耐雪性スギの育種

誌名	福島県林業研究センター研究報告
ISSN	13471406
著者名	川上,鉄也
発行元	福島県林業研究センター
巻/号	34号
掲載ページ	p. 1-28
発行年月	2001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

耐雪性スギの育種

（県単課題　平成８～12年度）

～在来遺伝資源「飯豊スギ」を活用した耐雪性スギ採種園造成に向けた検討～

川上　鉄也

目次

要旨
Ⅰ.緒言　2
Ⅱ.調査方法　2
１、既往耐雪性試験地の耐雪性形質調査（長期継続）　3
（１）林齢8年時の耐雪性形質調査
（２）林齢28年時の耐雪性形質調査
（３）飯豊スギを供試した既設試験林等の再整理と既報告に見る特性把握の進度
（４）飯豊スギによる豪雪地人工林優良林分の遺伝的構成の推定
２、飯豊スギ集植保存集団の構成クローン数の推定　4
３、県民有林選抜精英樹のクローン識別　4
４、飯豊スギ集植保存集団と県民有林選抜精英樹集団との遺伝的変異の比較　5
５、遺伝子供給源としての飯豊スギ天然林の遺伝構造　5
６、ジベレリン葉面散布による飯豊スギの雌雄花着花最適条件の検索　6
Ⅲ.結果と考察　6
１、既往試験地の耐雪性形質調査（長期継続）　6
（１）林齢8年時の耐雪性形質調査
（２）林齢28年時の耐雪性形質調査
（３）飯豊スギを供試した既設試験林等の再整理と既報告に見る特性把握の進度
（４）飯豊スギによる豪雪地人工林優良林分の遺伝的構成の推定
２、飯豊スギ集植保存集団の構成クローン数の推定　11
３、県民有林選抜精英樹のクローン識別　12
４、飯豊スギ集植保存集団と県民有林選抜精英樹集団との遺伝的変異の比較　14
（１）飯豊スギ集植保存集団の遺伝的変異
（２）県民有林選抜精英樹の遺伝的変異
（３）本県3採種園の遺伝的変異
５、遺伝子供給源としての飯豊スギ天然林の遺伝構造　19
６、ジベレリン葉面散布による飯豊スギの雌雄花着花最適条件の検索　23
７、耐雪性登録品種「出羽の雪1号、2号」の本県導入　25
Ⅳ.総合考察　26
積雪地域向け採種園経営における在来遺伝資源の活用
Ⅴ．謝辞　27
Ⅵ.引用文献　27

受理日　平成１３年２月２８日

要旨
1.既往耐雪性試験地の林齢8年時、林齢28年時の耐雪性形質調査を行った。林齢8年時調査の結果、飯豊、吾妻、本名の3天然スギの樹幹長は供試精英樹と比較して相対的に小さかった。林齢28年時では、3天然スギの枯損率、傾幹幅は、供試精英樹と比較して相対的に小さかった。
2.飯豊スギを供試した既設試験林等と飯豊スギに関する既報告の再整理を行った。試験林は44箇所の設定があり、乱塊モデルでの設定が9箇所、残りの35箇所は単木混交か、もしくは列状植栽で反復設定がなかったが、クローン識別の活用によって反復設定のない試験地でも、不均等数構成の単木混交植栽の飯豊スギクローン検定林として利用できる。また、既報告は、飯豊スギ天然林に関するもの、昭和55年12月豪雪災害（クリスマス豪雪災）に関するもの、耐冠雪性に関するもので、これまでに3件あった。
3.アイソザイム分析を用いて、飯豊スギによる豪雪地人工林優良林分のクローン構成の推定を行った。その結果、優良形質木上位20個体は15の*MLG*(Multi-locus genotype)に区分された。
4.9酵素12アロザイム遺伝子座を用いて飯豊スギ集植保存集団の構成クローン数を推定した。その結果、450保存個体は92の*MLG*に区分された。
5.県民有林選抜精英樹のクローン識別を試みた。その結果、精英樹67クローンのうち38クローン(56.7%)はクローン独自の*MLG*を有しておりアロザイム遺伝子座による識別が可能であった。
6.飯豊スギ集植保存集団、県民有林選抜精英樹集団の遺伝的変異を比較した。その結果、両集団とも同程度の遺伝的変異を保っていた。飯豊スギにおいては、東北地方日本海側に分布するスギ天然林に特徴的な対立遺伝子が観察された。会津産精英樹は選抜数が少なく、集団の遺伝的変異も小さかった。中・浜通り地方選抜の精英樹で構成された、本所・新地・大信の3採種園の構成ラメートの遺伝的変異は平均的な値と比較して、若干の減少はあるものの、25型採種園としては、良く遺伝的変異を保っていた。
7.遺伝子供給源としての飯豊スギ天然林の遺伝構造を調査した。その結果、母樹集団についてはハーディー・ワインベルグ平衡が認められた。また、稚樹集団については、ハーディー・ワインベルグ平衡は認められず、無性繁殖によるクローンが集団を形成していた。さらに、尾根部を2m毎にラインサンプリングした結果、希な遺伝子型はスポット的に現れるか、2～6mの範囲で現れた。今後の飯豊スギ天然林からの遺伝資源収集法について検討した。
8.低コスト、小規模化が可能なミニチュア採種園では、ジベレリン葉面散布による着花促進が必要なため、飯豊スギのジベレリン葉面散布処理による着花の最適条件を検討した。その結果、散布時期は散布適期の早期、すなわち7月期(7/5～7/31)にかけて薬剤濃度1回目が50ppm、2回目が100ppmの2回散布が適当であるという結果を得た。
飯豊スギの雌雄花着花性が確認され、集植保存個体の構成クローンを多数推定できた結果、遺伝的変異に留意し、多数のラメートを組み入れたミニチュア採種園方式の耐雪性スギ採種園の設計が可能となった。

Ⅰ.緒言

スギ（*Cryptmeria japonica* D.Don)は他殖性植物であるため、近交弱勢を起こさないように、品種として許容される範囲の遺伝的変異性を維持しつつ目標形質を改良することが必要である。

同じ木本植物の育種ではあるが、果樹類の大半は挿し木、接ぎ木、取り木といった栄養繁殖が可能で、1個体でも、1枝でも優秀な系統が見出されれば、そのまま増殖、普及でき、比較的小面積で栽培され、病虫害等の諸害に対しても、ある程度人為的操作が可能である。しかし、林業における造林は、大面積におよぶ林分の改植、生態系の改変、その後の粗放管理という側面を持つため、林業種苗には遺伝的変異性の確保が前提になるという違いがある。

こうした他殖性の植物であるスギを対象とした林木育種事業は、集団選抜による精英樹集団を育種母集団として、優良種苗の配布と林業種苗の遺伝的改良を目標にしている。しかし、精英樹や地域による差異など、集団の遺伝的変異に関わる情報や、現在では貴重な遺伝資源となりつつある県内の天然林分

に関する遺伝的な基礎情報は未だ非常に少なく、それらの実態解明と、積極的な林木育種事業への投入・活用が望まれている。

ところで、会津地方の豪雪地帯には、飯豊、吾妻、本名をはじめ極入、程窪、飯谷山、熱塩、五枚沢、仁王山等いくつかのスギ天然林が分布している。本県は、それらの耐雪性スギ育種への活用に意を注いできた歴史がある。 耐雪性スギの育種目標は、第1には林地植栽後の幼齢期に冠雪等による樹幹折損、根抜け等による枯損がなく確実に成林すること、第2には収穫期の利用材積確保のため雪圧等による根元曲がりが少ないことの2点であるが、 本課題では、現在でも大面積にまとまった天然林分が存在し、現時点で集植保存個体数が最も多い飯豊スギに着目し、耐雪性スギ育種への活用について検討した。

Ⅱ.調査方法

1、既往耐雪性試験地の耐雪性形質調査（長期継続）

（1）林齢8年時の耐雪性形質調査

①調査地および材料

調査には南会津郡南郷村大字和泉田地内に平成元年に設定された、耐雪性候補木(SF)と天然スギの現地検定試験地を用いた。調査地の概況は標高550m、斜面傾斜13～20度、斜面方位NEである。設定は各クローン10～20本を斜面上部から下部にかけて列状植栽し、反復は無い。調査時の林齢は8年であった。昭和45～49年度に気象害抵抗性育種事業で選抜された耐雪性(SF)候補木27クローン、飯豊、吾妻、本名の天然林選抜3系統、南会津1号、2号、河沼1号の会津地方人工林選抜の精英樹、および地元産実生1系統を供試した。

②調査方法

調査は1996年5月、6月、7月、9月の各月に実施した。供試木に指標スケールを当て写真撮影したのち、9月時の樹幹長、各月の0.4m高傾幹幅、梢端部傾幹幅及び傾幹角度を写真から読み取った。また、5月には枯損、樹幹折損、梢端折損の3被害の有無も同時に調査した。根元径は9月の調査最終日にノギスで1mm単位で測定した。調査本数は1クローン10本とした。11月に積雪深計を設置し試験地の積雪深を測定した。

（2）林齢28年時の耐雪性形質調査

①調査地および材料

調査には喜多方市岩月町地内に昭和47年9月に設定された天然スギ造林試験地を用いた。調査地概況は標高560m、斜面傾斜25～35度、斜面方位S～SE、最深積雪2.5mである。設定は精英樹は３列各12本で反復が無く、天然林選抜3系統のクローンおよび実生は6列各12本で3ブロック、ただし各ブロックの系統プロットの配置はランダム配置ではなく、全てのブロックで同一である。調査は1999年9月下旬に実施し、林齢は28年であった。飯豊、吾妻、本名の天然林選抜3系統のクローンおよび実生、河沼1号、北会津1号、大沼1号、南会津1号、南会津5号、南会津8号の会津地方人工林選抜の精英樹、および地元産実生1系統を供試した。

②調査方法

調査は現存する全個体の胸高直径、1.2m部傾幹幅を測定した。調査時点で第3ブロックが斜面崩壊により消失したため、調査は精英樹ブロックと2つのブロックのみ実施した。天然林選抜3系統の実生については、その出自についての詳細な資料がなくデータ集計からは除外した。

（3）飯豊スギを供試した既設試験林等の再整理と既報告に見る特性把握の進度

飯豊スギを供試した本所設定の試験林等は次代検定林台帳、林木育種等試験地台帳、実証試植林設定台帳により検索抽出し、試験地等の設定年、供試木の配置設定、所在地、平成12年現在における林齢を調べた。また、既報告に見る特性把握の進度については既報の福島県林業試験場研究報告により、飯豊スギの耐雪性形質に関連する記述のある報告等を抽出し閲覧した。

（4）飯豊スギによる豪雪地人工林優良林分のクローン構成の推定

①調査地

調査には喜多方市大字入田付字志賀山地内に昭和32年に設定された志賀山部分林を用いた。調査地の概況は標高500m、斜面傾斜10～30度、積雪深1.5～2.0m、斜面方位NEである。面積3.24haのうち飯豊スギ挿し木苗による造林は2.5haで、残りは地元産実生苗による。挿し木苗造林区は、植栽後の補植、雪起こし保育は実施していない。

②材料および方法

クローン構成の推定はアイソザイム分析によった。林分内の特に根元曲がりの少ない優良形質木上位20個体から針葉5g程度を1998年の8月に採取した。採取試料はドライアイス入りのクーラーボックスに格納して運搬し、分析に供するまでビニール袋に密封し-80℃で冷凍庫内に保存した。アイソザイム分析の細部の手法は、ほぼ白石(1,2)および津村ら(3)の方法にしたがった。

ただし抽出は針葉約100mgを乳鉢を用いて液体窒素中で磨砕したものに抽出液（表-1）を1.5ml加え、0～4℃、14,000rpmで20分間遠心分離し、得られた上清液16μlを試料とした。分析はポリアクリルアミドゲル垂直電気泳動法により4℃、12.3mA/cm2の条件下で150分間行った。電気泳動終了後、表-2に示した9酵素種の活性染色をして、それらの酵素種を支配する12遺伝子座について、その遺伝子型を戸丸(4)に基づいて読みとった。得られた遺伝子座全ての遺伝子型の組み合わせ（*MLG*）を基に遺伝的構成の推定を行った。

表-1　抽出液の組成

（緩衝液）	
0.1M Tris-HCL(pH7.5)	
（添加物）	
Glycerol	23.4%(v/v)
Tween80	0.6%(v/v)
DTT	10.0mM
EDTA	2.5mM
NAD	0.6mM
NADP	0.5mM
2-mercapto-ethanol	0.05%(v/v)
PVPP	100mg/ml

表-2　標識とした酵素種と遺伝子座

酵素種（略号）	遺伝子座
シキミ酸脱水素酵素（ShDH）	*Shd-1*, *Shd-2*
6-ホスホグルコン酸脱水素酵素（6PGD）	*6Pg-1*, *6Pg-2*
グルタミン酸脱水素酵素（GDH）	*Gdh*
ジアホラーゼ（DIA）	*Dia-3*
メナジオンレダクターゼ（MNR）	*Mnr*
アスパラギン酸アミノ転移酵素（GOT）	*Got-1*, *Got-2*
ホスホグルコムターゼ（PGM）	*Pgm-2*
ロイシンアミノペプチターゼ（LAP）	*Lap*
アラニンアミノペプチダーゼ（AAP）	*Aap*
合計　9	12

2、飯豊スギ集植保存集団の構成クローン数の推定

①材料および方法

福島県林業研究センター内に設定されている飯豊スギ採穂台木、耐冠雪害候補木台木（CS1～25　飯豊スギ天然林より昭和57年度に選抜分）、さらに新地林木育種圃場に設定されている飯豊スギ採穂台木合計450本から針葉5g程度を1999年、2000年の2月に採取した。採取試料はドライアイス入りのクーラーボックスに格納して運搬し、分析に供するまでビニール袋に密封し-80℃で冷凍庫内に保存した。アイソザイム分析は1の（4）と同様にして行った。得られた遺伝子座全ての遺伝子型の組み合わせ（*MLG*）を基にクローン数の推定を行った。

3、県民有林選抜精英樹のクローン識別

福島県林業研究センター内圃場および新地林木育種圃場に集植保存された県民有林選抜精英樹から針葉5g程度を1999年、2000年の2月に採取した。同精英樹は全70クローンであるが2圃場にはその内67クローンの集植保存がある。2圃場からは残り3クローンは入手できなかったので67クローンについて検討した。採取試料はドライアイス入りのクーラーボックスに格納して運搬し、分析に供するまでビニール袋

に密封し-80℃で冷凍庫内に保存した。アイソザイム分析は前出の１の（４）と同様にして行った。得られた遺伝子座全ての遺伝子型の組み合わせ（*MLG*）を基にクローン識別を行った。

４、飯豊スギ集植保存集団と県民有林選抜精英樹集団との遺伝的変異の比較

前記２、３によって得られた遺伝子型情報をもとに、（１）飯豊スギ集植保存集団、（２）県民有林選抜精英樹集団、（３）本県３採種園の各人為集団の遺伝的変異量を示す4値を、定義にしたがって算出した。

a. 多型的遺伝子座の割合 *(P)*

P =（多型的遺伝子座の数）/（分析した全遺伝子座の数）

多型的遺伝子座：最高頻度の対立遺伝子の頻度が0.99（0.95）以下の遺伝子座

b. １遺伝子座あたりの対立遺伝子数（N_a）

N_a =（分析した各遺伝子座で出現した対立遺伝子の総数）/（総遺伝子座数）

c. １遺伝子座あたりの対立遺伝子の有効数（N_e）(5)

$N_e = 1/\Sigma Xi^2$ （Xi：ある１つの遺伝子座のi番目の遺伝子頻度）

d. 平均ヘテロ接合体率の観察値（H_o）

$H_o = \Sigma h_o i^2 / r$

$h_o i$：i番目の遺伝子座のヘテロ接合体の観察値

r：総遺伝子座数

５、遺伝子供給源としての飯豊スギ天然林の遺伝構造

①材料および方法

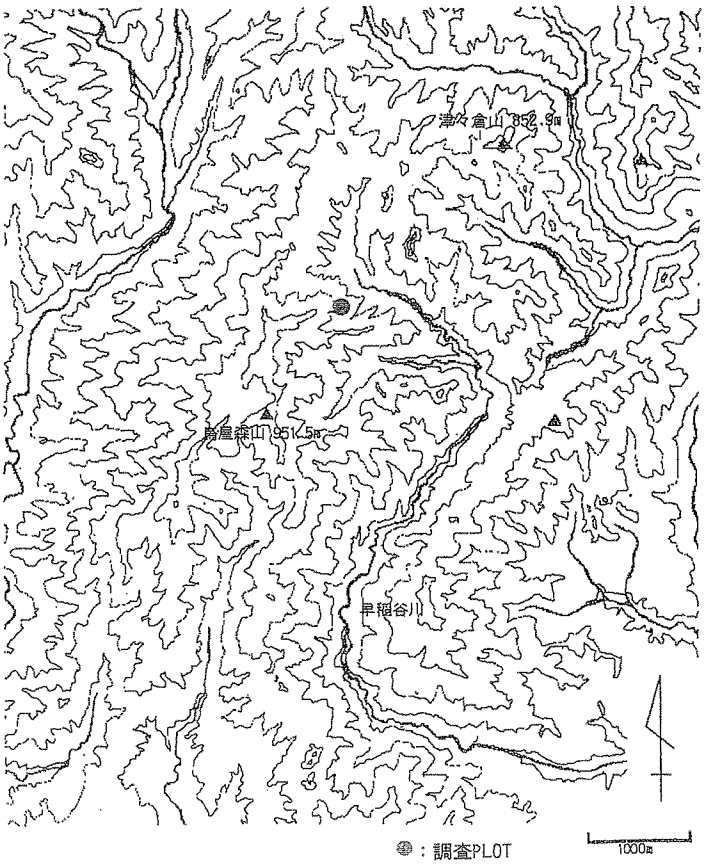


図-1　試料採集の範囲と調査PLOTの位置

飯豊スギ天然林の分布は耶麻郡山都町一ノ戸川右岸から西会津町奥川左岸にはさまれた地域で、天然分布地域の総面積は約4,200haと推定されている。その分布の核心部は同町大字一ノ木字温女沢484国有林で、当地は特別母樹林（標高650～850m、36ha）および鳥屋森天然スギ学術参考保護林に指定され、年平均気温11.8度、年降水量1,752mm、最深積雪深2.7mという環境にある。天然スギの分布密度は主に尾根筋に最も多い。(6,7)。

試料は1999年7月に、分布の核心部周辺を中心に尾根筋および沢筋を概ね30mおきに123個体の成木から針葉5g程度を採集した（図-1）。また、林分内の変異をみるために2000年11月に尾根筋を2m毎に146mにわたりラインサンプリングし73個体の下層稚樹から針葉5g程度を採集した。さらに1m×28mのプロットを設置し、プロット内に生育する全59個体の立木位置を測定し、各個体から針葉5g程度を採集した。採取試料はドライアイス入りのクーラーボックスに格納して運搬し、分析に供するまでビニール袋に密封し-80℃で冷凍庫内に保存した。アイソザイム分析は前出の１の（４）と同様に行ったあと、各個体の遺伝子型を決定し、各遺伝子座における遺伝子型頻度を求めた。遺伝子型頻度から対立遺伝子頻度を求め、任意交配を仮定した遺伝子型頻度の期待値と実際の観察値を比較して、集団の遺伝構造を検討した。

６、ジベレリン葉面散布による飯豊スギの雌雄花着花最適条件の検索

①材料および方法

ジベレリン葉面散布処理は2000年の散布適期に行った。処理区は散布時期と薬剤濃度によって表-3の9処理区を設けた。本所に集植保存された飯豊スギを使用し、１処理区につき各3本、合計27本を供試した。ジベレリンは明治製菓（株）製ジベレリン明治を用い、ジベレリン濃度25ppm、50ppm、75ppm、100ppm、200ppmに水溶液を調製し処理木1本当たり200ccを噴霧器を用いて葉面に散布した。
ただし、散布予定日前後の気象条件を勘案し、いずれも散布処理に適した日を散布処理日に選んだ。
雌雄花数の計測は頂枝を含めた当年枝10本を単位とし5回繰り返して雌雄花数をカウントしその平均値を処理木1本当たりの代表値とした。

表-3　処理区の設定

処理区	処理回数	散布時期（月・日）	薬剤濃度(ppm)
1	1回目	7・5	25
	2回目	7・31	75
2	1回目	7・5	50
	2回目	7・31	100
3	1回目	7・5	100
	2回目	7・31	200
4	1回目	7・31	25
	2回目	8・10	75
5	1回目	7・31	50
	2回目	8・10	100
6	1回目	7・31	100
	2回目	8・10	200
7	1回目	8・10	25
	2回目	8・30	75
8	1回目	8・10	50
	2回目	8・30	100
9	1回目	8・10	100
	2回目	8・30	200

Ⅲ.結果と考察

１、既往耐雪性試験地の耐雪性形質調査（長期継続）

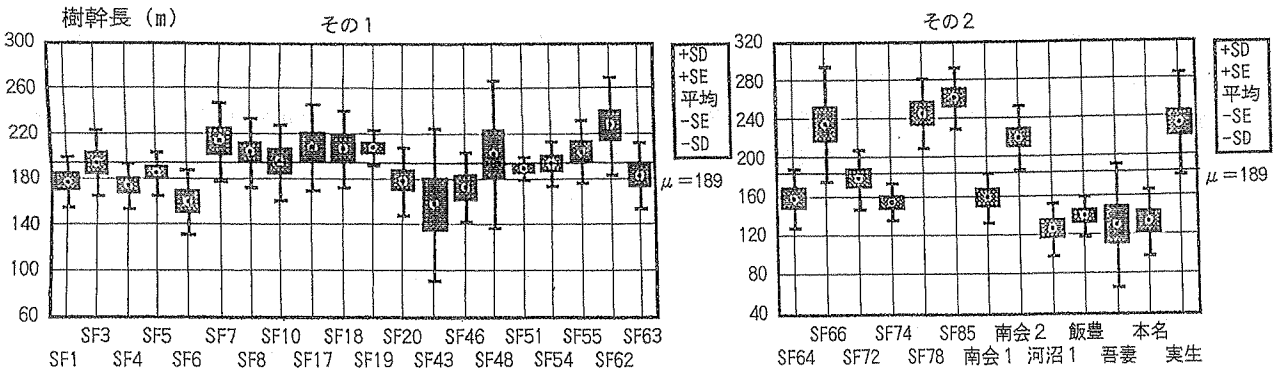
（１）林齢8年時の耐雪性形質調査

試験地の1996～1997年積雪期の最深積雪深は2.5mであった。
雪害による平成2～8年に及ぶ連年総被害は表-4のとおりであった。

表-4　連年被害の調査結果

種　別	N（本）	被害の内訳 被害総本数（本）	枯損（本）	樹幹折損（本）	梢端折損（本）	被害率(%)
飯豊	12	2	2	0	0	16.7
吾妻	11	1	0	1	0	9.1
本名	11	1	1	0	0	9.1
実生	20	7	5	0	2	35.0
南会津１	13	5	3	0	2	38.5
南会津２	13	3	2	1	0	23.1
河沼１	15	6	3	2	1	40.0
ＳＦ１	10	0	0	0	0	0.0
ＳＦ３	10	0	0	0	0	0.0
ＳＦ４	11	1	0	1	0	9.1
ＳＦ５	11	1	1	0	0	9.1
ＳＦ６	12	3	1	1	1	25.0
ＳＦ７	10	0	0	0	0	0.0
ＳＦ８	12	2	0	1	1	16.7
ＳＦ１０	10	0	0	0	0	0.0
ＳＦ１７	10	0	0	0	0	0.0
ＳＦ１８	12	2	0	2	0	16.7
ＳＦ１９	10	0	0	0	0	0.0
ＳＦ２０	13	3	2	1	0	23.1
ＳＦ４３	14	6	3	3	0	42.9
ＳＦ４６	14	6	5	1	0	42.9
ＳＦ４８	15	5	3	2	0	33.3
ＳＦ５１	11	4	4	0	0	36.4
ＳＦ５４	15	8	6	0	2	53.3
ＳＦ５５	15	6	6	0	0	40.0
ＳＦ６２	10	4	2	1	1	40.0
ＳＦ６３	10	1	1	0	0	10.0
ＳＦ６４	12	2	1	1	0	16.7
ＳＦ６６	13	3	0	2	1	23.1
ＳＦ７０	10	5	5	0	0	50.0
ＳＦ７２	14	4	4	0	0	28.6
ＳＦ７４	14	4	3	1	0	28.6
ＳＦ７８	14	5	4	1	0	35.7
ＳＦ８５	13	3	3	0	0	23.1
計	420	103	70	22	11	

調査年の9月時点での樹幹長、傾幹幅を図-2に示した。樹幹長のデータ総平均値（μ）よりも大きい平均値を示したものはSF7、SF8、SF10、SF17、SF18、SF19、SF48、SF55、SF62、SF66、SF78、SF85、南会津2号の各クローンであった。0.4m高傾幹幅のデータ総平均値（μ）よりも小さい平均値を示したものはSF1、SF6、SF51、SF55、SF62、SF63、SF64、SF72、SF74、南会津1号、河沼1号、飯豊、吾妻、本名の各クローンであった。根元曲がりのないクローンはなかった。また、樹幹の倒伏回復は、樹幹長の小さい個体で回復期間が短く、大きい個体で長期間が必要となる傾向にあった。これについてのクローン間差は確認できなかった。



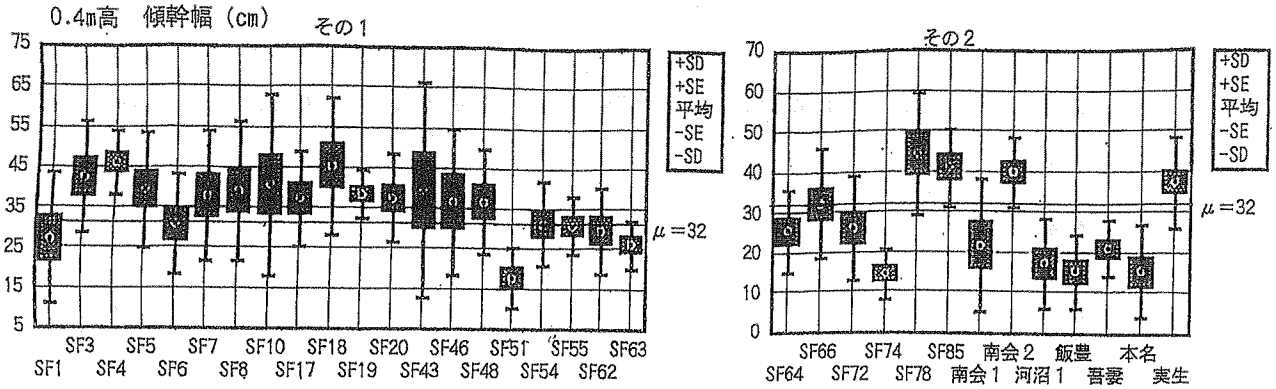


図-2　　樹幹長・傾幹幅の比較

平(8)は樹幹の曲線部に測点を多く取った精密な傾幹幅の測定を行い、根元曲がりの形成と回復過程を精査して、倒伏後の立ち直り過程を3タイプに分類している。タイプが分かれる要因として個体の生長にともなう樹体上部の重量増加とそれによるアテ材の形成を挙げている。飯豊・吾妻・本名の3天然スギの樹幹長は同齢の他の供試クローンと比較すると短いので、樹体上部の重量も相対的に軽い。傾幹幅の測定値は樹幹長が短い3天然スギは相対的に小さい数値となるが、3天然スギの樹幹長に関わる初期成長が比較的小さく抑えられている点は、成林するため幼齢期の苗に必要な耐雪性（樹幹折損・根抜けによる枯損が少ない）としての3天然スギの特性の1つであると考えられる。

（2）林齢28年時の耐雪性形質調査

表-5　クローンによる枯損率、胸高直径、傾幹幅の違い

区　別	種　　別	N（本）	枯損率(%)	胸高直径(cm)	傾幹幅(cm)
精英樹	河沼１号	36	50.0	6.6±0.7	37.4±3.8
	北会津１号	36	47.2	11.5±0.8	24.7±2.4
	大沼１号	36	80.6	14.0±0.8	14.9±1.3
	南会津１号	36	50.0	14.0±1.1	25.8±2.4
	南会津５号	36	44.4	15.9±0.6	35.2±1.9
１　区	吾妻(クローン)	72	25.0	15.3±0.4	40.0±3.4
	飯豊(クローン)	72	30.6	15.7±0.6	40.3±3.4
	本名(クローン)	72	19.4	15.2±0.5	52.4±3.2
	地スギ(実生)	78	28.2	15.3±0.5	72.0±3.1
２　区	吾妻(クローン)	72	19.4	14.1±0.5	30.3±2.7
	飯豊(クローン)	78	32.1	14.3±0.7	38.8±2.6
	本名(クローン)	78	37.2	14.9±0.6	46.1±3.3
	地スギ(実生)	78	43.6	17.7±0.6	71.1±3.6

$\mu \pm SE$

耐雪性試験地の調査結果を表-5に示した。精英樹の枯損率は44.4%～80.6%と著しく高かった一方、天然スギクローンの枯損率は19.4%～37.2%と相対的に低かった。

積雪地帯でのスギ造林の成否は、第1に植栽苗の活着の善し悪しと、その後の高い生残率による成林の可否が挙げられる。その点で、当試験地における精英樹は生存率が著しく低かった一方、天然スギクローンの生存率は高かった。当試験地においては供試した精英樹ではスギ人工林の成林は難しいものと考えられる。

次に、実生苗と天然スギクローンの傾幹幅を比較するとクローン苗の傾幹幅が有意に小さかった($p<0.05$)。調査の結果からは、地元産の実生苗を用いるよりは、飯豊・吾妻・本名の天然スギクローン苗を用いたほうが、当試験地の林齢28年時点では木材としての利用価値が大きい人工林を造成できるものと考えられる。

（3）飯豊スギを供試した既設試験林等の再整理と既報告に見る特性把握の進度

表-6　飯豊スギを供試している検定林・試験林

次代検定林名	設定年	検定区	H12現在の林齢
関福16号	S52	会津	23
関福19号	S53	会津	22
関福20号	S53	会津	22
関福21号	S53	田島	22
関福22号	S53	田島	22
関福30号	S56	磐城	18

計6箇所

林木育種試験地名	設定年	所在地	H12現在の林齢
奥地造林試験地	S44	下郷町音金	31
天然スギ造林試験地	S47	喜多方市岩月町	28
精英樹クローン試植林	S49	いわき市三和町	26
精英樹クローン試植林	S49	塙町真名畑	26
精英樹クローン試植林	S49	大越町早稲川	26
精英樹クローン試植林	S50	大越町早稲川	25
精英樹クローン混合植栽試植林	S50	大越町早稲川	25
地域差検定林	S51	熱塩加納村米岡	24
地域差検定林	S51	いわき市平	24
地域差検定林	S51	大越町早稲川	24

計９箇所

実証試植林名	設定年	所在地	H12現在の林齢
育試1号	S63	柳津町四ッ谷	12
育試2号	S63	熱塩加納村米岡	12
育試3号	S63	下郷町塩生	12
育試10号	H1	会津高田町旭市川	11
育試11号	H1	高郷村上郷	11
育試12号	H1	只見町叶津	11
育試19号	H3	会津若松市大戸町	9
育試20号	H3	西会津町睦合	9
育試21号	H3	田島町中荒井	9
育試28号	H4	熱塩加納村相田	8
育試30号	H4	伊南村宮沢	8
育試37号	H6	南郷村下山	6
育試38号	H5	山都町相川	7
育試40号	H5	川俣町山木野	7
育試41号	H5	湖南町赤津	7
育試47号	H6	三島町川井	6
育試48号	H6	飯舘村矢竹	6
育試49号	H6	川俣町小綱木	6
育試61号	H7	田島町中荒井	5
育試62号	H8	高郷村川井	4
育試63号	H8	会津若松市大戸町	4
育試70号	H8	会津若松市大戸町	4
育試71号	H8	西会津町新郷	4
育試72号	H8	下郷町奥田	4
育試80号	H9	磐梯町大谷	3
育試87号	H10	熱塩加納村川東大平山	2
育試88号	H10	柳津町細八	2
育試89号	H10	伊南村白沢	2
育試90号	H11	飯舘村二枚橋	1

計29箇所

飯豊スギを供試して既に設定した検定林、試験林等を抽出した結果を表-6に示した。次代検定林については計6カ所で、設定した検定区は会津、田島、磐城の3検定区にわたる。平成12年現在の林齢は18～23年となっている。林木育種、育林研究用に設定された試験地では計9箇所、会津地方から中通り、浜通りの3地方にわたる設定があった。平成12年現在の林齢は24～31年となっている。この区分では「奥地造林試験地」が昭和44年設定と最も古く、林齢31年となっている。精英樹を始めとする林木育種種苗の普及とPRを目的に設定された実証試植林では計29箇所、県内一円に設定があった。

以上合計44箇所の飯豊スギ供試試験林のうち、試験地のプロット設定の内訳をみると、3反復の乱塊モデルでの設定が次代検定林の9箇所で、ほか35箇所は数列毎の列状植栽が多く、必ずしも反復区が設定されているわけではなかった。また単木混交設定の試験林も見られた。

次に、飯豊スギの耐雪性に関する記述のある報告を検索した結果、下記の3つの既報告があった。

①飯豊スギ天然林の特性調査　福島県林業試験場研究報告　第5号　1972(6)

②冠雪害防止技術に関する調査（昭和56年度調査の概要報告）-豪雪による森林被害の発生機構と今後の対策に関する研究- 福島県林業試験場　1982(9)

③スギ品種間の被害と要因並びに抵抗性候補木の選抜　福島県林業試験場研究報告　第17号　1985(7)

①は飯豊スギの天然分布、立地環境、林分構造、さらに個体外部形態的特性を調査したもので、飯豊スギに関する本所における最初の研究報告である。②は昭和55年12月に主に中通り地方を中心に発生した甚大な冠雪害（クリスマス豪雪被害）の詳細な被害調査と、その後の対応として造林樹種、品種系統の選択と施業、被害木の利用に関する幅広い内容の報告である。特に品種系統においては、県産天然スギの冠雪害発生危険個所への適用を提言している。③は前出のクリスマス豪雪被害後のスギ品種系統別被害調査、冠雪害と樹形態との関係、さらに冠雪害抵抗性候補木の選抜と精力的な育種対応の報告である。当時林齢7～15年時の3つの試験地を用いて天然スギの冠雪害被害の少なさを実証している。ここにおいても県産天然スギの会津地方への適用にとどまらない中・浜通り地方の冠雪害発生危険個所への適用の拡大を提言している。

（4）飯豊スギによる豪雪地人工林優良林分のクローン構成の推定

表-7　飯豊スギ優良林分の耐雪性優良20個体の全遺伝子型(*MLG*)

	遺伝子座											
MLG	*Shd-1*	*Shd-2*	*6Pg-1*	*6Pg-2*	*Gdh*	*Dia-3*	*Mnr*	*Got-1*	*Got-2*	*Pgm-2*	*Lap*	*Aap*
1	aa	ab	aa	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ad	bb
2	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	ab	aa	bb	ab	ab
3	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
4	aa	ab	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb
5	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	ab	aa	bb	bb	bb
6	aa	bb	aa	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
7	aa	bb	aa	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb
8	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	ab	aa	bb	bd	bb
9	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
10	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
11	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
12	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	ab
13	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb
14	aa	bb	bb	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	bb	bb
15	ab	bb	aa	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb

飯豊スギクローン苗による優良な耐雪性形質を示す個体を、20個体選定し個体識別を試みた結果（表-7）、それらは15遺伝子型（*MLG*）に区分された。このことから、少なくとも同林分は、2～3の特定の個体のクローン苗による林分ではなく、多くの飯豊スギ個体の複合クローン苗による優良林分であることが示唆された。

このことは、集植保存された多数の構成クローンのうち、偶然に種苗として選択された極少数のクローンのみが当試験地に植栽され、現在見るような優良林分に成林したのではなく、多数の構成クローンが当地に植栽された結果であり、当試験地程度の優良林分を形成するに足る遺伝的特性を多くの飯豊スギ構成クローンが共有していることを示しているものと考えられる。

2、飯豊スギ集植保存集団の構成クローン数の推定

個体毎に各々の遺伝子座における遺伝子型の組み合わせ（*MLG*）を決定し、同じ*MLG*を持つものを同一クローンとして分類した。その結果、本所および新地圃場に集植保存された総計450個体は92種類のMLGに区分された。よってそれらに飯豊1号から飯豊92号までの識別符号を付番した（表-8）。最も個体数の多いものはNo.49*MLG*（飯豊49号）で35個体、それは全体の7.8%を占めていた。また、1つの*MLG*に1個体しか対応しないものが35*MLG*あり、それらは希少性の上から継続保存に留意すべきである。

表-8　飯豊スギ集植保存個体の12遺伝子型（*MLG*）による区分

	遺伝子座													
MLG	*Shd-1*	*Shd-2*	*6Pg-1*	*6Pg-2*	*Gdh*	*Dia-3*	*Mnr*	*Got-1*	*Got-2*	*Pgm-2*	*Lap*	*Aap*	識別符号	保存数
1	aa	aa	bb	ab	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊 1号	7
2	aa	aa	bb	bb	aa	aa	bb	ab	aa	bb	bb	bb	飯豊 2号	1
3	aa	aa	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊 3号	4
4	aa	aa	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊 4号	2
5	aa	aa	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊 5号	1
6	aa	aa	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊 6号	1
7	aa	ab	aa	bb	aa	aa	bb	ab	ab	bb	bb	bb	飯豊 7号	2
8	aa	ab	aa	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊 8号	7
9	aa	ab	aa	bb	aa	ab	bb	bb	ab	bb	aa	ab	飯豊 9号	6
10	aa	ab	aa	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	ab	飯豊10号	7
11	aa	ab	aa	bb	aa	ab	bb	bb	bb	bb	ab	bb	飯豊11号	7
12	aa	ab	ab	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊12号	1
13	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊13号	3
14	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊14号	8
15	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ad	bb	飯豊15号	2
16	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊16号	26
17	aa	ab	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊17号	1
18	aa	ab	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	af	bb	飯豊18号	1
19	aa	ab	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊19号	8
20	aa	ab	ab	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊20号	1
21	aa	ab	bb	ab	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊21号	3
22	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	ab	aa	bb	bb	bb	飯豊22号	1
23	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊23号	2
24	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	ab	飯豊24号	7
25	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊25号	3
26	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	bb	ao	bb	bb	bb	飯豊26号	3
27	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb	飯豊27号	3
28	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	ab	aa	bb	bb	bb	飯豊28号	13
29	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	ab	飯豊29号	3
30	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊30号	20
31	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	ao	bb	bb	bb	飯豊31号	3
32	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bd	bb	飯豊32号	1
33	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	ab	bb	bd	bb	飯豊33号	10
34	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊34号	2
35	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	ad	bb	飯豊35号	9
36	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	bc	bb	飯豊36号	1
37	aa	ab	bb	bd	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊37号	2
38	aa	bb	aa	bb	aa	aa	bb	ab	bb	bb	bb	bb	飯豊38号	1
39	aa	bb	aa	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊39号	9
40	aa	bb	aa	bb	aa	ab	bb	ab	ab	bb	bb	bb	飯豊40号	1
41	aa	bb	aa	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊41号	5
42	aa	bb	aa	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊42号	8

MLG	Shd-1	Shd-2	6Pg-1	6Pg-2	Gdh	Dia-3	Mnr	Got-1	Got-2	Pgm-2	Lap	Aap	識別符号	保存数
	遺伝子座													
43	aa	bb	aa	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bd	bb	飯豊43号	1
44	aa	bb	ab	ab	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	ab	飯豊44号	1
45	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	ab	aa	bb	be	ab	飯豊45号	1
46	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊46号	7
47	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊47号	1
48	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊48号	13
49	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	ab	aa	bb	aa	bb	飯豊49号	35
50	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊50号	8
51	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊51号	10
52	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	af	bb	飯豊52号	6
53	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊53号	14
54	aa	bb	ab	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊54号	1
55	aa	bb	bb	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊55号	2
56	aa	bb	bb	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊56号	3
57	aa	bb	bb	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb	飯豊57号	1
58	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	ab	aa	bb	cc	bb	飯豊58号	2
59	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	ab	飯豊59号	1
60	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊60号	2
61	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊61号	1
62	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	ao	bb	ab	bb	飯豊62号	1
63	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ac	bb	飯豊63号	2
64	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊64号	5
65	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	ao	bb	bb	bb	飯豊65号	1
66	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bc	bb	飯豊66号	2
67	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb	飯豊67号	1
68	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	ab	aa	bb	aa	bb	飯豊68号	1
69	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	ab	aa	bb	ab	ab	飯豊69号	1
70	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	ab	aa	bb	bb	bb	飯豊70号	1
71	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	ab	aa	bb	be	ab	飯豊71号	3
72	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	ab	bb	bb	be	ab	飯豊72号	1
73	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊73号	2
74	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊74号	22
75	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊75号	16
76	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	ao	bb	bb	bb	飯豊76号	15
77	aa	bb	bb	bd	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊77号	1
78	ab	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊78号	10
79	ab	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊79号	2
80	ab	bb	ab	bb	aa	ab	bb	ab	aa	bb	be	ab	飯豊80号	1
81	ab	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb	飯豊81号	1
82	ab	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊82号	21
83	ab	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	af	bb	飯豊83号	1
84	ab	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊84号	3
85	ab	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊85号	2
86	ab	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊86号	4
87	ab	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	ao	bb	ab	bb	飯豊87号	1
88	ab	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊88号	2
89	ab	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb	飯豊89号	1
90	ab	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊90号	8
91	ab	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	ao	bb	bb	bb	飯豊91号	1
92	bb	aa	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb	飯豊92号	1
													合計	450本

3、県民有林選抜精英樹のクローン識別

表-9　県民有林選抜スギ精英樹の１２アロザイム遺伝子座の遺伝子型

精英樹	Shd-1	Shd-2	6Pg-1	6Pg-2	Gdh	Dia-3	Mnr	Got-1	Got-2	Pgm-2	Lap	Aap
	遺伝子座											
信夫１号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
伊達１号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ad	ab
安達１号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	ad	bb	ab	bb
田村１号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb
田村２号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	ab
田村３号	aa	bb	bb	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
岩瀬１号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb

精英樹	遺伝子座											
	Shd-1	*Shd-2*	*6Pg-1*	*6Pg-2*	*Gdh*	*Dia-3*	*Mnr*	*Got-1*	*Got-2*	*Pgm-2*	*Lap*	*Aap*
岩瀬２号	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	af	bb
西白河１号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb
西白河２号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
西白河３号	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	ab
西白河４号	aa	bb	bb	ab	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	ab
西白河５号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb
西白河６号	aa	ab	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
安積１号	aa	ab	ab	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb
東白川１号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	ab	bb	aa	bb	bb	bb
東白川２号	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
東白川３号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bc	bb
東白川４号	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
東白川５号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	ab	bb	aa	bb	bc	bb
東白川６号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	aa	bb	aa	bb	ab	bb
東白川７号	aa	bb	aa	bb	aa	bb	ab	bb	aa	bb	bb	ab
東白川８号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
東白川９号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	ab	bb	aa	bb	bb	bb
東白川１０号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	ab	bb	aa	bb	bb	bb
東白川１１号	aa	ab	bb	bb	aa	aa	ab	bb	aa	bb	ab	bb
東白川１２号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb
東白川１３号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
南会津１号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
南会津２号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb
南会津３号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
南会津４号	aa	ab	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb
南会津５号	aa	ab	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb
南会津６号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
南会津７号	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb
南会津８号	aa	bb	ab	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	ab	bb
南会津９号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
南会津１１号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb
耶麻１号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
耶麻２号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bb	bb
石川１号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	ab
石城１号	aa	ab	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb
石城２号	aa	bb	bb	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb
石城３号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	ab	bb	aa	bb	bb	bb
石城４号	aa	ab	ab	bb	aa	aa	ab	bb	aa	bb	bb	bb
石城５号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb
石城６号	aa	bb	bb	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb
石城７号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb
大沼１号	aa	ab	bb	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	ab	bb
大沼２号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	ab	ab	aa	bb	ab	bb
大沼３号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	aa	bb
北会津１号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	ab	bb	aa	bb	ab	bb
北会津２号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	ab	bb	aa	bb	aa	bb
河沼１号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ab	bb
双葉１号	aa	bb	aa	bb	aa	aa	ab	bb	aa	bb	aa	bb
双葉２号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	bd	bb
双葉３号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ad	bb
双葉４号	aa	bb	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ad	bb
相馬１号	aa	bb	bb	bb	aa	bb	bb	bb	aa	bb	ab	bb
相馬２号	aa	bb	bc	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	af	ab
相馬３号	aa	bb	ab	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
相馬４号	aa	bb	bb	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	aa	bb
相馬５号	aa	ab	ab	bb	aa	aa	bb	bb	aa	bb	ad	bb
相馬６号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
相馬７号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	bb	bb	aa	bb	ab	bb
相馬８号	aa	bb	bb	bb	aa	ab	ab	bb	aa	bb	bd	bb
相馬９号	aa	bb	bb	ab	aa	aa	bb	bb	ab	bb	bb	bb

＊伊達２号、南会津１０号、河沼２号は未調査

県民有林選抜精英樹全70クローンのうち67クローンの12アロザイム遺伝子座の遺伝子型を表-9 に示した。ただし戸丸の既報(4)と遺伝子型の一致しないものについては再度サンプリングした結果をもとに記載した。多型的な9遺伝子座の遺伝子型の組み合わせを用いてクローン識別を行った結果、38クローン（56.7%）は互いに異なった*MLG*となりクローン識別が可能であった。

戸丸(10)は12遺伝子座で*Gdh*[a]で固定していたGdh遺伝子座を除く11遺伝子座の遺伝子型を用いて東北のスギ精英樹のクローン識別を行っている。それによると東北育種基本区内の東部育種区（312個体）においては全体の43.9%、西部育種区(103個体）においては全体の48.8%、また、それらを各県選抜分に分けると青森県(157個体）で56.1%、岩手県(101個体）で72.3%、宮城県(54個体）で57.4%、秋田県(58

個体）で66.7%、山形県（36個体）で58.3%、新潟県（88個体）で59.1%の識別率であった。

上記と同様な情報によって行った本課題の県民有林選抜精英樹67クローン（全70クローン）の識別率は56.7%であり、アロザイム遺伝子型を用いたクローン識別としてはおおむね妥当な識別率であった。識別できなかったものについては、2精英樹間で同じ*MLG*となった組み合わせが9組、3精英樹間で同じ*MLG*となった組み合わせが1組、4精英樹間で同じ*MLG*となった組み合わせが2組であった（表-10）。

表-10　12遺伝子座で同じ*MLG*となる精英樹

2精英樹が同じ	3精英樹が同じ	4精英樹が同じ
東白川2号	田村1号	西白河2号
東白川4号	石城5号	東白川13号
南会津4号	双葉2号	南会津3号
南会津5号		耶麻1号
東白川8号		南会津1号
河沼1号		南会津6号
双葉3号		相馬6号
双葉4号		相馬7号
南会津9号		
耶麻2号		
東白川9号		
東白川10号		
岩瀬1号		
南会津2号		
石城2号		
石城6号		
西白河5号		
大沼3号		
9組	1組	2組

アイソザイムを用いたクローン識別では56.7%を識別し、残り26.9%は2精英樹まで絞り込むことができた。クローン識別等の個体識別については、PCR-RAPD法によるDNAマーカーを利用した個体識別等も試みられているが、同法による識別率もプライマー数が7～8個でほぼ限界に達し、アイソザイム分析による遺伝情報との併用が必要とされている(11)。育種母材の正確な識別は育種研究の拠り所であることから、今後PCR-RAPD等のDNAマーカーとの併用により、スギ精英樹等育種母材の簡便さを備えた正確な識別が可能になるものと思われる。

4、飯豊スギ集植保存集団と県民有林選抜精英樹集団との遺伝的変異の比較

（1）飯豊スギ集植保存集団の遺伝的変異

飯豊スギ集植個体を互いに重複のない92*MLG*で代表させて1つの集団とみなし4つの遺伝的変異量を示す値を算出した（表-11）。

表-11　飯豊スギ92クローンの遺伝的変異量

遺伝子座	*P* 95%水準	*P* 99%水準	*Na*	*Ne*	*Ho*
Shd-1	*pl*	*pl*	2	1.189	0.152
Shd-2	*pl*	*pl*	2	1.587	0.337
6Pg-1	*pl*	*pl*	2	1.656	0.304
6Pg-2		*pl*	3	1.104	0.098
Gdh			1	1.000	0.000
Dia-3	*pl*	*pl*	2	1.695	0.467
Mnr			1	1.000	0.000
Got-1	*pl*	*pl*	2	1.177	0.163
Got-2	*pl*	*pl*	3	1.207	0.119
Pgm-2			1	1.000	0.000
Lap	*pl*	*pl*	6	2.313	0.457
Aap	*pl*	*pl*	2	1.127	0.120
平均	66.7	75.0	2.17	1.338	0.185
標準誤差			0.39	0.115	0.049
検出した対立遺伝子の総数			27		

pl：多型的であることを示す。

その結果、分析した12遺伝子座において3遺伝子座(*Gdh, Mnr, Pgm-2*)では変異は見られず、多型的遺伝子座の割合*P*は95%水準では8遺伝子座が多型的であり（*P*＝66.7%)、99%水準では9遺伝子座が多型的であった（*P*＝７５%）。対立遺伝子の均衡性を表す１遺伝子座あたりの対立遺伝子数N_aは2.17、遺伝子座あたりの対立遺伝子の有効数N_eは1.338、また平均ヘテロ接合体率の観察値H_oは0.185であった。さらに対立遺伝子の豊かさを表す対立遺伝子の総数は全部で27個検出した。

（２）県民有林選抜精英樹集団の遺伝的変異

県民有林選抜精英樹（以下、精英樹全体）67クローンを１つの集団と見なして４つの遺伝的変異量を示す値を算出した（表-12）。また、浜・中通り地方選抜の精英樹（以下浜・中通り産精英樹）48クローンと会津地方選抜の精英樹（以下会津産精英樹）19クローンをそれぞれ１つの集団と見なして同様の値を算出した。

表-12　県民有林選抜スギ精英樹の遺伝的変異量

精英樹全体（N=67）

遺伝子座	*P*		*Na*	*Ne*	*Ho*
	95%水準	99%水準			
Shd-1			1	1.000	0.000
Shd-2	*pl*	*pl*	2	1.248	0.224
6Pg-1	*pl*	*pl*	3	1.598	0.433
6Pg-2		*pl*	2	1.049	0.090
Gdh			1	1.000	0.000
Dia-3	*pl*	*pl*	2	1.590	0.373
Mnr	*pl*	*pl*	2	1.248	0.194
Got-1			2	1.014	0.015
Got-2		*pl*	3	1.031	0.030
Pgm-2			1	1.000	0.000
Lap	*pl*	*pl*	5	2.418	0.508
Aap		*pl*	2	1.094	0.090
平均	41.7	66.7	2.17	1.278	0.163
標準誤差			0.32	0.121	0.053
検出した対立遺伝子の総数			26		

＊精英樹全70クローンのうち伊達2号、河沼2号、南会津10号は含まない。*pl*：多型的であることを示す。

浜／中通り地方選抜の精英樹（N=48）

遺伝子座	*P*		*Na*	*Ne*	*Ho*
	95%水準	99%水準			
Shd-1			1	1.000	0.000
Shd-2	*pl*	*pl*	2	1.256	0.229
6Pg-1	*pl*	*pl*	3	1.556	0.375
6Pg-2	*pl*	*pl*	2	1.132	0.125
Gdh			1	1.000	0.000
Dia-3	*pl*	*pl*	2	1.520	0.354
Mnr	*pl*	*pl*	2	1.280	0.208
Got-1			1	1.000	0.000
Got-2		*pl*	3	1.043	0.042
Pgm-2			1	1.000	0.000
Lap	*pl*	*pl*	5	2.513	0.521
Aap	*pl*	*pl*	2	1.157	0.146
平均	58.3	66.7	2.08	1.288	0.167
標準誤差			0.34	0.125	0.051
検出した対立遺伝子の総数			25		

＊全49クローンのうち伊達2号は含まない。　*pl*：多型的であることを示す。

会津地方選抜の精英樹（N=19）

遺伝子座	P		Na	Ne	Ho
	95%水準	99%水準			
Shd-1			1	1.000	0.000
Shd-2	*pl*	*pl*	2	1.231	0.211
6Pg-1	*pl*	*pl*	2	1.698	0.579
6Pg-2			1	1.000	0.000
Gdh			1	1.000	0.000
Dia-3	*pl*	*pl*	2	1.761	0.421
Mnr	*pl*	*pl*	2	1.170	0.158
Got-1		*pl*	2	1.053	0.053
Got-2			1	1.000	0.000
Pgm-2			1	1.000	0.000
Lap	*pl*	*pl*	3	2.104	0.474
Aap			1	1.000	0.000
平均	41.7	50.0	1.58	1.252	0.158
標準誤差			0.15	0.110	0.062
検出した対立遺伝子の総数			19		

＊全21クローンのうち河沼2号、南会津10号は含まない。　　*pl*：多型的であることを示す。

その結果、分析した12遺伝子座において精英樹全体では3遺伝子座（*Shd-1, Gdh, Pgm-2*）では変異は見られず、多型的遺伝子座の割合*P*は95%水準では5遺伝子座が多型的であり（*P*=41.7%）、99%水準では8遺伝子座が多型的であった（*P*=66.7%）。浜・中通り産精英樹では4遺伝子座（*Shd-1, Gdh, Got-1, Pgm-2*）では変異は見られず、多型的遺伝子座の割合*P*は95%水準では7遺伝子座が多型的であり（*P*=58.3%）、99%水準では8遺伝子座が多型的であった（*P*=66.7%）。会津産精英樹では、6遺伝子座（*Shd-1, 6Pg-2, Gdh, Got-1, Pgm-2, Aap*）では変異は見られず、多型的遺伝子座の割合*P*は95%水準では5遺伝子座が多型的であり（*P*=41.7%）、99%水準では6遺伝子座が多型的であった（*P*=50.0%）。

対立遺伝子の均衡性を表す1遺伝子座あたりの対立遺伝子数N_aは精英樹全体では2.17、浜・中通り産精英樹では2.08　会津産精英樹では1.58　遺伝子座あたりの対立遺伝子の有効数N_eは精英樹全体では1.278、浜・中通り産精英樹では1.228、会津産精英樹では1.252、また平均ヘテロ接合体率の観察値H_oは精英樹全体では0.163、浜・中通り産精英樹では0.167、会津産精英樹では0.158であった。さらに対立遺伝子の豊かさを表す対立遺伝子の総数は精英樹全体では26個　浜・中通り産精英樹では25個、会津産精英樹では19個検出した。

表-13　対立遺伝子頻度の比較

遺伝子座	対立遺伝子	飯豊スギ保存群	精英樹群
Shd-1	*a*	0.913	1.000
	b	0.087	0.000
Shd-2	*a*	0.245	0.112
	b	0.755	0.888
6Pg-1	*a*	0.272	0.239
	b	0.728	0.754
	c	0.000	0.007
6Pg-2	*a*	0.038	0.045
	b	0.951	0.955
	d	0.011	0.000
Gdh	*a*	1.000	1.000
Dia-3	*a*	0.712	0.754
	b	0.288	0.246
Mnr	*a*	0.000	0.112
	b	1.000	0.888
Got-1	*a*	0.082	0.007
	b	0.918	0.993
Got-2	*a*	0.908	0.985
	b	0.054	0.007
	d	0.000	0.007
	o	0.038	0.000

遺伝子座	対立遺伝子	飯豊スギ保存群	精英樹群
Pgm-2	*a*	1.000	1.000
Lap	*a*	0.321	0.366
	b	0.571	0.522
	c	0.027	0.015
	d	0.043	0.082
	e	0.022	0.000
	f	0.016	0.015
Aap	*a*	0.060	0.045
	b	0.940	0.955

飯豊スギ集植保存集団と精英樹集団との両集団の対立遺伝子頻度（表-13）を比較してみると対立遺伝子の豊かさを表す対立遺伝子数は精英樹集団では26個、飯豊スギ集団では27個と同程度であった。また、全ての遺伝子座のどの対立遺伝子頻度も両集団は良く似た値を示した。しかし、集団中にはいづれも低頻度でしか存在していないながらも、精英樹集団にあって飯豊スギ集団から失われているものは$Shd\text{-}1^b$, $6Pg\text{-}2^d$, $Got\text{-}2^e$, Lap^eの４対立遺伝子が挙げられ、一方、飯豊スギ集団にあって精英樹集団からは失われているものは$6Pg\text{-}1^c$, Mnr^a, $Got\text{-}2^d$の3対立遺伝子があった。

Tomaru. et. al（13）は、全国17のスギ天然林の*6Pg-1*遺伝子座の対立遺伝子頻度を調べ、東北地方日本海側の天然林で$6Pg\text{-}1^a$, $6Pg\text{-}1^e$ が調査した他の天然林と比べて高い頻度で観察されること、また$6Pg\text{-}1^b$の頻度は東北の精英樹で低く（平均0.601） 九州地方の精英樹で高い（平均0.815）という地理的勾配が見られると報告している（10, 11）。

飯豊スギ集植個体群では$6Pg\text{-}1^a$が27.2%と高い頻度で観察され、また後述するスギ天然林の調査では$6Pg\text{-}1^e$も0.016と低頻度ながら観察しており、東北地方日本海側の天然林の遺伝的特徴を良く表していた。また、精英樹集団においては$6Pg\text{-}1^b$の頻度は相対的に低い値となっていた。

さらに、戸丸(10)は西日本に分布する天然スギ5集団についてアイソザイム9遺伝子座を用いて調査した結果（14）および屋久島の天然スギについてアイソザイム11遺伝子座を用いて調査した結果（15）と、東北から近畿地方の6地域の実生人工林44林分の遺伝的変異を比較し、次の3点を指摘している。①屋久島はまだかなりの面積のスギ天然林があるためある程度の遺伝的変異量を確保している一方で、他の地域では人為による森林開発により小面積となった結果、かつての遺伝的変異量を失っている可能性があること、②スギ人工林はその造成の当初は種子の採取等、天然林の遺伝資源に依存して成立したので、天然林が失った遺伝的変異の一部を維持している可能性があること、③かつての吉野スギの種子やいくつかの産地の種子が全国に流通し、それらが各々の造林地域にうまく適応できないときには吉野スギ系統の造林地が不成績造林地になったように、その系統はその地域から排除されるが、うまく地域に適応した場合は以後その系統がその地域に残ることにより、その結果、地域の人工林の遺伝的変異が増大できる可能性があること。また、遺伝資源の保存の目的からは、対立遺伝子の均衡性を表す統計量（H_o）より対立遺伝子の豊かさを表す統計量（対立遺伝子数、N_a）の方がより重要である点から、結論としてスギ天然林がその遺伝的変異を人工林と比べて消失しているとは必ずしも言えないとし、さらに多数の林分の詳細な調査が必要であるとしている。

表-14　各集団との遺伝的変異の比較

集団名	出典	サンプル数（平均）	サンプル数 総数	P 95%水準	P 99%水準	検出した対立遺伝子数	Na	Ne	Ho
全国の17天然林	Tomaru et al (1995)	(50.5)	859	48.5	-	-	2.31(0.36)	1.33(0.13)	0.178(0.056)
飯豊スギ集植保存集団(*MLG*)	本研究		92	66.7	75.0	27	2.17(0.39)	1.34(0.12)	0.185(0.049)
全国15育種区の精英樹	戸丸(1994)	(128.1)	1,921	51.7	75.0	52	2.69	-	0.173
北関東育種区の精英樹	〃		108	50.0	83.3	-	2.83	-	0.162
茨城県の精英樹	〃		93	55.6	77.8	25	2.78	-	0.191
福島県民有林選抜の精英樹	本研究		67	41.7	66.7	26	2.17(0.32)	-	0.163(0.053)
東北～近畿6地域44実生による人工林	戸丸(1994)	(54.9)	2,417	51.7	72.7	53	2.31	-	0.186
茨城県の14人工林	〃	(95.0)	1,330	48.4	63.5	33	2.47	-	0.180

（　）内は標準誤差

各集団と飯豊スギ集植保存集団、県民有林選抜精英樹集団の遺伝的変異量を比較してみると（表-14）全国の17天然林と飯豊スギ集植個体集団の各値はほぼ同程度であることが分かる。また、同様な集団規模の茨城県の精英樹集団と県民有林選抜精英樹集団を比較した場合本県の精英樹集団が若干小さな値を示すが、いづれも極端に小さいということはなく、ほぼ同程度の遺伝的変異を持っていると考えられる。

結論として、本県の林木育種の育種母集団は精英樹集団であるが、その育種母集団と同程度の遺伝的変異を持ったもう1セットの育種母集団を、飯豊スギ集植保存集団として本県は所有していると言うことができる。

本県の精英樹は選抜地の違いから浜・中通り産精英樹と会津産精英樹とに分け、通常は浜・中通り産精英樹を会津地域の造林には適用しない。その結果、会津産精英樹数が不足しており、会津産精英樹を1つの集団として扱った場合の遺伝的変異は極端に減少する（表-12）。その結果、会津地域のスギ育種種子を生産する採種園は9、16型と構成ラメート数が少ないか、または国有林選抜の精英樹を取り入れて25型の採種園を設定している現状がある。会津地域の採種園産スギ育種種子の遺伝的変異が他と比べて減少している可能性もあり、早急に調査してみる必要もある。会津地方で適用できる精英樹数が少ない現状を補完する上でも、飯豊スギ集植保存集団の活用が必要である。

（３）本県3採種園の遺伝的変異

浜・中通り産精英樹を構成ラメートとして設定した本所採種園、新地圃場採種園、大信圃場採種園の3採種園はいづれも25型で設計されており、精英樹25クローンの異なった組み合わせで構成されている。上記3採種園の構成クローンの4つの遺伝的変異量を示す値を算出した（表-15）。

表-15　採種園構成クローンの遺伝的変異量

本所採種園（25型：N=25）

遺伝子座	P		Na	Ne	Ho
	95%水準	99%水準			
Shd-1			1	1.000	0.000
Shd-2	*pl*	*pl*	2	1.368	0.320
6Pg-1	*pl*	*pl*	3	1.596	0.400
6Pg-2			1	1.000	0.000
Gdh			1	1.000	0.000
Dia-3	*pl*	*pl*	2	1.419	0.360
Mnr	*pl*	*pl*	2	1.368	0.240
Got-1			1	1.000	0.000
Got-2		*pl*	2	1.041	0.040
Pgm-2			1	1.000	0.000
Lap	*pl*	*pl*	5	2.610	0.520
Aap	*pl*	*pl*	2	1.220	0.200
平均	50.0	58.3	1.92	1.302	0.173
標準誤差			0.19	0.133	0.055
検出した対立遺伝子の総数			23		

pl：多型的であることを示す。

新地圃場採種園（25型：N=25）

遺伝子座	P		Na	Ne	Ho
	95%水準	99%水準			
Shd-1			1	1.000	0.000
Shd-2	*pl*	*pl*	2	1.317	0.280
6Pg-1	*pl*	*pl*	3	1.596	0.400
6Pg-2		*pl*	2	1.041	0.040
Gdh			1	1.000	0.000
Dia-3	*pl*	*pl*	2	1.625	0.440
Mnr	*pl*	*pl*	2	1.368	0.240
Got-1			1	1.000	0.000
Got-2		*pl*	1	1.000	0.000
Pgm-2			1	1.000	0.000
Lap	*pl*	*pl*	5	2.256	0.360
Aap	*pl*	*pl*	2	1.220	0.200
平均	50.0	66.7	1.92	1.285	0.163
標準誤差			0.34	0.111	0.051
検出した対立遺伝子の総数			23		

pl：多型的であることを示す。

大信圃場採種園（25型：N=25）

遺伝子座	P		Na	Ne	Ho
	95%水準	99%水準			
Shd-1			1	1.000	0.000
Shd-2	*pl*	*pl*	2	1.173	0.160
6Pg-1	*pl*	*pl*	3	1.596	0.400
6Pg-2	*pl*	*pl*	2	1.127	0.120
Gdh			1	1.000	0.000
Dia-3	*pl*	*pl*	2	1.471	0.320
Mnr	*pl*	*pl*	2	1.368	0.240
Got-1			1	1.000	0.000
Got-2		*pl*	2	1.041	0.040
Pgm-2			1	1.000	0.000
Lap	*pl*	*pl*	5	2.404	0.560
Aap	*pl*	*pl*	2	1.173	0.160
平均	58.3	66.7	1.92	1.279	0.167
標準誤差			0.33	0.118	0.053
検出した対立遺伝子の総数			24		

pl：多型的であることを示す。

その結果、分析した12遺伝子座において本所採種園では5遺伝子座（*Shd-1, 6Pg-2, Gdh, Got-1, Pgm-2*）では変異は見られず、多型的遺伝子座の割合*P*は95%水準では6遺伝子座が多型的であり（*P*=50.0%）、99%水準では7遺伝子座が多型的であった（*P*=58.3%）。新地圃場採種園では5遺伝子座（*Shd-1, Gdh, Got-1, Got-2, Pgm-2*）では変異は見られず、多型的遺伝子座の割合*P*は95%水準では6遺伝子座が多型的であり（*P*=50.0%）、99%水準では8遺伝子座が多型的であった（*P*=66.7%）。大信圃場採種園では、4遺伝子座（*Shd-1, Gdh, Got-1, Pgm-2*）では変異は見られず、多型的遺伝子座の割合*P*は95%水準では7遺伝子座が多型的であり（*P*=58.3%）、99%水準では8遺伝子座が多型的であった（*P*=66.7%）。

対立遺伝子の均衡性を表す1遺伝子座あたりの対立遺伝子数N_aは3採種園ともに1.92、遺伝子座あたりの対立遺伝子の有効数N_eは本所採種園では1.302、新地圃場採種園では1.285、大信圃場採種園では1.279、また平均ヘテロ接合体率の観察値H_oは本所採種園では0.173、新地圃場採種園では0.163、大信圃場採種園では0.167であった。さらに対立遺伝子の豊かさを表す対立遺伝子の総数は本所採種園では23個、新地圃場採種園では23個、大信圃場採種園では24個検出した。

ヒノキ採種園の例ではあるが25型の採種園を設計する際に選定した25個体のヒノキ精英樹の組み合わせの偶然と、精英樹選抜時点の人為選択で、遺伝的変異が天然林や多くの人工林に比較してきわめて低下し、49型,81型というような多数の構成ラメートを用いて採種園を設計する必要が生じた例が報告されている（16）が、本県の浜・中通りの3採種園はいづれも同様な値を示しており、表-14 の各集団の値と比較すれば、若干の遺伝的変異の減少はあるものの、25型採種園としては良く遺伝的変異を保った採種園であることが明らかとなった。

5、遺伝子供給源としての飯豊スギ天然林の遺伝構造

飯豊スギ天然林の核心部を踏査、約30mおきに試料を採集し、8酵素種11遺伝子座についてアイソザイム分析を行った。その結果、Gdh、Mnrの2酵素2遺伝子座においては単型であった。他の6酵素種9遺伝子座（*Shd-1, Shd-2, 6Pg-1, 6Pg-2, Dia-3, Got-1, Got-2, Pgm-2, Lap*）については多型が見られたので、それらの遺伝子型頻度の観察値と任意交配を仮定した期待値とを比較した（表-16 ）。その結果、全ての遺伝子座で各遺伝子型頻度の観察値と期待値は良く一致し、χ^2検定の結果、両者に有意差は認められなかった。飯豊スギ天然林の母樹集団は、ハーディー・ワインベルグ平衡が成り立つ任意交配集団であることが推測された。

次に、試料採集の範囲を限定し、林床をふくめてスギの優占する尾根部で、稚樹集団を146mにわたりラインに沿って約2m間隔で合計73個体を採集し9酵素種12遺伝子座についてアイソザイム分析を行った。その結果、*Gdh*、*Mnr*、*Got-1*、*Got-2*、*Pgm-2*の4酵素5遺伝子座においては単型であった。他の4酵素種7遺伝子座（*Shd-1, Shd-2, 6Pg-1, 6Pg-2, Dia-3, Lap, Aap*）については多型が見られたので、それらの遺伝子型頻度の観察値と任意交配を仮定した期待値とを比較した（表-17 ）。χ^2検定の結果、各遺伝子型頻度の観察値と期待値は*6Pg-1*遺伝子座については1%水準で有意差が見られ、*Dia-3*遺伝子座では5%水準で有意差が認められた。飯豊スギ天然林の稚樹集団は、ハーディー・ワインベルグ平衡が成り立っていないと認められた。このことは無性繁殖によるクローンが存在していることを示唆している。

表-16　天然林全域における遺伝子型頻度の観察値と期待値の比較

遺伝子座	観察値 個体数(本)	観察値 頻度(%)	期待値 個体数(本)
Shd-1			
aa	111	90.2	109.4
ab	10	8.1	9.5
ao	0	0.0	3.7
bb	0	0.0	0.2
bo	0	0.0	0.2
oo	2	1.6	0.0
Shd-2			
aa	7	5.7	7.3
ab	46	37.4	45.4
bb	70	56.9	70.3
			χ^2=0.215 n.s.
6pg-1			
aa	11	8.9	9.6 *
ab	47	38.2	48.4
ae	0	0.0	1.1 *
bb	61	49.6	60.8
be	4	3.3	2.8 *
ee	0	0.0	0.0
			χ^2=0.207 n.s.
6pg-2			
aa	0	0.0	0.0
ab	5	4.1	4.8 *
ad	0	0.0	0.0
bb	117	95.1	117.2
bd	1	0.8	1.0 *
dd	0	0.0	0.0
			χ^2=0.007 n.s.

遺伝子座	観察値 個体数(本)	観察値 頻度(%)	期待値 個体数(本)
Dia-3			
aa	51	41.5	48.2
ab	52	42.3	57.6
bb	20	16.3	17.2
			χ^2=1.162 n.s.
Got-1			
aa	0	0.0	0.2 *
ab	11	8.9	10.6 *
bb	112	91.1	112.2
			χ^2=0.004 n.s.
Got-2			
aa	119	96.7	117.2
ab	2	1.6	5.8 *
bb	2	1.6	0.1 *
			χ^2=0.639 n.s.
Pgm-2			
bb	122	99.2	122.0
bd	1	0.8	1.0
dd	0	0.0	0.0
Lap			
aa	12	9.8	6.9
ab	31	25.2	37.7
ac	2	1.6	3.5 *
ad	1	0.8	3.1 *
bb	54	43.9	52.0
bc	10	8.1	9.8
bd	11	8.9	8.5
cc	1	0.8	0.5 *
cd	1	0.8	0.8 *
dd	0	0.0	0.3 *
			χ^2=7.025 n.s.

：期待値が5以下の*印はまとめてχ^2値を算出した。
Shd-1, *Pgm-2* については、期待値の合計が5以下のためχ^2検定を行わなかった。
n.s.（有意差なし）

表-17　146m区間での遺伝子型頻度の観察値と期待値の比較

遺伝子座	観察値 個体数(本)	観察値 頻度(%)	期待値 個体数(本)
Shd-1			
aa	66	90.4	66.2
ab	7	9.6	6.7
bb	0	0.0	0.0
			χ^2=0.013 n.s.
Shd-2			
aa	0	0.0	0.0
ab	1	1.4	1.0
bb	72	98.6	72.0
6pg-1			
aa	0	0.0	4.7 +
ab	37	50.7	25.3
ae	0	0.0	0.0
bb	27	37.0	34.3
be	9	12.3	0.6 +
ee	0	0.0	0.0
			χ^2=9.547 **
6pg-2			
bb	57	78.1	57.8
bd	16	21.9	14.3 +
dd	0	0.0	0.9 +
			χ^2=0.053 n.s.

遺伝子座	観察値 個体数(本)	観察値 頻度(%)	期待値 個体数(本)
Dia-3			
aa	35	47.9	40.0
ab	38	52.1	28.0
bb	0	0.0	5.0
			χ^2=9.196 *
Lap			
aa	0	0.0	3.7 +
ab	31	42.5	24.8
ad	1	1.4	0.5 +
af	1	1.4	0.2 +
bb	39	53.4	41.4
bd	1	1.0	1.5 +
bf	0	0.0	0.8 +
dd	0	0.0	0.0
df	0	0.0	0.0
ff	0	0.0	0.0
			χ^2=2.622 n.s.
Aap			
aa	0	0.0	0.6 +
ab	14	19.2	12.4
bb	59	59.0	59.7
			χ^2=0.085 n.s.

：期待値が5以下の＋印はまとめて$\chi 2$値を算出した。
*Shd-2*は 期待値の合計が5以下のため$\chi 2$検定を行わなかった。
*印($p<0.05$)
**印($p<0.01$)
n.s.(有意差なし)

また、調査した146m区域内の72個体を採集起点から順番にならべ、観察される遺伝子型の分布が隣接個体同志と異なる全遺伝子型(*MLG*)の出現数は51*MLG*となった。隣接個体同志で同一の *MLG*が連続するのは2～6mの範囲であり、さらに、rear allile（希な遺伝子型）は全くスポット的に出現する場合があるほか、2m～6mの範囲にわたり連続して出現する場合があった（18）。

表-18　一定距離内で観察される遺伝子型の分布と隣接個体同志が異なる全遺伝子型（*MLG*）数

□：希な遺伝子型

a) 0～50m

距離(m)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
Shd-1	aa	aa	aa	aa	ab	aa	ab	aa	ab	ab	ab	ab	ab	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa
Shd-2	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb
6Pg-1	ab	bb	bb	bb	ab	bb	ab	be	ab	ab	ab	ab	ab	be	bb	bb	ab	bb	be	bb	bb	bb	bb	bb	bb	ab
6Pg-2	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bd	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb
Dia-3	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	aa
Lap	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	bb	bd	ab	ab	ab	ab	ab	bb	ab	ab
Aap	bb	bb	bb	bb	ab	bb	ab	bb	ab	ab	ab	ab	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb
MLG	1	2			3	4	5	6	7				8	9	10		11	12	13	14				15	16	17

b) 52～102m

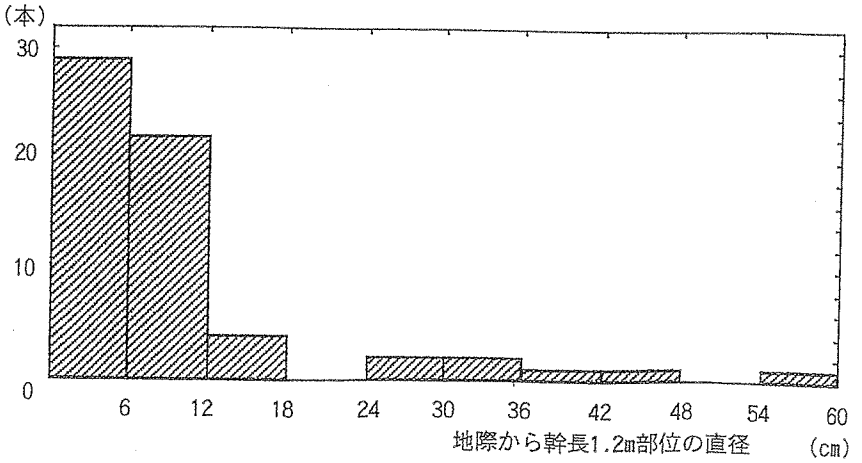
距離(m)	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102
Shd-1	aa	aa	–	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa
Shd-2	bb	bb	–	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	ab	bb	bb	bb	ab	bb	bb	bb	bb
6Pg-1	ab	ab	–	ab	bb	ab	ab	bb	bb	ab	bb	bb	bb	be	be	ab	ab	bb	ab	bb	bb	bb	ab	bb	ab	ab
6Pg-2	bb	bb	–	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bd	bd	bb	bb	bb	bb	bb	bd	bd	bd	bd
Dia-3	aa	aa	–	aa	aa	aa	aa	ab	ab	aa	ab	ab	ab	ab	ab	aa	aa	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab
Lap	bb	bb	–	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	ab	bb	bb	bb	bb	ab	bb	bb
Aap	bb	bb	–	bb	bb	bb	bb	ab	ab	bb	ab	ab	ab	ab	ab	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb
MLG	18			19	20	21		22	23	24	25			26		27		28	29	30		31	32	33	34	

c) 104～146m

距離(m)	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146
Shd-1	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa	aa
Shd-2	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb
6Pg-1	ab	ab	be	be	be	be	ab	bb	ab	–	ab	ab	ab	ab	ab	ab	bb	ab	ab	bb	ab	–
6Pg-2	bd	bd	bb	bb	bb	bb	bb	bd	bd	bb	bd	bb	bd	bd	bb	bd	bb	bb	bd	bb	bb	bb
Dia-3	ab	ab	ab	ab	ab	aa	aa	aa	ab	aa	ab	aa	ab	ab	aa	ab	ab	ab	ab	ab	ab	aa
Lap	bb	bb	ab	ab	ab	bb	bb	ab	bb	ab	bb	ad	bb	bb	bb	bb	bb	af	bb	bb	ab	bb
Aap	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	ab	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb	bb
MLG			35			36	37	38	39	40	41	42	43		44	45	46	47	48	49	50	51

さらに、調査範囲を絞って、1m×28mのプロットを設けプロット内に出現した59個体の1.2m樹幹部直径を測定、個体位置を測定した。プロット内のスギ個体の直径頻度分布は図-3に示すように逆L型を示し、

図-3　プロット内スギの直径頻度分布



直径12cm以下の個体が全体の88%を占めていた。つぎに、出現した59個体について9酵素種12遺伝子座についてアイソザイム分析を行った。その結果、多型的な遺伝子座はさらに減少し、*Shd-1*、*Shd-2*、*6Pg-2*、*Gdh*、*Mnr*、*Got-1*、*Got-2*、*Pgm-2*の6酵素8遺伝子座においては単型であった。他の4酵素種4遺伝子座（*6Pg-1, Dia-3, Lap, Aap*）については多型が見られたので、それらの遺伝子型頻度の観察値と任意交配を仮定した期待値とを比較した（表-19）。χ^2検定の結果、各遺伝子型頻度の観察値と期待値は*Dia-3*遺伝子座について1%水準で有意差が見られ、プロット内ではハーディー・ワインベルグ平衡は成り立たず、付近には根株からの無性繁殖によるクローンが観察された。得られた遺伝子型によって個体毎に*MLG*を決

表-19　プロット内の個体群の遺伝子型頻度の観察値と期待値の比較

遺伝子座	観察値 個体数(本)	観察値 頻度(%)	期待値 個体数(本)
6pg-1			
aa	37	62.7	39.1
ab	22	37.3	17.9 *
ae	0	0.0	2.0 *
bb	0	0.0	0.0
be	0	0.0	0.0
ee	0	0.0	0.0
			χ^2=0.334 n.s.
Dia-3			
aa	5	8.5	17.3
ab	54	91.5	29.3
bb	0	0.0	12.4
			χ^2=41.96 **
Lap			
aa	0	0.0	2.7
ab	25	20.3	19.7
ac	0	0.0	0.0
ad	0	0.0	0.0
bb	34	27.6	36.6
bc	0	0.0	0.0
bd	0	0.0	0.0
cc	0	0.0	0.0
cd	0	0.0	0.0
dd	0	0.0	0.0
			χ^2=0.486
Aap			
aa	0	0.0	2.4
ab	24	40.7	19.1
bb	35	59.3	37.5
			χ^2=0.457

：期待値が5以下の*印はまとめてχ^2値を算出した。
**印($p<0.01$)
n.s.(有意差なし)

定し、個体位置上に載せると、母樹となり得る直径24～57cmの個体とその周辺に分布する稚樹からなる*MLG* 1グループとそれに隣接して分布する稚樹集団*MLG* 2グループ、さらにそれより離れて分布する２つの稚樹集団*MLG* 3および*MLG* 4の各グループがプロット内に分布していることが明らかになった（図-4）。

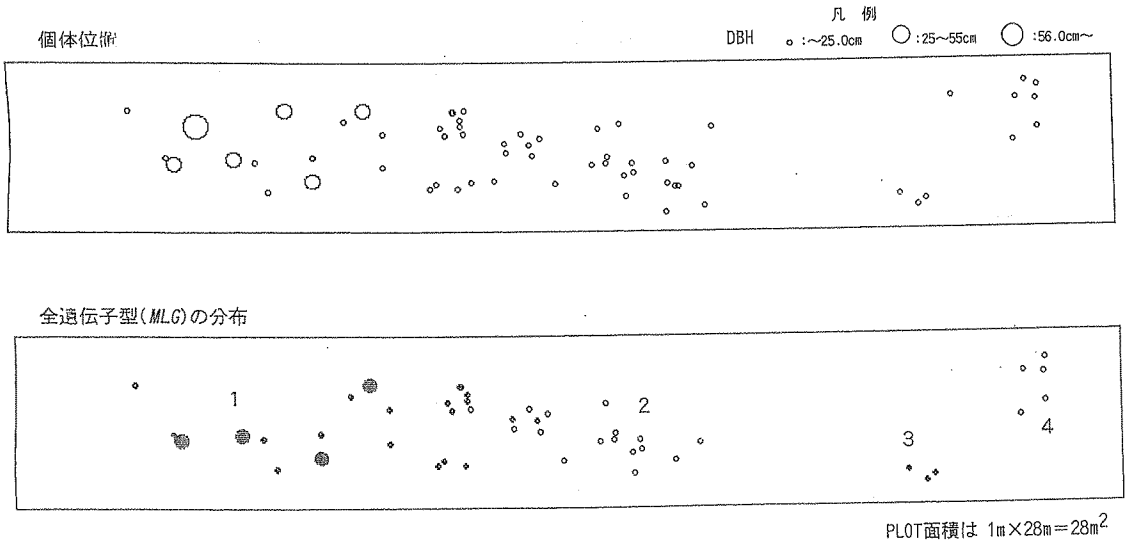


図-4　　プロット内の個体位置と４つの全遺伝子型(*MLG*)の分布

平ら（17）は北アルプス猫叉山の標高2,050m地点にアイソザイムでの遺伝的変異がまったく認められないスギ天然林を調査しており、森口ら（18）は新潟県二王寺岳において、近親交配が生じ遺伝的多様性が低く、実生更新、伏条更新がほとんど行われていないスギ天然林の報告をしている。飯豊スギ天然林の場合は、無性繁殖によるクローン稚樹集団が存在すると同時に、母樹集団においては、相互の任意交配下で遺伝的変異も大きい集団を形成していることが明らかとなった。

ブナ属の例ではあるが、北村ら（19）は、林分内の個体位置とその遺伝構造、個体樹齢とその遺伝構造の2つを軸として地域集団の空間的・時間的な遺伝構造の詳細な解析を行っており、そのなかで空間的な遺伝変異の偏りが著しい遺伝的下部構造の存在を明らかにしている。また、サンプリング時のスケーリングの重要性を指摘している。

一般に各種の抵抗性遺伝子等、林木育種における有用な遺伝子の頻度は極端に小さい。林木育種場面においては、それら希な有用遺伝子を持っているかもしれない候補木の選抜をおこない、各種の検定作業により、その個体を特定する。希な遺伝子が選抜対象林分にどのように配置されているのか、一般的にではあっても選抜時の類推の根拠を得ておくことは重要である。

天然林は著しい異齢林であるために、まず、候補木を選抜し、それによる齢級の揃った2次林を造成したのち、有用形質の比較による本格選抜を行わなければならない。そのために全国的に見ても天然林から選抜されたスギ精英樹はごく少数である。今回用いたアイソザイム遺伝マーカーは自然淘汰に対しては中立的な遺伝子であるとされ、それゆえに偏り無く各集団の遺伝的変異を客観的に把握し比較ができる。長年月に渡る積雪という淘汰圧がかかり続けている飯豊スギ天然林内には、耐雪性に関わる有用遺伝子の蓄積があるのは間違いなく、また、有用遺伝子の多くは希な存在である。飯豊スギ天然林からの候補木の選抜は表現型が明らかな母樹集団をこれまで対象としてきたが、稚樹集団におけるアイソザイム遺伝子レベルの希な遺伝子の存在様式から、有用遺伝資源の収集の対象は、稚樹集団まで拡張して実施すべきであるものと考えられる。

6、ジベレリン葉面散布による飯豊スギの雌雄花着花最適条件の検索

雌雄花数データをもとに、散布時期と薬剤濃度を要因として2元配置の分散分析を行った結果（表-20）、散布時期について雌花数では1%水準で有意差が見られ、雄花数では5%水準で有意差が認められた。また、散布時期と薬剤濃度との間の交互作用は雌花数、雄花数ともに有意差は見られなかったので、要因別にダンカン検定による多重比較を行った。

表-20　雌雄花別　分散分析表

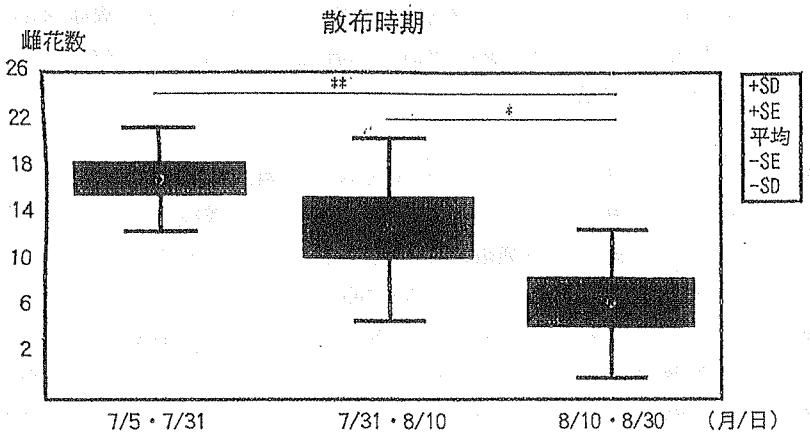
雌花数

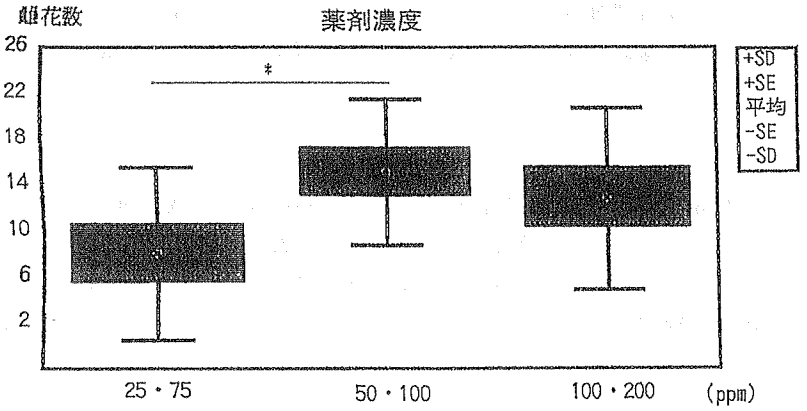
要因	自由度	平方和	誤差	F値	水準p
1.散布時期	2	262.553	32.406	8.102	0.003
2.薬剤濃度	2	117.344	32.406	3.621	0.477
1×2	4	45.11	32.406	1.392	0.276

雄花数

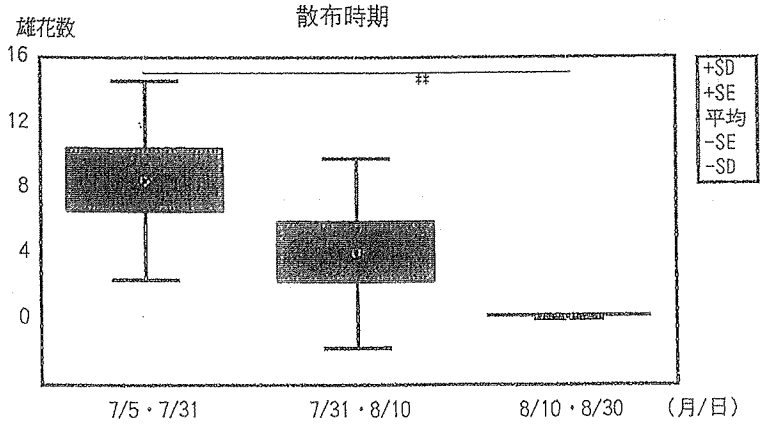
要因	自由度	平方和	誤差	F値	水準p
1.散布時期	2	158.973	31.348	5.071	0.018
2.薬剤濃度	2	0.693	31.348	0.022	0.978
1×2	4	0.787	31.348	0.025	0.998

その結果、雌花数は、散布時期では7/5・7/31処理区と8/10・8/30処理区間に1%水準で有意差が見られ、7/31・8/10処理区と8/10・8/30処理区間に5%水準で有意差が見られた。薬剤濃度では、25・75ppm処理区と50・100ppm処理区間のみに5%水準で有意差が見られた。一方、雄花数は、散布時期では7/5・7/31処理区と8/10・8/30処理区間に1%水準で有意差が見られた。また、薬剤濃度では、どの処理区間においても有意差は見られなかった（図-5）。





*:P<0.05　**:p<0.01



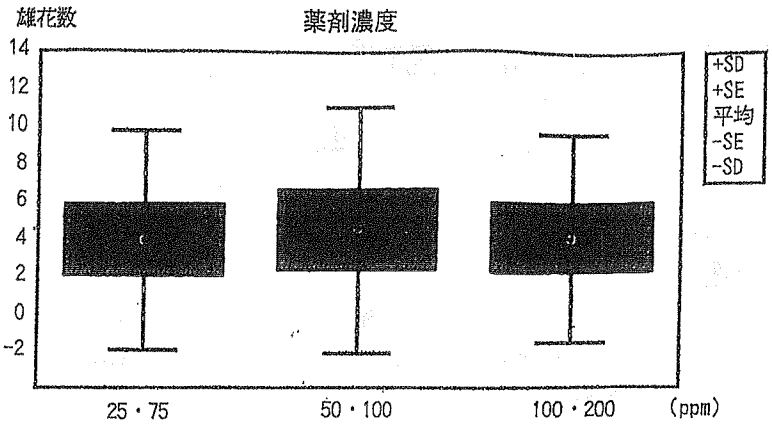


図-5　ジベレリン葉面散布による飯豊スギの雌雄花着花率

精英樹で構成された採種園における着花促進のためのジベレリン葉面散布処理は通常8月上旬に1回散布を定法としている。また、雌花の分化には低濃度よりも高濃度で促進され、雄花の分化には低濃度で促進され、8月中旬以降の処理は雌花に比べて雄花の着生が少なくなる（20）とされている。さらに、伊藤（21)はミニチュア採種園でのジベレリン処理における雌雄花の着花量のバランスを考慮して、濃度は1回目が25ppm、2回目が75ppmで、時期は6月末～7月末日間に20日位の間を置いての2回処理が有効であるとしている。

雌雄花着花が少ない（22）とされる飯豊スギにおいて雌花着花を考慮しながら雄花着花を促進するには、今回の試験結果によれば、散布時期は散布適期の早期すなわち7/5～7/31にかけて薬剤濃度1回目が50ppm、2回目が100ppmの2回散布が適当であるという結果を得た。

7、耐雪性登録品種「出羽の雪1号、2号」の本県導入

（1）耐雪性登録品種の現地適応試験地の設定

根元曲がりのしないスギ登録品種「出羽の雪1号、2号」が林野庁林木育種センター東北育種場において選出され平成8年11月21日種苗法による品種登録がなされた。

選出地は、山形県西村山郡大江町（標高350m　傾斜20度　積雪深3m）の人工林であった。新品種の特徴としては、耐雪性（幹の根元曲がり、根の太さ、根の形質等）や成長、さらに幹の通直性において、従来の積雪地帯向け品種に比べ著しく優れている点であり、新品種のメリットは雪起こし作業が大幅に軽減されること、従来の根元曲がり材が著しく減少し、収穫材積の約3割の増収が見込まれることである。新品種「出羽の雪」の選出、確定は昭和45年度から開始された気象害抵抗性育種事業によるもので、耐雪性候補木1,823個体（平成5年度末現在）の中から、この2個体のクローンが品種登録となった。当時、同事業で会津地方からも87個体（SF）選抜され他県の候補木とともに現地検定に供試された。

植栽適応区域は東北林木育種基本区西部育種区の積雪深2.5m以下の地域とされており、平成9年2月に示された苗木の配布計画に従って、本年度、試験用苗木の配布を受けた。現地適応検定試験による評価の後、本県に適応性が認められれば、一般造林地への本格導入となるため、会津地方の積雪地帯に4カ所、中通り地方に1カ所計5カ所の現地適応検定試験地を設定した。

（2）遺伝的変異拡大のための人工交配の実施

耐雪性有用形質を持つ試験系統造りのため表-21 に示した本県精英樹との人工交配を2000年に実施し初回の種子を得た。なお、本課題は今年度で終了するため今後の交配組み合わせと作出種子による試験林の設定、検定等は林木育種事業等で継続進行すべきものである。

表-21　交配組み合わせ

♀	♂	人工交配日	
出羽の雪1号	西白河4	1回	2000.3.7
出羽の雪2号	東白川9	2回	2000.3.14
	東白川10	3回	2000.3.23
	東白川4		
	双葉2		
	南会津5		
	飯豊		

曲がらない登録品種「出羽の雪」の本県における活用については、現地適応が認められるまで、当面は人工交配により、多くの系統を作り、遺伝的変異を拡大して、林業造林場面での大面積・粗放管理に耐える林業用種苗（23）としての準備が必要である。

Ⅳ.総合考察

積雪地域向け採種園経営における在来遺伝資源の活用

飯豊スギは山都町一ノ木周辺のスギ天然林を遺伝的背景に、耐雪性に優れた在来品種として会津地方にある。本所においても従来から主に挿し木用採穂台木形式で収集保存に努め、複合品種（在来の集団品種）として取り扱ってきた。しかし、その構成クローン数が不明なため、やむを得ずコスト高の挿し木クローン苗養成後、苗木を混合し遺伝的多様性を確保したのち、その苗木を供給している。特定の採穂台木に偏らず、全台木からほぼ均等に採穂し苗木を供給しているため、山行き苗の遺伝的構成は、収集保存分の遺伝的構成比がある程度再現されているものと予想される。

飯豊スギは、主に挿し木で増殖されており、今回、集植保存台木総計450本を92*MLG*に区分できたが、同じ*MLG*に区分されたものは同一個体である可能性が非常に高い。構成クローンを多数推定できた結果、クローン識別が可能になった。

着花特性において特に雄花の着花性が低いとされた飯豊スギだが、早期低濃度・高濃度2回のジベレリン葉面散布による雌雄着花も、ある程度確認されたため、これからは飯豊スギによる繁殖集団を作ることができる。会津産精英樹数の不足を補完する意味で、必要ならば、在来の遺伝資源（飯豊スギ）を活用した、より遺伝的多様性の高い耐雪性採種園の設計ができる。採種園形式もミニチュア方式（24）を採用すれば、造成・維持コストも従来型に比較して格段に低くでき、また改植も小規模の労力で可能で小回りが利くため採種園の改良にも有利である。

飯豊スギを供試した既設試験林等の再整理と既報告に見る特性把握の進度については、文献調査をしたとおり、造林初期に必要な苗木の生残率、冠雪抵抗性という第1の耐雪性形質についてはある程度調査データの蓄積があり、今後は収穫期の木材利用場面での利用材積のの増大、つまり根元曲がりが少ない第2の耐雪性形質について既設試験林を用いた調査を継続しなければならない。

ところで、飯豊スギを供試した既設試験林は次代検定林を除き、必ずしも反復設定がされておらず、それらを活用して得られるデータの信頼性の問題が生ずる危惧があったが、クローン識別ができれば、それらの不足はすべて各クローンの不均等数構成の単木混交植栽の挿し木次代検定林として活用できる。本報告ではアロザイム遺伝子型を利用して、飯豊スギ集植保存個体を92*MLG*、つまり92にクローン識別したが、さらに簡便で、正確なクローン識別が常時可能な体制づくりが必要である。おおまかな概算ではあるが、一つの試験林に2000本のサンプルがあるとすれば、その形質調査に2名で5日、全個体のサンプルを採集するのに5日、アイソザイム分析およびPCR- RAPD法でのクローン識別に1名が100日、データ整理で20日を要するとすれば1つの試験林の調査はのべ140人・日で完了できる。今後はPCR-RAPD法等によるクローン識別を実施し、アロザイム遺伝子型と併用し、クローン識別の精度を上げなければならない。

また、アロザイム遺伝子型を用いて、全国レベルで見た本県精英樹集団と飯豊スギ集団の遺伝的変異について評価を行い、次に現在の林木育種の育種母材である県民有林選抜精英樹集団と飯豊スギ集植保存集団との遺伝的変異の比較、さらに遺伝資源供給源としての飯豊スギ天然林の遺伝構造を調査した結

果、現在の飯豊スギ天然林の持つ遺伝資源としての価値は大きい。未収集の有用遺伝子はまだ少なからず天然林に温存されているものと考えられる。

スギの育種は現在のところ長年月を要するため、育種年限の短縮法として有用形質を支配する遺伝子と強く連鎖したマーカーを用い、育種の初期段階で有用個体の選抜を行う方法（MAS＝Marker Assisted Selection）が効率的な育種方法として期待され、現在はMAS技術に必要なスギの基盤的遺伝子地図の作成が国機関において推進されているが、耐雪性に関するMASはまだ相応の時間が必要であるものと思われる。林業種苗分野において地域を担う県機関として、現在行うべきことのひとつは、地域に存在している有用な遺伝資源を維持し、いつでも利用可能な状態で保存することが挙げられ、広範囲にわたる天然林の現地保存と、遺伝資源の収集保存が必要と思われる。

Ⅴ．謝辞

本課題を実行するにあたり、国有林内での試料の採集にあたりましては、会津森林管理署をはじめ、一ノ木森林事務所、治里部落部分林組合の方々より御配慮を賜りました。関係各位に対しまして、心より感謝申し上げます。

Ⅵ.引用文献

（１）白石　進：アイソザイム分析法-その実際と林木遺伝育種研究への応用-（１）、林木の育種,142,23-25(1987)

（２）白石　進：アイソザイム分析法-その実際と林木遺伝育種研究への応用-（２）、林木の育種,143,34-38(1987)

（３）津村義彦ほか：アイソザイム実験法、筑波大学農林技術センター演習林報告6,63-95(1990)

（４）戸丸信弘ほか　スギ精英樹の１２アロザイム遺伝子座の遺伝子型　筑大演報9,p209-255（1993)

（５）根井正利　分子進化遺伝学　五条堀孝、斎藤成也訳,p163(1990)

（６）橋本忠雄ほか　飯豊スギ天然林の特性調査　福島県林業試験場研究報告5,p1-23(1972)

（７）伊藤輝勝ほか　スギ品種間の被害と要因並びに抵抗性候補木の選抜　福島県林業試験場研究報告17,p127-141(1985)

（８）平　英彰　スギ幼齢木の根元曲がり形成過程　日林誌67(1) ,p11-19(1985)

（９）冠雪害防止技術に関する調査（昭和56年度調査の概要報告）-豪雪による森林被害の発生機構と今後の対策に関する研究- 福島県林業試験場　(1982)

(10) 戸丸信弘　アイソザイムによるスギの人工林および精英樹の遺伝変異に関する研究　筑波農林学研6,p1-66 (1994)

(11) 後藤陽子ほか　スギ精英樹におけるRAPD法の個体識別能力　第110回　日林学術講,p283(1999)

(12) 戸丸信弘ほか　スギ精英樹のアイソザイム分析と林木育種への応用　林木の育種「特別号」,p21-23(1999)

(13) Genetic Variation and Population Differentiation in Natural Population of Cryptmeria japonica　Nobuhiro Tomaru et.al　Plant Species Biol.,p489-497 (1995)

(14) Allozyme variation of five natural population of Cryptomeria japonica in western Japan　Yoshihiko Tsumura et.al Japan.Jpn.J.Genet.67 ,p299-308 (1992)

(15) Genetic structure of geographical marginal populations of Cryptmeria japonica. Tsumura et.al Can.J.For.Res.23,p859-863(1993)

(16) 鈴木賢一ほか　栃木県におけるヒノキ採種園の構成クローンの遺伝的変異　100回　日林論,p297-298(1989)

(17) 平　英彰ほか　猫叉山の標高2,050m地点のスギ天然林の生育状況とアイソザイム分析　日林誌75(6), p541-545 (1993)

(18) 森口　喜成ほか　豪雪地帯に孤立分布するスギ林のAFLP法による解析　第110回　日林学術講，p292-293(1999)
(19) 北村系子、河野昭一　樹木集団の個体群統計遺伝学的解析-ブナおよびイヌブナのメタポピュレーションの構造と解析-　日生態誌46, p179-183(1996)
(20) 橋詰　隼人　スギの花芽分化におよぼすジベレリンの影響　日林誌41(10)，p375-381(1959)
(21) 伊藤　信治　スギ採種園の種子生産技術(Ⅵ)-ジベレリン処理方法と着花および種子生産性-　新潟県林業試験場研究報告34, p1-22(1992)
(22) 熊谷建一ほか　採種園産種子の品質向上に関する研究　福島県林業試験場研究報告21号, p163-187(1988)
(23) 大庭喜八郎・勝田　柾編　現代の林学5　林木育種学, p1-3(1991)
(24) 伊藤信治　スギのミニチュア採種園による種子生産　林木の育種168, p1-3(1993)