

アカマツ林床に生育するツツジ科低木4種のシュートデザイン

城田徹央・岡野哲郎

信州大学農学部森林科学科

要 約

アカマツ二次林の林床に生育するツツジ科低木4種のシュートデザインを比較した。林床低木にとって重要な光捕捉に関連するシュートデザインの指標として、シュート重量あたりのシュート投影面積 (SAR) を計測し、種間およびシュートタイプ間で比較をおこなった。その結果、いずれの種でも SAR は長枝よりも短枝で大きく、空間獲得を行う長枝と光獲得を行う短枝との機能分化が示唆された。また種間では、バイカツツジとホツツジが、それぞれ SAR の最低値と最高値を示し、ヤマツツジとトウゴクミツバツツジは中間値を示した。この調査地ではバイカツツジとホツツジが優占していたことから、これらの種の生活史戦略を議論するうえでは、シュートデザインだけではなく樹冠アーキテクチャなどの空間獲得様式も併せて吟味する必要があると結論された。

キーワード：シュートデザイン, ツツジ科, 低木, 比シュート投影面積 (SAR), 長枝・短枝

1. はじめに

内陸で標高が高い長野県では、アカマツ林にしばしばヤマツツジが出現し、ヤマツツジ-アカマツ群集を形成する¹⁵⁾。ヤマツツジ-アカマツ群集には、ヤマツツジ以外にも、トウゴクミツバツツジやバイカツツジなどのツツジ科植物を伴う^{1,15)}。ツツジ科植物は非常に多くの種から構成される分類群であり²³⁾、多種多様な生活史があるものと考えられる。一般に、林床植生は土壌流出を防止し^{5,13,14,18,29)}、生物多様性を向上させる¹⁷⁾。したがって林床植生構成種の生活史の比較検討は、これらの機能を計画的に発揮させるうえで有用と考えられる。

一般に、樹木はモジュールの再生産と積上げによって成長する。すなわち、母親シュートから分岐した娘シュートが成長し、母親シュートとなって、新たに娘シュートを分岐させることによって樹冠が拡大する^{3,4,6,10,24)}。このような積上げ型の成長は、樹形にある程度の範囲で自由度を与え、環境への可塑的な適応を可能にする。しかしながら、同時に、樹形形成に一定の規則性を与え、樹種に特有な樹形を作り出す。したがって樹形にみられる種特性は、その種の空間獲得戦略を反映していると考えられる^{6,20,25)}。これまでに、いくつかのツツジ科低木についてモジュール概念に基づいた生活史研究が行わ

れてきた^{11,16,19)}。たとえば森本¹⁶⁾はコバノミツバツツジの当年枝の動態を行列モデルで表現し、樹形形成と繁殖戦略について考察した。一方、Kawamura & Takeda¹¹⁾はウスノキとシャシャンポの樹形形成過程における光可塑性を検討し、前者のほうが多様な光環境に適応できると結論した。また城田・岡野¹⁹⁾はアカマツ林に生育する4種のツツジ科低木について、分岐特性の解析に基づいたシミュレーションを用いて空間獲得における種特性を明らかにした。

一方で、樹木の光捕捉には樹冠全体の構造だけでなく、シュートそのもののデザインも重要と考えられる¹⁰⁾。例えば、光捕捉を考えるうえでは、葉の重なりはマイナス要因となる。したがってシュート全体の葉面積だけでなく、シュートの投影面積が重要になるだろう^{2,8)}。シュートの投影面積と葉面積の比は同一樹種でも可塑的に変化する^{9,21)}。本研究では同一のアカマツ林の林床に生育する、異なる属または亜属に含まれるツツジ科低木4種を対象にシュートのデザインを比較した。

2. 材料と方法

2.1. 調査地

長野県伊那市羽広地区、仲仙寺近傍の丘陵地（北緯35°53'12", 東経137°54'50", 標高1050m）の南東斜面（斜面傾斜20度）に位置するアカマツ林（ヤマツツジ-アカマツ群集）を調査地とした（図1）。この調査地は高木層アカマツの被度が40%の疎林で

受付日 2009年12月3日

受理日 2010年2月3日

表 1 調査地における出現種とその被度

階層		植物種	被度	高さ (m)
高木層				
	<i>Pinus densiflora</i>	アカマツ	2	20.5
亜高木層				
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	1	14.5
低木層				
	<i>Rhododendron semibarbatum</i>	バイカツツジ	2	1.5
	<i>Elliottia paniculata</i>	ホツツジ	2	1.5
	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	コシアブラ	1	4
	<i>Rhododendron wadanum</i>	トウゴクミツバツツジ	1	1.5
	<i>Rhododendron kaempferi</i>	ヤマツツジ	+	1
	<i>Vaccinium hirtum</i>	ウスノキ	+	1
	<i>Lyonia ovalifolia</i>	ネジキ	+	
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	+	
	<i>Acer crataegifolium</i>	ウリカエデ	+	
	<i>Acer rufinerve</i>	ウリハダカエデ	+	
	<i>Acer sieboldianum</i>	コハウチワカエデ	+	
	<i>Acer japonicum</i>	ヒナウチワカエデ	+	
	<i>Prunus sargentii</i>	オオヤマザクラ	+	
	<i>Viburnum phlebotrichum</i>	オトコヨウゴメ	+	
	<i>Prunus Verecunda</i>	カスミザクラ	+	
	<i>Fraxinus lanuginosa</i>	ケアオダモ	+	
	<i>Hydrangea hirta</i>	コアジサイ	+	
	<i>Quercus serrata</i>	コナラ	+	
	<i>Quercus crispula</i>	ミズナラ	+	
	<i>Tsuga sicboldii</i>	ツガ	+	
	<i>Sorbus commixta</i>	ナナカマド	+	
	<i>Magnolia obovata</i>	ホオノキ	+	
	<i>Ligustrum tschonoskii</i>	ミヤマイボタ	+	
	<i>Rhus trichocarpa</i>	ヤマウルシ	+	
	<i>Lespedeza bicolor</i>	ヤマハギ	+	
林床				
	<i>Ilex pedunculosa</i>	ソヨゴ	1	
	<i>Rhododendron semibarbatum</i>	バイカツツジ	1	
	<i>Pinus densiflora</i>	アカマツ	+	
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	+	
	<i>Vaccinium hirtum</i>	ウスノキ	+	
	<i>Elliottia paniculata</i>	ホツツジ	+	
	<i>Lyonia ovalifolia</i>	ネジキ	+	
	<i>Acer palmatum</i>	イロハモミジ	+	
	<i>Acer crataegifolium</i>	ウリカエデ	+	
	<i>Acer rufinerve</i>	ウリハダカエデ	+	
	<i>Acer palmatum var. amoenum</i>	オオモミジ	+	
	<i>Acer distylum</i>	ヒトツバカエデ	+	
	<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	+	
	<i>Viburnum phlebotrichum</i>	オトコヨウゾメ	+	
	<i>Prunus Verecunda</i>	カスミザクラ	+	
	<i>Viburnum dilatatum</i>	ガマズミ	+	
	<i>Torreya nucifera</i>	カヤ	+	
	<i>Castanea crenata</i>	クリ	+	
	<i>Hydrangea hirta</i>	コアジサイ	+	
	<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	+	
	<i>Sasamorpha borealis</i>	スズダケ	+	
	<i>Viola sp.</i>	スミレ sp	+	
	<i>Lindera obtusiloba</i>	ダンコウバイ	+	
	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	チヂミザサ	+	
	<i>Tsuga sicboldii</i>	ツガ	+	
	<i>Sorbus commixta</i>	ナナカマド	+	
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	マルバアオダモ	+	
	<i>Quercus crispula</i>	ミズナラ	+	
	<i>Ligustrum tschonoskii</i>	ミヤマイボタ	+	
	<i>Rhus trichocarpa</i>	ヤマウルシ	+	
	<i>Clethra barbinervis</i>	リョウブ	+	



図1 調査地の位置

あり、亜高木層（被度30%）にヒノキとコメツガが分布した。低木層（被度80%）はよく発達しており、特にバイカツツジ、ホツツジが優占し、ヤマツツジとトウゴクミツバツツジが局所的に分布した。また、樹高4 m以下のコシアブラ、コナラ、クリ、ヤマウルシなども点在した。一方、草本層の植生はほとんど発達しておらず（被度10%）、最も多くの個体数、および最も大きな被度を示したのは、バイカツツジとソヨゴの実生であった（表1）。

上伊那地方のアカマツ林を対象に種組成からタイプ分けを行った研究¹⁾に基づく、「草本種が相対的に少ないが、ネズミサシのように貧栄養の立地に出現する種があらわれないタイプの群落」に対応すると考えられる。このタイプの群落では、下刈りなどの人為的な影響が認められる可能性が指摘されている。本調査地では、高木層のアカマツを間伐した形跡があり、攪乱の影響を少なからず受けていると考えられる。

2.2. 材料

2009年7月25日、調査地に生育するヤマツツジ (*Rhododendron kaempferi*; ヤマツツジ亜属)、トウゴクミツバツツジ (*R. wadanum*; ミツバツツジ亜属)、バイカツツジ (*R. semibarbatum*; トキワバイカツツジ亜属)、ホツツジ (*Elliottia paniculata*; ホツツジ属)の各5個体から、長さ50 cm程度の枝を1つずつ採取した。それぞれの供試枝から長枝と短枝を5個ずつ選び、供試シュートとした。

2.3. 測定方法

シュート投影面積をデジタルカメラと画像解析ソ

フトを用いて解析した⁸⁾。まず、供試シュートを水平の台上に固定し、デジタルカメラ (Coolpix5400, Nikon) で撮影した。次に、撮影画像の葉の部分を画像解析ソフト (GIMP 2.6.6) で抽出し、その面積を葉面積解析ソフト (LIA32 ver 0.376²⁸⁾) によって算出した。この値をシュートの投影面積 (silhouette area: A_s) とした。このとき供試シュートとカメラの距離によって投影される面積が変化するので、シュートの高さを計測して補正した。

次に、投影面積を求めた供試シュートについて、シュート長: L と基部直径: D を計測した。さらに茎と葉を分け、葉の画像をスキャナー (CanoScan-LiDE200, Canon) で読み込んだ。この画像を葉面積解析ソフト (LIA32 ver. 0.376²⁸⁾) によって計測し、葉面積: A_l とした。最後に茎と葉を、ドライオーブンをを用いて75度で72時間乾燥させた後、乾燥重量を計測し (それぞれ W_s , W_l)、その合計値をシュート全体の重量: W とした。

2.4. 解析方法

シュートの投影面積は光獲得量の指標となる^{2,8,9,21)}。本研究では、シュートの光獲得効率の指標として、シュートの乾重量あたりの投影面積 (silhouette area ratio: SAR, A_s/W) を定義した。SARはシュート乾重量あたりの葉面積 (leaf area ratio: LAR, A_l/W) と葉面積あたりの投影面積 (overlap ratio: OR, A_s/A_l) の積で表される。前者はシュートのコストあたりの葉の面積であり、後者は葉の重なり具合を表現する。

$$SAR = LAR \cdot OR \quad (1)$$

さらにLARはシュート乾重量あたりの葉の重量 (leaf weight ratio: LWR, W_l/W) と葉重量あたり葉面積 (specific leaf area: SLA, A_l/W_l) の積で表現される。ここで前者は葉への分配率を、後者は葉のコストあたり面積を表現する。

$$LAR = LWR \cdot SLA \quad (2)$$

これらの式からSARはLWR, SLA, およびORの積で表現される。

$$SAR = LWR \cdot SLA \cdot OR \quad (3)$$

式. 3を対数変換すると次式が得られる;

$$\log SAR = \log LWR + \log SLA + \log OR \quad (4)$$

本研究では、まず、ツツジ科低木4種についてSARの種間差を検討する。次に、その構成因子の種間差を調べることで、SARの種間差の要因を議論する。対数変換することで、SARを構成因子の和として表現できるので、SARの種間差やシュート間差への各因子の寄与を定量的に評価できる。

それぞれの因子(対数値)について4樹種と2つのシュートタイプを要因とする分散分析を行った($P=0.05$)。さらに事後検定として、種に関する多重比較および種とシュートタイプの相互作用に関する多重比較を行った(Scheffeの方法, $P=0.05$)。事前の解析段階で個体間差が検出されなかったため、本研究では個体のデータをプールして解析した結果を示した。なお、全てのグループ(種×シュートタイプ)について、対数変換された各因子の正規性を検定した結果、全ての因子について正規分布と異ならなかった(コロモゴロフ・スミルノフ検定, $P=0.05$)。全ての統計解析は統計解析ソフト STATISTICA 2000 ver. 5.5によって行われた。

3. 結 果

図2に各樹種の長枝と短枝の直径と長さの関係を示した。直径は長枝よりも短枝のほうが若干小さかったが、長さは長枝よりも短枝のほうが大幅に小さかった。また直径と長さの相関をみると、長枝では有意であったのに対し、短枝ではパイカツツジを除き有意ではなかった。

図3にSARとその構成要素を種別、シュートのタイプ別に示した。またその対数値の分散分析の結果を表2に示した。SAR [cm^2/g] はパイカツツジで最も小さく(長枝:191, 短枝:288), トウゴク

ミツバツツジ(長枝:260, 短枝:372), ヤマツツジ(長枝:246, 短枝:327), ホツツジ(長枝:201, 短枝:592)の順に大きくなった。また長枝と短枝を比較すると、いずれの樹種でも前者で小さかった。

まずSARはLWR, SLA, およびORの積で表現される(式3)。LWRについてみると、大型のシュートをもつトウゴクミツバツツジが最も低い値を示し、小型のシュートを持つヤマツツジで最も高い値を示した。パイカツツジとホツツジのLWRは、

表2 SARとその構成要素に関する分散分析表

従属変数	独立変数	自由度	要因 平均平方和	F-値	p-値
SAR	樹種	3	0.2401	12.6	<0.001
	シュート	1	3.5233	184.4	<0.001
	交互作用	3	0.1963	10.3	<0.001
	誤差	192	0.0191		
OR	樹種	3	0.0285	7.7	<0.001
	シュート	1	0.0828	22.4	<0.001
	交互作用	3	0.0093	2.5	0.060
	誤差	192	0.0037		
LWR	樹種	3	0.0117	4.8	0.003
	シュート	1	1.0209	417.3	<0.001
	交互作用	3	0.0098	4.0	0.009
	誤差	192	0.0024		
SLA	樹種	3	0.1957	22.2	<0.001
	シュート	1	0.3431	38.9	<0.001
	交互作用	3	0.1243	14.1	<0.001
	誤差	192	0.0088		

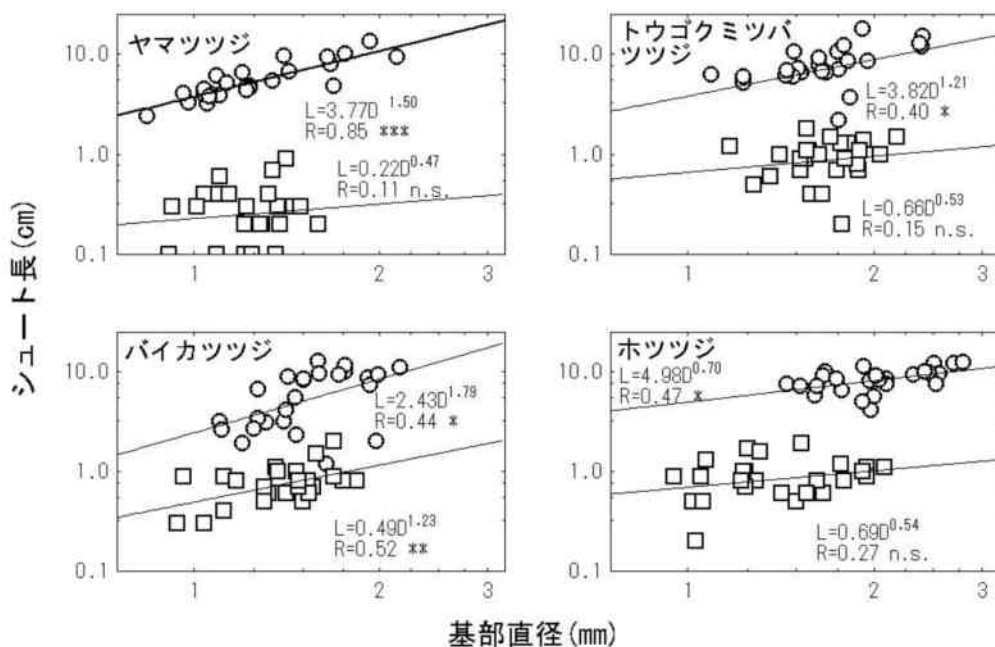


図2 ツツジ科低木4種の長枝と短枝における基部直径とシュート長の関係

丸は長枝を、四角は短枝を表す。式は相対成長関係を、Rはその相関係数を示す。

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$, n.s.: $P > 0.05$

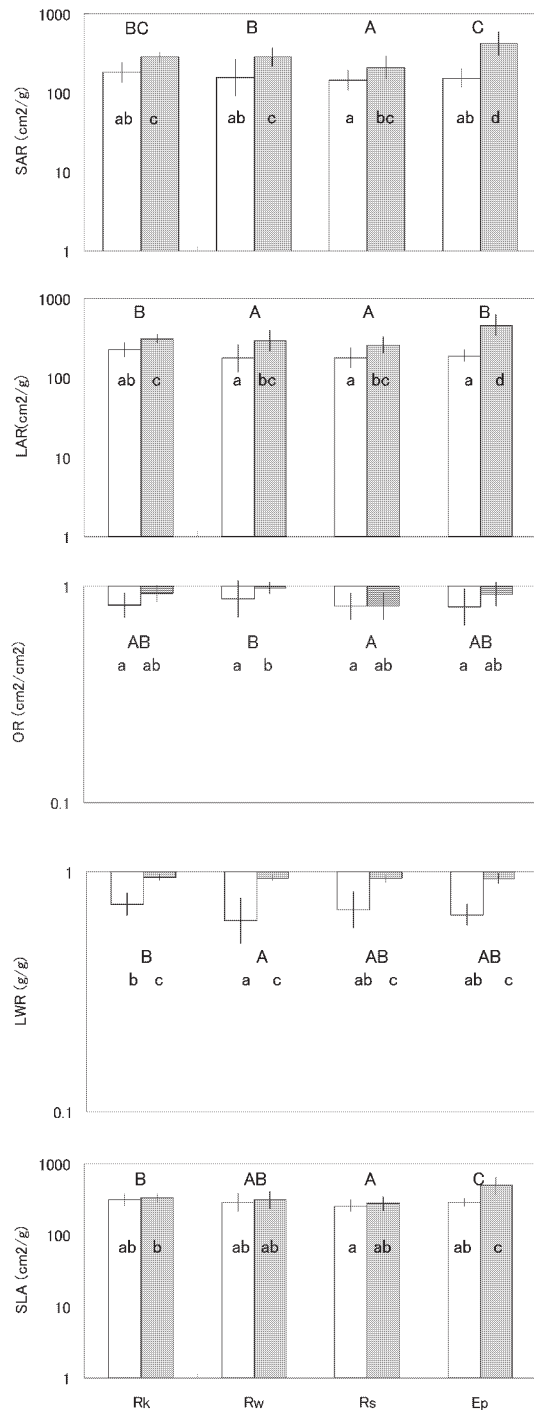


図3 ツツジ科低木4種のSARとその構成要素
白バーは長枝を、グレーのバーは短枝を表す。
Rk, Rw, Rs, Epはそれぞれヤマツツジ、トウゴクミツバツツジ、バйкаツツジ、ホツツジを表す。同じアルファベットの付いた値は互いに異ならない (Scheffeの方法による多重比較, $P=0.05$)。なお、大文字については種間差のみの検定結果、小文字については種間差とシュートタイプ間差の交互作用も含めた検定結果を示している。

これらの種の間中間的な値を示し、いずれの種とも有意な差を示さなかった。一方、SLAはバйкаツツジで最も小さく、トウゴクミツバツツジ、ヤマツツジ、ホツツジの順に大きくなった。最後にORはバйкаツツジで小さく、トウゴクミツバツツジで大きかった。ヤマツツジとホツツジのORは、これらの種の間中間的な値を示し、いずれの種とも有意な差を示さなかった。

長枝と短枝を比較すると、LWR, SLA, およびORのいずれの値も短枝より長枝のほうが低い値を示した。

4. 考 察

4.1. 長枝と短枝の違い

本研究で取り扱った4種の全てのツツジ科低木において、シュート長には長枝と短枝の違いが大きく認められた。一方、短枝のSARは長枝よりも大きかった。このことは短枝のシュートのコストあたりの受光量が大きいことを示唆している。一般に長枝は空間獲得に適した形態を、短枝は獲得した空間の中に葉を効率よく配置するうえで都合のよい形態を示す^{4,6,7,20,24,25,26,27}。本研究の結果からも、短枝は樹形全体の形態を変えることなく、葉を樹冠内に配置するうえで効率的なシュート形態を示しているといえる。

SARは、最終的には、LWR, SLA, およびORの積で表現されるが(式3)、いずれの値も短枝よりも長枝のほうが小さい値を示しており、それぞれの要因がSARのシュートのタイプによる違いを生み出しているといえる。まずLWRはシュート重量あたりの葉の重量である。したがって、長い茎を持つ長枝のほうが低い値を示すのは必然的といえる^{3,22}。

次にSLAは、葉の形質だけを扱っているため、LWRのような構造的要素に直接的な相連の原因を求めることは難しい。一般にSLAは葉の配置される位置によって異なり、より明るい樹冠の外側で小さい¹²。長枝のほうが短枝よりも、より樹冠の外側にせり出していくことで、より明るい光環境におかれ、それがSLAを相対的に小さくしている可能性が考えられる。今後、短枝と長枝のおかれた光環境を計測することで、この仮説が検証できるだろう。

最後にORはシュートにおける葉の重複の程度を示す。長枝が短枝よりも小さいORを示すということは、長枝のほうが葉の重複が大きいことを示している。一般に植物のシュートは先端が上方に向かっ

て伸長する直立枝と、先端が水平または斜めに伸長する斜出枝に分けられる^{3,6,7)}。今回取り扱ったツツジ科低木は全て直立枝を、アクシバヤスノキなどでは斜出枝を形成する。ホオノキに代表されるように、直立枝ではシュートの先端に葉が輪生することが多い^{3,6)}。今回計測したツツジ科低木においては、いずれの種においても、短枝では輪生する葉のみが形成されていた。その一方で、長枝では先端部分に輪生する葉群が形成され、途中部分に別の葉が形成されていた。この途中部分の葉の一部が、先端部分の葉群に隠されていたことから、長枝の葉の重複が相対的に大きくなったと考えられる。

4.2. SAR の種間差とその要因

SAR はバイカツツジで最も小さく、ホツツジで最も大きかった。トウゴクミツバツツジはバイカツツジよりも大きな値を示し、ヤマツツジはトウゴクミツバツツジとホツツジの中間的な値を示した。この調査地ではバイカツツジとホツツジが優占し、ヤマツツジとトウゴクミツバツツジは相対的に少なかった。したがって本研究の結果は、ホツツジが優先する理由のひとつとして、この種のシュートのコストパフォーマンスが良いことを挙げることができる。しかしながら、その反面、本研究の結果は、バイカツツジが優占する根拠を同じ要因に求めることができないことも示している。ツツジ科低木の生活史戦略を議論するうえで、シュートの形態に表れる空間獲得様式だけでなく、枝分れ構造などに代表される樹形そのものも併せて、総合的に検討する必要があるだろう。

SAR を構成する LWR, SLA, および OR の種間差を検討した結果、それぞれの要因が複合的に関与していることが明らかにされた。そこで SAR の違いがあった 2 種の組み合わせを抽出し、その違いが現れた原因を検討する。

まずバイカツツジとトウゴクミツバツツジについては、LWR と SLA には有意な違いがなかったが、OR に違いが認められた。次に、バイカツツジとヤマツツジについては、OR と LWR に有意な違いはなかったが、SLA に有意な違いがあった。またトウゴクミツバツツジとホツツジについても、OR と LWR に有意な違いはなかったが、SLA に有意な違いがあった。最後に、SAR が最も異なったバイカツツジとホツツジについても、OR と LWR に有意な違いはなかったが、SLA に有意な違いがあった。

このように SAR の種間差と最もよく対応したの

は SLA の種間差であった。すなわち、今回、調査したツツジ科低木 4 種に関しては、シュートにおける物質分配特性や、葉のかたちや配列によって生じる葉の重なり特性よりも、葉そのもののコスト・ベネフィットを表す SLA が、シュートのコスト・ベネフィットを反映する結果になったといえる。

謝 辞

信州大学森林科学科の飯野啓介さん、中野大佑さん、横山三七子さん、藁科明日香さんには調査地の植生調査にご協力いただき、北原和樹さん、高田乃倫予さん、藤田ゆうさん、松下遼太さん、森本隆宏さんにはシュート計測を補助していただきました。ここに深甚なる感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 馬場多久男 (1979) 上伊那地方天然性アカマツ林の種組成と地位ならびに立地因子の関係について. 信州大学演習林報告 16: 39-55
- 2) Barclay, H.J. and Goodman, D. (2000) Conversion of total project leaf area index in conifers. *Canadian Journal of Botany* 78: 447-454
- 3) Barthelemy, D. and Caraglio, Y. (2007) Plant Architecture: A Dynamic, Multilevel and Comprehensive Approach to Plant Form, Structure and Ontogeny. *Annals of Botany* 99: 375-407
- 4) Crawley M. J. (1997) Life history and environment. In *Plant Ecology*, 2nd edition. Blackwell Science, Oxford. pp.73-131
- 5) 深田英久・渡辺直史・梶原規弘・塚本次郎 (2006) 土壤保全からみたヒノキ人工林の下層植生の動態と植生管理への応用. *日本森林学会誌* 88: 231-239
- 6) Halle, F., Oldeman, R.A.A., Tomlinson, P.B. (1978) *Tropical Trees and Forests*. Springer-Verlag, New York. 441pp.
- 7) 原襄. 植物形態学, 朝倉書店, 東京. 180pp.
- 8) Ishii, H.T. and Dannoura, M. (2004) Measurement of three-dimensional morphology and surface area of conifer shoots and roots using the desktop scanner and silhouette image analysis. *Eurasian Journal of Forest Research* 7: 27-32
- 9) Ishii, H, Ooishi, M., Maruyama, Y., Koike, T. (2003) Acclimation of shoot and needle morphology and photosynthesis of two *Picea* species to differences in soil nutrient availability. *Tree Physiology* 23: 453-461
- 10) 石井弘明・吉村謙一・音田高志 (2006) 樹木生理学と森林群落動態をつなぐ樹形研究. *日本森林学会誌* 88: 290-301

- 11) Kawamura, K. and Takeda, T. (2004) Rules of crown development in the clonal shrub *Vaccinium hirtum* in a low-light understory: a quantitative analysis of architecture. *Canadian Journal of Botany* 82: 329-339
- 12) 小池孝良. 樹木生理生態学. 朝倉書店, 東京. 264 pp.
- 13) 三浦寛 (2000) 表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆率の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価. *日本林学会誌* 82: 132-140
- 14) Miura, S., Yoshinaga, S., Yamada, T. (2003) Protective effect of floor cover against soil erosion on steep slopes forested with *Chamaecyparis obtusa* (hinoki) and other species. *Journal of Forest Research* 8: 27-35
- 15) 宮脇昭 (1985) 日本植生誌, 中部. 至文堂, 東京. pp. 176-182
- 16) 森本淳子・吉田博宣 (1999) コバノミツバツツジの樹冠の成長速度と将来の樹冠構造の推定. *ランドスケープ研究* 62: 529-532
- 17) 長池卓男 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. *日本林学会* 82: 407-416
- 18) 恩田裕一・湯川典子 (1995) ヒノキ林において下層植生が土壌の浸透能に及ぼす影響 (II): 下層植生の効果に関する室内実験. *日本林学会誌* 77: 399-407
- 19) 城田徹央・岡野哲郎 (印刷中) アカマツ林床に生育するツツジ科低木 4 種の樹形比較. *中部森林研究* 58
- 20) Silvertown, J.W. (1993) *Introduction to Plant Population Biology*. Blackwell Science, Oxford, 360pp.
- 21) Stenberg, P., Linder, S., Smolander, H. (1995) Variation in the ratio of shoot silhouette area to needle area in fertilized and unfertilized Norway spruce trees. *Tree Physiology* 15: 705-712
- 22) Steingraeber, D.A. (1979) Variation of shoot morphology and bifurcation ratio in sugar maple (*Acer saccharum*) saplings. *American Journal of Botany* 66: 441-445
- 23) 高橋秀男 (2001) 樹に咲く花, 合弁花・単子葉・裸子植物. 山と溪谷社, 東京. pp. 10-159
- 24) Takenaka, A. (1997) Structural variation in current-year shoot of broad leaved evergreen tree saplings under forest canopies in warm temperature Japan. *Tree Physiology* 17: 205-210
- 25) White, J. (1979) The plant as a metapopulation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 109-145
- 26) Yagi, T., Kikuzawa, K. (1999) Patterns in Size-Related Variations in Current-Year Shoot Structure in Eight Deciduous Tree Species. *Journal of plant research* 112: 343-352
- 27) 八木貴信 (2000) 広葉樹種におけるモジュールの機能分化. *日本生態学会誌* 50: 235-250
- 28) Yamamoto, K. (2000) Estimation of the canopy-gap size using two photographs taken at different heights. *Ecological Research* 15: 203-208
- 29) 湯川典子・恩田裕一 (1995) ヒノキ林において下層植生が土壌の浸透能に及ぼす影響 (I): 散水型浸透計による野外実験. *日本林学会誌* 77: 224-231

Comparison of shoot design among four ERICACEAE understory species in *Pinus densiflora* forest

Tetsuoh SHIROTA, Tetsuo OKANO

Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Shoot design was compared among four ERICACEAE understory species in *Pinus densiflora* forest. Silhouette shoot area per unit shoot weight (silhouette area ratio: SAR) was calculated as a parameter of light acquisition efficiency. SAR was compared among four species, and between long shoot and short shoot. In any species, SAR of long shoot was smaller than one of short shoot. This difference suggests that the functional differentiation of shoot design between long and short shoot. On the other hand, SAR of *Rhododendron semibarbatum* and one of *Elliottia paniculata* represented minimum and maximum value among species, respectively. And, SAR of *R. kaempferi* and *R. wadanum* represented intermediate values.

Because both of *R. semibarbatum* and *E. paniculata* were dominant understory species in this *Pinus densiflora* forest, SAR could not be a good indicator of light capture strategy. It is necessary to consider not only shoot design, but also crown architecture in order to discuss the light capture strategy of ERICACEAE species.

Key word : shoot design, ERICACEAE, understory species, silhouette area ratio (SAR),
long and short shoot