

途上国で生きる木材資源利用

SDGs・防災・エネルギーが課題の今、ニーズある日本の技術！



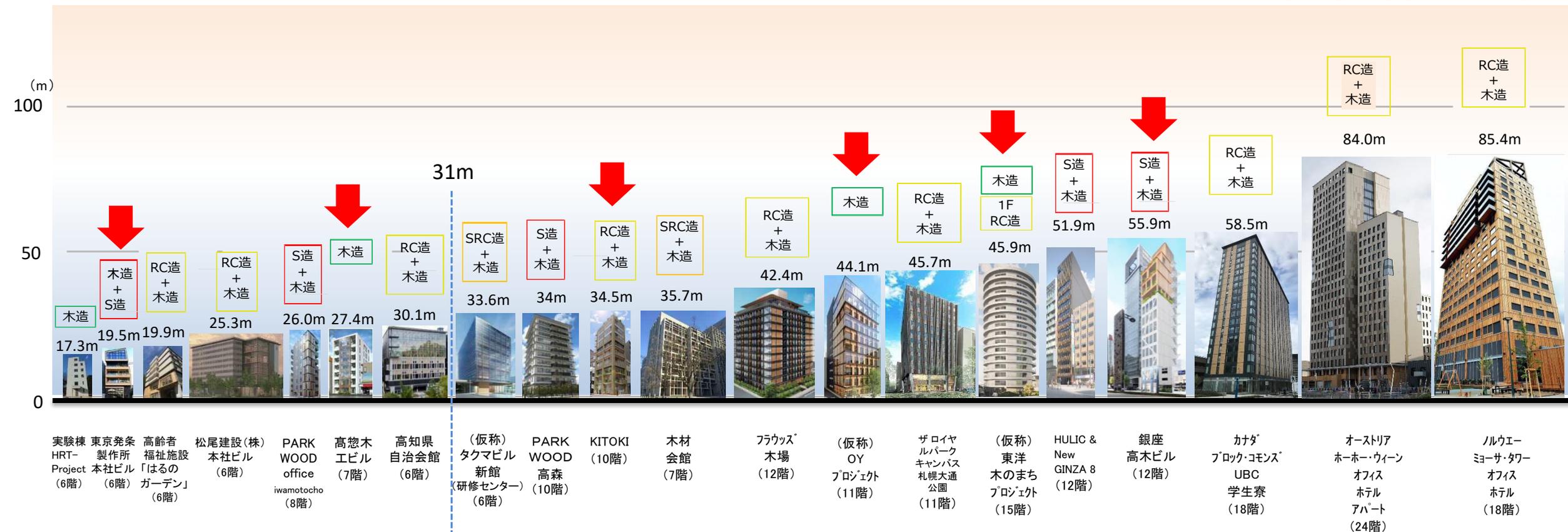
# 【検証】 インドネシアで中高層木造ビルの建設は可能か

- 1, 木構造技術と木質耐火技術
- 2, 現地調達可能な木材「特性値」試験
- 3, 構造用木材等の生産状況など



## 世界と日本国内の高層木造建築(抜粋)の現状

※摘要: 木造を構造に含む地上6階以上の建築物



## 接合金物工法

# KES®構法

### 【従来の木造建築工法】

木を削って加工し接合する→強度が不安定△

### 【KES構法】

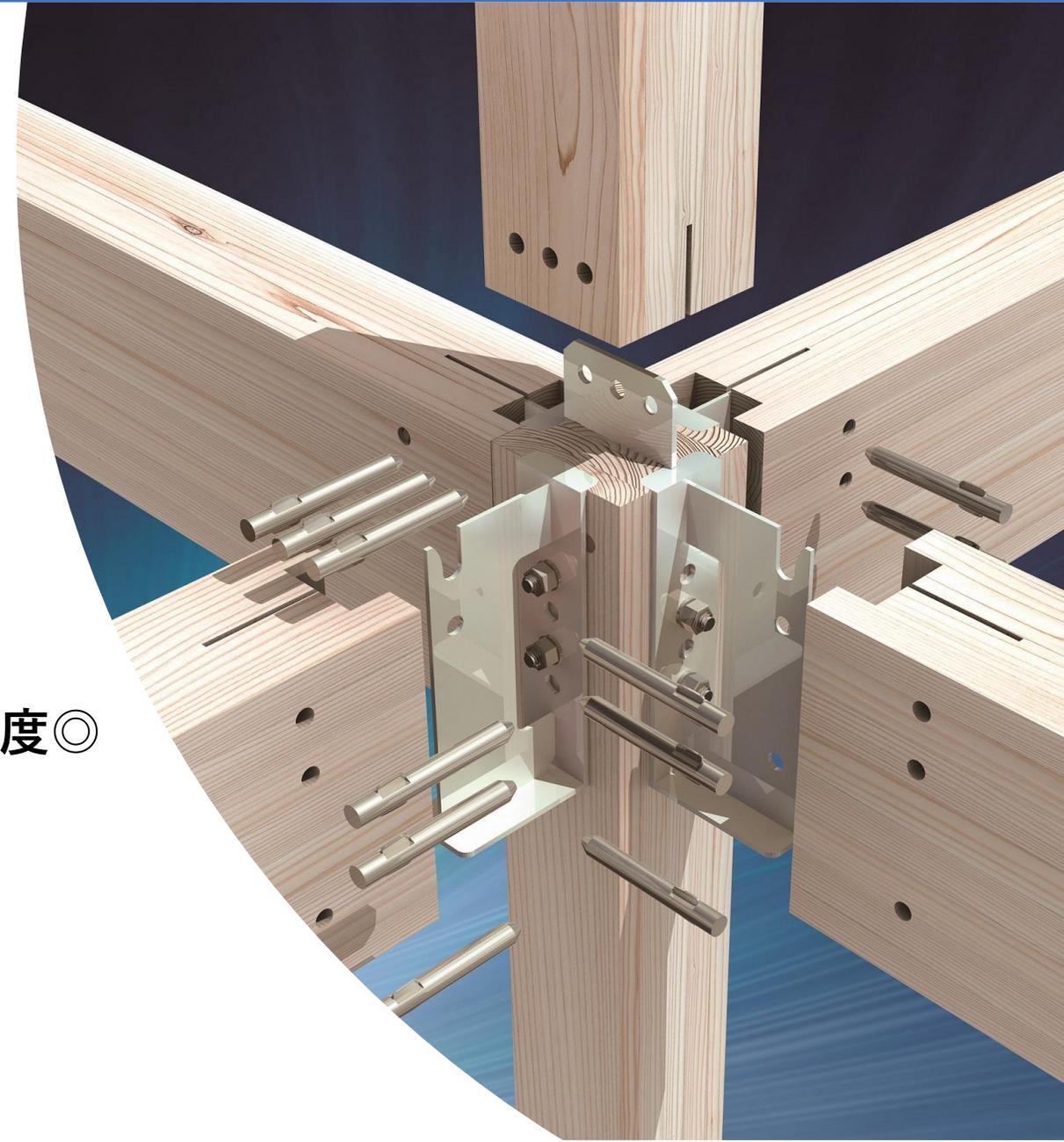
金物を使って木と木を接合する→安定した強度◎

⇒ 耐震設計が容易

品質の安定性

構造性能の安定性

施工者の熟練度も不要



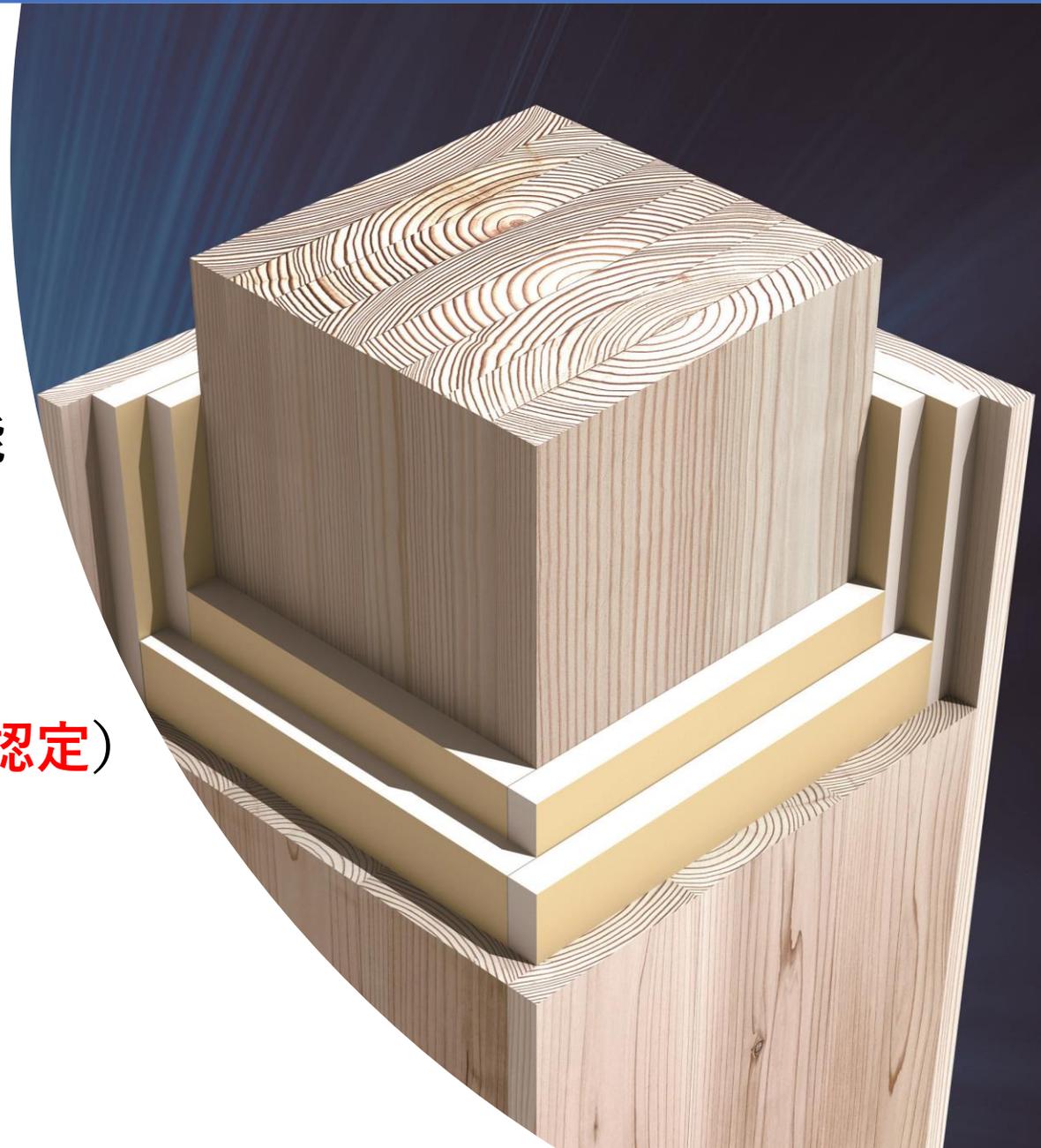


- 阪神・淡路大震災で被災地に建っていた**73棟の接合金物構法による木造住宅が倒れずに残った。**  
（写真は激震地の神戸市灘地区に建っていた3階建て住宅）
- 曖昧だった各接合部における金物の仕様、耐力壁の配置バランスなどが明確に告示化された

## 木質耐火部材

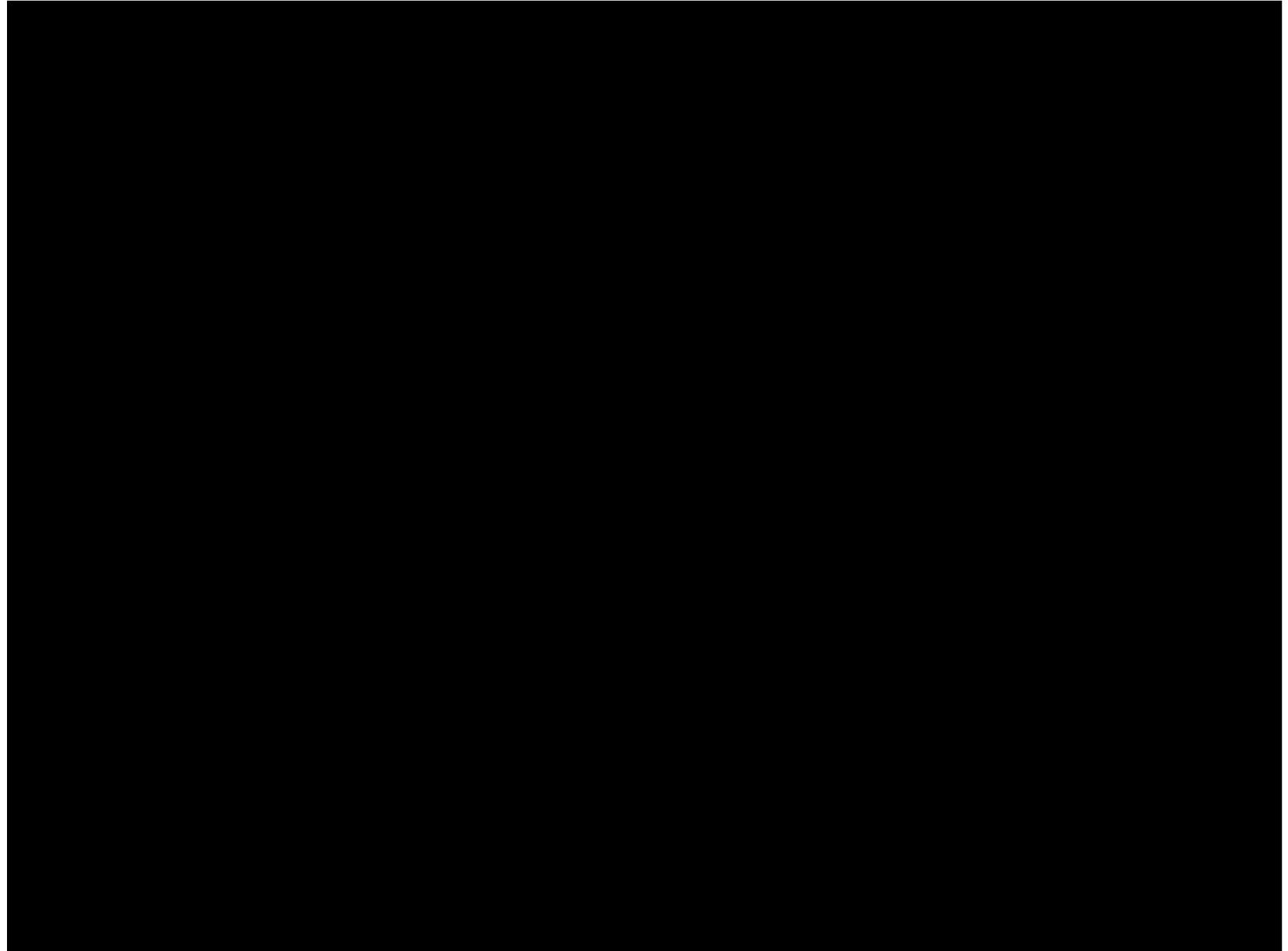
# クールウッド COOL WOOD®

- 鉄骨造やコンクリート造と同等の耐火性能
- 木と石こうボードのみで構成されており、様々な木材（樹種）で製作可能
- 1、2、3時間耐火の国土交通大臣認定取得  
（2、3時間耐火として国内初認定）
- 【COOLWOOD】  
日本独自の耐火技術（燃え止まり）  
市場流通性が高い素材のみで構築



Function(VTR) 01:08

**クールウッドの耐火の  
機能はこのように発揮  
される！**



樹種名：センゴン ラウト Sengon laut

[その他の名称]アルビチア・ファルカータ(ファルカタ)、バタイ、モルッカソウ、  
商品名で南洋桐と呼ばれることもある。



科 目：マメ科 Albizzia 属の広葉樹。

学 名：A.falcataria

色 調：辺心材の区別は明らかでなく、材の色調は全体に淡い黄白色。

性 質：木質は軽軟で、強度は低い。木理は通直ないしやや交錯する。  
加工や乾燥は容易。肌目はやや粗いが表面の仕上がりは良好。  
虫害や青変菌の害を受けやすく、耐久性は極めて低い。  
気乾比重：0.37

用 途：家具用芯材、引出の側板、箱材、梱包用材、マッチの軸木、モールディング材、パルプ用など。

備 考：造林された材は成長が早いため非常に軽軟である。  
南洋桐とも呼ばれるが、桐とは全く別な種類である。

【木肌】



樹種名：マホガニー mahogany 桃花心木



科 目：センダン科の広葉樹。散孔材。  
学 名：Swietenia macrophylla King.

色 調：辺心材の区分は明瞭で、辺材は黄色っぽく、心材は淡紅褐色から淡橙褐色を呈し、金色の光沢がある。長い間、光にさらすと色合いが濃くなる。また、柾目面にはリボン杻が現れることがある。

性 質：材の加工性や寸法安定性、耐久性など優れている。  
また、天然乾燥の速度も速く、狂いや割裂も少ない。  
気乾比重：0.65

用 途：家具材、彫刻材、楽器、模型、内部装飾材など。  
また、高級車のダッシュボードやハンドル、シフトノブなどにも伝統的に用いられる。

備 考：古くから世界的な銘木の一つで、特に欧米で高く評価されている。ホンジュラス産の、いわゆる「ホンジュラスマホガニー」が最高級とされるが現在では伐採禁止にされている。今では有用な造林樹種として、アフリカや東南アジアなどの熱帯地域で植栽されている。

【木肌】



樹種名：パラゴムノキ Para rubber tree

[その他の名称]英名はラバーウッド (rubber wood)、中国名は橡膠樹※1  
ラバートリー材やマイアン材、イースタンオークと呼ばれることもある。



【木肌】



科 目：トウダイグサ科 Hevea 属の広葉樹。散孔材。  
学 名：Hevea brasiliensis

色 調：辺心材の差はほとんどなく、材は灰白色から淡黄色を呈す。

性 質：やや軽軟で加工は比較的容易。プレナー掛けする際は逆目になりやすい。  
釘づけ、接着はほぼ良好。青変菌に侵されやすく、乾燥させる際に注意を要する。  
屋外での耐久性は低い。  
気乾比重：0.55～0.65

用 途：集成材に加工されて学習机やテーブルの天板に用いる他、造作材、合板材、パーティクルボード、パルプ原料などに利用される。また、ロクロ加工に向くので階段の手摺り等に利用される。

備 考：採取される樹液、ラテックスは、天然ゴムの原料とされ、  
木材としては最近になって利用されるようになった。

※1「橡」は「とち」「くぬぎ」「ゴムの木」を表します。  
「膠」は「にかわ」。

## 1. ラバーウッドの曲げ試験

試験目的：ラバーウッドの曲げ強度確認のため、ラバーウッドフリー板より切り出した小試験片（30mm×40mm）の曲げ試験を行う。

試験方法：JAS規定のフィンガージョイント曲げ試験

試験体寸法：30mm(h)×40mm(b)、スパン：660mm

使用接着剤：メラミン樹脂接着剤（現地製造フリー板）



表1 曲げ試験結果

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
最大荷重(N)	2,580	2,540	2,220	2,340	2,380	1,860	2,480	2,400	2,350
曲げ強さ(MPa)	47.3	46.6	40.7	42.9	43.6	34.1	47.3	44.0	43.31
FJの木破率(%)	5	60	5	40	50	40	8	5	26.6



写真1 曲げ試験状況



写真2 木破の状況



## 試験結果

ラバーウッドフリー板の曲げ強度は、集成材の日本農林規格※表10 目視等級区分ラミナの強度性能の基準の樹種群D（ラジアタパイン、ベイツガ） 2等の曲げ強さ（平均値42.0MPa、下限値31.5MPa）に相当することが確認できた。

しかしながら、破壊性状がフィンガージョイント部で抜け、木部破断率が5～60%と大きく、メラミン樹脂接着剤では構造用に適さないことが確認できた。

### 2. 接着層のせん断試験を実施

試験目的：ラバーウッドのせん断強度確認を行う。

使用接着剤：レゾルシノール樹脂接着剤

試験体寸法：30mm(h)×120mm(b)、スパン：660mm

表2 せん断試験結果

No.	1	2	3	4	5	6	平均
せん断強さ(MPa)	8.9	9.6	10.9	7.7	7.2	9.8	9.01
木部破断率 (%)	80	70	70	60	100	55	60.8



写真4 曲げ試験の破壊状況

## 試験結果より

ラバーウッドをレゾルシノール樹脂接着剤で接着した場合のせん断強さは、集成材の日本農林規格第5条 構造用集成材の規格における、ラジアタパイン、ベイツガのせん断強さの基準 6.6MPa以上を確認できた。一方、木部破断率は65%以下であった。接着を重ねることで木部破断率の改善は可能と思われる。



試験項目：密度測定（見掛け密度、かさ密度等）、木材含水率試験

試験実施期間：山形県工業技術センター

表3 樹種／センゴン試験結果

試験片		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)
センゴン	①	0.34	10.7
	②	0.27	10.7
	③	0.25	10.5
	④	0.36	10.2
	⑤	0.26	10.9
	⑥	0.26	11.3
	⑦	0.26	11.5
	⑧	0.36	10.7

表4 樹種／マホガニー試験結果

試験片		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)
マホガニー	①	0.53	11.4
	②	0.50	10.6
	③	0.52	10.8
	④	0.54	10.8
	⑤	0.62	9.9
	⑥	0.57	10.2
	⑦	0.59	11.2
	⑧	0.54	10.7



試験項目：一般材料試験（特殊な環境または試料採取を行うもの）

試験実施期間：山形県工業技術センター

表5 樹種／センゴン、マホガニー 曲げヤング係数及び曲げ強さ

試験片		厚さ (mm)	幅 (mm)	見掛けの曲げヤング係数 (Gpa)	曲げ強さ (Mpa)
センゴン	①	20.02	20.16	7.5	71
	②	20.13	20.56	8.8	81
	③	20.07	20.32	4.8	39
	④	20.06	20.36	4.7	37
マホガニー	⑤	20.63	20.17	7.2	71
	⑥	20.13	20.15	8.6	93
	⑦	20.51	20.05	8.8	101
	⑧	20.06	20.10	9.1	95

### 試験結果

#### ヤング係数は

マホガニーは、平均で E85 程度

センゴンは平均で E65 程度

#### 曲げ強度は

マホガニーは、平均で 90N/mm<sup>2</sup> 程度

センゴンは平均で 57N/mm<sup>2</sup> 程度

# インドネシア国内で中高層木造ビルの建設は可能！



## 1, 住民林業による森林資源

マホガニー、チーク、センゴン、ラバーウッドなどの資源の充実

- ・ジョクジャカルタ特別州の国有林面積15,500㌦、他住民造林地75,500㌦
- ・人工林20年程度で主伐、工場着値段は立米あたり、チーク2.5万円、アカシア1万円、センゴンは8千円



## 2, 木材製品製造の基盤

製材の他、合板、集成材、LVL、CLT等のエンジニアリングウッドの製造の存在、防腐防蟻技術の存在



## 3, 建築基準・法律の整備

耐震・耐火基準の国家規格が整備

- ・公共事業住宅省人間住居総局、公共事業住宅省住宅総局、インドネシア技術士会、インドネシア国営建築住宅公社



## 4, 産学官の連携

木材生産関連産業の充実、研究機関（大学等）の充実、国家の環境対応施策の充実

- ・ガジャマダ大学、ボゴール農科大学、州林業局、インドネシア国環境林業省（持続的森林管理総局）、公共事業住宅省





Thank you for your attention !

## Company Profile

English HP      <http://www.shelter.inc/en>

Chinese HP      <http://www.shelter.inc/zn>

English HP



Chinese HP

