

(研究資料)

八ツ尾山ヒノキ収穫試験地(74年生)における

林分の生長経過と冠雪害について

長谷川 敬一⁽¹⁾

Keihi HASEGAWA: Stand growing process and damage due to
unusual snow crowning at the HINOKI (*Chamaecyparis*
obtusa S. et Z.) experimental plot in Mt. Yatsuo
(Research note)

要旨:この報告は「八ツ尾山ヒノキ収穫試験地」の40年間延べ8回にわたる調査資料に基づいて、林分の生長過程を解析するとともに、昭和56年12月の冠雪害の態様を林木の形態により分析したものである。平均5年の調査期間における年平均直径生長量は、間伐直前の林分密度と高い相関のあることを示し、間伐による生育空間の拡大が直径生長量に及ぼす効果は少くとも5年程度のずれのあることを明らかにした。さらに胸高直径に対する樹高、形状比の関係の経年変化を精度よく推定した。

冠雪害の被害率は、一般的に形状比の高い林木で高くなる傾向が認められたが、被害態様は形状比級で異なり、形状比の低い級では樹冠内折損、中間級では樹幹折損、高い級では曲がりの被害の多いことが明らかとなった。さらに樹冠の形態と関係の深い樹型級と被害率の関係を調べ、樹冠が特に発達した2級木aでは被害が少ないのに対し、樹冠が偏倚している2級木cでは多くなっていることを示した。一方、樹幹折損は樹高の下から30%前後で、また胸高直径の70~80%の直径の位置で多くみられ、樹幹折損に伴う割裂部の長さは折損位置の低い程大となる傾向を認めた。このような結果から冠雪害を受け易い林木の特徴を明らかにした。

目 次

I はじめに	188
II 試験の経過と成果	188
1. 試験の目的	188
2. 試験地の立地	188
3. 試験地での保育と試験の経過	189
4. 林分構造の推移と林分生長	189
5. 林分密度と直径生長の関係	192
6. 林分の生長に伴う樹高曲線と形状比の変化	195
7. 生長解析のまとめ	197
III 試験地における冠雪害	197
1. 被害発生前後の気象	197
2. 周辺林分での冠雪害	198
3. 雪害の調査方法	198
4. 結果と考察	199

(1) 冠雪害と胸高直径との関係	199
(2) 冠雪害と樹高との関係	200
(3) 冠雪害と形状比との関係	200
(4) 冠雪害と幹級との関係	200
(5) 冠雪害と形状比, 樹高との関係	201
(6) 冠雪害と折損の位置, 材の損傷との関係	201
1) 折損位置の高さと直径	201
2) 材部の損傷の大きさ	202
5. 冠雪害調査のまとめ	203
IV おわりに	204
引用文献	204

I はじめに

林分の生長と収穫に関する諸資料の収集を目的とした固定試験地, いわゆる収穫試験地は主要樹種ごとに配置され定期的に観測が続けられている。

この中の一つである「ハツ尾山ヒノキ収穫試験地」が昭和 56 年 12 中旬の大雪のため冠雪による大被害を受け, 試験の継続が困難になった。このため, 40 年間にわたる試験期間での生長と収穫についてその経過をたどるとともに, ヒノキの場合壮齡林以上では余り例をみない中径木林での冠雪被害であることからその態様についても取りまとめたので報告する。

収穫試験としての調査観測, また, そのための試験地の維持管理には多数の先輩諸兄の御努力に負うものであり, 設定以来 40 年間の試験の継続と正確なデータを収集することができた。

御努力いただいた先輩は高田吉雄, 岡田隆夫, 谷口嘉明, 山崎安久, 上野賢爾の諸氏であり, ここに記して深甚の謝意を表すと共に, これらデータの有効な利用によって労苦に報いなくてはならない。また, 被害木の調査ならびに取りまとめに当たっては当支場育林部造林研究室長河原輝彦博士の御協力をいただいたことに感謝する次第である。

II 試験の経過とその成果

1. 試験の目的

この試験地は昭和 9 年以降, 山林局 (現林野庁) が行った収穫試験地整備計画の一端として, ヒノキ人工林における生長量, 収穫量およびその他の統計資料を収集するとともに林分構造の推移を解明するため設定されたものでハツ尾ヒノキ人工林皆伐用材林作業収穫試験地と呼ばれ, 昭和 17 年に設定し, 冠雪による大被害のため廃止となった昭和 57 年 3 月までの 40 年間, その調査を継続してきた。

2. 試験地の立地

この試験地は滋賀県犬上郡多賀町萱原字ハツ尾山国有林 (大津事業区 92 林班よ小班) に所在し, 琵琶湖東部, 犬上川の上流に位置している。海拔高は 220 m であり, 西に面した傾斜 20~40 度の急斜面の中腹部を試験地として利用しており, その面積は 2.67 ha (うち標準地面積は 0.496 ha) である。

この付近の地質は古生層に属し, 礫質壤土の B₀ 型土壌である。試験地設定当時の植生は傾斜の下部ではヤブツバキ, ユズリハ, ガクウツギ, シキミなどが, 傾斜の上部ではクマシデ, ヤマツツジ, ヒサカ

キ、サルトリイバラなどが中心であったと記録されている。その後約40年を経た植生の変化は傾斜下部でサカキ、イヌガヤがみられるようになり、また傾斜下部の植生が傾斜上部にまで広がり、乾性の植生が少なくなっている。

3. 試験地での保育と試験の経過

この試験地は明治42年に植栽された林分であるが、傾斜下部の一部に天然生のスギが発生している。昭和17年に試験地を設定し、その後数年間隔で8回の定期調査を行ってきたが、昭和56年冠雪による大被害を受けた。定期調査は標準地内の樹木それぞれについて胸高直径、樹高、枝下高、幹級などの計測、観察を行い間伐の必要なときはその選木、伐倒を、必要でないときは枯損木、被害木の処理を行っている。

1909（明42）年3月 ヒノキ3年生苗をha当たり4500本新植

1909（明42）年10月 ha当たり450本補植

1909（明42）年8月 }
1913（大2）年7月 } 下刈を5回施行

1914（大3）年8月 }
1920（大9）年9月 } つる切りを6回施行

1929（昭4）年9月（林齢21年） }
1933（昭8）年4月（林齢25年） } 枝打ち施行

1924（大13）年（林齢16年） }
1928（昭3）年（林齢20年） }
1933（昭7）年（林齢24年） } 間伐施行
1935（昭10）年（林齢27年） }
1940（昭15）年（林齢32年） }

1942（昭17）年3月（林齢34年）試験地設定 第1回調査

1948（昭23）年3月（林齢40年）第2回定期調査

1951（昭26）年8月（林齢44年）第3回定期調査、間伐施行

1956（昭31）年12月（林齢49年）第4回定期調査、間伐施行

1961（昭36）年12月（林齢54年）第5回定期調査、間伐施行

1966（昭41）年11月（林齢59年）第6回定期調査、間伐施行

1971（昭46）年3月（林齢63年）第7回定期調査、間伐施行

1980（昭55）年10月（林齢73年）第8回定期調査

1981（昭56）年12月（林齢74年）冠雪害による大被害

4. 林分構造の推移と林分生長

調査結果については部分的あるいは調査のたびごとに発表されている^{1)~6)}。今回はこれらを含め第1回調査から第8回調査に至るまでの調査結果の再集計を行った。再集計では従来から行った形状高法による材積計算に代わり、単木ごとの材積計算を行った。このことにより前出の発表の文献 1)~5)とは数値上で若干の相違を生じたが、そのまとめを表示したのが表1.である。

この結果、40年生の樹高で表される地位指数は14.5であり、収穫表（紀州地方ヒノキ林）に対比した

表1. 試験地の生長経過

林齢	樹種	間伐後					間伐木					間伐前			連年生長量	平均生長量	生長率
		平均樹高	平均直径	本数	胸高断面積	材積	平均樹高	平均直径	本数	胸高断面積	材積	本数	胸高断面積	材積			
		m	cm	本	m ²	m ³	m	cm	本	m ²	m ³	本	m ²	m ³	m ³	m ³	%
34	ヒノキ	12.9	16.9	1,132	24.98	166.82	10.4	11.2	40	0.41	2.35	1,172	25.39	169.17		4.98	
	スギ	16.6	25.0	74	3.64	29.73						74	3.64	29.73		0.87	
	計	13.1	17.4	1,206	28.62	196.55			40	0.41	2.35	1,246	29.03	198.90		5.85	
40	ヒノキ	14.5	18.9	1,120	31.54	236.64	12.0	12.9	12	0.16	1.01	1,132	31.70	237.65	11.81	6.00	5.84
	スギ	18.6	28.4	72	4.59	40.39	11.7	13.0	2	0.03	0.17	74	4.62	40.56	1.80	1.01	5.14
	計	14.7	19.6	1,192	36.13	277.03	12.0	12.9	14	0.19	1.18	1,206	36.32	278.21	13.61	7.01	5.73
44	ヒノキ	15.7	20.8	977	33.35	267.23	12.0	12.1	143	1.66	10.94	1,120	35.01	278.17	10.38	6.40	4.03
	スギ	19.4	29.5	66	4.53	40.40	18.7	35.4	6	0.60	6.59	72	5.13	46.99	1.68	1.07	3.78
	計	15.9	21.5	1,043	37.88	307.63	12.3	13.8	149	2.26	17.53	1,192	40.14	325.16	12.06	7.47	4.00
49	ヒノキ	16.7	21.9	973	36.64	311.32	13.3	13.7	4	0.06	0.45	977	36.70	311.77	8.91	6.53	3.08
	スギ	20.7	31.6	66	5.24	49.21						66	5.24	49.21	1.76	1.13	3.93
	計	17.0	22.6	1,039	41.88	360.53			4	0.06	0.45	1,043	41.94	360.98	10.67	7.66	3.19
54	ヒノキ	17.7	23.3	887	37.89	339.63	14.9	15.9	86	1.68	13.53	973	39.57	353.16	8.37	6.81	2.92
	スギ	22.3	34.4	62	5.82	57.82	19.0	24.5	4	0.19	1.69	66	6.01	59.51	2.06	1.23	4.07
	計	18.0	24.2	949	43.71	397.45	15.1	16.3	90	1.87	15.22	1,039	45.58	412.67	10.43	8.04	3.08
59	ヒノキ	18.7	25.1	731	36.27	341.79	16.7	18.8	156	4.37	37.85	887	40.64	379.64	8.00	6.91	2.23
	スギ	23.6	36.6	62	6.60	68.37						62	6.60	68.37	2.11	1.27	3.34
	計	19.1	26.2	793	42.87	410.16			156	4.37	37.85	949	47.24	448.01	10.11	8.18	2.39
63	ヒノキ	19.5	26.6	542	30.07	293.19	18.4	22.6	189	7.63	71.57	731	37.70	364.76	5.74	6.84	1.62
	スギ	24.7	38.5	58	6.82	73.30	20.7	27.6	4	0.24	2.24	62	7.06	75.54	1.79	1.30	2.49
	計	20.0	28.0	600	36.89	366.49	18.5	22.8	193	7.87	73.81	793	44.76	440.30	7.53	8.14	1.77
73	ヒノキ	21.0	28.9	538	34.33	356.71	16.9	17.1	4	0.32	3.42	542	34.65	360.13	6.69	6.82	2.05
	スギ	27.2	43.0	58	8.52	99.10						58	8.52	99.10	2.58	1.50	2.29
	計	21.6	30.2	596	42.85	455.81			4	0.32	3.42	600	43.17	459.23	9.27	8.32	2.25

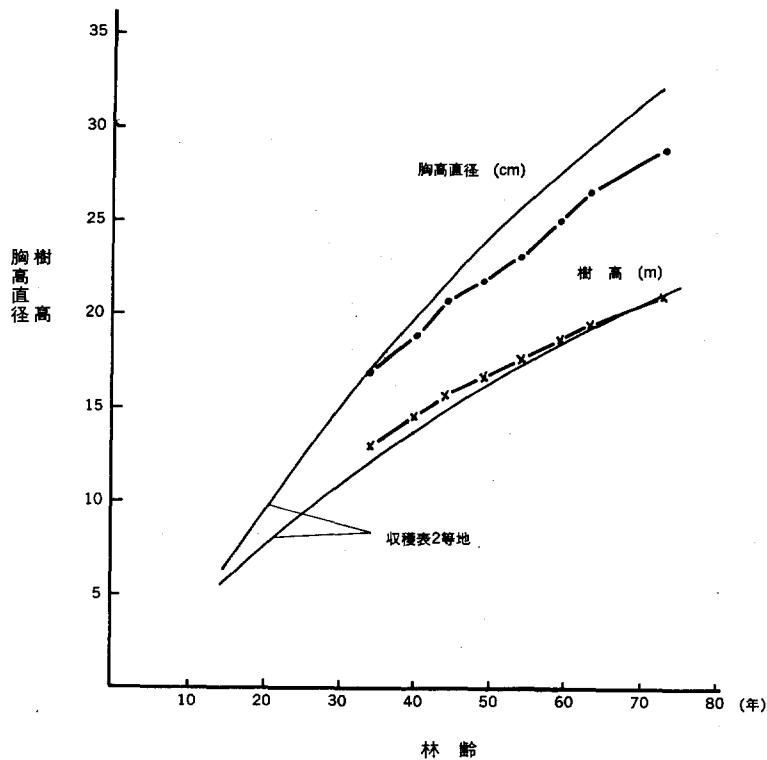


図1. 胸高直径、樹高と林齢の関係

地位は2等地よりやや上と見る事ができる。このことから林分生長の推移を収穫表2等地の値と対比しながら、林齢と胸高直径、樹高の関係を図1.に、林齢と本数、材積の関係を図2.に、また、林齢と連年生長量、平均生長量の関係を図3.に示した。

これらから林齢44年から63年にかけての本数管理は収穫表に比較してかなり高い林分密度で管理されていたことがわかり、このため残存本数が多く林分材積は大きいのが、胸高直径は小さくなっている。このように高密度管理であったことは、平均生長量最大の時期を遅らせることになり、林齢54~59年の間にそのピークがあったと思われる。

また間伐木材積を加味した平均生長量は59年が最大であり、これもピークの出現が遅れていたことがわかる。

こうした経過をたどりながら推移してきた林分の構造であるが、国有林や民有林で行われている育林体系との関係を知るため、胸高直径と本数の関係を求めた。胸高直径とhaあたり本数の関係は、1つの育林体系の中では林齢や、地位などの要因の影響をほとんど受けることなく一価関数で与えられることが知られており^{9),7)}、また施業上の重要な要因である本数管理のあり方を特徴づけることができる。この関係を示したのが図4.である。図中、最多密度曲線は近畿・中国地方国有林密度管理図⁹⁾から求めて描いたものであるが、この値がこの地方の胸高直径に対する本数の、あるいは本数に対する胸高直径の限界を示すものである。天竜ヒノキ⁹⁾、奈良ヒノキ¹⁰⁾、大分県ヒノキ¹¹⁾の収穫予想表はいずれも民有林施業の中で優良材生産を志向して策定されたものであるが、比較的高密度な本数管理をしているのに対し、大阪営林

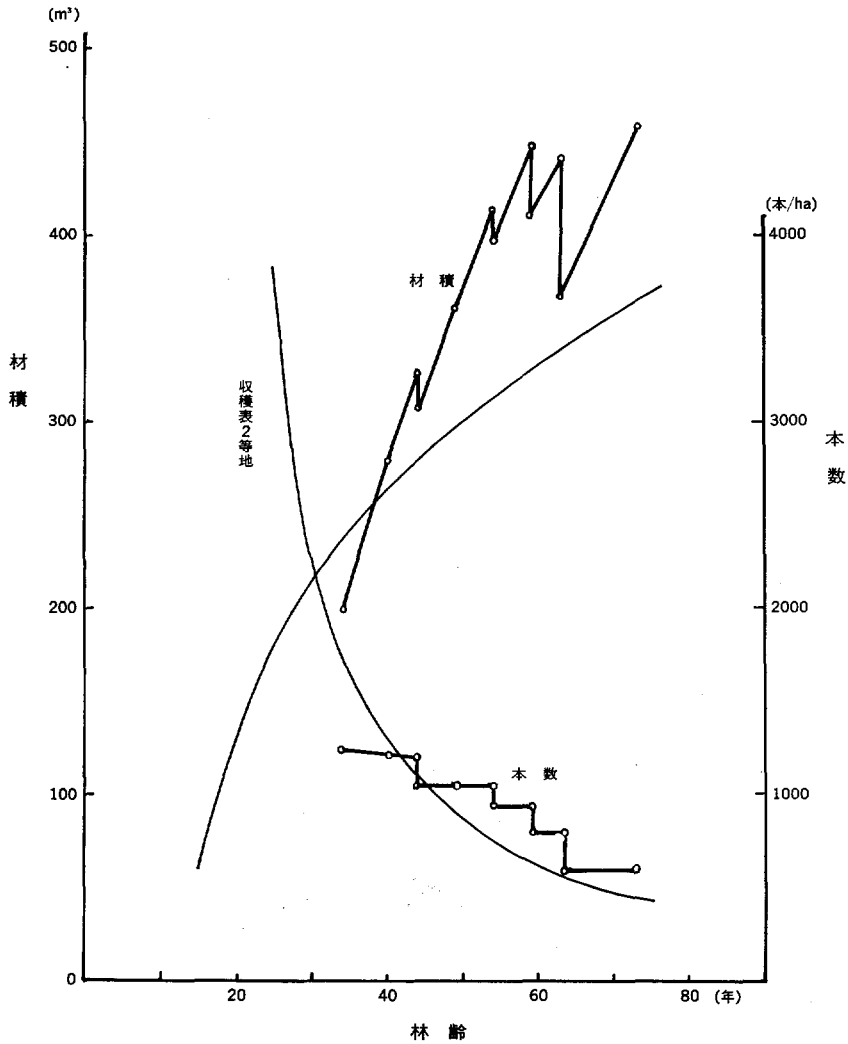


図 2. 材積, 本数と林齢の関係

局の国有林を対象とした收穫予想表¹²⁾は比較的粗な本数管理を採用し, 民有林との施業的な違いのあることを示している。

この中で試験地の推移は国有林の收穫表, 收穫予想表とほぼ似かよった推移であるが, 試験期間の中程(林齢 44 年から 59 年)以降では高密度の管理状態であったことがうかがえる。

5. 林分密度と直径生長の関係

林分密度と言う場合各種の指標が考えられるが, ここでは林分密度管理図上の収量比数と相対幹距比を採り上げ, これらと直径生長の関係を検討する。

ここで収量比数 (R_v) および相対幹距比 (S_r) は, V_{Rf} を同一樹高における 最多密度の ha 当たり材積, N を ha 当たり本数, \bar{H} を平均樹高とすると, 次式によって得られる。

$$R_v = V / V_{Rf}$$

$$S_r = \frac{100}{\sqrt{N \cdot \bar{H}}}$$

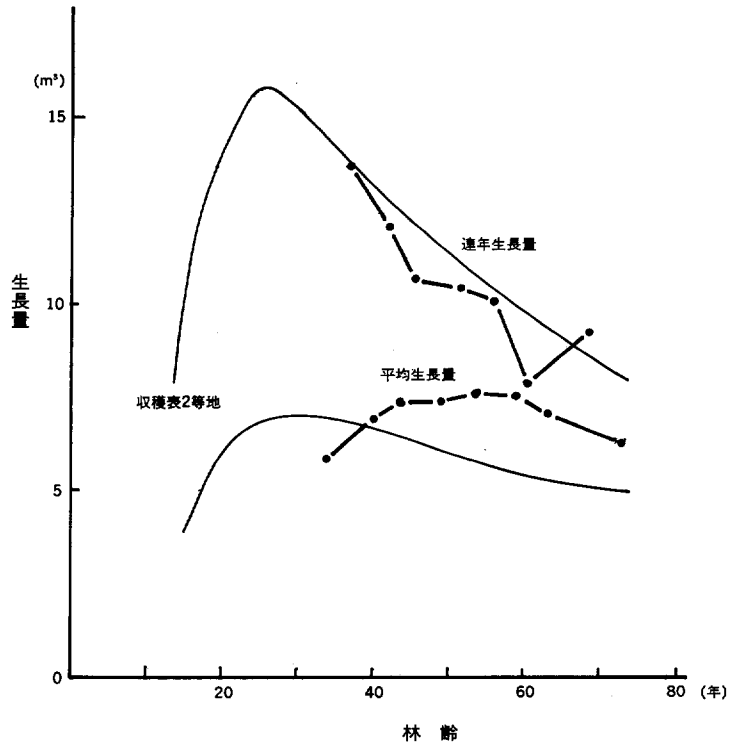


図3. 連年生長量, 平均生長量

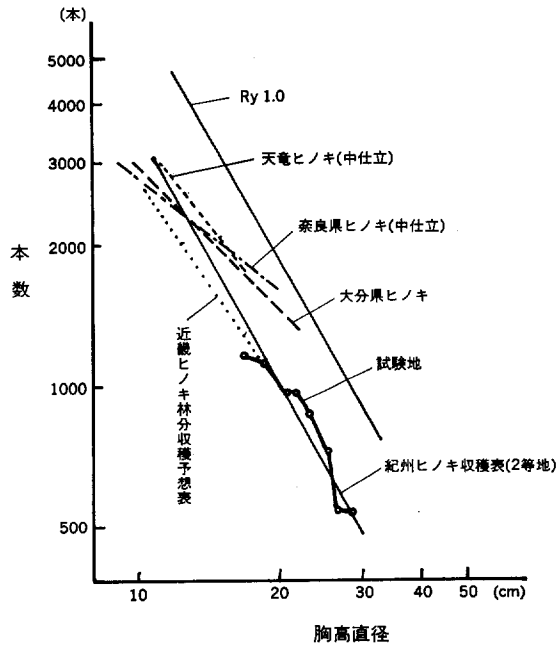


図4. 本数と胸高直径の関係

表 2. 林分密度と直径生長の関係

林 齢	収 量 比 数		相 対 幹 距 比 (%)		年平均胸高直 径生長量(mm)
	間 伐 前	間 伐 後	間 伐 前	間 伐 後	
34	0.595	0.584	21.8	22.0	3.40
40	0.662	0.658	19.6	19.7	2.50
44	0.712	0.667	18.8	19.5	1.96
49	0.712	0.711	18.2	18.2	1.60
54	0.750	0.720	17.5	18.0	1.58
59	0.759	0.700	17.4	18.6	1.19
63	0.731	0.638	18.1	20.4	1.87
73	0.690	0.688	18.9	19.0	

表 3. 直径生長量と林分密度との相関係数

林分密度	密度の種類		収 量 比 数	相 対 幹 距 比
	期	末		
期 首 と 期 末 の 平 均			-0.794	0.817
期 首			-0.844	0.832
前 期 間 の 期 末			-0.877	0.837
前 期 間 の 期 首 と 期 末 の 平 均			-0.972	0.980
前 期 間 の 期 首			-0.897	0.857
			-0.889	0.890

V_{Rf} は最多樹高時の本数と樹高とにより決まるから、 R_y と S_r とはいずれも本数および樹高の関数として与えられる。

これらの林分密度の尺度と年平均胸高直径生長量をまとめると表 2. のとおりである。これは、例えば、34 年生のときの収量比数は 0.595 で、これが間伐により 0.584 に下がるが、6 年後の 40 年生では樹高生長により 0.662 となり、またこの期間における年平均胸高直径生長量は 3.4 mm であることを示している。

樹木の直径生長を考えると、その樹木に与えられる生育空間に変化が起きたとき生長も変化するものと考えることができる。

しかし生育空間の変化に応じて即座に生長が変化するものではなく、生育空間の変化により枝葉(樹冠)がその空間に見合った形に時間をかけながら徐々に変化をし、その結果、直径生長にも変化が表れると考えられる。したがって、例えば間伐によって生育空間が拡大されたとしても、生長量の増加は時間的に遅れて表れ、その時間の長さは樹齢、樹勢に関係あるものと考えられる。

このことを明らかにするため、各調査期間の年平均直径生長量と次に示すような、いろいろな時点における林分密度との相関係数を求めた。その結果は表 3. のとおりである。

- ① 調査期間の期末における林分密度
- ② 調査期間の期首と期末における林分密度の平均
- ③ 調査期間の期首における林分密度
- ④ 前回の調査期間の期末における林分密度
- ⑤ 前回の調査期間の期首と期末における林分密度の平均

⑥ 前回の調査期間の期首における林分密度

なお、この試験地は調査のたびに間伐あるいは枯損木処理を行っているので期末、期首の林分密度はそれぞれ間伐前、間伐後の値である。

このようにしてみると直径生長量はその期間の林分密度よりむしろ、前期間の林分密度と関係があるように考えられ、とくに前期間の期末、すなわちその期間の間伐前の林分密度と深い関係にあることが推察される。このことは前に述べた生育空間の変化と直径生長の変化の間に時間的なずれが生じていることを物語っている。この試験地では調査間隔が一定ではないことから、このずれの時間を確めることはできなかったが、平均して5年程度の時間のずれを見込むことができるものと思われる。

また、この結果から直径生長量と最も深い関係の前期間の期末の林分密度と直径成長量 (D_I) との関係は次のようになる。

$$D_I = 10.76 - 0.124 R_y, \quad (R = -0.972)$$

$$D_I = -6.77 + 0.468 S_r, \quad (R = 0.980)$$

この関係式は立地条件によって変わると考えられるが、この試験地では平均年輪幅を2mm すなわち年平均直径生長量を4mm とするには、間伐期間を5～6年として期末の林分密度が収量比で0.55、相対幹距比で23%になるように期首で間伐本数を決める必要があることを示している。

このような関係式を普遍的にするためには間伐間隔を一定としたいろいろな立地条件にある林分の継続調査が必要であろう。

6. 林分の生長に伴う樹高曲線と形状比の変化

林分内における胸高直径と樹高の関係、すなわち樹高曲線は林齢と共に移動することが知られている。しかし、その移動の程度についてはあまり明らかにされていない。このことから胸高直径とその直径階での平均樹高との関係を図上にプロットしたのが図5. である。樹高曲線は林齢が進むと共に右上に移動しているが、林齢が高くなるにしたがいその移動幅が小さくなっている。この移動により同じ直径でもそれに対応する樹高は林齢に応じて数mの違いがみられる。

胸高直径 (D) と林齢 (A) から樹高を推定するときの推定式として次式が良好な結果を与えることがわかった。

$$H = \frac{1}{(0.1511 + 2.0882/A + 1.1756/D)^2}, \quad (R = 0.992)$$

このように、胸高直径と樹高の関係は林齢と共に変化していることから、樹高と胸高直径との比で表される形状比 (H/D) も当然、林齢と共に変化していることが予想される。そこで、直径階ごとに直径と形状比の平均との関係を示すと図6. のようになる。

同じ林齢では右下りの直線状となり、同一林分内の形状比と胸高直径の間には負の直線関係が認められる。林齢が進んでもこの関係に変わりはなく形状比の範囲もほぼ同じであるが、その位置は林齢が進むにつれて右に平行的に移動している。

このことから形状比は胸高直径と林齢の関数として次式で推定できることがわかった。

$$H/D = 1.4359 - 12.0704/A - 0.0178 D, \quad (R = 0.979)$$

この推定式では、同じ胸高直径でも林齢が進むにつれて形状比が高くなることが示されているが、これは林内のある樹木の形状比が林齢と共に高くなって行くことを意味しているものでないことに注意する必

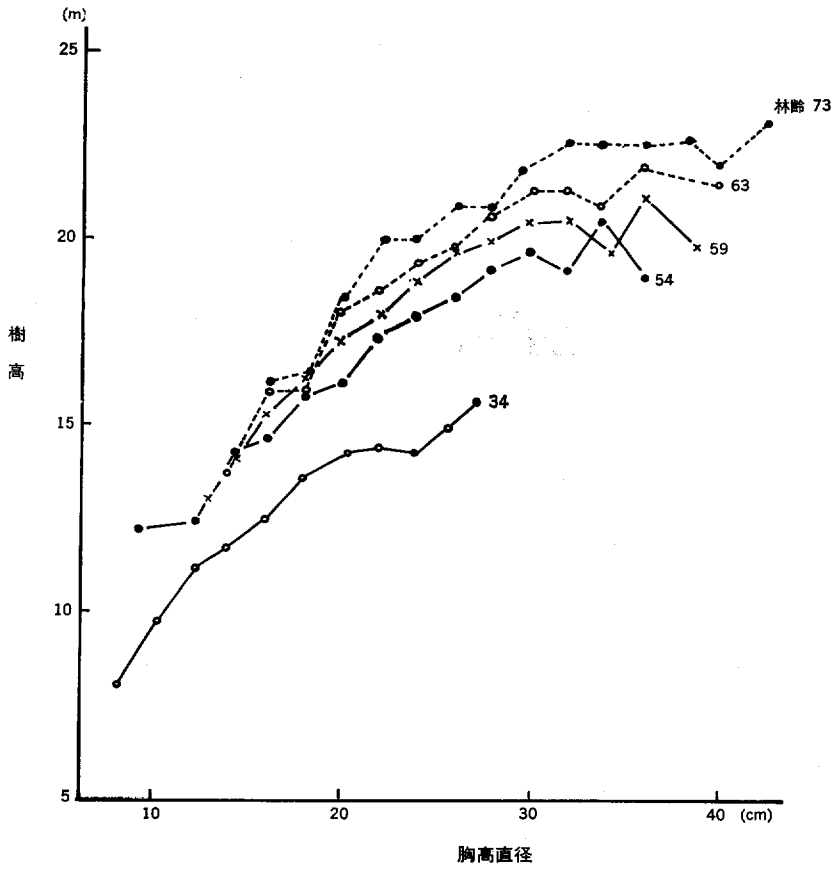


図 5. 樹高曲線の変化

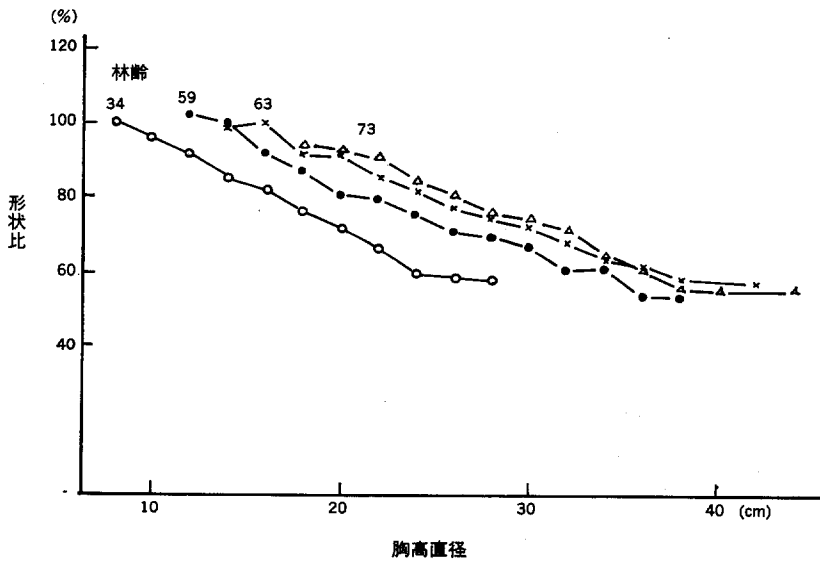


図 6. 形状比と胸高直径の関係

要がある。

7. 生長解析のまとめ

ハツ尾山ヒノキ人工林収穫試験地では、林齢 34 年から 74 年までの 40 年間にわたり、ヒノキ林における中程度の間伐を繰り返したときの生長経過と林分構造の推移についての資料の収集が行われてきた。このたび冠雪害により試験中止となったので、この間に得られた測定資料の生長解析を行った。

- (1) 胸高直径と本数の関係からみた本数管理状態は紀州地方林分収穫表と類似しているが、高品質材生産を志向する民有林収穫予想表に示されている本数管理とはかなり違っている。
- (2) 生長量が最大になる時期は平均生長量では林齢 54 年から 57 年の間に、また間伐木を加算した平均生長量では 59 年に出現している。
- (3) 林分密度（収量比数，相対幹距比）と年平均直径生長量との間には高い相関関係がみられるが，生育空間の拡大の時期と生長の間に時間的遅れがみられ，前回調査の期末での林分密度と最も高い相関関係を示し，このことから平均して，5 年程度の遅れがあるものと考えられる。
- (4) 上記の関係は直径生長量を D_I (mm/年)，収量比数を R_y ，相対幹距比を S_r (%) とすると，次の推定式によって表される。

$$D_I = 10.76 - 12.446 R_y, \quad (R = -0.972)$$

$$D_I = -6.77 + 0.468 S_r, \quad (R = 0.980)$$

- (5) 胸高直径と樹高の関係，すなわち樹高曲線は林齢と共に右上りに移動するが，その移動の幅は林齢と共に小さくなる。

胸高直径（D）と林齢（A）からの樹高の推定は次式によって得られる。

$$H = \frac{1}{(0.1511 + 2.0882/A + 1.1175/D)^2}, \quad (R = 0.992)$$

- (6) 胸高直径と形状比（ H/D ）の間には負の直線的関係があり，この関係は林齢と共に右に平行的に移動する。

この関係は次の式で表される。

$$H/D = 1.4359 - 12.0704/A - 0.0178 D, \quad (R = 0.979)$$

III 試験地における冠雪害

1. 被害発生前後の気象

この地域の冠雪害は昭和 56 年 12 月 14 日未明から日中にかけて一斉に起きたといわれる。このときの気象状況は試験地から距離で 12 km，標高差で約 130 m 低い地点にある彦根地方気象台のデータを中心に被害発生前後の気象の時間経過を追ってみる。

まず，天候の変化は 12 月 12 日に西高東低の冬型気圧配置に移り始め，13 日には冬型が次第に強まり，14，15 日は冬型が続き，16 日には高気圧が移動性となって冬型がゆるんでいる。この間の天気は 13 日が雨のちみぞれ，のち雪，14，15 日は大雪，16 日が晴となっており，気温の変化は図 7. のとおりである。この図からわかるように，13 日午後から気温が下がり始め，この時点で雨からみぞれに，さらに夜半になって気温がさらに下がったことからみぞれから雪に変わったものと思われ，14 日未明から 15 日未明までその温度は 0～1℃の間を推移して佐伯・杉山³⁾ や藤森⁴⁾ の指摘する着雪しやすい状態が続いたことを

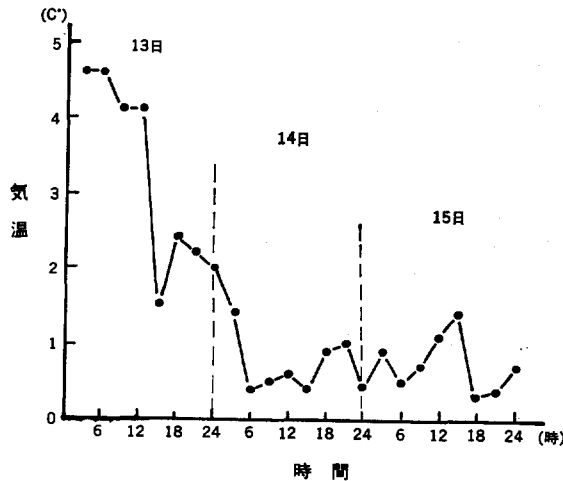


図7. 気温の3時間変化

うかがうことができる。

積雪量は、試験地から水平距離で 300 m、標高差で 50 m 低い多賀小学校萱原分校の朝 9 時の観測では 13 日 10 cm、14 日 80 cm、15 日 120 cm、16 日 120 cm であり、被害現地では 14 日の朝すでに 100 cm を越していたものと想像される。

2. 周辺林分での冠雪害

この時の降雪による滋賀県下での民有林の雪害は県が行った被害調査の部内資料によれば、その面積は 4600 ha におよぶが、そのうち約 20% は試験地のある多賀町での被害であり、被害が部分的に集中していたことがわかる。また、多賀町の犬上川本流に沿った集落付近での被害はこの地域で全般的に発生しているのではなく、ある限られた 0.5 ha から 3 ha 程度の小面積区域で集中して発生している。被害林分はそのほとんどが 3 齢級以下の樹高 7~8 m までの林分が多く、その被害地の斜面方向は北西を中心として、北向きから西向きの斜面に限られていることが特徴的である。

本試験地での被害は、傾斜下部の天然スギは梢頭折損が一部にみられる程度でほとんど被害がみられないが、林分の大部分を占めるヒノキは被害が非常に多く被害の内容も多様である。曲がりの被害は傾斜面で多く見られ、樹冠や梢頭部での折損は緩斜面でや多く見られた。樹幹の折損は試験地の全域で見られるが、その折れ方が傾斜上部から将棋倒し状態で折れたと思われるもの、単木で折れたと思われるもの、裂けのあるものないものなど折損の部位や折れ方はさまざまであった。

3. 雪害の調査方法

この試験地は被害発生当時面積 0.496 ha の中にヒノキが 266 本、スギが 29 本生立していた。被害調査では全林木の胸高直径の測定と被害形態の分類を行い、折損木については折損個所の直径とその高さを測定したが、一部は測定不可能のものもあった。

また、この試験地が被害の約一年前の昭和 55 年 10 月に第 8 回の定期調査を行っているので、樹高、枝下高、幹級はこの調査時の測定値を用いて集計、解析することとした。

またこの調査では被害形態を次の 6 種類に類別した。

健全……………被害が見られず健全なもの

表4. 被害木の形態別出現

種別 被害形態	本数	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	形状比 (%)
樹幹折損	78	28.5 (5.19)	20.9 (2.53)	73.3 (9.8)
樹冠内折損	30	33.2 (5.65)	21.8 (2.01)	65.7 (9.8)
梢端折損	9	31.9 (3.36)	22.3 (2.22)	69.9 (7.9)
曲り	45	25.0 (3.61)	20.5 (1.82)	82.0 (9.9)
転倒	31	28.0 (4.74)	20.9 (1.75)	74.6 (11.7)
なし	73	29.9 (6.40)	20.8 (2.44)	69.6 (12.3)

() は標準偏差を表わす

樹幹折損……枝下高下部での折損

樹冠内折損……樹冠内での折損をさすが梢端折損を除く

梢端折損……梢頭より3m以内の折損で梢頭部は再生可能と考えられるもの

曲がり……大きく湾曲し回復不能と思われるもの

転倒……根元から根茎の一部と共に倒伏したもの

4. 結果と考察

試験地内の標準地にあるヒノキ266本を被害形態別にまとめたのが表4.である。総被害率は72%であるが、スギはほとんど被害を受けなかったのでスギを含めると66%とやや低くなる。被害形態別の被害率は樹幹折損が29%を占め、ついで曲がりが17%、転倒12%、樹冠内折損11%、梢端折損3%であり、換言すればいずれかの部分で折れたもの43%、曲がったもの17%、転倒したもの12%となっている。ヒノキ林についての被害形態別被害率調査は松田¹⁵⁾、矢野・森本¹⁶⁾、広島県林試育林部¹⁷⁾などの報告にもみられる。これはいずれも総被害率69%以上をも示しているが、形態別の出現率は異なっている。これは立地条件、林齢、降雪などが相互に作用し合ってその態様を異にしているものと思われる。

被害形態および折損位置と林分構成因子との関係を知るため次の検討を行った。

(1) 冠雪害と胸高直径との関係

被害形態別の出現率を胸高直径との関係でとらえたのが図8.である。直径階別の総被害率は平均胸高直径を少し越える32cmまでが高く、特に平均直径にほぼ等しい28cm階で最高になり、36cmを越えると幾分低下する傾向がわずかにみられるが顕著ではない。このように直径分布の中央部で被害の高くなるのは広島県林試育林部¹⁷⁾矢野・森本¹⁶⁾の報告でも同じ傾向がみられ、また、スギ林での石井¹⁸⁾らの報告とも共通した傾向である。しかしながら林業経営上実質的な被害の小さい梢端折損を除いたときの両者の関係は、直径分布の左辺部、中央部での被害率が高く、右辺部で低いということもできる。

被害形態別の被害率で、曲がりは24cm直径階以下(16~26cm)での発生率が高く、樹冠内折損は逆に40cm直径階(38~46cm)での発生が多くなっている。また、樹冠折損は24~32cmの直径階での発生率が高くなっている。この傾向は表4.に示す平均胸高直径に被害形態別の平均胸高直径の相違として表れているが、その差は統計的に有意であるほどには大きくない。

これらの傾向と径級は異なるが、直径分布上の位置と被害発生との関係でとらえたこれまでの報告とを比較するとスギ林での石井¹⁸⁾、松田¹⁹⁾の報告とは一致するが、ヒノキ林での広島県林試育林部¹⁷⁾の報告とは必ずしも一致していない。

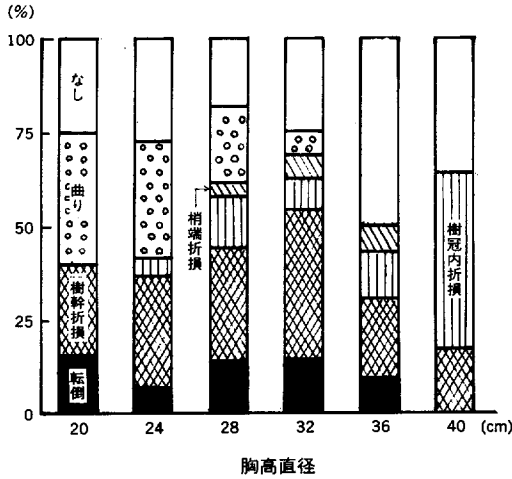


図 8. 胸高直径と被害形態との関係

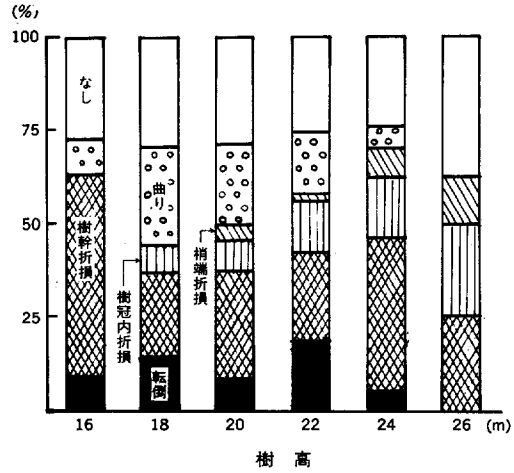


図 9. 樹高と被害形態との関係

(2) 冠雪害と樹高との関係

被害形態別の出現率と樹高の関係を示したのが図 9. である。この図から樹高階別の総被害率にはほとんど差がなくほぼ同じであると言える。

被害形態別の被害率は樹冠内折損と梢端折損では樹高が高いほど高くなる傾向がみられるが、それ以外の被害形態でははっきりした傾向はみられない。

(3) 冠雪害と形状比との関係

形状比と被害形態との関係は図 10. のとおりである。総被害率は形状比 60 以上では形状比が高くなるにつれてわずかながら被害率が大きくなる傾向がみられた。しかし最も形状比の低いクラス (60 以下) で総被害率は明らかに低下している。被害形態別にみると曲がりは形状比が高いほど被害率が大きくなるのが認められ、樹冠内折損は逆の関係になっている。樹幹折損は、形状比が 60 以下と 90 以上では発生率が低く、その中間ではいずれの形状級についてもほぼ同程度の発生率を示している。特に形状比 80~90 では被害木の半分を占めている。ここに示したような形状比と総被害率、形状比と被害形態別被害率との関係をこれまでの報告と比較すると、広島県林試育林部¹⁷⁾の報告とは総被害率についてはほぼ似ているが、被害形態ごとの被害率については著しく異なっている。一方、スギ林についての藤村・小松²⁰⁾の報告とは被害形態の出現状況は似ているが、被害率の間にはそれ程強い関係は認めがたい。

(4) 冠雪害と幹級との関係

樹冠の大きさや偏奇は冠雪害発生の多少と関係が深いと言われていたので樹冠の形態と関連の深い幹級と被害との関係を調べてみた。その結果は図 11. に示すとおりである。幹級 (寺崎 渡氏の幹級区分) で、I, II 級木は優勢木として上層林冠を形成するが、II 級木は樹冠や幹に何らの欠陥をもつものであり、III, IV 級は樹高がやや低く下層林冠を作り、IV 級木は枯死寸前の木である。なお、幹級別の平均形状比は I 級木では 71, II-a では 54, II-b では 92, II-c では 74, II-d では 69, III, IV 級木では 85 であり幹級の特性が表れている。

図の中で幹級 II-a での被害率が異状に低いことが目立つ。幹級 II-a は樹冠が必要以上に発達したい

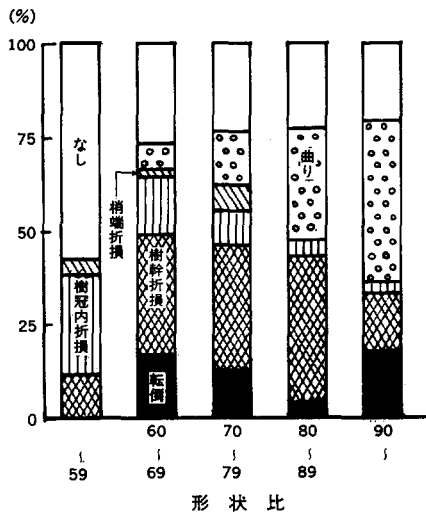


図 10. 形状比と被害形態との関係

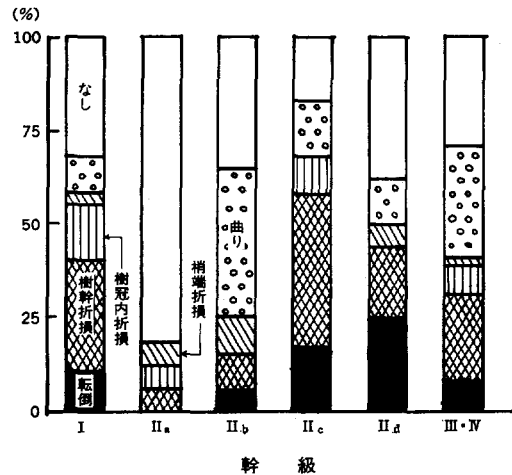


図 11. 幹級と被害状態との関係

わゆる暴れ木であり、形状比、完満度ともに林分の中で一番低い級に層するのが普通であることから被害率の低いことが理解される。逆に被害率の高いのは幹級 II-c である。この II-c は樹冠が側圧のため偏奇した級であり、冠雪害には最も弱い級とみることができ、被害木の 50% は樹幹折損である。反面、樹冠は小さいが偏奇のない樹幹級 II-b では樹幹折損は少なく、曲がりの被害が多くなって対照的である。

(5) 冠雪害と形状比、樹高との関係

山口²¹⁾は総被害率 20~80% のスギ林でのデータから樹高と形状比と被害形態とを関連づけて、ある樹高では形状比が、どれだけ以下になれば被害の発生が比較的少なく安全であるかという領域を求めている。すなわち樹高 8 m ならば形状比 60 以下、10 m では 70 以下、12 m で 75 以下、樹高 18、20 m では形状比 90 前後を安全な領域として設定している。

この関係がヒノキについても成立つか否かを知るために、同様の検討を行ったがはっきりした関係は得られなかった。

(6) 冠雪害と折損の位置、材の損傷との関係

冠雪による被害木を木材として利用する場合、折損の位置と材の損傷の大きさは採材に大きな影響を与える。例えば梢端や、樹冠内の折損で割れや裂けが僅少ならば材の利用上それ程大きな損失ではないが、樹幹の折損により割れや裂けが数 m にもなるときは材の利用には決定的な損失となる。そこで、次の点について検討を行った。

1) 折損位置の高さと直径

折損位置の高さ、直径などを測定できたヒノキは 60 本であった。この 60 本の各測定因子の平均は胸高直径 29.5 cm、樹高 21.2 m、枝下高 12.1 m でありまた、折損位置の高さは 9.3 m、直径は 20 cm であった。

ここで折損位置の高さを折損高、直径を折損径、折損高と樹高の比を折損高比、折損径と胸高直径の比を折損径比と呼ぶことにする。

表5. 折損部位の級別出現数

折 損 高 (m)		折 損 径 (cm)		折 損 高 比		折 損 径 比	
区 分	本 数	区 分	本 数	区 分	本 数	区 分	本 数
~ 2.9	3	11 ~12.9	4	~0.09	1	0.3 ~0.39	3
3 ~ 4.9	3	13 ~14.9	1	0.1 ~0.19	2	0.4 ~0.49	5
5 ~ 6.9	14	15 ~16.9	9	0.2 ~0.29	8	0.5 ~0.59	8
7 ~ 8.9	14	17 ~18.9	8	0.3 ~0.39	20	0.6 ~0.69	9
9 ~10.9	5	19 ~20.9	14	0.4 ~0.49	8	0.7 ~0.79	17
11 ~12.9	8	21 ~22.9	8	0.5 ~0.59	9	0.8 ~0.89	14
13 ~14.9	5	23 ~24.9	11	0.6 ~0.69	7	0.9 ~	4
15 ~16.9	5	25 ~26.9	3	0.7 ~0.79	5		
17 ~18.9	2	27 ~28.9	0				
19 ~20.0	1	29 ~30.9	2				

この折損高、折損径、折損高比、折損径比を階級に分け、その分布をみたのが表5. である。折損高は6 mと8 mの級で全体の47%を占め、平均値より低い級に分布が集中している。折損径ではこうした分布の集中の度合いは低く、スギ林についての石井²²⁾の「10 cmあたりでの折損が多い」という指摘、また、ヒノキ林についての矢野、森本¹⁶⁾の「同じような太さの位置から折れる」という指摘とは必ずしも一致していない。

折損高比からみた分布は0.3台にモードがあり、0.2以下、0.7以上での折損は少ないことがわかる。平井²³⁾は被害率52%から100%のスギ林の調査から折損は樹高の2分の1の所に多く発生していると述べている。それに対して本調査では0.3台での発生が多くみられることは、樹種、生育段階、密度、降雪条件などにより様々なケースの起こりうることを暗示しているように思われる。折損径比では0.70から0.89の間に分布が集中して、全体の52%を占めており、胸高直径の70、80%の所での折損が多いことがわかる。

このように林木はさまざまな高さ、太さで折損を生じ、それらの変動は大きい。この変動の原因を知るため、胸高直径、樹高、枝下高との関係を検討した。折損高と胸高直径との間の相関係数は0.61、樹高とは0.52、枝下高とは0.21となり、いずれもそれ程密接な関係があるとはいえない。また胸高直径と樹高を用いて折損高を推定しても、重相関係数は0.54であり、折損高の変動因の30%程度を説明するにすぎない。

折損径と胸高直径、樹高、枝下高との相関係数はそれぞれ0.29、0.25、0.03と折損高よりさらに低く、重相関係数は0.33で変動の10%を説明するにすぎない。

したがって折損位置の高さや直径と林木の因子との関係を探究するには樹冠の大きさ、偏奇の度合、立木の配置条件などを考慮に入れる必要がある。

2) 材部の損傷の大きさ

冠雪害に限らず林木が何らかの理由で折損したときにはその上下で必ず材の割れや裂けを伴うものであり、その部分は材として利用できなくなるのが普通である。

当試験地の外囲林の雪害調査を大津宮林署が行ったが、この際、材の損傷を材として利用できなくなった部分の長さで計測している。

営林署の好意によりこの資料の提供を受けたのでその結果の解析を行った。

この外囲林は試験地と同様の保育手入れにより成林したヒノキ林であるが、地位が低く、間伐回数の少ないことなどから胸高直径、樹高などは試験地に比較して全体的に小さい林分である。

まず、損傷の長さや林木の各測定因子の平均を表6. に示す。損傷の長さは8 mに達するものもあり、平均は3.1 mであるので折損によりほぼ柱材1本分が利用不能となっている。損傷の長さや胸高直径や樹高との間には一定の傾向はみられないが、損傷の長さや折損高との間には負の相関関係がみられ、低い所で折れるほど損傷は長くなる傾向が認められる。

しかし、損傷の長さは折損の際の外圧の大きさに比例すると思われる、それに対する抗力の大きさは折損部の幹の太さに比例すると考えられるのが妥当と思われる。したがって折損高と損傷の長さとの関係は間接的に折損径と損傷の長さとの関係を表しているものと思われるが、この調査では折損径は計測しておらず折損径と損傷との関係を直接知ることができなかったことは残念である。

このほか、損傷の長さや折損高比との間にも負の相関関係がみられ、樹高に対する相対的高さが低い所で折損するほど損傷の長さは大きくなる傾向が認められる。この関係を図示したのが図12. である。

5. 冠雪害調査のまとめ

昭和56年12月13～15日の降雪によって比較的冠雪害に強いといわれているヒノキ高齢林で被害率73%の冠雪害が発生した。この冠雪害と林分構造との関係を解析し、今後の雪害対策のための参考とする目的で取りまとめた。

- (1) この林分は平均胸高直径30 cm、樹高22 m、haあたり本数596本林齢74年生であり、林齢34年生から収穫試験地として管理されてきた。
- (2) 被害率は72%であり、また被害形態別の内訳は樹幹折損29%、樹冠内折損11%、梢端折損3%で折損計43%、曲がり17%、転倒12%である。
- (3) 径級と被害率との関係は直径分布の中央部でやや被害率が高くなる傾向がわずかにみられるが顕著ではない。

表6. 損傷の長さ別出現数と林木の各測定因子の平均

損傷の長さ (m)	本数	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	折損高 (m)
1	9	27.1	16.3	10.4
2	117	20.5	14.2	6.4
3	165	21.1	14.8	4.9
4	69	21.1	14.9	2.8
5	31	21.4	14.5	2.2
6	7	22.3	15.9	2.4
7	5	24.8	15.8	1.2
8	1	28.0	17.0	0.0

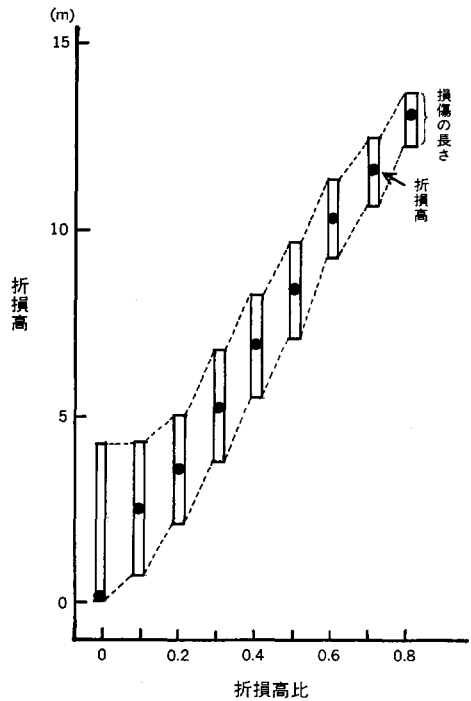


図12. 折損高と損傷の長さの関係

- (4) 林分内の相対的径級と被害形態との関係では樹幹折損は直径分布の中央部 (22~34 cm) で、樹冠内折損は分布の右辺部 (38~46 cm) で、曲がりは分布の左辺部 (16~26 cm) での発生率が高い。
- (5) 樹高と被害形態との関係では樹冠内折損と梢端折損は樹高が高くなると、被害率も高くなる。
- (6) 形状比と被害率との間には形状比が高くなると被害率も高くなる傾向がわずかに認められる。
- (7) 形状比と被害形態の関係では曲がりは形状比が高い程大きくなる傾向が見られるが、樹冠内折損は逆の関係となっている。また樹幹折損は形状比の分布の中程で発生率が高く、両端近くでは低くなる傾向がみられる。
- (8) 幹級と被害率との関係では幹級 II a の被害率が低く、II c の被害率が高い。
- (9) 折損木の各測定因子の平均は折損高 9.3 m, 折損径 20 cm, 折損高比 0.43, 折損径比 0.68 であり、折損は樹高の 30% 台、胸高直径の 70~80% 台での発生が多い。
- (10) 折損による材の損傷の長さや胸高直径、樹高との間には一定の傾向はみられない。
- (11) 折損による材の損傷の長さや折損高との間には負の相関関係が認められ、また折損高比との間にも同様の関係が認められる。

IV おわりに

この報告は、ヒノキ人工林収穫試験地が突然の冠雪害により廃止することになったため、その取りまとめとして収穫試験本来の目的である林分生長の経過や林分構造の推移についての解析と同時に冠雪による被害の態様についても解析を行ったものである。

まず、樹高曲線の時間的变化や、直径生長と林分密度との関係を明らかにした。これは高品質材生産にとって直径生長のコントロールは必須であり、林分密度はそのコントロールのための指標となり得ると思われ、また、経営目的に合致した育林体系を組み上げる一助になると考えたからである。

次に冠雪害ではヒノキ中径木林での被害の事例が少ないためその実態の把握に努め、被害の出現形態は主にスギ林と比較せざるを得なかった。ヒノキ林での冠雪害の発生は少ないとはいえ、わが国におけるスギとヒノキの更新面積の比は従来の 2:1 から 1:1 に近づきつつあり、ヒノキのウエイトが次第に高くなっている。地域的にも、従来はヒノキの更新が少なかった北陸、山陰地方でもヒノキの導入が進んでおり、今後ヒノキ林での冠雪害発生の増加が予想される。

また、今度の雪害は北西風吹き出しによる冠雪のために多雪地帯の被害が多かったが、これが南方低気圧 (台湾坊主) からの降雪の場合には本州南沿地帯まで冠雪害の危険にさらされているといえる。これらを考えあわせると冠雪害の危険はヒノキ林であってもそれ相当に背負っていることがわかる。したがってその危険に対する林分の抵抗性を高めるためには曲木、樹冠の偏奇した木、形状比の高すぎる木など冠雪害を受けやすい木を林分の中に作らない適切な手入れが必要である。特に高品質材生産体系では幼齡時からの高密度管理が要求され林分の形状比も高くなり冠雪害に対する抵抗性は低くなることから健全な林分の育成に一層の留意が望まれる。

引用文献

- 1) 林業試験場：収穫試験地調査中間報告書，収穫試験地調査報告；4，175~179，(1958)
- 2) 林業試験場：収穫試験地調査第 2 次中間報告書，収穫試験地調査報告；14，101~106，(1963)

- 3) 上野賢爾・長谷川敬一：林分の構造と成長，林試関西支場年報 8, 69~72, (1967)
- 4) ————：森林の構造と成長の関係解析，林試関西支場年報 12, 69~72, (1971)
- 5) ————：国定試験地の調査結果，林試関西支場年報 22, 35~41, (1981)
- 6) 嶺 一三：収穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製；収穫表調製業務研究資料 No.12, p.93, (1955)
- 7) 大友栄松：関東地方ひのき林分収穫表調製説明書・収穫表調製に関する研究報告, No.27, p.73 (1961)
- 8) 林野庁：近畿・中国地方国有林ヒノキ林分密度管理図，日本林業技術協会，(1980)
- 9) 静岡県農地森林部：静岡県間伐技術指針，2~5, (1978)
- 10) 奈良県：枝打ち技術指針，p.29
- 11) 諫本信義：造林投資の収益性よりみたヒノキ経済限界，九州各県のヒノキ林生産力，九州地区林業試験研究機関協議会，89~91, (1982)
- 12) 大阪営林局計画課：現実林分収穫予想表，5~6, (1973)
- 13) 佐伯正夫・杉山利治：林木の冠雪危険地域，林試研報 172, p.124, (1965)
- 14) 藤森隆郎：豪雪，森林立地，23.2, p.19, (1981)
- 15) 松田正宏：昭和55年12月末に福井地方を襲った豪雪による造林木の冠雪害，56 豪雪による福井地方の森林被害調査報告書，福井県，118~120, (1982)
- 16) 矢野進治・森本俊雄：昭和49年2月の異常降雪による林木の被害について，兵庫県林務課，19~27, (1975)
- 17) 広島県林試育林部：雪害地の実態調査，広島県林試研報 14, 68~71, (1979)
- 18) 石井弘ほか：昭和53年1月異状降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析。島根大学農学部研究報告，14, p.54, (1980)
- 19) 松田正宏：昭和55年2月末に福井地方を襲った豪雪によるスギ被害林の解析（細部調査）。56 豪雪による福井地方の森林被害調査，福井県，p.99, (1982)
- 20) 藤村正義・小松宏慈：冠雪害の因子と保育管理，林業山口，146, 2~4, (1976)
- 21) 山口 清：56 豪雪冠雪害林分の実態調査から。雪と造林，豪雪地帯林業技術開発協議会，4, p.24, (1981)
- 22) 石井弘ほか：昭和53年1月異状降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析。島根大学農学部研究報告，15, 48~49, (1981)
- 23) 平井 昇：福井県における豪雪被害と今後の林業を考える。山林，1182, p.27, (1982)