

若齡カラマツ人工林の林床における根株心腐病菌と罹病木の分布 および腐朽菌の侵入部位

黒田 吉雄*・高見澤 澄*・佐藤 美穂*・杉山 昌典*

Distribution of Basidiomycete-1 in forest floor and larch trees with butt-rot
in a juvenile Japanese larch plantation and site of invasion of butt-rot

Yoshio KURODA, Kiyoshi TAKAMISAWA, Miho SATO, and Masanori SUGIYAMA

目 次

I. はじめに	41
II. 材料と方法	42
III. 結果と考察	44
1. 捕捉試験	44
2. 根株心腐病罹病木および Basidiomycete-1 の推定分布	44
3. 根株心腐病菌の侵入部位と根株内での広がり	50
4. 根株心腐病罹病木の根元腐朽直径と腐朽高	50
IV. おわりに	51
引用文献	51
Summary	52

I. はじめに

カラマツ根株心腐病は、木材腐朽菌が生立木の根から侵入して心材を腐らせる病原菌である。青島・林(1962)は、これらに関わる病原菌としてカイメンタケ [*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種類を報告した。一方, Ohsawa *et al.* (1987)は、筑波大学農林技術センター川上・八ヶ岳両演習林を中心とした八ヶ岳東山麓において、新しい根株心腐病菌として未同定担子菌

*筑波大学農林技術センター八ヶ岳演習林 University Forest at Yatsugatake, Agricultural and Forestry Research Center, Univ. of Tsukuba

Basidiomycete-1 を報告した。川上演習林において発生した風倒木の調査より(黒田・高見沢 1993), 演習林内の根株心病罹病木の多くは Basidiomycete-1 によるものであることを認めた。また, 黒田(1997)は, カラマツ壮齢林における未同定担子菌 Basidiomycete-1 の分布とその動態について調査し, Basidiomycete-1 は林床に集団的または単発的に分布することを認めた。一方, 根株心腐病のカラマツへの侵入時期については佐々木(1986), Kuroda *et al.*(1992)の報告があり, 心材が形成される樹齢10年以降であると考えられている。しかし, 国内における若齢カラマツ人工林を対象とした根株心腐病菌と罹病木の分布および罹病木の根株内における腐朽状況を調査した報告は極めて少ない。本研究では, (1)カラマツ未植林地へ新たにカラマツを植林し, 林内における Basidiomycete-1 と根株心腐病罹病木の分布拡大の様子を明らかにすること, ならびに(2)根株心腐病罹病木における腐朽菌侵入部位と腐朽菌の根株内での進展を明らかにすることを目的とした。

II. 材料と方法

筑波大学農林技術センター八ヶ岳演習林(5林班)内の平坦地にあるススキ草原に面積0.24ha (48m×50m)の試験地を設定した(図-1)。同地内のススキは予め除去した後耕耘した。なお, この草原は過去35年間カラマツ等の針葉樹が植栽された記録はなく, 図-1 に示したようにカラマツ,

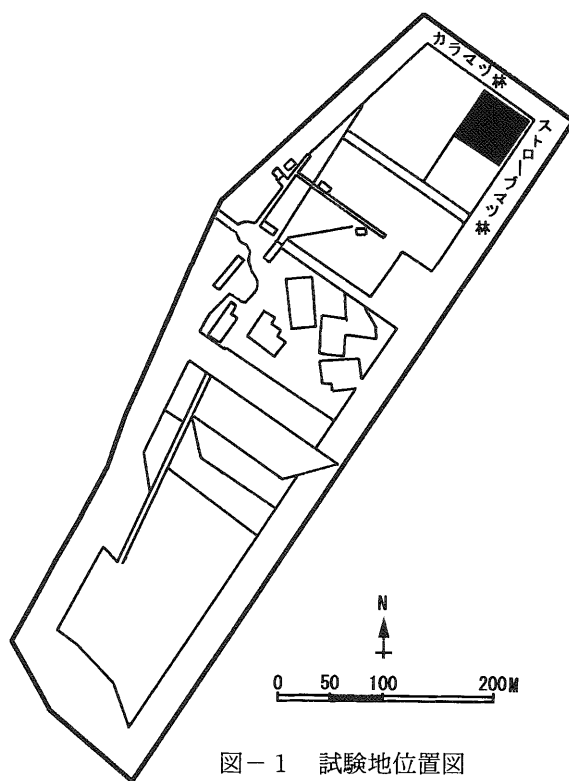


図-1 試験地位置図
 ■ : 試験地

ストロブマツの防風林からはそれぞれ10m 離れていた。カラマツ 2 年生苗木2,911本を株間 1 m× 畝間0.8m 間隔で1991年 5 月20日に新植し、1996年まで毎年 1 回下刈りを行った。

第 1 回目の根状菌糸束の捕捉のため1992年6月に既成木杭（3 cm× 3 cm× 40cm）2,851本を株間毎（1 m 間隔）に地下30cm までの深さに打ち込んだ。翌年1993年 7 月に全杭を抜き取り根状菌糸束の捕捉を調査した。また、根状菌糸束より菌の分離を行い、培養菌根の形態観察により同定した。第 2 回目は、1993年 8 月に前回と同様に杭を打ち込み1994年 9 月に調査した。第 3 回目は、1999年 6 月に1,452本の杭を株間 2 m 間隔に打ち込み、2000年 8 月に同様の方法で調査した。

根株心腐病の発生調査は1993年から2002年の間に計 3 回行った。第 1 回目の調査は、1993年10月に行った。カラマツ1,455本を試験地より 1 本置きに抜き取り、根の洗浄後、剪定鋏で根を切断し、切断断面の腐朽・変色を観察によつて判定した。第 2 回目は、2000年 5 月～8 月の期間に行い、一列置きに755本伐倒し切株による根株心腐病の有無を調査した。第 3 回目は2002年 6 月に未調査木703本中42本を残し全て伐倒した。罹病木の腐朽調査は、根元断面で行い、腐朽部とその周辺の変色部の長径と短径を測定し、その平均を求めた。腐朽菌の分離には PDA 培地にペノミール 15mg/1l, ストレプトマイシン100mg/1l, テトラサイクリン50mg/1l を添加した培地を用いた。分離方法は罹病木の縦断面を火炎殺菌し、腐朽部位の小木片を三角刀で切り取り、培地上に静置後25°C恒温器で 7 日～10日間培養した。菌の同定は形態観察により行った。2000年 5 月には、根株心腐病罹病木の中から27本を無作為に選び、根元断面における腐朽直径と腐朽高の相関関係について調べた。

腐朽菌侵入部位と侵入部位から根株内における腐朽の広がりを調査するため（図-2）、2000年 5 月～8 月に根株心腐病の発生調査のために伐倒したカラマツの切り株から2000年10月に罹病木

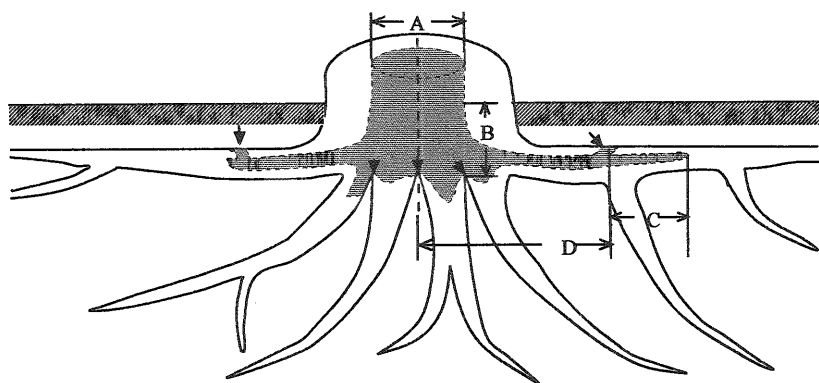


図-2 カラマツ根株心腐病罹病木の腐朽侵入部位と根株内における腐朽の広がりの測定図

- A：根株断面の腐朽直径 B：腐朽部位の地下深度
C：腐朽菌侵入部位から根の先端方向への距離
D：樹幹中心から腐朽部位までの距離
→：腐朽菌侵入部位

の根株10本を無作為に選び掘取った。根株の掘取りは、根系をできるだけ切断しないよう周囲の土壌をあらかじめ取り除き、チェーンブロックを用いて引き抜いた。洗浄後、腐朽菌侵入部位の大きさと地際からの地下深度（腐朽部の中心まで）および樹幹の中心からの水平方向距離(cm)を求めた。腐朽菌侵入部位の水平方向は樹幹の中心からの水平方向距離(cm)で表した。なお、腐朽菌の侵入部位の調査は根株の全樹皮を剥皮して材表面の腐朽・変色により判定した。侵入部位から根系の先端方向への広がりについても測定した。根系内の腐朽の広がり調査は、各根系を剪定鋏で切断および縦割しながらその断面における腐朽・変色を詳細に調べた。

III. 結果と考察

1. 捕捉試験

Basidiomycete-1 根状菌糸束の捕捉試験の結果、根状菌糸束の捕捉された地下深度は 0 cm～30 cm の範囲内にあり平均地下深度15cm であった。カラマツ植栽3年後（第1回目）の調査における根状菌糸束の捕捉率は1.4%で、単発的および離散的に捕捉された(図-3 表-1)。第2回目の1994年における調査では、集団的に捕捉される地点が認められ、捕捉率は4.5%に増加した(図-4 表-1)。第3回目の2000年では、集団的に捕捉された地区が著しく拡大した。また、この地区以外でも単発的・離散的に捕捉され、その捕捉率は27.6%まで増加した(図-5 表-1)。2000年の捕捉試験結果に基づく Basidiomycete-1 の推定分布域を図-6 に示した。その面積は試験地の約1/3におよぶと推定された。

表-1 Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉試験結果

捕捉杭の設置 年 月	捕捉杭の 本 数	捕捉杭の 調査年月	捕捉された杭の 本 数	捕捉率 (%)
1回目 '92/06	2,851	93/07	41	1.4
2回目 '93/08	2,851	94/08	125	4.5
3回目 '99/06	1,480	00/08	409	27.6

注：捕捉率は杭の本数で除した。

以上の結果より、以前にカラマツの植栽が行われたことのないススキ草原であっても、Basidiomycete-1 はカラマツ植栽3年後には林床に侵入し、以後林内に分布拡大することが明らかになった。また、本菌の生息地は、Ohsawa et al. (1987) の報告に見るように、八ヶ岳東山麓周辺において広く分布していることを示唆している。

2. 根株心腐病罹病木および Basidiomycete-1 の推定分布

植栽3年後の1993年に、全カラマツ2,911本中1,455本を1本置きに抜き取り根株心腐病の発生を調査した。この時点で既に土壤中から Basidiomycete-1 の根状菌糸束が捕捉されているが、調

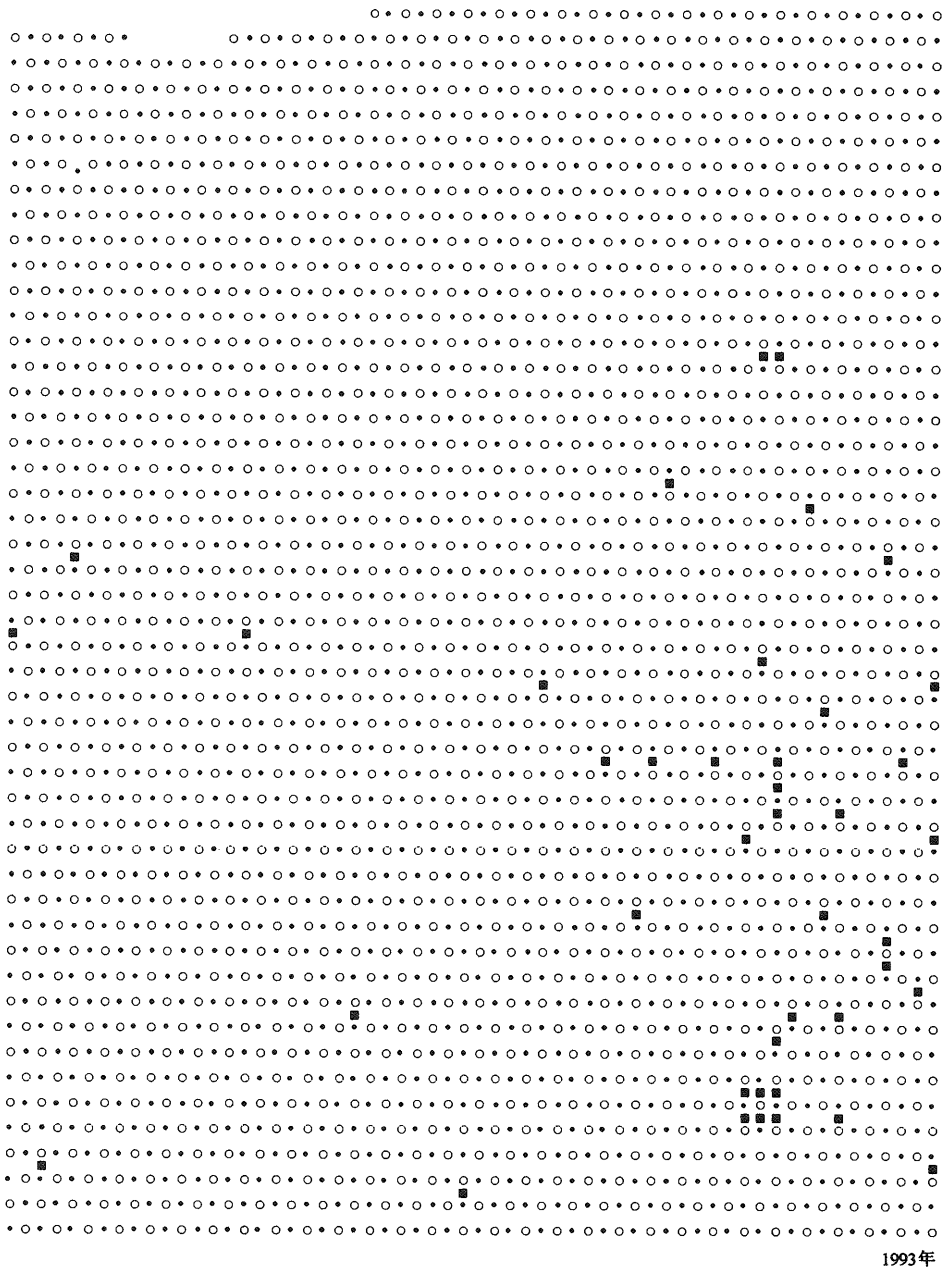


図-3 カラマツ生立木とカラマツ伐根位置および Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉地点(1992-1993年)

- ：未調査木 ●：調査木（未腐朽）
- ：Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉地点

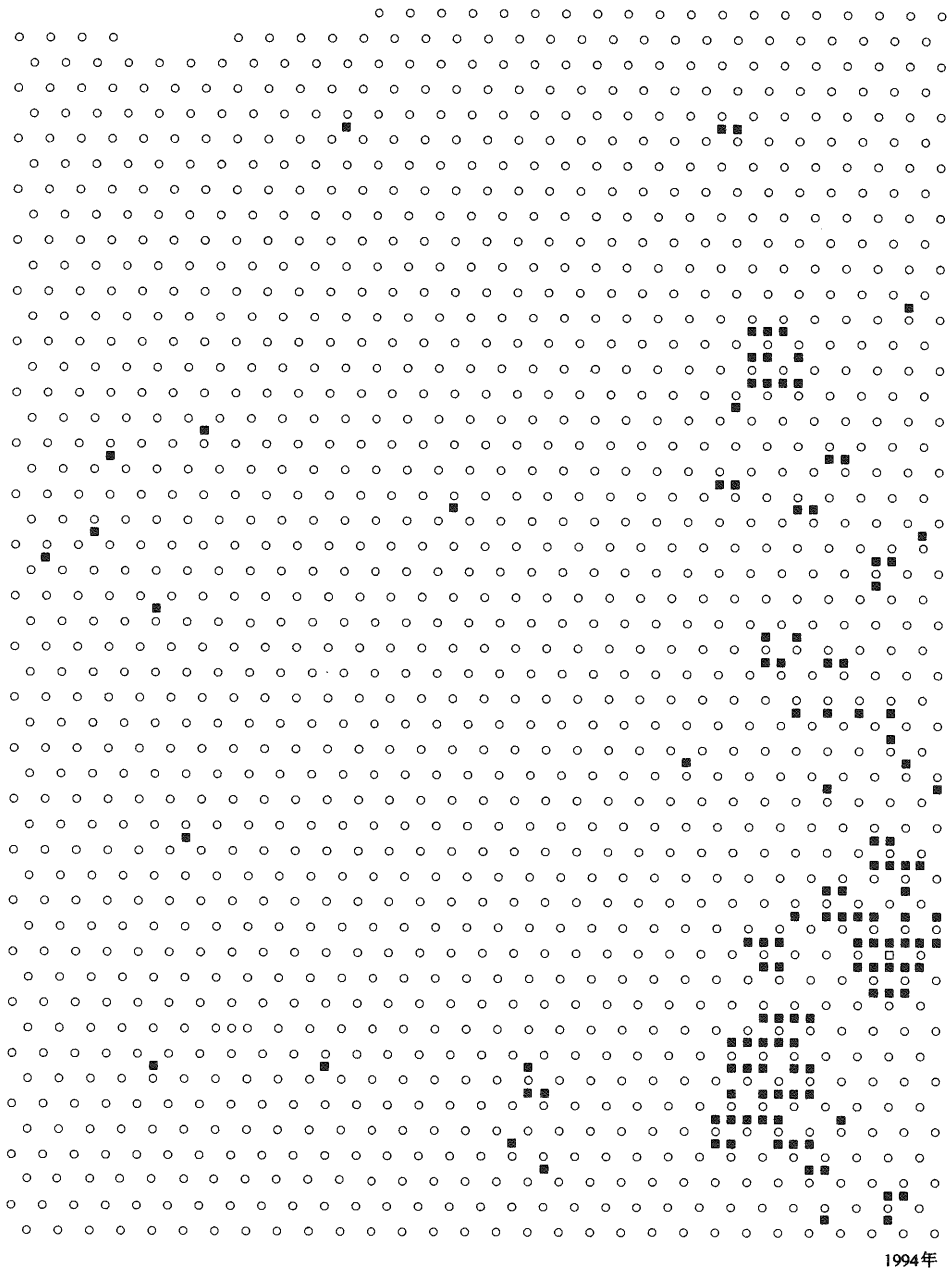


図-4 カラマツ生立木と Basideimycete-1 の根状菌糸束の捕捉地点
(1993-1994年)
○：未調査木 ■：Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉地点

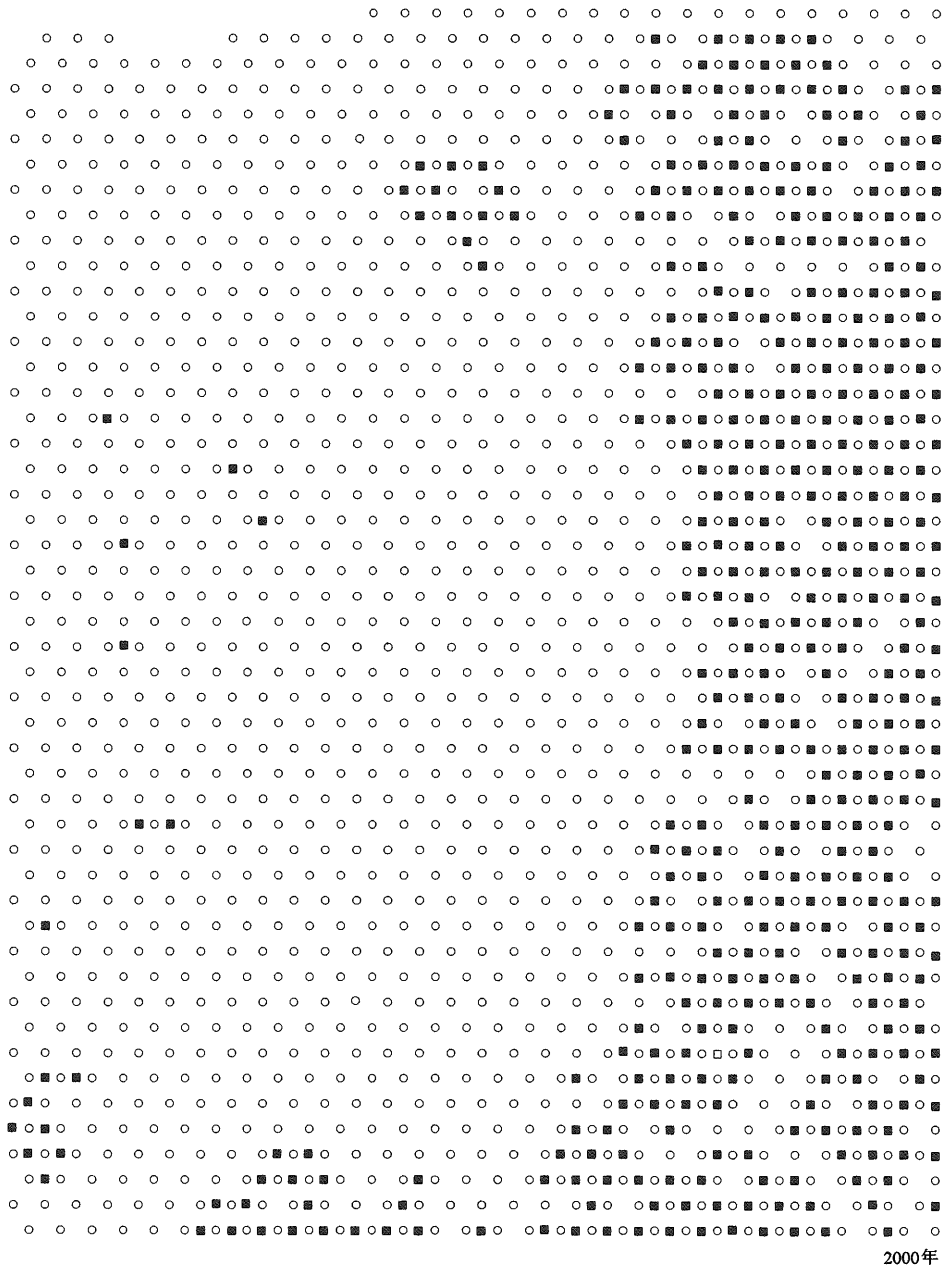


図-5 カラマツ生立木と Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉地点 (1999-2000年)

○ : 未調査木 ■ : Basidiomycete-1 の根状菌糸束の捕捉地点

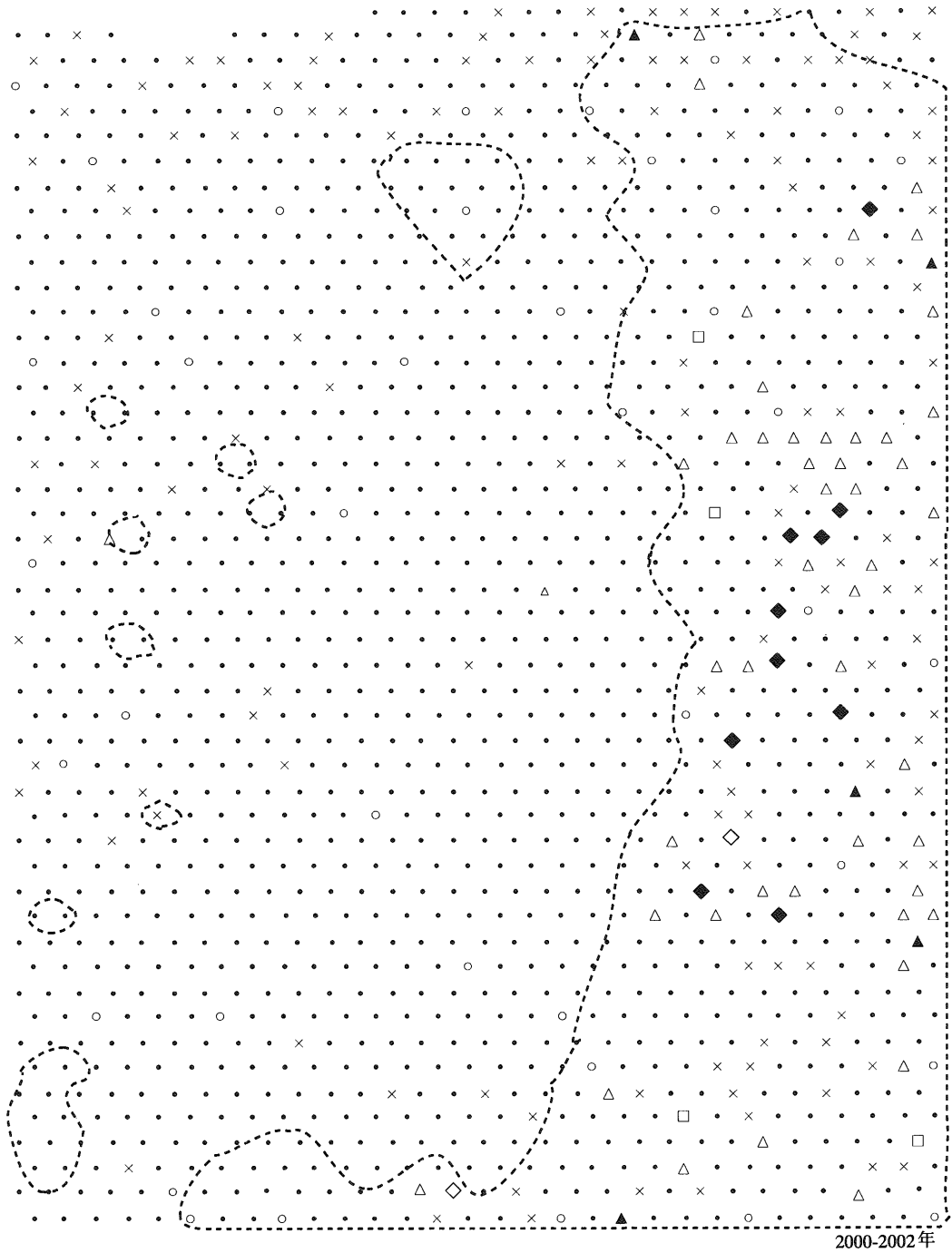


図-6 カラマツ根株心腐病罹病木および Basidiomycete-1 の推定分布
 ○：未調査木 ▲：カイメンタケ □：レンゲタケ
 ◇：ハナビラタケ ◆：Basidiomycete-1 △：非検出(腐朽木)
 ×：枯損木 ●：調査木(未腐朽) ○：Basidiomycete-1 の
 根状菌糸束の推定分布域

査木中に罹病木は確認できなかった（図-3 表-2）。Kuroda et al. (1992) の報告によって、カラマツ根株心腐病のカラマツ若齡木への感染時期は、心材が形成される樹齡10年以降に侵入することが明らかにされている。本調査時点では、調査木は樹齡5年であったことから罹病木が確認されなかったと考えられる。

2000年には、樹齡12年カラマツ1,416本中755本を地際から伐倒し、枯損木54本を除いた701本について罹病木の有無を調査した。その結果、44本の根株心腐病罹病（罹病率は6.3%）が認められた（表-2）。2002年には、樹齡14年カラマツ661本中枯損木81本を除いた580本について調査した結果、25本の根株心腐病罹病木（罹病率は4.3%）が認められた（表-2）。

表-2 根株心腐病罹病木調査結果

調査年月	調査木 本数	枯損木 本数	罹病木 本数	罹病率 (%)
1回目 '93/10	1,455	10	0	0
2回目 '00/05	755	54	44	6.3
3回目 '02/06	661	81	25	4.3

注：罹病率は枯損木を除いた本数で除した。

根株心腐病罹病木から腐朽菌の分離を行った結果、カイメンタケ5本、レンゲタケ4本、ハナビラタケ2本、Basidiomycete-1 10本、非検出48本であった（表-3）。罹病木の分布は単発的または小集团的であった（図-6）。本調査結果より、Basidiomycete-1による罹病木の分布とBasidiomycete-1根状菌糸束の分布域が重なった（図-6）。このことは黒田・高見澤(1993)の報告と一致した。黒田・勝屋(1988)は川上演習林における樹齡18年カラマツ間伐木を対象に調査した結果、地形により多少差異があるが根株心腐病罹病率は20%であった。本調査地における根株心腐病罹病率は全体で平均5%であった。Igarashi and Takeuchi (1985)によって根株心腐病の発生率は樹齡の増加と共に高くなることが指摘されている。本調査対象木の根株心腐病罹病率が低かったのは若齡によるものと考えられる。

表-3 腐朽菌分離結果

菌名	本数
カイメンタケ (<i>Phaeolus schweinitzii</i>)	5
レンゲタケ (<i>Tyromyces balsameus</i>)	4
ハナビラタケ (<i>Sparassis crispa</i>)	2
Basidiomycete-1	10
非検出	48
合計	69

3. 根株心腐病菌の侵入部位と根株内での広がり

本調査を行うために10本の根株心腐病罹病木を掘り上げた。伐根された根株心腐病罹病木10本の平均根元腐朽直径は2.7cm(範囲0.9cm~6.1cm)であった。根株心腐病罹病木における腐朽菌侵入部位数は1本当たり1箇所~8箇所調査木全体で43箇所認められた。腐朽菌の侵入部位は根元直下における根の分岐付近に多く認められ、根の先端方向に進むにつれ少なかった。侵入部位の地下深度は平均14.9cmで範囲は3.3cm~23.3cmであり、この深度は根状菌糸束の生息範囲内であった(図-7)。腐朽菌侵入部位の位置は、樹幹の中心からの平均水平距離は6.4cmで範囲は0.8cm~33.8cmであった(図-7)。

根株内における腐朽菌の広がり、腐朽菌侵入部位数43箇所中8箇所については腐朽菌侵入部位から根の先端方向への進展は認められなかった。一方、残りの35箇所については根の先端方向への進展が認められ、平均距離は5.1cmでその範囲は0.5cmから16.5cmであった(図-7)。腐朽菌害の発生原因として、佐々木・林(1982)は北海道における被害実態の調査より、野ネズミによる食害痕が侵入門戸になっていることを示唆している。また、同氏らは明らかに野ネズミの被害が関与していると思われる腐朽は、10年以上経過した食害痕を見ないと断定し難いとしている。本調査地においても野ネズミによると思われる食害痕が見られ、調査木の個体によっては8箇所におよぶ傷痕が認められた。

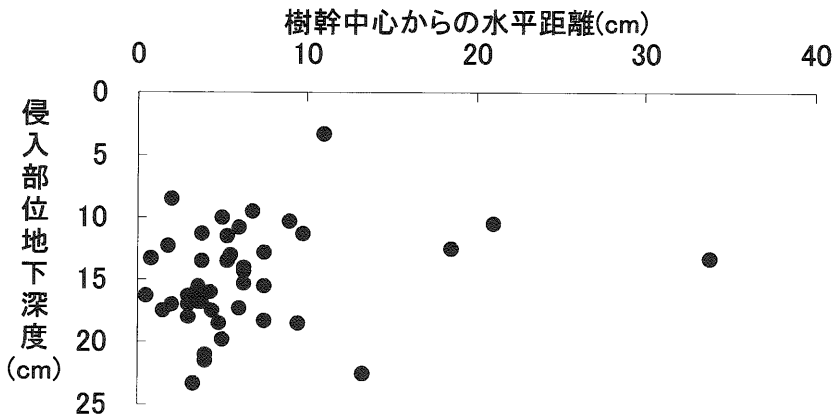


図-7 腐朽菌侵入部位の地下深度と樹幹からの水平距離

4. 根株心腐病罹病木の根元腐朽直径と腐朽高

根株心腐病罹病木の根株腐朽直径と腐朽高の関係について調査した結果、調査に用いた根株心腐病罹病木27本の平均根元腐朽直径は2.4cm(範囲0.7cm~5.0cm)、平均腐朽高は26.6cm(範囲4.0cm~60.0cm)であり、腐朽高は腐朽直径の約11倍であった。根元腐朽直径と腐朽高については黒田ら(1991)の約13倍、川崎・管(1983)の約10倍という値に近似した(図-8)。また、根元腐朽直径と腐朽高の相関関係は相関係数 $r=0.2993$ でありバラツキが大きかった(図-8)。黒田(1991)の報告による林齢74年~75年のカラマツ林での調査では相関係数は $r=0.7101$ であった。また、川

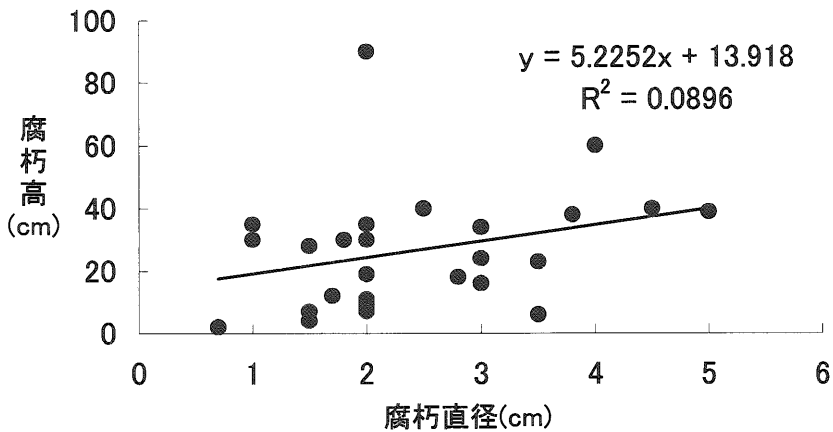


図-8 根株腐朽直径と腐朽高の相関

崎・管(1983)による国有林での調査によると相関係数は $r=0.798$ であった。これらの結果と比較すると本調査における相関係数は大幅に低い値であった。

IV. おわりに

以上の結果より、カラマツ未植栽地へ新たにカラマツを植栽した場合でも、植栽後3年目にはすでに林床に Basidiomycete-1 が存在することが明らかになった。Basidiomycete-1 はその後林床で徐々に分布を拡大するものの、Kuroda et al.(1992)の報告にもあるように、根株心腐病罹病木は樹齢10年を越えた後に認められた。これは、カラマツの心材形成が樹齢10年以降に起こるため(平井1952)と考えられる。また、植栽後3年目に Basidiomycete-1 がすでに林床に存在したことは、この菌が苗木と共に試験区内に運ばれてきた可能性もあるが、感染源がススキ草原にすでに存在していたかあるいは試験地外から感染源が飛来し定着した可能性がある。この菌は林床を根状菌糸束で分布拡大することが知られているが(黒田1997)、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点が多い。今後、Basidiomycete-1 子実体の存在を明らかにし、胞子による分布拡大についても明らかにする必要がある。

本調査研究を実施するにあたり、終始ご指導いただいた元筑波大学農林学系勝屋敬三教授、いろいろとご協力をいただいた筑波大学農林学系植物病理学・菌学研究室の方々に謝意を表する。

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. 72回日林講: 308-309.
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.
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.
- 川崎圭造・管 誠. 1983. 長野県におけるカラマツ腐心病発生に関する検討. 94回日林講 449-450.
- 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. 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.
- 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.
- 黒田吉雄・大沢正嗣・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 73:232-237.
- 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.
- 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.
- 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.
- 佐々木克彦・林 康夫. 1982. カラマツ造林木の腐朽菌害—北海道における被害実態—. 日林学会北海道支部講演集31:125-127.

Summary

An experimental plantation (48m×50m) was established on level ground in the University Forest at Yatsugatake, Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. A total of 2911 Japanese larch seedlings (2-years-old) were planted at 1m intervals in rows 0.8m apart. To investigate distributions of Basidiomycete-1 (unidentified Basidiomycete sp.), trap larch sticks were set at 1m×1m intervals to a depth of 30 cm underground in the whole experimental area. Three years after-planting, rhizomorphs were observed singly and sporadically in 1.4% of the trap larch sticks. 4 years afterplanting the incidence of rhizomorphs was 4.5%, an approximate 3-fold increase from the initial levels. Similarly, ten years afterplanting the incidence had risen markedly to 27.6%. In our investigation of trees infected by butt-rot, we were unable to confirm any diseased individuals among 5-year-old trees, but we found that 6.3% of 12-year-old and 4.3% of 14-year-old trees were infected. Furthermore, the distribution of diseased trees and area of distribution of Basidiomycete-1 rhizomorphs overlapped considerably. Mean sub-surface depth at the site of invasion of butt-rot was 14.9 cm (range 3.3 to 23.3cm), the habitat range of the rhizomorphs. Mean horizontal distance from the center of the trunk at the site of invasion of butt-rot was 6.4 cm (range 0.8 to 33.

8 cm), and was frequently concentrated immediately below the base of the trunk. In most cases, the site of invasion of butt-rot was characterized by scars that appeared to result from gnawing by wild mice. The number of scars on each trunk ranged from 1 to 8. Regarding the relationship between diameter and height of butt-rot, a strong correlation has been reported for mature or older forests, but correlations in the present investigation were lower than that for forests of mature or older trees, perhaps because the focus of this stands was on a juvenile forest. Conversely, height of butt-rot was approximately 11 times the diameter, a figure closely matching that of previous reports.