

令和4年度住宅建築国際展開支援事業  
(うち住宅建築プロジェクトの円滑化に関する事業)

成果報告書 概要

「M国の未活用森林資源を活用した高断熱木製サッシ  
と木質パネルのM国への普及・実証事業(フェーズⅢ)」

令和5年3月14日

キマド株式会社

0) 成果報告書の目次(予定)

1) はじめに

- 1.1) 事業の背景
- 1.2) 事業の必要性と目的
- 1.3) 事業概要
- 1.4) 事業に関連するこれまでの取組

2) NOMADOとLLTのM国への普及・実証に向けた現地ニーズ調査

- 2.1) GER 地区再開発計画の現状と課題
- 2.2) GER 地区の住環境調査
- 2.3) NOMADOの現地ニーズ調査
- 2.4) LLT の現地ニーズ調査

3) 森林荒廃木の木材品質調査を行う。

- 3.1) 製材の日本農林規格
- 3.2) M 国の木造建築基準の概要
- 3.3) 日本での森林荒廃木の評価
- 3.4) 文献調査内容との比較

4) DIY 住宅の標準設計

- 4.1) GER 地区の住環境調査
- 4.2) GER 地区における定住型住宅の基礎調査
- 4.3) DIY 標準住宅の設計
- 4.4) DIY モデル住宅の建設報告
- 4.5) DIY 住宅の断熱性能評価計画

5) NOMADO と LLT の現地生産設備の整備事業

- 5.1) M 国工場の機械整備
- 5.2) NOMADO と LLT の試作計画

5) NOMADO と LLT の現地生産設備の整備事業

- 5.1) M 国工場の機械整備
- 5.2) NOMADO と LLT の試作計画

6) GER 地区住環境改善シンポジウム

- 6.1) シンポジウムの概要
- 6.2) 議事録

7) DIY 住宅建設マニュアル

- 7.1) DIY 住宅建設マニュアル(日本語版)
- 7.2) DIY 住宅建設マニュアル(モンゴル語版)

## 1) 事業の概要

### a) M 国の開発課題

事業に関係する M 国と UB 市の開発課題として下記の内容が挙げられる。

- ① GER地区再開発(GER地区の住環境と環境汚染の改善)
- ② 建物の外断熱性能の向上と暖房エネルギー消費の削減
- ③ 森林荒廃の改善と森林資源の有効活用

### b) 事業の目的

事業に関係する M 国と UB 市の以下の開発課題に対して、弊社の技術を活用することで課題解決に貢献し、日本の建築技術の導入を図ることを事業目的とする。

- ① の開発課題に対して、事業では住民自らが建築可能な安価で高性能な定住型住宅の整備が必要であると考え、事業での断熱性能の高いNOMADOとLLTを使用したDIY住宅の提案と、建設マニュアルの整備が必要であると考えている。
- ② 建物の外断熱性能の向上と暖房エネルギー消費の削減
- ③ 森林荒廃の改善と森林資源の有効活用

### c) 事業の内容

- ① M 国森林荒廃木の建築(構造)材料としての評価について、評価項目を M 国科学技術大学森林科学研究所と再検討し、評価を実施することで文献との比較を行う。
- ② 森林荒廃木を日本に輸送し、木材品質調査を行う。また、森林荒廃木を使用した集成材、NOMADO 用木製フレーム及び LLT の試作を行い、試作品の構造性能や断熱性能の評価を行う。また、M 国産羊毛フェルトの断熱材としての評価を行う。
- ③ NOMADO と LLT を使用した GER 地区再開発用の DIY モデル

### d) 事業の効果

事業の結果以下の事業効果が期待できる。

効果1「UB市をはじめとする都市部建築物の断熱性能と防災性能の改善」

効果2「M 国とUB市のGER地区定住型住宅の住環境の改善」

効果3「断熱性能向上による環境負荷(暖房エネルギー)と温室効果ガス(CO2)の削減」

効果4「M 国の環境保全(森林環境と生態系)と環境汚染(大気汚染)の改善」

効果5「M 国における地域経済活性化と技能技術者の養成と雇用」

## 2) NOMADOとLLTの M 国への普及・実証に向けた現地ニーズ調査

### a) GER 地区の開発課題

UB 市 GER 地区の住民に対して行ったアンケート調査 (M 国の UB 市における住宅と地域社会の環境の分析とアンケート調査)から、GER 地区の開発課題として、

- ① 大気汚染(32.5%)、

- ② インフラ未整備(21.4%)、
- ③ 水質汚染(12.0%)、
- ④ 住宅不足(6.0%)、
- ⑤ 交通問題(5.6%)

が挙げられ、GER 地区の住環境の改善が課題であることがわかった。

#### b) ゲルでの定住生活の問題点

ゲルを住宅として使用した GER 地区の定住生活の問題点としては、

- ① 遊牧民のライフスタイルが次第に座りっぱなしの生活に移行している。
  - ② 標準的な 5 カナス ゲルの平均床面積は 19.3 m<sup>2</sup> と狭い。
  - ③ ゲル地区には、社会的、文化的、商業的、娯乐的施設として使用される場所がない。
  - ④ 一部居住者は、伝統的生活様式を取り入れた改良されたゲル住居生活を好む。
- が指摘され、ゲルでの定住生活の問題点があることがわかる。

#### c) M 国の住宅タイプ

M 国の住宅タイプは、ゲル、戸建て住宅、集合住宅(アパート)の3タイプに分けられる。

UB 市の住宅事情は、全世帯の 21.8% がゲル住宅に居住し、78.2% が一軒家とアパートに居住しているが、地方の住宅事情は、総人口の 89.9% がゲル住宅に居住し、残りの 10.1% が一軒家とアパートに居住していることが分かる。

#### d) ゲル地区住民の住環境改善方法

GER 地区住民の住環境改善方法として、自分たちで家を建てる(32%)が最も多く、手頃な価格の家を建てる(17%)を含めると半数近い人がハシャに定住型住宅を建てることを望んでいることが分かる。アパートに引っ越す(27%)、ゲルを改善する(22%)という住民も一定程度いるが、公営住宅や賃貸アパートを選択する住民は少なかった。

また、別の調査では GER 地区の住環境(住宅)改善に必要な対策として、

- ① 低所得者向け公営住宅への投資を増やす(35.9%)、
- ② 建設市場の活性化のための税制・建築許可の刺激(23.1%)、
- ③ 荒廃地の大規模な再開発の実施(20.5%)、
- ④ 建築資材を低価格で供給する(17.9%)、

が挙げられている。この結果から遊牧民の移動住宅であるゲルに代わる定住型住宅の要望が高いことが分かる。

#### e) GER 地区再開発の取り組み

##### ① これまでの GER 地区再開発の取り組み

多くの問題を抱える GER 地区再開発についての取り組みは、M 国の政権が変わるたびに計画が発表されてきたが、現在まで有効な解決には至っていない。

UB 市も 2 回に分けた GER 地区再開発プログラムを発表しているが、これまでの計画

は大規模再開発型が特徴である。

## ② 新しい GER 地区再開発の提案

新しい提案として、木質 DIY 住宅の普及による GER 地区住環境の改善を提案する。この提案は、M 国の開発課題である未活用森林資源を活用し、木質建築材料を開発して DIY 建築技術の普及を行う。また、DIY 建設マニュアルの制作とモデル住宅の建設と評価を行い、DIY 建築技術の紹介と性能評価を行う。

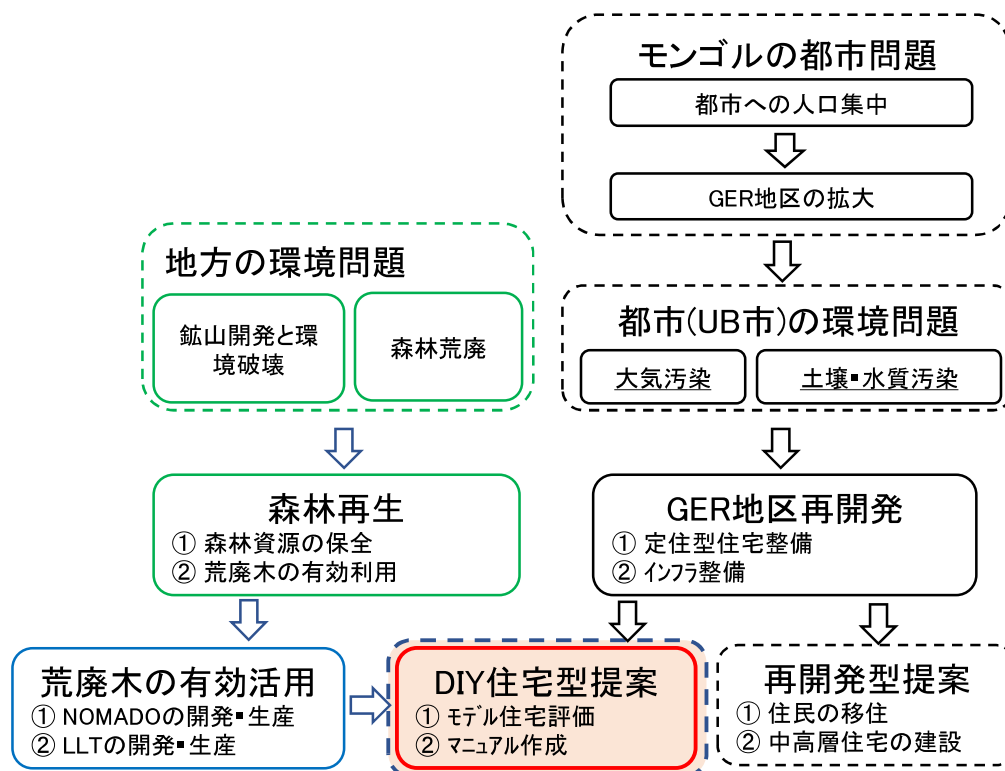


図 2.1 新しい GER 地区再開発の提案

## f) M 国の窓サッシの現状

M 国の窓サッシは、民主化以前は木製サッシが多く使われていたが、現在はアルミサッシと樹脂サッシが広く使用されている。旧ソ連時代に作られたプレキャスト鉄筋コンクリートパネル集合住宅(以降 WPCA と表記)に対しての UB 市の調査では、外壁面積の約 31% が窓であり、この部分からの熱損失が大きいことが報告されている。冬季の暖房エネルギーの削減は M 国の開発課題となっており、特に窓サッシの断熱性能の向上は課題解決の必要事項であると考えられる。

また、新築のマンションやオフィスの窓サッシについても、樹脂やアルミのサッシが多く使用され、熱損失が大きいことが予想される。

M国国内で木製サッシを製造している会社も何社か存在するが、ほとんどの会社が個人経営の会社であり作っている木製サッシもペアガラスを入れたものがほとんどであった。

今後 NOMADO を M 国に普及させることができれば、住環境の改善とエネルギー消費の削減に寄与することが期待される。

M 国で生産される木製サッシを調査し、UB 市で中国からガラスを輸入している MAX という会社が木製サッシを生産していることは分かった。工場で実際に作っている木製サッシのサンプルを見せてもらったが、単純な木製フレームにペアガラスを入れたもので、窓サッシのタイプも限られたものであることが分かった。また、NOMADO はペアガラスからトリプルガラス、クアトロガラスへとバージョンアップが可能であり、クワトロガラスにした時の熱還流率は 0.51 と世界最高水準を達成していることから、性能面での優位性はあると考えている。ただ、サッシの価格については日本円換算で 15,000 円/m<sup>2</sup> で、この価格と競争するためには NOMADO の低価格化を行う必要があることが分かった。

#### g) M 国における木質構造住宅の需要

M 国では数年前からカナダの 2x4 住宅技術が導入され木造住宅が建設されているが、2x4 の材料はカナダから輸入した木材が使用され、M 国産の木材は使用されていない。また、木質パネル住宅の事例も今回の渡航調査では確認できなかった。

今後 GER 地区の定住型住宅建設の需要が高まることが予想され、建設方法として住民自らが建築施工を行う DIY 住宅が普及すれば、LLT の需要が高まることが予想される。木質パネルの価格については、M 国で製品がないため調査することができなかった。

今回の M 国への渡航調査で、UB 市は高層マンションやオフィスの建設が進んでいることがわかった。これらの建物は、鉄筋コンクリートの柱・梁のスケルトンフレームに軽量ブロックの外壁を積み上げた工法で、11月から3月までの厳冬期は工事がストップしていた。M 国では、外断熱工法が一般的で、軽量コンクリートブロックの外壁に可燃性の発泡スチロールを断熱材として貼る工法が一般的に取られているが、この工法はビル火災の危険性をはらんでいる。

LLT を応用した木質カーテンウォールを使用することで、以下の効果が期待できる。

- ・ パネル中層の空隙と断熱材により、外断熱性能を確保。
- ・ 高断熱(K 値 0.51)で耐火性能のある木製サッシ(NOMADO)との組合せで LLT カーテンウォールが実現。
- ・ 荒廃木や木廃材を使用したウッドファイバー(Wood Fiber)やセルロースファイバー(Cellulose Fiber)を断熱材として使用

#### 3) 森林荒廃木の木材品質調査

##### a) 製材の日本農林規格

日本農林規格に基づいて、M 国産木材の含水率測定と目視等級分けを行った。

原木は、M 国で 150mm x 35mm x 4,000mm の板材に加工し、含水率を測定後 15%以下に乾燥させることを目標として M 国で乾燥処理を行ったが、十分な乾燥ができなかった。日本への輸送は 40 フィートコンテナを使用し、コンテナの重量制限の問題から約 37m<sup>3</sup> の木材を輸入した。輸入木材は、ロシアカラマツ、アカマツの生木と荒廃木である。

b) 日本国内での木材試験

M 国から輸入した木材の性能試験は、「ものづくり大学」の小野先生の研究室で実施した。実施期間は、2 月 3 日から 2 月 10 日までの 1 週間である。

実験手順は以下の通りである。

①ヤング率と含水率の測定

試験体木材のヤング率の測定は、各原木板材(150mm x 35mm x 4000mm)に対して、両端と中央の3か所で含水率を測定し、支点間距離を 2880mm として、中央1点載荷でヤング率の測定を行った。

表 M 国産木材の物性値

試験体No.	モンゴル材 (モンゴル_カラマツ) / 部材寸法(mm) : 幅(b) x 成(h) x スパン(S) = 150 x 35 x 2,880													材種
	断面寸法(mm)			重さ (g)	容積重 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)				荷重 ΔP(kN)	変位 δ y (mm)	曲げヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	等級	
	幅	せい	長さ			右端	中央	左端	平均					
M 5	150	35	3,900	16,200	0.791	32.0	29.0	24.5	28.5	1.0	113.8	6,951	E70	ハルピ立枯れ
M 2 1	150	35	3,900	14,000	0.684	16.0	37.5	27.5	27.0	0.5	54.5	7,257	E70	アカマツ立枯れ
M 1 9	150	35	3,900	15,500	0.757	28.0	31.0	26.0	28.3	0.5	54.5	7,257	E70	ハルピ立枯れ
M 7	150	35	3,900	13,500	0.659	27.5	27.0	34.5	29.7	0.5	52.7	7,505	E70	アカマツ立枯れ
M 1 3	150	35	3,900	14,500	0.708	36.5	35.5	40.5	37.5	1.0	101.7	7,778	E70	ハルピ立枯れ
M 2 5	150	35	3,900	15,500	0.757	29.5	31.5	25.5	28.8	1.0	98.7	8,014	E90	ハルピ立枯れ
M 1 5	150	35	3,900	15,500	0.757	35.5	28.5	25.5	29.8	1.0	89.8	8,809	E90	ハルピ立枯れ
M 1 2	150	35	3,900	14,000	0.684	27.0	36.0	41.0	34.7	1.0	87.1	9,082	E90	アカマツ生木
M 1 7	150	35	3,900	13,500	0.659	25.5	25.0	20.5	23.7	0.5	42.7	9,263	E90	アカマツ生木
M 2 4	150	35	3,900	16,500	0.806	29.0	32.0	26.5	29.2	1.0	84.9	9,317	E90	アカマツ生木
M 8	150	35	3,900	15,500	0.757	23.0	33.0	36.0	30.7	1.0	73.5	10,762	E110	ハルピ生木
M 1	150	35	3,900	13,100	0.640	23.5	18.5	21.0	21.0	1.0	73.2	10,806	E110	アカマツ生木
M 6	150	35	3,900	14,800	0.723	26.5	29.0	37.5	31.0	1.0	70.4	11,236	E110	ハルピ生木
M 2 0	150	35	3,900	15,000	0.733	23.0	26.5	28.0	25.8	1.0	69.7	11,349	E110	ハルピ生木
M 2	150	35	3,900	15,800	0.772	37.5	37.5	28.5	34.5	1.0	69.4	11,398	E110	ハルピ生木
M 1 1	150	35	3,900	16,000	0.781	23.5	37.5	23.5	28.2	1.0	67.4	11,736	E110	ハルピ生木
M 1 6	150	35	3,900	16,000	0.781	26.5	43.0	26.5	32.0	1.0	66.7	11,859	E130	ハルピ生木
M 4	150	35	3,900	16,000	0.781	24.5	33.5	28.0	28.7	1.0	66.4	11,913	E130	ハルピ生木
M 2 2	150	35	3,900	13,500	0.659	22.0	24.0	19.0	21.7	1.0	65.5	12,077	E130	アカマツ生木
M 9	150	35	3,900	14,000	0.684	23.0	22.0	34.5	26.5	1.0	65.3	12,114	E130	アカマツ生木
M 1 4	150	35	3,900	13,500	0.659	22.5	28.5	25.5	25.5	1.0	65.0	12,170	E130	アカマツ生木
M 2 3	150	35	3,900	14,500	0.708	19.0	23.0	27.5	23.2	1.0	63.1	12,536	E130	ハルピ生木
M 1 0	150	35	3,900	15,000	0.733	27.5	21.0	25.0	24.5	1.0	57.2	13,829	E150	ハルピ生木
M 1 8	150	35	3,900	15,000	0.733	28.5	34.5	30.0	31.0	1.0	52.8	14,981	E150	ハルピ生木
M 3	150	35	3,900	16,100	0.786	12.0	23.0	20.5	18.5	1.0	49.3	16,045	E150	ハルピ生木

## ② 目視等級分け

ラミナ材を 25mm(厚さ) x 140mm(幅) x 800mm(長さ)の曲げ試験用板材に加工し、目視等級で分類した。

## ③ 曲げ試験の実施

試験用板材にナンバリングし、「構造用木材の強度試験マニュアル(2011年3月)」(公財)日本住宅・木材技術センター)に従って曲げ強度試験を行った。

### b) 文献調査結果との比較

昨年調査したM国産木材の文献調査結果と比較し、状態の良い荒廃木のヤング係数は、E70以上の値を示し、ロシアカラマツの生木はE150の性能があることから、十分建築用木材として活用可能であると判断できる。ただ、M国で出荷前に人工乾燥を行い、含水率15%以下を目指したにもかかわらず、含水率の値が高かったことは今後の課題である。ちなみに日本国内で使用される CLT 用のスギ材のヤング係数は E60である。

## 4) DIY 住宅の標準設計

### a) GER 地区の住環境調査

① M国の世帯人数は、1990年の4.7人が最高値、2015年の3.5人が最低値で、約70%が3人から5人世帯である。

② ゲルの大きさと居住人数の調査から、総人口の55.3%が、5カナのゲルに居住している。5カナのゲルの直径は5.5mで床面積が約24m<sup>2</sup>である。

③ UB市 GER地区の住宅部屋数については、現在居住する家の平均部屋数は2.7室であるが、将来的には4部屋以上の部屋を希望する世帯が多いことが分かった。

④ GER地区の世帯所得(月収?)は、調査世帯の45%が10万トルク(4000円)から20万トルク(8千円)と1万円以下であり、100万トルク(4万円)以上は2%に過ぎない。

⑤ GER地区住民の設備要求として、トイレの室内設置と浄化槽を設置した汚染対策の実施の要望が高い。また、独立したキッチン設置の要望が高いことも分かった。

b) M国の建築基準から、住宅部屋の必要寸法の規定があることが分かった。

表 4.1 住宅部屋の必要寸法

部屋名	最小床面積 (m <sup>2</sup> )	最小幅 (m)	最小高さ (m)
リビングルーム	12		2.5
ベッドルーム	8		
キッチン	6	1.7	
エントランス		1.4	
廊下		0.85	
バスルーム		1.5	
トイレ		0.8	
外開きドア			



内開きドア			
-------	--	--	--

c) DIY 標準住宅の設計

- ① 構造は、M 国産森林資源を活用した新 LLT パネルを使用する。
- ② 住宅規模は、世帯人数を3人(両親+子供1人)から6人(両親+子供2-4人又は子供2人+祖父母)を想定し、屋根裏部屋を使用した3-4部屋構成とする。
- ③ GER 地区の所得状況を考え、ゲルを利用しつつ段階的に増改築していく DIY 住宅を提案する。

d) DIY 標準住宅の基礎は高床式構造とすることで、敷地の傾斜、地盤の凍結融解による地盤支持力の低下、地盤への建物からの熱の伝達防止に対応する。

e) DIY 標準住宅の提案

DIY 標準住宅は、ゲルを利用しつつ段階的に定住型住宅を増改築できるシステムとする。

表 4. 2 DIY 住宅の段階的整備

建設施設	段階	ステージ0	ステージ1	ステージ2	ステージ3	ステージ4
ゲル1		◎*1	○*2	○*3	△	△
ゲル2		◎*1	○*2	○*3	○	△
設備ユニット(トイレ、シャワー、キッチン)			◎	○	○	○
リビング・ダイニングルーム				◎	○	○
2ベッドルーム					◎	○
2ベッドルーム						◎

\*1)ゲルをベッドルーム、リビングルーム、キッチンとして使用、\*2)ゲルをベッドルーム、リビングルームとして使用

\*3)ゲルをベッドルームとして使用

f) DIY モデル住宅の建設報告

DIY モデル住宅の建設報告を工事写真とともに説明し、各施工段階での問題点を整理し、今後の施工の参考になる情報を記入した。



図 DIY モデル住宅

#### 5)NOMADO と LLT の現地生産設備の整備事業

UB 市の NOMADO と LLT の製造工場設備の整備を行った。機械の操作方法について日本国内で研修をうけ、できるだけ早く試作を開始したいと考えている。

#### 6) GER 地区住環境改善シンポジウム

日本とモンゴルのウランバートル市 GER 地区の住環境改善に関心を持ち、改善に向けた取り組みを行ってきた参加者が、お互いの取り組みを紹介し、課題改善に向けた今後の活動について意見交換を行った。

① 開催日 ; 2023年2月14日 (火)

② 東横インホテル会議室

③ 「GER 地区の現状と住環境改善に向けた取り組み」

- ・ 13:00-13:30 / GER 地区住環境の開発課題
- ・ 13:30-14:00 / M 国の森林問題と未活用森林資源の活用
- ・ 14:00-14:30 / GER 地区再開発取り組みの課題
- ・ 14:30-14:50 / 質疑応答

④ GER 地区再開発を目的とした DIY 住宅の紹介

- ・ 15:00-15:30 / DIY モデル住宅の紹介
- ・ 15:30-16:00 / DIY 住宅用 NOMADO,LLT の紹介
- ・ 16:00-16:30 / DIY 住宅モデルハウスの建設状況の紹介と課題
- ・ 16:30-16:50 / 質疑応答

新型コロナウイルスの流行で、過去5年間行ってきた日本と M 国の住環境改善技術交流をテーマとしたシンポジウムは、2021年と2022年は、オンラインでの開催となったが、今年度は3年ぶりに対面とオンライン併用で開催することができ、活発な意見交換を行うことができたと考えている。また、参加者の中で DIY モデル住宅に対して関心が強く見学

会を行った。特に高断熱木製サッシ「NOMADO」に対して、問い合わせがあり今後モンゴルでの製品化を望む意見が多かった。また、GER 地区の住環境改善に DIY 住宅技術整備の必要性を感じている参加者が多く、定期的にオンライン会議を開催してほしいとの意見が多かった。

#### 7) DIY 住宅建設マニュアルの加筆・修正

##### ① DIY 住宅建設マニュアルの加筆・修正

昨年作成したマニュアルの加筆・修正を行った。

##### ② DIY 住宅建設マニュアルのモンゴル語訳

マニュアルのモンゴル語訳を行った。