

# 雪圧害がスギ人工林の直径分布に及ぼす影響

塚原 雅美 (新潟県森林研究所)

## I はじめに

雪圧害は、林分成立の初期段階に発生し、樹高に対し著しく低い本数密度 (長谷川 1991、1998 ; 野表 1992 ; 豪雪地帯林業技術開発協議会 2000 ; 横井・山口 2000) や立木配置の不均質 (野表 1986) などの原因となる。雪圧害の発生頻度は、林分の成長によって低下するが、被害程度の重い個体は長期間成長が抑制され、その後も周囲の健全木の成長を上回ることはない (野表 1988) 。したがって、そのような雪圧害を受ける林分では、各個体が受ける被害程度の違いにより構成木の階層化が起こり、地域特有の林分構造が発達すると予想できる。そこで本研究では、積雪地の成熟したスギ人工林のサイズ分布特性を明らかにし、それに影響を及ぼす要因について定量的に検討することを目的とした。

## II 試験地及び調査方法

調査は、新潟県の代表的な林業地のひとつである、下越森林計画区の民有林で行った。この計画区には少雪地から多雪地まで幅広い積雪環境にスギ人工林が分布している。そして、同一の施業基準が定められていることから施業方法に大きな違いはない。すなわち、標準伐期齢は 45 年、植栽密度は 2,500~3,000 本 /ha で、実生苗の使用が一般的である。そこで、この最深積雪 100~250cm の地域から、比較的林冠閉鎖の進んでいる 35 林分を選定し、林分形状にあわせて 900、1,600、2,000 m<sup>2</sup> の調査プロットを設け、植栽木の樹高、胸高周囲長、樹冠長、根元曲がり記録した (図-1、表-2)。さらに、樹冠が林冠に達している林木は、上層木として他と区別した。なお、根元曲がりには地上 1.5m の高さでの幹の水平方向へのずれの長さとし、樹冠長は樹高から枝下高を差し引いた長さとした。

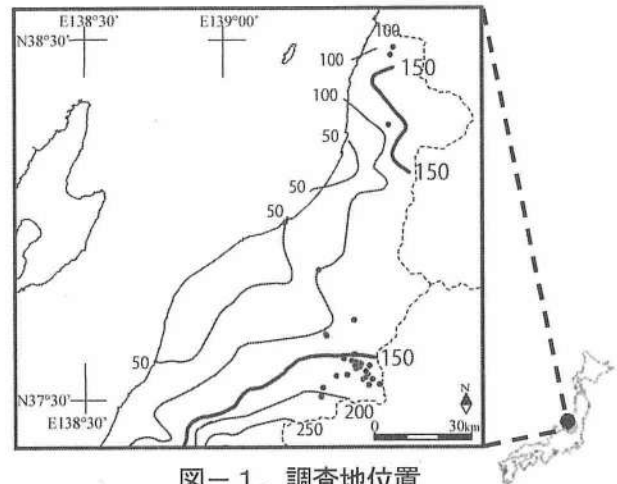


図-1. 調査地位置

黒丸 (●) は調査地域内の調査地の位置を示す。また、実線とその端の数字は、それぞれ最深積雪 50 cm 間隔の等値線とその値 (新潟県 1999) を示す。

表-1. 調査した 35 林分の概要

	平均値	±	標準偏差
林齢 <sup>1)</sup>	66.5	±	26.1
平均樹高 (m)	22.8	±	5.9
平均胸高直径 (cm)	35.1	±	8.8
本数密度 (本/ha)	782.6	±	360.4
断面積合計 (m <sup>2</sup> /ha)	73.7	±	17.6

1) 林齢は新潟県の森林簿から求めた値。その他は枯損・幹折れ木をのぞいた毎木調査データより求めた値。

そして、林分構成木のサイズ分布特性を定量的に把握するためには、有効な指標が必要である。歪度は分布の形を示す基本的な統計量の一つであり、その値が0より大きい場合は左偏化した分布を、0より小さい場合は右偏化した分布を、0の場合は左右対称の分布を示す。さらに同齢単純林の発達過程と、樹高分布(田中 1983)や直径分布(白石 1985)との関係がわかっているため、有効な指標となると考えられる。

また先に述べたように雪圧害を受ける林分では、被害程度の違いにより、上層から分離した下層木集団が形成されると推察される。そして、下層木と上層木との光の一方向的競争効果から、下層木は上層林冠木の成長をほとんど妨げない(甲山・可知 2004; 西村・原 2011)。そのため、除間伐の対象にならず林分内にとどまる可能性が高い。したがって、林分内の上層木と下層木の比率もサイズ分布特性の指標となると考えられる。

そこで、生残木の胸高直径の歪度および林分内の上層木の確率(以下、上層木確率)を応答変数とし、一般化線形混合モデル(以下、GLMM)を構築した。以下、前者を歪度モデル、後者を上層木確率モデルとする。歪度モデルの応答変数は、負の右偏分布を0、正の左偏分布を1とした。歪度0の左右対称の分布を示した林分はなかった。これらのモデルで使用した確率分布は二項分布(logit link関数)で、ランダム要因は林分とし、AIC(赤池情報量規準)を用いてモデル選択を行った。

GLMMの説明変数として、表-2に示した変数のうち、歪度モデルには胸高直径歪度と上層木の本数率を除いた9要因を、上層木確率モデルには、上層木に限定した本数密度と本数率を除いた9要因を用いた。なおこれらの要因は、それぞれ林分の発達に関する基本情報(林齢・本数密度・理論材積)、過去に受けた雪圧害の指標(平均根元曲がり)、最近除間伐がされていないなどの粗放な保育履歴の指標(枯損・幹折れ木の本数密度)、上層木集団の緊密さなどの成長過程の特徴に関連する指標(上層木の本数密度・平均胸高直径・平均形状比・平均樹冠長)として選定した。

表-2. 説明変数の概要

		平均値	±	標準偏差
林齢		66.5	±	26.1
本数密度	(本/ha)	782.6	±	360.4
理論材積	(m <sup>3</sup> /ha)	817.7	±	317.7
平均根元曲がり	(cm)	47.8	±	18.5
枯損・幹折れ木本数密度	(本/ha)	66.8	±	64.5
胸高直径歪度		-0.03	±	0.33
上層木のみ				
本数密度	(本/ha)	513.2	±	297.6
本数率 <sup>1)</sup>	(%)	63.6	±	13.8
平均胸高直径	(cm)	41.3	±	11.3
平均形状比	(%)	65.6	±	7.4
平均樹冠長	(m)	10.4	±	3.6

### III 結果と考察

調査林分を最深積雪 1.5m 以上の多雪地域とそれ未満の少雪地域に区分し、それぞれの地域別に植栽木の樹高分布の関係(図-2)と、胸高直径と樹高との関係(図-3)を示した。その結果、多雪地域の樹高分布には、一山型、逆L字型(右偏分布)、二山型またはピークが不明瞭など多様な分布型が認められたが、少雪地域では一山型または逆L字型(右偏分布)に限られた(図-2)。また、胸高直径と樹高の関係は、最深積雪の違いに関係なく高齢になるほどサイズ分布の幅が大きくなり、またその分布は連続的であった(図-3)。

次に、表-3に歪度モデルのパラメータ推定値と AIC によるモデル選択結果を示した。すなわち、AIC 最小モデルの説明変数は選択されず、AIC が二番目に小さいモデルに正の効果をもつ林齢が選択された。この歪度モデルの応答変数は 0=右偏分布、1=左偏分布であるので、選択された説明変数はそのパラメータ推定値が正ならば胸高直径分布の左偏化に、負ならば右偏化に影響する。これらの結果から、林齢の経過とともに胸高直径の分布型が左偏化する傾向が認められた。

さらに、上層木確率モデルのパラメータ推定値と AIC によるモデル選択結果を表-4に示した。すなわち AIC 最小モデルには、正の効果を持つ理論材積と、負の効果を持つ本数密度および上層木の平均胸高直径・平均形状比・平均樹冠長の 5 つの説明変数が選択された。そして AIC が二番目に小さいモデルには、負の効果を持つ平均根元曲がり加わった。上層木の平均根元曲がり加わりの影響を持っていたことから、上層木間の競争が比較的緩やかで、雪圧の影響が大きいことが、上層木確率を低くする要因だった。

また、粗放管理の指標とした枯損・幹折れ木本数密度が、すべての変数を投入したモデルにおいて歪度モデルでは正(表-3)、上層木確率モデルでは負(表-4)の効果を持っており、粗放な管理も直径分布の左偏化、上層木確率の低下に影響していた。

以上を総合すると、雪圧の影響によって高い比率で下層木が生じ、一部は枯損・幹折れ木になるが、残った下層木は上層林冠木の成長をほとんどまたげないために引き続き管理でも放置され、次第に上層木集団とのサイズ差が開いて、連続的なサイズ分布が形成され、直径分布が林齢の経過とともに左偏化すると解釈できる。すなわち、雪圧の影響を受けやすい多雪地の人工林においては、その影響が生育過程をとおして持続し、地域特有の林分構造を発達させていたことが明らかになった。

#### IV おわりに

このような競争以外の雪害などの要因の影響によって歪度が正になるような下層木集団が存在す

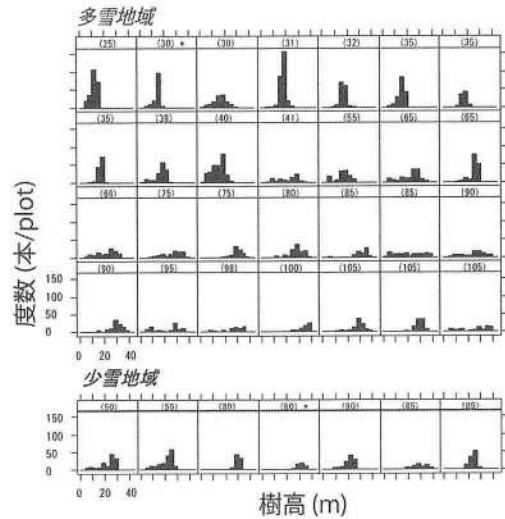


図-2. 植栽木の樹高の頻度分布  
括弧内の数値は森林簿の林齢；\*プロット面積が 0.09 ha の調査林分、その他の調査林分のプロット面積は 0.16 ha。

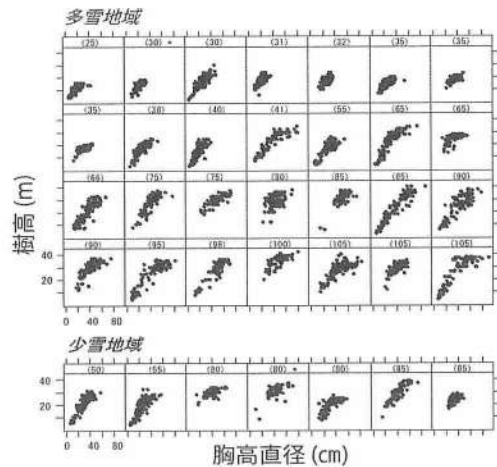


図-3. 植栽木の胸高直径と樹高の関係  
括弧内の数値は森林簿の林齢；\*プロット面積が 0.09 ha の調査林分、その他の調査林分のプロット面積は 0.16 ha。

る林分では、主林木が不明確となりやすく、管理計画の樹立の際には注意が必要である。特に、密度効果の法則に基づいた従来技術は原理的に推定誤差を生じる可能性がある。適正管理のためには、管理対象を明確にする必要があり、合理的な上層木の抽出方法などを今後検討する必要があると考える。

表－ 3. 直径分布の歪度<sup>1)</sup> に及ぼす林分因子の効果 (GLMM)

	全ての変数を投入したモデル		AIC 最小モデル		AIC が二番目に小さいモデル	
	パラメータ推定値	標準誤差	パラメータ推定値	標準誤差	パラメータ推定値	標準誤差
切片	1.17442	8.05047	-0.05712	0.33850	-1.25456	0.99085
林齢	0.05326	0.03475			0.01795	0.01384
本数密度	0.00253	0.00387				
理論材積	-0.00071	0.00322				
平均根元曲がり	0.01573	0.02437				
枯損・幹折れ木本数密度	0.00170	0.00613				
上層木のみ						
本数密度	-0.00257	0.00492				
平均胸高直径	-0.05912	0.18203				
平均形状比	-0.04286	0.08173				
平均樹冠長	-0.04559	0.25421				
AIC		66.1		52.5		52.7

1) 負の場合は0、正の場合は1 (歪度=0はない) としてカテゴリ化した歪度、確率分布は二項分布

表－ 4. 上層木確率<sup>1)</sup> に及ぼす林分因子の効果 (GLMM)

	全ての変数を投入したモデル		AIC 最小モデル		AIC が二番目に小さいモデル	
	パラメータ推定値	標準誤差	パラメータ推定値	標準誤差	パラメータ推定値	標準誤差
切片	5.36260	1.24331	5.56052	1.18386	5.83605	1.19102
林齢	-0.00579	0.00583				
本数密度	-0.00060	0.00040	-0.00068	0.00040	-0.00060	0.00040
理論材積	0.00134	0.00055	0.00137	0.00054	0.00125	0.00055
平均根元曲がり	-0.00470	0.00431			-0.00458	0.00423
枯損・幹折れ木本数密度	-0.00058	0.00105				
上層木のみ	-0.01701	0.20975				
本数密度						
平均胸高直径	-0.04582	0.03229	-0.06572	0.02909	-0.05762	0.02964
平均形状比	-0.02773	0.01347	-0.02942	0.01207	-0.03376	0.01253
平均樹冠長	-0.09870	0.04395	-0.08740	0.04289	-0.09395	0.04267
AIC		98.2		92.6		93.4

1) 林分内のある個体が上層木となる確率、確率分布は二項分布

## 引用文献

- 長谷川幹夫 (1991) : スギ不成績造林地での下刈り、除伐が広葉樹の定着に与える影響. 日林誌 73 : 375-379
- 甲山隆司・可知直毅 (2004) : 密度効果と個体間相互作用. (植物生態学. 甲山隆司編著、431pp、朝倉書店、東京) . 234-261
- 豪雪地帯林業技術開発協議会 (2000) : 雪国の森林づくり—スギ造林の現状と広葉樹の活用—, 189pp、日本林業調査会、東京
- 西村尚之・原俊彦 (2011) : 樹木の個体間競争と種の共存. (森林生態学. 日本生態学会編、312pp、共立出版、東京) . 173-188
- 野表昌夫 (1988) : 豪雪地帯の造林技術 (IX) スギ造林木の幼齢期の生長と成林時の樹型との関係. 新潟林試研報 30 : 13-26
- 野表昌夫 (1992) : 豪雪地帯におけるスギ人工林の成林率と埋雪回数. 雪氷 54 : 159-164.
- 白石則彦 (1985) : 同齢単純林における直径分布の解析とその生長予測への応用 (I) : 歪度変化の動向とそのメカニズム. 日林誌 67 : 133-140
- 田中和博 (1983) : 林齢に伴う直径分布型および樹高分布型の変化に関する一考察. 日林誌 65 : 473-476
- 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影響する立地要因. 日林誌 82 : 15-19