

樹幹材の形成に及ぼす樹冠成長の季節変化の影響^{*1}

島地 謙^{*2}・角谷 和男^{*3}・伊東 隆夫^{*3}
林 昭三^{*3}・黒田 宏之^{*3}・赤井 竜男^{*4}

Influence of Seasonal Changes in Crown Growth on the Development of Stem Wood^{*1}

Ken SHIMAJI^{*2}, Kazuo SUMIYA^{*3},
Takao ITOH^{*3}, Shozo HAYASHI^{*3},
Hiroyuki KURODA^{*3} and Tatsuo AKAI^{*4}

(昭和61年8月4日受理)

は じ め に

林木における木材の蓄積は多年に亘る樹冠生長の季節的変動を通じて行われ、木材の物理的、化学的性質に重大な影響を及ぼす年輪幅や晩材率に変動を与える。このような年輪幅や晩材率の変動は形成層や分化発達段階の木部細胞層に運ばれてくる色々な物質の量や刺激の効果の現れと考えられ、そのような物質としては樹木の伸長部分で作られる生長ホルモン（特にオーキシン）と、葉で作られる光合成物質が主要なものであることはほぼ定説となっている^{1,2)}。しかし、このような効果についての従来の研究の大部分は、これらの物質が距離的にも時間的にも直接に効果を及ぼすような、樹冠と樹幹の隔たりのない苗木を用いた実験室的な研究の域を出ていない³⁻⁶⁾。また樹冠と樹幹に空間的隔たりを持つ実際の林木を用い、樹幹の一定地上高における木部細胞発達の季節的変異を調べた報告はかなりの多いが⁷⁻¹⁰⁾、木材の材質に直接関係する木部細胞の生産速度やディメンジョン（直径・壁厚など）の季節的変異を、樹冠からの距離や樹冠生長の季節的变化と関連させて調べた例は BECKWITH, III ら¹¹⁾の他に例をみない。しかしながら、BECKWITH, III らの報告は、樹冠生長の季節変化を把握するためのパラメーターとして当年枝条のみを考慮し、光合成の場であるばかりでなく、オーキシンの生産の場としても極めて重要な新葉の伸長を考慮に入れなかったため、重大な欠点を含んでいる。本研究では、樹冠生長のパラメーターとして新葉の伸長をも考慮し、樹冠生長（具体的には頂条および全ての一次枝当年枝条の伸長と新葉の伸長）の季節変化、及び樹冠から距離的にそれぞれ異なった隔たりを持つ樹幹各部の木部形成（具体的には各期間にそれぞれの節間で作られる細胞数、各細胞の放射径および接線壁厚）の季節変化を実測し、更に両者の相関関係を検討することにより樹冠生長の季節変化が樹幹材の形成にどのような効果を及ぼすかを明らかにしようとした。

^{*1} 本研究は文部省科学研究費補助金（一般研究 B, No. 59480063）によっておこなわれ、第36回日本木材学会大会（静岡, 1986年4月）において発表された。

^{*2} 京都大学名誉教授（Emeritus Professor of Kyoto University）

^{*3} 木材生物部門（Research Section of Wood Biology）

^{*4} 京都大学農学部演習林（Kyoto University Forest）

1. 樹冠生長の解析

この章では頂条および一次枝当年枝条の伸長と新葉の伸長の季節変化の測定結果について述べる。

1.1. 試料及び方法

京都大学農学部演習林上賀茂試験地内の10年生アカマツ5本を選び、あらかじめ各試料木の第5枝階以下の枝を切除した後、昭和59年度の1生長期間（測定期間：3月28日～10月15日）を通じて、各試料木について頂条及び全ての一次枝当年枝条の伸長と各新葉の伸長（新葉については5個の平均で表現した）を約2週間の間隔（8月末以降は3～4週間間隔）でmmオーダーの精度で測定した（なお、試料木5本のうち2

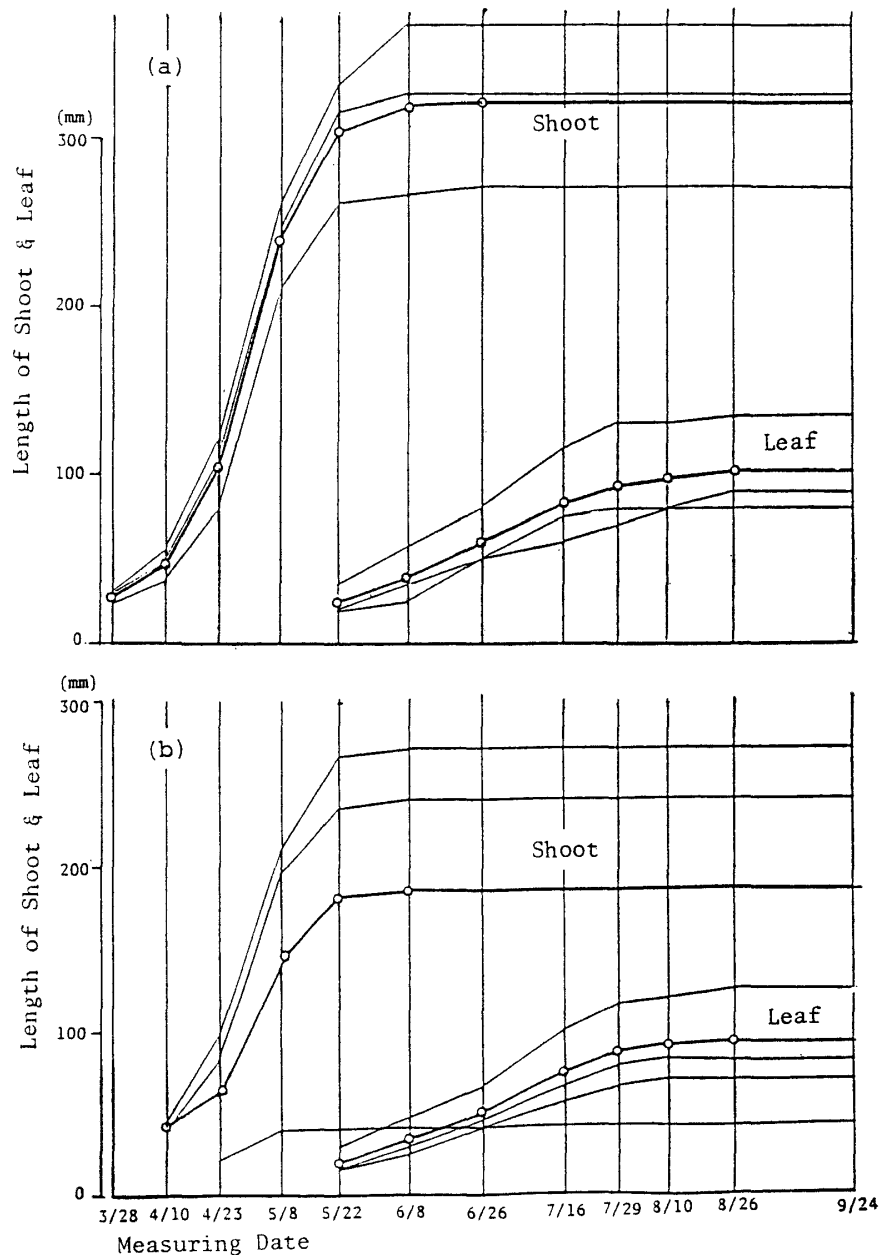


Fig. 1 頂条, 各枝階一次枝当年枝条, 新葉の伸長曲線
(a): 頂条, (b)~(e): それぞれ第1~4枝階

本は測定途中で頂条や樹幹に折損が生じたので、最終測定まで行われたのは3本であった。

11月の伐倒時に、全ての枝階毎の枝長、樹幹の各節間長、及び樹高を測定するとともに、各枝階別に旧葉と新葉それぞれを採取し、各生重量、乾重量を測定した。

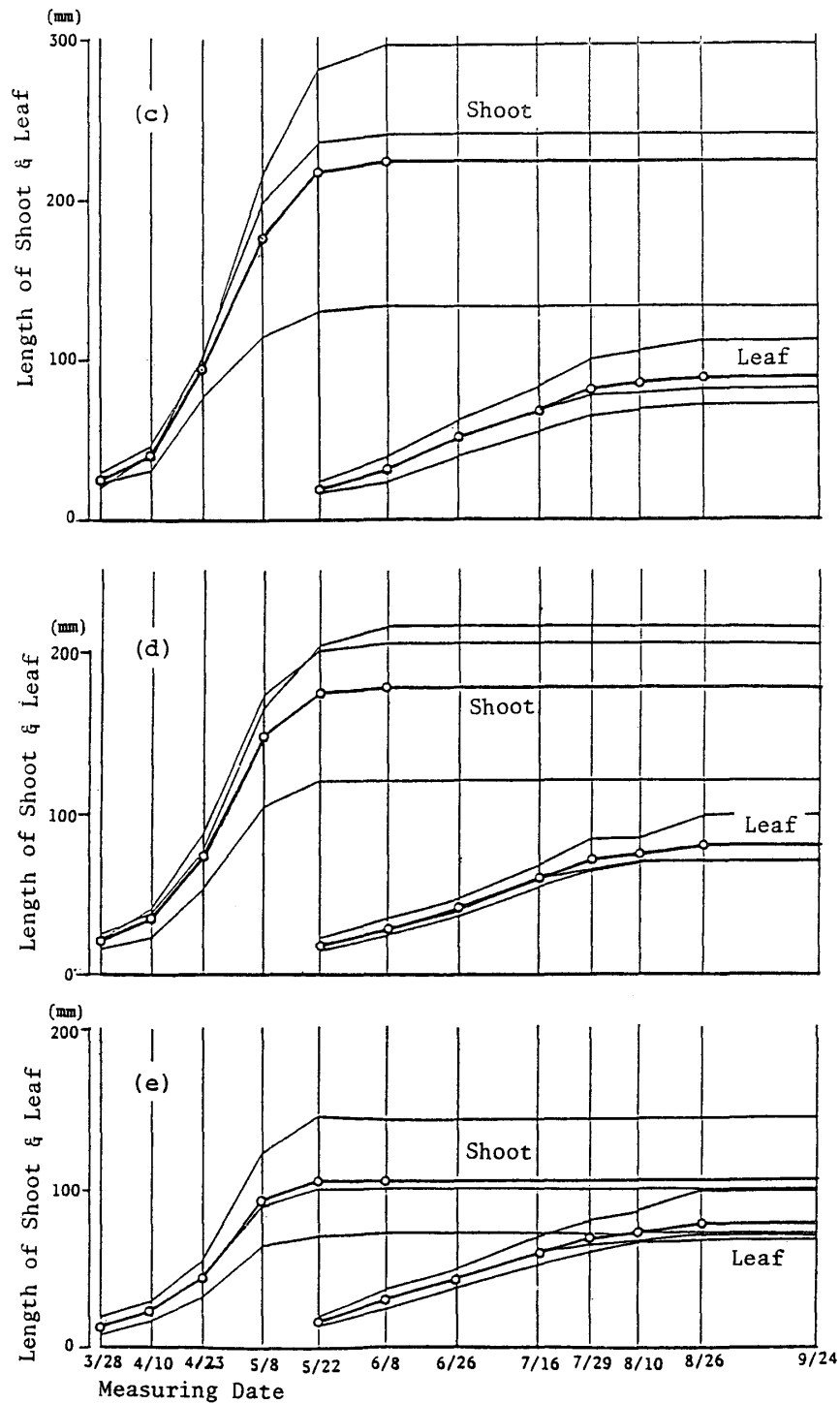


Fig. 1—(c) • (d) • (e)

1.2. 測定結果

最終測定まで行われた試料木3本についての頂条, 第1~4枝階一次枝当年枝条, 及びそれぞれにおける新葉の平均伸長曲線を Fig. 1 (a)~(e) に示す。

頂条, 各当年枝条とも6月8日までは伸長を続けたが, 何れの試料木も, 伸長停止後は伐倒時まで伸長を再開することはなかった。

新葉は, 頂条, 枝条の伸長が停止する直前(5月22日)より伸長を開始し, 8月末には伸長を停止した。

2. 樹幹材組織形成の分析

この章では樹幹の各節間中央部における木部細胞数増加速度の季節的変動, 及び各細胞の放射径・接線壁厚の季節的変動の分析結果について述べる。

2.1. 実験方法

第1章で述べた各伸長測定時毎に, 各試料木樹幹の各節間(第2~7節間)中央部に定めた刺針区域に, 約1cm間隔で螺旋状に順次形成層に達する刺針(針の直径0.4mm)を行い^{10,12)}, 各測定時期における形成層の位置のマーキングを行った。

11月に伐倒後, 各試料木樹幹各節間の各刺針部毎に採取した試料片から, 刺針による傷を含んだ木口切片を作り, 各試料片毎に昭和59年度年輪における放射方向列の細胞総数(A)に対する刺針傷害部位(刺針時の形成層部位)までの細胞数(B)のパーセンテージを求め, 季節の推移による $B/A \times 100\%$ の増加曲線を求めた。これらの試料片とは別に, 各節間において刺針区域に隣接した部位から円盤を採取して, 4方向について昭和59年度年輪の木口切片から年輪幅, 晩材率を測定し, それぞれについて4方向の平均値を求めた。上記の測定を行った同一切片について, 更に放射方向に沿って各細胞の放射径及び接線壁厚(何れも4方向の平均値)を測定するとともに, 前記 $B/A \times 100\%$ の細胞増加曲線と対応させて各細胞の形成層における発生時期を推定することにより, この試料の各季節(各刺針時)における細胞の放射径及び接線壁厚とした。

2.2. 実験結果及び考察

第2, 3, 5, 7節間における細胞数, 放射径及び接線壁厚(最終測定まで行われた3本の平均)の季節的変動曲線を Fig. 2 に示す。Fig. 3, Fig. 4 及び Fig. 5 はそれぞれ樹幹内における細胞数, 細胞の放射径及び接線壁厚の季節的変動を三次元的に示したものである。

Fig. 1 と Fig. 2, あるいは Fig. 1 と Fig. 3~5 とを比較することにより, 細胞数と放射径の変動曲線は, 頂条及び当該節間より上方の当年枝条の伸長曲線と新葉の伸長曲線を加えた曲線に類似した変動を示し, 接線壁厚の変動曲線は新葉の伸長曲線のみと類似した変動を示すことがうかがわれる。このことは次章での解析に大きな示唆を与えている。

また, Fig. 2 における×印曲線は細胞放射径の1/6の値を示すが, その×印曲線と接線壁厚を示す△印曲線との交点は, MORK¹³⁾の定義による早・晩材の境界を示すことになる。各節間における両曲線の交点の座標から, 晩材の出現時期は第2節間(7月29日), 第3節間(7月16日), 第5節間(7月8日), 第7節間(6月26日)と下部節間に行くに連れてその時期が早まること, また, 晩材細胞数のパーセンテージは第2節間($5/60 \times 100 = 8.3\%$), 第3節間($10/58 \times 100 = 17.2\%$), 第5節間($20/63 \times 100 = 31.7\%$), 第7節間($25/65 \times 100 = 38.5\%$)と下部に行くに連れて増加することが示された。

3. 樹冠生長と樹幹材形成の相関

この章では樹冠生長の影響が樹幹各節間に現れる程度を, 一定の仮定のもとに Growth Index として計

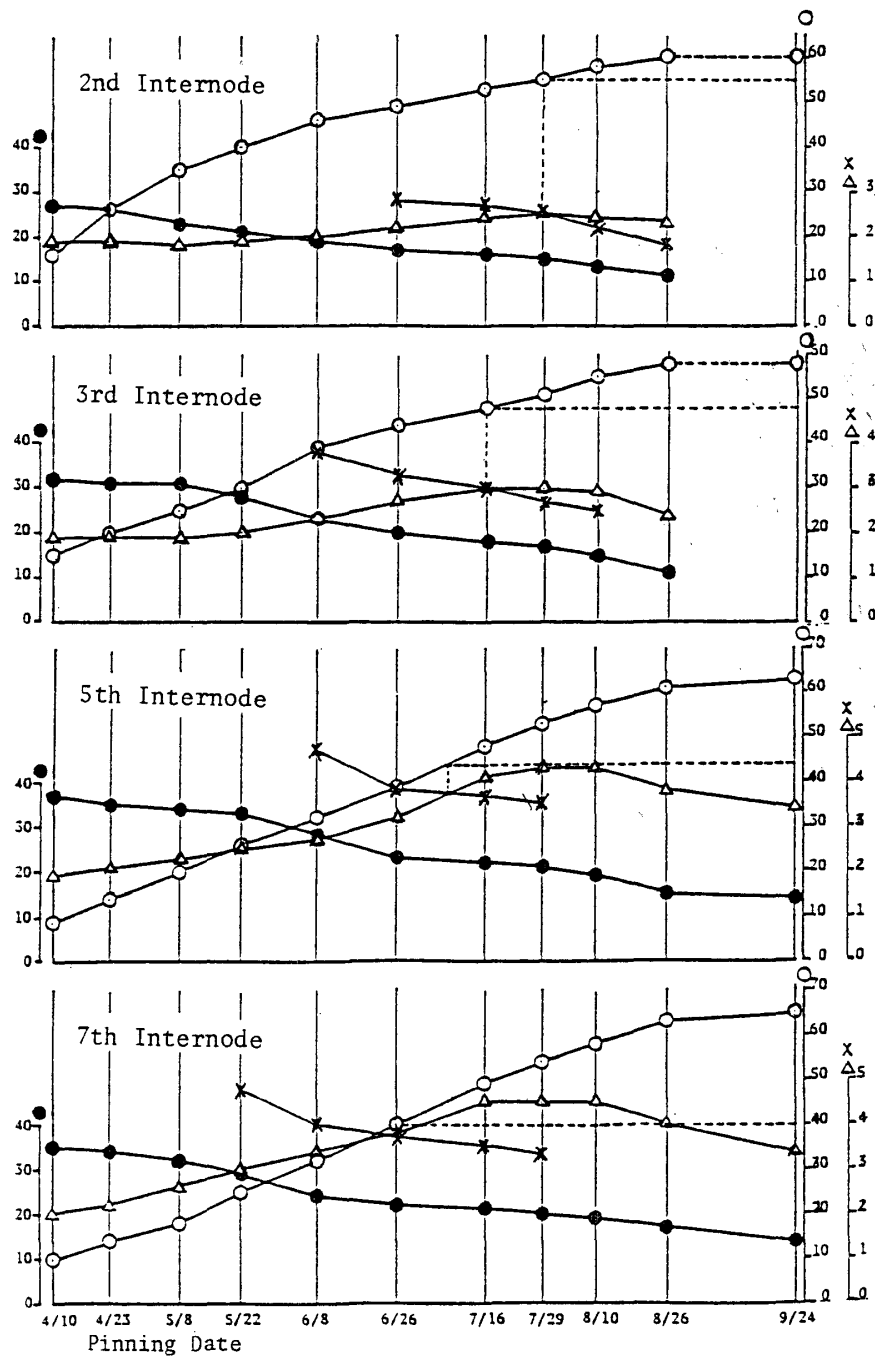


Fig. 2 樹幹各節間における細胞数, 放射径, 接線壁厚の季節変動

○ 細胞数 ● 放射径 (μm) △ 接線壁厚 (μm)
× 放射径の 1/6 の値 (μm)

算し, これと各節間における細胞数増加率, 放射径及び接線壁厚との関係から, 樹冠生長が樹幹材形成に及ぼす効果を推察した結果について述べる。

3.1. 各節間における Growth Index の計算

2. 2. での実験結果では, 各節間での細胞数と放射径の変動曲線は, 頂条及び当該節間より上方の当年枝条の伸長曲線と新葉の伸長曲線を加えた曲線に類似し, 接線壁厚の変動曲線は新葉の伸長曲線に類似して

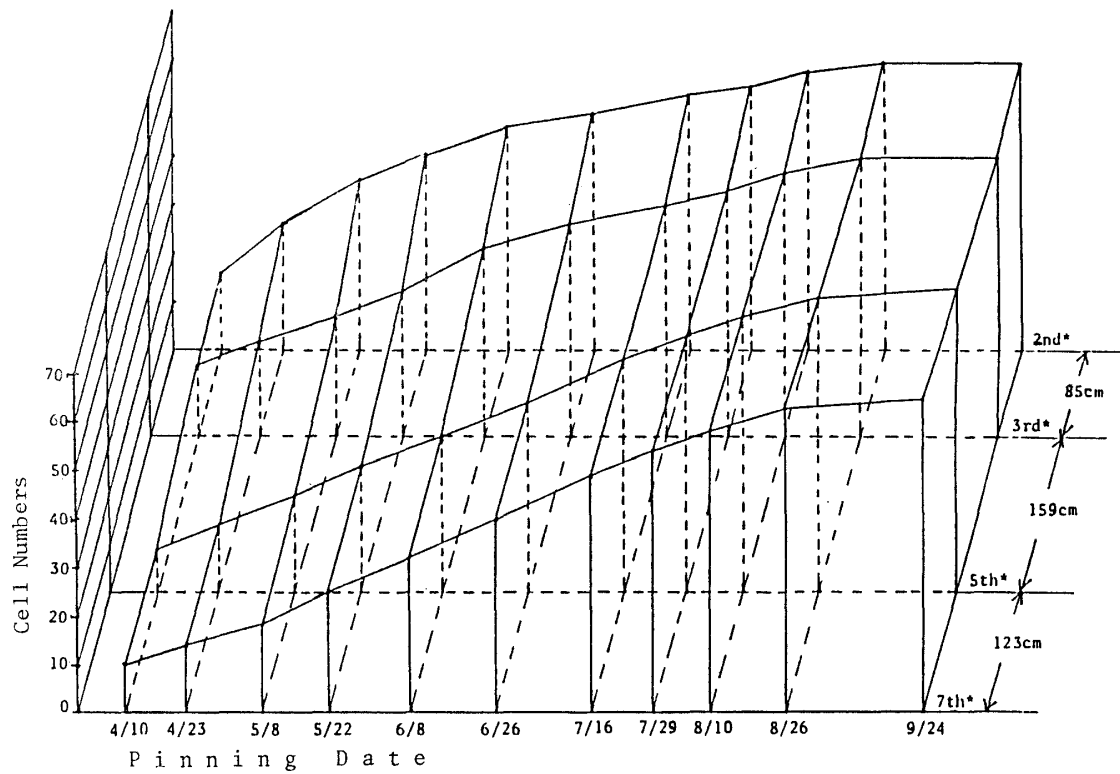


Fig. 3 樹幹内における細胞数の季節変動
* 節間番号

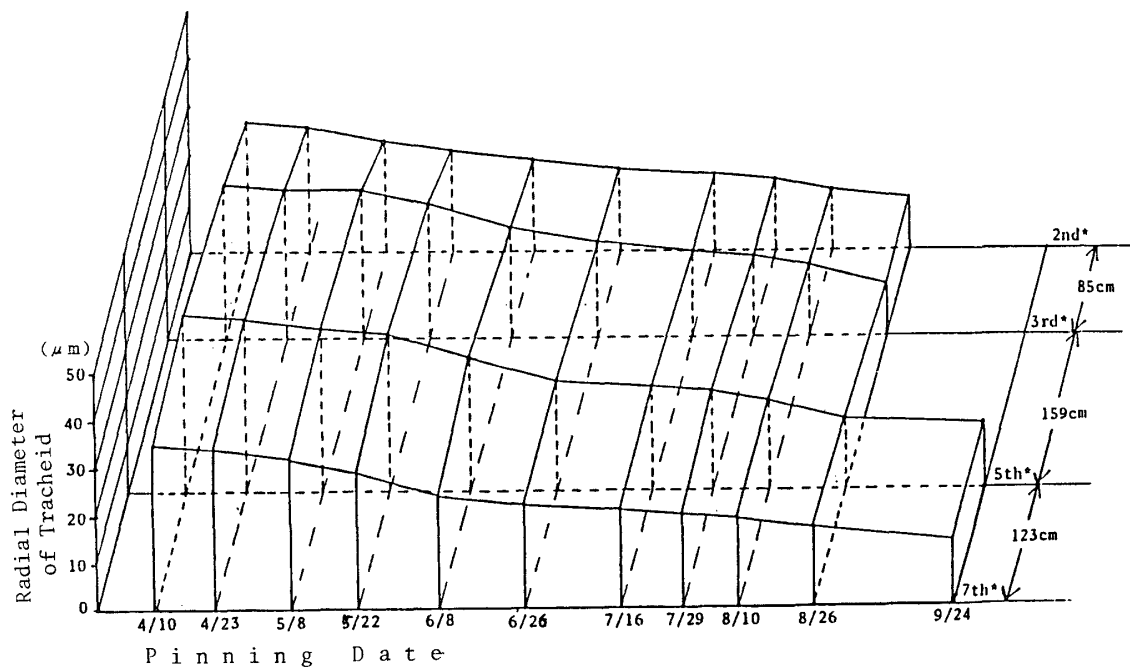


Fig. 4 樹幹内における細胞放射径の季節変動
* 節間番号

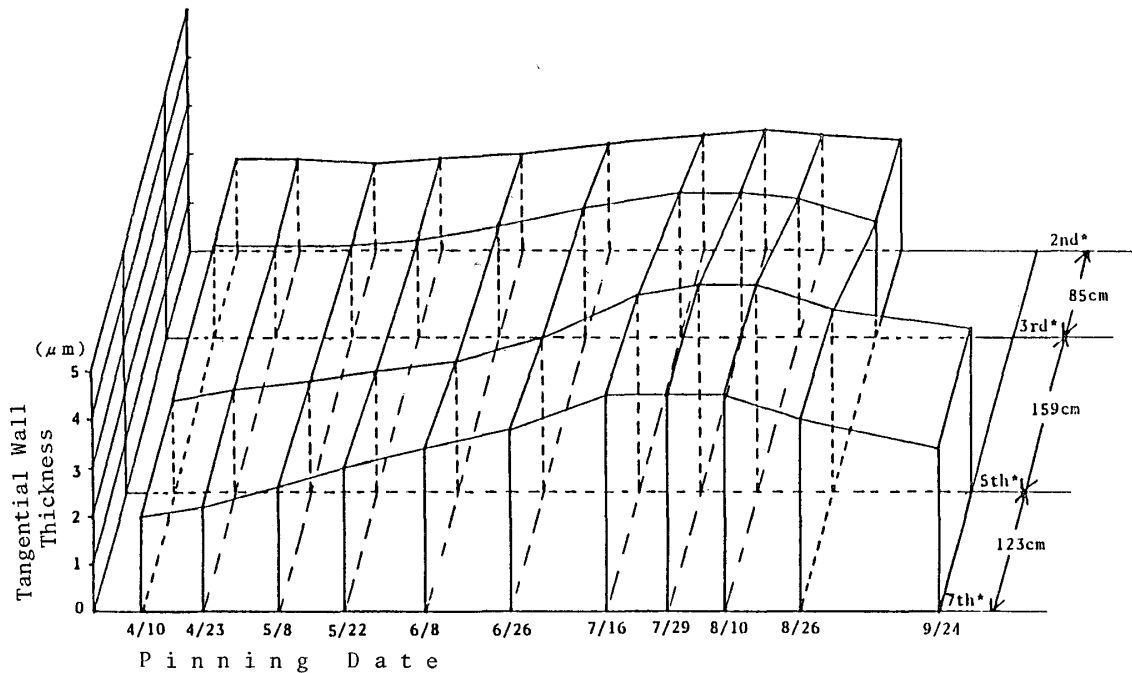


Fig. 5 樹幹内における細胞接線壁厚の季節変動
* 節間番号

いた。細胞数はある期間における形成層細胞の分裂回数を表し、放射径はある時期における細胞の膨張（一次壁の伸長）を刺激する因子の強さを示すと考えられ、これらは共に頂条、当年枝条及び新葉の伸長を刺激する因子（同一の生長ホルモン）と考えればこの現象が説明できる。これが第一の仮定であり、上記伸長器官で生産される生長ホルモン（特にオーキシン）は通常下方にのみ極性的に移動しうるので⁶⁾、この刺激は下方の節間にのみ影響を与えるというのがこの仮定に付随する条件である。

一方、接線壁厚は葉で作られる光合成物質の量によって規定され、旧葉によるものは年間を通じて一定と仮定すると、壁厚の変動は新葉の伸長を表す量で近似的に表現することができる。これが第2の仮定であり、光合成物質は通常上・下方向に非極性的に移動しうると考えられるから、ある節間における壁厚はその上・下にある全ての葉の影響を受けているというのがこの仮定の付随条件となる。

そこで、まず、 i 番目枝階の当年枝条（頂条は0番目枝階の枝条と考える）と、その枝階の新葉の伸長変化より、各測定期間における伸長速度 GR_i を枝条、新葉別に計算する。ついで i 番目枝階の当年枝条及び新葉の伸長の、樹幹の j 番目節間中央部の新生木部細胞に及ぼす影響を示す量として、Growth Index (GI_j) を次式(1)のように定義して計算する。この式を定義するにあたっては、 i 番目枝階の枝条と新葉の伸長の効果は、この枝階の節から j 番目節間中央部までの距離 λ_i に反比例して伝わるという第3の仮定をいれる。すなわち

$$GI_j = \sum w_i \cdot GR_i / \lambda_i \dots\dots\dots (1)$$

ここに w_i は i 番目枝階の当年枝条数あるいは新葉の相対量を考慮するための加重因子であり、これについては 3.1.1. で詳しく説明する。

3.1.1. 細胞数及び放射径に影響する Growth Index の具体的計算

この場合の Growth Index の計算には、第1の仮定によって、計算する節間より上部のみにある各枝階の枝条と新葉について計算し、それらを加え合わせればよい。

ここで測定木の樹幹枝条（頂条・各節間、及び一次枝枝条・各節間に Fig. 6 に示す記号を付け、たとえ

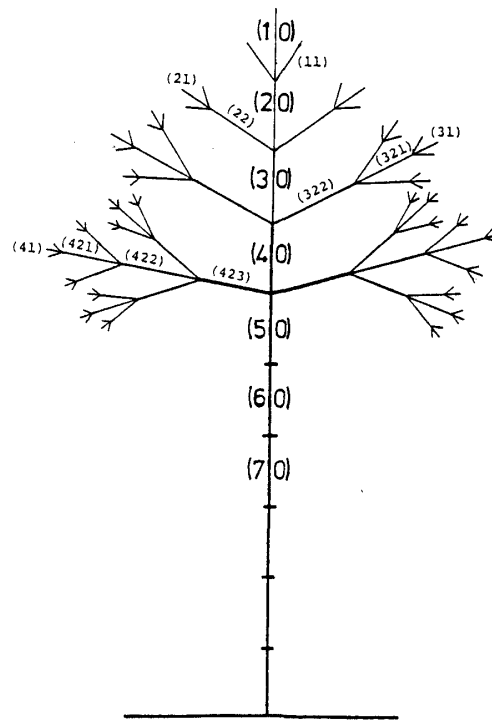


Fig. 6 枝条および節間の記号

ば、頂条及びその新葉の任意の測定日よりその次の測定日迄の伸長速度をそれぞれ $GR_s(10)$, $GR_f(10)$, 第2番目枝階の当年枝条及び新葉の伸長速度をそれぞれ $GR_s(21)$, $GR_f(21)$, また第4節間長を $L(40)$, 第3番目枝階の各枝節間長を $l(321)$, $l(322)$ のように書けば、第2, 3, 5, 7節間中央部における Growth Index, すなわち GI_2 , GI_3 , GI_5 , GI_7 は次の各式を計算すればよいことになる。

$$GI_2 = GR_s(10)/0.5L(20) + 4.6GR_s(11)/0.5L(20) + GR_f(10)/0.5L(20) + 4.6GR_f(11)/0.5L(20) \dots\dots\dots (2)$$

$$GI_3 = GR_s(10)/\{L(20) + 0.5L(30)\} + 4.6GR_s(11)/\{L(20) + 0.5L(30)\} + 4.6GR_s(21)/\{l(22) + 0.5L(30)\} + GR_f(10)/\{L(20) + 0.5L(30)\} + 4.6GR_f(11)/\{L(20) + 0.5L(30)\} + 15.6GR_f(21)/\{l(22) + 0.5L(30)\} \dots\dots\dots (3)$$

$$GI_5 = GR_s(10)/\{L(20) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} + 4.6GR_s(11)/\{L(20) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} + 4.6GR_s(21)/\{l(22) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} + 2 \times 4.6GR_s(31)/\{l(321) + l(322) + L(40) + 0.5L(50)\} + 4 \times 4.6GR_s(41)/\{l(421) + l(422) + l(423) + 0.5L(50)\} + GR_f(10)/\{L(20) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} + 4.6GR_f(11)/\{L(20) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} + 15.6GR_f(21)/\{l(22) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} + 21.6GR_f(31)/\{l(321) + l(322) + L(40) + 0.5L(50)\} + 19.3GR_f(41)/\{l(421) + l(422) + l(423) + 0.5L(50)\} \dots\dots\dots (4)$$

$$GR_7 = GR_s(10)/\{L(20) + L(30) + L(40) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\} + 4.6GR_s(11)/\{L(20) + L(30) + L(40) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\} + 4.6GR_s(21)/\{l(22) + L(30) + L(40) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\}$$

$$\begin{aligned}
 &+2 \times 4.6GR_s(31)/\{l(321)+l(322)+L(40)+L(50)+L(60)+0.5L(70)\} \\
 &+4 \times 4.6GR_s(41)/\{l(421)+l(422)+l(423)+L(50)+L(60)+0.5L(70)\} \\
 &+GR_f(10)/\{L(20)+L(30)+L(40)+L(50)+L(60)+0.5L(70)\} \\
 &+4.6GR_f(11)/\{L(20)+L(30)+L(40)+L(50)+L(60)+0.5L(70)\} \\
 &+15.6GR_f(21)/\{l(22)+L(30)+L(40)+L(50)+L(60)+0.5L(70)\} \\
 &+21.6GR_f(31)/\{l(321)+l(322)+L(40)+L(50)+L(60)+0.5L(70)\} \\
 &+19.3GR_f(41)/\{l(421)+l(422)+l(423)+L(50)+L(60)+0.5L(70)\} \dots\dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

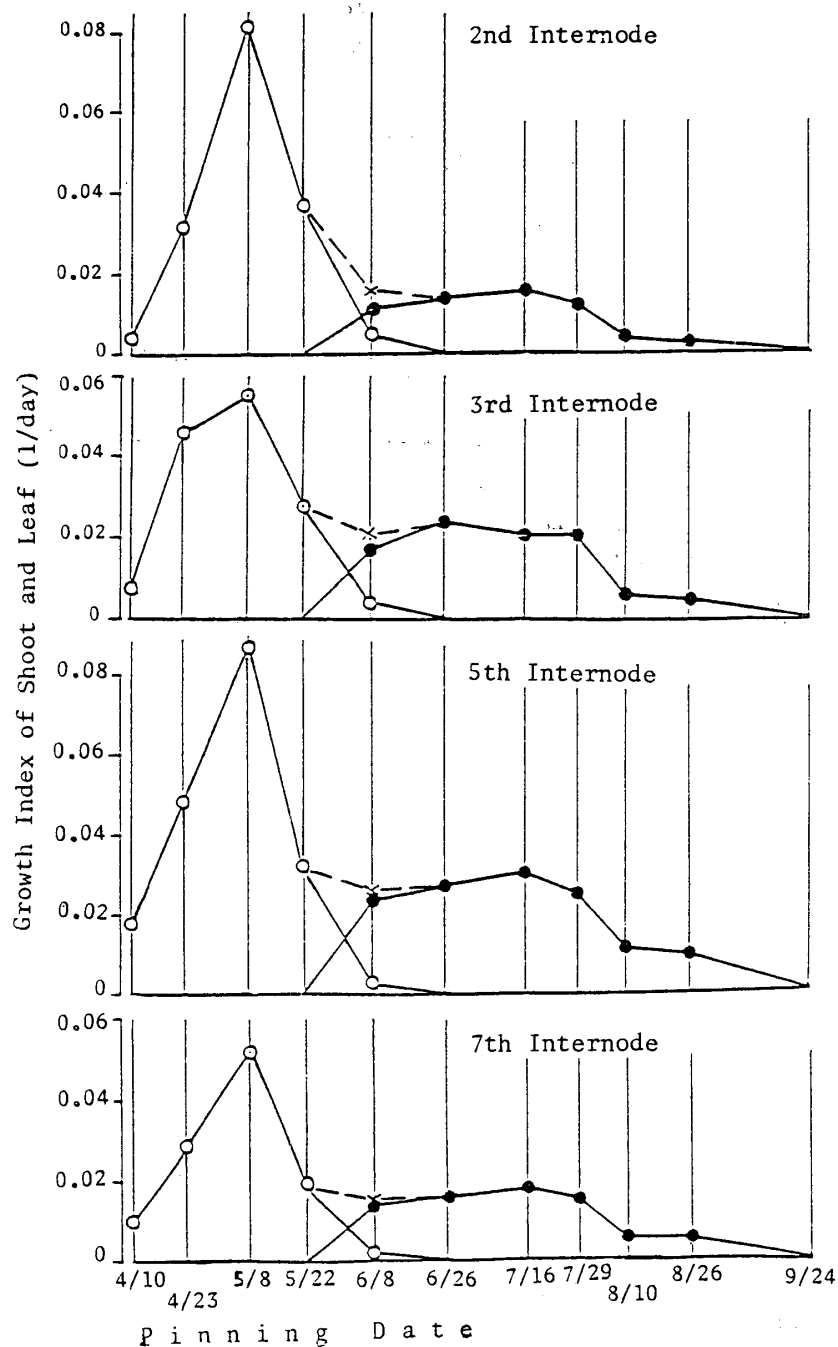


Fig. 7 樹幹各節間における新条 (○), 新葉 (●) の季節変化

これらの式中、各項の定数は (1) 式における加重因子であり、当年枝条の伸長速度すなわち GR_s に関係する項は当年枝条数の平均 (試料木各枝階の枝条数は 4 あるいは 5 で、その平均は 4.6 であった) を用いた。ただし第 3 及び第 4 枝階枝条の二次枝に付く枝条は、その全ての合計として一次枝条と同等の効果をもつと仮定している。また、新葉の伸長速度すなわち GR_f に関係する項の定数は、第 1 枝階の新葉がその全重量で第 1 枝階の平均枝条数 4.6 と同等の効果をもち、第 2 ~ 4 枝階の新葉は第 1 枝階新葉との重量比に応じた効果をもつとして定められている。

(2) ~ (5) 式で計算された各節間中央部における Growth Index の季節変化を枝条、新葉別に示したのが Fig. 7 である。Fig. 1 から明らかなように、枝条と新葉の Growth Index の計算値がともに値をもつのは 6 月 8 日のみであり、その他の測定日ではいずれかの計算値が 0 となる。図中の 6 月 8 日に × 印で示した値は枝条と新葉の Growth Index の和である。

3.1.2. 接線壁厚に影響する Growth Index の具体的計算

この場合の Growth Index の計算には、第 2 の仮定によって、新葉のみでよいが、計算する節間の上下にある全ての枝階について加え合わせねばならない。すなわち、

$$GI_2 = GR_f(10)/0.5L(20) + 4.6GR_f(11)/0.5L(20) + 15.6GR_f(21)/\{l(22) + 0.5L(20)\} \\ + 21.6GR_f(31)/\{l(321) + l(322) + L(30) + 0.5L(20)\} \\ + 19.3GR_f(41)/\{l(421) + l(422) + l(423) + L(40) + L(30) + 0.5L(20)\} \dots\dots\dots (6)$$

$$GI_3 = GR_f(10)/\{L(20) + 0.5L(30)\} + 4.6GR_f(11)/\{L(20) + 0.5L(30)\} \\ + 15.6GR_f(21)/\{l(22) + 0.5L(30)\} + 21.6GR_f(31)/\{l(321) + l(322) + 0.5L(30)\} \\ + 19.3GR_f(41)/\{l(421) + l(422) + l(423) + L(40) + 0.5L(30)\} \dots\dots\dots (7)$$

$$GI_5 = GR_f(10)/\{L(20) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} \\ + 4.6GR_f(11)/\{L(20) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} \\ + 15.6GR_f(21)/\{l(22) + L(30) + L(40) + 0.5L(50)\} \\ + 21.6GR_f(31)/\{l(321) + l(322) + L(40) + 0.5L(50)\} \\ + 19.3GR_f(41)/\{l(421) + l(422) + l(423) + 0.5L(50)\} \dots\dots\dots (8)$$

$$GT_7 = GR_f(10)/\{L(20) + L(30) + L(40) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\} \\ + 4.6GR_f(11)/\{L(20) + L(30) + L(40) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\} \\ + 15.6GR_f(21)/\{l(22) + L(30) + L(40) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\} \\ + 21.6GR_f(31)/\{l(321) + l(322) + L(40) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\} \\ + 19.3GR_f(41)/\{l(421) + l(422) + l(423) + L(50) + L(60) + 0.5L(70)\} \dots\dots\dots (9)$$

これら式中の加重因子には 3.1.1. で説明した値が用いられている。(6) ~ (9) 式で計算された各節間中央部における Growth Index の季節的变化を示したのが Fig. 8 である。1.1 でのべたように、第 5 枝階以下の枝は実験開始以前に切除されているので、第 5、7 節間中央での Growth Index の値は Fig. 7 における新葉による値と当然同じである。

3.2. Growth Index と細胞数、放射径、接線壁厚との相関

各測定時における細胞数の増加率及び放射径と 3.1.1. で計算された Growth Index の相関図を Fig. 9 及び 10 に示し、接線壁厚と 3.1.2. で計算された Growth Index の相関を Fig. 11 に示す。

Fig. 9 及び 10 で、破線で示した直線より大きく外れるもの (図中 ○ 印) は 4 月 10 日 ~ 5 月 8 日の春期のものであった。Growth Index そのものは、(1) 式より明らかなように、枝条、新葉の測定時における伸長速度より計算したものであり、生長ホルモン自身はこれらの伸長をそれより早い時期に刺激している筈であり、それと大体同時期に細胞の分裂及び膨張をも刺激しているものと考えほうがより妥当である。この

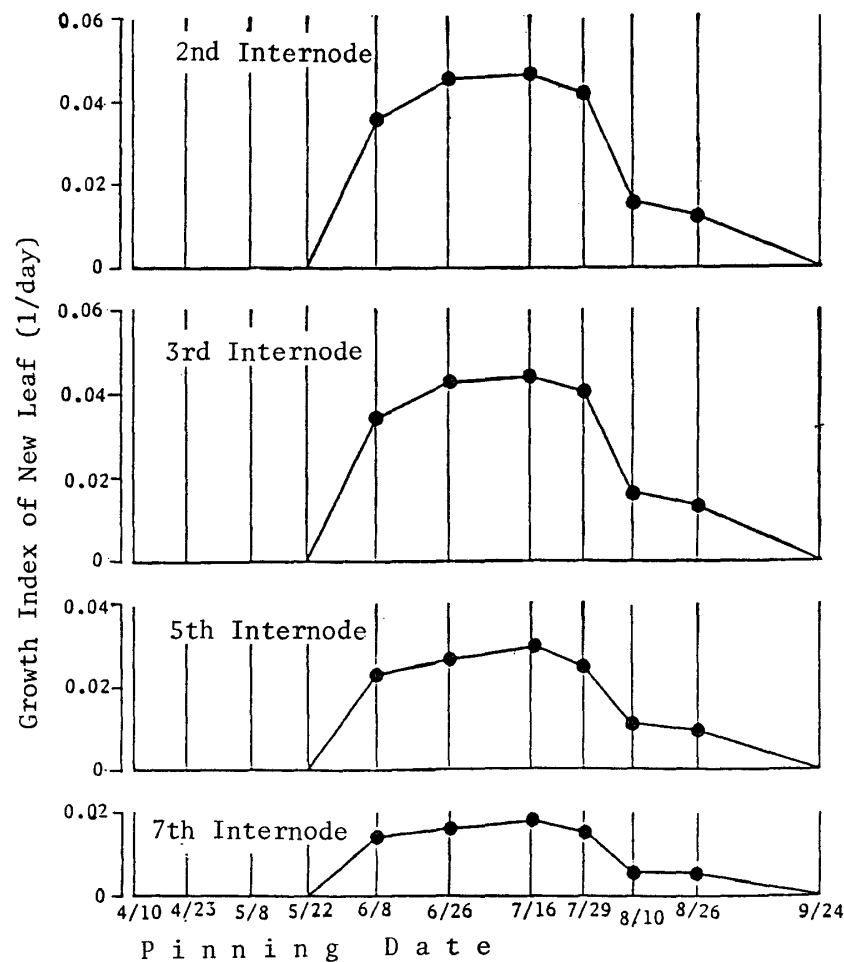


Fig. 8 樹幹各節間における新葉のみの Growth Index の季節変化

ような考えのもとに、細胞分裂は約4週間前、細胞の膨張は約2週間前にそれぞれ刺激されていたとして再相関（すなわち細胞数増加率とその測定時の2回後の Growth Index、及び放射径とその測定時の1回後の Growth Index の相関）を取り直した図を示したのが Fig. 12 及び 13である。両図とも比較的良好な正の相関を与えている。

接線壁厚は旧葉、新葉よりそこで生産される光合成物質を通じて影響を受けるが、新葉の伸長が始まるまでは Fig. 2 あるいは Fig. 5 に示されるように壁厚はほぼ一定（Fig. 11 中の横軸に平行な細破線）と考えられるので、その後の壁厚の変動は3.1. で述べたように新葉の伸長による影響であると考えてよい。しかも、新葉の Growth Index が低下しても、すでにつくられた新葉が十分に光合成を行っているから、Fig. 11 の比較的良好な負の相関は妥当である。

BECKWITH, III は頂条及び枝条の伸長速度を支配するオーキシンが頂条、枝条よりの距離に反比例し、かつ同時に樹幹内に形成される細胞数、放射径、接線壁厚を決定するという考えのもとに、筆者らと同様に、Growth Index と木部細胞の上記3特性との相関を得ているが¹¹⁾、この考えには葉の効果（葉で生産されるオーキシンや光合成物質の効果）は全く考慮されず、筆者らの考えと基本的に異なっている。さらに、Growth Index の計算における加重因子には枝条数の代わりに各枝階の年齢を用い、オーキシン量が枝条数より枝階の年齢支配の方が著しく大きいと考えている点、また頂条、枝条の伸長速度の決定と木部細胞数、放射径の決定の時間的ずれを全く考えていない点は筆者らの考えと異なっている。

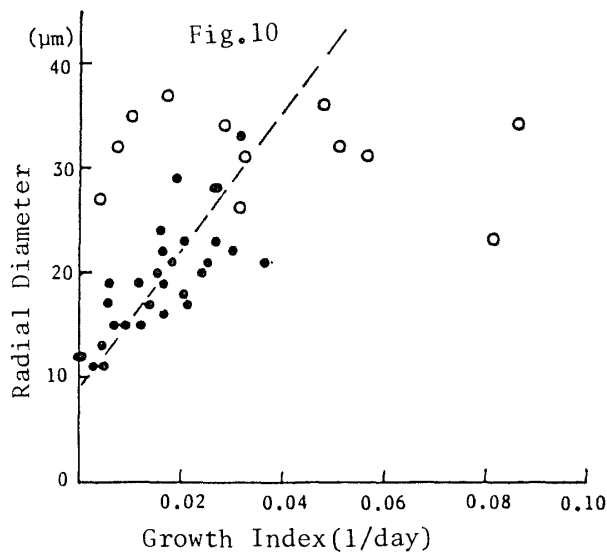
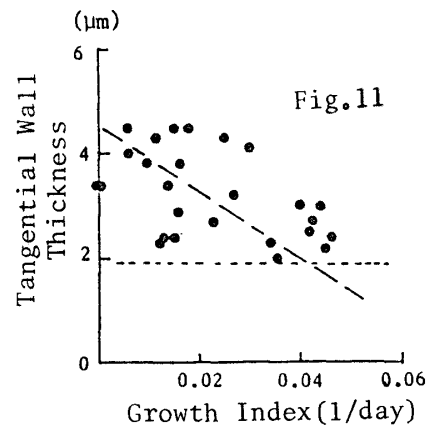
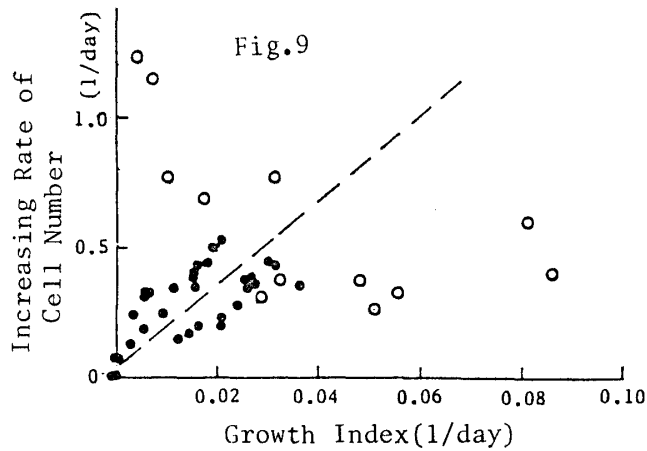


Fig. 9 細胞数の増加率と各測定日における Growth Index (上方の新条・新葉) の相関

Fig. 10 放射径と各測定日における Growth Index (上方の新条・新葉) の相関

Fig. 11 接線壁厚と各測定日における Growth Index (新葉のみ) の相関

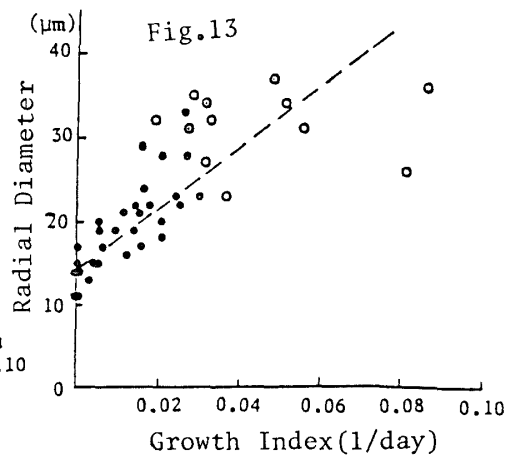
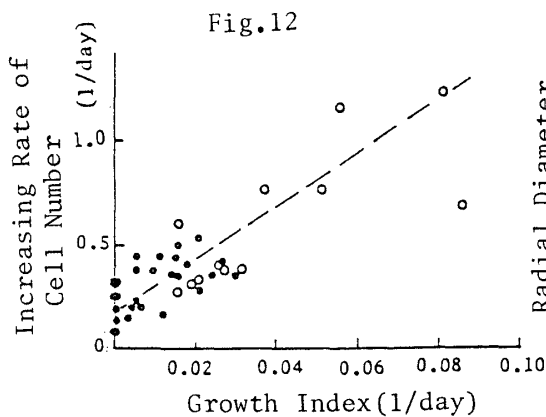


Fig. 12 細胞数増加率とその測定日より2回後の Growth Index (上方の新条・新葉) の相関

Fig. 13 放射径とその測定日より1回後の Growth Index (上方の新条・新葉) の相関

筆者らの Growth Index の計算にも枝条で生産されるオーキシンの量は枝階の年齢支配を受けない、葉で生産される光合成物質の量は葉の量のみにより、季節変動を受けない等、3.1. のべた二つの仮定以外にも多くの仮定を含んでいる。これら仮定の是非は林木におけるオーキシンや光合成物質の生産などに関する多くのデータの蓄積によって決定されるであろう。

ま と め

京都大学農学部演習林上賀茂試験地内の10年生アカマツ3本（あらかじめ各第5枝階以下の枝を切除）について昭和59年3月28日～10月15日の期間に、約2週間の間隔で、各試料木の頂条及び全ての一次枝当年枝条の伸長と新葉の伸長を測定し、同時に樹幹各節間中央部の刺針区域に刺針を行なった。11月の伐倒時、全ての枝階、樹幹各節間中央部の地上高、及び当年生葉・旧葉別の乾重量を測定した。

その後、樹幹各刺針部毎に刺針による傷を含む木口切片を作り、各節間における木部細胞生産数、各細胞の放射径、接線壁厚の季節変化を調べるとともに、各節間における晩材形成時期を推定した。

頂条、一次枝条、新葉の伸長が距離に反比例して樹幹の新生木部細胞の形成に影響を及ぼすという仮定のもとに、j 節間での細胞特性に影響する Growth Index を

$$GI_j = \sum w_i \cdot GR_i / \lambda_i$$

（ただし GR_i = 頂条、一次枝条、新葉の伸長速度； λ_i = 各節間中央部までの距離； w_i = 枝条数、相対葉量を考慮した加重因子）と定義した。各測定期間で増加する細胞数、各細胞の放射径は伸長しつつあるシュート・新葉で生産され求基的にのみ移動するオーキシンの、接線壁厚は葉で生産され上下両方向に移動しうる光合成物質にそれぞれ影響されるとして計算した GI_j と細胞特性3因子（細胞数増加率、放射径、接線壁厚）との間には、それぞれ比較的良好な相関が得られたが、細胞数、放射径では GI_j を引き起こす因子がそれぞれさらに早い時期に作用すると考えたほうが、より良い相関を与えた。

文 献

- 1) LARSON, P.R.: Yale Univ., Sch. For. Bull. **74**, 1 (1969)
- 2) 島地 謙：木材研究資料, No. 13, 35 (1979)
- 3) LARSON, P.R.: Trop. Woods, **104**, 80 (1956)
- 4) WODZICKI, T.: Acta Soc. Bot. Polon, **34**, 118 (1965)
- 5) 小谷圭司：材料, **24**, 816 (1975)
- 6) YAMAGUCHI, K., T. ITOH and K. SHIMAJI: Wood Sci. Technol., **14**, 181 (1980)
- 7) AMOS, G.L., I.J.W. BISSET and H.E. DADSWELL: Aust. J. Res., **3B**, 393 (1950)
- 8) WODZICKI, T. and T. PEDA: Acta Soc. Bot. Polon, **23**, 609 (1963)
- 9) SHEPHARD, K.R.: Aust. For., **28**, 7 (1964)
- 10) SHIMAJI, K. and Y. NAGATSUKA: Mokuzai Gakkaishi, **17**, 22 (1971)
- 11) BECKWITH, J.R., III and L.S. SCHACKELFORD: For. Sci., **22**, 247 (1976)
- 12) YOSHIMURA, K., T. ITOH and K. SHIMAJI: Mokuzai Gakkaishi, **27**, 755 (1981)
- 13) MORK, E.: Papier Fabrikant, **26**, 741 (1928)