

人工被陰施設によるスギ・ヒノキ 精英樹などの耐陰性検定

丹原 哲夫

The selection of shade tolerant clones of elite
Sugi (*Cryptomeria japonica*) and half-sib
families of elite Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*)
on shading light.

TANBARA Tetsuo

要旨：人工被陰試験によって、スギ64クローン、ヒノキ15家系の主に岡山県産精英樹などの耐陰性を検定した。耐陰性を相対照度約20%での生育状況（D²H相対成長率と同成長率の全光条件に対する割合）と相対照度約2%での被陰による被害状況の両面から検討し、同様の試験で高い耐陰性が認められているスギ桑名1号（三重県）と同程度以上の耐陰性品種の育成を目標とした。その結果、スギについては4クローンを「耐陰性強」として選出し、またそれに準ずる16クローンを「耐陰性やや強」として選出した。相対照度約20%で生育性の良好なクローンほど相対照度約2%においても被害を受けにくい傾向であった。また、天然スギからの選抜クローンは耐陰性が高い傾向であった。一方、ヒノキは全体的には「耐陰性強」あるいは「耐陰性やや強」に属するとみられたが、2家系については耐陰性がやや低かった。

キーワード

精英樹 耐陰性

I はじめに

近年、複層林施業などの非皆伐施業が林地保全や下刈などの省力化の面から注目されている。しかし、低照度条件下で、樹木は成長の低下を生じ、枯損する場合もある。このような施業で用いられる造林材料は、比較的low照度条件においてもある程度の成長が期待でき、しかも生存限界の照度条件においても枯損しにくいことが重要である。このような耐陰性品種の育成にあたり、新たに天然林などから選抜を実施するよりも、次代検定林の成果として諸々の遺伝的特性が次第に明らかになっている、精英樹や在来品種の中から耐陰性個体を選定できれば効率的である。耐陰性の検定方法としては、①林内に樹下植栽し、成長量や被害状況を調査する。②圃場の人工被陰施設に植栽し、同様の調査をする。③光-光合成速度を直接測定する。などの方法⁴⁾があるが、本検定では比較的簡便に実施でき、しかも、多数の材料を効率的に検定することが可能な人工被陰施設によっておこなった。

なお、この試験は関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会の共同試験¹⁾として実施したもので、その全体的とりまとめはすでに「精英樹等の耐陰性検定共同試験報告書」²⁾として発刊されている。本

報告は、さらにその活用を図るため、岡山県林業試験場において実施した結果についてとりまとめたものである。

II 材料と方法

1. 検定区の設定

岡山県林業試験場苗畑において、1980~'81年（第一次検定）と'82~'83年（第二次検定）の2成長期間づつ、2回にわたって実施した。第一次検定ではスギ44クローン、ヒノキ15家系、第二次検定ではスギ21クローンを供試した。また、第一次検定と第二次検定の比較のために、桑名1号（三重県、以下共通クローン）を両検定に供試した。

耐陰性を1項で述べたように、弱い被陰条件下での成長（以下成長に関する耐陰性）と厳しい被陰条件下での健全性（以下健全性に関する耐陰性）の両面から検定するために、つぎの3検定区を設定した。

相対照度20%区（以下20%区）：ダイオシート8号を高さ2mの上面と検定区側面に被覆

相対照度2%区（以下2%区）：ダイオネット1010#とダイオシート10号を高さ1.8mと2mの上面と検定区側面に被覆

対照区：全光条件区

各検定区は11×18mで、それぞれ2反復区に区分し、反復区あたりの検定本数は第一次検定のスギは4本、ヒノキは8本、第二次検定のスギは8本を供試し、植栽間隔0.4×0.8mで無作為単木混交植栽した。スギは1回床替え2年生挿し木苗、ヒノキは1回床替え2年生実生苗（採種園産半兄弟家系）を使用した。植え付けはいずれの検定でも4月下旬から5月上旬に行うとともに、施肥等の特別な施業は行わなかった。

2. 調査方法

相対照度：第一次検定では8時期、第二次検定では6時期に反復区あたり10点（定点）について、照度計により供試苗木の梢端部約10cmの位置で測定し、その時の全光下の照度で除して相対照度とした。また、測定はいずれも晴天日の11~13時に行った。

成長調査：20%区および対照区において、植栽直後、1成長期および2成長期後の成長休止期に根元直径（地上約3cm）および樹高を測定した。なお、2成長期間の間に枯死（主に活着不良による）あるいは個体の部分的枯死などによって成長に影響のある被害が発生した個体については、集計値に含めなかった。

被害調査：2%区において被陰による被害調査を行った。被害調査は第一次検定は8月から、第二次検定は6月から原則として1月ごとに実施した。被害状況は表-1に示す4タイプに分類し、指数化した²⁾。

表-1 被陰による被害分類表

分 類	分 類	基 準	指 数
健全	無被害		6
一部枯れ	芽や枝の一部が枯れたが、成長の見込みのあるもの		4
半枯れ	半分以上が枯れ、成長の見込みがないもの		2
枯れ	全体が枯れたもの		0

Ⅲ 調査結果

1. 相対照度

調査時期別の平均相対照度を図-1に示す。

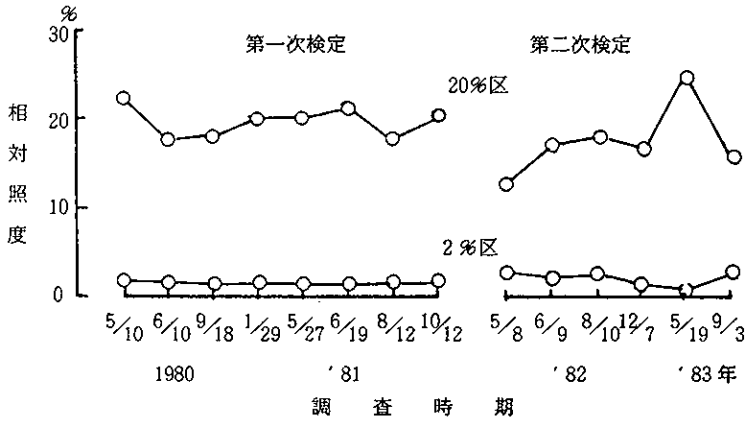


図-1 調査時期別平均相対照度

第一次検定の20%区での平均相対照度は19.7 (約17.5~22.5) %, 2%区は1.9 (約1.5~2.5) %, 第二次検定の20%区は17.3 (約12.5~25.0) %, 2%区は2.4 (1.0~3.0) %であった。第二次検定の20%区はやや変動が大きい傾向であったが、20%区は第二次検定がやや低く、2%区は第一次検定がやや低い傾向であった。

2. 成長調査

(1) 調査結果の概要

20%区と対照区における根元直径 (D), 樹高 (H), D^2H および形状比 ($H \times 100 / D$) の調査結果 (クローン (家系) 平均値±標準偏差) を図-2に示す。ここで D^2H は植物体の重量と極めて相関が高く⁸⁾, 物質生産量を表していると考えられる。

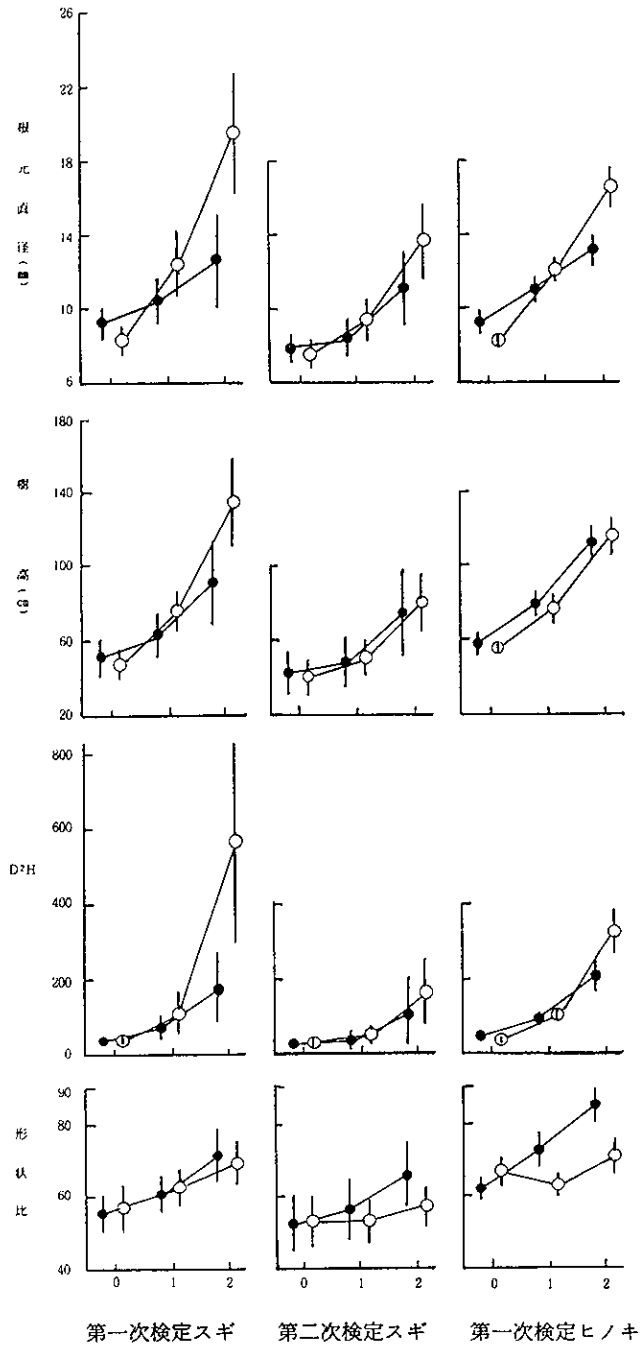


図-2 根元直径, 樹高, D²H, 形状比の調査結果(クローン(家系)平均値±標準偏差)

○ 対照区 ● 20%区
 0: 植栽時調査 1: 1 成長期後調査 2: 2 成長期後調査

20%区の成長：20%区では、いずれの検定年次、いずれの樹種でも対照区に比較して成長が低下した。なかでも第一次検定のスギでの低下が最も大きかった。スギについて検定年次間を比較すると、対照区の成長は第一次検定がきわめて大きく、20%区の成長は検定年次間に大きな違いがみられなかった。これらのことから、対照区の成長は気象等環境条件との関係で検定年次によって大きく異なるが、20%区においては、光環境の制御がその他の環境要因に比較して、成長の大きな制限要因となっていると推察した。

スギとヒノキの比較：第一次検定のスギとヒノキを比較すれば、対照区の成長はスギが大きく、特にD²Hでは著しい差がみられたが、20%区の成長では大きな差がみられなかった。すなわち、スギはヒノキに比較して光条件の変化にともない成長が大きく変化するのに対し、ヒノキはその変化が小さく、耐陰性の面からみればヒノキの方が適応性が高いことが伺える。

形状比：20%区における形状比は、いずれの検定年次、いずれの樹種でも対照区に比較して高くなり、特にヒノキにおいて顕著に認められた。形状比が高くなったことは、低照度条件に対する苗木の適応現象として、光合成産物を蓄積するよりも、光合成器官の拡大に利用されたと考えられる。千葉ら⁶⁾もこのことに関連し、スギは伸長成長も肥大成長も抑制されたが、ヒノキは伸長成長はほとんど抑制されず、肥大成長が著しく抑制されたことを報告している。

なお、これらの傾向は1成長期後の調査より2成長期後の調査で判然と認められた。

(2) クローン（家系）間の比較

供試した苗木の大きさは、クローンや個体によって異なっている。一般的に植物は指数関数的な成長を示すとされており、以下の解析ではD²H 2成長期間の相対成長率³⁾（以下20%区成長率、対照区成長率）を使用した。検定クローン（家系）の対照区成長率と20%区成長率を図-3・4に示す。また、それらの成長率について、被陰処理とクローン（家系）の2元配置としたときの分散分析の結果を表-2に示す。

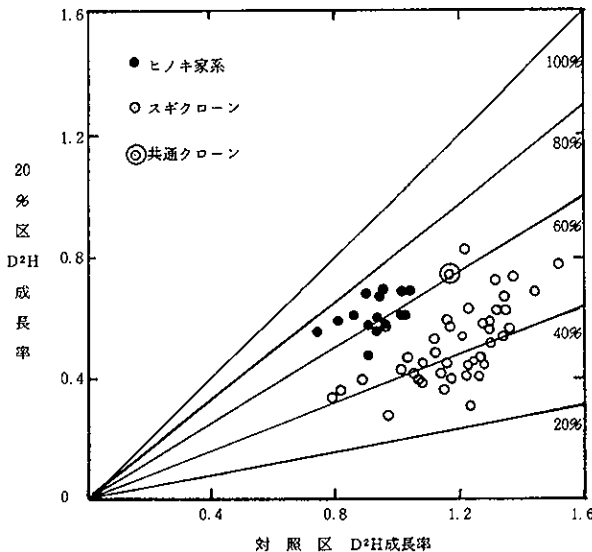


図-3 検定クローン（家系）の対照区と20%区におけるD²H成長率（第一次検定）

図中の線は等対照比直線を示す。

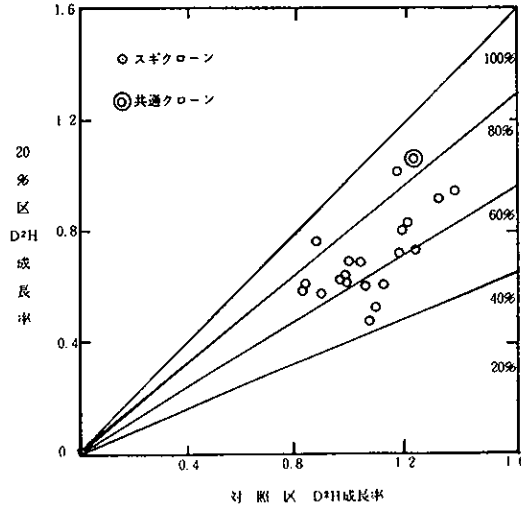


図-4 検定クローン（家系）の対照区と20%区におけるD²H成長率（第二次検定）
 図中の線は等対照比直線を示す。

表-2 D²H相対成長率の分散分析結果（分散比）

要 因	第一次検定スギ		第一次検定ヒノキ		第二次検定スギ	
	自由 度	分散 比	自由 度	分散 比	自由 度	分散 比
被陰処理(A)	1	31.61 **	1	9.40 **	1	28.37 **
処理内反復	2	42.23 **	2	28.77 **	2	13.86 **
クローン(B)	43	4.62 **	14	2.79 **	20	11.70 **
(A)×(B)	43	1.11 NS	14	1.07 NS	20	2.40 **
誤差	86		42		40	

被陰処理間は処理内反復で検定

** : 1%水準で有意 NS : 5%水準で有意差なし

分散分析：被陰処理およびクローン（家系）間に有意差（1%水準）が認められたとともに、第二次検定のスギでは被陰処理とクローンの交互作用が認められた（1%水準）。また、第一次検定のスギの交互作用も5%水準に近い有意差（ $1.11 < 1.525\%L$ ）であった。すなわち、20%区と対照区においてともに上位あるいは下位のクローン（家系）が存在するとともに、対照区に比較して20%区での成長率の低下の程度がクローンによって異なることを示唆している。

20%区成長率：第一次検定のスギは平均0.52（約0.3-0.8）、ヒノキは0.57（約0.5-0.7）、第二次検定のスギは0.54（約0.3-0.8）であり、スギクローン間のレンジは約0.5、ヒノキ家系間のレンジは約0.2で、特にスギにおいて大きな値を示した。被陰条件下での成長率がこのようにクローン間で大きく異なったことから、本検定の意味は大きい。

対照比：対照区成長率に対する20%区成長率の割合（%、以下対照比）をみると、第一次検定のスギは平均43.5%（約25-70%）、ヒノキは66.1%（約50-80%）、第二次検定のスギは66.3%（約40-90%）であり、スギクローン間のレンジは約50%、ヒノキ家系間のレンジは約30%で、ともに大きな値を示し、

対照比についてもクローン（家系）によって大きく異なった。この対照比は低照度条件下への成長の適応性を示していると考えられ、検定クローン等の「成長に関する耐陰性」をIV項において20%区成長率と対照比の両面から検討した。また、第一次検定の対照比は第二次検定に比較して小さく、異なる検定年次間のクローンを比較するとき障害となるため検定年次ごとに解析した。なお、ヒノキは前項において適応性が高いことを指摘したように、スギに比較して大きい対照比を示した。

共通クローン：共通クローンは異なる複数クローンを検定したいずれの検定においても、20%区成長率と対照比がともに高レベルであった。このことから共通クローンが「成長に関する耐陰性」に関して高い耐陰性を保持していることが伺え、IV項において共通クローンを指標として耐陰性を判定した。

クローン（家系）ごとの成長調査の結果は別表-1に示す。

3. 被害調査

(1) 調査結果の概要

2%区における被害指数（クローン（家系）平均値±標準偏差）の経時変化を図-5・6に示す。

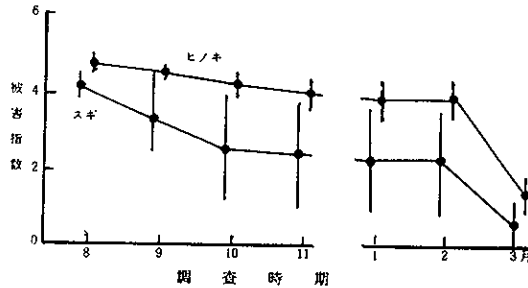


図-5 被害指数（クローン（家系）平均値±標準偏差）の経時変化（第一次検定）

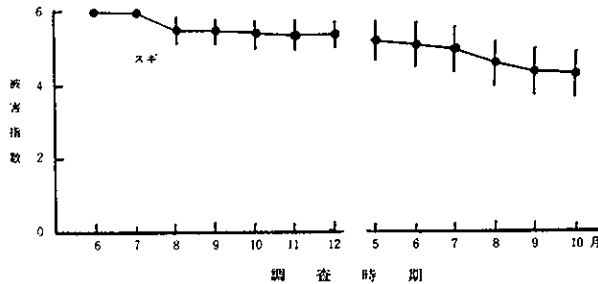


図-6 被害指数（クローン（家系）平均値±標準偏差）の経時変化（第二次検定）

枯損パターン：第一次検定における被陰による被害は7月までの調査が欠測値であるが、スギでは8月にすでに多くの個体に部分的被害がみられ、その被害は10月にかけて急速に進行した。ヒノキでは8月に一部の個体に部分的被害がみられたが、その後の被害の進行はゆるやかであった。第二次検定におけるスギの被害は、第一次検定に比較して小さく、1年次では7～8月に、2年次では7～10月に徐々に被害が進行した。

典型的な被害形態は、新梢先端部が部分枯れし、その被害が下部に拡大し枯損にいたった。

寒害被害：第一次検定の3月に急激に枯損本数が増大したのは、第一次検定の冬期間は異常低温、異常寒波（岡山県気象年報，1981）で、特に2%区において比較的長期間土壌凍結が見られ、その時期枝葉は凍結状態あるいは脱水状態と観察されたことから、土壌水分量等との関係で寒害被害が直接の枯損原因であると推察した。ちなみに、冬期間（12～2月）の平均最低気温は、第一次検定は-3.9℃、第二次検定は-1.5℃（隣接の農林水産省林木育種センター関西育種場資料）であった。

第一次検定は1年目11月期調査、第二次検定は2年目11月期調査における被害区分別本数率（クローン（家系）平均値±標準偏差）を図-7に示す。

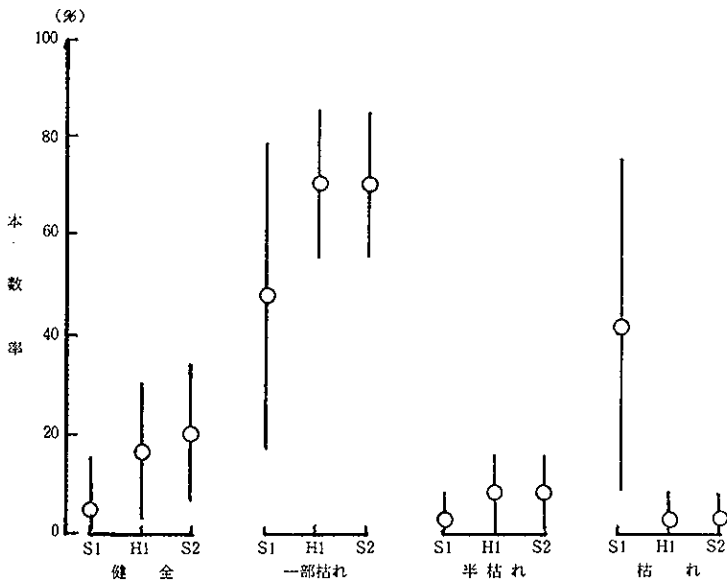


図-7 被害区分別本数率（クローン（家系）平均値±標準偏差）の調査結果

S1：第一次検定スギ S2：第二次検定スギ H1：第一次検定ヒノキ

検定年次間の比較：スギについて第一次検定と第二次検定を比較すると、第一次検定では1年目にすでに約40%が枯損したが、第二次検定の2年目の枯損は約5%であり、被害程度やクローン間の違いなどが検定年次によって大きく異なった。これは第一次検定の1年目7・8月期が低温、多雨、低日照の異常気象（岡山県気象年報，1980）であったこととともに、第一次検定の平均相対照度は1.93%、第二次検定は2.40%であり、生存限界付近の照度条件においては、このような僅かな相対照度の違いが被害率に大きな影響を与えたものと推察した。いずれにしても生存限界付近の照度条件においては、気象条件や相対照度のわずかな変化によって急激に被害が進行する可能性があるといえる。

スギとヒノキの比較：第一次検定のスギとヒノキを比較すれば、被害の程度はスギとヒノキで判然と異なり、スギでは約40%が枯損したが、ヒノキの枯損は5%程度であり、「一部枯れ」が約70%であった。前項において、ヒノキはスギに比較して対照比が高い値を示し、低照度条件への成長の面からの適応性が高いことを指摘したが、2%区においてもスギに比較して枯れにくく、その適応性は生存限界付近の照度条件においても明確に認められた。なお、スギとヒノキの比較については、堤⁷⁾も同様の指摘

をしている。

(2) クローン (家系) 間の比較

被害区分別本数率による分散分析 (累積法) の結果を表-3 に示し、次式によって算出した各クローン (系統) の「健全度」²⁾ の頻度分布を図-8 に示す。

表-3 被害区分別本数率の分散分析結果 (分散比)

要因	第一次検定スギ		第一次検定ヒノキ		第二次検定スギ	
	自由度	分散比	自由度	分散比	自由度	分散比
クローン	132	3.53**	42	0.85NS	60	3.94**
反復	3	16.27**	3	3.69**	3	0.55NS
誤差	132		42		60	

** : 1%水準で有意 NS : 5%水準で有意差なし

$$HR_i = 6S_i / 6 + 4PD_i / 6 + 2HD_i / 6$$

HR_i : 検定クローン i の健全度

S_i : 「健全」率 (%)

PD_i : 「一部枯れ」率 (%)

HD_i : 「半枯れ」率 (%)

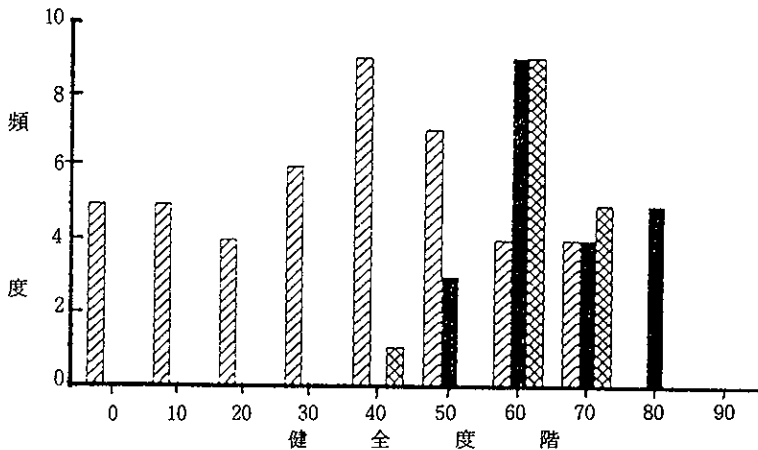


図-8 検定クローン (家系) の健全度の頻度分布

▨ 第一次検定スギ ■ 第二次検定スギ ▩ 第一次検定ヒノキ

分散分析 : スギでは第一次, 第二次検定ともにクローン間に高い有意差 (1%水準) が認められたが、ヒノキでは家系間に有意差が認められなかった (0.85 < 1.67_{5%}L)。ヒノキの家系間に有意差が認められなかったのは、検定材料のクローンと家系による遺伝的均一性の違いが主な原因であろう。

健全度 : 第一次検定のスギの最多階級値は40-50 (0~80), ヒノキは60-70 (40~80), そして第二次検定のスギは60-70 (50~90) であった。クローン (家系) 間のレンジは、第一次検定のスギは80, 第一次検定のヒノキおよび第二次検定のスギは40であった。特に第一次検定のスギでは、全個体が「一部枯れ」のクローンから全個体が「枯れ」のクローンまで存在し、被害程度がクローンによって明瞭に異なった。このことは、生存限界付近の照度条件においては、「健全性に関する耐陰性」が林業上きわめて重要な特性となってこよう。検定クローン等の「健全性に関する耐陰性」をIV項において健全度を

使用して検討した。また、被害程度およびクローン間の変異が検定年次や樹種によって大きく異なったため、検定年次ごとに解析した。

共通クローン：共通クローンの健全度は、第一次検定では66.7，第二次検定では83.3で、いずれの検定においても高レベルに位置しており、共通クローンが「成長に関する耐陰性」と同様に「健全性に関する耐陰性」においても高い耐陰性を保持していた。

なお、クローン（家系）ごとの被害調査の結果と健全度は別表-2に示す。

IV 耐陰性の検定

1. 評価方法

精英樹等の耐陰性を、検定年次ごとに「成長に関する耐陰性」と「健全性に関する耐陰性」の両面から検討した。共通クローンはいずれの検定年次でも、20%区成長率、対照比、および健全度が共通的に高レベルに位置し、しかも、共同試験として実施した他の機関においても同様の傾向が認められた²⁾。そこでスギについては共通クローンと同程度以上の耐陰性個体の育成を目標とした。ヒノキについては検定家系数が比較的少なく、しかも他機関との共通家系も検定していないため、普遍的な評価が困難であるが、本検定ではスギと同一基準で検討した。

(1) 成長に関する耐陰性

「成長に関する耐陰性」は20%区成長率と対照比で評価した。20%区成長率の判定基準は、表-4に示す分散分析結果から算出（LSD法）した共通クローンとの最小有意差を使用した。一方、対照比は図-9・10に示すように20%区成長率と比較の高い相関（第一次検定スギ： $r=0.847**$ ，第二次検定スギ： $r=0.728**$ ）が認められたので、その回帰直線を利用し、前述の最小有意差に対応する対照比を判定基準とした。そして、20%区成長率と対照比がともに判定基準以上のクローンを「成長に関する耐陰性あり」に評価した。

表-4 20%区におけるD'H相対成長率の分散分析結果

要 因	第一次検定スギ				第二次検定スギ			
	自由度	平方和	平均平方	分散比	自由度	平方和	平均平方	分散比
クローン	43	2.0366	0.0474	5.44**	14	0.1539	0.0110	2.7942*
反復	1	0.8837	0.8837	101.54**	1	0.2816	0.2816	71.5855*
誤差	43	0.3743	0.0087		14	0.0551	0.0039	
全体	87	3.2945			29	0.4905		

* : 5%水準で有意 ** : 1%水準で有意

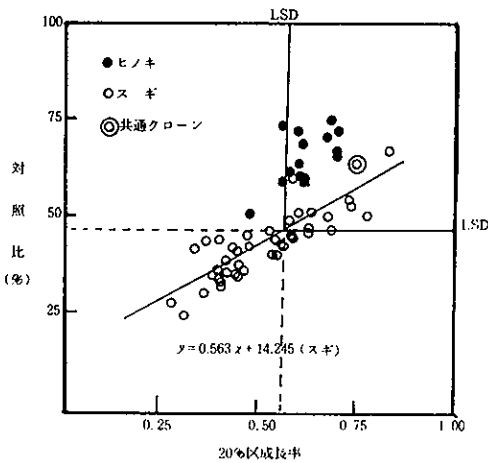


図-9 検定クローン(家系)の20%区成長率との対照比の関係(第一次検査)
LSD: 共通クローンとの最小有意差

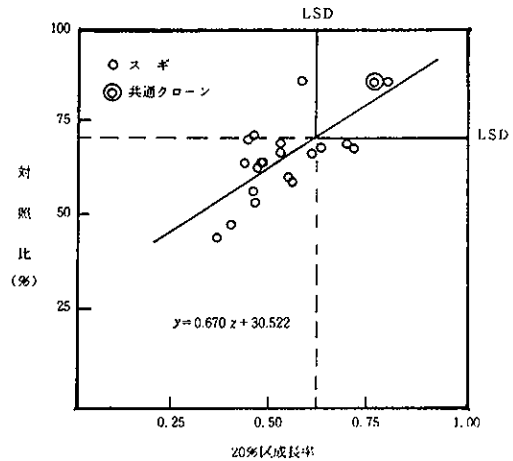


図-10 検定クローン(家系)の20%区成長率との対照比の関係(第二次検査)
LSD: 共通クローンとの最小有意差

(2) 健全性に関する耐陰性

「健全性に関する耐陰性」は、健全度が共通クローン以上のクローンを「健全性に関する耐陰性あり」に評価した。

(3) 総合耐陰性

「成長に関する耐陰性」と「健全性に関する耐陰性」の重要性は、林内の光環境との関係で異なるが、次に示す基準によって「耐陰性強」と「耐陰性やや強」クローンを選出した。

「耐陰性強」 : 「成長・健全性に関する耐陰性がともにあり」

「耐陰性やや強」 : 「成長に関する耐陰性あり」で健全度が検定区平均値以上

または「健全性に関する耐陰性あり」で20%区成長率と対照比がともに検定区平均値以上

なお、クローン等の評価結果は、同一の試験でも評価方法によって異なる場合もある。本検定の目的は、人工被陰試験による短期間の検定によって、耐陰性候補木を選出することである。したがって、本報告では共同試験報告書での評価結果²⁾も勘案し、同報告書で「耐陰性クローン」として評価されたクローンについては、上記の基準で「耐陰性強・やや強」に評定されていなくても「耐陰性やや強」に格付けした。

2. 検定結果

検定結果を表-5に示す。

表-5(1) 検定結果(第一次検定スギ)

第一次検定 クローン	総合 耐陰性	成長に 関する 耐陰性	健全性 に 関する 耐陰性	20% 区 成 長 率	対 照 比	健 全 度
クモトオシ	○	●		0.827	67.9	58.3
速藤355	◎	●	●	0.774	50.7	66.7
桑名1	◎	●	●	0.747	63.8	66.7
速藤375	○	●		0.733	53.6	58.3
速藤40	○	●		0.725	55.2	62.5
サンプスギ	○	●		0.689	47.6	58.3
真庭2		●		0.676	50.3	33.3
真庭5	◎	●	●	0.633	51.8	75.0
真庭34	◎	●	●	0.630	48.2	70.8
飾磨5	○	●		0.628	47.5	58.3
真庭31		●		0.627	46.4	33.0
速藤149	○	●		0.598	51.5	45.8
真庭13				0.588	45.5	45.8
苫田20	○	●		0.585	60.9	54.2
真庭3				0.580	45.5	54.2
新見2	○	●		0.577	49.6	45.8
真庭10				0.571	41.8	54.2
新見4				0.560	43.1	33.3
速藤493	○*		●	0.543	40.5	70.8
真庭9				0.540	44.3	16.7
苫田3				0.528	47.1	0.0
苫田4			●	0.527	40.6	70.8
後月1				0.481	42.8	16.7
川上1				0.469	36.9	8.3
阿哲2				0.469	45.3	37.5
真庭28				0.455	36.5	50.0
新見8				0.450	35.1	37.5
真庭35				0.448	41.3	0.0
真庭20				0.445	38.5	45.8
新見11				0.438	35.8	0.0
真庭14				0.431	42.6	33.3
阿哲4				0.416	36.6	50.0
苫田8				0.415	39.4	16.7
真庭24				0.404	33.1	41.7
新見10				0.403	34.3	12.5
真庭27				0.403	31.8	41.7
真庭26				0.397	44.8	25.0
真庭7				0.395	37.0	25.0
苫田19				0.383	35.7	20.8
真庭33				0.362	44.4	62.5
真庭1				0.360	31.4	25.0
真庭21				0.335	42.5	50.0
真庭12				0.308	24.9	16.7
真庭25				0.277	28.6	0.0

◎:「耐陰性強」 ○:「耐陰性やや強」○*:共同試験結果により「耐陰性やや強」に格付け
●:成長または健全性に関する耐陰性あり

表-5(2) 検定結果(第二次検定スギ)

第二次検定 クローン	総合 耐陰性	成長に関する 耐陰性	健全性に関する 耐陰性	20%区 成長率	対照比	健全度
阿哲3	◎	●	●	0.791	86.2	89.7
桑名1	◎	●	●	0.758	86.3	83.3
川上2	○		●	0.707	68.6	89.7
和気1	○		●	0.687	69.6	87.5
御津1	○*			0.621	68.6	73.0
阿哲1	○*			0.596	67.2	66.7
真庭29	○		●	0.571	86.9	83.3
新見7	○*			0.549	59.3	79.2
真庭23	○*			0.536	61.0	66.7
苫田17				0.518	66.9	66.7
真庭16				0.518	69.4	68.8
苫田12				0.476	64.9	66.7
真庭18				0.468	65.0	68.8
苫田1				0.463	63.0	79.2
新見9				0.452	54.0	68.8
真庭36				0.452	72.0	58.3
真庭4				0.449	56.8	70.8
真庭38				0.434	69.9	54.2
真庭22				0.429	64.4	58.3
英田2				0.395	48.1	62.5
真庭15				0.355	44.5	68.8

◎:「耐陰性強」 ○:「耐陰性やや強」○*:共同試験結果により「耐陰性やや強」に格付け
●:成長または健全性に関する耐陰性あり

表-5(3) 検定結果(第一次検定ヒノキ)

第一次検定家系	総合 耐陰性	成長に関する 耐陰性	健全性に関する 耐陰性	20%区 成長率	対照比	健全度
苫田1	○	●		0.697	72.8	64.7
英田1	○	●		0.694	68.5	62.6
英田2	◎	●	●	0.691	66.6	66.7
苫田3	◎	●	●	0.679	75.5	77.2
真庭2	◎	●	●	0.669	71.0	68.8
真庭9	○	●		0.610	60.2	64.0
苫田7	◎	●	●	0.604	59.1	70.8
苫田2	○☆	●		0.603	70.1	43.8
高粱1	◎	●	●	0.600	64.5	70.9
真庭1	○	●		0.592	73.2	64.6
苫田8	○	●		0.588	60.8	60.5
真庭7	◎	●	●	0.568	62.9	70.9
真庭3	○		●	0.557	60.0	68.8
新見1	○		●	0.552	74.2	75.0
真庭5	☆			0.470	51.9	64.7

◎:「耐陰性強」 ○:「耐陰性やや強」
●:成長または健全性に関する耐陰性あり
☆:成長または健全性に関する耐陰性が低い

スギ64クローンの中で桑名1号, 遠藤355号, 真庭5号, 真庭34号, 阿哲3号の5クローンを「耐陰性強」に評定し, 真庭29号, 苫田20号, 新見2号, 川上2号, 和気1号, 遠藤40号, 遠藤149号, 遠藤375号, 飾磨5号, クモトオシ(在来種), サンプスギ(在来種)の11クローンを「耐陰性やや強」に評定した。そして, 共同試験報告書の結果から御津1号, 阿哲1号, 新見7号, 真庭23号, 遠藤493号の5クローンを「耐陰性やや強」に格付けした。全体的傾向として, 成長に関する耐陰性の高いクローンほど健全性に関する耐陰性も高い傾向が認められた。また, 遠藤355号, 375号, 40号, 493号はいずれも岡山県北部の天然林からの選抜クローンであり, 天然スギは, 下種更新にしても伏条更新にしても立木被陰下で長期間にわたり低照度条件下での淘汰を受けていると推察され, 高い耐陰性を保持しているといえよう。

鈴木ら⁴⁾は本県の精英樹など32クローンについて, 平均相対照度約5%の林内で樹下植栽試験を行い, 真庭5号, 阿哲3号, 真庭20号の3クローンについて被害が少ない傾向を認めた。本検定において真庭5号, 阿哲3号は「耐陰性強」と評定しており, 鈴木らの林内樹下植栽試験と一致し, 人工被陰試験の有効性を示唆しているといえよう。

ヒノキについてスギと同一基準で耐陰性を評価すれば, 15家系の中で英田2号, 苫田3号, 真庭2号, 苫田7号, 高梁1号, 真庭7号の6家系は「耐陰性強」, 苫田1号, 英田1号, 真庭9号, 苫田2号, 真庭1号, 苫田8号, 真庭3号, 新見1号の8家系は「耐陰性やや強」に評定された。しかし, 健全度については家系間の有意差が認められず, 家系間の厳密な評価を行うのは適切でなく, ヒノキは全体的には「耐陰性強」あるいは「耐陰性やや強」に属するといえる。ただし, 真庭5号と苫田2号は「成長に関する耐陰性」または「健全性に関する耐陰性」が他の家系に比較して低く, ヒノキの中では耐陰性が低いといえよう。

ここで, スギ「耐陰性強」クローンの平均20%区成長率は0.696, 対照比は53.6%, 健全度は69.8で, ヒノキの平均20%区成長率は0.661, 対照比は66.1%, 健全度は66.3であり, 「耐陰性強」として選出したクローンは, 対照比ではやや低いものの, ヒノキとほぼ同等以上の耐陰性を保持しているといえる。

V 総括

圃場において人工被陰によって相対照度20%区, 2%区そして対照区の3検定区を設定し, スギ64クローン, ヒノキ15家系の精英樹などの耐陰性を検定した。検定は第一次検定(スギ・ヒノキ)と第二次検定(スギ)の2成長期間づつ2回にわけて実施した。

精英樹などの耐陰性を「成長に関する耐陰性」と「健全性に関する耐陰性」の両面から検討し, 同様の試験で高い耐陰性が認められている共通クローンと同程度以上の耐陰性品種の育成を目標とした。すなわち, 検定年次ごとに20%区成長率と対照比がいずれも共通クローンと同程度(LSD法)以上のクローンを「成長に関する耐陰性あり」とし, 健全度が共通クローン以上のクローンを「健全性に関する耐陰性あり」とした。そして, 成長と健全性に関する耐陰性がともに認められたクローンを「耐陰性強」に評定し, いずれかの耐陰性が認められ, もう一方の耐陰性が検定区平均値以上のクローンを「耐陰性やや強」に評定した。さらに, 共同試験報告書で「耐陰性クローン」として評価されたクローンについては, 上記の基準で「耐陰性強・やや強」に評価されていなくても「耐陰性やや強」に格付けした。

その結果, スギについては4クローンを「耐陰性強」クローンとして選出し, 11クローンを「耐陰性

やや強」クローンとして選出した。また、共同試験の結果から5クローンを「耐陰性やや強」クローンに格付けした。「成長に関する耐陰性」の高いクローンほど「健全性に関する耐陰性」も高い傾向が認められたとともに、天然スギから選抜されたクローンはいずれも耐陰性が高い傾向であった。

ヒノキについてスギと同一基準で耐陰性を評価すれば、15家系の中で14家系は「耐陰性強」あるいは「耐陰性やや強」に評価された。ただし、2家系については「成長に関する耐陰性」または「健全性に関する耐陰性」がやや低い値を示し、ヒノキの中では耐陰性が弱い傾向であった。また、スギ「耐陰性強」クローンは、ほぼヒノキ程度以上の耐陰性を保持しているといえた。

VI おわりに

複層林施業といえども、そこで求められる造林材料は、成長や地域への適応性、あるいは材質的特性などの一般的特性⁵⁾が最も重要である。しかし、それとともに、耐陰性に関する特性は林内の光環境との関係では枯損などにも関係する重要な特性となつてこよう。本検定は人工被陰施設を利用した短期間での検定であり、今後、現実の立木被陰条件における検証が必要である。現在すでに複層林施業なども一部では実施されており、この検定結果が造林材料選択の一つの材料となり、造林事業の場でその適応性が検証されるていくことを期待する。

別表-1(1) 成長調査の結果と対照比等(第一次検定スギ)

	20%区根元直径			20%区樹高			対照区根元直径			対照区樹高			20%区 D'H 成長率	対照区 D'H 成長率	対照比
	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目			
真庭1	9.0	10.0	10.7	46.3	55.6	75.8	7.4	9.6	17.4	39.9	62.0	103.4	0.360	1.149	31.4
真庭2	9.6	11.6	15.1	56.9	72.7	110.0	8.2	13.0	22.1	51.5	78.2	161.8	0.676	1.346	50.3
真庭3	9.2	10.9	13.5	50.8	60.3	91.1	9.2	14.0	23.3	53.0	84.5	156.9	0.580	1.275	45.5
真庭5	9.3	11.0	13.8	57.6	67.2	112.6	8.8	13.0	21.4	56.8	81.9	160.4	0.633	1.223	51.8
真庭7	7.1	7.5	8.7	30.9	39.3	51.4	7.2	10.1	14.3	31.2	54.0	92.6	0.395	1.067	37.0
真庭9	8.1	9.2	11.6	47.0	60.6	78.7	8.4	11.6	19.6	47.6	79.0	142.3	0.540	1.217	44.3
真庭10	8.5	10.0	12.1	41.4	53.1	78.0	8.8	14.0	22.0	43.4	78.1	159.9	0.571	1.368	41.8
真庭12	9.6	11.0	11.4	56.3	63.5	81.8	7.7	12.0	20.0	51.1	71.7	131.1	0.308	1.238	24.9
真庭13	8.2	9.4	12.0	52.8	69.3	95.9	7.1	10.8	18.8	50.4	77.2	142.3	0.588	1.293	45.5
真庭14	9.1	9.6	12.1	51.4	63.5	80.5	8.8	12.1	17.8	54.8	82.9	142.4	0.431	1.012	42.6
真庭20	9.3	9.4	12.1	53.0	63.6	87.0	7.5	10.2	17.5	42.9	71.0	112.8	0.445	1.157	38.5
真庭21	8.9	9.5	10.3	47.6	52.4	78.0	7.9	8.9	13.5	42.9	58.4	89.9	0.335	0.789	42.5
真庭24	8.8	9.4	10.3	40.9	50.2	77.3	6.9	10.6	16.6	38.5	57.6	118.3	0.404	1.219	33.1
真庭25	8.5	9.2	9.9	42.3	53.9	59.4	8.2	10.7	15.1	38.9	61.1	106.9	0.277	0.970	28.6
真庭26	9.3	10.3	11.5	51.6	62.1	85.3	7.7	10.1	14.0	45.4	67.8	107.3	0.397	0.885	44.8
真庭27	8.2	8.7	10.2	46.9	59.0	77.2	7.2	10.6	17.6	44.6	70.6	140.5	0.403	1.267	31.8
真庭28	9.4	10.5	12.1	50.8	62.0	85.6	8.1	12.6	20.3	47.7	71.2	136.5	0.455	1.248	36.5
真庭31	8.5	10.4	12.8	49.6	63.3	93.5	8.0	13.4	21.4	50.6	85.6	163.4	0.627	1.352	46.4
真庭33	8.5	9.0	10.1	43.5	50.1	71.9	8.3	10.0	14.5	42.6	64.1	91.6	0.362	0.815	44.4
真庭34	10.3	12.4	15.4	60.7	76.6	114.4	9.0	13.9	22.9	57.0	93.3	177.8	0.630	1.308	48.2
真庭35	10.3	11.6	14.4	61.1	66.6	87.9	7.9	11.0	16.4	42.5	71.4	121.8	0.448	1.085	41.3
苦田3	8.8	9.8	11.6	48.1	57.1	95.0	7.8	11.0	16.8	41.0	72.7	116.5	0.528	1.121	47.1
苦田4	9.3	10.6	13.3	46.9	54.7	77.4	7.3	11.4	19.9	42.1	64.1	114.0	0.527	1.299	40.6
苦田8	8.1	9.3	9.8	44.3	55.1	78.0	6.6	8.6	13.0	35.6	56.4	108.1	0.415	1.052	39.4
苦田19	8.8	9.4	10.7	44.3	52.8	73.8	7.8	10.5	16.8	40.0	61.4	106.5	0.383	1.073	35.7
苦田20	6.2	7.4	9.1	32.9	41.5	59.2	8.2	12.0	17.0	47.3	64.1	111.3	0.585	0.961	60.9
後月1	10.3	12.0	13.4	71.2	79.1	129.5	7.4	10.9	16.9	50.1	78.3	126.6	0.481	1.123	42.8
川上1	8.8	9.4	11.4	40.5	50.4	70.9	8.4	13.6	20.9	42.9	70.1	131.1	0.469	1.270	36.9
阿哲2	7.8	8.5	10.4	39.2	47.8	63.4	7.5	9.9	16.1	38.8	56.8	90.9	0.469	1.034	45.3
阿哲4	10.0	10.6	12.9	52.0	61.6	85.4	9.1	12.0	20.1	44.0	74.8	127.4	0.416	1.137	36.6
新見2	8.4	10.1	12.1	41.3	54.1	77.3	9.4	13.3	21.7	48.1	78.7	134.5	0.577	1.165	49.6
新見4	9.8	11.3	13.9	51.9	66.9	96.3	8.3	12.3	20.5	46.8	79.4	151.1	0.560	1.299	43.1
新見8	8.6	9.8	11.4	48.4	56.0	75.5	8.3	12.4	21.5	51.9	80.7	147.9	0.450	1.281	35.1
新見10	8.0	8.5	9.7	42.1	53.5	72.4	7.6	10.4	16.4	38.0	66.2	127.8	0.403	1.175	34.3
新見11	8.5	9.7	11.3	48.1	57.9	76.0	8.3	12.4	18.9	46.2	74.9	148.6	0.438	1.224	35.8
遠藤40	10.7	12.2	16.6	57.2	78.4	122.9	8.5	14.1	21.9	49.3	80.1	151.8	0.725	1.314	55.2
遠藤149	12.0	13.3	17.6	64.5	79.4	120.9	9.6	15.0	22.5	58.4	87.1	156.3	0.598	1.162	51.5
遠藤355	8.6	10.5	14.5	47.5	62.2	98.0	7.9	14.1	24.5	44.8	76.5	153.0	0.774	1.527	50.7
遠藤375	9.3	10.6	14.9	49.4	74.5	103.4	8.6	14.4	24.0	49.1	88.4	146.6	0.733	1.369	53.6
遠藤493	9.4	10.4	13.0	54.4	66.9	99.5	8.7	13.8	23.9	53.9	90.6	156.1	0.543	1.340	40.5
サンプスギ	10.6	13.0	16.1	59.6	80.6	124.8	8.3	13.6	25.3	51.5	86.7	159.9	0.689	1.445	47.6
クモトオン	10.7	13.5	19.4	70.8	95.3	141.3	8.5	12.3	19.3	46.4	82.8	146.0	0.827	1.218	67.9
飾磨5	10.4	12.1	15.1	55.9	70.4	112.5	8.8	13.6	23.6	50.9	85.3	150.5	0.628	1.322	47.5
桑名1	12.0	13.8	19.8	82.4	102.3	168.0	10.5	16.4	25.9	83.2	116.3	204.4	0.747	1.171	63.8

別表-1(2) 成長調査の結果と対照比等(第二次検定スギ)

	20%区根元直径			20%区樹高			対照区根元直径			対照区樹高			20%区 D.H 成長率	対照区 D.H 成長率	対照比
	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目			
真庭4	7.6	8.0	9.7	34.7	38.8	59.3	6.9	8.5	11.9	33.7	41.1	68.8	0.449	0.790	56.8
真庭15	7.7	8.0	9.3	40.6	43.2	63.3	7.4	9.3	13.2	42.4	56.6	82.5	0.355	0.798	44.5
真庭16	8.4	9.0	11.9	53.2	59.1	87.9	7.3	9.5	13.1	47.3	58.0	81.2	0.518	0.747	69.4
真庭18	8.2	8.8	11.2	43.6	49.7	68.7	7.8	10.1	14.3	47.8	54.6	75.3	0.468	0.720	65.0
真庭22	7.3	7.8	9.6	36.5	39.5	56.6	7.2	8.6	11.6	36.0	46.1	64.6	0.429	0.667	64.4
真庭23	8.2	8.7	11.2	40.0	46.3	73.5	8.9	11.5	16.8	44.8	60.3	96.3	0.536	0.880	61.0
真庭29	7.4	7.8	10.4	40.0	48.1	76.9	7.6	9.0	12.5	41.3	47.8	68.6	0.571	0.656	86.9
真庭36	7.0	7.3	9.1	32.3	34.7	53.9	7.1	8.4	11.4	33.1	42.4	54.8	0.452	0.627	72.0
真庭38	7.1	7.5	9.3	38.4	45.3	60.0	6.8	8.1	10.4	32.8	42.7	58.3	0.434	0.620	69.9
苫田1	7.4	7.9	9.7	34.2	38.5	59.0	7.0	8.2	11.8	34.7	43.6	65.3	0.463	0.736	63.0
苫田12	7.4	7.9	9.7	30.2	35.0	51.9	7.3	8.6	11.4	27.8	37.1	60.8	0.476	0.733	64.9
苫田17	6.6	6.8	8.7	29.0	33.7	54.3	6.5	7.7	10.8	31.1	35.8	67.9	0.518	0.775	66.9
英田2	7.2	7.6	9.2	33.7	36.3	51.5	6.9	8.6	12.7	33.3	39.0	65.0	0.395	0.820	48.1
和気1	8.0	8.7	12.8	42.5	51.3	82.0	7.4	9.6	14.9	38.0	48.7	92.4	0.687	0.987	69.6
川上2	7.3	8.1	11.3	36.4	47.8	77.2	6.9	9.4	15.3	41.3	54.3	89.7	0.707	1.031	68.6
阿哲1	8.3	9.1	12.2	31.5	34.4	57.3	7.7	9.6	14.4	28.5	40.5	63.7	0.596	0.887	67.2
阿哲3	8.7	10.2	14.3	49.7	62.2	113.2	8.3	11.1	16.6	47.2	58.7	98.2	0.791	0.918	86.2
新見7	7.4	7.8	10.1	42.3	52.3	80.2	6.8	8.9	13.3	40.0	53.0	87.9	0.549	0.926	59.3
新見9	8.1	8.6	10.6	46.3	49.2	75.8	8.9	11.3	17.0	52.4	64.4	99.5	0.452	0.836	54.0
御津1	8.2	8.6	11.7	41.7	50.3	85.2	7.7	10.1	15.2	41.3	49.9	87.8	0.621	0.905	68.6
桑名1	10.2	11.7	17.7	84.0	96.2	158.5	8.9	11.5	18.1	65.8	75.7	120.7	0.758	0.878	86.3

別表-1(3) 成長調査の結果と対照比等(第一次検定ヒノキ)

	20%根元直径			20%区樹高			対照区根元直径			対照区樹高			20%区 D.H 成長率	対照区 D.H 成長率	対照比
	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目	植栽時	1年目	2年目			
高粱1	9.5	11.2	13.4	53.0	75.0	106.8	7.9	12.2	16.2	53.6	73.5	108.2	0.600	0.930	64.5
新見1	9.1	10.6	12.7	58.2	73.3	106.8	7.7	10.7	13.9	56.1	70.5	95.5	0.552	0.744	74.2
真庭1	9.0	10.4	12.9	59.2	77.4	111.0	8.1	11.4	14.8	56.0	73.0	107.6	0.592	0.808	73.2
真庭2	9.0	11.1	14.1	58.3	78.6	110.6	8.2	11.9	16.6	57.1	74.0	119.6	0.669	0.942	71.0
真庭3	10.3	11.9	14.3	67.0	89.4	124.6	8.3	12.0	16.8	59.8	82.1	124.3	0.557	0.929	60.0
真庭5	9.2	10.4	12.1	55.1	68.2	93.9	7.7	10.9	15.3	48.2	63.8	97.3	0.470	0.905	51.9
真庭7	9.0	10.0	12.5	52.9	70.4	101.2	8.8	12.4	17.0	53.0	72.0	112.9	0.568	0.903	62.9
真庭9	9.6	10.9	13.7	58.0	80.7	117.3	8.3	12.3	17.6	54.1	76.6	124.9	0.610	1.013	60.2
苫田1	8.3	9.6	12.6	54.5	79.5	119.6	7.9	11.9	16.1	53.8	81.3	121.6	0.697	0.957	72.8
苫田2	10.7	12.6	15.2	67.0	93.3	134.9	8.6	12.2	16.4	63.0	83.2	127.1	0.603	0.860	70.1
苫田3	8.8	10.6	13.7	57.7	80.8	115.1	8.4	12.2	16.5	54.0	75.7	111.7	0.679	0.899	75.5
苫田7	10.2	11.6	14.9	57.2	77.9	109.9	8.3	12.3	17.8	48.6	71.7	111.0	0.604	1.022	59.1
苫田8	9.2	10.9	12.9	58.7	83.6	116.0	8.8	13.0	17.9	55.7	78.7	125.6	0.588	0.966	60.8
英田1	8.7	10.6	13.1	50.8	74.8	112.1	8.2	12.7	16.9	53.1	79.2	128.5	0.694	1.013	68.5
英田2	8.9	10.9	13.8	57.5	80.4	118.1	8.0	11.8	17.6	55.6	78.2	126.1	0.691	1.038	66.6

別表-2(1) 被害調査の結果と健全度(第一次検定スギ)

	被害区分 (%)				健全度
	健全	部分枯れ	半枯れ	枯死	
真庭1	12.5	12.5	12.5	62.5	25.0
真庭2	0.0	50.0	0.0	50.0	33.3
真庭3	12.5	62.5	0.0	25.0	54.2
真庭5	50.0	37.5	0.0	12.5	75.0
真庭7	25.0	0.0	0.0	75.0	25.0
真庭9	0.0	25.0	0.0	75.0	16.7
真庭10	0.0	75.0	12.5	12.5	54.2
真庭12	0.0	25.0	0.0	75.0	16.7
真庭13	0.0	62.5	12.5	25.0	45.8
真庭14	0.0	50.0	0.0	50.0	33.3
真庭20	0.0	62.5	12.5	25.0	45.8
真庭21	0.0	75.0	0.0	25.0	50.0
真庭24	0.0	62.5	0.0	37.5	41.7
真庭25	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
真庭26	0.0	25.0	25.0	50.0	25.0
真庭27	0.0	62.5	0.0	37.5	41.7
真庭28	0.0	75.0	0.0	25.0	50.0
真庭31	0.0	50.0	0.0	50.0	33.0
真庭33	12.5	75.0	0.0	12.5	62.5
真庭34	12.5	87.5	0.0	0.0	70.8
真庭35	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
苫田3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
苫田4	25.0	62.5	12.5	0.0	70.8
苫田8	0.0	25.0	0.0	75.0	16.7
苫田19	0.0	25.0	12.5	62.5	20.8
苫田20	0.0	75.0	12.5	12.5	54.2
後月1	0.0	25.0	0.0	75.0	16.7
川上1	0.0	0.0	25.0	75.0	8.3
阿哲2	0.0	50.0	12.5	37.5	37.5
阿哲4	25.0	37.5	0.0	37.5	50.0
新見2	0.0	62.5	12.5	25.0	45.8
新見4	0.0	50.0	0.0	50.0	33.3
新見8	12.5	37.5	0.0	50.0	37.5
新見10	0.0	12.5	12.5	75.0	12.5
新見11	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
遠藤40	12.5	75.0	0.0	12.5	62.5
遠藤149	0.0	62.5	12.5	25.0	45.8
遠藤355	0.0	100.0	0.0	0.0	66.7
遠藤375	0.0	87.5	0.0	12.5	58.3
遠藤493	12.5	87.5	0.0	0.0	70.8
サンプスギ	0.0	87.5	0.0	12.5	58.3
クモトオシ	0.0	87.5	0.0	12.5	58.3
飾磨5	25.0	50.0	0.0	25.0	58.3
桑名1	0.0	100.0	0.0	0.0	66.7

別表-2(2) 被害調査の結果と健全度(第一次検定ヒノキ)

	被害区分 (%)				健全度
	健全	部分枯れ	半枯れ	枯死	
高粱1	25.0	68.8	0.0	6.3	70.9
新見1	25.0	75.0	0.0	0.0	75.0
真庭1	12.5	75.0	6.3	6.3	64.6
真庭2	25.0	56.3	18.8	0.0	68.8
真庭3	12.5	81.3	6.3	0.0	68.8
真庭5	18.8	68.8	0.0	12.5	64.7
真庭7	31.3	56.3	6.3	6.3	70.9
真庭9	0.0	87.5	6.3	6.3	64.0
苦田1	31.3	43.8	12.5	12.5	64.7
苦田2	0.0	62.5	6.3	31.3	43.8
苦田3	43.8	43.8	12.5	0.0	77.2
苦田7	12.5	87.5	0.0	0.0	70.8
苦田8	0.0	81.3	18.8	0.0	60.5
英田1	6.3	75.0	18.8	0.0	62.6
英田2	6.3	87.5	6.3	0.0	66.7

別表-2(3) 被害調査の結果と健全度(第二次検定スギ)

	被害区分 (%)				健全度
	健全	部分枯れ	半枯れ	枯死	
真庭4	12.5	87.5	0.0	0.0	70.8
真庭15	6.3	93.8	0.0	0.0	68.8
真庭16	6.3	93.8	0.0	0.0	68.8
真庭18	6.3	93.8	0.0	0.0	68.8
真庭22	0.0	87.5	0.0	12.5	58.3
真庭23	0.0	100.0	0.0	0.0	66.7
真庭29	50.0	50.0	0.0	0.0	83.3
真庭36	0.0	87.5	0.0	12.5	58.3
真庭38	0.0	75.0	12.5	12.5	54.2
苦田1	37.5	62.5	0.0	0.0	79.2
苦田12	0.0	100.0	0.0	0.0	66.7
苦田17	0.0	100.0	0.0	0.0	66.7
英田2	0.0	93.8	0.0	6.3	62.5
和気1	62.5	37.5	0.0	0.0	87.5
川上2	68.8	31.3	0.0	0.0	89.7
阿哲1	0.0	100.0	0.0	0.0	66.7
阿哲3	68.8	31.3	0.0	0.0	89.7
新見7	37.5	62.5	0.0	0.0	79.2
新見9	6.3	93.8	0.0	0.0	68.8
御津1	18.8	81.3	0.0	0.0	73.0
桑名1	50.0	50.0	0.0	0.0	83.3

引用文献

- (1) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会: 精英樹等の耐陰性検定共同試験方法書, 1978
- (2) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会: 精英樹等の耐陰性検定共同試験報告書, 1992
- (3) 大政謙次ら: “植物個体の生理機能の計測”, 植物の計測と診断, 朝倉書店, 1988, P63-127
- (4) 鈴木健敬・早稲田収ほか: “庇陰下における樹品種の生態的特性”, 人工林の複層林施業に関する研究, 林業試験場研究報告, No.323, 1983, P.85-152
- (5) 丹原哲夫: “スギの育種は, いま”, 岡山県林業試験場研究成果発表会資料, No.9, 1995, P. 15-18
- (6) 千葉幸弘ら: “人工庇陰下でのスギとヒノキ精英樹苗木の生長の違い”, 日本林学会大会論文集, No.97, 1986, P.399-400
- (7) 堤利夫ら: “スギ, ヒノキ人工林の育成”, 造林学, 文永堂出版, 1994, P5-57
- (8) 吉野豊: スギ精英樹等の耐陰性検定試験, 兵庫県林業試験場研究報告, No.33, 1987, P72-80