

アカマツ自然受粉家系の成長、枝形質に 関する親子相関および遺伝率

三 上 進⁽¹⁾・川村忠士⁽²⁾・渡辺 操⁽³⁾・貴田 忍⁽⁴⁾・岩崎正明⁽⁵⁾
及川伸夫⁽⁶⁾・野口常介⁽⁷⁾・板鼻直榮⁽⁸⁾・吉村研介⁽⁹⁾

Susumu MIKAMI, Tadashi KAWAMURA, Misao WATANABE, Sinobu KIDA,
Masaaki IWASAKI, Nobuo OIKAWA, Tsunesuke NOGUCHI, Naoei ITAHANA
and Kensuke YOSHIMURA : Parent-Offspring Correlations
and Heritabilities on Growth and Branch Traits in
Open-Pollinated Families of Japanese Red Pine.
Pinus densiflora SIEB. et ZUCC.

要 旨：東北地方と関西地方のアカマツ天然林の母樹の種子から育成された自然受粉家系の植栽試験地のうち、岩手県下に設定された試験地の植栽後 15 年目の成績を調査し、成長および枝形質について産地間変異・家系間変異・親子相関を調べ、遺伝率の推定を行った。関西産の家系では生存率・生育が劣り、産地によって環境適応性が異なることが明らかになった。したがって、成長形質に関する親子相関は、東北産の家系では正の相関を示したのに対し、関西産の家系では有意性のない負の相関を示した。一方、枝形質については密度効果がみられ、とくに林冠閉鎖が進んでいるプロットの多い東北産では、家系間分散が小さく有意性も認められなかった。環境適応性と環境要因の影響が産地や形質によって異なるため、遺伝率については多様な推定値が得られた。遺伝率の推定法としては親子回帰から求める方法と分散成分から求める方法を適用したが、関西産家系の成長形質については、前者の方法で遺伝率が著しく低く、東北産の家系の枝形質では後者の方法で遺伝率が著しく低かった。しかし、全体的に見ると樹高および枝の太きの遺伝率が高く、胸高直径その他の形質の低いことが明らかにされた。試験地内の立地差に基づくデータのひずみの修正を行ったが、修正データによっても解析精度の向上は期待できなかった。

1 ま え が き

本報告は、東北地方に設定した試験地における植栽後 15 年目の生存率、成長および枝形質に関する調査結果であり、産地による適応性の違いを明らかにするとともに、成長および枝形質における

1988 年 1 月 5 日受理

造林—127 Silviculture—127

(1)X4X5X6東北支場

(2)X7X8東北林木育種場

(3)元東北支場

(9)造林部（現生物機能開発部）

家系間変異と成長および枝形質について、親子回帰から求める方法と、分散分析の各分散成分から求める方法で、狭義の遺伝率を推定した。しかし、これらの推定値は産地集団や推定方法によって異なり、対象形質について相対的な大きさを示すにとどまった。さらに、試験地内の立地の不均一性に基づくデータのひずみを補正し、データの解析精度を向上するために、樹高について立地差によるデータ修正を試み、その効果を検討した。

2 材料と方法

1982 年秋に、岩手試験地のブロック I～III の全プロットを対象として、生存本数の確認と樹高および胸高直径の毎木調査を行った。ブロック IV を除いた理由は、植栽時の苗木数の不足により植栽された家系数が少なかったためである。樹高は測竿により cm 単位で、胸高直径はノギスにより mm 単

Table 1. 産地ごとおよび両産地こみの分散分析表
The ANOVA tables for single and two provenances.

Form- I (Two provenances)	要因 Sources	自由度 d.f.	平方和 Sum of squares	平均平方の期待成分 ¹⁾ Expected mean squares ¹⁾
	ブロック Block	r-1	$S_1 = \sum X_{1..}^2 / \sum S_j - CF$	$\sigma_e^2 + n_1 K_B^2$
産地 Provenances	p-1	$S_2 = \sum (X_{.j.}^2 / s_j \times r) - CF$	$\sigma_e^2 + r \sigma_f^2 + n_2 K_p^2$	
産地内家系 Families within prov.	$\sum s_j - p$	$S_3 = \sum (X_{..k}^2 / r) - CF - S_2$	$\sigma_e^2 + r \sigma_f^2$	
誤差 Error	$(\sum s_j - 1)(r-1)$	$Se = S_T - S_1 - S_2 - S_3$	σ_e^2	
全体 Total	$\sum s_j \times r - 1$	$S_T = \sum X_{ijk}^2 - CF$		

Note)

- r : ブロック数 Number of blocks
- p : 産地数 Number of provenances
- n₁ : ブロック内家系 Number of families within block
- n₂ : 産地内家系代表値 Harmonic mean of the number of families per prov
- K_B² : ブロック効果 Variance due to differences among blocks
- K_p² : 産地効果 Variance due to differences between provenances
- σ_f² : 産地内家系分散 Variance due to families in provenance

Form- II (Single provenances)	要因 Sources	自由度 d.f.	平方和 Sum of squares	平均平方の期待成分 ²⁾ Expected mean squares ²⁾
	ブロック (B) Block	r-1	$S_1 = \sum X_{1.}^2 / s - CF$	$\sigma_e^2 / n_h + \sigma_{fb}^2 + s K_B^2$
家系 (F) Families	s-1	$S_2 = \sum X_{.j}^2 / r - CF$	$\sigma_e^2 / n_h + \sigma_{fb}^2 + r \sigma_f^2$	
B × F	$(r-1)(s-1)$	$S_{fb} = S_T - S_1 - S_2$	$\sigma_e^2 / n_h + \sigma_{fb}^2$	
全体 Total	rs-1	$S_T = \sum X_{ij}^2 - CF$		
プロット内個体 Trees within plots	$\sum n_{ij} - rs$	$\Sigma (\sum X_{ijk}^2 - CF')$	σ_e^2	

Note)

- s : 家系数 Number of families
- r : ブロック数 Number of blocks
- K_B² : ブロック効果 Variance due to differences between blocks
- σ_f² : 家系分散 Variance due to families
- n_h : プロット内個体数 Harmonic mean of the number of trees per plot
の調和平均
- σ_e² : プロット内個体間分散は Form- II とは別に個体ごとの測定値をデータとして求めた
Variance due to trees in plots. It was calculated separately from Form- II on the
basis of data of individual trees, because of irregularity of tree number in plots.

位で測定した。調査結果の取りまとめは、各ブロックに共通する東北産 18 家系と関西産 14 家系について行った。幹折れや斜立木を除き 3 ブロックを合計した家系あたりの調査本数は東北産が 95 本 (71~104 本)、関西産が 71 本 (56~88 本) であった。

枝形質については、1982 年秋と 1983 年秋の 2 回にわけて、ブロック I と II に共通して植栽されている東北産 22 家系と関西産 20 家系を対象として、力枝階までの高さ(単位 cm)、力枝階 3 本の枝直径(単位 mm)、力枝階直上の幹の直径(単位 mm)を測竿とノギスを用いて測定した。枝と幹の直径は枝の基部から約 5 cm 離れた位置で測定した。枝の太さは力枝階直上の幹直径に対する力枝直径の比で表した。幹折れ木と斜立木を除き 2 ブロックを合計した家系あたりの平均調査本数は、東北産が 58 本 (38~68 本)、関西産が 36 本 (24~51 本) であった。

また、各形質の分散分析はプロットあたりの調査本数が異なることから、家系平均値をデータとして、Table 1 に示したように、産地間差を検定するために Form-I, 産地ごとの家系分散を求めするために Form-II を適用して行った。なお、Form-II に追加記載したプロット内個体間分散は、様式とは別に個体ごとの測定値をデータとして求めた。

3 結 果

3.1 生存率および成長形質における家系間・産地間変異

生存率、樹高、胸高直径および幹の形状比についてのプロット平均値、家系平均値、産地平均値を Table 2 に、これら形質の分散分析結果を Table 3~4 に示した。

生存率には冠雪による被害も若干含まれるが、多くのプロットでは生育不良のために他の侵入植物の影響を受けて消失した個体の多少に起因しており、産地によって大きな違いが認められた。すなわち、東北産の 92.7% (68.5~98.1%) に対して関西産は 69.9% (54.6~86.1%) であり、分散分析結果においても産地間差は 1% 水準で有意であった。産地ごとに生存率の家系間分散をみると、東北産では有意性は認められなかった。東北産の家系 No. 4 の家系のブロック I のプロットが 19.4% と異常に低い値を示したのは (Table 2)、局所地形によって冠雪害が集中したためである。一方、関西産については、母樹の生育地と家系の植栽地の環境差からくる適応性の問題と考えられる顕著な生存率低下が見られるとともに、家系間分散にも高い有意性が認められた。

植栽後 15 年目の樹高は、全家系の平均値が 6.2 m、東北産が 6.8 m (6.2~7.7 m)、関西産が 5.4 m (4.5~6.3 m) であり、産地間差および産地ごとの家系間分散に高い有意性が認められた。胸高直径の全家系平均値は 9.9 cm、東北産が 10.7 cm (9.9~11.3 cm)、関西産が 8.7 cm (7.6~10.1 cm) であり、樹高と同様の傾向を示した。ただし、胸高直径ではブロック効果に有意性が認められず、東北産の家系間分散の有意性は 5% 水準であった。これらの関係を家系の平均樹高と平均胸高直径で表したのが Fig. 1 であり、東北産の家系は成長が良く家系間のバラツキが小さいのに対し、関西産はその逆であり、家系の成長は産地によって明らかに異なる結果が示されている。幹の形状比を樹高/胸高直径で表すと、全家系平均値は 67、東北産が 66 (61~74)、関西産が 67 (61~76) であり、産地間差・ブロック間差は有意ではなく、両産地の家系間分散にのみ高い有意性が認められた。

Table 2. 生存率, 樹高, 胸高直径および幹の形状比のプロット, 家系, 産地平均値
Plot, family and provenane means on survival, tree height(H), diameter at breast height(D) and H/D.

家系 Family No.	Block-I					Block-II			
	プロットNo Plot No.	生存率 Survival	樹高 H	胸高直径 D.B.H	H/D.B.H	プロットNo Plot No.	生存率 Survival	樹高 H	胸高直径 D.B.H
T- 1	17	91.7%	6.4m	10.7 cm	62.0	13	83.3%	6.7m	10.6 cm
4	26	19.4	5.5	11.5	52.7	7	88.9	6.8	10.4
7	54	97.2	7.4	11.4	66.5	19	100.	8.1	10.6
8	12	97.2	5.9	9.6	64.3	29	97.2	6.5	10.6
9	10	94.4	7.0	11.0	65.0	3	91.7	7.0	10.5
10	22	94.4	6.9	10.3	70.8	37	91.7	7.5	11.0
13	5	94.4	6.4	10.6	65.0	30	86.1	6.5	10.7
14	46	97.2	6.6	11.2	59.8	20	97.2	7.6	11.1
17	41	91.7	7.1	11.2	65.2	14	97.2	7.2	11.0
20	7	97.2	6.5	10.9	61.2	40	83.3	6.6	10.8
21	47	94.4	6.7	10.8	63.7	4	100.	6.9	10.5
23	31	72.2	6.6	10.6	64.5	25	94.4	6.8	10.4
25	49	97.2	6.6	11.4	58.8	45	94.4	7.0	10.9
26	57	94.4	6.7	10.4	68.2	9	97.2	6.8	10.4
27	60	91.7	7.1	11.3	64.3	18	80.6	7.0	10.8
28	66	97.2	7.2	10.5	69.9	12	97.2	6.8	10.7
29	30	86.1	6.5	9.4	73.6	15	86.1	6.4	9.8
30	63	94.4	6.8	10.9	65.1	34	86.1	7.0	11.2
Tohoku Av.		89.0	6.7	10.8	64.5		91.8	6.9	10.7
K- 33	39	63.9	4.1	6.7	67.9	36	58.3	5.3	9.1
39	43	55.6	4.3	6.9	70.1	44	61.1	5.2	8.6
40	44	72.2	4.7	7.8	67.1	23	77.8	5.6	9.4
44	37	63.9	4.9	7.8	72.8	6	69.4	5.8	9.1
45	38	88.9	4.9	7.1	76.3	26	83.3	6.0	8.5
46	52	61.1	5.2	8.6	63.1	42	63.9	4.7	7.7
47	62	80.6	6.1	9.5	69.4	8	91.7	5.9	9.7
50	28	69.4	6.4	9.9	68.6	49	58.3	6.0	10.2
52	50	63.9	5.8	9.4	68.3	32	63.9	5.6	8.6
53	23	55.6	5.4	9.6	62.9	10	77.8	5.1	9.5
54	29	55.6	5.7	8.8	70.7	41	63.9	5.4	8.6
55	19	52.8	5.2	9.6	59.4	35	61.1	5.9	10.4
56	14	55.6	4.7	6.7	80.3	11	80.6	5.4	8.0
59	36	72.2	5.9	10.5	59.3	16	55.6	5.6	9.4
Kansai Av.		65.1	5.2	8.5	68.3		69.1	5.5	9.1
Total Av.		78.6	6.0	9.8	66.2		81.9	6.3	10.0

H/	Block-III					家系平均 Family means			
	プロットNo. Plot No.	生存率 Survival	樹高 H	胸高直径 D.B.H	H/D.B.H	生存率 Survival	樹高 H	胸高直径 D.B.H	H/D.B.H
64.3	35	97.2%	6.7m	10.7cm	64.7	90.7%	6.6m	10.7cm	63.6
65.4	10	97.2	6.9	11.0	65.9	68.5	6.4	11.0	63.1
80.7	22	97.2	7.6	10.5	74.9	98.1	7.7	10.9	74.0
62.2	5	100.	6.4	10.9	60.2	98.1	6.2	10.4	62.2
69.9	13	100.	6.9	10.6	66.4	95.4	6.9	10.7	67.1
70.7	7	97.2	6.7	9.7	71.6	94.4	7.0	10.3	71.0
63.6	25	94.4	6.7	11.0	63.5	91.6	6.5	10.8	64.0
71.1	43	97.2	6.3	10.2	65.1	97.2	6.8	10.8	65.4
67.3	23	100.	7.2	10.3	72.3	96.3	7.2	10.8	68.2
64.3	34	97.2	6.9	11.0	64.3	92.6	6.7	10.9	63.3
66.8	3	91.7	7.0	10.8	65.6	95.4	6.8	10.7	65.4
69.0	1	94.4	6.9	10.5	68.1	87.0	6.7	10.5	67.2
66.0	4	97.2	7.2	11.3	64.3	96.3	6.9	11.2	63.0
66.9	42	100.	6.9	11.0	65.4	97.2	6.8	10.6	66.8
67.4	15	100.	7.2	11.4	63.8	90.8	7.1	11.2	65.2
65.3	31	97.2	7.1	11.2	65.2	97.2	7.0	10.8	66.8
67.3	27	100.	7.1	10.4	71.2	90.7	6.6	9.9	70.7
64.1	38	94.4	6.8	11.7	60.1	91.6	6.9	11.3	63.1
67.4		97.4	6.9	10.8	66.3	92.7	6.8	10.7	66.0
60.4	17	86.1	4.2	6.9	68.8	69.4	4.5	7.6	65.7
67.5	30	47.2	5.5	9.0	65.9	54.6	5.0	8.2	67.8
62.9	11	69.4	4.9	8.8	61.1	73.1	5.1	8.7	63.7
70.2	21	77.8	5.1	7.6	74.3	70.4	5.3	8.2	72.4
74.3	41	86.1	5.7	8.7	70.1	86.1	5.5	8.1	73.6
64.9	37	72.2	5.1	8.4	66.6	65.7	5.0	8.3	64.9
66.2	20	83.3	5.7	9.6	62.7	85.2	5.9	9.6	66.1
61.7	28	77.8	6.5	10.1	69.3	68.5	6.3	10.1	66.5
70.1	8	75.0	5.4	8.4	70.4	67.6	5.6	8.8	69.6
58.3	12	72.2	4.5	7.7	63.9	68.5	5.0	8.9	61.7
69.3	18	80.6	5.0	7.9	70.0	66.7	5.4	8.4	70.0
61.5	29	72.2	5.9	9.8	63.4	62.0	5.7	9.9	61.4
76.8	14	80.6	5.6	8.2	71.7	72.3	5.2	7.7	76.2
60.7	36	75.0	5.9	9.6	64.0	67.6	5.8	9.9	61.3
66.1		75.4	5.4	8.6	67.3	69.9	5.4	8.7	67.2
66.8		87.8	6.2	9.9	66.7	82.7	6.2	9.9	66.6

Table 3. 生存率および成長形質に関する分散分析結果 (Form- I)
Results of ANOVA of survival and growth traits (Form- I)

形 質 Traits	要 因 Sources	自 由 度 d.f.	平 均 平 方 Mean squares	F _o
生 存 率 Survival (Arcsin)	ブ ロ ッ ク Blocks	2	576.327	10.303 **
	産 地 Provenances	1	9 196.294	95.620 **
	産 地 内 家 系 Families within provenance	30	96.175	1.719 *
	誤 差 Error	62	55.936	
	全 体 Total	95		
樹 高 Tree height	ブ ロ ッ ク Blocks	2	7 565.191	6.444 **
	産 地 Provenances	1	505 195.652	112.542 **
	産 地 内 家 系 Families within provenance	30	4 488.957	3.823 **
	誤 差 Error	62	1 174.067	
	全 体 Total	95		
胸 高 直 径 D.B.H.	ブ ロ ッ ク Blocks	2	31.153	0.901 ^{NS}
	産 地 Provenances	1	9 565.061	86.706 **
	産 地 内 家 系 Families within provenance	30	110.316	3.191 **
	誤 差 Error	62	34.568	
	全 体 Total	95		
幹の形状比 H/D.B.H.	ブ ロ ッ ク Blocks	2	3.887	0.356 ^{NS}
	産 地 Provenances	1	33.361	0.702 ^{NS}
	産 地 内 家 系 Families within provenance	30	47.528	4.358 **
	誤 差 Error	62	10.907	
	全 体 Total	95		

Note)

** : 1%レベルで有意性 * : 5%レベルの有意性 NS : 有意性を示す
Significant at 1% level Significant at 5% level No significant.

Table 4. 生存率および成長形質に関する産地別分散分析結果 (From-II)
Results of ANOVA of survival and growth traits (From-II)

形質 Traits	要因 Sources	東 北 Tohoku			関 西 Kansai		
		自由度 d.f.	平均平方 Mean squares	F ₀	自由度 d.f.	平均平方 Mean squares	F ₀
生存率 Survival (Arcsin)	ブロック Blocks	2	456.344	5.748 *	2	149.071	5.453 *
	家系 Families	17	103.683	1.306 ^{NS}	13	86.357	3.159 **
	誤差 Error	34	79.386		26	27.337	
	全体 Total	53			41		
樹高 Tree height	ブロック Block	2	4,533.336	5.689 *	2	3,524.840	2.050 ^{NS}
	家系 Families	17	3,158.112	3.963 **	13	6,229.301	3.622 **
	誤差 Error	34	796.880		26	1,719.705	
	全件 Total	53			41		
胸高直径 D.B.H	ブロック Blocks	2	7.078	0.425 ^{NS}	2	121.549	2.286 ^{NS}
	家系 Families	17	33.506	2.014 *	13	210.759	3.964 **
	誤差 Error	34	16.641		26	53.173	
	全体 Total	53			41		
幹の形状比 H/D.B.H.	ブロック Blocks	2	37.889	3.506 *	2	17.580	2.223 ^{NS}
	家系 Families	17	33.933	3.140 **	13	65.306	8.259 **
	誤差 Error	34	10.807		26	7.908	
	全体 Total	53			41		

Note)

** : 1%レベルで有意性 * : 5%レベルの有意性 NS : 有意性なしを示す
Significant at 1% level Significant at 5% level No significant.

3.2 枝形質における産地間・家系間変異

枝形質のプロット平均値, 家系平均値および産地平均値はTable 5のとおりであった。このうち, 力枝高は樹高と高い正の相関があり(本試験地の東北産では $r=0.90$, 関西産では $r=0.94$ であった), 調査年次の異なる測定値をそのまま利用することができないので, 樹高に対するパーセント(枝下高比とする)を求めた。枝の太さは, 前述したように力枝の太さとその直上の幹の直径との比である。Table 6~7は, これら形質の分散分析の結果である。

力枝高は樹高のほぼ1/2の位置に集中しており, ブロック間および産地間に差がなく, 全家系間に

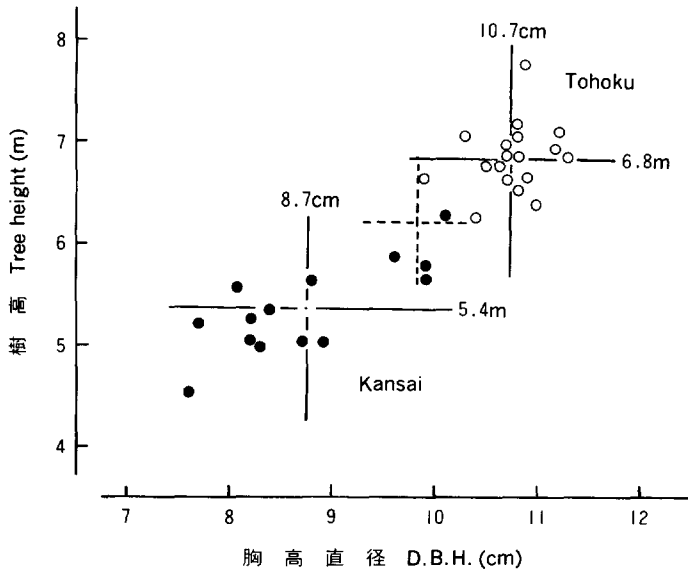


Fig.1. 東北産および関西産家系における樹高と胸高直径の分布
Distribution of tree height and D.B.H. in families of Tohoku and Kansai provenances.

においても枝下高比のバラツキは48~57と小さかった。力枝の太さの最大値については、ブロッカー I がやや大きな値を示し、ブロック間差および産地間差に有意性が認められた。力枝の太さの平均値についても産地間差は同様に大きかったが、ブロック間差の有意性は5%水準であった。枝の太さは、関西産が東北産よりも最大値および平均値とも大きく、かつ家系間のバラツキが大きく、産地ごとの分散分析結果では東北産の家系間分散には有意性が認められず、関西産の家系間分散にのみ高い有意性が認められた。しかし、このことを直ちに産地特性と結びつけ、東北産の家系間では枝の太さに差がないと結論するわけにはいかない。枝の太さの個体・集団特性の発現は、生育環境や生育段階に応じて異なることが予想され、とくに東北産のプロットでは生存率が高く、成長も良く、林冠閉鎖が早く起こり、枝の枯れ上がりが進行していることが、関西産と異なる結果を示したものと考えられる。

3.3 成長および枝形質の親子相関

成長および枝形質について母樹の数値¹⁰⁾と家系平均値を用いて、母樹と家系の相関関係を調べた。供試家系数は、成長については東北産の18家系と関西産の14家系の計32家系であり、枝形質については東北産の22家系と関西産の20家系の計42家系であった。

樹高についての親子相関は、東北産では正の関係($r = 0.380$)、関西産では負の関係($r = -0.204$)にあり、両産地で逆の傾向を示した (Fig. 2)。このことは、生存率の産地間変異において述べたように、関西産については母樹の生育地と家系の植栽地との環境差が大きいため、適応性に関する要因が親子関係を乱したものと考えられる。これに対して、東北産では母樹の生育地と家系の植栽地がほぼ同一環境下にあるので、樹齢が異なる点に問題はあるが、表現型の親子関係について予

Table 5. 枝形質のプロット, 家系および産地平均値
Plot, family and provenance means on branch traits.

家系 Family No	Block—I			Block—II			家系平均値 Family means		
	枝下高比 ¹⁾ CH/H ¹⁾ (%)	枝の太さ Branch thickness		枝下高比 ¹⁾ CH/H ¹⁾ (%)	枝の太さ Branch thickness		枝下高比 ¹⁾ CH/H ¹⁾ (%)	枝の太さ Branch thickness	
		Max ²⁾	Mean ³⁾		Max ²⁾	Mean ³⁾		Max ²⁾	Mean ³⁾
T- 1	53	0.39	0.37	52	0.40	0.37	52	0.40	0.37
2	52	0.36	0.33	56	0.37	0.33	54	0.37	0.33
3	50	0.38	0.34	55	0.38	0.34	52	0.38	0.34
4	51	0.50	0.43	49	0.35	0.31	50	0.42	0.37
7	56	0.39	0.36	57	0.35	0.32	56	0.37	0.34
8	47	0.37	0.32	57	0.36	0.33	52	0.37	0.33
9	51	0.35	0.32	52	0.34	0.30	51	0.35	0.31
10	45	0.33	0.29	60	0.37	0.34	52	0.35	0.32
13	53	0.35	0.32	55	0.36	0.33	54	0.36	0.32
14	50	0.37	0.33	50	0.40	0.36	50	0.38	0.35
17	58	0.35	0.32	51	0.32	0.29	54	0.34	0.31
20	52	0.40	0.34	52	0.38	0.34	52	0.39	0.34
21	58	0.37	0.34	51	0.33	0.30	54	0.35	0.32
22	55	0.37	0.32	54	0.36	0.33	54	0.36	0.33
23	51	0.37	0.33	55	0.37	0.34	53	0.37	0.34
24	53	0.40	0.36	58	0.36	0.32	55	0.38	0.34
25	56	0.38	0.34	52	0.33	0.31	54	0.36	0.32
26	54	0.37	0.33	51	0.38	0.34	52	0.38	0.34
27	52	0.39	0.35	49	0.35	0.31	51	0.37	0.33
28	51	0.38	0.35	52	0.38	0.34	52	0.38	0.35
29	55	0.38	0.35	47	0.33	0.30	51	0.36	0.33
30	57	0.39	0.35	53	0.35	0.32	55	0.37	0.33
Tohoku Av.	53	0.38	0.34	53	0.36	0.33	53	0.37	0.33
K- 31	51	0.42	0.37	53	0.38	0.34	52	0.40	0.36
33	55	0.47	0.43	49	0.43	0.39	52	0.45	0.41
34	54	0.40	0.36	48	0.41	0.38	51	0.41	0.37
35	55	0.44	0.38	54	0.43	0.38	55	0.44	0.38
36	58	0.46	0.41	57	0.46	0.41	57	0.46	0.41
39	60	0.44	0.37	53	0.39	0.35	56	0.42	0.36
40	51	0.46	0.41	49	0.42	0.39	50	0.44	0.40
41	60	0.40	0.35	55	0.41	0.38	57	0.40	0.37
44	52	0.36	0.33	46	0.33	0.29	49	0.35	0.31
45	55	0.39	0.34	56	0.40	0.36	56	0.39	0.35
46	53	0.40	0.35	57	0.43	0.38	55	0.42	0.36
47	54	0.39	0.34	51	0.35	0.31	52	0.37	0.32
50	53	0.38	0.34	54	0.38	0.34	53	0.38	0.34
52	57	0.41	0.37	56	0.42	0.37	56	0.42	0.37
53	49	0.38	0.33	51	0.36	0.31	50	0.37	0.32

Table 5. (つづき) (Continued)

家系 Family No.	Block—I			Block—II			家系平均値 Family means		
	枝下高比 ¹⁾ CH/H ¹⁾ (%)	枝の太さ Branch thickness		枝下高比 ¹⁾ CH/H ¹⁾ (%)	枝の太さ Branch thickness		枝下高比 ¹⁾ CH/H ¹⁾ (%)	枝の太さ Branch thickness	
		Max ²⁾	Mean ³⁾		Max ²⁾	Mean ³⁾		Max ²⁾	Mean ³⁾
T- 54	54	0.40	0.36	54	0.38	0.35	54	0.39	0.35
55	45	0.42	0.36	52	0.39	0.34	49	0.40	0.35
56	50	0.41	0.37	54	0.40	0.37	52	0.41	0.37
59	51	0.42	0.37	45	0.40	0.36	48	0.41	0.37
61	49	0.43	0.40	47	0.44	0.40	48	0.44	0.40
Kansai Av.	53	0.41	0.37	52	0.40	0.36	53	0.41	0.36
Total Av.	53	0.40	0.35	53	0.38	0.34	53	0.39	0.35

Note)

- 1) : (力枝高/樹高) × 100,
(Crown height/Tree height) × 100.
- 2) : 最大力枝径/力枝直上の幹の直径
(Diameter of the largest branch)/(Stem diameter above the whorl of the largest branch).
- 3) : 力枝径の平均値/力枝直上の幹の直径。
(Mean diameter of 3 large branches at the largest branch-whorl)/(Stem diameter above the whorl).

Table 6. 枝形質に関する分散分析結果 (Form-I)
Results of ANOVA of branch traits (Form-I).

形質 Traits	要因 Sources		自由度 d.f.	平均平方 Mean squares	F ₀
太さ(最大) Thickness (Maximum)	ブロック	Blocks	1	0.0055	9.9421 **
	産地	Provenances	1	0.0298	25.1881 **
	産地内家系	Families within provenance	40	0.0012	2.1448 **
	誤差	Error	41	0.0006	
	全体	Total	83		
太さ(平均) Thickness (Mean)	ブロック	Block	1	0.0023	5.4374 *
	産地	Provenances	1	0.0192	19.4851 **
	産地内家系	Families within provenance	40	0.0010	2.3222 **
	誤差	Error	41	0.0004	
	全体	Total	83		
枝下高比 Crown height/ Tree height (%)	ブロック	Blocks	1	4.3241	0.3695 ^{NS}
	産地	Provenances	1	1.6450	0.1353 ^{NS}
	産地内家系	Families within provenance	40	12.1539	1.0386 ^{NS}
	誤差	Error	41	11.7018	
	全体	Total	83		

Note)

- ** : 1% レベルで有意性 Significant at 1% level
- * : 5% レベルの有意性 Significant at 5% level
- NS : 有意性なしを示す No significant.

Table 7. 枝形質に関する産地別分散分析結果 (Form-II)
Results of ANOVA of branch traits (Form-II).

形 質 Traits	要 因 Sources	東 北 Tohoku			関 西 Kansai		
		自由度 d.f.	平均平方 Mean squares	F ₀	自由度 d.f.	平均平方 Mean squares	F ₀
太さ (最大) Thickness (Maximum)	ブロック Blocks	1	0.0037	4.5328 *	1	0.0019	6.7499 *
	家 系 Families	21	0.0007	0.8909 ^{NS}	19	0.0017	6.0314 **
	誤 差 Error	21	0.0008		19	0.0003	
	全 体 Total	43			39		
太さ (平均) Thickness (Mean)	ブロック Blocks	1	0.0021	3.3616 ^{NS}	1	0.0005	2.2054 ^{NS}
	家 系 Families	21	0.0005	0.8141 ^{NS}	19	0.0015	7.2423 **
	誤 差 Error	21	0.0006		19	0.0002	
	全 体 Total	43			39		
枝下高比 Crown height/ Tree height (%)	ブロック Blocks	1	1.0037	0.0670 ^{NS}	1	16.5171	2.0675 ^{NS}
	家 系 Families	21	5.9822	0.3991 ^{NS}	19	18.9752	2.3751 *
	誤 差 Error	21	14.9898		19	7.9892	
	全 体 Total	43			39		

Note)

** : 1%レベルで有意性 * : 5%レベルの有意性 NS : 有意性なしを示す
Significant at 1% level Significant at 5% level No significant.

測どおりの結果を示したものと考えられる。

胸高直径および幹の形状比の親子相関についても、樹高の場合と同じ傾向が認められた (Fig. 3~4)。

枝下高比の親子相関は、両産地とも正の関係にあるが有意性は認められなかった。枝の太さについては、最大値および平均値ともに正の相関を示したが、両産地とも相関係数には有意性は認められなかった (Fig. 5)。東北産において親子相関が低かった理由は、前項で述べたように、林冠閉鎖による枝の枯れ上がりが急速に進み始めたプロットが多く、しかもその進行程度がプロットによって異なるためと考えられる。

以上は、母樹の調査時における数値と家系の平均値との関係であるが、母樹と家系の年齢差が大きいことも問題となる。そこで、母樹の樹幹解析によって得られた年齢別樹高および胸高直径と植栽後15年生の家系後平均樹高と平均胸高直径との相関を調べた。Fig. 6は母樹の年齢による相関係数の推移を示したものである。東北産ではいずれも正、関西産では負の値を示し、母樹の幼・壮齡

時において相関係数がとくに高まる傾向は見られなかった。また、母樹の年齢が 20～30 年の間においては、東北産と関西産の樹高と胸高直径で相反する関係がみられ、関西産の胸高直径では負の有意な相関係数が得られた。これらの理由については説明がつかないが、関西産のように母樹の生育地と家系の植栽地の環境が大きく異なり、家系の適応性が問題となるときには、親子相関を正しく評価することは困難であると考えられる。

3.4 成長および枝形質の遺伝率

各形質の遺伝率は、親子の回帰係数を 2 倍にして求める方法⁹⁾と家系の分散成分から求める方法¹⁰⁾によって、産地ごとに推定した。後者については、Table 1 の分散分析表で示した Form-II の平均平方の期待成分から、 $h_2 = 4 \sigma_f^2 / (\sigma_e^2 + \sigma_{fb}^2 + \sigma_f^2)$ として求めた。

Table 8 は母樹に対する家系平均値の回帰係数、Table 9 は分散成分の推定値を示したものであり、遺伝率推定のための基礎数値とした。これらの基礎数値を用いて産地ごとに上記 2 方法によ

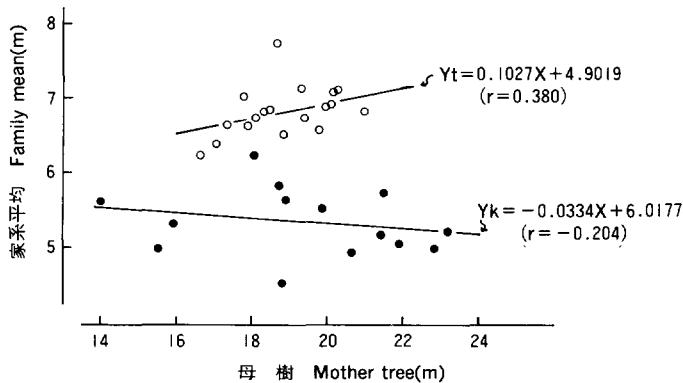


Fig.2. 樹高に関する親子相関
Parent-offspring correlations on tree height.

Note)
Yt: 東北産 Tohoku, Yk: 関西産 Kansai

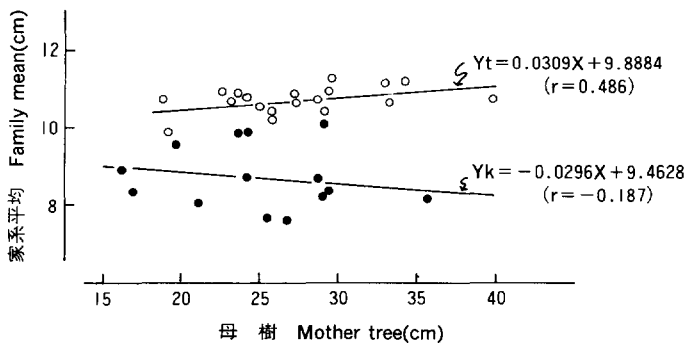


Fig.3. 胸高直径に関する親子相関
Parent-offspring correlations on D.B.H.

Note)
Yt: 東北産 Tohoku, Yk: 関西産 Kansai

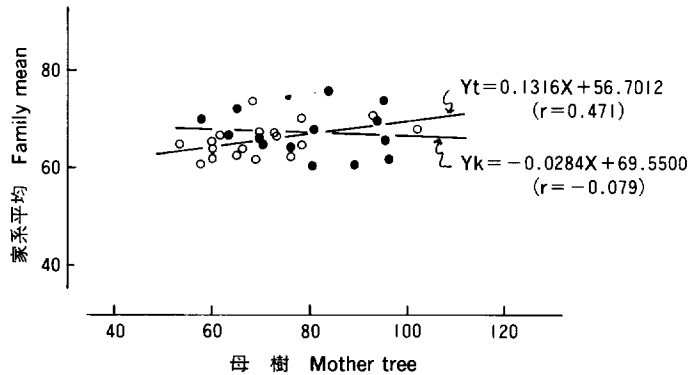


Fig. 4. 幹の形状比に関する親子相関

Parent-offspring correlations on the ratio of tree height(m) to D.B.H.(cm).

Note)

Yt : 東北産 Tohoku, Yk : 関西産 Kansai

て推定した遺伝率をTable 10 に示した。

成長形質については、分散成分からの推定した遺伝率が両産地で類似した値を示し、樹高が0.474~0.501と最も高く、胸高直径が0.048~0.227、幹の形状比が0.162~0.199であった。回帰係数から推定した遺伝率は、東北産では分散成分からの推定値と比較して樹高が0.21に低下したが、胸高直径および幹の形状比は大きな違いを示さなかった。また、母樹の樹幹解析によって求めた10年生時の樹高および胸高直径と家系平均値との回帰係数から求めた遺伝率は、樹高が0.422、胸高直径が0.260であり、母樹の伐採時の数値と家系平均値との回帰係数から求めた場合に比較して、相対的に高い値を示した。ただし、関西産については回帰係数がいずれもマイナス値であり、この推定法では遺伝率は0に近い小さい値と推測された。

枝形質については産地および推定法によって多様な推定値になった。東北産では家系間分散に有意性がなく、0またはマイナス値であったため分散成分からの遺伝率は推定できず、回帰係数からの推定値のみであった。しかも、各形質の推定値は低く、とくに枝の太さ(最大)については0に近い値であった。一方、関西産では分散成分からの推定値が回帰係数からのそれに比べて約2倍の値を示したが、両推定法における形質間の遺伝率の相対関係は同じであり、枝の太さ(平均)が最も高く、枝の太さ(最大)、枝下高比の順に並ぶ傾向が示された。

このように、同一集団について異なる遺伝率が推定された理由については、一つは関西産家系群の適応性の問題が成長形質に含まれており、もう一つは東北産家系群における林冠閉鎖の進行が枝形質の発現に大きく影響していると考えられる。

3.5 試験地内立地の不均一性とデータ修正

調査した3ブロックのうち、ブロックIとIIIは同一斜面上に配置されているが、ブロックIIはその崖下に位置し、上端付近は上部の急斜面からの崩壊土が堆積しており、そこに配置されているプロットの成長は他のプロットに比べて優れているように観察された。したがって、このような立地

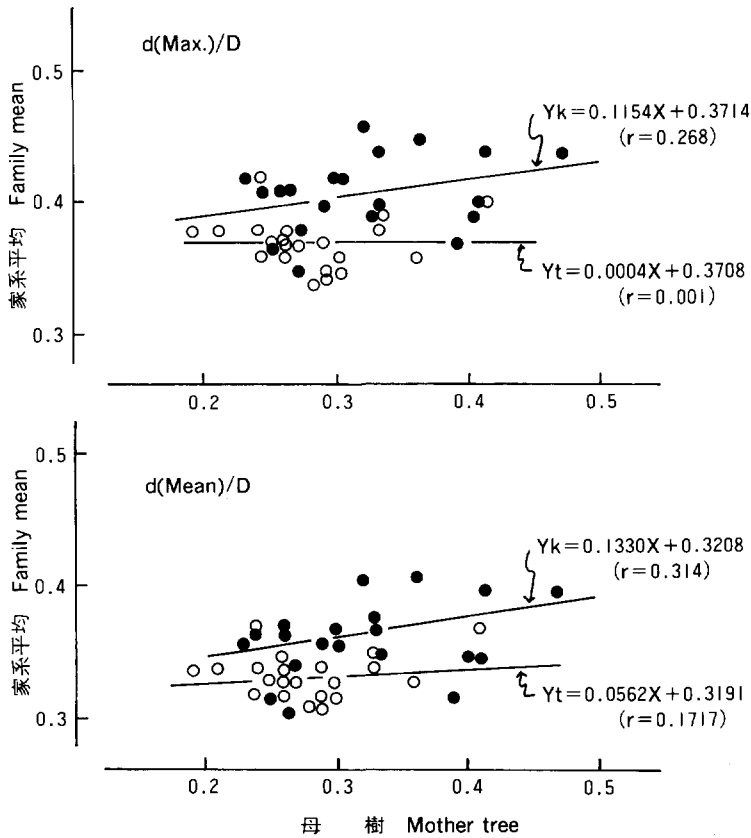


Fig. 5. 枝の太さに関する親子相関

Parent-offspring correlations on branch thickness.

Note)

Yt: 東北産 Tohoku, Yk: 関西産 Kansai,
 d(Max.): 最大力枝直径 diameter of the largest branch,
 d(Mean): 力枝平均直径 mean diameter of 3 branches on the largest branch whorl,
 D: 力枝直上の幹の直径 stem diameter above the whorl

の不均一性がデータにひずみを与え、解析結果を乱すことが予想されたことから、データ修正の効果を検討した。

まず、樹高についてのブロック間相関を調べた。Table 11 はその相関係数を示したものであり、ブロック II—III間で低い値を示した。また、各ブロック内の立地の不均一性をみるために、あらかじめ植栽されていた立地修正用プロットの樹高データを用いて、ブロックごとの平均値、標準偏差、変異係数を求めた (Table 12)。これらの結果からも、ブロック II 内の立地の不均一性がより大きいことが認められた。

さらに、ブロック II について立地修正用プロットの樹高および東北産家系だけの樹高の列平均を求めた (Table 13)。その結果、ブロックの上端から中央付近まで傾斜方向に樹高が減少する傾向が見られ、地形の観察結果と同様に、ブロック内に一定方向の地力変化が存在することが認められた。

以上の結果から、ブロック II の樹高データについて、プロットの平均樹高を Y とし、列番号の 1

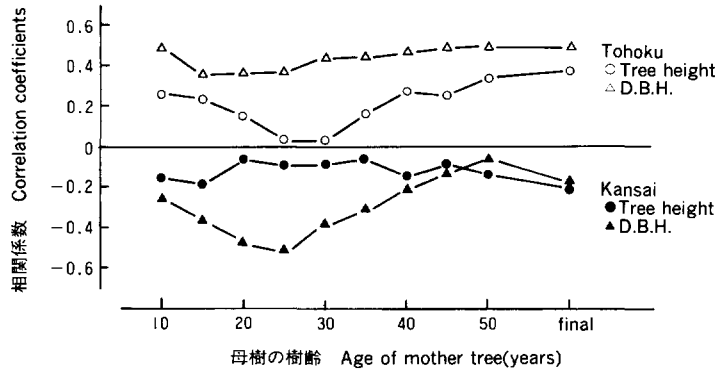


Fig. 6. 母樹の樹齢による樹高および胸高直径の親子係数の推移
Transition of parent-offspring correlation coefficients depending on age of mother trees on tree height and D.B.H.

Note)
家系の値は植栽後15年生時のものである
The values of offsprings were family means at 15-year-old after planting.

次, 2次をXとした下記の重回帰式により樹高データの修正を試みた。

$$Y = -18.75908 X + 0.810563 X^2 + 758.0112$$

立地差修正の結果, ブロックII-III間の相関係数は0.355から0.445に高まったが, I-II間では逆に0.606から0.492に低下した。また分散分析の結果では, ブロック効果が大きくなり家系間分散が小さくなる結果を示し(Table 14), 分散成分から推定した遺伝率も0.501から0.386に低下した。同様に, 親子回帰係数は0.103から0.067に, 回帰係数からの遺伝率も0.205から0.134に低下した。これらの理由は, 立地差修正により家系と交絡していた立地間差が除かれたことによるのか, 家系間差の一部までが除かれてしまったのか, 修正方法が適正でなかったのか不明であるが, 立地差修正により各種の推定値が低下したことから, 解析精度は向上しなかったと考える。

Table 8. 母樹に対する家系平均値の回帰係数
Regression coefficients of family means and mother tree, growth and branch traits.

形質 Traits	東北産 Tohoku	関西産 Kansai
樹高 Tree height (H)	0.1027 (0.2108)	-0.0334 (-0.0864)
胸高直径 D.B.H.	0.0309 (0.1302)	-0.0296 (-0.1313)
幹の形状比 H/D.B.H.	0.1316	-0.0284
枝の太さ(最大) Branch thickness(Max.)	0.0004	0.1154
枝の太さ(平均) Branch thickness(Mean)	0.0562	0.1330
枝下高比(%) Crown height/H(%)	0.0570	0.0529

Note)
()は母樹の10年生時の値に対する家系平均値の回帰係数である
The values in parentheses were based on regression between family means and the values of mother trees at 10 years old.

Table 9. 分散成分の推定値
Estimates of variance components

形 質 Traits	東 北 Tohoku			関 西 Kansai		
	σ_e^2	σ_{fb}^2	σ_r^2	σ_e^2	σ_{fb}^2	σ_r^2
樹 高 Tree height(H)	4,862.5820	635.1709	787.0774	9,907.2266	1,283.2847	1,503.1978
胸高直径 D.B.H.	467.1653	1.1046	5.6219	856.2522	15.4545	52.5286
幹の形状比 H/D.B.H.	177.2354	4.9133	7.7084	364.6797	0 (-8.1569)	19.1328
枝の太さ (最大) Branch thickness (Max.)	0.0044	0.0007	0	0.0062	0 (-0.0001)	0.0007
枝の太さ (平均) Branch thickness (Mean)	0.0030	0.0005	0 (-0.0001)	0.0044	0 (-0.0001)	0.0007
枝下高比 Crown height/H (%)	54.0179	13.0175	0 (-4.5038)	65.0271	4.1697	5.4930

Table 10. 親子回帰および家系の分散成分から推定した遺伝率
Heritability estimates based on parent-offspring regression and variance components of families.

形 質 Traits	回帰係数からの推定値 Estimates based on regression coefficients		分散成分からの推定値 Estimates based on variance components	
	東 北 Tohoku	関 西 Kansai	東 北 Tohoku	関 西 Kansai
樹 高 Tree height(H)	0.205 (0.422)	0 (0)	0.501	0.474
胸 高 直 径 D.B.H.	0.062 (0.260)	0 (0)	0.048	0.227
幹の形状比 H/D.B.H.	0.263	0 (0)	0.162	0.199
枝の太さ (最大) Branch thickness(Max.)	0.001	0.231	—	0.406
枝の太さ (平均) Branch thickness(Mean)	0.112	0.266	—	0.510
枝下高比 Crown height/H(%)	0.114	0.106	—	0.294

Note)

()は母樹の10年生時の値と家系平均値との回帰から推定した値である。

The values in parentheses were based on regression between family means and the values of mother trees at 10 years old.

4 考 察

本試験地においては、関西産家系が東北産家系に比較して生存率が低く、成長も明らかに劣る成績を示した。一般的に、アカマツは比較的広い地域に適応する樹種であると考えられ、東北育種基本区内あるいは関東・中部育種基本区内の精英樹家系をそれぞれの基本区内に植栽した場合、家系による環境適応性に顕著な差がなく、母樹の所在地による家系成長のかたよりが認められない⁵⁾こ

Table 11. 樹高におけるブロック間の相関係数

Correlation coefficients between blocks based on plot-rmeans of tree height.

ブロック Block No.	相 関 係 数 Coefficient of correlation
I—II	0.606
I—III	0.548
II—III	0.355

Table 13. ブロックIIの樹高におけるT-30のプロット平均値と東北産家系の列平均値

Means of T-30 plots and means in the row of Tohoku families on tree height of block—II

列 番 号 Row	T-30 プロット T-30 plot	列 平 均 Mean by row
1		750 cm (3)
2	704 cm	731 (2)
3		696 (2)
4		675 (2)
5		
6	671	
7		676 (2)
8		
9		692 (2)
10	580	587 (2)
11		
12		666 (2)
13		
14	646	682 (2)
15		
16	695	
17	656	
18		670 (2)

Note)

列平均は東北産家系のみのものである

Row means were calculated only by Tohoku families

() は列平均を求めたプロット数である

The values in parentheses show the number of families

Table 12. 各ブロックにおける同一家系の複数プロットの高に関する平均値, 標準偏差, 変異係数

Means, standard deviation(σ) and coefficient of variability(CV) on plot of the same family in each block

ブロック Block	平均値±標準偏差 Mean± σ	変異係数 CV	供試家系(プロット数) Family (No. of plots)
I	642.8±27.8 cm	4.3%	T-1 (6)
II	658.7±44.5	6.7	T-30 (6)
III	645.0±29.9	4.6	T-14 (7)

Table 14. 立地差修正樹高に関する分散分析結果(東北産)

Results of ANOVA of tree height modified in response to site conditions(Tohoku provenance).

要 因 Sources	自由度 d.f.	平均平方 Mean squares	F ₀
ブロック Blocks	2	9,048.000	13.822**
家 系 Families	17	2,368.941	3.619**
誤 差 Error	34	654.588	
全 体 Total	53		

Note)

本表はTable 4の東北産樹高と対比される

This table is compared with tree height of Tohoku in Table 4.

** : 1%レベルで有意性
Significant at 1% level

とが報告されている。しかし、その適応範囲は母林分と植栽地との距離が 500 km 以内であるともいわれている⁷⁾。これは、わが国のアカマツ天然分布のほぼ全域をカバーする岩手県から熊本県までの産地を岩手県下に植栽した産地試験地の成績から結論されたものであり、南の産地は植栽 2 年後から枯損し始め、3～4 年で生存率が著しく低下し³⁾、成林後も植栽地から遠い産地ほどコブ病の罹病率が高まる結果が得られている⁶⁾。

本研究に供した東北産の材料は、母林分も家系の植栽地も同じ岩手営林署管内にあり、直線距離で 9.5 km 離れているに過ぎないので、環境適応性について問題はないが、関西産の材料は母林分が広島県の福山営林署管内にあり、前記産地試験地の結果からいえば 500 km をはるかに超えており、東北地方の環境に対する適応能力が低いと考えられる。

したがって、関西産の家系群における成長特性は、環境適応性に関連する他の要因の影響や生存率の低いプロットにおける侵入植物との競合等の影響を強く受け、母樹の遺伝能力が十分発揮されていないと考えられる。このことは、樹高、胸高直径、幹の形状比の親子相関において、東北産家系群では全てプラスの相関 ($r=0.38\sim 0.49$) があったのに対し、関西産ではマイナスの相関 ($r=-0.08\sim -0.20$) を示したことから推察される。

一方、枝の形質の親子相関については、生存率が低く立木密度の低いプロットが多い関西産で相関係数が高く、立木密度が高く林冠閉鎖の影響を受け始めたプロットの多い東北産で低い値を示した。スギでは枝のクローン特性は密度の影響をあまり受けないことが報告されているが¹⁾、それは一定の密度条件下の例である。本試験地の東北産家系においてもプロットの密度が一定であれば、林冠閉鎖が進んでも家系間の相対関係は安定し、親子相関も高まることが考えられる。

これらの関係は遺伝率の推定値においても同様であり、親子回帰係数からの推定では関西産の成長形質で 0 に近い低い値が推定され、分散成分からの推定では東北産の枝形質で家系間分散が 0 と推定された。また、推定方法によっても大きな差が認められ、分散成分からの推定値が親子回帰係数からの推定値の 2 倍近い値を示す形質が多かった。このように、遺伝率の推定値は産地、形質、推定方法によって異なったが、得られた遺伝率を全体的にみると、樹高と枝の太さは遺伝変異量が大きく、その他の成長および枝形質は相対的に小さいことを指摘することができる。

以上、本試験地のデータ解析結果には多くの不確定要因が含まれ、成長および枝形質の遺伝性について確定的な結論は得られなかったが、樹高および枝の太さは相対的に遺伝性が高く、胸高直径その他の形質は低いと考えられる。また、枝の形質は林冠閉鎖の進行の程度に強く影響されることから、これら形質の測定にあたっては力枝の位置が比較的安定した生育段階を選択して行う必要があると考えられる。

さらに、試験地内で位置的な生育差が観察され、立地差によるデータおよび解析結果のひずみが予想されたことから、データの立地差修正を試みた。しかし、その結果は解析精度の向上につながらず、むしろ修正によるデータの 2 次的ひずみを生じた。したがって、本試験地で観察されるプロット間の立地差は修正がむずかしく、原データの解析で評価せざるを得ないと考えられる。

引用文献

- 1) 明石孝輝・川村忠士・河崎久男：スギの幹と枝の諸形質に対する植栽密度とクローンの影響，日林誌，**69**，136～145，(1987)
- 2) 加納 孟・須藤彰司・中川伸策・斎藤久夫：材質の早期検定，木本作物の育種，林業試験場，219～228，(1973)
- 3) 村井三郎・武藤 惇・細井幸兵衛・棟方啓爾：岩手山麓におけるアカマツ産地試験地の成績 (I)，特に樹高成長について，林試青森支場業務報告，**4**，9～18，(1958)
- 4) 野口常介・茶屋場 盛：アカマツ次代検定林の初期生長からみた精英樹の環境適応性，88 回日林論，191～192，(1977)
- 5) 大谷賢二・栗延 晋・古越隆信：最小 2 乗法を用いた林木次代検定成果の解析 (I)，アカマツ精英樹 10 年目の事例，97 回日林論，407～408 (1986)
- 6) 佐藤邦彦・横沢良憲・庄司次男：東北地方のスギ，アカマツおよびカラマツ種子産地試験地における病害の発生状態，日林誌，**47**，452～457 (1965)
- 7) 渡辺 操・貴田 忍・及川伸夫・岩崎正明：岩手山麓におけるアカマツ産地試験林 (45 年生) の生長 (IV)，日林東北支誌，**35**，66～68，(1983)
- 8) WRIGHT.j.w. : Introduction to Forest Genetics. Academic Press. pp.463. (1976)
- 9) 山田行雄：量的形質の遺伝学 (V)，遺伝，**28** (9)，106～111 (1974)
- 10) 材質育種研究班：材質育種に関する研究 (I)，東北地方アカマツ，林試研報，**222** 1～113，(1969)
- 11) 材質育種研究班：材質育種に関する研究 (II)，関西地方アカマツ，林試研報，**244** 17～114，(1972)

**Parent-Offspring Correlations and Heritabilities on
Growth and Branch Traits in Open-Pollinated
Families of Japanese Red Pine,
Pinus densiflora SIEB. et ZUCC.**

Susumu MIKAMI⁽¹⁾ · Tadashi KAWAMURA⁽²⁾ · Masao WATANABE⁽³⁾
Sinobu KIDA⁽⁴⁾ · Masaaki IWASAKI⁽⁵⁾ · Nobuo OIKAWA⁽⁶⁾
Tsunesuke NOGUCHI⁽⁷⁾ · Naoei ITAHANA⁽⁸⁾
Kensuke YOSHIMURA⁽⁹⁾

Summary

A half-sib progeny test including the open-pollinated families of 58 different parents, which originated from natural forests of Japanese red pine in the northern part (Tohoku) and western part (Kansai) of Honshu in Japan, has been made to investigate the inheritance of wood properties and many other traits. The test plantation was established in Iwate prefecture in the spring of 1968 with three year old seedlings, according to an incompletely randomized block design with four replications of 36 plants in a square arrangement by 2 × 2m spacing.

Fifteen years after planting, survival, tree height, diameter, crown height and branch thickness were measured for the families, common to Block - I · II · III in growth traits and common to Block - I · II in branch traits. Block - IV was excluded in the data analysis, because of the small number of the families.

The survival percentages were 93% (69~98%) in Tohoku provenance and 70% (55~86%) in Kansai provenance. There was a highly significant difference between the provenances. The differences between families were non-significant in Tohoku (except for one plot damaged by snow), and significant in Kansai. Height growth and stem diameter also varied significantly between provenances and between families. Tohoku families grew faster than those of Kansai. These results suggested that the western provenance of red pine would have a lower adaptability to a northern environment.

Genetic variations in branch traits seemed to be disturbed by the density effect of plots. The differences among families were non-significant in Tohoku and significant in Kansai provenance in which many of the plots had open canopies. To evaluate the branch traits it would be necessary to make a survey at the stable branching stage.

Parent-offspring phenotypic correlations were positive in both growth and branch traits in Tohoku, but negative in growth traits in Kansai. The heritability estimates were computed from the variance components or parent-offspring regression coefficients. The estimates for growth and branch traits ranged from 0 to 0.50 by provenances, traits and applied methods. They appeared to be high in growth traits in Kansai provenance that had better survival and in branch traits in Kansai provenance that had an open canopy. Generally speaking, however, the narrow-sense heritabilities would be relatively high in height growth (H) and branch thickness as compared with other traits, such as stem diameter (D), H/D and crown height.

Received January 5, 1988

(1) & (5) & (6) ex. Tohoku Branch Station (Tohoku Research Center)

(2) & (7) & (8) Tohoku Forest Tree Breeding Station

(3) Former Tohoku Branch Station

(9) ex. Silviculture Division (Bio-resources Technology Division)