

県産ヒノキ中径材から採材されるラミナの の曲げヤング率と機械等級の出現率

県内スギ・ヒノキ人工林は、年々肥大成長が進み、現在、原木市場等へ搬出される丸太は、末口径 20cm 以上の中径材が増加しており、その用途拡大が喫緊の課題となっています。その用途の一つとしては、構造用集成材やCLT（直交集成板）の原材料となる挽き板（ラミナ）としての利用が考えられますが、ラミナを効率よく利用する上では、県産スギ・ヒノキ中径材からどれくらいの曲げヤング率を有するラミナが取れるのかを明らかにしておく必要があります。

そこで、当研究所では、今まで未調査であった、県産ヒノキ中径材（丸太）から採材されるラミナの曲げヤング率について、その出現率を採材位置別に調査しました。また、ラミナの曲げヤング率に基づく機械等級の出現率と丸太の縦振動ヤング率との対応表を作成しました。

丸太の縦振動ヤング率の求め方（タッピング法）

【測定に必要なもの】

- ① 直径巻尺とメジャー
- ② 台秤または吊り秤（吊り用スリングとシャックル含む）
- ③ FFTアナライザ（騒音計とプラスチックハンマー含む）
- ④ 丸太の支持台（フォークリフトで代用可能）
- ⑤ フォークリフト



【測定手順】

- ① 末口と元口の直径（cm）を測定
- ② 材長（m）を測定
- ③ 丸太を円錐台とみなして下式より材積（m³）を算出

※ 直径巻尺を使用すると、木口面が楕円状でも平均的な直径が測定できます

$$\text{材積} = \frac{\pi}{3} \times \left\{ \left(\frac{\text{末口径}}{200} \right)^2 + \left(\frac{\text{末口径}}{200} \times \frac{\text{元口径}}{200} \right) + \left(\frac{\text{元口径}}{200} \right)^2 \right\} \times \text{材長}$$

※ 簡易な末口二乗法（末口径×末口径×材長）で材積を算出した場合、誤差が大きくなります

- ④ 台秤や吊り秤等で重量（kg）を測定
吊り秤の場合、フォークリフトの爪とスリングを使用して、丸太を吊り下げて重量を測定
※ 丸太 3m 長であれば最大秤量 200kg 程度の秤が必要
※ 重量計測装置を取り付けたフォークリフトであれば丸太をリフトするだけで重量測定できます
- ⑤ 密度（kg/m³）を重量÷材積で算出
- ⑥ 木口打撃により共振周波数（Hz）を測定



丸太を支持台またはフォークリフトの爪に載せ、木口をプラスチックハンマーで打撃した振動音を、反対の木口に当てた騒音計で拾い、FFTアナライザ（周波数分析器）を用いて共振周波数を測定



※ 打撃振動音が、丸太支持台と共振しないように、支持台と丸太の間にはスポンジ等の緩衝材を挟みます。
 リフトの場合は、爪の上にゴムマットや爪保護用のゴム製カバー（裏面は磁石）を付けます。

上記の手順で測定した材長、密度、共振周波数を用いて、下式より縦振動ヤング率を算出します。

$$\text{縦振動ヤング率} = (2 \times \text{材長} \times \text{共振周波数})^2 \times \text{密度} \div 10^9$$

[GPa または kN/mm²] [m] [Hz] [kg/m³]

※ 縦振動ヤング率は、日本農林規格の機械等級区分を行う方法の一つとして用いられています

丸太の形質と縦振動ヤング率

本調査で用いた県産ヒノキ中径材（末口径φ22～26cm、材長3m）は、紀北町産40本と尾鷲市産40本の計80本で、形質（末口側及び元口側の直径と年輪数、密度）と、上記タッピング法により求めた縦振動ヤング（E_{fr}）の測定結果は右表のとおりでした。

紀北町産ヒノキ中径材（40本）

	末口側		元口側		密度 (kg/m ³)	E _{fr} (GPa)
	径(mm)	年輪数	径(mm)	年輪数		
平均値	245	52	273	57	740	11.72
最小値	224	41	246	48	634	8.39
最大値	270	61	301	66	833	13.76
標準偏差	13.4	5.3	15.7	4.7	43.5	1.15

尾鷲市産ヒノキ中径材（40本）

	末口側		元口側		密度 (kg/m ³)	E _{fr} (GPa)
	径(mm)	年輪数	径(mm)	年輪数		
平均値	245	56	273	64	729	11.42
最小値	224	43	252	50	590	8.22
最大値	264	67	290	71	805	14.79
標準偏差	10.9	4.6	10.8	4.6	43.0	1.30

粗挽きラミナの採材と乾燥

粗挽きラミナは、丸太の直径方向において、外周（外側）から2枚、外周と中心の間（中間）から2枚、中心（内側）から1枚の計5枚を、幅146mm×厚さ37mmの寸法で採材しました。これより、丸太80本から計400枚の粗挽きラミナを得ました。

粗挽きラミナの乾燥は、紀北町産の場合、蒸気式中温乾燥（乾球温度50～65℃、乾湿球温度差4～20℃）、尾鷲市産の場合、天然乾燥（栈積み状態）により行いました。



粗挽きラミナの採材位置と枚数

ヒノキラミナの材質と曲げヤング率の出現率

最終的にラミナは、乾燥後、幅 120mm×厚さ 30mm×材長 3mの寸法に仕上げました。また、仕上げ後のラミナの材質調査結果は下表のとおりでした。

紀北町産ヒノキラミナ (200 枚)

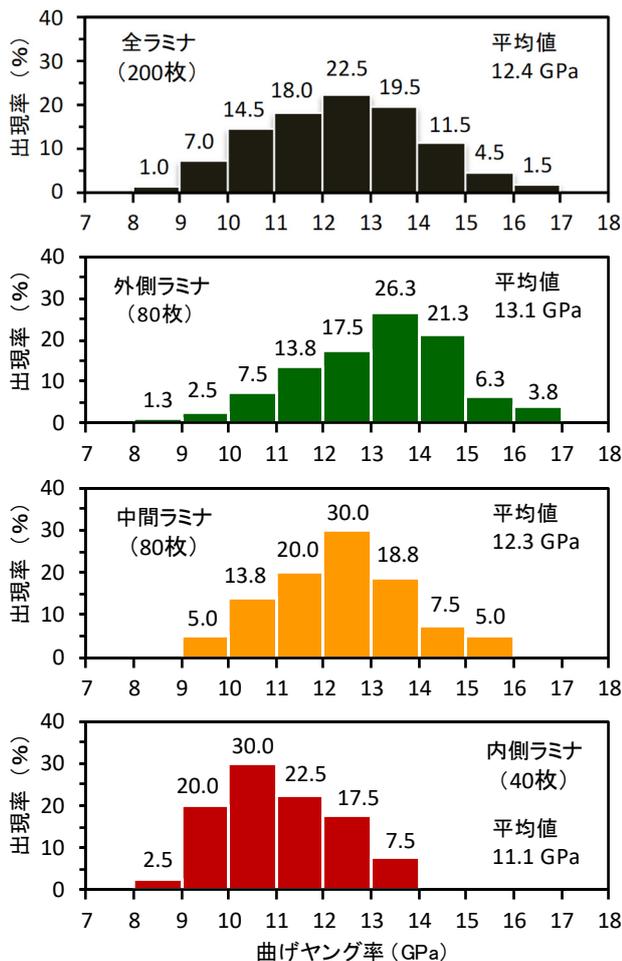
	平均年輪幅(mm)		節径比(%)		密度 (kg/m ³)
	末口側	元口側	材縁節	集中節	
平均値	3.0	3.2	20.8	31.5	521
最小値	1.2	1.2	0.0	0.0	427
最大値	7.7	8.3	47.3	62.7	625
標準偏差	1.26	1.38	12.8	13.6	44.9

尾鷲市産ヒノキラミナ (200 枚)

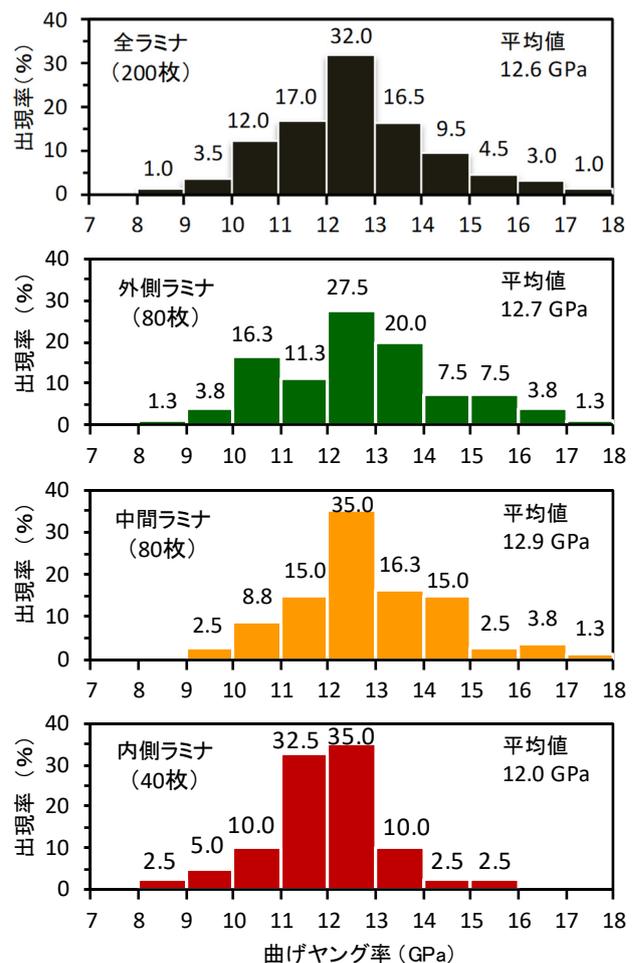
	平均年輪幅(mm)		節径比(%)		密度 (kg/m ³)
	末口側	元口側	材縁節	集中節	
平均値	2.6	2.7	20.9	29.1	519
最小値	1.1	1.4	0.0	0.0	423
最大値	4.9	5.5	50.8	60.7	612
標準偏差	0.79	0.83	12.6	12.5	34.8

ラミナの曲げヤング率は、材長を半分カットした半長ラミナ (1.5m長) を用いて曲げ強度試験を実施し、その試験より求めた各半長ラミナの曲げヤング率の平均値として求めました。なお、ラミナの含水率を全乾法により測定した結果、紀北町産が平均 11.6% (10.6~15.4%)、尾鷲市産が平均 14.6% (13.3~19.0%) でした。また、この含水率を基に、含水率 15% 時の数値に補正した曲げヤング率の出現率は下図のとおりでした。これより、採材位置別の曲げヤング率は、内側より中間や外側のラミナの方が、より高いものが出現しやすいという傾向が確認されました。

紀北町産ヒノキラミナ



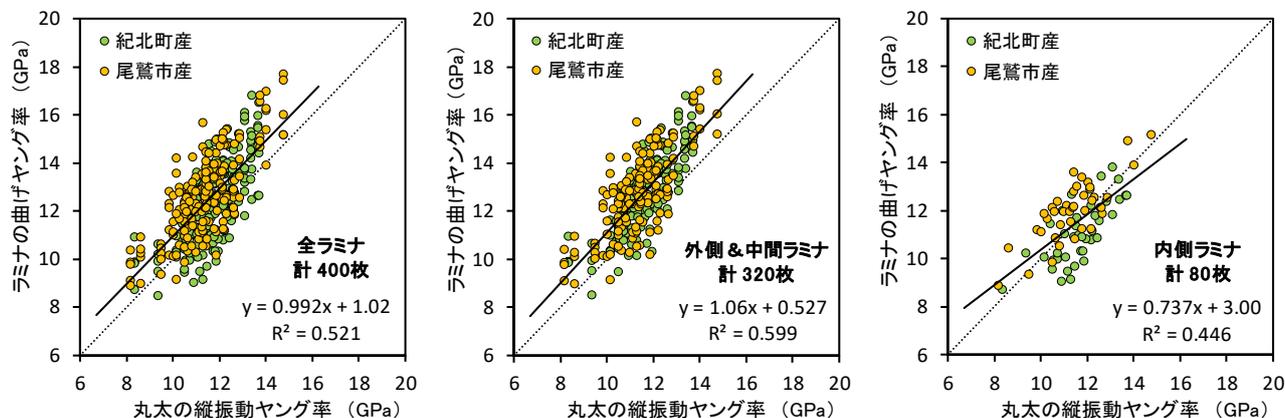
尾鷲市産ヒノキラミナ



【 ヒノキラミナの曲げヤング率の出現分布 】

縦振動ヤング率による丸太選別とラミナの曲げヤング率の出現率の関係

丸太の縦振動ヤング率とラミナの曲げヤング率の間には、下図のとおり相関関係が認められました。また、その相関は、外側及び中間ラミナに限定した方が、より高いことが分かりました。これより、ラミナの曲げヤング率は、丸太の縦振動ヤング率からある程度予測可能と言えます。



丸太の縦振動ヤング率の下限值を定め、各下限値以上の丸太を選別し、収集する際の丸太の出現率と、各下限値以上の丸太から取れるラミナの機械等級（集成材の日本農林規格に準拠）別の出現率を下表にとりまとめました。今後、集成材の作製時において、必要な機械等級ラミナの調達の可否や丸太の選別基準を判断する上で参考にしてください。

県産ヒノキ丸太(80本)		全ラミナ(400枚)の機械等級別の出現率 (%)						
縦振動ヤング率 下限値	出現率 (%)	集成材用ラミナの機械等級						
		L80	L90	L100	L110	L125	L140	L160
8 GPa ≦	100	1	5	13	31	32	15	3
9 GPa ≦	96	0	4	12	32	33	16	3
10 GPa ≦	93	0	3	11	32	34	16	3
11 GPa ≦	70	0	1	7	28	39	21	4
12 GPa ≦	35	0	0	3	20	36	33	8
13 GPa ≦	11	0	0	0	4	24	47	24
14 GPa ≦	3	0	0	0	0	10	30	60

県産ヒノキ丸太(80本)		外側&中間ラミナ(320枚)の機械等級別の出現率 (%)						
縦振動ヤング率 下限値	出現率 (%)	集成材用ラミナの機械等級						
		L80	L90	L100	L110	L125	L140	L160
8 GPa ≦	100	1	3	12	28	35	18	3
9 GPa ≦	96	0	2	10	29	36	19	4
10 GPa ≦	93	0	1	9	30	37	20	4
11 GPa ≦	70	0	0	4	24	42	25	5
12 GPa ≦	35	0	0	1	14	36	39	10
13 GPa ≦	11	0	0	0	0	17	53	31
14 GPa ≦	3	0	0	0	0	0	25	75

※ 黄色地は機械等級による出現率のピーク箇所

編集・発行：三重県林業研究所・令和2(2020)年3月

〒515-2602 三重県津市白山町二本木 3769-1 TEL 059-262-0110 FAX 059-262-0960

<http://www.pref.mie.lg.jp/ringi/hp/index.htm>