

主要材質劣化病害（カラマツ根株心腐病）の被害実態の解明と被害回避法の開発

（県単課題 平成6年～8年）

大槻晃太

柳田範久

（現：福島県森林整備課）

川口知穂

目 次

要 旨	115
I 緒 言	116
II 目 的	116
III 調査方法	116
1. 被害実態調査	116
2. 病原菌同定	116
3. 根系調査	117
4. 被害と立地環境との関係	117
IV 結果と考察	117
1. 被害実態調査	117
2. 病原菌同定	117
3. 根系調査	120
4. 被害と立地環境との関係	122
V 引用文献	125

要 旨

県内において伐採が行われたカラマツ26林分の伐根を対象として、根株心腐病の被害実態調査と病原菌の分離同定および病原菌侵入に係わる被害伐根の根系調査を行った。また、立地環境調査を行い、林分単位での被害予測を行った。その概要は以下のとおりである。

①被害は本数率で1～34%、平均10.2%であった。また、30年生前後から40年生前後までに被害本数率の増加傾向が示されなかったことから罹病時期が30年生以下の若年生時であると推定された。また、罹病木の腐朽は年々大きくなることが示された。

②病原菌としてカイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケおよびBasidio-1が同定された。その中でもカイメンタケ、レンゲタケの分離頻度が高く、カイメンタケおよびレンゲタケは主要な加害菌であることがわかった。また、同一林分内で複数の病原菌による加害が観察された。

③1林分で2伐根について根系を掘り起こしたところ、15年生時ごろ伐根直下の根および同じ深さの中径木に生じた傷と太さ2~3cm中径根の根腐れが菌の侵入口と推測された。後者の根腐れの形成原因は、一時的に地下水位が上昇または停滞水の発生しやすい土壌であったことから酸欠による根腐れが原因と考えられる。しかし、前者の根株直下に生じた傷については腐朽が進んでいたため、原因が明らかにならなかった。

④被害本数率と傾斜度、位置、土壌型およびA層の石れき量を含めた4要因をスコア化し、数量化I類を用いて被害予測を行ったところ、重相関係数 $r^2 = 0.6626$ となり、ある程度被害の予測が可能であった。また、林齢と被害本数率のスコア化により腐朽総面積の予測を行ったところ重相関係数 $r^2 = 0.5635$ となった。

I 緒言

本県の民有林におけるカラマツ造林面積は全針葉樹造林面積230,000haの5%、11,000haを占めている¹⁾。本種は耐寒性があり植栽適応範囲も広いため、会津地方や中通りの高海拔地に多く植林されており、主伐期を迎える6~8齢級の林が6,779haと全体で約6割を占めている。ところでカラマツは心材部の腐朽する病害があり、被害本数率で30%以上を占める林分が北海道²⁾や長野県³⁾で報告されている。地上部から侵入する腐朽も存在するが、根系より侵入する根株心腐病は、一番玉が被害を受けるため経済的なダメージが大きいと言われている。本県ではカラマツ造林の歴史が浅いため被害発生への報告はないが、今後利用期を迎えると被害が顕在化することも予想される。

II 目的

県内カラマツ林における根株心腐病の被害実態を把握し、立地環境要因の調査を行って発生誘因究明のための基礎データの集積を行うとともに、被害回避を目的とした被害予測法の開発を行う。

III 調査方法

1. 被害実態調査

平成6年4月から平成8年12月の間において、主伐および間伐が実施された26林分(図-1および表-1参照)について伐採後1年以内に約100本の伐根直径と断面に現れる腐朽の有無、そして腐朽が認められる場合はその直径を測定し、被害本数/調査伐根本数により被害本数率を求めた。また、被害程度を表すため、伐根面の腐朽の直径から腐朽面積を求め、調査木100本あたりに換算し1林分当たりの腐朽総面積とした。

2. 病原菌同定

病原菌分離用の試料採取は猪苗代地区で赤埴、乳下の2林分、南会津地区では田島町田無沢2、男ヶ岳2、糸沢2、南郷、滝ノ原の5林分、そして郡山の1林分、計8林分において行った。被害部より採取した試料は火炎滅菌法で殺菌した後、ペノミル(10~15mg/ℓ)を添加したMalt寒天培地上にのせ、20℃で約10日前後培養し菌の分離を行った。病原菌の同定は培地上の菌叢と顕微鏡による観察により行ったが、一部の試料については山梨県森林総合研究所の大澤正嗣研究員に同定を依頼した。

また、分離を試みた被害材で腐朽高が測定可能な9被害材について腐朽高を測定し、病原菌による腐朽高の違いを検討した。

3. 根系調査

根系調査は平成8年2月と平成9年1月の2回、郡山市の林業試験場内にある25年生カラマツ林で行った。調査は被害のみられる2本の伐根について直径2mの円状に深さ1mまで掘り下げ、根株と根系および腐朽侵入部位の位置をスケッチするとともに土壌調査を実施して被害発生誘因の検討を行った。

4. 被害と立地環境との関係

調査林分の標高と位置、微地形、傾斜方位および傾斜度を調査した。位置は尾根上・斜面上部・中腹上部・中腹下部・底の4タイプに分け、微地形は凹地・凸地・平衡斜面・山脚堆積面の4タイプに分けた。さらに1林分あたり1カ所の土壌面調査を行い、土壌型の判定とA層の厚さおよびA、B層の断面に占める石れきの割合として0%を無、5%未満を乏、5%以上10%未満を含、10%以上20%未満を富、20%以上50%未満を頻富、50%以上を礫土として調査した。なお、被害と関係があると考えられる立地環境要因の4要因（傾斜度・位置・土壌型・石れき割合）を数量比I類によって被害本数率を求めるためスコア化した¹³⁾。また、林齢と被害本数率を同様に腐朽総面積を求めるためスコア化した。

IV 結果と考察

1. 被害実態調査

調査地の位置は図-1に、また被害の調査結果を表-1に示す。調査林分の林齢は25~50年の範囲で平均が40年生弱であり、50年生を越えた高齢木は1林分のみであった。また、主伐林分は5カ所で残り21カ所は間伐林分であった。

被害本数率は1~34%の範囲にあり、平均10.2%となり、北海道¹⁴⁾の結果と同様にばらつきが生じたが、北海道の平均値8.2%と比較すると若干大きい値を示した。また、猪苗代地区と南会津地区を比較すると両者とも被害の軽微な林分と被害本数率20%以上の激害林が見られ、有意な地域性は認められなかった ($t = -1.79$, $P > 0.05$)。

林齢と被害本数率の関係を図-2に示す。被害は34年生の猪苗代町高森調査地で最も高く34%を示したが、かなり若い25年生の郡山調査地でも22%と高い値を示し、林齢との相関は認められなかった。なお、本調査地を30年前後と40年生以上に2分し、被害本数率を分散分析により解析したところ、有意な差が示されなかった ($t = 1.246$, $P > 0.05$)。この2つの時期で罹病率の差が認められないことから罹病木の発生時期は少なくとも30年生以前であることが考えられる。したがって、今後は10および20年前後の林を調査して罹病木の発生時期を特定する必要があるだろう。

図-3には林齢と腐朽総面積の関係を示した。腐朽総面積が最大を示した林分は50年生の田島町男ヶ岳1調査地で4280cm²であり、腐朽総面積は林齢が増すほど増加する傾向にあった。

2. 病原菌同定

8林分の69被害材からの分離結果を表-2に示す。カイメンタケ4菌株、レンゲタケ6菌株、

I : 猪苗代地区
 II : 南会津地区
 III : 郡山地区
 IV : 白河地区

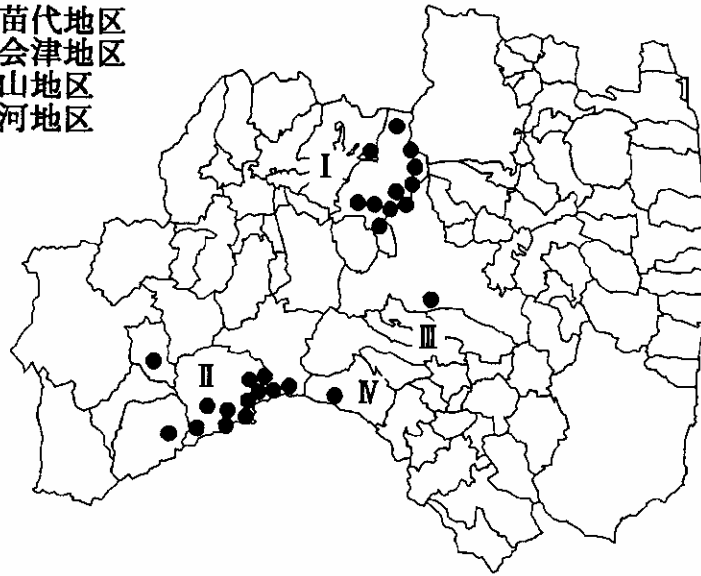


図-1 調査地位置図

表-1 被害実態調査結果

地区	調査地	林齢(年)	調査木直径平均		罹病木平均		腐朽部平均		腐朽総面積 (cm ² /100本)
			伐根直径(cm)	伐根直径(cm)	直径(cm)	被害本数率(%)			
猪苗代	猪苗代町 猪苗代 * 1	4 5	36.2	39.4	11.4	10.0	1561.2		
	猪苗代町 猪苗代 * 2	3 5	19.3	14.8	3.4	3.5	38.6		
	猪苗代町 猪苗代 * 3	3 5	20.2	18.4	5.3	2.3	66.1		
	猪苗代町 猪苗代 * 4	3 5	23.2	22.7	9.3	10.0	900.0		
	猪苗代町 猪苗代 * 5	3 5	22.0	21.0	2.5	1.0	4.9		
	猪苗代町 猪苗代 * 6	3 5	21.6	16.5	9.0	1.0	63.6		
	猪苗代町 猪苗代 * 7	3 5	23.2	16.0	1.0	1.0	0.8		
	猪苗代町 猪苗代 * 8	4 5	36.8	29.1	8.4	5.6	498.1		
	猪苗代町 猪苗代 * 9	2 7	16.3	17.2	6.4	15.0	537.9		
	猪苗代町 猪苗代 * 10	3 4	27.8	24.9	6.9	34.0	1864.1		
南会津	南会津町 南会津 * 1	3 0	17.6	21.0	5.0	1.0	19.6		
	南会津町 南会津 * 2	4 0	25.4	21.4	4.0	1.5	36.7		
	南会津町 南会津 * 3	3 5	20.1	18.8	4.8	13.0	282.6		
	南会津町 南会津 * 4	4 2	18.4	18.0	7.4	22.0	1145.9		
	南会津町 南会津 * 5	4 5	26.9	29.5	4.5	4.0	97.7		
	南会津町 南会津 * 6	4 5	29.1	23.1	7.6	12.0	864.7		
	南会津町 南会津 * 7	4 5	27.1	23.5	5.4	3.0	72.1		
	南会津町 南会津 * 8	4 2	28.7	23.7	9.4	23.0	2321.0		
	南会津町 南会津 * 9	5 0	36.2	37.1	15.1	18.0	4280.6		
	南会津町 南会津 * 10	4 2	30.0	25.5	9.0	27.0	1931.5		
白河	白河町 白河 * 1	4 5	20.0	19.0	7.0	11.0	346.6		
	白河町 白河 * 2	4 3	16.3	17.0	6.4	7.0	513.6		
	白河町 白河 * 3	4 2	27.5	25.7	8.6	32.0	2239.4		
	白河町 白河 * 4	4 5	15.2	14.9	3.6	19.4	254.5		
	白河町 西郷村	3 0	14.2	12.1	6.4	4.0	147.0		
郡山	郡山市	2 5	11.6	9.9	5.6	22.6	632.7		

注) *は主伐林分を表し、それ以外は間伐実施林。

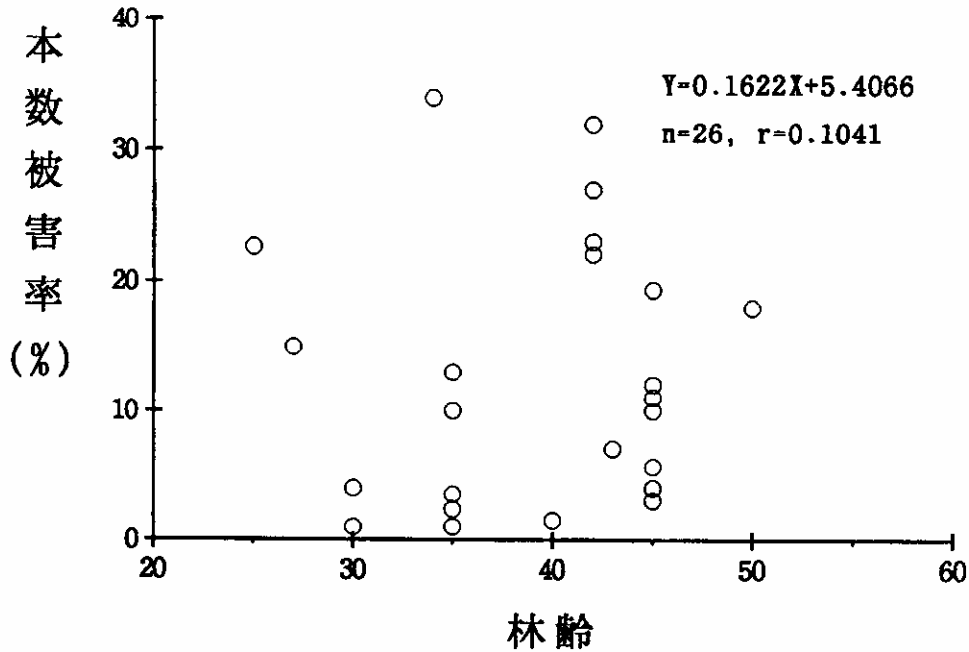


図-2 林齢と被害本数率との関係

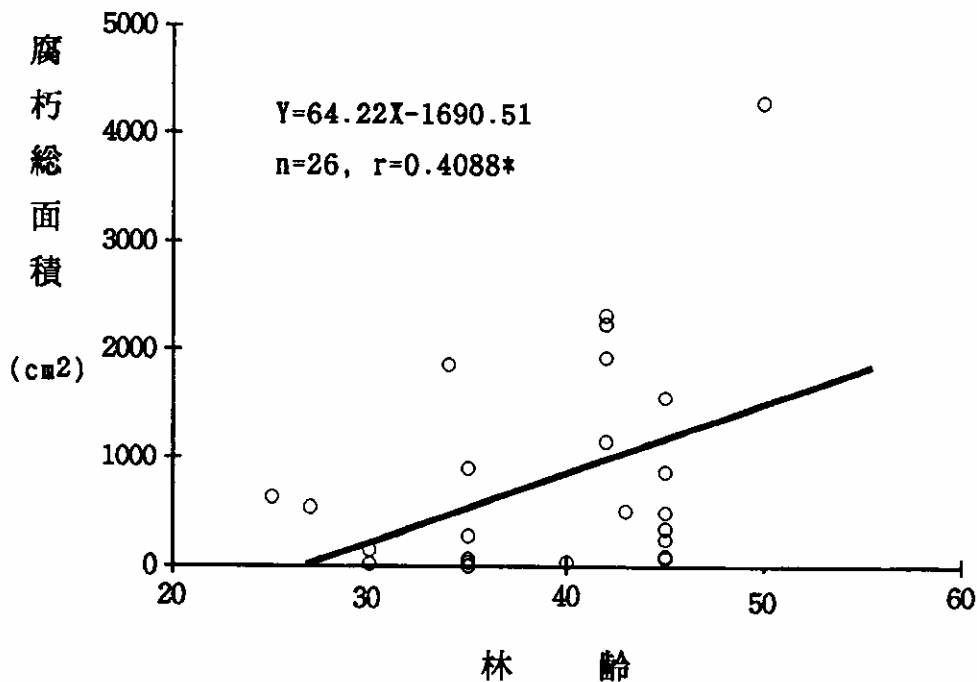


図-3 林齢と腐朽総面積の関係

Basidio-1 4菌株が分離され、未同定担子菌株は6菌株であった。なお、分離を実施していない田島町番屋調査地と糸沢1調査地でハナビラタケ、猪苗代町赤埴調査地でカイメンタケの子実体を採集した。これを加えると同定された加害菌はカイメンタケが5株、レンゲタケが6株、Basidio-1が4株およびハナビラタケが2株となる。ところで4菌株採取したBasidio-1はすべて郡山市調査地で採集されたのに対し、カイメンタケは5調査地、レンゲタケは3調査地、ハナビラタケについても2調査地と複数の調査地で各々確認されたことになる。カイメンタケとレンゲタケおよびハナビラタケは本病害の主要な病原菌である^{6,7)}ことが示されており、本県においてもこれら3種が主要な病原菌と考えられる。

表-2 被害材からの分離結果

(菌株数)

採取場所	滝ノ原	田無沢2	郡山	男ヶ岳2	南郷	糸沢2	赤埴	乳下	計
伐根数	10	10	37	8	1	1	1	1	69
菌名									
カイメンタケ		1		1	1	1			4
レンゲタケ	1	4	1						6
Basidio-1			4						4
未同定担子菌	3		1				1	1	6

カイメンタケとレンゲタケが緊密で透水性の不良な土壤環境の林分に発生しやすいのに対し、ハナビラタケは柔軟で透水性の良い土壤環境の林分に発生しやすい¹¹⁾ことが知られており、本県においても病原菌ごとの被害発生林分の特徴はおおむねこれに準じた。

なお、郡山市調査地ではレンゲタケとBasidio-1、田島町田無沢2調査地ではカイメンタケとレンゲタケが検出された。このような同一林分内での複数の病原菌による加害は岩手県⁶⁾や長野県⁸⁾でも報告されている。

病原菌ごとの腐朽の高さは表-3に示す。最高はカイメンタケの350cmであった。カイメンタケの腐朽力はハナビラタケやBasidio-1より強い^{5,7)}といわれており、今回の腐朽高もこれに準じる結果であった。しかし、レンゲタケの腐朽高が190cmと267cm以上と高いことから、カイメンタケと同様に腐朽力は強いものと考えられる。

表-3 同定された病原菌と被害形態

分離菌	採取場所	腐朽高(cm)	腐朽直径(cm)	伐根面の腐朽割合(%)
カイメンタケ	田島町田無沢	24	7.0	12
"	南郷村	350	19.0	41
レンゲタケ	郡山市	44	10.5	60
"	"	190	9.5	11
"	"	267+	22.5	27
Basidio-1	郡山市	60	4.0	16
"	"	54	4.0	8
"	"	50	5.6	9
"	"	126	11.0	44

以上のように、本県においても代表的なカラマツ根株心腐病の病原菌であるカイメンタケ、ハナビラタケ、レンゲタケの生息が確認された。今後は各病原菌の特性を把握して加害発見の環境条件や伝染様式を解明する必要がある。

3. 根系調査

根系調査結果を図-4に示す。調査は土壌型が擬似グライである郡山市調査地で行った。供試木-1は図-5に示したように根株直下19cmのところ巻き込みがみられる傷跡があって、菌の侵入口と判断された。傷の巻き込みは9~10年が経過しており、おおむね15年生時に傷を受けたものと考えられる。なお、傷の原因については腐朽が著しく特定できなかった。

供試木-2においても同様に根株直下17cmの深さの垂下根腐朽部が観察された。また、これとは

別に伐根から25cm離れた深さ22cmにおいて直径2cmの腐朽した中径根腐朽部が確認された。また、伐根から30cm離れた深さ17cmにおいて3cmの根に50cm程度の傷跡があり病原菌の侵入口と判断された。侵入時期についてはどの侵入口も腐朽が激しく、推定できなかった。菌の侵入は、根株直下の割れ目または中径根の損傷部³⁾からおこる報告とされている。本調査地では腐朽の侵入跡を土壌断面でみるとA2層中で侵入跡が形成されていた。本調査地の土壌はB層（40～50cm）に鉄斑を含む帯黄褐色層を有し、これは地下水位が一時的に上昇することを表しており、土壌の酸素が欠乏し根腐れが生じたものと考えられる。また、根株直下の傷は若齢時の発生と考えられたものの、原因については不明であった。根系調査により本病害の発生誘因が解明できることから、侵入口がどのような時期にどのような原因で形成されるのか、若齢木を対象としてさらに調査する必要がある。



写真-1 病原菌の侵入口形態

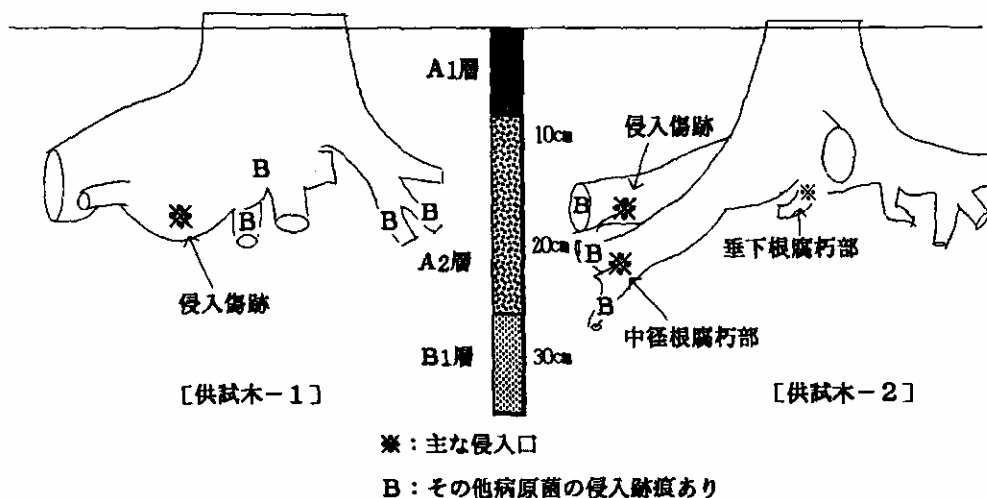


図-4 根系調査結果

4. 被害と立地環境との関係

各調査地の立地環境要因は斜面の位置ごとに整理して表-4に、土壌調査結果は土壌型で整理して表-5に示す。そして、立地環境要因の中で傾斜度と位置、土壌型およびA、B層の石れき割合の4要因で作成したスコア表を表-6に示す。

傾斜度では0~9°の緩斜面でスコアが13.029と高く、被害と関連が大きいことが示された。また、偏相関係数は0.737と4要因の中でも最も高い値となり、最も被害と関係の高い環境要因であること

表-4 全調査地の立地環境

調査地	本数 本数	標高	傾斜度	斜面方位	位置	微地形
猪苗代市代田町	10.0	900	3	W	底	山
猪苗代市代田町	10.0	970	15	SE	底	山
猪苗代市代田町	34.0	750	5	S	底	山
猪苗代市代田町	12.0	750	20	SW	底	山
猪苗代市代田町	23.0	650	4	NW	底	山
猪苗代市代田町	32.0	650	5	NE	底	山
猪苗代市代田町	11.0	950	15	SE	底	山
猪苗代市代田町	18.0	800	5	NW	底	山
猪苗代市代田町	22.6	250	10	NW	底	山
猪苗代市代田町	5.6	550	2	W	底	山
猪苗代市代田町	2.3	750	15	SE	中	山
猪苗代市代田町	1.0	950	25	NE	中	山
猪苗代市代田町	1.0	900	12	NW	中	山
猪苗代市代田町	1.5	750	12	SE	中	山
猪苗代市代田町	13.0	900	20	SE	中	山
猪苗代市代田町	22.0	850	10	SE	中	山
猪苗代市代田町	4.0	800	25	SW	中	山
猪苗代市代田町	27.0	700	20	NW	中	山
猪苗代市代田町	7.0	700	20	E	中	山
猪苗代市代田町	19.4	850	30	NW	中	山
猪苗代市代田町	1.0	950	18	SW	中	山
猪苗代市代田町	1.0	1150	20	SE	中	山
猪苗代市代田町	4.0	1000	20	NE	中	山
猪苗代市代田町	3.5	800	15	SW	中	山
猪苗代市代田町	15.0	1000	22	SE	中	山
猪苗代市代田町	3.0	850	20	NE	中	山

表-5 調査地の土壌環境

調査地	本数 本数	土壌型	A層の厚さ	石れき量
猪苗代市代田町	1	B1C	20	含
猪苗代市代田町	11.0	B1C	18	含
猪苗代市代田町	2.3	B1D	10	含
猪苗代市代田町	1.0	B1D	8	含
猪苗代市代田町	34.0	B1D	18	含
猪苗代市代田町	4.0	B1D	15	含
猪苗代市代田町	22.0	B1D	15	含
猪苗代市代田町	3.0	B1D(d)	10	含
猪苗代市代田町	4.0	BB	10	含
猪苗代市代田町	10.0	BC	18	含
猪苗代市代田町	1.5	BC	4	含
猪苗代市代田町	13.0	BC	12	含
猪苗代市代田町	7.0	BC	12	含
猪苗代市代田町	19.4	BD	16	含
猪苗代市代田町	10.0	BD(d)	18	含
猪苗代市代田町	1.0	BD(d)	14	含
猪苗代市代田町	1.0	BD(d)	8	含
猪苗代市代田町	12.0	BD(d)	15	含
猪苗代市代田町	27.0	BD(d)	16	含
猪苗代市代田町	23.0	BD(Er)	5	含
猪苗代市代田町	18.0	BD(Er)	5	含
猪苗代市代田町	32.0	BD(Er)	5	含
猪苗代市代田町	22.6	psG	8	含

表-6 被害本数率予測のためのスコア表

要因	カテゴリ	スコア	レンジ	偏相関係数
傾斜度	0～9	13.029	18.312	0.737
	10～19	- 5.283		
	20～	- 2.288		
位置	底部	1.152	9.904	0.465
	中腹下部	3.866		
	中腹上部	- 4.866		
土壌型	黒色土	2.419	23.265	0.593
	褐色森林土	- 2.841		
	擬似グライ	20.424		
A、B層の石れき割合	<5%	- 0.348	6.722	0.399
	5～20%	- 4.522		
	20～50%	7.433		
		$r = 0.8140$		
		$r^2 = 0.6626$		

がうかがわれた。被害林分は停滞水を生じる緩斜面にあること⁹⁾ や傾斜が緩いほど腐朽総体積が大きいこと⁸⁾ など被害と傾斜の関係が示されている。また、停滞水の発生は土壌中の酸素を欠乏させ酸素要求量の多いカラマツ⁴⁾ にとって根系の壊死を引き起こす要因となる¹⁴⁾ ことが指摘されている。このように、緩斜地では土壌中の水分移動が緩慢になり、一時的に停滞水がおこりやすく、根系の壊死が発生しやすいため、スコア値が高くなったものと考えられる。しかし、これらはカイメンタケとレンゲタケの発生誘因であって、ハナビラタケの誘因ではない。このことに関しては、前2者の分離株数が、11と後者の2と比べて圧倒的に発生割合が高かった結果によるものと理解される。

次に、位置については底および中腹下部のスコアが1.152、3.866と高かったのに対し、斜面上部のスコアが-4.866と低い値となった。ここで底と中腹下部の被害本数率の差を検定すると両者間に有意な差は示されなかった ($t = 1.8230$, $P < 0.05$) もの、中腹上部の被害本数率と中腹下部と底を合わせた被害本数率を検定すると有意な差が示された ($t = 2.0766$, $P < 0.05$)。これまでにも急傾斜地や凸地の調査地では被害が少なかったものと考えられる。そして、本調査において底に位置した猪苗代町議場調査地では、湧き水の近辺に被害木が集中している傾向があり、中腹下部に位置していた田島町男ヶ岳2では急斜面から緩斜面に変わる地点に被害木が位置する傾向が示され、底や傾斜が緩やかになる斜面下部地形では停滞水が生じやすいものと考えられる。

土壌型についてみると、擬似グライ型でスコアが20.42と高い値を示した。擬似グライ型を示した郡山市調査地の土壌断面を図-5に示す。この土壌型の特徴は40～50cmの深さに地下水位が季節的に上昇したことを示すB-g層が観察され²⁾、適潤性表層グライ化褐色森林土 (gB₀) とともに重粘土地と呼ばれ、停滞水が発生しやすく被害が大きい土壌型である¹⁴⁾ ことが示されている。また、黒色土のスコアは2.419と若干高い値となった。黒色土が土壌緊縛力に乏しく風衝地などの樹幹の揺れにより細根の根切れが生じやすい土壌である¹⁴⁾ ことや富士山麓で観察される20～100cmの深さに存在する固結層による停滞水が根腐れを起こすため^{7, 12)} 被害が大きいことが示されている。

最後に石れき量を見ると、面積割合が20～50%の土壌のスコアが7.433と高い値を示し、被害との関係が大きいことが示された。土壌中に石れきを20%以上を占める土壌は緊縛力が小さくなるこ

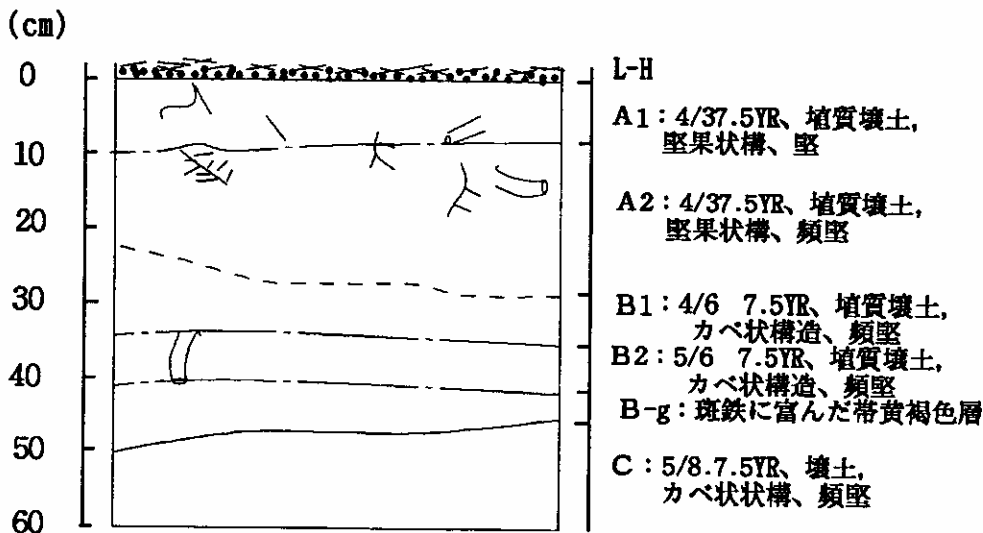


図-5 郡山市調査地の土壌断面

とが考えられ、風等による振動で根切れを生じることが予想される。これに関しては今後とも検討する必要がある。

今回作成したスコア表は、調査件数が26と少なく、かつ尾根上に分類される調査地が無いことや被害が大きいと考えられる擬似グライ型の調査地および石れき割合の多い調査地が1、2林分しかなかった。今後は調査件数を増やすとともに前述した調査事例件数をも増やしてスコアの精度を上げる必要がある。

表-7 腐朽総面積予測のためのスコア表

要 因	カテゴリー	スコア	レンジ	偏相関係数	
腐朽総面積のスコア表を被害本数率と林齢の2つの要因で作成した結果は表-7に示す。43~50年生時にスコアが289.175と最も高い値となった。本病害は罹	林 齢	25~30年	-525.465	814.639	0.371
		31~36	-67.454		
		37~42	54.682		
		43~50	289.175		
病後、経時的に腐朽が進行するため、林齢が大きいほど腐朽は大きいと考えられる。また、このスコアの値の変化や図-3で示した林齢との関係を見ると被害の拡大は40~50年生以降に増大するものと予測される。	被害本数率	1~4	-666.755	1867.480	0.728
		5~14	-241.221		
		15~24	792.321		
		25~	1200.720		
		$r = 0.7507$			
		$r^2 = 0.5635$			

また、被害本数率との関係を見ると、当然のことではあるが、被害本数率が多いすなわち被害の発生しやすい林分で1200.72と最も高いスコアを示した。

以上のことから、立地環境要因からある程度の被害本数率の予測と腐朽総面積の予測が可能と思われる。これらのスコアより林分における被害率の予測を行い、除間伐等で被害実体を確認するとともに、被害状況に応じて今後の施業計画を見直す必要がある。

今後は被害発生時期の特定、初期段階における被害木の発見法などを究明し、さらに積極的な林業的被害回避法の検討を行いたい。

V 引用文献

- 1) 福島県農林水産部：平成7年度福島県林業統計書、1996
- 2) 土じょう部：林野土壌の分類. 林業試験場研究報告 280 : 1~28、1975
- 3) 金子繁・窪野高德・佐々朋幸・その他：岩手県下におけるカラマツ根株腐朽病の被害実態－伐根に基づいた解析事例－. 日林論 102 : 327~328、1991
- 4) 荻住昇：樹林根系図説. 誠文堂新光社 : 192~196、1979
- 5) 小林正・阿部恭久：カラマツの材質腐朽菌－培養の諸性質と材質腐朽力－. 日林論 100 : 591~592、1989
- 6) 小岩俊行・服部力：岩手県のカラマツ根株心腐病に関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、1995
- 7) 黒田吉雄・大沢正嗣：長野県佐久地方におけるカラマツ根株心腐病害とその樹幹侵害. 森林防疫 41 (481) : 14~17、1992
- 8) OHSAWA, M., KURODA, Y. and KATSUYA, K.: Heart-Rot in Old-Aged Larch Forests (I) Status of damage Caused by Butt-Rot and Stand Condition of Japanese Larch Forests at the Foot of Mt. Fuji. Journal of the Japanese Forestry Society 76(1) : 24~29、1994
- 9) 奥村俊介：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 (441) : 7~11、1988
- 10) 佐々木克彦：北海道におけるカラマツ造林木の腐朽菌害. 森林防疫 35 (416)、1986
- 11) 佐々木紀・浜 武人・仙石鉄也：長野県立科町および望月町のカラマツ腐心病発生地の土壌環境について. 林業試験場木曾年報 28 : 25~26、1987
- 12) 田中豊・垂水共之：パソコン統計ハンドブック（Ⅱ）多変量解析編. 430PP, 共立出版, 1984
- 14) 山根玄一・薄井五郎・北川善一：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 : 77~98、1990