論文

スギ樹冠内部の辺材面積と葉面積との関係

渡辺宏之*・瀧口博之*・山本一清**・小林正吾**

渡辺宏之・瀧口博之・山本一清・小林正吾：スギ樹冠内部の辺材面積と葉面積との関係
 森林計画誌 24 : 47~50, 1995 本研究ではスギ樹冠内部の辺材面積 (SSA:cm²) と積算葉面積 (CFA:m²) の量的関係を解析し、両者の関係について検討を行った。両者の関係は、同一林分内においては樹冠級に関係なく一本の直線関係 $CFA=9.180+0.509SSA$ により表された。

WATANABE, Hiroyuki, TAKIGUCHI, Hiroyuki, YAMAMOTO, Kazukiyo and KOBAYASHI, Shogo : Relationship between stem sapwood area and foliage area within the crown in *Cryptomeria japonica*. Jpn. J. For. Plann. 24 : 47~50, 1995 We investigated the relationship between stem sapwood area (SSA:cm²) and cumulative foliage area (CFA:m²) within a crown in *Cryptomeria japonica*. The SSA-CFA relationship showed no significant difference between trees and therefore was expressed as $CFA=9.180+0.509SSA$.

I. はじめに

森林における物質生産と葉面積は密接な関連を持つことが知られている。そのため、葉面積の推定については、様々な方法が提案されており、林分動態の定量的解析に応用されている (MARSHALL and WARING, 1986; PIERCE and RUNNING, 1988; LONG and SMITH, 1992)。

MARSHALL and WARING (1986) は、葉面積の間接推定について数種の方法を比較し、辺材面積による推定の有効性を指摘した。特に、幼齡木を除き、幹の断面に占める心材の割合が大きくなるにつれ、直径との相対成長関係による葉面積の推定では過大推定となるが、辺材面積からの推定では精度良く推定できることが指摘されている。これは、葉への水分通導に直接関連しているのは幹の辺材部であり、辺材面積は葉面積と密接な関係を保持しているためと考えられる (GRIER and WARING, 1974; KAUFMANN and TROENDLE, 1981; WARING *et al.*, 1982)。

また、樹冠内部における辺材面積と葉面積の関

係は樹種によりほぼ一定の直線関係を示すことが知られている (LONG *et al.*, 1981; WARING *et al.*, 1982; MARCHAND, 1984)。WARING *et al.* (1982) が指摘したように、両者の関係は耐陰性や乾燥適応性等の樹種の有する特性とも密接に関連しており、単に葉面積の推定や物質生産という観点のみならず、樹種の様々な特性を検討する場合にも重要な指標となる。

このように、辺材面積と葉面積の関係は多くの観点から重要な情報であると考えられる。しかし、日本の主要な植栽樹種であるスギに関しては、葉面積推定の困難さ等から辺材面積との関係についての研究例はほとんど見られない。以上のことから、本研究では瀧口ら (1994) により提案されたスギの葉面積推定法を用い、スギ樹冠内部の辺材面積と葉面積の量的関係を解析し、両者の関係について検討を行った。

II. 資料

資料木は、瀧口ら (1994) で用いられた 4 本の伐倒木である (表-1)。各資料木の幹について

* 新潟大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Niigata University, Niigata 950-21

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

表-1 資料木の概要
Outline of sample trees

Tree No.	1	2	3	4
Crown class	Dominant	Co-dominant	Intermediate	Intermediate
Tree height (m)	19.03	18.37	17.17	17.09
DBH (cm)	28.8	28.0	21.5	20.0

表-2 各資料木の辺材面積 (SSA) と積算葉面積 (CFA) の関係式
 $CFA = a + b \cdot SSA$

Summary of parameters and statistics for linear regression equations of stem sapwood area(SSA) and cumulative foliage area(CFA) in sample trees as $CFA = a + b \cdot SSA$.

Tree No.	Intercept(a)	Slope(b)	Correlation coefficient(r)	N
1	1.961	0.528	0.990	9
2	9.942	0.504	0.993	8
3	9.101	0.531	0.975	8
4	8.200	0.583	0.977	9

Note: In each tree, N is a number of data of SSA and CFA.

地上高0.2mから上方に1m間隔で円板を採取した後、各1m区間毎に幹に着生している一次枝全てについて着枝位置 (0.01m精度) 及び着葉基部の直径 (0.1mm精度) を測定した。各円板については、直角な2方向について皮内直径及び心材直径について0.1mm単位で測定を行った。また、各円板の辺材面積 (SSA : cm^2) は円板断面積と心材断面積の差により算出した。

一方、葉面積については、まず全ての枝について測定された着葉基部直径から瀧口ら (1994) によって示された式

$$FA = 0.627P_1BA \quad (1)$$

によって枝ごとに葉面積を求めた。(1) 式において、FA (m^2) は各枝の葉面積、 P_1BA (cm^2) は枝の着葉基部の皮内断面積を示し、 P_1BA は瀧口ら (1994) により示された皮外直径と皮内直径の関係及び円の公式から推定した。さらに、辺材

面積と葉面積の関係を解析するため、各資料木について葉面積を幹の梢端から各円板の断面高まで積算し、積算葉面積 (CFA : m^2) とした。

Ⅲ. 方 法

樹冠内部において辺材面積と積算葉面積の関係は、直線関係を示すことが報告されていることから (LONG *et al.*, 1981; WARING *et al.*, 1982; MARCHAND, 1984), 本研究ではまず各資料木について樹冠内部の辺材面積と積算葉面積の关系到回帰直線を当てはめ、回帰の有意性を検討した。さらに、各資料木について得られた回帰直線の傾き及び切片について回帰係数の差の検定を適用し、資料木間の差異についても検討した ($p < 0.05$)。

Ⅳ. 結 果

まず、各資料木とも辺材面積と積算葉面積の間

図-1 スギ樹冠内部における辺材面積 (SSA) と積算葉面積 (CFA) の関係

Relationship between stem sapwood area (SSA) and cumulative foliage area (CFA) within a crown in *Cryptomeria japonica*

には有意な直線関係が認められた (表-2)。また、各資料木とも、辺材面積と積算葉面積間の相関係数は0.97以上の値を示すとともに、回帰の有意性も認められた。従って、他の樹種において示されているように両者の間には密接な関連性があることが示された。

次に、得られた各資料木間の回帰直線の傾き及び切片についての有意差の検定の結果、どの資料木間においても差は認められなかった。したがって、全資料木の辺材面積 (SSA) と積算葉面積 (CFA) の関係は1本の直線関係により表され、

$$CFA = 9.180 + 0.509 SSA \quad (2)$$

の関係式が得られた (図-1)。(2)式において切片は原点0と有意な差が認められ、辺材面積と積算葉面積の関係を比で表すことはできなかった。しかし、その相関係数は0.980であり、同一林分内のスギ樹冠内部の辺材面積と積算葉面積の間には、樹冠級に関係なく一定の直線的関係が保持されていることが示された。

V. 考 察

WARING *et al.* (1982) は、辺材面積と積算葉面積の関係が比で表せると指摘した。しかし、一方では多くの報告例に見られるように両者の関係

は本研究と同様に原点を通らない直線関係により表されることが指摘されている (MARCHAND, 1984; BLANCHE *et al.*, 1985; OREN *et al.*, 1986)。この理由としては、辺材と心材の不明瞭な境界のための測定誤差、辺材から心材へ変化する場合のタイムラグ等の影響が指摘されているが (BLANCHE *et al.*, 1985)、本研究及び過去の報告例から考えて、それらが辺材面積と積算葉面積の関係にそれ程大きな影響を与えているとは考えられない。

むしろ、本研究で得られた結果で最も重要なのは、樹冠内部の辺材面積と積算葉面積が少なくとも同一林分内では樹冠級等に関係なく一定の関係を示したことである。これは、少なくとも樹冠内部においてはSHINOZAKI *et al.* (1964) が提案したパイプモデル説が成立していることを支持する結果である。

また、得られた (2) 式の傾きについてはWARING *et al.* (1982) が他の針葉樹の高木類 (e.g., *Abies gravis*, *Pseudotsuga mensiesii*, *Tsuga heterophylla*) で得た値に近い値を示しており、スギの様々な樹種特性及び物質生産のモデル化について検討する場合、今後重要な情報となると考えられる。さらに、林木単位での葉面積の推定という観点で見れば、(2) 式の相関係数は0.980であり簡易測定上十分な推定値が得られるであろう。

VI. あとがき

貴重な助言をいただいた阿部信行助教授、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御礼申し上げます。

引用文献

- (1) BLANCHE, C. A. and HODGES, J. D. (1985) A leaf area-sapwood area ratio developed to rate loblolly pine tree vigor. *Can. J. For. Res.* **15**: 1181~1184.
- (2) GRIER, C. C. and WARING, R. H. (1974) Conifer foliage mass related to sapwood

Jpn. J. For. Plann. 24 '95

- area. For. Sci. **20** : 205~206.
- (3) 市原清志 (1990) バイオサイエンスの統計学—正しく活用するための実践理論. 378pp, 南江堂
- (4) KAUFMANN, M. R. and TROENDLE, C. A. (1981) The relationship of leaf area and foliage biomass to sapwood conducting area in four subalpine forest species. For. Sci. **27** : 477~482.
- (5) LONG, J. N. and SMITH, F. W. (1992) Volume increment in *Pinus contorta* var. *latifolia*: the influence of stand development and crown dynamics. For. Ecol. Manage. **53** : 53~64.
- (6) 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.
- (7) MARCHAND, P. J. (1984) Sapwood area as a estimator of foliage biomass and projected leaf area for *Abies balsamea* and *Picea rubens*. Can. J. For. Res. **14** : 85~87.
- (8) MARSHALL, J. D. and WARING, R. H. (1986) Comparison of methods of estimating leaf area index in old-growth Douglas-fir. Ecology **67** : 975~979.
- (9) 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.
- (10) PIERCE, L. L. and RUNNING S. W. (1988) Rapid estimation of coniferous forest leaf area index using a portable integrating radiometer. Ecology **69** : 1762~1767.
- (11) SHINOZAKI, K., YODA, K., HOZUMI, K. and KIRA, T. (1964) A quantitative analysis of plant form: the pipe model theory. I. Basic analysis. Jpn. J. Ecol. **14** : 97~105.
- (12) 瀧口博之・渡辺宏之・山本一清 (1994) スギ1次枝の断面積と葉面積の関係. 森林計画学会誌 **22** : 61~65.
- (13) WARING, R. H., SCHROEDER, P. E., and OREN, R. (1982) Application of the pipe model theory to predict canopy leaf area. Can. J. For. Res. **12** : 556~560.

(1994年10月21日受理)