

札幌近郊山地における積雪の作用 1

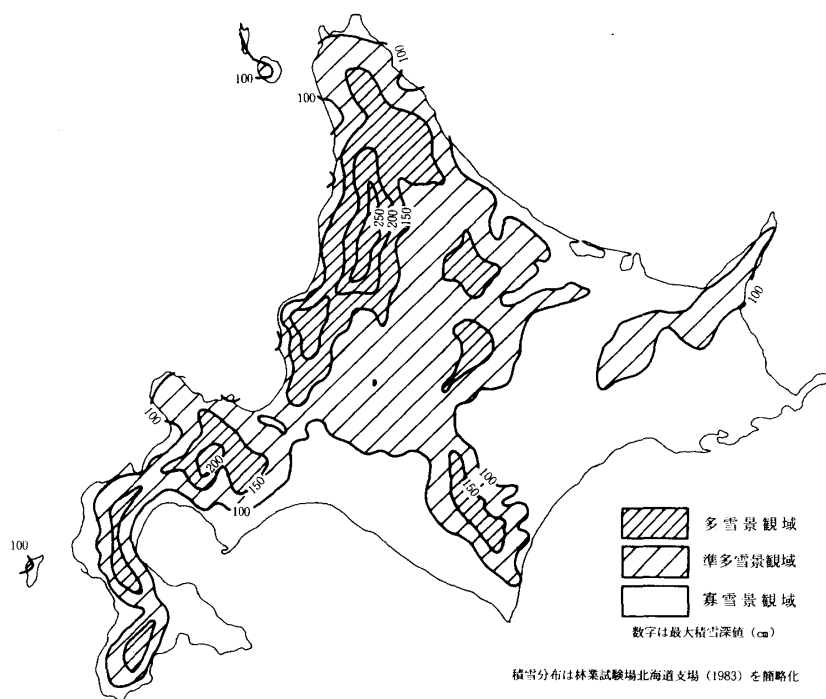
—— 中山峠周辺の積雪環境と樹木の根曲り現象 ——

下川 和 夫・山 田 真 理

は じ め に

積雪はその地域の景観に大きな影響を及ぼす。日本の豪雪地帯では、多雪という積雪環境が原因となって形成された地形・植生の分布が積雪深の分布とよく対応している。アバランチ・シュート (avalanche chute) や雪窪のような多雪という環境が原因となって形成される地形 (多雪地形) は、最大積雪深が 1.5 m 以上の地域に、雪崩道植生や積雪のグライドに起因する植生 (多雪植生) は、最大積雪深 1.0 m 以上の地域に分布する。しかし 1.0 m 以下の積雪地域には顕著な多雪景観は分布していない。下川 (1988) はこれら 3 つの景観域を、それぞれ多雪景観域、準多雪景観域、寡雪景観域と呼び、新潟県から東北地方において自然領域区分を行なった。その結果を北海道に適用し、積雪深を基準に地域区分を行ったのが第 1 図である。北海道の積雪は、日本の最深積雪地域に比べ多いとはいえないが、増毛山地や後志地方には 2 m を超える多雪地帯が分布している。そのほか北見山地・大雪山系・日高山脈などの北海道の脊梁山脈と、渡島・松山地方の山地には 1.5 m 以上の積雪地帯がみられる。これらの地域は多雪地形の分布する多雪景観域に該当するものと推定される。また、1 m 以上の積雪地帯は北海道の約 6 割に及ぶ。北見山地と日高山脈以西で日高・胆振・松山地方の沿岸部を除いた一帯では 1 m 以上の積雪が見られることから、準多雪景観域に相当するものと予想される。

このように積雪深からみる限りにおいて、北海道においても本州同様、広く多雪景観域、準多



第 1 図 北海道の多雪景観からみた自然領域区分予想図

雪景観域が分布する可能性がある。しかし、北海道では気候や雪の密度などの環境条件が本州北部とは異なるので、この地域区分がそのまま北海道にあてはまるかどうかについては、さらに検討の余地がある。北海道において多雪景観を基準に地域区分を行なうためには、現地調査にもとづいた実証的研究の蓄積がさらに必要である。

現在までに実施してきた予察的調査では、天塩山地や北見山地、渡島・松山地方の山地などで多雪地形を確認しているし、札幌市の北方、増毛山地南部の樺戸山地や、南郊の豊平川流域の山地には、多雪環境をあらわす地形や植生景観が分布していることがわかっており（下川，1989）、本州北部で試みた自然領域区分が、ある程度は北海道にもあてはまることがわかってきた。同時に札幌近郊山地では、積雪分布、斜面積雪のグライドによる植物への影響や斜面の侵食、全層雪崩の侵食作用などについて具体的な調査を行なってきた。本稿ではその中で札幌南郊山地において、積雪が植生に及ぼす影響について樹木の根曲り（根元曲り）を例にとり、実施した調査結果を報告する。

1. 目 的

斜面積雪は重力が働くことによって斜面を下方へ移動する。斜面上における積雪の移動にはクリープ (creep) とグライド (glide) の2種がある。積雪の移動が生じると、積雪層内にある障害物には強大な移動雪圧がかかることになる。斜面上の樹木は移動雪圧を受け、転倒・折損・傾斜などの致命的な破壊や変形を被ることがある。さらにグライドが地表面を侵食することによって、地形変化をもたらすことも知られている（小野寺，1979）。グライドによる斜面の侵食については、現在樺戸山地で野外実験を実施しており、その結果については改めて報告する予定である。

移動雪圧による樹木の変形のなかで、根曲りは最も普遍的な現象である。根曲りとは、樹木の幹の基部が弧状に湾曲した状態を指し（写真1）、根系の発達が十分でない幼樹期に、雪のクリープによって樹体が斜面下方に曲げられることによって発生する（日本雪氷学会，1990）といわれている。根曲りは土壌の匍行（クリープ）によっても生じるが、その程度は積雪のクリープに起因する根曲りに比較してかなり小さい。樹木は積雪層内で倒伏し、無雪期に立ちあ



写真1. ダケカンバの根曲り

がるということを繰り返しているうちに、根元部分に湾曲が生じる。樹木は倒伏することによって初めて雪圧を受けながすことができる。したがって、根曲りは樹木が多雪地帯で生きのびてゆくために獲得した適応の一種とみることができる。

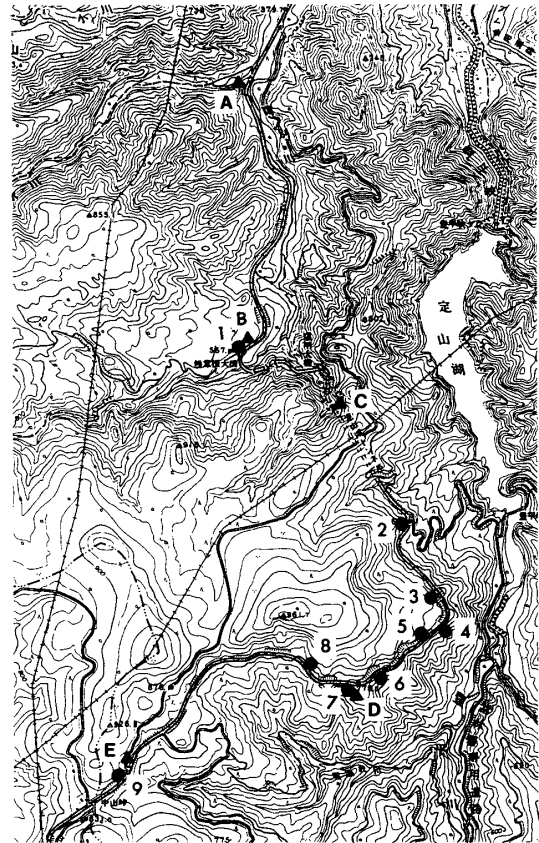
ところで根曲りの程度は、移動雪圧の強度に比例すると予想される。移動雪圧の強さは、斜面の積雪の深さや移動量によって変化するから、根曲りの程度は斜面の積雪の深さや可動性の指標とみることができる。換言すれば、斜面の積雪環境の違いによって、根曲りの程度が異なると考えられる。厳密にはその樹木が発芽して以後、生長期間を通じての積雪環境の総和といえよう。積雪の深さは標高や斜面の向きによって相違があるし、積雪の可動性は斜面の傾斜ばかりではなく、斜面の方位によっても異なると考えられる。つまり日射量の違いによって斜面の方位毎に雪質が異なり、それが積雪の可動性に影響すると考えられる。したがって、根曲りの程度は積雪深・斜面傾斜・斜面の方位との関係が深いと予想される。

そこで本稿では、札幌市南区の定山溪から中山峠間の国道 230 号線沿いにおいて、積雪環境の違いが樹木の根曲りにどのように影響しているかを知るために、根曲りの程度と積雪深・斜面傾斜・斜面の方位など環境要因との関係を考察した。

2. 調査地・方法

同じ積雪環境下にあっても、針葉樹は広葉樹に比べ根曲りが起こりにくいと言われる（四手井, 1956）ように、根曲りの程度は樹種によって異なる。そこで調査対象の樹種として、国道沿いで最も普遍的に分布するダケカンバを選び、そのうち樹高 2～10 m のものを調査対象とした。調査地点は標高 570 m から 860 m 間の道路法面 9 か所である（第 2 図）。それぞれの調査地点の斜面方位・傾斜・立木密度等は第 1 表のとおりである。調査地点の斜面方位が、N70°E から S30°W 間、つまり東向きと南向きの斜面に偏っているが、これは道路の走行との関係で北および西向きの斜面に適当な調査地が得られなかったためである。調査地の斜面傾斜は 16 度（地点 8）から 36 度（地点 9）の範囲である。

各調査地点で計測した根曲りのサンプル数は、最少で 32 本（地点 3）、最多で 54 本（地点 9）、合計 416 本である。根曲りの程度は、佐伯ほか（1979）の方法にしたがい、根元と根元から直線で 1.5 m の距離にある樹幹部分とを結ぶ線が、鉛直方向からどれ程傾斜しているかを角度で表わした（第 3 図）。佐伯ほか（1979）はこの値を「樹幹傾斜」と称しているが、本稿ではこれを「根曲り度」とよぶことにする。

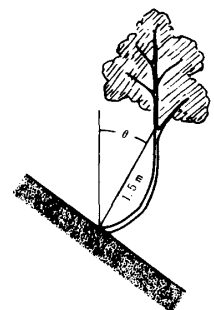


第 2 図 調査地

1～9：根曲り調査地点
A～E：簡易積雪深計設置地点

第 1 表 調査地点の概要

地点番号	標高 (m)	方位	斜面傾斜 (度)	測定数 (本)	樹高 (m)	立木密度 (本/100 m ²)	平均根曲り度 (度)	91～92年の積雪深 (cm)
1	570	S40°E	20	38	3～8	30	27.42	195
2	670	S30°E	28	41	4	55	47.83	225
3	730	N70°E	32	32	4～5	39	35.38	245
4	720	S20°E	22	51	6～10	105	32.31	240
5	740	S30°E	33	50	2～5	68	48.54	250
6	760	S30°E	24	50	6～10	59	49.76	255
7	770	S30°W	25	50	3～8	96	28.54	260
8	800	S50°W	16	50	3～7	70	32.44	265
9	860	S50°E	36	54	3～4	216	44.31	280



第 3 図 根曲り度の測定方法

3. 調査地の積雪深

山地の積雪深は地域差が大きく、既存の小縮尺の積雪分布図からは、ある地点の積雪深を正確に知ることは不可能である。そこで調査地域の最大積雪深を得るために、1990～91年と1991～92年の冬期に、次の方法で測定を実施した。

無雪期に長さ40cmのハリガネ（#14）を20cm間隔で水平に取り付けた角材を測定地点の樹木に固定する。冬期に埋雪した部分のハリガネは、積雪が沈降する際に下方に押し下げられて屈曲するので、屈曲したハリガネの上限は最大積雪深にはほぼ一致する（写真2）。この方法によれば、最大積雪深の発現日に現地調査を行なわなくとも、消雪後にその冬の最大積雪深を知ることが可能である。ただし精度は±20cmである。計測地点数は1990～91年に4か所、1991～92年に5か所である（第2図）。

この方法によって得られた最大積雪深の高度分布を示したのが第4図である。同図には市内豊平区西岡（標高130m）における実測値も併記してある。1990～91年の冬には、2地点で全てのハリガネが埋没したので最大積雪深は得られなかった。

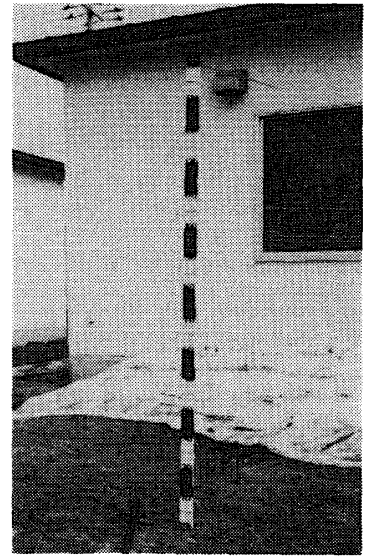
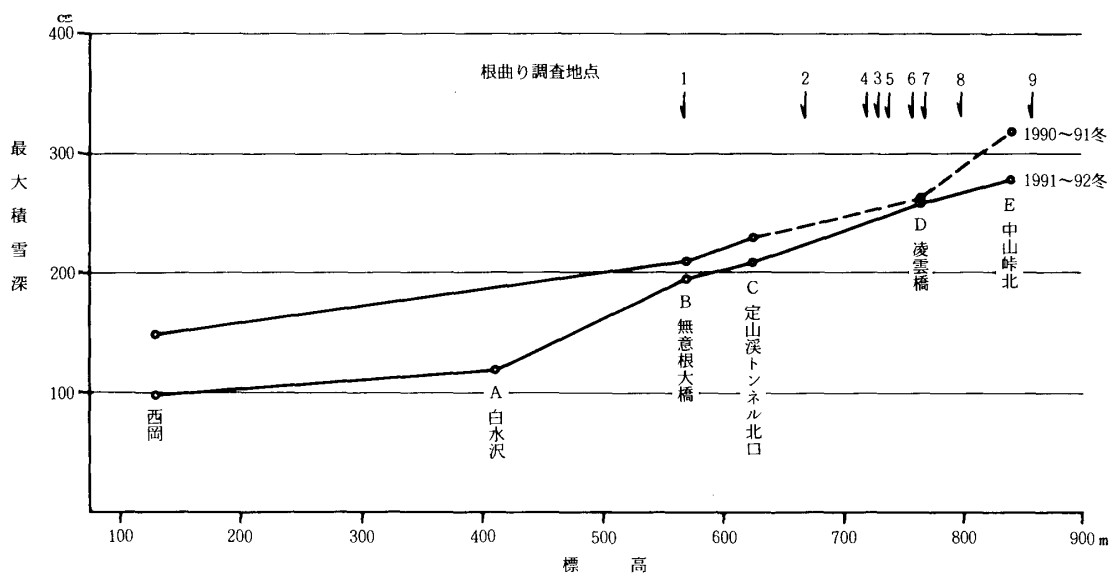


写真2. 簡易積雪深計



第4図 最大積雪深の高度分布

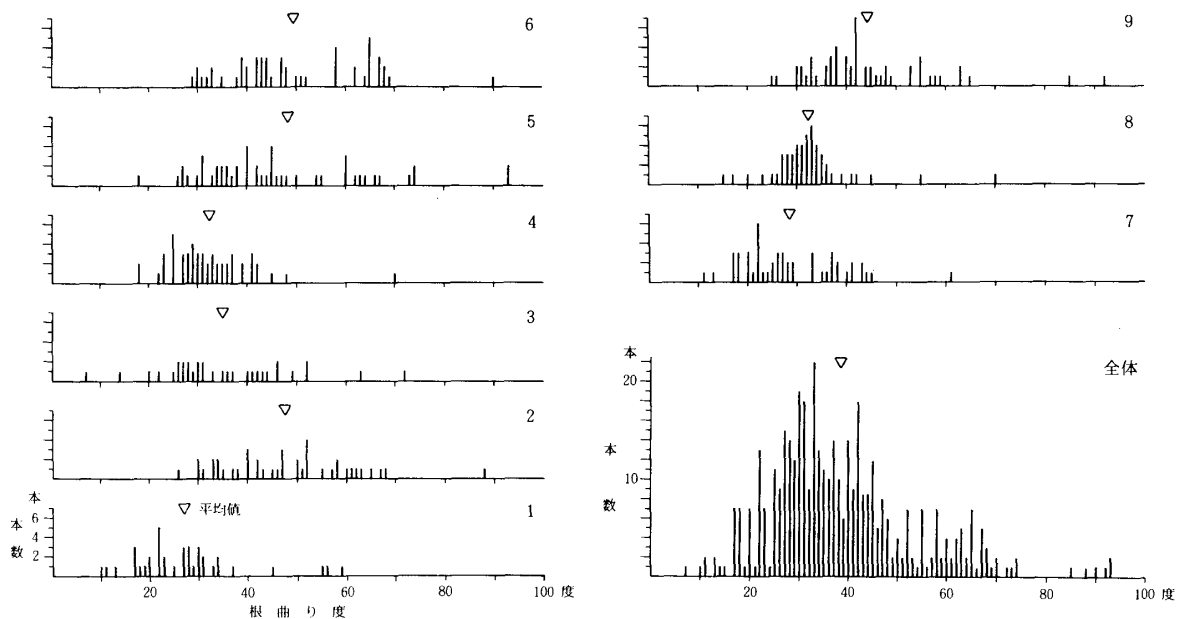
破線部は設置したスケール以上の積雪深に達した地点

標高400m以上における1991～92年の最大積雪深は、標高が高くなるにしたがって深くなっており、その増加率は100mにつき約30cmである。この値は中部日本や東北地方における調査結果（五百沢, 1967, 小島, 1975）とほぼ同じである。

4. 樹木の根曲り度

樹木の根曲り度を調査地点別に集計したものが第5図である。同図には全調査木416本について集計した結果も併記してある。

根曲りは全ての調査木に認められ、その平均は38.8度であった。この値は、樹木を一見しただけで根元に異常を認めることができる程、顕著な変形をあらわしている。根曲り度は個々の樹



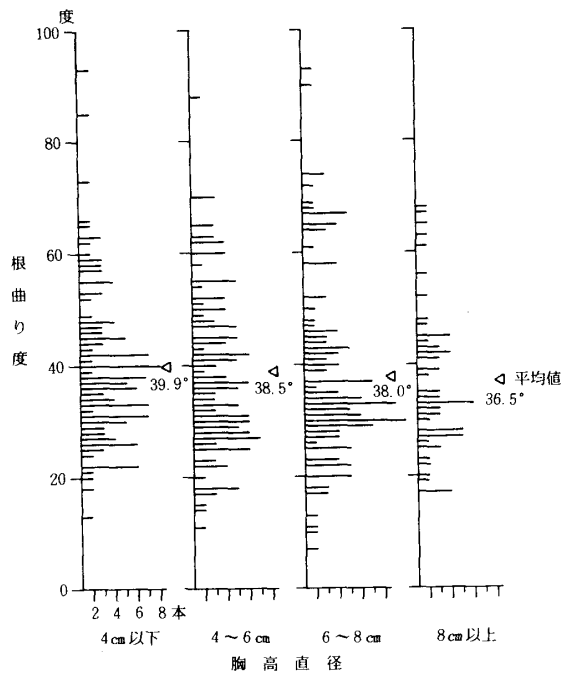
第5図 調査地点毎の根曲り度

木毎に大きな差異がみられ、最小値は7度、最大値は93度である。さらに各調査地点の平均値と比較すると、最大は地点6の49.7度、最小は地点1の27.4度である。根曲り度は個体毎に大きな差があるばかりでなく、調査地点毎にも顕著な差異が認められる。したがって、根曲りは斜面毎に異なる環境要因の違いによって、その程度に差異が生じているものと考えられる。さらに環境条件が同一である筈の斜面においても、樹木毎に根曲り度には個体差がある。たとえば、地点5では、最大で93度、最小で18度と、その差は75度にも及んでいる。このことは、根曲りが環境要因以外に、同一種といえど樹木の生物的反応などに個体差があることを示唆している。たとえば樹木の材質的強度や根系の支持力などが異なった場合には、同一の環境下でもその根曲り度に相違が生じると予想される。

5. 胸高直径と根曲り度

同一環境条件下におかれている樹木でも、個体毎に根曲り度が異なる。そこで、まず樹木の大きさと根曲り度の関係を考察した。前述のように、樹木は積雪層内で倒伏し、無雪期に立ちあがるということを繰り返しているうちに、根元部分に湾曲が生じるとされている。したがって根曲りの程度は、幼樹が成木へと生長してゆく過程で変化すると予想される。とすれば樹木の大きさによって根曲り度に差がある筈である。一般には、樹木が生長してゆくにつれ、樹体の柔軟性が低下して倒伏しにくくなるために移動雪圧を受けやすくなるが、一方で根曲りが回復してゆき、雪圧に対する耐性を備えるようになるといわれている。

調査地点別に樹木の大きさと根曲り度との関係を見ると、調査地点2においてのみ、胸高直径の大きい個体ほど根曲りが小さくなる傾向が認められるものの、他の地点ではそのような関係はない。そこで416本の全調査木について、胸高直径によって大きさを4段階に階級区分し、樹木の大きさと根曲り度の関係を検討した(第6図)。胸高直径が4cm以下の樹木の平均根曲り度は、39.9度で最も大きく、4～6cmで38.5度、6～8cmで38.0度、8cm以上では36.5度と、胸高直径が大きくなるにしたがって、根曲り度は僅かずつではあるが小さくなる傾向が認められる。しかし、それが有意の差なのかどうかについては、さらに検討の必要があろう。



第6図 胸高直径別根曲り度

とは逆に樹幹の偏心肥大が山側でおこるため、見かけ上の回復が進まないという。同じ落葉広葉樹であるダケカンバの根曲りについても、樹木の生長にともなう顕著な回復現象がおこらないものと考えられる。しかし調査地のダケカンバにも支持根と思われるものを持った個体が数多く認められる。これによって根曲りの修正作用が働いているかどうかについて議論するには、さらに年輪の解析等を行なう必要がある。

ところで日本の多雪地帯における代表的植栽木であるスギの根曲りは、生長に伴い見かけ上回復してゆくことが知られている。小野寺(1991)は、根曲りの回復現象についての研究例をまとめ紹介している。それによれば、スギは幼樹の頃には積雪に埋没することによって倒伏するが、生長するにつれ立ち上り、樹幹の根元部分が谷側方向へ偏心生長するとともに、樹幹の谷側部分に新たに不定根が生じる。これを支持根とよんでいる。支持根は樹幹を谷側から支えるように発達してゆき、根曲りの回復に大きく影響を与える。つまり樹幹の根元部分と支持根が谷側に偏心肥大生長する結果、谷側の湾曲部が修正され、外見的には根曲りが目立たなくなるといふ。一方、広葉樹の根曲り回復過程についてはよく知られていない。小野寺ほか(1971)によれば、イタヤカエデの場合は、スギ

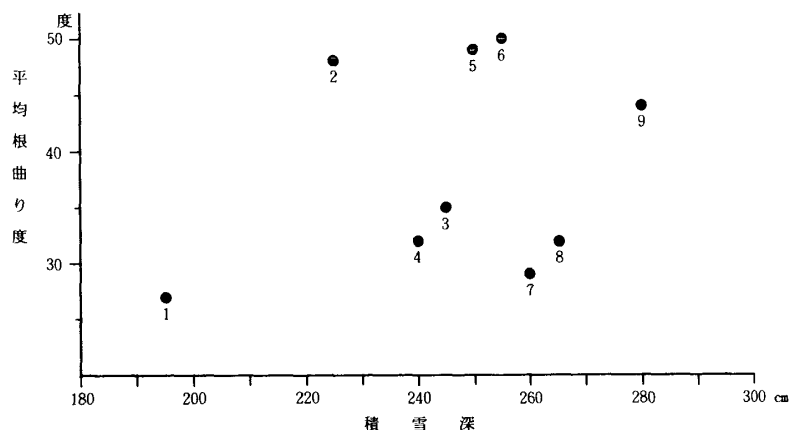
6. 根曲りと環境要因

最大積雪深と根曲り度の関係

調査地域における最大積雪深は、標高が高くなるとともに増加する傾向にあり、その割合は100 mにつき30 cmである。各調査地点の最大積雪深は、5か所に設置した簡易積雪深計から得られた最大積雪深のうち1991~92年のデータを用い、標高と積雪深が比例することから、内挿法によって求めた。各調査地点の推定最大積雪深は、第1表に記入したとおりである。

各調査地点における平均根曲り度と最大積雪深の関係を第7図に示した。根曲り度は、一般には積雪深や斜面傾斜の増加にともなって連続的に増大する(片岡ほか, 1959)とされている。しかし当地域における根曲り度と積雪深の間には、明瞭な関係が認められるとはいえない。

特に地点2, 5, 6の平均根曲り度は、積雪深の割にか



第7図 積雪深と平均根曲り度

なり大きい。後述するが、斜面傾斜と根曲り度の関係においても、地点 2, 5, 6 の根曲り度は極端に大きい。しかし、これらの 3 地点の斜面傾斜など、根曲り度に関与すると推定される環境条件が他の調査地点に比べ著しく異なっているということもない。ただしこれらの地点の斜面方位が全て S30°E で共通である。この点に関しては後に考察を加える。

斜面傾斜と根曲り度

第 8 図は各地点の平均根曲り度と斜面の傾斜の関係を表したものである。調査地点の傾斜は、水準器（ハンドレベル）を用いて計測した数ヶ所の値の平均値である。調査対象斜面は、すべて国道に沿った人工的な法面であり、したがって傾斜はほぼ一様である。

片岡ほか（1964）によれば、傾斜10度以上では傾斜が急になるに

ともなって根曲り木が増加することがすでに指摘されている。急斜面に生育する樹木ほど移動雪圧を強く受けるため、根曲り度が大きくなると予想される。

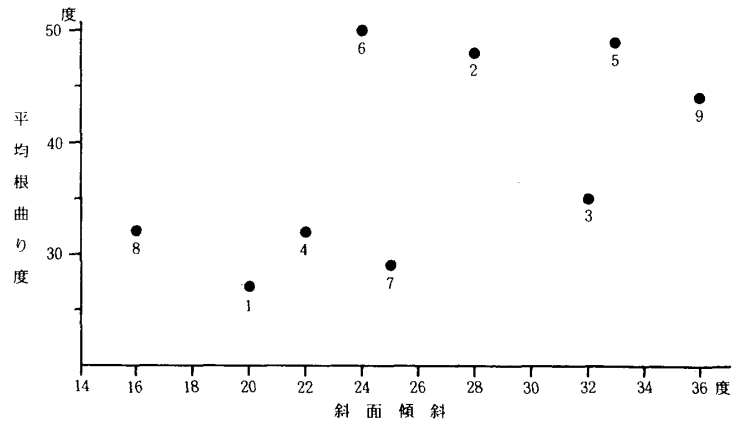
他の環境要素との関係に比べると、斜面傾斜と根曲り度間には相関が高い。つまり傾斜が急な斜面ほど、根曲り度の平均値が大きい傾向にある。しかし、調査地点のなかでは平均的な傾斜である地点 6（24度）と地点 7（25度）で、平均根曲り度に20度以上の差がみられるなど、両者間の関係は必ずしも厳密なものではない。

同時に各調査地点における根曲り度の最大値と最小値の差は、傾斜が急な斜面ほど大きくなる傾向も認められる（第 9 図）。この事実は緩斜面における根曲り度には個体差が小さいが、斜面が急になるほど根曲り度のばらつきが大きくなることを意味している。これは急斜面上では、斜面上部と下部で雪圧の差が大きいというような、雪圧の強弱分布があり、それを反映したものとも推定されるが、今のところそれを検討するだけの材料はない。

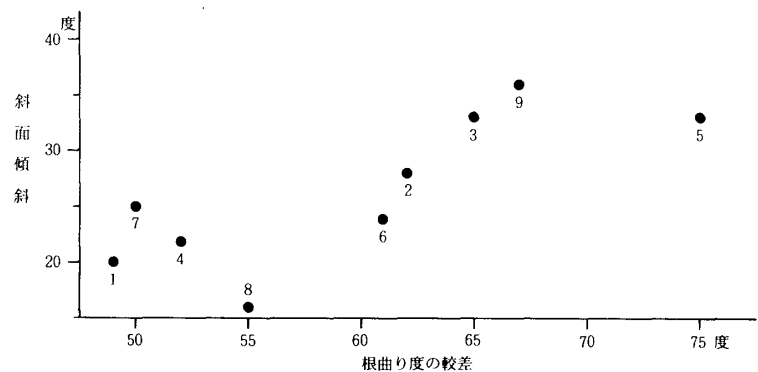
斜面方位と根曲り度

調査斜面の方位はブラントン・コンパスによって測定した。人工的に造られた法面はいずれも水平方向に直線的であり、全体の方位はほとんど一様である。

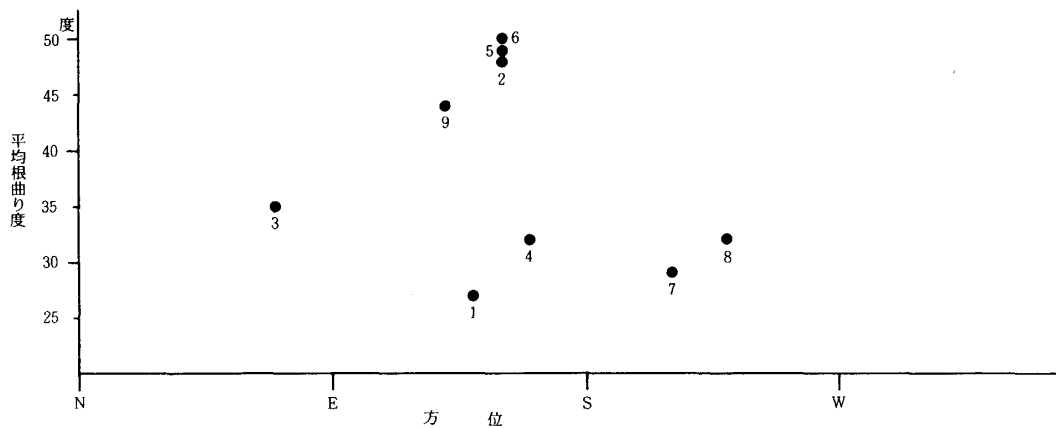
第10図は、調査地点の方位と平均根曲り度の関係を示したものである。前述のように、N70°E から S50°W間の斜面にしか調査地が得られなかったため、南東方向を中心に 160 度幅の方位しか対象となっていない。北および北西方向の斜面のサンプルが欠落しており、したがって根曲りと方位との関係を議論するには十分とはいえない。



第 8 図 斜面傾斜と平均根曲り度



第 9 図 斜面傾斜と根曲り度の較差



第10図 斜面方位と平均根曲り度

しかしながら S 30° E 向き斜面の地点 2, 5, 6 が、いずれも大きい値を示していることは注目に値する。前述のように、これらの地点では斜面傾斜、積雪深など、根曲りに関与すると思われる環境条件が、他の調査地点と著しく異なるわけではない。したがって、これら 3 地点に共通する要素である斜面の向きと日射との関係が予想される。

日射量は斜面の向きと斜面の傾斜の違いによって差が生じる。上原（1955）によれば、北緯 34 度付近では、傾斜 50 度の南向き斜面で日射量が最大であり、平坦地の 167 %、同じく南東および南西向き斜面では 141 % の日射量に達する。斜面の向きと傾斜を勘案すれば、調査地点のうちでは 2, 4, 5 など日射量が多く、次いで 1, 6, 7、最少は 3, 8, 9 である。日射量の多い斜面の樹木は、地点 4 などの例外があるものの、大体において根曲り度が大きい。一方、南西向き斜面の地点 7, 8 で根曲り度が小さい。日照時間の測定は実施していないが、これは国道が東側山腹を横切っているため、南西向き斜面では午後の早い時間帯に日蔭となり、日射量が少ないことが関係しているものと推定される。

7. 根曲り度を規定する要因

樹木の根曲りと積雪環境および地形条件との関係については、過去に多くの研究例がある。ここでは積雪深や斜面傾斜など、個々の環境因子と根曲りとの関係が問題にされ、考察が加えられてきた。また根曲りの変化を経年的に捉えるため、スギなどの植栽木の根曲りについては、年輪の解析によって根曲りの回復機構が明らかにされてきた。しかし、どのような環境条件が根曲りに対して最も影響を及ぼしているのかについては、充分解明されているわけではない。

本研究では、個々の環境条件と根曲り度について検討したが、斜面傾斜や斜面の向きとの関係が比較的明瞭に認められたものの、積雪深との関係は非常に稀薄である。経験的には雪が深く、傾斜が急な斜面における樹木ほど、根曲り度が大きいと推定されるのだが、数値的にはこの関係がほとんど認められない。そこで根曲りの形成に影響する諸要因について、それらの相互関係等を含めさらに考察を加える。

根曲りの原因は雪圧である。したがって基本的には雪圧を生み出す雪の量が、根曲りの程度に関係することは確実である。しかしながら積雪深と根曲り度の相関は、予想に反し明瞭には表われていない。前述のように、斜面雪圧は斜面積雪の質量が大きい程強くなる。四手井（1954）や高橋ほか（1971）などの野外実験によれば、匍行力は積雪水量が最大になる時期に最大値を記録している。したがって、他の条件が同じであれば、斜面雪圧は積雪水量に比例すると考えられる。しかし、積雪深は必ずしも積雪水量とは比例しない。したがって斜面の雪圧の強度は、積雪深よ

りむしろ積雪水量におきかえて考えるべきである。雪の密度の違いを勘案すれば、より密度の大きい湿雪が降る低標高地域と、密度の小さい雪が降る標高の高い地域では、積雪深の差ほどには積雪水量に違いがないのかもしれない。積雪深ではなく、積雪水量によって根曲り度を検討する必要がある。しかし今回の調査では積雪水量の計測は実施していない。

また標高の違いは、積雪の変態の速度にも影を及ぼす。気温が高いと積雪の粒雪化（ザラメ化）が促進されグライドが盛んになる（山村，1968）など、積雪の可動性は高くなる。したがって気温は雪の可動性を規定するとも考えられる。ところで積雪深は標高に比例して増加する。しかし、逆に標高の高い地域では気温が低いために、雪の変態速度が遅く、積雪の可動性は低いとみられる。積雪深と根曲り度の関係が明瞭でないのは、このことが一因なのかもしれない。

さらに雪質は高度によって違うのに加え、季節的にも変化してゆく。地表面が凍結している冬季には、通常クリープだけが見られ、融雪期になるとグライドが盛んになるといわれるが、北陸など気温の高い地方では降雪の初期からグライドが起る（日本建設機械化協会，1977）。このように雪質は時間の推移とともに変化し、融雪期になるとグライドが活発になる標高は推移してゆく。このような雪質の季節変化も根曲り度と積雪深の関係を不明瞭にしている原因のひとつであろう。

また、根曲りを方位との関係でみた結果、南東向きの斜面で大きくなる傾向があるが、例外を含んでおりそれ程顕著ではない。ところで根曲りの原因となる移動雪圧には、クリープとグライドの2種がある。しかし、両者の作用が卓越する斜面の方位はそれぞれ異なることが知られている。グライドは積雪の粒雪化が進むことによって活発化する。粒雪化は高温という条件下以外に日射を受けることによって進行するので、変態の速度は斜面の向きによっても異なる。したがって積雪の可動性は斜面の方位によっても変化すると考えられる。当別川上流で斜面積雪の移動を実測した山村（1968）は、ほぼ同じ傾斜の斜面ではクリープ量は積雪深とともに大きくなり、またグライド量は積雪深よりむしろ斜面の向きに影響されることを指摘している。それによれば北向き斜面では積雪の移動量が小さいのに対し、南西向き斜面や西向き斜面では移動量が大きいだけでなく、移動量の時間的な変動が大きい。これはこの方位の斜面では積雪が不安定であることを意味している。天塩山地では、積雪の移動が盛んな南向き斜面で、全層雪崩やグライドによる斜面の侵食が、北向き斜面より卓越することが知られている（小野寺，1979，鈴木，1979）。積雪の移動量が大きく、しかも移動速度の変動が大きいという点で日向斜面の積雪は、急斜面の積雪と同様の性質を持っているといえる。

一方、四手井ほか（1951）の実験によれば、伐採跡地に直角に立てた5寸角材にかかるクリープによる雪圧は、日射面で0.82トン、日陰面で1.33トンと、日陰面のほうではるかに大きい値が計測されている。グライドや雪崩と違い、塑性変形的一种であるクリープは、雪の変態が起るにくい北向き斜面で活発であり、より強い雪圧を生じるようである。

以上の調査結果からクリープとグライドでは、それぞれ作用の卓越する斜面方位が逆であることがわかる。つまり冬季には北向き斜面でクリープが卓越し、春季になると南向き斜面でグライドが盛んになる。いずれの作用がより強い雪圧を発生させるかについても条件しだいで異なり、一概にはいえない。したがって斜面の向きの違いという要素は、それほど顕著には根曲りの程度に関与しないものと考えられる。

斜面傾斜と根曲り度の関係は、他の環境要素に比べれば比較的有意の関係が認められた。しかし前述のように、ほぼ同じ傾斜である地点6と7の平均根曲り度に20度以上の差があったように、その関係は厳密ではない。

傾斜が急な程、積雪の駆動力は増大すると考えられる（片岡ほか，1964）。しかし両者間にはそれほど顕著な関係がないとする調査結果もある。高橋ほか（1971）による野外実験では、傾斜

30度、35度、40度の各斜面で斜面雪圧にほとんど変化がないという結果が得られている。この結果について高橋ほか（1971）は、雪圧が主として沈降圧であって移動雪圧がほとんど作用していないためだと解釈している。40度以下の斜面では、斜面傾斜と雪圧の間には必ずしも一定の関係が見られないのに対し、45度の斜面では急激に雪圧が大きくなり、明らかに斜面積雪の移動が影響してくるという。同時に45度の斜面では移動速度が速いうえに、速度の時間的変動も激しい。つまり45度の斜面では、それ以下の傾斜面と比較して積雪の移動が不安定となるのに対し、40度以下の斜面では傾斜が多少変わっても、移動雪圧にはそれ程大きな違いはないことが知られている。この例は実験斜面で得られた1例であって普遍化されたものではないが、本研究で調査の対象としてとりあげた斜面は全て40度以下であり、高橋ほか（1971）の調査結果に従えば、傾斜と根曲り度の関係が不明瞭なのは、斜面傾斜自体がそれ程雪圧の強弱に関与していないからだとも解釈できる。

8. 結論と問題点

札幌近郊山地に見られるダケカンバの根曲り現象について、環境要因との関係を検討した結果、根曲りの程度は斜面傾斜と斜面方位の2つの要因との関係があることがわかった。また根曲り度は胸高直径の増加にともなって減少する傾向が認められた。しかし、各要因との関係は稀薄であり、特に最も重要と推定される積雪深との関係はほとんど認められなかった。斜面の雪圧は、気象、積雪、斜面、受圧物の4条件に支配される（莊田、1960）が、本研究では気象の観測は実施していない。さらに、ここで取りあげた積雪深、斜面傾斜、斜面方位の3つの環境要因は、積雪の可動性という根曲り形成の基本的作用の強弱に対し、個別的にではなく複合的に関与している。したがって、個々の条件と根曲り度の関係を個別に検討するのではなく、全ての環境要因を総合的に捉え、検討してゆく必要がある。しかし北および北西向き斜面の事例が欠落していたり、積雪が不安定になる45度以上の傾斜面での計測値がないなど、調査地の地理的条件が偏っているうえに、調査したサンプル数416本は、統計的に処理できる程十分な数ではない。さらに斜面の微細な性状が、積雪の可動性に関係することが知られている（高橋ほか、1971）が、調査対象斜面は直線的で平滑ではあるものの、厳密にはミクロな凹凸があったり、たとえば林床植生の違い（ササ、その他の低木）など地表の性状の違いが存在する。高橋ほか（1971）の実験によれば、法切りした斜面における積雪移動量は、法切りの結果滑りやすい低木や草本類がなくなったために、自然斜面の1/10～1/3にすぎなかったという。林床の性状についても比較検討する必要がある。また樹木の大きさ（胸高直径）や雪に対する耐性などの個体差等、生物的要因も、同時に根曲り度と環境要因との関係を不明瞭にする要素となっている。本研究では、以上のような理由で根曲り形成に最も強く関与する環境要因については特定することはできなかった。

スギなどの植栽木の根曲りについては多くの研究例があるが、その他の樹種ではわずかにブナ、イタヤカエデなどについての調査例があるくらいできわめて乏しい。樹種の違いによって根曲り度は異なるし、生長にしたがって根曲りの程度も変化してゆく。根曲り以外にも、ヤナギ類などに典型的にみられる積雪の沈降力によって生じた垂下枝、積雪の深さに対応したササ類の棲み分け、雪崩道植生などに見るように、積雪環境が植物に与える影響は強大かつ多様である。これら多雪地帯に見られる植物の生活型およびその分布形態を多雪環境の指標として捉え、さらに多雪地域の景観上の特異性を明らかにすることによって、北海道における自然領域区分を行なってゆく予定である。

あ と が き

本研究は、平成3年度札幌大学女子短期大学部文化学科卒業論文、山田真理（1992）「中山峠周辺における樹木の根曲がり現象」（同要旨は文化学科年報第9号に掲載）を骨子に、新たに得られたデータをもとに、加筆・再考察を加えたものである。

簡易積雪深計に関しては、農林水産省森林総合研究所の新田隆三氏に御教示を賜った。また野外調査では、札幌大学女子短期大学部文化学科の土田純子（平成3年度卒業）、高橋潤子（平成4年度卒業）の両君の御助力をいただいた。謝意を表するしだいである。

本研究を実施するにあたっては、平成元年度札幌大学研究助成費を使用した。

参 考 文 献

- 五百沢智也（1967）『登山者のための地形図読本』山と溪谷社，414ページ。
- 上原勝樹（1955）「傾斜地果樹園における微細気象の研究」園学雑，24-2，35～48。
- 小野寺弘道（1979）「積雪地帯の山地浸食防止に関する基礎的研究」北海道大学演習林研究報告，36-2，255～316。
- 小野寺弘道（1991）『雪と森林』林業科学技術振興所，81ページ。
- 小野寺弘道・若林隆三（1971）「雪圧に対応する樹木の生活形」雪氷，32-2，24～27。
- 片岡健次郎・佐藤正平（1959）「積雪による杉造林木の根曲について」雪氷，21-4，13～19。
- 片岡健次郎・佐藤正平（1964）「積雪によるスギ造林木の根曲りについて（第二報）」雪氷，26-2，1～7。
- 小島忠三郎（1975）「林業を対象とした東北地方の気候図」林業試験場研究報告，276。
- 佐伯正夫・大関義男・渡辺成雄（1979）「豪雪地帯の山地斜面における樹幹傾斜と海拔高」雪氷，41-4，59～61。
- 四手井綱英・高橋喜平（1951）『積雪と森林』林野庁指導部研究普及科，141ページ。
- 四手井綱英（1954）「雪圧による林木の雪害」林業試験場研究報告，73，1～89。
- 四手井綱英（1956）「裏日本の亜高山地帯の一部に針葉樹の欠如する原因についての一つの考えかた」日本林学会誌，38-9，356～358。
- 四手井綱英（1976）『森林保護学』朝倉書店，236ページ。
- 下川和夫（1988）「多雪景観の分布からみた東北日本の自然領域区分」札幌大学女子短期大学部紀要，12，61～82。
- 下川和夫（1989）「積雪の移動による植生破壊と雪食作用について」札幌大学女子短期大学部紀要，13，31～38。
- 荘田幹夫（1960）「積雪現象」日本雪氷学会編『雪氷の研究3 最近の雪氷に関する研究展望』，18～20。
- 鈴木啓助（1979）「北海道北部の山火事後地にみられる崩壊裸地の時間的推移」環境科学，2，1～12。
- 高橋喜平・佐藤正平・片岡健次郎（1971）「多雪地帯の経済的治山工法の研究（第1報）復旧工法の試験（I）」林業試験場研究報告，238，31～75。
- 日本雪氷学会編（1990）『雪氷辞典』古今書院，196ページ。
- 山村 勝（1968）「当別山地における斜面の積雪移動について」日林北支講，118～120。
- 林業試験場北海道支場（1983）「北海道積雪分布図（最深積雪）」新技術情報，6。