

# 三河材の材質特性に関する研究

— 奥三河地域のスギの材質特性 —  
平成2年度～平成4年度 (県単)

山路和義  
菱田重寿

## 要 旨

奥三河地域のスギの材質特性をつかむため、タッピング法によるヤング率、平均年輪幅、平均含水率、比重、および気乾比重を調査した。調査は四市町の製材所で行い、材種は心持ち材4種と鴨居とした。奥三河地域全体で標本数673のスギ製材品を抽出した結果、信頼度95%で、ヤング率の母平均は78.4～81.3[ $10^3\text{kgf/cm}^2$ ]であった。通常、スギのヤング率は75[ $10^3\text{kgf/cm}^2$ ]であるから少し高めであった。また、ヤング率は一等と二、三等の間に有意な差が認められ、二等と三等の間には有意な差が認められなかった。このことは平均年輪幅でも同じであった。調査したなかで、ヤング率と一番相関の高い因子は平均年輪幅であった。

## I. 目的

平成3年度末の愛知県の主要樹種別素材生産量において、スギ・ヒノキのしめる割合はほぼ8割であり、そのうちの過半数をスギがしめる。三河地方においても当然この傾向が見られる。しかし、素材生産費の違いがほとんどないにもかかわらず、スギの製品価格はヒノキに比べてはるかに安い。そのためにスギの有効な利用・普及方法は全国的に問題となっている。近年、この問題の認識が広まるにつれ、スギを中心に使った家屋の建築や、スギの集成材、スギを使った新素材の開発が話題にのぼることが多い。このようなスギ流通の活性化を目指す風潮のなかで、JAS規格の改正にともない、従来の目視による等級区分のみでなく、ヤング率による機械的等級区分が設けられた。機械的等級区分については試験方法も指定され、グレーディングマシンや死荷重、タッピング法といった、さまざまな非破壊的強度測定法が紹介され、

これら測定方法間の関係や、目視による等級区分との関係など、さまざまな報告がなされてきた。しかし、個々の市場や地方ごとの材質特性が実際にあきらかにされることはほとんどない。なぜならば、市場に流通している材の材質特性を調査することはなにかと困難で、かつその全部を調査することは実際には不可能であるからである。

そこで、奥三河地方のスギ製材品に的をしぼり、どのような材質特性のものが流通されているのかを調査した。調査にあたっては、いくつかの製材所の御好意により実施することができた。記して感謝の意を表します。

## II. 調査方法

対象の樹種はスギとした。材種は心持ちのもの、辺材のみのものとし、前者は正角の6.5、9、10.5、12cmのもので、後者は鴨居を対象とした。

調査地は奥三河地方で、集積地としてS市、H

町、T町、I町を選び、おのおの1か所の製材工場場で調査を行った。ただし、産地(市・町)別に4か所の製材所において調査を行ったものの、必ずしもその町内で生産された材であるとは限らないということであったが、できるだけ町内産の可能性が高いものを選んだ。

測定項目は材長、材厚、材幅、重量、比重、気乾比重、含水率、平均年輪幅、ヤング率および等級区分とした。気乾比重は含水率と比重から求めた。含水率は材の表裏各中央で測定し、節、腐れ、虫喰いを避けて測定し、平均値を出した。測定には(株)ケッ科学研究所の木材水分計モコHM-520を用いた。平均年輪幅はJASに従い、両木口のうち、測定しやすいほうを選んで測定した。ヤング率はタッピング法(=打撃音によって発生する木材の固有振動数をFFT周波数解析器で読み取り、振動理論式から縦ヤング率を求める方法で振動理論式は次のおりである。

$$E=4 \cdot l \cdot fr^2 \cdot w/A$$

ここで、Eはヤング率、lは材長、frは固有振動数、wは重量、Aは試験体の断面積である。)によってもとめた。等級は、S市では製材所の区分に従い、その他はJASの等級区分法により、筆者らが判断した。その場合、等級を一級下げる基準は、丸みは含めず、腐れ・虫喰いのみとした。区分は一等、二等、三等の三分区とし、一等にはS市の製材所が特一等、一等上と指定したものを含めた。また、三等には等級外のものを含めた。

標本間の差の検定には、独立二群の差の検定ということで二標本も検定をもちいた。

### III. 結果と考察

調査した標本の製材所、等級、材種および本数を表-1に示した。S市の鴨居は等級区分がなされていない。

表-1. 調査した材の本数

製材所	本数	等級	本数	材種	本数
S市	305	一等	114	90×90	13
				105×105	42
		不明	191	鴨居	191
I町	87	一等	49	105×105	49
		二等	31	105×105	31
		三等	7	105×105	7
H町	100	一等	11	65×65	11
		二等	43	65×65	43
		三等	46	65×65	46
T町	181	一等	118	90×90	9
				105×105	14
				鴨居	95
		二等	39	90×90	21
				105×105	4
		鴨居	14	90×90	13
				105×105	10
鴨居	1				
計	673				

1) 奥三河地域全体から673本のスギ製材品標本を抽出した結果

図-1はヤング率の頻度分布である。平均値と信頼度95%の母平均は、通常のスギのヤング率75~80[10<sup>3</sup>kgf/cm<sup>2</sup>]より少し高かった。タッピング法は死荷重やグレーディングマシンと比べてやや高め値がでるとい報告があるため、奥三河材が強いとは断定できない。しかし、今回の標本はすべて人工乾燥が施されておらず(信頼度95%の母平均は52.3~56.7、標本平均54.5%)、乾燥が進めばもう少し高い値になると考えられる。つまり、奥三河スギの強度も他の地方に遜色ないと考えてよ

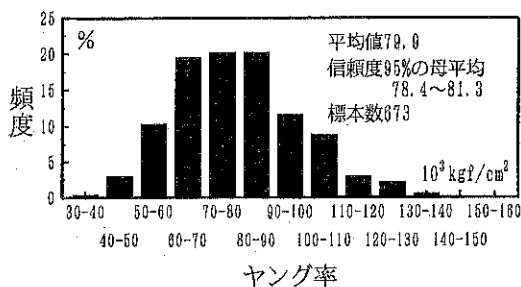


図-1. ヤング率頻度分布

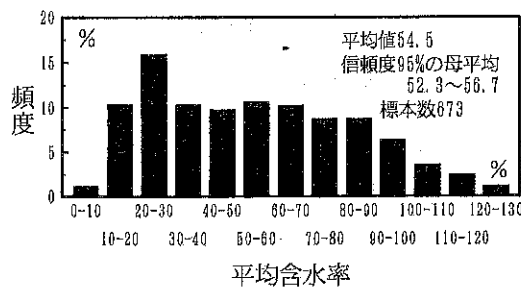


図-3. 平均含水率頻度分布

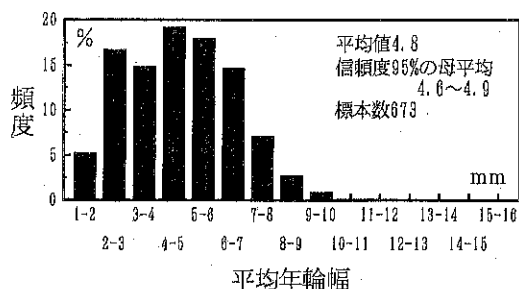


図-2. 平均年輪幅頻度分布

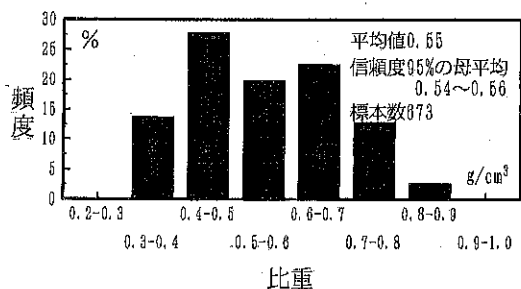


図-4. 比重頻度分布

さそうである。その他、特徴としてはモードがやや低い方に片寄っていることがあげられた。

図-2は平均年輪幅の頻度分布である。スギをはじめ、一般的に針葉樹では年輪幅が広くなれば材質が劣る傾向があり、吉野スギでは髓から樹皮に至るまで、年輪幅がほぼ均一に2~3mmのものが最も高価とも言われているように、年輪幅と材質の関係は深い。実際、スギ材は年輪幅が6mmを越すと強度性能が相当落ちるという試験結果もある。今回の調査結果から、奥三河スギの平均年輪幅は信頼度95%で4.6~4.9mmとなった。指標となる6mm以上のものが四分の一あり、2~3mmの階級がその前後の階級より頻度が高いのが特徴といえた。

図-3、4はそれぞれ平均含水率と比重の頻度分布である。含水率は材質特性というより、標本を抽出した時の偶然性の影響のほうが大きいと

ばらつきが非常に大きく、正規分布ではなく、台形状の分布をした。このばらつきの大きさは、他の調査項目(特に、ヤング率は含水率によって変化する)のばらつきに影響を与えたと判断できる。図-4の比重も含水率のばらつきの影響を大きく受けるため、次に述べる気乾比重のほうが材質特性を判断する上で重要となってくる。

図-5は気乾比重の頻度分布である。標本の平均値は0.36、推定の母平均は0.35~0.36[g/cm³]であった。今回、気乾比重は計算値であるが、ヤング率のように含水率の影響を受けない。一般にスギの気乾比重は0.30-0.38-0.45(中央は平均値)といわれており、奥三河スギはやや低めの値であった。気乾比重は年輪幅が狭く、節が多いと高い値になるため、強度特性との相関関係は年輪幅ほど高くない。

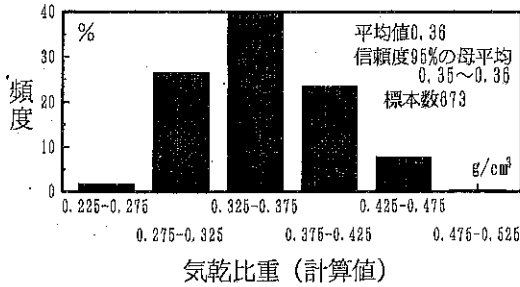


図-5. 気乾比重（計算値）頻度分布

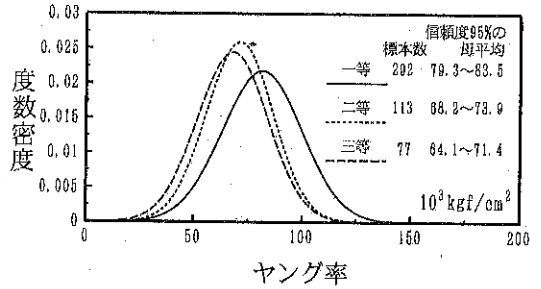


図-7. ヤング率度数分布密度

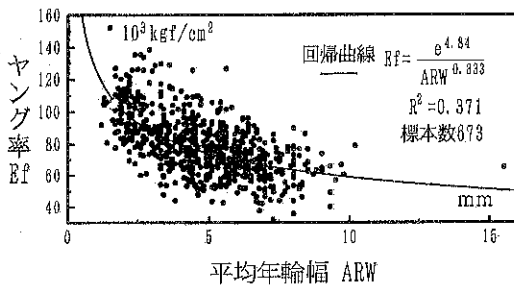


図-6. 平均年輪幅とヤング率の関係

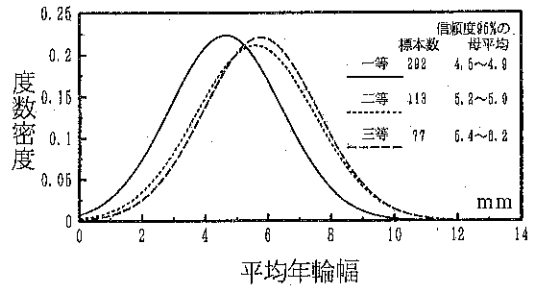


図-8. 平均年輪幅度数分布密度

図-6は平均年輪幅とヤング率の関係である。両対数グラフ上にプロットすると線形になるので、つぎのような関係が得られた

$$E = \frac{\exp(4.84)}{ARW^{0.333}} \quad (r^2=0.371)$$

ここでARWは平均年輪幅である。一般にスギに代表される針葉樹は年輪幅が狭いほど強度があるといわれているが、同様の結果となった。

2) 奥三河地域における等級区分別にみたスギ製材品の材質特性

標本数は一等が292本（詳細な内訳は、特一等が48、一等上が24、一等が220本で）、二等が113本、三等が77本（等級外7本を含む）であった。前述したとおり鴨居191本は等級区分されなかったため、

標本数の合計は482本であった。

図-7はヤング率の度数密度分布である。以下、度数密度分布は、標本の平均値と不偏標準偏差をパラメーターとする正規分布を指す。また、度数密度分布はX軸と曲線の間の面積が1になるものを言う。平均含水率以外は正規分布していると判断した。図上、等級ごとの順序にヤング率が分布しているが、特に一級が一番強くて、二、三級はあまり違いがないのが特徴だった。そこで、材質特性は等級による違いがあるか、統計的に検定した結果を表-2に示した。ヤング率は図のとおりで、一等と二等は有意的に差あり、二等と三等は差なし、一等と三等は差ありと判断された。したがって、視覚的等級区分で一等と判断された材は強度的にも強いと考えられた。しかし、鴨居がすべて一等であったため、実際はこれほど差はない

表-2. 材質特性は等級による違いがあるか、統計的に判断した結果

		P=0.100	P=0.010	P=0.001	結 論
ヤング率	一等と二等	○	○	○	両群に差あり
	二等と三等	×	×	×	両群に差なし
	一等と三等	○	○	○	両群に差あり
平均年輪幅	一等と二等	○	○	○	両群に差あり
	二等と三等	×	×	×	両群に差なし
	一等と三等	○	○	○	両群に差あり
平均含水率	一等と二等	×	×	×	両群に差なし
	二等と三等	○	○	○	両群に差あり
	一等と三等	○	○	○	両群に差あり
気乾比重	一等と二等	○	×	×	なんとも言えない
	二等と三等	○	○	×	なんとも言えない
	一等と三等	有意差あり	有意差あり	有意差あり	両群に差あり

○有意差あり, ×判定保留

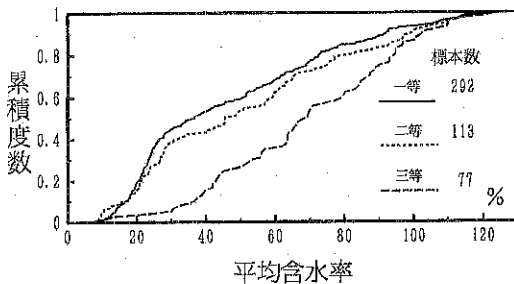


図-9. 平均含水率累積度数分布

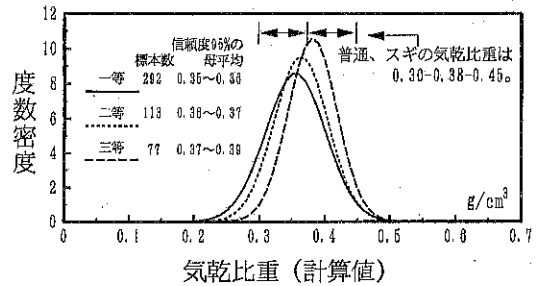


図-10. 気乾比重 (計算値) 度数密度分布

とも考えられる。

図-8は平均年輪幅の度数密度分布である。ヤング率とは相関が高いので、図-7とは左右対象に分布した。また、表-2のとおり、一等と二等は有意的に差あり、二等と三等は差なし、一等と三等は差ありと検定された。

図-9は平均含水率の累積度数分布である。一、二等が三等と比べて含水率の低いものが多かった。表-2から、統計的にも一、二等と三等が有意的に差ありと判断された。

図-10は気乾比重の度数密度分布である。等級の高いものから順に低くなった。等級の高い材の平均年輪幅は狭いため、冬材部の割合が多く、気乾比重が高くなると考えられるが、節の多さが等級区分を左右するため、比重が高い節部の影響

がこれを上回った結果と考えられた。しかし、図から判断してもわかるとおり、分布に違いがあまりなく、統計的に有意な差があったのは一等と三等の間のみで、一等と二等、二等と三等との間に差があるかどうかはなんとも言えなかった(表-2)。

3) 奥三河地域における製材所別にみたスギ製材品の材質特性

図-11はヤング率の度数密度分布である。T町、S市、I町、H町の順に高い値を示した。T町の製材所の方が「当町の材の強度は高い値を示すでしょう」と言ってみえたが、そのとおりの結果であった。直径生長を抑え、均一な年輪を持つ大径材の生産を行うことによって強度の高い材が生産される。

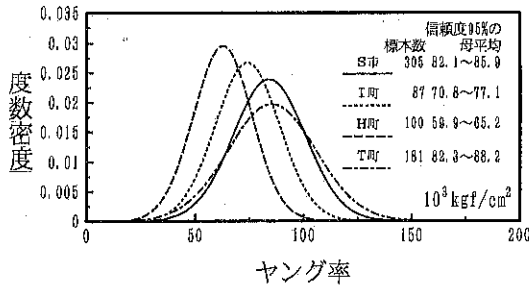


図-11. ヤング率度数分布密度

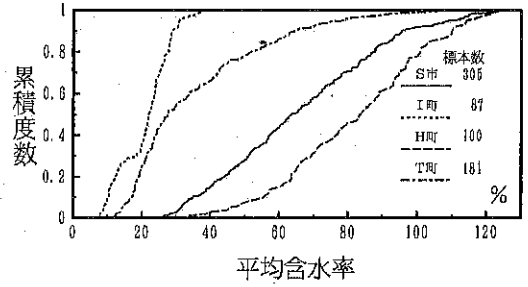


図-13. 平均含水率累積度数分布

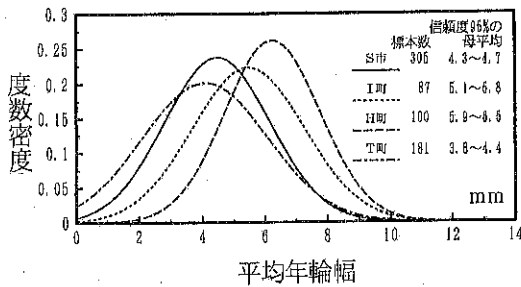


図-12. 平均年輪幅度数分布密度

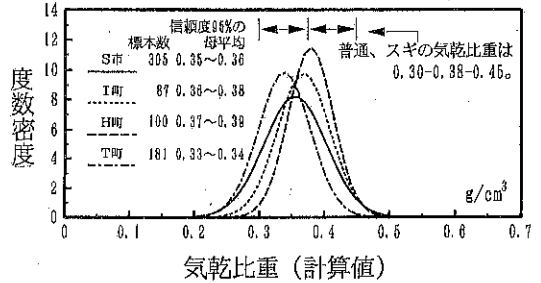


図-14. 気乾比重(計算値)度数密度分布

図-12は平均年輪幅の度数密度分布である。ヤング率と左右対象の分布であった。

図-13は平均含水率の累積度数分布である。I町は比較的均一であった。この図から言えることは特にはないが、T町の製材所は風の大変強い場所にあることを付記しておく。また、I町は冬場に大変気温の下がる場所であり、T町、I町ともに気候は厳しいといえる。反対にS市、H町は冬でも比較的暖かいところであるが、こういった気候条件も自然乾燥上、含水率の低下に影響があるかもしれない。

図-14は気乾比重の度数密度分布である。ヤング率と逆の関係であった。

4) 奥三河地域における製品別にみたスギ製材品の材質特性

図-15はヤング率の度数密度分布である。鴨

居が最も強く、100[10<sup>3</sup>kgf/cm<sup>2</sup>]を越える材はほとんどが鴨居であった。心持ち材では辺材の割合が多い材、つまり、断面サイズの大きい材ほど強かった。また、ばらつきのなさという点では心持ち120角が最も優れていた。鴨居は強いのもあるが、弱いのもあるというふうに、ばらつきが大きかった。

図-16は平均年輪幅の度数密度分布である。ヤング率と逆の関係であった。ここでもばらつきのなさという点では心持ち120角が優れていた。また、鴨居はばらつきが大きかった。

図-17は平均含水率の累積度数密度である。どの製品もばらつきが大きかった。

図-18は気乾比重の度数密度分布である。分布の順序がヤング率や平均年輪幅とは異なった。

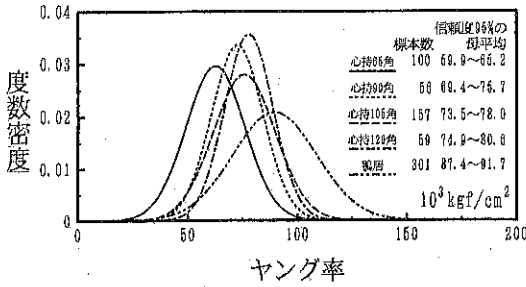


図-15 ヤング率度数密度分布

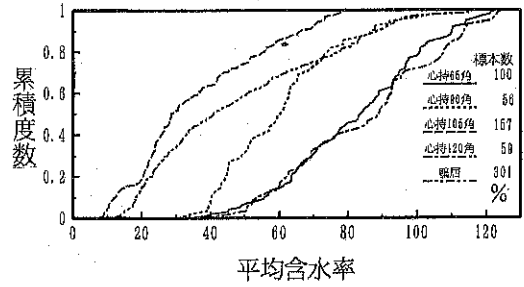


図-17. 平均含水率累積度数分布

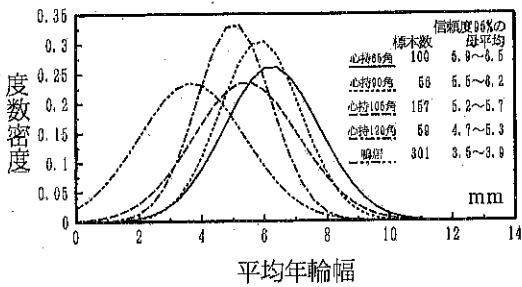


図-16. 平均年輪幅度数密度分布

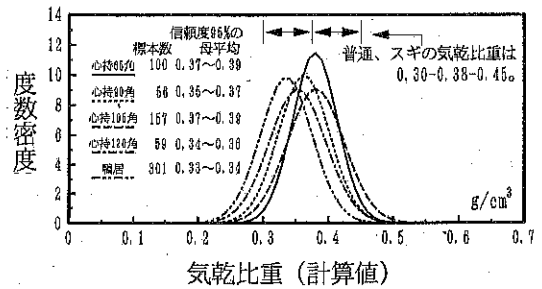


図-18. 気乾比重(計算値)度数密度分布

#### IV. おわりに

今回の調査では、奥三河地域のスギの材質特性の概略をつかむことができたと考えられる。全国のスギの材質特性との比較はできないが、奥三河のなかでも産地ごと、等級ごと、材種ごとにさまざまな材質特性を示すことがわかった。

しかし、木材は通常の工業製品と異なり、生物が起源であるために1個体ごとに違った材質特性を持つ。また、含水率は生物の遺体であるにもかかわらず、放湿・吸湿を繰り返すという「生きている」ような特徴も合わせ持つ。また農産物のように1個体そのものが商品ではなく、木取りの仕方によって同じ個体からことなる性質の製品ができあがる。このことは木材の材質特性を知るうえで誰もが承知していることだが、製材品の材質特性を知るうえでの障害となっている。今回の調査では統計処理上、母平均を推定したり、t分布に

よる二標本間の差の検定を行ったが(もちろん、さらに多群間の差の検定を進めることができるが)、上述の理由から様々な製材品を適当な標本数でひくくめたヤング率の推定等は余り合理的ではない。これを承知で今回の調査を進めたわけであるが、今後標本数を増やしたり、高度な統計処理でより理想的な推定が行われることを期待したい。

最後に、奥三河において針葉樹の蓄積がH町について多いS町の調査が行えなかったことをつけ加えておく。

#### V. 参考文献

- 1) 愛知県:平成三年度愛知県林業統計書、216pp、1992
- 2) 宮島寛:北方林業叢書第61集「木材を知る本」、176pp、北方林業会、札幌、1992