

関東育種基本区におけるカラマツ第2世代精英樹候補木の選抜

育種部 育種第二課 宮下久哉* 平岡裕一郎 三浦真弘*** 小野雅子 星比呂志****

1 はじめに

森林総合研究所林木育種センターは、独立行政法人森林総合研究所第3期中期計画（平成23～27年度）に基づき、「カラマツ第二世代精英樹候補木」を平成24～25年度にあわせて150個体選抜することとしている。候補木の選抜では、関東育種基本区内（福島県、栃木県、群馬県、長野県、山梨県、静岡県、岐阜県）に設定した次代検定林における、これまでに実施してきた成長量の定期調査の結果と立木状態での材質調査の結果とを組み合わせ総的に評価した。本報告では、候補木の選抜過程と選抜個体について報告する。

2 対象検定林と評価方法

選抜対象個体は、森林管理局が国有林から選抜した精英樹および各県が民有林から選抜した精英樹を親とする実生個体とした。カラマツについては、関東育種基本区において検定林に植栽されている人工交配家系統が多くないため、選抜対象は基本的に自然交配実生とした。

選抜対象検定林として、個体対応が可能であり、状態が良好かつ多数の家系が植栽されている12検定林を選定した。効果的な選抜に向けた、より精度の高い評価を行うため、対象とした12検定林と家系の重複を持つ、関東育種基本区内に設定された他の検定林（25箇所）を合わせて解析した。表1に評価した精英樹の系統数、表2に評価に用いた次代検定林を示す。なお、平成24年度は、12検定林のうち表3に示す5箇所を選抜を実施した。

表2 評価に用いた次代検定林の一覧

検定林名	20年次 成長	ピロ ディン	所在地
関前 14	○		福島県
関前 27	○		福島県
関前 33	○		福島県
関前 32	○		栃木県
関前 17	○		群馬県
関前 35	○	○	群馬県
関前 46	○	○	群馬県
関前 47	○	○	群馬県
関前 48	○		群馬県
関前 54	○	○	群馬県
関前 68	○	○	群馬県
関前 69	○		群馬県
関前 70	○	○	群馬県
関群 カマツ 1	○		群馬県
関群 カマツ 2	○		群馬県
関長 11	○	○	長野県
関長 17	○		長野県
関長 18	○		長野県
関長 23	○		長野県
関長 25	○		長野県
関長 28	○	○	長野県
関長 29	○		長野県
関長 30	○	○	長野県
関長 31	○		長野県
関長 33	○		長野県
関長 39	○		長野県
関長 42	○	○	長野県
関長 44	○	○	長野県
関長 45	○	○	長野県
関長 46	○		長野県
関(長) 19	○		長野県
関(長) 33	○		長野県
関(長) 41	○		長野県
関山 16	○		山梨県
関山 19	○		山梨県
関名 7	○		岐阜県
関名 19	○		岐阜県

表1 品種開発のために評価した精英樹の系統数

育種区	選抜地	精英樹数	評価数
北関東	福島県	3	3
	栃木県	4	2
	群馬県	27	23
中部山岳	長野県	119	96
	山梨県	41	33
	岐阜県	10	8
東海	静岡県	28	17
計		232	182

表3 選抜を実施した検定林の概要

検定林	設定年月	所在地	系統数	植栽本数	現存本数
関前 35	1975年6月	群馬県 吾妻山210ろ	24	1,500	950
関前 47	1977年5月	群馬県 吾妻山213ぬ6	23	1,920	1,409
関前 54	1981年5月	群馬県 吾妻山210へ	24	2,250	1,147
関前 68	1990年4月	群馬県 吾妻山214ほ3	39	2,400	1,921
関前 70	1992年5月	群馬県 吾妻山214ほ15	46	2,820	2,180

※ 林木育種センター育種第一課
 ※※ 林木育種センター東北育種場
 ※※※ 林木育種センター育種部長

評価対象の成長形質には、20年次の樹高及び胸高直径を利用した。材質形質としては、立木の胸高部位におけるピロディン (Pilodyn 6J Forest, スイス Proceq 製) のピンの陥入量を測定した。また根曲がり及び幹曲りの5段階評価(1～5で5が曲りなし)も対象形質とした。

候補木の評価及び選抜は、次の手順にて行った。

- ① 表2に示す次代検定木の個体値を用いて、各系統の樹高及び胸高直径について BLUP (Best Linear Unbiased Prediction, 最良線形不偏予測) 法によって育種価を推定した(1, 2)。

$$y = Xb + Z1a + Z2f + e$$

yは樹高及び胸高直径の観測値のベクトル, bは固定効果(全体平均, 検定木及び反復)のベクトル, a及びfは変量効果(それぞれ相加効果及び非相加効果), eは残差である。X及びZ1, Z2は固定効果及び変量効果に関するデザイン行列である。なお、育種価は、統計解析ソフトASRemlにより算出した。

- ② 表3に示す5検定木において、得られた各形質の育種価、ピン陥入量及び幹及び根曲がりの表現型値を指標とし、検定木ごとの家系の偏りが大きくないよう(同じ系統においては最大で5個体まで)、机上にて個体選抜を行った。具体的には、1) 樹高及び胸高直径の育種価として大きな値(少なくともいずれかの形質が正の値)を示した個体のうち、2) ピン陥入量がより小さく、3) 根及び幹曲りが指数3以上を示す個体を選抜した。
- ③ 現地にて、予備選抜した個体について、1) 幹に曲りやその他の欠点がないこと、2) 根元に曲りがないこと、3) 著しい病虫害の被害がないことを確認し候補木として確定した。

3 第2世代精英樹候補木の選抜

表4に、平成24年度に選抜したカラマツ第2世代精英樹候補木の一覧を示す。評価した182精英樹のうちの47精英樹の実生後代家系から、63個体を候補木として選抜した。次に、それら選抜個体について、各検定木における個体の形質値の良否の指数としてz値を確認した。このz値が0.5以上であれば、各形質の相対評価は5段階

の4以上となる。成長形質については、63個体中51個体が、樹高・胸高直径がともにz値0.5以上であった。同様に、ピン陥入量については、63個体中32個体がz値が正の値となり、ピン陥入量から推定される樹幹の材密度が平均値以上の個体が半数以上であることが確認された。今回選抜した63個体の候補木は、そのほとんどが選抜対象とした5検定木に現存する7,600本の母集団と比較して成長に優れた材質が平均以上であることが確認された。以上から、BLUP法で推定した育種価による個体評価ならびに選抜は、妥当で合ったといえる。

4 おわりに

第2世代候補木の選抜には遺伝獲得量の増大とともに、遺伝的多様性の維持が必要である。したがって、選抜結果として形質値にばらつきが生じることは、ある程度は許容すべきと考えている。今後は、これら選抜個体の次世代化をどのように図るかについて議論する必要がある。

選抜したカラマツ第2世代精英樹候補木は、現在つぎ木増殖を行っている。これら個体は、供試した母集団の成長形質の平均値と比較して優良な値を示している。このことから、選抜した候補木は、関東育種基本区における優れたカラマツ育種母材料として寄与することを期待している。

なお、選抜対象とした検定木のうち、残り7箇所においては、平成25年度に選抜実行予定としている。

表4-1 関前35号において選抜した候補木

候補木名	ピン陥入量		樹高		胸高直径	
	(mm)	z	(m)	z	(cm)	z
カラマツ林育2-1	16.5	1.04	17.0	1.10	27.0	2.64
カラマツ林育2-2	18.0	0.31	17.5	1.36	25.0	2.16
カラマツ林育2-3	19.0	-0.18	17.5	1.36	25.0	2.16
カラマツ林育2-4	14.5	2.01	13.0	-0.96	20.0	0.95
カラマツ林育2-5	18.5	0.07	16.0	0.58	21.0	1.19
カラマツ林育2-6	15.0	1.77	15.5	0.33	19.0	0.70
カラマツ林育2-7	22.0	-1.64	19.0	2.13	25.0	2.16
カラマツ林育2-8	22.0	-1.64	17.0	1.10	25.0	2.16
カラマツ林育2-9	20.0	-0.66	18.0	1.62	23.0	1.67
カラマツ林育2-10	17.5	0.55	16.0	0.58	24.0	1.92
カラマツ林育2-11	16.5	1.04	16.5	0.84	22.0	1.43
カラマツ林育2-12	19.0	-0.18	18.0	1.62	24.0	1.92
カラマツ林育2-13	17.5	0.55	18.0	1.62	22.0	1.43
カラマツ林育2-14	18.0	0.31	16.5	0.84	26.0	2.40
カラマツ林育2-15	16.5	1.04	15.5	0.33	21.0	1.19
候補木の平均値	18.0		16.7		23.3	
母集団の平均値	18.6		14.9		16.1	

注：Zは標準化した特性値、Z=(特性値-平均値)/標準偏差

表4-4 関前47号において選抜した候補木

候補木名	ピン陥入量		樹高		胸高直径	
	(mm)	z	(m)	z	(cm)	z
カラマツ林育2-37	18.0	-0.35	16.0	1.04	26.0	2.46
カラマツ林育2-38	16.0	0.90	15.0	0.52	23.0	1.71
カラマツ林育2-39			17.0	1.55	26.0	2.46
カラマツ林育2-40	15.0	1.52	16.0	1.04	25.0	2.21
カラマツ林育2-41	17.5	-0.04	17.0	1.55	21.0	1.22
カラマツ林育2-42	18.5	-0.66	16.0	1.04	24.0	1.96
カラマツ林育2-43	16.0	0.90	16.0	1.04	19.0	0.72
カラマツ林育2-44	16.0	0.90	14.0	0.00	20.0	0.97
カラマツ林育2-45	17.5	-0.04	19.0	2.59	24.0	1.96
カラマツ林育2-46	17.0	0.27	17.0	1.55	24.0	1.96
カラマツ林育2-47	20.5	-1.90	17.0	1.55	25.0	2.21
カラマツ林育2-48	18.0	-0.35	16.0	1.04	18.0	0.47
カラマツ林育2-49	17.0	0.27	15.0	0.52	23.0	1.71
カラマツ林育2-50	18.5	-0.66	18.0	2.07	28.0	2.96
カラマツ林育2-51	18.0	-0.35	14.0	0.00	19.0	0.72
候補木の平均値	17.4		16.2		23.0	
母集団の平均値	17.4		14.0		16.1	

注：Zは標準化した特性値、Z=(特性値-平均値)/標準偏差

表4-2 関前54号において選抜した候補木

候補木名	ピン陥入量		樹高		胸高直径	
	(mm)	z	(m)	z	(cm)	z
カラマツ林育2-16	18.5	-0.22	19.7	0.45	23.9	0.98
カラマツ林育2-17	17.5	0.35	19.5	0.38	19.9	0.23
カラマツ林育2-18	19.0	-0.50	21.7	1.12	22.0	0.63
カラマツ林育2-19	17.0	0.64	19.1	0.25	24.0	1.00
カラマツ林育2-20	16.5	0.93	18.5	0.05	18.0	-0.13
カラマツ林育2-21	20.0	-1.07	20.3	0.65	25.0	1.19
カラマツ林育2-22	17.5	0.35	19.7	0.45	15.0	-0.69
カラマツ林育2-23	14.5	2.07	19.5	0.38	17.0	-0.31
カラマツ林育2-24	19.0	-0.50	18.6	0.08	17.0	-0.31
カラマツ林育2-25	15.0	1.78	23.0	1.56	22.0	0.63
カラマツ林育2-26	18.0	0.07	20.6	0.75	22.0	0.63
候補木の平均値	17.5		20.0		20.5	
母集団の平均値	18.1		18.4		18.7	

注：Zは標準化した特性値、Z=(特性値-平均値)/標準偏差

表4-5 関前70号において選抜した候補木

候補木名	ピン陥入量		樹高		胸高直径	
	(mm)	z	(m)	z	(cm)	z
カラマツ林育2-52	19.0	-0.69	18.5	2.48	19.4	1.50
カラマツ林育2-53	16.0	1.22	16.6	1.59	18.4	1.21
カラマツ林育2-54	16.5	0.90	17.5	2.01	24.6	3.02
カラマツ林育2-55	15.0	1.86	15.9	1.26	17.4	0.92
カラマツ林育2-56	18.5	-0.37	16.7	1.63	20.3	1.77
カラマツ林育2-57	15.5	1.54	16.6	1.59	20.2	1.74
カラマツ林育2-58	15.5	1.54	17.4	1.96	16.9	0.78
カラマツ林育2-59	18.5	-0.37	17.4	1.96	23.0	2.55
カラマツ林育2-60	19.0	-0.69	17.4	1.96	18.1	1.12
カラマツ林育2-61	15.5	1.54	16.5	1.54	17.3	0.89
カラマツ林育2-62	18.0	-0.05	16.5	1.54	19.3	1.47
カラマツ林育2-63	18.0	-0.05	16.7	1.63	17.2	0.86
候補木の平均値	17.1		17.0		19.3	
母集団の平均値	17.9		13.2		14.2	

注：Zは標準化した特性値、Z=(特性値-平均値)/標準偏差

表4-3 関前68号において選抜した候補木

候補木名	ピン陥入量		樹高		胸高直径	
	(mm)	z	(m)	z	(cm)	z
カラマツ林育2-27	17.5	0.04	16.2	1.80	20.0	2.21
カラマツ林育2-28	18.5	-0.42	16.0	1.71	19.0	1.90
カラマツ林育2-29	15.5	0.95	15.5	1.46	15.0	0.66
カラマツ林育2-30	17.5	0.04	16.8	2.10	18.0	1.59
カラマツ林育2-31	20.0	-1.10	16.0	1.71	19.0	1.90
カラマツ林育2-32	20.0	-1.10	16.5	1.95	21.0	2.52
カラマツ林育2-33	22.0	-2.01	14.0	0.73	16.0	0.97
カラマツ林育2-34	20.0	-1.10	16.0	1.71	16.0	0.97
カラマツ林育2-35	20.0	-1.10	16.0	1.71	16.0	0.97
カラマツ林育2-36	19.0	-0.64	18.0	2.68	16.0	0.97
候補木の平均値	19.0		16.1		17.6	
母集団の平均値	17.6		12.5		12.9	

注：Zは標準化した特性値、Z=(特性値-平均値)/標準偏差

5 引用文献

- 1) 栗延晋：林木育種のための統計解析(13)－BLUP 法を用いた系統評価:Sire モデルの適用事例－, 林木の育種 232, 64-67 (2009)
- 2) 栗延晋：林木育種のための統計解析(14)－BLUP 法を用いた個体評価-Animal モデルの適用事例－, 林木の育種 233, 47-51 (2009)