

(研究資料)

人工林の複層林施業に関する研究 (Ⅲ)

庇陰下における樹品種の生態的特性 (2)

下木の光環境と生長

複層林施業研究班

Working Group on Multistoried Forests : Research Materials  
 on the Treatment of Artificial Multistoried Forests III  
 Ecological Characteristics of Tree Species and Varieties under Shading (2)  
 Relation between Light Conditions around Understory  
 Trees and Their Growth  
 (Research note)

要旨：複層林における林内更新法を確立する基礎として、林内下木の光環境と生長に関する多くの資料を集積した。複層林の下木としてのスギ稚樹の年間伸長量は、林内相対照度と関係し、とくに林内相対照度が約20%以下で高い相関が認められ、稚樹の伸長量から林内の明るさを推定できることが、ヒズモスギ、サンプスギの調査事例で認められた。しかし、アヤスギ、ヤナセスギさらにヒノキなどの下木についての調査事例からみると、下木の伸長量と林内相対照度との関係は、樹種、品種・系統、地域によって異なると考えられた。また、間伐方法や施肥量を変えたスギ壮齡林にスギ、ヒノキの下木植栽を行った試験から、上木の本数密度、樹高、直径、閉鎖度、収量比数など林分構成因子と下木の生長および林内相対照度との関係を解析した結果、これらの林分構成因子の重回帰式によって下木の生長を精度よく推定できる見通しを得た。

低質広葉樹林の林種転換のためのスギ、ヒノキの下木植栽試験結果でみると、植栽後7年経過した下木の樹高生長は、裸地植栽の場合に比べ、スギ、ヒノキとも相対照度5~10%では約1/7、20~30%では約1/3~1/2であり、形状比は低照度ほど大きくなる。さらに、カラマツ、アカマツ林内での7生長期にわたるスギ下木植栽試験では、母樹系統によって下木生長がかなり異なることが明らかにされた。

庇陰下の植栽苗の枯損には、光不足だけでなく苗木の光前歴、移植のショック、根ぐされなどの要因も関与した生理的障害(陰湿害と仮称)が考えられ、スギよりもヒノキに多くみられる。現地試験の結果、梅雨時の異常多雨、湿潤立地、低照度などが多発要因と考えられ、回避のためには15%以上に相対照度を維持する必要がある、そのため群状間伐が有効であった。

目次

林内光環境とスギ稚樹の生長.....	早稻田	収.....	105
林内の光環境と下木の樹高生長.....	安宮 藤本 貴仁 竹内 倫郁 桜谷 井本 尚武 桜谷 井本 武夫	.....	108

林分構成と下木の樹高生長.....	尾上 方中 信作 夫郎	111
広葉樹林内におけるスギ・ヒノキの生長.....	鈴木 木本 健久 敬雄 山内 村 久悦 三郎 藤河 森 悦隆 彦 早稲 原 輝 収 斎 藤 勝 郎	115
カラマツ・アカマツ林内における母樹別スギ苗の生長.....	貴古 田川 忍 岩 崎 忠 及 川 明 村 井 夫 正 伸 文	118
ヒノキ樹下植栽苗の陰湿害.....	尾上 方中 信作 夫郎	123

## 林内光環境とスギ稚樹の生長

早 稲 田 収<sup>(1)</sup>

Osamu WASEDA : Relative Light Intensity in the Forests  
and Height Growth of Understories Planted Trees  
of Sugi (*Cryptomeria japonica*)

### I ね ら い

林内更新では、比較的暗い条件下で稚樹の更新が行われるため、光環境が生長の制限因子となり、その両者の相関は高いと考えられる。

複層林経営における下層の更新稚樹の生長は、上層の取り扱い方の結果とみるべきものであって、下層の生長を基準に上層の扱い方を左右するものではなく、したがって、その生長の遅速はあまり重要ではない。

しかし、光環境と稚樹の生長が高い相関をもつ範囲では、稚樹の年間伸長量を林内環境の示標として利用できる可能性があり<sup>(2)</sup>、これはその簡便さにおいて優れた現場技術となると思われる。

また、検討にあたって、明るさの示標に相対照度を用いるにしても、現実林分における値と人工庇陰条件における値とでは、意味内容が異なるので、現場とのつながりを求める場合は、現実林分の調査資料によらなければならない。

### II 調 査 方 法

調査は、岐阜県郡上郡明方村、愛知県南設楽郡鳳来町、および静岡県磐田郡佐久間町の民有林で1969～1979年の間に行った。

樹種はスギであり、品種系統はヒズモスギとサンプスギであり、いずれも挿木増殖による。

調査林分の上層樹種は、ヒノキ(43林分)、スギ(20)、カラマツ(7)および落葉広葉樹(19)であり、合計89林分である。

林内相対照度の測定は、いずれも7月下旬～8月上旬の午前10時～午後2時の間であり、測定時の林外照度5万Lux以上の場合の資料に限定した。測定高は稚樹の梢端の高さである。

相対照度の測定機器は、1974年までは東芝照度計SPI-5型により、1975年以降はサンヨー照度積分計VIP-SYS-1型によった。

調査面積は100～400m<sup>2</sup>であり、伸長量の調査本数は25～120本の範囲である。

調査木の高さは、40～160cmの範囲であるが、50～80cmの事例が大部分である。

年伸長量は、夏期の調査では前年の伸長を、10月以降の調査では当年の伸長を測定し、それぞれ該当年の盛夏の相対照度の測定値と対応させた。

### Ⅲ 結果と考察

これまでの調査結果のうち、調査法の項で述べた条件に合致した事例について、林内の明るさと稚樹の年伸長量との関係を図1に示した。

この結果、林内相対照度 20~15% 以下の部分では、年間の伸長量と明るさとの間に高い相関が認められ、この範囲では光が生長の制限因子になっていると考えられる。

一方、相対照度が 20% を越えると、しだいに地位、雑草木の繁茂状態、下刈の有無精粗、寒さの被害など、その他の多くの要因が生長に影響を及ぼし、光環境との相関はくずれる。

したがって、林業現場の問題に限れば、これ以上の明るさと生長との関係を求めても、実際上の意味はあまりなくなる。

上層の樹種との関係については、スギ、ヒノキなど常緑樹林内に比べ、落葉樹林内の方がスギ稚樹の生長がよい。これは、盛夏の相対照度が同じでも、葉の展開前や落葉期に明るく、年間を通じての光環境に差があるためである。

ヒノキ林内に比べスギ林内での稚樹の生長がやや劣る傾向が認められるが、この理由はよくわからない。

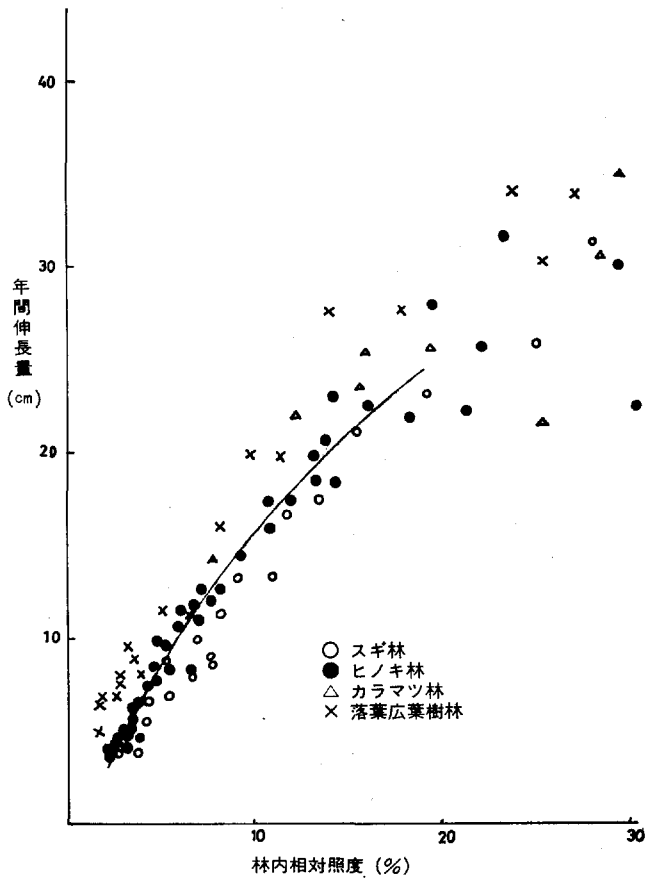


図1. 林内相対照度とスギ稚樹の年間伸長量

両樹種の樹冠の形態その他によって側方からの光の入り込みが異なり、散光を主体とする条件下での明るさに差があるかもしれないが、今後の問題であろう。

この結果から、盛夏の晴れた日の相対照度5~7%の光環境下で、スギの稚樹(ヒズモスギおよびサンプスギ)は年10cm, 13~15%で20cm程度の上長生長が期待でき、林内更新の初期、特に草高を脱するまでの期間の光環境としては、この程度で十分と思われる。

ちなみに、今須などの択伐林の下層木の年間伸長量はほぼ10cmである。

林内更新では、特別の理由のない限り、下刈りを行わないことがのぞましく、また、更新稚樹の生長が過度に早いことは好ましくない。

これは、下刈りの労務を省くという意味ばかりではなく、下刈りを必要とするほどに雑草木が繁茂したり、下層木の生長が早いことは、上層の生産の減を示すものだからである<sup>12)</sup>。

したがって、林内更新は通常相対照度20%以下の光環境で行うのが妥当であり、少なくとも草高を脱するまでは20%~5%の範囲に保たれることがのぞましく、この条件では下刈りも不必要となる<sup>12)</sup>。

また、スギの枯死限界を知る指標としては、事業的安全の余裕をみてもスギ稚樹の平均年伸長量5~6cmを目安としてよいと考えられる。別に同様の指標として、相対照度5%を提案しているが<sup>12)</sup>、これは相対照度の測定精度が低いことを考慮したものであって、両者は矛盾するものではない。

このように、相対照度15~20%以下では年伸長量と光環境との相関が高いことは、一方でスギ稚樹の年平均伸長量からその梢端付近の平均相対照度を推定することも可能であり、その実用的な示標として利用できる。

しかし、これらの結果は、スギのうちでもヒズモスギ、サンプスギと品種系統が限定され、地域も中部地方の一部に限られた結果であるので、今後は樹種、品種別、また地域別に検討を行う必要があるが、相応の補正を加えれば、各地域で利用可能な実用的手法となり得るものと考えられる。

#### 引用文献

- 1) 早稲田 収・市川孝義・山本久仁雄・斎藤勝郎・藤森隆郎：関西支場における研究の概要、非皆伐施業に関する研究資料、“主として林内人工更新に関する中間報告”。林試、3~34、(1975)
- 2) 早稲田 収：多段林作業総説、これからの森林施業。全林協、360~373、(1975)
- 3) 早稲田 収：本場における研究の概要、人工林の非皆伐施業に関する研究、第3次経過報告。林試、(1980)
- 4) 早稲田 収：複層林の仕立て方。全林協、249 pp.、(1975)

## 林内の光環境と下木の樹高生長

安藤 貴<sup>(1)</sup>・宮本 倫仁<sup>(2)</sup>・竹内 郁雄<sup>(3)</sup>  
桜井 尚武<sup>(4)</sup>・谷本 丈夫<sup>(5)</sup>

Takashi ANDO, Michihito MIYAMOTO, Ikuo TAKEUCHI, Shobu SAKURAI  
and Takeo TANIMOTO: Relative Light Intensity in the  
Forests and Height Growth of Understory Trees

### はじめに

光環境と下木の生長については多くの研究があるが、早稲田ら<sup>1)</sup>は“相対照度が15~20%以下の明るさでは、光が生長の制限因子となり、相対照度15~20%以下の林内では、更新面の明るさの指標として稚樹の年間伸長量を用いることができると思われる”と述べている。

このようなことが、一般的なこととして認められれば、複層林の保育管理の指標として稚樹の年間伸長量を用いられるので都合がよい。そこで、筆者らが実施した試験地の資料を用いて二段林の下木上部の相対照度と上木の年間伸長量の関係に検討を加えたので、その結果を報告する。

### I 試験地

下木上部の相対照度と下木の年間伸長量の関係に検討を加える資料として、愛媛県上浮穴郡久万町の岡譲氏所有の二段林で実施した上木の枝打試験地の結果と、同郡小田町小田深山の松山営林署管内国寿林で実施した上木の間伐試験地の結果を用いた。

枝打試験地は海拔約600mの山腹緩斜面にあり、その方位はNである。試験地は上木を3段階に枝打ちした3処理区からなり、1968年11月に設定され1971年までの3年間調査を続け、1971年11月に再度3段階に枝打ちするとともに、新たに1段階を加えて4処理とし、1974年まで調査を続けた。1968年試験地設定時の下木の林齢は4年で、アヤスギが植栽されていた。

松山営林署管内の上木の間伐度合を変えた試験地は、1971年から1972年にかけて72年生スギ林と45年生ヒノキ林を3段階の間伐強度に間伐し、1973年春に皆伐地の対照区を含めて、上木がスギの試験地には下木としてスギだけを植栽し、上木がヒノキの試験地にはヒノキとスギを列状に混植した。植栽したスギはヤナセスギである。これらの試験地の中庸度と弱度間伐区は1977年に再度間伐された。試験地はいずれも標高約900mの急斜面にあり、上木スギ試験地の方位はS~SWに、上木ヒノキ試験地はS~SEに面していた。

### II 結果と考察

下木上部の相対照度または相対日射量と下木の年間伸長量の関係を図1、図2、図3に示す。

1982年11月9日受理

造林—81 Silviculture—81

(1) (2) (3) 四国支場

(4) 東北支場 (元四国支場)

(5) 造林部 (元四国支場)

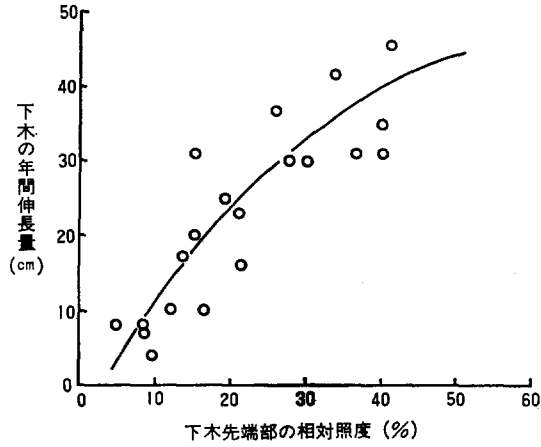


図1. 上木枝打試験地の相対照度と下木スギの樹高生長

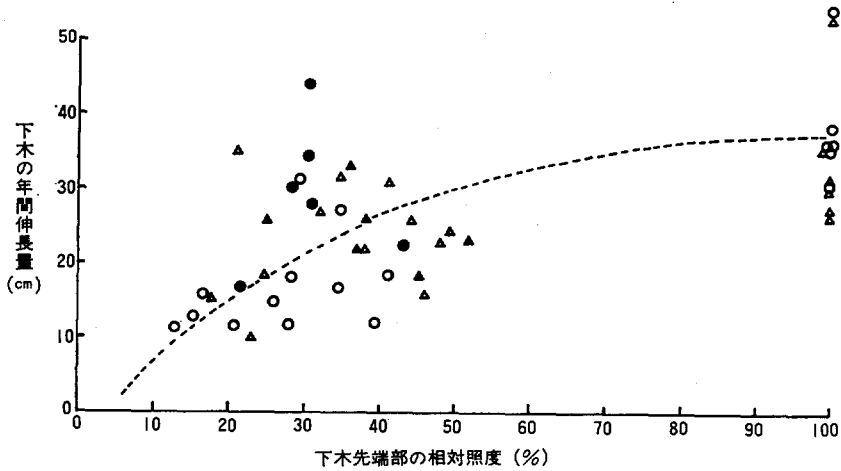


図2. 小田深山試験地の相対照度と下木スギの樹高生長

上木スギ試験地 ○: 相対照度, ●: 相対日射量  
上木ヒノキ試験地 △: " , ▲: "

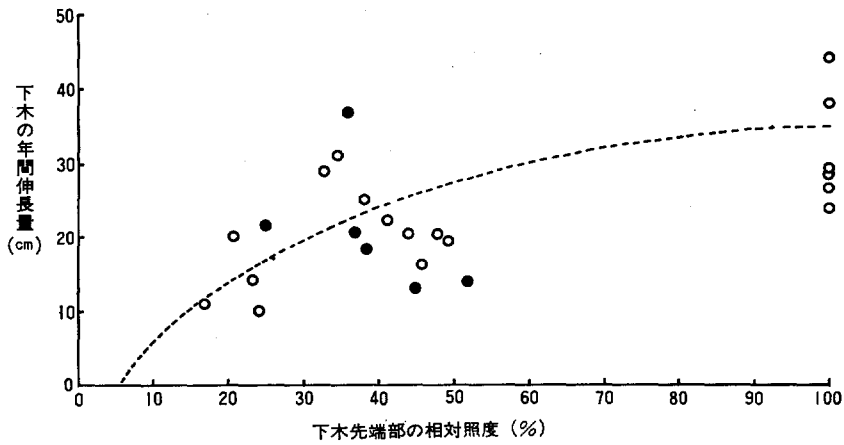


図3. 小田深山試験地の相対照度と下木ヒノキの樹高生長

図 1 は上木枝打試験地の結果である。相対照度を  $I/I_0$ 、年間の下木の樹高伸長量を  $\Delta H$  とし、

$$\Delta H = a(I/I_0)^2 + b(I/I_0) + c \quad \dots\dots\dots(1)$$

にあてはめ

$$\Delta H = -0.014(I/I_0)^2 + 1.685(I/I_0) - 4.640 \quad \dots\dots\dots(2)$$

を得た。

(2) 式で示される関係は、相対照度が 20% 以下では、早稲田がヒズモスギで示した傾向線とよく似ているが、点のバラツキは早稲田の場合よりやや大きい。

図 2 は上木間伐試験地の下木がスギの場合を示したものである。バラツキが非常に大きく、(1) 式の適合が悪いので、傾向線はフリーハンドで示した。この図では、植栽当年の生長量は、移植の影響を強くうけているので、用いていない。試験地では、必要に応じて下刈りを実施し、雑草木の庇陰の影響をうけないように努め、野兎の害をうけたものは  $\Delta H$  の計算からはずすなどの留意も払ったが、それでもバラツキは大きい。各試験区の個々の測定値についてみると、照度は年々若干の上下を繰り返しながら、経年的な傾向としては低下するが、 $\Delta H$  は必ずしも照度と平行的な動きをとらず、照度が低下したのに急に  $\Delta H$  が大きくなったり、間伐で照度が高くなったのに  $\Delta H$  は逆に前年より低くなるなど、光以外の要因が働いたとしか考えられない動きが認められ、このことがバラツキを大きくしている。

また、同じスギでも、同一照度では図 1 より図 2 の  $\Delta H$  が小さい。このことについても品種・系統の違いによるものか、環境条件の違いによるものか、はっきりしない。

図 3 に下木がヒノキの場合を示した。これも図 2 のスギと同様バラツキは大きい。傾向線はフリーハンドで入れた。バラツキの大きな理由は図 2 と同様と考えられる。また、山越<sup>2)</sup> が長崎営林署の技術開発資料から作製した同様の図と比べると、同じ相対照度ならば、図 3 の  $\Delta H$  がかなり低い値をとる。

図 2、図 3 は、早稲田らが“更新面の明るさの指標として  $\Delta H$  を用いることができるものと思われる”としている“相対照度 15~20% 以下”という条件に比べると、若干相対照度の高いところでの資料が大部分である。もう少し低照度の資料を集めてみないと、なんともいえないが、ここに示した図と早稲田ら<sup>1)</sup> や山越<sup>2)</sup> の図を比較してみると、もしこのような指標として  $\Delta H$  が用いられるとしても、地域ごとに、また品種・系統ごとに、相対照度と  $\Delta H$  の関係は異なってくるものと考えられる。

#### 引用文献

- 1) 早稲田 収・市川孝義・山本久仁雄・斎藤勝郎・藤森隆郎：林内人工更新法。昭和 50 年度 国有林野技術開発報告書 (完了分), 129~138, (1976)
- 2) 山越 浩：非皆伐施業における技術体系について (スギ, ヒノキの一斉林から複層林への誘導技術を中心として)。昭和 51 年度林野庁長期委託研修報告書 (11), 166 pp., (1976)



## 林分構成と下木の樹高生長

尾方信夫<sup>(1)</sup>・上中 作次郎<sup>(2)</sup>・飯盛 功<sup>(3)</sup>

Nobuo OGATA, Sakujilo KAMINAKA and Isao IMORI: Stand  
Conditions and Growth of Understory Trees

### はじめに

光環境と下木の生長状態の関係を把握するためには、生長に及ぼす変動要因を層化することが必要である。本報では、スギ壮齡林で間伐率を違えた場合のスギ、ヒノキ下木の樹高生長の解析と、あわせて林分構成因子や相対照度との重、偏相関関係を求め、変動要因層化の手がかりを得るための予備的検討を行った。

### I 試験地の概況

スギ人工林(41年生、ヒノキ混交)に、間伐率3水準(本数0, 13, 16%)、造林樹種2水準(ヒノキ、スギ:ヤブクグリ普通苗)、施肥2水準〔施肥区は地形的位置で無肥区の下側に配置、肥料は下木1本あたり化成肥料(24-16-11)40g:N量で10g,3年連続施用)を、乱塊法に準じて繰り返しのない3元配置とし、プロットは15×15mで、1972年3月に、菊池営林署茂田井国有林45林班た小班に植栽設定した試験地で、標高800m、方位N、平均傾斜20°、基岩は安山岩、土性は壤土、土壌はB<sub>0</sub>型である。なお、この試験地は、熊本営林局技術開発課題に含まれるもので、試験設計、調査結果のとりまとめは林試九州支場が分担し、試験地設定は菊池営林署が実行した。

この試験の実行にご協力いただいた、菊池営林署 吉野恒夫元署長、村瀬泰清元署長、高橋哲郎元署長、青柳朋夫元経営課長、成尾純雄元経営課長、穴井孝昭元調査係長、島木 賢元調査係長、甲斐一明調査係長、吉田文昭鹿北担当区主任に厚く感謝する。

### II 調査方法

上木の樹高(m)はブルーメライスで、胸高直径(cm)は輪尺で各プロット内の全調査を行い、あわせて4方向の樹冠半径を測定し閉鎖度を求めた。下木の樹高(cm)と樹冠幅(cm、等高線方向の最大幅)は測高桿で全プロット、全木調査を行い、あわせて植栽本数に対する枯損本数を調査した。

調査は試験地設定後、3年4か月経過した1975年7月30,31日に実施した。

### III 結果と考察

上木の林分構成状態は表1のとおりで、プロットごとのヒノキの本数混交率は0~43%で、試験地全体では、ほぼ16.5%の混交率となるが、林分構成因子の各数値は、単木的にヒノキと同じ大きさのスギが

成立しているものと仮定し、スギ純林として示した。なお、幹材積は熊本営林局の立木材積表<sup>1)</sup>のスギ、ヒノキの各材積式から推定した。この試験地全体の樹高平均は14.5 mで、熊本地方地位指数判定基準図<sup>2)</sup>によると地位指数13で、ほぼ地位中等地の林分といえる。下木の生育環境に密接な関係をもつ上木のこみぐあいは、A<sub>2</sub>区が最も粗で、ついでA<sub>1</sub>区、A<sub>3</sub>区となっている。

下木の生存率(%)、樹高総生長量(*h* cm)、3年4か月間の樹高生長量( $\Delta h$  cm = 樹高総生長量 - 植栽時樹高)の平均値を表2に示した。

生存率についての分散分析を逆正弦変換値によりおこない、間伐率、樹種に5%水準で有意差が認められ、水準間の有意差検定の結果、間伐率についてはA<sub>1</sub>区、A<sub>2</sub>区とA<sub>3</sub>区間に有意差があり、樹種につ

表1. 林分構成状態 (haあたり)

プロット名		林 齢 (年)	平均樹高 (m)	平均胸 高直径 (cm)	密 度 (本/ha)	幹材積 (m <sup>3</sup> /ha)	断面積 計 (m <sup>2</sup> /ha)	R <sub>Y</sub>	ヒノキ 混合率 (%)	閉鎖度 (%)	相対照度 (%)	
A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	44	14.6	18.8	1,333	295	39.1	0.78	7	46.3	16.4
		C <sub>2</sub>	"	14.5	18.2	1,289	263	35.2	0.77	21	42.1	17.8
	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	"	13.3	15.1	1,200	167	23.0	0.72	26	33.8	32.6
		C <sub>2</sub>	"	13.0	14.5	1,867	227	32.1	0.83	5	45.4	21.8
A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	"	15.6	21.4	933	268	34.5	0.71	5	35.2	15.2
		C <sub>2</sub>	"	15.4	20.3	978	249	32.4	0.72	14	39.9	16.5
	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	"	14.4	17.8	889	175	23.3	0.66	35	28.0	14.4
		C <sub>2</sub>	"	15.5	20.9	1,022	273	35.4	0.73	0	36.5	15.7
A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	"	14.5	17.8	1,867	357	47.9	0.86	5	39.3	5.1
		C <sub>2</sub>	"	14.2	16.9	1,778	306	41.2	0.84	0	40.3	4.7
	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	"	13.8	16.7	2,045	366	48.0	0.87	43	97.3	2.9
		C <sub>2</sub>	"	14.9	19.4	1,689	403	52.8	0.85	37	92.4	2.3

- 注) 1) A<sub>1</sub>: 間伐 13%    A<sub>2</sub>: 間伐 16%    A<sub>3</sub>: 無間伐  
 2) B<sub>1</sub>: 施肥            B<sub>2</sub>: 無施肥  
 3) C<sub>1</sub>: ヒノキ        C<sub>2</sub>: スギ (ヤブグリ)

表2. 下木の樹高生長と生存率

プロット名	樹 高 生 長						生 存 率		
	ス                                  ギ			ヒ                                  ノ                                  キ			ス                                  ギ (%)	ヒ                                  ノ                                  キ (%)	
	測 定 数 (本)	<i>h</i> (cm)	$\Delta h$ (cm)	測 定 数 (本)	<i>h</i> (cm)	$\Delta h$ (cm)			
A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	89	113	67	83	125	91	99	92
	B <sub>2</sub>	89	96	51	89	127	94	90	99
A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	90	102	63	85	125	95	100	94
	B <sub>2</sub>	83	96	54	81	128	91	94	93
A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	87	75	32	68	74	41	97	76
	B <sub>2</sub>	82	72	29	45	50	17	90	50

- 注) 1) *h*: 総樹高生長量  
 2)  $\Delta h$ : 3年4か月間の樹高生長量

いてはヒノキとスギの間に有意差が認められた。すなわち、庇陰下における植栽木の特性の一つとして、生存率では、間伐区よりも無間伐区が低く、ヒノキがスギよりも低くなる結果が得られた。

**Δh の分散分析結果**では、間伐率、樹種に1%水準で有意差が認められ、水準間の有意差検定の結果、間伐区についてはA<sub>1</sub>区、A<sub>2</sub>区とA<sub>3</sub>区の間に有意差が認められ、樹種についてはヒノキとスギの間に有意差が認められ、施肥の効果については有意差が認められなかった。すなわち、庇陰下における植栽木の特性の一つとして、生長量では、間伐区よりも無間伐区が明らかに劣り、また、この試験地ではヒノキがスギよりもすぐれている傾向が認められた。

**重相関関係**について表1に示した林内構成因子と表2に示したスギ、ヒノキ下木の樹高生長量(Δh)の重相関係数を求め、その有意性に関するF分布検定を行った結果を表3に示した。スギ、ヒノキともに有意性の認められる変数の組み合わせは6通りであり、そのなかからΔh-H·(I/I<sub>0</sub>) Δh-Rγ(I/I<sub>0</sub>)の重回帰式を求めると

$$\begin{aligned} \text{スギ } \Delta h &= -123.06 + 9.97H + 2.05(I/I_0) \dots\dots\dots (1) \\ \text{ヒノキ } \Delta h &= -284.09 + 21.79H + 2.96(I/I_0) \dots\dots\dots (2) \\ \text{スギ } \Delta h &= 175.28 - 174.87R\gamma + 0.37(I/I_0) \dots\dots\dots (3) \\ \text{ヒノキ } \Delta h &= 175.12 - 165.53R\gamma + 1.07(I/I_0) \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

表3. 下木の樹高生長量と上木林構成因子との重相関係数

変数	スギ	ヒノキ	備考
Δh-H·N	0.969*	0.940*	H: 上木平均樹高
-H·G	0.868	0.910*	N: " 成立本数
-H·Rγ	0.907*	0.892*	G: " 直径断面積合計
-H·(I/I <sub>0</sub> )	0.936*	0.946*	V: " 幹材積量
-N·(I/I <sub>0</sub> )	0.941*	0.965*	W: " 閉鎖度
-G·(I/I <sub>0</sub> )	0.857	0.832	Rγ: 収量比数
-Rγ·(I/I <sub>0</sub> )	0.951*	0.892*	
-V·Rγ	0.914*	0.881*	
-V·(I/I <sub>0</sub> )	0.851	0.824	
-G·Rγ	0.891*	0.841	
-W·(I/I <sub>0</sub> )	0.858	0.892*	
-W·H	0.651	0.802	
-W·G	0.840	0.885*	
-W·N	0.783	0.947*	

表4. 下木の樹高生長量と上木林構成因子との偏相関係数

スギ		ヒノキ	
変数	係数	変数	係数
Δh·N-H	-0.962*	Δh·N-H	-0.934*
Δh·Rγ-H	-0.957*	Δh·G-H	-0.901*
Δh·(I/I <sub>0</sub> )-H	0.935*	Δh·(I/I <sub>0</sub> )-H	0.943*
Δh·(I/I <sub>0</sub> )-N	0.902*	Δh·H-W	-0.815*
Δh·H-N	-0.927*	Δh·N-(I/I <sub>0</sub> )	-0.915*

が得られ、林分構成因子の層化によって、かなり精度の高い重回帰式が得られそうで、今後、資料を集収したうえで回帰分析などの手順を経て、庇陰下の生長状態の把握が可能と思う。

偏相関関係について有意性の認められたものを表 4 に示した。上木の平均樹高 13.0~15.6 m のこの試験地では、上木樹高に関する 2 変数の偏相関係数に有意のものが多く、下木スギ、ヒノキの  $\Delta h$  に共通に密接な関係をもつ変数は、上木の ha あたり生立本数と相対照度であった。これらの傾向は、上木樹高など、林分構成の違った多くの資料を用いた場合さらに有効な情報が得られるであろう。

#### IV ま と め

##### 1. 分散分析結果

林内更新の初期段階（3年4か月経過）において、乱塊法に準じた 3 元配置（繰り返しなし）の分散分析を行った結果、生存率では間伐区よりも無間伐区が劣り、間伐率の違いによる有意差は認められなかった。また、スギよりもヒノキが劣っており、施肥の影響は認められなかった。樹高生長量では、間伐区よりも無間伐区が劣り、ヒノキがスギよりもすぐれている傾向があり、施肥の影響は認められなかった。

##### 2. 重、偏相関関係

同一林分において、間伐率の違う光環境下で、下木の樹高生長状態は、上木樹高に関する 2 変数の偏相関係数に有意のものが多くあり、スギ、ヒノキに共通して密接な関係をもつ変数は  $\Delta h \cdot N - H$ ,  $\Delta h \cdot (I/I_0) - H$  であった。また、重相関係数の検討結果から、林分構成因子の層化によって、かなり精度の高い重回帰式が得られそうであることがわかった。

今後、上木樹高など林分構成の違った多くの資料を収集し、回帰分析などの手順を経て、庇陰下の生長状態の把握が可能と思う。

#### 引用文献

- 1) 熊本管林局計画課：熊本地方地位指数判定基準表。昭和 45 年 12 月
- 2) 林野庁、林業試験場：熊本地方すぎ林分収穫表調製説明書。昭和 30 年 3 月

## 広葉樹林内におけるスギ・ヒノキの生長

鈴木健敬<sup>(1)</sup>・山本久仁雄<sup>(2)</sup>・内村悦三<sup>(3)</sup>・藤森隆郎<sup>(4)</sup>  
河原輝彦<sup>(6)</sup>・早稲田収<sup>(5)</sup>・斎藤勝郎<sup>(7)</sup>

Takeyoshi SUZUKI, Kunio YAMAMOTO, Etuo UCHIMURA, Takao FUJIMORI,  
Teruhiko KAWAHARA, Osamu WASEDA and Katuo SAITO : Growth  
of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis  
obtusa*) Under-planted in Deciduous Broad-leaved Stands

## はじめに

条件の異なる林内光環境と樹下植栽木の生長との関係をしらべるため、地拵え方法を変えた広葉樹林下にスギ、ヒノキを植栽し、生長経過を観察した。

## I 試験方法

この試験は1973年6月、山崎営林署芦谷国有林に設定した試験地において実施してきた。これは大阪営林局技術開発室が、低質広葉樹林における林内更新法を究明する目的で企画し、関係の営林署が業務を担当している技術開発試験の一環であり、関西支場造林研究室も当初から試験設計や現地調査などに協力し、共同試験の形で進めているものである。この試験では、コナラ、クリ、ヤマハゼ、アベマキなどを主体とする低質広葉樹林のスギ、ヒノキ人工林への林種転換において、地拵えや下刈り方法を変えた場合の省力化と、樹下植栽されたスギ、ヒノキ苗木の生長との関連を検討し、合理的な更新法の確立をはかっている。

1971年8月、試験地内に、全刈区、筋刈区、無地拵え区、対照（普通地拵え）区の4試験区を設定した<sup>2)</sup>。一区の面積は0.12~0.22 haである。刈り払い区は、胸高直径4 cm以下のかん木類を含む下層植生を刈り払い、それ以上の広葉樹類は生立させている。各区の処理はつぎのようである。全刈区；区域内の下層植生をすべて刈り払う。筋刈区；等高線沿いに3 m幅に下層植生を刈り払い、次の2 m幅は残置し、これを順次繰り返す。無地拵え区；地拵えを行わず上木も手をつけない。対照区；上木もすべて、伐倒し、通常的全刈筋置地拵えを行う。これらの各試験区に、スギ2年生（さし木）苗、ヒノキ3年生苗を、haあたり3,300本林内植栽した。1972年度には、全刈区と筋刈区において林内植栽区域の上木を1/3除伐、巻枯しおよび対照区の下刈りを行い、さらに1973年度には、林内植栽区域の上木を1/2除伐、巻枯しおよび対照区の下刈りを行った。巻枯しの効果は、その年には、ほとんど現れなかったが、次年には、巻枯しをした樹木の葉量は約半分ぐらいになり、2年後にほぼ完全に枯れた。林内相対照度を植栽木

1982年11月9日受理

造林-83 Silviculture-83

(1) (2) (5) 関西支場

(3) 調査部（元関西支場）

(4) 造林部（元関西支場）

(6) 北海道支場（元関西支場）

(7) 東北支場（元関西支場）

の樹高の高さで、1975 年を除き毎年 7～8 月に東芝 SPI (1973 年と 1974 年のみ)、あるいは三洋積算照度計で測定した。また、11～12 月に植栽木の樹高と地際直径を測定した。1979 年 7 月、全刈区と筋刈区に、再度上木約 1/2 の除伐と巻枯しを行った。

## II 結果と考察

図 1 に、林内相対照度の経年変化を示した。試験開始当初、1971～1972 年に、試験区別に上木を除伐し、下刈りして以来、1978 年度まで、一部を除いて、スギ、ヒノキ植栽区とも、無地拵え区でおよそ 5～10%、筋刈区で 10～20%、全刈区は 20～40% くらいの範囲で変動しているが、この変動は必ずしも連続的でない。特に、1975 年の全刈区、筋刈区が明るくなっているが、これは 1973 年に巻枯しを行った樹木が、この年になって完全に枯れたことが大きく影響していると思われる。その後、残存木の生長とともに相対照度は低下している。そこでこの試験地では、1979 年 7 月に、樹下植栽木の生長を促進する目的で、改めて、全刈区と筋刈区の上木の一部を除伐、巻枯し処理しており、1979 年同月の測定では、両区とも、林内相対照度が 50～60% にまで増大している。

樹下植栽木の樹高生長の経年変化を図 2 に示した。植栽後 7 か年を経過した 1978 年度までについてみると、普通の地拵えと下刈りをしてきた対照区では、スギの樹高が約 2.3 m、ヒノキは 2.8 m にもなってい

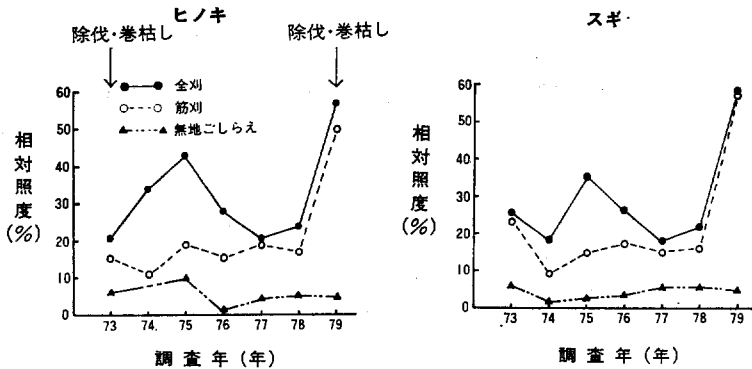


図 1. 林内相対照度の経年変化

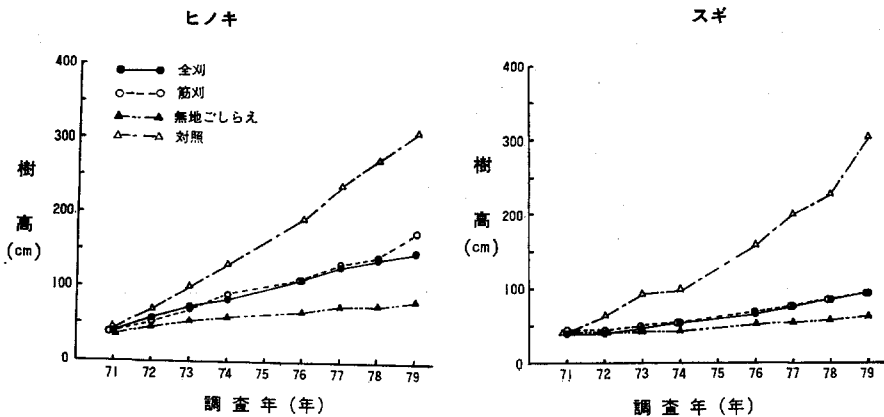


図 2. 樹高生長の経年変化

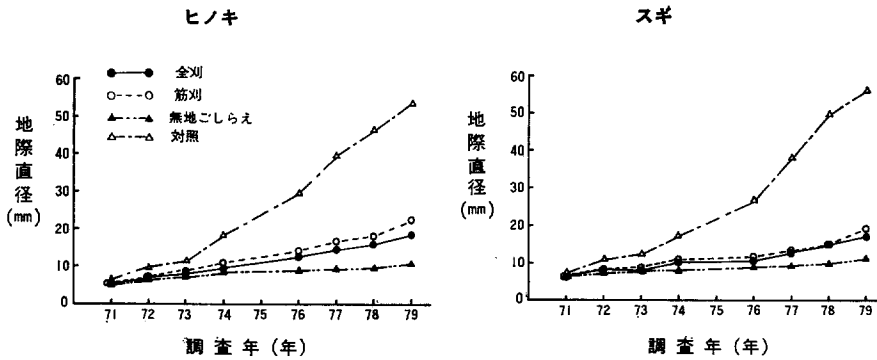


図3. 地際直径生長の経年変化

るのに対して、上木を当初のまま残置してきた無地拵え区では、スギ、ヒノキとも0.6~0.8 mであり、植栽当初からの総生長量は0.3~0.4 mにとどまり、対照区の約7分の1にすぎない。上木を2/3残した全刈区と筋刈区は、林内相対照度が10~40%くらいの範囲にあり、前者は後者より、平均相対照度が約10%くらい明るいのが、この相対照度の違いは、樹下植栽木の生長にあまり大きく影響していない。両区とも、スギの樹高は0.8 mあまり、ヒノキは1.4 m内外となっており、いずれも対照区に比べて、1/3~1/2にとどまっている。無地拵え区の樹高生長と全刈、筋刈区のそれとの違いは、ヒノキでは相対照度の大きさの違いとよく一致しているが、スギでは相対照度の違いほどはっきりと樹高生長にあらわれていない。これと同じような傾向は、図3に示した直径生長にもみられる。これらのことからすれば、スギよりもヒノキのほうが光を有効に使っているといえる。樹高 (cm) を直径 (mm) で除した形状比は、スギの場合、対照区が4.6であるのに対して、その他3区は5.8内外となっており、ヒノキでは、対照区が5.9であるのに対して、その他は8~9くらいとなっており、一般に庇陰された稚樹は直径が相対的に細くなる傾向が認められる。

1979年7月、全刈区と筋刈区は樹下植栽木の生長を促すため、改めて約1/2の上木を除伐し、巻枯しをして林内相対照度を大きくしたが、1979年度における植栽木の生長量には、まだ上木疎開の効果が、はっきりと現れず、1978年度までの生長経過とよく似た傾向を示している。このように、樹下植栽木の庇陰条件をある段階で人為的に変えた場合の、生長促進効果や、雑草木の現れ方などは、今後の興味ある観察課題であろう。

## カラマツ・アカマツ林内における母樹別スギ苗の生長

貴田 忍<sup>(1)</sup>・古川 忠<sup>(2)</sup>・岩崎 正明<sup>(3)</sup>  
及川 伸夫<sup>(4)</sup>・村井 正文<sup>(5)</sup>

Shinobu KIDA, Tadashi FURUKAWA, Masaaki IWASAKI, Nobuo OIKAWA  
and Masafumi MURAI : Growth of Sugi (*Cryptomeria japonica*)  
Seedlings of Several Seed-trees underplanted in Karamatsu (*Larix  
leptolepis*) Stand and Akamatsu (*Pinus densiflora*) Stand

### はじめに

東北地方における樹下植栽は、従来、択伐作業のなかで進められてきた<sup>1)2)</sup>。しかし岩手県盛岡市郊外の小岩井農場では、古くからスギの造林推進を阻害する寒害の対策として、カラマツ、アカマツ林下に、スギを樹下植栽して成功してきた<sup>3)4)</sup>。

本報はスギ寒害防除の一環として、カラマツ、アカマツ林分で、3段階の強度間伐を実施し、そこに天然生スギの母樹別苗木の樹下植栽を行った試験地で、被陰下における母樹別苗木の生長量について、若干の検討を行った。

### I 試験地の概況と調査経過

#### 1. 試験地の場所、地況、林況

試験地は岩手県岩手郡松尾村柏台、岩手宮林署赤川山国有林 493 林班、柏台育林試験地内である。

地況は松川流域に沿った平坦地で、松川のはん蓋による洪かん堆積土のうえに、岩手山の火山放出物が被覆してできた火山灰黒色土壌の B<sub>1b</sub> 型で、A 層の厚さは 20~40 cm、B 層は円礫と砂からなる。標高は 420 m である。

上木間伐前の林況について、カラマツ林は成立本数 2,230 本/ha、平均胸高直径 11.8 cm、平均樹高 10.8 m、アカマツ林は成立本数 2,920 本/ha、平均胸高直径 9.5 cm、平均樹高 7.9 m で、ともに林齢 16 年生の人工林である。

#### 2. 試験設計

上木樹種 2 水準、間伐率 3 水準 (カラマツ 34, 55, 77%, アカマツ 33, 53, 86%, いずれも本数率)、下木は天然生スギ母樹 15 個体の母樹別苗木 (1 調査区あたり 20~40 本)、繰り返し 2 回で、各調査区は 0.36 ha (60×60 m) である。

なお、天然生スギ母樹は青森宮林局碓ヶ関宮林署管内のスギ遺伝子保存林 (林齢 140 年) に生立しているもので、胸高直径 56~94 cm、樹高 28~35 m である。そして苗木数の関係から、全調査区 (12 区) に配植されたものは、15 母樹のうち 8 母樹であった。

#### 3. 調査経過と調査方法

1971 年に上木の林分構成調査と間伐、1972 年春季に下木の植栽、1977 年春季に上木の林分構成再調査、



同年5月11月に相対日射量の調査, 1978年冬季に一部プロットの再間伐(カラマツ34%区, アカマツ33%区を, それぞれ当初成立本数の50%の間伐率に近づけるための間伐量を求め実行。これは庇陰度が強くなり, 下木の生長抑制の傾向がみられたため)。

下木の生長量は, 1972年~1979年は樹高生長量, 1980年は樹高, 根元直径, 枝張りを調査した。

相対日射量は, 小島<sup>6)</sup>の銅電量積算計を地上1mに設置し, 各間伐率区で3か所の定点測定を行った。

## II 調査結果および考察

### 1. 上木の林分構成と相対日射量

試験地設定5年目, すなわち1977年春季における上木の林分構成値は表1のとおりで, 各間伐率区の成立本数は, カラマツ林で517~1,467本/ha, アカマツ林で408~1,969本/haで, 特徴的なことは, 胸高直径, 樹高, 枝張り, 材積はカラマツ林がアカマツ林よりやや大きく, 枝下高はアカマツ林が高いことで, これは間伐効果の5年後における樹種間の違いと考えられる。

相対日射量の月別変化について, 1977年5月から11月までの測定結果を図1に示した。これは主として林分葉量ならびに太陽高度の季節変化に支配されるものであり, その変化のしかたが, カラマツ林とアカマツ林では, かなり違った様相がみられ, アカマツ林の低い間伐率区では, 旧葉落下時期の10月まで相対日射量が低下しているのが特徴的である。

表1. 上木の林分構成値(林齢21年)

上木樹種	間伐率 (%)	成立本数 (本/ha)	閉さ度	材積 (m <sup>3</sup> /ha)	平均			
					胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	枝張り (m)
カラマツ	34	1,467	0.90	158	14.3	10.0	2.7	2.8
	55	997	0.61	102	14.0	9.7	3.1	2.8
	77	517	0.27	59	15.0	10.0	3.2	2.6
アカマツ	33	1,969	0.89	139	12.5	8.8	5.0	2.4
	53	1,381	0.68	111	13.5	8.9	4.8	2.5
	86	408	0.27	31	13.7	8.2	4.2	2.5

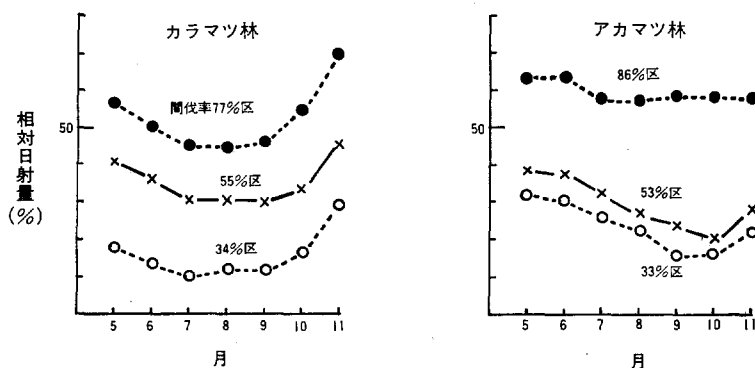


図1. 相対日射量の月別変化(1977年)

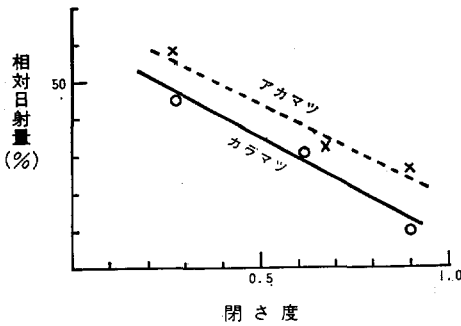


図 2. 閉さ度と相対日射量 (1977年7月)

カラマツ、アカマツ林の閉さ度と1977年7月の相対日射量の関係を図2に示したが、ほぼ比例関係がみられ、アカマツ林はカラマツ林より、やや明るい傾向となっている。

### 2. 樹下植栽木の活着率と生存率

各試験区に共通に配植された8母樹系統の樹下植栽木の活着率は、母樹系統間に意味のある差はなかったため、8母樹系統を合計した活着率を間伐率区ごとにみると、カラマツ34%区で100%、

55%区で84%、77%区で76%、アカマツ33%区で99%、53%区で81%、86%区で75%で、上木の樹種による活着率の違いはみられないが、間伐率の強い区ほど活着率は低い傾向がみられ、その理由は明らかにできなかった。

試験地設定8年後における生存本数は、活着本数に対して91~99%で、この生存本数低下の原因はラタケ病による枯損が主なもので、一部に雪圧による枯損木もみられた。

### 3. 樹下植栽木の生長

間伐率区ごとの樹高生長経過を図3に示した。間伐率の強い区ほど樹高生長が促進されている。また、カラマツ林下はアカマツ林下よりも生長がすぐれ、植栽2年後から年をおって、その差が大きくなっている。これは図1に示した相対日射量の季節変化が、カラマツ林下とアカマツ林下で違うこと、林床の水分環境が肉眼観察でアカマツ林がカラマツ林よりも乾性化していること、などが影響しているものと考えられるが、実証はできなかった。

植栽8年後における母樹系統別の樹高、根元直径、枝張りの生長状態を表2に示した。上木樹種(A)、間伐率(B)、母樹系統(C)の3元配置の分散分析で、樹高、根元直径ともに、A、B、C、A×Bは

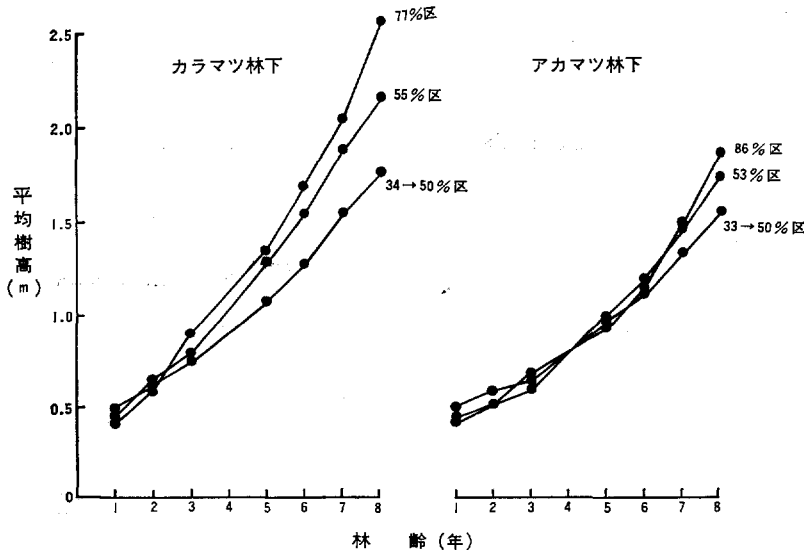


図 3. 間伐率区ごとの樹高生長経過

表 2. スギ母樹別樹下植栽木の生長量 (8 年生)

上木樹種	母 樹 No.	間 伐 水 準								
		I			II			III		
		樹 高 (m)	根元直径 (cm)	枝張り (m)	樹 高 (m)	根元直径 (cm)	枝張り (m)	樹 高 (m)	根元直径 (cm)	枝張り (m)
カ ラ マ ツ	3	1.8	2.7	1.3	2.0	3.0	1.3	2.3	3.6	1.3
	5	1.8	2.6	1.1	2.3	3.6	1.2	2.5	4.0	1.2
	9	1.7	2.5	1.1	2.3	3.6	1.2	2.7	4.3	1.2
	11	1.8	2.4	1.1	2.0	2.8	1.1	2.8	3.7	1.3
	15	1.7	2.3	1.1	2.4	3.1	1.2	2.8	4.1	1.3
	23	1.6	2.4	1.0	1.8	2.8	1.0	2.8	4.1	1.3
	25	1.7	2.6	1.1	1.7	2.7	1.1	2.0	3.4	1.2
	27	2.0	2.8	1.2	2.5	3.5	1.3	2.6	3.4	1.2
	平均	1.8	2.5	1.1	2.1	3.1	1.2	2.6	3.9	1.3
ア カ マ ツ	3	1.6	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.3	1.0
	5	1.6	2.2	0.9	1.8	2.4	1.0	1.9	2.8	1.0
	9	1.4	2.0	0.9	1.7	2.2	1.0	2.0	2.8	1.0
	11	1.5	2.0	0.9	1.8	2.2	1.1	2.2	3.0	1.1
	15	1.7	2.3	1.0	2.1	2.4	1.2	2.0	3.0	1.0
	23	1.7	2.2	1.0	1.7	2.1	1.0	1.8	2.7	1.0
	25	1.3	1.9	0.8	1.4	2.0	1.0	1.5	2.4	0.9
	27	1.4	1.8	0.9	1.8	2.1	1.6	1.8	2.3	1.0
	平均	1.5	2.1	0.9	1.7	2.2	1.0	1.9	2.6	1.0

注) 間伐水準 I はカラマツ 34%    アカマツ 33%  
 "    II    "    55                    "    53  
 "    III    "    77                    "    86

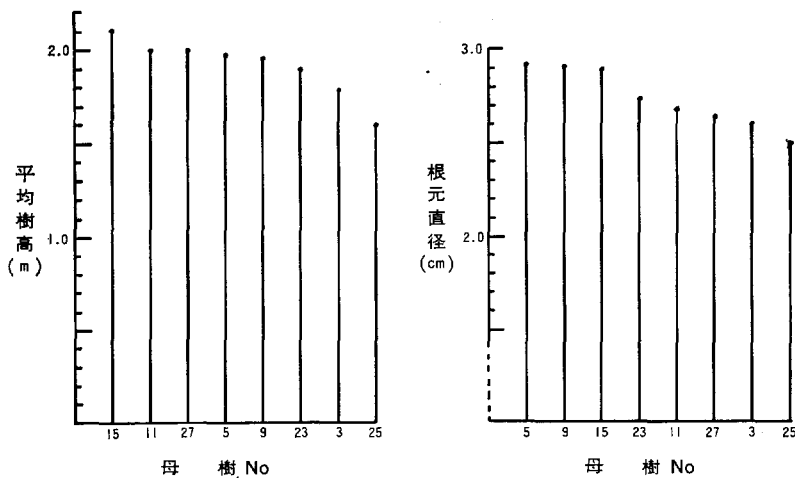


図 4. 母樹別生長量の平均値

著しく有意， $B \times C$  は有意，枝張りは， $A$ ， $B$  は著しく有意， $C$ ， $A \times B$  は有意な結果が得られた。

そして主目的である母樹系統間の生長差について，それぞれの平均値を図 4 に示した（枝張りは省略）。最小有意差は樹高 0.274，根元直径 0.351，枝張り 0.179 で，平均値の対のあらゆる差の検討を行ったところ，樹高では No.25 と No.15，11，27，5，9，23，No.3 と No.15，根元直径では No.25 と No.5，9，15，枝張りでは No.25 と No.27 の間に有意差が認められた。

これらの結果から，樹高，根元直径ともに最劣位にあるものは No.25，比較的優位にあるものは No.15 とすることができる。

### Ⅲ ま と め

カラマツ，アカマツの 16 年生人工林に，3 段階の強度間伐を行ったこの試験で，母樹別苗木の 8 生長期における生長量は，カラマツ林下がアカマツ林下よりもすぐれ，母樹系統による優劣のあることが明らかとなった。

これは，東北地方で寒害を回避し，しかも生長量が優位で，樹下植栽に適する母樹系統の選抜効果が期待されることになる。

しかしながら，耐陰性を主とした樹下植栽むきの母樹系統選定のためには，さらに低照度下での確認が必要で，今後の課題としたい。

### 引 用 文 献

- 1) 寺崎康正・八木下弘・鈴木啓義：広葉樹林のスギ，ヒノキ下木植栽。日林講，62，104～15，(1953)
- 2) 東条一次郎：ヒバの下木植栽に関する一考察。日林講，17，253～256，(1943)
- 3) 大池和博：小岩井農場における森林施業の展開。日林東北支講，28，3～4，(1976)
- 4) 下田 一・山谷孝一：小岩井農場における混交林施業について。林業技術，392，14～17，(1974)
- 5) 小島忠三郎：銅電量計を応用した気象要素の積算計の試作。日林誌，44，287～291，(1962)

## ヒノキ樹下植栽苗の陰湿害

尾方信夫<sup>(1)</sup>・上中作次郎<sup>(2)</sup>Nobuo OGATA and Sakujilo KAMINAKA : A Damage of Hinoki  
(*Chamaecyparis obtusa*) Planted in Shady Forest Floor

## はじめに

庇陰下に植栽された苗木は、下枝からの枯れ上り現象が進行し、枯損あるいは着葉量の減少にともなう生長量低下が観察される。これは、光不足が主要因と考えられるが、それだけでは説明のつかないいくつかの環境要因の影響を受けて発現する生理的障害で、陰湿害と仮称する。この陰湿害はスギよりもヒノキが顕著にみられる。

陰湿害発現のプロセスとして、全光下で育った苗が、庇陰下に移植された場合の光前歴の影響、移植のショック、蒸散速度その他の生理的活性の低下、根まわりの土壌条件による根腐れの発生などを経て、枯死に至るものと推測される。

林内更新では、その発現機構の究明と回避方法の確立が大きな課題となる。

本報では3回の現地試験結果から、弱光下における苗木形質および植栽方法と陰湿害、群状および列状間伐と陰湿害の関係について報告する。

## I 試験経過

**第1回試験**：弱光下における苗木形質、植栽方法と陰湿害の関係について、長崎営林署三会温泉岳国有林82林班ぬ小班で、試験地植栽を1976年3月、照度測定(東京光学SPI-7型)を1976年8月、枯損指数調査を1977年3月に実施した。

**第2回試験**：群状、列状間伐と陰湿害の関係について、第1回試験と同一林分で、間伐を1978年5月、試験地植栽を1978年6月、照度測定を1978年7月、枯損指数調査を1978年12月に実施した。

**第3回試験**：植栽時期を年内の3月、6月として、第2回試験と同一林分で、試験地植栽を1979年3月、6月、照度測定を1979年6月、枯損指数調査を1980年3月に実施した。

## II 試験地の概況

試験地は標高520m、斜面方位は北西、斜面傾斜度は5~20°(第2、3回試験では斜面方位東、斜面傾斜度10~25°の箇所にもプロットを配置した。)基岩は火成岩、土壌型はB/mで、気象条件は年平均気温14°C、年最高気温31°C、年最低気温-13.4°C、年降雨量2,300mmである。

上木の林分構成(1976年8月調査)は表1に示すとおりで、相対照度は2.4~3.0%と著しく低い。

### III 試験設計と調査方法

**第 1 回試験：**育苗方法と苗齡の違いによる苗木形質（6 水準）、根まわりの土壤条件改良の程度を違えた植栽方法（5 水準）の 2 要因を乱塊法による 3 反ぶくの配置で、供試苗木は 1 プロット 15 本とした。

供試苗木の形質は表 2 に示すとおりで、苗齡 1～3 年、 $T/R$  率 1.6～6.6 となっている。

植栽方法は一畝～浅植え、一畝～深植え、耕耘～浅植え、耕耘～深植え、丘植えの 5 水準とした。

枯損指数調査は下枝の枯れ上り状態によって、1：健全、2：樹冠長の 1/3 以下の枝葉枯れ、3：1/3～1/2 の枝葉枯れ、4：1/2～2/3 の枝葉枯れ、5：2/3 以上の枝葉枯れ、6：枯死として全数調査を行った。なお、照度測定高は下木の梢頭部とした。

**第 2 回試験：**植栽時期を 6 月として、群状、列状間伐によって、光条件を主とした局所環境の改善効果を確かめることとした。

間伐方法について、群状間伐は、半径 10 m の円形プロットの中心部で 4 水準、すなわち半径 0, 2.5, 3.8, 5.1 m 以内の立木を伐採し、P-1, 2, 3, 4 とした。なお、これら 4 プロットの地形条件は、斜面方位が北西、斜面傾斜度が 5～20° である。列状間伐は、20×12 m の方形区で中心部 1 列を南北、東西方向に間伐し、P-5, 6 とした。これら 2 プロットの地形条件は、斜面方位が東、斜面傾斜度が 10～25° である。

供試苗はヒノキ 1 回床替え 3 年生苗をもちいた。

植栽方法は普通植えとし、植栽配置は、円形プロットでは中心点から 8 半径方向に 1 m 間隔、方形プロットでは列状間伐中心線の両側に 10 行 4 列の配置で植栽した。これらの模式図を図 1, 2 に示した。

枯損指数調査は 5 段階として、1：健全、2：樹冠長の 1/3 以下の枝葉枯れ、3：1/3～2/3 の枝葉枯れ、4：2/3 以上の枝葉枯れ、5：枯死として全数調査を行った。

表 1. 上 木 林 分 構 成 (1976 年 8 月)

項 目 ブロック No.	林 齡 (年)	$D_0$ (cm)	$H$ (cm)	$N$ (本/ha)	$V$ ( $m^3$ /ha)	$Ry$	$I/I_0$ (%)
ブ ロ ッ ク I	29	16.0	10.9	1,468	176.7	0.63	2.4
II	29	15.8	10.9	1,770	196.1	0.69	3.0
III	29	13.0	10.2	1,571	122.4	0.54	2.7

- 注) 1)  $Ry$  は収量比数  
 2)  $I/I_0$  は林内相対照度  
 3) 林齡は平均年齢 (天然生林のため)

表 2. 供 試 苗 木 の 形 質

育 苗 法	苗 齡 (年)	サンプル数	$D_0$ (cm)	$H$ (cm)	$H/D_0$	$T/R$
A: ポ ッ ト	2	30	0.6	36.9	61.5	1.8
B: ポ ッ ト レ ス	2	30	0.6	46.9	78.2	2.1
C: 普 通	1	30	0.2	20.0	100.0	6.6
D: "	2	30	0.8	49.5	61.9	2.5
E: "	3	30	0.9	53.3	59.2	1.6
F: (育 種 苗)	2	30	0.8	62.7	78.4	3.3

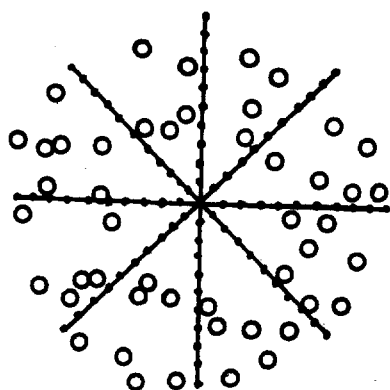


図1. 群状間伐 P-3の立木位置図  
○上木ヒノキ ●下木ヒノキ

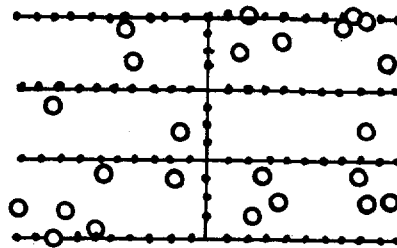


図2. 列状間伐 P-5の立木位置図  
○上木ヒノキ ●下木ヒノキ

**第3回試験**：第1, 2回試験の無間伐区における枯損指数にみられる年間変動因は、光環境の他に植栽時期、夏季降雨量の影響も無視できないので、同一年内の植栽時期の違いについて確かめることとした。

供試苗はヒノキ1回床替え2年生苗をもちいた。

試験設計は第2回試験と同じで同一林分である。

#### IV 結果と考察

##### 1. 弱光下における苗木形質、植栽方法と陰湿害 (第1回試験)

**植栽6ヶ月後**：各プロットの平均枯損指数は表3のとおりで、分散分析の結果、苗木形質とブロックに有意差が認められ、植栽方法には有意差が認められなかった。

苗木形質について各水準の母平均の差の検定結果は表4のとおりで、E (普通育苗の3年生苗) に平均枯損指数が小さく、ついでF (育種苗の2年生) が小さい。なお移植のショックを緩和しているはずのA (ポット苗) と、浅植えに適したB (ポットレス苗：育苗床にビニールシートを底にして、ピートモス、パーライト、林地B層土、堆肥を配合した用土を12cmの厚さにして育苗) がT/R率、H/D<sub>0</sub>比の値も小さいのに平均枯損指数が大きいこと、普通苗では苗齢が高くなるほど枯損指数およびT/R率、H/D<sub>0</sub>比は小さくなっていること、また苗齢2年生では育種苗 (精英樹から採種育苗) の枯損指数が小さいことなどから、活着段階における陰湿害回避の苗木形質は、平均枯損指数の小さい普通育苗3年生苗、ついで育種苗 (普通育苗2年生苗) とすることができそうだ。

ブロックについての母平均の差の検定結果は表5のとおりで、各ブロック間に有意差が認められ (平均枯損指数はブロックIが2.5, ブロックIIが3.9, ブロックIIIが4.6), これは斜面傾斜度 (ブロックIは5°, ブロックIIは10°, ブロックIIIは15°) の違いによることも考えられるが、別途微細環境解析が必要である。

**植栽1年後**：1977年3月では全植栽木の98%が枯死した。これは相対照度が2.4~3.0%で、生存限界に近い光環境下に3月植栽を行ったことが特徴的で、後述の同一林分における第2回試験における無間伐区の枯死率 (枯損指数5) 8.7%, 第3回試験における無間伐区の枯死率 (枯損指数5) 63.8%という結

表 3. 苗木形質および植栽方法と枯損指数

苗木形質	ブロック	植栽方法				
		一畝浅植え	一畝深植え	耕耘浅植え	耕耘深植え	丘 植 え
A : ポ ッ ト 2 年生苗	I	2.2	3.1	1.7	1.9	2.3
	II	5.3	4.1	5.5	4.3	1.9
	III	5.8	5.5	4.8	4.5	5.5
B : ポ ッ ト レ ス 2 年生苗	I	2.7	4.4	3.9	2.8	3.9
	II	5.1	4.3	4.8	4.5	1.9
	III	5.8	5.6	5.5	3.8	5.3
C : 普 通 1 年生苗	I	4.5	3.0	1.4	3.9	1.0
	II	4.0	4.0	5.3	5.7	3.7
	III	5.5	5.3	6.0	4.3	3.7
D : 普 通 2 年生苗	I	4.4	3.7	1.0	1.3	1.5
	II	5.2	4.1	4.3	5.1	4.2
	III	5.0	4.6	4.3	5.3	4.3
E : 普 通 3 年生苗	I	2.4	2.5	1.3	1.4	2.0
	II	1.8	3.9	2.3	1.7	2.9
	III	4.1	3.9	3.3	3.7	3.4
F : 育 種 苗 2 年生苗	I	1.5	2.7	2.5	1.4	1.9
	II	3.5	5.0	3.4	2.9	2.7
	III	4.1	3.7	4.3	3.7	4.1

表 4. 苗木形質について各水準の母平均の差の検定

	A	B	C	D	E	F
A	—					
B	0.4	—				
C	0.2	-0.2	—			
D	0	-0.4	-0.2	—		
E	-1.2*	-1.6*	-1.4*	-1.2*	—	
F	-0.7	-1.1*	-0.9*	-0.7*	0.5	—

注) アルファベットは苗木形質, 表 2 参照 \* は 5%水準で有意

表 5. ブロックについての母平均の差の検定

	I	II	III
I	—		
II	1.4*	—	
III	2.1*	0.7*	—

\* は 5%水準で有意

果とあわせて考えると, 光不足が主な原因であるが, それだけでは説明のつかない問題が残されている。

2. 群状, 列状間伐と陰湿害 (第 2, 3 回試験)

間伐率と相対照度: 第 2 回試験についてプロットあたりの平均値を表 6 に示した。そして各プロット内



表 6. 上木間伐率と相対照度枯損指数の平均値

項目	上 木		第 2 回 試 験		第 3 回 試 験			
	プロット No.	本数間伐率	haあたり成立本数(間伐後)	相対照度 (%)	枯損指数	枯 損 指 数		
						相対照度 (%)	'79. 3 植	'79. 6 植
群 状 間 伐	P1	0	1,603	3.0	2.8	2.5	4.6	3.9
	P2	8	1,494	9.1	2.1	6.8	3.2	3.4
	P3	13	1,551	13.5	1.7	10.1	3.1	3.3
	P4	18	1,280	32.5	1.5	21.4	2.0	2.1
列 状 間 伐	P5	11	1,001	11.6	2.2	6.7	4.3	3.9
	P6	13	1,414	7.6	2.2	5.3	3.9	3.8

注) 測定数は相対照度, 枯損指数ともに P1~P4は80, P5~P6は93

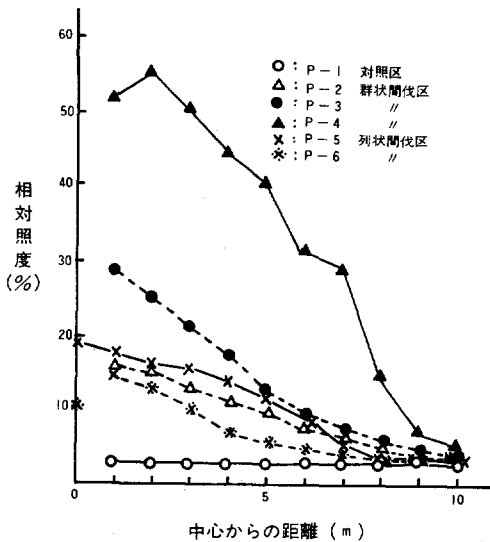


図 3. 群状および列状間伐における中心点(線)からの距離と相対照度

相対照度低下の状態は図 3 に類似している。

**相対照度と枯損指数**：枯損指数 < 2 は、ほぼ健全な生育を示すものが多く、枯損指数 > 4 は頻死木が多い。枯損指数 ≈ 3 は中間的で今後さらに変化すると考えられる。

各プロットの枯損指数は表 6 に示したとおりで、第 2 回試験の枯損指数 1.5~2.8 よりも第 3 回試験の枯損指数は 2.0~4.6 で明らかに大きい。また、第 3 回試験の 3 月植栽区と 6 月植栽区では、意味のある違いはなさそうである。

枯損指数の年変化は相対照度の経年的な低下と気象条件の年変化によるものと考えられる。

相対照度は前述のように間伐 1 年後で 0.5~11.1% の低下となっている。

気象条件は各要素の平年値に対する偏差を表 7 に示した。

第 2 回試験 (1978 年) における特徴的なことは、植栽時期 6 月の温度条件が平年並みで植物生育開始の温度条件はみたされていること、植栽 1 か月後の 7 月は異常豪雨で月間日照時間が多いこと。

の局所的な変化について、伐開中心点(線)からの距離区ごとの相対照度(8点平均)を図 3 に示した。群状間伐 4 プロットについて間伐率・中心からの距離を変動要因とした 2 元配置の分散分析を行い、2 要因とも著しく有意で、各水準の母平均の差の検定を行ったところ、4 プロット間に有意差が認められ、間伐率に比例した光環境改善効果が確認された。特に P-4 は間伐率(本数) 18% に対して、プロット平均相対照度は 32.5% で著しい改善効果といえる。第 3 回試験についてプロットあたりの平均値を表 6 に示した。相対照度の低下は第 2 回試験に対して(間伐 1 年後) P-1 の 0.5%, P-2 の 2.3%, P-3 の 3.4%, P-4 の 11.1%, P-5 の 4.9%, P-6 の 2.3% となっている。そして伐開中心点(線)からの距離区ごとの

表7. 月降水量等の平年値(25年間)に対する偏差  
(雲仙測候所)

年 月	項 目	月平均気温 (°C)	日最高気温 の月平均 (°C)	日最低気温 の月平均 (°C)	月 降 水 量 (mm)	月間日照時間 (h)
1976.	3	+0.2	+0.4	+0.2	+ 9	- 7
	6	-0.4	-0.7	-0.4	+ 46	- 56
	7	-1.7	-0.9	-2.2	+ 54	- 6
1977.	3	—	—	—	—	—
	6	+1.5	+2.3	+1.3	+318	- 28
	7	+1.7	+1.9	+1.3	-164	- 23
1978.	3	-2.5	-3.0	-2.1	- 89	- 57
	6	+2.1	+2.0	+1.8	+211	- 15
	7	+2.5	+3.5	+1.7	-344	+ 64
1979.	3	+2.1	-1.8	+1.6	+ 90	- 25
	6	+1.7	+1.0	+1.9	+432	- 58
	7	+0.5	+0.9	0	+177	- 26
平年値	3	4.5	9.2	0.8	152	172
	6	17.5	21.0	14.7	390	149
	7	21.2	24.1	19.0	404	157

第3回試験(1979年)における植栽時期の3月は、温度条件が平年並みで植物生育開始温度条件はみたされていないこと、月降水量は平年値にくらべてやや多い程度、月間日照時間はやや少ない程度、植栽時期6月の温度条件は平年並みで植物生育開始温度条件はみたされていること、月降水量は異常多雨で日照時間はかなり少なく、7月の温度条件は平年並み、月降水量はかなり多く、日照時間はやや少ないことなどである。

以上、枯損指数について第2回試験と第3回試験の年変動は、相対照度の低下と梅雨期降水量の異常性およびそれともなう日照時間の変化によるもので、植栽時期の違い、すなわち3月と6月の温度条件の影響はなさそうである。

相対照度と枯損指数の関係は図4に示したとおりで、その関係式は

$$\text{第2回試験 } DI = 5.03 / (I/I_0) + 1.34 \quad \dots\dots\dots(1)$$

DI: 枯損指数

$$\text{第3回試験 } DI = 16.42 / (I/I_0) + 1.11 \quad \dots\dots\dots(2)$$

が得られた。枯損指数2.0がみられる相対照度は、第2回試験では7.6%、第3回試験では18.4%で、これらの相対照度よりも暗くなると、枯損指数は急激に大きくなる。すなわち陰湿害が多発することになり、その年変動は相対照度の低下と梅雨期降水量の異常性によるものとされよう。

枯損指数と枯死率: 枯損指数1を健全木、4と5を頻死木として、枯損指数2と3を含めた全体に対する枯死率、健全率を求めると表8のとおりで、枯死率についてみると第2回試験は7.5~23.8%、第3回試験は6.3~86.3%で後者が明らかに大きい。また、第3回試験の3月植栽区と6月植栽区では、意味のある違いはなさそうである。

表8. 枯死率と健全率

項目 試験区分年月 プロット	枯死率(%)			健全率(%)		
	第2回 6月植栽	第3回 3月植栽	第3回 6月植栽	第2回 3月植栽	第3回 3月植栽	第3回 6月植栽
P1	23.8	86.3	63.8	2.5	0	0
P2	12.5	41.3	37.3	33.8	0	0
P3	12.5	35.0	33.8	61.3	1.3	0
P4	7.5	10.0	6.3	73.9	38.8	21.3
P5	21.3	78.8	60.0	42.5	0	0
P6	16.3	60.0	51.3	22.5	0	0

枯死率：枯損指数 (5 + 4)      健全率：損枯損指数 (1)

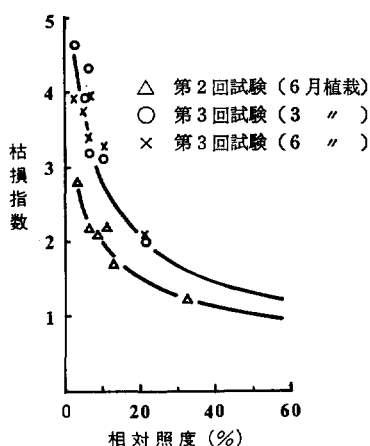


図4. 相対照度と枯損指数

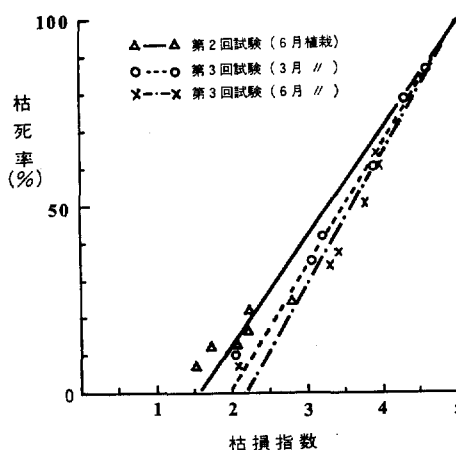


図5. 枯損指数と枯死率

注) 枯死率は枯損指数4と5の頻度 (%)

間伐方法による局所変動について、相対照度が近似している群状間伐の P-2 と、列状間伐の P-5, 6 では、第2回、第3回試験を通じて、P-2の枯死率は P-5, 6の枯死率よりも明らかに低い。また本数間伐率13%の P-3 と P-6 では、群状間伐の P-3の枯死率が明らかに低い。これは群状間伐による光環境改善効果によるものと考えられる。このことは表6に示した枯損指数でも共通している。

表6に示した枯損指数と表8に示した枯死率のあいだに比例関係が認められ、図5に示した。枯損指数5のときの枯死率が100%であることを前提として関係式を求めると

$$DI_{4+5} = 29.11DI - 45.56 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$DI_{4+5} = 32.89DI - 64.45 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$DI_{4+5} = 35.85DI - 79.23 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$DI_{4+5}$  ; 枯損指数4と5の頻度%

が得られた。(3)式は第2回試験、(4)式は第3回試験3月植栽区、(5)式は第3回試験6月植栽区である。これらの各式ごとに  $DI_{4+5}=0\%$  の  $DI$  を求めると、第2回試験では1.6、第3回試験3月植栽区では2.0、第3回6月植栽区では2.2が得られ、これを(1)式、(2)式に代入して、そのときの相対照度を推定すると、第2回試験は19.3%、第3回試験3月植栽区は18.4%、第3回試験6月植栽区は

15.1%となる。したがって枯死率0%を期待する場合には、相対照度15%以上を維持することが必要条件となりそうだ。同様に  $DI_{4.5}=100\%$  の  $DI$  を求め、(1)式、(2)式によりそのときの相対照度を推定すると、第2回試験では1.4%、第3回試験では4.2%となる。したがって相対照度4.2%以下では、植栽木の100%が枯死する可能性をもつことになる。

これらの結果は、年変動の主な要因と考えられる梅雨期降水量が、異常寡雨年(第2回試験)と異常多雨年(第3回試験)の測定値から導かれたもので、枯死率0%を期待する場合には、相対照度15%以上を維持することが必要であり、枯死率100%の可能性のある相対照度は4.2%以下とすることができ、その指標的価値は高いものとする。

## V ま と め

**陰湿害の変動要因：**枯損指数の年変動は、相対照度の低下と、梅雨期降水量の異常性およびそれにもなう日照時間の変化によるもので、植栽時期の違い、すなわち3月と6月の温度条件の影響はなさそうである。

**相対照度と枯損指数：**(1)式、(2)式により、枯損指数2.0(ほぼ健全)となる相対照度は、第2回試験では7.6%、第3回試験では18.4%で、これらの相対照度よりも暗くなると、枯損指数は急激に大となる。すなわち陰湿害が多発する。なお、これらのことから、異常寡雨年ではかなり低照度でも健全状態が維持されるが、異常多雨年では陰湿害が多発しやすい。そして湿潤立地では陰湿害の危険性が乾性立地よりも多くなることが予想される。

**枯損指数と枯死率：**枯損指数5のときの枯死率は100%であることを前提に、枯損指数4と5の頻度合計を枯死率として、(3)式、(4)式、(5)式が得られ、枯死率  $DI_{4.5}=0\%$  の枯損指数、 $DI_{4.5}=100\%$  の枯損指数を求め、そのときの相対照度を(1)式、(2)式により推定すると、 $DI_{4.5}=0\%$  の相対照度は15.1%以上、 $DI_{4.5}=100\%$  の相対照度は4.2%以下である。これらの結果は、年変動の主な要因と考えられる梅雨期降水量が、異常寡雨年と異常多雨年の測定値から導かれたもので、その指標的な価値は高い。

**陰湿回避方法：**弱光下の活着段階では、育苗方法と苗齢の違いによる苗木形質(6水準)に有意差が認められ、陰湿害回避の苗木形質は、枯損指数の小さい普通育苗3年苗、ついで育種苗2年苗とすることができそうだ。なお、根まわりの土壌条件改良の程度をかえた植栽方法(5水準)には有意差が認められなかった。

間伐方法では、群状間伐が列状間伐よりも明らかに枯損指数が低く、陰湿害は軽減される。

活着およびその後の生育段階では相対照度15.1%以上を維持すれば、陰湿害回避は可能である。