

## 長野県産ヒノキの樹幹内半径方向強度分布

研究期間：令和元年度～5年度

小池直樹

長野県産ヒノキの樹幹内半径方向の曲げヤング係数及び曲げ強度を確認したところ、曲げヤング係数、曲げ強度ともに明確ではないものの髓から樹皮に向かっての減少傾向が確認できた。また同一林分同林齢の2立木間や番玉間で若干異なる半径方向強度分布が確認でき、分布傾向に個体差や番玉間差が存在することが明らかになった。

キーワード：ヒノキ、大径丸太、強度性能、強度分布

## 1 緒言

ヒノキの樹幹内の強度に関する特性値の半径方向分布について、密度は髓付近が高く樹皮に向かって小さくなるのが定説<sup>1)</sup>とされるが、強度やヤング係数分布については定説が存在せず、髓から樹皮側に向かって強くなるとする報告<sup>2,6)</sup>と弱くなるとする報告<sup>7,8)</sup>が存在し、製材品の木取りや荷重方向を考える際や丸太から製材品の強度を推定する際、また伐採計画を立てる際の支障になりうる。今回、長野県産ヒノキの効果的な利用に資するため、樹幹内の曲げヤング係数や曲げ強度等の分布を調査した。

なお、本研究は長野県と信州大学の包括連携協定に基づき、県単課題「大径A材丸太を活用した高剛性・高強度梁桁材の開発とその性能評価」（令和元年度～5年度）の一部として実施した。また、本研究の一部は2024年度日本木材学会中部支部大会（岐阜）において発表した。

## 2 試験の方法

## 2.1 供試材

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター（AFC）手良沢山ステーション演習林（伊那市）の標高1030m地点の同一林分内（図-1）で1933年植栽90年生ヒノキ2本（No.1：樹高23.4m、胸高直径48.0cm、形状比48.8、No.2：樹高22.7m、胸高直径45.5cm、形状比49.9）を伐採し、長さ4.1mで玉切りし4番玉までを供試丸太とした。供試丸太の諸元を表-1に示す。なお詳細は省くが、樹幹解析の結果2本とも伐採時まで比較的均一な肥大成長が続いていたことを確認している。丸太は髓を通る板材に製材後、可能な限り節等の欠点の少ない箇所で長さ50cmにクロスカットし半径方向に連続して無欠点小試験体を作成した。節等の欠点が

含まれる試験体は結果から除外した。



図-1 手良沢山演習林地図と伐採箇所

表-1 供試丸太諸元

伐採木 No.	丸太 No.	番玉	末口 平均径 (cm)	元口 平均径 (cm)	長さ (m)	細り (cm/m)	Efr (kN/mm <sup>2</sup> )
1	ヒ1-1	1番玉	39.0	48.3	4.100	2.256	9.15
	ヒ1-2	2番玉	35.5	38.0	4.100	0.610	9.96
	ヒ1-3	3番玉	29.3	34.5	4.060	1.293	9.79
	ヒ1-4	4番玉	19.0	28.5	4.120	2.306	10.58
2	ヒ2-1	1番玉	37.8	46.3	4.120	2.063	9.73
	ヒ2-2	2番玉	33.3	38.5	4.085	1.285	10.95
	ヒ2-3	3番玉	27.0	33.5	4.095	1.587	11.70
	ヒ2-4	4番玉	20.3	27.5	4.095	1.770	12.01

## 2.2 試験方法

小試験体は恒温恒湿室内に約 1 か月間静置し重量が恒量に達したことを確認した後 JIS Z 2101 (2009) <sup>9)</sup> に準拠し静的曲げ試験を行った。曲げ試験体の寸法は 25mm (R 方向) × 25mm (T 方向) × 400mm (L 方向) としたが、樹皮に近く 25mm で採材できないものについては 10mm (R 方向) × 10mm (T 方向) × 160mm (L 方向) とした。支点間距離は辺長の 14 倍とした。加力には引張圧縮試験機 (ミネベアミツミ株式会社, 最大容量: 50kN) を用いた。試験体中央両側中立軸にヒートンを設置しワイヤーを介して変位計 (東京測器研究所, SDP-50ET) でスパン中央部の両側平均たわみを測定し見かけの曲げヤング係数を算出した。また曲げ試験後、非破壊部から試験片を採取し全乾密度を測定し半径方向の分布を調査した。

## 2.3 統計解析

諸形質間の相関関係の有意性は正規性を確認したうえでピアソンの相関係数検定により確認し、 $p < 0.05$  を統計的に有意であると判断した。

## 3 結果

各立木番玉ごとの諸形質の半径方向分布を図-2 に示す。

平均年輪幅は 2 立木とも 1 番玉を除いて樹皮に向かって狭くなる傾向が確認できた。全乾密度は立木 No. 2 の 1 番玉を除いて定説通り髓付近が高く樹皮に向かって小さくなることが確認できた。

曲げヤング係数及び曲げ強度は立木間・番玉間で分布傾向に違いはあるものの、樹皮近くで小さくなる点は共通していた。比曲げヤング係数は立木 No. 2 の 1 番玉を除いて髓付近が低く、いったん増加するも樹皮に向かって減少に転じた。比曲げ強度は特に 1 番玉において安定しており髓から樹皮にかけてほぼ一定の数値を示した。

また全小試験体 ( $n=91$ ) の諸形質間の相関関係を図-3 に示す。

平均年輪幅と全乾密度にはある程度の相関 ( $R=0.347$ ) が認められたが平均年輪幅と曲げ強さには弱い相関 ( $R=0.231$ ) しか認められず、平均年輪幅と曲げヤング係数には有意な相関は認められなかった。全乾密度と曲げ強度にはかなり高い相関 ( $R=0.827$ ) がある一方で、全乾密度と曲げヤング

係数には弱い相関 ( $R=0.227$ ) しか認められず、曲げヤング係数と曲げ強度にもある程度の相関 ( $R=0.385$ ) しか認められなかった。

## 4 考察

曲げヤング係数と曲げ強度の樹幹内半径方向分布について、はっきりとした傾向はつかめなかったものの今回供試した長野県産ヒノキは髓から樹皮側に向かって弱くなる傾向があるように思われる。県産ヒノキが全てこのような分布をすると仮定すると、例えば県産ヒノキ心去り正角材を用いた接着重ね材を製造する際に当該日本農林規格 <sup>10)</sup> が定める通り構成を「木裏が材の中心軸側を向く配置」とした場合、「木表が材の中心軸側を向く配置」の接着重ね材より曲げ性能が低下する可能性がある。

なお、立木 No. 2 の 1 番玉で見られた髓を挟んだ 2 方向間の分布傾向の差異については採材位置が低かったことにより根張り部が含まれた可能性や偏心が影響した可能性がある。

立木 No. 2 の 1 番玉を除くと、比曲げヤング係数の分布パターンは全供試丸太でほぼ同一になり太田 <sup>2)</sup> が検討したように未成熟材の指標として比ヤング係数を利用することも不可能ではないように思われ、例えば応力波伝播速度から比ヤング係数を求め未成熟材部を可視化すること等が考えられる。

## 5 結言

長野県産ヒノキの樹幹内半径方向強度分布を確認したところ、曲げヤング係数、曲げ強度ともに明確ではないものの髓から樹皮に向かっての減少傾向があるように思われる。また今回、同一林分同林齢の 2 立木間や番玉間で若干異なる半径方向強度分布が確認でき、分布傾向に個体差や番玉間差が存在することが明らかになった。県産ヒノキの樹幹内強度分布に明確な傾向を見出すためには追加の供試木が必要であり、別の産地や林齢、異なる形状比の立木についての調査も必要と思われる。

## 謝辞

信州大学農学部末定拓時助教には供試木の提供等についてご配慮いただきました。また森林総合研究所井道裕史室長には既往研究等の情報提供をいただきました。深く感謝申し上げます。

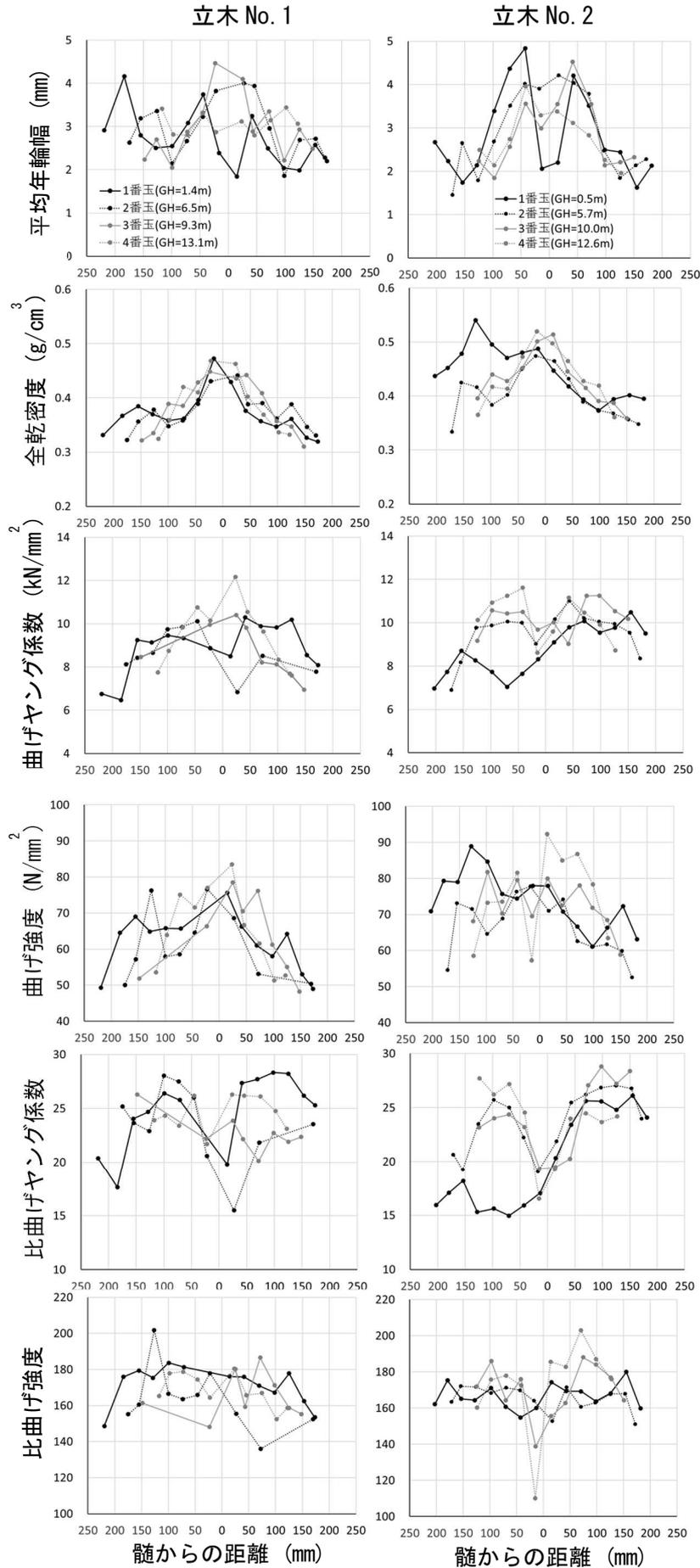


図-2 諸形質の半径方向分布

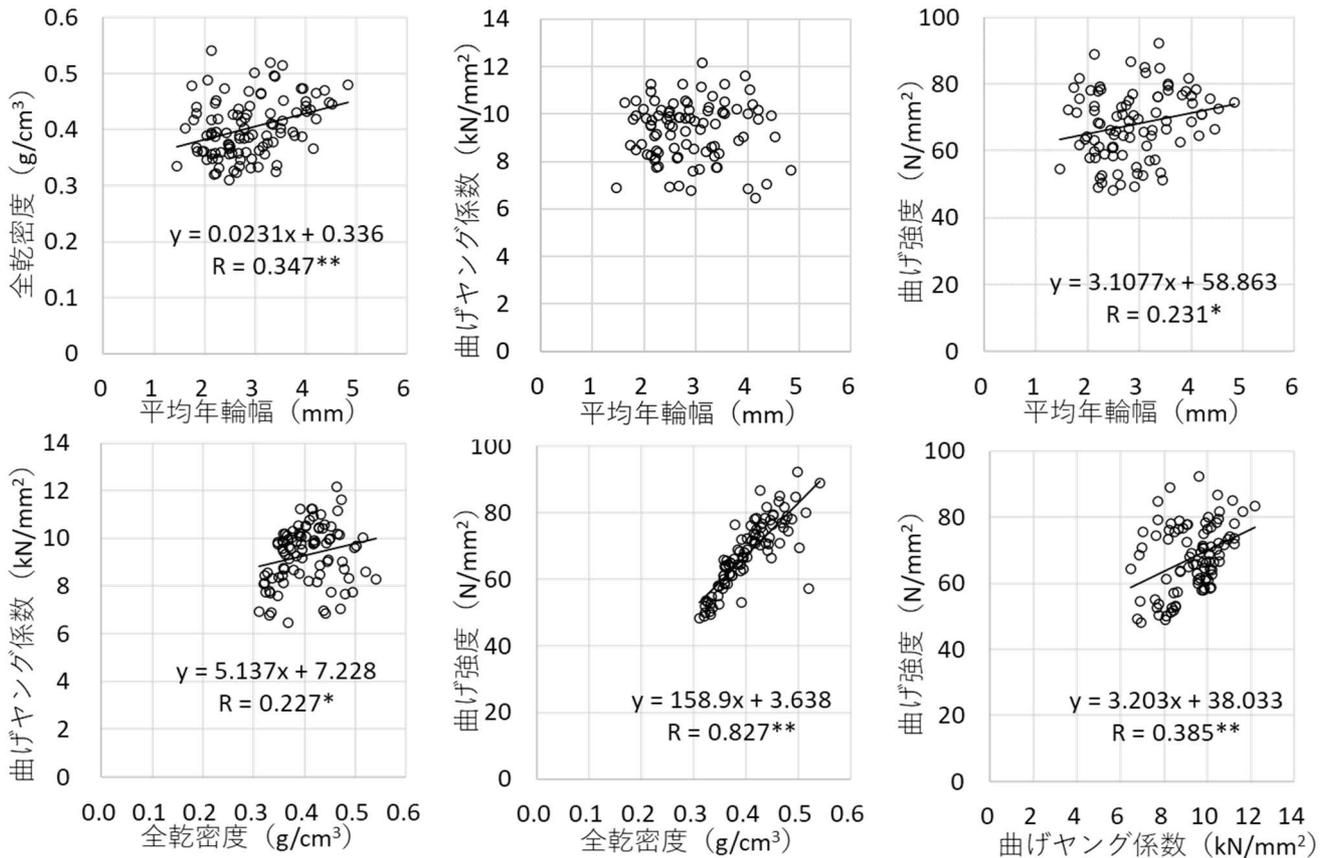


図-3 諸形質間の関係 (\*\*:p<0.01, \*:p<0.05)

引用文献

- 1) 例えば, 小田一幸(2007) 生物材料としての特徴, 日本木材学会編“木質の物理”, 文永堂出版, 9-10
- 2) 太田貞明(1972) スギ・ヒノキ樹幹内における未成熟材の力学特性に関する基礎的研究, 九州大学農学部演習林報告, 45, 1-80
- 3) 池田潔彦(2001) 同一林分で生育したスギとヒノキの材質比較, 木材工業, 56, 8, 365-371
- 4) 野上英孝, 見尾貞治(2008) ヒノキラミナの強度性能評価-各種径級の原木と得られるラミナのEfrの関係-, 岡山県木材加工技術センター業務報告書, 平成20年度, 26-29
- 5) 平田晃久, 横尾謙一郎(2016) スギ・ヒノキ大径材の強度性能に関する研究, 林業研究指導所研究報告書, 42, 46-58
- 6) Takahashi, Yusuke et al. (2022) Radial variations of broad-sense heritability in wood properties and classification of load-deflection curves in static bending for six half-sib families of *Chamaecyparis obtusa*, Journal of Wood Science, 68, 1, pp. 13
- 7) 井道裕史, 長尾博文, 加藤英雄(2012) 大径丸太から採材された心去りヒノキ製材品および無欠点小試験体の強度性能, 森林総合研究所研究報告, 11, 3, 121-133
- 8) 古谷優平, 道場隆(2024) ヒノキ大径材丸太の品質評価, 岡山県農林水産総合センター森林研究所令和5年度業務年報, 64, 12-13
- 9) 日本規格協会 (2009) “JIS Z 2101 木材の試験方法”, pp. 66
- 10) 農林水産省, 接着重ね材の日本農林規格, 農林水産省告示第179号 (平成31年1月31日制定), 農林水産省告示203号 (令和6年1月31日確認)