

# カラマツ根株心腐病菌に関する生態学的研究

黒 田 吉 雄

Ecological Study on Butt-rot Fungus of Japanese Larch

Yoshio KURODA

## 目 次

第1章 緒言	2
第2章 カラマツ根株心腐病に関する研究史	4
第1節 被害報告および心腐病菌の検出	4
第2節 心腐病菌の接種試験と感染樹齢	5
第3節 被害発生地の土壤環境	5
第4節 心腐病菌による木片腐朽	6
第5節 罹病木の診断	7
第6節 心腐病菌の腐朽力の in vitro での検定	7
第3章 カラマツ林床土壌における Basidiomycete-1の動態と分布	7
第1節 材料および方法	8
1. 試験地	8
2. 普通試験区および特定試験区の設定	9
3. 調査方法	10
第2節 結 果	10
1. Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉および分布と年次変動	10
1) 普通試験区	10
2) 特定試験区	13
第3節 考 察	15
1. Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉	15
2. Basidiomycete-1の根状菌糸束の分布	18
第4章 Basidiomycete-1の根状菌糸束の分布と土壤含水率	19
第1節 材料および方法	19
第2節 結 果	20

1. 土壌含水率の時期的変動 .....	20
2. 土壌含水率と Basidiomycete-1の分布との関係 .....	20
第3節 考 察 .....	22
第5章 Basidiomycete-1の根状菌束の分布と土壌 pH .....	30
第1節 材料および方法 .....	30
第2節 結 果 .....	30
第3節 考 察 .....	38
第6章 間伐木および風倒木によるカラマツ根株心腐病罹病木と健全木の分布 .....	39
第1節 材料および方法 .....	39
第2節 結 果 .....	40
第3節 考 察 .....	42
第7章 Basidiomycete-1菌系のアロザイム変異と遺伝子型の平面分布 .....	43
第1節 材料および方法 .....	43
第2節 結 果 .....	45
第3節 考 察 .....	50
第8章 Basidiomycete-1の菌系間における木片腐朽力 .....	56
第1節 材料および方法 .....	56
第2節 結 果 .....	58
第3節 考 察 .....	59
第9章 総合考察 .....	60
摘 要 .....	62
引用文献 .....	63
謝 辞 .....	66
図版説明および図版 .....	70

## 第1章 緒 言

我が国におけるカラマツ人工林の歴史は比較的新しく、高橋 (1960) によれば、明治中期頃に長野県下で植栽されたのが始まりとされている。カラマツは高冷地域に適応し、しかも、成長が早いことから中部以北の奥地林開発用として造林された。特に戦後は、国有林において拡大造林が行われ、現在では造林面積約100万 ha、面積率約10%と主要造林樹種の一つとなっている。奥村 (1988) は、植栽後カラマツの成長が早いことから短伐期樹種として導入されたが、高齢材になると若齢材に比べて、“ねじれ”や“曲がり”などの欠点が少なくなり、材質的に優れていることを指摘している。このことから近年では、材価の低迷も伴いカラマツ良質材の生産施業として長伐期化へと移行している。

一方、カラマツはマツ類と共に病虫害等に弱い樹種で、青島・林（1962）は、カラマツ生立木では材質の腐朽、すなわち、根株心腐病および幹心腐病に侵されやすいとしている。幹心腐病の被害も大であるが、根株心腐病は、“元玉（一番丸太）”が侵されるため経済的損失が大きく、さらに、黒田ら（1994）は、罹病木は強風によって幹折れが生じ易く、致命的な被害に発展する可能性を示した。また、五十嵐（1985）によって、根株腐朽の発生率は樹齢の増加と共に高くなることが指摘されており、長伐期施業への移行に関連しては、主伐期の腐朽害が懸念される。

現在まで、カラマツ根株心腐病の発生環境について土壌の理化学性の悪さ、すなわち不透水性土壌あるいは集水し易い凹地形や緩斜面、地下水の高い場所に多く罹病木の発生が認められるとしている。しかし、罹病木の発生環境と立地条件に関する詳細な報告はない。また、病原菌の生態学的研究は極めて少ない。

大澤・勝屋（1987）は、ハケ岳東山麓周辺のカラマツ人工林内の根株心腐病罹病木より未同定担子菌（以後 Basidiomycete-1 と称す）、カイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケを分離し、特に、Basidiomycete-1 による被害が多いことを指摘している。また、黒田・高見澤（1993）は、筑波大学農林技術センター川上演習林内のカラマツ風倒木の調査より Basidiomycete-1 の分離率が高いことを報告している。しかし、Basidiomycete-1 の子実体が未発見のため発生生態は全く不明である。

本研究は、新しく分離された Basidiomycete-1 に関する生息生態・罹病診断および遺伝的変異を明らかにするため以下について調査研究を実施した。

①カラマツ林床土壌中に生息する Basidiomycete-1 は根状菌糸束を形成し木杭の表面に付着することに着目し、木杭を用いて捕捉し、土壌中に生息する根状菌糸束の分布と地形の関連性、また、その年次変動と気象条件について検討した。

②根株心腐病の発生要因として考えられている土壌含水量（含水率）および土壌 pH 値との関連性について、本菌が捕捉された箇所および捕捉されなかった箇所の土壌含水率と土壌 pH 値を計測し本菌との関連性を明らかにした。

③カラマツ根株心腐病罹病木は枯死に至ることがなく外観から罹病の有無の判定は極めて困難である。カラマツ根株心腐病の診断方法として Shigometer (Shigo 1975)、ボアスコープ、X線診断装置（コンピューター断層撮影）などを用いる方法がある。そのうち、Shigometer を用いて根株心腐病罹病木の診断を行い、カラマツの根株調査結果と対比させ Shigometer の信頼性と罹病診断について検討した。

④ Basidiomycete-1 の多くの分離菌株を用い、アイソザイム分析を行い、Basidiomycete-1 の菌系間における遺伝的変異とその分布状況を明らかにした。

⑤さらに、Basidiomycete-1 の菌系間における木片腐朽力の差異について検討した。

これらの結果をもとに Basidiomycete-1 の生息生態・遺伝的分化について考察を試みた。

## 第2章 カラマツ根株心腐病に関する研究史

### 第1節 被害報告および心腐病菌の検出

本邦におけるカラマツ [*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.] 根株心腐病の研究は伊藤 (1974) によれば、白河 (1902) が長野県浅間山麓において心材の腐朽を発見したのが最初である。その後、白沢 (1904) によって、本病を腐心病<sup>1)</sup>と名づけられ、同氏はカラマツ造林木に対する本病の重要性を指摘するとともに、被害木の状況および被害の原因について述べている。しかし、本病は長期間、病原菌が不明のまま経過したが、北島 (1925) は浅間山麓の亀裂状褐色腐朽型による本病はカイメンタケ [*Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat.] によるものであることを明らかにした。青島 (1950) は、日本産 *Poria* 属のモノグラフで、キンイロアナタケ [*Poria subacida* (Peck) Sacc.] が根部心材腐朽菌であることを報告した。さらに、同氏 (1958) はレンゲタケ [*Tyromyces balsameus* (Peck) Murr.] とカイメンタケ [*Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat.] による根株心腐れについても詳細に報告している。レンゲタケによる心材腐朽は、亀井 (1951) もトドマツおよびアカエゾマツで報告した。また、亀井・五十嵐 (1956) は、北海道におけるハナビラタケ [*Sparassis crispa* (Wulf.) Fr.] による樹幹の腐朽およびその被害について報告している。その後、青島・林 (1962) によって、富士山麓 (山梨県、静岡県) および八ヶ岳山麓 (長野県野辺山高原) のカラマツ心腐病の病原菌として、レンゲタケ、カイメンタケ、ハナビラタケ、チウロコタケモドキ [*Stereum sanguinolentum* (Alb. et Schw.) Fr.], マツノカタワタケ [*Porodaedalea pini* (Thore ex Fr.) Murr.], ミヤマシロアミタケ [*Coriolellus heteromorphus* (Fr.) Bond. et Sing.], カラマツアナタケ [*Coriolellus laricinus* Aoshima et Hayashi], マスタケ [*Laetiporus sulphureus* (Bull. et Fr.) Bond. et Sing.], エブリコ [*Laricifomes officinalis* (Vill. et Fr.) Kotlaba et Pouz.] の9種をあげ、この内、根株心腐病の病原菌は、レンゲタケ、カイメンタケおよびハナビラタケ、の3種であることを報告している。また、大澤・勝屋 (1985) は、八ヶ岳山麓におけるカラマツ根株心腐病の実態調査の結果、新たに多重クランプを有する未同定担子菌“Basidiomycete-1”を分離し、本菌の病徴および病原菌培地上の性質について報告している。小林・阿部 (1989) は、長野県下におけるカラマツ被害木調査から、青島・林 (1962) によって報告されているカラマツ心腐病の病原菌9種以外にニセカイメンタケ [*Onnina tomentosa* (Fr.) Karst.] および未同定菌4種が本病に関与していることを明らかにするとともに、これら14種について培養上の諸性質と、5種の材腐朽能力について報告した。

一方、北海道では、Igarashi & Takeuchi (1985) が北海道大学苫小牧演習林で調査した結果、カラマツ根株心腐病の病原菌はカイメンタケ、ハナビラタケおよびレンゲタケであり、カラマツの樹齢とともに被害木および材積腐朽率とも増加することを指摘した。また、佐々木 (1986) は、北海道における根株腐朽菌として、カイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケ、マツノネクチタケ [*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.], エゾノサビイロアナタケ [*Fuscoporia weirii* (Murr.)

1) 本病発見当時は腐心病で呼称されたが、その後根株心腐病と改称された。

Aoshi.]の5種、樹幹腐朽菌として、チウロコタケモドキ、ミヤマシロアミタケ、マスタケ、エブリコの5種を報告するとともに、カイメンタケ、レンゲタケより腐朽材の色が淡く、内部に暖皮模様が見られる腐朽部位より分離される未同定菌“E”を報告している。

## 第2節 心腐病菌の接種試験と感染樹齢

カラマツ生立木への根株心腐病菌および幹心腐病菌の接種試験に関する報告では、遠藤・渡瀬（1967）が、28年生と50年生カラマツに接種を行っている。その結果、腐朽速度（変色部を含む）は根部に接種したカイメンタケで5～6 cm／年、ハナビラタケで4～5 cm／年、また、樹幹部に接種したミヤマシロアミタケで20cm／年、カイメンタケで3～4 cm／年と報告している。また、黒田・勝屋（1986）は9年生カラマツの樹幹に、カイメンタケ、レンゲタケおよびハナビラタケを接種した結果、腐朽は接種部位より上方および下方に進展するが、上方への進展が速く、2年間で全供試菌とも最大30cm（上部方向、変色部を含む）まで腐朽を認めている。

カラマツへの根株心腐病菌の侵入時期について、黒田ら（1992）は、カラマツの心材形成と本菌の侵入時期について、カラマツ幼齢木2,249本を用いて調査した結果、心材形成は6年生以上のカラマツで認められ、また、10年生以上のカラマツのみから Basidiomycete-1 を分離し、本菌は心材が形成されている10年生以上のカラマツに侵入することを明らかにした。なお、平井（1952）は、カラマツの心材形成時期について、カラマツ樹齢6～7年で心材形成が始まるとしている。

## 第3節 被害発生地の土壌環境

カラマツ根株心腐病の発生要因について、小野（1951）は、被害木の多くは、凹地形で集団的、また、傾斜地形では散発的に発生が認められるとし、さらに、冬期間は積雪下となる地域では、野鼠による食害跡から感染を受け易いとしている。遠藤・渡瀬（1962）、および遠藤（1963）は、本病の発生し易い場所として、尾根の緩斜地および不透水性土壌地域を指摘している。また、武井・片倉（1980）は、本病の発生林分の環境は、地形的には緩斜面か平坦地でしかも凹地形であり、また、土壌は Bl<sub>D</sub> (m) で地表下の通気性が極めて悪いことを報告した。さらに、三原・片倉（1982）は、長野県北佐久地方のカラマツ間伐地における根株心腐病の発生状況について調査し、本病の発生林分は平坦地あるいは凹地形に多く、土壌的には黒色土に極めて多いことを報告している。

川崎・管（1980, 1982, 1983）は、長野県下における本病発生と立地に関する一連の調査結果で、土壌理化学が悪く排水不良地および風衝地や急斜面の山腹面で比較的岩石の多い場所、および微地形的には傾斜地から平坦地に移行する場所で本病の発生を認めている。さらに、同氏ら（1984, 1986）は、土壌環境要因について土壌凍結が生じる地方においては、春期土壌融解期に一時的に土壌水分が過剰になるような場所では、本病が発生し易いことを示唆している。仙石・浜（1986）は、本病の発生環境として、カイメンタケによる本病の発生地は凹地形で、しかも、黒色土で各層位とも堅密で排水不良な場所、しかし、ハナビラタケによるものでは凸地形の斜面で土壌の理化学性の良好な場所にも発生を認め、病原菌によって本病の発生環境が異なることを示唆した。勝屋・黒田（1983）は、筑波大学農林技術センター川上演習林内におけるカラマツの根株心腐病の被害実

態を明らかにするため間伐木を対象に根株心腐病の調査を行った結果、地形によって被害率に差異があることを指摘している。また、佐々木ら（1987）は、土壤環境について、土壤の理化学性が良とされる所でも、集水し易い地形では融雪期や梅雨期など一時的に水分が停滞する場所を指摘している。さらに、佐々木・仙石（1988）は、本病の根株は、やや集中して分布し、比較的緩斜面の黒色土壤に高い被害率がみられたとしている。奥村（1988）は、長野県における本病の発生要因について、一般に平坦地や緩斜面に本病が多いが、このような立地では土壤中に水が停滞して酸素の欠乏を招き、その結果、根の枯死を生じ、これが腐朽菌の侵入門戸になっていると指摘している。五十嵐・竹内（1985）は、北海道で腐朽菌害の調査を行った結果、根株腐朽の発生率は樹齢の増加とともに高い値を示すが、樹幹腐朽の発生率は若い樹齢であっても菌の侵入口となる傷が樹幹にある場合には高率になることを指摘している。佐々木ら（1987）は、カラマツ腐心病は、カイメンタケ、レンゲタケによるものは土壤が堅密で透水性が不良な場所、また、ハナビラタケによるものは土壤が柔軟で透水性の良い場所で発生しているとしている。山根ら（1990）は、北海道における根株腐朽の発生について、地形が関係し、広い尾根、段丘上、平坦地および下降斜面（ $0^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ）、また、風害跡地および停滞水を生じるような排水不良地に多いとしている。さらに、腐朽木の多くには野鼠害および外傷跡があり、これらの傷跡が本菌を誘因しているとしている。また、本病が火山灰土壤地で多発しやすいのは、土壤が柔軟なため根系と土壤との緊縛が失われ根切れの害を受けるためとしている。

#### 第4節 心腐病菌による木片腐朽

本病がカラマツ樹幹におよぼす影響について、伊藤（1974）は、カイメンタケによる心材腐朽部は亀裂状褐色腐朽を起こし極めてもろくなり、強風によって挫折しやすいとしている。また、今関・青島（1955）は、北海道石狩川源流原生林総合調査より、根株心腐病および幹心腐病による被害木は風害を受け易いとし、その被害木の腐朽程度と風倒との関係について詳細に報告している。黒田・高見澤（1993）は、風倒したカラマツの根株調査より、風倒木の多くは根株心腐病罹病木で、本被害木は強風によって倒木しやすいことを示唆した。その後、黒田ら（1994）は、富士山北麓において、風倒（幹折れ）木、根返り木および生立木について根株心腐病罹病率ならびに根元断面積に占める腐朽部の割合について調査した結果、風倒被害木と、根株心腐病との関係が高いことを明かにした。さらに、大澤氏ら（1994）は、富士山においてカラマツ根株心腐病の被害調査およびその病原菌や発生環境要因について調査し、病原菌の多くは、カイメンタケであることを明かにするとともに、発生環境要因については、樹齢と傾斜度が根株心腐病の発生に影響を与えていることを報告した。また、川崎・管（1983）は、長野県下における被害木調査より、根元腐朽直径と腐朽高との関係に相関関係を認め、腐朽高は根元腐朽直径の約10倍であるとしている。黒田ら（1991）は、ハケ岳東山麓の74～75年生カラマツの根株調査では、川崎・管（1983）の報告と同様に、根元腐朽直径と腐朽高との関係に相関関係を認め腐朽高は根元腐朽径の約13倍で、しかも病原菌の種により腐朽に差があることを明かにした。

山根ら（1990）は、北海道におけるカラマツの生立木腐朽について聞き取り調査を行った結果、

腐朽木と林齢との関係について、VII齢級までは齢級が進むにつれ腐朽木本数が高まるが、その後は緩慢な増加または横ばい状態であるとしている。また、腐朽高は林齢60年で1m 以内にとどまるとしているが、腐朽高は平均すると伐採断面の腐朽長径の5倍と報告している。

## 第5節 罹病木の診断

カラマツ生立木の根株心腐病の診断は、多くの場合外観からだけでは、極めて困難である。罹病木の腐朽程度がかなり進み末期状態にある場合は、打診法によってある程度判断することができるが、熟練が必要である。勝屋・黒田(1983, 1988)は、カラマツ生立木の根株心腐病の診断に、Shigometer を用いた結果、Shigometer での診断には熟練を要するとしながらも、携帯に便利で良好な成果が得られると報告している。その後、同氏ら(1987)は、ボアスコープを用いて罹病木の診断を行った結果、鮮明な画像をえているが、携帯するためには電源の問題を含め若干の改良が必要としている。さらに、同氏ら(1988)は、X線診断装置（コンピュータ断層撮影）を用いて罹病木の診断を行っているが、この方法は樹幹に全く傷を付けない為、腐朽の進展に関する調査研究に有効で、また、材のフシ、年輪の状態についても知ることができるとしている。しかし、現在では電源を含め大型機械であることとX線の取扱い等の問題があり野外での実用化には困難であるとしている。

## 第6節 心腐病菌の腐朽力の *in vitro* での検定

カラマツ根株心腐病菌の腐朽力について、大澤(1987)は根株心腐病菌（担子菌）3種および非担子菌系糸状菌5種を用いて、木片腐朽能力と根株心腐病菌の腐朽におよぼす非担子菌系糸状菌の影響について報告した。また、小林・阿部(1989)は、カラマツ腐朽菌の培養の諸性質と腐朽能力について、従来の9種の腐朽菌の他に、新たに5種の菌が関与していることを明らかにし、これら14種について菌の培養上の諸性質と腐朽能力について報告した。青木・川崎(1992)は、カラマツ根株心腐病菌の識別についてアイソザイムの手法を用いている。今後、菌類にアイソザイムあるいはDNAによる分類手法を用いることにより、菌系間における木片腐朽能力の差異、また、個体識別を行うのに重要な手法として期待される。

## 第3章 カラマツ林床土壌における Basidiomycete-1の動態と分布

大沢ら(1987)は、筑波大学農林技術センター川上・ハケ岳演習林を中心としたハケ岳東山麓においてカラマツ根株心腐病の調査を行った結果、新しい根株心腐病菌として未同定担子菌 Basidiomycete-1を報告した。その後、黒田・高見沢(1993)は、1990年9月、台風19号により、本試験地内のカラマツ人工林に風倒木が発生した。これら風倒木について根株心腐病の有無の調査と腐朽菌の分離をした結果、病原菌として Basidiomycete-1、カイメンタケ、レンゲタケを分離したが、Basidiomycete-1の分離頻度が最も高いことを報告した。この様にカラマツ根株心腐病は種々の病原菌によって引き起こされるが、本学川上演習林内での今日までの調査では、同地域は

Basidiomycete-1が最も優勢に分布し、カラマツ生立木に被害を与えていることが明かになっている。

根株心腐病の病原菌および発生環境についての報告はあるが、林床土壤中における病原菌の分布およびその動態についての報告は皆無である。本章では、筑波大学農林技術センター川上演習林内のカラマツ林床土壤中に棲息する Basidiomycete-1の分布とその動態について1987年から1994年まで8年間継続調査した結果をまとめた。

## 第1節 材料および方法

### 1. 試験地

本研究を進めるため、1987年に筑波大学農林技術センター川上演習林(長野県南佐久郡川上村)カラマツ人工林内に面積 0.98ha の試験地を設定した(図III-1)。試験地を設定した人工林は関東山地の最西端に位置し、東方には奥秩父の連山があり、西方には野辺山ヶ原を隔てて八ヶ岳の山塊がある。また、本試験地の地質は安山岩からなる飯盛山火山岩類と、それを覆う山麓砂礫層が露出しており、その表層は褐色森林土壌および黒色森林土壌からなっている。

試験地の川上演習林1林班は北西斜面にあり標高1,475m から1,520m に位置し、幅約40m、標高差約45m、傾斜沿いに細長く凸斜面で、北東側および南西側の両端には溪流が走ってる。この両溪流は本林地の北西側端で合流し、本林地は比較的起伏に富んだ地形である。また、土壌型はBl<sub>0</sub>で林床にはイボタノキ、ニワトコ、キハダ、また、一部にはミヤコザサが群生している。同試験地のカラマツは1962年に植栽され現在に至っている。試験地の設定は、先ず試験予定地の周囲をコンパスでトラバース測量後、地形測量を行った。地形測量はレベルを用いて水準測量を行い図



図III-1 カラマツ根株心腐病の試験地  
筑波大学農林技術センター八ヶ岳・川上演習林



化した。Basidiomycete-1の捕捉試験区は、普通試験区および特定試験区に分けて設定した。

## 2. 普通試験区および特定試験区の設定

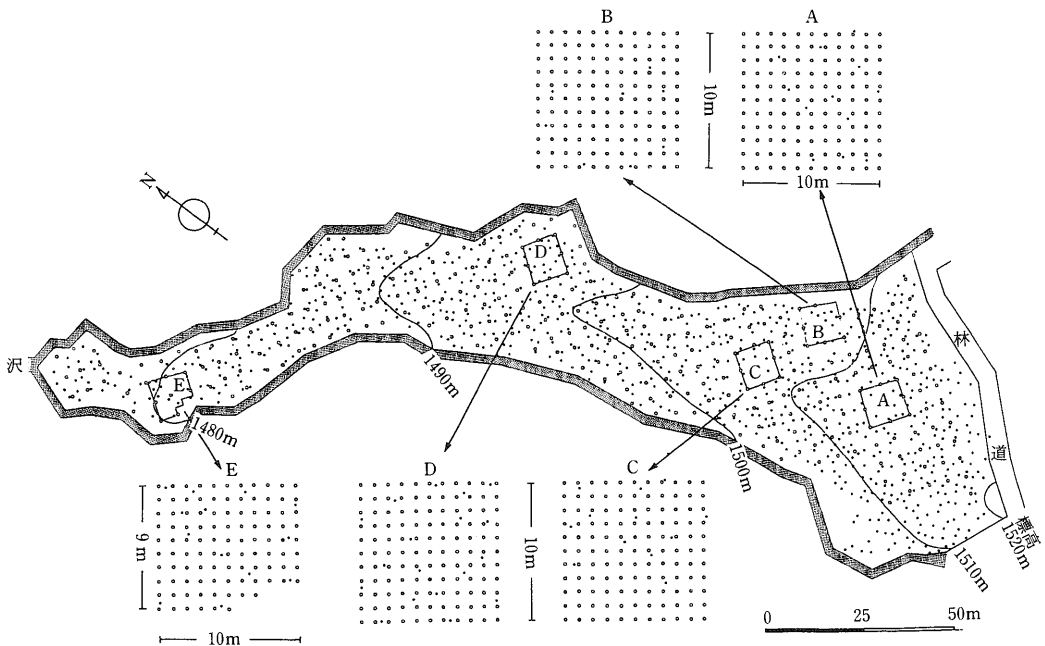
普通試験区および特定試験区において Basidiomycete-1の根状菌糸束を捕捉するための捕捉杭の設置は図III-2に示したように配置した。普通試験区の捕捉杭の配置は、試験地中央付近を東南から北西に走る尾根を基線にし、コンパス測量によって縦5m×横5mのメッシュを組み、尾根左右に均等に捕捉杭が配置されるようにした。すなわちこのメッシュの交点を Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉位置とした(図版I-A)。さらに詳細な調査を行うため、普通試験区は1987年～1990年の捕捉結果をもとにして特定試験区5区を1989年以降に設置した。特定試験区A, C, Dは1989年, 特定試験区B, Eは1990年に設置した。

A区は、試験地内で最も標高の高い場所で標高1,510m～1,515m間の尾根付近で北東側の斜面に沿い、根状菌糸束の分布が集団的に認められ最も多く捕捉された場所に設けた。

B区は、A, C区と比較的隣接し、試験地の北東側の溪流付近の平坦地に位置し、根状菌糸束の分布が離散的に認められた場所に設けた。

C区は、標高1,505m～1,510mの尾根付近に位置し、根状菌糸束の分布は集団的から離散的に認められ、A区について多く根状菌糸束が捕捉され場所に設けた。

D区は、試験地の北東側の標高1,495m～1,500mの溪流付近に位置し、根状菌糸束の分布が単



図III-2 川上演習林内試験区におけるカラマツ生立木  
および Basidiomycete-1 の捕捉杭位置

●：カラマツ生立木 ○：Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉杭

特定試験区設置年度：1989年A, C, D区, 1990年B, E区

発的に認められた場所に設けた。

E区は、試験地の北西側の尾根付近に位置し標高は最も低く1,480m付近で、根状菌糸束の分布が単発的に認められた場所に設けた。

### 3. 調査方法

試験地内の林床土壌中の Basidiomycete-1 の根状菌糸束を捕捉するため捕捉杭(カラマツ材3.0cm×3.5cm×40.0cm)を地下20cmまで打ち込み約1年間放置した。その後、全ての捕捉杭を抜き取り、杭の表面に付着した Basidiomycete-1 の根状菌糸束の有無を観察調査した(図版 I-B)。

捕捉杭の設置は、普通試験区では、第1回目は1987年11月、第2回目は1989年6月、第3回目は1990年7月、第4回目は1991年7月、第5回目は1992年8月、第6回目は1993年7月に行った。特定試験区では、第1回目は1989年6月、第2回目は1990年7月、第3回目は1991年7月、第4回目は1992年8月、第5回目は1993年7月に行った。特定試験区の調査初年は、普通試験区の第2回目(1989年)あるいは第3回目(1990年)から調査を開始した。

捕捉杭に付着した根状菌糸束の有無の調査は、普通試験区では、第1回目は1988年10月、第2回目は1990年7月、第3回目は1991年9月、第4回目は1992年7月、第5回目は1993年7月、第6回目は1994年10月に実施した。特定試験区では、第1回目は1990年7月、第2回目は1991年9月、第3回目は1992年7月、第4回目は1993年7月、第5回目は1994年10月に実施した。なお、継続調査用の捕捉杭は抜き取り調査後、毎回更新し、以下の手順で捕捉した根状菌糸束が Basidiomycete-1 であることの確認を行った。本菌の分離・培養のため培地は PDA 培地(ポテトデキストロス寒天培地用粉末39g+蒸留水1l)をオートクレーブ(120°C)で15分間滅菌した。その後、培地の温度が60°Cまで下降したことを確認し、ペノミール15mg/1l、ストレプトマイシン100mg/1l、テトラサイクリン50mg/1lに適量の蒸留水を加えミリポアフィルターでろ過滅菌しながら添加・攪拌し、その後直ちに滅菌シャーレに分注器で10ml分注した。各捕捉杭から得られた根状菌糸束の表面を滅菌水で洗浄後、3mmから5mmの長さに夾みで切断し、切断後さらに70%アルコールで50秒から60秒間表面殺菌を行った後、滅菌水で良く洗浄した。洗浄後、滅菌炉紙上に数分間置き表面を乾燥させてから PDA 培地上に静置した。根状菌糸束の培養は25°C恒温器内で3日ないし5日間培養後、根状菌糸束の切断面から伸長した菌糸をメスで切断し、新しい培地上に移植した。その後、7日から10日間培養し、得られた純粋培養菌株によって本菌の同定を行った(図版 I-C)。

## 第2節 結果

### 1. Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉および分布と年次変動

#### 1) 普通試験区

普通試験区内における根状菌糸束の捕捉試験結果を表III-1に示した。同区での継続試験期間内(1987年～1994年)における根状菌糸束の平均捕捉率は17.6%(範囲10.6%～20.9%)であった。捕捉の年次変動は、試験初年度(1987年～1988年)は、18.1%、その後、2年経過後の1990年～1991年では20.9%で、同年の捕捉率は試験期間を通じて最も高かった。また、1991年～1992年は10.6%で試験期間を通じて最も低い捕捉率であった。しかし、その翌年の1992年～1993年では

表Ⅲ-1 カラマツ根株心腐病捕捉試験結果 (捕捉率)

試験区	1987年～1988年 調査箇所 数 箇所数 (%)	1989年～1990年 調査箇所 数 箇所数 (%)	1990年～1991年 調査箇所 数 箇所数 (%)	1991年～1992年 調査箇所 数 箇所数 (%)	1992年～1993年 調査箇所 数 箇所数 (%)	1993年～1994年 調査箇所 数 箇所数 (%)
普通区	255 — <sup>2)</sup>	— 121	255 121	255 121	255 121	254 121
A *	46 (18.1) <sup>3)</sup>	—	52 (20.9)	27 (10.6)	45 (17.7)	52 (20.5)
B *	—	96 (79.3)	94 (77.7)	43 (35.5)	72 (59.5)	57 (47.1)
C *	—	—	27 (22.3)	6 ( 5.0)	9 ( 7.4)	12 ( 9.9)
D *	—	59 (48.8)	69 (57.0)	33 (27.3)	48 (39.7)	20 (16.5)
E *	—	4 ( 3.3)	17 (14.9)	6 ( 5.0)	14 (11.6)	7 ( 5.8)
	—	—	24 (23.5)	6 ( 5.9)	17 (16.7)	21 (20.6)

1) ※：特定試験区

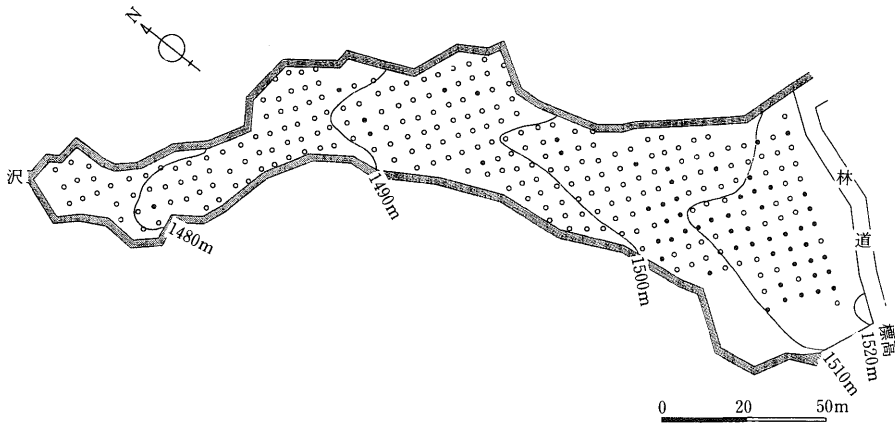
2) —：捕捉試験を行わなかった区

3) ( )：内の数値は各年度別の捕捉率

4) 捕捉箇所数：普通区と特別区で重複している捕捉箇所は、全て特定試験区に入れて数えた。よって、1987～1988年の普通試験区の捕捉箇所は、1989年以降特定試験区が設けられたため、普通試験区と特定試験区が重複している捕捉箇所は全て除いた。

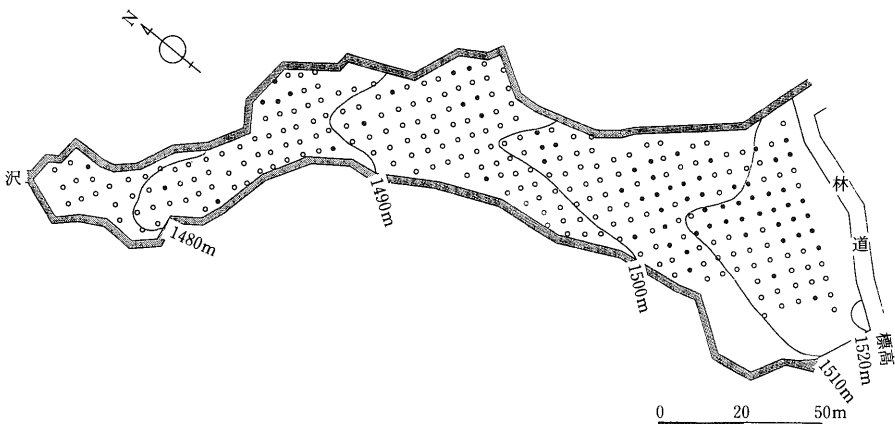
17.7%, さらに1993年～1994年では20.5%の捕捉率が得られ, 僅かであるが捕捉率に増加傾向が見られた。各年の根状菌糸束の捕捉の推移を見ると, 後述する特定試験区での捕捉率の推移と非常に類似している。

普通試験区の林床土壌における Basidiomycete-1の捕捉状況を図III-3～図III-7に示した。Basidiomycete-1の捕捉状況は, 試験地内の標高1,505m から1,515m 間の尾根付近から北東側および南西側の両緩斜面において最も多く捕捉され, しかも集団的であった。また, 標高1,500m 付近の北東斜面の緩斜面および沢沿い付近, さらに, 標高1,490m から1,495m の尾根付近北東側の緩斜面では離散的から集団的に捕捉された。標高1,485m の北東側における緩斜面地帯で離散的,



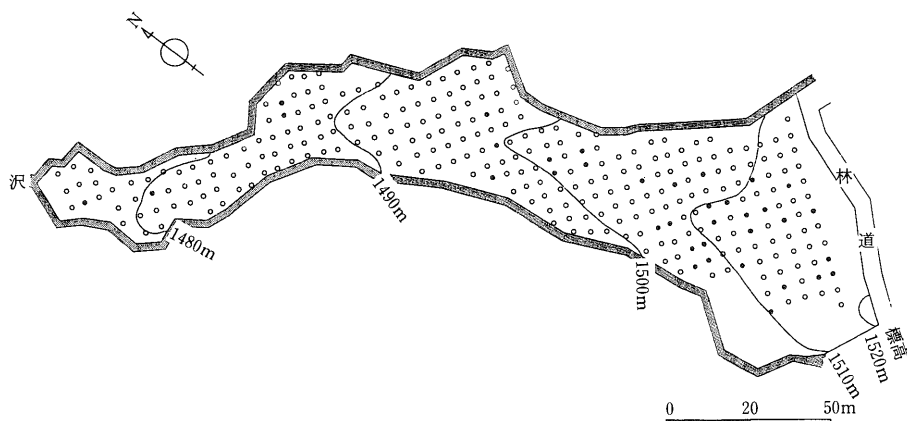
図III-3 普通試験区における Basidiomycete-1 捕捉試験結果 (1987年～1988年)

- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点
- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった地点



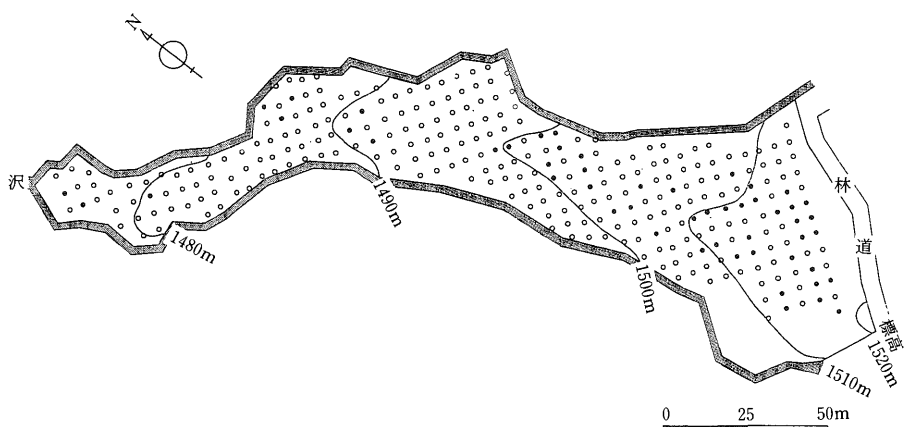
図III-4 普通試験区における Basidiomycete-1 捕捉試験結果 (1990年～1991年)

- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点
- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった地点



図III-5 普通試験区における Basidiomycete-1 捕捉試験結果（1991年～1992年）

- ：Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点
- ：Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった地点



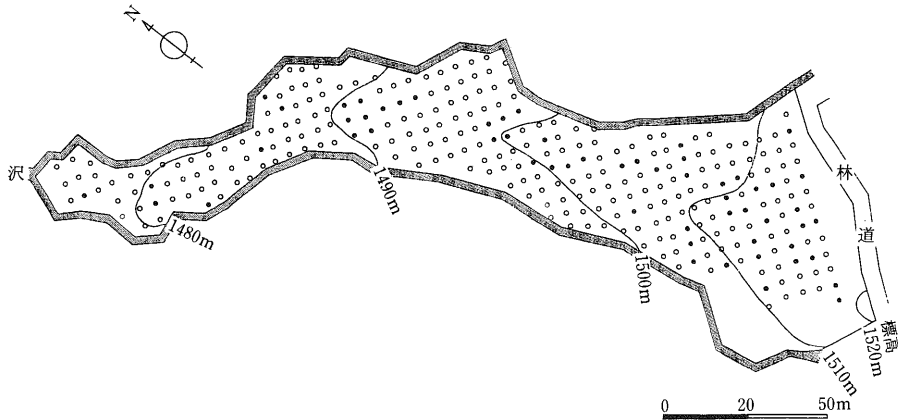
図III-6 普通試験区における Basidiomycete-1 捕捉試験結果（1992年～1993年）

- ：Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点
- ：Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった地点

北西側の標高1,480mの尾根付近では単発的から離散的に捕捉された。これらの捕捉状況から、試験地における Basidiomycete-1の生息分布は尾根付近および尾根から緩斜面に沿って多いことが明らかになった。一方、北東および南西側の両沢沿いでは生息は単発的に認められた。

## 2) 特定試験区（A～E）

各特定試験区における捕捉結果は、普通試験区と同様に集団的に捕捉された場所では集団的に、また、離散的に捕捉された場所では離散的に、さらに単発的に捕捉された場所では単発的にそれぞれ捕捉された。このことは設定当初の普通試験区における捕捉試験結果と合致している。各特定試験区における根状菌糸束の捕捉試験結果を表III-1、また、Basidiomycete-1の捕捉の年次動



図III-7 普通試験区における Basidiomycete-1 捕捉試験結果 (1993年～1994年)

- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点
- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった地点

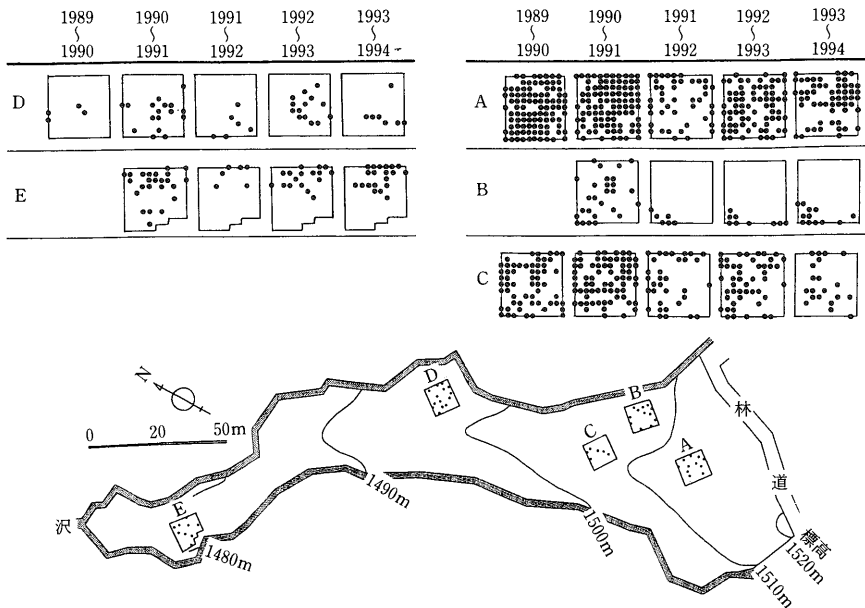
態を図III-8, さらに, 図III-9 には捕捉率の推移をグラフで示した。

A区での捕捉は, 試験当初の1989年～1990年では70.3%で試験期間を通じて, 特定試験区中最も高い捕捉率であった。その翌年の1990年～1991年では77.7%, 3年後の1991年～1992年では35.5%で半数以下に減少した。また, 1992年～1993年の4年後では59.5%, さらに5年後の1993年～1994年では47.1%であった。同区の平均捕捉率は59.8% (範囲35.5～77.7%) であった。同区での根状菌糸束の捕捉状況は, 試験期間を通じて試験区全体で捕捉されたが, 地形が変化する付近, すなわち急斜面から緩斜面地帯に変わる場所で多く捕捉される傾向にあり, いずれの年も集団的に捕捉された。

B区での平均捕捉率は11.2% (範囲5.0～22.3%) で, 試験当初の1990年～1991年の捕捉率は22.3%であった。その翌年の1991年～1992年では5.0%で本期間を通じて最も低い捕捉率であった。また, 3年後の1992年～1993年では7.4%, さらに4年後の1993年～1994年で9.9%で僅か増加傾向にあった。同区での根状菌糸束の捕捉状況は, 1990年～1991年ではランダムに捕捉された。以後, 捕捉は比較的同一場所で小集団的に推移した。一方, 沢沿い側では全く捕捉されなかった。

C区での平均捕捉率は37.9% (範囲16.5～57.0%) で, A区について平均捕捉率が高かった。同区の各年の捕捉率は試験当初の1989年～1990年で48.8%, その翌年の1990年～1991年では57.0%で試験期間を通じて最も高い捕捉率であった。また, 3年後の1991年～1992年では27.3%, 4年後の1992年～1993年で39.7%, さらに, 5年後の1993年～1994年では16.5%で試験期間を通じて最も低い捕捉率であった。同区の根状菌糸束菌の捕捉状況は, 区全体に集団的に捕捉された年と小集団的に捕捉された年が認められた。

D区での平均捕捉率は8.1% (範囲3.3～14.9%) で, 他のA, B, C, E区と比較すると試験期間を通じて平均捕捉率が最も低かった。同区の各年の捕捉率は, 試験当初の1989年～1990年で3.3%で本期間を通じて最も捕捉率の低い年であった。その翌年の1990年～1991年では14.9%, 3年後の



図III-8 特定試験区における Basidiomycete-1 の分布の年次変動  
図外に拡大して示した特定試験区A～E中の●印は  
Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点  
図中特定試験区A～E中の●印はカラマツ生立木の位置

1991年～1992年で5.0%，4年後の1992年～1993年で11.6%，さらに5年後の1993年～1994年で5.8%で捕捉率はほぼ横ばいであった。同区での根状菌糸束の捕捉状況は、年によっては小集团的から離散的および単発的に認められた。また、沢沿い側では単発的に認められた年もあった。

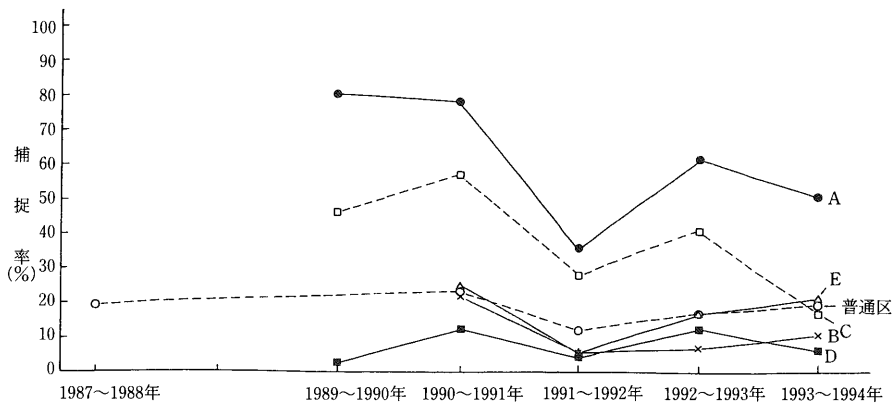
E区での平均捕捉率16.7%（範囲5.9～23.5%）であった。同区の各年における捕捉率は、試験当初の1989年～1990年では23.5%で、試験期間を通じて最も高い捕捉率であった。その翌年1991年～1992年では5.9%で本期間を通じて最も低い捕捉率であった。2年後の1992年～1993年で16.7%，3年後の1993年～1994年で20.6%で、1992年以降から捕捉率に増加傾向が見られた。同区における根状菌糸束の捕捉状況は、小集团的の年と離散的な年が見られた。

これらの捕捉率の年次推移および捕捉位置の空間分布は本菌の生息動態と生息分布を反映しているものと考えられる。

### 第3節 考察

#### 1. Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉

本試験地における Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉率は年により増減が認められ特定試験A区を除き各試験区での根状菌糸束の捕捉のピークは1990～1991年であったが、翌年1991～1992



図III-9 各試験区における Basidiomycete-1 の捕捉率の推移 (1988年~1994年)  
A, B, C, D, E は特定試験区

年では多くの試験区で最も減少した。しかし、1992~1993年では再び増加が認められた。さらに翌年1993~1994年では特定試験B, E区での僅かな増加を除くと、他の特定試験区では減少傾向が見られた。これら捕捉率の増減は、普通試験区および特定試験区においても同様の結果が得られた。

このように年によって根状菌糸束の捕捉率に増減の差異が生じる要因としては、各年の気象条件、特に気温および降雨量に関与しているものと考えられる。そこで表III-2および表III-3に野辺山地域気象観測所(長野県気象月報)の過去11年間(1984年~1994年)の月別平均気温および月別年降雨量を示した。野辺山における過去11年間(1984年~1994年)の年平均気温は6.8°C、一方、年平均降雨量は1,422mmである。Basidiomycete-1の捕捉率と気温および降雨量の関係を見るために、捕捉杭設置期間中における各年の月別平均気温と月別降雨量を図III-10に示した。試験期間中において、Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉率がピークに達した1990年7月~1991年6月期と捕捉率が最も減少した1991年7月~1992年6月期の気温を比較すると、捕捉率がピークであった1990年7月~1991年6月期における年平均気温は7.6°Cで平年より0.8°C高く、また、捕捉率が最も減少した1991年7月~1992年6月期における年平均気温は7.3°Cで平年より0.5°C高く、両年とも平年気温を上まわっていた。なお、捕捉率の高かった年と捕捉率の低かった年の各月別の平均気温を比較して見ても、捕捉率が高かった年、1990年8月で1.2°C、1991年5月で2.0°C、同年6月で2.9°C高かったことが判明した。

大沢(1984)は Basidiomycete-1の PDA 培地および MEA 培地上での菌糸の生育は25°Cで最も旺盛、次いで20°C、15°Cの順で10°Cおよび30°Cでは殆ど生育出来ないと報告している。本研究では捕捉率の高かった1990年7月~1991年6月期における気温は、根状菌糸束が最も活発に増殖する期間と思われる5月~9月期の中でも5月、6月、8月で高い気温が観察され、この高い気温が本菌の捕捉率を高めたものと考えられる。

一方、捕捉率と降雨量の関係は、1990年7月~1991年6月期における降雨量は1,481mmで平年並の



表III-2 月別平均気温（野辺山地域観測所）

単位°C

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 (月)	年平均
1984	-8.5	-9.0	-5.3	4.1	10.0	15.3	18.9	19.6	14.3	7.5	2.7	-2.5	5.6
1985	-7.6	-3.7	-0.2	6.2	11.6	13.4	—	(19.4)	15.4	8.5	3.6	-2.7	5.8
1986	-7.0	-7.7	-2.2	5.4	9.7	13.9	17.6	18.5	15.0	6.9	3.1	-1.5	6.0
1987	0.4	-4.1	0.0	5.6	10.3	14.2	19.0	19.3	14.4	10.6	3.6	-1.0	7.7
1988	-2.1	-6.1	-1.5	4.5	9.5	14.4	16.8	18.9	15.3	7.3	0.9	-2.9	6.3
1989	-2.5	-3.3	-1.4	5.9	9.3	13.5	16.8	18.7	16.2	8.0	3.9	-2.3	6.9
1990	-5.3	-1.1	0.0	5.3	10.0	16.1	19.0	19.9	16.0	9.5	5.4	-1.0	7.8
1991	-5.6	-6.0	0.7	7.0	10.5	16.2	19.0	18.7	16.4	9.8	3.6	-1.0	7.4
1992	-3.9	-4.2	0.8	6.1	8.5	13.3	18.4	18.8	14.0	8.6	4.0	-1.0	7.0
1993	-3.1	-3.6	-1.8	4.1	9.5	13.8	16.4	17.7	14.3	7.5	4.6	-1.9	6.5
1994	-5.0	-6.1	-2.3	6.1	11.2	14.6	20.2	20.0	16.0	10.2	3.6	-1.2	7.3
平 均	-4.6	-5.0	-1.2	5.5	10.0	14.4	18.2	19.0	15.2	8.6	3.5	-1.7	6.8

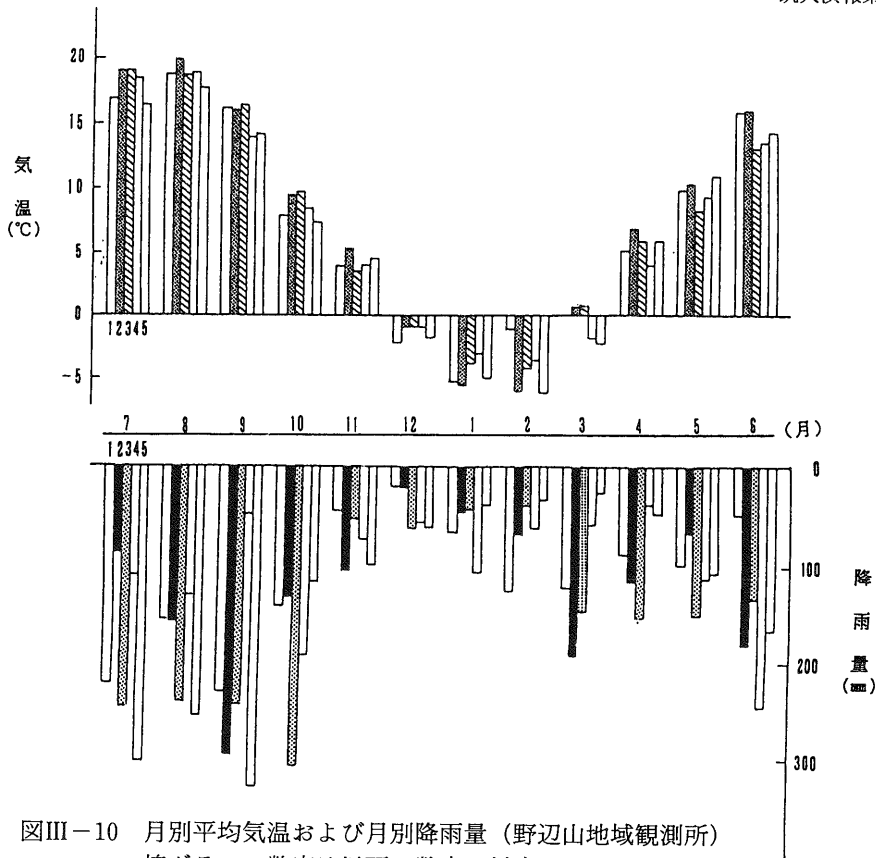
—：欠測，（ ）：欠測値を含む。

表III-3 月別年降水量（野辺山地域観測所）

単位mm

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 (月)	合 計
1984	42	52	62	59	114	219	154	65	51	49	57	61	985
1985	17	121	156	145	98	450	196	69	205	109	99	25	1,690
1986	15	36	116	80	108	119	197	150	165	62	27	76	1,151
1987	75	76	110	34	187	107	166	241	127	76	60	32	1,291
1988	30	33	122	87	120	273	178	242	288	58	47	6	1,484
1989	143	175	115	105	151	200	224	157	233	143	45	21	1,712
1990	66	126	122	88	99	48	88	160	299	133	107	22	1,358
1991	46	68	194	116	66	182	249	244	246	310	53	63	1,837
1992	43	39	147	153	151	132	111	131	48	194	74	56	1,279
1993	107	61	58	37	113	246	306	258	332	117	100	61	1,796
1994	38	33	26	47	107	166	85	164	265	74	20	23	1,048
平 均	57	75	112	86	119	195	178	171	205	120	63	41	1,422

降雨量であったが、1991年7月～1992年6月期における降雨量は1,830mm で平年降雨量よりも408mm 多かった。さらに、捕捉率の低かった1991年7月～1992年6月期で、根状菌糸束の増殖が盛んに行われる時期と思われる5月～9月の中でも、降雨量は5月で85mm、7月で161mm、8月で84mmとそれぞれ多かった。第3章で Basidiomycete-1 と土壌含水率について述べるが、同期間における降雨量が平年よりも多く、土壌含水率が高くなり、Basidiomycete-1 の根状菌糸束の繁殖を逆に



図III-10 月別平均気温および月別降雨量（野辺山地域観測所）

棒グラフの数字は以下の数字に対応している

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1 : 1989年7月～1990年6月 | 4 : 1992年7月～1993年6月 |
| 2 : 1990年7月～1991年6月 | 5 : 1993年7月～1994年6月 |
| 3 : 1991年7月～1992年6月 |                     |

阻害したものと推測される。しかし、この根状菌糸束の繁殖と雨量との関係は明確ではないが、根状菌糸束の繁殖には適当な土壌含水量が必要であると推測される。

Basidiomycete-1の根状菌糸束の増減には、気温および降雨量が深く関わっていることと思われるが、本研究では地温の観測は行わなかった。今後、地温の観測も併行して行うことにより、さらに環境要因の変化と根状菌糸束の動態との関係をさらに明確にすることができよう。

## 2. Basidiomycete-1の根状菌糸束の分布

カラマツ根株心腐病が発生しやすい地形として、第2章で述べた通り凹地形、尾根の緩斜面および傾斜地から平坦地に移行する場所等、さらに、不透水性土壌地や風衝地等が指摘されている。また、仙石・浜（1986）が指摘しているように、カイメンタケによる根株心腐病は凹地形で、しかも、黒色土で堅密で水が停滞しやすい場所、また、ハナビラタケによるものでは凸地形の斜面で土壌の理学的性の良好な場所にも発生を認め、腐朽菌の種類によって発生環境が異なることを示唆している。

本試験地における Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉状況からその分布は、尾根付近から緩

斜面にかけて集団的に分布しているものと認められた。また、本試験地の両側に溪流が流れているが、溪流付近および溪流付近の平坦地では捕捉は少なく、捕捉した場合でも離散的あるいは単発的で、当初の予測に反した。

Basidiomycete-1の伝播様式については、現在まで子実体が未発見のため不明である。本試験地における分布動態の推移を見ると、基本的には本菌の既存地点を中心に分布域を拡大あるいは縮小していることが認められる。このことは、本菌の伝播は土壌中における根状菌糸束で行われているものと思われる。しかし、未発生地においても新たに本菌の発生が認められることから、土壌中における根状菌糸束によってのみ伝播するとは考え難く今後の研究課題の一つである。さらに、1987年から1993年にかけて、普通試験区の標高1,490m～1,495mの尾根から北東緩斜面にかけては単発的に本菌が認められていたが、1993年～1994年の捕捉試験結果で、新たに集団的に増殖しているのが確認された。このことから、本菌の生息分布域が更に拡大していることは明かで、今後本試験地のカラマツ生立木に与える病害が懸念される。

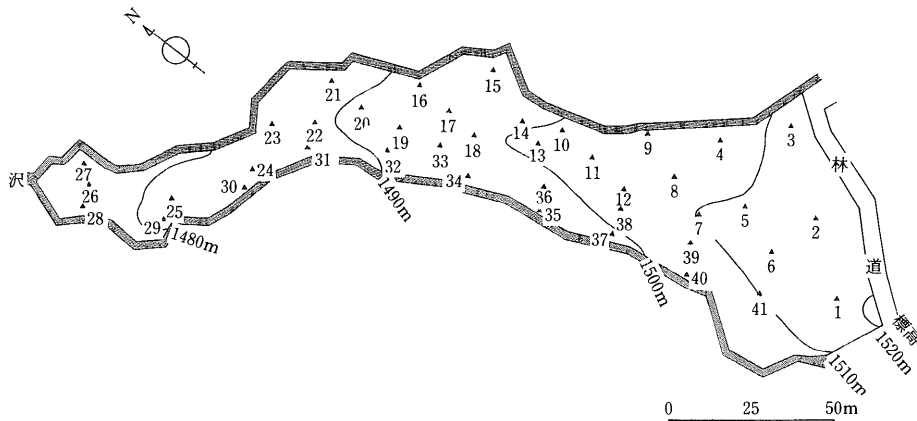
#### 第4章 Basidiomycete-1の根状菌糸束の分布と土壌含水率

カラマツ根株心腐病の発生し易い土壌環境要因の一つとして、地下水の高い所や集水し易い凹地形あるいは緩斜面で一度集水すると排水不良で土壌の理化学性が極めて悪い場所が指摘されている。しかし、現在までに根株心腐病の発生と土壌含水量についての詳細な報告は皆無である。本章では、捕捉試験によって推定した Basidiomycete-1の分布と土壌含水率とのかかわり合いについてまとめた。

##### 第1節 材料および方法

本試験地内の土壌サンプリング地点の41箇所を図IV-1に示した。その内の11箇所は、試験地のほぼ中央を縦断する尾根を基線として、尾根上に均等配分になるように設けた。さらに、その内の数箇所は尾根の両側を走る溪流方向に向かって1箇所ないし2箇所を等配分した。土壌サンプリングに際しては、降雨直後におけるサンプリングは避け、一週間から10日間後の土壌水分が安定した時点で土壌サンプリングを行った。土壌のサンプリングは1988年6月20日、同年8月1日、同年10月8日、同年11月10日および1989年7月26日、同年10月18日の計6回にわたって行った。なお、冬期間は土壌凍結が生じるため土壌サンプリングは行わなかった。

サンプリングは各地点の地表下10cm,20cm,30cmの3深度部位からそれぞれ土壌を秤量瓶に採集した。採集した土壌は実験室に持ち帰り、直ちに生重量を測定後、乾燥した。土壌の乾燥は、乾燥器の温度を105～110℃に設定し、24時間乾燥させた。乾燥後、デシケーター内で室温まで下がった時点で乾燥重量を求めた。土壌含水率は、「湿潤土中の水の重量」を「絶乾土の重量」で除じて求めた。



図IV-1 土壌サンプリング位置図  
▲：土壌サンプリング地点

## 第2節 結果

### 1. 土壌含水率の時期的変動

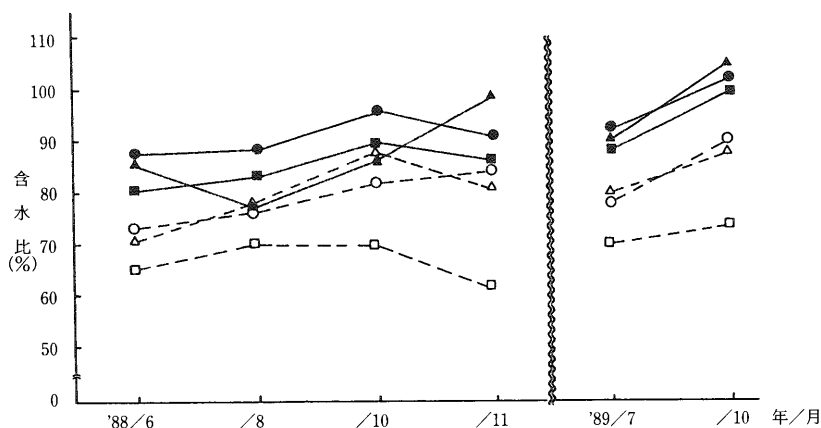
土壌深度別による各調査地点の土壌含水率の測定結果を表IV-2に示した。土壌深度別による根状菌糸束捕捉地点および非捕捉地点の平均土壌含水率の時期的変動を図IV-2に示した。1988年6月および8月では、土壌深度10cmを除くと比較的安定した値で推移したが、10月と11月では、地下30cmの低い値を除くと、いずれの土壌深度でも同年6月と8月より高い含水率が得られた。一方、1988年10月と1989年10月の土壌含水率を比較すると1989年10月の土壌含水率は全体的に高い値がえられた。次に、各土壌深度別による土壌含水率の時期的変動は、地下10cmでは降雨量に大きく左右され、土壌含水率の季節変動が極めて大きく認められた。その反面、地下20cmおよび30cmでは土壌含水率は地下10cmよりも比較的安定していた。なお、各土壌深度別による土壌含水率は土壌深度が深まるに従い土壌含水率は低い値を示した。

1988年および1989年の気象観測データ（表III-3参照）から月別年降雨量と土壌含水率の関係を見ると、例えば、1988年10月の降雨量は58mm、一方、1989年10月の降雨量は143mmで、1989年10月は前年の倍以上の降雨量であり、土壌含水率は降雨量と関係あることが示されている。

### 2. 土壌含水率と Basidiomycete-1の分布との関係

本試験地内の平均土壌含水率は標高の高い場所で高い値が得られ、一方、標高が低くなるに従い低い値が得られる傾向にあった。また、試験地のほぼ中央を縦断している尾根沿における平均土壌含水率は約90%、次いで、南西側中腹で約86%、南西側沢沿で約83%、北東側中腹で約80%および北東側沢沿いで約73%の順であった。このことより土壌含水率は、北東側の斜面と南西側の斜面を比較すると、南西側の斜面で僅かであるが高い値が得られた。

Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉結果（1987年～1988年）、および表IV-2に示した土壌含水率調査結果から、捕捉地点に近接している9箇所（1,2,5,6,7,8,10,11,39）の平均含水率は93%（範囲24%～130%）、一方、根状菌糸束が捕捉されなかった32箇所に近接している場所の平均含水率は82%（範囲21%～169%）で、根状菌糸束菌が捕捉された地点の平均土壌含水率は捕捉され



図IV-2 Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉および非捕捉地点周辺における深度別土壌含水比の時期的変動

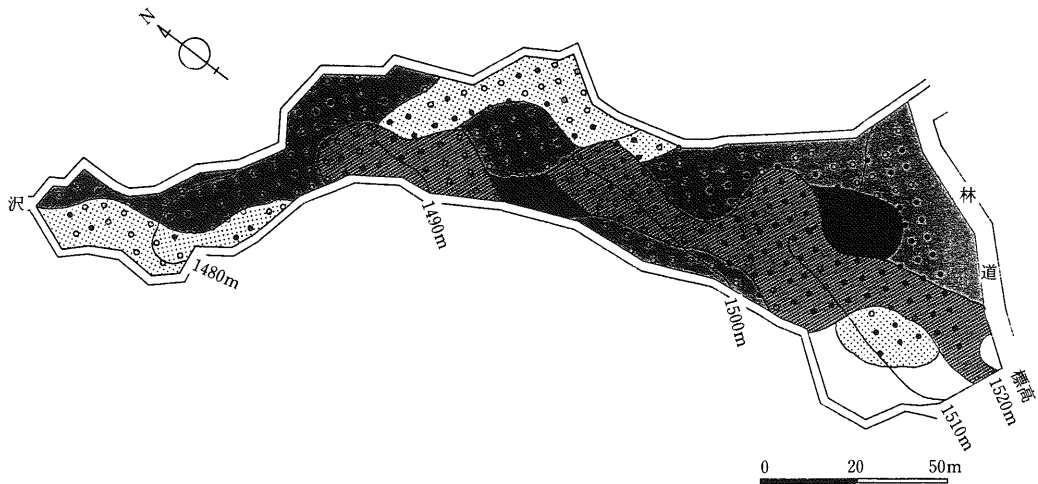
▲——▲ 捕捉地点における地下10cmの位置    △-----△ 非捕捉地点における地下10cmの位置  
●——● 捕捉地点における地下20cmの位置    ○-----○ 非捕捉地点における地下20cmの位置  
■——■ 捕捉地点における地下30cmの位置    □-----□ 非捕捉地点における地下30cmの位置

表IV-1 Basidiomycete-1の捕捉地点および非捕捉地点の土壌含水率の9×2分割表による $\chi^2$ 検定

土壌含水率 範囲 (%)	捕 捉 地			非 捕 捉 地			計		
	観測頻度	期待頻度	$\chi^2$ 値	観測頻度	期待頻度	$\chi^2$ 値	観測頻度	期待頻度	$\chi^2$ 値
41~ 50	3	4.0	0.23	15	14.0	0.07	18	18.0	0.30
51~ 60	8	9.7	0.29	36	34.3	0.08	44	44.0	0.37
61~ 70	7	15.8	4.93	65	56.2	1.39	72	72.0	6.32
71~ 80	10	20.2	5.18	82	71.8	1.46	92	92.0	6.64
81~ 90	11	18.9	3.31	75	67.1	0.93	86	86.0	4.25
91~100	30	21.3	3.52	67	75.7	0.99	97	97.0	4.51
101~110	23	9.0	21.68	18	32.0	6.11	41	41.0	27.79
111~120	11	5.5	5.50	14	19.5	1.55	25	25.0	7.05
121~130	5	3.5	0.62	11	12.5	0.18	16	16.0	0.80
計	108	108.0	45.27	383	383.0	12.76	491	491.0	58.03**

\*\*：1%の危険率で有意

なかった地点の平均土壌含水率より11%高い値が得られた。この両者間の9×2の分割表による $\chi^2$ 検定で $\chi^2$ 値58.03で有意差が認められた(表IV-1)。表IV-1より次のことが言える、根状菌束の捕捉地における観測頻度と期待頻度の関係は、土壌含水率の範囲が61%~70%における観測頻度7に対して期待頻度は15.8、また、71%~80%における観測頻度10に対して期待頻度は20.2で



観測頻度は期待頻度より小さい、しかし、土壌含水率101%~110%における観測頻度23に対して期待頻度9.0で観測頻度は期待頻度より大きい。このことより根状菌糸束の生息地は高い土壌含水率の方に傾いていることが明らかになった。

調査結果をもとに、Basidiomycete-1の推定分布域と土壌水分の推定分布域を作成し図IV-3に示した。なお、同図の土壌含水率の分布は土壌深度10cm および20cm における平均土壌含水率をもとに分布域を推定し、また、土壌含水率は平均土壌含水率を51%~70%、71%~90%、91%~110%、111% 以上の4階級に区分して表した。この結果、平均含水率は沢沿いよりも尾根沿い付近で高い含水率が得られた。また、土壌含水率が110%以上の場所は、標高1,510m 付近の北東側の平坦地からやや凹地形に移行する場所および標高1,495m 付近の南西側の沢沿いの2箇所で認められた。一方、根状菌糸束が集团的に分布が認められた標高1,505m から1,520m 間の尾根付近での平均土壌含水率は90~109%の範囲内にあった。また、標高1,515m 付近の北東側の平均土壌含水率の平面分布110~120%の領域においても同様な結果を得た。なお、Basidiomycete-1の根状菌糸束は地表面から地下15cm 前後にかけて最も多く認められている。これら根状菌糸束が生息している土壌深度別の平均含水率は地下10cm で92% (範囲24%~130%) および地下20cm で93% (範囲50%~130%) で、t 検定の結果、両者間の平均含水率に差は認められなかった。また、根状菌糸束が捕捉されなかった土壌深度別の含水率は地下10cm で82% (範囲39%~140%)、地下20cm で81% (範囲33%~169%) で、この両者間の土壌含水率にも差は認められなかった。

### 第3節 考察

Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉の有無と土壌含水率について調査した結果、Basidiomycete

-1の根状菌糸束は平均土壌含水率24～130%の広い範囲で分布するが、平均土壌含水率が90%～110%の範囲内の土壌では集団的に分布していることが明らかになった。従来まで、カラマツ根株心腐病の罹病林分の水環境について、遠藤・渡瀬（1962）および川崎・管（1980,1982）は、地形的に緩斜面か平坦地で凹地形（集水地形等あるいは地下水位が高くて停滯水が生じ易い）を指摘している。しかし、これらの報告は具体的に土壌含水量およびそこに存在する心腐病菌を明確に示していない。

本試験結果から次のことが言えるであろう。本試験地における Basidiomycete-1の根状菌糸束が集団的に分布する水環境、すなわち土壌含水率の範囲は90～110%であり、この土壌含水率を満たしている地形は、尾根付近から尾根の両側の緩斜面および緩斜面から平坦地形に変化する地点に至るところで認められた。しかし、一方では平坦地において土壌含水率が110%以上の場所もあるが、全体的に見て土壌含水率が低かった。また、根状菌糸束の捕捉が離散的あるいは単発的に認められた北東側の溪流沿いの土壌含水率は70%以下および90%以下であった。また、南西側の溪流付近では、北東側に比較して土壌含水率が110%以上の場所も一部存在し、南西側の土壌含水率は北東側と比較して全体的に土壌含水率が高かった。一般に土壌含水率は尾根筋よりも緩斜面および平坦地で高い傾向が見られるのが普通であるが、本試験地では沢沿いおよび平坦地の一部を除くと尾根筋で高い土壌含水率が得られている。この尾根筋で高い含水率が得られた理由は以下のよに推測される。すなわち、同地の土壌の母材は葡行土の堆積様式で、土や石が上部から重力の作用で少しずつ崩れ落ちたもので、通気性に乏しく、さらに不透水層に近いものが発達したものである。このように土壌水分と地形とは必ずしも一致するとは限らず、土壌を組成しているいわゆる物理的組成が関係しているものと考えられる。

黒田・高見沢（1993）は、1990年本試験地内の一部で台風による被害風倒木のうち腐朽木31本について腐朽菌の分離を行った結果、Basidiomycete-1 52%、カイメンタケ3%、非検出45%で、Basidiomycete-1が優占的に存在していることを明かにしている。Basidiomycete-1が多く分布することは、森林土壌の組成以外に他の要因が大きく関与していることが推測される。また、後述する土壌 pH の要因が加わって Basidiomycete-1の分布域を拡大しているものと考えられる。以上のように、本試験の結果から Basidiomycete-1の根状菌糸束の生息には土壌含水量が深く関与していることは明かで、従来からカラマツ根株心腐病の発生要因の一つとして考えられてきた土壌水分量について本研究により明確に示すことが出来た。しかし、Basidiomycete-1以外の心腐病菌の生息についても土壌水分量との関係を明らかにする必要がある。

表IV-2 各調査地点の土壌含水率の測定結果

調査地点 番号	土壌深 度(cm)	1988/6/20 含水比(%)	1988/8/1 含水比(%)	1988/10/8 含水比(%)	1988/11/10 含水比(%)	1989/7/26 含水比(%)	1989/10/18 含水比(%)	深度別平 均含水比(%)	小計別平 均含水比(%)
①)	10	91	55	98	103	106	110	93.8	93.8
	20	94	102	110	92	107	113	103.0	98.4
	30	83	81	108	101	92	100	94.2	97.0
②	10	115	47	24	73	89	82	71.7	71.7
	20	100	74	86	81	100	52	82.2	76.9
	30	95	93	102	90	83	105	94.7	82.8
3	10	62	82	93	61	69	99	77.7	77.7
	20	66	87	77	77	73	149	88.2	82.9
	30	65	74	71	63	81	86	73.3	79.7
4	10	76	76	91	98	83	94	86.3	86.3
	20	81	84	103	97	80	82	87.8	87.1
	30	69	87	93	82	87	87	84.2	86.1
⑤	10	114	107	103	130	115	126	115.8	115.8
	20	114	109	119	119	113	130	117.2	116.5
	30	116	110	120	110	119	129	117.3	116.8
⑥	10	100	86	103	97	101	110	99.5	99.5
	20	90	96	96	103	95	101	96.8	98.2
	30	81	91	75	85	82	100	85.7	94.0

1) ○内の数字は根状菌糸束が捕捉された地点(1987~1988年)に近接している土壌サンプリング地点。  
無印の数字は根状菌糸束が捕捉されなかった地点に近接している土壌サンプリング地点。



表IV-2 (つづき)

⑦	10 20 30	74 94 85	87 92 88	129 104 95	98 100 92	94 93 84	120 111 99	100.3 99.0 90.5	100.3 99.7 96.6
⑧	10 20 30	91 91 99	101 100 93	104 108 102	106 104 98	103 92 102	124 107 105	104.8 100.3 99.8	104.8 102.6 101.7
9	10 20 30	64 54 64	68 71 72	120 64 61	65 94 69	66 73 78	67 66 68	75.0 70.3 68.7	75.0 72.7 71.3
⑩	10 20 30	56 54 30	60 50 39	68 63 44	64 59 43	54 63 41	99 115 93	66.8 67.3 48.3	66.8 67.1 60.8
⑪	10 20 30	62 80 58	71 74 68	67 85 71	83 76 65	58 70 63	75 89 85	69.3 79.0 68.3	69.3 74.2 72.2
12	10 20 30	77 76 68	92 82 59	100 88 71	111 89 63	91 108 99	61 71 43	88.7 85.7 67.2	88.7 87.2 80.5
13	10 20 30	71 86 —	92 88 90	114 109 —	96 97 21	82 100 88	140 159 86	99.2 106.5 71.3	99.2 102.8 94.9

表IV-2 (つづき)

14	10	51	53	54	50	51	59	53.0	53.0
	20	55	57	60	68	61	54	59.2	56.1
	30	59	57	61	59	60	60	59.3	57.2
15	10	63	64	84	63	76	66	69.3	69.3
	20	61	65	65	62	68	73	65.7	67.5
	30	61	45	44	41	43	42	46.0	60.3
16	10	48	51	65	57	45	62	54.7	54.7
	20	55	52	55	55	47	49	52.2	53.4
	30	58	63	62	49	52	56	56.7	54.5
17	10	76	70	84	89	82	86	81.2	81.2
	20	84	80	52	86	84	73	76.5	78.8
	30	73	59	77	65	64	62	66.7	74.8
18	10	67	83	91	84	90	87	83.7	83.7
	20	74	83	74	92	86	91	83.3	83.5
	30	70	76	62	69	72	80	71.5	79.5
19	10	86	76	126	118	92	92	98.3	98.3
	20	81	70	90	132	94	110	96.2	97.3
	30	—	79	—	75	99	98	87.8	94.9
20	10	62	60	55	78	66	75	66.0	66.0
	20	79	68	71	55	70	76	69.8	67.9
	30	72	73	83	59	58	69	69.0	68.3

表IV-2 (つづき)

21	10	71	72	84	77	80	83	78.7	78.8
	20	80	70	88	50	75	84	74.5	76.6
	30	—	45	31	30	46	54	41.2	66.2
22	10	102	89	92	85	103	124	99.2	99.2
	20	101	100	103	112	98	117	105.2	102.2
	30	—	81	87	76	96	86	85.2	97.2
23	10	78	92	79	74	71	62	76.0	76.2
	20	70	85	87	53	61	62	69.7	72.8
	30	68	64	70	56	38	43	56.5	73.5
24	10	60	77	75	77	74	95	76.3	76.3
	20	—	53	82	74	78	94	76.2	76.3
	30	—	—	58	55	45	—	52.7	71.2
25	10	65	81	75	80	81	90	78.7	78.7
	20	70	87	84	92	76	80	81.5	80.1
	30	65	77	82	78	74	79	75.8	78.7
26	10	67	66	76	73	72	75	71.5	71.5
	20	70	75	62	73	70	72	70.3	70.9
	30	—	62	66	69	64	61	64.4	69.0
27	10	71	77	86	65	77	87	77.2	77.2
	20	73	73	91	71	70	95	78.8	78.0
	30	—	50	87	49	56	72	62.8	62.8

表Ⅳ-2 (つづき)

28	10	50	64	64	68	69	87	67.0	67.0
	20	40	43	70	55	72	84	60.7	63.8
	30	43	—	23	44	38	71	43.8	57.9
29	10	62	59	53	81	85	78	69.7	69.7
	20	55	65	66	75	56	82	66.5	68.1
	30	—	—	69	71	78	66	71.0	68.8
30	10	39	66	57	60	71	64	59.5	59.5
	20	56	58	59	68	47	64	60.3	59.9
	30	48	65	46	54	44	56	52.2	57.3
31	10	80	97	98	93	96	97	93.5	93.5
	20	82	97	86	93	94	104	92.7	93.1
	30	78	80	51	82	72	55	69.7	85.3
32	10	96	97	99	79	86	128	97.5	97.5
	20	91	91	112	94	97	126	101.8	99.7
	30	89	104	66	88	110	116	95.5	98.3
33	10	74	84	84	77	81	93	82.2	82.2
	20	68	80	77	85	87	91	81.3	81.8
	30	—	78	86	78	82	92	83.2	82.2
34	10	106	122	132	108	102	119	114.8	114.8
	20	90	114	113	169	90	117	115.5	115.2
	30	105	109	115	64	102	95	98.3	109.6

表IV-2 （つづき）

35	10	76	80	96	98	72	98	86.7	86.7
	20	62	78	111	68	60	85	77.3	82.0
	30	—	40	78	51	45	70	56.8	74.6
36	10	69	90	90	95	101	100	90.8	90.8
	20	80	98	94	79	82	106	89.8	90.3
	30	76	88	98	87	96	101	91.0	90.6
37	10	71	95	92	81	80	89	84.7	84.7
	20	71	85	82	101	82	97	86.3	85.5
	30	65	64	81	76	79	85	75.0	82.0
38	10	76	90	112	90	90	90	91.3	91.3
	20	63	95	84	103	94	98	89.5	90.4
	30	—	64	80	79	76	85	76.8	86.4
③	10	79	100	91	91	97	100	93.0	93.0
	20	74	99	100	89	98	101	93.5	93.3
	30	—	86	89	92	99	96	92.4	93.0
40	10	91	97	107	83	103	100	96.8	96.8
	20	98	117	100	94	99	109	102.8	99.8
	30	64	96	73	84	96	100	85.5	95.1
41	10	80	60	76	85	60	59	70.0	70.0
	20	39	33	63	72	45	49	50.2	60.1
	30	—	27	41	65	44	50	45.4	55.8

## 第5章 Basidiomycete-1の根状菌糸束の分布と土壌 pH

前章では、Basidiomycete-1根状菌糸束の土壌中の分布と土壌含水量との関連について述べたが、本章では、カラマツ根株心腐病の生息要因の一つとして考えられる土壌 pH 値との関連について行った実験をまとめた。

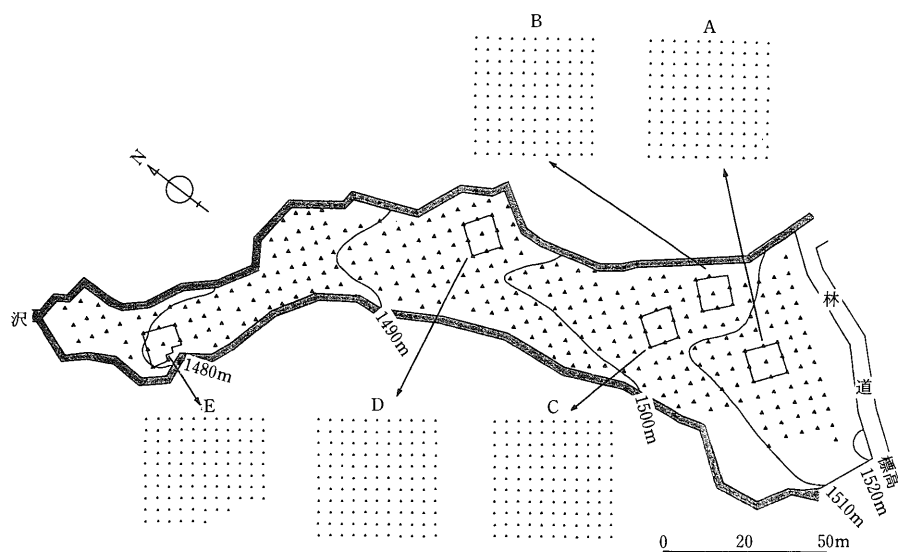
### 第1節 材料および方法

Basidiomycete-1の根状菌糸束の生息と土壌 pH 値との関係を明らかにするために、全捕捉杭の設置箇所841箇所について土壌 pH 値を計測した。

土壌 pH 値の測定は、1991年9月に試験地全域の普通試験区(5m×5m 間隔区)で255箇所および特定試験区(1m×1m 間隔区)で586箇所の計841箇所(図V-1)の全ての捕捉杭を抜き取り根状菌糸束の有無の調査後、捕捉位置の土壌深度約15cmの土壌をポリ瓶(100cc)に採取した。採取した土壌は自然乾燥後、2mm 目の篩にかけ礫や草本類の根等を除去した。その後土壌乾燥重量の2.5倍の蒸留水を加え良く攪拌した後、30分間以上3時間以内放置したものを pH 測定器(堀場複合型電極)を用いて pH 値を測定した。

### 第2節 結果

1990年～1991年に実施した根状菌糸束の捕捉結果と土壌 pH 測定値の関係を表V-1に示した。その結果、根状菌糸束が捕捉された地点の平均土壌 pH 値は5.1で、その範囲は pH4.3～6.5の広範囲におよんでいることが明らかになった。一方、根状菌糸束が捕捉されなかった地点の平均土



図V-1 土壌サンプリング位置図

▲：土壌サンプリング地点。

特定試験区A～Eは図外に拡大して示した

表V-1 普通試験区および特定試験区における Basidiomycete-1 の捕捉率と土壌 pH 値

試 験 区	普通試験区	A 区	B 区	C 区	D 区	E 区	平均値
調 査 箇 所 数	255	121	121	121	121	102	
捕 <sup>1)</sup> 捉 地	箇所数 (捕捉率%)	94 (77.7)	27 (22.3)	69 (57.0)	17 (14.0)	24 (23.5)	
	平均土壌 pH	5.0	5.2	5.0	5.4	5.0	5.1
	pH 範囲	4.3~5.3	4.9~5.6	4.6~5.4	5.0~6.5	5.1~5.5	
非 <sup>2)</sup> 捕 捉 地	箇所数	27	94	52	104	78	
	平均土壌 pH	4.9	5.2	5.1	5.2	5.2	5.2
	pH 範囲	4.6~5.2	5.0~5.6	4.8~5.5	4.4~6.8	4.4~5.5	
平均土壌 pH 値	5.2	4.9	5.2	5.0	5.3	5.2	5.1

<sup>1)</sup>捕捉地：Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された位置

<sup>2)</sup>非捕捉地：Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった位置

なお、普通試験区と特定試験区で重複している捕捉地点は全て特定試験区に入れた。

壤 pH 値は5.2で、その範囲は pH4.4～6.8であった。また、各特定試験区における Basidiomycete-1の捕捉率と土壤 pH 値の関係は、捕捉率77.7%で他の試験区より高いA区では平均土壤 pH 値は5.0 (範囲 pH4.3～5.3) であった。次いで、C区の平均土壤 pH 値は5.0 (範囲 pH4.6～5.4) で、捕捉率は57.0%。E区の平均土壤 pH 値は5.0 (範囲 pH5.1～5.5) で捕捉率は23.5%、B区の平均土壤 pH 値は5.2(範囲 pH4.9～5.6)で捕捉率は22.3%、および、D区の平均土壤 pH 値は5.4(範囲 pH5.0～6.8) で捕捉率は14.0%の順であった。

次に表V-2および図V-2には全捕捉杭設置箇所の土壤 pH 値と Basidiomycete-1の捕捉箇所数および非捕捉箇所数が各土壤 pH 値に占める割合を示した。捕捉箇所の土壤 pH 値では5.0で捕

表V-2 全調査地点における土壤 pH 値と  
Basidiomycete-1 の捕捉の関係

pH	捕捉箇所数	捕捉率 (%)	非捕捉箇所数	非捕捉率 (%)
4.3	1	0.4	0	0.0
4.4	0	0.0	2	0.4
4.5	1	0.4	0	0.0
4.6	5	1.8	2	0.4
4.7	8	2.8	2	0.4
4.8	18	6.4	19	3.4
4.9	53	18.7	44	7.9
5.0	64	22.6	93	16.6
5.1	57	20.1	105	18.8
5.2	40	13.8	121	21.6
5.3	20	7.1	86	15.4
5.4	6	2.1	37	6.6
5.5	4	1.4	20	3.6
5.6	2	0.6	6	1.0
5.7	1	0.4	2	0.4
5.8	1	0.4	4	0.7
5.9	0	0.0	5	0.9
6.0	0	0.0	3	0.5
6.1	2	0.6	1	0.2
6.2	0	0.0	1	0.2
6.3	0	0.0	0	0.0
6.4	0	0.0	2	0.4
6.5	1	0.4	1	0.2
6.6	0	0.0	0	0.0
6.7	0	0.0	0	0.0
6.8	0	0.0	2	0.4
計	284	100.0	558	100.0



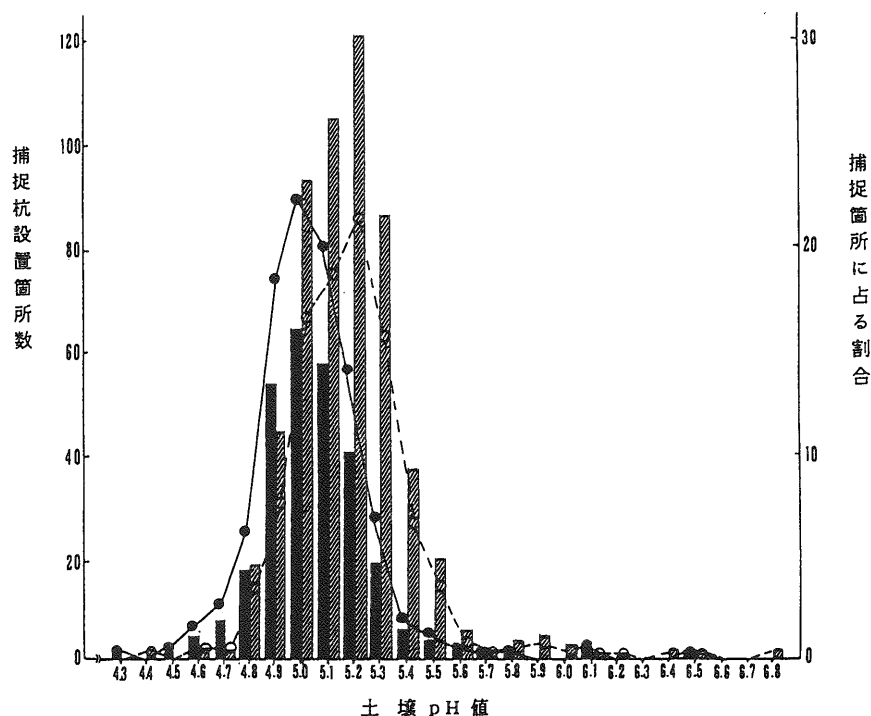


図 V-2 土壌 pH と Basidiomycete-1 の捕捉関係

■ : Basidiomycete-1 が捕捉された箇所

▨ : Basidiomycete-1 が捕捉されなかった箇所

●—● : Basidiomycete-1 が捕捉された箇所の割合

○---○ : Basidiomycete-1 が捕捉されなかった箇所の割合

捉箇所全体に対する割合は22.6%で最も高かった。次いで、pH5.1で捕捉箇所での割合は20.1%、pH4.9で捕捉箇所での割合は18.7%、および pH5.2で捕捉箇所での割合は13.8%の順で、根状菌糸束の大半は土壌 pH4.9~5.2の間で捕捉された。なお、pH4.8以下および pH5.3以上で捕捉箇所での割合はいずれも10%以下であった。一方、非捕捉地点における土壌 pH 値は5.2で非捕捉箇所全体に対する割合は21.6%で最も高く、次いで、pH5.1で非捕捉箇所での割合は18.8%、pH5.0で非捕捉箇所での割合は16.6%、pH5.3で非捕捉箇所での割合は15.4%の順で、土壌 pH 値は5.0~5.3の範囲内の非捕捉箇所全体に対する割合は72.4%であった。なお、pH4.9以下および pH5.4以上で非捕捉箇所での割合はいずれも10%以下であった。これら根状菌糸束の捕捉箇所および非捕捉箇所と土壌 pH の両者間には、表 V-3 に示した6×2の分割表による  $\chi^2$  検定で  $\chi^2$  値56.65で有意差が認められた。表 V-3 より次のことが言える、根状菌糸束の捕捉地における観測頻度と期待頻度の関係は、土壌 pH 値の範囲4.7~4.9における観測頻度79に対して期待頻度48.6で、観測頻度は期待頻度より大きい、しかし、土壌 pH 値の範囲が5.3~5.5における観測頻度は30に対して期待頻度58.4で観測頻度は期待頻度に対して小さい。このことより、根状菌糸束の生息地は土壌 pH が低い方、すなわち酸性側に傾いていることが明らかになった。このことより、本菌の生息可能な

表V-3 Basidiomycete-1の捕捉地点および非捕捉地点の土壌 pH の  $9 \times 2$  分割表による  $\chi^2$  検定

土壌 pH 範 囲	捕 捉 地			非 捕 捉 地			計		
	観測頻度	期待頻度	$\chi^2$ 値	観測頻度	期待値	$\chi^2$ 値	観測頻度	期待値	$\chi^2$ 値
4.3~4.6	7	3.7	2.92	4	7.3	1.48	11	11.0	4.40
4.7~4.9	79	48.6	19.06	65	95.4	9.70	144	144.0	28.77
5.0~5.2	161	161.9	0.01	319	318.1	0.00	480	480.0	0.01
5.3~5.5	30	58.4	13.78	143	114.6	7.01	173	173.0	20.79
5.6~5.9	4	7.1	1.34	17	13.9	0.68	21	21.0	2.03
6.0~6.8	3	4.4	0.44	10	8.6	0.22	13	13.0	0.66
計	284	284.0	37.54	558	558.0	19.11	842	842.0	56.65**

\*\*：1%の危険率で有意

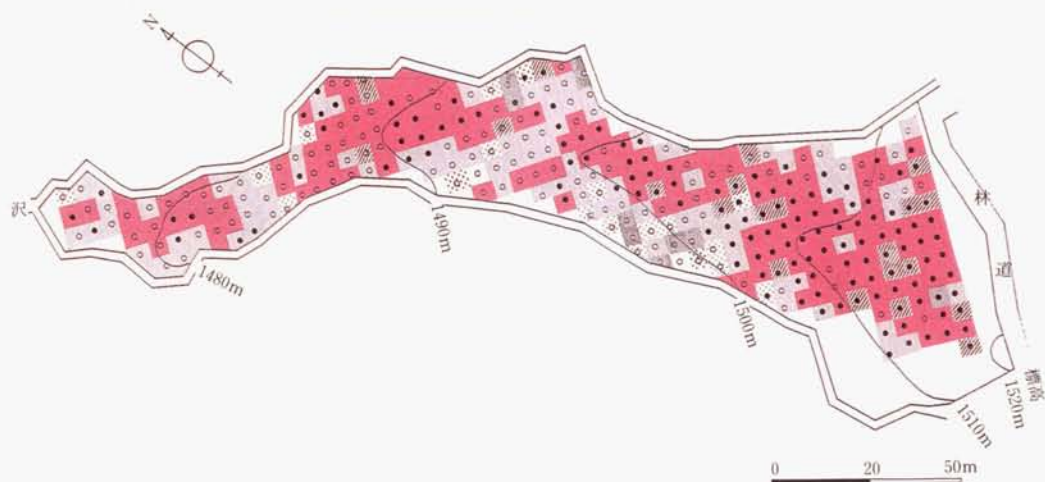
土壌 pH の範囲は広範囲におよぶが、本菌の生息に好適な土壌 pH 値は4.9~5.2間にあると考えられる。

普通試験区における土壌 pH 値の推定分布域と本試験期間中に根状菌糸束が一回以上捕捉された箇所を図V-3に示した。図には土壌 pH 値を7階級に区分して示した。この結果、Basidiomycete-1の根状菌糸束の大半は土壌 pH4.9~5.1および pH5.2~5.4の範囲内にある。また、本試験区内における階級別土壌 pH 値の分布状況は、pH4.9~5.1では、標高1,510m 付近の尾根を中心に広範囲に渡って認められ、Basidiomycete-1の根状菌糸束が集団的に捕捉された領域と合致する。また、同 pH 値は標高1,510m 以下の尾根付近においても認められるが、根状菌糸束の捕捉された箇所と非捕捉箇所が混在していた。

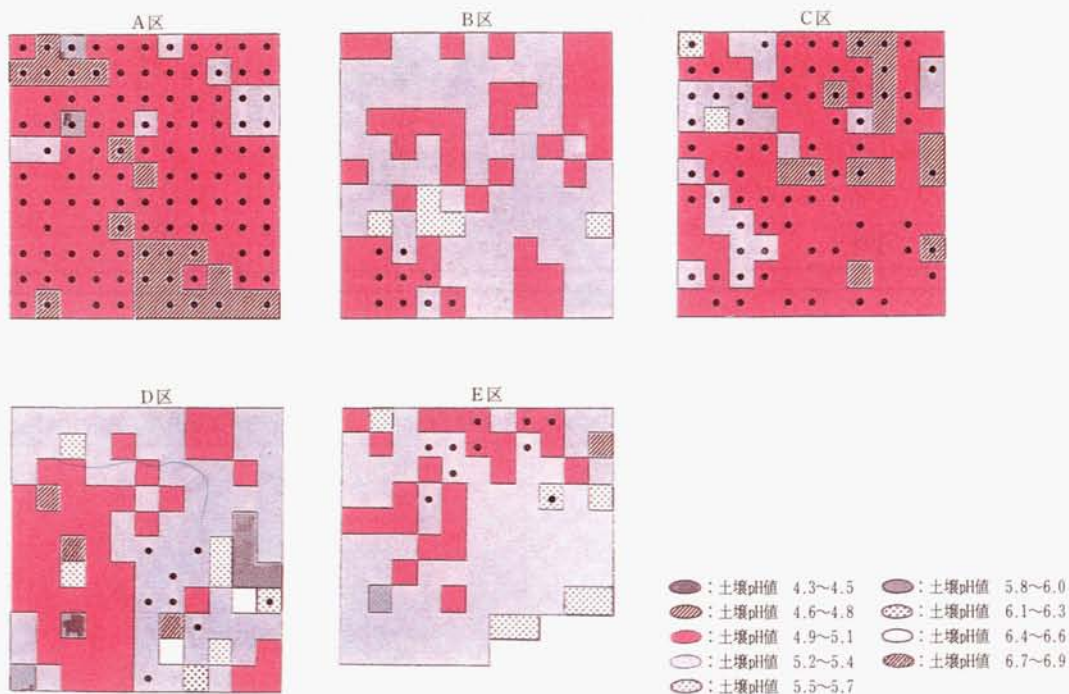
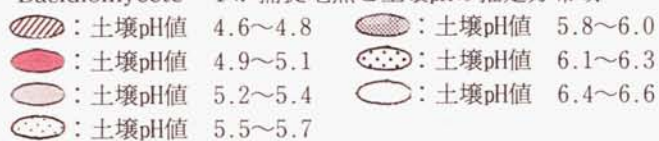
さらに、土壌 pH 値の分布を見ると、北東側の沢沿いにおいて pH5.5~6.3の高い値が単発的に認められた領域では根状菌糸束が捕捉されたのは一カ所のみである。また、南西側の沢沿いにおいて pH5.5~6.5の高い値が離散的から単発的に認められた領域では根状菌糸束の捕捉は一カ所のみで、北東側と比較して南西側の pH 値がやや高い傾向にあった。このように土壌 pH 値が5.5以上の領域では根状菌糸束の捕捉は極端に減少した。

さらに、根状菌糸束の捕捉と土壌 pH の関係について見るため、図V-4に特定試験区内における階級別土壌 pH 値の推定分布域と本試験期間中に根状菌糸束が捕捉された箇所を示した。ただし、根状菌糸束が捕捉された箇所は、同箇所でも二回以上重複して捕捉された箇所のみ示した。また、特定試験区内に占める階級別土壌 pH 値および階級別土壌 pH 値に占める根状菌糸束の捕捉箇所の割合を表V-4に示した。

A区における pH4.9~5.1の領域が占める全体に対する割合は73.6%、また、同領域に占める捕捉箇所の割合は75.5%で、両者とも同領域を占める割合は他区に比べて最も高かった。次いで、pH4.6~4.8の領域が占める割合は17.4%で同領域に占める捕捉箇所の割合は15.5%、pH5.2~5.4の領域が占める割合は7.3%で同領域に占める捕捉箇所の割合は7.3%および pH4.3~4.5の領域が



図V-3 Basidiomycete-1が捕捉地点と土壌pHの推定分布域



図V-4 特定試験区における Basidiomycete-1 捕捉地点と土壌pHの推定分布域

表V-4 各特定試験区における階級別 pH 値に根状菌糸束が捕捉された箇所の占める割合

特定試験区	A			
階級別 pH 値	階級別 pH 値地点の箇所	階級別 pH 値地点の占める割合(%)	Basidiomycete—1 の捕捉箇所	階級別 pH 値に占める捕捉箇所の割合(%)
4.3~4.5	2	1.7	2	1.8
4.6~4.8	21	17.4	17	15.5
4.9~5.1	89	73.6	83	75.5
5.2~5.4	9	7.3	8	7.2
5.5~5.7	0	0	0	0
5.8~6.0	0	0	0	0
6.1~6.3	0	0	0	0
6.4~6.6	0	0	0	0
6.7~6.9	0	0	0	0
計	121	100	110	100

特定試験区	B			
階級別 pH 値	階級別 pH 値地点の箇所	階級別 pH 値地点の占める割合(%)	Basidiomycete—1 の捕捉箇所	階級別 pH 値に占める捕捉箇所の割合(%)
4.3~4.5	0	0	0	0
4.6~4.8	0	0	0	0
4.9~5.1	45	37.2	7	77.8
5.2~5.4	71	58.7	2	22.2
5.5~5.7	5	4.1	0	0
5.8~6.0	0	0	0	0
6.1~6.3	0	0	0	0
6.4~6.6	0	0	0	0
6.7~6.9	0	0	0	0
計	121	100	9	100

特定試験区	C			
階級別 pH 値	階級別 pH 値地点の箇所	階級別 pH 値地点の占める割合(%)	Basidiomycete—1 の捕捉箇所	階級別 pH 値に占める捕捉箇所の割合(%)
4.3~4.5	0	0	0	0
4.6~4.8	14	11.6	9	12.5
4.9~5.1	84	69.4	47	65.3
5.2~5.4	21	17.4	15	20.8
5.5~5.7	2	1.7	1	1.4
5.8~6.0	0	0	0	0
6.1~6.3	0	0	0	0
6.4~6.6	0	0	0	0
6.7~6.9	0	0	0	0
計	121	100	72	100

表V-4 （つづき）

特定試験区	D			
階級別 pH 値	階級別 pH 値地点の箇所	階級別 pH 値地点の占める割合(%)	Basidiomycete-1 の捕捉箇所	階級別 pH 値に占める捕捉箇所の割合(%)
4.3~4.5	2	1.7	0	0
4.6~4.8	1	0.8	0	0
4.9~5.1	45	37.2	0	0
5.2~5.4	58	47.9	7	87.5
5.5~5.7	6	5.0	1	12.5
5.8~6.0	4	3.3	0	0
6.1~6.3	1	0.8	0	0
6.4~6.6	2	1.7	0	0
6.7~6.9	2	1.7	0	0
計	121	100	8	100

特定試験区	E			
階級別 pH 値	階級別 pH 値地点の箇所	階級別 pH 値地点の占める割合(%)	Basidiomycete-1 の捕捉箇所	階級別 pH 値に占める捕捉箇所の割合(%)
4.3~4.5	1	1.0	0	0
4.6~4.8	1	1.0	0	0
4.9~5.1	23	22.5	4	40.0
5.2~5.4	70	68.6	5	50.0
5.5~5.7	7	6.9	1	10.0
5.8~6.0	0	0	0	0
6.1~6.3	0	0	0	0
6.4~6.6	0	0	0	0
6.7~6.9	0	0	0	0
計	102	100	10	100

表V-5 特定試験区における階級別 pH 値に根状菌糸束が捕捉された箇所の占める割合

階級別 pH 値	階級別 pH 値地点の箇所	階級別 pH 値地点の占める割合(%)	Basidiomycete-1 の捕捉箇所	階級別 pH 値に占める捕捉箇所の割合(%)
4.3~4.5	5	0.8	2	1.0
4.6~4.8	37	6.3	26	12.4
4.9~5.1	286	48.9	141	67.5
5.2~5.4	229	39.1	37	17.7
5.5~5.7	20	3.4	3	1.4
5.8~6.0	4	0.7	0	0
6.1~6.3	1	0.2	0	0
6.4~6.6	2	0.3	0	0
6.7~6.9	2	0.3	0	0
計	586	100	209	100

占める割合は1.7%で、同領域に占める捕捉の割合は1.8%の順であった。

B区における土壌 pH4.9～5.1の領域が占める割合は37.2%で、同領域に占める捕捉箇所の割合は77.8%で同領域に占める捕捉の割合は最も高かった。また、pH5.2～5.4の領域が占める割合は58.7%で同区に占める割合は最も高かったが、同領域に占める捕捉箇所の割合は22.2%であった。

C区における土壌 pH4.9～5.1の領域が占める割合は69.4%、また、同領域に占める捕捉箇所の割合は65.3%で、両者とも同領域を占める割合が最も高かった。次いで、pH5.2～5.4の領域が占める割合は17.4%で同領域に占める捕捉箇所の割合は20.8%、また、pH4.6～4.8の領域が占める割合は11.6%で同領域を占める捕捉箇所の割合は12.5%および pH5.5～5.7の領域が占める割合は1.7%で同領域を占める捕捉箇所の割合は1.4%の順であった。

D区における土壌 pH5.2～5.4の領域が占める割合は47.9%、また、同領域に占める捕捉箇所の割合は87.5%で、両者とも同領域を占める割合が最も高かった。また、pH5.5～5.7の領域が占める割合は5.0%で同領域に占める捕捉箇所の割合は12.5%であった。なお、土壌 pH4.3～4.5が占める領域が1.7%、pH4.6～4.8で0.8%、pH4.9～5.1で37.2%、pH5.8～6.0で3.3%、pH6.1～6.3で0.8%、pH6.4～6.6で1.7%、pH6.7～6.9で1.7%それぞれ占める領域が存在した。

E区における土壌 pH5.2～5.4の領域が占める割合は68.6%、また、同領域に占める捕捉箇所の割合は50.0%で、両者とも同領域を占める割合は最も高かった。次いで、pH4.9～5.1の領域が占める割合は22.5%で同領域に占める捕捉箇所の割合は40.0%および pH5.5～5.7の領域が占める割合は6.9%で同領域に占める捕捉箇所の割合は10.0%の順であった。なお、土壌 pH4.6～4.8および4.3～4.5の領域を占める割合が1.0%存在した。

特定試験区における階級別土壌 pH 値の領域が占める割合および根状菌糸束の捕捉箇所数が同領域を占める割合を総括して表V-5に示した。全特定試験区における階級別土壌 pH 値の領域およびその領域を占める捕捉箇所数の割合は、土壌 pH 値は4.9～5.1の領域で67.5%と大半を占め、土壌 pH 値が4.6～5.4の間では97.6%の Basidiomycete-1が捕捉された。

### 第3節 考 察

本試験地における平均土壌 pH 値は5.1、その範囲は pH4.3～6.8にあった。階級別土壌 pH 値の分布状況は、pH4.9～5.1が占める割合が広範囲にわたり、この領域は試験地全体的に認められた。また、尾根付近ではこの pH 値の領域に Basidiomycete-1が集団的に認められる場所が存在した。さらに、尾根付近において pH4.6～4.8の領域が単発的あるいは小集団的に見られた。一方、北東側および南西側の溪流付近の pH 値は、北東側より南西側において高い傾向が見られた。しかるに、本試験地内における pH 値は尾根付近で低く、溪流付近で高い傾向が認められた。

Basidiomycete-1と土壌 pH 値との関連性について、本菌は土壌 pH 値が4.3～6.5の広い範囲に生息することが明らかになった。しかし、その中でも大半のものが土壌 pH4.9～5.2の狭い範囲内にあることが判明した。なお、Basidiomycete-1と土壌 pH 値の関係を詳細に調べるために、特定試験区における Basidiomycete-1と土壌 pH 値の関係について検討した結果、階級別土壌 pH 値が4.9～5.1の領域で Basidiomycete-1の捕捉された箇所数が占める割合は67.5%と多く、次いで、

pH5.2～5.4の領域で17.7%で、pH4.6～4.8以下では急激に減少した。しかし、根状菌糸束の生息に好適な土壌 pH 値が4.9～5.1の領域にあっても、前章で述べたように適当な土壌含水量が根状菌糸束の繁殖に関与していることが推測される。

森林土壌の調べ方とその性質（農林水産省林業試験場土壌部 1982）によると、本邦における一般的な森林土壌の pH 値は、pH6.0前後が最高値とされている。また、pH 値の最低値としてはポドゾルの H 層で pH3.5前後に達する場合もあるとされている。しかし、本邦で広く分布する褐色森林土や黒色土では、土壌 pH4.5～5.5の範囲に入る場合が最も多いとされている。これらのことから、本邦における森林の一般的な土壌 pH 値はカラマツ根株心腐病の一種である Basidiomycete-1の生息環境としては好適な条件下にあるものと思われる。従って、褐色森林土あるいは黒色土地域における既存のカラマツ人工林では、現在まで本病発生の未確認地域においても間伐および皆伐が行われるに従い、今後益々本病の発生地域が拡大されることが予想される。また、カラマツ新植予定地においてはこれらのことを十分考慮した造林計画が必要と考えられる。例えば、森林を構成している針葉樹および広葉樹とでは、針葉樹の落葉の分解は広葉樹の落葉より遅く不完全分解が生じ易く、この為に分解途中で酸性物質が生成されるため、一般に土壌の酸性化が進むとされている。これらを回避するには針葉樹と広葉樹を混植する方法等を考慮する必要があるだろう。

## 第 6 章 間伐木および風倒木によるカラマツ根株心腐病罹病木と健全木の分布

カラマツ根株心腐病罹病木の分布調査を、カラマツ間伐木および風倒木を用いて行った。また、カラマツ根株心腐病罹病木の診断方法の一つとして Shigometer（電気抵抗値の大小によって木製品の腐朽を野外で検査できるように小型化した検査器）が用いられている。本器は樹幹に小さい孔（ $\phi 2.5\text{mm}$ ）をあけ、その孔にプローブを差し込み、プローブの先端よりパルス電流を流し、その電気抵抗値により腐朽の有無を読み取るものである（黒田・勝屋1983）。この Shigometer を用いて罹病木の診断した結果を検討した。

### 第 1 節 材料および方法

本調査は、川上演習林におけるカラマツ根株心腐病の根状菌糸束の捕捉試験地内で行った。カラマツ生立木の根株心腐病有無の調査は Shigometer (Osmose Wood Preserving Co. of America Inc. 製 OZ-67形式) を用いて1989年11月および1995年6月の 2 回にわたって実行した。Shigometer による計測では、地上高20cmの樹幹部位にドリルで幹に直交するように小さい穴を開けたが、この場合、穴が随の中心を通るように配慮した。本器による罹病木の診断は、本器の電気抵抗値300 k $\Omega$  以上を健全木、200～300k $\Omega$  を変色木および200k $\Omega$  以下を本罹病木と判定した（勝屋・黒田.1983）

（Shigo,A.L1975）（Tattar.T.A.et.al.,1972）。試験地内のカラマツ根株心腐病罹病木の調査は、1990年に発生した台風19号による風倒木152本および1995年に実施した間伐木272本計424本の切株についてそれぞれ根株心腐病の有無を調査した（図VI-1）。切株による調査は根株心腐病罹病木、健全木および枯損木に区分して調べた。さらに、罹病木については腐朽菌の分離、同定を行った。



図VI-1 間伐木および風倒木による調査木位置  
 ▲：間伐木， ■：風倒木， ○：残存木

分離用培地の処方第3章に従った。分離方法は罹病木の縦断面を火炎滅菌し、罹病部位の材表面を剥ぎ取った後、小木片（大きさ約3mm角）を三角刀で切り取り、培地上に静置し25℃恒温器内で5日から10日間培養した。その後、この木片より伸長した菌糸の先端を切り取り、新しい培地に移植し得られた培養菌株を用いて種を同定した。

## 第2節 結果

1989年に実施した Shigometer によるカラマツ根株心腐病の診断は試験地のカラマツ生立木905本について個体別に測定した。その後、1990年9月台風19号により、試験林内の一部のカラマツが風倒の被害を受けた。全風倒木の切株について根株心腐病の有無の調査を行った結果、風倒木152本中、健全木107本、腐朽木31本および変色木14本であった（表VI-1）。この時点で、1989年に調査した Shigometer による診断結果と風倒木による根株調査の結果と照合した結果、Shigometer による罹病木の一致率は健全木で89.9%、腐朽木で87.1%の高い数値が得られたが、変色木では42.9%と低かった。また、1995年には間伐木272本を対象に Shigometer で診断した。Shigometer による診断結果は、同年実地した間伐木の根株調査結果と照合した結果、Shigometer による診断の一致率は健全木で90.5%、腐朽木で73.2%および変色木で77.3%であった。

2回にわたって行った試験地内のカラマツ生立木の Shigometer による診断結果と、風倒木および間伐木の根株調査結果を総合すると、健全木で約90%、腐朽木で73%～87%および変色木では約42%～77%の一致率であった。Shigometer による診断は経験を要するところがあるが、この結果より根株心腐病菌による腐朽木に関しては比較的高い確率で診断できると考えられよう。しかし、変色木については一致率にバラツキが大きく、変色木の測定値については、さらに検討を要する。

風倒木および間伐木からのカラマツ腐朽菌の分離を行った結果を表VI-2に示した。分離に供



表VI—1 Shigometer によるカラマツ生立木の診断結果

	1989年 Shigometer の結果 <sup>1)</sup>	1991年風倒木	風倒木の伐根 調査結果	1995年 Shigometer の結果	間伐木の伐根 調査結果
健全木本数	350	119	107 (89.9) <sup>2)</sup>	168	152 (90.5)
腐朽木本数	59	27	31 (87.1)	30	41 (73.2)
変色木本数	15	6	14 (42.9)	17	22 (77.3)
枯損木本数	0	0		57	57
計	424	152	152	272	272

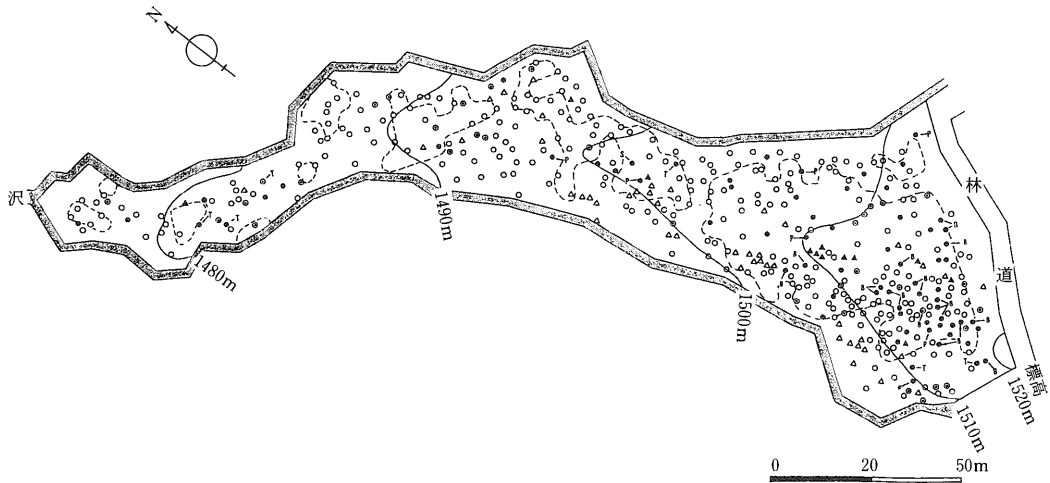
1) 1991年風倒木および1995年間伐木の対象木のみ。

2) ( )内の数字は Shigometer による罹病有無の判定率を%で示した。

表VI—2 間伐木および風倒木根株からの腐朽菌分離結果

	調査木本数	Basidiomycete—1	カイメンタケ	レンゲタケ	未同定担子菌	チャウロコタケモドキ	非検出
腐朽木	72	20	6	7	1	1	37
変色木	36	1	0	1	0	0	34
健全木	259	—	—	—	—	—	—
計	367	21	6	8	1	1	71

—記号および表に示した調査木以外の枯損木57本 (腐朽木12本, 不腐朽木45本) について分離は行わなかった。



図VI-2 間伐木および風倒木調査による根株心腐病罹病木および健全木の分布と Basidiomycete-1 の推定分布

●：腐朽木，○：変色木，○：健全木，▲：腐朽木（枯損木），  
△：健全木（枯損木），Basidiomycete-1，P：カイメンタケ，  
T：レンゲタケ，S：チウロコタケモドキ，\*：未同定担子菌，  
○：Basidiomycete-1 の根状菌糸束の推定分布域

した腐朽木72本中、20本から Basidiomycete-1，6本からカイメンタケ、7本からレンゲタケ、1本から未同定担子菌が得られたが、37本からは菌は検出できなかった。なお、1本から幹心腐病菌のチウロコタケモドキが分離され、また、変色木36本の内1本から Basidiomycete-1、1本からレンゲタケ1本が得られたが、34本からは菌の検出ができなかった。

間伐木および風倒木調査による根株心腐病罹病木および健全木の分布調査と土壤中に生息する Basidiomycete-1の根状菌糸束の分布(第3章)調査の結果より図VI-2を作成した。それを見ると根株心腐病罹病木の分布と根状菌糸束の分布が一致した場所と一致しない場所が認められたが、本菌と罹病木の分布が一致した場所は、特に特定試験A区およびその周辺で多く認められた。すなわち、根状菌糸束が例年集団的に捕捉された場所では、根状菌糸束と罹病木の分布は概ねで一致することが認められ。しかし、調査の年により根状菌糸束が離散的あるいは単発的にしか認められない場所では本菌と罹病木の分布は必ずしも一致するとは限らなかった。

### 第3節 考 察

カラマツ生立木の根株心腐病診断の一つとして Shigometer による方法がある(黒田・勝屋1983)。本診断方法は、根株心腐病罹病木でも腐朽の進行がある程度進んだ状態、すなわち腐朽が中期(材面を鉛筆等で突くと材内部に入り込む程度腐朽が進行した状態)以上進行した部位では約80%以上の一致率が得られたが、初期変色木の一致率は低く、かつ、バラツキが見られた。これは、初期変色木の樹幹内の変色部は比較的小さい場合が多く、また、樹幹に計測用の孔を開ける際に罹病部位(変色部)から外れることに起因していると思われる。このことより Shigometer を用いて

初期変色木の判定を行う場合は慎重を要する。しかし、初期変色では材価に大きな影響を及ぼさないことを考えるとカラマツ生立木の根株心腐病罹病の有無の判定は、現在では Shigometer による方法が有効と考えられる。しかし、本方法は多数の生立木調査には時間を要するので、調査方法に検討を加える必要があろう。

試験地における Basidiomycete-1 の根状菌糸束の推定分布域と根株心腐病罹病木の分布は、概ね一致することが明らかになった。特に本菌と罹病木の分布が一致する場所は、根状菌糸束が集团的に捕捉される場所で認められた。

Basidiomycete-1 の根状菌糸束と根株心腐病罹病木の分布が概ね一致することおよび本根株心腐病罹病木から分離した結果、Basidiomycete-1 の分離率が最も高く得られたことより、既に報告されているように（Ohsawa M. et al., 1987, 黒田ら, 1993）本試験地およびその周辺のカラマツ生立木の罹病木の多くは、カイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケよりも、Basidiomycete-1 による被害木が多いと判断される。

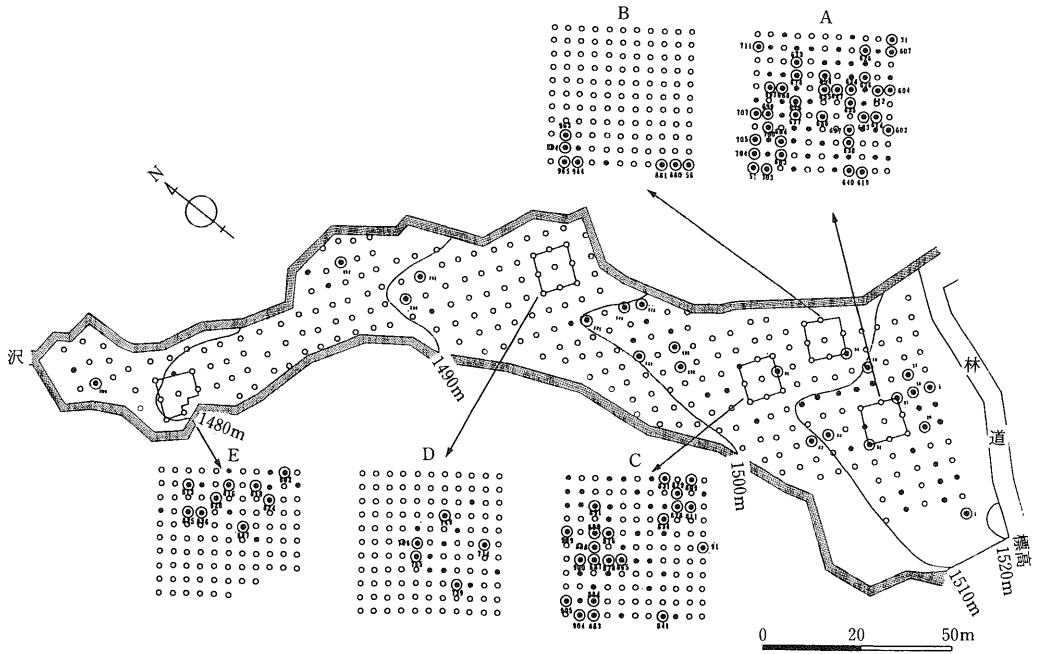
## 第 7 章 Basidiomycete-1 菌系のアロザイム変異と遺伝子型の平面分布

Basidiomycete-1 の根状菌糸束の分布状況は第 3 章で述べた通り集团的、離散的あるいは単発的であることが判明した。また、本菌の生息環境条件については、土壤含水率および土壌 pH 値が関与していることも既に述べた通りである。しかし、Basidiomycete-1 については子実体が未発見のため同菌の増殖および伝播方法については不明である。この解明の手段として、本研究では捕捉杭によって採取された Basidiomycete-1 の根状菌糸束から分離した菌株のアイソザイム分析は、白石（1986, 1987a, 1987b, 1987c, 1987d, 1988, ），Shiraishi（1988）および津村ら（1990）の方法で行い、菌株間における遺伝的変異と試験区内の遺伝子型の平面分布を明らかにした。

### 第 1 節 材料および方法

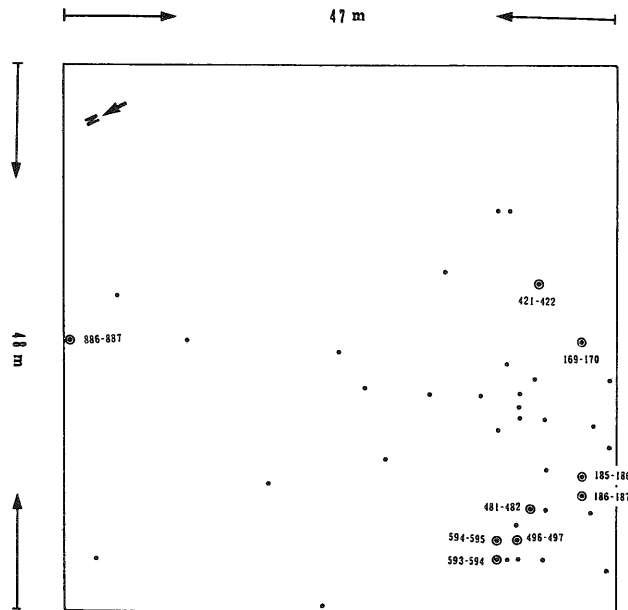
1993 年 7 月～8 月の期間に川上演習林の試験地で、205 本の捕捉杭から根状菌糸束を採取し、分離・培養により 95 菌株をえた。また、同期間にハケ岳演習林 F 特定試験区の 42 本の捕捉杭から根状菌糸束を採取し、9 菌株を得た。なお、川上演習林およびハケ岳演習林の試験地から得られた菌株の捕捉箇所を図 VII-1～2 に示した。本菌の分離法および培地の処方第 3 章の手法に従った。

ポリアクリルアミドゲル垂直平板電気泳動法によるアイソザイム分析は以下に示す手順で行った。供試菌株を液体培地〔イースト（20g／蒸留水 1 l）、ブドウ糖（20g／蒸留水 1 l）〕上で 10 日から 14 日間培養後、伸長した菌糸から酵素を抽出した。酵素の抽出は、Shiraishi（1988）および山口（1989）の方法にほぼ従い、100mg の菌糸に 1ml の抽出液〔0.1M トリス塩酸緩衝液（pH 7.5）、20% グリセリン、5mM DTT、1mM NAD、1mM NADP〕と 50mg のポリビニールポリピロリドン（PVPP）を添加しホモジナイザーで粉碎後、15,000rpm で 30 分間遠心分離した。遠心分離後、得られた上清液を 1 泳動溝あたり 20 $\mu$ l 添加し、電気泳動条件を 4 $^{\circ}$ C、12.3mA/cm<sup>2</sup> の定電流で約 150 分間泳動を行った。その際、各バンドの相対移動距離 R<sub>f</sub> 値を測定するためにブロム・フ



図VII-1 供試した Basidiomycete-1 菌株の捕捉地点 (川上演習林試験地)

- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点
  - ⊙ : アイソザイム分析に供試した菌株 (数字は菌株番号) が得られた地点
  - : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった地点
- 特定試験区A～Eは図外に拡大して示した。



図VII-2 供試した Basidiomycete-1 菌株の捕捉地点 (特定試験F区)

- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点
- ⊙ : アイソザイム分析に供試した菌株が得られた地点

エノール・ブルー溶液（ブロム・フェノール・ブルー4mg・泳動用緩衝液200ml）をゲルの溝に添加した。

ゲルの染色は津村ら(1990)の26酵素種の方法を試み、そのうち明瞭なバンドパターンが得られ、かつ、変異が観察された5酵素種について、遺伝子座の推定をした後、各菌株の遺伝子型の読みとりを行った。なお、染色後、染色反応を停止し、固定後、セロハンに挟み自然乾燥して保存した。

予備試験ではアイソザイム分析の試料として菌株の培養期間が10日から14日間培養したもので最も鮮明なバンドパターンが得られ、また、サンプル100mgが適量であったので本実験はこれに従った。なお、資料として本実験を実施した手法について、ゲル原液の調整(表VII-1)、抽出液の調整(表VII-2)、電気泳動用緩衝液の調整(表VII-3)、染色用緩衝液の調整(表VII-4)、染色液の調整と手順(表VII-5)、染色反応の固定液の調整(表VII-6)および作成方法について付記した。

## 第2節 結果

アイソザイム分析により明瞭なバンドパターンが得られ、かつ変異が観察された26酵素種中5酵素種について6遺伝子座を推定した。各酵素種で推定された遺伝子座とバンドパターンは次の通りである(図VII-3)。なお、移動度の小さいバンドから順にa, b, cの記号を付けた。

### 1. ソルビトール脱水素酵素 (SoDH)

染色したゲルは2つの表現型バンド(Rf 18, Rf 18・19・21・22・23)を持つ1つのゾーンが観察された。これらのバンドパターンはa/aホモ接合体とa/bヘテロ接合体でテトラマー型遺伝様式で、これらのバンドパターンは1遺伝子座(Sod)に支配されていると推測した(図版II-A)。

### 2. グルタチオン還元酵素 (GR)

染色したゲルは4つの表現型バンド(Rf 35・36・38, Rf 38, Rf 37・38・39, Rf 39)を持つ1つのゾーンが観察された。これらのバンドパターンはa/b, b/cヘテロ接合体とb/b, c/cホモ接合体でダイマー型遺伝様式で、これらのバンドパターンは1遺伝子座(Gr)によって支配されていると推測した(図版II-B)。

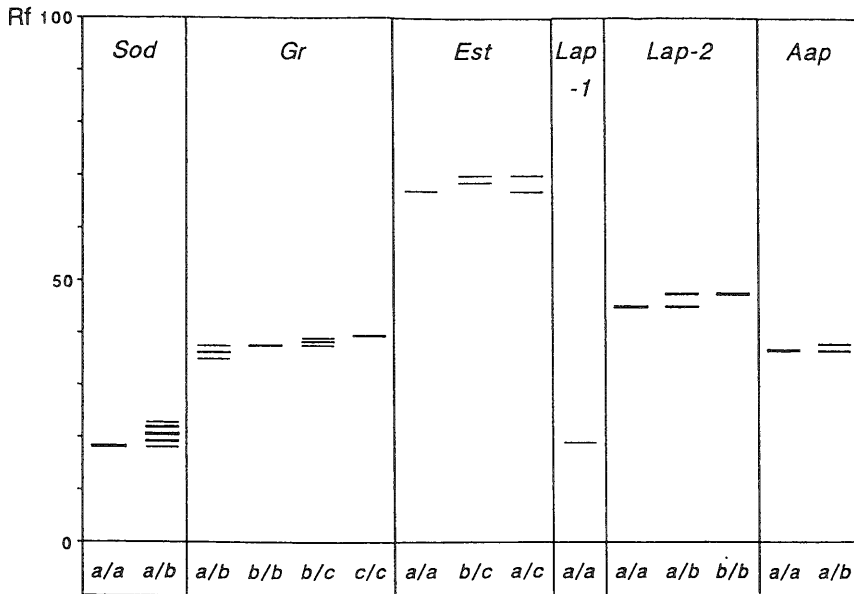
### 3. 非特異性エステラーゼ (EST)

染色したゲルは3つの表現型バンド(Rf 67, Rf 68・70, Rf 67・70)を持つ1つのゾーンが観察された。これらのバンドパターンはa/aホモ接合体とb/c, a/cヘテロ接合体でモノマー型遺伝様式で、これらのバンドパターンは1遺伝子座(Est)によって支配されていると推測した(図版II-C)。

### 4. ロイシンアミノペプチターゼ (LAP)

染色したゲルのバンドはRf 67および(Rf 68・70, Rf 67・70)のゾーン1とゾーン2に分けることができた。泳動の遅いゾーン1ではA/Aのホモ接合体で固定していた。ゾーン2ではa/a, b/bホモ接合体とa/bヘテロ接合体でモノマー型遺伝様式で、これらのバンドパターンは1遺伝子座(Lap-2)によって支配されていると推測した(図版III-A)。

### 5. アラニンアミノペプチターゼ (AAP)



図VII-3 Basidiomycete-1 菌系の5酵素種の6アロザイム遺伝子座のバンドパターンと遺伝子型Rfブロム・フェノール・ブルーのバンドの移動距離を100としたときの相対移動距離を表す。

染色したゲルのバンドは Rf 36, Rf 36・38を持つ1つのゾーンが観察された。これらのバンドパターンは a/a ホモ接合体と a/b ヘテロ接合体でモノマー型遺伝様式で、これらのバンドパターンは1遺伝子座 (Aap) によって支配されていると推定した (図版III-B)。

次に、推定した各遺伝子座について各菌株の遺伝子型を同定した。なお、解析した全遺伝子座で、同じ遺伝子型を示した菌株は同じクローンと判定してそれぞれグループ分けした。すなわち多型を示した6遺伝子座によって104菌株を20種類 (①~⑳) の遺伝子型に区分した (表VII-7)。この結果、6遺伝子座では菌株間の遺伝子型に相違が見られ、明らかに遺伝的変異が認められた。

川上・八ヶ岳演習林の試験地における Basidiomycete-1の各遺伝子型の出現頻度を表VII-7に示した。川上演習林 (普通・特定試験区) より捕捉された Basidiomycete-1菌株の検出された遺伝子型数は18種類であった。これら18種類の遺伝子型の出現頻度は、遺伝子型②で18.9%, ①で17.9%, ⑩で12.6%, ⑤で11.6%でこれら4種の遺伝子型は、全体の61.0%占めていた。一方、他の遺伝子型14種についてはいずれも全体に占める割合は10%以下であった。

次に、川上演習林の普通試験区における各遺伝子型の平面分布を図VII-4に示した。普通試験区での遺伝子型は13種類が存在し、これらの遺伝子型の中で①, ⑤, ⑥, ⑫, ⑳の5種類の遺伝子型は隣接して認められたが, ⑧では離散のおよびその他7種の遺伝子型では単発的に存在した。

さらに、川上演習林の各特定試験区における各遺伝子型の出現頻度 (表VII-7) と平面分布 (図VII-5, 6) については以下の通りである。

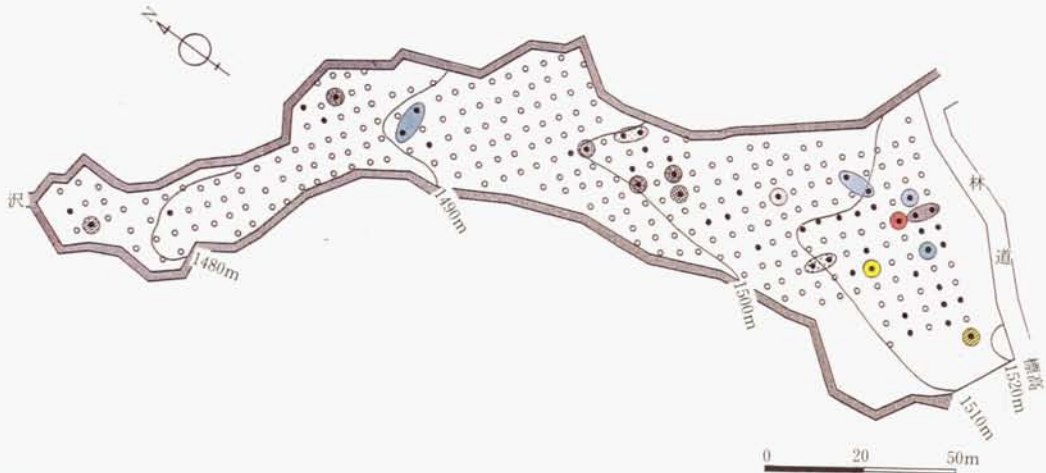
A区内における遺伝子型は5種類 (①②, ③, ④, ⑤) が存在し、遺伝子型②ではA区全体の51.4

表VII-7 各試験区における Basidiomycete-1 の菌株のアイソザイム遺伝子型とそれらの頻度

遺伝子 型番号	試 験 区														計						
	遺 伝 子 座					普通区					特 定 区										
	Sod	Gr	Est	Lap-2	Aap	普通区		特 定 区		特 定 区		特 定 区									
						菌株数	%	A	B	C	D	E	小計	F		菌株数	%				
						菌株数	%	菌株数	%	菌株数	%	菌株数	%	菌株数	%	菌株数	%				
①	a/a	b/b	a/c	a/a	a/a	3	13.6	5	14.3	1	14.3	0	0	8	88.9	17	17.9	1	11.1	18	17.3
②	a/b	b/b	a/c	a/a	a/b	1(1)	4.5	18	51.4	0	0	0	0	0	0	18	18.9	0	0	18	17.3
③	a/b	b/c	a/c	a/a	a/b	0		1	2.9	0	0	0	0	0	0	1	1.1	0	0	1	1.0
④	a/a	b/c	a/a	a/b	a/a	1(1)	4.5	7	20.0	0	0	0	0	0	0	7	7.4	1	11.1	8	7.7
⑤	a/a	b/b	a/c	a/b	a/a	2	9.1	4	11.4	0	0	0	5	100.0	0	11	11.6	0	0	11	10.5
⑥	a/a	a/b	a/c	a/a	a/a	3(1)	13.6	0		3	42.9	0	0	0	0	5	5.3	1	11.1	6	5.8
⑦	a/a	b/b	a/c	b/b	a/a	0		0		3	42.9	0	0	0	0	3	3.2	0	0	3	2.9
⑧	a/a	b/b	a/a	a/a	a/a	3	13.6	0	0	0		1	4.8	0	0	4	4.2	0	0	4	3.8
⑨	a/a	b/b	a/a	a/a	a/b	1(1)	4.5	0	0	0		6	28.6	0	0	6	6.3	0	0	6	5.8
⑩	a/a	a/b	a/c	b/b	a/a	0		0	0	0		12	57.1	0	0	12	12.6	0	0	12	11.5
⑪	a/a	a/b	a/a	a/a	a/a	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1	0	0	1	1.0
⑫	a/a	b/c	a/c	a/a	a/a	2	9.1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2.1	1	11.1	3	2.9
⑬	a/a	b/b	a/a	a/b	a/a	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1	1	11.1	2	1.9
⑭	a/a	a/b	a/c	a/b	a/a	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1	0	0	1	1.0
⑮	a/a	b/c	a/c	b/b	a/a	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1	0	0	1	1.0
⑯	a/a	c/c	a/a	a/a	a/a	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	22.2	2	1.9
⑰	a/a	b/b	a/a	b/b	a/a	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	22.2	2	1.9
⑱	a/a	b/b	b/c	a/b	a/a	0		0	0	0		2	9.5	0	0	2	2.1	0	0	2	1.9
⑲	a/a	b/b	b/c	a/a	a/a	0		0	0	0	0	0	0	0	1	11.1	1	1.1	0	1	1.0
⑳	a/a	a/b	b/c	a/a	a/a	2	9.1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2.1	0	0	2	1.9
計						22(4)		35	7	21	5	9	95	9	104						

\* : 川上演習林普通試験区, \*\* : 川上演習林特定試験A～E区, \*\*\* : 八ヶ岳演習林特定試験F区。

( ) の数字は普通試験区と特定試験区で重複している内数。

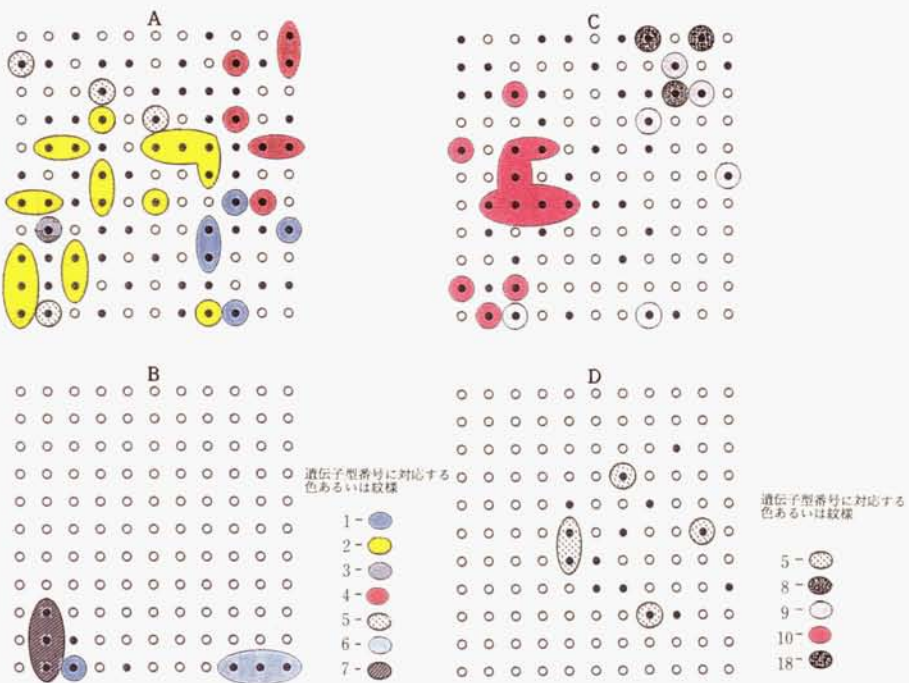


図VII-4 Basidiomycete-1 菌株のアロザイムの遺伝子型と平面分布

- : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉された地点 (図VII-5～6 も同じ)。  
○ : Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されなかった地点 (図VII-5～6 も同じ)。

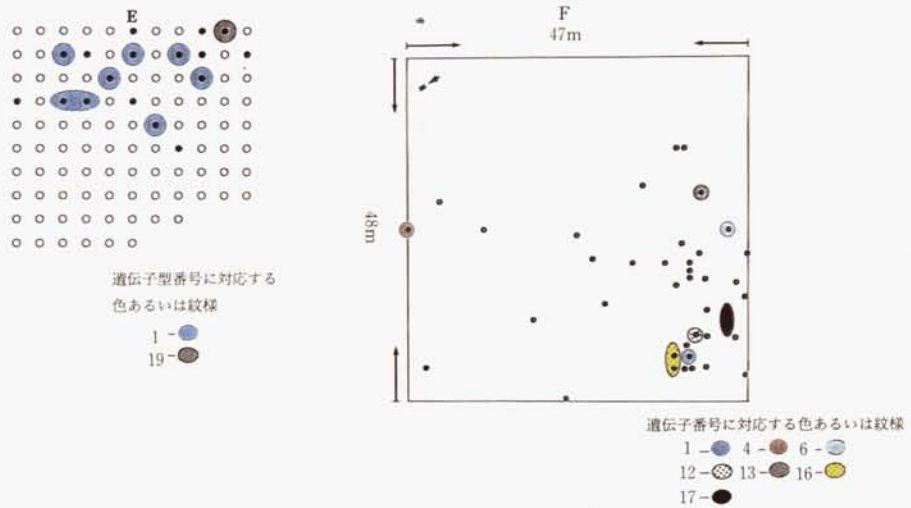
遺伝子番号に対応する色あるいは紋様

1 - (blue circle)	8 - (dark grey circle)	14 - (diagonal lines)
2 - (yellow circle)	9 - (light grey circle)	15 - (yellow circle)
4 - (red circle)	11 - (dark grey circle)	20 - (dark grey circle)
5 - (white circle)	12 - (white circle)	
6 - (light blue circle)	13 - (dark grey circle)	



図VII-5 A, B, C, D 特定試験区における Basidiomycete-1 菌株のアロザイムの遺伝子型と平面分布





図VII-6 E, F特定試験区における Basidiomycete-1 菌株のアロザイムの遺伝子型と平面分布

%, 次いで, ④が20.0%, ①で14.3%, ⑤で11.4%, ③で2.9%の順で占めていた。また, 各遺伝子型の平面分布は, 遺伝子型①, ②, ④, の3種では集団的に認められたが, ⑤では離散的, ③は一点のみの検出であった (図VII-5)。

B区における遺伝子型は3種類 (①, ⑥, ⑦) が存在し, 遺伝子型⑥, ⑦の双方ともB区全体の42.9%を占めていたが, ①では14.3%であった。また, 各遺伝子型の平面分布は, 遺伝子型⑥, ⑦で集団的であったが, ①では一点のみの検出であった (図VII-5)。

C区における遺伝子型は4種類 (⑧, ⑨, ⑩, ⑬) が存在し, 遺伝子型⑩はC区全体の57.1%, 次いで⑨が28.6%, ⑬が9.5%, ⑧が4.8%の順で占めていた (表VII-1)。また, 各遺伝子型の平面分布は, 遺伝子型⑩で集団的から離散的, ⑨では離散的から単発的, ⑬で離散的, ⑧では一点のみから得られた (図VII-5)。

D区における遺伝子型は1種類 (⑤) のみであった。また, この遺伝子型の平面分布は小集団的から離散的であった (図VII-5)。

E区における遺伝子型は2種類 (①, ⑱) で, 遺伝子型①はE区全体の88.9%, ⑱は11.1%であった。また, 各遺伝子型の平面分布は, 遺伝子型①で集団的から離散的であったが, ⑱では一点のみから得られた (図VII-6)。

一方, ハケ岳演習林F特定試験区における各遺伝子型の出現頻度 (表VII-7) および各遺伝子型の平面分布 (図VII-6) は次の通りである。特定試験F区における遺伝子型は7種類 (①, ④, ⑥, ⑫, ⑬, ⑮, ⑰) が存在し, 遺伝子型⑮, ⑰の双方ともF区全体の22.2%, ①, ④, ⑥, ⑫, ⑬の5種の遺伝子型で11.1%占めていた。また, 各遺伝子型の平面分布は, 遺伝子型⑮, ⑰で小集団的, ①, ④, ⑥, ⑫, ⑬では各一点のみから得られた。

### 第3節 考 察

本試験地における Basidiomycete-1 104菌株のアイソザイム分析の結果より、明らかにアロザイム遺伝子座における遺伝的変異が認められた。本菌の子実体が未発見のため、正確な増殖様式は不明である。なお、6 遺伝子座のアイソザイム遺伝子型によってクローンを群別したが、これは一つの試行として留意すべきである。

川上演習林の試験地約 1 ha の中で18の異なった遺伝子型が認められたことは本菌の遺伝的多様性を示していると考えられる。この内、遺伝子型①, ②, ⑤, ⑩で61.0%占めていることは、この4種類の遺伝子型が優占的に分布しているものと推測されよう。

特定試験区内(10m×10m)における遺伝子型の出現は、特定試験区によって異なる遺伝子型が多く存在した。共通した遺伝子型の出現は、遺伝子型①ではA, B, E区, ⑤ではA, D区でそれぞれ共通した遺伝子型が存在したが、近接した特定試験区A, B, C区内において異なる遺伝子型が存在することも明らかになった。A区では5種類の遺伝子型が存在し、全特定試験区中、最も多様性に富み、また、本菌の捕捉率も高いことから、本菌のA区への伝播は他特定試験区への伝播よりも以前に行われたものか、あるいはA区は本菌の生息に好適な局所環境であるものと推測される。また、D区では遺伝子型が1種類しか存在しないことは、伝播時期が他の特定試験区よりも後に始まったものか、あるいは遺伝子型による局所適応性の差異によるものと推測される。遺伝子型の平面分布は、捕捉杭で捕捉された全ての位置の遺伝子型を明らかにすることができなかった、しかし、捕捉された全ての位置の遺伝子型が判明した場合は、例えば図VII-5における遺伝子型⑤の分布は離散的であるが、実際には集団的である可能性もある。

川上演習林と八ヶ岳演習林で共通した遺伝子型の出現は、①, ④, ⑥, ⑫, ⑬の5種類であり、一方⑯, ⑰の2種類は八ヶ岳演習林のみで認められた。

遺伝子型の平面分布は、Basidiomycete-1の伝播様式を知る一つの方法であり、根状菌糸束が比較的まとまって捕捉された場所においても、遺伝子型が異なる菌株が混在することから、それぞれの菌系の根状菌糸束が土壤中で伸長し、例えばタケ群落が地下茎により分布域を拡大するように伝播様式をとっていると考えられる。しかし、各特定試験区で分離された菌株を見ると遺伝子型の分布に片寄りが見られた。これは本菌の伝播を考察する上で重要な点と考えられる。

Basidiomycete-1はnの重相(多核)であることから菌糸融合等によって遺伝子型の組み替えが生じ遺伝的な変異を生じ易いものと推測された。一方、図VII-4に見られるように比較的離れた場所から同一の遺伝子型を持つ菌株が得られていることは、未発見の子実体による孢子分散による伝播の可能性も示唆される。今後これらについて調査研究を進めていく必要がある。

表VII-1 ゲル原液の調整

1. 分離ゲル (pH8.9, 7.5%)

A溶液 (保存可)

Trizma base (トリズマベース)	91.5 g
1N-HCl (1N-塩酸)	120ml
TEMED <sup>1)</sup>	0.575ml
[蒸留水を加えて500mlに定量]	

B溶液 (保存可)

Acrylamide (アクリルアミド)	150 g
N, N'-Methylene-bis (acrylamide)	4 g
(N, N'-メチレンビス (アクリルアミド))	
[蒸留水を加えて500mlに定量]	

C溶液 (実験毎に調整)

Ammonium persulfate	1.4mg/ml
(過硫酸アンモニウム)	

2. 濃縮ゲル (pH6.7, 3.75%)

D溶液 (保存可)

Trizma base (トリズマベース)	14.95 g
1N-HCl (1N-塩酸)	120ml
TEMED <sup>1)</sup>	1.15ml
[蒸留水を加えて500mlに定量]	

E溶液 (保存可)

Acrylamide (アクリルアミド)	37.5 g
N, N'-Methylene-bis (acrylamide)	6.25 g
(N, N'-メチレンビス (アクリルアミド))	
[蒸留水を加えて500mlに定量]	

F溶液 (保存可)

Riboflavin (リボフラビン)	10mg
[蒸留水を加えて500mlに定量]	

1) N, N, N', N'-Tetramethylethylenediamine (N, N, N', N'-テトラメチルエチレンジアミン)

A, B, D, E, F溶液は冷蔵庫で貯蔵可能。

3. ゲルの作成手順 (標準サイズでゲル厚 1 mmの泳動用ガラスで 1 枚分の場合)

1) 分離ゲル

A溶液 5 mlと B溶液 5 mlを混合, 別に C溶液約12ml用意し両者とも脱気後, A, B混合液 10mlと C溶液10mlを混合し静かに攪拌し, 泳動用ガラスの間に注入する。注入後直ちに上層に蒸留水かエチルアルコールを静かに注ぎゲル化を図る, 約 1 時間後ゲル化する。

2) 濃縮ゲル

D溶液 5 ml, E溶液10ml, F溶液 5 mlを混合後脱気し, 分離ゲル上層の蒸留水あるいはエチルアルコールを除去し, 濃縮ゲル溶液で供洗い後, D, E, F混合液を静かに注ぎ, サンプルコウムを挿入し, 蛍光灯で光重合させる。約15分後ゲル化する。ゲル化後サンプルコウムを取り B.P.B.溶液で二度供洗いを行い, 最後にサンプル溝の 2 / 3 の深さに B.P.B.溶液が残るようにする。

表VII-2 抽出液の調整

## 1 抽出液の組成

## (1) 緩衝液

Tri-HCl <sup>1)</sup>	(pH7.5)	0.1M
(トリス-HCl)		

## (2) 成分

グリセリン (Glycerol)	20%
NAD <sup>2)</sup>	1 mM
NADP <sup>3)</sup>	1 mM
DTT <sup>4)</sup>	5 mM

## (3) 添加物

PVPP <sup>5)</sup>	50mg
--------------------	------

---

1) Tris (hydroxymethyl) aminomethane-hydrochloride  
(トリスヒドロキシメチルアミノメタン塩酸塩)

2)  $\beta$ -Nicotinamide adenine dinucleotide  
( $\beta$ -ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)

3)  $\beta$ -Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate  
( $\beta$ -ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリッ酸)

4) Dithiothreitol  
(ジチオスレイトール)

5) Polyvinylpyrrolidone  
(ポリクラール AT)

---

## 2 調整手順

EXT-1 1. Trizma pre-set crystals pH7.5 : 3.77 g

2. 蒸留水 : 100mlで溶かし,

3. Glycerol : 126 gを加え, 蒸留水で250mlに定量

EXT-2 : DTT : 31mgに蒸留水を加えて10mlに溶かす

EXT-3 : NAD : 60mgに蒸留水を加えて10mlに溶かす

EXT-4 : NADP : 67mgに蒸留水を加えて10mlに溶かす

---

## 抽出手順

菌糸100mgに対して, 上記の4種類の保存液 EXT-1, EXT-2, EXT-3, EXT-4 = 4 : 2 : 1 : 1の割合で混合し1mlを加え, さらにポリクラール AT50mgを添加して乳鉢でホモゲナイズ後, 遠心分離器にかけて上清液を得る。

---

表VII-3 電気泳動用緩衝液の調整

1	貯蔵用原液 (10倍液)	
	A グリシン (Glycine)	28.8 g
	約800mlの蒸留水に溶かした後	
	B トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン	6.0 g
	(Tris (hydroxymethyl) aminomethane) を加え1000mlに定量	
2	泳動用緩衝液	
	貯蔵用原液	100ml
	を1000mlに希釈して用いる	
3	B.P.B.溶液	
	A プロモ・フェノール・ブルー	4 mg
	(Bromophenol blue)	
	B 泳動用緩衝液	200ml

B.P.B.溶液：サンプル溝を二度、共洗い後サンプル溝の1/3の深さにB.P.B.溶液が残るようにする。

表VII-4 染色用緩衝液の調整

A 酵素種

SoDH

GR

A：緩衝液	50mM トリス塩酸 (pH8.0 50ml)	
調整	トリズマ塩酸塩 (Trizma Hydrochloride)	4.44 g
	トリズマベース (Trizma base)	2.65 g
	蒸留水を加えて1000mlに定量	

EST

B：緩衝液	: EST 緩衝液 (pH5.6 50ml)	
調整	リン酸一ナトリウム ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	15.601 g
	リン酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )	2.839 g
	蒸留水を加えて1000 <sub>2</sub> に定量	

LAP

AAP

C：緩衝液	LAP 緩衝液 (pH6.0 50ml)	
調整	無水マレイン酸 (Maleic anhydride)	19.612 g
	トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン	24.22 g
	(Tris (hydroxymethyl) aminomethane)	
	水酸化ナトリウム (NaOH : Sodium hydride)	1.2 g
	無水マイレン酸とトリスを600mlの蒸留水に溶かした後、水酸化ナトリウム (NaOH) を加え蒸留水で1000mlに定量	

表VII-5 染色液の調整と手順

## A 酵素種

SoDH	A緩衝液	50ml
	S-ソルビトール (D-Sorbitol)	1 g
	NAD <sup>1)</sup>	1 ml (保存可)
	MTT <sup>2)</sup>	1 ml (保存可)
	順次加え攪拌後	
	PMS <sup>3)</sup>	1 ml (保存可)

1)  $\beta$ -Nicotinamide adenine dinucleotide

(β-ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)

300mgに蒸留水を加えて20mlに定量

2) 3-(4, 5-Dimethyl-2-thiazolyl)-2, 5-diphenyl-tetrazolium bromide 100mgに蒸留水を加えて20mlに定量

3) Phenazine methosulfate (フェナジンメトサルフェート) 20mgに蒸留水を加えて20mlに定量

ゲルを染色液に浸し、遮光し、時々振とうしながら37°Cでインキュベートする (15~30分), 染色固定液はA液

GR	A緩衝液	50ml
	グルタチオン(Glutathione)	0.1mg
	NADPH <sup>4)</sup>	30mg
	MTT	4 ml
	DIA <sup>5)</sup>	2 ml

4)  $\beta$ -Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, reduced form (ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸)

5) 2, 6-Dichlorophenol-indophenol, sodium salt

(2, 6-ジクロロフェノール-インドフェノール)

20mlを蒸留水を加えて20mlに定量

ゲルを染色液に浸し、遮光し、時々振とうしながら37°Cでインキュベートする (30~60分), 染色固定液はB液

EST A液

B緩衝液	50ml
0.10M $\alpha$ -ナフチルプロピオネート溶液 <sup>5)</sup>	2 ml
0.10M $\alpha$ -ナフチルアセテート溶液 <sup>7)</sup>	1 ml

B液

B緩衝液	50ml
ファーストブルー RR（塩）50mgを加えて攪拌後ろ過する （Fast blue RR salt）	

---

6)  $\alpha$ -ナフチルプロピオネート500mgをエタノール25mlに溶かす  
（ $\alpha$ -Naphthyl propionate）

7)  $\alpha$ -ナフチルアセテート466mgをエタノール25に溶かす  
（ $\alpha$ -Naphthyl acetate）

ゲルをA液に浸し、遮光し、時々振とうしながら37°Cでインキュベートし、  
5分後B液を加える（60分）、染色固定液はB液

---

LAP

C緩衝液	50ml
34mML-ロイシル- $\beta$ -ナフチルアミド塩酸溶液 <sup>8)</sup> 1 ml	
ファーストブラック K塩30mgを加えて攪拌する （Fast black K salt）	

---

8) L-ロイシル- $\beta$ -ナフチルアミド塩酸250mgを蒸留水25mlに溶かす  
（L-Leucyl- $\beta$ -naphthylamide hydrochloride）

ゲルを染色液に浸し、遮光し、時々振とうしながら37°Cでインキュベ-  
ートする（15～30分）、染色固定液はB液

---

AAP

C緩衝液	50ml
0.23ML-アラニン- $\beta$ -ナフチルアミド溶液 <sup>9)</sup> 1 ml	
ファーストブラック K塩30mgを加えて攪拌する （Fast black salt）	

---

9) ジメチルスルホキシド 1 mlあたり50mgを溶かす  
（Dimethyl sulfoxide）

ゲルを染色液に浸し、遮光し、時々振とうしながら37°Cでインキュベ-  
ートする（30～60分）、染色固定液はB液

---

表Ⅶ—6 染色反応の固定液の調整

酵素種	固定液
SoDH	A <sup>1)</sup>
GR	B <sup>2)</sup>
EST	B
LAP	B
AAP	B

- 
- 1) エタノール (Ethanol) 1000mlと酢酸 (Acetic acid) 100mlを蒸留水900mlで薄める  
 2) 50%エタノール
- 

## 第8章 Basidiomycete-1の菌系間における木片腐朽力

カラマツ心腐病菌の木片腐朽力試験については大澤 (1987), 小林・阿部 (1989) によって報告されている。しかし, カラマツ根株心腐病菌の菌系間の木片腐朽力の差異に関する報告は極めて少ない。

Basidiomycete-1の菌系間における木片腐朽力について, 第7章で実施した Basidiomycete-1のアイソザイム分析によって得られた遺伝子型20種類のうち9種類の遺伝子型をもつ菌株を選出して, 菌系間における木片腐朽力の差異について検討した。

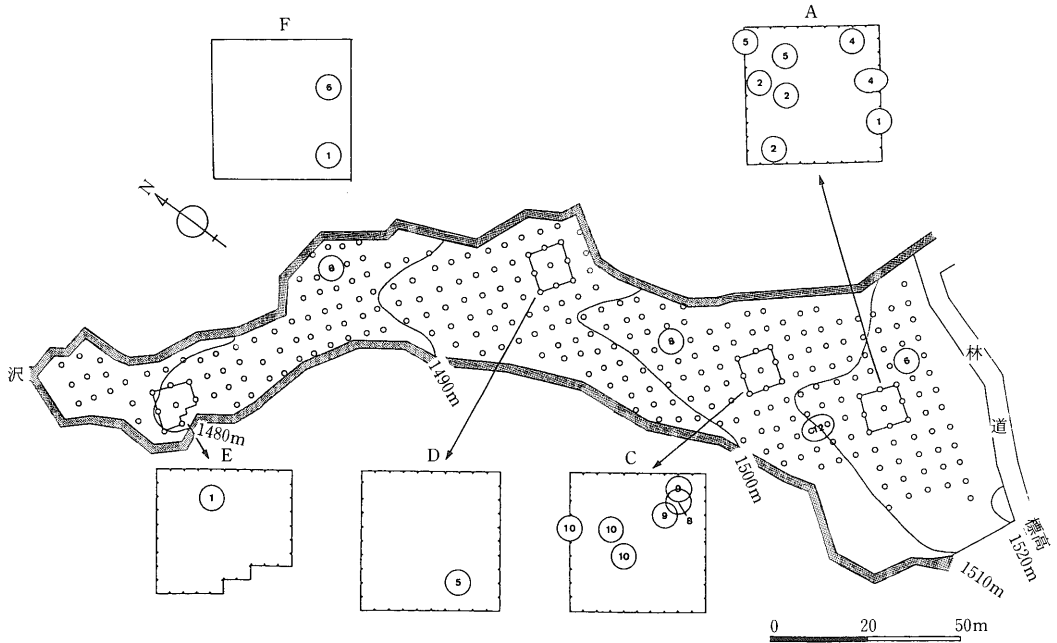
### 第1節 材料および方法

本実験は, 第7章の実験で用いた, Basidiomycete-1の菌株のうち24菌株を供試した。供試した菌株の遺伝子型は9遺伝子型(①, ②, ④, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨, ⑩, ⑫)で, 各遺伝子型から2～3菌株を用いた。供試菌株がえられた位置は図Ⅷ—1に示した。表Ⅷ—1には供試菌株の遺伝子型と対照菌株をそれぞれ示した。対照区はレンゲタケ, カイメンタケおよび対照(無接種)を用いた。

腐朽力試験は, 先ず, カラマツ健全木の心材部分を約2cm×1.5cm×厚さ1.0cmの木片とし, これを105℃の乾燥器内で24時間乾燥後, 木片の温度が室温まで下がった時点でそれぞれの木片の乾燥重量を測定した。その後, 木片を蒸留水中に入れ十分吸湿させ, 120℃で30分間オートクレーブで滅菌し供試した。

供試菌株の培養は500ccの三角フラスコにPDA培地を105ml分注し, 120℃で20分間滅菌し, 室温まで下げ, それぞれの供試菌を三角フラスコの中央に接種した。その後, 25℃の恒温器内で供試菌が十分生育するまで10日間培養した。次いで, 滅菌したU字ガラスフレーム(径1mm)を菌糸が伸長している培地上に置き前述した木片が直接培地と接触しないようにその上に木片を5個





図VIII-1 Basidiomycete-1の遺伝子型と分布  
○内の数字は遺伝子型を示す。

表VIII-1 実験に供試した Basidiomycete-1 の遺伝子型と菌株および対照菌株

試 験 区		遺 伝 子 型								
		①	②	④	⑤	⑥	⑧	⑨	⑩	⑫
川 上 演 習 林	普通区					普17	普131 普252			普69 普82
	A 区	A 602	A 676 A 683 A 679	A 604 A 612 A 628	A 673 A 711					
	C 区						C 828	C 829 C 834	C 865 C 876 C 909	
	D 区				D 739					
	E 区	E 828								
八	F 区	F 496				F 169				
計		3	3	3	3	2	3	2	3	2
対 照 菌 株		カイメンタケ (菌株1127) レンゲタケ (菌株1657)								

八：八ヶ岳演習林。A, C, D, E, F：特定試験区  
数字に付いているA, C, D, E, Fは菌株番号

静置し、暗黒下25°C恒温器内で95日間培養した。培養後試験木片を取り出し丁寧に菌糸を取り除き、105°Cで乾燥後乾重量を測定し、乾燥重量減少率を算出した。

## 第2節 結 果

対照（無接種）で木片の重量増加が認められた。その重量減少率は平均-0.6%であったため（表Ⅷ—2）処理後の各木片の重量減少率を補正し、その値を表Ⅷ—3に示した。

表Ⅷ—2 対照（無接種）

	処理前乾 重量(g)	処理後乾 重量(g)	重量減 少率(%)	処理前乾 重量(g)	処理後乾 重量(g)	重量減 少率(%)	処理前乾 重量(g)	処理後乾 重量(g)	重量減 少率(%)
反復 1	1.8165	1.8388	+1.2	1.9743	2.0031	+1.5	1.9289	1.9430	+0.7
2	1.8635	1.8471	0.9	1.8825	1.9057	+1.2	1.8187	1.8158	0.2
3	1.8417	1.8552	+0.7	1.7961	1.7927	0.2	1.9933	2.0112	+0.9
4	1.9633	1.9704	+0.4	1.8148	1.8148	0.0	1.6865	1.6903	+0.2
5	1.9110	1.9029	0.4	1.8322	1.8680	+2.0	1.9621	1.9875	+1.3
平均			+0.2			+0.9			+0.6

木片処理後の重量減少率の補正值-0.6%

供試した Basidiomycete-1 菌株による木片の平均重量減少率は21.7%（範囲11.2%～29.4%）であった。遺伝子型別による平均重量減少率が高かった順に列記すると、遺伝子型②で29.4%，⑤で28.9%，⑩で25.4%，①で24.0%，④で23.4%，⑨で19.1%，⑧で17.9%，⑫で16.3%，⑥で11.2%であった。また、対照菌株の平均重量減少率はレンゲタケで39.9%（範囲37.0%～42.0%）およびカイメンタケで30.4%（範囲22.1%～36.2%）であった。

表Ⅷ—3 供試菌株の補正後の木片腐朽力試験結果（表中の数字は木片重量減少率%を示す）

遺伝子型番号	1			2			4			5			8			10		
菌株番号	F496	E828	A602	A683	A676	A697	A628	A604	A612	D739	A711	A673	全252	C828	全131	C876	C865	C901
反復 1	24.0	13.6	24.9	29.7	37.9	23.2	17.1	29.9	23.1	24.0	29.4	27.9	3.3	14.2	30.4	46.6	13.8	13.0
2	20.5	36.1	24.5	34.7	19.6	5.2	30.3	17.6	37.1	26.6	27.6	22.5	4.0	21.2	24.6	36.8	29.2	7.5
3	30.1	34.7	17.2	29.1	38.0	29.1	22.1	11.0	33.2	32.4	38.5	25.5	4.5	41.9	29.6	47.2	32.8	3.1
4	14.9	29.5	21.9	29.7	36.7	25.1	27.5	7.0	28.1	40.4	25.4	31.5	3.2	9.1	45.1	41.1	27.4	6.8
5	19.2	36.0	12.8	35.1	37.4	29.7	6.2	34.5	25.5	33.1	27.3	21.1	2.9	9.4	24.8	41.8	28.6	5.6
平均	21.7	30.0	20.3	31.7	33.9	22.5	20.6	20.1	29.4	31.3	29.6	25.7	3.6	19.2	30.9	42.7	26.4	7.2

遺伝子型番号	6			9			12		
菌株番号	F169	全17	C829	C834	全69	全82			
反復 1	13.0	1.0	23.6	18.2	28.0	2.1			
2	9.1	2.8	5.0	10.2	22.5	4.5			
3	29.5	0.8	24.1	36.4	24.5	2.9			
4	36.3	1.0	8.2	26.4	19.8	4.9			
5	17.4	0.3	6.4	32.3	29.7	23.9			
平均	21.1	1.2	13.5	24.7	24.9	7.7			

	レンゲタケ			カイメンタケ		
菌株番号	1657	1657	1657	1127	1127	1127
反復 1	43.6	38.2	38.3	34.4	35.2	36.2
2	45.8	44.7	35.6	21.9	36.4	33.6
3	41.3	39.3	37.2	24.5	37.8	35.7
4	37.2		43.0	13.8	37.1	21.3
5	42.1		31.1	16.0	34.5	38.4
平均	42.0	40.7	37.0	22.1	36.2	33.0

本実験に供試した9種類の遺伝子型の分布位置とその木片の平均減少率が20%以上示したのは次の通りである。A区では遺伝子型①, ②, ⑤, ⑤の4種類, C区では遺伝子型⑩の1種類, D区では遺伝子型⑤の1種類, E区では遺伝子型①の1種類, およびF区では遺伝子型は①, ⑥の2種類であった。

表Ⅷ—4 供試菌株による木片腐朽力補正後の分散分析

1) Basidiomycete—1 6 遺伝子型の枝分かれ実験

要因	自由度	SS	MS	F
全体	89	11,419.64889		
遺伝子型	5	1,325.27287	265.0546	0.527 <sup>NS</sup>
菌株	12	6,036.80999	503.0675	8.927 <sup>**</sup>
誤差	72	4,057.5611	56.3551	

<sup>NS</sup>:有意差なし, <sup>\*\*</sup>1%の危険率で有意

2) レンゲタケとカイメンタケ

要因	自由度	SS	MS	F
全体	5	257.1733		
遺伝子型	1	134.4267	134.4267	3.290 <sup>NS</sup>
菌株	2	41.0433	20.5217	0.502 <sup>NS</sup>
誤差	2	81.7033	40.8817	

<sup>NS</sup>:有意差なし

Basidiomycete-1の遺伝子型間における重量減少率の差異について、枝分かれ実験分散分析を行った結果、両者間に有意差は認められなかった(表Ⅷ—4)。しかし、菌株間では有意差が認められた。

### 第3節 考察

腐朽菌の木片重量減少率について、大澤(1984)は、Basidiomycete-1とレンゲタケおよびハナビラタケを供試した結果、木片重量減少率の高い順にハナビラタケ、カイメンタケ、Basidiomycete-1、レンゲタケとしながらも、Basidiomycete-1の1菌株ではカイメンタケを越す重量減少率を認めている。また、小林・阿部(1989)は、カラマツの材質腐朽菌の腐朽力について、8種類の根株心腐病菌を供試した結果、供試菌の中で最も激しい腐朽力を示したものは、レンゲタケ、カイメンタケの2種類、次いで強い腐朽力を示した種はマスタケ、未同定菌302-93、未同定菌643の3種類、中程度の種はハナビラタケ、最も腐朽力の弱い種はニセカイメンタケ、未同定菌222-107で重量減少率は10%以下であったと報告している。本実験に供した3種類のカラマツ腐朽菌による木片平均重量減少率は、Basidiomycete-1で21.7%、レンゲタケで39.9%およびカイメンタケで30.4%

で、腐朽力の強さは、レンゲタケ、カイメンタケ、Basidiomycete-1の順であった。本実験結果と、大澤（1984）および小林・阿部（1989）による腐朽力試験の報告から、菌種による腐朽力の強さに明らかに差が生じている。しかし、大澤ら（1984）および他の研究では、腐朽菌種の供試菌株数は各1～2菌株であり、本実験の Basidiomycete-1 ように同一種の菌株を多数用いていない。本研究結果は他の腐朽菌種も多数の菌株で腐朽力を調査すれば同一種において、菌株間による腐朽力の差が認められる可能性が高いことを示している。なお、Basidiomycete-1 菌株の各遺伝子型別による木片平均重量減少率が20%以上示した遺伝子型は①、②、④、⑤、⑩の5種類で、また、重量減少率が20%以下を示した遺伝子型は⑨、⑧、⑨、⑫の4種類であった。しかし、遺伝子型間で重量減少率に有意差が認められなかったが、菌株間では有意差が認められた。今後、遺伝子型が持つ意義およびカラマツ根株心腐病菌の産地別による木片腐朽能力について追求していく必要がある。

## 第9章 総合考察

本論文は、大澤・勝屋（1987）によって、新しく分離されたカラマツ根株心腐病菌の一種である未同定担子菌 Basidiomycete-1 の林床土壤中での生態を明らかにすることを目的として、1987年から1995年にかけて筑波大学農林技術センター川上・八ヶ岳演習林で実施した研究結果をまとめたものである。本菌の試験地内での根状菌糸束の捕捉は年により変動したが、本菌の多くは試験地の尾根付近から緩斜面にかけて集団的あるいは離散的に認められた。しかし、沢沿いでは単発的に認められ当初の予測に反した結果となった。一般的に試験の継続期間中、菌糸束が集団的、離散的あるいは単発的に認められた場所では毎年同様な分布が認められると言えよう。本菌の分布状況を経時的に見ると、基本的には既存地点を中心に分布域を拡大あるいは縮小していることが確認された。しかし、既存分布地点から離れた未発生地においても新たに本菌の分布が認められたことは未発見の本菌子実体よりの胞子によるものと考えられた。分布の年次変動は気温および降雨量が本菌糸束の増殖に関与し、その影響によるものと推測されるが、その傾向を見るにどどまった。今後、土壤中での根状菌糸束の増減と気象条件、特に地中温度との関連性について、さらに詳細な調査研究を継続的に行う必要がある。

カラマツ根株心腐病の発生し易い地形として、小野（1951）、武井・片倉（1980）、川崎・管（1980,1982,1983）、および奥村（1988）は、凹地形や平坦地等で本病の発生率が多いことを指摘している。試験地内での Basidiomycete-1 の根状菌糸束の分布と風倒木および間伐木による根株心腐病罹病木の分布を合わせて見ると、根状菌糸束の分布とカラマツ根株心腐病罹病木の分布は概ね合致する。特に根状菌糸束の捕捉率の高い尾根から緩斜面で、根状菌糸束の分布と根株心腐病罹病木の分布が良く合致した。

根株心腐病と土壤環境については、武井・片倉（1980）、三原・片倉（1982）、川崎・管（1980,1982,1983）、仙石・浜（1986）、佐々木（1985）は、土壤の理化学性が悪い、排水不良で土壌含水量が高い場所を指摘している。このことより、本菌の生息に影響をあたえると考えられる

土壌要因の一つである土壌含水率は、試験地内の捕捉地点の平均土壌含水率は90%で、その範囲は24~130%におよんでいるが、多くの根状菌糸束の捕捉地点の土壌含水率は90~110%の範囲内にあることが明らかになった。一方、非生捕捉点の平均土壌含水率は82%（範囲21~169%）であった。本菌の捕捉地と非捕捉地における土壌含水率の差異について  $\chi^2$  検定を行った結果、両者間に1%水準で有意差が認められた。既報では根株心腐病の発生しやすい土壌要因として、高い土壌含水量が指摘されていたが、本研究によって実証された。

根株心腐病の発生に関する要因として考えられる土壌 pH に関しての報告は皆無である。本試験地内における根状菌糸束の分布と土壌 pH 値の関係は、根状菌糸束の捕捉地点の平均土壌 pH 値は5.1でその範囲は pH4.3~6.5の広範囲におよんでいるが、多くの根状菌糸束は土壌 pH4.9~5.1の範囲内にあることが明らかになった。一方、非捕捉地点の平均土壌 pH 値は5.2でその範囲は pH4.4~6.8であった。本菌の捕捉地と非捕捉地の土壌 pH の差異について  $\chi^2$  検定を行った結果、1%水準で両者間に有意が認められ、捕捉地点の土壌 pH 値は非捕捉地点の土壌 pH 値より低いことが明らかになった。このことより Basidiomycete-1の生息には土壌 pH 値が関与していることが明らかになった。以上のことより本菌糸束の土壌中での分布は気温(地温)、降水量の他に土壌含水量および土壌 pH 等の要因が関連していると推察できた。

カラマツ根株心腐病菌に関するアイソザイム分析は、青木・川崎（1992）による根株心腐病菌の識別に関した報告はあるが、カラマツ根株心腐病菌の菌系間における平面分布に関した報告は皆無である。試験地より分離した、Basidiomycete-1の104菌株のアイソザイム分析の結果、遺伝的変異が認められ、遺伝子型を6遺伝子座によって区分し20種類が存在することが明かとなった。その内、川上演習林から18種および八ヶ岳演習林から7種類が認められた。なお、試験地内には4種類の遺伝子型が優占的に分布していることが判明した。特定試験区内の遺伝子型の種類数は、1種類から5種類の遺伝子型が分布するのが見られ、根状菌糸束が集団的に分布している場所においても異なる遺伝子型が混在した。また、同一遺伝子型の分布状況は集団的から単発的であり多様であった。Basidiomycete-1の伝播様式は不明であるが、本菌の伝播様式は、主に根状菌糸束が土壌中で伸長し伝播するものと考えられる。しかし、試験地内の離れた場所においても同一遺伝子型の菌株が得られていることより、未発見の子実体による孢子分散による可能性も示唆される。

根株心腐病菌の腐朽力に関しては、大澤（1987）、小林・阿部（1989）による報告があるが、菌系間に関する報告は皆無である。Basidiomycete-1の菌株(菌系)間における木片腐朽能力は、平均木片減少率は21.7%で、その範囲は11.1%~29.3%であった。遺伝子型間における木片減少率の差異について、枝分かれ実験分散分析の結果、有意差が認められなかった。一方、菌株間においては木片減少率に有意差が認められた。アイソザイム分析による遺伝子型は木片腐朽能力に直接的に関与していないものと推測されたが、しかし、これらの遺伝子型と他の能力の関連性について、今後明らかにしていく必要がある。

本研究より根株心腐病菌の一種であり、川上・八ヶ岳演習林に広く分布する Basidiomycete-1の生態の一端を明らかにすることが出来た。カラマツ心腐病の病原菌は多数知られており、これ

らの病原菌の生態に関しての研究促進に本研究は貢献すると考えられる。

## 摘 要

本論文は、長野県南佐久郡川上村に所在する筑波大学農林技術センター八ヶ岳・川上演習林におけるカラマツ根株心腐病の病原菌の一種である未同定担子菌 *Basidiomycete-1* の生態を明らかにすることを目的として行い、その研究結果を取りまとめたものである。

1. カラマツ林床土壌における *Basidiomycete-1* の動向と分布について1987年から1994年まで継続調査を実施した。本菌の根状菌糸束を捕捉するため捕捉杭を5m×5m 間隔（普通試験区）と1m×1m 間隔（特定試験区）に地下20cm まで打ち込み約1年間放置後、全捕捉杭を抜き取り、杭に付着する根状菌糸束の有無の調査をした。試験地林床内の *Basidiomycete-1* の根状菌糸束の分布は、集団的、離散的および単発的に認められた。根状菌糸束の生息場所は尾根付近および尾根から緩斜面に沿って多いことが明らかになった。試験地の両側に溪流が流れているが、溪流付近および溪流付近の平坦地では捕捉は少なく、捕捉した場合でも離散的あるいは単発的で当初の予想に反した。特定試験区は、普通試験区において本菌の分布が集団的、離散的および単発的に捕捉された場所に設置した結果、特定試験区では普通試験区における捕捉試験結果と非常に類似していた。また、本菌の分布動態の推移を見ると、既存地点を中心に分布域を拡大あるいは縮小していることが認められ、根状菌糸束は年により増減することが明らかになった。このように年によって捕捉に増減の差異が生じる要因としては、その年の気象条件、特に気温、降雨量が関与していることが示唆された。

2. *Basidiomycete-1* の分布と土壌含水量の関連を調査するため試験地内に土壌サンプリング地点41箇所を設け、地下10cm, 20cm, 30cm の深さの土壌を採取し、土壌含水率を測定した。試験地内の平均土壌含水率は標高の高い場所で高い値が得られ、一方、標高が低くなるに従い低い値が得られる傾向にあった。*Basidiomycete-1* の根状菌糸束は平均土壌含水率24%~130%の広範囲に分布するが、平均土壌含水率が90%~110%の範囲内で特に多く分布していることが明らかになった。一方、非分布地の平均土壌含水率は82%（範囲21%~169%）であった。

*Basidiomycete-1* の推定分布域と土壌水分（90%~110%）の推定分布域は概ね重複することが判明した。このことにより、従来から、カラマツ根株心腐病発生と土壌含水量について論議されてきたが、本実験の結果よりこれらをさらに明確に示すことができた。

3. *Basidiomycete-1* の分布と土壌 pH 値の関連を明らかにするため菌捕捉設置位置と同一の地点すなわち普通試験区255箇所および特定試験区586箇所の計841箇所から土壌をサンプリングし pH 値を測定した。*Basidiomycete-1* は土壌 pH 4.3~6.5 の広い範囲に生息するが、大半のものは土壌 pH 4.9~5.2 の狭い範囲内に生息することが判明した。一方、非捕捉地点の平均土壌 pH 値は5.2（範囲4.4~6.8）であった。このように、本菌の生息地点の土壌 pH 値の範囲が4.9~5.2にあっても根状菌糸束が捕捉されない箇所も認められることから、根状菌糸束が生息するに適する土壌条件は土壌 pH 値と土壌含水量の両者が影響しているものと推測される。

4. カラマツ生立木の根株心腐病罹病木の分布を、Shigometer を用いて行った。Shigometer の信頼性については間伐木および風倒木の伐根調査によって検証した。Shigometer による診断は1989年および1995年計2回行った結果、健全木で約90%、腐朽木で約73%～87%の高い一致率が得られた。しかし変色木では約42～77%の一致率でバラツキが大きく見られたが、カラマツ生立木の根株心腐病罹病の有無の診断には、現在では Shigometer による方法が最も有効と考えられる。また、Basidiomycete-1の推定分布域と根株心腐病罹病木の分布が重複する場所は、例年根状菌糸束が集团的に捕捉される場所で認められた。

5. Basidiomycete-1菌系間のアロザイム変異と遺伝子型の平面分布は、川上演習林よりえた95菌株、八ヶ岳演習林よりえた9菌株計104菌株をアイソザイム分析に供試した。ゲルの染色は26酵素種を試みた結果、明瞭なバンドパターンが得られかつ変異が観察されたソルビトール脱水素酵素、グルタチオン還元酵素、非特異性エステラーゼ、ロイシニアミノペプチターゼ、アラニンアミノペプチターゼの5酵素種について6遺伝子座を推定した。推定した各遺伝子座について解析した結果、6遺伝子座によって104菌株を20種類の遺伝子型に区分した。6遺伝子座では菌株間の遺伝子型に相違が見られ、明らかに遺伝的変異が認められた。遺伝子型の平面分布は、Basidiomycete-1の伝播様式を知る一つの方法であり、根状菌糸束が比較的まとまって捕捉された場所においても、遺伝子型が異なる菌株が混在することから、それぞれの菌系の根状菌糸束が土壤中で伸長すると考えられる。しかし、未発見の子実体による孢子分散による伝播の可能性も示唆されるデータが得られた。

6. Basidiomycete-1の菌株間における木片腐朽力は、アイソザイム分析試験に用いた菌株から選出した。供試した遺伝子型は9種の遺伝子型で、各遺伝子型から2～3菌株計24菌株を用いた。なお、対照菌株としてレンゲタケ、カイメンタケおよびコントロール（無接種）を設けた。Basidiomycete-1による木片の平均重量減少率は21.7%（範囲11.1%～29.3%）、また、レンゲタケで39.8%（範囲31.1%～45.8%）およびカイメンタケで30.5%（範囲13.8%～38.4%）で、平均重量減少率はレンゲタケで最も大きく、次いでカイメンタケ、Basidiomycete-1の順であった。Basidiomycete-1菌株の遺伝子型間における木片重量減少率には有意差が認められなかった。しかし、菌株間では木片腐朽力の差異に有意差が認められたことは、アイソザイム分析の結果から得られたそれぞれの遺伝子型は木片腐朽能力に直接的に関与していないものと推測された。

## 引用文献

1. 青木伸子・川崎圭造. 1992. 主要カラマツ心腐れ病識別の試みーアイソザイム・パターンの特徴ー. 103回日林論：321-322.
2. 青島清雄. 1950. 日本産 *Poria* 属の腐朽菌（1）. 林試研報 46：155-168.
3. 青島清雄. 1958. カラマツの腐朽菌. 森林防疫ニュース 7：161-162.
4. 青島清雄・林 康夫. 1962. カラマツの心腐れ病菌について. 72回日林講：308-309.
5. 今関六也・青島清雄. 1955. 石狩川源流原生林総合調査報告（II—2 菌害）日林協. 204～271.

6. 遠藤 昭・渡瀬 彰. 1962. 根株腐朽と立地(3)―秩父山地と富士山の天然生 針葉樹林―. 73回日林講: 246-248.
7. 遠藤 昭. 1963. 根株腐朽と立地(2)―富士山東北麓の天然生針葉樹林の根株腐朽と微地形―. 日林誌 45(8): 269-271.
8. 遠藤 昭・渡瀬 彰. 1967. 根株腐朽と立地(v)―カラマツ生立木への心腐れ病菌の接種―. 78回日林講: 201-203.
9. 平井左門. 1952. 落葉松樹幹に於ける心材化の始期とその位置に就いて. 北大演報 14: 240~253.
10. Igarashi, T. and Takeuchi, K. 1985. Decay damage to planted forest of Japanese larch by wood-destroying fungi in the Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University. Res. Bull. College Exp. For., Hokkaido Univ. 42: 837~847.
11. 伊藤一雄. 1974. 樹病学大系III. pp.405. 農林出版, 東京.
12. 今関六也・青島清雄. 1955. 石狩川源流原生林総合調査報告(II―2菌害) 日林協 240~271.
13. 亀井専次. 1951. トドマツオオウズラタケに由るトドマツ及びアカエゾマツの 心材腐朽. 北大農演報 15: 151-166.
14. 亀井専次・五十嵐恒夫. 1956. 北海道針葉樹心材腐朽の新知見. 日植病報 21: 120.
15. 川崎圭造・菅 誠・浅田節夫. 1980. カラマツ林業の施業体系に関する調査研究. 信大農林 38-47.
16. 川崎圭造・菅 誠・浅田節夫・西岡泰久. 1982. カラマツの心腐病と立地との関係. 38回日林中支講: 81-87.
17. 川崎圭造・池田直弥・浅田節夫・菅 誠. 1983. カラマツ心腐れ病発生の立地 条件. 31回日林中支講: 185-187.
18. 川崎圭造. 1984. カラマツ腐心病発生と立地との関係. 32回日林中支講: 259-262.
19. 川崎圭造. 1986. カラマツ腐心病多発地の土壌. 34回日林中支論: 65-67.
20. 北島君三. 1925. 落葉松ノ腐心病ノ正体及び偏柏葉フルイ病菌ニ就いて. 林学会雑誌 38: 24-28.
21. 小林 正・阿部恭久. 1989. カラマツの材質腐朽―培養の諸性質と材腐朽力―1989. 100回日林論 591~592.
22. 勝屋敬三・黒田吉雄. 1983. シゴメーターによるカラマツの根株心腐れの診断 に関する基礎資料(1). 筑大演報 1: 17-20.
23. 黒田吉雄・勝屋敬三. 1986. カラマツ生立木への根株心腐病菌接種予備試験. 筑大演報 2: 51-54.
24. 黒田吉雄・勝屋敬三. 1987. ポアスコープによるカラマツ根株心腐病の診断. 筑大演報 3: 83-87.
25. 黒田吉雄・勝屋敬三. 1988. シゴメーターによるカラマツの根株心腐れの診断 に関する基礎資料(II). 筑大演報 4: 167-171.



26. 黒田吉雄・大澤正嗣・勝屋敬三. 1988. X線診断装置（コンピューター断層撮影）によるカラマツ樹幹内の根株心腐病の調査. 99回日林論 545-546.
27. 黒田吉雄・大澤正嗣・勝屋敬三. 1991. カラマツ根株心腐病菌の樹幹内での進展. 日林誌 73(3) : 232-237.
28. kuroda Y. Ohsawa M. Yamada M. Takamizawa K. and Katsuya K. 1992. The time of infection of butt-rot fungi into larch trees. Bull. Tsukuba Univ. For.8 : 123-126.
29. 黒田吉雄・高見澤澄. 1993. 風倒木調査によるカラマツ根株心腐病罹病木と健全木の分布. 筑大演報 9 : 141-147.
30. 黒田吉雄・大澤正嗣・勝屋敬三 : 1994. カラマツ人工林内の根株心腐病による幹折れ被害. 日林誌 76(2) : 157-159.
31. 三原康義・片倉正行. 1982. 佐久地方におけるカラマツ腐心病の調査. 長野県林指業報 71-74 : 155-163.
32. 長野県気象年報. 財団法人日本気象協会長野支部. 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994.
33. 大沢正嗣. 1984. カラマツ根株心腐病罹病木および健全木樹幹内に生息する菌類に関する研究. 筑大大学院農学研究科修論. pp.111.
34. 大沢正嗣・勝屋敬三. 1985. 長野県八ヶ岳東部山麓におけるカラマツ造林木の根株心腐病罹病木および健全木の樹幹内菌類フロラ. 96回日林論 : 489-490.
35. 大澤正嗣. 1987. カラマツ根株心腐病に関する研究. 筑大大学院農学研究科博論 133pp.
36. Ohsawa M. Katsuya K. and Takei H. 1987. Newly unidentified butt-rot basidiomycetous fungus of Japanese larch and method for baiting the fungus from the soil. J.Jpn. For. Soc. 69 : 309-314.
37. Ohsawa M. Kuroda Y. and Katsuya K. 1994. Heart-rot in old-aged larch forests ( I ) State of damage caused by butt-rot and stand conditions of Japanese larch forests at the foot of Mt.Fuji. J.Jpn.For.Soc.76 : 24-29
38. 小野 馨. 1951. 富士山北麓に於けるからまつ腐心病に関する調査. 山梨林試 報 4 : 15-30.
39. 奥村俊介. 1988. 長野県におけるカラマツ腐心病の発生状況とその対策. 森林防疫 37 : 212-216.
40. 佐々木紀・浜 武人・仙石鉄也. 1987. カラマツ腐心病の発生要因の解明. 林試木曽分場年報 28 : 25.
41. 佐々木紀・仙石鉄也. 1988. カラマツ腐心病の発生要因の解明. 林試木曽分場年報 29 : 35-37.
42. 佐々木克彦. 1986. 北海道におけるカラマツ造林木の腐朽菌害. 森林防疫 35 : 194-199.
43. 仙石鉄也・浜 武人. 1986. カラマツ腐心病に関する研究 ( I ) 34回日林中支論 : 69-70.
44. Shigo, A.L. and Berry P. 1975. A new tool for detecting decay associated with Fomes

- annosus in *Pinus resinosa*. Plant Dis. Repr. 59 : 739~742.
45. 白石 進. 1986. アイソザイムの遺伝子分析とその利用. 林木の育種 140 : 10-12.
46. 白石 進. 1987a. アイソザイム分析法ーその実際と林木遺伝育種研究への利用ー(1). 林木の育種 142 : 23-25.
47. 白石 進. 1987b. アイソザイム分析法ーその実際と林木遺伝育種研究への利用ー(2). 林木の育種 143 : 34-38.
48. 白石 進. 1987c. アイソザイム分析法ーその実際と林木遺伝育種研究への利用ー(3). 林木の育種 145 : 29-32.
49. 白石 進. 1987d. アイソザイム分析法ーその実際と林木遺伝育種研究への利用ー(4). 林木の育種 146 : 21-23.
50. 白石 進. 1988. アイソザイム分析法ーその実際と林木遺伝育種研究への利用ー(5). 林木の育種 147 : 23-26.
51. Shiraishi, S. 1988. Inheritance of isozyme variations in Japanese black pine, *Pinus Thunbergii* Paul. Silvae Genet. 37 : 93~100.
52. 白沢保美. 1904. 落葉松ノ腐心病. 林試報 1 : 48-56.
53. 森林土壌の調べ方とその性質. 1982. 農林水産省林業試験場土壌部 pp.328.
54. 武井富喜雄・片倉正行. 1980. カラマツ腐心病の調査. 長野県林指業報 169- 173.
55. 高橋松尾. 1960. カラマツ林業総説. 日林協 338-380.
56. Tattar, T.A., Shigo A.L. and Chase T. 1972. Relationship between the degree of resistance to a pulsed electric current and wood in progressive stages of discoloration and decay in living trees. Can. J. Forest Res. 2 : 236~243.
57. 津村義彦・戸丸信弘・陶山佳久・モハマド=ナイム・大庭喜八郎. 1990. アイソザイム実験法. 筑大演報 6 : 63~95.
58. 山口秀幸・福田健二・鈴木和夫・白石 進. 1989. ナラタケ属菌のアイソザイムパターンによる系統識別. 100回日林論 589-590.
59. 山根玄一・薄井五郎・北川善一. 1990. 北海道におけるカラマツ人工林の立木 腐朽. 北海道林業試験場研究報告 28 : 64~74.

## 謝 辞

本研究を遂行するに際し、筑波大学農林学系勝屋敬三教授から終始懇篤な御指導を頂いた。ここに改めて深謝の意を表する。また、数々ご懇切なご助言を頂いた元信州大学農学部林 康夫教授に対し深謝する。

本論文の取り纏めに際し、筑波大学農林学系大庭喜八郎教授、同農林学系柿嶋眞助教授、同生物科学系徳増征二助教授、農林省林野庁森林総合研究所金子 繁博士には、ご稿覧、ご教示をいただいた。また、菌の同定に関しては山梨県森林総合研究所大澤正嗣博士、アイソザイム分析に

関しては筑波大学農林学系戸丸信弘博士（現農林水産省林野庁森林総合研究所）、同育林学研究室の各氏に全面的に支援をいただいた。深甚なる謝意を意する。

現地での調査・実験に当たって、御協力を頂いた元筑波大学農林学系海上道雄教授、同学農林技術センター演習林および八ヶ岳演習林の諸氏、さらに、同学植物病理学及び菌学研究室の方々に感謝の意を表する。

## Summary

This study has conducted to clarify the ecology of Basidiomycete-1, an unidentified butt-rot basidiomycetes of Japanes larch (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) at the Yatsugatake and Kawakami Experimental Forest ,University of Tsukuba.

1. Distribution and movement of Basidiomycete-1 in the soil of larch forests have been investigated for eight years. Trap larch sticks were set at 5m×5m intervals in the whole experimental area and at 1m×1m intervals in a bew special plots. One year after setting, all sticks were removed and examined for the presence of mycelial strands of the fungus on these surface. The distribution of mycelial strands of the fungus in the normal plot recognized in a collective,scattered, or sporadic patterns. Many mycelial strands were distributed at the ridge of the experimental area and on gentle slop from the ridge. Few mycelialstrand was found, or their distribution was scattered or sporadic along a stream and on plane place near the stream. The result from the specialplots was similar to the result from the normal plot. The distribution of mycelial strands was expanded or reduced yearly in the areas where they had been present. It was suggested that the climatic conditions, especially temperature and percipitaion have influence on their distribution.

2. Relationships between the water content of soil and the distribution of Basidiomycete-1 were investigated. Soils at 10, 20, and 30 cm below the ground level at each of the 41 sampling points were collected and these water content was measured. Average water content in the soil samples tended to be higher at higher elevation and lower in lower elevation. Mycelial strands of Basidiomycete-1 distributed in the soil whose water content ranged from 24 to 130 %, most frequently in a 90 to 110 % range. Average water content of the soil where the fungus was not found was 82 % (ranging 21~169 %) . This result corroborated the close relationship between the occurrence of butt-rot disease and the water content of the soil.

3. To determine the relationship between the distribution of Basidiomycete-1 and the soil

pH, soil samples were collected from 841 points (255 points in the normal plot and 586 in the special plots) where trap sticks were set, and their pH values were measured. Basidiomycete-1 distributed widely in the soil whose pH ranged from 4.3 to 6.5. and, most of them distributed in a pH range of 4.9 to 5.2. Average pH of the soil in where Basidiomycete-1 was not found was 5.2 (ranging pH 4.4~6.8). Even in the soil whose pH was in a range from 4.9 to 5.2, there were points where mycelial strands were not found. It is considered that the distribution of Basidiomycete-1 may be affected with not only soil pH but also water content.

4. Distribution of larch trees with butt-rot was investigated using the Shigometer. The reliability of Shigometer measurement was tested when forest thinning was carried out or trees were blown down by heavy wind in the plot. The result obtained by Shigometer measurement coincided with 90 % of healthy trees and 73 to 87 % of trees with butt-rot. Although the reliability of the Shigometer was not high on the trees with discoloration (42~77 %), the diagnosis of decay by the Shigometer is the most effective one at the present. The areas in where mycelial strands were trapped in group every year corresponded distribution area of butt-rotted trees.

5. Arozyme variation and the vertical distribution of gene type in Basidiomycete-1 were investigated using 104 strains of the fungus (95 strains from Kawakami Experimental Forest and 9 from Yatsugatake Experimental Forest). Twenty-six enzymes were tested for gel staining, and clear band patterns and variation could be seen in solbitol dehydrogenase, glutathion reductase, non-specific esterase, leucine aminopeptidase, and alanine aminopeptidase. Six gene loci were estimated using these five enzymes. One hundred and four strains were examined and classified into 20 groups. Difference among gene types of each strain in 6 gene loci could be seen and gene variation was clearly recognized. Because strains whose gene type were different were trapped in the same place even where mycelial strands grew in groups, it is considered that mycelial strands derived from different strains grown in soil. However, the result also suggests that the fungus disperses by spores from its unknown basidiocarps.

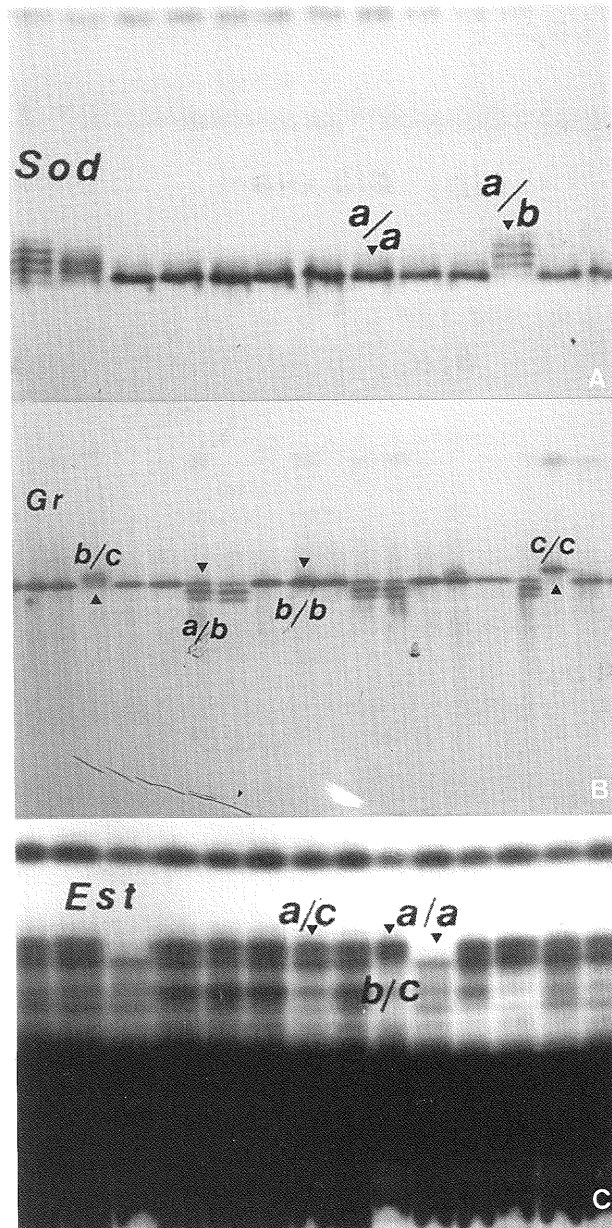
6. Wood decay test for Basidiomycete-1 was conducted using 24 strains in 9 gene types with *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat., *Tyromyces balsameus* (Peck) Murr., and no fungus-inoculated wood blocks as controls. Weight loss of wood blocks was 39.8 % (ranging 31.4~45.8 %) for *T. balsameus*, 30.5 % (ranging 13.8~38.4 %) for *P. schweinitzii*, and 21.7 % (ranging 11.1~29.3 %) for Basidiomycete-1 three months after inoculation. Weight

loss was not significantly different among strains of Basidiomycete-1. This result has indicated that each gene type obtained from the isozyme analysis is not directly related to the ability of the fungus to decay weed.

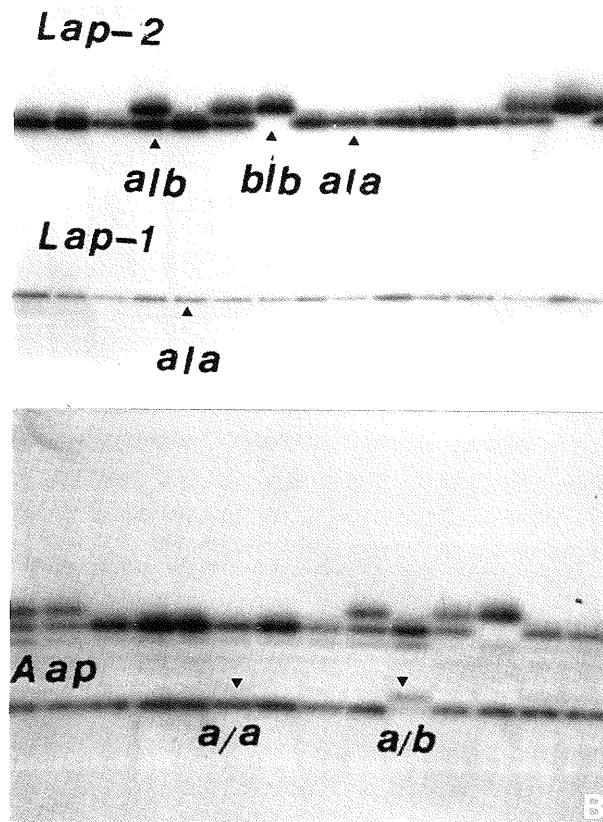
図版説明および図版



図版 I    A. Basidiomycete-1 の捕足試験地 (川上演習林)  
          B. Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕足杭に付着した様子  
          C. PDA 培地上での Basidiomycete-1 の菌叢 (25°C, 培養 7 日目)



図版II A. ソルビトール脱水素酵素 (SoDH) の *Sod* 遺伝子座で観察されたアイソザイムのバンドパターン  
B. グルタチオン還元酵素 (GR) の *Gr* 遺伝子座で観察されたアイソザイムのバンドパターン  
C. 非特異性エステラーゼ (EST) の *Est* 遺伝子を観察されたアイソザインのバンドパターン



図版Ⅲ A. ロイシンアミノペプチターゼ (LAP) の *Lap-1* と *Lap-2* の遺伝子座で観察されたアイソザイムのバンドパターン  
 B. アラニンアミノペプチターゼ (AAP) の *Aap* 遺伝子座で観察されたアイソザイムのバンドパターン