

地域木材製品の海外需要開拓 ～海外での性能試験実施と評価～

有限会社和建築設計事務所 代表取締役 青木 和壽

要旨

高付加価値ある日本産木材製品を海外で需要を拡大するためには、日本の木材製品供給者が輸出先の法規制や規則等に示す性能表示を行うことが課題となっています。海外では、工業製品・建築用資材等に限らず木材製品は供給者・生産者による性能表示制度となっています。適切な対応を図ることが重要となっています。この課題に対応した2つの事例を紹介します。

はじめに

紹介する2つの事例は、2022年に日本産地域木材製品を「アメリカ合衆国内の建築物の内装材に使用するための性能試験の実施と評価※1」、2023年に日本産地域木材製品を「ベトナム社会主義共和国内の建築物に使用するための性能試験の実施と評価※2」です。

2つの事例について、「課題」、「解決方法」、「結果と評価等」を説明します。

1 「アメリカ合衆国内の建築物の内装材に使用するための性能試験の実施と評価」

(1) 課題

日本の木材内装材は、アメリカ国内建築物の天井・壁の仕上材として利用されていません。

(2) 解決方法

ア アメリカ合衆国の法令

アメリカ合衆国では建築規制の権限は各州にあり、制度及び技術的基準は州及び都市ごとの行政によって異なります。多くの行政は、建築基準の策定機関 ICC (International Code Council) のモデルコード IBC (International Building Code) や、消防関連組織 NFPA (National Fire Protection Association) のモデルコード Building Construction and Safety Code (NFPA5000) と NFPA 101 Life Safety Code® (NFPA 101) 同等性能を適用しています。

NFPA5000 には、火炎伝播指数と煙濃度指数に基づいて、内壁・天井仕上げ材に求められる基準数値と区分 (Class A、Class B、Class C) が示されています。

アメリカの建築物の法律と各州政府・都市の規則には、建物内部の空間 (避難用階段、避難用廊下、部屋) と消防設備のスプリンクラーの有無により、炎伝播指数と煙濃度指数による区分 (Class A、Class B、Class C) が使用可能となるかを設定しています。

表 1-2-1 火炎伝播指数と Class 分け

Class	火炎伝播指数	煙濃度指数
A	0-25	0-450
B	26-75	0-450
C	76-200	0-450

表 1-2-2 場所と消防設備による Class 要件※3

場所	スプリンクラー無	スプリンクラー有
避難用階段	Class A	Class B
避難用廊下	Class B	Class C
部屋	Class C	Class C

(ア) 「火炎伝播指数」と「煙濃度指数」

火炎伝播指数と煙濃度指数は、American Society for Testing and Materials 規格にある ASTM E84/UL 723 (シュタイナートンネル試験-建築材料の表面燃焼試験) による試験にて求められる数値です。



試験機外観

(一社) 電線総合技術センター



試験中状況

(一社) 電線総合技術センター



試験後

(一社) 電線総合技術センター

写真 1-2-1 ASTM E84 スタイナートンネル試験

イ 試験用内装用日本産木材製品

アメリカ合衆国の建築物で使用する試験用の天井・壁無垢内装材の仕様を下記します。

(ア) 樹種：木材樹種は、アカマツ、カラマツ、スギ、ヒノキです。産地は長野県内です。

(イ) 寸法及び形状：幅は 150mm、厚みは 15mm と 65mm です。厚み 65mm は試験機に収まる最大厚みです。断面形状は本実^{ほんざね}です。

ウ ASTM E84/UL 723 (シュタイナートンネル試験-建築材料の表面燃焼試験) 試験実施

(ア) 試験体製作管理

a 原木：樹種毎市場にある原木から、産地と末口寸法 (30cm 以上)、齢級が同じものを選木し、試験体用原板を製材しました。



ヒノキ原木



スギ原木



アカマツ原木



カラマツ原木

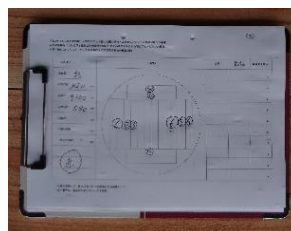
写真 1-2-2 試験体採取原木

b 製材：芯され材とし、原板には符号を付け木取り表に記録しました。

c 乾燥：低温人口乾燥を行いました。乾燥スケジュールは、ヒノキ 164 時間、スギ 201 時間、カラマツ 198 時間、アカマツ 173 時間でした。



製材 スギ材



木取り表 スギ材

乾燥スケジュール表 (単位: 時間)									
樹種	材種	径 (cm)	長さ (m)	枚数	乾燥時間 (h)	乾燥温度 (°C)	乾燥湿度 (%)	乾燥方法	乾燥場所
ヒノキ	芯され材	150	2.0	10	164	60	65	低温人口乾燥	乾燥室
スギ	芯され材	150	2.0	10	201	60	65	低温人口乾燥	乾燥室
カラマツ	芯され材	150	2.0	10	198	60	65	低温人口乾燥	乾燥室
アカマツ	芯され材	150	2.0	10	173	60	65	低温人口乾燥	乾燥室

乾燥スケジュール表
スギ材

写真 1-2-3 試験体採取原木

- d 製品加工：製品加工前に各樹種原板の品質検査を目視で行い、原板の年輪幅を計測しました。年輪幅は2 mm から3 mm でした。



品質検査 スギ材



製材 スギ材



含水率確認



ヤング率計測

写真 1-2-4 試験体の品質管理

表 1-2-3 試験体原板品質管理結果

		アカマツ	カラマツ	スギ	ヒノキ
厚み 15mm	平均含水率 (%)	10.34	9.03	10.77	9.24
	平均比重 (g/cm ³)	0.45	0.48	0.29	0.33
厚み 65mm	平均含水率 (%)	8.67	9.31	12.97	10.46
	平均比重 (g/cm ³)	0.45	0.46	0.29	0.32
	平均ヤング率 E f	96.6	105.9	60.9	85.1

- e 試験体製作：

原板から厚み 15 mm と厚 65 mm、幅 150 mm、長さ 1829 mm の本実製品を作製しました。

試験体は長さ 731 センチ、幅 60 センチ必要なため、品質（比重、含水率等）が同じ本実製品を横並びに 4 枚、縦並びに 4 枚の計 16 枚使用しました。

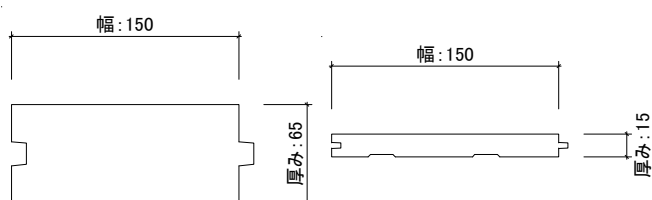


図 1-2-1 試験体図



写真 1-2-5 試験体断面

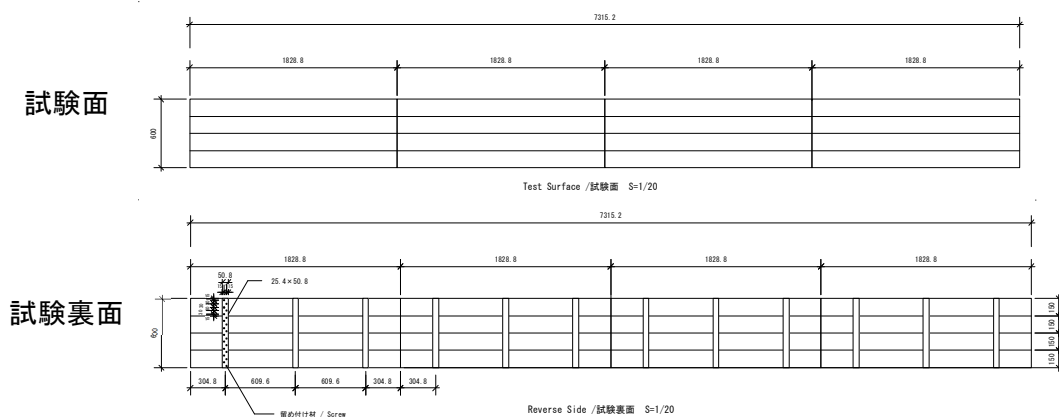


図 1-2-2 試験体図

(イ) 試験実施

試験は、2021年12月20日・21日に一般社団法人電線総合技術センターにて確認試験を実施しました。

2022年2月7日に、アメリカ合衆国テキサス州のIntertekで本試験を実施しました。Intertekでの試験の様子を写真1-2-6に、試験時の試験データを表1-2-4、表1-2-5、表1-2-6に示します。



試験パネル養生期間 5日間



試験前



試験後



試験後/試験面

写真 1-2-6 試験状況 ヒノキ 厚み 15mm / Intertek

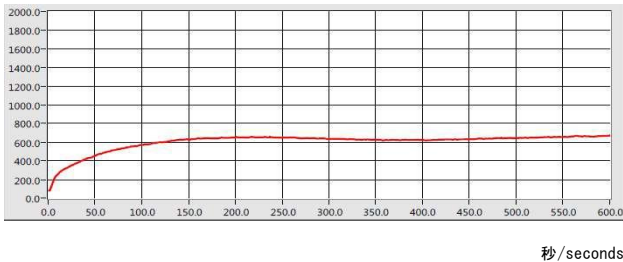
表 1-2-4 火炎伝播データ
ヒノキ 厚み 15mm



表 1-2-5 煙濃度データ
ヒノキ 厚み 15mm



表 1-2-6 試験炉内温度データ
ヒノキ 厚み 15mm



(3) 結果と評価等

ア 試験結果

試験の結果を下記表 1-3-1 に示します。

表 1-3-1 ASTM E84 スタイナートンネル試験による結果
試験機関：Intertek

樹種	スギ		ヒノキ		カラマツ		アカマツ	
厚み (mm)	15	65	15	65	15	65	15	65
火炎伝播指数	30	25	35	35	30	30	50	80
Class 分け	ClassB	ClassA	ClassB	ClassB	ClassB	ClassB	ClassB	ClassC
煙濃度指数	140	50	105	90	70	35	130	90

イ 考察

(ア) 木材の厚みと火炎伝播指数

- a 木材の厚みと火炎伝播指数の関係は樹種により異なり、木材の厚みと火炎伝播指数が必ずしも比例しないことが分かりました。
- b スギ材は厚みが大きくなると火炎伝播指数が小さくなります。
- c ヒノキ材とカラマツ材は厚みの大小に関係なく、火炎伝播指数は同じでした。
- d アカマツ材は厚みが大きくなると火炎伝播指数が大きくなります。

(イ) 木材の厚みと煙濃度指数

- a 4 樹種とも木材の厚みが大きいほど煙濃度指数が小さくなります

ウ 評価

アメリカ合衆国カリフォルニア州規則を例にすると評価は下記となります。

- ・スギ材の厚み 65mm は、スプリンクラー無しの空間の内装（天井・壁）材に使用できる評価となりました。
- ・スギ・ヒノキ・カラマツ・アカマツ材の厚み 15mm、65mm はスプリンクラー無しの居室の内装（天井・壁）材に使用できる評価となりました。

2 「ベトナム社会主義共和国内の建築物に使用するための性能試験の実施と評価」

(1) 課題

日本産木材の構造材や仕上材は、ベトナムの建築物に利用されていません。

(2) 解決方法

ア ベトナム社会主義共和国の法令

「ベトナム建築基準第 1 巻の公布に関する 1996 年 12 月 14 日付建設大臣の決定文書 682/BXD - CSXD」の「3. 11. 1.」には、「植物由来の建築資材を使用する構造物、またはセルロースを含む製品を生産、保管する構造物は、シロアリ、カミキリムシ、真菌などの害虫から保護されなければならない。」と明記されています。

「3. 11. 4」には、「害虫を媒介する建設資材を輸入または使用しないこと。」が明記されています。

イ ベトナム社会主義共和国の試験規格

ベトナム社会主義共和国にはベトナム国家規格の TCVN (Tiêu Chuẩn quốc gia Việt Nam) があります。TCVN では木材や木材製品に対する生物性性能試験、物理性能試験があります。

(ア) 生物性性能試験

- a TCVN 11355: 2016 (木材、木製品、非木材林産物のシロアリに対する耐久性の評価 - 実験室法)
- b TCVN 13704: 2023 (木材、木製品、非木材林産物のカミキリムシに対する耐久性評価 - 実験室法)
- c TCVN 13705: 2023 (木材防腐剤 - 木材表面のカビの増殖に対する木材防腐剤の保護効果の決定 - 実験室法)
- d TCVN 10753 (木材、木製品、非木材林産物の腐朽菌に対する耐久性の評価 - 実験室法)
- e TCVN 11356: 2016 (木材、木製品および非木材林産物の変色菌に対する耐久性の評価 - 実験室法)



a TCVN 11355



b TCVN 13704



c TCVN 13705: 2023



d TCVN 10753: 2015

写真 2-2-1 試験写真 / RIFI

(イ) 物理性能試験

a TCVN 11935-6 紫外線蛍光ランプ式促進耐候試験機機での耐候性試験 (UV ランニング + 水スプレー)

b TCVN 12005-4 (クラックの程度を評価)
TCVN 11935-6 の試験後の評価

c TCVN 2102 (色と色の变化を評価)
TCVN 11935-6 の試験後の評価



a TCVN 11935-6

写真 2-2-2 試験写真 / RIFI

ウ 試験実施

(ア) 試験体

- ・ 木材樹種は、ヒノキとスギ材です。産地は長野県内です。
- ・ 各試験の試験体寸法を表 2-2-1 に示します。

表 2-2-1 試験体寸法、試験体数、試験期間等
試験機関：FOREST INDUSTRY RESEARCH INSTITUTE
RESEARCH INSTITUTE OF FOREST INDUSTRY (RIFI)

性能試験名	試験体寸法 (mm)			1 試験に 供する 試験体数	今回依頼 反復回数 (注 1)	試験期間
	タテ	ヨコ	厚み			
(ア) 生物性性能試験						
a TCVN 11355: 2016	50	50	10	12	2	2 ヶ月間
b TCVN 13704: 2023	150	25	15	12	2	12 ヶ月
c TCVN 13705: 2023	100	75	12.5	12	2	2 ヶ月間
d TCVN 10753: 2015	50	25	15	12	2	4 ヶ月間
e TCVN 11356: 2016	110	40	10	12	2	8 ヶ月間
(イ) 物理性能試験						
a TCVN 11935-6	110	40	10	4	1	3 週間

注 1 反復回数は 5 回が標準、本試験は事業期間の関係で 2 回とした

(イ) 試験体製作

a 試験体採取丸太

市場にある産地と末口、齢級が同じ丸太 3 本から試験体用原板を製材しました。

b 製材、乾燥

試験体を採取する原板製材は、試験体断面の水平に対して年輪線が $45^{\circ} \pm 15^{\circ}$ 以内となるように木取りをしました。(図 2-2-1 参照)

試験体の原板の乾燥は蒸気式中温乾燥による人工乾燥を行いました。ヒノキ材は 164 時間、スギ材は 174 時間の乾燥スケジュールとしました。



ヒノキ材



スギ材

写真 2-2-3 試験体用原木

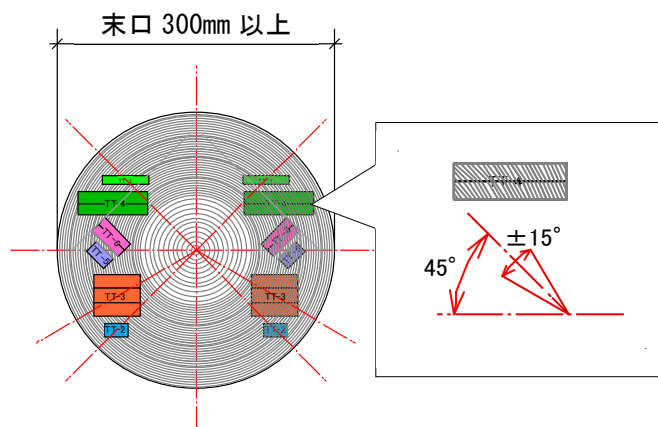
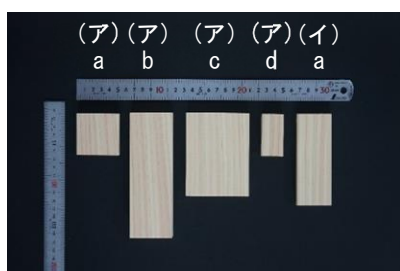


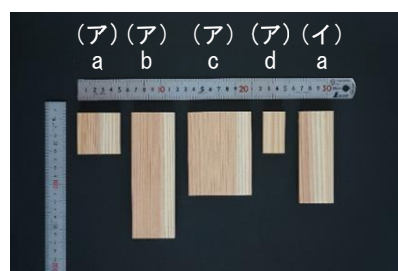
図 2-2-1 試験体用原板の木取り

c 試験体加工

3本の原木から製材した原板から各試験体を45（合計数：125）採取しました。試験に供する試験体は、各原木から1試験当たり4試験体（合計数：12）を選別しました。

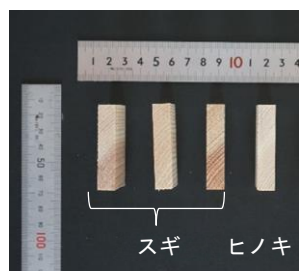


ヒノキ材試験体

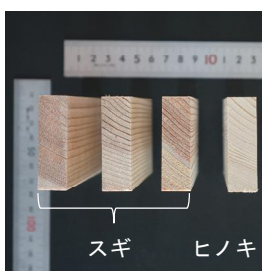


スギ材試験体

写真 2-2-4 試験体



a TCVN 11355



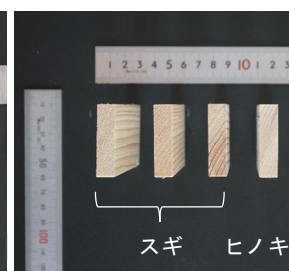
b TCVN 13704



c TCVN 13705: 2023



d TCVN 10753: 2015



a TCVN 11935-6

写真 2-2-5 試験体断面

(ウ) 生物性性能試験結果

a TCVN 11355: 2016 (木材、木製品、非木材林産物のシロアリに対する耐久性の評価 - 実験室法)

- ・試験期間：2023年10月23日～2023年12月23日
- ・シロアリ種類：Coptotermes gestroi
- ・試験結果：耐久性がない（シロアリの影響を受けやすい）結果となりました。



ヒノキ材試験体
試験前/ RIFI

ヒノキ材試験体
試験後/ RIFI

スギ材試験体
試験前/ RIFI

スギ材試験体
試験後/ RIFI

写真 2-2-6 試験前後状況

b TCVN 13704: 2023 (木材、木製品、非木材林産物のカミキリムシに対する耐久性評価
- 実験室法)

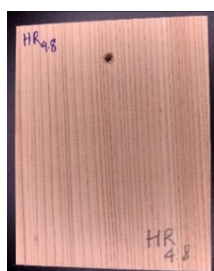
・試験期間: 2023 年 10 月 24 日～継続中

c TCVN 13705: 2023 (木材防腐剤 - 木材表面のカビの増殖に対する木材防腐剤の保護効果の決定 - 実験室法)

・試験期間: 2023 年 10 月 23 日～2023 年 12 月 19 日

・試験用菌: 黒かび病菌+糸状菌

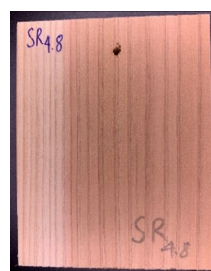
・試験結果: 優れた耐久性あります。(表面の 10% までを覆うカビですが、表面の 5% を超えるサンプルの色が見えなくなるほど増殖も色も強くありません)



ヒノキ材試験体
試験開始/ RIFI



ヒノキ材試験体
6 週間後/ RIFI



スギ材試験体
試験開始/ RIFI



スギ材試験体
6 週間後/ RIFI

写真 2-2-7 試験前後状況

d TCVN 10753:2015 (木材、木製品、非木材林産物の腐朽菌に対する耐久性の評価
- 実験室法)

・試験期間: 2023 年 11 月 7 日～2023 年 12 月 19 日

・試験用菌: Trametes corrugata NM1

・試験結果: 試験途中 担子菌の菌糸は試験材料の表面に広がっています。



ヒノキ材試験体
試験開始/ RIFI



ヒノキ材試験体
6 週間後/ RIFI



スギ材試験体
試験開始/ RIFI



スギ材試験体
6 週間後/ RIFI

写真 2-2-8 試験前後状況

e TCVN 11356:2016 (木材、木製品および非木材林産物の変色菌に対する耐久性の評価
- 実験室法)

- ・試験期間：2023年11月7日～2024年1月19日
- ・試験用菌：Aureobasidium pullulans (De Bary) G. Arnaud
- ・試験結果：試験途中 試料の表面に青い染みがあります。



ヒノキ材試験体 試験開始/ RIFI ヒノキ材試験体 6週間後/ RIFI スギ材試験体 試験開始/ RIFI スギ材試験体 6週間後/ RIFI

写真 2-2-9 試験前後状況

(イ) 物理性能試験結果

a TCVN 11935-6 (紫外線蛍光ランプ式促進耐候試験機での耐候性試験 (UV ランニング + 水スプレー))

	0 時間	168 時間	336 時間	504 時間
ヒノキ材				
スギ材				

写真 2-2-10 試験結果

b TCVN 12005-4 (クラックの程度を評価) TCVN 11935-6 の試験後の評価

- ・試験期間：2023年11月21日
- ・試験結果：検出されません。クラックなしです。

c TCVN 2102 (色と色の変化を評価) TCVN 11935-6 の試験後の評価

- ・試験期間：2023年11月21日
- ・試験結果：肉眼で観察可能な白色に変わりました。色差 ΔE は、2～10でした。

(3) 結果と評価等

ア 結果

- ・ベトナムにおける試験では、ヒノキ・スギ材はシロアリ及び腐朽菌、変色菌の影響を受けやすいです。
- ・ベトナムにおける試験では、ヒノキ・スギ材の耐候性能があります。

イ 評価

- ・ベトナム社会主義共和国において日本産ヒノキ及びスギ材を建築物に使用するためには、木材保存剤の使用が必要となります。

ウ 対処方法

ベトナム社会主義共和国内で使用可能な木材保存剤に、ベトナム林業総局認定品「BORAG 1」又は「BORAG 2」※4があります。ベトナム国内木加工場で日本産木材にこの木材保存剤を浸漬または表面塗布することで、ベトナム社会主義共和国内で使用できます。



写真 2-3-1
木材保存剤
BORAG 1 BORAG 2

おわりに

これから海外へ日本産木材製品を輸出する企業は、海外で活用されている規格の性能試験を実施することで、海外木材との差別化を図り木材製品の販路を広げることが可能となります。「アメリカ合衆国内の建築物の内装材に使用するための性能試験の実施と評価」の例から、日本産木材製品の耐燃え広がり性能の優位性が分かりました。

輸出先の国で運用される規定に沿うために、輸出先の国の技術を活用することにより、日本産木材の需要開拓することも可能です。「ベトナム社会主義共和国の建築物に使用するための性能試験の実施と評価」の例からは、日本産木材にベトナム国内の技術を導入することで、ベトナムでの建築物への需要が見込めます。

日本産木材製品の海外需要を増やすためには、木材製品生産者が海外輸出先の規定等の情報を入手し、規定等に示す性能を表示できるようにすることが必要と考えています。

- ※1 林野庁 令和2年度木材製品等の輸出支援対策のうち 輸出先国の規格・基準等に対応した技術開発等支援事業 事業者：有限会社和建築設計事務所
- ※2 国土交通省 令和5年度住宅市場整備推進等事業 住宅建築技術国際展開支援事業（うち事業環境整備に関する事業）事業者：有限会社和建築設計事務所
- ※3 アメリカカリフォルニア州規則コード「第8章内装仕上げ セクション 803 壁および 天井の仕上げ」/California Code of Regulations, Chapter 8 Interior Finishes Section 803 Wall and Ceiling Finishes
- ※4 木材保存剤（ベトナム森林科学研究所 2020 年 3 月 17 日付決定第 97/QD-TCLN-KH&HTQT）
BORAG 1 BORAG 2 成分（BORAG1 主成分：八ホウ酸二ナトリウム四水和物（DOT）18%、塩化ジデシルジメチルアンモニウム + 溶液安定剤 2%、プロピレングリコール、密度：1.086 g/ml、pH：6.21）（BORAG2 主成分：八ホウ酸二ナトリウム四水和物（DOT）15%、塩化ジデシルジメチルアンモニウム + 溶液安定剤 2%、プロピレングリコール、密度：1.072 g/ml、pH：6.20）