途上国で活きる木材資源利用
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

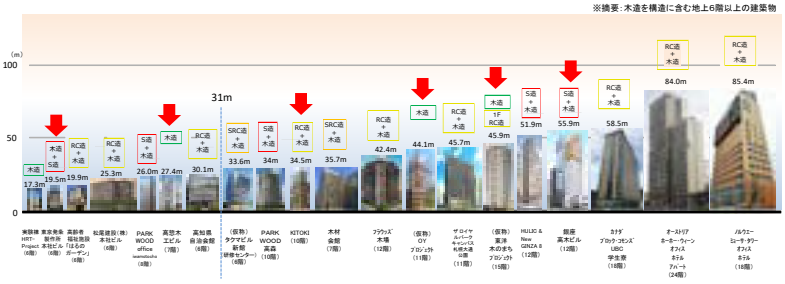
2，現地調達可能な木材「特性値」試験

3，構造用木材等の生産状況など

Shelter. 安達広幸@シェルター

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

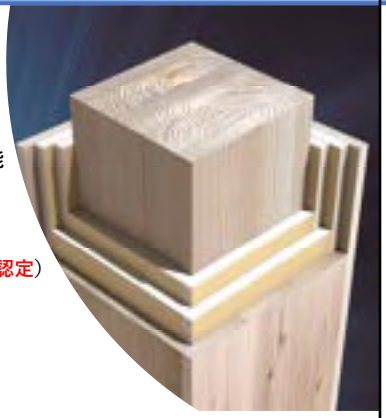
【従来の木造建築工法】
木を削って加工し接合する→強度が不安定△

【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

COOL WOOD（クールウッド）®



・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！

特性値検査対象木材　①　センゴン　　資料：木材図鑑

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)、パタイ、モルッカンソウ、
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

【木肌】

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。

特性値検査対象木材　②　マホガニー　　資料：木材図鑑

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、柾目面にはリボン杢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

【木肌】

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。

特性値検査対象木材　③　ゴムノキ（ラバーウッド）　　資料：木材図鑑

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る。

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」。

試験結果　①　曲げ試験【ラバーウッド】

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　①　曲げ試験結果とせん断試験【ラバーウッド】

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。

試験結果　②　密度と含水率【センゴン、マホガニー】

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/cm³)	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/cm³)	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

試験結果　②　曲げヤング係数と曲げ強度【センゴン、マホガニー】

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/mm2 程度
センゴンは平均で　57N/mm2 程度

【まとめ】木造建築資材等の状況

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㏊、他住民造林地75,500㏊
・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

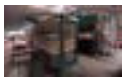
2，木材製品製造の基盤

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

公開セミナー「途上国で活きる木材資源利用」

インドネシアでの地域住民による生産材を用いた耐震・耐火中高層木造建築による都市の木造化

（令和4年度　途上国森林ナレッジ活用促進事業）

2023年3月2日
（公財）国際緑化推進センター（JIFPRO）
高原　繁

インドネシアはどんな国？

- 人口：2億7千万人(2020年)
- 国土面積:約1億9千万Ha
  （日本の約5倍）
  うち森林区域（国有林）が約3分の2
- 多島国家：1万7千の島々
- 多民族国家:ジャワ人、スンダ人
  など約300民族
- 宗教：イスラム教(87%)、キリスト教(11%)、ヒンズー教(2%)ほか
- 一人当たりGDP：約4,300ドル
- 経済成長：成長率5%程度を維持。コロナで落ち込んだが回復基調

インドネシア森林資源利用の課題

- インドネシアの天然林は、減少しており、木材資源利用は、メランティ等の天然林から、人工林にシフト
- 人工林材は、家具用材として有名なチーク、マホガニー、アカシア等のパルプ・チップ用など輸出用が多い。
- 住民の植えている樹種は、センゴン（ファルカタ：Albizia falcataria)、ジャボン（Antocephalus cadamba）などの早生樹のほかゴム林が多い

住民林業の例

センゴンの住民造林
林床にキャッサバを栽培するアグロフォレストリー
（ランプン州）

ゴムの住民造林
（中央カリマンタン州）

チークの住民造林
（南スラウェシ州）

インドネシアにおける気候変動・森林政策

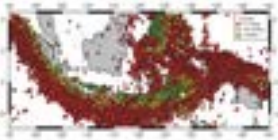
- インドネシアのFOLU（森林・土地利用）NET SINK2030計画(2022年発表)
  - 対策：①天然林の減少・劣化の防止、②コンセッションにおける天然林劣化の防止、③人工林の推進、④持続的森林管理、⑤炭素蓄積の増加、⑥泥炭地管理、⑦天然林の保全
  - 人工林の拡大ポテンシャル
    - 生産性の高くない土地への産業造林の拡大　→1.8百万ha
    - 社会林業（住民造林制度:HTR)の候補地　→0.7百万ha

社会林業の制度と面積

制度	面積（ha）	許可数
村落林（Hutan Desa）	1,656,161	977
コミュニティ森林（Hutan Kemasyarakatan）	792,398	1,766
住民造林（Hutan Tanaman Rakyat）	353,861	2,952
林業パートナーシップ（Kemitraan Kehutanan）	467,879	1,028
慣習林（Hutan Adat）	1,147,657	75
計	4,417,938	6,798

インドネシアにおける都市の課題：震災、首都移転

- 繰り返す地震による被害
- 2006年ジャワ島中部地震（M6.3）
- 2009年スマトラ沖地震（M7.5）
- 2018年スラウェシ島地震（M7.5）
- 2021年スラウェシ島地震（M6.2）
- 2022年西ジャワ・チアンジュール地震（M5.6）などで建物倒壊による多くの犠牲者



1779年から2010年までのマグニチュード4以上の地震

2021年スラウェシ島地震で倒壊した病院

2006年ジャワ島中部地震（M6.3）の状況

死者5,700人、多くの住宅等が倒壊。本地震の震度は4～5と言われているが、倒壊被害の理由としては、倒壊した建築物が震度3～4レベルの設計であったと考えられる。

（平成18年JICA調査報告書）

倒壊したRC柱レンガ組住宅

2006年愛媛大学調査報告書

➡ 建築物の耐震性の課題

ナレッジ活用モデル

	A. 対処課題	B. 日本にあるナレッジ	C. ナレッジ活用モデル（A+B）
①	インドネシア人工林資源の高付加価値利用（気候変動対策・地域住民の生計向上）	木造建築技術全般	・インドネシアの社会林業等に基づく人工林資源を利用した木造建築を推進することにより、地域経済の活性化や住民の生計向上・荒廃地への植林の促進による温暖化防止等環境問題への寄与・伐採木材（HWP)への炭素蓄積による温暖化防止対策への寄与
②	都市部における建築や住宅における耐震性の向上	（株）シェルターによるKES構法の技術	・オリジナルの接合金物を利用した、現地適用性の高い耐震技術による、高耐震性の木造建築の導入
③	都市部における建築や住宅における耐火性の向上	（株）シェルターによるCool Woodの技術	・日本の建築基準の下で3時間耐火性能を獲得した、現地適用性の高い耐火技術による、耐火性の高い木造建築の導入

ナレッジモデルの検証： 人工林樹種の材質は、木造建築に適しているか

ボゴール農科大学による調査樹種：
ジャボン（*Antocephalus cadamba*）、
マホガニー、 メリナ（*Gmelina arborea*）、
ゴム、 アカシア・マンギウム、
センゴン（*Albizia falcataria*）

➡ 建築用材として使えそう！

樹種	曲げヤング係数 (1,000kg/cm2)	曲げ強度 (kg/cm2)	繊圧縮強度 (kg/cm2)	せん断強度 (kg/cm2)	繊維方向引張強度(kg/cm2)	気乾比重
ジャボン	63	573	263	80	612	0.44
マホガニー	57	637	287	127	719	0.61
メリナ	58	539	261	99	774	0.57
ゴム	83	849	321	126	864	0.73
マンギウム	71	664	292	94	875	0.62
センゴン	45	391	182	56	417	0.32
スギ	75	-	260	65	560	0.33

注： 樹種ごとに3本の供試木、供試木ごとに5サンプルの測定を実施。スギの値は木材工業ハンドブックによる

ナレッジモデルの検証：人工林資源は十分にあるか？

＜ジョクジャカルタ特別州の例＞

- ジョクジャカルタ特別州の国有林面積は15,500ha、それ以外に住民造林地が75,500ha存在
- 主要植栽樹種は、チーク、センゴン、マホガニー、カユプティ（メラルーカ）など。
- 人工林は20年生程度で収穫。

＜住民造林地（Hutan Rakyat）の視察＞

- 3000人の住民が300haの土地に植栽（樹種はチーク）
- この植林地は、もともとアランアランが生育する草地に植栽。
- 伐期は定まっておらず、お金が必要な時に伐採
- 萌芽更新により2～3ローテーションの更新可能
- 住民は他に町での雇用により収入源あり。

➡ 人工林資源は充実しつつある！

ジョクジャカルタ住民造林（チーク）

ナレッジモデルの検証： 木材加工のキャパシティはどうか？

- インドネシア製材木工業協会（ISWA）の加盟工場数は、2021年には807工場。
- 一部工場は、製材だけでなく、集成加工等の高次加工が可能な複合工場がある。
- これ以外に、未加盟の小規模製材工場が地域に多数存在（実数は把握困難）
- 同協会のメンバーの業態は、製材、ドア、フローリング、住宅用のラミネーティングボード・フィンガージョイントボード、合板やブロックボード、ベアコアボード等、主として住宅内装や家具用の用途。
- 人工林の使用樹種としては、ゴム材（*Hevea brasiliensis*）、センゴン（*Falcataria mollucana*）、マホガニー（*Swietenia macrophylla*）が主。人工林材のマーケットは、主としてアジア向け（中国、ベトナム、台湾、日本）。
- 天然林材に依存する製材工場は閉鎖されつつあり、社会林業による人工林材への依存が高まっている。

ナレッジモデルの検証： 木材加工のキャパシティはどうか？ —つづき

＜ジョクジャカルタ周辺の小規模製材工場＞

- 原木は住民造林によるチークのみ丸太長は、1～3mでばらばら
- 帯鋸盤一台で、挽き板を製造し、人工乾燥して出荷
- 用途は家具用材
- インドネシア政府の合法性証明（SVLK）を取得
- 年間生産量は2,000m³をターゲット

ナレッジモデルの検証： 木材加工のキャパシティはどうか？ —つづき

＜ジョクジャカルタ周辺の中規模合板・ブロックボード工場＞

- 原木は住民造林によるセンゴン及びジャボン。90%がセンゴン。
- 年間素材消費量は7万～10万m³
- 製品は輸出用（ヨーロッパ、台湾、マレーシア、メキシコ）。日本向けはジャボンが好まれる。
- 生産ラインは、ロータリーレース8台、単板乾燥機10台でかなり規模が大きい。
- 雇用労働者は1,600名（7時間交代で3シフト）
- 長さ2.5mまでならLVLも生産可能。
- インドネシア合法性証明（SVLK）取得

ナレッジモデルの検証： 木材加工のキャパシティはどうか？ —つづき

グルーラム、LVL、CLTなどエンジニアードウッドの製造企業も既にある。

- Woodlam Indonesia

- Sampoerna Kayoe

➡ 構造用木質部材は供給できそう！

インドネシアにおけるセミナーの実施

日本のシェルター社の技術を利用した耐震・耐火木造建築をインドネシアで推進するための国際セミナー

日時： 2023年2月7日　9:00～16:00
場所： インドネシア国環境林業省コンパウンド内　APKINDO会議室
主催： インドネシア製材木工業協会（ISWA）、国際緑化推進センター（JIFPRO）共催
参加： 会場30名、オンライン140名
プログラム：
- ISWA及びJIFPROによる挨拶
- 環境林業大臣代理（持続的森林管理総局長）挨拶
- 発表

「植林木の供給ポテンシャル」　持続的森林管理総局長
「インドネシアの耐震基準の現状」 公共事業住宅省人間居住総局
「耐震住宅の開発・建築」公共事業住宅省住宅総局
「耐震住宅開発の実施における技術士の役割」 インドネシア技術士会会長
「シェルター社の耐震・耐火木造建築の技術」（株）シェルター安達常務取締役
「住宅基礎の耐震性のための英国の技術」 GTLインターナショナルCEO
「インドネシアの住宅産業への参入条件」 インドネシア国営建築住宅公社
「地域樹種の建築材としての性質」 ボゴール農科大学教授

セミナーでの発表や意見

- 人工林資源は充実しつつある。住民植林の面積はジャワ島が一番多い。ただ、樹齢が若く、径級が小さいものが多く、材質や等級などもそろっていない。強度の強化や耐久性付与などの技術支援が必要
- 耐震基準は、インドネシアの国家規格（SNI）として整備されてきており、順次改訂を経ており、最新のものは2020年。
- インドネシアでも耐震性のある住宅設計の開発などは行われており、木造の採用も検討されつつあるが、まだ開発途上。
- セミナーにとどまらず、実装にむけてアクションを起こすことが重要
- 建築物に木材を使用し、また、耐久性を高めることで、森林を守ることにもつながる。
- 耐震建築のコンソーシアムができており、そういった枠組みと連携することも重要。
- 耐震性のあるアイコニックシティーを全国で作っていくようなアイデアもある。

インドネシアの首都移転

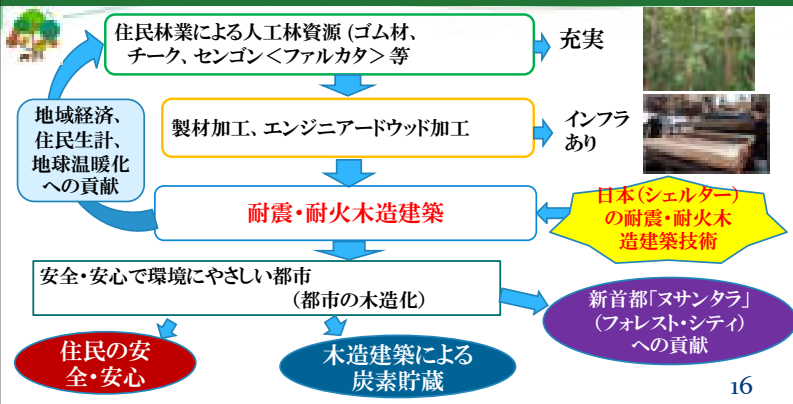
・現在のジャカルタから東カリマンタンのバリクパパン周辺に首都移転を決定
（2022年1月国会決定）

背景： 人口過密による交通渋滞など都市問題
地盤沈下と地球温暖化によるジャカルタ水没の危険

・2024年移転がスタートする予定
・新首都の名称はNusantara。また、新首都を”Forest City”とする方針
・”Forest City”とは、森林をベースにしたゼロエミッションのスマートシティー

➡ 地元人工林材による木造建築は、”Forest City”のモデルとなる！

まとめ： 耐震耐火・木造建築技術によるインドネシアへの貢献



ご静聴ありがとうございました。

問い合わせ： shigeru@jifpro.or.jp

「林野庁補助事業　途上国森林ナレッジ活用促進事業　令和4年度報告書」
2023年3月

編集・発行
公益財団法人 国際緑化推進センター
JIFPRO - Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center

～ Editorial Team ～
Asako Yamamoto I, IV, V
Masamichi Takahashi II, III
Shigeru Takahara IV-i
Junki Kuramoto VI, VII
協力: （株）トロムソ、（株）シェルター 、(株)イースクエア