

2025/2/14 14:30～14:50

令和6年度 林業技術センター 研究成果発表会

篠原山国有林における低密度植栽を
行った樹齢32年のヒノキの
成長量と非破壊試験による強度性能

(広島総立総合技術研究所林業技術センター) ○渡辺靖崇

本日の発表内容

はじめに	スライド 1	研究の背景
	スライド 2	植栽密度が材質に与える影響
試験地の情報	スライド 3	試験地
	スライド 4	「合自然的造林方法の確立」試験地の設定
	スライド 5	施業履歴
	スライド 6	成長量（樹幹解析）の調査方法
	スライド 7	樹幹解析の解析結果
強度測定方法	スライド 8	材料強度の測定方法①応力波伝搬時間測定（FAKOPP）
	スライド 9	材料強度の測定方法②縦振動法による動的ヤング係数の測定
結果	スライド 10	結果①FAKOPPでの測定結果
	スライド 11	結果②縦振動法でのヤング係数の測定結果
	スライド 12	まとめ
今後の試験	スライド 13	今後の試験

背景

- ①現在、低コスト林業の実現のため、植栽密度を2000本/ha以下とする「**低密度植栽**」が注目されている。
- ②「**低密度植栽**」が植栽木に与える影響について、成長量を調査した事例はあるが、材質に与える影響を調査した事例は少ない。



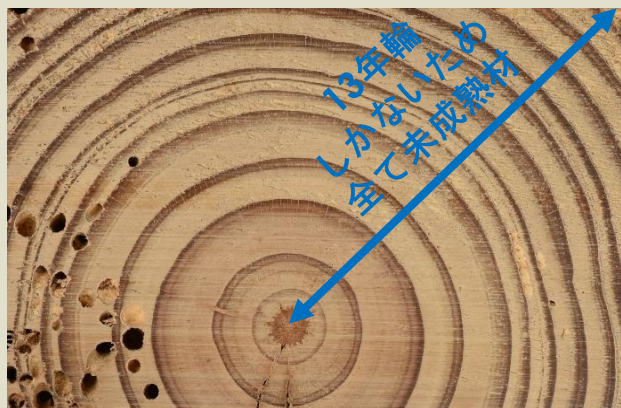
本研究では、3つの植栽密度から採取した供試体を用いて、成長量の調査（樹幹解析）を行うとともに、

- ①立木の状態で応力波伝搬速度の計測
 - ②丸太の状態で縦振動法による動的ヤング係数の測定
- を行い、**植栽密度の違いが材質に与える影響を簡易的に評価**した。

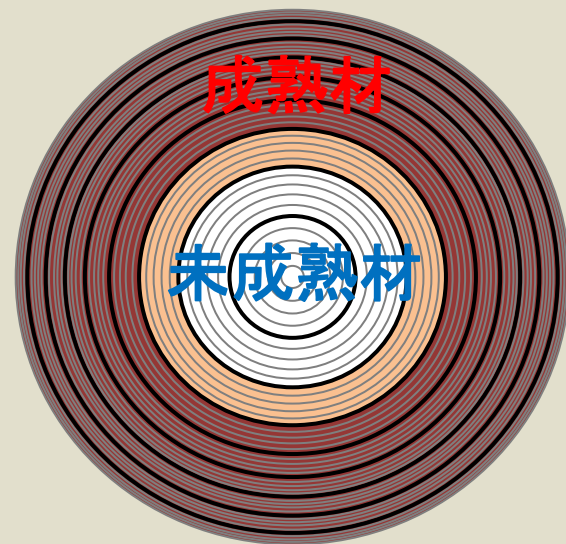
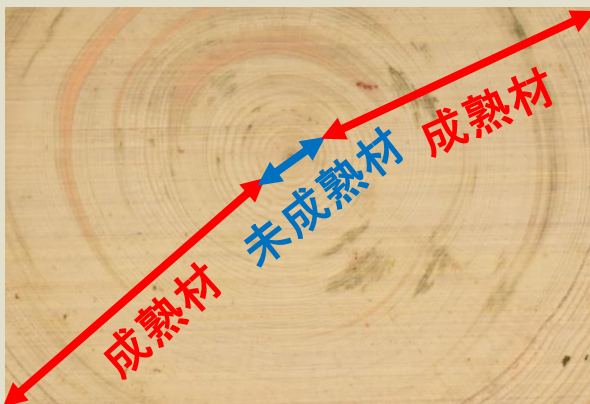
植栽密度が材質に与える影響

- ①スギ・ヒノキ材は、0～15年輪の部分については「**未成熟材**」と呼ばれ、15年輪以降に形成される「**成熟材**」と比較して強度が低い。
- ②植栽密度が高いほど初期成長が抑えられるため、「**未成熟材**」の部分が少なく強度の高い材が得られる。（Ex.吉野林業）
- ③低密度植栽の場合、植栽木と自然発生する植生との競争があるため、材質にどの程度の影響があるか評価が難しく、調査事例の積み重ねが必要。

未成熟材が大部分
を占めている例



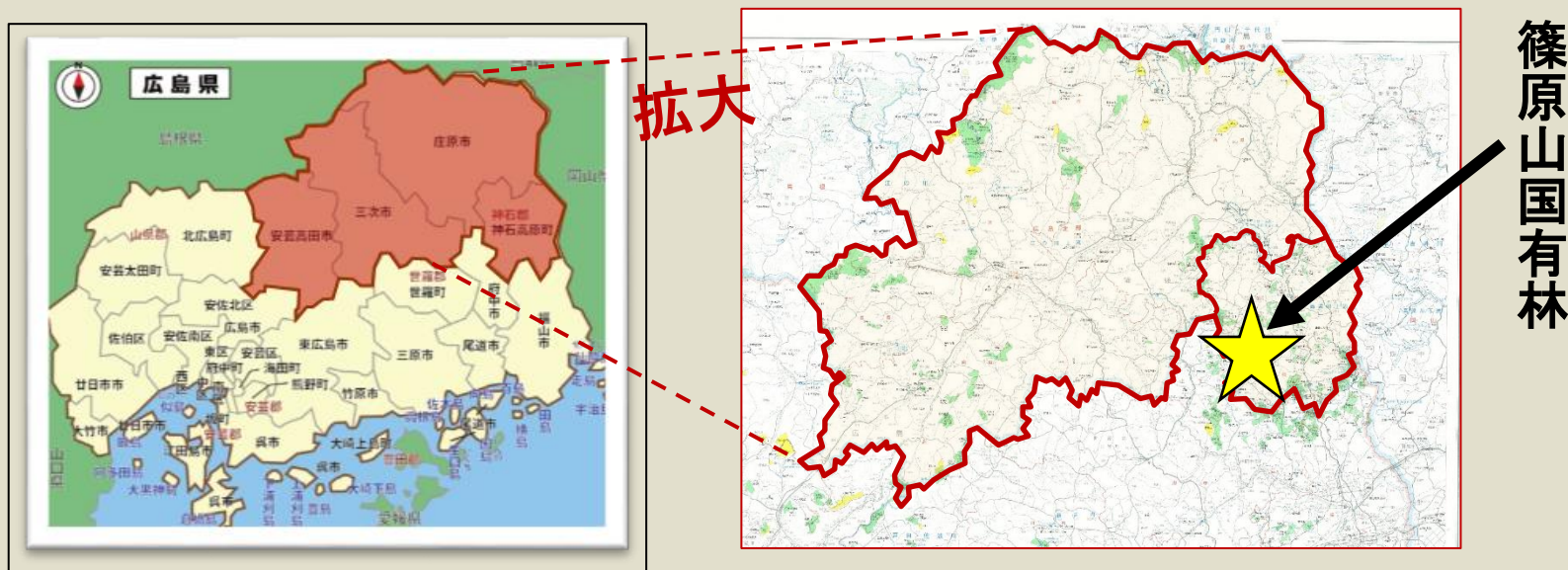
成熟材が大部分を
占めている例



※ 2 枚の写真とも縮尺は同じ
(写真の材は本研究とは関係ないもの)

試験地

- ①試験地は広島県神石高原町にある篠原山国有林。
- ②平成4年度に超低コストな施業方法「合自然的森林施業方法の確立」の試験地を設定し10年間の生育調査を実施した箇所。
- ③当時の試験区としては1,000本/ha、1,500本/ha、3,000本/haの3区を設定。
- ④植栽した樹種はヒノキ。



「合自然的造林方法の確立」試験地の設定

平成5年1月29日設定

自然的区① (1,500本/ha)



自然的区② (1,000本/ha)



対象区 (3,000本/ha)



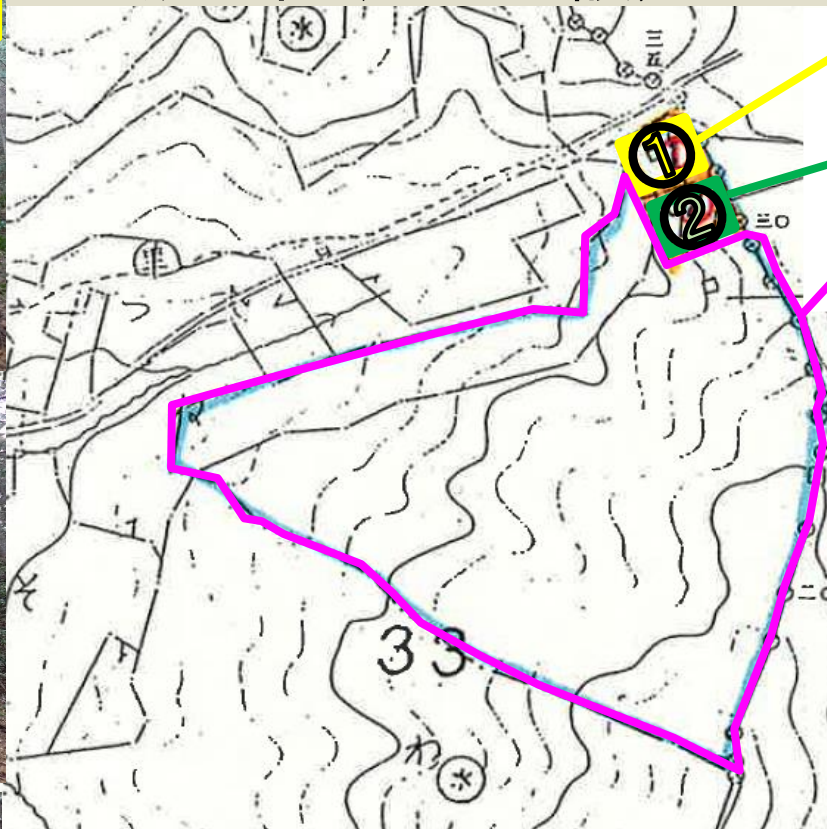
自然的区①

自然的区②

対照区

試験地の概要

場 所	篠原山国有林 733-Ⅰ か林小班
標 高	600～680m
傾 斜	中 (15～30度)
方 位	西
地 質	中生層
土壌型	B B
年間降水量	1,366mm (油木)



	面積	植栽本数	列間	苗間
自然的区①	0.12ha	1,500本/ha	3.0m	2.2m
自然的区②	0.12ha	1,000本/ha	4.0m	2.5m
対照区	5.70ha	3,000本/ha	1.8m	1.8m

試験地の施業履歴

前生樹の林況 林齢60年生のヒノキ、アカマツ、その他L

下層植生 ヒサカキ、マツ、ソヨゴ、カヤ、サルトリイバラ、ヤマグミ、ヤマハギ、ヌルデ、クロモジ、オオカワイチゴ、ツゲ、アカメガシ、タラノキ、ネムノキ、サンショウ

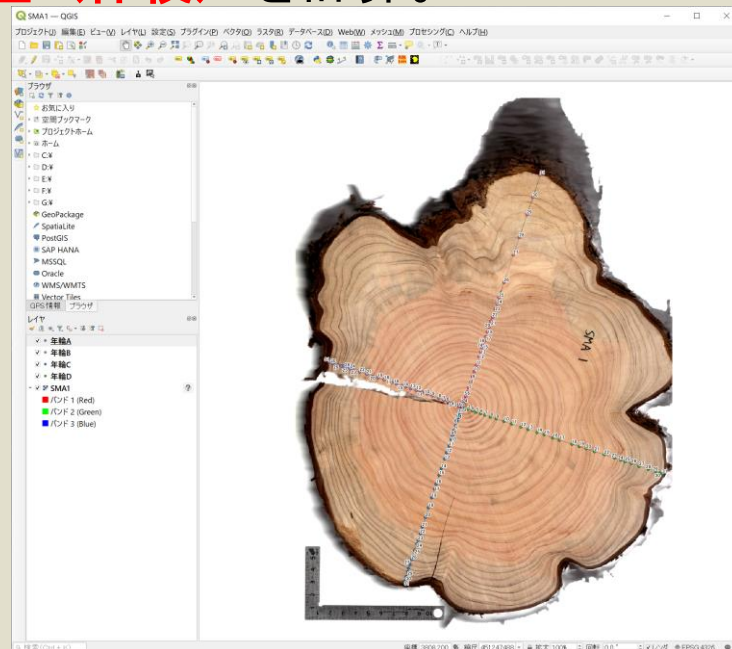
保育作業等

区分	平成4年度		2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	備 考
	平成4年11月	平成5年3月	平成6年度	平成7年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度	
	地ごしらえ	植栽	下刈り	下刈り	下刈り	下刈り	下刈り	
自然的区① 1,500本 0.12ha	○	○	×	×	×	×	×	自然的区の地ごしらえは、数年後植栽木の支障になる灌木のみ刈り払い
自然的区② 1,000本 0.12ha	○	○	×	×	×	×	×	
対象区 3,000本 5.70ha	○	○	○ 4.90ha実施 80%	○ 4.90ha実施 80%	○ 5.70ha実施	○ 5.70ha実施	×	地ごしらえは、5.70haの内3.00haを実施

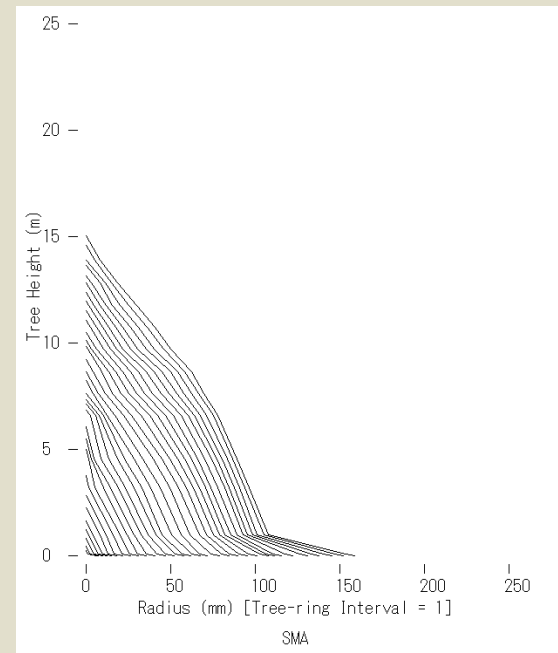
弘兼光秀（1996）合自然的造林方法の確立（第一報）より引用

成長量の調査方法（樹幹解析）

- ①各試験区3本、合計9本、各試験区の平均直径に近い3本を選木し、丸太を採取。伐採した丸太から1～2 mごとに1枚の円盤型試験体を採取。
- ②試験体をスキャナーを用いて画像化。
- ③画像化したものをQGIS(フリーソフト)に取り込み**年輪幅を4方向測定**。
- ④測定した年輪幅をSDA（Stem Density Analyzer ver1.09）に取り込み、**成長量（体積）**を計算。



QGISで年輪幅を測定している様子



SDAで解析した結果

樹幹解析の解析結果

① **1000**本/ha区、**1500**本/ha区、**3000**本/ha区の各結果を、15年目までの材積と全材積（伐採時樹齢32年）で比較を行った結果、どちらも有意な差はなかった（Tukey $P>0.10$ ）。

② 15年目までの材積を比較した結果、有意差はなかったものの**3000**本/ha区が材積量が多い結果となった(Tukey $P=0.12$)。←下刈りの有無が影響？

ただし15年輪以降（樹冠閉鎖後）は**3000**本/ha区での成長量が落ちており（図2）、全材積の比較ではほとんど差がなくなっていた(Tukey $P>0.88$)。

➡ **3000**本/ha区の未成熟材の割合は高い（≒強度が低い）可能性がある。

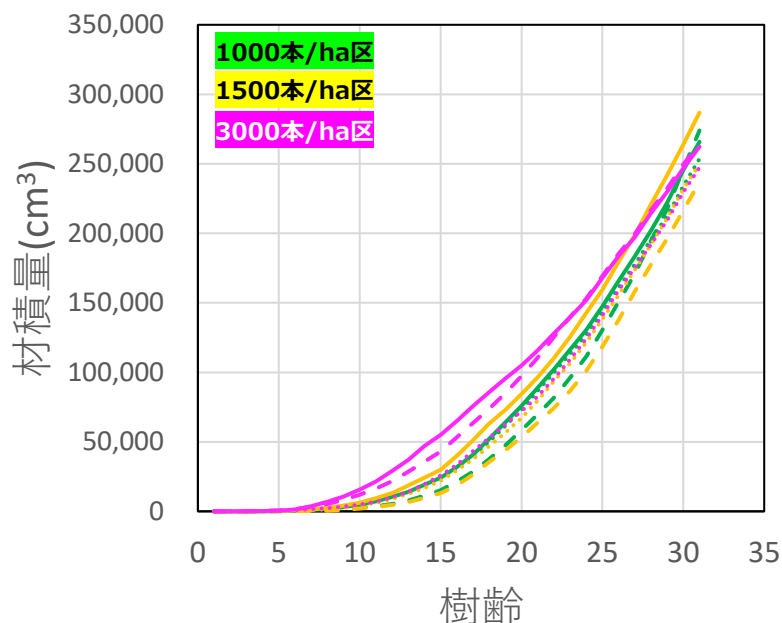


図1 樹齢ごとの全材積量

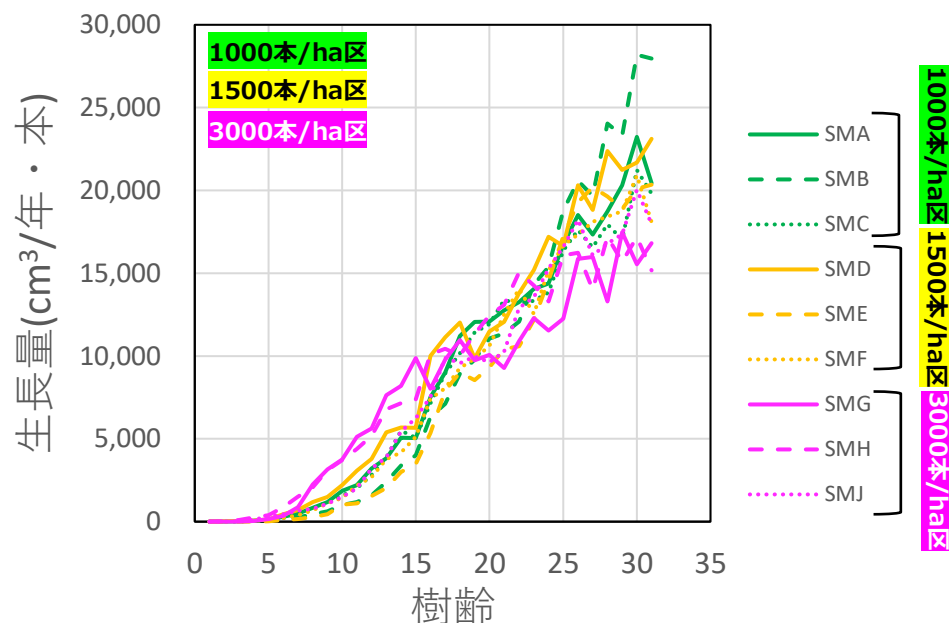
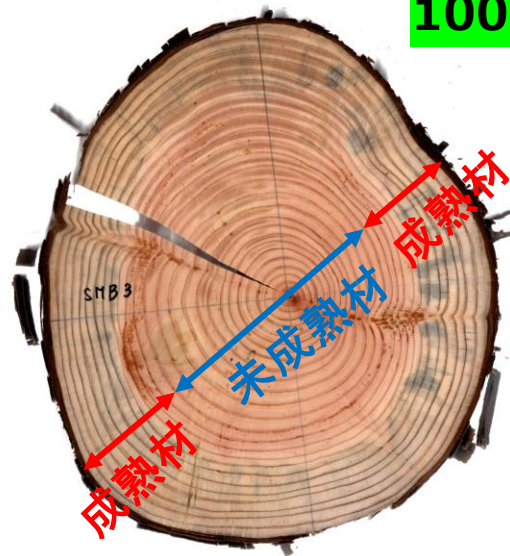


図2 樹齢ごとの単年成長量

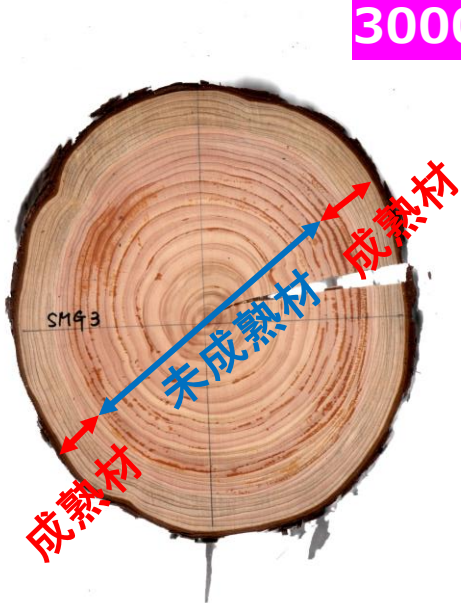
1000本/ha区



1500本/ha区



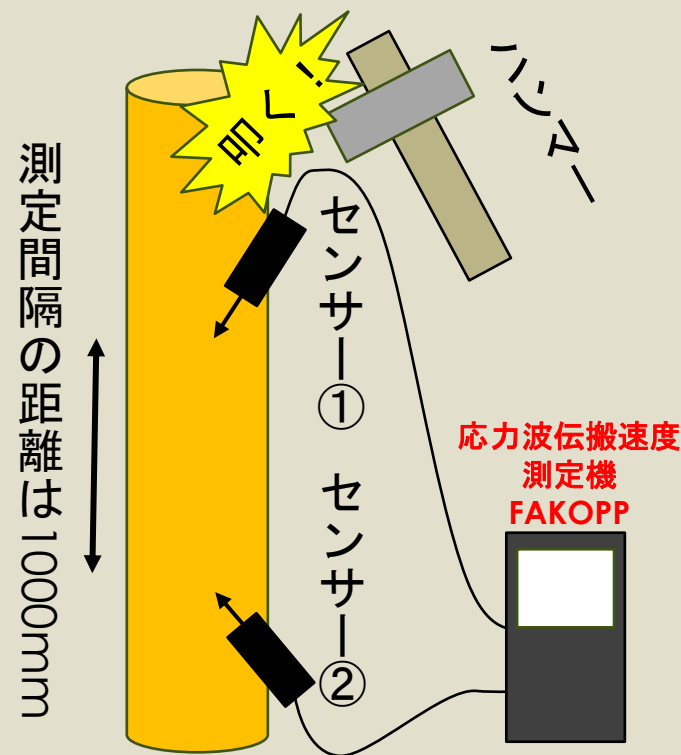
3000本/ha区



材料強度の測定方法①

応力波伝搬速度測定（FAKOPP）

- ① **応力波速度測定器（FAKOPP）** による応力波伝搬時間の計測。
- ② 測定本数は各試験区5本の合計15本。試験区の中で胸高直径が平均値に近い5本を選出した。

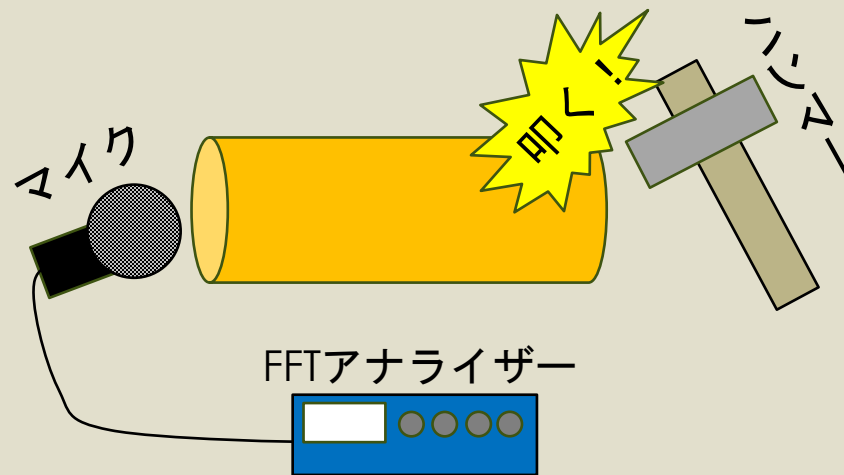


方法：センサー①をハンマーで叩き、
センサー①から②まで**応力波**
が到達する時間を測定

材料強度の測定方法②

丸太の縦振動法による動的ヤング係数の測定

- ①試験体数は各試験区から立木3本（立木1本につき丸太3本採取）の合計27体。
- ②「構造用木材の強度試験マニュアル」に従って丸太の状態でクッション材の上に置き縦振動法により固有振動数を測定し、**動的ヤング係数を計測**をした。

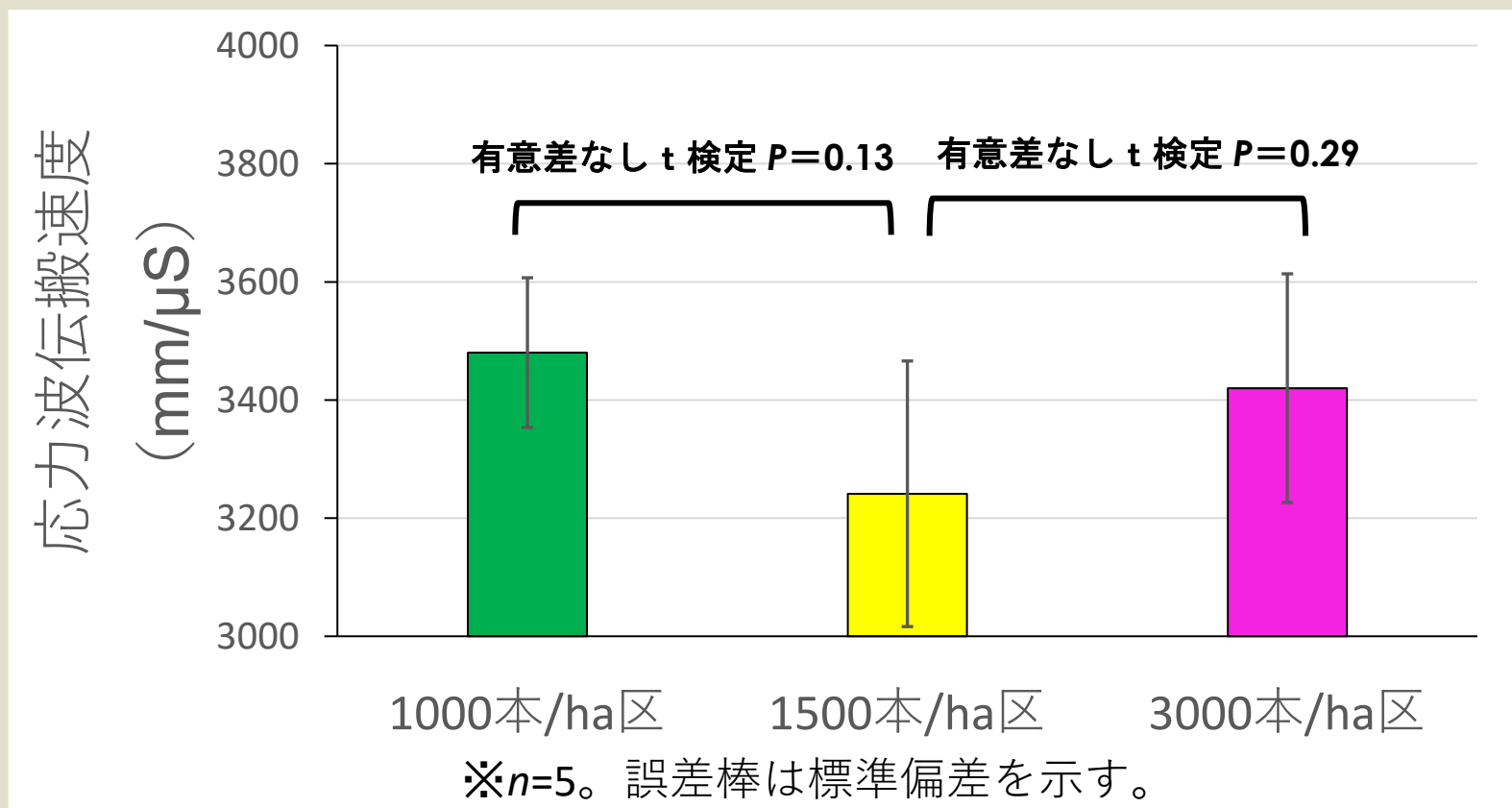


方法：丸太の木口をハンマーで叩き、固有振動数をFFTアナライザーで測定する。

結果①応力波伝搬速度の測定結果

多重比較を行った結果、植栽密度（1000本/ha、1500本/ha、3000本/ha）の違いによって有意な差は確認されなかった。

⇒ただし1000本/ha区では1500本/ha区と比べて有意差はなかったものの、**平均値が高かった**。

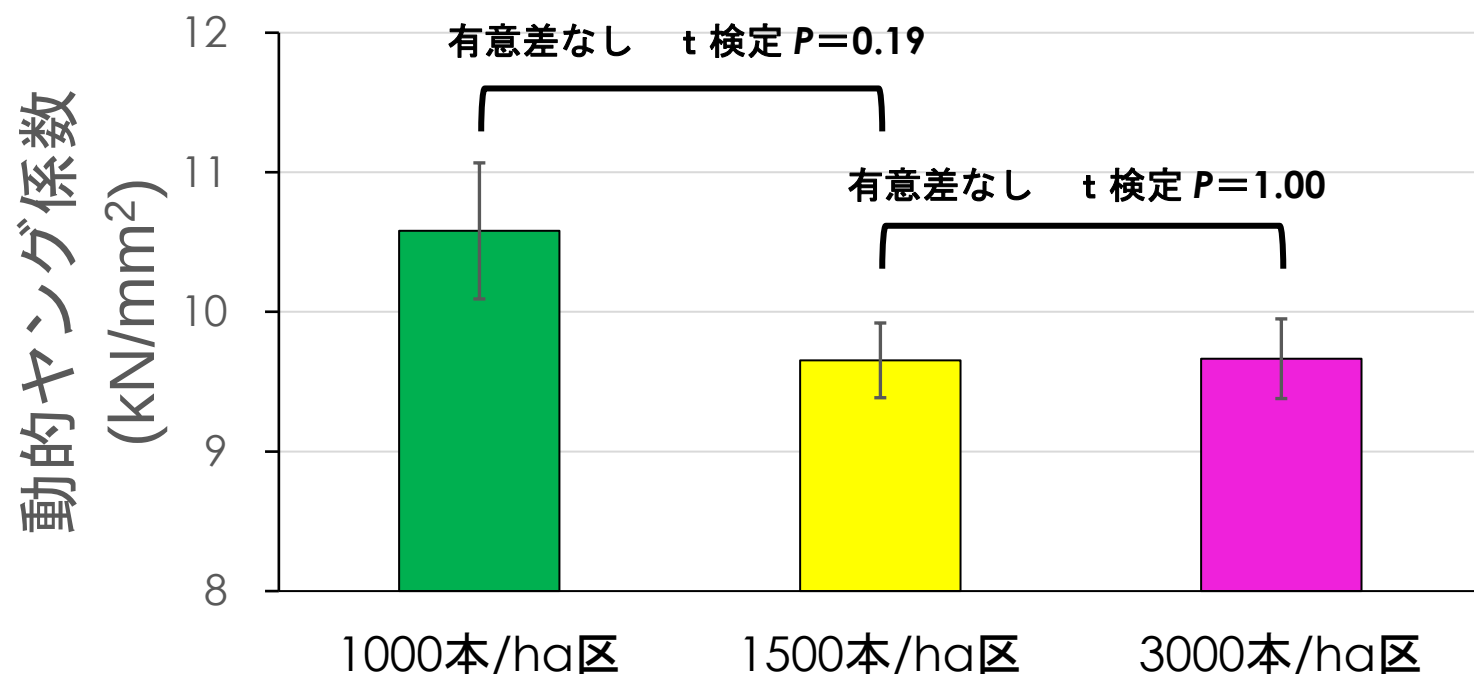


応力波伝搬速度は**速い**ほうが強度が**高い**傾向があることが確認されている。

結果②縦振動法のヤング係数の測定結果

動的ヤング係数を植栽密度（1000本/ha、1500本/ha、3000本/ha）で比較したが、すべての比較で有意差はなかった(Tukey Test)。

⇒1000本/ha区で**平均値が高い**のは未成熟材の割合が低いことが影響？



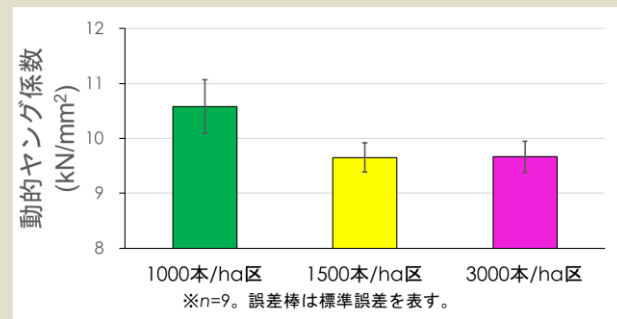
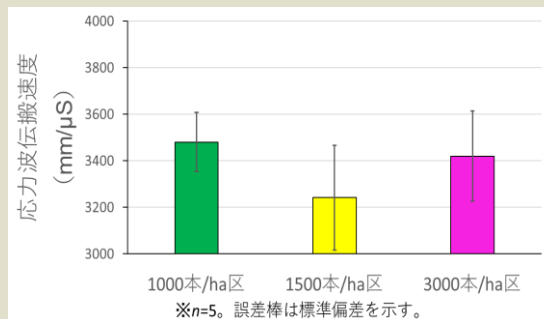
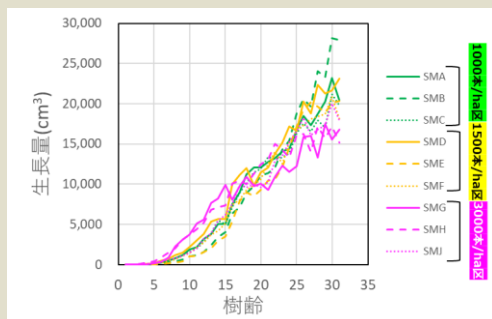
ヤング係数は**高い**ほうが強度が**高い**傾向があることが確認されている。

まとめ

- ①成長量（樹幹解析）を測定した結果、植栽密度の違いによる成長量の差はなかった。
- ②立木の応力波伝搬速度を測定した結果、植栽密度の違いによる有意な差は認められなかった。
- ③原木丸太の縦振動法による動的ヤング係数を測定した結果、植栽密度の違いによる有意な差は認められなかった。

以上の結果から、本研究の試験体数は少ないため、結論は限定的ではあるものの低密度植栽（1000～1500本/ha）が材料強度に与える影響について、通常植栽（3000本/ha）と比較してほとんどないという結果となった。また、下刈りを省略することで低密度植栽においても初期成長が抑えられるため、比較的高い強度の材が得られる可能性が示唆された。

ただし、今回行った強度推定方法は、簡易的な指標を用いたものであるので、実際の曲げ試験を実施し詳細な強度試験データを調査する必要がある。

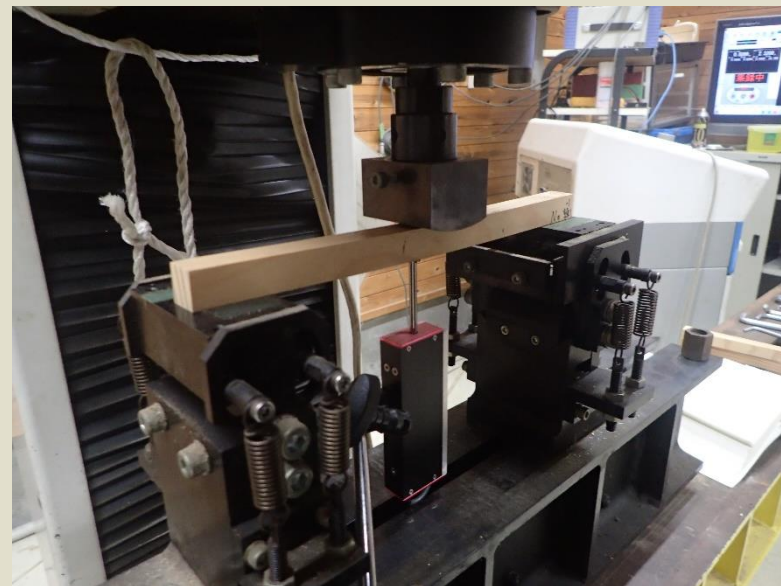


今後の試験

- ①丸太から板を製材したのち無欠点試験体を採取し、JIS Z2101に従って曲げ試験を実施。
- ②丸太から2×4材を製材しているので節径比の測定を実施。

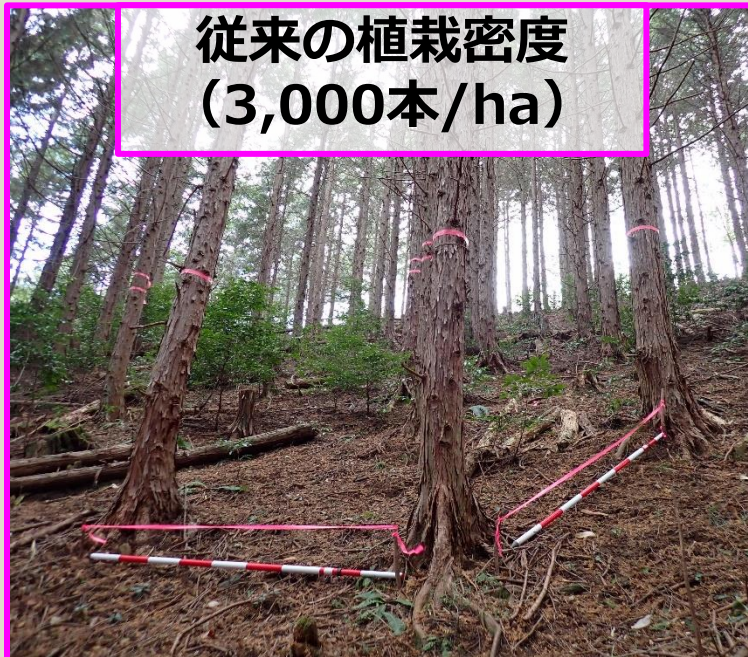


作製した板材と2×4材
(現在、天然乾燥中)



JIS Z 2101に従って行っている曲げ試験
(写真の試験材は本研究と無関係のもの)

**従来の植栽密度
(3,000本/ha)**



本研究は、近畿中国森林管理局との共同研究
「低密度植栽による林業用樹種の成長と材質
特性に関する研究」の一環で行いました。

**低密度植栽
(1,000本/ha)**



低コスト林業へ

ご清聴ありがとうございました