

## 速報

## 斜面の上部と下部に植栽されたスギとヒノキ若齢木の 当年生シュートにおける光合成特性\*1

草野瑛司\*2 · 作田耕太郎\*3 · 小林 元\*4

草野瑛司・作田耕太郎・小林 元：斜面の上部と下部に植栽されたスギとヒノキ若齢木の当年生シュートにおける光合成特性 九州森林研究 60：72-74, 2007 斜面の上部と下部に植栽された15年生のスギとヒノキについて針葉の気孔形状の観察と光-光合成曲線の作成による光合成特性値の推定を行った。スギは斜面上部で気孔サイズおよび葉面積に占める気孔帯の面積比が小さく、一方ヒノキは気孔の形状に斜面上下の差はなかった。スギは気孔の形状と個々の気孔の開度、ヒノキでは個々の気孔の開度に差が生じているため日中の気孔コンダクタンスはスギで斜面上下の差が発生しやすいと考えられた。光合成特性値では、斜面上部のスギは斜面下部よりも最大光合成速度が低かった。ヒノキでは光合成特性値の斜面上下の差はほとんど無かった。スギはヒノキに比べシュートレベルでの生育環境条件に対する応答が大きいため、実際の林地での日中の光合成速度の斜面上下の差もヒノキに比べ大きくなると考えられた。

キーワード：スギ, ヒノキ, 気孔, 光-光合成曲線

### I. はじめに

日本の造林地は山地斜面上に設定されることが多い。同一斜面の上部と下部では土壌水分状態や大気飽差などの環境条件に差があり、一般的に斜面上部は乾燥ストレスを受けやすいことが知られている。このような乾燥条件下で生育している樹木は、気孔コンダクタンスが斜面下部に比べて低く、光合成速度も低いことが報告されている (Li, 2000; Yin *et al.*, 2004)。また斜面上部では、土壌の水分状態が良好な場合でも日中の気孔コンダクタンスと光合成速度が低いという報告もある (草野ほか, 2006)。慢性的な乾燥ストレス下で生育している植物は湿潤な環境下で生育している植物に比べ気孔密度が高く気孔のサイズが小さい (Ashok *et al.*, 2000) など、気孔の形状に差異があることや、最大光合成速度や初期勾配が低いこと (Yin *et al.*, 2006) などが知られており、このような気孔の形状や光合成特性の差などが斜面上下の気孔コンダクタンスや光合成速度に影響している可能性がある。しかし、これらの実験は主に苗木で行われており、実際の林地に生育する成木での実態は明らかとは言えない。

本研究では、筆者らが報告したスギとヒノキの斜面上下での日中の気孔コンダクタンスおよび光合成速度の差 (草野ほか, 2006) の要因を知るために、同一林分を対象として針葉の気孔形状の観察と切り枝を用いた光-光合成曲線の作成を行い、斜面上下および種間で比較した。

### II. 材料と方法

九州大学農学部附属福岡演習林第17, 18林班の斜面上に植栽されている15年生のスギおよびヒノキ林を試験地とした。試験地の標高は400-440m, 斜面傾斜は約25度だった。斜面上部ではスギとヒノキが混植されており、斜面下部では小谷を挟んでスギ林とヒノキ林に別れていた。この林分より斜面上部, 下部ともに両樹種3本ずつを試料木として選定した。

#### 1. 当年生シュートにおける気孔の観察

2006年7月に各試料木から陽樹冠の当年生シュート3サンプルを採取し、実験室に持ち帰った。スギは針葉を剥ぎ取り接着剤を塗布したスライドガラス上に固定し、接着剤が乾燥した後、針葉をスライドガラスから取り除き、接着面を顕微鏡で観察した。ヒノキは鱗片葉をピンセットで分離し気孔帯を露出させ、顕微鏡で直接観察した。気孔密度の算出には実体顕微鏡 (SMZ800, Nikon) を、気孔の縦幅および横幅の観察には光学顕微鏡 (ECLIPSE E600, Nikon) を用いた。スギでは各針葉の中央部で気孔密度および気孔の縦幅・横幅を測定した。また葉面積に占める気孔帯の面積比を測定するために画像解析ソフト (Lia32) を用いた。スギについてはひとつの針葉の片側の全表面積と気孔帯の面積を測定し、ヒノキについては鱗片葉同士の重複部位を気孔帯として測定した。

#### 2. 当年生シュートにおける光-光合成曲線

2006年9月に各試料木の陽樹冠の1次枝を採取し、実験室に持ち帰った後暗所で一晚吸水させた。その後インキュベーター内で

\*1 Kusano, E., Sakuta, K. and Kobayashi, H.: Photosynthetic characteristics of current-year shoots on Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) young tree planted on a slope

\*2 九州大学生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. and Bioenvir. Sci. Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

\*3 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

\*4 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター Edu. and Res. Ctr. of Alpine Field Sci., Shinshu Univ., Nagano 399-4598

温度を25℃に保ったまま携帯型光合成蒸散測定装置 (Li-6400, Li-Cor) を用いて0-1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (0, 10, 50, 100, 200, 500, 1000, 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) の光強度で光合成速度の測定を行った。測定時のCO<sub>2</sub>濃度は360ppmで一定とした。得られた値より以下の非直角双曲線式を用いて光-光合成曲線を推定した。

$$P = \frac{\phi I + P_{\max} - \{(\phi I + P_{\max})^2 - 4 \phi P_{\max} \theta I\}^{1/2}}{2 \theta} - R_d$$

ここで、P: 光合成速度,  $\phi$ : 初期勾配, I: 光強度,  $\theta$ : 凸度, R<sub>d</sub>: 呼吸速度, P<sub>max</sub>: 最大光合成速度である。測定終了後、スキャナを用いてシュートの投影画像をパソコンに取り込み画像解析ソフトウェアを用いて葉面積を測定した。測定に用いた試料は65℃で48時間乾燥させた後、重量を測定し比葉面積 (SLA: 単位葉乾重あたりの葉面積) を計算した。

### 3. 統計解析

得られた各データは統計解析ソフト (STATISTICA 2000, StatSoft, Inc.) を用いて二元配置分散分析によって樹種と立地の交互作用の有無を検定した後、多重比較 (Fisher's LSD) を行った。

## Ⅲ. 結果と考察

樹種別および斜面位置別の気孔形状と比葉面積を表1に示した。スギの気孔密度には斜面上下の差は無かったが、気孔サイズは斜面上部で小さかった。また葉面積に占める気孔帯の面積比も斜面上部で低かった。比葉面積には斜面上下での差は無かった。一方ヒノキは気孔密度および気孔サイズともに斜面上下の差は無かった。さらに葉面積に占める気孔帯の面積比にも斜面上下の差は無く、比葉面積にも斜面上下での差は無かった。

単位葉面積あたりの光-光合成曲線を図1に、光合成特性値を表2に示した。スギでは斜面上部の最大光合成速度が下部に比べ低かった。一方ヒノキでは初期勾配は斜面上部で高い値を示したが、最大光合成速度は斜面上下の差が無かった。また単位葉乾重あたりの光-光合成曲線を図2に、光合成特性値を表3に示した。スギでは単位葉面積あたりの光合成特性値と同様に最大光合成速度が斜面上部で低かった。ヒノキでは全ての光合成特性値に斜面上下の差は無かった。

このように、スギでは気孔の形状と光合成特性値に斜面上下で差があるために、日中の気孔コンダクタンスや光合成速度に斜面

表-1. 樹種別および斜面位置別の気孔形状と比葉面積

樹種	斜面位置	気孔密度 (n mm <sup>-2</sup> )	気孔サイズ		葉面積に占める 気孔帯の面積比	比葉面積 (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
			横幅 (μm)	縦幅 (μm)		
スギ	上部	117.9 (35.7) a	80.9 (9.7) b	111.6 (12.0) b	0.28 (0.04) b	129.7 (14.6) b
	下部	118.9 (36.4) a	85.3 (10.7) c	111.9 (14.0) b	0.38 (0.06) c	138.0 (20.9) b
ヒノキ	上部	604.4 (73.0) b	19.9 (3.8) a	27.4 (4.2) a	0.18 (0.03) a	86.0 (19.6) a
	下部	629.4 (82.4) b	21.5 (3.3) a	29.0 (4.9) a	0.18 (0.03) a	94.5 (25.3) a

括弧内の数値は標準偏差を示す。  
異なるアルファベットは各因子ごとに集団間で有意差があることを示す (p < 0.05)。

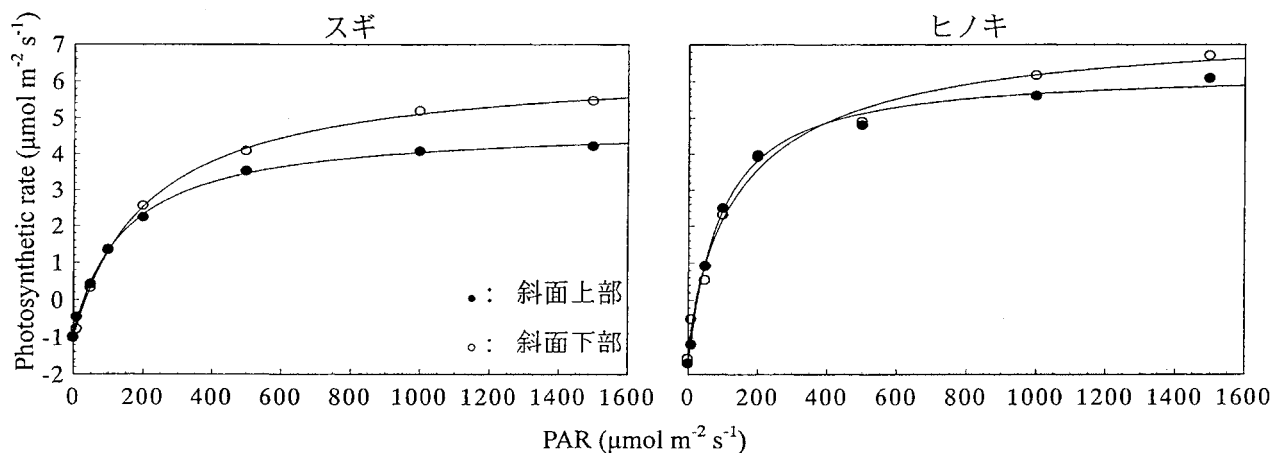


図-1. 単位葉面積あたりの光-光合成曲線

表-2. 単位葉面積あたりの光合成特性値

樹種	斜面位置	初期勾配	光補償点	最大光合成速度 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	呼吸速度 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
スギ	上部	0.032 (0.013) a	32.4 (8.9) a	5.52 (0.08) a	0.87 (0.33) a
	下部	0.029 (0.005) a	37.3 (14.7) a	7.30 (1.09) b	1.01 (0.48) ab
ヒノキ	上部	0.078 (0.024) b	30.7 (13.2) a	8.05 (1.41) b	1.83 (0.49) c
	下部	0.048 (0.020) a	28.2 (15.2) a	8.32 (1.93) b	1.56 (0.39) bc

括弧内の数値は標準偏差を示す。  
異なるアルファベットは各因子ごとに集団間で有意差があることを示す (p < 0.05)。

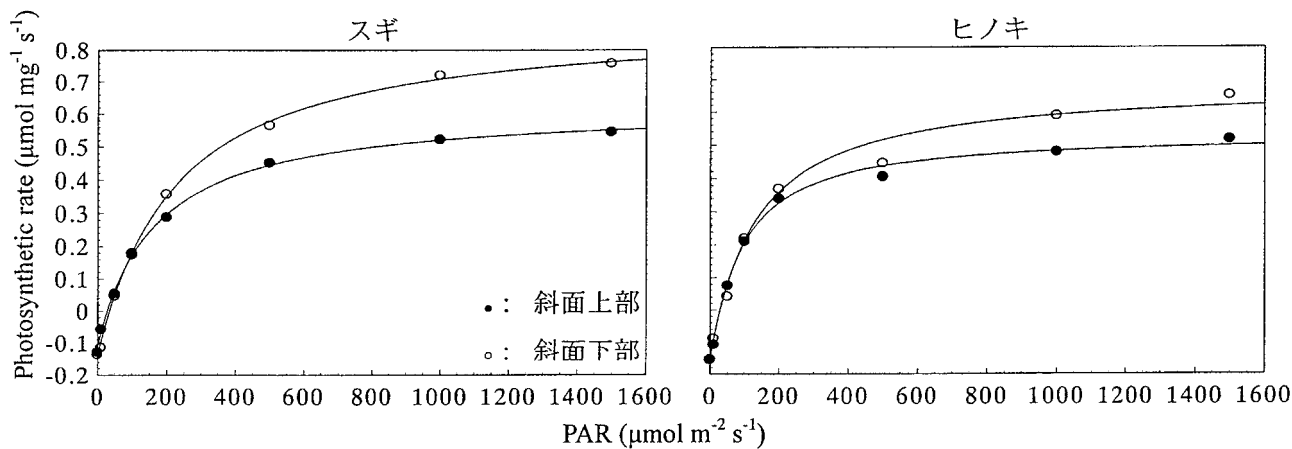


図-2. 単位葉乾重あたりの光-光合成曲線

表-3. 単位葉乾重あたりの光合成特性値

樹種	斜面位置	初期勾配	光補償点	最大光合成速度 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	呼吸速度 ( $\mu\text{mol mg}^{-1} \text{s}^{-1}$ )
スギ	上部	0.0048 (0.0018) a	29.0 (9.9) a	0.70 (0.07) a	0.12 (0.03) a
	下部	0.0041 (0.0011) a	36.4 (14.8) a	1.01 (0.24) b	0.24 (0.07) a
ヒノキ	上部	0.0064 (0.0026) a	30.6 (13.2) a	0.68 (0.19) a	0.16 (0.08) a
	下部	0.0055 (0.0029) a	29.1 (5.8) a	0.78 (0.28) ab	0.17 (0.09) a

括弧内の数値は標準偏差を示す。  
異なるアルファベットは各因子ごとに集団間で有意差があることを示す ( $p < 0.05$ )。

上下の差が生じやすいと考えられた。一方ヒノキでは気孔の形状と光合成特性値に大きな差がなく、日中の気孔コンダクタンスや光合成速度は斜面上下で差が発生しにくいと考えられた。しかしながら、実際の林地ではスギ、ヒノキともに日中の気孔コンダクタンスに斜面上下間の差が発生している(草野ら, 2006)ことから、気孔形状のほかに個々の気孔の開度に影響するABA(近藤, 1986)や孔辺細胞内のカリウムイオン濃度などについても検討する必要がある。

#### IV. まとめ

斜面の上部と下部に植栽されたスギとヒノキのシュートについて、気孔形状と光合成特性値を比較したところ、スギとヒノキでは、スギの方が大きな差が生じていた。このことが実際の林地で

の日中の生理的因子や成長量の斜面上下の差に反映していると考えられた。今後、生物季節学的な検討や、より細かな生理的因子についての調査が必要である。

#### V. 引用文献

Ashok K. Ghosh et al. (2000) Jpn. J. Trop. Agr. 44 (1) : 30-37.  
 草野瑛司ほか (2006) 九州森林研究 59 : 186-188.  
 近藤矩朗 (1986) JSCR 21 (1) : 25-34.  
 Li. C (2000) Physiol. Plant. 108 : 134-139.  
 Yin. C et al. (2004) Plant Sci. 167 : 1091-1097.  
 (2006年11月17日受付; 2007年1月31日受理)