

山形県南部、小国・長井盆地付近のスギ造林地における 樹木変形の特徴と積雪環境

*西城 潔・**岡崎 和也

Characteristics of snow-deformed trees in artificial *Cryptomeria* forests in southern part of Yamagata Prefecture, northeastern Japan

SAIJO Kiyoshi and OKAZAKI Kazuya

Abstract

山形県南部の小国盆地および長井盆地内に位置する4地点のスギ造林地において、樹形調査を行い、各地点における樹木変形の傾向を明らかにした。また最大積雪深との関係を中心に樹木変形の要因について考察し、各樹形およびそれにかかわる統計値の、積雪環境の指標としての有効性を検討した。根曲がりおよび蛇行の出現率と平均根曲がり度は最大積雪深の増加とともに大きくなる傾向が認められ、積雪環境の指標になり得ると考えられる。一方、幹折れ・傷跡・二股の出現率と最大積雪深の間には明瞭な関係性は認められない。これら3種類の樹形の出現率には、冠雪を引き起こし易い気象条件の出現頻度、および間伐など人による管理の程度が影響を与えている可能性があり、積雪環境の指標としては必ずしも有効ではない。平均変形数と無変形木出現率は最大積雪深との間に有意な相関を示すものの、これらは人の管理の程度によって変動し得る統計値であることに留意する必要がある。

Key words : 多雪地域

スギ造林地

樹形

積雪環境

山形県

1. はじめに

多雪地域では、雪圧・冠雪・雪崩の影響で、樹木に根曲がりや幹折れなどの変形がもたらされる(石塚、1981; 小野寺、2002; 梶本、2002など)。こうした変形は、樹木にとって損傷(雪害)であると同時に積雪への順応でもあり、その特徴をもとに積雪の動態を探ることができる(小野寺、1990)。とくに樹種・林齢の揃った人工林の場合、耐雪性はほぼ同一とみなし得るため、その変形に認められる特徴は、異なる地域間

で積雪環境を比較する場合により指標となることが予想される。人工林にみられる雪害については、林学分野を中心に多くの研究がある(たとえば豪雪地帯林業技術開発協議会、2000)が、変形(雪害)を積雪環境の指標とし、その地域性を論じた研究は少ない。

本研究では、山形県南部の4カ所のスギ造林地にみられる樹木変形(樹形)について報告し、地点ごとの樹形の出現傾向とその要因について考察を試みる。またその結果にもとづき、積雪環境の指標としてのスギの樹木変形の有効性と問題点について検討する。

* 社会科教育講座

** 宮城教育大学社会科教育専攻・学生

なお一般に傾斜地の場合、積雪分布は斜面方位や傾斜といった局所的要因の影響で場所による変化が大きい。樹木変形の特徴を地域間で比較し、広域的な観点で積雪環境を論じる場合、こうした局所的要因の影響を受けにくい場所を調査地点に選ぶことが望ましい。そこで本研究では、段丘面などほぼ平坦な地形面上に分布するスギ造林地に限定して調査を行った。

2. 研究対象地域の概観と調査地点の選定

(1) 研究対象地域

研究対象としたのは、山形県南部の小国盆地から長井盆地西縁にかけての地域である(図1)。小国盆地は北を朝日山地(最高峰は大朝日岳1870m)、南を飯豊山地(最高峰は大日岳2128m)で囲まれており、この両山地を結ぶ南北方向の山稜が、小国・長井両盆地の分水界をなしている。盆地底の標高は、小国盆地で約140m、長井盆地で約200mである。

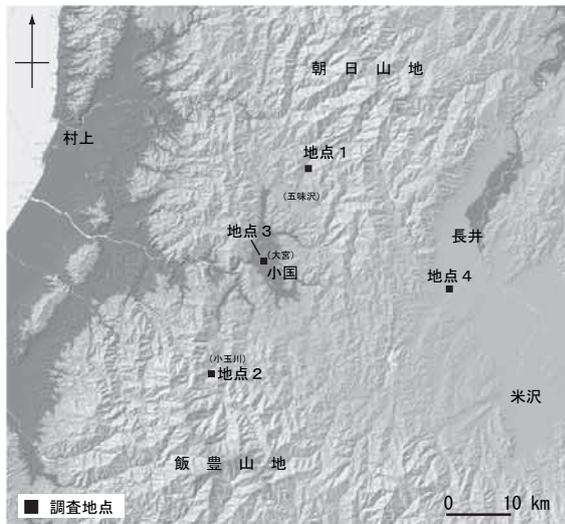


図1 研究対象地域

「カシミール3D」(実業之日本社)の20万分の1地形図より作成。括弧内は小国町による積雪量の観測地点。

本地域、とくに小国盆地周辺は日本列島でも屈指の多雪地域に属する。表1には、小国および長井の最大積雪深(2000~2006年)を示す。過去7年間の最大積雪深の平均値は、小国で約209cm、長井で約131cmで

ある。また小国町ホームページによれば、積雪量は町中心部で約2m、山間部では5mに達する所もある。

表1 アメダス・データによる小国・長井の最大積雪深

年	最大積雪深 (cm)	
	小国	長井
2000	225	147
2001	231	137
2002	219	118
2003	136	110
2004	177	140
2005	229	116
2006	248	148
平均	209.3	130.9

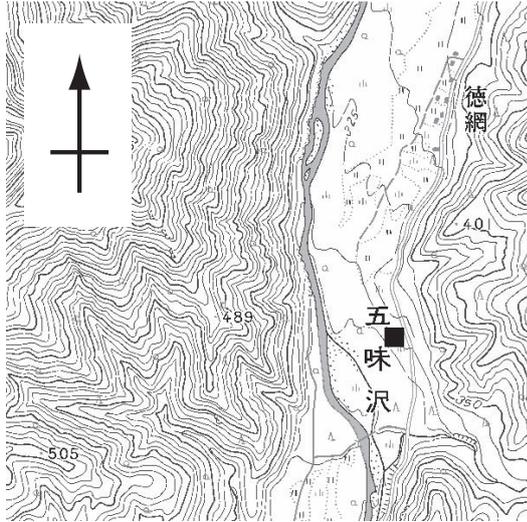
(2) 調査地点の選定

調査地点として、研究対象地域内に広範に分布するスギ造林地のうちから4カ所を選定した。選定に際しては、その場所の地表面傾斜、最大積雪深、スギの平均胸高直径の3つの条件を重視した。

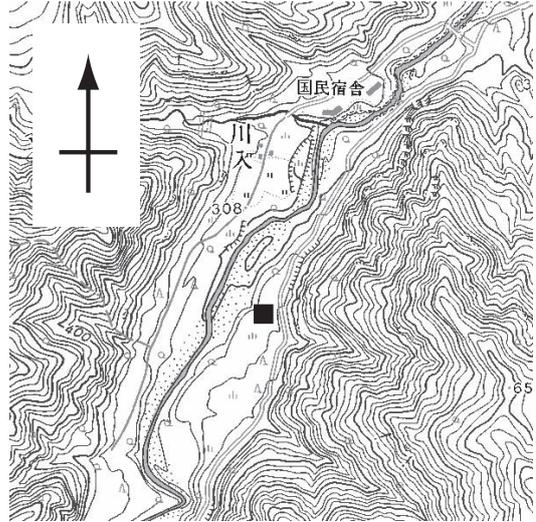
まず上記の理由から、調査地点付近の地表面が平坦であることを条件とした。具体的には、段丘面上にみられるスギ造林地に調査地点を限定した。もちろん段丘面ではあっても地表面が完全に水平なわけではなく、実際には数度以下の傾斜がみられる場合も多い。ここでの“平坦”とは、見た目がほぼ平らという程度の意味である。

最大積雪深のデータは、樹木変形の特徴を解釈するために重要である。しかしながら本研究の対象地域では山地が広い面積を占め、積雪量の場所による変化が著しい。したがってアメダス観測点における積雪深のデータのみでは、個々のスギ造林地における樹木変形の特徴と関連付けた議論を行うことは困難である。そこで、小国町および関連機関が小国町内の7カ所において独自に実施している積雪量の観測値¹⁾を活用することとし、各調査地点の最大積雪深は最寄りの観測点における値で代用することとした。ただし長井盆地に関しては、アメダス観測点でしか積雪深のデータが得られなかったため、その値を用いている。

1) 小国町ホームページでは、小国町の7観測点(大宮・小国・沼沢・五味沢・叶水・玉川・小玉川)における平成16~18年度の降雪・積雪量が公開されている。観測はそれぞれ、大宮が山形気象台小国観測所、小玉川は(株)東北水力地熱長者原発電所、他の5地点は置賜総合支所建設部小国分所による。



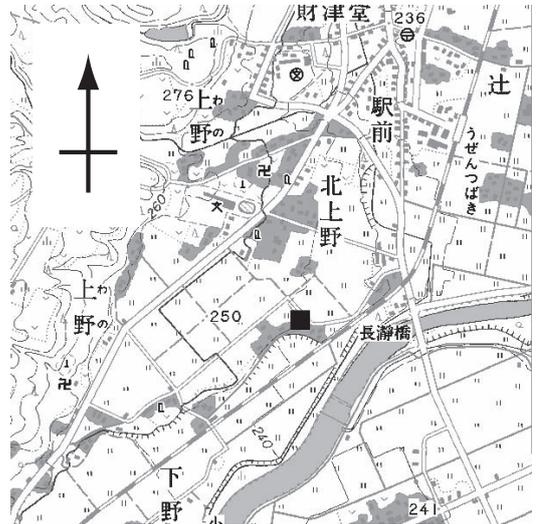
調査地点 1



調査地点 2



調査地点 3



調査地点 4



図2 調査地点付近の2万5千分の1地形図

国土地理院発行数値地図25000「村上」・「新潟」より作成。

スギは植栽から数年間は樹幹が柔軟で、雪で倒伏しても消雪後には速やかに立ち直るが、成長とともに幹が太く固くなり、変形を受け易くなる（前田、2000）。したがって、対象とする造林地の林齢に著しい差があると、樹形の特徴を単純に地点間の積雪環境の違いに帰することができなくなる。そこで林齢をある程度揃

える意味で、平均胸高直径が20 cm 以上である造林地を調査地点とした。

以上の条件を考慮し、研究対象地域内に調査地点1～4を設定した（図1・2）。また各調査地点の標高、平均胸高直径、最寄りの観測地点およびそこでの最大積雪深は表2にまとめて示した。

表2 各調査地点の標高、スギの平均胸高直径、最寄り観測点とそこでの最大積雪深

	標高 (m)	平均胸高直径 (cm)	最寄りの 積雪深観測点	最寄り観測点の最大積雪深 (cm) (2004-2006年の平均)
地点1	320	27.9	五味沢	252.7
地点2	325	36.5	小玉川	306.0
地点3	140	33.9	大宮	189.7
地点4	245	27.8	長井	134.7*

※アメダスによる。

3. 研究方法

上記の4カ所の調査地点(スギ造林地)において、樹木変形の特徴を調べた。調査方法について以下に述べる。

(1) 研究対象地域にみられるスギの樹形

研究対象地域内のスギ造林地で観察された樹形を6種類に分類した。それぞれの特徴は以下の通りである。

また無変形を除く5種類の変形の事例を図3に示した。

根曲がり：樹幹の根元が湾曲しているもの。

蛇行：樹幹部が波型に屈曲しているもの。

幹折れ：樹幹部が折損しているもの。

傷跡：樹幹部にコブや屈曲部がみられるもの。

二股：樹幹部が途中で二股以上に分岐しているもの。

無変形：目立った変形が認められないもの。



図3 研究対象地域にみられるスギの樹木変形の例

この分類は、研究対象地域内のスギ造林地（後述する調査地点1～4以外の造林地も多数含む）における樹形の観察結果、および先行研究（小野寺、1990；横井・山口、2000など）にもとづくものである。

なお樹形としては異なっている、それぞれの形成過程を考えると、共通ないし類似する成因をもつと考えられるものもある。たとえば傷跡は、梢部分が沈降雪圧で折られ、その痕跡が成長後も樹幹の中に残ったもの（下川、2002）、すなわち折損に由来する変形である。また二股も過去に折損（幹折れや幹割れ）した樹幹部が、時間の経過とともに再生することで生じた樹形であろう。したがって幹折れ・傷跡・二股の3種類は、見掛け上、異なる樹形ではあるものの、樹幹の折損を成因にもつという意味では共通性を有する。

(2) 樹形調査の方法

各調査地点において50本のスギを選び、そのすべてについて胸高直径の計測と樹形の判別を行った。樹形判別は、基本的に対象木が上記6種類の樹形のうちどれに該当するかを判定する作業であるが、一本のスギに複数の変形が認められる（たとえば、根曲がりと幹折れが認められる）ことも少なくない。このような場合には、その対象木に認められるすべての変形を記録した。また根曲りしているスギについては根曲り度を測定した。根曲り度は、下川（2001）を参考に、図4に示した方法で計測した。すなわち根曲り度の向きに測量用スタッフ（長さ117cm）を立てかけ、鉛直方向からのスタッフの傾き（角度）を根曲り度とした。

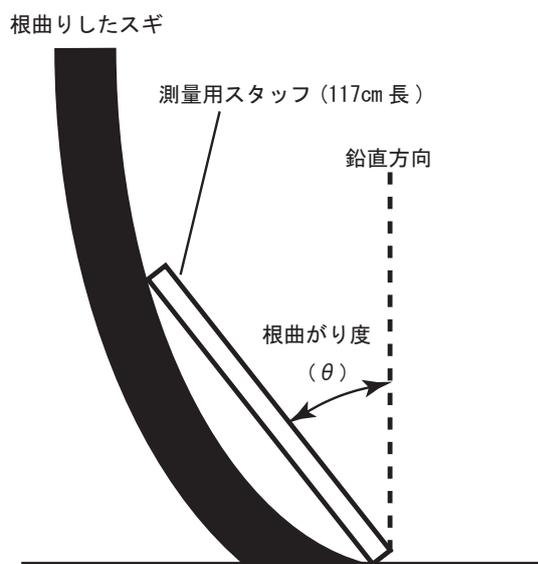


図4 根曲り度の計測方法

これらの作業を通して現地で得たデータから、調査地点ごとに、6種類の樹形それぞれの本数とそれが対象木総数（50本）に占める割合（出現率）を求めた。また各調査地点で記録された変形の総数を対象木総数で除し、1本当たりの平均変形数を求めた。さらに根曲がり度の総和を対象木総数で除し、各調査地点における平均根曲がり度とした。

4. 樹木変形の傾向

以下、各調査地点における調査結果について記載し、樹木変形の傾向を明らかにする。

調査地点1（図5、表2、表3）

平均胸高直径は27.9cm、樹形では根曲がり木が42本（84%）に達する。平均根曲がり度は27.0度であった。その他の樹形としては、蛇行が12本（24%）、幹折れ7本（14%）、二股6本（12%）、傷跡と無変形が各5本（10%）である。また50本の調査木に対し変形総数が72あることから、スギ1本当たりの平均変形数は1.44となる。

調査地点2（図5、表2、表3）

平均胸高直径は36.5cm、樹形では根曲がり木が41本（82%）である。平均根曲がり度は27.2度であった。その他の樹形としては、蛇行が11本（22%）、無変形が8本（16%）で、幹折れ・二股・傷跡はいずれも認められなかった。また50本の調査木に対し変形総数が52あることから、スギ1本当たりの平均変形数は1.04となる。

調査地点3（図5、表2、表3）

平均胸高直径は33.9cm、樹形では根曲がり木が25本（50%）である。平均根曲がり度は20.8度であった。その他の樹形としては、蛇行が4本（8%）、二股1本（2%）、無変形が23本（46%）で、幹折れ・傷跡は認められなかった。また50本の調査木に対し変形総数が30あることから、スギ1本当たりの平均変形数は0.60となる。

調査地点4（図5、表2、表3）

平均胸高直径は27.8cm、樹形では根曲がり木が13本（26%）、平均根曲がり度は7.7度であった。その他の樹形としては、蛇行が7本（14%）、二股6本（12%）、傷跡1本（2%）、無変形が26本（52%）で、幹折れは認められなかった。また50本の調査木に対して変形総数が27あることから、スギ1本当たりの平均変形数は0.54となる。

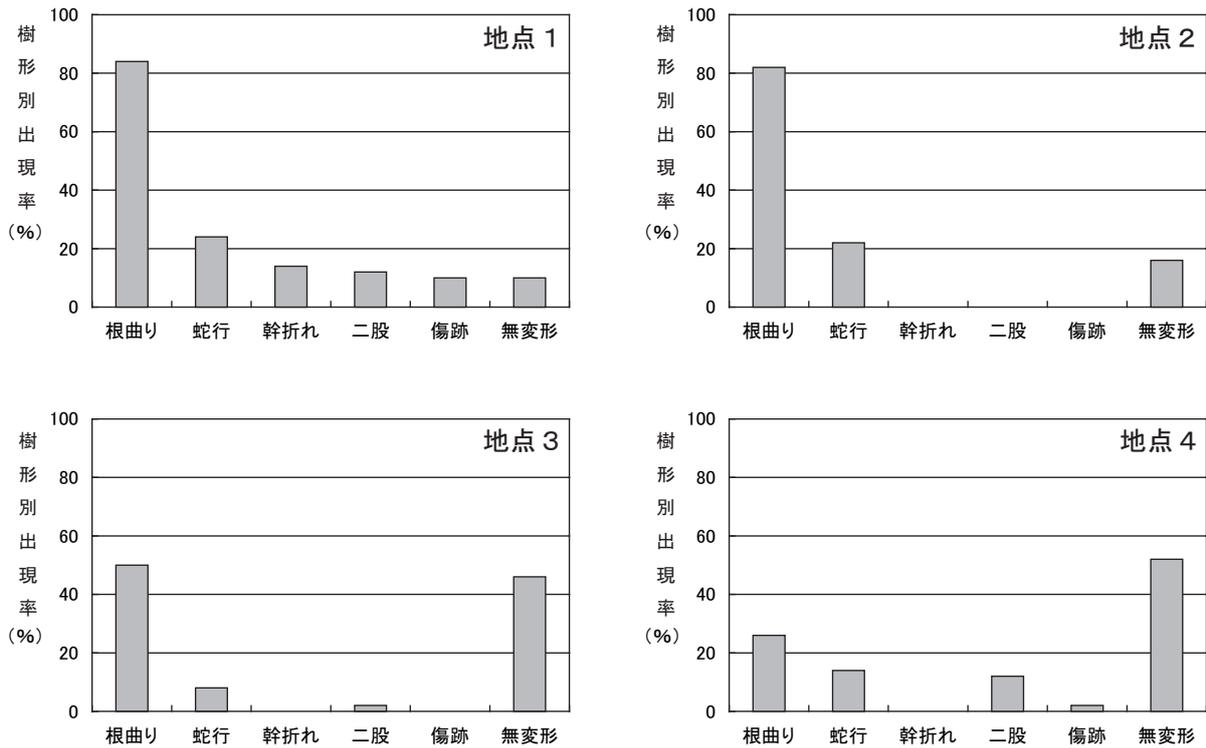


図5 各調査地点における樹形別出現率

表3 各調査地点における平均変形数と平均根曲がり度

	平均変形数	平均根曲がり度 (度)
地点1	1.44	27.0
地点2	1.04	27.2
地点3	0.60	20.8
地点4	0.54	7.7

次にこの調査結果を統計値および樹形ごとに整理してみると、以下のような傾向が指摘できよう。

平均変形数は地点1・2・3・4の順に多く、スギ1本につき地点1では1種類以上の、地点2では約1種類の変形がそれぞれ認められることになる。また地点4では、変形がみられるのは約2本に1本の割合となる。平均変形数と最大積雪深との間には弱い正の相関がある(図6)。無変形については、最大の出現率を示すのが地点4、以下、地点3、2、1の順となる。その出現率と最大積雪深との間には負の相関がある(図7)。

根曲がり木の出現率は、調査地点1・2でともに8割以上、調査地点3で約5割、調査地点4で3割弱であった。各地点における根曲がり木の出現率と最大積

雪深との間には、正の相関があることがわかる(図7)。根曲がり度は、調査地点1・2で約27度、調査地点3で20度強、調査地点4で約8度であった。平均根曲がり度と最大積雪深との間には正の相関がみられる(図8)。

蛇行の出現率は、地点1と2で20%強の出現率、地点4で14%、地点3で8%であり、最大積雪深との間には弱いながら正の相関が認められる(図7)。

幹折れは調査地点1にのみ14%出現し、他の3地点ではみられなかった。二股の出現率は、調査地点1・4でともに12%、地点3では2%、地点2では0%であった。傷跡は、調査地点1で10%出現した以外には、地点4で2%みられたのみである。幹折れ・二股・傷跡いずれの出現率も、最大積雪深との間に有意な相関は認められない。また幹折れ・二股・傷跡の3種類を折損に起因する変形としてまとめてみると、その出現率は地点1で36%と最も高い値を示し、地点4が14%でそれに続く。さらに地点3が2%、地点2は0%となる。これら3種類の出現率と最大積雪深との間にも有意な相関はみられない。

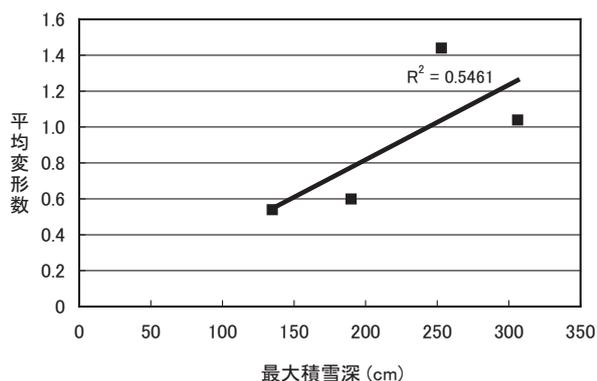


図6 平均変形数と最大積雪深との関係

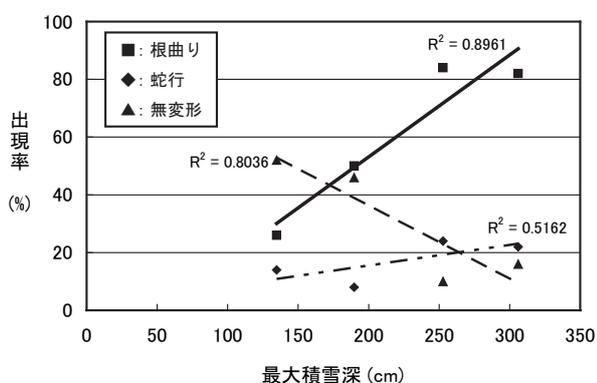


図7 根曲がり・蛇行・無変形の出現率と最大積雪深との関係

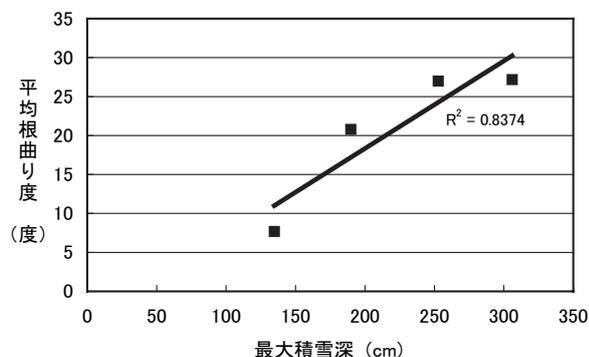


図8 平均根曲がり度と最大積雪深との関係

5. 考 察

上記の調査結果をもとに、対象地域におけるスギの樹木変形の特徴をもたらす要因について考察してみる。なお調査地点が平坦地に設定されていることから明らかな通り、以下の考察において「雪圧」という言葉を使う場合、それは沈降雪圧を意味すると考えてよい。

根曲がり木の出現率・平均根曲がり度は、ともに積雪量の多い地域ほど高い値を示すことが明らかになった。根曲がり、積雪による樹幹の倒伏と消雪後の立ち直りが毎年繰り返すことで形成される。また樹木は、樹高が積雪深の2~2.5倍程度になるまで積雪下に埋もれるという(小野寺、1990; 前田、2000)。したがって積雪量が多いほど、樹木に作用する雪圧強度が大きくなるばかりでなく、樹木が雪圧にさらされる期間も長くなる。根曲がりの状況にみられる地域差は、こうした積雪量の多寡に応じた雪圧条件の違いによって生み出されたものと考えられる。したがって、根曲り出現率・平均根曲り度ともに、積雪環境、とくに雪圧強度と雪圧を被る期間のよい指標とみなすことができよう。

蛇行についても、積雪量の多い地域ほど出現率が高まる傾向が確認できた。蛇行は積雪の沈降によって生じ、平坦地に多くみられることが知られている(小野寺、1990)。これらのことを考慮すると、蛇行の出現率も積雪環境の指標としてある程度有効であると考えられるが、根曲りの出現率に比べると最大積雪深との間の相関は弱い。理由は不明であるが、本研究の結果から判断する限り、根曲り出現率・平均根曲り度に比べて積雪環境の指標としての有効性はやや劣るといわざるを得ない。

幹折れ・傷跡・二股の出現率については、最大積雪深との間には有意な相関は認められなかった。すなわち、これらの出現傾向は必ずしも積雪量の多寡に対応しているわけではないことがわかる。では、幹折れ・傷跡・二股の出現率はどのような要因の影響を受けているのだろうか。以下、既存の知見を援用しながら予察的に考察を試みたい。

上記の通り、これらの変形は樹幹の折損に由来するものと考えられる。折損は雪圧と冠雪によって発生し得るが、もし雪圧の影響の方が大きいのであれば、これらの変形の出現率は積雪深と有意な相関を示す可能性が高い。しかし本研究の結果からは、幹折れ・傷跡・二股の出現率と最大積雪深の間にとくに関係性は認められていない。そこで冠雪の影響について検討してみる。冠雪害とは、樹冠に付着した雪の荷重で樹体が破壊される現象であり、その発生形態や規模には、気象条件と樹木の側の条件の2つが関与している(小野寺、1990)。したがって、幹折れ・傷跡・二股

が多く出現する場所には、冠雪害を引き起こす気象条件が現れ易いか、樹木が冠雪害を受け易いかのいずれか、もしくは双方の条件が備わっている可能性が考えられる。現在、各調査地点周辺における冬期の気象条件に関するデータは持ち合わせていないため、湿雪のような冠雪害をもたらす易い気象条件の出現頻度が地点1や4で相対的に高いかどうかは判断できない。もう一つの樹木側の条件については、次のようなことが考えられる。小野寺(1990)や前田(2000)によれば、間伐が適切になされていない林分では、樹冠形状比が高く(幹が細長い)、冠雪害が発生し易い。現地観察によれば、地点2では造林地内のスギは枝打ちがされており、間伐の痕跡とみられる切り株も林内に多数認められた。地点2では、こうした手入れの結果、樹木がそもそも折損を被りにくい状態にあるか、仮に折損が発生したとしても、そうしたスギは間伐により除去されている可能性がある。一方、地点1では枝打ちはあまりなされておらず、手入れがあまりされていない様子であった。このように人間による手入れの行き届き具合が不十分であったがために、折損したスギがそのまま放置され、結果的に幹折れ・傷跡・二股の出現率を高めていることは十分に考えられる。こうした点を考慮すると、少なくとも現時点では、幹折れ・傷跡・二股の出現率を積雪環境の指標とみなすことは適切とはいえない。ただし上記の気象条件なども現時点では不明であり、幹折れ・傷跡・二股の出現頻度がどのような要因の影響を受けているのかについては、引き続き検討していく必要がある。

ところで上記の通り、平均変形数と最大積雪深との間には弱い正の相関、無変形出現率と最大積雪深との間には負の相関がそれぞれ認められる。これらの結果は、積雪量の多い地域ほど樹木変形が起き易い(=積雪量が少ない地域ほど樹木変形が起きにくい)ことを示しており、平均変形数・無変形出現率ともに積雪環境の指標としてある程度有効であるといえそうである。ただし、これらも間伐の程度によって変動し得る統計値であり、これらの指標から積雪環境を推定する際には、人による管理の実態について吟味した上で解釈を加える必要があろう。

6. まとめ

山形県南部の小国盆地および長井盆地内に位置する4地点のスギ造林地において、樹形調査を行い、各地点における樹木変形の特徴を明らかにした。結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 根曲がり出現率と平均根曲がり度は、最大積雪深の増加とともに大きくなる傾向が認められる。これらは積雪環境、とくに雪圧強度と雪圧を被る期間のよい指標になり得ると考えられる。
- (2) 幹折れ・傷跡・二股の3種類の樹形の出現率と最大積雪深との間には、明瞭な関係性は認められない。これらの樹形は樹幹の折損に起因するものであり、それらの出現率には、最大積雪深よりも、冠雪を引き起こし易い気象条件の出現頻度、および間伐など人による管理の程度が影響を与えている可能性が考えられる。
- (3) 平均変形数と無変形木出現率は、どちらも最大積雪深との間に有意な相関を示すものの、これらは間伐など人の管理の影響で変動し得る。平均変形数と無変形木出現率から積雪環境を推定する場合には、人による管理の影響を考慮に入れた上での解釈が必要である。

謝辞

本研究は、2004年度から2006年度にかけて、本学の社会科教育専攻専門科目「地理学実習B」の一環として実施した野外巡検での調査結果をもとにまとめたものである。本授業を受講し、ともに調査をしてくれた、伊藤光次郎・五十嵐香・色川雄峰・児玉平・佐々木惇・佐藤彰伸・沢田石香・澤村志穂・中村美里・本間健太・チョウチョウカイ・和田枝里の諸君に深く感謝いたします。

文献

- 豪雪地帯林業技術開発協議会(2000):雪国の森林づくり。
日本林業調査会
- 石塚和雄(1981):八甲田山におけるアオモリトドマツの雪害樹形。飯泉 茂編「アオモリトドマツ林の生態学的研究」39-48。東北大学理学部八甲田山植物実験所、仙台
- 梶本卓也(2002):亜高山帯針葉樹林の更新過程と積雪攪乱イベント。梶本卓也・大丸裕武・杉田久志編「雪

山の生態学」106-124。東海大学出版会

前田雄一（2000）：雪が森林に与える影響。豪雪地帯林業技術開発協議会編「雪国の森林づくり」15-44。日本林業調査会

小野寺弘道（1990）：雪と森林。(財)林業科学技術研究所

小野寺弘道（2002）：積雪挙動と広葉樹の分布特性。梶本卓也・大丸裕武・杉田久志編「雪山の生態学」43-56。東海大学出版会

下川和夫（2001）：積雪がつくる樹形を観察しよう。(財)日本自然保護協会編「雪と氷の自然観察」140-143。平凡社

下川和夫（2002）：雪からのアプローチ。横山秀司編「景観の分析と保護のための地生態学入門」136-158。古今書院

横井秀一・山口 清（2000）：積雪地帯におけるスギ人工林の成林に関する立地要因。日本林学会誌 82、15-19。

(平成19年9月28日受理)