

スギ品種間における冠雪荷重の比較

嘉戸昭夫*, 平 英彰*

Comparison of the Snow Loads Intercepted by Tree Crown for 6 Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) Cultivars

KATO Akio*, TAIRA Hideaki*

The objective of this study was to measure and compare the snow loads intercepted by tree crown for 6 sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) cultivars planted in Toyama prefecture. Tested cultivars were Bokasugi, Tateyamasugi, Masuyamasugi, Ryowasugi, Kawaidanisugi and Zasunbo. Although the snow loads per tree showed a high positive correlation with the dry foliage mass which is a component of the tree crown, no significant differences in the snow loads were found between all cultivars when the effect of the dry foliage mass is eliminated. Because the dry foliage mass of Bokasugi was 10-20% greater than that of Tateyamasugi, it is considered that the snow loads are more in Bokasugi than in Tateyamasugi.

この調査の目的は富山県内に植えられている主なスギ品種の冠雪荷重を測定し、比較することである。調査にはボカスギ、タテヤマスギ、マサヤマスギ、リョウワスギ、カワイダニスギおよび座主坊1号の6品種を用いた。単木当りの冠雪荷重はその木の葉量と高い正の相関を示したが、葉量の影響を除いた場合にはいずれの品種間においても有意な差異が認められなかった。またボカスギはタテヤマスギよりも10~20%葉量が多かったことから、ボカスギの冠雪荷重はタテヤマスギのそれよりも大きくなると推測された。ボカスギがタテヤマスギより耐雪性が小さい一因として、葉量の違いによることが考えられた。

1. はじめに

スギの冠雪害抵抗性は品種・系統によって異なり、富山県産のスギ品種の中では、ボカスギがリョウワスギやマサヤマスギなどよりも冠雪害を受け易いことが報告^{5,14,15)}されている。このように冠雪害抵抗性

に品種間差異が認められるのは、品種により冠雪荷重や立木の強度に違いがあり、ボカスギが冠雪害に弱い一因として、材の強度が小さいことが明らかにされている^{5,14)}。

一方、冠雪荷重についてはボカスギがクマスギよ

1993年9月20日受理

この報告の一部は第102回日本林学会大会(名古屋)で発表した。

* 林業試験場

りも多い傾向があり、この原因が枝葉量や枝の垂下性の差異によることが指摘¹⁶⁾されている。そして、ボカスギは単位葉量当たりの冠雪荷重がミョウケンスギやムラスギと等しいが、葉量が多いため単木当たりの冠雪荷重が他のスギに比べて多いことも報告⁸⁾されている。これらの結果から、ボカスギは冠雪荷重の大きい品種と判断されるが、これまでの調査においては本数や品種も限られていることから、同様の傾向が他の品種間においても見られるのか検討する必要がある。

本報告では、富山県内に植栽されている主なスギ品種を対象に冠雪荷重の測定を行ない、冠雪荷重に品種間差異があるのか、ある場合にはどのような樹冠要因と関係しているのかなどについて検討した。

2. 材料と方法

冠雪荷重の測定には森林総合研究所東北支所で開発された装置(図-1)を用いた。この装置は、梢端から5~8mに切ったスギ(樹冠長2.5~6m)を直径16cmの円筒のパイプに鉛直に差し込み、冠雪した供試木の重量(A)を圧縮型のロードセルで1時間毎に測定し、(A)の値から供試木の重量(B)を差し引いて冠雪荷重を求めるものである。なお、(B)値

は晴天で樹冠に着雪がないときの値から求めた。供試木の重量は乾燥のため徐々に減少して、3月末には当初の約7割の重量となった。冠雪荷重は降雪中であっても気温や風の影響で減少することがあったので、冠雪荷重の比較に当たってはそれぞれの降雪期間における最大値を用いることにした。

表-1に調査に用いたスギ品種・系統と供試木の本数を調査年度別に示した。1984/85年度から4年間、ボカスギ、タテヤマスギ、マサヤマスギ、リョウワスギ、カワイグニスギについて2品種ずつの組合せで、各品種につき6本ずつ冠雪量を測定した。1990/91年度はボカスギ、タテヤマスギ、マサヤマスギ、リョウワスギおよび座主坊1号の5品種・系統について2本ずつ測定した。なお、タテヤマスギは実生で、他は全て挿し木で繁殖したものである。座主坊1号はタテヤマスギ系統の一つで、初期成長が早い特徴を有する。

冠雪荷重の測定後、各供試木の葉量および樹冠投影面積を測定した。葉量を梢端から1m毎に切り分け、105℃で乾燥して絶乾重を求めた。以後、葉量は全て絶乾重で表す。1991年はこれらに加えて、枝の本数、全ての枝の長さとその枝の着生角度(枝の基部から20cmの位置における枝と幹の間の角度で、そ

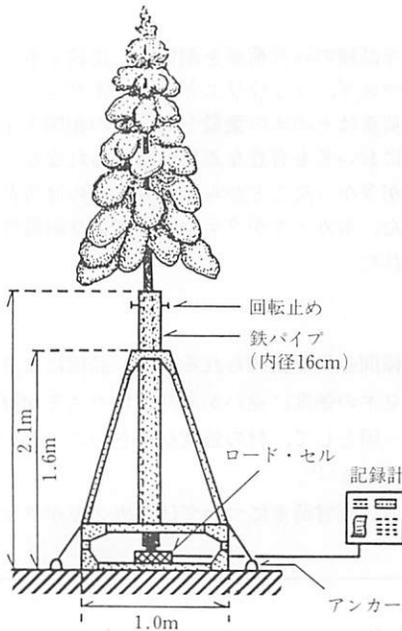


図-1 冠雪荷重の測定法



の値が小さいほど、枝が上向きなことを示す)なども測定した。

また6箇所のボカスギ林分で計44本、9箇所のタテヤマスギ林分で計54本を伐倒し、葉量および枝下直径を測定した。ボカスギ林分の林齢は12~33年生、タテヤマスギ林分のそれは13~42年生である。なおこれらのうち、ボカスギ3林分の現存量は相浦¹⁾により、タテヤマスギ8林分のそれは阪上¹⁰⁻¹³⁾により報告されている。

3. 結果と考察

3.1 冠雪荷重と樹冠要因

冠雪荷重と葉量、樹冠投影面積、枝の着生角度および積算枝長などの樹冠要因の関係を検討した。各要因の変動をできるだけ大きくするため、ボカスギ、タテヤマスギ、マサヤマスギ、リョウワスギおよび座主坊1号の5品種を解析に用いた。冠雪調査を1990/91年に行い、降水量に換算して15mm以上の降雪があった期間の資料を用いて、重回帰分析をした。表-2は単木当りの冠雪荷重と4つの樹冠要因との単相関係数、偏相関係数および重相関係数を示したものである。この結果によると、冠雪荷重の変動に

対する4要因の寄与率は1月14日が44%と低かったものの、他は67~81%と高かった。葉量、樹冠投影面積、積算枝長などの樹冠の大きさに関わる要因と冠雪荷重の間に正の相関が認められた。これらのなかで単相関係数および偏相関係数の最も大きい要因は葉量であった。このように、冠雪荷重と葉量の間に密接な関係があることはこれまでも報告^{3,4,7)}されており、冠雪荷重は樹冠投影面積や積算枝長よりも葉量を基準に比較する方がより正確な結果が得られると考えられた。

中島ら⁸⁾は、枝の着生角度と降雪初期の捕捉率の間に関係があったこと、ボカスギは単木当りの冠雪荷重が大きく、かつ枝の着生角度も大きかったことを報告している。今回の調査でも冠雪荷重と枝の着生角度の偏相関係数は正の値を示し、冠雪荷重は枝のつき方が水平に近いほど大きい傾向を示したが、いずれも有意性は認められなかった。したがって、冠雪荷重に対する着生角度の影響は葉量や樹冠投影面積など樹冠の大きさに関わる要因に比べて小さいと考えられた。なお、ボカスギの枝の着生角度は他の品種のそれと比べても顕著な差異が認められず、中島らの結果と異なっていた。この点に関しては、さ

表-1 供試木の概要

調査年度	品 種	供試木数	樹齢 (年)	樹冠長 (m)	樹冠投影面積 (m ²)	葉量 (kg)	枝着生角 (度)	積算枝長 (m)
1984/85	ボカスギ	6	17	3.0-5.6	3.7- 4.9	3.2- 8.6		
	タテヤマスギ	6	22	3.3-5.3	3.7-10.2	2.4-13.3		
1985/86	マサヤマスギ	6	18	3.1-8.1	2.1- 8.9	2.9-11.6		
	タテヤマスギ	6	18	5.0-6.6	4.0-10.1	5.3-14.7		
1986/87	ボカスギ	6	22	3.3-6.2	3.5- 4.5	4.7-10.7		
	カワイダニスギ	6	14	3.5-4.6	5.3- 7.5	4.5-10.6		
1987/88	タテヤマスギ	6	25	2.9-4.5	3.1- 6.2	2.3- 6.7		
	リョウワスギ	6	20	3.0-6.0	3.8- 8.5	3.9-11.8		
1990/91	ボカスギ	2	25	4.8-4.9	3.7- 4.4	8.2-10.5	64-66	35-37
	タテヤマスギ	2	26	4.8-5.0	5.1- 6.2	7.9-10.3	63-66	43-49
	マサヤマスギ	2	22	4.5-4.7	2.7- 3.0	9.2-10.0	64-65	35-39
	リョウワスギ	2	22	4.5-4.8	3.2- 4.9	8.6- 9.3	66-67	38-39
	座主坊1号	2	13	4.4-4.5	2.5- 2.5	7.3- 8.0	73-74	37-38

らに供試木を増やして検討する必要があると思われる。

3.2 スギ品種による冠雪荷重の比較

冠雪荷重は葉量や樹冠投影面積など樹冠の大きさの影響を受けることが確認された。そこで、各品種の冠雪荷重を比較するにあたっては樹冠の大きさの影響を考慮する必要がある。ここでは、葉量が等しい場合における冠雪荷重について比較した。

図-2はボカスギ、タテヤマスギ、マシヤマスギ、リョウワスギおよびクワイダニスギにおける冠雪荷重と葉量の関係の一例を示したものである。この図によると、個体当りの冠雪荷重は葉量と高い正の相関を示すが、葉量が等しい場合には各品種の冠雪荷重に顕著な差異が認められなかった。図-3はボカスギ、タテヤマスギ、マシヤマスギ、リョウワスギおよび座主坊1号の冠雪荷重を比較したものである。冠雪荷重は供試木数が少ないため明言はできないが、葉量が同じ場合にはボカスギ、タテヤマスギ、マシヤマスギ、リョウワスギおよび座主坊1号の冠雪荷重には著しい差異が認められないようであった。

このような傾向が他の降雪期間（降水量に換算して20mm以上）においても認められるものかを検討するために、冠雪荷重と葉量の共分散分析を行ない、表-3に示した。この結果、いずれのスギ品種の組合せについても統計的に有意な差異が認められな

った。また、ボカスギとマシヤマスギの組合せについては既に報告⁹⁾したように、有意差が認められたのは11回の降雪期間のうち1回だけであった。以上のことから、ここで取り上げた6品種・系統の冠雪荷重は、葉量が同じであればほぼ等しいものと考えられた。片岡ら³⁾もボカスギとタテヤマスギの生枝葉量当りの冠雪量には顕著な差異が無かったことを報告している。ただし、これらの品種よりもリョウワスギのそれの方が若干大きかったことも同時に指摘している点が今回の結果と異なっている。

渡辺ら¹⁰⁾はボカスギの冠雪荷重がクマスギのそれに比べて1.4~1.8倍であったことを報告している。この原因については本報でクマスギを取り上げなかったので明かではないが、渡辺らは単位葉量当りの冠雪荷重ではなく樹冠投影面積当りの値を用いており、比較方法が異なることにも関係があると考えられた。

3.3 品種による葉量の比較

富山県内に植栽されている主なスギ6品種の冠雪荷重は、葉量が同じであればほぼ等しいことがわかった。しかし、冠雪荷重に品種間差異がないことを証明するためには、さらに葉量の比較が必要である。

ところで、冠雪荷重を測定した木は樹冠のサイズのほか各年度の品種毎に施業経過や林齢などが異なるために、単木当りの葉量を単純に比較できない。そこで、枝下部における幹の断面積（以下枝下断面積

表-2 冠雪荷重と林木の形質との関係（1991年調査）

調査日	平均 冠雪荷重 (kg)	偏相関係数(単相関係数)				重相関係数 (r)
		葉量	樹冠投影面積	枝着生角度	積算枝長	
1月7日	73	.814* (.831**)	.010 (.456)	.302 (-.404)	.410 (.541)	.888**
1月18日	57	.444 (.606)	.703 (.854**)	-.044 (-.568)	.119 (.640)	.899**
2月24日	52	.783* (.744*)	-.021 (.267)	.450 (-.212)	.173 (.353)	.817*
1月5日	51	.789* (.767**)	.468 (.592)	.498 (-.341)	.127 (.535)	.877**
1月14日	49	.451 (.618)	.174 (.468)	-.021 (-.451)	.062 (.387)	.662

注) *と**はそれぞれ5, 1%水準で統計的に有意性を表す。

と呼ぶ)を基準に葉量を比較することにした。これは、葉量と枝下断面積との間に密接な関係があり、林分の違いに関係なく一本の関係式で表すことができるとされている⁶⁾ことによるものである。

図-4は冠雪荷重測定木の葉量と枝下断面積の関係を示したものである。なお、これらは冠雪荷重を測定するために樹冠調節した後の値で、いわば梢端部における葉量と枝下断面積の関係を示したものである。この図によると、枝下断面積が等しいならばホカスギ、タテヤマスギおよびマヤマスギの葉量には顕著な違いが見られないようであった。リョウワスギと座主坊1号はいずれも枝下断面積を測定した供試木が2本しかなかったため断定はできないが、これらの葉量はホカスギ、タテヤマスギおよびマヤマスギとほぼ等しいようであった。これらに比べ、カワイダニスギの葉量は若干大きい傾向がみられた。そこで、このような葉量の違いが有意な差異といえるかどうかを検討するために、リョウワスギと座主坊1号を除く4品種について、葉量と枝下断面積との共分散分析を行った。その結果、回帰係数(F=

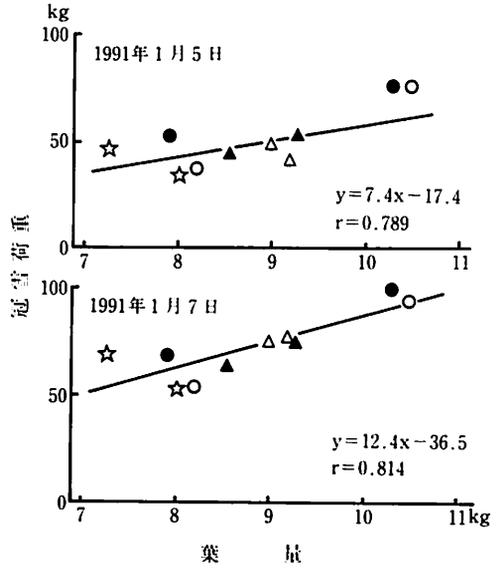


図-3 ホカスギ、タテヤマスギ、マヤマスギ、リョウワスギおよび座主坊1号の冠雪荷重の比較
○：ホカスギ ●：タテヤマスギ
△：マヤマスギ ▲：リョウワスギ
☆：座主坊1号

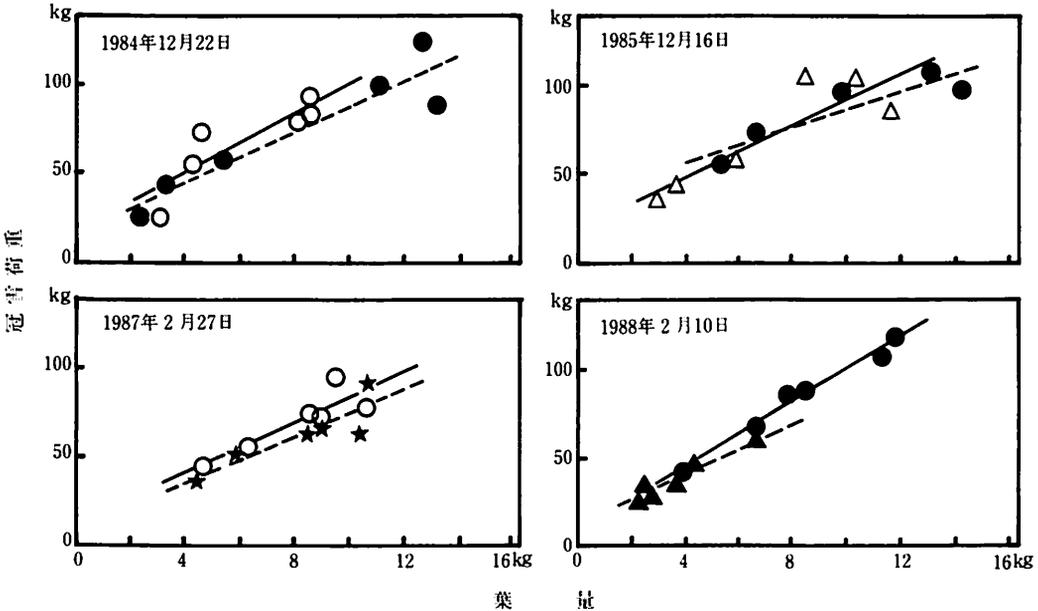


図-2 ホカスギ、タテヤマスギ、マヤマスギ、リョウワスギおよびカワイダニスギの冠雪荷重の比較
○：ホカスギ ●：タテヤマスギ △：マヤマスギ
▲：リョウワスギ ★：カワイダニスギ

0.94, d.f.=3,46) および修正平均値 ($F=2.36$, d.f.=3,49) にも有意な差異が認められなかった。したがって、梢端部に限ってみると、枝下断面積が等しいならばいずれの品種間においても葉量に顕著な差異がなかったといえる。

このような傾向が梢端部だけでなく全樹冠部を含めた場合にも認められるのか検討するため、タテヤマスギ9林分、ボカスギ6林分における単木当りの葉量と枝下断面積の関係を調べ、図-5に示した。この図によると枝下断面積100 m^2 以下の場合の葉量は品種による違いが明かではないが、枝下断面積が大きくなるとボカスギの葉量がタテヤマスギのそれよりも大きくなる傾向が見られた。そこで、両品種の葉量と枝下断面積について共分散分析を行った結果、回帰係数 ($F=0.24$; $n=1,94$; $p<0.1$) には差異がなかったが、修正平均 ($F=22.61$; $n=1,95$; $p>0.01$) に有意な差異が認められた。これらのことか

ら、梢端部や枝下断面積が小さい場合には葉量に著しい差異はないようであるが、枝下断面積の大きな木を含めるとボカスギの葉量はタテヤマスギのそれよりも大きくなる傾向があり、回帰式から両者の差異は3~4 kgと推定された。

一般にha当りの葉量は収量比数に伴って増加し、閉鎖したと考えられる収量比数0.8以上の林分では密度や林齢、地位などに無関係にほぼ一定の値を保つ²⁾とされている。そこで、ボカスギ6林分とタテヤマスギ9林分におけるha当りの葉量と収量比数の関係を図-6に示した。この図によると、収量比数が同じであればボカスギの方がタテヤマスギより大きくなる傾向があり、収量比数0.8以上では、ボカスギのha当り葉量は約30ton/haなのに対し、タテヤマスギのそれは約25ton/haとなり、両者間に20%程度の差異が認められた。

以上のように、葉量を単木当りの値およびha当り

表-3 各スギ品種間における冠雪荷重と葉量の共分散分析の結果

調査年月日	調査品種 (冠雪荷重(kg))	回帰係数		修正平均		
		F-値	自由度	F-値	自由度	
	ボカスギ & タテヤマスギ					
1984年12月22日	(25~94)	(42~124)	0.32	1, 8	0.00	1, 9
1985年1月8日	(12~45)	(12~63)	0.11	1, 8	0.29	1, 9
1985年1月15日	(28~64)	(18~122)	0.29	1, 8	0.29	1, 9
1985年1月31日	(18~64)	(18~96)	0.05	1, 8	0.53	1, 9
1985年2月15日	(29~73)	(20~84)	0.27	1, 8	0.00	1, 9
1985年2月22日	(28~45)	(18~84)	0.00	1, 8	0.00	1, 9
	マシヤマスギ & タテヤマスギ					
1985年12月16日	(34~104)	(55~109)	0.93	1, 7	0.00	1, 8
1985年12月18日	(19~52)	(27~62)	0.72	1, 7	1.97	1, 8
1985年12月20日	(16~52)	(25~78)	0.06	1, 7	0.40	1, 9
1985年12月24日	(17~57)	(33~86)	0.05	1, 7	1.29	1, 9
1986年1月24日	(19~75)	(42~80)	3.97	1, 8	0.00	1, 9
1986年1月26日	(11~58)	(24~74)	0.63	1, 8	0.02	1, 9
1986年2月17日	(19~60)	(37~71)	0.13	1, 8	1.94	1, 9
	ボカスギ & カワイダニスギ					
1986年12月22日	(27~54)	(26~44)	3.27	1, 8	1.74	1, 9
1986年12月29日	(44~73)	(35~75)	0.02	1, 8	4.56	1, 9
1987年1月11日	(40~73)	(31~75)	0.00	1, 8	3.56	1, 9
1987年1月14日	(39~73)	(15~80)	1.94	1, 8	1.34	1, 9
1987年1月20日	(36~79)	(34~90)	0.18	1, 8	0.21	1, 9
1987年1月25日	(34~59)	(21~60)	0.73	1, 8	1.06	1, 9
1987年2月1日	(35~67)	(38~68)	0.64	1, 8	0.13	1, 9
1987年2月27日	(45~97)	(37~95)	0.02	1, 8	1.98	1, 9
	リョウワスギ & タテヤマスギ					
1988年1月10日	(24~53)	(24~77)	0.22	1, 8	0.00	1, 9
1988年1月23日	(24~69)	(35~97)	0.85	1, 8	0.07	1, 9
1988年2月3日	(21~42)	(32~110)	2.37	1, 8	3.27	1, 9
1988年2月10日	(27~60)	(43~120)	4.38	1, 8	3.86	1, 9

の値で比較しても、ボカスギはタテヤマスギよりも10~20%大きくなる傾向があった。冠雪荷重は葉量に伴って増加することから、ボカスギの冠雪荷重はタテヤマスギのそれよりも大きくなると推測された。

3.4 冠雪害抵抗性と冠雪荷重

ボカスギの冠雪害抵抗性はマスヤマスギやリョウワスギのそれに比べて小さいことが報告^{4,14,15}されている。またボカスギの方がタテヤマスギよりも冠雪害を受け易いことも経験上から知られている。このように冠雪害抵抗性に品種間差異が認められるのは、幹の耐力や冠雪荷重の差異によるものであろう。

図-2, 3に示したように、葉量と同じ場合には各品種の冠雪荷重がほぼ等しい傾向を示したことから、富山県内に植栽されている主なスギ品種間における冠雪害抵抗性の差異は単位葉量当りの冠雪荷重の違いに起因するものではないと考えられた。しかし、ボカスギはタテヤマスギよりも葉量が多い傾向があったこと(図-4, 5)から、前者の方が後者よりも単木当りの冠雪量が多くなり、冠雪害の危険性を高める一因になっていることが考えられた。

中島ら⁸はボカスギの冠雪量が多いのは枝葉の構造や配置の差異よりも、単木当りの葉量が極端に多いことによるためと述べている。片岡ら³も、ボカスギが単木当りの葉量の多い品種の一つであり、そのため単木の冠雪量も多くなることを指摘している。ただし、ボカスギとタテヤマスギの葉量の差は一本につき3~4kgで、冠雪害の発生頻度が高い4, 5齢級の林分における単木の葉量の10~20%にすぎない。したがって、葉量の差異は冠雪害抵抗性の重要な要因ではあるが、この程度の葉量の違いだけでボカスギとタテヤマスギの冠雪害抵抗性の違いを全て説明することはできないものと考えられる。

冠雪荷重を受けた林木の耐力は樹幹形、樹幹の強度性能(特にヤング率)および根系の支持力の3要因から評価できる。この3要因をボカスギ、タテヤマスギおよびマスヤマスギについて比較した結果、有意な違いが認められたのはヤング率であり、ボカスギのヤング率はマスヤマスギのその65%、タテヤマスギのその81%であった⁵。これらのことから、ボカスギが冠雪害に弱いのは冠雪が発達し易いだけでなく、他の品種に比べても樹幹の耐力が小さいといった特徴があるためと考えられた。

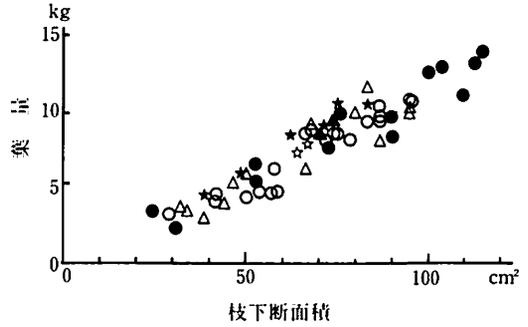


図-4 冠雪荷重測定木の葉量と枝下部における幹断面積の関係

- : ボカスギ ●: タテヤマスギ
- △: マスヤマスギ ▲: リョウワスギ
- ☆: 座主坊1号 ★: カワイダニスギ

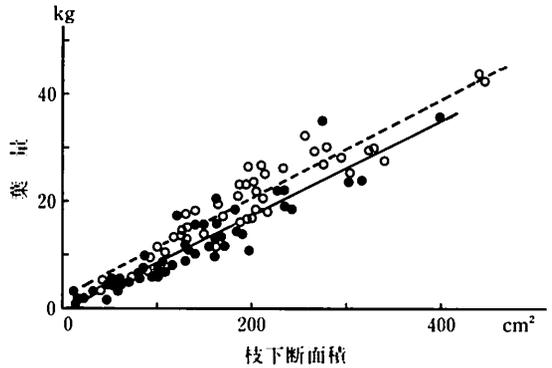


図-5 ボカスギ6林分とタテヤマスギ9林分における個体の葉量と枝下部の幹断面積の関係

- : ボカスギ ●: タテヤマスギ

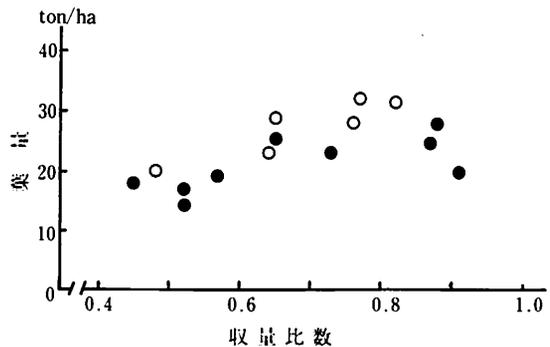


図-6 ボカスギ6林分とタテヤマスギ9林分におけるha当りの葉量と収量比数の関係

- : ボカスギ ●: タテヤマスギ

4. おわりに

富山県に植栽されている主なスギ品種の冠雪荷重を比較した。その結果、葉量が等しい場合には、品種間に顕著な差異がないことがわかった。しかし、冠雪荷重と密接に関係する葉量を比較したところ、ボカスギはタテヤマスギよりも10~20%多くなる傾向が認められことから、冠雪荷重は葉量の多いボカスギの方がタテヤマスギよりも大となることが推測された。ただし、マスマスギ、リョウワスギ、カワ

イダニスギおよび座主坊1号の葉量については未調査であるため、これらが冠雪荷重の多い品種であるのか少ない品種であるのか明らかにできなかった。今後はこれらの品種についても葉量調査を進めることが必要である。

最後に、ボカスギの葉量に関する資料を提供して頂いた相浦英春氏および冠雪荷重の調査に多大な協力を頂いた当林業試験場の研究員諸氏に対し、心から謝意を表す。

文 献

- 1) 相浦英春：ボカスギ人工林の生産力，富林技研報，1，11-19 (1988)
- 2) 安藤貴：“密度管理”，農林出版社，p.246 (1968)
- 3) 片岡健二郎，村井正文，栗田稔実，遠田武，井沼正之：スギ在来品種の冠雪量と樹冠形態(予報)，94回日林論，721-722 (1983)
- 4) 嘉戸昭夫，平英彰：冠雪害の発生機構(III)－ボカスギ，マスマスギの冠雪荷重－，96回日林論，447-448 (1985)
- 5) 嘉戸昭夫，平英彰，中谷浩：スギ3品種の冠雪害の差異と立木強度，富山林試研報，11，7-17 (1986)
- 6) 吉良竜夫：樹形のパイプモデル，北方林業，192，69-74 (1965)
- 7) 松田正宏：冠雪害に関する研究(II)スギの冠雪量について，日林誌，63(9)，328-330 (1981)
- 8) 中島清，新田隆三，藤森隆郎，勝田柁：スギの冠雪害抵抗性要因解析－人工冠雪装置による実験－，森総研報，356，1-28 (1989)
- 9) 武田繁後：林木の冠雪害と雨水害，雪氷学会誌，20(1)，9-14 (1958)
- 10) 阪上俊郎：タテヤマスギ幼齡林の生産力，富山林試研報，8，9-16 (1982)
- 11) 阪上俊郎：16年生のタテヤマスギ実生林分とサシキ林分の生産力，富山林試研報，8，17-27 (1982)
- 12) 阪上俊郎：高海拔地に植栽されたタテヤマスギの成長と生産力，富山林試研報，10，16-23 (1984)
- 13) 阪上俊郎：タテヤマスギ壯齡林の生産力，富山林試研報，11，18-24 (1986)
- 14) 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，林試研報，154，73-95 (1963)
- 15) 矢野進治：冠雪害に関する基礎研究，兵庫林試業報，56年度，16-17 (1982)
- 16) 渡辺成雄，大関義男：冠雪の研究(第2報)，スギの冠雪比較実験，林試研報，169，121-139 (1964)