

カラマツ根株心腐病の被害実態の解明と被害回避法の確立

岡田充弘・小山泰弘・古川 仁

カラマツ根株心腐病被害は、土壤中の水分が停滞しやすい山腹平衡緩斜面あるいは石礫が多く風当たりが強い尾根下斜面の林分に多かった。被害は、幹の傷から腐朽するタイプと、根系から腐朽が始まるタイプに分けられた。30～40年生カラマツ林における本病被害木の平均的腐朽高は地際断面における腐朽直径の約10倍に達し、腐朽進展速度は3～5cm/年と推定された。胞子を伝染源として伝染・拡大する既知病原菌以外に、被害木から菌糸束を伸長させて伝染・拡大する未同定菌が確認された。

キーワード：カラマツ、根株腐朽病害、腐朽高、腐朽速度

1 緒言

長野県民有林の造林面積の53%を占めるカラマツは、近年大径材生産や水源涵養など森林の公益的機能の発揮に対する要請から長伐期施業が指向されてきている。しかしカラマツには、以前から「シングサレ、腐心病」といわれる根株心材腐朽病害が発生することも、長伐期化を進める上で問題となっている。本被害は、根系の傷などから腐朽菌が侵入し生立木の心材を腐朽させるため、被害木も表面上は健全木と変わらず、間伐時などに初めて被害に気づくことが多い。

これまでに本県や北海道などで、本病害の調査が行われ、被害発生が多い立地などの環境条件、病原菌の種類などについて報告されている（武井ら1981、三原ら1983、佐々木ら1983、川崎1986、大澤ら1986、川崎1990、黒田1997）。

しかし、病原菌の感染様式、時間の経過に伴う立木材内の上方向への腐朽進展速度、腐朽の進展と立地環境との関係などについては明らかになっていない。

ここでは、被害林分における病原菌の伝染様式、および立木内の腐朽進展速度と立地条件などの関係を明らかにして、被害回避法を検討することを目的として、林分の被害状況、被害木の腐朽進展状況などを調査した。

なお本研究は、国庫助成による地域重要新技術課題「主要材質劣化病害の被害実態の解明と被害回避法の確立（平成6～8年度）」、および林業改良普及情報活動システム化事業「針葉樹根株腐朽病の発病機構の解明と被害回避法の開発（平成9～12年度）」として実施した。

2 方法

2.1 被害実態調査

長野県東部、および西部の根株心腐病が確認されたカラマツ間伐林分と主伐林分（計26林分）で調査を行った（表-1）。

調査林分に方形区（20×30m）を2～3箇所設定し、被害率（被害伐根数/伐根数×100）ならびに被害伐根の腐朽状況（伐根断面腐朽率＝腐朽直径/伐根直径×100）と、林況、地況を調査した。なお、被害伐根から病原菌同定試料を採取した。

2.2 伝染様式調査

被害林分における病原菌別の伝染様式を明らかにすることを目的として調査を行った。

1998年11月、1999年6月に川上b（表-1）で調査区を5mあるいは10mのメッシュに区分し、各メッシュに分布する伐根の位置ならびに腐朽状況を調査するとともに、病原菌の同定用試料を採取した。

分離・同定した菌は隣接する被害伐根菌株間で対峙培養試験を行い、菌株の相異性を確認した。

なお、菌の同定・対峙培養試験は（独法）森林総合研究所微生物生態研究室が実施した。

2.3 腐朽進展状況調査

表-1に示した間伐林分で、捨て切り放置された腐朽被害木幹材を地際から適宜横切りして、腐朽到達高を調査するとともに、地際切断面の腐朽部の長径、短径を測定した。

3 結果と考察

3.1 被害実態調査の結果

3.1.1 被害林分の分布

調査地は図-1に示したように、長野県東部の八ヶ岳山麓16林分、関東山地5林分、上信越高原2

林分, および西部の北アルプス南部3林分の計26林分で, これら被害地の立木被害率は, ハケ岳山麓6~50%, 関東山地1~63%, 上信越高原25%, 北アルプス南部8~26%だった。

3.1.2 被害林分の立地環境

調査林分の林況, 地況を表-1, 2に示した。

三原ら(1983)は, 標高840~1,550mの範囲に被害を認めていたが, 今回の調査では標高1,000m未満からは被害情報が得られなかった。

土壌型をみると, 黒色土20林分, 褐色森林土6林分(表-2)だった。これまでは被害率が高い林分は黒色土で確認されていた(三原ら1983, 川崎1990)が, 褐色森林土に成立した林分(川上b)にも高い被害率(60%)がみられた(表-2)。

被害率が20%を超える林分は, 山腹平衡緩斜面(5~10°), および石礫が多く風当たりが強い尾根下斜面に多くみられ, 山腹平衡急斜面(30°以上)では被害率が低く, これまでの報告(三原ら1983, 川崎1990)と一致した。

なお, 被害率20%以上の林分は地位級IV以下の



図-1 カラマツ根株腐朽病被害地域と調査地
既知被害市町村は(奥村1988)改変

表-1 調査地の林況

調査地	市町村	林班	地域	林齢(年)	調査面積(ha)	立木密度(本/ha)	樹高(m)	胸高直径(cm)	地位級	腐朽進展状況調査地
八千穂a	南佐久郡八千穂村	38-ハ-1	ハケ岳	42	0.3	385	19.6	25.3	IV	
南牧a	南牧村	69-イ-2	"	61	0.3	244	16.4	25.0	V	
望月a	北佐久郡望月町	176-イ-6イ	"	38	0.2	500	19.2	23.7	IV	
長門	小泉郡長門町	115-ロ(国有林)	"	29	0.3	400	18.5	22.8	III	
原	諏訪郡原村	42-ホ-1	"	46	0.3	654	15.4	17.1	V	
八千穂b	南佐久郡八千穂村	37-ニ-1	"	40	0.3	390	20.0	23.0	III	
小海a	小海町	85-イ-1	"	33	0.3	170	22.6	31.3	II	
望月b	北佐久郡望月町	179-ハ-1	"	46	0.3	360	25.3	17.9	II	
真田	小泉郡真田町	120-イ-5	上信越	28	0.3	210	16.2	25.9	IV	
奈川a	南安曇郡奈川村	5-ハ-2	北アルプス	70	0.3	-	-	-	-	
東部	小泉郡東部町	5-ハ(国有林)	上信越	40	0.3	600	18.3	26.0	IV	
望月c	北佐久郡望月町	184-ロ-3,4	ハケ岳	35	0.3	630	16.7	25.0	IV	○
南牧b	南佐久郡南牧村	70-ハ-1	"	60	0.2	400	14.5	20.9	V	○
南牧c	南牧村	70-ロ-1	"	61	0.2	400	13.8	18.8	V	○
八千穂c	八千穂村	24-イ-1	"	41	0.2	385	18.0	20.8	IV	○
川上a	川上村	195-イ-5ロ	関東山地	39	0.2	1,000	18.1	20.2	IV	○
川上b	川上村	208-ハ-7	"	48	0.2	410	20.0	25.0	IV	
北相木	北相木村	5-ロ-6	"	41	0.2	625	18.1	17.5	IV	○
安曇	南安曇郡安曇村	5-ト-4	北アルプス	41	0.1	900	25.5	24.0	II	○
南相木	南佐久郡南相木村	10-ハ-1	関東山地	41	0.2	530	21.5	25.0	III	○
南牧d	南牧村	66-ハ-1	ハケ岳	33	0.2	800	11.4	15.7	V	○
奈川	南安曇郡奈川村	75-ニ-8	北アルプス	37	0.2	-	25.5	24.0	II	○
川上c	南佐久郡川上村	159-ロ-1イ,ロ	関東山地	38	0.2	850	25.8	23.9	II	○
南牧e	南牧村	82-ハ-1	ハケ岳	41	0.1	650	18.8	24.0	IV	○
望月d	北佐久郡望月町	190-ロ-1	"	39	0.1	350	18.7	26.0	IV	○
小海b	小海町	78-イ-2	"	32	0.2	300	18.5	28.3	III	○

注) 樹高, 胸高直径は平均値, 奈川aは, 主伐のため林況不明, 奈川bは列状間伐のため, 立木密度不明

表-2 被害発生状況と立地環境

調査地	被害率 (%)	地形			土壌			最大積雪深 (cm)	前生
		標高(m)	山腹傾斜(°)	山腹方位	微地形	土壌	石れき		
八千穂a	38	1,240	0~5	NE	山腹中部平衡斜面	黒色土	多	50	人工カラマツ
南牧a	31	1,650	11~17	NNE	〃	〃	多	50	牧場
望月a	18	1,160	2~10	SW	中腹下部凸地形	〃	無	50	〃
長門	21	1,500	9~17	NE	谷平衡斜面	〃	少	100	天然生広葉樹
原	6	1,440	8~9	W	山腹下部平衡斜面	〃	少	50	〃
八千穂b	35	1,280	5~20	S	山腹中部平衡斜面	〃	無	50	〃
小海a	21	1,300	3~5	SE	山腹下部平衡斜面	〃	多	50	〃
望月b	7	1,370	6	ENE	〃	〃	多	50	牧場
真田	5	1,400	5~20	ESE	谷平衡斜面	〃	多	100	天然生広葉樹
奈川a	26	1,600	32	NE	尾根直下平衡斜面	〃	多	150	〃
東部	17	1,750	5~10	NNE	山腹中部平衡斜面	〃	少	150	〃
望月c	17	1,560	5~10	N	広い尾根緩斜面	〃	多	50	牧場
南牧b	37	1,450	0~3	SSE	山腹下部平衡斜面	〃	多	50	〃
南牧c	50	1,650	3	E	〃	〃	多	50	〃
八千穂c	36	1,600	15	N	山腹中部凹斜面	〃	少	50	天然生広葉樹
川上a	35	1,600	10~30	WNW	谷平衡斜面	褐色森林土	多	50	〃
川上b	60	1,490	5	SW	山腹中部平衡斜面	〃	少	50	〃
北相木	1	1,450	35	SW	〃	〃	少	50	〃
安曇	—	1,050	5	S	山腹下部平衡斜面	〃	多	50	畑地
南相木	5	1,150	30	SW	山腹中部平衡斜面	〃	少	50	天然広葉樹
南牧c	10	1,250	5~20	NNE	〃	黒色土	多	50	牧場
奈川	8	1,250	20~30	SE	山腹下部平衡斜面	〃	少	100	天然生広葉樹
川上c	5	1,530	5~10	NE	〃	褐色森林土	多	50	〃
南牧d	16	1,300	0~5	ENE	広い尾根緩斜面	黒色土	少	50	〃
望月d	15	1,500	0~30	NE	山腹中部平衡斜面	〃	少	50	牧場
小海b	22	1,600	5~30	W	〃	〃	少	50	天然生広葉樹

注) 樹高、胸高直径は平均値、被害率=腐朽伐根/調査伐根×100

林分が多く、被害地は低生産力地に多いともいえた(表-1,2)。

3.1.3 林分内での被害木分布

被害伐根は、平衡緩斜面では散在していたが、複合斜面(望月d,小海b)では傾斜の変曲点周辺に集中する傾向がみられた。被害は土壤水分が停滞しがちな箇所が発生しやすい(三原ら1983,川崎1990)とされており、こうした変曲点がその条件を満たしていると考えた。

奈川bは斜面下部の牧場跡地に接する部分に被害木が集中していた。牧場土壌では牛馬の踏圧あるいは冬季の土壤凍結により、不透水層ができやすいと推定され、発病の環境的原因となっているとも考えられた。

3.1.4 被害伐根の腐朽状況と病原菌の種類

被害伐根の腐朽状況を表-3に示した。

被害率と伐根断面腐朽率の関係を図-2に示した。「奈川b」を除くと被害率と腐朽率の間に相関が認められ、高被害率林分では材内腐朽も大きいといえた。「奈川b」は、被害が発生しにくい環境であるため、被害本数が少なかったと考えた。

被害伐根、および被害木から分離できた病原菌

表-3 被害伐根の腐朽状況

調査地	林齢 (年)	被害率 (%)	伐根直径 (cm)	腐朽直径 (cm)	伐根断面腐朽率 (%)
八千穂a	42	38	27	12	43
南牧a	61	31	25	12	41
望月a	38	18	21	8	37
長門	29	21	19	6	31
原	46	6	27	8	33
八千穂b	40	35	27	12	46
小海a	33	21	32	11	41
望月b	46	7	24	12	43
真田	28	5	28	6	26
奈川a	70	26	25	10	39
東部	40	17	25	11	40
望月c	35	17	24	12	45
南牧b	60	37	22	12	54
南牧c	61	50	21	9	43
八千穂c	41	36	23	9	42
川上a	39	35	17	7	44
北相木	41	1	17	6	34
南相木	41	5	24	10	40
南牧c	33	10	15	5	33
奈川b	37	8	24	14	57
川上c	38	5	21	4	20
南牧d	41	16	16	6	37
望月	32	15	37	15	39
小海b	39	22	38	15	40

注) 伐根直径、腐朽直径、伐根断面腐朽率は平均値

には、カイメンタケが多く、その他にハナビラタケ、レンゲタケなどが確認された。

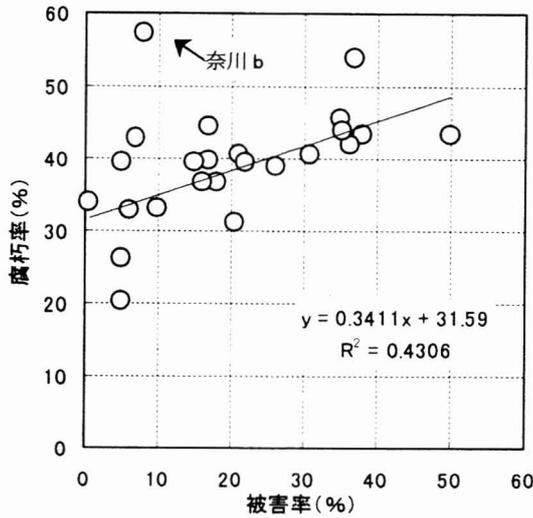


図-2 被害率と伐根断面腐朽率

3.2 伝染様式調査

3.2.1 腐朽菌の種類

調査地の被害率は60%と極めて高かった。被害伐根81本中59本から4種類の病原菌が分離され、カイメンタケ(21本)、と未同定菌(19本)が多かった(表-4)。

表-4 伝染様式調査における被害状況と菌分離結果

調査伐根数	腐朽伐根数	病原菌未分離伐根数	腐朽伐根から分離された病原菌			
			カイメンタケ	Basidiomycete-1	レンゲタケ	ハナビラタケ
136	81 (60%)	22	21	19	13	6

注) 調査面積0.33ha、()内は被害率を示す。

カイメンタケの出現頻度が多いことは、これまでの調査結果(黒田ら1991)と同様だった。未同定菌は大澤ら(1986)が分離した担子菌(以下、Basidiomycete-1という)と同一と判断された。

3.2.2 腐朽菌ごとの感染様式

被害伐根は、約2~5mの間隔で分布していた。

隣接する伐根から分離されたカイメンタケ菌株間の対峙培養を行ったところ、すべての対峙組み合わせで拮抗現象がみられ、互いに異なる菌株であることが明らかになった。なお、レンゲタケ、ハナビラタケにおける実験でも、同様の結果が得られた(表-5)。

また、カイメンタケのDNA多型解析(16菌株)でもすべての菌株が異なるという結果が得られた。

これらのことは、カイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケは被害木ごとに菌株が遺伝的に異なることを示しており、立木への感染は遺伝子交雑により生じた起源(担子孢子など)によっていると考えられた。

ところが、Basidiomycete-1では1つの組み合わせを除き拮抗現象が認められず、DNA多型解析においても1菌株を除きすべての菌株が同じバンドパターンを示した(表-5)。

このことによりBasidiomycete-1は、土中に伸長する根状菌糸束などを感染経路とする病原菌と考えられた。

表-5 隣接伐根の同一種菌株同士の間峙培養結果

種類	カイメンタケ	Basidiomycete-1	レンゲタケ	ハナビラタケ
組み合わせ数	13	9	6	1
拮抗現象有	13	1	6	1
拮抗現象無	0	8	0	0

注) 拮抗現象は菌株が異なることを示す。

3.3 腐朽進展状況調査

3.3.1 腐朽侵入経路と腐朽高

健全立木の幹材への病原菌侵入箇所は地際周辺の外傷と根系枯死部とされている(小林ら1996)。調査木125本を病原菌侵入箇所別に分類すると、外傷性被害木26本、根系枯死性被害木99本となった(表-6)。

外傷性腐朽

調査地ごとの被害木の腐朽高は0.4~8.5mだった。

外傷の大きさ(長さ)と腐朽高の関係を検討し

表-6 被害木の腐朽高

調査地	南牧b	望月c	南牧c	八千穂c	川上a	北相木	安曇	南相木	南牧d	奈川	川上c	南牧e	望月d	小海b	
被害率(%)	37	17	50	36	35	1	-	5	10	8	5	16	15	22	
調査本数	総数	16	3	10	9	23	6	4	8	13	9	2	7	8	7
	根系	16	3	7	8	21	4	0	4	10	3	2	7	8	6
	外傷	0	0	3	1	2	2	4	4	3	6	0	0	0	1
腐朽高(m)	平均	2.1	2.3	1.6	0.8	0.6	1.4	2.9	1.3	0.7	1.8	0.6	0.8	1.4	1.3
	最低	0.2	0.6	0.4	0.6	0.2	0.7	2.1	0.4	0.4	0.8	0.4	0.3	0.3	0.5
	最高	9.0	3.6	8.5	1.3	1.2	2.3	3.6	3.2	1.1	2.7	0.9	1.4	4.7	2.3

注) 根系は根系枯死性腐朽被害木、外傷は外傷性腐朽被害木を示す。安曇は折損木の調査のため被害率は不明

たところ、外傷の長さが 0.3m未満だと腐朽高が 1 mを越えない場合があったが、0.3m 以上になると腐朽高はすべて 1m を越えた。なお、被害木すべてに間伐に伴う外傷があった「安曇」では、傷の長さ (0.3~2.3m) に係わらず腐朽高はすべて 2 m以上まで達していた。

なお、外傷性腐朽には、幹の傷、および枯枝などから侵入する幹心材腐朽病菌も関与すると推定される。

根系枯死性腐朽

調査地ごとの被害木の腐朽高は表-6に示したように 0.15~9.0mだった。また、調査地別平均腐朽高は 0.6~2.4mであった (表-7)。

表-7 根系枯死性腐朽の材内進展

調査地	調査本数	腐朽直径 (m)	腐朽高 (m)
望月c	3	0.1	2.3
南牧b	16	0.1	2.1
南牧c	7	0.1	0.5
八千穂c	8	0.1	0.8
川上a	21	0.1	0.6
北相木	4	0.1	1.3
南相木	4	0.1	0.8
南牧d	10	0.1	0.6
奈川b	3	0.2	2.4
川上c	2	0.0	0.6
南牧e	7	0.1	0.8
望月	8	0.2	1.4
小海b	6	0.2	1.4

腐朽直径、腐朽高は平均値

腐朽高が特異的に高い被害木が外傷性腐朽、根系枯死性腐朽ともに各 1 本 (8.5m, 9.0m) 認められ、北海道で腐朽高が 10m以上に達する被害木がある (佐々木 1983) ことと一致したが、腐朽高が高くなる原因は明らかにできなかった。

3.3.2 根系枯死性腐朽の材内進展

間伐林調査木 76 本 (32~41 年生) の地際腐朽直径と腐朽高の間に図-3 のような関係が見られた。カイメンタケ被害木 (26 本) とその他の病原菌被害木 (50 本) を比較すると、カイメンタケ被害木の腐朽高が高い傾向がみられ (図-3)、腐朽高が 2.5m以上に達している被害木 4 本はすべてカイメンタケ被害木だった。

カイメンタケは本病害病原菌の中で特に強い腐朽力 (小林ら 1989, 小岩 1995) を示すといわれ、本菌の被害木は他の病原菌に比べ樹幹上部への腐

朽が早く進行すると推測された。

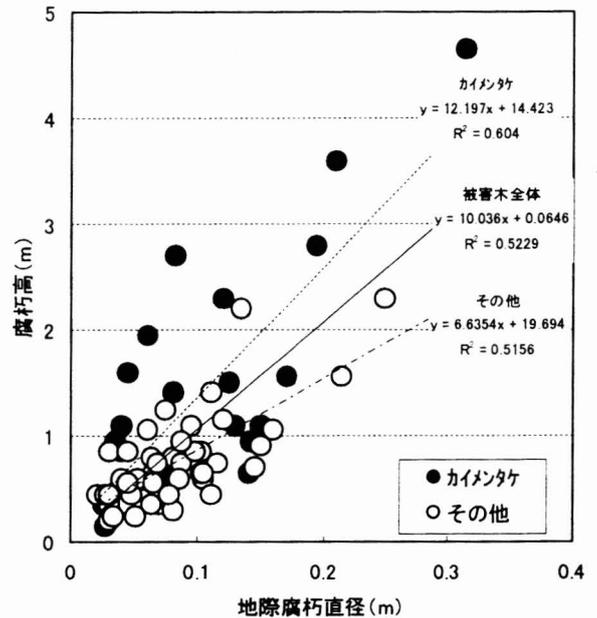


図-3 地際腐朽直径と腐朽高(32~41年生)

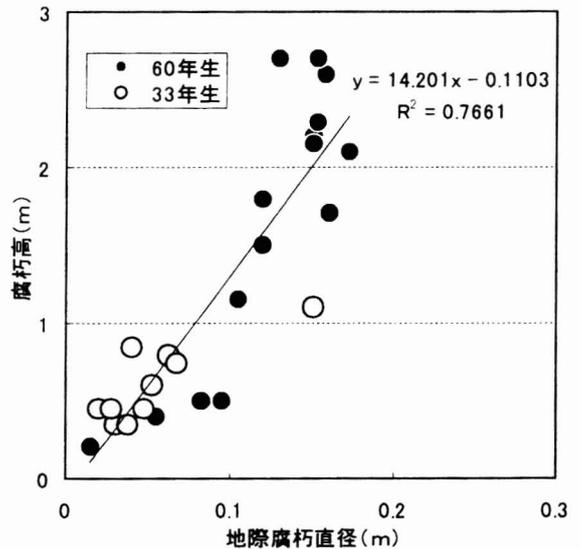


図-4 地際腐朽直径と腐朽高(南牧)

また、同一地域内の 33 年生 (南牧 d) ,および 60 年生 (南牧 b) 調査木の地際腐朽直径と腐朽高にも相関関係が認められた (図-4)。

被害木の平均腐朽高は、32~41 年生では腐朽直径の約 10 倍、60 年生被害木を含む場合は約 14 倍といえ、これまでの結果 (川崎 1990, 黒田ら 1991) とほぼ一致した。

また、黒田ら (1992) は本病害の根系からの侵入時期を 10 年生以上としているので、腐朽菌の侵入時点を 10 年生前後と仮定し、33 年生 (南牧 d) , および 60 年生 (南牧 b) の腐朽高の平均と最大値を経過年で除して、腐朽進展速度を推定

したところ、約 3 cm/年、最大 5 cm/年程度となり、遠藤ら (1967) のカイメンタケ 5~6cm/年、ハナビラタケ 4~5cm/年に類似した。

3.3.4 被害回避法の検討

本病害を直接防除する方法は、現在のところ見当たらない。そのため、被害対策は、被害程度に応じた伐期の調整があげられている (奥村 1988) が、今回の調査結果からも、間伐時に被害木が多く確認された場合は、利用径級に達した立木から早めに伐採・利用していくことが望ましいと考えられた。また、立地環境が被害の多い条件に当てはまらない林分では、新たな被害木の発生も少ないと考えられ、長伐期施業も可能と考えられた。

被害が多い林分では、更新樹種はカラマツ以外の樹種でなければならず、間伐時から他の樹種への更改を進めていくことが望ましいと考えられるので、比較的耐陰性のあるヒノキ、コナラ、ケヤキなどを樹下植栽するか、下層に高木性広葉樹がある場合はそれらを育成する。

しかし、ヒノキは標高 1,200m 以上では良好な成長が期待できず (長野県 1982)、コナラ、ケヤキは 1,000m 以上では成長が劣るため、1,000m 以上の被害林分は、自然発生の高木性広葉樹類を残して育成しする方法が主体になると考えられた。

これまでも地際樹幹を損傷させることが被害を発生させる (三原ら 1983, 近藤ら 1997) ことは指摘されているが、高性能林業機械の導入が進む中、伐出作業などでこれまで以上に樹幹を傷つける可能性がある。伐出作業では十分な注意を払って、樹幹を傷つけないようにすることが重要である。

4 結言

被害林分は、これまでの民有林被害地域とほぼ一致し、被害発生立地もこれまで (三原ら 1983, 川崎 1990) 指摘されている条件と一致した。

既知の病原菌の他、被害木から土中に伸長する根状菌糸束で伝染拡大する未同定菌が確認された。

被害は、外傷性腐朽と根系からの腐朽に分類された。外傷の長さが 10cm でも腐朽が発生するため、樹幹を傷つけない伐出作業が必要である。

根系からの腐朽被害木の地際腐朽直径と腐朽高には相関関係が認められ、主要な病原菌であるカイメンタケは、他の病原菌に比べ腐朽が速く進行すると判断された。また 30~40 年生被害木の平

均的な腐朽高は地際断面の腐朽直径の約 10 倍に達し、その進展速度は年 3~5cm 程度と推定された。

被害が多い林分では、利用径級に達した立木から早めに伐採・利用する必要がある。標高の高い被害林分の更新は、下層の高木性広葉樹の育成による更改が主体となると考えられた。

共同調査を行った (独法) 森林総合研究所 阿部恭久チーム長、服部力主任研究官、調査手法、および病原菌分離手法を教示いただいた山梨県森林総合研究所 大澤正嗣研究員、ならびに調査に協力いただいた佐久、上小、松本地方事務所林務課、望月町協和財産区、南佐久中部森林組合、南佐久南部森林組合に対して厚く感謝します。

引用文献

- 遠藤昭ら (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, 日林講 78, 201-203
- 川崎圭造 (1990) カラマツ心腐れ病に関する調査報告書 - 信州大学農学部調査委託報告書 53~59 年度合冊, 長野県営林局, 208pp
- 川崎圭造 (1986) カラマツ腐心病多発地の土壌, 日林中支講 34, 65 - 67
- 木下照雄ら (1982) 佐久地方におけるカラマツ腐心病の調査, 昭和 56 年度長野県林指業報, 82 - 83
- 黒田吉雄 (1997) カラマツ根株心腐病に関する生態学的研究, 筑大演報 13, 1 - 72
- 黒田吉雄ら (1992) カラマツへの根株心腐病の進入時期, 筑大演報 8, 123 - 126
- 黒田吉雄ら (1991) カラマツ根株心腐病の樹幹内での進展, 日林誌 73 (3), 232-237
- 小林享夫 (1996) 材質腐朽病および青変病 (新編樹病学概論, 小林享夫ら共著, 297pp, 養賢堂, 東京) 232-241
- 小林正ら (1989) カラマツの材質腐朽 - 培養の諸性質と材腐朽力, 日林論 100, 591~592
- 小岩俊行ら (1995) 岩手県のカラマツ根株心材腐朽に関与する菌とその腐朽力 - 県北における事例 -, 日林東北支誌 47, 83-84
- 近藤道治ら (1998) 機械化作業システムに適合した森林施業法の開発 - 機械化作業が森林環境に与える影響 -, 平成 9 年度長野県林総セ業報, 22-23
- 長野県林務部 (1982) 台風 10 号による森林被害調

- 査と復旧対策報告書, 24-31
- 三原康義ら (1983) 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, 71 - 74, 155 - 163
- 大澤正嗣 (1997) 主要材質劣化病害の被害実態の解明と被害回避法の確立, 平成 7 年度山梨県森林総合研究所事業報告, 18-19
- 大澤正嗣ら (1986) カラマツ根株心腐病罹病木および健全木の菌類相とその遷移, 筑大演報 2, 17~29
- 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
- 佐々木克彦 (1983) カラマツ間伐木の腐朽調査, 北方林業 35, 108 - 113
- 佐々木克彦ら (1983) カラマツ造林木の腐朽菌害 - 北海道における被害実態 -, 日林北支講 31, 125 - 127
- 武井富喜雄ら (1981) カラマツ腐心病の調査, 昭和 55 年度長野県林指業報, 169 - 173