

スギの園芸3品種（メジロスギ、オキナスギ及び ファイリスギ）における白斑形質の遺伝

菊池 秀夫⁽¹⁾，大庭 喜八郎⁽²⁾

KIKUCHI, Hideo and OHBA, Kihachiro : Inheritance of white variegation in three horticultural sugi cultivars (Mejiro sugi, Okina sugi, Fuiri sugi)

要 旨：スギ (*Cryptomeria japonica* (Linn. fil.) D. Don) が示す色素変異の一つに針葉・緑枝の白色斑入りがある。この白斑形質を示すスギ園芸品種のオキナスギ、メジロスギ (*C. japonica* form. *albo-spicata* Hort.) 及びファイリスギ (*C. japonica* form. *aurea* Hort.) を用いて自家受粉及び正常スギとの正逆交配を行うとともに、白斑形質の親と正常形質の親との交配によるF₁ 個体の自家受粉及び戻し交配などを行い、白斑形質の遺伝様式を調べた。その結果、白斑形質はメンデルの法則に従う単一劣性遺伝子がホモ接合体のときに発現するものであり、この白斑遺伝子を3品種がそれぞれ劣性ホモ接合体で保有していると結論できた。また、オキナスギ、メジロスギ、及びファイリスギの白斑形質が同じ遺伝子座に乘座する遺伝子による形質発現であるか否かを検定するため、オキナスギの白斑遺伝子を標識遺伝子として、メジロスギとの正逆交配による遺伝子の対立性検定を行った。さらに、オキナスギ及びファイリスギに由来する白斑遺伝子をヘテロ接合体で保有しているF₁ 正常個体と白斑スギとの交配の結果、すべての家系において白斑苗が分離した。このことからオキナスギ、メジロスギ及びファイリスギの白斑形質は、同じ遺伝子座に乘座する遺伝子によって発現することが判明した。

目 次

1 はじめに	2
2 材料と方法	2
3 結果と考察	4
3.1 白斑スギの交配F ₁ 家系における表現型の分離	4
3.2 白斑スギと正常スギの交配によるF ₁ 個体を用いた交配F ₂ 家系における 表現型の分離	4
3.3 白斑形質遺伝子の対立性検定	8
3.4 白斑苗の苗高成長	8
3.5 白斑苗における白斑形質の表現度の観察	8
謝 辞	10
引用文献	10
Summary	12

1 はじめに

わが国におけるスギ (*Cryptomeria japonica* (LINN. fil) D. DON) の天然分布は青森県から鹿児島県におよんでいる (林, 1951)。また、スギは日本で最も広い人工植林面積を持つ主要な造林樹種で、林木育種事業の重要な対象樹種である。将来世代に向けての林木育種事業を進めるための基礎研究として、スギの各種遺伝的標識形質を探索し、その遺伝分析を行うとともに、表現型が類似した形質における遺伝子の対立性を明らかにすることは重要である。スギについて、多くの研究者によって自家受粉あるいは他家受粉家系により標識遺伝子及び遺伝標識形質の探索が行われており、交配によって色素変異苗や形態変異苗が出現することが報告されている (大庭ら, 1973a)。色素変異苗には白子苗, 黄子苗, 白初生葉苗のような致死的なもの (河崎ら, 1981, 1984; 大庭ら, 1969a, 1971a, 1974), あるいは, 子葉淡緑色苗, 白緑葉苗のように表現型が四季を通して変化しないものがある (菊池, 1980; 大庭ら, 1967a, 1967b, 1969a, 1973b)。冬季になると針葉色が赤変するアカスギ, 黄変する黄土スギ, 鮮明な緑になるミドリスギなどのように, 夏季と冬季で針葉の色調が変化する変異が知られている (千葉, 1953; FUKUHARA, 1963; 肥田ら, 1964; 菊池ら, 1986, 1992; 織田ら, 1986; 大庭, 1972; 大庭ら, 1974)。さらにニンジンバのように色調が季節変化するもの (塚原, 1964), 夏季白化苗のように高温期に白色が発現するものなどもある (甲斐ら, 1975)。また, 園芸品種のなかには春季の萌芽が黄白色を呈するオオゴンスギ (黄金スギ) のように細胞質による父性遺伝の色素変異も見い出されている (大庭ら, 1969b, 1971b)。

これらの外にも多くの色素変異と考えられる形質が存在するが, ここでは園芸品種のオキナスギ, メジロスギ (*C. japonica* (LINN. fil) D. DON form. *albo-spicata* HORT.), ファリスギ (*C. japonica* form. *aurea* HORT.) が示す針葉・緑枝の白斑の色素変異を取り上げる。学者によってオキナスギとメジロスギを同じ品種 (中村, 1968), あるいは, 別の品種 (上原, 1975) とする分類上の違いがあるが, 本報では上原の樹木大図説 I の記載に従った。

オキナスギの白斑形質の遺伝については, 菊池 (1978) は細胞質遺伝の可能性もあるという疑問を残しながらも単一劣性遺伝子支配と推定した。本報はその続報で, オキナスギの白斑形質の遺伝様式を確認するとともに, オキナスギの白斑形質遺伝子とメジロスギ及びファリスギの白斑形質遺伝子との対立性を明らかにしたので報告する。

2 材料と方法

スギの斑入り現象の特徴は萌芽期に葉緑素欠失症状の白斑芽 (葉) が, その発生密度に多少はあるが樹冠全体にわたり毎年出現することである。この白斑葉は四季を通じて観察されるが, 萌芽時には鮮やかな白色を呈する (Photo 1~2)。

便宜上, 交配親としたオキナスギ, メジロスギ, ファリスギを総称するときには「白斑スギ」と呼び, それらが呈する白斑形質を「白斑型」, 白斑を生じないスギを「正常スギ」, その形質を「正常型」とした。交配家系で白斑形質を発現した個体を「白斑苗」, 発現しない個体を「正常苗」と記すことにした。

この白斑形質は後述のとおり，F₁ 個体の後代家系の個体間に白斑の出現程度にバラツキがあり，一様ではなかったが，白斑を少しでも生じた個体をすべて白斑苗とした。

供試した園芸品種の親クローン及び正常スギをTable 1 に示した。園芸品種名は入手したときの表示名に従った。白斑型クローンはオキナスギ (Cr-232)，メジロスギ (Cr-214, Cr-242, Cr-245の3個体) 及びファイリスギで，オキナスギとメジロスギは1968年に埼玉県林業試験場（埼玉・寄居）からさし穂で入手した。ファイリスギは農林水産省農業生物資源研究所放射線育種場（茨城・大宮，以下放射線育種場と記す）が1964年に埼玉県川口市安行の種苗業者から購入した園芸品種である。本報のオキナスギは前報（菊池，1978）と同一クローンで高木性の生育を示す。ファイリスギは黄斑ではなく白斑を示すところが上原（1975）の記載とは異なっている。白斑スギと正常スギとの交配家系の表現型はすべて正常型である。交配家系のF₁ 個体については交配家系番号で記した。

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

供試木	表現型	収集者	備考
Individuals and their indexes	Phenotype	Collector of the materials	Remarks
Cr-214 メジロスギ Mejiro sugi	白斑 Variegation	埼玉県林業試験場 Saitama Pref. For. Exp. Sta.	園芸品種 Horticultural cultivar
Cr-242 メジロスギ Mejiro sugi	白斑 Variegation	埼玉県林業試験場 Saitama Pref. For. Exp. Sta.	園芸品種 Horticultural cultivar
Cr-245 メジロスギ Mejiro sugi	白斑 Variegation	埼玉県林業試験場 Saitama Pref. For. Exp. Sta.	園芸品種 Horticultural cultivar ¹
Cr-232 オキナスギ Okina sugi	白斑 Variegation	埼玉県林業試験場 Saitama Pref. For. Exp. Sta.	園芸品種 Horticultural cultivar
放育ファイリスギ IRB Furi sugi	白斑 Variegation	農林水産省生物資源研究所放射線育種場 Inst. Radiat. Breed., NIAR	園芸品種 Horticultural cultivar
Cr- 8 精英樹 県佐賀 3 Saga 3	正常 Normal	九州林木育種場 Kyushu For. Tree Breed. Inst.	精英樹 Plus tree
Cr- 13 精英樹 竹田署 4 Takeda 4	正常 Normal	九州林木育種 Kyushu For. Tree Breed. Inst.	精英樹 Plus tree
Cr-317 浅川1 Asakawa 1	正常 Normal	森林総合研究所 For. & For. Prod. Res. Inst.	
Cr-321 浅川5 Asakawa 5	正常 Normal	森林総合研究所 For. & For. Prod. Res. Inst.	
Cr-322 浅川23 Asakawa 23	正常 Normal	森林総合研究所 For. & For. Prod. Res. Inst.	
Cr-323 浅川24 Asakawa 24	正常 Normal	森林総合研究所 For. & For. Prod. Res. Inst.	
Cr-418 浅川20 Asakawa 20	正常 Normal	森林総合研究所 For. & For. Prod. Res. Inst.	
IRB GR-1 放育ミドリスギ GR-1 IRB Midori sugi	正常 Normal	農林水産省生物資源研究所放射線育種場 Inst. Radiat. Breed., NIAR	
IRB GR-2 放育ミドリスギ GR-2 IRB Midori sugi	正常 Normal	農林水産省生物資源研究所放射線育種場 Inst. Radiat. Breed., NIAR	

交配は1967年から1982年にかけて旧林業試験場（東京・目黒並びに茨城・茎崎）、狭間苗畑（東京・八王子）、千代田試験地（茨城・千代田）並びに放射線育種場で実施した。

交配は、親の代では白斑スギの自家受粉、白斑スギ間の正逆交配及び白斑スギと正常スギとの正逆交配を行った。F₁ 個体を用いた交配では自家受粉、戻し交配並びに異なった白斑親への戻し交配、異なった白斑親に由来する F₁ 個体間の交配を行った。花粉の採取、人工交配及び交配種子の調整などは従来の方法（菊池, 1977, 1978）によった。

採取した実粒種子は、翌年春に播種箱にまきつけた。まきつけ、育苗は1968年には放射線育種場で、1976年から1977年までは旧林業試験場（東京・目黒）構内ガラス室及び苗畑で、1978年以降は森林総合研究所（旧林業試験場：茨城・茎崎）構内のファイロンハウス及び苗畑並びに千代田試験地で行った。交配家系における正常苗と白斑苗の判定は、播種箱における初生葉展開時から翌年9月までの2成長期間の観察によった。

1982年に自家受粉をしたオキナスギ及び F₁ 個体の家系苗については、1984年秋に2年生時の苗長を測定した。

3 結果と考察

3.1 白斑スギの交配 F₁ 家系における表現型の分離

白斑スギの自家受粉、白斑スギと正常スギとの正逆交配組み合わせ並びに白斑スギ間の交配組み合わせの各家系における正常苗と白斑苗の分離を調べた。その結果、白斑スギの自家受粉からは白斑苗のみが出現した（Table 2）。白斑スギ×正常スギ、正常スギ×白斑スギの交配組み合わせからは正常苗のみが出現した（Table 3）。オキナスギ（Cr-232）×メジロスギ（Cr-214）とメジロスギ（Cr-214, Cr-242, Cr-245）×オキナスギ（Cr-232）との交配組み合わせでは白斑苗のみが出現した（Table 4）。これらのことから、フィリスギの交配事例が少ないが、これを含めて白斑スギのもつ白斑形質は単一劣性遺伝子に支配されていると考えた。すなわち、白斑スギのもつ白斑形質は劣性遺伝子のホモ接合体（aa）で、正常スギの正常形質は優性遺伝子のホモ接合体（AA）であると考えた。このように考えると、白斑スギの自家受粉及び異なる白斑スギ間の交配では、遺伝子型の組み合わせはいずれも aa×aa となり、子供苗はすべて白斑型（aa）となり、正常型は分離しない。白斑スギ×正常スギの F₁ 家系の表現型はすべて優性形質である正常型が発現し、その遺伝子型はヘテロ接合体（Aa）となり表現型の分離は生じないことになる。結果は Table 2~4 のとおり理論値に観察値が一致した。

3.2 白斑スギと正常スギの交配による F₁ 個体を用いた交配 F₂ 家系における表現型の分離

白斑スギと正常スギの交配による F₁ 家系の表現型はすべてが正常型を示したが、前項の交配結果からその遺伝子型はヘテロ接合体（Aa）であると推定される。従って、Table 5 に示すオキナスギ及びフィリスギに由来する F₁ 正常個体の自家受粉（37家系）並びにこれら F₁ 正常個体相互の正逆交配（23家系）からは、正常苗（AAまたはAa）と白斑苗（aa）が 3 : 1 の割合で分離することが期待される。同様に、オキナスギ（aa）とオキナスギ由来の F₁ 個体（Aa）との正逆交配（18家系）は戻し交配となり、オキナスギ（aa）×フィリスギ由来の F₁ 個体（Aa）、メジロスギ（Cr-245; aa）×フィリスギ由来の F₁

Table 2. オキナスギ及びメジロスギの自家受粉家系における白斑苗の分離
Segregation of variegated seedlings after selfing of Okina sugi and Mejiro sugi

交配親 Parent individuals			交配年次 Year of cross	形質の分離 Number of seedlings examined		
				合計 Total	正常苗 Normal	白斑苗 Variegation
Cr-232	オキナスギ	Okina sugi	1979	112	0	112
〃	〃	〃	1980	4	0	4
〃	〃	〃	1981	20	0	20
〃	〃	〃	1982	72	0	72
Cr-214	メジロスギ	Mejiro sugi	1979	65	0	65
〃	〃	〃	1981	89	0	89
Cr-242	メジロスギ	Mejiro sugi	1979	6	0	6
〃	〃	〃	1982	74	0	74
Cr-245	メジロスギ	Mejiro sugi	1979	1	0	1
〃	〃	〃	1982	42	0	42
合計 Total				485	0	485

Table 3. オキナスギ、メジロスギ及び放育フイリスギと正常スギとの正逆交配における正常苗の分離
Segregation of normal seedlings after reciprocal crosses between Okina sugi, Mejiro sugi, or Fuiro sugi, and normal sugi

交配組み合わせ Cross combination			家系数 Number of families	形質の分離 Number of seedlings examined			
				合計 Total	正常苗 Normal	白斑苗 Variegation	
雌親 Female	花粉親 Male						
Cr-232 オキナスギ	Okina sugi	× 正常スギ	Normal sugi	7	947	947	0
Cr-214 メジロスギ	Mejiro sugi	× 正常スギ	Normal sugi	9	835	835	0
Cr-242 メジロスギ	Mejiro sugi	× 正常スギ	Normal sugi	4	18	18	0
Cr-245 メジロスギ	Mejiro sugi	× 正常スギ	Normal sugi	3	200	200	0
放育フイリスギ	IRB Fuiro sugi	× 正常スギ	Normal sugi	2	137	137	0
小計 Subtotal			(25)	(2 137)	(2 137)	(0)	
正常スギ	Normal sugi	× Cr-232 オキナスギ	Okina sugi	5	635	635	0
正常スギ	Normal sugi	× Cr-214 メジロスギ	Mejiro sugi	1	55	55	0
正常スギ	Normal sugi	× 放育フイリスギ	IRB Fuiro sugi	4	859	859	0
小計 Subtotal			(10)	(1 549)	(1 549)	(0)	

Table 4. オキナスギとメジロスギの正逆交配家系における白斑苗の分離
Segregation of variegated seedlings after reciprocal crosses between Okina sugi and Mejiro sugi

交配組み合わせ Cross combination				交配年次 Year of cross	形質の分離 Number of seedlings examined		
雌親 Female		花粉親 Male			合計 Total	正常苗 Normal	白斑苗 Variegation
Cr-214	メジロスギ Mejiro sugi	×	Cr-232 オキナスギ Okina sugi	1979	36	0	36
〃	〃	×	〃	1980	12	0	12
Cr-242	メジロスギ Mejiro sugi	×	Cr-232 オキナスギ Okina sugi	1979	24	0	24
〃	〃	×	〃	1981	1	0	1
Cr-245	メジロスギ Mejiro sugi	×	Cr-232 オキナスギ Okina sugi	1979	3	0	3
Cr-232	オキナスギ Okina sugi	×	Cr-214 メジロスギ Mejiro sugi	1979	29	0	29
合計 Total					105	0	105

個体 (Aa) の交配 (4家系) は白斑形質に関する戻し交配または対立性検定交配となり、正常苗 (Aa) と白斑苗 (aa) が 1 : 1 の割合で分離することが期待される。

これらの交配結果はTable 5 に示したとおり、交配組み合わせの家系群ごとに集計した分離頻度では期待分離比に適合したのは3家系群であり、そのほかの5家系群は白斑苗の分離が少なく、期待分離比に適合しなかった。しかし、調査した82家系について、家系別に分離比を検定した結果、72家系が期待分離比に適合し、10家系が不適合であった。 χ^2 -検定では、観察個体数が少なければ、期待分離比からのズレの程度が大きくても適合と判定され、逆に、観察個体数が多ければ、ズレの程度が少なくても不適合とされる場合がある。Table 5 の結果は、 χ^2 -検定におけるこうした事情を反映したものである。しかし、個々の家系で見ると大部分の家系は期待分離比に適合する範囲にあると判定されている。また、家系を込みにしたことで観察個体数が相当多くなっている家系群でも期待分離比に適合しているものがあることから、白斑形質は上記に推定したとおりメンデルの法則に従う単一劣性遺伝子によって支配されていると見なして差し支えない。従って、前報 (菊池, 1978) の細胞質による母性遺伝の可能性は否定された。

期待分離比から有意にズレていると判定された家系ないし家系群の観察値をみると、ズレの方向は正負にランダムに生じているのではなく、白斑苗の数が期待値より少ないという共通した傾向が認められた。この理由は白斑劣性遺伝子の形質発現を乱す要因が存在するためと考えられる。一般に、ある優性遺伝子または劣性遺伝子の遺伝子型の現れるべき表現型が、条件によって必ずしも全部の個体に表現されないことがある。このような場合、実際に表現される個体数割合は浸透度 (Penetrance)、各個体における形質発現の程度は表現度 (Expressivity) と定義されている (山田ら, 1975)。こうした浸透度、表現度が低いという現象をひきおこす要因としては変更遺伝子の作用、当該遺伝子の作用能力の微弱などの遺伝的要因とともに、温度や栄養などの環境的要因並びに時間的要因 (発育・成熟) が相互に関与し

Table 5. オキナスギまたはフイリスギと正常スギの交配で得られた正常F₁個体の自殖並びに検定交配における正常苗と白斑苗の分離
Segregation of normal and variegated seedlings after selfing or test crosses of normal F₁ plants derived from the crosses between Okina sugi or Fuiri sugi and normal sugi.

F ₁ の交配組み合わせ		自殖または交配 によるF ₂ 家系数	家系を込みにした 形質分離幼苗数			期待分離比 3 : 1 または 1 : 1 に対する χ^2 検定			個々の家系における χ^2 検定の適合家系数		
Cross combination of F ₁ plants for producing F ₂ families		Number of selfed or crossed F ₂ families	Number of examined seedling summed up F ₂ family groups			Chi-square test for expected segregation ratios of 3 : 1 or 1 : 1			Number of families which fitted to the expected segregation ratios in each F ₂ family		
雌親 Female	花粉親 Male		合計 Total	正常苗 Normal	白斑苗 Variegated	分離比 segregation ratio	χ^2	P	適合 Fit	不適合 Non-fit	
Cr-232 オキナスギ	Okina sugi	F ₁ × Self.	28	724	563	161	3 : 1	2.95	NS	27	1
放育フイリスギ	Fuiri sugi	F ₁ × Self.	9	873	727	146	3 : 1	31.89	0.01 > P	7	2
Cr-232 オキナスギ	Okina sugi	F ₁ × 放育フイリスギ	13	907	705	202	3 : 1	3.60	NS	11	2
放育フイリスギ	Fuiri sugi	F ₁ × Cr-232 オキナスギ	10	753	604	149	3 : 1	10.91	0.01 > P	8	2
Cr-232 オキナスギ	Okina sugi	F ₁ × Cr-232 オキナスギ	11	493	272	221	1 : 1	5.28	0.05 > P > 0.01	10	1
Cr-232 オキナスギ	Okina sugi	× Cr-232 オキナスギ	7	261	135	126	1 : 1	0.31	NS	7	0
Cr-232 オキナスギ	Okina sugi	× 放育フイリスギ	2	140	87	53	1 : 1	8.26	0.01 > P	1	1
Cr-245 メジロスギ	Mejiro sugi	× 放育フイリスギ	2	135	82	53	1 : 1	6.23	0.05 > P > 0.01	1	1
合計	Total		82							72	10

白斑スギと正常スギのF₁個体の表現型はすべて正常型である : All of the F₁ individuals have normal phenotype

スギの園芸3品種 (メジロスギ、オキナスギ及びフイリスギ) における
白斑形質の遺伝 (菊池ほか)

ていると考えられる。本報において、白斑苗の分離頻度が低かった理由としては、浸透度、表現度の低下、あるいは、大庭ら(1979, 1981)がヨレスギについて報告した胚致死遺伝子の関与などが考えられるが、これは今後に残された問題である。

3.3 白斑形質遺伝子の対立性検定

3種類の白斑形質遺伝子の対立性検定結果については、すでに、Table 4, 5で論議してきたが、ここで改めて検討を加える。

オキナスギの白斑形質遺伝子を標識として、これに類似した白斑の表現型を示すメジロスギ及びファイリスギの白斑形質の対立性検定をした。オキナスギとメジロスギの白斑遺伝子が、同じ遺伝子座に乗座する遺伝子であれば、劣性ホモ接合型のオキナスギ(aa)とメジロスギ(aa)との正逆交配によるF₁家系では、すべての個体が白斑苗(aa)になるはずである。また、座乗する遺伝子座が異なる遺伝子であれば白斑苗の出現はないはずである。この対立性検定の結果、すべての交配家系において白斑苗のみが出現した(Table 4)。

一方、ファイリスギと正常スギの正逆交配のF₁個体で想定される遺伝子型はヘテロ接合体(Aa)である。そのため、このF₁個体へのメジロスギまたはオキナスギの戻し交配において、白斑形質遺伝子が同じ遺伝子であれば、すべての交配家系で白斑苗が出現するはずであり、異なる座に座乗するものであれば正常苗のみになるはずである。オキナスギ(aa)×ファイリスギ由来のF₁個体(Aa)及びメジロスギ(aa)×ファイリスギ由来のF₁個体(Aa)の交配家系のすべてから、正常苗(Aa)と白斑苗(aa)が分離した(Table 5)。

さらに、オキナスギ由来のF₁個体(Aa)とファイリスギ由来のF₁個体(Aa)の正逆交配組み合わせからも正常苗(AAまたはAa)と白斑苗(aa)がほぼ3:1の割合で分離した(Table 5)。

以上の結果から、オキナスギの白斑劣性遺伝子とメジロスギ及びファイリスギの白斑劣性遺伝子は、同じ遺伝子であることが確認された。

3.4 白斑苗の苗高成長

2年生時の白斑苗の苗高をTable 6に示した。白斑苗の苗高は正常苗よりも著しく劣った。白斑スギと正常スギの交配によるF₁個体の自家受粉家系及び検定交配家系における白斑苗では、白斑部の少ない個体ほど正常苗に近い苗高成長を示した。オキナスギとメジロスギの自家受粉家系苗をみると、オキナスギでは単幹、高木性の形態を示し(Photo 3)、メジロスギでは幹が分岐した矮性型の形態を示す(Photo 4)ものが多かった。白斑形質が劣性ホモ接合体のときに生ずる白斑苗では、光合成に不可欠な葉緑体が不足するため、白斑部の多少による差はあるが、いずれも成長量が減衰するものと推察される。

3.5 白斑苗における白斑形質の表現度の観察

白斑劣性遺伝子ホモ接合体、いわゆる白斑苗における白斑の発現は個体によって遅速が見られた。すなわち、大部分の個体では子葉を展開した後、その初生葉発生期に白斑が観察された。しかし、一部の個体では2成長期後に始めて白斑(芽)が発現した。オキナスギとメジロスギの自家受粉家系苗では全般に白斑(芽)が苗木全体に顕著に発現し、その白斑部の多い苗ほど野外の自然条件のもとでは枯死す

Table 6. 白斑の親個体及び白斑スギと正常スギの交配による正常F₁個体の自家受粉，他家受粉による後代家系の2年生時の苗高

Heights of two-year-old seedlings derived from selfing or crossing of 3 variegated cultivars, and normal F₁ after crosses of normal and variegated cultivars.

交配組み合わせ Cross combination		調査家系数	正常苗 Normal			白斑苗 Variegated		
雌親 Female	花粉親 Male	Number of families investigated	本数 Number of seedlings	平均苗高 Mean height	標準偏差 Standard deviation	本数 Number of seedlings	平均苗高 Mean height	標準偏差 Standard deviation
					cm	cm	cm	cm
オキナスギ Okina sugi	自家受粉 Self	1	-	-	-	67	17.6	5.5
メジロスギ Mejiro sugi	自家受粉 Self	4	-	-	-	204	10.3	4.1
オキナスギ Okina sugi	× メジロスギ Mejiro sugi	1	-	-	-	10	22.2	6.7
メジロスギ Mejiro sugi	× オキナスギ Okina sugi	3	-	-	-	56	15.8	5.6
オキナスギ Okina sugi	× 放育ファイリスギ F ₁ IRB Fuiri sugi	2	75	30.4	11.7	52	20.7	7.7
メジロスギ Mejiro sugi	× 放育ファイリスギ F ₁ IRB Fuiri sugi	2	63	20.7	8.9	44	15.9	5.7
オキナスギ F ₁ (75-80-) Okina sugi	自家受粉 Self	8	174	24.7	9.2	38	16.9	7.0
オキナスギ F ₁ (75-100-) Okina sugi	自家受粉 Self	7	160	28.2	11.0	44	18.0	5.2
放育ファイリスギ F ₁ IRB Fuiri sugi	自家受粉 Self	5	140	27.0	11.5	37	17.5	7.0
オキナスギ Okina sugi	× 正常スギ Normal sugi	1	201	24.2	10.0	-	-	-
メジロスギ Mejiro sugi	× 正常スギ Normal sugi	1	100	26.4	8.8	-	-	-

るものが多かった。

白斑スギを片親に持ったF₁家系後代（F₂）において分離した白斑苗における白斑の発現様相は一様ではなく，白斑部の発現年次と時期，発現部位，白斑部と正常部との割合，白化の濃淡などに個体差がみられた。白斑部には，わずかながらも緑色部分が混在しており，月日の経過，苗木の成育に伴わずかずつではあるが緑色部が増大する現象が観察された。白斑部の発現度合いは，陽光が十分な環境では白斑が顕著に白く，陽光の入る半日陰では淡い緑色が混じる白色を示し，陽光の当たらない完全な日陰では白斑が僅少になるか，あるいは，消失するなど，光環境の影響を受けやすいことも観察されている。こうした白斑の発現様相の差異，すなわち，白斑形質の浸透度及び表現度の差異についての原因究明は，今後の課題である。

以上、オキナスギ、メジロスギ、フイリスギに由来するF₁家系及びF₂家系における白斑苗の分離調査によって、白斑形質はメンデルの法則に従う単一劣性遺伝子に支配された形質であることを確認した。さらに遺伝子の対立性検定の結果、白斑スギ3品種の白斑遺伝子は同じ座位に乘座する遺伝子であり、白斑の表れ方には家系、個体によって浸透度及び表現度に差異のあることが判明した。

謝 辞

供試材料の収集にご協力をいただいた埼玉県林業試験場、九州林木育種場、放射線育種場、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、千代田試験地の各位及び本報のとりまとめにご指導と助言をいただいた森林総合研究所生物機能開発部山本千秋科長に厚く感謝の意を表します。

引用文献

- 千葉 茂 (1953) : スギ針葉の冬季における変色の遺伝 (1), 針葉, 変色の観察およびアカスギ, ミドリスギの交雑, 日林誌, 35(9), 286-289
- FUKUHARA, N. (1963) : Inheritance of needles discoloration of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON), World Consultation of Forest Genetics and Tree Improvement, Stockholm, FAO/FOGEN 63 -1/7, 1-6
- 林 弥栄 (1951) : 日本産針葉樹の分類と分布, 針葉樹 1, 林試研報, (48), 146-168
- 肥田美知子, 井田和子 (1964) : スギ科植物の紅葉に見られる桃赤色のカロチノイドについて, 植雑, 77(918), 458-461
- 甲斐重貴, 谷山幹夫, 高田健一, 野上寛五郎 (1975) : スギさし木品種子孫群の変異について (II) F₁子孫群における子葉数と夏期の黄白化苗の変異, 日林九支論, 28, 83-84
- 河崎久男, 大庭喜八郎 (1981) : スギ個体, G-5 および I-57-2 の白子苗および淡緑色苗の遺伝, 昭和54年度林木育種研究発表会講演集, 22-25
- , ——— (1984) : スギ精英樹会津1号の保有する劣性の黄子苗遺伝子, 36回日林関東支論, 67-68
- 菊池秀夫 (1977) : スギ針葉の一形態異常の遺伝, 林試研報, (298), 143-151
- (1978) : オキナスギの白斑形質の遺伝, 日林誌, 60(9), 337-339
- (1980) : スギ葉緑素異常 (白緑葉) の遺伝, 林試研報, (310), 163-170
- , 村井正文 (1986) : 冬季の針葉色が異なる (黄土・ミドリ) スギの交配一代目家系における表現型, 97回日林論, 401-402
- (1992) : スギの冬季の針葉色がミドリになる形質の対立性検定—日本のスギと柳杉との交雑, 103回日林論, 335-336
- 中村恒雄 (1968) : 最新園芸大辞典 (II), 誠文堂新光社, 東京, 584-551
- 織田和久, 大橋英雄, 安江保民, 田中敏隆 (1986) : スギ針葉の冬季における変色について, 34回日林中部支論, 17-20
- 大庭喜八郎, 村井正文 (1967a) : 林木の放射線感受性に関する研究 (V) スギの自殖種子, 他殖種子および一つの標識遺伝子をもった種子の放射線感受性のちがいについて, 日林誌, 49(2), 45-52
- , ———, 杉村義一, 斎藤幹夫, 岡本敬三, 渡辺 操, 野口常介 (1967b) : 林木の変異に関する研究 (III) クマスギのさし木スギ系統間の交雑親和性, F₁幼苗の生長およびク

- マスギで検出された2個の単一劣性遺伝子について，日林誌，49(10)，361-369
- ，———（1969a）：イワオスギの自殖および他殖実生における葉緑素変異の発生と苗高生長について，日林誌，51(5)，118-124
- ，河原 清，村井正文（1969b）：放射線育種場の他殖性植物交配室の花粉気密度と交配精度について，日林誌，51(6)，157-160
- ，村井正文（1971a）：スギの白子苗および淡緑色苗を生ずる劣性遺伝子，日林誌，53(6)，177-180
- OHBA, K., IWAKAWA, M., OKADA, Y. and MURAI, M. (1971b) : Paternal transmission of a plastid anomaly in some reciprocal crosses of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don), *Silvae Genet.*, 20: 101-107
- 大庭喜八郎（1972）：メアサ，キリシマメアサ，およびアオスギのミドリスギ劣性遺伝子，日林誌，54(1)，1-5
- ，百瀬行男，前田武彦（1973a）：スギ精英樹からの異常苗の分離，林試研報，(250)，53-76
- （1973b）：クマスギ×クモトオシのF₁苗の自殖による異常苗の分離と苗高遺伝力，日林九支論，26，123-124
- ，前田武彦，福原植勝（1974）：ヨレスギの遺伝およびヨレ遺伝子と白子，ミドリスギの両劣性遺伝子との連鎖，日林誌，56(8)，256-281
- （1979）：スギの胚致死遺伝子の検出，90回日林論，257-258
- ，河崎久男，福原植勝（1981）：ヨレスギおよびそのF₁の自殖，もどし交配による胚致死遺伝子の検出，92回日林論，279-280
- 塚原初男（1964）：スギの栄養系ニンジンバに関する造林学的研究，九大演報，37，1-84
- 上原敬二（1975）：樹木大図鑑Ⅰ，有明書房，東京，335-361
- 山田常雄，前川文夫，江上不二夫，八杉竜一（1975）：岩波生物学辞典，岩波書店，1，278pp.

Inheritance of White Variegation in Three Horticultural Sugi Cultivars (Mejiro sugi, Okina sugi and Furi sugi)

KIKUTI, Hideo ⁽¹⁾ and OHBA, Kihachiro ⁽²⁾

Summary

Among the color variants in sugi, *Cryptomeria japonica* D. DON, there is a form of variant such a white variegation of needles with green branches. We collected three horticultural cultivars which have white variegation with common names of Okina sugi, Mejiro sugi (*C. japonica* form. *albo-spicata* HORT.) and Furi sugi (*C. japonica* form. *aurea* HORT.).

Cross experiments were carried out to elucidate the mode of inheritance of the variegation and to perform allelism tests on the trait concerned. The segregation of variegation was tested by selfing among the cultivars, reciprocal crosses between the cultivars and normal phenotype individuals, and test crosses using the normal F₁ individuals derived from the crosses of the cultivars and the normal parents. The trait of the variegation exhibited Mendelian inheritance controlled by a recessive gene and all of the three cultivars surveyed were recessive homozygotes for the gene.

Allelism tests using the gene of Okina sugi as a marker gene were made through various cross combinations among the three cultivars and those F₁ individuals. As the variegated seedlings were segregated at the expected ratios in all of the cross combinations, it was proved that the three cultivars surveyed had the same gene for variegation on a common locus.



Photo 1. 交配親に用いたオキナスギ (Cr-232) の白斑 (1979年7月25日撮影)

このクローンは高木性型の成長を示す。

White variegation of a Okina sugi (Cr-232) used as crossing parent.

This clone has normal stem growth.

(Photo, Jul. 25 1979)



Photo 2. 交配親に用いたメジロスギ (Cr-214) の白斑 (1979年7月25日撮影)

樹冠全体から鮮明な白斑が出現する。
矮性型の成長を示す。

White variegation of a Mejiro sugi (Cr-214) used as crossing parent.

This clone shows clear white variegation on the whole crown, and has dwarf habit. (Photo, Jul. 25 1979)



Photo 3. オキナスギ (Cr-232) ×正常型スギの F₁ 個体の自家受粉で生じた当年生 (マキツケ後2か月) 時の白斑苗。

(1979年7月25日撮影)

White variegated seedlings (two months after sowing) derived from selfing of a normal F₁ individual after crossing of Okina sugi (Cr-232) and a normal sugi.

(Photo, Jul. 25 1979)



Photo 4. 交配親に用いたメジロスギ (Cr-242) の萌芽における白斑

(1979年7月25日撮影)

White variegation of sprouts of Mejiro sugi (Cr-242) used as crossing parent. (Photo, Jul. 25 1979)