

## カラマツ根株腐朽木と健全木における根株径の比較および根株腐朽被害と根株径サイズの関係

森林総合研究所北海道支所 山口 岳広

### はじめに

カラマツは根株腐朽被害が多いといわれており (1) 長伐期化に伴う被害の増大が懸念されている。その被害の実態についてはこれまで北海道内外を含むいくつかの調査が行われており (例えば (2,4,6,7,8,9,10,13,14)), その被害状況が次第に明らかになりつつある。

しかし、同一林分内における被害の差すなわち優勢木と劣勢木で被害に差があるのか、また罹病木と健全木では直径成長に差があるのかという点については、これまでほとんど検討が加えられてこなかった。一般に、人工林の被圧木では樹木病害への抵抗力が低下するとされている (12)。そこで、本報告ではこれまで調査

表-1 解析対象としたカラマツ調査林分の概要

林分コード	市町村(旧町村名)	所有形態	伐採方法	調査年	植栽年	調査時の林齢	調査本数			本数腐朽率%
							健全木	腐朽木	合計	
A	芦別市	国有林	間伐	2003	1958	45	26	24	50	48.0
B	浦河町	国有林	間伐	2004	1950	54	16	17	33	51.5
C	浦河町	国有林	間伐	2004	1951	53	30	24	54	44.4
D	三笠市	国有林	間伐	2003	1952	51	34	16	50	32.0
E	千歳市	国有林	間伐	2002	1945	58	73	32	105	30.5
F	石狩市(厚田村)	国有林	間伐	2004	1958	46	32	21	53	39.6
G	新ひだか町(三石町)	国有林	間伐	2004	1950	54	24	31	55	56.4
H	札幌市南区	国有林	間伐	2004	1958	46	61	19	80	23.8
I	津別町	道有林	間伐	2007	1955	52	39	22	61	36.1
J	苫小牧市	国有林	間伐	2003	1957	46	78	42	120	35.0
K	苫小牧市	国有林	間伐	2002	1952	51	29	21	50	42.0
L	苫小牧市	国有林	間伐	2002	1957	46	23	27	50	54.0
M	苫小牧市	国有林	間伐	2002	1956	47	35	15	50	30.0
N	苫小牧市	国有林	間伐	2002	1954	49	39	29	68	42.6
O	美幌町	国有林	間伐	2007	1961	46	39	11	50	22.0
P	標茶町	民有林	間伐	2002	1954	48	77	13	90	14.4
Q	別海町	国有林	間伐	2006	1960	46	34	16	50	32.0
R	むかわ町(穂別町)	国有林	間伐	2004	1955	49	29	24	53	45.3
S	むかわ町(穂別町)	国有林	間伐	2004	1951	53	41	14	55	25.5
T	岩見沢市(栗沢町)	国有林	間伐	2004	1956	48	55	15	70	21.4
U	夕張市	国有林	間伐	2003	1955	48	28	22	50	44.0
V	夕張市	国有林	間伐	2004	1950	54	36	18	54	33.3
W	夕張市	国有林	間伐	2003	1952	52	50	10	60	16.7
X	夕張市	国有林	間伐	2003	1958	46	42	14	56	25.0
Y	苫小牧市	国有林	皆伐	2006	1957	47	23	27	50	54.0
Z	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1956	48	42	18	60	30.0
AA	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1958	46	40	25	65	38.5
AB	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1956	48	43	22	65	33.8
AC	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1958	46	41	24	65	36.9
AD	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1961	43	45	20	65	30.8
AE	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1958	46	51	12	63	19.0
AF	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1959	45	51	17	68	25.0
AG	苫小牧市	国有林	皆伐	2007	1956	48	49	20	69	29.0
AH	札幌市豊平区	森林総研実験林	皆伐	2007	1973	34	110	78	188	41.5
合計							1465	760	2225	-

Takehiro YAMAGUCHI (Hokkaido Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Sapporo, 062-8516)

Comparison of stump diameter between the butt-rotted and healthy larch with the verification of or butt-rot incidence among the size of stump diameter within the same stands

されたカラマツの根株腐朽被害データをもとにして、腐朽木と健全木における根株径に差があるかどうか、また根株腐朽被害の程度が根株径のサイズによって差があるかどうかを検証することを試みたので報告する。

**調査地および方法**

1) 調査地と調査方法

調査は 2002 年から 2007 年にかけて、北海道内（主に道央地域）の国有林を中心としたカラマツ林で行なった。この調査では、カラマツ林の間伐あるいは皆伐林分において伐採根株を探し、その根株径（樹皮を含む長径と短径）および腐朽の有無、さらに腐朽があった場合は根株面における腐朽部の断面の長径および短径を記録した。

根株径および腐朽径の測定値から、根株面の断面積と根株面における腐朽断面積を楕円として算出した。根株腐朽の被害程度を表現する腐朽木数被害率および腐朽断面積比率は以下の式により算出した。

$$\text{腐朽木数被害率(\%)} = \frac{\text{腐朽木本数}}{\text{腐朽木本数} + \text{健全木本数}} \times 100$$

$$\text{腐朽断面積比率(\%)} = \frac{\text{根株面の腐朽断面積}}{\text{根株面断面積}} \times 100$$

解析には腐朽木の本数がある程度必要となるため、このうち腐朽木の本数が 10 本以上ある林分を抽出して解析の対象とした。表-1 に解析の対象とした調査林分の概要を示す。根株の調査本数は、林分によって異なるが林分当たり 33 本から 188 本で、調査時の林齢は 33~58 年生であった。

2) 調査データの解析

腐朽木と健全木において根株径平均値に差があるかどうかを明らかにするため、林分ごとに調査データを健全木と腐朽木に分け、Wilcoxon の順位和検定を用いて比較した。

大径木と小径木で根株腐朽被害の本数被害率に差があるかどうかを検定するため、各林分における全木の根株径平均値あるいは中央値を境として小径木と大径木に二分し、さらに各グループごとに健全木と腐朽木に分けて 2 × 2 分割表を作成した。そして、各グループでの本数腐朽率に差があるかの有意差検定を、

Fisher の正確確率検定を用いて行った。

根株腐朽被害の程度、つまり根株面での腐朽断面積比率が根株径のサイズによって差があるかどうかを検定するため、各林分ごとに腐朽木の根株径と腐朽断面積比率の相関係数を求めその検定を行なった。相関係数は Spearman の順位相関係数を用いた。

また、各林分内において大径木と小径木で腐朽断面積比率に違いがあるかどうかを検定するため、各林分ごとに腐朽木を根株径の平均値あるいは中央値を境に小径木と大径木の 2 グループに分けて、平均値の差の検定を Wilcoxon の順位和検定を用いて行った。

なお、上記の統計計算では農林水産計算センター農林水産省科学技術計算システム上の SAS (Ver. 9.1.3 Unix 版) を使用した。

**結果**

1) 健全木と腐朽木における根株径の差

各調査林分の健全木と腐朽木の根株径の平均値を図-1 に示す。林分によって、根株径の平均値は健全木のほうが大きかったり腐朽木のほうが大きかったりと必ずしも一定の傾向はなかった。Wilcoxon の順位和検定でも統計的有意差 (p < 0.05) のある林分はなかった。

2) 根株径を大小二分した場合の本数腐朽率の差

小径木と大径木に二分し、さらにグループごとに健全木と腐朽木に分けて本数腐朽率に差があるかどうかを検定した結果を表-2 に示す。腐朽率は林分によって小径木のほうが高い場合と、大径木のほうが高い場合があつて特定の傾向は見られなかった。Fisher の正確確率検定による結果でも、腐朽率に統計的有意差のある林分はなかった。

3) 腐朽木の根株径と断面積腐朽比率の関係

各林分の腐朽木の根株径と腐朽断面積比率の相関係数 (Spearman の順位相関係数 r と p 値) を表-3 に示す。ほとんどの調査林分で、どちらの相関係数も統計的に有意な相関関係は認められず、また相関係数の絶対値も低かった。有意な相関関係が認められた (p < 0.05) のはわずかに 1 林分で相関係数の絶対値は低かった。

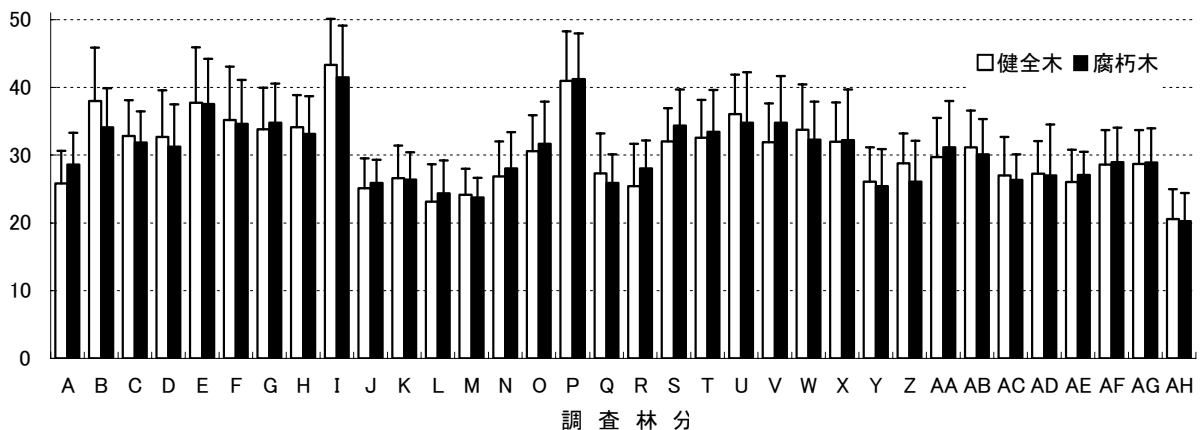


図-1 各調査林分（表-1 の林分コードで示す）の健全木および腐朽木の根株径の平均値。Bar は標準偏差を示す。

表-2 調査林分（表-1の林分コードで表す）ごとに全木の根株径を平均値または中央値で大小二分した場合の本数腐朽率の差を 2×2 分割表で Fisher の正確確率検定を行った結果。

調査林分	＜平均値			≥平均値			Fisherの正確確率検定 p値	＜中央値			≥中央値			Fisherの正確確率検定 p値
	腐朽	健全	腐朽率%	腐朽	健全	腐朽率%		腐朽	健全	腐朽率%	腐朽	健全	腐朽率%	
A	10	16	38.5	14	10	58.3	0.2571	7	15	31.8	17	11	60.7	0.0518
B	9	6	60.0	8	10	44.4	0.4905	10	6	62.5	7	10	41.2	0.3028
C	13	14	48.1	11	16	40.7	0.7846	13	14	48.1	11	16	40.7	0.7846
D	10	12	45.5	6	22	21.4	0.1256	10	13	43.5	6	21	22.2	0.1361
E	16	35	31.4	16	38	29.6	1.0000	16	35	31.4	16	38	29.6	1.0000
F	13	16	44.8	8	16	33.3	0.4160	10	15	40.0	11	17	39.3	1.0000
G	11	15	42.3	20	9	69.0	0.0601	11	15	42.3	20	9	69.0	0.0601
H	11	29	27.5	8	32	20.0	0.6001	11	29	27.5	8	32	20.0	0.6001
I	10	19	34.5	12	20	37.5	1.0000	10	19	34.5	12	20	37.5	1.0000
J	18	47	27.7	24	31	43.6	0.0847	16	39	29.1	26	39	40.0	0.2514
K	10	17	37.0	11	12	47.8	0.5675	10	15	40.0	11	14	44.0	1.0000
L	10	19	34.5	5	16	23.8	0.5368	6	17	26.1	9	18	33.3	1.0000
M	13	12	52.0	14	11	56.0	1.0000	13	12	52.0	14	11	56.0	0.7582
N	11	22	33.3	18	17	51.4	0.1492	11	22	33.3	18	17	51.4	0.1492
O	6	22	21.4	5	17	22.7	1.0000	5	18	21.7	6	21	22.2	1.0000
P	7	43	14.0	6	34	15.0	1.0000	7	38	15.6	6	39	13.3	1.0000
Q	9	15	37.5	7	19	26.9	0.5470	9	15	37.5	7	19	26.9	0.5470
R	8	15	34.8	14	30	31.8	0.2660	9	17	34.6	15	12	55.6	0.1704
S	5	22	18.5	19	28	40.4	0.3550	5	22	18.5	9	19	32.1	0.3550
T	5	27	15.6	28	38	42.4	0.3831	5	30	14.3	10	25	28.6	0.2436
U	12	13	48.0	15	25	37.5	0.7761	12	13	48.0	10	15	40.0	0.7761
V	6	19	24.0	17	29	37.0	0.2491	7	20	25.9	11	16	40.7	0.3869
W	5	21	19.2	29	34	46.0	0.7333	6	23	20.7	4	27	12.9	0.5004
X	7	20	25.9	22	29	43.1	1.0000	7	20	25.9	7	22	24.1	1.0000
Y	15	10	60.0	13	25	34.2	0.5709	15	10	60.0	12	13	48.0	0.5709
Z	10	20	33.3	22	30	42.3	0.7787	10	20	33.3	8	22	26.7	0.7787
AA	14	21	40.0	19	30	38.8	0.8041	12	19	38.7	13	21	38.2	1.0000
AB	11	17	39.3	26	37	41.3	0.4410	12	20	37.5	10	23	30.3	0.6059
AC	14	19	42.4	22	32	40.7	0.4431	12	18	40.0	12	23	34.3	0.7970
AD	11	24	31.4	21	30	41.2	1.0000	10	20	33.3	10	25	28.6	0.7894
AE	5	28	15.2	23	30	43.4	0.5254	5	25	16.7	7	26	21.2	0.7535
AF	9	21	30.0	30	38	44.1	0.4147	9	21	30.0	8	30	21.1	0.4147
AG	8	24	25.0	25	37	40.3	0.5983	8	24	25.0	12	25	32.4	0.5983
AH	40	54	42.6	56	94	37.3	0.8824	40	54	42.6	38	56	40.4	0.8824

表-3 各林分（表-1の林分コードで表す）における腐朽木の根株径と腐朽断面面積比率の Spearman の順位相関係数  $r$  と  $p$  値。\*は  $p$  値が 0.05 以下であることを示す。

調査林分	本数	Spearman順位相関	
		$r$	$p$
A	24	0.0436	0.8396
B	17	-0.1107	0.6723
C	24	0.3106	0.1396
D	16	0.4407	0.0876
E	32	0.0552	0.7640
F	21	-0.1502	0.5157
G	31	-0.1500	0.4206
H	19	-0.0150	0.9516
I	22	-0.3275	0.1368
J	42	0.0064	0.9678
K	21	-0.0033	0.9888
L	27	0.1336	0.5063
M	15	0.2491	0.3706
N	29	-0.0942	0.6268
O	11	-0.0639	0.8519
P	13	0.3884	0.1896
Q	16	-0.2231	0.4063
R	24	-0.3624	0.0818
S	14	0.4995	0.0690
T	15	-0.1650	0.5567
U	22	-0.2747	0.2160
V	18	0.0269	0.9158
W	10	-0.5366	0.1098
X	14	-0.4515	0.1051
Y	27	-0.1725	0.3895
Z	18	-0.3028	0.2219
AA	25	-0.3283	0.1091
AB	22	-0.1445	0.5212
AC	24	0.1199	0.5770
AD	20	0.0527	0.8253
AE	12	-0.1088	0.7365
AF	17	0.0393	0.8809
AG	20	-0.0242	0.9195
AH	78	-0.2345	0.0388*

4) 腐朽木の根株径を大小二分した場合の腐朽断面面積比率の差

腐朽木根株径を大小二分した場合に腐朽断面面積比率の平均値と標準偏差を調査林分ごとに図-2に示す。二分する境界が平均値の場合と中央値の場合で多少結果が異なり、Wilcoxon の順位和検定において有意差のある林分が異なっているが、ほとんどの林分では統計的有意差が認められなかった。

考察とまとめ

本論文では成長の優劣が腐朽被害に関連があるのではないかと仮説を検証したが、今回解析したカラマツの根株腐朽病害に関しては、すべての林分で健全木と腐朽木の根株径の平均値に有意な差はなく、またほとんどの林分において、同一林分内での大径木と小径木での本数腐朽率、大径と小径の腐朽木での断面腐朽率ともに統計的な有意差があるとは認められず、さらに腐朽木の根株径と断面腐朽比率に明瞭な関係があるとはいえないことが明らかとなった。これらの結果から考えて、カラマツの成長の優劣は根株腐朽被害の本数被害率、断面腐朽率にさほど影響を与えていないのではないかと示唆される。

カラマツの根株腐朽を起因する病原菌の侵入口は、根部に受けた各種の傷口あるいは比較的大きな開口部・大型の傷や根の跡とされており、その中でも比較的大きな傷が侵入口として重要であることが示唆されている (5)。根系の部分的枯死や損傷を受けやすい中だるみ地形や沢筋などの滞水地形 (10,11)、あるいは石礫の多い土壌や風による根系の損傷 (3,5) などが傷の原因と考えられているが、どのような環境・立地要因が根株腐朽病害に影響を与えているのかはまだ詳しく解明されていない。今後関連のありそうな要因と被害との関連を詳しく調査していく必要があるだろう。

最後に、調査林分への入林にあたり便宜を図って頂いた北海道森林管理局の石狩・空知・胆振東部・日高

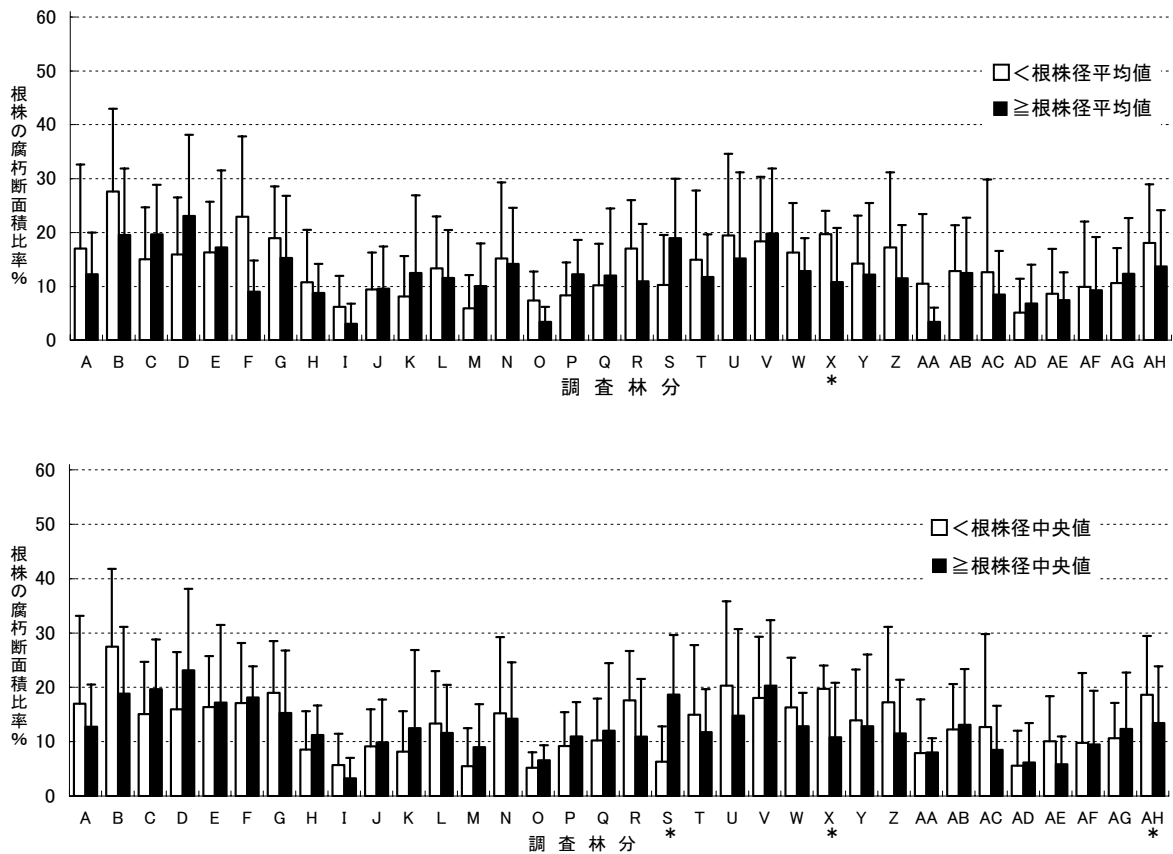


図-2 各調査林分（表-1の林分コードで示す）の腐朽木根株径を平均値（上）および中央値（下）で大小二分した場合の腐朽断面積比率の平均値。Barは標準偏差を示す。調査林分コードの下にある\*は5%以下の危険率で有意差があることを示す。

南部・網走南部・根釧東部各森林管理署および道有林網走東部森作りセンターの関係各位に感謝申し上げる。

引用文献

(1)阿部恭久 (2002) 1.長伐期林と腐朽病害（わかりやすい林業研究解説シリーズ 長伐期林の実際-その効果と取り扱い技術-（桜井尚武編著）IV 長伐期林と病虫獣害）林業科学技術振興所，東京，81-90。  
 (2)金子 繁・窪野高德・佐々朋幸・池田重人・庄司次男 (1991) 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。  
 (3)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。日林中支講 31: 185-188。  
 (4)小林 元・鍛冶清弘・馬淵哲也・岡野哲郎 (2003) 九州大学北海道演習林の 53 年生カラマツ林における心腐れの状況。日林北支論 51: 79-81。  
 (5)小岩俊行 (2002) カラマツ根株心腐病菌の侵入口。日林誌 84: 9-15。  
 (6)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。  
 (7)大槻晃太・川口知穂(1997) 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。福島県林業試験場研究報告 30: 115-125。  
 (8) Ohsawa, M., Kuroda, Y., Tsunoda, M, 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(1): 24-29。  
 (9)大澤正嗣・小岩俊行・岡田充弘・武井利之・阿部恭久・金子 繁・楠木 学 (2003) カラマツ根株腐朽病の被害実態と被害回避。森林防疫 52(6): 4-13。  
 (10)佐々木克彦・林康夫 (1982) カラマツ造林木の腐朽被害-北海道における被害実態-。日林北支講 31: 125-127。  
 (11)佐藤邦彦 (1981) IX カラマツ林の病害。（カラマツ造林学（浅田節夫ほか編著），農林出版，東京，232-252。  
 (12)佐藤邦彦 (1986) 樹病の発生と環境。（新編樹病学概論（小林享夫ら共著），養賢堂，東京，68-89。  
 (13)山口岳広 (2004) カラマツ高齢林の腐朽被害調査法とその問題点。日林北支論 52: 127-129。  
 (14)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。北林試研報 28: 64-74。