

スギ針葉の一形態異常の遺伝

菊池秀夫⁽¹⁾Hideo KIKUTI: Inheritance of a Morphological Anomaly
in *Cryptomeria* Needles

要旨: 針葉が短く、その先端が外側に鋭く鉤形に曲がる異常形態を示す1クローン (Cr-54) を花粉親に用いて、正常針葉をもつ雌親17クローンとの交配を行い、次代の家系群に現れる針葉異常苗の分離比を調べた。その結果、Cr-54を花粉親に用いた全交配家系で例外なく針葉異常苗が出現した。しかし、同じ雌親の自殖家系および正常な針葉をもつクローンとの交配家系では針葉異常苗は出現しなかった。Cr-54の自殖または他殖による家系からのみ特異的にこの針葉異常苗が出現していることから、この針葉異常形態は優性遺伝子に支配された形質であると考えられる。また、Cr-54と正常針葉をもつ雌親との交配では、多くの家系で針葉正常苗と針葉異常苗の分離が3:1に近い比率で観察された。

I はじめに

スギの特定形質の遺伝および異常苗の発現については、すでに多数の報告がある^{1)~18)}。スギの幼齡時に発現する形質について遺伝子をあらいあげ、これを標識遺伝子として利用し、あるいは、連鎖群を確認することは、育種の基礎研究として重要であり、また、でき得る限り多くの形質について遺伝子解析を行う必要があると考える。そのため、1966年以來、スギの表現形質に特異な形態を示す個体や、クローンの収集を行い、材料の着花をまって、1972年から交配試験に着手した。ここでは、そのうち、針葉に見られる一種の形態異常の遺伝についてまとまった知見を得たので報告する。

この試験を進めるにあたり、試験材料の分譲をうけた静岡県林業試験場、試験実行およびとりまとめにご指導をいただいた林業試験場造林部長戸田良吉博士、四国支場調査室長中平幸助博士、造林部遺伝育種科遺伝育種第3研究室長勝田 柁博士、九州林木育種場大庭喜八郎博士ならびに元遺伝育種第2研究室長、現岐阜大学教授岡田幸郎博士に厚くお礼を申し上げる。

II 材料と方法

スギ針葉のこの形態異常は、供試したクローン (以下 Cr-54 と呼ぶ) に見られ、針葉の先端が着生軸に対して外側に特異的に鋭く曲がり (Fig. 1)、針葉がきわめて短いため、芽は全体として特異な形状を示す (Fig. 2, 3)。

この特異形態に命名することはしばらく見送り、この報告では単に「針葉異常」と呼び、その形質を備えた個体を「異常苗」と記すことにする。

この Cr-54 は、1967年に静岡県林業試験場から分譲を受けた。このなかの1個体が1972年に雄花をつけたので花粉を採取し交配に使用した。さらに、1973年にはこの個体にジベレリン処理を行い、1974年

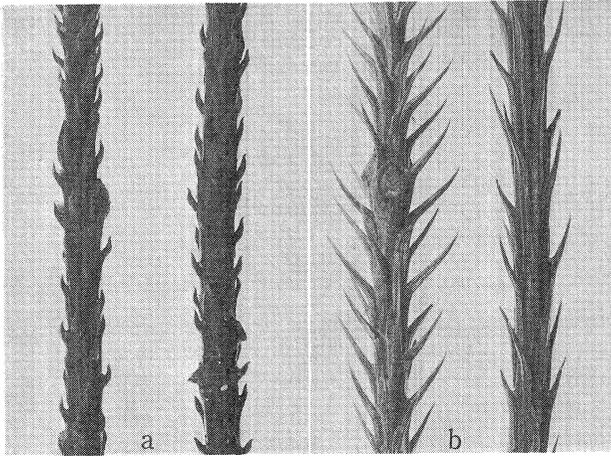


Fig. 1 一次枝主軸の針葉形態
 a : 形態異常の針葉 b : 正常針葉
 Variant (a) and normal (b) needles in 2-year-old lateral (primary) branches.

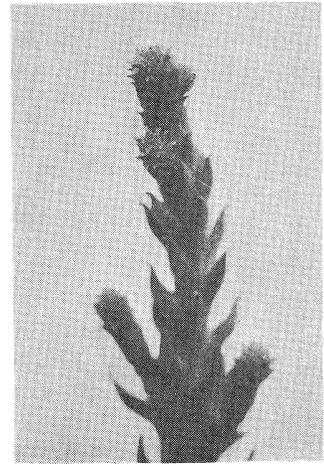


Fig. 2 針葉異常の二次枝の頂芽
 Terminal buds in a lateral (secondary) branch of a variant.

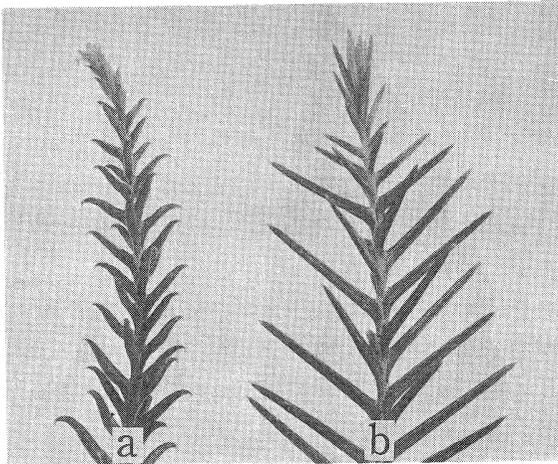


Fig. 3 正常型(♀)×異常型(♂)の家系内にみられる異常苗(a)と正常苗(b)の針葉
 Variant (a) and normal (b) needles in 2-year old seedlings in a crossed family between normal (♀) and variant (♂).

に花粉を採取し人工交配を行った。年度ごとの交配組み合わせは Table 1 に示すとおりで、雌親の針葉はいずれも正常であった。なお、1974年には Cr-54 に数個の雌花が着花したので自殖も行った。

交配は、両年とも林業試験場構内苗畑と狭間苗畑(浅川)で実施した。雌花はあらかじめ開花前に袋かけをして隔離した。他の花粉が飛散する前に袋かけをして隔離した雄花から採取した花粉を花粉銃により開花期間中に4~5回袋内に注入した。

10月に成熟した球果を採取し、天日乾燥後に採種した。種子は不稔粒と思われる

ものを取り除いた。

まきつけは、交配年の翌年にガラス室内に置いたまきつけ箱にまきつけ、2か月後に発芽状況を調査した。

交配家系における針葉形態についての正常苗と異常苗との判定は、まきつけた年の12月に1回目の調査を行い、翌春床替後、5月の開葉時に再び頂芽の形状調査を実施して最終判定とした。

異常苗は、まきつけ後50~60日頃から識別可能な個体が現れるが、当年生時には判定不可能のものも多い。上記の最終判定で識別された異常苗のほとんどすべては花粉親と同様の針葉異常を示したが、少数

Table 1. 交配に用いた雌親
Materials used as female parents

雌 親 名 Clone number		産 地 Locality	樹 齡 Age ('72. 2. 1)	1.2m 高 直 径 Diameter at 1.2m height	異常苗の現われなかった 正常型間の交配組合せ型 Mating types among normal clones examined for the absence of variant seedlings in the progenies
Cr- 4	須 屋 4 Suya	九州林木育種場 KFTBS	6	10.5	他 殖 Crossing
Cr- 8	(県) 佐 賀 3* Saga	佐 賀 県 Saga Pref.	6	11.5	自殖および他殖 Selfing & crossing
Cr- 10	(県) 玖 珠 12* Kusu	大 分 県 Oita Pref.	6	6.0	
Cr- 13	竹 田 (署) 4* Takeda syo	大 分 県 Oita Pref.	6	7.0	自殖および他殖 Selfing & crossing
Cr- 28	放 育 黄 金 Y-2 IRB Wogon	放射線育種場 IRB	6	1.5	他 殖 Crossing
Cr- 33	放 育 G-5 IRB	放射線育種場 IRB	6	6.4	
Cr- 43	静 6 Sizu	静岡県林業試験場 SiPFES	7	6.6	自殖および他殖 Selfing & crossing
Cr- 59	(県) 稲 敷 2* Inasiki	茨 城 県 Ibaraki Pref.	6	7.5	自殖および他殖 Selfing & crossing
Cr- 61	(県) 久 慈 34* Kuzi	茨 城 県 Ibaraki Pref.	6	8.2	
Cr- 65	(県) 多 賀 5* Taga	茨 城 県 Ibaraki Pref.	6	4.0	
Cr- 67	(県) 久 慈 13* Kuzi	茨 城 県 Ibaraki Pref.	6	7.0	
Cr- 71	(県) 筑 波 1* Tukuba	茨 城 県 Ibaraki Pref.	6	6.8	
Cr- 97	(県) 児 玉 1* Kodama	埼 玉 県 Saitama Pref.	6	7.2	
Cr- 98	(県) 児 玉 3* Kodama	埼 玉 県 Saitama Pref.	6	8.4	
Cr- 99	(県) 西 川 2* Nisikawa	埼 玉 県 Saitama Pref.	6	7.0	自殖および他殖 Selfing & crossing
Cr-210	野 川 1 Kuriyagawa	林業試験場東北支場 GFEST	3	2.2	他 殖 Crossing
Cr-323	浅 川 24 Asakawa	林 業 試 験 場 GFES	5	1.8	自殖および他殖 Selfing & crossing

* designates plus-trees

KFTBS : Kyusyu Forest Tree Breeding Station, Kumamoto Prefecture.

IRB : Institute of Radiation Breeding, NIAS., Oomiya, Ibaraki Prefecture.

SiPFES : Sizuoka Prefectural Forest Experiment Station, Hamakita, Sizuoka Prefecture.

GFEST : Government Forest Experiment Station, Tohoku Branch, Morioka, Iwate Prefecture.

GFES : Government Forest Experiment Station, Meguro, Tokyo.

は先端の曲がりだけを示し、針葉長は正常に近い (明らかに花粉親よりも長い) ものがあり、それらは Cr-4 と Cr-8 を雌親とする交配家系のなかに認められた。

苗高測定は、1972年の交配家系については1975年1月に、1974年の交配家系については1976年12月に、それぞれ2年生苗で全数調査を行った。測定した苗木を正常苗と異常苗に群別し、t-検定により生長比較を行った。

Table 2. 交雑稔性および発芽率
Description of cone and seed traits after crosses in 1972 and 1974

交配年 Year of crosses	交配組合せ Cross combination	成熟球果数 Cones matured	結果率 Cone yield*	1球果当実粒 Number of sound seeds per cone	播種数 Number of seeds sown	発芽数 Number of seeds germinated	発芽率 Germination per cent	苗木生存率 Survival	形態調査苗木数 Number of seedlings transplanted
年		個	%	粒	粒	本	%	%	本
1972	Cr- 4 × Cr- 54	17	30.4	15.1	(73. 4.18) 256	(73. 6.22) 64	25.0	(73.12. 3) 100.0	(74. 5.21) 65
	Cr- 8 × "	16	100.0	44.7	715	105	14.7	86.7	77
	Cr- 13 × "	5	5.1	11.2	56	23	41.1	100.0	19
	Cr- 28 × "	6	100.0	41.7	250	28	15.2	100.0	40
	Cr- 43 × "	34	47.2	27.1	920	209	22.7	99.0	208
	Cr- 59 × "	13	68.4	19.2	250	61	24.4	100.0	73
	Cr- 99 × "	9	26.5	28.9	260	69	26.5	97.1	73
	Cr-210 × "	2	14.2	37.0	74	8	10.8	100.0	8
	Cr-323 × "	5	41.7	25.0	120	49	40.8	100.0	50
1974	Cr- 8 × Cr- 54	67		5.7	(75. 6.19) 384	(75. 8.20) 150	39.1	(75.11.29) 76.0	(76. 4.28) 115
	Cr- 10 × "	3		28.7	86	5	5.8	100.0	5
	Cr- 33 × "	45		11.1	500	171	34.2	87.7	164
	Cr- 43 × "	26		12.3	330	41	12.4	97.6	40
	Cr- 61 × "	42		23.3	600	121	20.2	82.6	112
	Cr- 65 × "	35		13.1	200	39	19.5	97.4	36
	Cr- 67 × "	71		19.3	800	104	13.0	95.2	98
	Cr- 71 × "	20		31.5	630	30	4.8	100.0	31
	Cr- 97 × "	60		19.5	800	32	4.0	100.0	37
	Cr- 98 × "	65		14.5	800	60	7.5	100.0	68

* expressed as % of female strobili pollinated.

Table 3. 正常型スギ (雌) × 異常型スギの交配による正常苗および異常苗の分離
Segregation of normal and variant seedlings after crosses
of Normal (female) × Variant (male)

交配組合せ Cross combination	交配年 Year of crosses	交配家系の分離 Segregation in F_1			期待分離比とその適合 (χ^2 検定) Segregation ratio expected and fitness (Chi-square)					
		計 Total	正常型 Normal	異常型 Variant	3 : 1 ¹⁾		5 : 3 ²⁾		1 : 1 ³⁾	
					χ^2	<i>p</i>	χ^2	<i>p</i>	χ^2	<i>p</i>
Cr- 4 × Cr- 54	1972	65	34	31	17.8513	**	2.8810	NS	0.1385	NS
Cr- 8 × "	"	77	56	21	0.2121	NS	3.4362	NS	15.9090	**
"	1974	115	89	26	0.3506	NS	10.8806	**	34.5130	**
Cr- 10 × "	"	5	4	1	0.0667	NS	0.6533	NS	1.8000	NS
Cr- 13 × "	1972	19	14	5	0.0175	NS	1.0140	NS	4.2632	*
Cr- 28 × "	"	40	30	10	0.0000	NS	2.6667	NS	10.0000	**
Cr- 33 × "	1974	164	114	50	2.6341	NS	8.1235	**	24.9756	**
Cr- 43 × "	1972	208	158	50	0.1056	NS	16.0821	**	56.0770	**
"	1974	40	31	9	0.0769	NS	3.4616	NS	11.3076	**
Cr- 59 × "	1972	73	57	16	0.3699	NS	7.5626	**	23.0274	**
Cr- 61 × "	1974	112	107	5	25.1905	**	52.1523	**	92.8928	**
Cr- 65 × "	"	36	27	9	0.0000	NS	3.1500	NS	9.0000	**
Cr- 67 × "	"	98	71	27	0.3401	NS	4.1387	*	19.7552	**
Cr- 71 × "	"	31	26	5	1.6078	NS	3.5570	NS	14.2258	**
Cr- 97 × "	"	37	24	13	2.0271	NS	0.0883	NS	3.2702	NS
Cr- 98 × "	"	68	55	13	1.2549	NS	9.8040	**	25.9412	**
Cr- 99 × "	1972	73	55	18	0.0046	NS	5.1370	*	18.2054	**
Cr-210 × "	"	8	6	2	0.0000	NS	0.5333	NS	2.0000	NS
Cr-323 × "	"	50	37	13	0.0267	NS	2.8213	NS	11.5200	**

** : 危険率 0.01 で有意, Significant at 1 per cent level

* : 危険率 0.05 で有意, Significant at 5 per cent level

遺伝子型の想定 Segregation ratio

1) 3 : 1 : expected after crosses of $aaCc \times Aacc$ (C : suppressor) or $aabb \times AaBb$ (B : Complementary gene)

2) 5 : 3 : expected after crosses of $Aabb \times AaBb$ (B : Complementary gene)

3) 1 : 1 : expected after crosses of $aa \times Aa$, $aacc \times Aacc$ or $AAbb \times AaBb$ (B : Complementary gene)

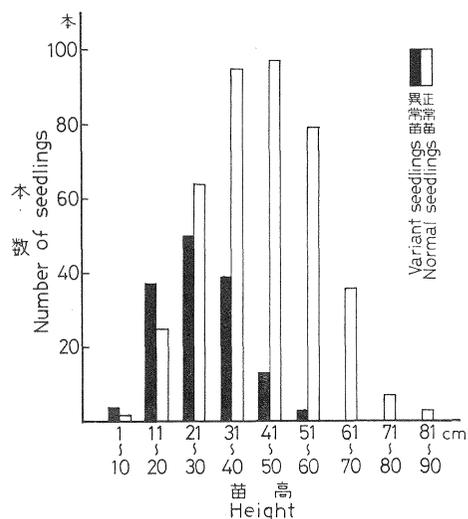


Fig. 4 家系をこみにした正常苗と異常苗の2年生
時における苗高頻度分布 (1972年交配家系)
Distribution of height of 2-year-old seedlings
with normal and variant needles.
An example of crosses in 1972, including all
families obtained.

Table 4. 交配家系別の正常苗と異常苗の2年生時の苗高
Height of 2-year-old seedlings with normal and variant needles

交配年 Year of crosses	交配組合せ Cross combination	正常型 Normals				異常型 Variants			
		本数 Number of seedlings	平均苗高 Mean height	標準偏差 Standard deviation	変異係数 Coefficient of variation	本数 Number of seedlings	平均苗高 Mean height	標準偏差 Standard deviation	変異係数 Coefficient of variation
1972	Cr- 4 × Cr- 54	31	39.1	2.3072	5.90	31	22.8	1.8197	7.97
	Cr- 8 × "	52	53.6	2.2526	4.20	20	41.1	1.2773	3.11
	Cr- 13 × "	13	40.6	3.1569	7.77	5	26.8	—	—
	Cr- 28 × "	30	50.9	3.0033	5.91	9	27.4	1.8381	6.70
	Cr- 43 × "	139	38.3	1.1828	3.05	42	25.6	1.3066	5.10
	Cr- 59 × "	50	44.8	1.8717	4.18	15	25.3	1.9045	7.54
	Cr- 99 × "	49	35.0	1.8126	5.19	16	25.1	1.7150	6.83
	Cr-210 × "	6	38.0	4.6390	12.21	2	30.5	—	—
	Cr-323 × "	38	44.4	1.9363	4.36	12	31.8	1.7667	5.55
計 Total	408	42.44			152	27.65			
1974	Cr- 8 × Cr- 54	82	28.7	1.3395	4.66	23	24.7	1.0269	4.15
	Cr- 10 × "	4	31.8	—	—	1	20.0	—	—
	Cr- 33 × "	109	21.2	0.5681	2.68	49	17.8	0.7871	4.42
	Cr- 43 × "	29	22.2	1.4972	6.73	9	19.1	2.2392	11.72
	Cr- 61 × "	103	16.8	0.5492	3.26	4	13.0	—	—
	Cr- 65 × "	26	19.6	1.6111	8.23	7	20.3	2.4349	12.01
	Cr- 67 × "	66	28.1	1.0067	3.59	26	24.1	1.4448	5.99
	Cr- 71 × "	23	32.4	2.1454	6.62	4	20.8	—	—
	Cr- 97 × "	19	25.9	2.6942	10.41	9	21.1	4.2773	20.26
	Cr- 98 × "	52	21.4	1.5784	7.39	11	15.5	2.2332	14.37
計 Total	513	23.17			143	20.27			

III 結 果

正常な針葉をもつ17クローンを雌親とし、Cr-54を花粉親とした交配組み合わせでの稔性および発芽率をTable 2に示す。また、交配家系での正常苗と異常苗の分離の状況をTable 3に示す。

Cr-54を花粉親に使った交配家系では、例外なく異常苗が分離した。しかし、正常針葉をもつ一部の雌親の自殖家系および他の正常な針葉をもつクローンとの交配家系では、Table 1に示すように異常苗はまったく分離しない。なお、Cr-54の自殖種子は93粒得られたが、発芽したのはわずか4本で、正常苗が1個体、異常苗が3個体であった。

2年生時の苗高を交配家系ごとに正常苗と異常苗に分けてTable 4に示す。Cr-65を雌親とする交配家系を除く全家系で異常苗は正常苗よりも小さい。1972年交配家系苗の全数を用いた苗高の頻度分布はFig. 4に示すとおりである。さらに、正常苗群と異常苗群との苗高差の有意性を t -検定によりみたところ、1972年交配苗は $t=11.44$ 、1974年交配苗は $t=3.29$ が算出され、両年とも正常苗と異常苗との苗高に $P<0.01$ で有意な差が認められる。

IV 考 察

親の形質が有性生殖によって次代植物に再現され、しかも表現型が不連続変異を示すことから、Cr-54のもつ針葉異常は主働遺伝子に支配された遺伝形質であると判定できる。

正常な針葉をもつ雌親の自殖家系および他の正常な針葉をもつクローンとの交配家系からは、異常苗が分離せず、Cr-54の自殖および正常な針葉をもつクローンとの交配家系から異常苗が分離した。このことから、この針葉異常は、優性遺伝子の支配によるものと考えられる。また、Cr-54の自殖家系で正常苗が分離したことから、Cr-54の針葉異常形質についてはヘテロ接合体と考えられる。

この針葉異常の発現が1個の優性遺伝子によるものと仮定すれば、交配家系における表現型の期待分離比は1:1になるはずである。しかし、観察値が上期期待値に一致したのは1家系のみで他の家系の分離比はむしろ3:1に近い。

分離比が乱れる原因としては、胚致死や、不発芽などによる異常苗出現比率の減少も考えられるが、得られた観察結果(Table 2)からは、それと考えられる証拠は見られなかった。現段階では、3:1の分離比は抑制遺伝子や補足遺伝子などを考えると理解しやすいが、その証明には、さらに後代家系における分離比の観察が必要である。

一方、正常型と異常型に区分して苗高を調査した結果では(Table 4, Fig. 4)、苗高の分布はいずれもほぼ正規分布を示すが、正常苗の方が大きく、 t -検定の結果からも差のあることが明らかである。したがって、この針葉異常遺伝子は生長に対してマイナスの影響を与えることがわかる。

針葉先端の曲がりや針葉の短縮とは、非常に密に連鎖している別の形質である可能性がある。すなわち、すでに述べたように、一部の交配家系には正常に近い長さの針葉をもっている個体が出現することのほか、Cr-54に類似した表現形質を示す別の個体Cr-35が、枝変りで普通の長さの、しかも先端曲がりをもとぬ針葉をつける枝を出していることが観察されているからである。

この針葉異常が優性形質とすれば自然界に多くの個体が存在してもよいと思われる。実際に、供試したCr-54の針葉異常に似た針葉形態を示す個体が静岡県・秋田県・岩手県および高知県から見つけられ、広

範囲に存在しているようである。しかし、これらが同じ遺伝子によるものであるか否かは不明であり、後日、検討を加えたいと考えている。

文 献

- 1) 千葉 茂：スギ針葉の冬期における変色の遺伝（第 I 報）、針葉の変色の観察及びアカスギ、ミドリスギの交雑、日林誌, **35**, 286~289, (1953)
- 2) FUKUHARA, N.: Inheritance of needle discoloration on Sugi (*Cryptomeria japonica*). World Consultation of Forest Genetics and Tree Improvement, Stockholm, (1963)
- 3) 金川 侃：スギの自殖による種子とその形質調査、茨城県林試 45 年度業務報告, 7~9, (1971)
- 4) ————：スギの自殖による種子とその形質調査、茨城県林試 46 年度業務報告, 15~20, (1972)
- 5) 大庭喜八郎・村井正文：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**, 45~52, (1967)
- 6) ————・————・杉村義一・斎藤幹夫・岡本敬三・渡辺 操・野口常介：林木の変異に関する研究 (III), クマスギと他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**, 361~367, (1967)
- 7) OHBA, K., IWAKAWA, M., OKADA, Y. and MURAI, M.: Plastid behavior in reciprocally different crosses between Wogon-Sugi, *Cryptomeria japonica* form, Wogon hort., and other Sugi varieties and individuals. Proc. Intern. Congr. Genet. Tokyo Japan, 1 : 189, (1968)
- 8) 大庭喜八郎・村井正文：イワオスギの自殖および他殖実生における葉緑素変異苗の発生と苗高生長について, 日林誌, **51** : 118~124, (1969)
- 9) OHBA, K., IWAKAWA, M., OKADA, Y. and MURAI, M.: Paternal transmission of a plastid anomaly in some reciprocal crosses of Sugi, *Cryptomeria japonica* D. DON, *Silvae genetica*, **20**, 101~107, (1971)
- 10) 大庭喜八郎・村井正文：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**, 177~180, (1971)
- 11) ————：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**, 1~5, (1972)
- 12) ————：クモトオシから分離したわい性苗の遺伝, 82 回林講, 136~137, (1971)
- 13) ————・百瀬行男・前田武彦：スギ精英樹からの異常苗の分離, 林試研報, **250**, 53~60, (1973)
- 14) ————・前田武彦・福原植勝：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**, 276~281, (1974)
- 15) 田淵和夫・古越隆信：スギ精英樹の劣性遺伝子の出現, 47 年度林木育種研究発表会講演集, 76~86, (1973)
- 16) 塚原初男：スギの栄養系ニンジンバに関する造林学的研究, 九大演習林報, **37**, 1~84, (1964)
- 17) 豊島昭和・大山浪雄：北山スギのシボの遺伝性, 日林九支論 **26**, 119, (1973)
- 18) 実森一郎：ヨレスギの交配試験, 46 年度林木育種研究発表会講演集, 56~59, (1972)

Inheritance of a Morphological Anomaly in *Cryptomeria* NeedlesHideo KIKUTI⁽¹⁾

Summary

Segregation of normal and variant seedlings was examined in the families from 17 clones with normal needles as the female parents with one clone with variant needles as the pollinator. The variant form presented here can be described as the shorter needles with distinct outward hooking at their tip.

Variant seedlings were segregated in all of the families raised from crosses between normal and variant parents, but no variants occurred in selfed families of normals or in cross-pollinated families between normals. Segregation ratio was near to the ratio of 3 (normal):1 (variant) in most of the normal-variant cross-pollinated families, and the ratio 1:1 was seldom realized in any of the families. It is therefore confirmed that the variant form described here is inherited with a dominant gene, but the disagreement of segregation ratios indicates the existence of a modifier gene or some other factors.

