

# カラマツ樹幹内材質の垂直変動

小野寺 重 男    高 橋 政 治  
川 口 信 隆

## 1. まえがき

この報告は、樹幹内における材質の分布を年輪巾、夏材率などの因子で追跡して変曲点を求め、この変動傾向を数量・数式化することによって規則性を補捉しやすくするとともに、これにもとづく樹幹内区分をおこない、カラマツを利用するさいの問題点を究明する手懸りとする目標でおこなった。すでに学会に報告しているが<sup>1)</sup>、これに若干の説明を加えて投稿した。

標題の用語のもつ意味と今回の報文に関連する既往の報告についてふれるとつぎのとおりである。

### 1) 樹幹内材質のもつ意味

カラマツ心持ち角材の乾燥にともなう欠点の現われ方は、同令林分の林木径級や採材位置と高い相関性をもっており、たとえば筆者らのおこなった角材のねじれの試験では第1図<sup>2)</sup>のような結果となる。

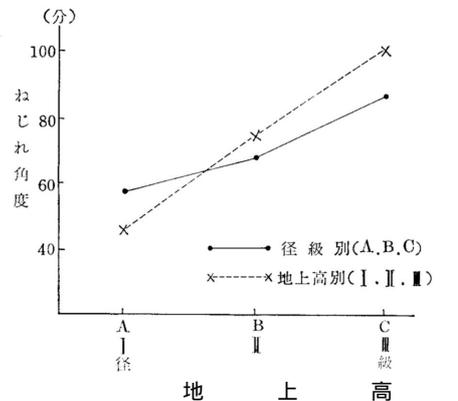
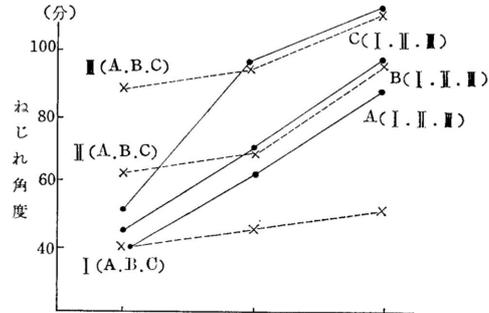
このように、角材にあらわれるねじれと採材位置や林木径級とは密接な関連がある。また、角材のそりは、ねじれと反対に地上高の低い位置からえられた角材ほど大きい。このような結果は、材面割れや強度性能についても同様な一定の傾向が認められており、したがって、樹幹内の材質変動と製材品の性能が深い関連をもつことが明らかである。

要するに、実態の把握はされているが、欠点発生に關与する各因子の樹幹内分布や原因の究明は、今後の試験によらねばならない。

### 2) 垂直変動をとりあげた理由

樹幹内の材質変動を水平変動と垂直変動とに2大別する。水平変動とは直径方向の変動、垂直変動とは樹高方向の変動のことであり、樹幹が肥大生成、伸長生長によって形成される材質の樹幹内の分布を、ここでは方向によって区別して考えるわけである。

水平変動については、これを樹種別に示している例



第1図 径級別、地上高別の角材のねじれの関係

もあるが、肥大生長は立地や植栽密度、他の林木との位置関係などによって、生長経過が左右されると考えられるので、樹種別の典型的な変動形式を示すことが本質的にかなり難かしいことではないかと考える。たとえば、現状のカラマツ造林木では、植栽本数や除・間伐などの撫育法がほぼ画一的であるから、樹幹内の年輪巾は樹令とともに双曲線状に低下する一般形で示されるが、構造材生産を目標として伐期の延長・間伐の促進がなされれば、水平変動の少ない均一な直径生長を示すことが考えられ、同一樹種でもその変動形式は異なってくる。

他方、垂直変動については、山林氏<sup>3)</sup>の樹幹部の生長組織でも述べられているように、樹軸方向の組織構造上の差異、繊維長に関するサニオの法則などで知られており、北村氏<sup>4)</sup>は天然木樹幹内の圧縮強度の垂直変動について試験をおこなっている。また、深沢氏の報告<sup>5)</sup>によれば、Trendelenburgらは樹幹内の比重分布の研究において、主に垂直方向の変動から材質区分する必要性をみたと述べており、基本的な変動原因なり、形式が存在するであろうと予測した。さらに、前述の製材品の欠点発生という実際的な問題を検討する必要もあり、基本的な材質因子である年輪巾と比重が樹高方向で変化する傾向に着目し、垂直変動を優先するものとしてとり上げた。

### 3) 樹幹内変動を表わす方法

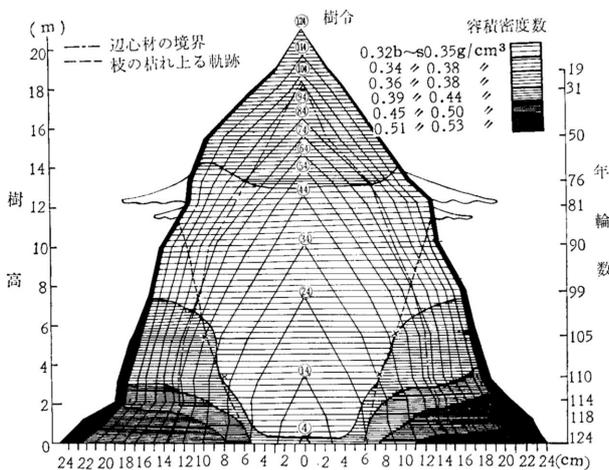
樹幹内を材質区分するさいの用語と定義および材質の差異については、古くから数多くの研究がなされており、詳細は深沢氏の報告<sup>5)</sup>に述べられているが、辺材と心材、成熟材と未成熟材、樹冠材と枝下材などは一般にもよく知られている。

また、具体的に樹幹内変動を表わす手法として、Trendelenburgらが表現したような樹幹析解図に同一ランクの比重曲線を挿入して図式化する方法(第2図)があるが、「樹幹内の比重の研究に新しい分野を

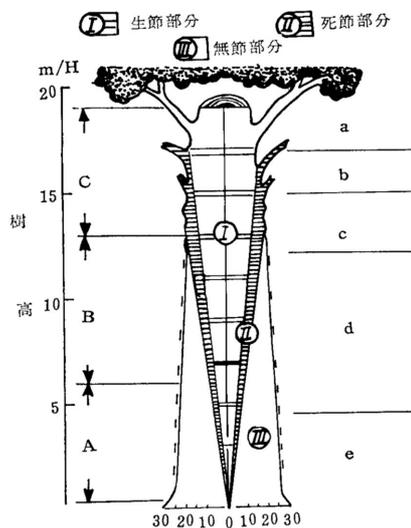
開拓したものであるが、しかし、これによっても材各部分の比重の変化について一定の規則を捕捉することは難しい」と言われている。H. Schulz<sup>7)</sup>は、枝の枯れ上る軌跡から樹冠材・枝下材を区分するため第3図を示している。この区分法は、それぞれの材部からえられる製材品の品質区分について有効であろうが、基本的に節の枯れ上る軌跡を境界として、M. N. Brunden<sup>9)</sup>のこのような比重、仮道管長の変異があり、これを区分の根拠とすることがより適当か否か今後検討してみたい。

Trendelenburgは、比重の変動を1本の折れ線で描く表示法も採用している。この方法によると、カラマツでは樹梢材部が樹幹中央の材部より高比重であるとしているが(第4図)、これは筆者らの試験結果と異なり、一般的な傾向とはいえないのではないかと考える。

また、WangaardとZumwalt<sup>8)</sup>は、ダグラスファー二次林の林木について、樹幹内の比重を第5図のように曲線的な減少傾向として示している。このように曲線的に変動する場合もあるが、このさいも精度を下げれば直線として表わすこともでき、第5図の場合もいくつかの直線として区分することができよう。

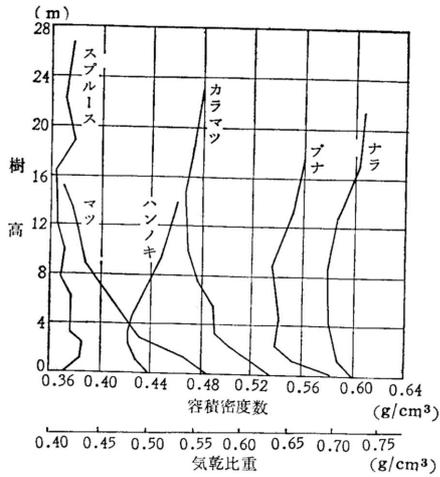


第2図 樹幹内の容積密度数の分布および枝の枯れ上る軌跡

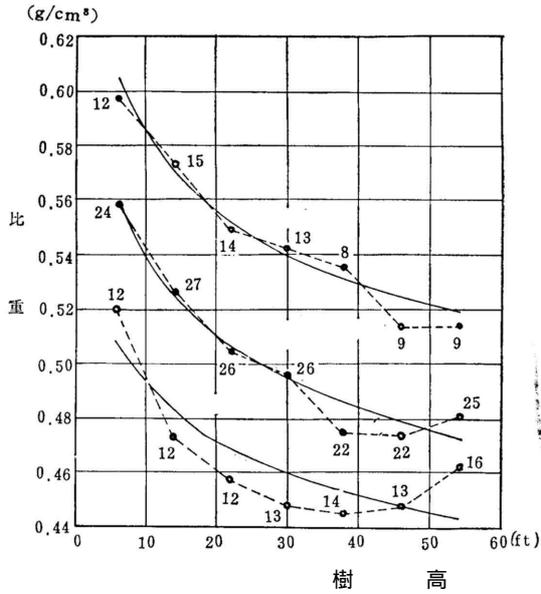


第3図 枝下材と樹冠材による樹幹区分

カラマツ樹幹内材質の垂直変動



第4図 比重の樹幹内垂直変動



第5図 比重の樹幹内垂直変動

2. 本試験の表示法 (樹高比率による相対的表示法)

この方法を採用するにいたった経過を述べると、つぎのとおりである。

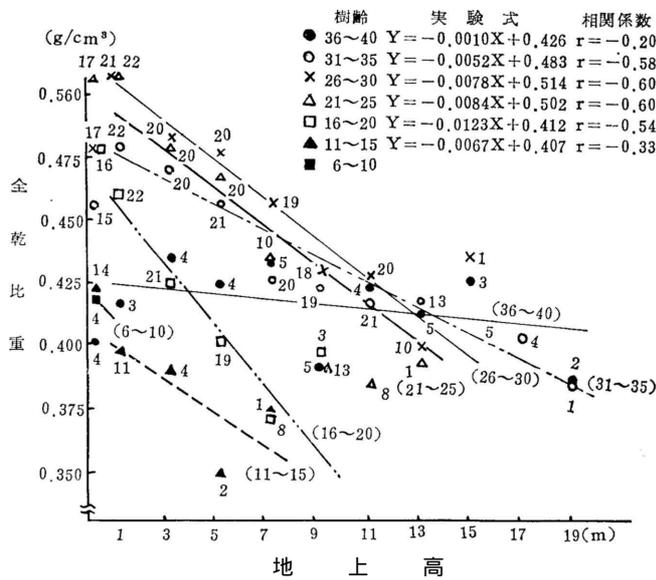
筆者らは、造林木の材質試験にあたって、林木を利用する見地から樹令や素材の採材位置を重視してきた。したがって、樹幹内の比重の変動については、第

6図のように表わした。すなわち、樹幹析解位置の円板から、樹令5年ごとの試片をとり、樹高は実測値を用い、比重の測定値を直線とする表示法を採用した。

しかし、この方法では、樹幹の基部および樹梢材部の両側で、樹幹中央材部の直線とよく適合しないこと、樹令や樹高のことなる林木を相互に比較するさいに問題がある。そこで、従来の方法が両軸とも変数になっているのにたいして、材質因子を実測値、樹高を相対的の数値とする新しい表示法を採用することとした。

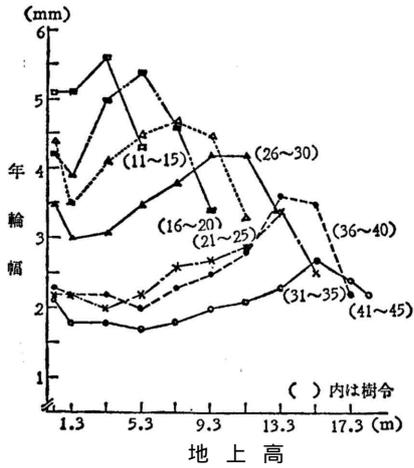
この方法は、樹幹析解位置の円板からえられた年輪巾、夏材率、比重などの測定値を、5年ごとの測定値によるものはその平均樹高、1年ごとの測定値によるものは樹令別樹高を100%、地上高零米の位置を0%とする相対的の数値(これを樹高比率と称することとする)に変換して、垂直変動を表示するものである。

つぎに、チョウセンカラマツの試験結果を例として具体的に説明する

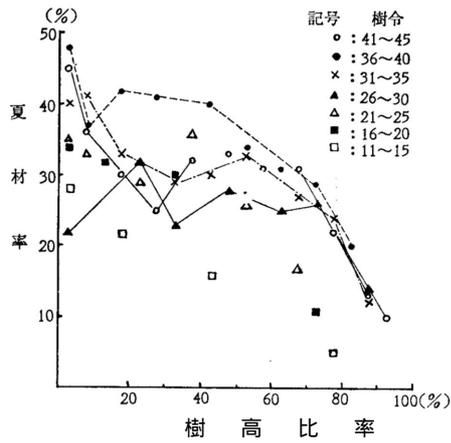


第6図 全乾比重の樹令別、地上高別変動

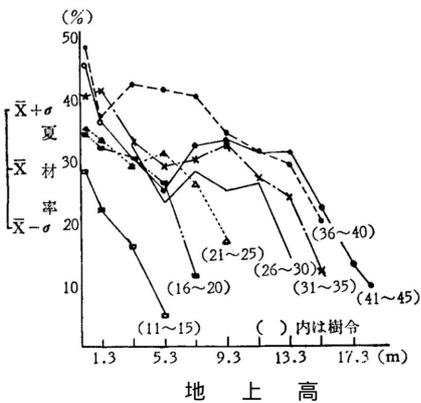
カラマツ樹幹内材質の垂直変動



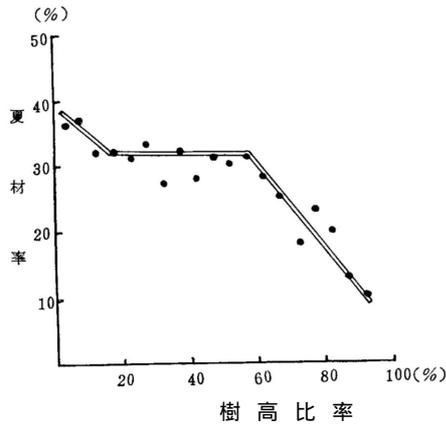
第7-1図 年輪幅の地上高別樹階別変動



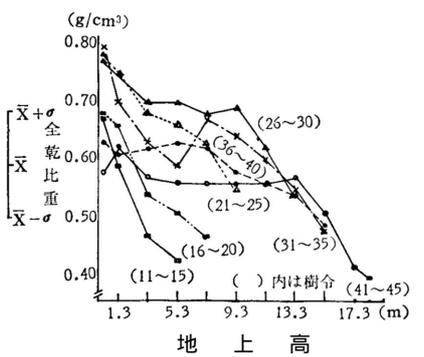
第8-1図 チョウセンカラマツ夏材率の垂直変動(令階別)



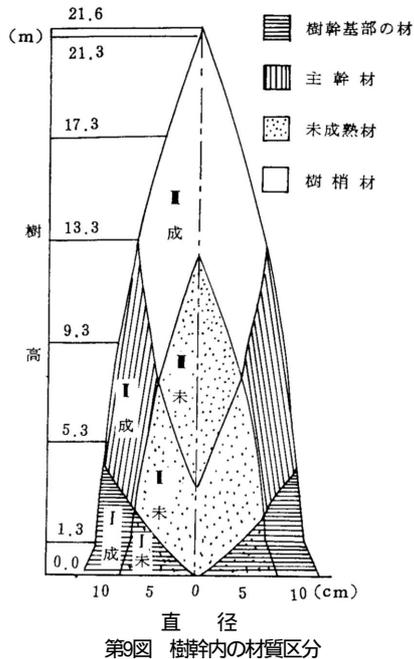
第7-2図 夏材率の地上高別樹階別変動



第8-2図 チョウセンカラマツ夏材率の垂直変動(全令階の総括)



第7-3図 全乾比重の地上高別樹階別変動



第9図 樹幹内の材質区分

と、つぎようになる。

樹幹内の年輪巾、夏材率、全乾比重の分布は、樹高を実測値として示すと第7-1~3図<sup>10)</sup>のようになる。

年輪巾は樹高とともに増大し、令階別樹高のかなり高い位置で最大に達し、それより上部では急激に年輪巾が減少傾向を示す。(第7-1図)

夏材巾は、年輪巾の広狭によって増減するが、年輪巾の変化より絶対値が小さい(ほぼ一定値)ので、夏材率は年輪巾と反対の傾向として示され(第7-2図)、全乾比重は年輪巾より夏材率との相関が高いので、夏材率と全乾比重の図は類似した傾向として示される(第7-3図)。

しかし、第7図では、令階別樹高がことなるので、これらの図から垂直変動をただちに把握することが難しい。そこで、樹高比率を用いて夏材率の令階別変動を示すと第7-2図は第8-1図、全令階を総括したもので示すと第8-1図は第8-2図<sup>1)</sup>のように取纏めらる。

すなわち、第8図から、樹幹内材質は樹幹基部では樹高比率20%、樹梢側では60%(第8-2図)または70%(第8-1図)を変曲点とする3つの直線で示される領域に分けうると判断される。

このような取纏め方にもとづいて、樹令30~40年生のニホンカラマツ、グイマツ、樹令11年生のカラマツ類<sup>11)</sup>ニホンカラマツ、グイマツ、チョウセンカラマツ、グイマツ $F_1$ 、チョウセンカラマツ $F_1$ )の年輪巾、夏材率、および比重について樹幹内材質の変動傾向を検討した。

### 3. 樹幹内材質区分と各材部の特徴

上述の2つの変曲点(20%、60%)を追跡して、樹幹内区分を描くと、第9図のようになる。

ここで、樹高比率20%以下の材部を樹幹基部の材( )の材部)、20~60%の材部を主幹材( )の材部)、60~100%の材部を樹梢材( )の材部)とそれぞれ仮称すると、樹幹は3区分される。樹令20年生未満の材部を未成熟材として、上記の区分と区別すると樹幹は

4区分される。さらに、 ~ の材部はそれぞれ成熟材部と未成熟材部を含むので、樹幹は6区分として考えることができる。

樹幹基部の材は、比重のもっとも高い材部で、樹高比率とともに比重の低下する材部、主幹材部は樹幹全体を代表する平均的かつ安定した材部、樹梢材部は他の材部に比較してもっとも比重が小さく、樹高比率とともに比重が急激に変化する領域であり、比重の小さい点で未成熟材部と類似している。このようにそれぞれの材部には特徴、差異がある。

最近、J. Schalk<sup>12)</sup>がPinus higralについておこなった樹幹内比重分布図によると、筆者らの区分がよく類似した傾向にあることが判る。現在、樹令50年生カラマツ樹幹を6区分し、それぞれの材部から比重・強度試験片を採取し、各材部の差異を検討することになっている。

### 4. 考 察

この報告は、カラマツ造林木の樹幹内材質の区分を理解し易くし、実用性を高めることをねらいとしておこなった。今後はこの区分を前提として、製材品にあらわれる欠点の発生原因、区分の妥当性を検討する。

1) 本報の内容を要約するとつぎのとおりである。樹幹を直径(水平)方向と樹高(垂直)方向に分け、樹幹垂直方向の年輪巾、夏材率、比重の変曲点を樹高比率との関係から求めた。この変曲点を追跡して樹幹内材質の区分をおこなった。

変曲点は、樹令や品種のことなるカラマツ類の資料を検討した結果、いずれも樹高比率15~20%と60~80%の範囲にあり、ここでは上限値として20%、下限値として60%を代表値とした。幼令林木の変曲点は、樹令の高い林木に比較して、やや不明瞭であるが、ほぼ同じ位置に存在すると考えられる。

この2つの変曲点から、樹幹を3区分し、樹令別樹高比率20%以下の材部を樹幹基部の材( )、20~60%の材部を主幹材( )、60%以上の材部を樹梢材( )とした。さらに、未成熟材部を区別すると4区分、 ~ の材部にはそれぞれ未・成熟材部を含むの

で、これを区別すると樹幹は6区分として考えることができる。

樹幹基部の材は、年輪巾が広く、比重が最も大きな材部であり、一般に年輪走向の乱れが多い。

主幹材部は、樹幹内材質を代表する平均的且つ安定した材部で、樹高比率とともに年輪巾が増大し、樹幹内で最も広い年輪巾を形成する。

樹梢材部は、樹幹内で比重が最も小さく未成熟材と類似しており、比重の変動は大きい。一般にこの材部に含まれる節は生節である。

2) 上記の樹幹区分を林木から採材される素材、製材品にあらわれる欠点との関連で述べるとつぎのとおりである。

北海道産のカラマツ造林木は、樹令30~35年生で林分の平均径20cm、樹高18m、枝下高率60%程度である。このような林木から3.65m材を3本採材すると、I番玉は上記の樹高比率20%以下の材、II番玉は20~40%の材、III番玉は40~60%程度の材にほぼ該当する。これらの原木から製材されたものは、いずれも心持ち角材であり、I番玉は比重がたかく広い年輪巾の材、未成熟材を多くふくむ角材である。III番玉からの角材は年輪巾が最も広く、地上高の高い位置からえられた角材である。

一般に、比重の大きな材の収縮率の絶対値が大きく、年輪巾の広い未成熟材ではしばしば繊維方向の収縮率が異常に大きくなることが知られており、I番玉はこのような性質を示す角材である。また、繊維傾斜と角材のねじれは相関性があり、樹高の高い位置、年輪巾の広いものは繊維傾斜が大きいとされており、III番玉はこのような性質をもつので、第1図に示したような関係になると考えられる。

3) 既往の研究との関連で述べると次のようになる。カラマツ造林木の垂直変動は、樹高とともに比重がほぼ直線的に低下し、一般に樹梢材は主幹材より小さい傾向となる。この樹梢材部は、夏材率、比重などの点で未成熟材部と類似する性質がある。これらの材部を樹心からの距離で示す区分法と関連づけて考えると、本法では未成熟材の樹幹曲線にたいする樹高比率

60%の位置と樹心との水平距離で示すことができる。

樹冠材、枝下材の区分は、前述のように枝の枯れ上る軌跡、すなわち、生節と死節の境界を軌跡として求められ、製材品にあらわれる節など実用的意義は大きく、樹幹区分ごとの材質差異も検討されている。筆者らの方法は基本的な材質因子である年輪巾や夏材率の変曲点を追跡して求めるもので、枝の枯れ上る軌跡とは一致しないように思われるが、これら両区分法の関連については今後検討する。

## 文献

- 1) 小野寺重男, 高橋政治, 川口信隆: カラマツ樹幹内材質の垂直変動について, 第21回日本木材学会研究発表要旨, 1971-4
- 2) 北海道立林業指導所: 試験結果報告書, 昭和39年
- 3) 山林運: 木材組織学, 昭和27年
- 4) 北村義重: 樹幹各部における比重並に圧縮強度の変異, I, アカエゾマツ材, 北海道林業試験場時報, 第39号, 昭和16年
- 5) 深沢和三: スギ樹幹内の材質変動に関する研究一産地を異にする林木樹幹の未成熟材などの区分とその材質特徴一岐阜大農研究報告, 第25号, 昭和42年
- 6) F. Kollmann: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, 1951
- 7) H. Schlz: Güteklassen des Stammholzes und Abgrenzung gegeneinander, Holz-Zentralblatt, 1959
- 8) F. Kollmann, A. Cote: Principles of Wood Science and Technology, I, Solid Wood, 1968
- 9) M. N. Brunden: Specific Gravity and Fiber Length in Crown-Formed and Stem Formed Wood, F. P. J., 1964
- 10) 小野寺重男, 高橋政治, 川口信隆: カラマツ造林木品種間の質的差異とチョウセンカラマツ樹幹内の垂直変動, 木材の研究と普及, 1971-21
- 11) 小野寺重男, 高橋政治, 川口信隆: 昭和45年度試験結果報告書一カラマツ類の材質試験(未発表)
- 12) Jozef Schalk: Über die Rohdichte und Festigkeit des Schwarzkiefernholzes (Pinus nigra Arnold) und den Zusammenhang zwischen Rohdichte und Holzstruktur untersucht an belgischen Aufforstungsbeständen, Forstwissenschaftliche Forschungen, Heft 24, 1967

一木材部 材質科一

(原稿受理 46.7.16)