4) 活動４．技術適合調査

ア．ボゴール農科大学による材質試験

インドネシアの人工林樹種のうち 6 樹種の材質試験をボゴール農科大学（IPB）に委託して実施した。

試験した木材は、ジャボン（*Antocephalus cadamba*）、マホガニー（S*wietenia macrophylla*）、ゴム（*Hevea brasiliensis*）、アカシア・マンギウム（*Acacia mangium*）、センゴン（Albizia *falcataria*）、メリナ（*Gmelina arborea*）の 6 樹種である。ボゴールの IPB 近くの製材所から各樹種 3 本ずつ購入し、選定した（写真 20）。すべての樹種はボゴール近郊の住民植林地から伐採されたものである。 丸太は、伐倒木の地際から 200cm 以下の部分を切り出し、製材所で帯断され、6cm×12cm×200cm の大きさの板を製材した。これらの板を IPB の実験室に搬入し、気乾状態まで乾燥した（写真 21）。これらの気乾状態の板から無欠点の試験片（3 cm×3 cm× 60 cm）を用意した。 強度試験及び密度試験用のサンプルとして、これらの無欠点の試験片を無作為に選択した。

サンプル用の各樹木から、強度試験用に 5 個の試験片、密度試験用に 7 個の試験片を使用した。強度試験（曲げ強度試験（MOR）、曲げヤング係数（MOE）、繊維方向に平行な引張強度、繊維方向に平行な圧縮強度、繊維方向に平行なせん断強度）を、JIS Z 2101-2118 規格に従って、Chun-Yen 万能試験機で試験した。

写真 20　試験に使用した樹種

写真 21　乾燥中の板材

試験項目は次の通りである。

i) 気乾密度

乾燥後、含水率 10～15%程度に調製した試験片を直ちに 0.01g の精度で秤量し、試験片の断面の辺と繊維方向の長さを 0.1mm 単位で測定し、試験片の体積を計算した。試験片の密度は、次式に従って計算した。

$$\rho_o = \frac{W_o}{L_o B_o H_o} = \frac{W_o}{V_o}$$

ここで、

Wo = 気乾密度状態での試料の重量(g)

Lo = 気乾状態での試験片の長さ（単位：cm)。

Bo = 気乾状態での試料の幅(cm)

Ho = 気乾状態での試験片の高さ（単位：cm)。

Vo = 気乾状態での試料の体積(cm^3)

ii) 曲げ強度（MOR)・曲げヤング係数（MOE）試験

静的曲げ試験は､3 点曲げ方式で実施した(写真 22)。試験片の支持点間の距離は 280mm である。試験中、5mm/min の一定の荷重速度が適用された。

試験片に接触するローディングヘッドの外縁は半径 30mm であった。試験片は、曲げ動作に自由に追従できるように両端を支持した。長さ方向の中間点における試験片のたわみを､外側の荷重点を基準にして測定した。曲げ弾性率 (MOE) および曲げ強度 (MOR) は, 次式に従って計算した。

$$MOR = \frac{3}{2}\frac{FL}{WT^2} \qquad MOE = \frac{L^3}{4WT^3}\frac{\Delta F}{\Delta \ell}$$

ここで、

F= 最大荷重（kg）

L＝スパン（cm）

W＝幅（cm）

T = 深さ、単位は cm

ΔF/Δl＝変形の増分に対する荷重の増分（kg/cm）

写真 22　ジャボンの曲げ試験の状況

iii)　繊維方向に平行の圧縮試験

圧縮試験用の試験片の寸法は、20mm×20mm×60mm であり、荷重を木目に平行に付加した。結果の正確性を確保するため、長方形の試験片の両端を平滑にし、荷重方向に垂直なるようにセッティングした。試験中、上部と下部の圧縮板を平行に保つようにした。試験中、荷重の付加速度は 0.50mm/min で一定に保つようにした。圧縮強度は、次式に従って計算した。

$$圧縮強度 = F/A$$

ここで

F= 最大荷重（kg）

A＝断面積（cm^2）

iv) 繊維方向に平行なせん断試験

試験は、せん断破壊面が繊維方向と平行になるように行った。 試験中の荷重速度は 0.64mm/min と一定であった。試験片は一辺が 30mm の立方体である。最大荷重時のせん断応力は、以下の式により算出した。

$$せん断強度 = F/A$$

ここで

F= 最大荷重（kg）

A = 断面積（$cm2$）

v) 繊維方向と平行な引張試験

試験片の最小断面での実寸を測定したのちに、引張破壊が最小断面で起こるように、繊維方向に平行な引張力を付加した。試験片の両端をグリップで保持した（写真 ）。荷重は、試験片が荷重開始から 1.5～2 分で破断するように、一定の荷重速度で試験片に加えられた。最大荷重時の引張応力は、以下の式で算出した。

$$引張強度 = F/A$$

ここで、

F = 最大荷重（kg）

A＝断面積（cm^2）

写真 23　マホガニーの繊維方向に平行な引張試験

表 IV-12 に、試験結果を示す。数値はそれぞれの試験木の平均値である。

表 IV-12　インドネシアの人工林樹種の材質の試験結果

樹種		曲げヤング係数	曲げ強度	繊維方向に平行な圧縮強度	繊維方向に平行なせん断強度	繊維方向に平行な引張強度	気乾密度
		kg/cm^2					g/cm^3
ジャボン	tree 1	68830.39	632.93	269.75	74.85	595.45	0.45
	tree 2	59434.53	535.57	239.64	84.06	618.47	0.44
	tree 3	59434.53	550.02	277.74	81.91	622.30	0.43
マホガニー	tree 1	52810.12	680.34	267.75	140.69	610.87	0.65
	tree 2	55474.96	614.28	296.18	121.38	716.74	0.61
	tree 3	64081.98	615.73	296.52	119.58	829.92	0.56
メリア	tree 1	59687.64	741.68	326.20	141.38	908.13	0.61
	tree 2	54809.94	387.85	209.65	67.75	754.85	0.56
	tree 3	60162.63	486.65	247.89	88.76	658.18	0.55
ゴム	tree 1	58140.89	675.36	287.55	108.26	734.77	0.73
	tree 2	95242.11	898.32	339.70	131.26	998.89	0.71
	tree 3	95910.28	975.33	334.06	140.13	857.54	0.76
アカシア・マンギウム	tree 1	57986.44	538.20	232.81	88.87	963.62	0.55
	tree 2	78148.22	690.83	312.24	103.69	847.71	0.62
	tree 3	78207.14	762.86	332.12	88.96	812.75	0.71
センゴン	tree 1	52877.55	485.51	200.27	63.24	464.39	0.34
	tree 2	43848.90	381.91	197.46	57.23	437.11	0.30
	tree 3	37717.21	304.50	150.42	49.02	349.02	0.31

表 IV-13 にインドネシア人工林材の樹種の材質とスギの材質を比較する。今回の調査では、ばらつきについて十分検証するに至らなかったが、センゴンのみはスギよりもやや軽軟であるものの、それ以外の樹種は比重、強度ともにスギと同等もしくはスギよりも高い値を示していた。

表 IV-13　インドネシア人工林樹種とスギの材質比較

樹種	曲げヤング係数 (1,000kg/cm2)	曲げ強度 (kg/cm2)	縦圧縮強度 (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
メリア	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

イ．株式会社シェルターによる材質試験

株式会社シェルターにおいて、日本において入手可能なゴムの集成材、インドネシアにおいて入手したセンゴン及びマホガニーのサンプルについて、各種試験を行った。試験項目は下記の通りである。

i) 密度測定、含水率試験

①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

②試験規格：JIS Z 2101：2009 木材の試験方法　含水率及び密度の測定に準拠

③試験方法：

＞密度：密度は次の式による。

$$\rho = m / V$$

ここに、ρ ：密度（g/cm³）

m：試験体の質量（g)、

V：質量測定時の試験体の体積（cm³）

＞含水率：試験体の乾燥前の質量（m_1）を測定する。次に、試験体を換気の良好な乾燥機において 105℃で乾燥し、恒量に達した時の質量（m_2）を　測定する。含水率は次の式によって算出する。

$$u = (m_1 - m_2 / m_2) \times 100$$

ここに、u ：含水率（%)、

m_1：乾燥前の質量（g)、

m_2：乾燥後の質量（g）

ii) 曲げ試験

①試験項目：曲げ試験（曲げA試験）

試験片又はモデル試験体の作成通直の集成材で等断面のものにあっては、各試料集成材をそのまま用い、試験時の試験片の含水率は 12%を標準とする。

②試験の方法：図 IV-15 に示す方法によって、比例域における上限荷重及び下限荷重、これらに対応するたわみ、並びに最大荷重を測定し、曲げヤング係数及び曲げ強さを求める。

(注) 1 スパンは、試料集成材、試験片又はモデル試験体の厚さの 18 倍以上とする。

2 曲げヤング係数及び曲げ強さは、それぞれ次の式により算出する。

$$\text{曲げヤング係数（MPa又はN／mm}^2\text{）} = \frac{P(\ell - S)(2\ell^2 + 2\ell S - S^2)}{8\triangle y\, b\, h^3}$$

$$\text{曲げ強さ（MPa又はN／mm}^2\text{）} = \frac{3Pb(\ell - S)}{2\, b\, h^2}$$

△Pは、比例域における上限荷重と下限荷重との差（N）

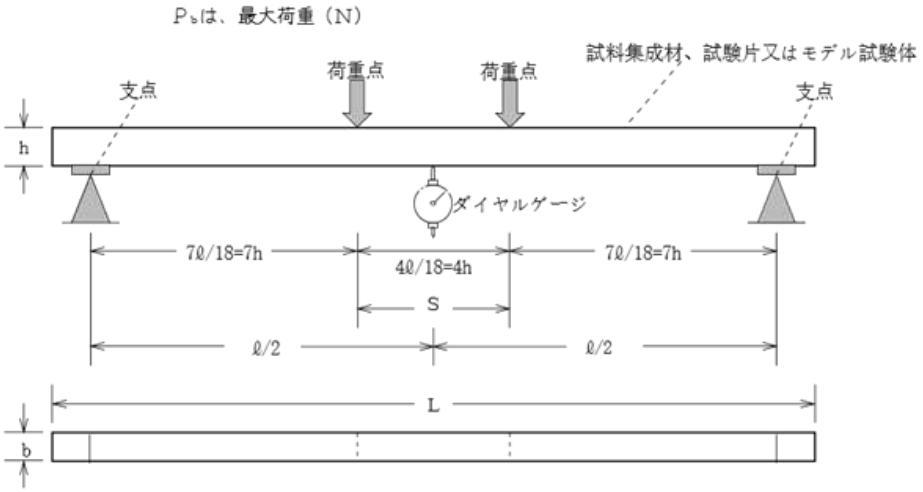
△yは、△Pに対応するスパン中央のたわみ（㎜）

ℓは、スパン（㎜）

Sは、荷重点間の距離（㎜）

bは、試料集成材、試験片又はモデル試験体の幅（㎜）

hは、試料集成材、試験片又はモデル試験体の厚さ（㎜）



L：試料集成材、試験片又はモデル試験体の長さ

ℓ：スパン

h：試料集成材、試験片又はモデル試験体の厚さ　S：荷重点間の距離

b：試料集成材、試験片又はモデル試験体の幅

図 IV-15　曲げＡ試験又は化粧ばり構造用集成柱の曲げ試験

iii) ゴム材の曲げ試験とせん断試験結果

ゴム材の曲げ強度確認のため、日本で入手可能なラバーウッドフリー板より切り出した小試験片（30mm×40mm）の曲げ試験を行った。試験方法は JAS 規定のフィンガージョイント曲げ試験で、試験体寸法は高さ 30mm×幅 40mm(b)×スパン 660mm であり、使用接着剤はメラミン樹脂接着剤（現地製造フリー板）であった。

曲げ試験状況を写真 24 に、木破の状況を写真 25 に、曲げ試験結果を表 IV-14 に示す。

表 IV-14　ゴム材の曲げ試験結果

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 24　ゴム材の曲げ試験状況

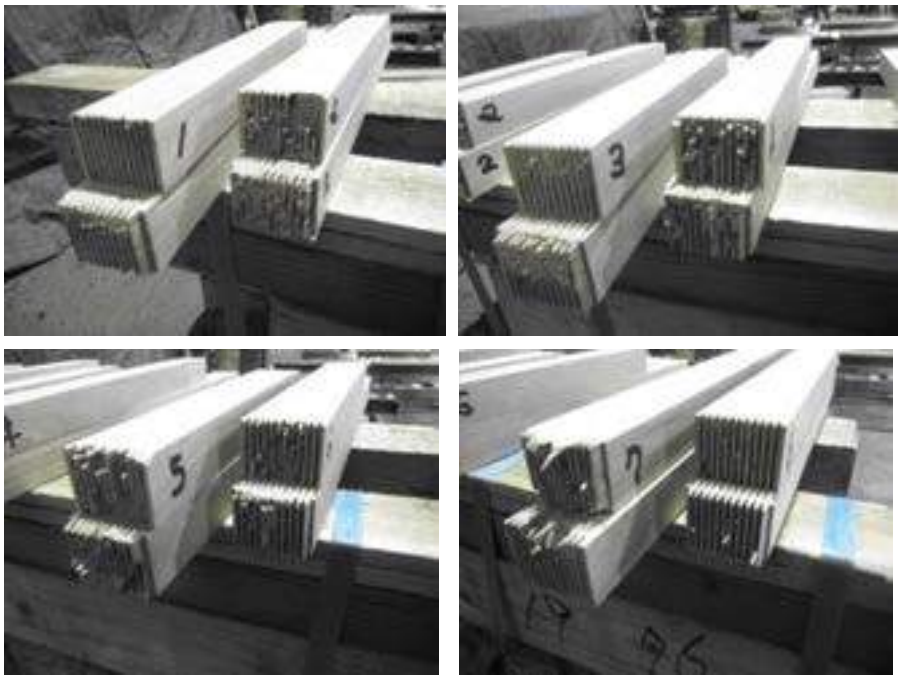


写真 25　ゴム材試験の木破の状況

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。

さらにラバーウッドフリー板のせん断強度確認を行った。使用接着材はレゾルシノール樹脂接着材である。試験体寸法は、高さ 30mm×幅 120mm×スパン 660mm である。

表 Ⅳ-15 にせん断試験結果を示す。

表 IV-15　レゾルシノール樹脂接着材で接着したゴム材のせん断試験結果

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

ゴム材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。

iv)　センゴン及びマホガニーの密度、含水率、曲げヤング係数及び曲げ強さ

今回の調査により現地で入手したセンゴン及びマホガニーのサンプルの密度、含水率、曲げヤング係数及び曲げ強さを、山形県工業技術センターに依頼し試験した。その結果を表 IV-16 から表 IV-18 表 に示す。

表 IV-16　センゴンの密度及び含水率の試験結果

試験片		密度 (g/㎤)	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 IV-17　マホガニーの密度及び含水率の試験結果

試験片		密度 (g/㎤)	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

表 IV-18　センゴン及びマホガニーの曲げヤング係数及び曲げ強さ

試験片		厚さ（㎜）	幅（㎜）	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

試験の結果、曲げヤング係数は、マホガニーでは平均で E85 程度、センゴンは平均で E65 であった。また、曲げ強度はマホガニーでは平均で 90N/mm2 程度、センゴンでは平均で 57N/mm2 程度であった。

5) 活動５. 可能性分析

ア．インドネシア来日ミッション面談

2022 年 8 月 5 日に、インドネシア環境林業省のインドネシアへの林業分野の投資促進のための来日ミッションとの面談・ディスカッションを行った。

i) 日時　2022 年 8 月 5 日　15:30～16:30

ii) 場所　在日本インドネシア大使館

iii) 参加者

＜インドネシア側＞

・環境林業省持続的森林管理総局長　　アグス・ジュスティアント氏
・インドネシア木質パネル協会（APKINDO）理事　グナワン・サリム氏
・ボゴール農科大学森林学部長　　ナレスウォロ・ヌグロホ教授
・インドネシア森林コンセッション協会　　ソワルソ氏
・ムラワルマン大学森林学部長　　ルディアント・アミルタ教授
・ガジャマダ大学森林学部　　ラティヒ・セプティアナ研究員

＜日本側＞

・（株）シェルター　　安達広幸常務取締役
・JIFPRO　　高原専務理事
・JIFPRO　　山本研究員

iv) 内容

日本側より、本実証調査の予定と（株）シェルターの技術についてプレゼンテーションを行った。インドネシアミッションより、ローカル樹種を使うアイデアは良いことでありこのような調査を歓迎すること、インドネシアでは木材利用として様々な樹種があること、シロアリ等耐久性の問題については注意する必要があるなどのコメントがあった。

イ．国際セミナーの開催

日本のナレッジである（株）シェルターの耐震・耐火木造建築技術をインドネシアにおいて周知するとともに、ナレッジモデル「地域住民による生産材を用いた耐火・耐震建築による都市の木造化」の可能性分析に資するため、インドネシアの関係者とともに国際セミナーをジャカルタで開催した。なお、本セミナーにおいては、インドネシア側の関係者である公共事業・住宅省の主たる政策が、特に低所得者層向けの住宅の確保にあるため、耐震・耐火木造住宅にフォーカスしたものとなった。

i) セミナーのタイトル

「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」

ii) 目的

- （株）シェルターの有する耐震・耐火木造建築の技術を、インドネシアの関係者と共有すること
- インドネシアにおける耐震・耐火木造建築の技術導入に関連する政策や法令規則を明らかにすること
- インドネシアの造林木の耐震・耐火木造建築への利用可能性を評価すること
- （株）シェルターの耐震・耐火木造建築技術のインドネシア建設市場への導入の実現可能性を評価すること

図 IV-16　国際セミナーのポスター

iii) 日時　2023 年 2 月 7 日（火）　9:00～16:00

iv) 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（ジャカルタ）
v) 主催　インドネシア製材木工業協会（ISWA）
（公財）国際緑化推進センター（JIFPRO）共催

vi) 参加者　　中央政府及び地方政府関係者、木材業界・建設業界関係者、技術者等が全国から参加。会場参加約 30 名、ウェブ参加約 120 名 計約 150 名（別添）

vi) プログラム

- 開会あいさつ：Mr. Suharyanto ISWA 専務理事
〃　　：高原　繁 JIFPRO 専務理事
- 基調講演：　環境林業大臣　Dr. Siti Nurbaya（持続的森林管理総局長代読）
- 発表

・Dr. Agus Justianto 環境林業省持続的森林管理総局長
「住民造林による木材の供給可能性」
・Mr. Dani Chayadi 公共事業・住宅省人間居住総局「耐震性住宅の構造設計」
・Dr. Maryoko Hadi 公共事業・住宅省住宅総局「耐震性住宅について」
・Dr. Danis Sumadilaga インドネシア技術士会
「耐震・耐火木造建築の建設に関する技術実践分野での人材協力」
・安達広幸氏 株式会社シェルター常務取締役
「(株) シェルターの耐震・耐火木造建築技術」
・Mr. Gavin Rixon 英国 GTL インターナショナル CEO
「耐震性基礎のソリューションとしての GTL 社ヘリカルパイル」
・Dr. Wayan Darmawan ボゴール農科大学林産学科教授
「地場産材の加工技術の研究」

写真 26　国際セミナーの模様

vii) セミナーでのディスカッション

・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、インドネシアの建築法、さらには国家規格（SNI）として整備されてきており、順次改訂を経ている。
・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、木造の採用も検討しているが、実施には至っていない。
・基準や技術があっても、実際の建築に反映されていない（直近の西ジャワでの地震災害)。人々は地震によって犠牲になっているのではない、インフラが脆弱なため犠牲になっている。
・人々の間には木造を好まず、コンクリートでなくてはいけないという「思い込み」がある。
・耐震技術については、利用可能性、持続可能性（持続可能な住民林業からの木材利用など)、入手可能なコスト、簡便性が必要である。
・価格の問題について、（株）シェルターの技術は、インドネシアの木材資源を使ってインドネシアで建設しようとするものであり、日本の（高価）な製品を持ち込むのとは異なる（シェルター安達氏コメント)。
・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。

viii) 結論（インドネシア側によるとりまとめ）

＜課題分析＞

・建築の耐震性が、政策課題として十分認識されていない。
・地震多発地帯は、比較的肥沃で人口が多い地域であり、地震災害が今後も続く懸念。
・地震に対する脆弱性として、①社会の不均衡と発展レベルの低さ、②政治的安定性、保健サービス、インフラの欠如、③キャパシティ（教育、研究、防災）の不足、の 3 点で評価すると、日本は脆弱性が低いのに対し、インドネシアは依然として高く、これらのギャップを埋めることが必要。
・耐震建築に関する専門家が不足。
・耐震性の基準はあるが、その適用のための資源の動員（resource mobilization）が課題。
・木造建築のための人工林資源は十分にあるが、定量的な試験・研究を進めていくことが必要。

・耐震建築の経済的フィージビリティについては、相乗効果や外部性を考慮して、総合的に評価することが必要。

＜提言＞

・地震多発地域のマッピングと、そのような地域での伝統的な知恵と先進技術による耐震建築の教育・普及啓発活動
・地震多発地域における耐震性モデル住宅の建築
・耐震性木造住宅（建築）に関する技術移転
・耐震・耐火木造住宅（建築）を推進するための政府機関を始めとする国内外の関係機関の協働（環境林業省＜KLHK＞、公共事業・住宅省＜PUPR＞、研究革新庁＜BRIN＞、インドネシア技術者協会＜PII＞）
・インドネシアにおける耐震・耐火木造住宅（建築）のコスト分析
・耐震・耐火木造住宅（建築）の推進のための関係者間の協働の場として耐震性住宅コンソーシアムの活動強化
・耐震性住宅に関する地域住民のマインドセットを変える取組

ウ．可能性分析まとめ

活動を通じた可能性分析について、とりまとめて本節にて記述する。

本ナレッジ活用モデルは、日本の耐震・耐火木造建築技術（(株）シェルターの技術）をインドネシアに導入し、住民植林材を用いて耐震・耐火木造建築を建設することにより、一方では持続的森林管理や気候変動に貢献するとともに、他方では住民の安全・安心等に貢献することを想定しているものであるが、時間的制約から、本事業の期間内に実際に耐震・耐火木造建築を建てることまでは想定しておらず、政策や、森林資源・加工・流通・建築の実態の観点からの可能性調査を行うとともに、インドネシアにおけるセミナーを通じて、本事業成果の日本のナレッジのインドネシア関係者間での共有を図り、実現に向けた道筋を開くことである。そのような観点から、各側面について、次のように取りまとめる。

i) 政策との整合性

＜森林政策＞

インドネシアでは森林の減少・劣化が依然として続いており、これが温室効果ガスの排出源として大きな割合を占めている。また、森林減少・劣化による天然林資源の減少が顕著であり、インドネシアでは政策的に木材利用を天然林資源から人工林資源にシフトしている。これに応じて、木材産業も天然林資源をベースにするものから人工林資源をベースにするものに移行してきている。

また、2022 年に打ち出された同国の森林土地利用分野の気候変動対策においても、天然林から人工林のシフトが明確に打ち出されており、その中でも住民造林が対策の柱の一つ

として打ち出されている。現地調査からも、実際に住民造林による人工林資源が充実してきていることが裏付けられた。

このようなことから、本ナレッジ活用モデルは、同国の森林政策と高い親和性があることが裏付けられた。

さらに、持続的に管理された木材による木造建築の推進は、建築物中に炭素を蓄積することから地球温暖化防止へ貢献する施策である。我が国においては、このような木材利用を通じた炭素蓄積効果は、伐採木材（HWP：Harvested Wood Products）の吸排出量の計算を通じて定量的に評価され、気候変動枠組条約下でのインベントリ報告中に含めているところである。一方、インドネシアは、同国の「国が決定する貢献」（NDC: Nationally Determined Contribution）には、HWP を含めておらず、現状では HWP をカウントする仕組みを有していないところであるが、これは同国の林産物が現在、殆どが輸出向けであり、かつ半減期の短い紙・パルプ用であることに起因すると考えられる。将来的には、同国における木造建築の普及を通じた HWP による炭素蓄積効果のポテンシャルは大きいものと考えられる。

＜建築政策＞

建築関係の政策を見ると、建築物の耐震・耐火基準については、インドネシアの建築法、国家規格（SNI）において既に規定されている。しかしながら、直近の 2022 年の西ジャワ・チアンジュールでの地震災害に見られるように、依然として耐震基準が一般の建築に浸透していない状況が見られている。このため、本ナレッジ活用モデルを通じて、実際に耐震建築の普及を図っていくことの重要性が確認された。

公共事業・住宅省の政策を見ると、建築関係の政策は、低所得者層向けの住宅の供給が柱になっているように見受けられた。住宅供給においては、耐震性のある木造住宅のモジュールも作られているが、これらが実際に広く適用されるまでには至っていない。また、商業建築や非住宅建築物に関しては、今回の調査の範囲内では政策的アジェンダは確認できなかった。

今回の活動を通じて、環境林業省や公共事業・住宅省関係者に、耐震・耐火木造建築技術の可能性の認識を高めることに貢献したのではないかと考えられ、今後の政策展開に期待するところである。

さらに、インドネシアは現在の首都ジャカルタを東カリマンタンのバリクパパン周辺に移転することを既に決定しており、新首都を“Forest City”とすることとしている。地域の住民造林による持続可能な木材資源を用いた木造建築を、新首都に建築することができれば、”Forest City”の施策にそぐうシンボリックな建築物になると考えられる。

ii）森林資源及び加工流通の実態

ジョクジャカルタにおける調査結果では、周辺におけるチーク、マホガニー、センゴンを主たる樹種とする住民造林の資源は、面積としても大きく、充実しつつあることが確認できた。ジョクジャカルタではゴム林はないとのことであったが、文献調査でかなりのゴム材利

用資源があるとされており、また、ジャカルタの木材工場で、相当量のゴム材の入荷を確認しており、ゴム材についても資源的には十分あると考えられた。

一方、素材の形状を見ると、特にゴム材については、あるいはその他の樹種についても日本のスギ・ヒノキと比べ、曲がり材が多い。また、造材についても、1.3m や 2.6m といった短い造材が多く、3m を超える造材は調査の範囲では見当たらなかった。また、聞き取りでは乾燥によるねじれも見られるとのことである。径級についてもバラツキが多いように見受けられた。

加工流通状況について、ジョクジャカルタの調査からは、住民造林をベースとしたランチボックス加工、製材、合板・ブロックボード工場と、多様性のある加工インフラがあり、住民造林材が、活発に搬入されていることを確認した。

また、今回の直接の調査対象にはなっていないが、インドネシア国内には、LVL やグルーラム、CLT などのエンジニアードウッドの製造会社も存在することが確認できた。

以上のことから、住民造林による森林資源及び加工流通キャパシティは、地域差はあるものの、耐震・耐火木造建築用の建築部材を十分供給可能であることが確認できた。

なお、住民造林からの素材の特徴から、中高層木造建築には、ある程度サイズの大きな無垢製材の供給は容易ではないことが伺われ、LVL や集成加工を行った部材の使用を検討した方が良いと思われた。

iii) 建築制度及び施工実態

インドネシアにおいて耐火基準や耐震基準が整備されていることが確認できた。なお、耐震基準については米国の基準をモデルとしていると考えられる。

しかし、実際に施工されている一般住宅等では、依然として耐震基準を満たしていないものがあることが伺える。ガジャマダ大学の聞き取りにおいても、2006 年の中部ジャワ地震からの復興において、改善はみられるものの、依然として耐震性は不十分であるとの情報であった。

研究・開発としては、木造を含む耐震住宅のプロトタイプは既に開発されている。しかし、木造については、住民の間に木造住宅は貧しい人のものであるとのマインドセットが強いとのことであり、浸透していない。この点について今後変化を促していくことが必要であると考えられる。

iv) 技術適合調査

インドネシアの主要な人工林樹種の材質試験を行った結果、今後個体ごとのバラツキについてさらに検証する必要があるものの、センゴンについてはスギよりもやや軽軟である以外は、スギとおおむね同等か、それよりも高い強度を示していた。いずれにせよ、強度等の材質について値について今後サンプル数を増やして把握し、設計に反映することで、構造用部材として使用可能と考えられた。

エンジニアードウッド製造の際の接着については、インドネシアでは内装用として製造

されている製品が多く、構造用の部材としては適切な接着剤や接着方法の選択が必要であると思われた。

v) まとめ

本ナレッジ活用モデルは、下記の点から、実現可能性が高いものと考えられる。

- インドネシアにおける住民造林による人工林資源が充実しつつあること、
- これらの人工林資源を加工するインフラ（製材工場、エンジニアードウッドの製造工場）もあり、構造用木質部材の供給が可能であると考えられること、
- インドネシアの建築技術として、耐震性木造住宅の研究もおこなわれているが十分でなく、また、耐震建築自体の広がりも不十分であり、耐震・耐火木造建築技術は、建築分野においても技術上のミッシングリンクを埋めるものと考えられること
- 住民造林の推進による持続的森林管理の推進、気候変動対策の推進、耐震建築の普及といったインドネシアの政策課題との親和性が高いことが確認できたこと

一方、コストの点について、本ナレッジ活用モデルは、現地適用性の高い技術を用いて、現地の木材資源、その他の資源を用いて行うものであり、単純な日本の技術や製品の移転よりもコスト優位性があると考えられるが、さらなる検証が必要である。

技術的には、人工林材の材質及び構造用部材の製造について更なる検証を行うとともに、シロアリ対策について現地大学等と連携して、適切な対策を見出す必要があると考えられる。

さらに、一般住宅について、住民の間には木造住宅より、RC 構造の住宅を好むというマインドセット（思い込み）があるとのことであり、この要因についてはさらなる分析が必要であるが、低所得者層向けの住宅からスタートするのではなく、まずは、商業建築やシンボリックな非住宅建築物で優れたデザインの木造建築を導入し、木造建築に対する現在のイメージを変えていくことが必要と思われた。

8. 結果の考察

1) 計画との差

特に当初の計画・見込みと大きな乖離は生じなかった。ただ、当初、無垢製材を利用した建築を考えていたが、現地の素材の特徴や現地の加工技術の現状から、LVL や集成材などのエンジニアードウッドを用いた建築を検討した方が良いと考えられる。また、対象とする建築は、低所得者向け住宅を最初のターゲットとするのではなく、商業建築などの非住宅建築や富裕層向けの住宅における導入を目指し、木造に対するマインドセットを変えていくことが必要と思われる。

2) ナレッジ活用モデル（案）

本事業によるナレッジ活用モデルとして、図 IV-17 のようなモデルを提示する。

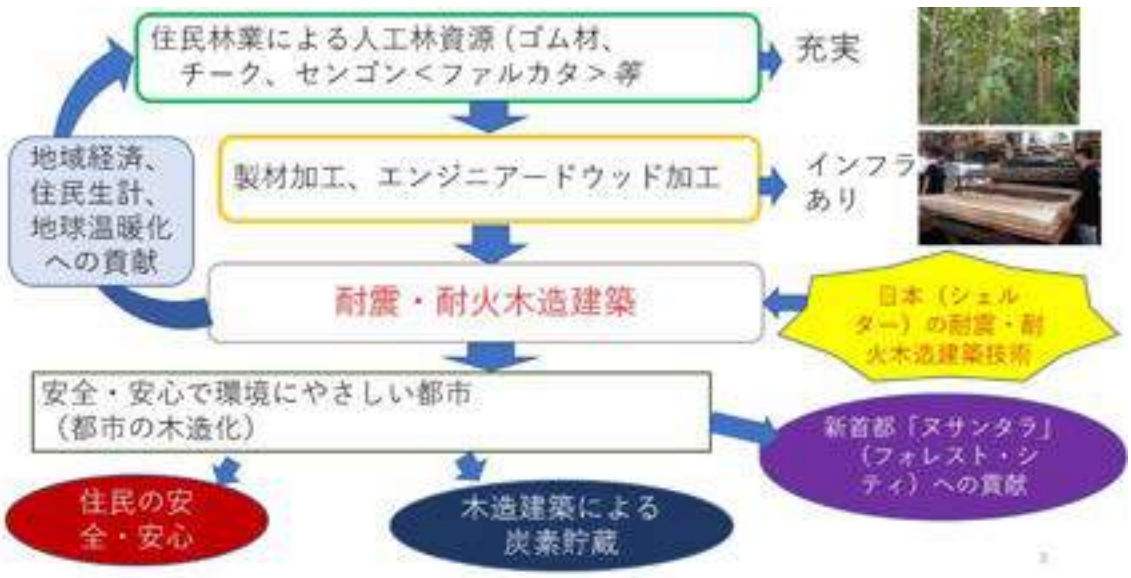


図 IV-17　インドネシアにおけるナレッジ活用モデル
「地域住民による生産材を用いた耐火・耐震建築による都市の木造化」

3) 森林保全と住民の生計向上への貢献・波及効果

表 IV-19　森林保全と生計向上への寄与一覧表

ナレッジ	保全	生計	概要
① 木造建築技術全般	○	○	住民造林による木材資源を活用し、インドネシア国内の建築に利用することにより、木材資源の有効活用が図られるとともに、天然林の保全、荒廃地の復旧、森林の持続的管理、地域住民の生計向上に資する。 また、地域の製材業等木材産業の活性化が図られ、地域住民の雇用確保にも貢献する。
② KES 構法の技術	△	○	地震多発国であるインドネシアにおいて、現地適用性の高い木造による耐震性のある建築物が可能になることにより、住民の安全・安心に寄与する。
③ Cool Wood の技術	△	○	現地適用性の高い木造による耐火性のある建築物が可能になることにより、地震の際等の火災被害を軽減し、住民の安全・安心に寄与する。

4) 気候変動の緩和・生物多様性保全への貢献・波及効果

本ナレッジ活用モデルを通じ、住民造林の人工林資源の活用が図られれば、天然林の減少・劣化の防止とともに、政府の方針となっている荒廃地への住民造林の拡大が図られ、温室効果ガスの吸収・排出削減に資するとともに、天然林における生物多様性の保全にも資する。また、木造建築の推進による炭素蓄積が図られる。

5) その他の影響・波及効果

インドネシアにおいては、もともと伝統的な木造建築が存在しており、本ナレッジ活用モデルを通じ、伝統技術の再発見という波及効果が期待できる（セミナーの結果参照)。

インドネシアにおける、様々な樹種からなる木材利用技術の高度化が図られる。

6) 新型コロナ感染症の影響

調査期間中に、移動や経済活動は、ほぼ平常に復してきており、大きな影響は見られなかった。

9. 教訓

本調査において、特に国際セミナー実施と現地における調査においては、幅広い関係者へのコネクションを有する現地コーディネータである Dr. Hiras Sidabtar とセミナーの共催者であるインドネシア製材木工業協会（ISWA）によるところが大きかった。今後の展開については、適切なインドネシア側パートナーと協力関係を構築していくことが重要であると考えられる。

この点で、セミナーの実施や現地調査を通じて、現地の政府関係者、企業、大学等とのコンタクトを持つことができ、これらが今後の展開にとって重要になってくると考えられる。

10. 提言と今後の課題

ア．インドネシアにおける耐震・耐火木造建築物の建築に向けた取組

今回実施した実証調査の反響として、インドネシア公共事業・住宅省マルヨコ氏（国際セミナー発表者）から、東カリマンタンの新首都「ヌサンタラ」において、10 階建ての木造住宅、木造スタジアム、木造空港施設建設の構想があり、現在、2025～2026 年の着手をにらんでステークホルダーを特定しつつある旨の情報が寄せられた。

また、これに関連して首都移転計画に参入予定と思われる大手有力企業より関心が寄せられ、日本への訪問希望も表明されている。これにより、日本のナレッジである耐震・耐火木造建築の実装に向けた連携を進めていくことを検討する。

具体的には、インドネシア側関係者の（株）シェルターや各地の建築施設訪問調査、相手国来日者への紹介や説明等 、インドネシア国内の連携企業や団体等の特定にかかる調査、インドネシアの首都移転予定地の調査などを進めていくことを検討する。

イ．開発途上国における耐震・耐火木造建築の導入の拡大

今回の実証調査により、耐震・耐火木造建築に対するインドネシア側関係者の関心が高いことが分かった。環境的側面、防災的側面のほか、インドネシアでは、上位中所得国になるまでの経済発展を続けてきており、これまでの輸出依存型の森林・木材産業から、国内の木材需要喚起という転換期にも来ていることが伺えた。

他方、他の途上国をみてみても、一般的に建築への木材使用は一般的であるとは言えない。最近発生したトルコ・シリア大地震においても耐震性が不足する RC 等の建築物の倒壊による被害が大きいことが報道されている。中高層を含む木造建築は、日本を含む先進国ではかなり一般的になってきているが、特に耐震・耐火技術で高いレベルを有する日本の木属建築技術を開発途上国で広く展開することは、グローバルなレベルでの環境貢献、防災貢献の点から今後の検討に値すると考えられる。

11. 参考・引用文献

花里紗知穂ほか（2014）建築構造の保存修復に向けた調査－インドネシア・ニアス島伝統的木造建築群の保全に関する研究　その１－　日本建築学会計画系論文集 Vol.79, No.698, 1055-1062

Enhanced Nationally Determined Contribution (NDC), Republic of Indonesia 2022

Global Forest Resources Assessment 2020 －Country Report Indonesia－

鮫島弘光（2020）インドネシアにおける木材・木材製品生産の動向　林業経済研究 Vol.66, No.1 8-22

ITTO (2013) Completion Report, Project ITTO PD 523/08 Rev.1（Ⅰ）Operational Strategies for the Promotion of Efficient Utilization of Rubberwood from Sustainable Sources in Indonesia

Putra, R.R. et. al (2012) Seismic Hazard Analysis for Indonesia, Journal of Natural Disaster Science, Vol.33 59-70

国際協力機構無償資金協力部（2006）インドネシア共和区ジャワ島中部地震災害復興支援計画概略設計調査報告書

愛媛大学防災情報研究センター（2006）ジャワ島中部地震緊急調査報告

令和２年度森林林業白書　林野庁ホームページ

原田寿郎（2009）日本における木質耐火構造建築のあゆみ 木材学会誌 Vol.55, No.1 1-9

Ministry of Environment and Forestry, Indonesia (2022) Operational Plan ― Indonesia‘s FOLU Net Sink 2030

Ministry of Environment and Forestry Indonesia, Forestry Statistics 2021

山内弘美 (2015) 参加型森林管理の類型化 ―政府の関与と住民の関与の変化に着目して― 林業経済　68(9)　1-18

12. 関連成果物リスト（別添）

別添１　国際セミナー参加者リスト

別添２　国際セミナーにおける（株）シェルター発表資料

1) 別添１：国際セミナー参加者リスト

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
1	Aulia Aruan	Consultant	We wish this event a success and success	Banten
2	Eko Sudoyo	Private sector		Banten
3	Azhar Marzuki	Private sector		Banten
4	Dr. Ir. Tjipta Purwita, MBA, IPU	Association	Interesting and good	Banten
5	Hermawan Kris Priantono	Private sector	Awesome	Banten
6	Dr. Ir. Djoko Hartoyo, M.Mar.Sc., IPU	Government	Good	Banten
7	Ardian Prasetya Giri S	NGO		Banten
8	Ujang Sudiartono, S.T., M.T.	Government		Banten
9	Herry Prayitno	Private sector	Very constructive, innovative for the construction of earthquake resistant houses in Indonesia	Banten
10	Ir. Deselina,MP	University	Very interesting	Bengkulu
11	Lilik Kurniawan,S.T.,M.T.	Government	Webinars can be held periodically and on various themes	Daerah Istimewa Yogyakarta
12	Ir. Tri Mulyadi, S.Hut, M.P.	Government	Very good material related to the innovative use of wood for the construction of earthquake-resistant and fire-resistant houses	Daerah Istimewa Yogyakarta
13	Ir. Muhammad Navis Rofii, Ph.D.	University	Very good and inspiring	Daerah Istimewa Yogyakarta
14	Dr. Ir. Kuncoro Cahyo Aji, M.Si	Government		Daerah Istimewa Yogyakarta
15	Ir. Hadiamin Kadir, IPU	Private sector	good luck, Aamiin	DKI Jakarta
16	Ir. Henry Hendrayana, IPM	Private sector	Deepen insight in various fields	DKI Jakarta
17	Popi Komalasari	Association		DKI Jakarta
18	Indrawan	NGO	Good	DKI Jakarta
19	Gregorius Robertus Budiman, S.Hut	NGO	Super, to be continued	DKI Jakarta
20	Ir. J. P. Gurusinga MBA, IPU	Private sector	Very good presentation, good preparation.	DKI Jakarta

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
21	Dr. Ir. Pramono Iriawan, ST., M.Ling., IPU	Government	Great	DKI Jakarta
22	Armando Wirajendi	Private sector		DKI Jakarta
23	Hastuti S.P.	Private sector	To add a link in marketing the product	DKI Jakarta
24	Dr. Ir. Pramono Iriawan, ST, M.Ling., IPU	Government	Great	DKI Jakarta
25	Vivid Vindana	Private sector		DKI Jakarta
26	Mediarman, SE	Government	Need to coordinate stake holders related to upstream and downstream as raw material providers and industrial actors.	DKI Jakarta
27	Alpha Nugroho Saputro	Government	It is necessary to create a pilot housing area with the concept of earthquake resistant houses	DKI Jakarta
28	Widayati Soetrisno SE MM	Government	Very useful and add new insights	DKI Jakarta
29	Revi Hari Widiawicaksono	University		DKI Jakarta
30	Donny Hendrawan,S.T	Other	What an impression	Jambi
31	Sarah Augustina	Other	Topics of conversation and speakers are very interesting to listen to.	West Java
32	Sri Arofah Mulyati, A.Md., S.Si	Government	Very enthusiastic to attend the seminar	West Java
33	Adik Bahanawan	Government	Excellent	West Java
34	Dr Ir Elis Nina Herliyana, MSi	University	Very optimistic for future technology	West Java
35	Karnita Yuniarti	Government	Interesting	West Java
36	Luhur Pambudi Wijayanto, S.T	Perusahaan Swasta	Wish all the best	West Java
37	Soenarno Soenarno	Government	the topic is interesting and relevant to the condition of Indonesia which frequently experiences earthquakes	West Java
38	Saif Haris Al Haq, S. Hut.	University	An interesting event for the world of Construction and Forestry	West Java
39	Prof. Dr. Ir. Ulfah J. Siregar M.Agr.	University	Good	West Java

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
40	Ir. Soenarno, M.Si	Government	The material presented is interesting for disaster mitigation	West Java
41	Naresworo Nugroho, Ph.D.	University	Provision of earthquake-resistant houses with pre-fabricated wood is a must Very inspiring, I hope that the knowledge and technology of earthquake-resistant buildings/houses based on wood as a construction material can be applied throughout Indonesia	West Java
42	Ajie Sidik Firdaus S.T.	Private sector	Seminars that are rich in knowledge	West Java
43	Syamsudin	NGO		West Java
44	Ir. Bogy Purbojo, D.Hut, IPU	Other	Others The need for earthquake-resistant and fire-resistant housing according to the latest developments in community conditions. So that this good seminar needs to be followed up so that the community gets information on anti-earthquake and anti-fire building materials that can be applied.	West Java
45	Dr. Anung Setyadi, IPU	NGO	It's good, it's very useful and needs to be carried out/demonstrated more intensively, so that it can reach entrepreneurs and the wider community. Considering our country is prone to earthquakes. Congratulations and success.	West Java
46	Dany Cahyadi, ST, MT	Government	Very good	West Java
47	Sari Nawaningsih	Association		West Java
48	Gusmailina	Government	Interesting	West Java
49	Ir. Efrida Basri, M.Sc	Other	Very interesting all the material presented	West Java
50	Elvara Windra Madyaratri, S.Hut, M.Si	Other	A lot of information was obtained regarding fire-resistant buildings, so it is hoped that this knowledge can be developed in Indonesia	West Java

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
51	Ihak Sumardi	University	Very interesting. Need realization at local level	West Java
52	Dr. Anung Setyadi, IPU	NGO	Good, solid and very useful, it is necessary to continue to socialize the rules of the game to the wider community, because this is a basic need for life related to boards/places to live.	West Java
53	Karno Sasmita	Government	The show is quite interesting	West Java
54	I.M. Sulastiningsih	Government	Very good seminar	West Java
55	Hartadi Kuncoro	Government		Central Java
56	Yakub Firdaus	NGO	Good and beneficial	Central Java
57	L. Apriyanto Sedyo P, SP., MP	Government	Good	Central Java
58	Sam Widodo	Government	good experience	Central Java
59	Guntur Gunawan	Government	Great.....very useful	Central Java
60	Ammy Rita Manalu	Government	The seminar is very useful and relevant to the current dynamics of disaster in Indonesia	Central Java
61	Misbakhulmunir	Government		Central Java
62	Hanif Rahadi	Government	needs to be disseminated more to the lower level and cooperate with the Regional Government regarding the policy of implementing this shelter home	Central Java
63	M Ihya Syari'udin, S.Hut, M.S.E	Government	It needs to be held regularly, for the dissemination of the latest information	Central Java
64	Amin Wahyudi	Government	Very good in order to add insight	Central Java
65	Guntur Gunawan	Government	Very helpful	Central Java
66	Evy Marina, S.Hut MP	Government	Very inspiring for housing development in Central Java	Central Java

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
67	Ir.Yakub Firdaus, IPU	NGO	Nice and helpful	Central Java
68	Agus Sumadi, S. Hut	Pemerintahan		Central Java
69	Samsul Uum	NGO	Cool and useful	Central Java
70	Hajar isnaini, S.Hut	Government	Good material and hopefully in the future there will be webinars with appropriate material	Central Java
71	Teguh W	Government		Central Java
72	Pokok Werdianto	Government	Very good	Central Java
73	Rifa Fahri	Government	Very helpful	Central Java
74	Iman Kusuma Bangsa. NA, S.Hut.	Government	Hope it is useful	East java
75	Devy Rusdiana Choiri, S.P	University	Hopefully the forestry knowledge that will be discussed adds to my insight	East java
76	Riska Dwi Nurjayanti	Government	The material is useful	East java
77	Dyah Wardiyanti, S.P., M.Si	Government	This activity is very good, especially to find out how the design, requirements and technology of earthquake resistant houses	East java
78	Dr. Ir. Joko Triwanto, MP., IPU	University	This seminar is very good and can be disseminated to people living in disaster-prone areas quickly by involving stakeholders	East java
79	Dr. Ir. Farah Diba, S.Hut, M.Si, IPU	University	Interesting seminar, hopefully it can be implemented in Indonesia	West Kalimantan
80	Wahyuni Irwandi,S.P	Private sector	Event is very good and useful Today's program is very good and useful	South Kalimantan
81	Ir. Iwan Tunuel, S.Hut., M.P., IPM	Government	A good seminar to increase knowledge	Central Kalimantan
82	Ir. Sri Asih Handayani, M.P.	University	Very good and useful for the development of our forestry world.	East Kalimantan

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
83	Lucia Litha Respati, S.T., M.E.	University	Very good, hopefully it can be done regularly. Request for discussion regarding fast-growing and strong trees in areas that tend to be acidic on ex-mining land	East Kalimantan
84	Dr.Hj.Fitriyana,S.Pi.,M.Si.	University		East Kalimantan
85	Isna Yuniar Wardhani	University		East Kalimantan
86	Liris Lis Komara	University	Very good.	East Kalimantan
87	Anisah Azizah S.T., M.T	University		East Kalimantan
88	Wiwin Suwinarti	University	Very interesting and useful	East Kalimantan
89	Ir. Azharin	Other		East Kalimantan
90	Dr. Liris Lis Komara, S.Hut., M.Si.	University	Very good	East Kalimantan
91	Rizky Rahmadi	University		Lampung
92	Abdul Kadir Salam	University	Good	Lampung
93	Elma Rahmalia, S.Si.	Government		Lampung
94	Syahrio Tantalo Ys	University	Incredible ...Info and knowledge about the benefits of wood for human welfare	Lampung
95	Jhoni Effendi, S.T, M.T.	Government	PEH really supports our knowledge and insight in efforts to increase motivation and innovation in preserving forest plant species, especially through the cultivation of timber plants in private/community forests.	Lampung
96	Idi Bantara S.Hut., MSc., IPU	Government	The potential that we are developing together with the people in Lampung Inspirational. Time to get serious about it	Lampung
97	Ir. Ardian, M.Agr.	University	interesting	Lampung

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
98	Engkan Iskandar	Government	Adding insight and knowledge as material for community development related to economic opportunities from efforts to preserve plants through the cultivation of woody plants.	Lampung
99	Syahrio Tantalo Ys	University	Nice to get very useful information and knowledge.	Lampung
100	Ir. Jimmy, J. Fransz, MP	University	Very helpful	Maluku
101	Ir. Jimmy Titarsole, MP	University	It is very useful for us because we have the latest information.	Maluku
102	Fanny Soselisa, S.Hut, MSc	University	Very interesting theme...	Maluku
103	Ir. Lydia Riekie Parera, M.T., IPM. ASEAN Eng.	University	Gain useful knowledge for the development of knowledge and engineering technology that is appropriate and tested	Maluku
104	Dr. Jusmy Dolvis Putuhena, S.Hut., M.Si	University	The show is good	Maluku
105	Lesly Latupapua, S.Hut., M.P	University	The material below is very interesting for utilizing forest products for people's welfare	Maluku
106	Irwanto, S.Hut, MP	University	Very informative	Maluku
107	Troice Elsye Siahaya, S.Hut, MP	University	Thank you Committee for organizing this Webinar	Maluku
108	Dr.Ir. Patrich Phill Edrich Papilaya M.Sc.Forest.Trop	University	Very useful information...	Maluku
109	Merlin Renny Sitanala, S.Hut., M.Sc.	University	Informative	Maluku
110	Andjela Sahupala, S.Hut, MP	University	Thank you Committee	Maluku
111	Ir. C. Karel Pattinasarany, MP	University		Maluku
112	Ludia Siahaya, S.Hut, MP	University	Thank you committee	Maluku
113	Jan Willem Hatulesila	University	Very useful regarding earthquake information and earthquake resistant building construction materials	Maluku
114	Dr. Jan Willem Hatulesila, S.Hut, M.Si	University	Very interesting regarding earthquake resistant buildings	Maluku

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
115	Ir. Lieke Tan, MS	University	Useful scientific information, for the development of wider benefits of wood to answer the needs of community utilization	Maluku
116	Aryanto Boreel	University	The material presented was very good and broadened knowledge regarding the use of wood as earthquake and fire resistant buildings.	Maluku
117	Ir. C.M.A. Wattimena, S.Hut., M.Sc., IPM	University	Extraordinary	Maluku
118	Dr. Debby V Pattimahu.S.HUT., MSi	University	Very good at responding to the demands of climate change	Maluku
119	Dr.H.Lelloltery,S.Hut,MP	University	Thank you committee	Maluku
120		University	Thank you for the seminar which was conducted with very interesting material and competent presenters	Maluku
121	Maya.M.S.Puttileihalat, S.Hut,MP	University	Hopefully there will be a continuation of this event	Maluku
122	Ir. Dedita Kesuma Dirwana, S.Hut, IPM	Other	*Maknyus.....*	NAD Aceh
123	Nuraida	University		NAD Aceh
124	Jumadil Akhir	University	Very interesting, especially regarding the development of HTI in Indonesia	NAD Aceh
125	Dini Lestari S.Hut M.Si	University	Extraordinary Spirit to be able to attend seminars like this	Nusa Tenggara Barat (NTB)
126	Fauzan Fahrussiam	University	ISWA cool	Nusa Tenggara Barat (NTB)
127	Nurul Chaerani	University	Very informative, considering that in Lombok a few years ago around 2018 there was a very strong earthquake which razed many of the residents' housing to the ground.	Nusa Tenggara Barat (NTB)
128	Fauzan Fahrussiam	University	ISWA is cool	Nusa Tenggara Barat (NTB)

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
129	Fauzan Fahrussiam, S.Hut, M.Si	University	ISWA is cool	Nusa Tenggara Barat (NTB)
130	Irwan Mahakam Lesmono Aji	University		Nusa Tenggara Barat (NTB)
131	Amandus Jong Tallo	University	Good	Nusa Tenggara Barat (NTB)
132	Ir. Ahmad Dimyati, S.Hut.T., M.Si., IPU	Government	New technology is very useful for the safety of society	Nusa Tenggara Barat (NTB)
133	Meinardi Napoh, S.T.,M.T.	Government	Very good	Nusa Tenggara Barat (NTB)
134	Ekhandoko Aji Wibowo	Government	Very interesting and impressive, because the material presented is in the form of natural disaster mitigation in the form of earthquakes and fires using wood as a shelter.	West Papua
135	Dr. Ir. Zeth Parinding, S.Hut., M.P., IPU	Government	Very nice and interesting	West Papua
136	Agus Firmansyah, S.Hut	Government		West Sulawesi
137	Dery Dzaky	Private sector	great	Sulawesi Selatan
138	Meilin Sinta Sidabutar	Other	Very interesting. Need realization at local level	South Sulawesi
139	Abdhi Karoma	Government	Good, solid and very useful, it is necessary to continue to socialize the rules of the game to the wider community, because this is a basic need for life related to boards/places to live.	South Sulawesi
140	Fajria Sari Sakaria	Other	The show is quite interesting	South Sulawesi
141	Muhammad Abduh	Private sector	Very good seminar	South Sulawesi
142	Desy	Other	Very interesting. Need realization at local level	Southeast Sulawesi

No	Name	Government / Private Sector / Practitioner / Consultant / Association / University / NGO / Other	Comments on this event	Province
143	Dr. Ir. Yasir Syam Husain, S.P., M.M.,IPU, ASEAN Eng	Government		Southeast Sulawesi
144	Irfan Mesa Kada	Other		North Sulawesi
145	Faldi Suhendro Gonibala	Other		North Sulawesi
146	Muhammad Rezah M Ishak	Other		North Sulawesi
147	Ribka Claritha Laginda	University	Very good	North Sulawesi
148	Fahrul Ramadhan Azdin	University	The event was very good, providing broad insights about companies and wood products for sustainability	North Sulawesi
149	Eddy Kusumo	Private sector		North Sumatera
150	Dr. Evalina Herawati, S.Hut, M.Si	University		North Sumatera

Source: Recalculated Google Form database (2023)..

2) 別添２　国際セミナーにおける（株）シェルター発表資料

木造都市から世界へ
Timber City to the World

気候変動に対応する建築技術
Wooden construction technology that responds to climate change

Shelter.

Shelter Inc. (History)

1974 – Shelter Home Co. was established in Yamagata Pref.
Developed the metal joinery hardware construction method KES System
1991 – KES System granted patents in Canada and the US
1999 – Four churches and two homes built in the US using KES system
2004 – **Achieved 10,000 houses by KES system**
2014 – Fireproof wood material **COOL WOOD** acquired 2-hour fireproof certification by the MLIT, for the first time in Japan
2016 – **Free-Form Timber FREE STYLE WOOD (3D processing technology development)**
2017 – COOL WOOD obtained patents in Switzerland
COOL WOOD (columns and beams) acquired 3-hour fireproof certification by the MLIT, for the first time in Japan
2020 – **Achieved 30,000 custom houses and 2,000 public buildings by KES system**

Joinery Hardware Method “KES System”

日本、アメリカ、カナダで特許取得
- Patented in Japan, United States and Canada
- Achieved 30,000 custom houses and **2,000 public buildings** in total

Fireproof Technology “COOL WOOD”

Patented in Japan, Canada and Switzerland
日本、カナダ、スイスで特許取得

The Great Hanshin-Awaji Earthquake in 1995

神戸市灘区のKESによる3階建て住宅73棟が無傷
- All **73** 3-story KES houses were unscathed in Nada-district, Kobe-city (The most severely damaged area) 最も被害の大きかった地域
- This incident triggered the generalization of joinery hardware construction methods in Japan, and the performance of wooden [illegible] 日本の木造住宅の性能が飛躍的に向上しました。

East Japan Earthquake & Tsunami in 2011

2011年に起きた“東日本の地震と津波

Concrete structure collapsed
コンクリート構造も破壊された！

East Japan Earthquake & Tsunami in 2011
- Kitakami Regional Administration Building, Miyagi Pref.

Before 被災前　　After 被災後

These two dramatic photos were showed to previous emperor Akihito by the Director general of the Forestry Agency.

East Japan Earthquake & Tsunami in 2011
- Kitakami Regional Administration Building, Miyagi Pref.

被災後の写真

East Japan Earthquake & Tsunami in 2011
- Kitakami Regional Administration Building, Miyagi Pref.

Trouble after the earthquake 地震後の問題点

地震により建物が道路に崩壊し、レスキューができない状態に。　火災が発生した場合、消防活動ができない。
"The road was blocked by debris"　　Digestive activity may not be possible.
日本の耐火性能基準では、「消火活動ができなくても、火災により建物が崩壊しない」構造とするように定められている。

Fireproof Technology "COOL WOOD"

Building Standard Law of Japan

耐火構造	FP	Fire Proof Construction
準耐火構造	QF	Quasi-Fire Proof Construction
防火構造	PC	Fire Preventive Construction

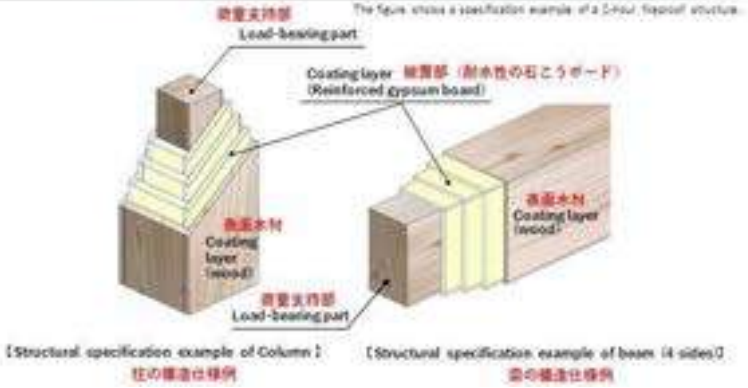
Fireproof Technology "COOL WOOD"

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

Wood surface that should not be burned



【Structural specification example of Column】

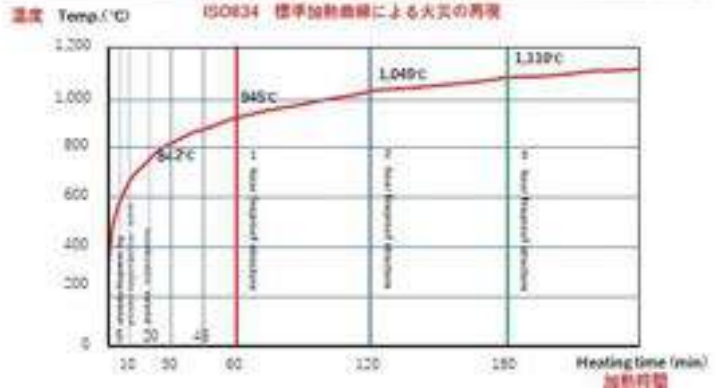
【Structural specification example of beam (4 sides)】

Wooden fireproof column combustion test

(performance evaluation minister certification test)

【Fireproof (non-damage) confirmation test】

Standard heating temperature curve（ISO834）



◇Pure Wooden structure
7 stories above ground

◆Takasou Mokkou Building

- Location: Miyagino-ku, Sendai City
  (In front of the East Exit of JR Sendai Station)
- Main use: Rental stores, offices, housing
- Area / District: Semi-fireproof area, landscape district
- Site area: 245.59㎡
- Building area: 188.83㎡
- Total floor area: 1,131.25㎡
- Area of each floor: 167.68㎡ on the 1st floor, 161.07㎡ on the 2nd floor,
  160.50㎡ on the 3rd to 7th floors
- Structure: Wooden
- Number of floors: 7 stories above ground
- Fireproof: 1st to 3rd floor 2 hours fireproof structure,
  4th to 7th floor 1 hour fireproof structure
- Foundation: Direct foundation
- Height: Maximum height 27.30m, Eave height 27.21m,
  Floor height 3.4m, Ceiling height 2.5m
- Main span: 8.26m × 4.55m
- Owner: Takasou LLC
- Design and construction: Shelter Inc.
- Design period: May 2018-February 2020
- Construction period: May 2020-February 2021 (9 months)
- Open: April 2021

It can be build this height by developing a non-burning wooden structure

【1 hour fireproof structure】
According to the Building Standard Law, the number of floors is limited to 4 stories.

1時間耐火構造は、上層より4層まで建築可能

【2 hour fireproof structure 】
According to the Building Standard Law, the number of floors is limited to 14 stories.

2時間耐火構造で、上層より１４層まで建築可能

【3 hour fireproof structure 】
According to the Building Standard Law, the number of floors is limited to unlimited.

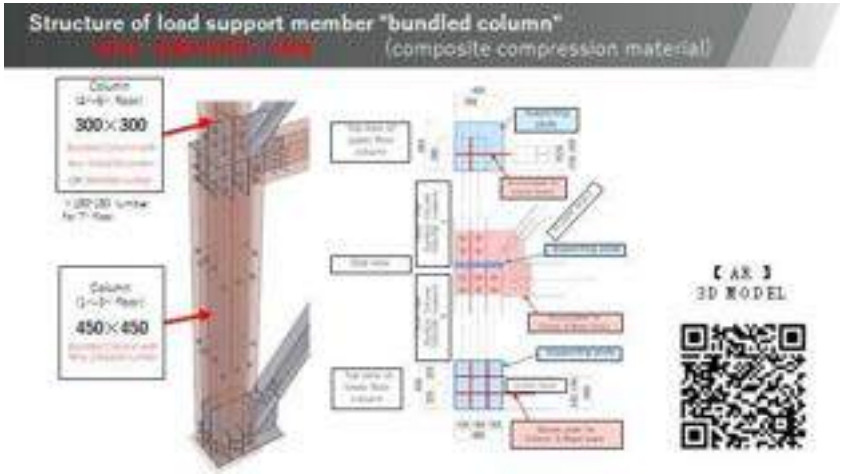
3時間耐火構造で、階数は「無制限」に建築可能となる

Construction Scenery（Wooden construction）

Structural plan

Issues and their solutions
COOL WOOD Lumber Specification
"Wooden fireproof structural member"
made of bundled material using lumber (solid wood)
【 VTR 】
Production VTR

Issues and their solutions
COOL WOOD Lumber Specification
Composite compression member (bundled column)
Composite bending member (laminated beam)


Structure of load support member "bundled column"
(composite compression material)
300×300
450×450
【 AR 】
3D MODEL

◇Mixed structure (heavy box type)
1 basement and 12 above ground stories, 1-8 floors S structure + 9-12 floors W structure
12階建てのビル（1～8階が鉄骨造－9～12階が木造）
◆Ginza Takagi Building
東京都中央区　銀座につくる木造ビル
・Location : 7-chome, Ginza, Chuo-ku, Tokyo
・Structure : RC structure, S structure + W structure,
1 basement floor, 12 floors above ground
・Owner : Takagi Building
・Design : Tetsuo Yamaji Architects
・Construction : Taubo Corporation
・Maximum height : 55.60m
地上からの高さが56メートルの
高層木造ビル
・Total floor area : 1,347.12㎡
・For use : B1F, 1F-2F Stores, 3F-8F Offices,
9F-12F (Wooden floor) Store that runs a service industry
・Structural members : Column □ -350 × 350 × 22 (BCR295),
□ -350 × 350 × 22 (BCR295),
Column 300 x 550
Beam H-488 x 300 x 11 x 18, H-500 x 200 x 10 x 16
Beam 120 x 360, 300 x 550, 300 x 720, 300 x 920
・Wood usage : 57.89㎥ (Columns, beams)

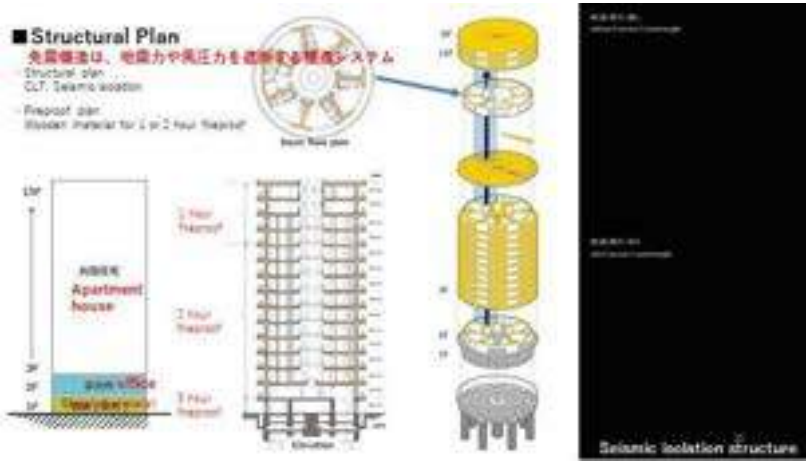
◇Pure Wooden structure
1 basement floor, 11 stories above ground
Port Plus
Port Plus（OY Project）
Obayashi Corporation
Next-Generation Training Facility
神奈川県　横浜市
・Structure : Pure Wooden Structure
(Wooden Fireproof Building)
+ Seismic Isolation structure
・For use : Training room / accommodation room: 32
・Owner : Obayashi Corporation
・Height : Maximum height 44.1m 地上45メートル
・Total floor area : 3,620㎡
・Construction period : March 2020- March 2022
・Design / Construction : Obayashi Corporation
PJ OUTLINE▼

◇Mixed structure (megastructure)
10 stories above ground SRC + W Structure
◆KITOKI　東京都中央区　日本橋のビル
・Location : Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo
・Structure : SRC + Wooden 10 stories
・Owner : Heiwa Real Estate Co., Ltd.
・Design / Construction : ADX Inc. / Shelter
・Height : Maximum height 34.50m
・Area : 889㎡
地上35メートル
A project to build a 10-story store and office building by combining 3-story wooden structures inside a 3-story RC megastructure.

◇Pure Wooden structure
1 basement floor, 11 stories above ground
Port Plus
建設風景

◇Mixed structure
1-story RC structure + 2 - 15 stories CLT (+ Seismic Isolation)
◆kino. biru
Installed a seismic isolation device. CLT bearing walls are arranged radially to reduce pulling force. Ingenuity in terms of structure, such as preventing it from sinking into the floor by transmitting the compressive force directly from the upper floor to the walls on the lower floor.

◇Mixed structure
1 basement floor, 4 stories above ground, BF1-1F S structure + 2-3 floor W structure
◆千客万来施設(Collective store)


■Structural Plan
Structural plan
CLT, Seismic isolation
Fireproof plan
Wooden material for 1 or 2 hour fireproof
Apartment house
Seismic isolation structure

◇Mixed structure
1 basement floor, 4 stories above ground, BF1-1F S structure + 2-3 floor W structure
Toyosu Edo-mae Market Disseminate Japanese culture with food as a starting point
【Video】
CG: Landscape of the entire building

Nanyo-City Cultural Center　Yamagata Pref.

Free-Form Timber "FREE STYLE WOOD"

Nagato City Hall　Yamaguchi Pref.

Architect: TOHATA ARCHITECTS & ENGINEERS
Structural Engineer / Manufacturer: Shelter

Thank you for your attention !

Company Profile
会社案内HP

English HP
英語版のHP
http://www.shelter.inc/en

Chinese HP
中国版のHP
http://www.shelter.inc/zn

English HP

Chinese HP

Shelter.