

和歌山県産スギ・ヒノキ原木の強度性能における 簡易測定法の適合性

栗原香名子・松久保康輔・一岡直道¹・山裾伸浩

和歌山県林業試験場

Suitability of Simplified Measurement Method for Strength Performance of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Logs Produced in Wakayama Prefecture

Kanako Kurihara, Kosuke Matsukubo, Naomichi Ichioka and Nobuhiro Yamasuso

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

緒 言

2021年10月、「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律（通称：都市（まち）の木造化推進法）」により、公共建築物だけでなく民間の建築物の木材利用が推進されている。本県においても、「和歌山県木材利用方針」（和歌山県，2021）によって建築物等における木材の利用促進に関する事項を定めており、また、「紀州材を利用した公共建築物の整備のすすめ」（和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課，2023）によって公共建築物への紀州材の活用を促進している。それに伴い、強度性能が明らかな JAS（日本農林規格）製品の需要が高まっており、その効率的な供給が必要となっている。そのためには、原木段階で強度性能、すなわち変形しにくさを表す指標であるヤング係数に応じた選別を行うことが有効であると考えられる。実際、推定密度を用いたヤング係数の測定手法による原木の強度等級判別は、原木段階におけるラミナの強度等級予測においても有効であり、原木の強度等級判別にかかるコストの面でも実用的な手法であるとの報告がある（岸ら，2022）。

これまで、本県では県産スギ・ヒノキ原木を対象に、簡易な方法によって強度性能に応じた選別を行うための基礎資料を得ることを目的として、木口面をハンマーで打撃することで得られる振動周波数によってヤング係数を測定できる機器を使用し、余尺（実際の材長と公称長との差）を考慮せず所定の密度を用いて計算した簡易な方法によるヤング係数（以下、「簡易ヤング係数」という。）を測定することで、合計 12,000 本超のデータを集計し、報告している（山裾・一岡，2021）。しかし、実測の材長および密度を用いて更に詳しく計算したヤング係数（以下、「詳細ヤング係数」という。）との間に生じる乖離については、十分な考察を行っていない。

そこで、今回は簡易ヤング係数と詳細ヤング係数を比較することで、詳細ヤング係数に対する簡易ヤング係数の適合性を評価したので報告する。

¹現在：和歌山県日高振興局農林水産振興部林務課

材料および方法

1. 材料

2022～2025 年の 4 か年，県内の民間事業者所有の土場，原木市場において，スギ 622 本，ヒノキ 601 本，計 1,223 本の原木を供試した．公称長は 3m 又は 4m で，径級はスギ原木で 10～44cm，ヒノキ原木で 10～36cm であった．

2. 原木の試験方法

測定項目は，材長，重量並びに両木口面（元，末）の短径および長径とした．両木口面における直径は短径と長径の平均値とし，原木の平均直径は両木口面における直径の平均値とした．重量は，フォークリフトと吊り秤を用いて測定した（図 1）．

原木の密度については，重量(kg)を材積（以下の式より算出）により除した値とした．

$$V=L \times (D/2)^2 \times \pi / 10^6$$

V:材積(m³)，L:材長(m)，D:平均直径(mm)， π :円周率

さらに，簡易型強度測定器（(株) エーティーエー製 HG2020sp，図 2）を用いて木口面をハンマーで打撃して得られる固有振動周波数を測定した（図 3）．そして，以下の式を用いてヤング係数を計算した．

$$E=4 \times f^2 \times L^2 \times \rho / 10^6$$

E:ヤング係数(GPa)，f:周波数(Hz)，L:材長(m)， ρ :密度(g/cm³)

本報告では，①公称長および密度 0.7g/cm³ 一定（簡易型強度測定器の標準設定）として計算した簡易ヤング係数，②実測の材長および密度を用いて計算した詳細ヤング係数の 2 種類を求めることで両者を比較し，簡易ヤング係数の適合性を評価することとした．



図 1 原木の重量測定



図 2 簡易型強度測定器



図3 木口打撃による周波数測定

結果および考察

1. 原木の測定結果

原木の測定結果は表1のとおりであった。なお、スギ、ヒノキの材長は公称長の3m又は4mに近い長さで揃えられているが、公称長との差を余尺として示した。

ヒノキの方がスギよりも簡易および詳細ヤング係数が高く、また、スギ、ヒノキともに、詳細ヤング係数の方が簡易ヤング係数よりも高くなる傾向が得られた。

表1 原木測定の結果

樹種	本数	余尺 (mm)	平均直径 (mm)	密度 (g/cm ³)	簡易ヤング係数 (GPa)	詳細ヤング係数 (GPa)	
スギ	622	平均	190	280	0.796	7.43	9.14
		最大値	583	504	1.121	14.10	15.59
		最小値	-45	129	0.453	2.99	3.90
		標準偏差	78	65	0.121	1.52	1.64
ヒノキ	601	平均	166	244	0.740	10.06	11.42
		最大値	593	386	1.070	15.25	16.23
		最小値	-2	118	0.453	4.91	6.84
		標準偏差	65	47	0.104	1.74	1.50

2. 簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係および強度等級区分

簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係を図4に示す。相関係数について、スギは $R^2=0.477$ 、ヒノキは $R^2=0.337$ となり、スギ、ヒノキともに簡易ヤング係数と詳細ヤング係数には有意水準1%の正の相関が認められ、簡易な方法でも実際のヤング係数を概ね把握することが可能であると推察された。

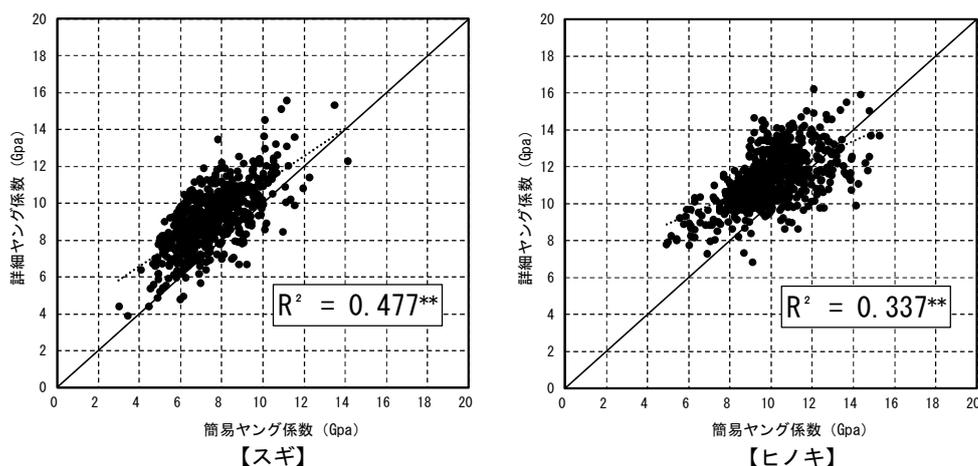


図 4 簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係

** : 1%水準で有意

県産スギおよびヒノキ原木の強度等級分布を図 5 に示す。なお、強度等級の区分については、素材の日本農林規格（農林水産省，2022）の縦振動ヤング係数区分に準拠した。スギの場合、簡易ヤング係数では Ef70，詳細ヤング係数では Ef90 が最頻となった。一方、ヒノキの場合、簡易ヤング係数および詳細ヤング係数ともに Ef110 が最頻となった。なお、今回の強度等級分布は合計 1,223 本の原木によるデータであるが、12,000 本超を対象とした当試験場の既報（山裾・一岡，2021）とおおむね一致することから、県産スギ、ヒノキ原木を対象とした簡易ヤング係数の適合性について検討するうえで、妥当なデータであると考えられた。

各等級の出現頻度を高い方から見ると、スギの場合、簡易ヤング係数では Ef70，Ef90 であったのに対し、詳細ヤング係数では Ef90，Ef110 であった。また、ヒノキの場合、簡易ヤング係数では高い方から順に Ef90，Ef70 であったのに対し、詳細ヤング係数では Ef110，Ef130 であり、スギ、ヒノキともに最も高い頻度、次に高い頻度の等級を見ても、詳細ヤング係数の方が高くなることが確認された。以上のことから、原木の強度性能に基づく選別において簡易ヤング係数の数値を採用することで、その原木は想定以上の性能を有する場合が多くなると考えられるため、所定の強度性能が要求される製材品へ加工する際に、目安となることが期待できる。

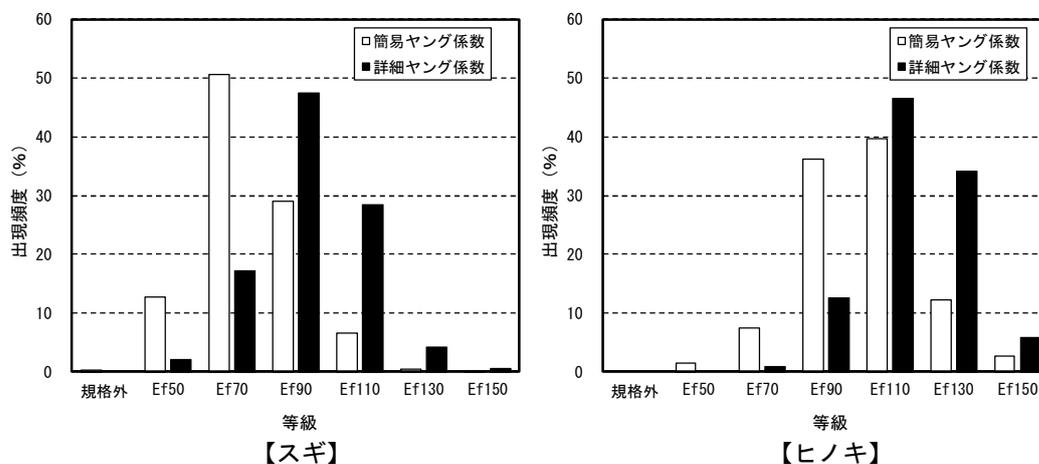


図 5 スギ・ヒノキ原木の強度等級分布

3. 余尺および密度の影響

本報告で用いた打撃振動によるヤング係数の計算式 ($E=4 \times f^2 \times L^2 \times \rho / 10^6$) には、材長 L および密度 ρ が因子として含まれている。今回の簡易ヤング係数では、公称長および所定の密度 (0.7g/cm^3) を用いているため、詳細ヤング係数との乖離は余尺および実測密度との差に起因している。そこで、スギ、ヒノキそれぞれ 3m 材と 4m 材に分けて、それらを比較した結果を表 2 に示す。余尺が長く材長に占める割合が大きくなるほど、また、密度が 0.7g/cm^3 よりも高くなるほど、簡易ヤング係数は詳細ヤング係数と比べて低い数値となる。余尺が材長に占める割合が平均 4.1% (ヒノキ 4m 材) ~5.9% (スギ 3m 材) であったこと、また、密度の平均値がいずれの樹種、材長の区分においても平均値が 0.7g/cm^3 を超えていたことから、簡易ヤング係数が詳細ヤング係数に比べて平均 82% (スギ 4m 材) ~90% (ヒノキ 3m 材) となることが確認された。ただし、余尺および実測密度によっては 55~142% の原木が出現することもあってばらつきが大きく、特に簡易ヤング係数が過大評価となることもあるので注意が必要である。

表 2 余尺、実測密度との差、並びに詳細ヤング係数に対する簡易ヤング係数の比

【スギ】

	3m材 (n=28)				4m材 (n=594)			
	余尺	余尺が 材長に 占める 割合	密度差 ^z	ヤング 係数比 ^y	余尺	余尺が 材長に 占める 割合	密度差 ^z	ヤング 係数比 ^y
	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)
平均	189	5.9	0.012	89	190	4.5	0.100	82
最大	342	10.2	0.250	115	583	12.7	0.421	138
最小	65	2.1	-0.181	61	-45	-1.1	-0.247	55
標準偏差	75	2.2	0.108	13	79	1.8	0.120	13

【ヒノキ】

	3m材 (n=178)				4m材 (n=423)			
	余尺	余尺が 材長に 占める 割合	密度差 ^z	ヤング 係数比 ^y	余尺	余尺が 材長に 占める 割合	密度差 ^z	ヤング 係数比 ^y
	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)
平均	152	4.8	0.019	90	170	4.1	0.049	88
最大	379	11.2	0.277	133	593	12.9	0.370	142
最小	17	0.6	-0.247	66	-2	-0.1	-0.239	60
標準偏差	51	1.5	0.091	12	70	1.6	0.108	14

^z密度差 (g/cm^3) = 実測密度 - 所定の密度 (0.7)

^yヤング係数比 (%) = 簡易ヤング係数 / 詳細ヤング係数 × 100

摘 要

県産スギ・ヒノキ原木を対象に、簡易な方法によって強度性能に応じた選別を行うための基礎資料を得ることを目的として、余尺を考慮せず所定の密度を用いて計算した簡易ヤング係数と、実測密度および材長を用いて更に詳しく計算した詳細ヤング係数を比較することで、詳細ヤング係数に対する簡易ヤング係数の適合性を評価した。

1. 県産スギの平均簡易ヤング係数は 7.43GPa、平均詳細ヤング係数は 9.14GPa であり、県産ヒノキの平均簡易ヤング係数は 10.06GPa、平均詳細ヤング係数は 11.42GPa であった。また、スギ、ヒノキともに、詳細ヤング係数の方が簡易ヤング係数よりも高くなる傾向が得られた。
2. 簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係について、スギ、ヒノキともに有意水準 1%の正の相関が認められ、簡易な方法でも実際のヤング係数を概ね把握することが可能であると推察された。
3. 原木の強度性能に基づく選別において簡易ヤング係数の数値を採用することで、その原木は想定以上の性能を有する場合が多くなると考えられるため、所定の強度性能が要求される製材品へ加工する際に、目安となることが期待できる。
4. 余尺および密度の影響によって、簡易ヤング係数が詳細ヤング係数に比べて平均 82~90%となった。ただし、余尺および実測密度によっては簡易ヤング係数が詳細ヤング係数の 55~142%の原木が出現することもあるため、特に簡易ヤング係数が過大評価となることもあるので注意が必要である。

引用文献

- 岸和実・神代圭輔・明石浩和・足立亘・瀧上佑樹・古田裕三. 2022. 原木における製材品の簡便な強度等級予測手法の開発 京都府産原木からラミナを製材する場合における予測手法の有効性および原木測定コストの検証. 木材学会誌. 68: 124-131.
- 農林水産省. 2022. JAS 1052 素材の日本農林規格. 4. 1. 2. https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_standard/attach/pdf/index-177.pdf (2025 年 12 月 23 日検索)
- 和歌山県. 2021. 和歌山県木材利用方針: 1-3. https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/kisyuzai/riyouthoushin_d/fil/riyouthoushin20211208.pdf (2025 年 12 月 24 日検索)
- 和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課. 2023. 紀州材を利用した公共建築物の整備のすすめ 山裾伸浩・一岡直道. 2021. 次世代優良品種 (スギ, ヒノキ, マツ) の創出と選抜 県内原木市場における原木段階での強度調査. 和歌山県林業試験場業務報告. 79: 18-19.