論文

スギ1次枝の断面積と葉面積の関係

瀧口博之*・渡辺宏之**・山本一清***

瀧口博之・渡辺宏之・山本一清：スギ1次枝の断面積と葉面積の関係 森林計画誌 22：61～65, 1994 スギの葉シュートは、その形態から、正確な葉面積を直接測定することは困難であり、間接的に推定する方法が求められる。本研究では1次枝の基部と着葉基部の2か所の断面積を測定し、それぞれと1次枝の総葉面積との関係を調べた。その結果、着葉基部の皮内断面積が枝基部の皮内断面積に比べて高い相関関係を示し、個体間で有意差も認められなかった。このことから、1次枝の着葉基部の皮内断面積の測定値から比較的容易にスギ1次枝に着生している葉面積を推定できることが明らかになった。

TAKIGUCHI, Hiroyuki, WATANABE, Hiroyuki and YAMAMOTO, Kazukiyo : Relationship between cross-sectional area and foliage area of branch in *Cryptomeria japonica*. Jpn. J. For. Plann. 22 : 61~65, 1994 In an effort to develop a model for accurately predicting foliage area (FA) of a branch of *Cryptomeria japonica*, we analyzed the relationship between FA and the basal area inner bark of the branch (P₀BA), and between FA and the cross-sectional area inner bark of the branch measured at the farthest point from the tip of the branch to which foliage shoots were still attached (P₁BA). The FA-P₁BA relationship had a higher correlation than the FA-P₀BA relationship, and showed no difference among trees. The FA-P₁BA relationship was expressed as $FA = 0.627 P_1BA$. The constant relationship of FA-P₁BA offers a convenient means of estimating the FA in *C. japonica*.

I. はじめに

森林における物質生産、呼吸、競争、さらには自己間引きなどの過程は、林木の葉面積と密接な関係があることが知られている。したがって、これらの過程と葉面積との関係を定量的に解析するには、林木の葉面積の正確な推定が不可欠となる。

一般に葉面積は葉乾重との比から推定される。しかし、スギの葉シュートは木部組織とそれを覆う針葉から構成されており、針葉と木部組織を分離して葉乾重のみを測定することは困難である。また、正確な葉面積を直接測定するには時間的及び経済的コストがかかるため、間接的に葉面積を

測定する方法が要求される。

枝の基部における断面積とその枝が支持する葉量は、多くの樹種において線形関係にあることが報告されている (ATTIWILL, 1962; LONG *et al.*, 1981; YANG and TYREE, 1994)。しかし、この関係は樹冠下部においては必ずしも保持されないという指摘もある (SHINOZAKI *et al.*, 1964a, b; LONG *et al.*, 1981)。一方、2次枝の着く最下端の着葉基部の皮内断面積、つまり葉が枯れ上がっている部分と2次枝が着生している部分の境目の皮内断面積とその枝の支持する葉面積及び葉乾重の関係は、樹冠内での枝の位置、成育環境、採取時にかかわらず一定の直線関係を示すという報告例もある (OREN *et al.*, 1986)。このよう

* 新潟大学大学院農学研究科 Grad. School of Agriculture, Niigata Univ., Niigata 950-21

** 新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata Univ., Niigata 950-21

*** 新潟大学大学院自然科学研究科 Grad. School of Science and Technology, Niigata Univ., Niigata 950-21

表-1 資料木の概要

資料木 No.	樹冠級	樹 高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	1次枝 本数	サンプル 枝数
1	優勢木	19.03	28.8	9.70	91	18
2	準優勢木	18.37	28.0	10.34	102	18
3	介在木	17.17	21.5	10.00	92	17
4	介在木	17.00	20.0	8.64	99	16

に、葉面積の推定法としては枝の皮内断面積との関係を利用した推定が適切であると考えられるが、基準とすべき断面積の位置について比較された例はほとんどない。よって、本研究ではスギの1次枝を対象とし、枝の基部及び着葉基部の皮内断面積について、1次枝に着生する葉面積との関係を調べ、両者の関係を比較するとともに、それらの関係の個体間の差異について検討した。

II. 調査地及び資料

1993年8月、新潟大学農学部附属佐渡演習林の林齢39年生のスギ人工林から4本のスギ資料木を選木して伐倒した(表-1)。各資料木は、幹を地上高0.2mから1.0m間隔に切断し、樹冠部の各区間に着生している全ての1次枝から、ランダムに2本ずつのサンプル枝を採取した。全てのサンプル枝は、枝基部(P_0)及び着葉基部(P_1)(図-1 a)の皮外直径(DOB:mm)を測定した後、その枝に着生している全ての葉シュート長(L_0)(図-1 b)を測定し、その総和を総葉シュート長(L_B)とした。さらに、皮外直径と皮内直径(DIB:mm)の関係を調べるため、各サンプル枝を約4等分し、枝元から先端部までの各位置の皮外直径と皮内直径を測定した。

図-1 スギの1次枝及び葉シュートの模式図

(a) 直径は枝基部(P_0)及び着葉基部(P_1)において測定した。

(b) 枝に着生する全ての葉シュートについて、その長さ(L_0)を測定した。

III. 方 法

1. 総葉面積の推定

KATSUNO and HOZUMI (1988) はスギの葉シュート(図-1 b)について、その葉シュート長(L_0 :cm)に対する葉面積(FA_0 : m^2)の比は、葉シュート内の木部径によらず

$$\frac{FA_0}{L_0} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ (} m^2 cm^{-1} \text{)} \quad (1)$$

で一定であることを示した。なお、葉面積はKATSUNO and HOZUMI (1988) に従い、葉の表面積の1/2と定義する。そこで測定した葉シュート

表-2 各資料木の1次枝における皮外直径(DOB)と皮内直径(DIB)の関係を最小二乗法により $DIB = a + b \cdot DOB$ に当てはめて得た係数a, b及び相関係数r

資料木 No.	a	b	r
1	-1.713	1.021	0.998
2	-1.077	0.959	0.999
3	-1.075	0.992	0.999
4	-1.239	0.972	0.998

長 (L_{0i}) から, 各サンプル枝の総葉シュート長 (L_B :cm) は

$$L_B = \sum_{i=1}^N L_{0i} \quad (N: \text{全ての葉シュート数}) \quad (2)$$

により(1)式の比を乗じて, 各枝の総葉面積 (FA : m^2) を

$$FA = 1.2 L_B \times 10^{-4} \quad (3)$$

により算定した。

2. 枝の皮内断面積の推定

皮外直径と皮内直径の関係は

$$DIB = a + b \cdot DOB \quad (4)$$

により示される (LOETSH *et al.*, 1973)。さらに, 皮内断面積 (BA : cm^2) は

$$BA = \frac{DIB^2}{400} \pi \quad (5)$$

により推定できる。したがって, 枝基部, 着葉基部における皮内断面積はそれぞれその位置の皮外直径から(4), (5)式により推定した。

3. 枝の皮内断面積と総葉面積の関係

各資料木の枝基部における皮内断面積 (以下, 枝基部断面積 (P_0BA) と呼ぶ) 及び枝の着葉基部の皮内断面積 (以下, 着葉基部断面積 (P_1BA) と呼ぶ) と総葉面積との関係に直線式を当てはめ, 得られた直線式の定数について各資料木間の有意差検定を行って個体間変動を調べた。

IV. 結 果

各資料木の皮外直径と皮内直径の関係には, 明

瞭な直線関係が認められた (表-2)。また, 得られた直線の傾きと切片を各個体間で比較した結果, それぞれに有意な差が認められた。すなわち, 1次枝における皮外直径と皮内直径との関係は, 各個体間でそれぞれ異なることが示された。よって, 枝基部及び着葉基部の皮内直径は, 各個体ごとに表-2に示したa, bの値を用いて(4)式より推定した。

各資料木の枝基部断面積と総葉面積との関係には明瞭な直線関係が認められた (図-2)。また, 得られた直線の傾きと切片を各個体間で比較した結果, それぞれに有意な差が認められた。すなわち, 1次枝における枝基部断面積と総葉面積との関係は各個体間でそれぞれ異なることが示された。

一方, 各資料木において, 着葉基部断面積と総葉面積との間にも明瞭な直線関係が認められたが, 枝基部断面積の場合と同様に直線の傾きと切片を各個体間で比較した結果, いずれも有意な差が認められなかった。すなわち, 着葉基部断面積と総葉面積との関係は1本の直線で表され, しかもその切片は0と有意な差は認められず, 原点を通る直線式

$$FA = 0.627 P_1BA \quad (6)$$

により表されることが示された (図-3)。

さらに, 全資料木の枝基部断面積と総葉面積との相関係数は0.818であり, 着葉基部断面積と総葉面積との相関係数は0.957であった。これらの相関係数を比較すると, 明らかに枝基部断面積よりも着葉基部断面積の方が高く, 前者よりも後者

図-2 各資料木における1次枝の総葉面積 (FA) と枝基部断面積 (P_0BA)

図-3 枝の総葉面積 (FA) と着葉基部断面積 (P_1BA) の関係

の方が精度良く総葉面積を推定できることが示された。

V. 考 察

1次枝の枝基部断面積と葉量との直線関係が成り立つことは多くの樹種で報告されている (ATTIWILL, 1962; LONG *et al.*, 1981; YANG and TYREE, 1994) が、本研究の対象としたスギ人工木では、1次枝の総葉面積においても、枝基部断面積との直線関係が認められた。しかし、枝基部断面積と総葉面積との相関係数は、着葉基部断面積と総葉面積との関係に比べて低く、しかもその関係は各個体により異なった (図-2)。資料木間の枝基部断面積と総葉面積との関係の差異は、各資料木の樹冠下部の1次枝における2次枝の枯れ上がりの差によるものと考えられる。LONG *et al.* (1981)が指摘したように、1次枝の2次枝が枯れ上がった部分においても、その枝の長さ及び重量の増大に見合った支持機能を果たすため、水分通導という点からすれば不必要な木部が形成される。特に、樹冠下部の枝においても心材を形成する場合もあるが、同一林分内でもその形成については個体間に差があることが指摘されている (ATTIWILL, 1962; YAMAMOTO and KOBAYASHI, 1993)。また、CASTÉRA and MORLIER (1991)が指摘しているように、枝における重量分布が1次枝の形態に多大な影響を与えていると考えられる。したがって、2次枝の枯れ上がりは枝における重量の分布を変化させ、その枯れ上がりによる差は1次枝、特に全体を支える基部の直径成長、そしてさらには枝基部断面積と総葉面積の関係に影響を与えていると考えられる。

一方、着葉基部断面積と総葉面積との関係は個体間による差は認められず、一定の比(6)式により表せることが示された。すなわち、枝の樹冠内の位置にかかわらず、

1次枝に着いている葉面積が着葉基部断面積によって決まることが確かめられた。これはOREN *et al.*(1986)がオウシュウトウヒ (*Picea abies*) で得た結果と一致している。この結果から、1次枝に着生している葉の葉面積の推定には、枝基部断面積よりも着葉基部断面積を使う方がより高い精度で求められることが示された。このことから、着葉基部断面積は枝の葉への水分通導に直接関連しており、2次枝の枯れ上がりによる影響はほとんど無視できると考えられる。したがって、本研究で得られた結果から、一定の葉面積をもつ葉の水分通導に要する枝の断面積は、少なくとも同一林分内では個体間に差がなく、一定の値を示すものと考えられる。

VI. あとがき

始終御指導を賜った新潟大学の小林正吾教授、調査に協力していただいた新潟大学農学部附属佐渡演習林の職員の方々、農学部森林計測学研究室の専攻生諸君に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- (1) ATTIWILL, P. M. (1962) Estimating branch dry weight and leaf area from measurements of branch girth in *Eucalyptus*. *For. Sci.* **8**:132~141.
- (2) CASTÉRA, P. and MORLIER, V.(1991) Growth patterns and bending mechanics of branches. *Trees* **5**:232~238.
- (3) KATSUNO, M. and HOZUMI, K. (1988) Relationship between specific leaf area of a *Cryptomeria japonica* foliage shoot segment and its diameter. *Ecol. Res.* **3**: 279~289.
- (4) LOETSH, F., ZÖHRER, F., and HALLER, K.(1973) *Forest Inventory*. Vol.2. BLV. München.
- (5) LONG, J. N., SMITH, F. W., and SCOTT, D. R. M. (1981) The role of Douglas-fir stem sapwood and heartwood in the mechanical and physiological support of crowns and development of stem form. *Can. J. For. Res.* **11**:459~464.
- (6) OREN, R., WERK, K. S., and SCHULZE, E. D. (1986) Relationships between foliage and conducting xylem in *Picea abies* (L.) Karst. *Trees* **1**:61~69.
- (7) SHINOZAKI, K., YODA, K., HOZUMI, K., and KIRA, T. (1964a) A quantitative analysis of plant form: the pipe model theory. I. Basic analyses. *Jpn. J. Ecol.* **14**:97~105.
- (8) SHINOZAKI, K., YODA, K., HOZUMI, K., and KIRA, T. (1964b) A quantitative analysis of plant form: the pipe model theory. II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology. *Jpn. J. Ecol.* **14**:133~139.
- (9) YAMAMOTO, K. and KOBAYASHI, S. (1993) Analysis of crown structure based on the pipe model theory. *J. Jpn. For. Soc.* **75**: 445~448.
- (10) YANG, S. and TYREE, M. T. (1994) Hydraulic architecture of *Acer saccharum* and *A. rubrum*: comparison of branches to whole trees and the contribution of leaves to hydraulic resistance. *Journal of Experimental Botany*, **45**: 179~186.

(1994年3月4日受理)