

速 報

スギ樹冠における葉内窒素の分布*

小 林 元**・玉泉幸一郎**・齋 藤 明**

I. は じ め に

植物の成長を律速する大きな要因の一つに、葉に含まれる窒素がある(10)。植物が利用できる窒素は生育する立地条件によって制約されるので、植物の成長に窒素が効率よく利用されるには、葉冠内での適切な分配が必要条件であるといわれている(2)。

HIROSE and WERGER(5)は、葉冠内の窒素分布を葉冠全体の光合成量との関係から検討するため、セイタカアワダチソウ群落における葉内窒素の分布を、積算葉面積指数を変数とした関数式で表し、その減少率を葉内窒素の分配係数として示した。さらに彼ら(6)は、葉冠全体の光合成量を増大させるために、植栽密度が高い群落ほど葉内窒素の分配係数が大きくなることを、多年生草本のクサレダマ群落を用いて証明した。

このように、植物群落の成長を研究するにあたって、葉群内の窒素分布を明らかにすることは、重要な課題である。しかし、木本植物においては、樹冠内の窒素分布を樹冠全体の機能量を考察しながら研究した例は少ない(1)。ここで、筆者らはスギを対象とし、一つの樹冠内に高密度型と低密度型樹冠を併せ持つ林縁木を用いて、樹冠内の窒素分布に HIROSE and WERGER(5)の提唱した葉内窒素の分配係数が適用できるかどうかを検討した。

II. 材 料 と 方 法

熊本県林業研究指導所の苗畑に、80 cm 間隔で植栽されている6年生スギ(品種: ジャカインスギ)閉鎖林分の中から、南面に生育する林縁木で隣接した3個体を選び、供試木 I, II, III とした(樹高: 432 cm, 420 cm, 423 cm, 地際直径: 7.3 cm, 6.2 cm, 7.6 cm)。樹冠は主幹の頂端から 60 cm 間隔に区分し、各区間より一次枝を1本ずつ選び、その一次枝の先端での水平相対照度(相対照度)と葉内窒素含量を測定した。測定枝は林分側に面した樹冠(林内樹冠)と、林分の外側

に面した樹冠(林縁樹冠)から、それぞれ6本ずつ選んだ。相対照度の測定は、全天空写真による光環境の推定法(11)で行った。窒素含量の分析に供した葉は、1992年9月25日に、枝の先端より採取し、葉と枝に分けた。葉を85°Cで24時間乾燥させた後、乳鉢ですりつぶし、CN コーダー(MT 500 型, 柳本製作所)で乾重当りの窒素含量を求めた。乾重当りの窒素含量は、筆者らが報告した(8)、相対照度から推定された葉重比(葉面積当りの乾重)を乗じて、葉面積当りの窒素含量に換算した。

さらに、1993年3月17日に、供試木に近い林縁木を1個体選び、林内樹冠と林縁樹冠の相対照度と積算葉面積指数を、樹冠の頂端より40 cm 間隔で9点ずつ測定した。相対照度の測定は、前述の推定法で行い、積算葉面積指数は、プラント・キャノピー・アナライザー(LAI-2000 型, 米国ライカー社)で測定した。

樹冠内の相対照度の分布は、BEER-LAMBERTの法則(9)を用いた次式の、吸光係数として表した。

$$I_z = I_0 \exp(-K_t F_z) \quad (1)$$

ここで、 I_0 と I_z は全天空写真で推定された、樹冠の頂端と樹冠内の深さ Z における相対照度、 F_z は深さ Z から上の葉面積指数、 K_t は吸光係数である。

樹冠内の葉内窒素の分布は、HIROSE and WERGER(5)に従って、積算葉面積指数を変数とした次式の、葉内窒素の分配係数として表した。

$$N_z = N_0 \exp(-K_a F_z / F_t) \quad (2)$$

ここで、 N_0 は樹冠の頂端葉の葉面積当りの窒素含量、 N_z は樹冠内の深さ Z における葉面積当りの窒素含量、 F_t は樹冠全体の葉面積指数、 K_a は葉内窒素の分配係数である。 $K_a = 0$ の場合、樹冠内のすべての葉の窒素含量は等しくなる。 K_a が増大するにつれ、下層葉の窒素含量が上層葉より少なくなる。

葉内窒素含量と相対照度の関係は、(1)、(2)式より F_z を消去した(6)、次式を用いて表した。

$$N_z = N_0 (I_z / I_0)^{(K_a / F_t) / K_t} \quad (3)$$

* KOBAYASHI, H., GYOKUSEN K. and SAITO A.: Distribution of leaf nitrogen within a crown of sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON)

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

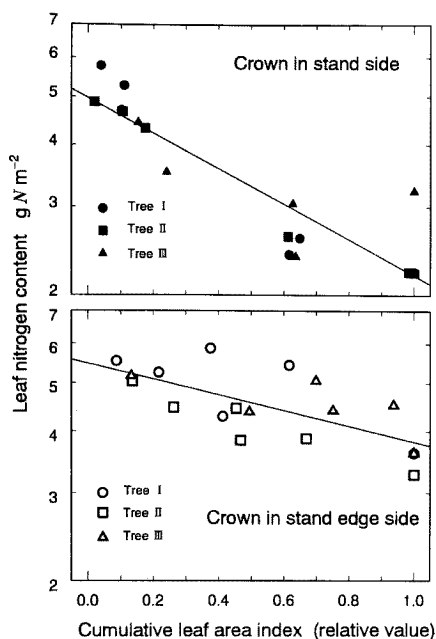


図-1. 葉内窒素含量と積算葉面積指数(相対値)との関係

Leaf nitrogen per unit leaf area as a function of relative value of leaf area index cumulated from top of the crowns

Note: Different symbols represent each sample tree within the crown in stand side (upper) and stand edge side (lower) of *Cryptomeria japonica*.

また、樹冠内の葉内窒素の総量 (N_t) を、(2) 式の N_z を F_z で積分した(5)、次式を用いて算出した。

$$N_t = \int_0^{F_t} N_z dF = N_0 F_t (1 - e^{-K_d}) / K_d \quad (4)$$

III. 結果と考察

林内樹冠と林縁樹冠の相対照度は、積算葉面積指数が大きくなるに従って低下したが、両樹冠の差は明瞭ではなかった。両樹冠の測定値をまとめて(1)式で近似し、次式を得た。

$$I_z/I_0 = \exp(-0.431 F_z) \quad (r=0.956) \quad (5)$$

この(5)式における吸光係数(K_d)は0.43で、これは勝野ら(7)が、20年生スギ人工林で刈り取り法によって得た0.42に近い値であった。また、(5)式より、供試木I, II, IIIの樹冠全体の葉面積指数(F_t)は林内樹冠で7.04m²m⁻², 7.21m²m⁻², 7.10m²m⁻², 林縁樹冠で2.11m²m⁻², 2.36m²m⁻², 1.50m²m⁻²と推定された。

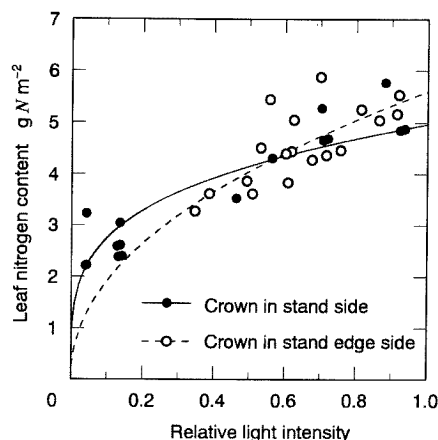


図-2. 葉内窒素含量と相対照度との関係
Leaf nitrogen per unit leaf area as a function of relative light intensity

Note: Black (●) and white (○) circles represent data obtained from crown in stand side and stand edge side of *Cryptomeria japonica*, respectively.

図-1に、林内樹冠と林縁樹冠の葉内窒素含量と、(5)式で相対照度から推定された、積算葉面積指数との関係を示す。ここで、各層の積算葉面積指数は、樹冠全体の葉面積指数に対する相対値 (F_z/F_t) である。樹冠別に供試木3本の測定値をまとめて(2)式で近似し、次式を得た。

$$\begin{aligned} \text{林内樹冠} \quad N_z &= 4.978 \exp(-0.819 F_z/F_t) \\ &\quad (r=0.906) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{林縁樹冠} \quad N_z &= 5.485 \exp(-0.365 F_z/F_t) \\ &\quad (r=0.686) \end{aligned} \quad (7)$$

樹冠内での葉内窒素の分配係数 (K_d) は、林内樹冠(0.819)が林縁樹冠(0.365)より有意に高かった。この結果は、植栽密度の高い草本群落では、葉冠全体の光合成量を増大させるために葉内窒素の分配係数が大きくなるという、HIROSEら(6)の報告と一致する。つまり、スギにおいても、樹冠全体の葉面積指数 (F_t) の大きい林内樹冠では、上層葉へ多くの窒素を分配し、 F_t がこれより小さい林縁樹冠では、全体に均一に窒素を分配することによって、樹冠全体の光合成量を増大させているといえる。また、樹冠の頂端葉の葉面積当りの窒素含量 (N_0) は、林内樹冠 (4.978 g N m⁻²) が林縁樹冠 (5.485 g N m⁻²) より有意に低かった。このように、一つの樹冠内で N_0 が異なることは、同一の

樹冠内でも生産性の高い林縁樹冠へ、窒素が多く分配される傾向にあることを意味している。

次に、林内樹冠と林縁樹冠で異なる葉内窒素の分布が、それぞれの樹冠の光環境の差異によって生じたものであるかどうかを検討した。図-2に、林内樹冠と林縁樹冠の葉内窒素含量と相対照度との関係を示す。樹冠別に供試木3本の測定値をまとめて(3)式で近似し、次式を得た。

$$\text{林内樹冠 } N_z = 4.973 (I_z/I_0)^{0.255} \quad (r=0.906) \quad (8)$$

$$\text{林縁樹冠 } N_z = 5.607 (I_z/I_0)^{0.464} \quad (r=0.763) \quad (9)$$

葉内窒素含量は両樹冠とも相対照度とともに増加したが、傾きを示す $(K_a/F_i)/K_i$ (葉内窒素の分配係数/樹冠全体の葉面積指数/吸光係数)は、林内樹冠(0.255)が林縁樹冠(0.464)より小さかった。 K_i は同一の0.431を用いているので、林内樹冠の傾きが林縁樹冠より小さいのは、 K_a/F_i (林内樹冠:0.115, 林縁樹冠:0.183)が小さいためである。このように、樹冠内の葉内窒素含量は相対照度だけで決まるのではなく、 $(K_a/F_i)/K_i$ にも影響される。

また、林内樹冠と林縁樹冠の葉内窒素の総量を(4)式で算出し、葉乾重と乾重当りの窒素含量から推定された、スギ林分の葉内窒素の総量(3, 4)と比較した。(4)式の F_i は、(5)式で推定された供試木3個体の平均値を用い、 N_0 と K_a は、(6), (7)式で得られた値を用いた。林内樹冠と林縁樹冠の葉内窒素の総量は、各層ごとの葉内窒素含量を一定と仮定し、ha当りに換算すると、242.0 kg ha⁻¹と91.4 kg ha⁻¹となる。原田(4)は、43年生スギ林分の葉内窒素の総量を242.3 kg ha⁻¹、また、生原(3)は、肥培した9年生スギ林分の葉内窒素の総量を、325.4 kg ha⁻¹と報告している。今回林内樹冠で得られた値は、43年生林分で得られた値に近かった。

このように(4)式を用いることによって、スギ樹冠内の葉内窒素の総量を、従来の方法(3, 4)とは違う別の方法で簡便に推定することができる。

IV. ま と め

スギ樹冠内の窒素分布に、HIROSEらの提唱した葉内窒素の分配係数が適用できることがわかった。葉内窒素の分配係数によって、樹冠内の葉内窒素の総量とそ

の分布を把握することができるので、樹冠全体の機能量を考慮した、間伐や枝打ち等の育林施業に応用できると考えられる。今後は、葉内窒素の分配係数の季節変化、および、立地条件や樹種の異なる林分での比較を行い、木本植物における葉内窒素の分配係数の特性を明らかにする必要がある。

引用文献

- (1) DEJONG, T. M. and DOYLE, J. F. (1985) Seasonal relationships between leaf nitrogen content (photosynthetic capacity) and leaf canopy light exposure in peach (*Prunus persica*). *Plant Cell Environ.* 8: 701~706.
- (2) FIELD, C. (1983) Allocating leaf nitrogen for the maximization of carbon gain: Leaf age as a control on the allocation program. *Oecologia* 56: 341~347.
- (3) 生原喜久雄 (1978) 肥培をとり入れたスギ短期育成林分の養分現存量の推移. 東京農工大学演報 14: 61~69.
- (4) 原田 洸 (1970) スギの成長と養分含有量およびこれに及ぼす施肥の効果に関する研究. 林試研報 230: 1~104.
- (5) HIROSE, T. and WERGER, M. J. A. (1987) Maximizing daily canopy photosynthesis with respect to the leaf nitrogen allocation pattern in the canopy. *Oecologia* 72: 520~526.
- (6) HIROSE, T., WERGER, M. J. A., PONS, T. L. and VAN RHEENEN, J. W. A. (1988) Canopy structure and leaf nitrogen distribution in a stand of *Lysimachia vulgaris* L. as influenced by stand density. *Oecologia* 77: 145~150.
- (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) 小林 元・玉泉幸一郎・矢幡 久 (1993) スギ林縁木樹冠中の窒素分布. 日林九支研論 46: 119~120.
- (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) MOONEY, H. A., FERRAR, P. J. and SLATYER, R. O. (1978) Photosynthetic capacity and carbon allocation patterns in diverse growth forms of *Eucalyptus*. *Oecologia* 36: 103~111.
- (11) YAHATA, H. (1991) Photographic estimation of light environments on forest floor using computerized technique: (I) Estimation of photon flux densities of the diffuse light and the direct solar beam light only with total light. *Ann. Rep. Pusrehut.* 1: 14~23.

(1994年2月24日受理)