

アカマツ自然受粉家系の仮道管長の変動と 遺伝率の推定

須 川 豊 伸

Toyonobu SUGAWA : Variations, Parent-Offspring Correlations
and Heritabilities on the Tracheid Length Traits in
Open-Pollinated Families of Akamatsu
(*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC)

要 旨：東北および関西産アカマツ天然生母樹から種子を採取し、設定した岩手試験地からの39家系、532個体から試料を得て仮道管長を測定した。仮道管長は、試料が若齢であったため、髄から外側へむかって急激に増加しており、安定した値には達していなかった。測定結果からみると、母樹の場合には、東北で1277~2953 μm 、関西で1498~3424 μm (いずれも第1年輪と第10年輪)であったが、家系では、東北で1405~3328 μm 、関西では1423~3249 μm となり、両者の差は少なくなった。母樹と家系の仮道管長の変動係数の髄から外側へむかう変動をみると、前者では第4~6年輪に最大値をもつような変動をするが、後者では第1年輪に最大値があり、髄から外側へむかって減少している。一方、家系内における変動係数は第1年輪で低く、後、第3~5年輪で最大となり、外側へむかって低下するようになる。母樹と家系の値の間で親子相関を求めると、年輪番号が大きいほど、相関係数が高くなるが、関西では有意で、東北では有意でなかった。遺伝率の推定は親子相関と家系の分散成分を用いる2方法で行った。前者によると、関西産では25.2~50.0%、東北産では9.6~27.4%であった。また、後者によると、遺伝率は関西産20.9~62.1%、東北産で0~30.7%であった。

ま え が き

岩手県下に設定した東北産と関西産の天然アカマツ母樹の自然受粉家系の植栽試験地から532本を供試木として用い、その仮道管長の測定結果にもとづいて、個体平均値、家系平均値、産地平均値を求め、家系内変動、家系間変動などを検討した結果を述べる。さらに母樹と家系の仮道管長平均値によって親子相関を求め、家系の分散成分と親子回帰の2つの方法によって狭義の遺伝率を推定した。

針葉樹材の仮道管長は、木材の基礎的な性質としてきわめて重要なもので、比重やセルロース含量などと相関が高く、パルプなどの繊維原料として利用する場合に製品の品質と関係が深いため、古くから多くの研究がなされている。

アカマツ仮道管長についてはすでに詳細に研究されているが、^{4,11,12,13,14,15,16}これらの研究では仮

仮道管長の樹種特性としての個体内や個体間の変動に関するものが多い。仮道管長を育種の対象として、その遺伝について研究されたものはほとんどなく、須藤^{15),16)}によるアカマツ若齢部分と全年輪の仮道管長平均値との間の関係からの早期検定の可能性および須川¹⁰⁾による自然交配家系の仮道管長の遺伝率の推定について報告されているにすぎない。

一方、国外では、仮道管長の遺伝について、DADSWELL et al.²⁾ NICHOLLS⁷⁾、およびNICHOLLS et al.⁸⁾が*Pinus radiata*でそれぞれ0.81 (広義)、0.2~0.5 (広義)、および0.28 (狭義)、ZOBEL et al.¹⁷⁾が*Pinus elliotti*の5年生の接木クローンで0.56 (広義)、SMITH⁹⁾が同じく4~6年生木で0.56 (広義)、11年生木で0.38~0.60 (狭義)、GOGGANS³⁾が、*Pinus taeda*の第5および6年輪の早材でそれぞれ0.54と0.77 (狭義)、晩材でそれぞれ0.85と0.97 (狭義)などの遺伝力を報告している。

1 材料と方法

1-1 材料

岩手県下に設定された岩手試験地のIとIIブロックから、1983年9月に各家系7~10本の供試木を伐採した。それらの幹の頂端から10~12番目の節間で、その中央部から厚さ2.5cmの円板を採取し仮道管長測定用の試料とした。測定に用いた家系と供試木本数はIブロックから東北、関西産ともに18家系、126本、IIブロックから東北産19家系133本、関西産21家系、147本の合計532本である。

1-2 測定方法

各供試木から採取された円板から、髄をとる幅2cmの試片を採取した。アテなどの欠点を除いた一方向について髄から第7、9、10年輪(第Iブロック)、第1、3、5、7、9、10年輪(第IIブロック)の晩材部をカッターで切り取り、マッチ軸木状にして試験管中のジェフレー氏液に約1週間浸漬して仮道管を解離した。おのおのの年輪について50本の仮道管を無作為に選んで投影機により50倍に拡大して測定し、その平均値をその年輪における平均仮道管長とした。

遺伝率の推定に当たっては上述の試料のうち、第7、9、10年輪を対象とした。これは既往の文献⁹⁾、および筆者の予備的な検討によって遺伝率が、第1年輪から外側へむかって高くなり、第9年輪前後で最高になり、以後低下していくことが明らかにされているため、最高値を示す部分を用いようとしたためである。

2 結果と考察

2-1 仮道管長の母樹間と家系間変動

Table 1には、ブロックIIで測定を行った全ての母樹と家系(東北産19、関西産21)の平均仮道管長を各年輪ごとに家系番号順に配列し、その下段に各年輪ごとの平均値、最小、最大値および標準偏差と変動係数を示した。また母樹の髄から第25年輪以上の仮道管長の平均値を成熟材の仮道管長として加えた。^{18),19)}

各家系ごとの仮道管長が髄から外側へどのように変動するか典型的な例のいくつかを年輪幅の変

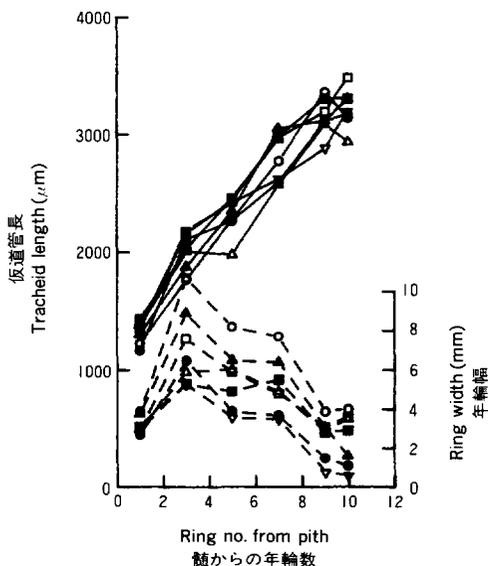


Fig. 1-1. 家系内の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(東北)

Variation of tracheid length and ring width within each individual of family with ring number from pith. (T-14-199)

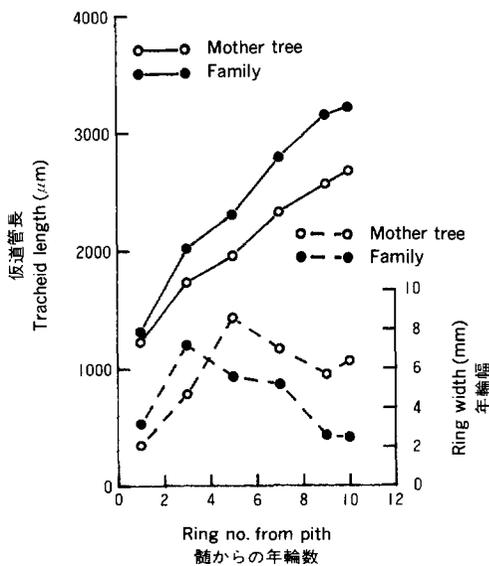


Fig. 1-2. 母樹と家系の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(東北)

Variation of tracheid length and ring width of mother tree and family with ring number from pith. (T-14-199)

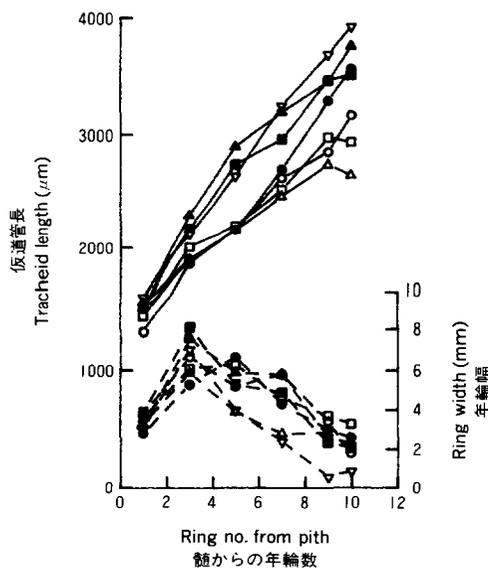


Fig. 2-1. 家系内の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(東北)

Variation of tracheid length and ring width within each individual of family with ring number from pith. (T-24-291)

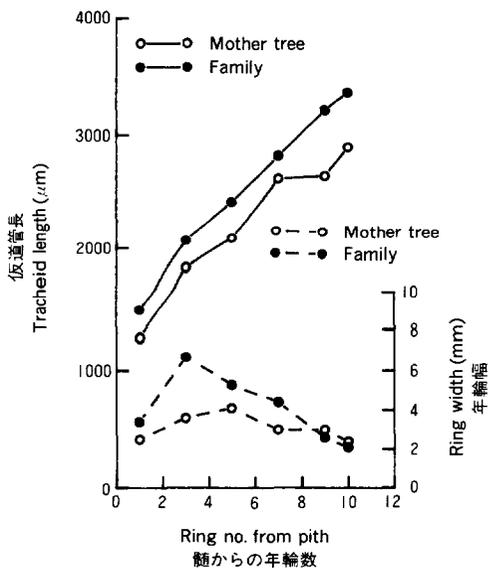


Fig. 2-2. 母樹と家系の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(東北)

Variation of tracheid length and ring width of mother tree and family with ring number from pith. (T-24-291)

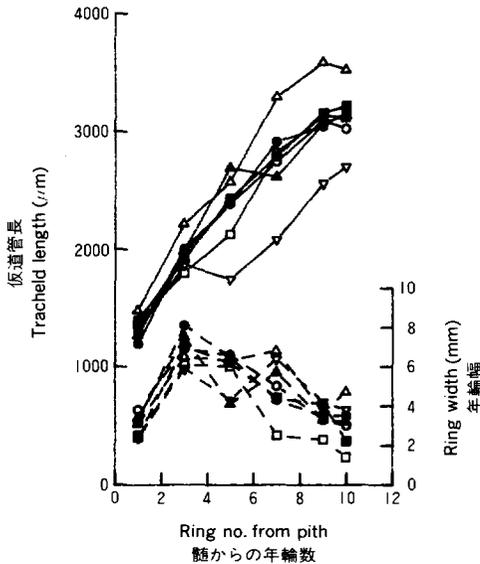


Fig. 3-1. 家系内の仮道管長と年輪幅の髄からの変動 (東北)

Variation of tracheid length and ring width within each individual of family with ring number from pith. (T-28-390)

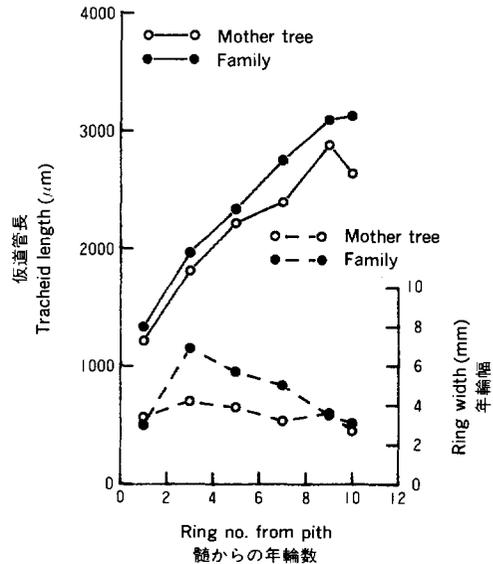


Fig. 3-2. 母樹と家系の仮道管長と年輪幅の髄からの変動 (東北)

Variation of tracheid length and ring width of mother tree and family with ring number from pith. (T-28-390)

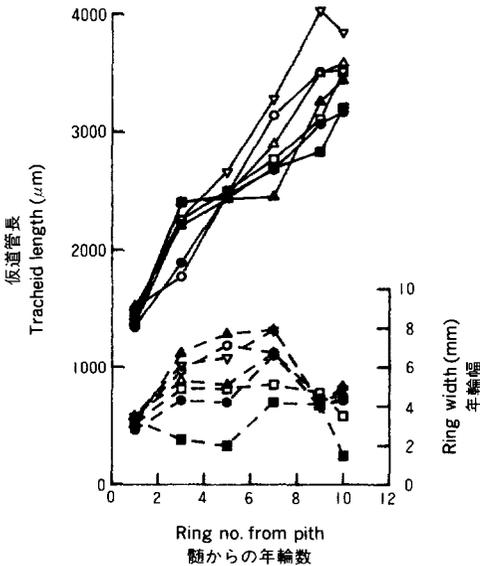


Fig. 4-1. 家系内の仮道管長と年輪幅の髄からの変動 (関西)

Variation of tracheid length and ring width within each individual of family with ring number from pith. (K-35-31)

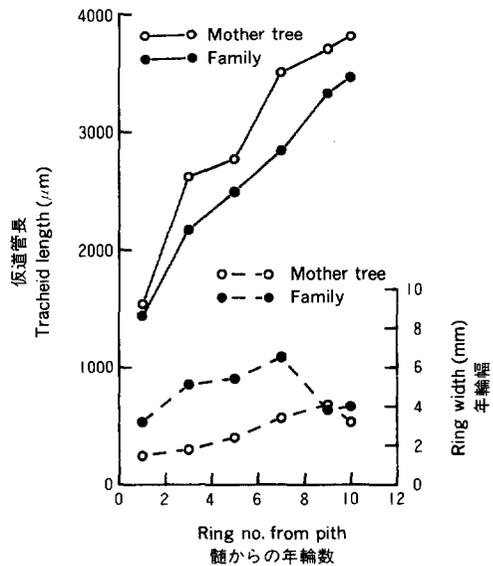


Fig. 4-2. 母樹と家系の仮道管長と年輪幅の髄からの変動 (関西)

Variation of tracheid length and ring width of mother tree and family with ring number from pith. (K-35-31)

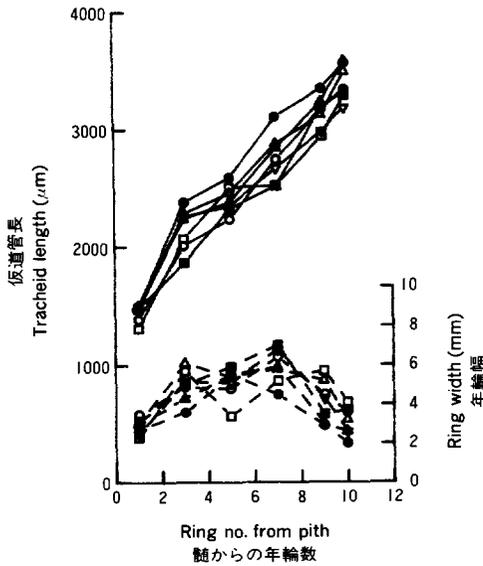


Fig. 5-1. 家系内の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(関西)

Variation of tracheid length and ring width within each individual of family with ring number from pith. (K-44-179)

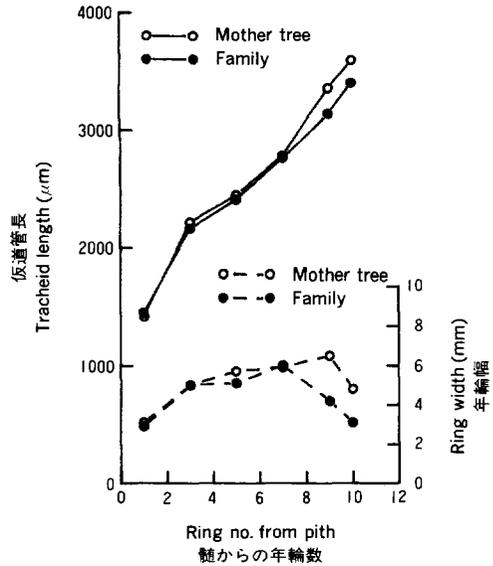


Fig. 5-2. 母樹と家系の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(関西)

Variation of tracheid length and ring width of mother tree and family with ring number from pith. (K-44-179)

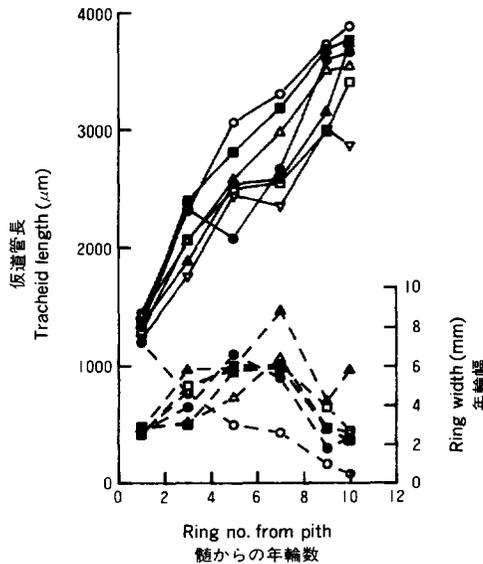


Fig. 6-1. 家系内の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(関西)

Variation of tracheid length and ring width within each individual of family with ring number from pith. (K-45-185)

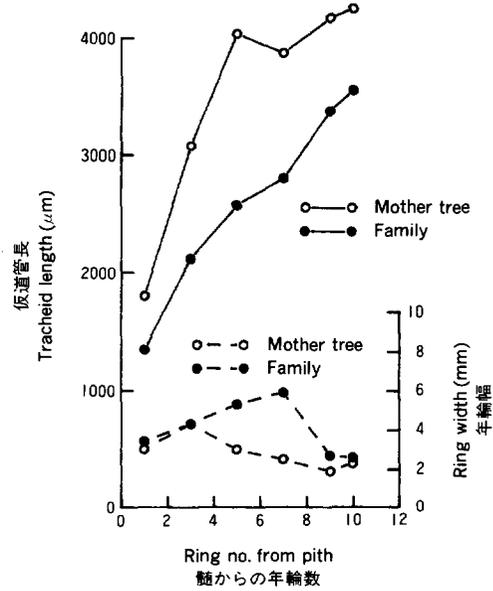


Fig. 6-2. 母樹と家系の仮道管長と年輪幅の髄からの変動(関西)

Variation of tracheid length and ring width of mother tree and family with ring number from pith. (K-45-185)

Table 1. (つづき) (Continued)

	髄からの年輪番号 Ring number from pith		第 1 年輪 1st ring		第 3 年輪 3rd ring		第 5 年輪 5th ring	
	母樹番号 Mother tree No.	系統番号 Family No. Tohoku	母樹 Mether tree	家系 Family	母樹 Mether tree	家系 Family	母樹 Mether tree	家系 Family
Block II, Kansai	13	K31	1 784	1 326	2 064	1 982	2 139	2 449
	17	K32	1 260	1 387	2 106	1 821	2 558	2 209
	21	K33	1 360	1 446	2 271	1 925	2 848	2 254
	23	K34	1 282	1 530	2 582	1 980	2 622	2 357
	31	K35	1 539	1 437	2 620	2 172	2 771	2 494
	44	K36	1 352	1 532	2 225	2 087	2 804	2 431
	66	K39	1 738	1 286	1 869	1 901	2 305	2 414
	67	K40	1 534	1 571	1 647	2 032	2 693	2 253
	115	K41	1 428	1 448	1 650	2 019	2 230	2 303
	179	K44	1 416	1 449	2 219	2 160	2 446	2 407
	185	K45	1 800	1 352	3 077	2 117	4 038	2 575
	207	K46	1 370	1 302	2 268	1 889	2 373	2 336
	217	K47	1 468	1 493	1 979	2 142	2 124	2 404
	242	K50	1 267	1 481	2 326	2 092	2 570	2 449
	255	K51	1 506	1 430	1 878	2 028	2 745	2 399
	259	K52	1 381	1 322	2 150	1 944	2 557	2 286
	281	K54	1 690	1 331	1 890	1 962	2 726	2 248
	289	K55	1 624	1 365	2 304	1 916	2 354	2 187
	305	K56	1 594	1 491	2 192	2 018	3 120	2 357
	353	K59	1 483	1 379	2 444	1 865	2 680	2 207
409	K61	1 576	1 516	2 291	2 046	3 435	2 300	
平均 Mean	最小長 μm Minimum length		1 260	1 286	1 647	1 821	2 124	2 187
	最大長 μm Maximum length		1 800	1 571	3 077	2 160	4 038	2 575
	平均長 μm Mean length		1 498	1 423	2 193	2 005	2 673	2 349
	標準偏差 (μm) Standard deviation		164.6	84.3	331.1	99.9	442.2	103.7
	変動係数 (%) Coefficient of variation		11.0	5.9	15.1	5.0	16.5	4.4

第7年輪 7th ring		第9年輪 9th ring		第10年輪 10th ring		母樹の成熟材平均仮道管長 Tracheid length of adult wood of mother tree (>25th ring) μm
母樹 Mether tree	家系 Family	母樹 Mether tree	家系 Family	母樹 Mether tree	家系 Family	
2 906	2 814	3 247	3 387	3 371	3 446	4 398
2 857	2 365	3 448	2 977	3 389	3 125	3 765
3 040	2 462	3 717	2 967	3 771	3 199	4 654
3 385	2 609	3 342	3 020	3 519	3 236	4 327
3 508	2 845	3 709	3 331	3 819	3 469	4 847
3 130	2 812	3 399	3 116	3 483	3 194	3 918
2 845	2 547	2 985	2 922	3 140	3 018	3 773
2 514	2 570	3 076	3 028	3 143	3 204	3 660
2 947	2 619	3 283	2 927	3 717	3 037	4 156
2 777	2 757	3 347	3 131	3 587	3 393	4 033
3 876	2 806	4 174	3 383	4 255	3 558	4 923
2 765	2 506	2 632	2 919	3 051	3 082	3 714
2 323	2 718	3 172	3 201	3 298	3 452	4 081
2 980	2 682	2 988	3 046	3 119	3 313	3 758
3 073	2 601	3 374	3 071	3 498	3 255	4 082
3 029	2 671	3 006	3 150	3 169	3 167	3 440
3 006	2 648	3 021	3 194	3 219	3 167	3 595
2 703	2 589	2 734	2 965	2 936	3 199	3 979
3 238	2 686	3 394	3 159	3 403	3 237	4 274
3 062	2 499	3 555	2 966	3 538	3 261	4 023
3 257	2 695	3 579	3 083	3 472	3 207	4 227
2 323	2 365	2 632	2 919	2 936	3 018	3 440
3 876	2 845	4 174	3 387	4 255	3 558	4 923
3 011	2 643	3 294	3 093	3 424	3 249	4 077
336.7	126.6	353.2	144.9	305.8	144.2	396.8
11.2	4.8	10.7	4.7	8.9	4.4	9.7

動と合わせてFig. 1～6 に示した。

またブロック II における母樹と家系の平均仮道管長の髄から外側への変動をFig. 7 に示した。関西産の母樹はいづれの年輪でも長く 1498～3424 μm の範囲にあるが、東北産の母樹はいづれの年輪においてもより短く 1277～2953 μm の範囲である。これに対して家系の平均仮道管長は両者のほぼ中間に位置し、第 1 年輪から 5 年輪までは両産地ともほとんど同一長さを保ち、第 7 年輪以後、東北産が関西産より若干長くなっている。以上の結果から、それぞれの母樹に対して家系の仮道管長は、関西産では短く、東北産では長くなり、両産地の家系の仮道管長の差はほとんどなくなったといえる。

さらに同じブロック内における母樹の平均仮道管長の変動係数の変動をFig. 8 に示したが、すでに報告¹⁴⁾¹⁵⁾されているように、髄から外側へむかって、はじめ上昇し、後減少するようになる。一方、家系では、第 1 年輪で、東北および関西産がそれぞれ 6.3 および 5.9% を示すが、それから外側へむかって減少する傾向をもっている (Fig. 8)。以上のように両者の変動の傾向は明らかに異なっている。つぎにFig. 9 には母樹、さらにFig.10 に家系の平均仮道管長のなかの最大、最小値の髄から外側への変動の傾向をそれぞれ示した。これによれば家系の最大、最小値の髄からの変動は、母樹の場合、産地間の差が大きいにもかかわらず両産地とも傾向はよく似ていることがわかる。

3-2 仮道管長の家系内変動

測定を行った東北産および関西産のそれぞれ 19 および 21 家系のなかから I, II ブロックに共通する 18 家系づつを選び、各家系ごとの平均仮道管長と標準偏差、変動係数を産地別、ブロック別に

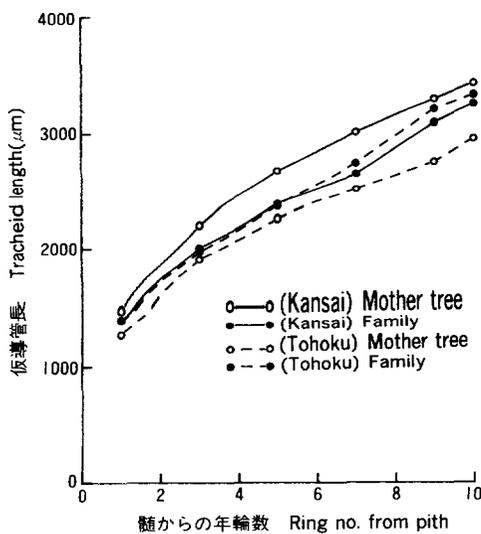


Fig. 7. 母樹と家系の平均仮道管長の髄からの変動

Variation in mean tracheid length with ring number from pith for mother trees and families. (Block II)

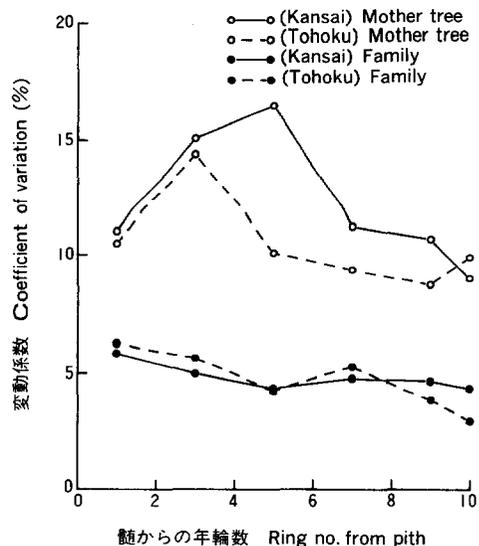


Fig. 8. 母樹と家系の平均仮道管長における変動係数の髄からの変動

Variation in the coefficient of variation of mean tracheid length of mother trees and families with ring number from pith. (Block II)

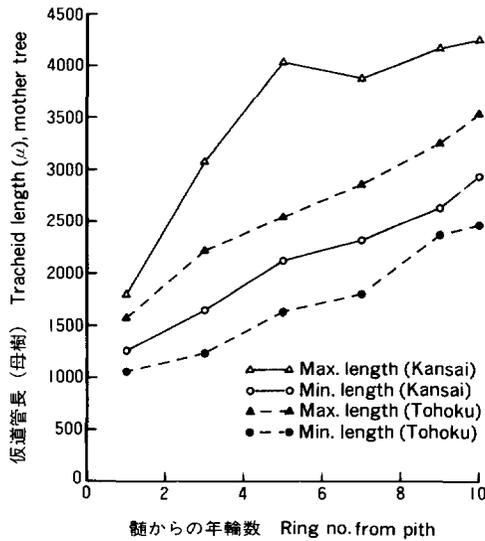


Fig. 9. 母樹における仮道管長の最大および最小の髄からの変動

Variation in maximum and minimum tracheid length of trees of two provenances, Kansai and Tohoku with ring number from pith. (Block II)

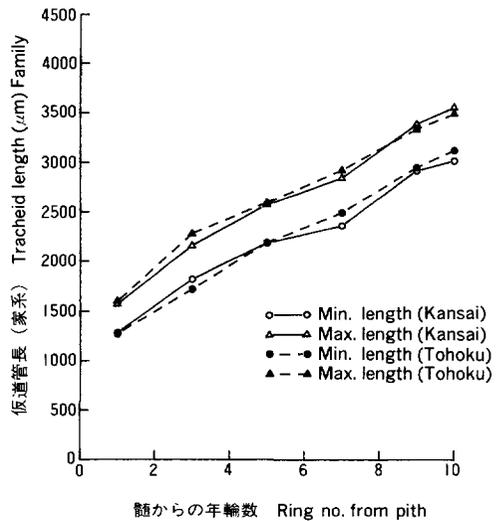


Fig. 10. 家系における仮道管長の最大および最小の髄からの変動

Variation in maximum and minimum tracheid length of the families of two provenances, Kansai and Tohoku with ring number from pith. (Block II)

Table 2 に示した。なお、東北、関西産とも、各家系内の各年輪番号ごとの仮道管長の変動を、ブロック II における変動係数の家系平均値でみると (Fig. 11), 両産地ともに第 1 年輪目の変動係数は小さく、第 3～5 年輪で最大の約 9% に達し、それ以後漸減する。

2-3 仮道管長の産地間差と産地内家系間差

各家系の第 7, 9, 10 年輪について、その家系平均仮道管長をもとにして、産地間と産地内における家系間の差を求めため分散分析を行って、その結果を Table 3 に示した。同表に示した産地間差の検定には産地内家系の平均平方を分母として、また産地内家系間差の検定には誤差の平均平方を分母として、それぞれ F 値を求めた。その結果は Table 3 に示したように産地間差では第 7 年輪だけに 5% 水準で有意差が認められたが、第 9, 10 年輪では有意差が認められなかった。一方、産地内家系間差では第 9 と 10 年輪で 5% 水準で有意差が認められた。

2-4 仮道管長の親子相関および回帰による遺伝率

母樹と家系の仮道管長の相関係数ならびに遺伝率の第 7, 9, 10 年輪にわたる変動を Table 3 に示した。母樹と家系の平均仮道管長は Table 1 および 2 によった。東北、関西産とも 18 家系で、遺伝率は親子の回帰係数を 2 倍し、その百分率で示した⁶⁾。

これらの母樹と家系の同一年輪番号、母樹の成熟材と家系などの間の親子相関さらに回帰による遺伝率について次のように考察を行った。

1) Table 4 の上段に示したように母樹と家系の髄から第 7, 9, 10 などの同一年輪数ごとの

Table 2. 仮道管長の家系内変動
Variation of tracheid length within family.

	髄からの年輪番号 Ring No. from pith		第 7 年輪 7th ring		
	母樹番号 Mother tree No.	系統番号 Family No.	仮道管長 Tracheid length (μm)	標準偏差 Standard deviation (μm)	変動係数 Coefficient of variation (%)
東北ブロック I Block I Tohoku	24	T 3	2 483	372.6	15.0
	102	T 8	2 556	171.7	6.72
	116	T 9	2 540	334.0	13.15
	119	T10	2 461	415.4	16.88
	189	T13	2 914	220.8	7.58
	199	T14	2 678	430.2	16.07
	215	T17	2 895	313.1	10.82
	269	T20	2 660	270.5	10.17
	273	T21	2 835	121.4	4.28
	276	T22	2 725	261.2	9.59
	277	T23	2 646	217.5	8.22
	291	T24	2 595	357.3	13.77
	318	T25	2 459	293.5	11.94
	359	T26	2 522	182.0	7.22
	384	T27	2 715	334.1	12.31
	390	T28	2 470	187.2	7.58
	298	T29	2 674	255.1	9.54
405	T30	2 640	159.8	6.05	
	平均値	Mean	2 637	273.7	10.38
関西ブロック I Block I Kansai	13	K31	2 604	106.5	4.09
	21	K33	2 421	270.7	11.18
	23	K34	2 658	470.8	17.71
	31	K35	2 537	256.0	10.9
	44	K36	2 327	248.8	10.69
	66	K39	2 542	422.0	16.60
	67	K40	2 256	206.5	9.15
	115	K41	2 779	280.0	10.08
	179	K44	2 759	258.1	9.35
	185	K45	2 957	278.4	9.42
	207	K46	2 544	262.0	10.30
	217	K47	2 535	159.4	6.29
	242	K50	2 663	238.0	8.94
	259	K52	2 504	249.1	9.95
	281	K54	2 605	128.6	4.94
	289	K55	2 649	222.5	8.40
	305	K56	2 776	212.0	7.64
353	K59	2 604	145.5	5.89	
	平均値	Mean	2 596	220.6	8.50

第9年輪 9th ring			第10年輪 10th ring		
仮道管長 Tracheid length (μm)	標準偏差 Standard deviation (μm)	変動係数 Coefficient of variation(%)	仮道管長 Tracheid length (μm)	標準偏差 Standard deviation (μm)	変動係数 Coefficient of variation(%)
2 847	263.5	9.25	3 027	284.8	9.41
2 915	185.2	6.35	3 036	245.1	8.07
2 833	364.4	12.86	3 031	231.9	7.65
2 870	429.4	14.96	2 955	438.3	14.83
3 113	144.7	4.65	3 292	249.1	7.57
3 067	356.9	11.64	3 214	288.1	8.96
3 171	253.6	8.00	3 315	202.7	6.12
3 160	287.9	9.11	3 401	200.7	5.90
3 269	94.5	2.89	3 397	83.1	2.45
3 099	186.7	6.02	3 239	246.4	7.61
2 879	291.9	10.14	3 006	304.6	10.14
2 980	451.0	15.13	3 049	457.2	15.00
2 848	354.1	12.43	3 052	389.5	12.76
2 923	248.3	8.49	2 953	144.1	4.88
3 166	241.3	7.62	3 403	204.7	6.01
2 903	286.1	9.86	3 155	224.4	7.11
3 010	255.3	8.48	3 093	155.1	5.01
3 160	198.4	6.28	3 473	97.3	2.80
3 012	274.7	9.12	3 172	250.6	7.90
3 171	230.5	7.27	3 459	154.9	4.48
2 092	235.0	8.10	3 117	186.1	5.97
3 225	265.1	8.22	3 545	299.1	8.44
3 111	304.1	9.77	3 266	227.8	7.00
2 810	389.5	13.86	3 023	346.2	11.45
2 872	275.4	9.59	3 107	282.1	9.08
2 700	206.4	7.65	2 984	246.4	8.26
3 142	200.0	6.37	3 333	173.0	5.19
3 160	303.6	9.61	3 367	302.5	9.00
3 358	77.3	3.30	3 602	85.5	2.37
2 882	206.1	7.15	3 165	133.6	4.22
2 931	239.8	8.18	3 190	201.0	6.30
3 021	253.4	8.29	3 111	185.1	5.95
2 934	319.3	10.88	3 181	189.3	5.95
3 174	245.0	7.72	3 382	167.3	4.95
3 019	270.2	9.00	3 235	211.5	6.54
3 145	108.0	3.43	3 342	204.2	6.11
3 033	155.0	5.11	3 293	236.4	7.18
3 033	240.2	7.92	3 261	214.6	6.58

Table 2. (つづき) (Continued)

	髄からの年輪番号 Ring No. from pith		第 7 年輪 7th ring		
	母樹番号 Mother tree No.	系統番号 Family No.	仮道管長 Tracheid length (μm)	標準偏差 Standard deviation (μm)	変動係数 Coefficient of variation (%)
東北ブロック II Block II Tohoku	24	T 3	2 733	264.7	9.69
	102	T 8	2 884	289.2	10.03
	116	T 9	2 534	154.5	6.10
	119	T10	3 000	212.1	7.07
	189	T13	2 679	340.4	12.71
	199	T14	2 795	202.6	7.25
	215	T17	2 634	262.9	9.98
	269	T20	2 738	255.6	9.33
	273	T21	2 946	244.0	8.28
	276	T22	2 791	169.7	6.08
	277	T23	2 696	160.8	5.96
	291	T24	2 824	315.0	11.15
	318	T25	2 863	166.8	5.83
	359	T26	2 498	167.2	6.70
	384	T27	2 662	278.0	10.44
	390	T28	2 749	363.1	13.21
	298	T29	2 571	99.2	3.86
	405	T30	2 925	280.6	9.59
		平均値	Mean	2 751	234.1
関西ブロック II Block II Kansai	13	K31	2 814	226.6	8.05
	21	K33	2 462	166.6	6.77
	23	K34	2 609	285.4	10.94
	31	K35	2 845	286.3	10.06
	44	K36	2 812	269.9	9.60
	66	K39	2 547	289.3	11.36
	67	K40	2 570	228.1	8.88
	115	K41	2 619	204.9	7.82
	179	K44	2 754	209.7	7.61
	185	K45	2 763	352.2	12.75
	207	K46	2 506	128.3	5.12
	217	K47	2 718	190.6	7.01
	242	K50	2 678	209.7	7.83
	259	K52	2 671	341.0	12.76
	281	K54	2 647	154.9	5.85
	289	K55	2 589	224.0	8.65
305	K56	2 686	246.2	9.17	
353	K59	2 499	293.4	11.74	
	平均値	Mean	2 655	238.9	9.00

第9年輪 9th ring			第10年輪 10th ring		
仮道管長 Tracheid length(μm)	標準偏差 Standard deviation(μm)	変動係数 Coefficient of variation(%)	仮道管長 Tracheid length(μm)	標準偏差 Standard deviation(μm)	変動係数 Coefficient of variation(%)
3 331	249.9	7.50	3 411	204.4	5.99
3 254	270.1	8.30	3 421	127.2	3.72
2 954	228.1	7.72	3 155	137.9	4.37
3 244	272.6	8.40	3 385	231.3	6.83
3 108	195.9	6.30	3 280	215.9	6.58
3 153	157.0	4.98	3 217	170.9	5.31
3 114	247.3	7.94	3 322	271.7	8.18
3 247	166.1	5.11	3 347	181.7	5.43
3 420	178.9	5.23	3 451	134.3	3.89
3 328	219.0	6.58	3 345	177.0	5.29
3 274	151.4	4.63	3 366	124.2	3.69
3 216	355.3	11.05	3 364	457.2	13.59
3 283	73.0	2.23	3 381	109.2	3.23
3 023	169.1	5.59	3 246	156.3	4.82
3 304	392.3	11.87	3 491	37.4	1.07
3 091	299.5	9.69	3 124	244.3	7.82
3 029	101.1	3.34	3 184	101.9	3.20
3 339	253.7	7.60	3 365	151.4	4.50
3 206	220.9	6.89	3 325	180.2	5.42
3 387	181.1	5.35	3 446	154.7	4.49
2 967	235.0	7.92	3 199	237.5	7.43
3 020	302.9	10.03	3 236	293.1	9.06
3 331	392.9	11.80	3 469	231.5	6.67
3 116	269.8	8.66	3 194	300.6	9.41
2 922	298.4	10.21	3 018	320.9	10.64
3 028	351.4	11.61	3 204	447.9	13.98
2 927	276.7	9.46	3 037	249.5	8.22
3 131	152.5	4.87	3 393	153.3	4.52
3 383	322.0	9.52	3 558	338.5	9.51
2 919	199.1	6.82	3 082	156.7	5.08
3 201	280.0	8.75	3 452	289.8	8.40
3 049	187.2	6.14	3 311	221.3	6.69
3 150	195.7	6.21	3 167	243.2	7.68
3 194	227.7	7.13	3 167	109.9	3.47
2 965	246.0	8.30	3 199	260.4	8.14
3 159	241.9	7.66	3 237	166.8	5.15
2 966	253.6	8.72	3 261	227.8	6.99
3 101	257.1	8.29	3 257	245.3	7.53

Table 3. 仮道管長の産地間および産地内家系間の分散分析*
Analysis of variance of tracheid length (between two provenances and between families of each provenance) .

形質 Trait	要因 Factor	自由度 d.f.	平均平方 Mean square	F
第7年輪 7th ring	ブロック Block	1	131 919	
	産地間 Provenance	1	85 296	4.06 *
	産地内家系間 Families within provenance	34	20 987	1.07
	誤差 error	35	19 701	
第9年輪 9th ring	ブロック Block	1	304 819	
	産地間 Provenance	1	31 996	1.02 *
	産地内家系間 Families within provenance	34	31 345	2.17 *
	誤差 error	35	14 468	
等10年輪 10th ring	ブロック Block	1	94 085	
	産地間 Provenance	1	2 067	0.07
	産地内家系間 Families within provenance	34	31 218	1.72 *
	誤差 error	35	18 204	

Note)

5% 水準で有意 Significant at 5% level

Table 4. 母樹と家系の仮道管長の相関係数と回帰係数による遺伝率*
Heritability estimates based on the coefficient of regression and parent-offspring correlation of tracheid length between mother trees and families.

要因 Factor	髓からの 年輪番号 Ring no. from pith	第7年輪 7th ring		第9年輪 9th ring		第10年輪 10th ring		7.8.10年輪の 平均 Mean for 7.9. & 10th ring	
		相関係数 C	遺伝率 H (%)	相関係数 C	遺伝率 H (%)	相関係数 C	遺伝率 H (%)	相関係数 C	遺伝率 H (%)
母樹と子供家系 (髓から同一年輪) Between rings with the same number from pith	関西 Kansai	0.4049 *	33.45	0.4659**	41.09	0.5103**	50.03	0.4604	41.52
	東北 Tohoku	0.1617	20.94	0.2995	44.62	0.0810	9.62	0.1807	25.06
母樹の成熟材(平均値)と子供家系 Between the adultwood of mother tree and mean for three rings of family	関西 Kasai	0.3603 *	25.24	0.4963**	38.71	0.5614**	43.14	0.4727	35.70
	東北 Tohoku	0.2186	23.89	0.2295	27.32	0.2690	31.05	0.2390	27.42

Note)

家系数 関西 18家系 n=36 東北 18家系 n=36

Number of families : Kansai 18(n=36) Tohoku 18(n=36)

* : Significant at 5% level

C : Coefficients of correlation

** : Significant at 1% level

H : Heritability

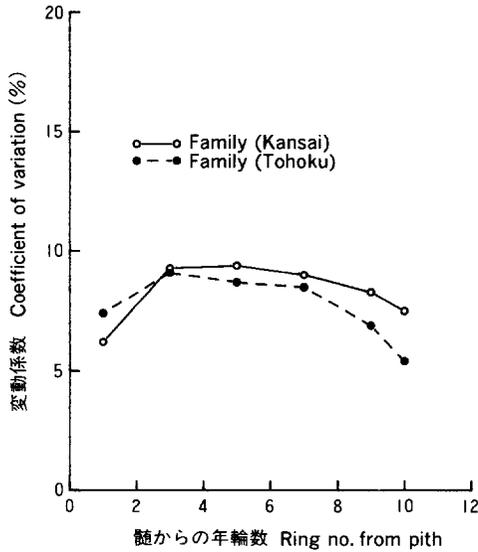


Fig. 11. 仮道管長の家系内における変動係数の髄からの変動

Variation in the coefficient of variation of tracheid length within family with ring number from pith. (Block II)

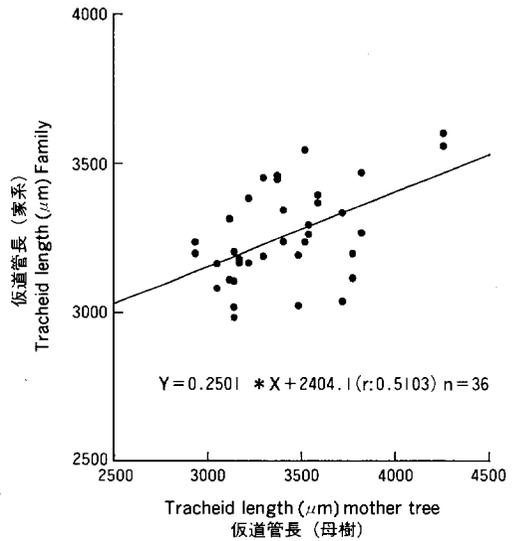


Fig. 12. 母樹と家系の仮道管長の同一年輪番号における関係(関西第10年輪)

Relation of tracheid length between the mother tree and the family. (Kansai, 10 th ring)

関係を見ると、関西産に5%と1%水準で有意の相関が認められたが東北産では認められなかった。また遺伝率も関西産が東北産よりも大きく33.5~50%の範囲にあり、これら3年輪の平均値でも41.5%である。これに対し、東北産の遺伝率はおなじ3年輪の平均値でも約25%で、関西産に比べかなり低い。Fig.12に第10年輪における相関関係の例を示した。

2) Table 4 の下段に示したように母樹の成熟材(髄から25年輪以後)の平均仮道管長と家系の第7, 9, 10年輪について相関を求めた。相関係数はこの場合も関西産において1%および5%水準で有意であったが、東北産では有意な相関が認められなかった。また、遺伝率は両者ともやや大きくこれら3年輪の平均値で関西35.7%, 東北27.4%で近付いた値を示している。この場合も関西産母樹の成熟材と家系の仮道管長の相関と回帰係数は大きい。代表的な例

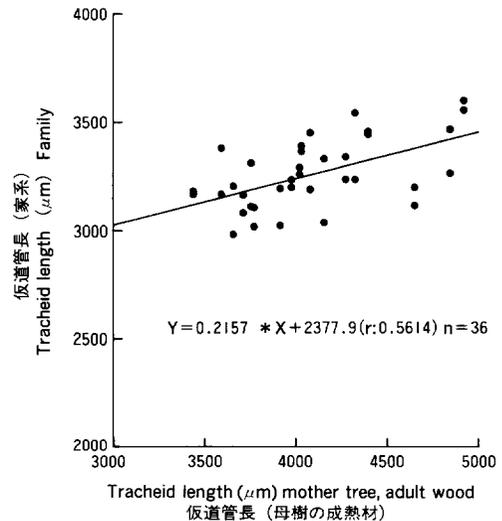


Fig. 13. 母樹の成熟材仮道管長と家系との関係(関西第10年輪)

Relation between adult wood tracheid length of mother tree and 10 th ring tracheid length of family. (Kansai, 10 th ring)

をFig.13に示した。とくに、第10年輪目の遺伝率をみると関西43%、東北31%でかなり高い値であることから、すでに母樹の仮道管長について行った結果から示唆されているように、¹⁴⁾若齢の年輪の仮道管長により成木の仮道管長の推定ができることを示唆している。

以上、各母樹の仮道管長の値との関連で述べたが、関西産では、相関係数はいずれも1%と5%水準で有意であり、遺伝率も個々には50%以上の値が求められるなど東北産とは異なっていること

Table 5-1. 仮道管長の産地別の分散分析*
Analysis of variance of tracheid length.

形質 Trait	要因 Factor	関 西 Kansai			東 北 Tohoku		
		自由度 d.f.	平均平方 Mean square	F	自由度 d.f.	平均平方 Mean square	F
第7年輪 7th ring	ブロック Block	1	222 698	1.92	1	822 567	5.14 *
	家系 Family	17	171 268	1.48	17	123 415	0.77
	プロット Plot	17	115 891		17	160 015	
	誤差 Error	216	64 347		216	70 903	
第9年輪 9th ring	ブロック Block	1	291 326	3.23	1	2 379 530	27.85 **
	家系 Family	17	271 794	3.01 *	17	168 174	1.97
	プロット Plot	17	90 334		17	85 444	
	誤差 Error	216	65 729		216	68 746	
第10年輪 10th ring	ブロック Block	1	980	0.01	1	1 483 924	13.36 **
	家系 Family	17	266 234	2.62 *	17	171 880	1.55
	プロット Plot	17	101 598		17	111 085	
	誤差 Error	216	57 716		216	55 516	

Note)

* : 5%水準で有意
: Significant at 5% level

** : 1%水準で有意
: Significant at 1% level

Table 5-2. 仮道管長の分散分析表
The table for analysis of variance of tracheid length.

要因 Factor	自由度 d.f.	平均平方の期待成分 Expected mean squares
ブロック Block	b-1	$\sigma e^2 + n\sigma^2 p + nb\sigma s^2 + ns\sigma b^2$
家系 Family	s-1	$\sigma e^2 + n\sigma p^2 + nb\sigma s^2$
プロット Plot	(b-1)(s-1)	$\sigma e^2 + n\sigma p^2$
誤差 Error	bs(n-1)	σe^2

Note)

b : 反復数 Number of replication 2
s : 家系数 Number of families 18
n : プロット内個体数 Number of individuals in each plot 7
 σe^2 : 誤差分散 Error variance within plots
 σp^2 : プロット間分散 Variance between plots
 σs^2 : 家系間分散 Variance between families
 σb^2 : 反復分散 Variance between replications

Table 6. 分散成分による遺伝率の推定値
Heritability estimates based on variance components.

形質 Trait	関 西 Kansai				東 北 Tohoku			
	家系間分散 Families variance	プロット間分散 Variance between Plots	誤差分散 error variance	遺伝率(%) heritability	家系間分散 Families variance	プロット間分散 Variance between Plots	誤差分散 error variance	遺伝率(%) heritability
第7年輪 7th ring	3 955.5	7 363.4	64 346.9	20.9	(-2 614.3)	12 730.3	70 903.1	.00
第9年輪 9th ring	12 961.4	3 515.0	65 729.0	63.1	5 909.3	2 383.3	68.746.3	30.7
第10年輪 10th ring	11 759.7	6 268.8	57 716.4	62.1	4 342.5	7 938.4	55 516.1	25.6

が明らかになった。相関係数、遺伝率ともに関西産が東北産に比べて高い原因は、母樹における仮道管長の分散範囲の違いが原因となったものと考えられる。

2-5 分散分析による家系間変動と遺伝率

各個体の各第7, 9, 10年輪を基にした各家系間の平均仮道管長の分散分析をTable 5-2によって行った結果をTable 5-1に示した。それによると家系間における有意差の検定には、プロットの平均平方を分母とし、ブロック間の有意差の検定では、同じくプロットの平均平方を分母として、それぞれF値(分散比)を求めた。家系間のF値をみると関西産の第9年と10年輪で5%水準で有意差が認められたが、東北産では有意差は認められなかった。つぎにブロック間の変動についてみると、関西産では有意差が認められず、東北産に第7年輪で5%、第9, 10年輪で1%水準でそれぞれ有意差が認められた。このように産地によってブロック間差があらわれたことは、前述したように東北産の母樹の仮道管長の分散域が関西産に比べ狭いことが原因と考えられる。

つぎに分散分析による遺伝率をTable 6に示した。遺伝率は産地別に第7, 9, 10年輪について家系の平均平方の期待成分Table 5-2にもとづき家系分散の4倍を分子として、誤差分散とプロット間分散および家系間分散を分母とする百分率¹⁾として次式によって求めた。

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

$$\sigma_s^2 = \text{家系間分散} \quad \sigma_p^2 = \text{プロット間分散}$$

$$\sigma_e^2 = \text{誤差分散}$$

この結果によれば関西産の遺伝率は第7年輪が20.9%で、第9と10年輪では63.1%と62.1%などの高い値が求められた。これに対して、東北産は相対的に低く、第7年輪では0で遺伝情報は得られず、第9と10年輪で、30.7~25.6%の低い遺伝率で関西産の半分よりも低い値である。このように親子回帰による遺伝率と同様に関西産が高く、東北産が低くなったことは、すでにのべたように、それぞれの母樹における仮道管長の分散域の差に基因しているものと考えられる。

ま と め

関西産と東北産の母樹の仮道管長を比較すると、前者で全体的に長かったが、家系では両産地の値は接近し、ほぼ似た値を示した。

母樹と家系の仮道管長の変動係数は、髓から外側へむかって、前者では第 4 ないし第 6 年輪に最大値をもつような変動をするが、後者では第 1 年輪に最大値があり、外側へむかって、ゆるやかに減少していくことがわかった。

仮道管長の親子相関は、外側ほど高い傾向を示すことが多い。2 産地を比較すると関西産では 1% と 5% で有意であったが、東北産では有意ではなかった。

遺伝率の推定は、親子相関と家系の分散成分からの 2 方法によった。親子相関による遺伝率は関西産で 25.2~50.0%，東北産で 9.6~27.4% で前者が後者より高い値を示した。また分散分析による遺伝率も関西産 20.9~62.1%，東北産の 0~30.7% の範囲で、ここでも関西産は東北産の約 2 倍である。このように親子相関と遺伝率とも関西産が高いという結果が得られたが、この原因は母樹における仮道管長の分散域が広く、遺伝的変動が大きいことによるものと考えられる。

ここで求められた仮道管長に関する狭義の遺伝率と諸外国で発表された狭義の遺伝力を比較すると、すでに述べたようにほぼ似た結果となっている。

引用文献

- 1) 明石孝輝：次代検定林のデータ処理と交配設計，林木育種協会（1978）
- 2) DADSWELL. J. M. et al : Tree-to-tree variations and the gross heritability of wood characteristics of *Pinus radiata*. Tappi. 44 174~179 (1961)
- 3) GOGGANS. J. F. : Correlation and heritability of certain wood properties in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) Tappi 47 318~332 (1964)
- 4) 幡克美：アカマツ材のパルプに関する研究(1)，香川農専研報，1，1~35 (1953)
- 5) 加納孟・須藤彰司・須川伸策・斉藤久夫：材質の早期検定，林業試験場，219~228 (1973)
- 6) 木村資生：集団遺伝学概論，東京，281 (1960)
- 7) NICHOLLS. J.W.P. : Preliminary observation on the change with age of heritability of certain wood characteristics characteristics in *Pinus radiata* clone. Presented at IUFRO Section 41 (1965)
- 8) NICHOLLS. J.W.P. et al : The heritability of wood characteristics of *Pinus radiata* Silvae Gent. 13.68~71(1963)
- 9) SMITH. W.T. : The heritability of fiber characteristics and its application to wood quality improvement in forest trees. Presented at IUFRO section 41. 1~32(1965)
- 10) 須川豊伸：アカマツ母樹の自然交配家系で推定した仮道管長の遺伝率，35 回木材学会大会要旨，38 (1985)
- 11) 須藤彰司：アカマツ仮道管長の変異について（第 4 報）一林分（東北地方）内における仮道管長の変異について，木材誌 14，401~405 (1968)
- 12) 須藤彰司：アカマツ仮道管長の変異について（第 7 報）一林分（関西地方）内における仮道管長の変異について，木材誌 16，162~167 (1970)
- 13) 須藤彰司：アカマツ仮道管長の変異について（第 9 報）生長の仮道管長に及ぼす影響について，

- 木材誌 **19**, 405~412 (1973)
- 14) 須藤彰司：アカマツ仮道管長の変異について (第12報) アカマツ仮道管長のファミリー間における変動, 木材誌 **23**, 175~179 (1977)
 - 15) 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)
 - 16) 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)
 - 17) ZOBEL, B.J. et al: Wood properties of clones of slash pine. Proc. SAF Tree Impr workshop Macon, Ga., 1962 Pub. No.22 South Forest Tree Imp Com. (1963)

**Variations, Parent-Offspring Correlations and Heritabilities
on the Tracheid Length in Open-Pollinated
Families of Akamatsu
(*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.)**

Toyonobu SUGAWA:

Summary

The tracheid length of open-pollinated families of Akamatsu, *Pinus densiflora* SIEB. & ZUCC., which were from the Iwate test plantation was studied in relation to ring number from pith and discussed in comparison with that of mother trees which were from two districts, Tohoku and Kansai.

Moreover, variations in tracheid length within and between families and between provenances were examined, together with parent-offspring correlations.

Because of the low age of the sample trees which provided complete test specimens with ten rings, tracheid length increased rapidly from pith outward, becoming unstable.

The tracheid length from the first to the tenth ring of the families from the Kansai and Tohoku provenances ranged 1423~3249 μ m and 1498~3328 μ m while in their mother trees they were 1498~3424 μ m and 1277~2953 μ m respectively. The coefficients of variation in tracheid length between families with ring number from pith outward, increased up to the third or the fifth ring and decrease thereafter.

Parent-offspring correlation coefficients increased with ring number from pith outward, and they were significant in the Kansai provenance, while they were not in the Tohoku provenance.

Narrow sense heritability estimates based on the parent-offspring correlation were 25.2~50.0% and 9.6~27.4% in the Kansai and in Tohoku provenances respectively, while those based on the variance components were 20.9~61.1% and 0~30.7% in the Kansai and Tohoku provenances respectively.

Received January 5, 1988

(Text-Wood Technology Division, in the former organization
(Wood Technology Division))