

# カラマツならたけ病に関する研究 —とくに土壌条件と発病—

小 野 馨<sup>(1)</sup>

## 目 次

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第1章 緒 言                      | 124 |
| 第2章 わが国における林木の被害およびその分布状況    | 126 |
| 第3章 ナラタケ菌に侵されたカラマツ           | 129 |
| 第1節 病 徴                      | 129 |
| 第2節 ナラタケ菌に侵されたカラマツの根系と地上部の変調 | 130 |
| 第3節 ナラタケ菌に侵されたカラマツの樹高および直径成長 | 132 |
| 第4節 考 察                      | 134 |
| 第4章 本病の発生推移                  | 134 |
| 第1節 罹病木の発生推移                 | 134 |
| 第2節 考 察                      | 138 |
| 第5章 本病の発生環境                  | 139 |
| 第1節 地 形 と 発 病                | 139 |
| 第2節 発病地の土壌環境                 | 141 |
| 第3節 残 雪 と 発 病                | 153 |
| 第4節 林地施肥と発病                  | 156 |
| 第5節 2代目造林地における本病の発生状況        | 157 |
| 第6節 カラマツ壮齡林における本病の被害         | 158 |
| 第7節 考察および結論                  | 159 |
| 第6章 カラマツ苗に対する接種試験            | 162 |
| 第1節 地下水位と発病との関係              | 163 |
| 第2節 土壌の一時的過湿と発病との関係          | 170 |
| 第3節 カラマツ苗の根端成長の季節的变化         | 173 |
| 第4節 苗床の高さと発病との関係             | 175 |
| 第5節 表層土および下層土と発病との関係         | 182 |
| 第6節 考察および結論                  | 183 |
| 第7章 土壌中における本菌菌糸束の行動          | 186 |
| 第1節 土壌の種類と菌糸束の伸長             | 186 |
| 第2節 地表面からの深さと菌糸束の成長との関係      | 188 |
| 第3節 土壌中の本菌の捕捉試験              | 189 |
| 第8章 伐根内における本菌の行動             | 190 |
| 第1節 人工接種による伐根内の菌糸膜の形成        | 190 |

1969年9月1日受理

(1) 東北支場保護部長・農学博士

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第 2 節 自然感染による伐根内への菌糸膜の形式 | 191 |
| 第 3 節 考 察                | 191 |
| 第 9 章 苗木の植え付け方と本病の被害     | 192 |
| 第 1 節 正常植えおよび異常植えと本病の発生  | 192 |
| 第 2 節 苗木の植え付け深さと発病との関係   | 193 |
| 第 10 章 各種針葉樹の本病に対する抵抗力   | 195 |
| 第 11 章 総 括               | 198 |
| 文 献                      | 202 |
| 図 版 説 明                  | 206 |
| Résumé                   | 208 |
| Plate                    | 1~9 |

## 第 1 章 緒 言

ならたけ病は欧米において shoestring fungus rot, *Armillaria* root rot, mushroom root rot, crown rot, rhizomorphic root rot,あるいは toadstool disease などと称され、古くからよく知られており、特に針葉樹の罹病木については、樹脂が流出するため resin flow, resin glut などという名称が用いられてきた<sup>9)26)28)66)100)</sup>。

本病の病原菌 *Armillaria mellea* (Fr.) QUELET [*Armillariella mellea* (FRIES) KARSTEN] はマツタケ目 (Agaricales), シメジタケ科 (Tricholomataceae), ナラタケ属 (*Armillariella*) に属し<sup>37)</sup>, その子実体は傘の色が蜂蜜色をしていること、また靴紐に似た菌糸束を生ずることなどから honey mushroom, honey agaric, shoestring fungus, oak fungus などと呼ばれている<sup>2)9)26)100)</sup>。また本邦においてはナラタケ, ハリガネタケ, クワタケ, ハチミツキン, タモノゴゴケ, ボリボリ, ボリメキなど20数種の呼び名があり、秋の食用キノコとして古くから一般に親しまれている<sup>33)35)37)58)64)84)</sup>。そして本菌による病名は根朽病<sup>34)</sup>, 纏糸病<sup>36)</sup>, ならたけ病<sup>55)</sup>などと称されてきた。

ナラタケ菌の地理的分布はきわめて広く、北米, カナダ, 中南米, ソビエト連邦, 欧州, アフリカ, インド, セイロン, 東南アジア, オーストラリア, ニュージーランドおよび東洋と全世界に及んでいる<sup>69)</sup>。また多犯性病原菌の一種である本菌は、多くの植物を侵し、木木では約70科, 190属, 470種, 草本では約40科, 70属, 80種が本菌の寄主として知られており<sup>69)</sup>, 欧州においては林木の被害, 北米においては果樹の被害についての記録が多くみられる。

本邦における林木樹種のならたけ病による被害については、すでに大正年間に北島(1918)<sup>43)44)</sup>によるアカマツの本病についての調査報告があり、昭和にはいつてからは齊藤(1939)<sup>79)</sup>, 西門(1943)<sup>87)</sup>によるスギ, ヒノキ, アカマツについての報告例がある。しかし当時はさほど大きな被害としては取り上げられなかった。

近年に至り、拡大造林計画がたてられ大面積にわたって、画一的に造林が行なわれるようになり、多くの林木樹種に被害があらわれはじめ、造林上大きな問題になってきた。

林木樹種のうちでは針葉樹の本病による被害が多く、欧米においては、すでに HARTIG(1874)<sup>29)</sup>, HILEY(1919)<sup>25)</sup>, DAY(1927)<sup>14)</sup>, THOMAS(1929)<sup>92)</sup>, REYNER(1930)<sup>71)</sup>, REITSMA(1932)<sup>70)</sup>らにより古くから研究が行なわれて、数多くの報告が公表されている。その後引きつづき EHRlich(1939)<sup>19)</sup>, SECREST, MAC

ALONEY & LOLENZ(1941)<sup>58</sup>), BUCKLAND(1953)<sup>10</sup>), HORD(1956)<sup>29</sup>), GIBSON(1958)<sup>22</sup>), DE AZEVEDO(1958)<sup>18</sup>), PATTON & RIKER(1959)<sup>65</sup>), COOK(1961)<sup>12</sup>), HUNTLY, CAFLEY & JORGENSEN(1961)<sup>30</sup>)ら多くの研究者により各種針葉樹の本病に関する研究結果が発表されている。これらの報告によって、現在までに病原菌の生理、生態、本菌の寄主体への侵入、本病の発生環境、各樹種の被害実態、発病の推移、樹種別抵抗性、接種試験方法などの諸問題が明らかにされてきた。

本邦においてもまた、1955年から1966年にかけて、魚住<sup>95</sup>), 今関・小林(享)<sup>81</sup>), 小林(享)<sup>46</sup>), 浜<sup>42</sup>), 小野・篠原・内田<sup>61</sup>), 佐保<sup>74)75)76)77</sup>), 小林(守)<sup>47</sup>), 小野・内田<sup>62</sup>), 内田<sup>97</sup>), 塩崎<sup>86</sup>), 河田・鷹見・浜<sup>41</sup>), 小野<sup>68</sup>), 千葉・小川<sup>94</sup>), 庄司<sup>85</sup>), 佐藤・庄司<sup>81</sup>)らによりカラマツ、ストローブマツなどの造林地における本病の被害の実態、発生環境、樹種別の抵抗性、植え方と発病などについての調査結果の報告があいついで出された。

カラマツは針葉樹のなかでも他の樹種にくらべ成長が早いことで重視され、近年大面積にわたって造林が行なわれ、今後さらに拡大されようとしている。しかしながら、カラマツは諸種の生物被害を受けやすく、ならたけ病もその一つで、北海道においては特にその被害が著しい。

欧米におけるカラマツの本病についての記録は比較的少なく、古くは HILEY(1919)<sup>28</sup>)による詳細な記載があるが、その後はわずかの報告例<sup>12</sup>)のみみられるにすぎない。これに反して、わが国における近年の報告の大半はカラマツに関するものであるが、それは本病による被害が著しく目立ち、その調査研究の必要にせまられたからである。

ならたけ病は土壤伝染性病害の一つで、薬剤防除は経費の面から困難であるという理由から、本病の回避法に関する基礎的諸問題を明らかにする必要があると考え本研究に着手した。

本研究においては、まずカラマツ造林地内の発病部と非発病部とについて環境調査を行ない、つぎにその調査から得られた発病に関与すると考えられる諸要因を人為的に造成し、人工接種試験によって、発病とそれら要因との関係について解析的実験を行なった。すなわち野外調査からは地形、土壤、特に土壤中の水分状態が本病発生に大きく関連することが推察されたため、地下水位、一時的滞水の状態を人為的に調節し、それぞれの土壤環境が病原菌、カラマツおよびその発病にどのように影響するかをみるために実験を行なった。

このほか土壤の種類、植え方と発病、各樹種の抵抗性比較などについても実験を行なったので、ここに取りまとめて報告する。

この研究を行なうにあたり元林業試験場保護部長今関六也氏からは、終始懇篤なるご指導と激励をいただき、林業試験場保護部長伊藤一雄博士からは有益なるご助言、ご叱正をたまわり、さらに原稿校閲の労をとっていただいた。また、本論文の取りまとめにあたっては、九州大学農学部教授日高 醇博士の懇切なるご指導と校閲をたまわった。ここに以上の諸氏に対し衷心から厚くお礼を申し上げる。

また故亀井専次博士、前林業試験場北海道支場研究顧問樋浦 誠博士、同場保護部長余吾昌資氏、林業試験場土壤調査科長黒鳥 忠博士、同土壤第2研究室長蔵木正義氏からは有益なご助言と激励をいただいた。

文献の渉猟にあたっては、岩手大学農学部教授千葉宗男博士、林業試験場保護部樹病研究室長小林亨夫博士ならびに林業試験場東北支場樹病研究室長佐藤邦彦博士に多大のご便宜をいただいた。

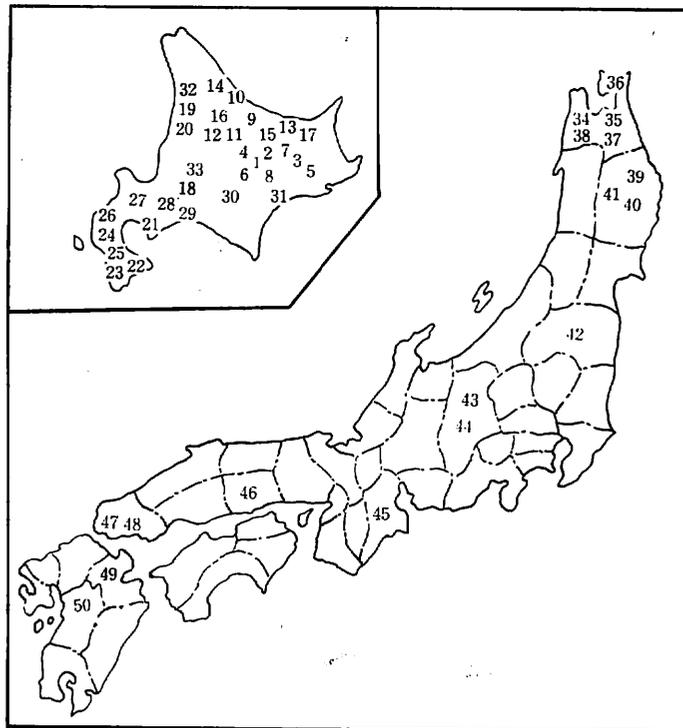
現地調査、圃場実験、ならびに資料の整理にあたっては、北海道庁林務部篠原 均、内田 勉両技師、

名寄、北見、池田各林務署造林課の各位、函館営林局目黒 正、諏訪実行両技官、旭川営林局成田孝一、西山孝英両技官、北見営林局芹沢 明技官、今金、東瀬棚、名寄、室蘭、恵庭、北見、紋別、佐呂間各営林署経営課の各位、林業試験場北海道支場造林部土壌研究室永桶留蔵、塩崎正雄両技官、同樹病研究室長横田俊一博士、同研究室遠藤克昭、松崎清一両技官、元同研究室員野口玲子事務官、林業試験場東北支場保護部樹病研究室庄司次男技官ら多くのかたがたに多大のご協力をいただいた。ここにこれらのかたがたに対し深謝の意を表する。

### 第 2 章 わが国における林木の被害およびその分布状況

北島<sup>43)44)45)</sup>は1916年に長野県下の12年生アカマツ林、1927年に高知県下の5年生ヒノキ林、1929年に岩手県下の20年生アカマツ林、1930年に福島県下のモミ林に本病が発生したことを確認し、特に岩手県下岩手山麓のアカマツ林の被害がはなはだしかったことをしるしている。齊藤<sup>79)</sup>は1939年に長野県下で4~20年生のヒノキ林に被害があったことを記録し、また西門<sup>67)68)</sup>は1943年に岡山県下で7年生スギ、ヒノキ、アカマツの激害を報じている。

その後、本病による林木の被害の記録はみられなかったが、近年、各地において被害が発生し、その記録も多くなってきた。1955年~1962年に森林防疫ニュース<sup>101)</sup>、北海道森林病虫害報告<sup>73)</sup>に報告された本病の被害報告資料を整理すると第1表と第1図に示すとおりである。



Number : Refer to Table 1.

第1図 ならたけ病分布図

Fig.1 Distribution of the disease in Japan.

第1表 わが国におけるならたけ病の被害

Table 1. Damage of *Armillaria* root rot of conifer in Japan (by Forest Prot. News 1955~'62, and Ann. Report of Forest Damage in Hokkaido 1955~'61)

| 所有形態<br>Owner<br>of<br>forest | 営林局<br>Regional<br>forestry<br>office | 営林署<br>District forestry<br>office | 樹種<br>Host  | 林齢<br>Age of<br>stand | 被害面積<br>Infected<br>area(ha) | 被害本数<br>Number<br>of<br>infected<br>trees | 被害発生年<br>Age of<br>occurred<br>damage |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------|-----------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|
| Hokkaidō                      |                                       |                                    |             |                       |                              |   |                                       |
| National                      | Obihiro                               | 1 Ashyoro                          | <i>L.l.</i> | 2                     | 10                           | 24,000                                    | 1955                                  |
|                               |                                       | 2 Rikubetsu                        | <i>L.l.</i> | 5                     | —                            | —   | 1956                                  |
|                               |                                       | 3 Nakashibetsu                     | <i>L.l.</i> | 5                     | 1                            | 300                                       | 1957                                  |
|                               |                                       | 4 Ashyoro                          | <i>L.l.</i> | 5~7                   | 27                           | 70  | 1958                                  |
|                               |                                       | 5 Nakashibetsu                     | <i>L.l.</i> | 13                    | 33                           | 16,055                                    | 1958                                  |
|                               |                                       | 6 Fontetsu                         | <i>L.l.</i> | 5~10                  | 24                           | 3,206                                     | 1959                                  |
|                               |                                       | 7 Teshikaga                        | <i>L.l.</i> | 5                     | 114                          | 552                                       | 1959                                  |
|                               |                                       | 8 Hontetsu                         | <i>L.l.</i> | 4~6                   | 1                            | 1,100                                     | 1961                                  |
|                               | Kitami                                | 9 Saroma                           | <i>L.l.</i> | 4                     | 8                            | 1,113                                     | 1955                                  |
|                               |                                       | 10 Saroma                          | <i>L.l.</i> | 4                     | 3                            | 784                                       | 1955                                  |
|                               |                                       | 11 Saroma                          | <i>L.l.</i> | 5                     | 11                           | 2,072                                     | 1956                                  |
|                               |                                       | 12 Saroma                          | <i>L.l.</i> | 5~7                   | 126                          | 8,800                                     | 1957                                  |
|                               |                                       | 13 Abashiri                        | <i>L.l.</i> | 5                     | 15                           | 91  | 1957                                  |
|                               |                                       | 14 Monbetsu                        | <i>L.l.</i> | 6~7                   | 15                           | 10  | 1958                                  |
|                               |                                       | 15 Saroma                          | <i>L.l.</i> | 6~7                   | 50                           | 546                                       | 1958                                  |
|                               | 16 Monbetsu                           | <i>L.l.</i>                        | 4~6         | 23                    | 337                          | 1959                                      |                                       |
|                               | 17 Saroma                             | <i>L.l.</i>                        | 7~8         | 50                    | 300                          | 1959                                      |                                       |
|                               | Asahigawa                             | 18 Hukagawa                        | <i>L.l.</i> | —                     | 15                           | 100                                       | 1958                                  |
|                               |                                       | 19 Furano                          | <i>L.l.</i> | 3                     | 5                            | 25  | 1959                                  |
|                               |                                       | 20 Nakatonbetsu                    | <i>L.l.</i> | —                     | 15                           | 250                                       | 1959                                  |
|                               | Hakodate                              | 21 Muroran                         | <i>L.l.</i> | —                     | 1                            | 60  | 1958                                  |
|                               |                                       | 22 Hakodate                        | <i>L.l.</i> | —                     | 3                            | 142                                       | 1959                                  |
|                               |                                       | 23 Kikonai                         | <i>L.l.</i> | —                     | 350                          | 2,630                                     | 1959                                  |
|                               |                                       | 24 Esashi                          | <i>L.l.</i> | —                     | 309                          | 3,843                                     | 1959                                  |
|                               |                                       | 25 Gamushi                         | <i>L.l.</i> | —                     | 199                          | 11,786                                    | 1959                                  |
|                               |                                       | 26 Imagane                         | <i>L.l.</i> | —                     | 53                           | 951                                       | 1959                                  |
|                               |                                       | 27 Kucchyan                        | <i>L.l.</i> | —                     | 18                           | 596                                       | 1959                                  |
|                               |                                       | 28 Muroran                         | <i>L.l.</i> | —                     | 173                          | 39,630                                    | 1959                                  |
| Private                       | 29 Tomakomai                          | <i>L.l.</i>                        | 6           | 1                     | 60                           | 1957                                      |                                       |
|                               | 30 Kasai                              | <i>L.l.</i>                        | 5           | 34                    | 1,250                        | 1959                                      |                                       |
|                               | 31 Obihiro                            | <i>L.l.</i>                        | 4~5         | 1                     | 490                          | 1960                                      |                                       |
|                               | 32 Uryu                               | <i>L.l.</i>                        | 8~9         | 25                    | 410                          | 1960                                      |                                       |
|                               | 33 Kamikawa                           | <i>L.l.</i>                        | 6           | 2                     | 600                          | 1962                                      |                                       |
| Aomori                        |                                       |                                    |             |                       |                              |   |                                       |
| National                      | Aomori                                | 34 Shinmachi                       | <i>L.l.</i> | 3                     | 2                            | —   | 1958                                  |
|                               |                                       | 35 Tanabe                          | <i>Cr.j</i> | 3                     | 3                            | 1,800                                     | 1960                                  |
|                               |                                       | 36 Ohata                           | <i>L.l.</i> | 3                     | —                            | 18  | 1960                                  |
| Private                       |                                       | 37 Gonohe                          | <i>P.d.</i> | 1~5                   | 1                            | 70  | 1960                                  |
|                               |                                       | 38 Shingo                          | <i>P.d.</i> | 1~5                   | —                            | 20  | 1960                                  |
| Iwate                         |                                       |                                    |             |                       |                              |   |                                       |
| National                      | Aomori                                | 39 Kuji                            | <i>L.l.</i> | 4~6                   | 16                           | 5,000                                     | 1960                                  |
|                               |                                       | 40 Kawai                           | <i>L.l.</i> | 3~4                   | 8                            | 700                                       | 1960                                  |
| Private                       |                                       | 41 Karumai                         | <i>L.l.</i> | 5                     | —                            | 20  | 1961                                  |
| Fukushima                     |                                       |                                    |             |                       |                              |   |                                       |
| National                      | Maebashi                              | 42 Inawashiro                      | <i>L.l.</i> | —                     | —                            | —   | 1955                                  |

第 1 表 (つづき) Table 1. (Continued)

| 所有形態<br>Owner<br>of<br>forest | 営 林 局<br>Regional<br>forestry<br>office | 営 林 署<br>District forestry<br>office | 樹 種<br>Host | 林 齢<br>Age of<br>stand | 被害面積<br>Infected<br>area(ha) | 被害本数<br>Number<br>of<br>infected<br>trees | 被害発生年<br>Age of<br>occurred<br>damage |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|-------------|------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|
| Nagano                        |   |                                      |             |                        |                              |   |                                       |
| National                      | Nagano                                  | 43 Agematsu                          | <i>L.l.</i> | 3                      | 5                            | 247                                       | 1958                                  |
| Private                       |   | 44 Yamanouchi                        | <i>L.l.</i> | 4                      | 5                            | 3,000                                     | 1961                                  |
| Mie                           |   |                                      |             |                        |                              |   |                                       |
| Private                       |   | 45 Iitaka                            | <i>C.o.</i> | 5~7                    | 1                            | 80  | 1959                                  |
| Okayama                       |   |                                      |             |                        |                              |   |                                       |
| Private                       |   | 46 Kamo                              | <i>L.l.</i> | 3                      | 1                            | 15  | 1961                                  |
| Yamaguchi                     |   |                                      |             |                        |                              |   |                                       |
| Private                       |   | 47 Akiyoshi                          | <i>C.o.</i> | 9                      | 1                            | 4   | 1957                                  |
|                               |   | 48 Miya                              | <i>C.o.</i> | 4                      | 1                            | 150                                       | 1958                                  |
| Ōita                          |   |                                      |             |                        |                              |   |                                       |
| Private                       |   | 49 Kusu                              | <i>C.o.</i> | 4                      | —                            | 60  | 1958                                  |
| Kumamoto                      |   |                                      |             |                        |                              |   |                                       |
| Private                       |   | 50 Minakami                          | <i>C.o.</i> | 42                     | —                            | 3   | 1961                                  |

Remarks : *L.l.*; *Larix leptolepis* GORDON, *Cr. j.*; *Cryptomeria japonica* D. DON

*P.d.*; *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.

*C.o.*; *Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC.

もとよりこれは全被害量のごく一部にすぎないと思われるが、第 1 表および第 1 図からみると本病はほぼ日本全土にわたって発生していることが推察される。地域的にみると東北、北海道において被害件数が多く、特に北海道内において被害がはなはだしい。そして北海道内における被害の大半は、カラマツ幼齢造林地に起こっている。これらの造林地における被害の程度は各地区によって異なるが、多い地区では植栽木の約 20% が侵され、なお局所的には 40~50% の罹病木がみられる箇所もある。

第 1 表に示した被害報告のほか、筆者が北海道において 1954 年から 1963 年までの 10 年間に現地調査等で確認したならたけ病による林木の被害は次のとおりである。

ニホンカラマツ：上土幌 7~8 年生 16/VII'54, 浦河 4 年生 15/VIII'54, 千歳 6 年生 23/VII'55, 本別 5~6 年生 1/IX'55, 釧路 6 年生 20/IX'55, 札幌 4~5 年生 6/V'56, 佐呂間 7 年生 28/IV'56, 俄虫 6 年生 14/VIII'56, 網走 5 年生 30/VII'56, 佐呂間 3~4 年生 7/VIII'56, 深川 4 年生 5/IX'56, 風連 6 年生 5/IX'56, 陸別 6 年生 1/IX'56, 幕別 3 年生 10/VI'57, 網走 5 年生 10/VII'57, 佐呂間 7~8 年生 15/VII'57, 札内 10 年生 28/VII'58, 日高三石 5 年生 26/IX'58, 紋別 9 年生 10/VII'59, 室蘭 5 年生 20/VII'59, 銭亀沢 7~8 年生 9/VI'60, 野幌 4 年生 18/VII'60, 池田 4~5 年生 21/VII'60, 北見 30 年生 1/VIII'60, 一の橋 5 年生 5/VI'61, 小清水 4 年生 11/VII'61, 足寄 2 年生 18/VII'61, 紋別 6~7 年生 16/VIII'61, 風連 2~3 年生 18/VIII'62, 大夕張 4 年生 18/VII'63, 留萌 5 年生 1/XI'63, 苫小牧, 美沢 3 年生 25/X'65。

グイマツ：大雪 3 年生 15/IX'60。

- チシマカラマツ：大雪3年生 15/IX'60。
- トドマツ：当別15年生 17/X'56, 枝幸7～9年生 26/VI'57, 室蘭5年生 15/VIII'59, 森6年生 12/VI'60, 上川5年生 21/VIII'61。
- クロエゾマツ：旭川当麻40年生 3/VIII'58。
- アカエゾマツ：北見栄森3年生 13/X'58, 北見若松30年生 14/IV'60。
- ヨーロッパトウヒ：苫小牧30年生 19/XI'55, 中標津5年生 9/IX'60, 長万部25年生 16/XI'62。
- カナダトウヒ：苫小牧40年生 5/VIII'65。
- ストロブマツ：苫小牧3年生 10/IV'60, 同6年生 18/X'60, 函館2年生 26/VI'61, 清水4年生 2/X'62, 茂別6年生 6/V'64。
- レジノーザマツ：苫小牧4年生 23/X'62。
- バンクスマツ：苫小牧4年生 23/X'62。
- アカマツ：函館2年生 26/VI'61。
- ヨーロッパアカマツ：函館2年生 26/VI'61。
- シラハタマツ：苫小牧4年生 28/IV'57。
- ヒダカゴヨウ：尻岸内5年生 4/V'60。
- チョウセンゴヨウ：苫小牧40年生 5/VIII'65。
- スギ：函館3年生 18/V'58。
- シラカンバ：苫小牧6年生 10/IX'62。
- ウダイカンバ：上川2年生 21/VIII'61, 苫小牧2～5年生 7/IX'62, 平取6年生 2/VII'64。
- コバノヤマハノキ：栗山5年生 6/VII'61, 早来3年生 7/V'63, 八雲, 木古内, 厚賀3年生 1/XII'64, 平取2年生 2/VII'64。

以上のほか1956年の北海道庁林務部調査による道内各林務署管内における被害面積は、名寄50ha, 美深110ha, 北見192ha, 池田360ha, 函館100ha, 浦幌62ha, 松前54haでほとんど道内全域に及んでいる。

これらのうち、激害林分が比較的多くみられる地方は、北海道東部の釧路寒、摩周系の火山灰をかぶった地域であり、また道南部の有珠、樽前系の火山灰を厚くかぶった地域にも多い傾向がうかがわれる。

### 第3章 ナラタケ菌に侵されたカラマツ

#### 第1節 病 徴

ナラタケ菌に侵された林木の病徴は樹種により、また時期によってそれぞれ異なる。幼齡カラマツの場合、まず新梢の伸びが健全なものにくらべ短くなり (Plate 2, A), ついで針葉は淡黄緑色に変じ、やがて褐変して枯死する。

春期に現われる病徴は針葉(輪生葉)がわずかに展開、その後伸長することなく萎凋、赤変し、やがて枯死する。夏期から秋期にかけては、クローネ全体の針葉が黄色、あるいは褐色にかわり、やがて落葉枯死する。病勢が急に進んだものは、クローネ全体の新梢の先端が弯曲、下垂して梢枯症状を呈する。また罹病木には、球果を早期に着生するものも往々みとめられる (Plate 2, C)。これらの罹病木には、地ぎわ部付近から樹脂を多量に分泌しているものがある (Plate 2, B)。

根および地ぎわ部の樹皮下には、白色の菌糸膜が形成されており、根には黒色ひも状の根状菌糸束がからまりついている (Plate 1, C)。

第 2 節 ナラタケ菌に侵されたカラマツの根系と地上部の変調

罹病木の外観的病徴の記載は多いが、地下部の罹病程度と地上部の変調との関連について、述べたものはきわめて少ない。河田ら<sup>44)</sup>は長野県下におけるカラマツ罹病木の成長と地下部の罹病程度とを調査し、一時、本菌に侵されたものが、その後回復した例について詳細な報告を行なっている。

筆者は根系の罹病程度と地上部の変調との関連を明らかにすることは、本病の早期診断に役だつと考え、次の調査を行なった。

この調査は1958年10月13日、北海道北見林務署美幌事業区 9 林班内の 6 年生カラマツについて行ない、地上部の変調の程度により完全枯死木、クローネの先端針葉がわずかに淡黄緑色に変色したものおよび見かけ上健全なものにわけて、計 8 本を選定した。

その結果、地上部の成長状態ならびに病徴については、第 2 表に示すとおりである。

根系の状態を調査するために、各調査木の根をていねいに掘り取り、水洗し、側面と下面からそれぞれ根系の状態を撮影した。つぎに根系の樹皮をうすく剥ぎとり、菌糸膜が形成されている部分を調査し、さきに撮影した根系の写真上に記入して図化したものを第 2 図に示す。

第 2 表と第 2 図とを照合してみると、地上部に變調が見られるものは、いずれも根系の大部分が侵されて菌糸束が多量にからまりついている。一方、地上部に變調が認められない一見健全らしくみられる No. 5~No. 8 のなかでも、No. 5 および No. 6 のように、すでに根の一部が侵されているものもある。その程度により No. 6 のように当年の新梢の伸びが、前年のそれにくらべて小さく現われてくるものもある。

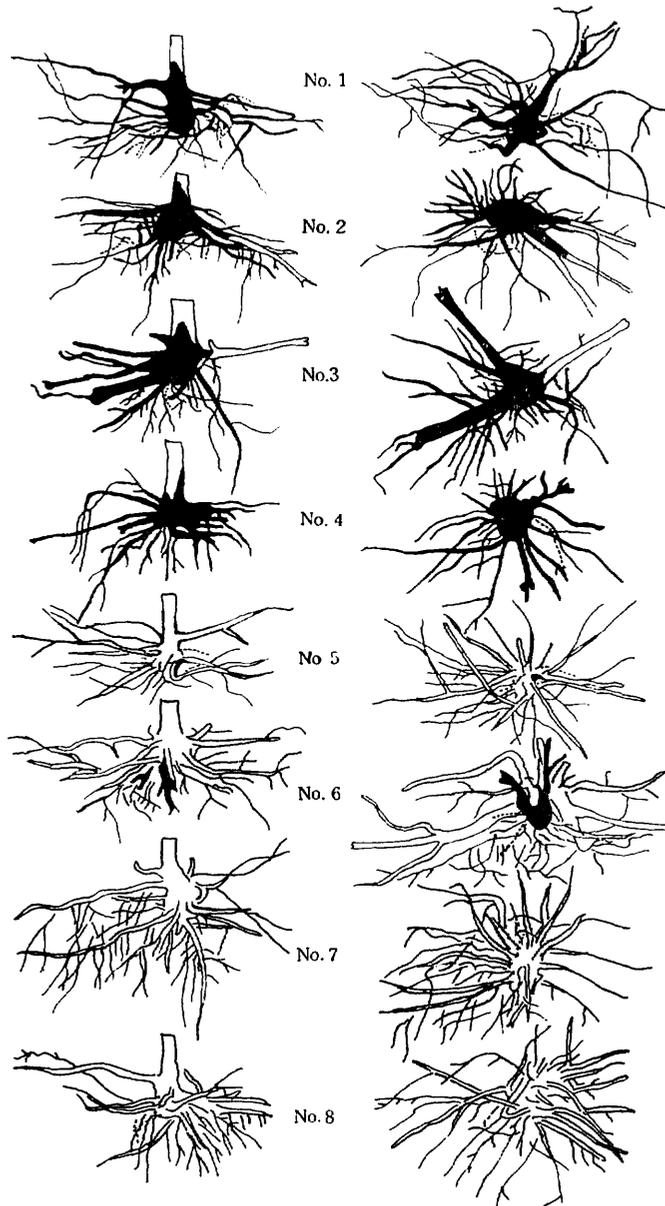
以上のことから、罹病木のごく初期の病徴は樹冠の変調によっては診断することができない。樹冠に何らかの変調が現われた時点では、すでに根系の一部に本菌の侵入が認められる。根系に本菌が侵入したのち、最初に樹冠に現われる変調としては、当年新梢の伸びが前年のそれにくらべて減少することである。

第 2 表 ならたけ病に侵されたカラマツの樹高成長と病徴  
Table 2. Growth in height and symptoms of Japanese larch affected with *Armillaria* root rot

| 調査木<br>Tested trees   | 番号<br>No. | 樹高<br>Total height (cm) | 地上 10cm の直径<br>Diameter at 10cm height (cm) | 新梢の成長量<br>Height growth (cm) |      | 病徴<br>Symptoms   |
|-----------------------|-----------|-------------------------|---|------------------------------|------|--|
|                       |           |                         |   | 1957                         | 1958 |  |
| 罹病木<br>Infected trees | 1         | 1.8                     | 2.8   | 60                           | 55   | The needles except those at the top fall off (Dead).                         |
|                       | 2         | 3.0                     | 4.2   | 90                           | 45   |  |
|                       | 3         | 3.2                     | 5.7   | 85                           | 35   | Colour of the needles at the top is changed to pale yellowish green (Dying). |
|                       | 4         | 2.6                     | 4.8   | 90                           | 50   |  |
|                       | 5         | 2.5                     | 3.2   | 85                           | 95   | No change  |
|                       | 6         | 2.6                     | 4.1   | 55                           | 45   |  |
| 健全木<br>Healthy trees  | 7         | 2.6                     | 4.1   | 60                           | 95   |  |
|                       | 8         | 2.5                     | 3.7   | 70                           | 80   |  |

Note: Larches planted in 1954.

針葉の変色，樹幹下部の樹脂の漏出が認められる樹では，すでに根系の大部分が木菌によって侵されている。



Remarks : ● : Mycelium, ..... : Rhizomorpha.

No. 1~6 : Infected trees, No. 7, 8 : Healthy trees.

Left : Side view, Right : Lower view. Refer to Table 2.

第2図 ならたけ病に侵されたカラマツの根系

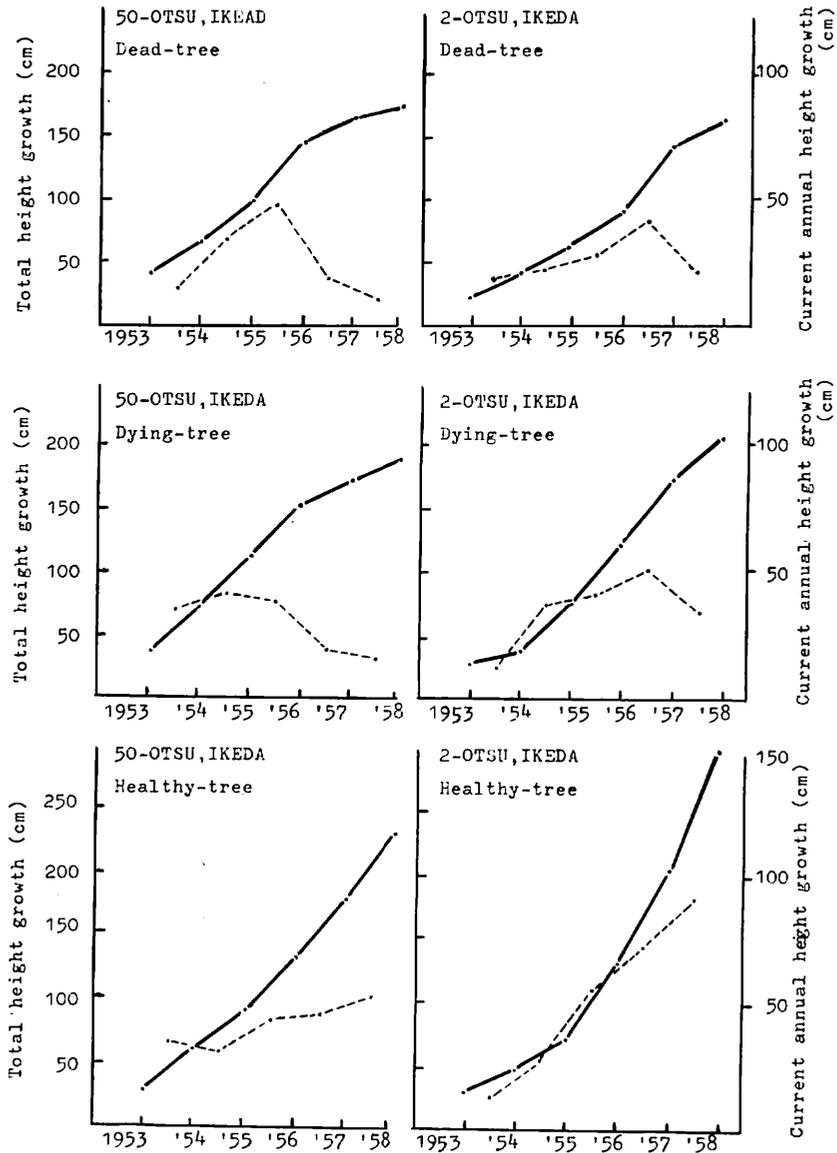
Fig. 2 Root systems of larch trees affected with *Armillaria* root rot.

第 3 節 ナラタケ菌に侵されたカラマツの樹高および直径成長

本病に侵されたカラマツは、第 2 表から見られるように地上部の成長の減退をきたす。その減退の程度は立地条件、樹種、樹齢等によって異なるようである。

カラマツ幼齢木が罹病した場合、どのような成長経過を示すかを見るために、次の調査を行なった。

調査は1958年8月、北海道池田林務署大津事業区一2、50林班内で1954年5月に植栽されたカラマツについて行なった。調査木の選定は同林班内で1958年に枯死したもの8本、樹冠の色がわずかに変色したもの



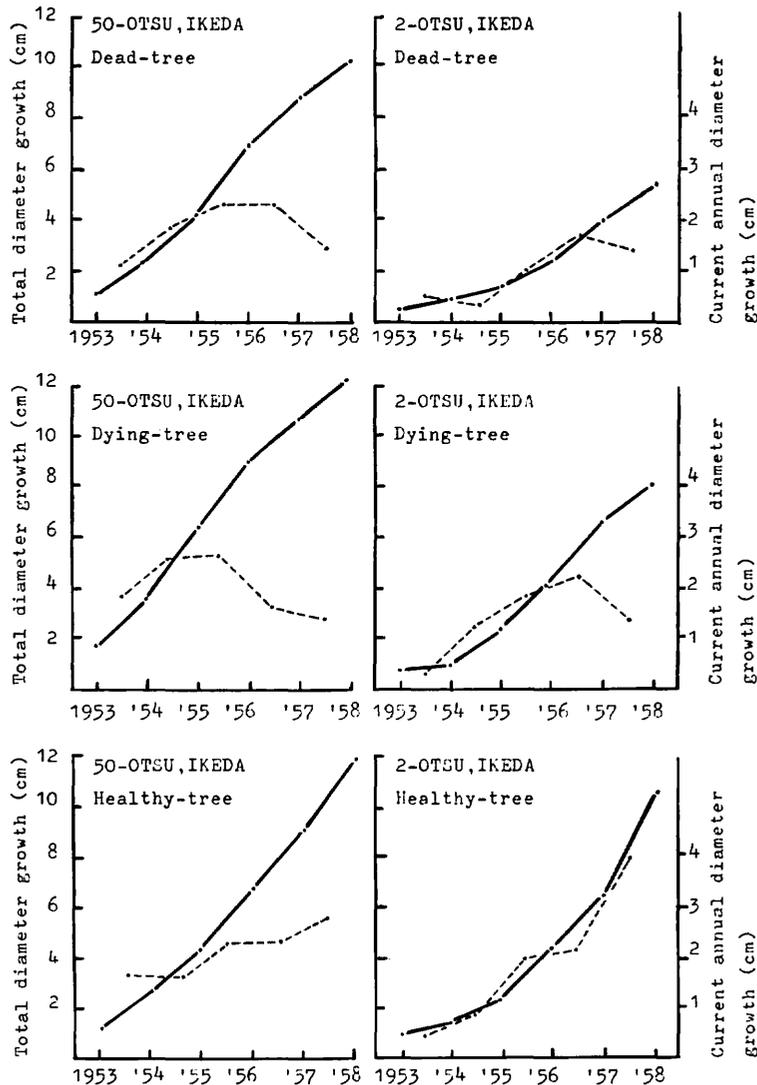
第 3 図 健全木とならたけ罹病木の成長経過 (樹高)

Fig. 3 Height growth of larches infected with *Armillaria* root rot, and healthy ones.

3本、および比較のための健全木3本を選んだ。これらのカラマツについて樹幹折解を行ない樹高成長、直径成長の変化を調査した結果第3、4図に示すとおりである。

第3、4図から見ると健全木は樹高成長、直径成長ともに連年はほぼ順調であるのに対し、罹病木は枯死した年に急に成長が減少したものが、また前年から成長が衰えたものが認められる。

連年成長減少の程度、すなわち病勢の緩急は局所的な立地条件によっても異なり、大津—50の場合は、2年連続して成長の減少が認められたものが多かったが、大津—2の場合は、枯死した年に急に減少したものが多く認められた。このことは前者は後者に比して病勢の進行は、比較的緩慢であったことによると思われる。



第4図 健全木とならたけ罹病木の成長経過 (直径)

Fig. 4 Diameter growth of larch infected with *Armillaria* root rot, and healthy ones.

#### 第 4 節 考 察

木病に感染した樹が枯損するまでの経過年数については、既往においていくつかの報告がみられる。VAN VLOTEN<sup>98)</sup>はカシで実験を行ない、感染から枯死までに5~18か月かかると述べている。MARSH<sup>99)</sup>はリンゴの根のナラタケによる感染は樹の枯死に先立つこと数年前にはじまり、15年生以下の木では枯死するものは僅かであるが、30年生以上になると枯死がはなはだしく多くなると述べている。PATTON ら<sup>99)</sup>はマツとトウヒとの苗木に接種試験を行ない、病徴が地上部にみられた最も早い期間は接種後12か月、最初に枯死したものは14か月後であったとしている。

北島<sup>44)</sup>は長野県下において本病による枯死木につき調査した結果、6~7年生のアカマツの場合、本菌が密生し枯死するまでには少なくとも約2か年、またはそれ以上かかるだろうとしている。今関ら<sup>91)</sup>はカラマツ幼齢木において、木菌に感染して枯死するまでには満1~2年、魚住ら<sup>96)</sup>は2~3年、小林(守)<sup>92)</sup>は3~5年かかると報じ、また河田ら<sup>44)</sup>は感染後1年以内、あるいは2年以内にその大半が枯死すると述べている。

筆者の調査結果でも、6年生カラマツの場合、樹高成長、直径成長の減少が認められてから1~2年目に枯死しており、今関ら、河田らの調査結果と大体同じ傾向を示している。ただ成長の減退がみられるようになった時点では、すでに根系の一部に本菌の侵入がはじまっているので、感染は少なくともその以前に起こっているものと考えられる。したがって、潜伏期間は1~2年以上ということになる。また30年生以上のものになると潜伏期間はかなり長くなることが想像される。

### 第 4 章 本病の発生推移

北海道内におけるカラマツ被害林の実態調査において、南西に面した尾根の肩部、あるいは斜面中腹の凸地形になっている箇所には罹病枯死木が集団状に発生している例がみられた。そのなかで典型的集団状被害林を選び、毎年罹病枯死木がどのようなひろがり方をしていくか、また年度別の被害率はどういう経過をたどるかをみるために、北見地方において調査を行なった。

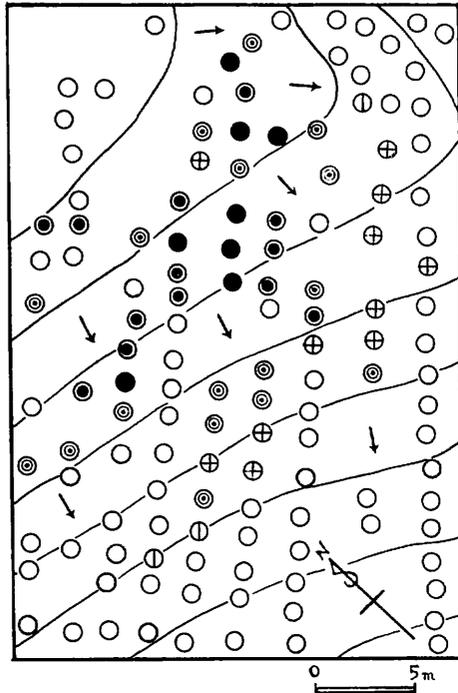
#### 第 1 節 罹病木の発生推移

##### a. 調 査 地

調査地は北見林務署美幌事業区18林班内の1956年5月に植栽したカラマツ造林地で、標高は約250m、尾根筋に近い南西斜面に位置している(第5図)。前生の広葉樹はミズナラ、ホオノキ、シラカンバ、イタヤカエデ、ヤマナラシなどで、下草、低木はミヤコザサ、ヨモギ、フキ、タラノキ、ヤナギ類などがおもなものであった。伐根は直径10~30cmのものが多く、調査地全面に散在していた。ここは野鼠防除のため、全刈り火入れ地ごしらえして、その後にカラマツが植栽されている。下刈りは植栽後3年間毎年実施してある。カラマツの生育は比較的良く、植栽後4年目で樹高2.0~2.5m、当年新梢の伸びは0.8~1.0mであった。集団状被害部は尾根筋から少しさがった南西斜面に発生していた。このような造林地内に、典型的被害部がはいるように約22×32mの調査区を設けた。

##### b. 調 査 方 法

この調査区について1956年から1960年までの5か年間、連年枯死木が発生していく経過を調査して図上に記録していった。一方、最初に被害木が発生した箇所、健全部およびその中間部の3か所について土壌



Legend :

- Dead trees by the root rot one year after plantation,
- Dead trees by the root rot two years after plantation,
- ⊙ Dead trees by the root rot three years after plantation,
- ⊕ Dead trees by the root rot four years after plantation,
- ⊠ Dead trees by the root rot five years after plantation,
- Healthy trees.
- Direction of slope,

Contour line interval : 2 meters.

第5図 ならたけ病に侵されたカラマツ罹病木の年度別ひろがり

Fig. 5 Annual spread of the larch trees affected with *Armillaria* root rot in a typical sample plot.

断面をとって土壌調査を行ない、同時に土壌中の菌糸束の量も調査した。菌糸束の量の調査は土壌を50×50cm、深さ0~10cm、10~20cmの大きさに切り取り、そのなかに含まれる菌糸束を採集し、実験室に持ちかえりていねいに水洗したのち、約1か月間風乾して重量を測定した。

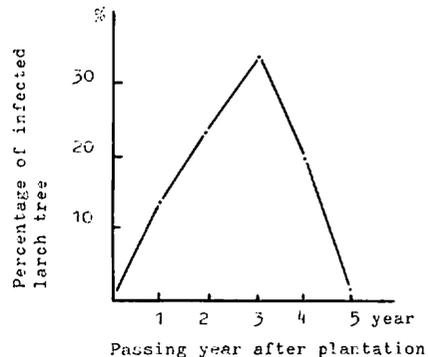
c. 調査結果

調査結果は第5図に示すとおりである。植栽後1年目から罹病枯死木(●印)が発生し、図のように8木が集団的に枯死した。2年目(●印)にはそれをかこむように13本が枯死し、3年目(⊙印)には16本と逐次増大していった。4年目(⊕印)には11本とやや減少し、5年目(⊠印)には急に少なくなり3本が枯死した。

この地区の年度別の罹病枯死率は第6図に示すとおりで、各年度ごとの罹病枯死率は植栽後5年目までに罹病枯死した総本数を100とし、各年度ごとに枯死した本数を%であらわした。

第6図からみるとこの地区では植栽後1年目から罹病枯死木があらわれ、3年目が最大となり、5年目ではごくわずかであった。本調査は5年で打ち切ったが、おそらく植栽後6~7年目で被害は終わったものと思われる。

この地区の土壌は火山放出物(雌阿寒系)の堆積によってできた火山灰性土壌で、土性は壤土~植質壤土で構



第6図 年度別罹病枯死率

Fig. 6 Percentage of annual death of larch by the disease.

第 3 表 ならたけ病により侵されたカラマツ造林地内の土壌断面  
Table 3. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot

| 断面<br>番号<br>Profile<br>No. | 土壌型<br>Type<br>of<br>soil | 層位<br>Hori-<br>zon | 厚さ<br>Thic-<br>kness<br>(cm) | 推移<br>状態<br>Defi-<br>nition<br>of<br>bound-<br>ary | 色<br>Color                  | 石 礫<br>Stone<br>size,<br>quantity | 土性<br>Tex-<br>ture | 構 造<br>Struc-<br>ture     | 堅密度<br>Com-<br>pact-<br>ness | 水湿状態<br>Mois-<br>ture | 標高, 方<br>位, 傾斜<br>Height<br>above sea<br>level(m),<br>direction,<br>inclination |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|---|
| 18 Sakaemori, Kitami (A-1) |                           |                    |                              |  |                             |                                   |                    |                           |                              |                       | (April 13, 1960)  |
| S-1                        | B <sub>0</sub> (d)        | A                  | 18                           | C<br>G   | brown                       | none                              | SL                 | Cr-Gr                     | soft                         | extre-<br>mely wet    | 250, SW,<br>10°<br>freezing:<br>12cm<br>damaged<br>site                         |
|                            |                           | B                  | 30                           |  | yellowish<br>brown          | none                              | SL                 | Gr                        | slightly<br>hard             | wet                   |   |
|                            |                           | C                  | —                            |  | yellowish<br>brown          | (pumice)<br>abundant              | SL                 | Gr<br>weakly<br>developed | very<br>hard                 | wet                   |   |
| S-2                        | B <sub>0</sub> (d)        | A                  | 25                           | G<br>G   | brown                       | none                              | SL                 | Cr-Gr                     | soft                         | wet                   | 250, SW,<br>20°<br>middle<br>site   |
|                            |                           | B                  | 30                           |  | yellowish<br>brown          | none                              | SL                 | Gr                        | slightly<br>hard             | modera-<br>te         |   |
|                            |                           | C                  | —                            |  | yellowish<br>brown          | (shale)<br>abundant               | SL                 | Gr                        | soft wet                     | wet                   |   |
| S-3                        | B <sub>c</sub>            | A <sub>1</sub>     | 22                           | G<br>G<br>G<br>G                                   | brown                       | none                              | SiL                | Gr                        | soft                         | modera-<br>te         | 250, SW,<br>25°<br>healthy<br>site  |
|                            |                           | A <sub>2</sub>     | 10                           |  | light<br>yellowish<br>brown | none                              | C                  | Gr                        | slightly<br>hard             | modera-<br>te         |   |
|                            |                           | B                  | 20                           |  | grayish<br>brown            | rare                              | C                  | Gr                        | soft                         | wet                   |   |
|                            |                           | C                  | —                            |  | grayish<br>brown            | (shale)<br>frequent               | C                  | Gr<br>weakly<br>developed | slightly<br>hard             | wet                   |   |

Remarks :

Soil types (Definition by OHMASA)

Definition of boundary :

S : Sharply defined, C : Clearly defined, G : Gradually merging.

Texture :

SL : Sandy loam, SiL : Silty loam, C : Clay, G : Gravel soil, L : Loam, S : Sand,  
CL : Clay loam.

Structure :

Cr : Crumb structure, Gr : Granular structure, N : Nutty structure,  
M : Massive structure, S : Single grain structure.

第 4 表 土壌の透水性 (北見, 榮森-18)  
Table 4. Water percolation rates of soil (18 Sakaemori, Kitami)

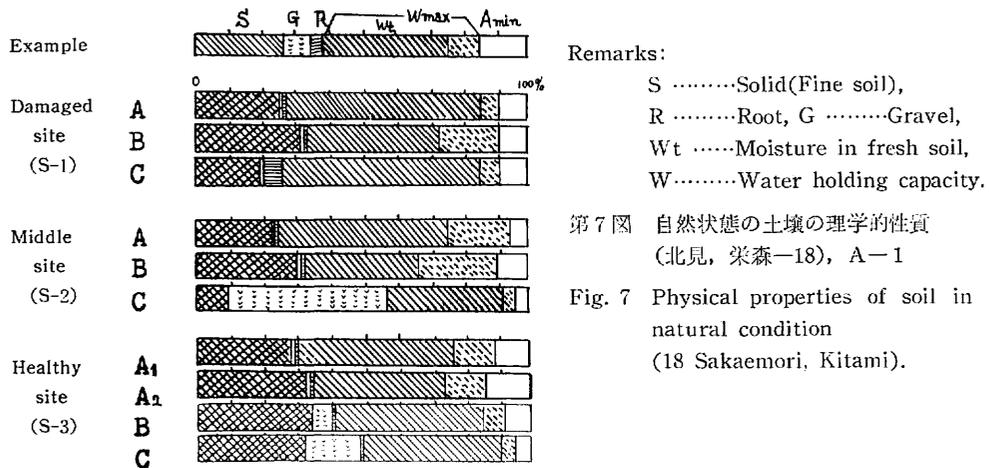
| 調査地番号<br>Plot No. | 断面番号<br>Profile No. | 層位<br>Layer,<br>Horizon | 層の厚さ<br>Layer,<br>Thickness<br>(cm) | 透水性 Water percolation rate |        |          |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------|----------|-----|
|                   |                     |                         |                                     | Depth from<br>surface(cm)  | 5 min  | (cc/min) |     |
|                   |                     |                         |                                     |                            | 15 min | 30 min   |     |
| A-1               | S-1<br>Damaged site | A                       | 18                                  | 8~12                       | 35     | 28       | 26  |
|                   |                     | B                       | 30                                  | 26~30                      | 19     | 16       | 12  |
|                   |                     | C                       | 30+                                 | 48~52                      | 5      | 4        | 4   |
|                   | S-2<br>Middle site  | A                       | 25                                  | 8~12                       | 98     | 74       | 67  |
|                   |                     | B                       | 30                                  | 33~37                      | 19     | 17       | 15  |
|                   |                     | C                       | 30+                                 | 63~67                      | 200    | 179      | 150 |
|                   | S-3<br>Healthy site | A <sub>1</sub>          | 22                                  | 8~12                       | 260    | 175      | 145 |
|                   |                     | A <sub>2</sub>          | 10                                  | 26~30                      | 20     | 18       | 14  |
|                   |                     | B                       | 20                                  | 38~42                      | 167    | 137      | 106 |
| C                 |                     | 30+                     | 58~62                               | 39                         | 30     | 22       |     |

造は粗粒状～粒状を示し、土壌型は全般的に B<sub>0</sub>(d) 型に属するが、傾斜がやや急になった健全部では B<sub>c</sub> 型であった。発病部の傾斜は 10° で、健全部のそれは 25° で急傾斜地であった。

土壌断面の調査は 4 月中旬に行なった。その結果は、第 3 表に示すとおり発病部では A 層下部に 12cm のコンクリート板状の土壌凍結層が認められた。土壌断面の特徴の一つとして基層に現われる石礫の種類が健全部には頁岩の小角礫が現われるのに対し、発病部には浮石の層がみられた。A 層と B 層との間の層位の推移状態は発病部が判であり、健全部は漸であった。

これら健、病部の各層から土壌採取円筒により土壌を採取し、真下法<sup>33)</sup>に準拠して透水性の調査を行なった。その結果は第 4 表に示すとおりで、5 分後、15 分後、30 分後の各透水量は時間の経過にしたがって少なくなったが、ほぼ同じ傾向を示し、発病部の透水性は不良であった。

土壌の理化学性は第 7 図に示すとおり健、病部の間には大きな差はみられなかった。



一方、健、病部の土壌中における菌糸束の量の調査結果は第 5 表に示すとおり、発病部の方が健全部より大であった。

また、この調査時期と別に 9 月下旬、同じ調査地内の(1)南西斜面の発病部と(2)同健全部、および(3)北東斜面の健全部の各 A 層から、土壌を採取し土壌水分を測定した結果、(1)は 42.3%、(2)は 50.4%、(3)は 66.5% を示し、発病部が最も乾燥していた。

第 5 表 土壌中の菌糸束風乾重量

Table 5. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (18 Sakaemori, Kitami)

| 調査地<br>Sample plot               | 植栽後経過年数<br>Passing year after<br>planted larch tree<br>(year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from<br>surface<br>(cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of<br>rhizomorphs<br>(g) |            |
|----------------------------------|---|-------------------------|--|--|------------|
| 北見、栄森 18<br>18 Sakaemori, Kitami | 5   | Damaged<br>site         | R-4                                    | 0~10<br>10~20                                | 5.0<br>0.7 |
|                                  |   |                         | R-5                                    | 0~10<br>10~20                                | 7.4<br>1.9 |
|                                  |   | Healthy<br>site         | R-6                                    | 0~10<br>10~20                                | 3.2<br>0.9 |
|                                  |   |                         | R-7                                    | 0~10<br>10~20                                | 3.5<br>1.8 |

(Size of the soil block : 50×50×10 cm)

上記調査地のほか、C. 室蘭における発病状況調査では、植栽後 3 年目までに植栽木の 28% が罹病枯死し、4～5 年目には急に減少し、そのひろがり方は散発的であった。また植栽後 6～7 年経過した B. 北見、E. 東瀬棚、H. 神楽、J. 佐呂間、L. 名寄等の造林地においては、すでに罹病枯死したもの以外に新しく発病したものは、ほとんどみられなかった (B. C. E. … L. は第 8 図を参照)。

## 第 2 節 考 察

本病による罹病枯死木の発生推移状況は樹種、樹齢、地方、立地条件、伐根の種類、大きさ、伐根の分布状況によって異なることが考えられる。

HUNTLY, CAFLEY および JORGENSEN<sup>30)</sup>は、Ontario において red pine と white pine との交互列状混交造林地内で本病のひろがり方を調査し、老齢広葉樹の根株を中心にして放射状にひろがっていることを明らかにしている。また MARSH<sup>32)</sup>は、英国におけるリンゴ園とクロスグリ植栽地における本病のひろがりについて調査記録し、罹病樹のひろがり根の接触によることを示唆し、15 年生以下の樹では本病による枯死木は少なく、30 年生以上の樹で被害がはげしいことを述べている。

筆者の調査においても、植栽後最初に罹病木が発生した部分を中心にして、外側に向かってほぼ同心円状に被害はひろがり、HUNTLY らが行った調査結果と一見よく似ている。しかしこの調査では、前生の広葉樹の伐根が全面的に分布しており、したがってそれらから生じた木菌の菌糸束が被害部、健全部、中間部いずれの箇所にも認められた。

このように全面に菌糸束が存在しているにもかかわらず、特定の箇所に円状被害が発生することは、DAY<sup>16)</sup>、今関<sup>32)</sup>、小林(享)<sup>40)</sup>、河田ら<sup>41)</sup>、佐藤ら<sup>81)</sup>がすでに述べているように、このおもな原因は不良土壌環境によるものと考えられる。すなわち、この調査地内の土壌条件からみても、最初に被害が発生した箇所は、健全部に比べ 4 月中旬まで土壌凍結層が認められ、A 層の厚さはうすく、土壌の透水性は不良で採取時含水率は大であった。そしてこのような場所は、春から夏にかけて土壌水分少なくなり、年間の乾湿の差が大であった。

このような土壌条件はカラマツにとって不良環境条件であり、その生育に大きく影響する。したがって、極端に悪い立地条件の箇所に植えられたカラマツが、その影響を最も強くうけて最初に罹病木があらわれる。そして、逐次環境の影響が弱くなる外側に向かって、ひろがっていったものと考えられる。

つぎに、植栽後の経過年数と罹病枯死率との関係は、植栽後 3 年目が最高となっている。しかし、現地で見ると植栽後 1～2 年目までは、樹高も小さく被害もさほどめだたず、3 年目ごろからようやく被害として目につきだす程度である。4 年目、5 年目になると罹病率は減少してくるが、そのころになると樹高 3～4 m のものが赤変枯死していくので、人目につきやすく、被害も大きいようにみえる。したがって第 1 表に示したように、植栽後 4～5 年目以降の被害が比較的多く報告されているのは、このような理由によるものと考えられる。

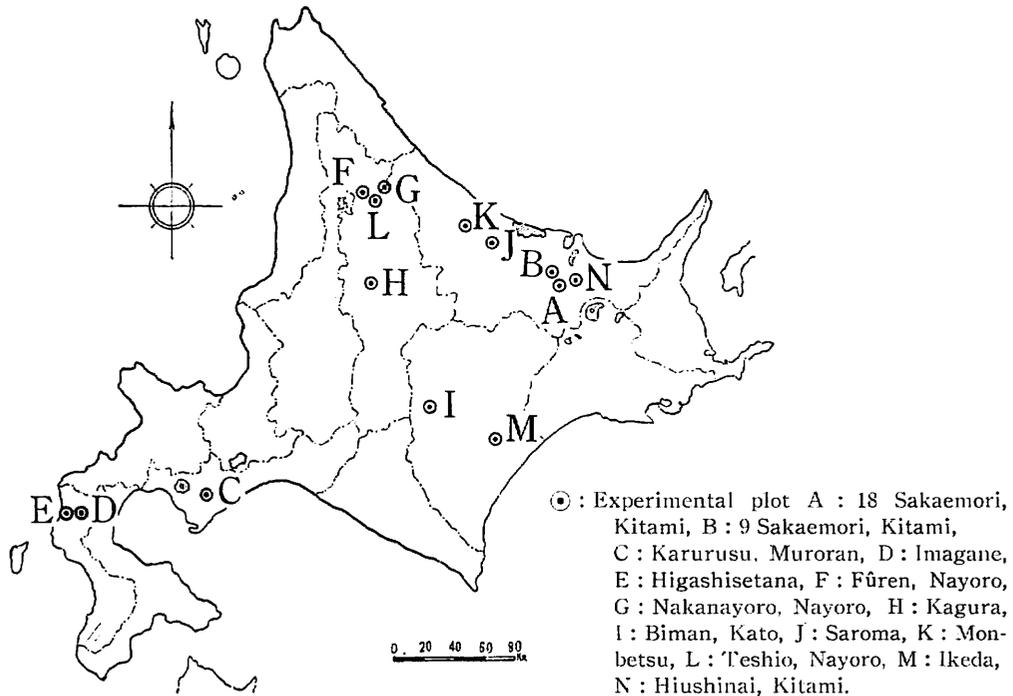
英国において HILEY<sup>28)</sup>はカラマツは普通約 15 年生までは本病に侵されることはないが、それ以上になるとしばしば枯死することを述べている。GIBSON<sup>29)</sup>は Kenya におけるマツ類の造林地では、植栽後約 5 年目に被害が最高になると報告している。河田ら<sup>41)</sup>は長野県下のカラマツ造林地で、植栽後 3 年目から被害木があらわれはじめ、4～5 年目が最もはげしく、6 年目になるといちじるしく低下し、7 年目にはさらに僅少になることをしるしている。

このように、樹種および立地条件により発病の推移にはちがいがみられ、特にその樹種にとって不適当な立地条件のところには、比較的早い時期に罹病木があらわれるようである。

### 第5章 本病の発生環境

本病の発生環境については、1958年以降数年間にわたって北海道内のカラマツ、トドマツ、エゾマツ、ストロブマツ、コバノヤマハンノキおよびシラカンバ等の造林地30数か所について、調査を行ってきたのであるが、ここではカラマツ造林地のみについてのべる。

調査地は第8図に示す14地区で、各調査地について1ないし数か所の調査区を設け、それぞれについて罹病木の分布、土壌環境、土壌中の菌糸束分布状況等について調査を行なった。なお残雪および林地施肥と発病、2代目造林地における発病等についてもあわせて調査を行なった。



第8図 カラマツならたけ病調査地位置図

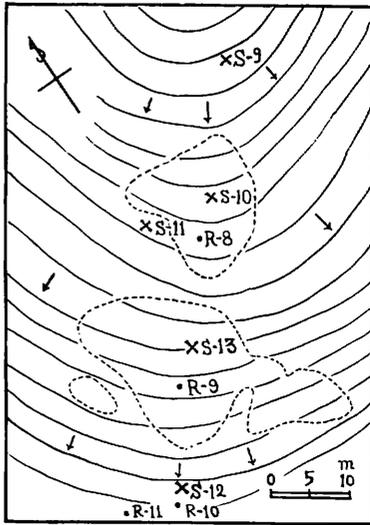
Fig. 8 Map showing the surveyed locations of *Armillaria* root rot of larch (Hokkaidō).

#### 第1節 地形と発病

わずかな地形の変化は土壌条件とも深い関連があり、それがカラマツの生育に対して影響し、ひいては本病の発生様相にも著しい違いを現わすことがある。

まず地形と発病との関係を見るために、各調査地において地形測量を行ない、それぞれ2mのコンターライン(等高線)を入れた。つぎに個々の造林木の位置を測量によって確かめながら1本ずつ記入し、健、病木別に図上に記録していった。

その結果を総合すると、本病の発生型には大別して散発型と集団状発生型とがあり、さらに後者は2つ



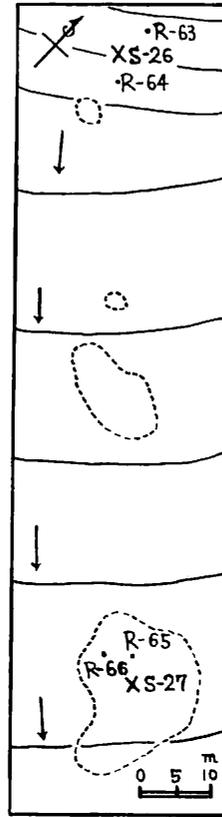
Remark :

- Damaged site,
- Direction of slope,
- ×S Investigated soil,
- R Collected rhizomorphs.

Contour line interval : 2 meters.

第 9 図 調査地 B-1 内のカラマツならたけ病の発病部 (北見, 榮森-9)

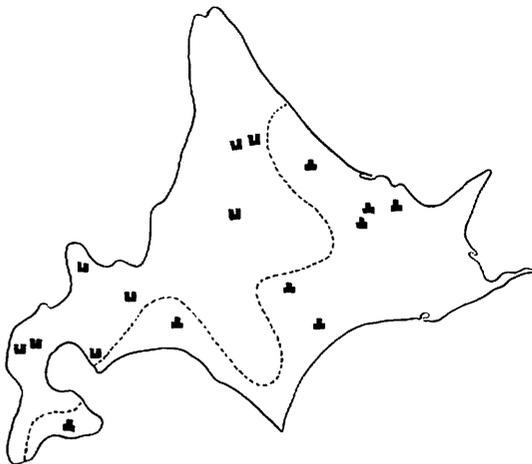
Fig. 9 Damaged site of *Armillaria* root rot in plot B-1 (Sakaemroi, kitami).



Legend : Refer to Fig. 9

第 10 図 調査地 G-1 内のカラマツならたけ病の発病部 (名寄, 中名寄)

Fig. 10 Damaged site of *Armillaria* root rot in plot G-1 (Nakanayoro, Nayoro).



Remark :

- ▲ : Type of the occurrence in convex part,
- : Type of the occurrence in concaved part.

第 11 図 カラマツならたけ病発生型の分布図

Fig. 11 Distribution map of the occurrences of *Armillaria* root rot in larch plantation.

の型にわけられた。すなわち、集団塊発生の 1 つの型は第 9 図および Plate 4, A に示すように、山頂緩傾斜面あるいは尾根近くの肩部、または山腹でも小凸地形になった部分などに現われ (これを凸地形発生型と称する)、他の 1 つは第 10 図および Plate 4, C に示すように沢に近い部分、あるいは微凹地形になった部分に現われる (これを凹地形発生型と称する)。

これら両発生型の北海道内における分布は第 11 図に示すとおりである。すなわ

ち、凸地形発生型が比較的多くみられる地方は、北海道東部と同南部の一部寡雪地帯で、土壤凍結深度の大きい地域であり(例、A. B. I. J. K. M. N.), また凹地形発生型が比較的多くみられる地方は道央、道北の多雪で土壤凍結深度の小さな地帯(例: C. D. E. F. G. L.)であった。

そして、これら集団状発生部の傾斜角は、隣接する健全部のそれにくらべて、相対的にゆるやかな場合が多かった。

第2節 発病地の土壤環境

各調査地の発病部と健全部について、それぞれ土壤断面および土壤の理学性の調査を行なった。以下各調査地についてしるす。

a. 北見、栄森-18 (A-2)

この調査地は前に述べた本病の発生推移を調査した箇所(A-1)の東南に位置しており、植栽後4年間に約100本の罹病枯死木が集団状に発生した箇所である(Plate 4, B)。

地ごしらえ方法、植栽方法、植生は前記調査地(A-1)とほぼ同じである。発病部の傾斜角は19~20°, 健全部のそれは19~28°でやや急であった。

土壤も前記調査地と同じ火山放出物(雌阿寒系)の堆積によってできた火山灰性土壤で、土性は砂壤土~埴土で土壤断面の特徴は第6表に示すとおりである。

この箇所でも調査地(A-1)と同じように発病部のA層に土壤凍結層が認められ、石礫の種類の現われ方も同じような傾向がみられた。土壤の透水性は第7表に示すとおりで、発病部の中心付近から採取した土壤(S-6)は透水性不良であった。

なお土壤の理学性については第12図に示したように健、病部の間に大きな差は認められなかった。

b. 北見、栄森-9 (B-1)

この調査地は1954年に植栽された造林地で、調査は1960年に行なった。被害の現われ方は典型的凸地形

第6表 ならたけ病により侵されたカラマツ造林地内の土壤断面

Table 6. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (18 Sakaemori, Kitami, A-2)

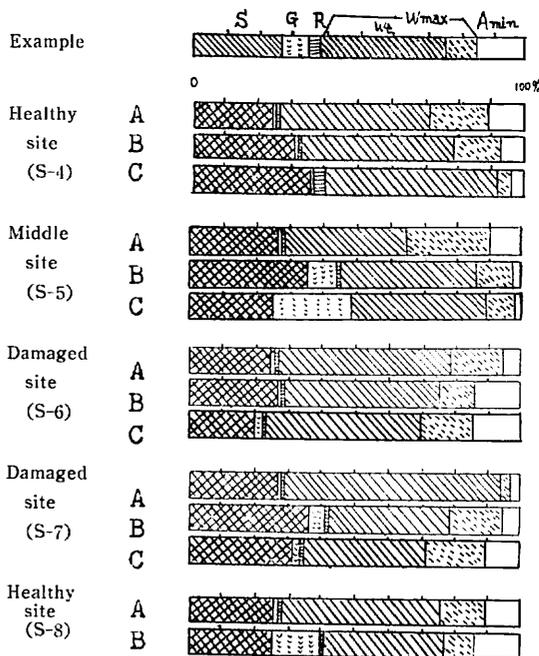
| 断面番号<br>Profile No. | 土壤型<br>Type of soil | 層位<br>Horizon  | 厚さ<br>Thickness (cm) | 推移状態<br>Definition of boundary | 色<br>Color            | 石 礫<br>Stone size, quantity | 土性<br>Texture | 構 造<br>Structure | 緊 密 度<br>Compactness | 水湿状態<br>Moisture | 標高、方位、傾斜<br>Height above sea level (m), Direction, Inclination |
|---------------------|---------------------|----------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|------------------|----------------------|------------------|--|
| S-4                 | Bc                  | A              | 20                   | G                              | brown                 | none                        | SL            | Gr               | soft                 | moderate         | 230, SW, 19°<br>healthy site                                   |
|                     |                     | B              | 15                   | G                              | yellowish brown       | none                        | SL            | Gr               | soft                 | moderate         |  |
|                     |                     | C              | —                    | G                              | light yellowish brown | none                        | SL            | Gr<br>G<br>G     | soft~hard            | wet              |  |
| S-5                 | Bc                  | A              | 20                   | G                              | brown                 | none                        | SL            | Gr               | soft                 | moderate         | 250, SW, 23°<br>middle site                                    |
|                     |                     | B              | 16                   | G                              | grayish brown         | none                        | C             | N                | soft~hard            | wet              |  |
|                     |                     | C              | —                    | G                              | gray                  | (shale) rare                | C             | N                | soft                 | wet              |  |
| S-6                 | Bd(d)               | A              | 25                   | G                              | brown                 | none                        | SL            | Gr               | soft                 | wet              | 230, SW, 19°<br>damaged site<br>freezing: 6cm                  |
|                     |                     | B              | 15                   | G                              | yellowish brown       | none                        | SL            | Gr               | soft                 | wet              |  |
|                     |                     | C              | —                    | G                              | light yellowish brown | none                        | SL            | Gr<br>Gr         | hard                 | moderate         |  |
| S-7                 | Bd(d)               | A              | 25                   | G                              | brown                 | none                        | SL            | Gr               | soft                 | extremely wet    | 235, SW, 21°<br>Damaged site<br>Freezing: 15cm                 |
|                     |                     | B              | 12                   | G                              | yellowish brown       | none                        | SL            | Gr               | soft                 | moderate         |  |
|                     |                     | C              | —                    | G                              | light yellowish brown | (pumice) occasional         | SL            | Gr               | hard                 | moderate         |  |
| S-8                 | Bd(d)               | A              | 20                   | G                              | dark brown            | none                        | SL            | Gr               | soft                 | moderate         | 230, SW, 27°<br>Healthy site                                   |
|                     |                     | B <sub>1</sub> | 20                   | G                              | brown                 | (shale) frequent            | L             | Gr               | soft                 | wet              |  |
|                     |                     | B <sub>2</sub> | —                    | G                              | brown                 | (shale) abundant            | G             | N                | hard                 | moderate         |  |

Remarks: Refer to Table 3.

(April 14, 1960)

第 7 表 土壌の透水性 (北見, 榮森-18, A-2)  
Table 7. Water percolation rates of soil  
(18 Sakaemori, Kitami, A-2)

| 調査地番号<br>Plot No. | 断面番号<br>Profile No. | 層位<br>Layer,<br>Horizon | 層の厚さ<br>Layer,<br>Thickness<br>(cm) | 透水性 Water percolation rate |       |                    |        |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------|--------------------|--------|
|                   |                     |                         |                                     | Depth from<br>surface(cm)  | 5 min | 15 min<br>(cc/min) | 30 min |
| A-2               | S-4<br>Healthy site | A                       | 20                                  | 8~12                       | 138   | 126                | 115    |
|                   |                     | B                       | 5                                   | 23~27                      | 118   | 99                 | 85     |
|                   |                     | C                       | 30+                                 | 43~47                      | 62    | 52                 | 11     |
|                   | S-5<br>Middle site  | A                       | 20                                  | 8~12                       | 114   | 108                | 96     |
|                   |                     | B                       | 18                                  | 28~32                      | 76    | 75                 | 54     |
|                   |                     | C                       | 30+                                 | 43~47                      | 236   | 230                | 208    |
|                   | S-6<br>Damaged site | A                       | 25                                  | 8~12                       | 54    | 50                 | 43     |
|                   |                     | B                       | 15                                  | 33~37                      | 74    | 71                 | 50     |
|                   |                     | C                       | 30+                                 | 48~52                      | 4     | 4                  | 4      |
|                   | S-7<br>Damaged site | A                       | 25                                  | 8~12                       | 200   | 175                | 170    |
|                   |                     | B                       | 12                                  | 28~32                      | 133   | 108                | 75     |
|                   |                     | C                       | 30+                                 | 43~47                      | 36    | 33                 | 30     |



Remarks: Refer to Fig. 7

第12図 自然状態の土壌の理学的性質  
(北見, 榮森-18), A-2

Fig. 12 Physical properties of soil in natural condition (18 Sakaemori, Kitami A-2).

調査地A-1, 2 でみられたような土壌凍結層はみられなかった。層位の推移状態は大集団発病部の中心部 (第9図, 第8表のS-13) では判で, 他は漸であった。また下層にみられる石礫の種類は, 前記調査地A-1, 2 と同じように健全部では頁岩礫がみられ, 発病部では浮石礫が現われた。

発生型に属し, 大尾根から南西に分かれた小尾根上に大, 小2つの集団状発病部がみられる (第9図, Plate 4, A)。被害部の大きさは径15~20mで, 罹病木の木数は60~110本である。前生の広葉樹はミズナラの大径木, ホノノキ, イタヤカエデなどで, 下草はミヤコザサが多く, その間にフキ, ヨモギなどがみられる。発病部のササ, フキは丈が小さく生育不良であった。カラマツの生育は, 沢すじの急傾斜地は比較的良好 (樹高2.5~3.0m) であるが, 尾根すじは不良 (樹高1.5~2.5m) であった。

発病部の傾斜は20~25°, 健全部では25~35°で, ここでも健全部の方が急斜地であった。

土壌は火山放出物 (雌阿寒系) の堆積によってできた火山灰性土壌で土性は壤土~埴壤土で, 土壌型はB<sub>d</sub>型に属する。土壌断面の調査結果は第8表に示すとおりで, ここでは

第 8 表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壤断面  
Table 8. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (9, Sakaemori, Kitami, B-1)

| 断面番号<br>Profile No. | 土壌型<br>Type of soil | 層位<br>Horizon   | 厚さ<br>Thickness (cm) | 層位状態<br>Definition of boundary | 色<br>Color            | 石 礫<br>Stone size, quantity | 土性<br>Texture | 構 造<br>Structure       | 緊 密 度<br>Compactness | 水 湿 状 態<br>Moisture | 標高, 方位, 傾斜<br>Height above sea level (m), Direction, Inclination |
|---------------------|---------------------|-----------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|------------------------|----------------------|---------------------|--|
| S-9                 | Bc                  | A <sub>1</sub>  | 15                   | G                              | dark brown            | none                        | L             | Gr                     | soft                 | moderate            | 200, SSW, 26°<br>Healthy site                                    |
|                     |                     | A <sub>2</sub>  | 15                   | G                              | dark brown            | none                        | L             | Gr                     | soft                 | moderate            |  |
|                     |                     | B               | 20                   | C                              | dark grayish brown    | (shale) occasional          | L             | N                      | soft                 | moderate            |  |
|                     |                     | C               | —                    | C                              | grayish brown         | (shale) abundant            | G             | N                      | soft~hard            | moderate            |  |
| S-10                | Bb(d)               | A               | 20                   | G                              | brown                 | none                        | L             | Gr                     | soft                 | moderate            | 220, SSW, 25°<br>Damaged site                                    |
|                     |                     | B               | 20                   | G                              | light yellowish brown | none                        | L             | Gr<br>weakly developed | soft~hard            | wet                 |  |
|                     |                     | C               | —                    | G                              | yellowish brown       | (pumice) rare               | L             | Gr<br>weakly developed | hard                 | wet                 |  |
| S-11                | Bb(d)               | A               | 10                   | G                              | dark brown            | none                        | L             | G                      | soft                 | moderate            | 220, SW, 20°<br>Middle site                                      |
|                     |                     | B <sub>1</sub>  | 10                   | G                              | brown                 | none                        | L             | Gr                     | soft                 | wet                 |  |
|                     |                     | B <sub>2</sub>  | —                    | G                              | brown                 | (shale) rare                | L             | Gr<br>weakly developed | hard                 | wet                 |  |
| S-12                | Bb(d)               | A <sub>1</sub>  | 20                   | G                              | dark brown            | none                        | L             | Gr                     | soft                 | extremely wet       | 220, SSW, 30°<br>Healthy site                                    |
|                     |                     | A <sub>2</sub>  | 10                   | G                              | brown                 | (shale) rare                | L             | Gr                     | soft                 | wet                 |  |
|                     |                     | B               | —                    | G                              | brown                 | (shale) abundant            | G             | —                      | soft                 | wet                 |  |
| S-13                | Bb(d)               | IA <sub>1</sub> | 25                   | C                              | dark brown            | none                        | L             | Gr                     | soft                 | moderate            | 220, SSW, 20°<br>Damaged site                                    |
|                     |                     | IA <sub>2</sub> |                      |                                | brown                 | none                        | L             | Gr                     | slightly hard        | wet                 |  |
|                     |                     | II              |                      |                                | brown                 | (pumice) abundant           | L             | —                      | hard                 | moderate            |  |

Remarks: Refer to Table 3.

(April 15, 1960)

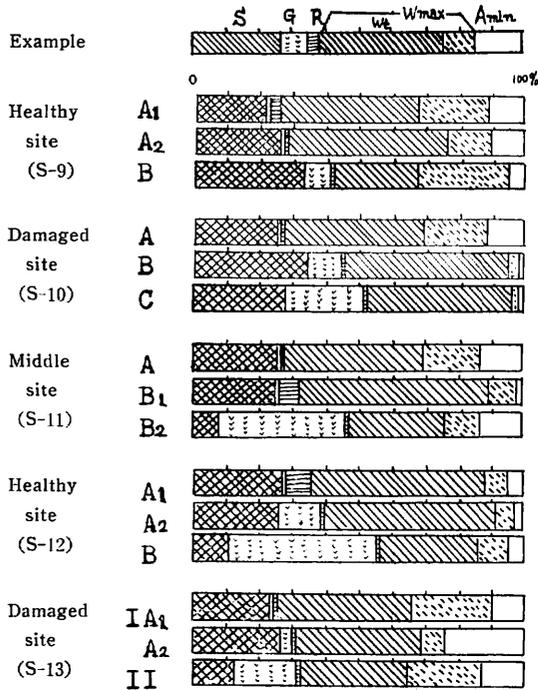
第 9 表 土壤の透水性 (北見, 栄森-9)  
Table 9. Water percolation rates of soil (9 Sakaemori, Kitami, B-1)

| 調査地番号<br>Plot No. | 断面番号<br>Profile No.  | 層位<br>Layer,<br>Horizon | 層の厚さ<br>Layer,<br>Thickness<br>(cm) | 透水性 Water percolation rate |       |                    |        |
|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------|--------------------|--------|
|                   |                      |                         |                                     | Depth from surface (cm)    | 5 min | (cc/min)<br>15 min | 30 min |
| B-1               | S-9<br>Healthy site  | A <sub>1</sub>          | 15                                  | 5~9                        | 27    | 22                 | 18     |
|                   |                      | A <sub>2</sub>          | 15                                  | 18~22                      | 167   | 130                | 107    |
|                   |                      | B                       | 20                                  | 38~42                      | 142   | 108                | 87     |
|                   | S-10<br>Damaged site | A                       | 20                                  | 8~12                       | 100   | 80                 | 45     |
|                   |                      | B                       | 20                                  | 28~32                      | 17    | 13                 | 11     |
|                   |                      | C                       | 30+                                 | 48~52                      | 3     | 2                  | 2      |
|                   | S-11<br>Middle site  | A                       | 10                                  | 5~9                        | 48    | 40                 | 33     |
|                   |                      | B <sub>1</sub>          | 10                                  | 13~17                      | 57    | 38                 | 32     |
|                   |                      | B <sub>2</sub>          | 20+                                 | 28~32                      | 10    | 8                  | 7      |
|                   | S-12<br>Healthy site | A <sub>1</sub>          | 20                                  | 8~12                       | 49    | 39                 | 32     |
|                   |                      | A <sub>2</sub>          | 10                                  | 23~27                      | 183   | 148                | 111    |
|                   |                      | B                       | 20+                                 | 38~42                      | 360   | 335                | 320    |

土壤の透水性についての調査結果は、第 9 表に示すように、発病部の表層では比較的良いが、下層に悪い層がみられる箇所があった。

自然状態における土壤の理化学性については第 13 図に示すように、特に健、病部の間には差は認められなかった。

土壤中の菌糸束の量についての調査は、この調査地とこれに隣接する植栽後 3 年目の造林地とについてあわせて行なった。その結果は第 10 表に示すように、いずれも発病部の方が健全部にくらべて多かった。そして植栽後 3 年目の造林地では、褐色の柔らかい菌糸束が多く、植栽後 7 年目の造林地では黒色で太く堅い菌糸束が多かった。



Remarks : Refer to Fig. 7

第13図 自然状態の土壤の理学的性質  
(北見, 栄森-9), B-1

Fig. 13 Physical properties of soil in natural condition  
(9 Sakaemori, Kitami B-1).

第10表 土壤中の菌糸束風乾重量

Table 10. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (9 Sakaemori, Kitami)

| 調査地<br>Sample plot              | 植栽後経過年数<br>Passing year after<br>planted larch tree<br>(year) | 採集地点<br>Collected point         | 地皮下深さ<br>Depth from<br>surface<br>(cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of<br>rhizomorphs<br>(g) |            |
|---------------------------------|---|---------------------------------|--|--|------------|
| 北見, 栄森 9<br>9 Sakaemori, Kitami | 3   | Damaged site                    | R-1                                    | 0~10<br>10~20                                | 2.4<br>0.4 |
|                                 |   |                                 | R-2                                    | 0~10<br>10~20                                | 1.2<br>3.2 |
|                                 |   | Healthy site                    | R-3                                    | 0~10<br>10~20                                | 1.8<br>0.9 |
|                                 |   | 北見, 栄森 9<br>9 Sakaemori, Kitami | 7                                      | Damaged site                                 | R-8        |
| R-9                             | 0~10<br>10~20   |                                 |  |  | 3.7<br>5.7 |
| Healthy site                    | R-10  |                                 |  | 0~10<br>10~20                                | 6.0<br>1.2 |
|                                 | R-11  |                                 |  | 0~10<br>10~20                                | 4.4<br>0.2 |

(Size of the soil block : 50×50×10 cm)

菌糸束の土壤中における垂直的分布状況は、場所により差はあるが、ほとんどが地皮下 0~10cm の間に多く分布し、10~20cm の間には比較的少なく、それ以下ではごくまれに存在する程度であった。例外として植栽後 3 年目の造林地の発病部で表層がうすく地表下の浅いところに大きな礫がみられるような箇所では表層には少なく、その下の礫の間隙に多量の菌糸束が蔓延している箇所があった。

C. 室蘭, カルルス—167 (C-1, 2)

この調査地はオロフレ山の山麓に位置し、洪澗堆積地形を呈し、標高は450mで南西に傾く緩斜地(4~7°)である。

この付近はシラカンバ、ミズナラの2次林で、造林地内にはホオノキ、ウダイカンバ、ダケカンバ、バッコヤナギ、キハダ等の稚樹が発生し、林床植物はクマイザサが主でその間にヤマハハコ、オトコヨモギ、ヤマブキ、ゴンゲンスゲ、ススキ、ヨメナ、スギゴケ、フキ等がみられる。造林木の成長状況は中程度で、植栽後5年目で樹高2.5~3.0mであった。この地区のならたけ病による被害は1959年に発見され、この付近の造林地20箇林班にわたって調査された結果、罹病枯死木は約40,000本であった。発病の推移は植栽後3年目までに全植栽木の約30%が罹病枯死し、4年目には、4~5%、5年目には1~2%と急に減少している。

調査地内の土壤は有珠火山灰A統、B統を母材とする残粘土であり、A層の厚さは平均10cmで下層に有珠の火山浮石礫の厚い層(1.0~1.5m)が堆積している。第11表に示すように、健、病部の土壤断面の特徴は、水湿状態は全般に湿で、発病部のA層の厚さは健全部のそれにくらべて深く、堅密度は大であった。

第11表 発病部と健全部の土壤断面(室蘭, カルルス—167, C-1, 2)

Table 11. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (167 Karurusu, Muroran, C-1, 2)

| 断面番号<br>Profile<br>No.                 | 層位<br>Horizon                  | 厚さ<br>Thickness<br>(cm) | 石礫<br>Stone | 土性<br>Texture | 堅密度<br>Compactness | 孔隙<br>Porosity | 水湿状態<br>Moisture | 菌糸束<br>Rhizo-<br>morpha | 根系<br>Root |
|--|--------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|--------------------|----------------|------------------|-------------------------|------------|
| 被害部<br>Damaged<br>site<br>(Profile 4.) | A <sub>1</sub>                 | 10~11                   | sS          | SL            | soft               | lP             | wet              | R                       | A          |
|  | A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> | 20~30                   | vS          | G             | hard               | mP             | wet              | R                       | A          |
|  | A <sub>2</sub>                 | 6~8                     | sS          | S             | cemented           | none           | wet              | none                    | none       |
|  | II                             | 40+                     | vS          | G             | hard               | mP             | wet              | none                    | R          |
| 健全部<br>Healthy<br>site<br>(Profile 8.) | A <sub>1</sub>                 | 8~10                    | none        | SL            | soft               | lP             | wet              | none                    | A          |
|  | A <sub>2</sub>                 | 12~14                   | sS          | SL            | slightly hard      | sP             | wet              | none                    | A          |
|  | II <sub>1</sub>                | 20~25                   | vS          | G             | hard               | lP             | wet              | none                    | none       |
|  | II <sub>2</sub>                | 30+                     | vS          | G             | hard               | sP             | wet              | none                    | none       |

Remark : sS : Slightly stone, vS : Very stony, lP : Large porosity,  
mP : Middle porosity, sP : Small porosity R : Rare, A : Abundant,  
SL : Sandy loam, G : Gravel soil, S : Sand

第12表 自然状態における土壤の理学的性質(室蘭, カルルス—167, C-1, 2)

Table 12. Physical properties of soil in natural condition  
(167 Karurusu, Muroran, C-1, 2).

| 断面番号<br>Profile<br>No. | 層位<br>Horizon<br>(cm) | 透水性<br>Water<br>percolation<br>rate (cc/min) | 孔隙量<br>Porosity<br>(%) | 礫<br>Gravel<br>(%) | 細土<br>Soil<br>(%) | 根重量<br>Root<br>(g/400cc) | 菌糸束重<br>Rhizo-<br>morpha<br>(g/400cc) |
|------------------------|-----------------------|--|------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Damaged site<br>No. 4  | A <sub>1</sub>        | 55   | 69                     | 3                  | 27                | 3.3                      | 1.1                                   |
|                        | A <sub>2</sub>        | 93   | 69                     | 6                  | 25                | 2.1                      | 0.0                                   |
| Healthy site<br>No.8   | A <sub>1</sub>        | 207  | 72                     | 4                  | 24                | 5.6                      | 1.0                                   |
|                        | A <sub>2</sub>        | 265  | 69                     | 3                  | 29                | 3.4                      | 0.0                                   |

また透水性、孔隙量などの調査結果については、第12表に示すように、健全部にくらべ発病部の A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 層の透水性は著しく不良であった。なお菌糸束の分布は造林地内全面にみられた。

この調査時期と別に 4 月下旬、融雪時に行なった調査では、健、病部ともに土壤凍結が認められたが、凍結深度は健全部では 0~10cm あったのに対し、発病部では 15~30cm あり後者の方が深い傾向がみられた。

d. 今金、白石-124 (D-1)、同、美利河、84 (D-2)

今金、白石-124 (D-1) の調査地は標高約 300m で、傾斜は西に面している。この付近一帯は 1952 年に山火事が発生した跡地で、植生はシナノキ、ナラ、カンバ類、キハダ、オオカメノキ、タラノキ、クマイザサ、ノブキなどがみられる。植栽年度は 1958 年 5 月で調査は 1961 年 9 月に行なった。罹病木の現われ方はいわゆる凹地形発生型に属し、ダルミ地形の部分に小集団状に発生しており、発病程度は植栽本数の約 10% であった。

健全部 (S-15) 付近の傾斜は 10~20° の直斜面で、土壤断面は第 13 表に示すとおりで、H-A 層は火山跡地のため焼炭を含んでおり、軽しようで、L 層はササ、カラマツの落葉が薄く堆積していた。II 層は火山灰および火山砂が堆積した層からなり、このうち火山灰層は比較的堅硬であるが、その層が薄いので植物の根の侵入には大きな影響はないようであった。

罹病木が小集団状に発生している部分 (S-16) は傾斜がゆるくなり 3~5° で、わずかにくぼ地になっており、土壤は湿っていた。そして II 層の上部は火山灰層が厚く堅いので、一時的に滞水することが想像された。

土壤中の菌糸束の分布状況は第 14 表に示すとおり健全部、発病部ともに認められたが、後者で比較的多く採集された。

今金、美利河-84 (D-2) の調査地は標高約 400m、傾斜は東に面してブナ、ナラ、イタヤカエデ、シナノキ、センノキ、ナナカマド、キハダ等の伐根が散在していた。植栽は 1957 年 5 月で調査は 1961 年 9 月に行なった。罹病木の現われ方は凹地形発生型に属し、山麓の傾斜がゆるやかになった部分にわずかに発

第 13 表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壤断面  
Table 13. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (124 Shiroishi, Imagane, D-1)

| 断面<br>番号<br>Profile<br>No. | 土壌型<br>Type<br>of<br>soil | 層位<br>Hori-<br>zon | 厚さ<br>Thick-<br>ness<br>(cm) | 推移状態<br>Definit-<br>ion of b-<br>oundary | 色<br>Color      | 石<br>礫<br>Stone size, quantity | 土性<br>Tex-<br>ture | 構<br>造<br>Structure | 堅<br>密<br>度<br>Compactness | 水<br>湿<br>状<br>態<br>Moisture | 標高、方位、傾斜<br>Height above sea<br>level (m),<br>Direction,<br>Inclination |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|--|-----------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|---|
| S-15                       | BD                        | H-A                | 3                            | G  | blackish brown  | none                           |                    |                     | loose                      |                              | 300, WSW, 16°<br>Healthy site   |
|                            |                           | A                  | 8                            | G  | dark brown      | none                           | L                  | Cr                  | soft                       | wet                          |   |
|                            |                           | II                 | 6~7                          | G  | grayish brown   | none                           | S                  | S                   | slightly<br>hard~soft      | moderate                     |   |
|                            |                           | B <sub>1</sub>     | 18~20                        | G  | yellowish brown | none                           | CL                 | Gr                  | soft                       | moderate                     |   |
|                            |                           | B <sub>2</sub>     | 18~20                        | G  | yellowish brown | none                           | CL                 | M                   | soft                       | moderate                     |   |
| C                          | 20~                       | S                  | light yellowish brown        | none                                     | SL              | M                              | soft               | moderate            |                            |                              |   |
| S-16                       | Bf                        | H-A                | 5                            | G  | blackish brown  | none                           |                    |                     | loose                      |                              | 300, WSW,<br>3~5°<br>Damaged site                                       |
|                            |                           | A                  | 6~8                          | G  | dark brown      | none                           | L                  | Cr                  | soft                       | wet                          |   |
|                            |                           | II                 | 10~12                        | G  | grayish brown   | none                           | S                  | S                   | slightly<br>hard~soft      | moderate                     |   |
|                            |                           | B <sub>1</sub>     | 20                           | G  | light brown     | medium, occasional             | CL                 | M                   | soft                       | wet                          |   |
|                            |                           | B <sub>2</sub>     | 20~                          | G  | light brown     | large, frequent                | C                  | M                   | slightly hard              | moderate                     |   |
| S-17                       | Bf<br>~<br>Be             | H-A                | 3~4                          | G  | blackish brown  | none                           |                    |                     | loose                      |                              | 300, WSW,<br>10~12°<br>Damaged site                                     |
|                            |                           | A                  | 7~8                          | G  | dark brown      | none                           | SL                 | Cr                  | soft                       | wet                          |   |
|                            |                           | II                 | 8~10                         | G  | grayish brown   | none                           | S                  | S                   | loose~soft                 | moderate                     |   |
|                            |                           | B <sub>1</sub>     | 26                           | G  | light brown     | small, occasional              | CL                 | M                   | soft~hard                  | wet                          |   |
|                            |                           | C                  | 20+                          | G  | light brown     | large abundant                 | C                  | M                   | soft                       | moderate                     |   |

Remarks: Refer to Table 3.

(September 17, 1961)

第14表 土壤中の菌糸束風乾重量 (今金, 白石—124, D-1)

Table 14. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (124 Shiroishi, Imagane, D-1)

| 調査地<br>Sample plot                   | 植栽後経過年数<br>Passing year after<br>planted larch tree<br>(year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from<br>surface<br>(cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of<br>rhizomorphs<br>(g) |     |
|--------------------------------------|---|-------------------------|--|--|-----|
| 今金, 白石 124<br>124 Shiroishi, Imagane | 3   | Healthy site            | R-25                                   | 0~10   | 1.0 |
|                                      |   |                         | R-26                                   | 0~10   | 0.2 |
|                                      |   | Damaged site            | R-27                                   | 0~10   | 0.3 |
|                                      |   |                         | R-28                                   | 0~10   | 0.5 |
|                                      |   | Damaged site            | R-29                                   | 0~10   | 1.8 |
|                                      |   |                         | R-30                                   | 0~10   | 2.0 |
|                                      |   |                         | R-31                                   | 0~10   | +   |
|                                      |   | Healthy site            | R-32                                   | 0~10   | 0.8 |
| R-33                                 | 0~10  |                         | 1.1                                    |  |     |

(Size of the soil block : 30×30×10 cm)

第15表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壤断面

Table 15. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (84 Pirika, Imagane, D-2)

| 断面<br>番号<br>Profile<br>No. | 土壌型<br>Type<br>of<br>soil | 層位<br>Hori-<br>zon | 厚さ<br>Thick-<br>ness<br>(cm) | 推移状態<br>Defini-<br>tion of b-<br>oundary | 色<br>Color           | 石 塊<br>Stone size, quantity | 土性<br>Tex-<br>ture | 構 造<br>Structure | 緊 密 度<br>Compactness | 水湿状態<br>Moisture | 標高, 方位, 傾斜<br>Height above sea<br>level (m),<br>Direction,<br>Inclination |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|--|----------------------|-----------------------------|--------------------|------------------|----------------------|------------------|---|
| S-18                       | B <sub>F</sub>            | A <sub>5</sub>     | 2                            |  | blackish brown       | none                        | L                  | Cr               | soft                 | extremely wet    | 400, SSE,<br>8~10°<br>Damaged site  |
|                            |                           | B                  | 13~15                        | G  | dark brown           | none                        | C                  | M                | soft                 | extremely wet    |   |
|                            |                           | C                  | 15~18                        | G  | light brown          | none                        | CL                 | M                | hard                 | wet              |   |
| S-19                       | B <sub>F</sub>            | A <sub>1</sub>     | 1~2                          |  | dark brown           | none                        | L                  | Cr               | soft                 | extremely wet    | 400, SSE, 15°<br>Healthy site   |
|                            |                           | A <sub>2</sub>     | 3                            | G  | light blackish brown | none                        | L                  | Cr~Gr            | soft                 | extremely wet    |   |
|                            |                           | B                  | 6                            | G  | light brown          | none                        | CL                 | M                | soft                 | extremely wet    |   |
|                            |                           | C                  | 20~25                        | G  | yellowish brown      | none                        | C                  | M                | slightly hard        | wet              |   |

Remarks : Refer to Table 3.

(September 18, 1961)

第16表 土壤中の菌糸束風乾重量 (今金, 美利河—84, D-2)

Table 16. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (84 Pirika, Imagane, D-2)

| 調査地<br>Sample plot               | 植栽後経過年数<br>Passing year after<br>planted larch tree<br>(year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from<br>surface<br>(cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of<br>rhizomorphs<br>(g) |     |
|----------------------------------|---|-------------------------|--|--|-----|
| 今金, 美利河 84<br>84 Pirika, Imagane | 4   | Healthy site            | R-34                                   | 0~10   | 0.1 |
|                                  |   |                         | R-35                                   | 0~10   | 0.6 |
|                                  |   | Damaged site            | R-36                                   | 0~10   | 0.1 |
|                                  |   |                         | R-37                                   | 0~10   | 1.6 |

生しており、全般的には発病は少なかった。

土壌は Br 型で全体的に湿っており、発病部付近の傾斜は 8~10°で、地形は山麓凹緩傾斜面である。土壌断面は第15表に示すとおり A<sub>0</sub> 層は L (カラマツ、ササなどの落葉) のみで B 層においては腐れ根が多く認められた。また B 層上部には断片的に火山灰層がみられる。この発病部に隣接する健全部では、傾斜はやや急になり約 15°の平衡斜面をなし、土壌中には発病部と同じく B 層に腐れ根が認められた。

菌糸束の分布状況は第16表のとおり健全部とも存在しているが、全体的に少なかった。

土壌は表層下約 40cm まで過湿状態であったが、ナラタケの菌糸束が腐れ根にそって伸びているのを観察した。

e. 東瀬棚, 赤禿—279 (E-1, 2)

この調査地は標高約 50cm, 傾斜方向は南面で、以前トドマツが造林されていたが、その林が約20年生になったとき、山火事が発生し、その後1956年にカラマツが造林された箇所である。植物はクマイザサ(ササ丈: 1.0~1.5m), キハダ, ヤマガワ, シラカンバ, ホオノキ, タラノキ, ヤマブドウ, スゲ類, ノコンギク等がみられる。調査は1961年9月に行なった。罹病木の現われ方は、造林地全面に散発的に発生していたが、一部ダルミ地形になった箇所に小集団状に発生しており、発生型は凹地形発生型に属する。調査地 E-1 は鞍部になった箇所であり、E-2 はそれに隣接する緩傾斜地内である。

土壌断面は第17表に示すように、下層にグライ層がみられカベ状構造になっており、発病部は特に過湿になっている。

調査地 E-1 の発病部付近 (S-20) の傾斜は 3~4°で土壌型は G 型である。土壌断面の H-A 層には腐植、燒炭、植物根が認められ、II 層の上部には厚さ 3~4cm のすこぶる堅い火山灰層があり、その下部には軽しような火山灰砂が層をなしている。A 層はかなり過湿で腐れ根があり、下層の A' 層にも腐れ根、ナラタケの菌糸束が認められた。G 層は地表下 20~25cm に現われ、そのなかに斑鉄がみられる。そのた

第17表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壌断面  
Table 17. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (279, Akahage, Higashisetana, E-1, 2)

| 断面<br>番号<br>Profile<br>No.       | 土壌型<br>Type<br>of<br>soil | 層位<br>Horiz-<br>on | 厚さ<br>Thick-<br>ness<br>(cm) | 境界状態<br>Defini-<br>tion<br>of<br>bound-<br>ary | 色<br>Color                              | 石 礫<br>Stone size,<br>quantity | 土性<br>Tex-<br>ture | 構 造<br>Structure | 緊 密 度<br>Compactness | 水湿状態<br>Moisture | 標高, 方位, 傾斜<br>Height above sea<br>level (m),<br>direction,<br>inclination |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|--|---|--------------------------------|--------------------|------------------|----------------------|------------------|---|
| 279 Akahage, Higashisetana (E-1) |                           |                    |                              |  |   |                                |                    |                  |                      |                  |   |
| S-20                             | G                         | II-A               | 2                            |  | blackish brown                          | none                           | L                  |                  | loose                |                  | 50, S, 3~4°<br>Damaged site   |
|                                  |                           | A                  | 6~8                          | G  | dark brown                              | none                           | L                  | Cr               | soft                 | extremely wet    |   |
|                                  |                           | II                 | 7~10                         | G  | grayish brown                           | none                           | S                  | S                | hard~soft            | moderate         |   |
|                                  |                           | A'                 | 3~4                          | S  | dark blackish brown                     | none                           | CL                 | Cr               | soft                 | extremely wet    |   |
|                                  |                           | G                  | 50+                          | G  | grayish white<br>(ferruginous mottling) | none                           | C                  | M                | hard                 | extremely wet    |   |
| 279 Akahage, Higashisetana (E-2) |                           |                    |                              |  |   |                                |                    |                  |                      |                  |   |
| S-21                             | Bd                        | A <sub>1</sub>     | 4~5                          | G  | blackish brown                          | none                           | L                  | Cr               | loose                | moderate         | 50, S, 5~7°<br>Healthy site   |
|                                  |                           | A <sub>2</sub>     | 5~6                          | G  | blackish brown                          | none                           | L                  | Cr               | loose                | moderate         |   |
|                                  |                           | II                 | 10~12                        | G  | grayish brown                           | none                           | S                  | S                | hard                 | moderate         |   |
|                                  |                           | A'                 | 5~6                          | S  | dark brown                              | none                           | CL                 | Cr               | soft                 | moderate         |   |
|                                  |                           | B'                 | 20                           | M  | yellowish brown                         | none                           | C                  | M                | soft                 | moderate         |   |
|                                  |                           | C                  | 50+                          | G  | grayish brown                           | none                           | C                  | M                | hard                 | moderate         |   |
| S-22                             | G                         | A <sub>1</sub>     | 4~5                          | S  | blackish brown                          | none                           | L                  | Cr               | loose                | extremely wet    | 50, S, 5~7°<br>Damaged site   |
|                                  |                           | A <sub>2</sub>     | 6~7                          | G  | blackish brown                          | none                           | L                  | Cr               | loose                | extremely wet    |   |
|                                  |                           | II                 | 12~14                        | G  | light brown                             | none                           | S                  | S                | very hard            | moderate         |   |
|                                  |                           | G                  | 50-                          | G  | grayish brown<br>(ferruginous mottling) | small, rare                    | C                  | M                | soft                 | wet              |   |

Remarks: Refer to Table 3.

(September 19, 1961)

め、カラマツの良好な生育は期待できないように思われた。

一方、調査地E-2は5~7°の平衡斜面で、斜面上部の試孔点(S-21)の付近は健全であり、本病による罹病木はほとんどみられなかった。土壤型はB<sub>0</sub>型で断面はII層に堅い火山灰層があるが、根は約40cmの深さまで伸びており、カラマツの生育もよかった。斜面下部(S-22)の土壤は過湿で土壤型はG型である。断面はII層の火山灰層がすこぶる堅く、地表下20cmのところからG層になり、そのなかに斑鉄が認められた。カラマツの生育は悪く罹病木が数本団状に発生していた。

この調査地内の土壤の湿潤度は第18表に示すように、全般的に大であったが、発病部の方が健全部にくらべ大きい傾向を示した。

第18表 ならたけ病発病地の土壤の湿潤度 (東瀬棚, 赤禿-279, E-1, 2)

Table 18. Moisture of soil in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (279 Akahage, Higashisetana, E-1, 2)

| 土壤断面<br>Soil profile         | 層位<br>Horizon  | 最大含水量<br>Water holding capacity (%) | 採取時水分<br>Moisture content of fresh soil (%) | 湿潤度<br>M/Wcap. (%) |
|------------------------------|----------------|-------------------------------------|---|--------------------|
| Damaged site<br>E--2 (S--22) | A <sub>1</sub> | 66                                  | 62  | 94                 |
|                              | A <sub>2</sub> | 45                                  | 39  | 87                 |
|                              | II             | 58                                  | 53  | 91                 |
| Healthy site<br>E--2 (S--21) | A <sub>1</sub> | 64                                  | 45  | 70                 |
|                              | A <sub>2</sub> | 49                                  | 37  | 76                 |
|                              | II             | 59                                  | 47  | 80                 |
| Damaged site<br>E-1 (S-20)   | A <sub>1</sub> | 63                                  | 58  | 92                 |
|                              | A <sub>2</sub> | 48                                  | 39  | 81                 |
|                              | II             | 58                                  | 50  | 86                 |

第19表 土壤中の菌糸束風乾重量 (東瀬棚, 赤禿-279, E-1, 2)

Table 19. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (279 Akahage, Higashisetana, E-1, 2)

| 調査地<br>Sample plot                           | 植栽後経過年数<br>Passing year after planted larch tree (year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from surface (cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of rhizomorphs (g) |      |
|--|---|-------------------------|----------------------------------|--|------|
| 東瀬棚, 赤禿 279<br>279 Akahage,<br>Higashisetana | 5   | Damaged site            | R-38                             | 0~10                                   | 0.6  |
|  |   |                         | R-39                             | 0~10                                   | 0.2  |
|  |   | Healthy site            | R-40                             | 0~10                                   | 0.1  |
|  |   |                         | R-41                             | 0~10                                   | 0.0  |
|  |   | Damaged site            | R-42                             | 0~10                                   | 0.3  |
|  |   |                         | Healthy site                     | R-43                                   | 0~10 |
|  |   | R-44                    |                                  | 0~10                                   | 1.6  |
|  |   | Damaged site            | R-45                             | 0~10                                   | +    |
|  |   |                         | R-46                             | 0~10                                   | 0.0  |

(Size of the soil block : 30 × 30 × 10 cm)

土壌中の菌糸束量は第19表に示したとおり全般的に少なく、斜面下部の発病部（R-45, 46）より斜面上部の健全部（R-43, 44）の方が多かった。

f. 名寄, 風連—55 (F-1)

この調査地は標高約250~300m, 傾斜方向は北面で山麓緩斜部（10~20°）に位置している（第10図）。植栽年は1960年5月で、調査は1962年10月に行なった。前生樹種としてはイタヤカエデ, ハルニレ, シナノキ, ナラ, ドロノキ, キハダなどの広葉樹で、現在の植生は下草としてはクマイザサを主とし、その間にコウゾリナ, ヤナギラン, アキノキリンソウ, エゾイチゴなどがあり、低木としてはキハダ, ナラ, シラカンバ, ドロノキ, ニワトコ, ヤナギ, タラノキなどがみられる。

罹病木は傾斜がゆるやかになった部分に小集団状に発生しており、発生型は凹地形発生型に属する。

土壌は古い運積土で、埴質壤土である。土壌断面は第20表に示すとおり A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> 層に堅果状構造がみられ、全般的に湿っている。

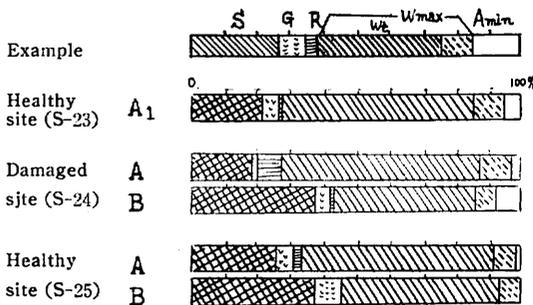
土壌の理化学性は第14図に示すとおり、特に健、病部の間に大きな差は認められなかった。

第20表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壌断面  
Table 20. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (55 Fûren, Nayoro, F-1)

| 断面番号<br>Profile No. | 土壌型<br>Type of soil | 層位<br>Horizon  | 厚さ<br>Thickness (cm) | 堆積状態<br>Definition of boundary | 色<br>Color                   | 石 礫<br>Stone size, quantity | 土性<br>Texture | 構 造<br>Structure | 堅 密 度<br>Compactness | 水湿状態<br>Moisture | 標高, 方位, 傾斜<br>Height above sea level (m), Direction, Inclination |
|---------------------|---------------------|----------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|------------------|----------------------|------------------|--|
| S-23                | B <sub>D</sub>      | A <sub>1</sub> | 4~7                  | G                              | blackish brown               | rare                        | CL            | Gr~Cr            | loose                | wet              | 250, NNE, 20°<br>Healthy site                                    |
|                     |                     | A <sub>2</sub> | 5~8                  | G                              | brown                        | occasional                  | CL            | N                | soft                 | moderate         |  |
|                     |                     | B <sub>1</sub> | 20                   | G                              | grayish yellow brown         | frequent                    | CL            | N                | hard                 | moderate~wet     |  |
|                     |                     | B <sub>2</sub> | 15+                  | G                              | grayish yellow brown         | abundant                    | CL            | —                | hard                 | wet              |  |
| S-24                | B <sub>D</sub>      | A <sub>1</sub> | 6~7                  | G                              | blackish brown               | rare                        | CL            | Gr~Cr            | loose                | wet              | 250, NNE, 15°<br>Damaged site                                    |
|                     |                     | A <sub>2</sub> | 5~6                  | G                              | blackish brown~dark brown    | occasional                  | CL            | N                | soft                 | moderate~wet     |  |
|                     |                     | B <sub>1</sub> | 12                   | G                              | grayish yellow brown         | frequent                    | CL            | N                | hard                 | moderate         |  |
|                     |                     | B <sub>2</sub> | 10+                  | G                              | grayish yellow brown~brown   | abundant                    | CL            | —                | hard                 | moderate         |  |
| S-25                | B <sub>D</sub>      | A <sub>1</sub> | 6~7                  | G                              | grayish brown~blackish brown | rare                        | CL            | Gr~Cr            | loose                | wet              | 250, NNE, 13°<br>Healthy site                                    |
|                     |                     | A <sub>2</sub> | 10                   | G                              | grayish yellow brown         | occasional                  | CL            | N                | soft                 | moderate         |  |
|                     |                     | B <sub>1</sub> | 11                   | G                              | brown~dark brown             | occasional                  | CL            | N                | hard                 | moderate         |  |
|                     |                     | B <sub>2</sub> | 10+                  | G                              | brown                        | frequent                    | CL            | —                | hard                 | moderate         |  |

Remarks: Refer to Table 3.

(October 17, 1962)



Remarks: Refer to Fig. 7

第14図 自然状態の土壌の理学的性質 (名寄, 風連—55), F-1

Fig. 14 Physical properties of soil in natural condition (55 Fûren, Nayoro, F-1).

また菌糸束の量は全般に少なく、そのなかでも発病部は少なかった（第21表）。

g. 名寄, 中名寄—72 (G-1)

この調査地は標高270~300m, 傾斜方向は北西面で斜面の中腹に位置している。前生木はトドマツが約20%, ナラ, ダケカンバなどの広葉樹が約80%の針広混交林であった。現在の植生はクマイザサを主とし、エゾイチゴ, ヤナギラン, キオン, アキノキリンソウ, コウゾリナ, ツルツゲ, ジラカンバの雑樹などがみられる。植栽は1960年5月で、調査は、1962年10月に行なった。

第21表 土壤中の菌糸束風乾重量 (名寄, 風連—55, F-1)

Table 21. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (55 Füren, Nayoro, F-1)

| 調査地<br>Sample plot            | 植栽後経過年数<br>Passing year after<br>planted larch tree<br>(year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from<br>surface<br>(cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of<br>rhizomorphs<br>(g) |     |
|-------------------------------|---|-------------------------|--|--|-----|
| 名寄, 風連 55<br>55 Füren, Nayoro | 3   | Healthy site            | R-57                                   | 0~10   | 1.3 |
|                               |   |                         | R-58                                   | 0~10   | 0.5 |
|                               |   | Damaged site            | R-59                                   | 0~10   | 0.6 |
|                               |   |                         | R-60                                   | 0~10   | 0.3 |
|                               |   | Healthy site            | R-61                                   | 0~10   | 1.4 |
|                               |   |                         | R-62                                   | 0~10   | 0.5 |

(Size of the soil block : 30×30×10 cm)

罹病木の現われ方は全般的に少ないが、ダルミ地形になった箇所小集団状に発生しており、凹地形発生型である。この造林地内には石礫が多く、また場所により過湿な部分がある。そのような所にはナラタケによらない根腐れがみられ、ナラタケによる罹病木はその周辺に多く発生していた。なおこの地方は多雪地帯であるため、雪圧によって樹幹が地ぎわからおし曲げられ、彎曲し、亀裂を生じた罹病木が多かった。

土壤は前記調査地 (F-1) と同じく運積土で埴質であり、土壤型は B<sub>d</sub> 型である。斜面上部の健全部 (S-26) 付近の傾斜は 17° で、斜面下部の発病部 (S-27) 付近の傾斜は 5° で緩斜地になっており、両試孔点における土壤断面は第22表に示すとおりである。両地点とも全体的に湿っており、C 層はつまり型で礫がすこぶる多く、腐植の浸透は悪く構造は明りようでない。

菌糸束の量は第23表に示すとおり健全部とも比較的に少なく、とくに差はみられなかった。

h. 神楽, 伊の沢—207 (H-1, 2, 3, 4)

この調査地は標高約 300m, 傾斜方向は北東~東面である。前生木はアカエゾマツ, クロエゾマツ, トドマツ, シナノキ, カツラ, ダケカンバ, ナラ, イタヤカエデなどの針広混交林で、それらの伐根が造林地内全面に散在していた。現在の植生はクマイザサ (ササ丈: 1 m) を主とし、エゾイチゴ, ヒロハスゲ, ススキ, ワラビ, ヨツバヒヨドリバナ, エゾヨモギなどがみられる。

第22表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壤断面

Table 22. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (72 Nakanayoro, Nayoro, G-1)

| 断面番号<br>Profile No. | 土壤型<br>Type of soil | 層位<br>Horizon | 厚さ<br>Thickness<br>(cm) | 推移状態<br>Definition<br>of boundary | 色<br>Color         | 石 礫<br>Stone size, quantity | 土性<br>Texture | 構 造<br>Structure | 緊 密 度<br>Compactness | 水湿状態<br>Moisture  | 標高, 方位, 傾斜<br>Height above sea level (m), direction, inclination |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------|------------------|----------------------|-------------------|--|
| S-26                | B <sub>d</sub>      | A             | 3~4                     | G                                 | dark reddish brown | frequent                    | CL            | Gr~Cr            | loose                | wet               | 270~300, NW, 17°<br>Healthy site                                 |
|                     |                     | B             | 15~16                   | G                                 | blackish red brown | occasional~frequent         | CL            | N                | soft                 | wet               |  |
|                     |                     | C             | 23+                     | G                                 | reddish brown      | occasional~frequent         | CL            | —                | hard                 | wet               |  |
| S-27                | B <sub>d</sub>      | A             | 3~4                     | G                                 | dark brown         | frequent                    | CL            | Cr~N             | loose                | wet               | 270~300, NW, 5°<br>Damaged site                                  |
|                     |                     | B             | 12~13                   | G                                 | brown              | frequent                    | CL            | N                | soft                 | wet               |  |
|                     |                     | C             | 16+                     | G                                 | brown              | abundant                    | CL            | —                | hard                 | wet~extremely wet |  |

Remarks: Refer to Table 3.

(October 18, 1962)

第23表 土壤中の菌糸束風乾重量 (名寄, 中名寄-72, G-1)  
 Table 23. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (72 Nakanayoro, Nayoro, G-1)

| 調査地<br>Sample plot                  | 植栽後経過年数<br>Passing year after<br>planted larch tree<br>(year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from<br>surface<br>(cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of<br>rhizomorphs<br>(g) |     |
|-------------------------------------|---|-------------------------|--|--|-----|
| 名寄, 中名寄 72<br>72 Nakanayoro, Nayoro | 3   | Healthy site            | R-63                                   | 0~10   | 0.1 |
|                                     |   |                         | R-64                                   | 0~10   | 1.0 |
|                                     |   | Damaged site            | R-65                                   | 0~10   | 0.8 |
|                                     |   |                         | R-66                                   | 0~10   | 0.6 |

(Size of the soil block : 30 × 30 × 10 cm)

この造林地は植栽後6年を経過しており、当年新しく罹病したものはほとんどなく、病勢の進行はとまった形になっていた。ナラタケによる罹病枯死木は山腹斜面上部の緩傾斜地(5~10°)全面にみられ、そのなかでも微凹地形になった箇所には5~15本小集団状に発生していた。場所によっては地表下約60cmのところまで水がでてくる所があり、このような場所では過湿部を中心にして、その周囲に罹病木が集団状に現われていた。菌糸束は地表面に近い部分に多くみられ、下層にはまれにしか認められなかった。

土壌断面の調査は、約15本集団状に発生している箇所を2か所(S-28, 29)、数本散発的に発生している箇所を2か所(S-30, 31)について行なった。調査結果は第24表に示すとおりS-28においては、A<sub>0</sub>層薄く、A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>層は16cmでそれ以下はG<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>層になっており、水湿状態は多湿で割れ目からは水がでていた。根はG<sub>1</sub>層にはいっているが細根が腐っていた。また、S-29においてはC~G層が相当堅密で、そのうえ湿~多湿になっているため、根の伸長は悪く腐れ根が多く認められた。

一方、S-30, 31においては前記2地点にくらべ土壌の水湿状態は潤でよく、腐れ根もなく比較的深くまで伸びていた。

第24表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壌断面  
 Table 24. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (207 Inosawa, Kagura, H-1, 2, 3, 4)

| 断面番号<br>Profile No. | 土壌型<br>Type of soil | 層位<br>Horizon  | 厚さ<br>Thickness<br>(cm) | 層位状態<br>Definition of boundary | 色<br>Color                                     | 石 礫<br>Stone size, quantity | 土性<br>Texture | 構 造<br>Structure | 緊 密 度<br>Compactness | 水湿状態<br>Moisture              | 標高, 方位, 傾斜<br>Height above sea level (m), Direction, Inclination |
|---------------------|---------------------|----------------|-------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|---------------|------------------|----------------------|-------------------------------|--|
| S-28                | G                   | A <sub>1</sub> | 8                       | G                              | dark brown                                     | rare                        | C             | N                | soft                 | wet                           | 320, NE~E, 10°<br>Damaged site                                   |
|                     |                     | A <sub>2</sub> | 8                       | C                              | brown  | occasional                  | C             | N                | soft                 | wet                           |  |
|                     |                     | G <sub>1</sub> | 16~17                   | G                              | grayish yellow brown                           | frequent                    | C             | —                | soft                 | wet~                          |  |
|                     |                     | G <sub>2</sub> | 33+                     | G                              | light yellowish brown                          | frequent                    | C             | —                | soft                 | extremely wet<br>moderate~wet |  |
| S-29                | G                   | A              | 16~20                   | G                              | blackish brown~<br>yellowish gray brown        | rare                        | CL            | N                | soft                 | moderate                      | 300, E, 5°<br>Damaged site                                       |
|                     |                     | B~G            | 16~20                   | G                              | grayish yellow brown                           | frequent                    | CL            | —                | hard                 | wet                           |  |
|                     |                     | C~G            | 25+                     | G                              | grayish yellow brown~<br>grayish yellow orange | abundant                    | CL            | —                | very hard            | wet~very wet                  |  |
| S-30                | Bc~<br>Im           | A              | 5                       | G                              | blackish brown                                 | rare                        | CL            | N                | loose~soft           | moderate~wet                  | 320, NE, 5°<br>Damaged site<br>(slightly)                        |
|                     |                     | B              | 8                       | G                              | grayish brown                                  | occasional                  | SL            | N                | soft                 | moderate                      |  |
|                     |                     | C              | 13+                     | G                              | light brown                                    | frequent                    | SL            | —                | hard                 | moderate                      |  |
| S-31                | Bc~<br>Im           | A <sub>1</sub> | 2~3                     | G                              | blackish brown                                 | none                        | CL            | N                | loose                | moderate                      | 280, E, 5°<br>Damaged site<br>(slightly)                         |
|                     |                     | A <sub>2</sub> | 14                      | C                              | grayish yellow brown                           | none                        | CL            | N                | soft                 | moderate                      |  |
|                     |                     | B              | 10                      | G                              | grayish yellow brown                           | none                        | L             | —                | soft~hard            | moderate                      |  |
|                     |                     | C              | 30+                     | G                              | yellowish brown                                | none                        | L             | —                | hard                 | moderate                      |  |

Remarks : Refer to Table 3.

(October 19, 1962)

i. 河東, 美蔓 (I-2, 3)

この調査地は標高約190mで小尾根をはさんで北西斜面 (I-2) と, 東斜面 (I-3) に位置している。両斜面ともカラマツとストロブマツとの列状混交の造林地で, 植栽は1958年5月, 調査は1962年10月に行なった。両樹種とも成長は良く, 樹高はカラマツ3.5~4.2m, ストロブマツ1.5~2.6mであった。

この箇所は植栽前, 放牧地として3年間放置されていたところである。前生樹種はカシワ, ミズナラ, シラカンパなどで, 現在の植生はミヤコザサがまばらにあり, その間にフキ, ワラビ, カラマツソウ, ハギなどがみられる。ならたけ病の発生状況は造林地全面に発生しているが, そのなかでも沢よりの急傾斜地には罹病木は少なかった。

土壤断面の調査結果は第25表に示すとおり, 発病部の A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> 層は健全部のそれにくらべてうすく, また礫を含んだC層も比較的浅い部分にみられた。

自然状態の土壤の理化学性は第15図に示したように, 採取時含水量 (1962年10月採取) は健全部にくらべ

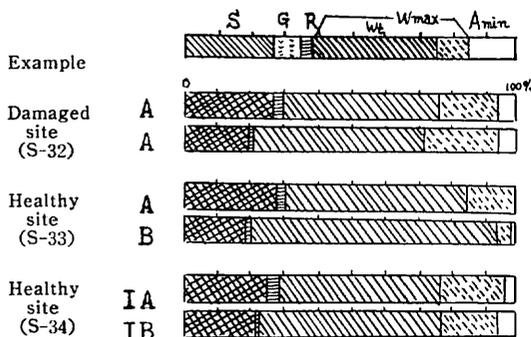
第25表 ならたけ病に侵されたカラマツ造林地内の土壤断面

Table 25. Soil profile in larch plantation affected with *Armillaria* root rot (Biman, Katô, I-2, 3)

| 断面番号<br>Profile No. | 土壌型<br>Type of soil | 層位<br>Horizon  | 厚さ<br>Thickness (cm) | 種移状態<br>Definition of boundary | 色<br>Color                    | 石<br>Stone size, quantity | 土性<br>Texture | 構造<br>Structure | 堅密度<br>Compactness | 水湿状態<br>Moisture | 標高, 方位, 傾斜<br>Height above sea level (m), Direction, Inclination |
|---------------------|---------------------|----------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|-----------------|--------------------|------------------|--|
| S-32                | Bd                  | A <sub>1</sub> | 5~7                  | G                              | blackish brown                | none                      | L             | Cr              | soft               | moderate         | 190, NNW, 10°<br>Damaged site                                    |
|                     |                     | A <sub>2</sub> | 6~9                  | G                              | blackish brown                | none                      | CL            | Gr              | soft               | moderate         |  |
|                     |                     | B              | 20                   | G                              | yellowish brown               | none                      | CL            | Gr              | soft               | moderate         |  |
|                     |                     | C              | 30+                  | G                              | grayish brown                 | medium and small abundant | SL            | M               | hard               | moderate         |  |
| S-33                | Bd                  | A <sub>1</sub> | 11~12                | G                              | blackish brown                | none                      | L             | Cr~Gr           | soft               | moderate         | 190, NNW, 7°<br>Healthy site                                     |
|                     |                     | A <sub>2</sub> | 15~18                | G                              | blackish brown                | none                      | CL            | Gr              | soft               | wet              |  |
|                     |                     | B              | 15                   | G                              | yellowish brown~reddish brown | none                      | CL            | Gr              | soft               | wet              |  |
|                     |                     | C              | 20+                  | G                              | grayish yellow orange         | medium and small abundant | SL            | M               | hard               | wet              |  |
| S-34                | Bd                  | IA             | 10                   | G                              | blackish brown                | none                      | L             | Cr~Gr           | soft               | moderate         | 190, E, 16°<br>Healthy site                                      |
|                     |                     | IB             | 20                   | G                              | blackish brown                | none                      | CL            | Gr              | soft               | moderate         |  |
|                     |                     | IIA            | 17~20                | G                              | blackish brown                | none                      | CL            | Gr              | soft               | moderate         |  |
|                     |                     | IIB            | 10~12                | G                              | blackish brown                | none                      | CL            | Gr              | soft               | moderate         |  |
|                     |                     | C              | 20+                  | G                              | light brownish gray           | small abundant            | SL            | M               | hard               | moderate         |  |

Remarks: Refer to Table 3.

(October 4, 1962)



Remarks: Refer to Fig. 7

第15図 自然状態の土壤の理学的性質 (河東, 美蔓 I-2, 3)

Fig. 15 Physical properties of soil in natural condition (Biman, Katô, I-2, 3).

発病部の方が少なかった。また土壤中の菌糸束の量は第26表に示すとおりで, 健, 病部とも大差なく1~2g程度であった。

第3節 残雪と発病

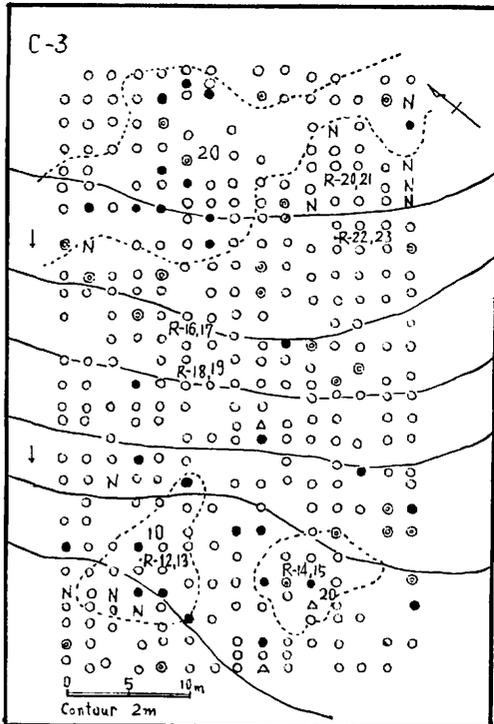
この調査は前記した室蘭, カルルス 167 (C-1, 2) に隣接する植栽後3年目の造林地 (C-3) において残雪がある4月下旬に行なった。調査地の概況はC-1, 2とほとんど同じであるが, この調査地の方が地形の変化が大であった。地形および残雪と罹病木の分布状況は第16図に示すとおりである。

第26表 土壤中の菌糸束風乾重量 (河東, 美蔓, I-2, 3)

Table 26. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (Biman, Katô, I-2, 3)

| 調査地<br>Sample plot    | 植栽後経過年数<br>Passing year after<br>planted larch tree<br>(year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from<br>surface<br>(cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of<br>rhizomorphs<br>(g) |     |
|-----------------------|---|-------------------------|--|--|-----|
| 河東, 美蔓<br>Biman, Katô | 5   | Healthy site            | R-47                                   | 0~10   | 1.8 |
|                       |   |                         | R-48                                   | 0~10   | 1.9 |
|                       |   | Damaged site            | R-49                                   | 0~10   | 1.7 |
|                       |   |                         | R-50                                   | 0~10   | 1.0 |
|                       |   | Healthy site            | R-51                                   | 0~10   | 1.0 |
|                       |   |                         | R-52                                   | 0~10   | +   |
|                       |   | Damaged site            | R-53                                   | 0~10   | 0.8 |
|                       |   |                         | R-54                                   | 0~10   | 1.0 |
|                       |   |                         | R-55                                   | 0~10   | 1.0 |
|                       |   |                         | R-56                                   | 0~10   | 2.6 |

(Size of the soil block : 30 x 30 x 10 cm)



Legend :

- Healthy tree,
- ⊙ Replanted tree,
- Infected tree,
- △ Dying tree,
- N Trees injured by field mouse,
- R-Collected rhizomorphs,
- ⊙(20) Snow depth 20cm,
- Direction of slope,
- Contour line interval : 2 meters.

第16図 調査地C-3 (室蘭, カルルス) 内のカラマツ罹病と残雪の分布

Fig. 16 Distribution of the larch trees affected with *Armillaria* root rot and remaining snow in Plot C-3 (Karurusu, Murooran).

第16図からみられるとおり緩傾斜部, あるいは微凹地形になった部分に残雪が 10~20cm 認められ, その付近に罹病木が集まって発生している傾向がみられた (Plate 3, A)。

第27表 土壤の理化学性 (室蘭, カルルス—162, C-3)

Table 27. Physical properties of soil (162 Karurusu, Muroran, C-3)

| 土壤断面<br>Soil profile         | 層位<br>Horizon  | 容積重<br>Volume weight (%) | 孔隙量<br>Porosity (%) | 最大含水量<br>Water holding capacity (%) | 最小容気量<br>Air capacity (%) | 採取時含水量<br>Moisture content of fresh soil (%) | 湿潤度<br>M/W cap. (%) |
|------------------------------|----------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|---------------------|
| 被害部<br>(C-3)<br>Damaged site | A <sub>1</sub> | 76.7                     | 68.9                | 67.1                                | 1.8                       | 61.0   | 90.8                |
|                              | G*             | 38.9                     | 70.7                | 47.7                                | 23.0                      | 42.3   | 88.6                |
| 健全部<br>(C-3)<br>Healthy site | A <sub>1</sub> | 73.3                     | 63.9                | 56.7                                | 7.2                       | 45.2   | 79.8                |
|                              | II**           | 42.9                     | 74.3                | 64.7                                | 9.7                       | 44.4   | 68.7                |

注: \*; 礫, \*\*; 火山灰

第28表 土壤透水性 (室蘭, カルルス—162, C-3)

Table 28. Water percolation rates of soil (162 Karurusu, Muroran, C-3)

| 調査地<br>Plot                  | 断面番号<br>Profile No. | 層位<br>Layer, Horizon | 厚さ<br>Layer, Thickness (cm) | 透水性 Water percolation rate |       |        |        |
|------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|-------|--------|--------|
|                              |                     |                      |                             | Depth from surface (cm)    | 5 min | 15 min | 30 min |
| 被害部<br>(C-3)<br>Damaged site | 1                   | A <sub>1</sub>       | 15                          | 10~14                      | 325   | 243    | 207    |
|                              |                     | G                    | 40+                         | 28~32                      | 420   | 285    | 178    |
| 健全部<br>(C-3)<br>Healthy site | 2                   | A <sub>1</sub>       | 10                          | 5~9                        | 77    | 37     | 30     |
|                              |                     | A <sub>2</sub>       | 10~12                       | —                          | —     | —      |        |
|                              |                     | II                   | 30+                         | 28~32                      | 374   | 360    | 315    |

第29表 土壤中の菌糸束風乾重量 (室蘭, カルルス, C-3)

Table 29. Dry weight of rhizomorphs of the fungus in the soil block of larch plantation (162 Karurusu, Muroran, C-3)

| 調査地<br>Sample plot                    | 植栽後経過年数<br>Passing year after planted larch tree (year) | 採集地点<br>Collected point | 地表下深さ<br>Depth from surface (cm) | 菌糸束重量<br>Dry weight of rhizomorphs (g) |            |
|---------------------------------------|---|-------------------------|----------------------------------|--|------------|
| 室蘭, カルルス 162<br>162 Karurusu, Muroran | 3   | Damaged site            | R-12                             | 0~10<br>10~20                          | 1.8<br>+   |
|                                       |   |                         | R-13                             | 0~10<br>10~20                          | 1.7<br>0.5 |
|                                       |   |                         | R-14                             | 0~10<br>10~20                          | 1.1<br>0.2 |
|                                       |   |                         | R-15                             | 0~10<br>10~20                          | 2.1<br>1.4 |
|                                       |   | Healthy site            | R-16                             | 0~10                                   | +          |
|                                       |   |                         | R-17                             | 0~10                                   | 0.0        |
|                                       |   |                         | R-18                             | 0~10                                   | 0.1        |
|                                       |   |                         | R-19                             | 0~10                                   | 0.1        |
|                                       |   | Healthy site            | R-20                             | 0~10                                   | +          |
|                                       |   |                         | R-21                             | 0~10                                   | +          |
|                                       |   |                         | R-22                             | 0~10                                   | 0.2        |
| R-23                                  | 0~10  |                         | 0.1                              |  |            |

(Size of Soil block : 50×50×10 cm)

このなかで健全部と発病部について土壌の理化学性、とくに湿潤度について調査した結果、第27表に示すとおり発病部の方が健全部に比べ湿潤度大であった。

つぎにこれらの土壌について透水性の比較を行なった結果は第28表に示した。発病部の方が大で、北見、榮森で行なった調査結果とは逆の結果がみられた。全体的には下層に浮石礫が多かったため、下層の方が透水性大であった。

菌糸束の分布状況は第16図に示した位置から採集し、調査した。その結果は第29表で明らかのように、発病部の方が健全部に比べはるかに多かった。

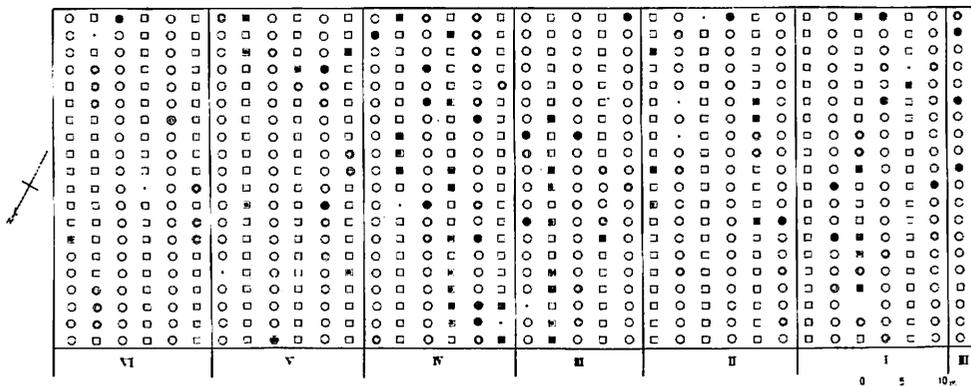
このようにダルミ地形になった箇所は残雪があり、土壌も地表近くの一部が凍結していることから季節的に土壌湿度も大きくなり、また湿潤な期間も長いことが想像された。

#### 第 4 節 林地施肥と発病

この調査は北海道河東郡清見町の民有林内で行なった。調査地は前記、河東、美蔓（1-2、3）に隣接する箇所（I-1）で、環境条件はほとんど同じである。この場所は1958年5月、林業試験場北海道支場土壌研究室によって、林地施肥試験地とされた箇所、カラマツとストロブマツの列状混交植栽地である。両樹種とも比較的成長が良く、植栽後5年目で樹高はカラマツ3.5~4.2m、ストロブマツ1.5~2.6mであった。

施肥は片倉チッカリン3号（N：8%、 $P_2O_5$ ：9%、 $K_2O$ ：5%）を1本あたり200g（I、IV区）、100g（II、V区）、対照区（III、VI区）の3区として2回反復とした。1962年10月における試験区内の罹病枯死木の分布状況は第17図に示すとおりで、また各処理区内における発病推移状況は第30表にかかげる。

第30表から明らかのように、植栽後2年目にわずかの罹病枯死木が発生し、3、4年目としいに増加



Remark : Plot I, IV Fertilized 200g per 1 tree,  
 Plot II, V Fertilized 100g per 1 tree,  
 Plot III, VI Uufertilized,  
 Soil fertilizer Katakura No. 3 (N 8%,  $P_2O_5$  9%,  $K_2O$  5%)  
 ○ : Healthy larch tree. ● : Infected larch tree,  
 □ : Healthy white pine, ■ : Infected white pine,  
 ⊙, ■ : Replanted tree.

第17図 林地施肥試験地内のならたけ病罹病木の分布

Fig. 17 Distribution of the larch affected with *Armillaria* root rot in experimental stands for fertilization.

第30表 林地施肥試験地内のならたけ病によるカラマツ, ストローブマツの年度別枯損状況 (河東, 美蔓)

Table 30. Annual death of the planted trees by *Armillaria* root rot in the experimental stands of forest fertilization (Biman, Katô)

| 試験区<br>Plot | 処 理<br>Treatment              | 樹 種<br>Trees species             | 植栽総本数<br>Nos. of<br>planted trees<br>(May, 1958) | 健 全 木<br>Nos. of<br>healthy<br>trees | ナラタケ病による枯死本数<br>Nos. of trees killed by<br><i>Armillaria</i> root rot. |      |      |          |
|-------------|-------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|------|----------|
|             |                               |                                  |  |                                      | 1958~<br>1960  | 1961 | 1962 | Total    |
| I           | Fertilized 200g<br>per 1 tree | <i>Larix leptolepis</i><br>GORD. | 60   | 49                                   | 2  | 2    | 7    | 11(18.3) |
|             |                               | <i>Pinus strobus</i> L.          | 60   | 48                                   | 0  | 3    | 9    | 12(20.0) |
| II          | Fertilized 100g<br>per 1 tree | <i>L. leptolepis</i> GORD.       | 60   | 51                                   | 0  | 4    | 5    | 9(15.0)  |
|             |                               | <i>P. strobus</i> L.             | 60   | 51                                   | 0  | 0    | 9    | 9(15.0)  |
| III         | Unfertilized                  | <i>L. leptolepis</i> GORD.       | 79   | 66                                   | 1  | 5    | 7    | 13(16.5) |
|             |                               | <i>P. strobus</i> L.             | 41   | 28                                   | 0  | 2    | 11   | 13(31.7) |
| IV          | Fertilized 200g<br>per 1 tree | <i>L. leptolepis</i> GORD.       | 60   | 42                                   | 0  | 9    | 9    | 18(30.0) |
|             |                               | <i>P. strobus</i> L.             | 60   | 42                                   | 0  | 3    | 15   | 18(30.0) |
| V           | Fertilized 100g<br>per 1 tree | <i>L. leptolepis</i> GORD.       | 60   | 49                                   | 0  | 8    | 3    | 11(18.3) |
|             |                               | <i>P. strobus</i> L.             | 60   | 51                                   | 0  | 1    | 8    | 9(15.5)  |
| VI          | Unfertilized                  | <i>L. leptolepis</i> GORD.       | 50   | 48                                   | 0  | 0    | 2    | 2( 4.0)  |
|             |                               | <i>P. strobus</i> L.             | 70   | 58                                   | 0  | 9    | 3    | 12(17.1) |
| 計           | Total                         | <i>L. leptolepis</i> GORD.       | 369  | 305                                  | 3  | 28   | 33   | 64(17.3) |
|             |                               | <i>P. strobus</i> L.             | 351  | 278                                  | 0  | 18   | 55   | 73(20.8) |

Remarks : Soil fertilizer Katakura No. 3 (N 8%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9%, K<sub>2</sub>O 5%)

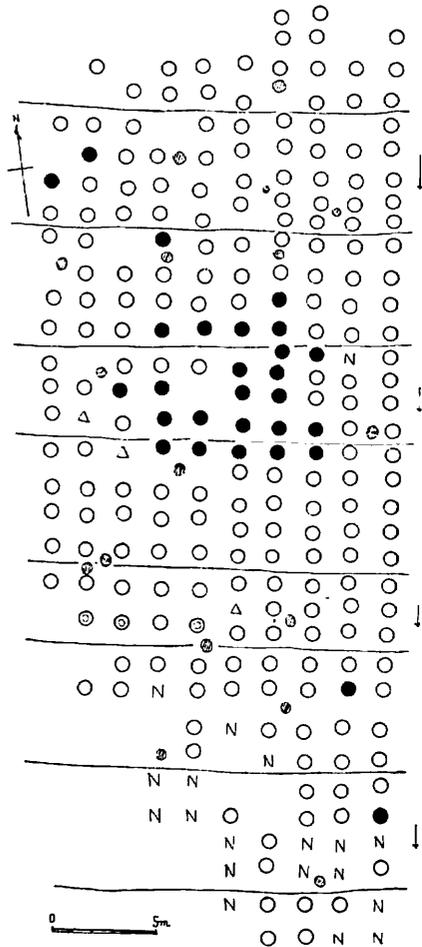
して4年目までに全体の約20%が枯死した。これを樹種別にみるとカラマツは植栽後、初年目0%, 2年目0.8%, 3年目7.6%, 4年目8.9%で4年目までに罹病枯死したものは17.3%であった。一方、ストローブマツは初年目、2年目とも0%, 3年目5.1%, 4年目15.7%で全体の20.8%に達し、カラマツにくらべ植栽後比較のおくれて発病するものが多かった。

施肥量との関係は200g区に比較的多く罹病木が発生しているが、III区の無施肥区のストローブマツに罹病木が31.7%も発生しており、局地的な影響が強く現われたため、処理間には有意差が認められなかった。

#### 第5節 2代目造林地における本病の発生状況

池田林務署大津事業区2林班内の5年生カラマツ2代目造林地において、前生造林木の伐根の位置と2代目造林木の罹病木の位置との関係について調査を行なった。調査地の標高は130m, 南斜面で傾斜は20~25°, 黒色火山灰土壌(B/a型)で樽前系と雌阿寒系の火山灰からなっている。罹病木の分布状況は第18図に示すとおりである。

第18図からみると前生樹の伐根が少ない箇所には2代目造林木の罹病木が多く発生している。そして前生



Legend :

- : Healthy tree,
  - : Dead tree by the root rot,
  - △ : Dying tree by the root rot,
  - : Stumps of the previous larch stand,
  - N : Trees injured by field mouse,
  - : Direction of slope,
- Contour line interval : 2 meters.

第18図 カラマツ2代目造林地におけるならたけ病罹病木の分布

Fig. 18 Distribution of the larch trees affected with *Armillaria* root rot in second larch plantation.

カラマツ伐根にはナラタケの菌糸膜が形成されており、A層にはナラタケの菌糸束が多量に蔓延しているのが認められた (Plate 5, C)。なお前生カラマツ伐根には、カイメンタケ (*Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat.) による根株腐朽が観察された。

これらのことからこの調査地は尾根に近い部分に位置しているにもかかわらず、病害発生面からみて土壌が一時的にかなり過湿になることが想像された。

また、この付近のトウヒの伐根 (径約 20cm) から生じた菌糸束を測ったところ、約 3 m 伸びているものがあった。

#### 第 6 節 カラマツ壮齢林における本病の被害

この調査地は北見営林署常呂事業区 89 林班 (N. 北見, 緋牛内) 内に位置しており、1930 年 11 月植栽のカラマツ造林地である。植栽後比較的被害もなく順調に生育を遂げてきたが、1957 年に小面積ではあるが局部的に樹冠の上部から針葉が黄変し、落葉しはじめ、翌 1958 年には集団状に罹病枯死木が見われた (Plate 5, A, B)。このように、植栽後約 30 年もたったカラマツ造林地で集団状に被害が発生したことは、北海道内では特異な例であったので 1960 年 8 月に調査を行なった。

この調査地の付近はゆるやかな丘陵性の地形になっており、標高は約 200m、発病部は山腹緩斜面の小起伏部に位置し、傾斜は 3° で南東に傾いている。

発病部はほぼ円形で径 22×26m、罹病木は約 50 本、これらの地ぎわ部にはナラタケの菌糸膜が認められた。また罹病木のうち発病部の周辺に位置している数本のカラマツには、球果が多数形成されているものがあった。

この調査地の土壌環境は塩崎<sup>86)</sup>によると、地表下 15

~20cm のところに非常に堅い固結層が現われ、全般的に透水性不良で根の伸長が阻害されている。発病部は土壌含水量が C 層まで多く、B 層以下はべったりした粘性に富むカベ状構造を呈し、その理化学性は採取時水分と飽水時水分との差が非常に少なく、自然状態においてほとんど飽水状態にあるように見られた。健全部では採取時水分と飽水時水分との差は前者にくらべ大きく、自然状態においても飽水されていない孔隙が大きいことがうかがわれた。

### 第7節 考察および結論

BOYCE<sup>9)</sup>はその著書で、ナラタケは死物寄生菌として非常に広く造林地内に分布しているので、ともするとその病原性が過大評価されがちであるが、本菌は健全なものを侵す能力がないもので、樹を衰弱させる根本的な原因の追求が看過されがちであると述べている。また DAY<sup>10)</sup>は本病の発生は一般に各樹種に適した天然林にはその発生が比較的少なく、人工造林地、ことにその樹種に不適当な環境、不良な土壌条件のところに植えられた場合に本病にかかりやすいとししており、REYNER<sup>11)</sup>は不良な環境条件は菌に対してよりも、むしろ苗木に対して不利な障害として作用し発病すると述べている。

このように、本病の発生には菌が存在するという条件のほか、林木を衰弱させるような土壌条件が必要であるとされている。また土壌条件のほか、林木の地上部を害してこれを衰弱させる諸因子も知られている。すなわち食葉性昆虫、穿孔性昆虫、うどんこ病菌、ノウサギ等の生物、あるいは落雷、干ばつ、煙害等も寄手を弱らせて本病発生の誘因になることが報告されている (THOMAS<sup>93)</sup>, BOYCE<sup>9)</sup>, DAY<sup>14)</sup>, SECREST, MACALONEY & LORENZ<sup>89)</sup>, WESTCOTT, C.<sup>100)</sup>, SCHWERDTFEGER<sup>82)</sup>, 佐保<sup>77)</sup>)。

なお、苗木の植え付け方、保育方法等も本病発生に関連のあることが示唆されている (PEACE<sup>66)</sup>, BUCKLAND<sup>11)</sup>, 斎藤<sup>79)</sup>, 西門<sup>57)66)</sup>, 佐保<sup>75)76)</sup>, 佐藤<sup>80)</sup>)。

ここでは前記調査結果から得られた、本病発生に関連あると思われる諸因子について考察を試みたい。

#### 1. 発病地の地形および土壌条件

土壌条件は局地的にみてわずかな地形のちがいで異なり、それがカラマツの生育に影響し、ひいては本病の発生様相にもちがいを現わすことがしばしばあるようである。

地形と発病に関して斎藤<sup>79)</sup>は長野県下のヒノキの本病について調査し、嶺筋ならびに急傾斜面に少なく、緩傾斜面に多いことを示している。西門<sup>68)</sup>はヒノキ、スギ、マツの幼齢林の被害について調査し、発病地は南面したやや広い谷間とその西側の(東面)斜面に多く、東側(西面)斜面にはほとんど発病をみなかったことを報告している。魚住ら<sup>69)</sup>は北海道におけるカラマツ造林地の被害は、傾斜地の上部にはほとんどみられず中央部に最も多く、下部に漸次及ぶが沢地等の湿度の高い箇所には被害は認められないと述べている。小林(亨)<sup>46)</sup>は長野県下におけるカラマツの本病発生状況を調査し、本病は凹地、傾斜の肩のうしろの部分や下部、台地の中央などに発病が多く、またそのような箇所は水が集まりやすく、本病の誘因としては地形、土壌の性質、気象と関連した水の動きが関連しているらしいといっている。浜<sup>24)</sup>は長野県下で本病は水の滞りそうな大きな凹地ではなく、むしろ傾斜の中腹あるいは平坦地などの小凹凸地でコケ、スゲなどを生ずる場所に多く発生すると報告している。小林(守)<sup>47)</sup>は北海道十勝地方の調査で本病の発生箇所は、尾根ぞいから中腹にかけて群状型をなしており、特に凸地形に顕著な被害が多く、またV字形の沢地や凹地の湿潤地には少なく、あっても単木的な発生がみられるに過ぎず、なお方位別では南東～南西の乾燥しやすいところに多く、北東～北西の傾斜地には少ないことなどを明らかにしている。内田<sup>97)</sup>は名寄地方のような第三紀に由来する重粘土地帯では沢沿いの凹地に、また火山灰に由来する土壌からなる函館、北見、池田各地方では、峠通りなどの凸地に被害が多いことを述べている。河田ら<sup>41)</sup>は緩傾斜～平坦な台地状地形の残積土、沢沿いの平坦な洪澗堆積地に被害がいちじるしく、一般には土壌が乾性の水分環境におかれる斜面上部では、単木的にわずかな被害がみられ、適潤性～弱湿性土壌の出現する山腹斜面下部では、散発的な被害がしばしばみられると報じている。佐藤ら<sup>81)</sup>は東北地方における本病の実態調

査を行ない、地形的には北海道道東地方に現われる被害型と同じであるが、この調査では一時的過湿が本病発生の有力な誘因となっている例は見られず、土壤の凍結、融解のくりかえしによる根の浮上や損傷による衰弱は十分考えられるとし、また成長期間の降雨量が少ないことから、乾燥による木の衰弱が本菌の侵害をうけやすくするものと推定している。WESTCOTT<sup>100)</sup>によれば、本病は活力の異常な木や干ばつにあった木が最も侵されやすく、そして流水の近くや過湿な場所よりも乾燥した山腹斜面に発病は少ないという。SCHWERTFEGER<sup>82)</sup>は乾燥害、穿孔虫、煙害等のあとに本病が発生することをしるし、なお干ばつがついたあとに本病が大発生した例をあげている。

COOK<sup>12)</sup>は数箇所のカラマツ造林地を調査した結果、本病のひろがりの中心はカシの根株がもとで、また湿潤地よりも乾燥地により多く発生すると報じている。HUNTLY<sup>30)</sup>らもまた環境条件特に土壤の水湿状態が、本病の発生に大きく関与することを述べている。

このほか果樹および特用樹について MILLER<sup>84)</sup>はクロクルミ、ペルシャクルミのならたけ病は沢ぞいの肥よくな果樹園より高地の瘠悪な果樹により多く発生するといひ、PETTINGA<sup>67)</sup>はオランダの果樹園で常に湿った土壤に密植されたところに著しい被害を与えることが知られていると述べ、WARDLOW<sup>99)</sup>はコンゴにおけるアブラヤシの本病は瘠悪な砂質土壤で急速な被害が生ずると報じている。また RHOADS<sup>72)</sup>は、本病に類似したブドウのならたけもどき根腐病は、前生の広葉樹、特にカシにおおわれていた土地に関係があるとし、くぼ地とか透水性の不良な土壤、あるいは下層に堅い層があり排水の不良なところでブドウや果樹が侵されるとしるしている。

以上の各調査例を総括してみると、地形の点では(1)尾根近くの凸地に発生する例(小林守<sup>47)</sup>、内田<sup>97)</sup>、佐藤<sup>81)</sup>、MILLER<sup>84)</sup>)、(2)中腹に多く発生する例(魚住<sup>96)</sup>、浜<sup>24)</sup>)、(3)山腹上部よりむしろ沢に近い部分に多く発生する例(河田<sup>41)</sup>、WESTCOTT<sup>100)</sup>)、(4)凹地あるいは台地上、緩斜面上に発生が多い例(小林享<sup>46)</sup>、浜<sup>24)</sup>、内田<sup>97)</sup>、河田<sup>41)</sup>、RHOADS<sup>72)</sup>)などがあげられており、地方により樹種によってそれぞれ発病地形が異なるようであり、また傾斜方向では南よりの斜面に被害が多い例(西門<sup>88)</sup>、小林守<sup>47)</sup>)があげられている。

土壤の過湿あるいは乾燥については、(1)一時的滞水による過湿と発病の例(小林享<sup>46)</sup>、河田<sup>41)</sup>、PETTINGA<sup>67)</sup>)、(2)乾燥と発病の例(小林守<sup>47)</sup>、佐藤<sup>81)</sup>、SCHWERTFEGER<sup>82)</sup>、COOK<sup>12)</sup>)などがあげられている。

前述のとおり、筆者の調査結果では本病の発生に散発型と集団状発生型の2つがみられ、さらに後者は凸地形発生型と凹地形発生型の2つに分けられた。

凸地形発生型被害地においては、春おそくまでA層の下部に土壤凍結層が形成されており、このことは春期気温の上昇にともないカラマツの地上部は活動を開始するが、一方、根の活動は土壤凍結が融けて地温が上昇するまでおくれることを意味し、ために根からの水分上昇がさまたげられて一時的に乾燥状態におちいり、樹勢がおとろえる。そのうえ凍結土壤が融解するのに、このような箇所は傾斜がゆるやかなため水の動きがにぶく、一時的に過湿になりやすい。さらに、尾根筋近くは表層土壤の侵蝕がはなはだしく、下部の透水性不良な土層が比較的上部に現われるため、いっそう過湿期間をながびかせる。また、このような場所は春の過湿のあと、つづく夏から秋にかけて往々にしてはなはだしく乾燥しがちである。

赤井・浅田<sup>1)</sup>は長野県下の調査結果から、凍結土壤地帯では傾斜のゆるやかになった斜面の下部か、あるいは上部でカラマツの成長が不良な傾向のあることを明らかにし、また緩傾斜面の下部あるいは尾根筋

付近では凍結が完全に融解するまで土壤中に水が滞留するはずで、この融凍水の一時的停滞が成長開始期におけるカラマツの成長に対して、かなり著しい悪影響を与えるであろうと述べている。牧野<sup>54</sup>は東部北海道における土壤凍結と植生との関係を調査し、湿性植物が河岸低平地や湿润地のみでなく、山頂緩傾斜面やせ尾根地形に出現することは凍結期から融凍、融雪期にかけて地表層の水分が増加することによるのではないかと述べている。

以上、諸氏の報告および筆者の調査結果から、乾燥型の立地とされている尾根筋近くにおいても、土壤凍結深度が大である場合には、表層が春期一時的に過湿になり、そのためにカラマツの根の生育に不良な影響を与えて根腐れをおこし、これがならたけ病発生の誘因となるものと考えられる。

つぎに凹地形発生型被害の場合は、地形的に降雨後一時的に滞水しやすく、また降雪、融雪時に積雪が深く、したがって土壤が過湿になりやすい傾向は明らかである。このことは荻住ら<sup>59</sup>が報告しているとおりの嫌氣的な条件に弱いカラマツの根に対して悪影響を及ぼし、ひいてはこれが誘因になって罹病しやすくなるものと考えられる。しかし、この極端な場合、すなわち g. 名寄、中名寄、h. 神楽、伊の沢、e. 東瀬棚、赤禿でみられた例のように、常時過湿な箇所ではならたけ病の発生はごくわずかで、本病によらない根腐れが点々と認められた。このように常時極端に過湿な条件は、カラマツの根の発育に対して不適であるばかりでなく、また木菌の菌糸束の生育蔓延にはなほだ好ましくないもので、ならたけ病による被害もまたきわめて少ないものと考えられる。このことは小林(享)<sup>46</sup>がカラマツの本病は過湿な場所にはふつう発生せず、その周辺に発生すると述べていることと一致する。

以上のべた凸地形発生型と凹地形発生型とでは、地形の面からだけみると一見相反するようであるが、いずれの場合にも今関<sup>60</sup>が述べているように、カラマツの根の生育を阻害し、樹勢を衰弱させる条件がそなわっており、寄主の抵抗力が低下するという点では共通している。

つぎに、発病部の傾斜について比較してみると、凸地形発生型、凹地形発生型では地形は相反するが、どちらも発病部の方がその付近の無発病部に比べて傾斜がゆるやかになっていることが共通である。このことは、一時的に過湿になったあとの水の動きに関連があり、どちらもその点では水の動きがよぶく過湿期間をながびかせ、そのためカラマツの根の発育を阻害し、本病発生の誘因になる。

北海道全般の被害程度について第1表からみてみると、中標津、本別、佐呂間、木古内、江差、俄虫、室蘭、河西地方に被害が大であるが、一方、これらの地方の土壤は火山放出物の堆積によってできており、なかでも駒ヶ岳、有珠岳、樽前山、雌阿寒岳、摩周岳系統の火山灰を厚くかぶった地帯に大きい被害がみられる。

## 2. 土壤中における病原菌菌糸束の分布

Bougey<sup>61</sup> はツツジについて土壤中の菌糸束を調査し、切株から30フィートの距離まで伸びていたと報じ、Leach<sup>60</sup> は Nyasaland のチャにおいて、最も長い菌糸束は18インチに達したとし、佐保<sup>74</sup> はストロブマツ造林地内において12mも伸びていたものを観察し、また Boyce<sup>62</sup> は木菌の菌糸束は造林地内に広く分布していることを述べているが、しかし土壤中の菌糸束を量的に調査した例はみあたらない。

筆者が行なった調査では、菌糸束が全く認められない造林地は皆無であった。これらの造林地のなかで局地的に健、病部の菌糸束の量を比較してみると、発病部の方が健全部より多い場合、あるいはその反対に発病部の方が健全部より少ない場合等がみられた。このことは菌糸束の蔓延条件と発病条件とは必ずしも一致しないことを示しているものと思われる。しかし全般的にいて大きな被害がみられるような地区

では、菌糸束の量も比較的多い傾向はあった。これは、菌の量が多いということは、それだけ感染のチャンスが多いことを示すもので、そのさい土壤環境がカラマツの生育にとって不適当な場合には、激害をもたらす可能性が大きいといつてよいであろう。

一方、菌糸束の垂直分布について DAY<sup>16)</sup>によれば、地中18cmまでは普通にみられるが、それ以下ではまれにしかみられず、またそれより深くうずまっている根にも生ずることがあるという。SMER<sup>87)</sup>は Nyasaland のチャの病害を調査し、本菌の菌糸束は地下2フィートの深さまで達していたと報じ、BLISS<sup>8)</sup>はミカンの根に9フィートの深さまで、また LEACH<sup>90)</sup>はアフリカのチャ園で地表下4フィートまで本菌の菌糸束がみられたと述べている。なおウンシュウミカンの本病についての調査では、菌糸束は地表部に多いが、また深さ40~70cmの部分にもみられることが知られている。筆者の調査においても地表下10cmまでの比較的浅い部分に多く分布しており、地表下10~20cmでは少なくなり、さらにそれ以下ではまれであった。

### 3. 積雪、土壤凍結、ササの分布と発病型

北海道内における積雪深度<sup>42)</sup>と土壤凍結深度<sup>27)</sup>との分布状態は、中央脊稜山脈の西側は多雪で土壤凍結深度が小さく、道東および道南の一部は寡雪で土壤凍結深度は大きい。一方、館脇<sup>91)</sup>による道内のササの分布状況を見ると、寡雪で土壤凍結深度の大きい地帯にはミヤコザサが、多雪で土壤凍結深度小の地帯にはクマイザサ、チシマザサがそれぞれ分布している傾向がみられる。また発病型の分布状況を第11図からみると、凸地形発生型が多くみられる地方は寡雪で土壤凍結深度の大きい地方であり、ミヤコザサが分布している。これに対して凹地形発生型が多くみられる地方は、多雪で土壤凍結深度が小さい地方で、クマイザサ、チシマザサが分布している。

このように積雪深度、土壤凍結深度、ササの分布、発病型の分布との間には一連の関係があるように思われる。

### 4. 林地施肥と発病

施肥と発病との関係について、河田ら<sup>44)</sup>は長野県下で調査を行ない、本病の発生には地形、土壤の水分条件が大きく影響し、ついで施肥が影響をおよぼすようだとして述べている。筆者が行なった十勝地方における調査結果においても一部の区、特に無施肥区において多くの罹病木が発生しており、施肥の影響よりも地形、土壤環境の影響の方が大きいように見うけられた。

以上のことから、本病の発生には寄主であるカラマツおよび本菌の存在のほかに、寄主ならびに病原菌に影響をあたえる地形、気象、土壤条件、特に土壤の水分関係(過湿、一時的な滞水、土壤の凍結、乾燥等)が大きく作用するものと考えられる。

## 第6章 カラマツ苗に対する接種試験

前章の発生環境調査結果から、本病の発生型には春おそくまで土壤凍結がみられ、夏には比較的乾燥しやすい南西に面した山腹斜面上部、あるいは沢に近い凹地形の部分に集団状に現われる傾向がみられ、一方、極端に過湿な箇所には罹病木は比較的少なく、むしろその周辺に現われる傾向が明らかであった。なお、罹病木には根の形態に異状を呈するものが多く観察された。

これらの土壤環境と発病、および土壤中における菌糸束の伸長と発病との関連を明らかにするために、コンクリートポットを用いて次の人工接種試験を行なった。

本実験を行なうに先だち、接種原としてカラマツの根の細片に培養したものと自然感染したカラマツ罹病根の細片との比較試験を行なった。その結果、自然感染による罹病根の細片の方が、その後の菌糸束の形成がよく、また発病もより確実なので、本実験では一部を除きもっぱらこれを用いた。なお、これは LEACH<sup>50)</sup> 氏法に準ずるものであるが、自然感染した罹病根には大きさにばらつきが多いので、1つの造林地内で、当年罹病枯死した4年生カラマツの根をできるだけ多く採集し、そのなかから太さのなるべく均一なものを選び、長さを一定にして用いた。

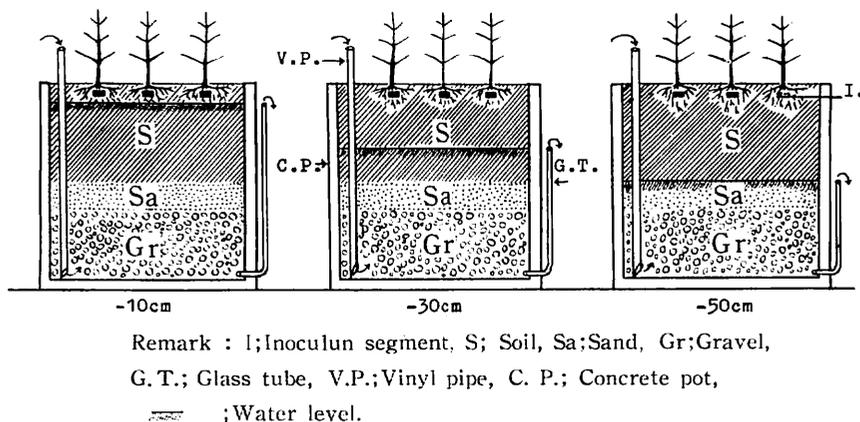
### 第1節 地下水位と発病との関係

1958年から1962年にかけて行なった発生環境調査の結果、e. 東瀬棚、赤禿—279 (E—2), g. 名寄、中名寄—72 (G—1), h. 神楽、伊の沢—207 (H—1, 2) 等の調査地で見られたように、極度の過湿地では本病はごくわずかしか認められず、むしろその周辺に罹病木が多く認められた。本実験はこのような現地の環境を圃場で再現して、地下水位と発病との関係を明らかにするために行なった。

#### 1. 実験—1

##### a. 実験方法

第19図および Plate 6, Aに示すような1×1×1mの有底コンクリートポットを使用し、そのなかに底から30cmの深さまで礫を、その上に20cm川砂を入れ、残りの50cmの部分に圃場の土壌(埴壌土)を入れた。水位の調節にはコンクリートポットの底からガラス管を外に出して立て、コンクリートポットの上面から10cm, 30cmおよび50cmの点で切断し、余分の水はこのガラス管をとって溢出するようにした。また水位が所定の高さ以下にあるときは、別にコンクリートポット上面から下底に達するように、あらかじめ埋め込んだビニールパイプをとって給水し、常時一定の水位を保たせるようにした。



第19図 接種試験用の地下水位調節装置

Fig. 19 Controlled equipment of underground water level for the inoculation test.

コンクリートポットは各処理ごとに3個ずつ計9個、供試樹種はニホンカラマツ2年生苗を使用した。接種原は植栽後4年目のカラマツ造林地から当年枯死した罹病木の根株を採集し、長さ6~7cm、径3~4cmに切断したものをを用いた。

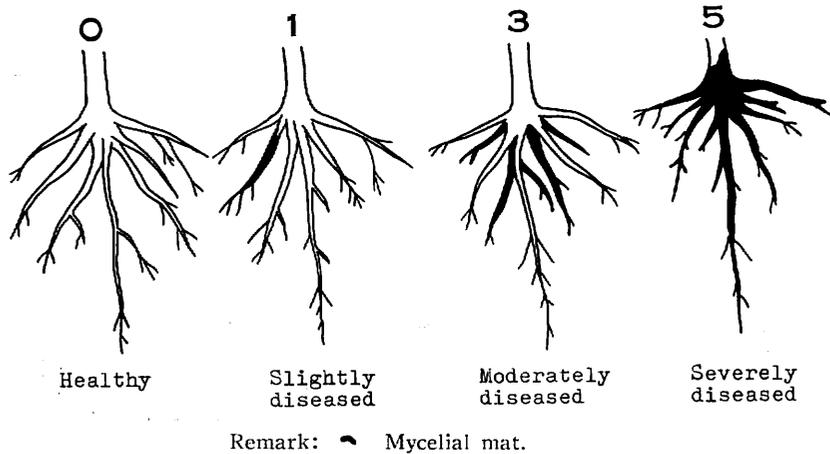
苗木は1962年11月6日に、それぞれのコンクリートポットに9本ずつ植え付け、これらのうち6本には

地表から 5~10 cm の深さに、前記の接種原片を根にそえて植え付けた。他の 3 本は比較のため無接種とし、カラマツの健全根の小片をそえて植え付けた。なお、接種木と無接種木との間には 30cm の深さまで板材を埋め込んで、それぞれを隔離した。

b. 調査方法

前記の方法で水位を調節しても、降雨その他の条件により土壤中の水分は必ずしも一定していないので、5月9日から10月19日まで1週間おきに、土壤中の水分状態を次の方法によって調査した。すなわち容量40mlの秤量瓶に、各処理区ごとに地表下5~10cmの間の土壌を約25g採集し、1週間105°Cで乾燥後秤量し、その重量減をもって土壌中の水分量として乾土重量に対する百分率を算出した。なお、参考までに地下10cmの地温を視測した。

1963年10月28日に供試木のいっせい掘り取りを行ない、まず各処理区における無接種カラマツの樹高を測定して、各処理区ごとの成長に及ぼす影響を調べ、つぎに各接種原から生じた菌糸束の形成程度、および最大伸長量等の調査を行なった。罹病程度については根をていねいに水洗し、風乾後根の樹皮をうすく剥きとり、菌糸膜が形成されている部分を観察し、第20図に示す4段階の被害度指数によって、その程度を比較した。



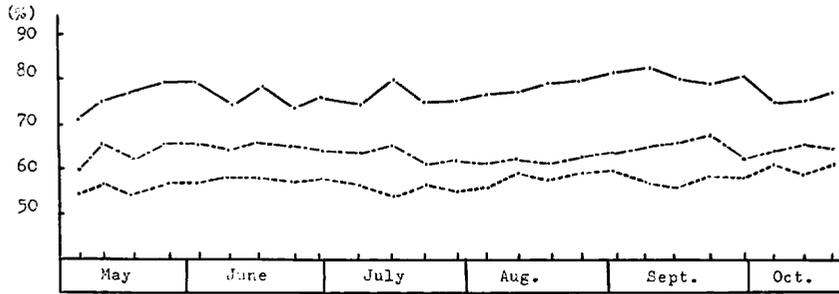
第20図 ならたけ病罹病木の被害度  
Fig. 20 Degree of damage of larch tree affected with *Armillaria* root rot.

被害度指数は 0 : 健全, 1 : 微害で根にごくわずか菌糸膜が認められるもの, 3 : 中害で根に相当菌糸膜が認められるもの, 5 : 激害で地ぎわの一部および根の大部分に菌糸膜が形成されているもので、地上部に病徴があらわれて瀕死、枯死の状態にあるものとした。

c. 実験結果

まず、-10cm, -30cm, -50cm 各区の試験期間を通じての土壌水分の変化についてみると第21図に示すとおりである。

第21図からみると各区とも多少の変動はあるが、-10cm 区では大体 70~80%, -30cm 区では 60~65%, -50cm 区では 55~60% の範囲にあった。また地中温度(地表下 10cm)については、各区の間にはほとんど差はみられなかった。この程度の水分状態のちがいが、カラマツの成長にどのように影響するかを



Remark: ———; Underground water level ; 10cm from soil surface,  
 - - - - -; " " " 30cm from soil surface,  
 .....; " " " 50cm from soil surface.

第21図 コンクリートポット中における地下水位と土壤水分の変化  
 Fig. 21 Change of soil moisture content at underground water level  
 in concrete pots.

第31表 地下水位とカラマツの成長 (実験-1)

Table 31. Effect of underground water level on the growth  
 of Japanese larch (Experiment-1)

| コンクリートポット番号<br>Concrete pot | 供試カラマツ番号<br>Measured | 地下水位<br>Underground water level |                    |                        |                    |                    |                        |                    |                    |                        |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
|                             |                      | -10cm                           |                    |                        | -30cm              |                    |                        | -50cm              |                    |                        |
|                             |                      | 樹高<br>Total height              | 樹高<br>Total height | 年間成長量<br>Annual growth | 樹高<br>Total height | 樹高<br>Total height | 年間成長量<br>Annual growth | 樹高<br>Total height | 樹高<br>Total height | 年間成長量<br>Annual growth |
|                             |                      | Nov. 1962                       | Oct. 1963          |                        | Nov. 1962          | Oct. 1963          |                        | Nov. 1962          | Oct. 1963          |                        |
| I                           | 1                    | 42                              | 45                 | 3                      | 32                 | 56                 | 24                     | 30                 | 68                 | 38                     |
|                             | 2                    | 50                              | 54                 | 4                      | 42                 | 84                 | 42                     | 44                 | 89                 | 45                     |
|                             | 3                    | 44                              | 46                 | 2                      | 23                 | 63                 | 40                     | 19                 | 35                 | 16                     |
| II                          | 1                    | 15                              | 18                 | 3                      | 31                 | 74                 | 43                     | 36                 | 85                 | 49                     |
|                             | 2                    | 20                              | 27                 | 7                      | 31                 | 71                 | 40                     | 46                 | 88                 | 42                     |
|                             | 3                    | 27                              | 34                 | 7                      | 22                 | 60                 | 38                     | 41                 | 97                 | 56                     |
| III                         | 1                    | 50                              | 54                 | 4                      | 41                 | 92                 | 51                     | 36                 | 85                 | 49                     |
|                             | 2                    | 35                              | 39                 | 4                      | 35                 | 82                 | 57                     | 19                 | 77                 | 58                     |
|                             | 3                    | 30                              | 39                 | 9                      | 41                 | 93                 | 52                     | 26                 | 61                 | 35                     |
| Ave.                        |                      | 35                              | 40                 | 5                      | 33                 | 75                 | 42                     | 33                 | 76                 | 43                     |

Note: Period of test; Nov. 6, 1962~Oct. 28, 1963

知るために、各区の無接種木の樹高成長を示せば第31表のとおりである。

第31表で明らかのように、-10cm区では極端にカラマツの成長が悪く、伸長量もごくわずかで、かろうじて生きている程度で、また根では細根が黒変しているものが多くみられた。

つぎに接種木の罹病状況および接種原片の状態は第32表に示すとおりである。

第32表からみると、枯死木は-10cm区に2本、-30cm区に3本生じたが、掘り取り調査の結果では-10cm区の2本はナラタケではなく他の原因によって枯死したものであった。

罹病しているものは-30cm区および-50cm区に多く、-10cm区では前2者の50%以下であった。また、被害指数も-10cm区が他の2区にくらべて小さく、-30cm区に被害指数5のものが比較的多

第32表 地下水位と発病（実験—1）

Table 32. Effect of underground water level on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-1)

| 地下水位<br>Underground<br>water level<br>(cm) | コンクリート<br>ポット<br>番号<br>Concrete<br>pot | 接種木<br>数<br>Trees<br>inocu-<br>lated<br>(no.) | 罹病枯死<br>木本数<br>Trees<br>killed<br>by the<br>fungus<br>(no.) | 罹病木<br>数<br>Trees<br>infected<br>(no.) | 被害度指数別<br>木数<br>Degree of<br>damage |   |   |   | 平均被害<br>度指数<br>Mean of<br>degree<br>of<br>*Liv-De-<br>damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum                             |   |  |   |
|--|--|---|---|--|-------------------------------------|---|---|---|--|--|---|--|---|
|  |  |   |   |  | 0                                   | 1 | 3 | 5 |  | 生<br>死<br>菌糸束を形<br>成した個体<br>Segment<br>producing<br>rhizomorphs<br>(no.) | 死<br>菌糸束最大<br>伸長量<br>Maximum<br>length of<br>rhizomorphs<br>(cm.) | 生<br>死<br>菌糸束を形<br>成した個体<br>Segment<br>producing<br>rhizomorphs<br>(no.) | 死<br>菌糸束最大<br>伸長量<br>Maximum<br>length of<br>rhizomorphs<br>(cm.) |
|  |  |   |   |  |                                     |   |   |   |  |  |   |  |   |
| -10  | I                                      | 6   | 0   | 1                                      | 5                                   | 0 | 0 | 1 | 0.83   | 4  | 2   | 1  | 2   |
|  | II                                     | 6   | 0(2)  | 2                                      | 4                                   | 0 | 2 | 0 | 1.00   | 4  | 2   | 0  | 0   |
|  | III                                    | 6   | 0   | 3                                      | 3                                   | 1 | 1 | 1 | 1.50   | 3  | 3   | 1  | 7   |
|  | Sum                                    | 18  | 0(2)  | 6                                      | 12                                  | 1 | 3 | 2 | 1.11   | 11   | 7   | 2  |   |
| -30  | I                                      | 6   | 1   | 4                                      | 2                                   | 0 | 1 | 3 | 3.00   | 5  | 1   | 4  | 21  |
|  | II                                     | 6   | 1   | 5                                      | 1                                   | 1 | 1 | 3 | 3.17   | 5  | 1   | 1  | 4   |
|  | III                                    | 6   | 1   | 6                                      | 0                                   | 2 | 1 | 3 | 3.33   | 5  | 1   | 2  | 4   |
|  | Sum                                    | 18  | 3   | 15                                     | 3                                   | 3 | 3 | 9 | 3.17   | 15   | 3   | 7  |   |
| -50  | I                                      | 6   | 0   | 5                                      | 1                                   | 0 | 3 | 2 | 3.17   | 6  | 0   | 4  | 13  |
|  | II                                     | 6   | 0   | 6                                      | 0                                   | 0 | 5 | 1 | 3.33   | 4  | 2   | 1  | 9   |
|  | III                                    | 6   | 0   | 3                                      | 3                                   | 0 | 1 | 2 | 2.17   | 5  | 1   | 2  | 3   |
|  | Sum                                    | 18  | 0   | 14                                     | 4                                   | 0 | 9 | 5 | 2.89   | 15   | 3   | 7  |   |

Note: ( ) ; Trees killed by certain factors except *Armillaria* root rot.

Period of test; Nov. 6, 1962~Oct. 28, 1963.

\*: Mean of degree of damage =  $(0 \times a + 1 \times b + 3 \times c + 5 \times d) / N$ ,

where,  $N = a + b + c + d =$  Total number of examined stocks.

かった。

調査時における接種原片の状態は、-10cm 区で枯死しているものが7に対し、他の2区ではそれぞれ3と比較的少なかった。また菌糸束形成個体数も-10cm 区が少なく、菌糸束最大長も比較的短かった。

これらのことは現地における環境調査の結果と一致しており、過湿な状態ではカラマツ、ナラタケ菌ともに生育に不適であり、またこれは発病に対する条件としても不良である。

## 2. 実験—2

### a. 実験方法

実験—1とほとんど同じ方法でコンクリートポットを使用して行なった。実験—1では、-30cm 区と-50cm 区との間に発病の差がみられなかったので、本実験では-50cm 区を-100cm 区とした。

供試樹種は同じくカラマツ2年生苗を使用し、植付け接種は1963年11月7日に行なった。接種原片は前実験と同様4年生カラマツ造林地から罹病根を採集し、前回よりやや小さくして径3~4cm、長さ5cmに切断したものをを用いた。

### b. 調査方法

調査方法は実験—1と同様に、各コンクリートポットの上壤水分、供試木の樹高、新梢の伸長量、罹病状況、接種原から生じた菌糸束の形成程度およびその最大長などを調査した。供試木の掘り取りは1964年11月5日に行なった。

### c. 実験結果

第33表 地下水位とカラマツの成長(実験—2)  
Table 33. Effect underground water level on the growth of Japanese larch (Experiment-2)

| コンクリートポット番号<br>Concrete pot | 供試カラマツ番号<br>Measured larch | 地下水位<br>Underground water level |                                 |                        |                                 |                                 |                        |                                 |                                 |                        |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                             |                            | -10cm                           |                                 |                        | -30cm                           |                                 |                        | -100cm                          |                                 |                        |
|                             |                            | 樹高<br>Total height<br>Nov. 1963 | 樹高<br>Total height<br>Nov. 1964 | 年間成長量<br>Annual growth | 樹高<br>Total height<br>Nov. 1963 | 樹高<br>Total height<br>Nov. 1964 | 年間成長量<br>Annual growth | 樹高<br>Total height<br>Nov. 1963 | 樹高<br>Total height<br>Nov. 1964 | 年間成長量<br>Annual growth |
| I                           | 1                          | 48                              | 52                              | 4                      | 38                              | 52                              | 14                     | 43                              | 74                              | 31                     |
|                             | 2                          | 38                              | 44                              | 6                      | 36                              | 49                              | 13                     | 35                              | 58                              | 23                     |
|                             | 3                          | 29                              | 32                              | 3                      | 39                              | 67                              | 28                     | 32                              | 58                              | 26                     |
| II                          | 1                          | 35                              | 41                              | 6                      | 41                              | 53                              | 12                     | 45                              | 70                              | 25                     |
|                             | 2                          | 37                              | 43                              | 6                      | 40                              | 59                              | 19                     | 29                              | 56                              | 27                     |
|                             | 3                          | 41                              | 55                              | 14                     | 42                              | 58                              | 16                     | 35                              | 68                              | 33                     |
| III                         | 1                          | 39                              | 46                              | 7                      | 31                              | 61                              | 20                     | 39                              | 80                              | 41                     |
|                             | 2                          | 44                              | 48                              | 4                      | 33                              | 56                              | 23                     | 45                              | 89                              | 44                     |
|                             | 3                          | 43                              | 45                              | 2                      | 38                              | 58                              | 20                     | 41                              | 77                              | 36                     |
| Ave.                        |                            | 39                              | 45                              | 6                      | 38                              | 57                              | 18                     | 38                              | 70                              | 32                     |

Note: Period of test; Nov. 7, 1963~Nov. 5, 1964.

各試験区のコンクリートポット内の土壌水分変化は、前回にくらべ-10cm区では変動の幅がやや大きかったが、大体平均して70~90%の範囲内にあった。なお-30cm区では60~70%、また-100cm区では40~55%であった。地中温度(地表下10cm)は前回と同様各区の間にはほとんど差はみられなかった。

各試験区におけるカラマツの成長状況を第33表に示した。

第33表から明らかなように、-10cm区では前回と同様に新梢の伸びは極端に悪くて約6cm、ついで-30cm区で18cm、そして-100cm区が最も良く32cmであった。

つぎに接種木について、罹病状況ならびに接種原片の状態を第34表に示した。

第34表からみられるように、実験—1の場合と同様ナラタケ以外の原因による根腐れ枯死木が、-10cm区に3本発生した。一方、ナラタケによる罹病枯死木は、それぞれ-10cm区で2本、-30cm区で3本、-100cm区で2本みられた。根の剥皮調査の結果、罹病していたものは-10cm区4本、-30cm区8本、-100cm区9本で前実験と同じ傾向を示した。

なお、接種原片についてみると、-10cm区では死滅したものが他の2区にくらべて多く、菌糸束形成個体数は少なく、また最大伸長量も小であった。3区のうちとくに-100cm区では菌糸束の形成個体数が多く、またその伸長量も大で、最大22cmに達するものがあった。

### 3. 実験—3

#### a. 実験方法

実験—1, 2とほとんど同じ方法で行なったが、異なる点は本実験では接種原として、人工培養した根片を用いたこと、および実験期間が前回にくらべて短かったことである。

接種原片は次の処方により培養したものを使用した。すなわち、まずトドマツ鋸屑4,000g、トウモロコシ粉500g、米糠1,000g、蒸留水6,000mlをよく混合しておき、これと径1~2cm、長さ8cmの

第34表 地下水位と発病（実験—2）

Table 34. Effect of underground water on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-2)

| 地下水位<br>Underground<br>water level<br>(cm) | コンクリート<br>ポット<br>番号<br>Concrete<br>pot<br>(no.) | 接種木<br>数<br>Trees<br>inoculated<br>(no.) | 罹病枯<br>死木<br>数<br>Trees<br>killed<br>by the<br>fungus<br>(no.) | 罹病木<br>数<br>Trees<br>infec-<br>ted<br>(no.) | 被害度指数別<br>数<br>Degree of<br>damage |   |   |   | 平均被害<br>度指数<br>Mean of<br>degree<br>of<br>damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |                    |   |  |
|--|---|--|--|---|------------------------------------|---|---|---|--|--|--------------------|---|--|
|  |   |  |  |   | 0                                  | 1 | 3 | 5 |  | 生<br>Living<br>(no.)                         | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形<br>成した個体<br>Segment<br>producing<br>rhizomor-<br>phs<br>(no.) | 菌糸束最<br>大伸長量<br>Maximum<br>length of<br>rhizomor-<br>phs<br>(cm) |
|  |   |  |  |   |                                    |   |   |   |  |  |                    |   |  |
| - 10                                       | I   | 6  | 0(2)   | 0   | 6                                  | 0 | 0 | 0 | 0.00   | 4  | 2                  | 0   | 0  |
|  | II  | 6  | 1  | 2   | 4                                  | 0 | 1 | 1 | 1.33   | 5  | 1                  | 1   | 7  |
|  | III   | 6  | 1(i)   | 2   | 4                                  | 0 | 1 | 1 | 1.33   | 5  | 1                  | 3   | 3  |
|  | Sum   | 18                                       | 2(3)   | 4   | 14                                 | 0 | 2 | 2 | 0.89   | 14   | 4                  | 4   |  |
| - 30                                       | I   | 6  | 0  | 4   | 2                                  | 1 | 0 | 3 | 2.67   | 6  | 0                  | 5   | 9  |
|  | II  | 6  | 2  | 2   | 4                                  | 0 | 0 | 2 | 1.67   | 5  | 1                  | 0   | 0  |
|  | III   | 6  | 1  | 2   | 4                                  | 0 | 0 | 2 | 1.67   | 6  | 0                  | 3   | 2  |
|  | Sum   | 18                                       | 3  | 8   | 10                                 | 1 | 0 | 7 | 2.00   | 17   | 1                  | 8   |  |
| - 100                                      | I   | 6  | 0  | 3   | 3                                  | 0 | 0 | 3 | 2.50   | 6  | 0                  | 4   | 13   |
|  | II  | 6  | 0  | 2   | 4                                  | 0 | 1 | 2 | 1.67   | 5  | 1                  | 4   | 22   |
|  | III   | 6  | 2  | 4   | 2                                  | 0 | 1 | 3 | 3.00   | 5  | 1                  | 4   | 15   |
|  | Sum   | 18                                       | 2  | 9   | 9                                  | 0 | 1 | 8 | 2.39   | 16   | 2                  | 12  |  |

Note: ( ) : Trees that killed by certain factors except *Armillaria* root rot.  
Period of test; Nov. 7, 1963~Nov.5, 1964.

大きさにそろえたカラマツの健全な根を大型ジャー（径 15cm、深さ 15）に交互にかるくつめ、なお通気をよくし菌糸の蔓延を促すために径 1.5cm の棒で 5 か所に穴をあけた。これらを 10 lb で 30 分間ずつ 2 回殺菌後本菌の培養菌糸（俄山営林署管内カラマツ罹病木の菌糸膜から分離した菌株）を接種し、22°C で約 3 か月間培養した。

1965年 4 月 30日に菌糸が完全に蔓延した大型ジャーから接種原片をとり出し、2年生カラマツ苗の根にそえて各コンクリートポットに接種した。

b. 調査方法

1965年 10 月 8 日に供試苗全部を掘り取り、実験—1 と同じ方法で調査した。

c. 実験結果

各コンクリートポット内の土壌の水分状態をみると、-10cm 区では約 70~90%、-30cm 区では 60~70%、また -100cm 区では 30~50% であった。

つぎにカラマツの成長状況を第 35 表に示した。

実験—1、2 と同様に -10cm 区では極端に成長悪く、-100cm 区では比較的良好的な成長を示した。

接種木の罹病状況、および接種原の変化ならびに菌糸束の伸長状態は第 36 表に示すとおりである。

第 36 表をみると、-10cm 区にナラタケ以外の他の原因による根腐れ枯死木が 3 本発生した。一方、罹病木はそれぞれ 10cm 区に 2 本、-30cm 区に 4 本、-100cm 区には 0 本で全体的にみて罹病したものは少なかった。

また接種原片は、死滅したもの -10cm 区に 5 本、他の 2 区にそれぞれ 2 本ずつであった。菌糸束が形

第35表 地下水位とカラマツの成長 (実験—3)

Table 35. Effect of underground water level on the growth of Japanese larch (Experiment-3)

| Conc-<br>rete<br>pot | Meas-<br>ured<br>larch | 地 下 水 位<br>Underground water level |                   |                               |                                   |                   |                               |                                   |                   |                               |
|----------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------|
|                      |                        | -10cm                              |                   |                               | -30cm                             |                   |                               | -100cm                            |                   |                               |
|                      |                        | 樹<br>Total height<br>Apr.<br>1965  | 高<br>Oct.<br>1965 | 年間成<br>長量<br>Annual<br>growth | 樹<br>Total height<br>Apr.<br>1965 | 高<br>Oct.<br>1965 | 年間成<br>長量<br>Annual<br>growth | 樹<br>Total height<br>Apr.<br>1965 | 高<br>Oct.<br>1965 | 年間成<br>長量<br>Annual<br>growth |
| I                    | 1                      | 50                                 | 53                | 3                             | 46                                | 65                | 19                            | 41                                | 71                | 30                            |
|                      | 2                      | 47                                 | 49                | 2                             | 41                                | 59                | 18                            | 46                                | 73                | 27                            |
|                      | 3                      | 46                                 | 49                | 3                             | 42                                | 68                | 26                            | 39                                | 75                | 36                            |
| II                   | 1                      | 39                                 | 42                | 3                             | 31                                | 48                | 17                            | 44                                | 75                | 31                            |
|                      | 2                      | 42                                 | 45                | 3                             | 42                                | 63                | 21                            | 40                                | 73                | 33                            |
|                      | 3                      | 42                                 | 45                | 3                             | 43                                | 68                | 25                            | 44                                | 80                | 36                            |
| III                  | 1                      | 40                                 | 41                | 1                             | 36                                | 48                | 12                            | 39                                | 74                | 35                            |
|                      | 2                      | 41                                 | 45                | 3                             | 36                                | 52                | 16                            | 44                                | 80                | 36                            |
|                      | 3                      | 41                                 | 43                | 2                             | 39                                | 59                | 20                            | 38                                | 69                | 31                            |
| Ave.                 |                        | 43                                 | 46                | 3                             | 40                                | 59                | 19                            | 42                                | 75                | 33                            |

Note: Period of test; Apr. 30, 1965~Oct. 8, 1965.

第36表 地下水位と発病 (実験—3)

Table 36. Effect of underground water on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-3)

| 地下水位<br>Under-<br>ground<br>water<br>level<br>(cm) | コン<br>クリ<br>ート<br>ポ<br>ット<br>番<br>号<br>Concrete<br>pot | 接<br>種<br>木<br>数<br>Trees<br>inocu-<br>lated<br>(no.) | 罹<br>病<br>枯<br>死<br>木<br>数<br>Trees<br>killed<br>by the<br>fungus<br>(no.) | 罹<br>病<br>木<br>数<br>Trees<br>infec-<br>tated<br>(no.) | 被<br>害<br>度<br>指<br>数<br>別<br>数<br>Degree of<br>damage |   |   |   | 平<br>均<br>被<br>害<br>度<br>指<br>数<br>Mean of<br>degree<br>of<br>damage | 調<br>査<br>時<br>に<br>お<br>け<br>る<br>接<br>種<br>原<br>の<br>状<br>態<br>Final condition of inoculum |                    |   |  |
|--|--|---|--|---|--|---|---|---|--|--|--------------------|---|--|
|  |  |   |  |   | 0  | 1 | 3 | 5 |  | 生<br>Living<br>(no.)   | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌<br>糸<br>束<br>を<br>形<br>成<br>し<br>た<br>個<br>体<br>Segment<br>producing<br>rhizomor-<br>phs<br>(no.) | 菌<br>糸<br>束<br>最<br>大<br>伸<br>長<br>量<br>Maximum<br>length of<br>rhizomor-<br>phs<br>(cm) |
|  |  |   |  |   |  |   |   |   |  |  |                    |   |  |
| - 10   | I  | 6   | 0(2)   | 0   | 6  | 0 | 0 | 0 | 0.00   | 3  | 3                  | 0   | 0  |
|  | II   | 6   | 1(1)   | 1   | 5  | 0 | 1 | 0 | 0.50   | 5  | 1                  | 0   | 0  |
|  | III  | 6   | 0  | 1   | 5  | 0 | 0 | 1 | 0.83   | 5  | 1                  | 1   | 2  |
|  | Sum  | 18  | 1(3)   | 2   | 16   | 0 | 1 | 1 | 0.44   | 13   | 5                  | 1   |  |
| - 30   | I  | 6   | 0  | 2   | 4  | 0 | 2 | 0 | 1.00   | 6  | 0                  | 2   | 1  |
|  | II   | 6   | 0  | 2   | 4  | 0 | 1 | 1 | 1.33   | 5  | 1                  | 1   | 3  |
|  | III  | 6   | 0  | 0   | 6  | 0 | 0 | 0 | 0.00   | 5  | 1                  | 2   | 4  |
|  | Sum  | 18  | 0  | 4   | 14   | 0 | 3 | 1 | 0.78   | 16   | 2                  | 5   |  |
| -100   | I  | 6   | 0  | 0   | 6  | 0 | 0 | 0 | 0.00   | 6  | 0                  | 0   | 0  |
|  | II   | 6   | 0  | 0   | 6  | 0 | 0 | 0 | 0.00   | 6  | 0                  | 1   | 1  |
|  | III  | 6   | 0  | 0   | 6  | 0 | 0 | 0 | 0.00   | 4  | 2                  | 0   | 0  |
|  | Sum  | 18  | 0  | 0   | 18   | 0 | 0 | 0 | 0.00   | 16   | 2                  | 1   |  |

Note: ( ); Trees killed by certain factors except *Armillaria* root rot.

Period of test; Apr. 30, 1965~Oct. 8, 1965.

成されたものも全体的に少なく、-30cm区で5個体みられ、それらのうち4cm伸びたものが最大であった。

以上3回の実験結果から、地下水位とカラマツの成長、発病との関係、および接種原片の変化について

総括すると次のとおりである。

(1) 地下水位が -10cm のような過湿状態においては、ナラタケ菌が関与しなくても嫌気的条件下に弱いカラマツ<sup>89)</sup>は、その大部分の細根が枯死する結果となり、そのためにカラマツの針葉は黄変して伸長せず、なかには枯死する苗木があらわれた。そして、カラマツの成長は地下水位が低いほど良好であった。

(2) -10cm 区では接種原片はいずれの場合も死滅しているものが多く、また菌糸束の形成程度も不良で、最大伸長量も小であった。それにくらべて -30cm、-50cm および -100cm の各区では菌糸束形成程度が良好で、また最大伸長量も大であった。ただ人工培養した接種原片を用いた場合には、-100cm 区で菌糸束の形成程度が少ない例がみとめられた。

(3) 地下水位と発病との関係について各実験に共通してみられることは、-10cm 区のような土壌が過湿な条件下ではナラタケによる発病は少なく、他の原因による根腐れ枯死木が多かったことである。そして -30cm、-50cm および -100cm のように適潤～乾燥区に罹病木は比較的多く発生した。

## 第 2 節 土壌の一時的過湿と発病との関係

地下水位と発病との関係では、病下水位が常時ある一定の深さの場合について検討したものであるが、次には土壌の一時的過湿が発病その他に及ぼす影響を明らかにするために、本実験を行なうことにした。

### 1. 実験—1

#### a. 実験方法

1963年11月15日、2年生カラマツ苗の根に接種原片をそえ、その深さが地表下約 5 cm になるようにして茶焼鉢(径 24cm)に植え付けた。接種原片は 4年生カラマツ造林地から採集した罹病根を切断して、径 3～4 cm、長さ 5 cm 大にしたものを用いた。なお、これらの植木鉢は鉢の部分だけ土壌中に埋め込み鉢のなかの土壌が凍結しないようにして越冬させた。翌春 10鉢ずつ掘り取り滞水池に 4月15日～5月5日、5月5日～5月25日、6月1日～6月20日、7月1日～7月21日とそれぞれ 20日間ずつ水づけし、その後はもとの場所へもどした。

滞水池は地表面を約 20cm 掘り下げて、その中にビニール布を敷いて水をはり、なおその一隅に小さな溝を切って降雨による余分の水が流出するようにした。実験中、蒸発、蒸散等によって水位が低下した場合には、給水して水位が常に鉢の上面から 10cm になるようにし、この調節は試験期間中毎日行なった。1964年10月2日に苗木を全部掘り取り調査した。

#### b. 実験結果

調査は各処理区のカラマツの成長状況、接種原片の変化および発病程度等について行ない、その結果は第 37、38表に示す。

まず、第 37表からカラマツの成長を比較すると、6月上、中旬に滞水した区において成長量がわずかに小さく、つづいて 7月上、中旬に過湿にしたものが極端に悪くなった。このことから滞水の影響は 6月上旬ころから現われはじめ、7月上、中旬に大きく作用することが考えられた。

一方、第 38表から罹病状況をみれば、6月上、中旬に滞水したものに 2本、7月上、中旬に滞水したものに 3本発生したものがみとめられた。

これらのことから一時的滞水がカラマツの成長、および発病におよぼす影響は 6、7月に処理したもの、あるいはそれ以降のものに現われるようである。

第37表 土壌の一時的過湿とカラマツの成長 (実験—1)

Table 37. Effect of the temporarily humid moisture condition in the soil on the growth of Japanese larch (Experiment-1)

| 過湿処理期間<br>Period of treatment<br>of flood |                  | Apr. 15,<br>May 5 | May 5,<br>May 25 | Jun. 1,<br>Jun. 25 | Jul. 1,<br>Jul. 21 | 対 照 区<br>Check  |
|---|------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 樹 高<br>Total<br>height<br>(cm)            | Dec. 15,<br>1963 | 23.2<br>(18~27)   | 22.1<br>(13~26)  | 25.5<br>(16~32)    | 23.2<br>(15~32)    | 23.8<br>(17~31) |
|   | Oct. 2,<br>1963  | 47.3<br>(37~55)   | 49.5<br>(31~72)  | 48.1<br>(30~63)    | 38.4<br>(27~49)    | 49.9<br>(31~69) |
| 年 間 成 長 量<br>Annual growth (cm)           |                  | 24.1<br>(16~32)   | 27.4<br>(10~50)  | 22.6<br>(14~37)    | 15.2<br>(7~27)     | 26.1<br>(15~38) |

Note: Period of test; Nov. 15, 1963~Oct. 2, 1964.

第38表 土壌の一時的過湿と発病 (実験—1)

Table 38. Effect of the temporarily humid moisture condition in the soil on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-1)

| 過湿処理期間<br>Period of<br>treatment<br>of flood | 接種木 枯死木 罹病木<br>本 数 本 数 本 数 |                          |                                 | 被害度指数別<br>本 数       |   |   |   | 平均被害<br>度指数<br>Mean of<br>degree<br>of<br>damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |                    |   |  |
|--|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------|---|---|---|--|--|--------------------|---|--|
|  | Trees<br>inocu-<br>(no.)   | Trees<br>killed<br>(no.) | Trees<br>infec-<br>ted<br>(no.) | Degree of<br>damage |   |   |   |  | 生<br>Living<br>(no.)                         | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形<br>成した個体<br>Segment<br>producing<br>rhizo-<br>morphs<br>(no.) | 菌糸束最<br>大伸長量<br>Maximum<br>length of<br>rhizo-<br>morphs<br>(cm) |
|  |                            |                          |                                 | 0                   | 1 | 3 | 5 |  |  |                    |   |  |
| Apr. 15~May 5                                | 10                         | 0                        | 1                               | 9                   | 0 | 1 | 0 | 0.3  | 6  | 4                  | 2   | 4  |
| May 5~May 25                                 | 10                         | 0                        | 0                               | 10                  | 0 | 0 | 0 | 0.0  | 7  | 3                  | 3   | 8  |
| Jun. 1~Jun. 21                               | 10                         | 0                        | 2                               | 8                   | 0 | 2 | 0 | 0.6  | 8  | 2                  | 4   | 12   |
| Jul. 1~Jul. 21                               | 10                         | 0                        | 3                               | 7                   | 1 | 2 | 0 | 0.7  | 8  | 2                  | 5   | 5  |

Note: Period of test; Nov. 15, 1963~Oct. 2, 1964.

この実験は、春期早々における土壌の一時的滞水の影響を知ることが目的であったが、この試験結果から、初夏の滞水による影響が大きいようである。さらに試験期間を延長して1965年と1966年にくりかえしてつぎの実験を行なった。

2. 実験—2

a. 実験方法

1964年9月9日、実験—1と同じ方法でカラマツ2年生苗の根に接種原片をそえて茶焼鉢に植えつけ、そのまま野外で越冬させたのち、翌1965年5月13日から20日ごとに10鉢ずつ掘り取って滞水処理を行なった。9月30日まで継続して行ない、10月18日に全部苗木を鉢から取り出して根をていねいに水洗し、成長量、罹病状況等を調査した。

b. 実験結果

第39, 40表にその結果を示した。第39表から見れば、カラマツの成長は全体的に悪かったが、傾向としては実験—1の場合と同様に6月上、中旬に滞水処理したものに影響があらわれはじめ、7月中、下旬に

処理したもので影響がみられた。一方、第40表から発病の状況をみると、発病本数は全体的に少なかったが、7月に滞水処理を行なったものに影響が現われているようである。

第39表 土壌の一時的過湿とカラマツの成長（実験—2）

Table 39. Effect of the temporarily humid moisture condition in the soil on the growth of Japanese larch (Experiment-2)

| 過湿処理期間<br>Period of treatment<br>of flood |                 | May 13<br>Jun. 2 | Jun. 2<br>Jun.22 | Jun.22<br>Jul. 12 | Jul. 12<br>Aug. 1 | Aug. 1<br>Aug.21 | Aug.21<br>Sep.10 | Sep.10<br>Sep.30 | 対照区<br>Check    |
|---|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 樹高<br>Total<br>height<br>(cm)             | Nov. 9<br>1964  | 40.2<br>(37~47)  | 40.2<br>(37~48)  | 39.6<br>(38~48)   | 36.3<br>(32~46)   | 41.1<br>(36~47)  | 42.6<br>(38~48)  | 39.9<br>(37~45)  | 39.4<br>(36~47) |
|   | Oct. 18<br>1965 | 51.4<br>(45~62)  | 47.2<br>(42~67)  | 45.3<br>(36~56)   | 41.4<br>(33~50)   | 52.4<br>(47~59)  | 53.5<br>(47~59)  | 51.1<br>(44~64)  | 52.7<br>(46~62) |
| 年間成長量<br>Annual growth (cm)               |                 | 10.2<br>(7~16)   | 7.0<br>(5~9)     | 5.7<br>(3~7)      | 5.1<br>(3~7)      | 11.3<br>(8~14)   | 10.9<br>(7~13)   | 11.2<br>(7~14)   | 13.3<br>(10~17) |

Note: Period of test; Nov. 9, 1964~Oct. 18, 1965.

第40表 土壌の一時的過湿と発病（実験—2）

Table 40. Effect of the temporarily humid moisture condition in the soil on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-2)

| 過湿処理期間<br>Period of<br>treatment<br>of flood | 接種木<br>本数<br>Trees<br>inocu-<br>lated<br>(no.) | 枯死木<br>本数<br>Trees<br>killed<br>by the<br>fun-<br>gus<br>(no.) | 罹病木<br>本数<br>Trees<br>infec-<br>ted<br>(no.) | 被害度指数別<br>本数<br>Degree of<br>damage |   |   |   | 平均被害<br>度指数<br>Mean<br>of<br>degree<br>of<br>damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |                    |   |  |
|--|--|--|--|-------------------------------------|---|---|---|---|--|--------------------|---|--|
|  |  |  |  | 0                                   | 1 | 3 | 5 |   | 生<br>Living<br>(no.)                         | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形<br>成した個体<br>Segment<br>producing<br>rhizo-<br>morphs<br>(no.) | 菌糸束最<br>大伸長量<br>Maximum<br>length of<br>rhizo-<br>morphs<br>(cm) |
|  |  |  |  |                                     |   |   |   |   |  |                    |   |  |
| May13~Jun. 2                                 | 10   | 0  | 1  | 9                                   | 1 | 0 | 0 | 0.1   | 9  | 1                  | 2   | 2  |
| Jun. 2~Jun.22                                | 10   | 0  | 1  | 9                                   | 1 | 0 | 0 | 0.1   | 8  | 2                  | 3   | 2  |
| Jun.22~Jul. 12                               | 10   | 0  | 3  | 7                                   | 3 | 0 | 0 | 0.3   | 10   | 0                  | 5   | 2  |
| Jul.12~Aug. 1                                | 10   | 0  | 2  | 8                                   | 2 | 0 | 0 | 0.2   | 9  | 1                  | 2   | 3  |
| Aug.1~Aug.21                                 | 10   | 0  | 0  | 10                                  | 0 | 0 | 0 | 0.0   | 6  | 4                  | 2   | 8  |
| Aug21~Sep.10                                 | 10   | 0  | 2  | 8                                   | 1 | 1 | 0 | 0.4   | 9  | 1                  | 3   | 3  |
| Sep.10~Sep.30                                | 10   | 0  | 0  | 10                                  | 0 | 0 | 0 | 0.0   | 10   | 0                  | 0   | 0  |

3. 実験—3

a. 実験方法

1966年4月28日に実験—1と同じ方法でカラマツを鉢植えして接種を行なった。5月11日から20日ごとに前回同様滞水処理を行ない、これを9月27日まで継続した。10月21日に全苗木と接種原片とを掘り取り調査した。

b. 実験結果

第41, 42表によればカラマツの成長量は今回も6月上, 中旬に処理したのから影響が現われはじめ, 7月中, 下旬処理のもので影響した。また罹病木の本数も6月上, 中旬に処理したのから多くなり, 7月中, 下旬ごろまで多い傾向がみられた。

第41表 土壌の一時的過湿と成長 (実験—3)

Table 41. Effect of the temporarily humid moisture condition in the soil on the growth of Japanese larch (Experiment-3)

| 過湿処理期間<br>Period of treatment of flood |               | May13<br>} May30 | May30<br>} Jun.20 | Jun.20<br>} Jul. 8 | Jul. 8<br>} Jul. 29 | Jul. 29<br>} Aug.18 | Aug.18<br>} Sep. 7 | Sep. 7<br>} Sep.27 | 対照区<br>Check    |
|--|---------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 樹高<br>Total height                     | Apr. 28, 1966 | 59.6<br>(54~66)  | 54.3<br>(52~61)   | 58.1<br>(48~67)    | 51.6<br>(45~64)     | 59.0<br>(53~68)     | 58.0<br>(52~67)    | 56.9<br>(45~74)    | 55.7<br>(47~70) |
|  | Oct. 21, 1966 | 77.4<br>(69~88)  | 70.2<br>(63~88)   | 75.6<br>(60~80)    | 65.2<br>(58~76)     | 79.4<br>(71~95)     | 81.9<br>(72~91)    | 80.5<br>(70~92)    | 78.3<br>(69~89) |
| 年間成長量<br>Annual growth (cm)            |               | 17.8<br>(13~25)  | 15.9<br>(11~26)   | 17.5<br>(12~26)    | 13.6<br>(12~18)     | 20.4<br>(14~28)     | 23.9<br>(18~28)    | 23.6<br>(15~26)    | 22.6<br>(14~25) |

Note: Period of test; Apr. 28, 1966~Oct. 21, 1966.

第42表 土壌の一時的過湿と発病 (実験—3)

Table 42. Effect of the temporarily humid moisture condition in the soil on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-3)

| 過湿処理期間<br>Period of treatment of flood | 接種木 枯死木 罹病木<br>Trees inoculated Trees killed by the fungus Trees infected |       |       | 被害度指数別数<br>Degree of damage |   |   |   | 平均被害度指数<br>Mean of degree of damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |                    |  |  |
|--|---|-------|-------|-----------------------------|---|---|---|-------------------------------------|--|--------------------|--|--|
|  | (no.)   | (no.) | (no.) |                             |   |   |   |                                     | 生<br>Living<br>(no.)                         | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形成した個体数<br>Segment producing rhizomorphs (no.) | 菌糸束最大伸長量<br>Maximum length of rhizomorphs (cm) |
|  |   |       |       | 0                           | 1 | 3 | 5 |                                     |  |                    |  |  |
| May11~May30                            | 10  | 0     | 2     | 8                           | 0 | 0 | 2 | 1.0                                 | 10   | 0                  | 3  | 16   |
| May30~Jun.20                           | 10  | 0(1)  | 4     | 6                           | 1 | 1 | 2 | 1.4                                 | 8  | 2                  | 3  | 6  |
| Jun.20~Jul. 8                          | 10  | 0     | 3     | 7                           | 0 | 3 | 0 | 0.9                                 | 10   | 0                  | 9  | 5  |
| Jul. 8~Jul. 29                         | 10  | 0     | 4     | 6                           | 0 | 2 | 2 | 1.6                                 | 9  | 1                  | 5  | 7  |
| Jul.29~Aug.18                          | 10  | 1     | 2     | 8                           | 1 | 1 | 0 | 0.4                                 | 9  | 1                  | 10   | 2  |
| Aug.18~Sep. 7                          | 10  | 0     | 0     | 10                          | 0 | 0 | 0 | 0.0                                 | 8  | 2                  | 0  | 0  |
| Sep. 7~Sep.27                          | 10  | 0     | 3     | 7                           | 0 | 2 | 1 | 1.1                                 | 10   | 0                  | 2  | 4  |

Note: ( ); Trees killed by certain factors except *Armillaria* root rot. Period of test; Apr. 28, 1966~Oct. 21, 1966.

以上3回のくりかえし実験の結果を総合すると、(1)カラマツの成長は6、7月に滞水処理を行なったものが不良で、(2)罹病木も大体6、7月に処理したものに多く現われた。(3)接種原片の状態は生、死の数はほとんど差はなかったが、菌糸束を形成した個体数は6、7、8月に処理したものに比較的多くみられた。

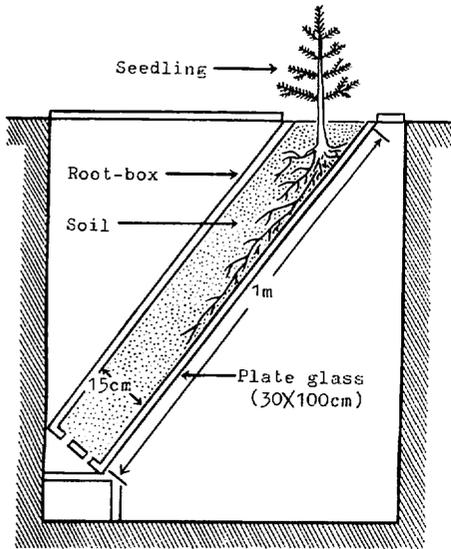
### 第3節 カラマツ苗根端成長の季節的変化

前節の土壌を時期別に過湿処理した実験に関連して、カラマツの根がどのような成長経過をたどるかを知らるために、根箱を用いて根端成長の季節的変化を検討した。

カラマツの根端成長の季節的変化については岩本ら<sup>38)</sup>、菊住<sup>40)</sup>の報告があるが、いずれも1年生苗に限られているので、ここでは2年生苗を用いた。

#### a. 実験方法

根箱はDEAN<sup>17)</sup>が考案した装置に準じ、大きさは15×30×100cmとし、調査しやすいように、下面のガラス板にはあらかじめ5cmごとに縦横に線を入れておいた。根箱は第22図に示すように設置した(Plate 8, A)。



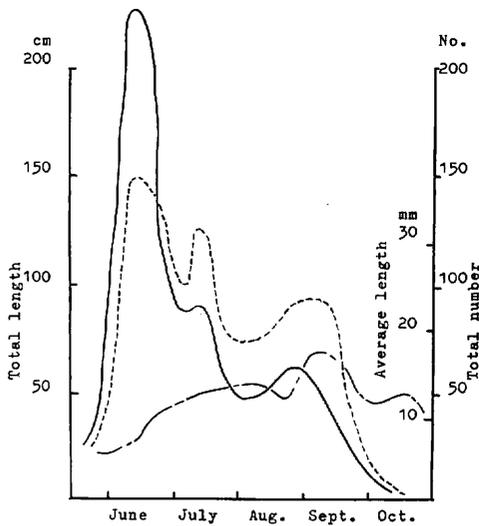
第22図 根箱装置

Fig. 22 Root-box equipment.

1965年5月12日に川砂、圃場の表層土（腐植にすこぶる富む埴壤土）、下層土（腐植に乏しい埴壤土）をそれぞれ2箱ずつつめてカラマツ2年生苗を植えた。苗木はできるだけ形が同じものを選び、根の長さは25cmに切ってそろえた。5月22日から10月20日まで10日おきに、根箱下面のガラス板に新しく成長した長さを色わけして記録し、10月20日にガラス板を抜きとり根端の総成長量、成長した根の本数、1本あたりの成長量等を調査した。また同時に新梢の伸長量も測定した (Plate 8, B. C.)。

b. 実験結果

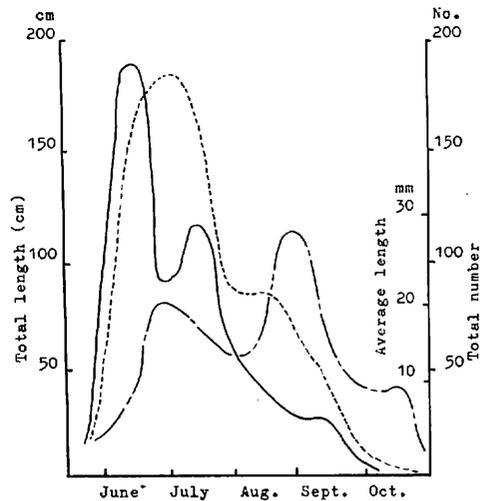
結果は第23, 24, 25および26図に示すとおりである。第23, 24, 25図を比較すると、土壌の種類によって多少異なるが、根端成長量の合計および成長した根の本数には6～7月ごろにヤマがあり、1本あたりの成長量の大きな時期は8～9月で、これは第26図からみると新梢の成長のヤマと大体一致する。



Remark: ..... Total length of the growing roots, every ten days.  
 ——— Total number of the growing roots, every ten days.  
 - - - Average length of the growing roots, every ten days.

第23図 カラマツ苗の根端成長の季節的変化 (表層土中における)

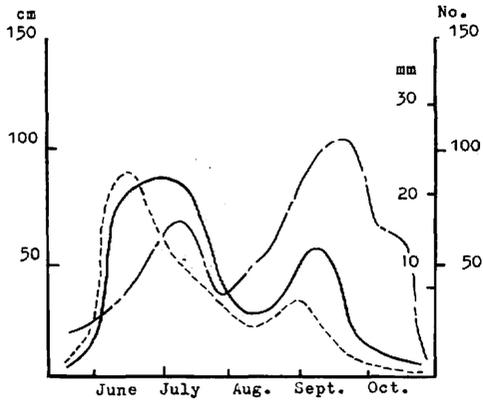
Fig. 23 Growing process of root tips of Japanese larch stocks, 2-year-old, every ten days (in surface soil).



Remark: Refer to Fig. 23.

第24図 カラマツ苗の根端成長の季節的変化 (川砂中における)

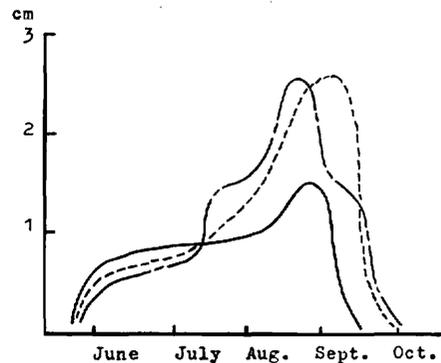
Fig. 24 Growing process of root tips of Japanese larch stocks, 2-year-old, every ten days (in river-bed sand).



Remark: Refer to Fig. 24.

第25図 カラマツ苗の根端成長の季節的变化  
(下層土中における)

Fig. 25 Growing process of root tips of Japanese larch stocks, 2-year-old, every ten days (in subsoil).



Remark: ——— River bed sand,  
- - - Surface soil,  
..... Subsoil.

第26図 カラマツ苗新梢の季節的伸長状況  
Fig. 26 Shoot growth of Japanese larch stocks, every ten days.

前節に述べた土壤の一時的過湿処理試験で6, 7月ごろに処理した場合に, カラマツの成長が阻害される傾向がみられたが, 本実験結果からこの時期はちょうどカラマツの細根が盛んに形成される時期でもあるので, 滞水の影響がより顕著に現われたものと考えられる。

#### 第4節 苗床の高さと発病との関係

現地の発生環境調査の結果, 凸地形部(例:北見, 池田), あるいは凹地形部(例:名寄, 室蘭)に団状被害が現われる箇所があることについてはすでに述べた(第5章, 第1節)。そして前者では春おそくまで土壤凍結がみられ, 夏から秋にかけては乾燥し, これに対し, 後者では一時的過湿あるいは常時過湿という現象がみられた。

本実験においては植え付け床の高さを変えることによって冬期間は土壤凍結を起こさせ, 夏期は乾燥させる区と, 冬期間は土壤を不凍結にし, 夏期は一時的過湿にする区をつくった。これらの床に苗木を植え付け, このような土壤条件が発病にどのような影響をおよぼすかをみるために試験を行なった。なおこの実験は, 多少処理方法をかえて2回繰り返した。

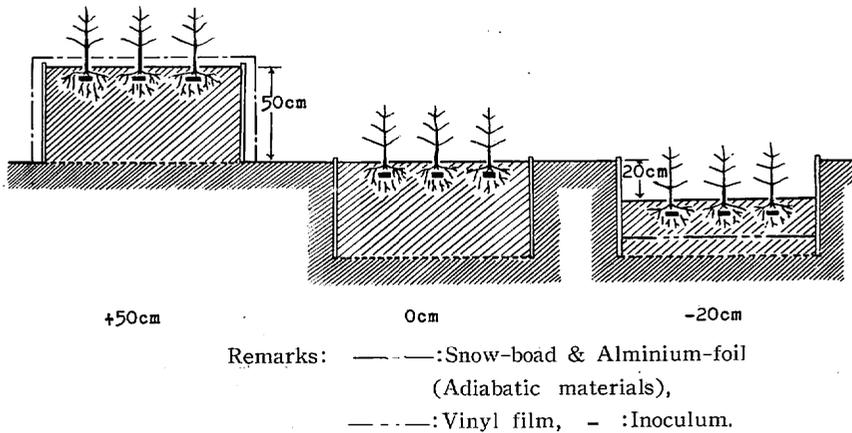
##### 1. 実験—1

##### a. 実験方法

第27図および Plate 7, A. に示すとおり  $1 \times 1 \times 0.5\text{m}$ の板わくをつくり, そのなかに表層土(腐植に富む埴壤土)を均一につめて, 床の高さが地表面から+50cm, 0cm, -20cmになるように設置した。各処理区の木わくは4個ずつ用意した。

1961年11月7日, 各板わく内に3年生カラマツ苗を9本ずつ植え付け, 接種原としては4年生カラマツ造林木の当年罹病枯死した根を径3~4cm, 長さ6cmに切断したものをを用いた。接種は供試苗の根に接種原片をそえる方法によった。比較のため無接種の区をそれぞれ設けた。

##### b. 調査方法



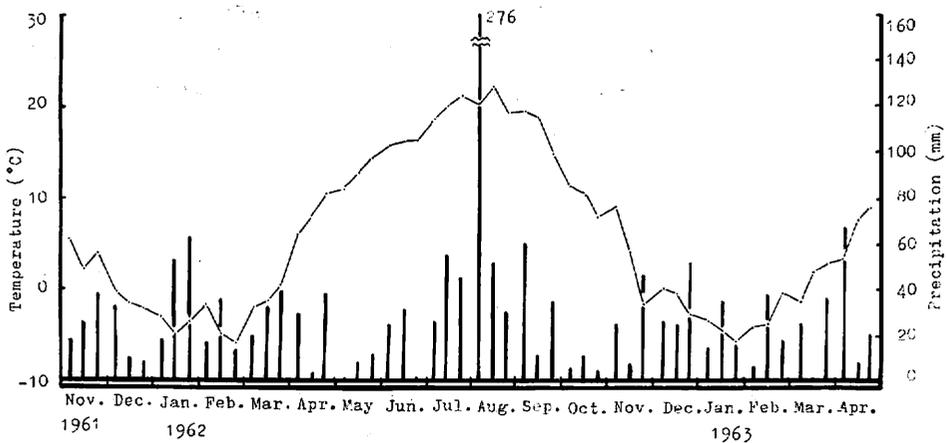
第27図 植え付け床高さ別の接種試験箱  
 Fig. 27 Equipment for the inoculation test at planted beds in various height.

上記のようにして植え付けた苗木は約1年5か月間放置したのち、1963年4月22日に全部掘り取り、各苗木について苗木高を測定し、根をていねいに水洗、剥皮して菌糸膜の形成程度、被害度指数を調査した。また接種原についてはその生死、菌糸束の形成程度および最大伸長量などを観察した。なお試験期間中各区の土壌について地温、土壌水分、土壌の凍結状態（岡上氏法<sup>60</sup>による）、積雪深などもあわせて記録した。

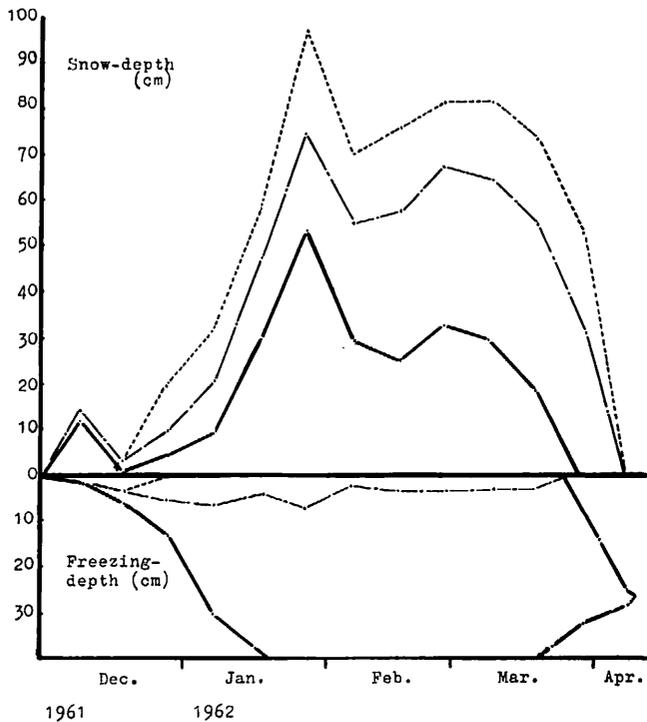
c. 実験結果

実験期間中の気温と降水量は第28図に示すとおりで、最高温度は32.8°C、最低温度は-15.2°Cで、1962年の総降水量は1293.4mmであった（札幌気象台の観測資料による）。

また、1961年12月～1962年4月、1962年11月～1963年4月のそれぞれの期間の各区における積雪深、土壌凍結状態は第29、30図に示すとおりである。

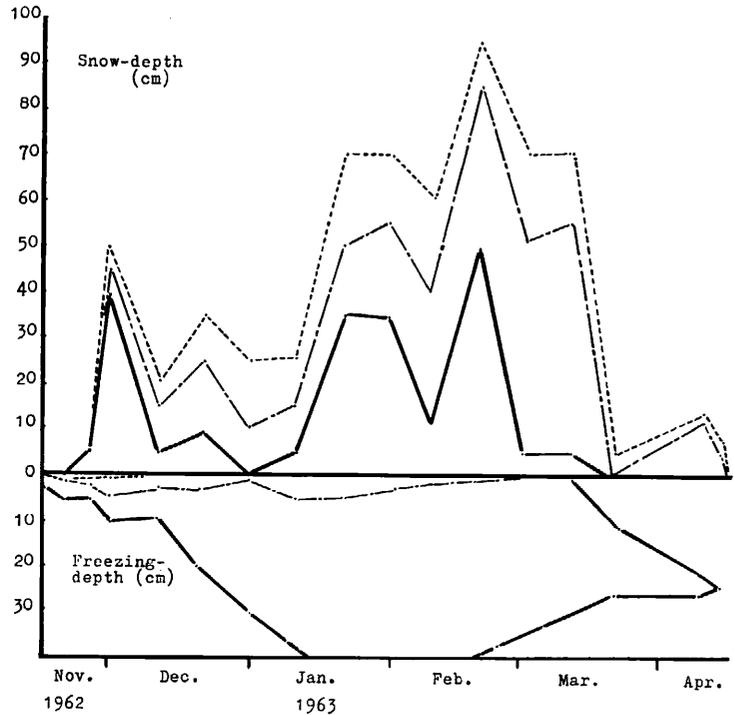


第28図 試験期間中の旬別平均気温と降水量  
 Fig. 28 Mean temperature and sum precipitation of every ten days (by the observation at Sapporo Meteorological Station).



Remark: ——— High bed (+50cm),  
 - - - - - Level bed ( 0cm),  
 ..... Low bed (-20cm).

第29図 植え付け床の高さ別の土壤凍結深と積雪深  
 Fig. 29 Snow depth and freezing-depth during the period of inoculation test in the various heights of planted bed.



Remark: ——— High bed (+50cm),  
 - - - - - Level bed ( 0cm),  
 ..... Low bed (-20cm).

第30図 植え付け床の高さ別の土壤凍結深と積雪深  
 Fig. 30 Snow depth and freezing-depth during the period of inoculation test in the various heights of planted bed.

積雪は年によって異なるが、大体12月初旬から積もりはじめ、1月下旬～2月下旬が最も多くなり4月上旬には消雪する。

土壤凍結状態は -20cm 区ではほとんどみられず、0 cm 区でわずかみられる程度である。+50cm 区の土壤凍結は年により多少差があるが、11月下旬～12月初旬に凍結しはじめ、1月上旬には 30cm 以上の凍結をみる。融解は 2月下旬～3月中旬からはじまり、4月上、中旬には完全に融解する。

一方、春期から秋期にかけての土壤水分状態を比較してみると、降雨などの条件によりかなりのばらつきがみられた。すなわち、+50cm 区では 35～55%、0 cm 区では 40～55%、-20cm 区では 45～55% となっており、-20cm 区では比較的過湿の状態がつづいたのに反し、+50cm 区では乾湿の差がはなはだしかった。

このような土壤環境条件が苗木の生育におよぼす影響を第43表に示した。

第43表 苗床の高さとカラマツの成長 (実験-1)  
Table 43. Effect of height of planted bed on the growth of Japanese larch (Experiment-1)

| 苗床の高さ<br>Height from surface (cm) |               | +50              | 0                 | -20             |
|-----------------------------------|---------------|------------------|-------------------|-----------------|
| 樹高<br>Total height (cm)           | Nov. 7, 1961  | 61.9<br>(51~68)  | 65.2<br>(59~73)   | 65.2<br>(63~71) |
|                                   | Apr. 22, 1963 | 93.7<br>(82~102) | 104.8<br>(86~128) | 91.1<br>(83~97) |
| 年間成長量<br>Annual growth (cm)       |               | 31.8<br>(19~49)  | 39.6<br>(21~71)   | 25.9<br>(19~35) |

Note: Period of test; Nov. 7, 1961~Apr. 22, 1963.

第43表から明らかなように苗木の生育状態は 0 cm 区が比較的良く、ついで +50cm、-20cm 区の順となっており、0 cm 区にくらべて他の 2 区に土壤環境の影響がより顕著に現われている。なかでも比較的過湿の状態がつづいた -20cm 区においてはその影響が大であった。

各区における苗木の罹病状況を第44表に示した。

罹病枯死木は全体的に少なく、+50cm 区で 3 本、0 cm 区で 1 本、-20cm 区では 0 本であった。しかし根の剥皮調査の結果、本菌に感染した苗木の本数は -20cm 区が 25 本で最も多く、+50cm 区、0 cm 区ではそれぞれ 18 本、19 本でほとんど差はなかった。

一方、平均被害度指数を比較すると、-20cm 区が 1.92 で最大の値を示し、ついで +50cm 区の 1.72、0 cm 区の 1.53 の順となっている。

接種原は +50cm 区に死滅したものが多かったが、全体的にみて菌糸束の形成状況は良く、全区を通じて最も長く伸びたものは 23cm であった。

以上の実験結果を要約すると、(1)カラマツ苗の生育は -20cm 区において過湿の影響があらわれて不良であった。(2)+50cm 区においては土壤凍結、乾燥の影響はカラマツ苗の生育に対してはわずかであった。(3)+50cm 区における罹病枯死木は、他の区にくらべて多く現われた。(4)本菌に感染したカラマツは -20cm 区に多く、平均被害度指数も大であった。(5)接種原の死滅は 50cm 区に多くみられた。(6)菌糸束の形成状態は概して良好で、全体の約 50% に認められ、最大伸長量は 23cm に達した。

第44表 苗床の高さと発病(実験—1)  
Table 44. Effect of height of planted bed on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-1)

| 苗床の高さ<br>Height from surface<br>(cm) | 木わく番号<br>Wood-en pot | 接種木数<br>Trees inoculated<br>(no.) | 枯死木数<br>Trees killed by the fungus<br>(no.) | 罹病木数<br>Trees infected<br>(no.) | 被害指数別数<br>Degree of damage |   |    |   | 平均被害度指数<br>Mean of degree of damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |                    |  |   |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|---|----|---|-------------------------------------|--|--------------------|--|---|
|                                      |                      |                                   |   |                                 | 被害指数別数<br>Degree of damage |   |    |   |                                     | 生<br>Living<br>(no.)                         | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形成した個体<br>Segment producing rhizomorphs<br>(no.) | 菌糸束最大伸長量<br>Maximum length of rhizomorphs<br>(cm) |
|                                      |                      |                                   |   |                                 | 0                          | 1 | 3  | 5 |                                     |  |                    |  |   |
| +50                                  | I                    | 9                                 | 1   | 4                               | 5                          | 0 | 2  | 2 | 1.78                                | 4  | 5                  | 3  | 6   |
|                                      | II                   | 9                                 | 1   | 5                               | 4                          | 1 | 2  | 2 | 1.89                                | 6  | 3                  | 5  | 10  |
|                                      | III                  | 9                                 | 1   | 6                               | 3                          | 1 | 3  | 2 | 2.22                                | 5  | 2                  | 6  | 23  |
|                                      | IV                   | 9                                 | 0   | 3                               | 6                          | 1 | 1  | 1 | 1.00                                | 7  | 4                  | 2  | 14  |
|                                      | Sum                  | 36                                | 3   | 18                              | 18                         | 3 | 8  | 7 | 1.72                                | 22   | 14                 | 16   |   |
| 0                                    | I                    | 9                                 | 0   | 4                               | 5                          | 2 | 1  | 1 | 1.11                                | 9  | 0                  | 5  | 9   |
|                                      | II                   | 9                                 | 0   | 3                               | 6                          | 1 | 1  | 1 | 1.00                                | 7  | 2                  | 4  | 18  |
|                                      | III                  | 9                                 | 0   | 6                               | 3                          | 1 | 3  | 2 | 2.22                                | 8  | 1                  | 5  | 10  |
|                                      | IV                   | 9                                 | 1   | 6                               | 3                          | 2 | 3  | 1 | 1.78                                | 9  | 0                  | 5  | 4   |
|                                      | Sum                  | 36                                | 1   | 19                              | 17                         | 6 | 8  | 5 | 1.53                                | 33   | 3                  | 19   |   |
| -20                                  | I                    | 9                                 | 0   | 7                               | 2                          | 2 | 3  | 2 | 2.33                                | 9  | 0                  | 6  | 17  |
|                                      | II                   | 9                                 | 0   | 5                               | 4                          | 1 | 4  | 0 | 1.44                                | 9  | 0                  | 5  | 12  |
|                                      | III                  | 9                                 | 0   | 6                               | 3                          | 2 | 2  | 2 | 2.00                                | 7  | 2                  | 3  | 13  |
|                                      | IV                   | 9                                 | 0   | 7                               | 2                          | 3 | 3  | 1 | 1.89                                | 7  | 2                  | 1  | 5   |
|                                      | Sum                  | 36                                | 0   | 25                              | 11                         | 8 | 12 | 5 | 1.92                                | 32   | 4                  | 15   |   |

Note: Period of test; Nov. 7, 1961~Apr. 22, 1963.

2. 実験—2

a. 実験方法

実験—1で使用した木わくを用いて、くりかえし実験を行なった。1963年11月7日、カラマツ2年生苗の根に接種原(大きさ径3~4cm, 長さ5cm)をそえて植え付けた。

実験—1と異なる点は、+50cm区の土壤凍結期間を延長させるために、1964年3月3日に断熱処理をおこなったことである。処理方法は第27図に示すように、+50cm区の板わくの側面および地表面を厚さ5cmのスノーボード(ポリエスチソン樹脂)でおおい、さらにその上をアルミニウム箔とジュラルミン板でおおった(Plate 7, C.)。また、-20cm区では地表面から土壤を40cm掘り下げ、ビニール布(径2cmの穴を5か所にあける)をしき、その上に土壤を20cmつめ込み、表面が地表から20cm低くなるようにした。

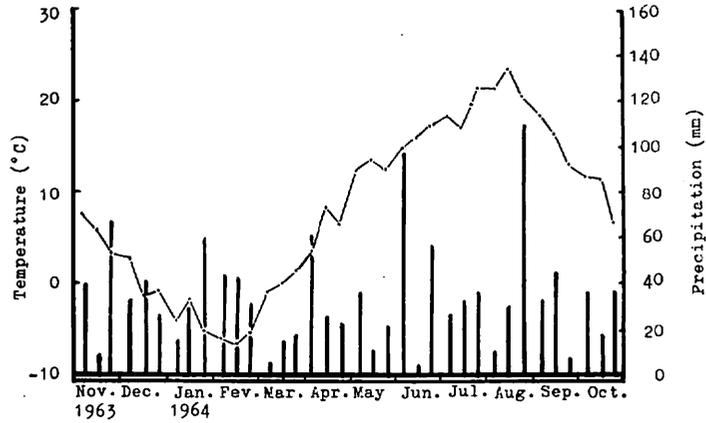
b. 調査方法

1964年10月22日、全苗木を掘り取り実験—1と同じ方法で調査した。

c. 実験結果

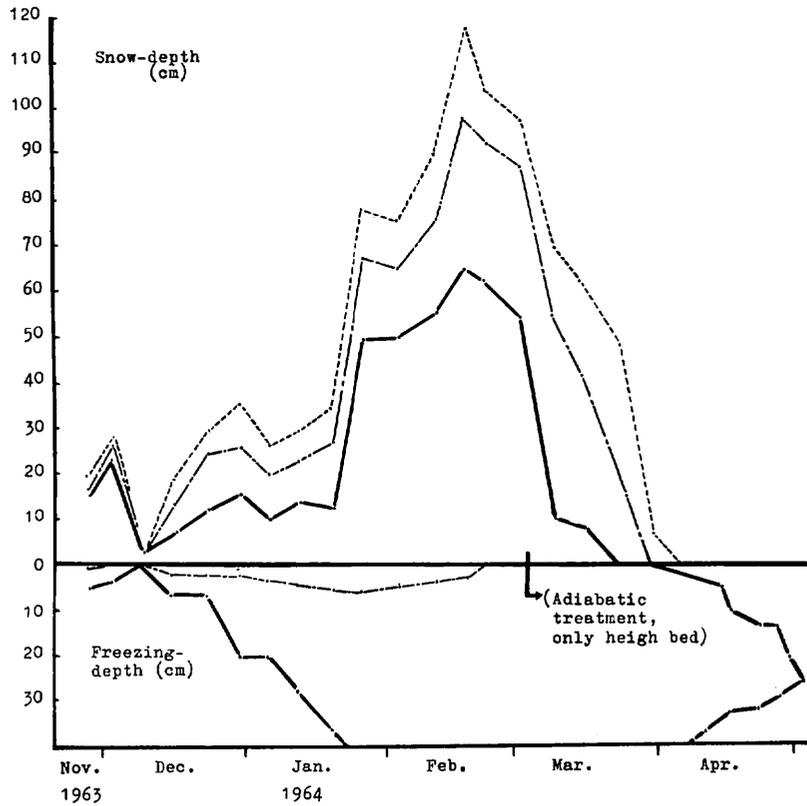
本実験期間中の気温、降水量は第31図に示すとおりで、1964年の最高気温は31.9°C, 最低気温は-17.8°C, 総降水量は1274.1mmであった(札幌気象台の資料による)。

各処理区における積雪および土壤凍結状態は、大体前回の実験と同じ傾向を示したが、今回は+50cm区に断熱処理を行なったため、土壤の凍結期間が前回にくらべ約20日間延長させることができた。すなわち前回は3月中、下旬から土壤凍結層がうすくなりはじめ4月上旬で全部融解したが、今回は第32図に示



第31図 試験期間中の旬別平均気温と降水量

Fig. 31 Mean temperature and sum precipitation of every ten days. (by the observation at Sapporo Meteorological Station).



Remark: ——— High bed (+50cm),  
 - - - - - Level bed ( 0cm),  
 ..... Low bed (-20cm).

第32図 植え付け床の高さ別の土壤凍結深度と積雪深  
 Fig. 32 Snow-depth and freezing-depth during the period of inoculation test in the various heights of planted bed.

すように4月上旬から融けはじめ、4月下旬になってようやく全部融解した。

また、5月上旬から10月下旬までの各区における土壌水分変化は、いずれもかなり著しかった。すなわち、-20cm区ではビニール布をしき込んだ影響があらわれて50~70%とやや過湿になっており、+50cm区では35~55%で比較的乾燥し、また0cm区では45~60%で大体その中間にあった。

カラマツの成長状況は、+50cm区では4月中旬の開葉の時期がややおくれて新梢に生気がなかったが、最終調査の10月下旬の成長量は、第45表に示すとおり、0cm区のそれと大差なく、また-20cm区で過湿の影響が強く現われ生育が阻害された。

第45表 苗床の高さとカラマツの成長(実験-2)  
Table 45. Effect of height of planted bed on the growth of Japanese larch (Experiment-2)

| 苗床の高さ<br>Height from surface (cm) |               | +50             | 0               | -20             |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 樹高<br>Total height (cm)           | Nov. 7, 1963  | 41.4<br>(34~50) | 37.9<br>(31~43) | 41.0<br>(35~46) |
|                                   | Oct. 22, 1964 | 72.0<br>(58~82) | 64.8<br>(57~78) | 58.3<br>(49~64) |
| 年間成長量<br>Annual growth (cm)       |               | 30.6<br>(21~45) | 26.9<br>(18~38) | 17.3<br>(13~20) |

Note: Period of test; Nov. 7, 1963~Oct. 22, 1964.

第46表 苗床の高さと発病(実験-2)  
Table 46. Effect of planted bed on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-2)

| 苗床の高さ<br>Height from surface<br>(cm) | 区<br>Number of pot | 接種木<br>本数<br>Trees inoculated<br>(no.) | 枯死木<br>本数<br>Trees killed by the fungus<br>(no.) | 罹病木<br>本数<br>Trees infected<br>(no.) | 被害度指数別<br>Degree of damage |   |   |   | 平均被害<br>度指数<br>Mean of degree of damage | 調査時における接種源の状態<br>Final condition of inoculum |                    |   |   |
|--------------------------------------|--------------------|--|--|--------------------------------------|----------------------------|---|---|---|---|--|--------------------|---|---|
|                                      |                    |  |  |                                      | 0 1 3 5                    |   |   |   |   | 生<br>Living<br>(no.)                         | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形<br>成した個体<br>数<br>Segment producing rhizomorphs<br>(no.) | 菌糸束最<br>大伸長さ<br>Maximum length of rhizomorphs<br>(cm) |
|                                      |                    |  |  |                                      | 0                          | 1 | 3 | 5 |   |  |                    |   |   |
| +50*                                 | I                  | 9                                      | 4  | 4                                    | 5                          | 0 | 0 | 4 | 2.22                                    | 7  | 2                  | 2   | 5   |
|                                      | II                 | 9                                      | 0  | 4                                    | 5                          | 1 | 3 | 0 | 1.21                                    | 5  | 4                  | 3   | 11  |
|                                      | III                | 9                                      | 2  | 4                                    | 5                          | 0 | 2 | 2 | 1.78                                    | 5  | 4                  | 4   | 35  |
|                                      | IV                 | 9                                      | 2  | 4                                    | 5                          | 0 | 2 | 2 | 1.78                                    | 9  | 0                  | 0   | 27  |
|                                      | Sum                | 36                                     | 8  | 16                                   | 20                         | 1 | 7 | 8 | 1.72                                    | 26   | 10                 | 17  |   |
| 0                                    | I                  | 9                                      | 2  | 5                                    | 4                          | 2 | 1 | 2 | 1.67                                    | 6  | 8                  | 3   | 15  |
|                                      | II                 | 9                                      | 2  | 4                                    | 5                          | 1 | 0 | 3 | 1.78                                    | 9  | 8                  | 2   | 18  |
|                                      | III                | 9                                      | 1  | 4                                    | 5                          | 1 | 1 | 2 | 1.56                                    | 6  | 3                  | 1   | 33  |
|                                      | IV                 | 9                                      | 0  | 3                                    | 6                          | 0 | 2 | 1 | 1.22                                    | 6  | 7                  | 1   | 38  |
|                                      | Sum                | 36                                     | 5  | 16                                   | 20                         | 4 | 4 | 8 | 1.56                                    | 27   | 26                 | 7   |   |
| -20**                                | I                  | 9                                      | 0  | 0                                    | 9                          | 0 | 0 | 0 | 0.00                                    | 8  | 1                  | 3   | 8   |
|                                      | II                 | 9                                      | 0(1)   | 2                                    | 7                          | 1 | 1 | 0 | 0.44                                    | 8  | 1                  | 2   | 2   |
|                                      | III                | 9                                      | 0  | 1                                    | 8                          | 0 | 1 | 0 | 0.33                                    | 8  | 6                  | 1   | 2   |
|                                      | IV                 | 9                                      | 2  | 2                                    | 7                          | 0 | 0 | 0 | 1.11                                    | 7  | 2                  | 1   | 1   |
|                                      | Sum                | 36                                     | 2(1)   | 5                                    | 31                         | 1 | 2 | 2 | 0.47                                    | 26   | 10                 | 7   |   |

Note: Period of test; Nov. 7, 1963~Oct. 22, 1964.

\*; The wooden boxes were covered with Snow-board (adiabatic material), aluminum-foil, and duralumin plate on March 3, 1964

\*\*; Holey vinyl films were laid under the surface of soil.

各区の発病状態は第46表に示した。

+50cm 区に罹病枯死したものが最も多くて 8 本が数えられ、ついで 0 cm 区に 5 本、-20cm 区に 2 本みられた。そして -20cm 区には本菌以外の原因による根腐れ枯死木が 1 本現われた。

供試苗の根の剥皮調査の結果は、+50cm 区、0 cm 区とも 16 本が感染しており、-20cm 区は 5 本で少なかった。また平均被害度指数も +50cm 区が 1.72 で最も大きく、ついで 0 cm 区は 1.56、-20cm 区では 0.47 の値を示した。

接種原については、枯死したものは各区とも 10 個前後で大差がなく、菌糸束の形成個体数は +50cm 区と 0 cm 区では大体同じで、また -20cm 区では他の 2 区にくらべ少なく、菌糸束の伸長量もきわめて小であった。

以上の調査結果を要約すると、(1)断熱処理によって土壌の凍結期間を約 20 日間延長させることができた。(2)ビニール布しき込みにより前回よりもかなり土壌を過湿にさせることができた。(3)その結果罹病枯死木は +50cm 区に比較的多く発生した。(4) -20cm 区では過湿の影響が強く現われて苗木の生育は不良となり、菌糸束の形成状況が悪く、発病本数も少なく、本菌によらない根腐れ枯死木があらわれた。(5)各区を通じての菌糸束の最大伸長量は 38cm であった。

#### 第 5 節 表層土および下層土と発病との関係

土壌の種類と発病との関係を検討するために、腐植に富む表層土と腐植に乏しい下層土とを用いて人工接種により、この間の比較を行なった。

##### a. 実験方法

圃場内に 1×1×1 m の無底コンクリートポットを埋め込み、ポットの下部には礫を、そしてその上に 20cm 厚さに川砂を敷き、さらにその上に表層土、あるいは下層土を別々にコンクリートポット上面までいっぱいにつめた。このようなポットをそれぞれ 5 個ずつ準備し、供試土壌の土性は第47表に示した。

第47表 供 試 土 壌  
Table 47. Soil used for the experiment

|                          | 色<br>Color         | 腐 植<br>Humus | 石 礫<br>Stone     | 土 性<br>Texture | 堅 密 度<br>Compactness | 水 湿 状 態<br>Moisture | 根<br>Root | pH  |
|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|----------------------|---------------------|-----------|-----|
| 表 層 土<br>Surface<br>soil | blackish<br>brown  | abundant     | —                | SL-SiL         | loose                | moderate            | frequent  | 5.0 |
| 下 層 土<br>Subsoil         | yellowish<br>brown | scantly      | occa-<br>sionary | SiL            | slightly hard        | slightly<br>dry     | —         | 5.4 |

Remark: Texture; SL;Sandy loam,  
SiL;Silt loam.

カラマツ 2 年生苗を用い、植付け方法、接種方法は前実験と同じ方法で行なった。なお本実験は 2 回くりかえした。

##### b. 実験結果

この結果は第48, 49, 50, 51表に示した。

第48表および第50表についてカラマツ苗の成長を比較すると、表層土の方が下層土より良い結果を示し

第48表 表層土と下層土中におけるカラマツの成長状況 (実験—1)  
Table 48. Effect of surface soil and subsoil on the growth of Japanese larch (Experiment-1)

| コンクリートポット<br>Concrete pot | 表 層 土<br>Surface soil |                        |                     | 下 層 土<br>Subsoil       |    |    |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----|----|
|                           | 樹 高<br>Total height   | 年間成長量<br>Annual growth | 樹 高<br>Total height | 年間成長量<br>Annual growth |    |    |
|                           | Nov. 7, 1961          | Apr. 22, 1963          | Nov. 7, 1961        | Apr. 22, 1963          |    |    |
| I                         | 37                    | 84                     | 47                  | 38                     | 74 | 36 |
| II                        | 42                    | 97                     | 55                  | 44                     | 78 | 34 |
| III                       | 37                    | 76                     | 39                  | 37                     | 71 | 34 |
| IV                        | 41                    | 92                     | 51                  | 42                     | 88 | 46 |
| V                         | 39                    | 97                     | 58                  | 34                     | 62 | 28 |
| Ave.                      | 39                    | 89                     | 50                  | 39                     | 75 | 36 |

Note: Period of test; Nov. 6, 1962~Oct. 29, 1963.

第49表 表層土および下層土中における発病 (実験—1)  
Table 49. Effect of surface soil and subsoil on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-1)

| 土 壌<br>Soil         | コンクリートポット番号<br>Concrete pot | 接種本数<br>Trees inoculated | 枯死木数<br>Trees killed by the fungus | 罹病木数<br>Trees infected | 被害度指数別<br>Degree of damage |   |   |    | 平均被害度指数<br>Mean of degree of damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |           |  |   |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------|---|---|----|-------------------------------------|--|-----------|--|---|
|                     |                             |                          |                                    |                        | 被害度指数別<br>Degree of damage |   |   |    |                                     | 生<br>Living                                  | 死<br>Dead | 菌糸束を形成した個体数<br>Segment producing rhizomorphs | 菌糸束最大伸長量<br>Maximum length of rhizomorphs |
|                     |                             |                          |                                    |                        | 0                          | 1 | 3 | 5  |                                     |  |           |  |   |
| 表層土<br>Surface soil | I                           | 6                        | 0                                  | 4                      | 2                          | 2 | 1 | 1  | 1.67                                | 6  | 0         | 4  | 19  |
|                     | II                          | 6                        | 0                                  | 3                      | 3                          | 0 | 1 | 2  | 2.17                                | 5  | 1         | 2  | 7   |
|                     | III                         | 6                        | 0                                  | 3                      | 3                          | 1 | 1 | 1  | 1.50                                | 5  | 1         | 1  | 5   |
|                     | IV                          | 6                        | 0                                  | 4                      | 2                          | 1 | 0 | 3  | 2.67                                | 6  | 0         | 5  | 20  |
|                     | V                           | 6                        | 2                                  | 3                      | 3                          | 0 | 0 | 3  | 2.50                                | 6  | 0         | 3  | 4   |
|                     | sum.                        | 30                       | 2                                  | 17                     | 13                         | 4 | 3 | 10 | 2.10                                | 28   | 2         | 15   |   |
| 下層土<br>Sub-soil     | I                           | 6                        | 1                                  | 3                      | 3                          | 1 | 1 | 1  | 1.50                                | 4  | 2         | 4  | 0   |
|                     | II                          | 6                        | 0                                  | 4                      | 2                          | 0 | 3 | 1  | 2.33                                | 5  | 1         | 4  | 11  |
|                     | III                         | 6                        | 0                                  | 4                      | 2                          | 2 | 0 | 2  | 2.00                                | 6  | 0         | 4  | 11  |
|                     | IV                          | 6                        | 0                                  | 2                      | 4                          | 0 | 0 | 2  | 1.67                                | 5  | 1         | 4  | 11  |
|                     | V                           | 6                        | 1                                  | 3                      | 3                          | 0 | 1 | 2  | 2.17                                | 6  | 0         | 2  | 1   |
|                     | Sum.                        | 30                       | 2                                  | 16                     | 14                         | 3 | 5 | 8  | 1.93                                | 26   | 4         | 18   |   |

Note: Period of test; Nov. 6, 1962~Oct. 29, 1963.

ている。つぎに罹病本数を比較すると、実験—1 (第49表) ではほとんど差がなかったが、実験—2 (第51表) では表層土に罹病本数が多く、また平均被害度指数も大であった。一方、接種原は表層土の方が菌糸束最大長において大きい傾向がみられた。

第6節 考 察

ナラタケの人工接種試験はすでに古くから行なわれ、その失敗例、成功例が数多く報告されており<sup>51) 6)</sup> 18) 50) 65) 93) 98)、本菌の寄主体侵入法、病理組織学的・細胞学的観察結果も公にされてきた<sup>15) 93)</sup>。しかし、本病の発生誘因としての土壌環境、とくに土壌水分との関連においてとりあげられた、接種試験例はみあたらない。

第50表 表層土と下層土中におけるカラマツの成長状況 (実験-2)  
 Table 50. Effect of surface soil and subsoil on the growth of Japanese larch (Experiment-2)

| コンクリートポット<br>Concrete pot | 表 層 土<br>Surface soil |               |                        | 下 層 土<br>Subsoil    |               |                        |
|---------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|---------------------|---------------|------------------------|
|                           | 樹 高<br>Total height   |               | 年間成長量<br>Annual growth | 樹 高<br>Total height |               | 年間成長量<br>Annual growth |
|                           | Nov. 7, 1963          | Nov. 11, 1964 |                        | Nov. 7, 1963        | Nov. 11, 1964 |                        |
| I                         | 33                    | 56            | 23                     | 35                  | 45            | 10                     |
| II                        | 35                    | 47            | 12                     | 38                  | 46            | 8                      |
| III                       | 32                    | 49            | 17                     | 33                  | 41            | 8                      |
| IV                        | 36                    | 53            | 17                     | 34                  | 48            | 15                     |
| V                         | 37                    | 48            | 11                     | 31                  | 49            | 17                     |
| Ave.                      | 35                    | 51            | 16                     | 34                  | 46            | 12                     |

Note: Period of test; Nov. 7, 1963~Nov. 11, 1964.

第51表 表層土および下層土中における発病 (実験-2)  
 Table 51. Effect of surface soil and subsoil on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch (Experiment-2)

| 土 壌<br>Soil         | コンクリートポット番号<br>Concrete pot | 接種木数<br>Trees inoculated<br>(no.) | 枯死木数<br>Trees killed by the fungus<br>(no.) | 罹病木数<br>Trees infected<br>(no.) | 被害度指数別<br>Degree of damage |   |   |   | 平均被害度指数<br>Mean of degree of damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |                    |  |   |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|---|---|---|-------------------------------------|--|--------------------|--|---|
|                     |                             |                                   |   |                                 | 0 1 3 5                    |   |   |   |                                     | 生<br>Living<br>(no.)                         | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形成した個体<br>Segment producing rhizomorphs<br>(no.) | 菌糸束最大伸長量<br>Maximum length of rhizomorphs<br>(cm) |
|                     |                             |                                   |   |                                 | 0                          | 1 | 3 | 5 |                                     |  |                    |  |   |
| 表層土<br>Surface Soil | I                           | 6                                 | 0   | 4                               | 2                          | 0 | 2 | 2 | 2.67                                | 4  | 2                  | 2  | 1   |
|                     | II                          | 6                                 | 0   | 1                               | 5                          | 0 | 1 | 0 | 0.50                                | 3  | 3                  | 2  | 16  |
|                     | III                         | 6                                 | 1   | 2                               | 4                          | 0 | 1 | 1 | 1.33                                | 5  | 1                  | 4  | 10  |
|                     | IV                          | 6                                 | 1   | 3                               | 3                          | 1 | 1 | 1 | 1.50                                | 4  | 2                  | 3  | 4   |
|                     | V                           | 6                                 | 1   | 4                               | 2                          | 0 | 2 | 2 | 2.67                                | 6  | 0                  | 6  | 8   |
|                     | Sum.                        | 30                                | 3   | 14                              | 16                         | 1 | 7 | 6 | 1.73                                | 22   | 8                  | 17   |   |
| 下層土<br>Sub-soil     | I                           | 6                                 | 1   | 1                               | 5                          | 0 | 0 | 1 | 0.83                                | 5  | 1                  | 4  | 7   |
|                     | II                          | 6                                 | 1   | 1                               | 5                          | 0 | 0 | 1 | 0.83                                | 5  | 1                  | 2  | 4   |
|                     | III                         | 6                                 | 0   | 1                               | 5                          | 0 | 1 | 0 | 0.50                                | 4  | 2                  | 0  | 0   |
|                     | IV                          | 6                                 | 1   | 3                               | 3                          | 0 | 1 | 2 | 2.17                                | 4  | 2                  | 3  | 4   |
|                     | V                           | 6                                 | 0   | 1                               | 5                          | 0 | 0 | 1 | 0.83                                | 5  | 1                  | 3  | 4   |
|                     | sum.                        | 30                                | 3   | 7                               | 23                         | 0 | 2 | 5 | 1.03                                | 23   | 7                  | 12   |   |

Note: Period of test; Nov. 7, 1963~Nov. 11, 1964.

本章においては、発生環境調査から得られた土壌環境因子と発病との関係を、さらに実験的に確かめるために、人為的に調節した土壌環境下で行なった人工接種試験結果を述べてきたのであるが、以下本病の発生に影響をおよぼす諸因子について考察を試みる。

1. 土壌の過湿と発病

地下水位と林木苗の成長との関係について高樋ら<sup>90)</sup>の報告によれば、シラカンバの樹高成長は10cm区で最も悪く、30cm区および50cm区では大きな差はみられず、またドロヤナギは地下水位が低くなるほど成長量も大になる傾向を示すという。土壌空気中の酸素濃度が樹木の成長におよぼす影響について苅住ら<sup>89)</sup>が、カラマツはアカマツ、スギ等にくらべ嫌氣的条件に弱く、土壌空気中のO<sub>2</sub>濃度が4%以下になる

と、成長が著しく不良になり、枯死するものが多くなると報じているようにカラマツの根は明らかに好気性であるといえる。

土壤中におけるナラタケ菌糸束の成長については岡部<sup>59)</sup>の観察によれば、かなり多湿の状態でも生育すると記しているが、土壤空気量が15%以下になると菌糸束の生育が急に衰えることを記している。そして、貯水池の導水トンネルの水底で本菌の菌糸束が30ftも伸びていたという FINDLAY<sup>20)</sup>の報告例を引用し、このことは溶存酸素に富む水中で本菌菌糸束が生育しうるのであると推断している。

REITSMA<sup>70)</sup>は菌糸束の培養実験を行ない、酸素がないと生育することができないことを明らかにし、また BLISS<sup>6)</sup>も本菌の培養試験において空気を表面から除くと菌の生育は停止し、ついには枯死すると述べている。これらのことから本菌の菌糸束もまた好気性であると考えられる。しかし、実験的に地下水水位を一定にすることにも困難があり、さらに土壤孔隙の毛管張力、重力水、地表面からの蒸散、苗木の水分吸収などのために、その上層の土壤水分も変動が大きく、必ずしも一定しがたいが、本実験においてはコンクリートポットを用い、外見的に地下水水位を-10cmになるようにガラス管によって調節した区では土壤は過湿状態になっており、カラマツの細根が黒変し、成長は著しく不良になり、なかには枯死するものもみとめられ、接種原からの菌糸束の伸びもきわめて不良であった。このことは前記諸氏の報告と関連が深く、また現地における環境調査でみられた発病状況および菌糸束の分布と、同じ傾向を示している。一方-30cm、-50cm、-100cmと地下水水位を低く調節した区では、土壤は湿性あるいは適潤性の状態であったため、カラマツおよび本菌菌糸束の成長はともに良好で、また発病も多くみとめられた。

季節的に土壤水分を調節して行なった実験の結果は、6~7月の間に20日間過湿処理のものがカラマツの成長に影響し、また罹病木も比較的多く現われた。これはつきに行なった根箱試験によるカラマツの根の季節的变化と大きな関係があるようである。根箱試験はいうまでもなく、特殊な土壤環境内における根の生育であるから、これをもって野外における根の成長と同じであると考えられないが、根の季節的生育傾向をみるためには簡便な方法である。その結果は、根端成長量の合計および成長した根の本数は6~7月が大で、苗齢のちがいはあるが、岩本ら<sup>38)</sup>、荻住<sup>40)</sup>と同一の傾向がみられた。これは、この時期に根端細胞の分化が旺盛で、したがってカラマツ細根の成長が最も盛んなことを示しているものと考えられる。このような時期に、苗木の根部に滞水すると、遊離酸素をとくに必要とするカラマツでは、根端が腐敗枯死するものが現われ、ひいてはカラマツの成長に少なからず影響するものと考えられる。

これらのことは、現地調査において土壤が常時過湿な箇所では、本病による罹病枯死木は少なく、土壤中の酸素不足がもたらす根腐れによる枯死木が多くみとめられ、またその周辺部の適湿部分、あるいは一時的に過湿になる場所に、本病罹病木が多くみられたことと密接な関連があるようである。

## 2. 土壤の凍結と発病

土壤凍結とカラマツの成長については赤井ら<sup>1)</sup>、浅田<sup>9)</sup>の長野県下における調査報告がある。それらによると傾斜のゆるやかになった斜面の下部、あるいは上部のいずれかにおいて成長が悪い傾向があることを明らかにしている。そして傾斜の少ない斜面の下部、あるいは尾根筋付近では、凍結が完全になくなるまで停滞水となってそこにとどまるため、成長開始期における融凍水の一時的な停滞が、カラマツの成長に対してかなり著しい悪影響を与えるであろうと述べている。今田ら<sup>48)</sup>は土壤凍結がトドマツの凍害に著しく影響することを報じ、ことに土壤が凍結していて直射日光を受けた区の主軸の頂芽や、苗木の枯死が多いことを指摘している。そしてこの原因は根からの水分の補給が著しく困難か、あるいはほとんど不可

能とも考えられるのに、地上部では輻射熱のために、より水分を失いやすい状態になっているためであるとしている。また、高橋ら<sup>89)</sup>は土壤凍結とカラマツの成長について報告し、圃場における春期の土壤凍結および低地温は開葉に不利な制約因子となるが、致命的因子とはならないと述べ、また造林不成績の主要因は土壤凍結と、その融解時の一時的停滞過湿によるものと考えられるとしている。以上諸氏の報告例から土壤の凍結、とくに春期における土壤凍結および融解時の一時的過湿は、林木の生理に大きく影響することが想像される。

本実験においては、春期カラマツが成長を開始するところまでの土壤凍結は、カラマツの生育に一時的に影響をおよぼし、新芽の展開がおくれた。しかしその後土壤が融解したのちは、ふたたび活力をとりもどし、ほぼ順調に成長した。このことは高橋ら<sup>89)</sup>が指摘していることと一致する。そして、罹病木は土壤凍結期間を延長させた区に多く現われた。これについては上記諸氏の意見のように土壤凍結、それにつづく融解、一時的過湿が樹勢を弱め、本病発生の誘因になったものと考えられる。

## 第 7 章 土壤中における本菌菌糸束の行動

### 第 1 節 土壤の種類と菌糸束の伸長

各地の環境調査において土壤の種類によって菌糸束の量が、それぞれ異なる事例がしばしばみられた。これについて岡部<sup>89)</sup>の室内実験成績によれば、山林表土において最も成長がよく、ついで桑園表土、川砂の順になっている。GARRETT<sup>21)</sup>は木質接種原を湿った土壤中に埋めると、数週間以内に菌糸束があらゆる方向に伸び出すが、接種原を石英砂中に埋めた場合には、菌糸束の生育はみられなかったと述べている。

ここでは菌糸束の成長状況を圃場の土壤を用い、野外において検討した。

#### a. 実験方法

供試土壤は苗畑の(1)表層土、(2)下層土、(3)表層土に堆肥を混入した土壤、および(4)川砂の 4 種とした。苗畑土壤は火山灰質で、土壤型は B/b、表層土は腐植にすこぶる富む埴壤土で黒褐色、下層土は腐植に乏しい埴壤土で黄褐色を呈している。pH は表層土 5.0、下層土 5.4 で、後者の方がやや高くなっている。川砂は河原から採集して 2 mm のふるいを通した。これらの土壤を径 18cm の薬焼 4 鉢につめ、それぞれ 4 鉢とした。

各鉢にはその表面から約 10cm の深さに接種原を埋め込み、鉢の上面が地表面とほぼ同じになるように圃場に埋設した。約 1 年後、接種原をとり出して水洗し、菌糸束の形成状況を調査した。この実験は 3 回くりかえして行なった。接種原は、第 1 回実験では径 3~4 cm、長さ 6~7 cm のものを、第 2 回実験では径 3~4 cm、長さ 5 cm の大きさのものを、また、第 3 回実験では径 1~2 cm、長さ 8 cm のカラマツの根に人工培養した接種原を用いた。

#### d. 実験結果

結果はそれぞれ第 52、53、54 表に示すとおりである。これら各表を通じて見られることは、表層土および表層土と堆肥混合の土壤とにおいて菌糸束形成がよく、また最大伸長量も平均して大であるが、腐植の乏しい下層土および川砂では菌糸束の形成、伸長ともに不良であった。このことは岡部<sup>89)</sup>の実験結果と一致している。またこれら各試験を通じて、接種原の大きさが菌糸束の形成、伸長に大きく影響しているようである。人工培養による接種原の場合菌糸束の形成は、他のものにくらべ良くなかったが、これはその大きさが小さいことによると思われる。

第52表 土壤の種類と菌糸束伸長 (実験—1)

Table 52. Effect of various soils on the development of rhizomorphs of *Armillaria mellea* (Experiment-1)

| 土 壤<br>Soil                    | 区<br>Pot | 菌糸束の形成程度<br>Degree of the develop-<br>ment of rhizomorphs | 菌糸束形成個体本数<br>Nos. of rhizomorphs<br>produced<br>(no.) | 菌糸束最大伸長量<br>Maximum length of<br>rhizomorphs<br>(cm) |
|--------------------------------|----------|---|---|--|
| 表 層 土<br>Surface soil          | I        | ++++  | 25  | 31   |
|                                | II       | ++++  | 23  | 35   |
|                                | III      | +++   | 28  | 17   |
|                                | IV       | ++++  | 21  | 25   |
| 下 層 土<br>Subsoil               | I        | ++  | 11  | 9  |
|                                | II       | +   | 3   | 11   |
|                                | III      | +++   | 21  | 16   |
|                                | IV       | +   | 3   | 2  |
| 表層土と堆肥の<br>混合土<br>Mixture soil | I        | ++++  | 36  | 22   |
|                                | II       | ++++  | 22  | 27   |
|                                | III      | +++   | 21  | 19   |
|                                | IV       | +++   | 17  | 18   |
| 川 砂<br>River-bed sand          | I        | +++   | 13  | 24   |
|                                | II       | +   | 9   | 2  |
|                                | III      | ++  | 2   | 8  |
|                                | IV       | +   | 7   | 4  |

Note: Period of incubation: Nov. 14, 1962~Oct. 24, 1963.

\*; Compost and surface soil.

第53表 土壤の種類と菌糸束伸長 (実験—2)

Table 53. Effect of various soils on the development of rhizomorphs of *Armillaria mellea* (Experiment-2)

| 土 壤<br>Soil                     | 区<br>Pot | 菌糸束の形成程度<br>Degree of the develop-<br>ment of rhizomorphs | 菌糸束形成個体数<br>Nos. of rhizomorphs<br>produced<br>(no.) | 菌糸束最大伸長量<br>Maximum length of<br>rhizomorphs<br>(cm) |
|---------------------------------|----------|---|--|--|
| 表 層 土<br>Surface soil           | I        | +++   | 5  | 20   |
|                                 | II       | +++   | 6  | 20   |
|                                 | III      | ++  | 3  | 10   |
|                                 | IV       | ++  | 5  | 15   |
| 下 層 土<br>Subsoil                | I        | ++  | 6  | 5  |
|                                 | II       | +   | 3  | 5  |
|                                 | III      | ++  | 5  | 10   |
|                                 | IV       | +++   | 7  | 15   |
| 表層土と堆肥の<br>混合土<br>Mixture soil* | I        | ++  | 3  | 10   |
|                                 | II       | +++   | 5  | 20   |
|                                 | III      | ++  | 3  | 15   |
|                                 | IV       | ++  | 8  | 15   |
| 川 砂<br>River-bed sand           | I        | +++   | 10   | 16   |
|                                 | II       | ++  | 7  | 10   |
|                                 | III      | ++  | 2  | 10   |
|                                 | IV       | ++  | 5  | 16   |

Note: Period of incubation: Nov. 1, 1963~Nov. 5, 1964.

\*; Compost and surface soil.

第54表 土壌の種類と菌糸束伸長（実験—3）

Table 54. Effect of various soils on the development of rhizomorphs of *Armillaria mellea* (Experiment-3)

| 土 壤                             | 区   | 菌 糸 束 の 形 成 程 度                               | 菌 糸 束 形 成 個 体 数                          | 菌 糸 束 最 大 伸 長 量                          |
|---------------------------------|-----|---|--|--|
| Soil                            | Pot | Degree of the develop-<br>ment of rhizomorphs | Nos. of rhizomorphs<br>produced<br>(no.) | Maximum length of<br>rhizomorphs<br>(cm) |
| 表 層 土<br>Surface soil           | I   | +   | 3  | 3  |
|                                 | II  | —   | 0  | 0  |
|                                 | III | ++  | 6  | 11                                       |
|                                 | IV  | ++  | 4  | 13                                       |
| 下 層 土<br>Subsoil                | I   | +   | 4  | 3  |
|                                 | II  | +   | 1  | 1  |
|                                 | III | —   | 0  | 0  |
|                                 | IV  | +   | 3  | 2  |
| 表層土と堆肥の<br>混合土<br>Mixture soil* | I   | ++  | 5  | 8  |
|                                 | II  | ++  | 4  | 12                                       |
|                                 | III | +   | 3  | 9  |
|                                 | IV  | +   | 2  | 5  |
| 川 砂<br>River-bed sand           | I   | +   | 2  | 5  |
|                                 | II  | +   | 2  | 9  |
|                                 | III | +   | 1  | 10                                       |
|                                 | IV  | ++  | 3  | 7  |

Note: Period of incubation; Dec. 1, 1964~Oct. 4, 1965.

\*: Compost and surface soil.

第 2 節 地表面からの深さと菌糸束の成長との関係

野外調査の結果、菌糸束の土壌中における垂直分布は、地表下 10cm までの比較的浅い部分に多く、まれに地表下 60cm のところにも観察された。人工培養した接種原片を用いて、この点を確かめるために次の試験を行なった。

a. 試験方法

カラマツの根（直径1.5cm, 長さ7cm）に人工培養した材片を接種原として用いた。

まず地表下70cmの土壌断面を掘り、地表から10cmおきに60cmまで小さな横穴をつくり、その中へ上記材片を5個ずつ水平に並べ、土壌をもとのとおりに埋めた（1965年5月19日）。同時に地表下10, 30, 60cmの各点の土壌温度を観測できるように温度計を設置し、地中温度は設置後7日おきに10月中旬まで観測（9時観測）した。

d. 試験結果

供試材片は約5か月経過後の10月28日に全部掘り取り、各材片について菌糸束の形成個体数、菌糸束の本数、菌糸束の最大長などについて調査した結果は、第55表に示した。

第55表からみると菌糸束を形成した個体数は、地表下40cmに埋設したもののまでみられ、それらのうち地表下10cmのものが菌糸束形成状況がよく、またその最大伸長量が大きであった。

この試験期間中の地中3点の温度変化は第33図に示すとおりで-10cmでは8月上旬に、-30cmと-60cmでは8月下旬に最高となり、それぞれ25.0°C, 21.5°C, 18.4°Cを示し、-10cmと-30cmおよび-60cmとでは最高になる時期に約1か月ずれがあった。

第55表 地表面からの深さと本菌菌糸束の成長  
Table 55. Effect of depth from soil surface on the development of rhizomorphs of *Armillaria mellea*

| 地表面からの深さ<br>Depth from surface (cm) | 供試接種原本数<br>Tested inoculum segment (no.) | 菌糸束形成個体数<br>Segments producing rhizomorphs (no.) | 菌糸束本数<br>Nos. of rhizomorphs produced (no.) | 菌糸束最大長<br>Maximum length of rhizomorphs (cm) |
|-------------------------------------|--|--|---|--|
| 10                                  | 5  | 5  | 10  | 11   |
| 20                                  | 5  | 1  | 2   | 4  |
| 30                                  | 5  | 2  | 3   | 5  |
| 40                                  | 5  | 1  | 2   | 1  |
| 50                                  | 5  | 0  | 0   | 0  |
| 60                                  | 5  | 0  | 0   | 0  |

Note: Period of incubation; May 19, 1965~Oct. 28, 1965.

この試験では人工培養した材片を用い、また土中埋蔵期間が約5か月に限定されたが、土中における菌糸束の生育様態は、現地環境調査の傾向と深い関連がみられた。

第3節 土壌中の本菌の捕捉試験

土壌中の病原菌の検診には、各病害の種類によっていろいろな検診法<sup>36)</sup>が示されている。鈴井・鏡谷<sup>38)</sup>は11種の樹枝を用いて土壌中の紫紋羽病菌の着菌状況を比較検討し、ニセアカシア、ホソバカワヤナギ等が良い結果を示したとしている。ナラタケ菌は直接土壌中の菌糸束を採集し比較することはできるが、捕そく植物を用いる場合、

どのような樹種が好適であるかを知るために次の試験を行なった。

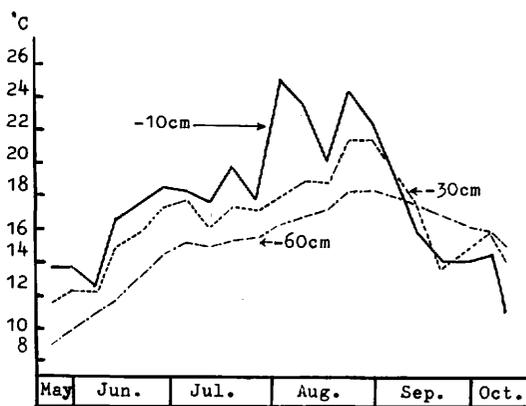
a. 試験方法

第56表に示す針葉樹6種、広葉樹6種計12種の枝を用い、枝の大きさは径1~1.5cm、長さ10cmとし、100°Cで15分間乾熱殺菌した。

1965年5月25日、20年生トドマツ林の林内、林縁、林外の3か所にそれぞれ1×2mのわくをつくり、その中に上記各樹種の枝片5本ずつ計60本をランダムに埋め込んだ。約5か月後の10月28日全枝片を掘り出し、本菌のまんえん状況を調査した。

b. 試験結果

結果は第56表、Plate 9, Dに示すとおりで、全樹種に本菌が捕そくされたが、針葉樹よりも広葉樹に比較的好く菌糸束を形成したものが認められた。また枝片中の菌糸膜形成程度は Plate 9, Dに示すとおり、樹種によって異なり菌糸膜が厚いものや薄いものなどがあり、なかには帯線を形成したものも見られた。



第33図 試験期間中の土壌中の温度

Fig. 33 Underground soil temperature during the experiment at Toyohira, Sapporo (1965).

た。

第56表 各種材片による土壌中のナラタケ菌捕そく状況  
Table 56. Trap test for rhizomorphs of *Armillaria mellea* in the soil

| 樹種<br>Species of segment | 埋め込み場所別のナラタケ菌捕そく材片数<br>Nos. of segments producing rhizomorphs |                    |                     |          |    |
|--------------------------|---|--------------------|---------------------|----------|----|
|                          | 伐開地<br>Cut-over area  | 林縁部<br>Forest edge | 林内<br>Within forest | 計<br>Sum |    |
| 針葉樹<br>Coniferous tree   | Ezo spruce  | 1                  | 1                   | 1        | 3  |
|                          | Spruce  | 3                  | 2                   | 2        | 7  |
|                          | Todo fir  | 1                  | 3                   | 1        | 5  |
|                          | Sugi  | 1                  | 0                   | 0        | 1  |
|                          | White pine  | 2                  | 2                   | 1        | 5  |
|                          | Japanese larch  | 2                  | 3                   | 2        | 7  |
|                          | Sum   | 10                 | 11                  | 7        | 28 |
| 広葉樹<br>Latifoliate tree  | Black locust  | 2                  | 5                   | 4        | 11 |
|                          | Alder   | 4                  | 2                   | 2        | 8  |
|                          | Japanese ash  | 3                  | 2                   | 1        | 6  |
|                          | Katura  | 1                  | 0                   | 3        | 4  |
|                          | Poplar  | 0                  | 3                   | 0        | 3  |
|                          | White birch   | 2                  | 2                   | 5        | 9  |
|                          | Sum   | 12                 | 14                  | 15       | 41 |

Note: Period of test; May. 25, 1965~Oct. 28, 1965.

Size of twig segment; D=1.5cm, L=10cm.

試験終了後、それぞれの枝片埋設箇所における菌糸束の量を調査したところ、面積 1 m<sup>2</sup>、深さ 10cm の土壌中に含まれる菌糸束の重量（風乾重量）はそれぞれ林内 5.4g、林縁 2.7g、林外 5.1g であった。

以上のことから、土壌中の本菌を捕そくするにはどのような樹種でもよいが、なかでもニセアカシア、シラカンバ、ハンノキ、トウヒ、カラマツ等がより好ましいようである。

### 第 8 章 伐根内における本菌の行動

伐根に本菌が腐生的に繁殖して、それから伸びた菌糸束により、あるいはまた罹病根と健全根との接触によって造林木が侵されることについては HILEY<sup>28)</sup>、BOYCE<sup>9)</sup>、HUNTLY<sup>ら</sup><sup>30)</sup> 海外に多くの報告がある。本邦においても今関<sup>31)</sup>、河田<sup>41)</sup> は本菌の感染源は、本菌によって侵された伐根にあることを指摘している。

筆者も各地の造林地でその例を見ているが、ここでは伐根中における菌糸膜のひろがりについて、人工接種試験と自然感染との場合について観察した。

#### 第 1 節 人工接種による伐根内の菌糸膜の形成

林業試験場北海道支場構内（札幌市豊平）に植栽された 7 年生カラマツ（1963 年 7 月伐倒）と、13 年生シラカンバ（1963 年 6 月伐倒）の各 2 本の伐根について接種試験を行なった。あらかじめ調査したところ、これらの樹が植栽されている箇所には本菌の菌糸束は認められなかった。1963 年 11 月 15 日、各伐根の地ぎわ部（地表面から 5 cm 下）に径 2 cm の穴をあけ、その部分に接種原をそえて土をかぶせた。このようにして約 1 年後の 1964 年 11 月 6 日に各伐根を掘り取り、樹皮を剥ぎとって菌糸膜の形成状況を調査した。

第57表 ナラタケ菌人工接種による伐根内の菌糸膜形成状況  
Table 57. Result of inoculation experiments with *Armillaria mellea* to stumps of Japanese larch and white birch

| 樹種<br>Tree species        | 樹齢<br>Age of tree<br>(years) | 伐根直径<br>Diameter at<br>bottom<br>(cm) | 伐倒時期<br>Period of<br>cutting | 接種点からの菌糸膜のひろがり<br>Development of mycelial mat from<br>inoculating point<br>(cm) |            |             |             |
|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---|------------|-------------|-------------|
|                           |                              |                                       |                              | 上側<br>Upper   | 左側<br>Left | 右側<br>Right | 下側<br>Lower |
| ニホンカラマツ<br>Japanese larch | 7                            | 10                                    | July, 1963                   | 0   | 3          | 5           | 15          |
| シラカバ<br>White birch       | 13                           | 22                                    | June, 1963                   | 7   | 5          | 22          | 25          |

Note: Period of inoculating; Nov. 15, 1963,  
Period of observing; Nov. 6, 1964.

その結果、接種点からの菌糸膜形成範囲をみると第57表、Plate 9, A に示すとおりで、表中の菌糸膜伸長量は2本の平均をとったもので、両樹種とも伐根の1/3以上に蔓延していた。

### 第2節 自然感染による伐根内への菌糸膜の形成

前述の試験は1点から伐根に本菌が侵入した場合について調べたものである。しかし、野外においては、伐根の1点から本菌が侵入するということはまれで、多くの点から侵入することが考えられる。それで、本菌の菌糸束が土壤中に多くみられる箇所には植栽されている、健全トドマツとカラマツとを伐倒して、その後伐根内への本菌が侵入まんえんする状況を観察した。

1965年5月14日、20年生トドマツ10本と同年生カラマツ3本を伐倒し、約200日後の同年11月29日に掘り取り調査を行なった。その結果、いずれも伐根全体に本菌の菌糸膜がまんえんしているのが認められた(Plate 9, B・C)。

この箇所の土壤中の菌糸束は1 m<sup>2</sup>あたり(深さ10cm)風乾重で3~5gで、他の健全立木の根の表面にも各所に菌糸束がからまりついているのが見られた。

以上の人工接種試験および健全木の伐根への自然感染試験で、伐根内の菌糸膜の形成速度は意外に早いことが知られた。それで前生樹を伐採して新たに造林する場合、それらの伐根は1年以内に本菌によって完全に侵され、早いものではその期間内に伐根から菌糸束が伸長することは十分予測される。

### 第3節 考 察

根株内における本菌の菌糸膜のひろがりに関する報告は、きわめて少ない。PEACE<sup>65)</sup>はKAARIK, RENNERFELT (1957)の観測例として、伐倒後間もなくマツおよびトウヒの伐根に本菌が見られることを述べ、また老広葉樹林では、間伐された針葉樹の伐根は下方からすみやかに侵されるようであるといっている。LEACH<sup>60)</sup>はすみやかに枯死した根や、あらかじめ腐生菌が繁殖した根では本菌のひろがりには抑制されるようであるが、徐々に死んだ根ではそれが助長されると述べている。またSECRET<sup>63)</sup>はツガ生立木の生根の表面に本菌の菌糸束が多量についているのを観察しているが、筆者も一見健全木の根の表面各部に、多量の菌糸束が蔓延しているのを観察した。

本菌とは別種のナラタケモドキ (*Clitocybe tabescens*) についてはあるが、FLAKIDAS<sup>66)</sup>は純粋培養菌

糸を用いて、ナシ生立木の根に人工接種を行ない、2年半後における病患部の広がり約 8 in で、主根の 1 本を半分以上とりまいていたと報じている。

以上諸研究者の報告および本実験の結果からみて、自然状態においては林木が伐倒されると、根系の各部から、そこからみついていた菌糸束がいっせいに内部に侵入し、きわめて短時日の間に、これが菌糸膜によっておおわれるようになるものと考えられる。そして Cook<sup>12)</sup> の調査例のように、木菌が蔓延した根株から菌糸束を生じ、これが新たな感染源になることは十分予測されることである。

## 第 9 章 苗木の植え付け方と本病の被害

傾斜面では根系の発達不良のものに本病の被害が目立つことを BUCKLAND<sup>10)</sup> が指摘しており PEACE<sup>66)</sup> は植え方が悪くて根が不自然な形になると本病が発生しやすいと述べている。BAXTER<sup>4)</sup> も本病の発生誘因のひとつとして、植え方による影響があるとし、なお斎藤<sup>79)</sup> はヒノキ林の調査から被害木には根系の不自然なものが多いことを観察し、植え方の不良が本病の発生に関連あることを示唆している。最近佐保<sup>74)</sup> 75) 78) は本病被害木は根の形状が異常なものに多いことに気づき、これを自然発病試験によって確かめた結果、植え方の良否が本病の発生に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。佐藤<sup>81)</sup>、庄司<sup>80)</sup> は岩手山麓に植栽された 8 樹種について、本病の被害と根の形状とについて調査を行ない、罹病木には異常な根が多いことを観察している。

筆者も現地調査において、罹病木の根には異常な形状を呈するものが多いことを認め、人工接種試験によって植え方と発病とについて比較試験を行なった。

### 第 1 節 正常植えおよび異常植えと本病の発生

#### a. 試験方法

1963年11月11日、2年生カラマツ苗を用い、植え穴を大きく掘ってていねいに根をひろげて植える方法と、根を故意にまるめて植える方法とに分けて試験した。各区は 1 列 (26 本) ずつ交互に植え付け、4 回反復とした。試験圃場は以前草地になっていた箇所、ナラタケの菌糸束は認められなかった。

接種原は 1963 年に枯死したカラマツの罹病根株を採集し、径 3~4 cm、長さ 6~7 cm に調製したものをを用い、それぞれの根に接種原をそえて苗木を植え付けた。無接種木は各列 5 本ずつとした。1965 年 10 月 11 日に全苗木をていねいに掘り取り、根の菌糸膜形成程度、苗木の成長状況等について調査を行なった。

#### b. 試験結果

結果は第 58、59 表に示すとおりである。まず各処理別の苗木の成長状況をみると、両区の間にはほとんど差はみられなかった。

一方、各区の罹病枯死木は「正常植え区」5 本に対して「異常植え区」18 本となっており、大きな差がみられる。また掘り取り調査の結果では罹病木は「正常植え区」25 本、「異常植え区」43 本と後者の方が多くなっており、平均被害度指数もそれぞれ 0.86、1.77 と大きな差がみられる。しかし、接種原の生死は両処理区ともほぼ同じであった。

第58表 カラマツの正常植えおよび異常植えとの成長比較  
Table 58. Effect of skilful and unskilful plantings on the growth of Japanese larch (cm)

| 方 法<br>Way of planting        | 区<br>Plot | Nov. 11, 1963<br>樹 高<br>Total height | Nov. 5, 1964           |                     | Oct. 11, 1965          |                     |
|-------------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
|                               |           |                                      | 年間成長量<br>Annual growth | 樹 高<br>Total height | 年間成長量<br>Annual growth | 樹 高<br>Total height |
| 正 常 植 え<br>Skilful planting   | I         | 21.6                                 | 23.3                   | 44.9                | 58.7                   | 103.6               |
|                               | II        | 24.0                                 | 18.2                   | 42.2                | 53.3                   | 95.5                |
|                               | III       | 19.6                                 | 18.7                   | 38.3                | 56.8                   | 95.1                |
|                               | IV        | 23.2                                 | 18.7                   | 41.9                | 41.8                   | 83.7                |
|                               | Ave.      | 22.1                                 | 19.7                   | 41.8                | 52.7                   | 94.5                |
| 異 常 植 え<br>Unskilful planting | I         | 18.0                                 | 16.8                   | 34.8                | 46.2                   | 81.0                |
|                               | II        | 27.8                                 | 19.7                   | 47.5                | 55.1                   | 102.6               |
|                               | III       | 25.0                                 | 16.9                   | 41.9                | 51.6                   | 93.5                |
|                               | IV        | 23.9                                 | 16.9                   | 40.2                | 45.2                   | 86.0                |
|                               | Ave.      | 23.7                                 | 17.6                   | 41.3                | 49.5                   | 90.8                |

Note: Period of test; Nov. 11, 1963~Oct. 11, 1965.

第59表 カラマツの正常植えおよび異常植えとのならたけ病発生量比較  
Table 59. Effect of skilful and unskilful plantings on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch

| 方 法<br>Way of planting        | 区<br>No. of plot | 接 種 本<br>Trees inoculated<br>(no.) | 枯 死 本<br>Trees killed by the fungus<br>(no.) | 罹 病 本<br>Trees infected<br>(no.) | 被害指数別<br>Degree of damage |   |   |    | 平均被害度指数<br>Mean of degree of damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |                 |  |  |
|-------------------------------|------------------|------------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---|---|----|-------------------------------------|--|-----------------|--|--|
|                               |                  |                                    |  |                                  | 0                         | 1 | 3 | 5  |                                     | 生 成した個体<br>Living                            | 死 亡した個体<br>Dead | 菌糸束を形成した個体<br>Segment producing rhizomorphs<br>(no.) | 菌糸束最大長<br>Maximum length of rhizomorphs<br>(cm.) |
| 正 常 植 え<br>Skilful planting   | I                | 26                                 | 2  | 6                                | 20                        | 2 | 2 | 2  | 0.69                                | 14   | 12              | 5  | 27   |
|                               | II               | 26                                 | 3  | 13                               | 11                        | 3 | 3 | 7  | 1.81                                | 23   | 3               | 2  | 9  |
|                               | III              | 26                                 | 0  | 4                                | 22                        | 0 | 3 | 1  | 0.54                                | 13   | 13              | 6  | 15   |
|                               | IV               | 26                                 | 0  | 2                                | 24                        | 0 | 0 | 2  | 0.38                                | 15   | 11              | 2  | 3  |
|                               | Sum              | 104                                | 5  | 25                               | 79                        | 5 | 8 | 12 | 0.86                                | 65   | 39              | 15   |  |
| 異 常 植 え<br>Unskilful planting | I                | 26                                 | 4  | 14                               | 11                        | 2 | 4 | 9  | 2.27                                | 19   | 7               | 0  | 0  |
|                               | II               | 26                                 | 4  | 13                               | 13                        | 3 | 1 | 9  | 1.96                                | 17   | 9               | 0  | 0  |
|                               | III              | 26                                 | 4  | 7                                | 18                        | 1 | 1 | 6  | 1.31                                | 7  | 19              | 2  | 4  |
|                               | IV               | 26                                 | 6  | 9                                | 16                        | 2 | 1 | 7  | 1.54                                | 20   | 6               | 2  | 4  |
|                               | Sum              | 104                                | 18   | 43                               | 58                        | 8 | 7 | 31 | 1.77                                | 63   | 41              | 4  |  |

Note: Period of test; Nov. 11, 1963~Oct. 11, 1965.

第2節 苗木の植え付け深さと発病との関係

現地調査のなかで植えられた当時すでに根が罹病し、その上から二次根が形成されている例が再三みられた (Plate 3, B)。これは異常な植え方にも関連するが、苗木の植付け深さとも関係があると思われるので、植付け深さをかえてこれと発病との関係を試験した。

a. 試験方法

1963年11月11日、カラマツ 2年生苗を用い、根頭部の位置が地表面から 5, 10, 15cm の深さになるようにそれぞれ植え付け、接種原は第 1 節の試験と同じで、根頭部の下、約 5 cm のところに根にそえて埋め込んだ。

1965年10月11日、全苗木をていねいに掘り取り、根を水洗し、第 1 節の試験と同じ方法で調査を行なった。

b. 試験結果

結果は第60, 61表に示すとおりである。第60表からみると、苗木の年ごとの伸長量は 3 区の間で大差は認められなかった。

一方、罹病枯死木は10cm 区が 4 本、5 cm 区 3 本、15cm 区 2 本であったが、根を剥皮して菌糸膜の形成状況、被害度指数等を調査した結果、第61表に示すように、10cm区11本で最も少なく、5 cm区、15cm 区はそれぞれ15本、16本とやや多くなっている。被害度指数も 10cm 区が1.26と他の 2 区にくらべて小さい値を示している。なお 5 cm区では苗木の根が、風のためにゆるんだものが認められ、15cm 区では二次根が 2 段、3 段に生じたものが観察された。

以上の試験結果から苗木の植え付け深さが浅すぎると風の影響等によって苗木がゆり動かされ根がゆるみ、また深すぎた場合には根腐れをおこしやすく、そのために罹病しやすくなることが考えられる。

第60表 苗木の植え付け深さと成長  
Table 60. Effect of depth of planting on  
the growth of Japanese larch (cm)

| 植付け深さ<br>Depth of<br>planting | 区<br>Plot | Nov. 11, 1963       | Oct. 1, 1964              |                        | Oct. 11, 1965             |                        |
|-------------------------------|-----------|---------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
|                               |           | 樹 高<br>Total height | 年間成長量<br>Annual<br>growth | 樹 高<br>Total<br>height | 年間成長量<br>Annual<br>growth | 樹 高<br>Total<br>height |
| 5cm                           | I         | 53.3                | 15.9                      | 69.2                   | 61.5                      | 130.7                  |
|                               | II        | 49.0                | 18.8                      | 67.8                   | 72.7                      | 140.5                  |
|                               | III       | 44.7                | 30.7                      | 75.4                   | 70.5                      | 145.9                  |
|                               | Ave.      | 49.0                | 21.8                      | 70.8                   | 68.2                      | 139.0                  |
| 10cm                          | I         | 44.5                | 17.3                      | 61.8                   | 70.7                      | 132.5                  |
|                               | II        | 47.7                | 27.1                      | 74.8                   | 73.7                      | 148.5                  |
|                               | III       | 44.7                | 27.0                      | 71.7                   | 68.5                      | 140.2                  |
|                               | Ave.      | 45.6                | 23.8                      | 69.4                   | 71.0                      | 140.4                  |
| 15cm                          | I         | 40.0                | 20.2                      | 60.2                   | 62.7                      | 122.9                  |
|                               | II        | 43.5                | 21.0                      | 64.5                   | 77.1                      | 141.6                  |
|                               | III       | 41.3                | 25.8                      | 67.1                   | 68.0                      | 135.1                  |
|                               | Ave.      | 41.6                | 22.3                      | 63.9                   | 69.3                      | 133.2                  |

Note: Period of test ; Nov. 11, 1963~Oct. 11, 1965.

第61表 苗木の植え付け深さと発病  
Table 61. Effect of depth of planting on the occurrence of *Armillaria* root rot of Japanese larch

| 植え付け深<br>Depth of planting | 区<br>No. of plot | 接種木数<br>Trees inoculated<br>(no.) | 枯死木数<br>Trees killed by the fungus<br>(no.) | 罹病木数<br>Trees infected<br>(no.) | 被害度指数別数<br>Degree of damage |   |   |    | 平均被害度指数<br>Mean of degree of damage | 調査時における接種原の状態<br>Final condition inoculum |                    |  |   |
|----------------------------|------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------|---|---|----|-------------------------------------|---|--------------------|--|---|
|                            |                  |                                   |   |                                 |                             |   |   |    |                                     | 生<br>Living<br>(no.)                      | 死<br>Dead<br>(no.) | 菌糸束を形成した個体<br>Segment producing rhizomorphs<br>(no.) | 菌糸束最大長<br>Maximum length of rhizomorphs<br>(cm) |
|                            |                  |                                   |   |                                 | 0                           | 1 | 3 | 5  |                                     |   |                    |  |   |
| 5cm                        | I                | 13                                | 1   | 4                               | 9                           | 0 | 1 | 3  | 1.38                                | 11  | 2                  | 2  | 4   |
|                            | II               | 13                                | 2   | 5                               | 8                           | 0 | 1 | 4  | 1.77                                | 6   | 7                  | 2  | 7   |
|                            | III              | 13                                | 0   | 6                               | 7                           | 1 | 2 | 3  | 1.69                                | 9   | 4                  | 2  | 5   |
|                            | Sum              | 39                                | 3   | 15                              | 24                          | 1 | 4 | 10 | 1.62                                | 26  | 13                 | 6  |   |
| 10cm                       | I                | 13                                | 2   | 3                               | 10                          | 0 | 0 | 3  | 1.15                                | 11  | 2                  | 2  | 11  |
|                            | II               | 13                                | 1   | 5                               | 8                           | 1 | 1 | 3  | 1.46                                | 9   | 4                  | 2  | 4   |
|                            | III              | 13                                | 1   | 3                               | 10                          | 0 | 0 | 3  | 1.15                                | 3   | 10                 | 2  | 11  |
|                            | Sum              | 39                                | 4   | 11                              | 28                          | 1 | 1 | 9  | 1.26                                | 23  | 16                 | 6  |   |
| 15cm                       | I                | 13                                | 1   | 5                               | 8                           | 1 | 0 | 4  | 1.62                                | 11  | 2                  | 1  | 7   |
|                            | II               | 13                                | 0   | 6                               | 7                           | 1 | 3 | 2  | 1.54                                | 6   | 7                  | 2  | 4   |
|                            | III              | 13                                | 1   | 5                               | 8                           | 0 | 0 | 5  | 1.92                                | 6   | 7                  | 4  | 8   |
|                            | Sum              | 39                                | 2   | 16                              | 23                          | 2 | 3 | 11 | 1.69                                | 23  | 16                 | 7  |   |

Note: Period of test; Nov. 11, 1963~Oct. 11, 1965.

### 第10章 各種針葉樹の本病に対する抵抗性

HILEY<sup>28)</sup> は各種針葉樹について観察を行ない、本菌は針葉樹のすべての種類を侵し、特に Scots pine, Sitka spruce, Weymouth pine, Corsican pine がしばしば侵されることをしている。そしてカラマツは15年生までは普通侵されることはないが、その後しばしば本菌によって枯死すること、また Deodar, Douglas fir, Monkey puzzle, Common spruce はいずれも本菌によって枯死することを観察している。DAY<sup>15)</sup> は英国の Bagley wood における主要針葉樹の本菌に対する感受性の順位を記し、(a)感受性ではあるが、枯死に至らないものとして (1) *Pinus* spp., (2) Sitka spruce (3) *Thuja plicata*, (4) *Tsuga heterophylla*, (5) Norway spruce, (6) European and Japanese larch, (7) Douglas fir, (b) 感受性で枯死に至るものとして (1) *Pinus* spp., (2) Sitka spruce, (3) Norway spruce, (4) European and Japanese larch, (5) *Tsuga heterophylla*, (6) *Thuja plicata*, (7) Douglas fir の順であったとしている。

THOMAS<sup>99)</sup> は野外観察で Persian walnut と Peach が非常にかかりやすく、Myrobalan はいくらも抵抗性であり、French pear, Black walnut は非常に抵抗性であるといい、BOYCE<sup>9)</sup> は *Quercus* spp., *Castanea* spp., *Picea* spp., *Pinus* spp. は特に本病にかかりやすいとし、WIEDEMAN (1929) や ROHMEDEY (1931) のドイツにおける例を引用し、Eastern white pine が感受性大であることをしている。WESTCOTT<sup>100)</sup> は果樹のうちでは French pear, Northern California black walnut, fig, persimmon が抵抗性であるとし、HORD<sup>29)</sup> は Red pine, White pine, White spruce のうち Red pine が最も罹病し

やすいと報じ、GIBSON<sup>82)</sup> は Kenya のマツ造林地において *Pinus canariensis* が最も感受性で、*P. halepensis*、*P. patula* は少なく、*P. radiata* は中間であったとし、また *P. elliottii* var. *elliotti* は *P. radiata* や *P. patula* より感受性であることを観察している。また、COOK<sup>12)</sup> はニホンカラマツはヨーロッパカラマツ、あるいは交配カラマツより本病に侵されやすいとし、HUNTLY ら<sup>80)</sup> は White pine は Red pine より罹病しやすいと報じている。

本邦においては千葉<sup>84)</sup>は、浜が長野県下で10種類の針葉樹を植栽し、発病状況を調査した例を引用している。それによるとカラマツ、ドイツトウヒ、トドマツ、ストロブマツ、トウヒ、ウラジロモミ、ヒメコマツの順に発生数が少なく、エゾマツ、シラベ、アカエゾマツでは発生がなかったという。佐藤<sup>81)</sup>は岩手山麓において8樹種について調査を行ない、ヤツガタケトウヒ、東部アメリカカラマツ、ニホンカラマツ、アカエゾマツ等が比較的多く罹病しており、ウラジロモミ、ドイツトウヒは比較的少なかったと報じている。また庄司<sup>85)</sup>は林業試験場東北支場内の見本林で調査し、バンクスマツが非常に多く罹病し、ついでリギダマツで、アカマツ、ダグラスファーには罹病したものは少なかったとしている。

筆者も現地調査において、各樹種の造林地における本病による被害程度の観察を行ってきた。北海道内ではニホンカラマツの幼齢林がもっとも被害がはなはだしく、ストロブマツも場所によっては、ニホンカラマツと同程度の被害をうける。アカエゾマツ、クロエゾマツは造林面積が比較的少ないこともあるが、現在まで大きな被害が発生している林地をみたことがない。北海道の郷土樹種で、しかも造林面積が大きいトドマツについては、ごく一部の箇所を除き本病による被害はまれである。スギは道南地方に限られるが、この樹種についても被害は非常に少ない。外国樹種のうちとくにマツ属、トウヒ属には本病の被害が多いようである。

以上の報告、観察例はいずれも自然感染によって発病したものについての比較調査結果であるが、ここでは北海道における主要造林樹種9種を用いて接種試験により、本病に対する抵抗性の比較を行なった。

#### a. 供試樹種

供試苗木は林業試験場北海道支場構内（札幌市豊平）で養成したニホンカラマツ（2年生）、チシマカラマツ（2年生）、ヨーロッパカラマツ（2年生）、チョウセンカラマツ（2年生）、アカエゾマツ（5年生）、エゾマツ（5年生）、トドマツ（5年生）、スギ（3年生）、ストロブマツ（2年生）の各苗を用いた。

接種原片は恵庭営林署管内115林班内のカラマツ造林地で1962年に本病によって枯死した木の罹病根を用い、その大きさは径3～4cm、長さ6～7cmとした。

#### b. 試験方法

供試圃場はそれまで草地になっていた箇所、ナラタケの菌糸束が認められない場所である。1962年11月10日、上記各樹種の根にそれぞれ接種原片をそえて圃場に植え付け、なお比較のため、各樹種について10本ずつ無接種木を植え付けた。この状態で約3年間放置し、その間、毎年秋期に罹病枯死木の本数を調査して記録した。

#### c. 試験結果

その結果は第62表に示すとおりである。

また1965年11月4日に全苗木をていねいに掘り取り、水洗して罹病状況、菌糸膜の形成程度、接種原片の状態等を調査した結果を第63表にかかげる。

第62表 ナラタケ菌による樹種別の罹病枯死状況  
Table 62. Annual death in various conifers caused by inoculation with *Armillaria mellea*

| 樹種<br>Tree species tested | 接種木<br>Trees inoculated | ナラタケ菌による罹病枯死木本数<br>Nos. of trees killed by <i>Armillaria mellea</i> |         |         | Total (%) |
|---------------------------|-------------------------|---|---------|---------|-----------|
|                           |                         | 10/XI'62~7/XI'63  | 5/XI'64 | 4/XI'65 |           |
| Japanese larch            | 40                      | 7   | 9       | 5       | 21(53)    |
| Chishima larch            | 20                      | 1   | 3       | 4       | 8(40)     |
| European larch            | 20                      | 0   | 5       | 0       | 5(25)     |
| Korean larch              | 20                      | 0   | 1       | 5       | 6(30)     |
| Akayezo spruce            | 40                      | 2   | 4       | 2       | 8(20)     |
| Yezo spruce               | 60                      | 4   | 13      | 10      | 27(45)    |
| Todo fir                  | 40                      | 0   | 0       | 0       | 0(0)      |
| Sugi                      | 40                      | 1   | 2       | 1       | 4(10)     |
| White pine                | 40                      | 1   | 0       | 0       | 1(3)      |

Note: Period of test; Nov. 10, 1962~Nov. 4, 1965.

第62表からみると、本菌に感染し地上部が枯死したものの年度別推移は、ニホンカラマツでは植栽後1年目、2年目と増大し、3年目にはやや少なくなっており、植栽後3年間に約50%の21木が枯死した。一方、第63表から感染木の根の被害度をみると、被害度5のものが圧倒的に多く、感染しなかったものはわずか3本であった。このことから今後1~2年の間になお約10本のカラマツが枯死することが想像された。

罹病木の成長経過は、いずれも実態調査で観察されたように、健全木にくらべて新梢の伸びが短くなっていた。なお本試験経過中、1963年と1964年とに枯死したものの地ぎわから、1965年10月20日にそれぞれ1個ずつの子実体の形成がみられた。

チョウセンカラマツ、チシマカラマツはそれぞれ30%、40%の枯死木を生じ、平均被害度指数も4.00、3.95と他樹種にくらべ大きく、なおニホンカラマツとともに罹病性が大であることを示している。

これにくらべてヨーロッパカラマツの枯死本数はやや少なく、平均被害度指数もやや小となっているが、罹病性の樹種に入れられると思われる。

アカエゾマツとエゾマツとでは罹病枯死したものは、それぞれ20%、45%となっているが掘り取り調査の結果、感染木の率はそれぞれ90%、80%、また平均被害度指数も前者は2.90、後者は3.53で、被害度指数5のものはエゾマツの方が多く、今後短年月の間に枯死すると思われる木が多く含まれている。

トドマツには枯死木は全くなく、スギ、ストロブマツはそれぞれ4本、および1本であった。しかしストロブマツには感染木が多く、平均被害度指数もやや大であった。

以上のことからこの試験に関する限り、トドマツ、スギは比較的罹病しにくく、これに対してカラマツ属、トウヒ属およびストロブマツは感染しやすい樹種といえることができる。

第63表 各種針葉樹の本病に対する抵抗力  
Table 63. Results of inoculation experiments with *Armillaria mellea* to various coniferous trees

| 樹種<br>Tree species tested | 樹齢<br>Age of tree<br>(years) | 接種木本数<br>Trees inoculated<br>(no.) | 枯死木本数<br>Trees killed by the fungus<br>(%) | 罹病木本数<br>Trees infected<br>(%) | 被害度指数別<br>Degree of damage |   |    |    | 平均被害度指数<br>Mean of degree of damage | 調査における接種原の状態<br>Final condition of inoculum |    |   |  |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|----------------------------|---|----|----|-------------------------------------|---|----|---|--|
|                           |                              |                                    |  |                                | 0                          | 1 | 3  | 5  |                                     | 生   | 死  | 菌糸束を形成した個体<br>Segment producing rhizomorphs (%) | 菌糸束最大長<br>Maximum length of rhizomorphs (cm) |
|                           |                              |                                    |  |                                |                            |   |    |    |                                     |   |    |   |  |
| Japanese larch            | 2                            | 40                                 | 53   | 93                             | 3                          | 2 | 4  | 30 | 4.10                                | 78  | 22 | 15  | 40   |
| Chishima larch            | 2                            | 20                                 | 40   | 90                             | 3                          | 1 | 1  | 15 | 3.95                                | 60  | 40 | 35  | 12   |
| European larch            | 2                            | 20                                 | 25   | 95                             | 1                          | 7 | 1  | 11 | 3.25                                | 60  | 40 | 30  | 10   |
| Korean larch              | 2                            | 20                                 | 30   | 90                             | 2                          | 1 | 3  | 14 | 4.00                                | 45  | 55 | 15  | 9  |
| Akayezo spruce            | 5                            | 40                                 | 20   | 90                             | 4                          | 9 | 14 | 13 | 2.90                                | 88  | 12 | 58  | 42   |
| Yezo spruce               | 5                            | 60                                 | 45   | 80                             | 12                         | 3 | 8  | 37 | 3.53                                | 85  | 15 | 67  | 48   |
| Todo fir                  | 5                            | 40                                 | 0  | 48                             | 21                         | 4 | 8  | 7  | 1.58                                | 90  | 10 | 70  | 59   |
| Sugi                      | 3                            | 40                                 | 10   | 38                             | 25                         | 5 | 1  | 9  | 1.33                                | 80  | 20 | 70  | 48   |
| White pine                | 2                            | 40                                 | 3  | 80                             | 8                          | 3 | 18 | 11 | 2.80                                | 95  | 5  | 10  | 24   |

Note: Period of test; Nov. 10, 1962~Nov. 4, 1965.

### 第11章 総括

本病は古くからよく知られている疾病で、これに関する研究報告は内外ともにきわめて多く、汗牛充棟もたまたまぬものがある。しかしながら、本病の発生に及ぼす土壌環境について報じた論文ははなはだ少なく、ことに人工接種試験によって、これらの関連を追究した報告は皆無に等しい。

本研究は実態調査から得られた本病の発生環境因子のいくつかについて、圃場において土壌環境を調節し、接種試験によって実験的に発病条件を解析するとともに、土壌中における根状菌糸束の行動を追跡し、苗木の植え方と発病との関係を検討した。さらに本病に対する樹種別の抵抗力を明らかにし、本病の防除法を確立するための基礎資料をうる目的で行なわれたもので、この内容の概略を記す。

#### 1. 本邦におけるならたけ病の分布

1955年以降の被害報告資料を整理すると、本病は北は北海道から南は九州まで、ほとんどわが国全域に分布している。特に東北地方北部と北海道とにおいてその被害件数、被害量ともに大きい。これは本病にかかりやすいカラマツが北方に大面積造林されていることによるものと思われる。

#### 2. カラマツならたけ病の病徴

本病に侵されたカラマツの病徴は時期によって異なるが、一般に新梢の伸びが著しく不良で、針葉は黄緑色から褐色に変色し、やがて枯死する。病勢が急に進んだものでは樹冠全体にわたって新梢の先端が湾曲、下垂し、梢枯症状を呈する。時に罹病木には早期に球果を着生するものもある。多くの場合、罹病木は地ぎわ部付近から樹脂を分泌し、樹皮下には白色菌糸膜を形成する。根には黒色紐状の根状菌糸束が認

められ、子実体は9月中旬、10月上旬に地ぎわまたはその付近に生ずる。

罹病木の樹高および直径成長は、枯死当年に急に減少するものと、枯死前年から減少するものがあり、単木的あるいは造林地別に病勢の進行に緩急がみられる。

### 3. ならたけ病発生の推移

発病造林地の林齢は植栽後3～7年までの幼齢がほとんどで、まれに30年生ぐらいになって集団状に罹病枯死することがある。

発病は植栽後1年目から現われはじめ、3～4年目で最も多く、5～6年目には非常に少なくなり、7～8年以上経過した造林地にはほとんど発病をみない。集団状発生型の場合、最初に現われた罹病木を中心にしてほぼ同心円状にひろがっていく傾向がみられる。

### 4. ならたけ病の発生環境

#### a) 地形と発病

北海道内14か所のカラマツ造林地について行なった調査結果によれば、発病には大別して散発発生型と集団状発生型とがあり、集団状発生型はさらに2つの型、すなわち山頂緩傾斜面あるいは山稜近く、また山腹の凸地形部にあらわれる凸地形発生型と、沢に近い部分あるいは凹地形部にあらわれる凹地形発生型とに分けられる。これらの発病部の傾斜角は健全部のそれにくらべ相対的にゆるやかな場合が多かった。また凸地形発生型が比較的多くみられる地方は道東、道南の一部の寡雪地帯であり、これに対して凹地形発生型が比較的多くみられる地方は道央、道北の多雪地帯であった。

#### b) 発病地の土壤環境

各造林地内の健、病両部について土壤断面および土壤の理学的性について調査を行なった。その結果、発病部の土壤断面の特徴として堅密度が比較的堅い層がみられる場合が多かったが、その他については地区によりそれぞれ異なり、共通性はみられなかった。水湿状態では全般的にみて発病部の方が湿っていたが、調査時期によっては反対の場合もあった。また地区により土壤断面中にててくる石礫の種類に差がみられ、発病部ではそれが浮石礫であるのに対し、健全部では頁岩礫の例があった。土壤の透水性について比較した結果では、発病部の透水性不良な層がみられる場合とそうでない場合があった。土壤の採取時含水率では、各調査地とも共通して発病部の方が大きい傾向があった。また春期(4月中旬)の調査において、発病部が南面であるにもかかわらず、2調査地でA層下部に厚さ10～15cmの板状の土壤凍結層がみられた。

#### c) 残雪と発病

地形の起伏の少ない造林地では、残雪と発病との関係は明らかではなかったが、起伏の大きい箇所では残雪のある部分に罹病木が集団的にみられた。

#### d) 土壌中における菌糸束の分布

ナラタケ菌糸束が全く認められなかった造林地はほとんどなく、広く分布していた。菌糸束の水平的な分布は、場所によって異なり尾根筋が多い場合、沢すじが多い場合、また発病部に多い場合、健全部に多い場合と一定の傾向はみられなかった。しかし、激害造林地では菌糸束の量が比較的多かった。また1本の伐根から約3mも伸びた菌糸束を見出した。

垂直的分布も箇所によって異なるが、一般に地表下10cmまでのところにその大部分が分布しており、10～20cmではかなり少なくなり、20cm以下ではごくまれにしか見られない。しかし、ところによっては

まれに地表下 60cm まで蔓延している場合もあった。

e) 発病地の植生

調査対象造林地の前生樹種はほとんどが広葉樹で、なかでもシラカンバ、イタヤカエデ、ナラなどが共通していた。下草ではとくにササ類が多く、その種類と発病型との間には関連があるように思われた。すなわち、ミヤコザサが分布している地方には凸地形発生型が、またクマイザサあるいはチシマザサが分布しているところには凹地形発生型が比較的多くみられた。

f) 林地施肥と発病

河東、美菱の造林地（カラマツとストロブマツとの列状混交林）で行なった調査結果は、カラマツ、ストロブマツともほぼ同程度発病したが、罹病木が一部集団状に発生した区があったため、処理間に有意差は認められなかった。

g) 2 代目造林地における本病の発生

池田林務署管内で行なった調査結果によれば、前生木の伐根に菌糸膜が蔓延し、さらに菌糸束が林地全面に認められた。しかし集団して発生している 2 代目造林木に近接しては前生カラマツの伐根が少なく、むしろかなり離れた部分にこれがみられた。これは前生のカラマツが、現在 2 代目造林木が集団状に侵されている箇所でも、かつて発病枯死し、消失したことを物語るものかもしれない。

5. 人工接種試験による土壌環境因子と発病との関係

前記発生環境調査の結果から土壌の過湿、凍結、乾燥等が発病に大きな関連があるようなので、人為的に土壌環境をかえて人工接種によって解析を行なった。

a) 地下水位と発病

地下水位が高い（-10cm）場合にはカラマツの成長は極端に不良で、ほとんどの苗木の根端が黒変して根腐れをおこし、なかにはそのために枯死するものがあらわれた。またこのような場合には、菌糸束の形成程度も悪く、最大伸長量も小さく、発病本数も全体に少なかった。カラマツの成長は地下水位が低くなるほど良い傾向を示し、同時に発病するものも多い傾向がみられた。

b) 土壌の一時的過湿と発病

カラマツの成長期間中の一時的過湿が、発病にどのように影響するかを実験した結果によれば、6、7 月ころに 20 日間の滞水処理を行なって過湿にした土壌では、カラマツの成長が悪く、また罹病本数も多くあらわれる傾向を示した。

c) カラマツ苗の根端成長の季節的変化

本菌の寄主であるカラマツの根の季節的成長経過をみるために、根箱を用いて行なった試験結果は、根端成長量の合計および成長した根の本数は、ともに 6～7 月ころが大きいことを示した。このことから、カラマツの新細根が盛んに形成される 6～7 月に土壌が過湿状態になると、その影響が大きくあらわれて成長も著しく不良になることが考えられる。

d) 苗床の高さと発病との関係

苗床の高さをかえることによって、凸地形発生型および凹地形発生型を圃場で再現させるために行なった試験結果は、+50cm 区で罹病枯死木が多くあらわれ、特に春期における土壌凍結期間を延長させた区では枯死木が多かった。一方、-20cm 区では罹病枯死木は少なかったが、感染木は多く、特に著しく過湿にした区では、実験 a) と同じく本菌によらない根腐れによる枯死木がみられた。

### e) 表層土および下層土と発病

腐植に富む表層土（黒褐色）と腐植に乏しい下層土（黄褐色）とをコンクリートポットにつめ、カラマツ苗を植えて接種試験を行なった結果、カラマツの成長は表層土において良い結果を示し、罹病木本数も表層土区に多くあらわれた。また接種原の菌糸束形成程度も表層土の方がよく、菌糸束の最大伸長量も大なる傾向がみられた。

## 6. 土壌中における本菌の菌糸束の行動

### a) 土壌の種類と菌糸束伸長

①表層土、②下層土、③表層土に堆肥を混入した土、④川砂の4種を用いて行なった実験の結果は、①と③において菌糸束の形成は良好で、また最大伸長量も大であったが、②と④では菌糸束の形成、伸長ともに不良であった。

### b) 地表面からの深さと菌糸束伸長

地表面から10cmおきに60cmまでの各点に生ずる菌糸束の伸長状況は、地表下40cmまで菌糸束の形成がみられ、なかでも地表下10cmのものが比較的良い結果を示した。

### c) 土壌中の菌糸束の捕そく試験

針葉樹6種および広葉樹6種の枝片を、林地土壌中に埋め込んで、枝片の菌糸束捕そく程度を検した結果、供試12樹種のいずれにも本菌の侵入が認められたが、なかでもニセアカシア、シラカンバ、ハンノキ、トウヒ、カラマツに比較的好く本菌が捕そくされた。

## 7. 根株内における本菌の行動

人工接種によるカラマツとシラカンバとの根株樹皮下における本菌菌糸膜の、接種1年後におけるひろがり、カラマツでは最大15cm、シラカンバの場合は25cmであった。

本菌の菌糸束が蔓延している林地に立っているカラマツとトドマツとを伐倒し、自然感染によって伐根内の菌糸膜形成状況をみた。その結果、伐倒後約200日で伐根全体に本菌の菌糸膜が形成された。

## 8. 苗木の植え付け方と発病

### a) 正常植えおよび異常植えと発病

根を人為的にまるめて異常に植えた区と、できるだけいねいに正常に植えた区をつくり、それぞれ人工接種を行なって発病との関係を試験した。約2年後に掘り取り調査を行なった結果、異常植え区において罹病木、罹病枯死木ともに多くあらわれ、両区間には明らかな差がみられた。

### b) 苗木の植え付け深さと発病

苗木の植え付け深さと発病との関係をみるために、苗木の根頭部が地表面から5cm、10cm、15cmになるようにして植え付け、それぞれ人工接種を行ない発病状況を調査した。その結果5cm区と15cm区に罹病木が比較的多くあらわれた。

## 9. 各種針葉樹の本病に対する抵抗性

ニホンカラマツ、チシマカラマツ、ヨーロッパカラマツ、チョウセンカラマツ、アカエゾマツ、エゾマツ、トドマツ、スギ、ストロブマツの9種の山行苗に対して人工接種を行ない、接種後約3年目の調査結果では、カラマツ属4種、アカエゾマツ、エゾマツ、ストロブマツに罹病木が多く、トドマツ、スギには感染したものが比較的少なかった。また罹病枯死木はトドマツには全くなく、ストロブマツ、スギに少なく、ニホンカラマツ、エゾマツに多く発生した。

文 献

- 1) 赤井竜男・浅田節夫：カラマツ造林木の成長におよぼす土壤凍結の影響，第72回日本林学会大会講演集，pp.143~145，(1962)
- 2) ANDERSON, H. W. : Disease of fruit crops, McGraw-Hill Book Company, INC., New York, Tront & London, pp.133~138, (1956)
- 3) 浅田節夫：カラマツ 2 代目不良造林地に関する研究，信州大学演習林報告，4，(1966)
- 4) BAXTER, D. W. : Pathology in forest practice. John WILEY & Sons, INC., New York, Chapman & Hall Limited, London, pp. 279~281, (1952)
- 5) BLISS, D.E. : Relation of soil temperature of *Armillaria* root rot in California (Abst.). Phytopath., 31, 3, (1941)
- 6) ——— : The relation of soil temperature to the development of *Armillaria* root rot. *ibid.*, 36, pp.302~318, (1946)
- 7) ——— : Soil infestation in citrus orchards against *Armillaria* root rot *ibid.*, 38, 913, (1948)
- 8) BOUGHEY, A. S. : Honey fungus as a disease of rhododendron. Gdnrs' Chron., 104 (2692) :84 (R. A. M. 17, 823, 1938), (1938)
- 9) BOYCE, J. S. : Forest pathology, McGraw-Hill Book Company, INC., Ney York, Tronto & London, pp.99~104, (1948)
- 10) BUCKLAND, D. C. : Observation on *Armillaria mellea* in relation to conifers. Quart. Jour. For., 3, pp. 94~103, (1953)
- 11) ——— : Observation on *Armillaria mellea* in immature douglas fir. Forestry Chronicle, 29, pp. 344~346, (1952)
- 12) COOK, D. B. : Shoestring fungus and planted larch on cutover land. Jour. Forestry, 59, pp.824~826, (1961)
- 13) COOLEY, J. S. : *Armillaria* root rot of fruit trees in the eastern United States. Phytopath. 33, pp. 812~817, (1943)
- 14) DAY, W. R. : The oak mildew *Microsphaera quercina*(Schw.) Burrie and *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel. in relation to the dying back of oak. Forestry, 1, pp. 108~112, (1927)
- 15) ——— : The parasitism of *Armillaria mellea* in relation to conifers. Quart. Jour. For., 21, pp. 9~21, (1927)
- 16) ——— : Environment and disease. A discussion on the parasitism of *Armillaria mellea*. Forestry, 3, pp.94~103, (1927)
- 17) DEAN, A. L. : Root-observation boxes. Phytopath. 19, pp.407~412, (1929)
- 18) De AZEVEDO, Natalina F. & Dos S. : An *Armillaria* disease of *Cryptomeria japonica*. Publ. Dir. Serv. Flor. Aquic. Lisboa. 25, 1~2, pp. 59~75, (1958)
- 19) EHRLICH, G. : A preliminary study of root disease in western white pine. Sta. Pup. North Rocky Mt. For. Range Exp. Sta., 1, 10, 1939, (R. A. M. 19:126~127, 1940), (1939)
- 20) FINDLAY, W. P. K. : The development of *Armillaria mellea* rhizomorphs in a water tunnel. Trans. Brit. mycol. Soc. 34, 146, (1951)
- 21) GARRETT, S. D. : Rhizomorph behaviour in *Armillaria mellea* (Vahl) Quel. II. Logistics of infection. Ann. Bot. n. s., 20, pp.193~209, (1956)
- 22) GIBSON, I. A. S. : *Armillaria* root rot. Rep. For. Dep. Kenya, 1954~55, 20 (R. A. M. 37, (3), 1958), (1957)

- 23) 浜 武人：長野営林局における最近の樹木病害，1. カラマツのナラタケ病，長野林友，pp. 5～14, (1959)
- 24) ———：長野県下におけるナラタケ病の被害状況について（予報），第70回日林大会講演集，pp. 352～355, (1960)
- 25) HARTIG, R.: Krankheiten der Waldbaume. *Agaricus (Armillaria) Melleus* L. pp. 12～42, (1874)
- 26) HEALD, F. D.: Manual of plant diseases. New York & London, 841～851, (1933)
- 27) 東 晃：北海道の土壤凍結，積雪との関係，農業物理研究所報告，34, (1954)
- 28) HILEY, W. E.: The fungal disease of the common larch. Oxford, pp. 144～167, (1919)
- 29) HORD, H. H. V. and M. J. HILDERRAND: *Armillaria mellea* in relation to regeneration of red pine, white pine, and white spruce, Bi-m. Progr. Rep. Div. For. Biol., Dep. Agric. Can., 12, 1 (R. A. M. 35, 1956), (1956)
- 30) HUNTLY, J. H., J. D. CAFLEY and E. JORGENSEN: *Armillaria* root rot in Ontario. Forestry Chronicle, 37, 3, pp.228～236, (1961)
- 31) 今関六也・小林享夫：カラマツのナラタケ病，森林防疫ニュース，5, 8, pp.194～197, (1956)
- 32) ———：病害の生態的防除，生態学大系，6, 応用生態学（下），今古書院，pp.160～196, (1963)
- 33) ———：本郷次雄：原色日本菌類図鑑，保育社，23, (1957)
- 34) 伊藤一雄：樹病，朝倉，pp.52～53, (1952)
- 35) ———：図説樹病新講，地球出版，pp.92～98, (1962)
- 36) 伊藤誠哉：馬鈴薯の病害，北海道庁農事彙報，32, 12, (1930)
- 37) ———：大日本菌類誌，2, 5 養賢堂，pp. 129～130, (1959)
- 38) 岩本己一郎・柴田 前：苗木の成育期における根の発育経過，針葉樹4種の地上部と根の成長について（予報），日・林・北海道支部講演集，8, pp.36～39, (1959)
- 39) 菊住 昇・寺田正男：林木の根の呼吸について，第70回日林大会講演集，pp.209～211, (1960)
- 40) ———：林木の根の働きと生長，わかりやすい林業研究解説シリーズ，3, (1963)
- 41) 河田 弘・鷹見守兄・浜 武人：カラマツのナラタケ病について——発生におよぼす土壤条件の影響および野外観察の知見——，林試研報，143, pp.39～98, (1962)
- 42) 気象協会：北海道の気候，(1964)
- 43) 北島君三：赤松に寄生する「ナラタケ」に就きて，病虫雑，5, pp.353～356, (1918)
- 44) ———：アカマツに寄生するナラタケに就いて，林試研報，21, pp.105～113, (1920)
- 45) ———：樹病学及木材腐朽論，養賢堂，pp.141～146, (1938)
- 46) 小林享夫：カラマツのナラタケ病について，森林防疫ニュース，7, 8, pp.158～160 (1958)
- 47) 小林 守：ナラタケの被害について2, 3の調査報告，北方林業，12, pp.48～51, (1960)
- 48) 今田敬一・武藤憲由：北海道主要造林樹種の凍害に関する研究（IV），土壤凍結の影響，日林北海道支部講演集，7, pp.15～17, (1958)
- 49) LEACH, R.: Observation on the parasitism and control of *Armillaria mellea*. Proc. Roy. Soc., Ser. B., 121 (825), pp. 561～573 (R. A. M. 16:564～565, 1937), (1937)
- 50) ———：Biological control and ecology of *Armillaria mellea* (Vahl.) Fr., Trans. Brit. Myc. Soc., 23, pp.320～329, (1939)
- 51) 牧野道幸：北海道の林業立地に関する研究，帯広営林局，pp.81～90, (1963)
- 52) MARSH, R. W.: Field obserbation on the spread of *Armillaria mellea* in apple orchards and in a black currant plantation, Trns. Brit. Myc. Soc., 35, pp.201～207, (1952)
- 53) 真下育久：森林土壌の理学的性質とスギ，ヒノキの成長に関する研究，林野土壌調査報告，11, pp. 35～36, (1960)

- 54) MILLER, P.W. : Nut disease in Oregon in 1953. Plant. Dis. Rept. 38, 80., (1958)
- 55) 日本植物病理学会：日本有用植物病名目録(Ⅲ)，(果樹，林木) 78, (1965)
- 56) 日本植物防疫協会：土壤病害の手引，107, (1964)
- 57) 西門義一：新見宮林署部内幼齡造林地の扁柏，杉及び松の枯損に関する調査報告，大阪宮林局報，58, pp.5~12, (1943)
- 58) ———：ヒノキ，スギ及びアカマツの幼齡林を害するナラタケに就いて，農学研究，36, pp. 339~350, (1944)
- 59) 岡部光波：桑のナラタケ病菌の根状菌糸束の發育と土壤との關係，群馬蚕糸要報，56, pp. 9~23, (1966)
- 60) 岡上正夫・佐々木長儀：北関東におけるスギ，ヒノキの寒害について(1)—斜面の方位および傾斜角と土壤凍結深度との關係についての観測結果，日林誌，42, 9, pp.339~342, (1960)
- 61) 小野 馨・篠原 均・内田 勉：カラマツのナラタケ病，北方林業，11, 6, pp.183~187, (1959)
- 62) ———・内田 勉：北海道におけるナラタケ病の發生環境——道東地方にあらわれる凸地形被害型について——，北方林業，13, 12, pp.343~350, (1961)
- 63) ———：北海道におけるカラマツ造林地のナラタケ病——地形および土壤環境と発病——，林試研報，179, pp. 1~62, (1965)
- 64) 大谷吉雄：きのこ，その見わけ方，北隆館，78, (1968)
- 65) PATTON, R. F. and A. J. RIKER : Artificial inoculation of pine and spruce trees with *Armillaria mellea*. Phytopath. 49, 9, pp.615~622, (1959)
- 66) PEACE, T. R. : Pathology of trees and shrubs, with special refernce to Britain. pp. 198~205, (1962)
- 67) PETTINGA, J. J. : De Honigzwam (*Armillaria mellea* (Vahl.) Sacc.), Fruitteelt, 40, 46, 886 ( R. A. M. 30, 420, 1951), (1950)
- 68) PLAKIDAS A. J. : Infection with pure cultures of *Clitocybe tabescens*. Phytopath., 31, pp.93~95, (1941)
- 69) RAABE, R. D. : Host list of the root rot fungus, *Armillaria mellea*. Hilgaldia, 33, pp. 25~88, (1962)
- 70) REITSMA, J. : Studien uber *Armillaria mellea* (Vahl.). Quel. Phyto. Zeits., 4, pp. 461~522, (1932)
- 71) REYNER M. C. : Observation on *Armillaria mellea* in pure culture with certain conifers. Forestry, 4, pp. 65~75, (1930)
- 72) RHODES, A. S. : Root rot of the grapevine in Missouri caused by *Clitocybe tabescence* (Scop). Bress., Jour. Agr. Res., 30, pp. 341~364, (1925)
- 73) 林業試験場北海道支場：北海道森林病虫害報告，5~10, (1956~1962)
- 74) 佐保春芳：ストロブマツ造林地にナラタケ病現る，森林防疫ニュース，8, 7, pp. 112, (1959)
- 75) ———：ナラタケ病被害木とその根の形状について，日林北海道支部講演集，8, pp. 50~52, (1959)
- 76) ———：ナラタケ病についての一つの考え方——苗木はていねいに植えること——，北方林業，12, pp. 78~81, (1960)
- 77) ———：ウダイカンバに認められたウサギの食害とナラタケ病發生の關係について，北方林業，14, 1, pp. 23~24, (1962)
- 78) ———：ナラタケ病試験地とその2カ年後の発病数について，第73回，日林大会講演集，pp.244~246, (1962)
- 79) 斎藤雄一：ヒノキのナラタケ病に就て，御料林，13-1, pp. 48~54, (1939)

- 80) 佐藤邦彦：林業技術者のための森林病害予防の常識，わかりやすい林業研究解説シリーズ，10，pp. 1～51，(1965)
- 81) ———・庄司次男：東北地方における林木のナラタケ病，林試東北支場年報，7，pp. 186～193，(1966)
- 82) SCHWERDTFEGER, F. : Die Waldkrankheiten ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschtzea. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, pp. 123～124, (1957)
- 83) SECREST H. C., H. J. MAC ALONEY, and R. C. LORENZ : Causes of the decadence of hemlock at the Menominee Indian Reservation, Wisconsin. Jour. Forestry, **39**, pp. 3～12, (1941)
- 84) 清水大典：原色キノコ全科，家の光協会，170，(1968)
- 85) 庄司次男：盛岡周辺における外国樹種のナラタケ病発生例，森林防疫ニュース，14，12，pp. 262～263，(1965)
- 86) 塩崎正雄：土壌とカラマツのナラタケ罹病——主に土壌水についての考察から——，北方林業，13，5，pp. 170～173，(1961)
- 87) SMEE, C. : Nyasaland tea and pests and disease, Nya. Tea Ass. Quart. J., 1, pp. 1～5, (1936)
- 88) 鈴井孝仁・鎧谷大節：土壌中の紫紋羽病菌の樹枝による検索について，北海道農試集報，82，pp. 46～54，(1963)
- 89) 高橋敏男・石川政幸・鈴木孝雄：土壌凍結とカラマツの生育，林試北海道支場年報，1966，pp. 106～120，(1967)
- 90) 高樋 勇・豊岡 洪：地下水位の差異がシラカンバ，ドロヤナギの生育に及ぼす影響について，林試札幌支場研究発表会講演集，pp. 85～102，(1953)
- 91) 館脇 操：北海道ササ類の分類(5)，北海道林業会報，**38**，449，pp. 1～11，(1940)
- 92) THOMAS, H. E. : Studies on the nature of host resistance to *Armillaria mellea*. Phytopath. **19**, pp.1, 104～1, 114, (1929)
- 93) ——— : Studies on *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel., infection, parasitism, and host resistance. Jour. Agr. Res., **48**, 3, pp. 187～218, (1934)
- 94) 千葉 茂・小川 章：グイマツ，ニホンカラマツのナラタケ病発生率と根系について，日林北海道支部講演集，14，pp. 48～53，(1965)
- 95) 魚住 正：“ナラタケ” (*Armillaria mellea* (Vahl.) Sacc.) によるカラマツ根腐病，北方林業，7，9，pp.200～201，(1955)
- 96) ———・小野 馨：ナラタケ (*Armillaria mellea*) による針葉樹根腐病について (予報)，第68回日林大会講演集，pp.249～250，(1958)
- 97) 内田 勉：ナラタケ病と土壤条件，林，106，pp. 46～48，(1961)
- 98) VAN VIOTEN, H. : Investigations on *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel. Fungus, Wageningen, 8, pp. 20～23 (R. A. M. **16**, 215, 1937), (1936)
- 99) WARDLAW, C. W. : *Armillaria* root and trunk rot oil palms in the Belgian Congo. Trop. Agric. Trin., **27**, (4～6), pp.95～97, (R. A. M. **30**, 155, 1951), (1950)
- 100) WESTCOTT, C. : Plant disease handbook, p. 281, D. Van Nostrand Company, Inc. (1950)
- 101) 全国森林病虫獣害防除協会：森林防疫ニュース，4～11，(1955)～(1962)

図 版 説 明  
Explanation of plates

Plate 1

- A : ニホンカラマツ罹病木の近くに発生したナラタケの子実体, 1961年 9月28日撮影。  
Fruiting-bodies of *Armillaria mellea* produced on the ground coming up from the Japanese larch tree affected with the fungus. Photo. Sept. 28, 1961.
- B : ニホンカラマツ罹病木の基部に生じたナラタケの未熟な子実体。  
Immature fruiting-bodies of *Armillaria mellea* growing from the base of Japanese larch tree.
- C : ニホンカラマツ罹病木の樹皮と材の間に形成された木菌の白色扇状菌糸膜, 矢印: 扇状菌糸膜。  
White mycelial fans of the fungus between the bark and wood of Japanese larch stem. Arrow; Mycelial fan.

Plate 2

- A : ならたけ病によって侵されたカラマツ罹病木 (左: ×印) と健全木 (右: ○印)。  
Larch tree (left: ×) affected with *Armillaria* root rot and a healthy tree (right: ○). Age of the plantation is 5 years.
- B : 樹幹から樹脂をふき出した罹病木 (7年生)。  
Exudation of resin on the stem of damaged larch tree. Age of the stem is 7 years.
- C : カラマツ罹病木の枝に生じた球果。  
Numerous cones produced on the twig of the damaged larch tree.

Plate 3

- A : 残雪部にみられるならたけ病による枯死木 (室蘭, カルルス—162),  
D : ニホンカラマツ罹病木。  
Death of the larch trees by this disease occurred in a site of snow drifts (162, Karurusu, Muroran).  
D : Diseased larch trees.
- B : ならたけ病によって侵されたカラマツ (7年生) の根系。  
Root system of the larch affected with *Armillaria* root rot. Age of the stem is 7 years.
- C : カラマツ 2代目造林地 (池田, 大津—2)  
M : 前生カラマツ造林木の側根上の白色扇状菌糸膜,  
D : ならたけ病に侵されたカラマツ 2代目造林木,  
R : 菌糸束。  
Second larch plantation (2, Ôtsu, Ikeda).  
M : White mycelial fans on lateral root of the previous larch stand.  
D : Second generation larch trees affected with *Armillaria* root rot.  
R : Rhizomorphs.

Plate 4

- A : 凸地形部に生じたならたけ病による被害部, (北見, 栄森—9), 林齢 6年生, 点線でかこんだ部分被害部。  
Damaged site with *Armillaria* root rot where occurred in the convex place (9, Sakaemori, Kitami).  
Age of the plantation is 6 years. Area surrounded by dotted line: Damaged site.

- B: 南西傾斜面に発生したならたけ病による激害部 (北見, 栄森—18), 林齢5年生。点線でかこんだ部分: 被害部。

Severely damaged site with *Armillaria* root rot where occurred in the south-west ward slope (18, Sakaemori, Kitami).

Age of the plantation is 5 years. Area surrounded by dotted line : Damaged site.

- C: 微凹地形部に発生した本病による集団状被害部, 点線でかこんだ部分。名寄, 天塩—43, 林齢6年生。D: 枯死木, Di: 瀕死木。

Group damaged site with *Armillaria* root rot where occurred in the slightly concaved place as a whole(43, Teshio, Nayoro). Age of the plantation is 6 years. Area surrounded by dotted line: Damaged site. D: Dead tree. Di: Dying tree.

**Plate 5**

- A: 30年生カラマツ造林地に発生した本病による被害部, 矢印の部分。北見, 緋牛内—89。  
Damage in concentric shap in 30-year-old larch forest (89. Hiushinaï, Kitami). Arrow: Damaged site.
- B: 集団状被害部の林内。  
Dead trees in a 30-year-old larch stand in the damaged site.
- C: カラマツ2代目造林地における被害部。池田, 大津—2。S: 前生カラマツ造林木の伐根。  
Damaged site in second larch plantation (2, Ôtsu. Ikeda).  
S: Stumps of the previous larch stand.

**Plate 6**

- A: 接種試験用の地下水位調節装置, コンクリートポットの大きさ:  $1 \times 1 \times 1$  m。  
Controlled equipments of underground water level for the inoculation test. Size of concret pot:  $1 \times 1 \times 1$  m.
- B: 地下水位 10 cm  
Water level, 10 cm from surface.
- C: 地下水位 30 cm  
Water level, 30 cm from surface.
- D: 地下水位 50 cm  
Water level, 50 cm from surface.
- E: , 各コンクリートポットにおけるカラマツの成長状況。  
Growth of larch in each pots.

**Plate 7**

- A: 苗床の高さ別の接種試験装置, 地表から +50 cm, 0 cm, -20 cm。  
Equipment for the inoculation test by heights of plated bed. +50 cm, 0 cm, -20 cm from surface.
- B: 同上, 冬期間の状態。  
Ditto, condition in the winter season.
- C: 高床 (地表高 +50 cm) の断熱処理装置 (スノーボード, アルミニウム箔, ジュラルミン板を用いた)。  
Equipment for adiabatic treatment by snow-board, alminium-foil, and duralumin plate, only high bed (+50 cm from surface).

**Plate 8**

- A: 根箱装置。  
Equipment of root-observation boxes.

B : 川砂中における 2 年生カラマツ苗の根の成長。

Growth of the roots of the potted 2-year-old larch seedling in the river-bed sand.

C : 表層土中における 2 年生カラマツ苗の根の成長。

Growth of the roots of the potted 2-year-old larch seedling in the surface soil.

Plate 9

A : シラカンバ (20 年生) の伐根に対するナラタケ菌の接種試験, 接種後約 1 年の状態, (矢印: 接種点)。

Result of artificial inoculations with *Armillaria mellea* to birch stump, about 1 year after inoculation.

Age of birch is 20-year-old. Arrow: Inoculated point.

B : トドマツ (20 年生) の伐根樹皮下に生じた菌糸膜 (M), 伐倒後 1 年の状態, 自然感染。

Mycelial mat produced beneath the bark of todo-fir (20-year-old) root crown, about 1 year after cut down. Result of natural infection. M: Mycelial mat.

C : カラマツ (20 年生) の伐根樹皮下に生じた菌糸膜 (M), 伐倒後 1 年の状態。

Ditto, root crown of larch, 20-year-old. M: Mycelial mat.

D : 土壌中における本菌の捕そく試験。

1: エゾマツ, 2: トウヒ, 3: トドマツ, 4: スギ, 5: ストローブマツ,

6: ニホンカラマツ, 7: ニセアカシア, 8: ハンノキ, 9: ヤチダモ, 10: カツラ,

11: ポプラ, 12: シラカンバ。

Result of trap test of the fungus in the soil.

1: Ezo-spruce, 2: Spruce, 3: Todo-fir, 4: Sugi, 5: White pine,

6: Japanese larch, 7: Black locust, 8: Alder, 9: Japanese ash,

10: Katura, 11: Poplar, 12: White birch.

---

Effect of Soil Conditions on the Occurrence of *Armillaria*  
Root Rot of Japanese Larch

Kaoru Ono<sup>(1)</sup>

(Résumé)

In recent years, the area of the Japanese larch plantation in the central and northern parts of this country has increased rapidly, and it has suffered from various biological damage. *Armillaria* root rot is one of the most serious causes of damage and is distributed widely throughout larch plantations in Japan. Since 1955, the plantations damaged by the disease have increased year after year.

This root disease had been known in Europe, United States of America and many other countries from the distant past. And so, a great number of the works on this disease have been published from all parts of the world up to now. Also in this country the studies on this disease have been carried out by many workers and numerous reports have been published. But, the writer can find very few references on the effect of soil conditions on its

---

Received September 1, 1969.

(1) Head of Forest Protection Section, Tôhoku Branch, Government Forest Experiment Station, Morioka, Japan.

occurrence in plantations, and on the artificial inoculation with the fungus to larch trees under various soil conditions.

Since 1960, the writer has made some ecological studies on this disease in fourteen larch plantations in Hokkaidô. From the results of the field observations on this disease, it seems that some factors of soil conditions were concerned with its occurrence. On the basis of these data, artificial inoculation experiments to larch trees were performed under various soil conditions.

In the present paper, the writer defined the environmental factors, especially soil conditions which were closely related to the occurrence of the disease, and wanted to determine the considerations which would give the basis of the methods for escape from this disease.

The writer wishes to express his hearty thanks to Mr. Rokuya IMAZAKI, formerly Director of Forest Protection Division of the Government Forest Experiment Station, and Dr. Kazuo ITO, Director of Forest Protection Division of the Government Experiment Station, for their helpful suggestions and guidance during the course of this study. He also greatly appreciates and hereby acknowledges the helpful suggestions and revision of the manuscript by Dr. Zyun HIDAKA, Professor of Kyûshû University. Thanks are due also to the late Dr. Senji KAMEI, Dr. Makoto HIURA, ex-research advisers of forest pathology, Mr. Shôsuke YOGO, Chief of Forest Protection Section, Mr. Masayoshi KERAMOTO, Ex-chief of the Laboratory of Soil Science, Hokkaidô Branch of the Government Forest Experiment Station, Dr. Tadashi KUROTORI, Chief of Soil Section of the Government Station, Dr. Kunihiko SATÔ, Chief of the Laboratory of Forest Pathology, Tôhoku Branch of the Government Forest Experiment Station, for helpful advice during this investigation. He is indebted to many other people concerned who readily facilitated the survey and experiment in the field. Sincere appreciation is expressed also to members and former members of Hakodate, Sapporo, Asahikawa, Obihiro, and Kitami Regional Forest offices; Forest Division of Hokkaidô prefectural Office; Hokkaidô, Tôhoku Branch of the Government Forest Experiment Station who assisted the writer in many ways.

### 1. Distribution of the disease

It was known for long years that the *Armillaria* root rot was widely distributed all over the world and the disease attacks many species of forest trees.

Damage of the disease in this country has been recorded successively in Forest Protection News (1955~'62) and Annual Report of the Forest Damages by Fungus Diseases and Insect pests in Hokkaidô (1955~'61). These records on this disease are summarized as shown in Table 1, and their geographic distribution is shown in Fig. 1. It should be noted that the damage recorded is only a small part of the total damage. From these data it was concluded that the damage was more prevalent in the northern parts of Japan, especially in the Tôhoku district and Hokkaidô island. In general, young larch plantations were affected most heavily; the damage in matured plantations was rarely observed.

### 2. Larch trees affected with *Armillaria* root rot

Symptoms of this disease appear in various types on several tree species. In the case of young larch trees, the first symptoms to appear are discoloration of the leaves from green to pale yellowish green. A slow decline in diseased trees is indicated by reduced current season's shoot length (Plate 2, A), and needles of these trees have a tendency for the end of

shoots to curl abnormally. In these diseased trees, there is commonly an abnormal resin flow from the root collar (Plate 2, B), and sometimes so great that the litter and soil are compacted into a hard crust. White, fan-shaped mycelial mats appear between the bark and the wood (Plate 1, C). Black rhizomorphs are often present between the bark and the wood, and sometimes on the root surface. Seldom are numerous cones produced on the twig of the damaged tree (Plate 2, C). In Hokkaidô, the fructification of the fungus develops on base and butt of dead and dying trees or on stumps, and on the ground coming up from infected roots, the fruit-bodies are observed from middle September to early October (Plate 1, A, B).

The correlation of the degree of damage between the crown and the roots was investigated and the results are shown in Table 2 and Fig. 2. From these data, it was found that diseased larch trees showing some crown symptoms invariably contained advanced root rot which usually extended to a part of the root system. Consequently, the confirmation of the period in which the tree suffered from this disease was very difficult to obtain.

### 3. Spread of the disease in larch plantations

In Hokkaidô island, the damage in larch plantations by the disease was observed mostly in young forests at the 3rd to 7th years after planting; the damage to the matured larch forest, 30 years after planting, was seldom observed.

In order to ascertain the progression of the spread of diseased trees in larch plantations, sample plots were established in the area of 18 Sakaemori Kitami Forest (A-1) where typical group dying of larch trees occurred. In this forest, the larches were planted in the spring of 1956 on the clear-cut area of the broad-leaved secondary forest. The death of larches by this disease in this plantation began to occur in the fall of 1956. This research was continued up to the fall of 1960.

The topography of this plantation and the position of the spread of the diseased trees in this sample plot are illustrated in Fig. 5. In the figure, it is indicated that the annual spread of the diseased trees occurred nearly toward concentric circles from the site wherein the first damage had broken out in 1956.

Contacts of the healthy larch roots with the affected roots were not observed in this plantation. Stumps of the former hard trees were widely distributed in this plantation. Consequently, the rhizomorphs of the causal fungus vigorously developed from those stumps were observed in soil of both the healthy and the damaged sites (Table 5).

The difference in the soil factors between the damaged site and the healthy site in this sample plot was investigated and the results are summarized in Table 3 and 4. As shown in these tables, soil freezing was recognized at the depth of 6~12 cm in late spring and volcanic pumice was observed in the profiles of the damaged site. Furthermore, compact and hard soil layers were recognized in their profiles. Therefore, water permeabilities in these soils were not good.

Concerning the soil moisture in these damaged sites, it was presumed that the soil would be very moist in the snow-melting season, and on the contrary, it would be dry in the dry season, from late spring to summer. From the above-mentioned observations, the writer presumed that these soil conditions would have some influence on the occurrence of this disease.

#### 4. Survey of the environmental conditions in the diseased larch plantations

Since 1956 the writer has carried out surveys of the environmental conditions at the diseased plantations in Hokkaidô during the past several years.

The causal fungus attacks many species of forest trees. Up to the present time, the following tree species have been listed by the writer as the host of the fungus in Hokkaidô; *Larix leptolepis* GORDON, *L. gmelini* GORDON var. *japonica* MAX., *Abies sachalinensis* MAST., *Picea jezoensis* CARR., *P. glehnii* MAST., *P. abies* KARST., *P. glauca* (MOENCH) VOSS., *Pinus strobus* L., *P. sylvestris* L., *P. resinosa* AIT., *P. banksiana* LAM., *P. densiflora* S. et Z., *P. pentaphylla* MAYR., *P. Koraiensis* S. et Z., *Cryptomeria japonica* D. DON, *Betula platyphylla* var. *japonica* HARA, *B. maximowicziana* REGEL, and *Alnus tinctoria* SARG. var. *microphylla* NAKAI. Among them, Japanese larch (*Larix leptolepis*) was affected most severely. The survey of the diseased larch plantations was conducted in fourteen areas as shown in Fig. 8. One or two test plots were established in each area. Distribution of diseased trees, soil conditions and distribution of the rhizomorphs of the causal fungus in both damaged and healthy sites were investigated in each test plot.

##### A. Topography and occurrence of the disease

The topographical factors would be closely related to the occurrence of this disease; therefore, a survey was conducted to ascertain the relation between the occurrence, of the disease and the effect of topographical factors in each test plot.

Putting together the results of the survey, the occurrence of the disease was classified into two types: the one was of concentrical occurrence, and the other of sporadical occurrence. The former type is divided into the following two sub-types. As shown in Fig. 9, and Plate 4, A, B, the one occurred in a convex part or an upper part of the slope (Kitami, Ikeda, Hakodate, etc.), and the other (Fig. 10, Plate 4, C) was observed in a concaved part or a part near the bottom site (Nayoro, Kagura, Imagane, etc.). As shown in Fig. 11, the typical type of the occurrence in the convex part (indicated by ■ mark) was found comparatively frequently in the eastern and southern parts of Hokkaidô, where the ground was covered with snow, though not deep, and consequently the soil was deeply frozen in the winter. On the other hand, the type of the occurrence in the concaved part (indicated by ■ mark) was frequently found in the central and northern parts of Hokkaidô, where the ground was covered with deep snow and the soil freezing did not occur in the winter. From results of the survey on the two damage types, it may be said that the inclination degree of the damaged site was generally smaller than that of the healthy site.

##### B. Soil conditions in the damaged plantation

Profiles, textures, physical properties and types of soil were comparatively investigated in the damaged and healthy sites. Among these factors investigated, several kinds of soil properties seemed to be closely correlated to the occurrence of the disease. In the damaged sites, the compact and hard soil layers were generally found near the surface, and as the water permeability of such soil was not good, this resulted probably in the soils being temporarily or seasonally in very humid conditions; on the other hand, the soil in the convex part was seasonally very dry, from late spring to summer.

From the above-mentioned observations, the writer presumed that the soil condition was the most important factor among those affecting the occurrence of this disease.

### C. Effect of remaining snow on the occurrence of the disease

The surveys on the relation between remaining snow and occurrence of the disease were conducted in the young (3~5 year) larch stand in Karurusu, Muroran (C) at the end of April. The investigated place at an elevation of 450 meters above sea level faced south-west, and the soil of this area was thickly covered with the "Usu" volcanic ash. The results of this survey are shown in Fig. 16, and Plate 3, A. From these data, it seems that the disease has a tendency to occur more frequently in the remaining snow site.

### D. Distribution of the rhizomorphs of the causal fungus in the soil

The surveys were conducted to compare the dry weight of the rhizomorphs in the healthy site with that in the damaged site. The soil in each test plot were cut into soil blocks measuring 50×50×10 cm or 30×30×10 cm. The rhizomorphs in these soil blocks were carefully collected, washed out with water, and then dried in air for a month. The dry weight of the rhizomorphs measured are shown in Tables 5, 10, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 29. From these data, it is clearly evidenced that rhizomorphs of the fungus were existing in almost all plantations investigated, and they distributed crowdedly in the upper 10 cm layer of the soil. Furthermore, no remarkable difference of the weight of rhizomorphs was observed between those in the healthy site and those in the damaged site.

### E. Vegetation in the diseased larch plantation

Most of the larch plantations investigated were formerly occupied by northern hardwoods (birch, acer, oak, etc.) after destruction by forest fire. The larch seedlings were planted after felling of the deciduous trees, and accordingly, the stumps of the hardwoods were abundant in the plantations. The soil surface of these plantations was densely covered with bamboo grasses. The distribution of bamboo grasses and the maximum freezing-depth of the soil seemed to be closely correlated to the type of the occurrence of this disease.

Miyako-zasa, *Sasa nipponica* (Sect. Crassinoidi), was mostly found in the scanty snow region where the soil-freezing was deep, and on the contrary, Chishima-zasa, *Sasa kurilensis* var. *genuina* (Sect. Macrochlamys), and Kumai-zasa, *Sasa paniculata* var. *paniculata* (Sect. Eusasa), were mostly found in the heavy snow region where no soil freezing occurred. In the former region "the type of occurrence in the convex part" was observed, while in the latter region, "the type of occurrence in the concaved part".

### F. Effect of fertilizer on the occurrence of the disease

Research was done in a private forest at Kiyomi Katô, Hokkaidô, where the planting was made up of alternate rows of larch and white pine (*Pinus strobus*). The slope of the forest descended toward the north-west, and at an elevation of 190 meters in altitude. The test plots were established in 1958, and a solid fertilizer, Katakura No. 3 (N 8%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9%, K<sub>2</sub>O 5%) was given in each plot in 1958. The experiments were carried out by the block of 2 times' repeat.

The arrangement of plots and the distribution of diseased trees in the 4th year after planting are shown in Fig. 17. Per one tree, Plots I, IV were fertilized with 200 g, Plots II, V 100 g, and Plots III, VI were unfertilized. The annual death rate of both tree species caused by this disease is shown in Table 30. About twenty percent of the total planted trees were killed by the disease in the 4th year after planting.

No significant difference was observed between the fertilizer treatment and the occurrence of the disease, and it seemed that the effect of physical properties of the soil to the occur-

rence of the disease was more conspicuous than that of the fertilizer.

#### G. Occurrence of the disease in the second reforestation of larch

The survey was conducted to make clear the relation between the position of the stumps of the first-planted larch and that of the diseased larch which had been secondarily planted (Plate 5, C). This investigated area was situated in the prefectural forest, Ôtsu, Ikeda, Tokachi, Hokkaidô (Fig. 8, M). Its height above sea level was 130 m and the slope faced south-south-east. The soil of this area was thickly covered with the Tarumae, Meakan black volcanic ash. Results of this survey are illustrated in Fig. 18. As shown in this figure, the diseased larch trees which had been secondarily planted occurred concentrically on the site where no stumps of the former larch trees were observed. White mycelial mats of the causal fungus developed between the bark and the wood of the stumps of the former larch tree, and the rhizomorphs were abundantly found in A-horizon (Plate 3, C). From these results, it seemed that, in spite of the part near the ridge, the soil in this investigated plot would be temporarily very humid, in the occurrence aspect of the disease.

#### H. Occurrence of this disease in the matured larch forest

The larch stand planted in 1930 was situated in a national forest, Hiusinai, Kitami, Hokkaidô (Fig. 8, N), and was at an elevation of 200 m above sea level. Its topography was a very gently sloping hill, and located on the middle mountain slope (Plate 5, A). The early symptom of the disease, discoloration of the crown top in pale yellowish green, appeared in 1957, and the death of about 50~60 larches occurred concentrically in the next year (1958). The area of this damaged site was 22 by 26 m. The writer observed the invasion of the causal fungus in roots of the damaged larch. The dead trees were found in the central part of the subject site, and were surrounded by a zone of dying trees (Plate 5, B). Some of the dying trees produced numerous cones on the twigs. From results of the soil survey in this area, it was found that the horizon below 15~20 cm from the surface in the damaged site was compact, and its physical properties in natural conditions were unfavorable for larch-growing. It was concluded that inhibition of the development of the roots would probably be induced by the bad soil conditions, and this would have some influence on the occurrence of the disease.

### 5. Artificial inoculations with the causal fungus to larch stocks under various soil conditions

From the observations described in the previous chapters, some soil conditions seemed to be closely correlated to the occurrence of this disease. Therefore, the writer wanted to make clear the effects of the artificially controlled soil conditions upon the occurrence of the disease by inoculation experiments with the causal fungus. Using 2-year-old larch stocks, the work was begun in 1962 and continued to 1965.

#### A. Effect of height of underground water level on the occurrence of the disease

The experiment was performed to determine the relations between the height of underground water and the occurrence of the disease. The equipment shown in Fig. 19, and Plate 6, A was used for the experiment. Ballast, river-bed sand and surface soil (clay loam) were put into a concrete pot, 1×1×1 m. The heights of underground water, 10, 30, 50 cm from surface respectively, were adjusted by a vinyl pipe (water supply) and glass tube (free drainage). Nine 2-year-old larch stocks were planted in each pot. Among them, six larch stocks were inoculated with the causal fungus and the others were not inoculated. Three uninoculated

stocks were separated from the inoculated ones by a board at a depth of 30 cm in the pots. As inocula, naturally infected larch roots, 3~4 cm in diameter and 6~7 cm in length (Experiments-1, 2), or artificially inoculated ones, 1~2 cm in diameter and about 8 cm in length (Experiment-3) were used. As control, three stocks were treated by the pieces obtained from healthy uninfected roots. Inoculum segments were placed on roots of the larch stocks at about 10 cm under soil surface. The tests were triplicately made during November, 1962 and October, 1965.

For the convenience of comparing the development of the disease, the degree of damage was divided into four stages, namely, healthy (0), slightly (1), moderately (3), and severely (5), as shown in Fig. 20. Results obtained are summarized in Tables 31~36. As shown in Table 31, 33, 35, and Plate 6, B-E, annual growth of larch stocks was very poor in the case of 10 cm-height of underground water. Fine roots of almost all larch stocks were severely rotted under the extreme humid condition of the soil. Development of rhizomorphs of the causal fungus, in this case, was also poor as shown in Tables 32, 34, and 36. Number of infected trees in the case of 10 cm-height of underground water was smaller than that of diseased ones in other cases.

These results coincide well with those obtained from the field observations. That is, in the concaved part where soil was always under extreme humid condition, the death of larch trees induced by the infection of the causal fungus did not occur, and larch trees that were killed by this fungus were always observed on the part surrounded by the humid site.

#### B. Effect of temporarily humid moisture conditions on the occurrence of the disease

Under natural conditions, it was presumed that the soil was continuously alternated between humid and dry conditions, and would temporarily be in very humid condition. Therefore, this experiment was conducted to ascertain the effects of the temporarily humid conditions of soil upon the occurrence of this disease.

Larch stocks, 2 years old, were planted in clay pots, 24 cm in diameter, and were simultaneously inoculated with naturally infected roots, 3~4 cm in diameter, 5 cm in length, at a depth of about 5 cm from the soil surface. Potted larch stocks were placed outdoors, buried in soil and fully exposed to sun and rain. To keep the soil in very humid condition for a definite period, ten pots were dipped in water for twenty days, and then were replaced. This treatment was conducted several times during the experiment period, from early spring to late autumn. The experiment was repeated three times during November, 1963 and October, 1966. The results are shown in Tables 37~42. As can be seen in these tables, the annual growth of larch stocks treated during June and July was smaller than that of the others treated. And, it seemed that the stocks treated had a tendency to be affected severely with this fungus. Consequently, the temporarily humid condition in the soil from June to July seems to be an important factor for the disease occurrence.

#### C. Seasonal growing of root tip of larch stocks

According to results of the above-mentioned experiments, it is considered that the very humid soil condition from June to July is unfavorable for the growth of larch stocks, and therefore, it is necessary to make clear the seasonal growing process in the root tip relating to this phenomenon. The equipment shown in Fig. 22, and Plate 8, A was used for this investigation. In the root observation boxes containing surface soil (clay loam very rich in humus), subsoil (clay loam poor in humus) and river-bed sand (screened by 2 mm sieve), 2-year-

old larch stocks were planted, and the root tips appearing on the glass surface were observed every ten days, from May to October. The results obtained are shown in Figs. 23~25, and Plate 8, B, C. Growth in shoots of these larch stocks is shown in Fig. 26.

From these data, it was found that the peaks in the total length of growing root tips and the total number of growing roots every ten days appear during June and July. Consequently, it seemed that the most vigorous growing period of the root tip observed from June to July was also the most harmful season for the root tips by the humid soil condition. This may be closely correlated to the occurrence of the disease.

#### D. Effect of height of planting bed on the occurrence of the disease

From the results of the field observation, freezing in late spring, also temporarily dry and humid conditions in the soil were usually found in the damaged sites. To make clear the effect of these soil conditions on the occurrence of the disease, artificial inoculations were carried out by using the equipment shown in Fig. 27, and Plate 7. Wooden boxes, 1×1×0.5 m, filled with surface soil (clay loam) were buried in the soil. Planting beds in the boxes were regulated at the height of 50 cm above the ground level (+50 cm), at the surface of the land (0 cm), and in the depth of 20 cm under the soil surface (-20 cm), respectively. The experiments were repeated two times during November, 1961 and October, 1964.

In the Experiment-1, planting and inoculation were simultaneously conducted on November 7, 1961. Nine larch stocks were planted in each wooden box and inoculated with inoculum segments, 3~4 cm in diameter and 6~7 cm in length, obtained from naturally infected roots of larch trees. After about one year and a half, on April 22, 1963, the stocks were carefully dug out and were investigated. The investigations were carried out on the growth of stocks, the number of diseased trees, the degree of the damage, and the final condition of inoculum segments. These results are shown in Tables 43 and 44. Moreover, temperature, precipitation, snow-fall, and the depth of soil freezing during this experimental period are illustrated in Fig. 28, 29, and 30. Soil moisture and soil temperature in each wooden box during this experiment were also examined. The variations in the soil moisture content in each wooden box were as follows: 35~55 per cent in the case of +50 cm, 40~55 per cent in the case of 0 cm, and 45~55 per cent in the case of -20 cm. From the results, it seemed that the soil moisture in the case of +50 cm was more variable than those in other cases. No remarkable difference was observed in the soil temperature (10 cm under the surface) in each test box. Results obtained are summarized as follows: (1) The height growth of larch stocks in the case of -20 cm was not good owing to the influence of the humid soil condition, (2) The height growth of larch stocks in the case of +50 cm was affected just a little owing to the influence of the soil freezing and the temporal dry condition of soil, (3) Dead trees caused by the fungus were more abundantly found in the case of +50 cm than in the other cases, (4) Number of the infected trees by this fungus in the case of -20 cm was greater than that in the other cases, (5) Many dead inocula were observed in the case +50 cm, (6) About 50 per cent of inoculum segments produced rhizomorphs and maximum length of the rhizomorphs was 23 cm.

In the Experiment-2, planting of stocks and inoculation to the stocks were conducted on November 7, 1963. Inoculation techniques used in this experiment are similar to the previous one, but shorter inoculum segments, 3~4 cm in diameter and 5 cm in length, were used in this experiment. To prolong the period of freezing in the soil, the surface of the wooden boxes of +50 cm bed was covered with snowboard (adiabatic material), 5 cm in thickness,

aluminum-foil and duralumin plates (Fig. 27, Plate 7, C). To maintain the humid condition of soil for a long time, vinyl films with some holes were laid in the depth of 20 cm under the surface of the soil in the wooden boxes of -20 cm bed. As can be seen from Fig. 32, the term of freezing in the soil in the case of +50 cm wooden boxes was prolonged about 20 days as compared with that of the Experiment-1. In the case of -20 cm wooden boxes, a relatively longer period of humid soil condition was observed during the experiment period. On October 22, 1964, all stocks were collected after being carefully excavated and were examined. The effects of the above-mentioned soil conditions upon the occurrence of the disease and the growth of larch stocks are shown in Table 45, and 46. Results obtained are summarized as follows: (1) Owing to the prolonged term of the soil freezing, trees in the case of +50 cm wooden boxes were more abundantly killed by this fungus than those in the other cases, (2) In the case of -20 cm wooden boxes, the growth of the stocks was not good, and most of fine roots had rotted. Number of the rhizomorphs of the fungus produced from segments was few, and only a few stocks were affected with the fungus.

#### E. Effect of surface soil and subsoil on the occurrence of the disease

In the experiments ten bottomless concrete pots(1×1×1 m)filled with soil shown in Table 47 were used, and the other experimental procedures were the same as those in the previous experiment. The experiments were repeated two times during November 6, 1962 and November 11, 1964. Results obtained are shown in Table 48~51, and they are summarized as follows: (1) As a whole, height growth of larch stocks potted in the surface soil that was rich in humus was good, (2) In the number of the stocks infected by this fungus, no remarkable difference was shown between two soil layers in the Experiment-1, but the number of those in the surface soil was larger than that in the subsoil in the Experiment-2, (3) The maximum length of the rhizomorphs produced from inoculum segments in the case of surface soil was larger than those in the other case.

### 6. Behaviour of rhizomorphs of the causal fungus in soil

#### A. Effect of some soil kinds on the growth of rhizomorphs

The clay pots, 18 cm in diameter, were filled with surface soil, subsoil, soil mixed with vegetable manure heap into surface soil, and river-bed sand, respectively. Inoculum segments obtained from naturally or artificially infected larch roots were buried in the depth of 10 cm under the soil surface in the pots. After about one year the segments were carefully dug out and investigated. The experiments were repeated three times during November 14, 1962 and October 4, 1965. The results obtained are presented in Table 52, 53 and 54. These three tables reveal that the rhizomorphs were abundantly produced in the case of the surface soil and the surface soil mixed with compost, respectively, but the growth of rhizomorphs in the subsoil and river-bed sand was not good.

#### B. Effect of depth from soil surface on the developments of rhizomorphs of the causal fungus

In the field observation, it was seen that rhizomorphs of the fungus developed well near the surface of the soil. The experiments were conducted to detect the effect of depth from surface of soil upon the development of rhizomorphs of the fungus. On May 19, 1965, five pure cultured segments 1.5 cm in diameter and 7 cm length, were placed in the depth of every 10 cm from surface to 60 cm. After about five months, on October 28, 1965, these segments were dug out and carefully observed, and results obtained are summarized in Table 55. As shown in

Table 55, the segments producing rhizomorphs were found in the depth of 10, 20, 30 and 40 cm from the soil surface, respectively, but could not be found in the depth of 50 and 60 cm from the surface. The most vigorous production of rhizomorphs was observed in the depth of 10 cm from the surface. The results of the test on the relation between depth from the surface and the production of rhizomorphs agree well with those in the field observation.

#### C. Trap test for rhizomorphs of the causal fungus in soil

On May 25, 1965, the twigs of coniferous and latifoliate tree species (Table 56), 1~1.5 cm in diameter and 10 cm in length, which had been sterilized at 100°C. for 15 minutes were buried in the surface soil in three places (cut-over area, forest edge and inner part of forest in a 20-year-old Todo-fir plantation). After about five months, on October 28, 1965, all twig segments used were carefully observed. The results obtained are shown in Table 56, and Plate 9, D. From the results, it was found that mycelial mat and rhizomorphs of this fungus were produced on the twig segments of almost all tree species, and the twig segments of latifoliate trees trapped this fungus more frequently than those of coniferous trees. Among these tree species, the twig segments of black locust, white birch, alder, spruce, and larch seemed to be suitable as test materials for trapping this fungus in the soil. At the end of the experiment, dry weight of rhizomorphs in the soil block (1×1×0.1 m) in each test plot was measured. The results were as follows: 5.4 g in forest, 2.7 g in forest edge, 5.1 g in cut-over area of Todo-fir plantation, respectively. From these results, no difference could be detected on the relation between the number of the twig segments producing rhizomorphs and the position of three test plots.

### 7. Growth of the fungus in a stump

In the field observation, the stumps of former trees that produced white mycelial mat of this fungus were frequently observed; therefore, experiments were conducted to observe the development of mycelial mat between the bark and wood of the stumps.

#### A. Artificial inoculation with this fungus to stumps of larch and birch

Stumps of two larch trees, 7 years old (cut down in July, 1963), and two birch trees, 13 years old (cut down in June, 1963), were inoculated with this fungus. Rhizomorphs of the fungus could not be found in the soil near the stumps before the experiment. On November 11, 1963, the stumps, 5 cm under the surface, were inoculated with the inoculum segments. After about one year, on November 6, 1964, the stumps were dug out, the barks carefully stripped off, and the extent of the mycelial mat was investigated. The results obtained and shown in Table 57, and Plate 9, A., reveal that the stumps of both tree species were occupied by the mycelial mat for more than one-third of the whole.

#### B. Extent of mycelial mat of the causal fungus in root crown of larch and todo-fir in natural infection

Under the natural conditions, it was presumed that the root crown would be invaded with this fungus in many points of root. Therefore, this experiment was conducted to trace the extent of this fungus in the root crown under the natural conditions. On May 14, 1965, ten 20-year-old Todo-fir trees and three 20-year-old larch trees were cut down. Many rhizomorphs of this fungus existed in the plantation. After about six months, in November 29, 1965, these stumps were excavated and carefully observed. As shown in Plate 9, B. and C., the mycelial mat developed all over the surface of the root crown. From these results,

it is reasonable to suppose that if the standing trees were felled to establish a new plantation, the mycelial mat of this fungus might develop rapidly on the whole surface of these stumps in less than a year.

#### 8. Effect of planting methods on the occurrence of the disease

In the field, the malformed root system of larch trees killed by the fungus were often observed. This fact leads to the belief that planting methods were related to the occurrence of this disease. Accordingly, the writer carried out the following experiments to make clear the relation between inadequate planting and the occurrence of the disease.

##### A. Effect of skilful and unskilful plantings on the occurrence of the disease

A deliberate bed planting in which the root system was made a ball and a skilful planting in which the root system was fully spread, were examined in this test. On November 11, 1963, larch stocks 2 years old were planted by each treatment in the nursery, where the rhizomorphs of this fungus did not exist. The inoculation to the stocks was carried out simultaneously with the planting. Thirty-one test stocks were employed in each plot, and among them twenty-six stocks were inoculated. The other five stocks as checks were not inoculated. The inoculum segments, 3~4 cm in diameter and 6~7cm in length, were obtained from naturally infected roots of larch trees. After about two years, on October 11, 1965, the growth of sample trees, and the degree of damage were recorded and summarized in Tables 58 and 59. From Table 58, it was found that no remarkable difference in the growth of sample trees was observed between the skilful planting and unskilful planting. But, from Table 59, it was clearly shown that the degree of the damage was conspicuously different between the two methods of planting; that is, the number of larch stocks killed by this fungus and the mean of degree of damage in the case of unskilful planting were 2 times greater than those in skilful planting. From these results, it seems that bad planting may be one of the predisposing factors of the disease.

##### B. Effect of depth of planting on the occurrence of the disease

The experiment was conducted to determine the effects of shallow planting and deep planting upon the occurrence of the disease. On November 11, 1963, larch stocks 2 years old, were planted in such a way that root collars were situated in the depth of 5, 10, 15 cm from the soil surface, respectively, and they were simultaneously inoculated. Position of the inoculum segment was placed at about 5 cm below the root collar of larch stocks. After about two years, on October 11, 1965, all stocks were observed after being carefully excavated. The results are shown in Tables 60 and 61. From these tables it was found that the growth of larch stocks in the case of 10 cm deep planting was better than those in the other cases. Not only that, the number of larch stocks infected with this fungus and the degree of damage in the case of 10 cm deep planting were smaller than those in the other cases. Moreover, the roots of some stocks were often loosened by the wind in the case of 5 cm deep planting, and many secondary roots were produced in the case of 15 cm deep planting. Such phenomena had been frequently observed in the field.

#### 9. Resistance of various coniferous trees to the disease

Stocks of the following nine tree species were tested in this inoculation experiment: (1)

Japanese larch (*Larix leptolepis* GORDON), 2-year-old, (2) Kurile larch (*L. gmelinii* GORDON), 2-year-old, (3) European larch (*L. decidua* MILLER), 2-year-old, (4) Korean larch (*L. olgensis* var. *koreana* NAKAI), 2-year-old, (5) "Akaezo-matsu" (*Picea glehnii* MAST.), 5-year-old, (6) Yezo-spruce (*P. jezoensis* CARR.), 5-year-old, (7) Todo-fir (*Abies sachalinensis* MAST.), 5-year-old, (8) "Sugi" (*Cryptomeria japonica* D. Don), 3-year-old, and (9) white pine (*Pinus strobus* L.), 2-year-old. On November 10, 1962, stocks of the above-mentioned species were planted in the nursery and were inoculated in the same manner as in the experiment 8, A. After about three years, on November 4, 1965, all trees tested were dug out and carefully observed. The annual death of trees caused by the fungus during the period of the experiment is shown in Table 62, and the results of the final investigation are given in Table 63.

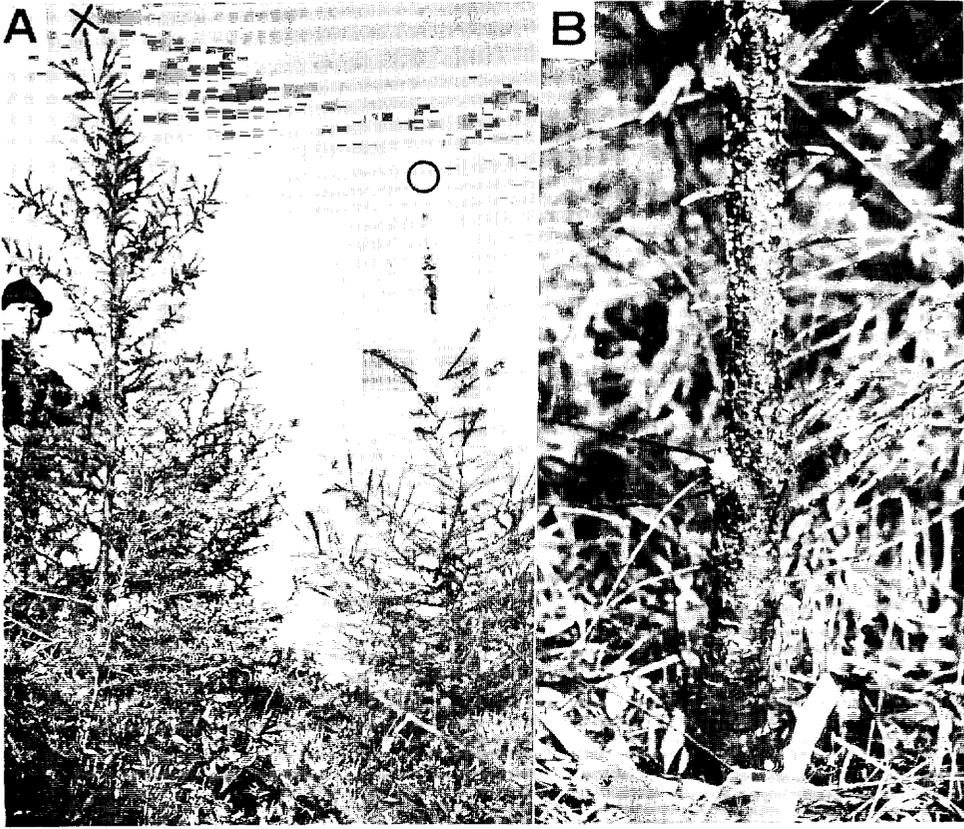
The death of Japanese larch caused by the fungus was found as early as in the first year after planting, increased in the following year, and was counted as about 50 per cent of the whole planted trees in the 3rd year. From the results of the examination on the root system, it was clear that all larch tested, except only three, were infected by this fungus. The growing process of the larch trees killed by this fungus agreed well with that of the diseased trees in the field.

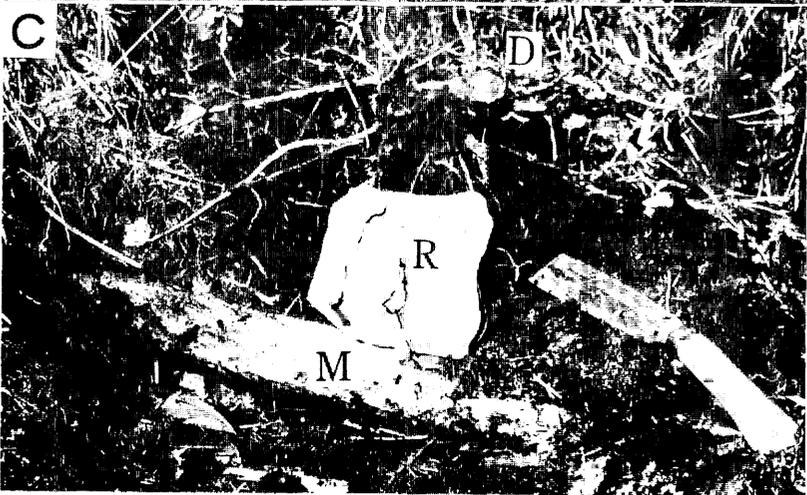
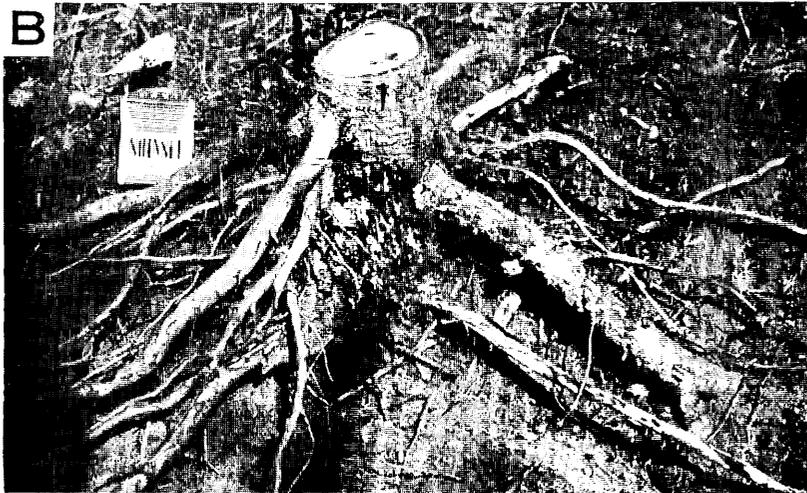
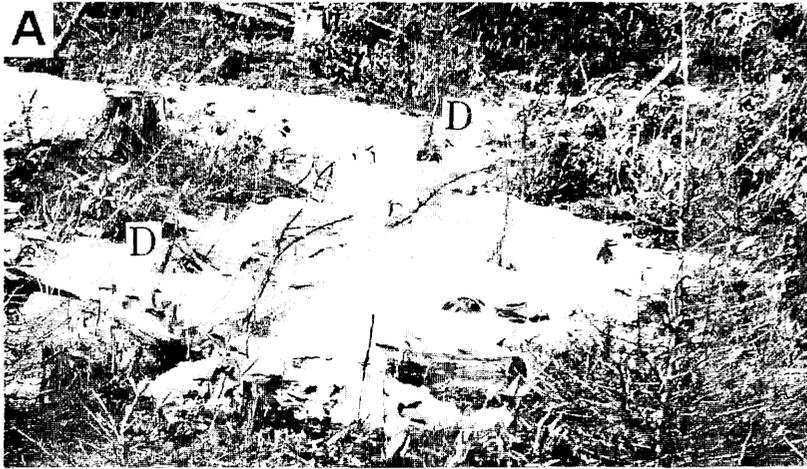
The dead trees in Korean larch and those in Kurile larch accounted for about 30, and 40 per cent of the inoculated trees respectively, whereas the damaged trees in European larch was just a little fewer than that in the other larches.

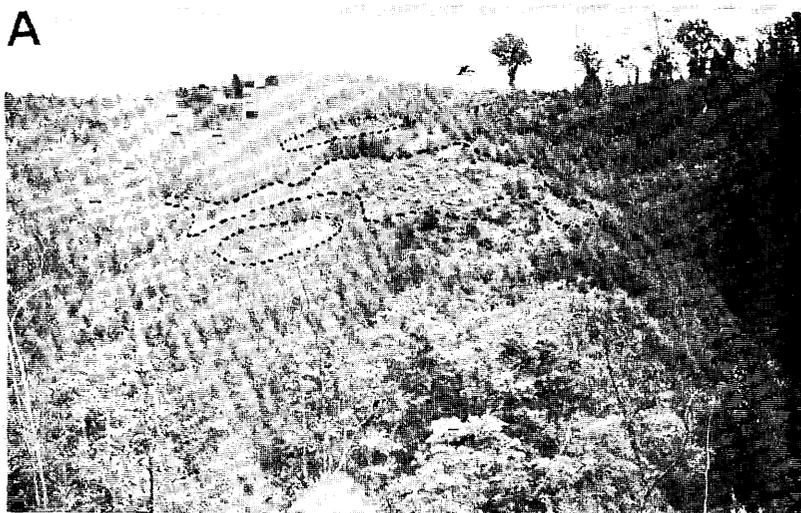
The number of the dead trees in "Akaezo-matsu" and that in Yezo-spruce were counted as 20, and 45 per cent, and the percentage of the infected trees in these tree species of spruce was 90, and 80, respectively. The trees of Todo-fir were not completely dead, and those of "Sugi" were counted as only 4. White pine stocks were infected in higher percentage, and although its mean degree of damage was comparatively great, very few of them were dead.

Putting together the above results, it may be said that Todo-fir and "Sugi" are resistant, while *Larix* spp., *Picea* spp. and white pine are susceptible to this disease so far as this experiment is concerned.

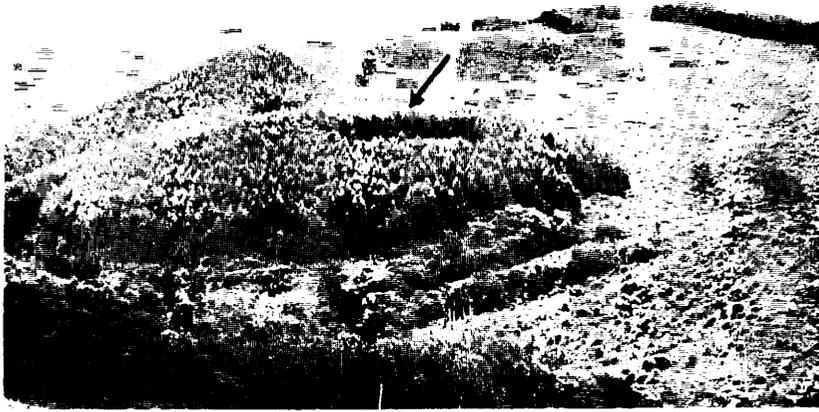








A

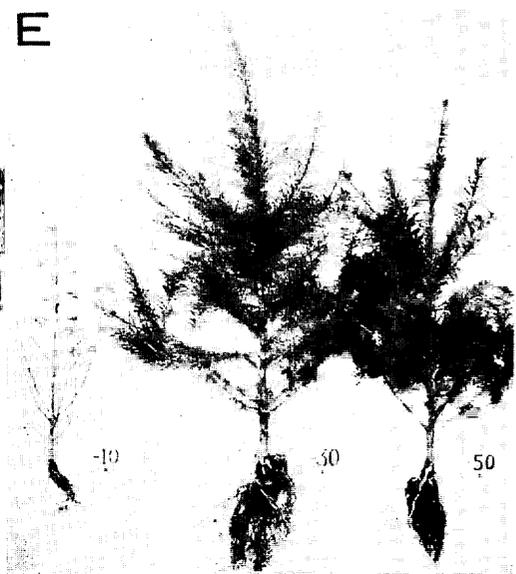
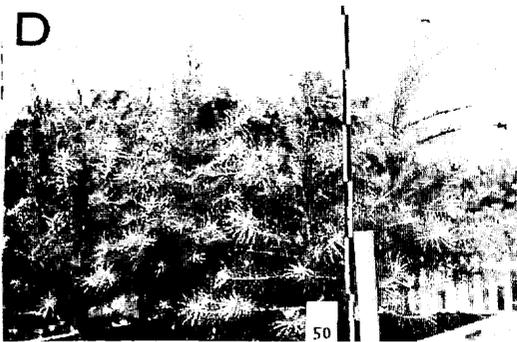
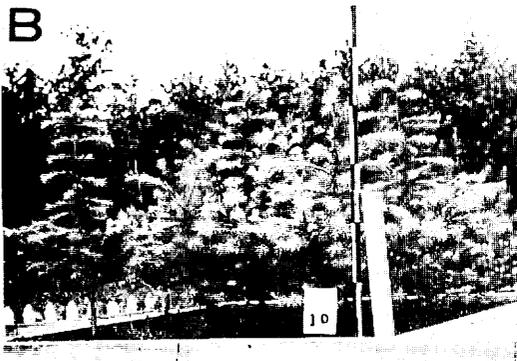
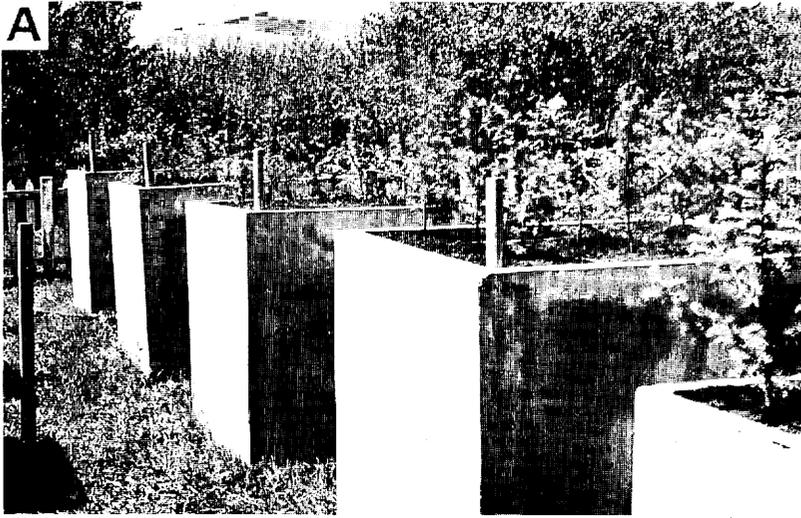


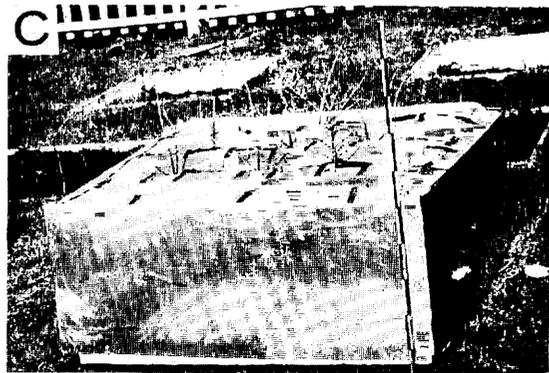
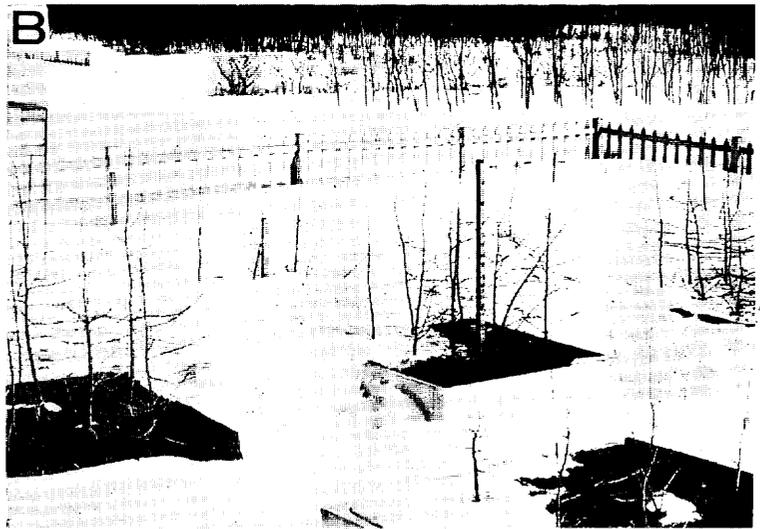
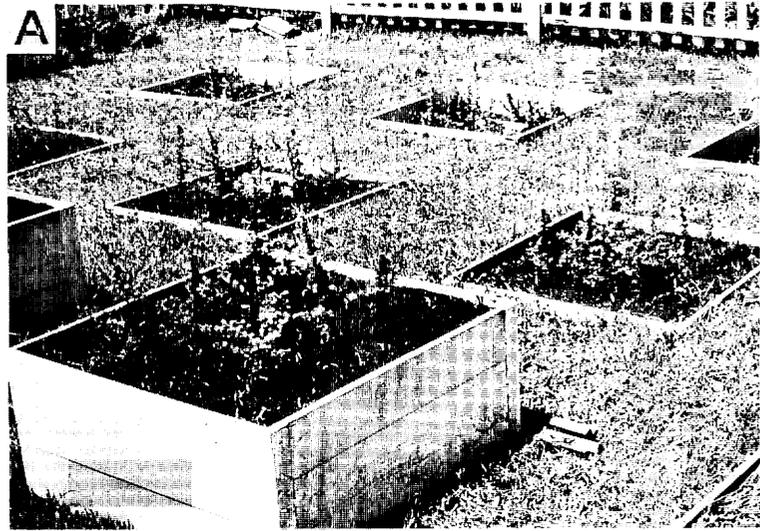
B

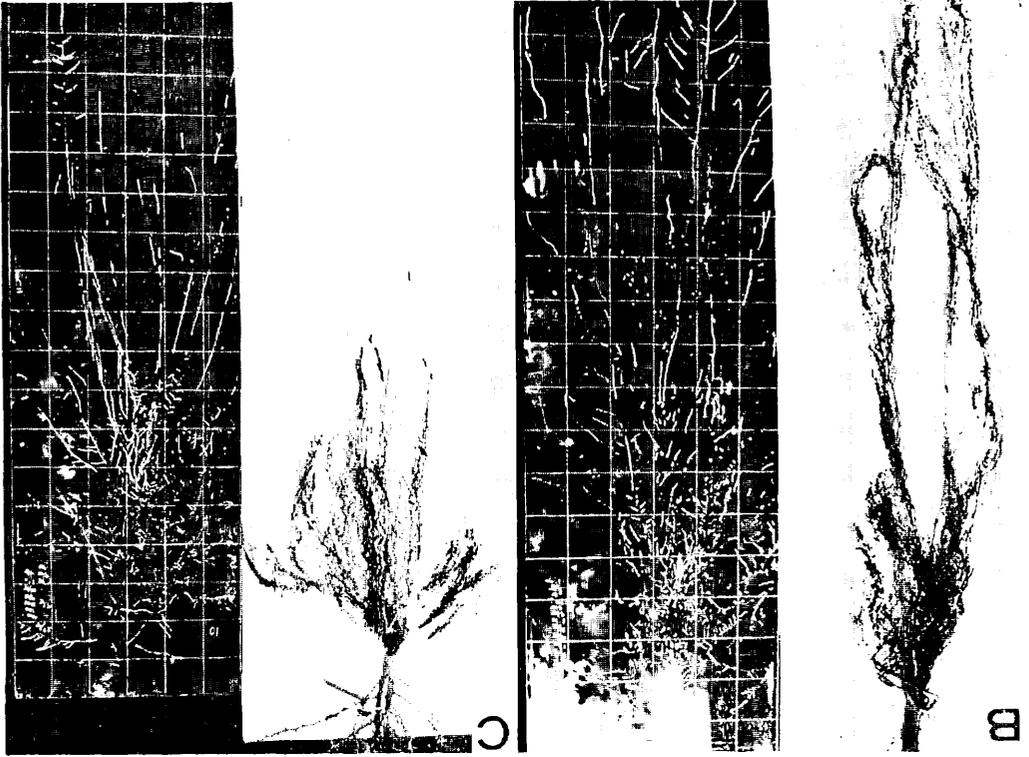


C









—Plate 8— カラマツならびに白菊に関する研究—とくに土壤条件と繁殖— (小野)

