

ヒノキ採種園における不稔種子の形成

丹原 哲夫

Sterile Seed Formation in Seed Orchard
of *Chamaecyparis obtusa* for
Tree Breed

Tetsuo TANBARA

要旨: ヒノキ採種園において花粉媒助試験と交配試験を行い、それらの種子を成熟時に切開調査した。その結果、不稔種子をその形態によってシブダネ、半シイナ(胚の形態から呼称)、シイナに分類した。シブダネは主に交配不和合性が原因で形成され、自家不和合性と交雑不和合性が認められた。交雑不和合性は雌性クローンの影響が大きいとともに、交配組み合わせによっても異なる傾向を示した。半シイナは主に雌性クローンの遺伝的特性によって特異的に形成され、シイナは主に花粉の未受粉によって形成された。

採種園産種子の不稔率は、作柄や着花促進施業、採種園の自殖率、構成クローンの遺伝的特性および気象、栄養的条件等によって異なったが、1987, '88年の不稔種子の形成状況は次のとおりであった。(1)主に交雑不和合性によって20~30%のシブダネが形成された。(2)採種園の花粉飛散量との関係で5~20%のシイナが形成された。(3)採種園構成クローンの中に安定的に約50%の半シイナを形成したり、三倍体で95%以上の不稔種子を形成する特異的な不稔性クローンが存在した。

キーワード

ヒノキ 不稔性

I. はじめに

林木育種事業が開始されて30年を経過し、採種園からの種子の生産も近年増大してきている。しかし、ヒノキの発芽率が一般に20~25%¹⁾と言われているのに対し、岡山県の採種園産種子の発芽率は10%前後の年が多く、種子を採取しても事業的に使用するのが困難な年もある。このことは、種苗行政を推進するにあたり、また、育種種苗を普及する上で大きな障害となっている。

スギ、ヒノキの発芽率は、マカマツやクロマツ、さらに、農作物等に比較して非常に低い。このことに関連して、採種園の花粉管理²⁾、交配不和合性³⁾、不稔種子の形成過程^{4), 5)}等の面から研究が行われている。

一方、種子害虫(主にカメムシ類)の被害によってヒノキの発芽率が大きく低下していることが最近明らかになっており⁶⁾、従来から考えられている不稔の問題について新たな観点から検討が必要と考えた。そこで種子害虫の被害を考慮した花粉媒助試験と交配試験を行い、不稔種子形成に関する幾つかの知見を得たのでその結果を報告する。

II. 採種園産種子の発芽率

1. 材料と方法

岡山県林業試験場（岡山県勝田郡勝央町35°04' .N, 134°07' .E）に造成しているヒノキ採種園（造成年：'62～'69年，共通の25クローンで構成，以下の試験は同採種園で実施する）において，'80～'87年に種子の発芽率を調査した。採種園は8団地で構成しており，比較的結実量の多い採種園（調査年によって対象採種園は異なる）から球果を採取した。'80～'85年は母樹クローン別に採取し，'86，'87年はクローンを混合して採取した。発芽試験は常法で行った。なお，これらの採種園では薬剤等による種子害虫の防除は実施していない。また，プロット調査⁷⁾によって採種園の種子生産量を推定した。

2. 結果

(1) 作柄と発芽率

年次別平均発芽率と推定種子生産量（剪定施業との関係で結実量が大きく低下する採種園があるため，結実量の多い上位3採種園による）を図1に示す。

並作年（作柄の判定は種子生産量の相对比较による）である'82年の発芽率は約25%であったが，そ

図-1

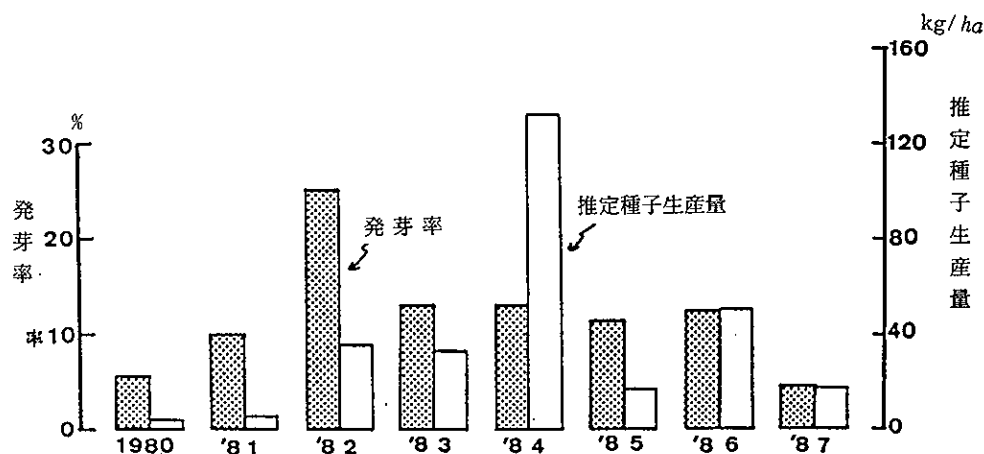


図-1 年次別平均発芽率と推定種子生産量

の外の調査年には10%前後の年が多く，凶作年である'80，'87年は約5%であった。すなわち，凶作年に発芽率が低い傾向が認められたものの，作柄と発芽率に明確な関係は認められなかった。

(2) 母樹クローン別発芽率

母樹クローン別の発芽率を表1に示す。

'80年はいずれのクローンも約10%以下の低い発芽率であったのに対し，'82年はクローンによっては40%以上の発芽率を示し，クローン間に著しい変動が見られた。ここでクローンNo.20は安定的に1%であるが，その外のクローンについて分散分析の結果この変動は母樹クローンの特性とは認められなかつ

表1 年次別クローン別発芽率

(%)

クローン No.	クローン名	調 査 年					
		1980	'81	'82	'83	'84	'85
1	高 梁 1	4	4	42	22	10	10
2	新 見 1	3	10	28	13	12	22
3	真 庭 1	6	9	16	11	13	8
4	真 庭 2	5	8	32	14	13	10
5	真 庭 3	3	15	35	21	11	11
6	真 庭 5	8	20	29	7	11	6
7	真 庭 7	3	10	28	15	23	14
8	真 庭 9	4	10	20	14	14	11
9	苦 田 1	2	9	19	7	8	18
10	苦 田 2	6	7	36	18	15	14
11	苦 田 3	8	13	42	9	22	21
12	苦 田 7	3	9	28	8	20	5
13	苦 田 8	3	7	21	9	17	10
14	英 田 1	16	8	35	17	15	5
15	英 田 2	13	8	21	13	8	7
16	局津山1	3	9	27	22	10	21
17	局津山2	3	16	19	26	18	9
18	福 山 2	3	14	8	5	15	30
19	三 次 3	7	5	8	10	6	5
20	三 次 4	1	1	1	1	1	1
21	三 次 5	2	10	33	12	5	5
22	氷 上 9	6	13	22	16	23	9
23	世 羅 1	11	6	17	11	5	8
24	賀 茂 1	12	18	26	13	15	8
25	玖 珂 2	10	15	37	13	11	16
平 均		5.8	10.2	25.2	13.1	12.8	11.4

た。なお、クローンNo.20は三倍体⁸⁾であることが判明している。

Ⅲ. 採種園の飛散花粉調査と花粉媒助試験

1. 材料と方法

(1) 採種園の飛散花粉量調査

'87, '88年に3箇所の採種園において3月下旬から4月末日まで花粉の飛散量を調査した。調査した採種園は調査年によって異なり、また、いづれの調査年でも1箇所の採種園においては着花促進施業（ジベレリンの枝処理⁷⁾、推定種子生産量約100kg/ha）を実施している。調査は標準トラップを採種園あたり3箇所、地上1.8m位置に設置し、降雨日を除いた毎日の花粉落下量を調査した。

(2) 花粉媒助試験

前述の採種園において共通クローン（5または6クローン，試験年によって異なる）の採種木の小枝に花粉媒助を実施した。花粉の媒助は3月下旬に交配袋を掛け，2時期（'87年:4月13・15日，'88年:4月14・17日）に花粉銃を使用して行った。第一回の花粉媒助から5月初旬までは交配袋を除去し，その後，種子害虫の被害を防ぐために球果採取時（10月初旬）まで交配袋を掛けていた。なお，ここで3月下旬から第一回の花粉媒助時まで交配袋を掛けたのは，雌花の開花時期を齊一にして媒助効果を高めるためである。花粉は交配当年に採取した共通クローン以外の5クローンを等量混合して使用した。また，自然交配の3小枝を選択して対照とした。そして，10月初旬に球果を採取し各種子約150粒を実体顕微鏡下で切開調査した。

2. 結果と考察

(1) 飛散花粉量調査

採種園別の累積花粉落下量を図2に示す。

自然着花採種園における花粉量（開花全期間）は，'87年は約 3×10^3 粒/cm²，'88年は約 $10 \sim 20 \times 10^3$ 粒/cm²であり，'87年は凶作年，'88年は観察結果から並作年と考えられることから，凶作年は並作年に比較して花粉量が著しく少ないことが明らかになった。次に着花促進採種園ではそれぞれ約 30×10^3 ， 60×10^3 粒/cm²であり，雄花においても着花促進効果が明確に認められ，凶作年であってもジベレリンによる着花促進効果を実施することによって並作年以上の花粉量が認められた。なお，第一回目の花粉飛散最盛期は'87年4月9日，'88年は4月14日であった。

(2) 花粉媒助試験

種子を主に胚の形態によって表2のように大きく分類した、ここで半シイナは胚の形態

から呼称した。花粉媒助試験の結果を表3に示す。なお，ここで欠測値は花芽の凍害⁹⁾のためである。

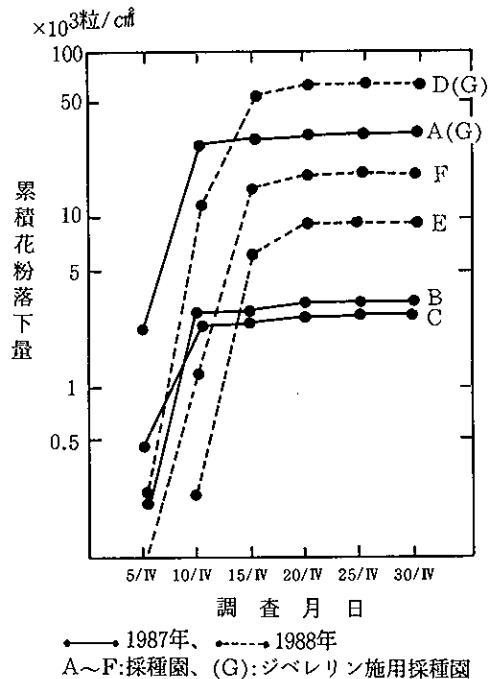


図-2 累積花粉落下量

表2 種子の分類

種子のタイプ	摘 要
充実種子	種子の外観、胚ともに正常である
シブダネ	胚の一部または全部に茶褐色の固形物質が有る
半シイナ	半透明の胚皮のみ存在する
シイナ	種子は小さく胚様物質が認められない

表3 花粉媒助試験の結果

(%)

実施年	処 理	クローン No	A (G)				B				C				
			充実粒	シブダネ	半シイナ	シイナ	充実粒	シブダネ	半シイナ	シイナ	充実粒	シブダネ	半シイナ	シイナ	
1987年	自然 支配	1	75	18	0	7	47	34	1	18	53	20	3	24	
		2	60	36	1	3	74	9	2	15	63	16	2	19	
		3	60	35	1	4	46	27	2	25	-	-	-	-	
		6	70	26	1	3	33	45	1	21	35	43	1	21	
		11	53	44	1	1	51	30	1	18	56	24	2	18	
		12	51	40	2	7	35	30	3	32	42	18	2	37	
		17	32	11	47	10	37	7	47	9	38	3	47	12	
		平均	62	33	1	4	48	29	2	22	50	24	2	24	
	花粉 媒助	1	87	7	0	5	72	15	2	11	65	19	2	14	
		2	60	34	1	5	75	9	3	13	78	13	2	7	
		3	70	23	1	6	71	25	1	3	-	-	-	-	
		6	66	30	1	3	80	17	0	3	-	-	-	-	
		11	73	25	1	1	65	30	2	3	78	15	4	3	
		12	48	41	3	8	49	44	1	6	61	32	0	8	
17		40	3	46	5	45	2	48	5	45	4	43	8		
平均		67	27	1	5	69	23	2	7	71	20	2	8		
1988年	自然 支配	2	87	12	1	0	67	23	6	4	65	24	7	4	
		3	80	17	1	3	79	11	1	9	74	16	4	6	
		9	72	26	1	1	82	12	0	5	87	10	0	3	
		12	55	37	1	7	54	30	8	8	61	29	2	8	
		13	80	15	2	3	78	13	5	4	78	9	8	5	
		平均	75	21	1	3	72	18	4	6	73	18	4	5	
		花粉 媒助	2	76	22	1	1	89	10	1	0	88	7	3	2
			3	86	8	4	2	86	10	2	2	88	7	3	2
	9		72	25	0	3	78	18	4	0	84	10	3	3	
	12		67	30	2	1	87	10	1	2	83	15	1	1	
	13		86	12	1	1	81	11	4	4	82	12	2	4	
	平均		77	19	2	2	84	12	2	2	85	10	2	2	
	A (G)					E				F					
		充実粒	シブダネ	半シイナ	シイナ	充実粒	シブダネ	半シイナ	シイナ	充実粒	シブダネ	半シイナ	シイナ		

A~F: 採種園名, (G): ジベレリン施用採種園

平均: '87年の平均値はクローンNo.17を除く平均値である。

混合花粉: '87年はクローンNo.4, 5, 7, 10, 22を'88年はクローンNo.4, 9, 11, 19, 22を使用する。

① 特異クローン

クローンNo.17は、いずれの採種園においても半シイナを約50%形成し、充実率も45%程度の特異なクローンである。当クローンについてはIV項で検討する。

② 調査年間の比較

'88年は'87年に比較して、自然着花採種園、着花促進採種園、花粉媒助処理のいずれにおいてもシブダネ率が約10%低下した。また、自然着花採種園においてはシイナ率も約18%低下し、充実率はそれぞれ約20, 15, 10%向上した。

③ 着花促進施業の効果

着花促進採種園は自然着花採種園に比較して、'87年はシイナ率が約20%低下し充実率は約10%向上した。しかし、'88年の結果では大きな違いは認められなかった。

④ 花粉媒助処理の効果

自然着花採種園においては、花粉媒助によって'87年はシブダネ率、シイナ率がそれぞれ約5,15%低下し充実率は約20%向上した。'88年はそれぞれ約7,4%低下し、充実率は約13%向上した。次に着花促進採種園においては、'87年はシブダネ率が約7%低下し、充実率は約6%向上したが、'88年は花粉媒助処理の効果が認められなかった。

(3) 考察

① 採種園の発芽率は10%前後の年が多かった(Ⅱ項参照)。しかし、当試験での自然着花採種園における充実率('87, '88年)は約50~70%であることから、当該地域のヒノキ採種園産種子は種子害虫の被害によって発芽率が大きく低下していると考えられる。

② 花粉量とシイナ率および花粉媒助効果を図3に示す。

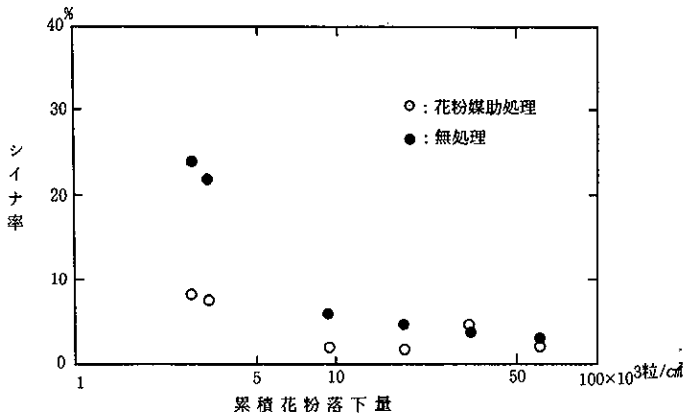


図-3 採種園の花粉落下量(開花全期間)とシブダネ率

並作年、または着花促進施業を実施した採種園の花粉量は約10~60×10³粒/cm²で、シイナ率が約5%以下であるのに対し、凶作年で花粉量が3×10³粒/cm²程度のときはシイナ率が約20%であり、花粉量が10×10³粒/cm²以下では花粉量の低下にともないシイナ率が急激に増大する傾向が認められた。また、花粉量が3×10³粒/cm²程度の場合は花粉媒助によってシイナ率が約15%低下したが、花粉量が約10×10³粒/cm²以上ではシイナ率の低下は5%以下であった。これらのことから、シイナは花粉の未受粉によって形成されることが明らかになった。

また、このことが作柄と発芽率の関係において凶作年に発芽率が低い傾向が認められた（I.項参照）最大の原因と考えられる。そして、凶作年における適切な着花促進施業は稔性向上の面からも有効であろう。

③ 自然着花採種園と着花促進採種園のいずれの採種園でも花粉媒助によってシブダネ率が5%程度低下した。これは、花粉媒助処理ではほとんど他家交配と考えられるのに対し、自然交配においては部分的に自家交配となっているためであると推察した。このことについてはIV.項で検討する。

④ '88年は'87年に比較してシブダネ率が10%低下した。特に花粉媒助を実施しても同様な傾向であったことから、シブダネの形成に気象や栄養的条件等も関与していると推察した。

IV. 交配試験

1. 材料と方法

'88年に9×9クロンの両面交配を行い、各種子を約150粒切開調査した。交配は採種園の小枝を使用して花粉銃で2回（4月14・16日）行った。交配袋は3月下旬から球果採取時まで掛けていた。また、花粉は交配当年に採取した花粉を使用した。

2. 結果と考察

調査結果を表4に示す。欠測値は前項と同様に花芽の凍害のためである。また、一部の処理では交配袋が一時期破損し、種子害虫の被害も認められた。

(1) 一般クロン

クロンNo17, 20以外の7クロンでは、充実種子とシブダネで平均約90%を占めており、不稔種子のほとんどはシブダネであった。そこで、まず7クロンについて検討した。

① 自家不和合と交雑不和合性

他家交配の平均シブダネ率は約26%であるのに対し、自家交配では約60%であった。すなわち、自家不和合性、および交雑不和合性が存在するとともに、交配親間の不和合性が原因でシブダネが形成されることが明らかになった。また、自家交配であっても他家交配の約40%の稔性を示し、ヒノキは一部自家受精も可能な他家受精植物であると言える。

② 一般組み合わせ能力

シブダネ率は雌性クロンによって異なった。しかし、雄性クロンによっては一定の傾向が見られなかった（分散分析の一般組み合わせ能力に有意差が認められず、正逆交雑の差に有位差（充実率:1%水準、シブダネ率:5%水準に近い）が認められた）。II.項の母樹クロンの発芽率に差が認められなかったのは、種子害虫との関係、およびIII.項での検討から凶作年には花粉の未受精による不稔種子（シイナ）が形成されるためであると推察した。

③ 特定組み合わせ能力

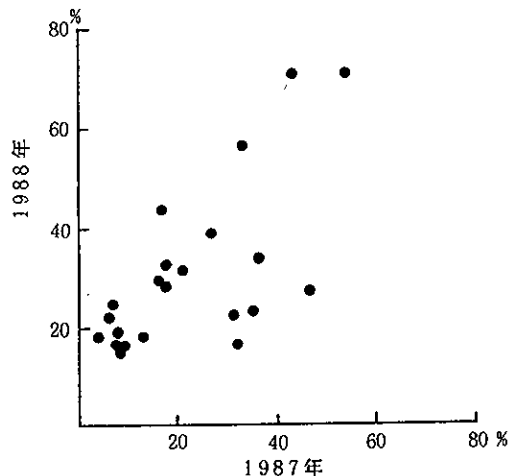


図-4 共通交配組み合わせによるシブダネ率の年次相関

この試験では反復がないため特定組み合わせ能力の検定は出来ない。そこで、'87年に予備的に行った交配試験と今回の試験（共通の交配親22組み合わせ）との関係を図4に示す。

表4 交配試験の結果

雄 性 ク ロ ン No.	2	3	8	9	12	13	14	17	20
雌 性 ク ロ ン No.									
2	34 57 3 7	69 25 1 6	66 23 2 8	81 16 3 0	70 22 3 5	68 18 5 9	73 21 0 6	79 16 2 3	
3	81 16 2 2	27 69 3 3	79 21 2 2	82 18 0 0	65 29 4 4	84 15 1 1	55 44 1 1	63 32 4 4	11 82 2 2
8	74 23 1 2	72 23 0 4	24 71 0 1	66 34 0 0	70 27 2 2	73 25 0 2	67 28 2 3	60 39 0 1	15 80 1 3
9	54 31 4 4	84 11 1 1	39 38 8 8	29 55 4 4	66 22 2 2	62 26 1 1	39 47 1 1		
12	56 35 8 2	43 28 4 6	51 44 2 3	58 39 2 2	37 43 5 12	48 43 3 7	53 39 3 5	55 39 3 3	8 79 9 2
13	68 24 0 9	88 10 1 1	69 31 0 0	77 19 1 2	82 12 3 3	25 71 0 5	82 15 1 1	70 16 2 3	9 87 0 4
14	69 20 4 5	73 24 2 2	72 23 3 2	71 22 1 5	54 35 2 7	65 30 2 3	21 57 8 14	41 48 6 5	6 84 0 11
17	41 14 30 5	55 1 34 10	46 5 44 5	43 2 51 1	54 0 40 4	40 3 51 6	50 1 44 4	7 31 47 9	6 35 48 5
20	0 60 17 23	0 49 35 16	3 63 26 8	1 57 26 15	0 32 46 21	5 48 31 16	1 58 19 22	0 41 39 20	0 30 20 50

第1段：充実率，第2段：シブダネ率，第3段：半シイナ率，第4段：シイナ率
合計値が100%未満は種子害虫の被害による

調査年次間に相関 ($r=0.660^{**}$) が認められ、交配クローンの組み合わせによっても稔性が異なると言える。

④ 選択受精

他家交配のシブダネ率は約26%であるのに対し、花粉媒助処理(Ⅲ.項参照, '88年実施)では約14%であった。このことから、花粉が単クローンの場合に比較して混合クローンの場合は選択受精によって稔性が向上すると推察した。

⑤ 採種園の自殖率

以上のことから、シブダネは自家不和合性および交雑不和合性が原因で形成され、しかも雌性クローンの影響が大きいととも、Ⅲ.項の結果からシブダネ率は調査年によっても異なった。そこで、いずれも'88年に実施した本試験と花粉媒助試験での共通の5クローンのシブダネ率を使用して、次式によって採種園の自殖率を推定した。

$$RS = (W - C) / (S - W) \times 100$$

RS:自殖率

W:自然交配の平均シブダネ率(Ⅲ.項参照)

C:完全他殖の平均シブダネ率(Ⅲ.項参照)

S:完全自殖の平均シブダネ率(本項参照)

ここで、完全他殖のシブダネ率に花粉媒助試験の結果を使用したのは、自然交配においては前述のように選択受精によって稔性が向上することを考慮したためである。

自然着花採種園での推定自殖率は13, 16%, 着花促進採種園では8%であり、採種園におけるシブダネの形成はほとんど交雑不和合性が原因であることが明らかになった。また、採種木の花粉のほとんどが樹間距離5mの隣接木に飛散すると推定¹⁰⁾されることから、採種園での自家交配は主に隣花交配によると考えた。

なお、採種園の自殖率を推定する方法としては、単一劣性遺伝子の作用による色素異常苗を使用する¹¹⁾の一般的なであったが、当方法は、そのような標識遺伝子が明らかでない場合に自殖率推定の手段となろう。

(2) 特異クローン

① クローンNo.17

雌性クローンのときに約42%の半シイナと4%のシブダネを形成した。また、前項の花粉媒助試験においてもほぼ同様な結果であった。しかし、雄性クローンの場合は一般クローンと差が見られなかった。したがって、当クローンは雌性クローンの場合に安定的に約50%の半シイナを形成する特異的な不稔性クローンと言える。

② クローンNo.20 (三倍体)

雌性クローンのときの平均シブダネ率、半シイナ率、シイナ率はそれぞれ約50, 30, 20%で、雄性クローンのときはシブダネ率が約80%以上あった。しかし、雌性クローンがNo.17および自家交配では、それぞれ約35, 50, 5%および約30, 20, 50%であった。

③ 特異クローンでの不稔種子の形成

雌性クローンが三倍体の場合はほとんど不稔種子で、3タイプの形態が認められた。松田等⁵⁾はスギ不稔種子の形成過程を組織学的に調べ、不稔種子の形態は雌性配偶体の退化時期によって決まるとしている。三倍体クローンでは受粉から受精期、さらに胚形成過程の多段階での減数分裂の異常によって3タイプの不稔種子が形成されると考えた。シブダネは前述のとおり交配不和合性が原因と考えられることから、主に受精期から胚形成過程において、また、半シイナ、シイナは受粉から受精期に雌性配偶体が退化することが原因であると推察した。一方、雄性クローンが三倍体の場合は、受精期まで雌性配偶体が退化しないためシブダネが形成されると推察した。

雌性クローンがNo.17のとき、比較的安定的に約50%の半シイナを形成した。半シイナが三倍体クローンでも確認されたことから、当クローンは減数分裂の異常を起こす特性があると言えよう。しかし、その出現割合が約50%を示した原因については明らかに出来なかった。

V. 結論

1. 岡山県のヒノキ採種園産種子の発芽率は10%前後の年が多い。凶作年に発芽率が低い傾向が見られるものの、作柄と発芽率に明確な関係は認められなかった。また、三倍体クローンを除き、母樹クローンによって一定の傾向も認められなかった。

2. 一方、不稔種子の面から検討したら、不稔種子は花粉の未受粉、交配不和合性、あるいはクローンの特異的な遺伝的特性によって形成され、採種園の不稔率は、作柄や着花促進施業、採種園の自殖率、構成クローンの遺伝的特性および気象、栄養的条件等によって異なるが、'87、'88年の調査では約30～50%であった。したがって、採種園産種子の発芽率が低く、作柄や母樹クローン間に判然とした傾向が認められなかったのは主に種子害虫の影響であると考えた。

3. 不稔種子は胚の形態からシブダネ、半シイナ、シイナに大きく分類できた。

4. '87、'88年における採種園のシブダネ率は約20～30%、シイナ率は約5～20%であった。また、半シイナは主に雌性クローンの特異的な遺伝的特性によって約30～50%形成された。

5. シブダネは交配不和合性が原因で形成され、自家不和合性と交雑不和合性が認められた。交配試験('88年)の結果では、他家交配のシブダネ率は約26%、自家交配では約60%であった。すなわち、ヒノキは一部自家受精も可能な他家受精植物と言える。交雑不和合性は雌性クローンの影響が大きいとともに、交配組み合わせによっても異なる傾向が見られた。また、気象、栄養等の条件によっても異なった。

6. シブダネが自家不和合性、および、交雑不和合性が原因で形成されることから、採種園での自殖率を完全他殖(花粉媒助)、完全自殖および自然交配でのシブダネ率から推定した。推定自殖率('88年)は8～16%であり、採種園での交配不和合性はほとんどが交雑不和合性が原因であると推察した。

7. シイナは花粉の未受粉によって形成された。採種園での飛散花粉量(開花全期間)は、凶作年では 3×10^3 粒/cm²程度であるが並作年では 10×10^3 粒/cm²以上であった。花粉量が 10×10^3 粒/cm²以下では花粉量の低下にともないシイナ率が急激に増大する傾向が認められた。このことが、作柄と発芽率の関係において凶作年に発芽率が低い傾向が認められた原因である。

また、凶作年であってもジベレリンで着花促進施業を実施することによって並作年以上の花粉の飛散が認められ、凶作年における適切な着花促進施業は稔性向上の面からも有効である。

8. 採種園構成クローンの中に、特異的な不稔性クローンが存在した。クローンNo.17は雌性クローンのときに安定的に約50%の半シイナを形成し、クローンNo.20（三倍体）は雌性クローンのときは95%以上（シブダネ、半シイナ、シイナがそれぞれ約50, 30, 20%）、雄性クローンでは約90%以上（主にシブダネ）の不稔種子を形成した。

また、これらのクローンは雌性クローンの場合、受粉から受精期において減数分裂の異常を起こすクローンであると推察した。

参考文献

- 1) 小沢準二郎. 針葉樹のタネ(生産と管理). 東京, 地球出版(1962), P.185~190
- 2) 林野庁. スギ採種園ぬおける花粉管理に関する研究. 昭和55年度メニュー課題設計書, P.56~63, 1980
- 3) 金川侃. スギ人工交雑種子の発芽率. 日林講. No.84, P.220~222, 1973
- 4) 横山敏孝. スギにおける胚の形成と球果の成長. 林試研報. No.277, P.1~20, 1975
- 5) 松田清, 宮島寛. スギにおける不稔種子の形成. 日林誌. VOL. 60, P.1~9, 1978
- 6) 井上悦甫, 丹原哲夫. ヒノキ採種園内におけるカメムシ類の生息実態と被害. 日林関西支講. No.39, P.287~289, 1988
- 7) 丹原哲夫. ヒノキ採種園の種子生態と着花促進試験. 岡山林試研報. No.7, P.1~31, 1987
- 8) 佐々木義則. 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. 大分県林試研時報, No.5, P.5~13, 1982
- 9) 丹原哲夫. ヒノキ花芽の凍害. 日林関西支講. No.39, P.5~8, 1988
- 10) 丹原哲夫. ヒノキ花粉の飛散実態. 日林関西支講. No.34, P.145~147, 1983
- 11) 半田孝俊. スギ採種園における自然自殖率の推定. 日林講. No.91, P.199~200, 1980