

# アカマツの母樹別自然交配家系に おける諸形質の遺伝性

岩川 盈夫<sup>(1)</sup>・渡辺 操<sup>(2)</sup>  
佐藤 亨<sup>(3)</sup>・三上 進<sup>(4)</sup>  
井沼 正之<sup>(5)</sup>・貴田 忍<sup>(6)</sup>

## 1. ま え が き

育種は、すぐれた親を選ぶことから出発する。この親を選ぶ操作は、表現型をとおして、遺伝子型を対象に行なわれるものである。したがって、選ばれた親の利用が、目的形質に関して、遺伝的進歩をもたらす確実な根拠が得られなければならない。

表現型によって選抜された個体について、その遺伝的優劣性を判定して優良系統を育成する方法の場合および選抜個体間で交雑育種を進める場合などにおいて、母材となる選抜個体の遺伝能力の評価が行なわれる。その能力評価の手段として、次代検定があげられる。一方、集団遺伝学の理論および統計的手法の育種への導入によって、対象集団に含まれる遺伝変動量を推定し、選抜効果を予測する研究が急速に進展している。林木においては、戸田(1957)が林木集団の含む遺伝変動量の大きさをスギの主要形質で推定した。以来、多くの樹種、多くの形質に関して、遺伝パラメーターの推定が行なわれてきた。さらに、同齡一斉林の表現型分散から、遺伝分散と環境分散を推定する新推定法が発表された<sup>1)</sup>。

この研究は、アカマツにおける諸形質の遺伝性をしらべるために、岩手県東磐井郡に生育する東山マツを対象として、母樹別自然交配家系による次代検定林を設定し、植栽後10年および11年を経過したこれらの家系を調べた結果である。調査は成長、樹幹・クローネ・枝の形状、材の容積密度数について行ない、諸形質における家系間差異、形質相関、親子相関、遺伝力を検討したものである。母樹の選抜、試験地の条件など、なお問題を含むが、いくつかの明らかな知見が得られた。

試験地の設定、管理については、規模が大きく、かつ長期間を要するため、いろいろな困難ともなうものであるが、本試験地については、試験遂行上支障のない十分な管理が行なわれている。これは、試験地設定から今日までの一関営林署歴代署長をはじめ関係担当官、歴代大原担当区主任のご配慮とご尽力の賜であり、ここに厚くお礼を申しのべたい。

母樹別苗は、盛岡営林署煙山苗畑で養成されたものであり、当時の苗畑主任、現東北林木育種場経営課長高橋直治技官のご協力によるものである。また、試験地の調査に際しては、放射線育種場大庭喜八郎技

- 
- (1) 造林部遺伝育種科長
  - (2) 東北林木育種場原種課長・兼東北支場育林部育林第一研究室
  - (3) 造林部遺伝育種科遺伝育種第一研究室・主任研究官
  - (4) 造林部遺伝育種科遺伝育種第二研究室
  - (5) 山形分場多雪地帯林業第一研究室長
  - (6) 東北支場育林部育林第一研究室

官（元林業試験場造林部育種第一研究室），東北支場育林部育林第一研究室及川恵司技官，北海道庁経済総合研究所生井郁郎技師の協力を得た。ここに厚くお礼を申しあげる。

最後に，試験地設定当初から，作業員の出役について配慮し，作業ならびに調査の遂行に協力していた地元の愛林組合および一関アカマツ総合試験地事務所管理人小野寺藤雄氏に心からお礼を申しあげる。

## 2. 母樹ならびに試験地の経過

### 2-1. 母 樹

本研究は，岩手県東磐井郡に生育するアカマツ—東山マツ—を対象とした。東山マツの名称は，地元では古くから呼称していたようであるが，論文に記載されたのは佐藤（1953）によるのがはじめてである。同氏によれば，東磐井地方のマツ（東山マツ）は樹皮が小波型あるいは鱗片型，貝殻型と呼ばれてよいと

Table 1. 母 樹  
Characteristics

母 樹 Tree No.	樹 齢 Age (years)	樹 高(H) Height	胸高直径 (D.b.h.) Diameter at breast height	胸高直径/ 周囲木平均 胸高直径 D.b.h./ Average D.b.h. of surrounding trees	枝 下 高 Clean bole length	クローネ長 Crown length	クローネ幅 (CD) Crown diameter
		m	cm	%	m	m	m
3	60	28.32	44.2	130	10.90	17.42	9.54
4	58	25.50	35.2	103	8.60	16.90	5.20
5	59	26.69	38.2	112	16.85	9.85	5.32
6	56	23.35	39.2	115	9.25	14.10	4.58
7	60	25.29	41.1	121	9.77	15.52	5.24
8	58	25.46	39.6	116	12.92	12.54	5.32
9	58	26.00	43.3	128	13.20	12.80	9.48
10	58	24.85	38.0	107	10.70	14.15	8.66
12	57	23.50	41.5	113	11.10	12.40	6.62
14	58	24.35	32.4	91	13.05	11.30	5.88
15	58	26.11	40.0	112	14.95	11.16	6.00
20	58	25.00	35.0	105	14.35	10.65	7.68
25	59	25.65	37.0	119	15.30	10.35	7.18
26	56	26.74	30.9	101	13.58	13.16	3.78
30	59	25.80	31.7	102	13.10	12.70	6.50
41	53	23.45	35.7	109	10.25	13.20	6.78
45	60	23.90	37.8	113	13.20	10.70	7.64
46	59	24.55	44.4	133	10.00	14.55	8.14
55	59	30.00	37.8	122	17.10	12.90	8.84
58	59	27.80	39.9	112	13.80	14.00	8.70
59	58	26.42	35.2	108	19.44	6.98	5.70
61	59	26.69	35.6	107	17.20	9.49	7.90
62	59	27.00	36.2	114	15.40	11.60	8.40
65	56	26.36	29.2	92	17.93	8.43	4.86

思われる形態を示し、薄く鮮かな紅色を呈する。なかにはやや黄色を帯びたものもある。心材幅が狭く、材質は優良である。村井ら (1956) は、東山地方すなわち現在の岩手県東磐井郡における北上川以東の黄海、藤沢から千厩、大原を経て興田に達する地域のアカマツが最も生育良好で、東山マツの郷土とみなされることを報告している。

本研究に供試した母樹は、岩手県東磐井郡大東町、一関営林署和田戸高場国有林 63 林班アカマツ人工林内で、成長および幹・枝の形状に関する特徴を基に選抜したものである。母樹の樹齢は昭和 25 年現在で、45 年生と推定されていたが、Table 1 に示されるごとく、同一樹齢ではない。

タネは、昭和 25, 27, 29 年の 3 回にわたり、同一母樹からくり返して採取された。

母樹の一部 (本研究に供試された家系の母樹) は、形態的特性および材質の特性に関するより詳細なデータをうるため、昭和 40 年 10 月に伐倒して調査した。Table 1 は、これら母樹の特性に関する一覧表であり、Photo. 1 は採種当時の母林分の林況である。

の 特 性  
of mother trees.

胸高直 径/樹高 D.b.h./H	クローネ幅 /胸高直 径 CD/D.b.h.	枝階あたり 枝数 Branch number per whorl	力 枝 Largest spreading branch			タネの 1000 粒重 1000 seed weight	
			長 さ Length	太 さ Diameter	角 度 Angle	1950年採種 Collected in 1950	1952年採種 Collected in 1952
1.56	21.6	3.8	4.77	7.0	49°	9.02	9.07
1.38	14.8	4.8	2.60	4.9	64	9.25	8.62
1.43	13.9	6.4	2.66	4.8	79	8.84	7.31
1.68	11.7	2.8	2.29	4.3	72	13.04	10.48
1.63	12.8	3.8	2.62	4.4	71	8.55	8.31
1.56	13.4	4.4	2.66	3.7	70	9.63	9.90
1.67	21.9	3.6	4.74	8.0	63	9.27	9.42
1.53	22.8	4.2	4.33	6.9	67	9.60	9.01
1.77	16.0	3.8	3.31	7.1	71	6.45	6.31
1.33	18.2	4.6	2.94	5.5	81	7.24	5.90
1.53	15.0	2.8	3.00	5.6	66	11.20	10.29
1.40	21.9	4.4	3.84	5.0	69	7.79	8.95
1.44	19.4	4.2	3.59	5.2	59	8.01	6.62
1.16	12.2	4.6	1.89	3.4	65	8.96	10.54
1.23	20.5	4.2	3.25	4.0	52	6.27	5.80
1.52	19.0	4.2	3.39	6.2	55	9.95	9.16
1.58	20.2	3.8	3.82	5.8	76	7.33	7.25
1.81	18.3	4.2	4.07	5.7	76	9.51	8.37
1.26	23.4	4.4	4.42	6.0	77	6.90	6.26
1.44	21.8	4.2	4.35	8.4	76	8.88	9.28
1.33	16.2	3.6	2.85	3.8	56	10.22	9.48
1.33	22.2	4.2	3.95	5.2	68	7.56	7.00
1.34	23.2	5.6	4.20	5.3	71	6.70	7.28
1.11	16.6	3.6	2.43	4.3	68	8.56	7.87

昭和 40 年 10 月現在 (タネの 1,000 粒重を除く)



Photo. 1 母林分の林況 (1950)  
The pine stand which mother trees were selected in.

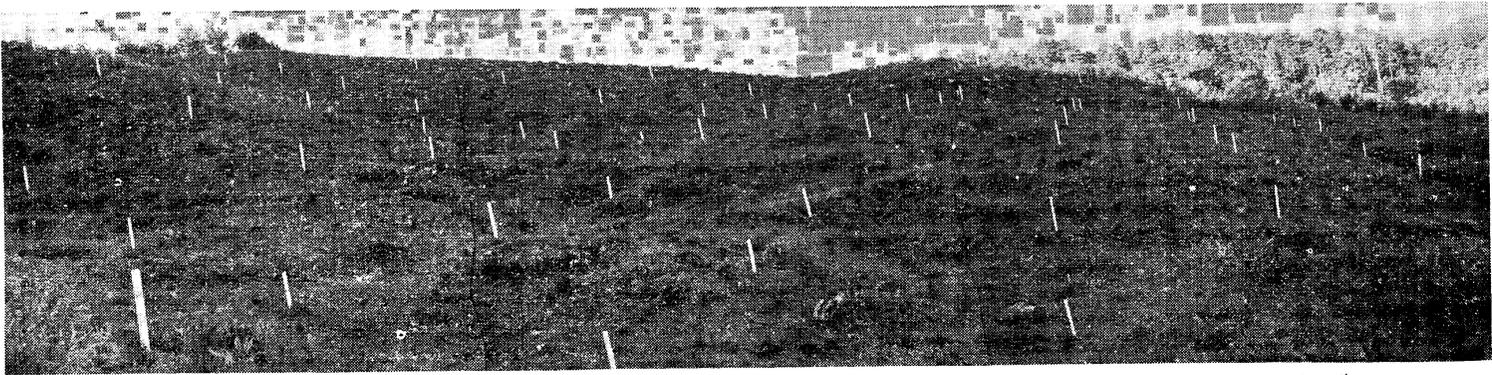


Photo. 2 試験地の地況 The test field before planting.

## 2-2. 試験地の経過

採取された母樹別タネを盛岡営林署煙山苗畑で播種養苗し、1回床替を昭和28年4月、30年4月、32年4月に、岩手県東磐井郡大東町興田、一関アカマツ総合試験地内に植栽した。試験地は、昭和18年に主伐された広葉樹跡地である。試験地位置図は Fig. 1 に示すとおりである。

試験区は、昭和25年採種—28年植栽区、27年採種—30年植栽区、29年採種—32年植栽区より成り、1プロットは1家系(12.9m×12.9m—70本植栽、植栽間隔1.0m×1.5m)で、各植栽区は67家系の2回くり返しにより構成された。ただし、養苗本数の関係上、2回繰返しのできなかった家系がいくつかあった。植栽区ならびにプロット配置は、Fig. 2, Fig. 3 に示したとおりである。Photo. 2 は、植栽前の試験地の地況である。

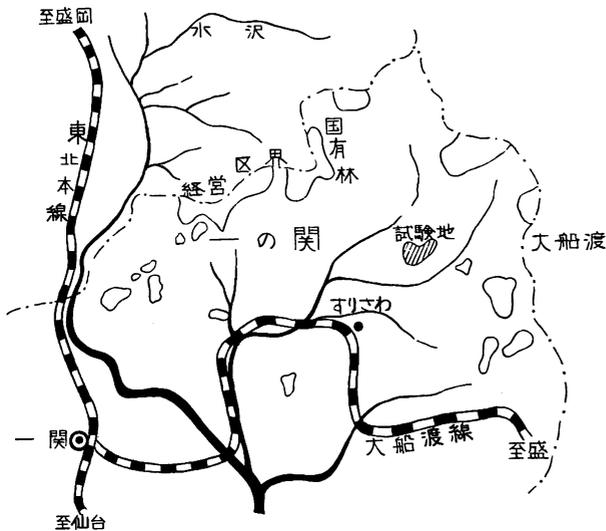


Fig. 1 一関アカマツ総合試験地の位置図, 岩手県東磐井郡大東町興田

Location map of pine test plantation at OKITA, Daitôchô, Iwate pref.

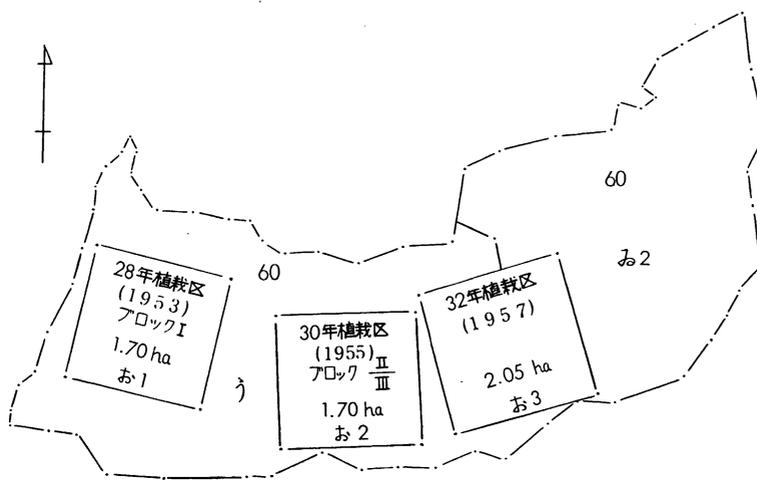


Fig. 2 植栽区の配置図

Location map of the test plantation, divided into three parts by planting year.

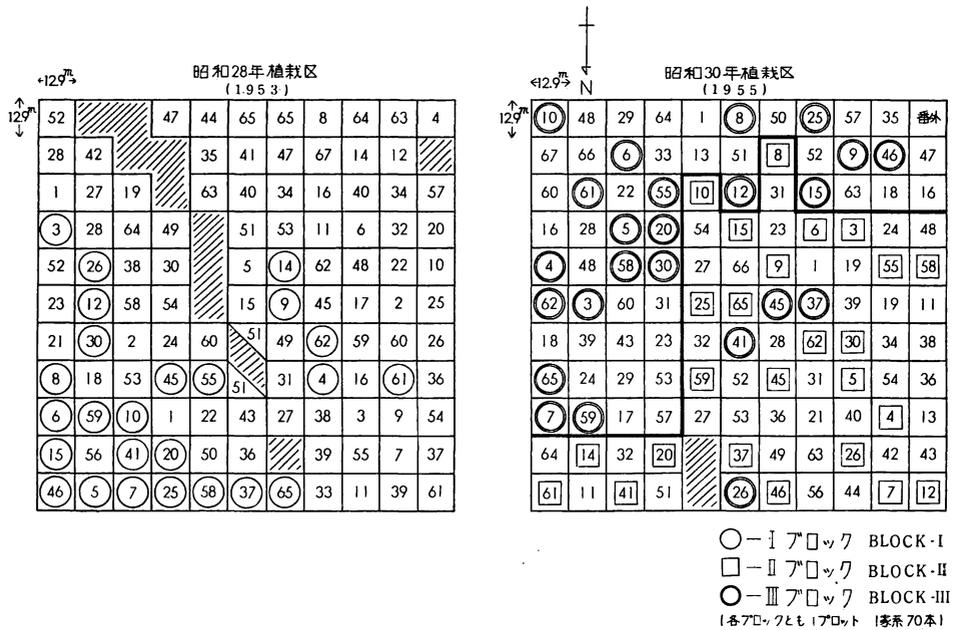


Fig. 3 昭和28年ならびに30年植栽区のプロット配置図  
Arrangement of test plots in the parts planted in 1953 and 1955.

試験地の保育管理は、一関営林署の一般施業林に準じて行なった。

間伐は、昭和37年10月に28年植栽区、昭和40年10月に30年植栽区について、1本おきの機械的間伐を実行した。

### 3. 調査ならびに測定方法

昭和37年10月に第1回目の間伐がおこなわれた28年植栽区(12年生)を調査した。供試家系は、立地差が比較的少ないと思われる区域に含まれるもので、しかも30年植栽区で2回の繰返しが確保されている25家系を選び、間伐された個体について、下記の調査を実施した。

樹 高：枝階をたどり、12～6年生までを実測した。

胸高直径：胸高位円板を測定し、12～7年生胸高直径を算出した。

枝の特性：枝下高、枝階数、各枝階ごとの枝数、全生枝の太さ・長さ・岐出角度を測定した。

幹重・枝重：個体を幹、生枝、枯枝に分割して重量を測定した。

葉 量：作業量の関係上、ごく1部の家系について行なったのみである。他の形質との関係をしらべるには資料不足のため、本報告では取り上げなかった。

材の容積密度数：胸高位円板の外側3年輪(10～12年生)を供試した。供試部分を年輪界で剥離し、その側面を円板の半径方向に切断して、2方向から扇形の供試片をとり、飽水時の容積(cm<sup>3</sup>)と絶乾重量(g)から、容積密度数〔絶乾重量(g)/飽水時容積(cm<sup>3</sup>)〕を算出し、平均したものである。

母樹の容積密度数は、成長錐(内径5mm)を用いて、胸高部2方向から採取したcore

の未熟材部を除いた部分について、絶乾重 (g)/容積 (cm<sup>3</sup>) を算出し、平均したものである。

昭和 40 年 10 月に、30 年植栽区 (13 年生) を間伐し、28 年植栽区 (以下ブロック I とする) と同じ調査を実施した。ただし、この植栽区は、斜面上部の傾斜角がやや大きく、小さな起伏が比較的多く現われるので、Fig. 3 のプロット配置図に示されるように、下半分をブロック II、上半部をブロック III として区別した。ブロック II で 20 本以上の間伐木を確保する必要があったので、飛び地になった家系もある。

32 年植栽区については、調査・間伐年に達していなかったため、調査は行なわなかった。したがって、本報告には含まれない。

母樹の成長ならびに形態的特性に関する調査は、ブロック I の調査に準じた。

#### 4. 諸形質における家系間差異

家系によってその示す形質に差があるかどうかを、分散分析、共分散分析、平均値間の差の検定を手法として、しらべた。

供試家系数は、ブロック I およびブロック II については前記の 25 家系全部、ブロック III については、No. 14 を除く 24 家系である。

樹高ならびに胸高直径は林齢別、クローネおよび枝の特性はブロック I が 12 年生、ブロック II とブロック III が 13 年生における特性であり、それぞれについて分散分析を行なった。さらに、樹高と胸高直径については、各ブロックの林齢を統一することができたので、ブロック間変動およびブロック×家系の交互作用の大きさを検定した。ただし、この場合のブロック間変動には年次による変動も含まれる。

材の容積密度数は、一般に直径と負の相関が認められていることから、胸高直径との共分散分析を行なった。

##### 4-1. 結 果

樹高については、Table 2 に示したごとく、ブロック内では各林齢で、家系間に有意なちがいが認められた。林齢による分散比の変化の推移を見ると、10 年生前後で 1 つの山を形成する傾向が認められた。3 ブロックを同時に分析した場合、ブロック間分散および家系×ブロック分散が、いずれの林齢においても、1% または 0.1% レベルで有意であった。この場合の家系間分散は、10~12 年生では 5% レベルで有意性が認められたが、8~9 年生では有意性は認められなかった。

それぞれのブロック内における樹高に関する家系間の具体的なちがいを Table 3 に示した。表から明らかなごとく、ブロック I において最高値を示す No. 65 と、最低値を示す No. 15 との平均値の差は 1.26m、ブロック II では No. 45 と No. 25 に 1.55m、ブロック III では No. 62 と No. 46 に 1.74m の差が存在し、家系によって平均値に大きなちがいが認められた。全ブロックを通して各家系の示す平均樹高の順位を見ると、一見かなり変動するように思われるが、さらに詳細な検討を行なうと、常に上位にランクされる家系、常に中位、下位にランクされる家系、ブロックにより大幅に上下する家系のあることが認められる。Fig. 4 は家系の平均樹高に関するブロック間の関係を示したものであり、3~4 家系がブロック間の相関を大きく乱している。

胸高直径に関する分散分析の結果では、Table 4 に示されるごとく、林齢の増加とともに、家系間分散に対して家系内分散の高まりが大きく現われ、11 年生までは各ブロックについて家系間分散が有意で

Table 2. 家系群の樹高に関する分散分析  
Analysis of variance for tree height of progenies.

ブロック Block	変動因 Source of variation	12 年 生 12 years old			11 年 生 11 years old			10 年 生 10 years old			9 年 生 9 years old			8 年 生 8 years old		
		d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F
I	家系差 Progenies	24	3.3512	***	24	2.6599	***	24	2.2748	***	24	1.6088	***	24	1.1565	***
	誤差 Error	591	0.6291		590	0.4416		588	0.3199		583	0.2870		534	0.2340	
II	家系差 Progenies	24	3.8196	***	24	3.3746	***	24	2.7700	***	24	2.0225	***	24	1.8225	***
	誤差 Error	624	0.6204		624	0.5053		624	0.4213		624	0.3526		624	0.2690	
III	家系差 Progenies	23	5.1223	***	23	4.6487	***	23	4.5126	***	23	3.8970	***	23	2.8465	***
	誤差 Error	520	0.6745		520	0.5453		520	0.4349		520	0.3604		520	0.2838	
I・II・III	家系差 Progenies	19	5.1445	*	19	4.8308	*	19	4.2346	*	19	3.0891	1.82	19	2.3862	1.72
	ブロック Blocks	2	31.6115	***	2	14.5988	**	2	14.5303	**	2	27.7159	16.37	2	29.2992	21.06
	家系×ブロック P×B	38	2.3696	***	38	2.0984	***	38	1.8484	***	38	1.6928	5.92	38	1.3914	5.53
	残差 Remainder	1140	0.7889		1140	0.4681		1140	0.3470		1140	0.2861		1140	0.2516	

Notes : \* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level, \*\*\* Significant at 0.1% level.

Table 3. 12年生家系群の樹高における平均値間差  
Differences in average total height among 12-year-old progenies.

Block-I				Block-II				Block-III			
Progeny No.	Average height	5% level	1% level	Progeny No.	Average height	5% level	1% level	Progeny No.	Average height	5% level	1% level
	m				m				m		
65	6.98	}	}	45	6.70	}	}	62	6.52	}	}
26	6.75			41	6.67			45	6.46		
62	6.70			26	6.38			8	6.43		
61	6.70			37	6.36			26	6.29		
58	6.70			65	6.34			58	6.27		
10	6.66			55	6.34			15	6.18		
59	6.63			15	6.30			65	6.11		
8	6.57			7	6.24			25	6.01		
25	6.56			12	6.22			9	5.97		
41	6.46			58	6.18			61	5.81		
9	6.39			62	6.14			4	5.69		
3	6.36			4	6.11			59	5.66		
45	6.34			3	6.07			55	5.64		
30	6.26			30	6.06			3	5.50		
4	6.19			59	6.04			12	5.47		
14	6.16	8	6.03	37	5.45						
12	6.14	10	5.96	7	5.39						
37	6.07	9	5.85	5	5.39						
7	6.04	46	5.74	41	5.30						
46	5.98	5	5.73	10	5.21						
5	5.81	20	5.59	30	5.11						
20	5.81	66	5.58	20	5.00						
6	5.77	61	5.47	6	4.92						
55	5.76	14	5.24	46	4.78						
15	5.72	25	5.15								
	Sm=6.30				Sm=6.02				Sm=5.69		

Note: Values not included in the same bracket are significantly different at the indicated percent level.

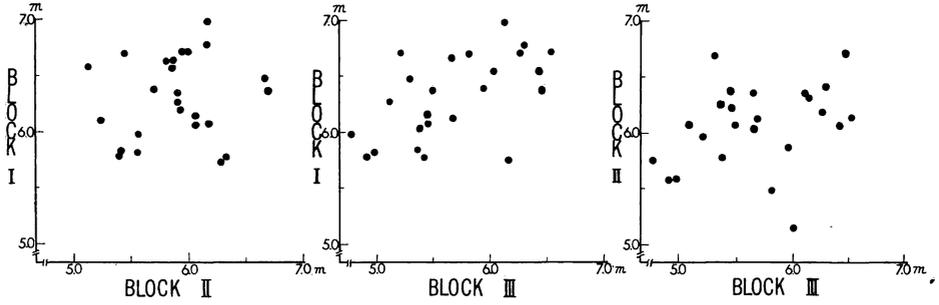


Fig. 4 家系の平均樹高に関するブロック間の関係  
Relationships of mean height between blocks.

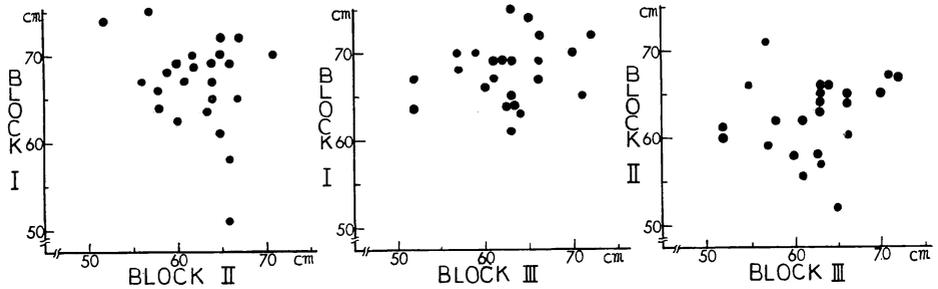


Fig. 5 家系の平均胸高直径に関するブロック間の関係  
Relationships of mean diameter at breast height between blocks.

あったが、ブロック I では 12 年生で有意性が認められなくなった。3 ブロックを同時に分析した場合、ブロックによる分散が大きく有意である。家系とブロックの交互作用は、11 年生まで有意性が認められたが、12 年生では有意性が認められなかった。家系間分散については、いずれの林齢においても、有意性は認められなかった。

胸高直径についても、樹高でしらべたと同様に、家系の平均値間の差の検定を行なった (Table 5)。いくつかの家系について有意差は認められるが、3~4 の極端に良い家系と極端に悪い家系を除くと、ほとんど有意差は認められなくなる。Fig. 5 は、これら平均値におけるブロック間の関係を示したものであるが樹高について認められたと同様に、胸高直径においても、3~4 の家系がブロック間の相関を乱している。

クローネおよび枝の形質に関する分散分析の結果を Table 6 に示した。家系間分散に有意性の認められた形質は、枝下高、クローネ長/樹高、力枝の岐出角、枝階数 (生枝)、枝階あたり平均枝数であり、力枝の長さはブロック II および III で 5% レベルで有意性が認められたが、ブロック I では有意性は認められなかった。

材の容積密度数については、胸高直径との共分散分析を行なった (Table 7)。同時に、分散分析も行なったが、いずれの場合についても、家系間分散に高い有意性が認められた。

#### 4-2. 検 討

樹高成長は、各ブロックについて見ると、家系によって大きなちがいが認められる。しかし、ブロック間分散および家系×ブロックの交互作用も大きい。8, 9 年生は樹高では、家系間分散がブロック間分散

Table 4. 家系群の胸高直径に関する分散分析  
Analysis of variance for diameter at breast height of progenies.

ブ ッ ク	変 動 因 Source of variation	12 年 生 12 years old			11 年 生 11 years old			10 年 生 10 years old			9 年 生 9 years old			8 年 生 8 years old		
		d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F
I	家系差 Progenies	24	4.2398	1.30	24	3.3466	1.67*	24	3.5874	2.22***	24	3.8140	2.94***	24	3.4300	3.87***
	誤差 Error	587	3.2501		587	2.0064		587	1.6167		587	1.2988		587	0.8861	
II	家系差 Progenies	24	4.3854	1.54*	24	4.0533	1.84**	24	4.3558	2.45***	24	4.7575	3.28***	24	5.0321	5.47***
	誤差 Error	624	2.8484		624	2.2009		624	1.7814		622	1.4511		607	0.9203	
III	家系差 Progenies	23	7.3983	2.37***	23	5.7157	2.37***	23	6.9139	3.21***	23	7.8143	4.68***	23	6.2543	7.18***
	誤差 Error	518	3.1194		518	2.4081		518	2.1512		517	1.6707		479	0.8710	
I ・ II ・ III	家系差 Progenies	19	4.7851	1.24	19	4.7214	1.34	19	5.0490	1.28	19	6.4346	1.56	19	6.5969	1.68
	ブロック Blocks	2	23.6725	11.84***	2	13.5786	3.85*	2	17.2281	4.38*	2	48.2839	11.68***	2	61.0504	15.54***
	家系×ブロック P×B	38	3.8739	1.39	38	3.5314	1.61**	38	3.9300	2.29***	38	4.1345	2.95***	38	3.9292	4.19***
	残差 Remainder	1140	2.7943		1140	2.1823		1140	1.7150		1140	1.3996		1140	0.9373	

Notes: \* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level, \*\*\* Significant at 0.1% level.

Table 5. 12年生家系群の胸高直径における平均値間差  
Differences in average diameter at breast height among 12-year-old progenies.

Block-I				Block-II				Block-III			
Progeny No.	Average diameter	5% level	1% level	Progeny No.	Average diameter	5% level	1% level	Progeny No.	Average diameter	5% level	1% level
	cm				cm				cm		
26	7.5	-----	-----	41	7.4	-----	-----	58	7.2	-----	-----
25	7.4			58	6.7			9	7.1		
58	7.2			9	6.7			65	7.0		
4	7.2			55	6.6			4	6.6		
41	7.0			20	6.6			45	6.6		
30	7.0			10	6.6			62	6.6		
65	7.0			65	6.5			25	6.5		
3	6.9			15	6.5			55	6.4		
59	6.9			4	6.5			26	6.3		
62	6.9			59	6.4			15	6.3		
10	6.9			45	6.4			10	6.3		
6	6.8			7	6.4			8	6.3		
45	6.7			8	6.3			7	6.3		
46	6.7			30	6.2			61	6.3		
12	6.7			3	6.2			59	6.2		
5	6.6	46	6.1	3	6.1						
9	6.5	62	6.0	12	6.1						
7	6.5	37	6.0	5	6.0						
14	6.4	14	6.0	30	5.8						
8	6.4	6	5.9	6	5.7						
61	6.4	61	5.8	41	5.7						
37	6.3	5	5.8	20	5.5						
15	6.1	26	5.7	46	5.2						
55	5.8	12	5.6	37	5.2						
20	5.1	25	5.2								
	Sm=6.4				Sm=6.0				Sm=6.2		

Note: Values not included in the same bracket are significantly different at the indicated percent level.

Table 6. 家系群のクローネおよび枝の形質に関する分散分析  
Analysis of variance for characters of crown and branch.

形 質 Characters	変 動 因 Source of variation	ブロック I (Block-I)			ブロック II (Block-II)			ブロック III (Block-III)		
		d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F	d.f.	M. S.	F
枝 下 高 Clean bole length	家系差 Progenies Error	24	2.3901	*** 5.92	24	2.4838	*** 5.49	23	4.0152	*** 7.40
		475	0.4038		623	0.4528		520	0.5423	
枝の長さ Branch length	家系差 Progenies Error	24	0.3641	1.53	24	0.5250	1.76*	23	0.6091	1.68*
		475	0.2387		623	0.2989		520	0.3627	
枝の太さ Branch diameter	家系差 Progenies Error	24	0.3402	1.30	24	0.2500	1.38	23	0.5696	1.32
		475	0.2623		623	0.1815		520	0.4316	
枝の角度 Branch angle	家系差 Progenies Error	24	444.95	*** 4.53	24	865.33	*** 6.94			
		475	98.29		623	124.75				
枝 階 数 Whorl number	家系差 Progenies Error	24	2.6762	*** 2.92	24	2.0033	*** 2.22	23	2.8517	** 2.11
		475	0.9160		623	0.9028		520	1.3498	
枝階あたり 枝数 Branch number per whorl	家系差 Progenies Error	24	15.1422	*** 7.460	24	10.2013	*** 5.76	23	4.7665	* 1.70
		475	2.0296		623	1.7718		520	2.7999	
クローネ長 Crown length (CL)	家系差 Progenies Error				24	2.2704	1.31	23	3.0965	*** 2.24
					623	1.7323		520	1.3795	
クローネ 長/樹高 CL/Tree height	家系差 Progenies Error				24	0.0296	*** 2.53	23	0.0552	*** 3.70
					623	0.0117		520	0.0149	

Notes: ブロック I は12年生, ブロック II およびブロック III は13年生である。

\*, \*\*, \*\*\* はそれぞれ5%, 1%, 0.1%レベルで有意。

The progenies in Block-I were 12 years old, and those in Block-II and Block-III were 13 years old.

\* Significant at 5% level. \*\* Significant at 1% level. \*\*\* Significant at 0.1% level.

Table 7. 家系の胸高直径 (X) と容積密度数 (Y) に関する共分散分析  
Analysis of covariance for basic density of wood (Y) with diameter at breast height (X).

変 動 因 Source of variation	d.f.	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y^2$	d.f.	$\Delta$	M. S.	F
家系差 Progenies Error	24	104.07	702.0	130464	24	(137478.39)	5728.2663	*** 8.8854
	587	1887.65	-7869.7	410593	586	377783.86	644.6824	
全 体 Total	611	1991.72	-7167.7	541057	610	515262.25		

Notes:  $\Delta_T = \sum y^2 - \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2}$ ,  $\Delta_E = \sum y^2 - \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2}$ ,  $\Delta_P = \Delta_T - \Delta_E$ 

\*\*\* Significant at 0.1% level.

に完全に overshadow された。EHRENBURG (1961) は、*Pinus sylvestris* のプラス木とマイナス木の交雑家系をしらべ、プラス木間の家系は概して成長は良いが、環境の影響も大きいことを報告している。ブロックによって家系間の樹高順位が一定でない原因を、個々の家系についてその生育条件等を考慮して検討すると、家系によって、立地の多少の変動に関係なく一定の樹高成長を示すものと、わずかな環境の変化にも強い反応性を示す家系が存在するようである。このことは、大庭ら (1965) がアカマツ苗の肥料反応に関する系統間差異をしらべた結果からも裏づけられる。したがって、家系の検定を行なう場合、できるだけ均一な条件下でくり返しを多くとることによって、得られる結果の信頼度を高めると同時に、一方では、異なった環境下でのちがいの現われ方を検定する必要がある。

胸高直径については、ブロック内でも林齢がより若ければ、家系間分散に有意性が認められるが、ブロック間分散および家系×ブロックの交互作用を含めて考えると、有意性は全く認められなくなる。胸高直径における家系間分散が林齢の増加にともなって有意性が認められなくなったことについては、環境—林分の閉鎖にともなう淘汰圧—の影響が樹高よりも早い時期に、しかも強く働く結果、家系内の個体間変動が大きくなり、家系間のちがいを表現するに至らなかったものと考えられる。

クローネおよび枝に関する特性のうち、枝下高、クローネ長/樹高、枝数、枝角が家系によって明らかになりがちを示す。特に、枝角は EHRENBURG (1963)・NILSON (1956) が *Pinus sylvestris* で、BARBER (1964) が *Pinus elliotii* で、それぞれ家系によって特徴的である結果を得ているのと一致する。枝の長さおよび太さにおいては、家系間差異が認められないが、下枝の長さとは太さは互に直接的に関連して現われる形質であり、しかも閉鎖林分では、枝の長さは周囲木の枝と相互に影響し合うため、家系内の個体間変動が相対的に大きくなるためであろうと考えられる。

材の容積密度数における家系間差異は大きい。他のマツ属樹種についても同様な報告例が多く、*P. taeda* で BROWN ら (1961)・GOGGANS (1962)・ZOBEL ら (1957)、*P. elliotii* で SQUILLACE ら (1962)、*P. radiata* で FIELDING (1960)、*P. sylvestris* で ERICSON (1960) がそれぞれ容積密度数の家系間差異が大きく、育種の可能性が大きいことを報告している。本研究においても、後述の親子相関、遺伝力について高い値を示すことから、アカマツにおける材の容積密度数は、遺伝性の高い形質であると考えられる。

## 5. 家系群における形質間相関

他殖性植物集団では個々の形質が互に独立に組み合わせられるとは限らず、たとえば林木の場合では、長い枝をもつ個体または家系の枝は太いなどのように、ある形質の変異がほかの形質の変異をともなっていることが多い。育種的には、対象形質が相互に、あるいはほかの形質とどのように、またどの程度に結びついているかが問題となる。

本研究では、母樹別家系群において、どのような形質の組合せが認められるかを目的として、樹高・胸高直径・クローネおよび枝の諸形質間の表現型相関、樹高ならびに胸高直径の成長過程における年齢間の相関を検定した。材の容積密度数と胸高直径の関係については、個体を単位として、家系ごとの回帰直線のあらわれ方のちがいをしらべた。

供試家系は、ブロック I とブロック II に共通の 25 家系である。ブロック III については、個体数の少ない家系が一部あったので、平均値を用いた本節の計算には不適と考え、取りあげなかった。

Table 8. 家系群の12年生における形質間の相関係数(ブロックI)  
Correlation coefficients among characters of 12-year-old progenies in Block-I.

形質 Characters	H	D.b.h.	CBL	CL	CD	D.b.h./H	CD/D.b.h	BL	BD	BD/D.b.h.	BA	BN
H		***	*	**	o	*	o	o	o	**	o	o
D.b.h.	0.6198		o	*	o	*	*	*	o	o	o	o
CBL	0.4795	0.1677		*	o	o	o	o	*	*	o	o
CL	0.5527	0.4647	-0.4662		o	o	o	*	o	o	o	o
CD	0.1327	0.2163	0.0472	0.0908		o	***	*	*	o	o	o
D.b.h./H	-0.4237	0.4511	-0.3333	-0.1088	0.1143		o	*	**	o	*	o
CD/D.b.h.	-0.2882	-0.4553	-0.0736	-0.2204	0.7696	-0.1774		o	o	*	o	o
BL	0.0822	0.4238	-0.3571	0.4236	0.3985	0.4444	0.0833		***	**	o	o
BD	-0.1499	0.2781	-0.4053	0.2337	0.3979	0.5764	0.0922	0.7747		***	*	o
BD/D.b.h.	-0.5195	-0.2560	-0.4706	-0.0387	0.3076	0.3333	0.4315	0.5714	0.7747		o	*
BA	0.2298	-0.0851	0.3516	-0.1047	-0.1569	-0.3985	-0.0953	-0.3470	-0.3989	-0.3090		*
BN	0.1285	0.1934	0.2552	-0.1118	-0.1362	0.0579	-0.2562	-0.2602	-0.3156	-0.4419	0.4705	

Notes : o 有意性が認められない, \* 5%レベルで有意, \*\* 1%レベルで有意, \*\*\* 0.1%レベルで有意

H=樹高, D.b.h.=胸高直径, CBL=枝下高, CL=クローネ長, CD=クローネ幅, BL=枝の長さ, BD=枝の太さ, BA=枝角, BN=枝数

o No significant, \* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level, \*\*\* Significant at 0.1% level.

H=Tree height, D.b.h.=Diameter at breast height, CBL=Clean bole length, CL=Crown length, CD=Crown diameter, BL=Branch length, BD=Branch diameter, BA=Branch angle, BN=Branch number.

Table 9. 家系群の13年生における形質間の相関係数(ブロックII)  
Correlation coefficients among characters of 13-year-old progenies in Block-II.

形質 Characters	H	D.b.h.	CBL	CL	CD	D.b.h./H	CD/D.b.h.	BL	BD	BD/D.b.h.	BA	BN	WN
H		**	o	***	o	**	o	o	o	*	o	o	o
D.b.h.	0.5087		o	*	o	**	**	*	o	***	o	o	o
CBL	0.2219	0.0726		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
CL	0.6201	0.4449	-0.0287		o	o	o	o	o	o	*	o	**
CD	0.2994	0.3436	0.0056	0.3682		o	***	***	*	o	o	*	*
D.b.h./H	-0.5254	0.5980	-0.1396	-0.1502	0.0734		o	o	*	o	o	o	o
CD/D.b.h.	-0.1563	-0.5073	-0.0668	-0.0067	0.6319	-0.1504		o	o	***	o	*	o
BL	-0.0107	0.4013	0.0055	0.3672	0.9898	0.0730	0.0663		*	o	*	*	***
BD	0.0091	0.3689	-0.0897	0.2717	0.4876	0.4015	-0.1779	0.4867		*	o	o	**
BD/D.b.h.	-0.4696	-0.6420	-0.1528	-0.1519	0.1375	-0.0667	0.6791	0.1372	0.4658		o	*	o
BA	0.1831	0.2258	0.0316	-0.4051	0.0593	-0.0600	-0.1617	-0.3985	-0.2711	0.0657		o	***
BN	0.2228	0.2022	0.0944	-0.3221	-0.4774	0.0667	-0.4713	-0.4521	-0.1330	-0.3971	0.0982		*
WN	0.2738	0.3774	-0.0526	0.5648	0.4756	0.0121	0.1476	-0.7083	0.5926	0.1433	-0.6313	-0.4931	

Notes : o 有意性が認められない, \* 5%レベルで有意, \*\* 1%レベルで有意, \*\*\* 0.1%レベルで有意

H=樹高, D.b.h.=胸高直径, CBL=枝下高, CL=クローネ長, CD=クローネ幅, BL=枝の長さ, BD=枝の太さ, BA=枝角, BN=枝数, WN=枝階数

o No significant, \* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level, \*\*\* Significant at 0.1% level.

H=Tree height, D.b.h.=Diameter at breast height, CBL=Clean bole length, CL=Crown length, CD=Crown diameter, BL=Branch length, BD=Branch diameter, BA=Branch angle, BN=Branch number, WN=Whorl number.

## 5-1. 結 果

## 5-1-1. 形 質 間 相 関

Table 8, Table 9 から明らかなごとく、ブロック I とブロック II を通じて、樹高と有意な相関を示す形質は胸高直径 (正)、クローネ長 (正)、胸高直径/樹高 (負)、力枝の太さ/胸高直径 (負) であった。樹高と枝下高の関係は、ブロック I では有意な相関 ( $r=0.4795$ ) を示したが、ブロック II では有意性は認められなかった ( $r=0.2219$ )。クローネ幅、力枝の長さ・太さ・角度、枝数は樹高と有意な相関を示さなかった。

胸高直径は樹高のほかに、ブロック II ではクローネ長、胸高直径/樹高、力枝の長さとの有意な相関を示し、クローネ幅/胸高直径、力枝の太さ/胸高直径とは負の有意な相関を示した。ブロック I でも同様な相関関係が認められるが、力枝の太さ/胸高直径については有意性は認められなかった。

枝下高は、ブロック I ではクローネ長、力枝の太さ、力枝の太さ/胸高直径と負の有意な相関を示したが、ブロック II では同じ負の相関を示したが有意でなかった。

クローネ長は、ブロック I では力枝の長さとの有意な相関、ブロック II では力枝の角度と負の有意な相関を示した。ブロック I における枝角との相関は負であり、ブロック II における力枝の長さとの相関は正であったが、いずれも有意性は認められなかった。さらにブロック I では枝下高と有意な負の相関を示した。

クローネ幅はクローネ幅/胸高直径、力枝の長さ、力枝の太さと正の有意な相関を示した。枝数とは、両ブロックとも負の相関を示したが、ブロック I では有意性が認められなかった。

胸高直径/樹高と枝の特性との関係については、ブロック I では力枝の長さ・太さと正、枝角と負の有意な相関を示したが、ブロック II では力枝の太さとのみ正の有意な相関を示した。

クローネ幅/胸高直径はクローネ幅、力枝の太さ/胸高直径と正の有意な相関を示した。枝数とは負の相関を示したが、ブロック I では有意性があるとは認められなかった。

力枝の長さは、ブロック I とブロック II を通じて、胸高直径・クローネ幅・力枝の太さと正の有意な相関を示した。さらに、ブロック I ではクローネ長・胸高直径/樹高・力枝の太さ/胸高直径と正、ブロック II では枝角・枝数と負の、それぞれ有意な相関を示した。ブロックにより有意性の水準は異なるが、ブロック II におけるクローネ長との相関係数は  $r=0.3672$  であり、ブロック I における枝数・枝角との相関係数はそれぞれ  $r=-0.2606$ ・ $r=-0.3470$  であり、両ブロックとも同じ傾向を示した。

力枝の太さは、枝角と負、力枝の太さ/胸高直径と正の相関を示し、力枝の太さ/胸高直径は枝数と負の

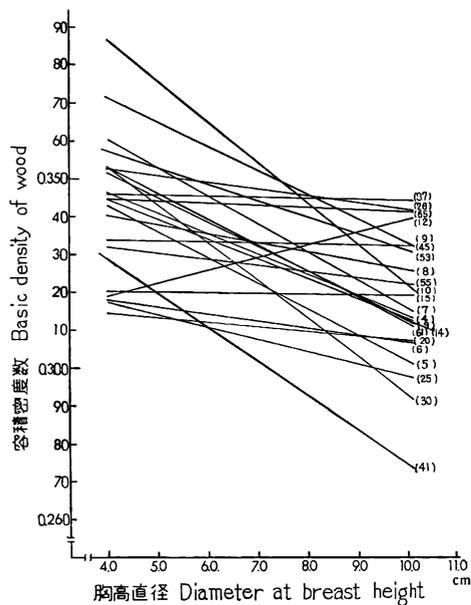
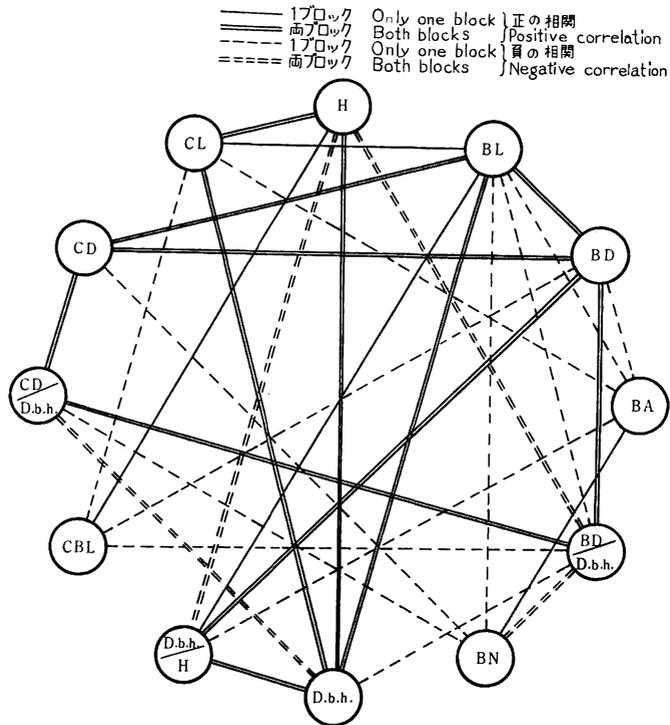


Fig. 6 家系別の胸高直径に対する容積密度数の回帰

Regression of basic density of wood on diameter at breast height in each progeny.



H=樹高, D.b.h.=胸高直径, CL=クローネ長, CD=クローネ幅  
CBL=枝下高, BL=枝の長さ, BD=枝の太さ, BA=枝角, BN=枝数

Fig. 7 形質間の表現型相関  
Phenotypic correlation among characters.

H=Tree height, D.b.h.=Diameter at breast height, CL=Crown length,  
CD=Crown diameter, CBL=Clean bole length, BL=Branch length,  
BD=Branch diameter, BA=Branch angle, BN=Branch number.

有意な相関を示した。

胸高直径と材の容積密度数の相関は、ブロック I についてのみであるが、家系の平均値を用いた場合、相関係数は正の有意ではない値 ( $r=0.2157$ ) を示した。個体を単位として家系別の回帰直線のあらわれ方を見たのが Fig. 6 である。2~3の家系を除き、胸高直径と材の容積密度数は負の関係を示している。しかし、その回帰係数は家系によってかなり異なる。また、同一直径でも家系によって容積密度数に大きなちがいがあことは、共分散分析の結果とともに、この図からも明らかである。

以上しらべた形質間相関の全容を相互に関連づけて示すと、Fig. 7 のようになる。

#### 5-1-2. 年齢間の相関

12年生~3年生樹高と12年生~7年生胸高直径について、各年齢間の相関をしらべた結果を Table 10, Table 11 に示した。

3~5年生樹高を除き、他のすべての年齢の樹高間で、高い正の相関を示した。相関係数の大きさをみると、隣り合った年齢間が最も大きな値を示し、年齢が離れるにしたがって低下する傾向を示した。

胸高直径についても、樹高と同様な傾向が認められた。

樹高と胸高直径との相関では、6年生以上の各年齢の樹高は、8・9年生胸高直径と最も高い相関を示

Table 10. 家系群の樹高ならびに胸高直径における年齢間の相関係数（ブロック I）  
 Correlation values among tree height at ages of 12, 11, 10, 9, 8, 6, 5 and 4 years and diameter at breast height at ages of 12, 11, 10, 9, 8 and 7 years of the progenies in Block-I.

Characters	H <sub>12</sub>	H <sub>11</sub>	H <sub>10</sub>	H <sub>9</sub>	H <sub>8</sub>	H <sub>6</sub>	H <sub>5</sub>	H <sub>4</sub>	D <sub>12</sub>	D <sub>11</sub>	D <sub>10</sub>	D <sub>9</sub>	D <sub>8</sub>	D <sub>7</sub>
H <sub>12</sub>		***	***	***	***	**	○	*	***	***	***	***	***	***
H <sub>11</sub>	0.9638		***	***	***	**	○	○	***	***	***	***	***	***
H <sub>10</sub>	0.9692	0.9411		***	***	**	○	*	***	***	***	***	***	***
H <sub>9</sub>	0.9293	0.9095	0.9798		***	**	○	*	***	***	***	***	***	***
H <sub>8</sub>	0.8846	0.8560	0.9461	0.9756		**	○	*	***	***	***	***	***	***
H <sub>6</sub>	0.5090	0.4959	0.5084	0.5209	0.5295		***	***	*	**	**	**	**	**
H <sub>5</sub>	0.2793	0.2785	0.3420	0.3557	0.3315	0.6573		***	○	○	○	*	○	*
H <sub>4</sub>	0.3937	0.3778	0.4533	0.4834	0.4692	0.6737	0.7958		○	○	○	*	*	**
D <sub>12</sub>	0.6198	0.6312	0.6462	0.6605	0.6712	0.4613	0.2746	0.3720		***	***	***	***	***
D <sub>11</sub>	0.6458	0.6536	0.6713	0.6875	0.6982	0.5106	0.2651	0.3550	0.9861		***	***	***	***
D <sub>10</sub>	0.6422	0.6504	0.7052	0.7227	0.7505	0.5138	0.2674	0.3580	0.9345	0.9601		***	***	***
D <sub>9</sub>	0.7751	0.7570	0.8236	0.8536	0.8743	0.6250	0.3844	0.4650	0.8664	0.9026	0.9410		***	***
D <sub>8</sub>	0.7813	0.7723	0.8509	0.8942	0.9091	0.5973	0.3672	0.4582	0.8260	0.8673	0.9146	0.9728		***
D <sub>7</sub>	0.7321	0.6833	0.8109	0.8653	0.8917	0.5444	0.3890	0.5531	0.7956	0.8157	0.8409	0.9221	0.9351	

Notes : ○ 有意性が認められない, \* 5%レベルで有意, \*\* 1%レベルで有意, \*\*\* 0.1%レベルで有意

H<sub>12</sub>, H<sub>11</sub>, …… , H<sub>4</sub> = 12, 11, …… , 4年生樹高, D<sub>12</sub>, D<sub>11</sub>, …… , D<sub>7</sub> = 12, 11, …… , 7年生胸高直径

○ No significant, \* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level, \*\*\* Significant at 0.1% level.

H<sub>12</sub>, H<sub>11</sub>, …… and H<sub>4</sub> = Tree height at 12, 11, …… and 4 years old.

D<sub>12</sub>, D<sub>11</sub>, …… and D<sub>7</sub> = Diameter at breast height at 12, 11, …… and 7 years old.

Table 11. 家系群の樹高ならびに胸高直径における年齢間の相関係数 (ブロックII)  
Correlation values among tree height at ages of 12, 11, 10, 9, 8, 7, 5 and 3 years and diameter at breast height at ages of 12, 11, 10, 9, 8 and 7 years of the progenies in Block-II.

Characters	H <sub>12</sub>	H <sub>11</sub>	H <sub>10</sub>	H <sub>9</sub>	H <sub>8</sub>	H <sub>7</sub>	H <sub>5</sub>	H <sub>3</sub>	D <sub>12</sub>	D <sub>11</sub>	D <sub>10</sub>	D <sub>9</sub>	D <sub>8</sub>	D <sub>7</sub>
H <sub>12</sub>		***	***	***	***	***	o	o	**	***	***	***	***	***
H <sub>11</sub>	0.9884		***	***	***	***	o	o	**	***	***	***	***	***
H <sub>10</sub>	0.9707	0.9927		***	***	***	o	o	***	***	***	***	***	***
H <sub>9</sub>	0.9343	0.9570	0.9703		***	***	o	o	*	***	***	***	***	***
H <sub>8</sub>	0.9169	0.9461	0.9700	0.9490		***	*	*	**	***	***	***	***	***
H <sub>7</sub>	0.9051	0.9202	0.9417	0.9120	0.9826		*	*	**	***	***	***	***	***
H <sub>5</sub>	0.2451	0.2490	0.2694	0.2130	0.3321	0.4037		***	o	o	o	o	o	o
H <sub>3</sub>	0.2338	0.2350	0.2625	0.1992	0.3322	0.3867	0.6506		o	o	o	o	o	o
D <sub>12</sub>	0.5027	0.5394	0.9218	0.4760	0.5360	0.5263	0.0084	0.0896		***	***	***	***	***
D <sub>11</sub>	0.6297	0.6671	0.6711	0.6118	0.6894	0.6744	0.1027	0.1664	0.9739		***	***	***	***
D <sub>10</sub>	0.7289	0.7582	0.7760	0.7216	0.8079	0.8174	0.1761	0.2584	0.8997	0.9573		***	***	***
D <sub>9</sub>	0.6842	0.8219	0.8375	0.7937	0.8747	0.8837	0.2315	0.2091	0.8147	0.8994	0.9601		***	***
D <sub>8</sub>	0.8257	0.8462	0.8660	0.8298	0.9145	0.9325	0.2622	0.2977	0.7119	0.8071	0.9222	0.9475		***
D <sub>7</sub>	0.7640	0.7987	0.8248	0.7764	0.8613	0.8664	0.3029	0.3743	0.6435	0.7371	0.8370	0.8414	0.9157	

Notes : o 有意性が認められない, \* 5%レベルで有意, \*\* 1%レベルで有意, \*\*\* 0.1%レベルで有意

H<sub>12</sub>, H<sub>11</sub>, ……., H<sub>3</sub>=12, 11, ……., 3年生樹高, D<sub>12</sub>, D<sub>11</sub>, ……., D<sub>7</sub>=12, 11, ……., 7年生胸高直径

o No significant, \* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level, \*\*\* Significant at 0.1% level.

H<sub>12</sub>, H<sub>11</sub>, …… and H<sub>3</sub>=Tree height at 12, 11, …… and 3 years old.

D<sub>12</sub>, D<sub>11</sub>, …… and D<sub>7</sub>=Diameter at breast height at 12, 11, …… and 7 years old.

した。

## 5-2. 検 討

樹高と他の形質との相関関係については、Table 9, Table 10, Fig. 7 から、次のことが明らかとなった。すなわち、樹高の大きな家系は胸高直径が太く、クローネ長が長く、胸高直径の割合には枝が細く、枝の枯上がりが良い。樹高とクローネ長ならびに枝下高との間にそれぞれ正の相関が存在するが、クローネ長と枝下高とは負の相関を示した。これは一見矛盾するように思われるが、クローネが長い場合を考えて見ると、同じ生枝階をもつものでも枝間長が長い——連年樹高成長が良い——ためにクローネが長い場合と、枝の枯上がりに悪いために生枝階数が多く、結果としてクローネが長い場合とが考えられる。したがって、樹高とクローネ長との関係は前者の要素を、クローネ長と枝下高の関係は後者の要素を示したものであろう。BARBER (1964) は、9年生の *Pinus elliotii* 家系で、樹高と枝の長さおよび枝の太さに正の有意な相関の存在することを報告しているが、本研究結果では、これら形質間に相関があるとは認められなかった。前項において、枝の長さおよび枝の太さに関しては家系間差異が認められないが、樹高に関しては有意な差異の存在することを認めた。これらの結果をあわせて考えると、同じ長さ、太さの枝をもつ家系群においても、家系によって樹高成長が異なることがうかがわれる。

胸高直径はクローネ長、枝の長さとは有意な正の相関を示し、枝の太さとは有意ではないが同じく正の相関を示す。枝の長さおよび太さは、樹高よりも、胸高直径との間に高い相関関係が存在するようである。

幹の形状と枝の特性との関係を良くあらわすものとして、胸高直径/樹高と枝角があげられる。すなわち、樹高に対して胸高直径の大きい家系は、枝が長く、枝が太く、枝の岐出角が小さい傾向を示した。また、枝の岐出角を取りあげると、角度の大きい家系は枝が細く、短く、枝数が多く、幹が完満な傾向を示した。これは BARBER (1964) が *Pinus elliotii* に関して報告した結果と一致する。より水平に近い枝を有する家系はより短く細い枝をもつことが期待されるので、枝の岐出角は選抜形質として重要であると考えられる。

材の容積密度数と胸高直径は、家系を単位とした場合、相関関係があるとは認められないが、個体を単位として家系別の両者の関係を見ると、全体的に負の相関を示す。しかし、相関の程度は家系によってかなり異なる。BUIJTENEN (1963) が *Pinus taeda* 家系群の全個体について算出した容積密度数と直径との相関係数は  $r = -0.06 \sim -0.123$  であり、家系の平均値を用いた場合は  $r = -0.02 \sim -0.43^{**}$  であった。MCELWEE (1963) はいろいろな産地の *Pinus serotina* について  $r = -0.257^{**}$  を得た。*Pinus elliotii* については PERRY ら (1958)、*Pinus taeda* については ZOBEL ら (1958) が、特に成長の早い個体の選抜グループと成長のそれほど良くないグループの容積密度数に、差が認められなかったことを報告している。本研究に供試した母樹群 (23本) においても、胸高直径差は 15cm あったが、容積密度数と胸高直径との相関係数は  $r = -0.23$  であり、有意性は認められなかった。これらの結果を総合すると、材の容積密度数と直径は、一般的には負の相関を示すが、個体間・系統間変動も大きく、相関に有意性の認められない例も少なくないことを示している。

樹高ならびに胸高直径に関する年齢間の相関については、各年齢間で高い有意な相関を示した。他のマツ属樹種では、CALLAHAM ら (1963) が *P. ponderosa* について、12年生～20年生樹高の相関係数が  $r = 0.647^{**} \sim 0.883^{**}$  であり、12年生樹高で20年生樹高を高い信頼度で予測することができることを指摘し、LESTER ら (1966) も *P. resinosa* について、8～9年生樹高で20年生ごろまでの樹高を予測す

ることができる報告している。BARBER (1964) は *P. elliotii* の2～8年生樹高について、各年齢間に高い有意な相関があり、しかも年齢差がへだたるにしたがって相関係数が低下する結果を得ており、本研究結果と一致する。

胸高直径と樹高の関係において、8～9年生胸高直径が、10～12年生胸高直径よりも、10～12年生樹高と高い相関を示したことについては、前節で述べたごとく10年生以上の胸高直径で、家系間差異が減少したためであろうと考えられる。

## 6. 諸形質における親子相関

母樹とその子供群平均値との相関—親子相関—は、親の形質がどの程度子供に伝えられるとみなしうるかを表わす数値であって、親子関係の値が大きければ、母樹で観察された特性を子供に伝える可能性がより高い。また、遺伝力が高ければ親子相関も正の高い値を示すことが期待される。

この研究では、母樹のタネの1,000粒重、50年生樹高、50年生胸高直径、10年生樹高、10年生胸高直径、昭和40年現在の母樹の胸高直径/周囲木平均胸高直径と家系群の年齢別樹高ならびに胸高直径との相関、樹幹・クローネ・枝の特性ならびに材の容積密度数における親子相関をしらべた。

供試母樹ならびに家系数は23である。

家系群の樹高と胸高直径を除く他の形質は、ブロックIが12年生現在、ブロックIIが13年生現在のものである。

### 6-1. 結 果

Table 12, Table 13, Table 14 は親子の形質間の相関係数である。

母樹のタネの1,000粒重と家系群の樹高との関係を見ると、一部に負の相関が認められるが、全体として正の値を示す例が多く、相関係数は林齢の増加とともに低下する傾向を示した。ただし、5%レベルで相関係数に有意性の認められたのは、ブロックIの5年生樹高、ブロックIIの3年生樹高についてのみである。

母樹の50年生樹高と家系の樹高との相関は、ブロックIでは4・5年生で正の有意な相関関係が存在すると認められたが、他は低く、一定の傾向を示さなかった。母樹の10年生樹高と家系の樹高の間でも有意な相関関係は認められなかったが、家系の9～12年生で、各ブロックとも相関係数の高まる傾向が認められる。母樹の10年生樹高は、50年生樹高よりも、家系の樹高との相関が正の方向に高い傾向が認められた。

母樹の胸高直径および胸高直径/周囲木平均胸高直径は、家系の樹高と負の低い相関を示す例が多かった。

母樹のタネの1,000粒重ならびに樹高と家系の胸高直径とは正の相関を示す例が多く、胸高直径間では負の相関を示す例が多かった。いずれの例においても、相関係数に有意性は認められなかった。

樹幹・クローネ・枝の特性に関する親子相関では、相関係数に有意性の認められた特性はなく、ブロックによって逆の相関を示す例が多かった。

Fig. 8 は母樹の容積密度数と家系の平均容積密度数との関係を示したものである。両者の間に高い正の相関関係が認められ ( $r=0.65^{***}$ )、平均以上の値を示す母樹の家系は、3例を除き、家系群の全平均以上の値を示した。Fig. 9 は母樹における容積密度数の直径に対する回帰からの偏差と、家系の平均容

Table 12. 母樹のタネの1,000粒重, 樹高, 胸高直径と家系群の樹高との相関係数  
 Correlation coefficients between 1,000 seed weight, height and diameter at breast height of  
 mother trees and height of progenies.

母 樹 Mother trees		ブロック Blocks	相 関 係 数 Correlation coefficients									
			家 系 群 の 樹 高 Height of progenies									
			12 年 生 12 years	11 年 生 11 years	10 年 生 10 years	9 年 生 9 years	8 年 生 8 years	7 年 生 7 years	6 年 生 6 years	5 年 生 5 years	4 年 生 4 years	3 年 生 3 years
タネの1,000粒重 1,000 seed weight		I	-0.0262	0.0173	-0.0230	0.0163	0.0431		0.2753	0.3627	0.1139	
		II	0.1772	0.2183	0.2419	0.2236	0.3053	0.2914		0.1096		0.4955
		III	0.0818	0.0812	0.0987	0.0694	-0.1311	0.0934				
樹 高 Height	50 年 生 50 years	I	0.0041	0.0482	0.0109	-0.0697	0.1388		0.0545	0.3639	0.5219	
		II	0.2083	0.1753	0.1421	0.0853	0.0629	0.1612		-0.1465		0.1973
		III	0.1714	0.2044	0.1965	0.2184	0.1530	0.0719				
	10 年 生 10 years	I	0.1927	0.2814	0.1635	0.1820	0.1281		0.1284	0.4988	0.3596	
		II	0.1795	0.3053	0.2501	0.2614	0.2465	0.2257		-0.2394		-0.0888
		III	0.1882	0.1419	0.1533	0.0694	0.1333	0.1042				
胸高直径 Diameter	50 年 生 50 years	I	-0.3284	-0.2272	-0.2437	-0.2070	-0.1753		0.0004	0.0451	-0.0979	
		II	-0.0072	-0.0395	-0.0434	-0.0529	-0.0338	-0.0049		-0.0375		-0.1125
		III	-0.2013	-0.2142	-0.2026	-0.2260	-0.1776	-0.1561				
	10 年 生 10 years	I	-0.1372	-0.0331	-0.1791	-0.1555	-0.1792		0.2220	0.3414	0.3039	
		II	0.2442	0.2474	0.2587	0.2827	0.2921	0.2786		-0.1671		-0.1139
		III	-0.0488	-0.0718	-0.0574	-0.0575	-0.0326	-0.0321				
母樹の胸高直径/ 周囲木平均胸高直径 Diameter of mother tree/Average diameter of surrounding trees		I	-0.2923	-0.2016	-0.4269	-0.2255	-0.1801		0.1848	-0.0171	0.0703	
		II	0.0002	-0.0604	-0.0726	-0.0814	-0.0561	-0.0345		0.0875		0.0002
		III	-0.1570	-0.1759	-0.1705	-0.1692	-0.1119	-0.0582				

Note : Values exceed 0.4133 are significant at 5% level.

Table 13. 母樹のタネの1,000粒重, 樹高, 胸高直径と家系群の直径との相関係数  
Correlation coefficients between 1,000 seed weight, height and diameter at  
breast height (D.b.h.) of mother trees and D.b.h. of progenies.

母 樹 Mother trees		ブロック Blocks	相 関 係 数 Correlation coefficients					
			家 系 群 の 胸 高 直 径 D.b.h. of progenies					
			12 年 生 12 years	11 年 生 11 years	10 年 生 10 years	9 年 生 9 years	8 年 生 8 years	7 年 生 7 years
タネの1,000粒重 1,000 seed weight		I	0.1343	0.1436	0.1657	0.0751	0.0393	0.2201
		II	0.3646	0.3695	0.3801	0.3171	0.3202	0.3351
		III	0.0684	0.1650	0.0702	0.1023	0.1541	0.0822
樹 高 Height	50 年 生 50 years	I	-0.1901	-0.1599	-0.1579	-0.0951	-0.0658	-0.2139
		II	0.2376	0.1819	0.1574	0.0331	0.0249	-0.0281
		III	0.2763	0.2693	0.2868	0.2231	0.1761	0.1609
	10 年 生 10 years	I	0.0135	-0.0421	0.0454	0.0877	0.0343	0.0851
		II	0.0099	0.0650	0.1181	0.0917	0.1703	0.1122
		III	0.1678	0.1315	0.1097	0.0954	0.1128	0.0128
胸高直径 D.b.h.	50 年 生 50 years	I	-0.2473	-0.2871	-0.2315	-0.3007	-0.2409	-0.1939
		II	0.0167	-0.0078	0.0588	-0.0201	0.0978	0.0273
		III	-0.1983	-0.1918	-0.1694	-0.1506	-0.0579	-0.0216
	10 年 生 10 years	I	-0.1244	-0.1842	-0.2321	-0.1998	0.2184	-0.1489
		II	0.0829	0.1248	0.1898	0.1624	0.3099	0.3043
		III	-0.0343	-0.0741	-0.0789	-0.0885	0.0046	0.0053
胸高直径/周囲木平均胸高直径 D.b.h./Average D.b.h. of surrounding trees		I	-0.0721	-0.1732	-0.1387	-0.2215	-0.1706	-0.1914
		II	-0.0181	-0.0476	-0.0157	-0.0192	0.0696	0.0252
		III	-0.1567	-0.1533	-0.1062	-0.1180	-0.0375	-0.031C

Note : All values are not significant at 5% level.

Table 14. 樹幹, クローネおよび枝の特性に関する親子相関係数  
Parent-offspring correlation coefficients for stem, crown and branch characteristics.

特 性 Characteristics	Blocks	
	I	II
胸高直径/樹高 Diameter at breast height (D.b.h.)/Height(H)	0.2756	0.0561
枝下高 Clean bole length	0.2243	-0.0496
クローネ長/樹高 Crown length/H	0.0587	0.3561
クローネ直径 Crown diameter(CD)	-0.2984	0.1776
クローネ直径/胸高直径 CD/D.b.h.	-0.2491	0.0328
力 枝 Largest spreading branch		
長 さ Length	-0.1397	0.1776
太 さ Diameter (BD)	-0.1669	0.1378
太さ/胸高直径 BD/D.b.h.	-0.0504	0.0469
角 度 Angle	0.0295	-0.0017
枝階あたり枝数 Branch number per whorl	0.1897	0.2716

Notes : ブロック I は 12 年生, ブロック II は 13 年生である。5% レベルで相関係数に有意性の認められる形質はなかった。

Age : Block-I.....12 years old, Block-II.....13 years old. All values are not significant at 5% level.

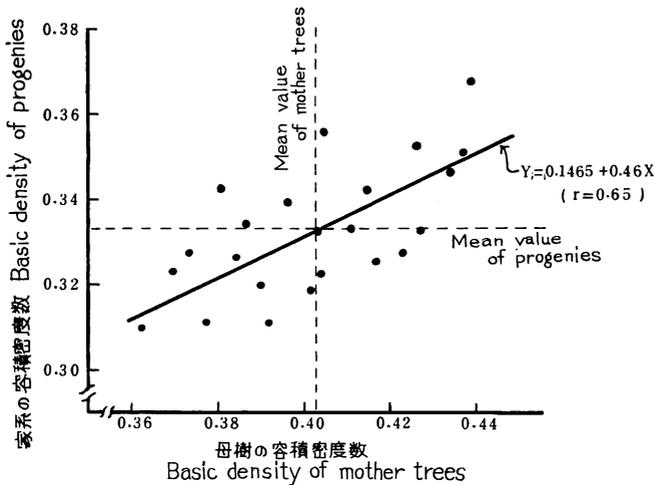


Fig. 8 容積密度数における母樹と家系の関係

Relationships in basic density of wood between mother trees and their progenies.

積密度数との関係を示したものであり, Fig. 8 の場合とほとんど同じであった ( $r = 0.66^{***}$ )。さらに, 順位相関係数は  $r' = 0.63^{***}$  であった。

#### 6-2. 検 討

この研究結果では, 材の容積密度数を除き, 親子相関の高い形質は認められなかった。ブロックによって高い相関が認められる形質があっても, それが他のブロックでは低い値か, または逆相関を示す例が多かった。

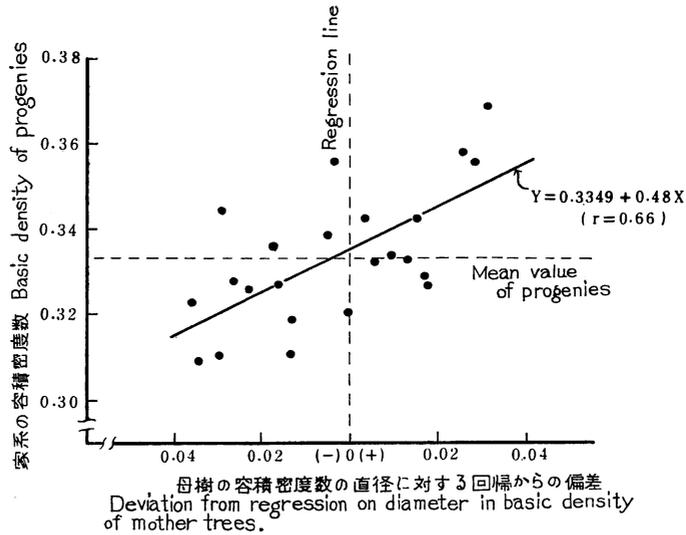


Fig. 9 母樹の容積密度数の直径に対する回帰からの偏差と  
それらの家系の容積密度数との関係

Relationships between the deviation from regression line on diameter in basic density  
of wood of mother trees and basic density of wood of their progenies.

マツ属樹種における諸形質の親子相関については、高い相関を示す例とそうでない例がいくつか報告されている。SQUILLACE ら (1954) は、*P. monticola* における母樹の 10 年生樹高と、子供の 2 年生苗高に有意な相関関係のあることを報告している。WETTSTEIN (1949) は *P. nigra* のマツヤニ含有量における親子相関、NILSON (1956) は *P. sylvestris* の枝・幹の形状および Needle cast に対する抵抗性における母樹—half-sib 相関について、それぞれ有意な相関関係が存在することを報告している。一方、EHRENBERG ら (1957) および BØRSET (1951) は、*P. sylvestris* の成長および幹の形状においては親子相関が認められなかったことを報告しており、MINCKLER (1942) は *P. taeda* の 5 年生実生家系と母樹の樹高について、SHERRY (1947) は *P. radiata* の枝の太さ、成長率、節間長、幹の通直性について、それぞれ親子相関が有意でなかったことを報告している。その後、RIGHTER ら (1958) も、*P. radiata* について、プラス木とマイナス木の 5 年生自然交配家系を検定し、成長について正の親子相関を示すが、有意性の認められないことを確認している。

材の容積密度数については、ZOBEL ら (1957) および BROWN ら (1961) が *P. taeda* の自然交配家系、自家授精家系、人工交雑家系をしらべ、家系間の容積密度数のちがいは母樹の容積密度数のちがいと大体一致することを明らかにした。ERICSON (1960) は、*Picea abies* について、年輪幅、母樹の生育地の気温、測定上の容積密度数を基に算定した相対的容積密度数を持ちいて、母樹とそのクローンの関係をしらべ、高い正の相関が存在することを報告している。また、JACKSON ら (1962) が、*Pinus elliotii* と *Pinus taeda* について、自然交配家系と母樹の容積密度数における相関は  $r=0.871$ 、交雑家系では両親の平均と子供の相関が  $r=0.903$ 、母親と子供が  $r=0.810$ 、父親と子供が  $r=0.573$  であることを報告している。

本研究に供試された母樹群は、1 林分内でプラス方向に選抜を受けたものであるため、変異幅の狭いも

のである。しかし、樹高について得られた結果は、有意性は認められないながらも、正の相関を示す例がほとんどである。したがって、正負の強い選抜を受けた母樹とその家系または無作為に選抜されたそれらを解析すれば、親子の関係はより明確になるかもしれない。また、親子相関を考える場合、年齢が問題となる。岡田 (未発表) はカラマツ属の成長における個体内の年齢による変動を解析し、12年以下と35年の相関は低く、13年以上と35年の相関が高い結果を得ている。本研究結果では、家系群の樹高は母樹の50年生樹高よりも10年生樹高との相関が高いので、アカマツの樹高成長に関する親子相関においても、親子の年齢差がちぢまることによって相関が高まることが期待される。

胸高直径に関する親子相関係数がブロックにより、または年齢により正負の一定でない値を示すことについては、次節の遺伝力に関する検討結果から明らかなように、その表現型変異の大部分が環境によって支配されるためであろう。

材の容積密度数に関する親子の関係については、他の樹種で認められている結果と同様に、高い相関を示した。このことは、未成熟材の時代 (若い年齢) でも親の検定が可能であることを示すものである。

樹幹、クローネおよび枝の特性については、母樹と家系のそれぞれの特性を組み合わせた相関もしらべた。有意な相関関係が存在すると認められる例があるが、その現われ方はブロックによって異なり、一定の傾向を示さなかった。

## 7. 遺伝力の推定

表現型による選抜を行なう場合、その効果がどの程度にあらわれるかは、対象集団の選抜形質の遺伝力に比例する。林木集団における遺伝力の推定については、過去において遺伝情報をうるための計画的な人工交配集団の育成がほとんど行なわれていなかったため、供試林分が特殊なものに限定されていることや、人工交配集団に関して得られた結果についても、ほとんどの場合苗木またはごく幼齢な林分に限られており、推定された結果の信頼性は低い。

この研究においても、選抜母樹の家系を用いたものであり、上記の域を出るものではないが、アカマツの実生家系群に関して推定した遺伝力の1例としてとりあげた。

形質は林齢別樹高、林齢別胸高直径、クローネおよび枝の特性、材の容積密度数を取りあげ、次のような分散分析を行なって、狭い意味の遺伝力を推定した。

分散分析とその成分 (1)

要因	自由度	分散	
		平均平方和	期待成分
全体	$\sum_{i=1}^x y_i - 1$		
家系間	$x - 1$	$M_1$	$\sigma^2 e + k \sigma^2 f$
家系内	$\sum_{i=1}^x (y_i - 1)$	$M_2$	$\sigma^2 e$

( $x$  は家系数,  $y_i$  は  $i$  番目家系の個体数,  $k$  は  $y$  に関連した常数)

分散分析とその成分 (2)

要 因	自 由 度	分 散	
		平均平方和	期 待 成 分
全 体	$rx y - 1$		
ブ ロ ッ ク 間	$r - 1$	$M_3$	$\sigma_e^2 + y\sigma_{b \times f}^2 + y \cdot x\sigma_b^2$
家 系 間	$x - 1$	$M_4$	$\sigma_e^2 + y\sigma_{b \times f}^2 + y \cdot r\sigma_f^2$
ブ ロ ッ ク × 家 系	$(r - 1)(x - 1)$	$M_5$	$\sigma_e^2 + y\sigma_{b \times f}^2$
家 系 内	$xr(y - 1)$	$M_6$	$\sigma_e^2$

( $x$  は家系数,  $y$  は家系内個体数,  $r$  はブロック数)

ここで, 対象集団が  $F_2$  集団に近いものであるとすれば, 家系間の分散成分 ( $\sigma^2 f$ ) は, 集団全体の相対的遺伝分散 ( $\sigma_e^2$ ) の 1/4 の値をとるので,  $\sigma^2 f$  を 4 倍することによって  $\sigma_e^2$  が求められる。したがって狭い意味の遺伝力 ( $\frac{\text{相対的遺伝分散}}{\text{全分散}}$ ) は次式によって推定することができる。

$$h^2 = \frac{4\sigma^2 f}{\sigma_e^2 + \sigma^2 f} \dots\dots\dots \text{様式 Formula (1)}$$

$$h^2 = \frac{4\sigma^2 f}{\sigma_e^2 + \sigma^2 f + \sigma_{b \times f}^2} \dots\dots\dots \text{様式 Formula (2)}$$

7-1. 結 果

Table 15 は各形質について推定した遺伝力である。

樹高・枝下高・枝角・枝数・容積密度数が高い値を示し, 胸高直径・クローネ長・枝の長さ・枝の太さが低い値を示した。ブロックⅢが一般に高い値を示したのは, 立地の一様性が確保されなかったため, 家

Table 15. 12 年生自然交配家系群の諸形質に関する遺伝力  
Heritability values (in narrow sense) for 11 characters of 12-year-old open-pollinated progenies.

形 質 Characters	ブ ロ ッ ク Blocks			
	I	II	III	I · II · III
樹 高 Height (H)	0.5791	0.6636	0.9038	0.2131
胸 高 直 径 Diameter at breast height	0.0474	0.0816	0.2298	0.0212
枝 下 高 Clean bole length	0.7893	0.5910	0.8833	
ク ロ ー ネ 長 Crown length (CL)		0.0475	0.2089	
クローネ長/樹高 CL/H		0.2258	0.4311	
力 枝 Largest spreading branch				
長 さ Length	0.1024	0.1131	0.0704	
太 さ Diameter	0.0586	0.0565	0.0557	
角 度 Angle	0.5996	0.7463		
枝 階 数 Whorl number	0.3506	0.1798	0.1895	
枝階あたり枝数 Branch number per whorl	0.9966	0.6211		
材の容積密度数 Basic density of wood	0.8675			

Note: ブロック I, II, III のそれぞれの値は様式-1, ブロック I · II · III の値は様式-2 によって算出されたものである。

The values of Block-I, Block-II and Block-III were calculated by Formula-1, and those of Block-I · II · III were calculated by Formula-2.

Table 16. 8~12年生自然交配家系群の樹高ならびに胸高直径に関する遺伝力  
Heritability values (in narrow sense) for tree height and diameter at breast height of  
open-pollinated progenies from 8 to 12 years old.

Characters	Blocks	年 齢 Age (years)				
		12	11	10	9	8
樹 高 Tree height	I	0.579	0.658	0.774	0.618	0.581
	II	0.662	0.719	0.708	0.618	0.576
	III	0.904	0.999	1.173	1.211	1.142
	I・II・III	0.213	0.306	0.344	0.245	0.204
胸 高 直 径 Diameter at breast height	I	0.047	0.101	0.189	0.283	0.406
	II	0.082	0.126	0.211	0.324	0.602
	III	0.230	0.230	0.358	0.563	0.899
	I・II・III	0.021	0.035	0.040	0.097	0.157

Note: ブロック I, II, IIIの値は様式-1, ブロック I・II・IIIの値は様式-2によって算出されたものである。

The values of Block-I, Block-II, and Block-III were calculated by Formula-1, and those of Block-I・II・III were calculated by Formula-2.

系間分散のなかにプロット誤差が無視できぬほど含まれていることや、個体数の少ない家系がいくつか含まれていることなどが原因と考えられる。しかしながら、各ブロックを通じて、遺伝力の高い形質とそうでない形質が明りょうに区別される。

Table 16 は樹高と胸高直径に関する林齢による遺伝力値の変化を示したものである。

ブロックIIIが異常に大きな値を示し、8~10年生樹高の遺伝力は1.0以上の値を示したが、ブロックIとブロックIIではほとんど類似の値を示している。樹高について見ると、10年生で1つの山を形成する傾向が認められるが、林齢によって極端に変動することはない。一方、胸高直径に関する遺伝力値は、林齢の増加とともに著しく低下する。

ブロックごとに推定した遺伝力と3ブロックを同時に分析して推定した遺伝力とは、大きな差があり、後者は前者の半分以下の値を示した。

## 7-2. 検 討

林木の諸形質に関する遺伝力の推定は、戸田 (1952・1959・1961) がサシキクローンを用いて、スギの樹高について0.68および0.89、幹の太さについて0.58および0.84の広い意味の遺伝力を推定し、さらにスギの母樹別実生家系群を用いて、樹高および幹の太さに関する狭い意味の遺伝力を、それぞれ0.265、0.260と推定した。以来、多くの樹種の多くの形質についての遺伝力が推定されてきた。

マツ属については、CALLAHAM ら (1961) が15年生 *Pinus ponderosa* の81母樹別家系をしらべ、樹高の遺伝力0.39を推定した。また、SQUILLACE ら (1962) も同樹種の樹高に関する遺伝力は0.36であると推定した。EHRENBERG (1963) は *P. sylvestris* の8年生樹高の遺伝力が0.41、BARBER (1964) は *P. elliotii* の母樹別家系における6年生樹高が0.25、8年生樹高が0.20、同じ家系の植栽年を異にする試験では5年生樹高が0.35、7年生樹高が0.34であったことを報告している。

これらの推定方法は前述の様式(2)に準ずるものであり、Table 16の3ブロックを同時に分析して推定した樹高の遺伝力(0.204~0.344)とほぼ似た値を示している。これらの結果を総合すると、マツ属

における幼壮齡林の樹高に関する狭い意味の遺伝力は、大体 0.2~0.4 の範囲にあるものと推定される。

胸高直径の遺伝力は低く、かつ林齡の増加にともなって著しく低下する。この傾向は、BARBER (1964) によっても認められており、*P. elliotii* の自然交配家系では、6 年生で 0.16、8 年生で 0.06 であり、同一家系の他の試験区では、5 年生で 0.37、6 年生で 0.34 の遺伝力が推定されている。この結果は、同一家系を供試しても試験区および年次との交互作用が大きく、遺伝力の推定値がかなり異なることを同時に示している。

Table 15 のうち、クローネおよび枝の特性に関しては、ブロックによって調査時の林齡が異なるため、様式 (2) による推定はできなかった。岡田 (1966) は 3~4 年生アカマツについての遺伝力が、いろいろの条件でどのように異なるかを検討し、ブロックと家系の交互作用を家系の分散から除くと、遺伝力はかなり小さな値を示すことを報告している。Table 15 の値についても、樹高ならびに胸高直径から類推すると、ブロックを考慮すれば、より小さな値を示すものと考えられる。しかしながら、形質間の相対値については各ブロックとも同じ傾向を示しているので、枝下高・枝角・枝数は枝の長さ・太さ・クローネ長に比較して、高い遺伝力を示すものと判断される。*P. elliotii* についても、枝下高の遺伝力が 0.36、0.52 であり、クローネ幅の遺伝力が 0.16 で枝下高よりも低いことを BARBER (1964) が報告している。

材の容積密度数に関する遺伝力の推定例は多く、*P. radiata* については FIELDING ら (1960) が 6 年生実生家系で狭い意味の遺伝力 0.20 を、13・19・20 年生クローンで広い意味の遺伝力をそれぞれ 0.7、0.8、0.5 と推定しており、DADSWELL ら (1961) は 8 年生クローンで広い意味の遺伝力 0.75 を推定した。*P. taeda* については、GOGGANS (1962) が 5 年生実生家系で 0.76、0.87、BUIJTENEN (1962) が 2 年生人工交配家系で 0.37~0.46、6 年生自然交配家系で 0.64~1.00 の狭い意味の遺伝力を推定した。*P. elliotii* については、SQUILLACE ら (1962) が 14 年生人工交配家系で 0.56 の狭い意味の遺伝力、ZOBEL ら (1963) が 5 年生クローンで広い意味の遺伝力 0.46~0.73 を推定している。ここで得られたアカマツの容積密度数に関する狭い意味の遺伝力推定値は 0.87 であり、他の樹種で推定された値よりも多少高い値を示すが、1 ブロックのみの値であるから、さらに検討を要する。ただし、親子相関も非常に高いことから他の形質に比較し、著しく高い遺伝性を示す形質であることは間違いないさそうである。

遺伝力 ( $h^2$ ) は選抜差 ( $i$ ) と遺伝獲得量 ( $\Delta G$ ) から

$$h^2 = \Delta G / i$$

としても推定できる。

容積密度数については、母樹の選抜対象形質ではなかったことと、母樹群については容積密度数と直径に有意な相関が認められなかったことから、母樹群は母林分から無作為に選ばれたものであると仮定して良い。したがって、母樹群の平均値を母林分の平均値と見なして、かりに上位 3 本または 5 本の母樹を選抜したとすると Table 17 の選抜差、遺伝獲得量が得られる。母樹群と家系群の全平均値に、成熟材と未成熟材による大きなちがいががあるので、選抜差および遺伝獲得量を平均値の%としてあらわし、前式から遺伝力を推定すると、

$$\text{選抜差 } (i) \text{ が } 8.2\% \quad h^2 = 6.6/8.2 = 0.80$$

$$\text{〃} \quad 7.0\% \quad h^2 = 4.5/7.0 = 0.64$$

が得られ、分散分析による方法で推定された遺伝力よりも、やや小さな値を示した。

以上から、アカマツの諸形質に関する遺伝力の相対的な大きさを知ることができた。しかし、これまで

Table 17. 材の容積密度数に関する選抜差 ( $i$ ) と遺伝獲得量 ( $ΔG$ )

Genetic gain expected from selection for basic density of wood.

		母 樹 Mother trees	家 系 Progenies	母 樹 Mother trees	家 系 Progenies
全 平 均 値 Mean value		0.403	0.333	0.403	0.333
選 抜 Selection	No. 62	0.439	0.369	0.439	0.369
	No. 10	0.437	0.352	0.437	0.352
	No. 65	0.433	0.343	0.433	0.343
	No. 14			0.428	0.353
	No. 9			0.426	0.333
	平 均 値 Mean value	0.436	0.355	0.433	0.348
選 抜 差 ( $i$ ) Selection differential (%)		0.033 (8.2)		0.030 (7.0)	
遺 伝 獲 得 量 ( $ΔG$ ) Genetic gain (%)			0.022 (6.6)		0.015 (4.5)

の報告例にも共通していい得ることであるが、推定された林分が幼齢であること、また選抜母樹の家系であることから母林分の遺伝力の直接的な評価をなし得ない。また、遺伝子効果における優劣性および上位性の問題、集団の遺伝子構成における自殖の影響、競争等遺伝力の推定には解決しなければならぬ多くの問題がある。現在有する材料から、それらの効果を分割推定することは不可能であり、これからの課題として残される。

## 8. 総 括

本研究は、アカマツにおける諸形質の遺伝性をしらべるために、岩手県東磐井郡に生育する東山マツを対象として、母樹別自然交配家系による次代検定林を設定し、植栽後10年、11年を経過した家系について、家系間差異、形質相関、形質の親子相関、遺伝力をしらべたものである。

母樹は、一関営林署和田戸高場国有林に生育するアカマツ林から選抜されたものである。各母樹から、1950年、1952年および1954年の3度にわたり、くり返しタネを採取し、採種年度別の母樹別家系を盛岡営林署煙山苗畑で育成した。

検定林は、一関アカマツ総合試験地(東磐井郡大東町興田)内に設定し、採種年度順に、それぞれ1953年、1955年および1957年春に、1回床替苗を植栽した。1プロットは1家系よりなり、 $10 \times 7 = 70$ 本植栽、植栽間隔は $1.0 \times 1.5$ mである。各植栽区ならびに植栽区内のプロット配置図は Fig. 2, Fig. 3に示されるとおりである。

調査は、1953年植栽区と1955年植栽区を対象として、それぞれ植栽後10年ならびに11年を経過した1962年秋と1965年秋に行なった。供試家系は各区に共通して含まれる25家系とし、間伐木(1本おきの機械的間伐)について年齢別樹高、年齢別胸高直径、クローネおよび枝の特性、材の容積密度数を測定した。

### (1) 諸形質における家系間差異

分散分析, 共分散分析, 平均値間の差の検定により, 家系間差異を検討した。

樹高成長は家系によって大きなちがいを示した。しかし, ブロック間変動および家系×ブロックの交互作用も同時に大きかった。個々の家系を検討すると, 全ブロックを通じて一定の樹高成長を示す家系と, わずかな環境の変化にも強い反応性を示す家系が存在した。

胸高直径は, 各ブロック内では, 若い年齢の場合に家系による明らかな差異を示すが, 加齢とともにその差は減少する。これは, 林分の閉鎖にともなう淘汰圧により, 家系内の個体間変動量が相対的に大きくなるためであろうと考えられる。全ブロックを通じて考えた場合, 胸高直径に関する家系間差異は全く認められなかった。胸高直径は, 樹高よりも, 環境の影響を強く受けるようであり, 林分閉鎖前後の幼齢林では, ほとんど遺伝的なちがいを表現するに至らなかった。

クローネおよび枝の特性のうち, クローネ長/樹高, 枝下高, 枝角, 枝階数, 枝数が家系によって明らかなちがいを示した。力枝の長さ, 力枝の太さ, クローネ長における家系間のちがいは小さかった。

材の容積密度数における家系間差異は大きく, 親子相関, 遺伝力などを合わせて考えると, 表現型選抜によってもかなりの効果が期待できそうである。

### (2) 家系群における形質間相関

樹高, 胸高直径, クローネおよび枝の諸特性間の相関, 材の容積密度数と胸高直径との相関, 樹高と胸高直径における年齢間相関を検定した。いずれも表現型相関である。

樹高は胸高直径, クローネ長および枝下高と正, 力枝の太さ/胸高直径と負のそれぞれ有意な相関を示した。さらに, 有意ではないが, 枝数および枝角と正の相関を示した。樹高と枝の長さおよび太さとの相関はきわめて低かった。

胸高直径はクローネ長および枝の長さとは有意な正の相関を示し, クローネ長/胸高直径および力枝の太さ/胸高直径と負の有意な相関を示した。枝の太さとは正の相関を示すが有意ではなかった。

幹の形状と枝の特性との関係を良くあらわすものとして胸高直径 ( $D$ ) / 樹高 ( $H$ ) と枝角があげられる。大きな枝角を有する家系は, 細く短い枝を有し, 枝数が多く,  $D/H$  が小さい一幹が完満な一傾向を示し,  $D/H$  の値が大きな家系は全くこの逆であった。

容積密度数と胸高直径の関係については, 個体を単位として家系別に見ると, 両者の間に負の相関が認められる。しかし, その相関の程度は家系によってかなり異なる。家系を単位とした場合は相関に有意性は認められなかった。

樹高と胸高直径に関する年齢間相関については, 3~5年生樹高を除き, 他のすべての例で, 高い正の相関を示した。相関係数の大きさは, 隣りあった年齢間が最も大きな値を示し, 年齢がはなれるにしたがって小さくなる。

### (3) 諸形質における親子相関

親子相関の値が大きければ, 母樹で観察された特性を子供に伝える可能性がより高いことから, 母樹のタネの1,000粒重, 50年生樹高, 50年生胸高直径, 10年生樹高, 10年生胸高直径, 胸高直径/周囲木平均胸高直径と家系の林齢別樹高ならびに胸高直径との相関, 樹幹・クローネ・枝の特性および材の容積密度数における親子相関をしらべた。

取り上げた形質のうち, 材の容積密度数を除き, 親子相関の高い形質は認められなかった。

家系の樹高・胸高直径と母樹の樹高・タネの1,000粒重は正の相関を示す例が多かったが、母樹の胸高直径とは負の相関を示す例が多かった。ただし、2～3の例を除き、相関係数に有意性は認められなかった。これは、母樹群が成長ならびに枝の特性についてプラス方向の選抜を受けたため、変異幅の狭いものになっていること、家系の年齢が若いことなども原因の一部をなしているものと考えられる。

#### (4) 遺 伝 力

この研究は、選抜母樹の家系を対象としたものであるため、母林分における遺伝力の推定としては信頼性は低いが、アカマツ実生家系群を用いて推定した遺伝力の1例として取りあげた。

林齢別樹高および胸高直径、クローネおよび枝の特性、材の容積密度数を対象として、分散成分から狭い意味の遺伝力を推定した。容積密度数については、選抜差と遺伝獲得量からの推定も試みた。

樹高に関する遺伝力推定値は0.204～0.344であり、他のマツ属樹種において同じ方法で推定された報告例(0.20～0.41)とほぼ似た値を示した。

胸高直径は0.021～0.157の低い値を示した。しかも、遺伝力値は加齢とともに明らかに低下する傾向を示した。

クローネおよび枝の特性に関しては、ブロックにより年齢が異なるため、ブロックごとに推定した。したがって、家系間変動量にはプロット間の立地差、プロット×家系の交互作用が含まれるので、推定された遺伝力は過大な値を示し、絶対値の信頼性は低い。しかし、形質間の相対値については各ブロックとも同じ傾向を示したので、枝下高・枝角・枝数は枝の長さ・枝の太さ・クローネ長に比較して、高い遺伝力を示すものと推定される。

材の容積密度数に関する遺伝力は、分散成分から推定した場合が0.87、選抜差と遺伝獲得量から試算した場合がそれよりもやや低い値(0.80, 0.64)を示した。他のマツ属樹種で推定された多くの例よりも、多少高い値を示したが、親子相関も非常に高かったことから、他の形質に比較し、高い遺伝性を示す形質であろうと考えられる。

#### 文 献

- 1) BARBER, J.C. : Inherent variation among slash pine progenies at the Ida Cason Callaway Foundation. U.S. Forest Service Research Paper SE-10, pp. 1~90, (1964)
- 2) BØRSET, O. : Forsøk med avkom av enkeltraer fra kystfuruskogen på Hvaler (Studies on progenies from single trees of scotch pine from a coastal forest in Southern Norway). Meddelelser fra det Norske Skogsforsvesen, 38, pp. 129~158, (1951)
- 3) BROWN, C.L. & J. KLEIN : Observations on inheritance of wood specific gravity in seedling progeny of loblolly pine. Jour. For., 59, pp. 898~899, (1961)
- 4) BUIJTENEN, J.P. VAN : Heritability estimates of wood density in loblolly pines. Tappi, 45, pp. 602~605, (1962)
- 5) BUIJTENEN, J.P. VAN : Heritability of wood properties and their relation to growth rate in *Pinus taeda*. FAO World Consult. For. Genet., Stockholm 1963, No. FAO/FORGEN 63~7/2, (1963)
- 6) CALLAHAM, R.Z. & A. A. HASEL : *Pinus ponderosa*-height growth of wind-pollinated progenies. Silvae Genet., 10, pp. 33~42, (1961)
- 7) CALLAHAM, R.Z. & J.W. DUFFIELD : Heights of selected ponderosa pine seedling during 20 years. Proc. SAF Tree Impr. Workshop, Macon, Ga., Oct. 1962, pp. 10~13. Publication

- 22, Southern Forest Tree Impr. Committee, (1963)
- 8) CAMPBELL, R.K. : Phenotypic variation and some estimates of repeatability in branching characteristics of Douglas-fir. *Silvae Genet.*, **10**, pp. 109~118, (1961)
- 9) DADSWELL, H. E., J. M. FIELDING, I. W. P. NICHOLLS & A. G. BROWN : Tree-to-tree variation and gross heritability of wood characteristics of *Pinus radiata*. *Tappi*, **44**, pp. 174~179, (1961)
- 10) EHRENBERG, C. E. & A. GUSTAFSSON : Plus och minusträd-Urval och avkommeprövning. *Skogen*, **22**, pp. 722~728, (1957)
- 11) EHRENBERG, C.E. : Tillväxt och grenutveckling hos tallavkommor. *Skogen*, **48**, pp. 6~8, (1961)
- 12) EHRENBERG, C.E. : Genetic variation in progeny tests of scots pine (*Pinus silvestris* L.). *Studia Forestalia Suecica*, Nr. 10, pp. 1~135, (1963)
- 13) EINSPAHR, D.W., R.E. GODDARD & H.S. GARDNER : Slash pine wood and fiber property heritability study. *Silvae Genet.*, **13**, pp. 103~109, (1964)
- 14) ERICSON, B. : Studies of the genetical wood density variation in scots pine and norway spruce. *Forest Res. Inst. Sweden, Rept. 4*, pp. 1~52, (1960)
- 15) FIELDING, J.M. & A.G. BROWN : Variations in the density of the wood of monterey pine from tree to tree. *Forestry and Timber Bur., Commonw. Austraria, Leaflet 77*, pp 1~28, (1960)
- 16) GOGANS, J.F. : The correlation, variation and inheritance of wood properties in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). NC State College, School of Forestry, Technical Rept. 14, pp. 1~155, (1962)
- 17) 畠山末吉・酒井寛一 : 林木の遺伝パラメーターの新推定法と選抜指数, 北海道光珠内林木育種場報告, 2, pp. 1~18, (1963)
- 18) JACKSON, L.W.R. & B.J. WARREN : Variation and inheritance in specific gravity of slash and loblolly pine progeny. *Ga. For. Res. Pap.*, 14, (1962)
- 19) LESTER, D. T. & G. R. BARR : Shoot elongation in provenance and progeny tests of red pine. *Silvae Genet.*, **15**, pp. 1~6, (1966)
- 20) MCELWEE, R.L. & B.J. ZOBEL : Some wood and growth characteristics of pond pine. *Proc. SAF Tree Impr. Workshop, Macon, Ga., Oct, 1962*, pp. 18~25. Publication 22, Southern Forest Tree Impr. Committee, (1963)
- 21) MINCKLER, L.S. : One-parent heredity tests with loblolly pine. *Jour. For.*, **40**, pp. 505~506, (1942)
- 22) 村井三郎・井沼正之 : 日本の有名松 (石川健康監修), 林野庁, pp. 45~55, (1956)
- 23) NICHOLLS, J.W.P., H. E. DADSWELL & J. M. FIELDING : The heritability of wood characteristics of *Pinus radiata*. *Silvae Genet.*, **13**, pp. 68~71, (1964)
- 24) NILSSON, B. : Kvalitets-och produktions-förhallanden i ett klonförsök av tall (Quality and yield in a trial of pine clones). *Svenska Skogs Fören. Tidskr.*, **54**, pp. 61~73, (pp. 209~210), (1956)
- 25) 大庭喜八郎・岡田幸郎・塩田 勇・武藤 惇・岡本敬三 : 林木の変異に関する研究 (1), 母樹別産地別のアカマツおよびクロマツ幼苗の肥料反応について, 日本林学会誌, **45**, pp. 363~371, (1965)
- 26) 岡田幸郎 : 林木における量的形質の遺伝 (わかりやすい林業解説シリーズ No. 18), 林業科学技術振興所, 50 pp., (1966)
- 27) 岡田幸郎 : カラマツ属における成長の動的解析 (未発表)
- 28) PERRY, T.O. & C.W. WANG : Variation in the specific gravity of slash pine wood and its

- genetic and silvicultural implications. *Tappi*, **41**, pp. 178~180, (1958)
- 29) RIGHTER, F.I. & R.Z. CALLAHAM: A California planting of progenies of "elite" and "non-elite" *Pinus radiata* from Australia. California For. and Range Expt. Sta. For. Res. Note, 135, (1958)
- 30) 佐藤敬二: 青森営林局管内産二, 三主要林木の樹相及林相特に品種並更新に関する考察, 青森営林局, 77 pp., (1935)
- 31) SHERRY, S.P.: Potentialities of genetic research in South Africa forestry. Pretoria, Department of Forestry, 11 pp., (1947)
- 32) SQUILLACE, A. E. & R. T. BINGHAM: Breeding for improved growth rate and timber quality in western white pine. *Jour. For.*, **52**, pp. 656~661, (1954)
- 33) SQUILLACE, A.E. & R.R. SILEN: Racial variation in ponderosa pine. *For. Sci.*, Monograph, 2, 27 pp., (1962)
- 34) SQUILLACE, A.E., R.M. ECHOLS & K.W. DORMAN: Heritability of specific gravity and summerwood percent and relation to other factors in slash pine. *Tappi*, **45**, pp. 599~601, (1962)
- 35) 戸田良吉: スギの林分内変異量と遺伝力, 林試研報, 100, pp. 1~21, (1957)
- 36) 戸田良吉: タネ繁殖の場合のスギの樹高と胸高直径の遺伝力, 林試研報, 112, pp. 33~47, (1959)
- 37) 戸田良吉: スギの遺伝変動に関する研究, 林試研報, 132, pp. 1~46, (1961)
- 38) WETTSTEIN, W.: Selektion von kiefern nach 4 Jahren. *Züchter*, **19**, pp. 205~206, (1949)
- 39) WRIGHT, J.W.: Genetic variation among 140 half-sib scots pine families derived from 9 stands. *Silvae Genet.*, **12**, pp. 83~89, (1963)
- 40) ZOBEL, B.J. & R.R. RHODES: Specific gravity indices for use in breeding loblolly pine. *For. Sci.*, **3**, pp. 281~285, (1957)
- 41) ZOBEL, B.J. & R.L. MCELWEE: Natural variation in wood specific gravity of loblolly pine, and an analysis of contributing factors. *Tappi*, **41**, pp. 158~161, (1958)
- 42) ZOBEL, B.J.: Inheritance of wood properties in conifers. *Silvae Genet.*, **10**, pp. 65~70, (1961)
- 43) ZOBEL, B.J., D. COLE & R. STONECYPHER: Wood properties of clones of slash pine. *Proc. SAF Tree Impr. Workshop, Macon, Ga.*, Oct. 1962, pp. 32~39. Publication 22, Southern Forest Tree Impr. Committee, (1963)

---

**Inheritance of Some Characters in Open-pollinated Progenies  
of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.**

Mitsuo IWAKAWA, Misao WATANABE, Tôru SATO,  
Susumu MIKAMI, Masayuki INUMA and Sinobu KIDA

(Summary)

The present study was conducted to obtain some information on the performance of open-pollinated progenies of *Pinus densiflora* in Japan. In the present paper, growth rate, morphological features and wood quality of progenies in the younger stage are surveyed, and differences among progenies, phenotypic correlations between several characteristics, resemblance of progenies to their parents and estimates of heritability are discussed.

### Materials and methods

Sixty-seven trees were selected in 1950 from the plantation of *Pinus densiflora* in IWATE pref., northern part of Japan. Open-pollinated seed was repeatedly collected from each mother tree in 1950, 1952 and 1954. The progenies were planted in OKITA test plantation near the original stand in 1953, 1955 and 1957. Therefore, the plantation consisted of three parts according to planting year (Fig. 1, Fig. 2). Within each part, progenies were assigned at random to 121 plots. The number of seedlings in each plot was  $7 \times 10 = 70$  with a spacing of  $1.0 \times 1.5$  metres. The part planted in 1955 was divided into two blocks because the site condition was not uniform (Fig. 3).

The first thinning was done on the progenies in Block-I (planted in 1953) in the autumn of 1962, and those in Block-II and Block-III (both planted in 1955) in the autumn of 1965. The thinned trees from twenty-five progenies common to all three blocks were examined on the following characters: tree height, diameter at breast height, clean bole length, crown length, crown diameter, whorl number, branch number per whorl, branch length, branch diameter, branch angle and basic density of wood.

Twenty-four mother trees investigated in the present paper were cut down in 1965, except one which had been already lost by a storm, and were examined on the same characteristics for their progenies. Available information on the mother trees examined are shown in Table 1.

### Results and discussion

**Differences among progenies in several characteristics** were analysed by means of analysis of variance, analysis of covariance and multiple range test. The tree height and the diameter at breast height were recorded at each age of 3 to 12 years and other characters at 12 years old in Block-I and at 13 years old in Block-II and Block-III. The basic density of wood was measured at breast height in the portion of 10 to 12 years old, and analysed by covariance with diameter because it is generally accepted that the basic density of wood negatively correlates to diameter.

On the height growth, significant differences were found among progenies at ages of 10, 11 and 12 years, although differences among blocks and block-progeny interactions were also highly significant (Tab. 2, Tab. 3, Fig. 4). The growth rates of many progenies were not much influenced by the site conditions of blocks, although those of a few were notably influenced.

On the diameter at breast height, pronounced differences were found among progenies at younger ages in each block. However, at age 12 years no significant differences were found in Block-I and significant level had dropped to 5 percent in Block-II. Considering the variation among blocks, no pronounced differences on diameter were found among progenies (Tab. 4, Tab. 5, Fig. 5). It seems that the diameter was affected more intensely than the tree height by the selective pressure owing to the developing of closed crown within a stand.

Differences among progenies in crown length/tree height, clean bole length, branch angle, branch number per whorl, whorl number and basic density of wood were significant, but not in crown length, branch length and branch diameter (Tab. 6, Tab. 7).

**Phenotypic correlation among characteristics** were examined (Tab. 8, Tab. 9, Fig. 6, Fig. 7). The results demonstrated that the tree height positively related to diameter at breast height, crown length, clean bole length, branch angle and branch number per whorl, and negatively

to branch diameter/tree diameter. The diameter at breast positively correlated with crown length, branch length and branch diameter, but not significantly with branch diameter.

The branch angle significantly related to other branch characteristics and stem form. The results indicate that the progenies having large branch angle tend to have more numerous and slender branches, shorter branches and less value of diameter/tree height than those which have acute branch angle.

**The external resemblance of the progenies to their mother trees** was analysed by means of parent-offspring correlation. No significant correlations were found between them except for the basic density of wood (Tab. 14, Fig. 9, Fig. 10).

**The narrow sense heritability values** were estimated on the basis of variance components. The values of tree height at each age of 8 to 12 years ranged from 0.204 to 0.344 and those of diameter at breast height from 0.021 to 0.157 (Tab. 16). The heritability values varied according to materials, site conditions and ages. Table 15 shows that the estimated values for clean bole length, branch angle and branch number per whorl were larger than those for branch length, branch diameter and crown length. The value for basic density of wood was estimated at 0.867. As was previously mentioned, the parent-offspring correlation in this character was also significantly high, and consequently it may be supposed that the basic density of wood is more heritable than the other characteristics investigated in the present paper.