

カラマツ落葉病抵抗性の遺伝様式の解析*

明 石 孝 輝⁽¹⁾・川 村 忠 士⁽²⁾・佐 藤 亨⁽³⁾Takateru AKASI, Tadashi KAWAMURA and Toru SATO: Inheritance
Analyses of Needle Cast Disease Resistance in Japanese Larch

要 旨: カラマツ落葉病抵抗性の遺伝の研究のため既選抜の抵抗性クローンおよび精英樹クローンに着花促進がなされ、人工交配および自然受粉によって多数の次代家系が育成された。これらに対する抵抗性の検定は、長野、東北および北海道の3地域でおこなわれた。

この抵抗性の遺伝様式解明のために統計的手法を用い、次の結果が得られた。

各家系の罹病程度の度数分布が連続的分布を示すことから、この形質の遺伝は主働遺伝子によるものでなく、ポリゾーン支配によるものと推定された。しかし、関与する遺伝子座数は余り多くないようである。

抵抗性×抵抗性および抵抗性×精英樹の交配家系の抵抗性が、精英樹クローン間の交配家系および自然受粉家系よりも強いことが認められ、選抜された抵抗性クローンは強抵抗性と弱抵抗性の2群に分けられた。また、長野、東北および北海道3地域の同一家系間の抵抗性の相関を求めたところ、この形質の遺伝には遺伝子型と環境の交互作用が比較的大きいことがわかった。したがって、カラマツ落葉病抵抗性についての選抜と検定は、地域別におこなう必要がある。

I ま え が き

造林材料における諸形質の改良を計画するとき、それら形質についての遺伝様式を知ることが必要である。カラマツの落葉病抵抗性の遺伝を研究するためのプロジェクトチームが編成され、計画的な交配で得られた家系別苗木について、人工接種による抵抗性の検定がおこなわれた⁴⁾。

この研究に用いられた交配母材料については、すでに詳しく報告¹⁾²⁾⁵⁾されているが、概略は次のとおりである。カラマツ落葉病の激害地から選ばれた抵抗性候補木のツギキクローンにより長野県小諸に検定林が設定され、自然感染による抵抗性の評価が数年間おこなわれてきた。これらに対して着花促進をおこなった結果、着花性のよい強抵抗性3、中度抵抗性2、感受性2、合計7クローンが選ばれ、本研究の主な材料として用いられた。また東北、北海道においても地域ごとに選ばれ、各支場において検定を経てきた抵抗性クローンも用いられた。これら母材料について交配、採種、育苗されたもののほか、カラマツ落葉病に対する選択がなされていない精英樹クローンと抵抗性クローンとの交配もおこなわれ、得られた苗木についても抵抗性の検定がおこなわれた。

人工接種によるカラマツ落葉病抵抗性の経過および結果は詳細に報告¹⁾²⁾⁵⁾されているが、筆者らはこれらのデータを総合して統計的処理を加え、カラマツ落葉病抵抗性の遺伝様式の解析をおこなった。その結果、この遺伝様式はポリゾーン支配によるが、関与する遺伝子数は少ないものと推定され、その遺伝率についての情報も得られたので報告する。

なお、戸田(1977)³⁾が人工接種による検定結果の一部資料を用いて、抵抗性の遺伝様式について解析

1979年6月22日受理

造 林—31 Silviculture—31

*: 林業試験場プロジェクト研究「カラマツ落葉病抵抗性の遺伝様式の解明に関する研究」業績-VII

(1) (3) 造 林 部

(2) 関東林木育種場

した結果を報告しているが、本報告はプロジェクト研究で得られた全資料について詳細な統計的処理を行い、現時点で明確になった解析結果をとりまとめたものである。

2. 関東林木育種場長野支場で得られた 49 年のデータの解析

強抵抗性 3, 中度抵抗性 2, 感受性 2, 合計 7 クローンを用いておこなったダイアレルクロスで得られた苗木と、精英樹クローンを母樹としておこなった各交配で得られた苗木についての接種検定試験地の苗木の植栽配置は、次のとおりとした。両交配群の各交配組合せで得られた家系別苗木を 3 分し、3 反復の乱塊法で植栽された。各家系別苗木は 49 年春に植えつけ、病原菌の人工接種ののち、同年秋に個体ごとに罹病度が測定された。この罹病度は、各個体から 50 枚の針葉をとり、針葉 1 枚ごとに、罹病程度にもとづく 6 段階の指数をあたえ、その指数と枚数との積和を求めたものである。

この個体単位の罹病度について、家系ごとの度数分布をみたときに、2 群以上に分離した分布、もしくはそれに近い分布を示すようであれば抵抗性の遺伝支配は主働遺伝子によるものとみることができるので、これを検討した。

前述のように各家系は 3 反復で植栽配置されているので、そのままのデータを用いて各家系ごとの罹病度の度数分布図を作製すれば、反復効果によって分離した分布を示す恐れがある。この影響を取り除くために、それぞれのデータを、反復別家系ごとに平均値 0, 標準偏差 1 のデータに変換（いわゆる規準化）したうえで、家系ごとに 3 反復のデータをまとめて家系別度数分布図を作製した。図の作製にあたっては、平均値 (0) を中心としてプラスとマイナスの両方向に、標準偏差の 1/2 ずつを級間間隔とした。

Fig. 1 は強抵抗性 3 クローン、中度抵抗性 1 クローンについて、自殖で得られた 4 家系の罹病度の度数分布である。これら自殖家系の親の抵抗性が主働遺伝子によるものと仮定すれば、強抵抗性クローンの遺伝子型は、抵抗性遺伝子が完全優性のときは、ヘテロもしくは病気に対して強い遺伝子による、いわゆるプラスホモであり、また、抵抗性遺伝子に優劣性のないときには、前述と同様のプラスホモと考えられる。また、中度抵抗性クローンの遺伝子型は、優劣性なしのときのみ考えられるヘテロであろう。このことを勘案して、次代苗木の分離について Fig. 1 をみると、TR-1040 以外の分布の山は 1 つとみられる。図で 2 群に分かれた TR-1040 も、データ数が少なく 15 箇に過ぎないため、分離しているとは認

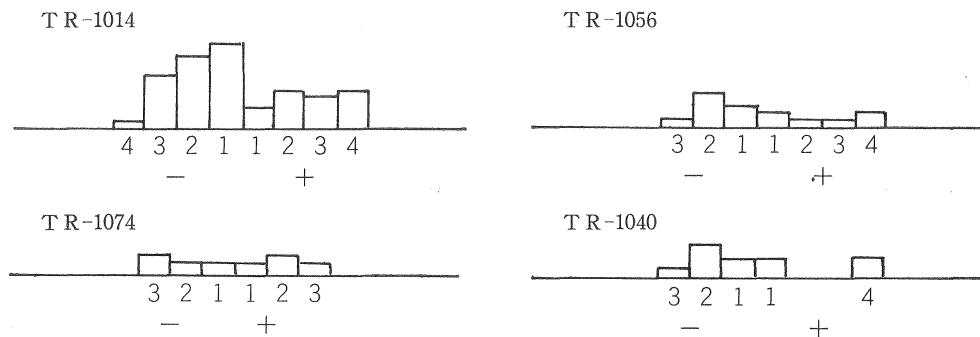


Fig. 1 強抵抗性と中度抵抗性クローンの自殖家系における罹病度の度数分布
Frequency distribution of infection indexes of individuals from selfed families of resistant clones or moderately resistant clones.

めがたい。なお、他の自殖家系については本数がきわめて少なかったため、この検討から除いた。

Fig. 2 と Fig. 3 は、強抵抗性クローン×中度抵抗性クローンおよびその逆交配の中度抵抗性クローン×強抵抗性クローンで得られた家系別の罹病度分布である。自殖家系の場合と同様に、抵抗性を主働遺伝子支配によるものと仮定すれば、既述のホモとヘテロとの交配であるから、次代苗木の罹病度に分離がみられるはずである。しかし、両図に示したとおり、いずれの家系においても、そのような傾向は認められない。

Fig. 4 と Fig. 5 は、中度抵抗性クローンと感受性クローンの交配についての家系ごとの罹病度の度数分布であり、両図は正逆交配のちがいを示す。抵抗性の遺伝様式を前述の例と同様に仮定すれば、ヘテロと病気に対して不利な遺伝子のホモ、いわゆるマイナスホモとの交配で次代が形成される。したがって、ヘテロとマイナスホモの遺伝子型構成となるため、2つの山をもつ分布がみられるはずであるが、両図からはその傾向はみとめられない。

Fig. 6 は中度抵抗性同志の交配により得られた家系の度数分布である。抵抗性が、これまで述べた同じ遺伝様式をとるとすれば、ヘテロ遺伝子型間の交配となるので、次代はプラスホモ、ヘテロおよびマイナスホモの3つの山をもつ分布が予想されるが、そのような傾向は認められない。

以上の各交配家系の罹病度の度数分布を総合的にみて、カラマツ落葉病抵抗性の遺伝様式は、いわゆる

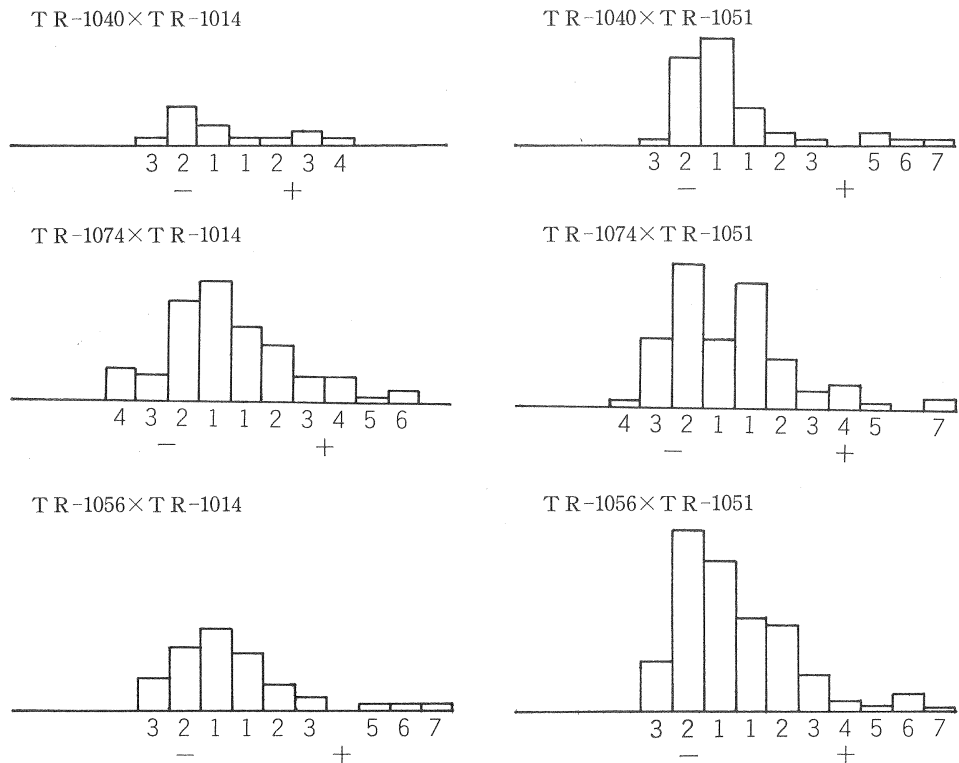


Fig. 2 強抵抗性×中度抵抗性の交配家系における罹病度の度数分布
Frequency distribution of infection indexes of individuals from selfed families of resistant clones or moderately resistant clones.

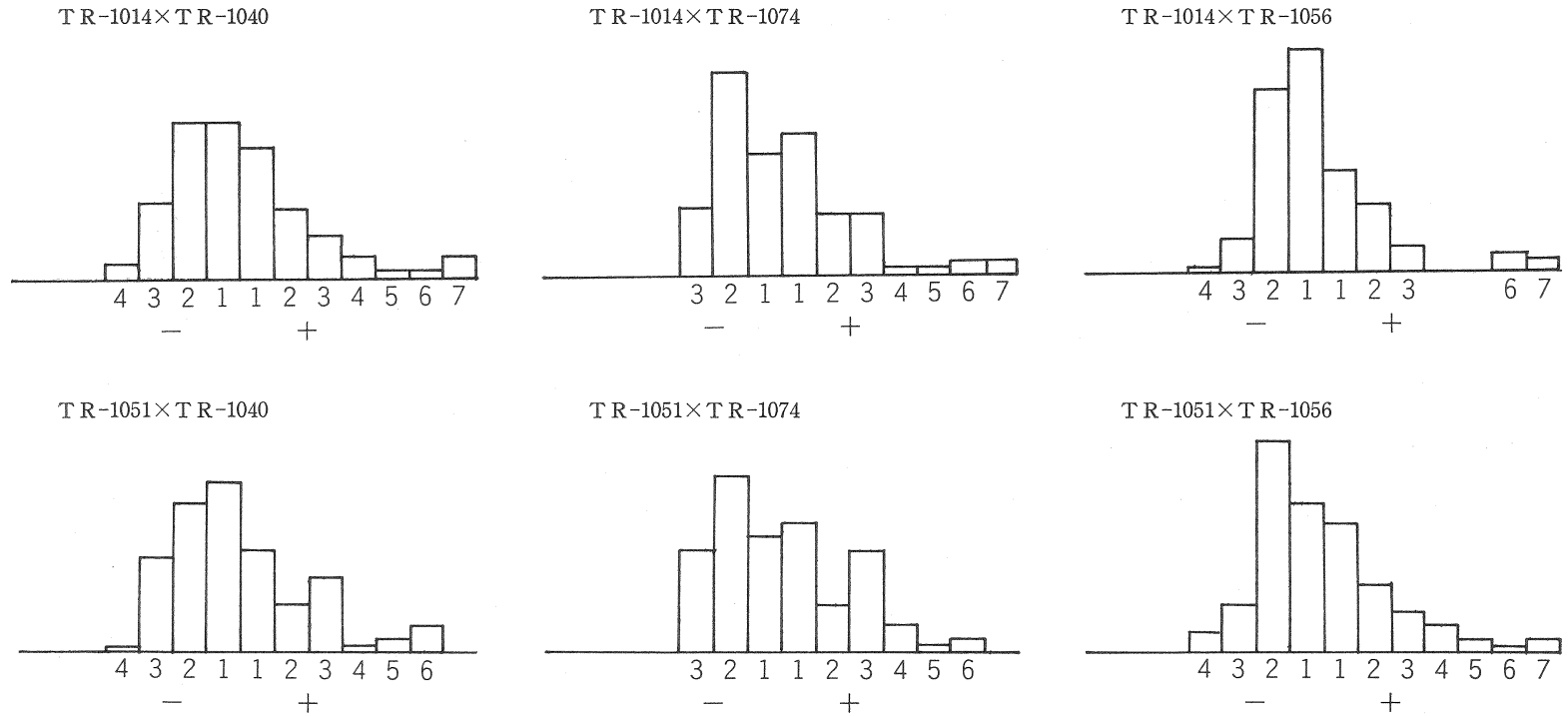


Fig. 3 中度抵抗性×強抵抗性の交配家系における罹病度の度数分布
Frequency distribution of infection indexes of individuals from crossed families between moderately resistant clones and resistant clones.

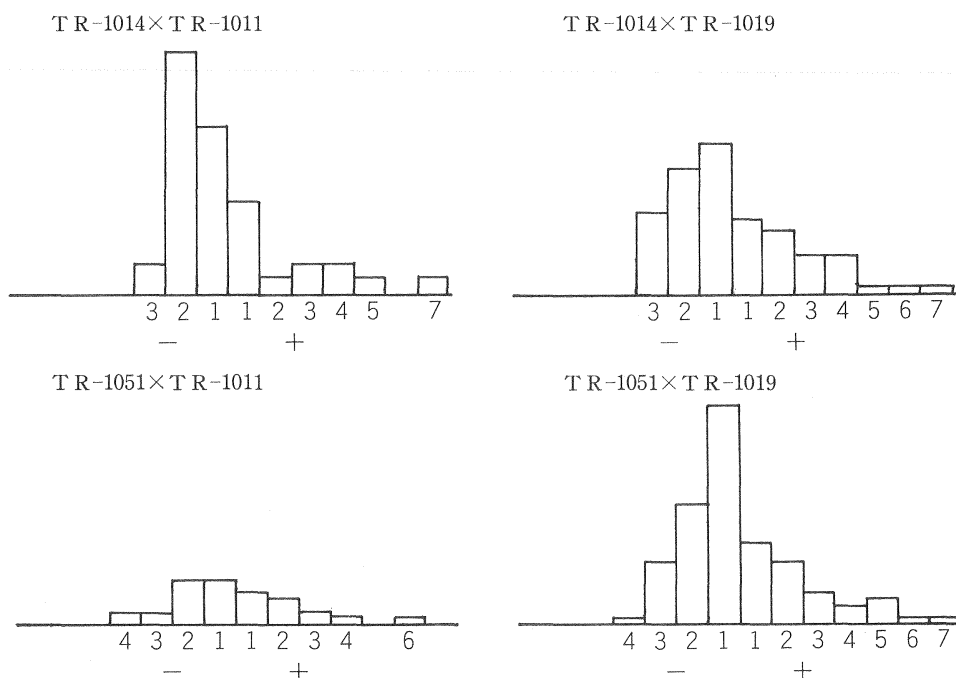


Fig. 4 中度抵抗性×感受性の交配家系における罹病度の度数分布
Frequency distribution of infection indexes of individuals from crossed families between moderately resistant clones and susceptible clones.

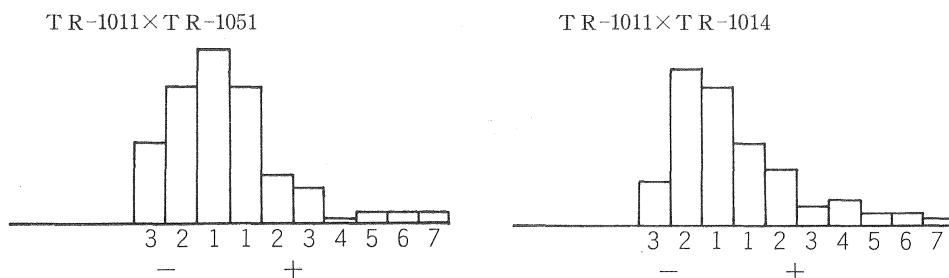


Fig. 5 感受性×中度抵抗性の交配家系における罹病度の度数分布
Frequency distribution of infection indexes of individuals from crossed families between susceptible clones and moderately resistant clones.

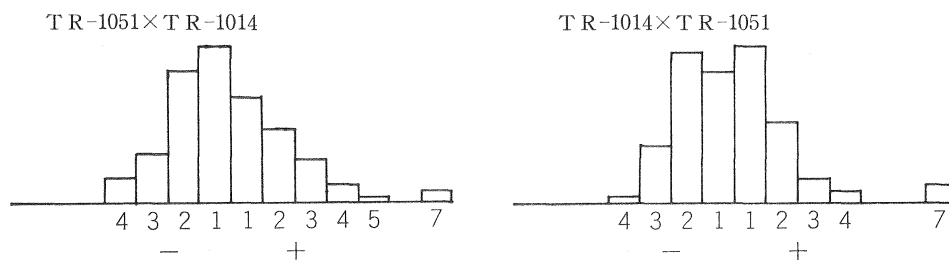


Fig. 6 中度抵抗性同志の交配家系における罹病度の度数分布
Frequency distribution of infection indexes of individuals from crossed families between moderately resistant clones.

主働遺伝子支配によるものではないと判断した。

次に、抵抗性の遺伝様式がポリジーンであるとした場合、その遺伝子の蓄積による効果が認められるかどうかを、ダイアレルクロスで得た各家系を次に述べるように群別し、各群の平均値を比較することによってたしかめた。なお、このダイアレルクロスによって得られた苗木の罹病度から求めた反復ごと、家系別平均は Table 1 に示す。

- (1) 強抵抗性同志の交配による家系群
- (2) 強抵抗性と中度抵抗性との交配による家系群
- (3) 中度抵抗性同志の交配による家系群
- (4) 中度抵抗性と感受性との交配による家系群
- (5) 感受性同志の交配による家系群

以上の家系群について求めた罹病度の平均値は Table 2 のとおりであり、強抵抗性、中度抵抗性および感受性の重みづけから考えられる罹病度の高低の差の傾向はなく、また、家系別平均値をデータとした分散分析においても、家系群間に有意性は認められなかった。すなわち、抵抗性の遺伝様式がポリジーン支配とし、その蓄積効果を予想すれば、Table 2 の上位の群が低罹病度を示すはずであるが、その向は認められなかった。

Table 1 のダイアレルクロスのうち、データの完全に揃った対角線より右上の片面のダイアレルクロスについて、分散分析をおこなった。その結果は Table 3 に示すとおりで、一般組合せ能力には有意性が認められず、特定組合せ能力にのみ有意性が認められた。つまり、前に述べたと同様、ここでもポリジーン蓄積による効果は認められなかった。

これらの理由の一つとして次のことが考えられる。ここで用いられた交配親は、強、中度抵抗性および感受性の各段階に区分されているとはいえ、もともと抵抗性をもつものとして選抜され、その後のクローンテストによりランクづけされたものである。したがってその差異はわずかなものであり、今回の試験では、その差異が次代における親系統間差となるのでさらに小さくなり、とらえることができなかったのかも知れない。

そこで、このダイアレルクロスの家系群を、次に述べるようにもっと大きい2群に区分し、一方、精英樹を母樹とした交配家系を3群に分けこれら5群間の抵抗性のちがいをしらべてみた。

各グループ分けは、Table 7 の第1欄に示すとおりである。すなわち、第1群の強・中度抵抗性は、ダイアレルクロスのなかで、母樹、花粉親を問わず強抵抗性同志の交配家系と、中度抵抗性同志の交配家系、および強抵抗性と中度抵抗性の交配家系を含むものである。第2群の弱抵抗性は、このダイアレルクロスのなかの上述の第1群に含まれないその他の交配家系、つまり、母樹、花粉親を問わず、感受性と強抵抗性との交配家系、感受性と中度抵抗性との交配家系および感受性同志の交配家系を含むものである。第3群の精英樹×抵抗性は、精英樹5クローンと抵抗性3クローンとの交配による家系群であり、この反復ごと家系別平均値は Table 4 に示すとおりである。第4群の精英樹×精英樹混合は、上記精英樹5クローンを母樹とし、その5クローンを含む精英樹17クローンの混合花粉との交配によって得られた5家系であり、その反復ごと家系別平均を Table 5 に示す。第5群の精英樹自然受粉は、第3群と第4群と同じ精英樹5クローンの自然受粉による家系群であり、その反復ごと家系別平均は Table 6 に示す。

以上に述べた各群別の罹病度平均値は Table 7 に示すとおりで、強・中抵抗性が最低の罹病度を示

Table 1. 強抵抗性, 中度抵抗性, 感受性のダイアレルクロスによる苗木の家系別, 反復別平均罹病度
Mean infection indexes of the diallel-crossed families among selected resistant clones for the
needle cast disease of Japanese larch (Nagano, 1974)

母 樹 Seed trees		花 粉 Pollen	強 抵 抗 性 Resistant			中 度 抵 抗 性 Moderately resistant		感 受 性 Susceptible		片 面 平 均 Mean of half-diallel	全 体 平 均 Mean of seed trees
		TR-1040	TR-1074	TR-1056	TR-1014	TR-1051	TR-1011	TR-1019			
強 抵 抗 性 Resistant	TR-1040	6.60	8.38	9.18	15.17	10.56	7.74	12.14	10.21	9.82	
		4.20	8.06	7.36	21.60	6.67	7.80	12.75			
		11.60	8.68	10.39	9.00	5.63	11.87	10.73			
	TR-1074	11.83	8.20	6.94	12.89	11.67	18.76	7.09	11.18	11.45	
		11.53	9.20	11.20	11.25	11.19	13.13	5.88			
		10.50	13.00	10.86	15.48	12.47	14.86	12.44			
	TR-1056	13.17	12.49	12.60	21.07	15.03	10.33	12.34	11.14	12.14	
		12.22	12.97	16.60	13.07	10.80	7.47	8.87			
		8.78	16.11	5.40	19.18	15.91	3.33	7.14			
中 度 抵 抗 性 Moderately resistant	TR-1014	13.22	5.73	11.00	13.63	15.35	8.17	11.52	13.68	11.45	
		5.79	6.28	10.42	7.27	14.30	6.14	11.37			
		9.22	6.79	34.57	9.00	13.71	13.62	14.35			
	TR-1051	11.51	10.57	10.44	19.47		16.00	7.92	11.84	11.30	
		7.47	9.86	10.50	8.22		8.25	9.69			
		6.06	10.80	16.14	12.53		19.13	8.76			
感 受 性 Susceptible	TR-1011	5.78	10.66	16.25	15.50	15.17	23.50	10.60	10.99	12.06	
		7.72	7.28	14.53	13.36	12.75	15.50	8.57			
		8.43	9.44	16.75	11.42	5.44	11.50	13.09			
	TR-1019	7.50	5.00	27.25	(3.00)	22.67	10.71	(3.50)	10.29	13.93	
		9.60	8.82	12.00		19.33	13.00				
		12.17	9.91	29.25		15.00	6.80				
全 体 平 均 Mean of pollen trees		9.28	9.44	14.27	13.84	12.99	11.74	10.29	11.64		

(): 反復数1回だけについて得られた家系の平均罹病度で, 親ごと平均には加えていない。Doesn't include the mean values.

Table 2. 強, 中度抵抗性および感受性クローンの交配組合せによる家系群ごと平均罹病度
(自殖と強×感, 感×強を除く)

Mean infection index of various cross combinations with different degrees
(except selfing and resistant × susceptible)

強, 中, 感の交配組合せ Cross combination	家 系 数 No. of family	平 均 Mean of infection index	順 位 Rank
強 R × 強 R	6	10.59	2
強 R × 中 MR, 中 MR × 強 R	12	12.09	3
中 MR × 中 MR	2	13.94	5
中 MR × 感 S, 感 S × 中 MR	7	12.60	4
感 S × 感 S	2	10.47	1

注) 強: 強抵抗性 R: Resistant, 中: 中度抵抗性 MR: Moderately resistant, 感: 感受性 S: Susceptible.

Table 3. 強抵抗性, 中度抵抗性, 感受性のダイアレルクロスにおける片面の
ダイアレルの分散分析

Analysis of variance of infection index of half-diallel-crossed families in Table 1.

Source of variation	df	S S	MS	F
一般組合せ能力 General combining ability	6	179.160	29.860	1.119
特定組合せ能力 Specific combining ability	14	373.609	26.686	3.244**
反 復 Replicates	2	36.203	18.102	2.200
誤 差 Error	40	329.055	8.226	
全 体 Total	62	918.027		

Table 4. 精英樹 5 クローンと抵抗性 3 クローンとの交配による苗木の家系別,
反復別平均罹病度

Infection indexes of each family from cross combination between
plus-tree clones and resistant clones (Nagano, 1974)

抵 抗 性 ♂ Resistant clones (pollen)	T R-1056			T R-1074			T R-1030			平 均 Mean
精 英 樹 ♀ Plus-tree clones	反 復 Replicates			反 復 Replicates			反 復 Replicates			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
白田 5 号： Usuda 5	11.55	11.55	14.30	24.90	14.50	17.17	18.05	16.55	10.00	15.397
岩村田12号： Iwamurata 12	20.45	16.15	18.80	19.25	11.58	19.65	8.15	22.35	17.05	17.048
岩村田29号： Iwamurata 29	20.20	13.80	16.85	14.05	10.26	11.90	4.90	4.67	5.40	11.337
南佐久 3 号： Minamisaku 3	10.35	12.70	11.84	8.90	7.74	10.89	13.85	11.85	11.53	11.072
北佐久 5 号： Kitasaku 5	10.17	15.93	12.72	26.87	12.78	20.11	9.83	16.19	18.06	15.851
平 均 Mean	14.491			15.370			12.562			14.141

Table 5. 精英樹5クローンと精英樹混合花粉との交配による苗木の家系別，反復別平均罹病度
Infection indexes of each family from plus-tree clones crossed with mixed pollen
of plus-trees (Nagano, 1974)

精英樹名 Plus-tree clones	反 復 Replicates	1	2	3	平 均 Mean
白 田 5 号 : Usnda-5		22, 10	13, 20	15, 45	16, 917
岩村田12号 : Iwamurata-12		32, 60	22, 60	32, 53	29, 243
岩村田29号 : Iwamurata-29		38, 21	24, 90	23, 10	28, 737
南佐久 3 号 : Minamisaku-3		11, 84	13, 65	13, 28	12, 923
北佐久 5 号 : Kitasaku-5		12, 72	9, 44	12, 56	11, 573
平 均 : Mean		23, 494	16, 758	19, 384	19, 879

Table 6. 精英樹5クローンの自然交配による苗木の家系別，反復別平均罹病度
Infection indexes of each family from plus-tree clones after open
pollination (Nagano, 1974)

精英樹名 Plus-tree clones	反 復 Replicates	1	2	3	平 均 Mean
白 田 5 号 : Usuda-5		35, 56	28, 17	15, 85	27, 527
岩村田12号 : Iwamurata-12		28, 95	17, 75	17, 95	21, 550
岩村田29号 : Iwamurata-29		26, 60	14, 00	24, 35	21, 650
南佐久 3 号 : Minamisaku-3		12, 95	18, 10	17, 05	16, 033
北佐久 5 号 : Kitasaku-5		25, 22	11, 64	18, 19	18, 350
平 均 : Mean		26, 456	17, 932	18, 678	21, 022

Table 7. 抵抗性の関与した程度による群ごとの家系数と平均罹病度
Infection indexes and number of family in each cross grouped with
seed trees by the degree of resistance (Nagano, 1974)

群 名 Groups	家 系 数 No. of family	反 復 Replicates			平 均 Mean
		1	2	3	
強, 中 抵 抗 性 Resistant and Moderately resistant	24	11, 95	10, 34	12, 16	11, 48
感 受 性 Susceptible	22	12, 85	10, 63	12, 02	11, 83
精 英 樹×抵 抗 性 Plus-tree clones×Resistant	15	13, 35	13, 02	14, 57	13, 64
精 英 樹×精 英 樹 混 合 Plus-tree clones×mixed pollen of plus-trees	5	23, 49	16, 76	19, 38	19, 88
精 英 樹 自 然 受 粉 Plus-tree clones by open pollination	5	24, 46	17, 93	18, 68	21, 02

Table 8. 抵抗性の関与した程度による群と群内家系を要因とした分散分析
Analysis of variance of groups in Table 7

Source of variation	df	SS	MS	F
反 復 Replicates	2	194.112	97.056	5.450**
家 系 Families	86	6,541.082	76.059	4.271**
{ 群 間 Between groups	4	1,933.991	483.498	8.605**
群内家系 Families within groups	82	4,607.091	56.184	3.155**
誤 差 (プロット) Error (plots)	172	3,063.099	17.809	
全 体 Total	260	9,798.293		

し、小差で感受性が続き、ついで精英樹×抵抗性の順である。第4位と第5位は抵抗性と関係のない精英樹×精英樹混合および精英樹自然受粉であった。反復ごと家系別平均値をデータとして分散分析した結果は、Table 8 のとおりで、群間および群内家系に有意差が認められた。

以上述べてきたことを総合してみると、抵抗性として選ばれたクローンが交配に関与した家系ほど、罹病度が低くなる傾向があり、また既に述べた交配家系内個体の度数分布には分離する傾向が認められないことから、カラマツ落葉病抵抗性の遺伝様式は、ポリジーン支配と推定される。

3. 関東林木育種場長野支場で得られた50年のデータの解析

昭和50年の調査は49年と同じ材料についておこなわれ、個体単位に抽出した一定葉数に対する罹病枚数の百分率（病葉率）がデータとして得られた。以下の論議はことわらない限り、この個体単位の病葉率のデータを角度変換したものについておこなったものである。

50年時の検定は、49年植えつけた苗木を据え置きしたままなされたので、苗木が大きく生長して苗木で樹冠の閉鎖がおこり、被圧個体を生じた関係で前年データよりも精度の低いデータと考えられた。したがって、50年に得られたデータの解析は、49年のデータから得られた情報を裏付ける程度にとどめた。

前年と同様に、ダイアレルクロスについての反復ごと家系別病葉率平均値は Table 9 のとおりであり、片面の分散分析の結果は Table 10 のとおりである。前年の結果と異なり、特定組合せ能力には有意性が認められず、前年有意でなかった一般組合せ能力に有意性が認められ、ポリジーンの蓄積効果が認められた。

さらに、前年度のデータ処理と同様、このダイアレルクロスのデータを2群に区分し、精英樹5クローンと抵抗性3クローンとの交配家系群（反復ごと家系別平均は Table 11 に示す）、精英樹5クローンと精英樹混合花粉による交配家系群（反復ごと家系別平均は Table 12 に示す）、および精英樹5クローンの自然受粉家系群（反復ごと家系別平均は Table 13 に示す）について、群別平均値の比較をおこなった。

各群別の平均値は Table 14 に示すとおりであり、その分散分析の結果は Table 15 のとおりで、群間、群内家系ともに有意であった。なお、この分散分析に用いたデータは、反復ごと家系別に求めた平均病葉率を角度変換した値である。

前年の結果と対比してみると、抵抗性の2群、すなわち強・中抵抗性は弱抵抗性よりもより低い値を示

Table 9. 強抵抗性, 中度抵抗性, 感受性のダイアレルクロスによる苗木の家系別, 反復別平均病葉率 (角度変換値)
Percentage of infected needles of the diallel-crossed families among resistant clones for the needle
cast disease (Transformed values by arc sin; Nagano, 1975)

母 樹 Seed trees		花 粉 Pollen	強 抵 抗 性 Resistant			中 度 抵 抗 性 Moderately resistant		感 受 性 Susceptible		片 面 平 均 Mean of half-diallel	全 体 平 均 Mean of seed trees
			TR-1040	TR-1074	TR-1056	TR-1014	TR-1051	TR-1011	TR-1019		
強 抵 抗 性 Resistant	TR-1040	14.42	13.39	12.84	15.19	13.08	12.99	11.45	14.29	14.33	
		12.87	17.61	18.14	17.36	10.24	21.71	17.80			
		11.25	14.51	12.44	11.67	9.47	18.82	13.58			
	TR-1074	11.38	12.92	9.97	17.34	13.14	18.44	18.04	14.29	14.32	
		14.40	18.35	18.62	9.03	13.50	14.53	15.75			
		10.80	21.13	13.26	7.50	14.09	15.91	12.62			
	TR-1056	12.79	16.30	6.52	18.34	16.32	14.41	23.58	16.16	15.49	
		6.50	13.77	23.96	17.91	10.13	17.48	17.98			
		14.35	9.54	16.03	17.33	17.98	19.70	14.44			
中 度 抵 抗 性 Moderately resistant	TR-1014	15.89	18.31	15.90	10.71	20.08	18.28	16.70	15.71	15.47	
		13.72	13.93	18.11	18.17	15.21	16.94	15.70			
		7.60	11.46	13.33	16.57	17.88	15.30	15.07			
	TR-1051	12.28	14.30	11.71	16.06		18.40	17.24	15.07	15.01	
		16.68	16.43	13.76	10.72		22.72	15.97			
		15.30	14.34	10.90	17.63		15.91	9.82			
感 受 性 Susceptible	TR-1011	15.37	16.33	18.51	21.46	16.41	22.75	19.39	17.55	17.59	
		17.04	11.25	15.58	13.55	16.51	18.44	17.94			
		19.52	16.97	13.27	14.32	20.82	21.97	21.96			
	TR-1019	20.19	9.54	33.16	(14.59)	17.04	14.88		16.39	16.99	
		12.36	17.46	14.48		22.21	16.54	(12.23)			
		15.52	10.11	11.54		23.58	16.18				
全 体 平 均 Mean of pollen trees		13.82	14.66	15.33	15.05	15.98	17.73	16.39		15.55	

(): 反復数 1 回だけについて得られた家系の平均病葉率で, 親ごとの平均には加えていない。Doesn't include the mean values.

Table 10. 強抵抗性, 中度抵抗性, 感受性のダイアレルクロスにおける片面のダイアレルの分散分析

Analysis of variance of percentage of infected needles in half-diallel crossed families in Table 9.

Source of variation	df	SS	MS	F
一般組合せ能力 General combining ability	6	182,1490	30,3582	3.29*
特定組合せ能力 Specific combining ability	14	136,7344	9,7667	1.06
反 復 Replicates	2	41,8065	20,9033	2.27
誤 差 Error	40	368,7044	9,2176	
全 体 Total	62	729,3943		
プロット内個体 Individuals within plot	1,480	36,224,0700	24,4757	

Table 11. 精英樹5クローンと抵抗性3クローンの交配による苗木の家系別, 反復別平均病葉率 (角度変換値)

Percentage of infected needles of each family from cross combinations between plus-tree clones and resistant clones (Transformed by arc sin; Nagano, 1975)

♀ \ ♂	TR-1056	TR-1074	TR-1030	平 均 Mean
白 田 5 号 : Usuda-5	32.98	16.26	16.42	19.77
	17.76	21.48	21.18	
	16.81	16.45	18.54	
岩村田12号 : Iwamurata-12	15.31	21.36	11.52	17.41
	23.42	16.71	15.20	
	18.79	17.13	17.28	
岩村田29号 : Iwamurata-29	17.85	19.25	17.32	17.53
	20.77	18.55	15.02	
	18.73	14.22	16.11	
南佐久 3 号 : Minamisaku-3	16.53	28.50	21.73	21.78
	21.89	28.24	23.82	
	12.72	17.96	24.61	
北佐久 5 号 : Kitasaku-5	17.21	18.35	19.87	20.49
	25.53	22.97	20.60	
	17.19	21.00	21.71	
平 均 : Mean	19.57	19.89	18.73	19.40

Table 12. 精英樹5クローンと精英樹混合花粉の交配による苗木の家系別、反復別平均病葉率 (角度変換値)

Percentage of infected needles of each family from plus-tree clones crossed with mixed pollen of the plus-tree (Transformed by arc sin; Nagano, 1975)

母 樹 Seed trees	反 復 Replicates	1	2	3	平 均 Mean
臼 田 5 号 : Usuda-5		14.93	13.62	18.73	15.76
岩村田12号 : Iwamurata-12		22.93	19.71	18.99	20.54
岩村田29号 : Iwamurata-29		21.06	21.42	23.98	22.15
南佐久 3 号 : Minamisaku-3		17.69	18.87	21.51	19.36
北佐久 5 号 : Kitasaku-5		23.92	19.42	16.40	19.91
平 均 : Mean		20.11	18.61	19.92	19.55

Table 13. 精英樹5クローンの自然交配による苗木の家系別、反復別平均病葉率 (角度変換値)

Percentage of infected needles of five families from the plus-tree clones after open-pollination (Transformed by arc sin; Nagano, 1975)

母 樹 Seed trees	反 復 Replicates	1	2	3	平 均 Mean
臼 田 5 号 : Usuda-5		20.15	16.16	20.59	18.97
岩村田12号 : Iwamurata-12		22.73	23.72	20.88	22.44
岩村田29号 : Iwamurata-29		23.61	19.43	21.13	21.39
南佐久 3 号 : Minamisaku-3		22.76	21.84	15.09	19.90
北佐久 5 号 : Kitasaku-5		19.28	18.56	21.60	19.81
平 均 : Mean		21.71	19.94	19.86	20.50

Table 14. 抵抗性の関与した程度による群ごとの家系数と平均病葉率 (角度変換値)

Percentage of infected needles and number of family in each cross grouped with the seed trees by the degree of resistance (Transformed values by arc sin; Nagano, 1975)

群 名 Groups	家 系 数 No. of family	反 復 Replicates			平 均 Mean
		1	2	3	
強, 中 抵 抗 性 Resistant and moderately resistant	24	14.73	15.48	14.30	14.84
感 受 性 Susceptible	22	18.13	16.94	16.43	17.17
精 英 樹×抵 抗 性 Plus-tree×Resistant	15	21.45	21.39	19.39	20.75
精 英 樹×精 英 樹 混 合 Plus-tree clones crossed by mixed pollen of plus-tree clones	5	20.50	19.48	20.18	20.05
精 英 樹 自 然 受 粉 Plus-tree clones by open pollination	5	21.70	20.09	20.00	20.60

Table 15. 抵抗性の関与した程度による群と群内家系を要因にした分散分析
Analysis of variance of percentage of infected needles in the groups in Table 14

Source of variation	df	SS	MS	F
反 復 Replicates	2	95.8396	47.9200	4.278*
家 系 Families	86	3,067.6009	35.6698	
{ 群 間 Between groups	4	1,624.2691	406.0673	23.0699**
{ 群内家系 Families within groups	82	1,443.3318	17.6016	1.5711**
誤差 (プロット) Error (plot)	172	1,926.6415	11.2014	
全 体 Total	260	5,090.0820		

Table 16. 年別データにもとづく群ごとの遺伝率
Estimates of heritability

材 料 Data	遺 伝 率 Heritability		平 均 Mean
	1974	1975	
抵抗性片面ダイアレル Half-diallel crosses of resistant clones	1.2%	15.3%	8.3%
精 英 樹 × 抵 抗 性 Plus-tree clones × Resistant clones	19.0	10.8	14.9
精 英 樹 × 精 英 樹 混 合 Plus-tree clones crossed with mixed pollen of plus-tree clones	72.6	44.9	58.8
精 英 樹 自 然 受 粉 Plus-tree crossed with open pollination	9.4	0	4.7

し、前年よりも明らかな差をあらわした。しかし、49年において抵抗性2群に次いで第3位の中間位置を示し、ポリジーンの蓄積がうらづけられた精英樹×抵抗性の群は、50年には抵抗性と無関係の精英樹×精英樹混合および精英樹自然受粉の2群と同程度の値を示した。この結果は、ポリジーンの蓄積効果からは説明されない。しかしさきに述べたように50年のデータは、試験苗床での樹冠閉鎖によって実験誤差が大きくなったので、そのことの影響と考えられる。

4. 罹病性の遺伝率の推定

49, 50 両年にわたって、関東材木育種場長野支場で得られたデータから遺伝率を求めて検討した。遺伝率を求めた材料は、片面のダイアレルクロスおよび Table 7 の第 3, 4, 5 群で、Table 16 の第 1 欄に示した。

片面のダイアレルクロスで得られたデータについての遺伝率は、一般組合せ能力の平均平方の期待成分にもとづき、一般組合せ能力の分散を求め、その値を4倍して全分散に対する百分率として求めた。精英樹×抵抗性については、母樹と花粉親を要因とした二元分類の分散分析をおこない、母樹の平均平方の期待成分にもとづいて母樹間分散を求め、その値を4倍して全分散に対する百分率として求めた。残り2群は、母樹を要因とした一元分類の分散分析をおこない、母樹の平均平方の期待成分にもとづいて母樹間分散を求め、その値を4倍して全分散に対する百分率として求めた。

この4者の遺伝率のうち、片面のダイアレルクロスの分については、母樹、花粉親ともに選抜を経てい

るので、最小の遺伝率が予想される。また、精英樹抵抗性については、抵抗性に関しては未選抜とみなされる精英樹(母樹)についての遺伝率であるが、花粉親が選抜を経ているので、片面のダイアレルクロスについて低目の遺伝率が予想される。残り 2 者は、花粉親が混合花粉と自然受粉のちがいだけであるから、得られる両者の遺伝率の差は小さく、かつ両者とも抵抗性に関しては未選抜であることから、高い遺伝率が期待される。

得られた遺伝率は Table 16 のとおりで、それぞれの材料によって、両年間の差異が大きい。同程度で、しかも高い遺伝率が期待された精英樹 5 クローンを母樹とした混合花粉と自然受粉の 2 群においては、精英樹×精英樹混合は両年とも最高値を示したのに対し、精英樹自然受粉では 49 年は 3 番目、50 年は最低値であった。両者の遺伝率の信頼度は、前者の混合花粉による方が、後者の自然受粉によるよりもより均等に多くの花粉親と交配されて次代を形成していると考えられるので、信頼性は高い。しかし、この遺伝率についても、49 年 72.6%、50 年 44.9% と年間差が 27.7% もあり、精度が低いため、一般的には 50% 以下の遺伝率と考えられる。低い遺伝率の推定値が得られると考えられた片面のダイアレルクロスのデータにもとづく遺伝率と、精英樹×抵抗性のデータにもとづく遺伝率は、いずれも 20% 以下であり、予想どおりであった。

5. 林業試験場東北支場で得られたデータの解析

以下の Table 17, 19, 21 および Table 23 に示す年ごとの家系別の罹病度の平均値は、家系を単位に 2 反復の乱塊法で植栽配置された試験地で、個体ごとの罹病度を年次別、反復別、家系別に平均し、さらに家系単位に平均した値である。

Table 17 は、精英樹クローン of 自然受粉および花粉親として精英樹混合花粉(長野支場分と同じ)および抵抗性クローン of 花粉を交配して得られた苗木についての罹病度である。抵抗性の 3 花粉親による家系は、自然受粉および混合花粉による家系よりも低い値を示した。要因として、母樹 2 水準 (2 クローン)、花粉親 5 水準 (便宜上自然受粉と混合花粉をそれぞれ 1 水準、抵抗性 3 クローンを 3 水準とした) とし、さらに要因として年間 2 水準を加えた 三元分類の分散分析をおこなった結果は Table 18 のとおりである。ここで、家系間に差がみとめられなかったもので、誤差でもって直接母樹と花粉親を検定した結果、花

Table 17. 精英樹 2 クローン of 自然受粉と精英樹混合花粉および抵抗性 3 クローンとの交配による苗木の年ごと家系別平均罹病度

Infection indexes of each family of two plus-tree clones. They were open-pollinated, and were crossed with mixed pollen of plus-tree clones and pollen of resistant clones (Tohoku, 1974)

母 樹 Seed trees	年 Year	花 粉 Pollen					平 均 Mean
		自然受粉 Open pol- lination	精英樹混合 Mixed pollen of plus-tree clones	T R-1056	T R-1074	T R-1030	
白 田 5 号: Usuda-5	1975	37.0	35.5	21.8	31.4	24.8	30.1
	1976	30.5	18.5	16.5	17.4	23.6	21.3
岩村田12号: Iwamurata-12	1975	33.6	38.9	26.2	18.6	31.2	31.7
	1976	20.1	24.1	12.7	14.6	18.4	18.0
年 別 平 均: Annual mean	1975	35.3	37.2	24.0	30.0	28.0	30.9
	1976	25.3	21.3	14.6	16.0	21.0	19.6
平 均: Mean		30.3	29.2	19.3	23.0	24.5	25.25

Table 18. 精英樹 2 クロンの自然受粉と精英樹混合花粉および
抵抗性 3 クロンとの交配についての分散分析
Analysis of variance of the data in Table 17

Source of variation	df	SS	MS	F
年 Year	1	1,269.003	1,269.003	4.183
年内反復 Replicates within year	2	606.764	303.382	13.854**
母 樹 Seed trees	1	6.972	6.972	< 1
花 粉 親 Pollen	4	661.704	165.426	7.554**
家 系 Families	4	144.157	36.039	1.646
年 Year × 母樹 seed tree	1	59.780	59.780	2.730
年 Year × 花粉親 pollen	4	105.391	26.348	1.203
年 Year × 家系 family	4	67.868	16.967	< 1
誤 差 Error	18	394.161	21.898	
全 体 Total	39	3,315.800		

Table 19. 強抵抗性, 中度抵抗性, 感受性間のダイアレルクロス苗木の年ごと家系別
平均罹病度および順位

Infection indexes and yearly ranking of each family from cross combinations
among selected resistant clones (Tohoku, 1975 and 1976)

母 樹 Seed trees		花 粉 Pollen	強 抵 抗 性 Resistant			中度抵抗性 Moderately resistant		感 受 性 Susceptible	
			TR-1040	TR-1074	TR-1056	TR-1014	TR-1051	TR-1011	TR-1019
強 抵 抗 性 Resistant	TR-1040			② 42.9 [13] 14.8	① 42.5 [3] 11.3		⑨ 51.7 [9] 14.5	②⑧ 71.4 [17] 16.1	⑩ 53.0 [28] 30.1
	TR-1074	③ 46.0 [4] 12.1			⑥ 47.4 [18] 16.9	①⑨ 59.2 [16] 15.9	⑧ 58.0 [10] 14.5		②③ 63.0 [21] 19.0
	TR-1056	⑧ 50.3 [11] 14.6	⑤ 46.5 [1] 6.3	⑫ 54.2 [2] 2.5			②⑦ 70.7 [14] 15.1		②⑩ 60.0 [20] 18.5
中 度 抵 抗 性 Moderately resistant	TR-1014	②② 61.8 [6] 12.8	④ 46.3 [7] 13.1	⑮ 57.9 [27] 25.6			⑭ 54.7 [12] 14.7	②⑤ 63.5 [22] 19.3	⑪ 53.2 [26] 21.5
	TR-1051	⑦ 47.8 [19] 17.6	⑬ 54.6 [24] 20.0		⑮ 55.0 [5] 12.6				②⑥ 65.3 [25] 21.2
感 受 性 Susceptible	TR-1011		②④ 63.3 [23] 19.4	⑮ 55.2 [15] 15.5	⑮ 60.2 [8] 13.7				②⑨ 73.5 [29] 31.6

注) 上段1975年, 下段1976年のデータで○と□内数字は年別の抵抗性の順位を示す。

Upper indicated the data of 1975 and bellow the data of 1976, and ranking is in each year.

Table 20. 強抵抗性, 中度抵抗性, 感受性間のダイアレルクロス苗木 (一部) についての分散分析

Analysis of variance of the data in Table 20.

Source of variation	df	SS	MS	F
年 Year	1	3,696.233	3,696.233	23.604*
年内反復 Replicates within year	2	313.178	156.589	7.057**
群 Groups	1	770.203	770.203	18.487**
群内家系 Families within group	27	1,124.841	41.661	1.877
年 Year × 群 group	1	0.051	0.051	< 1
年 Year × 群内家系 families within group	27	774.786	28.696	1.293
誤差 Error	56	1,242.572	22.189	
全体 Total	115	7,921.864		

Table 21. 各精英樹とTR 1004 との交配苗の年ごと家系別平均罹病度
Infection indexes in two years of each family from plus-tree clones
crossed with pollen of TR 1004 (one of resistant clones)

年 Year		1975	1976	平均 Mean
母樹 Seed trees				
遠野 1 号: Toono-1		30.1	14.0	22.1
遠野 2 号: Toono-2		24.9	18.4	21.6
白石 11 号: Shiroishi-11		24.6	15.2	19.9
白石 13 号: Shiroishi-13		26.4	18.4	22.4
盛岡 2 号: Morioka-2		24.9	16.9	20.9
盛岡 13 号: Morioka-13		20.7	14.5	17.6
網走 34 号: Abashiri-34		25.1	18.6	21.8
大槌 1 号: Oozuchi-1		24.0	14.5	19.3
大槌 3 号: Oozuchi-3		28.0	14.3	21.1
胆振 1 号: Iburi-1		27.8	16.1	22.0
中新田 1 号: Nakaniida-1		29.1	16.7	22.9
岩村田 4 号: Iwamurata-4		25.6	15.8	20.7
川井 3 号: Kawai-3		27.8	18.1	23.0
平均 Mean		26.1	16.3	21.2

Table 22. 各精英樹とTR 1004 との交配についての分散分析
Analysis of variance of the data in Table 21.

Source of variation	df	SS	MS	F
年 Year	1	1,246.561	1,246.561	4.136
年内反復 Replicates within year	2	602.847	301.424	20.423**
母樹 Seed trees	12	113.579	9.469	< 1
年 Year × 母樹 (家系) seed tree (families)	12	107.779	8.982	< 1
誤差 Error	24	354.223	14.759	
全体 Total	51	2,424.989		

Table 23. 中度抵抗性および感受性の母樹と強抵抗性, 中度抵抗性, Infection indexes in two years of each family of various combinations

母 樹 Seed trees	年 Year	花 粉			
		TR-1004 R-1	TR-1006 R-2	TR-1013 R-3	TR-1014 R-4
龍ヶ森 9 Ryugamori-9 (M-6)	1975	27.0	28.1	26.6	23.5
	1976	14.6	12.4	16.2	11.0
龍ヶ森 5 Ryugamori (S-9)	1975	24.8	31.3	27.8	20.5
	1976	29.1	14.9	18.4	20.0
年別平均 Annual mean	1975	25.9	29.7	27.2	22.0
	1976	21.8	13.6	17.3	15.5
平 均 Mean		23.9	21.7	22.2	18.7

Table 24. 中度抵抗性および感受性の母樹と強抵抗性, 中度抵抗性, 感受性
の花粉親との交配苗についての分散分析
Analysis of variance of the data in Table 23

Source of variation	df	S S	MS	F
年 Year	1	2,022.061	2,022.061	4.206
年内反復 Replicates within year	2	961.538	480.769	19.826**
母 樹 Seed trees	1	320.000	320.000	1.922
花 粉 親 Pollen	9	987.878	109.764	3.616*
家 系 Families	9	273.155	30.351	1.252
年 Year × 母樹 seed tree	1	166.464	166.464	6.865*
年 Year × 花粉親 pollen	9	247.794	27.533	1.135
年 Year × 家系 family	9	212.146	23.572	< 1
誤 差 Error	38	921.462	24.249	
全 体 Total	79	6,112.498		

花粉親間に有意性が認められ, 抵抗性花粉によって罹病度が低くなったことが明らかになった。なお, 各交配要因と年との交互作用は認められなかった。

Table 19 は, 強抵抗性 3 クローン, 中度抵抗性 2 クローン, および感受性 1 クローン (花粉親として 2 クローン) の合計 6 クローン (花粉親は 7 クローン) によるダイアレルクロスで得られた苗木の罹病度の, 年ごとと家系別平均値である。全体を通覧すると, 強抵抗性同志の交配による家系が, 他の家系より低い罹病度を示している。欠測値が多いため, 所定のダイアレルクロスの分散分析ができないので, 強抵抗性クローン同志の交配による家系群と, その他の家系群に分け, その群間差と群内家系間差および年次間差, また年と交配要因との交互作用に注目して分散分析をした。結果は Table 20 のとおりで, 群間差が有意であり, 強抵抗性同志の交配家系が強い抵抗性であることが確認された。また, 群内家系間差および年間差も有意であったが, 年と交配要因との交互作用には有意性は認められなかった。

Table 21 は, 精英樹 13 クローンを母樹とし, 強抵抗性クローン TR-1004 を花粉親として交配した苗木について, 2 年間にわたって検定した罹病度の年ごとと家系別平均値である。全体として罹病度は低く,

感受性の花粉親との交配苗木の年ごと家系別平均罹病度
with different degrees (Tohoku, 1975 and 1976)

Pollen						平 均 Mean
Ryugamori-2 M-5	Ryugamori-9 M-6	Kesennuma-1 M-7	Ryugamori-1 S-8	Ryugamori-5 S-9	Noheji S-0	
26.5	29.4	28.9	29.9	36.1	27.3	28.3
12.2	16.6	17.2	18.2	16.2	19.5	15.4
29.2	27.3	24.3	37.3	34.1	37.8	29.4
13.4	17.4	20.0	29.4	30.1	30.1	22.3
27.9	28.3	26.6	33.6	35.1	32.6	28.9
12.8	17.0	18.6	23.8	23.1	24.8	18.8
20.3	22.7	22.6	28.7	29.1	28.7	23.8

花粉親からの抵抗性遺伝子の獲得があったと推定される母樹と年を要因にして分散分析した結果は Table 22 のとおりで、母樹間差には有意性が認められず、精英樹、クローン間における抵抗性の差が小さいことが確認された。また、年間差も有意でなく、年と母樹との交互作用にも有意性が認められなかった。

Table 23 は、中度抵抗性 1 クローン、感受性 1 クローンの母樹に、強抵抗性 4 クローン、中度抵抗性 3 クローンおよび感受性 3 クローンを花粉親として交配して得られた苗木のデータから、年ごと家系別平均罹病度を求めた。この表に明らかなように、感受性花粉親にもとづく家系の平均値が高い。分散分析の結果は Table 24 のとおりで、花粉親間差に有意性が認められた。なお、年と母樹との交互作用が有意であり、この値で母樹間差を検定したところ、有意性は認められなかった。

6. 林業試験場北海道支場で得られたデータの解析

抵抗性 1 クローン、中度抵抗性 2 クローンおよび感受性 1 クローンの合計 4 クローンでダイアレルクロスがおこなわれた。各交配苗木の罹病程度は百分率³⁾で示されているので、統計処理のため角度変換した。家系別に求めた平均値は Table 25 に示すとおりで、必ずしも交配親が抵抗性であるものの家系が抵抗性を示していない。ダイアレルクロスにもとづく分散分析の結果は Table 26 のとおりで、一般組合せ能力に有意性が認められない。特定組合せ能力が正逆を含めて有意となっているが、() で示したのは以下に述べるように検定が正確におこなえないからである。すなわち、試験地の植栽配置において、各家系の苗木は数室のガラス室に分散された。しかも、そのなかで各家系苗木は複数本ずつグループ植栽された。各室にそれぞれの家系が全部わりつけられておれば、各室を反復として取扱って分散分析することにより、家系と室との交互作用を誤差として、正確な検定ができる。しかし、各室に全家系がないので室を無視し、データは試験に用いた全個体が単木混交配置で植栽されたものと同様にして取扱った。つまり、家系内個体を誤差として検定した。したがって、一次元低い誤差で、もっと高次の誤差を含む特定組合せ能力等を検定したことになるので、必ずしも特定組合せ能力が有意だったとは判定できない。

7. 3 地域間の交互作用

長野、東北、北海道の 3 地域で共通して検定された家系をとり出し、地域と家系の交互作用の有無につ

Table 25. 感受性と抵抗性を含めたダイアレルクロスで得られたデータ (角度変換値)
Mean infection indexes of each family from the diallel crosses of resistant clones (Transformed values by arc sin; Hokkaido, 1975)

母樹 Seed trees	花粉 Pollen ミスマイ 1 Misumai-1	Y33R1008	T33R1050	T33S1003	平 均 Mean
ミスマイ 1 Misumai-1	53.67	41.38	73.24	47.38	53.92
T33R1008	40.81	53.19	56.37	54.37	51.19
T33R1050	49.87	55.45	52.70	58.10	54.03
T33S1003	50.90	33.37	62.44	51.31	49.51
平 均 Mean	48.81	45.85	61.19	52.79	52.16

Table 26. 感受性と抵抗性を含めたダイアレルクロスについての分散分析
Analysis of variance of mean infection index in Table 25

Source of variation	df	SS	MS	F
一般組合せ能力 General combining ability	3	356.984	118.995	1.859
特定組合せ能力 Specific combining ability	6	384.130	64.002	(5.099**)
一 般 正 逆 Difference of reciprocal cross in general combining	3	233.142	77.714	< 1
特 定 正 逆 Difference of reciprocal cross in specific combining	3	276.635	92.212	(7.343**)
全 体 Total	15	1,250.891		
プロット内個体 Individuals within plot	419	62,811.280	149.908	

注) 調和平均による本数代表値

Average number per plot by harmonic mean, $n_h=11.938$.

Table 27. 長野と東北の共通家系についての分散分析
Analysis of variance of the data of 16 families tested in Nagano
and Tohoku in common

Source of variation	df	平 均 平 方 Mean square			
		東 北 Tohoku, 1975 長 野 Nagano, 1974	東 北 Tohoku, 1975 長 野 Nagano, 1975	東 北 Tohoku, 1976 長 野 Nagano, 1974	東 北 Tohoku, 1976 長 野 Nagano, 1975
場 所 Locations	1	7,881,349	5,324,615	782,402	147,892
家 系 Families	25	112,146**	45,719(**)	105,199**	50,149
場 所 × 家 系 Location × family	25	36,322	32,918	49,003**	34,222*
誤 差 Error	78	23,331	20,602	23,159	20,429
全 体 Total	129	103,980	68,973	49,952	29,850

() : 交互作用が有意でないのでコミにした誤差で検定した。

Tested significance with pooled error, because of the interaction (location×family) was not significant.

いて検討した。

まず長野と東北の対比における共通家系は、ダイヤレルクロスの対角線上右半分の片面ダイヤレルのなかの共通家系、およびその他の交配組合せにおける共通家系すべてとした。分散分析は、反復別平均値をデータとし、両地域とも2年分のデータをもつので、それらの組合せで4個の分散分析をおこない、Table 27に総括した。

分析した4個のうち、2個に交互作用が認められたが、その交互作用が認められたなかの一つ(東北51年と長野49年)は、交互作用で検定した家系間にも有意性が認められた。したがって、両地域の家系間に相関があり、選抜効果のあることも

たしかである。また東北50年と長野50年の分散分析において、交互作用で検定した家系間には有意性がなく、その交互作用も有意でなかった。そこでこの交互作用と誤差をこみにした平均平方で家系間を検定したところ、有意であった。したがって、両地域の家系間に相関があり、選抜効果があるとみてよい。

問題となるのは、東北51年と長野50年の分散分析の結果である。交互作用が有意であるが、家系間に有意性がないから、両地域で共通の抵抗性はないという結果である。しかし、すでに述べてきたように、長野の50年のデータは49年のそれに比べて信頼性が低いので、その誤差によって生じた現象とも考えられる。

北海道においては、長野で検定された家系のうち、共通の17家系が送付されて同様に検定された。また、東北においても、17家系中16家系が検定されているので、3地域の家系平均値を用いて相互間の相関係数を求めた。長野のデータは49年分、東北は50, 51両年の平均値を用い、北海道は50年分を用いた。結果は、長野と東北0.137、長野と北海道-0.670 (Fig. 7)、東北と北海道-0.010であり、長野と北海道の相関係数は統計的に有意であった。

相関が単に低いということの説明は、選抜地域と植栽地域が離れることによって、選抜効果が失われると解釈されるが、マイナスの相関になった原因については、両地域のいずれかで、落葉病とマイナス相関をもつ異なった病気が、試験地内に入りこんだ可能性も考えられる。長野と東北の相関は少なくともプラスの相関であり、北海道のデータになんらかの原因が考えられる。

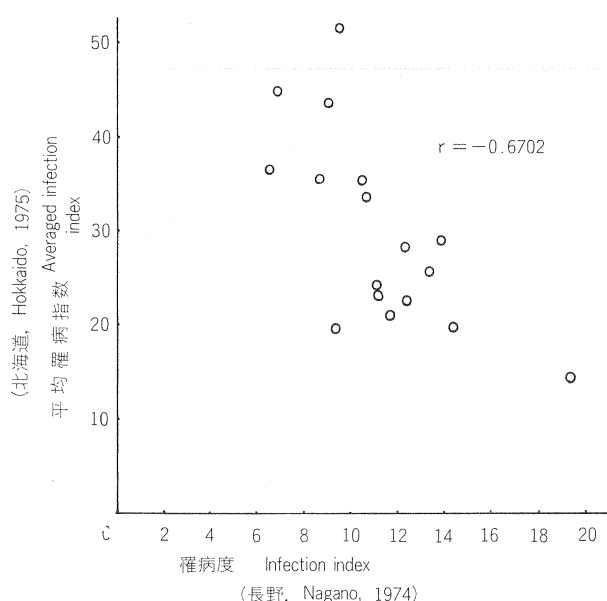


Fig. 7 長野と北海道で共通して検定された17家系の罹病程度の相関
Correlation of infection indexes of 17 families tested both in Tohoku and Hokkaido regions.

8. ま と め

カラマツ落葉病抵抗性クローンおよび、この病気に特に考慮せずに選ばれたカラマツ精英樹クローンに

着花促進をして得られた子供群の抵抗性が、長野、東北、北海道の3地域で検定された。これらの検定データをもとにして遺伝様式の解析をおこなった。

(1) 家系ごとの罹病度の度数分布からみて、カラマツ落葉病抵抗性の遺伝は、ポリジーン支配と判断される。

(2) 抵抗性同志の交配家系、もしくは片親に抵抗性をもつ交配家系は、両親が精英樹である交配家系もしくは精英樹の自然交配家系よりも罹病程度が低い傾向を示した。

(3) 抵抗性同志の交配家系のなかに、多くの遺伝子座に抵抗性遺伝子を保有する強抵抗性個体の出現が期待されたが、それが認められなかったことから、ポリジーンに関与する遺伝子座の数は比較的少数と推定される。

(4) この病気についての罹病性の遺伝率は、20%以下と推定された。

(5) この研究では抵抗性クローンに強抵抗性3クローン、中度抵抗性2クローンおよび感受性2クローンをを用いたが、検定の結果から考慮して、強抵抗性4クローンと弱抵抗性3クローンに再区分されよう。

(6) 検定された3地域間の罹病程度の相関関係からみて、選抜地域と検定地域が離れることによって選抜効果が失われる可能性があり、地域ごとに抵抗性育種を実施する必要がある。

なお、罹病程度から遺伝率を求めるにあたって、個体単位の発病または非発病による2段階表示のデータを用いる方法が開発されているので、今後の試験においては、このような2段階表示も考慮する必要があるだろう。

引用文献

- 1) 林 弘子ほか：カラマツ落葉病抵抗性選抜クローン間交配苗の接種検定，林試研報，307，47～106，(1979)
- 2) 鮫島惇一郎：カラマツ落葉病の抵抗性育種，北海道の林木育種，18 (2)：11～18，(1975)
- 3) Toda, R. : Inheritance of the resistance to needle cast disease in Japanese larch, Proc. 3rd World Consult. on Forest Tree Breeding, Canberra, (1977)
- 4) 山本千秋ほか：カラマツ落葉病抵抗性遺伝試験地の設定，林試研報，307，153～172，(1979)
- 5) 横沢良憲ほか：東北地方におけるカラマツ落葉病抵抗性交配苗の検定，林試研報，307，107～128，(1979)

Inheritance Analyses of Needle Cast Disease Resistance in Japanese LarchTakateru AKASI⁽¹⁾, Tadashi KAWAMURA⁽²⁾ and Toru SATO⁽³⁾

Summary

For studying inheritance of the needle cast disease resistance in Japanese larch, the ramets of resistant clones selected previously and plus-tree clones were forced to flower artificially. Controlled and natural pollination were made among these clones and many families were raised. The assessment of degrees of resistance to this disease were made in three regions, Nagano, Tohoku, and Hokkaido respectively.

The data obtained in these studies were analysed statistically to get the genetical composition for the resistance, and the results obtained were as follows: The frequency distribution of susceptibility indexes in each family did not show any sign that the families have discontinuous groups of individuals indicating segregation for the resistance. So it is estimated that, at least, this trait is not controlled by a single gene but by a polygene system. The number of genes involved might not be very large. The degrees of resistance of families derived from resistant clones $\times$ resistant ones and resistant clones $\times$ plus-tree clones were higher than those of families from crosses among plus-tree clones. Seven resistant clones used in this study were classified into three levels at the beginning of this work, as highly resistant (3), moderately resistant (2) and susceptible (2). Judging from the facts mentioned above, however, they can be classified into categories of "highly resistance" (4) and "lower resistance" (3). The estimates of heritability of the resistance is less than 20 per cent from several separate data provided for estimating heritability of this trait. After calculation of the correlation among the susceptibility indexes of each clone in three regions, there is a relatively higher interaction between genotypes and environments in this trait. Thus, it can be concluded that selection and assessment of resistant materials of the needle cast disease in Japanese larch should be carried out in the respective local regions.

Received June 22, 1979

(1), (3) Silviculture Division,

(2) Kanto Forest Tree Breeding Institute.