

住宅建築技術国際展開支援事業
(うち事業環境整備に関する事業)

ケニアにおける高品質住宅建築の普及に向けた
プレキャストコンクリート厚肉床壁構造の普及促進事業

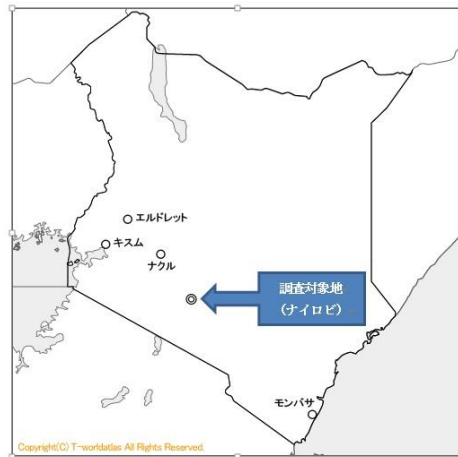
成果報告書
概要版

2023年3月

株式会社フジタ

第1章 本調査の概要

【調査位置図】



【基礎データ】

国・地域名	ケニア共和国 Republic of Kenya	
面積	582,646 km ²	(日本の約 1.5 倍)
人口	5,377 万人	(2020 年、世銀)
首都	ナイロビ、人口:約 440 万人	(2019 年、ケニア国家統計局)
言語	スワヒリ語、英語	
実質 GDP 成長率	7.23%	2021 年、推計値
名目 GDP 総額	109.8(10 億ドル)	2021 年、推計値
一人当たり名目 GDP	2,205(ドル)	2021 年、推計値
消費者物価上昇率	6.11%	2021 年
輸出額	6,724(100 万ドル)	2021 年、通関ベース(FOB)
輸入額	19,712(100 万ドル)	2021 年、通関ベース(CIF)
政策金利	7.00%	2021 年
対米ドル為替レート	109.64(ケニア・シリング)	2021 年、期中平均値
日系企業進出状況 企業拠点総数	89 社(2020 年 10 月 1 日現在)	外務省「海外進出日系企業拠点 点数調査(2020 年調査結果)」
在留邦人	674 人(2021 年 10 月 1 日現在)	外務省「海外在留邦人数調査 統計」(2022 年版)

(出典:JETRO)

1-1 調査の背景

- ケニアにおける近年の経済成長を背景にした都市部への人口流入の急増に伴う住宅ニーズ。
- 都市部の住宅建築においては、近年では2022年後半にナイロビ郊外で複数のビルの倒壊が相次ぎ、品質、安全の面で適正な供給が行われていない実情。(2023/1/26 付け The Standard の記事によると、ビルの倒壊による死亡者数は過去5年間で約200名。)
- 2023年2月に発生した「トルコ・シリア地震」での被害が建築基準法の不徹底に起因するとの指摘もあり、同様の事態がケニアでも起こりうる状況。
- こうした状況に対し、日本の戦後復興から1960年代の高度成長期以降の住宅建築における政策的・技術的知見の蓄積・経験の活用、住宅機器・建材のパッケージ化、最新技術との連携等、「日本独自の強み」を活かした取り組みが有効。
- 上記の観点から、2019年度において、国交省「住宅建築技術国際展開支援事業(うち事業環境整備に関する事業)」を通じて、「ケニアにおける高品質住宅普及に関する事業化調査ならびに本邦研修事業」を実施。
- 2020年度においては「ケニアにおける住宅建築の実態と自然災害全般への脆弱性改善に向けた技術検証ならびに課題抽出事業」を実施し、モデル住宅(地上4階建て/延床1,080㎡)を設定し、「PCa柱梁構造」及び「PCa厚肉床壁構造」の2通りの構造設計にて標準設計を作成した。
- 2021年度においては「ケニアにおける高品質住宅建築の普及に向けた技術検証ならびにパイロットプロジェクト形成事業」(以下、「2021年度事業」)を実施し、「プレキャストコンクリート(以下、PCa)厚肉床壁構造」に関する構造実証実験、JKUATとの技術検証、現地カウンターパートとの連携維持を行った。
- 本事業では、過去3年度に渡る事業の成果を踏まえつつ、2021年度事業において施工性、構造性能を検証した「PCa厚肉床壁構造」に着目し、現地カウンターパート、現地関連事業者に対し、同構造のメリット、可能性をより明確に示すため、下記の観点から「ケニアにおける高品質住宅建築に向けたプレキャストコンクリート厚肉床壁構造の普及促進事業」を実施し、日本、ケニア両国の協力関係を強化しつつ、最終的に「日本独自の強み」を活かした、高品質・安全・安価な住宅を普及させることを実現する。

項目	観点
I. 国内での技術検証	<ol style="list-style-type: none"> 配筋設計現地適合化： <ul style="list-style-type: none"> 「PCa厚肉床壁構造」標準設計配筋設計の現地適合化 躯体コスト検証： <ul style="list-style-type: none"> 「PCa柱梁構造」との躯体数量比較により「PCa厚肉床壁構造」の躯体コスト優位性を示す 「一部木質化」検証： <ul style="list-style-type: none"> 「PCa厚肉床壁構造」と「直交集成板(以下、CLT)」との複合の構造的可能性について検証

II. 現地情報の収集および普及促進	1. オンラインによる情報収集 2. 現地面談：関連事業者、団体、カウンターパートに対して、現地渡航時に実施 3. 説明用資料作成：BIM動画、英文資料
--------------------	--

1-2 調査団員構成

- 株式会社フジタ、一般社団法人 OSA ジャパン、外部専門家で構成

1-3 調査期間・工程

- 調査期間：2022年7月～2023年3月
- ケニアにおける新型コロナウイルス感染症の状況は沈静化し、渡航や現地活動の障害にはならないため、2023年2月の現地渡航を予定通り実施。
- 国内および現地において、「I. 国内での技術検証」、「II. 現地情報の収集および普及促進」を実施（下記「実施工程表」参照）。
- 現地渡航における現地カウンターパートや関連事業者に対する「PCa 厚肉床壁構造」に関する説明用資料としては、「PCa 厚肉床壁構造」と「現場施工 RC 柱梁構造」の躯体建設プロセスを比較した BIM 動画を作成。
- BIM 動画制作と並行して、福島県公営住宅における「現場施工 RC 厚肉床壁構造」の空間特性、特に、その遮音性、断熱性、耐久性、ライフサイクルコスト軽減等における他の一般的構造（柱梁構造、壁構造）に対する優位性を示す英文説明資料、及び、「厚肉床壁構造」が東日本大震災後の福島県復興住宅に採用された経緯に触れつつ、その技術的遺産を途上国の住宅支援に活用するという見地からの「PCa 厚肉床壁構造」に関する英文説明資料を作成。
- 上記の BIM 動画、英文説明資料は、現地渡航に携行し、現地カウンターパート、関連事業者の「PCa 厚肉床壁構造」ならびに「現場施工 RC 厚肉床壁構造」に関する理解促進に活用。

ケニアにおける高品質住宅建築に向けた「プレキャストコンクリート厚肉床壁構造」の普及促進事業										
項目	業務地	2022年						2023年		
		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
I：国内での技術検証	国内									
・配筋現地適合理化検証			■							
・躯体コスト検証			■							
・一部木質化検証							■			
II：現地情報の収集および普及促進	国内/現地									
・オンラインによる情報収集					●	●	●	●	●	
・現地での情報収集・普及促進									■	
・説明用資料制作：BIM動画、模型、パンフレット、等		■								
III：成果報告書	国内								■	

凡例 ■ 現地業務 ■ 国内業務 ● オンライン業務

第2章 対象国における住宅建築の概況

2-1 対象国の政策課題

	住宅供給	住宅建築の品質確保
課題	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 200万戸の低所得住宅の需要に対し、年5万戸ペースでの供給 ✓ SDGsターゲット11: 「2030年までに、すべての人々の、適切、安全かつ安価な住宅及び基本的サービスへのアクセスを確保し、スラムを改善する」 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 住宅品質の低さ ・ 2016年4月大雨によるアパート倒壊 ✓ 建築関連法体系の未整備、許認可に係る行政能力の低さ ✓ 建築技術者の不足 ✓ 適正な技術・製法・工法の不足
政策取組	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2022年9月に就任した現職のルト大統領は、前ケニヤッタ大統領に引き続き、住宅政策を重視 ✓ 就任直後の2022年10月、ナイロビ近郊のムクル地区におけるアフォーダブル住宅建設現場視察後の会見で、非公式居住区に住む600万人以上のケニア人が住宅にアクセスできるようにするために、毎年20万戸以上のアフォーダブル住宅を建設する意思を表明した。 （「The Sunday Standard」、2022年10月12日） 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国家建設局(NCA)による、建築会社、建築労働者、現場監督を対象とした能力向上施策と認定制度

2-2 課題に関連する国際的な支援状況

[日本の主な開発協力方針]

✓ 国別援助方針

貧困削減及び経済成長の基礎となる人材の育成
都市インフラの適切な計画・整備
都市人口の増大による都市環境悪化

✓ 2022年8月開催 TICAD8「チュニス宣言」

- ・アフリカの潜在性が世界の成長の原動力。「人への投資」が一層重要
- ・経済に対する支援方針として「持続可能な経済成長と発展のための構造転換の実現」のための「民間投資、技術移転、産業人材育成」

✓ JICA

- ・ケニアでの住宅建築における品質の適正化のために「官民が連携した住宅計画や住宅機器の標準化、規格化、並びに関連法規(建築基準法、省エネ法、品確法等)が必要」(JICA「民間企業の製品・技術の活用が期待される課題(ケニア国)より)
- ・ナイロビ都市計画マスタープランの策定支援(2014年)

[主な国際的な支援状況]

✓ 都市部貧困層の増加に伴うスラムの拡大に対する制度面・金融面からの支援

- ・国際連合人間居住計画
- ・アフリカ開発銀行
- ・フランス開発庁
- ・世界銀行
- ・Shelter Afrique

✓ 国際連合プロジェクトサービス機関:10万戸の住宅供給プロジェクト実施について署名(2018年9月)

第3章 国内での技術検証

3-1 「PCa 厚肉床壁構造」標準設計における配筋設計現地適合化

- ・ 2020年度事業の「PCa 厚肉床壁構造」標準設計（以下、「標準設計」）の外力条件をいくつかのパターンによって見直し、耐力壁をなくす前提で配筋設計の現地適合化を行った。
- ・ その結果、外力条件の見直しの他、標準設計では想定していなかった階段室外壁に耐力壁を追加することで、主要居室にかかる耐力壁をなくすと共に、鉄筋の減量化が可能になった。
- ・ また、標準設計では、今後の検討課題とした「PCa 床梁パネル」の接合方法について、機械式接合による標準納まりを特定した。
- ・ 「壁柱」の各階毎の機械式接合については、PCa 壁柱部材を大型にすることで接合箇所数を減らす（総階高の中央部1か所に接合部を集約する案）検討もしたが、PCa 部材の大型化がケニア現地の情勢では困難であろうとの判断から、標準設計のままとした。

3-2 「PCa 厚肉床壁構造」に関する躯体コスト検証

- ・ 上記で見直した配筋設計現地適合化した躯体モデルに関し、「PCa 柱梁構造」による標準設計の躯体モデルと数量比較を実施し、厚肉床壁構造の躯体数量が柱梁構造に対して、鉄筋量は増量（重量比 156%）するものの、コンクリート量は同等（重量比 103%）であることを検証した。

3-3 「PCa 厚肉床壁構造」の「一部木質化」に関する検証

- ・ 「PCa 厚肉床壁構造」の「一部木質化」に関しては、配筋設計現地適合化した躯体モデルについて、木質化の対象を CLT 厚板との親和性から「スラブ（床梁）」とし、スラブ全体を CLT に置き換えるパターン（以下、パターン A）と、引張力を負担するスラブ下層を CLT に置き換えるパターン（以下、パターン B）について、構造的に成立する条件を検証した。
- ・ その結果、PCa によるスラブの場合は必要でなかった耐力壁（CLT を想定）がパターン A、B 共に必要となることが判明した。
- ・ また、パターン A、B 共に、床梁端部と PCa 壁柱との具体的な接合方法に課題が残る。昨今、欧米、豪州等において、CLT 等のいわゆる「エンジニアリング・ウッド」による大規模、多層建築が続々と建てられつつあり、そうした先行事例を参考にしたさらなる技術検証が必要である。

第4章 現地情報の収集および普及促進

4-1 PCa 事業者・建設事業者：

1. GLOBAL PRECAST PANELS (GPP)

- 訪問日時：2023年2月7日（火）、11:30-13:00
- 出席者：

GPP: George Mutua (General Manager), Harriet (Director)

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango

2. SOMERS ENGINEERING (SE)

- 訪問日時：2023年2月8日（水）、09:00-11:00
- 出席者：

SE: Arjan Shankla (Managing Director), Paul Kiarie (Business Developer)

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango・青島

3. ELICON GENERAL CONTRACTORS (EGC)

- 訪問日時: 2023年2月13日（月）、10:00-11:00
- 出席者：

EGC: George Mbugua (Director), Benjamin Nyaga (Project Manager)

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango・青島

4-2 建築設計事業者・関連団体：

1. ARCHITECTURAL ASSOCIATION OF KENYA (KAA)

- 訪問日時：2023年2月6日（月）、14:30-16:30
- 出席者：

AAK: Jacob Mwangi (CEO)、Florence Nyole (Vice President)、

George Arabbu (Architects Chapter Chair)

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango

2. BUILD X Studio (BX)

- 訪問日時：2023年2月8日（水）、09:00-11:00
- 出席者：

BX: George Wekesa (木質系部門、建築家)

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango・青島

4-3 開発援助機関：

国際協力機構ケニア事務所 (JICA)

- 訪問日時: 2023年2月13日（月）、14:00-15:00
- 出席者：

JICA: 塩見正裕(企画調整員(中小企業・SDGsビジネス支援))

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango・青島

4-4 現地カウンターパート: ジョモ・ケニヤッタ農工大学建築学部 (以下、「JKUAT」)

➤ 訪問日時: 2023年2月10日(金)、10:30-12:00

➤ 出席者:

JKUAT: Nadi Hashim (建築学部長)、Crispino Ochieng (元・建築学部長)

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango・青島

4-5 現地カウンターパート: NATIONAL CONSTRUCTION AUTHORITY (NCA)

1. 1回目 (調査開始時):

➤ 訪問日時: 2023年2月6日(月)、10:00-12:00

➤ 出席者:

NCA: Maurice Akech (CEO)、Samson Lukoba (法務担当役員)、Stephen Mwilu (建築担当役員)、Maureen Mutanu (研究部門)、Mary Kavunge (法務部門)、Meshack Otieno (技術部門)、James Chepolet

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango

2. 2回目 (調査完了時):

➤ 訪問日時: 2023年2月14日(火)、14:30-16:00

➤ 出席者:

NCA: Samson Lukoba (法務担当役員)、Stephen Mwilu (建築担当役員)

調査団: 初鹿・橋本・坂田・Olango・青島

(他、同時期にケニア滞在中のフジタ社員2名も同席)

4-6 「PCa 厚肉床壁構造」の普及促進にかかる説明用資料作成について

1. BIM 動画作成

- ・ 「PCa 厚肉床壁構造」の躯体建設に関し、「現場施工 RC 柱梁構造」に比べた場合の「平明性」「効率性」における優位性を、現地カウンターパート、関連事業者に視覚的に理解してもらうために、両構造の躯体建設プロセスを比較した BIM 動画を制作。

2. 「現場施工 RC 厚肉床壁構造」及び「PCa 厚肉床壁構造」英文資料作成

- ・ 「現場施工 RC 厚肉床壁構造」の空間特性 (遮音性、断熱性、耐久性、ライフサイクルコスト軽減等) における他の構造 (柱梁構造・壁構造) に対する優位性を示す英文説明資料、及び「厚肉床壁構造」が東日本大震災後の福島県復興住宅に採用された経緯に触れつつ、その技術的遺産を途上国の住宅支援に活用するという見地からの「PCa 厚肉床壁構造」に関する英文説明資料を作成し、現地カウンターパート、関連事業者の当該構造についての理解促進に活用した。

第5章 今後の展望

5-1 本事業の位置づけ

- ・ 本事業では、過去3年度に渡る事業の成果を踏まえつつ、特に、2021年度事業においてその施工性、構造性能を検証した「PCa厚肉床壁構造」に着目し、JKUAT、NCA、等の現地カウンターパート、現地関連事業者に対し、同構造のメリット、可能性をより明確に示すため、「Ⅰ．国内での技術検証」、「Ⅱ．現地情報の収集および普及促進」を実施した。
- ・ 「Ⅰ．国内での技術検証」では、2020年度事業の「PCa厚肉床壁構造標準設計」（以下、標準設計）について「1．配筋設計現地適合化」を実施し、「PCa柱梁構造」との比較から「2．躯体コスト検証」を実施した。その結果、標準設計における配筋軽量化とPCa柱梁構造に対するPCa厚肉床壁構造の躯体コストの特性として、鉄筋量は増量（重量比156%）するものの、コンクリート量については同等（重量比103%）であることを検証した。
- ・ 「Ⅰ．国内での技術検証」では、「二酸化炭素削減」の観点から「一部木質化」の検証を実施した。木質化の対象は、「PCa厚肉床壁構造」のうちの「スラブ（床梁）」とし、スラブ全体を「CLT」に置き換える場合とスラブ下層（引張力を負担する側）のみをCLTに置き換える場合の2ケースを想定し、構造的に成立する条件を検証した。
- ・ 現地渡航による調査では、「PCa厚肉床壁構造」に関して、次につながる知見とネットワークを得る中で、ケニアの現時点の建設関連の状況においてはPCa部材、とりわけ「PCa厚肉床壁構造」で想定している大型のPCa部材の製造、利用については、「時期尚早」との判断に至った。
- ・ ケニアでは1960年代から70年代にかけて、大型PCa部材による優れたPCa建築の実績（例えば、ケニヤッタ国際会議場（Kenya International Convention Centre））があるにも関わらず、その担い手であった外国企業、勢力のケニアからの撤退に伴い、PCa建設に関する技術移転が行われなかったことが主な原因で、現代のケニア建築界において同様の大型PCa部材による建設を実施する技能人材とクレーンなどの重機、また大型PCa部材を製造、供給する事業者を得ることはできないのが実情である。
- ・ 一方で、「厚肉床壁構造」に関しては、柱梁構造との比較で優れた施工性とこれによる短工期、並びに、建物の耐久性に優れるという点で概ね評価を得ることができた。
- ・ 今回の現地調査による上記の知見から、ケニアにおける「厚肉床壁構造」による住宅建築の展開は、大型PCa部材に限定せず、現場施工RCや既にケニア現地で普及が進んでいる小型PCa部材（T型梁、軽量充填部材等）、CLTやNLT

(Nailed Laminated Timber) 等との複合化、等による多様な工法を図るべきとの結論に至る。現地調査では、「厚肉床壁構造住宅」におけるこれらの工法を実現するパートナー候補を見つけることもできた。

- ・ 2019年度事業以来の一貫した現地カウンターパートである JKUAT と NCA とともに今後の展開に向けた共通認識を得ることができた。
- ・ JKUAT とは、同大と日本側チームとの「産学連携」による「厚肉床壁構造住宅」事業（以下、「厚肉床壁構造住宅」事業）に関して、その事業概要と事業組織（コンソーシアム）について素案を共有し、賛同を得られた。
- ・ 更に JKUAT からは、今後は、同事業の実現に向け、JKUAT 構内において実習、研修にも利用できる「厚肉床壁構造住宅フレームモデル」建設を想定し、相互の連携による準備を進めるについて提案を受けた。
- ・ NCA については、現地調査開始時と完了時の 2 回に渡り打ち合わせを実施し、JKUAT と日本側チームとの「産学連携」による「厚肉床壁構造住宅」事業についての賛同、また同事業が前提する多様な工法についての理解を得ることができ、今後も密接な協力関係を維持することとした。

5-2 次年度事業へ向けての活動方針（案）

- ・ 次年度事業では、今年度事業の成果に基づき、JKUAT と日本側チームとの「産学連携」による「厚肉床壁構造住宅」の社会実装化に向け、下記の活動を実施することが考えられる。
 - 1) 国内での技術検証
 - ・ 今年度事業の現地調査において現地事業者、カウンターパート（NCA、JKUTA）と共有した「厚肉床壁構造住宅」における多様な工法に関して、それぞれの技術的実現性を検証する。
 - ・ 検証結果を踏まえ、各工法における「標準詳細図/仕様書」を作成する。
 - ・ 「標準詳細図/仕様書」を基に、JKUAT 構内に建設を想定する「厚肉床壁構造住宅フレームモデル」の「基本設計図書」を作成する。
 - 2) オンラインによる技術研修
 - ・ 「厚肉床壁構造住宅」における多様な工法に関する国内での技術検証に並行し、各工法に関連する現地関連事業者を対象に、標準的な納まり、仕様等について、オンラインで情報交換を行う
 - ・ JKUAT 構内に建設を想定する「厚肉床壁構造住宅フレームモデル」の基本設計に並行し、当該フレームモデルに盛り込むべき要素、特に当該フレームモデルにおいて同学が想定する実習、研修等の観点から求められる教育的要素について、同学建築学部とオンラインで情報交換を行う。

3) 現地渡航による情報共有

- ・ 「厚肉床壁構造住宅」における多様な工法に関する国内での技術検証の成果に関し、各工法に関連する現地関連事業者を対象に、標準的な納まり、仕様等について、現地で実際の部材、製品、実施例等を確認し、国内検証の成果を補正、充足させる。
- ・ JKAUT 構内に建設を想定する「厚肉床壁構造住宅フレームモデル」に関して、国内検証で進めた「基本設計」を同大と共有すると共に、同大から求められた教育的要素の確認を行い、必要な補正、充足を行う。
- ・ 同時に、当該フレームモデル建設に伴う費用について、現地関連事業者から見積を徴取する。
- ・ 当該フレームモデル建設に関して、同大側が構内に想定する敷地、インフラ等の条件、関連法規、規制等を確認し、建設実施に向け、今後の進め方を協議する。併せて、同大との協議により、ケニア国内における普及策の策定と「厚肉床壁構造住宅」を採用した住宅開発に関心を示すことが見込まれる現地住宅デベロッパーへの普及促進に向けたアクションプランも作成するものとする。

4) 「二酸化炭素削減」へ向けた技術検証

- ・ 今年度事業における現地調査によれば、ケニア建築界では脱炭素への視点はまだ一般的ではないが、一部の建築設計事業者（例えば、BUILD X Studio）はすでに CLT 住宅のモックアップモデルに取り組んでおり、また NCA との面談においては、一部企業の ESG 投資への動き、Konza City 等の新規開発地区における環境重視の傾向も指摘され、今後、ケニアにおいても脱炭素への関心が高まることが予想される。
- ・ 今年度事業の「I. 国内での技術検証」では、「二酸化炭素削減」の観点から「PCa 厚肉床壁構造」の「スラブ（床梁）」について「一部木質化」の検証も実施したが、当該検証では、スラブ全体及びスラブ下層の CLT への置き換えに関し、簡単なモデルによる構造的検証にとどまった。
- ・ 次年度事業においては、木質化への検証を継続し、特に「厚肉床壁構造住宅」における木質材料による工法について実施に向けた技術的検証、脱炭素効果に関する検証（例えば、当該住宅モデルの「LCA 算定」等）を行う。

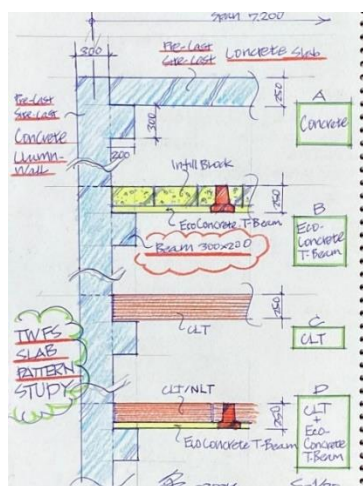


図1：「厚肉床壁構造住宅」における多様な工法案

産学連携による「厚肉床壁構造住宅」の社会実装化事業

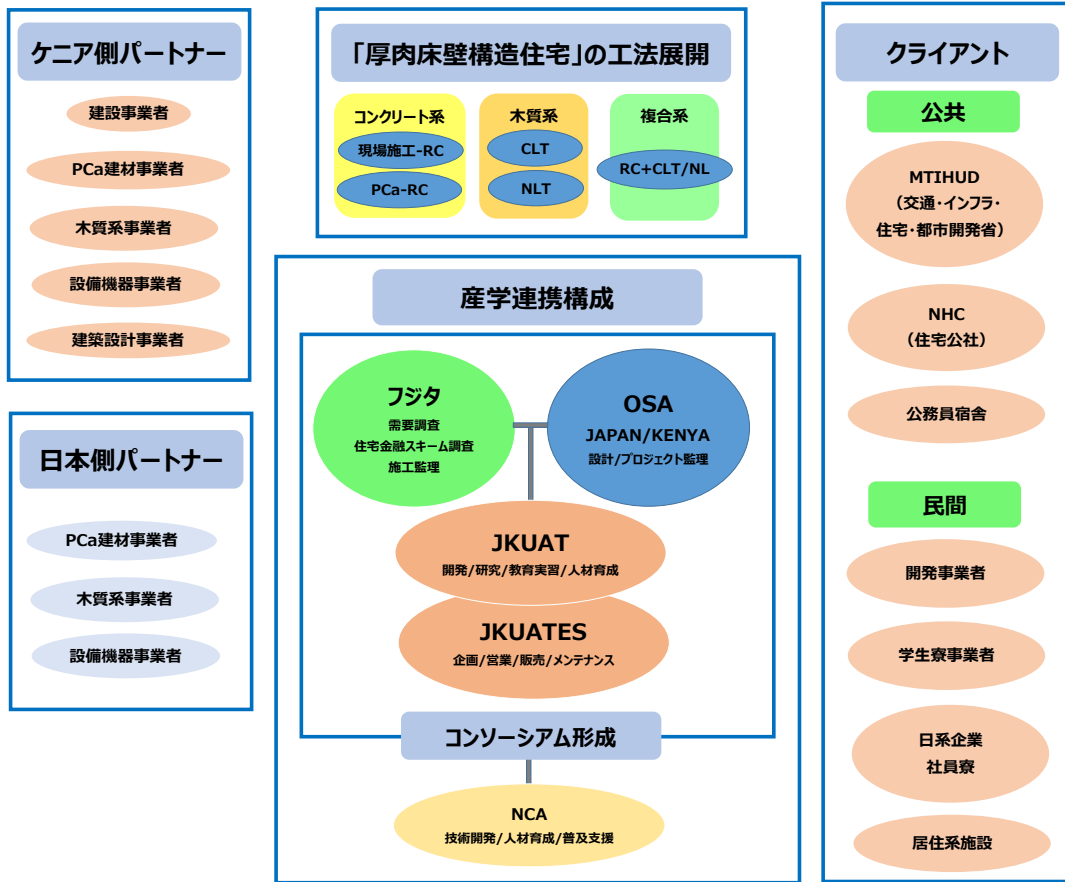


図 2 : 産学連携による「厚肉床壁構造住宅」の社会実装化事業

以上