

低コスト造林施策推進に向けたスギ優良品種の材質特性の解明

令和3年度～令和5年度
木材チーム 加茂 明子、河津 温子

1. 目的

大分県では、低コスト造林を推進しており、疎植造林や特定母樹の造林に取り組んでいるが、これらの主伐期における材質などについては品種毎のデータが少ないことから、材質や強度のデータを蓄積し、低コスト造林推進に寄与する必要がある。

本研究ではこれまで、スギ低密度植栽（1,500本/ha）と従来の一般的密度植栽（3,000本/ha）の材質特性を明らかにし、1,500本/ha程度の疎植造林であれば建築利用上の影響は小さいことが示唆された¹⁻²⁾。

本年度は、大分県由来の特定母樹である県日出3号、県佐伯6号、県佐伯13号、県日田15号の主伐期における材質特性を明らかにするため、丸太の材質試験及び小試験体による木材の強度試験を実施し、材質の樹幹内分布を調査したので報告する。

2. 試験方法

1) 供試材

供試材の調達場所及び胸高直径・樹高等を表-1に示す。供試木は、毎木調査の結果から各プロットの標準的なものを3本ずつ計12本とし、DNA解析はMiyamotoら³⁾によるマイクロサテライト（SSR）の手法を参考にして行い、品種を同定したものを供試木とした。

表-1 供試材の調達場所及び胸高直径・樹高等（胸高直径・樹高は3本の平均値）

調達場所	品種	伐採時林齢 (年生)	本数 (本)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)
九大第1号検定林 (国東市国東町大字岩戸寺)	県日出3号	53	3	33.1	26.0
	県佐伯6号		3	41.4	28.3
	県佐伯13号		3	28.4	20.3
天瀬試験地 (日田市天瀬町桜竹)	県日田15号	54	3	28.5	29.2

2) 丸太の材質試験

供試木12本を地上高0.3mの位置で伐倒し、2mに玉切りした後、次代検定林の材質調査要領⁴⁾（以下、要領と記す）に準じ、各丸太の材長、重量、元口及び末口の周囲長を測定した。併せて、シグナルアナライザーSA-77（株式会社リオン社製）を用いて固有振動数を測定し、縦振動ヤング係数を求めた。また、各番玉の元口側から厚さ5cmの円盤を切り出し、扇形の試験片を作製し、要領に準じ、生材含水率と容積密度を求めた。

3) 小試験体による木材の強度試験

2mの丸太を髓及び中心を含む厚さ60mmのまさ目板に加工し、温度60℃以下で人工乾燥した。次に、まさ目板を長さ1mに切断し、髓を中心に樹皮側へ25×25×1,000mmの直方体を作製した。直方体を恒温恒湿器で温度20±2℃、湿度（65±3）%の雰囲気中で標準状態の（12±1.5）%に調湿した。

その後、直方体の無欠点部分から曲げ試験体（20×20×320mm）及び縦圧縮試験体（20×20×60mm）を作製し、各試験に供した（図-1）。ただし、一部節等の欠点を除去できなかったものも含めて試験を行った。試験後、各試験体の含水率を全乾法で求め、縦圧縮試験体から密度を測定した。

(1) 曲げ試験

曲げ試験は、日本産業規格の木材の試験方法（JIS Z2101：2009）（以下、JIS と記す）15 曲げ試験に準じて行った（写真-1）。試験機は万能試験機（株式会社島津製作所製 AG-100kNAR）を用い、曲げヤング係数、曲げ強さを求めた。支点間距離は辺長の 14 倍の 280mm、荷重面はまさ目面（髓部分を除く）とし、荷重速度は、負荷開始から 1～2 分で破壊するように 7 mm/min の一定とした。変位はストレーンゲージ式変位計（株式会社東京測器研究所製 DDP-30A）を用いて、スパン中央部両サイドの 2 か所の平均値とした。

(2) 縦圧縮試験

縦圧縮試験は、JIS 10 縦圧縮試験に準じて行った（写真-2）。試験機は万能材料試験機（インストロンジャパンカンパニーリミテッド製 5568）を用い、縦圧縮強さを求めた。荷重速度は、負荷開始から 1～2 分で破壊するように 1 mm/min の一定とした。

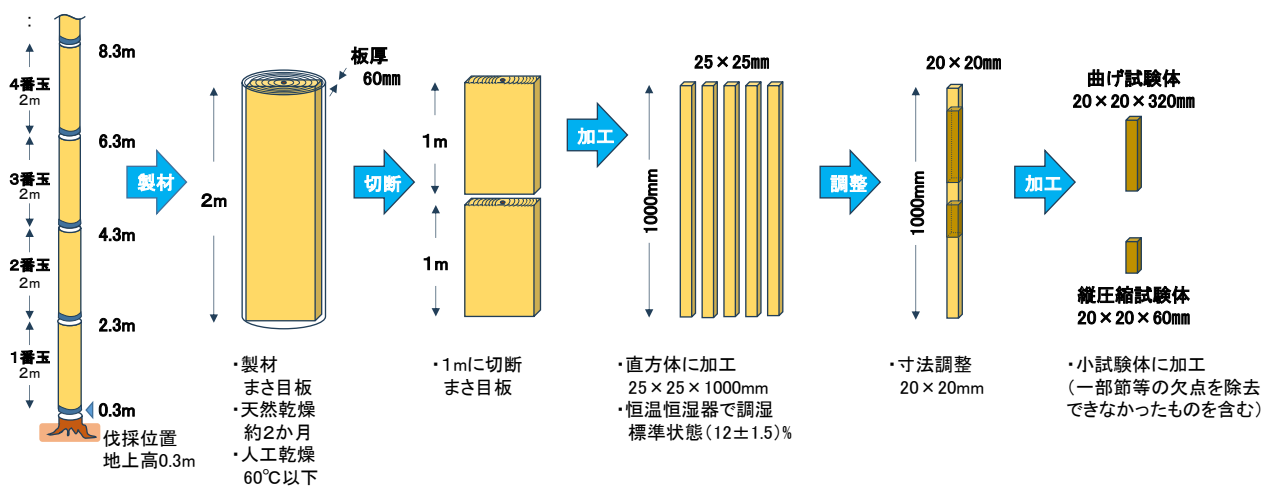


図-1 試験体の作製



写真-1 曲げ試験の様子



写真-2 縦圧縮試験の様子

3. 結果及び考察

1) 丸太の材質試験

丸太の材質試験結果は、供試した立木3本の平均値とした。

(1) 心材の生材含水率

心材の生材含水率の樹高方向変動を図-2に示す。地上高0.3mにおける心材の生材含水率は、県日田15号で237.4%、県日出3号で194.9%と高く、県佐伯6号で104.7%、県佐伯13号で99.6%であった。地上高4.3m以上では、県日出3号は、100%前後で推移したのに対し、県佐伯6号と県佐伯13号は50%前後で推移した。

今回の県日田15号の供試材は、4品種の中では供試した立木3本の個体差が大きく、一部では高い含水率を示し、黒心及び凍裂が確認された。これを受けて、九大第30号検定林(宇佐市)の県日田15号を1本伐採したところ、今回の供試材と同様に黒心が確認されたため、県日田15号については乾燥や材の利用に関して留意する必要があると示唆された。ただし、試験本数が少なく、個体差も見られたため、今後さらなる検討が必要である。

(2) 容積密度

容積密度の樹高方向変動を図-3に示す。4品種の容積密度は、283~409kg/m³であった。また、4品種とも地上高が高くなるにつれて高くなる傾向を示した。

(3) 縦振動ヤング係数

縦振動ヤング係数の樹高方向変動を図-4に示す。縦振動ヤング係数は、7番玉程度までは地上高が高くなるにつれて高くなった。また、1番玉から2番玉の変動が大きく、これは、過去の試験と同様の傾向であった⁵⁾。県日出3号は、4から9番玉で10GPaを超える高い値を示した。今回試験をした供試材については4品種とも素材の日本農林規格(JAS1052:2022)の縦振動ヤング係数区分に基づく区分では規格外の丸太はなかった。

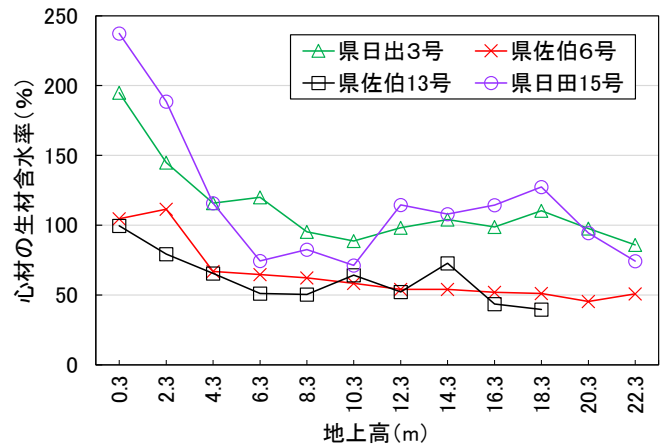


図-2 心材含水率の樹高方向変動

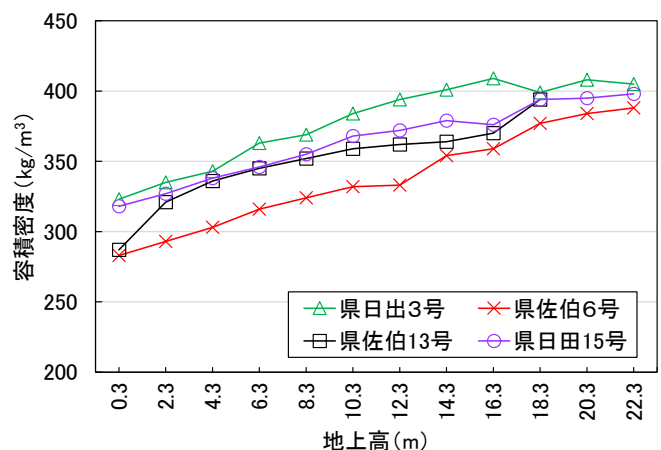


図-3 容積密度の樹高方向変動

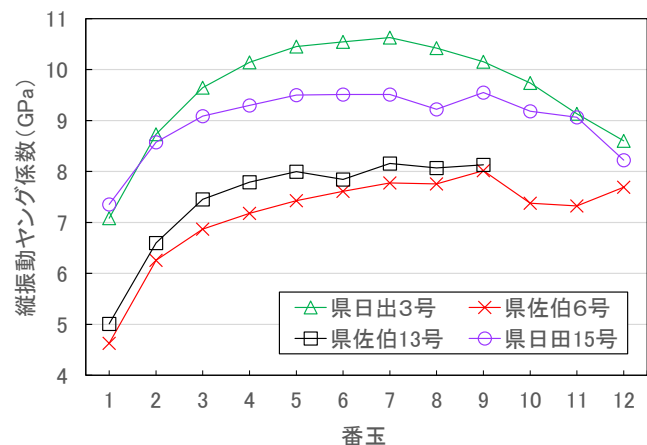


図-4 縦振動ヤング係数の樹高方向変動

2) 小試験体による木材の強度試験

試験体数及び試験体の含水率を表-2に示す。小試験体の含水率は10.8～12.2%であり、概ねJISに定める標準状態に達していることを確認した。曲げ試験、縦圧縮試験の結果は、供試した立木3本の平均値（垂直方向、水平方向で同位置試験体の平均値）とした。

表-2 曲げ・縦圧縮試験体数及び試験体の含水率

品種	曲げ試験			縦圧縮試験		
	試験体数 (本)	含水率 (%)		試験体数 (本)	含水率 (%)	
		平均値	標準偏差		平均値	標準偏差
県日出3号	462	11.1	0.91	460	11.3	0.93
県佐伯6号	558	10.8	0.62	557	11.1	0.50
県佐伯13号	305	10.8	0.68	304	11.2	0.81
県日田15号	392	12.2	1.11	398	12.0	0.72

(1) 曲げ試験

曲げヤング係数、曲げ強さを図-5に、樹幹内分布を図-6、図-7に示す。

試験時間は、一部において1～2分で破壊しないものもあり、髓付近の未成熟材と思われる部位で2分を越える試験体があった。また、佐伯6号の成熟材の部位でもヤング係数が低い3試験体において2分を超えた。

曲げヤング係数、曲げ強さとも、各地上高で未成熟材を多く含む髓付近の中心部で低く、樹皮方向に向け高くなった後、外層部の多くの部位で下がる傾向を示した。また、垂直方向については、地上高が高くなるにつれ高くなる傾向を示した。

無欠点材の強度性能は、その材の気乾密度と概ね比例関係にあり⁶⁾、今回の試験で曲げヤング係数、曲げ強さともに外層部で下がったのは、密度も外層部で下がったことが要因の一つと考えられた。

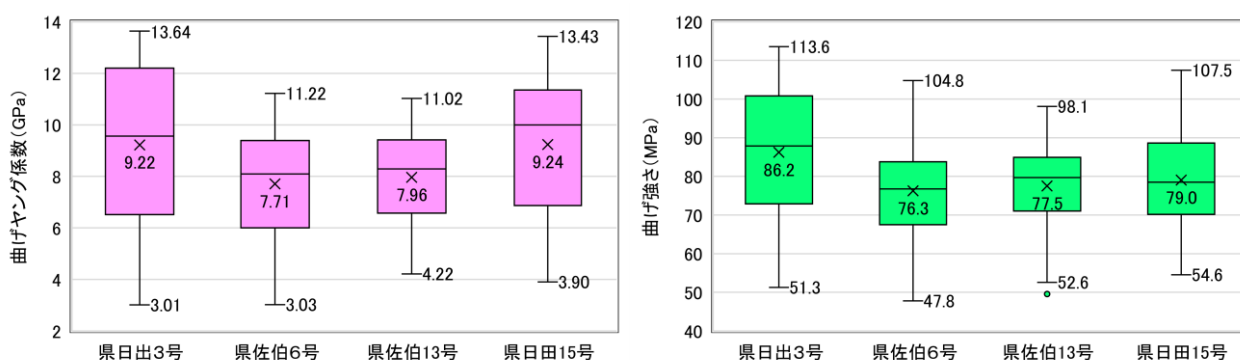


図-5 品種別の曲げヤング係数・曲げ強さ

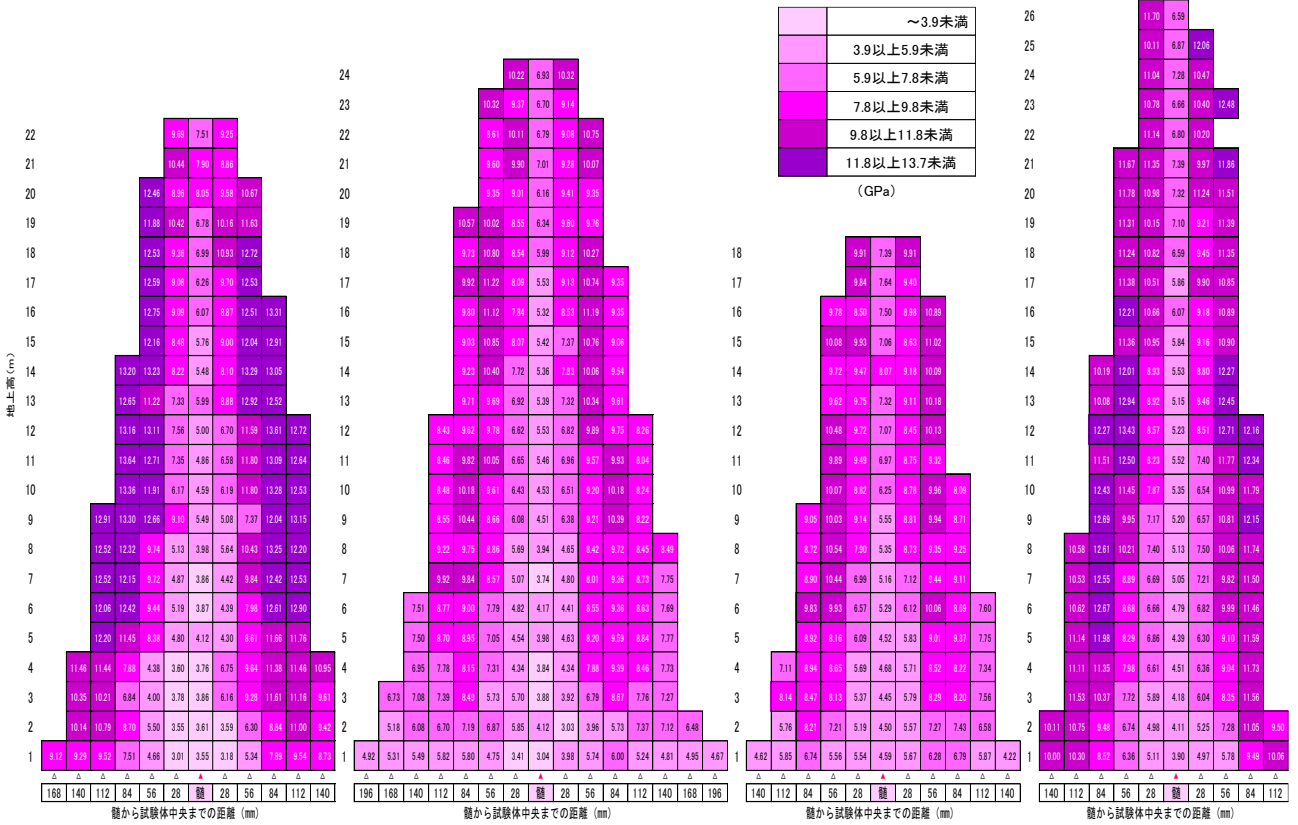


図-6 曲げヤング係数の樹幹内分布

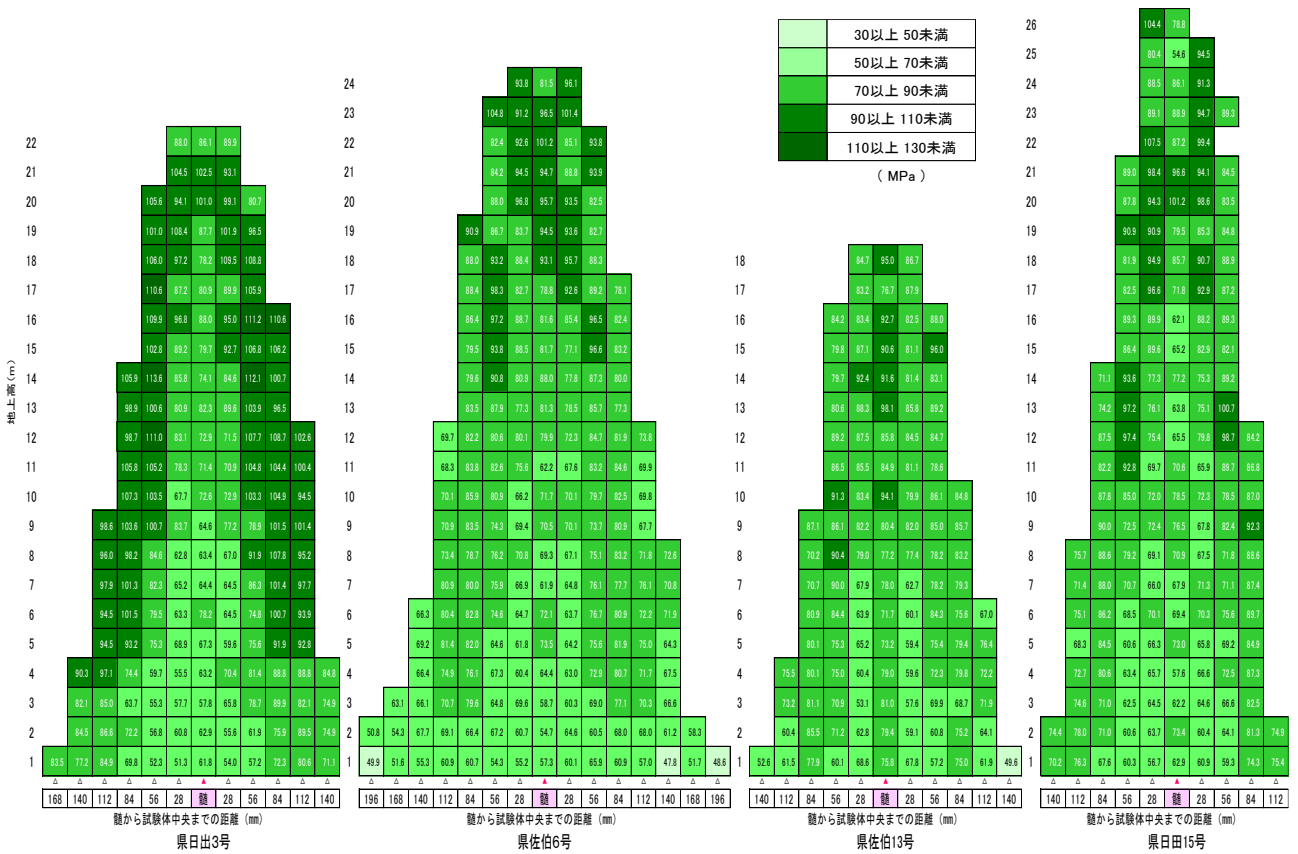


図-7 曲げ強さの樹幹内分布

次に、曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図-8に示す。4品種とも曲げヤング係数と曲げ強さの間に正の相関関係が認められた。

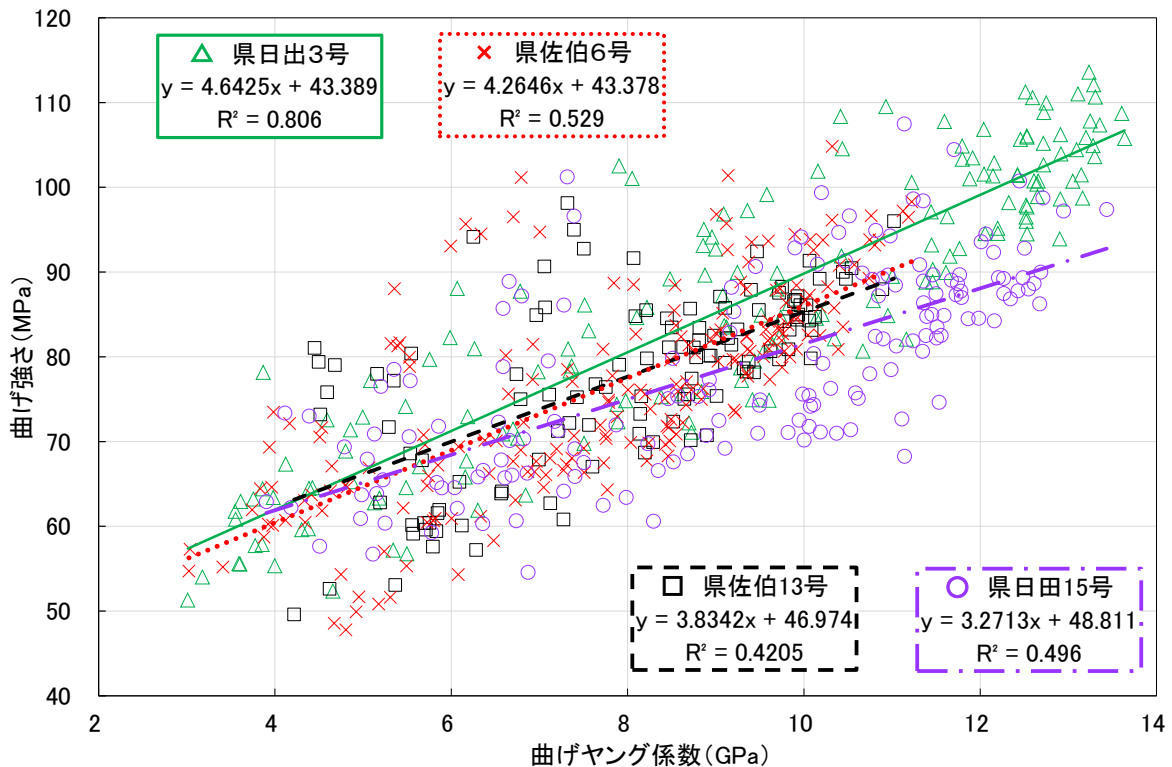


図-8 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

(2) 縦圧縮試験

品種別の縦圧縮強さ・密度を図-9に、樹幹内分布を図-10、図-11に示す。

試験時間は、一部の部位において1～2分で破壊しないものがあり、その多くは髓付近に位置していた。

縦圧縮強さは、水平方向については、4品種とも髓付近の中心部が低く、樹皮方向に向かって高くなった後、外層部の多くの部位で下がる傾向を示した。また、垂直方向については、地上高が高い方が高い値を示した。樹幹内の水平方向・垂直方向の強度分布の変動は4品種とも類似の傾向が見られた。また、縦圧縮強さは品種によって異なり、今回の試験では、県日出3号と県日田15号が高い傾向を示した。

密度は、どの地上高においても髓が高く、樹皮方向に向けて一度低くなった後、再び高くなる傾向を示した。また、外層部の多くの部位で下がる傾向を示した。垂直方向については、地上高が高い方が高い値を示した。

次に、密度と縦圧縮強さの関係を図-12に示す。4品種とも密度と縦圧縮強さの間に正の相関が認められた。この結果は、過去の試験と同様の傾向であり⁷⁾、密度が縦圧縮強さに関係していることが示唆された。

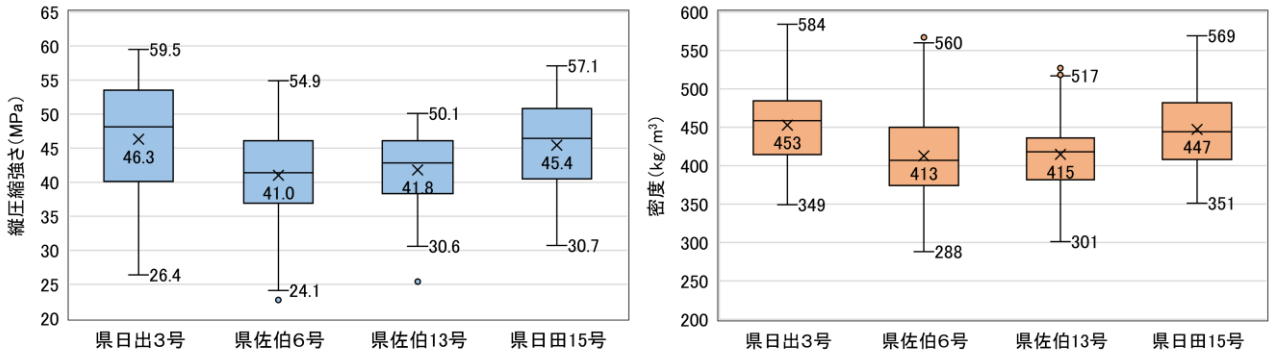


図-9 品種別の縦圧縮強さ・密度

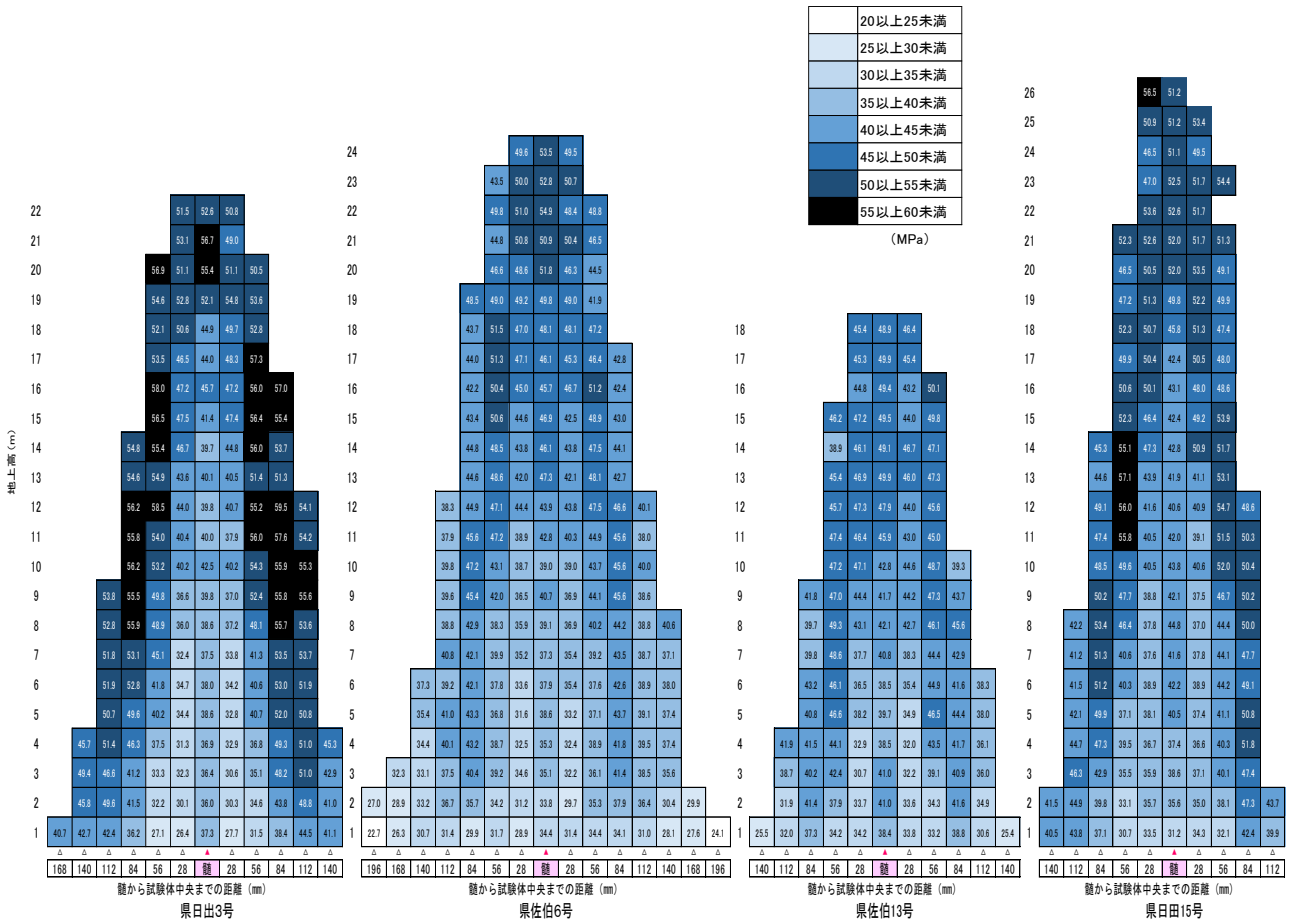


図-10 縦圧縮強さの樹幹内分布

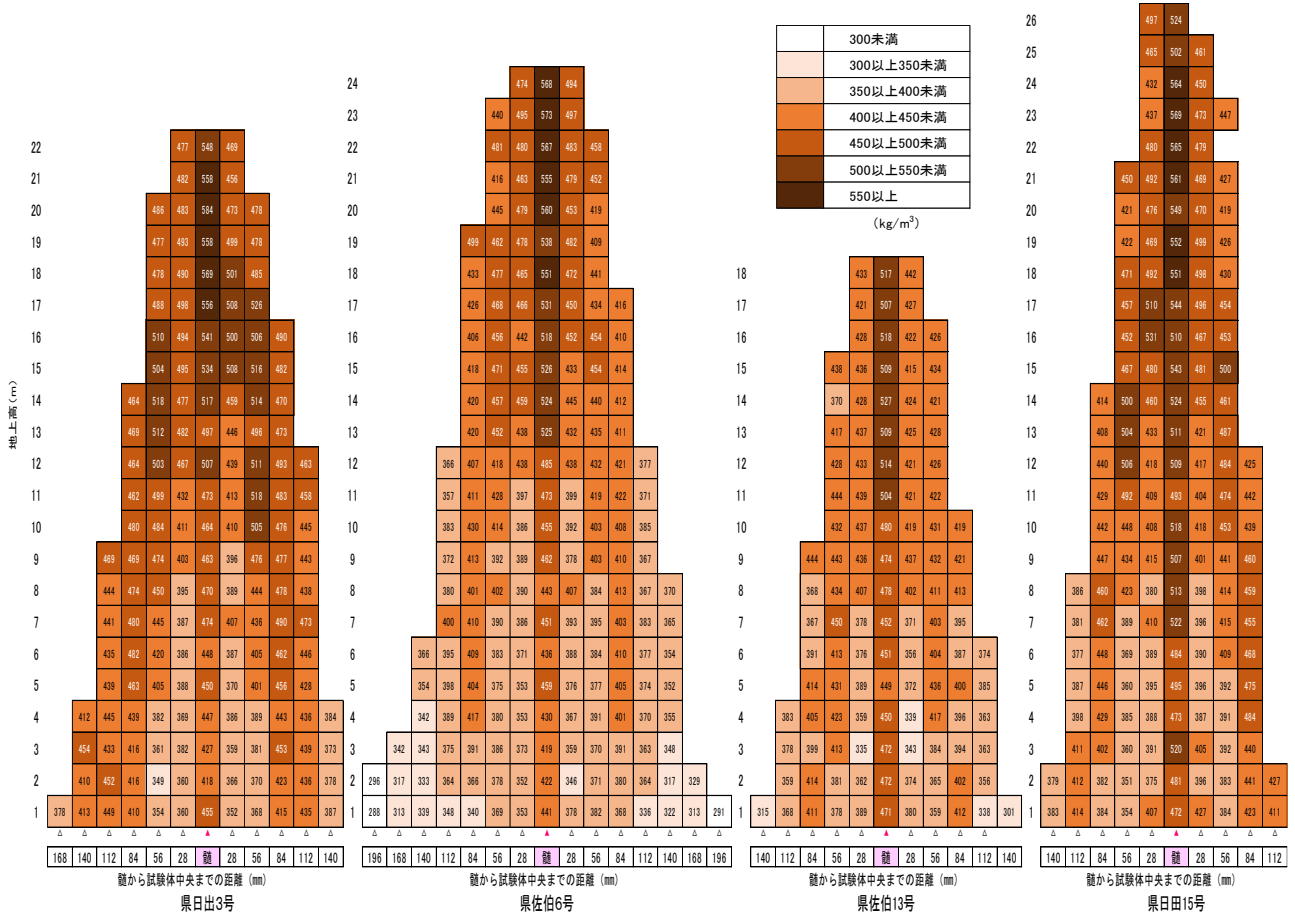


図-11 密度の樹幹内分布

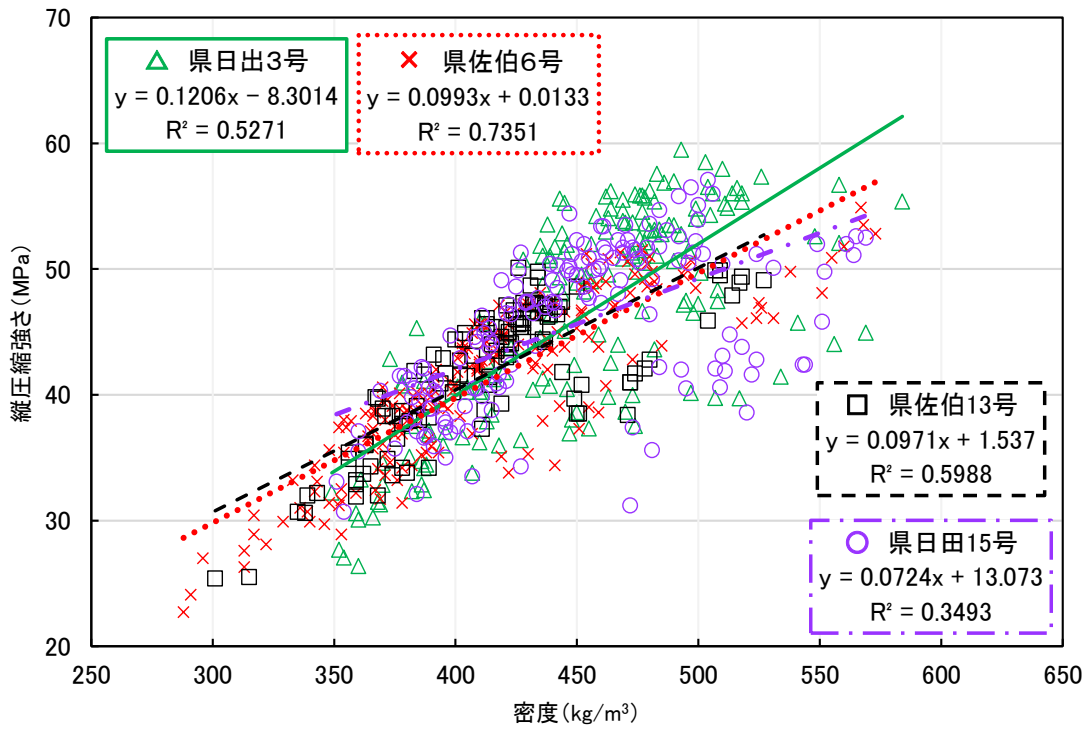


図-12 密度と縦圧縮強さの関係

4. まとめ

- ・今回試験をした供試材については4品種とも素材の日本農林規格（JAS1052:2022）の縦振動ヤング係数区分に基づく区分では規格外の丸太はなかった。
- ・今回試験をした県日田15号は、4品種の中でも心材含水率が高く、一部黒心・凍裂が確認されたことから、乾燥や材の利用に関して留意する必要があることが示唆された。
- ・樹幹内の強度分布については、水平方向・垂直方向の強度分布の変動は4品種とも類似の傾向が見られたが、強さは品種によって異なることが明らかとなった。
- ・引き続き、他の地域においても、材質や強度のデータを蓄積し、検証していく必要がある。

参考文献

- 1) 前原礼明：令和3年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，47-52（令和4年）
- 2) 末光良一、河津温子、城井秀幸：令和4年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，42-46（令和5年）
- 3) Naoko Miyamoto・Masako Ono・Atsushi Watanabe：Journal of Forest Research, Volume20, Number 1, February2015, 186-196（平成27年）
- 4) 林木育種センター：次代検定林の材質調査要領，7-8（平成8年）
- 5) 津島俊治：大分県農林水産研究指導センター林業研究部報告第16号，19-20, 48-49（平成18年）
- 6) 秋田県立大学木材高度加工研究所：コンサイス木材百科，2002年改訂版，p.218（平成14年）
- 7) 津島俊治：大分県農林水産研究指導センター林業研究部報告第16号，21（平成18年）