

関東育種基本区におけるスギ気象害抵抗性個体の通常検定結果 ——寒風害抵抗性検定林の調査結果による抵抗性の評価——

田淵和夫¹⁾・藤澤義武²⁾

Kazuo TABUCHI¹⁾ and Yoshitake FUJISAWA²⁾

A result of clonal tests for a selection of resistible *Cryptomeria japonica* D. Don individuals to freeze dehydration in the winter conditions of the Kanto breeding region.

要旨：気象害抵抗性育種事業で設定した寒風害抵抗性検定林の5年生時までの被害調査の結果に基づき、抵抗性クローンを確定した。解析に用いた検定林は、前橋営林局管内2箇所、東京営林局管内1箇所の計3箇所である。これらは、気象害抵抗性として国有林内より選抜した抵抗性候補クローンに加え、評価の基準として埼玉県が抵抗性としたクローンを植栽している。

各検定林において、クローン間の分散寄与率が最も高い年次の平均被害指数によって抵抗性を評価した。また、3検定林を込みにした分散分析によって、交互作用分散が小さく、3林分の調査結果を統合して評価できることがわかった。このことによって、254クローンを検定できた。その結果、得られた被害指数のクローン平均値によって抵抗性を順位付けした。埼玉県選抜の抵抗性クローンを基準として38クローンを抵抗性として選定した。さらに、11クローンは凍結実験の結果においても上位にランクされており、これらは凍害、寒風害に対して複合的に抵抗性を持つことが期待できる。

1 はじめに

昭和30年代後半頃より、北関東や東北の寡雪地帯を中心として冬季間の低温や寒風によって造林地の幼齢木が枯死したり新梢が褐変したりする被害が頻発した^(堀内：1965, 1969, 1976, 古川：1968)。また、東北や北陸、山陰の多雪、豪雪地帯では積雪の圧力によって幹が大きく曲がるなどの被害を受け、そのために木材としての商品価値を著しく損なった林分が目立つようになった^(酒井：1982)。このような厳しい気象条件が原因となった被害が多発するようになった

1) 林木育種センター西表熱帯林育種技術園

〒907-1433 沖縄県八重山郡竹富町南風見仲36-5

Forest Tree Breeding Center Iriomote Toropical Tree Breeding Technical Garden 36-5 Haeminaka, Taketomi, Yaeyama, Okinawa 907-1433 Japan

2) 林木育種センター

〒319-1301 茨城県多賀郡十王町伊師3809-1

Forest Tree Breeding Center 3809-1 Ishi, Juo, Taga, Ibaraki 319-1301 Japan

たのは、先の大戦後の国土復興に資することを目的とした「拡大造林」が進展したと関係が深いものと考えられた。拡大造林によってより標高が高い、あるいは降雪量の多い等これまで人工林に不適と考えられた地帯にまで植林を進めたことが原因であるとされたのである^(徳重他:1962, 酒井他:1963, 田淵:1984, 1986)。また、当時は伐採作業の効率を向上させるために大面積の皆伐が行われており、このことも被害の発生を助長したと考えられた^(徳重他:1962)。

こうした寒さや積雪による造林地の被害は「気象害」として社会的にも重大な問題としてとらえられ、国や地方の議会にも取り上げられるに至った^(堀内:1965)。このため、林野庁ではいくつかの対応策の一つとして、昭和45年より「気象害抵抗性育種事業」を発足させた。本事業は、気象害を発生させるような厳しい環境にも適応できる種苗の育成を目的とするものであった。

事業の流れは次のとおりである。寒さや雪による激害発生地から健全個体を抵抗性候補個体として選抜する。候補個体をクローン増殖したうえで抵抗性を検定し、抵抗性個体を確定する。なお、寒さの害はその発生機構の違いによって「寒風害」と「凍害」に区分するべきであるとされる^(酒井:1966, Levitt:1978)。そのため、本育種事業では寒さの害を発生メカニズムから凍害と寒風害に区分することになっている。検定にあたっては、被害現地に抵抗性候補クローンを植栽する「現地検定」と、施設を用いた間接的な手法によって被害を再現する「特殊検定」を組み合わせることで効率的に作業を進めることになっていた。

ところで、関東育種基本区では北関東育種区、中部山岳育種区の一部を除き、寒さの害が気象害の大半を占める。寒さの害のうち、凍害の抵抗性については切り枝の凍結実験法に基づいた特殊検定法が確立しており^(堀内:1976, 島村他:1974, 1982, 小山:1983, 藤澤・田淵:1984, 藤澤:1986)、この手法によって抵抗性候補個体の検定が終了している^(藤澤・田淵:1988)。しかし、寒風害については有効な特殊検定法が確立しないこと^(藤澤:1985)、国有林の経営方針の変化によって現地検定の適地が得られ難くなったことなどによって検定が進展しなかった。とくに、スギは多くの寒風害抵抗性候補個体が選抜されていることから、検定が急がれていたところである。

本報告は国有林から選抜したスギ寒風害抵抗性候補個体の抵抗性検定を目的とし、現地検定の調査データを解析した結果からその抵抗性を評価するものである。

2. 検定林の概要と調査要領

2. 1 検定林の概要

関東育種基本区内の国有林に設定したスギ寒風害抵抗性検定林の位置を図1に示した。図1からわかるように、寒風害抵抗性検定林は群馬県の山間部、福島県、茨城県の阿武隈山系に集中している。これは、寒風害の被害発生程度が「中」程度と予測される地帯、あるいは被害の常襲地に検定林を設定することと「気象害抵抗性育種事業実施要領」に規定されていたことによる。すなわち、関東育種基本区内の寒風害発生地域は北関東の山間部で北向きの斜面、阿武隈山系の北向き斜面が寒風害の頻発地帯であった^(堀内:1963, 1969)。一方、中部山岳育種区は寒風害発生が予測される海拔の高い地域が多いにもかかわらず、スギの気象害抵抗性検定林は設定されていない。これは、営林局との業務分担にかかる諸事情による。

前橋営林局管内に設定したスギの寒風害抵抗性検定林の概要を表1に、東京営林局管内に設定したスギの寒風害抵抗性検定林の概要を表2に示した。表1、表2に示したいずれ検定林においても、特定のクローンが特定の

環境に偏って植栽されることがないように配慮がなされている。すなわち、関東育種基本区の一般次代検定林のような列状プロット植栽ではなく、寒風害抵抗性検定林では全ての検定木をランダムに配置する単木混交法にしたがって設定されている。検定材料は抵抗性候補個体のクローンと精英樹のクローンであり、これらはさし木によって増殖された。対照は設定営林署で一般的に造林されている実生苗である。また、抵抗性候補クローンで設定した耐寒風前橋営8, 9, 10号, 耐寒風東京営10, 11, 13号には対象として一般の実生苗に加え、寒風害抵抗性の基準となる埼玉県が選抜した抵抗性クローンを共通に植栽した。なお、当該国有林で一般的な植栽密度、保育の基準によって設定、管理されている。

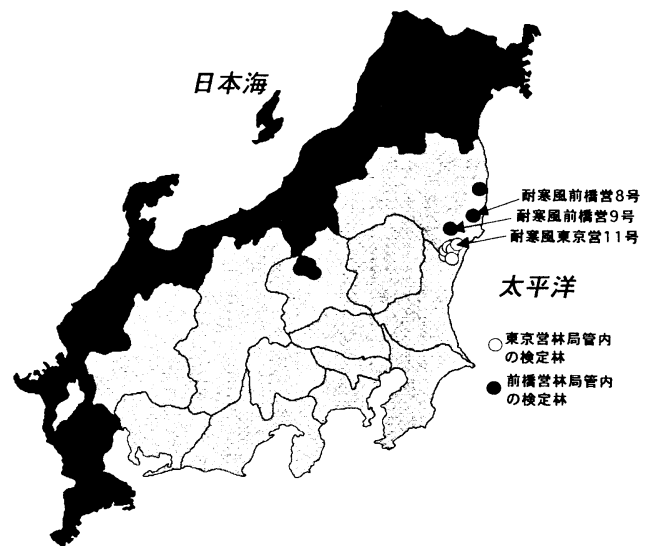


図1. 関東育種基本区内に設定した気象害抵抗性検定林の位置

2. 2 調査方法

調査は「気象害検定実施要領」にしたがい、被害による樹体の褐変が明らかになる春季から初夏にかけて実施した。調査は設定当年から5年生まで連年に調査を実施しているが、一部の検定林では被害発生時に適宜実施し

表1. 前橋営林局管内に設定したスギの寒風害抵抗性検定林の概要

検定林名	設定所在地	管理営 林署名	面積 (ha)	設定年	植栽クローン、家系数	植栽本数	設計型式	標高 (m)
関耐寒風前橋営1	群馬県吾妻郡高山村	中之条	0.15	昭和48	精(C)18、雄(C)1、♀(S)1	600	単木混交3回反復	930
関耐寒風前橋営2	群馬県吾妻郡吾妻町	中之条	0.19	昭和48	精(C)10、雄(C)1	450	単木混交3回反復	1080~1100
関耐寒風前橋営3	群馬県吾妻郡吾妻町	中之条	0.20	昭和49	精(C)9、♀(S)1	600	単木混交3回反復	1160~1180
関耐寒風前橋営4	群馬県吾妻郡吾妻町	中之条	0.27	昭和51	精(C)16、♀(S)1	780	単木混交3回反復	900
関耐寒風前橋営5	群馬県吾妻郡吾妻町	中之条	0.27	昭和52	精(C)17、♀(S)1	780	単木混交3回反復	730
関耐寒風前橋営7	群馬県吾妻郡東村	中之条	0.27	昭和56	雄(C)27、♀(S)1	726	単木混交3回反復	1100
関耐寒風前橋営8	福島県いわき市四倉町	平*	0.79	昭和58	雄(C)149、♀(S)1	3,306	単木混交3回反復	620~650
関耐寒風前橋営9	福島県東白川郡鮫川村	棚倉	1.16	昭和60	雄(C)135、♀1	3,155	単木混交3回反復	550~740
関耐寒風前橋営10	福島県双葉郡浪江町	浪江	1.09	昭和62	雄(C)103、♀(S)1	2,902	単木混交3回反復	540~570

凡例： 精：精英樹クローン、雄：抵抗性候補個体クローン、♀：在来種苗、C：さし木、S：実生
注）*：現在、いわき営林署

表2. 東京営林局管内に設定したスギの寒風害抵抗性検定林の概要

検定林名	設定所在地	管理営 林署名	面積 (ha)	設定年	植栽クローン、家系数	植栽本数	設計型式	標高 (m)
関耐寒風東京営1	茨城県久慈郡里美村	高萩	0.24	昭和47	精(C)17、♀(C)1	1,074	単木混交3回反復	640~680
関耐寒風東京営2	茨城県高萩市	高萩	0.27	昭和49	精(C)9、♀(S)1	600	単木混交3回反復	690
関耐寒風東京営3	茨城県高萩市	高萩	0.26	昭和51	精(C)13、♀(S)1	810	単木混交3回反復	680
関耐寒風東京営4	茨城県高萩市	高萩	0.26	昭和51	精(C)12、♀(S)1	779	単木混交3回反復	680~740
関耐寒風東京営5	茨城県久慈郡里美村	大子	0.21	昭和53	精(C)17、雄(C)5、♀(S)1	600	単木混交3回反復	800~850
関耐寒風東京営6	茨城県高萩市	高萩	0.43	昭和54	雄(S)28、♀(S)4	1,246	単木混交3回反復	660
関耐寒風東京営7	茨城県久慈郡里美村	大子	0.23	昭和54	雄(C)19、♀(S)1	600	単木混交3回反復	720~750
関耐寒風東京営8	茨城県北茨城市	高萩	0.21	昭和56	精(C)16、(S)1、♀(S)1	555	単木混交3回反復	810
関耐寒風東京営9	茨城県久慈郡里美村	大子	0.26	昭和57	雄(C)22、♀(S)1	720	単木混交3回反復	850
関耐寒風東京営10	茨城県北茨城市	高萩	0.39	昭和58	雄(C)100(S)、♀(S)1	1,071	単木混交3回反復	1100
関耐寒風東京営11	茨城県高萩市	高萩	0.68	昭和60	雄(C)102、♀(S)1	1,860	単木混交3回反復	850
関耐寒風東京営13	茨城県北茨城市	高萩	0.57	昭和62	雄(C)102、♀(S)1	1,993	単木混交3回反復	850

凡例： 精：精英樹クローン、雄：抵抗性候補個体クローン、♀：在来種苗、C：さし木、S：実生

表 3. 被害の程度を表す 2 種の被害指数

被害 指数	被害 の 区分	被害の状態	被害 指数	被害 の 区分	被害の成長への影響
0	無被害		1	無被害	
1	芽枯れ	葉の先端のみが枯死	2	微害	当年度成長への影響が小さい
2	枝枯れ	主軸を除いた枝の1/2から1/3が枯死	3	中害	被害当年の正常な成長は困難
3	頂端枯れ	主軸の1/2から1/3が枯死	4	激害	正常な成長が困難
4	上半枯れ	主軸を含む全体の1/2以上が枯死	5	枯死	
5	全枯れ				

たばあいもある。被害の程度は「気象害検定実施要領」に定められた被害の程度と被害の型を示す指数によって評価することになっている（林木育種協会:1980）。本要領では、当初健全を1 枯死を5とする被害指数によって抵抗性を評価することになっていたが、平成元年より健全を5、枯死を1とした健全指数によって評価することに変更された。しかし、関東育種基本区では平成元年に変更通知を出した以降でも、無被害を1、枯死を5とした被害程度の指数と、健全から枯死にいたる被害の形態を0から5までの6段階で示した指数にしたがって調査するばあいが多かった。それらの指数と被害の程度、被害の形態を表3に示した。このため、本研究報告ではすべての調査結果について、表3に示した指数評価に統一して解析することにした。よって、表3とは異なった指数にしたがって調査された結果については表3の指数に変換した。

2. 3 統計的解析方法

分散分析には栗延が開発した最小自乗法にもとづいたパーソナルコンピュータ上で動作する分析ソフトを用いた（栗延:1987）。この解析ソフトは式1に示したモデルにしたがって、複数の検定林のデータをあわせて解析するものである。また、クローンごとの供試数に偏りがあっても分散分析を行うことができ、しかも、クローン平均値の最小自乗推定値を算出することができる。なお、実際の解析にはより多くの系統数を解析できるように宮浦によって改良されたソフトを使用した（宮浦:1998）。

式 1

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Y: 測定値, i: 検定林番号, j: ブロック番号, k: クローン番号, μ : 検定林の効果, γ : クローンの効果, $\alpha\beta$: 検定林とブロックの交互作用, $\alpha\gamma$: 検定林とクローンの交互作用, ϵ : 誤差

3 結果と考察

3. 1 取りまとめに用いた検定林

表1, 2に示したように関東育種基本区内の国有林には前橋営林局管内, 東京営林局管内に合わせて21箇所のスギの寒風害抵抗性検定林が設定された。しかし、寒風害抵抗性候補クローンで設定した検定林は前橋営林局管内3箇所, 東京営林局管内4箇所の計7箇所であり、前橋営林局管内で6箇所, 東京営林局管内で8箇所, 計14箇所は精英樹等のクローンで設定されている。また、これら14箇所の検定林は検定林間で共通に植栽したクローン

も少なく、このため、複数の検定林を統合して解析することが難しい。一方、効果的に抵抗性を検定するためには厳しすぎず、軽すぎない適度な寒風害が発生しなければならない^(明石他:1972, 田淵:1976, 堀内:1976, 伊藤・橋内:1981, 藤澤:1988, 藤澤・田淵:1988, 藤澤・田島:1988)。

この点において、東京営林局管内に設定した検定林は同じ阿武隈山系に設定された前橋管内の検定林にくらべて比較的温暖であり、被害発生を見ないばかりが多かった。また、耐寒風前橋営 10 号検定林は植栽後の乾燥によって苗木の活着率が極めて低く、生存本数が少ない。

21箇所の検定林について、すべてのデータを入力後、被害程度について予備的な解析を行った。その結果に基づき、適度な被害発生が見られたこと、できるだけ数多くの検定林を統合して解析できることなどを基準として検討を加えた。複数の検定林を統合する必要性を認めたのは、特定の地域だけに適用できる抵抗性ではなく、より普遍的に広い範囲で適用できる抵抗性を備えた個体を選抜するためである。その結果、前橋営林局管内では耐寒風前橋営 8 号検定林（以後関前 8 号とする）、耐寒風前橋営 9 号検定林（以後関前 9 号とする）、耐寒風東京営 11 号検定林（以後関東 11 号とする）の 3 箇所が抵抗性個体選抜のための解析材料として適当であると判断した。なお、解析に用いた 3 箇所の検定林の位置は図 1 に矢印で表示した。

3. 2 抵抗性の評価法

解析対象とした 3 箇所の検定林は、1 年生時から 5 年生時まで毎年被害を受けたが、枯死に至るものは少なかった。このため、5 年生時点での苗木の生存率は関前 8 号が 97.5%、関前 9 号が 88.5%、関東 11 号が 90.9% といずれの検定林も高い値を示し、補植、改植の必要性が全くない状況にあった。また、クローンごとの生存率には有意差が認められないだけでなく、枯死個体の多くは植栽当年に夏期の乾燥害などによって発生したものである。このことから、健全率もしくは生存率ではなく被害指数によって抵抗性を評価することとした。指数データは指数と指数が表す量との間に直線関係がないばかり、一般的な統計的手法による解析を適用することはできない。とくに被害の程度と指数の関係の間に部分的な逆転があると致命的な過誤をまねくおそれがある。この点において、寒風害の被害程度を同様の被害指数で評価した酒井らは被害の経過観察の結果と被害指数による評価とを比較検討し、被害指数によって寒風害の被害の程度を妥当に評価できたことを報告している^(酒井ら 1963)。また、指数などの離散数であってもデータ数が 20 程度あれば離散数でも連続数として扱って問題はないとされる^(明石:1978)。これらによって、被害指数に統計処理を加えることで抵抗性を評価することとした。さらに、指数値は Anscombe の変換^(Anscombe:1948)を加えることによってより正規分布に近づくとされる。本報告で用いたデータについて Anscombe の変換の効果を検討した結果、データはもともと正規分布に近いために変換による効果が明確ではなかったことを明らかにしている^(藤澤・田淵:1988)。よって、特定の変換はおこなわずに指数値そのものを解析に供することとした。

一方、本育種基本区では被害程度を 2 種の指数によって調査している。被害程度を 5 段階に分けた指数

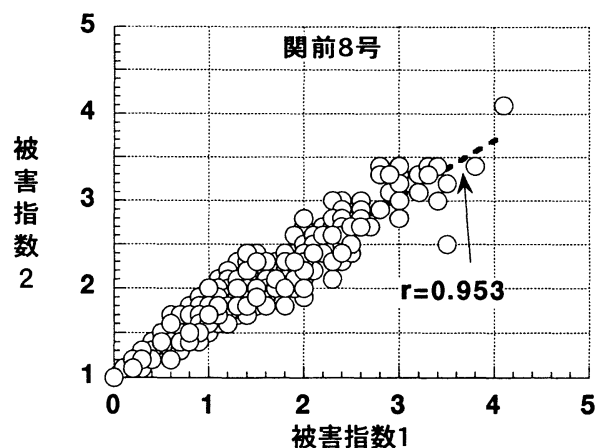


図 2-1. 耐寒風前橋営 8 号検定林における被害指数 1 と被害指数 2 の相関関係

と被害の型によって程度を6段階に分けて示す指数の2種である。両者はいずれの検定林においても極めて高い正の相関関係を示した。その1例として各検定林の3年生時の被害調査の結果における2種の被害指数の相関関係を個体単位の調査結果で示したのが図2-1から2-3である。これらの図に示したとおり、関前8号では $r=0.953$ 、関前9号では $r=0.985$ と高い正の相関関係が認められる。また、関東11号においても高い正の相関関係が認められたが $r=0.847$ と相関係数は関前8号、9号より若干低い値であった。関前8、9号にくらべて関東11号は被害程度が軽いので、このことが関係したものと推測された。このように、2種の被害指数の間には高い正の相関関係が認められた。よって、2種の被害指数の双方によって抵抗性を評価する必要がないことは明らかであり、被害程度を5段階に分けた指数から抵抗性を評価することとした。なお、解析の対象とした3検定林は、関前8号と関東11号が5年生時までの毎年、関前9号は1、3、5年生時の3回の調査結果がある。

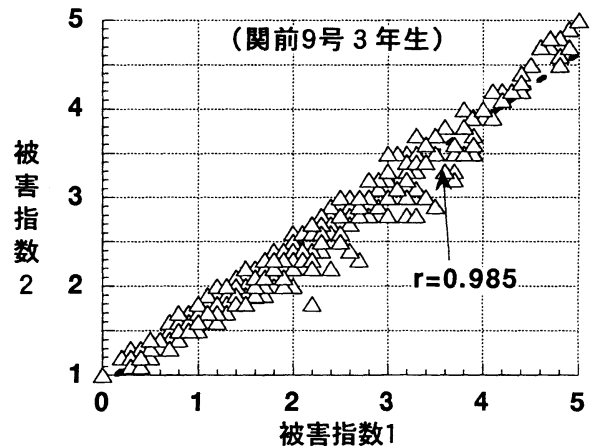


図2-2. 耐寒風前橋宮9号検定林における被害指数1と被害指数2の相関関係

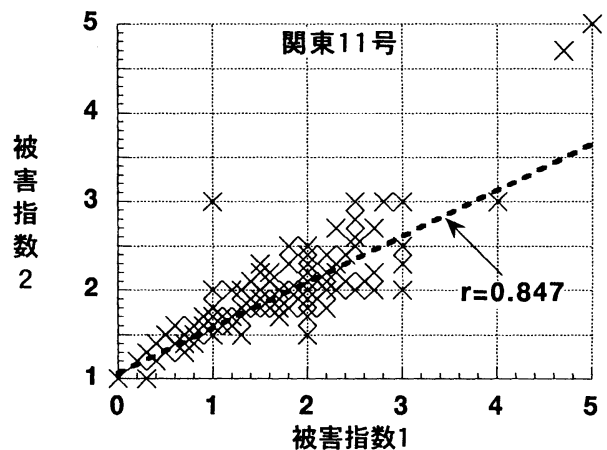


図2-3. 耐寒風東京宮11号検定林における被害指数1と被害指数2の相関関係

3. 3 取りまとめに用いたデータの各検定林ごとの調査年

被害を受けなくなった林齢までの累積した評価によってより実用的な抵抗性個体を選抜することが期待できる。この点において、生存率は調査した年度までの被害の累積結果とみなせる。しかし、前項に示したとおり、生存率にはクローン間の有意差が認められなかった。連年の被害を累積して評価する試みとして、検定林毎、調査年次毎にクローン毎の平均値の偏差値を算出し、それらの合計によって抵抗性を評価した例が報告されている(吉村:1985)。この手法によると、複数検定林における複数年の平均として抵抗性を評価できるが、検定林毎のクローン構成の違い、検定林とクロンの交互作用による結果の歪みを含む。一方、クローン間比較の精度が最も高い年度の調査結果のみから抵抗性を評価すれば良いとする報告がある(藤澤・田淵:1988)。単年度の調査結果に基づいて解析するばあい、被害による枯死が発生すると感受性の個体が検定集団から除去され、より抵抗性の高い集団に移行してしまう。このことは、毎年の調査結果が年度によるくり返しではなく、集団の遺伝子の構成が異なった別の集団を検定する危険性があることを意味する。ところで、解析に用いた検定林は枯死個体数が少ないだけではなく、枯死の多くは植栽当年に発生しており、寒風害以外の要因によることは明らかであった。よって、こうした危険性は無視できるものと考えた。また、5年生時まで被害指数の年次の相互間の相関関係を分析した結果、5年生時を除き、比較的高い正の相関関係を認めたことが報告されている(藤澤・田淵:1988)。以上の結果から同一の検定材

料を5年間の間くり返し検定したものとみなし、最も比較精度の高い年度の調査結果をもって抵抗性を評価することとした。

図3は各検定林の年度ごとの被害指数の全平均値の推移を示したものである。図3に示したように、被害の推移には一定の傾向があった。関前9号と関東11号は2年生もしくは3年生まで被害程度が重くなったのち、軽くなっていく傾向にあり、関前8号は1年生時が最も被害が激しく、それ以降、順次被害が軽減していく傾向にあった。これは1年生時の被害程度に検定林ごとの大きな差があったものの、全体の傾向としては5年生時にむかって被害が軽減する傾向にあったといえよう。すなわち、被害は林分の加齢とともに軽減する傾向にあることがわかった。また、3年生時までの被害の差から各検定林の環境の差異によっても被害程度は変化すると考えられた。すなわち、関前8号は連年に寒風害を受けるような環境にあり、関前9号と関東11号

とは、年によってはあまり厳しい環境ではなかったことが推測された。図4には各検定林の樹高測定値の全平均値の経年変化を示したが、関東11号の樹高成長は関前8号、9号よりも明らかに良かった。構成クローンの違いもあるので一概には言えないが、このことも関前8号、9号と関東11号との間に大きな環境の差があったことを推測させるものである。

このように、各検定林ともに3年生時までに最も厳しい被害を受け、しかもそれらの年次の林分ごとの平均被害指数は2.1から2.6であった。これらの平均値は中程度もしくはそれよりやや軽い被害を受けたことを示すものであった。実施要領では中程度の被害を受けるような林分で抵抗性を検定するように規定しており、これに近い条件で検定したとも言えよう。いずれにしても、これらは最適の検定結果が2年生時から3年生時に得られたことを示唆するものである。

検定林別に年度ごとの測定結果の分散分析を行い、クローン間の分散寄与率の経年変化を図5に示した。ここに示したとおり、クローン間の分散寄与率は2から3年目で最大値を示した。これは、図6に示した樹高における同様の分散寄与率の経年変化においてク

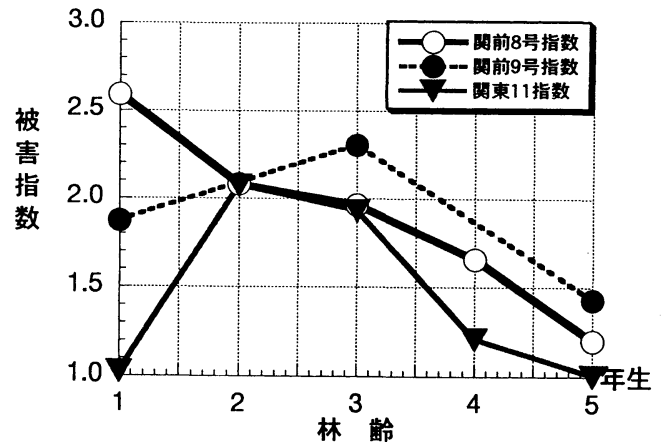


図3. 検定林別の平均被害指数の経年変化

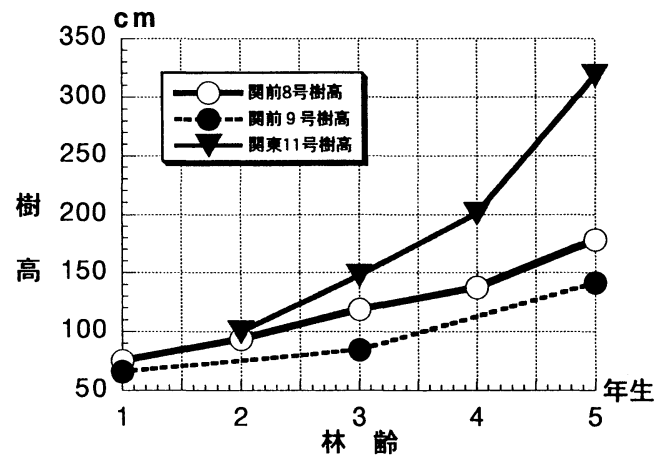


図4. 検定林別の平均樹高の経年変化

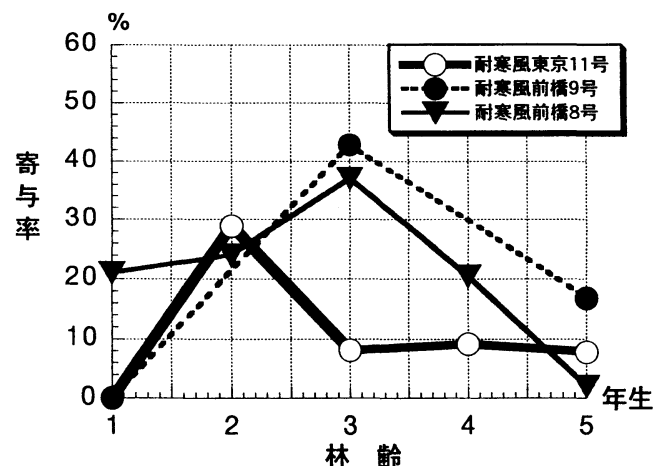


図5. 被害指数における検定林別のクローン間の分散寄与率の経年変化

ローン間の分散寄与率が加齢とともに高まったのとは対照的な結果であった。図5において関前9号、関東11号では、分散寄与率の最大値を示した年次は最も厳しい被害を受けた年次と一致した。しかし、関前8号では加齢とともに被害が順次軽減する傾向にあったものの、クローン間の分散寄与率の最大値は3年生時で示された。ただし、2年生時と3年生時はほぼ同じ被害指数であり、また、関前9号、関東11号の最も高い被害指数と同様の値であった。以上の結果から、被害が厳しいほどクローン間の分散寄与率が高まる関係にあることが推測された。図7に3検定林別の年度毎の平均被害指数とクローン間の分散寄与率との相関関係を示した。打点は関前8号と9号の各5年間の測定結果と関東11号の3箇年の測定結果ののべ13箇年の測定結果を示す。図7から平均被害指数とクローン間の分散寄与率の間には明らかな正の相関関係が認められる。このことによって、少なくとも本報告の被害程度までの範囲では、平均被害程度が増すほどクローン間の分散寄与率も高くなると言えよう。一方で関前8号では1年生時に最も厳しい被害を受け、同じく関前9号では1年生時に厳しい被害を受けたのに対し(図4)、両検定林ともに1年生時のクローン間の分散寄与率は低い(図5)。さらに関前8号では2年生時と3年生時の被害指数はほぼ同じであったにもかかわらずクローン間の分散寄与率は2年生時から3年生時に向かって70%増加した(図5)。これらは若齢時の被害には抵抗性に関するクローン特性以外の要因が影響することを示唆するものである。例えば植栽による根の傷み等のクローンの特性とは関係のない事故的な障害や影響などが考えられる(酒井他:1963, 藤澤・田淵:1988)。

以上の結果に基づき、1年生時の調査結果は解析から除外することとし、関前8号、9号検定林では3年生の調査結果、関東11号は2年生の測定結果によって抵抗性を評価することとした。

3. 4 検定林間のデータの相互関係

関前8号、9号が北関東育種区、関東11号が関東平野育種区に区分される地域に位置する。しかし、3検定林は図1に示したように同じ阿武隈山系の比較的隣接した位置関係にある。このことによって、3検定林を合わせて解析できる可能性がある。もし3検定林をあわせて解析できたのであればより多くのクローンを複数の林分で

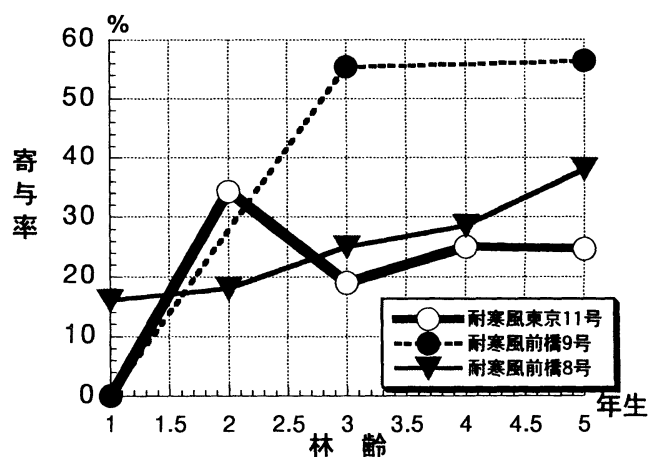


図6. 樹高における検定林別のクローン間の分散寄与率の経年変化

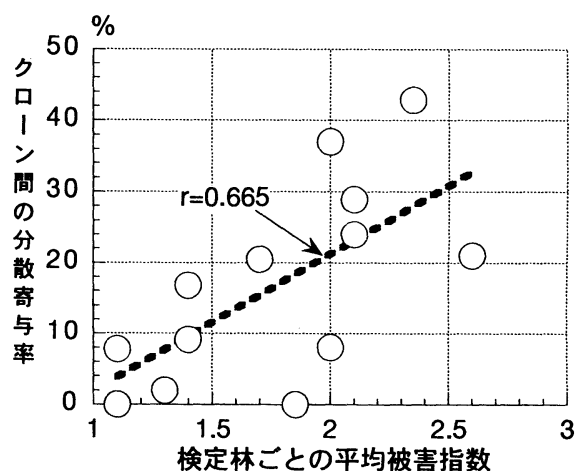


図7. 平均被害指数と被害指数のクローン間寄与率との相関関係

検定できることになり、より信頼性の高い解析結果を期待できる。一方、クローンと林分の交互作用の分散が大きいと複数の検定林をあわせて分散分析することができない^(栗延,1984)。3林分を込みにした分散分析の結果から分散の寄与率を推定し、図8に示した。ここには、被害指数の林分別、年次ごとの分散寄与率が最も高かった年次のデータの組み合わせである関前8号と9号の3年生時と関東11号の2年生時のデータの組み合わせと3検定林ともに3年生時のデータの組み合わせの結果の例を示した。被害指数では関前8号、9号の3年生時と関東11号の2年生時を組み合わせたデータの解析結果の方が3年生時のデータのみを組み合わせた解析結果よりも交互作用の分散寄与率は小さく、クローン間の分散寄与率は大きかった。しかし、樹高について同様の寄与率を示した図9では対照的な結果となった。すなわち、同じ年次のデータの組み合わせの方が交互作用分散寄与率は小さく、クローン間の分散寄与率が大きかった。これらの結果は被害指数では最もクローン間の寄与率が高い年度の組み合わせでより良い結果が得られることを示すとともに、年度毎の被害の差とクローンとの間の交互作用が樹高のばあいよりも小さいことを示唆するものである。

これらの結果から、関前8号、9号の3年生時の被害指数と関東11号の2年生時の被害指数を込みにして解析することとした。

3. 5 3箇所の検定林の調査結果に基づいた抵抗性の評価

表4. 3検定林をあわせた分散分析の結果

変動因	自由度	樹高			被害指数		
		平均平方	F値1	F値2	平均平方	F値1	F値2
検定林	2	77954.79	263.70		7.15	35.51	
検定林内反復	6	1167.68	7.66		17.67	85.86	
クローン間	253	933.70	2.60**	1.60**	1.04	3.32***	1.82**
クローン×検定	132	584.40	1.63*		0.57	1.83**	
誤差	731	358.59			0.31		

注)関前8号、9号は3年生時、関東11号は2年生時の測定結果
凡例)*:5%水準で有意、**:1%水準で有意、***:0.1%水準で有意

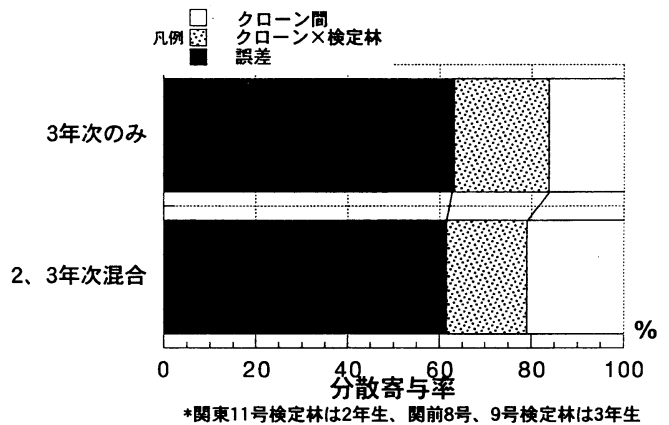


図8. 3検定林をあわせた分散分析の結果による被害指数の分散成分

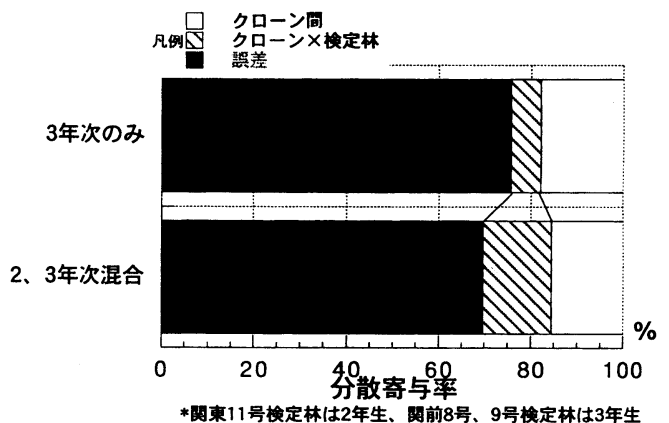


図9. 3検定林をあわせた分散分析の結果による樹高の分散成分

関前8号、9号の3年生時の調査結果と関東11号検定林の2年生時の調査結果を込みにして分散分析を行った結果を表4に示した。表4から明らかなようにクローンと検定林との交互作用は有意であったが、その交互作用の平均平方によって検定してもクローン間に有意差が認められた。なお、表中に表記したようにF値1は誤差の平均平方によってそれぞれの変動因の分散を検定しており、F値2は交互作用の平均平方によって検定した結果である。同時に被害指数のクローン平均値を最

小自乗法によって推定し、その結果を表5に示した。表4の分散分析の結果の交互作用の平均平方から算出したLSD^(明4:1972)は0.184なので、表中の平均被害指数の差が0.184を越えるクローンの間には、統計的に有意な抵抗性の差があるとみなせる。これらの結果に基づいて抵抗性クローンを選抜した。

平均被害指数の頻度分布を図10に示した。図10で被害指数の小さい方が高い抵抗性を期待できる。図10には対照の地スギと埼玉県が選抜した抵抗性クローンの平均値を縦の直線で併示した。図10からわかるように、地スギの抵抗性は候補クローンにくらべて低かった。ただし、

検定クローン群がさし木苗であるのに対し、対照は実生苗である。さし木苗は実生苗に比較して寒さの害に強いことが報告されているので^(貴田・古川:1968)、このことが影響し、抵抗性候補クローン群の抵抗性を過大に評価したおそれがある。よって、実生の地スギを対照としたことが不適であったことは否めない。一方、埼玉県の抵抗性クローンは抵抗性候補個体の全平均を上回り、高い抵抗性を示した。埼玉県選出のクローンは関前8号、9号、関東11号ともに共通に植栽されているので、これを基準にすることによって妥当な結果を得ることができる。そこで、基準となる埼玉県の抵抗性クローンの平均値2.1からLSD値の0.184以上下回るクローンを抵抗性クローン

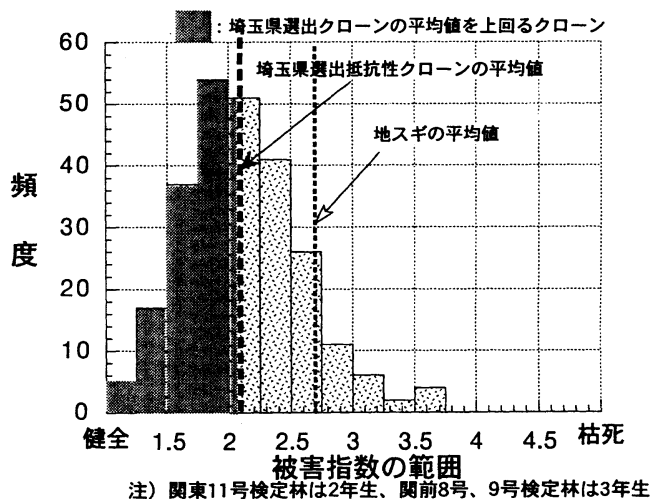


図10. 3検定林をあわせた解析結果による平均被害指数の頻度分布

表6. 寒風害抵抗性として選抜したクローンの一覧表

順位	クローン名	平均被害指数	樹高	順位	クローン名	平均被害指数	樹高
71 ☆	耐寒風前橋営3	1.8	98.3	88	耐寒風前橋営138	1.9	99.3
99	耐寒風前橋営5	1.9	97.0	89	耐寒風前橋営139	1.9	127.1
59 ☆	耐寒風前橋営13	1.7	114.1	65	耐寒風前橋営151	1.8	97.0
94 ☆	耐寒風前橋営14	1.9	87.6	90	耐寒風前橋営156	1.9	125.0
72 ☆	耐寒風前橋営16	1.8	114.8	23	耐寒風前橋営160	1.5	109.0
49	耐寒風前橋営24	1.7	102.9	79	耐寒風前橋営161	1.8	105.5
75	耐寒風前橋営37	1.8	88.6	12	耐寒風前橋営165	1.4	117.1
28 ☆	耐寒風前橋営44	1.6	107.0	66	耐寒風前橋営166	1.8	138.5
14	耐寒風前橋営49	1.4	95.7	30	耐寒風前橋営169	1.6	112.6
73	耐寒風前橋営58	1.8	118.8	54	耐寒風前橋営173	1.7	88.1
51	耐寒風前橋営72	1.7	94.1	95	耐寒風前橋営174	1.9	93.6
19 ☆	耐寒風前橋営73	1.5	103.9	74	耐寒風前橋営176	1.8	95.0
36 ☆	耐寒風前橋営74	1.6	99.3	52	耐寒風前橋営180	1.7	98.8
16	耐寒風前橋営92	1.5	109.0	13	耐寒風前橋営186	1.4	106.1
55 ☆	耐寒風前橋営101	1.7	111.3	57 ☆	耐寒風前橋営224	1.7	96.8
50	耐寒風前橋営102	1.7	111.2	101	耐寒風前橋営227	1.9	108.6
63	耐寒風前橋営103	1.8	109.9	21	耐寒風前橋営235	1.5	84.8
100 ☆	耐寒風前橋営111	1.9	90.1	60	耐寒風東京営13	1.8	107.4
8	耐寒風前橋営112	1.3	99.1	33 ☆	耐寒風東京営73	1.6	106.4

注) ☆: 切り枝の凍結試験によって上位1/2にランクされたクローン: 関東林木育種場年報第19号、54~66、1987

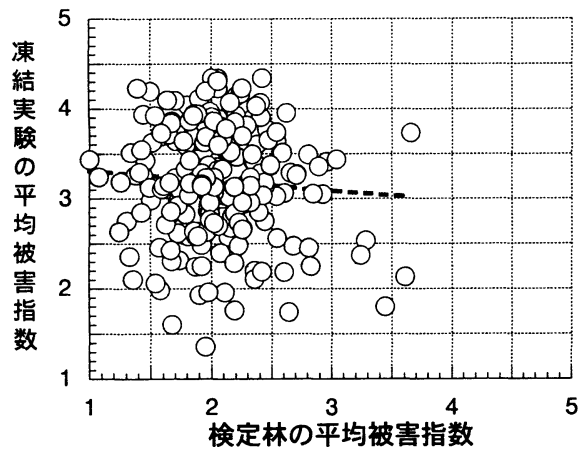


図11. 3箇所の検定林の調査結果を込みにした平均被害指数と切り枝の凍結試験の被害指数との相関関係

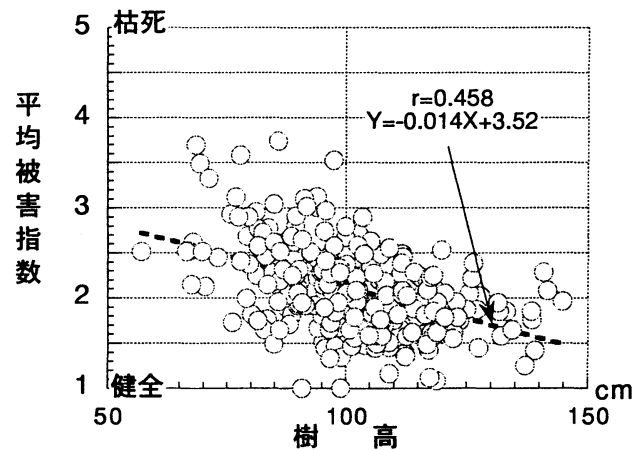


図12. 3林分をあわせて解析した被害指数と樹高それぞれのクローン平均値の相関関係

とした。また、供試回数が少ないと最小二乗推定値の推定精度が低くなるとされる^(栗延:1987)。このことを加味し、埼玉県選抜クロンの平均値を上回り、なおかつ2箇所以上の検定林で供試されたクロンが抵抗性クロンであるとした。これらを総合的に考察した結果によって、耐寒風抵抗性として確定した38クロンを表6に示した。

ところで、図11は今回の推定値と切り枝の凍結実験との相関関係を示しているが、両者には全く相関関係が認められない。切り枝の凍結実験は凍害との相関が高いとされており、両者の間に相関関係が認められなかったことは、寒風害が極端な低温だけで引き起こされるものではないことを示唆する。表6の☆印は凍結実験の結果においても高い抵抗性を示したクロンであり、凍害と寒風害のいわゆる複合被害発生地帯において効果を発揮するものとして期待できる。

今回確定した抵抗性クロンはあくまで寒風害抵抗性の強さに基づいて評価しており、成長量については全く考慮されていない。抵抗性種苗はこれまで成林が難しかったような厳しい環境への適応性が気象害抵抗性育種事業に求められていたからである^(林木育種センター:1980)。しかし、図12に示した被害指数と樹高との相関関係からわかるように、抵抗性を評価した3年生時までは抵抗性の高いクロンほど成長は良かった。これは、抵抗性クロンは被害によって成長をそこなわれることがないために成長が良かったものと推測された。このことから、寒害常襲地では抵抗性クロンに初期成長の良さを期待できる。また、抵抗性クロンに寒風害発生地では高い初期成長を期待できるのであれば下刈り期間の短縮につながり、省力化の面においても有利であろう。

現在は国有林の経営方針の転換によって、抵抗性個体を植栽しなければならないような箇所は造林しないことになった。しかし、今回確定した抵抗性クロンは成長が優良な精英樹に寒風害抵抗性を付与するための交配材料として貴重であるばかりではなく、将来、再度木材増産が要求されたときに重要な役割を果たすことが期待できる。

謝辞

本報告は永年にわたる前橋営林局および各担当営林署、東京営林局および各担当営林署職員の皆様の保育管理、調査に関する永年にわたるご協力の賜であることを明らかにするとともに、関係各位にこの場を借りて厚くお礼を申し上げる。また、データの入力・修正において多大な御助力をいただいた鈴木真紀子さんに対してもあわせて労をねぎらわせていただく。

参考文献

- 1) 明石孝輝・百瀬行男・河野耕蔵：日本林学会誌，54，278～281（1972）
- 2) 明石孝輝：林木育種協会，pp147（1978）
- 3) Anscombe F. J.：Biometrika 35，246～254（1948）
- 4) J. Levitt：Plant Cold Hardiness and Freezing Stress, Academic Press Inc., 416pp, 3～15（1978）
- 5) 藤澤義武・田淵和夫：関東林木育種場年報，16，241～247（1984）
- 6) 藤澤義武：関東林木育種場年報，18，32～37（1985）
- 7) 藤澤義武：第97回日林論，397～398（1986）
- 8) 藤澤義武・田淵和夫：関東林木育種場年報，19，54～66（1987）
- 9) 藤澤義武・田島正啓：関東林木育種場年報，20，43～50（1988）
- 10) 藤澤義武・田淵和夫：第40回日林関東支論，115～116（1988）
- 11) 古川忠：国立林業試験場東北支場年報，9，95～103（1968）
- 12) 堀内孝雄・宮内宏：茨城県林試業務報告（昭和38年度），45～56（1965）
- 13) 堀内孝雄：茨城県林試研報，3，1～39（1969）
- 14) 堀内孝雄・富山操・照山竜雄・青木茂：茨城県林試業報（45年度），126～134（1971）
- 15) 堀内孝雄：茨城県林試研報，10，1～59（1976）
- 16) 伊藤輝勝・橋内雅敏：林木の育種，119，15～17（1981）
- 17) 貴田忍・古川忠：日林東北支誌，19，43～51（1968）
- 18) 小山真澄：群馬県林試 昭和57年度業務報告，1～8（1983）
- 19) 栗延晋：林木育種場研究報告，2，1～60（1984）
- 20) 栗延晋：林木育種場研究報告，5，33～58（1987）
- 21) 宮浦富保：林木育種場研究報告，15，投稿中（1998）
- 22) 林木育種協会：林木育種事業運営要綱，88～113（1980）
- 23) 酒井昭・高樋勇・渡辺富雄：日林誌，45，412～420（1963）
- 24) 酒井昭：日林誌，48，25～27（1966）
- 25) 酒井昭：学会出版センター，469pp（1982）

- 26) 田淵和夫・古越隆信：関東林木育種場年報，11，255～270（1975）
- 27) 田淵和夫：関東林木育種場年報，12，228～234（1976）
- 28) 田淵和夫：95回日林論，301～302（1984）
- 29) 田淵和夫：林木の育種特別号，39～43（1986）
- 30) 鳥屋尾忠之：茶試研報，9，1～72（1974）
- 31) T. Toyao：Plant Cold Hardiness and Freezing Stress, vol. 2, Academic Press Inc., 694pp, 591～604（1982）
- 32) 徳重陽山・日高義実・清原友也：国立林試九州支場研究資料，5，1～33（1962）
- 33) 吉村研介：東北の林木育種，111，1（1985）

表5-1. 被害指数に基づいたクローンの順位付け

順位	クローン 番号	クローン名	供試の有無			平均 被害 指数	樹高
			前8	前9	東11		
1	502	耐凍前橋営2		○		1.0	99.0
2	1011	耐寒風東京営11			○	1.0	90.8
3	1022	耐寒風東京営22			○	1.1	118.8
4	1027	耐寒風東京営27			○	1.1	117.4
5	57	耐寒風前橋営57		○		1.2	109.1
6	1038	耐寒風東京営38			○	1.3	137.1
7	124	耐寒風前橋営124		○		1.3	96.7
9	1102	耐寒風東京営102			○	1.4	112.4
10	64	耐寒風前橋営64	○			1.4	112.2
11	1034	耐寒風東京営34			○	1.4	139.1
15	1050	耐寒風東京営50			○	1.5	127.4
17	218	耐寒風前橋営218		○		1.5	101.2
18	83	耐寒風前橋営83		○		1.5	97.7
20	1055	耐寒風東京営55			○	1.5	116.8
22	238	耐寒風前橋営238		○		1.5	106.4
24	63	耐寒風前橋営63			○	1.5	110.1
25	29	耐寒風前橋営29	○			1.5	95.2
26	71	耐寒風前橋営71		○		1.5	102.1
27	1052	耐寒風東京営52			○	1.6	122.1
29	967	耐寒風埼玉営67	○	○	○	1.6	101.8
31	1010	耐寒風東京営10			○	1.6	132.1
32	1014	耐寒風東京営14			○	1.6	118.1

表5-2. 被害指数に基づいたクローンの順位付け

順位	クローン 番号	クローン名	供試の有無			平均 被害 指数	樹高
			前8	前9	東11		
34	1100	耐寒風東京営100			○	1.6	107.4
35	1105	耐寒風東京営105			○	1.6	104.8
37	23	耐寒風前橋営23	○			1.6	103.8
38	159	耐寒風前橋営159		○		1.6	116.1
39	1009	耐寒風東京営9			○	1.6	117.8
40	1043	耐寒風東京営43			○	1.6	113.8
41	1103	耐寒風東京営103			○	1.6	118.8
42	210	耐寒風前橋営210	○			1.6	122.2
43	1036	耐寒風東京営36			○	1.6	86.0
44	67	耐寒風前橋営67			○	1.7	82.8
45	1004	耐寒風東京営4			○	1.7	100.8
46	1024	耐寒風東京営24			○	1.7	119.1
47	1118	耐寒風東京営118			○	1.7	134.4
48	215	耐寒風前橋営215	○			1.7	96.5
53	971	耐寒風埼玉営71	○	○		1.7	108.0
56	143	耐寒風前橋営143	○			1.7	97.5
58	113	耐寒風前橋営113		○		1.7	76.1
61	1084	耐寒風東京営84			○	1.8	81.4
62	197	耐寒風前橋営197	○			1.8	123.5
64	1111	耐寒風東京営111			○	1.8	107.2

表5-3. 被害指数に基づいたクローンの順位付け

順位	クローン 番号	クローン名	供試の有無			平均	被害
						指数	樹高
			前8	前9	東11		
67	35	耐寒風前橋営35		○		1.8	83.4
68	1023	耐寒風東京営23			○	1.8	123.1
69	1119	耐寒風東京営119			○	1.8	120.4
70	1136	耐寒風東京営136			○	1.8	101.8
76	1030	耐寒風東京営30			○	1.8	80.1
77	1063	耐寒風東京営63			○	1.8	116.4
78	1070	耐寒風東京営70			○	1.8	110.8
80	75	耐寒風前橋営75	○			1.8	120.9
81	969	耐寒風埼玉県69	○	○	○	1.8	97.7
82	1003	耐寒風東京営3			○	1.9	138.4
83	1001	耐寒風東京営1			○	1.9	131.8
84	1082	耐寒風東京営82			○	1.9	118.1
85	39	耐寒風前橋営39	○			1.9	99.2
86	96	耐寒風前橋営96	○			1.9	133.2
87	199	耐寒風前橋営199	○			1.9	97.2
91	1053	耐寒風東京営53			○	1.9	114.1
92	1046	耐寒風東京営46			○	1.9	105.9
93	1123	耐寒風東京営123			○	1.9	95.4
96	1039	耐寒風東京営39			○	1.9	93.4

表5-4. 被害指数に基づいたクローンの順位付け

順位	クロン番号	クロン名	供試の有無			平均被害指数	樹高
			前8	前9	東11		
97	1066	耐寒風東京営66			○	1.9	91.4
98	108	耐寒風前橋営108	○			1.9	89.8
102	1064	耐寒風東京営64			○	2.0	131.4
103	1117	耐寒風東京営117			○	2.0	90.8
104	1075	耐寒風東京営75	○		○	2.0	98.4
105	181	耐寒風前橋営181	○			2.0	122.8
106	187	耐寒風前橋営187	○			2.0	118.8
107	209	耐寒風前橋営209	○			2.0	102.2
108	973	耐寒風埼玉営73	○	○		2.0	85.8
109	913	耐寒風埼玉営13	○			2.0	144.7
110	42	耐寒風前橋営42	○			2.0	102.2
111	114	耐寒風前橋営114	○			2.0	95.5
112	21	耐寒風前橋営21	○	○		2.0	102.6
113	1126	耐寒風東京営126			○	2.0	79.0
114	172	耐寒風前橋営171	○			2.0	112.8
115	89	耐寒風前橋営89			○	2.0	98.1
116	87	耐寒風前橋営87	○			2.0	127.8
117	179	耐寒風前橋営179	○			2.0	116.5
118	1138	耐寒風東京営138			○	2.0	112.7
119	237	耐寒風前橋営237		○		2.0	108.4
120	178	耐寒風前橋営178	○	○		2.0	87.8
121	206	耐寒風前橋営206	○	○		2.0	111.0
122	242	耐寒風前橋営242	○	○		2.0	111.6
123	1045	耐寒風東京営45			○	2.1	100.1
124	147	耐寒風前橋営147	○			2.1	125.5
125	183	耐寒風前橋営183	○			2.1	120.5
126	31	耐寒風前橋営31	○	○	○	2.1	101.4
127	120	耐寒風前橋営120	○	○		2.1	95.6
128	188	耐寒風前橋営188	○	○		2.1	100.6

表5-5. 被害指数に基づいたクローンの順位付け

順位	クロン番号	クロン名	供試の有無			平均被害指数	樹高
			前8	前9	東11		
129	195	耐寒風前橋営195	○	○		2.1	90.0
130	162	耐寒風前橋営162		○		2.1	100.7
131	98	耐寒風前橋営98	○	○	○	2.1	97.9
132	65	耐寒風前橋営65	○	○		2.1	117.2
133	185	耐寒風前橋営185	○	○		2.1	97.0
134	22	耐寒風前橋営22	○	○	○	2.1	108.4
135	1048	耐寒風東京営48			○	2.1	141.8
136	1060	耐寒風東京営60			○	2.1	111.8
137	1110	耐寒風東京営110			○	2.1	102.1
138	45	耐寒風前橋営45	○			2.1	111.2
139	233	耐寒風前橋営233	○			2.1	116.8
140	40	耐寒風前橋営40	○	○	○	2.1	100.8
141	100	耐寒風前橋営100	○	○	○	2.1	102.6
142	34	耐寒風前橋営34		○		2.1	87.1
143	41	耐寒風前橋営41	○	○		2.1	101.4
144	70	耐寒風前橋営70		○	○	2.1	90.1
145	170	耐寒風前橋営170	○	○		2.1	118.1
146	61	耐寒風前橋営61		○		2.1	70.4
147	32	耐寒風前橋営32	○	○		2.1	108.1
148	144	耐寒風前橋営144	○	○		2.1	95.3
149	1025	耐寒風東京営25			○	2.1	67.5
150	1035	耐寒風東京営35			○	2.2	83.4
151	200	耐寒風前橋営200	○			2.2	96.2
152	118	耐寒風前橋営118	○	○		2.2	112.8
153	207	耐寒風前橋営207	○	○		2.2	117.0
154	48	耐寒風前橋営48	○		○	2.2	108.1
155	11	耐寒風前橋営11	○	○		2.2	90.5
156	20	耐寒風前橋営20	○	○		2.2	107.0
157	214	耐寒風前橋営214		○		2.2	86.1
158	1044	耐寒風東京営44			○	2.2	126.1
159	7	耐寒風前橋営7	○	○		2.2	115.5
160	167	耐寒風前橋営167	○	○		2.2	102.1

表5-6. 被害指数に基づいたクローンの順位付け

順位	クロン番号	クロン名	供試の有無			平均被害指数	樹高
			前8	前9	東11		
161	46	耐寒風前橋営46		○		2.2	94.1
162	601	耐雪前橋営1		○		2.2	117.5
163	193	耐寒風前橋営193	○	○		2.2	115.3
164	84	耐寒風前橋営84		○		2.2	81.1
165	1042	耐寒風東京営42			○	2.3	88.8
166	1137	耐寒風東京営137			○	2.3	118.1
167	79	耐寒風前橋営79	○			2.3	89.5
168	975	耐寒風埼玉営75	○			2.3	96.7
169	976	耐寒風埼玉営76	○			2.3	105.7
170	135	耐寒風前橋営135	○	○		2.3	111.5
171	163	耐寒風前橋営163	○	○		2.3	84.6
172	82	耐寒風前橋営82			○	2.3	85.8
173	1026	耐寒風東京営26			○	2.3	98.8
174	4	耐寒風前橋営4	○	○		2.3	140.8
175	205	耐寒風前橋営205	○			2.3	114.2
176	2	耐寒風前橋営2	○	○		2.3	104.5
177	146	耐寒風前橋営146	○	○		2.3	94.8
178	76	耐寒風前橋営76	○		○	2.3	104.6
179	157	耐寒風前橋営157	○	○		2.3	95.1
180	1005	耐寒風東京営5			○	2.3	86.8
181	1041	耐寒風東京営41			○	2.3	90.1
182	55	耐寒風前橋営55		○		2.3	98.1
183	505	耐寒風前橋営5		○		2.3	98.7
184	51	耐寒風前橋営51	○	○		2.3	86.3
185	126	耐寒風前橋営126	○			2.3	105.1
186	150	耐寒風前橋営150	○	○		2.4	79.6
187	211	耐寒風前橋営211	○	○		2.4	100.1
188	168	耐寒風前橋営168	○			2.4	111.5
189	1144	耐寒風東京営144			○	2.4	126.4
190	232	耐寒風前橋営232	○	○		2.4	77.8
191	1069	耐寒風東京営69			○	2.4	95.8
192	189	耐寒風前橋営189	○			2.4	99.9

関東育種基本区におけるスギ気象抵抗性個体の通常検定結果

表 5-7. 被害指数に基づいたクロンの順位付け

順位	クロン 番号	クロン名	平均 被害 指数			樹高
			供試の有無	前8	前9	東11
193	10	耐寒風前橋営10	○	○		2.4 89.1
194	128	耐寒風前橋営128	○	○		2.4 94.3
195	50	耐寒風前橋営50	○	○		2.4 102.1
196	158	耐寒風前橋営158	○	○		2.4 95.8
197	1040	耐寒風東京営40			○	2.5 73.1
198	142	耐寒風前橋営142	○			2.5 111.8
199	119	耐寒風前橋営119		○		2.5 83.1
200	194	耐寒風前橋営194	○	○		2.5 100.1
201	1079	耐寒風東京営79			○	2.5 103.8
202	25	耐寒風前橋営25	○			2.5 92.8
203	177	耐寒風前橋営177	○			2.5 107.2
204	36	耐寒風前橋営36	○	○		2.5 111.6
205	27	耐寒風前橋営27		○		2.5 82.7
206	220	耐寒風前橋営220	○	○		2.5 92.6
207	1114	耐寒風東京営114			○	2.5 66.4
208	1121	耐寒風東京営121			○	2.5 57.1
209	1124	耐寒風東京営124			○	2.5 69.8
210	1139	耐寒風東京営139			○	2.5 86.1
211	106	耐寒風前橋営106	○			2.5 66.8
212	90	耐寒風前橋営90	○	○		2.5 97.1
213	212	耐寒風前橋営212	○	○		2.5 103.5
214	130	耐寒風前橋営130	○	○		2.5 119.7
215	504	耐凍前橋営4		○		2.6 109.0
216	240	耐寒風前橋営240	○	○		2.6 97.5
217	245	耐寒風前橋営245	○	○		2.6 81.5
218	1012	耐寒風東京営12			○	2.6 102.4
219	1061	耐寒風東京営61			○	2.6 84.8
220	9	耐寒風前橋営9	○			2.6 85.2
221	97	耐寒風前橋営97	○			2.6 67.8
222	129	耐寒風前橋営129	○	○		2.6 89.1
223	222	耐寒風前橋営222		○		2.6 105.1
224	1016	耐寒風東京営16			○	2.7 90.8

表 5-8. 被害指数に基づいたクロンの順位付け

順位	クロン 番号	クロン名	平均 被害 指数			樹高
			供試の有無	前8	前9	東11
225	0	地スギ	○	○	○	2.7 88.0
226	203	耐寒風前橋営203	○	○		2.7 100.0
227	12	耐寒風前橋営12	○			2.7 79.2
228	192	耐寒風前橋営192	○			2.7 88.5
229	33	耐寒風前橋営33	○	○		2.7 102.6
230	184	耐寒風前橋営184	○	○		2.7 82.5
231	190	耐寒風前橋営190	○	○		2.7 95.5
232	28	耐寒風前橋営28	○	○		2.8 81.4
233	1	耐寒風前橋営1	○	○	○	2.8 83.7
234	19	耐寒風前橋営19	○	○	○	2.8 89.3
235	226	耐寒風前橋営226	○	○		2.8 100.0
236	164	耐寒風前橋営164	○	○		2.9 103.5
237	38	耐寒風前橋営38		○		2.9 79.4
238	507	耐凍前橋営7		○		2.9 77.4
239	213	耐寒風前橋営213	○	○		2.9 89.5
240	208	耐寒風前橋営208		○		2.9 75.7
241	17	耐寒風前橋営17	○	○	○	3.0 81.0
242	1000	耐寒風東京営1	○			3.0 95.7
243	30	耐寒風前橋営30	○	○		3.0 93.8
244	1134	耐寒風東京営134			○	3.0 91.8
245	198	耐寒風前橋営198	○	○		3.0 84.8
246	965	耐寒風埼玉営65	○	○	○	3.1 91.2
247	1059	耐寒風東京営59			○	3.1 76.8
248	216	耐寒風前橋営216	○	○		3.1 94.0
249	94	耐寒風前橋営94	○	○		3.3 71.1
250	8	耐寒風前橋営8		○	○	3.5 69.2
251	217	耐寒風前橋営217	○	○		3.5 97.5
252	1145	耐寒風東京営145			○	3.6 77.8
253	239	耐寒風前橋営239		○		3.7 68.4
254	204	耐寒風前橋営204	○	○		3.7 85.8

A result of clonal tests for a selection of resistible *Cryptomeria japonica* D. Don individuals to freeze dehydration in the winter conditions of the Kanto breeding region.

Kazuo TABUCHI¹⁾ and Yoshitake FUJISAWA²⁾

In this report, authors analyzed data of clonal test stands in the Kanto tree breeding region, which were established to evaluate resistance to the freeze dehydration damage in winter. Data were collected from three test stands established with candidate clones. Two test stands were established in national forests of The Maebashi Regional Forest Office and one test stand was established in a national forest of The Tokyo Regional Forest Office. Each stand included resistible clones authorized with the forestry survey station of Saitama prefecture for a standard of a resistance.

The resistance to freeze dehydration damage in winter was evaluated with damage indices based on observations of degrees of injury at the year which showed the highest percentage of variance in the clones on each stand. An analysis of variance was done for the combined three test stands, and each variance component was calculated according to the expectations of variance. An effect of the interaction between stands and clones about damage indices was statistically significant. But its component of variance was small. Therefore the authors decided to evaluate the resistance based on the result of combine three stands, and we consequently ranked the resistance values of the 254 clones. 38 clones were authorized as resistible clones based on the result. Furthermore 11 of the 38 clones were recognized to maintain a high ability to tolerance to freeze stress in extreme low temperatures in winter. These 11 clones were expected to maintain the resistance to both freezing dehydration and freezing stress at extreme low winter temperature.