

道産針葉樹大径材から得られる製材の強度を予測する

性能部 松本 和茂

■はじめに

コロナ禍を契機に発生したウッドショックの際に輸入材の価格高騰と入手困難を経験した教訓から、これまで輸入材への依存度が高かった建築材において、道産材による供給拡大を図る動きが高まっています。

一方で、道内の人工林資源は成熟化が進んで主伐期を迎えており、大径材の出材量が増加しつつあります。

木材は、原木断面内の部位の違い（樹心に近い部位か外周部に近い部位かなど）によって強度や乾燥時の狂いなどの性状が異なることが知られており、大径になるほどその部位の違いの差は大きくなります。

道産針葉樹を用いた建築材の供給拡大と、人工林資源の大径化の二点を合わせて考えた時、大径原木からの木取り位置による材の強度の違いや、原木の強度から各部位ごとの製材の強度を予測する技術の重要性が高まると考え、原木横断面内の強度分布の測定と分布モデル式の作成、及びそれらを用いた製材の強度予測を行った結果を紹介します。

今回の試験では、原木の横断面内の強度分布を調べるための方法として、原木を加工機で円柱切削していく過程で、直径を数 cm 減らすたびにヤング係数を測定し、各段階のヤング係数の差分から、削られた部位のヤング係数を計算する方法を試みました。

■供試材と試験方法

供試材は、道産カラマツ原木 20 本、内訳は 4 地域から各 5 本、道産トドマツ原木 20 本、内訳は同じく 4 地域から各 5 本の計 40 本です。供試原木の概要を表 1 に示します。材長は、カラマツ 4.0m、トドマツ 3.7m で、いずれも長さ方向に 2 等分し、末口側を円柱切削用原木、元口側を製材採取用原木としました。

①円柱切削試験

ロータリーレース（原木をかつら剥きする機械；図 1）を用いて原木を切削し、直径を 20～40mm ずつ減らしながら、各直径段階において重量・直径・縦振動固有振動数を測定しヤング係数（以下、 E_R ）を求めました。直径 170mm まではロータリーレースを使用し、170mm から 60mm までは円柱加工機（図 2）を使用しました。測定作業の流れを図 3 に、ヤング係数測定の様子を図 4 に示します。

表 1 供試原木の概要

	産地	末口径 (cm)	ヤング係数 (GPa)
カラマツ	美瑛	37.8	11.2
	釧路	37.6	9.6
	十勝	37.5	9.4
	羊蹄	33.8	10.3
トドマツ	旭川	38.8	9.3
	釧路	37.9	9.4
	下川	37.3	8.7
	羊蹄	40.4	9.0

※各産地とも原木 5 本の平均値

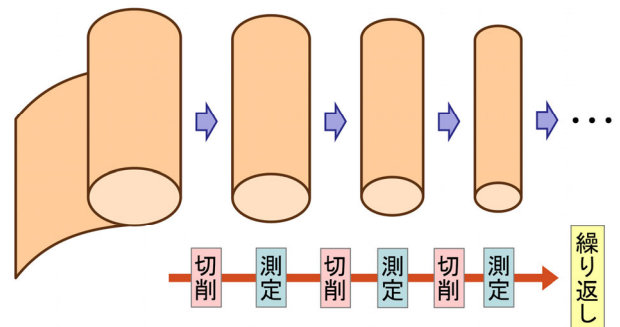


図 3 測定作業の流れ



図 1 ロータリーレース



図 2 円柱加工機



図 4 ヤング係数測定

②断面内の部位ごとの製材ヤング係数測定

2等分したうちの元口側の原木からは、断面内の部位ごとのヤング係数を測定するための製材を採取しました。製材木取りの一例を図5に示します。樹心を含むタイコ材部及びそれと直交する直径方向から寸法形式204の製材（挽立て寸法：45×105mm）を採取し、それ以外の部位からできるだけ歩留まりよく製材を採取しました。得られた製材は直後に E_R を測定しました。

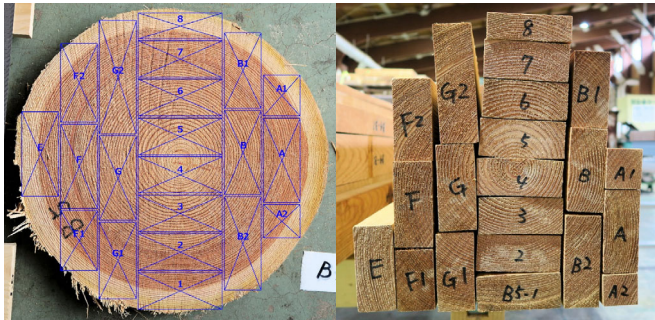


図5 木取り図（左）と実際に得られた製材（右）

■断面内ヤング係数分布のモデル化

円柱切削により直径を段階的に減らしていった各段階の E_R の差分から、削られた部位のヤング係数を計算しました。樹心からの距離ごとのヤング係数のプロットと回帰直線の一例を図6に示します。

樹木の一般的な性質として、樹心に近い部分では強度が低く、外周にいくにつれて強度が高まっていき、ある程度の直径範囲を超えると強度は安定するという特徴があります。強度が安定している外周部の領域は成熟材、それより内側の強度が変動する領域は未成熟材と呼ばれています。今回得られた樹心からの距離ごとのプロットに対して、未成熟材部と成熟材部とで回帰直線の傾きが変わると仮定して、未成熟材部、成熟材部の2本の回帰直線を引き、その交点を両者の境界値としました。このようにして求めた境界値と未成熟材部の回帰直線の傾きを表2に示します。これらの値と、表1に示したヤング係数を基にして、本試験で用いたカラマツ20本、トドマツ20本の原木のヤング係数の半径方向分布をモデル化したグラフを図7に示します。モデル化に際して、原木の末口径、ヤング係数、成熟・未成熟の境界値、未成熟部の回帰直線の傾きは、原木20本の平均値を用いています。

両樹種を比較すると、トドマツに比べてカラマツの方が未成熟材部の傾きが大きく、かつ未成熟・成熟の境界値も大きいいため、断面内の部位の違いによるヤン

グ係数の差が大きくなっています。一方、トドマツは部位による差は小さく、比較的均質な材であるといえます。このことは、カラマツは強度のバラツキは大きいですが、部位を選べばトドマツよりも高強度な材を得ることができることを示しています。

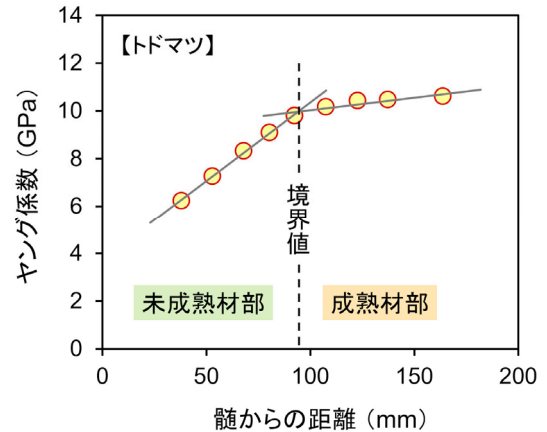


図6 ヤング係数のプロットと回帰直線の例

表2 境界値と未成熟材部の回帰直線の傾き

	産地	境界値 (mm)	回帰直線の傾き (GPa/mm)
カラマツ	美瑛	97	0.0823
	釧路	150	0.0517
	十勝	151	0.0485
	羊蹄	111	0.0667
	20本の平均	127	0.0623
	変動係数(%)	22.8	28.3
シムレット	旭川	97	0.0430
	釧路	93	0.0494
	下川	91	0.0354
	羊蹄	94	0.0366
	20本の平均	94	0.0411
	変動係数(%)	17.8	34.4

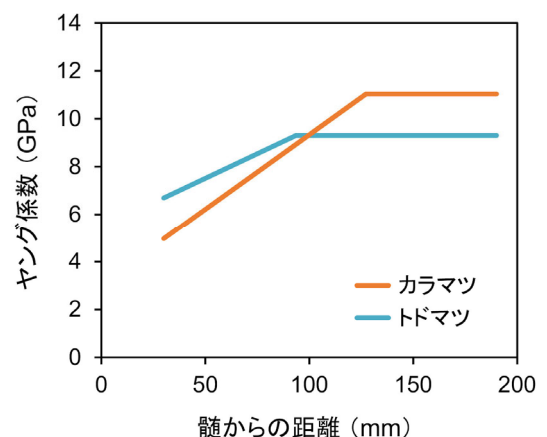


図7 ヤング係数の半径方向分布モデル

■ヤング係数の半径方向分布モデルの精度検証

2等分したうちの元口側の原木から図5のように採取した個々の製材のヤング係数について、元の原木のヤング係数との関係（図8）をみると、カラマツもトドマツも原木のヤング係数が高くなるほど得られる製材のヤング係数分布範囲も高くなる傾向がみられます。ただし、その分布の幅が大きく、個々の製材のヤング係数を正確に予測するには丸太のヤング係数だけでは無理があります。また、1本の原木から採取した製材のヤング係数の分布の幅をみると、トドマツよりもカラマツの分布の幅が大きくなっており、カラマツの断面内の部位の違いによる強度の差が大きいことがわかります。

次に、ヤング係数の半径方向分布モデルから得られる断面内部位ごとのヤング係数によって個々の製材のヤング係数を推定した値と実際の測定値との関係（図9）をみると、図8に比べて推定精度が格段に向上していることが分かります。

■おわりに

今回作成した分布モデルは未成熟領域でヤング係数が直線的に上昇し、境界値以降一定になるという単純なモデルでしたが、実際には境界値以降も緩やかに上昇する場合や、まだ事例は少ないですが70年生を超える高樹齢材では外周部で低下するパターンも見られます。今後、実際のヤング係数変動に即したより複雑なモデルを構築することで、得られる製材のヤング係数の推定精度向上が可能と思われます。

道産針葉樹人工林からの大径材の出材量増加が見込まれる中、従来の小断面の製材だけでなく、建築用の柱や梁などの大きな断面の部材生産を想定した時に、どういう原木からどういう木取りをすればこれくらいの強度の製品が得られるというような予測が可能であれば、製品、原木双方の加価値向上に役立つと考えられます。今後、本成果を発展させ、予測精度の向上を図っていきたいと思います。

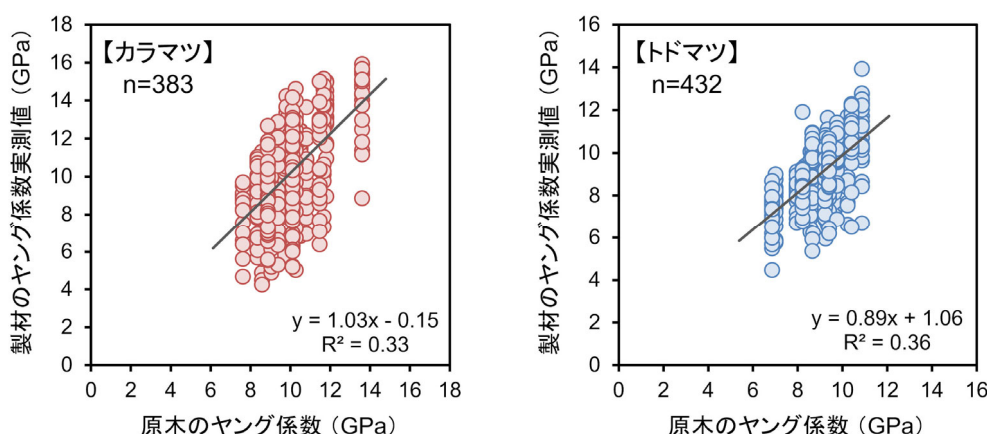


図8 原木のヤング係数と得られた製材のヤング係数の関係（左：カラマツ，右：トドマツ）

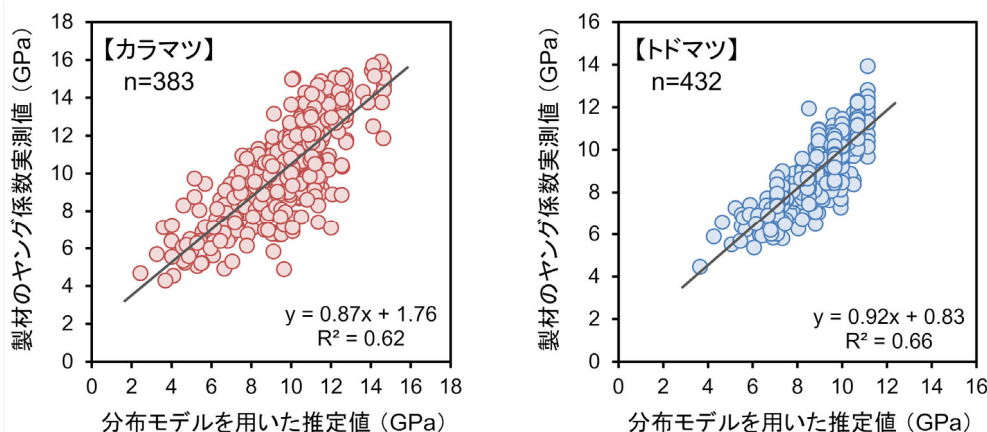


図9 分布モデルを用いて推定した製材のヤング係数の推定値と実測値の関係（左：カラマツ，右：トドマツ）