

気象害抵抗性育種事業の背景と実施経過

栄花 茂¹⁾・藤澤義武²⁾

Shigeru Eiga¹⁾ and Yoshitake Fujisawa²⁾

Outline of breeding projects for the resistance to climatological damages in Japan.

要旨：昭和20年代に端を発した冬期の低温や乾燥、雪による造林地の被害に対応し、気象害抵抗性育種事業が昭和45年に始まった。本事業では、国有林、民有林を含めた全国的の広い範囲から被害種別に抵抗性個体を選出した。

本事業の実行により、凍害・寒風害抵抗性個体が5,426個体、雪害抵抗性個体が1,970個体、合計7,396の抵抗性個体を選出した。これらの抵抗性個体によって暫定的な抵抗性種苗を供給することを目的とし、57箇所、面積計で92haの採種園、28箇所、面積計で12haの採穂園を造成した。一方、抵抗性を検定するために265箇所、236haの検定林が設定され、抵抗性の比較、遺伝的母数の推定を行った。

本報告はこの気象害抵抗性育種事業の実施内容の概要を示すものである。

1 気象害抵抗性育種事業の実施に至る背景

昭和20年代後半の北海道にはじまり、全国的に冬季間の寒さや雪などの厳しい気象条件が原因と考えられる林木の被害が頻繁に発生するようになった。北海道では、道央や道東を中心とする寡雪地帯において、風衝地にあるトドマツやアカエゾマツの造林地で枯死する被害が大面積で発生した。同じく北海道の高海拔地では異常な低温によってドドマツの造林地が枯死する被害を受けた。本州においても同様の被害が頻発した。東北や北関東の寡雪地帯を中心として冬季間の異常低温や乾燥した風によってスギ、ヒノキの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:1963, 1969, 1976, 古川:1968)。このような冬季間の低温や乾燥した風による被害は、比較的温暖であると考えられる四国や九州地方でも発生した。一方、東北や北陸、山陰の多雪、豪雪地帯にあるスギの造林地では、積雪の圧力によって幹が大きく曲がったり、ひどい場合には幹が裂けたり折れたりするような被害が発生した^(酒井:1982)。

こうした冬季間の低温や乾燥した風による被害は幼齢の林分では致命的な場合も多かったが、枯死に至らないまでも頂端が被害を受けたために幹が分岐して多幹になり、林分の財産価値を損なうものであった。また、雪による被害も同様であり、致命的でなくとも幹が大きく曲がってしまうために林分の財産価値を著しく損なった。

-
- 1) 元林木育種センター国際協力事業団中国湖北省林木育種計画
中華人民共和国湖北省武漢市武昌卓刀泉南路8号
The Hubei Province Forest Tree Improvement Project, 8 Nanlu. Zhoudaoguan, Wuchan, Wuhan City, HubeiSheng, China.
 - 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

このように厳しい気象条件が原因となった被害が多発したのは、大戦後の国土復興資材の増産を目的とした「拡大造林」が進展したと関係が深いものと考えられた。拡大造林によってこれまで人工林に不適と考えられた標高が高い、あるいは降雪量の多い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）。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）。これら厳しい気象条件による被害は全国の各地に不成績造林地を残した。このことはマスコミにも取り上げられ、社会的に重大な問題としてとらえられた。さらには、地方議会のみならず国会においても論議されるにいたった。このため、林野庁は気象害を防除するための対応策を総合的に企画する必要に迫られることになった。その中では、抵抗性を持った種苗を供給することによって被害に強い林分を造成することを目的とした林木育種による対応の効果が期待された。

こうした状況を背景として、国立の林木育種場を中心として気象害抵抗性育種の事業化を目的とし、抵抗性個体の予備的な選出も含めた検討が進められた。その結果をもとに事業の具体的な内容が定められ、昭和45年から気象害抵抗性育種事業がはじまった（林野庁監修：1980）。

2 事業の骨子

事業の対象とした樹種はスギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、カラマツ、エゾマツ、トドマツである。しかし、地域的に特に必要と認められる樹種が存在する場合にはこれを含めることが可能である。一方、事業の対象とした被害種は寒さの害と雪の害である。寒さの害はその発生機構から凍害と寒風害にわけることが適切であるとされ（酒井：1963, 1982）、本事業においても区分して取り扱っている。

気象害抵抗性育種事業の骨子は基本的に精英樹選抜育種事業と同様である。すなわち、

- ①現存の林分から表現型において凍害、寒風害および雪害に抵抗性を示した個体を選出する
- ②それらによって抵抗性の強い実生・栄養系品種を育成する

である。事業実施の概要は次に示したとおりである。

被害種ごとに激害地を全国の国有林、民有林を含めた広い範囲から抽出する。激害地とは、調査区域内の全個体の80%以上が被害を受けている状態をさす。これら激害地において、被害を全く受けていない、あるいは成長に差し支え

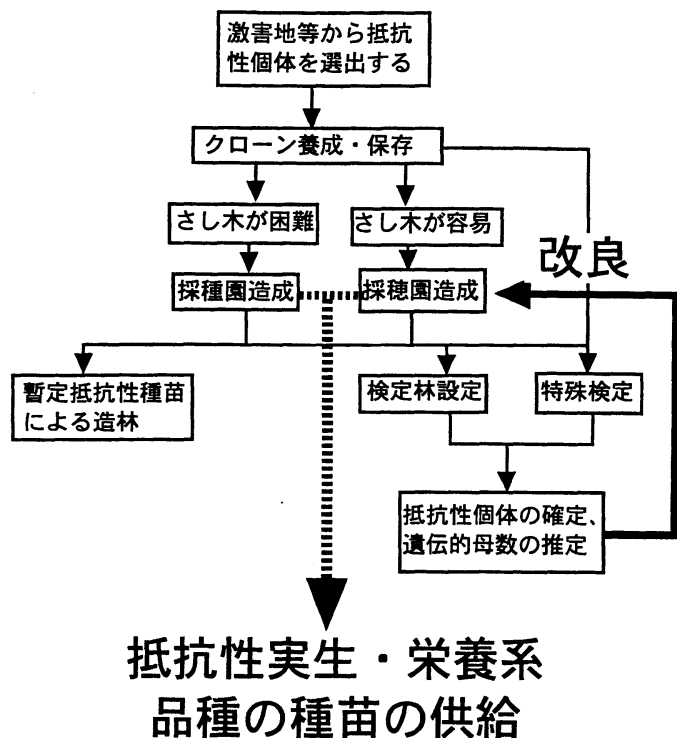


図1 気象害抵抗性育種事業の概要

のない程度の微害個体を選出する。これらの個体はクローン増殖し、さし木が容易な場合には採穂園を、困難な場合には採種園をそれぞれ造成する。これらから生産された種苗は、被害発生予想地域において当面の暫定的な抵抗性種苗として造林に用いる。これと同時に、暫定的な抵抗性種苗によって検定林を設定し、抵抗性の程度を比較するとともに遺伝的母数を得る。これらの情報に基づいて暫定の抵抗性採種・穂園を改良する。その結果、改良した抵抗性採種・穂園から抵抗性の実生あるいは栄養系品種として種苗を供給する。図1に事業の概略を示した。なお、激害地以外からも高海拔地等不良環境に成林した人工林または天然林において、抵抗性個体を精英樹の選出基準を考慮して選出することも行なわれた。また、被害発生予想地に高い抵抗性が期待できる種苗を植栽した「試植被害地」から抵抗性個体を選出することも図られていた。

抵抗性の検定は被害発生現地に検定林を設定して行なう「通常検定」によることを原則としている。しかし、凍害と寒風害については施設などを用いた間接的な手法による「特殊検定」を併用できる。

3 事業の実施経過と成果

3.1 抵抗性個体の選抜

本事業の実施機関は国の林木育種場（現林木育種センター）、営林局、都道府県である。それぞれの機関は激害地、不良環境地、試植被害地から無被害木あるいは成長に影響がない程度の微害木を抵抗性個体として選出する。選出結果は選出機関の長、すなわち、営林局長、戸津府県知事が林木育種場長あてに報告する。一方、報告を受けた育種場はこれらを審査し、その結果を回答する。抵抗性個体と認定された選出木は育種基本区ごとに育種場がクローンを養成して保存した。

昭和45年の事業開始から平成7年に至る25年間で選出された抵抗性個体の現況を表1に育種基本区別に示した。ここに示したとおり、国有林から2,003本、民有林から5,393本、合計7,396本の抵抗性個体が選出された。また、被害種別では凍害と寒風害をあわせた寒さの害の抵抗性個体が5,426本が選出されており、全体数の73%を占める。なお、雪害抵抗性個体は1,970本が選出された。樹種別ではスギの選出数が5,245本で最も多く、ヒノキの選出数1,342本がこれにつづく。スギ・ヒノキの2樹種で全抵抗性個体数の89%を占めている。

ところで、関西育種基本区ではその他針葉樹としてアテ（アスナロ）の雪害抵抗性個体を選出した。

3.2 検定

3.2.1 通常検定

被害発生現地に植栽して抵抗性を検定する手法を気象害抵抗性育種事業の実施要領では「通常検定」としている。検定林は各営林局、都道府県または森林の所有者が実施要領に示した基準に従い、林木育種場の指導のもとに設定した。平成7年度までに設定された国有林、民有林別の気象害抵抗性検定林の樹種別現況を表2に示した。ここに示したとおり、国有林と民有林をあわせ265箇所、236haの気象害抵抗性検定林が設定された。

検定期間は凍害・寒風害抵抗性検定林が設定後10年間、雪害抵抗性検定林については豪雪地帯が20年間、多雪地帯が10年間となっている。凍害・寒風害抵抗性検定林はすでに検定期間を終了した箇所が多いが、検定期間の長い雪害抵抗性検定林では多くの箇所が検定途上にある。検定林の設定は試験設計を含め、育種場の指導のもと

で実施することになっている。試験設計の多くは検定林内の微細な環境変異の影響を少なくするために単木混交法を採っており、列状や方形のプロットによる場合でも反復数を5～6回と多くするなどの配慮がなされた。

ところで、全個体の50%前後が激害を受けるような被害程度が最も検定効率が高い。しかし、通常検定では自然条件に頼るため、被害が発生しなかったり、逆に抵抗性を比較できないほどに激害を受けることが多く、望ましい検定結果が得られることは少なかった^(藤澤・田淵:1987, 板鼻・丹藤・飯塚:1998)。そのため、北海道育種基本区では次の項に示した特殊検定によって抵抗性個体を確定した。また、関東育種基本区では被害が軽微な場合が多かったため、適度な検定結果を得られた検定林は少なかった^(田淵・藤澤:1998)。

このように、通常検定は検定条件を自然に頼るために実行上困難な面が多い。しかし、被害発生の実態に即して抵抗性を検定ができ、検定結果に被害現地での高い再現性を期待できる。東北育種基本区と関東育種基本区では寒風害抵抗性検定林のデータを取りまとめ、東北育種基本区で30クローン^(那須・向田:1998)、関東育種基本区で38ク

表1 気象害抵抗性育種事業において選出された抵抗性個体数の現況

樹種	被害種	育種基本区					計
		北海道	東北	関東	関西	九州	
スギ	雪害		341	327	1,076		1,744
	凍害・寒風害	33	775	2,126	273	294	3,501
ヒノキ	雪害				134		134
	凍害・寒風害			909	235	64	1,208
アカマツ	凍害・寒風害			20	23		43
クロマツ	凍害・寒風害				25		25
トドマツ	凍害・寒風害	649					649
その他針葉樹	雪害				92		92
計	雪害		341	327	1,302		1,970
	凍害・寒風害	682	775	3,055	556	358	5,426
	合計	682	1,116	3,382	1,858	358	7,396

表2 気象害抵抗性育種事業において設定された抵抗性検定林の現況

樹種	国民別	育種基本区					計
		北海道	東北	関東	関西	九州	
スギ	国有林	(53) 70.35	(26) 9.61	(11) 5.77	(1) 0.80	(91) 87	
	民有林	(22) 18.35	(22) 18.35	(38) 41.50	(3) 4.50	(131) 128	
ヒノキ	国有林		(4) 1.98	(2) 0.41		(6) 2	
	民有林		(10) 7.57	(6) 6.00		(16) 14	
トドマツ	国有林	(21) 4.78				(21) 5	
	民有林						
計	国有林	(53) 70.35	(30) 11.59	(13) 6.18	(1) 0.80	(118) 94	
	民有林	(21) 4.78	(68) 63.90	(32) 25.92	(44) 47.50	(3) 4.50	(147) 142

凡例：単位はha、()内は箇所数

ローンの抵抗性個体を確定した^(田淵・藤澤:1998)。また、雪害の抵抗性は通常検定を主体として検定が継続中である。

3. 2. 2 特殊検定

事業を効率的に進めるために間接的な手法によって予め抵抗性個体をスクリーニングし、通常検定の負担を軽減することを本事業ではねらっていた。この予備的なスクリーニングを実施要領では「特殊検定」とし、凍害、寒風害抵抗性の検定において「通常検定」と併用できることになっている。各育種基本区で開発した特殊検定法を表3にまとめた。

凍害の検定法としては、切り枝に凍結処理を加え、その被害程度で評価する手法が主流であり、実験の結果も実際の凍害抵抗性と相関が高かったとした例が多い^(栄花・酒井:1972, S. Eiga and A. Sakai:1984, 栄花:1984)。この手法によって、トドマツ、エゾマツ、マツ類及びスギの凍害抵抗性が評価された^(栄花:1984, 藤澤・田淵:1987)。しかし、ヒノキに同様の手法を適応した場合には鱗片葉の離散、節部の枯死などによって適切に抵抗性を評価できなかった。よって、幼齡樹を鉢植えにしたうえで凍結処理するなどの改良が試みられ、現在も技術開発が継続中である^(田淵:1998)。

一方、寒風害抵抗性については切り枝の乾燥抵抗が効果的であるとされる。しかし、これについてもヒノキでは鱗片葉の離散等によって適切に抵抗性を評価できなかった。一方、注目すべき検定手法として鉢植えにした幼齡樹を野外の棚にならべて寒風にさらす手法があり、この手法によって適切に寒風害抵抗性を検定できることを明らかにした^(板島・丹藤・飯塚:1998)。北海道育種基本区では、本手法によって寒風害抵抗性個体20クローンを確定した。

3. 2. 3 研究成果

本事業を実施する過程において、多くの研究成果が得られている。それらの内容は抵抗性個体の選出法に関するもの、検定手法の開発に関するもの、抵抗性の検定に関するもの、抵抗性の遺伝的母数の推定に関するものなど多岐にわたる。なお、これらの一覧については、各育種基本区ごとの事業実施経過に詳しい。これらの研究成果は、寒害抵抗性の広義の

遺伝率が高いこと、一般組

み合わせ能力も高いこと他

を示唆するものであり、こ

のことから実生、栄養系い

ずれのばあいにおいても高

い改良効果が期待できる。

また、検定手法に関しては

トドマツ、エゾマツにおい

て、切り枝の凍結処理によ

る緻密な凍害抵抗性検定手

法が確立した。一方、検定

に長い年月を必要とする雪

害抵抗性を幼樹木の樹幹の

表3 気象害抵抗性育種事業の中で開発された特殊検定法

樹種	対象とする抵抗性	手法
スギ、トドマツ、エゾマツ、マツ類	耐凍性	切り枝に対する凍結処理
スギ	耐凍性	浸透圧測定
スギ	寒風害抵抗性	切り枝の脱水速度測定による脱水抵抗の評価
スギ	寒風害抵抗性	幼齡木の鉢植えを用いた低温風洞実験
スギ、トドマツ、エゾマツ	寒風害抵抗性	地上高2mの棚に載せた幼齡木の鉢植えによる乾燥抵抗の測定

座屈強度の測定による早期検定が試みられた。

このように、本事業を遂行するにあたり、多くの研究成果が得られた。抵抗性の遺伝的様式の解明、成長形質、木材性質などと抵抗性の相互関係など今後の課題となっている部分も多いが、ここで得られた研究成果は将来の抵抗性品種開発の基礎になるだけでなく、海外協力にも寄与することが期待できるものである。

4 今後の課題

抵抗性クローンによる採種（穂）園の造成現況を表4に示した。採種園は国有林で13箇所、18ha、民有林で44箇所、74haが造成されており、同様に採穂園は民有林で27箇所、12haが造成されている。これら採種（穂）園は園齢その他の状況から相当数量の種苗生産が可能であると判断され、本育種事業の最大の成果である。しかし、抵抗性種苗の需要は多くない。それは、経済環境の変化によって海外から多くの木材が流入するようになったこと、社会的に環境問題がクローズアップされることにより、天然林施業等が重要視されるようになったことなどが関係する。これらによって、木材の増産を目的とした樹種転換や拡大造林は見直され、本事業開始当初に念頭においていた種苗普及の対象地域は造林の対象からはずされつつあるからである。

このように、抵抗性種苗そのものの需要が減少した現在では、抵抗性クロー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育種素材として重要になっている。一方で、木材は再生可能な資源であり、再び木材の増産が要求される可能性は十分に残されている。そのときには、抵抗性クローンが重要な役割を果たすことを期待できる。いずれにしても、長きにわたる先人達の労苦の結晶であるこれらの育種素材を次代に継承していくことは、残された者達の義務である。また、雪害抵抗性は現在も検定が継続中である。樹幹の曲がりや製材時に影響の強い重要な欠点である。そのため、降雪地帯では積雪によって樹幹の曲がることのない品種が切望されており、抵抗性種苗への期待も大きい。現在、雪害抵抗性検定林からのデータが集まりつつあるので、ほどなく抵抗性個体を確定できるものと思われる。

表4 気象害抵抗性育種事業で設定された採種園と採穂園の現況

育種基本区	国民別	採種園					採穂園		
		スギ	ヒノキ	アカマツ	トドマツ	計	スギ	ヒノキ	計
北海道	国有林				(6) 5.90	(6) 5.90			
	民有林				(2) 5.92	(2) 5.92			
東北	国有林	(6) 10.04				(6) 10.04			
	民有林	(8) 12.03				(8) 12.03	(9) 3.27		(9) 3.27
関東	国有林	(1) 1.82				(1) 1.82			
	民有林	(6) 2.84	(5) 2.95	(1) 0.05		(12) 5.84	(5) 1.00	(1) 0.05	(6) 1.05
関西	国有林								
	民有林	(12) 9.94	(9) 37.99	(1) 2.00		(22) 49.93	(12) 7.20	(1) 0.05	(13) 7.25
九州	国有林								
	民有林								
計	国有林	(7) 12				(13) 18			
	民有林	(26) 25	(14) 41	(2) 2		(44) 74	(26) 11	(2) 0	(28) 12

凡例：単位はha、（）内は箇所数

引用文献

- 1) 栄花 茂・酒井 昭：日林誌，54(12)，412～417，1972
- 2) Shigeru Eiga and Akira Sakai：Canadian Jarnal of Botany, 62, 156～160, 1984
- 3) 栄花 茂：林木育種場研究報告，2，61～107，1984
- 4) 藤澤義武・田淵和夫：関東林木育種場年報，16，241～247，1984
- 5) 藤澤義武：関東林木育種場年報，18，32～37，1985
- 6) 藤澤義武・田淵和夫：関東林木育種場年報，19，54～66，1987
- 7) 古川 忠：国立林業試験場東北支場年報，9，95～103，1968
- 8) 堀内孝雄・宮内 宏：茨城県林試業務報告（昭和38年度），45～56，1965
- 9) 堀内孝雄：茨城県林試研報，3，1～39，1969
- 10) 堀内孝雄：茨城県林試研報，10，1～59，1976
- 11) 板鼻直栄・丹藤 修・飯塚和也：林木育種場研究報告，15，投稿中，1998
- 12) 宮浦富保：林木育種場研究報告，15，投稿中，1998
- 13) 那須仁弥・向田 稔：林木育種場研究報告，15，投稿中，1998
- 14) 林野庁監修：“林木育種事業運営要綱”，林木育種協会，88～133，1980
- 15) 酒井 昭・高樋 勇・渡辺富雄：日林誌，45，412～420，1963
- 16) 酒井 昭：“植物の耐凍性と寒冷地適応”，学会出版センター，469 p p，1982
- 17) 田淵和夫：林木育種場研究報告，15，投稿中，1998
- 18) 田淵和夫・藤澤義武：林木育種場研究報告，15，投稿中，1998
- 19) 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