

令和6年度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)

成 果 報 告 書 概 要

「モンゴル国の森林資源の建築材料への利活用と環境負荷削減型木造住宅の
普及を目的とした基準・規格の整備と普及事業」

令和7年3月10日

NPO法人GER

目次

1) M 国の開発課題と本事業の目的	4
1.1) M 国の開発課題と事業の目的.....	4
1.2) 本事業の概要	4
1.3) 事業の効果.....	5
1.4) 事業の必要性	6
1.5) 事業の必要性	6
1.6) 事業の有効性	6
2) M 国の住宅現状調査	7
2.1) UB 市都市部における定住形住居の概況.....	7
2.2) GER 地区における住宅建築調査	7
2.3) GER 地区における住宅建築構法調査.....	8
2.4) GER 地区の住宅における課題.....	9
3) M 国と日本の木造建築基準	11
3.1) M 国の建築審査制度と建築基準概要	11
3.2) 構造方法別規定	11
3.3) M 国の木造建築基準概要	11
3.4) 日本の木造住宅の概要.....	13
3.5) 日本の木造住宅基準概要.....	13
4) M 国の森林資源の建築材料への利活用	16
4.1) M 国の森林資源の現状	16
4.2) M 国の森林資源活用の現状.....	20
4.3) M 国の木材流通調査.....	24
4.4) 日本の木材規格	27
4.5) M 国の木材試験.....	28
4.6) M 国と日本の木材比較	28

5) M 国の木造住宅基準整備事業シンポジウム(第一回)	31
5.1)シンポジウムの概要.....	31
5.2)シンポジウム議事録	32
6) まとめ	37
6.1) 事業の実施結果	37
6.2) 今年度事業で得られた効果	38
6.3) 今年度事業で明らかになった課題	38
6.4) 今後の計画.....	38

1) M 国の開発課題と本事業の目的

1.1) M 国の開発課題と事業の目的

本事業は、モンゴル国(以下 M 国と表記)とウランバートル市(以下 UB 市と表記)の住宅建築に関連した下記の開発課題の解決を目的とする。

a) GER 地区再開発課題

M 国の UB 市は、1990年の民主化以降 都市部への人口集中が加速し、住宅不足から「GER 地区」と呼ばれるインフラ未整備地区が拡大し、この地域の住環境や環境汚染の問題が深刻化しており、この問題の解決が開発課題となっている。

目的① M 国の木造住宅の普及・拡大による住環境の改善と環境負荷の削減

b) M 国の森林荒廃の改善と未活用森林資源の有効活用の促進課題

M 国では森林荒廃が拡大し、森林の保全と再生が開発課題になっている。

目的② M 国森林資源の建築材料への有効活用による森林荒廃改善と森林再生促進

c) 日本と M 国との木造住宅分野での協力関係の構築と推進課題

M 国では、日本の優れた木造住宅建築技術を高く評価しているが、この分野の M 国との協力関係の構築が課題となっている。

目的③ 日本の木造住宅基準と省エネ基準を基にした、M 国の木造住宅基準と省エネ基準の整備による住宅性能と省エネ性能の向上と日本事業者の M 国への展開

目的④ 日本の木材基準・規格を基にした M 国の木材基準・規格の整備により、M 国木建材の性能・品質の向上と日本への木材輸入の可能性の拡大

目的⑤ 日本と M 国の木造建築技術交流と協力関係の構築・推進

1.2) 本事業の概要

M 国の開発課題に対して、本事業では3年間で事業達成目標を計画し、本年度は基礎事業段階として事前評価書に記載した事業目的に対して以下の内容を実施した。

① 「M 国の木造住宅の普及・拡大による住環境の改善と環境負荷の削減」目的に対して

- ・ M 国の戸建て住宅の現状を UB 市の GER 地区を中心に調査した。
- ・ 調査結果を基に、本事業で M 国の木造住宅基準整備の対象と考える木造住宅のタイプを設定した。

② 「M 国森林資源の建築材料への有効活用による森林荒廃の改善と森林再生の促進」目的に対して、

- ・ M 国の森林資源の現状を文献資料と過去の渡航調査資料を基に整理した。
- ・ M 国の建築用木材の流通と管理体制の状況を文献資料と現地調査を基に整理した。

③ 「日本の木造住宅基準と省エネ基準を基にした M 国の木造住宅基準と省エネ基準の整備による住宅性能と省エネ性能の向上と日本事業者の M 国への展開推進」目的に対して

- ・ M 国の建築基準の日本語翻訳を行った。
 - ・ 日本の木造住宅基準の概要を整理した。
 - ・ 省エネ基準の整備による住宅性能と省エネ性能の向上と日本事業者の M 国への展開目的については、M 国の建築省エネ基準関連の資料調査が不十分で、今後日本の省エネ基準を含めて再調査を行うこととした。
 - ・ 次年度計画している M 国の木造住宅基準の整備内容については M 国チームと検討方法を協議中である。
- ④「日本の木材基準・規格を基にした M 国の木材基準・規格の整備により、M 国木建材の性能・品質の向上と日本への木材輸入の可能性の拡大」目的に対して
- ・ M 国の森林資源の建築材料への利活用を目的とし、M 国の主要木材2種の木材試験を実施する計画は、渡航調査時にロシアカラマツ生木の木材試験が実施済みであることがわかり、今年度事業ではその試験データの整理を行った。今後必要な木材実験について追加試験を検討することとした。
 - ・ 上記データ及び前の事業の M 国木材試験データを、日本の木材規格と比較して建築材料への活用課題を整理した。
- ⑤「日本と M 国の木造建築技術交流と協力関係の構築・推進」目的に対して
- ・ シンポジウムを 2024 年 9 月にモンゴル科学技術大学で開催し、M 国の産・官・学関係者、GER 地区 NGO 団体、GER 地区住民に広報し、今回の事業目的と内容を紹介するとともに、M 国側と木造住宅の基準整備と普及に向けた意見交換を行った。

1.3) 事業の効果

本事業により下記の事業効果が期待できる。

① の事業目的に関連する事業効果

- ・ UB 市 GER 地区住宅の現状調査により、GER 地区の現状と課題が明らかになり、住環境と環境汚染の改善に対する建築基準整備の必要性が確認できた効果。

②の事業目的に関連する事業効果

- ・ M 国の未活用森林資源と木材流通調査によって、木材の建築分野への有効活用の可能性が確認できた効果。

③の事業目的に関連する事業効果

- ・ これまで建築審査対象外となっていた M 国の小規模住宅(日本の改正基準法新2号と新3号に該当する木造建築)に対して日本の建築審査内容を参考とした建築基準の整備を行うことで、住環境の向上の効果が期待できる。

④の事業目的に関連する事業効果

- ・ 日本の目視等級を参考にした木材基準の整備により、M 国の木造住宅への未活用木材の適切な利活用効果が期待できる。

- ・ M 国木材の適切な活用は、木造住宅の耐久性向上効果が期待できる。
- ・ M 国の木材試験データと 2022 年事業での試験結果から日本の製材目視等級・木材強度との比較を行い、M 国の木材性能評価に効果があった。

⑤の事業目的に関連する事業効果

- ・ シンポジウムの開催を通して、本事業が M 国の木造住宅基準整備による住環境の改善と森林未活用資源の建築分野への活用に対して貢献効果を有することを紹介した。
- ・ M 国の小規模木造住宅基準が日本の基準をベースに整備されることで、日本の木造住宅関連企業の M 国への展開効果が期待される。

1.4) 事業の必要性

M 国住宅建築分野へ我が国の企業や製品の展開は、これまで盛んであるとは言えない状況にあったが、本事業によって M 国の木材と木造住宅関連基準・規格が日本に準じた形で整備されることになれば、我が国のこの分野への製品や企業の進出・展開が拡大することが期待される。また M 国の日本の木造建築技術への評価と展開への期待も大きく、事業実施の必要性があると考ええる。

1.5) 事業の効率性

本事業の実施に当たっては、日本チームとM国チームによる協力体制を構築し、役割分担によって事業効率を高めることを計画した。また、オンライン会議を活用して、お互いの事業進行状況と内容を共有することで円滑な事業実施を行ってきた。

1.6) 事業の有効性

本事業による日本とM国の共通の基準・規格の整備は、両国の製品・技術、企業展開に対して有効な事業であると考ええる。また、本事業はSDGsの17の目標の7, 9, 11, 12, 15に関連する目標達成にも有効であると考ええる。

2) M 国の住宅現状調査

M 国の主として都市部における定住形住宅について、その建築計画、構法、建設に関する現状調査を行い、住宅の建築基準・規格の整備を行う設定根拠のための基礎データを収集した。

2.1) UB 市都市部における定住形住居の概況

本事業では、主にこのゲル地区の住居改善を目的とし、定住形低層住宅の構造、断熱、工法の改善を検討する。以下に、ゲル地区の住居に関する調査結果をまとめる。

2.2) GER 地区における住宅建築調査

GER 地区の住居の多くは、高さ約 2m の柵(「ハシャー」(khashaa))で囲まれた敷地内に、固定家屋(「バイシン」(baishin))、ゲル、簡易トイレ、資材置き場、石炭庫などを設置する形式をとる。GER 地区に見られるバイシンとゲルの併用は、他の都市周辺でも一般的な定住形態であるが、UB 市のように大規模化すると住環境の悪化が顕著となる。UB 市にとって、また M 国の近代化においても、GER 地区の住環境改善は喫緊の課題となっている。



図 2.1 典型的に見られる GER 地区の住まい。

① 敷地の規模・状況:調査住居 60 件において、敷地面積平均値は 520.2m²(最小値:129.0m²、最大値:1,484m²)であった。

② 住居の規模・階数:バイシンの建築面積平均値は 81.7m²、延床面積平均値は 98.7m² で

あった。バイシンの階数は1階建て:66.7%、2階建て:31.7%であった。

③ 世帯人数及び家族構成:M 国の人々は多世帯居住を好まず、原則は単世帯居住であるため、基本的な世帯数は1敷地に1世帯、家族数2-5名程度であるといつて良い。

2.3) GER 地区における住宅建築構法調査

2.3.1) GER 地区における住宅建築構法の概況

固定住居バイシンの建設者については、ヒアリング調査の結果によれば、自力建設住宅の割合が、世帯主自身の他に友人や前の住民が建設した割合も含め73%と非常に高い数値を示している。

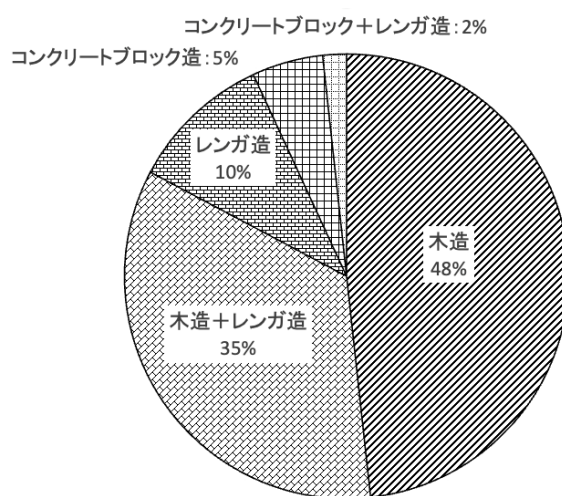


図 2.2 GER 地区におけるバイシン(固定住居)の外壁構法

2.3.2) 木造のバイシン

GER 地区で一般的にもっともよく見られるのは木造のバイシンである。ヒアリング調査した全 58 件中 28 件(48.3%)が木造であった。木造はコンクリートブロック造やレンガ造よりも自力建設が容易な角材を積む組積造である。

2.3.3) 木造+レンガ造のバイシン

ヒアリング調査した全 58 件中 20 件(34.5%)が木造+レンガ造であった。GER 地区ではこの構法も一般化していると言える。

2.3.4) レンガ造のバイシン

ヒアリング調査を実施した全 58 件のうち、6 件(10.3%)がレンガ造であった。

2.3.5) コンクリートブロック造のバイシン

ヒアリング調査を実施した全 58 件のうち、3 件(5.2%)がコンクリートブロック造、1 件(1.7%)がコンクリートブロック造+レンガ造であった。

2.3.6) GER 地区住宅における断熱構法

GER 地区のバイシンにおいて、外壁には EPS(発泡スチロール断熱材)やグラスウールが

使用されており、隙間には発泡ウレタンのスプレーを用いて断熱処理が施される事例が多く見られる。

2.3.7) GER 地区住宅における設備

GER 地区のほとんどの地域では上下水道インフラが整備されておらず、給水は約 300m～1000m ごとに設置された有料の簡易給水所で水を汲む必要がある。一方、排水は各敷地内で処理されているのが現状である。

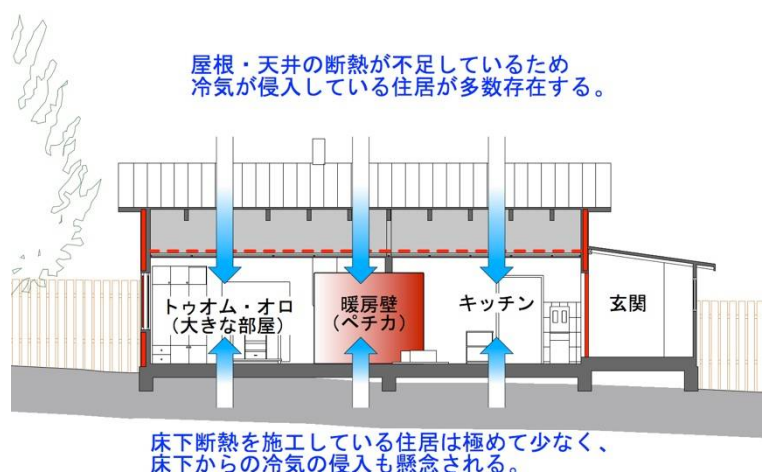


図 2.3 固定住居バイシンの屋根及び床下断熱の一般的状況

屋根、天井の断熱が不十分であり、床下断熱を行っている住居も極めて少ないため、石炭を過剰に消費し煤煙も多く排出している。

2.4) GER 地区の住宅における課題

GER 地区の住宅建築調査を踏まえ、以下に課題を整理する。

- ① 高い自力建設率と誤った知識の流通
 - ② 断熱構法に関する知識の不足
 - ③ 基礎施工において鉄筋補強が行われず、耐久性に問題がある
 - ④ 木造住宅の割合が高く、組積造が多く用いられており、現代的な構法が普及していない
 - ⑤ 軽量気泡コンクリートブロック造など新しい構法において、低品質な建材の使用が課題
 - ⑥ 専門知識を持ち工夫する住民がいるが、それらの知識が共有されていない
- 住宅の技術的基準を確立する上で、当面考えられる現実的な対応策は以下の通りである。
- ① 最も一般的な木造組積造に関する技術的基準を確立し、住民の自力建設を支援する形で知識を普及させる。
 - ② 木造パネル構法など現代的で施工の容易な木造構法について技術的基準を明確化し、住民が自力で建設できる方法を普及させる。
 - ③ 断熱性能の向上が喫緊の課題であり、床下断熱・小屋裏断熱の方法とその効果について

て住民への知識普及を進める。

④ 基礎施工において無筋ではなく、住民にも可能な方法で鉄筋補強を行う手法を普及させる。

⑤ 専門知識を持ち、実践している住民の工夫や知識を共有する仕組みを構築する。

以上の対応策を講じることで、ゲル地区の住環境改善と安全性向上を図ることが重要である。

3) M 国と日本の木造建築基準

3.1) M 国の建築審査制度と建築基準概要

① M 国の建築申請に係る建物の分類

本事業で対象となる2階建、延べ床面積 200m² 以下の木造住宅は、M 国では建築許可不要建物に分類されている。(表 3.1.1 建物種類(1))

表 3.1.1 M 国の建築申請に係る建物分類

建物種類		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
構造的		建築許可	低い構造	中程度	高い	非常に
難易度		不要建物				高い
高さ制限	(m)	7m以下	15m以下	31m以下	51m以下	51m以上
延床面積	(m2)	400以下				
階数	(階)		5階以下	9階以下	16階以下	16階以上
スパン	(m)		24mまで	24-36m	31-51m	
一戸建て		○	○	×	×	×
アパート		○	○	○	○	○
住宅以外の 建物用途				公共建築	公共建築	a),b)に概要
				老人ホーム	文化施設	する建物
				など		

M 国の建築基準には、建築許可が必要な建物種類(2)–(5)に対して記述されている。内容は b) M 国の建築基準概要、c) 設計用地震震度(M K-64 震度階級)について、d) 地震震度に関する規定、e) 設計用地震荷重の計算、f) 2次部材の地震力である。

3.2) 構造方式別規定(住宅、公共施設、工場等の建築物)では下記の構造についての基準が記述されている。

a) ラーメン構造、b) 高層建築、c) 大型パネル構造、d) 組積造耐力壁構造、e) 石組積造

3.3) M 国の木造建築基準概要

M 国の木造建築基準概要ではロシアの木造建築規格に基づいた大規模木造建築について記述されている。

a) M 国の建築基準概要

b) 木材材料

針葉樹は主に木造建築物に使用され、枕木などには落葉広葉樹が使われている。

木造構造物の耐荷重部材に使用される木材の品質は、付録 B の要件をみたさなければならない。

強度クラスまたはグレードに対応する木材の強度は、付録 B に示されている基準耐力以上

でなければならない。

木材の使用温度や湿度条件に応じて、使用中の水分(含水率)の最大値を求め、その値から強度を計算する。

木材の使用時温湿度条件と含水率が規定されている。

表 3.3.1 木材の使用時温湿度条件と含水率

利用規約の種類	使用中の木材の含水率、%	温度 20° C における空気の大相対湿度、%
1 (ドライ)	1a	8 以下
	1b	10 以下
2 (通常)		12 以下
3 (湿潤)		15 以下
4 (湿潤)	4a	20 以下
	4b	20 以上

表 3.3.2 木材等級別強度

応力度状態	木の等級別強度			
	マーキング	I	II	III
1. 木目に沿った曲げ、圧縮、剥離				
a) 高さが 50cm を超えない長方形の断面を持つ要素の場合 (b、c - d を除く)。	R_B, R_C, R_X	21.0	19.5	13.0
切断高さが 50cm を超える場合は、6.9c 項を参照。				
b) 幅 11 - 13 cm、高さ 11 - 50 cm の長方形断面を持つ要素	R_B, R_C, R_X	22.5	21.0	15.0
c) 幅 13cm 以上、13-50 高さ cm の長方形の断面を持つ要素	R_B, R_C, R_X	24.0	22.5	16.5
d) 計算部に穴のない円形断面の要素	R_B, R_C, R_X	-	24.0	15.0
2. 繊維に沿った引張				
a) 無垢材の要素の場合	R_T	15.0	10.5	-
b) 積層要素	R_T	18.0	13.5	-
3. 繊維の横方向全領域の圧縮と分離	$RS, 90, RX, 90$	2.7	2.7	2.7
4. 繊維の横方向の環境の分離				
a) 構造物のサポートの部分、正面サポートと要素の接合部	$RX, 90$	4.5	4.5	4.5
b) ガスケット圧接部の接合角度が 90° - 60° の場合	$RX, 90$	6.0	6.0	6.0
5. 繊維に沿った亀裂				
a) 無垢材の曲げ加工中	R_S	2.7	2.4	2.4
b) 積層要素の曲げ中	R_S	2.4	2.3	2.3
c) 額サポートの最大張力時	R_S	3.6	3.2	3.2
d) 接着接合部の環境亀裂における最大応力時	R_S	3.2	3.2	3.2
6. 接合部の横亀裂				
a) 無垢材の要素	$RS, 90$	1.5	1、2	0.9
b) 名前要素	$RS, 90$	1.1	1.1	0.9
7. 合板要素の木目の横張力	$RT, 90$	0.2	0.2	0.1
8. ファイバーの 45° の角度のカット	$RS, 45$	9.0	7.5	6.0
9. ファイバーの 90° の角度のカット	$RS, 90$	16.5	13.5	12.0

説明: 1. 建設現場で準備されている構造物の場合、上記の表 2a ~ d に示されている計算された引張抵抗は 30% 削減される必要がある。

2. グレード III の木材で作られた屋根板および格子要素の曲げ強度は 19.5 MPa とみなす。

c) M 国の木造建築基準概要 (M 国の住宅建築基準・規則) には、

① 適用範囲

② 使用された関連規範文書

- ③ 用語と定義
- ④ 基準の概要
- ⑤ コンクリート構造物の耐荷重性と変形
- ⑥ 火災安全性
- ⑦ 居住中の安全性
- ⑧ 居住環境要件
- ⑨ 省エネ規定
- ⑩ 耐久安定性と修復性

が記述されているが、本事業で対象とする小規模木造住宅の基準は記述されていない。

3.4) 日本の木造住宅の概要

日本国内の木造住宅は、木造軸組工法、ツーバイフォー工法、木質パネル工法、ログハウス(丸太組)工法、木造ラーメン工法の5種類が代表的工法である。

3.5) 日本の木造住宅基準概要

a) 建築物省エネ法・建築基準法改正ポイント

本事業に関係する小規模木造建築物の現建築基準法と改正建築基準法の分類は表 3.5.1 のようになる。

表 3.5.1 改正後の建築基準法木造建物の分類

階数	延床面積(A)			
	$A \leq 200\text{m}^2$	$200\text{m}^2 < A \leq 300\text{m}^2$	$300\text{m}^2 < A$	$500\text{m}^2 < A$
4以上	許容応力度計算(ルート2)[新2号]			
3	許容応力度計算(ルート1)[新2号]			
2	壁量計算(審査対象)[新2号]			
1	壁量計算(審査不要)[新3号]			

M 国の木造住宅の建築基準整備が必要な建物は、延床面積 300m² 以下の平屋及び2階建ての建物と考えられ、M 国での将来的な建物の省エネ化を考慮すると日本の改正基準法の新2号建築物と新3号建築物の確認申請・審査の方法を参考にすることが好ましいと考えられる。

改正建築基準法の新2号、新3号建築物の確認申請の審査・検査項目は表 3.5.2 の内容となる。

表 3.5.2 建築確認申請・検査時の審査・検査項目

審査項目\建物区分	新2号建築物	新3号建築物
敷地関係規定	○審査する	○審査する
構造関係規定	○審査する	×審査しない
防火避難規定	○審査する	×審査しない
設備その他単体規定	○審査する	△一部審査する
集団規定	○審査する	○審査する
省エネ基準(建築物省エネ法)	○審査する	×審査しない

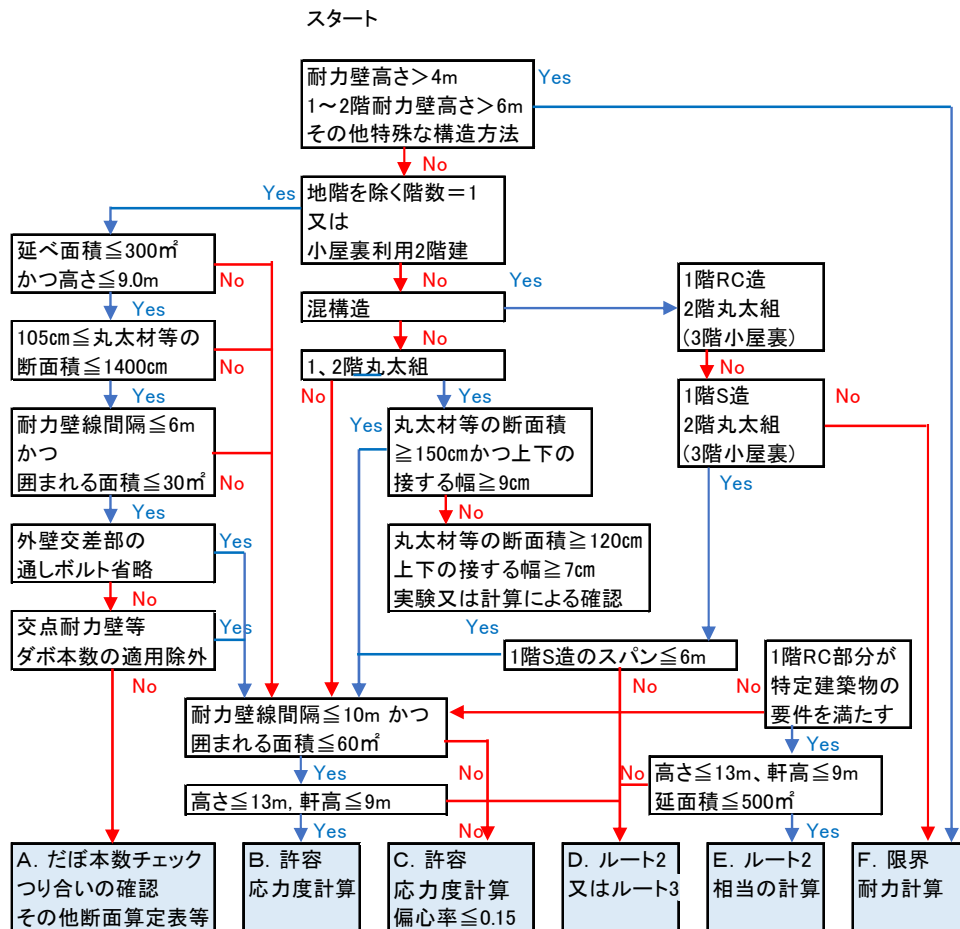
b) 木造建築物の仕様規定

木造建築物(主に軸組工法、桝組工法)の仕様規定の概要をまとめた。

- ・ 構造部材の耐久性(第 37 条)、・ 基礎(第 38 条)、・ 屋根ふき材(第 39 条)
- ・ 延床 10 m²以内の物置、納屋、東屋などは適用外(第 40 条)、・ 木材品質(第 41 条)

c) 日本のログハウス(丸太組工法)の建築基準

M 国の既存木造建築で最も多く建設されていると考えられるログハウス工法について、日本の規定概要をまとめた。



d) 木質パネル工法

木質パネル工法は、広義にはツーバイフォー(2x4)工法やツーバイシックス(2x6)工法の枠組み壁工法を含めることもあるが、2x4や2x6工法がパネルの組立てに釘を使用するのに対して、木質パネル工法は高分子接着剤やスクリュー釘などを併用して組み立て、パネル強度を高めているのが特徴である。

4) M 国の森林資源利活用

4.1) M 国の森林資源の現状

a) M 国の森林資源概要

M 国の国土は、農地、居住地、道路、森林、水資源、特別用途の 6 つに分類される。主に北部のシベリア・タイガや中央アジア・ステップ・ゾーンの遷移地帯に森林が位置し、2020 年の林地面積は 1860 万 ha、そのうち森林面積は 1810 万 ha であり、これは国土の 12%を占めている。(林業研究開発センター資料)

b) M 国の森林資源

- ・ M 国の森林はすべて国有で、一部の民間に権限が付与される場合があるが、完全な所有権は認められていない。
- ・ 森林は「保護地域」と「伐採・利用可能地域」に分類される。
- ・ 森林研究開発センター(FRDC)の調査によると、森林利用面積は全体の 27.5%で、自然林面積は 19.5%にすぎない。
- ・ 保護林は約 0.7%であり、林業活動は厳しく制限されている。
- ・ 木材生産が可能な自然林は約 970 万 ha で、そのうち 270 万 ha(19.5%)は「純生産面積」(すべての対策が可能)に分類され、700 万 ha は「限られた生産地域」(造林活動のみ可能)とされている。

① 北部地域の森林利用状況

- ・ 北部地域の 9 つの県と首都ウランバートルには森林資源利用ゾーンが存在する。
- ・ 産業目的に重要とされる 10 万 ha 以上の生産地域を持つのは 7 つの県のみで、これらの県は木材供給地として機能する可能性がある。
- ・ 残りの 14 県は木材購入地となる。
- ・ 森林の材齢分布調査によると、森林面積の 21.3%は 200 歳以上、64.7%は 50～200 歳、14%は 50 歳未満である。

② 7 つの県の森林資源

- ・ ホブスゴル県、セレンゲ県、ボルガン県 の 3 県には 100 万 ha 以上の森林が広がる。
- ・ ヘンティー県、タブ県、アルハンガイ県 には 50 万～100 万 ha の森林がある。

③ 北部の総森林資源量と構成

- ・ M 国北部の総森林資源量は 1,248 百万 m³である。
 - ・ カラマツ: 79.8%
 - ・ シベリア松: 8.9%
 - ・ シラカバ: 5.0%
 - ・ その他: 6.3%
- ・ このうち 600 万 m³が利用可能な森林資源とされている。

④ 森林の材齢分布と成長量

- ・ 単位面積あたり:100～154m³/ha
- ・ 平均成長量:54～79m³/ha

⑤ 森林生態系の区分と特徴

- ・ 北部の北方林と南部のサクソール林に区分される。
- ・ 多くの森林は道路の不備や急峻な地形により人が近づきにくい地域に位置する。

⑥ 森林面積の変化

- ・ 2006 年から 2020 年にかけて、M 国の森林面積は 519 千 ha 増加した。
- ・ 一方で、木材蓄積量の多い閉鎖林は 730 千 ha 減少し、自然林も 889 千 ha 減少した。
- ・ 結果として、年間約 4,699 千 m³の木材蓄積量が失われている。

⑦ 要因

- ・ 市場経済化の進行により、木材流通システムが崩壊し、森林管理体制が脆弱化している。
- ・ 気候変動や無責任な人間活動によって、森林火災や有害昆虫の影響が過去 30 年間で増加し、森林資源が減少している。

⑧ 主な減少要因

- ・ 森林火災
- ・ 害虫の発生
- ・ 砂漠化

(Dorjsuren and Tungalag, 2017)

c) 森林荒廃の要因

M 国の森林荒廃は深刻な課題となっている。アジア開発銀行 (ADB) の 2016 年の報告によると、M 国は脆弱な生態系と地理的位置のため、気候変動に対して特に脆弱である。

① 気候変動の影響

- ・ 砂漠化の進行
- ・ 干ばつの頻度増加(夏の干ばつとそれに続く厳しい冬)
- ・ 水資源の不足
- ・ 生物多様性の喪失
- ・ 異常気象の頻度が過去 20 年で倍増、21 世紀半ばまでに 23%～60%増加予測
- ・ 森林火災・草原火災の増加(1950 年代以降拡大)

M 国北部の森林調査(1000ha あたり)

- ・ 自然林: 73%
- ・ 山火事跡地: 6.13%
- ・ ハゲ地: 8.6%
- ・ 低木林: 5.0%

② 森林火災

M 国の森林火災は深刻な問題であり、その 90%は人為的な原因によるものが特徴的である。

M 国の森林火災の発生状況と原因は下記の通りである

- ・ 大規模な森林火災の発生年と焼失面積
 - ・ 1990 年:65 万 ha
 - ・ 1996 年:230 万 ha
 - ・ 1997 年:270 万 ha
 - ・ 1998 年:73 万 2,000ha
 - ・ 2002 年:58 万 2,000ha
 - ・ 2007 年:51 万 2,000ha
- ・ ほとんどの火災は春の乾燥期に発生している。

2010 年以降、以下の要因により焼失面積が急激に減少している。

- ・ 冬期の降水量増加
- ・ 春期の乾燥度の低下
- ・ 火災予防対策の強化
- ・ 市民の火災安全意識の向上

火災の原因

- ・ 90%は人為的要因(不注意や意図的な放火)
- ・ 1978～1990 年の年間平均焼失面積:19 万 ha
- ・ 1996 年の森林火災:34 万 ha が喪失

③ 森林の害虫被害

害虫による森林被害面積の推移

- ・ 2000～2002 年:100～120 万 ha
- ・ 2003～2006 年:58～64 万 ha
- ・ 2016～2017 年:59～60 万 ha

④ 年間被害面積

- ・ 1978～1990 年の年間平均:8.2 万 ha
- ・ 年間 4,000～15 万 ha の被害が発生

④ 砂漠化

M 国では砂漠化が進行し、森林面積の減少要因の一つとなっているが、十分な対策が実施されていない状況である。

砂嵐の年間平均発生回数の推移

- ・ 1960～1969 年:16 日間
- ・ 1970～1979 年:23 日間
- ・ 1980～1989 年:41 日間

砂に埋もれた土地の面積

- ・ 1941～1990 年の累計:38,000ha

d) 森林開発の課題

① 森林法

M国では民主化後の 1995 年 6 月に森林法が承認 され、森林資源と環境保護が強調された。皆伐は禁止され、県ごとに年間伐採割当が設定される。伐採地域の選定と伐採許可は県が管理し、伐採会社は伐採した木ごとに 3～5 本の苗木を植える義務を負う。

森林法は 7 つの章(33 の記事)で構成されており、以下の内容を含む。

- ・ 一般規定
- ・ 経済特区および保護体制内の森林
- ・ 保護区域内の森林の保護および使用規則
- ・ 工業地帯の鉱石使用計画
- ・ 鉱石の保護と再生
- ・ 森林利用
- ・ その他の規定

1995 年以来、M 国議会は 土地利用、環境保護、野生生物保護 など約 25 の環境法 を採択している。

② 森林保護地帯

モンゴルの森林法と森林ゾーニング

森林の分類は、森林法により、森林は「厳格ゾーン」「保護ゾーン」「利用ゾーン」の 3 つに分類される。

- ・「厳格ゾーン」(最も保護レベルが高い)

亜高山帯の森林、国立公園内の特別ゾーンが含まれる

- ・「保護ゾーン」(環境保全とレクリエーション目的)

4 つのサブゾーン(特別保護地区の森林、緑地帯、水辺地帯など)に分かれる

- ・「利用ゾーン」(特別な分類に含まれない森林地域)

③ 保全対策

- ・ すべてのゾーンで火災・害虫・病気の防止プログラムを実施
- ・ 地域住民が基本的に消防活動を担う

④ 森林利用の制約

- ・ ストリップフォレストの禁止区域(水源や主要交通路からの距離に基づく)
- ・ 都市周辺の保護ゾーンの半径が設定されている
- ・ 急斜面での伐採は禁止
- ・ 森林荒廃木の処理が重要視され、最近では伐採時に荒廃木の除去が求められる動きがある

表 4.1.1 厳格ゾーンの森林の保護体制

No	厳格ゾーンの森林クラス	森林の主な機能と保護体制
1	厳格なゾーンの森林	森林の自然の特徴と環境のバランスを維持するため。 火事、害虫、病気から森を守るため。
2	亜高山林	流域の環境バランスを維持し、土壌の劣化を防ぐため。 倒木や枝を掃除で集める。 非木材林産物を使用するため。
3	特別保護地区の原生林 と保護区の森林	特定の地域で元の自然の状態と特徴を維持するため。 長期保存という特別な目的のために観察と調査を行うこと。

4.2) M 国の森林資源活用現状

a) 森林資源の伐採量の推移

- ・ 1980 年代には年間 200 万 m³以上の木材が伐採されていたが、1995 年の森林法による皆伐禁止の影響で、伐採量は 50～60 万 m³に減少し、2011 年以降は 70～80 万 m³程度で維持されている。この結果、生態系への悪影響は大幅に減少した。
- ・ M 国の森林資源は 140 種以上の樹種から成り、総量は 12 億 m³だが、利用可能な量は約 600 万 m³に限られている。1985 年の木材伐採量は 224 万 m³だったが、1999 年には 46.4 万 m³に激減し、その一因として中国への輸出制度の変更がある。1996 年の貿易自由化以降、中国向けの輸出が増加し、1998 年には輸出全体の 15.7%を占めたが、森林資源への影響が深刻化した。このため、1999 年には木材輸出税が引き上げられたが、中国の需要増加により、ロシア経由の木材輸出や違法輸出が新たな課題となっている。2001～2006 年には、伐採量が需要に対して不足し、違法伐採や賄賂の問題が拡大した。

b) 森林資源の現状調査

調査によると、木材・木材製品の需給には大きなばらつきがある。

- ・ 伐採量: 2011～2020 年の年間最大伐採量は 1,147 千 m³、年間平均は 764 千 m³と推定されている。
- ・ 木材需要: 全国で年間 311 万 m³の木材が必要で、そのうち薪が 206 万 m³(66.3%)、消費材が 105 万 m³(33.7%)を占めている。消費材の内訳は、乾式消費材が 90.5%、湿式消費材が 9.5%である。
- ・ 燃料消費: 74 万世帯のうち 45.9 万世帯が年間 191 万 m³の木材を燃料として使用しており、1 世帯あたりの平均消費量は 4.2m³である。
- ・ 乾燥木材の用途: 燃料や建設用として広く利用され、家庭用建設には年間 64.9 万 m³の木材が必要で、そのうち 69.4%が乾燥木材として使われている。

M 国の木材需給は主に燃料需要と家庭建設が大きな割合を占めていることが示されている。

また、2018 年の木材バリューチェーン調査 (UN-REDD モンゴル国家プログラム) によるデータも存在する。

c) 市場規模

現在の年間伐採量は 620 万 m^3 と推定されており、これは報告された木材量と未報告の木材量を含んだ数字である

- ・ 2013 年のデータによると、公式に報告された伐採量は 370 万 m^3 であり、450 万 m^3 の薪需要を満たすには不足している。伐採された木材の 80% が薪用に利用され、付加価値を生む用途に使用されたのは 20% (74 万 m^3) に過ぎない。
- ・ M 国の木材需給は、燃料需要と家庭建設が中心。
- ・ 伐採量: 2011~2020 年の年間最大 1,147 千 m^3 、平均 764 千 m^3 。
- ・ 木材需要: 全国で 311 万 m^3 (薪 206 万 m^3 : 66.3%、消費材 105 万 m^3 : 33.7%)。
- ・ 燃料消費: 74 万世帯のうち 45.9 万世帯が年間 191 万 m^3 を燃料として使用 (1 世帯平均 4.2 m^3)。
- ・ 乾燥木材: 家庭建設用に 64.9 万 m^3 必要 (69.4% が乾燥木材)。
- ・ 伐採量の比率: 実際の比率は「1:4」または「1:3.5」。
- ・ 商業用丸太: 伐採量の 20% ながら、経済価値の 52% 以上 (約 2,000 億 MNT、8,300 万米ドル)。
- ・ 市場規模: 木材量と価格に基づき、営業利益率 20% を加えた方法で推定。

d) 現在の需要と供給

M 国の年間木材需要は 620 万~701 万 m^3 で、その約 450 万 m^3 が薪として使用される。残りの 100 万 m^3 は農村部の建設用木材だが、多くが未報告。

- ・ 伐採・消費総量: 産業用・薪用の承認割当量 + 未報告消費量 (薪・地元建築材)。
- ・ 2013 年の伐採量: 370 万 m^3 (薪 80%、産業用 20%)。
- ・ 工業用木材: 年間約 170 万 m^3 消費。
- ・ 世界銀行データ: 60 万 m^3 が住宅 (11,300 m^3)、フェンス (15,800 m^3)、物置 (5,900 m^3)、アウトハウス (2,200 m^3)、家畜小屋 (39,900 m^3) に使用。

M 国では薪需要が伐採量を上回り、不足が生じている。

- ・ 薪需要と伐採量の不足: 伐採量 370 万 m^3 では薪需要 450 万 m^3 に足りず、伐採木材の 80% が薪用、付加価値を生む用途は 20% (74 万 m^3)。
- ・ 伐採量の実態: 実際の伐採比率は「1:4」とされるが、UN-REDD (2013 年) は「1:3.5」と推定。
- ・ 経済的重要性: 商業用丸太材は総伐採量の 20% だが、経済価値の 52% 以上 (約 2,000 億 MNT、8,300 万米ドル)。
- ・ 伐採量の全体像: 650 万 m^3 の木材ロスを考慮すると、実際の伐採量は 810 万 m^3 に達すると推定。

e) ウランバートルの木材市場に供給される木材に関する調査

- ・ 5 地区に 8 市場があり、半加工された木材が一般・オフィス向けに販売。
- ・ ウランバートルの木材市場では、木材は屋根付きキャブや舗装トラックで運搬され、加工後に販売される。
- ・ 木材市場の流通：丸太・木材は加工され、製材・板材・挽き板・燃料用木材・おがくずが生産される。
- ・ 購入先：市民や企業は 7 つの木材市場から工業用・家庭用木材を購入。
- ・ 未加工販売：木造家屋用の丸太・柵柱は加工せず販売されるが、ごくわずか。
- ・ 市場の従事者：7 市場で合計 702 人が製材・梱包・販売に従事。
- ・ 薪流通の変化：過去 2 年で市場経由の薪供給が減少。袋詰め薪が市場を通さず、石炭販売店で直接販売されるようになったため。

ウランバートルの木材市場では、許可済みの木材が登録・供給されるが、実際の流通量は統計の約 2 倍と推測される。

- ・ 許可木材の供給：過去 3 年間の平均供給量は 70,430m³ (板材・丸太 65%、丸太 35%)。
- ・ 製材能力：140 台の製材フレームが年間 36.24 万 m³ 処理可能 (実際の供給量は 20 万 m³ で 55%の稼働率)。
- ・ 冬季の稼働：夏・春・秋は 6 日間連続稼働、冬は通常稼働なし。
- ・ 許可証の不透明性：原産地証明書の再利用で中古材の流通の可能性があるが、公式記録はほぼなし。
- ・ 実際の流通量：市場経営者のデータでは、許可木材の約 1.5 倍が流通。統計上の 2 倍の木材が市場に出回っていると推測される。

f) 森林生産市場

- ・ 伐採量の 66.8%は薪用、付加価値製品として利用されるのは 26%(114.18 万 m³)のみ。
- ・ 利用目的別の割合：
 - ・ 木材加工生産：23.78 万 m³ (6%)
 - ・ 家庭・家畜シェルター建設・補修：49.16 万 m³ (12.2%)
 - ・ 建設用木材 (木造家屋・丸太など)：31.25 万 m³ (7.8%)
- ・ 木材加工・家具工場では、ほぼ 100%輸入材を使用。
- ・ 伐採された丸太は市場で再加工され、梁・丸太として利用。
- ・ 無垢材パネルや合板なども生産されるが、大工用ボードは未生産。
- ・ 一部の新設工場は木材不足により厳しい経済状況に直面。
- ・ 合板加工工場の稼働率は 40%以下、供給能力の 7%しか満たせていない。

木材の市場価格

- ・ 2020 年半ば、Covid-19 の影響で木材価格が倍増 → 2021 年に下落し、現在は安定。
- ・ 薪の価格：1 束 50,000～110,000 MNT (ウランバートルでは 110,000 MNT)。
- ・ 家庭・畜舎建設用木材の平均価格：1m³あたり約 350,000 MNT。

- ・ 工業用・建築用木材の一般的なサイズ: 400×15×15 cm。

建築用木材需要

- ・ 土地許可世帯の 30%が毎年新築と仮定。
- ・ 全ての許可世帯がフェンス・小屋・家を建てると仮定。
- ・ 平均敷地面積: 20×20m。
- ・ 推定年間民間木材需要: 7.5 万 m³ (ウランバートルを除く)。

g) 木材供給可能量

- ・ M 国の北方林の年間成長量: 997.9 万 m³。
- ・ 年間純除去量 (30%の伐採ロス考慮後): 760 万 m³。
- ・ 潜在的な年間許容伐採量 (AAC) の 84%は針葉樹で、カラマツが主。

M 国では木材生産が薪に偏重し、付加価値の高い製品は少ない。木材不足が深刻化し、新設工場の稼働率が低迷。市場価格は安定しているが、供給面で課題が多い。

h) 建築用木材需要

民家の新築数は、土地許可を受けた世帯の 30%が建設すると仮定し推定。

- ・ 建築仮定: 土地使用許可取得世帯は、木製フェンス・小屋・家を建設すると想定。
- ・ 土地の平均サイズ: 20×20m。
- ・ 家畜小屋: 平均的な家畜小屋の数を基に新設数を推定。
- ・ 年間木材需要: 7.5 万 m³と推定

i) 木材供給可能量

M 国の NFI データや成長率分析に基づき、森林の年間総増加量は 997.9 万 m³と推定される。

- ・ 森林の総収量: 全森林地域における年間成長量は 997.9 万 m³。
- ・ 地域別分析: アイマグごとに生産地域と保護地域の生産量を区分。
- ・ 除去量の推定: 完全保護地域を除外し、理論上の総除去量と純除去量を算出。
- ・ 年間純除去量は、最大 30%の伐採ロスを考慮し 760 万 m³と推定。
- ・ 樹種別内訳: 潜在的な AAC の約 84%が針葉樹に依存。
- ・ 主要樹種: 針葉樹の中でカラマツが最も大きく貢献

j) 森林資源活用法制度調査

M 国の森林管理は森林管理局が管轄し、伐採量・植樹面積の決定、火災・病虫害対策、違法伐採防止などを担当。森林管理局は 2007 年に設立され、17 の森林管理機関を傘下に持つ。現在、70 社が伐採許可を得て植林義務を負い、150 社の植林企業が国費で設立されている。

森林関連の法規・政策

- ・ 森林法 (2007): 森林所有・利用権、保護区管理、火災・病虫害対策、植林、違法伐採罰則
- ・ 環境保護法 (1995)・環境影響評価法 (1998): 自然資源保全・環境影響評価の規定

- ・ 土地法(2002)・コンセッション法(2010):土地利用・所有に関する規定
- ・ 防火関連法(1996, 1999):森林火災防止・消火対策
- ・ 国家森林政策(2001):持続可能な森林開発の方針を政府が承認

森林管理機関

- ・ 環境保護庁、環境モニタリング庁、農業産業省、市長事務所、生態系研究所

森林政策・国家プログラム

- ・ ビジョン 2050(2021～2050)
- ・ 土壌保護・砂漠化防止計画(2010～2030)
- ・ グリーン開発方針(2014～2030)
- ・ 生物多様性国家プログラム(2015～2025)

森林回復・保全目標(2030 年目標)

- ・ 森林被覆率 9%(現状 7.85%)
- ・ 森林火災の被害面積 70%減少
- ・ 病虫害の完全制御
- ・ 森林生態系・生物多様性の保全
- ・ 温室効果ガス排出 5%削減
- ・ 植林面積 15 万 ha 増加
- ・ 木材使用率 80%達成
- ・ 森林地帯・農地など 40 万 ha 回復

森林資源の活用課題

- ・ 乾燥・半乾燥地での植林の低成林率(30～65%)
- ・ 森林火災の 90%が人為的原因(防火教育・災害対策組織強化が必要)
- ・ 違法伐採と森林面積減少

木材産業の課題と解決策

- ・ 課題:インフラ不足、技術遅れ、流通未整備
- ・ 解決策:技術革新、林道整備、木材市場拡充、違法伐採対策

政府の植林政策

- ・ 10 億本植樹国民計画(2021～2030)
- ・ クリーンベルト国家プログラム(2005～2035)
- ・ REDD+ 国家戦略(2021～2025)

4.3) M 国の木材流通調査

a)木材関連事業の衰退と森林荒廃

1980 年代から現在までの M 国の林業の変遷

① 1980 年代の林業の発展

- ・ 約 60 の工場と 6 つの大規模施設、1 万人以上の雇用を創出
- ・ 生産高の 15%、製品の 20%が輸出される
- ・ 植林・保護活動が推進され、産業として成長

② 1990 年代以降の市場経済化による影響

- ・ 国家調達システム廃止により企業は独自の販売ルート開拓を迫られる
- ・ 輸出先の喪失・安価な輸入品流入で国内市場が縮小
- ・ 超インフレ・貿易量減少により 1997 年頃からマイナス成長が続く
- ・ 木材流通システム崩壊 → 森林運営基盤衰退 → 森林荒廃が進行

b) 木材部門の政策の展開

- ・ REDD+戦略: 木材加工分野の民間発展 → 雇用創出・収入増加
- ・ 国内木材の利用促進: 建材需要拡大、流通改善による持続可能な産業構築

c) M 国の木材流通

モンゴルの木材製品の流通経路は、丸太、製材、フィンガージョイント・ボード、家庭用木材で構成されている。

- ・ 年間伐採量: 約 620 万 m³(総伐採量 810 万 m³)。
- ・ 流通経路: 木材の約 6 割は燃料(薪)として使用され、製材等に使われるのは 1 割。
- ・ 木材の活用: 薪として使用される 4.5 百万 m³のうち、7 割が活用され、3.2 百万 m³が利用可能。製材等で建材として使用すれば、付加価値が 281 百万ドル増加し、1.9 倍の価値に。
- ・ 木材流通システム: 建材需要創出と流通システム再構築が重要。
- ・ 輸入材と国産材: 輸入材は数量の 4%だが価格割合は 20%、国産材は数量 96%で価格割合は 80%。輸入材の単価は 135.1 ドル/m³、国産材は 21.0 ドル/m³(国産材は約 6 分の 1)。
- ・ 産出額: 木製品が 49%、薪が 32%を占めている。
- ・ 薪として使用される 4.5 百万 m³のうち 1.5 百万 m³を木材製品に転換すれば、348 百万ドルの増加が見込まれ、製材製品の価値が 1.9 倍になる。また、木材全体の付加価値は 372 百万ドルの 2 倍前後となり、木材産業の付加価値が倍増する。

d) 木材加工事業者調査

① モンゴル林業の発展と課題

1980 年代の林業の成長

- ・ 工場数: 約 60 カ所の工場、6 カ所の大規模複合施設
- ・ 雇用規模: 1 万人以上の労働者・職員
- ・ 経済貢献: 産業全体の生産高の約 15%、製品の約 20%が輸出
- ・ 森林管理の重要性: 植林、生育管理、有害昆虫・火災対策

市場経済移行による影響

- ・ 国家調達庁の廃止 → 流通経路の崩壊
- ・ 木材関連企業の減少

2004 年の木材関連企業状況(国税当局資料)

- ・ 企業総数:678 社
 - ・ 建設資材・部品生産者:175 社
 - ・ 木製品・織物製造業者:207 社
 - ・ 木製パネル製造業者:48 社
 - ・ 木枠・コンテナ製造業者:36 社
 - ・ 木材生産者:123 社
 - ・ 伐採業者:89 社

課題と対応策

- ・ 製材所の稼働率:50%前後と低迷
- ・ 課題:稼働率の向上が製材業の活性化に不可欠

e) アンケート結果からみる木材関連企業

モンゴルの木材産業に関する調査結果

アンケート調査の概要

- ・ 対象地域:10 州 + ウランバートル市
- ・ 配布数:240 通, 回収数:71 通(森林単位:11 通、木材加工業者:60 通)

森林資源と生産状況

- ・ 主要樹種:カラマツ林
- ・ 年間生産量(1ha あたり)
 - ・ 地上枯れ木:8.51ha
 - ・ 立木枯れ木:9.56ha
 - ・ 生木:1.03ha
- ・ 運搬距離
 - ・ 搬出距離:70～250km
 - ・ 搬入距離:50～250km
- ・ 生産地域
 - ・ 工業用木材生産:Khuvsgul、Bulgan、Selenge の 3 州
 - ・ その他の州:地元消費向け

森林ユニットの今後の計画

- ・ Khuvsgul・Selenge:木材製品市場の拡大
- ・ その他の州:森林再生・保護活動の改善
- ・ 共通課題
 - ・ 林業専門家の不足
 - ・ 林道網の不足、遠隔地問題
 - ・ 機械設備の貧弱さ、厳しい気候

- ・ 法執行の不備、行政の頻繁な交代

木材加工業者の状況

- ・ 業種別内訳
 - ・ 製材所運営: 43 社
 - ・ 伐採: 8 社
 - ・ ゲル生産: 4 社
 - ・ 家具生産: 5 社
- ・ 労働者数(平均)
 - ・ 常用: 4 人(1~10 人)
 - ・ 臨時: 7 人(2~30 人)
- ・ 設備・機械類の価格: 5,500 万 MNT(30 万~30 億 MNT)
- ・ 機械の製造国: 主にロシア(ソ連製も含む)

計画中の大規模プロジェクト

- ・ Megawood、Khuvsugul の Enkhuud、Zuunkharaa の木材加工工場
- ・ 生産予定品
 - ・ MDF、WPC、フローリング、寄木細工
 - ・ ログハウス、化粧板、ブロック板
 - ・ ペレット、練炭

4.4) 日本の木材規格

日本の建築用木材規格について、a) 製材規格では、「JAS(日本農林規格)」と「JIS(日本産業規格)」があこと、b) 構造用製材の種類では、木材は構造的強度品質の高い・低いを区分する等級があり、等級区分は節や丸みなど強度に関係する状態を目視で見分ける「目視等級」と、強度を測定計機械で強度区分を行う「機械等級」の2つに分類される。JAS 認定外の木材は無等級扱いとなることを記述した。

表 4.4.1 製材の分類

区分	種類	分類	強度
認定材	目視等級材	甲1※	1級、2級、3級
	(曲げ性能)	甲2※	強度大 ←→ 強度小
	乙種構造材(圧縮性能)		
	機械等級材(曲げヤング係数を測定し等級区分する)		E150, E130, 110, E90, E70 強度大 ←→ 強度小
JAS認定 外の木材	無等級材	JAS規格製材以外の木材で樹種によって基準強度が定められている	

目視等級区分は、構造用製材について製材の欠点(節、丸身など)を目視により評価し1

級、2級、3級の3つの等級に区分したもので、主に高い曲げ性能を必要とする部分(土台、大引、根太、梁、桁、筋交い 等)に使用する甲種構造材と主に圧縮性能を必要とする部分(通し柱、管柱、床束、小屋束 等)に使用する乙種構造材がある。甲種構造材は、木口の短辺が 36mm 未満のもの及び木口の短辺が 36mm 以上でかつ木口の長辺が 90mm 未満のものを構造用Ⅰ甲種構造材、木口の短辺が 36mm 以上でかつ 木口の長辺が 90mm 以上のものを構造用Ⅱ甲種構造材に分類されることを説明した。

機械等級区分については、JAS では、構造用製材のうち、機械によりヤング係数を測定し、等級区分する機械等級区分構造用製材があることを記述した

4.5) M 国の木材試験

M 国木材の木材試験として、2021 年度事業で、M 国の試験用木材の調達を行い、2022 年度に木材試験を行った結果を記載した。検討した調達地域は、ホブスゴル県、セレンゲ県、ボルガン県を中心に UB 市に最も近いタブ県のモンゴモリの4地域を候補地としたが、4候補地のうち希望する試験用木材すべてが調達可能な地域は、セレンゲ県であることが分かり、この地域からの木材調達を決定した。

今年度の事業では、M 国の森林資源の9割以上を占めるハルモト(ロシアカラマツ)の生木に対して「宇都宮大学農学部森林科学科石栗太准教授の研究室と M 国森林科学研究所が実施した試験結果の提供を受け2022年に行った試験結果との比較を行った。次年度以降ハルモトの荒廃木とナス(アカマツ)の生木と森林荒廃木の試験を検討する。

以上の試験結果を踏まえ、4.6)で M 国産木材の評価を行った。

4.6) M 国と日本の木材比較

前項にて、M 国のロシアカラマツ(ハルモト)、アカマツ(ナス)の曲げ試験結果より、曲げ強度および曲げヤング係数の基準強度特性値(σ_F)を算定したので、日本農林規格(JAS)の製材(JAS-1083)に基づく「目視等級区分構造用製材」および「機械等級区分構造用製材」のあかまつ、べいまつおよびからまつの基準強度(F)と比較した。

上表より、M 国材の基準許容曲げ応力度(F_b)は、全数で $5.7(\text{N}/\text{mm}^2)$ であり、これはあかまつの3級と同等である。M 国材で最も高かった基準許容曲げ応力度(F_b)は3級の $8.1(\text{N}/\text{mm}^2)$ であかまつの2級・3級、べいまつの3級と同等である。

表 4.6.1 目視等級区分構造用製材(JAS)

樹種	区分	等級	基準材料強度(N/mm ²)	基準許容応力度(N/mm ²)	基準弾性係数(N/mm ²) (曲げヤング係数)	
			曲げ(Fb)	曲げ(fb)	E ₀	E _{0.05}
あかまつ	甲種構造材	1級	33.6	12.3	10,000	6,500
		2級	20.4	7.5		
		3級	14.4	5.3		
べいまつ	甲種構造材	1級	34.2	12.5	12,000	8,500
		2級	22.8	8.4		
		3級	17.4	6.4		
からまつ	甲種構造材	1級	29.4	10.8	9,500	6,000
		2級	25.8	9.5		
		3級	23.4	8.6		

表 4.6.2 目視等級区分による試験体の曲げ試験結果(M 国・宇都宮大学)

樹種	区分	等級	基準材料強度(N/mm ²)	基準許容応力度(N/mm ²)	基準弾性係数(N/mm ²) (曲げヤング係数)	
			曲げ(Fb)	曲げ(fb)	E ₀	E _{0.05}
ロシアカラマツ (ハルモト) アカマツ (ナス)	—	SS等級	15.5	5.7	9,996	6,035
		1級	14.4	5.3	10,882	6,663
		2級	10.0	3.7	10,405	5,448
		3級	22.1	8.1	10,000	5,801
		等級外	14.2	5.2	8,416	4,737
		全数	15.6	5.7	9,774	5,808

表 4.6.3 曲げヤング係数の値 (単位 Gpa 又は 10³N/mm²)

等級	曲げヤング係数	
E50	3.9 以上	5.9 未満
E70	5.9 以上	7.8 未満
E90	7.8 以上	9.8 未満
E110	9.8 以上	11.8 未満
E130	11.8 以上	13.7 未満
E150	13.7 以上	

JAS1083 機械等級区分構造用製材より

M 国材の曲げヤング係数(E_{0.05})は全数で 5,808(N/mm²)なので、図 4.6.1 より E50 等級に該当する。あかまつとからまつは E70 等級、べいまつは E90 等級なので、M 国材の曲げヤング係数は1等級下のランクとなった。M 国材のSS等級および1等級の曲げヤング係数であれば E70 等級に該当するのであかまつおよびからまつと同等である。

表 4.6.4 機械等級区分構造用製材(JAS)

樹種	等級	基準材料強度(N/mm ²)	基準許容応力度(N/mm ²)	基準弾性係数(N/mm ²) (曲げヤング係数)	
		曲げ(Fb)	曲げ(fb)	E ₀	E _{0.05}
あかまつ べいまつ	E50	—	—	—	—
	E70	12.0	4.4	6,900	5,900
	E90	21.0	7.7	8,800	7,800
	E110	30.6	11.2	10,800	9,800
	E130	39.6	14.5	12,700	11,800
	E150	48.6	17.8	14,700	13,700
からまつ	E50	13.8	5.1	4,900	3,900
	E70	22.2	8.1	6,900	5,900
	E90	30.6	11.2	8,800	7,800
	E110	38.4	14.1	10,800	9,800
	E130	46.8	17.2	12,700	11,800
	E150	55.2	20.2	14,700	13,700

表 4.6.5 目視等級区分による試験体の曲げ試験結果(ものづくり大学)

樹種	等級	基準材料強度(N/mm ²)	基準許容応力度(N/mm ²)	基準弾性係数(N/mm ²) (曲げヤング係数)	
		曲げ(Fb)	曲げ(fb)	E ₀	E _{0.05}
ロシアカラマツ (ハルモト)	E50	—	—	—	—
	E70	17.0	6.2	10,403	4,516
	E90	24.5	9.0	12,916	7,734
	E110	28.9	10.6	13,184	7,522
アカマツ (ナス)	E130	66.9	24.5	16,563	12,381
	E150	95.9	35.2	19,020	15,991
	全数	37.7	13.8	14,287	7,758

上表より、M 国材の基準許容曲げ応力度(Fb)は、E110 等級を除き、E70 等級、E90 等級、E130 等級、E150 等級は、あかまつ・べいまつの同 E 等級を上回っていた。また、M 国材の E130 等級および E150 等級は、からまつの同 E 等級を上回っていた。

M 国材の曲げヤング係数(E_{0.05})は、E70 等級、E90 等級、E110 等級は、あかまつ・べいまつ・からまつの同等級を下回るが、E130 等級、E150 等級は 3 樹種を上回っていた。

以上のことから、機械等級区分によって仕分けられた試験体の M 国材の曲げ試験結果から見れば、M 国材は、「JAS の機械等級区分によるあかまつ・べいまつ」とほぼ同等の曲げ性能を有すると思われる。

5) M 国の木造住宅基準整備事業シンポジウム(第一回)

5.1) シンポジウムの概要

① 主題:「M 国の木材基準と木造住宅基準整備に向けた意見交換シンポジウム」

M 国が抱える開発課題の中で、「住環境の改善」「エネルギーの有効利用」「環境対策」に関係する取り組みとして、国土交通省の「令和 6 年度:住宅建築技術国際展開支援事業」の採択を受け、「M 国の森林資源の建築材料への利活用と環境負荷削減型木造住宅の普及を目的とした基準・規格の整備と普及事業」に対する意見交換を行うシンポジウムを企画した。

② 開催日時:2024 年 9 月 23 日(月) 9 時 30 分～16 時 30 分(M 国時間)

10 時 30 分～17 時 30 分(日本時間)

③ 主催:NPO法人GER (国土交通省, M 国科学技術大学協力)

④ 会場:M 国科学技術大学図書館棟6階 604 号大会議室

⑤ オンライン会議:(GooglemeetURL: <https://meet.google.com/xqs-ydtr-bpf>)



図 5.1.1 シンポジウム参加者集合写真



図 5.1.2 シンポジウム風景

5.2) シンポジウム議事録(割愛)

「シンポジウム議事録」

午前の部(司会・進行:小澤邦彦/NPO 法人 GER 副代表)

① シンポジウム趣旨説明(小澤邦彦)

- ・ NPO 法人 GER は 2017 年に設立され、ウランバートル市ゲル地区の環境改善に取り組む。
- ・ 大気汚染や交通渋滞などの課題解決に向け、毎月意見交換会を開催。
- ・ 本シンポジウムでは、ゲル地区の住宅性能向上と法的基準整備について議論を期待。

② 日本の国土交通省からの挨拶(小野寺真希)

- ・ 日本の国土交通省は、M 国ゲル地区の住宅性能向上プロジェクトを支援。
日本企業の海外展開支援のため、国際展開支援事業によって支援。
- ・ M 国の森林資源を活用し環境負荷低減を目指す課題について、有意義な成果を期待。
木造利用と環境負荷低減は課題であると認識しており、本シンポジウムが有意義なものになることを期待。
- ・ 得られた情報を共有し、協力を継続していく。
本シンポジウムを通して、今後の動向に対する知見を深めたい。

③ セッション I :M 国の住環境改善に関する日本側の取組み(松本年史)

- ・ 日本の国交省・JICA の支援を受け、2017 年以降さまざまなプロジェクトを実施。
 - ・ 2017-2019 年:WPC 集合住宅の耐震性・断熱性調査と改善策の提案
 - ・ 2019-2020 年:未活用木材の調査・木質建材開発・セルフビルド住宅の建設
- ・ 2024 年からの 3 年間の研究開発期間を想定し、以下の課題に取り組む。
 - ・ ゲル地区の再開発
 - ・ 森林の再生・保全

- ・ 小規模住宅の設計指針や法整備
- ・ セルフビルド方式の木造省エネ住宅工法の提案と基準策定

質問と回答の要約

- ・ Q1: ゲル地区の住宅に関する最大のインフラ問題への対応は？
A1: 浄化槽の改善が重要と認識している。
- ・ Q2: 森林の立ち枯れ木を建築資材として活用できるか？
A2: 木材市場を視察した結果、一部は建材として利用可能と判断。
まず建材として活用し、その後ペレット化して燃料としてリサイクルする方向で検討。
- ・ Q3: M 国にはカーボンニュートラルに関する政策があるか？
A3: 2040 年までにゲル地区に集合住宅を建設する計画がある。
- ・ Q4: 木材利用の目的は？
A4: 未活用の国内森林資源の有効活用と木造住宅の普及が目的。
- ・ Q5: WPC プロジェクトは広島大学の研究と関係があるか？
A5: 直接の関係はない。

③ セッションⅡ: GER 地区の住環境の現状と開発課題(八尾 廣)要約

研究の背景と調査結果

- ・ 2011 年から 13 年間、ゲル地区の住環境を研究。
- ・ 1 戸ごとに聞き取り調査を実施し、生活パターン・建築方法・経済状況などを分析。

主な調査結果

- ・ ゲル地区の拡大は 1960 年代から。
- ・ 広い敷地を持ち、庭も活用。
- ・ ゲルは定住向きではなく、補助的な役割に。
- ・ そのため隣に「BAISHINS(小型住宅)」を建築。
- ・ BAISHINS の特徴
 - ・ 玄関で冷気を防ぎ、メインの部屋は奥に配置。
 - ・ トイレは屋外、キッチンの近くに靴の脱ぎ履きスペースを設置。
- ・ ゲルの活用例
 - ・ 結婚した家族の住居、アトリエ、来客用、夏の寝室など。
- ・ BAISHINS の建築状況
 - ・ 45%が木造、37%が木造＋漆喰仕上げ。
 - ・ 73%以上がセルフビルドで建設(職人不足のため)。
- ・ 建築仕様
 - ・ 無筋基礎、角材を積み上げた木造壁、フェルト貼りの天井。
- ・ SNS を活用した知識共有が進む(庭づくり、太陽熱温水シャワー、排水設備の工夫など)。

開発課題

- ・ セルフビルドのニーズが高いが、断熱性能が低く大気汚染の原因に。
- ・ 安全性に関する知識の共有が必要。
- ・ 靴を履く生活様式のため、清潔な環境が整いにくい。
- ・ 広い敷地を活用した庭の設計を推進。
- ・ 子供の遊び場が不足、市民の憩いの場の整備が重要。

質問と回答の要約

- ・ Q1: M 国のために研究をしてくれたことに感謝。何か提案はあるか？
A1: ゲル地区は M 国特有の住環境。セルフビルドの専門知識を向上させることで、より良い住宅が実現できる。
- ・ Q2: 具体的な提案(モデルケース)はあるか？
A:2 ユニットを組み合わせる平面プランを提案した。
- ・ Q3: 日本ではプレカット工法があるが、提案にその考えは含まれるか？
A3: 組み立てやすい部材の普及は重要だが、セルフビルドが可能なシステムであることが最優先。
- ・ Q4: ゲル地区の敷地割はどう決まる？マスタープランはあるか？
A4: 都市計画的なマスタープランはなく、敷地の管理はコントロールされていない。

④ セッションⅢ:M 国の木造住宅の構造(T.Bayasaa・B.Munkl / M 国科学技術大学)

M 国の木造住宅の現状(B.Munkl)

- ・ 主要な構造方式:ログハウスが最多。OSF+断熱材、木チップパネル、2×4 工法も使用。
- ・ 木造が選ばれる理由
 - ・ 冬季でも工事が可能
 - ・ 重機不要・専門家なしでも施工可能
 - ・ 一定の基準が整備されている
- ・ 都市部の木造建築の歴史
 - ・ 伝統的に寺社建築に使用(レンガ壁+木造屋根)
 - ・ 戸建て住宅には「必修型」と「適用型」があり、木造は後者。
- ・ 研究と実験住宅
 - ・ 2×4 工法の試作を実施(壁はコストの関係でカナダ産ではなくロシア産を使用)。
 - ・ 移設を考慮し、柱には鉄骨を採用。

2×4 工法とヒートブリッジ計算(T.Bayasaa)

- ・ 45 m²の 2 階建て住宅(ゲル地区に建設)
 - ・ 2×4 工法の部材・OSB はカナダ産、その他は M 国産。
- ・ 公共建築(学校 2 棟)も木造を採用。

課題

- ・ 森林資源の利用が低い(80%が燃料用で建築材料が不足)。
- ・ 輸入木材のコストが高い(カナダ材は中国経由で価格が上昇)。
- ・ 木造建築の発展が遅い(IT の発展と対照的)。
- ・ 木造住宅のマニュアル整備と普及が必要。
- ・ 国の政策支援が必要(環境貢献を理解し、国のサポートを得る)。

アンケート結果

- ・ 望ましい住宅の構造
 - ・ 44%: 木造(2×4 工法)
 - ・ 21%: ログハウス
 - ・ 9%: コンクリート
- ・ 住宅建設における優先事項
 - ・ コスト
 - ・ 自然に近い場所
 - ・ インフラ確保
 - ・ 建築工法

⑤ セッションⅣ: 木質材料の性能評価(小野泰 / ものづくり大学名誉教授)

- ・ 木造の構造実験: 壁・接合部・材料(材質)に分かれる。
- ・ 今回の試験: 接着重ね梁の曲げ試験(M 国産木材の活用を前提)。
 - ・ 試験体: 杉 3 層構造の試験体 10 体を製作。
 - ・ 計測: 20 枚のひずみゲージを設置し、曲げヤング係数・基準強度を算定。
- ・ 使用材料: エポキシ樹脂(接着剤)、JAS 認定工場で製作。
- ・ 品質管理: 工場で基準を満たした試験体を大学に納入。

⑥ セッションⅤ: 木造建築の最新動向(大橋好光 / NPO 法人木の建築フォーラム代表)

日本における木造建築の発展

- ・ 地球温暖化対策・森林資源の持続的利用が促進要因。
- ・ 木造建築の基準改正(2000 年)
 - ・ 3階以上の木造建築が可能に(耐火基準の改正)。
 - ・ 新しい耐火技術の導入(燃え代、耐火被覆、3 層構造)。
- ・ CLT(直交集成板)の普及
 - ・ 政府が国産材活用を推進。
 - ・ 木造公共建築の適用拡大(3 階 → 5 階建て可)。
 - ・ 高層木造建築(20 階以上)の実験も進行中。

大規模木造建築の課題

- ・ コスト: 従来工法より 10～15%高い(目標は 5%差まで縮小)。
- ・ 公的助成: 全額補助はないが、助成制度あり。

- ・ 建設期間:20 階建ての場合、解体含め約 3 年。
- ・ 環境貢献:温暖化対策として木造建築の推進が重要。
- ・ 国内木材の利用:輸入材 80%だが、国内材シェアを 40%へ引き上げ目標。
- ・ 耐久性:木造と鉄骨ハイブリッドでの差はない。

⑦ 自由討議

- ・ M 国科学技術大学 GAN BAATAR 氏より、**広島大学と共同研究した「無補強レンガ造建築の木質パネル補強」**の成果を発表。

八尾教授のコメント:「M 国にはレンガ造の歴史的建造物が多く、この技術が保存に役立つなら意義がある」。

6) まとめ

6.1) 事業の実施結果

M 国の開発課題に対して、本事業では3年計画で事業達成目標を設定し、本年度は基礎調査として事前評価書に記載した下記の事業目的に対して以下の内容を実施した。

- ① 「M 国の木造住宅の普及・拡大による住環境の改善と環境負荷の削減」目的に対して
 - ・ M 国の戸建て住宅の現状を UB 市の GER 地区を中心に調査した。
 - ・ 本事業で M 国の木造住宅基準整備の対象と考える木造住宅のタイプを設定した。
- ② 「M 国未活用森林資源の建築材料への有効活用による森林荒廃の改善と森林再生の促進」目的に対して
 - ・ M 国の森林資源の現状を文献資料と過去の渡航調査資料を基に整理した。
 - ・ M 国の建築用木材の流通と管理体制の状況を文献資料と現地視察を基に整理した。
- ③ 「日本の木造住宅基準と省エネ基準を基にした M 国の木造住宅基準と省エネ基準の整備による住宅性能と省エネ性能の向上」目的に対して
 - ・ M 国の建築基準の日本語翻訳を行った。
 - ・ 日本の木造住宅基準の概要を整理した。
 - ・ 省エネ基準の整備による住宅性能と省エネ性能の向上目的については、M 国の建築省エネ基準関連の資料調査が不十分で、今後日本の省エネ基準を含めて再調査を行うこととした。
 - ・ 次年度計画している M 国の木造住宅基準の整備内容については M 国チームと検討方法を協議中である。
- ④ 「日本の木材基準・規格を基にした M 国の木材基準・規格の整備により、M 国木建材の性能・品質の向上と日本への木材輸入の可能性の拡大」目的に対して
 - ・ M 国の森林資源の建築材料への利活用を目的とし、M 国の主要木材 2 種の木材試験を実施する計画は、渡航調査時にロシアカラマツ生木の木材試験が実施済みであることがわかり、今年度事業ではその試験データの整理を行った。今後必要な木材実験については追加試験を検討することとした。
 - ・ 上記データおよび前の事業の M 国木材試験データを、日本の木材規格と比較して建築材料への活用課題を整理した。
- ⑤ 「日本と M 国の木造建築技術交流と協力関係の構築・推進」目的に対して
 - ・ シンポジウムを 2024 年 9 月にモンゴル科学技術大学で開催し、M 国の産・官・学関係者、GER 地区 NGO 団体、GER 地区住民に広報し、今回の事業目的と内容を紹介するとともに、M 国側と木造住宅の基準整備と普及に向けた意見交換を行った。

6.2) 今年度事業で得られた効果

本事業により下記の事業効果が得られたと考える。

① の事業目的に関連する事業効果

- ・ UB 市 GER 地区住宅の現状調査により、GER 地区の現状と課題が明らかになり、住環境と環境汚染の改善に必要な建築基準整備の内容を明確にする効果が考えられる。

② の事業目的に関連する事業効果

- ・ M 国の未活用森林資源と木材流通調査によって、木材の建築分野への有効活用の課題を明らかにする効果が考えられる。

③ の事業目的に関連する事業効果

- ・ これまで建築審査対象外となっていた M 国の小規模住宅（日本の改正基準法新 2 号と新 3 号に該当する木造建築）に対して日本の建築審査内容を参考とした建築基準の整備を行うことで、住宅の性能確保の効果が期待できる。

④ の事業目的に関連する事業効果

- ・ 日本の目視等級を参考にした木材基準の整備により、M 国の木造住宅への未活用木材の適切な利活用効果が期待できる。
- ・ M 国の木材試験データの整理によって、2022 年度事業での試験結果と合わせて日本の製材目視等級・木材強度との比較効果があった。

⑤ の事業目的に関連する事業効果

- ・ シンポジウムの開催を通して、本事業が M 国の木造住宅基準整備による住環境の改善と森林未活用資源の建築分野への活用に対して貢献効果を有することを紹介した。
- ・ M 国の小規模木造住宅基準が日本の基準をベースに整備されることで、日本の木造住宅関連企業の M 国への展開効果が期待される。

6.3) 今年度事業で明らかになった課題

- a) 省エネ規準整備の必要性
- b) 建築基準準拠検査制度と機関設置の必要性
- c) 建築基準準拠住宅拡大の金融政策

6.4) 今後の計画

- 1) 本事業完了後（令和 7 年度以降）の中長期的な取組みとして想定している内容について
本事業は、令和 6 年からの 3 年間で実施する計画を立てた。
 - a) 令和 7 年度（次年度）は、初年度の調査内容をもとに次の事業を行う計画である
 - ① M 国の木造住宅建築基準案の作成と提案（日本語とモンゴル語で作成予定）。
 - ② M 国未活用木材を活用した DIY 木造モデル住宅の再設計と提案。
 - ③ 日本の基準・規格に準じた M 国の木製品の日本への輸出可能性と課題を調査する。

- ④ M 国でシンポジウムを開催し、事業内容の成果を説明・紹介する。
- b) 令和8年度(最終年度)は、事業成果の M 国への普及・実証を計画する。
 - ① M 国の木造住宅省エネ規準の作成と提案(日本語とモンゴル語で作成予定)。
 - ② M 国未活用木材を活用した DIY 木造モデル住宅の建設。
 - ③ 木造住宅基準、省エネ規準準拠の審査と検査方法を提案する。
 - ④ 木造 DIY 住宅建設マニュアルに本事業成果を加筆する。
 - ⑤ シンポジウムを開催し、これまでの事業内容と成果を紹介する。