

広葉樹環孔材樹種における萌芽基部の木部形成

雉子谷, 佳男
九州大学農学部林産学科

小田, 一幸
九州大学農学部林産学科

堤, 壽一
九州大学農学部林産学科

<https://doi.org/10.15017/10888>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 70, pp.63-74, 1994-03-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

広葉樹環孔材樹種における萌芽基部の木部形成*

雉子谷 佳 男**・小 田 一 幸**・堤 壽 一**

抄 録

この研究の目的は、環孔材樹種について、芽や葉の成長や樹冠量が樹幹での木部形成や木部の性質におよぼす影響を考察する基礎資料を得ることである。すなわち、常緑樹1種と落葉樹5種の合計6種で、上部を切除した枝に萌芽を発生させ、萌芽の成長に伴う枝での木部形成の進行経過、新生木部細胞の二次壁形成および形成された道管の形状を観察し、樹冠での変化が木部形成経過と木部構造に与える影響を検討した。

枝での木部形成は、萌芽の発生と成長が原因となって始まり、萌芽の基部から始まった木部形成は枝の下方へ向かって求基的に進行した。また、当年生木部の二次壁形成の進行は、道管とその周囲の細胞の二次壁形成が他の細胞よりも優先して進行し、通常の環孔材樹種の樹幹でみられる二次壁形成パターンと一致した。

萌芽基部からの距離と道管形状との関係をアカメガシワとノグルミで調べた結果、接線(円周)方向には萌芽の真下から円周方向に離れるに伴い、管孔面積は減少する傾向を示したが、幹軸方向では管孔面積の変動係数がそれぞれ11%と8%であり、萌芽からの距離による影響は小さかった。

当年生早材道管の大きさは、前年の早材道管よりも小さくなる傾向が認められ、樹冠の変化と道管の面積成長には密接な関係があることがわかった。また、前年の管孔面積に対する当年の管孔面積の割合は、散孔材樹種よりも道管径が大きい環孔材樹種で小さかった。
キーワード：萌芽、木部形成、道管、形成層活動、環孔材

1. 緒 言

IAAなどの植物ホルモンは、伸長している芽や若葉でつくられ、篩部細胞、形成層帯細胞および分化中の細胞に存在し(Clark and Bonga, 1963)、樹幹の形成層活動と木部細胞の寸法や細胞壁構造と密接な関係があるとされている(Larson, 1969)。したがって、樹幹での植物ホルモンの季節的な推移は芽や葉の成長と関連し、その濃度は成長している芽や葉の量と相関があると推測される。すなわち、針葉樹においては、樹冠量の違いは樹幹の肥大成長のみならず、形成される木部の構造と性質に影響すると考えられ(船田ら, 1987)、林業的には、間伐や枝打ちによる樹冠量調節が樹幹木部の性質に与える影響が生産管理上の課題になっている。

一方、広葉樹では、針葉樹に比べると、木部形成に限らず、樹冠量調節と木材性質との

* KIJIDANI, Yoshio, ODA, Kazuyuki and TSUTSUMI, Juichi: Xylem Development at the Bases of Sprouts in the Branches of Ring-porous Species

** 九州大学農学部林産学科

Department of Forest Products, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

関係についての研究は少なく、人工造林を意識したデータの蓄積が待たれる。こうしたなかで、近年、広葉樹林の萌芽更新に関する研究が行われ、萌芽の成長は実生の苗よりもはるかに速いこと (Blake, 1980) や、萌芽葉の形態と水分特性 (Blake, 1980; Ito and Suzaki, 1990) などが報告されている。しかし、これらの研究は萌芽だけに限られており、伐採のち萌芽が生じた根株部での木部形成についての報告は見当たらず、根株部に形成される木部の構造は明らかではない。

前報 (雉子谷ら, 1992) では、芽や葉の成長や樹冠量が樹幹での木部形成や木部の性質におよぼす影響を考察する基礎資料を得ることを目的に、散孔材樹種を対象に、萌芽を発生させた枝の木部形成経過を検討した。この研究では、前報に引き続き、環孔材樹種を用いて、常緑樹 1 種と落葉樹 5 種の合計 6 種で、上部を切除した枝に萌芽を発生させ、萌芽の成長に伴う枝での木部形成の進行経過、新生木部細胞の二次壁形成および形成された道管の形状を観察した。

この研究を遂行するに当たり、九州大学農学部福岡演習林を使用させていただいた。ここに記して、深く謝意を表する。

2. 実 験

2.1. 試料および木部形成の観察

九州大学福岡演習林に生育している広葉樹のうち、Table 1 に示す 6 種のそれぞれから 1 個体ずつを選んで供試木とした。木部形成が始まっていない 3 月中旬に、各供試木ごと

表 1 供試木一覧表
Table 1 The species of tested trees.

Species	Evergreen • Deciduous
Koshiabura (<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>)	Deciduous
Akamegasiwa (<i>Mallotus japonicus</i>)	Deciduous
Konara (<i>Quercus serrata</i>)	Deciduous
Kuri (<i>Castanea crenata</i>)	Deciduous
Sudajii (<i>Castanopsis cuspidata</i>)	Evergreen
Nogurumi (<i>Platycarya strobilacea</i>)	Deciduous

に成長が良好な枝数本ずつについて、Fig. 1 に示すように、枝の基部から上方へ約 10cm 離れた部分を環状に剝皮し、さらにそこから上方へ 20cm ほど枝を残して上部を切除した。なお、枝の環状剝皮部および切除部分には、水分の蒸発と腐朽菌の侵入を防ぐため切除後直ちにワセリンを塗った。上部を切除した枝に 4 月中旬頃から萌芽が発生し始めたので、適宜、萌芽が発生した枝を採取し、萌芽の基部を中心に枝の上方および下方から、厚さ 1 cm の円板を数枚ずつ切り出した。円板を FAA で固定した後、樹皮から前年の年輪にかけての部分円周方向に幅 1 cm 間隔で分割し、横断面のプレパラートを製作した。これらのプレパラートを用いて、枝の種々の部位ごとに形成層帯付近の状態を観察し、萌芽の発生と

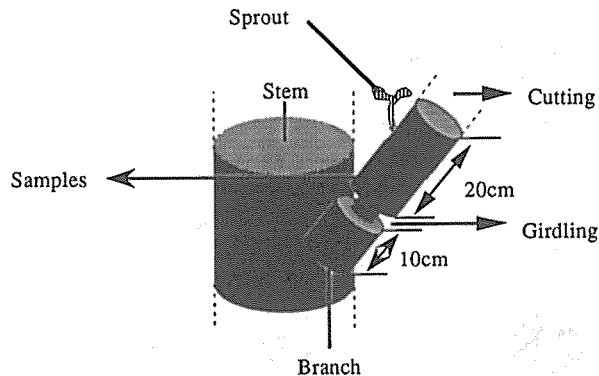


Fig. 1 The sprouting at the branch and the position of collecting samples.

図1 萌芽を生じさせる処理と試料採取位置

木部形成との関係を検討した。

2.2. 道管管孔面積の測定

萌芽の発生によって枝に形成された年輪の構造を検討するために、道管に着目した。すなわち、上で製作したプレパラートを使って当年生および前年の年輪について、樹種ごとに個々の早材道管の管孔面積を画像解析装置で測定し、平均値を求めた。

3. 結果と考察

3.1. 木部形成の開始とその進行方向

6樹種について、萌芽の発生と枝での木部形成開始との関係を観察した結果、全樹種とも同様な結果を示した。そこで、5月中旬のアカメガシワの枝の形成層帯付近の様子をFig. 2~4に示し、これを例にとって観察結果を説明する。

すなわち、アカメガシワの枝の1つでは、同一部位から2本の萌芽が発生し、5月中旬には長さがそれぞれ9.0cmと5.0cmに成長した。この萌芽の基部から2.0cm下で採取した円板では、萌芽の真下を中心に円周方向に幅2.5cmにわたって、新生木部細胞の寸法拡大と二次壁形成が認められ、木部形成が始まっていた(Fig. 2-A)。しかし、円周方向に離れた部分では形成層の細胞分裂は観察されなかった(Fig. 2-B)。また、萌芽の基部から5.0cm下の円板では、Fig. 2と同様に、萌芽の真下を中心に円周方向に幅3.0cmの範囲で、木部形成が始まっており、道管とその周囲の細胞の二次壁形成が進行していた(Fig. 3-A)ものの、萌芽の真下から円周方向に離れた部分では木部形成は認められなかった(Fig. 3-B)。一方、萌芽の基部から1cm上の円板では、円周方向のいずれの部分でも新生木部細胞の形成は観察されなかった(Fig. 4)。このように、5月中旬のアカメガシワの枝では、萌芽の基部を頂点としてその下方の限られた範囲で木部形成が進行し、萌芽の真下から円周方向に離れた部分や萌芽の基部よりも上では木部形成は始まっていなかった。

さらに、季節が推移しても、萌芽が発生しなかった枝や萌芽の基部よりも上部の枝では、

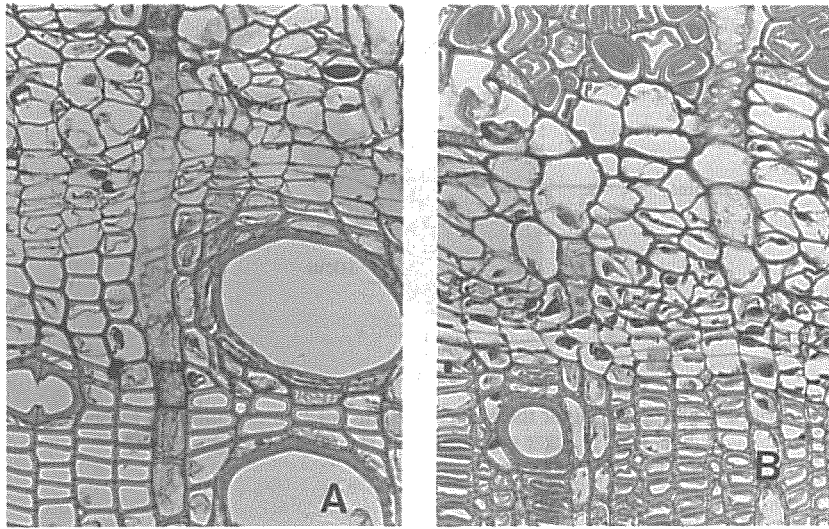


Fig. 2 Transverse section of 2cm lower part from the base of the sprout in the branch of akamegashiwa.

A : directly below part. B : 2cm leftward part of A in tangential direction.

図2 アカメガシワ枝の萌芽基部から2cm下の横断面切片
A : 真下 B : 接線方向にAの2cm左側

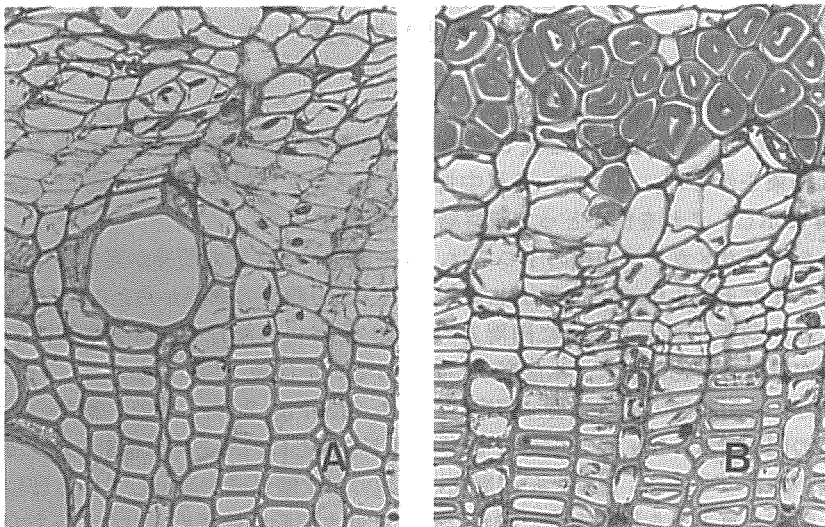


Fig. 3 Transverse section of 5cm lower part from the base of the sprout in the branch of akamegashiwa.

A : directly below part. B : 2cm leftward part of A in tangential direction.

図3 アカメガシワ枝の萌芽基部から5cm下の横断面切片
A : 真下 B : 接線方向にAの2cm左側

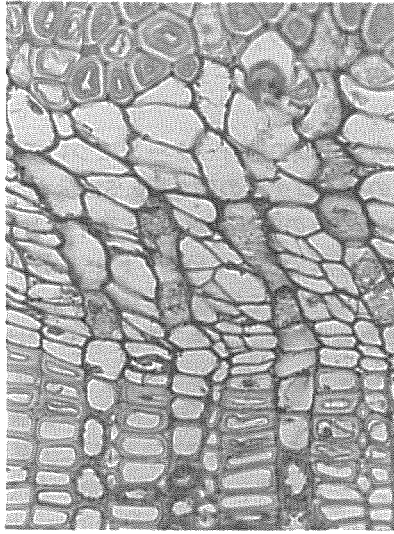


Fig. 4 Transverse section of just 1cm upper part from the base of the sprout in the branch of akamegashiwa.

図4 アカメガシワ枝の萌芽基部から1cm真上の横断面切片

木部形成は観察されなかった。

上述したように、他の5樹種でもアカメガシワと同様な結果を示し、さらに、これらの結果は散孔材樹種での観察結果(雉子谷ら, 1992)とも一致しており、常緑樹と落葉樹との間あるいは散孔材と環孔材との間で、木部形成の始まりかたや木部形成開始の進行方向に違いはみられなかった。すなわち、これまでの研究に用いた広葉樹のすべてで、萌芽の発生と成長が原因となって枝での木部形成が始まり、萌芽の基部から始まった木部形成は枝の下方へ向かって求根的に進行した。

ところで、休眠期のスギとカラマツの樹幹を加温したとき、カラマツでは加温に反応を示さないが、スギでは形成層活動が始まることが観察され(織部ら, 1992)、さらに、カラマツでは芽の開序と関係して形成層が活性化するが、スギでは芽の開序とは無関係に活性化することが認められている(織部ら, 1993)。つまり、形成層再活性の直接の要因は樹種によって異なる可能性が示唆されている。したがって、上の実験結果から、通常の樹幹での形成層活動は、芽の成長に伴う植物ホルモンが直接の原因となって樹幹の上部から下部へ向かって始まると断定するのは早計かもしれない。

3.2. 新生木部細胞の二次壁形成

木部形成が始まった枝のそれぞれの部位では、形成された新生木部細胞が寸法を拡大し、続いて、二次壁肥厚および木化へと細胞の成熟が進むので、枝での木部形成をさらに把握するためには、木部形成の始まりに加えて、新生木部細胞の二次壁形成のしかたについても検討する必要がある。すなわち、広葉樹における樹幹での新生木部細胞の二次壁形成のしかたには、1)道管の二次壁形成が他の新生木部細胞よりも優先されるタイプ、2)特定

の新生木部細胞が優先して二次壁を形成することはなく、放射組織を除く全新生木部細胞の二次壁形成が同時に進行するタイプ、3) 道管の二次壁形成が他の新生木部細胞よりも遅れる傾向があるタイプ、の3つのパターンが存在することが既に報告されている(河澄ら, 1990; 雫子谷ら, 1991)。

そこで、当年生木部の二次壁形成の進行パターンについて観察した。その結果、すべての樹種で同じ傾向を示したので、コナラの例をFig. 5に示す。

Fig. 5には、4月下旬のコナラの萌芽基部1cm真下における形成層帯付近の様子を、生物顕微鏡写真と偏光顕微鏡写真で示している。Fig. 5-Bで、白く光って見える部分は二次壁が形成されたか形成されつつある細胞であり、暗く見える部分はまだ二次壁が形成されていない一次壁帯細胞である。すなわち、Fig. 5-Bでは、道管とその周囲の細胞の二次壁形成が他の細胞よりも優先して進行しており、コナラは1)のタイプの二次壁形成パターンを示した。前述したように、コナラ以外の5つの樹種でも同様な結果が観察され、これらの結果は、通常の環孔材樹種の樹幹でみられる二次壁形成パターン(河澄ら, 1990; 雫子谷ら, 1991)と一致した。つまり、散孔材樹種の一部では、通常の樹幹における木部形成と萌芽による木部形成との間で、新生木部細胞の二次壁形成パターンに違いがみられた(雫子谷ら, 1992)が、この研究で用いた環孔材樹種では、そのような違いは認められなかった。

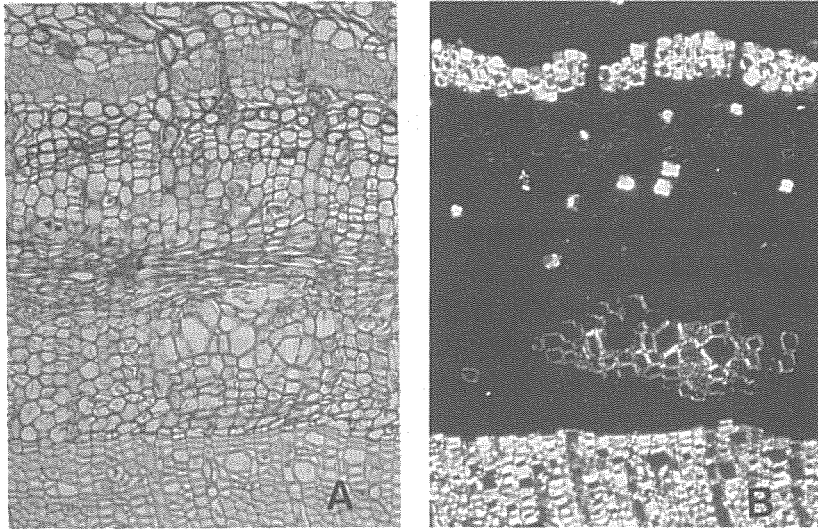


Fig. 5 Xylem development in transverse section of just 1cm lower part from the base of the sprout in the branch of konara. A: microscopic photograph. B: polarizing photograph of A.

図5 コナラの萌芽基部1cm真下での二次壁形成の様子

A: 生物顕微鏡写真 B: 偏光顕微鏡写真

3.3. 当年生木部の年輪構造、とくに早材道管の形状

木部形成の観察結果から、樹冠における芽の成長と樹幹の形成層活動との間には密接な関係があり、伸長している芽や葉でつくられる植物ホルモンが形成層活動に大きく関与し

ていると推測できた。ところが、実験に用いた枝の形成層活動に影響をおよぼす樹冠は、生じた萌芽だけであり、前年までの樹冠、すなわち通常の樹冠に比べ樹冠量が異なると考えられる。また、萌芽葉の形態や水分特性は、通常枝の普通葉に比べて明らかに異なることが指摘されている(Blake, 1980; Ito and Suzaki, 1990)。したがって、萌芽と通常の樹冠とは、伸長成長する際につくられる植物ホルモンが質的あるいは量的に異なる可能性があり、また、細胞壁材料の供給量にも違いが予測される。これらの結果、形成される木部の構造に差異が生じると考えることもできる。そこで、これまで萌芽の成長が原因となって始まった木部形成の経過について述べてきたが、次に、木部形成の結果生じた年輪の構造、とくに早材道管の形状について検討した。

3.3.1. 萌芽基部からの距離と管孔面積との関係

ところで、当年生木部は萌芽基部より枝の下方に向かって広がっており、木部形成の進行に伴いそれぞれの部位で道管が形成されている。したがって、当年生木部の早材道管の形状について検討するには、まず、萌芽基部からの距離と道管形状との関係について把握し、当年生木部内での道管形状の変動を知る必要がある。

萌芽基部からその 10 cm 下部まで別の萌芽が存在しない枝は、アカメガシワとノグルミの 2 樹種であった。これらの枝について、萌芽基部より幹軸方向下方に 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 7 cm, 10 cm の部位から円板を切り出し、それぞれ接線(円周)方向に早材道管の管孔面積を測定するとともに、幹軸方向の変動を検討した。この結果、2 樹種とも同じ結果を示したので、ノグルミの例をFig. 6およびFig. 7に示している。

Fig. 6 は、萌芽基部の 7 cm 下方の円板について、萌芽の真下から枝を半周する部位までの管孔面積の変動を表している。図をおおまかにみると、管孔面積は萌芽の真下から円周方向に離れるに伴い減少する傾向を示している。なお、このような傾向は 7 cm 下方以外の円板でも認められた。

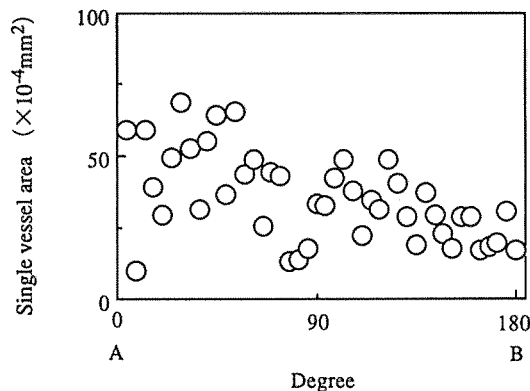


Fig. 6 Variation in single vessel area in tangential direction in the branch of nogurumi.
Notes: A: just 7cm lower part from the base of the sprout in the branch of nogurumi.
B: opposite side of A.

図6 ノグルミの円周方向における管孔面積の変動
注: A: 萌芽基部の 7 cm 真下 B: Aの反対側

また、それぞれの円板での管孔面積の平均値を算出し、幹軸方向の推移を求めた結果が Fig. 7 である。Fig. 7 によると、管孔面積は萌芽基部から 4 cm 下方までは増加し、さらにその下方では減少する。前述したように、このような変動パターンはアカメガシワでも認められた。しかし、このような変動は見られるものの、ノグルミ、アカメガシワともに、幹軸方向での管孔面積の変動係数はそれぞれ 11% と 8% であり、萌芽からの距離による影響は小さかった。

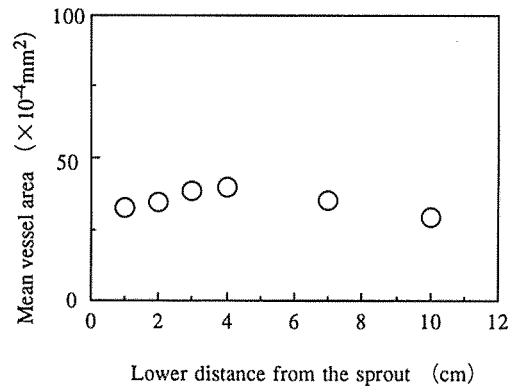


Fig. 7 Variation in mean vessel area from base of sprout to lower part in longitudinal direction in the branch of nogurumi.

図7 ノグルミの萌芽基部から幹軸下方における管孔面積の変動

以上のように、管孔面積の変動は幹軸方向よりも円周方向で大きかった。これは、IAA が幹軸方向に極性移動する (McCready and Jacobs, 1963) ことから、IAA の円周方向への移動は幹軸方向より遅く、IAA の濃度勾配が円周方向に存在し、そのために、円周方向の管孔面積に大きな変動が生じたものと推測された。

3.3.2. 当年と前年との早材道管管孔面積の比較

ノグルミ枝の萌芽基部 1 cm 真下における当年生木部の横断面を、Fig. 8 に示す。図からわかるように、ノグルミの当年生木部の早材道管は、前年輪の早材道管よりもその直径が小さい。そこで、6 樹種について、当年と前年の早材道管の管孔面積を測定し、それぞれの平均値を求めた。なお、測定に当たっては、前節の結果を踏まえ、条件を揃えるために、萌芽基部から 1 cm 真下の切片より作製したプレパラートを用いた。

Fig. 9 に、前年の管孔面積を V_p 、当年の管孔面積を V_c として、前年の管孔面積に対する当年の管孔面積の割合 (V_c / V_p) を示す。また、比較のために前報で得られた散孔材樹種の結果を併せて示している。図からわかるように、環孔材樹種の管孔面積は前年の 6~35% に、散孔材では 30~90% となり、すべての樹種で当年生道管の直径は前年輪の道管よりも小さくなっている。このことは、樹冠での変化が道管の形状に影響をおよぼすことを示しており、樹冠の成長と道管の面積成長には密接な関係があることが明らかである。

したがって、 V_c / V_p には、萌芽の大きさ(量)が関係すると考えることができるので、

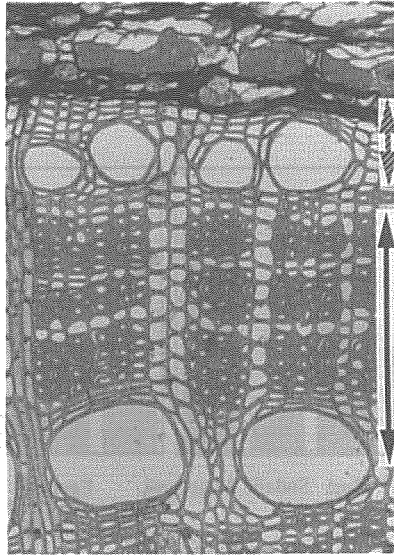


Fig. 8 Transverse section showing earlywood vessels which were formed in the current year and previous year in the branch of nogurumi.

Note: : current ring. : previous ring.
 図8 ノグルミの当年と前年の道管の形状
 注: : 当年輪 : 前年輪

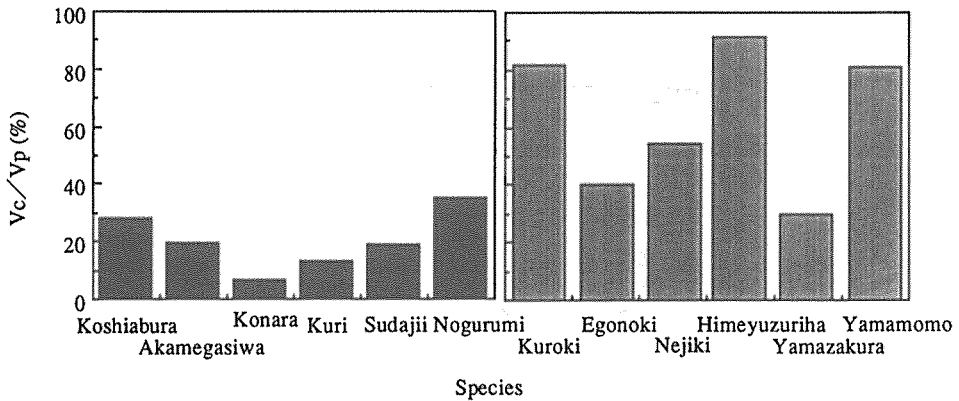


Fig. 9 Ratios of mean areas of earlywood vessels formed in the current year (Vc) to those in previous year (Vp) at just 1.0cm lower parts from bases of sprouts in the branches.

Note: : ring-porous species. : diffuse-porous species (Kijidani *et al*, 1992).
 図9 萌芽基部1.0cm真下における当年生早材道管と前年早材道管との管孔面積の比較
 注: : 環孔材樹種 : 散孔材樹種

今後、萌芽の大きさと管孔面積の関係についても検討する予定である。

ところで、Fig. 9では、散孔材樹種に比べて、環孔材樹種は V_c/V_p が小さい。このことについて、散孔材と環孔材との間に本質的な違いがあるか否かを検討するために、 V_c をFig. 10に示している。Fig. 10から、散孔材樹種に比べて、環孔材樹種は V_c/V_p が小さ

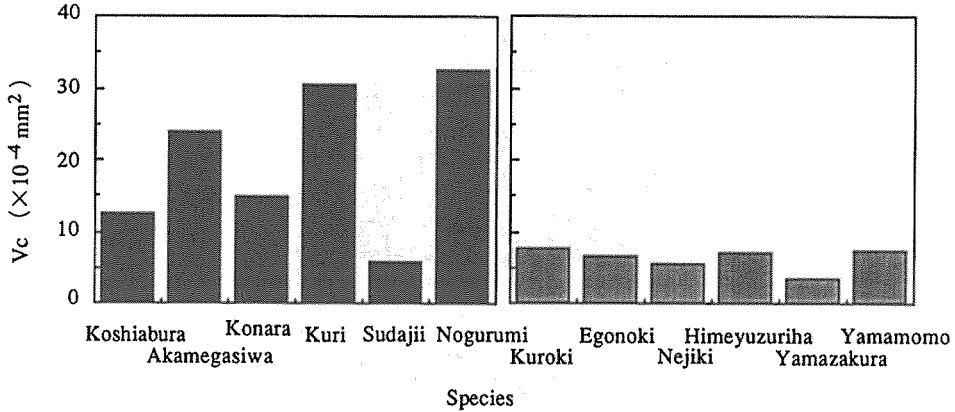


Fig. 10 Mean areas of earlywood vessels formed in the current year at just 1.0cm lower parts from bases of sprouts in the branches.

Notes: ■: ring-porous species. □: diffuse-porous species.

図10 萌芽基部1.0cm真下の当年生早材道管の管孔面積

注: ■: 環孔材樹種 □: 散孔材樹種

いにもかかわらず、 V_c は散孔材樹種よりも環孔材樹種が大きいことがわかる。この結果より、 V_p は散孔材樹種よりも環孔材樹種はるかに大きいことがわかり、 V_c/V_p には V_p の影響が大きいと考えられる。そこで、Fig. 11に V_c/V_p と V_p との関係を示した。Fig. 11は、 V_p が大きいほど V_c/V_p が小さいことを示している。したがって、Fig. 9の

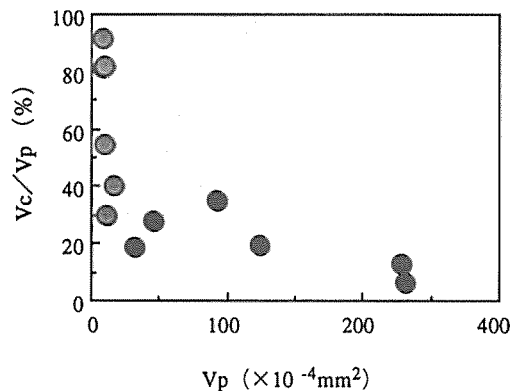


Fig. 11 Relationship between V_c/V_p and V_p .

Notes: ●: ring-porous species. ○: diffuse-porous species.

図11 V_c/V_p と V_p の関係

注: ●: 環孔材樹種 ○: 散孔材樹種

結果は、環孔材樹種の道管が本来、散孔材樹種より大きいためであろうと推測された。

4. 結 論

芽や葉の成長や樹冠量が樹幹での木部形成や木部の性質におよぼす影響を考察する基礎資料を得ることを目的に、環孔材樹種を対象に、上部を切除した枝に萌芽を発生させ、枝での木部形成経過と道管の形状を検討した。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 散孔材樹種と同様に、萌芽の発生と成長が原因となって枝での木部形成が始まり、萌芽の基部から始まった木部形成は枝の下方へ向かって求基的に進行した。
- 2) 当年生木部の二次壁形成の進行は、道管とその周囲の細胞の二次壁形成が他の細胞よりも優先して進行し、通常の環孔材樹種の樹幹でみられる二次壁形成パターンと一致した。
- 3) 萌芽基部からの距離と道管形状との関係についてアカメガシワとノグルミで調べた結果、管孔面積は、萌芽の真下から円周方向に離れるに伴い減少する傾向を示した。しかし、幹軸方向における管孔面積の変動は小さかった。
- 4) 散孔材樹種と同様に、当年生早材道管の大きさは前年の早材道管よりも小さくなる傾向が認められ、また、 V_c/V_p は、散孔材樹種よりも道管径が大きい環孔材樹種で小さかった。
- 5) したがって、今後、道管の管孔面積だけでなく、繊維長や道管要素長の変化についても検討していく必要がある。

引 用 文 献

- BLAKE, T. J. (1980): Effects of coppicing on growth rates, stomatal characteristics and water relations in *Eucalyptus camaldulensis*. Dehn. Aust. J. Plant Physiol. 7: 81-87
- CLARK, J. and BONGA, J. M. (1963): Evidence for indole-3-acetic acid in Balsam Fir, *Abies balsamea* (L.) Mill. Can. J. Bot. 41: 165-173
- 船田 良・久保隆文・伏谷賢美(1987): スギ樹幹内の晩材出現様式と内生オーキシシン濃度との関連性. 木材学会誌 33: 253-260
- ITO, S. and SUZAKI, T. (1990): Morphology and water relations of leaves of *Eucalyptus globulus* sprouts. Bull. Kyushu Univ. For. 63: 37-52
- 河澄恭輔・雉子谷佳男・小田一幸・堤 壽一(1990): 広葉樹形成層活動の季節経過—春から夏にかけての観察—. 日林九支研論 43: 217-218
- 雉子谷佳男・小田一幸・堤 壽一(1991): 広葉樹形成層活動の季節経過(II)—夏から秋にかけての観察—. 日林九支研論 44: 233-234
- 雉子谷佳男・小田一幸・堤 壽一(1992): 広葉樹散孔材樹種における萌芽基部の木部形成. 九大農芸誌 47: 43-49
- LARSON, P. R. (1969): Wood formation and the concept of wood quality. Yale Univ. Sch. For. Bull. 74: 1-54
- McCREADY, C. C. and JACOBS, W. P. (1963): Movement of growth regulators in plants II. Polar transport of radioactivity from indoleacetic acid-[^{14}C] and 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid

-[14c] in petioles of *Phaseolus vulgaris*. *New Phytol.* 62:19-34

織部雄一郎・久保隆文・伏谷賢美 (1992): 常緑・落葉針葉樹の形成層再活動 (IV) 温度と IAA の作用. 日本木材学会大会研究発表要旨集 38

織部雄一郎・久保隆文・伏谷賢美 (1993): 落葉針葉樹および常緑針葉樹における形成層再活動の樹幹内変動. 東京農工大演林報 31:41-49

(1993年11月30日受付; 1994年1月25日受理)

Summary

The purpose of this study is to examine the relationship between crown development and cambial activity in the stem of broad-leaved trees. Hence the effects of sprouting on xylem formation at the decapitated branches of six ring-porous species (Table. 1) were examined. The results obtained were as follows:

- 1) The newly formed sprouts raised the cambial activity in the decapitated branches, and the cambial activity initiated at the bases of the sprouts and extended toward the lower parts of the branches (Figs. 2-4). This result was the same as the result of diffuse-porous species.
- 2) In the branches of six species, the secondary cell wall formation initiated at vessels and extended toward a few of the surrounding cells (Fig. 5). There was no difference between the pattern of initiation of secondary cell wall formation in these six branches and the pattern in normal stem of ring-porous species.
- 3) In the branches of akamegashiwa (*Mallotus japonicus*) and nogurumi (*Platycarya strobilacea*), variations of single vessel area in tangential direction and mean vessel area in longitudinal direction were examined. As a result, it was recognized that in tangential direction, single vessel area decreased from directly below part of the sprout to opposite side, but in longitudinal direction, the coefficients of variation in mean vessel area were small (Figs. 6 and 7).
- 4) Mean areas of earlywood vessels formed in the current year (V_c) and those in previous year (V_p) were measured, and the ratios of V_c to V_p were obtained in six species (Fig. 9). The results indicated that V_c were smaller than V_p , and there was intact relationship between vessel enlargement and crown development in six species. And the values of V_c / V_p in ring-porous species were smaller than those in diffuse-porous species, because of larger V_p in ring-porous species than those in diffuse-porous species (Figs. 10-11).

Key words: sprout; xylem formation; vessel; cambial activity; ring-porous species.