

## アカマツ自然受粉家系の年輪構造および 収縮性能の変動と遺伝率の推定

太 田 貞 明

Sadaaki OHTA : Variations, Parent-Offspring Correlations and Heritabilities  
on the Ring Structure and Shrinkage Traits of Open-Pollinated  
Families of Akamatsu  
(*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.)

**要 旨**：アカマツの材質育種実行上、必要となる形質を把握するために、年輪構造に関する形質、収縮性能を示す形質をとりあげ、各形質の出現分布、家系内および家系間の変動、形質相互間の関係、経年変化、遺伝率などについて検討した。

この試験の結果、年輪構造に関しては、1) 材質育種のために有効な形質は、年輪幅よりも最大密度、最小密度、早材密度、晩材密度などである。2) 産地間で差異が認められる形質は、最大密度、晩材密度、晩材率である(1%水準)。また、年輪幅には5%水準で有意な産地間差異が認められる。しかし、平均密度、最小密度、早材密度には産地間で差異がない。3) 分散分析から求めた遺伝率は、年輪構造については、東北産、関西産ともに遺伝率を示す形質は、晩材密度と最大密度だけである。4) 回帰係数から求めた遺伝率は、東北産(17家系)では早材密度、平均密度、最大密度、最低密度、晩材率など、また関西産(12家系)では、晩材密度、最大密度などに認められる。5) 検定方法で遺伝率を示す形質、値が異なることについては今後さらに検討すべきである。

収縮性能については、1) 母樹と子供家系との相関は、接線方向収縮率では東北産よりも関西産の方が相関が高い。半径方向収縮率は東北産のブロックI(1%水準)に、関西産は両ブロックとも有意な相関が認められる。収縮異方性(T/R)については東北産では両ブロックとも1%レベルで有意な相関が認められる。2) 親子回帰から求めた遺伝率は、両ブロックともに関西産の方が高い遺伝率を示し、その値は収縮異方性(T/R)、接線方向収縮率、半径方向収縮率の順に低くなる。

### 年輪構造および収縮性能の変動と遺伝率の推定

アカマツの材質を判定する指標のうち、年輪構造の特徴を示す形質(最大密度、最小密度)および利用上の品質と関係が深い形質(年輪幅、平均密度、早材密度、晩材密度、晩材率)と収縮性能(接線方向収縮率、半径方向収縮率、収縮異方性)を材質育種のための形質としてとりあげ、母樹と子供家系の出現分布状態、形質ごとの親子の経年変化、相互の関連性および産地内家系間の差異について検討し、遺伝率を推定した。

今回は東北試験地(岩手県)に植栽したアカマツについての結果を報告する。

#### 1. 供試材と試験方法

##### 1-1) 供試材

供試材は東北産と関西産の母樹から採取した種子を二つのブロック(以下ブロックI, ブロック

IIとする)に分けて植栽されたものである。対象とした家系数は、年輪構造測定のためには第1および第2ブロックからそれぞれ19、収縮率測定のためにはそれぞれ20である。また、分散分析および親子相関などの検討のためには、母樹と子供家系の測定本数および年輪数の統一が必要であり、第I、第IIブロックからそれぞれ12および17家系をとりあげた。なお、供試円板の採取位置、測定対象年輪数などは、繊維傾斜、繊維長測定用試験片と同じである。

## 1-2) 試験項目と方法

### (1) 年輪構造

年輪構造を示す形質としては、年輪幅、平均密度、最大密度、最小密度、早材密度、晩材密度、晩材率(500 kg/m<sup>3</sup>を早材と晩材の境界とした)などをとりあげた。測定は母樹、子供家系ともにX線・デンストメトリー<sup>1)</sup>による。

### (2) 収縮性能

収縮性能について、母樹と家系の関係を知るために用いた形質は、飽水状態から全乾にいたるまでの接線方向収縮率、半径方向収縮率および収縮異方性(T/R)である。試験体は髓に接する位置から外方に向かって、接線方向、半径方向、繊維方向それぞれ20×20×5mmの試片を連続して採取した。測定方法はJIS-Z 2103に準じた。なお、母樹の収縮性能については、既報<sup>2)3)</sup>の測定値を用いた。

## 2. 結果と考察

### 2-1) 各形質の出現頻度分布

#### (1) 年輪構造

年輪構造に関する各形質の平均値、分布範囲(最大値と最小値)、標準偏差等を東北産と関西産の家系別に求め、Table 1に示す。

年輪幅はブロックIの方がブロックIIに比べて出現範囲の幅は広いが、平均値は両ブロックで差がない。平均密度の平均値はブロックIの方がブロックIIより5%程度大きい。また、早材密度、晩材率についてもブロックIの方がブロックIIより大きい傾向を示す。最大密度、最小密度は両ブロックで差がないが、晩材密度はブロックIIの方が大きい。

#### (2) 収縮性能

ブロックI、ブロックIIについて、東北産と関西産の母樹別に、家系の各形質の平均値と標準偏差を求め、Table 2に示す。

接線方向収縮率、半径方向収縮率、異方性ともに、東北産と関西産とでブロック間の差異はほとんど認められない。また、接線方向収縮率については、関西産が東北産に比べて多少大きい傾向を示した。このような傾向は、母樹について実施された既報<sup>2) 3)</sup>の収縮試験の結果でも同様に認められる。

### 2-2) 各形質についての検討

#### (1) 年輪構造

年輪構造に関してとりあげた7つの形質間の相関関係を求め、Table 3に示す。東北産と関西産の

Table 1. 産地、家系別の年輪構造を示す指標値の一覧表  
Traits of tree ring structures of sample trees.

項目 Trait	母 樹 (Mother tree)					子供家系 (Family)					
	区 分	範 囲	平均値	標準 偏差	変動 係数	区 分	範 囲	平均値	標準 偏差	変動 係数	
年輪幅 * <sup>1</sup> RW mm	東 北 Tohoku	2.1~6.3	3.5	1.1	32.4	ブ ロ ッ ク I	東 北	0.7~6.6	2.9	1.1	37.9
		関 西 Kansai	1.5~5.9	3.2	1.3		41.7	東 北	0.6~7.2	2.9	1.3
	全 体 Total	1.5~6.3	3.4	1.2	35.8	ブ ロ ッ ク II	関 西	0.6~7.2	2.9	1.2	41.8
		全 体 Total	1.5~6.3	3.4	1.2		35.8	東 北	0.5~6.2	2.8	1.1
平均密度 * <sup>2</sup> MD kg/m <sup>3</sup>	東 北 Tohoku	395~603	489	58.9	12.0	ブ ロ ッ ク I	東 北	275~630	440	70.9	16.1
		関 西 Kansai	355~558	487	55.4		11.4	関 西	261~677	450	76.9
	全 体 Total	355~603	488	56.4	11.6	ブ ロ ッ ク II	全 体	261~677	444	73.9	16.6
		全 体 Total	355~603	488	56.4		11.6	東 北	266~594	432	60.6
最大密度 * <sup>3</sup> MX kg/m <sup>3</sup>	東 北 Tohoku	672~953	827	69.2	8.4	ブ ロ ッ ク I	東 北	546~978	788	90.6	11.5
		関 西 Kansai	742~1 007	871	86.5		9.9	関 西	290~1 081	767	95.3
	全 体 Total	672~1 007	845	78.5	9.3	ブ ロ ッ ク II	全 体	290~1 081	778	93.3	12.0
		全 体 Total	672~1 007	845	78.5		9.3	東 北	552~997	797	73.1
最小密度 * <sup>4</sup> MN kg/m <sup>3</sup>	東 北 Tohoku	294~495	358	54.1	15.1	ブ ロ ッ ク I	東 北	137~450	293	66.5	22.6
		関 西 Kansai	274~398	340	39.9		11.7	関 西	129~458	304	67.4
	全 体 Total	274~495	350	48.8	13.9	ブ ロ ッ ク II	全 体	299.5~457	299	65.7	21.9
		全 体 Total	274~495	350	48.8		13.9	東 北	179~408	294	45.9
早材密度 * <sup>5</sup> ED kg/m <sup>3</sup>	東 北 Tohoku	0~428	359	97.6	27.2	ブ ロ ッ ク I	東 北	222~688	356	59.9	16.8
		関 西 Kansai	312~420	370	35.7		9.6	関 西	229~484	366	50.2
	全 体 Total	0~428	363	77.3	21.2	ブ ロ ッ ク II	全 体	222~688	361	55.5	15.4
		全 体 Total	0~428	363	77.3		21.2	東 北	241~440	344	41.1
晩材密度 * <sup>6</sup> LD kg/m <sup>3</sup>	東 北 Tohoku	574~712	632	39.2	6.2	ブ ロ ッ ク I	東 北	521~782	654	56.5	8.6
		関 西 Kansai	595~781	686	56.1		8.2	関 西	561~802	648	47.4
	全 体 Total	574~781	654	53.3	8.2	ブ ロ ッ ク II	全 体	521~802	651	52.2	8.0
		全 体 Total	574~781	654	53.3		8.2	東 北	565~836	677	52.7
晩材率 * <sup>7</sup> LP %	東 北 Tohoku	15~100	42.5	20.1	47.3	ブ ロ ッ ク I	東 北	2~62	28.2	11.8	41.9
		関 西 Kansai	15~46	36.2	9.8		27.0	関 西	6~80	30.0	16.2
	全 体 Total	15~100	39.9	16.7	41.8	ブ ロ ッ ク II	全 体	2~80	29.1	14.1	48.7
		全 体 Total	15~100	39.9	16.7		41.8	東 北	3~71	26.2	12.3
							関 西	3~66	21.9	12.0	55.2
							全 体	3~71	24.1	12.4	51.5

Note)

\*<sup>1</sup> RW : Ring width \*<sup>2</sup> MD : Mean density \*<sup>3</sup> MX : Maximum density\*<sup>4</sup> MN : Minimum density \*<sup>5</sup> ED : Earlywood density \*<sup>6</sup> LD : Latewood density\*<sup>7</sup> LP : Latewood percent

両方に、年輪幅との間に相関関係が認められるのは、晩材率に関連した形質だけである。さらに、この相関係数の値は、平均密度と最小密度、平均密度と晩材率、平均密度と早材密度、あるいは最小密度と早材密度などとの間で認められる値に比べると低い。したがって、年輪幅は他の年輪構造に関連した全ての形質の指標とはならず、最大密度をはじめ、最小密度、早材密度、晩材密度などはそれぞれ個々の形質として取り扱う必要があるといえる。

年輪構造に関するこれらの形質を用いて、東北産および関西産の母樹のそれぞれ 19 個体ずつの母樹に対する各家系との関係を求め、Table 4 に示す。各形質間の相互関係は母樹と家系とで、東北産、関西産いずれも最大密度と晩材密度との間に最も高い相関が認められる。これを 1%水準で比較すると、最大密度では東北産は 16 家系、関西産では 12 家系、また晩材密度については、それぞれ 14 家系と 15 家系の母樹と家系との間に相関が認められる。次いで相関が高いのは、東北産では年輪幅であり、最小密度、早材密度と、晩材率、年輪幅、平均密度の順に相関関係を示す系統数が少なくなる。また、関西産では最小密度、早材密度、晩材密度、年輪幅の順となり、東北産と同様に平均密度との相関が最も低い結果を得た。親子の相関については、何れの産地も最大密度と晩材密度および最小密度などの 3 形質について認められたが、その他の形質では、相関が認められても正相関と負相関が混在している。

## (2) 収縮性能

収縮性能に関する形質ごとに母樹と家系の平均値との相関を求め、Table 5 に示す。接線方向については関西産が東北産より高い相関関係を示す (5%水準)。半径方向では東北産のブロック I (1%水準)、関西産の両ブロックに有意な相関関係が認められた (5%水準)。収縮異方性 (T/R) については、東北産では両ブロックとも 1%水準で有意な相関があるが、関西産での相関は東北産より低い。

## 2-3) 年輪構造を示す各形質の経年変化と相互関係

とりあげた各形質につき、産地別に母樹と家系との経年変化を求めた。代表的な例として、東北産 (T-8)、関西産 (K-36) を選び、母樹と家系の平均値について、第 1 年輪から第 12 年輪にいたる変動を Fig. 1 に示す。年輪幅は家系が母樹よりやや大きい傾向を示す。平均密度、最小密度、晩材率などは、母樹の方が家系より大きい傾向がある。そのほかの形質は両者で大きな差が認められない。

## 2-4) 産地間における差異

東北および関西両産地の年輪構造の各形質間における差異を知るために、2 元配置の分散分析を行った。その結果を Table 6 に示す。

なお、産地間差を知るための分散分析では、ブロックにより家系数が異なり、ブロック I は 12 家系、ブロック II は 17 家系である。

産地間で差異が認められる形質のうち最大密度、晩材密度、晩材率では 1%水準、年輪幅は 5%水準でそれぞれ有意差が認められる。しかし、平均密度、最小密度、早材密度では産地間に有意差が認められない。

Table 2. 母樹と子供家系の収縮性能一覧表  
Traits of shrinkage of mother tree and family.

	家系番号 Tree No.	母 樹 Mother tree	ブロック I Block I		ブロック II Block II		全 体 Total		
			平均値 Mean	標準偏差 S.D.	平均値 Mean	標準偏差 S.D.	平均値 Mean	標準偏差 S.D.	
生材から絶乾までの接線方向収縮率 (東北) Tangential shrinkage from green to oven-dry condition (Tohoku)	T- 1	8.3	7.0	0.70	7.0	0.8	7.0	0.7	
	3	7.1	6.9	0.94	7.3	0.7	7.1	0.8	
	7	7.9	7.0	0.079	6.7	0.8	6.8	0.4	
	8	7.9	7.1	0.55	7.0	0.9	7.0	0.7	
	9	9.0	6.8	0.76	7.1	1.0	6.9	0.9	
	10	8.8	7.3	0.62	7.1	0.8	7.2	0.7	
	13	7.9	7.0	0.90	7.2	1.1	7.1	1.0	
	14	7.3	7.0	0.78	6.4	0.9	6.7	0.8	
	17	9.7	7.2	0.80	7.2	1.0	7.2	0.9	
	20	8.3	6.3	0.78	6.9	0.8	6.6	0.8	
	21	8.4	6.9	0.94	7.0	1.0	6.9	0.9	
	22	7.4	7.1	0.76	6.8	0.9	6.9	0.8	
	23	7.9	6.8	0.93	7.0	0.8	6.9	0.8	
	24	8.6	6.7	0.58	7.2	0.7	6.9	0.6	
	25	8.8	7.5	1.26	7.3	0.8	7.4	1.0	
	26	7.7	7.0	0.74	7.3	0.9	7.1	0.8	
	27	8.4	7.1	0.59	7.1	0.7	7.1	0.6	
	28	7.9	7.2	0.77	7.2	0.8	7.2	0.8	
	29	6.9	6.7	0.65	7.2	0.7	6.9	0.6	
	30	8.0	7.0	0.73	6.8	0.9	6.9	0.8	
		平均値 Mean	8.1	7.0	0.74	7.04	0.85	7.0	0.77
	生材から絶乾までの接線方向収縮率 (関西) Tangential shrinkage from green to oven-dry condition (Kansai)	K-31	8.2	7.0	0.93	7.1	0.6	7.0	0.7
		33	7.4	7.1	1.18	7.1	0.7	7.1	0.9
		34	8.0	7.5	0.63	7.1	0.6	7.3	0.6
		35	8.3	6.8	0.59	7.1	0.6	6.9	0.6
		36	8.9	7.4	0.63	7.0	0.7	7.2	0.6
		39	8.0	7.2	0.52	7.4	0.5	7.3	0.5
		40	8.5	6.8	0.37	6.9	0.5	6.8	0.4
		41	8.7	7.1	0.94	7.3	0.7	7.2	0.8
		44	7.5	6.6	0.35	7.0	0.7	6.8	0.5
45		8.4	7.2	0.56	7.0	0.8	7.1	0.7	
46		8.8	7.2	0.65	7.4	0.5	7.3	0.6	
47		9.2	7.5	0.57	7.5	0.8	7.5	0.7	
50		8.7	7.2	0.88	7.3	0.5	7.2	0.7	
52		7.4	7.1	0.67	6.7	0.9	6.9	0.8	
53		8.0	6.8	0.73	7.3	0.6	7.0	0.6	
54		8.5	7.3	0.67	7.4	0.7	7.3	0.7	
55		8.5	6.9	0.72	7.5	0.7	7.2	0.7	
56		9.5	7.7	0.64	7.4	0.9	7.5	0.8	
59		8.9	7.1	0.57	7.2	0.8	7.1	0.7	
61		8.2	6.8	0.97	7.5	0.6	7.1	0.8	
	平均値 Mean	8.4	7.1	0.69	7.21	0.67	7.1	0.67	

Table 2. (つづき) (Continued)

	家系番号 Tree No.	母 樹 Mother tree	ブロック I Block I		ブロック II Block II		全 体 Total	
			平均値 Mean	標準偏差 S.D.	平均値 Mean	標準偏差 S.D.	平均値 Mean	標準偏差 S.D.
生材から絶乾までの半径方向収縮率 (東北) Radial shrinkage from green to oven-dry condition (Tohoku)	T- 1	3.5	2.8	0.35	2.9	0.3	2.8	0.3
	3	3.2	3.1	0.37	3.4	0.2	3.2	0.3
	7	4.5	3.1	0.37	3.0	0.5	3.0	0.4
	8	3.0	3.1	0.33	3.0	0.4	3.0	0.3
	9	4.4	3.0	0.39	3.2	0.4	3.1	0.4
	10	3.5	3.2	0.30	3.3	0.3	3.2	0.3
	13	2.8	2.7	0.31	2.9	0.3	2.8	0.3
	14	2.6	2.9	0.24	2.7	0.4	2.8	0.3
	17	4.0	2.9	0.21	2.9	0.3	2.9	0.2
	20	4.0	2.7	0.49	3.1	0.4	2.9	0.4
	21	3.0	2.6	0.28	2.8	0.5	2.7	0.4
	22	3.1	3.1	0.41	3.1	0.5	3.1	0.4
	23	3.5	3.0	0.59	3.2	0.3	3.1	0.4
	24	3.7	3.2	0.31	3.2	0.4	3.2	0.3
	25	3.3	3.1	0.40	2.9	0.4	3.0	0.4
	26	3.0	2.9	0.26	3.0	0.3	2.9	0.3
	27	3.4	3.0	0.40	3.0	0.5	3.0	0.4
	28	3.4	3.3	0.47	3.2	0.4	3.2	0.4
	29	3.3	3.1	0.36	3.3	0.4	3.2	0.4
	30	3.3	3.0	0.43	3.0	0.5	3.0	0.4
	平均値 Mean	3.4	2.9	0.36	3.06	0.39	3.0	0.35
生材から絶乾までの半径方向収縮率 (関西) Radial shrinkage from green to oven-dry condition (Kansai)	K-31	2.5	2.9	0.19	3.1	0.4	3.0	0.3
	33	3.7	3.2	0.45	2.9	0.4	3.0	0.4
	34	3.6	3.0	0.47	3.2	0.3	3.1	0.4
	35	3.5	3.0	0.28	2.8	0.3	2.9	0.3
	36	4.4	3.3	0.40	3.3	0.4	3.3	0.4
	39	3.3	3.3	0.39	3.3	0.3	3.3	0.3
	40	5.1	3.5	0.32	3.5	0.8	3.5	0.6
	41	3.8	3.0	0.40	3.4	0.3	3.2	0.3
	44	2.7	2.6	0.41	2.7	0.2	2.6	0.3
	45	3.7	2.9	0.32	2.6	0.4	2.7	0.3
	46	3.9	3.0	0.37	3.4	0.5	3.2	0.4
	47	3.8	3.0	0.30	3.0	0.3	3.0	0.3
	50	3.7	2.8	0.40	3.1	0.4	2.9	0.4
	52	3.3	2.9	0.38	2.8	0.4	2.8	0.4
	53	4.4	2.8	0.21	3.0	0.3	2.9	0.2
	54	3.6	3.0	0.33	3.1	0.4	3.0	0.3
	55	3.2	2.9	0.39	2.8	0.4	2.8	0.4
56	4.1	3.3	0.50	3.3	0.5	3.3	0.5	
59	4.3	3.1	0.32	2.8	0.3	2.9	0.3	
61	4.5	3.2	0.44	3.4	0.4	3.3	0.4	
	平均値 Mean	3.7	3.0	0.36	3.08	0.39	3.0	0.36

Table 2. (つづき) (Continued)

	家系番号 Tree No.	母 樹 Mother tree	ブロック I Block I		ブロック II Block II		全 体 Total		
			平均値 Mean	標準偏差 S.D.	平均値 Mean	標準偏差 S.D.	平均値 Mean	標準偏差 S.D.	
生材から絶乾までの収縮異方性 (T/R: 東北) Degree of anisotropic shrinkage (T/R) at oven-dry condition (Tohoku)	T- 1	2.7	2.4	0.4	2.4	0.4	2.4	0.4	
	3	2.2	2.1	0.3	2.1	0.2	2.1	0.2	
	7	1.7	2.2	0.3	2.3	0.4	2.2	0.3	
	8	2.5	2.2	0.3	2.3	0.3	2.2	0.3	
	9	2.0	2.2	0.3	2.2	0.3	2.2	0.3	
	10	2.5	2.2	0.2	2.2	0.4	2.2	0.3	
	13	2.7	2.6	0.3	2.4	0.3	2.5	0.3	
	14	2.7	2.4	0.3	2.4	0.4	2.4	0.3	
	17	2.4	2.5	0.4	2.5	0.4	2.5	0.4	
	20	2.0	2.2	0.3	2.2	0.3	2.2	0.3	
	21	2.8	2.6	0.3	2.5	0.4	2.5	0.3	
	22	2.3	2.3	0.2	2.2	0.4	2.2	0.3	
	23	2.2	2.3	0.3	2.2	0.3	2.2	0.3	
	24	2.3	2.1	0.2	2.3	0.3	2.2	0.2	
	25	2.6	2.4	0.5	2.6	0.3	2.5	0.4	
	26	2.5	2.3	0.2	2.4	0.3	2.3	0.2	
	27	2.4	2.3	0.3	2.4	0.4	2.3	0.3	
	28	2.3	2.2	0.3	2.3	0.4	2.2	0.3	
	29	2.1	2.1	0.2	2.2	0.3	2.1	0.2	
	30	2.4	2.3	0.4	2.3	0.4	2.3	0.4	
		平均値 Mean	2.4	2.3	0.3	2.3	0.3	2.3	0.3
	生材から絶乾までの収縮異方性 (T/R: 関西) Degree of anisotropic shrinkage (T/R) at oven-dry condition (Kansai)	K-31	3.0	2.4	0.2	2.3	0.4	2.3	0.3
		33	2.0	2.2	0.3	2.5	0.4	2.3	0.3
		34	2.1	2.5	0.2	2.2	0.4	2.3	0.3
		35	2.3	2.2	0.2	2.6	0.4	2.4	0.3
		36	2.0	2.2	0.3	2.2	0.3	2.2	0.3
		39	2.4	2.2	0.3	2.3	0.2	2.2	0.2
		40	1.6	1.9	0.2	2.1	0.4	2.0	0.3
		41	2.3	2.3	0.4	2.2	0.2	2.2	0.3
		44	2.7	2.5	0.4	2.6	0.3	2.5	0.3
45		2.2	2.5	0.3	2.7	0.3	2.6	0.3	
46		2.2	2.4	0.3	2.2	0.4	2.3	0.3	
47		2.4	2.5	0.3	2.5	0.4	2.5	0.3	
50		2.3	2.5	0.5	2.4	0.3	2.4	0.4	
52		2.2	2.4	0.3	2.5	0.4	2.4	0.3	
53		1.8	2.4	0.3	2.4	0.3	2.4	0.3	
54		2.3	2.4	0.3	2.4	0.5	2.4	0.4	
55		2.6	2.3	0.3	2.7	0.3	2.5	0.3	
56		2.2	2.3	0.3	2.3	0.3	2.3	0.3	
59		2.0	2.3	0.3	2.6	0.4	2.4	0.3	
61		1.8	2.1	0.3	2.2	0.3	2.1	0.3	
	平均値 Mean	2.2	2.3	0.3	2.4	0.3	2.3	0.3	

Table 3. 年輪構造各形質間の相関関係\*  
Correlation coefficients of ring structure traits

形質 Trait	年輪幅 RW	平均密度 MD	最小密度 MN	最大密度 MX	晩材率 LP	早材密度 ED	晩材密度 LD
年輪幅 RW		0.19** 0.19**	0.09 0.28**	0.01 0.16*	0.39** 0.40**	0.12 0.25**	0.17* 0.34**
平均密度 MD			0.83** 0.63**	0.04 0.56**	0.85** 0.81**	0.78** 0.59**	0.50** 0.27**
最小密度 MN				0.06 0.34**	0.57** 0.26**	0.87** 0.89**	0.30** 0.01
最大密度 MX					0 0.33**	0.02 0.31**	0.09 0.64**
晩材率 LP						0.50** 0.20**	0.28** 0.07
早材密度 ED							0.27** 0.01
晩材密度 LD							

Note)

RW, MD, MN, MX, LP, ED, LD: Table 1 参照 See Table 1.

上段は東北産, 下段は関西産 Upper column for Tohoku, lower column for Kansai

\*\* : 1%レベルで有意 \* : 5%レベルで有意

Significant at 1% level Significant at 5% level

#### 2-5) 各形質の遺伝率の推定

遺伝率の推定は、分散分析と親子の回帰係数による方法によった。年輪構造解析により求めた各形質については、家系の数にあわせる必要があったため、東北産 17 系統、関西産 12 系統について求めた。また、この解析は、母樹、家系ともに髓から 8 年輪目と 9 年輪目の 2 年輪の平均値を用いて行われたものである。

##### (1) 分散分析から求めた遺伝率

各形質についてえられた分散分析の結果を Table 7 に示す。なお分散成分による遺伝率は次式によって求めた。

$$\text{遺伝率 } h^2 = \frac{4 \times \sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2} \times 100\%$$

$$\sigma_s^2 = \text{家系} \quad \sigma_p^2 = \text{交互作用}$$

$$\sigma_e^2 = \text{誤差}$$

この結果に基づいて、東北産と関西産について、各形質ごとに系統分散、プロット分散、分散誤差、遺伝率を求めた。各形質についての遺伝率を総括し、Table 8 に示す。東北産では最大密度で 32.3%、晩材密度で 23.4% の遺伝率を認めたが、そのほかの形質では 0% であった。また、関西産については年輪幅に 43.2%、晩材密度に 22.6% の遺伝率が得られたが、そのほかの形質ではいずれも遺伝率の値は低かった。この結果、東北と関西の両産地に共通して遺伝率である程度の値が得ら



Table 4. 東北産、関西産母樹と子供家系の形質間の相関  
Correlation coefficients between of ring traits of mother tree  
and family (Tohoku and Kansai)

母樹番号 Tree NO.	年輪幅 RW	平均密度 MD	最大密度 MX	最小密度 MN	晩材率 LP	早材密度 ED	晩材密度 LD
T-01	0.08	0.66 *	0.83 **	0.37	0.78 **	0.63 *	0.71 **
T-03	0.90 **	0.26	0.45	0.72 **	0.36	-0.66 *	0.51
T-07	0.56	-0.29	0.91 **	0.19	-0.67	-0.56	0.37
T-08	0.80 **	0.11	0.93 **	0.37	0.24	0.20	0.91 **
T-09	0.08	-0.24	0.95 **	-0.16	-0.19	-0.39	0.85 **
T-10	0.32	0.16	0.70 *	0.64 *	-0.39	-0.53	0.82 **
T-13	0.46	0.56	0.96 **	0.45	0.81 **	0.34	0.96 **
T-14	0.25	0.47	0.66 *	0.43	0.67 *	0.22	0.65 *
T-17	-0.34	0.58 *	0.91 **	-0.39	0.53	-0.10	0.86 **
T-20	0.78 **	0.27	0.90 **	0.11	0.40	0.41	0.90 **
T-21	0.20	-0.15	0.92 **	0.14	-0.49	0.81 **	0.93 **
T-22	0.71 **	0.25	0.79 **	0.72 **	0.30	0.52	0.88 **
T-24	0.69 *	0.03	0.90 **	-0.09	-0.35	-0.11	0.56
T-25	0.74 **	0.38	0.82 **	0.82 **	-0.37	-0.48	0.69 *
T-26	0.66 *	0.32	0.91 **	-0.37	0.44	0.17	0.80 **
T-27	0.62 *	0.31	0.82 **	0.15	-0.23	0.30	0.89 **
T-28	0.47	0.34	0.92 **	0.72 **	0.11	-0.73 **	0.92 **
T-29	0.40	-0.22	0.93 **	0.17	-0.07	0.10	0.84 **
T-30	9.59 *	0.18	0.87 **	0.54	0.25	0.65 *	0.90 **
K-31	0.12	-0.11	0.64 *	0.84 **	0.40	0.62 *	0.63 *
K-33	0.29	0.21	0.88 **	-0.64 *	-0.30	-0.05	0.90 **
K-34	0.22	0.10	0.97 **	-0.32	0.21	0.12	0.90 **
K-35	0.38	0.54	0.97 **	0.62 *	0.43	0.17	0.90 **
K-36	0.39	0.40	0.70 *	-0.17	0.68 *	0.21	0.43
K-39	0.43	-0.42	0.41	-0.24	-0.15	0.30	0.51
K-40	0.29	0.09	0.92 **	-0.13	0.61 *	0.71 **	0.94 **
K-41	0.51	-0.40	0.92 **	0.18	-0.18	-0.55	0.94 **
K-44	0.75 **	0.21	0.85 **	0.64 *	0.04	0.58 *	0.71 **
K-45	0.34	0.42	0.80 **	0.12	0.39	0.54	0.85 **
K-46	0.38	-0.60 *	0.92 **	-0.37	0.23	0.51	0.75 **
K-47	0.43	-0.17	0.70 *	-0.32	0.37	0.19	0.77 **
K-50	-0.37	0.19	0.94 **	0.65 *	0.26	-0.80 **	0.81 **
K-53	0.18	0.49	0.68 *	0.29	0.38	-0.37	0.77 **
K-54	-0.26	-0.19	0.89 **	0.54	-0.17	-0.12	0.72 **
K-55	0.05	0.23	0.39	0.00	0.58 *	-0.19	0.38
K-56	-0.07	0.35	0.94 **	0.73 **	0.26	0.54	0.90 **
K-59	0.22	0.35	0.67 *	-0.21	0.21	-0.06	0.89 **
K-61	0.42	0.10	0.80 **	0.00	0.39	0.33	0.78 **

Note)

RW, MD, MX, MN, LP, ED, LD: Table 1 参照 See Table 1.

T: 東北産 (Tohoku)、K: 関西産 (Kansai)

\*\* : 1%レベルで有意

\* : 5%レベルで有意

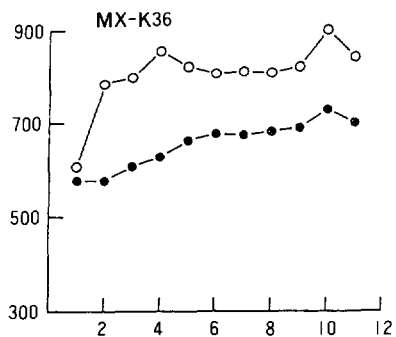
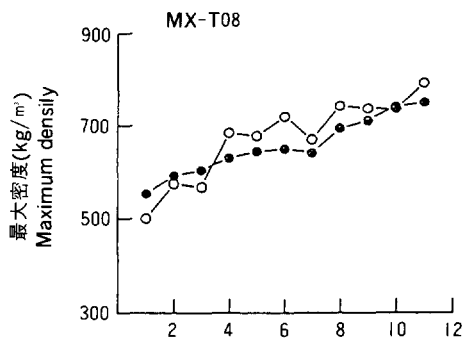
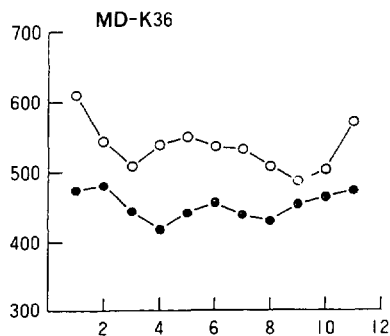
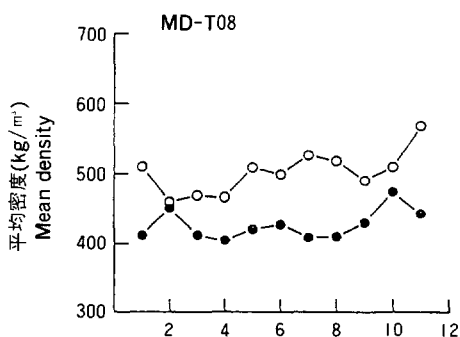
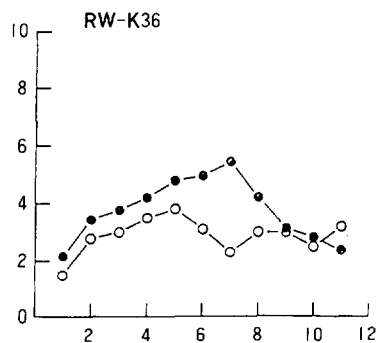
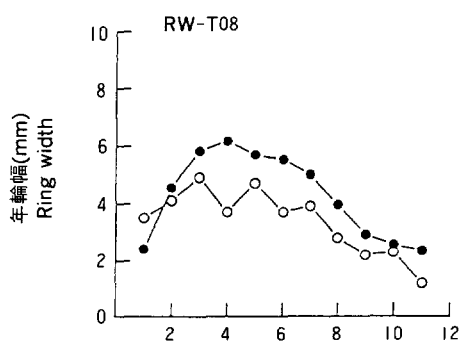
Significant at 1% level

Significant at 5% level

れた形質は晩材密度と最大密度だけである。

(2) 親子相関から推定した遺伝率

母樹家系とそれぞれの家系との遺伝率は、両者の回帰係数を 2 倍して求めたものである。その結果を Table 9 に示す。Table 9 は、分散分析から求めた遺伝率の結果と比較し易くするために、回帰係数を 100 倍し、パーセントで表示した。東北産の 17 家系の遺伝率は、早材密度 38.2%、平均密度



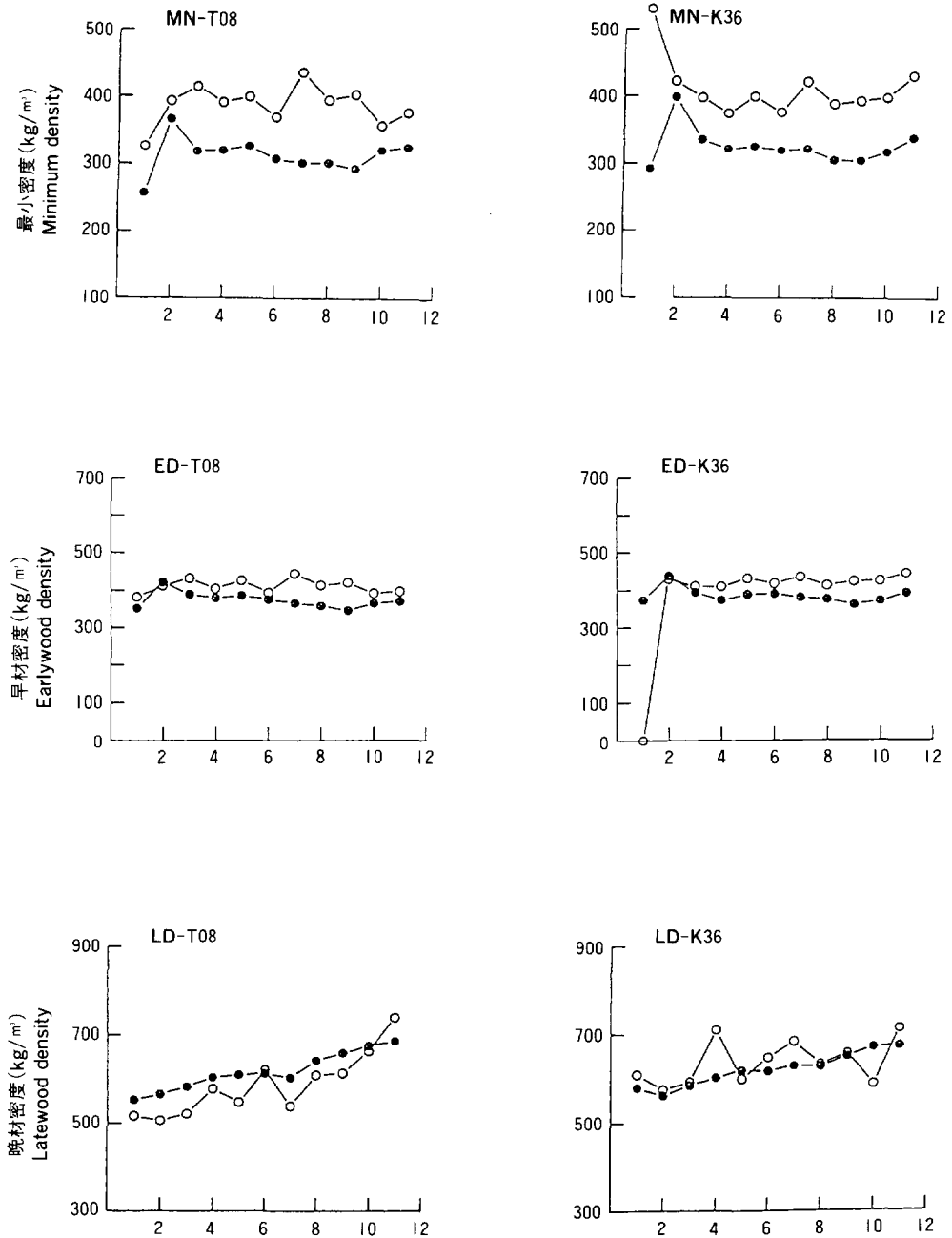


Fig.1. 母樹の子供群の材質指標の経年変化  
 Variation in wood characteristics with ring number from pith.

Note)

T 08 : 東北産 Tohoku K 36 : 関西産 Kansai

RW, MD, MN, MX, LP, ED, LD, 表-1 参照 See Table 1

Fig.1. (つづき) (Continued)

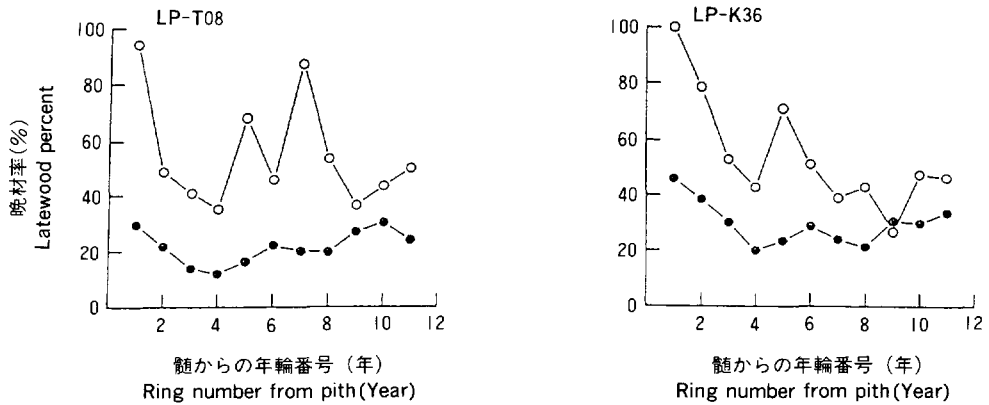


Table 5. 収縮性能に関する形質の母樹と子供家系の相関  
Correlation coefficients between shrinkage traits of mother tree and family

産地 Provenance 形質 Trait	ブロック I 東北 Tohoku	(BLOCK I) 関西 Kansai	ブロック II 東北 Tohoku	(BLOCK II) 関西 Kansai
年輪幅 Ring width	0.01 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	0.44 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>
接線方向 Tan.sh.	0.40 <sup>ns</sup>	0.48 *	0.41 *	0.47 *
半径方向 Rad.sh.	0.59 **	0.48 *	0.36 <sup>ns</sup>	0.46 *
収縮異方性 T/R	0.66 **	0.41 *	0.61 **	0.36 <sup>ns</sup>

Note)

\*\* : 1%レベルで有意      \* : 5%レベルで有意      NS : 有意でない  
Significant at 1% level      Significant at 5% level      Not significant  
Tan. sh. : Tangential shrinkage      Rad. sh. : Radial shrinkage

29.7%, 最大密度 28.6%, 最低密度 27.8%, 晩材率 16.7%の順となるが, 年輪幅と晩材密度では遺伝率は 0 である。また, 関西産 12 家系については晩材密度 18.0%, 最大密度 5.1%, 晩材率は 1.1%, その他の 4 形質では 0 である。収縮性能について求めた遺伝率を Table 10 に示す。収縮異方度 (T/R), 接線方向収縮率, 半径方向収縮率の順に遺伝率が低くなる。

Table 6. 年輪構造に関する諸形質の産地間差  
Analysis of variance of rings structure traits of the provenances.

形質 Traits	要因 Factor	自由度 D.F	平方和 SS	平方平均 MS	分散 F
年輪幅 Ring width	反復 Block	1	0.010	0.010	0.028
	産地 Provenance	1	2.367	2.367	6.543 *
	産地内家系 Family P.R	29	10.490	0.362	1.047
	誤差 Error	30	10.365	0.345	
	全体 Total	61	23.231		
平均密度 Mean density	反復 Block	1	6 512.934	6 512.934	6.874
	産地 Provenance	1	733.771	733.771	1.111 <sup>NS</sup>
	産地内家系 Family P.R	29	19 146.141	660.212	0.697
	誤差 Error	30	28 424.922	947.497	
	全体 Total	61	54 817.773		
最大密度 Maximum density	反復 Block	1	1.313	1.313	0.001
	産地 Provenance	1	11 506.211	11 506.211	8.345 **
	産地内家系 Family P.R	29	39 984.410	1 378.773	1.068
	誤差 Error	30	38 727.316	1 290.910	
	全体 Total	61	90 219.312		
最小密度 Minimum density	反復 Block	1	7 241.781	7 241.777	1.555
	産地 Provenance	1	6 247.816	6 247.816	1.560 <sup>NS</sup>
	産地内家系 Family P.R	29	116 151.250	4 005.215	0.860
	誤差 Error	30	139 690.125	4 656.336	0.860
	全体 Total	61	269 331.062		
晩材率 Latewood percent	反復 Block	1	396.330	396.330	14.760
	産地 Provenance	1	198.170	198.170	8.864 **
	産地内家系 Family P.R	29	648.331	22.356	0.833
	誤差 Error	30	805.574	26.852	
	全体 Total	61	2 048.405		
早材密度 Earlywood density	反復 Block	1	4 026.129	4 026.129	7.329
	産地 Provenance	1	909.236	909.236	2.788 <sup>NS</sup>
	産地内家系 Family P.R	29	9 457.555	326.123	0.594
	誤差 Error	30	16 480.180	549.339	
	全体 Total	61	30 873.105		
晩材密度 Latewood density	反復 Block	1	2 667.493	2 667.493	7.851
	産地 Provenance	1	3 615.810	3 615.810	11.225 **
	産地内家系 Family P.R	29	9 341.582	322.123	0.948
	誤差 Error	30	10 192.996	339.766	
	全体 Total	61	25 817.887		

Note)

\*\* : 1%水準で有意

\* : 5%水準で有意

NS : 有意でない

Significant at 1% level

Significant at 5% level

Not significant

Table 7. 年輪構造に関する諸形質の遺伝率推定のための分散分析  
Analysis of variance of ring structure traits for the estimation of their heritabilities.

形質 Traits	要因 Factor	東 北 (Tohoku)				関 西 (Kansai)			
		自由度 D.F	平方和 SS	平方平均 MS	分散 F	自由度 D.F	平方和 SS	平方平均 MS	分散 F
年輪幅 Ring width	反復 Block	1	2.206	2.206	0.987	1	0.697	0.697	0.280
	家系 Family	17	21.618	1.272	0.569	12	53.027	4.419	1.776
	交互作用 Inter.act.	17	37.997	2.235	1.698	12	29.854	2.488	1.688
	誤差 Error	216	284.327	1.316		156	229.915	1.474	
	全体 Total	251	346.148			181	313.492		
平均密度 Mean density	反復 Block	1	10 608.000	10 608.000	1.846	1	50 912.000	50 912.000	7.165
	家系 Family	17	75 616.000	4 448.000	0.774	12	62 192.000	5 182.664	0.729
	交互作用 Inter.act.	17	97 680.000	5 745.879	1.573	12	85 264.000	7 105.332	2.017
	誤差 Error	216	788 800.000	36 51.852		156	549 648.000	3 523.385	
	全体 Total	251	972 704.000			181	748 016.000		
最大密度 Maximum density	反復 Block	1	16 912.000	16 912.000	2.538	1	20 496.000	20 496.000	2.059
	家系 Family	17	189 744.000	11 161.410	1.675	12	102 016.000	8 501.332	0.854
	交互作用 Inter.act.	17	113 296.000	6 664.469	1.263	12	119 440.000	9 953.332	1.685
	誤差 Error	216	1 140 176.000	5 278.590		156	921 552.000	5 907.383	
	全体 Total	251	1 460 128.000			181	1 163 504.000		
最小密度 Minimum density	反復 Block	1	1 200.000	1 200.000	0.217	1	101 952.000	101 952.000	1.472
	家系 Family	17	58 576.000	3 445.647	0.623	12	755 472.000	62 956.000	0.909
	交互作用 Inter.act.	17	93 952.000	5 526.586	2.088	12	831 392.000	69 282.625	22.919
	誤作 Error	216	571 808.000	2 647.259		156	471 568.000	3 022.872	
	全体 Total	251	725 536.000			181	2 160 384.000		

Table 7. (つづき) (Continued)

形質 Traits	要因 Factor	東 北 (Tohoku)				関 西 (Kansai)			
		自由度 D.F	平方和 SS	平方平均 MS	分散 F	自由度 D.F	平方和 SS	平方平均 MS	分散 F
晩材率 Latewood percent	反復 Block	1	557.750	557.750	4.316	1	2 891.250	2 891.250	12.536
	家系 Family	17	2 073.062	121.945	0.944	12	2 475.937	206.328	0.895
	交互作用 Inter.act.	17	2 196.750	129.221	1.212	12	2 767.625	230.635	2.154
	誤差 Error	216	23 024.625	106.595		156	16 701.937	107.064	
	全体 Total	251	27 852.187			181	24 836.750		
早材密度 Earlywood density	反復 Block	1	10 832.000	10 832.000	2.320	1	21 056.000	21 056.000	7.795
	家系 Family	17	40 528.000	2 384.000	0.511	12	27 472.000	2 289.333	0.847
	交互作用 Inter.act.	17	79 360.000	4 668.234	2.267	12	32 416.000	2 701.333	1.585
	誤作 Error	216	444 736.000	2 058.063		156	265 808.000	1 703.897	
	全体 Total	251	575 456.000			181	346 752.000		
晩材密度 Latewood density	反復 Block	1	35 424.000	35 424.000	13.909	1	2 480.000	2 480.000	3.683
	家系 Family	17	48 352.000	2 844.235	1.117	12	25 216.000	2 101.333	3.121
	交互作用 Inter.act.	17	43 296.000	2 546.823	1.257	12	8 080.000	673.333	0.383
	誤作 Error	216	437 632.000	2 026.074		156	274 032.000	1 756.615	
	全体 Total	251	564 704.000			181	309 808.000		

Table 8. 分散分析から求めた諸形質の遺伝率の推定値 (関西, 東北)  
Heritability estimates of each by analysis of variance of ring structure(Kansai and Tohoku)

形質 Trait	関 西 (Kansai)				東 北 (Tohoku)			
	家 系 family	プロット plot	誤 差 error	遺 伝 率 heritability	家 系 family	プロット plot	誤 差 error	遺 伝 率 heritability
年 輪 幅 RW	0.197	0.001	1.625	43.2				0
平均密度 MD				0				0
最低密度 MN				0				0
最大密度 MX	127.524	180.557	7301.434	6.7	551.260	119.895	6155.555	32.3
晩 材 率 LP	0.944	27.570	186.558	1.8				0
早材密度 ED				0				0
晩材密度 LD	127.537	0.0	2126.476	22.6	175.597	20.160	2805.704	23.4

Notes)

RW, MD, MN, MX, LP, ED, LD : Fig 1 参照 See Fig. 1.

Table 9. 親子回帰による遺伝率一覧表  
(8年と9年の平均)

Heritability estimates by regression coefficient of ring structure traits (mean value for 8th and 9th ring from pith).

産地 Provenance 形質 Trait	遺 伝 率 (Heritability %)	
	関 西 Kansai	東 北 Tohoku
平均年輪幅 Ring width	0*1	0*1
平均密度 Mean density	0*1	29.7
最大密度 Max. density	5.1	28.6
最低密度 Min. density	0*1	27.8
早材密度 Earlywood density	0*1	38.2
晩材密度 Latewood density	18.0	0*1
晩 材 率 Latewood percent	1.1	16.7

Note)

\* 1 : 負の結果はゼロとみなした  
Minus value of heritability regarded as zero

Table 10. 親子回帰から求めた収縮性能に関する遺伝率

Heritability estimates by the coefficient of regression analysis of shrinkage traits.

産地 Provenance 形質 Trait	ブロック I		ブロック II	
	東北 Tohoku	関西 Kansai	東北 Tohoku	関西 Kansai
年 輪 幅 Ring width	0	-0.18	-0.20	-0.22
接続方向収縮率 Tangential shrinkage	0.15	0.19	0.16	0.19
半径方向収縮率 Radial shrinkage	0.34	0.20	0.13	0.19
収縮異方性 (T/R)	0.27	0.23	0.26	0.20



## 摘 要

東北産と関西産アカマツの母樹から採取した種子から育成した苗を岩手試験地に植栽して得られた家系の年輪構造に関する指標、収縮性能を表す指標について、出現分布、指標相互の関係、経年変化、遺伝率などについて検討した結果を要約すると次のようになる。

(1) 産地間で差異が認められる形質は、最大密度、晩材密度、晩材率(1%水準)である。また、年輪幅には5%水準で有意な産地間差異が認められる。しかし、平均密度、最小密度、早材密度には産地間で差異がない。

(2) 接線方向、半径方向の収縮率は、東北産に比べて関西産の方が大きい傾向を示す。

(3) 東北産、関西産に共通して、形質の間で相関関係があるのは、年輪幅と晩材率との関係だけである(5%水準)。しかし、この値は、その他の形質間にみられる関係に比べると低い。したがって、材質育種に関する形質としては、年輪幅のみでなく最大密度、最小密度、早材密度、晩材密度なども取り上げる必要がある。親子の相関については、両産地とも最大密度、晩材密度および最小密度の3形質が有効であり、その他の形質は相関が認められても正相関、負相関が混在する。

(4) 年輪構造の各形質の母樹と家系との関係は、東北産、関西産いずれも最大密度は晩材密度との間に最も高い相関関係をもつが、平均密度との相関は低い。

(5) 収縮率の母樹と家系との間の関係については、接線方向では東北産よりも関西産の方が相関が高い。

(6) 分散分析から求めた年輪構造形質の遺伝率は東北産では最大密度で32.3%、晩材密度で23.4%、そのほかの形質では0%であった。また、関西産については、年輪幅に43.2%、晩材密度に22.6%、最大密度に6.7%、晩材率に1.8%の遺伝率がみとめられたが、そのほかの形質ではいずれも0%であった。この結果、東北産、関西産ともに遺伝率が求められた形質は晩材密度と最大密度だけである。

(7) 回帰係数から求めた遺伝率は、東北産(17家系)では早材密度38.2%、平均密度29.7%、最大密度28.6%、最低密度27.8%、晩材率16.7%の順となる。年輪幅と晩材密度では遺伝率は低い値を示す。また、関西産12家系については、晩材率18.0%、最大密度5.1%、晩材密度はわずかに1.1%で、その他の形質では遺伝率が0%である。

収縮性能について親子回帰から求めた遺伝率は、両ブロックとも関西産の方が高い値を示し、収縮異方度(T/R)、接線方向収縮率、半径方向収縮率の順に遺伝率が低くなる。

## 引用文献

- 1) 太田貞明：軟X線・デンスitomーターによる木材密度の測定，木材工業，25，276 (1970)
- 2) 材質育種研究班：材質育種に関する研究(第1報)，林試研報，22 (1969)
- 3) 材質育種研究班：材質育種に関する研究(第2報)，林試研報，244 (1972)

**Variations, Parent-Offspring Correlations and Heritabilities  
on the Ring Structure and Shrinkage Traits of  
Open-Pollinated Families Akamatsu  
(*Pinus densiflora* SIEB et ZUCC.)**

Sadaaki OHTA:

**Summary**

The variations, parent-offspring correlations and narrow sense heritabilities of annual ring structure (ring width, mean density, maximum and minimum density, earlywood and late wood density of each ring, latewood percent) and shrinkage traits in open pollinated families of young Akamatsu (*Pinus densiflora* SIEB. & ZUCC.) were examined. The sample discs were taken from the Iwate test plantation and each trait was studied in relation to the ring number from pith and discussed in comparison with those of the mother trees which were from two districts, Tohoku and Kansai. Moreover, variations in these traits within and between families and between provenances were obtained, together with parent-offspring correlations. The maximum and minimum density, earlywood and latewood density are able to provide more detailed information than annual ring width on tree breeding for wood properties in Akamatsu. The differentiations of the provenance regions for qualitative traits were density and latewood percent at 1% significant level and no differences were apparent in the mean density, minimum and earlywood density. Narrow sense heritabilities based on the parent-offspring correlation were approximately 32% for maximum density and 23% for latewood density in Tohoku, the same sense, 43% for ring width, 22% for latewood density and 7% for maximum density in the Kansai provenance. Another way of estimation, that is, heritabilities based on the variance components were 38% for earlywood density, 30% for mean density, 29% for maximum density, 28% for minimum density in the Tohoku and 18% for latewood density, 5% for maximum density in the Kansai provenances.

Parent-offspring correlation (coefficients for shrinkage traits obtained a higher correlation) in the Tohoku provenance those of in the Kansai for tangential shrinkage at 5% significant level.

Narrow sense heritabilities for shrinkage traits based on the parent-offspring correlation were 15% and 19% for tangential shrinkage in the Tohoku and the Kansai provenances respectively. Those of radial shrinkage and anisotropic shrinkage, were 13~34% and 19~20%, and 26~27% and 20~23% in the Tohoku and the Kansai provenances respectively.

---

Received January 5, 1988

(1) ex-wood Technology Division, in the former organization  
(wood Technology Division)