

# 米国の基準等に基づき許容特性値を得るための ヒノキ構造材の強度試験

2023年 3月 16日

一般社団法人  
全国木材検査・研究協会

# I. 事業の目的

## スギ・ヒノキ（日本産樹種）を米国で構造材利用できる環境の実現

- ① 米国で、構造材利用に必要な設計強度を得るため、スギ・ヒノキのサンプリング試験計画を米国検査機関（PLIB）と共に作成（2021年実施済）
- ② サンプリング試験計画に基づき、特に、北米に同属の樹種があり北米の既存データを活用することができるヒノキを先行させ、**構造材としての許容特性値を得るため、米国試験機関等により試験材を強度試験**



## Ⅱ．事業の実施体制

### 検討委員会

加藤英雄氏・井道裕史氏（森林総合研究所）、尾方伸次氏（日本合板検査会）

### 米国検査機関

Donald DeVisser氏（PLIB、パシフィック木材検査機関、ワシントン州シアトル）

### 米国試験機関

Arijit Sinha准教授（OSU、オレゴン州立大学林学部、オレゴン州コーバリス）

### 国内協力企業

株式会社サイプレス・スナダヤ（愛媛県）、協和木材株式会社（福島県）

# Ⅲ. 事業の実施項目

## 1. 強度試験及び評価方法の分析

構造材規格、格付規則、ASTM規格、標準仕様書

## 2. ヒノキ試験材の米国への輸送

米国試験機関（オレゴン州立大学）への輸送

## 3. 米国試験機関等による強度試験

オレゴン州立大学での強度試験

# (参考) 米国の規格の基本情報

## 米国製材規格委員会 (ALSC, American Lumber Standard Committee)

米国商務省の連邦規則に従い、針葉樹の規格 (ASLS) を作成。モニタリング・試験計画書はALSCの審査理事会で審議。

## 米国針葉樹製材規格 (ASLS, American Softwood Lumber Standard)

米国の針葉樹規格。ALSCが作成。同規格の樹種リストヘスギ、ヒノキの掲載が必要。

## 米国構造材格付規則 (NGR, National Grading Rule for Dimension Lumber)

針葉樹構造材(Dimension Lumber)の格付規則。この下で格付規則作成機関が各々の格付規則を作成。

## パシフィック木材検査機関 (PLIB, Pacific Lumber Inspection Bureau)

ALSCに認可された6つの格付規則作成機関の1つ。米国ワシントン州に本部。

## ASTM規格 (旧称American Society for Testing and Materialsの規格)

現在、ASTM Internationalが12,000種類以上の規格を発行。強度試験は本規格により実施。

**設計強度 (Design Value)** : 建築物の部材として必要な強度。

**許容特性値 (Allowable Properties)** : 設計強度の決定の基本となる数値。

# 1. 強度試験及び評価方法の分析（1）

- ① 米国の針葉樹製材の規格（ASLS）
- ② 米国の木材検査機関の格付規則（NGR）
- ③ パシフィック木材検査機関（PLIB）の評価項目
- ④ ASTMインターナショナルの規格（ASTM）  
D143, D1990, D198, D2395, D245, D2555, D4442, D4761
- ⑤ 米国の木造建築の設計仕様書（NDS）

# 1. 強度試験及び評価方法の分析（2）

## パシフィック木材検査機関の評価項目

### （1）1,440の実大試験体で

曲げ強度などの

右の16項目のデータ

#### ① 試験項目1～8：

試験前に事前測定・記録

#### ② 試験項目9～16：

試験により測定・記録

### （2）75の無欠点小試験体で

#### ① せん断試験

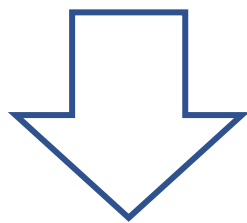
#### ② めり込み試験

1. → Species identification (樹種)↵
2. → Specimen identification number—set by PLIB at the time of test sample collection (試験材/試験体の同定番号)↵
3. → Grade controlling characteristic and location in the piece—set by PLIB at the time of test sample collection (等級判定因子及びその試験材上の位置)↵
4. → Strength controlling characteristic and location in the piece—set by PLIB at the time of test sample collection (強度判定因子及びその試験材上の位置)↵
5. → Thickness, 0.1 mm or 0.001 inches (厚さ)↵
6. → Width, 0.1 mm or 0.001 inches (幅)↵
7. → Length, 2 mm or 0.08 (1/16") inches (材長)↵
8. → Weight, 5 grams or 0.01 pounds (重量)↵
9. → Load/deflection for determination of the edge MOE per ASTM D198 (1b) or D4761 (1e) (エッジワイズの基準弾性係数の決定のための荷重/たわみ)↵
10. → Failure load, N or pounds (破壊時の荷重)↵
11. → % Moisture content—oven dry per ASTM D4442 (1d), Method A (含水率)↵
12. → Grade at point of failure (破壊箇所の等級)↵
13. → Failure code per ASTM D4442 (1d), Method A (破壊因子)↵
14. → Growth rate—mm per ring or rings per inch (年輪幅)↵
15. → Percent summerwood, +/- 5% (晩材率)↵
16. → Temperature, C or F (材温)↵

# (参考) 設計強度のNDS掲載

NDS(National Design Specification)は、  
米国の木造建築物の設計・施工・材料の仕様  
書

北米産以外の樹種では、18樹種の設計強  
度が構造材の種類と等級ごとに掲載



スギ、ヒノキの強度試験で得られる許容特  
性値により、設計強度を掲載

**Table 4F Reference Design Values for Non-North American Visually Graded Dimension Lumber (2" - 4" thick)<sup>1,3</sup>**

(Tabulated design values are for normal load duration and dry service conditions. See NDS 4.3 for a comprehensive description of design value adjustment factors.)

USE WITH TABLE 4F ADJUSTMENT FACTORS											
Species and commercial Grade	Size classification	Design values in pounds per square inch (psi)						Modulus of Elasticity		Specific Gravity <sup>2</sup> G	Grading Rules Agency
		Bending F <sub>b</sub>	Tension parallel to grain F <sub>t</sub>	Shear parallel to grain F <sub>v</sub>	Compression perpendicular to grain F <sub>c⊥</sub>	Compression parallel to grain F <sub>c</sub>	E	E <sub>min</sub>			
<b>AUSTRIAN SPRUCE - Austria &amp; The Czech Republic</b>											
Select Structural	2" & wider	1,500	675	175	260	1,250	1,700,000	620,000	0.43	WCLIB	
No. 1		1,000	450	175	260	1,100	1,600,000	580,000			
No. 2		925	400	175	260	1,050	1,500,000	550,000			
No. 3	525	225	175	260	625	1,300,000	470,000				
Stud	2" & wider	725	325	175	260	675	1,300,000	470,000			
Construction	2" - 4" wide	1,050	475	175	260	1,300	1,400,000	510,000			
Standard		575	250	175	260	1,100	1,300,000	470,000			
Utility		275	125	175	260	725	1,200,000	440,000			
<b>DOUGLAS FIR - France &amp; Germany</b>											
Select Structural	2" & wider	1,500	675	205	540	1,250	1,900,000	690,000	0.48	WCLIB	
No. 1		975	450	205	540	1,100	1,700,000	620,000			
No. 2		825	375	205	540	1,000	1,500,000	550,000			
No. 3	475	225	205	540	600	1,300,000	470,000				
Stud	2" & wider	650	300	205	540	650	1,300,000	470,000			
Construction	2" - 4" wide	925	425	205	540	1,250	1,400,000	510,000			
Standard		525	225	205	540	1,050	1,300,000	470,000			
Utility		250	100	205	540	675	1,200,000	440,000			
<b>DOUGLAS FIR/EUROPEAN LARCH - Austria, The Czech Republic, &amp; Bavaria<sup>2</sup></b>											
Select Structural	2" & wider	1,900	850	195	440	1,400	1,800,000	660,000	0.48	WCLIB	
No. 1		1,400	625	195	440	1,250	1,700,000	620,000			
No. 2		1,350	600	195	440	1,250	1,600,000	580,000			
No. 3	775	350	195	440	700	1,400,000	510,000				
Stud	2" & wider	800	350	195	440	700	1,400,000	510,000			
Construction	2" - 4" wide	1,000	450	195	440	1,250	1,500,000	550,000			
Standard		575	250	195	440	1,100	1,300,000	470,000			
Utility		275	125	195	440	700	1,300,000	470,000			
<b>MONTANE PINE - South Africa</b>											
Select Structural	2" & wider	975	425	135	325	1,100	1,300,000	470,000			
No. 1		650	300	135	325	950	1,100,000	400,000			



# 2. ヒノキ試験材の米国への輸送 (1)

米国木材検査機関 (PLIB)、米国製材規格委員会 (ALSC) 審査理事会と、強度試験用の試験材のサンプリング計画を作成 (2021年)

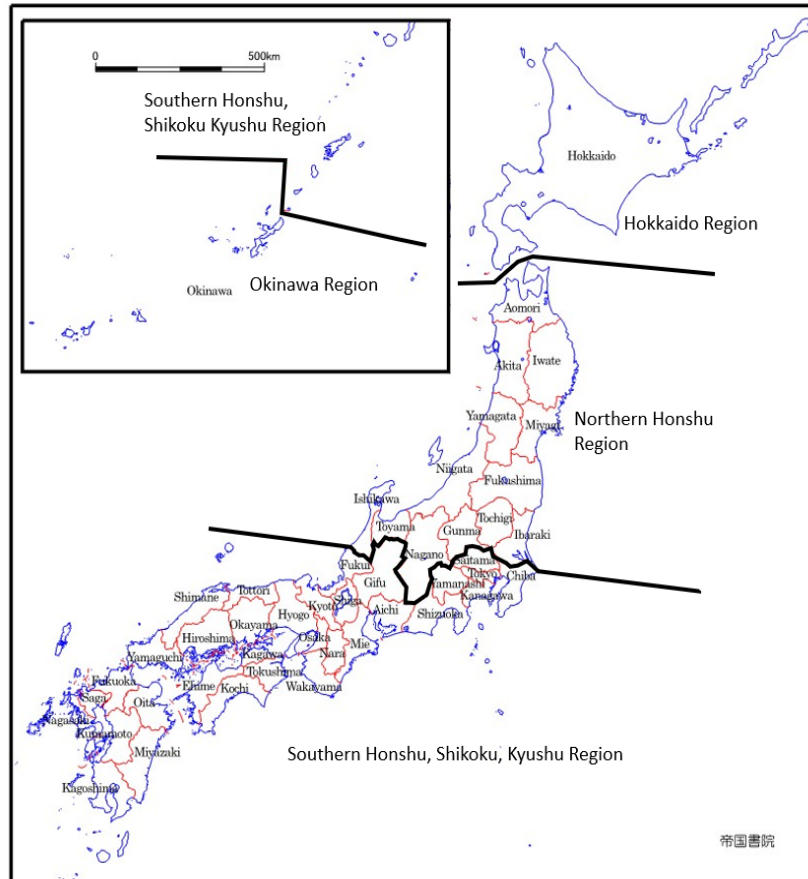
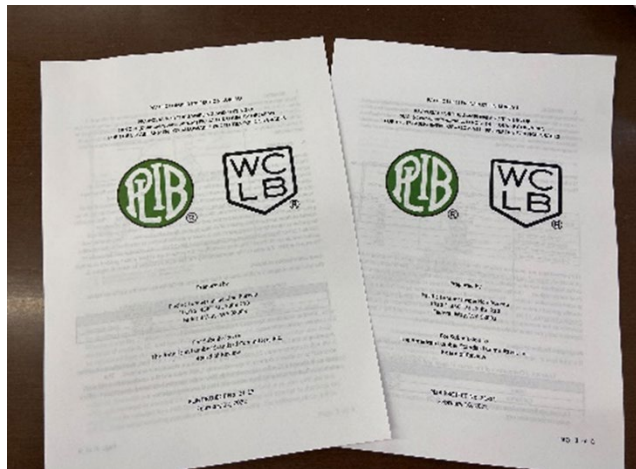


Table of Honoki Growing Areas 1/6/2022  
PLIB No. 21-11  
page 1 of 1

Honoki growing stock grouping and proposed prefectures that will be the source of saw logs for the test samples

Prefecture	Volume per prefecture (unit: thousand m <sup>3</sup> )	Percentage per Prefecture	Region	Volume per group of prefectures (unit: thousand m <sup>3</sup> )	The percentage (unit: %)	The number of test samples per cell	Remark			
1 Hokkaido	0			0	0	0				
2 Aomori	13	0.03								
3 Iwate	640	1.26								
4 Miyagi	1,291	2.55								
5 Akita	4	0.01								
6 Yamagata	15	0.03								
7 Fukushima	5,301	10.40	Northern Honshu	50,597	6.8	16				
8 Ibaraki	7,960	14.55								
9 Tochigi	12,231	24.17								
10 Gunma	5,443	10.76								
11 Niigata	11	0.02								
12 Toyama	57	0.11								
13 Ishikawa	1,016	2.01								
14 Nagano	17,219	34.03								
Northern Honshu (Oyama Makuzai Co Ltd)	50,597									
15 Saitama	5,655	0.02								
16 Chiba	2,469	0.38								
17 Tokyo	2,250	0.33								
18 Kanagawa	4,763	0.89								
19 Fukuoka	1,236	0.19	Southern Honshu	106,516	25.2	60				
20 Yamaguchi	11,214	1.83								
21 Gifu	55,792	9.75					Chubu			
22 Shizuoka	38,513	6.59								
23 Aichi	15,229	2.32								
24 Mie	28,564	4.15					Shikoku	218,045	29.5	71 → 72 Insect damage Insect damage
25 Shiga	6,957	1.01								
26 Kyoto	13,068	1.96								
27 Osaka	2,539	0.37								
28 Hyogo	28,640	4.16								
29 Nara	17,449	2.50								
30 Wakayama	41,576	6.05								
31 Tokushima	9,873	1.45	Southern Honshu	122,434	16.8	40				
32 Ehime	38,900	5.64								
33 Kochi	71,812	10.46					Shikoku			
34 Fukuoka	19,566	2.89								
35 Saga	9,481	1.38								
36 Nagasaki	19,855	2.88					Southern Honshu	161,399	21.8	52
37 Kanagawa	29,559	5.75								
38 Oita	20,433	2.97								
39 Miyazaki	19,829	2.88	Southern Honshu, Shikoku, Kyushu (Oyama Sawlog Co Ltd)	608,388	93.2	224				
40 Kagoshima	32,347	4.75								
41 Okinawa	0			0	0	0				
Total	738,985			738,985	99.9 → 100	240				

Remarks:  
 1. The data is the processed version of "The current state of forest resources, 2017" (Forestry Agency, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan, in Japanese).  
 2. Prefectures colored in yellow are the proposed prefectures that collect test samples.  
 3. Transaction is difficult in Nara and Wakayama due to insect damage.  
 4. Numbers per the group are approximate and may be slightly more or less, but the total number is equal or more than 240.

## 2. ヒノキ試験材の米国への輸送（2）

- ① **3寸法型式（204, 206, 208）、2等級（Select Structural, No.2）**ごとに、最小240本、総数1,440本以上
- ② 一般に流通しているNo.2（No.2以上）と異なり、**試験材としてのNo.2にNo.1以上を含めない**
- ③ **森林資源の地域的な賦存量(ヒノキ)に応じ、代表的な複数の産地で収集**

工場		協和木材(株)	(株)サイプレス・スナダヤ				
地域		北日本	中部	中国	四国	九州	計
204	Select Structural	16	60	72	40	52	240
	No.2	16	60	72	40	52	240
206	Select Structural	16	60	72	40	52	240
	No.2	16	60	72	40	52	240
208	Select Structural	16	60	72	40	52	240
	No.2	16	60	72	40	52	240
計		96	360	432	240	312	1,440

## 2. ヒノキ試験材の米国への輸送（3）

- ① 米国のサンプリング計画に基づき、約4,000本の試験材を全国規模で収集、JAS規格により事前に等級判別
- ② **米国木材検査機関（PLIB）の審査員を日本に招聘(2022年7月)し、協和木材(株)と(株)サイプレス・スナダヤで等級判定**
- ③ **米国構造材格付規則（NGR）により等級判定**



PLIB審査員による等級判定（2022年7月）

## 2. ヒノキ試験材の米国への輸送（4）

工場		協和木材(株)	(株)サイプレス・スナダヤ				
地域		北日本	中部	中国	四国	九州	計
204	Select Structural	30 (16)	21 (60)	32 (72)	38 (40)	60 (52)	181 (240)
	No.2	30 (16)	70 (60)	80 (72)	50 (40)	60 (52)	290 (240)
206	Select Structural	24 (16)	45 (60)	30 (72)	49 (40)	56 (52)	204 (240)
	No.2	24 (16)	63 (60)	77 (72)	49 (40)	56 (52)	269 (240)
208	Select Structural	20 (16)	45 (60)	85 (72)	45 (40)	55 (52)	250 (240)
	No.2	22 (16)	65 (60)	75 (72)	45 (40)	55 (52)	262 (240)
計		150 (96)	309 (360)	379 (432)	276 (240)	342 (312)	1,456 (1,440)

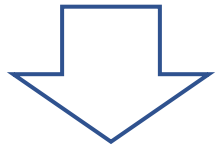
工場		協和木材(株)	株サイプレス・スナダヤ				
地域		北日本	中部	中国	四国	九州	計
204	Select Structural		100	100			200
206	Select Structural		50	100			150
208	Select Structural						
計			150	200			350

上表：数値は選定した試験材数、( )数値は最小必要数。下表：不足分の追加試験材（米国輸送分に追加）。

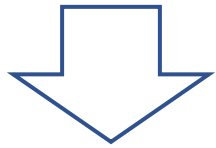


## 2. ヒノキ試験材の米国への輸送（5）

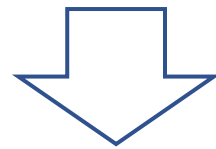
試験材（1,806本）を、8月31日に  
米国に向けコンテナ輸送を開始



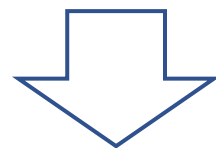
10月11日、シアトル港着



米国受入れ木材商社（オレゴン州）



オレゴン州立大学（オレゴン州コーパリス）



（試験の開始）

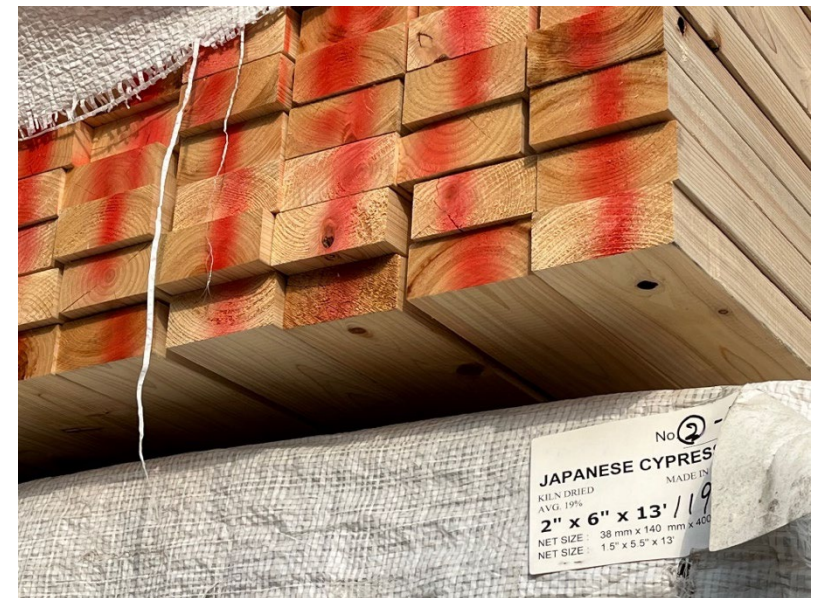


オレゴン州立大学



## 2. ヒノキ試験材の米国への輸送（6）

2022年10月17日（月）に、試験材が  
米国側受け入れ木材商社に到着



# 3. 米国試験機関等による強度試験（1）

- ① 試験計画名：ヒノキ構造材の設計強度の確立（Project title: Establishing Design Values of Hinoki Dimension Lumber）
- ② 試験目標（Project Goal）

本試験は、日本から輸入されるヒノキの設計強度の確立を目指し、曲げ試験、圧縮試験、せん断試験を実施することを目的とする。パシフィック木材検査機関（以下、PLIB）によるサンプリング試験計画に従い次の通りである。

等級	2種類	Select Structural 及び No.2
寸法型式	3種類	2x4, 2x6, 2x8
試験数	240	1等級 1寸法型式当たり
特性	曲げ	1,440本
その他特性	圧縮及び引張り	各75本

### 3. 米国試験機関等による強度試験（2）

曲げ試験：ASTM D 4761に従い、試験体が破壊するまで加力  
試験後はASTM D 4442及び2395に従い、含水率及び比重を算出

曲げ試験方法：校正済み万能試験機（UTM）、加力速度5mm/min

算出する項目： $MOR$ （曲げ強度）、  
 $E_{app}$ （見かけの曲げヤング係数）、  
 $E_{sf}$ （真の曲げヤング係数）

$$MOR = \frac{P_{max} L}{bd^2}$$

$$E_{app} = \frac{23PL^3}{108bd^3\Delta}$$

$$E_{sf} = \frac{PLL_{sf}^2}{4bd^3\Delta_{sf}}$$



# 3. 米国試験機関等による強度試験（3）

## ① D4761

実大の曲げ破壊試験時の試験装置、試験材の寸法、等級判定因子と試験材上の位置、強度判定因子と試験材上の位置、破壊時の荷重、含水率、破壊因子などの記録事項

## ② D143

無欠点小試験体のせん断試験、めり込み試験の手法、試験体のサイズ

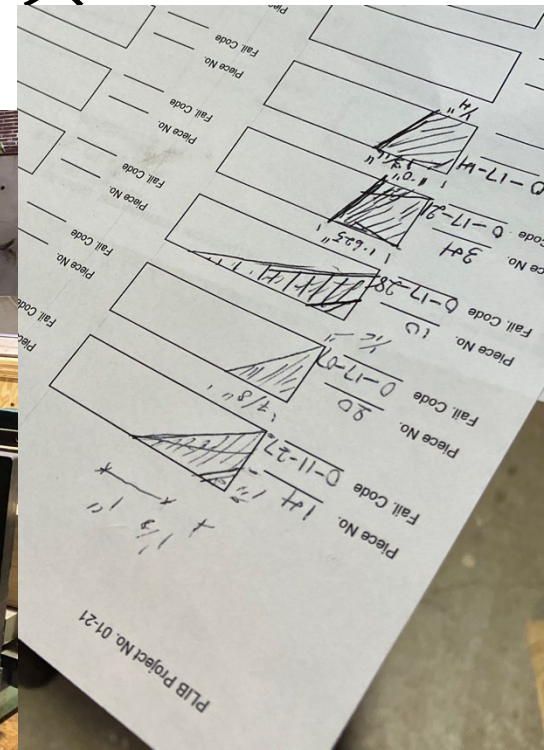
## ③ D2395

試験材の密度・比重試験の手法

## ④ D4442

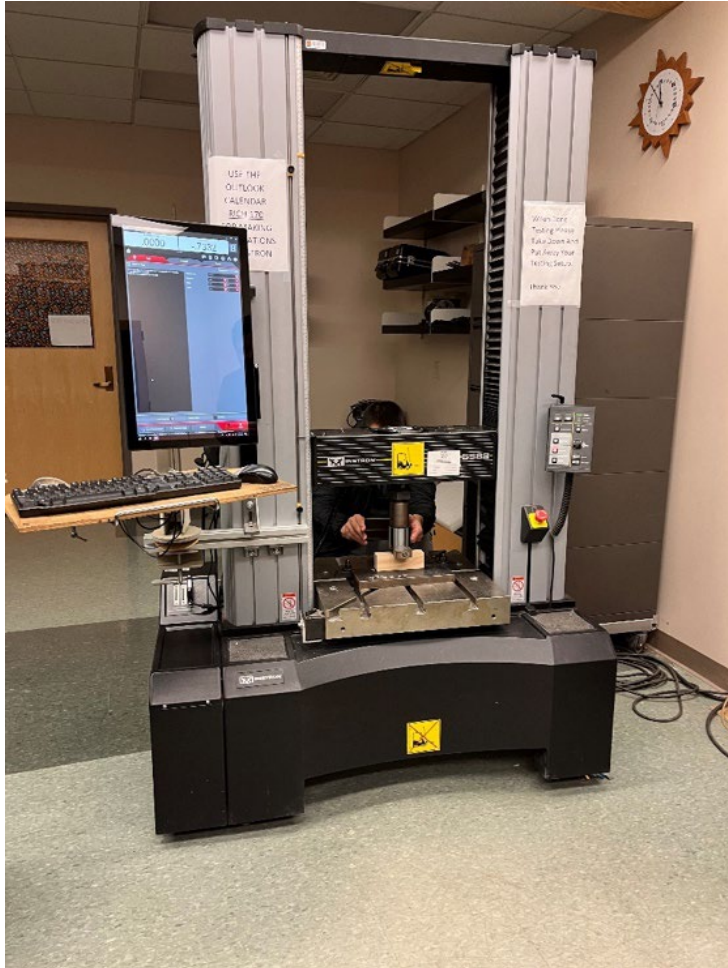
全乾試験の手法

オレゴン州立大学での曲げ試験  
(2022年12月)



# 3. 米国試験機関等による強度試験（4）

オレゴン州立大学の試験チームが、パシフィック木材検査機関（PLIB）の審査員の定期的な立会の下、曲げ試験に加え、せん断・めり込み試験も実施。





### 3. 米国試験機関等による強度試験（5）

オレゴン州立大学による曲げ試験の途中結果（1月時点）

Parameters	MOR (psi)	MOR (MPa)	MOE (psi)	MOE (GPa)	SG(Oven Dry)	Average MC(%)
Mean (COV)	7,126.4 (38.6%)	49.1 (38.6%)	1.7 x 10 <sup>6</sup> (20.1%)	11.6 (20.1%)	0.49 (8.0%)	8.7 (7.8%)

米国では通常psi単位であるが、今回はSI単位による強度データの算出も実施

# (参考) ヒノキの米国での消費拡大に期待される要素

(米国専門家から見た要素)

要素	ポイント
設計強度	木造建築の設計に構造材として使用できる数値の明確化
色沢	白さ
耐久性	強さ
香り	良さ
接合部、耐力壁	木造建築の設計に参考となる数値の明確化



# (参考) 米国での実地調査 (2022年12月)

## 製材工場 (ベイマツ)、ワシントン州





# 木材商社（フェンス材・デッキ材輸入） オレゴン州

広い敷地内に広がる倉庫

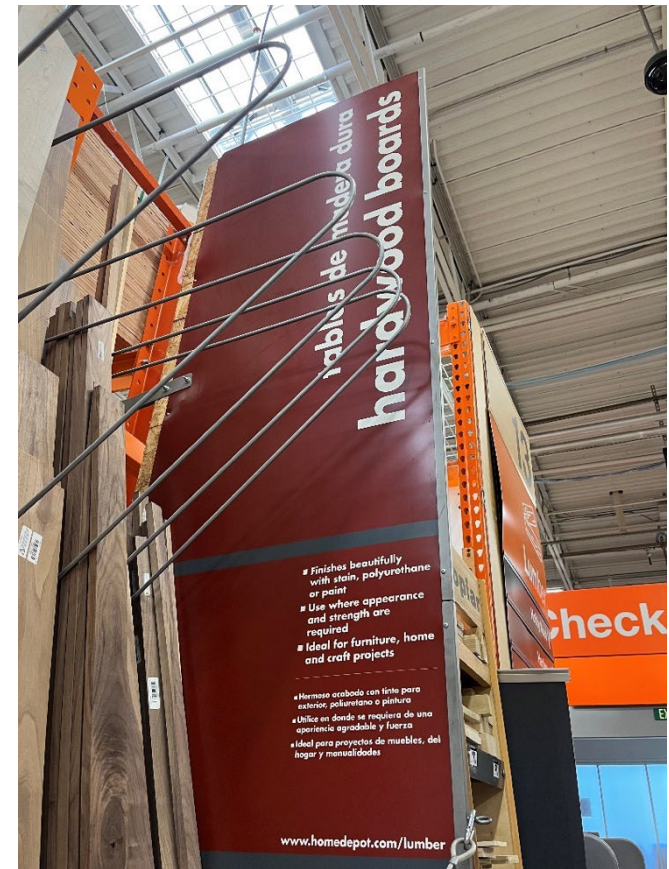
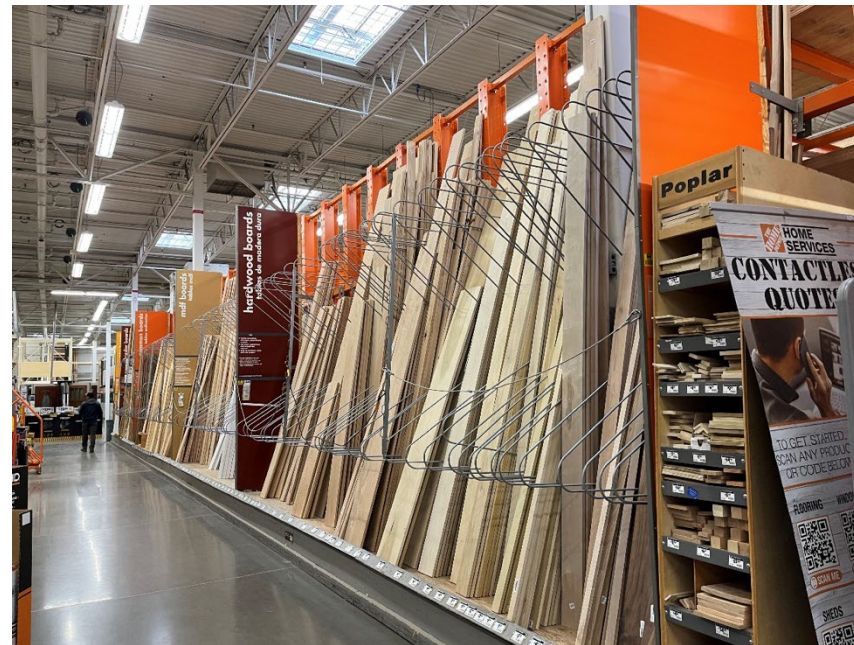
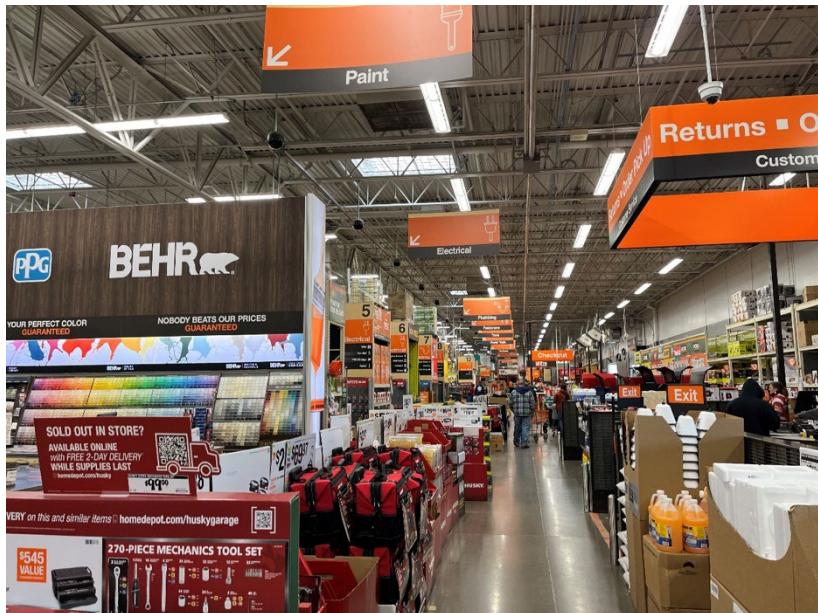






# 大手ホームセンター、オレゴン州

広大な店内では、十数棚で多様な木材製品を販売





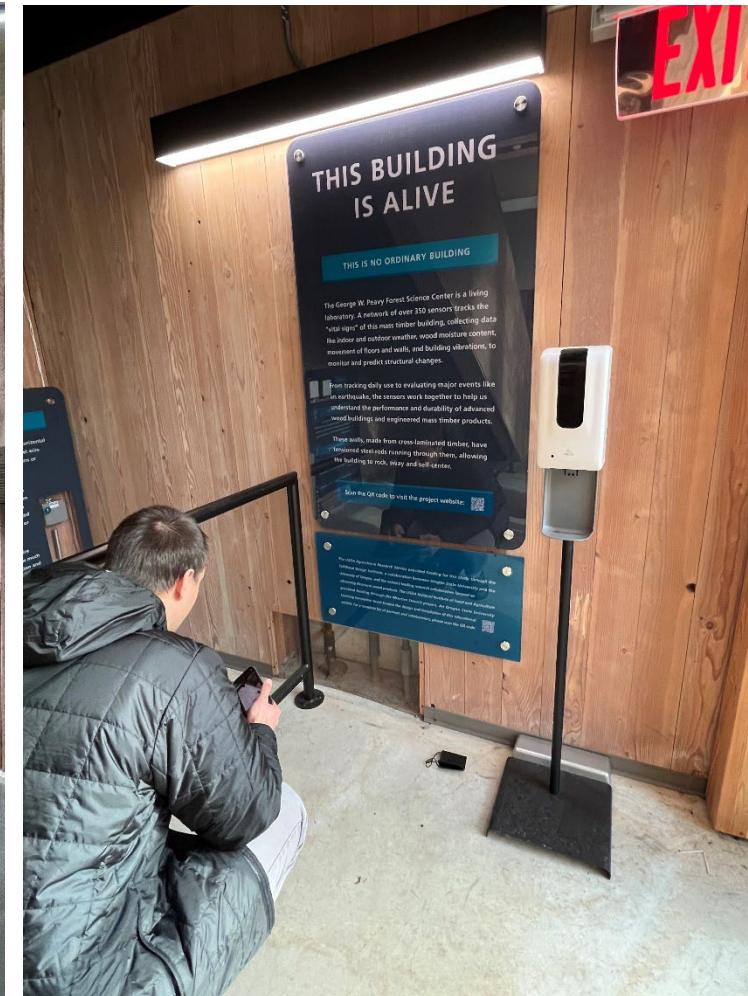
204~212の他樹種の製材品、多サイズの合板・MDF・表面処理製品などを販売





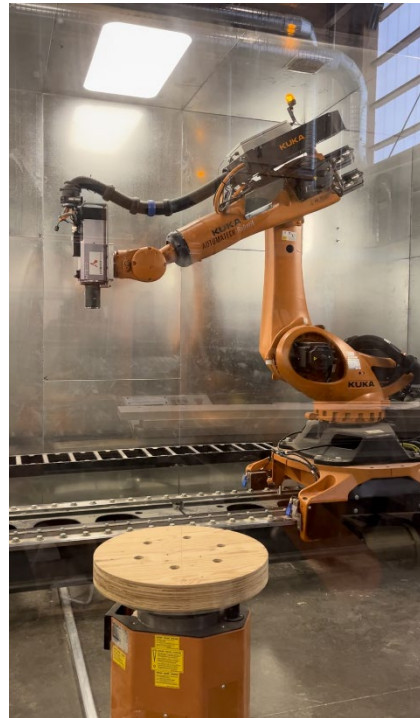
# オレゴン州立大学

建物を木造建築物の展示施設として利用し、木質構造体の各種データをセンサーでモニタリング





寄付を受けて建てられた研究別棟では、実物大の木造建築物の強度試験、自動化の試験等



## IV. 期待される効果と課題（1）

事業実施で得られる知見に基づき、将来的には・・・

1. 我が国の工場が、米国の検査機関の認証を取得して、スギ・ヒノキを構造材として輸出
2. 米国内の認証工場が、スギ・ヒノキの製材品を我が国の工場から輸入して、構造材として格付を実施
3. 日本のJAS規格と米国等の海外規格の標準化

→ **相互認証へと広がり**

## IV. 期待される効果と課題（2）

### 今後の課題

1. 米国でのヒノキの評価獲得
2. 受入れ企業の探索・協力関係の構築
3. 日本の主要樹種であるスギへの強度試験の展開
4. 国内工場のグレーダーの育成、PLIB審査員の確保

ご清聴ありがとうございます。