

## 枝打ち跡の巻込みに関する研究

竹内郁雄<sup>(1)</sup>・蜂屋欣二<sup>(2)</sup>Ikuo TAKEUCHI and Kinji HATUYA : Studies on  
Occlusion after Artificial Pruning

**要旨**：無節材生産のための枝打ち時期（枝打ち時の幹の直径）を検討するため、スギとヒノキで枝打ち木の節解析を行った。同時に、幹の曲がりや枝径の調査も行った。

枝打ち木の節解析の結果、両樹種とも、巻込み長には残枝長と枝打ち後の直径成長量の両者が関係しているが、残枝長の方がより重要であることがわかった。残枝長と残枝径の関連は見られなかったが、均質な枝打ち作業を行えば、残枝長は残枝径により左右される。

枝打ち時期の検討には、従来、巻込み長が最も重要であるとされてきたが、巻込み長よりも残枝長の方がより重要な意味を持つことが明らかとなった。

節解析から、幹が通直な場合、一辺が  $Y$  cm の心持ち直角無節材を生産するためには、普通の枝打ちではスギ、ヒノキともに枝着生部の幹径が  $(Y-2.4)$  cm より小さいときに打つ必要があるという結果となった。

枝打ち実験で、非常にいい枝打ちを行っても、幹径が  $(Y-1.6)$  cm より小さいときに打たねばならない。

幹に曲がりがあれば、曲がりの分だけ早く枝打ちしなければ無節材の生産はできない。一見通直に見える個体でも、幹の曲りは  $1\sim 2$  cm あり、枝打ち時期は、通直な場合よりも幹径が  $1\sim 2$  cm 小さい時となる。このように、幹の曲がりは、両樹種にとって無節材生産に大きな障害となっている。

## はじめに

製材品の品等区分は、農林規格により節や丸身、曲がり、ねじれ等によって規定されている。製材品の欠点の中でも、特に節の存在は、品等区分に重要な影響をおよぼすものである。節は、存在しないほうが良いのは当然であるが、存在しても抜け節よりも死節、死節よりも生節の方が良い。また、節は小さいものであるほど、集中的に分布していないほど、よいとされる。一方、丸身は製材での木取り法の良否によることが多いし、ねじれや曲がりは、主に樹木の性質により左右されるものである。これらのことから、良質材の生産を目的として保育する場合、枝打ちは非常に有効な手段の一つといえる。

著者ら<sup>25)</sup>は、スギの枝打ち木を供試材料として節解析を行い、巻込みに影響をおよぼす要因について検討してきた。今回は、スギ、ヒノキの樹種による違いを検討するとともに、無節材の生産を目標に枝打ちする場合、影響をおよぼすと考えられる枝の大きさや分布、それに幹の曲がりについても検討を加えた。これらの結果から、無節材生産のための枝打ちは、枝着生部の幹径がどの程度の時に行えばよいかを求めようとしたものである。

この研究を進めるにあたり、枝打ち木を心よく提供していただいた埼玉県越生町の西沢茂夫氏、また、調査および取りまとめにあたり種々の協力と助言をいただいた造林第2研究室長 只木良也氏をはじめ河原輝彦氏、佐藤 明氏、取りまとめにあたりご指導をいただいた戸田良吉造林部長にお礼申し上げる。

## I 調査林分

調査林分は、西川林業地帯の北部にあたる埼玉県越生町のスギ、ヒノキ林分と、東京都八王子市にある林試浅川実験林のサンプスギ林分の3か所である。

西川のスギ、ヒノキ林分は、となり合っており、南向きの 20~25° の斜面にある。土壤は、秩父古生層からなる礫質の B<sub>D</sub> 型土壤である。年平均気温は 14°C、年間降水量 1,700~2,000 mm、最深積雪 30 cm である。植栽本数は、スギ林分が ha あたり約 4,000 本、ヒノキ林分は約 3,500 本である。両林分とも、植栽後の下刈りや雪起こし等の保育作業は適切に行われている。スギ林分の枝打ちは、5 年生時にスソ枝払い、10 年生時に地上 2 m 前後まで、12 年生時に 3~4 m の枝打ちが実行されている。ヒノキ林分は、5 年生時にスソ枝払いが、11 年生時に 2~3 m の枝打ちが実行されている。このように、両樹種とも枝打ちは早期から実行され、ほとんどが生枝打ちであったと考えられる。枝打ち器具は、両樹種ともナタが用いられている。調査時点での林齢は、スギ 13 年生、ヒノキ 16 年生で、林分の平均直径はそれぞれ 9.3 cm、9.2 cm、平均樹高は 8.8 m、9.1 m であった。

浅川のスギ林分は、中央線高尾駅より北西約 1 km の地点にある。調査林分の平均気温は 13.4°C、年間降水量 1,800~1,900 mm、西向き斜面 15~20° である。土壤は、関東ローム層からなる B<sub>D</sub> 型土壤である。植栽本数は、ha あたり約 3,000 本、植栽後の手入れはよくされており、枯損はほとんど生じていない。調査時点の林齢は 12 年生、平均胸高直径 12.2 cm、平均樹高 10.5 m と成長は非常によい。

## II 枝打ち木の節解析

この報告で論議する無節材とは、製品となった材の表面に節が見えないもので、年輪の乱れや入皮があってもよいものとする。枝打ち木の横断面と縦断面を模式的にしめたのが Fig. 1 である。図にしめたように、一边を  $Y$  cm とする正角無節材を生産目標とする時は、次にしめす 2 つの条件を満たさなければならない。

- ① 残枝が幹径  $Y$  cm の円内にあること。
- ② 枝打ち跡が採材時幹径  $Z$  までに巻込まれることである。いいかえれば、幹径  $Y$  cm までに巻込みを完了する必要はなく、 $Y$  と  $Z$  の間で巻込まれても残枝は木質部により包まれるので、製品となった材

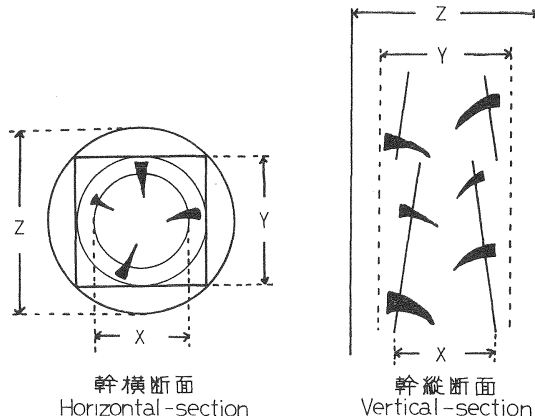


Fig. 1 無節材生産のための枝打ち模式図  
Model for the pruning to produce knot-free timber.

- $Y$ : 心持ち正角無節材の一边の長さ  
Length of one side in knot-free squar-sawn boxed heart timber.
- $X$ : 枝打ち時における枝下高部の幹径  
Stem diameter just below the lowest branch at the time of pruning.
- $Z$ :  $Y$  の柱材生産のための最小必要幹径  
 $Z = \sqrt{2} \cdot Y$   
Least stem diameter ( $Z$ ) needed for the production of the timber whose length of one side is  $Y$ .  
 $Z = \sqrt{2} \cdot Y$ .

の表面に節が現われないからである。

従来のすべての枝打ち時期の検討は、目的とする製品の大きさ  $Y$  cm までに巻込みを完了させねばならないとされてきた。磨丸太生産の場合は、この考え方でよいであろう。しかし、一般に行われている柱材生産のように、製品になったとき材の表面に節が見えないものを生産目的とする時は、前記2条件を満たす枝打ち時幹径  $X$  を求めればよいことになる。このような考えを基として、枝打ち木の節解析を行った。

### 1. 調査方法

西川地方で実際に枝打ちされた林分の平均木に近いものからスギで7本、ヒノキで3本の個体を選んで供試木とした。

枝打ち跡は、直径成長につれて巻込まれる。ここでは、巻込み完了を、枝打ち跡が木質部に包まれ、外見から見えなくなった時とした。巻込み完了後も樹皮部の巻込み跡は、長期間明らかに判別できる。そこで、スギ、ヒノキとも巻込み跡を一個ごと切断し、Fig. 2 にしめすような幹の縦断面(柱目)で測定を行った。木調査における測定項目とその測定法は次のとおりである。

残 枝 径：枝打ちにより、枝が切断された点での垂直方向の皮なし枝直径。

巻込み年数：枝打ちから巻込み完了までに要した年数。

残 枝 長：幹に接して枝打ちした場合でも、枝隆や樹皮等の影響で枝が残るのが普通であり、残った長さをいう。枝着生部上下各2 cm の点の枝打ち時にあたる年輪を直線で結び、それより外側に出た枝の長さを測定した。

巻 込 み 長：枝打ち時から巻込み完了までに要する幹の半径成長量であらわした。巻込み完了時の細胞の並びは、肉眼で判定するのは困難である。そこで、巻込み完了1年前の年輪が残枝上に達しているものは、その年輪の走向と巻込み完了時の年輪の走向が相似であるとして、Fig. 2 にしめした破線を引き、枝打ち時から破線までの距離でしめた。巻込み完了前年に残枝上に達した年輪がないものは、前記のものを参考として巻込み完了時を推定した。枝打ち点での幹の直径成長が、枝打ちに直接影響を受けないほかの部分の直径成長と異なることが考えられるので、枝打ち跡下方鉛直方向に2 cm 離れた箇所測定した。

平均半径成長量：枝打ち後の成長の良否により、巻込みの型が変わることが予想されるので、枝打ち時から巻込み完了の年の年輪までの半径成長量を、巻込み年数で除した値であらわした。巻込み完了の年の年輪までの半径成長量は、枝打ち跡下方鉛直方向に2 cm 離れた箇所測定した。

年輪の乱れ：巻込み完了後、しばらくの間年輪の走向が乱れる。走向の乱れは、樹皮側に凸型となるものと凹型になるものがあり、前者を凸型、後者を凹型とよぶ。

年輪平滑：ヒノキについてのみ測定した。年輪が平滑か否かについての明確な定義がないので、ここでは、残枝着生部上下各2 cm 離して年輪を結び、年輪の走向がその直線より1 mm 以内にお

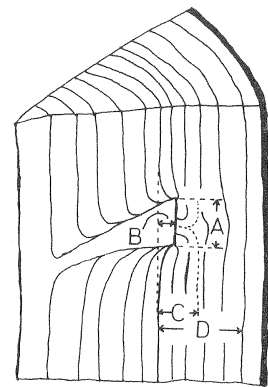


Fig. 2 節解析の方法  
Method of the knot analysis.

- A : 残 枝 径  
Stub diameter
- B : 残 枝 長  
Length of branch stub
- C : 巻 込 み 長  
Radial distance for occlusion
- D : 平 滑 長  
Radial distance for annual ring recovering

さまっている場合を平滑とした。

平滑年数：枝打ち時より年輪平滑までに要する年数。

平滑長：枝打ち時から年輪平滑までに要する幹の半径成長量。測定は、巻込み長と同じ箇所で行った。

以上の節解析とは別に、非常にいねいな枝打ちを行った場合、残枝長をどの程度に抑えることができるかを調査した。節解析を行った供試木の樹冠下部を用い、個々の枝をナタとノコギリで、できるだけいねいに枝打ちした。測定項目と測定方法は、次のようなものである。

枝径：皮つき枝径で、幹よりほぼ 1 cm 離れた箇所での測定値。

残枝径：枝打ち直後に、枝打ち点での垂直方向の皮なし直径として測定。

残枝長：残枝径の測定後、節解析と同様に枝打ち箇所を切断し、節解析での残枝長と同様の方法で測定した。

巻込み長や残枝長、平均半径成長量、平滑長の測定で、枝より 2 cm 離れた箇所での測定したのは、枝が着生することにより幹が凸型や凹型になる枝着生部の影響を除こうとしたものである。今回の調査では、枝径の大きなものはなかったが、枝径が大きくなると 2 cm では不足することが予想されるので、枝径に即した調査をすべきであろう。

## 2. 巻込みに要する半径成長量 (巻込み長)

スギ、ヒノキの巻込み年数は、残枝径や残枝長が大きくなるほど多くかかる傾向がうかがえるが、明確な関係とはいえない (Fig. 3, 4)。なお、残枝径は、後述するが幹から 1 cm 離れた皮つき枝径とほぼ等しいと考えてよい。

巻込み年数は、枝打ち後の直径成長の良否により大きく左右される<sup>2)10)~13)15)</sup>。しかし、直径成長は、枝打ちの程度により変わるし、土壌条件、林齢、立木密度等によっても影響を受ける。また、個体内における直径成長は、根張り部分を除けば樹冠に近いほど大きくなる<sup>6)22)</sup>ことが知られている。この傾向は、枝打ち木でも同じである (Fig. 5)<sup>26)</sup>。このため、枝打ち跡が樹冠部に近いほど巻込み期間は短くなる<sup>6)10)18)23)</sup>ことも認められている。このようなことから、巻込みを一般化して解釈するには、巻込み年数では困難であり、枝打ち箇所での直径成長量を基準として考えることにした。

スギ、ヒノキの残枝径と巻込み長の関係における相関係数は、それぞれ 0.242, 0.112 と低く、明確な傾向は認められない (Fig. 6, 7)。残枝長と巻込み長の関係についてスギを Fig. 8 に、ヒノキを Fig. 9 にしめす。その相関係数は、スギが 0.681, ヒノキが 0.766 を求められ、残枝長が大きくなるにしたがい巻込み長も大きくなる傾向が認められる。

巻込み長 ( $y_d$ : mm) に影響を与える要因を知るため、残枝長 ( $x_i$ : mm) と残枝径 ( $x_j$ : mm)、それに平均半径成長量 ( $x_k$ : mm) を加えた 3 要因を用いて重回帰分析を行った。重回帰式は、次式でしめされた。

$$\text{スギ: } y_d = 0.783x_i + 0.011x_j + 0.922x_k - 0.780$$

$$\text{ヒノキ: } y_d = 0.926x_i - 0.101x_j + 0.670x_k - 0.534$$

偏回帰係数の  $t$  検定の結果、両樹種とも  $x_i$  は著しく有意であったが、 $x_j$  は有意でなかった。 $x_k$  は、スギで著しく有無、ヒノキでは有意であった。重相関係数は、スギで 0.801, ヒノキで 0.799 と求められ、両樹種ともほぼ同じ値であった。

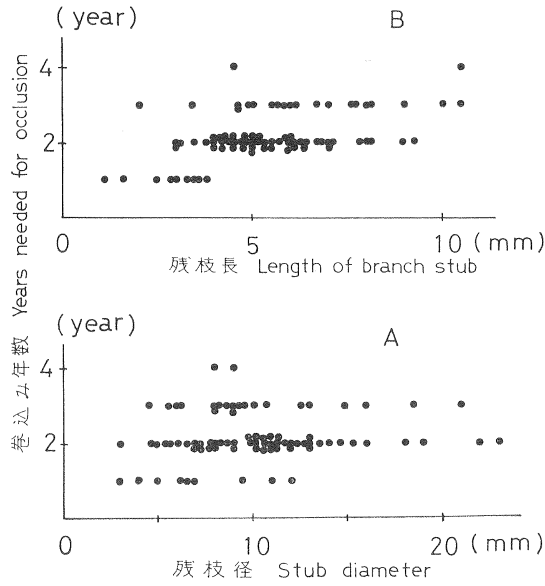


Fig. 3 残枝径および残枝長と巻込み年数との関係 (スギ)  
 Relationship between the years needed for occlusion and stub diameter (A) and between the years needed for occlusion and the length of branch stub (B). (*Cryptomeria*)

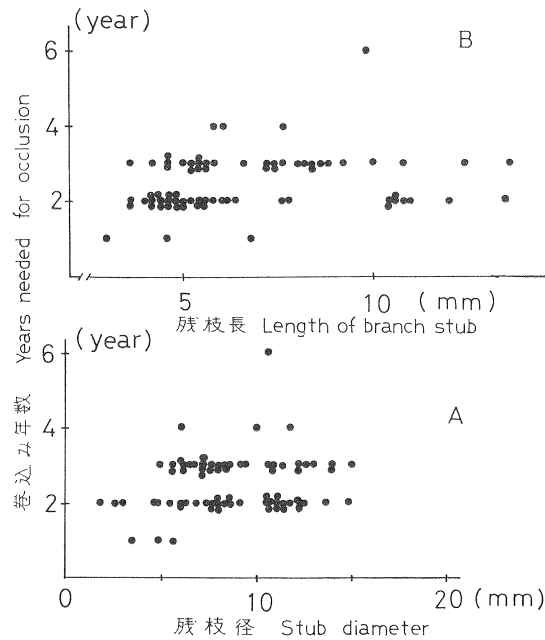
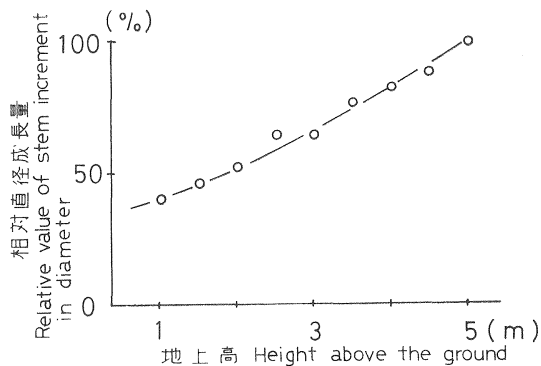


Fig. 4 残枝径および残枝長と巻込み年数との関係 (ヒノキ)  
 Relationship between the years needed for occlusion and stub diameter (A) and between the years needed for occlusion and the length of branch stub (B). (*Chamaecyparis*)



相対直径成長量は、枝下部の直径成長量を 100 として求めた。

平均樹高：8.2 m

枝打ち高：5.2 m

葉量除去率：40~50%

Relative value of stem increment in diameter at a certain height is represented as the percentage compared to that at the height of the lowest retained branch.

Average height : 8.2 m

Average height of pruning : 5.2 m

The ratio of removed leaves : 40~50%

Fig. 5 枝打ち後 1 年間の地上高別の直径成長 (スギ)  
Increment of stem diameter at various height above the ground for one year after the pruning. (*Cryptomeria*)

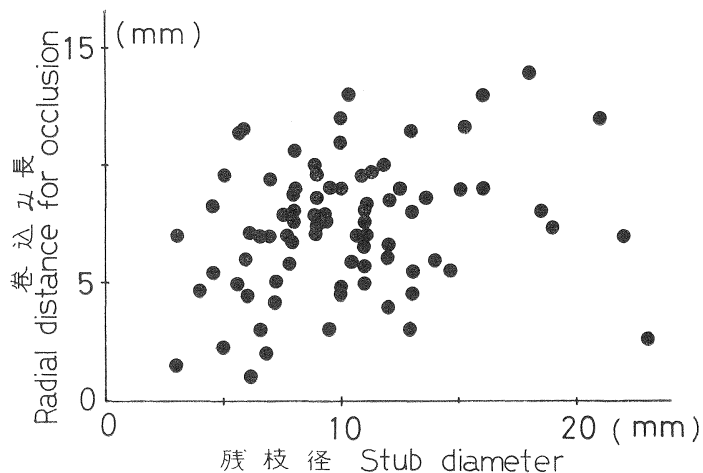


Fig. 6 残枝径と巻込み長の関係 (スギ)  
Relationship between stub diameter and the radial distance for occlusion. (*Cryptomeria*)

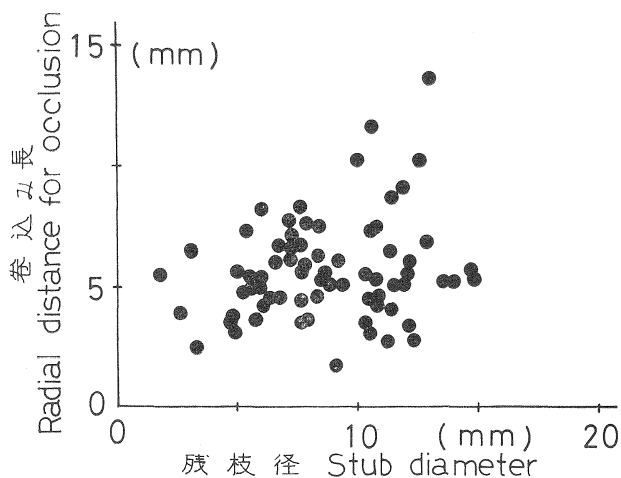


Fig. 7 残枝径と巻込み長の関係 (ヒノキ)  
Relationship between stub diameter and the radial distance for occlusion. (*Chamaecyparis*)

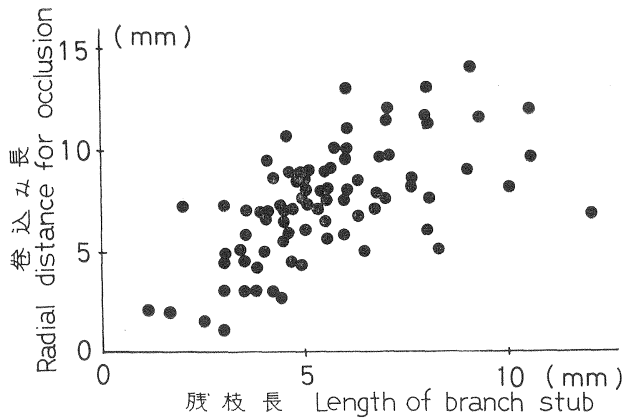


Fig. 8 残枝長と巻込み長の関係  
(スギ)

Relationship between the length of branch stub and the radial distance for occlusion.  
(*Cryptomeria*)

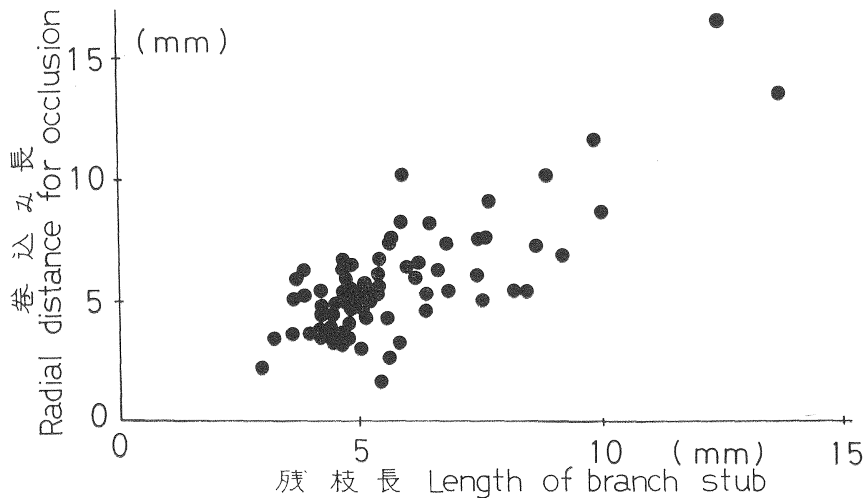


Fig. 9 残枝長と巻込み長の関係 (ヒノキ)

Relationship between the length of branch stub and the radial distance for occlusion. (*Chamaecyparis*)

両樹種で残枝長が著しく有意であったのは、Fig. 8, 9 から、また、残枝径が有意でなかったのは、Fig. 6, 7 から推察できる。残枝長の偏回帰係数は、スギで 0.783、ヒノキで 0.926 と大きい。節解析された試料での残枝長は、スギで 2~12 mm、ヒノキで 3~14 mm の範囲にあり、最大と最小の差は 10 mm 程度ある。このため、半径成長が同じならば、残枝長の最大と最小では巻込み長にスギで 8 mm、ヒノキで 9 mm 前後の差が生じることになる。

平均半径成長量の偏回帰係数は、両樹種ともプラスの値で、スギが 0.922、ヒノキが 0.670 となった。これは、成長の良い箇所での枝打ち跡は、悪い箇所と比べ残枝部での盛り上がりが大きくなるためと考えられ、直径成長がよいほど巻込み長が大きくなることをしめしている。しかし、この値は 1.0 よりも小さいため、成長が良いために巻込み完了までの時間が遅くなるということはない。供試木での平均半径成長量は、スギで 2~6 mm、ヒノキで 2~5 mm であり、残枝長が同じと仮定すれば、平均半径成長量の最大と最小では、巻込み長にスギで 4 mm、ヒノキで 2 mm 程度の差が生じるが、残枝長のちがいでよる

差と比較すると小さい。

節解析の結果、従来次のようなことが認められている。スギでは、残枝径の大きさと巻込み長の関係は、明らかな傾向が認められず<sup>6)10)</sup>、むしろ、直径成長とともに残枝長が巻込み速度を決定づける主要な因子と考えられる<sup>2)6)10)21)</sup>。ヒノキでは、残枝径の小さいものほど早く巻込みを完了するが、残枝長の方がより重要である<sup>13)27)</sup>。

今回の両樹種の解析では、巻込み長には、残枝長と平均半径成長量が影響をおよぼし、残枝径が 2 cm 程度までなら残枝径の大小は影響しないという結果となり、従来認められている傾向とほぼ同様であった。

巻込み長の値は、スギ、ヒノキともすべて 15 mm 以下 (Fig. 6, 7) であった。藤森<sup>6)</sup>と白間<sup>21)</sup>が調査したスギでの巻込み長は、そのほとんどが 17 mm 以下であり、今回の値とほぼ等しかった。正角柱材を生産目標とするとき、心持ち正角の小さなものでも通常 9 cm 程度であり、残枝の含まれる幹径が 9 cm を越えていなければ、枝打ちから伐倒までの半径成長量は 1.9 cm 以上になる。このため、両樹種とも枝打ち跡はすべて巻込みを完了する。生産目的とする正角材が大きくなるにしたがい、枝打ちから伐倒までの半径成長量を大きく必要とするので、巻込み完了後の余裕も大きくなる。

従来、枝打ち時期は、巻込み長のみにより検討されてきた。しかし、前述したように、Y の無節材 (Fig. 1) を得るためには、Y までに巻込みを完了する必要がなく、Z までに巻込みを完了すれば目的が達成される。節解析の結果から、Z までに巻込みを完了することが明らかとなったので、一般的な枝打ち時期の検討には、巻込み長は大きな意味を持たないといえる。

枝打ちの程度、成長の良否、林齢、さらに土壤条件等は、枝打ち後の巻込み期間や採材目標に達するまでの期間に大きな影響を与えるものである。また、立木密度は、成長や枝径の大きさに影響をおよぼす。しかし、Fig. 1 にしめたように、Y cm 以下に残枝が入っていれば無節材の生産が可能になることから、枝打ち時期 X の検討には、上記条件や巻込み長は大きな意味を持たない。枝打ち技術から見た X の検討で、最も重要な意味を持つのは残枝長である。残枝長をどの程度に抑えることができるかが、最も基本的な問題となる。

### 3. 残 枝 長

両樹種の節解析木の残枝径と残枝長の関係を Fig. 10, 11 にしめす。全体の傾向としては、残枝径が大きくなるにしたがい残枝長も大きくなる傾向がうかがえるが、バラツキが大きい。節解析したもののほとんどは、両樹種とも残枝長 10 mm 以下であった。残枝長の値については、従来、京都府芦生のスギで 15 mm 以下<sup>6)</sup>、愛媛県久万<sup>2)</sup>と智頭<sup>21)</sup>のスギでほぼ 10 mm 以下の値が得られている。広島県のヒノキで、そのほとんどが 25 mm 以下<sup>13)</sup>であったが、この中には天然落枝によるものも含まれており、枝打ちによる残枝長は明らかでない。これらには、枝打ち時の立木密度や林齢に条件の違いが見られ、直接比較することは危険であるが、今回のスギの値は、久万や智頭のものとはほぼ等しいと考えてよいであろう。

次に、非常にいい枝打ちを行い、残枝径と残枝長のバラツキの原因を検討した。

枝打ち器具にナタとノコギリを用いて、できるだけいい枝打ちをした時、幹からほぼ 1 cm 離れた皮つき枝径と、切断部の皮なし縦方向の直径 (残枝径) の関係は、両樹種ともほぼ等しく、原点を通る傾き 1 の一次式で近似できた (Fig. 12)。このことから、今まで述べてきた残枝径、すなわち切断部の皮なし縦径は、幹から 1 cm 離れた皮つきの枝径にほぼ等しいといえる。なお、この関係には、枝打ち器具



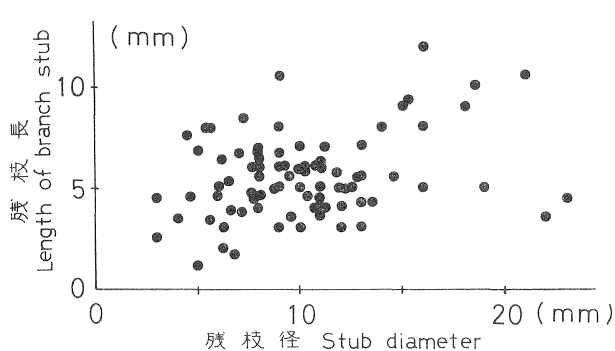


Fig. 10 残枝径と残枝長の関係 (スギ)  
Relationship between stub diameter and the length of branch stub.  
(*Cryptomeria*)

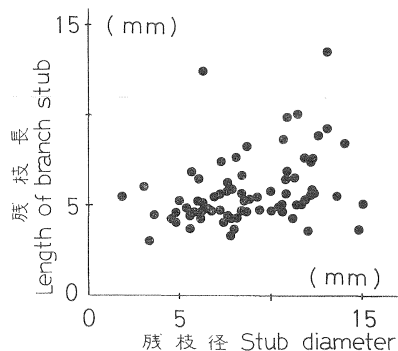
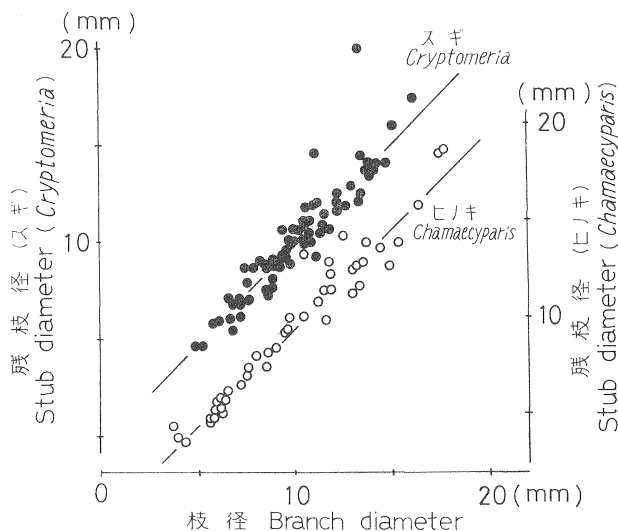


Fig. 11 残枝径と残枝長の関係 (ヒノキ)  
Relationship between stub diameter and the length of branch stub.  
(*Chamaecyparis*)

Fig. 12 枝径と残枝径の関係  
Relationship between branch diameter and stub diameter.



による違いはなかった。

ていねいに枝打ちした時の枝径と残枝長の関係 (Fig. 13, 14) は、両樹種ともかなりバラツキがあるものの、枝径が 2 cm 程度までなら、枝打ち器具にナタとノコギリを用いたそれぞれごとに、原点を通る一次式で近似できるようである。スギ、ヒノキをナタで枝打ちした場合、一次式の傾きは 0.30, 0.21、ノコギリでは 0.37, 0.32 と近似できた。このことから、前述の節解析結果と異なり、枝径が残枝長の大小に影響をおよぼしているといえよう。

節解析の結果では、残枝径と残枝長の関係 (Fig. 10, 11) にバラツキが大きかったが、その原因は、枝打ち作業が均質に行われなかったためと考えられる。すなわち、枝径の大きなものの中では、ていねいな枝打ち作業をしたものが含まれ、枝径の小さなものの中では、やや手を抜いた作業をしたものがあったためと推察される。この結果、残枝径は、巻込み長に影響を与えなくなったのであろう。もし、小さな枝から大きな枝まで均質な枝打ち作業を行えば、枝径と巻込み長は密接な関係になることが予想される。

残枝長は、ていねいな枝打ちをすると、枝径が 2 cm 程度までならスギで 5~6 mm 以下に、ヒノキで

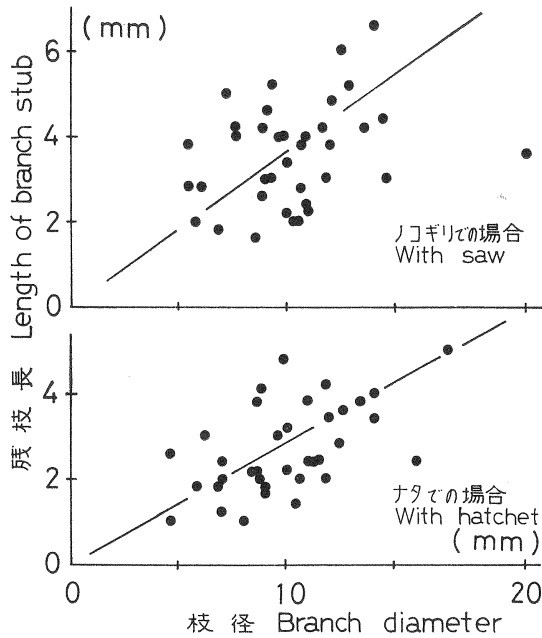


Fig. 13 ていねいな枝打ちによる枝径と残枝長の関係(スギ)  
Relationship between branch diameter and the length of branch stub in the case of careful pruning. (*Cryptomeria*)

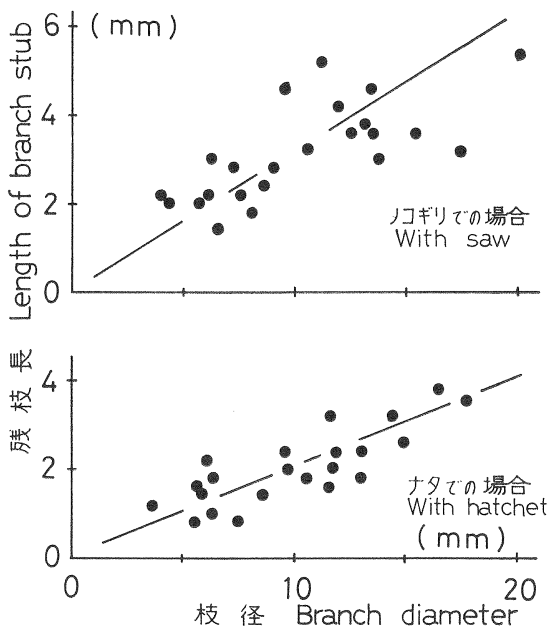


Fig. 14 ていねいな枝打ちによる枝径と残枝長の関係(ヒノキ)  
Relationship between branch diameter and the length of branch stub in the case of careful pruning. (*Chamaecyparis*)

は 4~5 mm 以下に抑えることができる。一方、先に述べた節解析での残枝長は、両樹種ともほぼ 10 mm 以下であった。残枝長にこのような差が生じるのは、現地での作業では能率が重視され、足場の悪化等の作業条件がきびしくなることなどから考えて、不可避のことであろう。

両樹種の残枝長は、ナタで枝打ちする方がノコギリでの場合よりもわずかであるが低く抑えることができるのである。例えば、枝径 10 mm のものを枝打ちした時の平均残枝長は、スギ、ヒノキでナタの場合 3.0 mm, 2.1 mm, ノコギリの場合 3.7 mm, 3.2 mm となつて、残枝長には 1 mm 前後の差が生じることになる。つまり、枝打ち器具により巻込み速度に差が生じる<sup>24)</sup>という原因の一つは、残枝長の違いであると考えられる。

残枝長は、枝径の大きさとともに枝打ち技術の良否により左右されるといえる。

#### 4. 巻込み後の年輪の凹凸

枝打ち跡が巻込まれた後も、しばらくの間枝打ちの影響は年輪の乱れとしてあらわれる。

巻込み後の年輪の型は、スギの節解析したものの 92%、ヒノキでは 96% が凸型をしめした。ヒノキをノコギリで枝打ちしたとき、枝径が小さいものや切口が平滑でない場合は凹型になる<sup>13)</sup>という。スギの自然落枝で巻込まれたものは、枝径が小さく巻込み年数が 10 年以下のものに凹型の出現率が高く、枝径が大きく巻込み年数が 10 年以上のものに凸型の出現率が高かつた<sup>7)</sup>という。このよう

に、巻込み後の年輪の走向の乱れの型は、生枝打ちや自然落枝によるもの、枝径や残枝長の大小、枝打ち部が平滑か否か、巻込み期間の長短等により変わることが考えられる。これらの点については、さらに多くの資料により検討されるべきである。

ヒノキ枝打ち木による調査では、年輪が平滑になる年数と残枝長との間に明らかな傾向は認められないが、残枝径が大きくなるにしたがい平滑年数も長く必要となる傾向がうかがわれる (Fig. 15)。残枝径が小さいものでは、枝打ち後4年目頃から平滑になるものがあり、10年程度ではほぼすべての枝打ち跡が平滑になる。

平滑長と残枝径および残枝長の関係を Fig. 16 にしめす。平滑長は、残枝長よりも残枝径と密接な関係にあり、残枝径の影響を強く受けるようである。この点、巻込み長と相違があるといえる。すべての枝打ち跡が平滑になるには、平滑長が 25 mm 程度必要である。加納<sup>7)</sup>は、スギで調査を行い、残枝長を除いた節の先端から年輪平滑までに要する年数は、成長の良い林分で10年、悪い林分で10~15年と差が生じたが、平滑に必要な幹の半径成長量は、差がなく 25~30 mm 以上であったという。このことは、巻き込み跡の年輪が正常になるのには、枝径の大小とともに、枝打ち後の期間よりも直径成長が影響しているといえよう。したがって、年輪に乱れない心持ち柱材を生産するためには、10.5

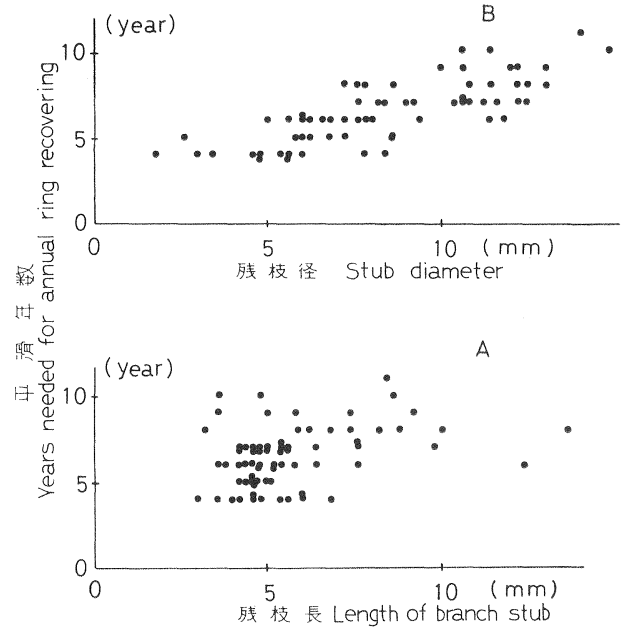


Fig. 15 残枝長および残枝径と平滑年数との関係 (ヒノキ)  
Relationship between the years needed for annual ring recovering and the length of branch stub (A) and between the years needed for annual ring recovering and stub diameter (B). (*Chamaecyparis*)

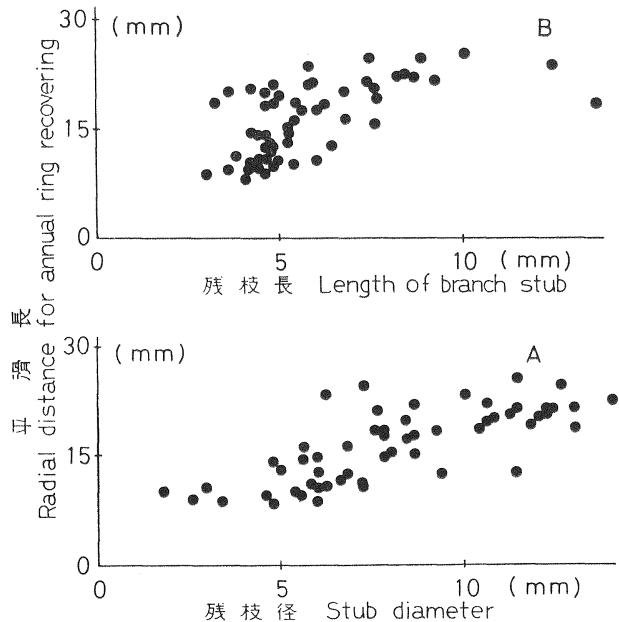


Fig. 16 残枝径および残枝長と平滑長との関係 (ヒノキ)  
Relationship between the radial distance for annual ring recovering and stub diameter (A) and between the radial distance for annual ring recovering and length of branch stub (B). (*Chamaecyparis*)

cm の角材を採材したいとき、直径 4.5~5.5 cm で枝打ちし、その後の成長によって無節化と年輪走向の正常化をまたねばならないことになる。このため、小丸太材で年輪のきれいな材の生産は極めて難しい。

### III 枝径の大きさと分布

西川のスギ、ヒノキ両林分と浅川のスギ林分で、幹径と枝径の関係を調べた。幹を 0.5 m の層に分け、その層の中央皮つき直径を測定した。同時に、層ごとに含まれるすべての枝について、枝の幹着生部より約 1 cm 離れた位置で皮つき枝径を測定した。

枝径の大きさが、残枝長を左右するものであることはすでに述べた。無節材生産を目的として枝打ちを検討する場合、枝が幹にどのように分布しているか、枝径がどの程度であるかを知ることも重要な意味を持つ。枝を中心とした生態学的な研究は、幹と比べ少なく<sup>4)~6)9)16)17)19)20)28)</sup>、枝打ちを目的とした研究は非常に少ない<sup>4)5)6)14)</sup>。

スギとヒノキの幹径と枝径の関係を Fig. 17 にしめす。両樹種とも、幹径が大きくなるにしたがい枝径も大きくなる。そして、同じ幹径ならば、スギよりもヒノキの方が枝径が大きい。

幹径を一定としたときに枝径の分布がどうなるかを、上記層別化のうちの中央皮つき直径が 7.5~8.0 cm と 9.5~10.5 cm の場合について調べ、これをスギでは Fig. 18 に、ヒノキを Fig. 19 にしめした。ヒノキは、スギに比べ枝径の特に大きなものが存在することが多いようである。

枝径だけからみれば、無節材の生産はスギよりもヒノキの方が難しいといえる。また、枝打ち時期を遅らせることは、幹が大きくなるうえに枝径も大きくなり、幹径と枝径が無節材生産にマイナス面での相乗効果を与えることを意味している。枝径は、立木密度により変り、低密度林分であるほど大きくなる<sup>9)</sup>という。また、林分内の優勢木は、枝径の大きなものの出現率が高い<sup>9)</sup>ことが認められており、枝打ちの際

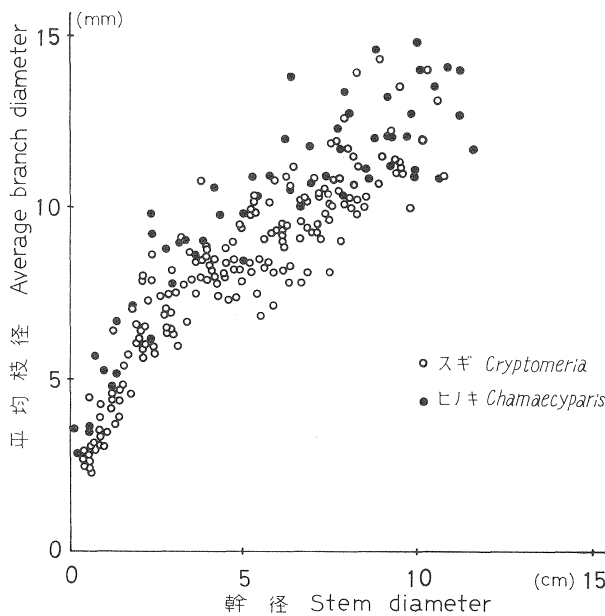


Fig. 17 幹長 0.5 m ごとの中央幹径とそれに含まれる平均枝径  
Stem diameter at the middle of stem strata (0.5 m) and average branch diameter in each corresponding stratum of the stem.

は、林分密度や林分内における個体の状態も当然考慮されなければならない。

枝の分布について考えてみる。サンプスギの枝着生数は、樹冠下部では少ないが、それより上部ではほぼ等しく幹径 1 m あたり平均 28 本存在していた。樹冠下部で着生数が少ないのは、小さな枝が庇陰により早く枯死するためであろう。保育形式の異なる産地別スギの枝着生数を挽材面で調べた結果、着生数はほぼ固有の常数を持ち、地上高による差は明らかでなく、1 m あたりの幹に平均 20 本である<sup>8)9)</sup> という。これらのことから、枝は品種ごとに垂直方向にはほぼ一様に分布していると考えてよいようである。

方位別では、山側の枝は谷側の枝に比べ成長停止が早く、成長停止から枯死までの年数も少し短い<sup>6)</sup> という。その結果、方位別の枝の着生数は、概して山側方位に最小、谷側方位に最大となる<sup>9)</sup> 傾向が認められている。そして、原木としての小丸太が与えられた場合、節に関しての木取り法として考慮の余地があるのは、方位と材面の関係をいかにするかという点だけで、経験的に山側および谷側を相対する 2 材面とする場合が多い<sup>1)</sup> という。これらのことから、枝打ち技術としては、山側よりも谷側に着目して枝打ち時期を決める配慮が必要であろう。

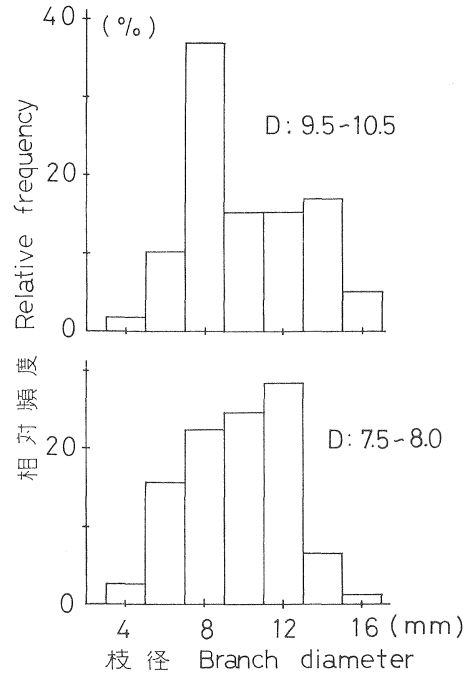


Fig. 18 幹径一定 (D) の場合の枝径の頻度分布 (スギ)

Relative frequency distribution of branch diameter in a certain stem diameter class (D). (*Cryptomeria*)

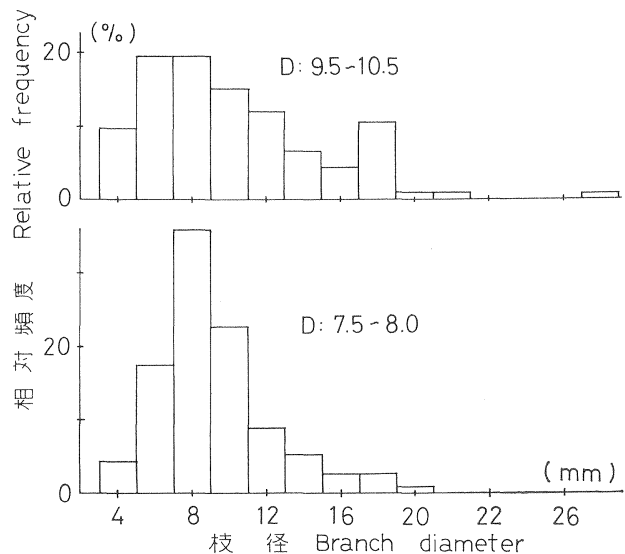


Fig. 19 幹径一定 (D) の場合の枝径の頻度分布 (ヒノキ)

Relative frequency distribution of branch diameter in a certain stem diameter class (D). (*Chamaecyparis*)

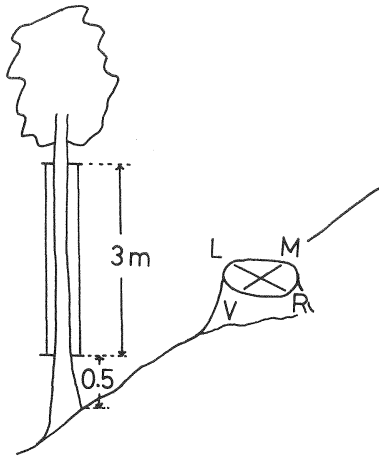


Fig. 20 幹の曲がりとその方位の調査法

Measurement of stem-crookedness and its direction.

幹の曲がりは、地上 0.5~3.5 m までの 3 m あたりとした。  
Stem-crookedness was measured along the section of the stem from 0.5 to 3.5 meters height above the ground.

は逆で *M, V* 側に多く、水平方向に少なかった。しかし、ヒノキ林分では、明らかに風の影響と考えられる曲がりが生じており、*L* 側に最大矢高の生じているものが多く、逆の方位の *R* 側は非常に少なかった。

最大矢高の頻度分布を Fig. 21 にしめす。図中の数字は、測定木の平均胸高直径 (*D<sub>B.H.</sub>*) と地上 3.5 m の平均直径 (*D<sub>3.5</sub>*) をしめす。なお、百瀬<sup>15)</sup> の測定したヒノキ林分のデータから頻度分布を求めあわせてしめた。浅川のスギ林分は、曲がりが小さく平均最大矢高は 1.3 cm で、曲がりを末口直径で除した値は 12.9% となる。この値は、曲がりからみれば一等素材にあたる。西川のスギ林分は、平均最大矢高 2.4 cm であり、浅川の値に比べ大きい。この林分は、冠雪による被害を受けることがあり、そのため幹の曲がりが大きくなったと考えられる。平均の曲がりが 24.5% と大きいのはこのためであろう。一方、西川のヒノキ林分は、平均最大矢高 3.1 cm と測定 3 林分中最大であった。また、百瀬<sup>15)</sup> の測定したヒノキ林分の平均最大矢高も 2.8 cm と大きい。

#### IV 幹の曲がり

##### 1. 調査方法

調査は、西川のスギ、ヒノキ両林分と浅川のスギ林分の立木で行った。測定木は、適期に枝打ちされている個体を選んだ。測定法は、Fig. 20 にしめたように、根曲がりがあると考えられる地際 0.5 m を除き、地上 0.5 m より 3.5 m までの幹長 3 m を対象とした。測定木の胸高直径と地上 3.5 m の直径を測定した後、0.5 m, 3.5 m の幹にクギを打ち、それに糸を張り糸と幹の間の距離を測定した。測定値は、凹型部での曲がりの最大値 (最大矢高) でしめた。

##### 2. 結果と考察

最大矢高の生じる方位別の相対頻度を Table 1 にしめす。測定 3 林分とも積雪は少なく、雪の匍行による影響はない。しかし、湿雪による一時的な冠雪害が生じることがあるので、幹の曲がりには雪の影響もあると考えられる。浅川のスギ林分は、*R, L* 側に最大矢高のあらわれるものが多く、傾斜方向に少なかった。西川のスギ林分は、浅川のスギ林分と

Table 1. 最大矢高の方位別の現われ方 (%)  
Relative frequency of stem-crookedness on different directions (%)

方位 Direction		<i>M</i>	<i>V</i>	<i>R</i>	<i>L</i>
林分 Stand	スギ <i>Cryptomeria</i>	40	30	20	10
	ヒノキ <i>Chamaecyparis</i>	20	13	4	63
浅川 Asakawa	スギ <i>Cryptomeria</i>	17	17	36	30

*M, V, R* and *L*: See Fig. 20

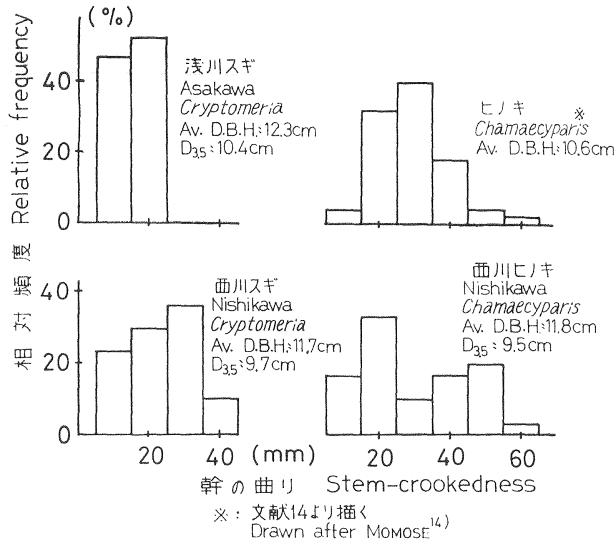


Fig. 21 幹の曲がりの頻度分布  
Relative frequency distribution of stem-crookedness.

幹に曲がりがあれば、百瀬<sup>16)</sup>のいうように無節材を生産するためには通直なものに比べ曲がりの分だけ早く枝打ちをしなければならず、極めて不利となる。一見、通直に見える個体でも、幹長 3 m あたりの曲がりは 1~2 cm あった。よく枝打ちが行われている林分でも、四方無節材の産出が極めて少ないのは、曲がりのためでないかと推察される。一見して曲がりの方位が分る個体では、2 cm 以上の曲がりがあるというてよい。このような個体では、無節材の生産は非常に困難である。

選抜育種により幹の通直性を高め得ることが実証されている<sup>9)</sup>。また、保育方法や環境条件、それに品種等によっても曲がりの程度が異なるであろうから、この方面からの検討も重要であり、今後に残された問題であろう。

## V 枝打ち時期の検討

平滑長の項で述べたように、年輪に乱れのない心持ち四方無節材を生産することは、通直な個体でも非常に難しい。ここで論議する無節材とは、前述したように製品となった材の表面に節が見えないもので、年輪の乱れや入皮があってもよいものとする。

枝打ち木の横断面と縦断面を模式的にしめした Fig. 1 を参考にして話を進める。正角柱材の採材目標を  $Y$  cm とする。幹径  $Y$  cm (皮なし) 以上に節のない材を得るためには、枝打ち時の枝下幹径 (皮なし) を  $X$  cm とする。前述したように、 $Y$  の無節材を得るためには、すべての残枝が  $Y$  以内であって、伐倒時幹径  $Z$  までに巻込みが完了すればよい。 $Z$  までに巻込みが完了することは、巻込み長の項ですでに述べた。残された課題は、すべての残枝が  $Y$  cm 以内におさまる枝打ち時期  $X$  を求めればよいことになる。すなわち、残枝長をどの程度に抑えることができるかが基本的な問題となる。

### 1. 幹が通直な場合

節解析の結果 (Fig. 10, 11), スギ, ヒノキともそのほとんどの残枝長は 10 mm 以下であった。一方、両樹種の枝径は、Fig. 17, 18, 19 のように、この程度の林分では 20 mm を越える枝は非常に少ない。枝径の最大を 20 mm とすると、両樹種の残枝長は余裕を見込んでほぼ 12 mm 以内と考えてよい。

この結果、 $X$  と  $Y$  の関係は、 $X \leq Y - 2 \times 1.2 = Y - 2.4 \text{ cm}$  となる。すなわち、 $Y \text{ cm}$  の無節材を採材しようとする場合は、 $Y \text{ cm}$  よりも  $2.4 \text{ cm}$  以上小さい幹径の時に枝打ちを実行すればよい。

ナタを用いて、ていねいな枝打ちを行うと、最大枝径が  $20 \text{ mm}$  以下の場合の残枝長は、一次式 (Fig. 13, 14) からスギ、ヒノキそれぞれ  $6.0 \text{ mm}$ ,  $4.2 \text{ mm}$  となる。しかし、実際にはかなりのバラツキがあり、また、平均枝径 (Fig. 17), 最大枝径 (Fig. 18, 19) ともヒノキがスギより大きいことを考慮すると、残枝長は、両樹種とも余裕を見込んで  $8 \text{ mm}$  以下と考えてよいであろう。この結果、 $X$  と  $Y$  の関係は、 $X \leq Y - 2 \times 0.8 = Y - 1.6 \text{ cm}$  となる。この値は、実際に現地で枝打ちされた西川の値よりも、幹径が  $1 \text{ cm}$  ならず大きくても無節材の生産が可能であることをしめしている。

次に、ノコギリでていねいな枝打ちをした場合を考える。ナタの時と同様の考え方で残枝長を求めると、余裕を見込んだ残枝長の最大は、両樹種とも  $10 \text{ mm}$  程度となる。このため、 $Y \text{ cm}$  よりも  $2.0 \text{ cm}$  以上幹径が小さいうちに枝打ちしなければならない。この値は、ナタでていねいに枝打ちした場合より幹径が  $4 \text{ mm}$  程度小さくなる。一方、現地でナタを用いて枝打ちされた値よりは、 $4 \text{ mm}$  程度大きくても無節材の生産が可能であることをしめしている。

## 2. 幹に曲がりがある場合

幹に曲がりがあれば、通直な個体に比べ曲がりの分だけ幹径の小さい時に枝打ちしなければならない。また、生産目標となる利用径級に達するまでの期間も、無節材生産と同様に曲がりの分だけ長くなる。

曲がりの程度は、Fig. 21 でみたように通直に見えるスギ林分でも平均  $1.3 \text{ cm}$  あり、西川のスギ、ヒノキ林分では、それぞれ  $2.4 \text{ cm}$ ,  $3.1 \text{ cm}$  あった。百瀬<sup>15)</sup>の測定結果でも平均  $2.8 \text{ cm}$  の値を得ている。このように、曲がりは意外と大きく、外見上通直に見える個体でも  $1 \sim 2 \text{ cm}$  あるので、理論的に通直な個体に比べ、幹径が  $1 \sim 2 \text{ cm}$  小さい時に枝打ちしなければならない。すなわち、西川の枝打ちでは、 $X \leq Y - 2.4 - (\text{曲がり分}) \div Y - 4.0 \text{ cm}$  となり、 $Y \text{ cm}$  よりも  $4.0 \text{ cm}$  以上小さい時期となる。幹の曲がりは、このように枝打ち技術の良否や枝径の大小よりも、無節材生産をきびしくしている大きな要因となっている。

## VI 摘 要

実際に枝打ちされたスギ、ヒノキを供試木として節解析を行った。そして、枝打ち跡の巻込みに影響を与える要因を検討した。このほか、無節材生産に影響をおよぼすと考えられる幹の曲がりや枝径の調査も行った。これらの結果を用いて、無節材生産のためには、枝下部の幹径 (皮なし) がどの程度になれば枝打ちしなければならないかを検討した。

節解析の結果、スギ、ヒノキとも残枝長と巻込み長の関係 (Fig. 8, 9) は、残枝径と巻込み長の関係 (Fig. 6, 7) よりも密接であった。

巻込み長の大小に影響を与えるものは、残枝長が最も大きかった。また、枝打ちから巻込み完了までの平均半径成長量も、影響をおよぼす。しかし、残枝径の大小は、巻込み長には影響をおよぼさない。両樹種の巻込み長は、すべて  $15 \text{ mm}$  以下であり、通常の柱材生産の伐倒時までは、巻込みを完了することが明らかとなった。このため、枝打ち技術からみた枝打ち時期の検討には、巻込み長は重要でなく、残枝長が最も重要であることがわかった。

残枝長は、本来、枝径により左右される。ていねいな枝打ちを行うと、枝径が  $2 \text{ cm}$  程度までならスギ



は残枝長 5~6 mm 以下に、ヒノキでは 4~5 mm 以下に抑えることができる (Fig. 13, 14)。実際に現地で枝打ちされたものの残枝長は、ほぼ 10 mm 以内であったが、枝径と関連が認められなかったのは、枝打ち作業が均質でなかったためと推察された。

巻込み後の年輪の乱れの型は、両樹種とも 90% 以上が凸型をしめした。ヒノキの年輪が正常にもどるには、枝打ち後の半径成長が 25 mm 程度必要であった (Fig. 16)。

両樹種の枝径は、幹径に比例する (Fig. 17) が、ヒノキの方に特に太枝を出すものがある (Fig. 18, 19)。

根曲がり部分を除いた幹長 3 m あたりの幹の曲がりは、スギ 2 林分でそれぞれ平均 1.3 cm, 2.4 cm であった。ヒノキ林分では 3.1 cm であった (Fig. 21)。

以上の結果から、幹径  $Y$  cm を円とし、それよりも外側の幹には節のない材を生産するための枝打ち時期、すなわち、枝下部の幹径  $X$  (皮なし) を検討した。

幹が通直な場合、スギ、ヒノキとも  $X$  の値は、 $X \leq Y - 2.4$  cm となる。

ていねいにナタで枝打ちすれば、両樹種とも、 $X \leq Y - 1.6$  cm となる。ノコギリでは、 $X \leq Y - 2.0$  cm となる。

幹に曲がりがあれば、通直な個体に比べ曲がりの分だけ早く枝打ちを行わねばならない。外見から通直に見える個体でも 1~2 cm の曲がりを考慮しなくてはならない。西川の枝打ち技術に曲がりを考慮すると、 $X \leq Y - 4.0$  cm となる。このように、幹の曲がり、枝打ち技術の良否以上に無節材生産を困難にしている大きな要因となっている。

## 文 献

- 1) 枝松信之・平井信二：スギ小丸太から製材された正角の丸身と節，林試研報，105，187~218，(1958)
- 2) 愛媛県農林水産部林政課：久万地方におけるスギ優良無節材の主産地形式に対する技術的検討，53 pp.，(1969)
- 3) ELDRIDGE, K. G. : Forest tree improvement in Australia, 林木の育種，75，8~13，(1972) (岡田幸郎訳)
- 4) 藤森隆郎：幹材生産に対する枝の役割とその評価について，80 回日林講，242~243，(1969)
- 5) ————：枝打ちに関する基礎的研究 I，生態学的調査資料に基づく枝打ちの考察，林試研報，228，1~38，(1970)
- 6) ————：枝打ちの技術体系に関する研究，林試研報，273，1~74，(1975)
- 7) 加納 孟：スギのかくれ節による丸太外面の凹凸痕，林試研報，200，33~42，(1967)
- 8) ————・枝松信之・蕪木自輔：製材用原木としてのスギ造林木の品質 (第 1 報)，釜淵産材の節，林試研報，112，49~113，(1959)
- 9) ————・—————・—————・齊藤久夫：製材用原木としてのスギ造林木の品質 (第 3 報)，保育形式の異なる造林木の品質，林試研報，185，57~197，(1966)
- 10) 川野洋一郎・諫本信義：立木密度・枝打ちと肥培に関する研究，大分県林試研報，15，20~42，(1973)
- 11) 木曾支局造林係：ヒノキ一斉林の枝打に就て，御料林，101，86~99，(1936)
- 12) 小出良吉：枝打に関する研究，第 2 報，枝打ち傷面癒合に就て (其の 1)，日林春季講集，225~232，(1939)

- 13) 桑原武男：壮齡林肥培に関する研究（Ⅱ），ヒノキ枝打ち林に対する施肥の効果，広島県林試研報，8，47～55，（1973）
- 14) LABYAK, L. F. and F. X. SCHMACHER：The contribution of its branches to the main-stem growth of Loblolly pine, J. For., 52, 333～337, (1954)
- 15) 百瀬行男：ヒノキの枝打ちと癒合に関する研究，林試木曾分場年報，14，55～72，（1973）
- 16) 荻野和彦・森田正彦・四手井綱英：林木の枝量とその生長量（Ⅰ），京大演報，39，79～90，（1967）
- 17) ———・尼崎博正・藤森隆郎・四手井綱英：同上（Ⅱ），京大演報，40，50～67，（1968）
- 18) 小野新太郎・武村義治：立木密度・枝打ちと肥培に関する試験（第Ⅱ報），愛媛県林試業報，46～53，（1972）
- 19) SHINOZAKI, K., K. YODA, K. HOZUMI, T. KIRA：A quantitative analysis of plant-form—The pipe model theory I. Basic analysis, J. Jor. Ecol., 14, 97～105, (1964)
- 20) Ibid. II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology, J. Jor. Ecol., 14, 133～139, (1964)
- 21) 白間純雄：スギの枝打ちと巻込みの関係，26回日林関西支講，135～138，（1975）
- 22) TADAKI, Y.：Some discussions on the leaf biomass of forest stands and trees, Bull. Gov't For. Exp. Sta., 184, 135～161, (1966)
- 23) 高原未基：針葉樹の枝打ちに於ける傷面の癒合に及ぼす庇陰の影響に就て，東大演報，37，1～10，（1949）
- 24) 竹下純一郎：枝打ちと施肥，林業技術，362，32～35，（1972）
- 25) 竹内郁雄・蜂屋欣二：スギの枝打ちと巻込みの関係，84回日林講，183～185，（1973）
- 26) ———・—————：未発表
- 27) 早稲田 収・後藤 亮：ヒノキ枝打木の節解析，枝打ちあとの巻込み，22回日林関西支講，45～47，（1972）
- 28) 山倉拓夫・西田 仁・四手井綱英：枝密度関数の解析，京大演報，45，67～84，（1973）

**Studies on Occlusion after Artificial Pruning**IKUO TAKEUCHI<sup>(1)</sup> and KINJI HATIYA<sup>(2)</sup>

## Summary

Knot analysis (Fig. 2) was carried out using the sample trees of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) which had already been pruned, in order to discuss the maximum stem size for pruning a tree for the production of knot-free square-sawn heart timber which is highly appreciated in Japan for pillars. They were selected in the plantations at Nishikawa (Saitama prefecture) and Asakawa (Tokyo prefecture). Branch diameter in relation to the stem diameter and stem crookedness (Fig. 20) were also studied for the same purpose.

## Results and discussions

It was found that the most important factor affecting the radial distance of occlusion of a branch stub was the length of branch stub, followed by the annual average increment of stem diameter from pruning to occlusion. In the case of commercially pruned stands at Nishikawa, no correlation was found between stub length and stub diameter (Fig. 10, 11), while the latter had little influence on the radial distance of occlusion (Fig. 6, 7). On the other hand, in the case of the carefully carried out test pruning at Nishikawa, the length of branch stub was fairly proportional to branch diameter (Fig. 13, 14).

It was found that the stub lengths after careful pruning were not longer than five or six millimetres in Sugi and four or five millimetres in Hinoki, while the corresponding values after the commercially made pruning were approximately 10 millimetres in both species. There were no difference of branch diameter between the two groups, the diameter being ca. 20 millimetres.

Branch diameter tended to increase proportionally as stem diameter increases both in Sugi and Hinoki (Fig. 17). There was a tendency that branch diameter of Hinoki was larger than that of Sugi (Fig. 18, 19).

Average values of crookedness per three-metre-long section of a stem excluding the butt-sweep were 13 and 24 millimetres in the two stands of Sugi, while that was 31 millimetres in the Hinoki stand.

On the basis of the results mentioned above, the maximum stem size for pruning with the expectation of knot-free square sawn timber can be calculated as follows :

## 1. Non-crooked stem

Relationship between the stem diameter ( $X$  cm) at the point of the lowest retained branch and the expected size of the sawn square in the cases of commercially made pruning ( $Y$  cm) can be expressed as follows for both species,

$$X \leq (Y - 2.4)$$

When pruning is made extremely carefully, the above shown relationship will change so that,

---

Received September 6, 1976

(1) (2) Silviculture Division

With hatchet :  $X \leq (Y - 1.6)$

With saw :  $X \leq (Y - 2.0)$

2. Crooked stem

Even though a tree looks as if it has a straight stem, it is seldom straight but shows slight crookedness, say one to two centimetres bent within the three-metre-long section of the stem. Adding this fact in consideration, the time of making pruning must further be earlier. Namely,

$$X \leq (Y - 2.4 - A) \div (Y - 4.0)$$

Where  $A$  is the maximum deviation from the straightness.