

スギ、ヒノキの葉の展開について

伊東 明・吉原 真・玉井 重信*

Shoot elongation characteristics of *Cryptomeria japonica* and
Chamecyparis obtusa

Akira ITOH, Makoto YOSHIHARA and Shigenobu TAMAI

要 旨

16年生のスギ及びヒノキ人工林の樹冠における葉の展開様式について調査を行なった。

スギ、ヒノキともに葉条 (shoot) の伸長生長期間は4月から10月で、温帯の樹種としては比較的長い伸長期間を示した。樹冠上層部の葉条の伸長量に比べ樹冠の中層や下層での伸長量は著しく小さかった。これを頂芽優勢の性質のみから説明することには無理があり、樹冠内における相対照度の垂直勾配も葉条の伸長に大きく影響していると考えられた。樹冠下層になるにつれてスギでは伸長する葉条の数が大幅に減少し、一部の葉条を集中的に伸長させる傾向がみられた。一方、ヒノキは下層においても伸長する葉条の数は極端には減少しないが、個々の葉条の伸長量は上層に比べ著しく小さくなった。スギ、ヒノキとも、等しい高さの樹冠内では枝の先端部の葉条のほうが枝の基部 (幹に近い部分) の葉条よりも良く伸長した。これは頂芽優勢の現われであると考えた。

はじめに

樹木の葉の展開過程を知るためには、普通、葉条の伸長生長と葉の展開の2つの過程を区別して考える必要がある。しかし、スギ、ヒノキにおいては葉条そのものが形成後数年の間は針葉または鱗片葉の集合したものと見なせるため、葉の展開過程を葉条の伸長生長のみから考察することが可能である。葉条の伸長生長過程は長さの計測という単純な方法によって、比較的容易に定量的な分析をすることができる。

これまでに、温帯地域における林木の伸長生長に関する研究は様々な樹種について行なわれている¹⁻⁶⁾。これらの結果によると、一般的に伸長生長は肥大生長や根の生長に比べ環境に左右される度合いが少なく、年による変動も小さいとされている。また、伸長パターンには種特性があり、同一環境下でも種によって伸長パターンは異なることが知られている。しかし、これまでの研究のほとんどは低木種あるいは高木種の苗木や幼木によるものであり、しかも孤立木の場合が多かった。森林の高木層を構成している個体の伸長生長についてはほとんど研究されていない。

樹冠が完全に閉鎖している森林における樹冠内及び林内の環境は、樹木が単独で存在している

*現在の所属：鳥取大学農学部

本研究は文部省科学研究費 (一般研究 A, 課題番号 63440012) による助成を受けて行なわれた。

場合と明らかに異なっている。葉の展開に最も関係の深いと考えられる光環境も、閉鎖林では上層部で光量が多く、下層になるにしたがって急激に減少する明確な垂直勾配を形成している。こうした環境の相違は林木の伸長生長にも影響するものと考えられるため、孤立木で調べられた伸長パターンを閉鎖林にそのまま適用することには問題があろう。

そこで、本報告では閉鎖林の樹冠における葉の展開過程を垂直的に明らかにすることを目的として、スギ及びヒノキの人工林において葉の展開パターンを調査し、樹冠内の光環境の垂直構造との関係について考察した。

なお、本研究を進めるに際して、適切な助言をしていただきました京都大学農学部名誉教授の堤利夫博士ならびに同大学森林生態学研究室の皆様へ深く感謝いたします。

調査地の概要

本調査は京都市の東南部、山科区に位置する安祥寺国有林内のスギ (*Cryptomeria japonica*) 及びヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) 人工林内で行なわれた。調査地の標高はおよそ 130 m、土壌型は秩父古生層からなる B_D 型ないし B_{Da} 型である。京都市中京区の京都气象台における年平均気温は 15.8°C (1951～1978 年)、年平均降水量は 1,684.11 mm (1951～1980 年) である。

スギ林分、ヒノキ林分ともに北向き斜面の下部に位置する 16 年生の人工林で、樹冠は完全に閉鎖しており、下枝の枯れ上りが始まっている。林床は暗く下層植生はほとんど見られなかった。スギ林分の表層土には礫が多く、A₀ 層の発達はあまりよくない。ヒノキ林分は傾斜がややきついが、A₀ 層はスギ林分に比べ良く発達している。Table 1 に各林分の概要を示す。

Table 1. General description of research stands (April 1986)

Species	Age (year)	Inclination (°)	Tree density (no./ha)	Mean DBH (cm)	Mean height (m)	Basal area (m ² /ha)
<i>Cryptomeria japonica</i>	15	12	3,530	11.9	12.0	52.42
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	15	27	3,830	8.8	8.0	30.56

調査方法

スギ、ヒノキとも当年生葉条は全て針葉、鱗片葉からなっている。そこで、当年生葉条の伸長量を新葉の展開量の指標とし、その長さを計測することで葉の展開について考察した。

1. スギ

調査林分内の数個体の幹に梯子を掛け、その周囲の個体について測定を行なった。樹冠を上層 (9～11 m)、中層 (7～9 m)、下層 (5 (生枝下高)～7 m) に分け、各層から 20 枝を測定枝として選び、ナンバーテープを着けた。各測定枝の先端部に位置する葉条 2 つと幹に近いところ (以下、基部と呼ぶ) に位置する葉条 2 つとに水性ペンキで印をつけた。印をつけた葉条について、前年の展開終期に着けた短い針葉部分を起点とし、それより先を当年生葉条と見なして物差で長さを計測した。

2. ヒノキ

ヒノキについてもスギと同様の方法で当年生葉条の長さを計測した。ただし、樹冠は上層（6～8 m）と下層（3（生枝下高）～5 m）の2層に分け、各層の測定枝数は30本とした。また、ヒノキの当年生葉条は伸長開始後しばらくすると前年生との境界が不明瞭になるので、途中で前年生葉条と当年生葉条との境に印をつけ直し、以後はその印から先を計測した。

測定はスギ、ヒノキともに1987年4月20日から10月14日までと1988年4月26日から10月4日まで、およそ10日間隔で行なった。原則的には兩年とも同じ葉条を計測したが、1年目に枯れた枝が何本かあったので、それらについては2年目には同じ高さの枝の中から新たに測定枝を選んだ。

また、葉条の計測を行なった各枝の照度を照度計を用いて計測した。林道の上に設置した照度計で同時に計測した値を100として相対照度を求めた。測定日は1987年はスギが8月11日でヒノキが8月12日、天気は両日とも晴れ、1988年はともに8月24日で曇りであった。

結果及び考察

1. 葉の展開の季節変化

Fig. 1 に葉条長の平均値の相対変化を示した。伸長終了時の葉条長の平均に対する各時点での平均葉条長をパーセントで表示してある。スギ、ヒノキともに4月の下旬に伸長を開始し、9月の下旬から10月の初旬まで伸長を続けた。樹冠を構成している個体の伸長生长期間を調査した例⁹⁾は多くないが、苗木や幼樹に関する伸長生長パターンは様々な樹種について調べられている¹⁻⁸⁾。これらは、樹高がせいぜい数メートル程度の個体に関する研究であり、環境条件もまちまちなので、今回の結果と単純に比較することはできない。しかし、スギ、ヒノキの伸長期間については、苗木や幼樹を用いた研究で得られた結果^{1,9)}と本調査の結果とにほとんど違いはなく、スギ、ヒノキはともに温帯の樹種の中でも比較的伸長生长期間の長い樹種の一つであるといえよ

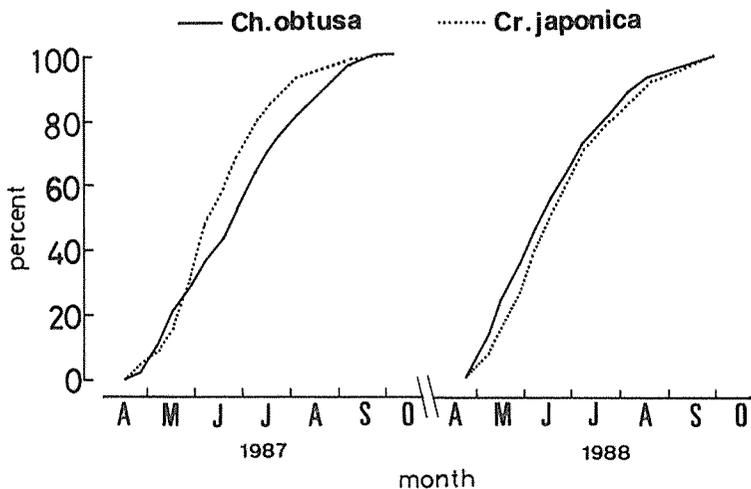


Fig. 1 Seasonal processes of shoot growth of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*. Shoot growth is shown as percent of the mean total growth.

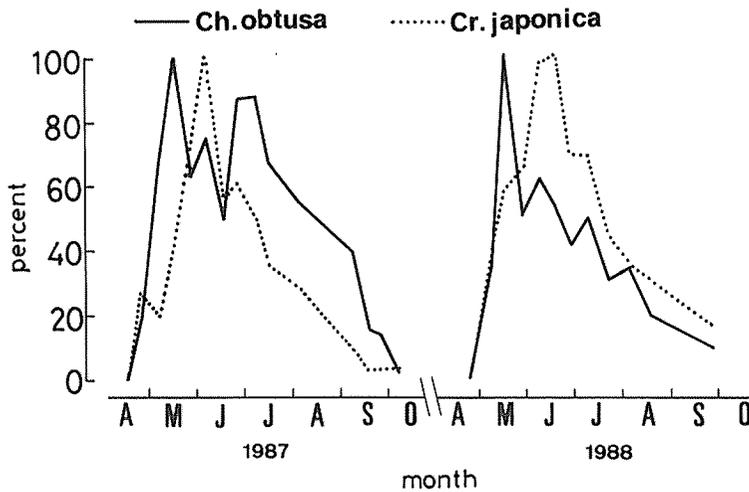


Fig. 2 Seasonal changes in Relative Growth Rate (RGR; see text) of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*.

う。

Fig. 2に相対葉条伸長率 (Relative Growth Rate, RGR) の季節変化を示した。RGRは次の式によって計算した。

$$GR_i = \frac{\sum_{n=1}^s (l_{n,i} - l_{n,i-1}) / \Delta t}{s} \quad (\text{mm/day})$$

$$RGR_i = \frac{GR_i}{GR_{MAX}} \times 100$$

GR_i は平均伸長量, $l_{n,i}$, $l_{n,i-1}$ は測定日 i における n 番目の当年生葉条の長さ、 s はサンプルとして測定した葉条の数, Δt は両測定日間の日数, GR_{MAX} はその年の GR の最大値である。

1987年をみると、スギは初期のRGRが小さく6月初旬に最大となり、その後急速に減少する1ピーク型の伸長パターンを示した。このため、Fig. 1の伸長曲線は初期に勾配が緩く、6月付近に伸長が集中するS字型の曲線になった。一方、ヒノキは伸長開始直後の5月初旬に最大となり、その後も長期に渡り比較的大きなRGRを維持するパターンを示した。伸長曲線 (Fig. 1) は伸長期間のごく初期と終期を除いてあまり勾配に変化の見られない伸長パターンとなった。1988年もヒノキは伸長開始直後に、スギは6月頃にRGRの最大を示した。しかし、ヒノキもスギと同様にその後RGRが急速に減少した。この理由について詳しくは後で述べるが、林分全体の樹高が高くなったために樹冠内における測定枝の相対的高さが1987年に比べ1988年のほうが低くなったことによるものであろう。このため、1988年の調査では、樹冠の下層部分における伸長パターンの特徴がより強く現われたと考えられる。

2. 樹冠各層の伸長パターン

樹冠各層の平均相対照度をTable 2に示す。スギ、ヒノキ林ともに上層で相対照度が大きく、下層へ行くにしたがって小さくなる明らかな垂直勾配を形成している。また、上層の平均相対照度は、スギ林では1987年が18.0パーセント、1988年が12.2パーセント、ヒノキ林では1987年

Table 2. Relative light intensity in each layer of canopy

Layer	Height range (m)	Relative light intensity (mean±S. D.)	
		1987	1988
<i>Cryptomeria japonica</i>			
Upper Canopy	9~11	17.97±15.96	12.16± 5.63
Middle Canopy	7~9	6.09± 3.66	6.76± 4.16
Lower Canopy	5~7	2.22± 2.38	3.62± 1.39
<i>Chamaecyparis obtusa</i>			
Upper Canopy	6~8	42.36±30.69	29.04±10.53
Lower Canopy	3~5	1.75± 2.61	4.53± 3.89

が42.4パーセント、1988年が29.0パーセントとともに1988年の方が有意に低かった(t-検定, $p < 0.01$)。両林分ともに16年生の若齢林分であるため樹高生長は活発である。このため1988年には本調査で樹冠の上層とした部分よりも更に上部に樹冠が伸び、新しく形成された最上部の枝葉によって光が遮断され相対照度が低下したものと考えられる。つまり、樹冠各層の地上高は1987、1988年とも同じだが、樹冠内における相対的な高さ、光環境からみて1988年の上層は1987年の上層と中層(ヒノキでは上層と下層)の中間的な位置をしめていると考えてよいであろう。

Fig. 3に樹冠層別の平均葉条伸長量増加曲線を示す。1987年をみるとスギ、ヒノキともに上層の伸長に比べ中層、下層の伸長量は著しく小さかった。1988年では下層、中層は1987年とほとんど変わらなかったが、上層は1987年の上層と中層の間であった。これは、先に述べたように、樹高生長により樹冠内の相対的な高さが低下したことが原因と考えられる。

樹冠の上層ほど葉条の伸長が大きくなった原因としては頂芽優勢と光環境の違いとの2つが考えられる。

一般に針葉樹は頂芽優勢の傾向が強く、孤立木においても個体の上部に着いている葉条ほど良く伸長し、下へ行くにつれて伸長量が少なくなる⁹⁾。1987年に樹高約4mの孤立木について葉条の伸長量を調べたところ、スギでは上層を100%とすると中層が86.4%、下層が44.5%、ヒノキでは中層62.1%、下層21.4%であった。本調査を行なった林分は既に樹冠が完全に閉鎖しており、下枝が枯れ上って樹冠は孤立木よりも薄くなっている。したがって、樹冠各層の葉条伸長

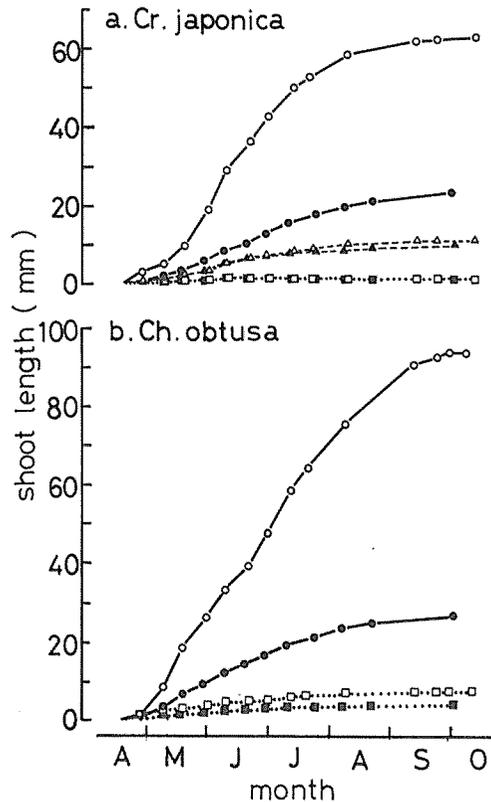


Fig. 3 Shoot growth curves of (a) *Cryptomeria japonica* and (b) *Chamaecyparis obtusa* in different layers of a canopy.

- | | | |
|-------------|---------------|--------|
| ○ ——— ○ | Upper canopy | } 1987 |
| △ - - - - △ | Middle canopy | |
| □ ····· □ | Lower canopy | |
| ● ——— ● | Upper canopy | } 1988 |
| ▲ - - - - ▲ | Middle canopy | |
| ■ ····· ■ | Lower canopy | |

Table 3. Mean annual shoot growth of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* in different layers of canopy (mm/year). Figures in parentheses show percent of the mean shoot growth in the upper canopy.

Canopy layer	1987		1988	
	total shoots	excluding non-grown shoots	total shoots	excluding non-grown shoots
<i>Cryptomeria japonica</i>				
Upper canopy	62.6 (100)	92.8 (100)	23.4 (100)	64.4 (100)
Middle canopy	10.7 (17.1)	61.3 (66.0)	9.5 (40.8)	57.1 (88.7)
Lower canopy	0.7 (1.2)	19.7 (21.2)	0.8 (3.4)	30.0 (46.6)
<i>Chamaecyparis obtusa</i>				
Upper canopy	92.7 (100)	93.5 (100)	26.2 (100)	27.3 (100)
Lower canopy	6.9 (7.4)	10.6 (11.3)	3.6 (13.6)	7.5 (27.5)

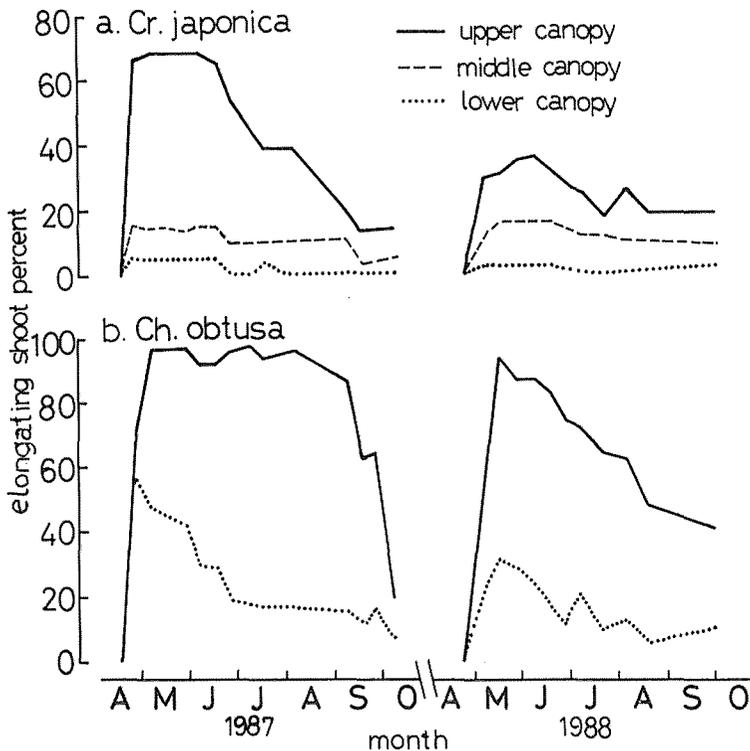


Fig. 4 Seasonal changes in proportions of elongating shoots in different layers of a canopy. (a): *Cryptomeria japonica*, (b): *Chamaecyparis obtusa*.

量に及ぼす頂芽優勢の影響は、孤立木の場合より小さくなることはあっても大きくなることは考えられない。しかし、本調査で認められた伸長量の層間での差は、1987年を例にとると上層100%に対してスギの中層が17.1%、下層が1.2%、ヒノキ下層が7.4%と著しく大きく (Table 3)、頂芽優勢だけからこれを説明するのは無理がある。

それでは、光環境の違いについてはどうであろうか。川那辺¹⁰⁾によるとスギの一年生苗の葉重量成長率は相対照度が50%以下になると減少し始め、10%では自然光の5割程度しか生長しない。ヒノキでは相対照度30%までは葉の成長率はあまり変化しないが、それ以下になると急激に減

少し、10%では自然光の21%の成長率になる。また、苗木の補償点をスギが4.6%、ヒノキが3.4%と推定している。苗木による実験で得られた数値を単純に本調査と比較することはできないが、樹冠各層の相対照度はスギ中層が6~7%、下層が2~4%、ヒノキ下層が1~5% (Table 2)で、中・下層の相対照度は苗木の補償点の前後であり、明らかに光不足による伸長の抑制が生じていたと推測できる。

葉条伸長量の垂直的相違に頂芽優勢と光環境の各々がどの程度寄与しているかを本調査から定量的に評価することはできなかった。しかし、スギ、ヒノキの閉鎖林分では光環境が樹冠各層で著しく異なるため、葉条伸長量の垂直勾配は、頂芽優勢によって垂直勾配の生じる孤立木の場合よりもずっと大きくなっているといえる。

平均伸長量が上層で大きく、下層ほど小さくなることはスギ、ヒノキに共通して認められたが、平均伸長量を減少させる機構に関しては両樹種の間には違いが見られた。Fig. 4に測定期間に伸長生長の認められた葉条の全測定葉条に対する割合の季節変化を樹冠の層別に示す。

1987年についてみると、スギ上層での伸長葉条の割合は伸長開始直後に最大になり7月までは変化せず、その後徐々に減少した。中層になると伸長葉条の割合は20%弱と著しく減少した。また、上層に見られたような7月以後の伸長葉条の減少はあまり顕著でなく、一度伸長を始めた葉条の多くは長期間伸長を続けていたことが分かる。下層では更に伸長する葉条の割合は減少し、伸長期の前半の7月までの間に10%弱の葉条が伸長しただけで、それ以後は伸長葉条がみられなかった。

一方、ヒノキ上層では伸長開始直後にほぼ100%の葉条が伸長を開始し、伸長期終了の直前までほとんど全ての葉条が伸長を続け、その後急激に伸長葉条の割合は減少した。下層でも50%以上の葉条がすぐに伸長を開始し（これは、スギ下層の値と比べるとずっと大きい）、その直後から伸長葉条の割合は徐々に減少した。ヒノキ下層ではかなりの割合の葉条が伸長するが、その多くは伸長期間が短く、初期に伸長を終了していたことが分かる。

両樹種とも1988年についても中層、下層では1987年とほぼ同様のパターンを示したが、上層では最大値、季節変化のパターンともに1987年の上層と中層（ヒノキでは上層と下層）の間的位置を示した。ちなみに、1988年のヒノキにおいてFig. 2のRGRの季節変化が伸長期の初期に高い値を示し、以後徐々に減少するパターンをとったのは、1988年の上層での葉条の伸長パターンが初期に伸長の集中する下層的なパターンになった結果である。樹冠の更に上層では1987年の上層と同様の伸長パターンをとっていたと考えられるので、実際の1988年のRGRのパターン及び伸長曲線 (Fig. 1) は1987年のものとほぼ同様であったと思われる。

Table 3には各層の年間葉条伸長量の平均を、全測定葉条の平均と全く伸長しなかった葉条を除いた場合の平均とに分けて示した。上層、中層、下層の違いの明確な1987年についてみると、スギでは全測定葉条の平均は上層を100%として中層が17.1%、下層が1.2%であった。ヒノキでは下層の平均伸長量は上層の7.4%であった。一方、全く伸長しなかった葉条を除いた場合、スギでは中層が上層の66.0%、下層が21.2%となり、層による違いはかなり小さくなった。しかし、ヒノキ下層の伸長量は上層の11.3%で全測定葉条の場合とあまり大きく違わなかった。つまり、スギでは伸長した葉条個々の伸長量は樹冠の層によってそれほど大きく異ならないが、ヒノキでは下層の伸長葉条個々の伸長量は上層に比べ著しく小さいものが多かったことになる。

以上から、スギは樹冠下層になるにつれて伸長する葉条の数を大幅に減らして、一部の葉条を集中的に伸長させる傾向があり、ヒノキは樹冠下層になっても伸長する葉条の数は極端に減少させず、伸長期間が短く伸長量の小さい葉条を多くする傾向のあることが分かった。

3. 枝の各部位における伸長パターン

Fig. 5 に伸長葉条の割合の季節変化を各層、枝の先端部と基部とに分けて示す。スギ、ヒノキともに季節変化のパターンは先端部も基部もほとんど同じであった。しかし、スギでは各層とも先端部の葉条に比べ基部の葉条の伸長する割合が著しく小さく、下層では基部の葉条は全く伸長しなかった。一方、ヒノキは下層でやや先端部の値が高い傾向にあるものの、先端部と基部の伸長葉条の割合は伸長期間全体を通じてほとんど変わりがなかった。

Table 4 に先端部と基部の葉条とに分けて年平均伸長量を樹冠各層ごとに示した。層別の場合と同様に、全測定葉条の平均伸長量と全く伸長のみられなかった葉条を除いた場合の平均伸長量の2つを示してある。両樹種ともどの層においても先端部のほうが基部よりも伸長量が大きかった。先端部と基部の差はスギで顕著で、1987年の全測定葉条を見た場合、各層の先端部の平均伸長量を100%とすると基部の平均伸長量は上層43.3%、中層2.4%、下層0%であった。これに対しヒノキは上層82.2%、下層65.1%とそれほど大きな差はみられなかった。また、全く伸長しなかった葉条を除いた場合には、1987年の先端部に対する基部の平均伸長量は、スギ上層

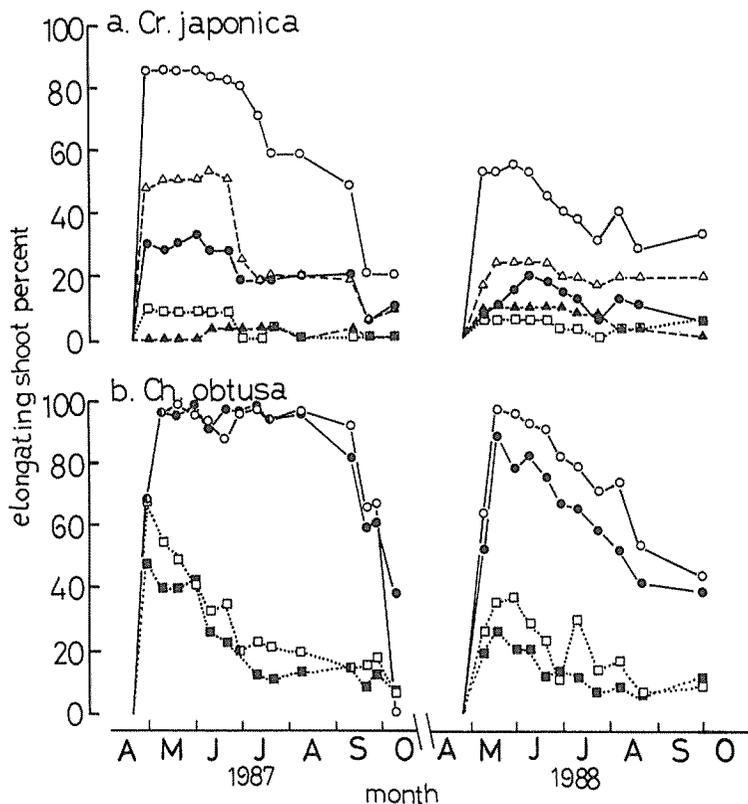


Fig. 5 Seasonal changes in proportions of elongating shoots on different parts of branches in different layers of a canopy. (a): *Cryptomeria japonica*, (b): *Chamaecyparis obtusa*.

- | | | |
|-----------|-------------|-----------------|
| ○ — ○ | Brnach tip | } Upper canopy |
| ● — ● | Brnach base | |
| △ - - - △ | Brnach tip | } Middle canopy |
| ▲ - - - ▲ | Brnach base | |
| □ ····· □ | Branch tip | } Lower canopy |
| ■ ····· ■ | Branch base | |

Table 4. Mean annual shoot growth of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* at branch tips and branch bases (mm/year). Figures in parentheses show percent of the mean shoot growth at the branch tips.

Part in branch	1987		1988	
	total shoots	excluding non-grown shoots	total shoots	excluding non-grown shoots
<i>Cryptomeria japonica</i>				
Upper canopy				
Branch tip	87.5 (100)	106.0 (100)	38.2 (100)	76.5 (100)
Branch base	37.8 (43.3)	72.1 (68.0)	8.5 (22.2)	37.7 (49.3)
Middle canopy				
Branch tip	21.0 (100)	64.5 (100)	15.2 (100)	63.7 (100)
Branch base	0.5 (2.4)	20.0 (31.0)	3.9 (25.6)	40.8 (64.0)
Lower canopy				
Branch tip	1.5 (100)	19.7 (21.2)	1.6 (100)	30.0 (100)
Branch base	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Chamaecyparis obtusa</i>				
Upper canopy				
Branch tip	95.4 (100)	95.4 (100)	30.4 (100)	30.4 (100)
Branch base	78.4 (82.2)	80.0 (83.6)	22.0 (72.3)	24.0 (78.8)
Lower canopy				
Branch tip	8.3 (100)	11.2 (100)	4.5 (100)	8.1 (100)
Branch base	5.4 (65.1)	10.0 (86.0)	2.7 (60.2)	6.7 (82.9)

が 68.0%, 中層 31.0%, 下層 0% で, ヒノキは上層 83.6%, 下層 86.0% となった。先端部と基部との間で伸長した葉条の割合に大きな差のあるスギでは, 伸長しなかった葉条を除くと先端と基部の差がかなり縮まり, 伸長葉条の割合にほとんど差のないヒノキでは全葉条で見たとそれほど変わらない。それでもなお, ヒノキよりもスギの方が差が大きく, 先端部と基部との差は, 伸長する葉条の割合においても, 伸長葉条個々の伸長量においてもスギのほうがヒノキよりも大きいことが分かった。1988 年でもほぼ同様の傾向が示された。

閉鎖林分の樹冠内の微環境は垂直的に大きく異なるのに対し, 高さの等しい樹冠位置での枝の水平的な部位間での微環境の変化は, 孤立木の場合よりもむしろ少ないと考えられる。したがって, 枝の先端部と基部との伸長量の違いは樹冠内の高さによる違いの場合とは異なり, 環境要因によるものというよりは, むしろ各樹種が本来持っている部位による伸長パターンの違いの現われであると考えられる。針葉樹の持つ頂芽優勢の影響は個体全体に関してだけでなく, 同一枝内にも現われ, 一本の枝のなかでは先端部の葉条ほど良く伸長し, 基部になるにしたがって伸長量が少なくなることが知られている⁶⁾。本調査で樹冠各層の先端部と基部との間に見られた伸長量の違いも, 頂芽優勢による伸長パターンにしたがって起きたものであると考えてよいであろう。そう考えれば, 先端部と基部の伸長量の差がヒノキよりもスギで大きいことは頂芽優勢の傾向がヒノキよりもスギで大きいことから説明できる。

引用文献

- 1) 佐多一至: 苗木ノ上長生長ト気象トノ関係ニ就イテ, 林試報, 29, 95~141, 1929
- 2) KIENHOLZ, R.: Seasonal course of height growth in some hardwoods in Connecticut. Ecology, 22, 249~258, 1941
- 3) 外山三郎: 林木樹種に関する知見 (林木の育種およびその基礎的研究第 24 報), 林試報, 66, 1~

- 269, 1954
- 4) KOZŁOWSKY, T. T. • WARD, R. C.: Seasonal height growth of conifers. For. Sci. 3 (2) . 61 ~ 66, 1957
 - 5) _____ : Shoot elongation characteristics of forest trees. For. Sci.. 7 (4) . 357 ~ 368, 1961
 - 6) _____ : Shoot growth in woody plant. Bot. Rev.. 30. 335 ~ 392, 1964
 - 7) 齊藤新一郎・菊沢喜八郎: 頂芽タイプと新条の生長. 北方林業. 28. 242 ~ 244, 1976
 - 8) 丸山幸平: ブナ天然林—とくに低木層および林床—を構成する主要木本植物の伸長パターンと生物季節について—ブナ林の生態学的研究 (32) —. 新大演報. 11. 1 ~ 30, 1978
 - 9) 安藤貴・竹内郁雄・宮本知子: スギ幼令林の現存量とリター量の季節変化ならびに養分吸収量と還元量. 科研特定研究“生物園の動態”天然林の一次生産力の比較研究班中間報告. 35 ~ 41, 1969
 - 10) 川那辺三郎・四手井綱英: 陽光量と樹木の生育に関する研究 (Ⅲ) 針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響. 京大演報. 40. 111 ~ 121, 1968

Résumé

The characteristics of shoot elongation in forest canopies were studied in sixteen-year-old artificial stands of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*.

The shoot elongation periods of both species were relatively long, from April to October, as cool temperate species. Shoots in upper layers of canopies grew much more than those in middle and lower layers in both species. The shoot elongation differences between canopy layers were not explained only by the apical dominance. In addition to the apical dominance, the vertical gradient of the relative light intensity in the canopy was also considered to affect the amount of the shoot growth. In the lower canopy, the proportion of shoots which elongated during a growth period was small in *Cr. japonica*, but the growth rate of each elongated shoot was relatively high. While most shoots of *Ch. obtusa* elongated even in the lower canopy, but they grew much less than those of the upper canopy. Due to the apical dominance, the shoots on the tip of a branch grew longer than those on the base (near the main stem) in each layer of the canopies of both species.