

スギの選抜育種に関する研究

(第1報) 芦生演習林におけるスギ優良木と その次代幼樹(さし木)についての2, 3の考察

佐々木 功
内村 悦三
鬼石 長作

Studies on breeding by selection of Sugi

(= *Cryptomeria japonica* D. Don)-plus tree

(I) Sugi-plus trees in Ashiu Forest of Kyoto University
and some aspects on their young tree of the 1st generation by cutting.

Isao SASAKI, Etsuzo UCHIMURA, Chosaku ONIISHI

目 次

I はしがき.....	293	IV 優良木母樹ならびにその次代幼樹の針葉形態 について.....	304
II スギ優良木の選定について.....	294	i) 実験方法.....	305
i) 優良木の選出基準.....	294	ii) 実験結果.....	305
ii) 踏査された地域と選出地の概況.....	295	iii) 考 察.....	306
iii) 選出木に対する検定結果.....	297	V 総 括.....	307
iv) 選定優良木についての考察.....	298	文 献.....	308
III 次代幼樹に関する2, 3の考察.....	299	Summary.....	309
i) 試料および調査方法.....	299		
ii) 調査結果および考察.....	300		

I は し が き

近時、芦生演習林では林業機械の導入によつて作業能率の向上がなされ、天然生スギ林の定量的な伐採がおこなわれている。従来より部分的には天然林の伐採跡地に積極的な造林が実行せられて、かなりの成果をあげたところもみうけられるが、小面積のために今日ではすでに造林地としての十分な生育が認められないところも見出されている。

これは当時、林内のほとんどが原生林であり、保育の面で満足な作業をなしえなかつたことに原因があると考えられるが、その他に芦生演習林の特徴として冬期の積雪と裏日本の気候的な影響を強くうけ、しかも地形や環境の差異が林木の生育、ことに天然生の伏条スギ林の構造を非常に複雑なものとしており、たとえアシウスギからの実生苗であつても造林にあたつてこのような局所的立地に適した苗木をよく吟味しえなかつたことによるとも推察される。もつとも伐採跡地にたいする従来の更新方法は主として天然生スギを用いた伏条更新による所が多く、したがつて後継稚樹の育成が重要な課

題とされていた。だが、伏条更新による次代林分の造成には被圧されていた稚樹が林分状態をなすまでに相当の日数を必要とし、すべての伐採跡地にこのような方法で更新を実施するのは今日必ずしも得策とは思われない。何故ならば、一部の林地で直挿造林を試験的におこなったところ、ある程度の期待をもてる結果が得られたので、場所によってはさし木による造林を実行するのも良いのではないかと考えられたからである。

いずれにしても今後、集約な保育を行いながら生産性の高いスギ林分を導くことが大切で、そのためにはこの地域を郷土とする天然生のスギ林中より、遺伝的にすぐれていると思われる優良母樹を選抜し、これからさし穂をとり、さし木苗を養成し、増殖するのが最もよいと思われる。こうした観点にたつて精英樹による選抜育種が盛んとなつた1953年に芦生演習林で個体選抜を行つた。しかし、当時はこの種の問題に対して、今日我々が得られる程の基礎資料もなく、いろいろ批判されるべき点も見出される。すなわち、選抜された林木が必ずしも精英樹もしくは精英樹候補木と云うには不都合な部分があり、したがつて、これをスギの優良木と改めたのもその一例である。ともかく、育林用の苗木を増殖するための母樹としての価値を認めるには選抜木と次代幼樹の特徴を見出し、あわせて、立地との関係も吟味しなければならない。このためには各種の次代検定を必要とするが、それには十分な面積と²²⁾いろいろな地位のところで実行すべきもので永年にわたるものが多い。しかしながら、Lindquist²²⁾は調査される諸性質のうちで、あるものは遺伝性が早い時期、すなわち、胸高直径8 cm以下の子孫の上にみられることを指摘している。したがつて、ここでは天然林内より選抜された優良母樹についての検定結果と次代検定の一部として、次代幼樹の生長経過および相互の外部形態についての考察を加えた。

なお、優良木の選出基準の確立と選出、ならびに検定は故中山によるものであり、¹⁴⁾その後の計画は全くなされていなかったが、今春、これら優良母樹からの次代幼樹を採穂用台木とするために台木仕立を行うことにした。このため、現在までの経過を第1報としてここに報告する。

本報告の調査ならびにとりまとめにあつて御教示をうけた上田弘一郎教授、四手井綱英教授、柴田信男助教授、現北海道演習林長中江篤記助教授をはじめ、調査にあつて御協力を得た当演習林の石原寛一、柴田正善、登尾久嗣の諸氏に対して厚く御礼申上げる。

Ⅱ スギ優良木の選定について

i) 優良木の選出基準

優良木（一般にいわれている精英樹の意味で）として選出される林木の基準についてはいろいろのべられているが大局的には優秀さの程度をどこに置くかにある。すなわち、同一環境の下で生育している場合、他のものよりも飛びぬけて樹高もしくは胸高直径がすぐれたものを選出の目標とするか、あるいは特殊環境に適応性があるもの、たとえば耐寒性、耐風性、耐蔭性、耐病虫害性などのどこに重点を置くかが関係してくる。

芦生演習林における優良木の選出にあつてはその基準を次のように定めた。すなわち、前提条件として、選出された優良木は将来播種もしくはさし木によつて増殖を行わねばならないが、優良木は比較的結実しにくく、また実生による場合はおのおの遺伝型が異なる。この点無性繁殖による場合はその母樹の形質をそのまま遺伝させる可能性が大きいという利点をもっているので採穂のできる、比較的老年でないものを選抜することとした。しかしながら林内状況が天然林であるため樹令の決定は推定によるしか方法がなかつた。このような定められた条件のもとで、第1回の選出基準を林分中で林冠の上層をしめ、かつ周囲の比較木よりも樹高成長がきわめてよく、樹冠中の小さい円錐形の樹冠

型をしたものを選出することとし、他の性質たとえば発根性、耐寒性、耐雪性などについては次回の選出基準とした。つぎに各地域ごとの選出木について立地条件を同一とみなしうる範囲で周囲木との間につぎの検定をおこなった。

1. 樹高に関する検定

樹高については周囲木との間でトンプソンの棄却検定法を適用して、

- a) 選出木が遺伝的であるといつてよいもの
- b) 選出木が遺伝的にすぐれている確率のきわめて高いもの
- c) 選出木が遺伝的にすぐれていると考えるには5%の危険のあるものにわけた。

2. 枝張度に関する検定

最大樹冠巾と胸高直径との比を求め、これを枝張度として、

- a) 枝張度が平均よりもはるかに小さいもの
- b) 枝張度が平均よりもやや小さいもの
- c) 枝張度が平均よりもやや大きいものにわけた。

3. 最大樹冠巾と樹高との比を求め、

- a) この比が平均より小さいもの
- b) この比が平均よりわずかに大きいもの
- c) この比が平均よりやや大きいものにわけた。

ii) 踏査された地域と選出地の概況

優良木選出にあつての踏査は1953年7月に長治谷作業所を基点としておもに尾根、稜線の歩道ぞいに①長治谷—サワ谷—上谷、②枕谷—下谷—池ノ谷—ケヤキ坂を結ぶ下谷を中心とした南北両斜面、③中山—八畠山—傘峠—ブナノキ峠—ケヤキ坂を結ぶ芦生演習林の中央山塊を中心とする尾根すじを含めた南北両斜面、および④長治谷—中山—七瀬—赤崎—事務所にいたる由良川沿いのコースから望まれる地域のスギ林についておこなった。これらの概略を第1図(B)で示した。

踏査の結果、下谷を中心とした地域から5ヶ所、サワ谷稜線部、野田谷—ケル迫間の尾根、七瀬西尾根稜線部などに優良と思われるスギが見出された。しかし下谷附近のものを除けば選出の前提条件を満たさなかつたり、周囲木との比較が同じ条件でとれなかつたりしたためここではそれらを省略し下谷を中心とした5地域の概略を下記に示した。

- 1号地：16林班の池ノ谷歩道沿い、傾斜 35° の東斜面で尾根に近いところ。
- 2号地：14林班の二ノ谷、三ノ谷中間の傾斜 30° の北斜面で稜線下部。
- 3号地：16林班で2号地の下谷対岸、傾斜 40° の南斜面で稜線下部。
- 4号地：14林班の鳥越谷稜線下部で、傾斜 38° の北斜面のところ。
- 5号地：20林班、枕谷、山ノ神社社前の平坦地。

である。これらの位置図を第1図(A)で示した。

芦生演習林の土壌については、かなりくわしく報告されているが²⁹⁾優良木の選出された地域における土壌調査の結果はつぎのようであつた。すなわち3号地附近(S 35° E)における土壌層断面は

L層：1~1.5cm スギ、ブナの落葉

F-H層：2~5cm

A₁層：0~6cm 黒褐色で27.8%の礫を含み、粘性はやや強い。

A₂層：6~15cm 茶色味をおびた黒褐色で25.0%の礫を含む。

Fig. 1 The map of Ashiu Forest of Kyoto University

(A) Location map of Sugi-plus tree



B₁層: 15~42cm 褐色

B₂層: 42~85cm 茶褐色 B層における礫44.3%で硬度はやや軟から硬に漸変している。

C層: 85cm~ 粘板岩, 角岩, 砂岩, 頁岩などよりなる。

根系は側根がA層に, また細根をB₁層までかなりみうけるがB₂層では少ない。通気, 透水性は良く, 土性CLをしめすB_E型土壤である。

また4号地附近(S 32°E)における土壤層断面では

L層: 4~5cm スギ落葉

F-H層: 0~4cm

A₁層: 0~5cm 黒褐色で3.5%の礫を含む。

A₂層: 5~11cm 黒褐色で32.2%の礫を含む。

B₁層: 11~41cm 褐色。

B₂層: 41~86cm 黄褐色 B層では39.2%の礫を含み, 粘性はやや強である。

C層: 86cm~ 母岩は3号地附近と同様である。

根系は3号地附近における結果よりも多く, B₂層でもかなりみられた。硬度はやや軟から中を示し, 土性CLのB_E型土壤で通気, 透水性はこの場所でも良好であつた。植生は大体において似ているが代表的なものとしてリョウブ, クロモジ, イヌツゲ, ヒメアオキ, イヌシデがみられた。また林相はいずれも天然生スギ林であるが, 5号地のみは1878年に造林された小林分である。

iii) 選出木に対する検定結果

選出された小団地内の優良木をその周囲木との間で樹高についての検定をおこなった。その結果踏査によつて選抜されたものの中から2, 3の候補木が棄却された。たとえば、サワ谷稜線の場合は周囲木の調査範囲をやや拡げると必ずしも樹高成長が最高でなく、反面立地条件の等しい面積を厳密にするならば比較本数が少数となるために検定結果に信頼性が少なくなり、優良木とみなすことができなかった。したがつてここでは検定されたものについての結果をのべるにとどめる。

1, 樹高に関する検定

樹高に関する検定の結果を第1表に示した。

Table 1. Test results of tree height.

No. of tree	Factor	Height	$\bar{X}$	F_0	$F_{0.05}$	Number
1		27.50 ^m	21.21	5.10	4.45	19
2		23.50	20.08	3.53	4.96	12
3		26.00	19.33	4.59	5.59	9
4		21.50	17.20	1.44	5.12	11
5		32.00	27.04	8.04	5.12	11

選出された優良木と周囲木との間で棄却検定をおこなった結果1%以下の危険率で棄却されるものをもつて遺伝的であるとするならば、これらの中には見出されないことになる。しかし2.5%~1%の間に危険率があり、遺伝的に優れていることがきわめて高いといえるものに5号木がある。これについて5%で危険率のある遺伝的にやや優れていると考えられるものに1号木が認められた。その他の2~4号木は遺伝的に優れていると考えるには5%の危険があるとみられる。

2, 枝張度に関する検定

最大樹冠巾(MCW)と胸高直径(D)との比は枝張度または枝張率と呼ばれているが、各優良木のMCW/Dとその周囲木のMCW/D平均とを比較すれば5号木では周囲木を含めたMCW/Dの平均11.9に対して5号木のみのMCW/Dは7.9となり平均値よりも遙かに小さく、胸高直径に対して最大樹冠巾が小さいことがわかる。つぎに2号木については周囲木を含めた平均値は13.1となり、2号木のみのMCW/D 14.1より小さく、枝張りの大きさの割に胸高直径が小さいとみなすことができる。また1, 3, 4号木はそれぞれ周囲木を含めたMCW/D平均が14.2, 15.3, 14.5で第2表に示されている値よりもやや小さいことがわかる。したがつて枝張りの小さな割に直径成長の大きいものが望ましいとするならば5号木がもつとも優れているといえる。そしてこれについて優れたものとしては1, 3, 4号木をあげることができる。しかし2号木のみはこの検定では優れているということができない。

Table 2. Test results of space ratio, form ratio and Maximum Crown Width-Height ratio

No. of tree	Item	Diameter breast high	Maximum Crown Width	MCW/D (Space ratio)	MCW/H	H/D (Form ratio)
1		55.3 ^{cm}	7.40 ^m	13.4	0.27	49.73
2		51.0	7.20	14.1	0.31	46.08
3		48.3	6.50	13.4	0.25	53.83
4		45.1	6.30	13.9	0.29	47.67
5		64.5	5.10	7.9	0.16	49.61

3, 最大樹冠巾 (MCW) と樹高 (H) の比に関する検定

枝張度に対して枝張りの程度を樹高との比から調べてみた。すなわち, MCW/H が周囲木を含めた平均より小さいものは3号木および5号木である。この2者については, 5号木の場合平均値と優良木の間に差が認められ, 樹高の大きい割に枝張りが小さい点でもつとも優れている。つぎに平均値とほとんど等しいものとして4号木があげられる。しかし1号木や2号木では平均値よりもやや大きい結果を示しており, 樹高の大きさの割に枝張りが大きいといえる。ただ5号木以外は天然林内での優勢木であり, 周囲木との MCW/H 平均よりも枝を張る傾向が強いともみられ, したがってこの程度の違いならば何れも棄却すべきほどでないと考えられる。

4, 形状に関する検定

ここでは形状比として樹高と胸高直径の比をその周囲木との相違と比較してみた。この両者の関係は林木の完満さを示すものであるが, 全ての選出木はその樹高が周囲木の形状比よりも小さく, 完満性に欠けるように思えるが, これはむしろ, 選出木とその周囲木の肥大成長の割合がそれぞれの樹高成長の割合を上廻るものであつたことによると考えるのが妥当のようである。形状比が小さいことは肥大成長のともなわない場合にも起りうることであつて, 完満さの程度を知るための因子として参考にすることはこのような場合には必ずしも適当でないようである。これについては後述する。

5, 選定木の樹高に対する検訂

以上でのべたように優良木の検定をおこなつた後に, 日下部が¹⁸⁾ 精英樹選抜について当該樹種の次位の樹木5本をえらびその平均値に対して樹高ならば1.3倍, 胸高直径ならば1.5倍あれば, 当該樹種を精英樹として取扱う資格があるとのべている。そこで, この点について選定木に検討を試み, 選抜個体に対する検訂をおこなつてみた。その結果は第3表に示された通りである。

Table 3. The revisional results of tree height

No. of tree	Item	Height of plus tree	Mean height of next five trees	Height/Mean height
1		27.50 ^m	24.60 ^m	1.12
2		23.50	21.50	1.08
3		26.00	20.40	1.23
4		21.50	18.40	1.16
5		32.00	27.70	1.16

すなわち, 選定木と周囲木5本の平均樹高の比はいずれも日下部が示した経験的な基準に達しないものであつたが3号木は比較的その値に近く, 4, 5号木はこれにつぐものといえる。しかし, 他のものはこの種の関係では期待されないものであつた。

なお, つけ加えるならば日下部のいう胸高直径での同様な比較は本優良木の選定目標からはずされていることでもあり, 検訂を行つても無意味と思われるので省略した。

iv) 選定優良木についての考察

芦生演習林のスギ優良木を選抜するにあつて踏査がおこなわれた地域は当演習林内のほぼ中央部であり, 総面積より考えると限られた部分でしかなく, しかも歩道より遠望のきく範囲であるため, かならずしも演習林内の天然生スギ林全体を通じてつともすぐれたものが選びだされたとはいえない。しかしながら踏査ならびに検定を加えたところ, 残された優良木が第1図でみられたように比較的接近した地域から選ばれていることである。これはこの地域に見出される天然生スギ林が柴田の³³⁾ いうように, 古くから撫育され純林に近い状態を示していたことによるものと思われるが, それ以外に

この地域から北西にかけて優良な天然林がかなりみうけられるので立地との関係もあるのではないかと考えられる。したがって、今後はさらにこの方面の調査を行う必要があろう。

さて、選びだされた5本の優良木のうち、造林木である5号木以外はすべて天然生のスギであり、選抜するにあたって厳密にはどの木がもつとも優れた樹高成長をしているかは異令であるだけに判然としないものがある。したがってここでは形状比をあわせて検定してみたが、その結果は周囲木の形状比が選定木よりも大きくなった。しかしこれは肥大成長にも問題があるように思える。何故ならば、優良木を選定した後に伐採された隣接木からの伐根調査によつて樹令と根元周囲との関係をしらべたところつぎのような結果をえた。すなわち、1号地で1958年に調査したところ 220~260 cm の根元周囲を有するスギの樹令はおおよそ 178 年前後であつたが、あるものでは樹令 127 年でも根元周囲で 244 cm のものを見出すことができた。また 1959 年におこなつた 2 号地および 3 号地の伐根調査の結果では 140~165 年生で 200~250 cm の根元周囲を示すものが多かつたが、なかには 20 年以上の樹令で 210 cm しか根元周囲のないものがみうけられた。

このように天然林では一般に樹令と肥大成長との関係が認めにくいので、肥大成長が樹高に対してよくても選抜する場合は樹高成長に対する棄却検定を強くすることによつて精英樹とみなすことができるように思う。このような理由では芦生演習林における選定木は既にのべたように優良木というのが妥当と思われる。

佐藤²⁵⁾は天然林では成長と形質を同時にとりだすことが不可能であつて、形質を第一とし成長を第二とすべきである旨をのべている。しかし形質を第一とした場合、何をその基準とするかに問題が残されるように思う。たとえば精英樹の条件として重視されるものに枝張りがある。これは枝張りの小さいことが造林にあつて立木密度を大とし、また樹形が良くなることによるのかも知れないが天然林では立木状態が均斉でなく、異令でもあり、したがって個性的でないとも考えられる。立木密度が大となり、隣接木との間でせりあいが激しいような立地では個性的なものを失ない、枝張りの大小を果してどの程度までその林木が現わしているか明らかにしたいようである。このような点から優良木のうち、天然生のものではいずれも期待される結果ではなかつたが、5号木は枝張度がきわめて小さかつた。しかしこれは生育地の状況を考えれば過去において枝打ちなどの手入れがなされているかも知れない。その他の事項では3号木のみにクローネの偏倚がみられ、樹皮もあらかつた。

四手井³¹⁾は天然生スギ林の優良品種選抜にあつて、数段階に分けた選抜をおこない目的にあつたものをその中から選びだすようにすべきだといつている。このことは次代検定により十分に確めるようにすべきだと思う。

Ⅲ 次代幼樹に関する 2, 3 の考察

天然生スギ林より優良木を選びだすための基準として樹高をとりあげた場合、樹令を整えて樹高成長の比較をすることが行いがたく、したがつて優れているという意味が現実にはごく限られた範囲のものでしかない。このためには同一条件のもとで、生育状態についての比較試験をおこない幼令期における生育経過を母樹ごとに考察する必要があると思われるのでここにとりあげることにした。

1) 試料および調査方法

検定の結果選定された5本の優良木の樹冠中央部附近より採取された穂木を1955年にさし木し、その後発根したものを1956年に将来さし穂用台木とするために母樹別に20個体づつ芦生演習林内苗畑に植栽しておいた。植栽方法は1 m 巾の正方形うえとし、今日まで毎年春季、これらの苗木から増殖試

* 優良木母樹の枝からとられた穂をさし木したもので戸田のいうさし木第1代と同じ意味で使用した。

験用の穂木を採取しているが、それ以外には特別の手入れをおこなっていない母樹別のクローンより標準とみられるものを1個体ずつ選んで1961年5月に掘取り供試材料とした。

まず地上部の調査では樹幹析解をおこない成長経過および形状をしらべ、あわせて生重量による比較検討をおこなった。また地上部の生育と関連して地下部の発達が問題となるので同じ試料について根系調査を実施した。根系の掘取りにあたっては隣接木の根が介在するので完全に掘りあげることはできなかつたが副根までできるだけ取るようにした。調査は伸長方向、伸長量、根数、生重量その他についておこなった。ただ根数および総根長は根の分岐部分の太さが直径1.5mm以上のものについての数と長さの総計であり、細根は含まれていない。

ii) 調査結果および考察

地上部の生育経過については樹幹析解の際にえられた資料から第2～5図をつくつた。まず樹高については1号木がもつともすぐれており4mを上廻つていた。2号木では4号木と同様な上長成長がみられたが3号木や5号木はさらに低かつた。第3図によつて示された平均樹高曲線によつて明らかに1号木の平均伸長量はきわめて均等であり、2～5号木が前年にくらべて成長量を減少した年においてもすぐれた伸長が認められる(第4図)。ただ現在の状態は植栽後5年余りの幼樹であり、今後の生育経過は造林地において比較してみたいと思つている。

つぎに肥大成長では胸高直径をもとにすれば1号木あるいは4号木がすぐれており、根元直径との関係からみてもすぐれたものといふことができる。このほかに2号木が期待されるが3号木や5号木はやや劣ると思われる。これら樹幹形は第5図の樹幹析解図によつて比較することができる。樹形の

Fig. 2 Total height growth curve

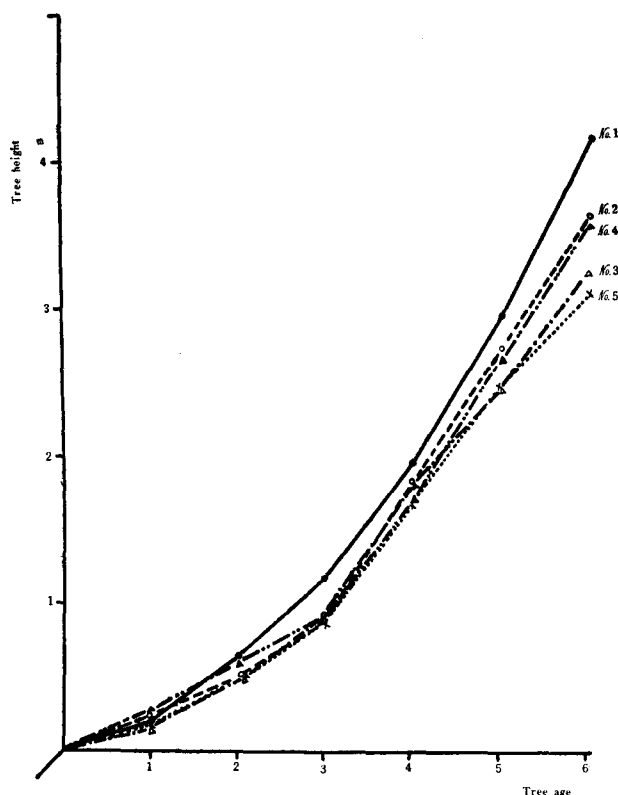


Fig. 3 Mean height growth curve

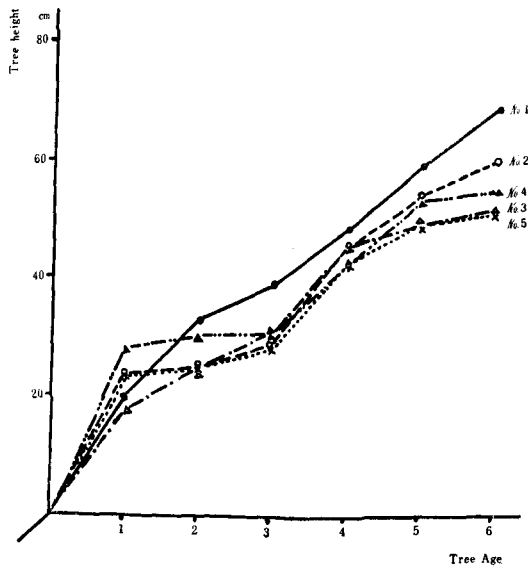
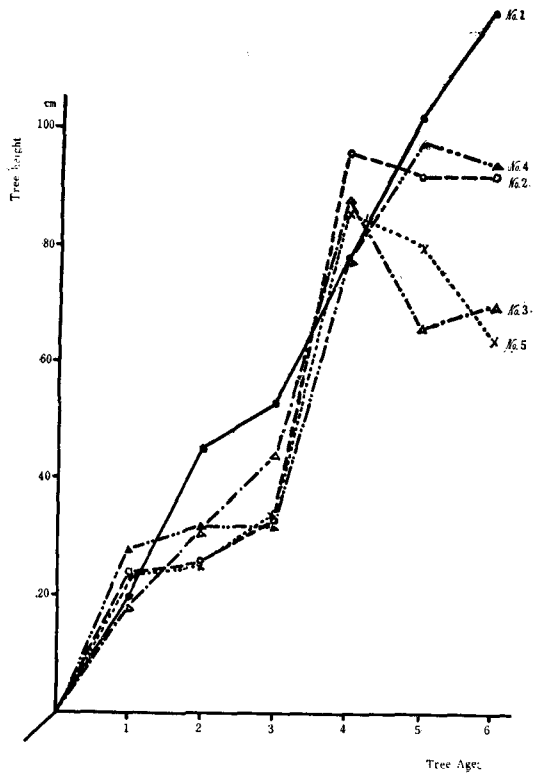
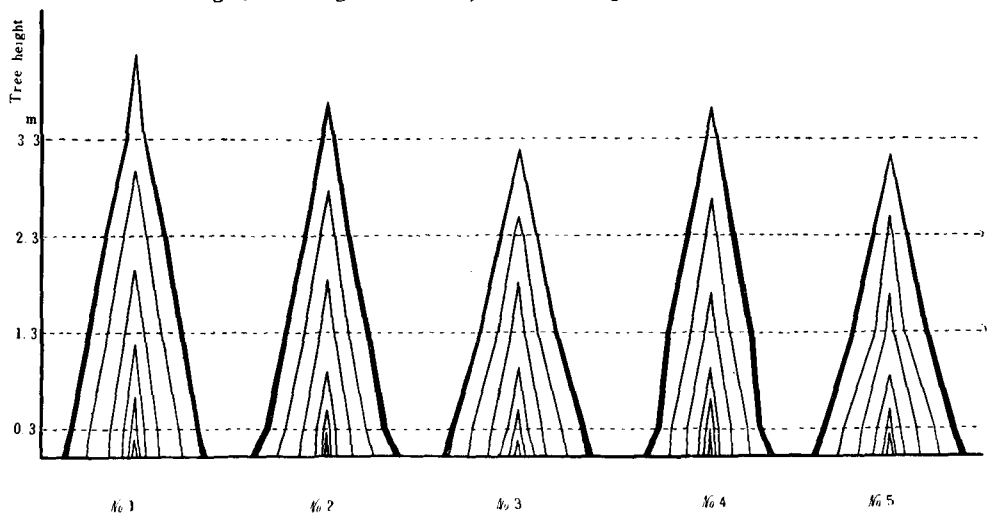


Fig. 4 Annual height growth curve



良し悪しは枝張り、枝条数などとも関係してくるが現在のところ母樹間に枝条の枯れあがりや枝条数に特別な差があるとは認めがたいが不定枝も含めた枝条数では4号木が少なかつた。また1号木では萌芽枝が多く、これは発根性もよいので多数採穂されるのが特徴である。したがって、さし木用台木としても有望である。この点については次報でのべる予定である。

Fig. 5 Drawing of stem analysis of the 1st generation by cutting



以上、さし木による第1代目の幼樹の成長比較をおこなったが優良樹の選定にあたって周囲木との検定をした結果、遺伝的にすぐれていた5号木も同じ条件下での生育経過の跡をみると他の母樹に比べて決してすぐれているとはいえないようである。この点では遺伝的にややすぐれていると考えられた1号木は現在のところもつとも期待されるもののようである。この成長の比較をつぎに材積成長のかわりに生重量の結果からおこなうと、スギ苗木では幹長に対して全重量の大なるもの程よいとされている。しかし、ある程度以上の生育期間を経たものにもこの関係が認められるかどうか疑問である。というのは幹重量に対して枝葉重量が大となれば幹長に対する比は相対的に大きくなる。ところが現実には枝葉重量があまり多いことは望ましくないからである。本試験の結果でも幹長に対する地上部全重量の多いことが認められ樹幹形もよくなかった。すなわち5号木では枝葉重量が幹重量に比して多く、枝の太いものを分岐しているのが認められた。またこの5号木では枝の分岐角が大きかったが、今後発根性や雪に対する抵抗性について他の優良木とともに比較してみる必要があると考えられる。

Table 4. Investigative results of young tree of the 1st generation by cutting

Item No. of tree	Tree height	Diameter breast high	Number of branch	Length of maximum branch	Crown width	Number of roots *	Total length of roots **
1	4.18 ^m	5.1 ^{cm}	95	102 ^{cm}	155 ^{cm}	88	43.45 ^m
2	3.68	4.5	94	98	175	96	38.18
3	3.18	4.0	84	102	120	102	48.91
4	3.62	5.1	75	105	150	109	49.01
5	3.14	4.1	81	95	130	137	86.89

Note.

*: Diameter above 1.5mm at diverging point.

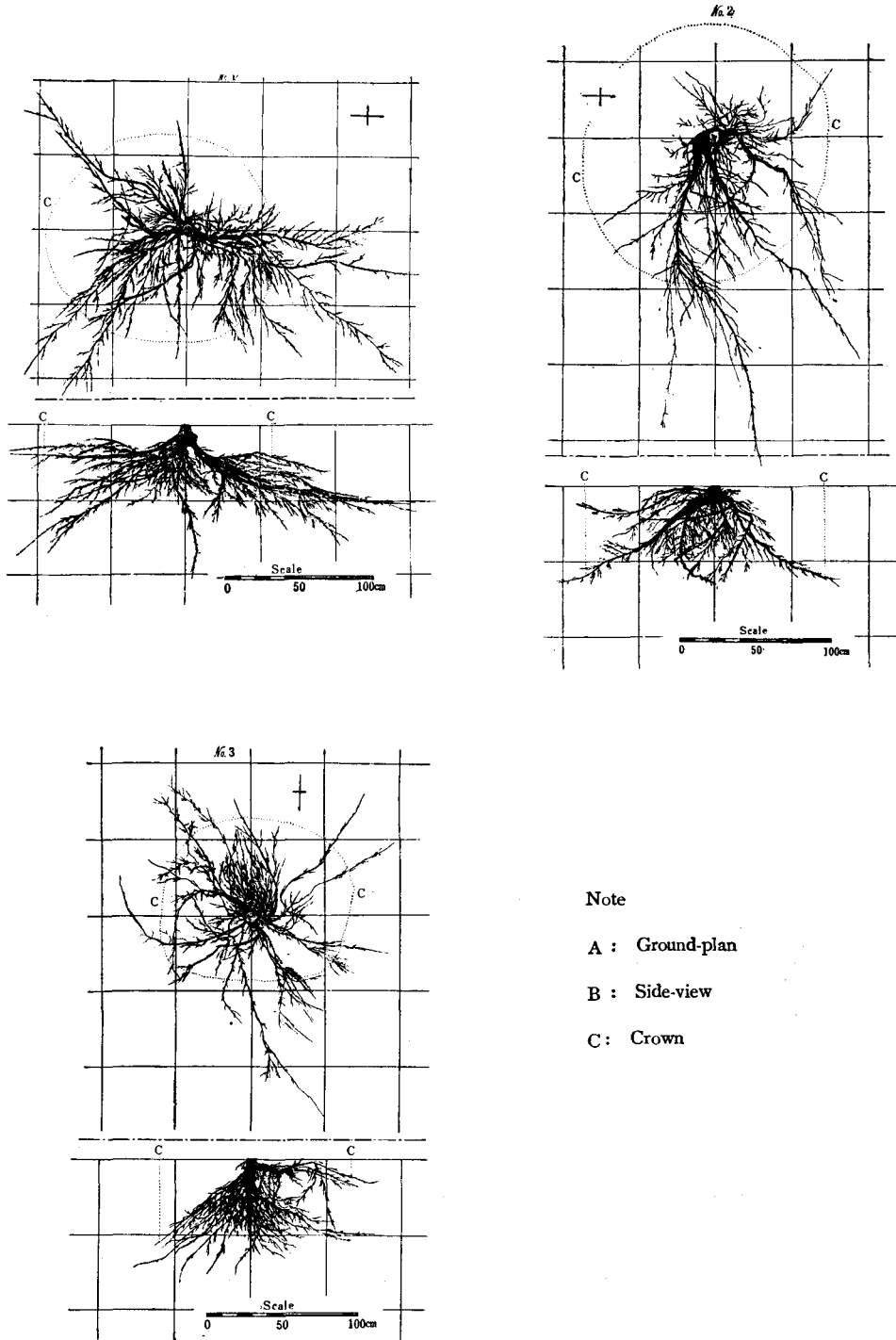
**: Exception of rootlets.

Table 5. Fresh weight of young tree of the 1st generation by cutting

Item No. of tree	Total	Stem	Leaves and branches	Root	T/R ratio
1	14.00 ^{kg}	5.30 ^{kg}	6.56 ^{kg}	2.15 ^{kg}	5.5
2	13.24	4.68	5.60	2.96	3.5
3	11.79	4.21	5.94	1.64	6.2
4	12.20	4.16	6.13	1.91	5.4
5	14.31	3.91	7.77	2.63	4.4

地下部の生育経過として供試木別に水平分布と垂直分布をスケッチし、第6図に示した。水平分布では5号木にもつとも均等な拡がりや多数の細根がみられ、ほぼ4×4mの広さが認められた。これに対して2号木や3号木は細根の発達状態が5号木に比較して少なく、しかも不均齊のようであった。これらの根系状態は特別にさし木苗の場合にみられるのと変りはないようであるが苗畑が川の近くにあり、植栽以前に冠水し、川床土によつて覆われたことがある。根の拡がりに対しては隣接木以外に機械的な障害をうけていないようであり、山地ではこれよりも悪くなると思われる。一方垂直分布では4号木で比較的長い垂下根をみた以外は一般に50~100cmまでの分布であった。枕根は3号木と4号木にしかみられぬ程度で他のものは側根性のものであった。これらの結果を根数によつて比較すれ

Fig. 6 Root system of the 1st generation by cutting

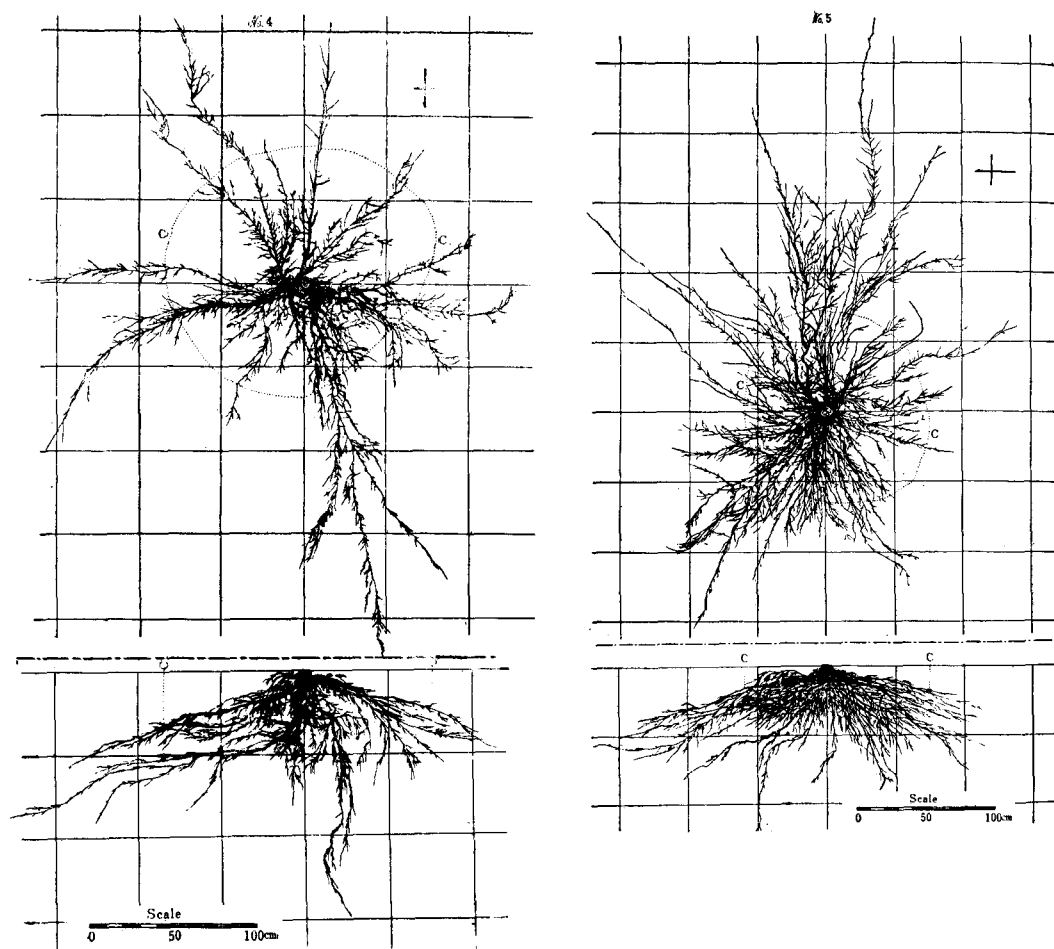


Note

A : Ground-plan

B : Side-view

C : Crown



ば5号木は多く、ことに総根長が他のものに比べ2倍近いもので、養分吸収をする上において十分な形態を示すものといえる。しかしながら上長成長ではすでにのべたごとく、これら母樹間ですぐれてはいず重量でも枝葉重量がまさっているのみであつた。

最後に地上部生重量と地下部生重量の比(T/R)では3.5~6.2の範囲にあつたが、3号木のように根系の発達が良好でないものはその値は大きくなっている。いずれにしてもこれらの結果によつて根系の形態や分布の違いが、遺伝的なものであるか環境によるものかを考察することは極めて困難であるが、資料をふやすことによつて、適地性の問題に対するいとぐちをつかみうるのではないかと思われる。

IV 優良木母樹ならびにその次代幼樹の針葉形態について

林木の針葉形態は樹令⁷⁾、立地条件⁵⁾、育成方法⁵⁾、さらに品種などによつて相違があるが、また1個体においても樹冠の位置、着生方向、葉令によつて変化しているのが認められている。ここでは5本の優良木とそのさし木による次代幼樹の針葉形態を比較し、相互の特徴を見出し、適地性と優良木の増殖をおこなうための基礎資料とするために実施した。

i) 実験方法

本実験の供試材料は5本の優良木母樹とその次代幼樹であつて、それぞれの針葉はクローネの中央部附近において陽光をうけやすい位置に着生している前年生の側枝で方向は各所よりえらび、1側枝より1個の緑枝を先端部以外からとりだし、全体として20個の側枝を測定に供した。また針葉長、角度、彎曲度については1緑枝中で針葉が長いものを3葉えらび供試木ごとに60針葉の測定をおこなつて結果を求めた。

針葉の測定項目をつぎのようにした。

1. 緑枝長: 前年生の緑枝の長さをmm単位まで測定した。
2. 針葉数: 前年生の緑枝に着生している針葉の数。
3. 密度: 緑枝長1cmあたりに着生している針葉数で、これは緑枝長と針葉数より計算によつて求めた。
4. 針葉長: 各針葉の先端より基部にいたる長さ。
5. 角度: 針葉の先端と基部の内側を結んだ線が緑枝の主軸とでなす角。
6. 彎曲度: 半径5mmの同心円をえがき、その円周に接する弧を有する針葉についてその彎曲度合を円の半径の長さによつて示した。

ii) 実験結果

母樹および次代幼樹の針葉形態の実験結果は第6表および第7表のようであつた。

Table 6. The needle form of mother tree

No. of tree	Form of needle	Length of green branch	Number of needles	Density (per 1cm)	Length of needle	Angle	Curvature rate
1		$4.8 \pm 0.4^{\text{cm}}$	53 ± 2	11.0	$11.0 \pm 0.3^{\text{mm}}$	14.9°	1.45^{cm}
2		3.4 ± 0.3	42 ± 1	12.4	7.7 ± 1.0	19.8	1.66
3		4.3 ± 0.1	52 ± 1	12.1	7.6 ± 0.9	14.3	1.34
4		3.5 ± 0.4	51 ± 3	14.6	6.6 ± 0.8	19.1	1.20
5		4.2 ± 0.3	49 ± 5	11.7	7.2 ± 0.6	14.0	1.65

Table 7. The needle form of young tree of the 1st generation by cutting

No. of tree	Form of needle	Length of green branch	Number of needles	Density (per 1cm)	Length of needle	Angle	Curvature rate
1		$6.3 \pm 0.7^{\text{cm}}$	57 ± 1	9.1	$11.7 \pm 0.8^{\text{mm}}$	14.8°	2.07^{cm}
2		8.3 ± 1.4	84 ± 4	10.2	9.1 ± 1.0	24.9	2.28
3		6.1 ± 0.7	55 ± 4	8.9	9.9 ± 0.8	7.4	1.51
4		7.6 ± 0.8	63 ± 5	8.3	13.0 ± 1.2	16.8	1.80
5		10.8 ± 1.0	100 ± 10	9.3	10.7 ± 1.4	12.7	1.40

各供試木より採取された前年生緑枝の長さは母樹と次代幼樹との間に有意な差が認められ、母樹よりも1代目幼樹の針葉が長い結果を示した。これは同年に伸長した主枝の成長が老令な母樹では10cm以内の伸長量であつたのに次代幼樹では30cm以上の伸長量が認められたことからしても樹令の差によつて生じたものと考えられる。つぎに個体間では次代による差は認められなかつた。母樹の長さで次

代幼樹の長さの割合は必ずしも一致するものではなく、たとえば母樹の緑枝長が最大である1号木や最小の2号木も幼樹においては2号木の緑枝長がかなり長くなっていた。

緑枝にみられる針葉数は緑枝長と関連していて、緑枝長の長いものは針葉数が多く、次代別では次代幼樹はその母樹よりも多くの針葉数が認められ母樹で針葉数の少なかつた2号木および5号木は次代で約2倍量の針葉を数えることができた。しかしその他のものでは増加率は小さかつた。

つぎに上述した針葉数とその長さから1cmあたりの緑枝長に対する針葉の密度を求めると、母樹における密度は次代幼樹よりも大きく、単位長さの緑枝に多くの針葉をつけていることになる。なお4号木母樹で密度の大きいのが認められた以外では過密と思われるものがなかつた。

針葉長については母樹と次代のものでは後者の方が長いことが明らかとなつた。

角度の測定は針葉の内側基部と先端を結んで求めているので先端部が極端に彎曲するような種類の針葉では角度が非常に小さい値を示すきらいがあるが、試料中にはこの種のものが認められなかつたので、角度と彎曲度をみることにより針葉の曲りを明らかにしうるものと思われる。本実験の結果では概して母樹の角度が次代幼樹よりも大きいと思われたが次代間に有意な差は認められなかつた。ただ2号木のみはこの傾向と逆の結果をしめし、次代幼樹では約25°のきわめて広い角度を示していた。

彎曲度は半径で示されているため、数値の小さいものは曲りが大きいことである。すなわち、次代幼樹では大体において彎曲がゆるやかで変形的なものはみられなかつた。母樹間では次代幼樹の2号木の曲りがもつともゆるやかであつたが母樹との差では他のものと大きな違いはなかつた。

iii) 考 察

スギの針葉形態を比較する場合、同一母樹において針葉が着生している位置（垂直ならびに水平的な位置）や樹令その他によつて形態が異なり、したがつて比較目的によつて如何なる部位の針葉を試料とするかが問題となる。この点について山畑¹²⁾は針葉を採取するにあつて個樹における針葉形態を代表させるような場合は樹冠の中央部より採取すべきことを指摘している。また石崎²⁸⁾は九州の主なスギの品種について葉の形態を調査した結果、樹令5,6年以上のもので樹冠中部の2年生枝に着生している1年生枝条の中央部を用いるのがよいといっている。本試験では、母樹とそれからの穂によるさし木苗を用いたこと、またこのさし木苗が将来さし穂用台木として剪定され、そのさし木により増殖させるためには幹の中央部もしくはそれ以下の枝から採穂されるため、このような位置の針葉をとり、個体の形態を代表させるのがもつとも適切ではないかと考える。このことは針葉形態をしらべ、表現型を知つて検討を加える上にもつとも確かな資料とすることができるとと思われる。

すなわち、芦生演習林内の天然生林より選りだされた優良スギの母樹間に各種の形態上の差があまり認められなかつたことは、造林された5号木が地域内の優良木より選ばれた可能性が考えられる。このような結果から針葉形態と適地性²⁶⁾に関係のある2,3の性質に考察を加えると、当演習林が多雨の地域にあることで、かつて四手井は大阪営林局管内のスギ天然林を調査し、葉型の出現率と年降水量が環境と関係していることを認め、葉の曲つたものが年降水量の多い地域にみだされ、かつウラスギ系のものの出現率が多いことを指摘している。また石崎²⁸⁾は葉の縦断面から葉の着生角度と耐旱性の関係を認めており、葉の着生角度が大きくて彎曲の小さい程旱地性のものであると発表している。これらはいずれも葉の形態を着生角度および彎曲の程度からみたものであるが、今回の結果においても選抜された各母樹ならびにその次代幼樹の着生角度が、きわめて小さかつたことから、年間降水量が²⁷⁾2,500~3,000mmにもおよぶ当演習林で育成し、増殖させる意義のあることが認められる。さらに川名らによると砂耕によつてさし木をおこない新葉と旧葉の角度を比較したところでは新葉の角度はいずれも旧葉より大であつたと報告している。また村井は樹令による外部形態の変化を示しているが、本試験の結果は3号木において変異がみられたが母樹と幼樹の間に次代による有意な差がみられなかつた点、遺伝的にも外部形態の比較因子として用いられると思われる。なお角度については村井などが示

した結果よりも筆者らの調査結果の方が小さかった。しかしこれは測定差もしくは地域性によるものであろう。以上のように1～5号木のうちに有意性が認めがたいので、いずれがもつとも適したものであるかはきみにくいが、3号木はこの点で疑わしいもののようである。

つぎに芦生演習林では造林するにあたって積雪⁶⁾がかなりあるので、耐雪性のあるものを検討する必要がある。スギの針葉形態との関係では佐多が形態から品種分類をおこなっているが、これによれば針葉が長く、狭角型で先端は内方に彎曲したものは多雪地に多いことを示している。ここにおいても角度の狭いことが良いと思われるが現状ではこれを明らかにすることはできず今後の問題点として残されている。ただいずれの場合においてもさし木によつて増殖を行うとすれば以上のような角度もしくは彎曲度を示すような母樹からえられた穂木がどの程度の発根率を有するかによつて造林的な価値がきめられるように思われる。これは穂木の栄養生理と関係をもつた内的条件によることと親木の遺伝的なものに左右される³⁰⁾。すなわちここでは外部形態よりこれを考察してみると、貯蔵養分をおぎなうような働きをする針葉がよいことになり、緑枝長、針葉長の伸びがよく、しかもあまり疎でない針葉数をつけたものがより効果的であると思われる。このようなものを選抜された母樹ならびに幼樹より比較すれば、1号木をはじめとして5,4号木などがよいのではないかと思われる。なお母樹別の発根性については別報する。

以上形態上の問題についての2,3の考察をおこなったが、選抜された各優良木は1代目の幼樹でとくに異質的なものは見出されなかつたが、今後さらに次代検定を重ね、形質のよさが遺伝的なものであるか環境によるものかの検討を加えて行かなければならない。この点については現在各優良木ごとのさし木苗からえられた造林地が設定されているので成長の比較、適地性などを見出し、増殖に関する研究を進めて行きたいと思つている。

V 総 括

本学芦生演習林においてスギ優良林分を造成するためには林内の天然生スギ林より、林冠の上層をしめ周囲にある比較木よりも成長の優れたしかも樹冠巾の小さい、いわゆる優良木を選抜し、これを母樹とする優良なさし木苗を増殖する必要がある。しかしこのためには母樹についての検定のほかに次代検定を実施することが重要であり、非常に長期間にわたるものが多い。したがつて、ここではスギ優良木の増殖に関する研究を行うために必要な資料として、まず当演習林における優良木の選定基準と選抜された5本の優良スギの検定結果についてのべた。すなわち、樹高についての検定をおこなつたところ、遺伝的にきわめて優れているものとして5号木がみられ、つぎに遺伝的にやや優れているものとして1号木が、さらに遺伝的に優れていると考えるには5%の危険率があるものに2,3,4号木があつた。また枝張度の検定をおこなつたところ周囲木よりも遙かに小さいものに5号木があり、やや小さいものとして1,3,4号木がみられたが2号木では小さいものといえなかつた。さらに最大樹冠巾と樹高との比について検定したところ、この比が周囲木よりも小さいものに3,5号木があり、わずかに大きいものとして4号木が認められたが、1,2号木ではこの比がやや大きかつた。また以上のほかに形状についての検定、樹高にたいする検定をも加えた。これらの結果から優良木として5号木がもつとも優れており、ついで1号木となつたがその他のものでは大きな差は認められなかつた。しかしながら、5号木が造林木であることが明らかになつたので今後さらに検討されなければならない。

つぎにこれらの優良木が天然林より選抜されているため異令であり、樹高のすぐれていることが遺伝的であるかを次代検定によつて確めることが大切である。そこでさし木による各優良木クローンよ

り、樹高が平均を示している6年生の次代幼樹を供試木として樹幹析解と根系調査をなし、それぞれの成長比較をおこなったところ、1号木では平均樹高成長、連年樹高成長、幹重量などが優れており、以下2,4号木の順となり、母樹で優れていた5号木も現在の次代幼樹では成長が優れているとはいえなかつた。一方、根系調査の結果は5号木がもつとも広く、かつ均等に分布している点で優れていた。また1号木や2号木では5号木ほど良好とは思われなかつたが、さし木苗としての一般的な根系を示すものであつた。なお肥大成長が大なるものとして1,4号木があり、これらにつぐものとして2号木があるが、1号木では萌芽性が大きかつた。

形質についての次代検定として比較的幼樹でも調べられるものは針葉の外部形態であつて、次代間における差異は緑枝長および針葉長が幼樹で長くなり、針葉数は増加した。しかし密度、角度、彎曲度はいずれも減少した。一方これらの因子に対して母樹間に差が認められなかつた。また針葉の着生角度の小さいことから適湿土壌に見られるもののようであることなどを明らかにすることができた。

文 献

1. 大島愼郎：秋田スギの形態に関する一考察，日林誌，13巻，1931.
2. 小泉千浩：妙見杉に関する二，三の研究，日林誌，18巻，1936.
3. 相馬丑五郎：九州におけるさし杉の種類とその類別，日林誌，18巻，1936.
4. 佐藤正左右：スギ苗木の良否について，東京営林局報，39巻，1936.
5. 小原静雄：スギの陰陽両性とさし木苗養成に対する考察，日林誌，18巻，1936.
6. 佐多一至：スギの品種問題に関する研究の一端，日林誌，23巻，1941.
7. 村井三郎：スギ針葉外部形態の樹令変化，日林誌，31巻，1949.
8. // : // の変化と個体着生部位との関係，日林誌，32巻，1950.
9. 有田 学：スギ個樹における針葉形態の変異について，59回日林会講演集，1951.
10. 佐藤敬二：今日の林木育種，林業解説シリーズ，1952.
11. 戸田良吉：サンキ品種の成立についての考察，日林誌，34巻，1952.
12. 山畑一善：北山台杉針葉の形態，山林，816号，1952.
13. 宮崎 櫛・佐藤享：スギ品種の検討，第4回林試青森研究発表録，1952.
14. 中山治郎・鬼石長作：芦生演習林スギ精英樹調査報告について（未発表），1953.
15. 戸田良吉：林木育種，1953.
16. 中村賢太郎：優良品種の選抜育成，林業技術，134号，1953.
17. 山内倭文夫：母樹林を育てる理論と方法，山脈，4巻，1953.
18. 日下部兼道：精英樹のえらび方，熊本営林局，1953.
19. // : スウェーデンにおける林木育種とわが国における精英樹の選定に関する諸問題，林業技術，1954.
20. 斉藤作次：スギ品種に関する研究，第1報，本邦各地産母樹の形態について，日林関西講演集，1954.
21. 千葉 茂：スギ精英樹選出の実際，林業技術，1954.
22. B. Lindquist：スウェーデンの実地林木育種（戸田良吉訳），1954.
23. 中村賢太郎：エリートとプラス林分，林業技術，No. 149，1954.
24. 斉藤孝蔵：樹木生理，1956.
25. 佐藤敬二：実践林木育種，1957.
26. 四手井綱英：大阪営林局管内の天然生スギの系統分布について，1957.
27. 川名 明・田中和之助：スギさし木にみられる葉形の変化，日林誌，39巻，1957.
28. 石崎厚美：九州におけるスギの在来品種，山林，No. 880，1957.
29. 四手井綱英・堤 利夫・木村隆臣：京都大学芦生演習林の土壌調査報告（第1報），京大演報，27号，1958.
30. 宮崎 櫛・佐藤 享：苗木の育て方，1959.
31. 四手井綱英：天然生スギの系統究明と優良品種選抜に関する調査報告，大阪営林局，1959.
32. 遠山富太郎：オモテスギとウラスギ，島根農大研究報告，No. 8，1960.
33. 柴田信男：芦生演習林スギ天然林の施業計画に関する基礎資料（第Ⅴ報）京大演報，29号，1960.

Summary

In order to cultivate the good stand of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) in the Ashiu Forest of Kyoto University, so-called "plus tree" which normally shows the upper part of the crowncover and has a small crowncover width and excellent growth as compared with those of the surrounding trees was selected as the mother tree from the natural forest of Sugi.

Since a progeny test as well as a test for the mother tree is usually required, very long-term investigations are necessary in this respect.

As the experimental materials needed for the performance of a study regarding propagation of plus tree of sugi, a standard was used for selecting "plus tree" in Ashiu Forest and the result obtained from the test for 5 plus trees having been selected were briefly described in this paper.

1. Test of tree height:

Plus tree which was excellent hereditarily (significance level=1~2.5%).....No. 5

Plus tree which was rather excellent hereditarily (significance level=2.5~5%)No. 1

Plus tree significance level of which was equal to or higher than 5%No. 2,3 and 4

2. Test of space ratio:

Space ratio of plus tree is smaller than average space ratio of plus tree and the surrounding treesNo. 5

Space ratio of plus tree is somewhat smaller than average space ratio of plus tree and the surrounding trees No. 1, 3 and 4

Space ratio of plus tree is greater than average space ratio of plus tree and the surrounding trees..... No. 2

3. Test of maximum crown width-tree height ratio (MCW/H):

MCW/H of plus tree is smaller than average MCW/H of plus tree and the surrounding trees..... No. 3 and 5

MCW/H of plus tree is slightly greater than average MCW/H of plus tree and the surrounding trees No. 4

MCW/H of plus tree is greater than average MCW/H of plus tree and the surrounding trees..... No. 1 and 2

Besides these tests mentioned above, observation of form ratio and revision of tree height were made at the same time. In these tests it was found that the plus tree No. 5 should be the best followed by No. 1. On the contrary, no significant difference was observed in the other plus trees.

Hereupon, plus tree No. 5 was a planted tree, and because plus trees, No.1 to 4, were selected from natural trees the ages of which were different from each other, it was necessary to make sure by progeny test whether the superiority of tree height resulted from heredity or not. From this point of view, the following investigation was conducted. First of all, cutting was performed the using each mother tree, secondly a 6-year-old tree of the 1st generation by cutting that has showed average tree height in each clone was employed as the test tree for stem analysis and survey of root system, and thirdly growth of each tree was compared.

The general conclusion drawn from these results was that plus tree No. 1 was the best in respect of mean height growth, annual height growth and stem fresh weight, and subsequently plus trees No. 2 and No. 4 appeared to the next order.

In the meantime, although plus tree No. 5 excellent the others as mother tree, it demonstrated no superiority in aspect of the growth of the 1st generation-young tree by cutting. Whereas, the survey of root system disclosed that plus tree No. 5 shows the widest root system with excellent horizontal distribution. Plus trees No. 1 and 2 exhibited normal root system as a cutting though they were not so good when compared with that of plus tree No. 5. In others, plus trees No. 1 and 4 revealed larger thickening growth followed by plus tree No. 2. However, this point is said to be subject to lack of snow-resistance, while plus tree No. 1 displayed a larger ability of the formation of sprout.

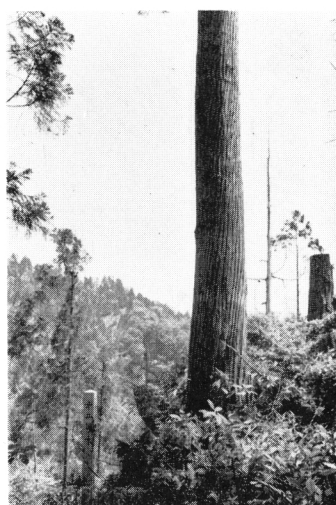
As the progeny test regarding quality, exterior form of needles of relatively young tree are liable of investigation. Therefore, we investigated length of green branch, length of needle, number of needles, density, angle and curvature rate. In this experiment the difference of length of green branch and length of needle between mother tree and young tree of its 1st generation by cutting gave evidence that the young tree of the 1st generation show a longer length both in the branch and needle, and increase in the number of needles. On the other hand, the difference of density, angle, and carvature rate was found to be that the young tree of the 1st generation shows a decreasing tendency. Of these items, there existed no significant difference in all plus trees.

芦生演習林で選抜されたスギ優良木

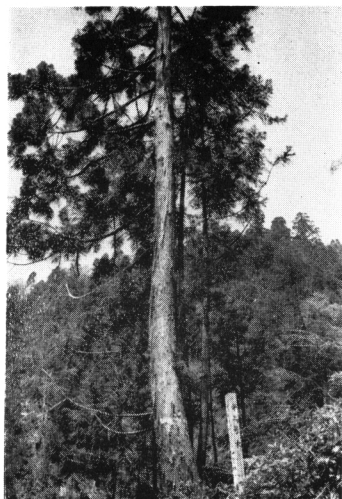
(1) 優良木母樹



1 号 木



2 号 木



3 号 木



4 号 木



5 号 木

(2) さし木による次代幼樹

