる造林地で、筆者らが調査をはじめたころ、ササの侵入はまばらで、下刈りもこの年(1965年)までつづけられていた。したがって、初冬や春先には、まだ幼若なトドマツが、この調査地特有の北西の強い季節風にまともにさらされ、またこの地域の積雪は3 mにおよぶ。平田⁹⁾によれば3 m程度の積雪は鉄棒を曲げるほどの力があるという。したがって幼齡トドマツの樹幹や枝は容易に傷つけられるであろう。こうした原因による樹幹の曲がりや傷が、地上10~15 cmの範囲に多く分布していることはすでにのべた。これらの傷のなかには、早霜や晩霜による凍傷痕がふくまれることは、この地域が北海道でもとくに早、晩霜のあられやすい場所である²⁰⁾ことからもうなずける。

亀井¹²⁾は同じ大滝国有林での被害調査の結果、病斑は全部苗木の北面にあったことは、本病が低温で初発されることと照らし合わせてもっともなことだとのべているが、実験的な裏づけはない。しかし、筆者らの調査では病斑の方向は亀井のように一定ではなかった。

いずれにしても、大滝の場合は本病原菌の繁殖に好適な場所となる傷は、その立地のおかれている環境条件のために機械的に形成されるものとみられる。さらに、この地域は春先まで土壤凍結が続き、しかも北西の強い季節風が吹きつける。したがって、風当たりのつよい場所のトドマツの地上部は、成長開始後の蒸散がさかんになっても、土壤凍結のために根からの水分の供給が不能となり、樹体内水分が欠乏して生理機能が低下し、急激な被害の進行が起こったものとみられる。調査地につづく、風のあたりにくい南東斜面で被害が軽微なことも、このことをものがたっている。したがって、1967年に被害がほとんどなくなった原因は、大滝の場合、下刈りが1965年で完了し、1967年にはクマイザサがトドマツとほぼ同じ高さまで密生するようになり、この植生の変化が春先の強い季節風を遮断してトドマツに有利に作用した

ことが大きく働いているものと推測される。

いっぽう、恵庭の場合は、大滝にくらべて樹齢も高く、また寡雪地帯であることから、雪圧などによる傷は考えられない。しかし、病患部の中心には例外なく、枯枝や傷がみとめられる。これらの枯枝や傷の原因が早、晩霜によるものであることは既往の報告¹⁵⁾²²⁾によっても明らかである。しかし、これらの傷ができる条件は場所によって大差があるとは考えにくく、アブラムシの寄生の有無によって被害のあらわれかたが著しく異なることから、ここではアブラムシの寄生が病勢の進行を容易にしているものと想像される。井上・山口¹⁰⁾によれば、アブラムシの寄生によってトドマツが直接枯死することはないが、樹勢がおとろえ、二次的に他の虫・菌害を受けやすくなるとのべている。筆者らが試みたアブラムシ駆除区で本病の被害が著しく少ないこと、土瘻木から罹病木への移行、およびアブラムシ寄生木が健全木にくらべて樹皮水分が低いことなどから、本病病勢の進行に関与する生物的誘因として、アブラムシの寄生をあげることができる。

WEATHERLEY¹⁹⁾らはヤナギオオアブラムシ (*Tuberolachnus salignus* (Gmelin)) が節管に口針をさして吸汁活動を行なうことをのべ、そのために葉で合成された炭水化物の転流に障害をきたしていることを報告している。山口・高井²¹⁾は、トドマツオオアブラムシについて、環境条件のちがいはあるが、一般に植栽後10年前後でアブラムシの寄生率が低下すると報じている。もしも、トドマツオオアブラムシが節部から吸汁するものと仮定すれば、そのためにトドマツの活力が低下することは当然考えられるし、山口ら²¹⁾の指摘する寄生率の低下は樹齢による樹皮の厚さに関係するものと考えられる。

したがって、恵庭における1967年の被害の減少、消滅の原因は、なお不明の点が多いが、本造林地が1967年で、ちょうど植栽後10年目で、調査開始時とくらべてアブラムシの寄生がきわめて稀となったことも考え合わせ、ここではアブラムシの寄生の低下が、本病の消滅のための1原因と認めてよいのではあるまいか。

以上のように、本病菌の好適な繁殖の場となる傷の形成、および被害の進行を左右する環境条件は一樣でなく気象、立地、人為的、生物的な諸誘因が相互に作用して被害を大きくしているものと考えられる。

上述のような発生環境解析の結果、アブラムシの寄生、樹幹の傷あるいは土壤凍結と樹皮水分の多少など、本病の発生および病勢の進行に関与する誘因が推定されるに至った。そこで、これらの誘因を考慮に入れ、発病に必要な条件を明らかにする目的で行なった接種試験の結果は、本病菌がトドマツの休眠期間中に活動的であることをしめした。成長期における人工接種が成功しないことは、カラマツがんしゅ病に関する研究での伊藤ら¹¹⁾の報告と一致する。休眠期に接種した場合、翌春病斑および子実体を形成するが、多くの個体では成長期にはいると病斑の拡大がとまり、ほとんどの場合、翌々春にはカルスの形成によるまき込みによって治癒してしまう。またアブラムシが寄生すれば、成長期でも病斑を拡大することなどを考え合わせ、本病病原菌の病原性は、それほど強いものとは思われないが、何らかの条件、たとえば、土壤凍結と強風による地上部の強制脱水やアブラムシの寄生などによって樹勢が衰えた場合、いちじのしい病原性を発揮するものといいうる。

逸見²³⁾は植物疾病の発生に関して病原体の潜在感染の可能性をのべ、寄主の抵抗力と病原体の攻撃力とが平衡しているときは発病することなく、寄主は病原体を生活状態で保有したまま外観健全に生活する。そして他からの力に支配されて、内的平衡が破れば発病の方向に変わるだろうとのべている。このような潜在感染に関する研究は、柑橘類の病害についての報告がおおい。BAKER と WARDLAW⁴⁾は grape

fruits の果皮から *Phomopsis citri*, *Glomerella cingulata* など4種の病原菌を常に分離し、これらの潜在感染を確認した。わが国では小平・佐藤¹³⁾、徳永¹⁰⁾、末田¹⁴⁾らが柑橘黒星病の潜在感染を明らかにした。また徳永・横浜¹⁷⁾は、黒星病菌のほか、炭疽病菌、ブドウ晩腐病菌の潜在感染について報告している。徳永¹⁷⁾は、従来免疫として知られている種類の果実上にも潜在感染が起きていることを明らかにした。そして、健全組織中に潜在する病原菌は根の損傷や害虫の攻撃によって樹が弱ったときだけ、その場所に発病がおこる。したがって、感染が確立しても侵害力は比較的良好で、組織の活力が低下してはじめて病原性が増大すると思われるのが妥当であるとのべている。

青木¹¹⁾はクワの胴枯病菌 *Diaporthe nomurai* HARA は胴枯病多発地でも、発病をみない地方にもクワの皮目内に菌糸の状態では恒常的に存在するが、寄主が冬期間の積雪によって暗黒、湿潤の状態におかれた結果、はなはだしく衰弱することによる抵抗力の低下がおこって、はじめて発病にいたるものであることを実験的に証明した。筆者らが試みた分離試験および環状剥皮処理によって、外観健全なトドマツ樹皮、とくに葉痕に本病原菌が潜在的に存在することが確かめられた。

以上のような調査、実験にたいする考察から、トドマツがんしゅ病の発病機構について次のように結論したい。

本病原菌は造林地において、たえず若い造林木に自然に生ずる壊死組織内に定着し、しかも発病に至らない、いわゆる潜在感染を容易に達成しているものと考ええる。

このような保菌木は、それがおかれている環境諸条件の影響を受け、保菌していても外観健全のまま経過する場合と発病にいたる場合とにわかれる。すなわち、環境条件が保菌木の樹勢を低下させるような場合には、本病原菌の侵害力に抵抗する力が低下して発病するに至るであろう。たとえば、トドマツオオアブラムシの寄生はトドマツの活力を低下させるし、土壤凍結が春おそくまで続き、風による地上部からの蒸散が促進されると、強制脱水にともなう樹体内の水分欠乏により、病原菌の侵害力に対するトドマツの抵抗力が減少する。このような立地条件にある保菌木に、さらに凍傷痕や雪圧による樹幹の曲がりや枝ぬけなどの傷害が生ずると、その壊死部分は潜在的に存在していた本病原菌に対して発育の場を提供することになり、急激な増殖にともなう侵害力の増大は、寄主と寄生者間の力の平衡を破り発病へ導かれるものと考ええる。

文 献

- 1) 青木 清：桑胴枯病の発生機構に関する研究，蚕糸試験，12，3，245～306，（1944）。
- 2) ———：桑胴枯病菌 *Diaporthe Nomurai* HARA の生態，植物病害研究，第4集，逸見武雄先生還歴記念論文集，192～198，（1951）。
- 3) 青木嘉夫・赤井重恭・木村丈夫：2・3 植物病原菌分生子の低温に対する抵抗力，植物病害研究，7，1，1～6，（1960）。
- 4) BAKER, R. E. D. and C. W. WARDLAW: Studies in the pathogenicity of tropical fungi I. On the type of infection encountered in the storage of certain fruits. Ann. Bot. n. s., 1, 59～65, (1937).
- 5) BIER, J. E.: The relation of bark moisture to the development of canker diseases caused by native, facultative parasites I. *Cyptodiaporthe* canker on willow. Can. Jour. Bot., 37, 229～338, (1959).
- 6) ———: The relation of bark factors to canker susceptibility. Phytopath., 54, 250～253, (1964).
- 7) HEMMI, T.: On a new canker disease of *Prunus Yedoensis*, *P. Mume* and other species

- caused by *Valsa Japonica* MIYABE et HEMMI sp. n. Jour. Coll. Agr., Tohoku Imp. Univ. (Sapporo), 7, 257~319, (1916).
- 8) ———: 植物病学の諸問題, 247~262, 西ヶ原刊行会 (東京), (1940).
- 9) 平田徳太郎: 積雪の科学, 145~148, 地人書館 (東京), (1948).
- 10) 井上元則・山口博昭: トドマツ造林地におけるアブラムシ類 (第 1 報), 林試北支業務報告 (特別報告), 3, 28~41, (1955).
- 11) 伊藤一雄・陳野好之・小林享夫: 日本におけるカラマツのがんしゅ病, 林試研報, 155, 23~47, (1963).
- 12) 亀井専次: トドマツがんしゅ病に関する研究, 北大農演研報, 21, 2, 235~255, (1951).
- 13) 小平武夫・佐藤 保: 柑橘黒星病の感染期に就て, 病虫誌, 25, 766~770, (1938).
- 14) 末田平七: 柑橘黒星病菌の寄生に関する実験的研究 (予報), 台湾博物学会報, 31, 416~432, (1941).
- 15) 高瀬秀勝: 浸透性有機磷剤 (粒剤) によるトドマツオオアブラ駆除試験の結果について, 札幌林友, 124, 13~18, (1965).
- 16) 徳永芳雄: 柑橘黒星病菌の柑果侵入時期に就て, 台湾農事報, 36, 491~497, (1940).
- 17) TOKUNAGA, Y. and M. YOKOYAMA: Latent infections associated with some fruit diseases. Jubilee Pub. Commemoration 60th Birthdays of Prof. Tochinnai and Prof. Fukushima, 249~254, (1955).
- 18) WEATHERLEY, P. E.: Studies in the water relations of the cotton plant I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytol., 49, 81~97, (1950).
- 19) WEATHERLEY, P. E., A. J. PEEL, and G. P. HILL: The physiology of the sieve tube—Preliminary experiments using aphid mouth parts—Jour. Expt. Bot. 10, 1~16, (1959).
- 20) 魚住 正: グイマツおよびウラジロモミ上の *Trichoscyphella* 属菌について, 76 回日林大会講, 321~323, (1965).
- 21) 山口博昭・高井正利: トドマツ植栽後のトドマツオオアブラの侵入, 寄生のひろがり, 林試北支年報, 169~175, (1966).
- 22) 余語昌資・小野 馨: トドマツ造林地枯損調査の一例—トドマツ癌腫病被害について—, 日林北支講, 10, 57~69, (1961).
- 23) (財)気象協会北海道地方本部: 新版北海道の気候, 391pp., (1964).

図 版 説 明 Explanation of plates

Plate 1

A: がんしゅ病の初期病徴。病患部は陥没し, 中心には枯れた不定枝がみられる。

Incipient symptoms of the canker, showing brown sunken areas, and dead adventitious shoots at their center.

B: トドマツがんしゅ病菌子のう盤

Section of an apothecium of the causal fungus, *Trichoscyphella calycina*, appeared on the lesion produced by artificial inoculation in October, 1968 (photo.: July, 1969).

C~F: 本病原菌の子のう胞子の放出

Discharge of ascospores of the causal fungus.

C, D, E, F はそれぞれ 2°, 16°, 25° および 35°C でスライド上に放出された子のう胞子。

C, D, E and F showing ascospores discharged on glass slides at the temperature of 2, 16, 25 and 35°C, respectively.

Plate 2

A: 大滝調査地の一部, 北西斜面にはまだ残雪がみえる (1965年 6 月上旬)。

A part of Ôtaki test plantation, still remaining snow cover in NW slope (early June,

1965).

B : 恵庭調査地の一部 (1965年5月下旬)

A part of Eniwa test plantation (late May, 1965).

C : トドマツ樹幹に作られた土莢, トドマツオオアブラとトビイロケアリがみられる。

A tent made on a trunk of Todo-fir, showing aphides and ants.

D : カルスの形成によって自然に回復したがんしゅ病病患部 (大滝, 1967年10月)

Naturally recovered canker lesion by callus formation (Otaki, Oct., 1967).

Plate 3

A : 人工接種により形成されたがんしゅ病病斑と子実体 (1965年10月接種, 1966年8月撮影)。

A canker lesion and apothecia produced by artificial inoculation (Inoculation, October, 1965; photo.: August, 1966).

B : 人工接種しても発病せず, カルスを形成した試験木 (1965年5月接種, 1966年8月撮影)。

An inoculated test tree, recovered by callus formation (Inoculation, May, 1965; photo.: August, 1966).

C, D : 病斑拡大とアブラムシとの関係。矢印は病斑の長さを示す (1967年10月9日撮影)。

Relationship between an enlargement of canker lesion and the parasite of aphides. Arrows show the length of canker lesions (photo: October 9, 1967).

C : 1967年7月27日アブラムシを寄生させ, 同年8月1日トドマツがんしゅ病菌の菌そうを接種, 15°Cに保つ。

The canker lesion produced on a test tree, which was parasitized with aphides in July 27, 1967 and inoculated with the colonies of the causal fungus in August 1, 1967, then kept at 15°C.

D : 1966年9月27日トドマツがんしゅ病菌の菌そうを接種, そのまま戸外に放置, 1967年7月27日から 15°C に保つ。

The canker lesion produced on a test tree, which was inoculated with the colony of the causal fungus in Sept. 27, 1966 and left out of doors, then kept at 15°C from July 27, 1967.

Plate 4

A : トドマツがんしゅ病菌の潜在感染を確かめるために分離中の樹皮片から生じた3個の本菌の子実体。

Three apothecia of the causal fungus appeared from a bark piece, placed on potato sucrose agar, during an isolation test to verify its latent infection.

B : 樹皮と葉痕からのトドマツがんしゅ病菌の分離, 上: 葉痕, 下: 外観健全な樹皮から (1969年11月)。
Isolation test of the causal fungus. Upper: from leaf scars, lower: from apparently healthy bark pieces.

C~D : 樹皮から分離されたがんしゅ病菌と酷似の菌そうを切り枝に接種して形成された子実体 (十勝清水から分離した酷似菌)。

Apothecia appeared on Todo-fir cutting inoculated with a fungus colony closely resembled to the causal fungus, isolated from Tokachi-Shimizu.

Plate 5

A : 潜在感染を証明するために隔離移植後剥皮処理されたトドマツ (1969年11月)。

Todo-fir seedlings girdled to verify the latent infection soon after isolated transplantation (November, 1969).

B : 剥皮処理。

Girdling treatment on the stem.

C: 剥皮処理により、処理周辺部に多数発生した子のう盤 (1970年11月)。

Many apothecia appeared around the girdled zone (November, 1970).

D: 剥皮処理によって形成された木菌の子のう盤。剥皮の位置が低いほど、子実体の発生数が多い。

Apothecia of the causal fungus appeared by girdling treatment. The lower the girdling position, the greater the number of apothecia.

**Studies on a Canker Disease of Todo-fir (*Abies sachalinensis* MAST.)
caused by *Trichoscyphella calycina* (SCHUM. ex FR.) NANNFELDT**

Seiichi MATSUZAKI⁽¹⁾ and Shun-ichi YOKOTA⁽²⁾

Summary

In this paper, the authors reported on a canker disease of Todo-fir (*Abies sachalinensis* MAST.), especially on its physiological and ecological characteristics and the pathogenicity of the causal fungus, *Trichoscyphella calycina* (SCHUM. ex FR.) NANNFELDT and the environmental factors related to the development of the canker.

1. Distribution of the causal fungus and of severely damaged plantation

In Hokkaido, the causal fungus, *Trichoscyphella calycina*, was generally distributed in Todo-fir plantations and in natural forests. Dimensions of apothecia of the causal fungus collected in many localities were presented (Table 1 and Fig. 1). The manner of existence however, is mostly saprophytic, and it was usually found as cup-shaped apothecia on dead branches at the lower part of Todo-fir. Occasionally, apothecia happened to appear on dead trunks. Though it was known that some Todo-fir plantations were severely damaged by the canker, their number was fewer than that of localities where the existence of the causal fungus was ascertained (Fig. 2).

2. Some physiological characteristics of the causal fungus related to infection and development of the disease

Apothecia of the causal fungus existed all the year round on cankered stems or dead branches of the host trees.

In experiments it was found that discharge of ascospores took place in the temperature range between 0 and 30°C (Table 2), and that discharged ascospores germinated between 0 and 25°C with the optimum of 15 and 20°C (Table 3 and Fig. 2).

Ascospores were discharged after exposing apothecia at -20°C for 24 hours, the germination of which took place normally (Table 4).

Growth of mycelial colonies occurred in the temperature range between 0 and 25°C. The velocity of mycelial growth was linear between 0 and 15°C, then decreased with the progress of culturing time at 20 and 25°C (Fig. 4).

Received July 9, 1971

(1)(2) Hokkaido Branch, Government Forest Experiment Station, Sapporo.

As indicated above, it was assumed that the causal fungus preferred relatively lower temperatures.

3. Survey on the disease development and related environmental conditions

Results obtained from the survey on the disease development and related environmental conditions for 3 years at the test plot belonging to Muroran and Eniwa District Forestry Office were as follows :

a) Relationship between wounds and disease development

As regards the relationship between wounds newly produced on the trunks and the canker development, an interesting result was obtained in Muroran test plot, where the development of the canker was increasing at that time (Table 5 and Fig. 5). The position of the wounds on the trunks in early spring (just after the melting of snow) (Fig. 6) coincided with that of newly developed cankers found in early November in the same year (Table 9). So far as the results are concerned, it is natural to conclude that the wounds provided an entrance for the causal fungus, followed by the development of the canker.

b) Comparison of disease development in different environmental conditions

In the following year, comparison was made of the actual state of disease development between both test plots and nearby Todo-fir plantations of presumably different environmental conditions from the plots. For the purpose of comparison, a small area of the plantation facing the southeastern direction was selected in Muroran, where the northwestern wind was far weaker than in the test plot due to the difference of slope direction. In Eniwa, a small area of the plantation, where chemical control of aphides (*Cinara todocola* IXOUYE) had been conducted in an earlier year, adjacent to the test plot, was selected. The same survey was conducted in these two selected areas, together with the test plots.

The difference of actual state of canker development in relation to the difference of environmental conditions was obvious. The cause of the difference was possibly due to that of slope direction in Muroran, and due to aphides parasitizing on Todo-fir trunks in Eniwa, both resulting in the decrease of activity of host trees (Table 6 and 7). According to the results of the survey, it was assumed that the predisposing factor of the canker was mainly climatic in Muroran, and was both biological and climatic in Eniwa.

c) Comparison of water content of bark parasitized by aphides and the healthy trees

If the predisposing factors, deduced from field survey, act upon host trees, their activity will be decreased, presumably becoming liable to develop into the disease. For an index estimating the tree activity, the amount of water contained in the bark was considered. In this case, the concept 'relative turgidity' proposed by WEATHERLEY, and introduced into forest pathological field by BIER, was applied by the authors for a method to estimate the activity of trees grown in the campus of the Branch Station (Fig. 7), and those healthy and parasitized by aphides, in Tomakomai plantation.

Results showed that water content of the bark was higher in the healthy trees than those parasitized by aphides (Table 8).

d) Estimation of the activity of Todo-fir trees

Apart from the estimation mentioned above, the activity of Todo-fir trees was estimated in Sôbetsu plantation with the water content of the bark and the amount of resin flow from

the bark.

Results showed that the amount of resin flow was higher in apparently healthy trees than in unhealthy ones, and no remarkable difference was obtained with the water content of the bark (Fig. 8).

4. Inoculation experiments

To ascertain the pathogenicity of the causal fungus, the environmental factors accelerating the development and the enlargement of the canker, some inoculation experiments were conducted.

While negative results were obtained in the test conducted during the Todo-fir growing season, positive results were always presented during the dormant season (Table 10 and 11). Canker lesions enlarged even under the snow (Table 12).

When causal fungus was inoculated in the campus of the Hokkaido Branch during dormant season of Todo-fir trees, the canker developed next spring; and then many lesions were usually covered by callus formation during the growing season. In Todo-fir plantation, also, such recovered individuals could frequently be found (Plate 2, D).

When the dormant state of Todo-fir just after inoculation was broken, no canker developed (Table 11).

Effect of aphides on the development and enlargement of the canker was obvious. Todo-fir seedlings were inoculated with the causal fungus. Some of them were parasitized with aphides just before inoculation, and the remainder were free from them. A few months later, the canker lesions of the former became bigger than those in the latter. In the same experiment, the seedlings already bearing the canker lesion were divided into two groups, one of which was parasitized with aphides, and then the enlargement of the lesion in the two groups was compared. Canker lesions in the parasitized group became far bigger than those of the other (Table 13).

According to the results of cross inoculation experiments with the isolates from Todo-fir and Japanese larch (*Larix leptolepis* GORD.), it was verified that Japanese larch should be added as a host tree species of the canker (Table 14).

5. Ecology of the causal fungus, especially the manner of existence in the host trees

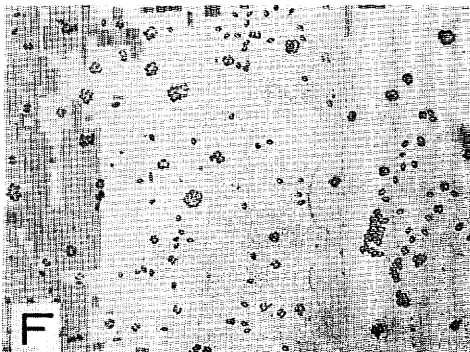
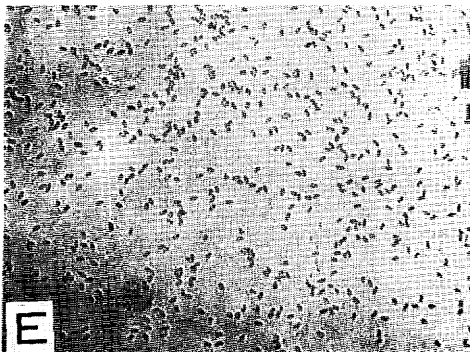
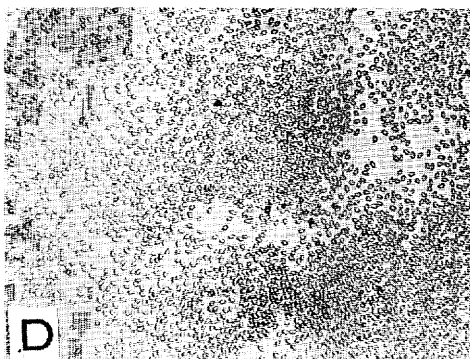
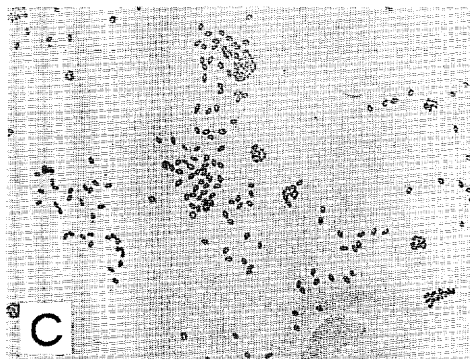
In some cases, apothecia of the causal fungus happen to appear on the whole trunk after the death of Todo-fir trees without any canker lesion. This phenomena will be explained only by introducing the assumption that the causal fungus already infected the apparently healthy trees while they were alive. To make sure about this assumption of latent infection, the following experiments were conducted.

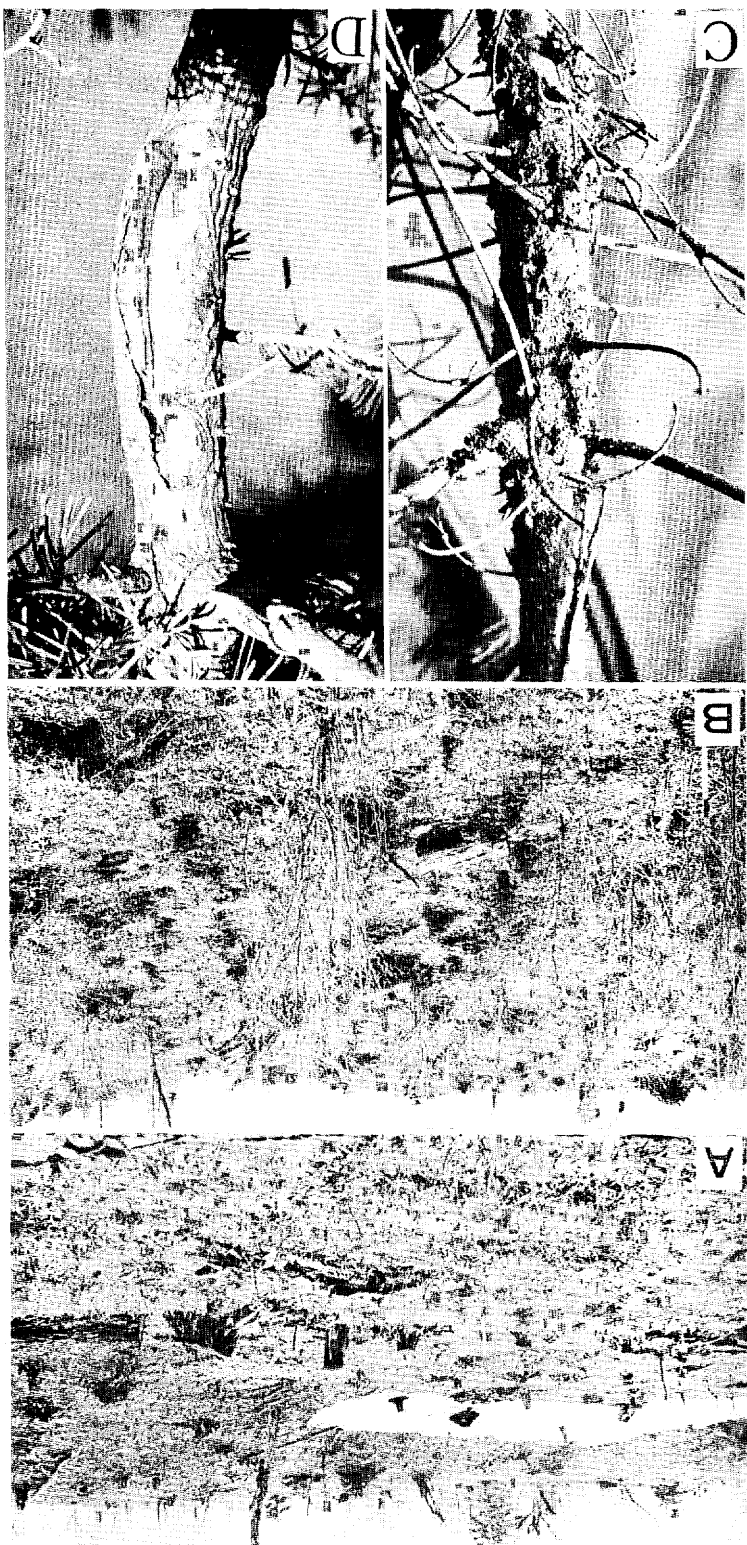
a) Isolation experiments of the causal fungus from the bark and leaf scars of apparently healthy Todo-fir trees were done several times, and fungus colonies closely resembling the causal fungus were always isolated, though isolation percentage was low in each trial (Table 15). Then the fungus colonies, isolated and cultured purely, were inoculated to sterilized Todo-fir cuttings. After several months, apothecia appeared, and it was ascertained that inoculated fungus was genuine causal fungus based on the measurement of dimension of

apothecia produced on the cuttings (Table 16).

b) Apparently healthy Todo-fir trees were girdled at about 10 cm from the ground in November, 1969. Treated trees began to die successively from August in the next year, and at the same time apothecia closely resembling the causal fungus appeared on the bark near the girdled zone. This being the case, the tendency that the lower the position of girdling, the more the number of apothecia, was recognized. Dimension of these apothecia coincided with that of the causal fungus already measured (Table 17).

From these results, it is highly probable that apparently healthy Todo-fir trees were infected latently by the causal fungus, and factors deciding the development of the canker would be climatic, biological, or both causing the decrease of the activity of Todo-fir trees.





トブツツガ:んしゅう病に関する研究 (松崎・横田)

