

(研究資料)

人工林の複層林施業に関する研究 (II)

林内光環境の変動

複層林施業研究班

Working Group on Multistoried Forests : Research Materials
on the Treatment of Artificial Multistoried Forests II
Variation of Light Conditions in the Stand
(Research note)

要旨：林内の光環境は、林分構造とくに林分の葉量と密接に関係する相対照度であらわされることが多いが、同一林分にあっても林内相対照度は日変動、季節変動を示す。時刻、天候、季節などの測定条件のちがいと相対照度の関係を、模型林分や多くの固定調査林分について検討した。天気の変化の少ない1日の間の林内相対照度と林外照度との関係をみると、時刻、天候、季節のちがいがあっても、いずれも林外照度が高いほど林内相対照度は指数関数的に低減する。その低減の割合は、天候、季節にかかわらずほぼおなじであった。林分間の林内相対照度を比較するには、時刻、天候、季節などの測定条件をそろえることが必要である。

また太陽軌道の季節変化に関連して、裸地日射量を求める方法と林内日射量の変動について検討するとともに、地形や林分高のちがう帯状伐採面での日射量の計算法を求めた。

さらに、樹種、林齢、地位、林分構造、間伐・枝打ち施業など多くの条件のちがう林分について、数年から10年間にわたる林内相対照度の経年変動と林分条件との関係を検討した。間伐後の収量比数と林内相対照度との関係をスギ林、ヒノキ林で求め、複層林の間伐指針に利用できることを明らかにした。また林内相対照度を平均直径と立木密度、および平均樹高と立木密度から推定する関係式をヒノキ林について求めた。さらに多くの林分の測定から、一般に林内相対照度の経年変化では、林齢が若齢であるほど、地位が高いほど、間伐・枝打ち直後ほど変化が早いこと、スギ林ではヒノキ林より変化が早いこと、過密な林分や疎開した林分よりも、中間的にうっぺいした林分で変化が早いことなどを明らかにした。

目 次

測定時の条件による林内相対照度の変動.....	河原輝彦.....	35
帯状伐採区での陽光把握の方法.....	飯盛功.....	41
太陽軌道と光環境.....	飯盛功 竹下方 尾中作次郎	47
ヒノキ林間伐後の林内の相対照度.....	上尾中 方藤作次郎 安信夫 貴	55

スギ林間伐後の林内の相対照度.....	安 藤 貴.....	58
ヒノキ林における相対照度の経年変化.....	上 尾 中 方 作 次 郎 信 夫.....	60
二段林の光環境の経年変化.....	安 藤 貴 倫 仁 武 雄 夫 宮 本 井 内 本 尚 郁 丈 桜 竹 谷 夫.....	65
林内光環境の経年変化.....	早 稲 田 収.....	74
アカマツ林における光環境の経年変化.....	齋 藤 勝 郎 須 夫 森 佐 藤 麻 昭 敏.....	79
林分構成因子からの林内陽光量推定方法の検討.....	飯 盛 功 子 夫 部 竹 下 方 中 慶 信 作 次 郎 尾 上.....	81

測定時の条件による林内相対照度の変動

河原 輝彦⁽¹⁾Teruhiko KAWAHARA: Variation of Relative Light Intensity
in the Stand by Measurement Conditions

はじめに

林内の光環境は、林分の構造だけでなく、外部要因（季節・時刻・天候など）によって刻々変化しているため、他のデータと比較したり、経年的な変動をみようとする場合には、いつも同じような条件下で測定されることが求められる。しかし、遠隔の試験地などの業務の都合上、時として条件をそろえることが難しいことがおこる。いろいろな条件下で得られた測定値はある一定の条件にあるように補正して、比較する必要がある。

本報では、測定時の天候・季節・時刻などの違いによる相対照度の違いについて、タイワンフウ模型林分およびいくつかの高木林分において調べたので、報告する。

〔実験1〕 タイワンフウ模型林分

1. 調査林分と調査方法

林業試験場関西支場構内の苗畑に育成されている3年生のタイワンフウ (*Liquidamber formosana*) の模型林分を使って、1979年6～10月に林内相対照度の日変化や季節による変動を調べた。この林分の本数密度は21本/m²、平均樹高は2.4m、平均直径は13.3mmである。

光環境の測定には、林分の中心に一定点を設定し、その定点で6月6日（晴）、6月7日（曇りのち雨）、6月22日（晴）、8月9日（晴）、8月10日（うす曇り）、10月3日（曇り）、10月5日（晴）、10月30日（晴）の8回、光環境測定を実行した。各測定時とも9時から16時30分までとし、30分ごとに林内と林外で同時測定した。照度計はSPI-71型を使用した。

模型林分の現存量の推定のため、9月22日光測定に影響を与えないところで供試木15本を伐倒し、20cmの層別に葉、枝、幹の重量を測定した。これらのうち一部を葉面積の測定用および乾重換算用とした。

2. 結果と考察

1) 調査林分の現存量

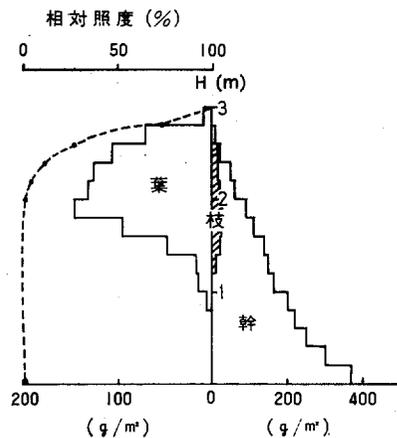


図1. タイワンフウ模型林分の生産構造図

供試木 15 本の D^2H と各部分重 w との関係を、両対数グラフにプロットしたところ、それぞれ

$$\log w_S = -0.460 + 0.901 \log D^2H$$

$$\log w_B = -2.229 + 1.135 \log D^2H$$

$$\log w_L = -0.967 + 0.915 \log D^2H$$

の関係式で近似できた。これらの関係式と毎木調査の結果から、林内照度測定林分の m^2 あたりの各部分の乾燥重量を推定した。

その結果、幹量が 2.13 kg/m^2 、枝量が 0.17 kg/m^2 、葉量が 0.76 kg/m^2 であった。落葉広葉樹の平均

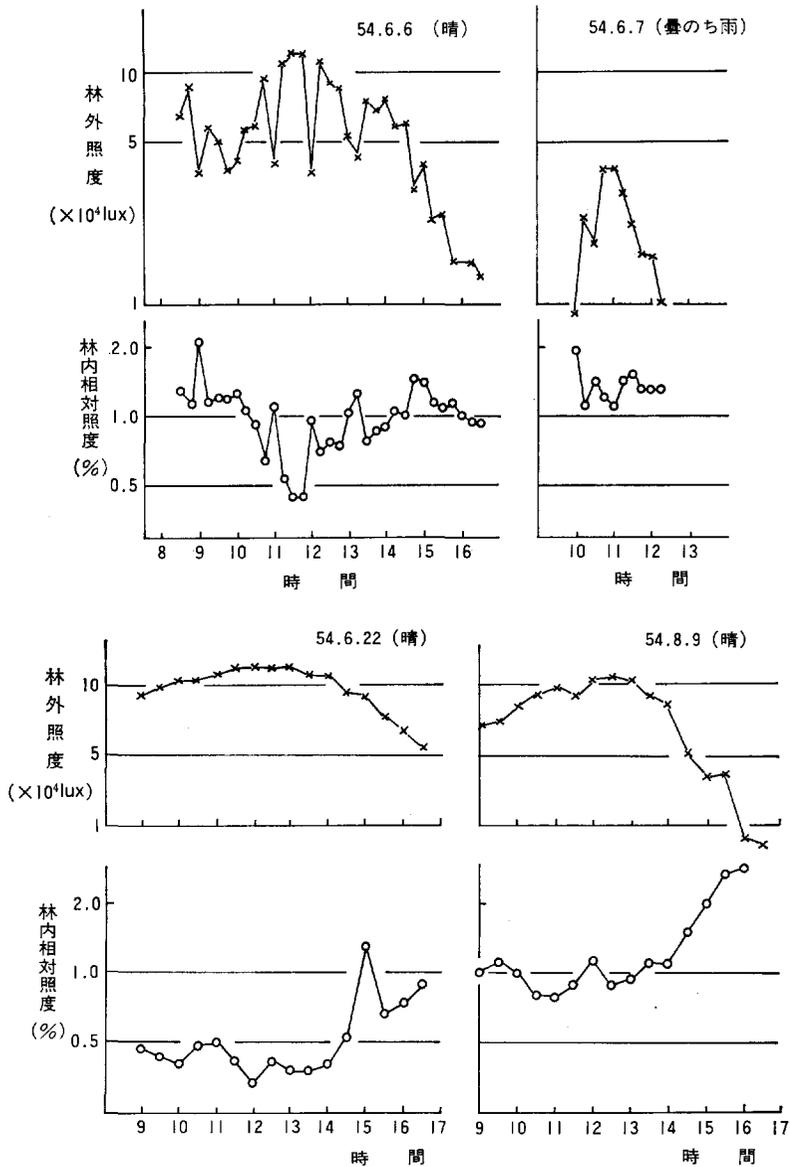


図2. 林外照度と林内相対照度の季節と時間による変動

的な葉量は 3 ton/ha 前後であるが⁶⁾、これにくらべると今回調査したタイワンフウのそれは 2 倍以上あった。これは図 1 の生産構造図からもわかるように下層の葉がいつまでも枯れ落ちないためであろう。また、葉面積は 9.2 で、高木林の値にくらべて約 2 倍であった。

2) 林内相対照度

(1) 日 変 化

季節別の測定結果は、図 2 のとおりである。

晴れた日に測定した林外照度は、各季節とも朝から昼にかけて大きくなり、11~13 時ごろに最大に、

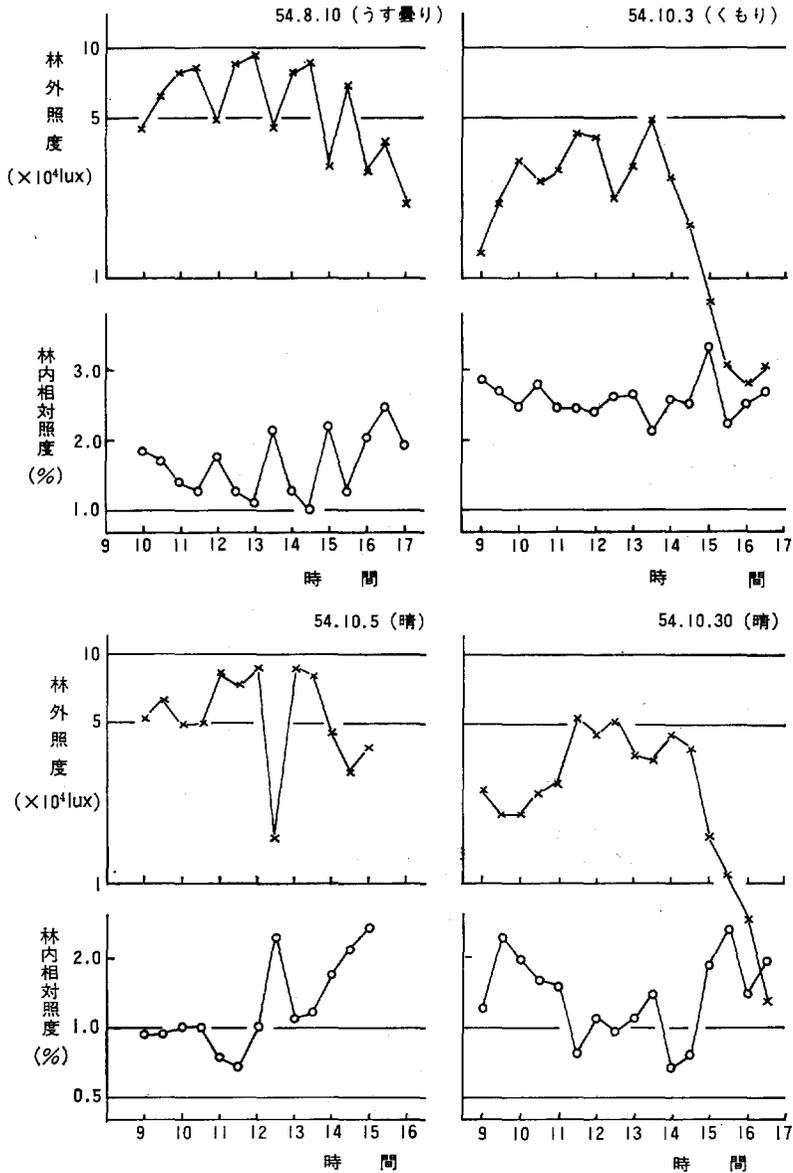


図 2. (つづき)

その後小さくなる日変化をしている。しかし、その最大値は季節によって差があり、6月中の晴天時には12万 lux ぐらいあったのに対して、10月初めには9万 lux, その後は急速に減少している。

林内の相対照度は、各季節とも晴れた日には、林外照度が最大になる12時前後に最小になっている。これは林外照度が大きくなっても、これに比例して林内の照度が増加せず、頭打ちの傾向を示す。すなわち、正午前後では直射光成分が多く、林冠の遮断効果が有効に働くのに対して、朝夕では散光成分が多く、林冠の遮断効果が低いためであろう¹⁾。これと同じような例は、スギ林²⁾、ヒノキ林³⁾、ユリノキ-クマシズキ林⁴⁾、ミズナラ林⁵⁾ においても報告されている。

一方、曇った日では、その日変化は小さく、また、その値は晴れた日のそれよりも高くなる傾向がみられる。これは陽光中の散光成分の占める割合が大きいためであろう¹⁾。

このように林内相対照度は、測定する時刻や天候あるいは季節によってかなりの違いがみられる。そこで、1日の林外照度と林内相対照度との関係を、測定日ごとにまとめて片対数グラフに図示すると図3のようになる。両者の関係は測定時期や天候の違いによって分離するようであるが、その関係はほぼ勾配の等しい直線で近似できる。すなわち、林外照度が大きくなるにもなって林内相対照度は指数関数的に減少し、5~12万 lux ぐらいの範囲であれば、その減少率は天候や測定時期にあまり影響されないようである。林外照度と林内相対照度の関係について川那辺⁶⁾ も今回とほぼ同じような結果を報告している。

この両者の関係は、

$$\log I/I_0 = A + BI_0$$

I_0 : 林外照度, I : 林内照度, A, B : 定数

の式で表わすことができる。いま勾配 B を一定値 (-0.051) であるとすれば、測定時の I_0 と I/I_0 (林内相対照度) の値から定数 A が求められる。この A は天候や季節によって変化する。このようにして求められた関係式を使えば、測定時刻による相対照度の違いをある程度補正することができると思われる。

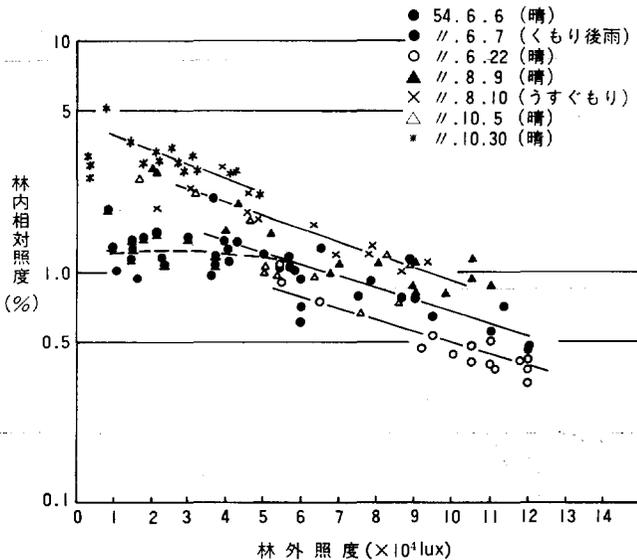


図3. 林外の絶対照度と林内相対照度の関係

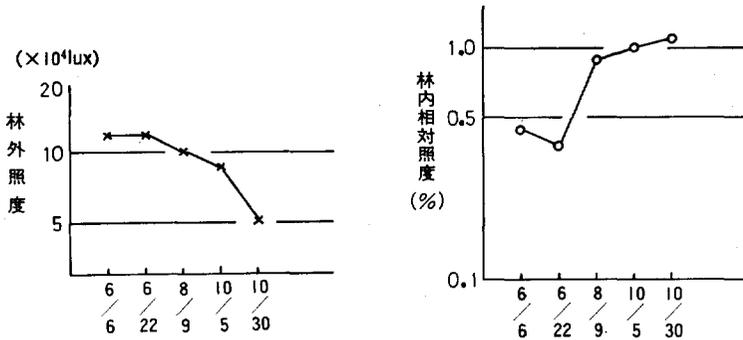


図4. 林外照度と林内相対照度の月別変化

(2) 季節変化

前述したように林内相対照度は日変化しているので、この季節変化をみる場合には測定時刻をあわせておく必要がある。ここでは相対照度をもっとも小さくなる晴れた日の12時の値で季節変化をみたのが、図4である。

林外照度をもっとも太陽が高くなる6月22日(夏至)にもっとも大きく12万 lux, その後太陽光度が下る8月, 10月になるにつれて林外照度も小さくなり, 10月末には5万 lux になっている。このような林外照度の季節変化とは逆に, 林内相対照度は6月22日をもっとも小さく0.37% となり, その後しだいに大きくなっている。

落葉広葉樹林内での相対照度の季節変化は, 開葉期あるいは落葉期において, とくに葉量の変化に大きく影響される²⁾⁸⁾。しかし, ここでは最小の相対照度を示した6月22日の葉量が特に多かったとは思えない。なぜなら現存量を調査した9月時点での葉量が7.6 ton/ha とかなり多かったことから, 6月時点でこれよりも多かったとは考えられないためである。

したがって, ここでは太陽高度の変化にともなう林外照度の変化が, もっとも大きく林内相対照度に影響していると考えられる。

〔実験2〕 高 木 林

1. 調査林分および調査方法

実験1において述べたように天候の違いによって林内相対照度が違う傾向があるため, 1978年8月, 滋賀県比叡山延暦寺境内の53年生ヒノキ林内に設定している立木密度の3段階にとった間伐試験地と, 林業試験場関西支場構内の天然生シラカシ林内において, 快晴の日と厚い雲におおわれた曇りの日に照度の測定を行った。測定の時刻はいずれも12時前後である。測定に使用した照度計はサンヨー照度積分計VIP-SYS-1型である。各調査林分の概況を表1に示した。

表1. 調査林分の概況

	本数 (本/ha)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	
ヒノキ林	強度間伐区	780	23.4	16.5
	弱度間伐区	1,050	20.2	16.5
	無間伐区	1,238	21.2	16.5
シラカシ林	467	24.4	13.5	

2. 結果と考察

結果を図5に示した。観測事例が少な

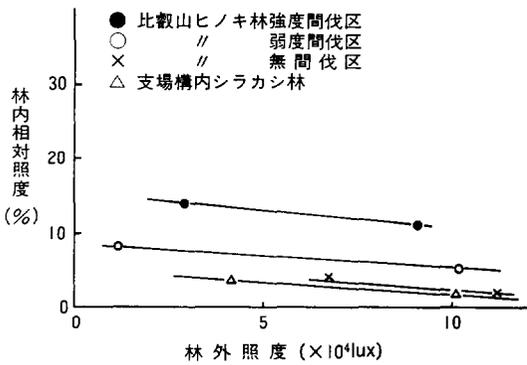


図 5. 林外照度と林内相対照度の関係

いので、一般的な傾向として結論づけることはできないが、この結果では、いずれの林分でも林外照度が小さくなると、林内相対照度は大きくなる傾向が認められた。大きくみて林外照度が1万 lux 小さくなると、林内相対照度は0.5% ぐらい大きくなるようである。したがって、多少の曇り空であれば、その影響は小さいが、数万 lux も違う場合は、若干の補正が必要であると思われる。

む す び

以上二つの実験結果からわかるように、林内相対照度は、日変化あるいは季節変化をしており、さらに、天候によっても変化している。したがって、林分間で林内相対照度を比較する場合、測定した条件をそろえる必要がある。時刻による違いについては、実験1の結果から、天候の違いについては、実験2の結果からある程度補正することが可能である。しかし、季節による違いについてははっきりしなかったで、今後検討する必要がある。

引用文献

- 1) 安藤 貴：林内の光環境、これからの森林施業、改良普及協会、86~103、(1975)
- 2) 川那辺三郎・玉井重信・四手井綱英：林内定点における相対照度の日変化、JIBP-PT-F、(1968)
- 3) 宮本知子・安藤 貴：ケヤマハンノキ林内の相対照度の季節変化、22回日林関西支講、36~37、(1971)
- 4) 斎藤秀樹・玉井重信・荻野和彦・四手井綱英：小径木間伐に関する研究(Ⅲ)、第1回間伐2年後の林況の変化について、京大演報、40、81~92、(1968)
- 5) 四手井綱英・新田あや：林内の一定点における照度の日変化、79回日林講、25~26、(1968)
- 6) 只木良也・蜂屋欣二：森林生態系とその物質生産、pp. 64、林業科学技術振興所、東京、(1968)
- 7) 玉井重信・四手井綱英：林内の照度(Ⅰ)、京大演報 43、53~62、(1972)
- 8) ————：林内の相対照度(Ⅱ)、全天空写真による解析(1)、京大演報 44、100~109、(1972)

帯状伐採区での陽光把握の方法

飯 盛 功⁽¹⁾Isao IIMORI : Estimation of Light Intensity in
the Stands after Strip Cutting

はじめに

非皆伐施業の一環として、林分を帯状に伐採して、その伐採跡地に植栽を行っていく方法がとられている。実際の山では地形の変化・保残帯の樹高のバラツキ等があり、帯状伐採区の陽光を把握することが困難である。そこで斜面に並行に帯状に伐採された時のモデルとして庁舎の全天写真による実測値とSimulationによる理論値の比較を行った。この値と(10)・(11)式から入射時刻が求まり、日照時間が計算される。また、後述の論文「太陽軌道と光環境」の(2)・(4)式から、帯状伐採区内(この場合、林の代わりに、建物を使っている)の日射量が把握できる。

なお、本報の一部は91回日林大会²⁾で発表している。

I 方 法

斜面の傾斜角と帯状(または列状)幅を変化させた場合の陽光量の入射角の変化をみるため、モデルと

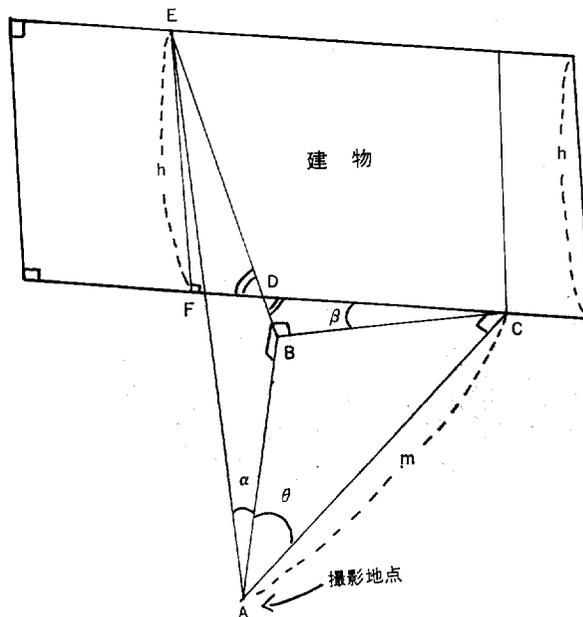


図1. 数式の組立てに使った幾何図

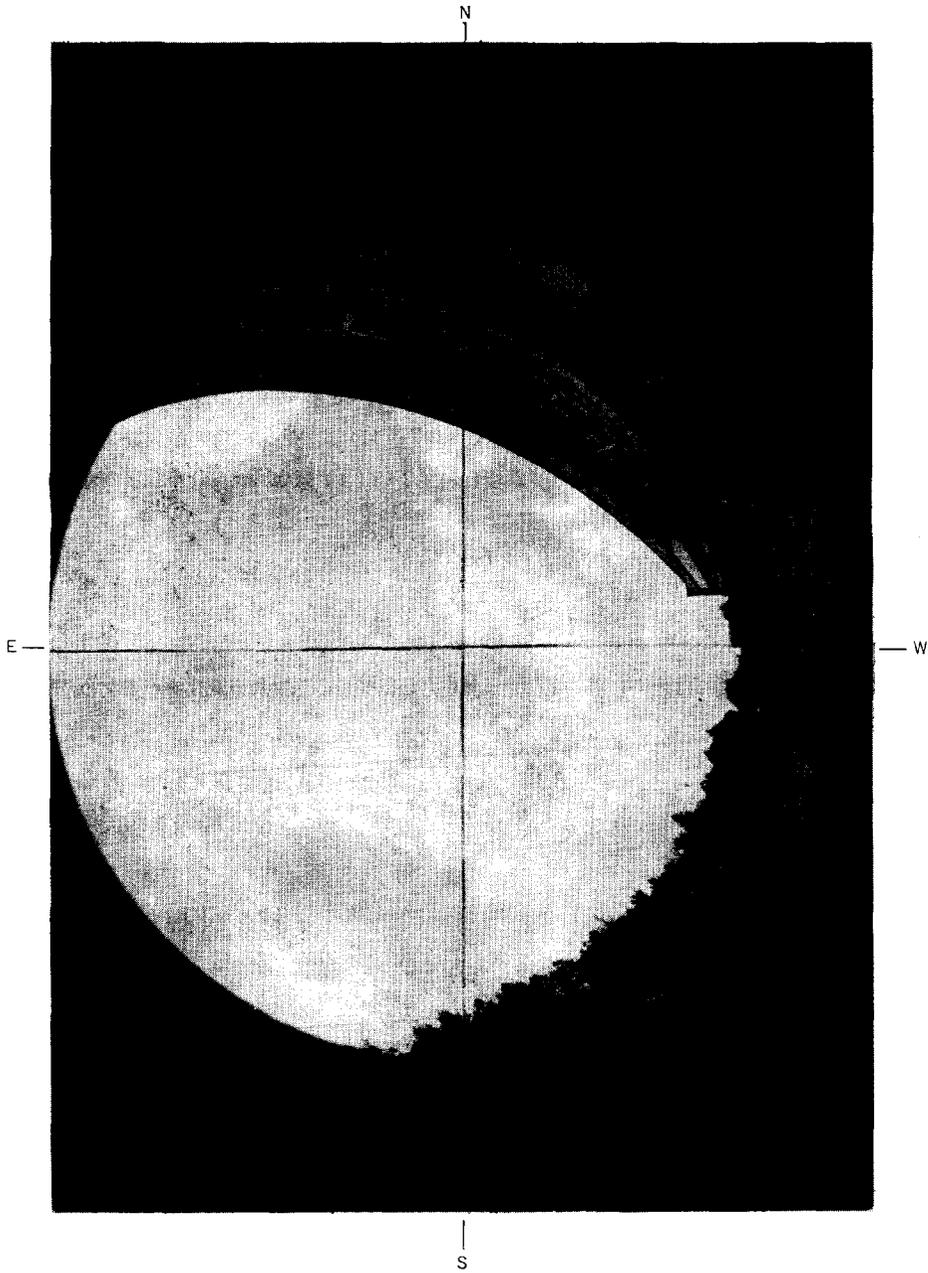


写真1. 全天写真(庁舎) ($m = 10\text{ m}$, $\beta = 30^\circ$)

して、庁舎の屋上の縁の全天写真の撮影と Simulation のための数式の組立てを行って、その適合度を比較した。

1. 庁舎の屋上の縁の全天写真の撮影

林業試験場九州支場の庁舎を帯状に保残された片側の林分とみなし全天写真の撮影を行った。そして斜面の方向 (β) に帯状 (または列状) に伐採された場合のモデルとした (図 1 参照)。この場合に平坦地形であったために、カメラを傾斜角 (β) だけ傾けることによって、逆に建物が β だけ上向きに撮影した。これは山の斜面の傾斜角が β であることに相当する。

なお、使用した魚眼レンズは日本光学社製・フィッシュアイニコール・8mm・F 2.8 である。

撮影された全天写真 (写真 1) の建物の屋上の縁の曲線は十字線の上の交点から右へ移動していき、そして十字線の右の線と交わる。この曲線が帯状 (または列状) に伐開された保残帯の樹高に当る。

2. 数式の組立て

数式に用いた文字は α : 入射光高度角, θ : 入射光方位角, β : 斜面の傾斜角, m : 撮影地点から建物までの距離, h : 建物の高さである。

図 1 から $\triangle ABC$ において, $\angle ACB = 90^\circ$, $AC = m$, $\angle CAB = \theta$

故に

$$AB = \frac{m}{\cos \theta} \dots\dots\dots(1)$$

また

$$BC = m \tan \theta \dots\dots\dots(2)$$

$\triangle CBD$ において

$\angle DBC = 90^\circ$, $\angle DCB = \beta$

故に

$$DB = BC \tan \beta \dots\dots\dots(3)$$

(2)・(3) 式より

$$DB = m \tan \theta \cdot \tan \beta \dots\dots\dots(4)$$

$\triangle CBD$ と $\triangle EFD$ は相似形である。

$$EF = h$$

故に

$$ED = \frac{h}{\cos \beta} \dots\dots\dots(5)$$

$$EB = ED + DB$$

(4)・(5) 式より

$$EB = \frac{h}{\cos \beta} + m \tan \theta \cdot \tan \beta \dots\dots\dots(6)$$

$\triangle EBA$ で

$$\angle EBA = 90^\circ, \angle EAB = \alpha$$

故に, $EB = AB \tan \alpha$

(1) 式より

$$EB = \frac{m}{\cos \theta} \tan \alpha \quad \dots\dots\dots(7)$$

(6)・(7) 式より

$$\frac{m}{\cos \theta} \tan \alpha = \frac{h}{\cos \beta} + m \tan \theta \cdot \tan \beta$$

故に

$$\tan \alpha = \frac{h}{m} \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \beta} + \sin \theta \cdot \tan \beta \quad \dots\dots\dots(8)$$

さらに

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{h}{m} \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \beta} + \sin \theta \cdot \tan \beta \right) \quad \dots\dots\dots(9)$$

が成り立つ。この (9) 式より、 α が求められる。太陽高度角・方位角は (10)・(11) 式で示される。

$$\sin \alpha = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\sin \theta = \cos \delta \cdot \sin t / \cos \alpha \quad \dots\dots\dots(11)$$

ただし、 ϕ : 緯度、 δ : 赤緯、 t : 時角

(9), (10), (11) 式から時角 t を解くことで、帯状 (または列状) の任意の一地点に入射する高度角・方位角が求められ、太陽光量の変化が把握できる。この解法は一般の代数学では不可能で、電算機による逐次近似解法でしか解けない。

一方、全天写真は (9) 式の $\beta \cdot m$ をいろいろ変えて撮影した。

写真1からの読取り方法は、全天写真 (写真1) に等心円図 (図2) を重ねて、方位角 θ を 0° から 90° (N から W) まで 10° ごとに変化させ、建物の縁の高度角 (α) を読み取っていく。一方、数式 (9) からは、 $\beta \cdot m$ を与えて (写真1の場合、 $m = 10$ m, $\beta = 30^\circ$) 同様、 $\theta = 0^\circ$ から 90° まで 10° ごとに計算していく。

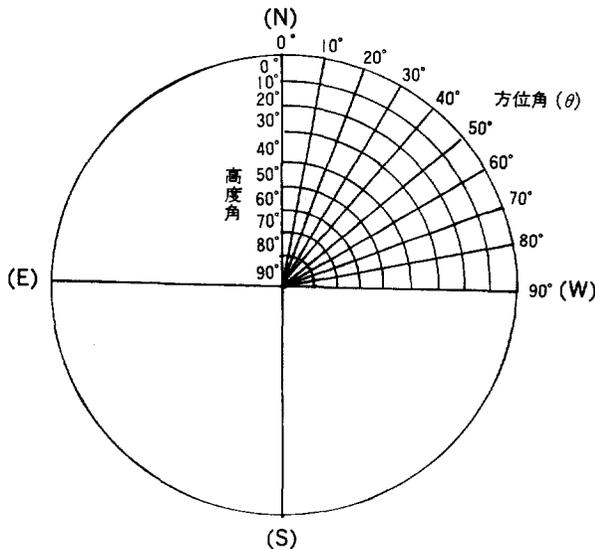


図2. 等心円図

表1. 入射光高度角 (α) の写真による実測値と数式による計算値の比較

	θ	実測値	計算値		θ	実測値	計算値		θ	実測値	計算値		θ	実測値	計算値				
No. 1	0°	76°	75.8°	No. 2	0°	56°	57.7°	No. 3	0°	35°	38.3°	No. 4	0°	34°	38.3°				
	10	76	75.6		10	56	57.3		10	34	37.9		10	34	37.9	10	34	37.9	
	20	76	74.9		20	54	56.0		20	33	36.6		20	33	36.6	20	33	36.6	
	30	75	73.7		30	52	53.8		30	32	34.4		30	32	34.4	30	31	34.4	
	$\beta=0^\circ$	40	73		71.7	$\beta=0^\circ$	40		48	50.4	$\beta=0^\circ$		40	29	31.2	$\beta=0^\circ$	40	28	31.2
	$m=2m$	50	70		68.5	50	42		45.4	50	25		26.9	50	25	26.9	50	24	26.9
		60	66		63.1	$m=60$	60		36	38.3	$m=60$		60	20	21.6	$m=60$	60	20	21.6
		70	58		53.5	70	24		28.4	$m=70$	70		14	15.1	$m=70$	70	—	15.1	
		80	40		34.4	80	12		15.3	80	—		7.8	80	—	7.8	80	—	7.8
		90	10		0.0	90	—		0.0	90	—		0.0	90	—	0.0	90	—	0.0
No. 5	0°	25°	27.8°	No. 6	0°	25°	27.8°	No. 7	0°	16°	17.5°	No. 8	0°	15°	17.5°				
	10	24	27.4		10	25	27.4		10	15	17.3		10	15	17.3	10	15	17.3	
	20	23	26.3		20	24	26.3		20	15	16.5		20	15	16.5	20	15	16.5	
	30	23	24.5		30	23	24.5		30	14	15.3		30	14	15.3	30	14	15.3	
	$\beta=0^\circ$	40	20		22.0	$\beta=0^\circ$	40		20	22.0	$\beta=0^\circ$		40	13	13.6	$\beta=0^\circ$	40	13	13.6
	$m=15m$	50	18		18.7	50	18		18.7	50	10		11.5	50	10	11.5	50	11	11.5
		60	15		14.8	$m=60$	60		15	14.8	$m=60$		60	—	9.0	$m=60$	60	10	9.0
		70	—		10.2	70	10		10.2	$m=70$	70		—	6.2	$m=70$	70	—	6.2	
		80	—		5.2	80	—		5.2	80	—		3.1	80	—	3.1	80	—	3.1
		90	—		0.0	90	—		0.0	90	—		0.0	90	—	0.0	90	—	0.0
No. 9	0°	76°	76.0°	No. 10	0°	57°	58.1°	No. 11	0°	55°	58.1°	No. 12	0°	35°	38.7°				
	10	76	75.9		10	56	58.2		10	54	58.2		10	35	39.4				
	20	75	75.4		20	54	57.5		20	53	57.5		20	34	39.1				
	30	74	74.3		30	52	55.9		30	51	55.9		30	33	38.1				
	$\beta=10^\circ$	40	72		72.6	$\beta=10^\circ$	40		48	53.3	$\beta=10^\circ$		40	48	53.3	$\beta=10^\circ$	40	32	36.0
	$m=2m$	50	70		69.8	50	45		49.4	50	43		49.4	50	29	33.1			
		60	64		65.1	60	37		43.7	60	36		43.7	60	26	29.0			
		70	55		57.0	70	26		35.5	70	—		35.5	70	20	23.8			
		80	38		41.0	80	11		24.3	80	—		24.3	80	—	17.4			
		90	—		10.0	90	—		10.0	90	—		10.0	90	—	10.0			
No. 13	0°	36°	38.7°	No. 14	0°	24°	28.1°	No. 15	0°	27°	28.1°	No. 16	0°	14°	17.8°				
	10	37	39.4		10	25	29.1		10	28	29.1		10	14	19.1				
	20	37	39.1		20	26	29.4		20	28	29.4		20	15	19.9				
	30	35	38.1		30	25	28.9		30	27	28.9		30	—	20.1				
	$\beta=10^\circ$	40	33		36.0	$\beta=10^\circ$	40		24	27.6	$\beta=10^\circ$		40	26	27.6	40	—	19.8	
	$m=10m$	50	31		33.1	50	—		25.6	50	25		25.6	50	—	18.8			
		60	28		29.0	60	—		22.8	60	22		22.8	60	—	17.4			
		70	—		23.8	70	—		19.2	70	19		19.2	70	—	15.4			
		80	—		17.4	80	—		14.9	80	—		14.9	80	—	12.9			
		90	—		10.0	90	—		10.0	90	—		10.0	90	—	10.0			
No. 17	0°	18°	17.8°	No. 18	0°	79°	77.6°	No. 19	0°	60°	61.3°	No. 20	0°	60°	61.3°				
	10	19	19.1		10	79	77.7		10	60	62.2		10	62	62.2				
	20	20	19.9		20	78	77.4		20	60	62.4		20	62	62.4				
	30	20	20.1		30	77	76.7		30	60	61.8		30	61	61.8				
	$\beta=10^\circ$	40	20		19.8	40	76		75.5	40	58		60.5	40	60	60.5			
	$m=25m$	50	20		18.8	50	75		73.5	50	56		58.2	50	56	58.2			
		60	19		17.4	60	71		70.2	60	52		54.7	60	53	54.7			
		70	—		15.4	70	67		64.6	70	—		49.4	70	47	49.4			
		80	—		12.9	80	57		53.7	80	—		41.5	80	40	41.5			
		90	—		10.0	90	—		30.0	90	—		30.0	90	—	30.0			
No. 21	0°	42°	42.4°	No. 22	0°	38°	42.4°	No. 23	0°	26°	31.3°	No. 24	0°	79°	80.8°				
	10	44	45.0		10	40	45.0		10	28	35.0		10	79	80.9				
	20	46	46.5		20	42	46.5		20	32	37.6		20	78	80.8				
	30	47	47.2		30	43	47.2		30	34	39.2		30	78	80.4				
	$\beta=30^\circ$	40	46		46.9	40	43		46.9	40	—		39.9	40	77	79.6			
	$m=10m$	50	46		45.8	50	—		45.8	50	—		39.8	50	75	78.4			
		60	44		43.7	60	—		43.7	60	—		38.8	60	72	76.3			
		70	41		40.5	70	—		40.5	70	—		36.9	70	67	72.8			
		80	—		36.0	80	—		36.0	80	—		34.0	80	—	65.9			
		90	—		30.0	90	—		30.0	90	—		30.0	90	—	50.0			
No. 25	0°	51°	50.9°	No. 26	0°	33°	39.3°	No. 27	0°	28.0°	26.2°	注: 1) 一印は測定不可能 2) β と m が両方とも 同じ値の No. はレンズ を東と西へ逆方向へ向 け撮影したもの							
	10	55	54.8		10	39	45.4		10	37.0	34.6								
	20	57	57.4		20	45	49.7		20	44.0	41.0								
	30	60	58.9		30	—	52.5		30	48.0	45.6								
	$\beta=50^\circ$	40	60		59.6	40	—		54.3	40	52.0		48.8						
	$m=10m$	50	60		59.6	50	—		55.2	50	53.0		50.9						
		60	60		58.7	60	—		55.3	60	—		52.0						
		70	57		57.0	70	—		54.5	70	—		52.2						
		80	—		54.2	80	—		52.8	80	—		51.5						
		90	—		50.0	90	—		50.0	90	—		50.0						

II 結果と考察

建物の側壁 h は斜面の傾き β とともに斜めになるが、もし h が樹高とするとそれは直立の状態であるから (5) 式から $ED=h$ となり、したがって、(9) 式の右辺の $\frac{h \cdot \cos \theta}{m \cdot \cos \beta}$ の項は $\frac{h}{m} \cos \theta$ と変る。

したがって、正確には理論式は現実の帯状伐採区での樹高の頂きの曲線の変化とは異なる。 α は斜面の傾き (β) の $\frac{1}{\cos \beta}$ の比例に近い形で変る。試算した結果によると (β は写真の撮影技術上、最大 50° までとした。) β が大きくなるにつれて変化が大きくなっていく。写真 1 の十字線と地面の交点に近い部分が地平線にあたる。この場合は $\beta=30^\circ$ であり天頂すなわち十字線の交点である中心点まであがることはない。中心点の高度は 90° である。

そして (9) 式からの計算結果と写真からの読取りの実測値は表 1 に示すようになりよく一致した。

お わ り に

斜面に並行に帯状伐採した場合の入射光高度角の全天写真による実測値と数式による理論値はきわめてよく一致した。

この結果から日射量が計算されるので、帯状伐採地における陽光量の把握は地形が比較的単純で、比較的帯状地の幅が広く、樹高が均一である場合には上述の式から日変化や季節変化を含めてその推定が可能となるものと考えられる。

引 用 文 献

- 1) 飯盛 功：帯状（または列状）伐採区内での陽光把握の方法 (I)—Simulation をおこなった場合の理論値と写真による実測値の比較（斜面の方向に並行に伐採した場合）—, 日林論, 91, 315~316, (1980)

太陽軌道と光環境

飯盛 功⁽¹⁾・竹下 慶子⁽²⁾

尾方 信夫⁽³⁾・上中 作次郎⁽⁴⁾

Isao IMORI, Keiko TAKESHITA, Nobuo OGATA and Sakujiro KAMINAKA :
Solar Orbit and Light Conditions in the Stand

はじめに

はれの日の太陽軌道に関連した裸地の日射量は全天写真を用いて林内へどれくらい、陽光量が入射するかを推定する¹⁾ために必要である。

また、陽光は林冠の隙間を通して林床に到達し陽斑点をつくる。林内の陽光量の平均的な値の中で陽斑点の占める割合はかなり大きく²⁾⁵⁾、陽斑点は下層木の生存と生長に重要な役割を果たすと考えられる。このため太陽軌道から裸地の日射量を求める方法と林内の光変動と太陽軌道の関係に検討を加えた。

表1. 試験地

プロット名	所在地	林小班	プロット名	所在地	林小班
No. 1	林試九州支場実験林	9に1	No. 5	熊本営林局熊本営林署管内 金峰山国有林	93・い
2	” ”	”	6	” ”	87・ろ
3	” ”	4と	7	上記に接した私有林	—
4	上記に接した私有林	—	8	” ”	—

表2. 林分概況

プロット名	林 齢 (約年)	平均単木		ha あたり		
		樹 高 (m)	胸高直径 (cm)	本 数 (本)	断面積合計 (m ²)	幹材積 (m ³)
No. 1	51	18.1	23.2	982	43.0	393
2	51	17.1	23.9	702	32.7	282
3	18	6.9	9.8	3,171	25.5	98
4	15	6.0	7.9	4,479	23.1	83
5	72	20.6	33.2	310	27.9	274
6	59	18.1	27.0	441	25.7	229
7	30	9.8	15.2	1,700	32.3	170
8	40	15.7	25.6	725	38.0	293

注) No. 3 広葉樹6%, No. 5 スギ3%, No. 7 スギ15%位のほぼ同じ位の大きさの樹冠・樹高・胸高直径の樹種が混交している。

1982年11月9日受理

(1) 造 林 部 (元九州支場)

(2) (3) (4) 九州支場

造 林—69 Silviculture—69

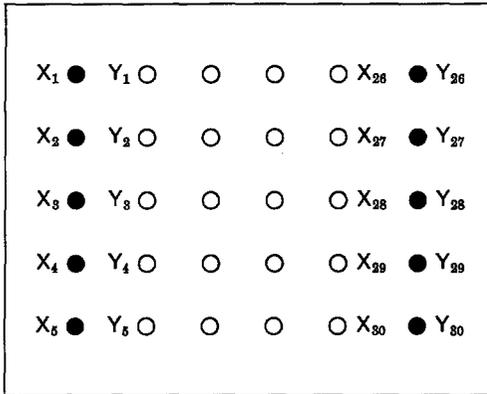


図 1. 固定点でのある月と他の月での
相関係数のとり方

例: X_i : 5月, Y_i : 7月

I 手 法

1. 電子計算機を用いて太陽軌道から裸地の 1 時間ごとの日射量 (直達光・散光) およびその合計値 (全天日射量) を求め、また X-Y プロッターで作画する太陽軌道図のプログラムを作製した。

2. 林内の光変動と太陽軌道の関係に検討を加えた。試験地名と林分概況をそれぞれ表 1 と表 2 に示す。樹種はヒノキである。試験地として林冠構成が比較的均一かランダムな 8 か所の林分を選んだ。高さ約 50 cm の杭を林分内に大体等間隔に設置したが、杭の間隔は面積の大きさに応じて変えた。杭の設置面積は試験地の No. 1, 2, 3,

4, 7 と 8 は 80 m², No. 5 と 6 は 1 ha である。林内の日射量を測定するために 30 個のジアゾ感光紙による日射量の測定器を各林分の固定杭の上においた。裸地の日射量は主として熊本地方気象台のデータを用いた。熊本地方気象台は測定を行った金峯山国有林から、約 6 km の距離である。林内に近い場所で裸地の日射量を測定したが、検量曲線が片対数曲線のため、その測定誤差を考慮して、その測定値の使用は控えた。ただし、'75 年 9 月 22~23 日は気象台の記録に欠測があったため、その分はジアゾ感光紙の裸地の日射量を用いた。杭内陽光量を測定した数日後に (同時に測定できないため)、支場の屋上でゴルチンスキー日射計の測定と同時に感光紙を露光し一定時間毎に取り去り、後で現像し感光枚数と裸地の検量曲線を求め、それから測定した林内の感光枚数を日射量へ変換した。そして、図 1 に示す方法で相関係数を求めた。

II 計算手順と結果

1. 太陽軌道からの裸地の日射量の求め方

裸地の日射量を求める計算方法は 5 通りで (JP = 1, 2, 3, 4, 5, ただし 5 は 3 と 4 とを重複して計算する), その中で今回は一番複雑な JP = 4 式の例を示す。

直達日射量 (水平面)

瞬間値

$$r = \frac{1.95 \times P^{\cos \alpha} \times \sin \alpha}{C^2} \dots \dots \dots (1)$$

積算値

$$R = \int_{t_1}^{t_2} r dt \dots \dots \dots (2)$$

散乱日射量 (Berlage の式; 水平面)

瞬間値

$$R_{HS} = \frac{1.95}{2} \times \sin \alpha \times \frac{1 - P^{\cos \alpha}}{1 - 1.4 \log_e P} \dots \dots \dots (3)$$

積算値

$$R' = \int_{t_1}^{t_2} R_{HS} dt \quad \dots\dots\dots(4)$$

一方、太陽高度 a は (5) 式で表わされる。

$$\sin a = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad \dots\dots\dots(5)$$

ただし、1.95 : 太陽常数 (cal/cm²・分), a : 太陽高度, P : 大気の透過率, C : 地球と太陽の距離 (天文単位), t_1, t_2 : 時刻, ϕ : 緯度, δ : 赤緯, t : 時角

(5) 式の太陽高度を (1)・(3) 式に代入する。

(1)・(3) 式の値は1分あたりの値で (2)・(4) 式は一般に積分不可能なため、(1)・(3) 式を60回計算し合計して1時間の積算値とし、各時間ごとの積算値を合計して1日間の値とする電算機のプログラムを組んだ。図 2-(1)・(2) に、その印字結果の例を示す。図 3 にこの計算方法によって示された推定値と熊本地方気象台の実測値の関係を示す。全ての月日の関係が同一直線で示され、45°の勾配からずれているが簡単な一次回帰式が成立する。したがって、各地域ごとにこの実験式を求めておけば日射量の計

マイコン プログラムの印刷結果

KUMAMOTO

緯度	32	48	0	経度	130	43	0
1976 年	7	1	24	日			
時刻	11	49	8	時刻	12	25	10
推定値	-19	-27	-42	実測値	37	44	18

時刻	7	17	55	293	21	4	17	32	36	66	38	54
時刻	10	14	41									

時刻	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
推定値	299	309	321	335	352	10	26	40	52	62
実測値	20	9	4	36	29	16	51	57	31	3
時刻	1	12	55	28	51	42	37	25	8	58
推定値	7	18	27	33	37	37	33	25	16	6
実測値	55	21	15	54	23	4	2	59	47	10
時刻	27	10	54	22	26	58	44	16	30	41

図2-(1). 印字結果の例

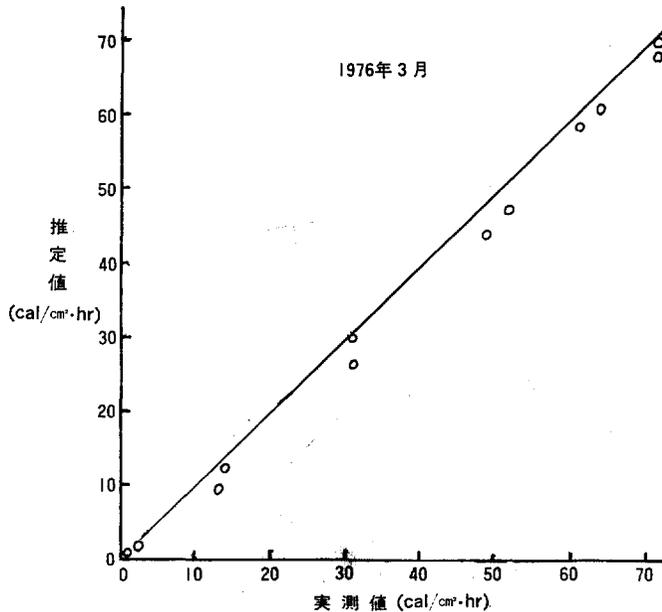


図3. 実測値*と推定値**の1時間ごとの積算日射量
(水平面)の関係の一例

注) *: 熊本地方気象台のデータ

** : 計算方法 (JP=4, 透過率に理科年表(8) 気73・福岡をもちいた。)

算値から実測値が推定できよう。

このプログラムから同時に X-Y プロッターで太陽軌道図をも求められる (図4)。

2. 林内の光変動と太陽軌道との関係

太陽軌道図と裸地の日射量および全天写真から林内日射量を求めるのは今後の研究課題である。さきに求められた太陽軌道図 (図4) を全天写真 (写真1) の上に重ねると林木 (または林冠の黒部) と太陽軌道が重ねられたとき、陽光は遮断され、そうでない場合は陽光は林内へ入射する。入射したときがほぼ陽斑点に相当すると考えられる。表3に試験地ごとの相対日射量の平均値・標準偏差・変動係数を示す。試験地の No. 5, 6 以外の相対日射量は比較的低い。表4は試験地ごとに個々の固定点のある月と他の月の相対日射量の相関係数を示す。相関係数は3月と9月または5月と7月の間で大部分が有意であった。太陽高度は6月の南中時が年間で一番高い。それを中心として、3月と9月、5月と7月は1日の太陽軌道が似ている。そのため、林冠の隙間から入射してくる直射光の入射角 (高度と方位) が上述の日での同一時間帯ではほぼ同じ値をとる。したがって、陽斑点は近似的に同じ時間帯に林内の固定杭 (下層木に相当するといえよう) に照射し、上述の月での相関係数の多くが有意であったものと考えられる。一方、軌道の似ていない月の間ではそのほとんどが有意でなかった。これは、これらの月の同一時間帯では林冠の隙間から入射する角度 (高度と方位) が違っていたからであろう。

太陽軌道が似ていないのに相関係数が有意な月と、軌道が似ている月の間でも相関係数は有意でない月があった。また軌道が似ている月でも相関係数はよりかなり低い値を示した。この理由として、

TAIYOO KIDOO TO NISSYA

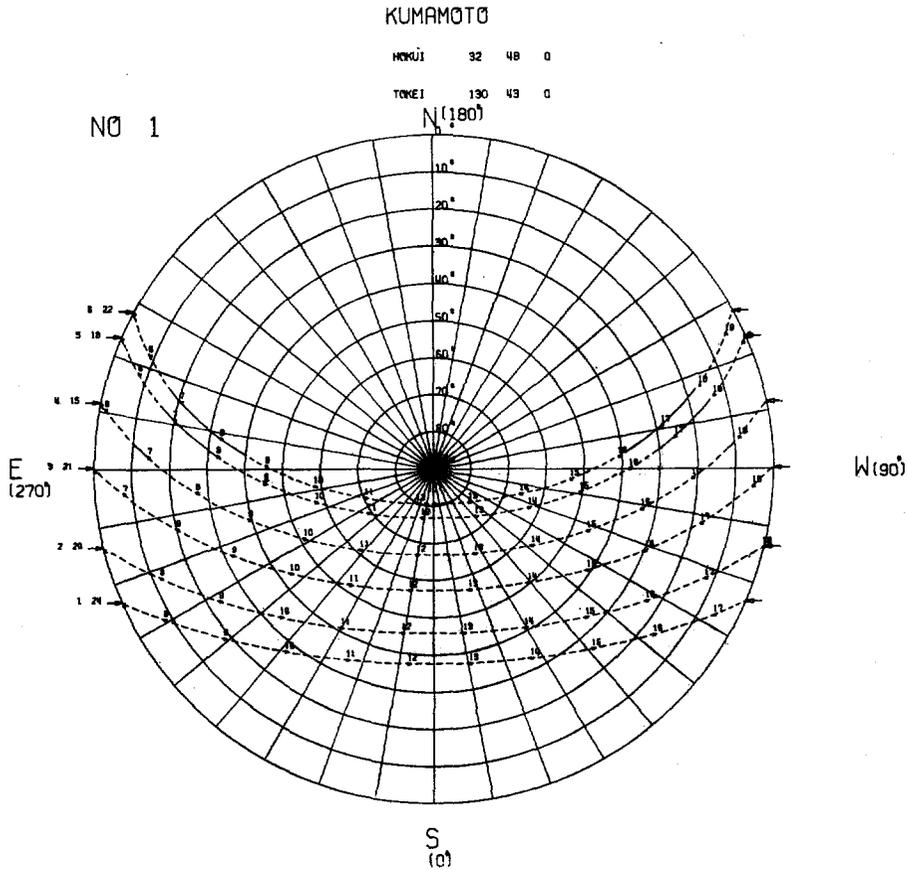


図 4. 太 陽 軌 道 図

1. 相対日射量の測定期間を通じて、完全な晴れではなかったこと、
2. 同一の月の範囲内でも太陽軌道にずれがあること、
3. 月が異なるため林分葉量の水平面・垂直面における葉の分布に違いがあること、
4. 微風によってさえ生ずる fluttering (ちらちら現象) の影響をうけたことが考えられる。これらについては今後の検討課題である。

お わ り に

1. 計算から求められた裸地の日射量と実測値は全ての月日が同一直線で示され、簡単な一次回帰関係が成立するので、各地域ごとに実験式を求めておけば、裸地の日射量の実測値が求められる。
2. 個々の固定杭の上での測定されたある月と他の月の相対日射量の間には相関係数が3月と9月、5月と7月に有意であるものが多かった。これらの月の間では太陽軌道が似ている。一方、軌道が似ていない月の間では相関係数が有意であるものは少なかった。

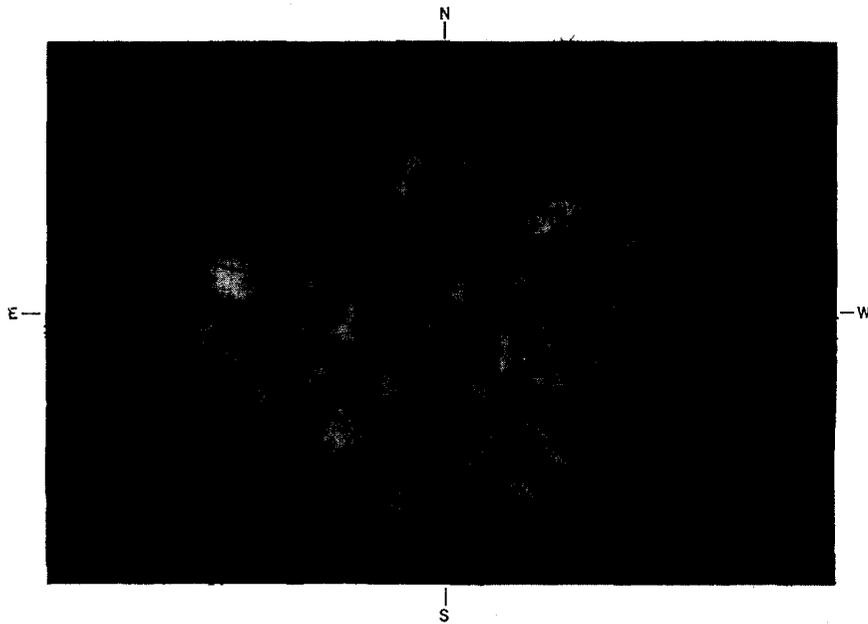


写真1. 全天写真 (林内)

表3. 相対日射量の平均値, 標準偏差および変動係数 (はれ)

No. 1				No. 2				No. 3			
年・月・日	\bar{x}	s	c	年・月・日	\bar{x}	s	c	年・月・日	\bar{x}	s	c
'75. 7. 1~2	4.20	0.53	13	'75. 7. 1~2	5.00	0.51	10	'75. 7. 1~2	1.20	0.28	23
'75. 8. 15~16	3.10	0.52	17	'75. 8. 15~16	4.41	0.83	42	'75. 8. 15~16	1.50	0.39	26
'75. 9. 22~23	3.20	0.87	27	'75. 9. 22~23	4.11	1.04	25	'75. 9. 22~23	1.00	0.36	36
'75. 11. 10~11	2.50	0.92	37	'75. 11. 10~11	2.50	0.33	13	'75. 11. 10~11	0.60	0.14	22
'76. 3. 25~26	6.20	0.52	8	'76. 3. 25~26	7.00	0.74	11	'76. 3. 25~26	3.51	1.00	29
'76. 5. 17~18	2.90	0.64	22	'76. 5. 17~18	3.91	1.64	42	'76. 5. 17~18	1.80	0.76	41

No. 4				No. 5				No. 6			
年・月・日	\bar{x}	s	c	年・月・日	\bar{x}	s	c	年・月・日	\bar{x}	s	c
'75. 9. 22~23	0.60	0.13	21	'75. 5. 22~23	24.58	8.72	36	'74. 5. 24~25	23.28	8.56	37*
'75. 11. 10~11	0.30	0.10	30	'75. 7. 25~26	25.58	8.03	32	'75. 5. 22~23	20.77	7.65	37
'76. 3. 25~26	1.70	0.55	33	'75. 9. 19~20	18.06	6.15	34	'75. 7. 25~26	20.06	6.14	31
'76. 5. 17~18	1.00	0.34	35					'75. 9. 19~20	14.25	5.12	36
'76. 7. 27~28	0.40	0.11	28								

No. 7				No. 8			
年・月・日	\bar{x}	s	c	年・月・日	\bar{x}	s	c
'75. 5. 22~23	3.31	1.17	35	'75. 5. 22~23	11.14	4.57	41
'75. 7. 25~26	3.11	1.03	33	'75. 7. 25~26	11.63	3.81	33
'75. 9. 19~20	2.10	0.60	29	'75. 9. 19~20	10.04	4.87	49
'76. 11. 30~12.1	2.80	0.60	21	'76. 11. 30~12.1	7.32	2.15	30

* : 100点測定
 その他は大体30点測定
 注: \bar{x} ; 相対日射量の平均値 (%),
 s; 標準偏差, c; 変動係数 (%)

表 4. 固定点でのある月と他の月での相対日射量の相関係数

No. 1						No. 2						No. 3											
	7月	8	9	11	3	5		7月	8	9	11	3	5		7月	8	9	11	3	5			
7月		-0.06	0.25	0.35	0.11	** 0.46	7月		0.12	0.15	0.03	-0.14	0.21	7月		** 0.73	-0.05	0.03	-0.13	** 0.49			
8				0.11	0.13	-0.07	-0.06	8				0.10	0.11	0.14	* 0.41	8				-0.12	-0.14	-0.26	** 0.50
9					0.03	* 0.39	-0.03	9					0.12	** 0.72	-0.01	9					0.17	** 0.47	-0.09
11						0.13	0.33	11						0.21	0.11	11						0.04	0.09
3							-0.18	3							0.07	3							-0.18
5								5															

No. 4				No. 5				No. 6				No. 7				No. 8				
	11月	3	5	7		5月	7	9		5月	7	9		5月	7	9		5月	7	9
11月		0.25	0.16	0.29	5月		** 0.84	0.25	5月		* 0.43	0.16	5月		** 0.64	-0.01	5月		** 0.83	-0.35
3			* 0.38	** 0.57	7			0.28	7			0.01	7			0.29	7			-0.24
5				** 0.66	9				9				9				9			
7																				

注) *: 5%有意, **: 1%有意

引用文献

- 1) ANDERSON, M. C. : Studies of the woodland light climate I. The photographic computation of light conditions, 52(1), 27~41, (1964)
- 2) DAVID, H. MILLER : Transmission of insolation through pine forest canopy, as it affects the melting of snow. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw., 35(1), 57~59, (1959)
- 3) 飯盛 功・竹下慶子・尾方信夫・上中作次郎 : 林内の光変動と太陽軌道の関係一定点での相対日射量の相関一, 90回日林論, 311~312, (1979)
- 4) 林業試験場九州支場 : 太陽軌道と裸地のはれの日の日射量を求めるプログラム, 人工林の非皆伐施業に関する研究, 第2次経過報告, 林試, 3~6, (1979)
- 5) 玉井重信 : 林内光環境と林分構造に関する研究, 京都大学学位論文, 26~39, (1974)

ヒノキ林間伐後の林内の相対照度

上中 作次郎⁽¹⁾・尾方 信夫⁽²⁾・安藤 貴⁽³⁾Sakujilo KAMINAKA, Nobuo OGATA, and Takashi ANDO :
Relative Light Intensity in Hinoki (*Chamaecyparis
obtusa*) Stand after Thinning

はじめに

林内更新では、上木の間伐前後における光環境の変動把握が重要である。本報ではヒノキ林の資料収集と整理を行い、あわせて複雑な上木の林分構成を一元的に表現する指標としての収量比数と相対照度の関係を求めた。

資料収集には熊本営林局技術開発室、長崎、熊本、水俣、都城営林署のご協力をいただき、また高知営林局⁷⁾、川那部⁸⁾、前橋営林局計画課⁹⁾、山本⁹⁾の測定資料も引用させていただいた。ともに厚くお礼申し上げます。

I 間伐後の収量比数と林内照度の関係

資料は表1に示した九州の6林分、すなわち熊本営林局管内の長崎、熊本、水俣、都城各営林署で、多目的先行造林体系化試験および択伐的施業指標林として設定された試験地・高知営林局管内宇和島営林署⁶⁾で技術開発試験としての林内更新試験地、川那部⁸⁾の間伐に関する徳山試験地、前橋営林局計画課⁹⁾の風致的配慮を要する森林施業に関する矢板試験地、安藤⁹⁾の二段林上木間伐試験を行った小田深山試験地、山本⁹⁾の二段林誘導試験に関する大阪営林局管内の福山試験地、安藤⁹⁾の未発表資料である。

これらの資料は、いずれも間伐実行後、1年以内に下木梢端部の照度を測定したもので、太陽高度による季節変化を配慮して、照度測定月を4～8月と3～9月にわけて整理した。

九州地方ヒノキ6林分の間伐後の林分構成、収量比数、林内相対照度を表1、2に示した。これらの資

表1. 熊本営林局管内の調査林分の所在地と地況

調査区	所在地	標高 (m)	方位	傾斜 (°)
N-1～6	長崎営林署小浜温泉岳国有林104林班ろ小班	500	NE	5～15
N-7	” ” 103林班か(ぬ)小班	550	S	5～15
K-1	熊本営林署金峰山国有林87林班ろ小班	420	N	5～20
K-2	” 平山国有林93林班ろ小班	420	NE	5～20
M-1～4	水俣営林署高岡国有林68林班は小班	500	SW	5～20
MT-1, 2, 3, 5, 6	都城営林署萱場原国有林50林班り小班	150～200	NW	12～30
MT-4	” ”	180	SE	30

1982年11月9日受理

(1) (2) 九州支場

(3) 四国支場

造林—70 Silviculture—70

表2. 熊本営林局管内のヒノキ林間伐後の林分構成と相対照度

調査区	間伐年月	照度 測定年月	林齢 (年)	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	立木密度 (本/ha)	幹材積 (m ³ /ha)	間伐率		R _y	相対 照度 (%)
								本数 (%)	材積 (%)		
N-7	'75. 3	'75. 4	61	16.0	23.0	710	256	43.1	34.2	0.66	24.6
M-1	'72. 3	'72. 4	46	15.6	23.6	1,033	363	23.1	15.8	0.74	17.0
M-2	"	"	"	15.3	22.4	1,123	352	26.2	17.8	0.76	24.0
M-3	'74. 3	'74. 4	47	12.6	19.1	966	192	50.4	48.5	0.60	30.0
M-4	"	"	"	13.8	19.0	999	222	43.7	42.8	0.67	22.2
MT-1	'78. 2	'78. 8	68	16.2	28.2	370	195	48.8	32.8	0.47	28.6
MT-3	"	"	"	16.6	27.5	377	149	34.2	26.6	0.49	26.0
MT-5	"	"	"	12.5	21.0	1,139	235	0	0	0.64	19.6
MT-6	'76.10	"	"	18.4	30.4	384	230	37.4	26.3	0.55	26.0
K-1	'74. 2	'74. 3	58	18.0	27.4	426	220	34.6	31.7	0.58	26.0
"	'78. 2	'78. 3	62	19.1	29.0	286	182	32.9	28.3	0.50	30.0
K-2	'75. 1	'75. 2	72	21.0	33.2	310	274	44.4	38.3	0.58	25.0
"	'79. 2	'79. 3	76	22.0	35.4	240	244	22.8	21.8	0.53	28.0
N-1	'72. 3	'72.10	46	13.3	22.0	1,370	355	25.5	20.4	0.73	7.7
"	'75. 8	'75.10	49	14.6	22.0	1,232	325	10.1	8.5	0.76	6.9
N-2	'72. 3	'72.10	46	12.9	22.0	1,129	298	37.1	29.6	0.66	13.4
"	'75. 8	'75.10	49	14.5	23.0	1,017	276	9.9	7.4	0.70	13.5
N-3	'72. 3	'72.10	46	12.9	22.0	934	253	52.2	45.0	0.60	25.0
"	'75. 8	'75.10	49	13.8	23.0	833	232	10.8	8.3	0.61	24.3
N-4	'72. 3	'72.10	46	12.7	20.0	1,486	358	28.5	22.5	0.73	6.5
"	'75. 8	'75.10	49	14.5	23.0	951	254	36.0	29.1	0.68	24.3
N-5	'72. 3	'72.10	46	12.7	22.0	1,129	279	41.9	35.6	0.65	13.7
"	'75. 8	'75.10	49	14.1	23.0	955	241	15.4	13.6	0.67	24.5
N-6	'72. 3	'72.10	46	13.2	20.0	1,060	267	47.5	43.2	0.66	17.7
"	'75. 8	'75.10	49	14.1	22.0	952	244	10.2	8.6	0.66	23.5
MT-1	'71. 9	'71.10	62	14.8	25.4	723	290	31.7	24.1	0.61	19.6
MT-2	"	"	"	14.9	24.0	582	220	43.7	27.2	0.55	19.6
MT-3	"	"	"	14.8	24.0	573	203	46.0	37.3	0.54	27.2
MT-4	"	"	"	11.1	17.8	600	85	3.5	2.3	0.32	20.4
MT-5	"	"	"	11.3	18.5	1,139	200	0	0	0.57	13.2
MT-6	"	"	"	16.3	26.2	613	312	13.3	9.0	0.62	13.8

料と前記引用資料をあわせて、照度測定月の4~8月と9~3月の記号をかえて、収量比数と林内相対照度の関係を図1に示した。収量比数は安藤¹⁾のヒノキ一般林分密度管理図から、平均樹高と立木密度を用いて求めた。

図1で照度測定月4~8月は点のばらつきがかなり大きい、収量比数が低いほど、相対照度は高くなる傾向が明らかである。点のばらつきがかなり大きいのは斜面方位、傾斜度、測定日の天候条件によるものと考えられるが、収集した資料の記載がふざろいのため検討することはできなかった。

照度測定月9~3月は点のばらつきが比較的小さく、4~8月よりも低位に分布している。これは太陽高度および季節変化によるものと考えられる。なおMT-4はR_y0.32であるのに林内相対照度が20.4%で異常に低く、これは照度測定時のわか雨によるもので棄却した。

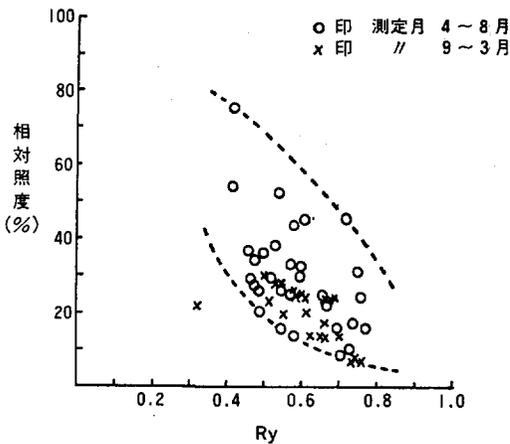


図1. ヒノキ林間伐後の収量比数 Ry と林内相対照度の関係

表3. ヒノキ林間伐後の収量比数と相対照度

収量比数	相 対 照 度 (%)		
	最 低 値	最 高 値	平 均
0.4	32	77	55
0.5	19	68	44
0.6	2	59	36
0.7	8	48	27
0.8	6	35	21

表3は図1から収量比数別に上限, 平均, 下限の値をよみとったもので, これは単なる目安にしかできないが, 間伐前に目標とする林内相対照度に近づけるための収量比数を, 大まかに求める場合に有効な指標となる。一例を示すと, ヒノキ下木の陰湿害回避に関し上中ら⁴⁾は相対照度10%以下では多発し, 20%前後を維持すれば回避されたことを報告しているが, 陰湿害回避のためには斜面の方位と傾斜を考慮して, ヒノキ林の収量比数を0.8以下に維持することが必要となる。

今後資料をふやして, さらに精度の高い間伐後の相対照度推定法を求めたい。

引 用 文 献

- 1) 安藤 貴: 同齡單純林の密度管理に関する生態学的研究, 林試研報, 210, 1~153, (1968)
- 2) ———・宮本倫仁・桜井尚武・竹内郁雄・谷本丈夫: 二段林の光環境の経年変化, 人工林の非皆伐施業に関する研究, 第1次経過報告, 第2次経過報告, 30~32, 31~35, (1977, 1979)
- 3) ———: 未発表
- 4) 上中作次郎・尾方信夫: 林内人工更新法に関する研究(第13報)—ヒノキ陰湿害回避再試験一, 日林九支研論, 33, 225~226, (1980)
- 5) 川那辺三郎・玉井重信・堤 利夫: ヒノキ林の間伐前後の現存量と光環境, 京大演報, 47, 26~33, (1975)
- 6) 高知営林局: 昭和53年度技術開発報告書, 60~67, (1979)
- 7) 前橋営林局計画課: 風致的配慮を要する森林施業に関する資料—道路沿いの人工林の取扱い—中間報告, pp. 30, (1972)
- 8) 山本久仁雄: 非皆伐施業に関する研究(IV)—ヒノキ林内に樹下植栽したヒノキの生長—日林関西支講集, 31, 127~129, (1980)

スギ林間伐後の林内の相対照度

安 藤 貴⁽¹⁾

Takashi ANDO : Relative Light Intensity in Sugi (*Cryptomeria japonica*) Stands after Thinning

はじめに

林内更新を行う場合には間伐を実施し、林内をある程度、明るくしてから植栽を実行する場合が多い。林内の相対照度をどの程度にするかは、植栽木の生長量は小さいが、下刈りを完全に省略したいとか、多少の下刈りを実施しても、ある程度、植栽木の生長を期待したいとか、経営方針によって異なる。いずれにしても、どの程度の間伐をすれば、どの程度の林内照度が期待できるかを明らかにしておくことは必要なことである。

本報ではスギ林について間伐の強さによって林内の相対照度がどのように変るかについて述べる。

I 間伐後の収量比数と林内照度の関係

用いた資料は斎藤²⁾の若齢林の間伐試験地や、秋田営林局管内の増田営林署³⁾、五城目営林署⁴⁾、湯沢営林署⁵⁾、熊本営林局管内の菊地営林署⁶⁾で技術開発試験として行われた林内更新試験地、および高知営林局と林業試験場四国支場で共同試験を実施している松山営林署管内の林内更新試験地⁴⁾である。これらの試験地はいずれも間伐後の相対照度を、5月から8月の間に調査されたと判断できるものに限った。

間伐後の収量比数と林内相対照度の関係を図1に示す。収量比数は安藤³⁾のスギの一般林分密度管理図から、平均樹高と密度を用いて求めた。

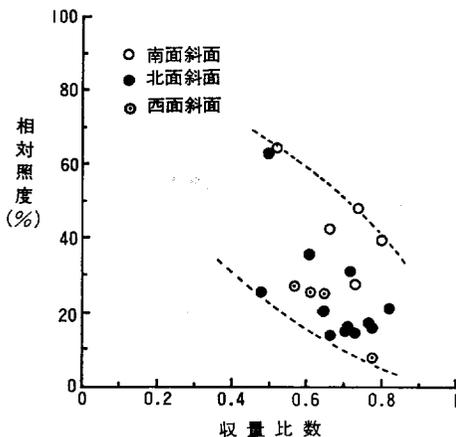


図1. スギ林の間伐後の収量比数と林内相対照度の関係

図1は、安藤³⁾がさきに示した同様の関係に比べると資料数が若干多くなっている。点のばらつきはかなり大きい。図には斜面方位別に記号を変えて示したが、これを見ると、南面の点は図の上位に、北面の点は下位にプロットされる傾向があり、同じ収量比数でも、南面は北面に比べて相対照度が高くなることがわかる。このことは、斜面の方位による上木の樹体の影の長さが、太陽高度が同じでも、南面では傾斜が急になるほど短かく、北面では逆に長くなるためと考えられる。したがって、平坦地では、上限と下限の中間に近い値をとるものと考えられる。参考のために述べれ

ば、図1の資料は、南面・北面ともにその最大傾斜角は約35°である。

照度の測定は、なるべく正午に近い時間帯で測定することが好ましいとされているが、それでも西面斜面は午前中に測定すると午後より高い値を示し、東面斜面ではその逆になることが考えられる。

図1から、収量比数別に、上限、平均、下限の値の値をよみとり、表1に示す、表1は、なにも基準がないよりは都合がよいという程度の目安にしかならない

が、間伐後にある相対照度を期待する場合に、どの程度の収量比数まで間伐すればよいかを、斜面の位置と傾斜角を考慮に入れて決めるのに役立つであろう。

今後も資料をふやし、さらに精度の高い、間伐後の相対照度の推定法を求めることが必要である。

表1. スギ林の間伐後の収量比数と相対照度

収量比数	相 対 照 度 (%)		
	最 低 値	最 高 値	平 均
0.4	35	75	55
0.5	25	68	47
0.6	17	60	38
0.7	12	53	33
0.8	7	40	23

引 用 文 献

- 1) 秋田営林局：林内更新法，非皆伐施業法，一林内人工更新シリーズ No. 3—，林野庁業務課，75～105，(1977)
- 2) 安藤 貴：同齡單純林の密度管理に関する生態学的研究，林試研報，210，1～153，(1968)
- 3) ———：間伐と非皆伐施業，一二段林移行を考えた間伐—，林業技術，401，35～39，(1975)
- 4) ———・宮本倫仁・桜井尚武・竹内都雄・谷本丈夫：二段林の光環境の経年変化，林試研報，323，65～73，(1983)
- 5) 菊地営林署：昭和50年度造林実験営林署実験結果，6～17，(1976)
- 6) 斎藤秀樹・菅 誠・四手井綱英：小径木間伐に関する研究(1)，第1回間伐後の林況の変化について，京大演報，38，50～67，(1966)

ヒノキ林における相対照度の経年変化

上中作次郎⁽¹⁾・尾方信夫⁽²⁾Sakujilo KAMINAKA and Nobuo OGATA : Annual Changes of
Relative Light Intensity in Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Stands

はじめに

林内更新では下木生育に必要な光環境を維持することが必須条件であり、光環境変動の一つとして林内の明るさの経年変化がある。

本報ではヒノキ壮齡林で間伐率、間伐回数をちがえた6試験区の経年変化について報告する。

この試験の実施にあたっていろいろと便宜をあたえていただき、格別のご協力を賜った都城営林署高橋成人元署長、池上時夫元署長、河野敬季元署長、平瀬戸清冬元署長、榎田南海男署長、中村琢磨元経営課長、勝毛忠男元経営課長、若松清紀元経営課長、原武学元調査係長、森川秀次郎元調査係長、平山健調査係長、平嶋清人元高城担当区主任、植木秀志元高城担当区主任、鈴木哲三元高城担当区主任に厚くお礼申し上げる。

I 試験地の概況と調査経過

都城営林署が宮崎県北諸県郡高城町の萱場屋原国有林50林班り小班内の62年生ヒノキ林に、多目的先行造林試験地(2.52ha、ヒノキ樹下植栽)を1971年に設定した。その試験設計作成には筆者らも参加し、間伐率、間伐回数をちがえた6試験区が配置された。

この試験地は丘陵地形に属し、海拔高は150~200m、斜面方位はMT-1, 2, 3, 5, 6の5試験区がNW, MT-4の1試験区がSE、斜面傾斜度は12~30°で、林内構成は別報ヒノキ林間伐後の相対照度の表2(つづき)に示したとおりで、その概略は林齡62年、平均胸高直径17.8~26.2cm、平均樹高11.1~16.3m、立木密度600~1,139本/ha、幹材積85~312m³/ha、R_v0.32~0.62、間伐後相対照度13.8~27.2%である。

(1) 間伐、枝打ち経過

本試験における第1回間伐を1971年9月に、材積率でMT-1区24.1%、MT-2区27.2%、MT-3区37.3%、MT-4区2.3%、MT-5区0%、MT-6区9.0%、第2回間伐を1976年10月にMT-6区26.3%、1977年11月にMT-1区32.8%、MT-3区26.6%、枝打ちは1974年11月と1975年10月の2回にわたってMT-5区に中度(地上6mまで、葉量除去率30%を目標)の枝打ちを実施した。

(2) 照度測定経過

都城営林署が1971年~1974年まで林内各区ごとに10定点の測定を10月に実施、九州支場が1971年および1975年~1979年まで各区100点を8月に実施した。なお照度測定高は0.5~2.0m(下木の梢頭

部)とした。照度計は1971年～1977年まで東京光学 SPI-7 型, 1978年～1979年は東京光学 SPI-71 型を使用した。

II 結果と考察

(1) 照度測定資料

九州支場の測定資料をつかうこととして, 都城営林署の測定値は補助資料にとどめた。

(2) 相対照度の経年変化

図1に MT-1, MT-2 区の経年変化を示した。これら両区は第1回の間伐率が近似し, また間伐後の相対照度が両区とも19.6%で, 第2回間伐は MT-1 区(32.8%)に実施し, MT-2 区では実施しなかった。MT-1 区についてみると, 間伐後5年目の相対照度は7.8%で, 1年あたり2.4%の低下となっている。そして第2回間伐後の相対照度は28.6%, その1年後では22.4%で, 1年あたり6.2%の低下となった。MT-2 区についてみると間伐後5年目の相対照度は10.7%で, 1年あたり1.8%の低下となっている。また間伐8年後の相対照度は11.0%で, 1年あたり1.1%の低下となった。

図2に MT-5, MT-6 の経年変化を示した。第1回の間伐率が MT-5 区では0%, MT-6 区では9.0%であるのに, 相対照度は MT-5 区が13.2%, MT-6 区は13.8%で近似していた。その後 MT-5 区では枝打ちを2回, MT-6 区では第2回目の間伐(26.3%)を実施した。MT-5 区についてみると, 枝打ち前の相対照度5.7%が, 枝打ち後では12.0%, 再度の枝打ち後では18.8%で, 枝打ちにより6.3～6.8%明るくなり, 1年後では2.5%, 2年後では1.7%の低下となった。この結果から中度の枝打ちでは1回あたり約6.6%明るくなるものとみてよさそうだ。MT-6 区についてみると, 間伐後5年目の相対照度は7.8%で, 1年あたり1.2%の低下となった。そして第2回間伐後の相対照度は23.3%, その1年後では26.0%で低下がみられない。これは MT-1 区と対照的で, その理由は明らかにできないが, プロットの地形的位置すなわち MT-1 区は尾根ぞいに位置するのに対して,

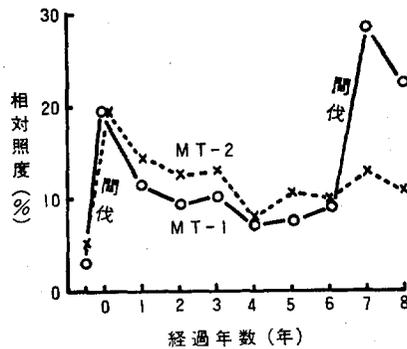


図1. 相対照度の経年変化

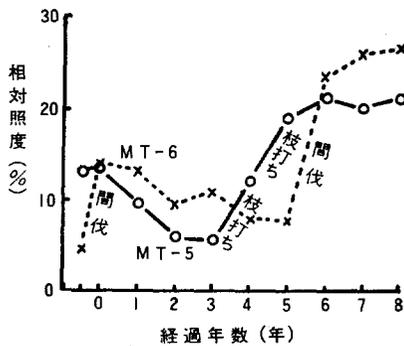


図2. 相対照度の経年変化

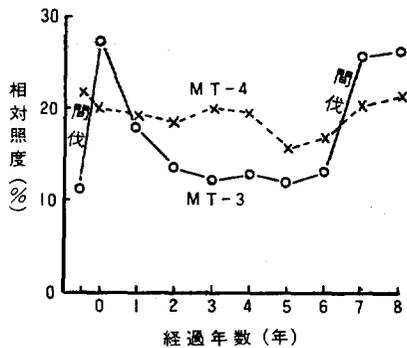


図3. 相対照度の経年変化

MT-6 区は谷ぞいの平坦地で林縁に近いことによるものと推測された。

図3に MT-3, MT-4 区の経年変化を示した。第1回の間伐率は MT-3 区では 37.3%, MT-4 区では 2.3% である。間伐後の相対照度が MT-3 区は 27.2%, MT-4 区は 20.4% で、間伐率が低いのに明るいのは斜面方位が SE, 斜面傾斜度が 30° であることと、上木の平均樹高は 11.1m で最も生長の悪いプロットであるためと考える。第2回間伐は MT-3 区 (26.6%) に実施し、MT-4 区は実施しなかった。MT-3 区についてみると第1回間伐後5年目で 12.5%, 1年あたり平均して 2.9% の低下となっている。そして第1回間伐後の1年あたりの相対照度の低下は1年目で 9.1%, 2年目で 4.4%, 3年目で 1.3% 低下し、4年目では 0.4% 明るくなっている。第2回間伐後の相対照度は 26.0%, その1年後では 26.4% で低下がみられない。これは測定時の天候条件による変動によるものと考えられる。MT-4 区についてみると第1回間伐後5年目で 16.1%, 1年あたり 0.9% の低下となっている。そして5年目から8年目にかけて明るくなっており、他の5区よりも年変動が大きい。これは MT-4 区だけが斜面方位が SE であることと、斜面傾斜度が 30° で他の5区より急であること、さらに林分構成、とくに平均樹高が他の5区よりも、かなり低いためと考えられる。

(3) 相対照度の度数分布の経年変化

試験区あたり 100 点の相対照度を求めた資料により、第2回間伐 (1976年11月および1977年11月)

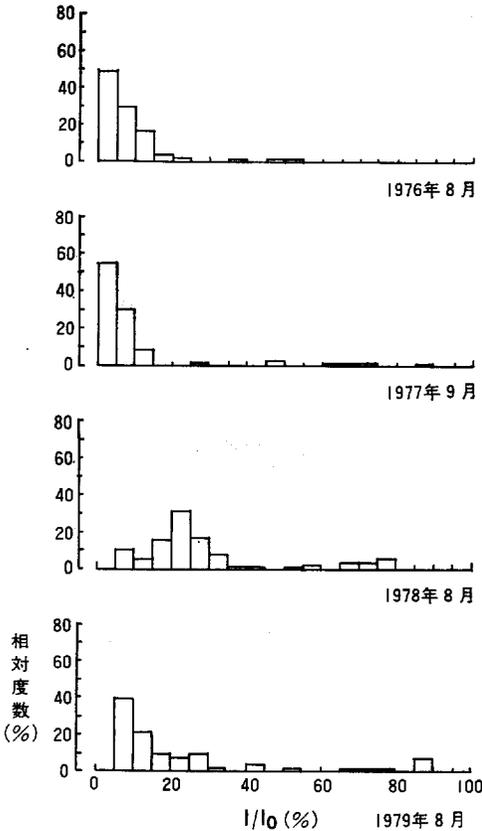


図4. 相対照度の度数分布の経年変化 (MT-1)

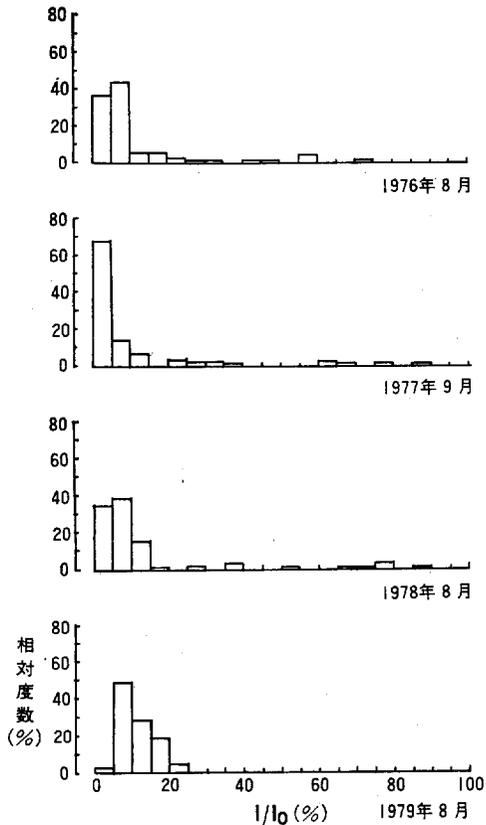


図5. 相対照度の度数分布の経年変化 (MT-2)

の前後各2年間の相対照度の度数分布の経年変化をMT-1, MT-2, MT-5区についてみることにした。これらの試験区は地形的位置が隣接し、斜面方位NW, 斜面傾斜度が約25°で立地条件が近似し、間伐率, 間伐回数, 枝打ちが、それぞれちがった区である。

図4にMT-1区の度数分布の経年変化を示した。第2回間伐前2年間はL型分布, 間伐1年後では相対照度21~25%にモードがみられる非対称左傾型度数分布となり, 間伐2年後ではL型分布にもどっている。

図5にMT-2区の度数分布を示した。第2回間伐は実施しておらず, ほぼL型分布に近いが若干の変化がみられ, これは照度計の機種(瞬間的な照度測定)と測定時の天候条件による年変動と考えたい。相対照度の経年変化の範囲は図1に示したように10.0~12.6%である。

図6にMT-5区の度数分布を示した。この区は無間伐で相対照度5.1~10.0%にモードがみられる分布で, 尖度が弱く若干の変化があるが年変動と考えたい。相対照度の経年変化の範囲は図2に示したように18.8~21.3%である。

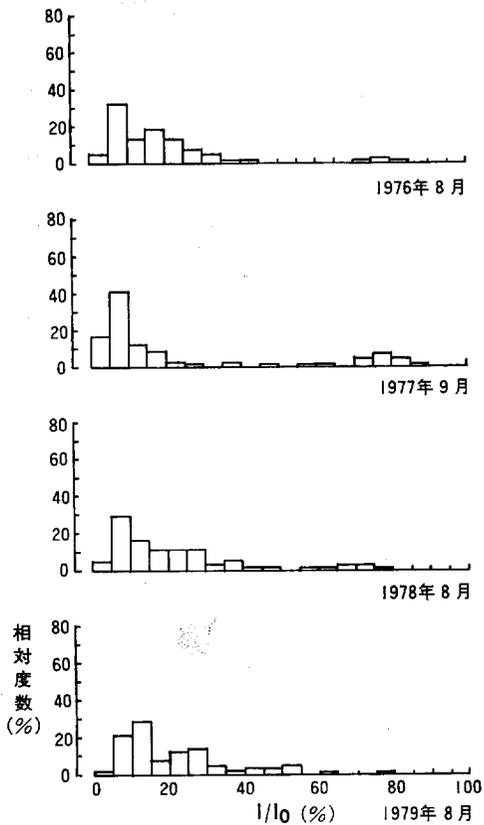


図6. 相対照度の度数分布の経年変化 (MT-5)

III ま と め

(1) 相対照度の経年変化

前述の結果について材積間伐率10%以下を弱度, 10.1~20.0%を中度, 20.1~30.0%を強度, 30.1%以上を強強度間伐として整理すると, 間伐後の相対照度の経年変化は, 無間伐, 弱度間伐では平均1年あたり1.5~2.7%の低下, 強度間伐では間伐前よりも14.4~15.3%明るくなり, 間伐後1年で4.8~8.4%の低下, その後は平均1年あたり2.2%の低下, 強強度間伐ではMT-3区でみられるように, 間伐前よりも16%明るくなり, 間伐後1年で9.1%の低下, その後は平均1年あたり2%の低下がみられた。これらのことから間伐の強度による相対照度の変化は, 間伐後1年で顕著な違いがあるが, 間伐後2年以降では間伐強度の影響は小さく, 相対照度の低下は平均1年あたり2%前後とおさえてよさそうである。

ここで下木の生育に必要な相対照度を10%とした場合, 10%以上を維持できる期間は弱度間伐では2年間 (MT-4は斜面方位が違うので例外), 強度間伐では3年間, 強強度間伐では5年間となる傾向がうかがわれる。なお無間伐で枝打ち2回のMT-5区は, 第2回枝打ち後3年間は相対照度約20%が維持されておるが, これは試験区が尾根ぞいに位置し, 上木の平均樹高も低いことと関連しているようだ。

(2) 相対照度の度数分布の経年変化

第2回間伐の前後2年間の経年変化は図4に示したとおりで、間伐前2年間はL型分布、間伐1年後では相対照度21~25%にモードがみられる非対称左傾型分布、2年後ではほぼL型分布に変化している。第2回間伐をしなかった場合は図5に示したとおりで、ほぼL型分布がみられるが若干の年変動がある。これは主として測定時の天候条件と照度計の機種によるものと思う。無間伐で1年前に2回目の枝打ちをした場合は図6のとおりで、相対照度5.1~10.0%にモードがみられる非対称左傾型分布で尖度は弱く、かなりの光環境改善効果が持続されているが、これは別な試験で確かめる必要がある。

引用文献

- 1) 上中作次郎・尾方信夫：ヒノキ林間伐後の林内の相対照度，林試研報，323，55~57，(1983)

二段林の光環境の経年変化

安藤 貴⁽¹⁾・宮本倫仁⁽²⁾・桜井尚武⁽³⁾
竹内郁雄⁽⁴⁾・谷本丈夫⁽⁵⁾

Takashi ANDO, Michihito MIYAMOTO, Shobu SAKURAI, Ikuo TAKEUCHI
and Takeo TANIMOTO: Changes of Light Factor for
Years in the Two Storied Stands

はじめに

人工林の非皆伐施業においては、下木の光環境を上木の間伐または枝打ちによって調節する。間伐や枝打ちを実施すると、下木の光環境はよくなるが、上木の枝葉の繁茂にともない、年々光環境は悪くなる。光環境が悪くなるにしたがって下木の生長は低下し、光環境が光補償点以下になると、下木は枯損するから、おそくとも枯損が発生する前に再度の間伐や枝打ちが行われなければならない。このために上木の間伐あるいは枝打ち後の下木の光環境の経年変化を知る必要がある。光環境の低下の度合は、上木の樹種や林齢によって変るが、経年的に調査した事例は少ない。

松山営林署管内の愛媛県上浮穴郡小田町、小田深山国有林の二段林において、上木間伐後の、愛媛県上浮穴郡久万町民有林の二段林において、上木枝打ち後の、下木上部の光環境の経年変化を調査したので、その結果について報告する。報告にあたり、間伐試験地について、共同試験としてご協力いただいた高知営林局技術開発室ならびに松山営林署の担当官、枝打試験地について試験地の提供ならびに調査にご助力いただいた愛媛郡上浮穴郡久万町の岡 譲、岡 信一の両氏に厚く感謝の意を表する。

I 小田深山国有林の間伐後の光環境の経年変化

1. 試験地と調査方法

調査は松山営林署管内小田深山国有林 65 林班の上木スギ林内更新試験地と、57 林班の上木ヒノキ林内更新試験地で行った。両試験地とも上木は、弱度、中庸度、強度の3段階に間伐されている。間伐は試験地設定に先だてて1971年秋から1972年6月にかけて1回目間伐の伐採・搬出が行われ、1973年4月に下木の植栽が行われた。その後、1977年秋から1978年春にかけて、弱度間伐区と中庸度間伐区に2回目の間伐が加えられた。上木の林内構成値と収量比数を表1に示す。収量比数は安藤¹⁾の林分密度管理図による。

この試験地は当初、スギ・ヒノキ採種林の施業試験地として計画され、間伐が行われた。上木スギ試験地は間伐後の残存密度が ha あたり 200 本、400 本、600 本、上木ヒノキ試験地は同じく 300 本、600 本、900 本となるよう間伐前に標準地を設けて間伐木の選木を行い、それぞれを強度、中庸度、弱度の間伐の

表1. 上木の林分構成値

試験地	試験区	調査年月	区分	林齢 (年)	平均			haあたり			R _y
					樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直 径 (cm)	本数 (本)	断面積 (m ²)	幹材積 (m ³)	
上木 スギ 試験地	強度間伐区	1972.10	間伐後	74	30.5	16.2	44.9	189	30.67	365.84	0.52
		1977.10	—	79	31.4	—	47.1	189	33.71	408.55	0.53
	中庸度間伐区	1972.10	間伐後	74	29.7	18.4	40.4	421	55.36	672.64	0.74
		1977.10	間伐前	79	30.5	—	41.9	421	59.48	729.36	0.75
		1977.10	間伐後	79	30.4	—	42.5	302	43.89	535.19	0.66
	弱度間伐区	1972.10	間伐後	74	28.9	18.4	38.6	538	64.43	771.19	0.80
		1977.10	間伐前	79	29.5	—	39.7	538	68.40	826.13	0.80
		1977.10	間伐後	79	30.0	—	41.9	399	56.23	679.91	0.73
	上木 ヒノキ 試験地	強度間伐区	1972.10	間伐後	47	16.3	6.8	24.5	302	14.31	116.47
1977.10			—	52	17.5	—	27.3	302	17.80	149.13	0.46
中庸度間伐区		1972.10	間伐後	47	15.2	8.4	20.2	676	21.99	170.33	0.61
		1977.10	間伐前	52	16.1	—	22.9	676	28.12	225.38	0.65
		1977.10	間伐後	52	16.6	—	23.4	451	19.64	161.51	0.54
弱度間伐区		1972.10	間伐後	47	17.2	9.4	22.8	860	35.64	305.57	0.75
		1977.10	間伐前	52	18.6	—	24.4	860	40.87	373.07	0.80
		1977.10	間伐後	52	18.9	—	24.9	623	30.71	283.29	0.72

試験区とした。間伐終了後の林況から、採種林の試験地と併行して、林内更新の試験地とすることが計画され、そのための調査区が設定された。このため、一部の調査区は、1回目の間伐の時に設けた標準地の標柱が、間伐木の搬出の際に失われ、間伐後の1972年10月に当初標準地を設けたと思われる場所に調査区を設けたが完全に同一場所に設定できなかったため、調査区の上木の密度は前記の値とやや異なっている。

光環境の測定は、各調査区に長さ約50cmの塩化ビニール・パイプを1.8m間隔で植栽された下木の間間に10列10行計100本を立てて固定し、毎年同一地点で光環境の測定ができるようにした。光環境の測定は1973年から1977年までは東芝SPI-V型照度計を用い、毎年5月中旬～下旬に各試験区とも100点について測定し、1978年以降は毎年7月下旬にジアゾ感光紙法⁹⁾によって、前述の塩化ビニール・パイプの3列目と8列目の各行計20点で測定した。照度計による測定は全光条件下で10時から14時の間に測定するように努めたが、年により必ずしも同一条件で測定できたとはいえない。ジアゾ感光紙法による測定は測定器を設置し、その翌日の、設置時刻とほぼ同時刻に回収することにより行った。測定高は、下木の梢端の地上高としたため、年々測定地上高が高くなった。

この試験地の1973年から1977年までの光環境の経年変化⁶⁾⁷⁾や上木スギ試験地の強度間伐区で実施した相対照度の日変化の解析⁴⁾についてはすでに報告されているが、本報では1973年以降1980年までの経過についてとりまとめ報告する。なお、下木の樹高年間伸長量と相対照度の関係⁹⁾、上木スギ試験地での雑草木の再生量¹⁰⁾については別途報告される。

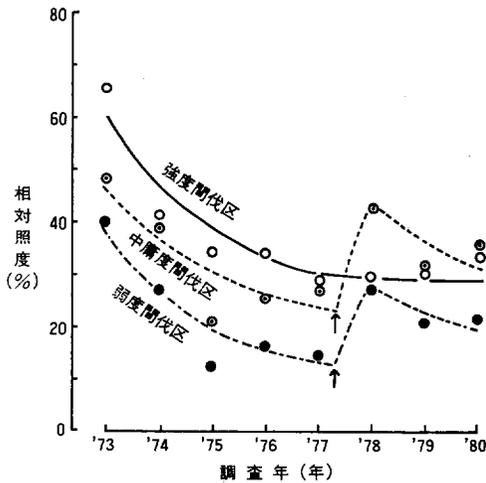


図1. 上木スギ試験地の相対照度の経年変化
矢印は再度間伐の実行されたことを示す。'73年から'77年までは照度計による相対照度、'78年以降はジオゾ感光紙法による相対日射量の値を示した。

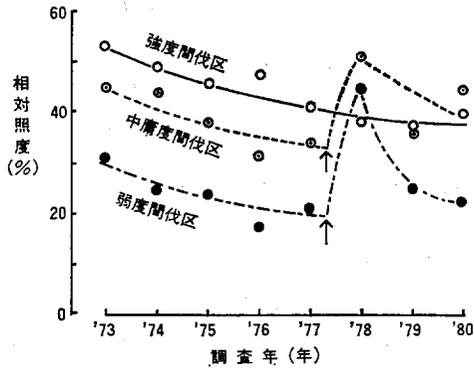


図2. 上木ヒノキ試験地の相対照度の経年変化
図1の説明参照

2. 結果と考察

上木スギ試験地と上木ヒノキ試験地の各区の相対照度の経年変化を図1、図2に示す。

下木の光環境を左右するものは主として上木の葉量と考えられる。したがって、間伐が強度な区ほど、立木密度が低いほど残存葉量も少ないため、間伐後の相対照度は高い値を示す。また、下木上部の相対照度は、間伐後、年の経過にともなう樹冠の拡張、すなわち葉量の増加にともない、年により高低をまじえながらも、年々低下の傾向をたどる。相対照度が低下の傾向をたどる中で、高低をまじえるということは、測定誤差（測定時刻や天候の違いも含めた）に起因するものも当然含むが、落葉量の年変動がかなり大きいこと¹⁴⁾を考慮に入れると、葉量の増加量と落葉量の変動がからみあい、それに測定誤差が加わった結果とも考えられる。ちなみに、井上ら¹⁵⁾が、これらの試験地の強度間伐区と弱度間伐区で、1974年から1977年までの4年間落葉量を調査しているが、上木がスギの場合、弱度間伐区では落葉量が最小の年に比し、最大の年は2.6倍、強度間伐区は同じく2.3倍、上木がヒノキの場合、弱度間伐区で2倍、強度間伐区で2.4倍を示し、各区の落葉量が最大または最小を示す年は区によってまちまちであった。

1977年に間伐されなかった強度間伐区では、1977年以前と1978年以降に、前述のとおり調査法に違いがあるが、1978年以降はほとんど相対照度が低下していない。

上木の樹種の違いによる傾向は1977年まではスギの場合がヒノキに比べて年々低下が大きい。上木の林齢は1972年にスギが74年、ヒノキが47年であるから、林齢を考慮に入れても、両樹種間の差はスギがヒノキに比べ相対照度の年変化は大きいと考えてよいであろう。弱度間伐区と中庸度間伐区は1977年冬期に間伐が行われたが、1978年以降の相対照度の低下は、上木がスギの場合は1973年以降と似た低下の傾向をたどるが、上木がヒノキの場合には、1973年以降に比べ、1978年以降の照度の低下が明らかに大きい、上木がヒノキの場合の傾向については、いまのところこのようになった理由がはっきりしない。上木がヒノキの場合、スギに比し、光環境の年々の低下が小さいことは早稲田・大庭¹⁷⁾の調査結果からもみられる。

1973年から1977年までの間伐後の経過年数 T (1973年を間伐後2年目、 T を2とした) と相対照度 I/I_0 の関係は次式で示される。

$$\log I/I_0 = -a \log T + b \quad \dots\dots\dots(1)$$

a, b : 定数

上木の樹種と間伐度合別に (1) 式の定数と相関係数を求めた結果は次のとおりであった。

上木スギの場合

強度間伐区 $\log I/I_0 = -0.6729 \log T + 1.9816$

$r = -0.9623$

中庸度間伐区 $\log I/I_0 = -0.6107 \log T + 1.8431$

$r = -0.7771$

弱度間伐区 $\log I/I_0 = -0.9539 \log T + 1.8557$

$r = -0.8732$

上木ヒノキの場合

強度間伐区 $\log I/I_0 = -0.1958 \log T + 1.9894$

$r = -0.8908$

中庸度間伐区 $\log I/I_0 = -0.3068 \log T + 1.7616$

$r = -0.9103$

弱度間伐区 $\log I/I_0 = -0.4201 \log T + 1.6084$

$r = -0.8792$

2 回目の間伐を実施しなかった強度間伐は 1978 年以降はほとんど光環境に変化がみられないので、1978 年以降については上記の関係からはずれる。また、弱度間伐区と中庸度間伐区についても 1978 年以降については (1) 式の関係を求めていない。このため図 1, 2 の 1978 年以降の傾向線はフリーハンドで示した。

回帰式から求めてみると、上木がスギの場合、相対照度は 1973 年から 1974 年の 1 年間に 10~14%、1976 年から 1977 年の 1 年間に 2.5~3.5%、1973 年から 1977 年の 5 年間に平均して 1 年あたり 5.6~7.9% 低下した。上木がヒノキの場合は、同じくそれぞれ 4.1~5.9%、1.5~1.9%、2.6~3.4% 低下した。

II 久万町民有林の枝打後の光環境の経年変化

1. 試験地と調査方法

愛媛県上浮穴郡久万町下畑野川の岡 譲氏所有の上木・下木ともにスギの二段林に 1968 年 11 月、上木の枝打ち強度を変えた試験地を設けた。この試験地の 1971 年までの光環境の季節変化を加味した経年変化についてはすでに報告した²⁰⁾。本項では、1971 年 11 月に立木の一部を除伐し、再度枝打ちを実施したので、その後の 1974 年までの 3 か年間について、葉量から相対照度の経年変化を推定した結果について述べる。試験の詳細は別報¹¹⁾にゆずるが簡単に述べれば次のとおりである。

1971 年 11 月に各試験区の上木の平均樹高と平均胸高直径が、ほぼ等しくなるように除伐した。その後、枝打ち強度を枝下率で 55, 65, 70, 75% の 4 段階とし、各区ごとに全立木の樹高を測定し、枝打ち後の枝下高を算出し、その高さまでの枝を除去した。除伐枝打ち実施後の林分構成値を表 2 に示す。表からわかるように、これらの試験地は、上木の林齢が 12 年生と若齢木によって構成されている。

光環境の調査は、各調査区に 1m 間隔で 8 行、8 列、計 64 の地点に塩化ビニール製のパイプを立て、

表2. 上木枝打ち試験地の林分構成値
1971年上木枝打ち後の値

試験区	区分	林齢 (年)	平均				haあたり 本数 (本)	上木枝打ち後の枝 下率 (%)
			樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下直径 (cm)		
KO-1	上木	12	9.6	6.7	11.0	5.6	2,500	70
	下木	8	3.5	1.7	3.5	2.9	4,700	
	計						7,200	
KO-2	上木	12	9.5	6.2	11.4	6.5	2,450	65
	下木	7	2.1	0.8	1.5	2.0	4,690	
	計						7,140	
KO-3	上木	12	9.6	7.2	11.0	4.9	2,450	75
	下木	7	2.2	0.8	1.6	2.4	4,690	
	計						7,140	
KO-4	上木	12	9.7	5.3	11.2	7.6	2,500	55
	下木	7	2.5	1.1	2.0	2.1	4,500	
	計						7,000	

調査位置を固定し、東芝 SPI-V 型照度計を用いて行った。測定は大部分が全光条件下の11時から13時の間に行われたが、この時間帯を越えたものも若干含まれている。

葉量から相対照度を推定するため、枝下直径を夏至に近い日(前後約1週間以内)と生長休止期に測定した。葉量の推定式として用いた枝下直径(D_B)と葉量(W_L)の関係は次式のとおりである¹¹⁾。

$$W_L = 75.170 D_B^{2.088} \dots\dots\dots(2)$$

(2)式の定数は1971年11月の測定資料を加えたため、さきに報告¹¹⁾したものと少し異なっている。

光環境の変動は後述のとおり、1968年から1971年までの調査資料と、1972年以降の数回の測定値を基礎に推定した。

2. 結果と考察

葉量と相対照度の関係が

$$I/I_0 = e^{-KF} \dots\dots\dots(3)$$

ただし、 I/I_0 : 相対照度, F : 葉面積指数, K : 吸光係数

で示されることはよく知られている。

葉量((3)式では普通葉面積指数が用いられるが、スギでは葉面積の測定が困難なため、葉重量を用いた)と全光相対照度の関係を季節別に測定した結果から図示すると、春、生長を開始し、葉量が増加しても、相対照度は夏至までは徐々に高まり、夏至を過ぎると急速に低くなり、生長休止期に入っても低下は続き、冬至を底に再び高まる。したがって、全生育期間を通じた葉量と相対照度の関係は、各区ごとに(1)式とは異なった変動を示す。しかし、各区の同一測定日における葉量と全光相対照度の関係は(3)式で示される。全光条件下のスギの吸光係数 K は測定日によって異なり、太陽の日南中高度 h と K の間に

$$K = a \cot h + b \dots\dots\dots(4)$$

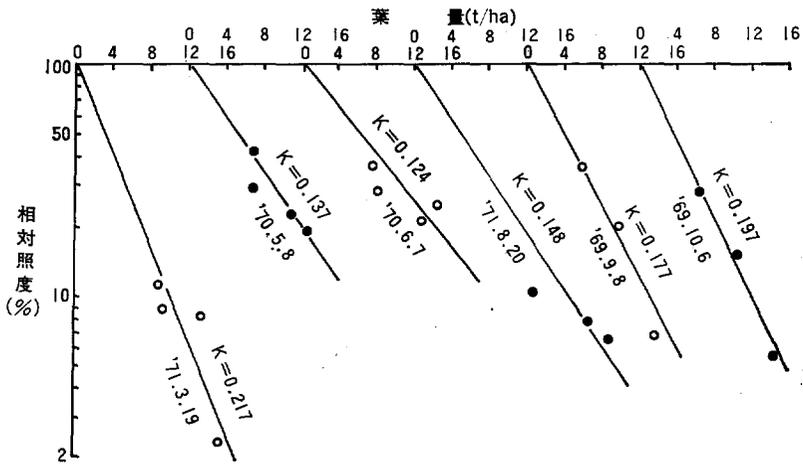


図3. 全光条件の葉量と相対照度の関係の季節変化

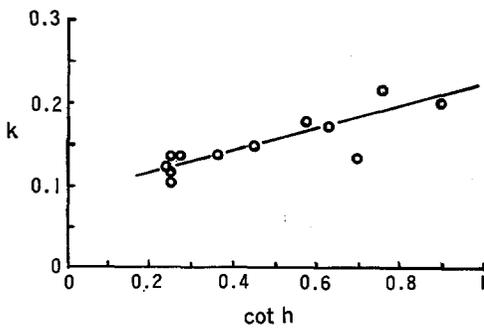


図4. 日南中太陽高度と吸光係数の関係
h: 日南中太陽高度, K: 吸光係数

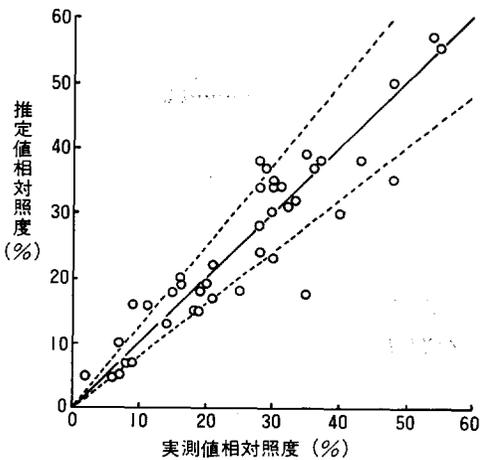


図5. 相対照度の実測値と推定値の関係
点線は誤差率 ±20% の範囲を示す

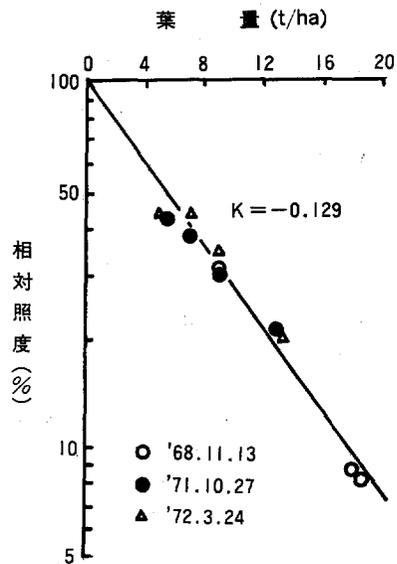


図6. 散光条件の葉量と相対照度の関係

の関係が認められたことはすでに報告²⁾³⁾し、 $a=0.218$ 、 $b=0.094$ と得られた。この結果は依田⁶⁾によって引用されている。

枝下直径から葉量を推定する(2)式の定数が前報と少し変わったため、(2)式によって過去の資料を再計算し、(3)式の関係を選定日ごとに求めなおした。その中から測定年度はさまざまだが、3月から10月までのほぼ1か月ごとの関係を図3に示す。この図から、 K の値は3月から6月にかけて徐々に小さくなり、6月以上再び大きくなる傾向が伺える。このような傾向をたどる理由についてはすでに報告²⁾³⁾した。

(4)式を、その後の測定資料も加え、再計算の結果

$$K = 0.1199 \cot h + 0.0936 \dots\dots\dots(4')$$

と得られた(図4参照)。これまでの報告²⁾³⁾⁴⁾および引用¹⁸⁾された(4)式の定数を(4')式のとおり改

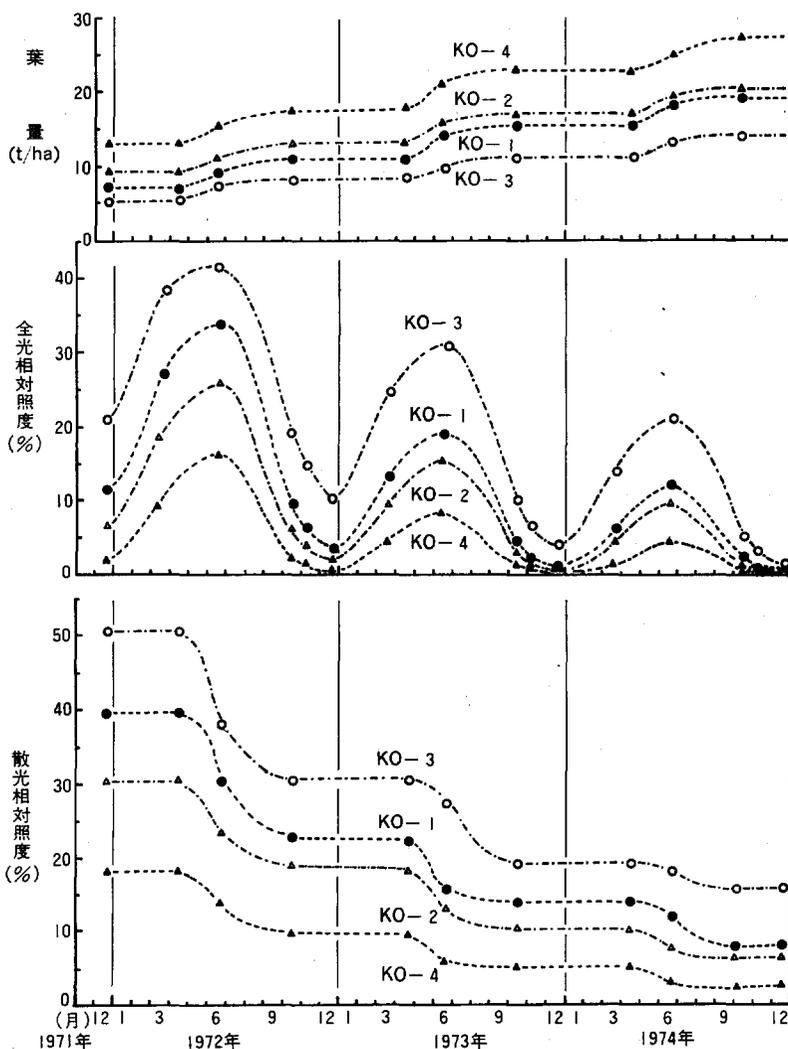


図7. 葉量と下木上部の相対照度の季節ならびに経年の変化

める。

全光相対照度の実測値と(4')式によって葉量から推定した値を対比して図5に示す。推定値の約3/4が誤差率±20%の範囲内あり、葉量の推定誤差や、全光相対照度の実測値が測定時の天候や時間の影響を大きくうけていることを考慮に入れると、図5はほぼ満足すべき結果が得られたものと考えてよいであろう。

他方、散光相対照度は主として樹冠の隙間の量に影響されるため、 K の値は図6に示すように測定月日の影響をうけないといってよい。図6から散光条件下の K は0.129と得られた。

以上述べたことから、1971年の冬至から、1974年の冬至までの、3か年間について、葉量の変化と、全光相対照度と散光相対照度の変化を求め図7に示す。

図7の葉量は、現地でのこれまでの観察の結果から、生長開始期を4月10日、生長停止期を10月15日とし、夏至に近い測定日の葉量を夏至の葉量とみなし、生長休止期の葉量とあわせて、その増加傾向を示した。各試験区とも、枝打ちが強度に行なわれたため、1973年までは自然枯死による葉の枯損はほとんど認められなかったが、1974年秋には、最も枝打ち強度の弱なKO-4で自然枯死による落葉が認められたが、これは無視した。

全光相対照度は、冬至、春分、夏至、葉量の増加の止る10月15日および立冬の日南中高太陽高度から(4')式により全光条件の K を求め、その時の葉量から算出して図に示した。この図の全光相対照度は正午の値が示されていることになる。

散光相対照度は、さきに示した散光条件の K と、4月10日、夏至、10月15日の葉量より算出して示した。

葉量は当然のことながら、生長期に増加し、生育休止期には一定の値を保ちつつ、年の経過と共に増加する。

全光相対照度は太陽高度が高まるにつれて増加し、生長を開始して上木のスギの葉量がふえても相対照度は夏至までゆるやかに増加を続ける。夏至を過ぎると、全光相対照度は葉量の増加と太陽高度の低下にともなう直達光の減少が相乗的に働き、夏至までの増加傾向より著しく低下し、生長休止期に入ると低下の傾向はやや緩やかになるが、低下は冬至まで続く。この傾向は、これまでに実測値について報告^{21)~24)}した傾向とよく一致している。

散光相対照度は、葉量の増加にともない、葉量の動きとは逆の形をえがきながら減少する。

図6から、全光相対照度と散光相対照度を比較してみると、いつの時期でも散光相対照度が高い値を示す。全光相対照度と散光相対照度の差は夏至で最小となり、その差はきわめて小さいが、夏至を離れるほどその差は大きく、冬至で最大になる。

図7は計算値によって作られたが安藤ら⁴⁾が6月に全光相対照度と散光相対照度の日変化を同一林分で測定した事例でも、正午における両者の差が小さいこと、全光相対照度の傾向が実測値と同じ傾向を示していることを考慮に入れると、ほぼ妥当な結果を示しているものと考えられる。

夏至の時期で1年間に低下した全光相対照度は1972年~1973年の間に8.4~14.8%、1973年~1974年の間に3.4~10%を、散光相対照度は同じく7.4~14.3%と2.8~9.6%を示し、両者の間に大きな違いは認められない。この結果を前項で述べたスギ壮齡林の経年変化と比較してみると、間伐と枝打ちの違いはあるが、上木の林齢の若い当試験地の低下が大きい。早稲田¹⁶⁾は相対照度の経年変化について、当初に

暗い林での変化は小さく、明るい林分では大きい、かなり明るい場合にはかえって変化が小さいと述べているが、この結果も顕著ではないが同様の傾向がうかがえた。

なお、斎藤¹³⁾が示した閉鎖しているヒノキ林の林分葉量と全光相対照度の季節変化をみると、葉量の増加と共に照度は低下し、初冬に落葉すると相対照度は高くなっている。また、鈴木ら¹⁴⁾がタイワンフウの模倣林分で全光相対照度を調査した結果は夏至に最低値を示している。このような報告を考慮に入れると、森林を構成する樹種や、林冠の疎密によって、林内光環境の経年変動のタイプは異なるものと考えられる。

引用文献

- 1) 安藤 貴：林分密度管理図とその使い方，農林出版，5 pp.，(1966)
- 2) ————：二段林上木枝打ち後の下木上部の相対照度の季節変化，44年度天然林の一次生産力の比較研究班中間報告，47～53，(1970)
- 3) ————・宮本知子・谷本丈夫・久保田善信：二段林の下木の光環境（1），相対照度の季節変化，22回日林関西支講，29～31，(1971)
- 4) ————・宮本倫仁・谷本丈夫：非皆伐施業法に関する研究資料，主として林内更新に関する中間報告，林試，37～67，(1975)
- 5) ————・———・———：スギの枝打強度と物質生産，26回日林関西支講，139～142，(1975)
- 6) ————・———・桜井尚武・谷本丈夫：四国針葉人工林における実態解析（光環境，林床植生量，地上部純生産量）「農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究」試験成績書（第1集），地域生態系の実態解析，255～233，(1978)
- 7) ————・———・竹内郁雄・桜井尚武・谷本丈夫：四国地方人工林の土地利用と管理方式（光環境，森林植生，下木の生長調査，同上（第5集），環境保全的土地利用技術と管理方式，177～183，(1979)
- 8) ————：ジアゾ感光紙による林内日射量の測定，30回日林関西支講，98～100，(1979)
- 9) ————・宮本倫仁・竹内郁雄，桜井尚武，谷本丈夫：林内の光環境と下木の樹高生長，林試研報，323，108～110，(1983)
- 10) ————・桜井尚武・谷本丈夫・竹内郁雄・宮本倫仁：小田深山林内更新試験地における林床植生の再生量，林試研報，323，155～162，(1983)
- 11) ————・谷本丈夫・宮本倫仁：スギ二段林上木枝打試験地の物質生産，林試研報，323，190～201，(1983)
- 12) 井上輝一郎・岩川雄幸・吉田桂子・佐藤 俊：四国地方人工林地域の土地利用と管理方式（物質循環・地表変動・土壌・土壌水分調査），「農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究」試験成績書（第5集），184～196，(1979)
- 13) 斎藤秀樹：林内の照度，ヒノキ林—その生態と天然更新，地球社，55～71，(1974)
- 14) ————：落葉枝量とその測定方法，同上，同上，71～116，(1974)
- 15) 鈴木健敬・山本久仁雄・河原輝彦・市川孝義：関西支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，43～59，(1980)
- 16) 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1次経過報告，林試，60～68，(1977)
- 17) ————・大庭貞男：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2次経過報告，林試，81～89，(1979)
- 18) 依田恭二：森林の生態学，築地書館，331 pp.，(1971)

林内光環境の経年変化

早 稲 田 収¹⁾

Osamu WASEDA : Changes of Light Factor for Years in Stands

I ね ら い

林内の明るさは、林分の生長に伴って経年時に変化するので、林内更新を行う場合、その生育のための光環境を適当な範囲に維持するため、林内の光環境の変化について知っておく必要がある。

したがって、その変化の法則性を明らかにすることを目的として、各種林分において、毎年林分相対照度の測定を行った。

II 調 査 方 法

調査の対象および方法の概要は次のとおりである。

1) 場 所

岐阜県郡上郡明方村，三重県多気郡宮川村，和歌山県東牟婁郡熊野川町，愛知県南設楽郡鳳来町，静岡県磐田郡佐久間町，等に所在する民有林内に調査区を設定した。

2) 調 査 林 分

スギ，ヒノキ，カラマツの人工林および落葉広葉樹の天然林で，調査開始時の林齢は14年生～68年生であり，調査対象林分数は46である。

3) 調 査 期 間

1970～1979年の間であり，個々の林分の調査期間は，3年～10年である。

4) 相 対 照 度 の 測 定 法

測定時期は，毎年7月下旬～8月上旬の午前10時～午後2時の間である。

測定機器は，1970～1974年の間は東芝 SPI-5 型照度計により，1975年以降はサンヨー照度積分計 VIP-SYS-1 型によった。

測定地上高は通常 1.5 m であるが，雑草木高がこれを越える場合はその上面で測定した。

III 結 果 お よ び 考 察

林内光環境の経年変化の代表的事例として，31林分の結果を樹種別に図1（スギ幼齢林），図2（スギ壮齢林），図3（ヒノキ壮齢林），図4（カラマツ幼齢林）および図5（落葉広葉樹林）に示した。

これらの結果によると，各林分ごとにかなりまちまちになり，一部には林内が前年より多少明るくなっている例もあるが，これは測定が季節，時間はほぼ一定の範囲で行われたが，当日の天候は揃えることができなかったことを主な原因とする測定上の誤差と考えられる。ただし，落葉広葉樹の1978年の2例（I-

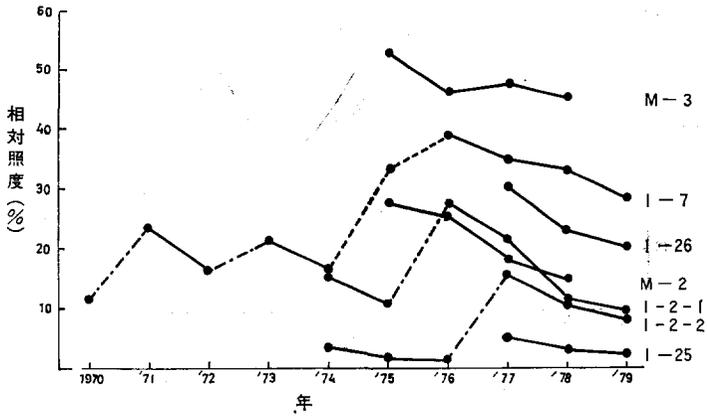


図1. 林内相対照度の経年変化(スギ幼齢林)
注) 点線の部分で間伐が, 破線の部分で枝打ちが行れた。

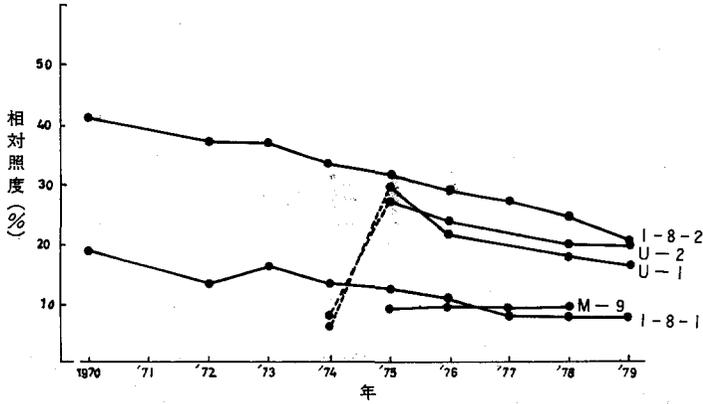


図2. 林内相対照度の経年変化(スギ壮齢林)

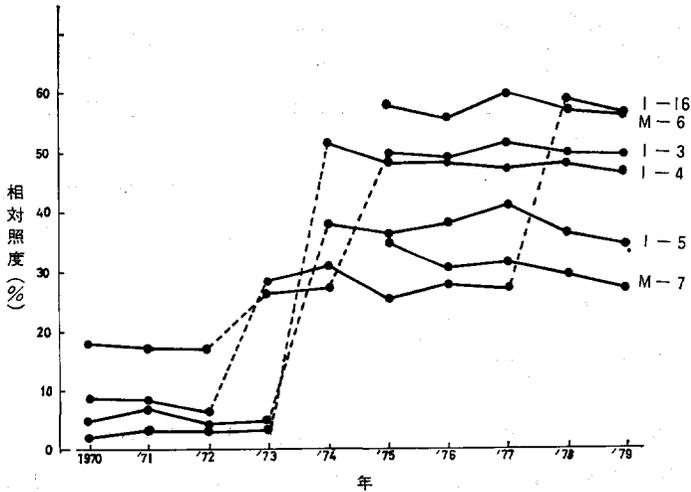


図3. 林内相対照度の経年変化(ヒノキ壮齢林)

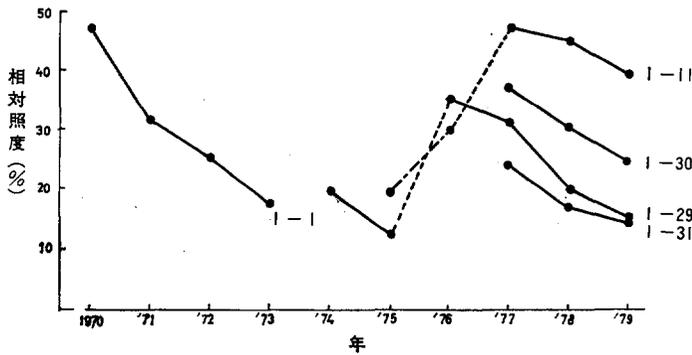


図 4. 林内相対照度の経年変化 (カラマツ幼齢林)

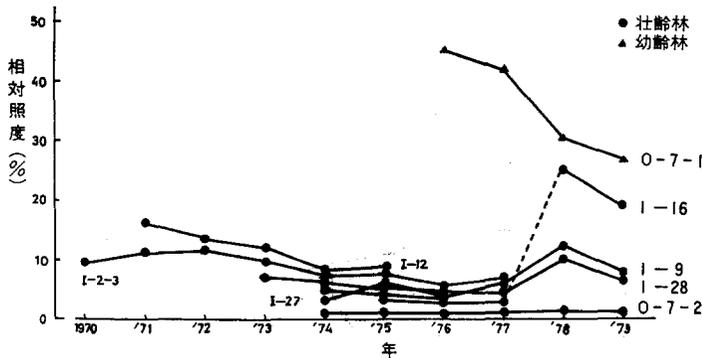


図 5. 林内相対照度の経年変化 (落葉広葉樹林)

13, I-28) については、当年の異常乾燥により、事実林内が明るくなっていたものである。

林内は、林木の葉・枝・幹などで光が遮られるために暗くなるが、その中でも主体をなすものは葉であり、特に短期間の林内の光環境の変化を支配するのは葉量の変化と考えられる。

したがって、葉量の経時変化にかかわるすべての要因が、林内の光環境の変化に関係をもつもので、この調査の結果からも、樹種、林齢、林内の明るさ、地位、間伐、枝打ちなどの施業によって、林内の光環境の変化の仕方が異なっており、一般則によって、林内の明るさの年間の変化量を示すことは困難と判断される。

林内の現在の明るさにより、年間のその変化量は異なる。これは、林分の単位面積当り葉量は最大値があり、これに達した林分では葉量の変化が無くなり、林内の明るさの変化も無くなるはずであり、事実、これに近づいた暗い林ではほとんど変化しない。

一方、極めて疎な明るい林分では、光環境に恵まれているために、単木の葉量の増加量は大きくなるが、立本本数が少ないために林分当りの増加量は少なく、したがって、林内の明るさの変化も少なくなる。

このことは図 1～5 によっても明らかであるが、図 6～8 は、林内相対照度の前年の値を横軸に、当年の値を縦軸にとって示したもので、45°の斜線からの縦軸上のへだたりが 1 年間の相対照度の低下量を示している。

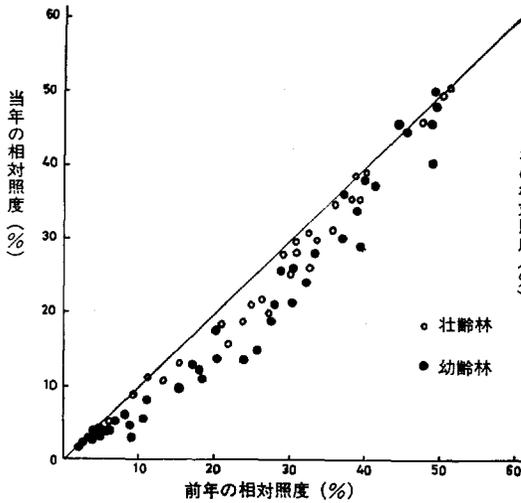


図 6. 1年間の林内相対照度の変化
(スギ林)

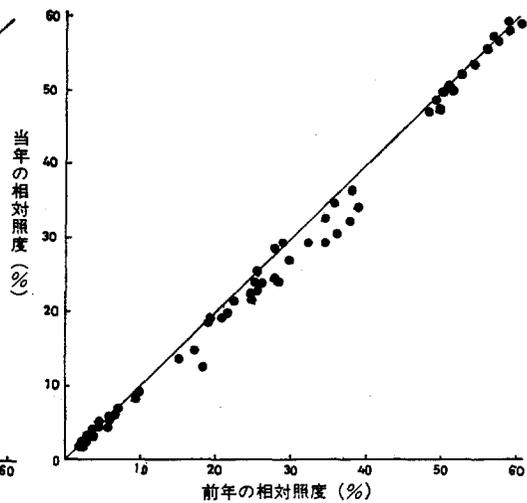


図 7. 1年間の林内相対照度の変化
(ヒノキ壮齢林)

なお、斜線より上に位置している点の多くは、照度測定上の誤差によると考えられるが、落葉広葉樹林(図8)の2点は前述の理由により、事実前年より明るくなったものである。

何れの樹種でも極く明るい林と暗い林ではほとんど変化せず、その中間の明るさの林分での変化が大きいことがわかるが、図6、図8などから、若い林で明るさの変化が大きく、また幅広い明るさの範囲で変化があるといえる。

樹種別にはスギの幼齢林では7~8%以下と50%以上、壮齢林では10%以下と40%以上では変化が少なく、何れも20~30%の林分で最も変化が大きい。ヒノキの壮齢林ではスギよりも全般にやや変化が少ないようであり、10%以下、50%以上で変化が少なく20~40%の間で大きい。

落葉広葉樹林では、スギ、ヒノキよりやや広い範囲で変化があるが、これは広葉樹林は壮齢林といえども幼齢木を含み、単純な構成でないためと考えられる。しかし、相対照度20~30%の範囲の林分で最も変化が大きいという点では、他樹種と共通する。

林齢により、林内の明るさの変化が異なることは、図6、図8、図4および図1と図2の対比から明らかである。

若い林ほど葉量の回復速度が早いためであり、あらゆる樹種を通じて共通する傾向と思われる。

枝打ちや間伐などにより、葉量を減らした場合は、その後の林内の明るさの変化が大きい。しかしその

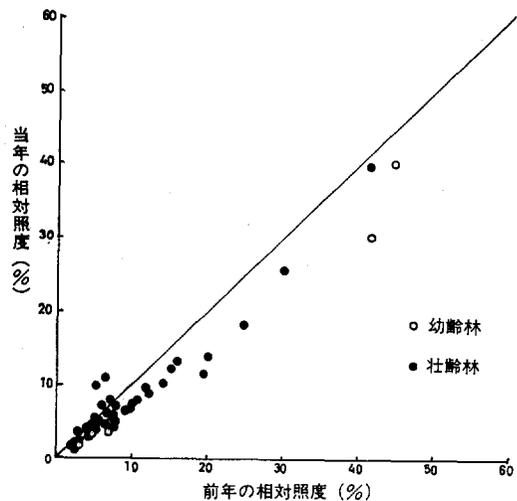


図 8. 1年間の林内相対照度の変化
(落葉広葉樹林)

ピークは、翌年と翌々年に現われている場合があるが、これは、枝打ち、間伐の程度や林齢との関連が考えられる。一般に若い林や弱～中度の枝打ち、間伐ではより早期に現われ、高齢林分や極く強度の場合には、明るさの低下のピークが遅れて現われる傾向が認められる。

このように枝打ちや、間伐後はかなり早い林内相対照度の低下が起こるが、年数を経るにしたがって変化量は漸減するという経過をとるため、同齢で同一の明るさの林分でも施業前歴が違えば、その後の変化の仕方が異なる場合があることにも注意する必要がある。

地位が違えば、葉量の増加速度も異なり、したがって、林内照度の低下の速度も異なる。地位が高いほど変化は早く、地位が低いほど遅い。

例えば、図2のU-1、U-2は、同齢同施業の林分で地位が異なる例であるが、地位の高いU-1でやや相対照度の低下が早い傾向が認められる。

その他にも急激な疎開や、諸被害など林木の生長を衰退させるような要因があれば、林内の光環境の変化の速度を遅らせる。

このように、多くの要因が、林内の光環境の変化に関与しているために、最初にも述べたように、単純に一般則で林内光環境の変化を推定することは現在のところ不可能といえるが、これらに関与する個々の主要要因について、光環境の変化との関係を要約すれば次のとおりである。これらのことを勘案して、総合的に林内光環境の変化の遅速を推定することが当面の妥当な対応と考えられる。

- 1) 林内照度の変化は、スギはヒノキより早く、カラマツ幼齢林はスギよりもやや早いようである。
- 2) 林齢は若いほど早く、高齢になるほど遅い。
- 3) 各樹種を通じて林内相対照度5～10%以下の暗い林では変化が少なく、さらに暗くなるとほとんど変化しない。一方、50%以上の明るい林での変化は著しく遅くなり、この中間の明るさの林分で変化が早く、20～30%の林での変化が最も早い。
- 4) 地位は高いほど明るさの変化が早く、低いほど遅い。
- 5) 間伐、枝打ちの直後は変化が早くなり、その後経年的に変化量は漸減する。

アカマツ林における光環境の経年変化

斎藤勝郎⁽¹⁾・森 麻須夫⁽²⁾・佐藤昭敏⁽³⁾

Katsuro Saito, Masuo Mori and Shobin Sato: Annual Changes of Relative Light Intensity in Akamatsu (*Pinus densiflora*) Stands

はじめに

東北地方では、経済林として計画的に二段林を造成した例がきわめて少なく⁽¹⁾、ヒノキ造林地にアカマツが侵入し自然に形成されたものが大部分のようである。

非皆伐林としての二段林への誘導にともなう保育技術については、今後に残されているものが多い。ここでは、アカマツ壮齡林を間伐し、下木にヒノキを植栽する樹下植栽試験地を設定し、二段林への誘導のための初期段階における成林過程を明らかにするため、間伐後のアカマツ林内における光環境の変化を検討した。その経過を報告する。

I 試験地および調査方法

試験地は、岩手県岩手郡玉山村好摩、林業試験場東北支場好摩実験林内の海拔約 220 m 南東に面した緩斜地形で、この付近一帯の土壌は岩手山の火山噴出による火山灰および火山放出物が堆積した Bld(d) 型土壌である。また気象条件は年平均気温 9.4°C、降水量約 1,300 mm となっている。

供試林分の概況は表 1 のとおりである。昭和 52 年当時林齢 62 年のアカマツ天然生木で、1 区は昭和 10 年頃、2 区は昭和 16 年にそれぞれ間伐を加えた林分で、生立本数も少なく、胸高直径も太く、枝下高は 13 m と低く樹冠は大きい。3～5 区は 1・2 区同様の林分を無間伐のまま放置したと思われる壮齡過密林分で、枝下高も 16 m 前後と高く樹冠は小さい。このような林分にたいして、1 区は標準区の無間伐、2～5 区は間伐区として昭和 52 年に間伐をした。広葉樹は小径木が多くすべて伐採した。

表 1. アカマツ林分の概況

ha あたり

区	アカマツ													広葉樹	
	間伐前					間伐率			間伐後					全木伐採	
	本数	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	断面積合計 (m ²)	材積 (m ³)	本数 (%)	断面積合計 (%)	材積 (%)	本数	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	断面積合計 (m ²)	材積 (m ³)	本数	材積 (m ³)
1	309	36.1	21.4	33	317	0	0	0	305	36.1	21.4	33	317	—	—
2	264	35.4	22.0	27	280	30	24	26	189	36.3	22.1	20	206	17	5.1
3	965	24.7	22.5	49	555	80	68	70	190	31.1	23.7	16	167	30	2.0
4	965	23.7	21.6	44	486	72	59	57	270	29.4	22.8	18	208	45	2.5
5	740	27.2	23.5	44	520	64	56	56	270	30.1	24.2	19	230	225	9.9

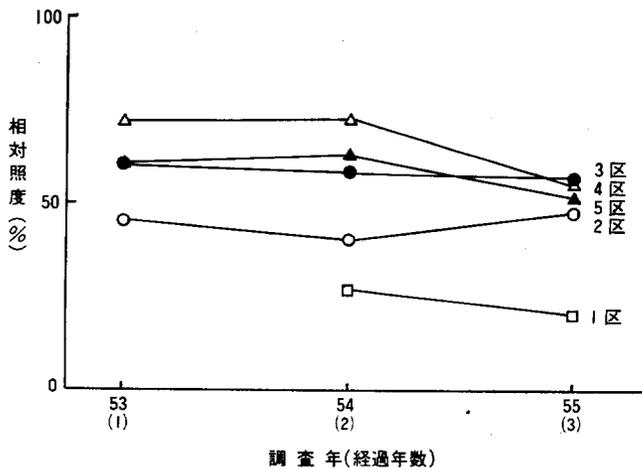


図1. 相対照度の経年変化

それぞれ6・7・8月の晴天時の11~13時に測定した。

II 結果と考察

アカマツ壮齡林に強度の間伐をおこない、下木にヒノキを植栽した林分の相対照度の経年変化を図1に示した。試験地設定当初は無間伐区の1区は26%、間伐区の2区で45%、3区70%、4~5区60%である。2・3区は処理上同じ立木本数であるが2区は照度が低く異なる値を示しているのは、前述のように試験地設定以前の林分の相違によるものである。2年目は各区とも1年目と同様な値を示しているが、3年目の55年の相対照度は低下の傾向がみられる。しかし試験地設定後の経過も短く、若齡林分と異なり樹冠の発達もみられないので、調査日が8月と遅く、測定条件の相違による季節変動と考えられる。今後は一定条件のもとに測定を進める必要がある。

試験地設定後3年と日も浅く、スギ・ヒノキなどにみられるように²¹⁻²³⁾、若齡林分とは異なり、アカマツ壯齡林では間伐後の急速な樹冠の発達はみられず、光環境の変化は明らかでない、今後の継続調査により究明したい。

引用文献

- 1) 山谷孝一：林業技術，No. 413，15~18，(1976)
- 2) 安藤 貴：資源，No. 188，50~54，(1974)
- 3) ———・宮本倫仁・谷本文夫：四国支場における研究の概要，非皆伐施業法に関する研究資料“主として林内人工更新に関する中間報告”林試，35~67，(1975)
- 4) ———・桜井尚武・竹内郁雄・宮本倫仁：四国支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2次経過報告，林試，27~51，(1979)
- 5) 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)，44~45，(1976)
- 6) 安藤 貴・桜井尚武・竹内郁雄・宮本倫仁：人工林の非皆伐施業に関する研究，第3次経過報告書，林試，21~40，(1980)

ヒノキ苗を53年春に，ただし，1区は54年に植栽し樹下植栽試験地を設定した。

相対照度の測定は，サンヨー積分照度計(VIP-SYS-1型)を使用した。測定位置は植栽したヒノキの先端部で，調査区内を5分間連続測定した。調査時期は，全光条件下の相対照度は5月から6月の正午に近い時間帯に測定すると変動が比較的小さいとされており²¹⁾，53・54・55年と

林分構成因子からの林内陽光量推定方法の検討

飯 盛 功⁽¹⁾・竹 下 慶 子⁽²⁾
尾 方 信 夫⁽³⁾・上 中 作 次 郎⁽⁴⁾

Isao IMORI, Keiko TAKESHITA, Nobuo OGATA and Sakujiro KAMINAKA :
Estimation of Light Intensity in the Stands from
the Factors of Stand Structure

はじめに

林内陽光量の測定には労力と費用を要する。したがって林分構成因子と林内陽光量の関係式から、間接的に林内陽光量を推定できるならば、労力と費用の軽減に役立ち、また間伐の指針に用いることができれば都合がよいと考え、関係式を求めた。このため、ヒノキ林について、これまでに報告されている調査資料を集めて検討を加えた。

I 資料の収集

前述の目的のために集めた資料は表1のとおりで林分数は32である。光環境は相対照度と1日間の相対日射量で示されたものがあるが、今回はそれぞれを分けずに一括して取り扱った。以下本論では両者を相対照度として述べる。

表1. 文献より収集した林分構成因子と相対照度

試験地	プロット	測定月	樹 齡 約(年)	平均樹高 (m)	平均 胸高直径 (cm)	立木密度 (本/ha)	相対照度 または相 対日射量 (%)	引用文献	備 考
(イ) 林試九州支場 実験林と金峯 山	1	7	51	18.1	23.2	982	4.2	7)	相対日射量
	2	7	51	17.1	23.9	702	5.0		
	3	7	18	6.9	9.8	3,171	1.2		
	4	7	15	6.0	7.9	4,479	0.4		
	5	7	72	20.6	33.2	310	25.5		
	6	7	59	18.1	27.0	441	20.0		
	7	7	30	9.8	15.2	1,700	3.1		
	8	7	40	15.7	25.6	725	11.6		
(ロ) 雲 仙	9	8	46	13.5	23	1,486	7.3	9)	相対照度
	10	8	46	13.1	23	1,130	14.4		
	11	8	46	13.1	22	1,160	17.7		
(ハ) 都 城	12	8	65	17.0	28.4	648	9		
	13	8	65	17.7	26.3	788	10		

1982年11月9日受理

造 林—76 Silviculture—76

(1) 造 林 部

(2) (3) (4) 九州支場

表1. (つづき)

試験地	プロット	測定月	樹 齢 約(年)	平均樹高 (m)	平均 胸高直径 (cm)	立木密度 (本/ha)	相対照度 または相 対日射量 (%)	引用文献	備 考
14	C	8	65	14.2	17.3	1,077	20		相対日射量
15	D	8	65	17.4	25.5	601	13	6)	
16	E	8	65	14.1	17.0	1,002	20		
17	F	8	65	17.5	25.6	715	13		
18	G	8	65	18.2	28.0	574	7		
(ニ) 水 俣	19 A 20 B	7 5	46 46	15.3 15.6	22.4 23.6	1,122 1,033	18.3 13.5		5)
(ホ) 四 国	21 30% 22 50%	10 10	— —	19.3 19.5	30.9 32.1	549 365	13.0 31.0	4)	相対照度
(へ) 四 国	23 SF-1	11	58	17.2	25.9	482	15.1	2)	相対照度
(ト)	24 A	9	53	16	24.5	800	¹¹ • (13.5) ¹⁶	11)	相対照度
(チ)	25 E	7	60	¹⁶⁻²⁰ (18)	22.0	1,780	4.2	8)	相対照度
(リ)	26		23	10	14	1,700	4	10)	相対照度
(ヌ)	27	7	37	11.5	13.3	3,800	1.9	13)	相対照度
(ル) 関 西	28 I 29 II 30 III 31 IV	8 8 8 8	62 62 62 62	— — — —	16.1 14.1 15.7 22.4	1,449 1,505 1,382 1,283	4 16 10 29	12)	相対照度
(ヲ)	32		13	6.7	10.8	2,087	4.9	飯盛功ら 未発表	相対日射量

II 結果と考察

相対照度 (I/I_0) と平均胸高直径 (D) ならびに ha あたり本数 (N), および相対照度と平均樹高 (H) ならびに ha あたり本数 (N) の重相関係数と重回帰式を求めた。

前者の関係を (1) 式に後者の関係を (2) 式に、重相関係数とあわせて示す。

$$\log I/I_0 = 2.5563 + 0.6445 \log D - 0.8171 \log N$$

(重相関係数 0.7378)(1)

$$\log I/I_0 = 3.5030 + 0.4270 \log H - 1.0270 \log N$$

(重相関係数 0.8043)(2)

(2) 式の重相関係数が (1) 式より高い。なお、重相関係数は自由度で修正した値である。

実測の相対照度と計算値より推定した相対照度の関係をそれぞれ図1, 2に示す。いずれの式を用いても誤差率は非常に大きな値を示すことが図からわかる。これらから、ある林内、およびある林分を間伐した後の光環境の推定に使うとすれば、精度は良くないが (2) 式をもちいた方が好ましいと考えられる。

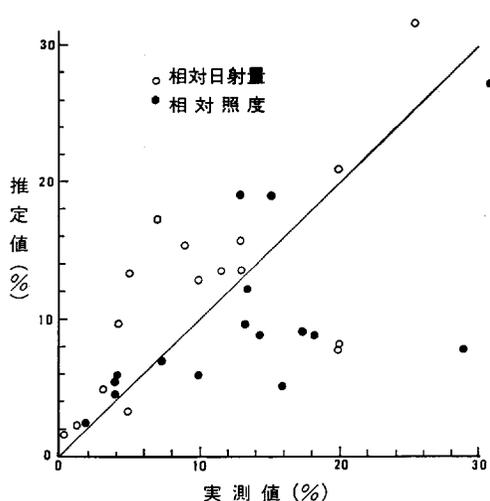


図1. (1)式による推定値と実測値の比較

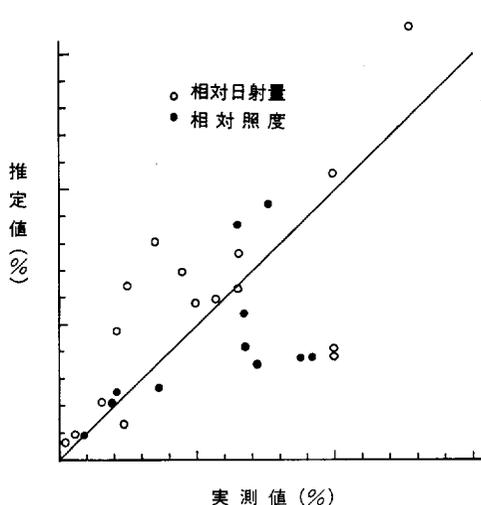


図2. (2)式による推定値と実測値の比較

III 問 題 点

林内光は直接、林分葉量と関係が深いと考えられる。しかしながら林分葉量の測定には多大の労力を要する。また報告を探してもその数は少ない。林分構成因子をもちいたのはそれが林分葉量のパラメーターでないかと考えたからでもある。しかし、前述のとおり求めた関係式の精度はかなり悪い。なお、林分葉量は林分構成因子以外に今回は無視した地位・林齢等のいろいろな因子とも関係が深いと考えられる。したがって、林分葉量を直接代用できる簡単な要因を探し出すのはかなり困難ではないかと考えられる。

また相対照度そのものが天候⁹⁾や季節¹⁰⁾の影響をうけることが知られており、このことと相対照度と相対日射量の資料を一括して扱ったことが、(1)・(2)式の誤差を大きくする要因として働いたとも考えられる。

なお、計算に電算機のプログラムを利用させて頂いた現図書情報室長の川端幸蔵氏に深謝する。

引用文献

- 1) ANDERSON, M. C. : Studies of the woodland light climate II. Seasonal variation in the light climate, J. Ecol., 52(3) 643~663, (1964)
- 2) 安藤 貴・宮本和子 : 混交林の経営に関する研究, 昭和 44 年度林業試験場四国支場年報, 19~20, (1970)
- 3) ——— : 林内の光環境—非皆伐作業法の基礎として—, 林業技術, 393, 10~13, (1974)
- 4) ———・宮本倫仁・谷本丈夫・桜井尚武 : 四国支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, 第一次, 29, (1977)
- 5) 飯盛 功・尾方信夫・上中作次郎 : 一時点における林内相対照度推定の一方法について (第 1 報), 日林九支研論集, 26, 69~70, (1973)
- 6) ———・竹下慶子 : 林内人工更新法に関する研究 (第 6 報) 林内日射 (日積算) と林分構成因子の関係および (日) 積算 (日射) と瞬間照度の関係—都城試験地と茂田井試験地—, 日林九支研論集, 30, 157~158, (1977)
- 7) ———・竹下慶子・尾方信夫・上中作次郎 : 林内の光変動と太陽軌道の関係—一定点での相対日射

- 量の相関一, 90回日林論, 311~312, (1979)
- 8) 川那部三郎: 林縁付近の天然生ヒノキ稚樹の生長について(II), 86回日林論, 261~262, (1975)
 - 9) 上中作次郎ら(林試九州支場): 未発表
 - 10) 倉田光彦・松江 享: ヒノキ若齢林内における天然性更新稚樹の発生状況及び枝打による照度の変化について, 日林関西支部講演集, 26, 115~118, (1975)
 - 11) 中村 基・後藤康次: 複層林内の下層木の成長, 日林中部支部講演集, 24, 239~244, (1976)
 - 12) 鈴木健敬・山本久仁雄・藤森隆郎・市川孝義・斎藤勝郎: 関西支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1次, 50, (1977)
 - 13) 玉井重信: 林内光環境と林分構造に関する研究, 京都大学学位論文集, p. 5, p. 20, (1974)