

ヒノキ人工林における光エネルギー利用率に関する研究(II)

九州大学農学部 呉 増志・矢幡 久
須崎民雄・沐木達郎
保坂 保

1. はじめに

前報で21年生ヒノキ林の純生産量に対する年間の光エネルギーの利用率を、積み上げ法によって求め0.64%という値を得た。ここでは、林冠各層に投入する光エネルギーの積算量、葉量および各層の葉の光合成能から生産量を推定する光合成法によって、光利用率を求め、あわせて利用率に及ぼす林分密度の影響を検討したので報告する。

2. 材料と方法

I報で報告したように、21年生ヒノキ人工林の中に間伐・無間伐の二つの調査区を設定し、林内各層の光投入量を知るため、林冠上部表面、林冠上部より1.5、2.5、3.5、4.5 mの位置で、それぞれ樹冠表面と樹冠内部および林床の10点に積算照度計(サンステーション)をおいて、1982年7月から翌年9月までの光エネルギー投入量を測定した。また各層の葉の光合成能の季節変化を明らかにするために、1983年の4月、6月、8月、9月の4回、樹冠の上中下の3層より葉を採取し実験室内で同化箱法により照度をかえて光合成速度を測定し、光-光合成曲線を求めた。光合成曲線は他との比較のため、相対エネルギー量を相対照度におきかえて図示した。同化量の推定に必要な葉量については、二つの区から3本を選んで、上中下3層について、5月30日、6月30日、8月6日、9月22日の4回、枝の伸長量を測り、最後に樹冠半径と樹冠長を測定して、各季節における樹冠容積の変化を推定した。一方、前報で述べた3本の標本木から、単位容積当たりの葉面積の分布を求め、これと樹冠容積変化量とから、0.5 m毎の樹冠各層の葉量変化を推定した。

3. 結果と考察

(1) 林分葉量密度分布と葉量変化

図-1に、3本の標本木で求めた単位容積当たりの葉乾重と葉面積の分布の一例を示した。よくうっ閉した林分の上層木の樹冠は円錐形の陽樹冠と円柱形の陰樹冠に分けることができ、葉量密度はそれぞれ、494.9 g/m³と222.9 g/m³となった。このことから、ヒノキは林齢、系統あるいは環境条件で若干変化するかも

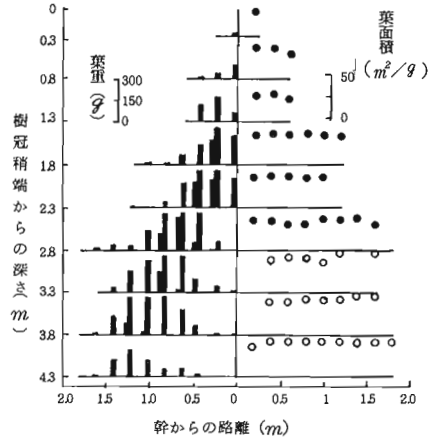


図-1 試料木No17の葉量(g)と陽葉(●)、陰葉(○)の空間分布

知れないが、相対照度で20%以上の光条件下では葉量密度は500 g/m³前後になると考えていいと思われる。この葉量密度と、無間伐区3本の標本木の9月における樹冠容積とから、葉面積指数を推定すると7.2 m²/m³となり、一年前の間伐前の値6.78 m²/m³(I報)と大差なく、この方法での密度推定はほぼ正しいと考えられる。一方、間伐区の場合は林床でも相対照度20%以上に達するので、葉量密度は陽樹冠の値を全樹冠にあてはめて計算を行なった。その結果、4月の枝葉の伸長開始時から9月までの葉の増加量は無間伐区で4月の現存量の25%であるのに対し、間伐区は27.3%となり、特に過大とはいえなかった。

(2) 樹冠各層の相対日射量

無間伐区および間伐区の樹冠各層の相対日射量の変化は、図-2 a・bに示すとおりで、葉量および太陽高度の季節変化によって変化した。先に述べた樹冠容積変化を枝葉の伸長量から推定し、各月の葉面積指数を求め、各層の積算葉面積指数Fと相対日射量I/I₀を求めると、図-3 a・bのようになった。無間伐区は次のBeer-Lambert式⁵⁾が成り立ち、Kの値は4~8月をまとめるとK=0.54となった。

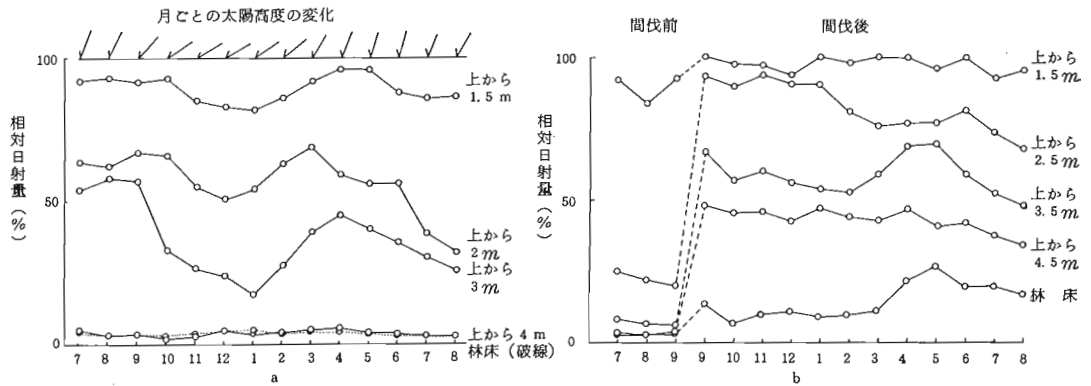


図-2 無間伐林分 a と間伐林分 b との月ごとの各層水平相対日射量の変化

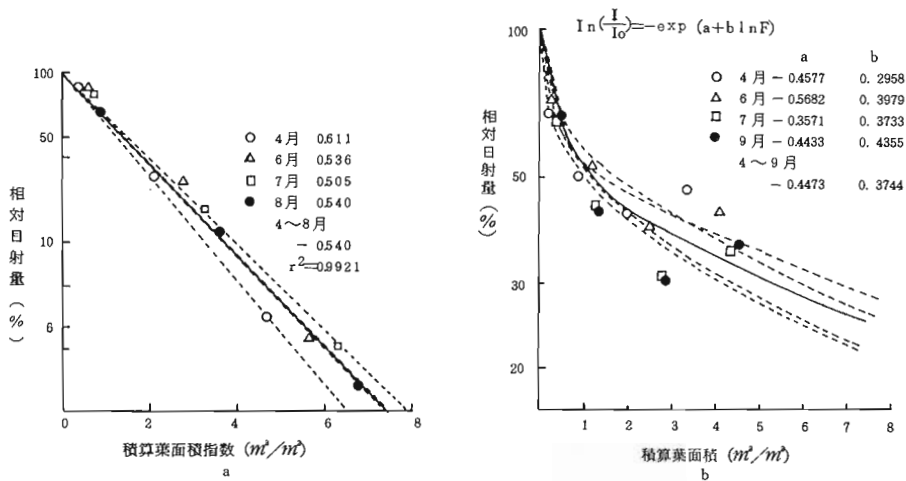


図-3 無間伐区 a、間伐区 b の積算葉面積と林内各層相対日射量との関係

$$\ln(I/I_0) = -KF \dots\dots(1)$$

 この値は萩原ら²⁾が標高約 1000 m のヒノキ林で求めた値より小さいが、これは立地の違いによるものであろう。一方、間伐区では隣接木の樹冠と樹冠の間に十分な空間があるため、Beer-Lambert 式は成り立たず次式で表せるような減衰がみられた。

$$\ln(I/I_0) = -\exp(a+b \ln F) \dots\dots(2)$$

 図から明らかなように、間伐区は無間伐区に比べ相対日射量はかなり大きくなるといえる。

(3) 樹冠各層の光合成能の季節変化

各月の測定した各層の葉の光合成速度 P と照度 I' の関係は図-4 のようになり、次の Monsi-Saeki³⁾の光-光合成曲線が適合できた。

$$P = b I' / (1 + a I') \dots\dots(3)$$

そこで(2)式のパラメーター a、b について、各層の相対照度 (I'/I_0')

b のようであった。無間伐区の場合、樹冠の上部から下部にむかい、照度の低下に伴って b は次第に小さく、逆に a は大きくなり、光合成能は低下することが示された。しかし間伐区の場合は相対照度の変化幅も小さいだけでなく、a、b の変化も小さく、下層の葉も高い光合成能をもつことが認められた。なお各月の a、b の相対照度 (I'/I_0') に対する関係は次式⁶⁾で示される。

$$a = A / (I' / I_0') + B \dots\dots(4)$$

$$b = C / (I' / I_0') + D \dots\dots(5)$$

なおこの関係は照度のかわりに日射量 I を用いても成立する。

(4) 林分の総光合成速度の推定と光の利用率
 光エネルギーの利用率を求めるためには、まず林分の総光合成速度を推定しなければならない。

林分各層の総光合成速度は次式⁶⁾で求められる。

$$P = b I / (1 + a I) \cdot f_i \dots\dots(6)$$

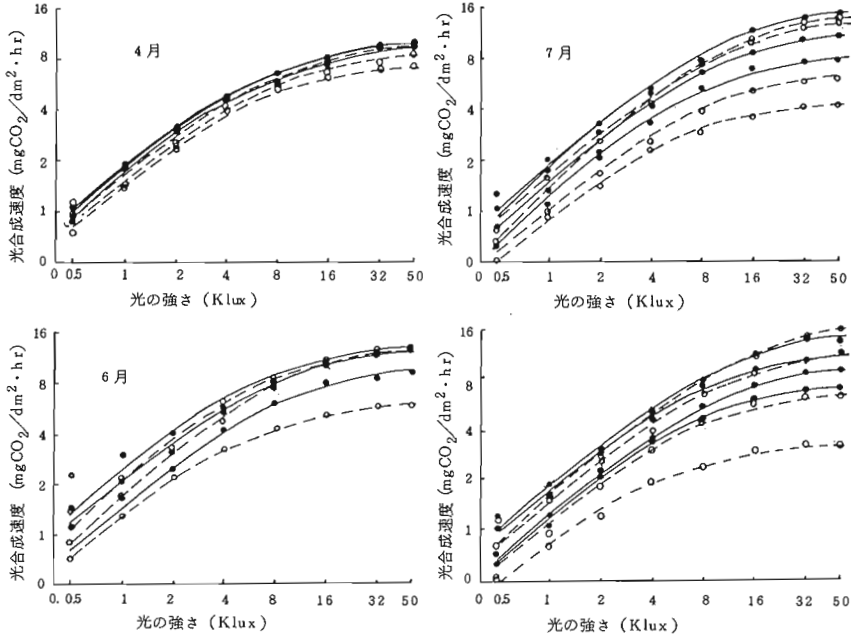


図-4 九州大学柏屋演習林22年生ヒノキ人工林の月ごと光-光合成速度曲線

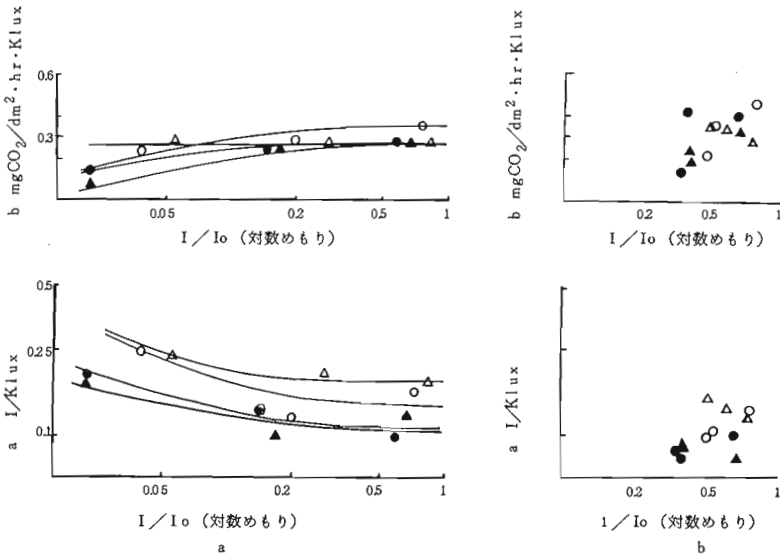


図-5 無間伐区aと間伐区bの光合成速度曲線の2つのパラメーターa, bと試料葉採取位置の水平相対照度 (I/I_0)の関係, (Δ 4月, \circ 6月, \blacktriangle 7月, \bullet 8月)

まず0.5 m毎の層別に各月毎に推定した面積指数 f_i から積算葉面積指数 F_i を求め、(1)または(2)式から各層の相対日射量を求める。各層の日射量が決めれば、(4)、(5)式よりパラメーター a, b が求められる。各層の相対日射量 I は、時間と共に変化する値である。そこで各月の樹冠上部で求めた積算日射量の日平均値 R は、林冠上層の日射量 (I_0) の日変化を表わす(7)式の日積

算量に等しいとみなして、各月の日中の最大日射量 I_M を求める。

$$I_0 = I_M \sin^2(\pi t/d) \dots\dots(7)$$

ただし、 d ; 日長 (hr), t ; 日の出からの時間。したがって、(7)式から各時刻における日射量 I_0 を求め、各層の積算葉面積指数 F_i に対応した相対日射量 (I/I_0) から(6)式の I が求まる。(6)式について1日分の各

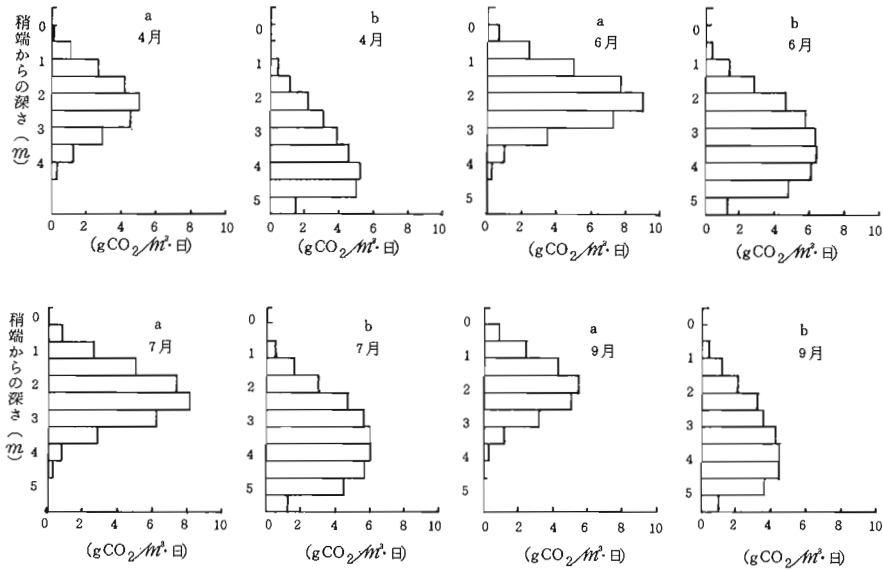


図-6 無間伐林分 a と間伐林分 b の生物学的収量分布図

表-1 22年生ヒノキ人工林の生物学的収量と太陽エネルギー利用効率

	太陽エネルギー投入量 (MJ/m ² ・日)	無間伐林分 (gCO ₂ /m ² ・日)	Eu (%)	間伐林分 (gCO ₂ /m ² ・日)	Eu (%)
4月	10.28	22.63	2.35	27.36	2.84
6月	13.63	36.95	2.89	40.42	3.16
7月	12.14	34.56	3.03	39.48	3.47
9月	9.15	23.22	2.70	28.97	3.37

層毎の総生産量を求めると、図-6で示すように無間伐林分の総生産量の分布は紡錘形になった。すなわち樹冠梢端から深さ2.0～2.5mの層で最大値を示し、それ以下になると上部と同様な傾きで減少する。一方、間伐林分は樹冠下部の着葉量の増加、光合成能の向上と相対日射量増加につれて総生産量は梢端から3.0mまで増加し、最大の値となる。それより下方の4.5mまでは、ほぼ同様の値を保っていて樹冠下層での生産量の増加が著しい。

(6)式について1日分を積算して得た林分の総光合成量は表-1のようになった。

光利用率については、CO₂の1モルの固定に必要なエネルギー量を0.4690 MJ⁴として求めると、無間伐区では2.35～3.03%の範囲であって、萩原³⁾の値とほぼ一致した。一方、間伐区は、50%も間伐して葉量が減少したにもかかわらず、2.84～3.47%を示し、むしろ無間伐区より大きな値が得られた。

間伐区の相対日射量がやや高めに推定されている可能性があるためと思われるが、間伐区はやや過大に推定された。しかしながら、このことによって、間伐することにより、林分の相対日射量および光合成能を著しく向上させると同時に、樹冠下部まで着葉量を増大

させて無間伐と大差ない生産量を期待させることがわかった。

引用文献

- (1) Hagiwara, A. & K. Hozumi : J. Jap. For. Soc., 59, 327～337, 1977
- (2) Hagiwara, A., I. Ninomiya & K. Hozumi : ibid. 64, 220～228, 1982
- (3) Hagiwara, A. et al : ibid. 65, 357～365, 1983
- (4) 宮地重遠・村田吉男編：光合成と物質生産。pp 535, 理工学社, 東京, 1980
- (5) 依田恭二：森林の生態学, pp 331. 筑地書館, 1971