# 開発途上国の建築物の地震被害軽減戦略に関する基礎的研究 <日本のノンエンジニアド建築に関する経験から学ぶ>

Basic Study on Strategies for Earthquake Disaster Mitigation on Buildings in Developing Countries -Lessons from Experience of Non-engineered Houses in Japan-

○楢府龍雄<sup>1</sup>,金田恵子<sup>2</sup>,石山祐二<sup>3</sup>,安藤尚一<sup>4</sup>,亀村幸泰<sup>5</sup>,今井弘<sup>6</sup>, 安川総一郎<sup>7</sup>

Tatsuo NARAFU<sup>1</sup>, Keiko Sakoda KANEDA<sup>2</sup>, Yuji ISHIYAMA<sup>3</sup>, Shoichi ANDO<sup>4</sup> Yukiyasu KAMEMURA<sup>5</sup>, Hiroshi IMAI<sup>6</sup>, Soichiro YASUKAWA<sup>7</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人国際協力機構 Japan International Cooperation Agency (JICA)
<sup>2</sup>NPO 法人都市計画・建築関連OV の会 Ex-Volunteer Association for Architects (EVAA)
<sup>3</sup>北海道大学名誉教授 Professor Emeritus, Hokkaido University
<sup>4</sup>政策研究大学院大学 Natiional Graduate Insitute for Policy Studies (GRIPS)
<sup>5</sup>国土交通省 Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)
<sup>6</sup>毛利建築設計事務所 Mohri Architect & Associates, Inc.
<sup>7</sup>国際連合教育科学文化機関(ユネスコ) United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)

Mitigation of damage by earthquakes is a keen issue in developing countries. The authors conduct study on experience of Japan on its efforts for safer nonengineered houses of Japan, post and beam type of wooden structures in order to draw lessons effective for developing countries. Besides common approach of technical guidelines and its implementation, various approaches are found applied to improve quality of wooden houses. Based on anaysis on them, several implication are abstracted.

Keywords: earthquake disaster, developing countries, experience of Japan, nonengineered

#### 1. 背景, 目的

2015年4月25日にネパールで発生した地震にも見ると おり、開発途上国では、大規模地震の度に甚大な被害を 被ってきている.特に、建物被害が著しく、死傷者も圧 死等の建物被害に起因していることが多い.その原因の 一つに、建築物の耐震性が十分ではないことがあり、そ の大部分はノンエンジニアドと呼ばれる、技術者が建設 プロセスに関与しない住宅である.こうした建築物は、 主に低、中所得の庶民住宅として、世界各国に存在する. 本稿は、日本におけるノンエンジニアド住宅に該当する 在来工法の木造住宅<sup>11</sup>に関連して取られてきた対策を概 観、分析し、そこから開発途上国における今後の取り組 みに有益と考えられる教訓を得ようというものである.

## 2. 日本の木造在来工法の改善の取り組み

#### (1) 検討の対象

本稿は,前章に述べたとおり開発途上国で,甚大な地 震被害を被るなど,その対策が喫緊の課題となっている 中低所得層の住宅に関する知見を得ようとするもである. このことから,本稿の検討対象は,第2次世界大戦後の 大量の住宅需要を満たしてきた時期以降とし,また,対 象工法は,木造在来工法とし,①寺社や学校等の住宅以 外の建物, ②2x4, プレファブなどの技術者が関与しな がら新たに開発された工法は対象としないこととする.

## (2) 木造在来工法住宅の概況

日本において建設される建築物は、すべて建築基準法、 建築士法などの関係法令に従うこととされており、木造 在来工法であるが故の特例的な扱いはない<sup>2)</sup>.しかしな がら、同工法による住宅は、構造部材を自然素材である 可燃性の木材としている、大部分が比較的小規模である などから、構造上、防火対策上、建築行政手続き上、そ の他の工法による大規模な建築物とは異なる扱いとなっ ている点は多々ある.逆の見方をすると、法令や行政制 度上、エンジニアド建築物と原則的に同一のフォーマル な扱いとなっていると言える.

国民の木造住宅への嗜好は大変強く、各種の構造が選 択できる現在でも、戸建て住宅の 89%が木造であり、そ のうち 74%が在来工法となっている(2014 年度).

# (3) 木造在来工法住宅改善の取り組み

 ・ 概況 1923年関東大震災,第2次世界大戦下での爆撃という2度の大規模な市街地の焼失を経験をした日本における,都市計画,街づくりの大きな目標は不燃化であった.このため,行政は、コンクリートブロック造など、小規 模住宅を木造以外の不燃構造で建設するために,多くの 努力を払ってきた.こうした中,木造住宅については, 従来からの担い手であった大工以外の主体による工法の 開発(木質プレファブ工法など,エンジニアが参画した もの)など以外の,在来の工法についての取り組みは必 ずしも活発ではなかった.これを大きく変えたのは, 1995年阪神・淡路大震災である.震災では,木造住宅 の倒壊が多数発生し,それが死傷者発生の主要な原因と なったことから,行政施策として木造住宅対策に力点が 置かれることとなった.また,研究者,実務の技術者の 関心も急速に高まった.

建築行政制度の推移

#### \*技術基準

前述のとおり建築行政上は、大規模な建築物と同じ建 築基準法とそれに基づく政令、省令、告示などの法令体 系下で、木造在来工法も扱われている.建築基準法例上、 構造強度は、鉄筋コンクリート、鉄骨などの構造種別ご とに定められているが、地震に対する耐力は基本的に同 レベルのものを目標としている.

木造戸建て住宅の基準は、元々は各部の構造を規定す る方式(仕様規定)を基本として、併せて、高さ、階数 などの制限が行われてきた.その後、研究開発の成果に 基づき、耐震性能に関して、壁の耐力に応じた壁倍率や バランスの取れた配置にするための規定、構造設計法な どが導入され、並行して階数や建物規模に関する規制が 緩和されてきている.こうした動きは、いずれも実験等 から得られた工学的な知見を基礎に木造構造を合理的な ものにしようとするもので、在来工法のエンジニアド化 の取り組みと解釈できる.

## \*建築技術者の資格制度

日本の建築行政制度は、建物の構造種別、規模に応じ て、建築士法に基づく有資格の建築士でなければ設計等 を行うことができない制度である.工学的な教育を受け ていない木造住宅を建設してきている大工の中には、建 築士資格を取得することができない、あるいは建築確認 <sup>3)</sup>を申請する際に必要となる図面等の書類の作成ができ ないなどの問題があった.このため、設計図面の作成と 建築確認申請の業務を、建築士に依頼するような慣行が 行われがちであった.こうした事態に対応するため、 1984 年に、従来の1級、2級に加える形で、木造建築士 制度の創設を行っている<sup>4)</sup>.

③ 工法,部品等の開発

行政の主導あるいは行政支援により民間主体により, 種々の形で種々の分野での,工法,部品等の開発が行わ れた.ここでは,その中でも特に効果の大きかった接合 金物と木材のプレカットを説明する.

\*接合金物

木材相互の接合部は、木造住宅にとって最もクリティ カルな部分であり、地震、強風による倒壊などの甚大な 被害の主要な原因となっている.このため、その接合部 を十分な強度を有するように接合するための金物の開発、 普及が行われた.具体的には、行政の指導の下、公益法 人が一定の基準に適合する接合金物を生産する優良な工 場に対して、マークの仕様を認めるという方式で実施さ れた.在来木造用のものは 1984 年に制度が創設され、 その後有効に機能している<sup>50</sup>.

\*部材のプレカット

在来木造住宅においては、従来、接合部等を仕口、継 手と呼ばれる複雑な形状に手作業により加工して組み立 てることが行われており、その作業が工事現場での大き なウエイトを占めていた.この部分を機械により,工場 で CAD (コンピューターを活用した設計法)を活用し, 全自動でカットして,現場ではこれを組み立てる作業の みにするために開発された技術がプレカットと呼ばれる 方法である.これにより,大工の技量によらない品質の 安定化,工期の短縮,資材置き場,作業スペースなどの 建築現場の合理化が実現できる.この開発と普及は,木 材産業振興を目的として行政が支援した.当初は大手の 住宅供給業者が加工用機械のメーカーと協力して開発が 行われた.1980 年代に開発が始まり,1990 年頃より急 速に普及し,現在では大都市部での木造在来工法の大部 分がこれによっている.

④ 大工,工務店などの住宅供給主体への支援

木造在来住宅では、もともとは建築主が材料の手配な どを行い、建設技術者である個々の大工が、建築主に対 して労務提供する供給システムであった.その後、建設 工事の全体を請負う形態へ移行が進んだ.請負を受注す るためには、資金力を必要とするので、工務店の創業は 資金力があり、木造住宅建設に近い位置にあった木材業 からの参入が多い.しかしながら、その規模は零細ある いは小規模が多く、経営基盤が充分でない場合が多いた め、行政が種々の支援措置を実施してきている.その範 囲は、企画、設計等を含めた技術の向上、生産性の向上、 資材調達の合理化、営業能力の改善、経営の近代化、資 金調達の改善など多岐に渡っている.また、建設業務を 担う技能者の育成も行われてきている.国、地方公共団 体などの行政主導の活動に加えて、建設関係を中心にし た民間企業主体のものも少なくない.

⑤ 住宅市場への働きかけ

良質な住宅ストックの形成と地域の住宅産業を育成す ることを目的とした支援も行われた.具体的には,住宅, 住宅地に関する一定の基準に適合する住宅供給プロジェ クトの計画を,自治体が作成し,地域の大工,工務店が 建設,販売を行う.この場合,主要な支援はこうした住 宅の購入者に対する支援(政府系金融機関による優遇的 な条件による融資など)の形で行われた.

#### ⑥ 住宅購入者側への支援

住宅は高額であり、ほとんどの住宅取得者は、金融機関からの借り入れを受けて取得する.戦後の日本の住宅 供給において、政府系金融機関(現住宅金融支援機構、 旧住宅金融公庫)が大きな役割を果たした.特に、長年 にわたり、住宅供給の太宗を占めた木造在来工法の戸建 て住宅においては、金融機関独自の仕様(建築基準法関 係法令のレベルより高いもの)を定めて、それを満たす ことを融資の条件とし、その実効性を確保するため、建 設途中と完成後の現場の検査を行った.これは住宅の品 質の確保に大きな貢献をしたと広く認識されている.例 えば、阪神・淡路大震災による被害は、政府系金融機関 の融資を受けた住宅では相当に低いことが報告されてい る<sup>®</sup>.

#### (4) 分析

検討の枠組み

著者らは開発途上国のノンエンジニアド住宅対策を考 える上での枠組みとして表1を提案した.本稿において も、この枠組みに基づき検討を行う<sup>7)</sup>.

② 日本の取り組みについての分析

第2章第3節で、これまでの種々の取り組みを紹介した。そのうちの第2項で説明した技術基準は、表1の枠 組みでは「C実践的な耐震技術」に該当する(主には、 「C1耐震工法」と「C3施工水準確保の方策」).同項 の建築技術者の資格制度は、「D 技術の普及方策」の 「D1 供給サイドへの普及方策」についての基盤となる 供給サイドの人材の能力確保の方策として整理できる.

第3項の工法,部品等の開発は、「C実践的な耐震技術」に当たり、接合金物はそのうち「C2材料,部品の 改善」に該当する.部材のプレカットも、同様に C2 で あるが、同時に現場での施工の水準の確保にも寄与して いることから、「C3 施工水準確保の方策」にも該当す ると考えられる.

第4項の「大工,工務店などの住宅供給主体への支援」は,種々の施策から成り立っているが,「E耐震化の支援方策」のうち,概ね,産業として成立している建設業に対する「E1経済的な支援」と「E2社会的支援」に該当すると理解することができる.また,経営の近代化,資金調達の改善などは,住宅対策とは異なる観点からの中小企業支援の施策であり,異なるタイプの施策との連携であるという面から,「E3低所得層対策などとの連携」(開発途上国の実態に即して作成した枠組みとは,想定している連携施策が大きく異なるが)という理解ができる.同項において,併せて述べている技能者の育成は,技能の普及という意味からが「D1供給サイドへの普及方策」に,職業訓練施策との連携という側面からは「E3低所得層対策などとの連携」にも該当すると考えられる.

第5項の「住宅市場への働きかけ」は、供給主体が、 質の高い住宅を供給する支援であり、住宅供給側に対す る、「E1 経済的支援」と「E2 社会的支援」に該当する. 具体的な支援策として、住宅取得者向けの支援を採用し ていることに着目すると、E1 及び E2 の住宅取得者への 支援とも言える.

第6項の住宅購入者側への支援は、金融機関独自の技術基準を策定し、現場検査を行っていることは、「C実践的な耐震技術」の C1, C2, C3 に関わっており、また、住宅建設業者に技術を確実に伝えることに大きな効果が

#### 表1 ノンエンジニアド住宅改善の

<u></u>			
項目		細項目	
А	地震リスク の把握	1	発生想定地震
		2	想定地震動
		3	建物被害のリスク
в	住宅タイプ 毎の特性 の把握	1	構造特性
		2	材料、部材
		3	施工方法
		4	施工者の技能
С	実践的な 耐震技術	1	耐震工法(設計、施工等)
		2	材料、部材の改善
		3	施工水準確保の方策
D	技術の普 及方策	1	供給者サイドへの普及方策
		2	需要者サイドへの普及方策
E	耐震化の 支援方策	1	経済的支援
		2	社会的支援
		3	低所得層対策などとの連携
		4	協力体制整備
F	学際的、業際的、国際的なプラットフォーム		
G	コミュニティによる自律的な展開のための環境整備		

あったことは 「D 技術の普及 方策」の「D1 供給サイドへの 普及方策」とし て有効であった ことを示してい る.また,第6 項の取り組みを 包含するより上 位の政策として は,住宅取得者 が良質な住宅を 取得するための 支援であり、そ の意味からは 「E1 経済的支 援」と「E2 社 会的支援 8)」に, また,他の施策 との連携という 側面からは, 「E3 低所得層 対策などとの連 携 にも該当す る.

日本の状況に関する考察

取り組んできている状況にある.

表1は、開発途上国の実態に即して作成したものであ る.今回、日本の在来木造工法に対して取ってきた対策 に関してこの表を適用することにより見えてくる、日本 と開発途上国との経済社会状況の違いを整理しておく. \*基礎的な調査研究の蓄積

「A 地震リスク」は、エンジニアド構造にも共通の事項が多く、調査研究の蓄積が相当存在する. 「B 住宅タイプ毎の特性の把握」については、在来木造住宅固有の部分では、鉄筋コンクリート造など他のエンジニアド工法に比較すると、2(3)①で述べたように不十分ではあるが、一定程度の蓄積はあり、継続的に行政や研究者が

\*確立された建築行政の枠組みの上に立った取組み

日本では、全国統一の建築行政制度(市街地建築物 法)が1919年に導入され、それが現在の建築基準法に よる行政制度に引き継がれている.その中に、他の構造 タイプとの横並びで木造も含まれていたことから、「C 実践的な耐震技術」も「D技術の普及方策」も、この制 度の中で一応のレベルのことは実現されてきた.本章第 3節で取り上げてきた木造在来工法に関する取り組みは それに付加する形で実施されたものである.

\*住宅産業の存在

木造住宅は、日本古来からの伝統的な工法であり、有 史以来の蓄積がある.その建設を担う産業も早い時期か ら成立している.今回、対象にしている第2次世界大戦 後には、既に建設業務を担う大工、工務店が、産業とし て存在している.このため、「D技術の普及方策」「E 耐震化の支援方策」のいずれも、前項の分析に見るとお り、その主たる対象をこの住宅産業に対して実施するこ とが可能であった.

\*包括的な政策の一環としての施策実施

本章第3節の取組みは、上位の政策目標からいくつか に分類できる. 第1は, 住宅建設に対する施策である. 建築基準、建築確認、建築士制度などの建築行政がこれ に該当する.この場合、各種の構造を包括する制度であ り、質の確保も地震に対する安全性のみでなく、火災や 強風などの他の災害に対する安全性、快適で衛生的な環 境つくり,省エネルギー,更には,都市計画的な観点か らの,交通,上下水道への負荷や,都市景観なども含む 総合的な建築行政の一部であることを認識しておくこと が必要である. 第2は、良質な住宅ストック形成の視点 である. 第2次世界大戦による膨大な住宅不足, 急激な 都市化による住宅需要に対応するため、良質な住宅の大 量供給は国政の主要課題の一つであり、政府系金融機関 による融資はそのための中核的な政策手段であった. そ の中で太宗を占める,木造在来工法の戸建て住宅に関し て,課題であった質の向上が取り組まれたものである. 第3は産業振興の観点である.相対的に,小規模で近代 化の遅れていた住宅建設業に対して、多面的な支援が行 われたことは見てきたとおりである. プレカット工法の 開発、普及のように、木材産業の振興の観点からの取り 組みも実施されてきている. 第4は, 労働者の職業訓練 の観点である. 第3節4項の技能者の育成は、多種多様 な業種の職業訓練の一つとして実施されているものであ る.これらから、日本での取り組みは、いずれも木造在 来工法対策よりかなり上位の政策目標の下に、その中の コンポーネントの一つとして実施されてきたものである ことが分かる.

\*学際的なプラットフォーム及び自律的な展開のため

#### の環境の側面

日本では、行政が研究者、実務者などと連携すること が広く行われており、プラットフォームは存在している と考えられる.自律的な展開に関しては、在来木造工法 を含めて、住宅建設が日本の経済成長を支える上で大き な役割を果たして来ており、正に自律的な展開を実現し たと言える.それが実現した基盤には、木造住宅建設が 遥か以前から産業として成立していたことがある.

## 3. 日本の経験からの知見の抽出

現在の開発途上国の置かれた状況は、日本が在来木造 住宅の質の向上の努力を重ねてきた時期のそれとは大き く異なる.しかしながら、その中には本質的なところで 共通する部分が存在する.ここでは、そこから得られる 開発途上国にとっても有益な知見の抽出を試みる.

#### (1) 技術基準の策定とその施行

技術基準の策定とその施行は、建築物の質の向上を図 るための王道である.日本の場合には、歴史的な蓄積も あり、エンジニアドと同様の体系の中で扱ってきた.各 国の事情により、フォーマルではない形ではあっても、 このアプローチは基本的な施策として取り組むべきであ る.

#### (2) より多くの専門家の参画の実現

工法,部材等の開発,技能者の育成など,技術的側面 が関わる部分には,能力と意欲を有する専門家の参画が 不可欠である.日本の在来木造工法の改善(エンジニア ド化)もこうした専門家の努力の賜物である.ノンエン ジニアドは,専門家の参画を得にくい面があるが,それ を乗り越える努力が必要である.

## (3) 種々の政策アプローチの活用

これまでみたとおり、日本では、良質な住宅の大量供 給、中小企業、地場産業の育成などの国家レベルでの優 先課題の傘の下で、木造在来工法の施策メニューが充実 してきた.開発途上国のノンエンジニアドの場合にも、 当事国やドナーコミュニティにおける優先課題との連携 は有力な方向性であると考えられる.低所得層の生計・ 生活改善、農山村のコミュニティ開発、コミュニティの 小規模ビジネスの育成などが考えられる.

#### (4) 利害の共通する主体との連携

日本では、政府系金融機関との連携が大きな効果を発 揮した.金融機関は、融資にあたって住宅を担保にし、 また、住宅が長年にわたって良好に機能することが居住 者の生活の安定、ひいては滞りのない融資の返済に繋が るという面で、良質な住宅つくりと利害を共有する主体 である.こうした共生関係の自然発生的な萌芽は既にい くつかの途上国において見られるが、こうした動きを活 用した連携が期待される.同様の動きは、製品の適切な 使い方による質の良い住宅を期待する業界(セメント会 社や建材を販売しているホームセンターなどによるマニ ュアル作成、配布など)にもみられる.利害を共有す主 体のうちでこうした、技術力、資金力を有する主体との 連携の可能性も追求していく必要がある.

#### 補注

 日本の木造建築には長年にわたって培われてきた技術が あり、それを優れた技能を有する職人が実践しているも のであり、開発途上国の非熟練の労働者(場合によって は、無経験の住民自身)が建設する低所得層の住宅と同 ーに議論すべきではないとの考えの有ることは承知して いる.しかしながら,近年,多くの工学技術者が研究開 発に取り組み,多くの側面において工学的な知見に基づ く改善が行われる以前の状態は,熟練の職人も工学的な 知識は不十分で,在来型の世襲的な技術に頼っていたと いう点において,開発途上国のノンエンジニアドに共通 するところがある.本稿は,そうした状態に対して,日 本において行われたの改善の取り組みは,開発途上国に とって有益な知見となりうるとの考えを基盤としている.

- 2)日本では1919年市街地建築物法により,建築許可制度と 体系的な建築基準が導入された.当時は、かなり大規模 な建築物も木造で建設されていた(鉄筋コンクリート造 などの他の工法がそれほど多くなかった)こともあり、 木造も同列の扱いであり、小規模な木造住宅も同一の法 体系で扱われていた.第2次世界大戦後に、現行の建築 基準法へ移行した際も同様の扱いとなっている.
- 3) 建築基準法では、行政側の裁量性を持たない形で、設計 が建築基準に適合しているかどうかを確認するという制 度となっており、建築確認と称している.多くの国では、 建築許可と呼ばれている.
- 4)木造建築士制度自体は、受験者が少なく必ずしも十分な 効果を発揮したわけではない.その後、大工、工務店の 世代交代などにより、現在では、確認申請業務の有資格 者への依頼は大きな課題ではなくなってきている。
- 5) 阪神・淡路大震災からの教訓もあり、2000年の建築基準 法改正により,接合金物の使用が義務付けとなったこと も寄与している.(従前は,任意での使用)接合金物の 認証制度は,在来木造住宅以外に,枠組み壁工法,丸太 組み工法用などの構造種別等に応じた制度が実施されて いる.また,公益法人が実施している評価,認証する制 度は,優良建材,合理化された生産,供給システム,木 造建築物電算プログラムなど多様なものを対象にしてい る.
- 6) 文献(1)によれば, 震度 7 の地域に存在する住宅金融公庫 融資を受けた築 20 年以内の住宅の被害率は, 倒壊 0.7% (うち, 築 10 年以内(1985 年以降)は, 0.4%), 大破は 2.9%(同 0.7%)であるのに対して,神戸市東灘西部地区 における 1985 年以降に建設された木造軸組み構造住宅 (在来工法)の倒壊率は約 7%と報告されている. (2 つ の調査は, 対象地域等が異なっている)
- 7) 参考文献(5)参照.
- 8)住宅の質について判断することが困難な一般的な住宅取 得者に対して、公的金融機関からの融資を受けることで 自動的に質の高い住宅取得を可能にするという意味で、 社会的な支援も併せて行っていると考えられる.

参考文献

- (1) 日本の木造住宅の 100 年,社団法人日本木造住宅産
   業協会,坂本功監修,社団法人日本木造住宅産業協会,2001年3月20日
- (2) 21 世紀の地域住宅産業-木造住宅の新たな展開方向
   -,建設省住宅局木造住宅振興室監修,日本林業調査会,1997年7月25日
- (3) 10 年のあゆみ,財団法人日本住宅・木材技術センター,1988年1月
- (4) 木材需給と木材工業の現況(平成2年版),林野庁 監修,林産行政研究会,1990年8月25日
- (5) 楢府龍雄他、ノンエンジニアド住宅の地震被害軽減 方策に関する研究-学際的、業際的、国際的なアプロ ーチの提案-、地域安全学会論文集 No.14,2011 年 3月