

スギの幼形葉形質の遺伝

菊池秀夫⁽¹⁾

KIKUCHI, Hideo : Inheritance of juvenile form leaf trait in sugi, *Cryptomeria japonica* D. DON

要 旨：スギについて各種の表現形質に特徴を備えた個体の収集を行ってきた。その中に針葉が幼形葉（初生葉）のみで、本葉（いわゆる針葉）が生じない変異個体があった。静岡県と鹿児島県の異なる地域から出現した幼形葉形質を示すCr-49とCr-312の2クローンを用いて遺伝実験を行い、F₁家系及びF₂家系を育成し、それらの家系における表現型の分離を調べた。親の交配では幼形葉型と正常型の正逆交配を行った。得られたF₁家系では幼形葉苗の出現は認められず、すべての個体が正常苗であった。次いで、F₁家系の個体を用いて、自家受粉、検定交配並びに兄妹交配などを行った。その結果、F₁個体の自家受粉家系からは正常苗と幼形葉苗が3：1の割合で分離し、F₁個体と幼形葉型との検定交配家系から正常苗：幼形葉苗が1：1の割合で分離した。F₁個体間の兄妹交配家系からは正常苗：幼形葉苗が3：1の割合で分離した。このことから幼形葉形質はメンデルの法則に従う単一劣性遺伝子の支配を受け、劣性ホモ接合体のときに発現することが明らかになった。さらに、産地の異なるCr-49とCr-312の幼形葉遺伝子の対立性を検定し、両者が同じ遺伝子であることを明らかにした。

目 次

1 はじめに	16
2 材料と方法	16
2.1 幼形葉個体の針葉型	16
2.2 供試個体と幼形葉個体の由来	16
2.3 個体表示	17
2.4 交配組み合わせ	17
2.5 交配の方法と採種	18
2.6 育苗と形質の調査	18
3 結果	18
3.1 葉形の観察	18
3.1.1 幼形葉と正常針葉の中央部横断面の比較	18
3.1.2 F ₁ 個体の針葉の外観と中央部横断面	18
3.1.3 F ₂ 個体の針葉の外観と中央部横断面	18
3.2 幼形葉型親（Cr-49及びCr-312）と正常型親の交配によるF ₁ 家系の表現型	18
3.3 F ₁ 個体の自家受粉による家系における表現型の分離	19
3.4 F ₁ 個体の検定交配による後代家系の表現型の分離	21
3.5 F ₁ 個体の全兄妹交配による後代家系の表現型の分離	21

3.6 F ₁ 個体の半兄妹交配による後代家系の表現型の分離	22
3.7 異なる幼形葉型親 (Cr-49とCr-312) が保有する遺伝子の対立性検定	22
4 考察	23
4.1 幼形葉形質の遺伝	23
4.2 幼形葉型親, Cr-49とCr-312の幼形葉形質の対立性検定	24
4.3 Cr-49及びそのF ₂ 家系の針葉樹脂道	24
4.4 幼形葉遺伝子の保存	25
謝 辞	25
引用文献	25
Summary	26

1 はじめに

スギ (*Cryptomeria japonica* D. DON)の天然林は、北は青森県から南は鹿児島県まで広い範囲に分布している (林, 1951)。スギは我が国を代表する造林樹種の一つで、重要な育種事業の対象樹種である。スギの育種を進めるための基礎として形質遺伝に関する研究を進める必要がある。スギにおける標識形質や主動遺伝子等について、これまでの情報が大庭 (1980), FUKUHARA (1981), 村井 (1986) によって総説されているが、その形質は限られている。

筆者は1966年から林業試験場造林部遺伝育種科遺伝育種第二研究室 (現森林総合研究所生物機能開発部遺伝科遺伝分析研究室) において、林木の諸形質の遺伝を研究するためにスギの表現形質に特徴を持った個体またはクローンの収集を行い、交配実験を行ってきた。本報では、スギの幼形葉形質について、親クローン及びF₁家系、F₁個体による各種の交配組み合わせによるF₂家系を育成し、この幼形葉形質の遺伝様式を明らかにしたので報告する。

2 材料と方法

2.1 幼形葉個体の針葉型

一般にスギやヒノキなどでは、発芽後、初生葉の段階があり、その後本葉が展開するが、まれに、成木になっても初生葉しか生じない個体がある。その例として、スギ及びサワラにおいて園芸品種のヤワラスギ及びヒムロがある。

この実験では、初生葉 (幼形葉) のみで本葉 (針葉) が生じないスギ個体 (クローン) を用いた。この個体はCr-49 (Photo 1) とCr-312 (Photo 2) である。両者に共通する形態的特徴は二次枝は細く、密生、葉は扁平にして柔軟なことである。後述のとおり幼形葉中央の横断面は扁平である。幼形葉を示すスギに園芸品種のヤワラスギ (*C. japonica* D. DON var. *elegans* MAST) があるが、本供試個体のCr-49並びにCr-312と同じものかどうかは未調査である。

2.2 供試個体と幼形葉個体の由来

実験に用いた親木はすべてクローン化した。Table 1 に供試した親クローンを示した。交配親のうち、

幼形葉形質を示す個体はCr-49, Cr-312である。その他のクローンは正常針葉である。Cr-49は1967年に静岡県林業試験場(現林業技術センター)からさし穂で入手した静-41である。Cr-312は、1954年に草下(元林業試験場造林部)・小林(元林業試験場浅川実験林)が下屋久宮林署安房苗畑で発見、収集した数本の幼形葉形質苗のうちの1本で、目黒-9と名付けた個体である。

2.3 個体表示

この報告では、交配親のうちCr-49及びCr-312の葉形質を幼形葉型と呼び、その対立形質として普通に見られる針葉形質を正常型とした。交配家系で幼形葉を発現した個体を幼形葉苗、正常な針葉を示す個体を正常苗と記すことにした。また、交配家系の個体については交配家系番号で記した。

2.4 交配組み合わせ

交配は1972年から1983年にかけて旧林業試験場構内(東京・目黒並びに茨城・碓氷), 狭間苗畑(東京・八王子), 千代田試験地(茨城・千代田)で実施した。

交配の組み合わせは、Cr-49については幼形葉型と正常型の両面交配を、Cr-312については幼形葉型を花粉親とした片面交配を行った。これらの交配によるF₁個体の表現型はすべて正常型であった。F₁個体を用いたF₂家系の育成交配では、自家受粉, 検定交配, 全兄妹交配, 半兄妹交配及び幼形葉型を示す別の親との検定交配を行った。また、Cr-49由来のF₁個体とCr-312由来のF₁個体との交配も行った。

Table 1. 交配に用いた親木
Parent individuals used for crossing

供試木 Parent individuals and their index numbers	表現型 ¹⁾ Phenotype	収集者 Collector of the materials
Cr-49 静 - 41 Shizu - 41	幼形葉型 juvenile form leaf type	静岡県林業技術センター Shi PFFPRI
Cr-312 目黒 - 9 Meguro - 9	幼形葉型 juvenile form leaf type	森林総合研究所 FFPRI
Cr-1 須屋 1 Suya 1	正常型 Normal leaf type	林木育種センター九州育種場 Kyushu RBONFTBC
Cr-8 精 県佐賀 3 Saga 3	正常型 Normal leaf type	林木育種センター九州育種場 Kyushu RBONFTBC
Cr-43 静 - 6 Shizu - 6	正常型 Normal leaf type	静岡県林業技術センター Shi PFFPRI
Cr-67 精 県久慈 13 Kuji 13	正常型 Normal leaf type	林木育種センター NFTBC
Cr-95 精 県秩父 3 Chichibu 3	正常型 Normal leaf type	林木育種センター NFTBC
Cr-97 精 県児玉 1 Kodama 1	正常型 Normal leaf type	林木育種センター NFTBC
Cr-98 精 県児玉 3 Kodama 3	正常型 Normal leaf type	林木育種センター NFTBC
Cr-99 精 県西川 2 Nishikawa 2	正常型 Normal leaf type	林木育種センター NFTBC
Cr-317 浅川 - 1 Asakawa 1	正常型 Normal leaf type	森林総合研究所 FFPRI
Cr-322 浅川 - 23 Asakawa 23	正常型 Normal leaf type	森林総合研究所 FFPRI
Cr-323 浅川 - 24 Asakawa 24	正常型 Normal leaf type	森林総合研究所 FFPRI

Shi PFFPRI : Shizuoka Prefecture Forest and Forest Products Research Institute, Hamakita, Shizuoka Prefecture.

FFPRI : Forestry and Forest Products Research Institute, Kukizaki, Inashiki, Ibaraki Prefecture.

Kyushu RBONFTBC : Kyushu Regional Breeding Office, National Forest Tree Breeding Center, Kumamoto Prefecture.

NFTBC : National Forest Tree Breeding Center, Ibaraki Prefecture.

1) : 正常型親の自家受粉及び他家受粉からは幼形葉苗が全く分離しなかった

No seedling with juvenile form leaf was segregated after selfing and crossing in all of the normal individuals used as parents

2.5 交配の方法と採種

交配の前年夏期にジベレリンによる着花促進処理を行った。雌花の隔離はパーチメント紙の二重袋あるいはグラシン紙二重袋の交配袋を用いた。交配は花粉銃で雌花の開花期間中に3～5回袋内に花粉を注入した。自家受粉は、同一枝に着生した雌花と雄花を同一交配袋に封入した。

交配年の10月に採種し、不稔粒と思われるものを除いて実粒種子とした。

2.6 育苗と形質の調査

実粒は採種した翌年春に、まきつけ箱に播種した。まきつけ、育苗は本場（所）の構内育苗施設、苗畑及び千代田試験地で行った。

交配家系における正常苗と幼形葉苗の判定は、まきつけ当年の識別が困難であったので、翌年の夏から9月までの成長期の観察によった。

2年生時におけるF₂家系苗の表現型の分類は、肉眼的観察及び針葉中央部横断面の解剖学的観察によって幼形葉苗が明確に識別できることから、幼形葉苗以外は正常苗とした。

3 結 果

3.1 葉形の観察

3.1.1 幼形葉と正常針葉の中央部横断面の比較

幼形葉と正常針葉を比較したとき、次のような差異が認められた。正常な針葉を持つCr-43の中央部の横断面は菱形様の四辺形を呈し（Photo 3 A）、形状比（横幅／縦幅）は約0.85であったが、Cr-49の幼形葉の中央部横断面は扁平形を呈し（Photo 3 B）、その形状比は約2.77であった。正常針葉は表皮細胞の内側に1層の厚い細胞層（下表皮）が存在し、維管束の直下に樹脂道が1個あった。一方、幼形葉には下表皮は存在せず、樹脂道は維管束の直下に1個と葉の両端にそれぞれ1個ずつの計3個があった。

3.1.2 F₁個体の針葉の外観と中央部横断面

正常型（Cr-43）と幼形葉型（Cr-49）の交配によるF₁個体の針葉は正常型親の針葉に比べやや細く、手触りの感触は柔軟気味であった。F₁個体の針葉中央部の横断面を正常針葉と比較したとき、菱形様の四辺形に丸く膨らみがあり、その形状比は約0.81でやや細かった。さらに、下表皮の認められない部分が一部にあった外は正常針葉とはほぼ同じ構造で、樹脂道は維管束の直下に1個であった（Photo 3 C）。

3.1.3 F₂個体の針葉の外観と中央部横断面

F₁個体（Cr-43×Cr-49）の自家受粉によるF₂家系苗の針葉中央部の横断面からは、丸みを帯びた菱形様と丸みのない菱形様の正常針葉型と扁平で幅広い幼形葉型が観察された（Photo 3 D, 3 E, 3 F）。しかし、正常型の二つの形態は肉眼的観察による外部形態からの明確な区別は困難であることから、正常苗の細区分は行わなかった。2年生時の幼形葉苗の葉は幅広い扁平で柔軟である。その葉は着生軸から直角に近い角度で着生し、苗は特異な形態を呈する（Photo 4）。

3.2 幼形葉型親（Cr-49及びCr-312）と正常型親の交配によるF₁家系の表現型

正常型親と幼形葉型親の交配組み合わせをTable 2に示した。これら他家受粉のF₁交配家系において幼形葉苗の出現は認められず、家系内のすべての個体は正常苗であった。

3.3 F₁ 個体の自家受粉による家系における表現型の分離

正常型親と幼形葉型親の交配による F₁ 個体の自家受粉で作出した F₂ 家系数, 交配年次と F₁ 家系で集計した場合の表現型の分離及び χ^2 -検定の結果を Table 3 に示した。あわせて, 個々の自家受粉 F₂ 家系ごとに分離比の χ^2 -検定を行い, 不適合と判定された家系数を Table 3 の脚注に示した。ここでの期待分離比というのは, 自家受粉を行ったすべての F₁ 個体が, 幼形葉の発現に関与する単一劣性遺伝子をヘテロ接合体で保有しており, 自家受粉によって正常苗と幼形葉苗が 3 : 1 で分離するとの仮説に基づくものである。 χ^2 -検定の結果, 仮説が不適合と判定されたのは, 年次及び F₁ 家系の集計値では 19 群のうち 2 群, 単一の自家受粉 F₂ 家系では 68 家系中 2 家系だけであった。大部分の家系群及び家系

Table 2. 幼形葉型スギと正常針葉スギの交配
Crosses between juvenile form leaf and normal leaf parents

交配組み合わせ Cross combination		交配年 Year of cross	観 察 数 Number of seedling observed ¹⁾	
雌親 Female	花粉親 Male			
正常型 Normal leaf type	幼形葉型 Juvenile form leaf type			
Cr- 1	×	Cr- 49	1975	37
Cr- 8	×	Cr- 49	1972,1973	139, 42
Cr- 43	×	Cr- 49	1972,1974	14, 5
Cr- 67	×	Cr- 49	1974	
Cr- 95	×	Cr- 49	1975	13
Cr- 97	×	Cr- 49	1974	22
Cr- 98	×	Cr- 49	1974	31
Cr- 99	×	Cr- 49	1972	21
Cr-317	×	Cr- 49	1980	16
Cr-322	×	Cr- 49	1979	138
Cr-323	×	Cr- 49	1979	45
幼形葉型 juvenile form leaf type	正常型 Normal leaf type			
Cr- 49	×	Cr- 43	1974	9
Cr- 49	×	Cr-323	1979	4
正常型 Normal leaf type	幼形葉型 Juvenile form leaf type			
Cr- 98	×	Cr-312	1976	197

1) : いずれの F₁ 家系苗からも幼形葉苗の分離はなかった

No seedling with juvenile form leaf was segregated in all of these F₁ families crossed between normal and juvenile form type parents.

Table 3. 交配家系一代目個体を用いた自家受粉家系における葉形質の分離
Segregation of leaf form in the selfed families of F₁ individuals

F ₁ の自家受粉 Selfing of F ₁	交配年 Year of selfing	自家受粉家系数 Number of selfed family	交配年次で家系を 込みにした形質分離 Number of selfed F ₂ seedlings summed up in each F ₁ family and year			期待分離比(3:1) に対する χ ² -検定 Chi-square test for expected segregation ratio of 3 : 1		
			計 Total	正常型 Normal	幼形葉型 Juvenile	χ ²	p	
(Cr- 8×Cr-49)								
72- 3-	1978	4	370	287	83	1.301	0.20~0.50	NS
72- 3-	1979	3	26	14	12	6.205	0.01~0.02	*
72- 3-	1980	4	39	27	12	0.692	0.20~0.50	NS
72- 3-	1981	4 ¹⁾	62	41	21	2.602	0.10~0.20	NS
72- 3-	1982	1	33	26	7	0.253	0.50~0.95	NS
(Cr-43×Cr-49)								
72-21-	1979	4	104	83	21	1.282	0.20~0.50	NS
72-21-	1980	5	94	74	20	0.695	0.20~0.50	NS
72-21-	1981	5	244	184	60	0.022	0.50~0.95	NS
72-21-	1982	1	25	17	8	0.653	0.20~0.50	NS
(Cr-99×Cr-49)								
72-33-	1979	3 ¹⁾	59	40	19	1.633	0.20~0.50	NS
72-33-	1980	4	54	44	10	1.210	0.20~0.50	NS
72-33-	1981	3	82	56	26	1.967	0.10~0.20	NS
72-33-	1982	2	51	42	9	1.471	0.20~0.50	NS
(Cr-43×Cr-49)								
74-91-	1982	3	27	21	6	0.111	0.50~0.95	NS
(Cr-49×Cr-43)								
74-102-	1982	2	35	20	15	5.952	0.01~0.02	*
(Cr- 1×Cr-49)								
75-120-	1980	7	53	37	16	0.761	0.20~0.50	NS
(Cr-49×Cr-323)								
79-12-	1983	3	29	20	9	0.563	0.20~0.50	NS
合計 Total		58	1 387	1 033	354	0.175	0.50~0.95	NS
(Cr-98 ×Cr-312)								
76-91-	1983	1	18	15	3	0.667	0.20~0.50	NS
76-91-	1986	9	258	206	52	3.230	0.05~0.10	NS
合計 Total		10	276	221	55	3.787	0.05~0.10	NS

* : 5%水準で有意 Significant at 5% level.

1) : 個々の自家受粉F₂家系でみた場合, 3 : 1のχ²-検定で不適合だったのはそれぞれ1家系, 合計2家系のみであった。

Only one family did not fit to χ² test for 3 : 1 in the respective selfed families.

では正常苗と幼形葉苗の分離の割合は3:1の期待値に適合した。

3.4 F₁ 個体の検定交配による後代家系の表現型の分離

正常型親と幼形葉型親 (Cr-49) との交配F₁にCr-49を戻し交配して、合計16の交配家系を得た。これらの家系における針葉形質の表現型の分離及び χ^2 -検定の結果をTable 4に示した。ここでは、幼形葉形質に関する劣性遺伝子をヘテロ接合体で保有するF₁ 個体とホモ接合体で保有する幼形葉型個体との検定交配家系における正常苗と幼形葉苗の期待分離比を1:1と仮定している。交配年次及びF₁ 家系ごとの集計値では、幼形葉苗が少ないために期待分離比に適合しない群があったが、家系単位でみると16家系中1家系を除いて、正常苗と幼形葉苗の分離の割合は1:1の期待値に適合した。

3.5 F₁ 個体の全兄妹交配による後代家系の表現型の分離

正常型親と幼形葉型親 (Cr-49, Cr-312) の交配に由来したF₁ 7家系、32個体を用いて全兄妹交配を行い、F₂ 62家系を作出した。これらの家系苗を交配年次及びF₁ 家系で集計したときの、表現型の分離と χ^2 -検定の結果をTable 5に示した。この表の中で、74-91-×74-102-及び74-102-×72-21-は、(A×B)×(B×A)型の交配組み合わせとなっており、厳密な全兄妹交配とはいえない。しかし、用いたF₁ 個体それぞれの両親がCr-43とCr-49で共通しているので、これらの組み合わせで得られたF₂ 家系も全兄妹家系として集計を行った。ここでは、幼形葉に関する劣性遺伝子をヘテロ接合体で保有するF₁ どちらの交配で、4分の1の幼形葉苗が分離することが期待されている。全兄妹交配のすべての家系で幼形

Table 4. 交配家系一代目個体を用いた検定交配家系における形質の分離

Segregation of leaf form in the test crossed families derived from back cross to F₁ individuals

F ₁ の交配組み合わせ Test-cross combination between F ₁ individuals and the variant type parent		交配年	検定交配 家 系 数	交配年次で家系を込みにした 形質分離 Number of test-crossed F ₂ seedlings summed up in each F ₁ family and year			期待分離比(1:1)に対する χ^2 -検定 Chi-square test for expected segregation ratio of 1:1	
雌親 Female	花粉親 Male	Year of crossing	Number of test- crossed family	計 Total	正常型 Normal	幼形葉型 Juvenile	χ^2	P
(Cr-8 × Cr-49)								
72-3-	× Cr-49	1976	2	20	11	9	0.200	0.50~0.95 NS
72-3-	× Cr-49	1979	5	44	21	23	0.091	0.50~0.95 NS
(Cr-43 × Cr-49)								
72-21-	× Cr-49	1979	4	104	59	45	1.885	0.10~0.20 NS
(Cr-99 × Cr-49)								
72-33-	× Cr-49	1979	3	43	23	20	0.209	0.50~0.95 NS
(Cr-49 × Cr-43)								
74-102-	× Cr-49	1979	2 ¹⁾	71	45	26	5.081	0.02~0.05 *
合計 Total			16	282	159	123	4.595	0.02~0.05 *

* : 5%水準で有意 Significant at 5% level.

1) : 個々の検定交配家系でみた場合、1:1の χ^2 -検定で不適合だったのは16家系中1家系のみであった。

Only one family did not fit to χ^2 test for 1:1.

葉型と正常型が分離した。家系群の集計値では、13群中11群において、また、個々の全兄妹家系でみると62家系中57家系において、正常型と幼形葉型の分離の割合は3：1の期待値に適合した (Table 5)。

3.6 F₁ 個体の半兄妹交配による後代家系の表現型の分離

両親の一方に異なる正常型親を持ち、他方に同じ幼形葉型親を共有している F₁ 個体どうしの半兄妹交配を行い、得られた F₂ 家系群における表現型の分離を Table 6 に示した。すべての家系から幼形葉苗が出現し、正常苗と幼形葉苗の分離は 3：1 の期待値に適合した。

3.7 異なる幼形葉型親 (Cr-49 と Cr-312) が保有する遺伝子の対立性検定

Table 5. 交配家系一代目個体を用いた全兄妹交配家系における形質の分離
Segregation of leaf form in the full-sib cross families among F₁ individuals

F ₁ の交配組み合わせ Full-sib cross combination of F ₁ individuals		交配年	F ₂ 家系数	交配年次の家系を込みにした形質分離数 Number of half-sib crossed F ₂ seedlings summed up in each F ₁ family			期待分離比(3:1)に対する χ^2 -検定 Chi-square test for expected segregation ratio of 3:1		
雌親 Female	花粉親 Male	Year of cross	Number of F ₂ family	計 Total	正常型 Normal	幼形葉型 Juvenile	χ^2	p	
(Cr-8×Cr-49)	(Cr-8×Cr-49)								
72- 3-	× 72- 3-	1978	1	55	41	14	0.006	0.50~0.95	NS
72- 3-	× 72- 3-	1980	10	156	121	35	0.547	0.20~0.50	NS
(Cr-43×Cr-49)	(Cr-43×Cr-49)								
72- 21-	× 72- 21-	1980	5	151	109	42	0.638	0.20~0.50	NS
72- 21-	× 72- 21-	1981	7 ¹⁾	249	200	49	3.760	0.05~0.10	NS
74- 91-	× 72- 21-	1980	4	31	28	3	3.882	0.02~0.05	*
74- 91-	× 72- 21-	1982	3	76	55	21	0.281	0.50~0.95	NS
(Cr-43×Cr-49)	(Cr-49×Cr-43)								
74- 91-	× 74-102-	1982	3	71	58	13	1.695	0.10~0.20	NS
(Cr-99×Cr-49)	(Cr-99×Cr-49)								
72- 33-	× 72- 33-	1980	5	173	134	39	0.557	0.20~0.50	NS
(Cr-49×Cr-323)	(Cr-49×Cr-323)								
79- 12-	× 79- 12-	1983	4	149	111	38	0.020	0.50~0.95	NS
(Cr-49×Cr-43)	(Cr-49×Cr-43)								
74-102-	× 74-102-	1982	1 ²⁾	20	10	10	6.667	~0.01	**
(Cr-49×Cr-43)	(Cr-43×Cr-49)								
74-102-	× 72- 21-	1980	6	14	12	2	0.857	0.20~0.50	NS
74-102-	× 72- 21-	1982	2	21	18	3	1.286	0.20~0.50	NS
合計	Total		51	1 166	897	269	2.316	0.10~0.20	NS
(Cr-98×Cr-312)	(Cr-98×Cr-312)								
76- 91-	× 76- 91-	1986	11	518	405	113	2.803	0.05~0.10	NS

* : 5%水準で有意 Significant at 5% level

** : 1%水準で有意 Significant at 1% level

1), 2): 個々の全兄妹交配家系でみた場合、7家系中4家系1)及び1家系中1家系2)が3：1の χ^2 -検定で不適合だった。Four of seven families 1) and one family 2) did not fit to χ^2 test for 3:1.

Cr-49とCr-312にそれぞれ正常型親を交配して得られたF₁個体どうし(正常苗)の交配を行った。その後代家系における表現型の分離をTable 7に示した。すべての家系において正常苗と幼形葉苗が分離し、その割合は3:1の期待値に適合した。

4 考 察

4.1 幼形葉形質の遺伝

幼形葉型親と正常型親との正逆交配組み合わせではすべての家系で幼形葉苗の出現はなく、正常苗だけであった(Table 2)。そのF₁個体を用いた自家受粉、全兄妹交配並びに半兄妹交配からは正常苗と幼形葉苗が分離し、正常苗:幼形葉苗の比率は3:1の割合であった(Table 3, 5, 6)。幼形葉型親の戻し交配による検定では、正常苗と幼形葉苗とが1:1の割合で分離した(Table 4)。

このことから幼形葉形質は単一劣性遺伝子に支配されており、Cr-49とCr-312は幼形葉遺伝子に関してホモ接合体であると仮定することができる。遺伝子記号には juvenile form leaf の頭文字を用い、幼形葉形質を支配する劣性遺伝子を *j*、その対立形質である正常針葉形質の優性遺伝子を *J* とすれば、Cr-49とCr-312の遺伝子型は劣性遺伝子 *j j* のホモ接合体となり、その他の正常型クローンの遺伝子型は優性遺伝子 *J J* のホモ接合体となる。これら異なるホモ接合体間の交配から作出される家系苗の遺伝子型は *J j* のヘテロ接合体となり、表現型は正常苗のみで幼形葉苗は分離しない。ヘテロ接合体の遺伝子型をもつ交配一代目個体を用いた自家受粉、全兄妹交配並びに半兄妹交配における遺伝子型の組み合わせは

Table 6. 交配家系一代目個体を用いた半兄妹交配家系における形質の分離
Segregation of leaf form in the half-sib cross families among F₁ individuals

F ₁ の交配組み合わせ		交配年	F ₂ 家系数	交配年次の家系を込みにした形質分離数			期待分離比(3:1)に対するχ ² -検定		
Half-sib cross combination of F ₁ individuals				Number of half-sib crossed F ₂ seedlings summed up in each F ₁ family			Chi-square test for expected segregation ratio of 3:1		
雌親 Female	花粉親 Male	Year of cross	Number of F ₂ family	計 Total	正常型 Normal	幼形葉型 Juvenile	χ ²	P	
(Cr-8×Cr-49)	(Cr-8×Cr-49)								
72-3-	× 72-21-	1980	1	31	23	8	0.011	0.50~0.95	NS
(Cr-43×Cr-49)	(Cr-8×Cr-49)								
72-21-	× 72-3-	1980	1	99	81	18	2.455	0.10~0.20	NS
(Cr-43×Cr-49)	(Cr-99×Cr-49)								
72-21-	× 72-33-	1980	3	114	85	29	0.012	0.50~0.95	NS
(Cr-99×Cr-49)	(Cr-43×Cr-49)								
72-33-	× 72-21-	1980	4	171	130	41	0.096	0.50~0.95	NS
(Cr-322×Cr-49)	(Cr-49×Cr-323)								
79-37-	× 79-12-	1983	2	126	97	29	0.265	0.50~0.95	NS
合計	Total		11	541	416	125	1.03573	0.20~0.50	NS

Table 7. 片親に幼形葉型親のCr-49またはCr-312をもつF₁個体間の交配による遺伝子の対立性の検定
Allelism test on the juvenile form leaf genes with the out-crosses between F₁ individuals crossed Cr-49 and Cr-312 as one parent

F ₁ の交配組み合わせ Out-cross combination of F ₁ individuals in different families		交配年	F ₂ 家系数	交配年次の家系をだみにした 形質分離数 Number of out-crossed F ₂ seedlings summed up in each F ₁ family			期待分離比(3:1)に対する χ^2 -検定 Chi-square test for expected segregation ratio of 3:1	
雌親 Female	花粉親 Male	Year of cross	Number of F ₂ family	計 Total	正常型 Normal	幼形葉型 Juvenile	χ^2	P
(Cr-98×Cr-312)	(Cr-8×Cr-49)							
76-91-	× 72-3-	1983	2	139	100	39	0.693	0.20~0.50 NS
(Cr-98×Cr-312)	(Cr-322×Cr-49)							
76-91-	× 72-37-	1986	9	767	589	178	1.315	0.20~0.50 NS
(Cr-322×Cr-49)	(Cr-98×Cr-312)							
76-37-	× 76-91-	1986	2	19	12	7	1.421	0.20~0.50 NS

いずれも $Jj \times Jj$ となる。この交配家系の遺伝子型は $1JJ$, $2Jj$, $1jj$ の3種類となり、表現型は正常苗と幼形葉苗が3:1の割合で分離する。検定交配における遺伝子型の組み合わせはいずれも $Jj \times j j$ となり、その交配家系の遺伝子型は Jj , $j j$ となり、表現型は正常苗と幼形葉苗が1:1の割合で分離する。以上の仮説は、前述の交配結果とよく一致しており、幼形葉形質が単一劣性遺伝子に支配された形質で、Cr-49とCr-312は幼形葉遺伝子をホモ接合型で保有することが明らかになった。

4.2 幼形葉型親、Cr-49とCr-312の幼形葉形質の対立性検定

Cr-49は静岡産であり、Cr-312は鹿児島県屋久島産で地理的に遠く隔離されている。このため両者間には直接的な遺伝的交流はないものと考えられる。前述のとおり静岡県と鹿児島県の個体に、類似した幼形葉形質が存在し、両者ともに単一劣性遺伝子の支配が確認された。そこで、Cr-49とCr-312の幼形葉遺伝子をそれぞれヘテロ接合型で持つF₁個体間の交配を行い、異なった産地の幼形葉形質の遺伝子の対立性を検定した。ここの仮説は、産地を異にする幼形葉遺伝子が同一の遺伝子座を占める同じ遺伝子であれば幼形葉苗が分離し、異なる遺伝子座の遺伝子であれば分離せずに正常苗のみとなるというものである。結果は正常苗と幼形葉苗が3:1の割合で分離し、観察値と期待値は一致した(Table 7)ことから、産地の異なる両遺伝子は同じ遺伝子座に座位する同一の遺伝子であると認定した。

4.3 Cr-49及びそのF₂家系の針葉樹脂道

スギの樹脂道は維管束の直下に1個ある(岩田ら, 1952)。本報においても、正常型親及びF₁, F₂家系の正常苗の針葉中央部横断面を観察した結果、樹脂道は維管束の直下に1個であった。しかし、Cr-49及びそのF₂家系の幼形葉では、加齢および着生部位による針葉形の変異に関係なく、維管束の直下と葉の両端にそれぞれ1個ずつの計3個の樹脂道が存在した。樹脂道の数の変異について、沢江(1960)は針葉の樹脂道は扁平度の高いものでは3個の樹脂道がみられ、品種間に差異のあることを認めている。栗栖(1964)は稚苗での3個の樹脂道を報告している。Cr-312の幼形葉の樹脂道については

未調査であるが、Cr-49と同じ遺伝子に支配されているので、同様に3個の樹脂道があるものと推定される。この幼形葉が示す扁平な形質と樹脂道が3個存在することは、スギの進化の過程における先祖型の名残現象であるのかもしれない。

4.4 幼形葉遺伝子の保存

本報の幼形葉苗は赤枯れ病菌に対し感受性が高く、密植すると3～4年で罹病し、枯死する。このように生存力が弱く個体の保存が困難なときには、その遺伝子型をホモ接合型で保存するよりもヘテロ接合型で保存し、必要ときに交配により目的遺伝子のホモ接合個体を復元することが得策である。ホモ接合体で生存力の弱い形質の遺伝子を保存する場合、一般的に適用すべき方策であると考えられる。

謝 辞

スギクローンの収集にご協力をいただいた静岡県林業技術センター、林木育種センター、同九州育種場の各位並びに針葉の横断面の写真を撮っていただいた元森林総合研究所生物機能開発部向井 讓主任研究官(現 静岡大学)に厚くお礼を申し上げる。また、交配苗の育成管理をしていただいた森林総合研究所企画調整部連絡科実験林室の各位及び本報とりまとめにご助言、ご教示をいただいた元筑波大学大庭喜八郎博士並びに森林総合研究所生物機能開発部山本千秋遺伝科長に心から謝意を表す。

引用文献

- FUKUHARA, N. and KIKUTI, H. (1981) : Phenogenetics in Sugi, *Cryptomeria japonica* (Linn. fil.) D. DON, XV II IUFRO World Congress Proceedings, Division 2, 607
- 林 弥栄 (1951) : 日本産重要樹種の天然分布, 針葉樹 1, 林試研報, (48), 146-168
- 岩田利治, 草下正夫 (1952) : 邦産松柏類図説, 産業図書, 228pp.
- 栗栖宏治 (1964) : スギ稚苗における横断形態 (I) 主軸に着生する葉の樹脂溝について, 日林講, (74), 211-213
- 村井正文 (1986) : 我が国における遺伝子分析の現状, 林木の育種, 140, 8-10
- 大庭喜八郎 (1980) : スギの遺伝子分析, 遺伝, 34(6), 17-22
- 沢江正晴 (1960) : スギ針葉の樹脂溝数について, 日林誌, 42(2), 76-778

Inheritance of juvenile form leaf trait in sugi, *Cryptomeria japonica* D. DON

KIKUTI, Hideo ⁽¹⁾

Summary

Since 1966, we have been collecting genetic materials of sugi, *Cryptomeria japonica* D. DON, from natural stands, plantations of both seedlings and stocks, and horticultural cultivars.

Among the materials collected were two variant stocks with juvenile form leaf called Cr-49 (from Shizuoka Pref.) and Cr-312 (from Yaku Island). Using these two parent stocks, F₁ and F₂ families were raised to study the inheritance of leaf form. In the reciprocal crosses of the variants and normal parents, all F₁ individuals were shown to have normal leaves. Segregation ratios of normal 3 : variant 1 were observed after selfing of F₁ individuals, and a 1 : 1 segregation ratio was observed in the test crosses. The sib-crosses of F₁ also resulted in segregation of normal 3 : variant 1, as expected.

These results proved that the trait of juvenile form leaf is inherited with a recessive gene following Mendelism. In addition an allelism test supported the assumption that the two variants with the juvenile form leaf have the same allele in this trait.

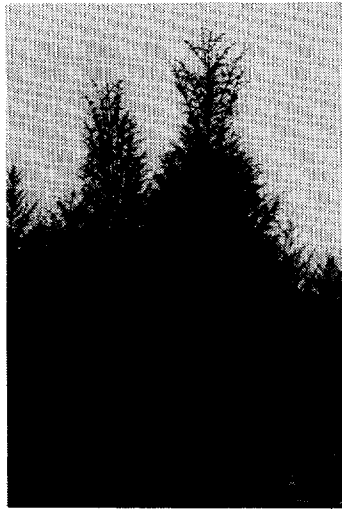


Photo 1. 交配親に用いたCr-49 (静-41) の葉形 (1977年12月15日撮影)

Leaves of a parent with juvenile form leaves (Cr-49)

幅広い扁平で、密生し、柔軟である。いわゆる幼形葉タイプを示す。

The leaves have flat shape and soft texture, and grow densely. (Photo, Dec. 15 1977)

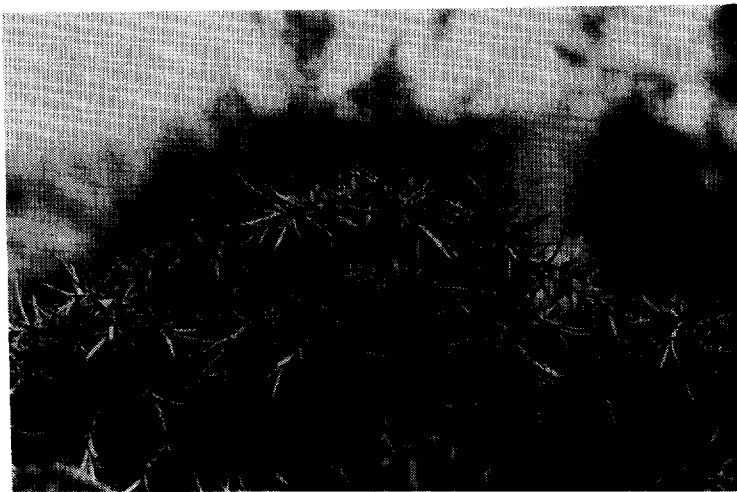


Photo 2. 交配親に用いたCr-312 (目黒-9) の葉形 (1977年12月15日撮影)

Leaves of a parent with juvenile form leaves (Cr-312)

葉は幅広い扁平で、密生し、柔軟である。いわゆる幼形葉タイプを示す。

The leaves have flat shape and soft texture, and grow densely. (Photo, Dec. 15 1977)

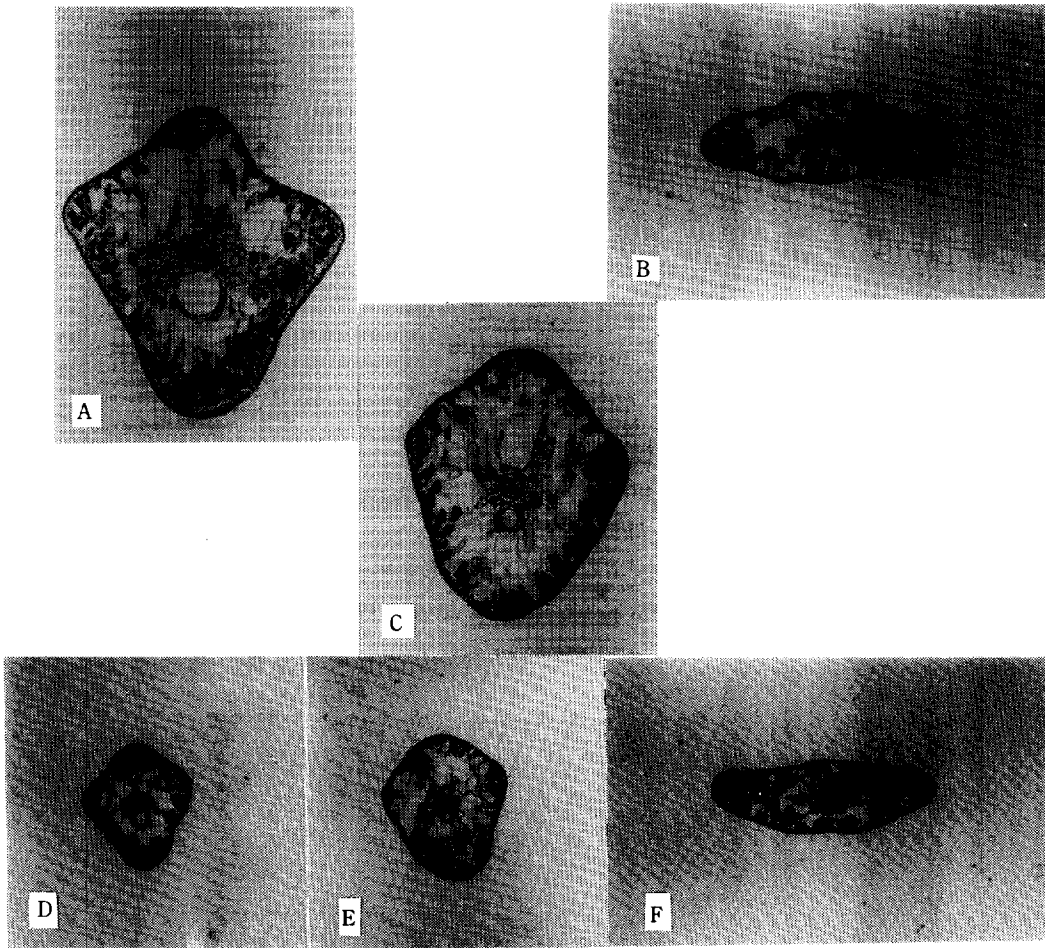


Photo 3. 針葉の中央部横断面
Cross section of the middle part of a leaf

A : 正常針葉 (Cr-43)
A normal leaf of Cr-43

B : 幼形葉 (Cr-49)
A juvenile form leaf of Cr-49

C : F₁ の正常針葉
A normal leaf of F₁

D : 親に類似した F₂ の
正常針葉
A normal leaf of F₂ which
is similar to parent type

E : F₁ に類似した F₂ の
正常針葉
A normal leaf of F₂ which
is similar to F₁ type

F : F₂ の幼形葉
A juvenile form leaf of F₂



Photo 4. Cr-43 × Cr-49 に由来した F₁ 個体の自家受粉家系に出現した幼形葉苗 F₂ seedlings with juvenile form leaf.

上から見るとすべての個体の針葉は、着生軸に対して直角に近い角度に着生し、正常針葉と異なる (1980年6月13日撮影)

These segregated after selfing of an F₁ plant derived from cross of Cr-43 × Cr-49 (Photo, Jun. 13 1980)