

## カラマツ先枯病に関する研究 II

佐藤 邦彦<sup>(1)</sup>・横沢 良憲<sup>(2)</sup>庄 司 次 男<sup>(3)</sup>・小島 忠三郎<sup>(4)</sup>

K. SATO, Y. YOKOZAWA, T. SHÔJI and C. KOJIMA:

Studies on the Shoot Blight of Larch II

要 旨: 罹病枝における柄子殻形成と胞子の排出は 25°C 付近, 関係湿度 100% が最適で, 子のう殻の形成適温は 20°C 付近にあった。支場構内における罹病枝からの子のう胞子放出期間は 5 月中旬 ~ 9 月下旬で, ピークは 7~8 月にあり, その年変動は気温と降雨によって支配された。発病後 2 年目の罹病枝からはごくわずかの子のう胞子の放出が認められ, 組織中の菌糸は約 3 年 2 か月間生存した。25°C 以上で発病が著しく, 最適温は 28~30°C にあった。なお, 病原菌の侵入-感染-発病を通じて高温下で著しく発病し, また, 高温下で育成された苗木は抵抗性を著しく低下した。6 日おき人工降雨区と野外で最も発病が多く, 無降雨と降雨過度区では減少した。また, 7 月中の降雨は発病に対して最も影響が大きかった。竜ヶ森鉄道防雪林における調査結果から, 風衝地形では被害が著しく, 発病期間も長く, また発病の年変動はおもに感染期の気温と降雨とに支配された。熟畑土壌におけるカラマツ苗の施肥の発病におよぼす影響は著しくなく, 下層土では成長不良の無リン酸, 無チッ素区, 無肥料区では発病が少ない傾向を示した。しかし苗木の成長抑制処理は著しい影響を与えなかった。苗の床替密度の発病におよぼす影響はあまり著しくなかったが, 被陰処理された苗は著しく抵抗性を低下した。なお, 林分密度が高くなるほど被害がふえた。グイマツは抵抗性で, ニホンカラマツは中間, オウシユウカラマツと東部アメリカカラマツは感受性で, 交雑種は両親の中間であり, 各樹種の罹病程度の年変動はおもに気温と降雨の差異に基因した。

## 目 次

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| I. ま え が き .....                        | 27  |
| II. 病原菌の生態 .....                        | 29  |
| III. 発病と気象因子との関係 .....                  | 35  |
| IV. 発病と施肥との関係 .....                     | 56  |
| V. カラマツの床替えおよび植栽密度と発病との関係 .....         | 62  |
| VI. カラマツ苗の成長および損傷と発病との関係 .....          | 66  |
| VII. 産地の異なるカラマツの抵抗性およびカラマツ属各種の抵抗性 ..... | 70  |
| 文 献 .....                               | 80  |
| 図版説明 .....                              | 83  |
| Summary .....                           | 85  |
| Plate .....                             | 1~6 |

## I ま え が き

東北地方におけるカラマツ先枯病の被害が問題視されるようになったのは, 1960 年(昭 35)以降である。

当地方におけるカラマツ造林地の被害面積は, 1962 年(昭 37)における統計の 26,644 ha をピークとして, その後漸減したように伝えられている。これは 1963 年以降一部の機関を除いては十分な調査が行

なわれていないために、現在における実態のはあくが不十分であること、被害面積の統計が区域面積から被害木の占有面積に切り替えられたこと、激害林の伐採改植などに基因するものである。

しかしながら、岩手県内の民有林について調査した資料および著者らの一部の国有林における調査結果から推定すると、被害面積は、少なく見積もっても1962年当時よりも5,000 ha以上は増加しているものと考えられる。その増加の原因は、かつての未発生地域や微害地域へのまんえんによるものであって、奥地の広葉樹地帯あるいは、1代目造林の優良カラマツ林地帯における2代目幼齢造林地に侵入まんえんし、以前にまして問題が大きくなりつつある。したがって、東北地方におけるカラマツ造林は、先枯病の対策なしに進めることはきわめて危険であることを重ねて強調しておきたい。

いっぽう、東北地方の数倍の被害面積を占める北海道においては、1965年(昭40)現在の被害面積が65,554 haで、近年における防除効果と気象条件の影響でまんえん速度がにぶって減少してきたといわれているが、横田<sup>82)</sup>は楽観を許さない現状にあると警告している。

このような情勢下において、より合理的で完全な防除法を確立する目的をもって、林業試験場の本場、北海道、東北支場の樹病研究室では、共同的に研究を継続中である。

本病についての最初の正式な報告は、沢田<sup>50)</sup>によってなされたが、1960年ころから著しく数を増し、現在まですでに120編を越している。著者らは第1報<sup>50)</sup>において、1962年の途中までの主要文献をあげたが、その後報告されたおもなものを述べると次のようである。

横田とその共同研究者は、病原菌の生態<sup>79)</sup>および発生まんえんと風を中心とした気象条件との関係<sup>80)81)</sup>について詳細な報告を公にし、佐藤とその共同研究者は、発病と気温および降雨を中心とした気象条件との関係<sup>51)55)</sup>、罹病枝における病原菌の生存期間<sup>64)</sup>、1962年現在の東北地方における被害実態調査資料を基にして、その発生分布の解析結果<sup>52)</sup>および種子の産地と発病との関係<sup>53)</sup>について報告した。高井<sup>64)</sup>、高井<sup>65)</sup>は病原菌の毒性とペクチン分解力に関する知見を公表し、伊藤<sup>28)</sup>は、英文による総説を公表した。また千葉 茂<sup>54)</sup>らはカラマツ属の樹種間の抵抗性について報告した。

薬剤防除については、五十嵐、高岡を中心とする研究者<sup>8)-16)34)36)66)67)</sup>によって広範にわたる薬剤防除試験成績が発表され、シクロヘキシミド剤による防除法の基礎を築いた。さらに林業試験場のカラマツ先枯病研究班の詳細な報告<sup>20)</sup>が行なわれ、これが現在の薬剤防除事業の基準になっている。

著者らの研究は当初は薬剤防除法の樹立に主力を注いだが、それと平行して病原学的、生態的研究およびカラマツの抵抗性を中心とした研究をも進めてきており、現在はこの分野に主力を注いでいる。薬剤防除の試験成績の1965年までの分は、すでに公表済みであり<sup>20)</sup>、それ以外の分野の研究成績の1962年までの分は第1報<sup>50)</sup>としてすでに報告した。

本報告はその続報であって、1963～1968年に実施した研究成績のうちある程度の結論が得られたものについて公表するもので、病原菌の生態と発生生態、およびカラマツ属の抵抗性に関する成績をおもな内容とするものである。

この稿を草するにあたり、つねづねご指導をたまわり、かつ原稿の懇切な校閲をいただいた林業試験場保護部長伊藤一雄博士、現地の試験調査に際してご協力をいただいた青森営林局岩手営林署、盛岡鉄道管理局、王子造林株式会社および試験調査の実施に助力いただいた東北支場樹病研究室員柴田忠松技官、経営第4研究室員北田健二技官、同元室員高橋四郎氏、ならびに育林第3研究室員仙石鉄也技官に対して厚くお礼を申し上げる。

## II 病原菌の生態

## 1. 罹病枝における柄子殻および子のう殻形成と温度

カラマツ罹病枝の患部には発病直後に柄子殻が形成され、そのピークは盛夏にあるので、形成には気温の影響が大きいものと考えられる。いっぽう、子のう殻は発病当年の秋と翌年春から夏にかけて形成されることから、柄子殻よりも低温で形成されるものと推察されるので、次の実験を行なった。

## (1) 柄子殻形成と気温との関係

1963年7月23日、8年生のカラマツから発病初期の緑色があせて黄ばんできて、下垂しかかった柄子殻未形成病枝を採集し、5cmの長さにそろえた。あらかじめ12cm径のペトリ皿内に脱脂綿を薄く敷き、さらにその上に濾紙を敷いてU字形ガラス棒をのせて乾熱殺菌を行なったのちに、殺菌水を吸水させて湿室としたものを準備しておき、U字ガラス棒上に前記の患部を5本ずつならべた。これに雑菌の発育を抑えるために200ppmのPCP液をふん霧し、各区5個ずつのペトリ皿を所定温度の採光式定温器に収めて、柄子殻の形成と柄胞子の噴出状態を調査した結果はTable 1に示すように、25°C付近に適温があ

Table 1. カラマツ罹病枝における柄子殻の形成と温度との関係  
Effect of temperature on pycnidial development of the causal fungus  
on infected Japanese larch shoots

| 温 度<br>Temperature (°C) | 柄 子 殻 形 成*<br>Pycnidial development | 柄 胞 子 塊 の 噴 出*<br>Exudation of conidial mass |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| 10                      | ++                                  | +                                            |
| 15                      | +-+                                 | +                                            |
| 20                      | ++++                                | ++                                           |
| 25                      | ++-++                               | +++                                          |
| 30                      | +++                                 | ++                                           |
| 35                      | -                                   | ±                                            |

注: 関係湿度 100%, \*7日後の結果を示す。

Note: Results after 7 days kept at 100% relative humidity.

Table 2. カラマツ罹病枝における子のう殻の形成と温度の関係  
Effect of temperature on perithecial development of the causal fungus  
on infected Japanese larch shoots

| 温 度<br>Temperature (°C) | 供 試 枝 数<br>Number of<br>shoots tested (a) | 子のう殻形成枝数<br>Number of shoots<br>forming<br>perithecia (b) | 同 形 成 率<br>Percentage of shoots<br>forming perithecia<br>(b/a × 100) (%) |
|-------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 10                      | 50                                        | 23                                                        | 46.0                                                                     |
| 15                      | 51                                        | 33                                                        | 64.7                                                                     |
| 20                      | 49                                        | 35                                                        | 71.4                                                                     |
| 25                      | 45                                        | 23                                                        | 51.1                                                                     |
| 30                      | 54                                        | 19                                                        | 35.1                                                                     |
| 35                      | 44                                        | 9                                                         | 20.4                                                                     |

注: 関係湿度 100%, 試験期間 24 日間

Note: Kept at 100% relative humidity; Period of test, 24 days.

り、15°C 以下の低温では形成が不良であった。

(2) 子のう殻形成と気温

1964年2月15日、前年発病した10年生カラマツの罹病枝を採集し、子のう殻未形成の患部を5cm長さにそろえた。この材料を用いて前実験に準じて、所定温度における子のう殻の形成状態を調査した結果はTable 2に示すように、20°C付近に適温があり、柄子殻形成よりもやや低温にあった。

2. 罹病枝における柄子殻および子のう殻形成と関係湿度

カラマツ罹病枝における柄子殻と子のう殻の形成は、室内のような乾燥状態ではきわめて不良であるが、に観察されたので次の実験を行なった。

(1) 柄子殻形成と関係湿度

12cm 径デシケータ内に各種塩類の過飽和溶液を入れて、あらかじめ一定湿度に保ち実験1(1)と同様、供試患部に200ppmのPCP液をふん霧して、網皿上に10本ずつならべた。各湿度ごとに2個ずつのデシケータを25°Cの採光式定温器に収めて、柄子殻の形成と柄胞子の噴出状態を調査した。結果はTable 3に示すように柄子殻形成と柄胞子の噴出は100%区で最も多く、94%区ではごくわずかに認められる程度であった。

Table 3. カラマツ罹病枝における柄子殻形成と関係湿度との関係  
Effect of relative humidity on pycnidial development of the causal fungus on infected Japanese larch shoots

| 過飽和液塩類<br>Salt in over<br>saturated aqueous<br>solution | 関係湿度<br>Relative humidity<br>(%) | 柄子殻形成*<br>Pycnidial<br>development | 柄胞子塊の噴出*<br>Exudation of<br>conidial mass |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| H <sub>2</sub> O                                        | 100                              | +++++                              | +++                                       |
| K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                          | 98                               | +++                                | +                                         |
| KNO <sub>3</sub>                                        | 94                               | +                                  | —                                         |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                         | 92                               | —                                  | —                                         |
| KCl                                                     | 87                               | —                                  | —                                         |

注：供試温度 25°C 試験期間5日間

Note: Kept at 25°C \*Result after 5 days.

Table 4. カラマツ罹病枝における子のう殻の形成と関係湿度との関係  
Effect of relative humidity on perithecial development of the causal fungus on infected Japanese larch shoots

| 過飽和液塩類<br>Salt in over<br>saturated aqueous<br>solution | 関係湿度<br>Relative humidity<br>(%) | 供試枝数<br>Number of shoots<br>tested | 子のう殻形成枝数<br>Number of shoots<br>forming<br>perithecia | 同形成率*<br>Percentage of<br>shoots<br>developed (%) |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| H <sub>2</sub> O                                        | 100                              | 50                                 | 12                                                    | 24                                                |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                         | 92                               | 50                                 | 8                                                     | 16                                                |
| (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>         | 81                               | 50                                 | 5                                                     | 10                                                |
| NaCl                                                    | 76                               | 50                                 | 1                                                     | 2                                                 |
| NaBr·2H <sub>2</sub> O                                  | 58                               | 50                                 | 2                                                     | 4                                                 |
| Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O    | 52                               | 50                                 | 0                                                     | 0                                                 |

注：供試温度 25°C 試験期間90日

Note: Kept at 25°C \*Result after 90 days.

## (2) 子のう殻形成と関係湿度

前実験に準じてあらかじめ関係湿度を一定に保っておき、1 (2) と同様な子のう殻未形成罹病枝に 200 ppm の PCP 液をふん霧し、25 本ずつ収めた。各湿度ごと 2 個ずつのデシケータを用い、25°C の採光式定温器に収めて子のう殻の形成について調査したが、供試材料に雑菌の繁殖が著しくなってきたので、試験開始 25 日めに殺菌水で洗浄し、ふたたび PCP 液をふん霧した。その結果は Table 4 に示すように、高湿度ほど子のう殻の形成が良好であった。

## 3. 病原菌の子のう胞子放出の季節的変動

発生予察の基礎的資料をうる目的で、罹病枝からの子のう胞子放出の季節的変動を明らかにするために、1964~1966 年の 3 か年間にわたり次の実験を行なった。

### 試料および方法

東北支場第 1 苗畑における カラマツ 1 年生床替え床の地面に、針金製の台を 20 cm の高さに固定し、その上に子のう殻を形成した前年の罹病枝を 10 cm の長さにそろえて、30 本並列させ、その 1 cm 下部にグリセリン・ニカソを塗布したスライドガラスの塗布面を上向きに設置して、放出される子のう胞子を捕そくした。なおスライドガラスの取り替えは、朝 9 時に行ない、降雨がなく乾燥していた日には放出がないので、そのまま放置しておいた。

放出胞子数は、1964 年はカバーガラス 18×18 mm<sup>2</sup> 分について、1965 年以降は 25×25 mm<sup>2</sup> 分について調査した。調査は 1964 年は 7 月から、65 年以降は 5 月から開始した。なお、調査期間における気象条件は Fig. 1 に示すとおりである。

### 試験結果

調査期間中において欠測の日も少なくなかったが、3 か年間の結果を Fig. 2~4 に図示する。

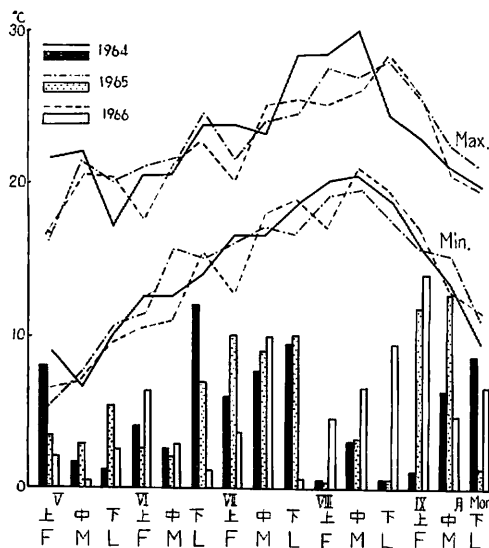


Fig. 1 試験期間における旬期別気温と降雨量 (盛岡)  
Temperature and precipitation at Morioka during the survey.  
F: First decade, M: Middle decade, L: Last decade.

これらのうち、1964 年がほかの年よりも放出数が著しく少ないようにみられるのは、前述のようにカバーガラスの面積が小さいためである。

子のう胞子の放出には、年による変動が認められるが、5 月にはすでに開始し、6 月中下旬

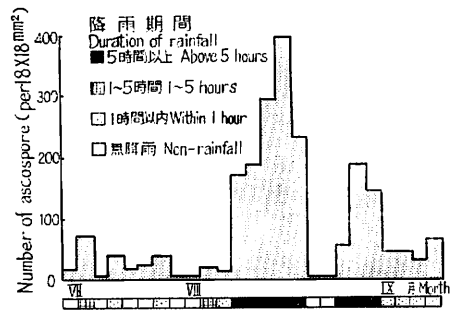


Fig. 2 子のう胞子放出の季節的変動 (1964)  
-Seasonal variation in ascospore expulsion in 1964.

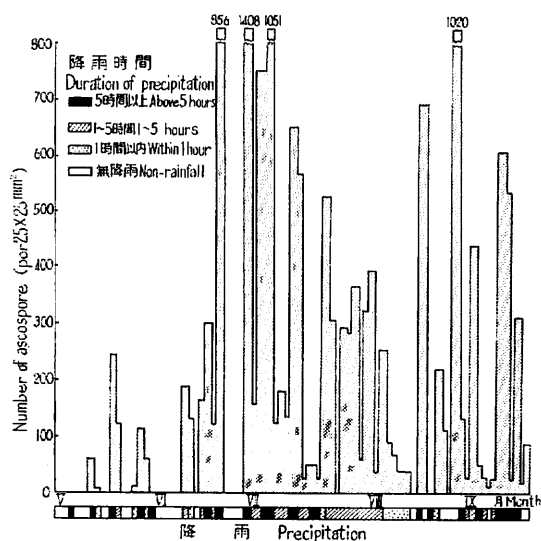


Fig. 3 子のう胞子放出の季節的変動 (1965)  
Seasonal variation in ascospore expulsion in 1965.

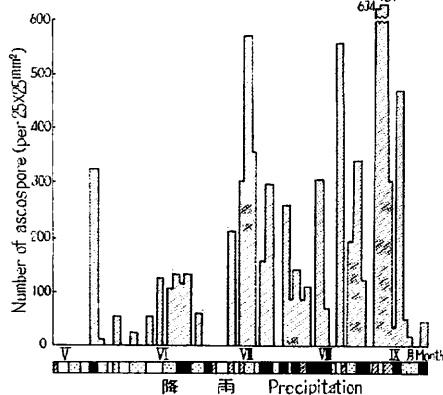


Fig. 4 子のう胞子放出の季節的変動 (1966)  
Seasonal variation in ascospore expulsion in 1966.

になるとかなり増加し、7～8月にピークが現われ、これが9月上中旬まで持続し、その後急に減少している。

子のう胞子の放出と降雨および気温との間には密接な関係が認められ、降雨によって罹病枝上の子のう殻が吸水した場合にかぎって放出され、高気温の場合には放出量が著しく多い。特に高温が持続した後に多量の降雨にあえば放出が盛んに認められた。そして低温期の5～6月および9月の放出量は気温に支配される場合が多くなっている。

前述のことから、年による放出量の変動は、その年の降雨と気温とによって支配される。したがって、1965年には、7月の多雨のため放出が多く、また9月にも多いのは9月上・中旬に降雨が多く、しかも高温であったことに基因するものと考えられる。

#### 4. カラマツ罹病枝における病原菌の生存期間

被害林における罹病木が、伐倒放置された場合の林木の伝染源となりうる期間を明らかにすることを重要な目的として、次の実験を行なった。

1964年5月13日、8年生カラマツから前年の罹病枝を採集し、30cm長さにとりて50本ずつ束にし、東北支場構内において林内地面、林内地上2m、苗畑地面、苗畑地上2m、軒下および室内の6つの状態に保った。毎年2月、5月、8月、11月のはじめに各区から25片の試料を採取してPCP液(800ppm)に30分間浸漬後H-I平板培地\* (9cmペトリ皿内)にならべて、5～7日間25℃に保ち、患部組織から発育してくる先枯病菌のコロニー数によってその生存の有無を確かめた。

結果はTable 5に示すように、林内地面区、苗畑地面区および軒下区では、実験開始後2年3か月間(発病後約2年11か月)、林内地上2cm区と苗畑地上2cm区では2年6か月間(発病後約3年2か月)

\* H-I 培地の組成：粉末酵母エキス (大五栄養化学 K.K.) 3g, 可溶性でんぷん 10g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.25g, 寒天 (日本海産工業 K.K.) 15g, 蒸留水 1l (原・伊藤 1963)。

Table 5. カラマツ罹病枝における病原菌の生存期間  
Longevity of the causal fungus on infected Japanese larch  
shoots under several conditions

| Plot                                           | 病原菌の検出率<br>Percentage of colonies of causal fungus isolated (%) |      |    |      |    |      |    |      |    |    |     |  |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|----|------|----|------|----|------|----|----|-----|--|
|                                                | 分離年月 Date of isolation                                          |      |    |      |    |      |    |      |    |    |     |  |
|                                                | 1964                                                            |      |    | 1965 |    |      |    | 1966 |    |    |     |  |
|                                                | V                                                               | VIII | XI | II   | V  | VIII | XI | II   | IX | XI | XII |  |
| ① 林内地面<br>Put on ground in forest              | 25                                                              | 24   | 24 | 11   | 6  | 21   | 13 | 10   | 3  | 1  | 0   |  |
| ② 林内地上 2m*<br>Hung from branch<br>(Height 2 m) | 25                                                              | 25   | 25 | 6    | 2  | 20   | 15 | 11   | 5  | 2  | 3   |  |
| ③ 苗畑地面<br>Put on ground in<br>nursery          | 25                                                              | 25   | 23 | 4    | 4  | 16   | 13 | 15   | 10 | 1  | 0   |  |
| ④ 苗畑地上 2m<br>Hung above ground<br>in nursery   | 25                                                              | 25   | 24 | 4    | 5  | 10   | 10 | 10   | 21 | 5  | 2   |  |
| ⑤ 軒下<br>Put under eaves                        | 25                                                              | 25   | 25 | 10   | 1  | 11   | 12 | 13   | 9  | 1  | 0   |  |
| ⑥ 室内<br>Put in room                            | 25                                                              | 25   | 24 | 7    | 15 | 11   | 13 | 13   | 0  | 0  | 0   |  |

注: \*10年生カラマツ林, 供試材料の採集月日 1964年5月13日, 供試組織片 25個ずつ。

Note: \*10-year-old Japanese larch forest. The infected shoots were collected on May 13 in 1964, and 25 pieces of infected shoots were used for isolation.

- ① On ground surface in the forest.
- ② At height of 2 m from ground surface in the forest.
- ③ On ground surface in the nursery.
- ④ At height of 2 m from ground surface in the nursery.
- ⑤ Under eaves of the laboratory.
- ⑥ In the laboratory.

の生存が認められた。

なお、罹病枝からの子のう胞子の放出は、発病の翌年は 5~9 月の期間に認められたことは、前実験 3 の結果と同様であったが、その翌年になると、8 月ころまでに少量の放出が認められたにすぎなかった。

##### 5. 病原菌の種子および土壌伝染

先枯病罹病樹から採集したカラマツ種子から育苗した場合、種子伝染による罹病の可能性の有無について検討するために次の試験を行なった。

##### 試験—1

1964年4月27日、各区4個ずつの 1/5,000 a ポットに苗畑土壌をつめて高圧殺菌し、次のように病原菌を接種してカラマツ種子をまき付けた。

2g ずつの種子をルベロン 1,500 倍液に 1 時間浸漬したのち、殺菌水で 3 時間洗浄して床面にまき、その上から H-I 培地に形成させた病原菌\*の柄胞子と、菌糸の細片の混合したものの殺菌水濃厚懸濁液の 9cm ペトリ皿 1 個ずつをふん霧接種して覆土をおおった。なお無接種区では、接種区に準じてまき付けられた種子上に接種区と同量の殺菌水をふん霧した。

\*G<sub>1</sub>-14, 東北支場産カラマツから 1962 年 2 月 21 日分離。

Table 6. 病原菌の種子と土壌に対する接種試験  
Inoculation experiments with the causal fungus to seeds of Japanese larch and soil

| 処 理<br>Treatment                    | 発 芽 本 数<br>Number of seedlings<br>germinated | 発 芽 率<br>Germination<br>percentage (%) | 罹 病 率<br>Percentage of seedlings<br>infected (%) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 種 子 接 種<br>Seed inoculation         | 60                                           | 33.5                                   | 0                                                |
| 土 壌 接 種<br>Soil inoculation         | 79                                           | 39.5                                   | 0                                                |
| 種子土壌接種<br>Seed and soil inoculation | 83                                           | 41.5                                   | 0                                                |
| 無 接 種<br>Control                    | 90                                           | 45.0                                   | 0                                                |

注: 柄孢子および菌糸の懸濁液接種

Note: Inoculated with suspension of conidia and mycelia of the causal fungus.

種子をまき付けたポットは温室（15～30℃）において発芽させ、6月10日から野外に移して、先枯病による自然感染から防ぐように管理して11月1日までの発病状態を調査した。

結果は Table 6 に示すように、病原菌の接種区では、やや発芽が低下したようではあるが、原因は確かめられなかった。発芽苗における先枯病の発生は試験期間を通じて認められなかった。なお、別の試験では壤土と砂土を用いてカラマツ種子と土壌に病原菌を接種し、25℃における発芽苗の先枯病発生の有無について確かめたが、前試験同様に発病は認められなかった。

## 6. 要 結

(1) 罹病枝における柄子殻の形成と柄孢子の噴出は、25℃付近に適温があり、関係湿度100%においてその形成、噴出ともに最も良好であった。このことは、横田<sup>79)81)</sup>の柄孢子の排出は関係湿度98%以上で起こり、100%か飽和状態の25℃前後の場合に最も良好であるとした報告と一致し、夏期の多湿時に盛んに噴出される性質を示している。

子のう殻の形成適温は、20℃付近にあり、関係湿度は100%で最も良好で、柄子殻の形成よりもかなり低温にあり、野外において盛夏以外の時期にも盛んに形成される原因となっているものと考えられる。

(2) 盛岡市における1964～1966年の調査では、子のう胞子の放出は、すでに5月には開始し、6月中・下旬にはかなり増加し、7、8月にピークがあり、9月中旬まで持続し、しだいに減少して10月以降の子のう殻内の残存胞子はわずかしこ認められなかった。

札幌における横田<sup>79)81)</sup>の1962年の調査結果では、6月ころから放出が始まり、11月中旬ころまでつづき、7月中旬～8月中旬まで特に盛んで、10月中旬以降にも子のう殻内に未放出の胞子が多数残存している。また、五十嵐<sup>11)</sup>の苦小枚における感染期の試験結果もほぼこれと一致している。

以上のように盛岡と札幌とで1か月近い季節的ずれを生ずる原因は、おもに気温の差<sup>82)</sup>に基因するものと思われる。

子のう胞子の放出は、横田の報告<sup>79)81)</sup>のように、ほとんど罹病枝が吸水する降雨日に限られたが、秋になって朝露が多くなると、晴天下でも早朝にわずかの放出が認められた。放出は夏型の高温多雨下において増大し、高温が持続したのちに多量の降雨があった場合には、特に多い傾向が認められた。また低温期の5～6月および9月の放出量は気温に支配されることが多くなっている。



以上の観点から、1965 年にほかの 2 か年よりも放出量が多い原因を検討すると、7 月には多雨で放出が多く、しかも 9 月上・中旬に高温多雨であったためと認められる。

本菌とカラマツ落葉病菌 *Mycosphaerella larici-leptolepis* の放出 (小野ら<sup>87)</sup>、横沢ら<sup>84)</sup>) について比べると、本菌のほうが高温を好み、放出時期 (感染期) が高温期に偏している。また、子のう胞子放出に降雨を必要とする本菌に近縁の菌類としては *Physalospora piricola* (ナシ輪紋病菌)<sup>88)</sup> がある。

(3) カラマツ罹病枝組織内における病原菌の生存期間は環境によって異なるが、林内や野外につるされた状態のものは、発病後約 3 年 2 か月間菌糸の状態で生存した。しかし、林内と野外の地面に放置した場合には、約 2 年 11 か月、室内の乾燥状態では約 2 年 3 か月間の生存が確かめられた。また野外の地面と、地面につるされた枝からの子のう胞子の放出は、発病の翌々年には、夏ころまでごくわずかに認められた程度であり、前々年の罹病枝は伝染源としては、重要視しなくてもよいものと思われる。

(4) 先枯病菌のカラマツ種子およびまき付け土壌への接種試験の結果からは、発芽苗への発病は認められなかった。なお、著者らの現在までの調査では、カラマツ球果における先枯病の発生は認められていないので、種子に保菌している可能性はごく低いものと考えられる。

### III 発病と気象因子との関係

本病の発生と気象因子との関係はきわめて密接であり、風を中心とする気象条件との関係については、横田ら<sup>77)80)</sup>、横田<sup>81)</sup>の報告があり、著者らは風のほかに気温と降雨を中心とした気象条件の発病におよぼす影響について研究をすすめてきた<sup>61)66)</sup>。また、1963～1964 年の 2 か年間、花輪線沿線の竜ヶ森鉄道防雪林において、先枯病の発生まんえんと気象条件との関係について調査<sup>89)</sup>を行なってきたので、これらについて次に述べる。

#### 1. 発病と気温との関係 (接種試験)

##### (1) 病原菌の培養菌糸を接種源とした場合

###### 試験—1

1963 年 4 月 16 日、PDA 培地\*に 25°C で 10 日間培養した G1-5 菌\*\*の菌糸の 9 cm ペトリ皿 8 個分に 800 cc の殺菌水を加えてウォーリングブレンダーにかけて菌糸の細片の懸濁液とし、前年 12 月 20 日に 1/5,000 a ポットに 10 本ずつ植えつけて温室内で育成しておいたカラマツ 1 年生苗に、1 ポットあたり 200 cc ずつふん霧接種した。接種された苗木はポリエチレン袋でおおって湿室状態に保ち、所定温度の採光式定温器にそれぞれポット 2 個ずつを収め、48 時間後袋を除去し、その後もかん水をつづけて、湿潤状態に保って発病状態を調査した。結果は Table 7 に示すとおり、高温ほど発病が多く、しかも潜伏期間も短かった。

###### 試験—2

1963 年 6 月 6 日、試験—1 に準じて PDA 培地に培養した培養菌糸の細片をふん霧接種し所定温度下で 3 日間ポリエチレン袋被覆により湿室状態に保ったのち、昼間 (8 時 30 分から 17 時まで) は所定温度の採光式定温器に収め、夜間 (17 時から 8 時 30 分まで) は 13～15°C の室内に置いて発病状態を調査した。

結果は Table 8 に示すように、高温ほど発病が著しく、また潜伏期間も短かった。

\*ジャガイモ寒天培地、\*\*青森県野辺地産カラマツから 1961 年 7 月 1 日分離。

Table 7. カラマツ苗の先枯病発生と気温との関係 (菌糸接種 1)  
Effect of temperature on occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings  
(inoculated with mycelia) Test-1

| 温 度<br>Temperature (°C) | 供 試 枝 数<br>Number of<br>shoots tested | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected (%) |                         |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
|                         |                                       | 6 日 後<br>After 6 days                        | 10 日 後<br>After 10 days |
| 15                      | 200                                   | —                                            | 1.5                     |
| 20                      | 210                                   | +                                            | 10.1                    |
| 25                      | 220                                   | 11.1                                         | 58.1                    |
| 30                      | 212                                   | 15.6                                         | 72.3                    |

注: 供試苗数 20 本ずつ。

Note: 20 seedlings (1-year-old) were tested at each temperature.

Table 8. カラマツ苗の先枯病発生と気温との関係 (菌糸接種 2)  
Effect of temperature on occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings  
(inoculated with mycelia) Test-2

| 温 度<br>Temperature (°C) | 供 試 枝 数<br>Number of<br>shoots tested | 潜 伏 期 間<br>Incubation period | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected |                         |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|
|                         |                                       |                              | 12 日 後<br>After 12 days                  | 14 日 後<br>After 14 days |
| 13~15                   | 201                                   | 14                           | 0                                        | 0.3                     |
| 15                      | 220                                   | 14                           | 0.5                                      | 1.0                     |
| 20                      | 215                                   | 11                           | 1.9                                      | 4.6                     |
| 25                      | 200                                   | 9                            | 7.0                                      | 17.2                    |
| 30                      | 195                                   | 7                            | 11.7                                     | 36.5                    |

注: 供試苗数 20 本ずつ, 湿室処理 (所定温度) 後は夜間は 13~15°C に保つ。

Note: 20 seedlings (1-year-old) were tested at each temperature and the temperature during night was held under 13~15°C.

Table 9. 有傷のカラマツ苗の先枯病発生と気温との関係  
Effect of temperature on occurrence of shoot blight of injured  
Japanese larch seedlings (inoculated with mycelia)

| 温 度<br>Temperature (°C) | 供 試 枝 数<br>Number of<br>shoots tested | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected (%) |                       |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|
|                         |                                       | 4 日 後<br>After 4 days                        | 6 日 後<br>After 6 days |
| 10                      | 150                                   | 33.3                                         | 86.6                  |
| 15                      | 150                                   | 66.6                                         | 93.3                  |
| 20                      | 150                                   | 86.6                                         | 93.3                  |
| 25                      | 150                                   | 99.9                                         | 99.9                  |
| 30                      | 150                                   | 99.9                                         | 99.9                  |
| 35                      | 150                                   | 19.9                                         | 19.9                  |

注: 接種枝数苗木ごと 15 本ずつ。

Note: 15 shoots of Japanese larch seedlings tested were injured on shoot tips with sharp knife before inoculation.

## 試験—3

1962年12月20日、1/5,000 a ポットに1年生カラマツ苗を10本ずつ植え付けて、温室内で育成しておき、その新梢部の幼茎15本ずつに対して、1963年4月2日、殺菌したメスで幅2mm、長さ3mmの大きさに樹皮を剥ぎ、その一端は枝に付着したままとし、その剥皮部にあらかじめPDA培地に25°Cで3日間培養したG1-5菌のコロニーの周縁部の新鮮な部分を2×3mm大に切りとってはさみ、樹皮はもとの状態にもどし、幅5mmのセロファンテープをまいて固定した。以上のように、病原菌を接種した苗木が植えられた3個ずつのポットを、所定温度の採光式定温器に収めて発病状態を調べた。結果はTable 9に示すように、30°C以内では高温なほど発病が著しく、潜伏期間もごく短かった。また低温区における発病も、無傷苗に対して接種を行なった試験—1, 2の場合に比較して高率に発病している。

## (2) 病原菌の柄胞子を接種源とした場合

## 試験—1

1963年12月10日、1/5,000 a ポットにカラマツ当年生苗を15本ずつ植え付けて、温室内で育苗しておいた。翌年3月26日に、H-I培地に形成されたG1-11菌の柄胞子の殺菌水懸濁液(孢子濃度50,000/cc)を1ポットあたり45ccずつふん霧接種し、ポリエチレン袋でおおって48時間温室状態に保ち、所

Table 10. カラマツ先枯病発生と気温との関係(柄胞子接種1)

Effect of temperature on occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings (inoculated with pycnospores) Test-1

| 温 度<br>Temperature (°C) | 供 試 枝 数<br>Number of<br>shoots tested | 罹 病 枝 数<br>Number of<br>shoots infected | 罹 病 枝 率<br>Percentage of<br>shoots infected (%) |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 10                      | 131                                   | 0                                       | 0                                               |
| 15                      | 112                                   | 2                                       | 1.7*                                            |
| 20                      | 124                                   | 29                                      | 23.3**                                          |
| 25                      | 76                                    | 18                                      | 23.6**                                          |
| 28                      | 77                                    | 40                                      | 51.9**                                          |
| 30                      | 87                                    | 52                                      | 59.7**                                          |

注: 供試苗数15本ずつ。

Note: 15 seedlings were tested and were inoculated with pycnospore suspension; \*Incubation period, 10 days; \*\*do 8 days.

Table 11. カラマツ苗の先枯病発生との関係(柄胞子接種2)

Effect of temperature on occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings (inoculated with pycnospores) Test-2

| 温 度<br>Temperature (°C) | 供 試 枝 数<br>Number of<br>shoots tested | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected (%) |                         |                         |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                         |                                       | 10 日 後<br>After 10 days                      | 12 日 後<br>After 12 days | 14 日 後<br>After 14 days |
| 10                      | 121                                   | 0                                            | 0                       | 0                       |
| 15~17                   | 111                                   | 0                                            | 0                       | 0.9                     |
| 20                      | 135                                   | 0                                            | 1.4                     | 3.7                     |
| 25                      | 115                                   | 1.7                                          | 3.4                     | 7.8                     |
| 28                      | 106                                   | 1.8                                          | 4.7                     | 9.4                     |

注: 供試苗数15本。 Note: 15 seedlings were tested.

定温度の採光式定温器に収めて発病させた。その結果は、潜伏期間は 20°~30°C では 8 日間、15°C では 10 日間であり、各区の 20 日間の発病状態は Table 10 に示すように、高温になるほど著しい (Plate 1)。

#### 試験—2

前試験に準じて、1964 年 3 月 28 日、あらかじめ H-I 培地に培養して形成させておいた柄胞子を、カラマツ当年生苗にふん霧接種し、所定温度の採光式定温器内における発病状態を調べた結果は Table 11 に示すように、高温区ほど発病が多く、また潜伏期間も短かった。

#### (3) 病原菌の子のう胞子を接種源とした場合

1961 年 12 月 1 日、1/5,000 a ポットにカラマツ 1 年生苗を 10 本ずつ植え付けて、温室内で育成しておいた。翌年 4 月 2 日、前年に発病したカラマツ造林木の罹病枝 (病枝 10 本) をポットの中央部の苗木中に立てて伝染源とした。所定温度の採光定温器に、2 個ずつのポットを収めて、毎日 1 回ずつ罹病枝が十分吸水する程度の量をふん霧かん水して発病状態を調査した。

Table 12 に示すように、高温の 25°C と 30°C 区においてだけ低率ながら発病が認められたが、潜伏期間はかなり長かった。

Table 12. カラマツ苗に対する子のう胞子による感染におよぼす気温の影響  
Effect of temperature on infection of Japanese larch seedlings by ascospores  
of the causal fungus produced on infected shoots

| 温 度<br>Temperature (°C) | 潜 伏 期 間<br>Incubation period | 供 試 枝 数<br>Number of shoots<br>tested | 罹 病 枝 数<br>Number of shoots<br>infected | 罹 病 枝 率<br>Percentage of<br>shoots infected<br>(%) |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 15                      | 20 days<br>18 "              | 150                                   | 0                                       | 0                                                  |
| 20                      |                              | 155                                   | 0                                       | 0                                                  |
| 25                      |                              | 150                                   | 18                                      | 1.2                                                |
| 30                      |                              | 145                                   | 37                                      | 2.6                                                |

注: 供試苗数 10 本, 伝染源罹病枝 10 本ずつ。

Note: 10 seedlings were tested, and infected shoots of Japanese larch were used as inocula.

#### 2. 病原菌の侵入感染および発病と気温との関係

これまでの試験では、接種から発病までの期間 (接種—温室処理期間—発病期間) を通じて同一温度に保った場合について検討したが、次の試験においては、温室状態に保つ期間 (侵入感染期) と感染発病期間の温度を変えて管理した場合について検討を行なった。

1966 年 4 月 20 日、1/5,000 a ポットにカラマツ 1 年生苗を 10 本ずつ植え付けて育苗しておき、8 月 1 日、H-I 培地に形成された柄胞子の殺菌水懸濁液 (100,000/cc) を 1 ポットあたり 50 cc ずつふん霧接種し、ポリエチレン袋でおおって温室状態に保ち、Table 14 の処理欄の左側の気温の採光式定温器に 48 時間保った。袋を除去したのは、右側の気温の採光式定温器内および野外に移して発病状態を調査し、その結果を Table 13 に示す。なお、試験期間中の野外の気温は Fig. 5 に図示するように夏型の高温を示している。

以上の結果から、侵入感染期から発病期までを通じて高温である 25—25°C 区および 25°C—戸外区では著しく発病が多く、侵入—感染期が高温で、感染—発病期が低温である 25—15°C 区とその反対の 15—25°C 区では著しく発病が少なく、また、いずれも低温の 15—15°C 区では最も少なかった。

Table 13. カラマツ苗の先枯病の感染と発病におよぼす気温の影響  
Effect of temperature on infection of the causal fungus to Japanese larch seedlings and on disease development

| 処 理<br>Treatment | 供 試 枝 数<br>Number of shoot tested | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected (%) |                       |                         |
|------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
|                  |                                   | 6 日 後<br>After 6 days                        | 8 日 後<br>After 8 days | 10 日 後<br>After 10 days |
| 25* — 25°C**     | 48                                | 4.1                                          | 16.3                  | 37.5                    |
| 25 — 15°C        | 57                                | 0                                            | 1.3                   | 4.4                     |
| 25°C — Outdoors  | 44                                | 0.8                                          | 24.7                  | 34.7                    |
| 15 — 25°C        | 56                                | 0                                            | 0                     | 2.0                     |
| 15 — 15°C        | 48                                | 0                                            | 0.8                   | 0.8                     |
| 15°C — Outdoors  | 47                                | 0                                            | 1.4                   | 1.4                     |

注: 供試苗 10 本ずつ 3 連制, \*湿室内温度 (48 時間), \*\*湿室処理後の温度。

Note: Three pots planted 10 seedlings, respectively were tested at each plot. \*Temperature in moist chamber for 48 hours. \*\*Temperature after removing from moist chamber.

### 3. カラマツ苗の育成温度と発病との関係

これまでの試験において、高温ほど発病が多くなった原因の 1 つとして、高温下におけるカラマツ苗の抵抗性の低下が考えられるので、次の試験によって確かめた。

1967 年 12 月 3 日, 1/5,000 a ボットに当年生カラマツ苗を 5 本ずつ植え付け, 10~15°C の温室で活着, 開葉させて 1968 年 12 月 14 日から, 所定温度の採光式定温器内および気温の異なる 2 室からなる温室にボット 4 個ずつ収めて育成しておいた。

4 月 11 日, H-I 培地に形成させておいた G<sub>1</sub>-52 菌\* の柄胞子の殺菌水懸濁液 (100,000/cc) を 1 ボットあたり 50 cc ずつふん霧接種し, いずれの区の苗木とも 25°C で 48 時間湿室状態に保ち, その後 25°C の採光定温器に収めて 21 日間の発病状態を調査した。

結果は Table 14 に示すように, 高温で育成した区ほど発病が多かった。そして, 冬芽形成率は, 低温ほど高くなり, 冬芽形成枝は無形成枝よりも著しく発病が少ない。これらの新梢部組織の顕微鏡写真を Plate 3・1 に示すように, 冬芽形成枝は, 木質化がすすんでおり, 病原菌の侵入抵抗が高まっていることを示しているようである。

なお, 温室内で育成した区の発病が少ない原因は, 冬芽形成率が高いことおよび採光定温器内に比べて十分な光線にあたって強健に育ったためであろう。

### 4. 発病と関係湿度との関係

試験—I, II では, 1963 年 8 月 20 日と 9 月 1 日に 10 cm のカラマツ当年生苗を掘りとりよく水洗し, 50 cc の三角フラスコ内の井戸水に 1 本ずつ根部を浸漬し, 水面に約 5 mm 厚さにヒマシ油を浮かして液面からの蒸散を防ぎ, 1 区 3 本ずつの苗木を用いた。なお, フラスコの口部には綿栓を施して苗木を固定し, 綿栓部はポリエチレンシートで被覆し, ゴム輪で固定した。次に, あらかじめ PDA 培地に培養

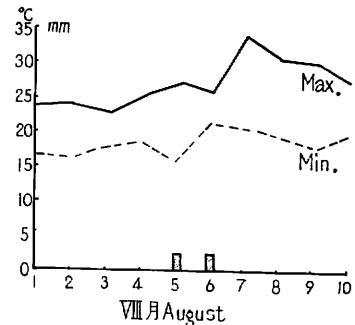


Fig. 5 戸外における気温と降雨量  
Temperature and precipitation in outdoors during the experiment.

\*東北支場産カラマツから 1967 年 8 月 5 日分離。

Table 14. カラマツ苗の育成温度と先枯病発生との関係  
Susceptibility of larch seedlings cultivated at various temperatures to the shoot blight by artificial inoculation

| 育成温度<br>(°C)<br>Temperature             | 苗 長<br>(cm)<br>Length of<br>seedling | 総 枝 数<br>Total<br>number of<br>shoots | 冬芽形成率<br>Percentage<br>of winter<br>buds deve-<br>loped (%) | 平均罹病枝率<br>Av. of<br>percentage<br>shoots<br>infected<br>(%) | 冬芽形成枝罹病率<br>Percentage of<br>infected shoots,<br>developed<br>winter buds<br>(%) | 冬芽無形成枝罹病率<br>Percentage of<br>infected shoots,<br>undeveloped<br>winter buds<br>(%) |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 10                                      | 12.3                                 | 85                                    | 88.2                                                        | 4.6                                                         | 3.0                                                                              | 25.1                                                                                |
| 15                                      | 13.1                                 | 86                                    | 76.7                                                        | 9.3                                                         | 0.9                                                                              | 35.4                                                                                |
| 20                                      | 11.5                                 | 91                                    | 42.8                                                        | 14.2                                                        | 1.9                                                                              | 30.1                                                                                |
| 25                                      | 11.1                                 | 69                                    | 2.8                                                         | 20.2                                                        | 4.6                                                                              | 37.2                                                                                |
| 28                                      | 11.5                                 | 76                                    | 6.5                                                         | 38.1                                                        | 2.2                                                                              | 45.7                                                                                |
| 温室(低温)*<br>Green house<br>(Low temp.)   | 13.1                                 | 136                                   | 98.5                                                        | 0.7                                                         | 1.3                                                                              | 8.3                                                                                 |
| 温室(高温)**<br>Green house<br>(High temp.) | 14.5                                 | 131                                   | 90.8                                                        | 3.8                                                         | 2.1                                                                              | 13.0                                                                                |

注: 各区の苗木は56日間所定温度で育成後、25°Cで病原菌を接種、21日間の発病状態を調査した。

Note: The tested seedlings were cultivated at each temperature for 56 days, and then seedlings were inoculated with the causal fungus at 25°C for 21 days; \* 10~15°C, \*\* 15~25°C.

しておいた G<sub>1</sub>-11 菌の菌糸細片の殺菌水懸濁液 (9cm ペトリ皿 1個分の菌糸, 50cc の殺菌水) を, 5cc ずつふん霧接種して乾かした。これを各種塩類の過飽和溶液によって一定の関係湿度に保った 12cm 径デシケータ内に収め 25°C における発病状態を調査した。

試験Ⅲでは、接種源として自然発病したカラマツ新梢部の柄子殻を形成した新鮮な患部を供試苗の先端部にのせて、Ⅰ、Ⅱの試験同様に管理して発病状態を調査した。なお、各試験とも湿度ごとに2個ずつのデシケータを用いた。

結果は Table 15 に示すように、94% ではわずかに発病するが、顕著な病徴を現わすには 98% 以上の湿度を要する。

## 5. 発病と降雨との関係

### (1) ビニールハウス内における人工降雨の頻度とカラマツ苗の発病との関係

#### 試料および方法

試験地は東北支場第1苗畑で、1965年4月10日、1 plot 1.5×1.5 m, plot 間の間隔は 2 m とし、供試苗は1年生苗の 10cm 程度のものを選び、m<sup>2</sup> あたり 49 本の割合に plot ごと 81 本ずつ床替えを行なった。その周辺には伝染源として前年に罹病した2年生苗を 12 本ずつ植え付けた。さらに 30 cm 程度の前年の罹病枝を各区に 5~10 本ずつさし付けた。

7月1日、日軽アルミニウム工業製の1坪ビニールハウス (ホームカルチャー) を南北に4棟並列して各区の苗木を収容した。ビニールハウスの周辺の地下にはビニールパイプを配管し、これに、ビニールホースを連結してハウス内に均一に配置し、ホースの開口部をふさいで、管壁に針で小孔を均等にあけてバルブを開くと霧雨状の人工降雨が起こるように設備した。ハウス内の温度調節のために天窓は開放し、降雨の際は閉めて雨水が室内にはいらないようにした。また戸口は晴天日には開放し、降雨日には閉めた。

Table 15. カラマツの先枯病発生と関係湿度との関係  
Effect of relative humidity on occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings

| 過飽和溶液<br>Salt in over<br>saturated<br>aqueous<br>solution (%) | 関係湿度<br>Relative<br>humidity<br>(%) | 試験 I<br>Test I              |                        | 試験 II<br>Test II       | 試験 III<br>Test III   |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
|                                                               |                                     | 罹病程度<br>Degree of infection |                        |                        |                      |
|                                                               |                                     | 9 日後<br>After 9 days        | 14 日後<br>After 14 days | 14 日後<br>After 14 days | 6 日後<br>After 6 days |
| 蒸留水<br>Distilled water                                        | 100                                 | +                           | +++                    | +++                    | ++                   |
| K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                | 98                                  | +                           | +++                    | +                      | +                    |
| KNO <sub>3</sub>                                              | 94                                  | —                           | +                      | ±                      | —                    |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                               | 92                                  | —                           | —                      | —                      | —                    |
| KCl                                                           | 87                                  | —                           | —                      | —                      | —                    |

注: 試験 I, II は培養菌糸ふん霧接種, III は柄孢子形成枝を接種源とした。

Note: At test I, II, mycelial suspension was used as inocula and at test III, infected shoots developed pycnosporos was used.

Table 16. 試験期間中の人工降雨  
Artificial precipitation during the experiment

| 区名<br>Plot                  | 降雨期間<br>Period | 降雨回数<br>Frequency | 総降雨時間<br>Total time of<br>precipitation<br>(hour) | 総降雨量<br>Total of<br>precipitation<br>(mm) |
|-----------------------------|----------------|-------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 毎日降雨<br>Every day           | 1/VII~30/VIII  | 72                | 360                                               | 3,600~3,760                               |
| 3日おき降雨<br>Every fourth day  | 3/VII~28/IX    | 26                | 130                                               | 1,300~2,080                               |
| 6日おき降雨<br>Every seventh day | 3/VII~25/IX    | 15                | 75                                                | 750~1,200                                 |
| 野外<br>Outdoors              | 1/VII~30/IX    |                   |                                                   | 683                                       |
| 無降雨<br>Non-rainfall         |                |                   |                                                   |                                           |

注: 1日の降雨時間5時間, 降雨量 50~80 mm.

Note: The precipitation period per one day was for 5 hours, and the amount was 50~80 mm.

試験設計は Table 16 に示すとおりで, 人工降雨期間は7月1日から9月末までで, 降雨時間は1日5時間, 降雨日の降雨期間は8時30分~9時から13時30分~14時までとした。

なお, 無降雨区では乾燥した際には, 苗木の地上部に水がかからないように地ぎわ部の土壌だけにかん水した。

気温の上昇につれて, ビニールハウス内の気温が異常に上昇したので, 7月4日, かんれいしゃでハウスを被覆し, さらに7月8日からよしずで被覆した。ハウス内の地上 15cm のところと野外の百葉箱内の気温を比較した結果は Fig. 6 に示すように, 最低気温においてハウス内が野外よりも低い。この原因は, ハウス内では百葉箱よりも低い位置で観測されたためであろう。

発病の中間調査は7月31日, 8月21日, 9月21日に行ない, 最終調査は11月2日に実施した。

#### 試験結果

各区の発病経過は, Fig. 7 に示すように7月下旬に, 毎日降雨区と野外区に発病が認められ, その後季

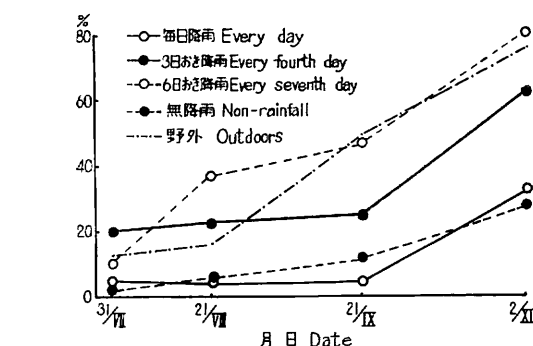
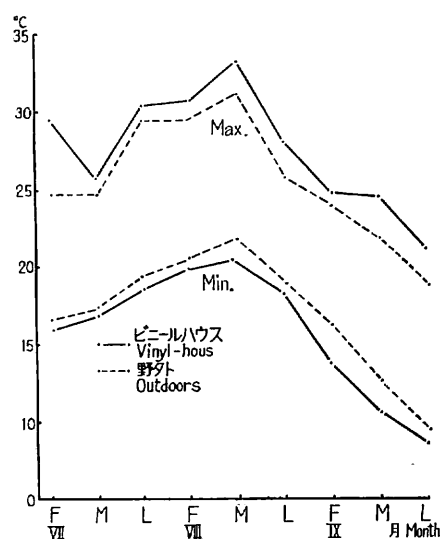


Fig. 7 降雨の頻度とカラマツ苗先枯病の発生経過  
Developmental process of shoot blight of  
larch seedlings in each plot.

← Fig. 6 ビニールハウス内と外の気温の比較  
Temperature in vinyl-house and outdoors.

Table 17. カラマツ苗の先枯病発生と人工降雨との関係  
Effect of frequency of artificial precipitation on occurrence of shoot  
blight of Japanese larch seedlings in vinyl-house

| 区<br>Plot<br>名              | 残存苗数<br>Number of<br>seedlings<br>remained | 罹病苗数<br>Number of<br>seedlings<br>infected | 罹病株率<br>Percentage<br>of seedlings<br>infected (%) | 罹病枝率<br>Percentage<br>of shoots<br>infected (%) | 苗木の成長<br>Growth of seedling |                                  |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
|                             |                                            |                                            |                                                    |                                                 | 苗長<br>Length<br>(cm)        | 根元径<br>Basal<br>diamater<br>(mm) |
| 毎日降雨<br>Every day           | 39                                         | 13                                         | 33.3                                               | 6.4                                             | 21.6                        | 5.1                              |
| 3日おき降雨<br>Every fourth day  | 71                                         | 44                                         | 62.0                                               | 14.5                                            | 27.2                        | 5.2                              |
| 6日おき降雨<br>Every seventh day | 74                                         | 59                                         | 79.8                                               | 21.8                                            | 29.5                        | 5.3                              |
| 野外<br>Outdoors              | 76                                         | 60                                         | 78.9                                               | 12.2                                            | 43.1                        | 6.9                              |
| 無降雨<br>Non-rainfall         | 75                                         | 19                                         | 25.3                                               | 3.5                                             | 36.7                        | 5.8                              |

節が進むにつれて目だってきた。

最終調査結果は Table 17 に示すとおり、罹病株率においては6日おき降雨区と野外区が最も高く、ついで3日おき降雨区の順で、毎日降雨区では苗木の枯損も多く、罹病率も低く、無降雨区では最も低かった。

罹病枝率については、6日おき降雨区が最も高く、ついで3日おき区、野外区、毎日区、無降雨区の順となっている。

苗木の成長についてみると、最もよいのは野外区で、ついで無降雨区、6日おき区、3日おき区の順で、毎日降雨区では最も不良であった (Plate 2)。

(2) 罹病枝からの子のう胞子の放出と人工降雨の頻度との関係



Table 18. 人工降雨と病原菌の子のう胞子放出との関係  
Effect of artificial precipitation on expulsion of ascospores  
of the causal fungus produced on Japanese larch shoots

| 降雨該当区<br>Rainy plot | 子のう胞子放出数 Number of ascospores disseminated |                                 |                                   |                        |
|---------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
|                     | A. 毎日降雨*<br>Every day                      | B. 3日おき降雨**<br>Every fourth day | C. 6日おき降雨***<br>Every seventh day | D. 無降雨<br>Non-rainfall |
| A                   | 111                                        | 1                               | 1                                 | 5                      |
| A, B                | 136                                        | 94                              | 5                                 | 4                      |
| A, B, C             | 144                                        | 123                             | 187                               | 5                      |

注: \*12回の平均, \*\*4回の平均, \*\*\*5回の平均。

Note: \*Average of 12 repetitions, \*\*Average of 4 repetitions, \*\*\*Average of 5 repetitions.

(1) の各区内におけるカラマツ罹病枝からの子のう胞子の放出状態を調査した。

#### 試料および方法

子のう胞子の放出状態を調査するために、各区内に  $20 \times 15 \times 10$  cm の大きさの金網かごを設置し、前年の罹病枝を 10 cm 長さにそろえて、30 本ずつ金網かごの網上にならべた。その下方（裏側）にはグリセリン・ニカワを塗布したスライドガラスを 3 枚配置して、放出する子のう胞子を捕そくした。この罹病枝が十分に吸水するまで 1 時間そのまま散水水中に放置し、その後ビニールで被覆して放出した子のう胞子が雨水で流されないようにした。放出胞子数は、 $18 \times 18$  mm<sup>2</sup> のカバーガラス内のものについてかぞえた。なお、胞子形成能力のなくなった罹病枝は、新しいものに更新して試験を実施した。

#### 試験結果

Fig. 8 および Table 18 に示すとおり、各区における子のう胞子の放出は降雨日に限られた。したがって、降雨の多い区ほど多くなっている。なお、無降雨区における多少の放出は、外部からの雨水の侵入によるものである。

#### (2) 感染期における降雨とカラマツ苗の発病との関係

どの時期における降雨が先枯病発生に最も密接な関係を有するかを確かめるために、月ごとにビニールハウス内に苗木を収容して、降雨からシャ断して試験を行なったが、ハウス内の気温の上昇のために、季節の影響が現われなかったので次の方法によって確かめた。

1966 年 4 月 10 日、30 cm 径素焼きばらに 1 年生カラ

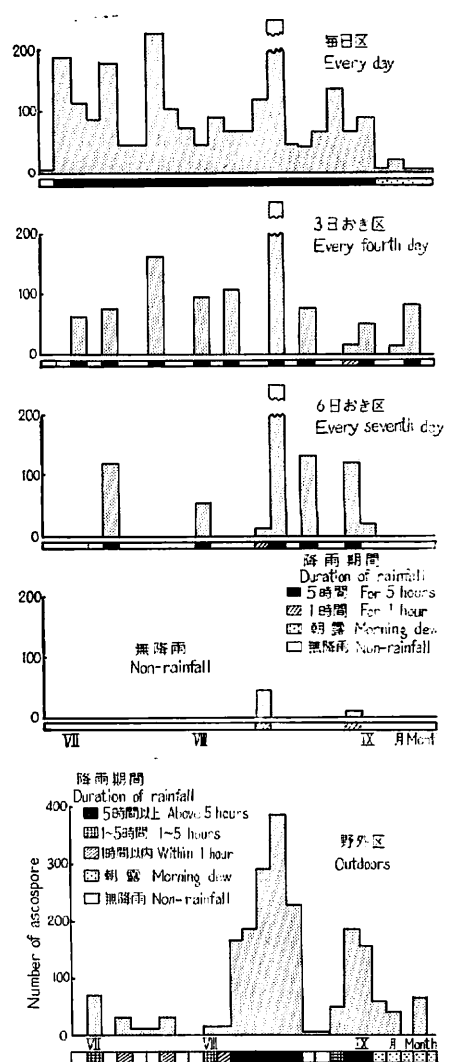


Fig. 8 子のう胞子放出と降雨の頻度との関係  
Effect of frequency of rainfall on ascospore expulsion.

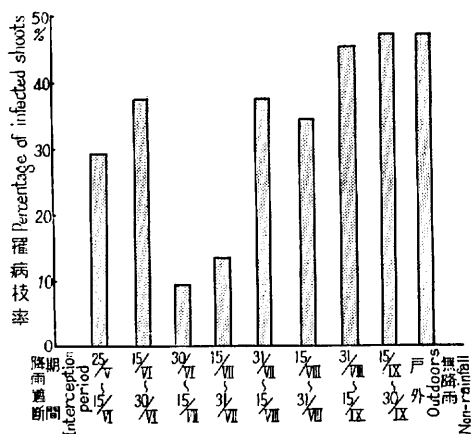
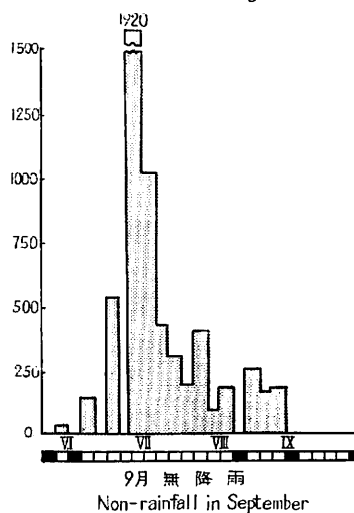
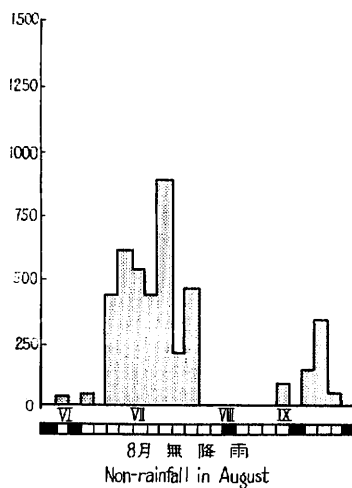
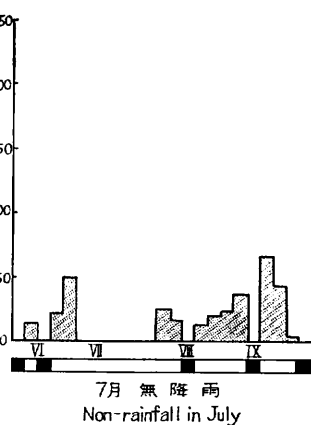
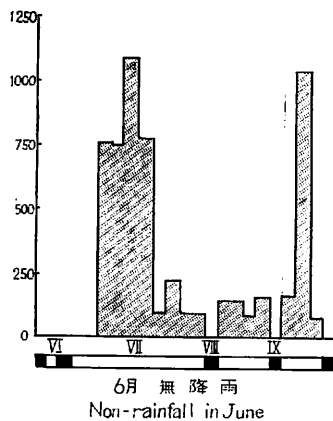


Fig. 9 カラマツ先枯病の発生と降雨の遮断期間との関係

Effect of interception period of rainfall during infection period on occurrence of shoot blight of larch seedlings.

マツ苗を10本ずつ植え付けて野外で育苗しておき、5月25日に前年に発病したカラマツ罹病枝(病枝10本)をはちの中心にさして伝染源とした。各区5個ずつのはちを Fig. 9 に示すそれぞれの期間に、低温装置のある20°Cの温室内に収めて降雨からしゃ断し、それ以外の期間は野外において発病状態を調査した。なお、試験期間中の気象条件は Fig. 1 に示すとおりである。10月6日の最終調査時の1はちあたりの総枝数は350~560本で、各区の罹病枝率を Fig. 9 に示す。

この結果をみると、発病には7月前半と後半の降雨が最も重要であり、6月前半と後半、8月前半および8月後半の降雨も関係があるが、9月にはいつからの降雨は、発病にはほとんど影響をおよぼさ



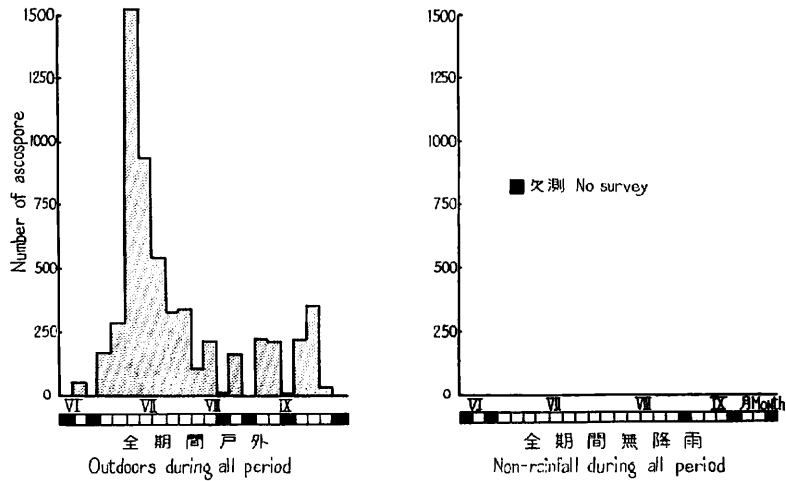


Fig. 10 子のう胞子放出の季節的変動と降雨しゃ断期間との関係

Effect of interception period of rainfall on seasonal variation of ascospore expulsion.

ないことが示されている (Plate 3・2, Plate 4)。

### (3) 子のう胞子の放出と降雨しゃ断時期との関係

東北支場苗畑において、1965年6～9月の各月のそれぞれの1か月間、カラマツ罹病枝を自然の降雨からしゃ断した場合における子のう胞子放出の季節的変動について確かめた。

降雨しゃ断時期には、1坪ビニールハウス内に供試罹病枝を入れて自然の降雨からさえぎり、それ以外の時期には野外において子のう胞子の放出状態を調査した。その装置は、内り15×15×5 cmの木箱に4 mm目の金網を張り、前年に発病した罹病枝を10 cm長さにそろえて30本ずつならべ、その1 cm下方にグリセリン・ニカワを塗布したスライドガラスの塗布面を上向きに3枚配置し、降雨日ごとの18×18 mm<sup>2</sup>あたりの子のう胞子の放出状態を調査し、結果をFig. 10に示す。なお、試験期間中、供試罹病枝の子のう胞子の放出能力のなくなったものは新しい材料で更新した。

この結果から、7月の降雨のしゃ断は、著しく年間の放出量を減少し、この時期の降雨が特に重要なことが示されている。

## 6. 竜ヶ森鉄道防雪林における先枯病の発生と気象条件および地形

本調査はカラマツ林における先枯病の発生まんえんと、各種気象因子および地形との関係を解析する目的で1963～1964年の2年間実施したもので、病理学的分野は、佐藤、横沢および庄司が担当し、気象因子の観測はおもに小島が分担した。また、調査地における土壌および植生の調査は、育林第3研究室員仙石鉄也技官の協力によって実施した。

### (1) 調査地の環境

竜ヶ森鉄道防雪林は岩手県二戸郡安代町にあ

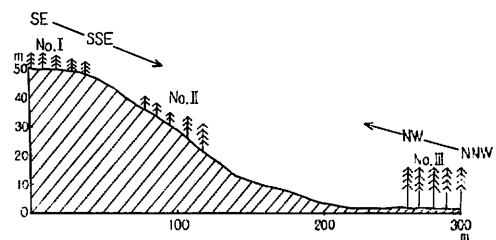


Fig. 11 調査地の略図  
Sketch of the investigated plots.

り、花輪線沿線の竜ヶ森駅周辺の約 10 ha にわたる 1951 年(昭和 26) 植栽の先枯病の激害林分からなっている。

この地域が先枯病の激害地帯になっている原因は、奥羽山系に位置するために表日本側としては、7~8月の降雨量が多く、奥羽山脈を沿いに横断する風が強く、高原地形のためその影響が大きいからである(佐藤<sup>50)</sup>、佐藤<sup>52)</sup>)。

気象観測は駅構内を基点とし、長期巻き自記風向風速計、自記温湿度計および自記雨量計を設置して実施した。地形の異なる林分における発病と風との関係を調査するために、基点のほかに次の3つの観測点(Fig. 11)を設定した。

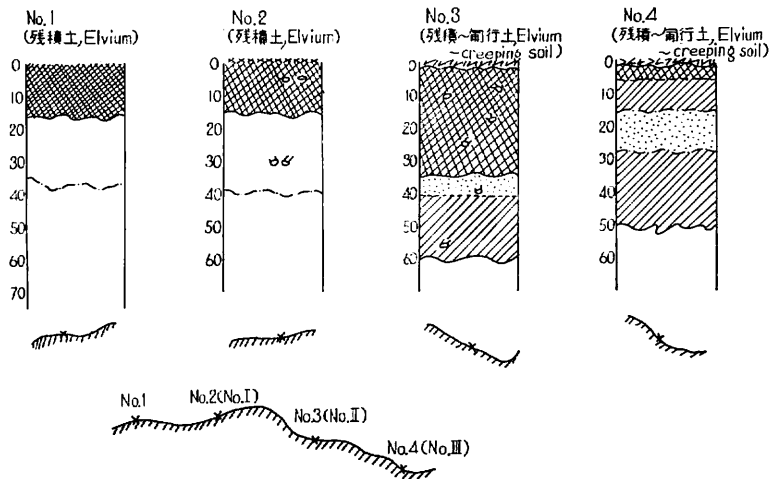


Fig. 12 調査地の位置と土壌断面  
Situation of surveyed plots and the soil profile.

No. I (峯): 被害林内における斜面の上部に位置し、風当たりが強く、被害が最も著しい地点。

No. II (中腹): No. I の下方(標高差約 20 m)、No. III との中間部に位置し、基点と同一標高の地点。

No. III (谷): No. II の下方の沢の部分に位置し、風あたりが弱く、被害が最も少ない個所で No. I との標高差約 50 cm の地点。

1963 年 7 月 7 日に実施した各観測点における土壌と植生調査の結果は次のとおりである。

調査地一帯は、火山放出物でおおわれた平坦な地形が広く分布し、凹地にはグライ土壌が現われている。そのほかは適潤性から弱乾性の黒色土壌が分布している。No. 1~No. 4 の土壌は、いずれも適潤性の黒色土壌であるが平坦な地形に現われているものと、やや傾斜のある斜面に現われるものとに分けられる。

No. 1, No. 2 の土壌断面は、A<sub>0</sub> 層を欠いているか、またはきわめて薄く堆積し、層全体は堅密である。黒色の土層は約 15 cm あり、B 層は比較的粘性に富んだ適潤性の黒色土壌である。No. 3, No. 4 の土壌断面は、やや傾斜の斜面に現われ、F 層はわずかに堆積し、黒色の土層比較的深く、構造の発達もみとめられる。各調査地点における土壌断面は、Fig. 12 に示すとおりで、各断面は次のとおりである。

No. 1 B/D 残積土

A 層 : 7.5 YR  $\frac{3}{1}$ , 堅, 潤, L-SL, 少し堅果状構造が認められる。

AB 層 : 7.5 YR  $\frac{4}{3}$ , 堅, 潤, CL-L, ややかべ状。この土壌は比較的解析の進まない安定した地形にみられる黒色土壌である。各層とも堅く, 下層は埴質。

#### No. 2 B/d 残積土

L 層 : わずかに堆積。

A 層 : 7.5 YR  $\frac{15}{1}$ , 堅, L, ややかべ状。

AB 層 : 7.5 YR  $\frac{3}{2.5}$ , 堅, L-CL, 潤, かべ状。

B 層 : 7.5 YR  $\frac{5}{7}$ , やや堅, CL, 潤, かべ状。

#### No. 3 B/d (残積～徧行土)

F 層 : わずかに堆積。

A 層 : 7.5 YR  $\frac{1}{1}$ , やや堅, 弱い堅果状～塊状構造がみられる。

A' 層 : 7.5 YR  $\frac{3}{1}$ , 堅, 潤, SL, 火山放出物がみとめられる。かべ状。

B 層 : 7.5 YR, 堅, 潤, L-SL, かべ状。

この土壌は斜面にみられる黒色の土壌で, A 層は比較的深い。また A 層には弱度の構造が発達している。

#### No. 4 B/d (残積～徧行土)

F 層 : わずかに堆積。

A<sub>1</sub> 層 : 7.5 YR  $\frac{1}{1}$ , 粗, 団粒状構造がみられる。

A<sub>2</sub> 層 : 7.5 YR  $\frac{1}{1}$ , 堅, L。

V : 7.5 YR  $\frac{3}{1}$ , 潤, SL, 火山放出物。

A' : 7.5 YR  $\frac{1}{1}$ , 堅, 潤。

B' : 7.5 YR  $\frac{4}{6}$ , やや堅, 潤～湿, CL。

この土壌は No. 3 と同様な地形に現われ, A<sub>1</sub> 層にはわずかながら団粒構造がみられ, また火山放出物の層 (V) も比較的判然としている。

植生調査の結果は次のとおりである。

#### No. 1

SH : カシワ 2, アカマツ 2—1, シラカンバ 1

G : シバクサ 5, イヌヨモギ 3, ノチドメグサ 3, アズマギク 2, キジムシロ 2, スミレ 2, ヤマヨモギ 2, オキナグサ 2, ヒメスイバ 1, ススキ 2, ニガナ 2, オカトラノオ 2, ウツボグサ 1, ノアザミ 1, ワラビ 1, ノイバラ 1, ヒカゲスゲ 1

#### No. 2

SD : カラマツ 4

SH : トドマツ 2

G : シバクサ 5, チマキザサ 4, ススキ 2, オトギリソウ 1, オカトラノオ 1

#### No. 3

SH : カラマツ 4, カシワ 1

G : チマキザサ 4, ワラビ 2, ナワシロイチゴ 2, オカトラノオ 2, クガイソウ 2, トリアシショウマ 2, ヘビノネゴザ 1, ハナウド 1, ヤマヨモギ 1

Table 19. カラマツ先枯病の発生経過と造林地の地形との関係  
Effect of landfeature on developmental process of shoot blight  
in Japanese larch forest (1963)

| 調査月日<br>Date of survey | 発病期間<br>Period of disease<br>development | 罹病程度 Degree of infection |                       |                  |
|------------------------|------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|
|                        |                                          | 峯<br>Upper flat          | 中 腹<br>Mountain slope | 谷<br>Bottom site |
| 4/VI                   | 7/V ~ 4/VI                               | —                        | —                     | —                |
| 11/VI                  | 4/VI ~ 11/VI                             | —                        | —                     | —                |
| 18/VI                  | 11/VI ~ 18/VI                            | —                        | —                     | —                |
| 25/VI                  | 18/VI ~ 25/VI                            | —                        | —                     | —                |
| 2/VII                  | 25/VI ~ 2/VII                            | —                        | —                     | —                |
| 9/VII                  | 2/VII ~ 9/VII                            | +                        | ++                    | —                |
| 16/VII                 | 9/VII ~ 16/VII                           | ++++                     | ++++                  | ++               |
| 23/VII                 | 16/VII ~ 23/VII                          | ++                       | +++                   | ++               |
| 30/VII                 | 23/VII ~ 30/VII                          | ++++                     | +++++                 | ++               |
| 6/VIII                 | 30/VII ~ 6/VIII                          | No survey                | No survey             | No survey        |
| 13/VIII                | 6/VIII ~ 13/VIII                         | No survey                | No survey             | No survey        |
| 20/VIII                | 13/VIII ~ 20/VIII                        | ++                       | ++                    | ++               |
| 27/VIII                | 20/VIII ~ 27/VIII                        | ++                       | ++                    | ++               |
| 3/IX                   | 27/VIII ~ 3/IX                           | No survey                | No survey             | No survey        |
| 10/IX                  | 3/IX ~ 10/IX                             | +                        | +                     | +                |
| 17/IX                  | 10/IX ~ 17/IX                            | —                        | —                     | —                |
| 25/IX                  | 17/IX ~ 25/IX                            | —                        | —                     | —                |
| 11/X                   | 25/IX ~ 11/X                             | —                        | —                     | —                |

注: 罹病程度 (被害枝率)

Note: Degree of infection (Percentage of shoots infected) —…0, +…<0.09, ++…0.1~1.0, +++…1.1~2.0, ++++…2.1~3.0, ++++…3.1~4.0, +++++…4.1~5.0.

#### No. 4

SD: カラマツ 4, カシワ 1, シラカンバ 1

G: チマキザサ 5, ヌスビトハギ 2, トリアシショウマ 2, オカトラノオ 2, ウツボグサ 1, ススキ 1, アキタフキ 1, ニガナ 1, ヒカゲスゲ 1, メドハギ 1, ツルウメモドキ 1

#### (2) 各観測点におけるカラマツの発病の推移

1963~1964 年の2か年間の各観測点における先枯病の発生経過を明らかにするため, 中害の標本木を5本ずつ選んだ。これらの標本木における発病時期を知るために, 1週間ごとに定期的に調査し, その際の発病枝はすべて切除して, 次回の調査日までの発病状態をはあくする方法をとった。

結果は Table 19・20 に示すように, 1963 年には発病開始も早く, 集団的発生も7月中旬にみられるのに対して, 64 年には発病開始がおそく, 集団的発生は8月上旬に現われている。

また, 地形による罹病程度の差だけでなく, 発病開始の差もみられ, 被害の少ない谷では峯や中腹におけるよりも1週間前後遅れている。

1964 年に, 各観測点を中心として6本ずつの標本木を選んで, 上記調査に準じて被害度によって被害の推移を調査した結果は Fig. 13 に示すように, 峯と中腹では谷におけるよりも発病時期が早く, しかも終期も遅く, 被害が著しかった。

Table 20. カラマツ先枯病の発生経過と造林地の地形との関係  
Effect of landfeature on developmental process of shoot blight  
in Japanese larch forest (1964)

| 調査月日<br>Date of survey | 発病期間<br>Period of disease development | 罹病程度 Degree of infection |                      |                  |
|------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|
|                        |                                       | 峰<br>Upper flat          | 中腹<br>Mountain slope | 谷<br>Bottom site |
| 9/VI                   | 2/VI~ 9/VI                            | —                        | —                    | —                |
| 16/VI                  | 9/VI~16/VI                            | —                        | —                    | —                |
| 23/VI                  | 16/VI~23/VI                           | —                        | —                    | —                |
| 30/VI                  | 23/VI~30/VI                           | —                        | —                    | —                |
| 7/VII                  | 30/VI~ 7/VII                          | +                        | +                    | —                |
| 14/VII                 | 7/VII~14/VII                          | No survey                | No survey            | No survey        |
| 21/VII                 | 14/VII~21/VII                         | ++                       | ++                   | +                |
| 28/VII                 | 21/VII~28/VII                         | ++                       | ++                   | +                |
| 4/VIII                 | 28/VII~ 4/VIII                        | +++++                    | +++++                | ++               |
| 11/VIII                | 4/VIII~11/VIII                        | +++                      | +++                  | ++               |
| 18/VIII                | 11/VIII~18/VIII                       | +++++                    | +++++                | +++              |
| 25/VIII                | 18/VIII~25/VIII                       | No survey                | No survey            | No survey        |
| 1/IX                   | 25/VIII~ 1/IX                         | +++                      | +++                  | ++               |
| 8/IX                   | 1/IX~ 8/IX                            | ++                       | ++                   | ++               |
| 15/IX                  | 8/IX~15/IX                            | ++                       | ++                   | +                |
| 22/IX                  | 15/IX~22/IX                           | +                        | +                    | +                |
| 29/IX                  | 22/IX~29/IX                           | —                        | —                    | —                |
| 6/X                    | 29/IX~ 6/X                            | —                        | —                    | —                |

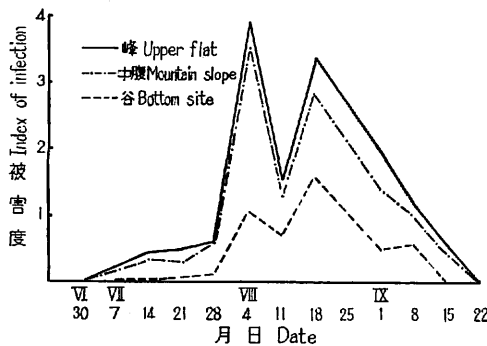


Fig. 13 カラマツ先枯病の発生経過と地形との関係 (1964)

Effect of landfeature on developmental process of shoot blight of larch trees.

次に、1964年における被害程度を異にする林木の発病の推移を明らかにするために、No. 1 地点付近に激害、中害および微害木をおのおの5本ずつ選ん

で、前述の Table 20, 21 の調査に準じて1週間ごとに発病枝数を調査し、その推移を簡略化して Fig. 14 に示す。

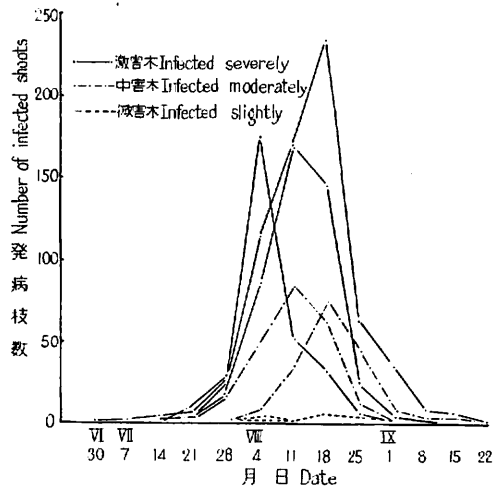


Fig. 14 前年の罹病木の発病の推移  
Developmental process of shoot blight of larch trees infected in previous year (1964).

Table 21. カラマツ先枯病の発生と造林地の地形との関係  
Effect of landfeature on occurrence of shoot blight of Japanese larch forest

1963 年

| 調 査 地<br>Plot               | 被 害 率<br>Percentage<br>of trees<br>infected (%) | 被 害 程 度<br>degree of damage |    |   | 被 害 度<br>Index of<br>damage | 平 均 成 長 量<br>Average of tree growth |                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|----|---|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|                             |                                                 | +++                         | ++ | + |                             | 樹 高<br>Height<br>(cm)               | 胸 高 直 径<br>Chest diameter<br>(cm) |
| No. I 峰<br>Upper flat       | 100                                             | 80                          | 18 | 2 | 4.6                         | 3.6                                 | 7.0                               |
| No. II 中腹<br>Mountain slope | 100                                             | 84                          | 14 | 2 | 4.7                         | 2.8                                 | 5.0                               |
| No. III 谷<br>Bottom side    | 100                                             | 42                          | 56 | 8 | 3.7                         | 7.5                                 | 11.5                              |

1964 年

|         |     |    |    |    |     |     |      |
|---------|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| No. I   | 100 | 86 | 4  | 10 | 4.5 | 4.0 | 6.9  |
| No. II  | 100 | 74 | 20 | 6  | 4.4 | 3.0 | 5.2  |
| No. III | 100 | 28 | 20 | 52 | 2.4 | 5.0 | 11.7 |

この結果から、被害程度が低いものほど発  
病開始期が遅れ、しかもその終止期が早い傾  
向が認められる。

各観測点を中心とした100本ずつの林木に  
ついて、1963年11月1日と1964年10月6  
日に被害状態を調査した結果は、Table 21  
に示すように No. I と No. II では被害状  
態に著しい差がなく、No. III では前2者よ  
りかなり少ない。

次に2か年間の被害を比較すると、1963年  
よりも64年のほうが被害が少なく、特に中  
腹 (No. II) から谷 (No. III) にむかって差  
が大きくなっている。

林木の成長は No. III が最も良好で、これ  
は先枯病の被害が少ないほかに、前述の土壤  
調査結果から、土壤が比較的良いことも影響  
しているものと思われる。

### (3) 発病と気象条件との関係の検討

以上述べたような発病状態を示した原因に  
ついて、気象の面から検討した結果は次のと  
おりである。

まず、基点における2か年の半旬期別の気  
温と降水量を Fig. 15 に示すが、1963年に

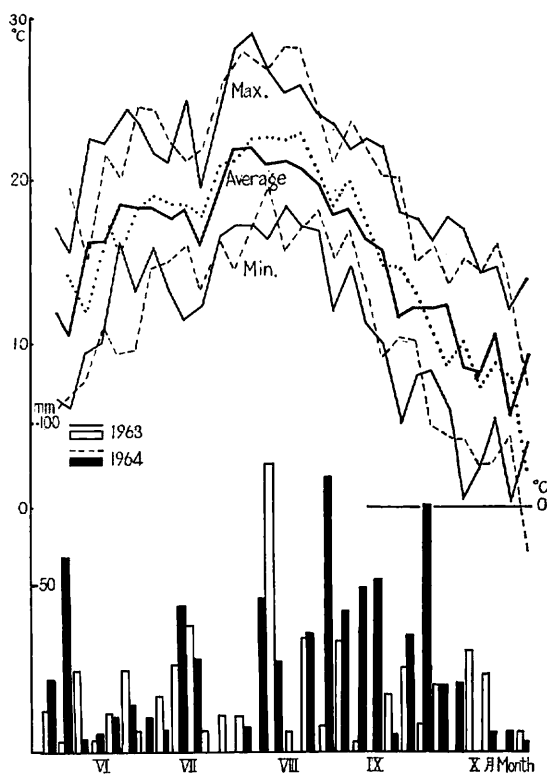


Fig. 15 竜ヶ森における気温と降雨量(1963~1964)  
Temperature and precipitation at Ryugamori  
during infection period of the disease in 1963  
~1964.



Table 22. 晴天と雨天日における風向の頻度  
Wind direction on fine and rainy days, respectively at Ryugamori 1963 年

| 天候 Weather            |            | 晴 天 Fine day |    |    |    |            |                   | 雨 天 Rainy day |    |    |   |            |                   |
|-----------------------|------------|--------------|----|----|----|------------|-------------------|---------------|----|----|---|------------|-------------------|
| 風 向<br>Wind direction | 月<br>Month | 6            | 7  | 8  | 9  | 計<br>Total | Percentage<br>(%) | 6             | 7  | 8  | 9 | 計<br>Total | Percentage<br>(%) |
|                       |            |              |    |    |    |            |                   |               |    |    |   |            |                   |
| SE                    |            | 12           | 14 | 13 | 7  | 46         | 20.7              | 6             | 18 | 11 | 4 | 39         | 17.6              |
| ESE                   |            | 1            | 2  | 4  |    | 7          | 3.2               |               |    |    | 1 | 1          | 0.4               |
| SSE                   |            | 1            | 1  | 3  | 3  | 8          | 3.6               | 3             | 4  |    | 2 | 10         | 4.5               |
| E                     |            |              |    |    | 1  | 1          | 0.4               |               |    | 1  |   | 1          | 0.4               |
| NE                    |            |              | 2  | 2  |    | 4          | 1.8               |               |    | 2  |   | 2          | 0.9               |
| NW                    |            | 4            | 4  | 8  | 13 | 29         | 13.1              | 1             | 1  | 2  | 7 | 11         | 5.0               |
| NNW                   |            | 9            | 8  | 4  | 6  | 27         | 12.3              | 10            | 3  | 2  | 3 | 18         | 8.1               |
| WNW                   |            | 3            | 1  |    | 2  | 6          | 2.7               |               |    |    | 5 | 5          | 2.3               |
| W                     |            | 3            | 1  |    |    | 4          | 1.8               | 1             |    |    |   | 1          | 0.4               |
| N                     |            |              | 1  |    |    | 1          | 0.4               | 1             |    |    |   | 1          | 0.4               |

1964 年

|     |   |   |    |    |    |      |   |    |    |    |    |      |
|-----|---|---|----|----|----|------|---|----|----|----|----|------|
| SE  | 4 | 5 | 10 | 4  | 23 | 10.6 | 8 | 16 | 16 | 19 | 59 | 27.2 |
| ESE |   |   | 1  |    | 1  | 0.5  |   | 2  | 1  |    | 3  | 1.4  |
| SSE | 3 | 2 |    | 1  | 6  | 2.8  | 3 | 4  | 3  | 2  | 12 | 5.5  |
| E   | 1 | 1 |    |    | 2  | 0.9  |   | 1  |    |    | 1  | 0.5  |
| NE  | 2 | 1 |    | 2  | 5  | 2.3  |   | 2  |    |    | 2  | 0.9  |
| NW  | 7 | 8 | 1  | 7  | 23 | 10.6 | 3 | 4  | 3  | 6  | 16 | 7.3  |
| NNW | 4 | 6 | 2  | 11 | 23 | 10.6 | 1 | 6  | 5  | 1  | 13 | 6.0  |
| WNW | 1 |   |    |    | 1  | 0.5  |   |    |    |    |    |      |
| NNE | 6 | 2 | 6  | 1  | 15 | 6.9  | 9 | 1  | 2  |    | 12 | 5.5  |

Table 23. 最高気温 20°C 以上の場合の晴天と雨天の風向の頻度  
Wind direction on fine and rainy days when maximum temperature was  
above 20°C at Ryugamori 1963 年

| 天候 Weather            |            | 晴 天 Fine day |   |   |   |            |                   | 雨 天 Rainy day |   |   |   |            |                   |
|-----------------------|------------|--------------|---|---|---|------------|-------------------|---------------|---|---|---|------------|-------------------|
| 風 向<br>Wind direction | 月<br>Month | 6            | 7 | 8 | 9 | 計<br>Total | Percentage<br>(%) | 6             | 7 | 8 | 9 | 計<br>Total | Percentage<br>(%) |
|                       |            |              |   |   |   |            |                   |               |   |   |   |            |                   |
| SE                    |            | 1            | 5 | 5 | 2 | 13         | 16.2              | 1             | 8 | 4 | 1 | 14         | 17.4              |
| ESE                   |            | 2            | 2 | 3 |   | 7          | 8.7               | 1             | 2 |   | 1 | 4          | 5.0               |
| SSE                   |            |              |   |   |   |            |                   | 1             |   |   |   | 1          | 1.3               |
| E                     |            |              |   |   |   |            |                   |               |   | 1 |   | 1          | 1.3               |
| NW                    |            | 4            | 1 | 3 | 2 | 10         | 12.5              | 2             | 1 |   |   | 3          | 3.7               |
| NNW                   |            | 1            | 1 | 3 | 3 | 8          | 10.0              | 1             |   | 1 |   | 2          | 2.5               |
| WNW                   |            | 1            | 1 |   |   | 2          | 2.5               | 1             |   |   |   | 1          | 1.3               |
| N                     |            |              | 3 | 2 | 1 | 6          | 7.4               | 1             | 1 | 1 | 1 | 4          | 5.0               |
| W                     |            | 1            |   |   |   | 1          | 1.3               | 1             |   |   |   | 1          | 1.3               |
| NNE                   |            |              |   | 1 |   | 1          | 1.3               |               |   | 1 |   | 1          | 1.3               |

1964 年

|     |    |    |   |   |    |      |   |    |    |    |    |      |
|-----|----|----|---|---|----|------|---|----|----|----|----|------|
| SE  | 8  | 5  | 9 | 3 | 25 | 14.9 | 4 | 21 | 17 | 11 | 53 | 31.5 |
| ESE | 1  | 1  |   |   | 2  | 1.2  |   |    | 2  |    | 2  | 1.2  |
| SSE |    | 1  |   |   | 1  | 0.6  |   |    |    | 1  | 1  | 0.6  |
| S   |    |    |   |   |    |      | 2 |    |    |    | 2  | 1.2  |
| E   |    |    |   | 1 | 1  | 0.6  | 1 |    | 1  |    | 2  | 1.2  |
| NE  |    |    |   | 1 | 1  | 0.6  |   |    |    |    |    |      |
| NW  | 12 | 11 | 8 | 9 | 40 | 23.8 | 4 | 7  | 7  | 7  | 25 | 14.9 |
| NNW |    | 1  |   |   | 1  | 0.6  |   | 2  | 2  |    | 4  | 2.3  |
| WNW |    | 1  |   | 2 | 3  | 1.8  |   | 1  |    |    | 1  | 0.6  |
| N   | 1  | 1  |   |   | 2  | 1.2  |   | 1  | 1  |    | 2  | 1.2  |

Table 24. 最大瞬間風速別風向の頻度  
Frequency of momentary wind velocity and its direction at Ryugamori

1963 年

| 風 向<br>Wind direction     | 風 速 Wind velocity m/sec |            |            |           |           |         | Percentage (%) |
|---------------------------|-------------------------|------------|------------|-----------|-----------|---------|----------------|
|                           | 1.0~5.0                 | 5.1~10.0   | 10.1~15.0  | 15.1~20.0 | 20.1~25.0 | 計 Total |                |
| E                         |                         | 1          |            |           |           | 1       | 0.7            |
| ESE                       | 4                       | 7          |            |           |           | 11      | 8.0            |
| SE                        | 21                      | 24         | 1          |           |           | 46      | 33.6           |
| SSE                       |                         | 2          | 3          |           |           | 5       | 3.6            |
| N                         | 5                       | 9          | 1          |           |           | 15      | 11.0           |
| NNW                       | 8                       | 10         |            |           |           | 18      | 13.1           |
| NW                        | 7                       | 11         | 8          | 2         |           | 28      | 20.4           |
| WNW                       |                         | 3          | 5          |           |           | 8       | 5.8            |
| NNE                       | 2                       | 1          |            |           |           | 3       | 2.3            |
| W                         |                         | 2          |            |           |           | 2       | 1.5            |
| 計 Total<br>Percentage (%) | 47<br>34.3              | 70<br>51.0 | 18<br>13.1 | 2<br>1.6  | 0<br>0    |         |                |

1964 年

|                           |            |            |            |        |          |    |      |
|---------------------------|------------|------------|------------|--------|----------|----|------|
| ESE                       |            | 1          |            |        |          | 1  | 0.8  |
| SE                        | 9          | 24         | 4          |        |          | 37 | 29.8 |
| SSE                       | 6          | 4          | 3          |        | 1        | 14 | 11.4 |
| NNW                       | 2          | 13         | 1          |        |          | 16 | 12.9 |
| NW                        | 1          | 26         | 7          |        |          | 34 | 27.4 |
| NNE                       | 2          | 11         | 2          |        |          | 15 | 12.1 |
| NE                        |            | 7          |            |        |          | 7  | 5.6  |
| 計 Total<br>Percentage (%) | 20<br>16.1 | 86<br>69.4 | 17<br>13.7 | 0<br>0 | 1<br>0.8 |    |      |

は6月中旬の気温が高く、降雨もかなりの量を示しており、そのうえ7月中旬の気温も上昇したので、集団的発生時期が早まったものと認められる。いっぽう、1964年には、前記期間の降雨量は少ないが、7月上旬を除いては低温で、しかも感染のピークの7月下旬にかけて低温がつづいている。さらに、気温が急に上昇してきた7月下旬から8月上旬にかけて降雨量がごく少ない。以上のような原因から集団発生時期が遅れて、8月上旬に現われ、また発病終期が9月にはいった原因は9月上旬の高温の影響によるものと認められる。Table 22には基点における天候ごとの風向（午前・午後1回）をあげ、Table 23には最高気温 20°C 以上の場合の晴天と雨天の風向別の頻度を示し、また Table 24には最大瞬間風向・風速別の比較を示す。

以上の観測結果から、沢沿いに奥羽山脈を横断し、秋田県の方に吹く SE~SSE の風とその逆風の NW~WNW が特に多い。また 20°C 以上の気温の場合の雨天には、SE~SSE の風がその逆風の NW~WNW よりもかなり多いことを示す。したがって、この場合には、観測点 No. I~No. II は風上になり、No. III は風下になる。

次に、最大瞬間風速 15.1~20.0 m/sec の風は 1963年に2回で、6月と7月にあったが、64年には、20.1~25.0 m/sec が1回記録されており9月にはいつてからのものである。したがって、63年のものは発病に対する影響が考えられるが、64年のものは関係がないとみてよからう。

Table 25には、各観測点における2か年の6~9月の期間、毎週火曜日（2時間）における理工研式小型ロビンソン風速計による観測資料から、風向別風速の頻度を示す。

Table 25. 各観測点における風向別風速の頻度

Wind velocity and direction at each plot

| 観測点<br>Plot            | 風向<br>Wind direction | 1963                                |      |             |                                      | 1964                                |      |             |                                      |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------|------|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------|-------------|--------------------------------------|
|                        |                      | 風速別頻度<br>Frequency of wind velocity |      |             | 平均風速<br>Av. of wind velocity (m/sec) | 風速別頻度<br>Frequency of wind velocity |      |             | 平均風速<br>Av. of wind velocity (m/sec) |
|                        |                      | 5.4                                 | 3.1  | 2.0 (m/sec) |                                      | 5.4                                 | 3.1  | 2.0 (m/sec) |                                      |
| No. I 峯<br>Upper flat  | SSE                  | 3                                   | 0    | 0           | 4.2                                  | 5                                   | 0    | 0           | 4.4                                  |
|                        | SE                   | 4                                   | 0    | 0           |                                      | 6                                   | 0    | 0           |                                      |
|                        | NNW                  | 0                                   | 0    | 0           |                                      | 0                                   | 2    | 1           |                                      |
|                        | NW                   | 0                                   | 3    | 3           |                                      | 0                                   | 0    | 1           |                                      |
|                        | NNE                  | 1                                   | 0    | 0           |                                      | 1                                   | 0    | 0           |                                      |
| N                      | 0                    | 0                                   | 0    |             | 1                                    | 0                                   | 0    |             |                                      |
| 計 Total Percentage (%) |                      | 8                                   | 3    | 3           |                                      | 13                                  | 2    | 2           |                                      |
|                        |                      | 57.2                                | 21.4 | 21.4        |                                      | 76.4                                | 11.8 | 11.8        |                                      |
| No. II Mountain slope  | SSE                  | 3.0                                 | 2.5  | 2.0 (m/sec) | 2.5                                  | 3.0                                 | 2.5  | 2.0 (m/sec) | 2.5                                  |
|                        | SE                   | 0                                   | 0    | 3           |                                      | 0                                   | 4    | 1           |                                      |
|                        |                      | 0                                   | 2    | 2           |                                      | 0                                   | 5    | 1           |                                      |
|                        | NNW                  | 0                                   | 0    | 0           |                                      | 2                                   | 1    | 0           |                                      |
|                        | NW                   | 6                                   | 0    | 0           |                                      | 1                                   | 0    | 0           |                                      |
|                        | NNE                  | 0                                   | 1    | 0           |                                      | 0                                   | 1    | 0           |                                      |
|                        | N                    | 0                                   | 0    | 0           |                                      | 0                                   | 1    | 0           |                                      |
| 計 Total Percentage (%) |                      | 6                                   | 3    | 5           |                                      | 3                                   | 12   | 2           |                                      |
|                        |                      | 42.9                                | 21.4 | 35.7        |                                      | 17.6                                | 70.6 | 11.8        |                                      |
| No. III Bottom site    | SSE                  | —                                   | 2.0  | 1.9 (m/sec) | 2.0                                  | —                                   | 2.0  | 1.9 (m/sec) | 1.9                                  |
|                        | SE                   | —                                   | 3    | 0           |                                      | —                                   | 2    | 3           |                                      |
|                        |                      | —                                   | 2    | 2           |                                      | —                                   | 3    | 3           |                                      |
|                        | NNW                  | —                                   | 0    | 0           |                                      | —                                   | 1    | 2           |                                      |
|                        | NW                   | —                                   | 3    | 3           |                                      | —                                   | 1    | 0           |                                      |
|                        | NNE                  | —                                   | 0    | 1           |                                      | —                                   | 0    | 1           |                                      |
|                        | N                    | —                                   | 0    | 0           |                                      | —                                   | 0    | 1           |                                      |
| 計 Total Percentage (%) |                      | —                                   | 8    | 6           |                                      | —                                   | 7    | 10          |                                      |
|                        |                      | —                                   | 57.1 | 42.9        |                                      | —                                   | 41.2 | 58.8        |                                      |

Table 26. 各地点における風向別風速頻度 (%)

Frequency of wind direction and its velocity at each plot

1963\*

| 風向<br>Wind direction | 平均速度<br>Av. of velocity m/sec | No. I<br>(Upper flat) |      |      | No. II<br>(Mountain slope) |      |      | No. III<br>(Bottom site) |      |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------|------|------|----------------------------|------|------|--------------------------|------|
|                      |                               | 5.4                   | 3.1  | 2.0  | 3.0                        | 2.5  | 2.0  | 2.4                      | 1.8  |
| SSE~SE               |                               | 50.0                  | 0    | 0    | 0                          | 14.3 | 35.7 | 35.7                     | 14.3 |
| NNW~N                |                               | 7.2                   | 21.4 | 21.4 | 42.9                       | 7.1  | 0    | 21.4                     | 28.6 |
| 1964**               |                               |                       |      |      |                            |      |      |                          |      |
| SSE~SE               |                               | 64.6                  | 0    | 0    | 0                          | 50.0 | 11.6 | 29.4                     | 35.3 |
| NNW~N                |                               | 11.8                  | 11.8 | 11.8 | 33.3                       | 5.6  | 0    | 11.8                     | 23.5 |

注: 1963年は各地点ごとに14回観測, 1964年は17回観測の結果を示す。

Note: \*Results of 14 times, \*\*Results of 17 times.

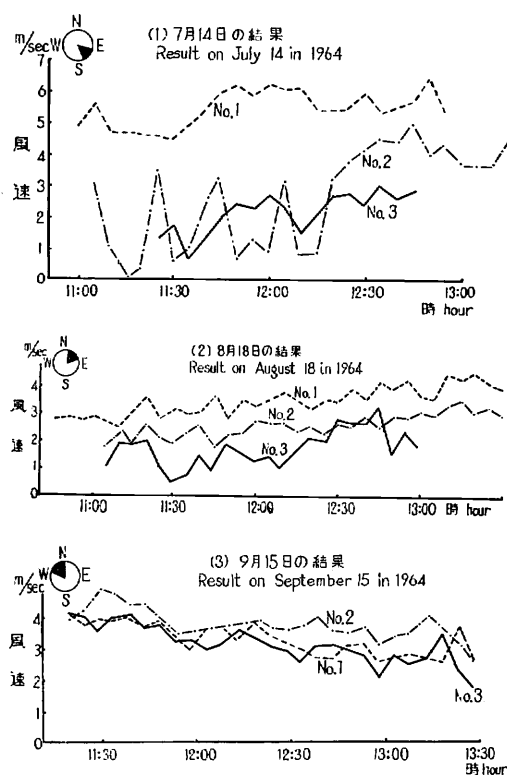


Fig. 16 各観測点における風速観測  
Several examples of observation of wind velocity at each plot in 1964.

風当たりの強弱の影響によって起こされたものと認められる。

## 7. 要 結

(1) 菌糸の細片、柄孢子および子のう胞子を接種源とした場合、25°C以上の気温で著しく発病が高まり、28~30°Cでは最高に達した。そして、20°C以下では低率の発病状態にあった。また、高温ほど潜伏期間が短くなった。

以上の結果は佐藤<sup>61)</sup>、横田<sup>81)</sup>の報告と一致する。

しかし、菌糸による有傷接種では、低温でもかなり高率に発病したので、自然状態においても寄生が損傷をうけた場合にはかなり低温でも発病するものと考えられる。

次に、柄孢子の接種後の湿室処理期間から発病期間を通じて高温(25°C)に保った場合には、著しく高率に発病した。しかし、低温(15°C)から高温(25°C)に移した場合、およびその逆の場合には著しく低率の発病状態を示し、全期間低温に保った場合には最も低率であった。

以上の結果から、本病原菌は寄主への侵入—感染—発病を通じて、夏型の高温を必要とするものと認められる。

本病原菌の菌糸の発育温度範囲は、7~35°C、適温は25°C付近にあり、柄孢子の発芽温度範囲は15~35°C、適温は25~30°Cあるいは30°C付近にある。また子のう胞子の発芽は15~35°C、適温は25~30°Cにある(佐藤ら<sup>60)</sup>、横田<sup>79)</sup>)。したがって、胞子の発芽適温とこのたびの試験結果の発病適温はほぼ

Table 26 には、SSE~SEとその逆風のNNW~Nの2つに分けて総括した観測結果を示す。

以上の結果から、No. I (峯)では最も風が強く、次いでNo. II (中腹)で、最も弱いのはNo. III (谷)である。そして2か年間の観測値には、著しい差が認められない。

次に、No. Iでは比較的強風の場合にはSSE~SEの風が多く、No. IIでは逆風のNNW~Nが多い傾向がある。なおNo. IIIでは、風向と風速頻度との間には著しい関係が認められない。

各観測点における代表的な観測例をFig. 16に示す。

(1)の場合はSEの風向の場合で、No. I (No. 1)において著しく風速が強く、(3)はその逆風の場合でNo. I (No. 1)、No. II (No. 2)、No. III (No. 3)はかなり接近している。(2)はNEの場合で(1)と(3)の中間の状態を示す。

以上の結果から、各観測点を中心にして成立している林分における先枯病発生状態の差は、

一致するが、菌糸の発育適温は発病適温よりもやや低温側にあることからみて、高温下におけるカラマツの抵抗性の低下により発病が促進されるものと考えられる。

カラマツは冬季間少雨の内陸性冷涼気候の地帯に適し、年平均気温 5~8°C、生育期(5~9月)の平均気温 15~16°C 前後が最適とされている<sup>20)</sup>。したがって、25°C 以上では、かなり抵抗性が低下するものとみてよからう。

さらに、異なる気温下で育成したカラマツ苗に対する病原菌の接種試験の結果は、高温下で育成された苗ほど発病が多く、特に 28°C 区では著しかった。しかしこの試験では、冬芽形成率は低温ほど著しく冬芽形成枝では木質化がすすむために、先枯病に感染しにくいことも影響している。

(2) 柄胞子を接種源とした接種試験では明らかな病徴を示すには、98% 以上の高湿度を要した。

本病原菌の柄胞子の発芽は 100% の関係湿度が最適で、98% ではわずかに認められるとした報告(佐藤ら<sup>50)</sup>)、および II.2 で述べた柄胞子の噴出の湿度範囲と上記の発病における湿度条件はほとんど一致する。

(3) カラマツ先枯病の発生には、感染、発病期における降雨が不可欠の条件であって、高温多雨の環境が発病を誘発することは、すでに報告されている(佐藤ら<sup>50)51)</sup>)。ビニールハウス内における降雨とカラマツ苗の発病との試験結果から、6日おき降雨区と野外区では最も発病が多く、その発病経過が類似している原因は、降雨の頻度や量がほぼ等しいからであろう。3日おき降雨区の発病はこれらの区に次いたが、毎日降雨区ではかなり低下した。

ムギ類のうどん粉病菌は降雨が激しい時には洗い流されて、かえって伝ばが妨げられ、またムギ類のさび病も乾燥つづきの気象は発病まんえんを抑圧するが、あまり長期にわたる降雨もまた同様な結果を招来し、降雨と晴天が交代するような気象状態のもとで最もまんえんしやすいといわれている(樋浦<sup>7)</sup>)。したがって、毎日降雨区に発病が少ない原因は、降雨の際に放出された子のう胞子が雨水とともに流亡したことも考えられ、また伝染源として配置した罹病枝が過湿のために腐敗が早く、胞子の形成能力が早く失われたことの影響も大きいであろう。さらにまた、くもの巣病発生の影響も無視できないであろう。

次に各区における子のう胞子の放出状態をみると、横田<sup>79)81)</sup>、佐藤ら<sup>50)</sup>の報告のように降雨によって子のう殻が吸水した場合にだけ放出がみられ、降雨日数の多い区ほど多量の胞子の放出が認められた。また9月にはいり朝露が多くなると、これによってわずかながら胞子の放出が起こったが、晴天下では未発芽に終わった。したがって、その後ひきつづいて降雨がないかぎり、この放出胞子による感染が起こることはないものと思われる。

東北支場構内における 1965 年の試験の結果では、特に7月前半と後半の降雨は、発病に対して最も大きい影響を及ぼし、この期間の降雨を欠いた場合には著しく発病が低下した。感染のピークが7月にあることは、佐藤ら<sup>50)</sup>の 1964 年に実施した感染時期の試験結果と一致する。また、9月の降雨の影響は、ほとんど認められなかったのに対して、5月下旬から6月中旬のように子のう胞子の放出がまだ少なく、しかも気温の点からみて感染の可能性の低い期間の降雨が発病にかなり影響を与えているのは、子のう胞子の形成と成熟にはこの時期に水分が必要なことを示すものであろう。

1965 年 6~9 月の調査結果でも、7月の降雨を欠いた区の年間の子のう胞子放出数は著しく減少した。この結果からも、7月の降雨は先枯病の発生に対してきわめて重要な関係をもっていることがわかる。

(4) 竜ヶ森鉄道防雪林における調査2か年間の発病の推移をみると、1963 年は 64 年よりも被害が多い。その原因としては、63 年には 2 回の強風があったこともあげられるが、気温と降雨の影響も大きい。

すなわち、63年は夏の前半が高温で、しかも、かなりの降雨量があったために、発病開始期が早く、集団発生は7月中旬から始まった。64年には降雨はあるが、7月上旬以外は低温で、しかも7月下旬まで低温がつづいたために、発生時期が遅れて集団発生は8月上旬に現われ、けっきょく、発生の少ない年になったものと推察される。

佐藤ら<sup>60)61)</sup>は風の強さに著しい差がない場合には、感染期に高温多雨の年には発生が多く、低温および少雨の場合に少なく、最高気温 24°C 以上の連続日数と、その該当日数における降雨量と先枯病発生との間には密接な関係があることを述べている。

先枯病の発生誘因として風が重要であることについては、すでに多くの報告がある（青木ら<sup>7)</sup>、加藤ら<sup>26)</sup>、中川ら<sup>32)</sup>、岡本ら<sup>36)</sup>、佐藤ら<sup>50)</sup>、横田ら<sup>77)80)</sup>、横田<sup>81)</sup>）。また、被害発生は特に風衝地に多く、しかもそのような場所では病勢の進行がはなはだしいことについても多くの調査例がある（伊藤<sup>22)</sup>、松井<sup>30)</sup>、佐々木<sup>42)</sup>、佐藤<sup>48)</sup>、佐藤ら<sup>50)</sup>、横田<sup>75)76)81)</sup>）。

当調査地における主風は、沢沿いに奥羽山脈を横断する SE～SSE と、その逆風の NW～WNW の風であって、各観測点における風速の観測結果から、発病の最も多い No. I（峯）では最も風当たりが強く、次いで No. II（中腹）の順で、発病もやや少ない。そして最も被害の少ない No. III（谷）では最も風が弱い。

No. I、No. II では発病が早く現われ、またそのピークの出現も早期にあったのに対して、No. III では発病開始もまたピークも遅れ、しかも終期も早かった。

井上<sup>19)</sup>によれば、カラマツの5～8月の樹高成長期間に吹く常風害は、全期間の平均風速が毎秒4mのときの吹送時間が35日、また毎秒3mのときは75日以上あると梢頭部の偏奇による成長阻害が現われ、毎秒2m以下ではこの種の被害はないという。また横田ら<sup>80)</sup>、横田<sup>81)</sup>によれば、ネマガリダケによる防風柵内のカラマツの樹高成長はわずか2年で柵外のものの約1.5倍増大し、被害は1成長期で1/2以下に減少したという。

著者らの各観測点における風速の観測資料は断片的なものではあるが、前記の報告からみて、特に No. I、No. II では風がカラマツの成長に影響をおよぼすだけでなく、先枯病の被害を著しく誘発しているものと認められる。先枯病による被害木の成長減退については第1報（佐藤ら<sup>60)</sup>）に報告したが、本調査地の各観測点における林木の成長差が現われた原因は、土壌条件の影響も無視できないであろう。

以上の竜ヶ森鉄道防雪林における調査結果は、各地にごく普通にみられる峰や中腹では風当たりが強く、土壌条件も不良なため先枯病の被害も激しく、林木の成長はますます低下し、谷地形では土壌も良好でしかも被害が少なく、先枯病による林木の成長阻害が軽微になっている典型的な例を示すものである。

本調査地における被害程度の異なる林木の発病経過をみると、激害木では発病が最も早く、次いで中害木の順で微害木では最もおそかった。この原因は、被害の重い木では伝染源の罹病枝が多いため濃厚感染が起りやすいことと、一般的に激害をうけやすい個体はもともと感受性である（佐藤未発表）ことに基因するものと考えられる。

#### IV 発病と施肥との関係

カラマツに対する施肥が先枯病発生におよぼす影響については、チッ素過多あるいはリン酸欠乏の場合に発病しやすいのではなかろうかと考えられているが、実験的報告がないので次の諸試験を東北支場第2苗畑において実施した。なお、供試した土壌の東北支場育林第3（旧第4）研究室の分析結果は Table 27

Table 27. 試験地における土壌の化学分析結果  
Results of chemical analysis of soil at experimental field

| 層位<br>Horizon                 | 層の厚さ<br>Thickness<br>of horizon<br>(cm) | C<br>(%) | N<br>(%) | C/N | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | Ca <sup>++</sup><br>m.e | Mg <sup>++</sup><br>m.e | Ca 飽和度<br>Degree of Ca<br>saturation<br>(%) | リン酸吸力係数<br>Absorptive<br>power of<br>phosphoric acid |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----------|----------|-----|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| A <sub>1</sub>                | 0~10                                    | 10.8     | 0.85     | 13  | 5.5                      | 0.80                    | 0.80                    | 29.6                                        | 1,370                                                |
| A <sub>2</sub>                | 10~45                                   | 8.9      | 0.71     | 13  | 6.0                      | 0.89                    | 0.89                    | 21.7                                        | 1,740                                                |
| A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> | 45~75                                   | 4.2      | 0.42     | 10  | 6.1                      | 2.74                    | 2.74                    | 16.5                                        | 1,470                                                |
| B <sub>2</sub>                | >75                                     | 1.8      | 0.12     | 15  | 6.2                      | 1.86                    | 1.86                    | 13.7                                        | 1,600                                                |

・注: 東北支場育林第3研究室の資料による。

Table 28. カラマツ苗の施肥と先枯病発生との関係 (ポット試験 1963)

Effect of supplying fertilizers to Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight (Pot experiment, 1963)

| 区名<br>Plot                              | 罹病株率<br>Percentage of<br>seedlings infected<br>(%) | 罹病枝率<br>Percentage of<br>shoots infected<br>(%) | 苗木の成長 Growth of seedling |                                |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|                                         |                                                    |                                                 | 苗木の長さ<br>Length<br>(cm)  | 根の元径<br>Basal diameter<br>(mm) |
| P. K                                    | 37.5                                               | 10.3                                            | 38.6                     | 6.5                            |
| N. K                                    | 35.0                                               | 10.8                                            | 26.3                     | 5.4                            |
| N. P                                    | 55.0                                               | 5.3                                             | 67.0                     | 8.6                            |
| N. P. K                                 | 50.0                                               | 7.7                                             | 61.8                     | 8.4                            |
| N. P. K+ケイふん<br>N.P.K+Fowl<br>droppings | 31.2                                               | 4.8                                             | 85.8                     | 9.8                            |
| Control                                 | 25.0                                               | 7.7                                             | 39.2                     | 6.1                            |
| L. S. D. (0.05)<br>(0.01)               |                                                    |                                                 | 15.1<br>23.0             | 2.4<br>3.5                     |

注: m<sup>2</sup> あたり硫酸アンモニア 50 g, 過リン酸石灰 150 g, 塩化カリ 30 g, ケイふん 2 kg.

Note: Amount of fertilizers per m<sup>2</sup>: ammonium sulphate 50 g, calcium superphosphate 150 g, potasssium chloride 30 g, fowl droppings 2 kg.

に示すように、かなり肥沃で、しかも弱酸性で比較的良好である。

### 1. 肥料要素と発病との関係

#### (1) ポット試験

##### 試験—1

1962年4月24日、各区5個ずつの30cm径素焼きばちの下層土をつめて、Table 28の設計によって基肥を施し、カラマツ1年生苗を5本ずつ植え付けた。はち底は地面に埋めて苗木を育成し、先枯病の感染から隔離して据え置いて越冬させ、翌春5月1日に前年と同量の追肥を行なった。6月1日、はちごとに前年の罹病枝(病枝10本)を伝染源としてはちの中心にさして、発病状態を調査した。

10月10日の調査結果はTable 28に示すように、各区の苗木の成長には差がみられ、また罹病にも差異があるように見えるが、はち間のばらつきが大きく、統計処理の結果は有意差がなかった(Plate 5)。

##### 試験—2

1964年4月15日、30cm径素焼きばちの下層土をつめ、Table 29の設計により処理ごと5個ずつの

Table 29. カラマツ苗の施肥と先枯病発生との関係 (ポット試験 1964~1965)

Effect of supplying fertilizers to Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight (Pot experiment, 1964~1965)

| 区名<br>Plot            | 罹病株率<br>Percentage of seedlings infected (%) |      | 罹病枝率<br>Percentage of shoots infected (%) |      | 主軸罹病率<br>Percentage of main shoots infected (%) |      | 苗木の成長<br>Growth of seedling |      |                            |     |
|-----------------------|----------------------------------------------|------|-------------------------------------------|------|-------------------------------------------------|------|-----------------------------|------|----------------------------|-----|
|                       |                                              |      |                                           |      |                                                 |      | 苗長<br>Length (cm)           |      | 根元径<br>Basal diameter (mm) |     |
| P.K                   | 10.0                                         | 87.5 | 1.6                                       | 18.9 | 0                                               | 42.8 | 12.6                        | 29.8 | 2.9                        | 4.5 |
| N.K                   | 30.4                                         | 82.3 | 8.3                                       | 30.4 | 17.4                                            | 47.1 | 19.0                        | 24.1 | 3.3                        | 3.7 |
| N.P+MgSO <sub>4</sub> | 57.8                                         | 10.0 | 11.3                                      | 13.5 | 31.6                                            | 56.2 | 26.2                        | 44.0 | 4.5                        | 5.6 |
| 2N.P.K                | 71.4                                         | 94.4 | 18.8                                      | 16.8 | 47.6                                            | 55.5 | 29.4                        | 60.5 | 4.8                        | 7.4 |
| N.2P.K                | 68.1                                         | 94.4 | 16.5                                      | 26.2 | 36.4                                            | 66.6 | 28.0                        | 55.8 | 4.1                        | 6.6 |
| N.P.2K                | 76.1                                         | 94.4 | 12.3                                      | 17.8 | 33.3                                            | 64.7 | 30.5                        | 55.5 | 4.5                        | 7.0 |
| N.P.K                 | 70.8                                         | 94.4 | 21.9                                      | 22.7 | 29.2                                            | 66.6 | 25.7                        | 49.5 | 3.9                        | 6.3 |
| Control               | 13.6                                         | 61.1 | 2.0                                       | 14.2 | 0                                               | 16.6 | 16.8                        | 27.9 | 3.0                        | 3.6 |
| L.S.D. 0.05<br>0.01   | 32.3                                         |      |                                           |      |                                                 |      | 12.0                        | 21.0 | 1.2                        | 1.8 |
|                       | 43.5                                         |      |                                           |      |                                                 |      | 15.0                        | 26.0 | 1.5                        | 2.2 |

注: 施肥量1ポット (30 cm 径) あたり硫酸アンモニア (N) 7.5 g, 過リン酸石灰 (P) 10 g, 塩化カリ (K) 2 g, MgSO<sub>4</sub> 10 g.

Note: Amount of fertilizers per one pot (dia. 30 cm)---ammonium sulphate (N) 7.5 g, calcium superphosphate (P) 10 g, potassium chloride (K) 2 g, magnesium sulphate 10 g.

Table 30. カラマツ苗の施肥と先枯病発生との関係 (ポット試験 1966)

Effect of supplying fertilizers to Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight (Pot experiment, 1966)

| 区名<br>Plot                                                                  | 罹病株率<br>Percentage of seedlings infected (%) | 平均枝数<br>Number of shoots | 罹病枝率<br>Percentage of shoots infected (%) | 苗長<br>Length of seedling (cm) |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| N.P.K+珪酸ナトリウム液<br>N.P.K+Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O | 40                                           | 13                       | 6.0                                       | 27.4                          |
| N.P.K+硫酸マンガン<br>N.P.K+MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O                  | 60                                           | 12                       | 15.3                                      | 29.8                          |
| N.P.K+硫酸マグネシウム<br>N.P.K+MgSO <sub>4</sub>                                   | 48                                           | 14                       | 6.7                                       | 31.5                          |
| N.P.K                                                                       | 72                                           | 14                       | 13.6                                      | 29.4                          |
| Control                                                                     | 40                                           | 13                       | 3.5                                       | 17.9                          |
| L.S.D. 0.05<br>0.01                                                         |                                              |                          | 7.3                                       | 3.3                           |
|                                                                             |                                              |                          | 10.0                                      | 4.6                           |

注: 施肥量1ポット (30 cm 径) あたり硫酸アンモニア (N) 7.5 g, 過リン酸石灰 (P) 10 g, 塩化カリ (K) 2 g, 珪酸ナトリウム 10 g, 硫酸マンガン 10 g, 硫酸マグネシウム 10 g.

Note: Amount of fertilizers per one pot (dia. 30 cm)---ammonium sulphate (N) 7.5 g, calcium superphosphate (P) 10 g, potassium chloride (K) 2 g, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 10 g, MnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O 10 g, MgSO<sub>4</sub> 10 g.

はちに基肥として施し、1はちあたりカラマツ1年生苗を4本ずつ植えつけた。翌年5月8日、同じはち土に前年と同量の施肥を行なって同一苗を植え付けた。はちの中心に前試験に準じて罹病枝を伝染源として配置した。1964年10月14日と1965年10月15日の罹病状態は、Table 29に示すように、64年の罹病枝率では、チッ素2倍量3要素区、リン酸2倍量3要素区および3要素区が高く、成長の不良な無チッ



Table 31. カラマツ苗の施肥と発病との関係 (ほ場試験 1963)  
Effect of supplying fertilizers to Japanese larch seedlings on occurrence  
of shoot blight (Field experiment, 1963)

| 区 名<br>Plot                         | 平均枝数<br>Number of<br>shoot | 罹病枝率<br>Percentage of<br>shoots infected<br>(%) | 罹病株率<br>Percentage of<br>seedlings<br>infected<br>(%) | 主軸罹病率<br>Percentage of<br>main shoots<br>infected<br>(%) | 苗木の成長<br>Growth of seedling |                                 |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
|                                     |                            |                                                 |                                                       |                                                          | 苗 長<br>Length<br>(cm)       | 根 元 径<br>Basal diameter<br>(mm) |
| 表土無施肥<br>Surface soil,<br>control   | 80                         | 2.1                                             | 27.0                                                  | 0                                                        | 114                         | 1.6                             |
| 表土施肥<br>Surface soil,<br>fertilized | 132                        | 1.0                                             | 19.4                                                  | 6.6                                                      | 142                         | 1.9                             |
| 下層土無施肥<br>Subsoil,<br>control       | 30                         | 11.2                                            | 26.0                                                  | 33.3                                                     | 55                          | 1.0                             |
| 下層土施肥<br>Subsoil,<br>fertilized     | 67                         | 3.5                                             | 8.9                                                   | 0                                                        | 135                         | 1.6                             |
| L.S.D. 0.05<br>0.01                 |                            | 2.6                                             | 15.0                                                  | 26.0                                                     | 20<br>35                    | 0.5<br>1.0                      |

注: 施肥量  $\text{m}^2$  あたり硫酸アンモニア 110 g, 過リン酸石灰 150 g, 塩化カリ 30 g, ケイふん 2.7 kg.

Note: Amount of fertilizers per  $\text{m}^2$ —ammonium sulphate 110 g, calcium superphosphate 150 g, potassium chloride 30 g, fowl droppings 2.7 kg.

Table 32. カラマツ苗の施肥と先枯病発生との関係 (ほ場試験 1964)  
Effect of supplying fertilizers to Japanese larch seedlings on occurrence  
of shoot blight (Field experiment, 1964)

| 区 名<br>Plot            | 罹病株率<br>Percentage of<br>seedlings infected<br>(%) | 罹病枝率<br>Percentage of<br>shoots infected<br>(%) | 苗木の成長<br>Growth of seedling |                                 |
|------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
|                        |                                                    |                                                 | 苗 長<br>Length<br>(cm)       | 根 元 径<br>Basal diameter<br>(mm) |
| P.K                    | 59.2                                               | 7.1                                             | 39.8                        | 5.3                             |
| N.K                    | 51.5                                               | 3.3                                             | 44.0                        | 6.4                             |
| N.P+ $\text{MgSO}_4$   | 56.0                                               | 5.1                                             | 43.4                        | 6.1                             |
| N.P.K                  | 61.5                                               | 6.8                                             | 48.7                        | 7.4                             |
| N.P.K+珪カル<br>Silicate  | 55.0                                               | 4.8                                             | 44.2                        | 6.6                             |
| N.P.K+ $\text{MgSO}_4$ | 50.7                                               | 4.9                                             | 45.3                        | 6.7                             |
| Control                | 50.1                                               | 4.5                                             | 39.8                        | 6.7                             |

注: 施肥量  $\text{m}^2$  あたり硫酸アンモニア (N) 110 g, 過リン酸石灰 (P) 150 g, 塩化カリ (K) 30 g,  $\text{MgSO}_4$  100 g, 珪カル 150 g.

Note: Amount of fertilizers per  $\text{m}^2$ —ammonium sulphate (N) 110 g, calcium superphosphate (P) 150 g, potassium chloride (K) 30 g,  $\text{MgSO}_4$  100 g, silicate 150 g.

素区, 無肥料区および無リン酸区では低いようである。しかし, 65 年の結果では各区間に著しい差が認められない。

### 試験—3

1966 年 4 月 26 日, 30 cm 径素焼きばちの下層土をつめ, Table 30 の設計により各区 5 個ずつのはちに基肥を施し, 5 本ずつの 1 年生カラマツ苗を植え付けて, 東北支場第 2 苗畑周辺の先枯病被害林内に,

Table 33. 罹病カラマツ苗に対する施肥の影響 (1964~1965)

Effect of supplying fertilizers to infected Japanese seedlings by shoot blight (Field experiment, 1964~1965)

| 区 名<br>Plot                        | 平均枝数<br>Number of shoots |      | 罹病枝率<br>Percentage of shoots infected (%) | 主軸罹病率<br>Percentage of main shoots infected (%) | 苗木の成長<br>Growth of seedling |                             |
|------------------------------------|--------------------------|------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                    |                          |      |                                           |                                                 | 苗 長<br>Length (cm)          | 根元直径<br>Basal diameter (mm) |
| 表土, 無施肥<br>Surface soil, control   | 14.0                     | 12.1 | 64 289                                    | 53.8 16.0                                       | 45.9 118.6                  | 13 20                       |
| 表土, 施肥<br>Surface soil, fertilized | 13.8                     | 17.6 | 101 454                                   | 54.3 9.2                                        | 67.9 153.9                  | 16 25                       |
| 下層土, 無施肥<br>Subsoil, control       | 19.4                     | 18.5 | 72 325                                    | 52.8 28.8                                       | 40.9 95.3                   | 12 18                       |
| 下層土, 施肥<br>Subsoil, fertilized     | 11.3                     | 16.7 | 124 484                                   | 53.0 14.9                                       | 72.3 161.3                  | 17 26                       |

注: 施肥量  $\text{m}^2$  あたり硫酸アンモニウム 110 g, 過リン酸石灰 150 g, 塩化カリ 30 g, ケイふん 4.0 kg.Note: Amount of fertilizers per  $\text{m}^2$ : ammonium sulphate (N) 110 g, calcium superphosphate (P) 150 g, potassium chloride (K) 30 g, fowl droppings 4.0 kg.

はら底を地面に埋めてランダムに配置し、発病状態を調査した。

結果は Table 30 に示すとおり罹病枝率において、3要素区+硫酸マンガン区と3要素区では高く、珪酸ナトリウムと硫酸マグネシウムの施用によって発病が低下するようである。

## (2) ほ場試験

## 試験—1

1962年4月21日、Table 31 に示す試験区を1 plot  $1.5 \text{ m}^2$ 、4回くり返し乱塊法により設定し、肥料は基肥として施した。なお下層土の客土は、表層土を除去して天然の下層土と接続するようにした。4月25日に plot ごとにカラマツ1年生苗を25本ずつ床替えし、常法により管理して据えおいて越冬させた。翌春4月21日、前年の基肥と同量の追肥を行ない、おのおの plot 周辺には、1年生の先枯病罹病苗を30 cm 間隔に植え付けて、伝染源として発病状態を調査した。

10月10日の調査結果は Table 31 に示すとおり、下層土では施肥により発病が低下しているようである。

## 試験—2

1964年4月14日、Table 32 に示す試験区を1 plot  $1 \text{ m}^2$ 、3回くり返し乱塊法により設定し、翌15日、 $\text{m}^2$  あたり49本ずつ1年生カラマツ苗を床替えした。また、伝染源として苗床の両側に50 cm 間隔に罹病苗を植え付けた。6月1日苗床の両側に50 cm 間隔に、前年の罹病枝(病枝10本)をさして伝染源とした。

10月20日の発病状態は Table 32 に示すとおり、plot 間の有意差が認められなかった。

なお、本試験と同一ほ場において、同一設計でくり返された1965年の試験結果も同様であった。

以上のポット試験および、ほ場試験の結果を総括すると、下層土を用いた場合には発病に対する施肥の影響が現われることもあるが変動が多く、顕著でない場合もあった。また表土を用いたほ場試験では、施肥の影響は明りょうではなかった。

## 2. 罹病苗に対する施肥と発病との関係

同程度の罹病苗に対して施肥した場合の影響について確かめるために、次の試験を行なった。

1964年4月15日, 1 plot 1.5 m<sup>2</sup>, 4回くり返しの乱塊法により Table 34 に示す試験区を設定し, 前年に側枝が2本侵された苗長 30 cm のカラマツ1年生苗を plot ごと25本ずつ床替えして, 常法によって管理し, 10月20日に発病経過を調査した。

供試苗はそのまま据え置き, 翌年5月21日前年と同様な追肥を行ない, 10月20日の発病状態を調査し結果を Table 33 に示す。

以上の2か年の結果をみると, 罹病枝率には有意差がなく, 主軸罹病率にも1年目には差がなかったが, 2年目には施肥区のほうが軽減の傾向が現われてきているようである。なお, 苗木の成長状態をみると, 施肥区では著しく良くなっている。

### 3. 要 結

カラマツ苗に対する肥料要素と発病との試験結果から, 表層土を用いたほ場試験においては, 施肥の影響は著しくなく, 下層土によるポット試験結果では無チッ素, 無リン酸, 無肥料区など苗木の伸長がきわめて不良な区の発病が少なかった。この原因は枝梢の病原菌の侵入部の組織の本質化がすすんでおいたために, 感染を回避したことに基因するものと考えられる。

また3要素区に硫酸マグネシウムと珪酸ナトリウムを加用することによって発病が低下した。マグネシウムが欠乏すれば, 植物は軟弱な生育を示し, 病害抵抗性が低下すると称されており<sup>74)</sup>, またカラマツの針葉のケイ酸含量が16.79%を占めるといわれ<sup>61)</sup>, イネのいもち病に対する抵抗性とケイ酸との関係については多数の報告(川島<sup>27)</sup>, 池田<sup>18)</sup>など)もあり, 興味ある問題であり, 今後さらに検討する必要がある。

次に, チッ素倍量3要素区, リン酸倍量3要素区あるいは3要素に硫酸マンガンを加用した区に発病がました。このうち, チッ素倍量区以外の区での発病がふえる原因については不明であるが, チッ素の過多は苗木が徒長して軟弱化して発病を助長する原因になろう。

なお, カラマツ落葉病では水耕試験の結果, カリの欠除は罹病をまし, 次いでリン酸欠除の影響が大きいと報告されている(塘ら<sup>69)</sup>) が, ほ場における先枯病発生とカリとの関係は明らかではなかった。

なお, 罹病苗に対する施肥の病害発生におよぼす影響は顕著ではなかったが, 主軸の被害が軽減される傾向がみられ, しかも同程度の被害をうけた苗木でも施肥による成長増進効果が著しいので, 施肥あるいは土壌改良によって先枯病の実害を軽減する可能性がある。

小林<sup>29)</sup>は, カラマツ苗のフォモプシス胴枯病(病原 *Phomopsis occulta*)の被害は, カリをはなはだしく欠乏させた区に著しく多発し, その後ひきつづいて, 夏には暗色枝枯病がカリの欠除区とそのはなはだしい欠除区に多発したと報告している。

松尾<sup>31)</sup>はクワの芽枯病(病原 *Gibberella lateritium*)に施肥がある程度の影響をおよぼすことを報告している。

以上のように, 木本植物の胴枯性ないし枝枯性病害の発生と, 肥料要素との関係についてかなり明りょうな結果を示した例があり, また, スギ苗の灰色かび病の発生と肥料要素との関係は, きわめて顕著な例としてあげられる(佐藤ら<sup>44)</sup>)。

ところが, 前述のように先枯病の発生と苗木に対する施肥との関係は, 土壌の影響や年によるばらつきが大きく, 明確な結論が得られなかった。その原因については今後の検討が必要であるが, 施肥の調節によって本病を予防することは困難なことを示唆している。

## V カラマツ苗の床替えおよび植栽密度と先枯病発生との関係

苗畑における床替えの密度が高い場合には、苗木が軟弱に育って先枯病にかかりやすくなるのではないかと推察されたので、ほ場試験によって確かめた。また、著者らは第1報<sup>50)</sup>において、岩手山ろくの赤川山試験地の調査結果から、カラマツの植栽密度が高いほど先枯病発生が多くなることを報告したが、その後の調査による発病状態の推移について述べる。なお、苗床における高密度の場合には、当然苗木の被圧により軟弱化して病気に対する抵抗性が低下するものと推察されるので、カラマツ苗の被陰処理が発病におよぼす影響についても確かめた。

## 1. カラマツ苗の被陰処理と発病との関係

## 試験—1

1963年4月15日、1/5,000 a のポットに1年生カラマツ苗を10本ずつ植えつけ、野外で管理して育苗し、7月22日から9月1日までの期間に、処理ごと5個ずつのポットの苗木に対して、Table 34 に示す被陰処理を行なった結果、処理苗木は軟弱化しておった。9月1日に G<sub>1</sub>-5 菌の PDA の培養菌糸の細片をふん霧接種し、陽光定温器内における 30°C、14 日間の発病状態は Table 34 に示すように、被陰程度の強い区ほど発病が多く、しかも潜伏期間も短い (Plate 6・1)。

## 試験—2

東北支場第2苗畑において、1 plot 1.5 m<sup>2</sup>、3 回くり返しの乱塊法の設計で Table 35 に示す試験地を設定し、1963年4月19日に基肥として m<sup>2</sup> あたり硫酸アンモニア 60 g、過リン酸石灰 80 g、塩化カリ 15 g を施し、翌20日に m<sup>2</sup> あたり 49 本ずつのカラマツ1年生苗を床替えした。

6月11日、伝染源として歩道の両側に 30 cm 間隔に前年の罹病枝 (病枝 15 本) をさして配置し、同日から8月1日までの期間に、苗床地面から 50 cm の高さに、処理区ごとに枚数をかえて黒色かんれいしゃを被覆した。被陰苗は軟弱化し、7月下旬から先枯病のほかに、かんれいしゃの3枚と5枚被覆区にくもの巢病の発生が目だった。

Table 34. カラマツ苗の被陰処理が先枯病発生におよぼす影響 (接種試験)

Effect of diffused light to Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight (Inoculation experiment)

| 区 名<br>Plot                                           | 相 対 照 度<br>Relative intensity of<br>illumination | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected (%) |                         |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
|                                                       |                                                  | 5 日 目<br>After 5 days                        | 14 日 目<br>After 14 days |
| すだれ 1 枚 被 覆<br>Covered with onefold<br>reed screen    | 10.0                                             | 1.1                                          | 18.4                    |
| すだれ 2 枚 被 覆<br>Covered with twofold<br>reed screens   | 1.1                                              | 21.5                                         | 93.5                    |
| すだれ 3 枚 被 覆<br>Covered with threefold<br>reed screens | 1.0                                              | 33.1                                         | 93.3                    |
| 無 被 覆<br>Control                                      | 100                                              | 0                                            | 8.4                     |

注: 被陰期間 1963年7月22~9月1日。

Note: Period of covering; July 22~September 1, 1963.

Table 35. カラマツ苗の被陰処理が先枯病発生におよぼす影響 (ほ場試験)  
Effect of diffused light to Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight (Field experiment)

| 区 名<br>Plot                                                 | 相 対 照 度<br>Relative intensity of illumination | 罹 病 株 率<br>Percentage of seedlings infected (%) | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected (%) | 苗 木 の 成 長<br>Growth of seedling |                              | くもの葉病<br>Development of web-blight |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
|                                                             |                                               |                                                 |                                              | 苗 長<br>Length (cm)              | 根 元 径<br>Basal diameter (mm) |                                    |
| 黒色かんれいしゃ 1 枚被覆<br>Covered with onefold of black nylon net   | 50.0                                          | 77.3                                            | 18.5                                         | 30.1                            | 6                            | +                                  |
| 黒色かんれいしゃ 3 枚被覆<br>Covered with threefold of black nylon net | 25.0                                          | 65.9                                            | 20.5                                         | 25.7                            | 6                            | +++++                              |
| 黒色かんれいしゃ 5 枚被覆<br>Covered with fivefold of black nylon net  | 10.0                                          | 70.4                                            | 26.1                                         | 23.2                            | 6                            | +++++                              |
| 無 被 覆<br>Control                                            | 100                                           | 80.0                                            | 9.7                                          | 43.1                            | 6                            | —                                  |
| L.S.D. 0.05<br>0.01                                         |                                               |                                                 | 7.9<br>12.1                                  | 5.5<br>8.4                      |                              |                                    |

注: 被陰期間 1966 年 6 月 11 日～8 月 1 日。

Note: Period of covering; June 11～August 1, 1966.

Table 36. カラマツ苗の床替密度と先枯病発生との関係 (1963)

Effect of transplanting density of Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight

| 床 替 本 数<br>Number of seedlings transplanted (per m <sup>2</sup> ) | 罹 病 株 率<br>Percentage of seedlings infected (%) | 罹 病 枝 率<br>Percentage of shoots infected (%) | くもの葉病の発生<br>Development of web-blight | 苗 長<br>Length of seedling (cm) |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| 9                                                                 | 76.3                                            | 14.6                                         | —                                     | 32.6                           |
| 25                                                                | 71.2                                            | 8.7                                          | +                                     | 40.5                           |
| 49                                                                | 48.1                                            | 5.4                                          | ++                                    | 37.1                           |
| 100                                                               | 48.4                                            | 3.9                                          | +++++                                 | 45.7                           |
| 196                                                               | 32.5                                            | 1.9                                          | +++++                                 | 43.5                           |
| L.S.D. 0.05<br>0.01                                               | 19.6<br>28.5                                    | 7.2<br>10.5                                  |                                       | 3.2<br>4.7                     |

10 月 16 日の最終調査結果は Table 35 に示すとおり罹病株率には有意差がないが、同枝率をみると、被陰処理によって罹病が高まり被陰程度の大きい区ほど著しい傾向が現われている。なお、苗木の成長も被陰により著しく阻害された。

## 2. 苗木の床替え密度と発病との関係

### 試験—1

東北支場第 2 苗畑において、1 plot 1.5 m<sup>2</sup>、3 回くり返し乱塊法により試験地を設定し、1963 年 4 月 15 日に基肥として m<sup>2</sup> あたり硫酸アンモニア 110 g、過リン酸石灰 150 g、塩化カリ 15 g、ケイふん 500 g を施し、翌 16 日、m<sup>2</sup> あたりそれぞれ 3×3、5×5、7×7、10×10、14×14 本ずつ均等に 1 年生カラマツ

Table 37. カラマツ苗の床替密度と先枯病発生との関係 (1964)  
Effect of transplanting density of Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight (1964)

| 床替本数<br>Number of<br>seedlings<br>transplanted<br>(per m <sup>2</sup> ) | 罹病株率<br>Percentage of<br>seedlings<br>infected<br>(%) | 罹病枝率<br>Percentage of<br>shoots infected<br>(%) | くもの巢病の発生<br>Development of<br>web-blight | 苗木の成長<br>Growth of seedling |                               |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
|                                                                         |                                                       |                                                 |                                          | 苗長<br>Length<br>(cm)        | 根元径<br>Basal diameter<br>(mm) |
| 9                                                                       | 66.4                                                  | 13.3                                            | —                                        | 26.0                        | 5                             |
| 25                                                                      | 70.9                                                  | 8.9                                             | —                                        | 29.8                        | 6                             |
| 49                                                                      | 56.7                                                  | 8.8                                             | —                                        | 31.0                        | 5                             |
| 100                                                                     | 61.6                                                  | 10.3                                            | +++                                      | 30.5                        | 4                             |
| 196                                                                     | 53.0                                                  | 8.5                                             | +++++                                    | 30.8                        | 4                             |

注: 伝染源のカラマツ罹病枝数…9本区2本, 25本区3本, 49本区5本, 100本区6本, 196本区7本。

Note: Number of infected shoots used as inocula…9, 2; 25, 3; 49, 5; 100, 6; 196, 7.

苗を床替えした。

7月1日, おのおのの plot の中心部に20本ずつの病枝を付けた前年の罹病枝を立てて伝染源として発病状態を調査した。

10月20日の調査結果は, Table 36 に示すとおり, 低密度の9本と25本区は, 高密度の196, 100本区およびふつうの密度の49本区よりも発病が多かった。なお, くもの巢病の発生は逆に高密度区において著しかった。

#### 試験—2

試験—1 においては, 床替本数と関係なく伝染源の罹病枝を同一量与えたために, 低密度区の発病が増大したものと推察されたので本試験では, 伝染源の罹病枝の量を床替え本数に応じて, Table 37 の注に示すように加減した。そのほかは試験—1 に準じて1964年4月14日に施肥し, 同月20日に苗木を床替えし, 6月22日に伝染源の罹病枝を苗床に配置した。

7月下旬から高密度区に, くもの巢病がはなはだしく発生した。10月15日の調査結果は Table 37 に示すとおり, 先枯病の発生には有意差が認められない。

### 3. カラマツの林分密度と発病との関係

#### 試験地および調査方法

所在地は岩手県岩手郡松尾村赤川山国有林, 岩手山事業区193林班で, 平坦地形で土壌はB/d型である。

1954年春にカラマツ植栽本数密度試験地として, 全面積200×80m (1.6ha), 1block, 4plotとし, 1plot40×10m, haあたり1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 5,000本のplotを設けた。

この地帯は岩手山ろく先の先枯病発生地域に属し, 激害木には植栽後まもなく発病しておった跡が認められた (Plate 6・2)。

先枯病の発生状態の調査は, 1961年10月11~12日以来1965年までは中止したが, 66年からは10月中旬に毎年実施し, 発病の推移を Fig. 17 に示す。

この図から発病の経過をみると, はじめは高密度区ほど被害が多かったが, しだいに5,000本区の被害に著しい低下が起り, また4,000本区では1966年までは上昇したが, 67年からは下降が始まった。

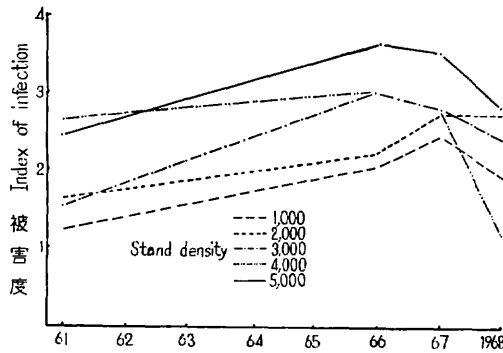


Fig. 17 カラマツの林分密度と先枯病発生との関係  
Effect of stand density of Japanese larch trees on developmental process of the disease.

3,000 本区も 67 年から下降したが、2,000 本と 1,000 本区は上昇している。なお、2,000 本区以外の区の 68 年における急激な減少は、当年は気象の影響で著しく発病が少なかったためである。

1965 年から 1966 年にかけて、越冬後特に高密度区における先枯病激害木の枯損が目だってきたので、66 年と 67 年における枯損状態を調査し Fig. 18 に示す。この結果からみて、高密度区における被害度の低下は、激害木の枯損に起因するものと認められる。

次に、1965 年 10 月 4 日における林木の被害程度ごとの成長状態、樹高、胸高直径について調査した結果は Fig. 19 に示すとおり、被害程度の重い林木ほど成長が不良であり、また高密度区では、どの被害程度のものも成長が低下しており、林木の競争が激しくなっていることが示されている。したがって、

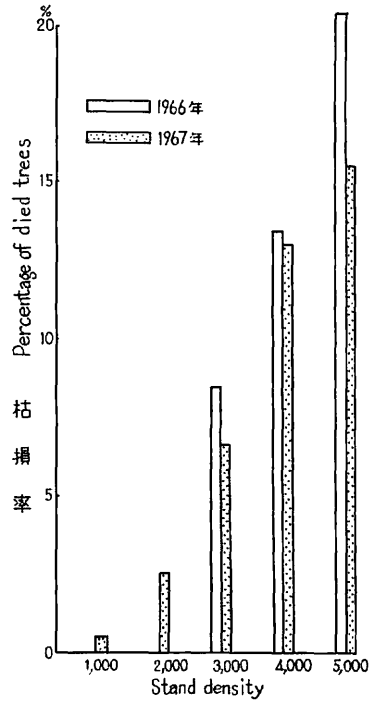
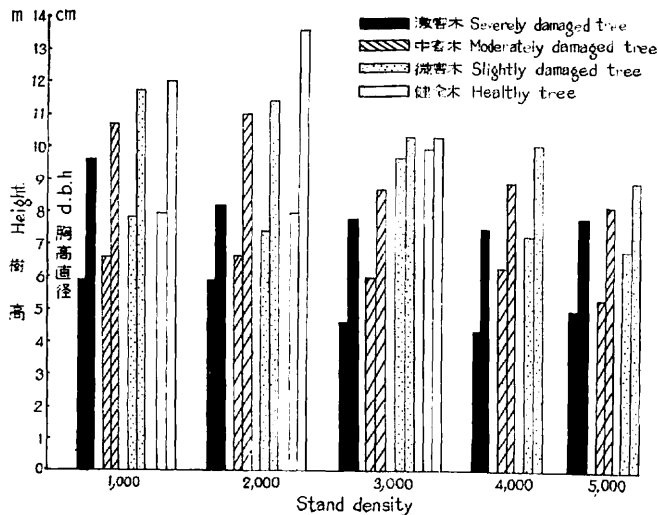


Fig. 18 カラマツの林分密度と先枯病罹病木の枯損との関係  
Effect of stand density of Japanese larch trees on dying of damaged trees by shoot blight.



左側樹高、右側胸高直径  
Left...height, Right...d.b.h.  
Fig. 19 カラマツの林分密度と罹病木の成長との関係  
Effect of stand density on growth of Japanese larch trees infected by shoot blight.

樹高の低い激害木では著しく被圧の害をうけて衰弱し、しかも本試験地では落葉病が著しく発生し、本病の被害も高密度区ほど多いために、ますます衰弱し、越冬中に枯損する結果になったものと認められる。

#### 4. 要 結

伝染源の罹病枝を同一量配置した場合には、著しい低密度区では著しい高密度区よりも発病が多くなったが、床替本数に応じて伝染源を加減した場合には、はなはだしい差が認められなくなった。なお、高密度区では、くもの巢病の発生が著しく、先枯病の発生に及ぼした影響も無視できないであろう。しかしながら、本試験結果からみて、標準床替本数 ( $\text{m}^2$  あたり 49 本) を中心に多少の増減を行なった場合の発病の差は、著しくないものと考えてよからう。

佐藤ら<sup>49)45)</sup>は、針葉樹苗の被陰処理によって雪腐病に対する抵抗性が著しく低下することを報告した。カラマツの被陰処理苗でも、病原菌の接種試験とは場試験結果から、先枯病に対する抵抗性が低下し、その被陰程度の重いほど著しかった。したがって、この結果からみて被圧苗や被圧木は、罹病が多くなるものと考えられ、これが高植栽密度の林分に先枯病が発生しやすくなる主要原因であろう。

カラマツの植栽密度と発病との試験結果については、はじめは高密度区ほど激害、中害などの被害程度の重い罹病木の割合が多く (第1報<sup>50)</sup>参照)、その結果、林分全体の被害が重くなった。ところが、高密度区では林分がしだいに閉鎖するにつれて、樹高成長の著しく不良である激害木では周囲の林木に被圧されて衰弱し、その上、落葉病の激害の影響もあって衰弱が加わり、越冬中に枯損したために林分全体の被害は減少してきた。このような現象は、岩手山ろくの15年生前後の、3,000本植栽林内の被害木にも観察されている (佐藤未発表) が、先枯病の被害のまんえん速度を低下させるためには、この段階まで放置せずに、保育作業の際などに、激害木は発見しだい伐倒すべきものと考えられる。

### VI カラマツ苗の成長および損傷と発病との関係

佐藤ら<sup>50)</sup>の接種試験結果によると、病原菌の侵入感染はカラマツの枝梢の幼若部分から行なわれ、木質化のすすんだ部分からは行なわれにくいので、苗木の成長を抑制することによって感染から回避できる可能性が考えられる。

また、接種試験では、新梢組織に傷を与えた場合に著しく発病しやすくなることが確かめられている (佐藤ら<sup>50)</sup>、横田<sup>81)</sup>、陳野ら<sup>85)</sup>)。したがって、ほ場において苗木に損傷を与えた場合の発病について、確かめるために次の試験を行なった。

#### 1. カラマツ苗の成長と発病との関係

##### (1) カラマツ苗の床替え時期と発病との関係

東北支場第2苗畑において、1 plot  $1\text{m}^2$ 、4回くり返し乱塊法の設計により Table 38 に示す試験地を設定した。1963年4月10日に  $\text{m}^2$  あたり硫酸アンモニア 80g、過リン酸石灰 100g、塩化カリ 15g、ケイふん 3kg を基肥として施した。

供試苗は前年にまき付けて越冬させておいた1年生苗で、野外苗区のものはそのまま据え置き、低温貯蔵苗区ではあらかじめ4月3日に、木箱に土壌をつめて仮植して  $0^\circ\text{C}$  の低温室に貯蔵しておいた苗木を、それぞれの所定月日に床替えした。

5月30日に伝染源として、10本ずつの病枝を付着した前年の罹病枝を1本ずつ、plotの中央にさした。発病経過は Fig. 20 に示すとおり、低温貯蔵苗の5月30日床替区は発病がかなり低率に経過した。しか



し、10月21日の最終調査結果は Table 38 に示すとおり、苗長の差異はあるが発病状態には有意差がない。

## (2) カラマツ苗の成長抑制と発病との関係

東北支場第2苗畑において、1 plot 1 m<sup>2</sup>、4回くり返し乱塊法の設計によって Table 39 に示す試験地を設定した。1964年4月16日、前試験に準じて基肥を施し、低温貯蔵苗区以外は4月21日、m<sup>2</sup>あたり49本ずつカラマツ1年生苗を床替えした。

5月25日、前試験に準じて罹病枝を伝染源として配置した。なお、根切り処理は、根切り鎌を用いて7cm深さの部分で切断したが、その実施のの数日間は枝葉が萎凋し、のちに回復した。

苗木の成長経過は Fig. 21 に示すとおり、いずれの処理区にも苗木の伸長抑制効果が認められた。しかし、新梢の幼若部の形成状態には差異が認められなかった。

10月20日の最終調査結果は Table 39 に示すとおり、各区の罹病状態には有意差が認められない。

## 2. カラマツ苗の損傷と発病との関係

東北支場第2苗畑において、1966年4月16日に、1 plot 1 m<sup>2</sup> 4回くり返し乱塊法の設計により試験地を設定し、基肥として m<sup>2</sup> あたり硫酸アンモニア 80 g、過リン酸石灰 100 g、塩化カリ 15 g を施し、同月18日 m<sup>2</sup> あたり49本ずつの1年生カラマツ苗を床替えした。5月24日、伝染源の罹病枝を plot の中央部にさし、先枯病の感染のピークにあたる7月13日、8月2日、19日に Table 40 に示す処理を行なうて、枝梢部に損傷を与えたのちの苗木の状態を同表に示す。

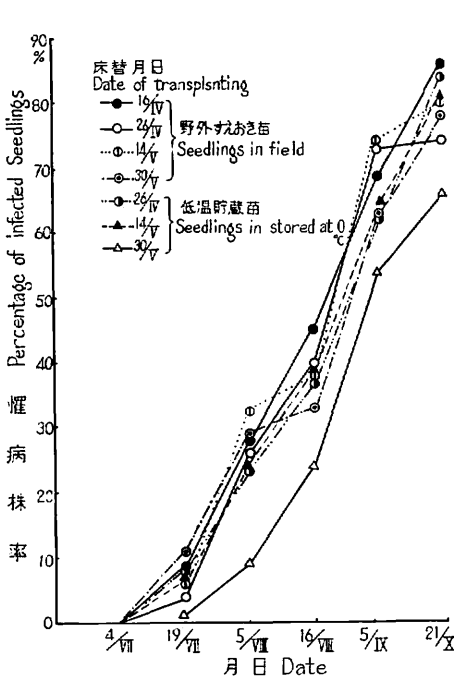


Fig. 20 カラマツ苗の床替時期と先枯病の発生経過 Effect of transplanting period of Japanese larch seedlings on developmental process of shoot blight.

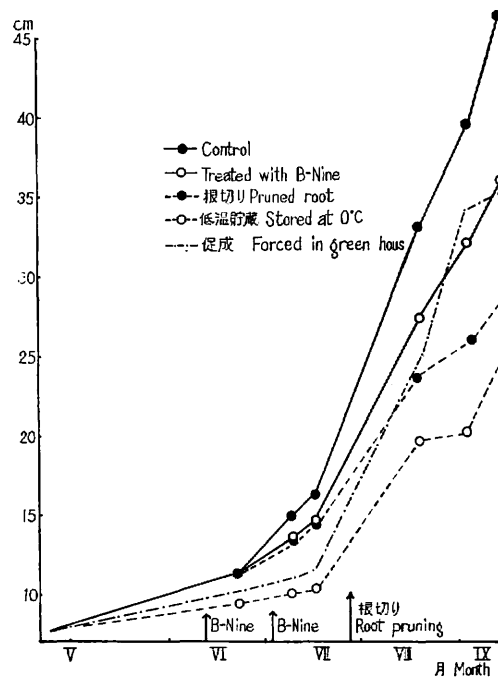


Fig. 21 成長を抑制されたカラマツ苗の成長経過 Process of growth of Japanese larch seedlings inhibited growth.

Table 38. カラマツ苗の床替時期と先枯病発生との関係 (1964)

Effect of transplanting period of Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight (1964)

| 供 試 苗<br>Seedling tested                 | 床 替 月 日<br>Date of<br>transplanting | 罹 病 株 率<br>Percentage of<br>seedlings<br>infected (%) | 罹 病 枝 率<br>Percentage of<br>shoots<br>infected (%) | 枯 損 率<br>Percentage of<br>seedlings<br>died (%) | 苗 長<br>Length of<br>seedling<br>(cm) |
|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 野 外 苗<br>Seedling in field               | 4 月 16 日<br>April 16                | 86.1                                                  | 21.1                                               | 12.2                                            | 28.8                                 |
|                                          | 4 月 26 日<br>April 26                | 74.3                                                  | 15.6                                               | 22.4                                            | 23.9                                 |
|                                          | 5 月 14 日<br>May 14                  | 80.0                                                  | 19.6                                               | 18.4                                            | 24.6                                 |
|                                          | 5 月 30 日<br>May 30                  | 78.2                                                  | 19.2                                               | 15.8                                            | 20.3                                 |
| 低温貯蔵苗 (0°C)<br>Seedling stored<br>at 0°C | 4 月 26 日<br>April 26                | 83.1                                                  | 12.6                                               | 9.7                                             | 30.0                                 |
|                                          | 5 月 14 日<br>May 14                  | 81.3                                                  | 19.8                                               | 4.6                                             | 26.7                                 |
|                                          | 5 月 30 日<br>May 30                  | 67.9                                                  | 14.8                                               | 20.4                                            | 16.4                                 |
| L.S.D. 0.05<br>0.01                      |                                     |                                                       |                                                    |                                                 | 5.2<br>10.0                          |

Table 39. カラマツ苗の成長と先枯病発生との関係

Effect of inhibiting growth of Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight

| 処 理<br>Treatment                                            | 床 替 月 日<br>Date of<br>transplanting | 罹 病 枝 率<br>Percentage of<br>seedlings<br>infected<br>(%) | 罹 病 枝 率<br>Percentage of<br>shoots<br>infected<br>(%) | 苗 木 の 成 長<br>Growth of seedling |                                 |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                                             |                                     |                                                          |                                                       | 苗 長<br>Length<br>(cm)           | 根 元 径<br>Basal diameter<br>(mm) |
| 根 切 り <sup>1)</sup><br>Inhibiting growth<br>by root pruning | 21/IV                               | 52.3                                                     | 10.0                                                  | 27.1                            |                                 |
| 低温貯蔵 (0°C) <sup>2)</sup><br>Stored at (0°C)                 | 25/V                                | 31.6                                                     | 3.6                                                   | 26.6                            | 5                               |
| B-995 散 布 <sup>3)</sup><br>Inhibiting growth<br>by B-995    | 21/IV                               | 52.1                                                     | 6.4                                                   | 34.8                            | 9                               |
| 温 室 内 促 成 <sup>4)</sup><br>Forcing culture<br>in greenhouse | 25/V                                | 39.5                                                     | 7.3                                                   | 32.7                            | 5                               |
| 無 処 理<br>Control                                            | 21/IV                               | 51.1                                                     | 7.4                                                   | 40.4                            | 6                               |
| L.S.D. 0.05<br>0.01                                         |                                     |                                                          |                                                       | 6.6<br>9.2                      |                                 |

注: 1) 根切り月日 7月28日, 2) 貯蔵期間 4月10日~5月25日, 3) 200倍液 m<sup>2</sup>あたり 300cc, 6月12日, 7月3日散布, 4) 3月1日~5月25日, 20~25°Cで育成。

Note: 1) Date of pruning...July 28, 2) Period of storage...April 10~May 25, 3) Sprayed 200 times solution at the rate of 300 cc on June 12, July 3, respectively, 4) Cultured from March 1 to May 25 at 20~25°C in greenhouse.

発病状態は Table 41 に示すように、はじめ針葉つみ取り区ではやや発病が多かったが、のちには差が認められなくなった。

### 3. 要 結

カラマツ苗の低温貯蔵床替え時期の調節、および B-995 (B ナイン) 処理などによる成長抑制、および床替え前の温室での促成栽培などの、ほ場における発病におよぼす影響は顕著ではなかった。

佐藤<sup>44)</sup>、佐藤<sup>58)</sup>のスギ苗の灰色かび病と菌核病の試験では、根切りあるいは MH-30 処理により苗木の秋伸びを抑制することによって、特に枝梢の組織を強硬にして、病原菌の侵入抵抗を高めて、被害を著

Table 40. カラマツ苗に対する薬害と損傷の影響  
Effect of phytotoxicity and injury to Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight

| 処 理<br>Treatment                                      | 苗 木 の 傷 害, 変 色<br>Injury and discoloration of seedling |                     |                       | 苗 木 の 成 長<br>Growth of seedling |                                 |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                                       | 7 月 15 日<br>July 15                                    | 8 月 8 日<br>August 8 | 8 月 22 日<br>August 22 | 苗 長<br>Length<br>(cm)           | 根 元 径<br>Basal diameter<br>(mm) |
| ク ロ ン <sup>1)</sup><br>Chlon (PCP)                    | —                                                      | +++                 | +++                   | 33.7                            | 6                               |
| 塩 素 酸 カ リ <sup>2)</sup><br>Potassium chlorate         | —                                                      | +++                 | +++                   | 34.7                            | 6                               |
| 針 葉 つ み 取 り <sup>3)</sup><br>Picking of needles       | —                                                      | —                   | —                     | 42.2                            | 6                               |
| ワイヤーブラッシュ傷付け <sup>4)</sup><br>Injured with wire brush | ++                                                     | +++++               | +++++                 | 27.3                            | 6                               |
| 無 処 理<br>Control                                      | —                                                      | —                   | —                     | 42.2                            | 6                               |

注: 処理月日 7 月 13 日, 8 月 2 日, 8 月 19 日, クロン 400, 600 倍液, 塩素酸カリ 100, 200 倍液, m<sup>2</sup> 150 cc 散布, 針葉つみ取り枝梢部 5 本, 傷付けは約 50 本の針葉に 300~350 個の孔が与えられた。

Note: Date of treatment... July 13, August 2 and August 19, respectively. 1) 2) 0.17, 0.25% solution of chlon and 0.5, 1.0% solution of potassium chlorate, respectively were sprayed at the rate of 150 cc per m<sup>2</sup>. 3) Five needles on tips of shoots were picked. 4) About 50 of needles on tips of shoots were injured and 300~350 pin holes was observed per one seedling.

Table 41. カラマツ苗に対する損傷と薬害が先枯病発生におよぼす影響  
Effect of injury and phytotoxicity to Japanese larch seedlings on occurrence of shoot blight

| 処 理<br>Treatment                                      | 罹 病 株 率<br>Percentage of seedlings infected (%) |                       |                         | 処理枝の罹病率<br>Percentage of infected shoots injured (%) | 罹 病 枝 率<br>(10月15日)<br>Percentage of shoots infected (October 15) (%) |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                       | 8 月 2 日<br>August 2                             | 8 月 22 日<br>August 22 | 10 月 15 日<br>October 15 |                                                      |                                                                       |
| ク ロ ン <sup>1)</sup><br>Chlon (PCP)                    | 5.6                                             | 31.1                  | 99.2                    | 40.1                                                 | 22.8                                                                  |
| 塩 素 酸 カ リ <sup>2)</sup><br>Potassium chlorate         | 8.7                                             | 25.5                  | 93.7                    | 32.2                                                 | 20.4                                                                  |
| 針 葉 つ み 取 り <sup>3)</sup><br>Picking of needles       | 10.2                                            | 35.7                  | 96.0                    | 37.2                                                 | 14.8                                                                  |
| ワイヤーブラッシュ傷付け <sup>4)</sup><br>Injured with wire brush | 8.7                                             | 30.6                  | 100                     | 33.5                                                 | 16.0                                                                  |
| 無 処 理<br>Control                                      | 6.1                                             | 30.1                  | 100                     | 33.2                                                 | 15.7                                                                  |

しく軽減した。

これに対してカラマツ苗における観察によれば、成長抑制された苗木では伸長は減少したが、病原菌の侵入部位である枝梢の幼若部の形成状態では、無処理苗と差異を認められなかった。これが上記の結果が得られた原因になっているものと考えられる。したがって、カラマツ苗の成長抑制による先枯病の防除効果は、あまり期待できないものと思われる。

陳野ら<sup>80)</sup>は先枯病菌のカラマツ幼茎における侵入と、寄主体内まんえんについての病態解剖による実験結果から、有傷の場合にかぎって侵入感染が起こることを報告している。しかし、佐藤ら<sup>80)</sup>、横田<sup>81)</sup>は子の胞子および柄胞子を用いた接種試験結果から、有傷の場合には発病が著しく誘発されるが、無傷の場合でもかなり発病が起こることを報告している。

ところが、このたびのは場における針葉つみ取り、ワイヤーブラッシュによる損傷および PCP と KCl による葉斑を形成させた苗木の発病状態は、はじめは針葉つみ取り区に多い傾向が現われたが、のちに差がなくなった。

以上の結果から、接種試験におけるように苗木が損傷をうけた直後に、濃厚感染をうけた場合には、著しく感染と発病が起こるのに対して、このたびのは場試験のように、損傷をうけたのちに徐々に感染が行なわれる場合には、傷の影響が現われたいものと考えられる。したがって、傷病感染が顕著に出現するのは、降雨をともなった強風によって損傷をうけた場合や、強風直後に降雨があったような場合であろう。

## VII 産地の異なるカラマツの抵抗性およびカラマツ属各樹種の抵抗性

著者ら<sup>59)</sup>は青森県野辺地に所在する、王子造林株式会社大平実験林内のカラマツ種子産地試験地における先枯病の発生状態は、母樹の産地によってかなり顕著な差異があることを報告した。また、第1報<sup>60)</sup>およびごく最近の報告<sup>67)</sup>において、カラマツ属各種の抵抗性について公表したが、その後の調査を継続し、発病の推移と抵抗性の大小についてほぼ見とおしがついたので、次に述べることにする。

### 1. 王子造林(野辺地)カラマツ種子産地試験地における先枯病の発生

#### 調査地および調査方法

本試験地は青森県上北郡甲地村の丘陵のアカマツ伐採跡地に所在し、王子造林株式会社<sup>38)</sup>によると、次のとおりである。

この試験は農林省林業試験場、王子製紙林木育種研究所など国内各地で実施している試験と同一基準で実行した。また欧州諸国でも、これと同一基準の試験を実施しており、国際的共同試験の一環である。試験地の土壌は B<sub>1</sub> 型で年平均気温 14.4°C、同最低気温 5.4°C、年降雨量は約 1,200 mm である。

おのおの plot には、産地の苗木 60 本ずつを、2m×2m=4m<sup>2</sup> に 1 本の割合 (ha あたり 2,500 本) に植栽し、20 産地の 20 小区画を 10 plot ずつ 2 列にならべ、これを 3 回くり返した。供試苗木は北海道王子製紙栗山林木育種研究所で、1957 年 5 月にまき付けて育成した 2 年生苗を用いた。植え付けは 1959 年 4 月 8 日から 10 日まで実施し、その植栽にあたり、苗木 1 本につき基肥として溶性リン肥 112 g、固形肥料⑨ 1 号 15 個を施した。

植栽後まもなく先枯病の被害をうけたので、1961 年以来病枝の切除あるいは薬剤防除を実施してきている。著者の 1 人佐藤は、1961 年 6 月、王子造林野辺地出張所と東京大学嶺一三教授(現東京農業大学教授)の依頼をうけて以来、4 回の調査を行なったが、そのたびごとに被害は著しく進展していた。

Table 42. カラマツ種子産地試験地における先枯病の被害調査結果 (1963)  
Results of occurrence of shoot blight of Japanese larch at provenance trial  
plantation (1963)

| 産 地<br>Provenance                           | 調査本数<br>Number of<br>trees<br>observed | 罹 病 率<br>Percentage of<br>trees infected<br>(%) | 罹 病 程 度<br>Degree of infection<br>(%) |      |      | 被 害 度<br>Index of<br>damage |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|------|------|-----------------------------|
|                                             |                                        |                                                 | +++                                   | ++   | +    |                             |
| 山梨県富士恩賜県有林(天神)<br>Mt. Fuji, Yamanashi       | 123                                    | 92.6                                            | 39.0                                  | 30.8 | 22.8 | 3.1                         |
| "          (3合目)<br>Mt. Fuji, Yamanashi     | 88                                     | 98.9                                            | 40.9                                  | 34.1 | 23.9 | 3.3                         |
| 静岡県富士第2~3国国有林<br>Mt. Fuji, Shizuoka         | 123                                    | 97.5                                            | 32.5                                  | 29.2 | 35.8 | 2.9                         |
| 長野県八ヶ岳国国有林(豊里村)<br>Mt. Yatsugatake, Nagano  | 93                                     | 66.7                                            | 4.3                                   | 21.5 | 40.9 | 1.3                         |
| "          (南牧村)<br>Mt. Yatsugatake, Nagano | 125                                    | 86.4                                            | 4.0                                   | 30.4 | 52.0 | 1.6                         |
| 長野県蓼科国国有林<br>Tadeshina, Nagano              | 83                                     | 72.3                                            | 12.0                                  | 14.5 | 45.8 | 1.5                         |
| 長野県冷山国国有林<br>Hieyama, Nagano                | 127                                    | 92.9                                            | 13.4                                  | 26.0 | 53.5 | 2.0                         |
| 長野県西岳国国有林(立沢下)<br>Nishidake, Nagano         | 120                                    | 94.2                                            | 12.5                                  | 24.2 | 57.5 | 1.9                         |
| "          (立沢上)<br>Nishidake, Nagano       | 118                                    | 68.6                                            | 2.5                                   | 9.3  | 56.8 | 1.0                         |
| 長野県黒川内国国有林甲上駒<br>Kurokôchi, Nagano          | 113                                    | 81.4                                            | 5.3                                   | 30.1 | 46.0 | 1.6                         |
| 長野県遠山国国有林(大沢岳)<br>Tôyama, Nagano            | 122                                    | 61.3                                            | 0                                     | 4.0  | 57.3 | 0.7                         |
| 栃木県奥日光国国有林(赤沼)<br>Okunikko, Tochigi         | 125                                    | 73.6                                            | 10.4                                  | 7.2  | 56.0 | 1.3                         |
| 栃木県第1野州原国国有林<br>Daiichinosuhara, Tochigi    | 94                                     | 81.9                                            | 19.1                                  | 14.9 | 47.9 | 1.9                         |
| 群馬県熊四郎山国国有林(石座)<br>Kumashiroyama, Gunma     | 92                                     | 70.7                                            | 10.9                                  | 8.7  | 51.1 | 1.3                         |
| 長野県長倉山国国有林(沓掛)<br>Nagakurayama, Nagano      | 96                                     | 88.0                                            | 9.4                                   | 30.2 | 48.9 | 1.9                         |
| 長野県浅間山国国有林(追分)<br>Mt. Asama, Nagano         | 75                                     | 48.0                                            | 0                                     | 6.7  | 41.3 | 0.6                         |
| 長野県高瀬川国国有林<br>Takasegawa, Nagano            | 104                                    | 78.8                                            | 14.4                                  | 19.2 | 45.2 | 1.8                         |
| 長野県黒川国国有林(木曾駒ヶ岳)<br>Kurokawa, Nagano        | 95                                     | 73.6                                            | 6.3                                   | 12.6 | 54.7 | 1.2                         |
| 長野県鹿の瀬国国有林(木曾岳)<br>Kanose, Nagano           | 126                                    | 52.4                                            | 2.4                                   | 6.3  | 43.7 | 0.7                         |
| 長野県赤渚国国有林(鉢盛山)<br>Akanagi, Nagano           | 124                                    | 59.7                                            | 4.8                                   | 17.8 | 37.1 | 1.1                         |

注: 1959年4月植栽    Note: Planted in April, 1959.

発病状態の調査は、1963年11月19日および1968年10月14日に、全成立本数の1/2の標本を抽出して調査した。

#### 調査結果

Table 42, 43 に示すとおり、1963年の被害程度は微害～中害で、1968年には中害～激害にすすんでいる。これら産地間の発病状態の差は63年のほうが著しく、富士系は3産地とも被害が多く、ほかの系

Table 43. カラマツ種子産地試験地における先枯病の被害調査結果 (1968)  
Results of occurrence of shoot blight of Japanese larch at provenance trial  
plantation (1968)

| 産 地<br>Provenance                           | 調査本数<br>Number of<br>trees<br>observed | 罹 病 率<br>Percentage of<br>trees infected<br>(%) | 罹 病 程 度<br>Degree of infection<br>(%) |      |      | 被 害 度<br>Index of<br>damage |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|------|------|-----------------------------|
|                                             |                                        |                                                 | +++                                   | ++   | +    |                             |
| 山梨県富士恩賜県有林(天神)<br>Mt. Fuji, Yamanashi       | 101                                    | 100                                             | 85.1                                  | 13.9 | 1.0  | 4.7                         |
| "          (3 合目)<br>Mt. Fuji, Yamanashi    | 100                                    | 100                                             | 73.0                                  | 26.0 | 1.0  | 4.4                         |
| 静岡県富士第 2~3 国有林<br>Mt. Fuji, Shizuoka        | 101                                    | 100                                             | 73.3                                  | 26.7 | 0    | 4.5                         |
| 長野県八ヶ岳国有林(豊里村)<br>Mt. Yatsugatake, Nagano   | 101                                    | 100                                             | 51.5                                  | 39.6 | 8.9  | 3.9                         |
| "          (南牧村)<br>Mt. Yatsugatake, Nagano | 101                                    | 100                                             | 48.6                                  | 35.6 | 15.8 | 3.7                         |
| 長野県蓼科国有林<br>Tadeshina, Nagano               | 100                                    | 100                                             | 38.0                                  | 58.0 | 4.0  | 3.7                         |
| 長野県冷山国有林<br>Hieyama, Nagano                 | 101                                    | 100                                             | 57.4                                  | 33.7 | 8.9  | 4.0                         |
| 長野県西岳国有林(立沢下)<br>Nishidake, Nagano          | 100                                    | 100                                             | 25.0                                  | 53.0 | 22.0 | 3.1                         |
| "          (立沢上)<br>Nishidake, Nagano       | 100                                    | 100                                             | 45.0                                  | 38.0 | 17.0 | 3.6                         |
| 長野県黒川内国有林甲上駒<br>Kurokôchi, Nagano           | 100                                    | 100                                             | 34.0                                  | 56.0 | 10.0 | 3.5                         |
| 長野県遠山国有林(大沢岳)<br>Tôyama, Nagano             | 101                                    | 100                                             | 32.7                                  | 53.4 | 13.9 | 3.4                         |
| 栃木県奥日光国有林(赤 沼)<br>Okunikko, Tochigi         | 101                                    | 100                                             | 46.5                                  | 26.7 | 26.7 | 3.4                         |
| 栃木県第1野州原国有林<br>Daiichinosuhara, Tochigi     | 100                                    | 100                                             | 36.0                                  | 64.0 | 0    | 3.7                         |
| 群馬県熊四郎山国有林(石座)<br>Kumashiroyama, Gunma      | 100                                    | 100                                             | 19.0                                  | 64.0 | 17.0 | 3.1                         |
| 長野県長倉山国有林(水 掛)<br>Nagakurayama, Nagano      | 100                                    | 100                                             | 52.0                                  | 40.0 | 8.0  | 3.9                         |
| 長野県浅間山国有林(追 分)<br>Mt. Asama, Nagano         | 100                                    | 100                                             | 25.0                                  | 47.0 | 28.0 | 2.9                         |
| 長野県高瀬川国有林<br>Takasegawa, Nagano             | 100                                    | 100                                             | 39.0                                  | 47.0 | 14.0 | 3.5                         |
| 長野県黒川国有林(木曾駒ヶ岳)<br>Kurokawa, Nagano         | 102                                    | 100                                             | 39.2                                  | 56.9 | 3.9  | 3.7                         |
| 長野県鹿の瀬国有林(木曾岳)<br>Kanose, Nagano            | 100                                    | 100                                             | 23.0                                  | 52.0 | 25.0 | 3.0                         |
| 長野県赤渚国有林(鉢盛山)<br>Akanagi, Nagano            | 101                                    | 100                                             | 28.7                                  | 52.5 | 18.0 | 3.2                         |

統のものでもかなりの変動がみられる。しかし、被害のすすんできた68年の結果では、富士系の3産地のものは被害が目だっているが、ほかの系統のもの各産地間の差異は接近してきて、63年の結果のように著しい差異がみられなくなっている。

## 2. カラマツ属各樹種の抵抗性

試料および試験地

供試したカラマツ属の樹種は次のとおりである。

ニホンカラマツ *Larix leptolepis*……長野県産 1958～1959 年まき付け。

オウシュウカラマツ *L. decidua*……西ドイツおよびデンマーク産, 1958 年まき付け。

オウシュウカラマツ×ニホンカラマツ *L. eurolepis*……スウェーデン産, 1956 年まき付け苗から 1959～1960 年つぎ木。

東部アメリカカラマツ *L. laricina*……アメリカ産, 1959 年まき付け。

チョウセンカラマツ *L. olgensis* var. *koreana*……北海道産, 1958 年つぎ木。

グイマツ *L. gmelinii*……北海道産, 1958 年つぎ木。

グイマツ×ニホンカラマツ *L. gmelinii* ×

*L. leptolepis*

以上の各樹種の苗木は, 旧青森支場時代に青森県林署管内の新城苗圃において育苗したが, 先枯病の被害をうけていた。これを 1960 年 11 月中旬に盛岡市内の東北支場苗圃に移して, 仮植越冬させた。

1961 年 4 月 20～25 日, 東北支場第 2 苗圃の一角に 1×1m 間隔に, 1 列につき 10～20 本ずつ 5 回くり返しに植栽した。

毎年, 先枯病の発生が終わった 10 月中旬～下旬に発病状態などについて調査した。

なお, 本試験林には 1961 年以来, 毎年落葉病が激しく発生し, 特にチョウセンカラマツ, グイマツ, オウシュウカラマツおよび東部アメリカカラマツでは, はなはだしい被害

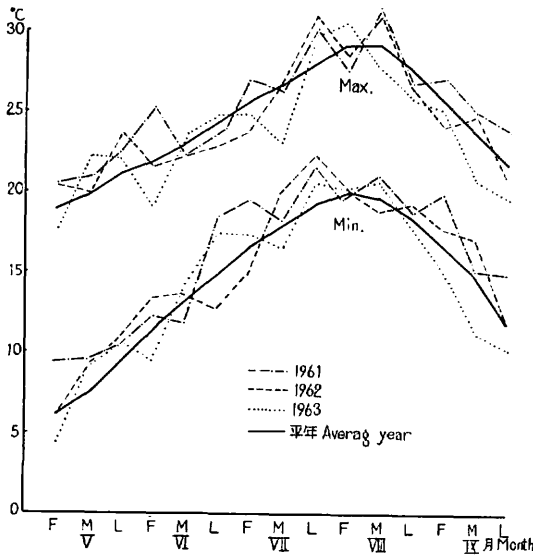


Fig. 22 盛岡における気温の年変動  
Yearly variation of temperature at Morioka in 1961～1963.

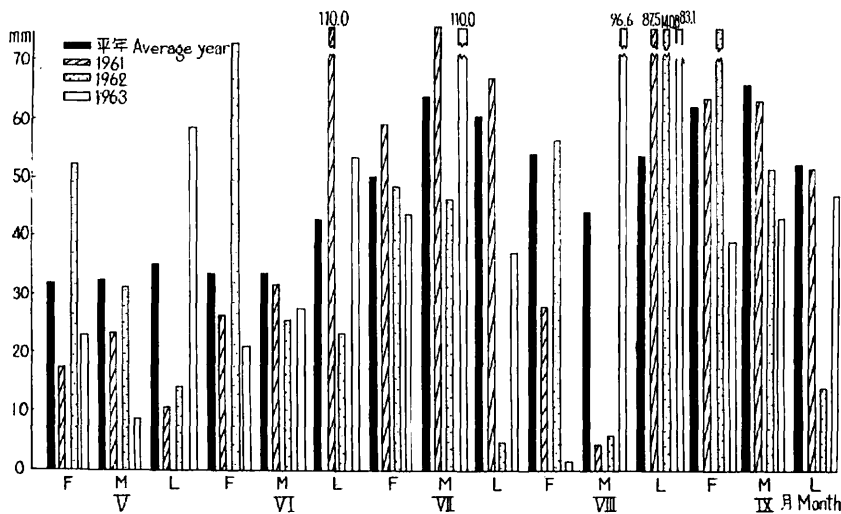


Fig. 23 盛岡における降雨量の年変動  
Yearly variation of precipitation at Morioka in 1961～1963.

をうけている。

本試験の実施期間の1961～1968年の感染発病期の気象条件を、盛岡地方気象台の観測値によって Fig. 22～27 に示す。

#### 調査結果

##### (1) 樹種別の発病の年変動

8か年間の発病の推移は Fig. 28, 29 に示すとおり、最も感受性のものは、東部アメリカカラマツとオウシュウカラマツであり、これらの間には、はじめは多少の差があったが、1964 年からは全く同じ経過をたどっている。なお、これらの樹種の発病開始時期は、ほかの樹種よりも毎年10日前後早く、早い年は6月中旬、おそくとも6月下旬には発病した。

最も抵抗性のものはグイマツで、植栽当初から最も発病が低く経過しており、発病開始も最もおそく、7月中旬以降であった。これについて、チョウセンカラマツが抵抗性であった。

ニホンカラマツは中間の経過をたどっており、そのオウシュウカラマツとの交雑種は両親の中間の発病経過をたどったが、個体間の差がかなり著しく、オウシュウカラマツに似た形態のものは、ニホンカラマツに似たものより感受性であった。また、グイマツとニホンカラマツの交雑種も両親の中間にあった。

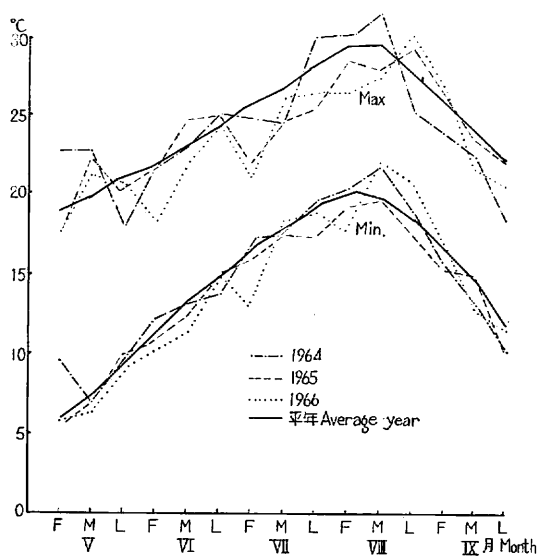


Fig. 24 盛岡における気温の年変動  
Yearly variation of temperature at Morioka in 1964～1966.

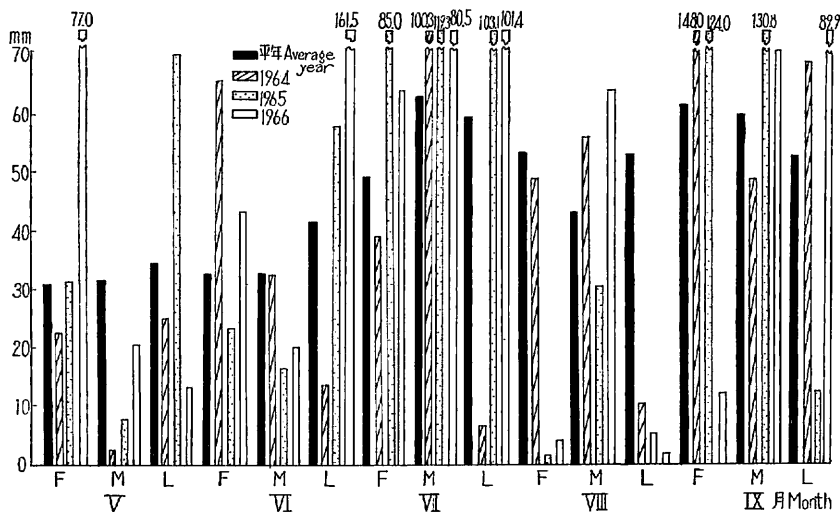


Fig. 25 盛岡における降雨量の年変動  
Yearly variation of precipitation at Morioka in 1964～1966.



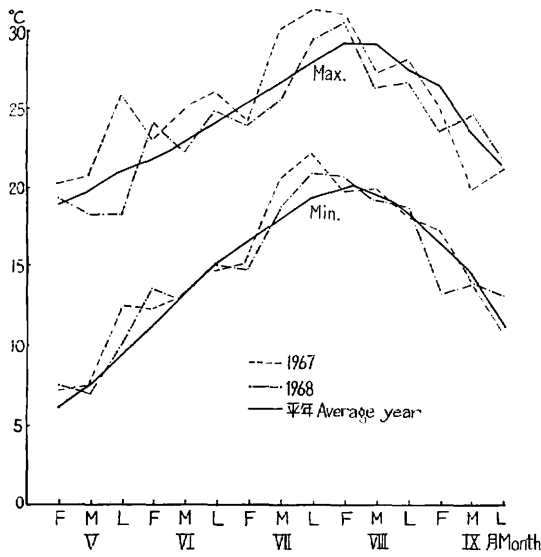


Fig. 26 盛岡における気温の年変動

Yearly variation of temperature at Morioka in 1967~1968.

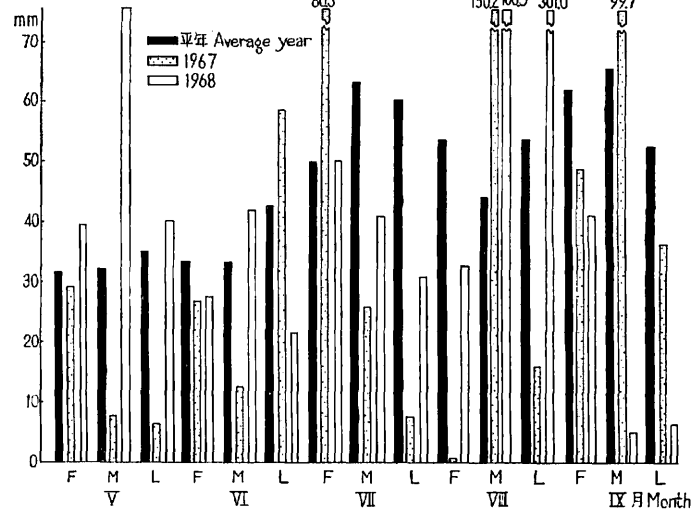


Fig. 27 盛岡における降雨量の年変動  
Yearly variation of precipitation at Morioka in 1967~1968.

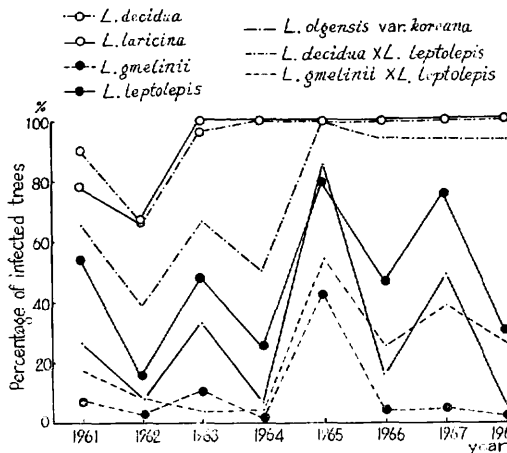


Fig. 28 各種カラマツの先枯病発生の年変動 (罹病株率)

Yearly variation of occurrence of shoot blight of various larches (Percentage of infected trees).

次に, Fig. 28 の罹病率 (本数率) と Fig. 29 の被害度を比較すると, 各樹種間の順位は一致するが, 罹病率のほうが年変動を顕著に示している。

## (2) 各樹種の成長経過

各樹種の樹高および根元直径の成長経過は Fig. 30, 31 に示すとおり, 樹高成長, 直径成長とも良好なグループは, オウシュウカラマツ×ニホンカラマツ, ダイマツ×ニホンカラマツの2つの交雑種とニホンカラマツであり, これら以外の樹種では著しく成長が劣り, また樹種間の樹高成長と直径成長の差は一致せず優劣をつけがたい。

### (3) 各樹種の樹高成長の季節的変動および新梢部の形態

各樹種の開葉および成長間には著しい差が認められた。すなわち、グイマツとチョウセンカラマツでは開葉が早く、特にグイマツでは成長休止期が早いように観察されたので、1963年に各樹種ごと10本ずつの主幹の新梢部の伸長経過を調査し、Fig. 32に示す。

この図から、ニホンカラマツに比べて、ほかの樹種では成長開始が早く、特にグイマツ、東部アメリカカラマツなどが著しい。そしてグイマツとチョウセンカラマツでは成長休止時期が早く、グイマツでは夏季から冬芽の形

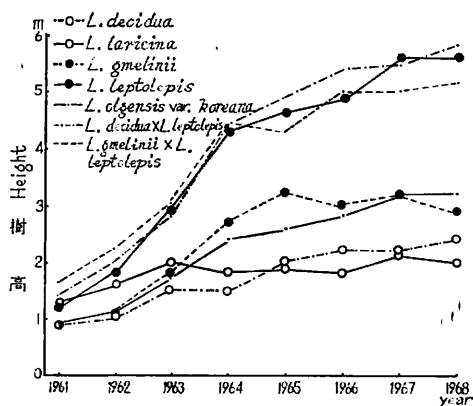


Fig. 30 各種カラマツの樹高成長経過  
Growing process of height of various larches.

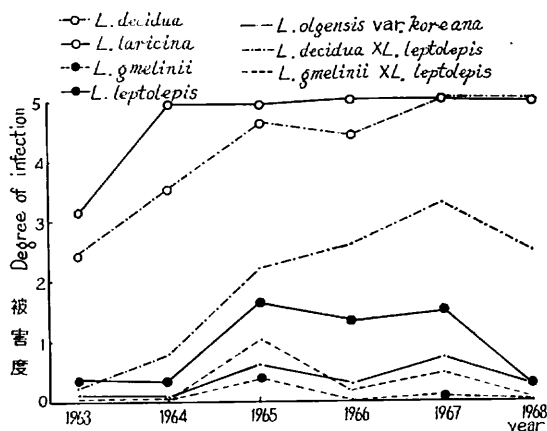
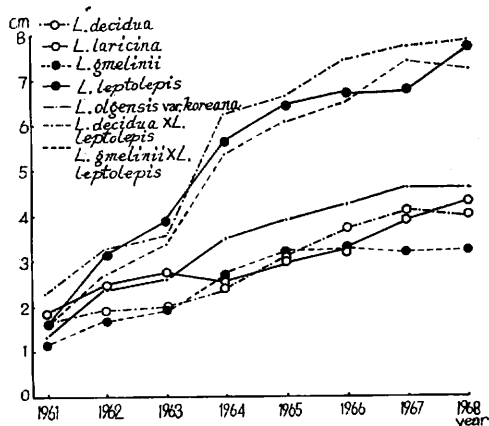


Fig. 29 各種カラマツの先枯病発生年の変動 (被害度)  
Yearly variation of shoot blight of various larches (degree of infection).

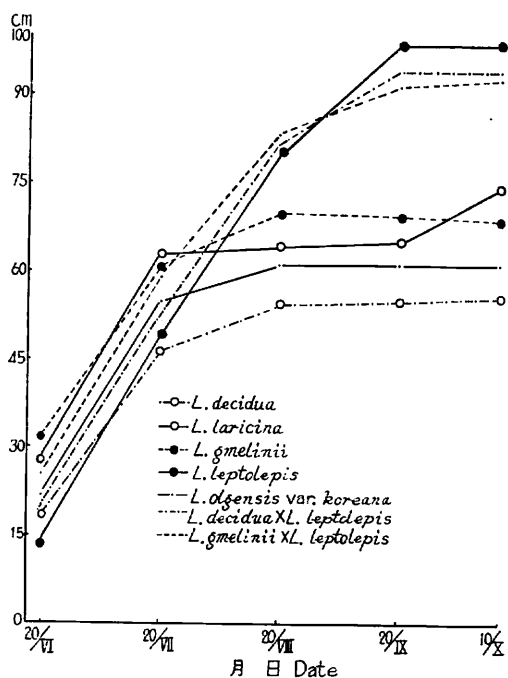


Fig. 32 各種カラマツの伸長経過 (1963)  
Growing process of main shoots of various larches in 1963.

Fig. 31 カラマツの根元径成長経過  
Growing process of basal diameter of various larches.

Table 44. 各種カラマツの枝梢部幼茎の形態  
Morphology of tips of shoots of various larches

| 樹 種<br>Tree species                                                       | 冬芽の形成<br>Formation of<br>winter bud | 毛 茸<br>Development<br>of hair | 表皮細胞の幅<br>Wide of<br>epidermal cell<br>( $\mu$ ) | 表皮細胞外側膜の厚さ<br>Thickness of outer<br>wall of epidermal<br>cell ( $\mu$ ) |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| ニホンカラマツ<br>Japanese larch <sup>1)</sup>                                   | ない<br>None                          | わずかある<br>A few                | 24.0                                             | 2.8                                                                     |
| グイマツ<br>Chishima larch <sup>2)</sup>                                      | 多い<br>Abundant                      | 多い<br>Abundant                | 34.0                                             | 6.4                                                                     |
| グイマツ<br>×ニホンカラマツ<br>Chishima larch<br>× Japanese larch <sup>3)</sup>      | ない<br>None                          | かなり多い<br>Fairly abundant      | 28.0                                             | 3.3                                                                     |
| チョウセンカラマツ<br>Korean larch <sup>4)</sup>                                   | "                                   | ない<br>Lack                    | 28.0                                             | 4.3                                                                     |
| チョウセンカラマツ<br>×ニホンカラマツ<br>Korean larch<br>× Japanese larch <sup>5)</sup>   | "                                   | "                             | 24.0                                             | 2.6                                                                     |
| オウシュウカラマツ<br>European larch <sup>6)</sup>                                 | "                                   | "                             | 24.0                                             | 2.4                                                                     |
| オウシュウカラマツ<br>×ニホンカラマツ<br>European larch<br>× Japanese larch <sup>7)</sup> | "                                   | "                             | 18.0                                             | 2.1                                                                     |
| 東部アメリカカラマツ<br>Eastern American larch <sup>8)</sup>                        | "                                   | "                             | 20.0                                             | 2.4                                                                     |

Note: 1) *Larix leptolepis*, 2) *L. gmelinii*, 3) *L. gmelinii* × *L. leptolepis*, 4) *L. olgensis* v. *koreana*, 5) *L. olgensis* v. *koreana* × *L. leptolepis*, 6) *L. decidua*, 7) *L. decidua* × *L. leptolepis*, 8) *L. laricina*

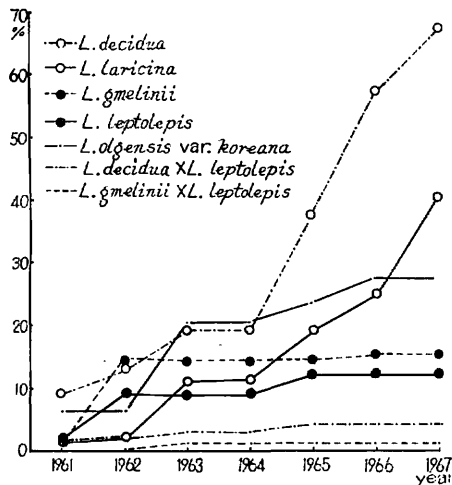


Fig. 33 各種カラマツの枯損の推移  
Dying process of various larches.

前述のように、樹種間の成長差が著しくなるにつれて、先枯病に感受性の樹種や成長不良な樹種では、はなはだしく被圧され、越冬中の枯損がしだいに目だってきた。その推移は Fig. 33 に示すとおり、オウシュウカラマツが最も枯損が多く、次いで東部アメリカカラマツ、チョウセンカラマツの順序で、ニホン

成が認められ、木質化の時期も早いように観察された。また感受性のオウシュウカラマツと東部アメリカカラマツではせん弱な小枝の形成が多かった。

以上のような樹種間の形態の差は、先枯病に対する抵抗性の強弱となんらかの関係がありそうに思われるので、1967年7月10日、病原菌の侵入部位である枝梢の成長点部の幼茎の形態を調査した結果を Table 44 に示す。

この結果から、表皮細胞の外側膜の厚さにおいてグイマツが最も厚く、次いでチョウセンカラマツの順序で、グイマツ×ニホンカラマツがこれに次いでいる。また、グイマツでは7月中旬に、ほとんどの枝に冬芽を形成していることは注目すべきことである。

#### (4) 各樹種の枯損の推移

カラマツとグイマツはほぼ中間で、グイマツ×ニホンカラマツとオウシュウカラマツ×ニホンカラマツは最も少ない。

#### (5) 発病の年変動と気象条件との関係

先枯病に対するカラマツの抵抗性は、樹齢が高まるにつれて高まる傾向が認められているが、Fig. 28, 29 における発病状態の年変動をみると、樹齢によるものとは考えられない。したがって、その原因はⅢに述べたことから気象条件の影響が大きいと思われるので、Fig. 22～27 に示す資料と対比して検討すると次のようである。なお、気象因子のうち、風の発病におよぼす影響はきわめて大きいものであることは前述のとおりであるが、調査年間の観測資料を比較してみると、風には著しい差がなかったので省略して気温と降雨の面から検討することとする。

1961 年は植栽初年であって、伝染源となる罹病枝も少なかったにもかかわらず、各樹種とも発病が多い。この原因は次のように考えられる。すなわち、5月から9月まで高温に経過し、しかも6月下旬から7月下旬にかけて降雨量も多く、しかも高温だったために発病開始も早く、被害が目だった。そして8月中旬には降雨量がごく少ないが、8月下旬から9月上旬までは比較的高温で、しかも降雨量が多いために発病がつづいた。

1962 年は発病が急激に低下している。この年は感染初期にあたる6月上旬から最盛期の7月中旬にかけて、低温のために発病時期も遅れ、しかも気温が上昇してきた7月下旬に著しく降雨量が少ない。また感染の終期にあたる8月下旬から9月上旬にかけて、低温であったことに基因する。

1963 年は、発病がふたたび上昇している。この年には感染初期の気温が高く、6月中旬から発病し、6月下旬から7月下旬にかけて降雨量が多い。しかし7月中に低温があり、8月上旬には少雨であったが気温が上昇し、中旬、下旬に著しく多雨であった。この時期の気温は平年よりも低いですが、発病には十分であった。

1964 年は、感受性のオウシュウカラマツと東部アメリカカラマツ以外の樹種では、発病が低下している。この年は6月下旬から7月中旬まで低温がつづき、発病が遅れ、7月中旬の降雨が多いが低温のために発病が少なく、8月上中旬は比較的多雨で高温であったが、下旬から急に気温が低下した。

1965 年の発病は特に多い。この年は6月中下旬に高温で、降雨量も比較的多く、発病開始が早く、7月から8月中旬までは平年よりも低温がつづいたが、発病には十分な温度にあり、特に7月中が多雨のためこの期間の発病が目だった。8月上旬と下旬には降雨が少なかったが、9月上中旬には気温が高くまた降雨量も多かった。

1966 年は発病が低下した。この年は気温の上昇は7月中下旬以降のため発病が遅れ、8月中下旬になってようやく目だってきた。8月にはいると気温が上昇してきたが、降雨量が少なく、中旬になって降雨が多くなったためである。その後は8月下旬から9月上旬にかけて高温がつづいたが、降雨が著しく少なく発病には不適な条件にあった。

1967 年は発病開始期が遅れたが、発病は上昇した。この年は5月中旬から6月中旬にかけて異常な干天がつづいたが、6月下旬から7月上旬および8月中旬に多量の降雨があり、しかも6月から8月上旬にかけて異常に高温で、しかも8月中旬の高温期に多雨だったので、夏の末から初秋にかけての発病が目だった。

1968 年には発病が著しく低下した。この年は6月上旬から8月下旬まで降雨が多いが、7月上中旬、

8月中旬～9月上旬の気温が著しく低く、夏型の高温期間がはなはだ短かった。

### 3. 要 結

(1) 林木種子の産地の違いが病害発生に影響をおよぼすことについては、欧米においては古くから知られており、種子の産地の選択は林木病害の予防上からも重要な問題とされて多くの報告がある (NEGER<sup>33)</sup>, BAXTER<sup>3)</sup>, BOYCE<sup>4)</sup>, BJÖRKMAN<sup>3)</sup>, EDWARDS<sup>6)</sup>, PEACE<sup>39)</sup> など)。

わが国におけるこの方面の具体的な報告は近年までほとんどなかったが、東北地方におけるスギの枝枯性病害と黒粒葉枯病、アカマツのこぶ病、クロマツの葉ふり病およびカラマツ先枯病の発生状態が、母樹の種子の産地によって著しく異なることが報告された (佐藤<sup>4)</sup><sup>47)</sup>, 佐藤ら<sup>63)</sup>)。また北海道十勝におけるカラマツ落葉病についての高橋ら<sup>62)</sup><sup>63)</sup>の調査によると、富士、日光系は、浅間、木曾、八ヶ岳系よりも発生が少なく、また富士系以外の各系統内の産地間にもかなりの差異が認められた。

このたびの青森県甲地村にあるカラマツ種子産地試験地における、先枯病の発生状態の調査結果は、63年には微害～中害の被害範囲にあり、富士系のものはいずれも被害が多く、ほかの系統のものでも産地間になんかの差異を認めた。ところが68年には被害の範囲は中害～激害に進展し、富士系のものは、高橋ら<sup>62)</sup>の報告のように落葉病の発生が少ないが、先枯病ではやはり最も被害が多く、ほかの系統のものではその差が著しく接近してきた。著者らの観察によれば、このような現象は被害林内の林木の個体間にもみられる。すなわち、微害林分では個体間の罹病程度には顕著な差を示すものが多いが、中害～激害に進展するにつれてしだいに接近してくる。

(2) 東北支場構内における各種カラマツの発病の推移をみると、年によりかなりの変動が認められるが、樹種間の罹病の大小の順序は、ほとんど変わらず一定であった。そして感受性のものは、東部アメリカカラマツおよびオウシュウカラマツであり、ニホンカラマツは中間にあり、抵抗性のものはグイマツでチョウセンカラマツはこれに次いでいる。なお、交雑種のオウシュウカラマツ×ニホンカラマツとグイマツ×ニホンカラマツは、それぞれ両親の中間の性質を示した。以上の結果は柳沢ら<sup>73)</sup>、柳沢<sup>72)</sup><sup>74)</sup>、佐藤ら<sup>49)</sup><sup>50)</sup><sup>57)</sup>、千葉ら<sup>6)</sup>の報告とほぼ一致する。

横田<sup>75)</sup>のニホンカラマツの激害地における観察によれば、グイマツやチョウセンカラマツとニホンカラマツとの罹病の差は明らかでないという。著者らの試験林のニホンカラマツの被害は微害程度のため、樹種間の抵抗性の差が顕著に現われたものと思われる。

各種カラマツの抵抗性の機作については、今後の検討を要するが、グイマツにおいては冬芽形成が、すでに7月上旬に認められ、成長休止期が早く、枝梢の成長点部の幼茎の表皮細胞の外側膜が厚く、しかも木質化の時期が早いことは、次のことから病原菌の侵入抵抗を高める原因になっているように考えられる。すなわち、著者らの第1報<sup>50)</sup>における接種試験結果によれば、枝の木質化の進んだ部分からは感染せず、また本報のⅢ、3の試験結果では、ニホンカラマツの冬芽形成枝では無形成枝よりも著しく発病が少なく、また表皮細胞の外側膜が厚く、クチクラ層が発達している。

各樹種の成長をみると、オウシュウカラマツ×ニホンカラマツ、グイマツ×ニホンカラマツの交雑種およびニホンカラマツは良好であるが、オウシュウカラマツ×ニホンカラマツはニホンカラマツよりも先枯病に対する抵抗性が低下し、また落葉病にも弱くなった。またグイマツ×ニホンカラマツは、ニホンカラマツよりも先枯病に対する抵抗性がやや高まるが、落葉病には弱くなった (佐藤ら<sup>49)</sup><sup>54)</sup>)。したがって、病害抵抗性からみて、これらの雑種カラマツを造林樹種として採用するには、検討を要する。

次に、グイマツは先枯病に抵抗性であるが、落葉病には著しく感受性であり、成長がきわめて不良である。またチョウセンカラマツも先枯病にはやや抵抗性であるが、落葉病には感受性で、成長は不良でしかも枯損が多く、ともに造林樹種としては問題がある。

オウシュウカラマツと東部アメリカカラマツは、先枯病、落葉病のいずれにも感受性で成長が著しく阻害され、しかも被圧をうけて衰弱し、冬季間の枯損が続出した。このような先枯病の激害木が冬季間に枯死することについては、すでに V. 3 において述べた。

(3) 各種カラマツの先枯病発生の変動は被害度によるものよりも罹病株率(本数率)で表示した場合のほうが著しい。

前者による場合にはかなり被害が低下する年もあるが、年の経過とともにしだいに上昇の傾向を示し、これは特に感受性の樹種において著しい。以上のことから、被害度は毎年罹病枝がふえて、病原菌の密度をまし、しだいに被害が累積されていく状態を表現しているものといえよう。

いっぽう、罹病株率の変動をみると、感受性のオウシュウカラマツ、東部アメリカカラマツなどでは、ほとんど変動が見られなくなり、中間～抵抗性のニホンカラマツ、チョウセンカラマツ、グイマツなどでは著しい。このことは、罹病程度の軽い個体では、発病の少ない年には罹病しないことがあり、罹病程度の重い個体では毎年罹病しやすいことを示している。したがって、微害林分の被害の推移を表現するには、罹病株率が適用できるものと考えられる。

上述の各樹種の先枯病発生の変動は、佐藤ら<sup>50)51)</sup>の報告および本報の III の発病と気象因子との関係の研究結果から、その年の気象条件によって支配されるものと考えられる。そして調査期間の風の強さに著しい差がなかったことから、感染期における気温と降雨量がその年の発病を支配したのと考えられる。

## 文 献

- 1) 青木昭二・高島 正・竹内直文・大野時寛: カラマツ先枯病被害林分の成長について, 札幌林友, 99, 1~15, (1962)
- 2) BAXTER, D.V.: Pathology in forest practice. John Wiley and Sons, 180~182, (1952)
- 3) BJÖRKMAN, E.: Resistance to snow blight (*Phacidium infestans* KARST.) in different provenances of *Pinus silvestris* L. Studia Forestalia Suecica, Nr. 5, 16 pp., (1963)
- 4) BOYCE, J. S.: Forest pathology. McGraw-Hill Book Com., 496~498, (1948)
- 5) 千葉 茂・永田義明: カラマツ属の育種に関する研究(2) 落葉病, 先枯病に対する樹種間の差異, 12回日林北支講, 114~119, (1964)
- 6) EDWARDS, M. V.: Third report on an investigation of 1931~32 into various races of European larch. For. Comm. Res., 1956, 142~154, (1957)
- 7) 樋浦 誠: 植病学総論, 産業図書, 158~161, (1948)
- 8) 五十嵐恒夫・高岡 恭: カラマツ先枯病の薬剤防除に関する研究 IV 造林地における各種農業用殺菌剤による防除試験(予報), 74 回日林講, 287~289, (1963)
- 9) ————・————: 同上 V 造林地におけるジチオ・カーバメート系およびその類縁殺菌剤による防除試験(予報), 同上 289~290, (1963)
- 10) ————・————: 同上 VI 抗生物質の落葉散布による防除試験(予報), 同上 290~293, (1963)
- 11) ————: 同上 X 感染時期に関する研究(予報), 12 回日林北支講, 93~95, (1963)

- 12) 五十嵐恒夫・高岡 恭: 同上 XI 散布回数と散布時期に関する検討, 同上, XI, 95~97, (1963)
- 13) ————・————: 同上 XII 2年間連続散布による効果について, 同上, 97~98, (1963)
- 14) ————・————・佐藤国夫: 同上 XIII ヘリコプター散布による防除試験, 同上, 99~100, (1963)
- 15) ————・————・————: 同上 XIV 各種抗カビ性抗生物質の防除効果の検討, 75 回日林講, 387~390, (1964)
- 16) ————・————: 同上 XV ヘリコプター散布による防除試験 (2), 76 回日林講, 306~308, (1965)
- 17) 池田 実: 生育過程における水稲硅酸含有量及び土壌の硅酸と稲熱病との関係に就て, 日本学術協会報告, 7, 378~379, (1932)
- 18) 井村純三: 稲熱病及胡麻葉枯病の潜伏期間並に発病程度に及ぼす日光の影響につきて, 日植病報, 10, 16~26, (1940)
- 19) 井上 桂: カラマツの成育についての風の影響, 北方林業, 159, 22~26, (1962)
- 20) [石川健康]: 林業百科辞典, 丸善, 93~95, (1961)
- 21) 伊藤一雄: 樹病学概論, 朝倉書店, 124, (1960)
- 22) ————: カラマツ先枯病について, 北海道の激害地をみて, 北方林業, 143, 43~48, (1961)
- 23) Iro, K.: Shoot blight of larches. A destructive disease in larch plantations of Japan. 林試研報, 159, 89~103, (1963)
- 24) 伊藤一雄: カラマツ先枯病に関する文献目録 (1950~1965), 林試研報, 194, 181~192, (1966)
- 25) カラマツ先枯病研究班: カラマツ先枯病薬剤防除試験, 林試研報, 198, 1~154, (1967)
- 26) 加藤亮助・小野 馨: 苫小牧地域におけるカラマツ先枯病発生造林地の実態, 12 回日林講, 238~240, (1962)
- 27) 川島緑郎: 水稲稲熱病に対する硅酸の影響, 土壤肥科学雑誌, 1, 86~91, (1927)
- 28) 岸 国平: ナシ輪紋病の生態とその防除法, 農業及園芸, 43, 5, 833~836, (1968)
- 29) 小林享夫: 各種の肥料処理を施したカラマツ苗木における胴枯性病害発生の一例, 森林防疫ニュース, 11, 300~301, (1962)
- 30) 松井善喜: カラマツ造林の適地と本数密度, 北方林業, 166, 5~10, (1963)
- 31) MATSUO, T.: Pathological studies of the "bud blight" of mulberry trees II. On the influence of manure upon the development of the disease and the formation of sporodochia and perithecia of the causal fungus. Jour. Fac. Text. Seric. Shinshu Univ., 3, 15~54, (1953)
- 32) 中川裕四男・片岡是博・小関宇太: 潮風害とカラマツ先枯病の発生について, 9 回北海道林務部林業技術発表会講演集, 175~186, (1960)
- 33) NEGER, F. W.: Die Krankheiten unserer Waldbaum und wichtigsten Gartengeholze. Ferdinand Enke, 149~154, (1919)
- 34) 小口健夫・五十嵐恒夫・高岡 恭: カラマツ先枯病の薬剤防除に関する研究 III 苗畑における各種農業用殺菌剤による防除試験 (予報), 14 回日林講, 285~287, (1963)
- 35) ————・————・————: 同上 IX シクロヘキシミド (Cycloheximide) の防除効果と薬害について, 12 回日林北支講, 90~92, (1963)
- 36) 岡本光雄・中川裕四男: カラマツ先枯病発生地の環境, 72 回日林講, 291~295, (1962)
- 37) 小野 馨・浜 武人・高井省三・伊藤一雄: カラマツ落葉病に関する調査研究 II 病原菌に関する研究, 林試研報, 178, 6~28, (1965)
- 38) 王子造林株式会社: 大平実験林案内, 126 pp., (1963)
- 39) PEACE, T. R.: Pathology of trees and shrubs with reference to Britain. Oxford. Univ. Press, 319~326, 341~346, (1962)

- 40) 林業試験場東北支場保護第一研究室 (佐藤邦彦): 森林病害の発生予察と防除, 林試東北支場だより, 60, 1~4, (1966)
- 41) ———: マツ類の病害に関する諸問題, 林試東北支場だより, 72, 1~6, (1968)
- 42) 佐々木 紀: カラマツ先枯病の防除試験について, 寒帯林, 102, 46~50, (1962)
- 43) 佐藤邦彦・太田 昇: スギ種子に附着又は潜在する病原菌 (第1報), 日林東支誌, 3, 1~3, 39~42, (1952)
- 44) ———・庄司次男・太田 昇: 針葉樹苗の雪腐病に関する研究 I 灰色かび病および菌核病, 林試研報, 110, 153 pp., (1959)
- 45) ———・———・———: 同上 II 暗色雪腐病, 林試研報, 124, 21~100, (1960)
- 46) ———・———: ニセアカシア炭疽病の種子伝染による第一次発生と種子消毒による防除, 林試研報, 119, 1~15, (1960)
- 47) ———: 種子の産地と林木の病害発生との関係について, 森林防疫ニュース, 10, 79~82, (1961)
- 48) ———: 東北地方におけるカラマツ先枯病 (梢枯病, 枝枯病), 森林防疫ニュース, 10, 94~97, (1961)
- 49) ———・横沢良憲・庄司次男: カラマツ属各種の落葉病と先枯病に対する耐病性, 72 回日林講, 301~303, (1962)
- 50) ———・———・———: カラマツ先枯病に関する研究 I, 林試研報, 156, 85~143, (1963)
- 51) ———・———・———: カラマツ先枯病の発生と気象との関係 とくに気温と降水量との関係, 75 回日林大会講, 384~387, (1964)
- 52) ———: 東北地方におけるカラマツ先枯病の分布とその解析, 森林防疫ニュース, 13, 140~147, (1964)
- 53) ———・横沢良憲・庄司次男: 東北地方のスギ, アカマツおよびカラマツ種子産地試験地における病害の発生状態, 日林誌, 47, 12, 32~37, (1965)
- 54) ———・———・———: カラマツ落葉病に関する調査研究 VIII カラマツ属各種の本病に対する抵抗性の差異, 林試研報, 178, 148~153, (1965)
- 55) ———・———・———: カラマツ先枯病の発生と降雨との関係, 林試東北支場年報, 6, 95~98, (1965)
- 56) ———・———・———: カラマツ先枯病薬剤防除試験 III 苗畑における防除試験 (岩手県), 林試研報, 198, 34~67, (1967)
- 57) ———・———: カラマツ属各種の先枯病の 7 年間における発病経過, 20 回日林東北支講, 115~118, (1968)
- 58) ———: スギ苗の根切りによる秋伸び抑制が雪腐病に対する抵抗性におよぼす影響, 同上, 112~114, (1968)
- 59) 沢田兼吉: 東北地方における針葉樹の菌類 II, スギ以外の針葉樹の菌類, 林試研報, 46, 111~150, (1950)
- 60) 高橋栄治・中山嗣善: ナシの胴枯病多発生の原因と対策, 農業及園芸, 37, 4, 97~98, (1962)
- 61) 高橋松尾: カラマツ林業綜説, 東京営林局, 268pp., (1943)
- 62) 高橋延清・佐保春芳: 各種カラマツ類の落葉病に対する抵抗性比較 (予報), 9 回日林支講, 18~20, (1961)
- 63) ———: カラマツ類の育種, 73 回日林講, 1~15, (1962)
- 64) 高井省三・伊藤一雄・林 弘子: カラマツ先枯病菌の毒性について (予報), 72 回日林講, 298~301, (1962)
- 65) ———: カラマツ先枯病菌のペクチン分解力, 病原菌培養液のペクチン分解力 (予報) (要旨), 日植病報, 29, 2, 86~87, (1964)



- 66) 高岡 恭・五十嵐恒夫・小口健夫: カラマツ先枯病の薬剤防除に関する研究 VII 各種農業用殺菌剤による防除効果について, 12 回日林北支講, 84~87, (1963)
- 67) ———・—————・同上 VIII, シクロヘキシミド (Cycloheximide) 配合剤に関する検討, 同上, 87~90, (1963)
- 68) 東京天文台編纂: 理科年表, 1967, 気 9, (1967)
- 69) 塘 隆男・藤田桂治・道仙喜・千葉 修・高井省三・児玉武男: カラマツ落葉病に関する調査研究 VI カラマツの栄養と本病の被害に関する研究, 林試研報, 178, 95~114, (1965)
- 70) 山本 滋: ミカンの瘡痂病防除法, 農業及園芸, 36, 9, 1454~1458, (1961)
- 71) 山崎 伝: 微量要素と多量要素, 土壌・作物の診断・対策, 博友社, 400, (1966)
- 72) 柳沢聡雄: カラマツの育種, 林業技術, 175, 26~29, (1956)
- 73) ———・齊藤幹夫: カラマツ先枯病に対する耐病性, 北海道の林木育種, 3, 1, 25~29, (1960)
- 74) ———: カラマツの育種, 山林 2, 20~27, (1961)
- 75) 横田俊一: 北海道におけるカラマツ先枯病, 北方林業, 142, 20~26, (1961)
- 76) ———: 北海道におけるカラマツ先枯病の現況について, 森林防疫ニュース, 10, 160~164, (1961)
- 77) ———・井上 桂: カラマツ先枯病の発生と風との関係について (予報), 北方林業, 147, 177~182, (1961)
- 78) ———: 道内におけるカラマツ先枯病発生地域におけるカラマツ造林立地の検討, 北方林業, 165, 361~367, (1962)
- 79) ———: カラマツ先枯病に関する研究 III カラマツ先枯病菌の胞子の放出分散とその発芽について, 林試研報, 151, 1~44, (1963)
- 80) ———・鶴田武雄・鈴木孝雄: カラマツ先枯病の発生, 蔓延と気象, 林試研報, 164, 41~77, (1964)
- 81) YOKOTA, S.: Ecological studies on *Guignardia laricina* (SAWADA) W. YAMAMOTO et K. ITO, the causal fungus of the shoot blight of larch trees, and climatic factors influencing the outbreak of the disease. Bull. Gov. For. Expt. Sta., 184, 1~79, (1966)
- 82) 横田俊一: 北海道におけるカラマツ先枯病 最近の被害状況とその評価, 森林防疫ニュース, 16, 248~249, (1967)
- 83) 横沢良憲・小島忠三郎・佐藤邦彦・北田健二: 竜ヶ森における気象とカラマツ先枯病の発生, 76回日林講, 312~314, (1965)
- 84) ———・佐藤邦彦: カラマツ先枯病と落葉病菌の生活史—とくに子のう胞子の放出と罹病枝における先枯病菌菌糸の生存期間, 78 回日林講, 216~218, (1967)
- 85) 陳野好之・千葉 修: カラマツ先枯病の病態解剖に関する研究 (予報) 幼葉における侵入と寄生体内蔓延, 76 回日林講, 314~317, (1965)

## 図 版 説 明 Explanation of plate

### Plate 1

カラマツ苗先枯病の発生におよぼす気温の影響

Effect of temperature on the occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings.

A. 10°C, B. 15°C, C. 20°C, D. 25°C, E. 28°C, F. 30°C.

### Plate 2

カラマツ苗先枯病の発生におよぼす人工降雨の頻度の影響

Effect of frequency of artificial rainfall on the occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings.

- A. 野外区 Outdoors.
- B. 毎日降雨区 Every day.
- C. 3日おき降雨区 Every fourth day.
- D. 6日おき降雨区 Every seventh day.
- E. 無降雨区 Non-rainfall.

Plate 3

- 1. a. 成長中のカラマツ新梢部組織の断面  
Cross section of shoot tip of growing Japanese larch seedling.
- b. 冬芽を形成したカラマツ苗新梢部組織の断面  
Cross section of shoot tip of Japanese larch seedling developing winter bud.
- 2. 降雨のしゃ断時期がカラマツ苗先枯病発生におよぼす影響  
Effect of interception period of rainfall on the occurrence of shoot blight of Japanese larch seedlings.
- A. 全期間無降雨区 Non-rainfall during all infection period.
- B. 全期間野外区 Outdoors during all infection period.
- C. 5月25日～6月15日しゃ断区 Intercepted in May 25～June 15.
- D. 6月15日～6月30日しゃ断区 Intercepted in June 15～30.

Plate 4

- E. 6月30日～7月15日しゃ断区 Intercepted in June 30～July 15.
- F. 7月15日～7月31日しゃ断区 Intercepted in July 15～31.
- G. 7月31日～8月15日しゃ断区 Intercepted in July 31～August 15.
- H. 8月15日～8月31日しゃ断区 Intercepted in August 15～31.
- I. 8月31日～9月15日しゃ断区 Intercepted in August 31～September 15.
- J. 9月15日～9月30日しゃ断区 Intercepted in September 15～30.

Plate 5

- カラマツ苗に対する施肥が先枯病発生におよぼす影響  
Effect of supplying fertilizers to Japanese larch seedlings on the occurrence of shoot blight.
- A. PK, B. NK, C. NP, D. NPK, E. NPK+Fowl droppings, F. Control.

Plate 6

- 1. カラマツ苗の被陰処理が先枯病発生におよぼす影響  
Effect of diffused light to Japanese larch seedlings on the occurrence of shoot blight.
- A. Control.
- B. すだれ1枚で被覆 Covered with onefold reed screen.
- C. すだれ2枚で被覆 Covered with twofold reed screens.
- D. すだれ3枚で被覆 Covered with threefold reed screens.
- 2. カラマツの林分密度が先枯病発生におよぼす影響  
Effect of stand density of Japanese larch trees on the occurrence of shoot blight.
- A. 1,000, B. 3,000, C. 5,000

## Studies on the Shoot Blight of Larch II

Kunihiko SATÔ, Yoshinori YOKOZAWA, Tsugio SHÔJI  
and Chûzaburô KOJIMA

## Summary

In the previous paper the authors reported the results of studies on pathogenicity and physiological and ecological characters of the causal fungus, *Guignardia laricina* (SAWADA) YAMAMOTO et K. ITO, and the effect of several environmental factors on the occurrence of the disease. The resistance of various larches to the disease were also reported (SATÔ, YOKOZAWA and SHÔJI 1963).

In the present paper the authors deal with the results of studies on ecological characters of the causal fungus and those on ecology of development of the disease and resistance of larches to the disease.

## Ecology of the causal fungus

The pycnidial development and pycnosporangium exudation of the causal fungus on infected shoots of Japanese larch occurred at temperatures ranging from 10° to 35°C and favorably at 25°C (Table 1).

The pycnidial formation and pycnosporangium exudation were generally favoured in saturated atmosphere and at 98% relative humidity, while slightly at 94% humidity (Table 3).

The perithecial development on infected shoots occurred favorably at 20°C and fairly at lower temperatures; it took place at the relative humidities ranging from 58 to 100% with an optimum at 100% (Tables 2, 4).

Seasonal variation of the ascospore expulsion on the previous year's infected shoots of larch was surveyed by trapping of spores with glass slide during 1964~1966, and the following results were obtained.

The discharge of the ascospores was observed from middle of May to early October, the peak appearing through July and August.

The ascospore expulsion occurs only when perithecia are in fully wet condition, and at temperature above 15° or 20°C the expulsion becomes vigorous. Therefore, the discharge of ascospores through the year influenced by meteorological conditions during the infection period of the disease, and the discharge in early summer and early autumn depended essentially on high temperatures, whereas that in midsummer was influenced by precipitation. Consequently, conspicuous yearly variation of ascospore expulsion was observed during three years (Fig. 1~4).

To ascertain the longevity of the causal fungus in infected Japanese larch shoots, the previous year's infected ones were kept under several conditions from May 13, 1964, and then the isolation tests were carried out every three months. The results are summarized as follows:

Placed in room: about one year and nine months; Under eaves: about two years and

six months; Put on ground in nursery and forest: two years and six months; Hung on branch of larch tree: two years and seven months.

The expulsion of ascospores on the diseased shoots kept outdoors occurred vigorously in the next year of infection, but two years after, few ascospores were discharged until summer (Table 5).

To make clear the existence of seedling infection of the disease, the inoculation tests with pycnospores and mycelia of the causal fungus to larch seeds and soil were performed, and it was observed that no seedling infection occurred (Table 6).

#### Effect of meteorological conditions on occurrence of the disease

To determine the effect of temperature on the occurrence of the disease of Japanese larch seedlings, the inoculation experiments with mycelia, pycnospores and ascospores, respectively, were carried out and the following results were obtained.

In the inoculation experiments by spraying with suspension of spores and pieces of mycelia, the infection took place at temperatures ranging from 15° to 30°C, favorably at above 25°C; and the infection was severest at 28°~30°C, while, at 15°C, it was very slight. The incubation period at higher temperatures was 2~5 days shorter than that at lower ones (Tables 7, 8, 10~12, Plate 1).

On the contrary, the result of inoculation experiment with mycelia to injured larch seedlings showed that higher percentage of infection was brought about even at below 15°C (Table 9).

Moreover, in order to prove the effect of temperature on the invasion and infection of the causal fungus to larch seedlings and the disease development, respectively, the following experiments were performed. After inoculation of the causal fungus to potted larch seedlings, the seedlings were covered with polyethylene bags and the pots were kept at 15° and 25°C respectively for 2 days; then the pots were kept under different temperature conditions for 8 days. The results obtained are as follows:

The infection of the seedlings at 25°—25°C plot and at 25°—outdoors (mid-summer) plot was severest, while that at 25°—15°C plot and at 15°—25°C plot decreased conspicuously, and that at 15°—15°C plot was slightest (Table 13, Fig. 5).

The above-mentioned results indicate that high temperature is necessary for the development of the disease through invasion period of the causal fungus and infection and development period of the disease.

The resistance to the disease of Japanese larch seedlings which were cultivated under different temperatures was tested by inoculation experiments. In these experiments, the resistance of larch seedlings decreased by keeping them under high temperature conditions, and the seedlings bred under low temperatures were resistant owing to the formation of winter buds on shoots (Table 14, Plate 3. 1).

The development of the disease of Japanese larch seedlings was most favorable in a humidity-saturated atmosphere and at 98% relative humidity; under lower humidity the infection reduced (Table 15).

In order to ascertain the effect of frequency of precipitation on the occurrence of the disease of Japanese larch seedlings, the experiment was performed in a vinyl-house and the frequency of precipitation was controlled by artificial rain. The results showed that the

infection at every fourth day plot and that at outdoors plot were most serious, and was slightest at non-rainfall plot, while at every day plot the infection was slight. The growth of seedlings was best outdoors and was poorest at every day plot (Tables 16, 17, Fig. 7, Plate 2).

The ascospore expulsion on infected larch shoots was surveyed at each plot, and the discharge occurred almost only on rainy days; therefore, the expulsion of spores was abundant at the plots where precipitation was frequent, but slight expulsion caused by morning dew was observed in early autumn (Fig. 8, Table 18).

To prove the influence of precipitation during infection period on the occurrence of the disease of Japanese larch seedlings, the following experiments were also carried out. For the purpose of interception of precipitation, the potted larch seedlings were placed in a greenhouse kept at 20°C for every half month during June–September, respectively, and then the seedlings were kept outdoors excepting the interception periods. The results showed that the precipitation in the first and later half of July, respectively, was most necessary for the infection of the disease, and that in June and August had considerable influence upon the infection, but that in September did not (Fig. 9, Plate 3, 2, Plate 4).

The effect of interception of precipitation in each month on the ascospore expulsion of diseased shoots was also examined in vinyl-house and it was verified that precipitation in July was most necessary for the ascospore discharge (Fig. 10).

To determine the relation among the outbreak of the disease and climatological and orographic factors, surveys were performed in Ryūgamori snowbreakage (10-year-old, Japanese larch plantation) during 1963 and 1964 (Figs. 11, 12). The obtained results were as follows:

In 1963, the beginning of development of the disease was earlier than that in 1964, and the peak of the outbreak appeared in mid-July, whereas in 1964 it occurred in early August, consequently, the damage throughout the year was more serious in 1963 than in 1964. The difference of damage of larch trees by the disease between the two years was more conspicuous in the bottom site than in the upper flat, and the beginning of disease development in the upper flat was about 7 days earlier than that in the bottom site (Tables 19, 20, Fig. 13).

Moreover, the seasonal variation of development of the disease on larch trees that had been affected in three degrees in the previous year was surveyed in the following year, and the results indicated that the beginning of outbreak of the disease was earliest on severely damaged trees and was moderate on moderately damaged ones, and was latest on slightly damaged ones (Fig. 14).

The damage of larch trees in the upper flat was very severe and in the bottom site was slight; it was moderate in the middle slope throughout the two years. The growth of larch trees in the upper flat, heavily damaged by the disease, decreased considerably in comparison with that in the bottom site (Table 21).

To ascertain the causes of the above-mentioned results, observations of temperature, precipitation and wind were performed (Figs. 15, 16, Tables 22~26).

The reason for the development of the disease in 1963 being more serious than that in 1964 was thought to be as follows:

In 1963, high temperature and much rainfall in mid-June and high temperature in mid-July, were recorded and strong wind (above 15 m/sec) was observed twice during infection

period of the disease.

On the contrary, in 1964, low temperature in mid-June and during mid-July~late July, and little rainfall in early and late August, respectively were recorded, consequently, the damage of the disease during infection period decreased.

It was made clear that the directions of prevalent wind were south-east~south-south-east and north-west~west-north-west (adverse wind), and south-east~south-south-east winds on rainy days when maximum temperatures were recorded above 20°C were frequently observed during infection period of the disease.

The mean wind velocity that was observed at each sample plot on every Tuesday during infection period of the disease was as follow:

In the upper flat: 4.4 m/sec; In middle slope: 2.5 m/sec; In the bottom site: 1.9 m/sec.

From the above-mentioned results, it is obvious that the difference of damage in each plot was induced by the wind strength. And from the survey of soil, the soil condition in each plot had a conspicuous influence on the growth of larch trees as well as the damage by the disease.

#### Effect of fertilization on occurrence of the disease

The effect of fertilizer application to Japanese larch seedlings on the occurrence of the disease was examined by pot and field experiments and the following results were obtained.

The results of pot experiments with subsoil were as follows:

The supply of normal amount of nitrogen, potassium and phosphate, respectively, had very little influence on the development of the disease. However, infection of the seedlings was intensified with a large supply of nitrogen and phosphate, while poorly grown seedlings which were deficient in nitrogen and phosphate were slightly infected. The application of magnesium sulphate and calcium silicate reduced the infection somewhat (Tables 27~30, Plate 5).

In the field experiments with surface soil, there was no remarkable relation between the occurrence of the disease and fertilizer application (Table 31, 32). Moreover, the effect of fertilizer application to diseased larch seedlings was examined, and the results showed that the percentage of infected shoots was not reduced by fertilization, but a decrease of infection on tips of main shoots was observed, and the effect of fertilizers to the growth of the diseased seedlings was conspicuous (Table 33).

#### Effect of transplanting density of larch seedlings and stand density of larch trees on occurrence of the disease

The resistance of Japanese larch seedlings that were shaded from sunlight by nylon nets or reed screens was proved by inoculation experiment and field experiment. The results obtained were as follows:

According as the degree of shade to the seedlings was increased, the infection by the disease became considerably severer, and the incubation period was also shorter in treated seedlings than in untreated ones (Tables 34, 35, Plate 6. 1).

The above results indicate that the oppressed seedlings or trees under high density conditions become susceptible to the disease.

To determine the influence of transplanting density of Japanese larch seedlings on the occurrence of the disease, larch seedlings were transplanted at the rate of 9, 25, 49, 100 and 196, respectively, per  $m^2$ . When the inocula of infection (previous year's infected shoots) were equally placed in each plot, the occurrence of the disease at 9 and 25 plots was more serious than that at 49, 100 and 196 plots; however, when the inocula were increased in proportion to density of seedlings, there was no difference among each plot (Tables 36, 37).

The effect of stand density of larch trees on the yearly variation of development of the disease had been surveyed in larch plantations at the foot of Mt. Iwate during 1961~1968 (Plate 6. 2).

The investigated stands were planted in 1954 and the numbers of planted trees at each plot were 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 and 5,000 per ha. From the survey the following results were obtained.

As the numbers of planted trees increased, the development of the disease became severer during 1961~1966. However, since 1967 the damage in high density plots, especially in the 5,000 plot, showed a tendency to decrease, whereas that in 1,000 and 2,000 plots increased gradually; consequently, the difference of damage in each plot became smaller (Fig. 17).

The above results were induced by the death of severely damaged trees, oppressed in high density stands. As the death of trees appeared during overwinter period, it seems that death was caused by cold damage owing to weakness of the trees induced by oppression (Figs. 18, 19).

#### Effect of inhibiting growth and injury of seedlings on occurrence of the disease

In order to prove the influence of inhibiting growth of Japanese larch seedlings in infection period on the occurrence of the disease, seedlings stored at  $0^{\circ}C$  were transplanted on different days from April 16 to May 30 in 1964, and the effect of inhibiting growth of the seedlings by root pruning and with B-Nine on the occurrence of the disease was also examined in 1964. In these experiments, the effect of inhibiting growth of seedlings was considerably conspicuous, but such treatment had little influence on the development of the disease (Figs. 20, 21, Tables 38, 39).

In the previous paper, the authors revealed that injured larch seedlings were more susceptible than uninjured ones in the inoculation experiments with spore-suspension of the causal fungus; therefore, the occurrence of the disease on larch seedlings which were injured by phytotoxicity of PCP and chlorate and with wire-brush, respectively, was examined in field experiment. At the beginning of infection period, the disease occurred more seriously at wire-brushed plot than at other plots, but the difference disappeared gradually (Tables 40, 41).

#### Resistance of larches to the disease

To make clear the variation of resistance to the disease among the different provenances of Japanese larch, the occurrence of the disease at provenance trial plantation was surveyed.

The trial plantation was established in 1959 and is situated at the northern sector of

the Tōhoku district in Japan.

The infection at each plot in 1963 showed degrees ranging from slight to moderate, and there were considerable variations in attack on different provenances of trees. Among the strains tested, Fuji strain was most susceptible, and those from several provenances showed fair resistance (Table 42).

In 1968, the damage increased considerably and the degree of infection increased to moderate~severe, consequently the variation of infection among different provenances became indistinct excepting that Fuji strain was very susceptible in comparison with that in 1963 (Table 43).

The resistance of various larches to the disease had been investigated at Morioka during 1961~1968.

The results are summarized as follows:

Most susceptible.....eastern American larch (*Larix laricina* (Du Roi) Koch), European larch (*L. decidua* Link)

Fairly susceptible.....European larch×Japanese larch (*L. leptolepis* Gord. (= *L. eurolepis* Henry)

Susceptible.....Japanese larch

Fairly resistant.....Chishima larch (*L. gmelinii* Gord.)×Japanese larch, Korean larch (*L. olgensis* var. *korean* Nakai)

Resistant.....Chishima larch

The yearly variation of the occurrence of the disease on each larch was conspicuous, especially at percentage of infected trees, but the order of resistance of the larches to the disease was almost constant throughout the period of observation (Figs. 28, 29).

The degree of growth of the larches was grouped under three headings as follows:

Good group.....Chishima larch×Japanese larch, Japanese larch, European larch×Japanese larch

Moderate group.....Korean larch, Chishima larch

Poor group.....European larch, eastern American larch

Among the above larches, the start of growth of Chishima larch and Korean larch was earlier than other larches, and the period of winter bud formation of Chishima larch appeared remarkably earlier (Figs. 30~32).

The differences of anatomical characters at shoot tips were observed among the larches, and it seems that the anatomical characters have some correlation with the resistance against the infection of the causal fungus (Table 44).

The process of death of the larch trees was also observed, and the dead standing trees appeared abundantly in European larch; the next abundant tree species were eastern American larch and Korean larch. Deaths of European larch×Japanese larch and Chishima larch×Japanese larch were very few. The dead standing trees of the larches appeared during overwintering period (Fig. 33).

The above-mentioned decrease of growth and death of the larch trees were induced by severe damage of the disease, needle cast caused by *Mycosphaerella larici-letolepis* K. Ito et K. Sato, and the oppression induced by neighbouring other larches.

The yearly variation of the development of the disease on each larch was summarized as follows:



Most severely occurred: 1965

Severely occurred: 1963, 1967

Slightly occurred: 1962, 1964, 1966, 1968

The following differences in the weather condition during the survey were thought to be the causes leading to the above results.

In 1961: high temperature through infection period, much rainfall in late June and during late August~early September.

In 1962: low temperature in July and in mid-July, little rainfall in late July.

In 1963: high temperature in June and in early July, much rainfall in late June and in July, and extreme rainfall during middle~late August.

In 1964: low temperature during late June~mid-July, low temperature in late August.

In 1965: high temperature and fairly much rainfall during middle~late June, much rainfall in July, and high temperature and much rainfall during early~middle September.

In 1966: low temperature during June~early July, little rainfall in early August, and extremely little rainfall in late August and in early September.

In 1967: abnormal high temperature during July~early August, high temperature and much rainfall during late July~mid-August.

In 1968: low temperature in early middle July, during mid-August~early September (Figs. 22~27).

Laboratory of Forest Pathology  
Government Forest Experiment Station, Tôhoku Branch Station  
Morioka, Japan

