

関東育種基本区における第二期交雑育種事業化プロジェクトの実施経過

田村 明⁽¹⁾・大谷 賢二⁽²⁾・宮浦 富保⁽¹⁾

Akira TAMURA, Kenji Ooya and Tomiyasu MIYAURA

Progress of the Second Cross Breeding Project in Kanto Breeding Region

要旨：関東育種基本区における第二期交雑育種事業化プロジェクトでは、スギ4分集団6箇所、ヒノキ1分集団2箇所の合計5分集団8箇所の育種集団林を造成した。また、新素材を用いた交配袋の開発及びハウス内における鉢植苗を用いた交配方法の開発により、交配技術が一層向上した。BLP法による新たな系統評価法を導入し、信頼度の高い優れた交配親を選択出来るようになった。一方、育種集団から次世代の精英樹を選抜する際、血縁関係に配慮する必要があることを指摘した。

1 はじめに

第二期交雑育種事業化プロジェクトでは、関東育種基本区の主要な造林樹種であるスギ、ヒノキを主な対象樹種とした。改良目標は、スギでは成長、材質および気象害抵抗性とし、ヒノキでは成長とした。これらの形質を単独または複合して持つ優れた品種を創出することを目的に、スギ、ヒノキとも分集団を単位として30クローン前後の交配親を用いた人工交配を行い、育種集団林の造成を行った。なお、基本的には精英樹を交配親に用いた。

2 プロジェクトの実施経過と成果

2.1 実施経過と事業実績

第二期交雑育種事業化プロジェクトで行われた各樹種の育種区毎の改良目標、交配様式、母樹数、組合せ数および設定した育種集団林の内訳を表1に示した。

スギでは分集団を各育種区の改良目標毎に造成した。改良目標は成長または材質の単一形質の場合と、成長と材質または気象害抵抗性の複合形質の場合とがある。具体的な改良形質は、成長については樹高および胸高直径、材

(1) 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, Toga, Ibaraki 319-1301 Japan

(2) 林木育種センター東北育種場

〒020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字大崎95番内

Tohoku Regional Breeding Office, Forest Tree Breeding Center

95, Oosaki, Takizawa, Iwate 020-0173 Japan

表1. 第二期交雑育種事業化プロジェクトの実施内容

樹 種	交配年度	育種区	改良目標	交配様式	検定林名	設定年度	設定面積 (ha)	植栽本数 (本)	母樹数	組合せ数
スギ	H 2	東 海	成 長	片面ダイアレル	センター所内	H 7	0.78	1872	36(36)	48(48)
	H 3	中部山岳	成 長	片面ダイアレル	センター所内	H 8			24(24)	38(36)
	H 4	関東平野	成 長	片面ダイアレル	センター所内	H 9	0.78	1872	32(32)	48(48)
	H 4	関東平野	成 長	片面ダイアレル	関東63号	H 9	0.78	1872	32(32)	48(48)
	H 4	関東平野	成 長	片面ダイアレル	関東64号	H 9	0.78	1872	32(32)	48(48)
	H 5	北 関 東	材 質	片面ダイアレル	関前71号	H11	0.78	1872	32(24)	48(35)
	H 5	北 関 東	材 質	片面ダイアレル	関前72号	H11	0.78	1872	32(24)	48(35)
	H 5	北 関 東	材 質	片面ダイアレル	関前73号	H11	0.65	1560	32(24)	48(35)
	H 7	北 関 東	成 長	片面ダイアレル	関前74号	H12	0.78	1872	24(24)	36(36)
	H 7	北 関 東	成 長	片面ダイアレル	関前75号	H12	0.78	1872	24(24)	36(36)
	H 7	北 関 東	成 長	片面ダイアレル	関前76号	H12	0.78	1872	24(24)	36(36)
	H 8	東 海	材 質	片面ダイアレル		H13,14年度設定予定			24(24)	36(33)
	H 9	北 関 東	成長・材質	要因交配		H13,14年度設定予定			32(32)	64(64)
ヒノキ	H10	東 海	成長・材質	要因交配		H15年度設定予定			24(23)	48(44)
	H 3	中部山岳	成 長	片面ダイアレル	関長47号	H10	0.72	1872	24(24)	36(30)
	H 4	関東平野	成 長	片面ダイアレル	関東63号	H12	0.32	560	24(24)	36(22)
	H 4	中部山岳	成 長	片面ダイアレル	センター所内	H10	0.72	1872	24(24)	36(30)
	H 4	中部山岳	成 長	片面ダイアレル	関長47号	H10	0.72	1872	24(24)	36(30)

() 内の数字は実行数

質についてはヤング率, 心材色, 心材含水率および容積密度, 気象害抵抗性については耐凍性, 耐寒風性とした。改良目標が単一形質の場合, 交配様式は1セット当たり4親が関与し, 6組の交配組合せができる片面ダイアレルを用い, 1分集団は6つの交配セット, 計24親36交配組合せで構成した(図1)。改良目標が複合形質の場合, 交配様式は1セット当たり8親が関与し, 16組の交配組合せができる要因交配を用い, 1分集団は3つの交配セット,

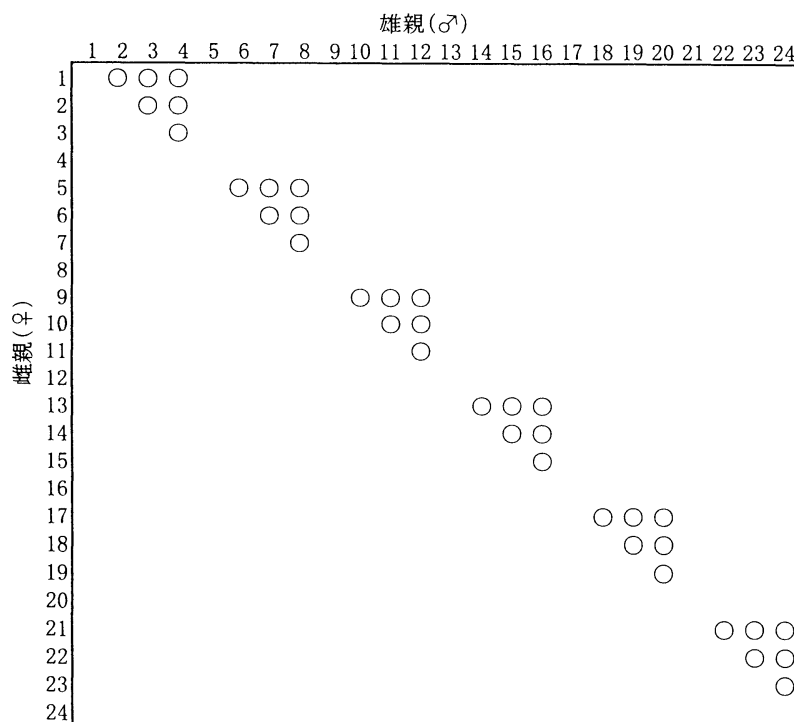


図1. 片面ダイアレルによる交配様式

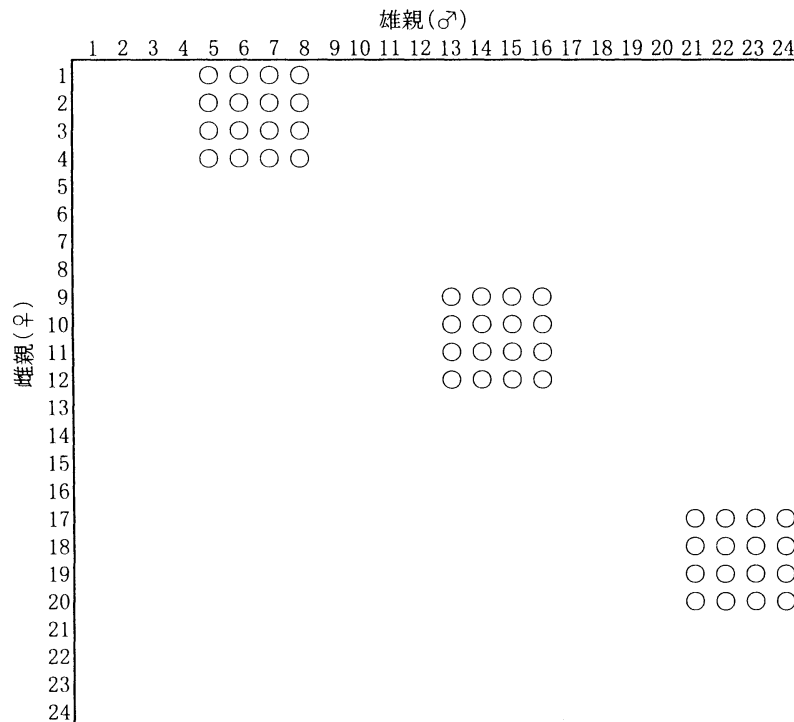


図2. 要因交配による交配様式

計24親48交配組合せで構成した(図2)。育種集団林は1分集団につき3箇所造成することを基本とした。人工交配に用いた交配親の選択について、平成2年度から平成4年度までは次代検定林等の調査結果をもとに、最小2乗法で推定された評価値(精英樹特性一覧表⁴⁾に記載)が、平成5年度から平成9年度までは、次代検定林等の調査結果からBLP法(最良線形予測法)で推定した評価値をもとに、各改良形質について優れた個体を上位から順に選択した。なお、平成9年度における交配では材質に優れた個体を選択する際に、材質の4形質が優れた個体を上位から順に選択し、さらにこの中から樹高、通直性および生存率において極端に劣っている個体は除外した。第二期交雑育種事業化プロジェクトでは10分集団について交配を行い、4分集団6箇所の育種集団林を造成した。

ヒノキでは分集団を各育種区の改良目標毎に造成した。改良目標は樹高および胸高直径の成長形質で優れた品種を創出することとした。交配様式は1セット当たり4親が関与し、6組の交配組合せができる片面ダイアレルを用いた。1分集団は6つの交配セット、計24親36交配組合せで構成することとし、育種集団林は1分集団につき3箇所造成することを基本とした。交配親の選択は平成3年度と4年度は次代検定林等の調査結果をもとにして、最小2乗法で推定した評価値(精英樹特性一覧表⁴⁾に記載)が樹高および胸高直径において4以上のものを選択した。第二期交雑育種事業化プロジェクトでは4分集団について交配を行い、1分集団2箇所の育種集団林を造成した。スギとヒノキの育種集団林の造成が進まなかった理由は、伐採量の減少と天然林施業への切替えによって用地の確保が困難になってきていること、センター移転によって交配が一時中断したこと、交雑の不親和や、交雑苗の病虫害等による交配組合せの欠失などによるものである。

2.2 本プロジェクトに係る技術開発等研究成果

第二期交雑育種事業化プロジェクトの平成2年度から4年度の実施経過および平成5年度の実施経過は年報に掲載されている^{2) 14)}。本プロジェクトの実施により、林木育種センター本所における交配、播種、床替等の主な作業の標準的な指針を得ることができた。

交配組合せの欠失や交配組合せ当たりの本数の不揃いを防ぐための対策が行われ、スギの交配における経費、労力の削減、自然被害の防除として施設内交配が試みられた¹⁸⁾。スギおよびヒノキの交配にはセルロース・ケーシング製の交配が丈夫で破れにくく、種子の生産量が高く、発芽率がよいことが分かった。特に半透明であるため、適期に交配ができることが明らかになった²⁰⁾。スギの交配種子の発芽率では特定組合せ能力に有意差が認められ、特定の交配組合せで発芽率が高かったり、低かったりすることが示唆された¹⁾。

効率的な交配、検定、次世代精英樹の選抜法が検討された。スギについては、10年次および15年次の交配検定林における樹高、胸高直径、根元曲がりおよび幹曲がりの各種分散成分および狭義の遺伝率等の遺伝パラメータが推定され^{6) 22)}、また、交配家系の植栽後10成長期分の樹高を分析した結果では、狭義の遺伝率が5年次以降に顕著に増加することが確認された^{15) 17)}。ヒノキについては、精英樹の交配家系の4年生苗木の苗高の組合せ能力が推定され、一般組合せ能力に有意差が認められたが、特定組合せ能力、正逆交雑の差は認められなかった。狭義の遺伝率は正交雑で0.47、逆交雑で0.60、正逆込みで0.54であった³⁾。カラマツについては、20年生次の精英樹交配家系の樹高と胸高直径の組合せ能力が推定され、一般組合せ能力に有意差が認められたが、特定組合せ能力、正逆交雑の差は認められなかったことから、スギ、ヒノキと同様に集団選抜育種法が有効であることが実証された⁸⁾。交配親の選択は、平成2年度から4年度のスギおよびヒノキの交配では、最小2乗推定値に基づいて行っていたが、BLP法を用いることによって、より信頼度の高いクローン選択が可能であることが明らかになった^{9) 12) 13) 16)}。このことから平成5年度以降の交配においては、BLP値が上位のクローンを交配親に用いている。また、スギにおいて最小2乗推定値に基づいて選択されたクローンは、BLP法による評価値でも優れている傾向にあることが確認された¹⁹⁾。また、カラマツの系統評価においてもBLP法が有効であることが明らかになった⁷⁾。

今後、育種集団林から第二世代の精英樹を選抜する際に配慮すべきことが以下の研究で指摘された。栗延らはスギ精英樹F₂の近交弱勢の程度を推定した結果、近交係数が0.1上昇すると2年生苗では苗高が7%減少し¹⁰⁾、3年生苗でも7%の苗高の減少、3.5%の地際径の減少、4.2%の生存率の減少を確認した。半兄弟間の交配による近交係数は0.125、完全兄弟間の交配による近交係数は0.25である⁴⁾ことから、血縁関係を考慮した選抜および採種園の設計が必要であることを指摘した¹¹⁾。また、久保田らは調査データから選抜した個体と現地で直接選抜した個体とは必ずしも一致しなかったことから、調査野帳上のみの選抜は難しい場合があることを指摘している⁶⁾。

2.3 今後の課題

第二世代以降の精英樹の遺伝的変異を維持するためには、第二期交雑育種事業化プロジェクトで造成できなかったスギおよびヒノキの分集団について積極的に造成するとともに、精英樹等として選抜されたものの、次代検定林等に植栽されていないために、今後、検定される見込みのない精英樹等を今後の交配計画に取り入れることを検討する必要がある。

集団林の造成を効率的に進めるためには、既に造成された分集団から必要な遺伝パラメータ等を利用できる場合、単交配に準じた方法の採用を検討する必要があると考えられる。

3 研究業績

- 1) 古藤信義・栗延 晋・宮浦富保・大谷賢二：スギ精英樹の交配種子の発芽力からみた交雑親和性の確認，林木の育種「特別号」1994，9～11，1994
- 2) 古藤信義・大谷賢二・宮浦富保・栗延 晋：平成5年度の交雑育種事業化プロジェクトの実行経過，センター本所年報，26，30～31，1995
- 3) 古藤信義・栗延 晋：ヒノキ精英樹交配実生家系の4年生苗木の苗高の組合せ能力の検定，林木の育種「特別号」1996，7～9，1996
- 4) 久保田正裕・大谷賢二・河崎久男：15年生スギ交配検定林における成長形質の遺伝率の推定と次世代精英樹選抜の試み，第109回日本林学会講演要旨集，p.193，1998
- 5) 久保田正裕・宮浦富保：カラマツ精英樹家系の次代検定林データを用いたBLP法による系統評価，日林関東支論51，97～98，2000
- 6) 久保田正裕・宮浦富保：カラマツ精英樹交配家系の20年生次における成長形質の組合せ能力の推定，第110回日本林学会学術講演集（印刷中），P246，2000
- 7) 栗延 晋・蓬田英俊・山口和穂：クローン集植所におけるスギ精英樹の材質特性（含水率，心材色，比重），林木育種センター本所年報25，7～24，1990
- 8) KURINOBU, S., OHYA, K. and KAWASAKI, H.: Inbreeding depression in two year old F_2 seedling heights of sugi (*Cryptomeria japonica*) resulting from full-sib and half-sib matings, J. Jpn. For. Soc, 73 (5), 388～392, 1991
- 9) 栗延 晋・大谷賢二：スギ精英樹 F_2 の3年生苗に認められた兄弟交配による近交弱勢，日林論103，337～338，1992
- 10) KURINOBU, S. and MIAMURA, T.: An Application of a Best Linear Prediction to Clonal Tests of Sugi (*Cryptomeria japonica*) in the Northern Kanto Region, J. Jpn. For. Soc. 75, 350～355, 1993
- 11) 栗延 晋・宮浦富保・久保田権：関東育種基本区のスギさしき検定データに対するBLP法の適用について，日林論104，441～442，1993
- 12) 栗延 晋・古藤信義・大谷賢二・宮浦富保：平成2年度～4年度の交雑育種事業化プロジェクトの実行経過，林木育種センター本所年報25，9～20，1994
- 13) 宮浦富保・栗延 晋・蓬田英俊：スギモデル実生採種林における樹高の遺伝分散の経年変化，日林論103，229～300，1992
- 14) 宮浦富保・栗延 晋・久保田権：関東育種基本区のヒノキ次代検定林データについてのBLP法による系統評価，日林論105，319～320，1994
- 15) 宮浦富保・栗延 晋・蓬田英俊：スギモデル実生採種林における樹高と胸高直径の遺伝パラメータの成長初期の年次変化，林育研報17，87～94，2000
- 16) 大谷賢二・蓬田英俊・栗延 晋：スギの施設及び野外交配から得られた種子の生産量及び発芽率の比較，林木の育種「特別号」1993，1～3，1993
- 17) 大谷賢二・栗延 晋・宮浦富保：第二期交雑育種事業化プロジェクトにおけるスギ精英樹の選択について，林木の育種「特別号」1994，27～28，1994
- 18) 大谷賢二・古藤信義・宮浦富保・栗延 晋：セルロース・ケーシング製交配袋を使用した場合の交配成績，林木の育種「特別号」1995，1～3，1995
- 19) 蓬田英俊・栗延 晋・半田考俊：10年生のスギ交配検定林における成長と樹幹形質の遺伝分散の推定，日林関東支論44，95～96，1993

引用文献

- 1) 古藤信義・栗延 晋・宮浦富保・大谷賢二：スギ精英樹の交配種子の発芽力からみた交雑親和性の確認，林木の育種「特別号」1994，9～11，1994
- 2) 古藤信義・大谷賢二・宮浦富保・栗延 晋：平成5年度の交雑育種事業化プロジェクトの実行経過，センター本所年報，26，30～31，1995
- 3) 古藤信義・栗延 晋：ヒノキ精英樹交配実生家系の4年生苗木の苗高の組合せ能力の推定，林木の育種「特別号」1996，7～9，1996
- 4) 池橋 宏：植物の遺伝と育種，養賢堂，109～110，1996
- 5) 関東林木育種場：精英樹特性一覧表，20～119，1991
- 6) 久保田正裕・大谷賢二・河崎久男：15年生スギ交配検定林における成長形質の遺伝率の推定と次世代精英樹選抜の試み，第109回日本林学会講演要旨集，p.193，1998
- 7) 久保田正裕・宮浦富保：カラマツ精英樹家系の次代検定林データを用いたBLP法による系統評価，日林関東支論51，97～98，2000
- 8) 久保田正裕・宮浦富保：カラマツ精英樹交配家系の20年生次における成長形質の組合せ能力の推定，第111回日本林学会学術講演集（印刷中），P246，2000
- 9) 栗延 晋・蓬田英俊・山口和穂：クローン集植所におけるスギ精英樹の材質特性（含水率，心材色，比重），林木育種センター本所年報25，7～24，1990
- 10) KURINOBU, S., OHYA, K. and KAWASAKI, H.: Inbreeding depression in two year old F_2 seedling heights of sugi (*Cryptomeria japonica*) resulting from full-sib and half-sib matings, J. Jpn. For. Soc, 73 (5), 388～392, 1991
- 11) 栗延 晋・大谷賢二：スギ精英樹 F_2 の3年生苗に認められた兄弟交配による近交弱勢，日林論103，337～338，1992
- 12) KURINOBU, S. and MIYAMURA, T.: An Application of a Best Linear Prediction to Clonal Tests of Sugi (*Cryptomeria japonica*) in the Northern Kanto Region, J. Jpn. For. Soc. 75, 350～355, 1993
- 13) 栗延 晋・宮浦富保・久保田権：関東育種基本区のスギさしき検定データに対するBLP法の適用について，日林論104，441～442，1993
- 14) 栗延 晋・古藤信義・大谷賢二・宮浦富保：平成2年度～4年度の交雑育種事業化プロジェクトの実行経過，林木育種センター本所年報25，9～20，1994
- 15) 宮浦富保・栗延 晋・蓬田英俊：スギモデル実生採種林における樹高の遺伝分散の経年変化，日林論103，229～300，1992
- 16) 宮浦富保・栗延 晋・久保田権：関東育種基本区のヒノキ次代検定林データについてのBLP法による系統評価，日林論105，319～320，1994
- 17) 宮浦富保・栗延 晋・蓬田英俊：スギモデル実生採種林における樹高と胸高直径の遺伝パラメータの成長初期の年次変化，林育研報17，87～94，2000
- 18) 大谷賢二・蓬田英俊・栗延 晋：スギの施設及び野外交配から得られた種子の生産量及び発芽率の比較，材木の育種「特別号」1993，1～3，1993
- 19) 大谷賢二・栗延 晋・宮浦富保：第二期交雑育種事業化プロジェクトにおけるスギ精英樹の選択について，林木の育種「特別号」1994，27～28，1994
- 20) 大谷賢二・古藤信義・宮浦富保・栗延 晋：セルロース・ケーシング製交配袋を使用した場合の交配成績，林木の育種「特別号」1995，1～3，1995
- 21) WHITE, T.L. and HODGE, G.R.: Predicting breeding values with applications in forest improvement Kluwer Academic Pub, p.367, 1989
- 22) 蓬田英俊・栗延 晋・半田考俊：10年生のスギ交配検定林における成長と樹幹形質の遺伝分散の推定，日林関東支論44，95～96，1993

Progress of the Second Cross Breeding Project in Kanto Breeding Region

Akira TAMURA ⁽¹⁾, Kenji OOYA ⁽²⁾ and Tomiyasu MIYAURA ⁽¹⁾

Summary : Base populations of 4 sub-lines were planted on 6 locations for sugi (*Cryptomeria japonica*) and those of 1 sub-line was planted on 2 locations for hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) under the second cross breeding project in Kanto Breeding Region. The development of the materials and the facilities used for the artificial pollination improved the cross breeding techniques. An introduction of a new method of family evaluation, the BLP-method, provided a reliable means for the selection of the parent trees. Analyses of inbreeding depression indicated the importance to avoid the selection of relatives from the base population.

(1) Forest Tree Breeding Center

3809-1 Ishi, Juo, Taga, Ibaraki 319-1301 Japan

(2) Tohoku Regional Breeding Office, Forest Tree Breeding Center

95, Oosaki, Takizawa, Iwate 020-0173 Japan