

## 速 報

## スギ林冠内における光環境と葉面積指数の季節変動\*

玉泉幸一郎\*\*・小林 元\*\*・齋藤 明\*\*

## I. はじめに

草本群落の光合成生産を推定するための有効な方法として門司・佐伯のモデル(9)がある。これまでに、このモデルを森林の光合成生産の推定に応用した研究がなされている(3,4,8)。このモデルを森林群落に使用するためには、重要な因子として林冠内における葉面積指数(LAI)と光合成有効量子束密度(PFD)の分布を明らかにする必要がある。しかし、これまでの研究では、多くの場合これらの因子の季節的な変動は小さいと仮定する(4)か、あるいは葉の展開様式から季節変化を推定する(8)という方法などで対応されてきており、樹木の肥大・伸長成長を考慮した季節的な変動量についての研究はみあたらない。

これまで、林冠内のLAIとPFDとの関係は、あらかじめ林冠内のPFDの分布を測定した後、層別刈り取り法(9)によってLAIを求め、これらの測定値から解析する方法が取られてきた。そのために継続的な測定はできなかったが、近年になって、葉面積指数を非破壊的に測定できる機器が開発され、この方法による林冠内のLAIの分布についての測定例が報告されだした(1,2)。

著者らは、スギ林冠の光合成生産に及ぼす間伐の影響を明らかにするための一連の研究の中で、間伐後の林冠の発達過程を調べるために林冠内におけるLAIとPFDの分布を時系列的に追跡する必要があった。そこで、本研究では、林冠内のある定位置に設定した光センサー(フォトダイオード(TPC-701,東芝)を用いて自作)から換算されたPFDとプラントキャノピーアナライザー(PCA,LAI-2000,米国ライカー社)で測定されたLAIを用いて、LAIとPFDとの関係の季節変化を解析した。

## II. 材料と方法

熊本県林業研究指導所の苗畑に植栽されている7年生スギ林分(品種:シャカイン)を供試した。この林

分は植栽間隔が80cm(本数密度:16,000本/ha)で37行×40列の方形に植栽されている。1993年3月にこの林分の半分の面積に相当する37行×20列の個体群について本数密度が半分になるように間伐を行い(間伐林分)、残りの個体群は無間伐林分として残した(無間伐林分)。なお、間伐前の林分全体の平均樹高、平均直径はそれぞれ3.87m,4.5cmであった。間伐林分と無間伐林分のそれぞれの林分に10m×13mのプロットを設定し、その中に高さ4mのポールを立て、そのポールに1mごとに取付けられた長さ20cmの棒の上に光センサーを取付け、1993年4月から12月までこの光センサーで光強度を4分間隔で測定した。なお、設置前の2日間、林外において光量子センサー(LI-190 S,ライカー社)と同時に測定した4分間隔のデータ( $n=255$ )から換算係数を求め( $r=0.998\sim 0.985$ )、この係数を測定された光強度に乗じてPFDに換算した。4分間隔で測定されたPFDをその間の平均値と仮定して1日単位で積算し、ポール上の各測定点で得られた日積算光量子束密度( $I$ )と林冠から抜き出た4m地点で測定された日積算光量子束密度( $I_0$ )との比( $I/I_0$ )を相対光強度(RPFD)とした。さらに、各光センサーの設定点でPCAを用いてLAIを季節ごとに7回(4/21,5/7,6/7,7/17,8/12,9/12,12/28)測定した。測定されたLAIに対応する光強度として、LAIの測定日前後の10日間の平均値を用いた。なお、林内で発生した枯枝、枯葉はほぼ1カ月に1回、手で除去した。

## III. 結果と考察

図-1に高さ別のRPFDの季節変化を示した。同一地点で測定されたにもかかわらずRPFDは日ごとに大きく変動した。しかし、季節的にみると、無間伐区、間伐区のいずれにおいても明らかな低下を示した。とくに無間伐区の光強度の低下が顕著であった。ただし、無間伐林分の1m地点は8月まで低下した後、上昇に転じ、12月には4月のRPFDにまで回復した。RPFDが日ごとに大きな変動を示した原因の一つには入射光

\* GYOKUSEN, K., KOBAYASHI, H. and SAITO, A.: Seasonal change of light environment and leaf area index in a sugi (*Cryptomeria japonica*) canopy

\*\* 九州大学農学部 Fac. of Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812

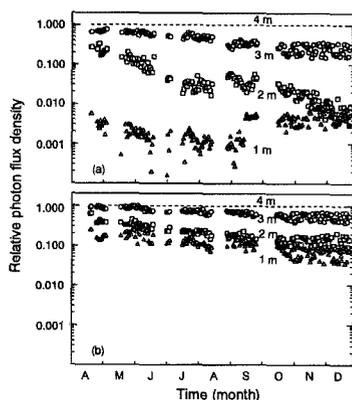


図-1. スギ林冠内における高さ別の相対光強度の季節変化

Seasonal change of relative photon flux density at four depths in thinned and unthinned sugi canopies (a), 無間伐林分; (b), 間伐林分; ○, 3m; □, 2m; △, 1m.

の直達光成分と散光成分の比が日ごとに異なったことがあげられ、直達光成分の多い日には低く、散光成分が多い日には高く算出された(5)と推測される。また、無間伐林分の1m地点は他の地点とは異なる変動を示したが、これは、無間伐林分で9月以降に林冠下層の枯死が始まっており、このために一旦低下した光強度が回復したと考えられる。

図-2に高さ別のLAIとそれに対応するRPFドの変化を示した。無間伐林分のLAIは、3m地点では0.4から1.8、2m地点では3.0から5.7に増加し、1m地点では6.5から8.1まで増加したのち6.1まで低下した。これらの変化率は5月から7月にかけて大きかった(図-2b)。RPFドは3m地点では70%から31%、2m地点では24%から1%に低下し、1m地点では0.5から0.1%に低下した後、0.5%まで回復した。その変化率は5月から8月にかけて大きかった(図-2a)。これに対し間伐林分のLAIは3m地点では0.4から0.9、2m地点では1.4から2.6、1m地点では2.6から3.6まで増加し(図-2b)、それらの増加率は小さかった。RPFドの変化は3m地点では91%から62%、2m地点では44%から16%、1m地点では17%から10%にそれぞれ低下した(図-2c)。それぞれの変化率の大きな時期は無間伐林分にほぼ対応していた。

無間伐林分で測定されたLAIは4月が6.5で12月が6.1であった(図-2b)。スギ林分のLAIについては4.3から17.3までの値(6)が報告されており、今回の結果もこの範囲内にはあったが、PCAで測定された

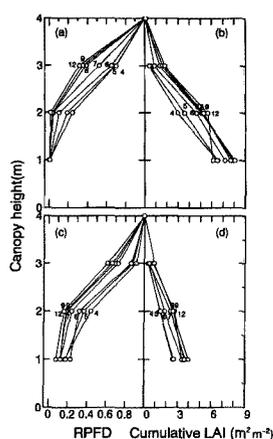


図-2. スギ林冠内における相対光強度と積算葉面積指数の分布とその季節変化

Seasonal distribution of relative photon flux density and leaf area index cumulated from top of the canopy in thinned and unthinned sugi canopies

(a), 無間伐林分のRPFド; (b), 無間伐林分のLAI; (c), 間伐林分のRPFド; (d), 間伐林分のLAI. 図中の数字は測定した月を示す。

値は実測値より低く推定される(2, 10, 12)傾向にあるという指摘もあるので、今後、実測値との比較が必要である。無間伐林分の1m地点のLAIは4月から9月まで増加した後、下部葉の落葉のため再び低下した。12月の値は6.1で4月の6.5と近い値になったが、これは閉鎖林分におけるLAIが一定値となる(11)ことを支持する結果と考えられる。また、LAIの増加率およびRPFドの低下率は成長期間の初期に大きくなったが、これらはスギの主軸や側枝の伸長成長の時期と対応していると考えられる。

このようなLAIとRPFドの一成長期における急激な変化は林冠の光合成生産に大きな影響を及ぼすことが予想され、林冠の光合成生産モデルを構築する際には無視できないといえる。

図-3に季節ごとのLAIとRPFドとの関係を高さ別に示した。季節的にLAIが増加するとRPFドは片対数グラフ上で直線的に低下し、いずれの高さにおいても同一の直線上を移動した。ただし、無間伐区1m地点は当初から別の直線上を移動し、さらに2m地点は4月から7月まで3m地点と同一直線上を移動した後、LAIが5以上では1m地点の直線上に移動する傾向を示した。これらの結果にLAMBERT-BEER式を適用し、吸光係数(9)を算出すると、間伐林分はLAIが5以下では5.23、5以上では8.53、無間伐林分は6.05

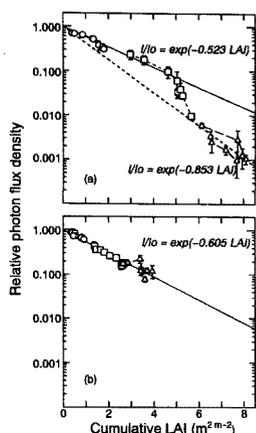


図-3. 相対光強度と積算葉面積指数の関係  
Relative photon flux density as a function of leaf area index cumulated from top of the canopy

(a), 無間伐林分; (b), 間伐林分; ○, 3 m; □, 2 m; △, 1 m.

であった。LAIが5以下では無間伐林分の値が小さく光透過の良い林分であった。

無間伐林分の吸光係数がLAIの5を境として大きくなった理由としては、この範囲のRPFDPが低く算出されたことが考えられる。つまり、林冠下部では入射光は散光が中心になるため、直達光を含む4m地点を対象として算出されたRPFDPは低くなったと考えられる。

これまでにスギ林分で報告されている吸光係数は勝野(7)の0.42があり、今回の結果はこれよりかなり大きな値であった。このように、吸光係数が大きくなったことの原因としては、PCAによるLAIが低く推定されている可能性のあることおよびRPFDPの値が直達光を含めた日平均値として算出されたため散光下よりも小さくなったことがあげられる。また、吸光係数が林分間で異なり、無間伐林分の方が光透過の良い林分であることが示されたが、これについてもLAIの絶対値に問題があるので、直接に比較することは難しい。しかし、今回の結果から、同一林分で測定されたLAIとRPFDPの間には季節を通じて同一の吸光係数が得られることから、PCAで測定されたLAIは林分ごとの相対的な変化を示す値としては十分に活用できると考えられる。

#### IV. ま と め

スギ林冠内のRPFDPとLAIは季節的に大きな変動

が認められ、林冠の季節的な光合成生産を決定する大きな要因と考えられた。また、PCA(LAI-2000, 米国ライカー社)で推定されたLAIは相対値としての利用は可能で、同一の林冠を非破壊で継続的に測定する場合には有効な機器と考えられた。

最後に本研究を遂行するにあたり、試験地の使用を快諾いただいた熊本県林業研究指導所の新谷安則所長、PCAを貸与いただいた九州大学附属演習林の汰木達郎教授、さらに測定法について種々、ご援助いただいた岡野哲郎氏に深謝申し上げる。

#### 引用文献

- (1) CHASON, J. W., BALDOCCHI, D. D. and HUSTON, M. A. (1991) A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. *Agric. For. Meteorol.* 57: 107~128.
- (2) GOWER, S. T. and NORMANN, J. M. (1991) Rapid estimation of leaf area index in conifer and broad-leaf plantations. *Ecology* 72: 1896~1900.
- (3) 萩原秋男 (1987) 森林の光合成生産の推定について. *日生態会誌* 37: 123~132.
- (4) HAGIHARA, A. and HOZUMI, K. (1977) Studies on photosynthetic production and its seasonal change in a *Chamaecyparis obtusa* plantation. *J. Jpn. For. Soc.* 59: 327~337.
- (5) 畑野健一 (1991) 樹木の成長と環境. 383pp, 養賢堂, 東京.
- (6) KATSUNO, M. (1990) Estimation of leaf area at the level of branch, tree and stand in in *Cryptomeria japonica*. *Ecol. Res.* 5: 93~109.
- (7) 勝野真澄・萩原秋男・穂積和夫 (1983) スギの葉面積の推定. *日林論* 94: 339~340.
- (8) KURACHI, N., HAGIHARA, A. and HOZUMI, K. (1993) Canopy photosynthetic production in a Japanese larch stand (II). Estimation of the canopy photosynthetic production. *Ecol. Res.* 8: 349~361.
- (9) MONSI, M. and SAEKI, T. (1953) Über den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion. *Jpn. J. Bot.* 14: 22~52.
- (10) 岡野哲郎・汰木達郎・小林 元・福山宣高 (1993) プラント・キャノピー・アナライザーによるLAIの測定について. *日林九支研論* 47: 印刷中.
- (11) SMITH, N. J., CHEN, J. M. and BLACK, T. A. (1993) Effects of clumping on estimates of stand leaf area index using the LI-COR LAI-2000. *Can. J. For. Res.* 23: 1940~1943.
- (12) 依田恭二 (1971) 森林の生態学. 331pp, 築地書館, 東京.

(1994年2月21日受理)