

大分県林試研報，第13号

不稔性を示すスギおよびヒノキ精英樹の体細胞染色体

佐々木 義 則

Somatic chromosomal studies on the elite trees of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) having sterility

Yoshinori SASAKI

Bull. Oita Pref. For. Exp. Stn., No.13

大 分 県 林 業 試 験 場

大分県日田市有田

平成8年3月

OITA PREFECTURAL
FOREST EXPERIMENT STATION

Arita, Hita, Oita, Japan

March, 1996

不稔性を示すスギおよびヒノキ精英樹の体細胞染色体

目 次

	ページ
要旨 (和文および英文) -----	1
I はじめに -----	2
II 材料および方法 -----	2
1. 材料 -----	2
2. 方法 -----	2
III 実験結果 -----	5
IV 考 察 -----	8
V おわりに -----	10
引用文献 -----	11

Somatic chromosomal studies on the elite trees of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) having sterility

— CONTENTS —

	page
Summary (Japanese and English)-----	1
I Introduction-----	2
II Materials and Methods-----	2
1. Materials-----	2
2. Methods-----	2
III Results-----	5
IV Discussion-----	8
V Conclusion-----	10
Literature Cited-----	11

不稔性を示すスギおよびヒノキ精英樹の体細胞染色体

佐々木義則

Somatic chromosomal studies on the elite trees of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) having sterility

Yoshinori SASAKI

要 旨

既往の報告等に基づき、東北から九州地方にかけて不稔性傾向の著しいスギおよびヒノキ精英樹を選び出し、体細胞染色体の観察を行った。その結果、スギ精英樹160クローンでは29クローンが $2n=33=3X$ の三倍体であり、残りの131クローンはすべて $2n=22=2X$ の二倍体であった。詳細な観察が可能なプレパラートが得られたスギ二倍体精英樹67クローンにおいては、二次狭窄を有する染色体を1本のみ保有するヘテロ型の精英樹が12クローン見出だされた。また、ヒノキ精英樹13クローンでは、2クローンが $2n=33=3X$ の三倍体であり、他の11クローンは $2n=22=2X$ の二倍体であった。

これらの結果から体細胞染色体の数的および構造的異常が不稔性原因の一つになっているものと推察された。筆者の結果も含めると現在までに我国で報告されている精英樹の三倍体はスギが41クローン、ヒノキでは2クローンに達しており、また、ヘテロ型のスギ二倍体精英樹が15クローン出現していることは、両樹種における倍数性育種および雑種強勢育種の可能性を示唆するものと考えられた。

SUMMARY

A lot of elite trees of Japanese cedar and Japanese cypress have been selected by sterility behavior between Toohoku to Kyusyu area in Japan, and individual somatic chromosomes have been analyzed. In the case of Japanese cedar, 29 trees in 160 clones were obtained as triploid ($2n=33=3X$), and the remaining clones were diploid ($2n=22=2X$). In the case of 67 diploids of Japanese cedar, the hetero-type-clones having one chromosome which bear secondary constriction was found in 12 clones, but there was no secondary constriction in the remaining clones. There were two type of polyploids, 2 triploids showing $2n=33=3X$ and 11 diploids indicating $2n=22=2X$ in the Japanese cypress similar to the Japanese cedar.

From these results, it was suggested that sterility behavior on these two species might be dependent on the quantitative and/or structural abnormality of somatic chromosomes. Furthermore, since the triploids have been determined in 41 clones of Japanese cedar and in 2 clones of Japanese cypress, and the hetero-type diploids have been found in 15 clones of Japanese cedar in Japan, the polyploid breeding and hybrid vigor breeding may be possible on these two species.

I はじめに

林木の成長量の増大と品質の改良を図ることを目的として、1957年から、精英樹選抜育種事業が開始され、全国的に多数の精英樹が選抜された(27)。これらの増殖のため採種園および採穂園が造成されてきたが、採種園においては着花性、着果率、種子発芽率等が低いクローンが存在し、これらの原因究明は重要な課題となっている。不稔性は「遺伝」、「環境」、「遺伝×環境」等に起因するものと考えられるが、従来、これらの観点からの研究は少なかったように思える。不稔性原因を究明するためには、まず第一に遺伝的なものかどうかを調べておく必要がある。「染色体」は遺伝に大きな影響を及ぼしていることから、その数および構造、あるいは減数分裂等を調べることによって、遺伝学的性質の解明が可能と考えられる。

筆者は既往の多数の報告等に基づき、全国のスギおよびヒノキ精英樹の種子発芽率を検討したところ、東北から九州地方にかけて不稔性傾向の著しいクローンが多く存在することがわかった。そこで、これらの精英樹について体細胞染色体の観察を行ったところ興味ある結果が得られた。本報では筆者の研究結果とともに他の報告例も含めて総合的にとりまとめた。

本研究を遂行するにあたり、宮崎大学の黒木嘉久博士には当初から御指導いただき、九州大学の斎藤明博士および正山征洋博士、東京農業大学の染郷正孝博士、九州東海大学の戸田義宏博士、森林総研の中島清博士(旧姓松田)、元森林総研の菊池秀夫氏等の多くの方々から有益な御教示や御助言をいただいた。また、実験材料や不稔性等に関する情報の収集にあたっては全国の多数の国公立研究機関および多くの研究者の皆様にご協力をいただいた。それぞれの方々には深謝の意を表す。

II 材料および方法

1. 材 料

既往の多数の報告、資料、私信等に基づき、東北から九州地方にかけて、不稔性傾向の著しい精英樹をリストアップした。選定対象は2～5年間以上にわたりスギは5%未満、ヒノキでは2%未満の種子発芽率を示す精英樹とした。スギ精英樹は160クローン(表-1)、ヒノキ精英樹は13クローン(表-2)を1979～1984年にかけて収集した。いずれの精英樹もガラス室でさし木苗を育成し、実験に用いた。

2. 方 法

さし木苗からよく伸長した根端(長さ: 5～10mm)を採取し、0.002モルの8-オキシキノリン水溶液に浸漬し、 $12 \pm 1^\circ\text{C}$ で24～48時間固定をした。加水分解には1Nの塩酸を用い、室温下($12 \sim 20^\circ\text{C}$)で1～3日間の処理を行った。塩基性フクシン液で染色後、押しつぶし法によってプレパラートを作製した(15, 30)。

精英樹1クローンあたり10～20枚のプレパラートを作製し、検鏡および写真撮影を行った。染色体数を主体にして調査したが、染色体の重なりが少なく個々の染色体の観察が可能なプレパラートが得られた精英樹については、二次狭窄、付随体染色体といった標識染色体(Marker chromosome)についてそれぞれの構造を調べた(15, 30)。

表-1 実験に用いたスギ精英樹

選抜地	精英樹名	収集場所	選抜地	精英樹名	収集場所	選抜地	精英樹名	収集場所
青森県	南津軽3号	1)	福島県	東白川7号	5)	新潟県 (続き)	佐渡1号	10)
	南津軽7号	1)		東白川10号	5)		長岡4号	4)
	南津軽13号	1)		相馬3号	5)		六日町3号	4)
	上北2号	1)		岩瀬1号	5)	富山県	小原105号	11)
	三戸3号	1)		岩瀬2号	5)		小原502号	11)
	三戸7号	1)		双葉2号	5)		高岡1号	11)
	三戸8号	1)		坂下2号	5)		破波1号	11)
岩手県	東磐井2号	2)	茨城県	久慈11号	6)		石動2号	11)
	気仙1号	2)		久慈17号	6)	富山(署)110号	12)	
	上閉伊3号	2)		久慈25号	6)	石川県	輪島6号	12)
	上閉伊5号	2)		久慈30号	6)		輪島10号	13)
宮城県	本吉2号	3)		久慈34号	6)		輪島11号	13)
	栗原4号	3)	久慈38号	6)	福井県	武生1号	14)	
	遠田2号	3)	栃木県	上都賀6号		7)	敦賀1号	14)
	名取1号	3)		上都賀7号		7)	敦賀2号	14)
	白石2号	3)		上都賀9号	7)	長野県	下高井9号	15)
刈田2号	3)	南那須1号	7)	下高井16号	15)			
秋田県	仙北1号	4)	群馬県	利根4号	8)		長水4号	15)
	扇田2号	4)		吾妻3号	8)		上高井(侯)10号	15)
	能代2号	4)		群馬2号	8)		上高井(侯)14号	15)
	秋田1号	4)		桐生2号	8)	北安(侯)1号	15)	
	大曲1号	4)	中之城2号	8)	北安(侯)9号	15)		
	能代106号	4)	東京都	西多摩19号	9)	静岡県	伊豆10号	16)
	秋田102号	4)		新潟県	岩船3号		4)	伊豆11号
秋田104号	4)	岩船7号	4)		大井5号		16)	
山形県	東南置賜4号	4)	岩船8号		4)		天竜14号	16)
	東南村山4号	4)	村上市2号	10)	富士2号	16)		
	酒田3号	4)	村上市4号	4)	愛知県	東加茂1号	17)	
	新庄1号	4)	中頸城5号	4)				
	山形2号	4)						

表-1 (続き) 実験に用いたスギ精英樹

選抜地	精英樹名	収集場所	選抜地	精英樹名	収集場所	選抜地	精英樹名	収集場所	
三重県	一志10号	18)	鳥取県	八頭1号	22)	愛媛県	上浮穴6号	24)	
	松坂1号	18)		日野5号	22)		(続き)		
	亀山1号	19)		日野9号	22)		高知県	中村3号	24)
	名賀3号	19)		日野10号	22)			大正5号	24)
	名賀9号	18)		日野11号	22)			窪川2号	24)
	新宮(署)9号	18)		日野12号	22)			大板4号	24)
	新宮(署)11号	18)	岡山県	真庭5号	23)	佐賀県	藤津1号	26)	
京都府	京都3号	20)		阿哲3号	23)		藤津5号	26)	
	木津2号	18)		新見7号	18)		藤津10号	26)	
	兵庫県	飾磨5号	18)	広島県	佐伯1号		21)	藤津28号	26)
飾磨8号		21)	佐伯6号		18)		藤津29号	26)	
神崎9号		18)	福山1号		18)		伊万里1号	26)	
州本1号		18)	山口県	玖珂1号	18)	唐津4号	26)		
氷上5号		21)		都濃10号	18)	唐津8号	26)		
山崎1号		18)		阿武3号	18)	長崎県	対馬6号	27)	
朝来4号		12)		山口1号	18)		長崎(署)2号	27)	
奈良県	宇陀18号	18)	徳島県	三好10号	24)	熊本県	水俣(署)6号	27)	
	宇陀21号	18)		那賀7号	25)		大分県	佐伯10号	27)
	宇陀23号	18)		那賀11号	24)			日田16号	28)
	宇陀26号	18)		那賀20号	25)	日田18号		28)	
	吉野23号	18)		那賀22号	25)	宮崎県	飫肥(署)11号	27)	
	吉野24号	18)		那賀24号	25)		鹿児島県	肝属5号	27)
	吉野26号	18)	愛媛県	宇摩1号	24)	日置1号		27)	
和歌山県	東牟婁24号	18)		周桑9号	24)	薩摩6号		27)	
	田辺(署)7号	18)		上浮穴4号	24)				

表-2 実験に用いたヒノキ精英樹

選抜地	精英樹名	収集場所	選抜地	精英樹名	収集場所	選抜地	精英樹名	収集場所
静岡県	富士2号	16)	鳥取県	鳥取(署)101号	12)	広島県	三次(署)4号	18)
	富士4号	16)	(続き)			徳島県	那賀2号	24)
	富士5号	16)	島根県	川本(署)1号	12)	佐賀県	小城1号	27)
				川本(署)2号	12)	熊本県	菊池1号	27)
鳥取県	八頭1号	12)	岡山県	英田4号	18)			
	日野3号	12)						

(注) 材料収集場所(スギ, ヒノキ精英樹共通)

- | | | |
|-------------------|----------------------|-----------------|
| 1) 青森県林業試験場 | 2) 岩手県林業技術センター・林木育種場 | 3) 宮城県林業試験場 |
| 4) 林木育種センター | 5) 福島県林業試験場 | 6) 茨城県林業試験場 |
| 7) 栃木県林業センター | 8) 群馬県林業試験場 | 9) 山梨県森林総合研究所 |
| 10) 新潟県林業試験場 | 11) 富山県林業技術センター | 12) 林木育種センター |
| 13) 石川県林木育種場 | 14) 福井県総合グリーンセンター | 15) 長野県林業総合センター |
| 16) 静岡県林業技術センター | 17) 愛知県林業センター・林木育種場 | 18) 林木育種センター |
| 19) 三重県林業技術センター | 20) 京都府林業試験場 | 19) 西育種場 |
| 22) 鳥取県林業試験場 | 23) 岡山県林業試験場 | 21) 広島県林業試験場 |
| 25) 徳島県林業総合技術センター | 26) 佐賀県林業試験場 | 24) 林木育種センター |
| | | 27) 林木育種センター |
| | | 九州育種場 |
| 28) 大分県林業試験場 | | |

Ⅲ 実験結果

不稔性を示すスギ精英樹160クローンおよびヒノキ精英樹13クローンの体細胞染色体を観察した結果を表-3に示した。スギ, ヒノキとともに三倍体($2n=33=3X$)および二倍体($2n=22=2X$)の2種類が認められ, 異数体(例: $2n=23=2X+1$ 等)は観察されなかった。

スギ精英樹の三倍体(選抜地)は, 遠田2号(宮城県), 大曲1号(秋田県), 東南置賜4号(山形県), 東南村山4号(山形県), 久慈30号(茨城県), 岩船7号(新潟県), 岩船8号(新潟県), 村上市2号(新潟県), 村上市4号(新潟県), 中頸城5号(新潟県), 佐渡1号(新潟県), 小原105号(富山県), 輪島6号(石川県), 下高井9号(長野県), 大井5号(静岡県), 東加茂1号(愛知県), 木津2号(京都府), 州本1号(兵庫県), 氷上5号(兵庫県), 真庭5号(岡山県), 阿哲3号(岡山県), 玖珂1号(山口県), 三好10号(徳島県), 那賀11号(徳島県), 上浮穴6号(愛媛県), 藤津28号(佐賀県), 対馬6号(長崎県), 日田16号(大分県), 日田18号(大分県)の計29クローンであり, 不稔性スギ精英樹(160クローン)の18.1%を占めることが判明した。なお遠田2号(59), 岩船7号(56), 中頸城5号(55), 小原105号(21), 大井5号(13), 藤津28号(27)の6クローン

はすでに三倍体であることが報告されており、筆者もこれら6クローンが三倍体であることを再確認した。またスギ二倍体精英樹131クローンのうち詳細な観察が可能なプレパラート(写真)が得られた67クローンにおいては、二次狭窄を有する染色体の数によって0本(ホモ型)、および1本(ヘテロ型)の二つのタイプが認められ、前者が55クローン(82.1%)、後者が12クローン(17.9%)であった。ヘテロ型の二倍体精英樹名(選抜地)は秋田1号(秋田県)、富士2号(静岡県)、一志10号(三重県)、名賀9号(三重県)、宇陀18号(奈良県)、八頭1号(鳥取県)、佐伯6号(広島県)、藤津1号(佐賀県)、藤津10号(佐賀県)、唐津8号(佐賀県)、長崎(署)2号(長崎県)、飢肥(署)11号(宮崎県)であった。スギ三倍体精英樹における二次狭窄を有する染色体に関しては、輪島6号(石川県)に1本、日田18号(大分県)に2本認められた。

ヒノキ精英樹の三倍体は富士2号(静岡県)および三次(署)4号(広島県)の2クローンであり、不稔性精英樹(13クローン)の15.4%を占めることが判明した。他の11クローンはすべて二倍体であり、いずれもヒノキ型の付随体染色体(15)を2本(1対)保有しており、ヘテロ型の精英樹は観察されなかった。三倍体の三次(署)4号ではヒノキ型の付随体染色体が3本認められたが、

表-3 不稔性を示すスギ, ヒノキ精英樹の体細胞染色体の観察結果

樹種	選抜地	調査	三倍体	二倍体	樹種	選抜地	調査	三倍体	二倍体	
		クローン数 (クローン)	(2n=33=3X) (クローン)	(2n=22=2X) (クローン)			クローン数 (クローン)	(2n=33=3X) (クローン)	(2n=22=2X) (クローン)	
スギ	青森県	7	0	7	スギ	広島県	3	0	3	
	岩手県	4	0	4		山口県	4	1	3	
	宮城県	6	1	5		徳島県	6	2	4	
	秋田県	8	1	7		愛媛県	4	1	3	
	山形県	5	2	3		高知県	4	0	4	
	福島県	7	0	7		佐賀県	8	1	7	
	茨城県	6	1	5		長崎県	2	1	1	
	栃木県	4	0	4		熊本県	1	0	1	
	群馬県	5	0	5		大分県	3	2	1	
	東京都	1	0	1		宮崎県	1	0	1	
	新潟県	9	6	3		鹿児島県	3	0	3	
	富山県	6	1	5		計35都府県	160	29	131	
	石川県	3	1	2		(割合)	(100)	(18.1)	(81.9)	
	福井県	3	0	3		ヒノキ	静岡県	3	1	2
	長野県	7	1	6			鳥取県	3	0	3
	静岡県	5	1	4			島根県	2	0	2
	愛知県	1	1	0			岡山県	1	0	1
	三重県	7	0	7	広島県		1	1	0	
	京都府	2	1	1	徳島県		1	0	1	
	兵庫県	7	2	5	佐賀県		1	0	1	
奈良県	7	0	7	熊本県	1		0	1		
和歌山県	2	0	2	計8県	13	2	11			
鳥取県	6	0	6	(割合)	(100)	(15.4)	(84.6)			
岡山県	3	2	1							

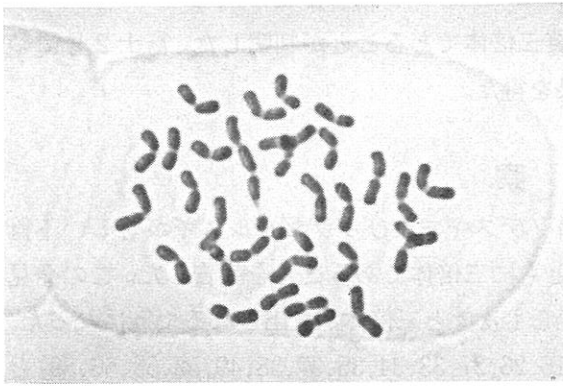


写真-1 スギ精英樹・三好10号(徳島県)の体細胞染色体
 $2n = 33 = 3X$ (三倍体)

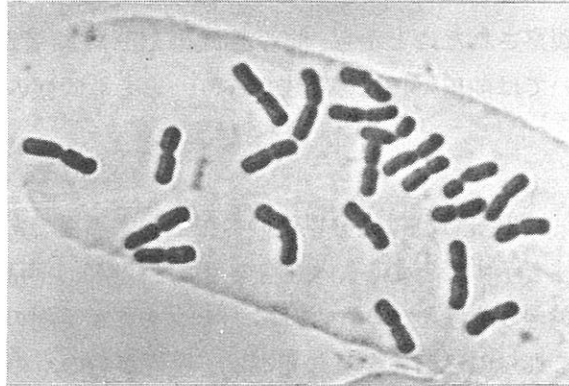


写真-2 スギ精英樹・伊万里1号(佐賀県)の体細胞染色体
 $2n = 22 = 2X$ (ホモ型の二倍体), 二次狭窄はなし

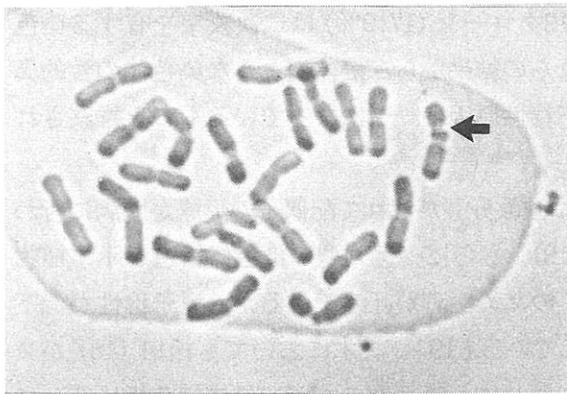


写真-3 スギ精英樹・八頭1号(鳥取県)の体細胞染色体
 $2n = 22 = 2X$ (ヘテロ型の二倍体), 矢印: 二次狭窄

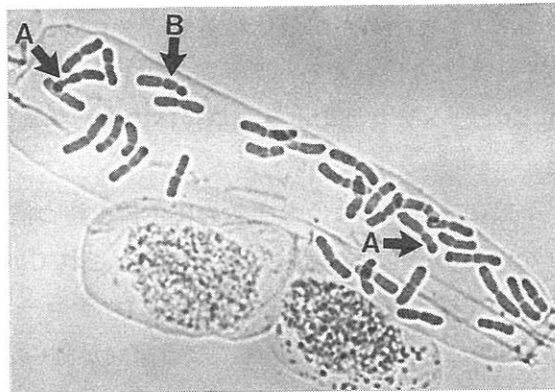


写真-4 スギ精英樹・富士2号(静岡県)の体細胞染色体
 $2n = 33 = 3X$ (異質三倍体)
 矢印 A: ヒノキ型の付随体染色体(2本)
 矢印 B: サワラ型の付随体染色体(1本)

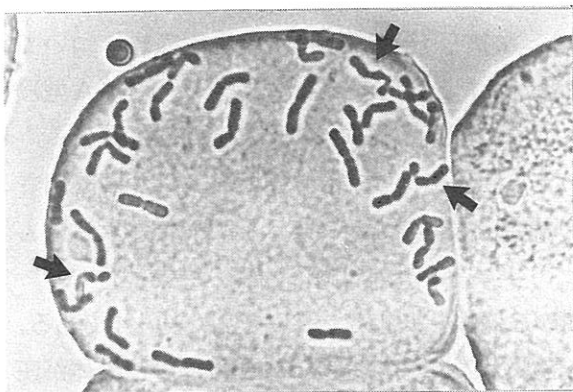


写真-5 ヒノキ精英樹・三次(署)4号(広島県)の体細胞染色体
 $2n = 33 = 3X$ (同質三倍体)
 矢印: ヒノキ型の付随体染色体(3本)

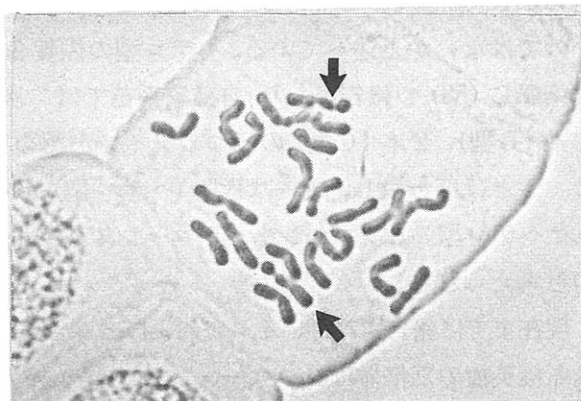


写真-6 ヒノキ精英樹・川本(署)1号(鳥根県)の体細胞染色体
 $2n = 22 = 2X$ (二倍体)
 矢印: ヒノキ型の付随体染色体(2本)

富士2号においてはヒノキ型の付随体染色体(15)が2本, サワラ型の付随体染色体(15)が1本観察されたことから, 前者が同質三倍体, 後者が異質三倍体であることが判明した。富士2号については前田(16)の報告があり, 筆者も同様の結果を得た。

IV 考 察

松田ら(17)は大分県産のスギさし木品種であるヒノデスギおよびウラセバルスギが著しい不稔性を示すことから, 体細胞染色体を観察し, 両品種ともに三倍体であることを報告した。この発見がきっかけとなり, スギおよびヒノキの精英樹の中からも次々と三倍体が見出されるようになった。これらの三倍体発見の発端は不稔性からのもの(4, 16, 26, 27, 33, 34, 35, 37, 38, 49, 52, 55, 56, 59)とDNA量の測定によるもの(12, 13, 14, 21, 22)とに分けられる。

筆者は「不稔性」に着目し, 種子発芽率が著しく低いスギ, およびヒノキ精英樹を全国から収集し体細胞染色体の観察を行った。その結果, スギ精英樹160クローンでは29クローン(18.1%), ヒノキ精英樹13クローンでは2クローン(15.4%)がそれぞれ $2n=33=3X$ の三倍体であることが分かった。またスギ二倍体精英樹67クローンのうち12クローン(17.9%)は二次狭窄を有する染色体を1本のみ保有するヘテロ型の構造を示した。これらの結果から三倍体のような染色体の数的異常, およびヘテロ型のような染色体の構造的異常が不稔性原因の一つになっているものと推察された。

一般に三倍体のような奇数の染色体を持つ植物では減数分裂が乱れて配偶子の形成が順調に行われないため, 稔性が著しく低下するとされている(19)。さらにヘテロ型の染色体構造を示す植物においては, 親そのものは雑種強勢(ヘテローシス)のため生育が旺盛であるが, 種子稔性が低下しやすく, その F_1 苗は弱勢になる傾向が強いとされている(19)。林木においても松田(18)がスギ三倍体の減数分裂異常を報告している。二次狭窄に関してヘテロ型のスギ二倍体精英樹に関しては西川2号(埼玉県)(57), 福岡(署)2号(福岡県)(60), 佐賀3号(佐賀県)(58)についての報告があり, いずれも異常な減数分裂をすとされている。宮島(20)は佐賀3号について, さし木苗の成長はきわめて旺盛であるが実生家系の生育は必ずしも良好でないことから, 佐賀3号そのものが F_1 雑種でヘテローシスを示している可能性があるため, 採種園構成から除外したほうが良いのではないかと述べている。ヘテロ型の佐賀3号の二次狭窄(第VI染色体)の遺伝様式については染郷ら(58)の報告があり, 自殖家系苗では二次狭窄を有する染色体の数によって, 0本(A型), 1本(B型), 2本(C型)の三つのタイプが認められ, タイプ別苗木の本数分離比は理論値の1:2:1とほぼ一致し, 成長はB型(ヘテロ型)がもっとも旺盛であったという。従って今回見出されたヘテロ型の12クローンもヘテローシス現象および減数分裂異常を伴っている可能性が大きいものと考えられる。

現在までに報告されているスギおよびヒノキ精英樹の三倍体をまとめて示したのが表-4である。スギ精英樹の三倍体は41クローン, ヒノキ精英樹の三倍体は2クローンであり, スギでの三倍体が圧倒的に多い。ヒノキの場合まだ調査例が少なく, 今後増加する可能性も考えられる。また現在までに我国で報告されているヘテロ型のスギ二倍体精英樹は表-5に示すとおりで15クローンに達しており, 今後調査が進めばかなり増加するものと予想される。

スギ, ヒノキの三倍体精英樹の選抜地別の出現状況を表-6に示した。スギの三倍体精英樹は東

表-4 現在までに我国で報告されているスギ, ヒノキ精英樹の三倍体

樹種	精英樹名	選抜地	報告者 (報告年)	樹種	精英樹名	選抜地	報告者 (報告年)
スギ	遠田2号	宮城県	田郷ら(1981), 佐々木ら(1983)	スギ	綾部3号	京都府	岡村ら(1992)
	大曲1号	秋田県	佐々木ら(1982)		穴栗79号	兵庫県	岡村ら(1992)
	東南麓4号	山形県	佐々木ら(1982)		州本1号	兵庫県	佐々木ら(1982)
	東南村山4号	山形県	佐々木ら(1982)		氷上5号	兵庫県	佐々木ら(1984), 岡村ら(1992)
	久慈30号	茨城県	佐々木ら(1982), 近藤(1986)		朝来2号	兵庫県	岡村ら(1992)
	新治1号	茨城県	染郷ら(1981), 近藤(1986)		美方1号	兵庫県	岡村ら(1992)
	秩父11号	埼玉県	岡村ら(1994)		宇陀4号	奈良県	杉ら(1989), 佐々木(1990未発表)
	岩船7号	新潟県	染郷ら(1981), 佐々木ら(1983)		八頭8号	鳥取県	岡村ら(1992)
	岩船8号	新潟県	佐々木ら(1982)		真庭5号	岡山県	佐々木ら(1982)
	村上2号	新潟県	佐々木ら(1982), 伊藤ら(1982)		阿哲3号	岡山県	佐々木ら(1982)
	村上4号	新潟県	佐々木ら(1982)		玖珂1号	山口県	佐々木ら(1982)
	中栗城5号	新潟県	染郷ら(1980), 佐々木ら(1983)		美禰2号	山口県	岡村ら(1992)
	佐渡1号	新潟県	佐々木ら(1982), 伊藤ら(1982)		三好10号	徳島県	佐々木ら(1982), 岡村ら(1992)
	小原105号	富山県	杉ら(1980), 佐々木ら(1983)		那賀11号	徳島県	佐々木ら(1982), 岡村ら(1992)
	輪島6号	石川県	佐々木ら(1982)		上野6号	愛媛県	佐々木ら(1982), 岡村ら(1992)
	輪島10号	石川県	岡村ら(1992)		藤津28号	佐賀県	杉ら(1981), 佐々木(1982)
	下高井9号	長野県	佐々木(1984), 近藤(1986)		対馬6号	長崎県	佐々木ら(1982)
	下高井16号	長野県	近藤(1986)		日田16号	大分県	佐々木ら(1984)
	大井5号	静岡県	近藤ら(1982), 佐々木ら(1983)		日田18号	大分県	佐々木ら(1984)
	東加茂1号	愛知県	佐々木ら(1982), 近藤(1986)		ヒノキ 富士2号	静岡県	杉ら(1977), 佐々木(1983)
木津2号	京都府	佐々木ら(1982)	三次4号	広島県	佐々木ら(1982)		
京北10号	京都府	岡村ら(1992)					

表-5 現在までに報告されているヘテロ型のスギ二倍体精英樹

精英樹名	選抜地	報告者 (報告年)
秋田1号	秋田県	佐々木ら(1983)
西川2号	埼玉県	染郷ら(1982)
富士2号	静岡県	佐々木ら(1983)
一志10号	三重県	佐々木ら(1983)
名賀9号	三重県	佐々木ら(1983)
宇陀18号	奈良県	佐々木ら(1983)
八頭1号	鳥取県	佐々木ら(1984)
佐伯6号	広島県	佐々木ら(1983)
福岡(署)2号	福岡県	戸田ら(1981)
佐賀3号	佐賀県	染郷ら(1982)
藤津1号	佐賀県	佐々木ら(1984)
藤津10号	佐賀県	佐々木ら(1984)
唐津8号	佐賀県	佐々木ら(1984)
長崎(署)2号	長崎県	佐々木ら(1983)
飯肥(署)11号	宮崎県	佐々木ら(1983)

(注) ヘテロ型: 二次狭窄を有する染色体を1本のみ保有

北から九州地方にかけての22府県にわたって広く分布しており, 選抜された府県での出現率は0.63~5.94%であり, 苗畑での倍数体出現率の0.01~0.05%(9)に比べるとかなり高頻度である。選抜地別にみるとスギ三倍体は新潟県および兵庫県, ヒノキ三倍体は広島県で出現率が高い傾向が認められた。

三倍体の成因は還元配偶子(n)と非還元配偶子(2n)との受精によるものと推察され, この2n配偶子の発生原因としては, 倍数体, ゲノムの不均衡の遺伝的なものと, 温度等の環境的なものが考えられる(19)。桑においては120クローン以上もの自然三倍体が優良品種として利用されており, その主な自然発生地は気温の日変化の大きい地方, 特

表-6 スギ, ヒノキの三倍体精英樹の出現状況

樹種	選抜地	精英樹	三倍体の	出現率	樹種	選抜地	精英樹	三倍体の	出現率
		総数 (クローン)	精英樹数 (クローン)	(%)			総数 (クローン)	精英樹数 (クローン)	(%)
スギ	宮城県	60	1	1.67	スギ	奈良県	90	1	1.11
	秋田県	129	1	0.78		鳥取県	40	1	2.50
	山形県	46	2	4.35		岡山県	107	2	1.87
	茨城県	101	2	1.98		山口県	54	2	3.70
	埼玉県	50	1	2.00		徳島県	100	2	2.00
	新潟県	101	6	5.94		愛媛県	87	1	1.15
	富山県	48	1	2.08		佐賀県	55	1	1.82
	石川県	58	2	3.45		長崎県	34	1	2.94
	長野県	106	2	1.89		大分県	173	2	1.16
	静岡県	159	1	0.63		計22県	1,800	41	2.28
	愛知県	42	1	2.38		静岡県	55	1	1.82
	京都府	68	3	4.41		広島県	14	1	7.14
	兵庫県	92	5	5.43		計2県	69	2	2.90

(注) 選抜地別の精英樹総数は「精英樹一覧表」(林野庁1970)による。

に晩霜の常襲地帯であり、減数分裂期に気温が低下するため2n配偶子が形成されやすい環境にあるとされている(53)。スギ二倍体等においても遺伝的または環境的原因で2n配偶子が自然に発生することが報告されている(3, 5)ことから、この非還元配偶子がスギおよびヒノキ精英樹の三倍体発生に関与しているものと推察される。三倍体の発生に関して菊池ら(11)が興味ある報告をしている。すなわち特定のスギ二倍体の自殖家系の中に高頻度(77.4%)で三倍体が出現するという。通常 of 自然交配においてもかなりの自殖が予想されることから、スギ三倍体精英樹の出現にはこのような現象も関与している可能性が高いと考えられる。

ヘテロ型(B型)の二倍体精英樹の成因は、二次狭窄を有する染色体を持たない二倍体(A型)と二次狭窄を有する染色体を2本保有する二倍体(C型)の交配等によって発生するものと推察される。不稔性を示すスギ二倍体精英樹67クローンにおいてはA型(82%)およびB型(17.9%)のみ認められC型は観察されなかった。これはC型がA型およびB型(ヘテロ型)より稔性が高いか、または精英樹として選抜されにくいことを示唆しており、興味深い現象と考えられる。

V おわりに

全国の採種園の中には不稔性等を示す精英樹がかなり存在するものと予想されるが、これらについては早急に細胞学的調査等を実施するとともに、確認された三倍体等の染色体異常クローンは採種園から除外し、さし木等の無性繁殖を考慮する必要がある。

不稔性と染色体の間に関連性の認められない場合もあったが、これは今回のマイクロテクニクのレベルでは検出できないことも考えられる。従って今後は数量化に基づく詳細な核型分析、染色体の分染、DNA分析、PMC(花粉母細胞)の観察等、他の方法によっても調べる必要がある。またPMC分裂と温度等の環境条件との交互作用も検討する必要がある。

今回の研究目的は不稔性原因の究明であり、染色体の数的および構造的異常がその原因一つになっていることが解明されたが、最も興味深い現象は精英樹のなかに多数の自然三倍体が含まれており、さらにヘテロ型の二倍体がかかり出現したことである。これらのことは倍数性育種およびヘテロシスを利用した育種の可能性を示唆するものと考えられる。農業および園芸の分野においては桑、茶、リンゴ、バナナ、チューリップ、ラン等の例にみられるように倍数体が優良品種として多数利用されている(19)。林木においても広葉樹ではポプラの三倍体(25)、カジノキの三倍体(24)、ミツマタの六倍体(23)等のように実用的価値の高いものがある。しかしながらスギ、マツ等の針葉樹では、苗畑からの自然三倍体および自然四倍体の選抜(1,2,7,8)、コルヒチン処理による人為四倍体の育成(6,10,61)、造林地で発見された38年生のスギ三倍体(29)等それぞれの倍数体について検討されたが、いずれも通常の二倍体に比べて生育が不良であり、利用価値のあるものはなかった。このようなことから、今までは倍数性育種にはあまり注意が払われなかった。しかしながら今回のように多くの三倍体精英樹が出現したことによって、従来の倍数性育種に対する認識を変える必要がある。

染郷ら(54)はスギにおいて二倍体と四倍体の交配によって人為三倍体および異数体を10個体育成しており、5年生時の生育は良好であるという。筆者もスギ、ヒノキについて人為三倍体等を多数育成しており、当初に育成したヒノキは現在12年生に達している。この他に自然倍数体の収集、自然および人為三倍体等の増殖能力、さし木苗の成長等種々の特性を調査中である(31~51)。これらの結果から総合的に検討してみると、スギ、ヒノキともに三倍体等の利用による新しい優良品種育成の可能性が大きいものと考えられる。

引用文献

- (1) 千葉茂(1951 a) 苗畑におけるスギ自然4倍体の選抜. 59回日林講: 129~130.
- (2) CHIBA, S. (1951 b) Triploid and tetraploid of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.) selected in the forest nursery. 林試研報 49: 99~108.
- (3) 千葉茂・渡辺操(1952) 高温によるスギの異常花粉の形成. 林試集報 64: 13~20.
- (4) 伊藤信治・染郷正孝(1982) スギ精英樹にみられる自然三倍体(村上市2号, 佐渡1号). 34回日林関東支論: 101~102.
- (5) 岩川盈夫・千葉茂(1952) スギ及マツの自然における異常花粉の形成. 林試集報 64: 1~12.
- (6) 陣内巖(1947) コルヒチン処理により育成した二,三針葉樹の倍数体. 東大演報 35: 15~25.
- (7) 陣内巖・千葉茂(1951) 自然界に現れたスギの四倍体. 育種雑 1: 43~46.
- (8) 陣内巖(1952) 苗畑に現われたアカマツ四倍体. 日林誌 34(6): 185~187.
- (9) 陣内巖(1958) 育林学新説(II 林木の倍数体). 朝倉書店, 東京: 32~49.
- (10) 金沢林助(1942) コルヒチン処理により育成せる合黒松(茂道松)のミキソプロイド. 植及動 10: 829~831.
- (11) 菊池秀雄・佐々木義則・森節子(1983) スギの自殖家系にみられた倍数体の出現例. 94回日林論: 269~270.
- (12) 近藤禎二(1981) スギの核DNA量について. 33回日林関東支論: 79~80.

- (13) 近藤禎二・半田孝俊・大谷賢二 (1982) スギ実験採種園のなかの三倍体クローン.
93回日林論 : 573~574.
- (14) 近藤禎二 (1986) 関東育種基本区のなかのスギ精英樹三倍体クローン. 97回日林論 : 439~440.
- (15) 黒木嘉久 (1969) 主要針葉樹の核型に関する研究. 宮崎大演報 5 : 1~103.
- (16) 前田武彦・宮島寛 (1977) ヒノキ精英樹の細胞学的研究, ヒノキとサワラの種間雑種と考えられる富士2号の細胞学的観察. 日林誌 59 (6) : 213~220.
- (17) 松田清・宮島寛 (1977) スギさし木品種の染色体数. 日林誌 59 (4) : 148~150.
- (18) 松田清 (1980) スギの倍数体と減数分裂. 林木の育種 116 : 23~24
- (19) 松尾孝嶺 (1978) 育種学. 392 pp, 養賢堂, 東京.
- (20) 宮島寛 (1981) 九州地方におけるスギ, ヒノキ育種苗の造林成績, 林木の育種 118 : 5~8.
- (21) 森節子・岡田幸郎・古田嘉彦 (1980) 立山スギ小原5号の細胞学的研究.
91回日林論 : 219~220.
- (22) 向井譲・岡田幸郎・古田嘉彦 (1981) 佐賀県におけるスギ精英樹の32系統の成熟花粉当り DNA量. 29回日林中支講 : 121~124.
- (23) 中平幸助 (1957) 特用樹の育種に関する研究 (IV). 育種雑 7 : 112~118.
- (24) 成田義三・吉永金省 (1955) 楮の育種に関する研究 (II). 育種雑 4 : 222~224.
- (25) NIELSSON-EHLE (1936) Über eine in Natur Gefundene Gigasform von *Populus Tremula*. Hereditas 21 : 379~382.
- (26) 岡村政則・大黒正・河村嘉一郎・半田孝俊・網田良夫・竹内寛興 (1992) 種子稔性の低いスギ精英樹の体細胞染色体数および気孔の形態について. 日林関西支論 1 : 189~190.
- (27) 岡村政則・近藤禎二・原口雅人・中島百憲・玉木泰彦 (1994) スギ精英樹秩父(県)11号の染色体数. 林木の育種(特別号) : 29~30.
- (28) 林野庁 (1970) 精英樹一覧表. 347 pp, 林野庁, 東京.
- (29) 斎藤雄一・橋詰隼人 (1958) 造林地で選抜されたスギの三倍体に関する研究. 鳥取大演報 1 : 21~55.
- (30) 佐々木義則 (1958) 針葉樹の核型に関する研究. 大分林試研報 7 : 1~103.
- (31) 佐々木義則・黒木嘉久 (1981) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (V), ヒノデスギおよびウラセバルスギの核型. 日林九支研論 34 : 101~102.
- (32) 佐々木義則・黒木嘉久・川野洋一郎 (1982 a) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (VI), スギおよびヒノキの自然四倍体. 日林九支研論 35 : 69~70.
- (33) 佐々木義則 (1982 b) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (VII), スギおよびヒノキの精英樹にみられる三倍体. 大分林試研究時報 5 : 5~13.
- (34) 佐々木義則・黒木嘉久 (1983 a) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (VIII), 低稔性を示すスギおよびヒノキ精英樹の細胞学的観察, 日林九支研論 36 : 93~94.
- (35) 佐々木義則 (1983 b) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (IX), 低稔性等を示すスギおよびヒノキ精英樹の細胞学的観察. 大分林試研究時報 6 : 1~20.
- (36) 佐々木義則・川野洋一郎 (1983 c) スギ精英樹・佐伯1号×ヒノデスギのF₁の体細胞染色体数. 大分林試報 25 : 43.

- (37) 佐々木義則・黒木嘉久 (1984 a) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X), スギの精英樹および実生人工造林木にみられる三倍体. 日林九支研論 37: 49~50.
- (38) 佐々木義則 (1984 b) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X I), スギの不稔性を示す精英樹およびギガス型の葉を持つ実生造林木の細胞遺伝学的研究. 大分林試研究時報 10: 1~10.
- (39) 佐々木義則・黒木嘉久・川野洋一郎 (1985 a) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X II), ヒノキ二倍体と四倍体の交配による F₁ 苗の体細胞染色体数および成長状況. 日林九支研論 38: 45~46.
- (40) 佐々木義則・川野洋一郎 (1985 b) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X III), ヒノキの人為三倍体および異数体. 大分林試研究時報 11: 26~34.
- (41) 佐々木義則 (1985 c) スギ, ヒノキ倍数体の花粉粒径. 大分林試報 27: 36.
- (42) 佐々木義則 (1985 d) スギ, ヒノキ倍数体の球果, 種子の形態分析. 大分林試報 27: 37~38.
- (43) 佐々木義則 (1985 e) スギ, ヒノキ三倍体クローンの種子稔性. 大分林試報 27: 39.
- (44) 佐々木義則・黒木嘉久 (1986 a) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X IV), スギ, ヒノキ等の自然突然変異体の細胞学的研究. 日林九支研論 39: 71~72.
- (45) 佐々木義則 (1986 b) スギ, ヒノキ三倍体の球果および F₁ 苗. 大分林試報 28: 48~49.
- (46) 佐々木義則・黒木嘉久 (1987) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X V), スギ, ヒノキ三倍体母樹別 F₁ の細胞遺伝学的研究. 日林九支研論 40: 91~92.
- (47) 佐々木義則・黒木嘉久 (1988) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X VI), スギ, ヒノキの二倍体と四倍体の交配 F₁ における成長および体細胞染色体数の変異, 日林九支研論 41: 49~50.
- (48) 佐々木義則・黒木嘉久 (1989) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X VII), 5年生ヒノキ人為三倍体および異数体の成長特性. 日林九支研論 42: 61~62.
- (49) 佐々木義則 (1990) スギ精英樹の三倍体 (宇陀 4 号), 未発表.
- (50) 佐々木義則・黒木嘉久 (1991) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X VIII). スギ自然三倍体におけるさし木の発根能力と成長. 日林九支研論 44: 77~78.
- (51) 佐々木義則・黒木嘉久 (1993) 有用樹種の細胞遺伝学的研究 (X IX), ヒノキ人為三倍体および異数体の増殖能力. 日林九支研論 46: 69~70.
- (52) 朱長進・岡崎且 (1989) スギ三倍体精英樹宇陀 4 号について. 林木の育種 (特別号): 22~24.
- (53) 関博夫 (1959) 桑属の細胞学的研究. 信州大繊維学部紀要 20: 1~91
- (54) 染郷正孝・菊池秀夫 (1980 a) スギの人為三倍体および異数体. 林試研報 310: 171~177.
- (55) 染郷正孝・伊藤信治 (1980 b) スギ精英樹中頸城 5 号の染色体数. 32回日林関東支論: 61~62.
- (56) 染郷正孝・伊藤信治・金川侃 (1981) スギ精英樹にみられる自然三倍体 (岩船 7 号, 新治 1 号). 33回日林関東支論: 81~82.
- (57) 染郷正孝・菊池秀夫・佐々木義則 (1982) スギ精英樹西川 2 号の細胞学的特性. 34回日林関東支論: 93~94.
- (58) 染郷正孝・菊池秀夫・佐々木義則 (1983) スギ精英樹・佐賀 3 号の自殖にみられる第 6 染色体の行動. 94回日林論: 237~238.

- (59) 田畑正紀・北上彌逸 (1981) スギ精英樹の染色体異常クローン (遠田 2 号) について. 日林東北支誌 33 : 99~100.
- (60) 戸田義宏 (1981) スギの核型IX, スギの減数分裂. 染色体 II - 21 - 22 : 611~614.
- (61) 外山三郎 (1954) 林木育種に関する知見. 林試研報 66 : 1 ~269.

大分県林業試験場研究報告, No.13, 1996

平成 8 年 3 月 10 日 印刷

平成 8 年 3 月 20 日 発行

編 集 大分県林業試験場

〒877-13 大分県日田市大字有田字佐寺原

TEL 0973(23)2146・FAX 0973(23)6769
