

## 天然シボスギにおけるシボ形成の組織構造的考察\*

今 村 祐 嗣\*\*・岡 崎 旦\*\*\*

### Structural Aspects on Xylem Formation in Excrecence-Featured Varieties of Sugi (*Cryptomeria japonica*)\*

Yuji IMAMURA\*\* and Akira OKAZAKI\*\*\*

(平成2年8月1日受理)

#### 概 要

遺伝的性質により樹幹表面が凸凹状のシボを形成する天然シボスギについて、そのシボ形成のしくみを組織構造的に考察した。天然シボスギの場合、普通のスギとは異なり木部放射組織の分布が密で特異な形状のものが認められた。独特の形状を示す放射組織はそれぞれの天然シボの品種に特徴的であり、樹幹表面のシボ形状とも対応していた。これらのことから天然シボ品種においては、遺伝的指令によって放射組織始原細胞が数多く誕生し、その結果、接線方向に紡錘形始原細胞が正円を保持する以上に過剰に形成され、仮道管の配列にしゅう曲が生じると考えられる。老齡スギの過熟材部における木部組織や、人工的に圧迫して凸凹をつけた場合にみられる異常な形態の放射組織とも対比して、天然シボスギの木部組織におけるしゅう曲形成のメカニズムを考察した。

#### 1. は じ め に

スギは老齡になれば年輪が波状にしゅう曲し、樹幹表面にシワを現す性質があるが、小径木にも年輪がしゅう曲して樹幹表面に凸凹状のシボをつくるものがあり、これが天然シボである。この天然シボは、スギ以外にヒノキやケヤキなどにも発生し、径級の小さいものは床柱などの磨丸太に、大きいものは板目面に現れる杢材として利用される。

スギ天然シボ丸太を建築物に使用した例は古く、京都の大徳寺黄梅院の茶室『昨夢軒』にみられるように約400年前にさかのぼることができる<sup>1)</sup>。しかし、天然シボスギのさし木増殖が試みられたのは、1890年頃京都北山地方であるといわれており、1916年(大正5年)さしき増殖出紋丸太第1号『煤田紋』が生産され、以後ごく一部の林業家で新個体の発見と増殖が行われてきた。

スギの天然シボを床柱などへ利用した場合の高付加価値性が注目され、また天然シボの品種はさし木によって親木と同一のシボ形態を遺伝することが分かって、本格的な植栽が始まったのは京都北山地方でも

\* この報告は、奈良県林業試験場科学技術週間公開シンポジウム『スギ天然絞育成技術の現状と展望』(平成2年4月20日、奈良)において講演した内容を取りまとめたものである。

\*\* 高耐久性木材開発部門 (Research Section of High-Performance Wood Products)

\*\*\* 奈良県林業試験場 (Nara Prefectural Forest Experiment Station)

Key words: *Cryptomeria Japonica*, Variety, Xylem formation, Ray parenchyma, Tracheid

昭和40年代で、以後昭和50年代にかけて奈良をはじめ近畿、四国、九州から全国各地で行われるようになった<sup>2)</sup>。全国での植栽面積や製品丸太の生産本数に関する確かな資料はないが、現在、製品を生産している地域は北山および吉野の一部のみで、大半が育林途上の林分である。

スギ天然シボは、年輪がへこむように落ち込み、丸太表面に溝状のしゅう曲が縦方向に形成される様相を呈するのが入シボ、逆に隆起したシボ模様を呈するのが出シボと呼ばれる。入シボは立地条件など環境的因子によって誘発されることが多く、出シボは先天的な遺伝形質として次代に伝わる特徴をもつとされている。したがって、一般的に天然シボと呼ばれるものは、そのほとんどが出シボである。シボが木部組織におけるどのような肥大生長の結果生じるのか、あるいは組織構造的に一般の材といかに異なるのかという点に関する従来の研究は少ないが、今までの観察結果によると、その木部組織には軸方向や放射組織の細胞に特殊な形状や配列のものがみられると報告されている<sup>8-7)</sup>。

それらによると、天然シボスギの木部組織には普通のスギは異なるいくつかの特徴が認められ、とくに放射組織に著しい特異性がみられた。しかも放射組織の特異性は、それぞれの品種すなわち樹幹表面のシボ形態とも対応している可能性も示唆されている<sup>8)</sup>。そこで放射組織の形態の特異性に観点を置き、シボ形成のしくみを組織構造の側面から考えることにした。

## 2. 天然シボスギの品種

天然シボスギは突然変異でできた変木の一種とされているが、品種毎に樹幹表面のシボ模様が異なり、チリメン状とかコブ状とかの独特の凸凹をもっている。天然シボの品種は、発見者や発見場所からそれぞれの名称がつけられているが、従来から多くの品種がみつけれられており、シボの形態も多岐多様にわたっている。なお、品種の表記法は、林業家の間では漢字で表されるのが一般的であるが、ここではカタカナで示すことにする。

現在、天然シボ品種として植栽されているものは、そのほとんどが京都北山産のもので、その地方で発見され増殖されたものだけでも30~40品種はあり、さらに全国各地の造林家が発見し検定中のものを含めるとかなりの数にのぼるといわれる。増殖が活発に行われている天然シボスギのシボ形質の発現と形態の特性は、表1のとおりである。これらについては一般的に独立した品種という概念でとらえており、アイソザイム・パターンによる品種識別の研究も取り組まれている。ところでシボ模様の説明のうち、チリメンと称されるものは縦の細かい絞り模様を意味し、キレシボと呼ばれるものは凸のしゅう曲が樹幹表面で縦に連続しているのではなく断続していることをさしている。

天然シボスギの品種はこのようにきわめて多岐にわたるが、樹幹表面のシボ模様によって大別するとつぎのようになろう。すなわち、ヒログワラやウメダのように細かいチリメン状シボのもの、ウチアイやヨシベエに代表されるように大きなコブ状のもの、さらにナカゲンやウンガイのように両者の混ざった中間型のものである(図1)。

## 3. 天然シボスギの木部放射組織

スギは針葉樹材の大部分がそうであるように、単列の平均1-10細胞高の細胞のみからなる放射組織をもつ。接線断面にみられる放射組織の分布は樹幹の内側の年輪において1mm<sup>2</sup>あたり約60個、外部に向かって減少するが成熟材部ではほぼ40個内外が数えられほとんど変化がないとされている<sup>9)</sup>。

しかし、特殊な生理的条件におかれた場合、その木部組織には異常な形態をした放射組織が観察される。よく指摘されるのは、外的な傷害や病虫害を受けたと思われる材部にみられる特徴で、針葉樹材の多くの樹種で報告されている<sup>10-13)</sup>。これらに共通するのは、いずれも多列、大径、異形の放射組織細胞群ということであろう。

今村・岡崎：天然シボスギにおけるシボ形成の組織構造的考察

表1 主な天然シボスギ品種のシボ形質発現の特徴とシボ形態

| 品 種                | 生長と樹幹の特性               | シボ発現と形態                                                              |
|--------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ヒロガワラ<br>(広河原)     | 初期は不良，後良<br>通直性良好      | 発現*：遅い<br>形成**：遅く30年以上<br>形態：チリメンで小さいキレシボ                            |
| ウメダ<br>(楳田)        | 上長生長不良，<br>肥大生長良       | 発現：遅い<br>形成：遅く30年<br>形態：チリメンで小さいキレシボ                                 |
| ナカゲン<br>2号<br>(中源) | 中庸                     | 発現：比較的早い<br>形成：やや早く22—26年<br>形態：大，中，小が混在したキレシボ                       |
| ナカゲン<br>3号<br>(中源) | 良，通直性に優れる              | 発現：サンゴより早く，2号より遅い<br>形成：やや遅く23—30年，立地や施業<br>により変動<br>形態：中，小が混在したキレシボ |
| ウンガイ<br>(雲外)       | 初期は不良，後中庸<br>初期歪むが，後通直 | 発現：早い<br>形成：やや遅く25—30年<br>形態：大，中の混在したキレシボ                            |
| サンゴ<br>(三五)        | 良，通直性に優れる              | 発現：遅い<br>形成：やや遅く24—30年，立地や施業<br>により変動<br>形態：中のキレシボ                   |
| クロ<br>(黒)          | 中庸—不良<br>初期は歪むが，後通直    | 発現：遅い<br>形成：遅く30—35年，ねじれる<br>形態：チリメン，大，中の混在した<br>キレシボ                |
| ウチアイ<br>(打合)       | 不良，曲がりやすい              | 発現：やや遅い<br>形成：やや遅く27年以上<br>形態：大，中の混在したコブシボ<br>気根が出やすい                |
| ヨシベエ<br>(芳兵衛)      | 良，曲がりやすい               | 発現：早い<br>形成：やや早く22—30年<br>形態：大でコブシボ<br>気根が出やすい                       |

\* シボ形質が出現する状況

\*\* 樹幹表面に確定したシボ模様が出現する状況

また、スギは高樹齢になると年輪がしゅう曲する性質があるが、この場合においても放射組織細胞の断面径の拡大、材中に占める放射組織の体積割合の増大という特徴が認められるようになる<sup>14)</sup>。この傾向はとくにスギだけに該当するものではなく、モミの仲間やスプリースの老齢木の幹の外周部に、多列あるいは複列の放射組織の存在が報告されている<sup>15,16)</sup>。

さて、生まれながらにして丸太表面がしゅう曲したり、凸凹している天然シボのスギ材にも、普通の材に

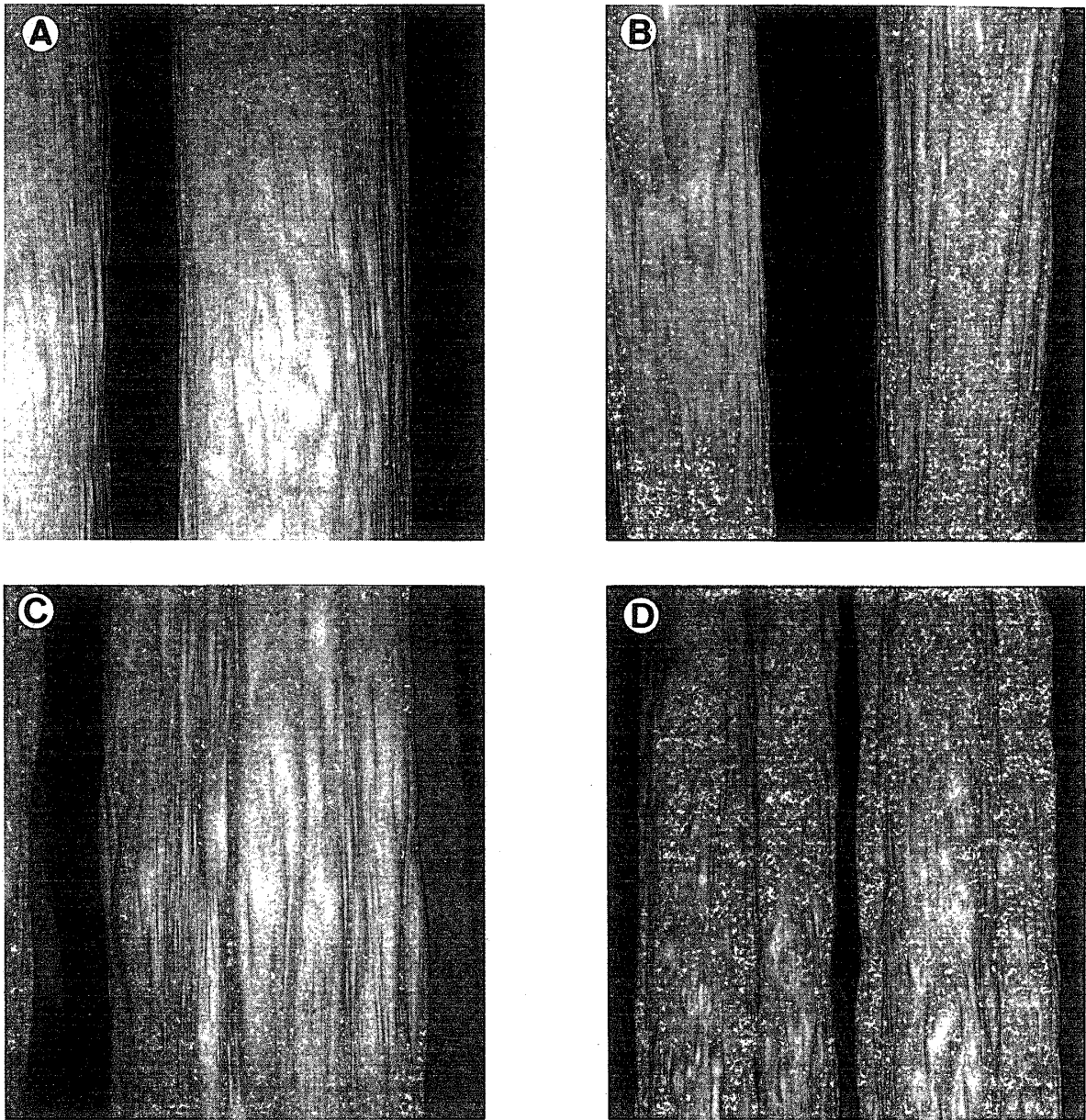


図1 代表的な天然シボスギ (A ; ウメダ, B ; ナカゲン, C ; サngo, D ; ヨシベエ)

はみられない特徴が放射組織に観察された。すなわち、放射柔細胞の接線断面での形状がより丸くかつ大きく、接線方向径で  $40\text{ }\mu\text{m}$  以上に達するものもしばしば認められる。これは通常のスギ木部での値  $7\text{--}10\text{ }\mu\text{m}$  に比較すると、きわめて大きな値である。また一般のスギにはほとんどみられない複列の放射組織あるいは不規則な形をしたものがみられる (図2)。これに伴い木口断面にも通常の木部組織とは異なる仮道管の配列が観察される場合がある (図3)。

しかも、放射組織細胞の断面径の増大と複列ないし多列化、放射組織の分布数の増大、それらの結果としての材中での体積割合の増加という天然シボ共通の特徴以外に、品種あるいは樹幹表面でのシボ模様に対応した特徴が認められる。今、代表的な放射組織の出現型を3つに大別してまとめると、複列あるいは多列の放射組織が軸方向あるいは接線方向に不規則に連結して現れるタイプ(A)、複列の放射組織がところどころに分散しているタイプ(B)、複列あるいは多列の細胞が部分的に集まって出現するタイプ(C)である (図4)。

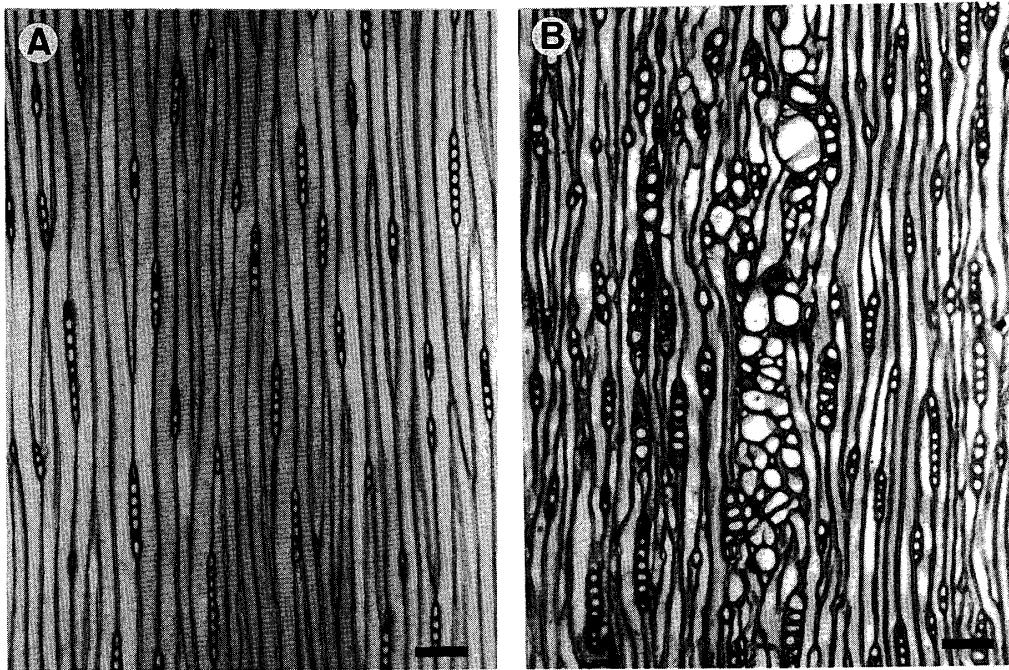


図2 普通のスギ (A) および天然シボスギのウメダ (B) の接線断面  
(スケールバーの長さは 100  $\mu$ m, 以下同じ)

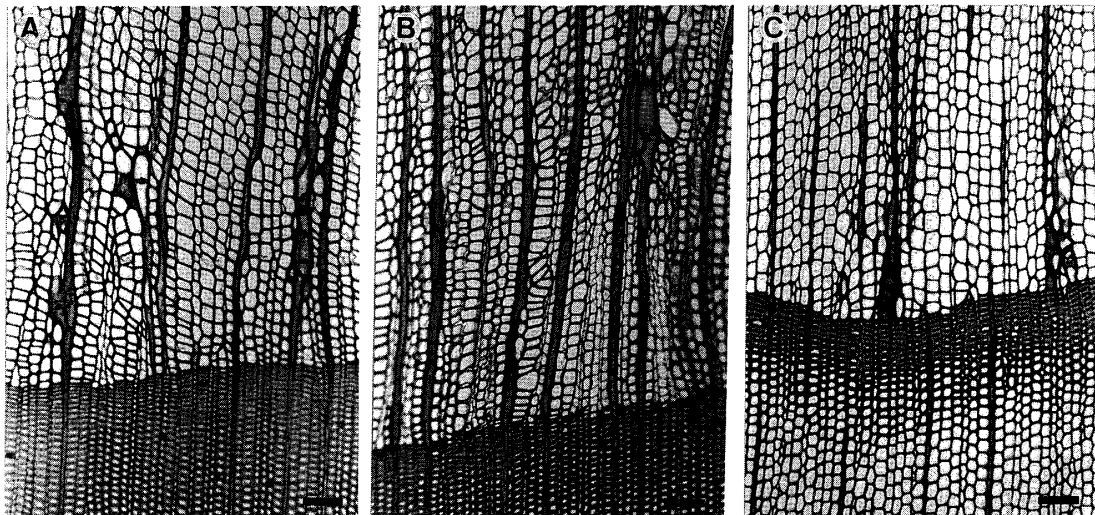


図3 ヒロガワラ (A), クロ (B) およびウチアイ (C) の木口断面

Aのタイプは、幹表面に細かいちりめん状のシボをもつヒロガワラに認められる特徴で、それによく似たシボを備えたウメダにも不規則につながった放射組織が観察される(図5)。Bのタイプは、細かいシボと大中小が混在した出シボをもつナカゲンに共通して認められる特徴で、一見したところAやCに比べて普通のスギに近い様相を呈しているが、放射組織の分布が多いことは天然シボスギに共通した特徴である(図6)。Cのタイプの放射組織は、ナカゲンに比べより発達したチリメンシボをもつクロに認められるもので、特異な放射組織は均一に分散するのではなくいくつかずつ部分的に集合して現れる。また、ナカゲンに

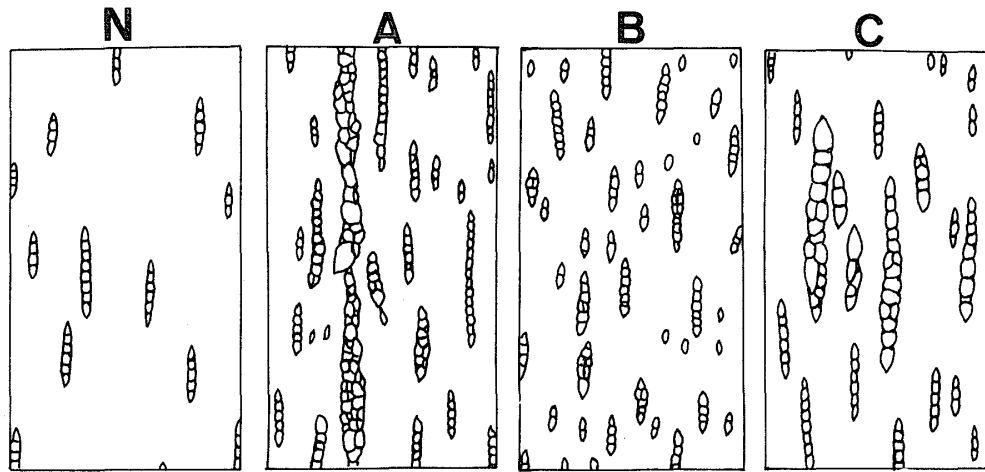


図4 普通のスギ (N), ヒログワラ型 (A), ナカゲン型 (B), クロ型 (C) の放射組織の模式図

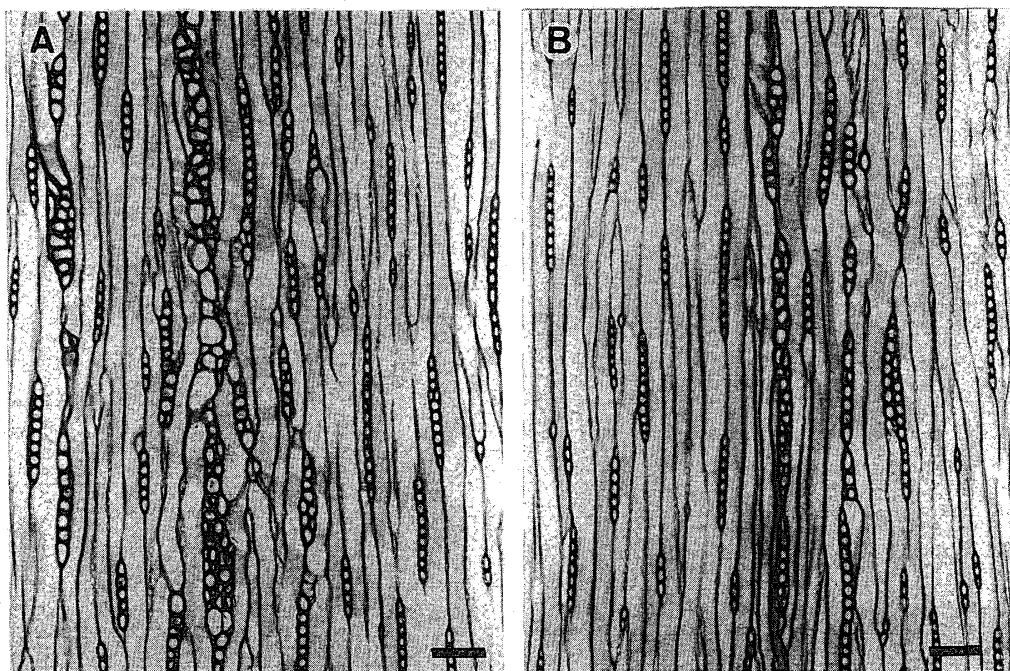


図5 22年生のヒロガワラの樹心近く (A) および外周部 (B) の接線断面

よく似たシボをもつがコブはやや小さめの形状を示すサンゴにも、ちょうどBタイプの複列放射組織がCタイプのように集合してみられる傾向があった(図7)。

ところで、前出の特異な放射組織は、幹表面のシボ形状にかかわらず材中に共通して認められ、木口面における年輪がまだしゅう曲し始めていない段階でも観察されるが、より太めのコブシボをもつウチアイでは、コブの凸の部分と凹部の個所で放射組織に形態の違いがみられた。より特徴的な放射組織が出現するのは凹の部分で、突出したコブの個所に比べて分布数が多く、きわめて特徴的である(図8)。また典型的なコブシボであるヨシベエでは、突出したコブの部分では放射組織の特異性は乏しく、普通のスギの木部に近い様相を呈していた。このようにタイプ分けした放射組織の特徴は、それぞれのシボ形状すなわち品種に固

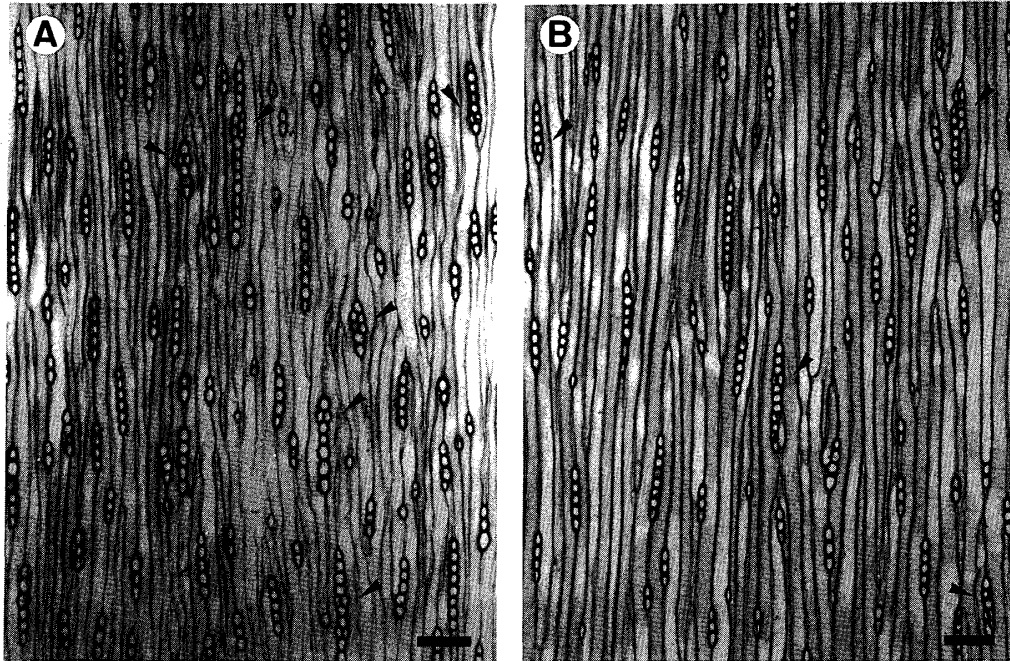


図6 ナカゲンの接線断面 (A, B は異なる個体)

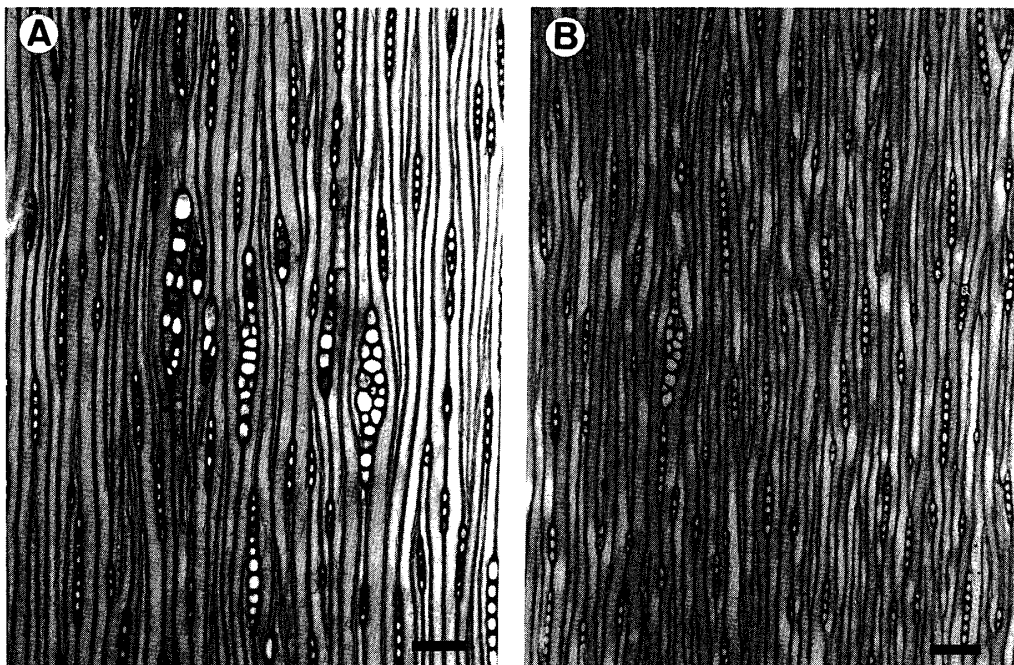


図7 クロ (A) およびサンゴ (B) の接線断面

有のものと考えられる。

接線断面にみられる天然シボスギの組織構造的特徴は、丸太表面のシボ模様に対応してすなわち品種固有のものとして出現し、ある程度生長した幹材部では幹の部位にかかわりなく認められる。もちろんさし木で増殖した木には、親木と同じシボ形質を遺伝すると同時に、こういった組織構造的特徴も引き継ぐといえ

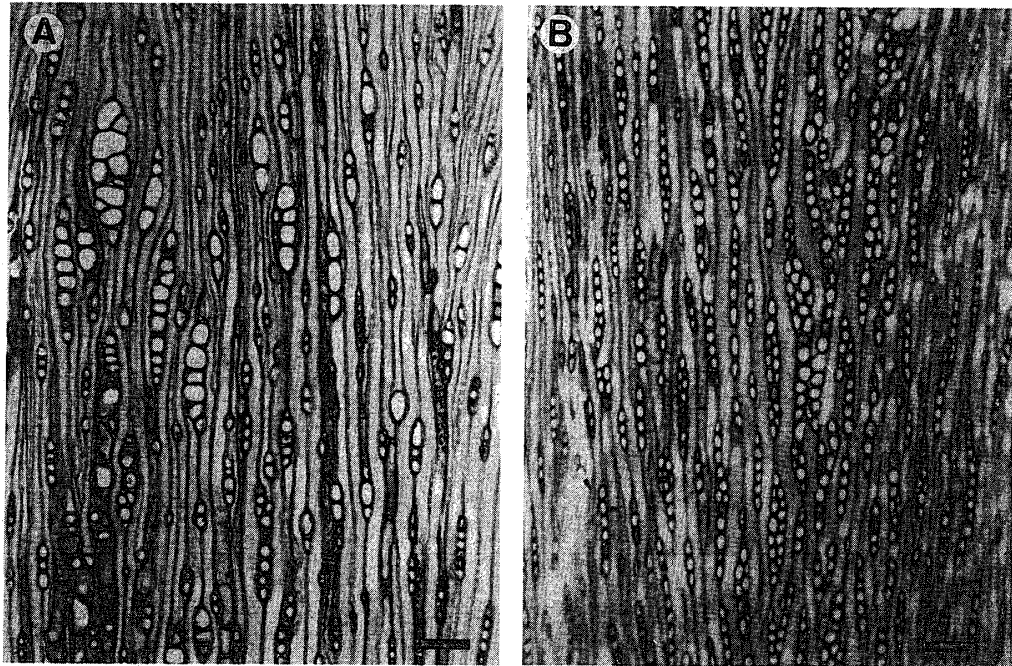


図8 ウチアイの接線断面 (A, B の違いは本文参照)

る。最近、4年生の枝の材部にも放射組織の特徴が観察されることが報告されており、このとき枝の外表面には何等形態的な異常は観察されなかったという<sup>17)</sup>。もし幹以外にも若齢の枝においても品種固有の特徴がとらえられれば、さし木による育苗段階における有力な識別手段になるわけで、観察結果の裏付けが求められている。

また、異なる天然シボ品種を交雑させた場合の形質遺伝については、浅田はサンゴとヒロガワラの  $F_1$  ではサンゴの特徴をもった放射組織が、コネンタニ（古念谷）とウチアイの  $F_1$  ではウチアイに似た形態の放射組織が、いずれも2年生苗の幹基部に観察されたと報告している。これらの  $F_1$  が成木に達した場合、はたしてそれぞれサンゴとウチアイの特徴を備えたシボ模様をもつようになるのか興味のもたれるところである。

#### 4. シボ形成のメカニズム

通常の木部組織においては、形成層の紡錘形始原細胞は、肥大生長にともなう半径方向の増大に伴い自身も適宜接線方向に分裂し、円周の拡大に対応するよう自己調節を行っている。紡錘形始原細胞は偽横分裂によって接線方向に数を増やすが、樹木に備わる自己調節機能がはたらいて半径方向の細胞数の増加に応じたバランスを保っている。接線方向の細胞分裂によって生じた新しい紡錘形始原細胞が、母細胞として機能するか否かは放射組織始原細胞の分布によって支配されるといわれている。すなわち、放射組織始原細胞との接触頻度の低い紡錘形始原細胞は、放射組織を通して供給される水分、養分その他生長に必要な物質の量が不足するため消失するが、つねに必要な量だけは消失せずに放射組織始原細胞に変化してその不足を補うと考えられている<sup>18)</sup>。

天然シボ品種の場合、遺伝的指令によって放射組織始原細胞が過剰に誕生し、その影響により偽横分裂した紡錘形始原細胞が数多く生き残り、そのため半径方向の細胞増加に対応する以上に接線方向に細胞が増加し、結果として細胞配列にしゅう曲が発生すると考えることができないだろうか (図9)。このことはま

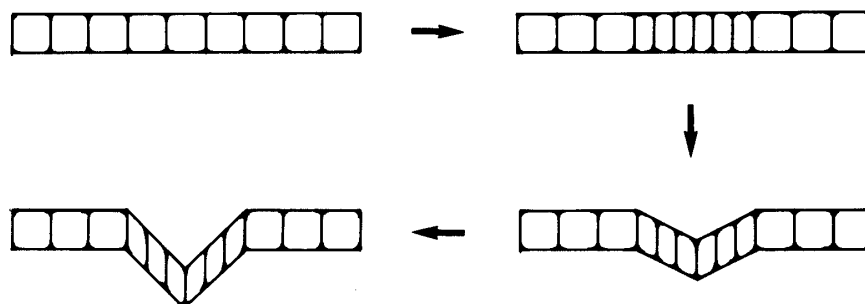


図9 天然シボスギの木部組織におけるシボ形成の想定図  
(木口断面での紡錘形始原細胞の配列の変化を示す)

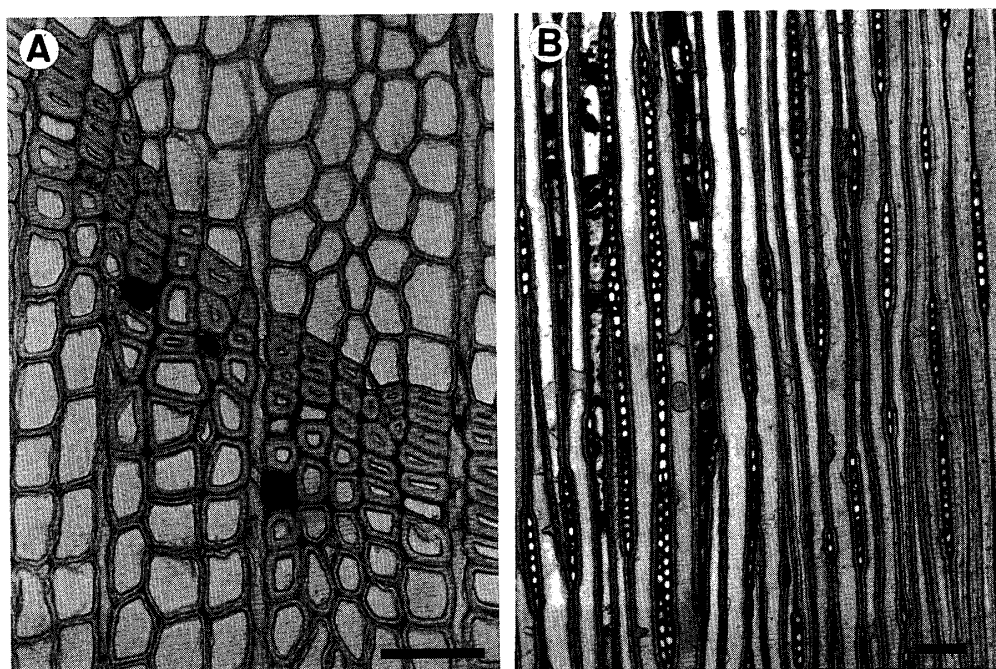


図10 老齡スギの過熟材部の木口断面 (A) および接線断面 (B)

た、天然シボ品種においては仮道管の長さが一般的なスギ材に比較して短くかつ異形のものが多く、偽横分裂の頻度が高ければそれだけ短い始原細胞が多くなるという傾向とも一致している。

ところで、老齡化による年輪のしゅう曲についてはどう考えることができるだろうか。この場合は放射組織の分布数はほとんど変化しないが、放射系細胞の接線断面径の拡大、複列またはきわめて系細胞数の多い放射組織の出現（ときには70細胞に達するものもある）、それによる材中での放射組織の体積割合の増加などの特徴が認められる（図10）。また、放射組織細胞の新生がしばしばみられ、これも紡錘形始原細胞の分裂が頻繁に生じていることを裏付けている。樹幹部位が老齡化すると、年輪がとくに密になり一年輪内の半径方向細胞数が少なく、したがって接線方向への始原細胞の分裂が半径方向に比べてより過剰となり、その結果しゅう曲が生じたと推定することができる。このことは、老齡木の過熟材部で仮道管の半径方向の配列が不規則で、細胞の新生あるいは消失が頻繁に生じており、始原細胞の接線方向の偽横分裂がより高い頻度でかつ不規則に発生していることを裏付けている。

ところで、人為的にアテ木を樹皮表面に押しあて、肥大生長をむりに拘束して強制的に凸凹をつくった人

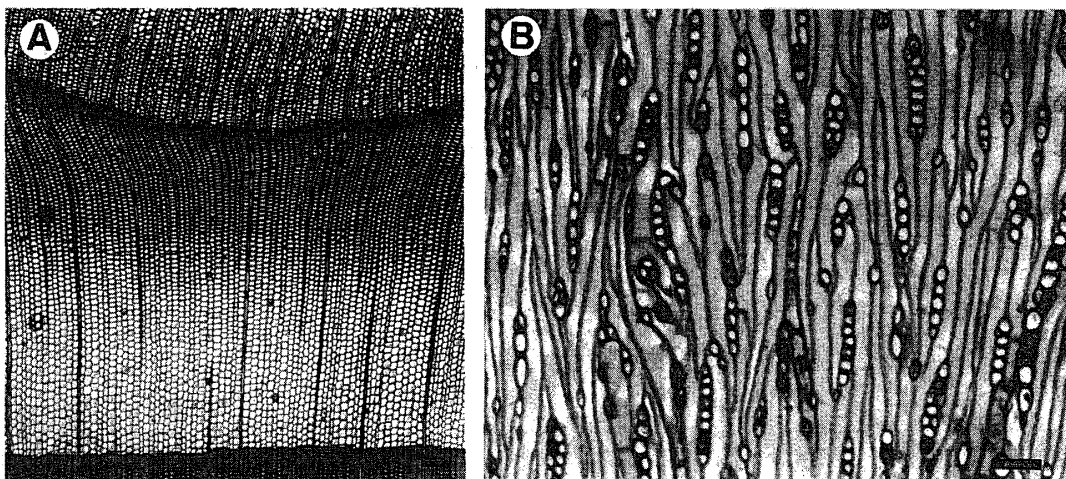


図11 加圧下で生長させた木部組織の木口断面 (A) および接線断面 (B)

工シボ材の場合、肥大生長が拘束された影響で仮道管の配列に変化が生じ始めると、放射組織細胞の接線方向の断面径が拡大し、複列のものが出現すると同時に接線断面における放射組織細胞の分布は増大し、観察した例では  $100\text{個}/\text{mm}^2$  に達した (図-11)。一方、アテ木による拘束を解除すると非常に旺盛な生長を取り戻し、急速に正円に回復しようとする傾向がみられる。この段階では単位面積あたりの放射組織数は減少し一般的な値である  $40\text{--}50\text{個}/\text{mm}^2$  に近付いていく。しかし、柔細胞の断面径はそれと逆に拡大の一途をたどる<sup>7)</sup>。

このような人為拘束による木部組織のしゅう曲では、外的な作用によって接線方向の紡錘形始原細胞の分裂が促され、その結果木部放射組織に天然シボと共通する特徴が認められたものと考えられる。また、回復期においては接線方向に始原細胞が増加する必要はなく、むしろ半径方向の分裂増進のため、放射組織柔細胞の細胞径そのものの拡大になったものと推定できないだろうか。

## 5. お わ り に

この報告は天然シボスギのシボ形成について、組織構造的な側面から考察したものである。天然シボスギの造林は、林業の上では目標を銘木生産に置く特殊な範疇に属するものであるが、林木育種における品種の概念あるいは組織構造上から木部形成のしくみを考えていく上で、格好の研究材料であるともいえる。シボ形成のメカニズムについては、いささか乱暴な考察を展開したが、形質遺伝とそれに関連する木部形成について討議の場を提供できたとすれば幸であり、多くのご批判を仰ぎたい。

奈良県吉野郡吉野町の梅谷清光氏、梅谷清嗣氏、上田善嗣氏、奈良県宇陀郡榛原町の三本木康祐氏には、供試材料をはじめ体験を通した貴重なお話を頂いた。本文の考察を進めるのに際し大いに参考にさせて頂き、心から謝意を表したい。

## 文 献

- 1) 坂本喜代三：北山台杉と磨丸太，大日本山林会 (1970)
- 2) 岩水 豊：現代林業，83，32 (1973)
- 3) 豊島昭和，大山浪雄：第29回日林九州支講要旨，p. 117 (1972)
- 4) 中田銀佐久：第82回日林講要旨，p. 164 (1971)
- 5) 川合政蔵：東京農大卒業論文 (1974)
- 6) 今村祐嗣，小野広和，山口和道，村田武彦：奈良林試研報，No. 6，73 (1975)

- 7) 今村祐嗣：木材学会誌, **24**, 71 (1978)
- 8) 今村祐嗣：天然シボの研究, No. 3, 7 (1983)
- 9) M. SHIMAKURA：植物学雑誌, **50**, 438 (1936)
- 10) M.W. BANNAN：Amer. J. Bot., **37**, 232 (1950)
- 11) R.K. BAMBER and J.W. LANYON：J. Inst. Wood Sci., No. 29, 28 (1971)
- 12) 山中勝次：京都大学学位論文 (1986)
- 13) 大迫靖雄：第36回日林九州支講要旨, p. 217 (1986)
- 14) 今村祐嗣, 岡崎 旦：奈良林試研報, No. 5, 133 (1974)
- 15) L. KUCERA and H.H. BOSSHARD：IAWA Bull., No. 4, 51 (1975)
- 16) J. OHTANI, K. FUKAZAWA and T. FUKUMORITA：IAWA Bull. N.S., **8**, 113 (1987)
- 17) 浅田隆之：京都大学学位論文 (1990)
- 18) 島地 謙, 須藤彰司, 原田 浩：木材の組織, 森北出版 (1976)