

スギ採種園における種子生産量と苗木生産量の 系統間差異

沢田 隆 司

Differentiation of seed yields and seedling production on plus tree strain in a Seed Orchard of SUGI, *Cryptomeria japonica* D. DON.

Takashi SAWADA

要旨：スギ採種園産種子について、系統別種子生産量、発芽率、種子1000粒重及び、苗木生産効率の違いを検討した。種子生産量は、系統間に著しい差が認められ、系統の特性ではないかと考えられた。発芽率、種子1000粒重には、系統間・系統内個体間・年度間に差が認められ、同一系統内で変異があるところがうかがわれた。次代への各系統の寄与率は、混合種子を用いてまきつけを行なう場合、同量混合にすれば、ある程度一定に近づけることができることがわかった。

I はじめに

富山県のスギ採種園は、1969年に設定され、1975年から種子採取が開始された。そして、1978年採取種子からは、県内種子需用量の100%を育種種子として供給することが可能となり、従来、採種林として位置づけられてきた母樹林に替わって、現在では県内唯一の優良種子採取源として評価を受けつつある。採種園での種子生産が軌道に乗り始めたことは、25年間にわたる林木育種事業の一つの成果であり、又区切りと言うべきものであろう。しかし、種子の供給開始とともに、様々な問題が提起されてきている。その一例として、採種木、特に系統による着果の変異が激しいことや、発芽率の変動巾が大きいたことが上げられる。

現在進められている採種園方式による種子生産方法では、採種園内でランダムに交配が行なわれ、結実の比率が均一であるという条件が前提となっている。しかし、交配がランダムに行なわれていると仮定しても、採種園から生産される種子量は、系統間に差があり、各系統から生産される種子量の比率は一定でない。

本報告では、1977～1979年に行なった種子生産量等の調査結果をもとに、採種園における種子生産量の実態と種子特性を明らかにしようとした。さらに、各系統ごとの苗木生産能力を推定するとともに実際に蒔き付けを行ない、各系統が次代の苗木構成にどのようにかかわっているかについて検討した。

なお、この報告の一部は第28・29回日本林学会中部支部大会で発表した。

本報告にあたり、便宜をいただいた魚津農地林務事務所林政係職員、資料収集に協力いただいた、辻豊正氏、山本豊子氏、栃山静子氏に厚くお礼申し上げます。

II 材料と方法

球果は県営魚津採種園で採取した後、林業試験場に持ち返って測定した。

採種園は、魚津市の南方約6kmに位置し、標高約200m、面積7.0haでその大半は平坦である。積雪は平年で約1.6m～1.8m、積雪期間は12月中旬から3月下旬までの3ヶ月半ほどとなる。採種木は、断幹高2.5m、クローネ巾2mを基準とした円筒型で、3年に1回の結実促進処理を行なっている。

結実促進のためのジベレリン処理は、1974年以来行なっているが、植栽後12年を経過しても自然着果クローンは2クローンのみで種子量も極めてわずかである。そのため、自然着果による種子生産は、現時点で困難と予想されたことから、ジベレリン100ppm水溶液を樹冠全体に散布した。処理時期は、7月下旬とし、1回散布である。

なお、ジベレリンの連年処理は、着果量の減少、球果が非常に小さくなること、又、樹型の乱れが生じ、雪による枝抜け、折損が多くなる結果が認められたため実行していない。そのため、調査木は年次によって同一の採種木を用いたものではない。又、1977年以前は、ジベレリン処理を行なっても着果しないクローンがあり、1980年種子採取分については、断幹高を3.5mとしたため、今回の検討資料から除外した。

採種園構成クローンは25クローン（一部44クローン）であったが、3倍体と認められた¹⁾クローンの存在により、調査対象クローンは24である。3倍体のクローンは小原105号であるが、種子生産はするものの発芽率が0%~3%と極めて低く、花粉の発芽率も低いため採種園から除去した。

球果は10月上、中旬に採取し、採種木1本についている球果すべてを採取した。採種木は各クローン3本~5本とし、採取時に生重量を、風乾後球果数を数えた。種子重量は2mmのふるいを通した後重さを測り、さらに、採種木1本につき100粒の種子を任意に3~4回抽出してその重量を測定した。1球果当り生重量は、総球果生重量を球果総数で除すことにより求めた。又、発芽率は、採種木ごとに抽出した200粒の種子を、23±1℃のインキュベーター内で28日間中に発芽した種子数とした。発芽床はろ紙とシャーレを用い、採種木ごと3回反復とした。有胚率は、発芽検定後に未発芽の種子すべてを押しつぶして、胚が確認された種子数と発芽種子数を加え求めた。

播種は、1979年4月下旬に林業試験場苗畑で行なった。種子は、各系統ごとに混合し、播種量は15g/m²の3回反復とした。管理は通常の方法によったが、間引きは行なわなかった。稚苗は翌年まで据え置きし、1980年4月上旬生存している苗木すべてを掘り取り、大(12cm以上)、中(6cm~12cm)、小(6cm以下)の3段階に分けて本数を数えた。

Ⅲ 結果と考察

1. 採種園の種子生産状況と種子特性

年度別ha当り種子生産量、種子1000粒重、発芽率を図1に示す。ha当り種子生産量は、1975年の26kgから、1980年の120kgと年を追って増加しているが、1977年~1979年はほぼ横ばい状態である。1980年における増加は樹冠が大きくなった結果、採種木1本当りの生産量が増加したためと考えられる。

種子1000粒重は、1978年をピークに1980年では下降していることから、ha当り120kgの種子生産量では、着果

量が多すぎるためか種子が軽くなる傾向が認められた。ちなみに、母樹林で採取した種子1000粒重は2.3g~2.5gの値を示しており、採種園産種子がやや小さいことがうかがえる。

発芽率は年度によって14%~30%と、かなりの変動があり、発芽率の高い年と低い年が交互に認められる。この変動は、県内天然林で豊凶年とよく一致し、天然林が豊作の年は、発芽率も高くなるといった傾向が観察された。種子1000粒重は母樹林より劣るものの、発芽率については採種園産種子のほうが良好であった。

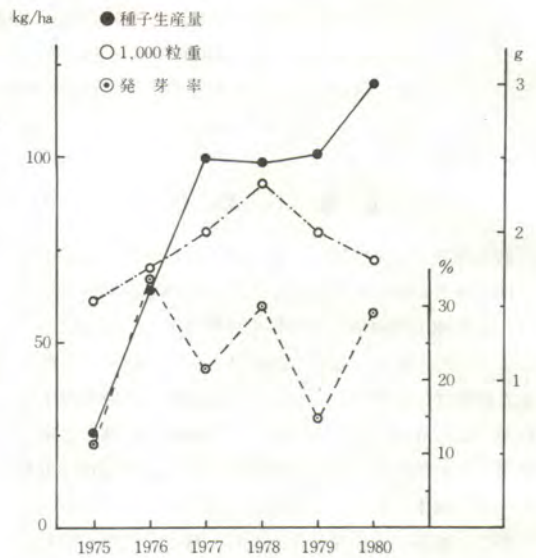


図-1 年度別測定結果

2. 測定値間の関係

1977年~1979年における、採種木1本当りの平均値を各項目別に表-1に示す。また、種子生産量、種子1000粒重、発芽率の年度別頻度分布を図-2に示す。これらの項目について、年度間および系統間差の有意性を検定した結果、系統間についてはいずれも1%水準で有意差が認められたが、年度間については、種子生産量が有意ではなかった。

表-1 採種木1本当りの平均値

年度	球果生産量 (g)	球果重量 (g)	種子重量 (g)	1,000粒重 (g)	発芽数 (粒)	有胚種子数 (粒)	球果数 (個)	1個当り生球果重 (g)
1977	1,941	648.3	144.4	2.049	47	56	2,052	1.042
1978	1,775	573.3	131.0	2.322	61	76	2,049	0.9115
1979	2,123	709.5	141.6	1.991	35	48	2,139	0.995

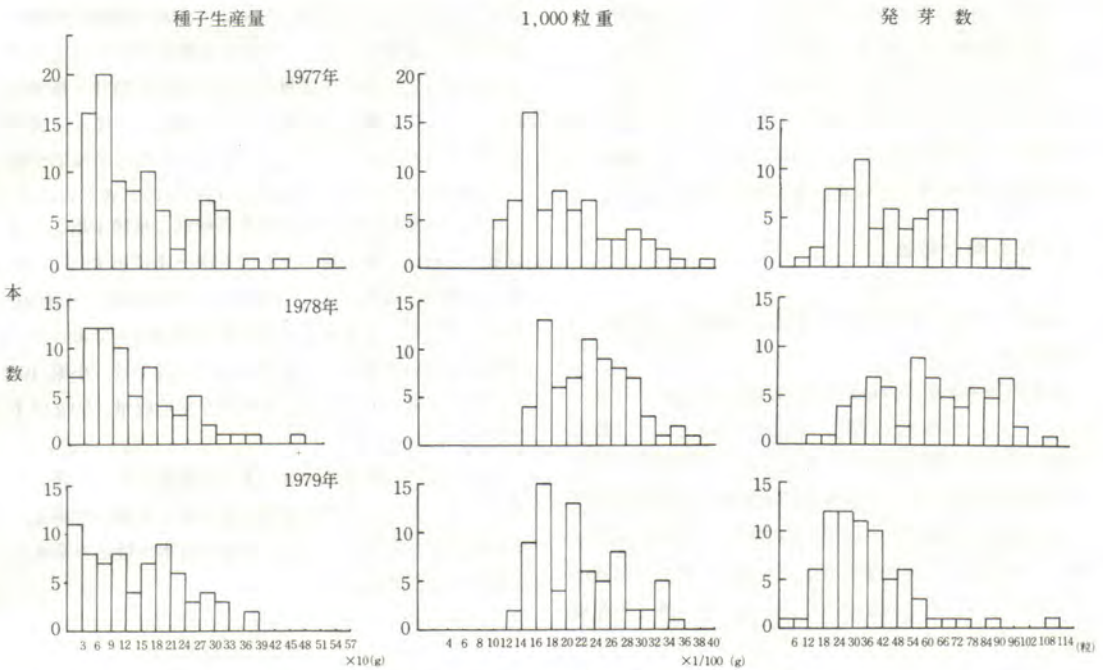


図-2 種子生産量, 1,000粒重, 発芽数の頻度分布

1977年と1978年について測定値間の相関係数を求め、その結果を表-2に示す。これらの関係のうち相関係数の高い項目について回帰式を求めてみた。

球果生重量と種子重量には、

$$Y = 0.062x + 23.8 \dots\dots\dots 1977年$$

$$Y = 0.062x + 20.8 \dots\dots\dots 1978年$$

球果数と種子重量には、

$$Y = 0.05x + 32.3 \dots\dots\dots 1977年$$

$$Y = 0.05x + 29.1 \dots\dots\dots 1978年$$

表-2 各測定値間の相関係数

球果重量	'77	0.941 ^{**}					
	'78	0.947 ^{**}					
種子重量	'77	0.915 ^{**}	0.896 ^{**}				
	'78	0.885 ^{**}	0.811 ^{**}				
球果数	'77	0.922 ^{**}	0.91 ^{**}	0.894 ^{**}			
	'78	0.727 ^{**}	0.748 ^{**}	0.763 ^{**}			
発芽数	'77	-0.159	-0.193	-0.198	-0.242		
	'78	0.124	0.108	0.122	-0.049		
1000粒重	'77	-0.121	-0.15	-0.086	-0.268	0.316 ^{**}	
	'78	0.028	-0.047	0.164	-0.274	0.497 ^{**}	
1個当り生球果重	'77	-0.016	-0.055	-0.032	-0.248	0.305 ^{**}	0.728 ^{**}
	'78	0.19	0.112	0.199	-0.205	0.446 ^{**}	0.776 ^{**}
測定項目	年度	球果生重量	球果重量	種子重量	球果数	発芽数	1,000粒重

*危険率0.01で有意

の単回帰式が得られ、球果生重・球果数と種子重量については、毎年一定の傾向があるものと考えられる。このことは、採種園内において、着果数・球果生重量を測定することによって、その年における種子生産量のある程度予測することが可能と思われる。

次に、1球果当り生重と種子1000粒重には、

$$Y = 0.123x + 0.08 \dots\dots\dots 1977年$$

$$Y = 0.145x + 0.1 \dots\dots\dots 1978年$$

の回帰式が得られ、両年も正の相関関係にあり、回帰系数も有意なことから、種子1000粒重を重くするためには、1球果当り重量を重くするような管理方法を考える必要がある。

しかし、後述するように、種子1000粒重については系統の特性という場合もあり、すべての系統について言えるのかどうかはいまのところははっきりしない。

種子1000粒重と発芽数には、統計的に有意な相関係数が得られたが、1976年のように、発芽率が全体に良好なときには $R = 0.144$ と低い相関係数が求められ、重い種子が必ずしも高い発芽率を示すとは限らない。ただ、毎年種子生産量が多い系統が、何らかの原因により着果量の極端な減少の結果、種子1000粒重が重くなった場合には高発芽率を示すことを観察している。

有胚種子と発芽種子との関係は以下の様であった。

$Y=0.94x-5.5$ ($R=0.962$)1977年

$Y=0.82x-1.8$ ($R=0.893$)1978年

$Y=0.85x-5.7$ ($R=0.923$)1979年

有胚種子と発芽種子はどの年度においても高い相関関係が認められたが、1977年と1979年にそれぞれ1系統ずつ、有胚種子と発芽種子が極端に違う場合が認められた。

3. 各系統の特性

(1) 種子生産量

採種木1本当りの種子生産量の平均値を、系統別、年次別に図-3に示す。

系統別種子生産量の範囲は、1977年 30.1g~378g、1978年 30g~275g、1979年 16g~293gとなり、最大と最小の種子生産量を示す系統間には、約10倍から20倍の高い値が認められた。各年度の系統間と系統内変異について有意性を検定した結果、1977年、1979年が1%水準で、1978年が5%水準で有意差が認められたが系統内では有意差は認められなかった。また、特に種子生産量

の多い系統と少ない系統については、毎年同様の傾向が認められ、年度間についての差も比較的小さいことを考え合わせると、種子生産量の多少は系統の特性と推測される。さらに、種子生産量の多い系統については、自然着果が見られることから、ジベレリンに対して反応が高い系統ほど着果しやすい形質を持つものと考えられる。

次に、3年間の種子生産量を系統別に単純平均し、多収量の系統から順に並べたものを図-4に示す。この結果、多収量の系統には、上市3号、小原504号、小原502号が上げられ、1本当り平均収量は200g以上であった。収量の少ない系統は、小原112号、早月1号、小原102号、高岡1号があげられ、1本当り平均収量は50g以下であった。

このように、種子生産量の多少が系統によって著しく異なることから、苗木生産用に混合種子を用いた場合、その割合が一定でなく、生産される苗木が特定の系統に片寄ることが考えられる。

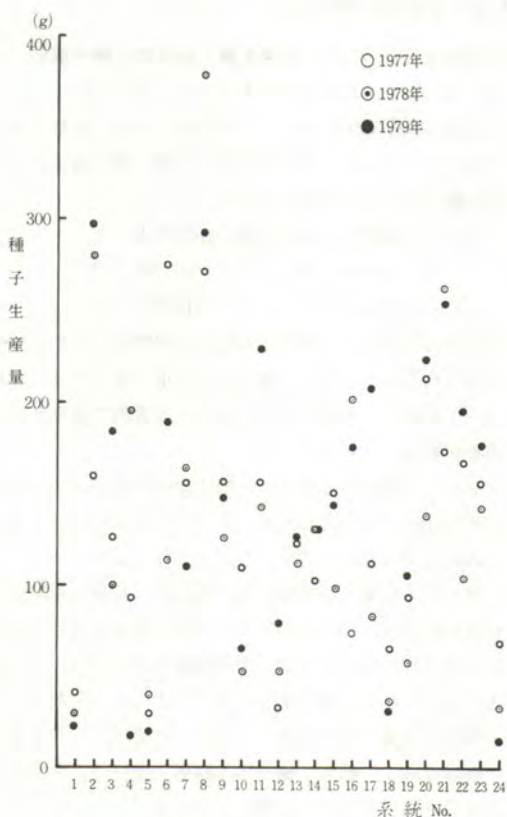


図-3 系統別1本当り平均種子生産量(年度別)

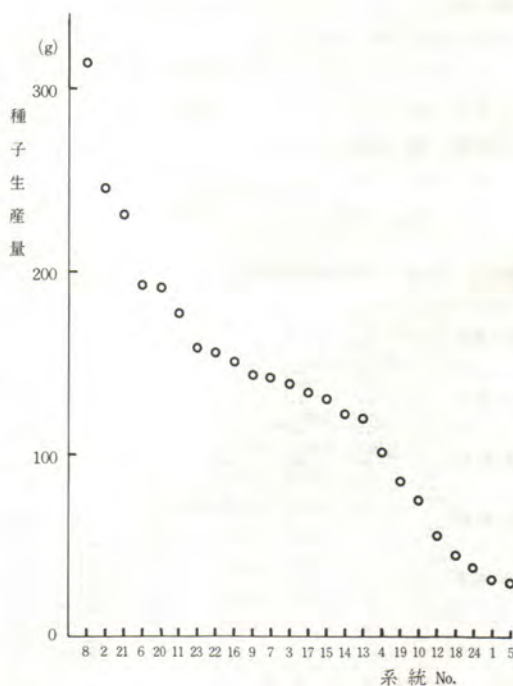


図-4 系統別1本当り平均種子生産量(3ヶ年の平均)

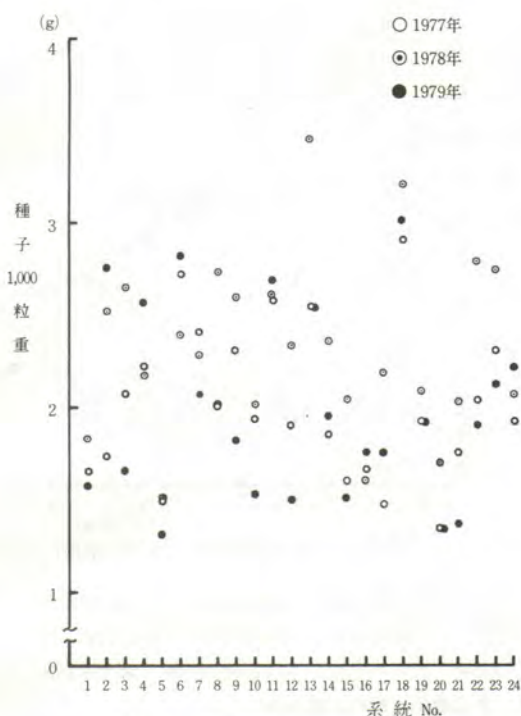


図-5 系統別種子1,000粒重(平均値)

(2) 種子1000粒重

種子1000粒重の平均値を系統別・年次別に図-5に示す。

最も重い系統と最も軽い系統は、1977年1.473g~2.902g、1978年1.511g~3.4525g、1979年1.3155g~3.012gで、軽い系統の種子は重い系統の種子に比べ約半分という結果であった。又、系統の平均値差間について各年度ごとに有意性を検定した結果、それぞれ1%水準で有意性が認められた。

次に、種子100粒重を各系統内の各個体から採取して系統間と系統内個体について有意性を検定した結果、各年度とも、系統、系統内個体に1%水準で有意差が認められた。このうち、系統内個体にばらつきの少ない系統は、小原102号、上市3号、高岡1号、小原109号等が、ばらつきの大きい系統は小原101号、小原502号、小原114号、小原504号、小原111号があげられる。このように、採種木によって種子1000粒重に差があることと、種子生産量・球果数に系統内変異が統計的に有意差がないことについては、それぞれの栄養状態によるものと思われるが、そのほかにも、たとえば花粉の影響などが考えられるため今後の資料の収集をまって検討したい。

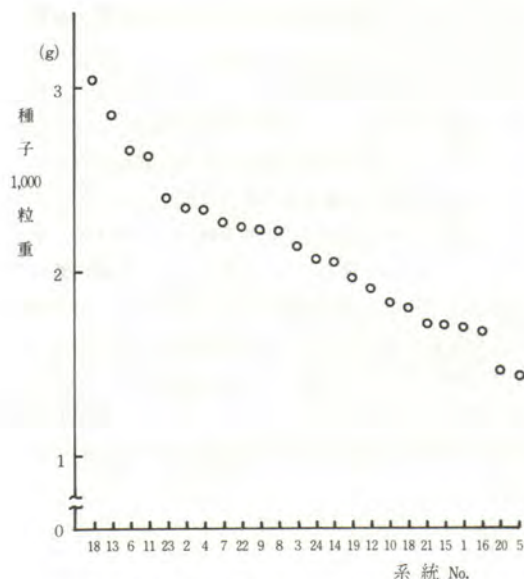


図-6 系統別種子1,000粒重(3ヶ年の平均)

3年間の種子1000粒重を単純平均し、系統別に図-6に示す。平均2.5g以上を示す系統に小原112号、小原114号、城端1号、大山1号、平均1.6g以下には小原104号、高岡1号があげられる。このうち、平均値が小さい系統については、毎年その傾向を示すことから、系統の特性と考えられる。

又、一般に種子が重いほど初期の生長が良いと言われるが、蒔きつけ直後(発芽後2ヵ月間)にその影響が認められる程度で、1生長期の終わりにはほとんど差がなくなってしまうことから、採種園産種子については種子精選時に通常の選別がなされていれば、十分実用に耐えうると思われる。

(3) 発芽率

系統別・年次別の発芽率を図-7に示す。

系統別の最高と最低の発芽率は、1977年10.7%~33%、1978年16%~46.5%、1979年6.4%~49.4%となり、系統の平均値差間について有意性を検定した結果、1%水準で有意差が認められた。

次に、系統間と系統内個体について有意性を検定した結果、系統・系統内個体に1%水準で有意差が認められ、同一系統内であっても、個々の採種木によって発芽率が異なっていることが推測される。発芽粒数と充実粒数との関係は前にも述べたが、充実粒が多くなることは、交配がうまくいっていることにつながると考えるならば、

採種木個々によつての発芽率の差は、自殖、あるいは花粉がかからない場合が想定される。花粉の飛散、雌花の開花時期についての資料は少ないが、早い時期に花粉を飛散させる系統（雌花は開いていない状態）、雄花は着生するが花粉を飛散しない系統、花粉の飛散のピークをかなり過ぎてから雌花を開花させる系統が観察されている。

3年間の発芽率の単純平均値を系統別に図-8に示す。平均値30%以上の発芽率を示す系統は、上市1号、小原112号、小原504号、早月17号、小原101号、平均値18%以下の系統は、小原108号、高岡1号、小原109号、小原102号、小原502号であった。発芽率の低い系統については全体に発芽率の低い年度において、10%以下に発芽率の低下する場合が認められ、これについては、種子生産量が多くても次代に寄与する割合が低下するものと考えられる。

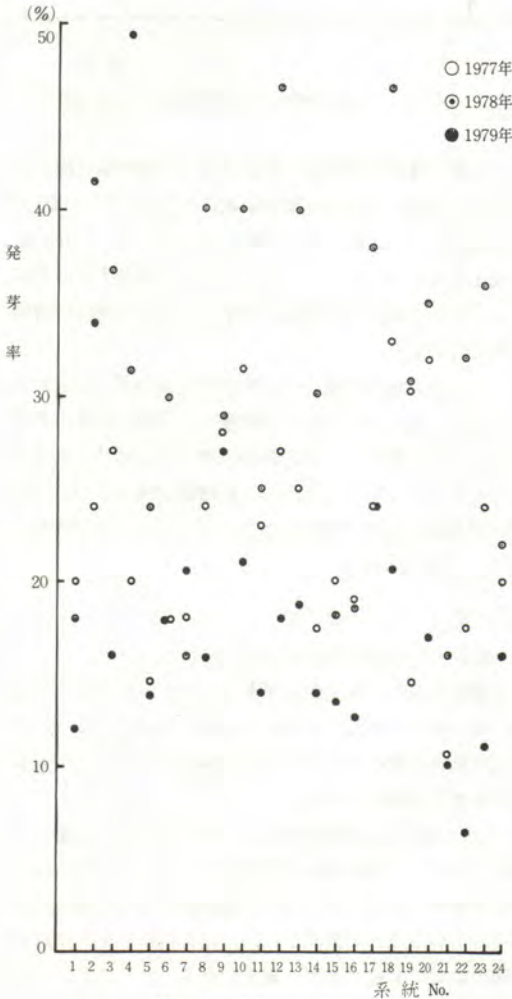


図-7 系統別平均発芽率

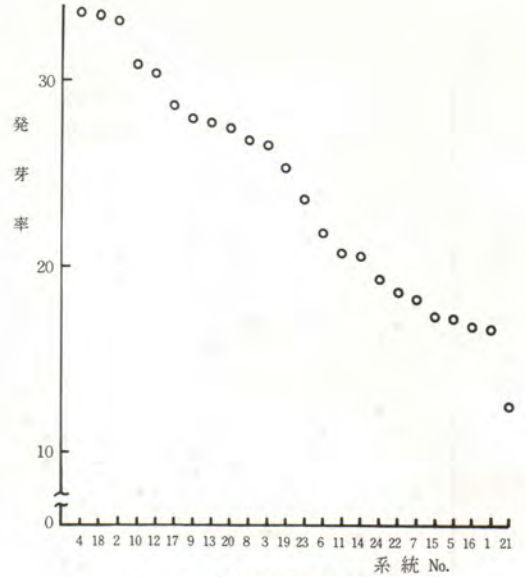


図-8 系統別発芽率(3ヶ年の平均)

小原502号、高岡1号、小原102号については毎年発芽率が低く、各年度について順位をつけてみると最下位に近いため、これらについては系統の特性と考えられる。

4. 各系統の次代への寄与率

各系統の推定苗木生産量を、採種木1本当り種子重量(g)×1g当り種子粒数×発芽率で求め、総生産本数に対する割合を生産効率として、系統別・年度別に図-9に示す。

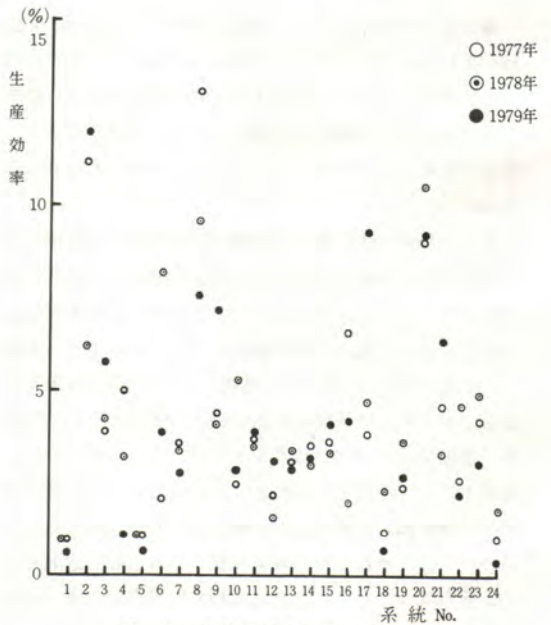


図-9 系統別平均生産効率(推定値)

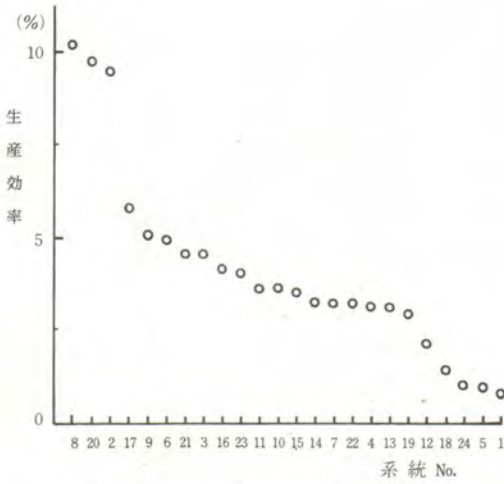


図-10 系統別平均生産効率（3ヶ年の平均）

又、3年間の平均生産効率を図-10に示す。生産効率の高い系統は、上市3号、小原114号、小原504号、小原111号、低い系統は小原102号、高岡1号、早月1号、小原112号であった。これは、前述した種子生産量の多少と同様の傾向にあり、各系統によって生産される苗木本数は一定の比率を示すのではなく、生産効率で見た場合、次代への寄与率は系統によって大きく異なる結果となった。さらに、この寄与率を用いて各系統の苗木生産割合を推定すると、種子生産量の多い、上位数系統によって50%以上が占有される結果となった。

しかし、実際の育苗においては、病虫害、気象害、その他の要因によって得苗率に差があると考えられ、推定本数がそのまま各系統の寄与率を表現しているかは疑問である。

そのため、実際の寄与率を検討するために播種試験を行なった。蒔き付け量は、各系統ごとに算出すべきであるが、系統別に種子の調整を行なうには労力がかかることと、発芽検定にも手間がかかることから、各系統とも同量とした。

同量蒔き付けによる稚苗生産割合を、系統別に図-11に示す。平均得苗本数は、888本/㎡(586本~1,544本)で、このうち規格内平均得苗本数は、417本/㎡(266本~622本)で、得苗本数の47%が規格内本数であった。分散分析の結果、得苗本数は1%水準で有意であったが、規格内得苗数については有意でなかった。しかし、F値は5%水準に近い値であった。

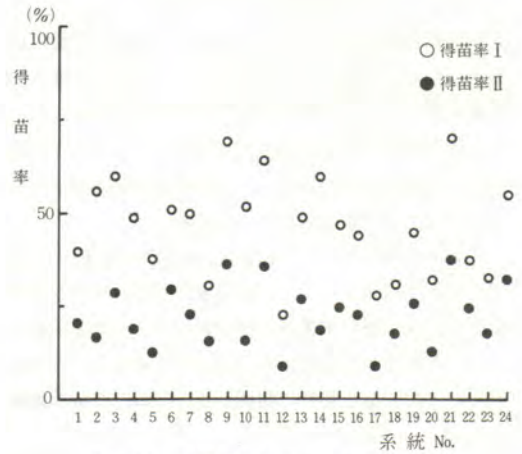


図-11 同量蒔き付けによる得苗率

得苗率 I 総得苗数 / 推定本数

得苗率 II 規格苗数 / 推定本数

次に、各系統別の得苗数 / 総得苗数、規格内得苗数 / 総規格内得苗数を実際の寄与率として図-12に示す。この結果、推定本数による寄与率と、同量まきつけした場合の寄与率にはかなりの差が認められ、各系統の寄与率を一定に近づけるためには、各系統同量混合による種子量の調整の必要性が示唆される。

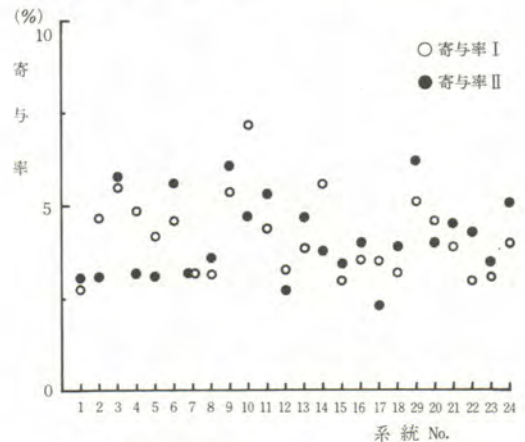


図-12 同量蒔き付けによる寄与率

寄与率 I 系統別得苗数 / 総得苗数

寄与率 II 系統別規格苗数 / 総規格苗数

又、同量まきつけした場合の推定本数に対する規格内本数割合は、平均20.9%(8.7%~37.8%)となり、歩止まりの悪い系統が認められる。

Ⅳ おわりに

スギ採種園において、種子生産量、発芽率、種子1000粒重について系統別に差が認められ、発芽率、種子1000粒重に関しては、系統内変異もあることがわかった。また、苗木生産効率が系統によって異なることから、次代への寄与率に差があったが、各系統同量混合種子をまきつけば、その差が少なくなると考えた。

これらの特性について系統別に検討した結果、小原102号、高岡1号については、採種木の適性に欠けると判断される。又、発芽率等が系統内個体によって差があることは、花粉管理等に起因すると考えられるが、その解析については十分な資料の蓄積がないため、今後の課題としたい。

1979年にまきつけた種子より得られた苗木は、系統別に苗畑で3年間生育調査を行なったのち、1981年10月に試験地を設定し植栽することにしており、生長、その他の特性についてはあらためて報告する予定である。

引用文献

- 1) 森節子・岡田幸郎・古田喜彦：立山スギ小原5号の細胞学的研究，日林講91，219～220pp.，1980.