

芦生演習林スギ造林地における 雪起しの効果について

山本俊明・酒井徹朗・吉村健次郎・和田茂彦

Effect of Operation of Pulling up the Fallen Tree caused
by Snow Pressure at Sugi (*Cryptomeria Japonica*)
Stand in Kyoto University Forest in Ashiu

Toshiaki YAMAMOTO, Tetsuro SAKAI, Kenjiro YOSHIMURA
and Shigehiko WADA

要 旨

春融雪後、雪圧によって倒伏あるいは傾斜した造林木を引き起す雪起し作業は、積雪地帯特有の保育作業であり、林業経営上大きな支障となり問題となっている。

本報告は、その問題となっている雪起し作業について、雪起しを行なった場合とそうでない場合とについて造林木がどのように生育するか比較検討するために芦生演習林内の造林地に試験区を設定し、調査を行なった結果である。

雪起し実行区と不実行区の生長の比較を行なった結果、直径、樹高、幹の曲りの大ききで5%の有意差が認められ、その差は、胸高直径で2.9 cm、樹高で1.6 mで実行区の方が生長がよかった。現在の生長量で単純計算してみると、4~9年の差に匹敵する。つぎに根曲りの程度は、根元にたてた鉛直線の1.0 m高における幹までの長さで比較すると、18 cm~31 cm程度の差が認められた。また、樹幹解析の結果から、多雪の年は前年に比べ直径生長量が変化し落ちこむ傾向がみられ、アテが発生している。雪起し実行区では、不実行区に比べ直径生長は良くアテの発生も少ないことがわかった。

1. ま え が き

春融雪後、雪圧によって倒伏または傾斜した造林木をなわや杭で1本1本引起してやる雪起し作業は、積雪地帯における特有の保育作業である。そして、この作業のため他の地域に比べ積雪地帯の林業経営は、余計な負担を強いられ大きな問題となっている。それは、この作業が短期間に、それも他の農作業と競合する時期に多大の労働力を必要とするばかりでなく、植栽後10年~15年と長い間つづけて実行するため多くの経費を要するからである。そこでこの雪起し作業を省いた場合造林木がどのようになるかを、行なった場合とそうでない場合について比較検討するための試験区を設定し調査を行なった。また雪起しの必要度は、その年の積雪状態に大きく左右されると考えられるので気象観測資料をもとに積雪環境について若干の分析を行なった。なお本研究は、S 52, 53 年度科学研究費(総合研究)によるものの一部である。また、資料の計算にあたっては、京大大型計算センターを利用した。

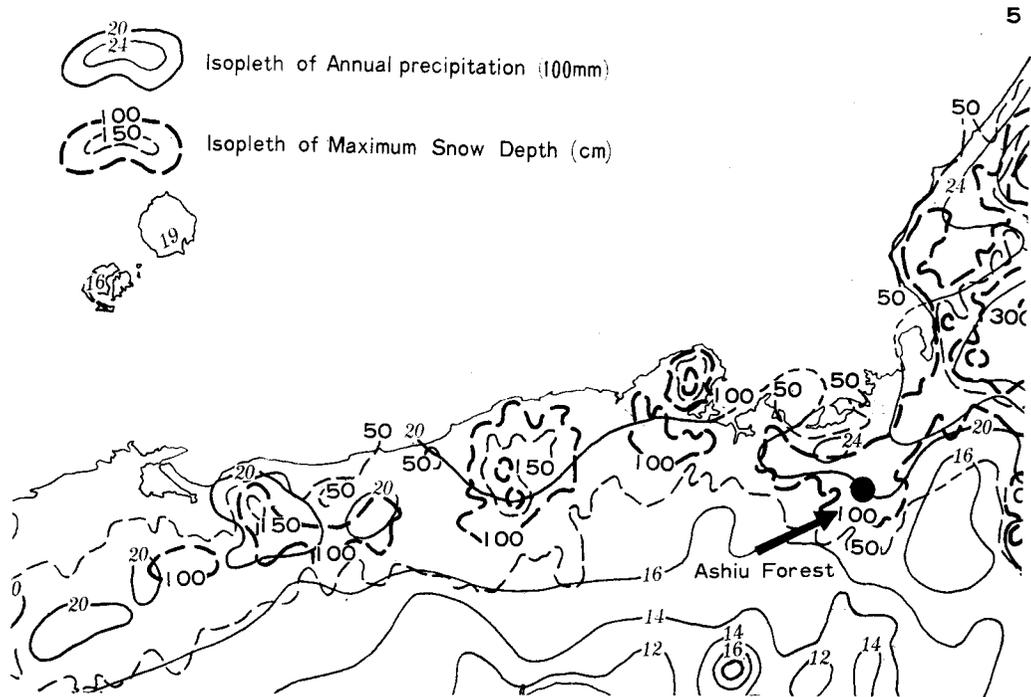


Fig. 1 Distribution of Maximum Snow Depth and Annual Precipitated at Sanin and Hokuriku Districts¹⁾

2. 積雪環境

京都大学農学部附属芦生演習林は、京都府の北東部、福井・滋賀両県との境に位置し冬期間深い積雪に覆われる。また、演習林は標高 355~959 m におよぶ地帯を占めるため場所により差はあるが一般に 1 m~3 m の積雪がありそのほとんどが湿雪である。図-1 は、山陰、北陸地方の年降水量及び最深積雪分布図に芦生演習林の位置をおとしたものである。試験区については後述するがそこより西北西 3 km に位置する演習林事務所（標高 355 m）で気象観測を行なっているので、その資料をもとに積雪環境について考察してみた。まず、1950年から1978年までの年別日別の積雪変化を末尾に附図として示す。また、最深積雪の年変化を示したのが図-2である。1951年~1978年までの28年間の最深積雪の平均は 107 cm, 最大 185 cm (1973~1974), 最小 40 cm (1957~1958) でその変動率は36%である。最深積雪は、1月下旬~2月下旬の間に多く記録されている。つぎに、積算積雪の年変化を示したのが、図-3である。平均 3371 cm・日で最大 10093 cm・日 (1973~1974), 最小 396 cm・日 (1957~1958) でその変動率は54%である。積算積雪と最深積雪は相関係数0.86と強い順相関の関係がある。積雪の開始は11月下旬~12月上旬に集中し平均11月29日頃で、雪の早い年では11月15日 (1951), 遅い年だと2月3日 (1969) に観測されている。積雪のなくなる時期は3月中・下旬がほとんどであり、早い年で2月26日 (1966), 遅い年は4月7日 (1974) である。4月まで積雪のある年は、3月に積雪の大きな峰のある春雪型におおい。根雪は12月下旬~1月上旬にかけて始まり、3月中~下旬に終る場合がおおく、その期間は70~80日間くらいである。積雪日数は平均80.3日, 最大で113日 (1973~1974), 最小で32日 (1957~1958) である。積雪深別日数および積雪日数の年変化をあらわしたのが図-4である。積雪日数と積算積雪の関係は相関係数0.70で相関々係がみとめられるが、最深積雪と

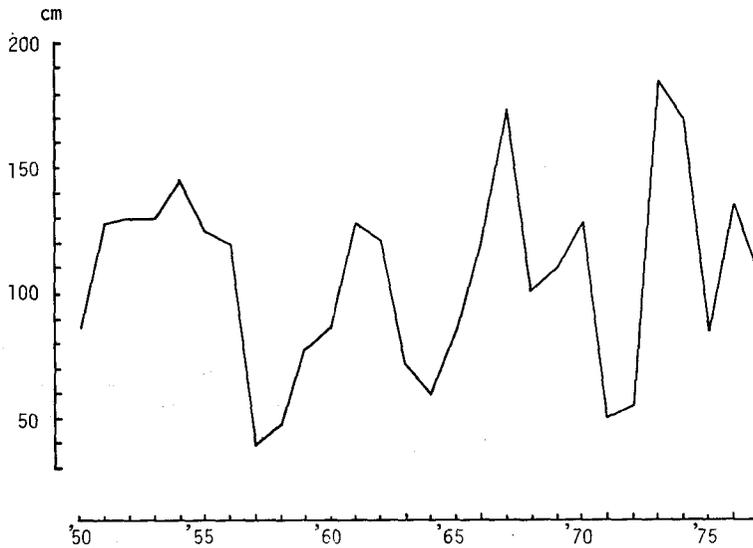


Fig. 2 Annual Changes of Maximum Snow Depth

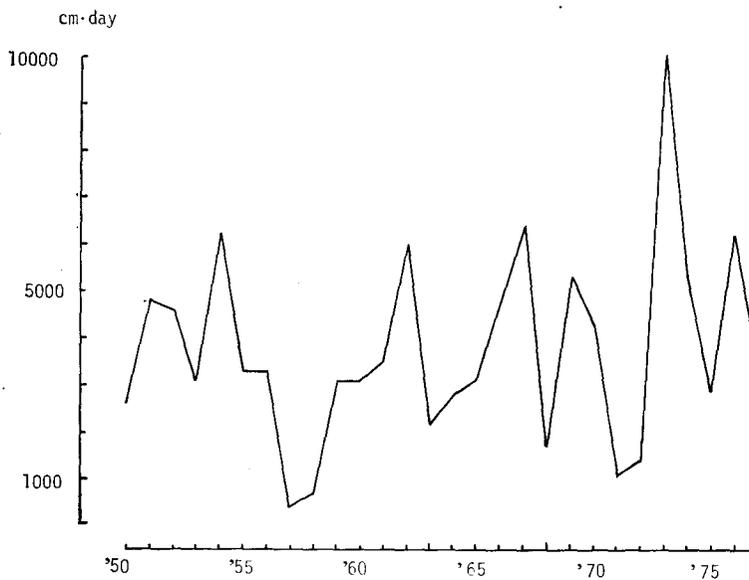


Fig. 3 Annual Changes of Accumulated snow Depth

では相関係数 0.5 であり強い関係はみとめられない。積雪深が 1 m 以上の日数は平均 8 日、最大 53 日 (1974) である。多雪の年は、積雪深が 70 cm 以上あるいは 1 m 以上の積雪日数と積算積雪は当然のことながら強い関係にある。

北陸地方や東北地方の日本海側の冬の積雪は、長い間にわたってみると梅雨期の降水量と逆の対応をしているといわれている³⁾。そこで 6 月～7 月の降水量と翌冬の積雪についてその関係を調べてみたが、相関係数 -0.11 とそれらしき対応はみられなかった。

芦生演習林の冬季間の降水量は平均値で 1 月・248 m/m, 2 月・247 m/m で、6 月, 7 月, 9 月の降水量とはほぼ同量である。平均気温は、1 月 0.6℃ (-2.3~3.6℃), 2 月 2.0℃ (-3.3~3.0℃), 3 月 4.6℃ (0.6~6.5℃) である。

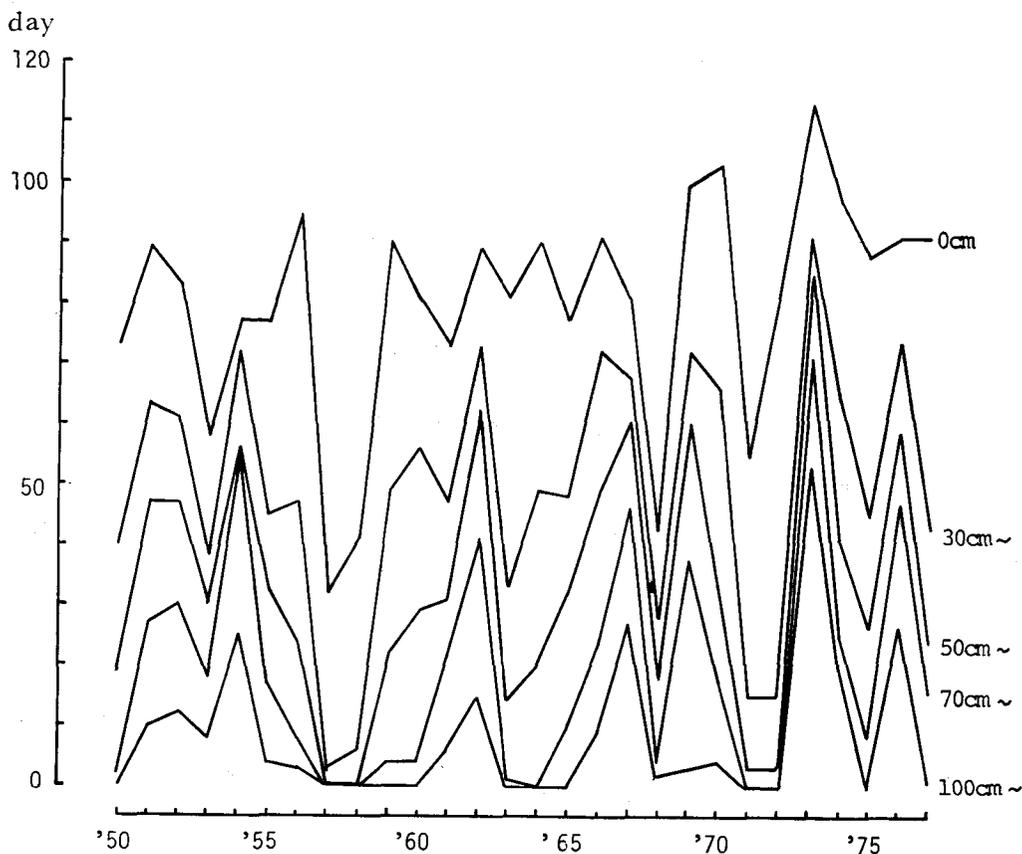


Fig. 4 Annual Changes of Day with snow Cover

3. 試験地の概要および測定方法

試験地は、京都大学農学部附属芦生演習林第29林班刑部谷中腹部の西ないし南西方向の傾斜30度～35度の斜面、標高 460 m に設定した。当試験地は、1956年に広葉樹を伐採し、1958年全面地拵りを行い、同年秋さし木養生した3年生の苗木を植栽したところである。当時、植栽後全然雪起しをしなかったらどのように生育するか、雪起しをしたところと比較するために、試験区として雪起し実行区、不実行区各 0.1 ha づつ設定した。実行区では、1959年から1964年を除いて1969年までの10年間にわたり雪起し作業を行ない、不実行区では全く行っていない。下刈作業は、両区とも1959年から1969年までの11年間にわたり年1回（7～8月頃）行なった。

1976年7月、各試験区内に実行区2ヶ所、不実行区1ヶ所計3ヶ所のプロットを設定し、その中の造林木について測定を行なった。測定項目は、直径、樹高、幹の曲りの大ききで、直径は根際から 0.2 m, 1.0 m, 1.2 m の高さの3ヶ所で直径巻尺を用い、樹高は測桿を用い測定した。また、曲りについては、山側の根元にたてた鉛直線から幹までの水平線の長さを、鉛直線上 0.2 m, 1.0 m の高さで測定し、その長さをもってその高さでの曲りの大ききとして表わした。同時に、幹がまっすぐになる高さ（以下変曲点高と言う）とその高さでの曲りの大ききを測定した。樹高については 0.1 m, 他の測定項目については 0.1 cm の単位で測定し、枯死した立木、著し

Table 1 Outline of Plot

	plot 1	plot 2	plot 3
pull up the fallen tree	conduct	no conduct	conduct
inclination of slope	west 30°	west 30°	west 35°
position of slope	foot of mountain	mountain side	mountain side
number of measurement	25	53	28

く倒伏している立木、幹折れしている立木は測定より除外した。なお、プロットの概要については、表-1に示すとおりである。

1977年7月、1978年8月には、プロット内の立木について1.2 m 高の直径、樹高の測定を行なった。同時に1978年には、各プロットより標準木とおぼしき立木を、プロット1および3で2本ずつ、プロット2で4本合計8本を伐倒し生長過程を調べるために樹幹解析を行なった。

4. 調査結果および考察

(1) プロット調査について

1976年7月に行なった測定結果は、表-2に示すとおりである。雪起し実行区と不実行区間の平均値の差について検定を行なったところ、プロット1（実行区）とプロット2（不実行区）およびプロット2とプロット3（実行区）の間でともに6測定項目一直径（1.0 m, 1.2 m 高）、曲り（0.2 m, 1.0 m 高）、変曲点の曲りの大きさ、樹高一が危険率5%で有意であった。このことから、雪起し作業を行なった場合、行なわなかった場合に比べて胸高直径、樹高が大きく、根曲りが小さくなり効果があったと言える。そして、その差は1.2 m 高の直径についてみると約2.9 cm である。1976年から1978年の年平均肥大生長量が0.31 cm/年であるから単純に計算すれば約9年余りの生長の遅れがあることになる。同様に樹高についてみると、約1.6 m の差があり約0.48 m/年の生長があったことより約4年間の遅れがあると考えられる。

測定項目間の相関々係をプロット別と全体で計算してみると、各直径間、各直径と樹高、各曲りの大きさ間で当然のことながら強い順相関の関係がみられた。ところが、プロット1では表-3に示す様にそれ以外に各直径と各曲りの大きさ、各曲りの大きさと樹高、変曲点の高さと樹高に逆相関々係がみられたが、プロット2および3ではそれらは不明であった。このことは、プロット2および3ではなんらかの条件で曲りの大きさと直径や樹高の大きさととの関係がうすいということで、その条件がプロットの林分条件によるものかわからない。一方、プロット1では曲

Table 2 Result of Measurement

Unit: height m other cm

item of measurement		plot 1 conduct	plot 2 no conduct	plot 3 conduct
diameter	0.2 m (D 02)	17.45± 5.73***	15.22± 4.21	15.22± 3.04
	1.0 m (D 10)	15.01± 5.00	11.40± 2.89*	13.77± 2.60
	1.2 m (D 12)	14.73± 5.08	11.21± 2.92*	13.50± 2.50
curve	0.2 m (W02)	14.76±15.58	28.61±11.11*	8.75± 4.43
	1.0 m (W10)	26.64±26.80**	44.76±19.62*	13.75± 5.06
curve point	height (IPH)	72.80±38.79	86.94±43.69	71.79±31.39
	curve (IPW)	27.80±30.24**	43.76±18.06*	14.39± 5.46
tree height (H)		9.60±22.38	7.95± 1.87*	9.64± 1.69

* Significant at 0.05 level between plot 2 and 3. plot 2 and 1

** Significant at 0.05 level between plot i and 3

*** Significant at 0.10 level between plot 1 and 3

Table 3 Correlation Matrix

total: half of the right up, plot 1: half of the left down

	D 02	D 10	D 12	W 02	W 10	IPH	IPW	H
D 02	—	0.945	0.940	-0.327	-0.307	-0.189	-0.297	0.812
D 10	0.974	—	0.995	0.519	-0.479	-0.251	-0.467	0.879
D 12	0.967	0.994	—	0.534	-0.499	-0.259	-0.487	0.885
W 02	-0.623	-0.714	-0.743	—	0.902	0.280	0.840	-0.562
W 10	-0.475	-0.575	-0.621	0.829	—	0.413	0.932	-0.540
IPH	-0.394	-0.431	-0.449	0.421	0.701	—	0.602	-0.344
IPW	-0.485	-0.562	-0.604	0.689	0.946	0.863	—	-0.554
H	-0.843	-0.884	0.884	-0.760	-0.647	-0.587	-0.658	—

りが大きくなれば直径や樹高が小さくなり、変曲点の高さが低くなれば樹高が大きくなる傾向が強いことを示している。雪起し作業などで曲りを小さく、また低くすれば直径や樹高が大きくなることを示している。プロット間の傾向の相違がどうして生じたのかは今後調べてゆく必要があろう。

変曲点の曲りの大きさの差は有意であったが、その高さの差は有意でなく、実行区では両プロットともほぼ 72 cm、不実行区では 87 cm と幾分高かった。このことより変曲点より高い 1.0 m や胸高の位置では幹はほぼ通直に伸びており、その曲りの大きさは、変曲点のそれに比べあまり変らない。そこで立木の生長の良さを直径で、根曲りの度合を曲りの大きさと表わすことができる。普通直径は胸高 (1.2 m 高) で表わすがその高さの曲りの大きさが測定されていなかったことと、1.0 m 高の直径と胸高直径は各プロットともほぼ等しく強い順相関々係にあるため 1.0 m 高の直径と曲りの大きさをもちいた。

これら 2 因子を判別因子とし、測定された立木を雪起し実行区と不実行区に判別する判別関数をつくり判別してみた。その結果は表 4 に示すとおりである。1.0 m 高の直径と曲りの大きさだけについてみると、雪起し実行

区の約 1 割が不実行区なみで、不実行区の立木の約 2 割が実行区なみであると考えられる。他の判別因子を用いた場合でも約 1~2 割は実行区として判別された。

1976年から1978年までの3ケ年にわたる樹高・胸高直径の測定結果より平均生長量を求めてみた。表 5 は、1978年の測定結果と過去2年間の平均生長量である。まず胸高直径についてみると、雪起し実行区では 0.48 cm/年~0.53 cm/年、率で3.6%と不実行区の 0.31 cm/年、率2.7%

Table 4 Result of Discrimination

truth \ discrimination	discrimination	
	conduct	no conduct
conduct	90.2	9.8
no conduct	19.4	80.6

Table 5 Increment

	plot 1 conduct	plot 2 no conduct	plot 3 conduct
D.B.H (cm)	15.79±5.30	11.82±3.30	14.46±2.72
mean increment (cm/year)	0.53	0.31	0.48
mean growth rate (%)	3.6	2.7	3.6
tree height (m)	10.70±3.00	8.91±2.00	10.67±1.77
mean increment (m/year)	0.55	0.48	0.51
mean growth rate (%)	5.7	6.0	5.3

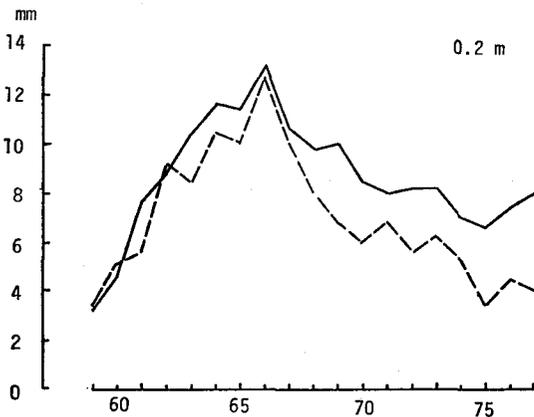
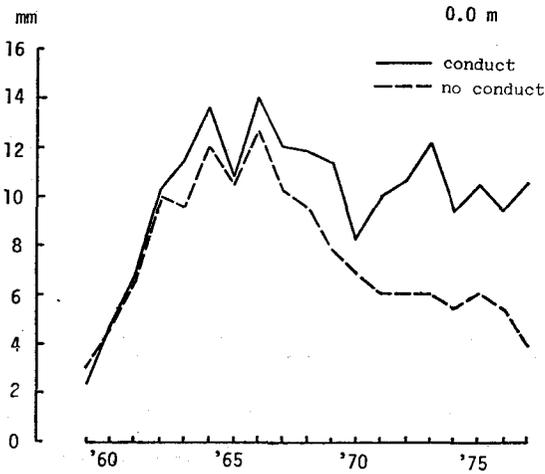


Fig. 5 Annual Changes of Diameter Increment

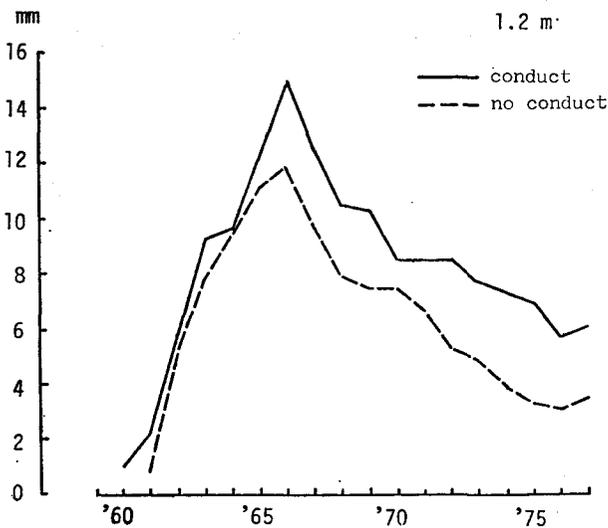


Fig. 6 Annual Changes of Diameter Increment

にくらべて良い生長をしている。そこで、各プロット間で生長量の平均値に差があるかどうか検定してみたが有意ではなかった。一方樹高生長では、実行区が $0.51\sim 0.55$ m/年と不実行区の 0.48 m/年を若干上まわっているものの、生長率では、 $0.3\sim 0.7\%$ と逆に下まわっており余り差がないと思われる。また、平均値の差について検定を行なったところ有意ではなかった。樹幹解析の結果からの直径生長は実行区 0.58 cm/年、不実行区 0.32 cm/年であった。

(2) 樹幹解析について

雪起し実行区および不実行区から標準木各4本づつを樹幹解析し、斜面方向と等高線方向の2方向の直径を測定した。その結果得られた2方向の平均直径生長量の経年変化を高さ別に示したのが図-5、図-6である。

根元直径の生長は、1958年秋植栽後1962年までは実行区・不実行区とも同様に生長し、生長量は、年毎に増加している。1959年～1962年までは雪の量は平年並かまたはそれ以下であった。

1963年には不実行区のみが減少している。1962年～1963年の冬が多雪であったことや、当時の樹高が 1.2 m～ 1.5 m で最深積雪が 1.2 m 前後であったことを考えると雪による倒伏、傾斜等のため、不実行区だけ生長が落ちたと考えられる。以後雪起し作業が行なわれた1969年までは、実行区・不実行区とも生長量には差があるものの、ほぼ同じような傾向を示している。1965年は、生長量が両区とも落ちこんでいる。この年の雪は、平年以下であり、消雪も平年並であったので他にはなんらかの

原因があったと思われる。多雪の年である1967年、1968年は、前年に比べ両区とも急に減少している。

生長のピークはともに1966年であり、ピーク以降生長量が漸減するものとしても、ある程度雪による影響があったのではないかと思われる。1970年以降は、両区とも雪起しを行わず放置されていた。実行区では雪起しをやめたためであろうか、1970年には生長量が急激に落ちこんでおり、不実行区ではさほどではない。1974年は、まれにみる大雪で消雪も遅く、1975年も多雪であった。そのためか生長が落ちている。根元直径として 0.0 m 高と 0.2 m 高の直径生長についてみたが、実行区では、0.0 m 高の生長量曲線のピーク以降の減少率は 0.2 m 高に比べ少ない。一方不実行区でのそれはほぼ同じであった。

胸高直径についてみると、1966年をピークにそれ以前は増加、それ以後は漸減している。特に急変して目立つところは、実行区では1964年、1967年、1968年、1970年である。そのうち1964年と1970年は雪起しを中断あるいは中止した年である。また、不実行区については、前年と比べて大きな生長量の変化はなかった。1964年の実行区の生長量は、不実行区と同じ位で、1970年は不実行区より 1 m/m 多いものの生長率でみると不実行区では10%、実行区では 9.5% でほぼ同じ位である。それは、急に雪起しをやめたことによる影響だと考えられる。1967年、1968年は不実行区でも急に減少している。両年とも多雪であったのでそのためかと考えられる。1966年～1969年までの両区の生長量の差は 2.6～3.2 m/m とほぼ一定であった。その差は多雪の年も、少雪の年も根元直径に比べてあまり大きな変化がなかった。1972年以降の生長の差は 2.4～3.8 m/m とほぼ一定であった。

傾斜地の立木あるいは斜立した幹は偏心生長し、スギなどは下側の圧縮側にアテを生じる。積

Table 6 Appearance of Tension Wood

		1968 year	year 1969	1970 year	1974 year	1975 year
maximum snow depth (cm)		173	100	110	185	170
no conduct	tree height	4.8			8.4	
	A D. B. H.	6.2			12.3	
	position	0.7-2.2			0.7-5.2	
	tree height	4.6	5.2	5.6	8.5	
	B D. B. H.	5.9	7.1	7.9	10.9	
	position	0.7-2.2	0.7-2.2	0.7-1.2	2.2-7.2	
	tree height	3.6			6.9	
	C D. B. H.	3.4			7.8	
position	0.2-1.7			1.7-3.2		
conduct	tree height	2.8		3.5	5.5	5.7
	D D. B. H.	3.0		4.9	6.7	6.9
	position	0.2-1.7		2.2	1.7-5.2	3.2
	tree height	4.8				
conduct	1-B D. B. H.	5.9				
	position	0.7-1.7				
	tree height	4.4	5.1		8.5	
	3-B D. B. H.	4.6	5.9		10.6	
position	0.2-1.7	0.2		0.7-1.2		

雪地帯では曲り（根曲り，幹曲り）と同様木材の利用上支障となり，材料としての価値を低下させる。樹幹解析の結果，アテが発生した年とその時の樹高（推定）と胸高直径を示したのが表一6である。雪起し不実行区では，すべての調査木で1968年の多雪の年にアテが発生しており，アテの発生部位は1974年には高く広がる傾向がみられた。雪起し実行区では，1968年に2本，1969年，1974年に各1本ずつ発生しているものの発生部位が高くなる傾向はみとめられなく，低い部位に集中している。1969年，1970年の雪は平年並であったが，アテが発生したのは，幹が前年から斜立したまま回復がおくれたためと推測される。アテが発生しなかった実行区の2本の調査木は，1968年の樹高が5.7 m，5.8 m，1974年9.8 m，10.4 m と他の6本に比べて高くなっており，胸高直径は他より太いとはいえなかった。雪の影響は樹高が積雪の2～3倍程度までとされている⁴⁾⁵⁾。1968年は，樹高が5.2 m以上で，積雪の3倍以上もあった。このことが雪の影響がなかったと思われる。しかし，1974年は樹高が積雪の3倍以上まで雪の影響がみられたから，これらの点については再検討を要する。

ま と め

雪起し実行区と不実行区の生長の比較を行なったところ，直径，樹高，幹の曲りの大きさが5%の有意差があった。その差は，胸高直径で2.9 cm，樹高で1.6 mあり，実行区の方が生長がよかった。現在の生長量で単純計算してみると4～9年の差に匹敵する。根曲りの程度は，根元にたてた鉛直線の1.0 m高における幹までの長さで比較すると，18 cm～31 cm程度の差があった。また，樹幹解析の結果，多雪の年は前年に比べて直径生長量に変化，落ちこむ傾向がみられ，アテも発生している。雪起し実行区では，不実行区に比べ直径生長は良く，アテの発生も少ないことがわかった。このようにみると積雪地帯における雪起し作業は，幹の傾斜を正し，生長を助けるうえで重要な役割をもっている。しかし，この作業は多くの経費と労働力を必要とするため，毎年実行することは経営上大きな支障となる。不実行区でも約2割の立木が実行区なりに生育していることから，雪起しを必要とする年だけ，たとえば，アテの発生するような積雪のあった年だけ雪起しを行なえば，全くしないより良い生育が期待でき，材としてもあまり悪化はしないだろう。また，毎年実行するより経費的にもらくなり，投資効果も上るだろう。このような林業経営の面からどのような年に実行し，または中断してよいか決定する経験と科学的根拠が求められる。雪による立木の倒伏が，雪の量（積算積雪，最深積雪，降雪量，最大降雪量）とともに増加し，林齢（樹高，根元直径等）とともに減少する傾向があるので，このへんから雪起しの指針作りを行なっていくことが今後の課題であろう。

文 献

- 1) 森林立地懇話会編：日本森林立地図，1972。
- 2) 多雪地帯林業第2研究室：豪雪地帯のスギの直径生長と積雪，林業試験場東北支場だより，No. 120，1-4，1971。
- 3) 久保木光熙：今冬の天候予想，気象，No. 259，p. 5335～5337，1978。
- 4) 四手井綱英：雪圧による林木の雪害，林業試験場研究報告，73，1954。
- 5) 白間純雄：根曲り防止に関する研究（Ⅱ），鳥取県林業試験場報告70，1977。

Résumé

After melting snow in spring, the operation to pull up fallen trees caused by snow pressure is peculiar forest tending work in snow regions and that is serious problem on forest management.

This report is results of investigation about the effect of the operation to pull up the fallen tree caused by snow pressure in planted stand.

Results of comparison on the growth between pull up stand and not conducted stand was significant at 0.05 level in diameter, tree height and size of curve of the stem, and its difference is 2.9 cm at D. B. H., 1.6 m at tree height, and it has certainly larger growth in conducted stand.

If we estimate by the present growth, its difference is 4-9 year.

Degree of the curve of stems were noted at 18-31 cm from vertical line at 1.0 m height on the root edge to the surface of stem.

As result of stem analysis, there is tendency that in a heavy snow year diameter increment comes down as compared with the year before, and that tension woods come about.

In the conducted stand, diameter increment were larger than that in the not conducted stand, and the number of tension woods were few.

FIGURE : Variation of Snow Cover in Day and Year

