

## スギの材質と造林

## — スギ造林木の材質指標について —

九州大学農学部 見尾 貞治

## 1. はじめに

生長が速い林木の生産が人工林の育成に期待されだして久しい。わが国で最も一般的な造林樹種の一つであるスギの育成においても、特に九州地方の林業地では、古くから生長が速いクローンの選抜が盛んに行われ、それぞれの林業地に適した多くの栽培品種が得られている。

ところで、これまでの九州のスギ造林にあつては、心持ちの柱材を採ることを目標に施業が進められる場合が多かったように思える。造林にあつての品種の選択には、早生だからとかあるいは晩生だからといった生長の速さに関心が払われることが多かった。また、保育における枝打ちにあつては、林木の生長にかかわる樹冠量の調整というよりも、節をなくすることに主目的があるかのように見受けられる。さらに、スギ材の生産および利用の現場では、年輪幅、製材品表面の節の有無、材色など材表面の視覚的指標が木材の品質評価で最重要のものとしてされてきた。例えば、強さ評価の指標には、ふつう年輪幅が取り上げられ、年輪幅の狭い材が強度的にも優れた材として評価されてきた。つまり、多くの品種にまたがるスギ材の利用にあつては、経験だけに基づく林業地ごとの伝統的な木材評価が主流を占めている。

これまでの人工林の木材生産は、年輪幅の広狭や節

の有無に目を奪われるあまり、林業としての生産性を無視することになっていたのではなからうか。また、経験だけに基づく木材利用のあり方がこれからの木材利用とその工業に対応できるのか、外材や代替材料との競合の中で産業としての林業・林産業を維持していくことができるのか。これからの多様化する新しい木材利用の方向を考えてみると、また、産業として林木の生産性を考えてみると、科学的根拠に基づいた木材評価を行い、いつでもユーザーの要求にこたえられる態勢づくりの必要性を感じる。

そこで、従来の伝統的な木材の使われ方は別として、新しい現実の木材利用や木材工業に対応できる木材評価のあり方を考えてみたい。ここでは、九州産スギ造林木から得たデータに基づいて、丸太の生産や利用の現場で使える簡単で有用と思われる丸太品質指標および、特に強度部材の評価のための材質指標について検討を試みる。

## 2. 未成熟材と成熟材

樹幹の内心部は未成熟材であり、未成熟材部の存在が木材の性質に大きな影響を及ぼしている。

樹幹の形成層の始原細胞には成熟現象があり、著しく生長しつつある未成熟期の始原細胞から形成されて樹幹の内心部に存在する木部を未成熟材とし、それから外方であつて成熟期の始原細胞から形成された木部

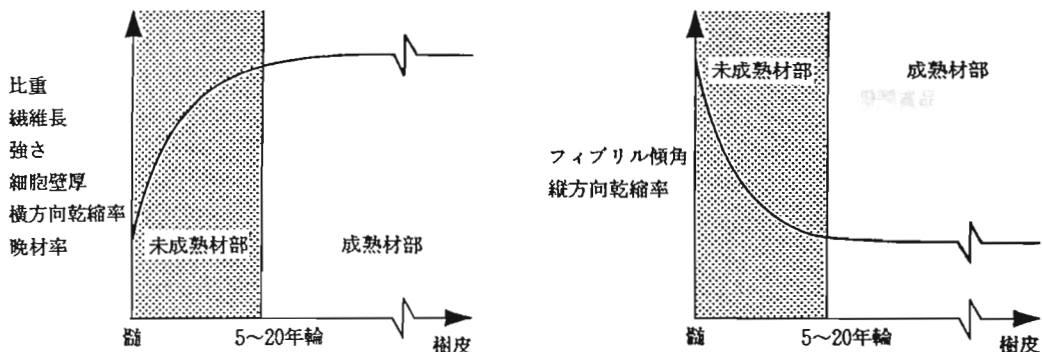


図-1 針葉樹材の未成熟材部から成熟材部への移行に伴う性質の変化

を成熟材と定義している<sup>1)</sup>。

未成熟材部では、髓から外方へ向って構造要素や構造成分などの量と質が規則的に変動して、図-1<sup>2)</sup>に示すように、木材の諸性質の変動が大きく、材質が不安定である。未成熟材部の外方にある成熟材部では、構造要素や構造成分などの量も質もほぼ安定して、材質もその幹に固有の安定したものとなる<sup>3)</sup>。

樹幹内における未成熟材の範囲は、樹種によってや異なるが、樹幹のいずれの横断面をとっても、髓から5~20年輪目<sup>4)</sup>(国内の研究成果によると、針葉樹で10~15年輪目<sup>1)</sup>、広葉樹で10~20年輪目<sup>5)</sup>)ぐらいまでとされている。

九州産のスギ造林木の場合、未成熟材部は髓から10年輪目ぐらいまでとみなせる<sup>6)</sup>。図-1の未成熟材部から成熟材部への移行に伴って変化する性質の一つである繊維長(ここでは、仮道管長)がスギ造林木の個体内で変化している状態を図-2に示している。この図はクモトオシとヤブクグリ为例であり、図中の曲線はそれぞれ成長の速さが異なる個体から得られたものである。これによると、いずれの個体でも髓から10年輪目ぐらいで仮道管長が安定期に達し、未成熟材部から成熟材部へ移行していることが推察できる。

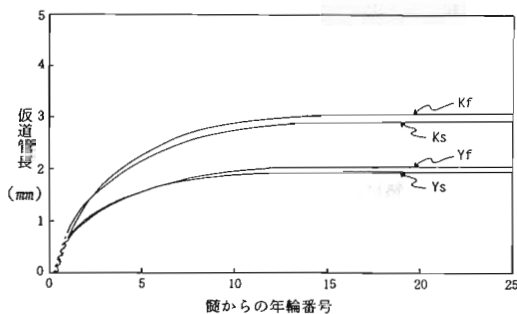


図-2 髓からの年輪番号が仮道管長に与える影響

Kf: クモトオシで生長が速い個体  
 Ks: クモトオシで生長が遅い個体  
 Yf: ヤブクグリで生長が速い個体  
 Ys: ヤブクグリで生長が遅い個体

### 3. 丸太の品質評価と未成熟材率

材質的に不安定な未成熟材部を含む木材が強度を要する部材として使われるとき、強さへの影響が問題となる。

そこで、板や心持ち柱に対して、未成熟材部の材中に占める割合(未成熟材率)が木材の強さを推定する材質指標の一つとして用いられることの有用性を検討するために、重回帰分析により、次のような回帰式と指標間の相関係数を得た。

$$S_c = -4.4 + 1.0J + 0.054D + 3.2W + 3.3N$$

$$(R^2 = 0.279)$$

ここで、Sc: 丸太の縦圧縮強さ(飽水時)(Kg/cm<sup>2</sup>)

J: 丸太の未成熟材率(%)

D: 丸太の平均容積密度数(Kg/m<sup>3</sup>)

W: 丸太内で、髓から形成層に至る単純平均年輪幅(mm)

N: 丸太の年輪数

表-1 スギ丸太の品質を表す指標間の相関係数

|       | 未成熟材率 | 容積密度数 | 年輪幅    | 年輪数    |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 縦圧縮強さ | 0.476 | 0.071 | 0.151  | -0.408 |
| 未成熟材率 |       | 0.361 | 0.130  | -0.967 |
| 容積密度数 |       |       | -0.562 | -0.440 |
| 年輪幅   |       |       |        | -0.121 |

表-1で未成熟材率と強さとの間に0.48の相関係数が認められる。このことは、強さへ影響を及ぼす因子として未成熟材率を無視し難いことを示している。一方、強さが年輪幅と容積密度数から受ける影響はほとんど見ることができず、これは従来の通説とは相いれない。このことは、従来の通説が成熟材を主な対象にしているため、未成熟材の影響を考慮する必要がなかった。これに対して、今日の造林木の小径丸太には、材質的に不安定な未成熟材の占める割合が大きいため、未成熟材を無視した従来の通説は適用できない。未成熟材率だけで木材の強さを規定することはできないが、未成熟材率を丸太の強さ評価の指標として使うことは不可能ではなさそうである。ただ、この未成熟材率の中にはいろいろな因子が複雑に交錯して含まれており、未成熟材率に実用性をもたせるには、もっと詳細な検討が必要と考える。また、木材の強度値を評価するときには、未成熟材部と成熟材部とを別けて取り扱うことが望ましい。

### 4. 成熟材の材質評価

これからの高度な木材利用をめざすにあたっては、材質的に安定している成熟材部が主体となるであろう。

そこで、成熟材を対象にして、静的曲げにかかわる性質からスギ材の材質指標のあり方について検討を試みた。実用的でかつ比較的簡単に取扱える木材の力学の性質として静的曲げ強さと曲げヤング率を取上げ、年輪幅、髓からの年輪番号、晩材率、比重とのかかわりを求めて、重回帰分析により、次のような回帰式と指標間の相関係数を得た。

$$S_b = -241.1 + 3.9W + 1.2N + 1.4L + 2140G$$

$$(R^2 = 0.890)$$

$$Eb = -50.9 - 2.9W + 0.5N + 0.2L + 3.13G$$

(R<sup>2</sup> = 0.886)

ここで、Sb: 曲げ強さ (Kg/cm<sup>2</sup>)

Eb: 曲げヤング率 (X10<sup>3</sup> Kg/cm<sup>2</sup>)

W: 試験片の両木口面の平均年輪幅 (mm)

N: 試験片の横断面の中心点が位置する年輪番号

L: 試験片中央部の横断面での晩材率 (%)

G: 試験片全体の気乾 (含水率 12.5%) 比重

表-2 スギ成熟材の材質を表す指標間の相関係数

|        | 曲げヤング率 | 年輪幅    | 年輪番号   | 晩材率    | 比重     |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 曲げ強さ   | 0.874  | -0.228 | 0.331  | 0.831  | 0.942  |
| 曲げヤング率 |        | -0.477 | 0.542  | 0.825  | 0.905  |
| 年輪幅    |        |        | -0.859 | -0.297 | -0.259 |
| 年輪番号   |        |        |        | 0.493  | 0.348  |
| 晩材率    |        |        |        |        | 0.860  |

表-2 から、静的曲げ強さおよび曲げヤング率は比重と晩材率とに大きな影響を受けることが明らかである。年輪幅と髓からの年輪番号は力学的性質に影響する主要因子とは言えないことも明らかである。

ところが、丸太や製材品の生産・利用の現場における従来の認識では、“広い年輪幅の材は比重が小さく、比重が小さい材は強度的に劣る”とされてきた。すなわち、“年輪幅が広い材は弱い”とされてきた。このような年輪幅を材質評価の根拠に高く位置づける従来の強さ評価のあり方には疑問を持たざるをえない。

### 5. 材質指標としての年輪幅

成熟材の強さと比重との間には密接な関係があり、強さは比重の増加に伴って、直線的か放物線のあるいは指数曲線的に増大することが一般的にも認められている<sup>4)</sup>。

そこで、ここでは“年輪幅が広い材は比重が小さい”か? ということについて検討を試みた。表-2 では、年輪幅と比重との間に十分な相関関係は認められない。この関係を詳しくみるために、力学的性質が大きく異なることがわかっている2つの品種<sup>7)</sup>、クマトオシとヤブクグリの例をそれぞれ図3と図4に示す。図3、図4の縦軸には比重の代わりに容積密度数をとっているが、ここでは同じ指標とみなして差し支えない。図3、図4の中で○印で示している成熟材部についてみると、年輪幅が3mm以下の狭いところでは高い容積密度数を示しているが、3mm以上での容積密度数は年輪幅の広狭による影響をほとんど受けていないとみなせ

る。+印で示されている未成熟材部では、確かに、年輪幅が広がるにつれて容積密度数が小さくなる傾向が認められる。

つまり、成熟材の材質評価にあたっては、年輪幅を主要な材質指標とはみなせない。また、“年輪幅の広い木材が弱い”という概念は、図-3でも認められるように未成熟材部で広い年輪幅を持つために、未成熟材で力学的性質が劣ることと相まって、誤った一般概念として定着したものであろう<sup>8)</sup>。

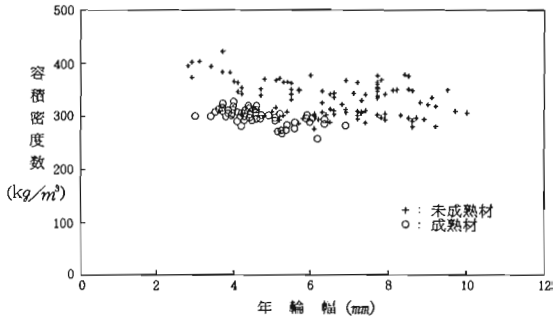


図-3 年輪幅と容積密度数の関係  
——クマトオシ——

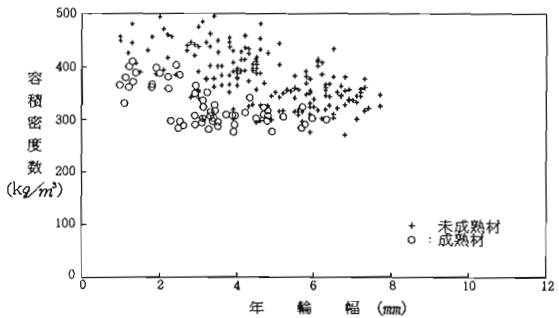


図-4 年輪幅と容積密度数の関係  
——ヤブクグリ——

### 6. 林木の生産にあたって

樹幹の内心部は未成熟材である。したがって、小径木の利用にあたっては、未成熟材を避けることはできない。

それでは、効率よく成熟材を得るために、林木の育成時に樹幹中の未成熟材の量を少なく抑えることはできないであろうか。すなわち、品種の選択や保育施業により未成熟材部の量を抑えたり、あるいは、時間的に未成熟材形成期の早期脱却をめざすことはできないであろうか。興味深いところである。

ところで、渡辺<sup>8)</sup>によると未成熟材の形成は次のように理解されている。すなわち、樹木の幼齢時におけ

る初期の生長を促進してもあるいは抑制しても、組織構造と材質が髓から外方へ向かって次第に変化して不安定である未成熟材部の特性に変わりはない。特に針葉樹では、幹が細いときは、風などの外力を受けてもたわんでこれに耐えるように、仮道管の2次壁中層のマイクロフィリル傾角と幹のらせん木理解がともに比較的大きい幼年期の未成熟材が形成される。幹が太くなるにもなると傾角とも次第に小さくなり、幹は次第に剛く強くなって外力に抵抗し、遂にはその幹が発揮できるかぎりの安定した剛性と強度をもつ壮年期の成熟材が形成されるようになる。このようにして、力学的性質が不安定な未成熟材部から安定した成熟材部へ移る位置が、幹の髓からの年輪数だけではなく、髓からの距離にも関係があり、針葉樹では先天的に髓からおおよそ5~7cm<sup>9,10</sup>のところにあるとみられる。

つまり、品種の選択や保育施業によって樹幹中の未成熟材部を少なく抑えることは難しいようである。ただ、髓からの距離を考慮するなら、初期生長を速くすることによって未成熟材形成期の早期脱却をはかることが考えられる。

とにかく、材質的に安定している成熟材を効率よく採材するためには、図-5からもわかるように、伐期を長くして、樹幹の年輪数を重ねた大径材の生産が求められる。

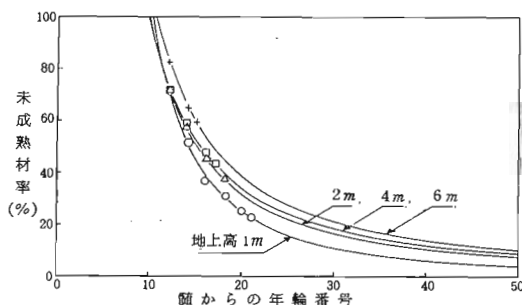


図-5 木口断面の年輪数を使った丸太未成熟材率の推定

## 7. おわりに

これからの林木生産に求められるのは、材の用途に応じて要求される性能の確保と生産効率のよい木材づくりであろう。また、材質評価にあたっては、これまで伝統的に用いられてきた見かけの指標だけでなく、科学的根拠に基づいた指標をも取入れていくべきであろう。このような観点から、林木の生産あるいは利用の現場で使えるような木材評価法のあり方を模索・検討しているところである。

## 文 献

- (1) 渡辺治人, 堤壽一, 小島敬吾: 木材誌, 9(6), 225~230, 1963.
- (2) Bendtsen, B. A.: Forest Products Journal, 28(10), 61~72, 1978.
- (3) 渡辺治人: 木材理学総論, 農林出版, 1978.
- (4) Panshin, A. J. and C. de Zeeuw: Textbook of Wood Technology, Vol. 1 (3rd Ed.), McGraw-Hill Book Company, New York, 1970.
- (5) 渡辺治人, 松本勲, 林弘也: 木材誌, 12(6), 259~265, 1966.
- (6) 見尾貞治, 長尾博文, 堤壽一: 九大演報, 55, 213~222, 1985.
- (7) 見尾貞治, 松本勲, 堤壽一: 九大演報, 55, 187~199, 1985.
- (8) Harris, J. M.: Proceedings of 17th IUFRO World Congress, 117~125, 1981.
- (9) 深沢和三: 岐阜大農研報, 25, 47~128(1967).
- (10) 塩倉高義, 渡辺治人: 東京農大農集報, 18(2), 139~144, 1973.