

琉球大学学術リポジトリ

沖縄に生育するスギ,
ヒノキの伸長生長と木部形成(林学科)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小田, 一幸, 仲宗根, 平男, Oda, KazuYuki, Nakasone, Hirao メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4072

沖縄に生育するスギ，ヒノキの 伸長生長と木部形成

小田 一幸*・仲宗根 平男*

Kazuyuki ODA and Hirao NAKASONE: Elongation growth and wood formation of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) growing in Okinawa

I はじめに

沖縄のような亜熱帯地域の針葉樹材は、樹種によって異なるが、晩材率が高く、偽年輪が見られ、年輪界が不明瞭であるなどの特徴を持ち、温帯地域の同じ樹種とはかなり異なる年輪構造を示す場合が多い。この原因については、種々の内的、外的な要因が考えられるが、特に、亜熱帯地域は年平均気温が高く、夏期と冬期の温度差が小さく、さらに日長時間の変化が少ないなどの生長条件を有し、これらの要因が、生長ホルモンや光合成生産物を供給する樹冠の生長に影響するからであると考えられる。そこで、筆者らは、このような年輪構造を理解するためには、一般的な生長パターンを明らかにする必要があると考え、これまでリュウキュウマツを対象にシュートの生長や木部形成について検討してきた。^{3,4)} その結果、リュウキュウマツではシュート頂や形成層の活動がほぼ1年中行なわれるとともに、シュートの生長経過と木部形成の季節的経過が対応していることが明らかになり、このことは他の針葉樹についても言えるかどうか興味あるところである。ここでは、沖縄産針葉樹の生長パターンを明らかにする研究の一環として、スギとヒノキの伸長生長および木部形成の季節的経過について検討した。

II 実験材料および方法

1. 試験木

琉球大学与那演習林の約15年生スギ (*Cryptomeria japonica*) の林分および約10年生ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の林分から、比較的生長が良好なそれぞれ3本を試験木として選んだ。樹高はスギが8~9 m、ヒノキが5~6 m程度で、胸高直径はスギが12~13 cm、ヒノキが6~7 cmであった。また、樹冠率はスギが70%位で、ヒノキは50%程度であった。なお、スギは品種および導入先が不明な母樹からさし木によって育成されたもので、ヒノキは九州産の苗木を植栽したものである。

2. 方法

1980年1月20日から約1ヶ月ごとに1年間にわたって、伸長生長の測定と木部形成の観察用試料の採取を行なった。伸長生長の測定は、試験木の周囲に樹冠上部に達する高さのやぐらを組み、各試験木の樹冠上部から4~5本ずつ生長の良い枝を選び、前年に伸長したそれらの主軸の先端から5~10 cm下

* 琉球大学農学部林学科

の部位にビニールテープでマークづけをし、そこから先端までの長さを測定するという方法で行なった。また、試料は各試験木の胸高付近から、樹皮、形成層、当年生の木部を含む長さ1cm、幅5mm程度の大ききで採取し、直ちにFAAで固定した。その後、パラフィンとセロイジンで二重包埋し、厚さ6~8 μ の木口面切片を作り、サフラニンとファストグリーンで染色しプレパラートにした。

III 結果と考察

1. 伸長生長

シュートの生長は個体内の部位によって差異があり、下部の枝ほど伸長期間が短かく伸長量が小さいと言われている。したがって、伸長生長の季節的経過を把握するためには、最も活発な生長を示すと思われる主幹のシュートを測定するのが望ましいが、樹高が高かったので、ここでは、主幹のシュートとほぼ同じ傾向を示すと考えられる樹冠上部の枝を測定し、その結果の一部をFig.1に示している。なお、シュートの生長はシュート頂の活動(芽の形成)と節間生長とに分けて考えなければならないが、この項でいう(伸長)生長とはシュートの外観的な長さの増加を言っている。

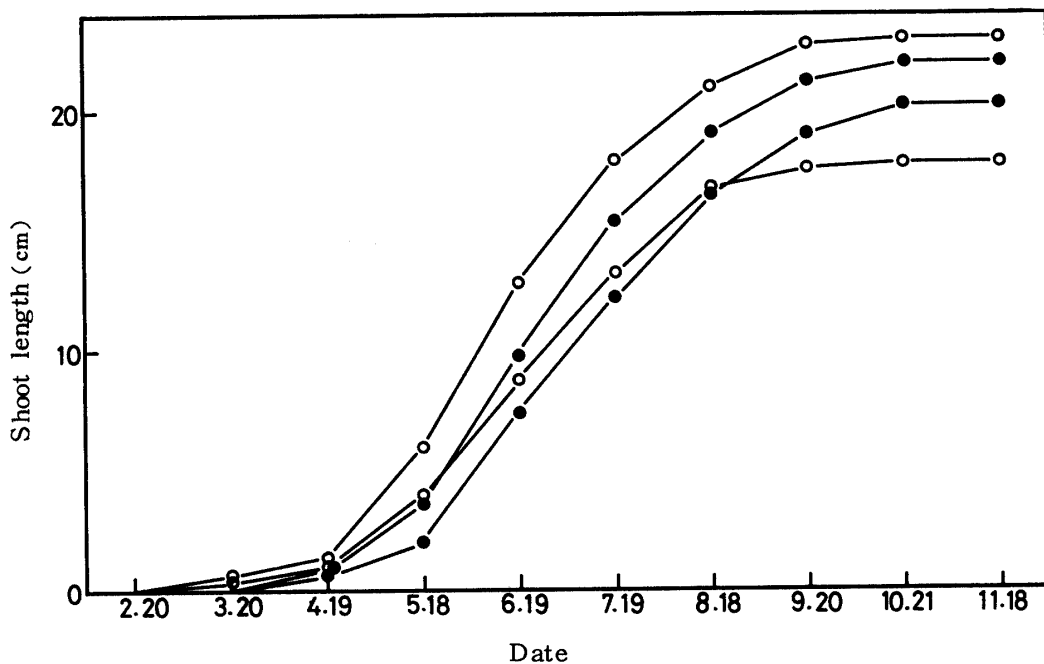


Fig. 1. Elongation growth of the shoot of Sugi(O) and Hinoki(●)

Fig. 1によると、スギの生長が肉眼的に認められるようになるのは3月からで、その伸長生長は3~4月の初期段階では緩慢であるが、5月から7月にかけて急激な伸びを示し、8月に伸長速度を低下し、9月ごろ停止した。また、ヒノキの生長が認められるようになるのは4月からで、5月から8月にかけて急激に伸長し、それ以降は生長速度を低下し、10月ごろ伸長生長を終った。このように、スギ、ヒノキともその生長経過はS字型の伸長曲線を示し、生長期に1ヶ月ほどのずれが認められるものの、その期間はどちらも約7ヶ月間であった。

ところで、伸長生長と木部形成の間には密接な関係があって、伸びつつある芽や葉でつくられる生長ホルモンによって木部形成が制御されていると考えられている²⁾つまり、伸びつつある芽や葉によって

オーキシシン、ジベレリンなどの生長促進物質が生産され、それらが幹の根元へ向って運ばれ形成層を活性化し、伸長生長が終ると、生長促進物質の供給が低下し、形成層の活性はしばらくは続くがついには止まるとされている。このような考えかたをすると、以上の伸長生長の測定結果から、木部形成はスギでは3月から、ヒノキでは4月から始まり、スギでは9月以降、ヒノキでは10月以降しばらく続いた後に終ると推定される。そこで、次に木部形成の季節的経過について調べた。

2. 木部形成の開始時期

スギでは、2月20日（休止期）に採取した試料の一次壁帯細胞数は各半径列に5～7個であった（Fig. 2-1）が、3月20日に採取した試料では13～17個に増加していた（Fig. 2-2）。そこで形成層は2

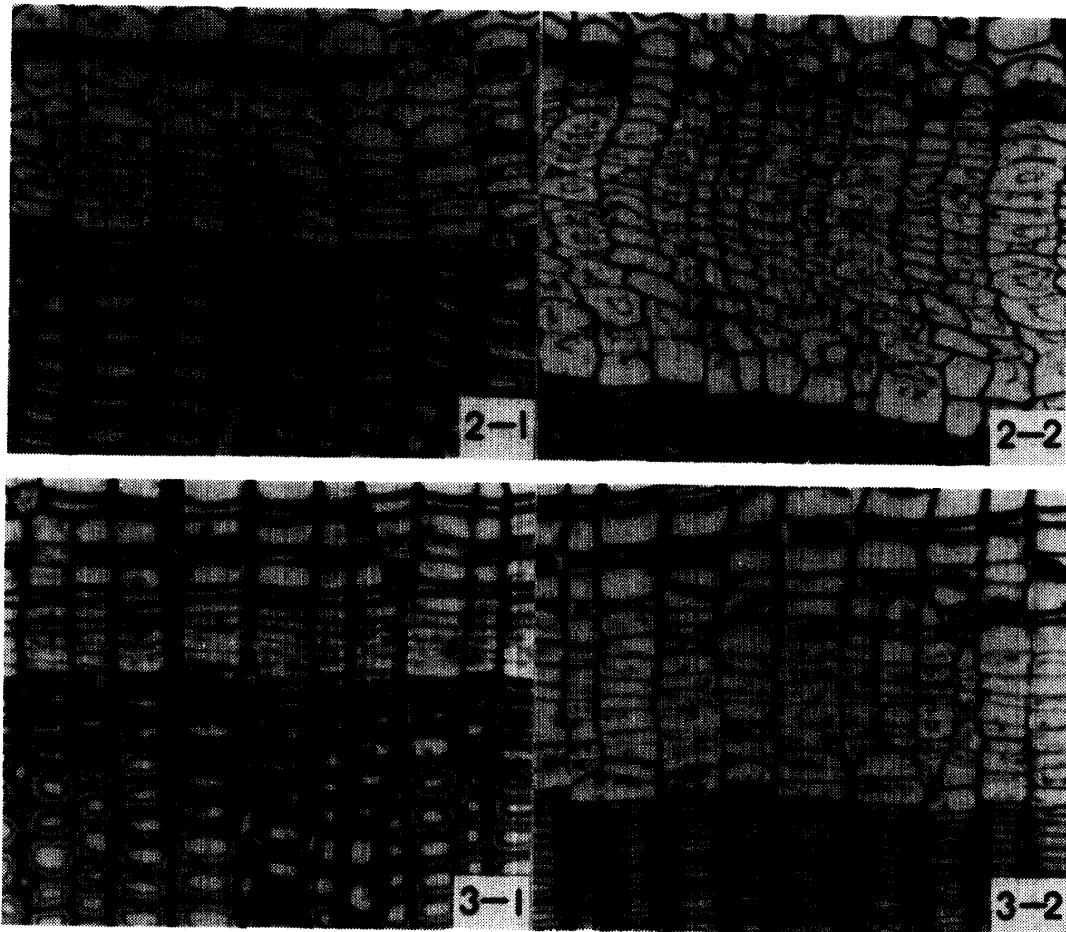


Fig. 2. Cross sections showing that the cell division of Sugi initiated in early March, 2-1. Cambial zone of the dormancy phase, February 20. 2-2. Cambial zone and radial growth zones at the early stage of wood formation, March 20

Fig. 3. Cross sections showing that the cell division of Hinoki initiated in middle April, 3-1. Cambial zone and juvenile xylem cells of the dormancy phase, March 20. 3-2. Cambial zone at the early stage of wood formation, April 19

月20日から3月20日の間に活性化したことになるが、3月20日の状態は分裂によって形成された新生細胞が表面生長している段階で、まだ二次壁は形成されていなかった。したがって細胞分裂から表面生長までの分化に要する時間がわかれば、細胞分裂の開始時期がわかることになるが、飢肥スギでは形成層細胞の膨潤から7~8個の新生細胞の形成までに約2週間かかっている⁶⁾。沖縄産スギもこの程度と考えると、細胞分裂は3月上旬ごろから始まったと推定される。

ヒノキでは、3月20日(休止期)の一次壁帯細胞数は4~6個であった(Fig. 3-1)が、4月19日には7~12個に増加していた(Fig. 3-2)。したがって、3月20日から4月19日の間に形成層が活性化したことになるが、4月19日の状態は細胞分裂が始まったばかりで、まだ新生細胞は表面生長の段階に入っていないように見えたので、細胞分裂は4月中旬ごろから始まったと推定された。なお、Fig. 3からはわかりにくいですが、4月の切片では木部細胞がすべてサフラニンで染まっているのに対し、休止期の切片では前年の最後に形成された木部細胞の数個がファストグリーンに染まっている。このことは未完成のまま休止期に入った木部細胞が翌春に完成されたことを示すものである。樹木は一般に、年輪を完成してから休止期に入るのので、このような現象は、ヒノキが九州から沖縄へ導入されたために生じたのかもしれない。

3. 一次壁帯細胞数

木部形成を研究する上で、形成層帯細胞数の季節的な変化を調べることが望ましいが、形成層付近の種々の分化中の細胞の中から客観的に形成層帯細胞だけを数えるのは難しい。そこで、形成層活動の指標として一次壁帯(木部側の細胞拡大帯+形成層帯+師部側の細胞拡大帯)の細胞数を測定し、その季節変化を調べた。測定は直交ニコル下で各試料の5つの半径列について行ない、その平均値をFig. 4(スギ)およびFig. 5(ヒノキ)にプロットしている。

Fig. 4によると、スギの一次壁帯細胞数は3月に急激に増加するが、それ以降は8月まで15細胞前後

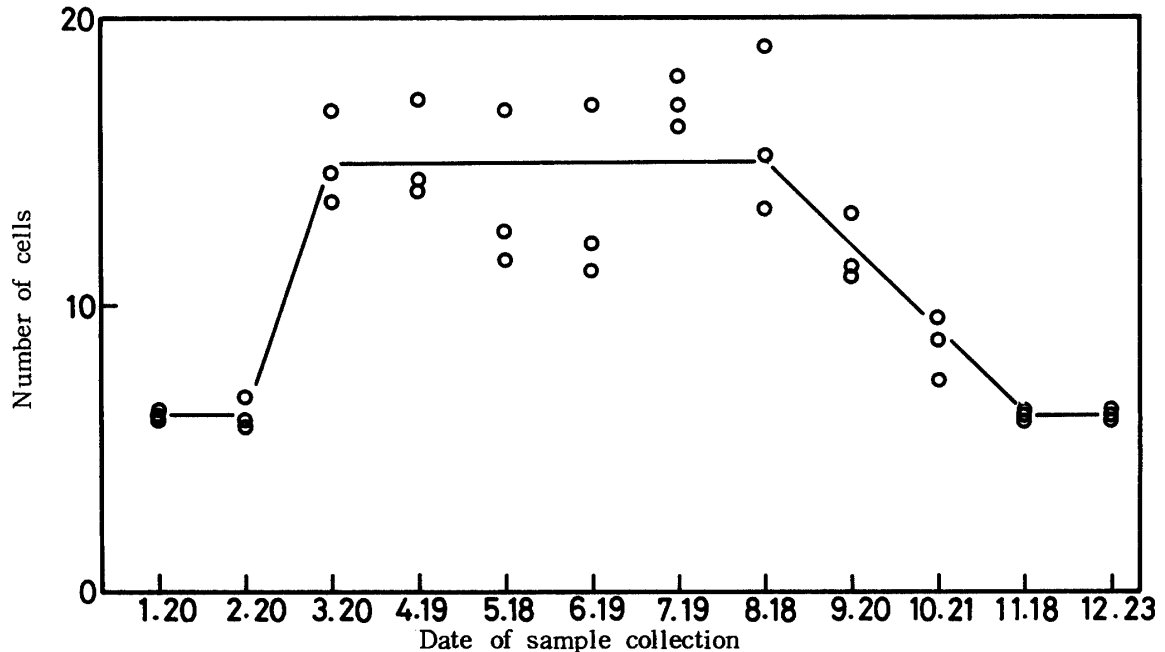


Fig. 4. Seasonal variation of the number of cells in the primary wall zone at the breast height of Sugi. Primary wall zone consists of cambial zone and radial growth zones

に維持され、その後減少し11月には休止期と同じ数になっている。また Fig. 5 によると、ヒノキのそれは4月から増え始め、5月から9月にかけての期間には12細胞程度に維持されているが、それ以降は漸減していき12月にはほぼ休止期と同じ数になっている。これらの結果から、形成層活動はスギでは3月から10月ごろまで、ヒノキでは4月から11月ごろまで続くと考えられた。

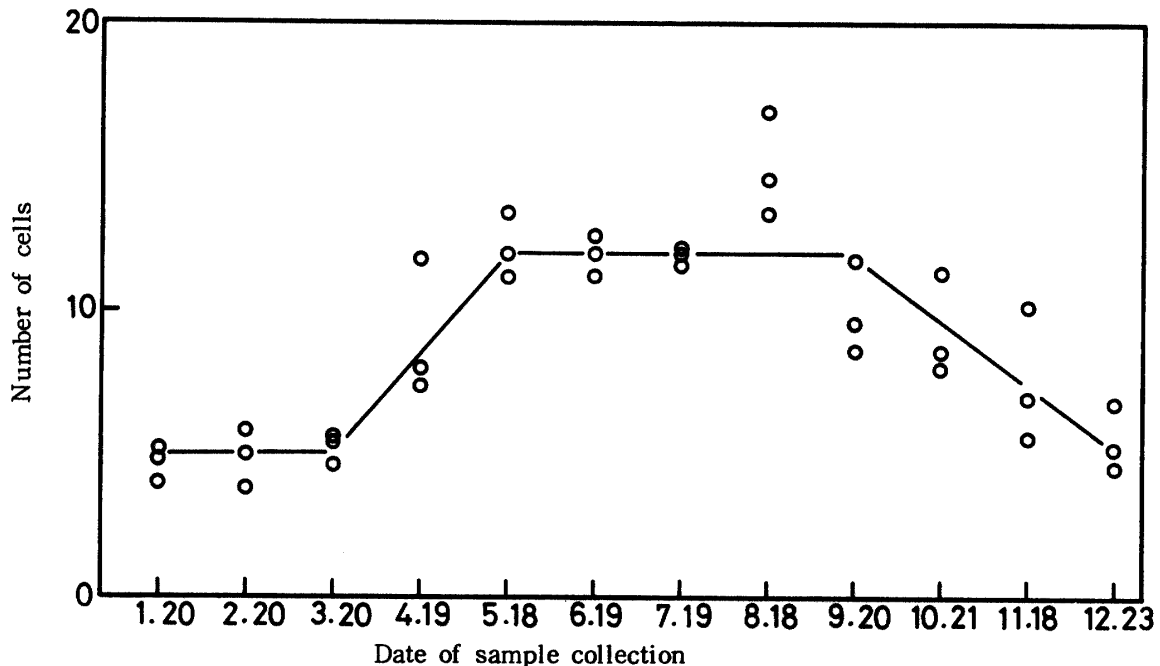


Fig. 5. Seasonal variation of the number of cells in the primary wall zone at the breast height of Hinoki

4. 木部細胞の蓄積経過

二次壁形成開始以降の分化過程にある細胞を木部細胞とみなし、毎月、各試験木ごとに前年の年輪界から二次壁を形成しつつある細胞までの細胞数(仮道管数)を測定した。そのデータを三項移動平均法によってなめらかにし、スギの場合は Fig. 6 に、ヒノキの場合は Fig. 7 にプロットしている。Fig. 6 によると、スギでは二次壁を形成している細胞が認められるようになるのは4月19日の試料からであるが、Fig. 2-2 の木部側の最初の新生細胞は十分に拡大しているように見えるので、実際には、仮道管へと分化する新生細胞の二次壁形成が始まったのは3月下旬ごろからであろう。その後の経過は Fig. 6 に示すように、木部細胞数は3月下旬から8月中旬まで急激に増加するが、それ以降は緩やかな増えかたとなり、11月中旬には増加が終っていた。また、ヒノキでは4月19日の試料 (Fig. 3-2) からは新生細胞の寸法拡大(表面生長)が認められないので、二次壁形成が始まるのは5月上旬ごろからではないかと考えられる。その後の経過は Fig. 7 に示すように、二次壁を形成したか、しつつある細胞の数は、スギに比較してゆるやかにほぼ一定速度で増加し、11月から12月にかけてその増加を終った。

5. 晩材の形成

季節の経過とともに、形成される木部細胞は早材細胞から晩材細胞に移行するので、晩材形成の開始時期を明らかにするために、毎月、二次壁が肥厚し細胞質が消滅した木部細胞の接線壁の厚さ(M)と内この半径径(L)を観測した。そして、Morkの定義にしたがって、その比(L/M)が2以下になる木

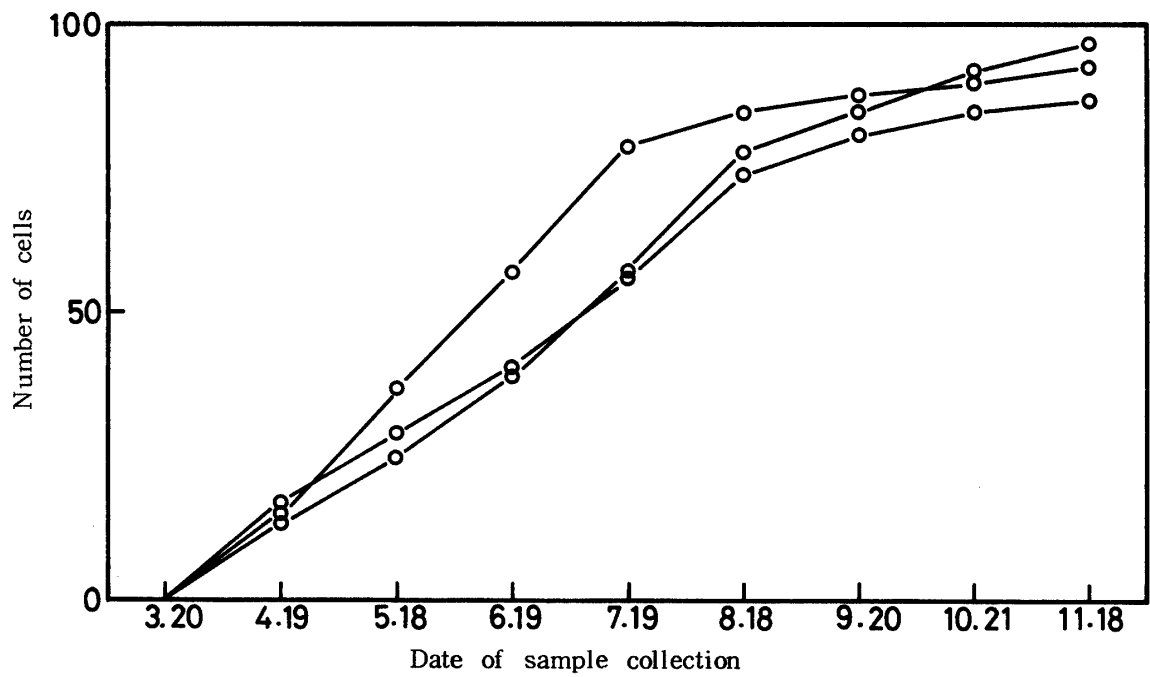


Fig. 6. The number of xylem cells from the start of the new annual ring at the breast height of Sugi. Xylem cells consist of secondary wall thickening cells and mature cells

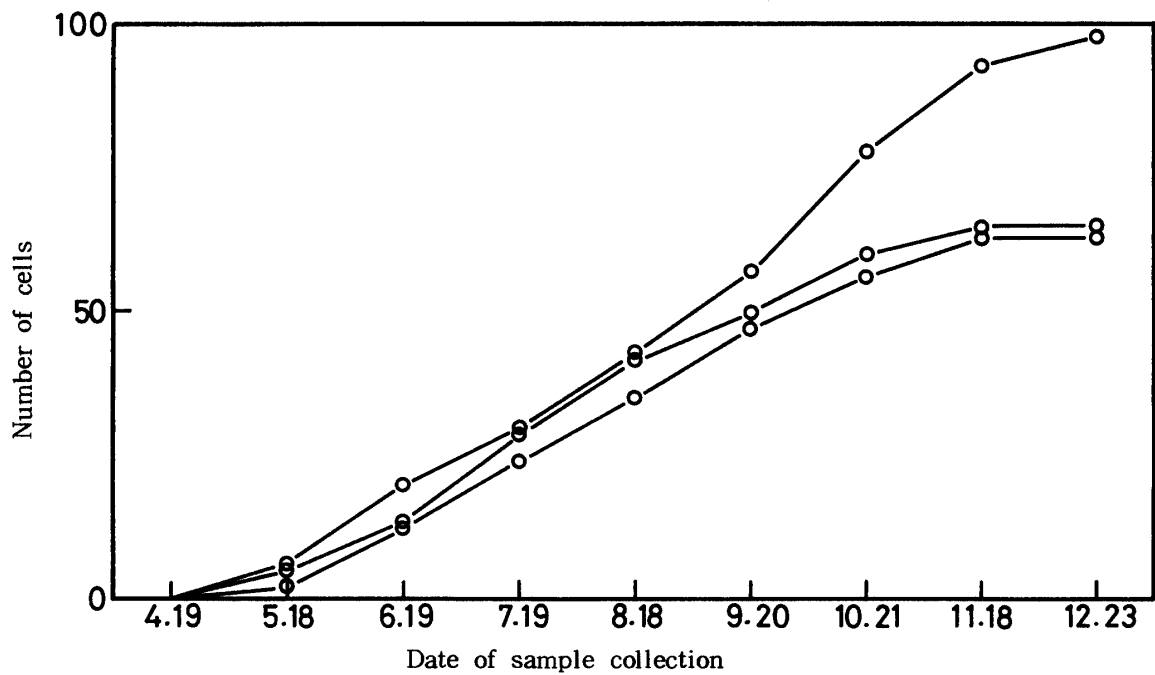


Fig. 7. The number of xylem cells from the start of the new annual ring at the breast height of Hinoki

部細胞が出現した時期を晩材形成の始まりと見なした。このようにして早材と晩材を区分すると，スギでは7月下旬ごろ，ヒノキでは10月中旬ごろから晩材の形成が始まると考えられた。ここで特徴的なのは，スギがまだ活発に木部形成を行なっているときに晩材形成を始めるのに対して，ヒノキが木部形成の終り近くになって晩材を形成することである。また，このことは，スギではシュートの伸長生長が最終的な長さの70～80%に達するとき，ヒノキではシュートの伸長が停止してから，晩材形成が始まることを意味している。ふつう，針葉樹の晩材形成はシュートの生長がほぼ終るところから始まると考えられるが，やはり樹種によって木部形成のしかたに差異があるのであろう。

6. 木部形成の終了時期

Fig. 4, 5の一次壁帯細胞数とFig. 6, 7の木部細胞数の和は，近似的に形成層の木部側で起きた細胞分裂の回数と考えることができるので，この和が一定になる時期が形成層の分裂終了時期であろう。このことと一次壁帯細胞数の季節変化を考え合わせると，スギでは10月ごろ，ヒノキでは11月ごろに細胞分裂が終ると考えられた。また，最後の新生細胞が二次壁を形成し木化して，木部形成が終る時期については，11月18日のスギの状態をFig. 8に，12月23日のヒノキの状態をFig. 9に示している。スギでは，11月18日に採取した3個体の試料のうち1個体は，年輪最終部の細胞がサフラニンできれいに染まり(Fig. 8)，残りの2個体は，年輪最終部の2～3細胞の内こう側の細胞壁がまだファストグリーンに染まった。

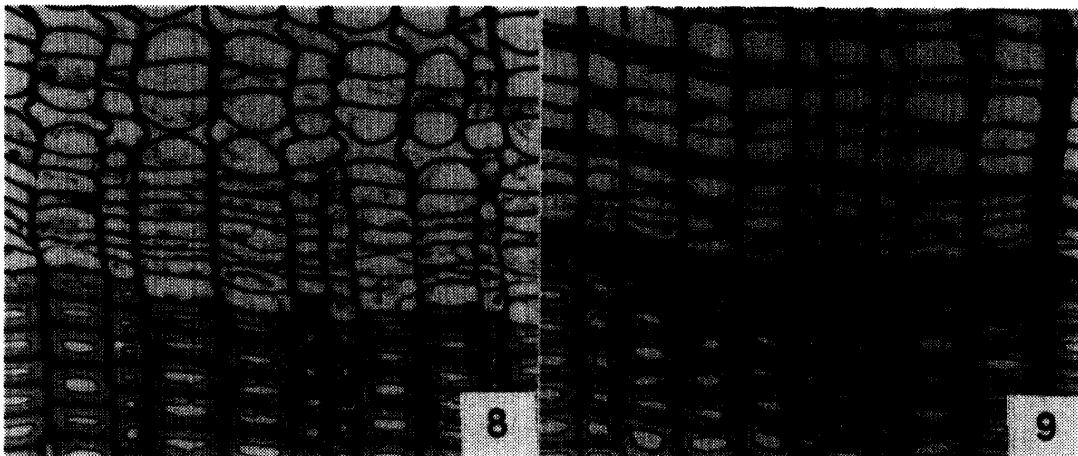


Fig. 8. Cross section showing the cessation of wood formation of Sugi. The cell division stopped in October and the formation of secondary wall ended in middle or late November, November 18

Fig. 9. Cross section showing the cessation of wood formation of Hinoki. The cell division stopped in November and the formation of secondary wall ended in December, except several xylem cells near the cambial zone. Their secondary wall may be formed in next season as shown in Fig. 3. December 23

したがって，多少の差異はあるものの，スギの木部形成は11月下旬には終ると推定された。ヒノキでは，12月23日に採取した3個体の試料はFig. 9に示すように，年輪最終部の3～5細胞の内こう側の二次壁がまだファストグリーンに染まり，Fig. 3-1の休止期の状態とよく似ていた。12月以降は試料採取を行なわなかったため，このファストグリーンに染まった細胞は，完成されて休止期に入るのか，あるいは

はこのまま休止期に入り翌春完成されるのかわからなかった。しかし、仮に完成して休止期に入るとすれば、Fig. 9の状況から12月中には完成されると考えられ、また翌春完成されるとすれば、もっと早い時期に休止期に入っているとも考えられたので、ヒノキの木部形成は一応12月に終ると推定した。

以上のように、伸長生長はスギでは3月から始まり9月に、ヒノキでは4月から始まり10月に終ること、また、胸高部位での木部形成はスギでは3月から11月にかけて、ヒノキでは4月から12月にかけて行なわれることが明らかになった。ところで、樹冠量の異なる個体間では木部形成の季節的経過に違いが見られ、樹冠量の少ない個体の木部形成は多い個体より遅れて始まり早く終る傾向がある⁵⁾が、ここでは比較的生長が良好な個体を試験木として選んだので、これらの結果は沖縄産スギ、ヒノキの生長の一般的な季節経過と考えられる。そこで、木部形成の経過をリュウキュウマツ³⁾と比較すると、明らかにスギとヒノキの形成期間の方が短い。しかし、他産地の同樹種と比較すると、ヒノキの場合は報告例が見当たらないので今後の研究を待たねばならないが、沖縄産のスギは宮崎の肥沃スギ⁶⁾とほとんど変わらない経過を示すが、東京のスギ¹⁾より木部形成の開始時期がいくぶん早いようである。

一方、塩原⁷⁾は、スギの葉および樹幹の形成層帯と師部に含まれる生長促進性ホルモンの季節的变化を測定し、伸長生長の季節経過と生長ホルモンの濃度の推移が対応し、生長ホルモンの季節的推移と木部形成の経過が対応していると推定している。そして、これらの結果とLorsonの考え²⁾から、樹冠は生長ホルモンの生産源であると推定している。このような観点から、ここでも伸長生長と木部形成を同時に観察したわけであるが、その結果、スギ、ヒノキとも伸長生長と木部形成はほぼ同時に始まり、伸長生長が停止して約1ヶ月後に形成層活動が終ることがわかり、リュウキュウマツと同様に伸長生長と木部形成の間に季節的な相関が認められた。このことは、生長ホルモンが芽や葉で生産され木部形成を制御するという考えを証明するものではないが、木部形成は樹幹の上部(芽の基部)から始まり下部へ広がるので、伸長生長によって生長ホルモンが生産され、樹冠から樹幹へ転流し、形成層を活性化するという考え、あるいはまた、伸長生長の終了に伴って生長ホルモンの濃度が低下し、ついには形成層活動が終るという考えを支持しているのかもしれない。

IV ま と め

沖縄に生育する針葉樹の生長パターンを明らかにする目的で、ここではスギとヒノキを対象に、シュートの伸長生長と胸高部位における木部形成の季節的経過を観察するとともに、それらの関連について検討を加えた。

1. スギの伸長生長は3月から始まり9月に、またヒノキの伸長生長は4月から始まり10月に終った。両樹種ともS字型の伸長経過を示し、生長期間は約7ヶ月間であった。

2. スギの形成層活動は3月上旬ごろから始まり、10月ごろまで続くと推定された。形成層活動に伴って一次壁帯細胞数は3月に急激に増加し、それ以降8月まで15細胞程度に維持されるが、その後減少し始め11月には休止期と同じ数になった。また、二次壁形成は3月下旬ごろから始まり11月下旬には終ると推定された。したがって、スギの木部形成は3月上旬から始まり11月下旬まで続くと考えられた。

3. ヒノキの形成層活動は4月中旬ごろから始まり、11月ごろまで続くと推定された。一次壁帯細胞数は4月から増加を始め、5月から9月にかけて12細胞程度に維持されるが、その後減少し始め12月には休止期と同じ数になった。また、新生細胞の二次壁形成は5月上旬ごろから始まり、年輪最終部の3~5細胞を除いて12月には終った。これらの未成熟な細胞は翌春完成されると推定され、ヒノキの木部形成は4月中旬から始まり、12月まで続くと考えられた。

4. 晩材形成は、スギでは7月下旬ごろ、ヒノキでは10月中旬ごろから始まった。

5. スギ、ヒノキとも、伸長生長と木部形成は季節的に対応し、伸長生長と形成層細胞の分裂はほぼ

同時に始まり、伸長生長が停止して約1ヶ月後に形成層活動が終った。

この研究を行なうに当り、試験木の設定に協力いただいた本学与那演習林の職員の方々に厚くお礼を申し上げる。なお、この研究の一部は昭和55年度文部省科学研究費（一般研究C）によって行なった。

引用文献

1. 久保隆文・蕪木自輔 1978 樹冠量の異なったスギ林木の年輪構造及びその形成, 第28回木材学会大会発表要旨, P 117
2. Larson, P. R. 1969 wood formation and the concept of wood quality, New Haven, Yale University
3. 小田一幸・仲宗根平男 1979 リュウキュウマツの木部形成に関する研究(第2報), 生長輪形成の季節的経過, 琉大農学術報告, 26:537~546
4. ———— ・ ———— 1980 同上(第3報), シュートの生長と発達, 同上, 27:343~353
5. ———— ・ ———— 1981 樹冠量の異なるリュウキュウマツの木部形成, 第31回木材学会大会発表要旨, P 47
6. 大塚誠 1971 オビスギの材質特性, 木部形成の季節的経過について, 林学会九州支部論文集, 25:249~251
7. 塩原豊・久保隆文・蕪木自輔 1981 樹冠量の異なったスギの年輪構造及びその形成(第2報) 葉及び樹幹における内生生長促進性植物ホルモンの季節的变化, 東農工大演習林報告, 17:19~23

Summary

Elongation growth and wood formation of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) growing in Okinawa were investigated. The shoot length was measured at vigorous branches in the upper crown and the samples for observation of cambial activity were taken at the breast height, at monthly interval respectively.

The shoot of Sugi elongated from March to September and that of Hinoki from April to October.

In Sugi, the cambial activity began in early March and continued until October. The number of cells in the primary wall zone increased in March and was approximately constant from March to August and then decreased until November. The formation of secondary wall initiated in late March and ended in late November. It was therefore proved that wood formation of Sugi initiated in early March and ended in late November.

In Hinoki, the division of cambial cells initiated in middle April and stopped in November. The number of cells in the primary wall zone increased in April and was approximately constant from May to September and then decreased until December. The formation of secondary wall began in early May and ended in December except several xylem cells near the cambial zone. As their secondary wall may be formed in next season, it was proved that wood formation of Hinoki initiated in middle April and ended in December.

The formation of latewood began in middle July in Sugi and in middle October in Hinoki.

In both Sugi and Hinoki, elongation growth and cambial activity initiated almost simultaneously, and cambial activity stopped about one month after elongation growth ended.