

若齡期におけるスギの雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの形質特性

誌名	研究報告
ISSN	03889289
巻/号	21
掲載ページ	p. 27-38
発行年月	1991年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



若齢期におけるスギの雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの形質特性

鈴木基修・佐藤啓祐

Characteristics of resistant clones against snow damage and elite tree clones of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) in young stage

Motonobu Suzuki and Keisuke Satō

(1991年7月25日 受理)

要旨：山形県内から選抜されたスギの雪害（雪圧害）抵抗性クローンと精英樹クローンを対象にして、代表的な雪圧害である根元曲りの形成がほぼ終わるとみられる若齢期に、樹高、胸高直径、および傾幹幅の3形質を調査し、精英樹の特性評価に用いられている5段階指数評価方式を応用して3形質を評価したのち、在来の実生スギよりも初期成長が良くかつ雪害（雪圧害）抵抗性が大きいとみられるクローンを検索した。その結果、①樹高が指数5（非常に初期成長が良い）のクローンは雪害抵抗性クローンの耐雪山形県13号、同14号、精英樹クローンの田川1号、同5号、および飽海1号の5クローン、胸高直径が指数5（非常に初期成長が良い）のクローンは雪害抵抗性クローンの耐雪山形県13号、同14号、同33号、精英樹クローンの最上1号、田川5号、および飽海1号の6クローン、傾幹幅が指数5（非常に根元曲りが小さい）のクローンは精英樹クローンの最上2号および同4号の2クローンで、これらのクローンはそれぞれの形質において他のクローンよりも抜き出ていた。②3形質のそれぞれにおいて在来の実生スギを上回っていたのは指数4以上のクローンであった。③3形質のすべてが指数4（初期成長が良く根元曲りが小さい）以上のクローンは雪害抵抗性クローンの耐雪山形県3号、同13号、同14号、同30号、精英樹クローンの最上4号、田川2号、同3号、飽海1号、および同2号の9クローンであった。④雪害抵抗性クローンのみならず、精英樹クローンの中にも雪害抵抗性の大きいクローンがあることが明らかになった。

1 ま え が き

山形県では、1956年から1966年にかけてスギの精英樹の選抜が行なわれ、主として多雪地帯（平年最深積雪が100cm以上、250cm未満の地帯）から、成長が周囲の立木よりも有意に優れている37個体が選抜された。また、1970年から1974年にかけてスギの雪害（雪圧害）抵抗性個体の選抜が行なわれ、多雪地帯と豪雪地帯（平年最深積雪が250cm以上の地帯）から、傾幹幅が周囲の立木よりも有意に小さい62個体が選抜された。傾幹幅とはスギの代表的な雪圧害である根元曲りの水平長のこと、それが小さいことは雪害（雪圧害）抵抗性が大きいことを意味している。

筆者らは、雪害抵抗性個体のみならず精英樹もその多くが、多雪地帯から選抜されていることか

ら、雪害抵抗性が大きいものと予想して、その中から成長が良く雪害抵抗性が大きいクローンを検索している。しかし、検索のための精英樹次代検定林と抵抗性検定林は設定後日が浅く、まだ十分な情報が得られる段階に至っていない。

そこで、検定林からの情報を補足するため、規模は検定林よりも小さいが設定年度が検定林よりも古い試植林において、根元曲りの形成がほぼ終わるとみられる若齢期の各クローンの諸形質の調査を続けており、すでに若齢期の雪害抵抗性クローンの形質特性について報告した（伊藤・佐藤：1990）。本報では、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンをこみにして分析した場合の若齢期における形質特性の評価と、初期成長が良くかつ雪害抵抗性が大きいとみられるクローンの検索結果について報告する。

表-1 調査対象クローン

精 英 樹	東南置賜1号、同3号、同4号、同5号、同6号、同7号、同8号、西置賜1号、同2号、同3号、東南村山1号、同2号、同3号、同4号、西村山1号、同2号、同3号、最上1号、同2号、同3号、同4号、同5号、田川1号、同2号、同3号、同4号、同5号、飽海1号、同2号、同4号、同5号
クローン	
雪害抵抗性	耐雪山形県1号、同2号、同3号、同5号、同6号、同7号、同8号、同9号、同10号、同11号、同12号、同13号、同14号、同15号、同18号、同19号、同20号、同27号、同29号、同30号、同31号、同33号、同35号、同38号、同39号、同40号、同43号、同45号、同48号、同50号、同53号、同54号、同55号、同59号、同60号、同61号、同62号
クローン	

II 研究 方 法

1) 調査対象林分

調査対象林分は、山形県立林業試験場林木育種部構内にある試植林で、山形県で選抜されたスギの雪害抵抗性クローンと精英樹クローンを中心に構成されており、東向きの斜面長約80mの平衡斜面の中腹にあって、標高は約150mから約180mの範囲、平年最深積雪は約150cmである。

植栽形式はha当り3,500本の方形植えて、雪害抵抗性クローンは1973年から1977年にかけて区画の中段から上端まで10本ずつ、精英樹クローンは1970年から1977年にかけて区画の下端から上端まで20本ずつ、それぞれ1列に列状に植栽された。植栽後は、下刈りのみが行なわれ、雪起こし等の雪害防止策は一切講じられなかった。

調査年の1990年現在、クローンによって成長量に差があり、また活着不良や雪害(雪圧害および冠雪害)による淘汰のために成立本数にも差があった。また、調査年を含む最近の積雪期の観察では、多雪年または少雪年の別にかかわらず埋雪木は認められず、林分全体がすでに埋雪期を過ぎたものとみられた。なお、スギの根元曲りは埋雪期を過ぎるとほぼ固定することが明らかにされており(佐藤:1974・1977)、このことからこの林分に成立しているクローンの根元曲りの形成はほぼ終わったものと判断した。

2) 調 査

成立本数が5本以上の山形県で選抜された雪害抵抗性37クローンと精英樹31クローンを調査対象とした。表-1に調査対象クローンを示した。

調査は1990年に行ない、成立本数が5本のクローンはその全部を、6本以上のクローンは樹高の大きい個体と小さい個体を順次交互に除いて5本

を標本として、樹高を1cm括約、胸高直径を1mm括約、傾幹幅を1cm括約で測定したのち、クローンごとの植栽箇所の地位指数を調査した。

3) 評価および検索

クローンによって樹齢が異なっていたため、樹高と胸高直径は実測値を用いずに年平均成長量を用い、根元曲りの形成がほぼ終わったとみられる傾幹幅は実測値を用いて、東北林木育種場(1988)が精英樹の特性評価に用いた5段階指数評価方式を応用して樹高、胸高直径、および傾幹幅の指数による評価を行なった。指数の限界値は次のI~X式から求めた。

[樹高および胸高直径]

指数1 (非常に初期成長が悪い)

限界値 $\bar{X} - 1.5\sigma > X$ I

指数2 (初期成長が悪い)

限界値 $\bar{X} - 1.5\sigma \leq X < \bar{X} - 0.5\sigma$ II

指数3 (初期成長が普通)

限界値 $\bar{X} - 0.5\sigma \leq X < \bar{X} + 0.5\sigma$ III

指数4 (初期成長が良い)

限界値 $\bar{X} + 0.5\sigma \leq X < \bar{X} + 1.5\sigma$ IV

指数5 (非常に初期成長が良い)

限界値 $\bar{X} + 1.5\sigma < X$ V

但し、 \bar{X} は年平均成長量総平均値、 X はクローンごとの年平均成長量平均値、 σ は年平均成長量の標準偏差

[傾幹幅]

指数1 (非常に根元曲りが大きい)

限界値 $\bar{X} + 1.5\sigma \leq X$ VI

指数2 (根元曲りが大きい)

限界値 $\bar{X} + 0.5\sigma \leq X < \bar{X} + 1.5\sigma$ VII

指数3 (根元曲りが普通)

限界値 $\bar{X} - 0.5\sigma \leq X < \bar{X} + 0.5\sigma$ …… VII
 指数4 (根元曲りが小さい)

限界値 $\bar{X} - 1.5\sigma \leq X < \bar{X} - 0.5\sigma$ …… IX
 指数5 (非常に根元曲りが小さい)

限界値 $\bar{X} - 1.5\sigma > X$ …… X
 但し、 \bar{X} は傾幹幅総平均値、 X はクローンごとの傾幹幅平均値、 σ は傾幹幅の標準偏差

次に樹高年平均成長量平均値、胸高直径年平均成長量平均値、および傾幹幅平均値のそれぞれについて、クローン間の差をクローンごとの平均値の95%信頼区間によって検定し、さらにクローンを指数ごとに群分けして、群間の差を群ごとの平均値の95%信頼区間によって検定した。また、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンに分けて、両者の差を両者の平均値の95%信頼区間によって検定し、さらに指数ごとのクローン数によって両者の独立性を χ^2 検定によって検定したのち、評価の結果を在来の実生スギと比較して、樹高、胸高直径、および傾幹幅のすべてが在来の実生スギを上回っているクローンを検索した。

III 結果および考察

1) クローンの植栽箇所の地位指数

クローンごとの植栽箇所の地位指数は、18mから19mの範囲で平均18.747mであり、植栽箇所間の林地生産力の差はさわめて小さく、調査時におけるクローン間の成長量の差は主として樹齢の違いとクローン固有の性質によるものとみられた。

2) 樹高の評価

前述のI~V式から求めた樹高の指数の限界値を表-2に、クローンごとの樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間と指数を表-3と表-4に示した。

表-2 樹高の指数の限界値

指数1	$25.94\text{cm} > X$
指数2	$25.94\text{cm} \leq X < 38.04\text{cm}$
指数3	$38.04\text{cm} \leq X < 50.15\text{cm}$
指数4	$50.15\text{cm} \leq X < 62.26\text{cm}$
指数5	$62.26\text{cm} \leq X$

表-3 雪害抵抗性クローンの樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間と指数

クローン名	年平均成長量平均* 値の95%信頼区間	指数
耐雪山形県1号	18.95 ~ 35.05	2
2号	52.36 ~ 59.25	4
3号	52.54 ~ 58.26	4
5号	33.88 ~ 42.12	2
6号	42.07 ~ 49.93	3
7号	35.72 ~ 56.68	3
8号	51.16 ~ 63.65	4
9号	24.76 ~ 31.65	2
10号	29.85 ~ 48.55	3
11号	52.82 ~ 67.98	4
12号	34.21 ~ 47.39	3
13号	61.98 ~ 66.42	5
14号	54.57 ~ 74.63	5
15号	34.62 ~ 50.58	3
18号	23.03 ~ 36.97	2
19号	37.65 ~ 47.95	3
20号	38.52 ~ 43.48	3
27号	29.71 ~ 39.10	2
29号	17.33 ~ 36.27	2
30号	46.63 ~ 58.97	4
31号	29.62 ~ 47.98	3
33号	57.23 ~ 65.57	4
35号	23.98 ~ 39.62	2
38号	40.95 ~ 52.65	3
39号	49.03 ~ 58.97	4
40号	33.85 ~ 46.15	3
43号	47.32 ~ 65.08	4
45号	34.16 ~ 46.65	3
48号	45.61 ~ 51.59	3
50号	25.71 ~ 44.29	2
53号	30.81 ~ 53.59	3
54号	40.36 ~ 50.84	3
55号	29.80 ~ 39.80	2
59号	21.72 ~ 38.28	2
60号	24.79 ~ 37.21	2
61号	23.49 ~ 38.11	2
62号	23.55 ~ 36.85	2

注; X はクローンごとの年平均成長量平均値

* 標本数=5、単位 cm

表-4 精英樹クローンの樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間と指数

クローン名	年平均成長量平均* 値95%信頼区間	指数
東南置賜1号	20.52 ~ 24.28	1
3号	46.60 ~ 53.40	3
4号	42.46 ~ 51.14	3
5号	29.82 ~ 41.78	2
6号	40.54 ~ 50.26	3
7号	33.59 ~ 52.42	3
8号	18.16 ~ 30.65	1
西置賜1号	42.41 ~ 47.19	3
2号	23.25 ~ 31.95	2
3号	17.15 ~ 28.06	1
東南村山1号	43.18 ~ 46.42	3
2号	35.83 ~ 40.98	3
3号	23.65 ~ 37.95	2
4号	46.54 ~ 52.26	3
西村山1号	32.23 ~ 48.57	3
2号	49.36 ~ 53.04	4
3号	39.83 ~ 44.98	3
最上1号	55.67 ~ 67.53	4
2号	46.97 ~ 52.63	3
3号	29.76 ~ 33.84	2
4号	55.99 ~ 58.82	4
5号	36.07 ~ 43.93	3
田川1号	62.61 ~ 71.39	5
2号	51.61 ~ 60.39	4
3号	48.37 ~ 64.43	4
4号	50.34 ~ 69.66	4
5号	56.61 ~ 77.39	5
飽海1号	63.48 ~ 75.72	5
2号	54.04 ~ 57.96	4
4号	47.29 ~ 49.51	3
5号	23.96 ~ 27.64	1

* 標本数=5、単位 cm

樹高の年平均成長量平均値が指数1（非常に初期成長が悪い）のクローンは、雪害抵抗性クローンにはなく、精英樹クローンでは東南置賜1号、同8号、西置賜3号、および飽海5号の4クローン、指数2（初期成長が悪い）のクローンは、雪

害抵抗性クローンでは耐雪山形県1号、同5号、同9号、同18号、同27号、同29号、同35号、同50号、同55号、同59号、同60号、同61号、および同62号の13クローン、精英樹クローンでは東南置賜5号、西置賜2号、東南村山3号、および最上3号の4クローン、指数4（初期成長が良い）のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県2号、同3号、同8号、同11号、同30号、同33号、同39号、および同43号の8クローン、精英樹クローンでは西村山2号、最上1号、同4号、田川2号、同3号、同4号、および飽海2号の7クローン、指数5（非常に初期成長が良い）のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県13号および同14号の2クローン、精英樹クローンでは田川1号、同5号、および飽海1号の3クローンで、これ以外のクローンは指数3（初期成長が普通）であった（表-3、4）。

指数ごとに群分けした群の樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間を表-5に示した。

表-5 指数ごとの樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間

指数	年平均成長量平均 値の95%信頼区間
1	21.24cm ~ 21.36cm
2	29.75cm ~ 33.08cm
3	42.45cm ~ 45.30cm
4	55.13cm ~ 58.48cm
5	63.77cm ~ 69.19cm

クローンごとの樹高の年平均成長量平均値は、隣接する指数間では、指数が異なってもクローン間に有意な差がない場合があって、指数と平均値との関係が判然としなかった（表-3、4）。しかし、同一の指数ごとに群分けした群ごとの平均値間には明らかに有意な差があり、指数による樹高の評価はおおむね妥当であることが認められた（表-5）。

また、指数2、指数3、および指数4では、それぞれ指数が同一であってもクローン間に有意な差がある場合とない場合があったのに対し、指数1および指数5では、それぞれクローン間に有意な差がなく、指数1のクローンは初期成長が悪い

側に、指数5のクローンは初期成長が良い側に抜き出していた(表-3、4)。

雪害抵抗性クローンと精英樹クローンとを分けて、それぞれの樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間を表-6に、両者の指数ごとのクローン数を表-7に、指数2以下のクローン数と指数4以上のクローン数による両者の独立性検定(χ^2 -検定)の結果を表-8に示した。

表-6 雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間

クローン	年平均成長量平均値の95%信頼区間
雪害抵抗性クローン	39.28cm ~ 46.73cm
精英樹クローン	40.47cm ~ 50.30cm

表-7 雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの指数ごとのクローン数

指数	雪害抵抗性クローン	精英樹クローン
1	0	4
2	13	4
3	14	13
4	8	7
5	2	3
計	37	31

表-8 指数2以下と指数4以上のクローン数による独立性検定(χ^2 -検定)

指数	雪害抵抗性クローン	精英樹クローン
2以下	13	8
4以上	10	10
検定結果	$P = P(\chi^2 \geq 0.205) > 0.32$	

雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの樹高の年平均成長量平均値間には、有意な差はなかったが、みかけ上精英樹クローンの平均値のほうが大きい傾向がみられた(表-6)。また、指数ごとのクローン数には、有意な差はなかったが、みかけ上雪害抵抗性クローンのほうに低指数のクローンが多い傾向がみられた(表-7、8)。

すでに報告したように、年平均成長量を用いずに共分散分析によって樹齡の差を修正した樹高平均値(すべてのクローンの樹齡を14年に修正した樹高平均値)による雪害抵抗性クローンのみの評価では、指数5(非常に初期成長が良い)のクローンは耐雪山形県11号、同13号、および同14号の3クローン、指数4(初期成長が良い)のクローンは耐雪山形県2号、同3号、同7号、同8号、同15号、同16号、同17号、同33号、同42号、および同43号の10クローンであった(伊藤・佐藤:1990)。しかし、年平均成長量を用いて雪害抵抗性クローンと精英樹クローンをこみにして分析すると、雪害抵抗性クローンの評価は必ずしも前の評価と同じではなく、一段下位に評価されたクローンが多かった(表-3)。これは、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンとをこみにしたことによって、こみにした年平均成長量平均値が雪害抵抗性クローンのみの年平均成長量平均値よりも大きくなったためとみられ、表-6、表-7、および表-8に示した傾向、すなわち雪害抵抗性クローンに比べて精英樹クローンのほうに樹高の初期成長が優れたクローンが多い傾向を裏付けるものと考えられる。

3) 胸高直径の評価

前述のI~V式から求めた胸高直径の指数の限界値を表-9に、クローンごとの胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間と指数を表-10と表-11に示した。

表-9 胸高直径の指数の限界値

指数 1	4.50mm > X
指数 2	4.50mm ≤ X < 6.49mm
指数 3	6.49mm ≤ X < 8.48mm
指数 4	8.48mm ≤ X < 10.47mm
指数 5	10.47mm ≤ X

注; Xはクローンごとの年平均成長量平均値

表-10 雪害抵抗性クローンの胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間と指数

クローン名	年平均成長量平均* 値95%信頼区間	指数
耐雪山形県1号	3.88 ~ 6.76	2
2号	8.22 ~ 10.94	4
3号	9.02 ~ 10.66	4
5号	5.80 ~ 8.08	3
6号	5.66 ~ 8.78	3
7号	5.29 ~ 9.15	3
8号	8.05 ~ 9.71	4
9号	4.90 ~ 7.46	2
10号	5.33 ~ 8.07	3
11号	8.66 ~ 10.14	4
12号	5.04 ~ 8.24	3
13号	9.44 ~ 11.92	5
14号	9.59 ~ 13.29	5
15号	6.87 ~ 9.25	3
18号	4.61 ~ 6.91	2
19号	7.09 ~ 8.59	3
20号	7.06 ~ 10.34	4
27号	4.44 ~ 6.00	2
29号	1.12 ~ 7.16	1
30号	8.22 ~ 11.34	4
31号	4.02 ~ 8.58	2
33号	8.92 ~ 12.72	5
35号	3.44 ~ 6.68	2
38号	5.47 ~ 7.89	3
39号	7.17 ~ 9.75	3
40号	4.64 ~ 10.68	3
43号	6.42 ~ 11.98	4
45号	5.09 ~ 7.55	2
48号	8.11 ~ 9.69	4
50号	4.51 ~ 7.77	2
53号	3.17 ~ 7.67	2
54号	6.39 ~ 8.73	3
55号	4.06 ~ 6.86	2
59号	2.72 ~ 5.84	1
60号	3.57 ~ 6.35	2
61号	2.63 ~ 6.29	1
62号	3.01 ~ 4.91	1

* 標本数 = 5、単位 mm

表-11 精英樹クローンの胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間と指数

クローン名	年平均成長量平均* 値95%信頼区間	指数
東南置賜1号	3.16 ~ 3.96	1
3号	7.51 ~ 8.81	3
4号	7.25 ~ 10.63	4
5号	5.85 ~ 6.23	2
6号	6.82 ~ 8.62	3
7号	3.83 ~ 8.77	2
8号	2.98 ~ 4.94	1
西置賜1号	7.23 ~ 9.05	3
2号	5.05 ~ 7.27	2
3号	1.73 ~ 3.83	1
東南村山1号	7.01 ~ 9.11	3
2号	6.24 ~ 7.44	3
3号	3.64 ~ 9.04	2
4号	8.18 ~ 10.10	4
西村山1号	5.83 ~ 7.21	3
2号	8.23 ~ 10.09	4
3号	6.05 ~ 9.71	3
最上1号	9.46 ~ 12.34	5
2号	6.78 ~ 8.90	3
3号	5.29 ~ 7.27	2
4号	8.80 ~ 11.76	4
5号	5.73 ~ 7.07	2
田川1号	6.42 ~ 8.90	3
2号	8.40 ~ 11.60	4
3号	7.39 ~ 11.13	4
4号	7.06 ~ 9.83	3
5号	8.83 ~ 12.85	5
飽海1号	9.90 ~ 12.54	5
2号	7.84 ~ 10.76	4
4号	7.08 ~ 8.52	3
5号	4.11 ~ 4.93	2

* 標本数 = 5、単位 mm

胸高直径の年平均成長量平均値が指数1（非常に初期成長が悪い）のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県29号、同59号、同61号、および同62号の4クローン、精英樹クローンでは東南置賜1号、同8号、および西置賜3号の3クロ

ーン、指数2（初期成長が悪い）のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県1号、同9号、同18号、同27号、同31号、同35号、同45号、同50号、同53号、同55号、および同60号の11クローン、精英樹クローンでは東南置賜5号、同7号、西置賜2号、東南村山3号、最上3号、同5号、および飽海5号の7クローン、指数4（初期成長が良い）のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県2号、同3号、同8号、同11号、同20号、同30号、同43号、および同48号の8クローン、精英樹クローンでは東南置賜4号、東南村山4号、西村山2号、最上4号、田川2号、同3号、および飽海2号の7クローン、指数5（非常に初期成長が良い）のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県13号、同14号、および同33号の3クローン、精英樹クローンでは最上1号、田川5号、および飽海1号の3クローンで、これ以外のクローンは指数3（初期成長が普通）であった（表-10、11）。

胸高直径の年平均成長量平均値と樹高の年平均成長量平均値の間には高い相関があり、相関係数（ $R=0.9114$ ）は有意であったが、両者の指数は必ずしも同じではなく、樹高の指数よりも上位のクローンと下位のクローンがほぼ同数ずつみられた（表-3、4、10、11）。すなわち、クローンごとにみると、樹高成長が優位なものと同直径成長が優位なものがあった。

指数ごとに群分けした群の胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間を表-12に示した。

表-12 指数ごとの胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間

指数	年平均成長量平均値の95%信頼区間
1	3.36mm ~ 4.40mm
2	5.54mm ~ 6.10mm
3	7.28mm ~ 7.81mm
4	9.11mm ~ 9.61mm
5	10.63mm ~ 11.50mm

樹高の年平均成長量平均値の場合と同様に、クローンごとの胸高直径の年平均成長量平均値は、隣接する指数間では、指数が異なってもクローン

間に有意な差がない場合があって、指数と平均値との関係が判然としなかった（表-10、11）。しかし、同一指数ごとに群分けした群ごとの平均値間には明らかに有意な差があり、指数による胸高直径の評価はおおむね妥当であることが認められた（表-12）。

また、樹高の年平均成長量平均値の場合と同様に、指数2、指数3、および指数4では、それぞれ指数が同一であってもクローン間に有意な差がある場合とない場合があったのに対し、指数1および指数2ではそれぞれクローン間に有意な差がなく、指数1のクローンは初期成長が悪い側に、指数5のクローンは初期成長が良い側に抜き出していた（表-10、11）。

雪害抵抗性クローンと精英樹クローンとを分けて、それぞれの胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間を表-13に、両者の指数ごとのクローン数を表-14に、指数2以下と指数4以上のクローン数による両者の独立性検定（ χ^2 -検定）の結果を表-15に示した。

表-13 雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間

クローン	年平均成長量平均値の95%信頼区間
雪害抵抗性クローン	6.54mm ~ 7.90mm
精英樹クローン	6.85mm ~ 8.44mm

表-14 雪害抵抗性クローンと精英樹クローンとの指数ごとのクローン数

指数	雪害抵抗性クローン	精英樹クローン
1	4	3
2	11	7
3	11	11
4	8	7
5	3	3
計	37	31

表-15 指数2以下と指数4以上のクローン数による独立性検定 (χ^2 -検定)

指数	雪害抵抗性クローン	精英樹クローン
2以下	15	10
4以上	11	10

検定結果 $P = P(\chi^2 \geq 0.270) > 0.60$

樹高の年平均成長量平均値の場合と同様に、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの胸高直径の年平均成長量平均値間には、有意な差はなかったが、みかけ上精英樹クローンの平均値のほうが大きい傾向がみられた(表-13)。また、指数ごとのクローン数には、有意な差はなかったが、みかけ上雪害抵抗性クローンのほうに低指数のクローンが多い傾向がみられた(表-14、15)。

すでに報告したように、共分散分析によって樹齢の差を修正した胸高直径平均値(すべてのクローンの樹齢を14年に修正した胸高直径平均値)による雪害抵抗性クローンのみの評価では、指数5(非常に初期成長が良い)のクローンは耐雪山形県13号、同14号、同33号、および同43号の4クローン、指数4(初期成長が良い)のクローンは耐雪山形県2号、同3号、同11号、同17号、同20号、同30号、同40号、同42号、および同44号の9クローンであった(伊藤・佐藤:1990)。しかし、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンをこみにして分析すると、雪害抵抗性クローンの評価は必ずしも前の評価と同じではなく、前の評価の一段上位と一段下位に評価されたクローンがほぼ同数ずつみられた(表-10)。これは、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンをこみにした年平均成長量平均値が雪害抵抗性クローンのみの年平均成長量平均値とあまり変らなかったためとみられ、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの胸高直径の初期成長には、みかけ上差があるものの、樹高の場合ほど大きな差がないことを示しているものと考えられる。

4) 傾幹幅の評価

前述のVI~X式から求めた傾幹幅の指数の限界値を表-16に、クローンごとの傾幹幅の平均値の95%信頼区間と指数を表-17と表-18に示した。

表-16 傾幹幅の指数の限界値

指数 1	$68.72\text{cm} \leq X$
指数 2	$53.02\text{cm} \leq X < 68.72\text{cm}$
指数 3	$37.32\text{cm} \leq X < 53.02\text{cm}$
指数 4	$21.63\text{cm} \leq X < 37.32\text{cm}$
指数 5	$21.63\text{cm} > X$

注; Xはクローンごとの傾幹幅の平均値

傾幹幅の平均値が指数1(非常に根元曲りが大きい)のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県5号、同8号、同9号、同12号、同19号、同29号、および同31号の7クローン、精英樹クローンでは東南村山4号の1クローン、指数2(根元曲りが大きい)のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県2号、同6号、同10号、同18号、同27号、同33号、同48号、同50号、同59号、同61号、および同62号の11クローン、精英樹クローンでは西置賜1号および同2号の2クローン、指数4(根元曲りが小さい)のクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県3号、同13号、同14号、同30号、同35号、および同53号の6クローン、精英樹クローンでは東南置賜6号、同7号、同8号、西置賜3号、東南村山1号、最上3号、田川1号、同2号、同3号、同4号、飽海1号、同2号、および同4号の13クローン、指数5(非常に根元曲りが小さい)のクローンは、雪害抵抗性クローンにはなく、精英樹クローンでは最上2号および同4号の2クローンで、これ以外のクローンは指数3(根元曲りが普通)であった(表-17、18)。

傾幹幅の平均値と樹高の年平均成長量平均値の間には相関があって、相関係数($R = -0.3769$)は有意であり、傾幹幅の平均値と胸高直径の年平均成長量平均値の間にも相関があって、相関係数($R = -0.3102$)は有意であった。すなわち、一般的な傾向として、樹高および胸高直径の年平均成長量平均値が大きいほど、傾幹幅の平均値が小さいという関係がみられた。しかし、クローンごとにとみると、この逆の関係や、樹高または胸高直径の年平均成長量平均値も大きい傾幹幅も大きいという関係もみられ、傾幹幅の平均値の指数と樹高および胸高直径の年平均成長量平均値の指数は必ずしも同じではなかった。これは、概して

表-17 雪害抵抗性クローンの傾幹幅の
平均値の95%信頼区間と指数

クローン名	傾幹幅平均値* 95%信頼区間	指数
耐雪山形県1号	28.25 ~ 66.95	3
2号	42.73 ~ 66.07	2
3号	20.10 ~ 49.50	4
5号	47.55 ~ 104.05	1
6号	29.91 ~ 84.09	2
7号	32.55 ~ 68.65	3
8号	37.23 ~ 105.97	1
9号	57.92 ~ 104.08	1
10号	34.69 ~ 78.91	2
11号	27.65 ~ 49.95	3
12号	17.90 ~ 126.50	1
13号	16.42 ~ 27.98	4
14号	12.92 ~ 33.88	4
15号	23.03 ~ 74.18	3
18号	37.27 ~ 77.53	2
19号	55.91 ~ 91.69	1
20号	40.91 ~ 64.69	3
27号	35.49 ~ 80.92	2
29号	60.20 ~ 107.80	1
30号	16.05 ~ 51.15	4
31号	40.73 ~ 98.87	1
33号	41.46 ~ 66.54	2
35号	26.12 ~ 48.28	4
38号	46.54 ~ 52.26	3
39号	37.16 ~ 49.65	3
40号	24.56 ~ 51.04	3
43号	38.55 ~ 67.05	3
45号	31.31 ~ 56.69	3
48号	42.28 ~ 70.52	2
50号	49.58 ~ 64.82	2
53号	30.55 ~ 43.85	4
54号	27.92 ~ 53.28	3
55号	22.96 ~ 55.05	3
59号	30.80 ~ 76.40	2
60号	27.18 ~ 76.42	3
61号	47.17 ~ 60.03	2
62号	49.65 ~ 70.35	2

* 標本数 = 5、単位 cm

表-18 精英樹クローンの傾幹幅の平均
値の95%信頼区間と指数

クローン名	傾幹幅平均値* 95%信頼区間	指数
東南置賜1号	31.37 ~ 56.23	3
3号	35.36 ~ 47.85	3
4号	22.57 ~ 53.43	3
5号	20.20 ~ 67.80	3
6号	11.58 ~ 50.82	4
7号	14.61 ~ 48.59	4
8号	3.12 ~ 66.08	4
西置賜1号	14.76 ~ 94.04	2
2号	32.16 ~ 75.84	2
3号	24.83 ~ 47.97	4
東南村山1号	12.98 ~ 35.42	4
2号	31.17 ~ 63.23	3
3号	22.80 ~ 54.00	3
4号	33.72 ~ 121.48	1
西村山1号	22.67 ~ 64.54	3
2号	0.00 ~ 86.98	3
3号	7.18 ~ 78.02	3
最上1号	14.93 ~ 62.67	3
2号	10.23 ~ 27.38	5
3号	17.70 ~ 26.30	4
4号	10.18 ~ 27.82	5
5号	24.94 ~ 54.66	3
田川1号	23.98 ~ 34.42	4
2号	19.55 ~ 28.05	4
3号	27.49 ~ 44.51	4
4号	9.68 ~ 35.52	4
5号	29.95 ~ 58.05	3
飽海1号	17.88 ~ 28.12	4
2号	10.89 ~ 36.72	4
4号	10.07 ~ 38.74	4
5号	33.26 ~ 59.15	3

* 標本数 = 5、単位 cm

初期成長が良いものほど傾幹幅が小さい傾向があるものの、傾幹幅（根元曲りの水平長の大きさ）の大小は、成長という点では同質な樹高成長と直径成長の関係とは、別の関係にあることを示唆しているものと考えられる。

指数ごとに群分けした群の傾幹幅の平均値の95%信頼区間を表-19に示した。

表-19 指数ごとの傾幹幅の平均値の95%信頼区間

指 数	傾幹幅の平均値 の95%信頼区間
1	71.63cm ~ 79.82cm
2	54.68cm ~ 57.16cm
3	42.31cm ~ 46.15cm
4	26.14cm ~ 31.88cm
5	17.70cm ~ 20.10cm

樹高および胸高直径の年平均成長量平均値の場合と同様に、クローンごとの傾幹幅の平均値は、隣接する指数間では、指数が異なってもクローン間に有意な差がない場合があって、指数と平均値との関係が判然としなかった(表-17、18)。しかし、同一指数ごとに群分けした群ごとの平均値間には明らかに有意な差があり、指数による傾幹幅の評価はおおむね妥当であることが認められた(表-19)。

また、樹高および胸高直径の年平均成長量平均値の場合と同様に、指数2、指数3、および指数4では、それぞれ指数が同一であってもクローン間に有意な差がある場合とない場合があったのに対し、指数1および指数5ではそれぞれクローン間に有意な差がなく、指数1のクローンは根元曲りが大きい側に、指数5のクローンは根元曲りが小さい側に抜き出していた(表-17、表-18)。

雪害抵抗性クローンと精英樹クローンを分けて、それぞれの傾幹幅の平均値の95%信頼区間を表-20に、両者の指数ごとのクローン数を表-21に、指数2以下と指数4以上のクローン数による両者の独立性検定(χ^2 -検定)の結果を表-22に示した。

樹高および胸高直径の年平均成長量平均値の場合とは異なり、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの傾幹幅の平均値間には、明らかに有意な差があり、雪害抵抗性クローンに比べて精英樹クローンの平均値のほうが小さかった(表-20)。また、指数ごとのクローン数にも、明らかに有意な差があり、精英樹クローンに比べて雪害抵抗性ク

表-20 雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの傾幹幅の平均値の95%信頼区間

クローン	傾幹幅の平均値 の95%信頼区間
雪害抵抗性クローン	47.29cm ~ 57.16cm
精 英 樹クローン	32.10cm ~ 41.41cm

表-21 雪害抵抗性クローンと精英樹クローンとの指数ごとのクローン数

指 数	雪害抵抗性 クローン	精 英 樹 クローン
1	7	1
2	11	2
3	13	13
4	6	13
5	0	2
計	37	31

表-22 指数2以下と指数4以上のクローン数による独立性検定(χ^2 -検定)

指 数	雪害抵抗性 クローン	精 英 樹 クローン
2以下	18	3
4以上	6	15

検定結果 $P = P(\chi^2 \geq 11.764) < 0.0002$

ローンのほうに低指数のクローンが多かった(表-21、22)。

すでに報告したように、傾幹幅実測値による雪害抵抗性クローンのみの比較では、指数5(非常に根元曲りが小さい)のクローンは耐雪山形県13号と同14号の2クローン、指数4(根元曲りが小さい)のクローンは耐雪山形県1号、同3号、同11号、同16号、同30号、同35号、同38号、同39号、同40号、同44号、同45号、同53号、および同54号の13クローンであった(伊藤・佐藤:1990)。し

かし、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンをこみにして分析すると、雪害抵抗性クローンの評価は必ずしも前の評価と同じではなく、一段下位に評価されたクローンが多かった（表-17）。これは、表-20に示すように雪害抵抗性クローンに比べて精英樹クローンの傾幹幅が明らかに小さいため、雪害抵抗性クローンと精英樹クローンをこみにすることによって、こみにした平均値が雪害抵抗性クローンのみの平均値よりも小さくなったためとみられ、表-20、表-21、および表-22に示した傾向、すなわち雪害抵抗性クローンに比べて精英樹クローンのほうに傾幹幅が小さいクローンが多い傾向を裏付けるものと考えられる。

5) 総合評価および検索

すでに報告したように、調査対象林分とほぼ同じ条件下にある14年生在来実生スギ林分では、樹高の年平均成長量平均値、胸高直径の年平均成長量平均値、傾幹幅の平均値、および棄却限界法によって求めたそれらの95%信頼限界は表-23のようであった（伊藤・佐藤：1990）。

表-23 調査林分とほぼ同じ条件の在来実生スギ林分の樹高年平均成長量平均値、胸高直径年平均成長量平均値、傾幹幅平均値、およびそれらの95%信頼限界

要素	樹高 年平均 成長量	胸高直径 年平均 成長量	傾幹幅
平均値	39.29cm	6.48mm	48.69cm
信頼下限	28.29cm	5.51mm	26.24cm
信頼上限	50.21cm	7.46mm	71.13cm

表-23から、調査対象林分とほぼ同じ条件下にある実生スギ林分では、樹高の年平均成長量平均値は約28cmから約50cmの範囲、胸高直径の年平均成長量平均値は約5.5mmから約7.5mmの範囲、傾幹幅平均値は約26cmから約71cmの範囲にあるとしても、その危険率は5%程度とみられた。

そこで、これらの値とクローンごとの樹高の年平均成長量平均値の95%信頼区間、胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間、および傾幹幅の平均値の95%信頼区間を比較し、さらに指数ごとに群分けした群の樹高の年平均成長量平均値の

95%信頼区間、胸高直径の年平均成長量平均値の95%信頼区間、および傾幹幅の平均値の95%信頼区間を比較した。

その結果、樹高の年平均成長量平均値が実生スギなみであったのは指数2の上位から指数3の下位にあるクローン（表-3、表-4、表-5）、胸高直径の年平均成長量平均値が実生スギなみであったのは指数2の上位から指数3の下位にあるクローン（表-10、表-11、表-12）、傾幹幅が実生スギなみであったのは指数2の上位から指数3の下位にあるクローン（表-17、表-18、表-19）であった。このことから、樹高および胸高直径の年平均成長量平均値、および傾幹幅の平均値が指数4以上のクローンは、それぞれの形質において実生スギよりも優れているといえる。

また、山形県の多雪地帯と豪雪地帯では、スギの雪害（雪圧害）抵抗性個体選抜の指標は傾幹幅が小さいことであって、雪害抵抗性からみてスギに求められる特性は、傾幹幅が小さくその再現性が高いことである。加えて、初期成長が良いことは雪圧害が集中的に発生する埋雪期を早く脱するのに有利であることが明らかにされていることから（豪雪協：1984）、初期成長が良いことも望ましい特性のひとつであるといえる。

以上の点に基づいて、樹高および胸高直径の年平均成長量平均値、および傾幹幅の平均値のすべてが指数4（初期成長が良く根元曲りが小さい）以上のクローンを実生スギよりも雪害抵抗性が優れたクローンとみなし、それを表-3、表-4、表-10、表-11、表-17、および表-18から検索した。

樹高、胸高直径、および傾幹幅のすべてが指数4以上のクローンを表-24に示した。また、これらのクローンを雪害抵抗性クローンと精英樹クローンに分けて、クローン数による両者の独立性検定（ χ^2 -検定）の結果を表-25に示した。

樹高および胸高直径の年平均成長量平均値、および傾幹幅の平均値のすべてが指数4以上で、初期成長が良くかつ雪害抵抗性が大きいとみられるクローンは、雪害抵抗性クローンでは耐雪山形県3号、同13号、同14号、および同30号の4クローン、精英樹クローンでは最上4号、田川2号、同3号、飽海1号、および同2号の5クローンであった（表-24）。みかけ上、クローン数では雪害抵抗性クローンに比べて精英樹クローンのほうが

表-24 樹高、胸高直径、傾幹幅のすべてが
指数4以上のクローン名と指数

クローン名	樹高	胸高直径	傾幹幅
耐雪山形県3号	4	4	4
13号	5	5	4
14号	5	5	4
30号	4	4	4
最上4号	4	4	5
田川2号	4	4	4
3号	4	4	4
鮑海1号	5	5	4
2号	4	4	4

表-25 樹高、胸高直径、傾幹幅のすべてが
指数4以上のクローン数の χ^2 -検定

指数	雪害抵抗性 クローン	精 英 樹 クローン
すべてが4以上	4	5
一部が3以下	33	26
検定結果	$P = P(\chi^2 = 0.081) > 0.38$	

多かったが、検定の結果では両者間に有意な差はなかった(表-25)。このことは、はじめに予想したように、雪害抵抗性クローンのみならず精英樹クローンの中にも、雪害抵抗性の大きいクローンがあることを裏付けるものといえる。

IV あとがき

雪害抵抗性クローンのみならず、精英樹クローンも雪害抵抗性が大きいものと予想して、若齢期にあるスギの雪害抵抗性クローンと精英樹クロー

ンの樹高、胸高直径、および傾幹幅の3形質を調査し、精英樹の評価に用いられている5段階指数評価方式を応用して、クローンごとの3形質の評価を行ない、初期成長が良くかつ雪害抵抗性が大きいとみられるクローンを検索した。

その結果、5段階指数評価方式は若齢期におけるスギの雪害抵抗性クローンおよび精英樹クローンの評価にも適用できること、3形質のそれぞれにおいて指数5のクローンは指数4以下のクローンよりも抜きん出て良いこと、3形質のそれぞれにおいて指数4以上のクローンは在来の実生スギよりも良いこと、および精英樹クローンの中にも雪害抵抗性の大きいクローンがあることを明らかにし、初期成長が良くかつ雪害抵抗性が大きいとみられる3形質のすべてが指数4以上のクローンを雪害抵抗性クローンから4クローン、精英樹クローンから5クローン検索した。

本研究で得られたこれらの結果については、今後精英樹次代検定林および抵抗性検定林からの情報を得たうえで、早急に検証する予定である。

V 引用文献

- 伊藤 聡・佐藤啓祐(1990) 若齢期におけるスギ雪害抵抗性クローンの形質特性、山形林試研報 19・39-61
- 豪雪地帯林業技術開発協議会(1984) 雪に強い森林の育て方、日本林業調査会・125-128
- 佐藤啓祐(1974) 積雪によるスギの根元曲りの形成に関する研究(I) 蔵王山系北部におけるスギ造林木の根元曲りの形成過程、山形林試研報 4・67-78
- (1977) 積雪によるスギの根元曲りの形成に関する研究(II) 曲りの形成過程における1回目の曲りの急増期について、山形林試研報 8・77-82
- 東北林木育種場(1988) 精英樹特性表(種子生産と実生造林用)、東北林木育種場・18-19