

# 川上演習林におけるカラマツ根株心腐病菌 Basidiomycete-1の 土壌中での生存に及ぼす環境要因

黒田 吉雄\*・宮崎 明波\*\*・高見澤 澄\*  
遠藤 好和\*\*\*・佐藤 美穂\*\*\*\*・山岡 裕一\*\*\*\*\*

Factors affecting the survival of Basidiomycete-1, the causal organism of  
Japanese larch butt-rot, in forest-floor soil.

Yoshio KURODA, Akiha MIYAZAKI, Kiyoshi TAKAMIZAWA,  
Yoshikazu ENDO, Miho SATO, Yuichi YAMAOKA

## 目 次

I はじめに	22
II 材料および方法	23
III 結 果	25
1. カラマツ林表層土壌中における Basidiomycete-1根状菌糸束の捕捉率	25
2. 土壌透水性および三相組成	26
3. 林床のカラマツ間伐材および根株の位置	26

- 
- \* 筑波大学農林技術センターハヶ岳演習林 〒384-1305 長野県南佐久郡南牧村野辺山257-2  
\*\* 筑波大学生物資源学類 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1  
\*\*\* 現勤務先：筑波大学農林技術センター井川演習林 〒428-0504 静岡市井川1621-2  
\*\*\*\* 現勤務先：筑波大学農林技術センター 〒308-8577 つくば市天王台1-1-1  
\*\*\*\*\* 筑波大学農林学系 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1  
\* *University Forest at Yatsugatake, Agricultural and Forestry Research Center, Univ. of Tsukuba, 257-2 Nobeyama, Minamimakimura, Minamisakugun, Nagano 384-1305, Japan*  
\*\* *College of Agrobiological Resources, University of Tsukuba*  
\*\*\* *University Forest at Ikawa, Agricultural and Forestry Research Center, Univ. of Tsukuba, 1621-2 Ikawa, Shizuoka-shi, Shizuoka 428-0504, Japan*  
\*\*\*\* *Agricultural and Forestry Research Center, Univ. of Tsukuba, 1-1-1 Tennoudai Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8572, Japan*  
\*\*\*\*\* *Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan*

IV 考察	29
V 謝辞	31
引用文献	31
Summary	32

## I. はじめに

カラマツ [*Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere] は、寒冷地に適応し初期成長が速いことから、我が国の主要造林樹種の一つである。しかし、カラマツは生立木の材質腐朽が多い樹種で、戦後の拡大造林地での多発が問題となっている。特に、根株心腐病は材価の高い一番丸太が腐朽する病気で、その経済的損害は大きい。また、この腐朽害は樹齢とともに増加することが指摘されており (Igarashi and Takeuchi 1985)、短伐期施業から長伐期施業への移行に伴い主伐期の腐朽害が懸念される。カラマツ根株心腐病の病原菌として青島・林(1962) は、カイメンタケ [*Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat.]、レンゲタケ [*Tyromyces balsameus* (Peck) Murr.]、ハナビラタケ [*Sparassis crispa* (Wulf.) Fr.] の3種を報告している。一方、Ohsawa *et al.* (1987) は、ハヶ岳東山麓に位置する筑波大学農林技術センター川上・ハヶ岳演習林 (長野県) から、カラマツ根株心腐病菌として未同定の担子菌, Basidiomycete-1を報告した。本菌の菌そうは白色で、菌糸に multiple clamp connection を有することが特徴である。黒田・高見澤(1993) は、川上演習林において発生した風倒木の調査より、同演習林内の根株心腐病の多くは Basidiomycete-1によるものであることを明らかにした。

本病の発生地として、小野(1951)は、凹地形や傾斜地で、特に凹地形で集団的に発生することを認めている。遠藤・渡瀬(1962)、および遠藤(1963)は、尾根の緩斜面および表層近くに不透水層が存在する土壤条件では、季節的に滞水状態になり、根を傷めたり、枯死しやすく、根株心腐病菌の侵入を容易にするとしている。勝屋・黒田(1983)は、斜面下部や沢沿いで被害率が高いとしている。一方、奥村(1988)は、褐色森林土と比較して黒色土で被害発生が多く、水分の停滞しやすい平坦地や緩斜面では酸素の欠乏による根の枯死が腐朽菌の侵入門戸になると指摘している。黒田・勝屋(1995)、黒田(1997)は、Basidiomycete-1の根状菌糸束のカラマツ林土壤中での分布と地形、土壤含水量、pH 値を比較し、土壤含水量がその分布に影響を与えることを報告した。しかし、その他の土壤要因や林床環境要因と Basidiomycete-1の土壤中での分布との関連性についての報告は皆無である。

本研究では、Basidiomycete-1のカラマツ林表層土壤中での分布に影響を与える要因を明らかにするため、Basidiomycete-1の根状菌糸束捕捉区と非捕捉区で、地形、土壤の種類、表層土壤の水分状態、林床に放置されたカラマツ間伐材および根株の状況を比較調査した。

## II. 材料および方法

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) の1林班と4林班のカラマツ人工林内に試験地を設けた (図-1)。1林班 (面積0.98ha) の試験地は, 1987年よりカラマツ根

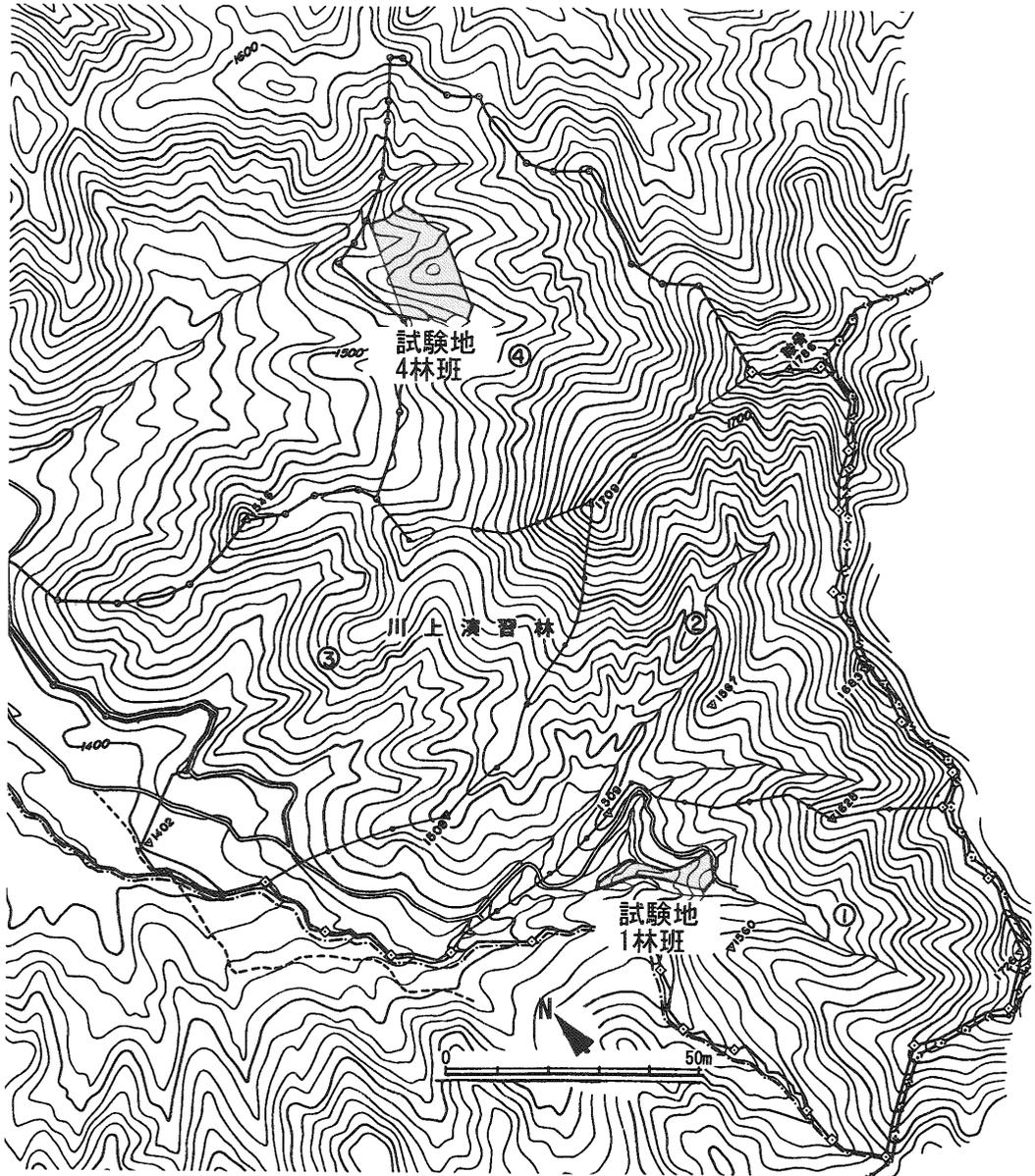


図-1. 試験地位置図

①~④は林班

株心腐病に関する継続試験地として使用されている（黒田1997）。この試験地内には過去に Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉率が高かった区域があり、その区域に10m×10m の方形区を3区（A，B，C区）設けた（図-2）。各区内には根状菌糸束を捕捉するため、2000年5月31日にカラマツの乾燥材で製作した121本の木杭（3×3×40cm）を縦横1m間隔に地下25cmまで打ち込んだ。一方、4林班（2.20ha）においても捕捉を行った。この4林班のほぼ中央に試験地を二分する尾根があり、尾根を境に北斜面と南西斜面に大別した（図-3）。予備試験として1999年6月3日～6日に北斜面（面積1.08ha）に573本および南西斜面（面積1.12ha）に683本の合計1,256本の木杭を5m間隔で地下25cmまで打ち込んだ。同年10月16日に全ての木杭を抜き取り根状菌糸束の有無を調べた。この捕捉予備試験を行った結果に基づき、根状菌糸束が捕捉されなかった区

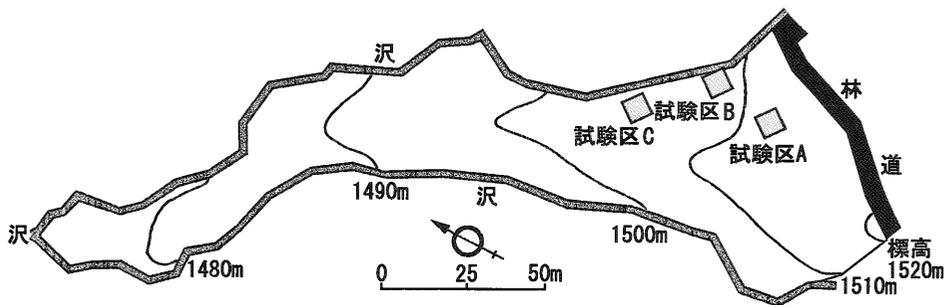


図-2. 試験地1林班

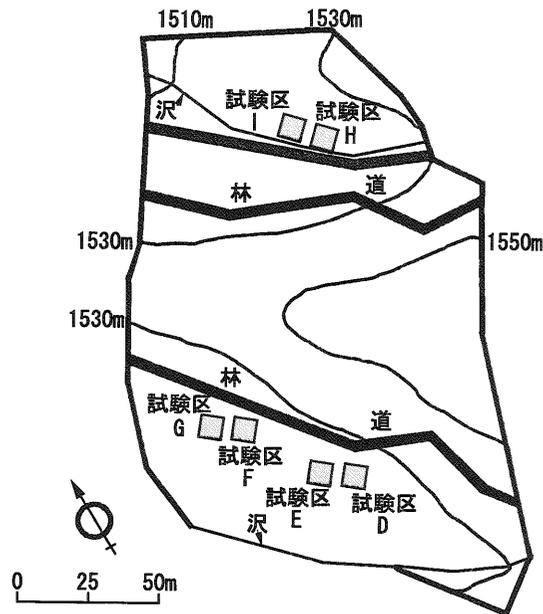


図-3. 試験地4林班

域に10m×10mの方形区4区(D, E, F, G区)および僅かに捕捉された区域に2区(H, I区)を設けた。各区には2002年5月31日に縦横2m間隔で木杭を打ち込んだ。各試験区の特徴は表-1に示した。

2002年9月12日に木杭をすべて抜き取り根状菌糸束の捕捉の有無を調べた。捕捉された根状菌糸束は、滅菌水で洗浄後、約1cmの長さに切断し、70%エタノールで30秒間表面殺菌した。殺菌後滅菌水で洗浄し、滅菌ろ紙で余分な水分を取り除いた後、ストレプトマイシン100mg/ℓ, テトラサイクリン50mg/ℓ, ペノミール15mg/ℓを添加したPDA選択培地に静置し、25°C暗黒下で培養した。分離された菌株は、コロニーや菌糸の形態観察し、Basidiomycete-1であるか否かを判定した。

土壌水分条件の調査のため、2002年10月7日から8日にかけて、試験区A~Cでは各区7地点、試験区D~Iでは5地点でサンプリングを行った。サンプリング地点は試験区内に均等に設定し、リター直下の土壌(深さ0~5cm)を採土円筒(容積100ml)を用いて採取し、採取時の重量を測定した。土壌の実容積は、実容積測定器(大起理化工業K.K. DIK-100)を用いて測定し、透水性は土壌透水性測定装置(大起理化工業K.K. DIK-4000)を用いて定水位法によって測定した。透水性試験終了後、試料を105°Cで重量の変化がなくなるまで乾燥し乾燥重量を求め、試料の三相組成(気相・液相・固相)を求めた(土壌環境分析法編集委員会1997, 日本ペドロロジー学会1997, 農林水産省林業試験場土壌部1982)。

各試験区の林床に放置されたカラマツ間伐材および根株の存在と、Basidiomycete-1の根状菌糸束の分布との関連性を検討するために、カラマツ間伐材および根株の位置を記録した。

### III. 結 果

#### 1. カラマツ林表層土壌中における Basidiomycete-1根状菌糸束の捕捉率

木杭の表面に付着した根状菌糸束を分離培養した結果、大沢・勝屋(1987)の記載にあるBasidiomycete-1の形態と全てが一致した(図-7.2, 3)。

1987年以降の調査で根状菌糸束の捕捉率が高かった1林班のA~C区では、Basidiomycete-1の根状菌糸束が捕捉された。根状菌糸束の捕捉率(根状菌糸束を捕捉した木杭数/設置木杭数×100)

表-1. 各試験区の特徴

試験区	位置	斜面方向	傾斜角度	林齢	間伐回数	森林土壌群の種類	地 形	根状菌糸束の捕捉歴	本病被害状況
A	1林班	北北東	16	40年生	3	褐色森林土	尾根脇の緩斜面	1988年~1990年, 1994年	被害発生地
B	1林班	北西	4	40年生	3	褐色森林土	緩斜面, 沢沿い	1988年~1990年, 1994年	被害発生地
C	1林班	北東	4	40年生	3	褐色森林土	緩斜面, 沢沿い	1988年~1990年, 1994年	被害発生地
D	4林班	西南西	26	23年生	なし	黒色土	斜面上, やや急斜面	なし	未調査
E	4林班	西南西	26	23年生	なし	黒色土	斜面上, やや急斜面	なし	未調査
F	4林班	西南西	28	23年生	なし	黒色土	斜面上, やや急斜面	なし	未調査
G	4林班	西南西	30	23年生	なし	黒色土	斜面上, やや急斜面	なし	未調査
H	4林班	西	18	23年生	なし	褐色森林土	尾根脇の緩斜面, 沢沿い	1999年	未調査
I	4林班	西	14	23年生	なし	褐色森林土	尾根脇の緩斜面, 沢沿い	1999年	未調査

は、試験地 A 区では設置木杭121本中 1 本で捕捉され、捕捉率は0.8%、B 区では121本中21本で捕捉され捕捉率は17.4%、C 区では121本中37本で捕捉され捕捉率は30.6%であった(表-2)。一方、1999年に 4 林班において捕捉予備試験を行った結果、南西斜面では設置木杭683本全てにおいて根状菌糸束は捕捉されなかったが、北斜面において設置木杭573本中10本で捕捉された。これらの捕捉予備試験で根状菌糸束が捕捉されなかった南西斜面地域に設置した試験地 D~G 区のうち、D 区のみ設置木杭数36本中 1 本で捕捉され捕捉率は2.8%であった。一方、北斜面で僅かに捕捉された場所へ設置した H 区では、木杭36本中 4 本で捕捉され捕捉率11.1%、I 区では木杭数36本中 3 本で捕捉され捕捉率8.3%であった(表-2)。

## 2. 土壌透水性および三相組成

各試験区における土壌透水性と三相組成を表-2 に示した。本菌の根状菌糸束が捕捉された A, B, C, D, H, I の 6 区(捕捉区)の透水性は46.3~134.6ml/min で平均が76.9ml/min であった。一方、根状菌糸束が捕捉されなかった E, F, G の 3 区(非捕捉区)では平均42.8ml/min であった。捕捉区に比べて非捕捉区における透水性測定値の平均値は有意に低かった(t 検定, 5%有意水準)。

試料採取時の三相組成については、捕捉区の平均が気相41.4%、液相39.4%、固相19.5%に対し、非捕捉区では平均が気相42.5%、液相34.9%、固相22.7%であった。捕捉区と非捕捉区の各測定値の平均値についてそれぞれ t 検定を行った結果、液相のみ有意水準 5%で有意差が認められた(表-2)。

## 3. 林床のカラマツ間伐材および根株の位置

Basidiomycete-1の根状菌糸束が捕捉された木杭の位置と試験区およびその周辺に放置されたカラマツ間伐材と根株(伐根を含む)さらに枯損木(倒木)の位置を2002年11月に調査した(図-4, 5, 6)。根状菌糸束の捕捉地点付近にはカラマツ間伐材および根株が存在する傾向が認めら

表-2. 各試験区における Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉率と土壌透水性および三相組成

試験区		捕捉率 (%)	透水性 (ml/min)	三相組成 (%)		
				気相	液相	固相
根状菌糸束が捕捉された区	A	0.8	69.5	42.0	41.8	15.2
	B	17.4	46.3	39.3	40.3	20.3
	C	30.6	87.1	43.3	37.9	18.8
	D	2.8	51.0	42.1	37.1	20.9
	H	11.1	72.8	40.4	40.3	19.2
	I	8.3	134.6	39.5	37.8	22.6
	平均	10.6	76.9*	41.4	39.4*	19.5
根状菌糸束が捕捉されなかった区	E	0	48.2	39.1	38.2	22.7
	F	0	49.0	44.1	34.5	21.4
	G	0	31.2	44.2	31.9	23.9
	平均	0	42.8*	42.5	34.9*	22.7

注：\*は t 検定 5%水準で有意差有り

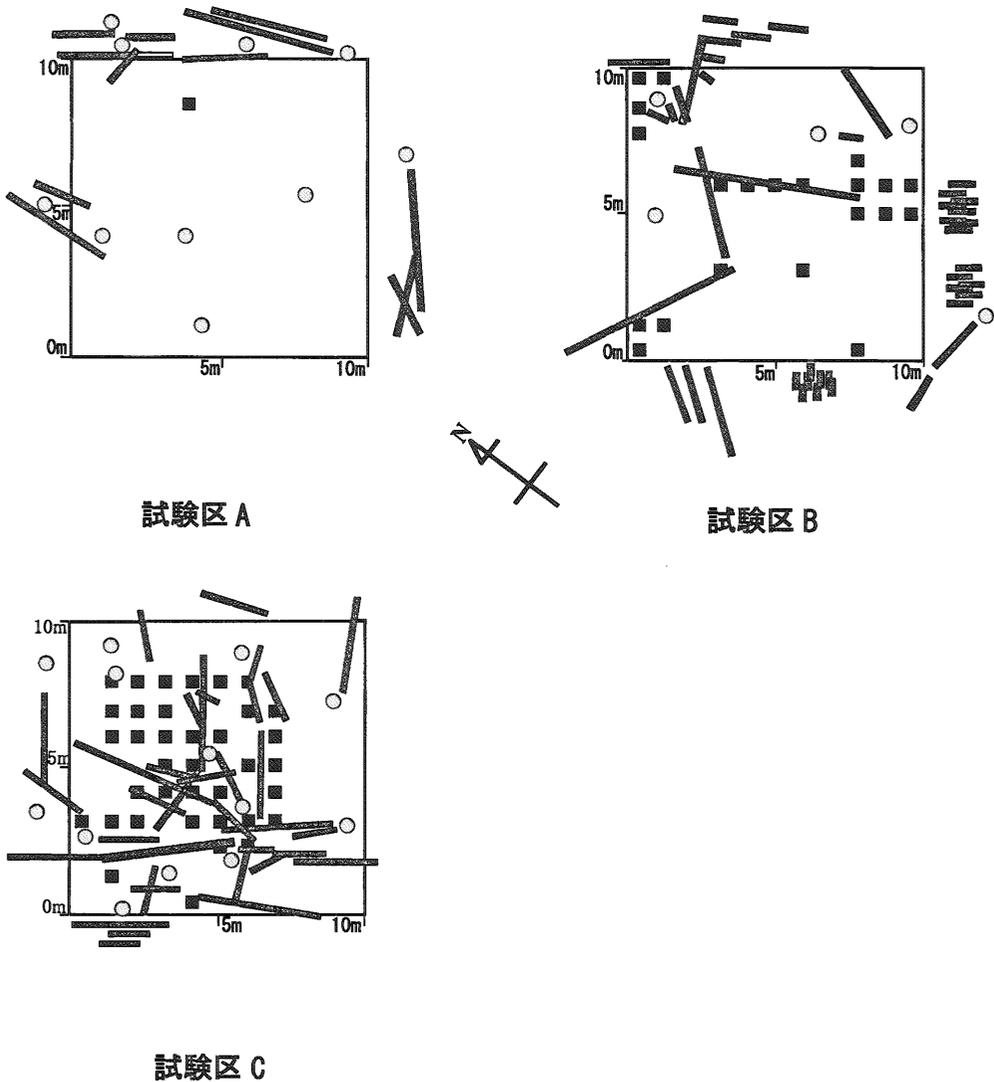
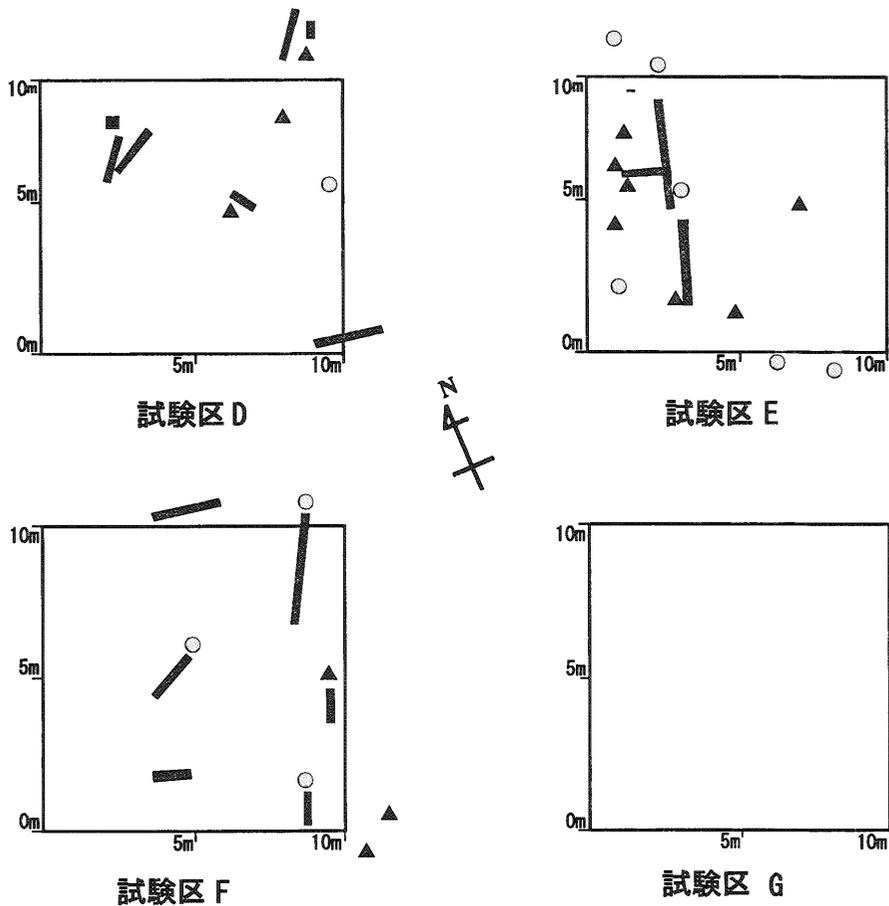


図-4. 1林班における Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉地点とカラマツ間伐材および根株位置

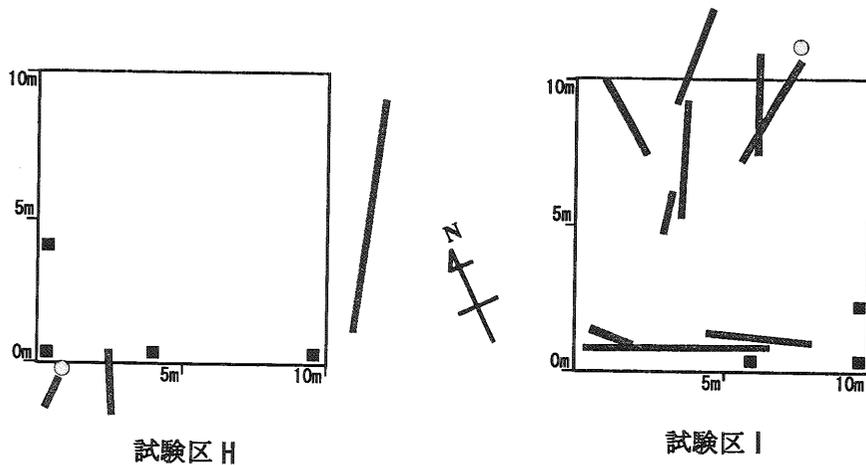
れた。1林班では間伐を過去に3回実施したが、その時放置された間伐材と根株の状況は次のようであった。試験地A区では、試験地周囲にカラマツの間伐材が存在していたが、試験区内ではほとんど認められず、根株も少なかった。B区内の林床には間伐材と根株が部分的に存在し、試験区の周囲で間伐材が存在した。C区内では、間伐材と根株が他区に比べて多数存在していた。また、B・C区内ではカラマツ間伐材や根株に近接して本菌の根状菌糸束が捕捉される傾向が認められた。



図—5. 4林班における Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉地点とカラマツ枯損木および根株位置

■：根状菌糸束の捕捉地点    ○：カラマツ枯損木の根株  
 〰️：カラマツ枯損木の倒木    ▲：カラマツ以外の広葉樹の根株

4林班では間伐は行われていないが、枯損したカラマツの風倒木やその根株とともに地拵当時のミズナラ等の広葉樹の根株が存在したが、これらの広葉樹の根株はかなり朽ち果てており、表面はコケで覆われていた。E区内にはカラマツ枯損木の根株が数株とカラマツ以外の根株が多く存在していたが、カラマツ枯損木の倒木は数本であった。G区内には、カラマツ枯損木、根株ともに見られない林床であった。これらに対して、D・F区内はカラマツ枯損木と根株およびカラマツ以外の根株が散在していた。H区では枯損木・根株とも試験区内では認められなかった。I区内ではカラマツ枯損木の倒木が広範囲に分布したが根株は認められなかった。



図一六．4林班における Basidiomycete-1の根状菌糸束の捕捉地点とカラマツ枯損木および根株位置

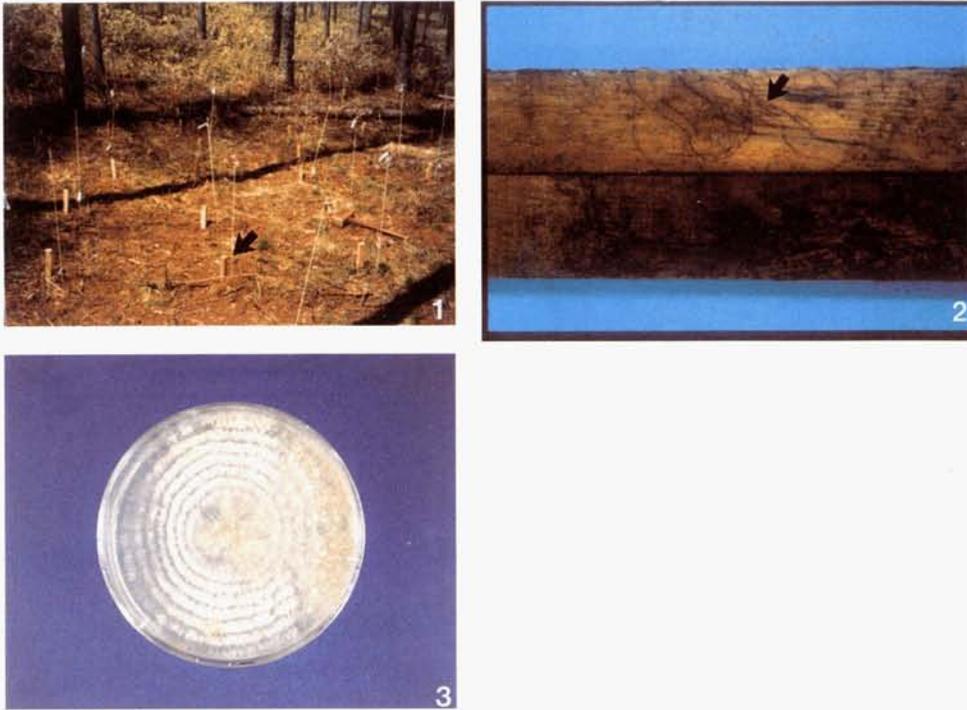
■：根状菌糸束の捕捉地点 ○：カラマツ枯損木の根株  
 ━━━━━━━━━━：カラマツ枯損木の倒木

#### IV. 考 察

Basidiomycete-1の根状菌糸束は、B区とC区に集中して分布していることが明らかになった。B区とC区は隣接しており、これらを含む周辺地に、本菌が集中して分布することが考えられた。試験地A区は過去の調査で本菌の根状菌糸束が一貫して高頻度で捕捉された地域である(黒田1997)。しかし、今回行った調査では、A区における本菌の捕捉率は低かった(0.8%)。また、1991年で捕捉率が減少し、その後徐々に上昇傾向にあったB区(黒田1997)では、今回更に上昇し高い捕捉率であった。これらのことから、本菌の林分内分布は、時間とともに変化する可能性が示唆された。

4林班の南西斜面で、本菌の分布が確認されたのはD区のみであった。4林班の南西斜面は、1999年に行われた予備試験の結果では、本菌は全く捕捉されなかった。しかし、今回D区で捕捉が確認されたことで、同地にも本菌が分布することが明らかとなった。しかし、捕捉地は1地点のみだったため、1林班に比較して4林班の南西斜面での本菌の分布域は狭いと考えられるが、今後、分布調査を継続していく必要がある。

4林班北斜面では、H区、I区の両区から本菌の根状菌糸束が2m～6m間隔で単発的に捕捉された。1999年の予備試験では、北斜面全域に設置した木杭のうち10地点から本菌が捕捉された。今回は、この地点を含むようにH区、I区を設置した。その結果、1999年の捕捉予備試験で捕捉された地点およびそれ以外の新しく設けられた捕捉地点でも捕捉された。1999年の予備試験では木杭の設置間隔を5mとして行い今回の調査とは異なるため、1999年以後本菌の分布が拡大した



図一七. 1. Basidiomycete-1根状菌糸束の捕捉状況  
 →は捕捉用の木杭, 白色のポールは標識  
 2. 木杭の表面に付着した Basidiomycete-1の根状菌糸束  
 →は黒色で糸状に見えるのが根状菌糸束  
 3. Basidiomycete-1の培養性状  
 PDA 培地上, 25°Cの暗黒下で14日間培養

かは不明である。

本菌の根状菌糸束の捕捉区と非捕捉区について、土壤の透水性と三相組成を比較した。その結果、捕捉区の土壤では透水性は高いが、液相の占める比率も高かった。土壤含水量は降雨の状況等によって変化することから、土壤含水率と本菌の分布との関係を明らかにするためには更に調査回数を重ねる必要がある。しかし、これらの結果は、本菌の根状菌糸束の生息には土壤水分含量が高いことが深く関与するとした黒田(1997)の報告を支持するものである。また、本病害が発生する林分は、緩斜面や平坦地、凹地形の集水しやすい地形、あるいは地下水水位の高い地点が指摘されている(遠藤・渡瀬1962, 川崎ら1980, 1982)。本研究では、Basidiomycete-1が、湿潤な土壤中に多く分布する傾向が見られたが、Basidiomycete-1の生息に最適な水分状態を明らかにすることはできなかった。

本菌の捕捉調査中、放置されたカラマツ間伐材の樹皮下より根状菌糸束が樹幹に沿って連続的に伸びているのを1林班B区において確認した。カラマツの樹皮は簡単に手で剥がすことが可能なまでに腐朽していたが、木部の腐朽はあまり進んでおらず黒褐色に変色している程度であった。

根状菌糸束は地表面と接している部分で良く伸びており、しかも密に観察された。本菌の根状菌糸束の捕捉地点とカラマツ間伐材や風倒木および根株が近接していたことから、本菌は、林床に放置されたカラマツ間伐材や風倒木および根株上を伸長し、分布域を拡大するものと考えられた。また、本病の罹病木が間伐や風などによって倒された後林床に放置されると、本菌の分布域がさらに拡大されるものと推察された。間伐が行われた1林班では、間伐が行われていなかった4林班に比べ、地表に放置されたカラマツ間伐材および根株の量が多く、本菌の根状菌糸束の捕捉率も高く、間伐の進行と本菌の分布に関係があるものと示唆された。このことより、林床に放置されるカラマツ間伐材を減らすことにより、Basidiomycete-1による本病被害の拡大を防ぐことができる可能性があると考えられた。

今回の調査結果では、Basidiomycete-1は沢沿い、緩斜面といった土壤水分含量が高くなりやすい土壤を好む傾向があると考えられた。

三原・片倉(1982)の報告では、根株心腐病の発生は黒色土で多く認められるとしているが本調査結果では、Basidiomycete-1根状菌糸束が捕捉された土壤は主に褐色森林土であり、黒色土からは4区中1区のみから捕捉された。カラマツ根株心腐病の病原菌として、今日まで Basidiomycete-1の他に4種が知られている(青島・林1962)。根株心腐病原菌の種類と土壤の種類によっては、カラマツ根株心腐病菌の分布に与える影響が異なる可能性もあり、今後さらに検討が必要と考える。

## V. 謝 辞

本調査研究を実施するにあたり、現地での土壤調査方法および実験方法について、筑波大学農林学系内田煌二助教授に御指導を頂いた。ここに感謝の意を表する。

## 引用文献

- 青島清雄・林 康夫 (1962) カラマツの心腐れ病菌について. 日林講 **72**: 308-309.
- 土壤環境分析法編集委員会 (1997) 土壤環境分析法. 73pp., 博友社, 東京.
- 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の根株腐朽と微地形—. 日林誌 **45**: 269-271.
- 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. 日林講 **73**: 246-248.
- 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.
- 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.

- 川崎圭造・管 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. 昭和54年度特定研究. 信大農林38-47.
- 川崎圭造・管 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. 日林中支講 38 : 81-87.
- 黒田吉雄 (1997) カラマツ根株心腐病菌に関する生態学的研究. 筑大演報 13 : 1-72.
- 黒田吉雄・勝屋敬三 (1995) カラマツ根株心腐病菌の林床での分布. 日林誌 1 : 39-46.
- 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.
- 三原康良・片倉正行 (1982) 佐久地方におけるカラマツ腐心病の調査. 昭和57年度長野県林指業報155-163.
- 日本ペドロロジー学会 (1997) 土壌調査ハンドブック改訂版. 165pp., 博友社, 東京.
- 農林水産省林業試験場土壌部 (1982) 森林土壌の調べ方とその性質. 328pp., 林野弘済会, 東京.
- 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.
- 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.
- 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. 山梨林誌報 4 : 15-30.

## Summary

Rhizomorphs of Basidiomycete-1, the causative organism of Japanese larch butt-rot, were trapped by larch pegs from nine plots in a larch forest of differing stand age, soil condition and location to determine factors affecting the distribution of the fungus in Japanese larch forest-floor soil. The mean value of the water permeability (76.9 ml/min) of soil with Basidiomycete-1 rhizomorphs (rhizomorph zone) was significantly higher ( $p < 0.05$ ) than the value (42.8 ml/min) of soil where rhizomorphs were not found (non-rhizomorph zone). The percentages of the three phases of soil in the rhizomorph zone were 41.4% for air, 39.4% for liquid and 19.5% for solid, whereas in the non-rhizomorph zone they were 42.5% for air, 34.9% for liquid and 22.7% for solid. Only the liquid phase rates showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) between the two zones. Rhizomorphs of Basidiomycete-1 were detected more often from soils in the vicinity of Japanese larch waste wood and stumps, and mainly trapped from brown forest soil but rarely from black soil. Results of our investigation show that Basidiomycete-1 rhizomorphs are distributed more in areas with high water content in the soil such as streams rather than on the upper slopes.

(2005年1月6日 受理)