

高隈演習林産スギ材の強度性能 (I) 丸太のヤング係数と木取り位置による選別効果

寺 床 勝 也¹⁾・藤 田 晋 輔¹⁾・服 部 芳 明¹⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Strength Properties of Sugi Lumber Samples from Takakuma Experimental Forest in Kagoshima (I) Effectiveness of Selection by Grading of Dynamic Elasticity of Logs and Sawing Position on Sugi Lumber.

Katsuya TERATOKO¹⁾, Shinsuke FUJITA¹⁾ and Yoshiaki HATTORI¹⁾

1) Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 21-24, Korimoto 1-chome, Kagoshima 890-0065

平成11年11月29日 受 理

The longitudinal vibration method and full scale static bending test were used to evaluate the strength properties of 82 pieces of lumber taken from 30 logs of middle-class-diameter sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) produced at the Takakuma Experimental Forest in southern Kyusyu. An investigation was conducted into the merits of using the following selection criteria for the purpose of classifying lumber according to strength quality: 1) selection according to saw patterns on logs; 2) selection according to stress grading of dynamic elasticity of logs by longitudinal vibration (EfL); and 3) selection based on both 1) and 2) together. It was found that all three selection methods were useful for distinguishing the strength properties of lumber samples. In particular, in the case of selection using the sawing position alone, the Young's moduli for outer lumber samples without pith were from 10 to 15 percent higher than those for samples of inner lumber with pith. However, the moduli of rupture (MOR for selected lumber samples showed an effect of only 2%. It is considered that to assure confidence in lumber strength in terms of MOR, weakening factors such as knot diameter and grain angle need to be taken into account.

Key words : Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON), Middle-class-diameter log, Lumber, Stress grading, Sawing position, Longitudinal vibration, Full scale static bending test.

キーワード : スギ, 中目材, ひき板, グレーディング, 木取り, 打撃音法, 実大静的曲げ試験

1. はじめに

スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 材は、我が国の主要な住宅用材として使用されている。特に、鹿児島県では全国にさきがけて戦後の拡大造林が行われてきた経緯があり、今後10年以内に伐採期に到達する利用可能林分は植栽面積中の3分の2を超えようとしている¹⁾。ただ、出材される丸太は、末口径14~30cmの中小径の丸太材(いわゆる中目材)が多い。この中目材から生産される製材品は、初期の含水率分布に幅広いばらつきを有するために乾燥性の問題がある。また、同一林分内で採取されたスギ材

において個体間の強度性能にばらつきが多いことなど課題が多く、十分な活用がなされていない状況にある。さらに、最近の建築基準法の改正²⁾に伴い、これまでの仕様規定から性能規定への移行期にあたり、使用部材の品質保証との関わりから、木質系構造部材の含水率ならびに強度の明示化が浮上してくることは必至である。このことから、現場の製材業者においては、乾燥性の諸問題、強度的な品質保証の確保が大きな課題となっており、中目材から合目的な部材を供給する生産技術の確立、特に強度を保証した生産性向上への対応が迫られている。

スギ製材品の強度的信頼性を向上させる目的で、丸太の動的ヤング係数による選別効果に関する研究が各地で盛んに行われている。例えば、飯島、小泉らのグループ^{3)~5)}は、スギ集成材用ラミナの膨大な数の実験的検証を行い、丸太のヤング係数による選別効果を明らかにしている。また、ラミナを丸太からの木取り位置で選別したときの効果が、荒武ら⁶⁾により評価されている。

本研究では、枠組壁工法用住宅に用いられる立枠材もしくは在来軸組工法の間柱、筋交い部材などの構造部材への利用に向けて、スギ中目材からひき板を生産し、その強度性能を検討した。さらに、強度的な品質を向上させる目的で、丸太のヤング係数および木取り位置による選別区分を適用し、区分されたひき板の強度性能を明らかにするとともに、選別効果について実験的検証を行った。

2. 材料および実験方法

供試した中目丸太材は、平成8年7月に鹿児島大学附属高隈演習林「14林班と4小班」にて、立木10本を伐木・造材して用いた。この林班の林齢は43年生で、供試木の胸高直径は、平均約25cmであった。伐木後、供試丸太を長さ3mに玉切りし、1～5番玉の50本の丸太を得た。そのうち1～3番玉の30本を、ひき板生産用の丸太とした。丸太の調査は、丸太の元口径（長径，短径），末口径（長径，短径），材長，重量を測定した。重量は600kg天秤（AND製 FT-600 KA 4）にて、0.1kg精度で実測した。また、丸太の動的ヤング係数（EfL）を、打撃音法⁷⁾により算出した。これは丸太の木口断面をプラスチックハンマーで打撃し、縦振動を励起させ、その音を他方の木口面からマイクロフォン（RION製 NH-17）でとらえ、FFTアナライザー（RION製 SA-77）により1次固有振動数を求め、EfLを次式により算出した。

$$EfL = (2 \cdot L \cdot f)^2 \cdot \rho / g$$

ここで、EfL：丸太の動的ヤング係数（tf/cm²），L：材長（cm），f：1次固有振動数（Hz）， ρ ：みかけの容積密度数（g/cm³），g：重力加速度（980cm/sec²）である。なお、 ρ の算出方法は、丸太の重量をスマリアン法により求積して求めた丸太の容積で除した値とした。

製材方法は、Fig. 1に示すような木取りを行いひき板を製材した。径級に応じて、かねびき(a)またはだらびき(b)を用いた。ひき板の荒木取り寸法は、厚さ40mm，幅90mmとした。製材法は、丸太の髓軸方向に平行に製材する中心定規法により行った。なお、製材された生材ひき板は木取り位置に応じて、髓を含むものを心持ち材とし、それ以外のものを心去り材とした。これは、現場で選別する際の簡便性を考慮した木取り区分法として採用した。

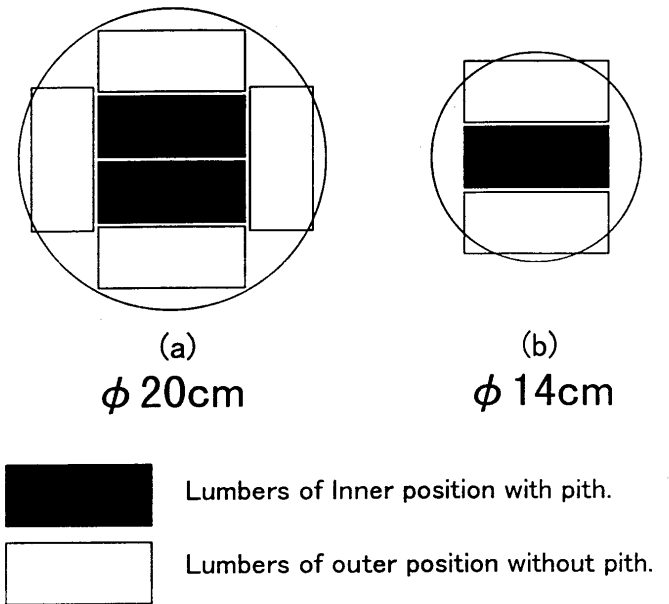


Fig. 1. Sawing Patterns.
Legend: ϕ : Diameter at top end.

製材後の生材ひき板について、ただちに寸法（長さ，幅，厚さ），重量を測定し，さらに1次固有振動数をFFT解析して求め，生材の動的ヤング係数（Efg）を算出した。算出式は丸太と同様である。また，丸太との木取り位置の明らかな生材ひき板について，比例限度領域内で実大静的曲げ試験を行い，生材の曲げヤング係数（MOEg）を求めた。荷重条件は，中央集中荷重方式（スパン180cm，クロスヘッドスピード10mm/min）で，荷重面はフラットワイズ面とし，心去り材は木表と木裏の両面から，同様に心持ち材も両面から一定荷重（30kgf）を加え，両荷重面で測定されたたわみを平均化しMOEgを求めた。なお，MOEgの算出は次式によった。

$$MOEg = \Delta p \cdot L^3 / 4 \cdot \Delta y \cdot b \cdot h^3$$

ここで，MOEg：生材の静的曲げヤング係数（tf/cm²），L：スパン（cm）， Δp ：比例限度内荷重差（kgf）， Δy ： Δp に対応するスパン中央部のたわみ（cm），b：供試体幅（cm），h：供試体はりせい（cm）とした。

乾燥は，鹿児島県工業技術センターにおいて，人工乾燥を行った。乾燥スケジュールは乾球温度60℃，乾湿球温度差6℃を55時間，コンディショニングを乾球温度60℃，乾湿球温度差10℃で24時間行い，仕上がり含水率12%に調整した。なお，含水率の経時変化をモニターするために，生材のロット中，重量の最大のもの，中庸のもの，軽いものを各1本の計3本の生材について，両木口から50cmの距離にて厚さ3cm程度の小片を切り出し，全乾法により含水率を求め，残りの実大部の重量変化から乾燥中の含水率の経

時変化を推定した。

乾燥後1週間の養生期間をおき、生材と同様に乾燥材の動的ヤング係数 (Efkd) を測定した。最後に、乾燥材の実大曲げ破壊試験を行った。荷重条件は、3等分4点荷重方式 (ロードスパン90cm, 全スパン270cm) で、クロスヘッドスピードを10mm/minとした。なお、たわみは、スパン中央部にてスケールにより直読した。曲げ試験の結果から、乾燥材の曲げヤング係数 (MOEkd), 曲げ破壊係数 (MORkd) を次式により算出した。

$$MOEkd = 23 \cdot L^3 \cdot \Delta p / 108 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta y$$

$$MORkd = P \cdot L / b \cdot h^2$$

ここで、MOEkd: 乾燥材の静的曲げヤング係数 (tf/cm²), MORkd: 乾燥材の曲げ破壊係数 (kgf/cm²), L: 全スパン (cm), Δp : 比例限度内の上限荷重と下限荷重の差 (kgf), Δy : Δp に対応するスパン中央部のたわみ (cm), b: 供試体幅 (cm), h: 供試体はりせい (cm), P: 最大荷重 (kgf) とした。

以上の強度試験結果から、木取り位置による区分 (木取り区分と称す), 丸太のEfLによる区分 (EfL区分と称す) を適用し, 各区分で得られた製材品ロットの強度性能を比較検討した。

3. 結果および考察

3-1. 供試丸太の概要

Table 1 に供試丸太の結果を示す。30本の丸太 (1~3番玉含む) の平均末口直径は, 17cmであり, 典型的な中目丸太材であった。丸太の動的ヤング係数 (EfL) は全体の平均で53.5 tf/cm²で, 変動係数は約15%となった。鹿児島県内の主要4カ所の供販所で取り扱われた中目丸太材のEfLの調査結果⁸⁾では, 丸太のEfLは30~100 tf/cm²と広範囲で, 県内の平均値60 tf/cm²と比較した場合, 今回供試

した丸太材はやや強度的に低いヤング係数を示したといえる。

次に, 番玉数別でみたEfLの平均値を比較すると, 1番玉が47.4 tf/cm², 2番玉で57.1 tf/cm², 3番玉で56.0 tf/cm²となり, 1番玉が最も低い値を示し, 番玉数が上がるにしたがいEfLは高くなる傾向がみられ, 2番玉が最も高い値を示した。なお, 変動係数でみても2番玉のばらつきは低い結果となった。Fig. 2には, 丸太の木取り高さ方向でみた1番玉のEfLに対する2, 3番玉のEfLの比を示した。その結果2, 3番玉は, 1番玉に対し平均で1.2倍の向上となった。ただし, 3番玉のばらつきは大きく, 材質的に不安定な未成熟材の割合が大きいことの影響も考えられた。

3-2. ひき板の強度性能

製材後, 得られた生材ひき板は121枚であったが, 製材過程中, 丸太との履歴が不明な材が多く出たために, 結果として82本について解析を行った。Table 2には, 82本のひき板の生材時および乾燥時における強度性能の一覧を示

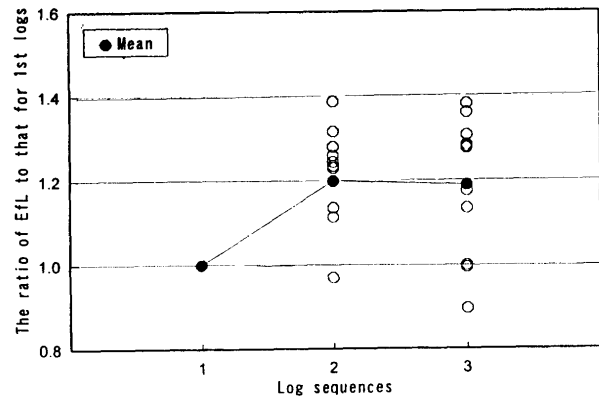


Fig. 2. Relationship between sampling heights and the ratio of EfL to that for 1st logs.

Table 1. The properties of sample logs.

| | | ϕ (cm) | ρ (g/cm ³) | ARW (mm) | EfL (tf/cm ²) |
|----------|--------|----------------|--------------------------------|-------------|------------------------------|
| 1st logs | Mean | 20.8 | 1.00 | 3.4 | 47.4 |
| | CV (%) | 7.9 | 8.5 | 10.2 | 14.1 |
| 2nd logs | Mean | 17.1 | 0.91 | 3.5 | 57.1 |
| | CV (%) | 8.9 | 7.0 | 12.9 | 8.1 |
| 3rd logs | Mean | 12.7 | 0.94 | 3.8 | 56.0 |
| | CV (%) | 11.0 | 8.2 | 7.6 | 14.7 |
| All logs | Mean | 16.9 | 0.95 | 3.6 | 53.5 |
| | CV (%) | 21.6 | 8.7 | 10.1 | 14.9 |

Legend: ϕ : Diameter at top end, ρ : Density, ARW: Average ring width at bottom and top end of log, EfL: Dynamic elasticity of logs for longitudinal vibration, CV: Coefficient of variation.

Note: Number of all logs is 30 (1st logs: 10, 2nd logs: 10, 3rd logs: 10).

Table 2. The strength properties of sample lumbers.

| | | ρ_g (g/cm ³) | ρ_{kd} (g/cm ³) | Efg (tf/cm ²) | MOEg (tf/cm ²) | Efkd (tf/cm ²) | MOEkd (tf/cm ²) | MORkd (kgf/cm ²) |
|---------------|--------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| All lumbers | Mean | 0.7 | 0.4 | 48.9 | 37.9 | 52.9 | 53.1 | 443 |
| | CV (%) | 15.4 | 14.4 | 16.4 | 15.5 | 16.4 | 14.6 | 11.6 |
| Inner lumbers | Mean | 0.7 | 0.4 | 44.4 | 35.1 | 48.3 | 50.0 | 433 |
| | CV (%) | 15.2 | 13.5 | 16.0 | 15.4 | 17.5 | 16.5 | 12.4 |
| Outer lumbers | Mean | 0.6 | 0.4 | 50.9 | 39.1 | 55.0 | 54.4 | 447 |
| | CV (%) | 14.3 | 12.2 | 15.0 | 14.5 | 14.5 | 13.0 | 11.2 |

Legend: ρ : see Table 1., Ef: Dynamic elasticity for longitudinal vibration, MOE: Moduli of elasticity for static bending test, g: green lumbers, kd: kiln-dry lumbers.

Note: Number of all lumbers is 82 (Inner lumbers: 25, Outer lumbers: 57).

した。なお、木取り区分した場合の心持ち材と心去り材の結果も併記した。なお、心持ち材は25本、心去り材は57本であった。

Table 2 から生材の動的ヤング係数 (Efg) の平均値は全体で48.9 tf/cm²となり、それに対して、生材の曲げヤング係数 (MOEg) の平均値は37.9 tf/cm²となった。このことから、生材ひき板のMOEgはEfgに対し23%低い値を示した。従来、動的ヤング係数 (MOE) は静的曲げヤング係数 (Ef) に対し、10%程度高い値を示す⁸⁾とされていたが、本試料の生材の場合、MOEgがより低い値を示すことが示された。それゆえ、含水率の影響による動的ヤング係数と静的曲げヤング係数との関係を検討する必要があることが示された。一方、乾燥材の動的ヤング係数 (Efkd) は、平均で52.9 tf/cm²となり、また乾燥材の曲げヤング係数 (MOEkd) は、平均で53.07 tf/cm²となり、ほぼEfkdと等しい値となっている。

つぎに、生材と乾燥材のそれぞれのEfとMOEの関係をFig. 3に示す。相関関係は、生材で相関係数 $r=0.93$ 、乾燥材で $r=0.84$ となり、ともに1%の有意差で正の相関が得られた。EfによるMOEの推定は可能といえる。

次に、乾燥前後のヤング係数の変化を、Table 3に示した。Efkd/Efgは全体で約1.09となり、EfkdはEfgに対し約9%増加したことになる。一方、MOEkd/MOEgでみると、全体で約1.41となり約40%の増加を示した。

今回、すべての生材時の含水率を測定していないために、含水率のヤング係数に及ぼす影響を検討することはできない。ただ、人工乾燥中の含水率経時変化のモニター用サンプル3本の生材について、乾燥前の含水率の平均値は約32%であったことから、生材の含水率を繊維飽和点の30%と仮定し、乾燥材の含水率12%との差18%として概算すると、Efで含水率1%につき0.2 tf/cm²の割合で増加し、MOEでは0.8 tf/cm²向上することになる。

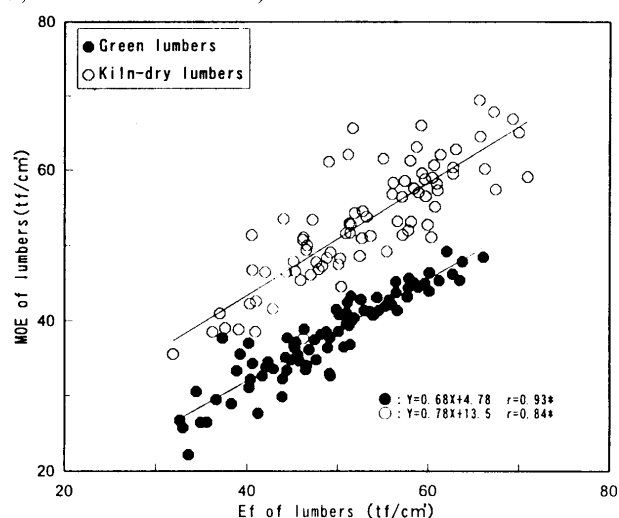


Fig. 3. Relationship between Ef and MOE for green or kiln-dry lumbers.

Table 3. The ratio of Young's Moduli of green lumbers to that of kiln-dry lumbers.

| | | Efkd/Efg | MOEkd/MOEg |
|---------------|--------|----------|------------|
| All lumbers | Mean | 1.09 | 1.41 |
| | CV (%) | 6.8 | 7.0 |
| Inner lumbers | Mean | 1.09 | 1.43 |
| | CV (%) | 7.0 | 7.2 |
| Outer lumbers | Mean | 1.08 | 1.40 |
| | CV (%) | 6.7 | 6.8 |

3-3. 木取り区分による選別効果

次に、丸太材からの木取り位置で選別した場合の、ひき板の強度性能の結果について検討した。結果の一覧は、先に掲げたTable 2に示した。全般的な傾向として、心去り材の方が、心持ち材に比べて高い強度性能を示した。

まず、Efgの木取り区分の効果をみると、心持ち材のEfgは44.4 tf/cm²となり、心去り材のEfgは50.9 tf/cm²と心去り材が高く、その比は1.15倍となり約15%の向上を示した。この関係をMOEgでみると1.11倍、Efkdで1.13倍、MOEkdで1.08倍となり、全般的に、心去り材のヤン

グ係数は心持ち材に対して約10~15%高い値を示した。なお、全体の平均値と比べると、心持ち材の E_{fg} は0.9倍、心去り材で1.04倍となった。以下同順で MOE_{fg} では0.9倍と1.03倍、 E_{fkd} では0.91倍と1.04倍、 MOE_{kd} では0.94倍と1.03倍となり、全体のロットを心去りと心持ちの2区分で仕分けることは有効といえる。以上のように、木取り区分の効果をヤング係数で比較した結果、心持ち材のロットは全体のロットに対し10%の減少、心去り材では5%の増加、心持ち材と心去り材では10~15%の差を示した。この木取り区分は、素材である丸太の E_{fL} との関連において、心去り材のヤング係数は丸太の E_{fL} に対し高く、心持ち材は E_{fL} より低く評価されると予想できる。そこで、 E_{fL} との関係を Table 4 に示した。まず、 E_{fg}/E_{fL} を木取り区分なしの全体でみると0.96となり、木取り区分を適用した場合、心去り材では1.00、心持ち材では0.86となり、心去り材ではほぼ丸太と同等の動的ヤング係数を示したが、心持ち材は全般的に丸太より低い値となった。 E_{fkd}/E_{fL} でみると、区分なしの全体では1.03となり、心持ち材では0.94と低く、心去り材では1.07と心持ち材に対して高い結果を示した。予想したように、丸太の E_{fL} と対照した場合、心去り材の方が高く、心持ち材では丸太のヤング係数と同等かそれ以下であることが示された。

また、 E_{fL} と E_{fg} の相関関係を Fig. 4 (a)(b) に示した。Fig. 4 (a) は、各丸太から得られたひき板の E_{fg} の平均値をとり、 E_{fL} との関係をみたものである。ここでの相関は $r=0.67$ と5%の有意差で正の相関関係が認められた。ただ、通常、 E_{fL} と E_{fg} の相関をとると、強い正の相関関係が認められる⁹⁾ はずである。しかし、Fig. 4 (b) にみられるように、個々のひき板の E_{fg} が E_{fL} に対して大きなばらつきを示したことで、また、今回のサンプリングに121本中39本もの丸太との履歴の不明なひき板が多数出現したことなどから、全体の相関を引き下げたといえる。なお、Fig. 4 (b) から、心持ち材の分布 (図中の●) は、回帰直線上から低く位置づけられていることがわかる。

以上のことから、単純な「心持ち」と「心去り」の2つの木取り区分のみで、強度的に分別化されたひき板を得ることができる。さらに、丸太の E_{fL} とひき板の E_{fg} との間に正の相関が認められたことから、丸太の E_{fL} で選別すれば、それに応じた強度性能を有するひき板が効率よく採取可能と考えられる。

3-4. E_{fL} 区分による選別効果

E_{fL} 区分を適用するにあたり、丸太のヤング係数を L40 ($30 < E_{fL} \leq 50$)、L60 ($50 < E_{fL} \leq 70$) の2つに区分した。Table 5 には、各区分の丸太から採材されたひき板のロットの強度性能の一覧を示した。

Table 4. The ratio of E_{fL} for logs to E_{fg} of green lumbers and E_{fg} of green lumbers and E_{fkd} of kiln-dry lumbers.

| | | E_{fg}/E_{fL} | E_{fkd}/E_{fL} |
|---------------|--------|-----------------|------------------|
| All lumbers | Mean | 0.96 | 1.03 |
| | CV (%) | 15.8 | 16.1 |
| Inner lumbers | Mean | 0.86 | 0.94 |
| | CV (%) | 14.3 | 17.0 |
| Outer lumbers | Mean | 1.00 | 1.07 |
| | CV (%) | 14.4 | 14.1 |

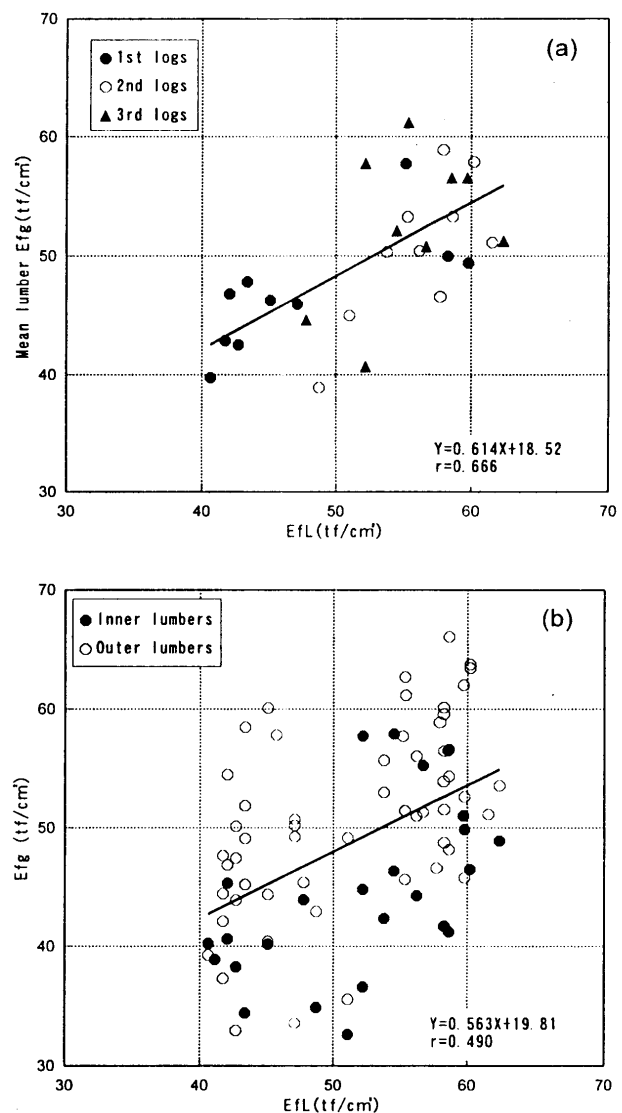


Fig. 4. Relationship between E_{fL} and E_{fg} . Legend: (a): Mean lumbers E_{fg} , (b): Individual lumbers E_{fg}

まず, Efg では, グレーディングなしの全体の平均値 48.9 tf/cm^2 に対し, L40 で 44.8 tf/cm^2 , L60 で 51.8 tf/cm^2 となり, その差は約15%を示した。丸太の強度区分が上があれば, ひき板のヤング係数の平均値が向上する結果となった。このことは, MOEg, Efk, MOEk についても同様の結果が得られ, L40 と L60 の差は MOEg で13%, Efk で15%, MOEk で15%となり, 丸太の EfL による区分で, 約15%の差を示した。さらに, 変動係数に着目すると, Efg の全サンプルでは16.4%であるのに対し, L40 で15.4%, L60 で14.4%とばらつきを低く抑えられた。このことは, MOEg, Efk, MOEk についても同様の結果を得た。

しかしながら, MORk では, ヤング係数に比べて, 顕著な効果は認められず, L40 と L60 の差はわずか2%であった。

3-5. EfL 区分と木取り区分の選別併用効果

EfL 区分と木取り区分による選別を併用した結果を Table 6 に示す。表は EfL 区分を L40 と L60 の2つにグレーディングした場合と, 木取り区分別に仕分けたときの, 乾燥材の Efk, MOEk, MORk の結果である。また, 一例として Fig. 5 には, 各区分で選別されたひき板の Efk の度数分布を示した。

まず, Efk をみると, Table 6 と Fig. 5 から L40 と

L60 の差は明確である。次に L40 における心持ち材と心去り材の差は心去り材の方が高く1.16倍となり, L60 では1.15倍となった。また, 心持ち材でみた L40 と L60 の比較をすると, L60 が1.17倍と高く, 心去り材でみた L40 と L60 では1.14倍となった。最も低い値を示した L40 の心持ち材と最も高い L60 の心去り材とを比較すると, その差は1.32倍と約30%の差が得られた。同様の比較を MOEk にて適用すると1.27倍, MORk で1.08倍となった。以上の結果から, ヤング係数では, 選別併用効果は最大約30%の分別化が可能となった。しかしながら, MORk では区分しても最大8%の差にとどまった。

次に, MORk の5%下限値を区分別に, Table 7 に示す。82本のサンプル全体でみた5%下限値は, 366 kgf/cm^2 であった。これを EfL 区分のみでみた場合, L40 で約 364 kgf/cm^2 , L60 で 369 kgf/cm^2 となり, EfL 区分での効果は, その差 4 kgf/cm^2 とわずかながら認められた。次に, 木取り区分のみでみると, L40 の場合, 心持ち材で約 347 kgf/cm^2 , 心去り材で約 387 kgf/cm^2 となり, 約 40 kgf/cm^2 の差を生じており, 木取り区分の効果がより大きいことが示された。

最も低い値は L40 の心持ち材の 347 kgf/cm^2 で, 最も高い値を示すと考えられた L60 の心去り材は 374 kgf/cm^2 にとどまり, L40 の心去り材の 387 kgf/cm^2 と比して低い結

Table 5. The strength properties of lumbers selected by grading for EfL.

| Classes (Ranges) | | Efg (tf/cm ²) | MOEg (tf/cm ²) | Efk (tf/cm ²) | MOEk (tf/cm ²) | MORk (kgf/cm ²) |
|-----------------------|--------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| L40 (30<EfL≤50) | Mean | 44.8 | 35.0 | 48.6 | 48.9 | 437 |
| | CV (%) | 15.4 | 14.6 | 14.6 | 13.0 | 11.3 |
| L60 (50<EfL≤70) | Mean | 51.8 | 39.9 | 56.0 | 56.0 | 447 |
| | CV (%) | 14.4 | 13.9 | 14.9 | 13.0 | 11.7 |
| Totals (30<EfL≤70) | Mean | 48.9 | 37.9 | 52.9 | 53.0 | 443 |
| | CV (%) | 16.4 | 15.5 | 16.4 | 14.6 | 11.6 |

Note: Number of L40 lumber is 34, L60 lumber is 48.

Table 6. The strength properties of kiln-dry lumbers selected by using both EfL and sawing position.

| Classes (Ranges) | | Efk (tf/cm ²) | | MOEk (tf/cm ²) | | MORk (kgf/cm ²) | |
|-----------------------|--------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| | | Inner | Outer | Inner | Outer | Inner | Outer |
| L40 (30<EfL≤50) | Mean | 43.4 | 50.4 | 45.4 | 50.1 | 417 | 444 |
| | CV (%) | 10.3 | 13.8 | 10.0 | 12.8 | 14.3 | 9.7 |
| L60 (50<EfL≤70) | Mean | 51.1 | 58.5 | 52.6 | 57.8 | 442 | 450 |
| | CV (%) | 17.5 | 11.6 | 16.6 | 10.2 | 10.8 | 12.1 |
| Totals (30<EfL≤70) | Mean | 48.3 | 55.0 | 50.0 | 54.4 | 433 | 447 |
| | CV (%) | 17.5 | 14.5 | 16.5 | 13.0 | 12.4 | 11.2 |

Note: Number of L40 inner lumbers is 9 and that of outer lumbers is 25.
Number of L60 inner lumbers is 16 and that of outer lumbers is 32.

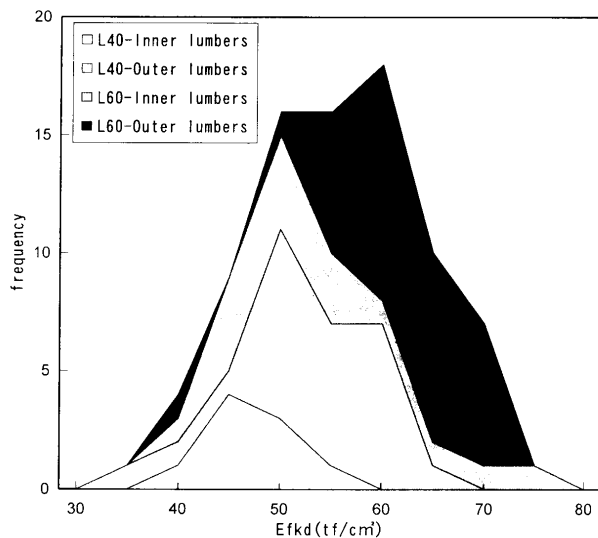


Fig. 5. Distribution frequency of selected Efk by using together of grading for Efl and sawing position.

Table 7. The 5% parametric lower tolerance limits (5% PTLs) of MORkd of lumbers selected by using both Efl and sawing position.

| Classes (Ranges) | Inner position | Outer position | No position |
|------------------|----------------|----------------|-------------|
| L40 | | | |
| (30 < Efl ≤ 50) | 347 | 387 | 364 |
| L60 | | | |
| (50 < Efl ≤ 70) | 366 | 374 | 369 |
| Totals | | | |
| (30 < Efl ≤ 70) | 347 | 380 | 366 |

Note : Unit : kgf / cm²

果を得た。Table 6 に示したように L60 の心去り材の MORkd の変動係数が 12.8% であり、L40 の心去り材の 9.7% と比較して大きいことも 5% 下限値を引き下げる原因のひとつと考えられる。また、十分な強度を発現しなかった原因として、心去り材の繊維走向角に起因する強度低減が考えられる。特に今回の製材は中心定規法によるために、心去り材は繊維の目切れが生じやいことが考えられる。実際の心去り材の曲げ破壊の状態をみると、低い曲げ強度を示したものの中には目切れによる破壊が認められている。このことから、MORkd の強度区分の信頼性を向上させるには、製材品の繊維走向角や節などの欠点をも考慮した選別方法を併用すべきであると考えられる。

4. 結 論

高隈演習林産中目スギ丸太材からひき板を製材し、強度的な品質区分の向上を目的として、丸太の動的ヤング係数

による区分、製材品の木取り位置による区分、そしてその併用区分による強度性能向上への効果を検討した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 心去り材と心持ち材のヤング係数の平均値を比較すると、心去り材の方が高く、10~15% 高い結果を示した。ただ、MORkd の差は 2% と大きな違いは認められなかった。
- (2) 生材の Efg を木取り区分でみたとき、丸太の Efl に対して、心去り材は約 5% の向上、心持ち材は約 10% 減少した。
- (3) 丸太の Efl 区分でみた、ひき板の強度性能は、丸太のグレードが向上するに伴い平均値は向上することが明らかとなった。
- (4) Efl 区分と木取り区分の選別併用効果は、ヤング係数 (Efk, MOEkd) で顕著に認められ、最大 30% の差を生じた。しかし、MORkd では十分な選別効果は認められなかった。MORkd については、他の強度低減因子 (繊維走向角、節等) の影響を加味した選別手法の検討を要すると考えられた。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、鹿児島大学農学部附属高隈演習林技官の松元正美氏、野下治巳氏には伐木作業に快くご協力いただいた。また、乾燥機、実大試験機の使用にあたり、鹿児島県工業技術センター木材工業部の遠矢良太郎氏 (当時木材工業部長)、山之内清竜氏、福留重人氏にはご援助いただいた。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 例えば、林野庁：森林資源現況。(1997)
- 2) 例えば、建築基準法研究会編：建築基準法大改正。日経 BP 社 (1997)
- 3) 小泉章夫、飯島泰男、佐々木貴信、川井安生、岡崎泰男、中谷 浩：秋田県産スギ材の強度特性 (第 1 報) 丸太のヤング率。木材学会誌, 43(1), 46-51 (1997)
- 4) 小泉章夫、飯島康男、佐々木貴信、岡崎泰男：秋田県産スギ材の強度特性 (第 2 報) ひき板の強度。木材学会誌, 43(2), 210-214 (1997)
- 5) 飯島泰男、小泉章夫、岡崎泰男、佐々木貴信、中谷 浩：秋田県産スギ材の強度特性 (第 3 報) 丸太とひき板材質の関連。木材学会誌, 43(2), 159-164 (1997)
- 6) 荒武志朗、森田秀樹：宮崎県南部地域産スギ集成材の材質 (第 1 報) 丸太の区分と木取りによるラミナの選別。木材学会誌, 45(2), 111-119 (1999)
- 7) 藤田晋輔、佐田武信、馬田英隆、遠矢良太郎、山田式

典, 櫛山一利: 打撃音法によるスギ製材品のヤング係数の評価法 [I]. 木材工業, 47, 544-547 (1992)

- 8) 図師朋弘, 山角達也, 遠矢良太郎, 森田慎一, 山之内清竜, 福留重人, 日高富男: 中小断面集成材の製造技術に関する研究(I)鹿児島県産スギの強度性能. 鹿児島県工業技術センター研究報告, No. 9, 45-48 (1995)
- 9) Robert J. Ross, Kent A. McDonald, David W. Green and Kristin C. Schad: Relationship between log and lmbcr modulus of elasticity. 47(2), 89-92, Forest Products Journal (1997)

抄 録

高隈演習林産スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の中径丸太材30本から製材したひき板82枚の強度性能を評

価するために, 打撃音法による非破壊試験と静的曲げ破壊試験を行った。そして, ひき板の強度的品質を区分するために, 以下の選別手法の効果について検討した。すなわち, 1)丸太の木取り位置によるひき板の選別, 2)丸太のヤング係数 (E_{FL}) を用いたグレーディングによるひき板の選別, 3)1)と2)の併用である。その結果, これら3つの選別方法は, ひき板の強度性能を区分するのに有効であった。特に, 木取り区分だけでも, 髄を含まない心去り材のヤング係数は, 心持ち材に対して10~15%高い値を示した。しかし, 曲げ破壊係数 (MOR) では, 2%の低い効果しか認められなかった。ひき板の MOR の強度的信頼性向上には, 節径や繊維走向角などの強度低減因子の適用が必要と考えられた。