

山陰地域における効率的な交雑技術の体系化に関する研究

小林 玲 爾⁽¹⁾・植 木 忠 二⁽²⁾綱 田 良 夫⁽³⁾・植 月 充 孝⁽⁴⁾

Reiji KOBAYASHI, Chuji UEKI, Yoshio TSUNADA and Yoshitaka UETSUKI :

Study on the Systematization of the Effectual

Crossing Technique for San'in area.

要 旨：本報告は1. ミニチュア交雑園による交雑, 2. 高台円筒型採穂木を利用した交雑, 3. ガラス室内植込みにおける交雑の3手法の交雑実験を行い, 採種母樹の形態が異なることによる交配作業の得失やその種子採取量について検討したものである。

その結果, 人工交雑を行うに当たって基本となる着花促進は, ジベレリン水溶液100ppmの濃度で母樹の枝を浸漬処理することにより, 質, 量ともに事業化に見合う十分な効果が認められた。

ミニチュア交雑園に植栽後6年の母樹(交雑園I)では, 雌雄花の着生母体となる1次枝は十分繁茂し, 1母樹当りの袋かけ数15袋を可能とした。1袋当りの雌花数は 85.1 ± 10.9 個で, その結果率は, 平均65.9%とかなり高い値となった。

花粉採取は, 雄花が密に着生している枝を葯が亀裂する前に切り取り, 切口を水に浸漬する方法(切枝法)により, 効率よく採取できることが実証できた。

これらの交雑による1母樹当りの種子生産可能性を試算すると, 約60gとなりha換算150kgに相当する種子生産の可能性が示唆された。

ミニチュア交雑園に植栽後2年の母樹(交雑園II)でも, 交雑園(I)と同様にジベレリン処理による着花効果は顕著であり, 特に雌花の着生が多く, 1袋当りの雌花は55.9個で, 平均結果率は65.2%, 1母樹当り5.17g(ha換算約50kg)の種子が得られた。しかし, 母樹が小さいため, 切り枝による雄花の採取は困難であった。

高台円筒型採穂園利用により交雑では, 雌雄花の着生母体は萌芽枝であるが, 着花効果はあり, 1袋当り雌花数は70.4個, 平均結果率は64.5%で, 1母樹当りの種子生産可能性を試算すると, 約37gとなり, 交雑母材として十分活用できることが示された。

ガラス室内における交雑では, 使用した母材は, 定植後2年でまだ小さく母樹としては十分でなかったが, ジベレリン処理による着花効果は認められ, また開花時期は野外より早くなる傾向にあった。

花粉採取は, 雄花着生枝が小さく枝の切り取りによる方法は困難であった。1袋当りの雌花数は42.1個で, 平均結果率は65.7%, 1母樹当り3.79gの種子が得られた。

交配作業は, 天候に左右されず行なえるなど利点があり, 今後の交雑育種に向けて一定の手がかりを得た。

I はじめに

我国の林木育種事業は, 昭和32年に発足以来, 精英樹選抜育種事業を中心に全国的組織で実施されてきた。量・質的形質の優れたものを精英樹に選抜し, これを母体とした種苗が生産され, 造林事業が進められている。その後, 気象害抵抗性, 病虫害抵抗性などの育種事業が展開された。いずれも現存する林分のなかから, 目標形質を選ぶ選抜育種法がとられてきた。

(1), (2), (3), (4), 関西林木育種場山陰支場

林木の選抜育種法では、1世代間の素材（精英樹等）間交雑によって2世代目を育成し、経済林から分離した育種集団林を造成し、2代目の育種素材を選抜する方法が検討されている。この際に、林木の選抜育種法によって、次世代の育種素材の創出には、効率的な交雑技術の開発が必要となってきた。

林木は他の植物と異なり巨大性を持つため、人工交配は高所作業をとめない、花粉採取、袋かけ、受粉等の一連の作業を能率よく実施するためには、交雑母材の選定は勿論のこと、母材そのものの小型化が手法として考えられる。

本報告は、スギについて交配母材のミニチュア化による交雑、採穂台木の利用による交雑、ガラス温室における施設内交雑を行い、種子生産量を算定し、その効率性並びに採種法について比較検討を行ったものである。

II 交雑育種目標と母材の選定

関西林木育種場山陰支場は、北陸、山陰地区の2育種区（日本海岸東部、西部育種区）を管轄しており、冬季は我が国でも有数の豪雪地帯を含む積雪地域で、スギ林分では幹曲がり、幹折れ、倒伏など雪による被害が常習的に発生しており耐雪性個体の創出が林業経営によって重要な課題となっている。

		♂				♀				♂				♀											
		抵抗性個体 Sugibark-borer resistance group				感受性個性 Sugibark-borer susceptible group				優良形質個体 (通直・完満) Sugibark-borer racter group															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
抵抗性 個体	1 朝来 7 Asako					○																			○
	2 石動 1 Isurugi	○					○																		
	3 日野 15 Hino	○					○																		
	4 敦賀署 101 Turugasyo	○					○																		○
感受性 個体	5 小松 9 Komatu	○																							○
	6 鳥取署 105 Tottorisyo	○					○																		
	7 京北 5 Keihoku	○					○																		○
	8 養父 2 Yabu	○					○																		
優良形質 個体 (通直・完満)	9 遠敷 1 Onyu	○					○																		
	10 鳳至 1 Fugesu	○					○																		○
	11 園部 2 Sonobe	○					○																		○
	12 神崎 1 Kanzaki	○					○																		

Fig. 1. 交雑園 (II) 交配組合せ
Cross combination in the Crossing garden (II)

また、当地方では、スギカミキリの被害が多発傾向にあり、木材の価値を低下させている。これらのことから、当地域におけるスギは雪やスギカミキリの被害に対する抵抗性形質を兼ね備えた生長、

で列状に、合計405本を昭和52年4月に植栽した。植栽面積は0.02haである。定植後は、クローン表示や支柱、肥培、病虫害防除、除草などの育成管理を行い、交雑園の活用を早めるように努め、定植後6年目の昭和58年3月には201本に間伐した。樹高は、交配作業を容易にするため約1.5mに断幹を行い、これを交雑園（I）として利用した。

さらに、虫害抵抗性の遺伝様式の解明を目的とし、スギ精英樹の中でスギカミキリの被害が少なく耐虫性と考えられるクローン、スギカミキリの被害が多く感受性と考えられるクローン、及び樹幹形質の良いクローンをそれぞれ4クローン、計12クローンを選び、昭和58年4月3年生さし木苗を各クローン10本あて合計120本植栽した。植栽間隔は1.0mで列状に定植し、交雑園（II）として利用した。

雌雄花の着花促進は、交雑園（I）、交雑園（II）の何れもジベレリン水溶液（ジベレリン協和粉末）を使用し、昭和58年7月20日（交雑園I）と昭和60年7月26日（交雑園II）に濃度100ppmで枝を浸漬処理した。1枝当たりのジベレリン水溶液の使用量は約12.3ccであった。

浸漬処理は、ステンレス製の3L容器にジベレリン水溶液を入れ枝を浸漬し、その直後に処理枝の水滴を軽く振り落とした。

雌雄花の着生母体となる母枝の着生状況について、交雑園（I）では6年生母樹のジベレリン処理枝の長さ、2次枝数、葉芽数を調べた。1次枝の本数は全母樹について調べ、処理した枝の長さ2次枝の本数、葉芽数については各クローンの母樹1本を無作為に選び、その1次枝10本について調べた。

なお、交雑園（II）については母樹が小さいため、枝の着生状況の調査は行わなかった。

② 人工交配

交雑園（I）は、精英樹9クローンを用い9×9の完全ダイアレル交配を実施した。

交配を行った昭和59年の春は、山陰地方は異常気象による豪雪で、開花が平年に比べ20日～30日と大幅に遅れたが、袋かけは昭和59年3月15日に行い、交配は各クローンの開花状況に合わせて、4月7日～18日に2回の受粉を実施した。交配に用いた花粉は当年の花粉と貯蔵花粉を用いた。

花粉の採種方法は、3月10日に雄花着生枝を母樹から切り取り、花粉が他に飛散しないようセロファン紙の袋をかぶせ、暖房した室内で枝の切り口を水に浸漬する水ざし法を用い雄花の開花を早め、20日～25日後に花粉採取を行った。

花粉採取量は雄花着生量により異なるが、各クローンの枝長25～30cmの雄花着生2次枝15本の花粉採取量を調査した結果 11.0 ± 3.2 ccであった。

交配袋の除去は4月25日、球果採取は10月12日に行った。

交雑園（II）では、虫害抵抗性の遺伝様式の解明を目的とした部分ダイアレル交配を行った。交配組合せをFig. 1に示す。

交配作業は、袋かけを昭和61年3月3日に行い、交配は各クローンの開花状況に合わせて、3月20日～4月5日に、2回の受粉を実施した。

交配袋の除去は、幼球果の自然環境順応と晩霜害などの被害をさけるため、交配した袋の一部を4月21日に破り、一週間後の4月28日に完全に袋を除去した。

花粉採取については、使用した母材が幼齢で樹高が 78 ± 11 cmと小さく、雄花枝を切り取ると母樹の育成に支障をきたすおそれがあったため、採種園の同一クローンから採取することとし、それにジベレリン処理を行い雄花着生枝を切り取り、交雑園（I）と同様水ざし法により室内で暖房し雄花の開花を早めて花粉採取を行った。

交配袋の除去は4月28日、球果採取は10月11日に行った。交雑園 (I) 及び交雑園 (II) で採取した球果は、家系別に球果の大きさを測定し、塩化ビニール製ハウス内で乾燥して種子を自然離脱させ、自然離脱困難な球果についてはピンセットで種子を離脱させた。採取した種子は、全種子重量及び種子10粒当りの重量を測定した。発芽率は23°Cにセットした恒温器の中で23日間置床して鑑定した。

2) 調査結果

①交雑母樹の枝着生状況

交雑園 (I) のジベレリン処理木の枝着生状況をTable 1 に示す。

母樹1本当たり1次枝の本数は 28.9 ± 2.8 本、処理した枝の大きさは 30.3 ± 2.7 cmであった。また、1次枝1本当たりの2次枝の本数は 23.6 ± 2.1 本、葉芽数は 124.9 ± 17.5 個であった。その結果1次枝、2次枝の本数及び葉芽数はクローン間に差のあることが認められた。

Table 1. ミニチュア交雑園6成長期の枝着生状況 (交雑園 I)
Stuck situation on branch of 6year's mothertree
in the miniature crossing garden (crossing garden I)

クローン名 Clone	1次枝の数 (本) Numbers of first branches	処理枝の長さ (cm) Length of treated branch	処理枝の2次枝数 (本) Numbers of second branches of treated branch	処理枝の葉芽数 (個) Numbers of foliage bud	
上 市 Kamiji	3	31.4 ± 3.8	30.3 ± 3.7	23.1 ± 2.6	119.9 ± 19.0
石 動 Isurugi	2	33.0 ± 3.2	30.9 ± 2.0	24.2 ± 2.3	136.0 ± 11.0
砺 波 Tonan	2	30.8 ± 3.6	31.4 ± 2.0	22.9 ± 1.4	126.8 ± 16.0
河 津 Kahoku	1	28.0 ± 3.2	31.6 ± 1.8	24.1 ± 2.3	134.7 ± 17.3
石 川 Isikawa	14	29.0 ± 3.2	29.5 ± 1.9	22.7 ± 3.1	120.7 ± 18.0
金 沢 署 Kanazawa syo	102	26.0 ± 3.1	29.6 ± 3.6	24.0 ± 1.8	119.1 ± 21.2
姫 路 署 Himeji syo	1	24.0 ± 3.8	31.1 ± 2.2	23.5 ± 1.6	120.2 ± 17.3
鳥 取 署 Tottori syo	103	28.9 ± 2.2	29.6 ± 3.0	23.9 ± 1.8	125.4 ± 18.3
日 吉 Hino	15	28.0 ± 2.9	30.0 ± 3.8	23.9 ± 2.0	121.1 ± 17.9
平 均 Mean		28.8 ± 2.8	30.3 ± 2.7	23.6 ± 2.1	124.9 ± 17.5

②ジベレリン処理による着花効果

交雑園 (I) のジベレリン処理による着花状況をTable 2 に示す。クローンによって雌雄花共に着花しやすいものや、雌雄花の片よりのあるもの、更に着花量の少ないものなどの違いがあったが、計画どおりの交配作業が実施できた。

③交雑結果

交雑園 (I) 及び交雑園 (II) について実施した交配作業にかかる袋かけ数、1袋内の雌花数、球果採取数及び結果率をTable 3 及びTable 4 に示す。

Table 2. クローン別着花状況 (交雑園 I)
Stuck situation of flowers on the 6years'
mother tree in the miniaturer crossing
garden

クローン名 Clone	雄花 (♂) 数 Number of male flowers	雌花 (♀) 数 Number of ferale flowers
上 市 3 Kamiiti	多	多
石 動 2 Isurugi	少	中
砺 波 2 Tonami	中	少
河 北 1 Kahoku	多	中
石 川 14 Isikawa	多	多
金 沢 署 102 Kanazawasyo	少	多
姫 路 署 1 Himejisyo	中	多
鳥 取 署 103 Tottorisyo	中	多
日 野 15 Hino	多	多

(注) 多：充分に着花したもの
中：交配に支障ない程度に着花したもの
少：着花が少なく交配に制約があったもの

Table 3. ミニチュア交雑園 6 成長期における袋かけ数と結果率 (交雑園 I)
Number of baggings and fruit bearing percentage on 6 year's mothertree in the miniature
crossing garden (crossing garden 1)

クローン名 Clone	採種木の袋かけ数 Number of baggings of mother tree		袋内の雌花数 Number of female flowers in a bag		球果採取数 Number of collected cones	結果率 Fruit-bea ring percentage
	全 体	1 採種木 (平均) A mot her tree	全 体	1 袋 (平均) A bag		
	Whole		Whole	A bag		
上 市 3 Kamiiti	45	5.6	4,060	90.2	1,593	39.2
石 動 2 Isurugi	43	5.4	3,070	71.4	1,817	59.2
砺 波 2 Tonami	44	5.5	3,921	89.1	2,346	59.8
河 北 1 Kahoku	44	5.5	3,975	90.3	2,790	70.2
石 川 14 Isikawa	49	6.1	5,018	102.4	3,421	68.2
金 沢 署 102 Kanazawasyo	45	5.6	3,317	73.7	2,526	76.2
姫 路 署 1 Himejisyo	44	5.5	3,758	85.4	3,284	87.4
鳥 取 署 103 Tottorisyo	44	6.5	4,089	92.9	1,889	46.2
日 野 15 Hino	39	4.9	2,757	70.7	2,385	86.5
平 均 Mean	44.1±2.6	5.5±0.3	3,773.8±664.2	85.1±10.9	2,450.1±634.9	65.9±16.6

Table 4. ミニチュア交雑園 2 成長期における袋かけ数と結果率（交雑園 II）
Number of baggings and fruit bearing percentage on 2year's mothertree in the miniature crossing garden (crossing garden II)

クローン名 Clone	採種木の袋かけ数 Number of baggings of mother tree		袋内の雌花数 Number of female flowers in a bag		球果採取数 Number of collected cones	結果率 Fruit-bea ring percentage	
	全 体	1 採種木 (平均) A mot her tree	全 体	1 袋 (平均) A bag			
	Whole		Whole	A bag			
石 動 Isurgi	2	16	3.2	836	52.3	633	75.7
小 松 Komatu	9	29	3.6	1,554	53.6	898	57.8
朝 来 Asako	7	32	4.6	2,328	72.8	1,278	54.9
遠 敷 Onyu	1	13	1.9	564	43.4	426	75.5
鳳 至 Fugesi	1	29	4.8	2,313	79.8	1,362	58.9
京 北 Keihoku	5	30	3.8	1,793	59.8	1,138	63.5
園 部 Sonobe	2	33	3.7	2,407	72.9	1,239	51.5
養 父 Yabu	2	25	3.6	928	37.1	626	67.5
敦 賀 署 Zurugasyo	101	12	2.4	731	60.9	486	66.5
神 崎 Kanzaki	1	20	2.5	884	44.2	597	67.5
鳥 取 署 Tottorisyo	105	18	2.0	604	33.6	454	75.2
日 野 Hion	15	29	4.1	1,486	60.8	1,002	67.4
平 均 Mean		23.8±7.6	3.4±1.0	1,369±705	55.9±14.7	844.9±348.4	65.2±8.1

交雑園（I）では、袋かけ総数は397袋、1クローン当り44.1±2.6袋、1母樹当り5.5±0.3袋となった。また、雌花数は1袋当り85.1±10.9個とかなり多い数となり、結果率は65.9±16.6%であった。

交雑園（II）では、袋かけ総数は286袋、1クローン当り23.8±7.6袋、1母樹当り3.4±1.0袋となった。また、雌花数は1袋当り55.9±14.7個で、結果率は65.2±8.1%であった。

④種子の生産量と発芽率

交雑園（I）における球果の大きさ、種子採取量及び発芽率の調査結果をTable 5 に示す。球果の大きさは縦12.3±1.1mm、横13.5±1.1mmで、1クローン当りの種子重量は178.4±71.6g、種子100粒当り重量は0.16±0.03g、発芽率は22.6±9.0%であった。

これからの結果から、母樹1本当りの種子生産量や苗木生産可能量を試算すると、1次枝の枝数から判断して母樹1本当り約15袋の袋かけが可能であり、種子生産量は約60.0g（1袋の平均種子重量4.0g×可能袋かけ数15袋）であり、苗木生産量は約5,400本〔種子粒37,500(60×100÷0.16)×発芽率(0.225)×毛苗得苗率(0.8)×成苗得苗率(0.8)となる。

Table 5. 球果の大きさ及び種子採種量と発芽率 (交雑園 I)
Size of cone quantity of collected seeds and germination percentage on 6year's mothertree
in the miniature crossing garden (crossing garden I)

クローン名 Clone	球果の大きさ Size of cone		種子重量 Weight of seeds		種子重量 (100粒当り) Weight of seeds (per 100 drops)	発芽率 Germination percentage
	縦 (mm) Height	横 (mm) Width	全種子重量 (g) Weight of all seed	1袋(平均) A bag		
上 市 Kamiiti 3	14.4	14.9	264	5.87	0.15	12.4
石 動 Isurugi 2	12.4	14.1	134	3.11	0.17	13.0
砥 波 Tonami 2	11.4	12.1	81	1.84	0.16	16.8
河 北 Kahoku 1	10.9	12.5	179	4.07	0.18	32.1
石 川 Isikawa 14	11.5	13.1	260	5.31	0.18	16.9
金 沢 署 Kanazawasyo 102	11.0	13.1	143	3.18	0.19	18.9
姫 路 署 Himejisyo 1	13.1	14.9	277	6.30	0.13	28.9
鳥 取 署 Tottorisyo 103	10.9	12.6	116	2.41	0.09	24.9
日 野 Hion 15	13.1	14.3	152	3.90	0.18	38.2
平 均 M an	12.3±1.1	13.5±1.1	178.4±71.6	4.00±1.55	0.16±0.03	22.6±9.0

Table 6. 球果の大きさ及び種子採種量と発芽率 (交雑園 II)
Size of cone quantity of collected seeds and germination percentage on 2year's mothertree
in the miniature crossing garden (crossing garden II)

クローン名 Clone	球果の大きさ Size of cone		種子重量 Weight of seeds		種子重量 (100粒当り) Weight of seeds (per 100 drops)	発芽率 Germination percentage
	縦 (mm) Height	横 (mm) Width	全種子重量 (g) Weight of all seed	1袋(平均) A bag		
石 動 Isurugi 2	10.9	12.1	15.6	0.98	0.22	25.1
小 松 Komatu 9	11.1	12.4	49.9	1.72	0.17	26.1
朝 来 Asako 7	12.7	14.5	83.9	2.62	0.10	29.3
遠 敷 Onyu 1	10.6	11.1	22.1	1.70	0.14	34.9
鳳 至 Fugesu 1	10.3	11.3	63.4	2.19	0.14	21.3
京 北 Keihoku 5	11.3	12.8	57.1	0.90	0.14	19.5
園 部 Sonobe 2	10.3	10.4	51.6	1.56	0.14	16.8
養 父 Yabu 2	11.3	12.0	32.4	1.30	0.19	22.8
敦 賀 署 Zurugasyo 101	10.7	11.0	10.8	1.90	0.20	21.9
神 崎 Kanzaki 1	11.1	12.2	27.5	1.38	0.13	11.7
鳥 取 署 Tottorisyo 105	10.0	11.5	19.9	1.10	0.17	11.5
日 野 Hino 15	10.0	11.9	26.3	0.90	0.17	22.0
平 均 Mean	10.9±0.7	11.9±1.1	38.4±22.4	1.52±0.54	0.16±0.03	21.9±6.7

交雑園(II)における球果の大きさ、種子採取量及び発芽率の調査結果をTable 6に示す。球果の大きさは縦 10.9 ± 0.7 mm, 横 11.9 ± 1.1 mmで、1クローン当りの種子重量は 38.4 ± 22.4 g, 種子100粒当り重量は 0.16 ± 0.03 g, 発芽率は $21.9 \pm 6.7\%$ であった。

母樹1本当りの袋かけ数は、定植後2年生時の母樹のため多くの袋かけは望めないが、調査結果から1母樹当りの袋かけ数を3.4袋として実施し、1母樹当り5.17gの種子が生産され、苗木生産本数にして453本が見込まれた。

2. 高台円筒型採穂園利用による交雑

当場の高台円筒型採穂木は樹高が1.5mで、多くのクローンが1個所に集植していることから、交雑母材として利用すれば作業も容易で効率もよいと考えられ交配を試みた。

1) 材料及び方法

採穂園の植栽間隔は1.0mで、採穂木は造成後12年を経過しており、高台円筒型として完成されていた。この採穂木は9クローンで、各クローン5本を交雑母材料に利用することとし、昭和59年7月15日着花促進処理を行った。

処理はジベレリン水溶液（ジベレリン協和粉末）の濃度100ppmを使用し、萌芽枝を浸漬する方法で520本の枝に実施した。1枝あたりのジベレリン水溶液の消費量は約7.7ccであった。

交配は昭和60年3月23日～3月28日に受粉を実施し、各クローンに耐雪福井31と同石川227の花粉を2回受粉した。球果採取は、ミニチュア交雑園（I）同様、着果枝を切り取り、室内で球果を乾燥させて種子の離脱を早めた。

着花促進処理後、処理枝の大きさや2次枝の数、葉芽数、1袋当り雌花数、結果率、種子採取量、発芽率等について調査した。

Table 7. 交雑母樹（採穂木）の萌芽枝着生状況
Stuck situation of bud branches on the cross-mother tree (Cylindrical scion stool)

クローン名 Clone	1次枝の数(本) Numbers of first branches	処理枝の長さ (cm) Length of treated branch	処理枝の2次枝数(本) Numbers of second branches of treated branch	処理枝の葉芽数 (個) Numbers of foliage buds
上 市 Kamiiti	3 98.0 ± 9.5	22.5 ± 2.3	10.2 ± 1.5	94.9 ± 20.8
石 動 Isurugi	2 110.0 ± 7.4	22.5 ± 1.6	10.5 ± 1.4	99.2 ± 19.6
砺 波 Tonami	2 96.0 ± 7.5	21.3 ± 1.4	11.0 ± 1.6	103.5 ± 20.1
河 北 Kahoku	1 77.3 ± 12.0	20.8 ± 1.7	11.3 ± 1.8	97.0 ± 16.3
石 川 Isikawa	14 80.0 ± 10.6	19.6 ± 1.3	10.2 ± 2.0	103.8 ± 20.7
金 沢 署 Kanasawasyo	102 75.0 ± 6.2	20.0 ± 1.8	11.3 ± 1.8	102.3 ± 13.1
姫 路 署 Himejisyo	1 75.0 ± 10.9	20.6 ± 1.6	11.5 ± 1.6	96.1 ± 10.6
鳥 取 署 Tottorisyo	103 87.0 ± 3.2	22.1 ± 2.9	11.2 ± 1.8	95.0 ± 16.1
日 野 Hino	15 86.0 ± 6.5	21.3 ± 2.6	12.9 ± 2.4	95.3 ± 15.8
平 均 Mean	87.1 ± 12.1	21.2 ± 1.9	11.1 ± 1.8	98.6 ± 17.0

2) 調査結果

①交雑母樹（採穂木）の萌芽枝着生状況

母樹の萌芽枝着生本数及び2次枝の着生状況をTable 7に示す。母樹1本当りの萌芽枝数は 87.1 ± 12.1 本、処理した枝の大きさ、 21.2 ± 1.9 cm、萌芽枝1本当りの2次枝の本数は 11.1 ± 1.8 本、葉芽数は 98.6 ± 17.0 個であった。

②着花状況と交配結果

ジベレリン処理による着花効果は高く、一部のクローンで雌雄花の着生に偏りが見られたものの、全クローンに着花をみた。

着花量をTable 8に、袋かけ数、雌花数、球果採取数をTable 9に示す。

Table 8. 採穂園の着花状況
Stuck situation of flowers on the
cylindrical scion stool in the scion garden

クローン名 Clone	雄花 (♂) 数 Number of male flowers	雌花 (♀) 数 Number of female flowers
上 市 3 Kamiiti	中	多
石 勢 2 Isurugi	少	中
砺 波 2 Tonami	中	中
河 北 1 Kahoku	中	中
石 川 14 Isikawa	多	多
金 沢 署 102 Kanazawasyo	少	多
姫 路 署 1 Himejisyo	中	多
鳥 取 署 103 Tottorisyo	中	多
日 野 15 Hion	多	多

(注) 多：充分に着花したもの
中：交配に支障ない程度に着花したもの
少：着花が少ない交配に制約があったもの

1母樹当りの袋かけ数は 10.2 ± 2.3 袋、1袋当りの雌花数は 70.4 ± 29.4 個で、これら交配による結果率は $64.5 \pm 7.4\%$ であった。

③種子の生産量と発芽率

種子採取量や発芽率の結果をTable 10に示す。

球果の大きさは、縦 11.4 ± 0.9 mm、横 12.4 ± 1.0 mmで、1クローン当り種子採取重量 25.2 ± 14.0 g、種子100粒当り重量 0.15 ± 0.03 g、発芽率 $15.7 \pm 4.6\%$ であった。

これらの結果から、採穂園における種子生産量や苗木生産可能量について、交雑園(1)と同様に試算すると、母樹1本当りの萌芽枝着生本数から判断して最低15袋は可能と考えられることから、母樹1本当り約37.35gの種子が生産され、苗木生産本数にして、約2,502本が見込まれた。

Table 9. 高台円筒型採穂木の袋かけ数と結果率
Number of baggings and the fruit bearing percentage of the cylindrical scion stool

クローン名 Clone	採種木の袋かけ数 Number of baggings of scion stool	袋内の雌花数 Number of female flowers in a bag		球果採取数 Number of collected cones	結果率 Fruit-bearing percentage	
		全体 Whole	1袋(平均) A bag			
上市 Kamiiti	3	12	789	66.5	503	63.0
石動 Isurugi	2	8	584	73.0	339	58.0
砺波 Tonami	2	8	424	53.0	263	62.0
河北 Kahoku	1	12	876	73.0	552	63.0
石川 Isikawa	14	12	1,572	131.0	943	60.0
金沢署 Kanazawasyo	102	8	264	33.0	216	81.8
姫路署 Himejisyo	1	13	1,274	98.0	752	59.0
鳥取署 Tottordsyo	103	7	308	44.0	216	70.1
日野 Hino	15	12	744	62.0	476	64.0
平均 Mean	均	10.2±2.3	760±438	70.4±29.4	554±256	64.5±7.4

Table 10. 高台円筒型採穂木の球果の大きさ及び種子の採種量と発芽率
Size of cone quantity of collected seeds and germination percentage of the cylindrical scion stool

クローン名 Clone	球果の大きさ Size of cone	種子重量 Weight of seeds			種子重量 (100粒当り) Weight of seeds (per 100 drops)	発芽率 Germination percentage	
		縦 (mm) Height	横 (mm) Width	全種子重量 (g) Weight of all seeds			1袋(平均) A bag
上市 Kamiiti	3	11.8	12.0	45.0	3.75	0.14	14.0
石動 Isurugi	2	11.3	12.9	21.3	2.66	0.15	10.4
砺波 Tonami	2	10.7	11.4	13.5	1.69	0.12	12.3
河北 Kahoku	1	11.4	12.6	14.3	1.19	0.13	26.4
石川 Isikawa	14	11.5	12.7	17.1	1.43	0.16	13.9
金沢署 Kanazawasyo	102	10.3	11.5	26.2	3.26	0.16	16.0
姫路署 Himejisyo	1	13.2	14.3	52.5	4.04	0.18	17.0
鳥取署 Tottorisyo	103	10.1	11.3	20.9	2.99	0.10	18.0
日野 Hion	15	11.9	13.3	16.3	1.36	0.18	13.5
平均 Mean	均	11.4±0.9	12.4±1.0	25.2±14.0	2.49±1.10	0.15±0.03	15.7±4.6

3. ガラス室内における交雑

北陸、山陰地方は、冬季の天候不順や降雪が春先にまでおよび、野外での交配作業には支障をきたすことが多いため、施設利用として、ガラス室内での交配を実施し、その可能性を試みた。

1) 材料の方法

利用したガラス室は、建坪180㎡ (30×6 m) である。このうち、室内の一部75㎡に、昭和60年4月に、スギ耐雪性個体のさし木苗3年生28クローン234本と同4年生14クローン84本、計318本を植栽間隔50cmで列状に交雑母材料として植栽した。

母材として使用したものは、4年生苗を植栽したもののうち10クローン(樹高92.7±12.1cm)、各クローン6本であり、昭和61年7月20日、着花促進処理として、濃度100ppmのジベレリン水溶液(ジベレリン協和粉末)で枝の浸漬処理を行った。

処理した枝数は、485枝で、これに使用した処理液は、3,855ccで1枝当り処理液の使用量は7.9ccであった。

交配はガラス室の各クローンの雌花開花時期に合わせて、昭和62年2月20日～26日に、2回の受粉を実施した。その組合せをFig. 2に示す。

交配に使用した花粉は、朝来7と耐虫ハチカミ4とした。但し、自殖をさけるため、朝来7は耐虫ハチカミ4と耐雪福井31の花粉を、耐虫ハチカミ4には朝来7と耐雪福井31の花粉を受粉した。

袋除去は4月3日に、球果採取は10月6日に行なった。球果は交雑母樹が小さいため着果枝の切り取りは行わず、各家系別に全てもぎ取り、また剪定鋏による切り取りの方法で採取した。各家系毎10個ずつサンプリングして大きさを測定し、乾燥後種子の離脱を行った。これら各交雑母材の処理した枝の形態や、1袋当りの雌花数や交配後の結果率及び種子採取量、発芽率について調査を行った。

2) 調査結果

①交配母材料の枝着生状況

Table 11. ガラス室内交雑母材の枝着生状況
Stuck situation of branches on the cross-mother tree in the grass room

クローン名 Clone	1次枝の数(本) Number of first branches	処理枝の2次枝数(本) Number of second branches of treated branch	処理枝の葉芽数(個) Number of foliage bud
朝来7 Asako	8	7	141
金沢署103 Kanazawasyo	12	11	103
北勢スギ Hokuseisugi	9	10	106
ハチカミ4 Hatikami	10	11	74
鳳至6 Fugesu	8	10	121
ボカスギ Bokasugi	9	11	109
石動3 Isurugi	8	11	99
鳳至1 Fugesu	7	11	89
耐雪大阪営82 Taisetuosakaei	11	11	121
耐雪富山県7 Taisetuyamaken	10	11	102
平均 Mean	9.2±1.5	10.4±1.3	106±18.5

母樹の1次枝の本数は、各クローンとも全母樹(6本)について調査し、2次枝の本数と葉芽数は、処理した1次枝の長さ20cm以上の10枝について調査した。また、処理枝の大きさは、1次枝20cm以上を処理枝としたため、調査は行わなかった。

これら調査結果は、Table 11に示すが、1次枝の本数は 9.2 ± 1.5 本、処理した1次枝1本当りの2次枝の本数は 10.4 ± 1.3 本、葉芽数は 106.5 ± 18.5 個であった。

②着花状況と交配結果

ジベレリン処理による着花状況では、クローンにより差がみられ、10クローン中、雌雄花ともに処理枝全体に着生したクローンは、朝来7、鳳至1、耐雪富山7の3クローンで、他は雌花、雄花いずれに偏りがあり、特に鳳至6と耐雪大阪営82の雄花数は極少だった。

袋かけ数、雌花数、球果採取数及び結果率についてTable 12に示す。袋かけ総数は125袋で、1クローン当たり2.4袋となり、1袋の雌花数は 42.1 ± 16.7 個であった。これらの結果率は $65.7 \pm 0.0\%$ であった。

開花時期は、その年の気象条件で異なるが、昭和62年2月の月平均気温調査では、屋内気温は、9.00時が 2.4°C 、15.00時が 4.9°C に対し、ガラス室内は、9.00時が 10.1°C 、15.00時が 12.1°C と高くガラス室内は野外の開花期に比較して1箇月以上開花が早まり、雌花では、2月13日に既に開花し珠孔液が泌られるクローンもあり、2月24日には全クローンが開花し、雄花では、花粉の飛散最盛期を迎えていた。

交配用の花粉採取は、全般に母樹が小さく、母樹からの切り枝による花粉採取は困難であったため、採穂木に着花促進して採取した。

また、比較的雄花が多く着生している朝来7、耐虫ハチカミ4の雄花着生枝に、直接セロハン紙袋(縦30cm×横20cm)をかぶせて花粉採取を試みたが、各クローンとも2.0cc程度の花粉を採取するにとどまった。

Table 12. ガラス室内交雑母樹の袋かけ数と結果率

Number of baggings and fruit bearing percentage on the cross-mother tree in the glass room

クローン名 Clone	採種木の袋かけ数 Number of baggings of mother tree		袋内の雌花数 Number of female flowers in a bag		球果採取数 Number of collected cones	結果率 Fruit-bea ring percentage
	全	1採種木 (平均)	全	1 (平均)		
	Whole	A mother tree	Whole	A bag		
朝来7 Asako	17	2.8	617	36.3	441	71.5
金沢署103 Kanazawasyo	7	1.2	165	23.6	74	44.8
北勢スギ Hokuseisugi	9	1.8	146	16.2	93	63.7
ハチカミ4 Hatikami	21	5.3	743	35.4	515	69.3
鳳至6 Fugesu	21	3.5	737	35.1	587	79.6
ボカスギ Bokasugi	4	1.0	219	54.8	124	56.6
石動3 Isurugi	9	1.5	340	37.8	225	66.2
鳳至1 Fugesu	7	1.2	471	67.3	325	69.0
耐雪大阪営82 Taisetuosakaei	21	3.5	1,358	64.7	817	60.2
耐雪富山県7 Taisetuyamaken	9	1.8	447	49.7	338	75.6
平均 Mean	12.5 ± 6.7	2.4 ± 1.4	524.3 ± 365.9	42.1 ± 16.7	353 ± 240.2	65.7 ± 10.0

③種子の生産量と発芽率

採取した全種子量、種子100粒当り重量及び発芽率について調査したその結果Table 13に示す。

球果の大きさは、縦 11.0 ± 1.2 mm、横 $12.2 \text{mm} \pm 1.3$ mm、種子100粒当り重量は 0.16 ± 0.03 g、発芽率は $15.3 \pm 4.9\%$ であった。

母樹1本当りの種子生産量は約3.79gで、苗木生産本数は約230本と見込まれた。

また、母樹が定植後3生長期(1年後)を経過した時点では、樹高が $135.1 \text{cm} \pm 20.1$ cmとなり、このうち生長の早い朝来7、耐虫ハチカミ4、鳳至6の3クローンは150cmで断幹を行い、1母樹5～8個の袋かけが可能となっていた。

したがって、仮に1母樹に5袋としても、1母樹当り約7.9gの種子が生産され、苗木生産本数では483本が見込まれることになり、ある程度の年数を経た母樹を用いれば、ガラス室内における交雑種子生産は有効と考えられた。

Table 13. ガラス室内交雑母樹の球果の大きさ及び種子採種量と発芽率
Size of cone quantity of collected seeds and germination on the cross-mother tree percentage in the glass room

クローン名 Clone	球果の大きさ Size of cone		種子重量 Weight of seeds		種子重量 (100粒当り) Weight of seeds (per 100 drops)	発芽率 Germination percentage
	縦 (mm) Height	横 (mm) Width	全種子重量 (g) Weight of all seeds	1 (平均) 袋 A bag		
朝来 7 Asako	13.5	14.8	36.0	2.12	0.15	11.0
金沢署 103 Kanazawasyo	10.1	11.0	13.2	1.89	0.17	27.0
北勢スギ Hokuseisugi	10.4	11.1	16.2	1.80	0.16	11.0
ハチカミ 4 Hatikami	11.5	12.1	27.1	1.29	0.18	10.0
鳳至 6 Fugesu	11.6	12.6	24.3	1.16	0.18	18.0
ボカスギ Bokasugi	9.2	10.3	6.6	1.64	0.19	16.0
石動 3 Isurugi	9.8	11.7	13.3	1.48	0.13	14.0
鳳至 1 Fugesu	11.6	13.5	10.9	1.56	0.09	14.0
耐雪大阪営 82 Taisetuosakaei	11.3	11.9	23.9	1.14	0.18	15.0
耐雪富山県 7 Taisetuyamaken	11.0	12.6	15.2	1.69	0.16	17.0
平均 Mean	11.0 ± 1.2	12.2 ± 1.3	18.7 ± 8.9	1.58 ± 0.32	0.16 ± 0.03	15.3 ± 4.9

IV 考 察

交雑種子の生産を効率的に採取するための交雑技術の方法として、ミニチュア交雑園による交雑、高台円筒型採穂園による交雑、ガラス室内における交雑の各交雑法について行ったが、着花促進処理を行う場合は、雌雄花の着花量が、クローンによってかなり偏りが見られることから、着花促進処理を行う枝数は多めにすることが望ましい。

袋かけに当たっては、1袋当りの雌花数のばらつきが多かった。1袋当りの雌花数を30以下、31～60、61～90、91～120、121以上に大別した場合のそれぞれの結果率は78、71、73、66、64%となり、1袋当りの雌花数が多くなるにつれて、結果率は若干低下し、また、球果の大きさも、1袋内の雌花数が多いほど小さくなる傾向がみられた。1袋当りの球果数は、枝の大きさや母樹の大きさ及び母樹1本当りにかける袋数とも関係するので、一概にはいえないが、60個前後が目安になるように考えられる。

交雑時における被害は、交配実行年の気象、病虫害の発生状況により異いがあった。屋外での被害の種類は、気象害として、雪や風雨による袋の破損、枝の折損、袋内の日焼けによる雌花の枯死、晩霜による雌花の凍結枯死、病虫害では母樹の枯れや、球果・種子の食害と生育不良などがある。また、ガラス室内では、根切り虫やハダニの発生による母樹の生育抑制と枝の一部枯れ等が見られた。

5箇年間の実施期間における被害率は、風雪による交配袋の破損と袋かけした枝の折損、日焼けによる雌花の枯死を合わせて、交配した雌花数全体の約5%が最高であった。

母樹の育成管理では、毎年定期的にハダニ、赤枯れ、シンクイムシ等の防除を行い、特にガラス室内では根切り虫とハダニに対する防除回数を増やした。また、母樹の生長を促進するため、植つけ年は活着後に、その後は毎年春先の根の活動開始時期に、林業用粒状複合肥料（6：12：8）を苗木の大きさに合せて1本当たり20から50gの見当で施用した。

これらの交雑作用そのものは、現在ごく一般に行われている方法であり、材料は交配袋、綿、針金、ラベル、花粉銃、受粉時の穴塞ぎ用ビニールテープ、剪定鋏等を準備し、作業としては花粉採取、除雄、袋かけ、受粉、袋除去、球果採取、乾燥、種子精選までの手順により実施したものである。

いずれも交配母樹を小型化したため、作業効率を高めることが出来た。今後、ガラス室などの施設利用による交配については、無袋交配など、より省力的な技術開発の研究が必要と考えられた。

参 考 文 献

- 1) 坂口勝美監修：スギのすべて、全国林業改良普及協会（1983）
- 2) 大庭喜八郎：林木の育種 **111**, 9～17, (1979)
- 3) 大庭喜八郎・百瀬行男・前田武彦：林試研報 **250**, 53～76 (1973)
- 4) 田島正啓・栗延 普：34回, 日林九支論 (1981)
- 5) 林野庁：精英樹選抜育種事業実施要領, (1980)
- 6) 林野庁：気象害抵抗性育種事業実施要領, (1980)
- 7) 河村嘉一郎：林育研報 **5**, 1～32 (1987)
- 8) 橋詰隼人：鳥取大学演報 **7**, (1973)
- 9) 林野庁：採種園の施業要領 **2** (1964)
- 10) 半田孝俊：関東林育年報 **17** 9～25 (1985)
- 11) J. W. ライト：交雑育種・交雑技術 林木育種協会 (1967)
- 12) 小林玲爾・綱田良夫・植月充孝・植木忠二：36回日林関西支講 66～69 (1985)

Study on the Systematization of the Effectual Crossing Technique for San-in area.

Reiji KOBAYASHI⁽¹⁾, Chuji UEKI⁽²⁾,
Yoshio TSUNADA⁽³⁾ and Yoshitaka UETSUKI⁽⁴⁾

Summary

In this report, three crossing methods were tested in Sugi (*Cryptomeria japonica*) ; crossing using a miniature seed orchard, crossing using cylindrical type scion garden, crossing using potted saplings in greenhouse. These three methods were compared on the efficiency of crossing operation and on the obtained seeds volume causing from the difference in the shape of the saplings.

Dipping treatment of branches with gibberellin 100ppm solution was effective and promoted enough flowers for the crossing project. There was a great difference in response to gibberellin among clones.

In the miniature seed orchard of six-year old saplings, the primary branches, which bore flowers mainly, grew enough for bagging. Fifteen pollination bags would be possible to be set in each mother tree. The average number of female flowers per a bag was 85.1 ± 10.9 , and the average fruit bearing percentage was comparatively high, 65.9%. There was a great difference in this percentage among clones.

For pollen collection, male flower bearing branches were cut and put the end of them into water before anther opened. Using this method, the pollen was able to collect easily. Seed production per a mother tree was estimated at about 60g, which corresponded to 150kg/ha.

In the miniature seed orchard of two-year old saplings, gibberellin treatment also promoted flowers, especially in female flowers. The average number of female flowers per a bag was 55.9, and the average fruit bearing percentage was 65.2%. The seeds were obtained 5.17g per a mother tree, which corresponded to 50kg/ha. The saplings were so small that it was difficult to cut branches for pollen collection.

In cylindrical type scion garden, the gibberellin treatment also promoted flowers on the sprouts, adventitious shoots. The average number of female flowers per a bag was 70.4, and the average fruit bearing percentage was 64.5%. The seeds were obtained about 37g per a mother tree and it was enough for crossing,

In greenhouse, the potted saplings were two-year old. They were not so big but could be promoted flowers and there was a great difference in the number of flowers among clones. Flowering period became earlier in the greenhouse. The branches were too small to be cut for pollen collection. The

(1), (2), (3), (4), San-in Branch, Kansai Forest Tree Breeding Institute

average number of female flowers per a bag was 42.1 and the average fruit bearing percentage was 65.7%. The seeds were obtained 3.79g per a mother tree. It was expected that the seed production would increase according to the growth of the saplings. By this method crossing operation could be done even under bad weather condition. So, this method has the potential for cross breeding in future.