解説・総合

積雪による杉造林木の根曲について

片岡健次郎* 佐藤正平*

1. ま え が き

多雪地方においては杉造林木の多くが、積雪による機械的な害作用により、傾斜地は勿論、平地でも相当の根曲がある。この根曲については、林木が雪圧に耐えられるため雪国の環境に適応した自然のかたちであって、いわゆる雪害ではなく、雪国の林木の特徴であると云われている面もある。大概の林業家はこの根曲を避けられないものとして、殆んどその防止策を無視している。福

井、石川、富山、新潟地方の雪国では大分古くから階段造林を実施しているが、この結果によると、階段造林は普通造林と比較し、雪害その他種々な面において良好な成績を示しているようである。しかしこの階段造林についてもまだ究明されるべき幾多の問題が残されているように思われる。また普通造林の場合については傾斜角並に積雪深階別に見て、雪害(根曲量)はどの程度差異があるかを知ることによって、今後の造林方法に改良を加えることが出来ると思われる。現在の所この根曲材の形

表一 調査地の概況および根曲率

調 査 地	林 班	海拔高 m	最高 積雪 cm	林令 年	調査 本数	傾斜角 度	斜面 方位	立木 本数	平均 樹高 m	平均 直径 cm	全材積 m ³	根曲 材積 m ³	比率 %
釜 淵	鉄道防雪林	130	150	46	50	平地	—	1020	15.1	22.1	15.30	1.49	9.7
院 内(口)	民 有 林	250	150	35	14	〃	—	730	18.2	25.3	6.70	0.69	10.3
鶴岡営林署 大鳥経営区	5 に	350	200	43	50	〃	—	1360	19.5	26.3	28.08	3.19	11.4
肘 折	民 有 林	300	300	50	27	〃	—	1850	20.0	28.8	28.66	4.56	15.9
矢島営林署 矢島経営区	72 と	650	400	37	50	〃	—	820	9.4	20.9	9.20	3.58	38.9
鶴岡営林署 大鳥経営区(イ)	33 ま	450	300	32	26	10	南西	890	13.4	27.9	11.06	3.23	29.2
新庄営林署 新庄経営区	9 き	150	150	35	38	20	東	1300	18.7	28.1	21.08	4.02	19.1
矢島営林署 矢島経営区	18 ち	350	200	45	50	20	北東	980	14.9	22.3	15.81	3.78	23.9
鶴岡営林署 大鳥経営区(ロ)	33 ま	450	300	32	26	20	南西	1160	13.1	25.3	9.21	2.84	30.8
鶴岡営林署 大鳥経営区	5 お	350	200	43	48	23	南	1150	17.6	25.7	23.37	4.45	19.0
釜 淵(ロ)	試 験 場 実 験 林 内	150	150	46	25	24	東	1140	17.8	25.1	11.57	1.86	16.1
矢島営林署 矢島経営区	35 い	400	350	43	51	26	南	850	19.9	36.5	44.50	9.59	21.6
院 内(イ)	民 有 林	250	150	35	36	26	北西	960	17.1	21.5	12.11	2.33	19.2
釜 淵(イ)	試 験 場 実 験 林 内	150	150	46	25	27	東	1210	15.9	24.8	10.86	1.85	17.0
及 位	鉄道防雪林 杭 打 工	300	200	28	35	40	東	1850	13.7	20.6	5.75	1.43	24.9
及 位	鉄道防雪林 杭 打 なし	300	200	28	35	40	東	1850	12.4	20.9	2.30	7.03	30.9

* 林業試験場秋田支場釜淵分場

態または材質の点についての研究は相当多くの方々によって大分前から行われているが、根曲量の実態調査をされた報告は殆んどないようである。今後拡大造林計画にもとずいて奥地の造林が盛んに行われるとすれば、更にこの被害が増大し、悪質材が多くなるものと思われる。このような考えから先づ傾斜角別、または積雪深階別について根曲量の実態を把握し、根曲の防除策を考えよう

写真一 根曲の林相 院内民有林

写真二 根曲の林相 時折民有林

と云う意味から本調査を行った。なお本調査は最初の試みであったので不備な点が大いと思うが、一応調査の結果を報告して諸賢の御批判を仰ぎたい。

2. 調査箇所及び方法

この調査を行った箇所は月山系の鶴岡営林署管内大鳥経営区及び鳥海山系の矢島営林署管内矢島経営区、並に

月山葉山系の新庄営林署管内新庄経営区並に院内町齊藤善兵衛氏所有林と、当分場附近の実験林並に鉄道防雪林等12カ所を調査した。調査個所の地況及び林況は表一に示した通りである。今回は利用伐採をした場合の根曲による損害額について検討するため、一応伐期に達したと思われる林分を対象に調査を行った。これらの調査箇所について一調査区大体50本がはいる標準地を選定し、樹高、胸高直径を測定し、各々の材積を秋田営林局管内スギ人工林立木材積表により求めた。なお樹高は麻生式測高器を使用し毎木調査した。根曲部分の材積については、根曲の定義がむずかしく、判然としたことは云い得ないが、一応木材業者が一般に根曲材として取扱っている伐根を約50本調査した結果、長さ1mの伐根で根張りを含まない末口と元口の中心をむすぶ内曲面の中央の矢高 H は、 $H=7.1\pm3.7\text{cm}$ であり、2mになるとこれが $H=14.6\pm5.5\text{cm}$ であった。この結果から見て一応根曲と見做す範囲を、長さ1mの場合は矢高が3cm以上、長さ2mの場合は矢高が9cm以上あるものを根曲部と決定した。一方直材で長さ2m以上取れると思われる所から下の曲った部分を根曲部とした。この両者について同時に測定をしたが、各調査区共に根曲部材積の平均値は、どちらの測定法によっても差は殆んどなかった。根曲部の材積は末口と元口の直径から求め、立木材積と比較した。そして全材積に対する根曲部材積の百分率を根曲率とした。伐採は普通地上30cm位の所から行われているようであるから、根曲の測定も地上30cmより上部について行った。

3. 調査結果

根曲木の偏倚生長のしかたを知るため表二に示したA, B, C, Dの4本を樹幹析解すると同時に、樹幹の中心を通して二つに縦割りにして見ると図一に示した通りとなっている。このサンプルのA, B, Dは傾斜角20~30度のところに立っていたもので、斜面は東向、立木本数は約1200本、樹令40~47年であり、地位は下に属し、立木密度は密な林分である。Cは平地に成立しているものであるが、林況は他の3本と殆んど同じようなものである。この調査結果によると、A, DはB, Cより比較

表一 樹幹析解木概要

	樹 高	胸高直径	幹材積	根曲材積	根曲材積 幹材積	樹 令	傾斜角	地 位	斜面方位	立木密度
	m	cm	m ³	m ³	%	年	度			
A	20.2	33.8	0.5639	0.1973	35.0	41	30	下	東	密
B	11.8	15.6	0.1178	0.0534	45.3	43	30	下	東	密
C	15.8	15.9	0.1609	—	—	46	0	下	—	密
D	20.1	23.0	0.4066	0.0712	17.5	47	20	下	東	密

図一 樹幹析解図

的成長がすぐれている。これらの材積成長曲線は図一2に示した通りである。根曲の形態は、平地に成立しているCでは外観は殆んどわからないが、幼令時に雪圧を受け、偏心していることが図一1で判然としている。傾斜地では林木が雪圧により倒伏する幼令時は斜面の下側肥大であるが、ある程度太くなって倒伏しないようになると上側に肥大し「アテ」が生ずる。この曲りを復帰する際により多く山手に行き過ぎ、再びこの行き過ぎを直すため上側肥大、下側肥大が行われ、行き過ぎを取り戻し、後には鉛直に伸長する。そのためS字型の林木とな

図二 材積生長曲線

るのが通例である。各調査地の総材積と根曲材積の測定結果は表一1の通りであるが、矢島72林班と小班は海拔高、積雪深が今回調査した個所では最高の所であって、この根曲率は38.9%であった。同じ平地でも積雪の少ない鉄道防雪林ではこれが9.7%であった。また雪崩防止杭打ちによる根曲量の減少度合を見ると、今回調査し

写真一3 根曲の林相 時折民有林

た一つの林分では杭打ちを行った方の根曲率が25%で、杭打ちをやっていない所はこれが31%であって、杭打ちをやっている方が6%程根曲率が小さかった。この程度の差では杭打ちの効果について論ずることはむりであると思うが、一応杭打ちを行ったために根曲量が多少減少する事は間違いないものと考えられる。このように積雪

図三 根曲率と積雪深、傾斜角との関係

写真—4 偏心生長標本 (A)
樹幹析解円板地上 20cm

写真—5 偏心生長標本 (A)
樹幹析解円板地上 1 m

写真—6 偏心生長標本 (A)
樹幹析解円板地上 2 m

写真—7 偏心生長標本 (A)
樹幹析解円板地上 4 m

の多い所と少ない所、または立地条件によって根曲率は相当大きな差がある。これ等の調査個所の平均値からみると、全材積に対する根曲部材積の割合は20%であった。この根曲率を積雪深及び傾斜角度との関係についてみると図—3の通りとなり、根曲率は積雪深の二乗に比例して増加し、最深積雪を H とし、根曲率を R とすれば $R=1.91H^2(m^2)$ で示すことが出来る。傾斜角度については傾斜角10度増す毎に約5%根曲率は多くなり、この関係式は傾斜角度を α とすれば、根曲率 R は $R=0.56\alpha^\circ$ の一次式で表すことが出来る。また直径生長によっても根曲率は減少し、この関係は表—3及び図—4に示

す通りである。この図表でわかるように根曲率は直径が10cm生長することによって、根曲率は略々5%の減少率を示している。また地力の良好な場所では、そうでない所よりも根曲率の減少率は大きいようである。しかし林令40~50年になった林分でも、この根曲率は一割以下にならないのが一般的な傾向であるようだが、特に鉄道防雪林のような里山で、雪おこし、その他撫育管理が相当行きとどいている林分の根曲率は、他と比較して大分少なくなっている。今回調査した林分は数は少なく、林令についても極くせまい範囲であるから、あまりはっきりしたことはわからない。したがってこれを多雪地帯の造林

表—3 根曲率と胸高直径

傾斜角	調査地	林 班	直 径 階 cm							
			11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50
平地	釜 淵	鉄道防雪林	(13) 16.7	(14) 14.3	(10) 15.7	(9) 4.4	(3) 3.8	(1) 0	—	—
	院 内	民 有 林 斜面下部	—	(1) 15.8	(5) 12.6	(8) 9.2	—	—	—	—
	鶴 岡	5 に	—	(8) 13.9	(19) 13.3	(8) 12.2	(8) 8.5	(4) 11.1	(2) 11.1	—
	肘 折	民 有 林	(6) 28.6	(2) 31.8	(3) 23.6	(8) 17.0	(9) 14.2	(6) 15.8	(1) 18.5	(2) 12.7
	矢 島	72 と	(13) 50.0	(11) 40.8	(14) 41.4	(8) 33.5	(4) 25.6	—	—	—
10°	鶴 岡	33 ま 斜面上部	(1) 50.0	(2) 36.0	(10) 33.3	(5) 31.9	(3) 25.5	(3) 21.2	(2) 23.9	—
20°	新 庄	9 き	—	—	(11) 20.9	(16) 21.1	(8) 14.9	(3) 19.4	—	—
	鶴 岡	33 ま 斜面下部	(1) 44.4	(4) 37.1	(12) 38.3	(2) 30.8	(4) 24.7	(3) 26.0	—	—
	矢 島	18 ち	(3) 32.3	(15) 25.6	(22) 22.8	(7) 26.1	(2) 23.1	(1) 18.3	—	—
23° 26°	鶴 岡	5 お	(2) 26.6	(11) 24.9	(8) 26.0	(20) 18.6	(5) 17.7	(2) 20.4	—	—
	矢 島	35 い	(1) 29.4	—	(5) 23.4	(15) 20.2	(13) 21.8	(8) 22.0	(3) 21.0	—
	釜 淵	実 験 林 斜面下部	—	(6) 17.8	(7) 16.7	(7) 17.3	(4) 10.2	(1) 27.7	—	—
	釜 淵	実 験 林 斜面上部	—	(8) 26.1	(7) 20.3	(3) 16.6	(4) 13.9	(3) 15.3	—	—
	院 内	民 有 林 斜面上部	(1) 12.5	(13) 21.8	(15) 21.0	(7) 15.0	—	—	—	—
	及 位	鉄道防雪林 杭 打 工	—	(6) 30.1	(4) 30.1	(1) 32.8	—	—	—	—
	及 位	鉄道防雪林 杭打工なし	(3) 27.7	(8) 31.3	(12) 19.9	(1) 19.1	—	—	—	—

注 () の中の数字は調査本数を示す。

木全般について論ずることは適切でないかもしれないが、一応参考までにこの調査結果から、秋田営林局管内全般について検討を加えてみた。先づ管内の杉造林木の面積を最深積雪階別に区分するため、管内林相図¹/_{20万}に等積雪深線を描き、この中に1cm平方の枅の数がいくらかあるかによつて、積雪深階毎の面積分布を求めた。またこの枅の中の等高線の数によって平均傾斜角を求めてみたのが図—5である。これに使用した林相図は昭和27年に印刷製版したものであるから、現在の造林面積とは多少差異があるので、この点についての調整は昭和33年2月に刊行された、昭和32年度秋田営林局統計書の林相別面積数に合わせるため、図面より算定した積雪深階毎の面積に比例配分により補正を行った。この方法によって得た針葉樹林の面積分布は、積雪深2mを頂点として、1

～3mの所が全体の80%をしめ、積雪75cm以下と3m以上の所は極く少数である。また平均傾斜角についてみると、積雪深階の増加に伴ってこれも大きくなり、針葉樹林の最も多く分布している積雪1～3m附近の平均傾斜角は17～22度である。この結果からみて針葉樹分布の中央値は最深積雪が大体2m、この部分の平均傾斜角は19度となる。これを前に述べた最深積雪及び傾斜角度と根曲率の関係式から、根曲率は $R=1.91H^2+0.56\alpha^\circ$ の数式によって求められ、これによって算出すると根曲率は17.6%となり、秋田営林局管内の針葉樹林分蓄積の略々18%が根曲部分の材積となる。この根曲部材積の推定値と今回調査した12カ所の平均根曲率20%を比較すると、実測値の方が多少大きい値を示しているが、これは今回の調査個所の選定による差異と思われ、当局管内でも北部

図—4 根曲率と直径との関係

の乾雪地帯は南部の湿雪地帯よりも根曲量が少ないのが当然であり、また北部の針葉樹林地帯は概して寡雪である。したがってこの推定値はそれほど大きな間違いはないものと考えられる。この針葉樹林の分布及び傾斜角の算出については、アカマツ、カラマツ等の林分も含んだものであるから、杉林分だけについて見る場合は多少異なる点があるかもしれないが、それ程の違いは生じない

図—5 森林分布図 (秋田営林局)

だろう。根曲による損害額をこの調査結果から概算すると同時に統計書にある雪害額について一言つけ加えると、当局管内の林野被害総額に対する雪害による被害額は表—4に示した通り数%に過ぎず、損害額については極めて微々たるものとなっているが、このことは冠雪、

表—4 林野被害 (秋田営林局)

年度	林野被害総額		雪 害		$\frac{C}{A} \times 100$	$\frac{D}{B} \times 100$
	A 被害額	B 損害額	C 被害額	D 被害額		
	千円	千円	千円	千円	%	%
24	48019	22224	283	5	0.6	0.02
25	34730	25390	1199	6	3.5	0.02
26	242986	181909	2568	16	1.1	0.01
27	73307	13596	2868	473	3.9	3.48
28	38048	15341	1165	96	3.1	0.63
29	563774	49309	295	0	0.1	0
30	411995	281263	375	2	0.1	0
31	263032	153761	4707	392	1.8	0.25
平均	209486	92849	1683	124	0.8	0.55

(注) 損害額は被害額から被害物件の価値を差引いた
実害額

幹折等による被害のことで、根曲による悪質材としての経済的な損害額は見込まれていないようである。従って森林の雪害に対する関心は一般に軽視されがちであると思うが、当局管内のスギ素材の処分量から、根曲による損害額を前述の結果に基いて求めた。昭和30~32年の3カ年平均で処分量が1295千石であるから、この処分量の18%が根曲部の材積とする。また根曲材の販売価格は直材の半値で一石約1000円が一般の取引相場であるとして、これによる減収は23,100万円、約2億円の大きな損害額となる。なおここに示した処分量は直営生産量を含まないものであるから、実際はもっと多くなるものと思われる。またこの根曲による損害額が統計書に含まれるとすれば、林野被害総額に対する雪害による損害額は略50%を越えるものと考えられる。更に今後拡大造林を行うにあたり、広葉樹林を針葉樹林におきかえるような林業政策を行うとすれば、図—5に示すように広葉樹林分の林地は針葉樹林分のそれよりも更に積雪の多い所に多く分布し、平均傾斜角も数度大きくなっていくことから考えて、今後はこの根曲防除策についての研究が早急に必要ならなければならないものと思われる。

4. む す び

最近の木材の需要と林業政策の動向によって、今後考えなければならないと思われる、根曲の防除策を検討す

るための一資料として、今回行った実態調査の結果のあらましを述べた。調査は近い中に伐採して利用出来ると思われる林分の根曲による不利益的の損害額を知るために行ったのと、資料が少ないのでそれ程正確とはいえない。根曲部の決定を末口と元口をむすぶ内曲面の中央の矢高で求めた場合と、直材で長さ2m以上取れると思われる所から下の部分を根曲部とした場合とでは大体同じ結果を得た。根曲の判定には、長さ1mの場合は矢高3m以上、長さ2mになるとこれを9cm以上とした。現在の所根曲の測定方法についての参考資料も無く、今回始めてこれ等の調査を行ったものであるから、かならずしもこの方法が適当かどうかはわからない。この点については今後検討する必要がある。今回の調査方法によって得た根曲量の実態は、12カ所の平均値からみて立木材積の約20%が根曲部の材積であることがわかった。この中でも積雪の多い所は約40%に達し、積雪のやゝ少ない所では約10%となり、根曲率は積雪の多寡によって相当大的な差があることが認められた。積雪深(H)と斜面角度(α)と根曲率(R)の関係は $R=1.91H^2+0.56\alpha$ で示すことが出来る。また立地条件が同一と認められる所でも、撫育管理のよく行きとどいている林分は、そうでない林分よりも根曲率は少ない。直径生長に上る根曲率の減少は、地位によって多少の差異はあるが、直径10cm生長すると根曲率は約5%減少する。今回行った林令40~50年の林分では根曲率は一割以下にはならなかった。この調査結果から秋田営林局管内全般について根曲量を推定すると、当局管内の針葉樹林分の分布は最深積雪2mの附近が全体の80%をしめ、この附近の平均傾斜角は約19度であったので、このことから根曲率は17.6%の値を得る。これは詳しくは林令階別に調査したものの

なければならないが、林令40~50年に達し大体これから利用伐が行われようとしている林分では、総蓄積の約18%が根曲部の材積と推定される。さらにこれを損害額についてみると、当局管内のスギ素材の処分量から考えて、損害額は約2億円と云う大きな金額となる。このように大きな損害が毎年繰返えされていることになるわけである。この根曲による損害額をどれだけ減少させることが出来るかはわからないが、北陸地方では階段造林によって相当大きな成果を示している。然しなお数多くの問題が残されており、また特に今後行われようとする拡大造林政策と関連して、根曲の軽減防除に積極的な研究が必要である。

文 献

- 1) 齊藤孝蔵：樹木生理。
- 2) 秋田営林局：秋田営林局統計書 昭和25~32年。
- 3) 麻生誠 1927：樹木ノ偏倚方向に就テ，林業試験場彙報 第22号。
- 4) 鶴野満男 1935：深積雪地方に於ける造林対策 日本林学会誌 Vol. 7, No. 2。
- 5) 尾中文彦 1935：針葉樹に於ける所謂「アテ」の形成部位に就いて，日本林学会誌 Vol. 17, No. 9。
- 6) 杉 厚生 1937：針葉樹並びに潤葉樹に於ける偏心肥大生長の原因法則に就いて，林曹会報(秋田営林局) 第244号。
- 7) 中野 徳 1948：積雪と造林木，雪氷 Vol. 10, No. 13, 4。
- 8) 四手井綱英 1949：森林と積雪，雪氷十年。
- 9) 四手井綱英 1952：雪と根まがり，雪と生活，第7号。

—Abstract—

On the bend of lower part of the afforested cryptomeria by snow

KENJIRO KATAOKA and SHOHEI SATO

(Kamabuchi Branch Station, Govern, Forest Exp. St.)

An investigation of the bend at the lower part of trunk was carried at the twelve afforested sites in Yamagata and Akita prefectures in 1958. Afforested Cryptomeria, 30~50 aged between 30 and 50 years, near the cutting age, were chosen for the object of this study.

The following results are obtained;

The bent part of trunk can be distinguished by the straight part using some arc-heights related to chord length.

The ratio of bent part to whole volume of trunk (R) is about 20%, and can be expressed by the following equation;

$$R=1.91H^2+0.56\alpha$$

where H is the maximum snow depth in meter and α is the angle of slope inclination in degree.