冠雪の研究（第2報）
スギの冠雪比較実験

渡　辺　成　雄(1)
大　関　義　男(2)

まえがき

近年，森林災害のうちでとかく軽視されがちであった，林木の冠雪による機械的雪害の発生が多く，とくに世人の注目をひいている。冠雪はそれ自体樹冠の荷重を大きくし，林木折損の原因となるばかりでなく，各種雪害の素因ともなっている。冠雪害の顕著な被害例としては，昭和 24 年 2 月，山口県阿武郡川上地方を中心に約 50 mm の降雪があり，2,000 町歩の森林（おもにスギ林）に害をあたえ，林木の折損，倒伏したものの材積は 18 万余石におよんだ。原因は冠雪であって，これに暴風がくわわって一そう災害を大きくしたといわれる[9]。また，昭和 31 年 1 月に富山県呉西地方のボカスギ林業地帯をはじめ，その西方石川県から福井県にかけて，主として里山のスギ造林地に冠雪害がおこり，被害材積は 50 万石内外に達した[4]。ついで昭和 31 年 12 月には新潟県魚沼地方のスギ林（主として 30 年生）に冠雪を主因とする被害が発生し，被害林では成立本数の約 40% が幹曲りを生じ，約 20% が折損した。さらに，昭和 35 年 12 月末の大雪により，新潟，富山，石川，福井の各県里山および海岸地帯のスギ，マツ林に多大の冠雪被害が発生している[6]。これら被害の大部分はおもに寡雪地帯に急性的におこったものであるが，多雪地帯にも往々にして発生することがある。また，多雪地帯には僅少ではあるが，例年のごとく「雪倒れ」と称している冠雪による幹折れ，倒木などの被害もみられる。これら被害発生の原因は，単に自然現象である異常気象のためばかりでなく，人為的なものとして樹種，品種の適性をかき，あるいは不完全な保育，またはその時期を失したもの，造林面積の拡大にともなって冠雪危険地域，地形の判断をあやまることなどが考えられる。

スギ冠雪の研究についてはすでに第 1 報[3]が発表されており，高橋喜平技官が昭和 24～25 年冬季，十日町試験地において試験木により最初の実験を行ない[10]，冠雪量の自記記録に成功し，ひきつづき釜渕分場（現山形分場）と協同研究によって冠雪模型実験が行なわれ[8]，冠雪機構の解明がなされた。その後，昭和 31 年に発生した富山県下のボカスギ林の冠雪被害（前記）を契機に，以後 6 冬季にわたり冠雪被害の防除，軽減の基礎的資料をうるため，品種別，樹齢別，保育形式別等一連のスギの冠雪比較実験を十日町試験地構内（新潟県十日町市）において行なった。本文はその概要である。

この実験は，前防災部風雪研究室長武田繁後技官の指示により，前十日町試験地主任高橋喜平技官が立案し，同技官の指導のもとに実行したもので，ひきつづき現主任佐藤正技官に種々助言をうけた。なお，報告書のとりまとめにあたっては，防災部防災第一研究室長樫山徳治技官，理水研究室長杉山利治技官，山形分場多雪地帯林業第二研究室長高橋喜平技官の指導ならびに校閲をいただいた。また，観測にあたっては

(1)(2)　十日町試験地

十日町試験地根津誠一，大島保子，梅山代吉の各技官および樋熊喜市氏の協力によるところが大きかった。

実験供試木のうち富山県産ボカスギの斡旋，送付にあたっては，林野庁指導部造林保護課，富山県林政課，同治山課，富山県西砺波事務所の関係各位のご厚意により，また，新潟県十日町産ジスギについては市内田村良平，関口愛吉，池田重喜地の各氏のご協力をわずらわした。記して上記の方々に深甚なる謝意を表する。

I　実験目的および方法

1. 実験の目的

スギの冠雪被害を防除，または軽減するために，まず，各種の冠雪の実態を知る必要がある。その一方法として生育中のスギを選び，品種別，樹齢別，保育形式別に主としてそれぞれの冠雪量につき，比較観測するもので，本実験は従来の模型実験から現実林における実験への中間的試験として行なったものである。第1表にその経過と供試木の形態を示す。

第1表　実験の経過と供試木の形態（供試樹冠部）

A：ジスギ　　B：ボカスギ

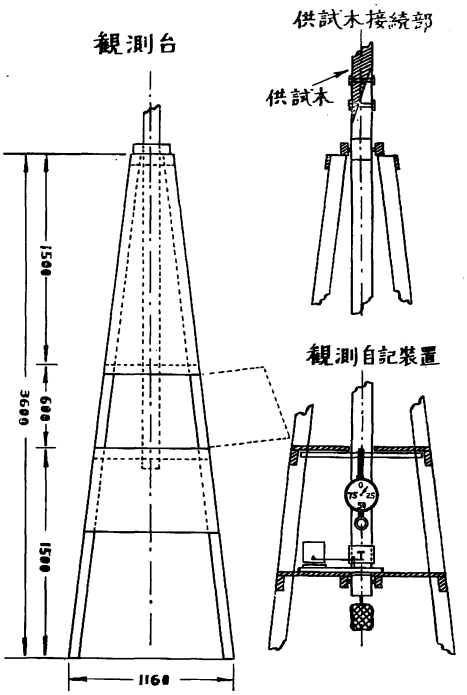
冬季	年	比較項目	No.	品種	樹齢	水平投影面積 (m^2)	垂直投影面積 (m^2)	樹冠長 (cm)	第1次枝総本数 (本)	第1次枝総延長 (m)	平均枝付角度 (°)	保育
1	昭和32～33	品種	1	B	35	2.4	4.0	405	88	54.6	53	
			2	A	23	5.0	8.6	610	108	91.5	76	
			3	B	35	2.3	3.8	385	82	51.3	55	枝すかし
2	33～34	品種	1	B	35	2.6	4.4	425	87	55.4	53	
			2	B	35	2.6	4.5	385	76	51.3	53	
			3	A	26	3.2	6.4	415	95	70.8	70	
3	34～35	樹齢	1	A	24	2.0	1.6	275	57	32.4	70	
			2	A	53	3.5	4.2	465	107	41.1	75	枝すかし
			3	A	67	2.8	3.4	490	127	30.8	80	
4	35～36	品種	1	B	40	1.5	2.4	300	59	36.3	45	
			2	A	53	2.2	3.9	355	76	47.2	60	
			3	B	40	1.5	2.3	280	68	39.3	45	
5	36～37	保育形式	1	A	30	5.7	7.2	480	100	83.8		
			2	A	30	3.5	3.8	300	61	41.6		枝打ち
			3	A	30	1.8	2.4	240	54	30.3		枝打ち
			4	A	30	4.7	6.0	480	64	55.7		枝すかし
			5	A	30	3.2	5.4	480	46	34.4		枝すかし
6	37～38	樹齢	1	A	10	2.8	4.8	480	77	52.4	64	
			2	A	24	3.0	5.7	480	68	55.9	75	
			3	A	32	3.3	6.1	480	107	86.2	60	
			4	A	43	3.7	5.9	480	62	48.1	70	
			5	A	57	4.7	6.1	480	79	54.5	80	

2. 供試木について

実験に使用したスギは，新潟県十日町産のクマスギ系統のジスギと，富山県産ボカスギの 2 種であって，選定にあたっては冠雪に影響する他の因子を一定にする必要から，樹冠形態が正常な一般的な林内木を基準とし，輸送，観測設備の関係で生育中の樹冠先端部 4～5 m を伐り取って観測の対象とした。したがって樹幹形状比，樹冠率等の関係については観測の対象外とした。なお，ここで注意を要することは，本実験の供試木が樹冠の一部分に限られていることであって，この成績から全体の樹冠の冠雪量を律するということに多少の疑点があるが，ここでは一応中間的試験としてこのことは無視した。

3. 実験観測設備

実験観測設備は高橋喜平技官が考案したもので，供試木を樹冠形態が生育中と同じような状態のままで，その冠雪量を測れるようにしたものであって，その観測装置は第 1 図および写真 1～3 に示すとおりで，荷重の変化を自記記録できるようにしてある。すなわち，観測台の測定器（100 kg 用スプリング・バランス）に懸垂秤量されるもので，その冠雪量は測定器の指示目盛で読みとりするとともに，拡大装置により自記記録が同時にできるようにしたものである。写真 4 はその自記記録の 1 例である。なお，供試木自体の荷重はおもりにより減量を行ない零点調整をした。



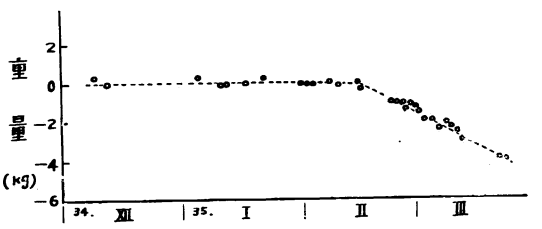
第 1 図　冠雪観測装置（mm）

4. 観測項目

冠雪量の観測は毎日 9 時，16 時の 2 回，測定器の指示目盛を読みとり，自記記録紙の取替えは 9 時に行なった。また，冠雪による樹冠の変化を比較するために随時写真撮影を行ない，雪質，密度等についても適宜測定した。一般気象観測は 1 冬季間を通じ毎日 9 時に行ない，その他は自記記録計を利用した。

5. 供試木の変化について

供試木は冬季の観測期間中，生育中のものに比べてどのように変化するかについては，高橋技官も指摘[10] したように，観測期間が樹液の流動停止期であるため，樹形，枝葉の色感等，生育中のものと同一に観察された。ただし，その重量は日数の経過にともなって軽減する。第 2 図は 1 冬期間の供試木の減量経過図であって，冠雪が落下した後，ほぼ 24 時間降水量がなかったときの重量をプロットしたものである。この図でわかるとおり，降雪最盛期は減量も非常に少ないが，融雪期にはいると急激に乾燥し減量してゆく。この傾向は 6 冬季間，各供試木ともほとんど同じであって，12～3 月の約 4 か月間の重



第 2 図　供試木の減量経過（昭和 34～35 年冬季）

量減少率はほぼ 2～3 割であった。このため本実験においては，供試木の減量を補正するため観測のつど，微動調整ねじにより零点調整ができるようにした。

6. 冠雪量比較の基準

樹冠の大きさの異なる供試木の冠雪量を比較する場合，冠雪量の対象となる樹冠の表現には，樹冠の形，大きさ，枝葉密度，枝条の太さ，枝付角度等が考えられるが，これらの一部は冠雪量の増加にともなって変化し，とくに降雪の流線が傾斜すると，降雪の流線に対する樹冠の投影面積は大となり，ある傾斜までは冠雪量を増大することになる。ここである傾斜といったのは，降雪の傾斜は風速に関連して大きくなるが，風速を増してゆくことは逆に樹冠の形を変え，または枝葉を動揺させることになって，冠雪の落下を促進する結果となり，しかもその限界は雪質によって変化するため一定とはならないからである。したがって，これらの諸因子と冠雪量との関係の検討は今後の問題として，本報告では単純に降雪前の樹冠の単位水平投影面積（m^2）あたりの荷重を冠雪量とし，または冠雪率（冠雪量/降雪量）によって比較することにし，必要に応じ総量（供試樹冠全体にかかる冠雪量）でも比較した。

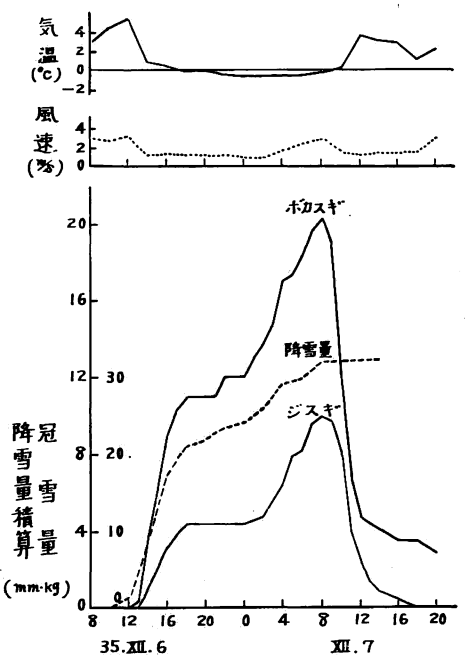
II 成　績

1. 品種別比較実験

品種の違いにより，冠雪量がどのように変化するかを知るため，表日本系および裏日本系と呼ばれるスギの 2 品種により，3 冬季，冠雪量の比較観測を行なったもので，表日本系には富山県西砺波および氷見産のボカスギ，裏日本系には新潟県十日町産のクマスギ系統のジスギ（以下ジスギと呼ぶ）を選び，供試木は各冬季ともジスギ 1 本，ボカスギ 2 本とした。ボカスギは昭和 31 年とくに冠雪被害の大きかった 35～40 年生のほぼ伐期に達したもので，ジスギは入手の関係から 25 年生前後のものと，53 年生木を比較の対象とした。ジスギとボカスギの外部形態的な一般的特徴を簡単に記したのが第 2 表で，とくに葉の形態を写真 5，6 で示した。なお，生育分布についてみると，ボカスギは富山県の両端の丘陵山林地帯に生育し，好適な立地環境と相まって優良な成績をあげ，その成長量は新潟県産のジスギにくらべ，樹高約 1.54 倍，幹材積 1.70 倍となっている。おもに電柱用材として

第 2 表　ボカスギとジスギの特徴

品種 / 樹冠	ボカスギ	ジスギ
葉	直線的で，握つて刺痛を感ず。	わん曲大で，上位の針葉と交さし，握つて滑らか。
枝	直線的，またはややわん曲し，枝付角度概して小，柔軟性小。	わん曲し，枝付角度概して大，下部に至るにしたがいしだいに角度を増す，柔軟性大。
幹	概して，梢殺	概して，完満



第 3 図　冠雪の一般的消長経過

第 3 表　1 連続降雪ごとの最大冠雪量と降雪量

月　日	降雪量 (mm)	新雪密度 (g/cm³)	ジスギ 冠雪量 (kg/m²)	ジスギ 冠雪率 (%)	ボカスギ 冠雪量 (kg/m²)	ボカスギ 冠雪率 (%)	ジスギに対する冠雪比 (%)
35. XII. 6	32.1	0.09	9.9	31	20.3	63	205
18	34.3	0.07	11.5	34	21.5	63	187
26	165.6	0.10	22.3	13	31.9	19	143
36. I. 4	13.9		5.0	36	8.9	64	178
6	38.9	0.09	18.4	47	34.0	87	185
16	27.7	0.09	7.0	25	15.5	56	222
22	67.1	0.10	10.9	16	16.7	25	153
25	19.5		3.7	19	5.7	29	154
II. 1	29.7	0.12	6.6	22	13.7	46	208
3	36.4		9.6	26	13.7	38	143
8	34.8	0.15	6.8	20	13.3	38	196
9	17.7	0.13	4.2	24	7.3	41	174

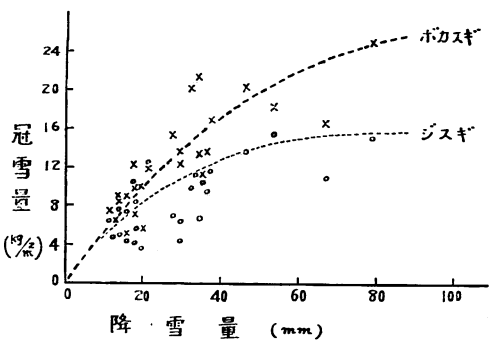
広く利用されているが，近年は前記のごとく 2 回にわたり顕著な冠雪被害をうけた。クマスギはとくに耐雪性がつよいといわれ，多雪の長野県北部，新潟県南部地方に広く分布して建築用材等に使われている。

i）冠雪の一般的経過

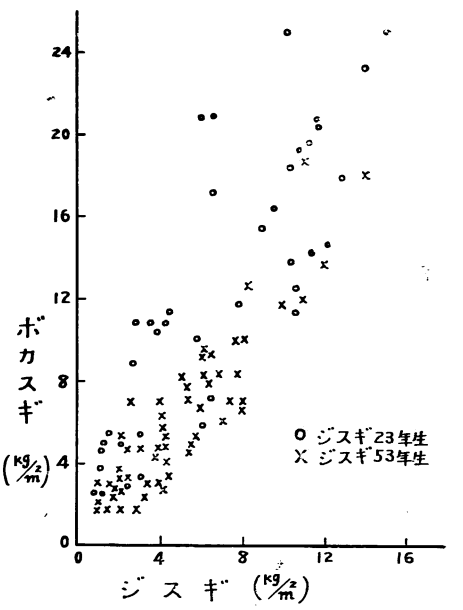
おもなる観測成績を第 3 表に示し，一般的な冠雪の一例について，その消長経過を冠雪量によって示したのが第 3 図であって，ジスギとボカスギの冠雪量には明りょうな相違のあることがわかる（写真 7～9 参照）。しかし積もり方自体にはあまり大きな差はなく，落下消失の場合ボカスギに 1～2 時間のおくれがでる程度であった。

ii）降雪量と冠雪量

1 連続降雪ごとの最大冠雪量と，そのときの降雪量との関係を図示すると第 4 図のごとくになり，点がかなりばらついているが，大体点線のごとき傾向を示していることがわかる。すなわち，降雪量が 15～20 mm



第 4 図　1 連続降雪ごとの最大冠雪量と降雪量



第 5 図　ジスギとボカスギの冠雪量

くらいまでは両者ともほとんど同じ傾向で冠雪量が増大するが，降雪量がそれ以上になるとジスギは増大の割合が急に減退してゆく。ところが，ボカスギはさらに増大してゆく傾向を示している。

iii)　ボカスギとジスギの冠雪量の比較

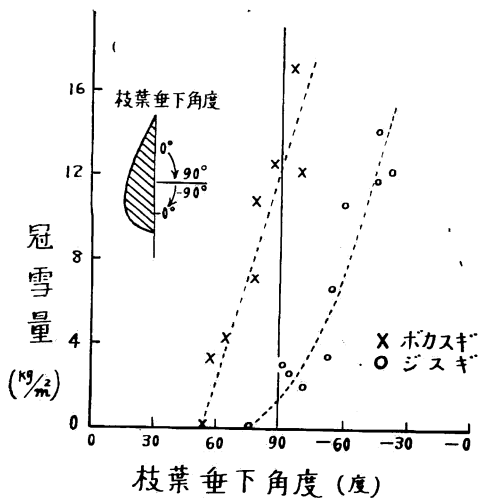
1 連続降雪ごとの観測例が少ないため，9 時，16 時の観測値によりボカスギとジスギの冠雪量を比較したのが第 5 図である。ジスギ 100% に対し，ボカスギは大約 140～180%で，ジスギの樹齢が高くなると両者の差は小さくなる傾向がある。

iv)　冠雪による樹冠形態の変化

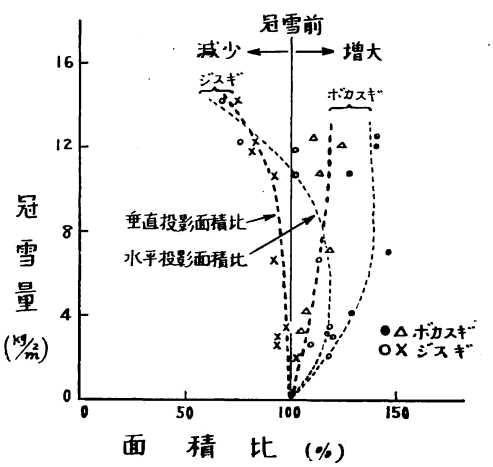
冠雪量が増すにしたがって，上向きの枝葉はその枝付角度を増して水平方向にひろがり，ついに最大投影面積に達する。この増加率は冠雪前に比べ，ジスギは 15～20%，ボカスギは 30～40% であるが，この冠雪量がさらに増すと枝葉はしだいに垂下を始め，逆に投影面積をせばめてゆくことになる。この冠雪

第 4 表　冠 雪 量 と 樹 冠 形 態 の 変 化

ボカスギ				ジスギ			
冠雪量 (kg/m²)	枝葉垂下角度 (°)	投影面積比 水平(%)	投影面積比 垂直(%)	冠雪量 (kg/m²)	枝葉垂下角度 (°)	投影面積比 水平(%)	投影面積比 垂直(%)
0.0	53	100	100	0.0	76	100	100
3.3	57	117	105	2.0	−78	118	103
4.2	65	130	108	2.6	−85	109	94
7.1	77	147	118	3.0	−88	120	94
10.8	78	127	113	3.4	−67	118	98
12.1	−81	120	123	6.6	−65	113	92
12.5	87	140	110	10.6	−60	102	92
17.1	−85	127	120	11.8	−45	102	81
20.4	−84	130	120	12.2	−38	76	83
23.3	−79	120	123	14.1	−44	67	74



第 6 図　冠雪量と枝葉の垂下の仕方



第 7 図　冠雪量と樹冠形態の変わり方

量と樹冠形態の変化につき，撮影した写真上から枝葉の垂下の仕方，樹冠投影面積の変化の過程を測定したのが第 4 表である。枝葉の垂下は平均垂下角度の測定値を示したもので，その角度は第 6 図に示すごとく，上向きの枝葉が水平方向までひろがる過程（0～90°）をプラスとし，水平方向から下向きに垂下する角度（90～0°）はマイナスを付して区別した。

樹冠投影面積の変化は水平面への投影（水平投影面積）と，垂直面への投影（垂直投影面積）とに分けて測定し，冠雪前の投影面積との比（面積比）で表わした。この関係をわかりやすく図示したのが第 6, 7 図であって，大体点線のごとき傾向を示すことがわかる。すなわち，枝葉の垂下の場合，ボカスギは水平方向へのひろがりに時間を要し，最大投影面積になる 90° 内外の持続時間がながく，それ以下になることが少ない。これに対し，ジスギは大体 2 kg/m² 程度で 90° に達し，以後の冠雪量で急速に枝葉を垂下する。本実験でもっとも垂下したときの角度はボカスギが −79°，ジスギが −38° で，ジスギはほぼ垂下の限界であったが，ボカスギはさらに冠雪可能な状態であった。この枝葉の垂下に関連して投影面積の変わり方をみると，いずれの場合も垂直投影面積に比べ水平投影面積の変化が大きく，ボカスギは大体 5 kg/m² くらいまで投影面積を増すが，冠雪量がそれ以上になると，この投影面積は最初の増大の形態を保持したままで大きな変化を示さなくなる。この場合の増大率は冠雪前の約 20～30% である。一方，ジスギは同じく冠雪量が大体 4 kg/m² くらいまでは冠雪前の 0～20% の範囲でひろがるが，その後の冠雪量で急速に投影面積を減少してゆく。本実験では冠雪量 14 kg/m² 内外のときもっとも投影面積をせばめ冠雪前の 67～74% となった。以上の観測結果から樹冠形態の変化は冠雪量に密接な関係をもつことがわかった。とくに枝葉の垂下の相違は，風による冠雪のふりおとし作用や融解落下にも関連し，投影面積の変化の場合，ボカスギが投影面積を増大した状態を持続することは，風圧に対する危険性を大きくすることなども考えられる。

v) 結　言

以上の観測成績により，ジスギとボカスギの樹冠には外部形態的に対照的な特徴があるとともに，冠雪に対しても判然とした相違を示すことがわかった。これには，供試木がジスギとボカスギでは樹齢が相違するための影響も考えられるが，そのおもな理由は，冠雪による樹冠形態の変化の仕方が違うことにあると判定される。したがって，ジスギは冠雪に対する適応性が大であるのに反し，ボカスギは小であり，必然的に冠雪害を予想させられる。以上のことから冠雪危険地域におけるボカスギの育成は適当ではなく，杉山技官も指摘している[6]ごとく，耐雪性のつよい他の樹種，品種に変えることが望ましいと考えられる。しかしながら，立地条件や経済面からこのことが不可能であるならば，冠雪危険地形に限って集約的な保育をおこなうことが必要と思われる。

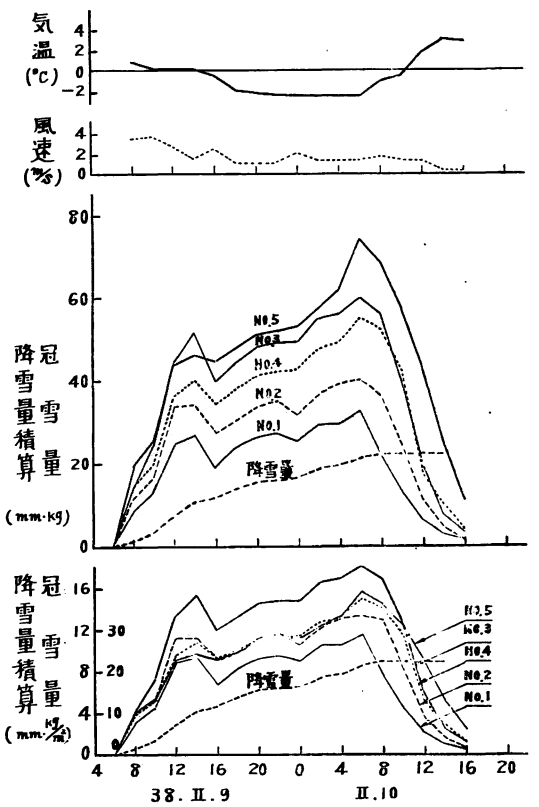
2. 樹齢別比較実験

樹齢別の冠雪量の変化について，とくに冠雪量が最大に達する齢階を求め，冠雪害防除のための保育時期等の資料をうることを目的としたもので，ジスギにより 2 冬季観測を行なった。供試木は第 1 表のごとく，1 冬季は 24 年，53 年，67 年生の 3 本とし，1 冬季は 10 年生より 10 年ごとに 50 年生までの 5 本を予定したが，実際には選木の都合で予定した樹齢のものを選ぶことができず，第 1 表のごとき齢階によった。この場合，全供試木の樹冠長は同一とした。本文では主として後者の成績についてのべる。なお，樹冠長を同一にする際，10 年生の平均樹冠長では小さすぎるため，10 年生供試木に限り，成績優良なものを選んでこれにあてた。

第5表　1連続降雪ごとの

月日	降雪量	新雪密度	No. 1 (10年生)			No. 2 (24年生)		
			冠雪量		冠雪率	冠雪量		冠雪率
	(mm)	(g/cm³)	kg	kg/m²	%	kg	kg/m²	%
37. XII. 11	21.3	0.07	25.0	8.9	42	31.5	10.5	49
22	19.3		22.0	7.9	41	30.0	10.0	52
24	8.6		14.0	5.0	58	18.5	6.2	72
*38. I. 8	39.5	0.13	59.0	21.1	53	88.0	29.3	74
21	17.0	0.07	22.5	8.0	47	28.5	9.5	56
29	22.9	0.08	28.0	10.0	44	36.5	12.2	53
III. 6	18.8	0.07	17.5	6.3	34	27.5	9.2	49
9	22.2	0.09	32.5	11.6	52	40.0	13.3	60
18	12.0	0.06	15.0	5.4	45	17.5	5.8	48
26	7.2		13.5	4.8	67	17.5	5.8	81
IV. 1	13.9		19.0	6.8	49	25.0	8.3	60
3	19.1		32.5	11.6	61	40.0	13.3	70

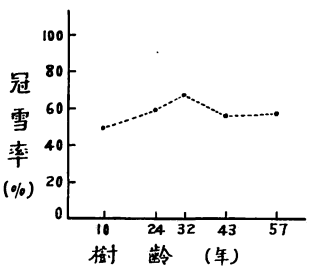
* 異常冠雪



第8図　冠雪の一般的消長経過

i)　冠雪量の経過

おもなる観測成績を第5表に示す。*印は異常冠雪のときで，このことについては後述する。第8図はもっとも一般的な冠雪量の経過につき，総量と単位面積あたりの荷重に分けて示したものである（写真 10～12 参照）。総量比較では No. 3 をのぞいては大体樹齢の高いものほど冠雪量も多くなっている。これは齢階が高くなると樹冠も大きくなるため，常識的なことといえよう。しかし，これを単位面積あたりの荷重によって比較するとかなり違った結果になる。すなわち，No. 3 が最大であるが，No. 2，No. 4，No. 5 はほ



第9図　樹齢と冠雪率

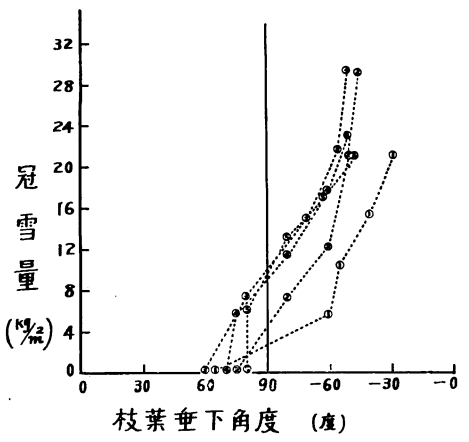
最大冠雪量と降雪量

No. 3 (32 年生)			No. 4 (43 年生)			No. 5 (57 年生)		
冠雪量		冠雪率	冠雪量		冠雪率	冠雪量		冠雪率
kg	kg/m²	%	kg	kg/m²	%	kg	kg/m²	%
37.5	11.4	54	40.5	11.0	52	49.5	10.5	49
37.0	11.2	58	35.0	9.5	49	44.5	9.5	49
21.0	6.4	74	21.5	5.8	67	25.0	5.3	62
97.5	29.7	75	88.5	23.9	61	97.5	20.7	52
32.5	9.9	58	32.0	8.7	51	52.0	11.1	65
45.0	13.6	59	42.0	11.4	50	62.0	13.2	58
31.5	9.6	51	32.0	8.7	46	32.5	6.9	37
60.0	18.2	82	55.0	14.9	67	74.0	15.8	71
25.0	7.6	63	20.5	5.5	46	28.0	6.0	50
19.5	5.9	82	18.5	5.0	69	24.5	5.2	72
33.0	10.0	72	30.0	8.1	58	35.0	7.4	53
50.0	15.2	80	43.5	11.8	62	55.0	11.7	61

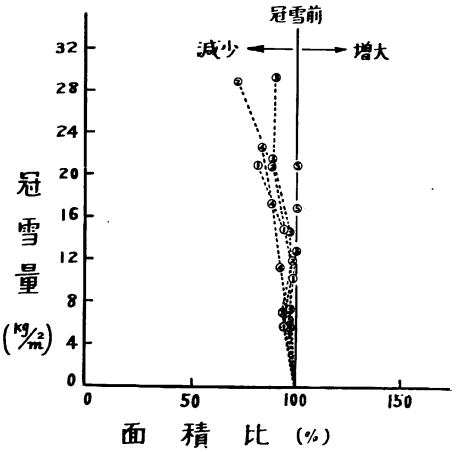
とんど同一傾向を示し，最少が No. 1 の 10 年生となる。ただし，積もり方には各供試木の間に大差はみとめられなかった。つぎに樹齢と冠雪率の関係を示したのが第 9 図であるが，これは第 5 表の 11 例の平均値で示したものである（異常冠雪時は除外）。この冠雪率は No. 3 の 67% をのぞいては各齢階に大きな差がなく，ほぼ 50～60% の範囲であった。

ii) 冠雪量と樹冠形態の変化

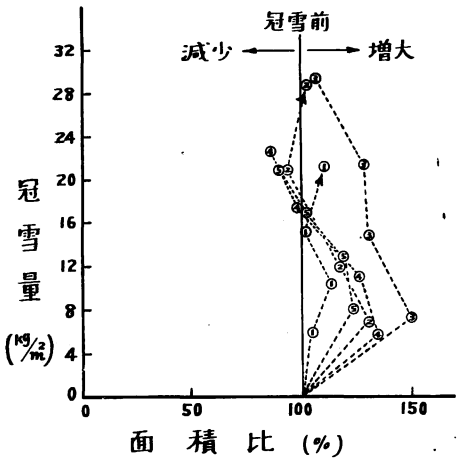
冠雪量による各齢階の樹冠形態の変わり方について，前項と同一方法により写真上から測定して示したのが第 10～12 図である。枝葉の垂下は柔軟性の大きい 10 年生がもっとも早く，しかも大で −30° となったが，他は −50° 程度でほぼ同一傾向を示した。樹冠投影面積の変わり方は，垂直投影面積は各供試



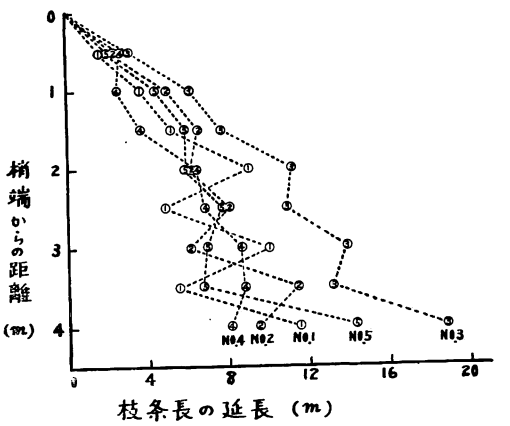
第 10 図　冠雪量と枝葉の垂下の仕方



第 11 図　冠雪量と樹冠形態の変わり方
——垂直投影面積——

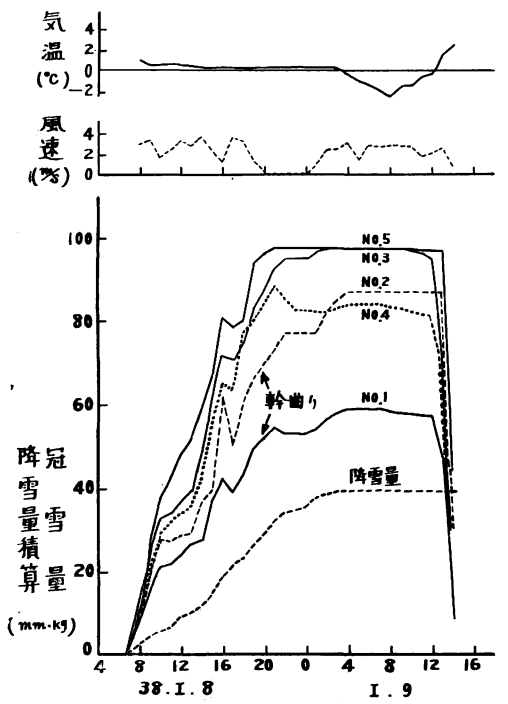


第 12 図　冠雪量と樹冠形態の変わり方
——水平投影面積——



第 13 図　枝条の分布

木ともほとんど同様で，冠雪前に比べ 0～30% の範囲で減少し，冠雪前より大きくなることはない。しかし，水平投影面積は No. 3 が冠雪前の 150% にひろがり，以後の減少が緩慢であった。これに対し，他は 115～130% の範囲で増大し，以後の減少が早い。なお，図の矢印し部分は幹曲りを生じたもので，いったん減少した投影面積が幹曲りにより急速に増大してゆくことを示している。No. 3 の冠雪量が他に比して大きいのは，投影面積の変化過程のほかに，樹冠密度にも差異のあることが原因と思われる。



第 14 図　異常冠雪の消長過程

全供試木の枝条分布を比較してみると第 13 図のごとくになり，No. 3 の樹冠密度が非常に大であることに気づく。このことは四手井の模型実験[3]ですでに証明されたことと一致しており，樹冠の投影面上に降る雪の量よりも，枝葉の数，あるいは密度が大きく関係して冠雪量が増大するためと考えられる。No. 3 の枝条は他に比し約 40% も多く，樹冠全体としては冠雪量を増加することになり，しかも各枝葉にかかる冠雪荷重は分担されて減少するわけで，枝条の単位長さあたりの荷重 (kg/m) はほぼ半分になる。これらのことが第 12 図において No. 3 の投影面積を増大し，またはその減少経過を緩慢にしている原因となったものであろう。

iii)　異常冠雪

普通の冠雪の場合，冠雪がある量に達すると降雪が継続しても冠雪量はあまり増大しなくなる。ところが，異常気象のもとでは，この冠雪の限界

をこえて，さらにその量を増してゆき，ついに被害を発生する。本実験で 10 年生，20 年生供試木が冠雪のために幹曲りを生じたが，これは実験中唯一のものであって，その他の供試木については 6 冬季中，被害を生ずるようなことはなく，単に枝葉を垂下する程度であった。この異常冠雪は昭和 38 年 1 月 8 日朝から冠雪を始め，1 月 9 日 4 時に最大に達したもので，その冠雪総量は齢階順に 59，88，98，89，98 kg であって，その冠雪経過は第 14 図に示すとおりである。この異常冠雪の原因は前日の 1 月 7 日 13 時 35 分から雨が降り出し，それがまもなく霙となって降りつづいた後，1 月 8 日 6 時 45 分から雪となったもので，気温は降雪開始時から終了時まで 0°C 以上であって，降雪中の気温は 0.3～0.5°C の範囲で持続した。したがって，降雪はいちじるしい湿雪で，付着力，凝集力が大きく，急速に冠雪を増大し，ついに 1 月 8 日 19 時ころから No. 1，No. 2 は幹曲りを生じた（写真 13 参照）。しかし，No. 3 以上の供試木は枝条を垂下しただけでほとんど異常がなかった。これは樹幹の抗わん強度の相違によるものと考えられる。この夜は近くの林地で数回幹折れの音を聞くほどで，幼齢林は大半幹曲りとなり，一部は埋雪した。この降雪中の気温振幅はわずか 0.2°C 内外であって，しかも 0°C 以上のまま終始するということは非常に珍らしい現象で，このときの降雪量は 40 mm 程度であったが，降雪さえ継続すれば，倒伏するまで冠雪することが考えられ，とくに樹齢の低い林分は大半倒伏をまぬがれない。なお，経過図で降雪末期に No. 1，No. 2 の冠雪量が増したのは幹曲りによって樹冠投影面積を増大したためで，このときの新雪密度は 0.125 g/cm³ であった。

iv) 結　言

本実験で単位面積あたりの冠雪量を比較した場合，樹齢 30 年前後の生育旺盛期にその最大が現われ，最少は 10 年生であって，その他はあまり差がないことがわかった。しかし，樹齢は冠雪を対象とした場合，一応の目安とはなる。ただし，注意を要することは樹齢とともに樹冠密度であって，枝条本数あるいは密度が，とくに冠雪量に関係することである。樹齢 30 年生前後は壮齢期にはいり，枝葉数も多く生育旺盛であって，冠雪量が大きくなることが考えられるわけで，保育時期についてもこの点に留意し，それ以前に実行することが望ましい。つぎに，1 例をのぞいて 6 冬季中，供試木に冠雪害をみることはなかったが，現実林においては時に被害をみることがあった。これらの被害木を観察してみると，樹冠の偏倚していることが多く，あるいは 2 次的雪害（冠雪を直接原因とし，幼齢期における雪害跡，または虫，菌害跡より折損）と考えられるものもあった。これらのことから，正常な樹冠形態を保持するための保育，整形，幼齢期における雪害防除のための特別な保育等に留意するならば，冠雪害はかなり軽減しうる

第 6 表　保 育 形 式 と 枝 条 の 変 化

供試木	保育形式	枝条本数					枝条総延長				
		保育前		保育後			保育前		保育後		
		本数	No. 1 に対する比	本数	減少率	No. 1 に対する比	延長	No. 1 に対する比	延長	減少率	No. 1 に対する比
		本	%	本	%	%	m	%	m	%	%
1	標準	100	100				83.8	100			
2	枝打ち 1/3	85	85	61	28	61	74.0	88	41.6	44	50
3	枝打ち 1/2	102	102	54	47	54	87.1	104	30.3	65	36
4	枝すかし 1/3	96	96	64	33	64	83.6	100	55.7	33	66
5	枝すかし 1/2	92	92	46	50	46	68.8	82	34.4	50	41

第7表　保育形式と樹冠投影面積の変化

供試木	保育形式	水平投影面積					垂直投影面積				
		保育前		保育後			保育前		保育後		
		面積	No. 1に対する比	面積	減少率	No. 1に対する比	面積	No. 1に対する比	面積	減少率	No. 1に対する比
		m²	%	m²	%	%	m²	%	m²	%	%
1	標準	5.7	100				7.2	100			
2	枝打ち 1/3	4.9	87	3.5	29	61	7.6	106	3.8	50	53
3	枝打ち 1/2	5.6	98	1.8	68	32	8.2	114	2.4	71	33
4	枝すかし 1/3	5.5	97	4.7	15	82	6.7	93	6.0	10	83
5	枝すかし 1/2	4.4	77	3.2	27	56	6.8	94	5.4	21	75

ものと思われる。なお，過去の大被害例では冠雪が異常に発達した後，強風に見舞われた場合が多いが，本実験中，そのようなケースは全くなく，強風がどの程度影響するかについては知ることができなかった。

3. 保育形式別比較実験

ジスギによって，樹冠形態，枝葉密度と冠雪量との関係を求め，冠雪被害軽減のための枝打ち，枝すかし等の保育基準をうるために行なったもので，供試木に使用したジスギは 30 年生林分から樹冠の形態，密度が正常で一般的なもの 5 本を選定した。保育形式は第 6 表のごとく，枝打ち，枝すかしを行なって樹冠の形態，密度をかえたもので，保育することにより冠雪量が保育前に比べどのように変化するかを知るため，供試木中の 1 本を標準木として保育しないままの状態で観測を行ない，この標準木の冠雪量との比較をこころみた。なお，保育の場合，枝打ち 1/3 というのは供試樹冠長の下方 1/3 の枝条をおとしたもので，1/2 は下方 1/2 の枝条をおとした。また，枝すかし 1/3 は供試樹冠部を形成する全枝条につき，2 本おきに 1 本ずつ伐りすかしたもので 1/2 は 1 本おきに 1 本ずつ伐りすかした。第 6, 7 表はこの保育による樹冠の変化を記した。ここでことわっておかなければならないことは，本実験では枝葉量

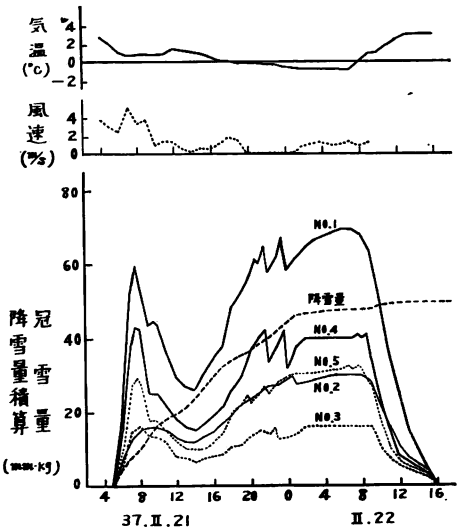
第8表　1連続降雪ごとの

月日	降雪量	新雪密度	No. 1（標準）		No. 2（枝打ち 1/3）		
			冠雪量		冠雪量		冠雪比
	(mm)	(g/cm³)	kg	kg/m²	kg	kg/m²	%
37. Ⅰ. 15	96.4	0.08	93.0	16.3	46.0	13.1	60
20	15.3	0.10	46.5	8.2	18.0	5.1	47
22	113.9	0.08	88.0	15.4	31.5	9.0	44
27	91.3	0.11	73.0	12.8	27.5	7.9	46
Ⅱ. 19	12.0	0.08	35.0	6.1	13.0	3.7	45
20	23.5	0.08	59.5	10.4	30.0	8.6	61
21	51.9	0.09	69.5	12.2	30.0	8.6	53
22	15.0	0.10	54.0	9.5	20.5	5.9	46
26	32.0	0.07	55.0	9.7	18.0	5.1	40
28	17.5		46.5	8.2	15.0	4.3	39
Ⅲ. 11	12.4	0.10	46.0	8.1	15.0	4.3	40

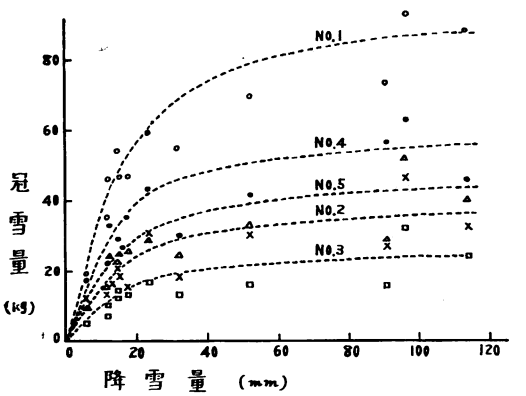
と成長量等に関する樹木の生理的な問題はいっさい無視し，極端（1/2）と考えられる保育も行なったことである（写真 14 参照）。それから供試木はほぼ均一なものを選んだが，実際には表に示したごとく樹冠に多少の個体差があるため，保育前に標準木に対する各供試木の冠雪率を求めてみた。すなわち，標準木の冠雪量 100% に対し，No. 2 は 82%，No. 3 は 113%，No. 4 は 77%，No. 5 は 69% であった。このことから，保育による冠雪量の減少の割合を求める際は，各供試木ごとに標準木の冠雪量から，それぞれの保育しない場合の冠雪量を算定し，その算定値に対する比率によることとした。

i）　冠雪の一般的経過

第 8 表におもなる観測 11 例を示す。第 15 図は一般的な冠雪量の経過であって，保育による冠雪量の軽減が判然としている（写真 15～17 参照）。なお，冠雪量の増加，風による落下，融解のための減少など，冠雪の消長経過は各供試木ともほとんど類似した



第 15 図　冠雪の一般的消長経過



第 16 図　1連続降雪ごとの最大冠雪量と降雪量

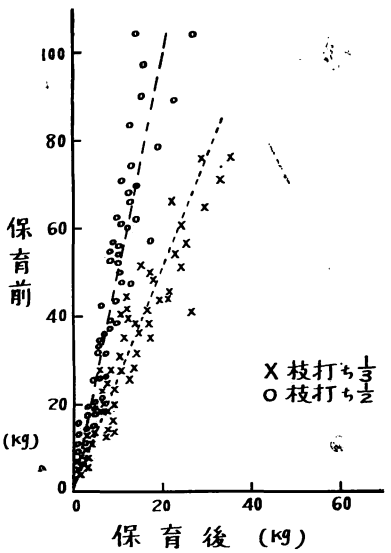
最大冠雪量と降雪量

No. 3（枝打ち 1/2）			No. 4（枝すかし 1/3）			No. 5（枝すかし 1/2）		
冠雪量		冠雪比	冠雪量		冠雪比	冠雪量		冠雪比
kg	kg/m²	%	kg	kg/m²	%	kg	kg/m²	%
32.0	17.8	30	63.0	13.4	88	52.0	16.2	81
14.5	8.1	28	26.5	5.6	74	22.0	6.9	67
24.0	13.3	24	45.5	9.7	67	40.0	12.5	66
15.5	8.6	19	37.5	8.0	67	27.0	8.4	54
7.0	3.9	18	22.0	4.7	81	15.0	4.7	62
16.5	9.2	25	43.0	9.4	94	29.0	9.1	71
16.0	8.9	20	41.0	8.7	77	32.5	10.2	68
13.0	7.2	21	28.5	6.1	69	24.5	7.7	66
13.0	7.2	21	29.5	6.3	70	24.0	7.5	63
13.0	7.2	25	35.0	7.4	98	25.0	7.8	76
10.0	5.6	19	33.0	7.0	93	23.0	7.2	73

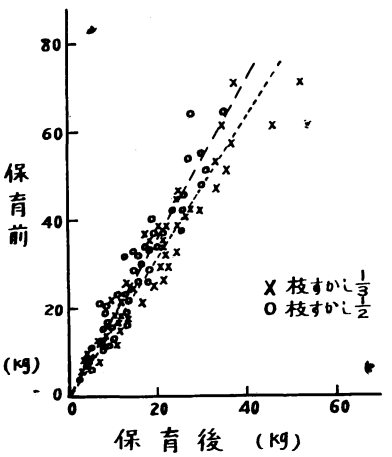
過程をたどっていることがわかった。つぎに，1 連続降雪ごとに，そのときの最大に達した冠雪量と降雪量との関係を第 16 図に示す。わずか 11 例であり，点がばらついているが，各供試木とも大体点線のごとき傾向を示している。この傾向は品種別比較実験の項におけるジスギの場合と同様であって，降雪量が 20 mm くらいまでは冠雪量も急に増大し，それ以上の降雪量になると増大の割合が漸時減退してゆく。このことは，すでにのべたごとく，樹冠形態の変化に関連しており，20 mm 以上の降雪量になると冠雪量はほぼ一定になり，小さな増減をくりかえしながら，少しずつ増加してゆくためであろう。

ii)　保育形式と冠雪量の変化

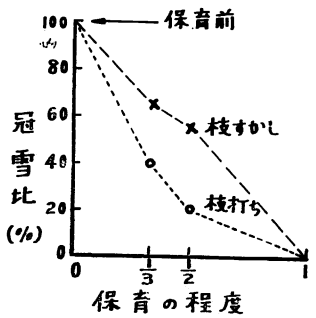
1 連続降雪ごとの観測例が少ないため，9 時と 16 時の観測値から，保育前後の各供試木の冠雪総量をプロットしたのが第 17，18 図であって，大体直線関係を示し，保育による冠雪量の減少効果が一そう明りょうになる。大約すると，保育しない場合（各供試木ごとに標準木の冠雪量から算定）を 100% とすると，枝打ち 1/3 は 40%，1/2 は 20%，枝すかし 1/3 は 65%，1/2 は 55% の冠雪量となる。第 19 図はこの保育形式による冠雪比（保育後の冠雪量/保育しない冠雪量）の関係をわかりやすく示したもの



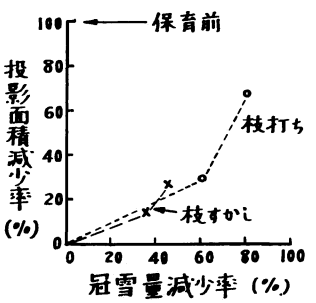
第 17 図　保育形式と冠雪量の関係
——枝打ち——



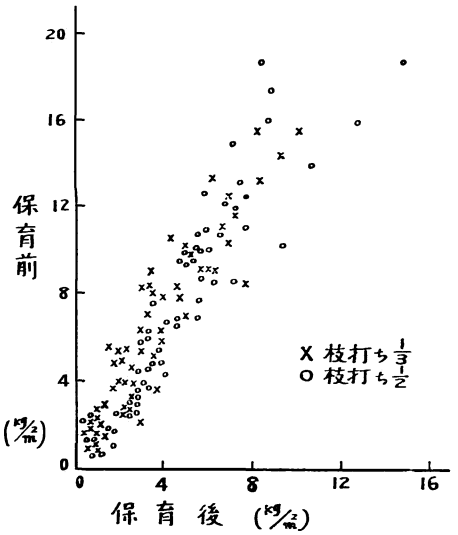
第 18 図　保育形式と冠雪量の関係
——枝すかし——



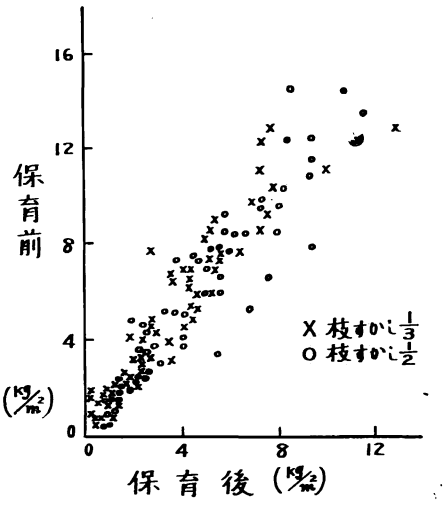
第 19 図　保育の程度と冠雪比の関係



第 20 図　樹冠投影面積（水平）と
冠雪量減少率の関係



第21図　保育形式と冠雪量の関係
——枝打ち——



第22図　保育形式と冠雪量の関係
——枝すかし——

で，枝打ちの場合の冠雪減少率は大きく，枝すかしの場合はそれより小さい。この理由について，さらにこの冠雪量の減少率と，保育による樹冠投影面積の減少率の関係をみると，第 20 図のようになる。枝打ちの場合は投影面積の減少率も大で，冠雪量を減少する原因になっていることがわかる。枝すかしの場合は投影面積の減少率が少なく，したがって，冠雪量の減少の割合も前者より小となる。ここで，枝打ち 1/3 と 1/2 の冠雪量の差に比べて，枝すかし 1/3 と 1/2 の差が少ないことについては，枝打ちおよび枝すかしのそれぞれの場合で，枝条本数および枝条総延長の減少率の差にはあまり違いがなく，水平投影面積の減少率の差に 2 倍以上のひらきがあるために，これが冠雪量の相違として現われたものであろう（第 6, 7 表参照）。

つぎに，保育形式による冠雪量の変化につき，単位面積あたりの荷重によって示したのが第 21, 22 図である。枝打ちの場合は 30～40% の軽減となり，枝すかしの場合 20～30% 減ずる。ただし，いずれの場合も保育 1/3 と 1/2 を比較してみると，冠雪量は逆に 1/2 の方が 1/3 よりも 5～10% 程度大きくなる傾向があるが，この原因についてはよくわからない。

iii) 結　言

以上，1 冬季の実験，観測成績であるが，保育による供試木の冠雪量軽減の割合がわかり，樹冠の形態，密度と冠雪量の関係がほぼ明らかになって，保育形式による冠雪量軽減効果をある程度知ることができた。保育木の冠雪量は，保育しない場合（各供試木ごとに標準木の冠雪量から算定）を 100% とすると，大約枝打ち 1/3 は 40%，1/2 は 20%，枝すかし 1/3 は 65%，1/2 は 55% であった。なお，単位面積あたりの荷重によって比較すると，枝打ちの場合は 30～40%，枝すかしは 20～30% の軽減となるが，いずれの場合も保育 1/2 の方が 1/3 より 5～10% 程度，冠雪量が大きくなる傾向がある。このことは，強度の枝打ちの場合には，生理面を別にしても重心点が上方へ移り，冠雪による折損の危険率をはなはだしく増大することが考えられる。また，枝すかしの場合は冠雪総量による比較の場合でも保育 1/3, 1/2 の間の差は僅少であって，保育作業の困難性，経済性，枝葉の冠雪保持負担等を別にしても，過度の保育

はその必要がなく，1/3 程度で十分と考えられる。枝打ちの際も，1/3 以下の保育で冠雪量はほぼ半減することが期待できる。

Ⅲ 要　　約

スギ林の冠雪害防除，軽減のための基礎的資料をうることを目的とし，十日町試験地構内（新潟県十日町市）において 6 冬季（昭和 32～38 年），スギ樹冠部の冠雪量自記装置により，品種別，樹齢別，保育形式別等一連の冠雪量比較実験を行ない，下記の成績を得た。

1. 品種別比較実験

対照的品種として，表日本系とよばれる富山県産ボカスギ，裏日本系とよばれる新潟県産のクマスギ系統のジスギを選び，冠雪量の比較観測を行なった。

i） 冠雪量の最大はジスギ 18.4 kg/m², ボカスギ 34.0 kg/m² であった。毎日 9 時，16 時観測の冠雪量によって両者を比較すると，ジスギ 100% の場合，ボカスギは 140～180% で，ボカスギの冠雪量はジスギの約 2 倍に達することがある。また，ジスギの樹齢が高くなると，その差は小さくなる傾向がある。

ii） この冠雪量の相違について，樹冠形態の変化の仕方を調べた結果，次のことがわかった。

a. 枝葉の変化

ボカスギの枝葉は冠雪による水平方向へのひろがりに時間を要し，最大投影面積になる 90° 内外の持続時間がながく，それ以下になることが少ない。垂下の最大は −79° で，さらに冠雪可能な状態であった。ジスギはわずか 2 kg/m² 程度の冠雪量で 90° になり，以後の冠雪量で急速に垂下する。垂下の最大は −38° で，ほぼ，冠雪可能の限界であった。

b. 樹冠投影面積の変化

垂直投影面積にくらべ，水平投影面積の変化が大きい。すなわち，後者の場合，ボカスギでは大体 5 kg/m² 程度の冠雪量までその面積をますが，それ以上の冠雪量になると，最初の増大した樹冠形態を保持したまま大きな変化を示さない。その増大率は 20～30% である。ジスギは 4 kg/m² 程度までは冠雪前の 0～20% の範囲でひろがるが，その後の冠雪量で投影面積を急速にせばめ，冠雪前よりも小となる。その減少率は約 30% であった。

iii） 以上の観測結果により，ジスギとボカスギには，外部形態的に対照的な特徴があるとともに，冠雪量にも相違があり，これは，主として冠雪量による樹冠形態の変化の仕方が原因していることがわかった。したがって，冠雪に対してジスギは適応性が大であり，ボカスギは小であって，冠雪危険地域，地形におけるボカスギの育成には十分の注意が必要と考えられる。

2. 樹齢別比較実験

冠雪害防除のための適正な保育時期を定めるため，ジスギによって樹齢別（10，24，32，43，57年生）の冠雪量につき，比較観測したものである。

i） 樹齢別冠雪量

冠雪総量では 32 年生供試木をのぞき，齢階の高いものほど冠雪量も大きいが，樹冠の単位投影面積あたりの荷重では，10，57，43，24，32年生の順に増大している。冠雪率は 32 年生の 67% をのぞいて他の齢階は大体 50～60% であった。この相違の原因は，32 年生の樹冠密度が他に比べて高いためで，この

ことは，既往の模型実験の成績と一致する。

ii)　樹冠形態の変化

冠雪量による樹齢と樹冠形態の関係につき，次のことがわかった。

a.　枝葉の垂下

枝葉の垂下は 10 年生がもっとも早く，しかも大で，その最大は −30° であったが，他はあまり差がなく −50° 程度である。

b.　樹冠投影面積の変化

垂直投影面積の変化においては，各齢階とも大体同じ傾向で，0〜30% の範囲で減少する。水平投影面積の場合は 32 年生が 150% にひろがり，以後の冠雪量による減少が緩慢であったが，他は 115〜130% の範囲でひろがり，以後の冠雪量による減少が早い。

iii)　生育旺盛期に冠雪量も最大となる。これは樹冠密度が関係するためで，冠雪を対象とした保育の場合は，樹齢とともに樹冠密度に留意し，生育旺盛期以前に行なうことが有利と思われる。

3.　保育形式別比較実験

30 年生ジスギにより，樹冠の形態，密度と冠雪量の関係を求めて，冠雪害軽減のための保育基準をうることを目的とし，保育形式，枝打ち 1/3，1/2，枝すかし 1/3，1/2 による冠雪量の変化につき，保育を行なわない標準木と比較観測を行なった。

第 9 表

保育形式		冠雪比
保育前（標準）		100 %
枝打ち	1/3	40
	1/2	20
枝すかし	1/3	65
	1/2	55

i)　保育形式と冠雪量

冠雪量減少の割合は，保育しない場合（各供試木ごとに標準木の冠雪量から算定）を 100% とすると第 9 表のごとくになり，枝打ちの場合の減少率は大きく，枝すかしではやや少ない。とくに枝すかし 1/3 と 1/2 の間には 10% 程度の差しか現われない。

ii)　単位面積あたりの冠雪量の比較

冠雪量は枝打ちの場合 30〜40%，枝すかしでは 20〜30% の範囲で減少しているが，いずれの場合も，冠雪量は保育 1/2 の方が 1/3 より 5〜10% 程度大きくなる傾向があるが，原因は不明である。

iii)　以上の成績から，樹冠の形態，密度と冠雪量の関係がほぼ明らかになり，保育形式による冠雪量軽減効果をある程度知ることができた。すなわち，強度の枝打ちは樹幹折損の危険性の増大が考えられ，また，過度の枝すかしを行なっても冠雪量軽減効果が少ない。いずれの場合も保育 1/3 以下で十分目的を達することが期待できると思われる。

以上，成績の概要をのべたが，最初にものべたごとく，本実験は過去に行なった模型実験から実際への中間的試験であって，模型実験と異なる点は，樹冠の動揺，枝条の柔軟性，冠雪による樹冠の変形などがあげられる。しかし，供試木の本数が少なく，しかも樹冠の一部であり，さらに単木の状態でもあって，現実林分との差異についてはさらに検討の要があるものと考えられる。このことについては，先年より当地方の民有林に試験区を設け，一部保育を行なって冠雪に対する比較実験を開始しているので，その結果を得てあらためて検討する予定である。

文　　献

1) 中野　徳: 積雪と造林木，雪氷，**8**, 3, pp. 60～64, (1946)

2) 中野　徳: 積雪と造林木 (5)，雪害木 (2)，雪氷，**10**, 4, pp. 116～119, (1948)

3) 林業試験場防災部雪害研究室: 冠雪の研究（第 1 報)，林業試験場研究報告，54, pp. 140～148, (1952)

4) 林業試験場防災部風雪研究室: 昭和 31. 1. 9～10 日北陸地方に発生したスギ造林地の雪害調査報告，昭和 31 年北陸並びに本州中部地方に発生した森林の気象災害調査報告（林野庁)，pp. 1～58, (1957)

5) 四手井綱英: 雪圧による林木の雪害，林業試験場研究報告，73, pp. 1～89, (1954)

6) 杉山利治・佐伯正夫: 昭和 35 年 12 月末の大雪による北陸地方の森林の冠雪害調査報告，林業試験場研究報告，154, pp. 73～98, (1963)

7) 高橋宏治: スギ品種別耐雪試験地の設定について，雪，8, pp. 12～15, (1951)

8) 高橋宏治: スギの品種による雪害の抵抗性について，雪，8, pp. 16～20, (1951)

9) 高橋喜平・塩田　勇: 昭和 24 年 2 月 14 日山口県阿武郡川上村に発生したスギ造林地の風雪害調査報告，林業試験場集報，62, pp. 1～36, (1952)

10) 高橋喜平: スギの冠雪に就て，冠雪の研究（第 1 報)，林業試験場研究報告，54, pp. 140～148, (1952)

11) 高橋敏男: 冠雪による林木の被害—機構とその分析—，雪と生活，**5**, 5, pp. 22～28, (1953)

Study of Fallen Snow on Forest Trees (II). Experiment on the snow crown of the Japanese cedar.

Shigeo WATANABE and Yoshio ÔZEKI

(Résumé)

This report deals with studies of the snow crown on the trees of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. DON), carried on at Tôkamachi Experiment Site (Tôkamachi city, Niigata prefecture) during the snow seasons of 1958～1963.

A series of experiments were conducted in order to realize the silvicultural management for the purpose of preventing damage of Japanese cedar forests caused by the weight of snow crown.

The installations of experiment are shown in Photo. 1 and 3. The magnitude of the snow crown on each test tree was judged by the weight of snow crown per unit projected area of the tree crown.

1. Comparison between the snow crowns on the two local varieties of Japanese cedar.

The snow crowns were observed on the trees of Bokasugi and Kumasugi, which are local

varieties of *Cryptomeria*. The former is growing in Toyama prefecture and the latter distributes at the heavily snowy region in Niigata prefecture (see Photo. 5～7).

The maximum weights of snow crowns of Bokasugi and Kumasugi in this experiment were respectively 34.0 kg/m^2 and 18.4 kg/m^2. On the whole, the weight of snow crown on Bokasugi was from 40 to 80 per cent heavier than that on Kumasugi, and sometimes amounted to twice the weight on Kumasugi.

The branches of Bokasugi hang down gradually and slightly with the increase of snow crown, therefore, the projected area of the tree crown increases gradually. On the other hand, the branches of Kumasugi hang down easily, and the projected area decreases to about 70 per cent of the original area of the crown.

Consequently, it is concluded that the difference between the snow crowns on both local varieties is caused mainly by the above-mentioned morphological difference of tree crown.

2. Influence of the age of tree on the snow crown.

The snow crowns were observed on *Cryptomeria* (Kumasugi) trees aged 10, 24, 32, 43 and 57 years having same crown length.

The total weight of the snow crown increased with the age of tree excepting the 32-year-aged tree which showed the maximum weight, and the weight of snow crown per projected area of tree crown became larger in order of the 10, 57, 43, 24 and 32 year-aged trees. It seems that the snow crown has a tendency to increase excessively on trees in the excellently growing age such as on those about 30 years of age in this experiment.

It is reasonable to conclude that, as the density of branches in the tree crowns of the excellently growing age reach their highest, the snow crowns on such trees increase most extensively. The same result was shown in the model test research in the first report.

Consequently, it seems very effective for the prevention of the damage to trees by the snow crown that some silvicultural treatments be performed before the excellently growing age.

3. Influence of the treatment of tree crown on the snow crown.

The snow crowns on the pruned or thinned trees of *Cryptomeria* (Kumasugi) were compared with that on the control tree. In the pruning, the branches within the range of a helf or a third part of crown length were respectively cut off, and in the thinning, a half or a third number of branches were respectively pruned away uniformly from the whole crown.

By these treatments, we succeeded in decreasing the snow crown per unit projected area from 30 to 40 per cent by the pruning compared with that on control tree, and from 20 to 30 per cent by the thinning of the branches. And a third pruning method is expected to be most practicable and sufficiently effective.

写真 1.　冠 雪 実 験 の 全 景
Installations of experiment.

写真 2.　供 試 木 の 取 付 作 業

写真 3.　冠 雪 量 自 記 装 置
Self-recording device of weight of snow crown.

写真 5.　ボカスギの針葉
Bokasugi

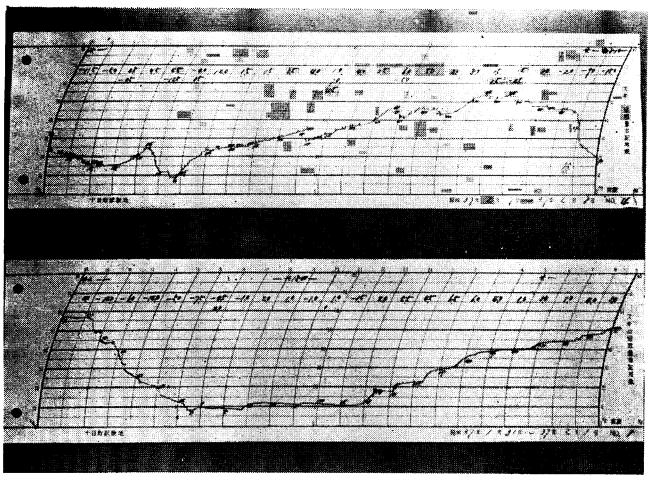


写真 4. 冠 雪 量 自 記 記 録 の 一 例

写真 6.　ジスギの針葉
Kumasugi

写真 7. 品種別比較実験 1（向って左よりボカスギ・ジスギ・ボカスギ）
(From left to right : Bokasugi-Kumasugi-Bokasugi)

写真 8. 品種別比較実験 2

写真 9. 品種別比較実験 3

写真 10.　樹 齢 別 比 較 実 験 1（ジスギ）
No. 1（10年生）No. 2（24年生）No. 3（32年生）No. 4（43年生）No. 5（57年生）

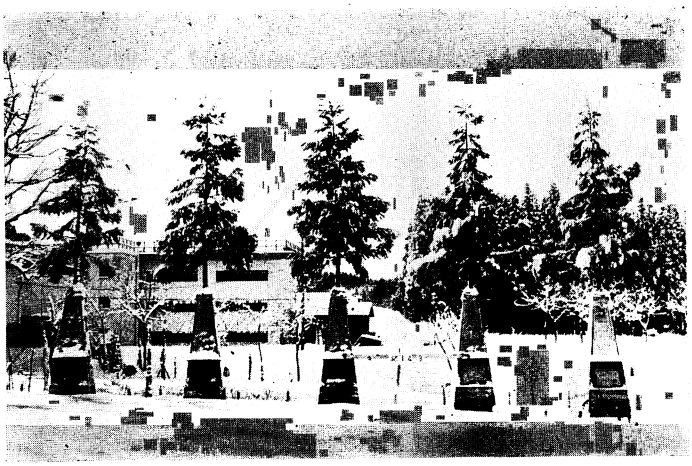


写真 11.　樹 齢 別 比 較 実 験 2

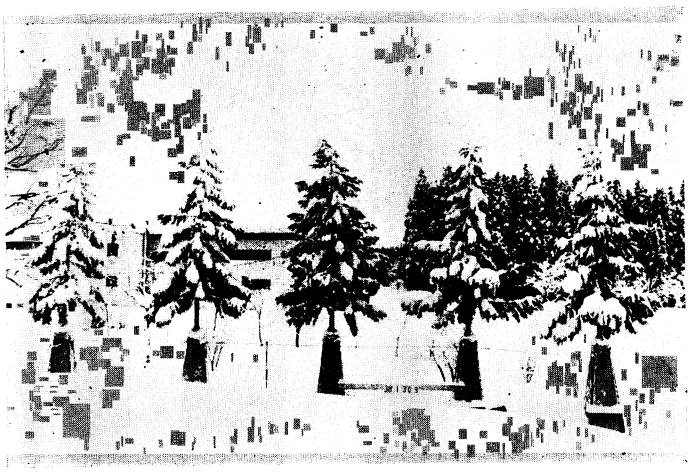


写真 12.　樹 齢 別 比 較 実 験 3

写真 13.　異　常　冠　雪

写真 14.　保　育　作　業

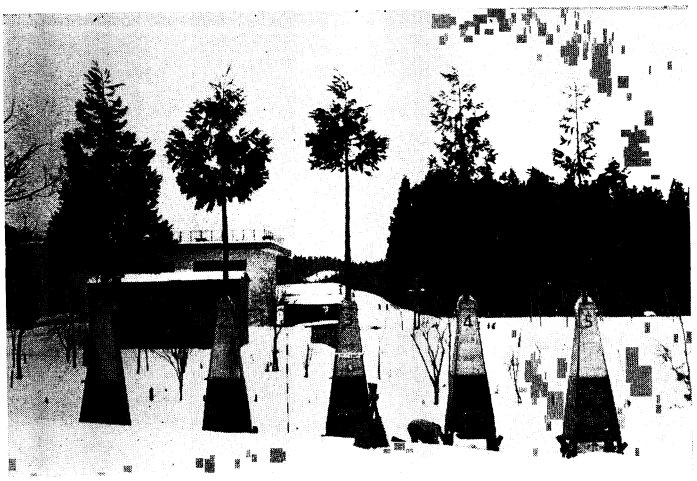


写真 15.　保育形式別比較実験 1（ジスギ）
No. 1（標準木），No. 2 枝打ち 1/3，No. 3 枝打ち 1/2，No. 4 枝すかし 1/3，No. 5 枝すかし 1/2

写真 16.　保育形式別比較実験 2

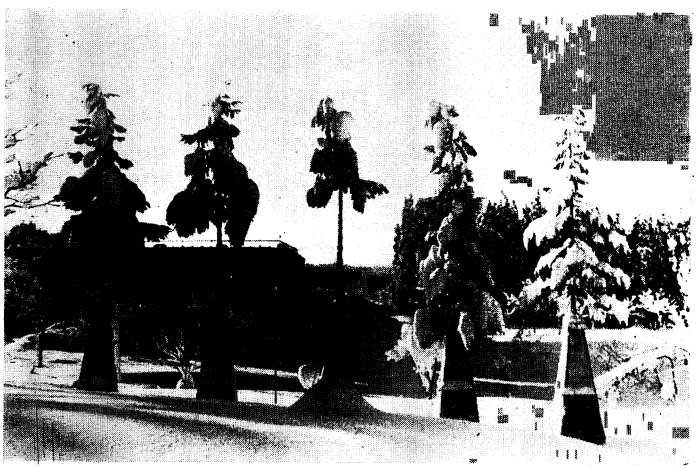


写真 17.　保育形式別比較実験 3