

## 高木性クスノキ科樹木4種の光合成特性の比較

九州大学農学部 石川 元・作田耕太郎  
齋藤 明

## 1. はじめに

森林の更新において、光環境は更新樹の種や成長を決定する最も重要な因子である<sup>7)</sup>。よって、光環境への適応方法の種間差を明らかにすることは、森林の更新を促進し、そして維持管理していく上で重要となる。暖温帯林において林冠を構成する、常緑広葉樹種の光環境への適応方法を調べた研究としては、カン類実生苗の光合成速度の種内変異と種間変異を明らかにした中尾ら<sup>8)</sup>や、常緑広葉樹種の成木の温度—光合成曲線の生態学的考察を行った楠本<sup>9)</sup>などがある。しかしながら、暖温帯林を構成する樹種は豊富であり、その更新過程を明確にするためには、さらなる資料の蓄積が必要である。

本研究では、常緑広葉樹種の中から高木性クスノキ科樹木4種について、光環境への適応方法の種間差を明確にするため、単葉の光—光合成曲線を作成し、葉の光合成特性、特に最大光合成速度と形態との関係について検討した。

## 2. 光—光合成曲線の作成

光—光合成曲線の作成には、非直角双曲線式<sup>2,9)</sup>を使用した。非直角双曲線式は以下の(1)式で表される。

$$\theta P^2 - (\alpha I + P_{max})IP_{max} = 0 \quad (1)$$

ここで、P: 総光合成速度 ( $\mu \text{ molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )、I: 光合成有効光量子束密度 ( $\mu \text{ molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )、 $P_{max}$ : 単位葉面積当たりの最大光合成速度 ( $\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )、 $\alpha$ : 光—光合成曲線の初期勾配 ( $\mu \text{ molCO}_2 \mu \text{ mol}^{-1}$ )、そして $\theta$ : 光—光合成曲線の曲率である。(1)式を解くことにより、Pは以下の(2)式より求められる。

$$P = [\alpha I + P_{max} - \{(\theta I + P_{max})^2 - 4\alpha\theta IP_{max}\}^{1/2}] / 2\theta \quad (2)$$

なお、 $0 < \theta < 1$ であり、光—光合成曲線は $\theta = 0$ のとき直角双曲線式、 $\theta = 1$ のときブラックマン型となる。また、曲線の縦軸との切片の絶対値が暗呼吸速度(R)となる。なお、クスノキに関しては、(2)式を使用すると $\theta < 0$ となったため、 $\theta = 0$ と仮定して、以下の直角双曲線式で近似を行った。

$$P = \alpha IP_{max} / (\alpha I + P_{max}) \quad (3)$$

## 3. 対象地および材料と方法

(1) 対象地 福岡市西区の九州大学農学部福岡演習林早良実習場において供試材料を採集した。本林分はクロマツ、アカマツを主体とした海岸林であるが、1970年頃から周囲の都市化にともなう環境の悪化とマツノザイセンチュウ病による松枯れを原因とした森林の衰退が著しく、更新樹として常緑広葉樹が侵入している<sup>1)</sup>。林冠構成種は、クロマツ、アカマツ、ハゼノキ、クスノキなどで、林床には、供試したクスノキ科4種の他、トベラ、ネズミモチ、アカメガシワなどが混生していた。

(2) 材料 1997年9月中旬にクスノキ (*Cinnamomum camphora*)、タブノキ (*Machilus thunbergii*)、シロダモ (*Neolitsea sericea*)、ヤブニッケイ (*Cinnamomum japonicum*)の林冠に達している成木個体を各樹種1~2個体ずつ選定した。選定した個体の陽樹冠の枝を切断して、直ちにポリバケツ中の水につけて水切りを行い、九州大学農学部の実験室に持ち帰った。持ち帰った材料の当年生シュートを光—光合成曲線の作成に使用した。

(3) 測定方法 材料を採取した翌日から、携帯式光合成蒸散測定装置 (LCA-3, ADC, UK)の測定用チャンバーをインキュベーター内に設置し、単葉の光合成速度を測定した。測定条件は光量子束密度を0~1900  $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ の幅で8段階で変化させ、二酸化炭素濃度を350ppm  $\pm$  10ppm、相対湿度を60%  $\pm$  10%、そして葉温を25°C  $\pm$  0.5°Cとした。また、測定の繰り返しは各樹種につき3回行い、光—光合成曲線にはそれらの平均値を用いた。

## 4. 結果と考察

図-1に各樹種の当年葉における光—光合成曲線を示す。また、図-1より得られた各樹種の光合成特性値を表-1に示す。最大光合成速度および光補償点は、どちらもクスノキが最大、ヤブニッケイが最小、シロダモ、タブノキはそれらの中間的な値を示した。クスノ

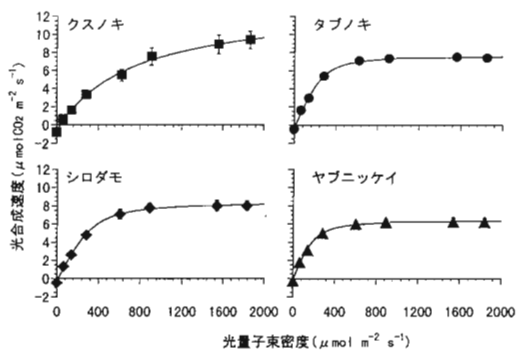


図-1 クスノキ科4樹種の単葉の光-光合成曲線  
縦線は標準誤差を示す。

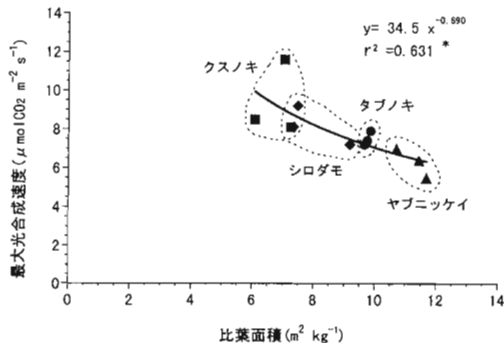


図-2 クスノキ科4樹種の単葉の比葉面積と最大光合成速度の関係  
※: p < 0.01 で有意

表-1 クスノキ科4樹種の単葉の光合成特性値

樹種	暗呼吸速度 ( $\mu\text{molCO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ )	初期勾配 ( $\mu\text{molCO}_2\text{ mol}^{-1}$ )	曲率	光補償点 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ )	最大光合成速度 ( $\mu\text{molCO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ )
クスノキ	0.67	0.019	0	36.6	14.3
タブノキ	0.32	0.027	0.87	12.2	8.1
シロダモ	0.29	0.023	0.83	12.9	8.8
ヤブニッケイ	0.16	0.030	0.82	5.4	6.7

キとヤブニッケイの差は、光補償点では  $31.2\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ 、最大光合成速度では、 $7.6\ \mu\text{molCO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  となり、それぞれ約 6.8 倍、2.1 倍に達した。また、クスノキは光量子束密度  $180\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  でも光飽和点に達しなかったのに対し、ヤブニッケイは光量子束密度  $1200\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  程度で光飽和点に達した。その他の特性値については、初期勾配は、4 樹種間で大きな差は認められなかった。曲率は、タブノキ、シロダモ、ヤブニッケイには差はなかったが、クスノキでは、非直角双曲線に近似すると負の値を示した。暗呼吸速度は、クスノキが最大、ヤブニッケイが最小、タブノキ、シロダモはそれらの中間的な値を示した。クスノキとヤブニッケイの差は、 $0.51\ \mu\text{molCO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  となり、約 4.2 倍に達した。

すなわち、クスノキは最大光合成速度、暗呼吸速度ともに 4 樹種中最高の値を示した。また、曲率が非常に小さく、光補償点も最高であった。他の 3 樹種については、ヤブニッケイが最大光合成速度、呼吸速度ともに最低値を示した。これら 3 樹種の初期勾配、曲率には大きな差はなく、光補償点もヤブニッケイが最低値を示した。

このような光合成特性値の種間差、特に最大光合成速度の差に及ぼす葉の形態の影響を明らかにするため、図-2 に、各樹種間の測定葉の比葉面積と最大光合成速度との関係を示す。強光条件における最大光合成速度は葉の厚さと密接な関係にあることが知られており、厚

い葉では最大光合成速度は高く、薄い葉では最大光合成速度は低くなる<sup>3)</sup>。よって、比葉面積が小さいほど最大光合成速度は高くなり、逆に比葉面積が大きいほど最大光合成速度は低くなる<sup>4)</sup>ことが予想される。本研究

に用いたクスノキ科 4 樹種では、これらの関係が 1 本の曲線で表すことができた。また、図中の各点は樹種ごとに分離して明瞭な樹種間差を示した。すなわち、クスノキ、シロダモ、タブノキ、ヤブニッケイの順に比葉面積は大きくなり、それにとまって最大光合成速度は小さくなる<sup>5)</sup>ことが示された。換言すると、クスノキが最も陽葉型の性質を有し、逆に、シロダモ、タブノキ、そしてヤブニッケイの順に陰葉型の性質を示した。

今後、それぞれの樹種の光合成特性値と形態変化の差異が、森林の更新過程において、どのように関連しているのかを明らかにし、生態学的意義づけをする必要がある。そのためには、すでに林冠に達した個体に加えて、後継樹となる実生の光環境に対する適応反応の樹種間差について明確にする必要がある。

引用文献

- (1) 井上 晋 :101 回日林論, 421~422, 1990
- (2) JOHNSON, I. R. and THORNLEY, J. H. M. :J. Theor. Biol. 107, 531~545, 1984
- (3) Takayoshi KOIKE :Pl. Sp. Biol. 3, 77~87, 1988
- (4) 楠本 司 :日本生態学会誌 7, 126~130, 1957
- (5) 中尾登志雄ら :99 回日林論, 333~334, 1988
- (6) 島田 緑子 :日本緑化工学会誌, 17 (4), 32~43, 1992
- (7) シュルギン, I. A. (内嶋善兵衛訳) :太陽光と植物, pp. 163, 東京大学出版, 東京, 1970