

ナレッジ活用事例1

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

(インドネシア)



i. 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（インドネシア）

1. ナレッジ活用実証調査概要

本実証調査は、以下の表に記す実証調査を公益財団法人 国際緑化推進センター（JIFPRO）が、耐震・耐火中高層木造建築の技術を有する株式会社シェルターの協力の下、直営で実施したものである。

調査期間 2022 年 7 月～2023 年 2 月

表 IV-2 実証調査テーマ

番号	A. 対処課題	B. 日本にあるナレッジ	C. ナレッジ活用目標(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

2. 地図：途上国対象地

本実証調査は、インドネシア（図 IV-3）において行った。インドネシアを選定した理由としては、下記が挙げられる。

森林区域面積（国有林）が国土の 3 分の 2 を占めており、豊富な森林資源を有し、とりわけ近年、住民による造林（社会林業）を推進していること。また、昔から輸出用の合板製造産業等が盛んであり、木材加工の基盤があると考えられること。

日本と同様、環太平洋火山帯に位置する国であり、地震が頻発する国であること。

人口が 2 億 7 千万人（2020 年現在）と国の規模が大きく、一人当たり GDP は約 4,300 ドルと上位中所得国に位置づけられ、また年平均経済成長率は年間 5%程度を維持しており、コロナで落ち込んだものの回復基調にあることから、建築セクターなどについても新たな技術の導入などの環境が整ってきていると考えられること。

また、現地調査は中部ジャワにあるジョクジャカルタ及びその周辺とした。その背景は、2006 年中部ジャワ地震で大きな被害を受けた地域であること、社会林業による人工林の育成が盛んな土地であること。現地はガジャマダ大学というインドネシアでトップクラスの大学があり、現地大学との連携を図ることができると考えられたからである。



図 IV-3 インドネシアの地図

3. 実施体制

本案件については、耐震・耐火中高層木造建築の技術を有する株式会社シェルター（本社：山形県山形市）の協力を得つつ、JIFPRO による直営案件として実施した。

インドネシアにおいては、ナショナルコーディネーターとして、各種調整と情報収集を独立コンサルタントの Hirs Sidabtar 氏に依頼し、さらにインドネシアにおけるセミナー実施については、インドネシア製材木工業協会（Indonesia Sawmill and Wood Working Association: ISWA）との合意にて共催により実施した。また、インドネシアの人工林材の材質試験については、ボゴール農科大学に依頼して行った。

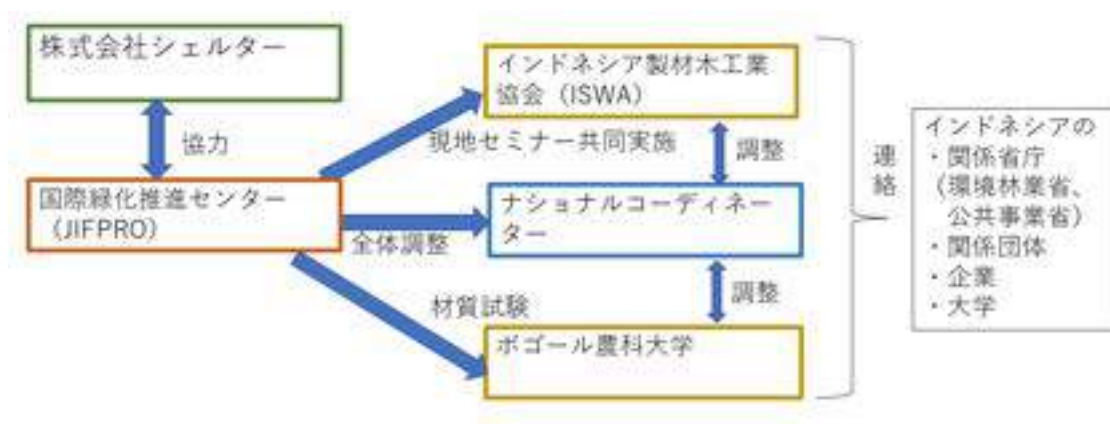


図 IV-4 事業実施体制

4. 背景

1) インドネシアにおける森林資源の現状

インドネシアの国土面積は、約 1 億 9 千万 ha と日本の約 5 倍の国土面積を持ち、南北 1,888km, 東西 5,110km にわたる。また、17,000 以上の島からなる島嶼国であり、そのうち主要な島としては、スマトラ島、ジャワ島、カリマンタン島、スラウェシ島、ニューギニア島の 5 島がある。

インドネシアでは、かつては、天然の熱帯多雨林が広く分布しており、これら天然林に生育するフタバガキ科の樹種を中心に、主に合板用として、我が国に丸太または製品として輸出されてきた。しかし、農地（オイルパーム農園）への転換等により天然林資源が減少したことから、これらの合板等の輸出は減少している。

これにともない、インドネシアの森林資源は人工林資源に移行してきている。これらの人工林資源の国内利用は、十分な付加価値が付与されない地元利用や紙・パルプ用として用いられている。例えば、天然ゴムの原料となる樹液採取のため植栽されているゴム林については、多くが小規模の林家・農家による植栽によって担われているが、樹液採取後の更新のために伐採されたゴム材の利用が課題となっている。また、住民林業の植林樹種であるセンゴンやジャボンなどの早生樹、荒廃した泥炭地の回復のための植栽樹種として注目されているメラルーカ材等の利用も課題となっている。

2) インドネシアにおける建築の状況

伝統的には、インドネシアにおいて各民族独自のデザインによる木造建築が多く存在した（図 IV-5）。



図 IV-5 インドネシア・ニアス島の伝統的木造建築（花里 2014）

しかし、1980 年頃からは、地方においても高温多湿の気候がもたらす木造建築の耐久性の問題や維持管理の容易さから、鉄筋コンクリート造、レンガ造、Confined Masonry と呼ばれる工法が木造建築に代わるようになってきた。

インドネシアによるセメント需要は、70 年代は輸入によって賄われてきたが、1975 年頃から国産化が進んだと言われており、国策によって建設される住宅としては、ローコストハウス（RC 柱＋コンクリートブロック）、中層集合住宅（RC ラーメン構造＋コンクリートブ

ロック、または PC プレキャスト構造）が建築された。

現在、インドネシアにおいて地方都市にみられる建築物の多くは、RC 構造やコンクリートブロック造となっている。

一方、インドネシアは日本と同様、環太平洋火山帯に含まれる国で、活火山も多く、地震が多発する国である。カリマンタン島を除き、スマトラ島、ジャワ島、スラウェシ島、パプアなど、ほとんど全域で地震が多発し、大きな被害をもたらしてきた。

インドネシアにおいても、建築物の耐震基準は設定されているが、ガバナンスの問題もあり、それが徹底されていないという点にも問題があることが指摘されている。

3) インドネシアにおける気候変動等の課題

<気候変動対策>

前述したように、インドネシアでは、緩やかにはなっているが依然として森林減少・劣化が続いており、2016 年のインドネシアの温室効果ガス排出量のうち、泥炭火災を含む土地セクターの排出割合が 43.59%を占めている（インドネシア NDC, 2022）。

インドネシアでは、温室効果ガスの削減目標として、2030 年には、ベースラインに対し 29%、一定の条件を満たす場合には 41%削減するとの目標を掲げている（同上）。これらの排出削減対策については、森林を含む土地利用分野が優先分野となっている。

人工林資源の製材（建築用）需要を拡大することにより、荒廃地への植林による森林吸収源としての気候変動対策、さらには木造建築の推進による建築物への炭素蓄積による排出削減効果が期待できる。

<首都移転>

報道によれば、2022 年 1 月にインドネシア国会は、現在のジャカルタから東カリマンタン州への首都移転を決定したとのことである。2024 年に政府機関の移転を開始し、約 20 年かけて 2045 年に移転を完了する計画である。東カリマンタン州のバリクパパンに比較的近い地域に、25 万 ha の用地を準備するということであるが、周囲の自然環境等に及ぼす影響も懸念されている。

4) 我が国の木造建築技術

日本は寺社建築や住宅など木造建築が一般的であった。しかしながら都市防災や防火の観点から、1950 年の建築基準法の制定により、都市部による木造建築は厳しく制限されることとなった。しかし、その後、様々な技術開発を経て、耐震性（強度）、耐火性を有する木質部材や建築技術が利用可能になってきた。これらを背景に建築基準法が性能規定に改正され、木造、非木造に関わらず、建築部材が一定の耐火性能をクリアすれば都市部の建築に使用できることになった。

さらに、近年、日本国内の森林資源が人工林を中心に充実し、主伐期を迎えつつあり、「伐って、使って、植えて、育てる」持続可能な森林経営のサイクル構築が求められていることや、建築物への木材利用を通じて炭素を長期間貯蔵することが可能であり、カーボンニュート

トラルの観点からも木材の利用促進が重要視されるようになってきている。

このようなことを背景に、2021 年、木材の利用促進に関する法律が改正され、「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律（都市＜まち＞の木造化推進法）」が成立し、中高層建築における木材の利用が勧められている。その結果、近年では都市部においても耐震・耐火木造建築が見られるようになってきた（図 IV-6）。



図 IV-6 世界と日本の中高層木造建築 （(株) シェルター安達氏セミナープレゼン資料）

5) 日本の耐震・耐火木造建築技術のインドネシアへの導入

既に示したように、インドネシアにおいては人工林資源が充実してきている。このような人工林資源、特に住民造林による資源を利用して、耐震・耐火性を有する木造建築や木造住宅を推進することによって、

- 木材製品の付加価値を上げることで地域住民の生計向上を図るとともに、地域の製材業等、地域経済の発展に資する、
- 耐震性・耐火性のある建築物を都市に導入することにより、インドネシアにおける地震の被害を軽減し、安全・安心な生活に貢献する、
- 荒廃地等における植栽を通じた森林回復や、建築物の木材利用による炭素固定を通じて地球温暖化防止に貢献する、

等の効果が期待できると考えられる。

5. 実証調査目的

1) 対処課題 A.

本実証調査の対処課題を表 IV-3 に示す。

表 IV-3 対処課題

番号	対処課題 A.
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)
②	耐震耐火木造建築技術による都市部における建築や住宅における耐震性の向上
③	耐震耐火木造建築技術による都市部における建築や住宅における耐火性の向上

(1) 課題①： インドネシア人工林資源の高付加価値利用

インドネシアでは、農地（オイルパーム農園等）への転換を主な原因とする森林減少が進んでおり、森林面積は、1990 年に 119 百万 ha であったものが、2000 年には 110 百万 ha となった。その後 2008 年には、97 百万 ha, 2018 年には 93 百万 ha, 2020 年には 92 百万 ha と、減少速度は緩やかになったものの、依然として森林減少・劣化が続いている（FAO FRA 2020 Country Report）。これにより、天然林資源が減少し、人工林への依存が高まっている。

樹種別の木材生産量を見ると表 IV-4 の通りである。木材生産量が最大の樹種はパルプ・チップ用のアカシア（*Acacia mangium* 等）となっている。その他の樹種としては、世界的に高品質の木材として知られるチーク（*Tectona grandis*）、マホガニー（*Swietenia macrophylla*）、主としてジャワ島の山岳地帯で産するマツ材、天然ゴムの採取のためのゴム材（*Hevea brasiliensis*）、早生樹であるファルカタ（センゴン、*Albizia falcataria*）などである。その他としては、早生樹であり、住民林業での植栽が推奨されているジャボン（*Antocephalus cadamba*）、湿地にも生育するため、荒廃した泥炭湿地の回復の手段となり得るメラルーカ（*Melaleuca cajuputi*）等の樹種がある。このように天然林択伐等により生産されるメランティ（*Shorea spp.*）以外は、人工林資源となっており、天然林資源から、人工林資源への転換が進んでいる。

一方、これらの人工林資源は紙・パルプ用など輸出用が主であり、国内利用が進んでいるとは言えない。例えば、天然ゴムの原料となる樹液採取のため植栽されているゴム林については、多くが小規模の林家・農家による植栽によって担われているが、樹液採取後の更新のために伐採されたゴム材の利用が課題となっている。また、住民林業の植林樹種であるセンゴンやジャボンなどの早生樹、荒廃した泥炭地の回復のための植栽樹種として注目されているメラルーカ材等の利用も課題となっている。

表 IV-4 樹種別のインドネシア木材生産量（2016 年）
（単位：m³）

	天然林コン セッション	人工林コン セッション	林業公社	その他	総生産量
アカシア	—	22,557,881	8,004	552,295	23,118,180
ユーカリ	—	1,434,199	—	377,901	1,812,100
チーク	—	—	241,731	206,547	448,278
マホガニー	—	—	42,801	139,576	182,377
マツ	—	52,368	47,283	100,189	199,840
ゴム	—	126,721	—	410,861	537,582
ファルカタ	—	61,251	127,018	2,368,701	2,556,980
メランティ	3,929,223	63,983	—	790,816	4,784,022
その他	1,717,948	3,707,852	73,924	3,111,905	8,611,629
合 計	5,647,171	28,004,265	540,761	8,058,789	42,250,986

（鮫島 林業経済 2020 より）

<ゴム材利用の現状>

インドネシアのゴム林は、2005 年時点で 3.37 百万 ha が存在する。このうち 2.38 百万 ha(71%)はスマトラ島、0.83ha(25%)がカリマンタン島にある。インドネシアのゴム林のうち 86%（2.88 百万 ha）が小規模農家の所有林である。

通常、天然ゴム採取のためのゴム林は 25 年程度で伐採・再植林されるが、小規模農家のゴム林では植え替えが遅れる傾向にある。ゴム林の平均蓄積は、スマトラ島で 240m³/ha、カリマンタン島で 200m³/ha であり、これを基に計算すると年間 30.81 百万 m³が収穫可能であり、そのうち 13.5 百万 m³が、直径 20cm 以上の製材適木と考えられている。しかしながらこれらのうち、実際に製材用として利用されているのは 22%程度であり、利用が進んでいない（2013 ITTO）。

(2) 課題②及び③ 都市部における建築や住宅における耐震性・耐火性の向上

課題②「都市部における建築や住宅における耐震性の向上」及び課題③「都市部における建築や住宅における耐火性の向上」については、適用される技術はそれぞれ異なるが、大規模な火災は、地震等をきっかけに発生することが多く、建築物としては耐震性・耐火性を一体的に取り扱うこととなるので、本節においては課題②及び③を併せ、主として耐震性について記述する。

伝統的には、インドネシアにおいて各民族独自のデザインによる木造建築が多く存在した。

しかし、1980 年頃からは、地方においても高温多湿の気候がもたらす木造建築の耐久性の問題や維持管理の容易さから、鉄筋コンクリート造、レンガ造、Confined Masonry と呼

ばれる工法が木造建築に代わるようになってきた。

インドネシアによるセメント需要は、70年代は輸入によって賄われてきたが、1975年頃から国産化が進んだと言われており、国策によって建設される住宅は、ローコストハウス（RC柱+コンクリートブロック）、中層集合住宅（RCラーメン構造+コンクリートブロック、またはPCプレキャスト構造）が建築された。

現在、インドネシアにおいて地方都市にみられる建築物の多くは、RC構造やコンクリートブロック造となっている。

一方、インドネシアは日本と同様、環太平洋火山帯に含まれる国で、活火山も多く、地震が多発する国である。カリマンタン島を除き、スマトラ島、ジャワ島、スラウェシ島、パプアなど、ほとんど全域で地震が多発する（図 IV-7）。

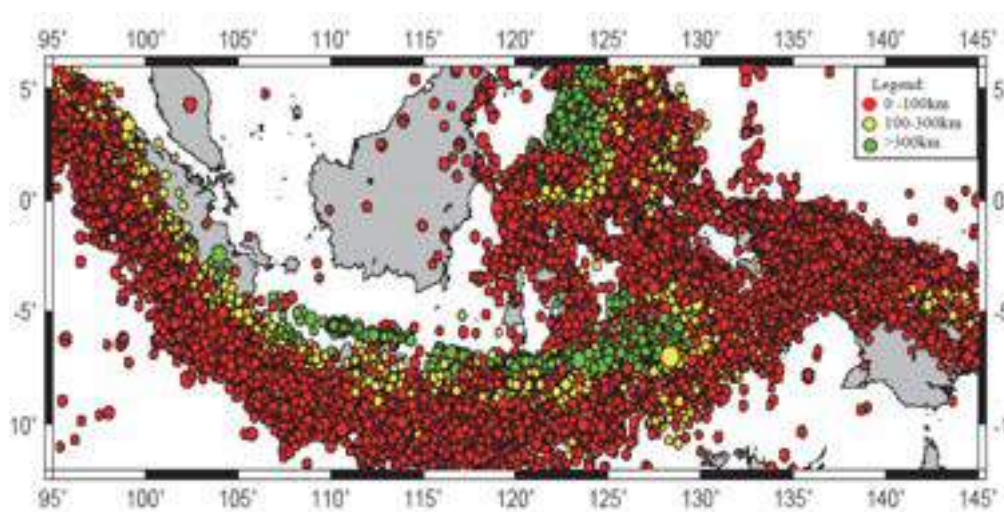


図 IV-7 インドネシアのモーメントマグニチュード4以上の地震（1779～2010）
（Putra ほか 2012）

下記に過去20年間で発生した主要な地震を示す。

- ・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）

これらの地震による建物の倒壊ではこれまで多くの犠牲者が発生してきた。2006年のジャワ島中部地震（M6.3）や2009年スマトラ沖地震（M7.5）では、地震の揺れによる建物被害に起因する死者が1,000人を超えている。

このうち、2006年5月ジャワ島ジョクジャカルタ付近で発生した「ジャワ島中部地震」

では、5,700 人が犠牲となり、多くの住宅等が倒壊した。例えば、被害の激しかったバントゥール県の小学校 446 校中 119 校が全壊した。本地震の震度は 4～5 であったと言われているが、倒壊被害の理由として、耐震設計基準が緩やかで、耐震性が震度 3～4 レベルの設計であったことが報告されている（平成 18 年 JICA 調査報告書）。

また、この地震による住宅の被害については、多くが細い RC 柱とレンガ組の建築であったため、倒壊を助長したと考えられる一方、木材の柱・梁に竹網壁を組合せ、外面をレンガ組で覆った住宅は倒壊を免れていたことが報告されており（2006 年 愛媛大学調査）、木造住宅は簡易な RC 構造に比べ地震に強かったことが示唆されている（写真 1）。



RC 柱レンガ組住宅の倒壊状況



倒壊しなかった木柱と竹網壁の住宅

写真 1 2006 ジャワ島中部地震における住宅の被害状況（RC 造と木造の比較）
（2006 年 愛媛大学調査報告書）

2018 年に発生したスラウェシ島地震（M7.5）でも、中部スラウェシ州のパルが大きな被害を受け、病院やモスク、ショッピングセンターが倒壊したと言われる。また、2021 年に同様にスラウェシ島で発生した地震（M6.2）や（写真 2）、2022 年、西ジャワのチアンジュールで発生した地震でも建物の倒壊が発生し、依然として犠牲者が出ている状況である。



写真 2 2021 年スラウェシ島で発生した地震で倒壊した病院
（スラウェシ島マムジュ AFP ニュース）

この背景として、インドネシアにおいても建築物の耐震基準は設定されているが、ガバナンスの問題もあり、それが徹底されていないという点にも問題があることが指摘されている。

2) 日本にあるナレッジ B. (活用ナレッジ)

表 IV-5 日本にあるナレッジ (活用ナレッジ)

番号	A. 対処課題	B. 日本にあるナレッジ
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
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
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

(1) ナレッジ①：木造建築技術全般

我が国の伝統的な建築として、古代から木造建築の技術が受け継がれ、工夫を重ねられてきた。これらの伝統的な木造技術は、寺社建築などに用いられ、現在でも、法隆寺をはじめとする歴史的建築物の保存修理において必要な技術として伝承されている。

このような木材をはじめとした自然素材を用いた伝統的な 17 の建築技術が、令和 2 (2020) 年、国連教育科学文化機関 (ユネスコ) により、「伝統建築工匠の技 木造建造物を受け継ぐための伝統技術」として無形文化遺産に登録された (令和 2 年度 森林・林業白書)。

また、住宅建築を見ると、我が国では、伝統的な木造建築技術による木造軸組工法による住宅が、我が国の風土にあったものとして好まれてきた (図 IV-8)。



図 IV-8 木造軸組工法

しかし、このような日本の有する伝統的な木造建築技術にもかかわらず、都市防災や防火の観点から、1950 年の建築基準法の制定により、都市部による木造建築は制限されることとなった。これらの規制は主として防火の観点からなされた。

1950 年代から 60 年代にかけては、都市部の防火地域内や準防火地域では、木造建築の建設や木質材料の使用が厳しく制限されることとなった (原田 木材学会誌 2009)。

1980 年代後半以降、建築の技術基準が改正され、徐々に都市部においても木造建築の建

設が可能になってきた。例えば、昭和 62（1987）年には、燃えしろ設計が導入され、一定の技術的基準に適合する大断面木造建築物の建築が可能となった。平成 10（1998）年には、性能規定化によって木造の耐火建築物の建築が可能となった（令和 2 年度森林・林業白書）。

この結果、都市部では防火地域内も含め、建築物に木材を使用できる範囲が拡大されてきており、また、耐火木質部材の開発とも相まって、都市部での木造建築が増加してきている（写真 3）。



写真 3 高惣木エビル（木造 7 階建て 仙台駅前）

(2) ナレッジ②：（株）シェルターによる KES 構法の技術

本事業では、耐震・耐火木造建築において独自の先端技術を有する株式会社シェルター（本社：山形県山形市）と協力し、同社の技術をナレッジとして実証調査を行った。

KES 構法は、日本で最初に開発・標準化された木造建築における接合金物工法である（シェルターHP：<https://shelter.inc/technical/kes>）。伝統的な在来軸組工法では「仕口」や「継ぎ手」の加工が必要となり、熟練した技能が必要になるとともに、木材の本来の強度を弱めることにもなっていた。

KES 構法は、オリジナルの接合金物を用いることで強度を高めるとともに、施工の容易性、さらには大空間や大スパンといった自由な設計も可能となっている（写真 4）。



写真 4 KES 構法（（株）シェルターHP）

この KES 構法の強度は、1995 年に発生した阪神・淡路大震災において、特に被害の大きかった神戸市灘区において本工法で建設された 3 階建て木造住宅が倒壊しなかったことで示されている（写真 5）。



写真 5 阪神大震災で倒壊しなかった KES 構法による三階建木造住宅
((株)シェルターHP)

(3) ナレッジ③：(株)シェルターによる Cool Wood の技術

COOL WOOD（クールウッド）は、燃え止まり石膏ボードを使用した木質耐火部材である（写真 6）。芯材部は、耐荷重性能を担う木質部材である。この部分はかならずしも集成材等のエンジニアードウッドである必要はなく、例えば写真 7 にあるようにスギ製材をボルトで結合した「束ね柱」でも可能であり、現地の状況に応じた適応性が広い。耐火性能は、芯材部を覆う石膏ボードによって担われている。この石膏ボードの層の厚み等により、耐火性能が変わり、国土交通省に認められた耐火性能試験（燃焼試験）により、1 時間耐火構造（柱・梁・外壁）、2 時間耐火構造（柱・梁・間仕切壁・外壁・床）、3 時間耐火構造（柱・梁）の認定を受けており、中高層の木造建築の建設を可能とする部材となっている。

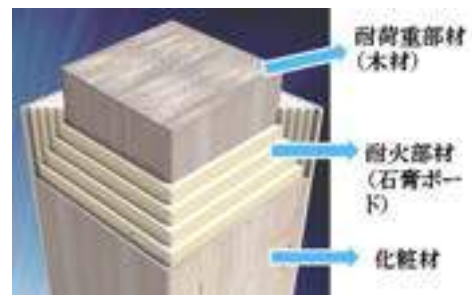


写真 6 COOL WOOD ((株)シェルターHP)



写真 7 COOL WOOD の芯材部に用いられたスギ製材の「束ね柱」
(令和 2 年 森林・林業白書)

3) ナレッジ活用目標 C.

表 IV-6 ナレッジ活用目標

番号	A. 対処課題	B. 日本にある ナレッジ	C. ナレッジ活用目標(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 性能等を獲得した、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

(1) 目標① 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

インドネシアにおいては、社会林業等住民による人工造林が増加している。一方、インドネシアの木材需要を見ると、現状では輸出用が主であり、インドネシア国内での需要は少ない。例えば、インドネシアの建築を見ると住宅をはじめ非住宅建築、商業建築は、多くが RC 構造によって建築され、木造建築は見られない。

インドネシアの経済を見ると、一人当たり GDP は 4,000 ドルを超え、上位中所得国になっており、現在も、コロナで一時的に鈍化したものの、年間 5 % 程度の経済成長を続けており、木材の国内需要の創出・拡大に向けた素地ができてきている。

そこで、インドネシア国内において木造建築を推進することにより、インドネシア国内の住民造林による人工林材の木材需要を喚起することで、地域経済の活性化や住民の生計向上に貢献すると考えられる。

さらに、インドネシアの森林減少・劣化は、速度は緩やかになったものの続いており、荒廃した林地への再植林が課題となっている。人工林からの木材需要を拡大することにより、荒廃地への再植林を進め、森林の炭素固定による地球温暖化防止への寄与が期待できる。また、木造建築による炭素蓄積効果によっても地球温暖化防止へ寄与する。

(2) 目標② 及び③ KES 構法、COOL WOOD の技術を導入した、現地適用性の高い耐震技術による、耐震・耐火木造建築の導入

KES 構法は、接合金物を用いて木質部材を結合する方法である。指定されたデザインの金物さえ供給・入手できれば、部材の接合には特殊な技術を必要とせず、開発途上国においても現地適用性が高い技術であると考えられる。

COOL WOOD については、耐荷重性能を担う芯材部の木質部材を石膏ボードの層で覆い、さらにその上を化粧用の材料で覆う構造である。全体の構造は比較的シンプルであり、芯材部の木質部材には、製材の「束ね柱」でも使用可能であり、例えば大断面の集成材など特別な部材は必要がないことも開発途上国の実情に応じた現地適用性が高いと考えられる。

さらに、これらの技術は設計の自由度が高く、使用樹種の強度に応じて設計することが可能であり、現地で入手可能な樹種に応じた設計が可能であることや、構造についても梁と柱による構造が可能であり、高温・多湿という現地の条件に応じた設計が可能である。

これら2つの技術の、耐震性能・耐火性能は、上記に示したように、高いレベルで実証されており、地震が頻発し、依然として地震による建物倒壊やそれによる犠牲者が発生しているインドネシアに適用することにより、住民にとっての安全・安心に寄与することができると考えられる。

6. 実証調査活動・工程

表 IV-7 及び図 IV-9 に、本実証調査の活動内容を示す。また図 IV-10 に活動工程を示す。

表 IV-7 活動一覧

#	活動名・概要
1	制度・政策調査
2	森林資源と流通加工状況調査
3	建築制度及び施工実態調査
4	技術適合調査
5	可能性分析

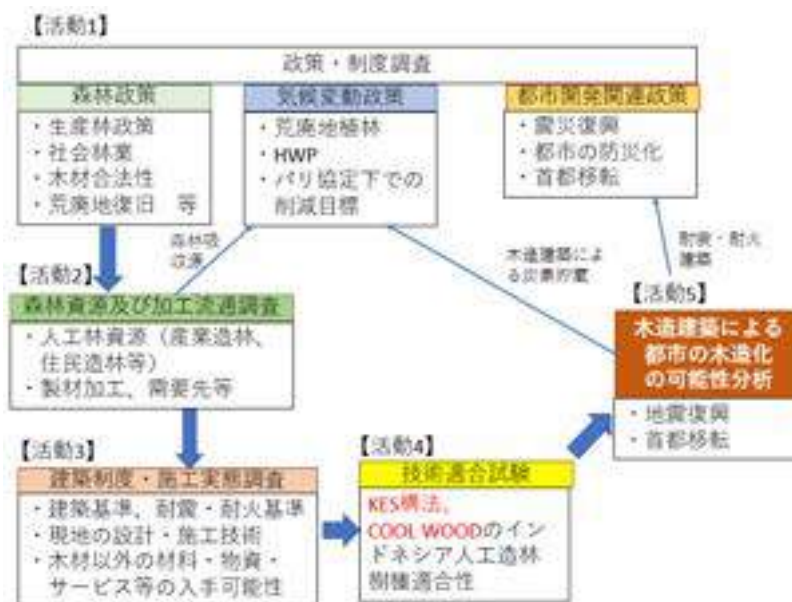


図 IV-9 活動フローイメージ

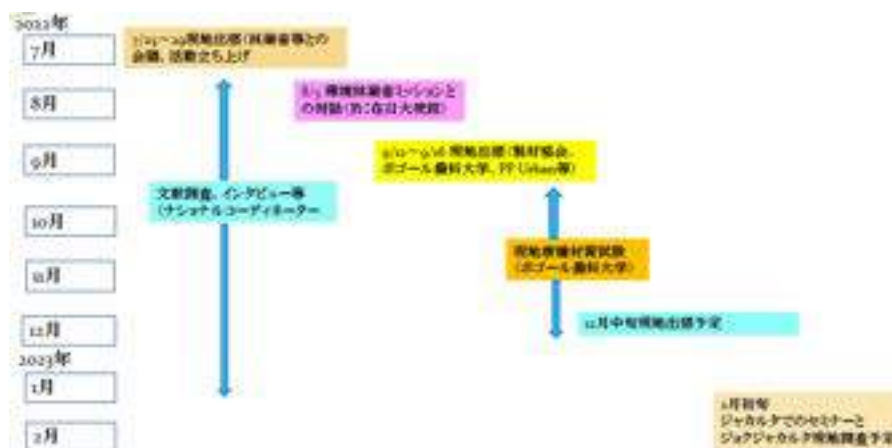


図 IV-10 工程計画

1) 活動1. 政策・制度調査

文献調査等により、下記の調査を行った。

- ・森林政策や社会林業推進政策・制度
- ・気候変動対策のうち森林及びHWPに関連する事項
- ・耐震建築に関する政策、首都移転計画等

2) 活動2. 森林資源及び加工流通調査

文献調査及び現地調査等により、下記の調査を行った。

- ・地域における住民造林による人工林資源の賦存状況（樹種、面積、経営主体）
- ・地域における人工林資源の加工（需要先、製材等の加工産業、価格、流通等）

3) 活動3. 建築制度及び施工実態

文献調査及び現地調査等により、下記の調査を行った。

- ・耐震基準、耐火基準等、建築に対する規制・制度、またその実施状況
- ・実際の建築物施工に関する情報

4) 活動4. 技術適合調査

インドネシアの人工林樹種のサンプルを入手し、（株）シェルターによる試験とともに、現地のボゴール農科大学に委託して、現地樹種の材質試験を行った。

5) 活動5. 木造建築による都市の木造化の可能性分析

上記1)～4)の結果を分析するとともに、インドネシアにおいて関係者によるセミナーを開催し、耐震・耐火木造建築のインドネシアへの導入の可能性について議論を行った。

7. 活動結果

表 IV-8 活動結果概要

活動	主要実施内容・結果
1 制度 ・ 政策	文献調査及び聞き取りを実施し、次の結果を得た。 ・木材資源は天然林資源から人工林資源に移行しており、住民造林による人工林資源の活用が課題となっている。 ・耐震・耐火木造建築の推進は、インドネシアの気候変動政策、森林政策、建築政策と親和性が高い。 ・インドネシアの新首都は“Forest City”として整備され、本ナレッジ活用モデルと親和性が高い。
2 資源 流通 加工	ジョクジャカルタ周辺を中心に、住民造林及び木材加工業について現地調査した。 ・ジョクジャカルタ近郊では、チーク、マホガニー、センゴンの住民造林による資源が充実しつつあった。 ・ジョクジャカルタ周辺では、製材工場や中規模の合板工場等があり、またジャカルタ周辺には、集成加工が可能な複合工場があるなど、木材加工の十分なインフラがあることが分かった。
3 建築 制度 施工	・インドネシアにおいて耐火基準や耐震基準は整備されているが、実際に施工されている一般建築では、依然として耐震基準を満たしていないものが多い。 ・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、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。
4 技術 適合	材質試験の結果、センゴンについてはスギよりもやや軽軟である以外は、スギと同等かそれよりも高い強度を示していた。強度試験について今後サンプル数を増やして行い、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。
5 可能性	上記の点から、インドネシアにおける日本の耐震・耐火木造建築技術の導入可能性は高いと考えられた。コストの点では、本ナレッジは現地の木材やその他の現地リソースを用いることから優位性はあると考えられるが、さらなる分析が必要である。また、シロアリ等の耐久性の課題については、今後現地の大学等と連携しながら、対策を検討することが必要と考えられる。

1) 活動1．制度・政策調査

インドネシアの森林・林業や建築に関する制度・政策を文献調査や聞き取りにより行った。

ア．インドネシアの森林・林業政策

インドネシアの森林面積については、法律で森林区域と定められた面積と、実態上森林である面積の2種類の観点で見る必要がある。

法律で定められた森林区域面積は、約126百万haであり、国土面積192百万haの66%を占める。森林区域は、国立公園などの保全林、水源涵養機能の発揮等のために伐採が禁じられている保護林、天然林択伐や人工林施業等の生産目的のための生産林に分けられており（図IV-11）、環境林業省の管轄となっている。

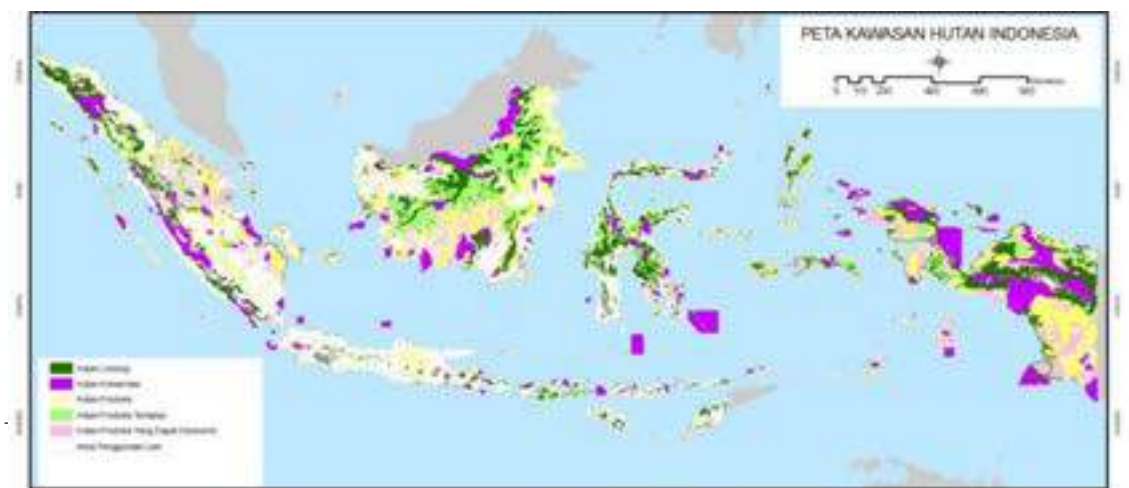


図 IV-11 インドネシアの森林区域（紫：保全林、濃い緑：保護林、黄色：生産林、薄緑：制限生産林、ピンク：転用可能生産林、 白：森林区域外）

このうち、保全林の目的は、生物多様性など自然環境や生態系の保全を主たる目的としているが、保護林、生産林においては、環境・社会・経済のそれぞれの面に関わる複合的な方針により森林管理が行われている。

つまり、森林をランドスケープ全体の中の生態系として位置づけ、住民に対する社会林業の許可、企業に対するコンセッションの許可を通して、生態系としての森林を適切に維持しつつ、住民の生計向上や福祉に貢献するとともに、経済的には多角的な産業の育成を図っていくというコンセプトとなっている（図IV-12）。



図 IV-12 保護林、生産林における森林管理のコンセプト
(セミナーにおける環境林業省持続的森林管理総局長プレゼン)

生産林においては、木材生産活動のため企業に対し長期のコンセッションが発給されている。コンセッションには大きく分けて 2 種類があり、1 つは天然林の択伐コンセッションである IUPHHK-HA、もう一つは、人工造林（産業造林）のコンセッション IUPHHK-HTI である。両者の許可面積は、2020 年現在で、天然林コンセッションが 18.7 百万 ha、人工造林コンセッションが 11.1 百万 ha となっている（表 IV-9）。

表 IV-9 インドネシアにおける林業コンセッション許可面積（単位：千 ha）

コンセッション区分	2016	2017	2018	2019	2020
天然林コンセッション (IUPHHK-HA)	19,301	18,809	18,516	18,668	18,777
人工造林コンセッション (IUPHHK-HTI)	10,843	11,179	11,439	11,258	11,141

また、インドネシアの林産物生産量を品目別にみると、木材チップが圧倒的に多く（表 IV-10）、これらは、アカシアなどの産業造林（写真 8）コンセッションから生み出されていると考えられることから、天然林資源から、人工林資源へのシフトが裏付けられる。

表 IV-10 インドネシアにおける林産物生産量（単位：千 m³）

	2016	2017	2018	2019	2020
製材	1,873	1,912	2,079	2,529	2,581
単板	829	908	1,180	1,298	1,351
合板・LVL	3,684	3,761	4,214	4,158	3,863
木材チップ	26,102	31,026	31,369	31,284	38,043



写真 8 アカシアの産業造林

一方、住民と森林との関係を見ると、森林区域は国有となっているが、森林区域の中には従来から暮らしてきた住民や移住してきた住民が居住したり農地を開いたりする実態が多く見られ、これらが違法な活動であるとして、従来から住民との様々なコンフリクトの要因となってきた。

このようなことから、インドネシア政府は、森林区域内で住民が合法的に植林や林産物の取得といった活動を行えるための許可制度を整備してきた。具体的には、保護林や生産林内においてコミュニティが森林回復と非木質系林産物の利用が可能なコミュニティ森林（Hutan Kemasyarakatan）、生産林内で、地域コミュニティや住民グループが植林と木材生産を行うことができる住民造林（Hutan Tanaman Rakyat）や、保護林または生産林内で村落の福祉のための森林管理を行う村落林（Hutan Desa）である（山内、林業経済 2015）（表 IV-11）。また、森林区域外の私有地でコミュニティや住民グループが植林や森林管理を行う私有地住民森林（Hutan Rakyat）も存在する。

表 IV-11 インドネシアでの社会林業の許可面積及び件数

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

<森林と気候変動政策>

インドネシアでは前述したように、オイルパーム農園の拡大等による森林の減少・劣化が進んでおり、森林減少・劣化による排出は、インドネシアの排出量の相当部分を占めている（2019年のインドネシアの全排出量のうち、森林火災を含む森林・土地利用分野の排出が50%を占める<インドネシアのNDC>）。このようなことから、同国政府は、REDD+（Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation plus）の導入を積極的に進めてきた。

気候変動枠組み条約のパリ協定の下で、各締約国はそれぞれの排出削減計画（NDC: Nationally Determined Contribution）を示すことが求められている。2022年に提出されたインドネシアの改定NDCにおいては、2030年までに2百万haの泥炭地の復旧、12百万haの荒廃地の復旧を目指すとともに、パリ協定第5条に基づくREDD+に取り組むこととしている。なお、伐採木材（HWP）、つまり林産物による炭素蓄積については、現時点ではNDCに含めていない。

また、2022年に、インドネシア政府は「FOLU NET SINK2030」と題し、森林・土地利用分野からの排出を2030年までにゼロにする計画を発表している。そのための対策として下記を挙げている。

- 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

また、人工林の拡大ポテンシャルとして、生産性の高くない土地への産業造林の対象地を1.8百万ha、社会林業（住民造林制度HTR）の候補地の対象地を0.7百万haとしている。このように、インドネシアにおいて天然林資源から人工林資源へのシフトは明瞭になっている。

イ. インドネシアの建築政策

インドネシアの建築のための法的基盤としては、2022年法律28号建築法がある。また、建築基準（Building Code）としては、2021年政令16号がある。また、公共事業省令により、関連する技術基準が規定されている。

また、耐震基準は、インドネシア国家規格（SNI）で規定されている。

インドネシアの建築を管轄する省として公共事業・住宅省があるが、インドネシアでは公共事業・住宅省により、特に低所得者向けの住宅供給を国策として進めてきており、この中で、木造住宅のデザインについても検討が行われてきている。

<首都移転>

インドネシアは、首都を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移転することを決定している（2022年1月国会決定）。この背景としては、ジャカルタの人口過密による交通渋滞など都市問題があることと、地盤沈下や地球温暖化による海面上昇によりジャカルタ水没の危険があることとされている。

新首都の名称は、インドネシアの国土（島嶼）を表す言葉であるヌサンタラ（Nusantara）とし、2024 年から首都移転をスタートすることとしている。

インドネシア政府は、この新首都を“Forest City”とする方針を打ち出しており、その内容として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であるとしている。

2) 活動 2. 森林資源及び加工流通調査

インドネシアの森林資源の全体状況は前節で示したところであるが、本節では、インドネシアの中でも住民による人工造林資源が充実しているといわれる中部ジャワ州のジョクジャカルタ特別州周辺で調査を行った。

また、加工流通調査については、ジャカルタ及びジョクジャカルタ周辺で、木材加工工場の調査を行った。

ア. ジョクジャカルタにおける住民造林の状況

i) ジョクジャカルタ特別州林業局との面談

ジョクジャカルタ特別州林業局長のクンチョロ氏、森林管理ユニット長のワワン氏ほかと面談を行った（写真 9）。

ジョクジャカルタ特別州は、森林区域（国有林）の森林管理ユニット（KPH）は単一であり、その面積は 15,500ha である。うち、13,400ha が生産林となっている。生産林には、カユプティ（メラルーカ、*Melaleuca cajuputi*）、マホガニー（*Swietenia macrophylla*）、アカシアなどである。

また、森林区域外に、住民森林（Hutan Rakyat）が、75,000ha 存在する。これらは私有地に住民により植林された森林である。主な植栽樹種としてはチーク（*Tectona grandis*）、センゴン（ファルカタ、*Albizia falcataria*）、マホガニーである。ゴム林は同特別州にはない。これらの住民森林はおおむね 20 年生で伐採が始められる。



写真 9 ジョクジャカルタ特別州林業局との面談

ii) ジョクジャカルタ周辺の住民森林

さらに、ジョクジャカルタ周辺の住民森林（Hutan Rakyat）のチーク植林箇所を視察した（写真 10、写真 11）。この植林地は、面積 300ha あり、住民の所有地に植栽されている。植栽している住民グループのメンバー数は 300 名である。

もともとは、アランアランの草地であった土地に植林したとのことであり、天然林伐採を

伴う拡大造林による植林ではない。特に伐期は決めておらず、お金が必要な時に伐採するということであった。また、チークは萌芽更新が可能であり、萌芽により2〜3ローテーションの更新が可能とのことであった。

また、メンバーは町での雇用による収入減があり、植栽から伐採までの期間の収入はある程度確保されており、人工林経営が可能になっている状況が伺えた。



写真 10 ジョクジャカルタの住民によるチーク造林



写真 11 住民グループの代表者（向かって左から2人目と3人目）

イ. インドネシアにおける木材加工業の状況

インドネシアにおける木材加工業の状況を、インドネシア製材木工業協会（Indonesia Sawmill and Wood working Association: ISWA）への聞き取り、ジャカルタ周辺及びジョクジャカルタ周辺の木材加工工場への訪問を通じて調査した。

i) インドネシア製材木工業協会（ISWA）

ISWA の加盟工場数は、2002 年に 1,225 工場、2008 年に 870 工場、2021 年には 807 工場と減少傾向にある。製材工程のみの小規模な工場が多いが、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。ISWA の加盟工場以外にも、未加盟、未登録の小規模製材工場が地域に多数存在するが、実数は把握困難である。

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、ベアコアボード等の生産が多い。これらの製品の用途は、主として住宅内装や家具用の用途である（写真 12）。

人工林の使用樹種としては、ゴム材（*Hevea brasiliensis*）、センゴン（*Albizia falcataria*）、マホガニー（*Swietenia macrophylla*）が主である。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）の輸出である。

天然林樹種もヨーロッパ、オーストラリア、米国等向けに、メルバウ（*Intsia* spp.）、バンキライ（*Shorea* spp.）、クルイン（*Dipterocarpus* spp.）、レッドメランティ（*Shorea* spp.）等が利用されているが減少傾向にある。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。



写真 12 インドネシア人工林材から生産される製品

ii) ジャカルタ近郊のタンゲランにある複合工場

複合工場の一例として、ジャカルタ近郊のタンゲランにある工場を訪問した。本工場は製材工場として、相当大規模であり、使用樹種としては、ゴム材、センゴン、マホガニーを利用していた（写真 13）。

入荷素材は、長さ 1.3m のものが多く、長材は見られなかった。また、曲がり材も多く、径級もばらばらであった。これらの原木は、比較的小型の帯鋸盤で、板に製材され、栈済みで乾燥される。また、工場内には人工乾燥の装置、防腐剤等の浸透のための装置があり、フィンガージョイントによる縦接着、集成加工も可能な工場であった。



写真 13 ジャカルタ近郊の複合工場

ii) ジョクジャカルタ近郊のランチボックス加工工場

本工場は、2003 年から操業しているランチボックス工場である（写真 14）。従業員数は、90 名である。使用原木の樹種はセンゴンのみであり、住民植林地からの原木を買い入れている。

丸太からロータリーレースで単板加工し（単板サイズは $65 \times 25\text{cm}$ ）、乾燥を経てランチボックスに組み立てられる。一日原木 $8 \sim 10\text{m}^3$ を消費し、26,000 個のランチボックスを製造している。原木価格は m^3 当たり 1 万 1 千円～1 万 2 千円である（1 円=100Rp とし換算）。

販売先は台湾の一家のみである。インドネシアの合法性証明（SVLK）を取得しており、そのマークを付して出荷している。



原木（センゴン）



単板加工



単板裁断



単板乾燥



ランチボックス組立



箱詰め・発送（合法性証明 SVLK）

写真 14 ジョクジャカルタのランチボックス工場

iii) ジョクジャカルタ近郊の小規模製材工場

本工場は、チークを製材する小規模な工場で、年間生産量は約 2,000m³である（写真 15）。原木は住民造林によるチークのみであり、入荷素材の丸太の長さは 1～3m でばらばらである。素材価格（工場着）は、直径 20～30cm で日本円にすると 3 万円程度である。

入荷した丸太は、帯鋸盤一台で、挽き板を製造し、末木枝条を燃料とする人工乾燥釜で乾燥して出荷している。用途は家具用材ということである。本工場もインドネシア政府の合法性証明（SVLK）を取得している。



原木（チーク）



帯鋸盤



帯鋸目立て機



挽き板（乾燥前）



人工乾燥燃料（末木枝条）



人工乾燥

写真 15 ジョクジャカルタの小規模製材工場

iv) ジョクジャカルタの合板・ブロックボード工場

本工場では、合板及びブロックボードを生産している（写真 16）。原木は住民造林によるセンゴン及びジャボンであり、うち90%がセンゴンである。住民の共同で設立した森林組合が住民から立木で買い取り伐採後工場に材を持ち込んでいる。8m³ 積トラックで一日あたり40～50台、300～400m³の入荷がある。入荷素材の長さは1.3mまたは2.6mである。丸太価格は、径級等にもよるが、m³当たり1万2千～1万4千円である。

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。製品価格は400～500USD/m³とのことである。入荷した素材は、樹種、長さ、等級別に桟積みされる（径級によっては分別しない）。

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が、ISWAのメンバーは中小規模の会社であることから、インドネシアの合板工場としては、中規模ではないかと考えられる。単板切削後の剥き芯は、ブロックボードの芯材として用いられ、材の効率的利用が図られている。長さ2.5mまでならLVLも生産可能とのことであった。

雇用労働者は1,600名であり、7時間交代の3シフトで操業しており、地元雇用に貢献していることが伺える。

本工場についても、インドネシアの合法性証明（SVLK）を取得していた。



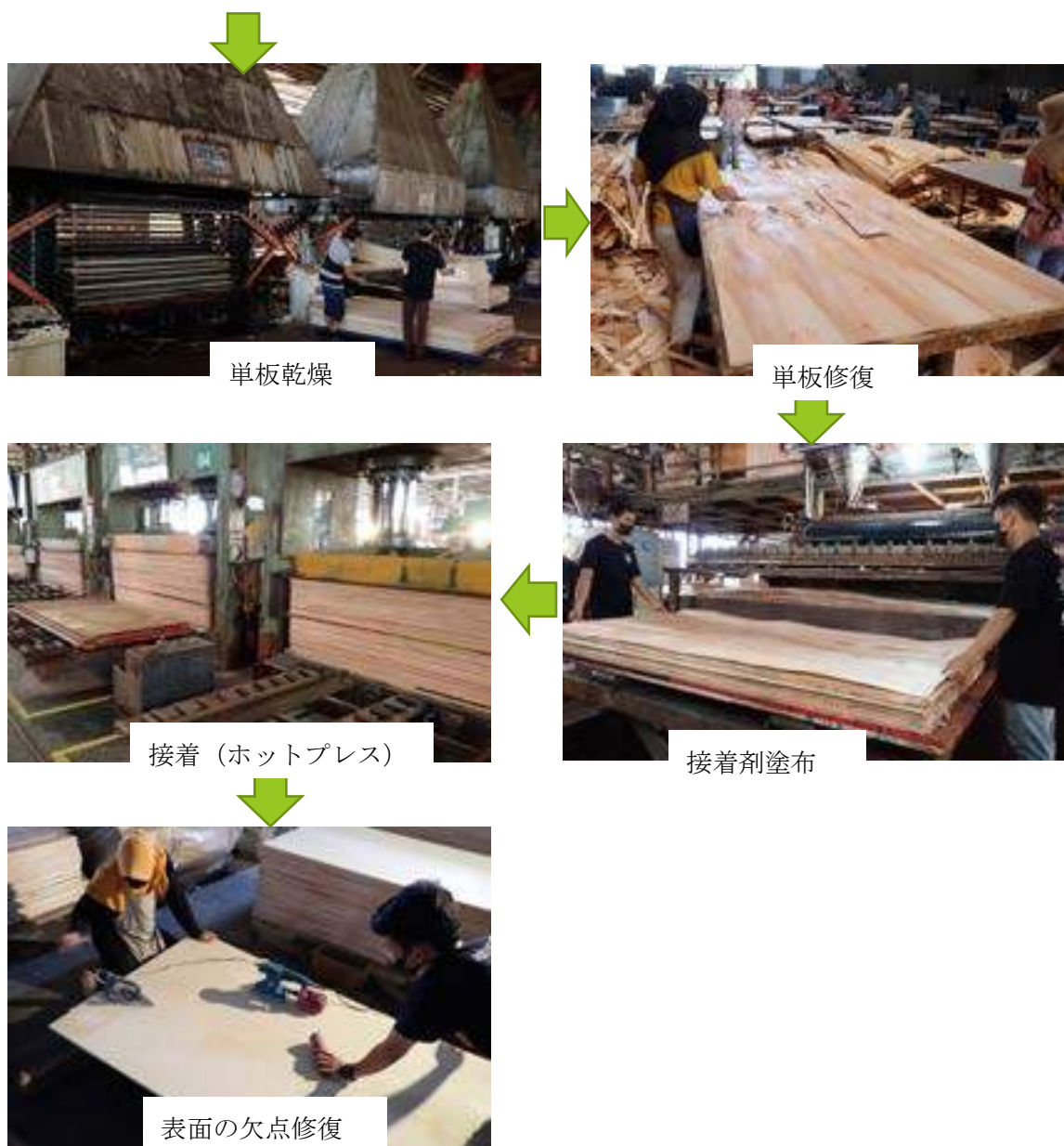


写真 16 ジョクジャカルタの合板工場

v) 森林資源・流通加工調査まとめ

インドネシア全体として、天然林資源から人工林資源へ移行しつつあることが裏付けられた。ジョクジャカルタ周辺の調査から、チーク、マホガニー、センゴン等の住民造林による森林資源は充実してきており、持続可能な森林管理を通じた木材の供給が可能であることが伺えた。

また、これらの人工林資源をベースとした木材産業の基盤も存在し、比較的小規模の製材のほか、LVL 製造も可能な中規模な合板工場が存在していた。

なお、今回、調査することはできなかったが、インドネシアの全国レベルでみると、LVL、グルーラム、CLT といったエンジニアードウッドの製造企業も出てきていることも判明している。

3) 活動3. 建築制度及び施工実態調査

インドネシアの建築制度及び施工実態について、文献調査、聞き取り、現地調査を行ったところ結果は次のとおりである。

ア. インドネシアの建築に関する基準

インドネシアの建築に関する基準としては次のようなものがある。

i) 建設工事の管理に関する規程

政令 No.29/2000 により、次のような事柄が規定されている。

- ・ 建設工事の設計・施工・監督の実施者の決定は、一般競争入札、指名競争入札又は随意契約により実施。
- ・ 一般競争入札の際の落札者の決定は、品質、価格、品質及び価格の複合により決定。
- ・ 指名競争入札は、ハイリスク又は複雑な技術が使用される場合に採用。
- ・ 随意契約は緊急の場合等に適用。
- ・ 外国の企業は、JV または直接投資により参画可能。

ii) 建築物建設に関する一般規程

政令 No.29/2000 により、次のような事項が規定されている。

- ・ いかなる建築も、耐荷重、火災、被雷、電気のリスクに関して、安全規則に従わなければならない。
- ・ 防火対策は、火災管理に加え、受動的及び能動的防護システムからなる。
 - > 受動的防護システム： 建築物の構造、水源へのアクセス、脱出用設備、
 - > 能動的防護システム： 消火システム、火災検知システム、煙の制御システム

iii) 建築物の防火に関する規程

建築物の防火に関しては、公共事業省令 No.26/2008 「建築物の防火システムに関する技術的要件」において、次のような事項が規定されている。

- ・ 消火の際の水源へのアクセス
- ・ 避難設備
- ・ 受動的防火システム
 - > 建築物の技術的要求事項
 - > 防火建築の基準
 - > 防火ドアと窓
 - > 内装カバー材料
 - > 火災の閉じ込め
- ・ 能動的防火システム（火災検知、スプリンクラー等）

- ・建築物付帯設備
- ・防火管理システム
- ・管理・監督

iv) 建築物の耐震基準

インドネシアの耐震基準は、インドネシア国家規格で定められており、具体的には、SNI1726「建築物および非建築物の耐震計画手順」である。本規格は順次改訂されており、最新版は2019年版で、2012年版からの改定となった。

本規格の章立ては下記のとおりとなっている。

- 第1章 スコープ
- 第2章 準拠文献
- 第3章 用語、定義、表記
- 第4章 一般規定
- 第5章 耐震設計のためのサイト分類手順
- 第6章 地震地域と応答スペクトル
- 第7章 建築構造物の耐震設計要件
- 第8章 耐力壁または単純な建築フレームシステムのための簡略化された構造設計基準
- 第9章 非構造部材の耐震設計要件
- 第10章 非建築物の耐震設計要件
- 第11章 非線形応答時系列解析
- 第12章 免震構造を持つ構造物
- 第13章 制振装置を有する構造物の耐震設計要件
- 第14章 耐震建築設計のための地盤・構造物相互作用
- 第15章 地震動マップとリスク係数

本規格の準拠文書としては、“ASCE/SEI 7-16, *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures*”、“FEMA P-1050-2015, *NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures*”、“IBC 2018, *International Building Code*”が挙げられており、これらは、いずれも米国の耐震基準を構成する文書であることから、インドネシアの耐震規格は、米国の基準をモデルにしているものと考えられる。

イ. JICA 及び JETRO インドネシア事務所での聞き取り

JICA 及び JETRO インドネシア事務所の訪問・面談からは次のような情報が得られた。

- ・インドネシアの経済は好調で、コロナで落ち込んだが回復し、年成長 5%を維持。
- ・建築産業に参入する場合、①現地法人の設立、②駐在員事務所、③技術供与の方法がある。

- ・現地法人の外国出資比率の上限は 67%。駐在員事務所を維持するためには、3 年ごとに一定規模の受注が必要。
- ・日本の大手ゼネコンは現地法人があり、そのような会社との連携が考えられる。
- ・インドネシアにおいて国家規格の耐震・耐火規格は既にある。ただそれが守られていないことで倒壊している。
- ・課題はコスト。一般建築は日本の建築コストの 10 分の 1 ぐらいであり、JICA 民間連携でも調査したが、低所得者層に広げるのは難しい。
- ・環境意識の高い財閥系大企業にアプローチするという方法もある。

ウ. 国立ガジャマダ大学の訪問

<森林学部・学部長ほかとの面談>

- ・セミナーでの（株）シェルター技術の発表は、興味深く、インドネシア林産学会で共有。
- ・荒廃地に早生樹種を植林し、エンジニアードウッドの技術を用いて、木造建築によるグリーンシティを作るというアイデアあり。早生樹種を組み合わせた LVL や CLT の研究がある。
- ・国営林業会社による貧困層のための木造ミニマルハウスのデザインがある（一棟 100 万円以下）。
- ・シロアリ防護のためにはホウ素ないしホウ酸を用いる。シロアリについては、種類により、地際の多湿条件下で繁殖するものと、上部の比較的乾燥した条件下でも繁殖するものがあり、建築物全体としての処理が必要である。

<工学部 Dr. Ali ほか>

- ・木造での耐震住宅のデザインは政府でも提供している。
- ・2006 年ジョクジャカルタ震災からの復興に木造住宅は殆ど導入されてない。
- ・地震の被災状況でも、軽量な木造住宅の方が倒壊しにくかったが、木造住宅は貧しい人の家というマインドセットが強い。
- ・多くの被災家屋は、RC 構造で再建されている。再建された家屋の多くは依然として耐震性は不十分。
- ・工学部でも、エンジニアードウッドを用いた建築の研究を行っている（Dr. Ali）。

エ. PP アーバンへの働きかけ

PP アーバンはインドネシアの国有会社で、各種建設・都市開発事業のほか市民向け住宅建設を行っている。PP アーバンからの聞き取りでは、インドネシアでは、コンクリート造が好まれる状況があり、また、コストも重要であるとのことであった。

同社では、市民向け住宅建設計画があり、面談当時 5 社ぐらいからの提案があることであ

った。同社のプロトタイプ（図 IV-13）に基づき、提案書（デザインとコストを含む）を提出されれば検討するとのことであった。

本プロトタイプに対し、（株）シェルターから下の図 IV-14 に示す木造住宅提案を行った。



図 IV-13 PP アーバンの市民向け住宅プロトタイプ



図 IV-14 （株）シェルターによる木造住宅の提案

オ. 建築材料の入手可能性

COOL WOOD の必要部材である石膏ボードについては、ジョクジャカルタの調査において、現地で入手可能であることを確認した（写真 17）。



写真 17 ジョクジャカルタ周辺の建材店で販売されている石膏ボード

カ. インドネシアにおける RC 造住宅等の建築と木造住宅の例

インドネシアにおける RC 造住宅や木造住宅等の例を、西ヌサトゥンガラ州のスンバワ島の事例でしめす。

RC 造の例としては、簡易な RC 造の柱・梁にレンガ壁を組み合わせた家屋がみられる。このような住宅は、2006 年の中部ジャワ地震でも多くが倒壊の被害を受けたことが報告されている。また、比較的大きな RC 造の建築物でも、建築途中を見ると、鉄筋の太さや数は日本の RC 造に比べ、細くまた少ない印象を受ける（写真 18）。

一方、一部地域には、木造住宅が一般にみられるところもあった（写真 19）。これらの木造住宅は、新築と思われるものもあったが、筋交いや屋根のトラス構造が見られ、一定の耐震性を有するのではないかと思われ、耐震性に関して木造住宅の優位性を示唆するものと考えられた。



簡易な RC 構造の柱とレンガ壁の家



建設中の RC 造の建築

写真 18 RC 造の住宅・建築（西ヌサトゥンガラ州）



写真 19 伝統的な木造建築（西ヌサトゥンガラ州）