

トドマツの雪害抵抗性の地理的変異

畠山末吉* 江州克弘* 石倉信介*

Geographical Variation of Snow Hardiness of *Abies sachalinensis*.

Suekichi HATAKEYAMA*, Katsuhiko GOHSHU* and Shinsuke ISHIKURA*

はじめに

この研究はトドマツ (*Abies sachalinensis*) の雪害抵抗性の産地間変異およびその変異と生育地における環境要因との関連をのべたものである。

トドマツも天然分布域が広い多くの植物と同じく産地間に遺伝子頻度のちがいがある (MATSUURA *et al.*, 1972)。

トドマツの表現形質の産地間変異については数多い研究がある。例えば、柳沢 (1965) はトドマツ球果の形態的変異の連続性とその変異と地理的環境との関係を報告した。久保田 (1965), 岡田ら (1970) は本道脊梁山脈の西側と東側産トドマツの初期生長や子葉数, 冬芽の芽鱗数, 二次生長および生長期間などの変異を報告した。トドマツの寒風害抵抗性の産地間変異については久保田 (1968) および畠山ら (1973) が, 耐凍性の産地間変異については栄花 (1973) が報告している。

本稿ではトドマツの雪害抵抗性の産地間変異と産地における気候因子との関係について検討した。

この研究をはじめめるにあたり北海道立林業試験場渡辺啓吾場長から貴重な示唆と雪害写真の一部を提供いただいた。試験材料の収集, 試験地の造成は久保田泰則副場長の企画と指導によるものである。また, 当场育種科梶勝次研究職員には調査にさいし終始協力をいただいた。本稿のとりまとめにあたり以上の三氏に深甚な謝意を表す。

材料と方法

供試材料は天然生トドマツ精英樹のツギキクローンと精英樹の自然交配種の2種類である。

1. ツギキクローン

ツギキは北海道立林業試験場(美唄市光珠内)苗畑でおこなった。2年間苗畑で養成し系統保存のため1962年とその翌年, クローン別に無作為に構内のクローン集植所に植栽した。クローンは15産地(林務署単位)から選ばれた121クローンで調査時は各クローン3個体ずつ生育している(図-1), (表-1)。

調査は1977年の春, 各クローン3個体についておこなった。調査時の植栽間隔は3m×3mである。

雪害形態は幹折れ, 抜抜け(樹幹をえぐり取って落枝したもの, 写真-1), 枝折れ(写真-2)に分けられた。

雪害木について雪害形態, 雪害部地上高, 雪害枝数, 雪害枝階の輪生抜あたりの枝数(雪害枝を含

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido, 079-01

[北海道林業試験場報告 第16号 昭和54年2月 Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment station No.16, February, 1979]

む)およびそれらの枝の長さや太さを測定した。太さは幹から約5cmはなれた枝の直径とした。枝の雪害は大部分が輪生枝にみられ雪害程度も大きいので枝の雪害は輪生枝についてのみ調査した。輪生枝あたり枝数は1輪生枝あたりの平均値により、枝の長さや太さは1枝あたりの平均値であらわした。雪害部地上高や枝の形質はセンチメートル単位で測定した。

雪害率は雪害枝数(雪害程度)に関係なく全て雪害木としクローン単位に生育本数にたいするパーセントでしめた。

無害木の枝の形質調査は雪害木の雪害枝着生高とほぼ同じ地上高1.2mから2.0mの間に着生する任意の輪生枝についておこなった。調査形質や方法は全て雪害木と同様とした。

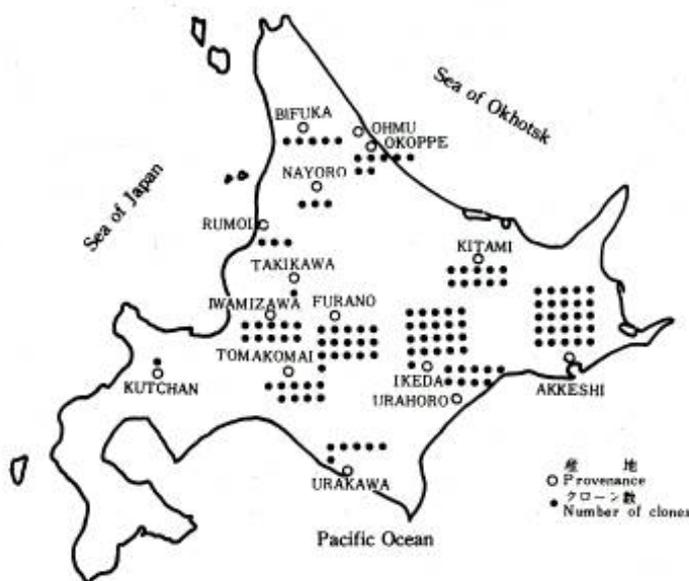


図-1 各産地の位置と供試クローン数

Fig.1. Locations of each provenance and number of clones in each provenance.

表-1 各産地の供試クローン数、雪害および枝の形質

Table 1. Number of clones and their snow damaged percent, snow damaged branches per tree, branch length diameter of branch and number of branches per whorl of grafted clone of *Abies sachalinensis* in each provenance.

産地	クローン数	雪害率	雪害木あたり 雪害枝数	平均枝長	平均枝径	輪生枝あたり 枝数
Provenances	Number of clones	Percent of snow damaged trees	Snow damaged branches per tree	Mean length of branch	Mean diameter of branch	Number of branches per whorl
AKKESHI	25	53.6 (%)	3.3 (本)	174 (cm)	2.8 (cm)	3.7 (本)
URAHORO	9	47.8	2.3	197	3.3	4.2
URAKAWA	6	40.0	2.8	223	3.3	3.3
IKEDA	21	28.8	1.9	197	3.0	4.4
KITAMI	10	20.6	2.2	180	2.8	3.6
NAYORO	3	11.1	1.0	143	2.3	3.8
FURANO	16	4.4	2.5	172	2.4	4.1
BIFUKA	5	0	—	174	2.5	3.5
OHMU	4	0	—	156	2.5	4.4
OKOPPE	3	0	—	181	2.8	4.3
TOMAKOMAI	9	0	—	215	2.7	5.2
IWAMIZAWA	10	0	—	251	3.2	4.4
RUMOI	3	0	—	229	3.2	4.8
TAKIKAWA	1	0	—	131	2.4	4.5
KUTCHAN	1	0	—	243	3.4	3.0



写真-1 枝抜きの雪害

Photo.1. Snow damage (type 1) for branch of grafted clon of *A. sachalinensis*



写真-2 枝折れの雪害

Photo.2. Snow damage (type 2) for branch of grafted clon of *A. sachalinensis*

2. 精英樹の自然交配種

これは精英樹の生育林分における精英樹の自然交配種の家系である。各家系は林業試験場苗畑で5年間養苗し、それを1965年の春、光珠内実験林(美唄市光珠内)にhaあたり3,000本の密度で乱塊法3反覆の実験計画により植栽した。各家系はプロット単位に64本ずつ1家系あたり192本植栽した。家系数は28で8産地から選ばれている(表-2)。

雪害調査は1977年6月におこなった。まず全個体を調査し雪害木と無被害木に分けた。雪害木は雪害形態別に分類した。雪害率は雪害木を含めた各プロットの現存本数にたいする雪害木のパーセントであらわした。雪害は幹折れ(写真-3, -4)と枝折れの2形態があった。

自然交配種の雪害はクローンとちかい冠雪や倒伏などによる幹折れの被害が多い。そのため、この雪害形態と関係があると考えられる樹高、最近5年間の生長などを個体単位に10センチ括約で測定しプロット平均を分析した。輪生被あたり枝数は梢端から2枝階目の輪生枝を調査し、プロット平均をもちいた。雪害率以外の形質は雪害木と無害木を区別せずに家系平均をもちいたが雪害木は各形質に関して各家系内のランダム標本と見なせるものと考えた。

試験林の地形は北西に面し、標高によって勾配が変化している緩斜地である。

表-2 自然交配種の産地および産地内家系図
Table 2. Provenances and number of families within provenance of 17-year-old open pollinated progenies at the Bibai plantation.

産地 Provenances	家系図 Number of families
AKKESHI	7
KITAMI	4
IWAMIZAWA TOMAKOMAI	9
IKEDA	2
URAKAWA	3
OKOPPE	1
ASAHIKAWA	1
KUTCHAN	1

3. 統計的分析

パーセントであらわされる数値は、すべて角度変換($\text{Sin}^{-1}\sqrt{\%}$)した。積雪期間の数値は $\sqrt{\chi+1}$ 変換し統計処理した。統計分析は主に分散および重回帰分析によったが雪害率と気候因子との関係は偏回帰係数をもとめて解析した。

結果と考察

1. 雪害年の気候

1977年に例年少なかった雪害がトドマツに目立ったのはこの年の降雪量(降水量に換算した値であらわした)や積雪深の大きさによると考えられた。美唄気象観測所における観測資料によって1976年12月から1977年2月までの各月の降水量および最大積雪深を過去11年間の各月のそれと比較した。1976年12月の降水量は6番目(184 mm)、1977年1月は最高(219 mm)、2月は5番目(102 mm)に多かった。とくに1月は平年値より84%も多かった。最大積雪深は12月が6番目(86 cm)、1月は最高(155 cm)、2月は2番目(156 cm)に多い値を記録している。

雪害年における1月、2月およびその前年12月の降水量の再現年数を統計的方法で推定したところ、それぞれ25年、2年および2年であった。同様な方法における最大積雪深のそれは10年、9年および2年と推定された。つまり、雪害年における美唄地方の1月の降水量および1月と2月の最大積雪深はきわめて大きい値であった。



写真-3 幹折れの雪害 1

Photo.3. A common type of snow damage for stem of open-pollinated progeny of *A. sachalinensis*



写真-4 幹折れの雪害 2

Photo.4. A severe type of snow damage for stem of open-pollinated progeny of *A. sachalinensis*

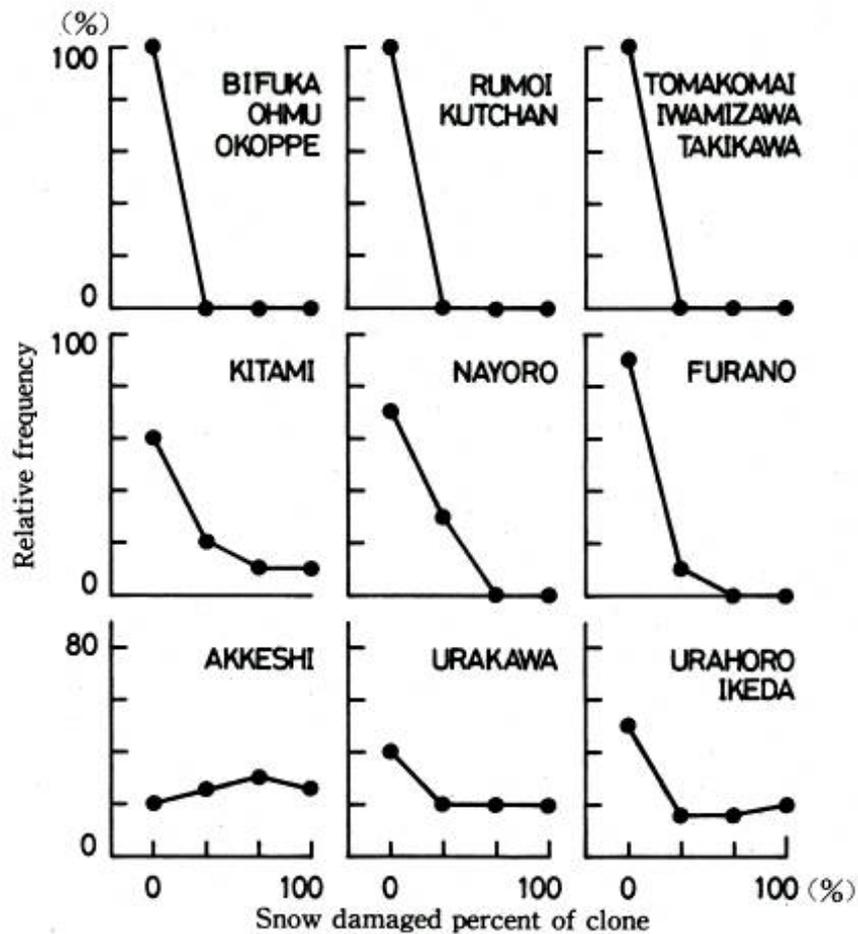


図-2 各産地のクローンの雪害率の頻度分布

Fig.2. Frequency distribution of snow damaged percent of clone in each provenance.

2. 雪 害 率

1) ツギキクローンの雪害

ツギキクローンの雪害は幹折れ、枝抜けおよび枝折れの3形態があった。雪害木全体にしめるそれぞれの割合は12%、22%および66%で枝にたいする雪害が圧倒的に多い。枝の雪害が多いのは平均樹高(6.2m)が積雪深よりかなり高く、比較樹高(樹高/胸高直径)が48.2と小さいことおよび樹間距離が広いことため枝の枯上りがないうえ枝条の生長がよいので枝への雪圧が大きかったことによると考えられる。

雪害形態を無視した産地別の雪害率は表-1にしめた。厚岸産は雪害率が約54%でもっとも高い。ついで浦幌、浦河産が40%以上の値をしめた。池田は約30%、北見は約20%、名寄は約11%、富良野は約4%で、これら以外の8産地は無被害であった。名寄産は幹折れの被害木が1個体のみであるが標本数が少ないため比較的高い値をしめた。

表の産地は管理機構(林務署)単位にあらわしたものであるが林分が連続的である産地を1地域にまとめると各産地は9地域産になった。9地域産のクローンについて雪害率の頻度分布図をしめた(図-2)。

図の上段には無被害、下段には雪害率が高い産地群を配列した。産地の平均雪害率が低いほど無被害クローンの頻度が高くL字型分布をしめすが雪害率が高い産地では雪害率が高いクローンの頻度が増

してL字型の頻度分布がくずれている。もっとも雪害率が高い厚岸産のクローンは半数以上のラメートが雪害をうけているため中高型の頻度分布をしめしており産地平均の雪害率が高い産地と低い産地はクローンの雪害率の頻度分布に顕著なちがいがみられる。

雪害率の分散分析では地域間に 1%水準の統計的有意性がみられたが地域内産地間には統計的有意性が認められなかった(表-3)。これは精英樹クローンの産地を 9 地域にまとめたことの合理性を裏書きするもとと考えられる。

しかし、雪害率は雪害木の雪害程度を考慮しない単なる雪害木のパーセントであるから雪害抵抗性の尺度として適切かどうか検討した。雪害木あたりの雪害枝数は雪害木にたいする雪害程度の一つの指標である。この産地平均は 1 本から 3.3 本まで変動している(表-1)が分散分析の結果は産地間、産地内クローン間とも有意性がなかった。しかし、雪害率は雪害木あたりの雪害枝数と高い正の関係($r = .689$)があり、雪害率を雪害抵抗性の尺度にもちいることが不適當であるとはいえない。

以上の検討からトドマツクローンの雪害抵抗性は産地間変異が大きく、抵抗性が高い産地は日本海沿岸およびオホーツク海沿岸北部の内陸に連らなる地帯に多いといえる。

2) 自然交配種の雪害

自然交配種の雪害は幹折れによるものが全被害の約 64%をしめている。ツギキクローンと比較して幹に雪害が多かったのは、試験地の傾斜が大きく冠雪による幹折れが発生しやすかったこと、さらに樹間距離がせまいので比較樹高が大きく被の生長も小さいうえ下部の枝が枯上っているためと考えられる。

表-4 に産地別に幹と枝にたいする累積雪害のパーセントをしめた。どの産地にも、幹が枝、いずれかの雪害がみられる。幹折れは厚岸と北見産に

表-3 クローンの雪害率の分散分析

Table 3. Analysis of variance for snow damaged percent of grafted clone.

要因 Sources	自由度 df	分散 MS
Locations	8	5146.22**
Provenances within location	16	342.39
Clones within Provenances	106	722.34

** significance at the 1 percent level.

表-4 自然交配種の雪害率、樹高、最近 5 年間の生長および輪生枝数

Table 4. Snow damaged percent for stem and add stem to branch, total height, the latest 5-year height growth and number of branches per whorl of open pollinated progenies.

産地 Provenances	雪害 Snow damage		樹高 Total height	最近 5 年間の樹高生長 The latest 5-year height growth	輪生枝あたり枝数 Number of branches per whorl
	Stem	Stem+Branch			
AKKESHI	2.8 (%)	5.8 (%)	2.6 (m)	1.4 (m)	4.2 (本)
KITAMI	2.4	3.2	3.1	1.8	4.2
IWAMIZAWA TOMAKOMAI	1.7	2.5	3.1	1.8	4.5
IKEDA	1.7	1.7	3.0	1.8	4.1
URAKAWA	0.5	1.6	2.9	1.7	3.7
OKOPPE	0.3	1.0	3.0	1.7	4.4
ASAHIKAWA	0	0.2	2.7	1.6	4.3
KUTCHAN	0	0.2	2.8	1.5	3.4

表-5 自然交配種の幹および幹と枝の雪害率の分散分析

Table 5. Analysis of variance for snow damaged percent of stem and add stem to branch at 17-year-old open pollinated progenies.

要 因 Sources	自 由 度 df	分 散 Mean Squares	
		Stem	Stem+Branch
Replications (R)	2	113.29*	253.98*
Provenances (P)	7	88.78*	110.45*
Families within provenance (F/P)	20	27.23	26.56
(R) × (P)	14	25.54	23.88
(R) × (F/P)	40	25.31	31.89

1) *stands for statistical significance at the 5% level.

多いが岩見沢や苫小牧産にもみられる。幹折れの被害がないのは旭川と倶知安の両産地のみである。厚岸産は枝と幹にたいする累積雪害率が約6%で各産地の中で最も高い値をしめしている。各産地の累積雪害率の大きさの順序は幹の雪害率の順序と同じであった。

雪害率についての分散分析の結果は反覆，産地間に5%水準の有意性がみとめられた(表-5)。しかし，産地内家系間には有意性がみとめら

れない。方位別に反覆区を設定していないから反覆間の有意性は斜面の方位による差ではない。したがって，土壌の肥沃度に関係した差であるとおもわれる。一般に，土壌がせき悪で植栽地が急斜であれば，トドマツは冠雪などによる幹折れの雪害をうける機会が多いと考えられる。

産地間および産地内家系間分散の期待成分は遺伝分散の推定値でもあるから両分散の期待成分を推定した。表-5であきらかなように交互作用の分散は誤差分散よりも小さいので誤差分散の推定値は交互作用の分散と誤差分散をプールした値をもちいた。

反覆間の分散成分をのぞいた全分散にしめる産地，家系および誤差分散の寄与率は表-6にしめた。産地間分散の寄与率が大きければ雪害率からみた場合トドマツ造林において産地の選択が効果的であり，家系間分散の寄与率が高ければ個体選抜が効果的であることをしめす。

表からあきらかなように産地間分散の寄与率は20%で家系間分散のそれより大きい。これはトドマツの雪害率について産地選抜が効果的であることをしめしている。

少なくとも雪害率からみな場合，美唄地方のみならず雪が多い日本海沿岸やその内陸のトドマツ造林に厚岸産種苗はさけるべきことを示唆している。厚岸産のある家系は10%以上の雪害をうけている。このような家系は雪害がたひがさなると成林率の低下，林分閉鎖の遅延などによって生産力が著しく低下すると考えられる。

表-6 自然交配種の幹および幹と枝の雪害率の各要因ごとの分散成分の百分比

Table 6. Estimates of variance components expressed by percentage ratio of snow damage for stem and add stem to branch of 17-year-old open pollinated progenies.

要 因 Sources	幹の雪害 Snow damage for stem	幹と枝の雪害 Snow damage for stem+branch
Provenances	19.2 (%)	21.9 (%)
Families within provenance	2.0	0
Error	78.8	78.1
Total	100.0	100.0

3. 雪害率と他形質との関係

ツギキクロンについて枝の長さ, 太さおよび輪生枝あたり枝数(表-1), 自然交配種について樹高, 最近5年間の樹高生長および輪生枝あたり枝数(表-4)など雪害形態と関係があると考えられる形質を分散分析して産地およびクロン間差異を検討した。

ツギキクロンの各形質はいずれも地域間に1%水準の有意性がみとめられた。しかし, クロン間に有意性はなかった。自然交配種の分散分析表は表-7にしめじたが反復間に1%, 産地間に1%と5%水準の有意性がみとめられる。

ツギキクロンと自然交配種について雪害率と林木の各形質との関係を検討した。自然交配種については雪害率と形質間の表現型相関のほか遺伝相関と環境相関を推定した。

表-7 樹高, 最近5年間の生長および輪生枝数の分散析表

Table 7. Analysis of variance for total height, the latest 5-year height growth and number of branches per whorl.

要因 Sources	自由度 df	樹高 Total height	分散 Mean squares	
			The latest 5-year height growth	Number of branches per whorl
Replications (R)	2	4.390**	3.789**	4.198**
Provenances (P)	7	.473*	.349*	1.086**
Families within provenance (F/P)	20	.212	.136	.219
(R) × (P)	14	.188	.097	.113
(R) × (F/P)	40	.202	.156	.233

*and **stands for statistical significance at the 5 and 1% level, respectively.

1) ツギキクロン

雪害率と各形質とのクロン平均の表現型相関はつぎのとおりである。

雪害率は枝の長さとはほとんど関係がなく ($r_p = -.059$), 枝の太さとは正の低い関係 ($r_p = .292$) があり輪生枝の枝数とも正の低い関係 ($r_p = .293$) があった。枝の長さ (L) と太さ (D) との比 (L/D) とは単独形質との関係より負であるがやや高い関係 ($r_p = -.427$) をしめた。

以上の関係を要約すると供試した林木の形状の範囲では雪害程度は枝の長さとは無関係で枝が太く輪生枝あたり枝数が多いクロンは幾分雪害をうけやすいといえる。

細長い枝をもつクロンも雪害をうけにくい傾向がある。産地平均についても雪害率と各形質との関係はクロンと同じ傾向をしめしている。しかし, いずれも統計的有意水準に達しなかった。

枝の調査は雪害枝と無害枝をこみにしたものであるが雪害枝と無害枝の各形質の平均値はクロン内にも産地内にも統計的有意差がなかった。

2) 自然交配種

雪害率は幹と枝の雪害合計からもとめた。しかし表-6にしめしたように雪害率の産地内家系間分散の期待成分は零である。したがって, 家系間の要因から推定される雪害率と各形質との遺伝相関はすべて零となった。それ故, ここでのべる遺伝相関はすべて産地間の分散および共分散の期待成分から推定した。

表現型相関, 遺伝相関および環境相関の推定値は表-8にしめた。雪害率と樹高との表現型相関は

表-8 自然交配種の雪害率と他地形との表現型、遺伝および環境相関

Table 8. Phenotypic, genetic and environmental correlation between snow damaged percent and the other characters of open-pollinated progenies.

	樹 高 Total height	最近 5 年間の生長 The latest 5-year height growth	輪生枝あたり枝数 Number of branches per whorl
Genetic correlation	-.711	-.457	.411
Environmental correlation	-.062	.004	.200
Phenotypic correlation	-.258	-.227	-.053

負の低い値をしめした。環境相関はほとんどなく ($r_E = -.062$) 遺伝相関は負の高い値 ($r_G = -.711$) をしめした。雪害率と最近5年間の樹高生長との関係もほぼ同じ傾向をしめした。

環境相関が低いのは環境条件による樹高生長の促進や抑制が雪害率の多少とは無関係であることをしめす。負の高い遺伝相関は遺伝的に樹高生長が劣る産地のトドマツは抵抗性が低いことをしめす。雪害率と樹高生長との遺伝相関が負で高いのは両形質の密接な遺伝的關係をしめすことになるが家系間から推定した遺伝相関が低いからトドマツの雪害にたいする淘汰が樹高生長に遺伝的影響をあたえたのか、あるいは両形質は遺伝的な独立だが樹高生長が遺伝的に劣る厚岸産などが雪害抵抗性について強い淘汰をうけなかったことによるかはあきらかでない。

雪害率と輪生枝数との表現型相関はほとんどなく ($r_P = -.053$) 環境相関も低い ($r_E = .200$)。遺伝相関は正のやや高い値 ($r_G = .411$) をしめした。

以上の雪害率と形質との関係および形質間との関係の分析結果をみると、雪害抵抗性産地のトドマツは樹高生長が旺盛で輪生枝あたり枝数が少ない遺伝的特性があるといえる。このような樹形は雪害をうけ難いタイプの一つと考えられるし輪生枝あたり枝数が少ないのは雪害にたいする適応的变化と考えられる。

輪生枝あたり枝数をのぞいた枝の形質調査は自然交配種が幼齢期で枝の特性が安定しないから省略した。

4. 雪害抵抗性と気候因子との関係

トドマツ精英樹クローンと自然交配種の雪害抵抗性は産地間差異が大きい。抵抗性の産地はともに日本海沿岸やオホーツク海沿岸北部の内陸につらなる雪が多い地帯のものである。抵抗性が低い産地は太平洋沿岸や道東など積雪が少ない地帯に多い。両地帯の交叉する内陸部産トドマツは抵抗性について中庸の値をしめしている。

トドマツの雪害抵抗性の産地間差異がこのような地域的現象を生じるのはそれなりの理由と時間的経過によるものであり、理由の一つは種々な環境要因に適応する遺伝子の自然淘汰がおこなわれた結果が考えられる。とくに淘汰圧の一つに雪が関係すると考えられる。

1) ツギキクロンの雪害との関係

各産地における最大積雪深、12月から翌年2月までの寒候期降水量(降雪量の換算値)積雪深が30 cmおよび50 cm以上の期間を表-9にしめした。各気候因子は改訂版、北海道の気候(日本気象協会、1973)によるもので産地にもっとも近い観測所で観測された10年間の平均値である。

各産地の雪害率と各気候因子との相関係数は表-10にしめした。両者間には有意な高い負の関係が

あり、とくに産地における 50 cm以上の積雪期間と高い負の関係がある。

重回帰分析によって雪害率の産地間の変動のうち気候因子の回帰に帰因する変動をたしかめた（表-11）。気候因子全体の回帰に帰因する変動は 1%水準の有意性をしめた。なかでも最大積雪深と 50 cm以上の積雪期間の回帰に帰因する変動が大部分で統計的にも有意である。寒候期降水量に帰因する変動部分のみは極めて小さい。したがって、寒候期降水量は雪害に関係する気候因子としての影響が小さいから除外して考えた。

寒候期降水量をのぞいた 3 気候因子と雪害率との重相関係数および決定係数はそれぞれ.939 および.883 である。これは雪害率の産地間変動の約 88%は産地の 3 気候因子に帰因する環境への適応の結果であることをしめしている。

3 気候因子の淘汰圧の相対的程度と方向をしるため各気候因子を独立変数とした重回帰式をもとめ

表-9 各産地における寒候期の気候因子

Table 9. Climatic elements in the wintertime in each provenances of grafted clone of *Abies sachalinensis*.

産地 Provenances	最大積雪深 Maximum snowdrifts (cm)	寒候期の降水量 Precipitation in wintertime (mm)	積雪 50 cm以上の期間 A period of snow lay 50cm deep (day)	積雪 30 cm以上の期間 A period of snow lay 30cm deep (day)
AKKESHI	59	171	0	0
URAHORO	61	149	0	45
URAKAWA	19	194	0	0
IKEDA	61	149	0	45
KITAMI	68	112	0	71
NAYORO	122	349	85	144
FURANO	104	270	75	105
BIFUKA	129	449	85	144
OHMU & OKOPPE	117	266	82	91
RUMOI	122	363	73	118
IWAMIZAWA*	123	392	75	112
KUTCHAN	206	627	125	161

* 滝川、苫小牧は岩見沢に含めた。

* TAKIKAWA and TOMAKOMAI includes in IWAMIZAWA

表-10 クローンの雪害率と産地における気候因子との相関係数

Table 10. Correlation coefficients between snow damaged percent of grafted clone and climatic elements in each provenance.

Relationship	最大積雪量 Maximum snoudrifts	寒候期の降水量 Precipitation in wintertime	積雪 50 cm以上期間 A period of snow lay 50cm deep	積雪 30 cm以上期間 A period of snow lay 30cm deep
Snow damaged percent	-.822**	-.774**	-.927**	-.847**

1) ** stands for statistical significance at the 1% level.

た。偏回帰係数および標準偏回帰係数は表-12 にしめた。

偏回帰係数は最大積雪深が正、30 cmおよび50 cm以上の積雪期間が負であり、50 cm以上の積雪期間の係数は有意である。標準偏回帰係数は50 cm以上の積雪期間のそれが最大で30 cm以上の積雪期間はつぎに大きい。各標準偏回帰係数を50cm以上の積雪期間のそれにたいする相対値であらわすと30 cm以上の積雪期間は約38%、最大積雪深は約25%である。つまり、トドマツの雪害抵抗性にたいする淘汰圧として50 cm以上の積雪期間の長さが極めて大きく作用していることをしめしている。

2) 自然交配種の雪害との関係

自然交配種についてもクローンと同様な検討をした。雪害率は枝と幹の雪害の合計値をもちいた。

重回帰分析表は表-13 にしめた。気候因子全体の回帰に帰因する変動は1%水準の有意性をしめた。単独因子では寒候期降水量をのぞく2気候因子の変動が有意性をしめた。

産地平均の雪害率と各気候因子との重相関係数および決定係数はそれぞれ.976 および.928 で産地間変動の約93%は産地における気候因子の寄与によるごとをしめしている。したがって、自然交配種の雪害抵抗性にもクローンにおけると同様、産地の気候因子が淘汰圧として強く作用していることがあきらかである。

表-14 に各気候因子の偏回帰係数および標準偏回帰係数をしめた。偏回帰係数は最大積雪深および50 cm以上の積雪期間が正で寒候期降水量は負の値をしめた。標準偏回帰係数は50cm以上の積雪

表-11 クローンの重回帰分析

Table 11. Multiple regression analysis for grafted clone.

変動要因 Source of variation	自由度 df	分散 Mean squares
Regression	4	15.39**
due to x_1	1	47.24**
due to x_2	1	.21
due to x_3	1	12.65**
due to x_4	1	1.47
Deviation from regression	8	1.02

- 1) X_1 , X_2 および X_3 はそれぞれ最大積雪深、寒候期降水量および50 cm以上の積雪期間をあらわす。
- 2) **は1%水準の統計的有意性をあらわす。
- 1) X_1 , X_2 , X_3 and X_4 stands for maximum snowdrifts, precipitation in wintertime and a period of snow lay 50cm deep in each provenance, respectively.
- 2) **stands for statistical significance at the 1% level.

表-12 産地における気候因子にたいするクローンの雪害率の偏回帰および標準偏回帰係数

Table 12. Partial and standard partial regression coefficients of snow damaged percent for grafted clone on climatic elements in each provenance.

変動要因 Source of variation	偏回帰係数 Partial regression coefficient	標準偏回帰係数 Standard partial regression coefficient
Maximum snowdrifts	.01004	.1973
A period of snow lay 50cm deep	-.46430*	-.7939
A period of snow lay 30cm deep	-.19928	-.3155

*stands for statistical significance at the 5% level.

表-13 自然交配種の重回帰分析

Table 13. Multiple regression analysis for open pollinated progeny.

変動要因 Source of variation	自由度 df	分散 Mean squares
Regression	3	21.5084**
due to x_1	1	50.4259**
due to x_2	1	4.2883
due to x_3	1	11.5546**
Deviation from regression	4	1.2416

- 1) X_1 , X_2 および X_3 はそれぞれ産地における最大積雪深, 寒候期の降水量および 50 cm以上の積雪期間をあらわす。
- 2) **は 1%水準の統計的有意性をあらわす。
- 1) X_1 , X_2 , and X_3 stands for maximum snowdrifts, precipitation in wintertime and a period of snow lay 50cm deep in each provenance, respectively.
- 2) **stands for statistical significance at the 1% level.

表-14 各産地の気候因子にたいする自然交配種の雪害率の偏回帰および標準偏回帰係数

Table 14. Partial and standard partial regression coefficients of snow damaged percent for open pollinated progeny on climatic elements in each provenance.

気候要因 Climatic elements	偏回帰係数 Partial regression coefficient	標準偏回帰係数 Standard partial regression coefficients
Maximum snowdrifts	-.00392	-.07149
Precipitation in winteertime	.00458	.14675
A period of snow lay 50cm deep	-.69764*	-1.02759

- 1) *stands for statistical significance at the 5% level.

期間が最大でこれにたいする最大積雪深の相対値は約 7%, 寒候期降水量は約 14%でありトドマツの雪害抵抗性にたいする淘汰圧として 50 cm以上の積雪期間と関係した環境要因の作用が大きいことをしめしている。

したがって、トドマツの雪害抵抗性の産地間変異は生態的変異と考えられるから、雪が多い日本海沿岸およびオホーツク海沿岸北部の内陸につらなる地帯産のトドマツは抵抗性が高く太平洋沿岸および道東など積雪が少ない地帯産トドマツは抵抗性が低いと考えられる。

ま と め

生育環境が異なる各地から集めたトドマツ精英樹クローン 121 系統 (15 産地) と自然交配種 28 家系, 8 産地の雪害抵抗性を調べた。クローンの雪害は主として枝に多く自然交配種の雪害は幹に多くクローンと実生苗とで雪害形態にちがいがみられた。このちがいは両者の樹齢や生長および植栽地の環境によると考えられた。

しかし、いずれの材料とも産地間差異が大きく雪害をうけやすい産地は太平洋沿岸や道東など雪が少ない地帯のもので雪害をうけない産地は日本海沿岸やオホーツク海沿岸北部の内陸など積雪が多い地帯のものである。

また、トドマツの雪害抵抗性と樹高などの形質との関係を調べた。クローンにおいては雪害抵抗性

と各形質との関係が自然交配種にみられたほど顕著でなかった。自然交配種についてみると抵抗性が高い産地のトドマツは抵抗性が低い産地のそれと比較し樹高生長が旺盛で輪生枝あなり枝数が少ないなど雪害をうけ難い形態的特徴をもつようだが産地内の家系をみるとそのような傾向がなかった。

各産地の雪害抵抗性と産地における寒候期の気候因子との関係を検討した。その結果、各産地のトドマツの雪害抵抗性には淘汰圧として産地の気候因子が大きく作用し、なかでも 50 cm以上の積雪が継続する期間に関連した環境要因の作用が大きいと考えられた。したがって、トドマツの雪害抵抗性の産地間変異は生態的変異と考えられた。

文 献

- 栄花 茂 1973 寒害抵抗性の育種 北海道の林木育種 16 (1) : 30-34
畠山末吉 藤谷光紀 梶 勝次. 久保田泰則 1975 トドマツの産地と寒害抵抗性 86 回日林講
166-168
久保田泰則 1965 トドマツの地域性について 76 回日林講 249-251
————— 1968 トドマツの地域性について (II) 79 回日林講 163-164
MATSUURA, T. and K, I. SAKAI 1972 Geographical variation on an isozyme level in *Abies sachalinensis*. IUFRO GENETIC-SABRAO joint Symposia, Tokyo, A-9 (V) 1-9
岡田 滋. 酒井 昭. 向出弘正 1972 トドマツ苗木の産地特性について (V) トドマツ苗木の産地による生育期間の差 日林誌 52 (12) : 357-361
札幌管区气象台 1973 改訂版 北海道の気候 283P 日本気象協会北海道本部, 札幌
柳沢聰雄 1965 トドマツ球果の形態的変異とその地域性 北海道の林木育種 (8) : 8-25

Summary

Observations were made on variation in snow damage among grafted clones of *Abies sachalinensis* of 15 provenances and open pollinated progenies of *Abies sachalinensis* of 8 provenances.

The materials were selected from natural forests in Hokkaido. The grafted clones and open pollinated progenies were planted at the Experimental Forest of the Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido, in 1962 and 1965, respectively.

In 1977, a severe snow damage was recorded. The trees from the districts along the Pacific Ocean coast, where there are little snow covers, were seriously damaged, while those from the Sea of Japan coast and northern part of the Sea of Okhotsk coast and their inland sides, where there are heavy snow covers, were damaged less seriously.

It was concluded that the climate of little snows in winter in the Pacific Ocean side regions do not favour the development of snow hardiness, as compared with the climate of heavy snows in the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk coast regions. The proper selection of provenances would be helpful in reducing snow damage in *Abies sachalinensis* plantations.

Trees from the Sea of Japan, northern part of the Sea of Okhotsk coast regions and their inland provenances are generally taller than those from the Pacific Ocean side provenances in total height.

While the number of branches per whorl indicated reversal tendencies with the total height. Significant positive correlation between the snow hardiness and the total height and negative

correlation between the snow hardness and the number of branches per whorl were observed.