



環境省

令和7年度環境省委託

令和7年度
脱炭素社会実現のための
都市間連携事業委託業務

ウランバートル市の寒冷地における
環境インフラ導入促進事業
報告書

令和8年3月
(2026年)

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
札幌市

目次

第 1 章 事業概要	1
1.1 事業の背景	1
1.2 事業の目的	1
1.3 事業概要	2
1.4 実施体制	2
1.5 実施内容	3
1.6 事業の参画都市概要	4
第 2 章 ウランバートル市の気候変動に対する取組	5
2.1 ウランバートル市の概況	5
2.2 ウランバートル市の課題	6
2.3 モンゴル国の GHG 排出状況	9
2.4 モンゴル国の気候変動対策	11
2.5 ウランバートル市の気候変動対策にかかる取組	13
第 3 章 札幌市の気候変動対策と寒冷地向け取組、支援・知見共有	18
3.1 札幌市の気候変動対策	18
3.2 都市間連携事業による寒冷地向け取組、支援・知見共有	21
3.3 モンゴル・ウランバートルにおける取組の適用	22
第 4 章 寒冷地における環境インフラ導入促進にかかる検討	27
4.1 熱供給改善にかかるモデル事業の検討	27
4.2 電力供給改善にかかるモデル事業の検討	45
第 5 章 寒冷地同士の都市間連携協議	57
5.1 札幌の地域特性、寒冷地の取組・技術、モデル事業にかかる知見共有	57
5.2 今後の札幌・ウランバートルの協力体制	69
附属資料 A: 札幌市の取組	A-1
附属資料 B: 屋根置き太陽光発電設備 提案資料	B-1
附属資料 C: 会議・ワークショップ資料	C-1

図表リスト

図 1-1	事業実施体制	2
図 2-1	ウランバートル市地図（左：位置図、右：首都行政区）	5
図 2-2	モンゴル国とウランバートルの人口推移（2000～2024 年）	6
図 2-3	モンゴル国の燃料別 CO ₂ 排出量	9
図 2-4	モンゴル国一人当たりの CO ₂ 排出量（日本との比較）	10
図 2-5	エネルギー生産の炭素強度	10
図 2-6	ウランバートルにおける大気質改善のシミュレーション	16
図 3-1	ゼロカーボン都市実現に向けた札幌市の取組経過	18
図 3-2	札幌市の温室効果ガス排出量目標	19
図 3-3	札幌市・全国の家庭生活における 1 世帯あたり CO ₂ 排出量（2021 年度確定値）	20
図 4-1	ウランバートル市のガス利用及び固形燃料発電の PPP 計画	28
図 4-2	潜熱回収型ボイラー例	30
図 4-3	実施体制案（ボイラー更新事業）	30
図 4-4	地中熱ヒートポンプと太陽熱を組み合わせたハイブリッド暖房システム	35
図 4-5	想定するヒートポンプシステム（左）と第 121 番学校における実績（右）	36
図 4-6	冷凍システム搭載の新型 ZQS ヒートポンプ	36
図 4-7	ディスプレイとデジタルポート（第 121 番学校における実績）	37
図 4-8	実施体制案（地中熱ヒートポンプ）	38
図 4-9	想実施体制案（屋根置き太陽光発電）	50
図 4-10	設備購入契約（上）と PPA 契約（下）	51
図 4-11	本事業で取り組んできた建物を対象にした ZEB 促進	55
図 4-12	寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケース	55
図 4-13	グリーン住宅開発の目標（和訳）	56
表 1-1	実施工程	3
表 2-1	モンゴル国の気候変動に係る政策	11
表 2-2	モンゴル国 NDC の分野別 GHG 削減目標	12
表 2-3	ウランバートル市の GHG 削減目標	13
表 3-1	札幌市の施策別の取組と目標削減量（t-CO ₂ ）	19
表 3-2	札幌市のまちの歩みと環境問題の変遷	21
表 3-3	札幌市における省エネ対策	22
表 3-4	円山動物園カバ・ライオン館に導入した太陽光発電設備の概要	22
表 3-5	グリーンビルディング・オープンセミナー	23
表 3-6	札幌視察の概要	25
表 4-1	ボイラー設備の選定比較	32
表 4-2	コ・イノベーションによる途上国向け低炭素技術創出・普及事業	34
表 4-3	第 121 番学校の規模を想定した初期費用	40

表 4-4	第 313 番総合学校における概算費用の前提条件	41
表 4-5	JCM 設備補助事業の申請・施工計画（案）	41
表 4-6	第 121 番学校への地中熱 HP の導入により得られた課題と対策	42
表 4-7	フレキシブルパネルの概要	47
表 4-8	第二病院の条件	49
表 4-9	第二病院向けの提案条件	51
表 4-10	JCM 設備補助事業の申請・工事スケジュール（案）	53
表 5-1	ウランバートル市とのワークショップ・協議	57
表 5-2	提案事業の概要	70
表 5-3	対象別による ZEB・ZEH の具体的な普及活動（案）	71
表 5-4	金融審査の項目と詳細	73
表 5-5	省エネ住宅基準にかかる札幌市とウランバートル市の協力可能性（例） ...	74

略語表

略語	正式名称	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AHURP	Ulaanbaatar Green Affordable Housing and Resilient Urban Renewal Sector Project	グリーンアフォーダブル住宅事業
AI	Artificial intelligence	人工知能
ASMMA	Asian Secondary Mortgage Market Association	アジア証券化機関連合
BAU	Business as Usual	何も対策を講じなかった場合
BCP	Business Continuity Plan	事業継続計画
BESS	Battery Energy Storage System	バッテリーエネルギー貯蔵システム
BELS	Building-Housing Energy-efficiency Labeling System	建築物省エネルギー性能表示制度
BIM	Building Information Modeling	建築情報モデリング
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency	建築環境総合性能評価システム
CES	Central Energy System	中央エネルギーシステム
CFWH	Coal-Fired Water Heater	石炭焚き温水ヒーター
CHP	Combined Heat and Power	熱電併給
COP	Conference of the Parties	締約国会議
C2P2	Clean City Partnership Program	クリーン・シティ・パートナーシップ・プログラム
EDGE	Excellence in Design for Greater Efficiencies	省エネ・環境配慮型建築認証
EMS	Energy Management System	エネルギー管理システム
GEC	Global Environment Centre Foundation	公益財団法人 地球環境センター
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
GX	Green Transformation	グリーントランスフォーメーション
HOB	Heat Only Boiler	熱供給ボイラー
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
INDC	Intended Nationally Determined Contribution	約束草案（パリ協定前の国別削減目標）
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JASE-W	Japan Association for Sustainable Energy	世界省エネルギー等ビジネス推進協議会
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JFJCM	Japan Fund for the Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度日本基金

JHF	Japan Housing Finance Agency	日本住宅金融支援機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
MGBC	Mongolia Green Building Council	モンゴルグリーンビルディング協議会
M-JEED	Mongolia-Japan Engineering Education Development Project	モンゴル工学系高等教育支援事業
MMC	Mongolian Mortgage Corporation	モンゴル住宅金融公社
MRV	Measurement, Reporting and Verification	測定・報告・検証
NDC	Nationally Determined Contribution	国が決定する貢献
NOSK	Niisleliin Oron Suutsny Korporats (Ulaanbaatar Housing Corporation)	ウランバートル公団公社
PCS	Power Conditioning System	パワーコンディショナ
PPA	Power Purchase Agreement	電力購入契約
PV	Photovoltaics	太陽光発電
QOL	Quality of Life	生活の質
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance	通年性能係数
SEMS	Smart Energy Management System	スマートエネルギー管理システム
TDB	The Development Bank of Mongolia	モンゴル開発銀行
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動枠組条約
VRE	Variable Renewable Energy	変動性再生可能エネルギー
ZEB	Net Zero Energy Buildings	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル
ZEH	Net Zero Energy House	ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス

第1章 事業概要

1.1 事業の背景

2022年に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書第3作業部会報告書によると、世界のGHG排出量の約7割が都市由来とされており、パリ協定で定める1.5度目標の達成に向けては、都市における気候行動の加速が必要不可欠である。日本は、国と都市が協働して、ゼロカーボンシティの実現に向けて、2021年6月に策定された地域脱炭素ロードマップの下、脱炭素先行地域を100か所以上創出し、全国に拡大する取組を進めている。

世界全体での脱炭素社会の実現に向けては、特に経済成長が著しく今後GHG排出量の増加が見込まれる途上国等において、持続可能な脱炭素社会構築への動きを加速させることが必要であり、社会経済の発展を支える活動の場である都市の脱炭素化に向けて、国際的にも都市の取組を支援する動きが強化されている。

上記のような背景を踏まえ、本事業では、脱炭素社会形成に関する経験やノウハウ等を有する本邦都市とともに、日本の民間企業・大学等の連携とも図りつつ、海外のパートナー都市における脱炭素社会形成、環境汚染・循環経済・自然再興（ネイチャーポジティブ）を含む都市課題に対して包括的な取組及び脱炭素社会の形成に寄与する設備の導入を支援するための調査等を実施する。

1.2 事業の目的

札幌市とウランバートル市は、共に冬季の熱供給の維持等の寒冷地特有の課題を持つ。本事業を通じて、札幌市の石炭依存から脱却した経験をウランバートル市に共有することで、ウランバートル市のカーボンニュートラルに貢献することを目的とする。

内陸国であるモンゴル国は、エネルギーを石炭に依存しており、ウランバートル市の一次エネルギー消費に占める石炭のシェアが約7割を占めている。世界各国の首都の中で最も年間平均気温が低く、厳冬季はマイナス30度以下となるウランバートル市は、冬季の熱供給の維持という寒冷地を象徴する課題がある。市街地では、国内で豊富に産出される安価な石炭を熱源とした熱電併給火力発電所（CHP）による、地域熱供給システム（セントラルヒーティング）（以降、「地域熱供給」とする）が利用されている。地域熱供給が届かない地域では、石炭焚き暖房ボイラー施設（HOB）が利用され、ゲル地区では石炭ストーブに依存している。他方、NDCにて、2030年までにGHG総排出量を2010年比で22.7%削減を掲げており、ウランバートル市長令により石炭使用制限が促進されている。更に、2024年11月には電気料金が3割値上げされ、熱源の転換とその効率的な活用（省エネ対策）が求められている。

札幌市は、積雪寒冷地として冬季の暖房使用によるエネルギー消費が大きく、ウランバートル市と共通の課題を抱えている。かつては石炭・重油の使用や自動車の急激な増加による深刻な大気汚染を経験したが、札幌冬季オリンピック（1972年）を機に、都市部において石炭から天然ガス等への燃料転換や、効率的な地域熱供給の整備を推進し、大気環境

を劇的に改善させてきた。近年では、これらに加え再生可能エネルギーや排熱の活用も進めている。本事業では、札幌市のエネルギー転換の成功例を参考に、石炭依存からの脱却や大気汚染対策を推進するウランバートル市の2030年までのGHG削減目標、モンゴル国のNDC達成に貢献する。

過年度は、2024年12月に札幌市にて22都市が加盟する「世界冬の都市市長会」(以下、WWCAM)の開催時に、札幌市・ウランバートル市の両市長対談、更に2025年1月に札幌で実現した両副市長対談を本事業で実施した。これらの結果を踏まえ、本年度は、札幌市の積雪寒冷地としての地域特性、人口・都市機能の集積としての地域特性を活かした取組を、引き続きウランバートルに知見を共有し展開する。具体的には、①建物の低炭素化(省エネ対策)、②熱供給システムのエネルギー転換(熱源の転換)のために、寒冷地の環境インフラの導入・JCM事業の案件形成に向けて事業を実施する。

1.3 事業概要

委託業務名：令和7年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務
 (ウランバートル市の寒冷地における環境インフラ導入促進事業)
 履行期間：令和7年5月9日～令和8年3月13日
 発注者：環境省 地球環境局
 受託者：株式会社オリエンタルコンサルタンツ

1.4 実施体制

本事業は、オリエンタルコンサルタンツが主体となり、札幌市環境局とウランバートル市国際協力部の協力を得て実施した。札幌市とウランバートル市は共に寒冷地に位置する都市であるため、石炭依存から脱却した札幌市の経験を基に、ウランバートル市の脱炭素社会形成に向けた取組や技術の支援を行うには有効な組み合わせである。

本事業では、下図に示す札幌市および道内企業の支援を得て、ウランバートル市の脱炭素につながる設備導入の調査を実施した。

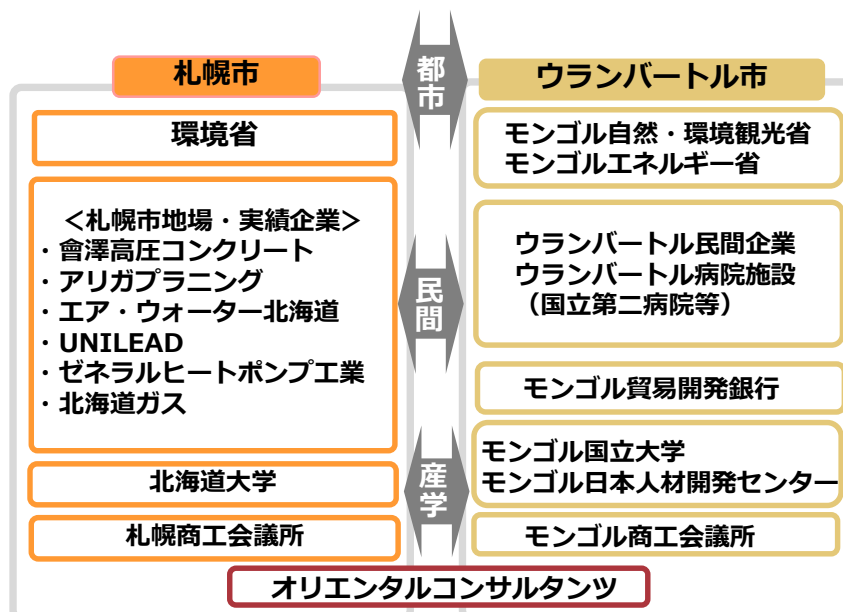


図 1-1 事業実施体制

1.5 実施内容

本事業では、エネルギー源を石炭に大きく依存するウランバートル市で再生可能エネルギー等のクリーンなエネルギーの利用を促進すべく、GHG 排出量削減に寄与する設備導入に係る案件形成のための活動を実施した。具体的には、寒冷地における環境インフラ導入促進として、以下2つを実施した。

- ・熱供給システムのエネルギー転換を促進するため、地中熱ヒートポンプと高効率・LPG ボイラーを対象に、効果や有効性を整理・分析した。ウランバートル市および関係団体に対するニーズ調査に基づき、モデル事業の提案を行い、案件形成を進めた。
- ・病院向け省エネ・再エネ導入を促進するため、屋根置き太陽光発電及び蓄電池システム、室内省エネ改善による JCM 設備補助事業の形成を図った。

また、寒冷地・札幌の地域特性を活かした取組の経験やノウハウを、ワークショップ等により共有した。将来的に、ウランバートル市と連携した事業促進を継続するため、今後の両都市にかかる協力体制について合意を図った。

本報告書では、1章では事業の概要、2章ではウランバートル市の気候変動に対する取組について記載する。3章では札幌市の気候変動対策と寒冷地向け取組、支援・知見共有、4章では寒冷地における環境インフラ導入促進にかかる検討について詳述し、5章では寒冷地同士の都市間連携協議について詳述する。

表 1-1 実施工程

項目	2025年度											
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
打合せ・報告会	キックオフミーティング (契約締結時)				中間報告					最終報告		
実施内容												
(1)寒冷地における環境インフラ導入促進												
①熱供給システムのエネルギー転換	←→				←→				←→			
②低炭素型住宅・施設への転換	←→				←→				←→			
③寒冷地に適した資源の利活用	←→				←→				←→			
(2)道内企業とモンゴル民間企業によるJCM事業活用の促進												
-地場企業モンゴル企業のマッチング、及びJCM活用等 による環境インフラの導入促進	←→				←→				←→			
-札幌の地域特性を活かした取組の知見共有	←→				←→				←→			
-UB市長・副市長と継続協議、連携した事業形成の促進	←→				←→				←→			
現地調査		←→			←→				←→			
現地ワークショップ/市長級対話					▲			▲				
関係会議での発表、調整対応等										←→		
環境省以外の支援機関との連携		←→			←→				←→			
月次報告	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
報告書							←→				▲ 提出	

履行期間：令和7年5月9日～令和8年3月13日

1.6 事業の参画都市概要

(1) 札幌市

札幌市は、北海道の政治、経済、文化の中心地であり、日本最北の政令指定都市（人口約 197 万人）である。積雪寒冷地のため、冬季の暖房エネルギー消費が多く、住宅の暖房エネルギー消費量が日本全国平均の約 3 倍に達する。温室効果ガス排出量の約 98% を占める CO₂ 排出量の内訳は、家庭、業務及び運輸の 3 部門で約 9 割を占めるのが特徴である。

かつて石炭産業の集積地であった北海道において、札幌市も石炭暖房等による深刻な大気汚染を経験した。しかし、1972 年の冬季オリンピックを契機に地域熱供給やインフラ整備により、石炭から天然ガス等への転換を行ってきた。近年では再生可能エネルギーや排熱の活用も進めている。これらのエネルギー変遷より、札幌市は、モンゴル国が現在直面している課題に先行して対応を図ってきた都市といえる。

現在は、2050 年のゼロカーボン都市の実現に向けた 2030 年の目標として、温室効果ガス排出量を 2016 年比で 55% 削減することを掲げ、徹底した省エネ対策や、太陽光発電など建築物等への再生可能エネルギー導入などを推進している。

第2章 ウランバートル市の気候変動に対する取組

本章では、本都市間連携事業（以下、本事業）を進めるにあたり、パートナー都市であるウランバートル市の課題と脱炭素にかかる取組について記述する。

2.1 ウランバートル市の概況

ウランバートル市は、行政的には「首都特別区」に指定されており、市域面積は 4,704 ㎡で 9 つの区で構成される。ウランバートル市の面積は国土の約 0.3% である。

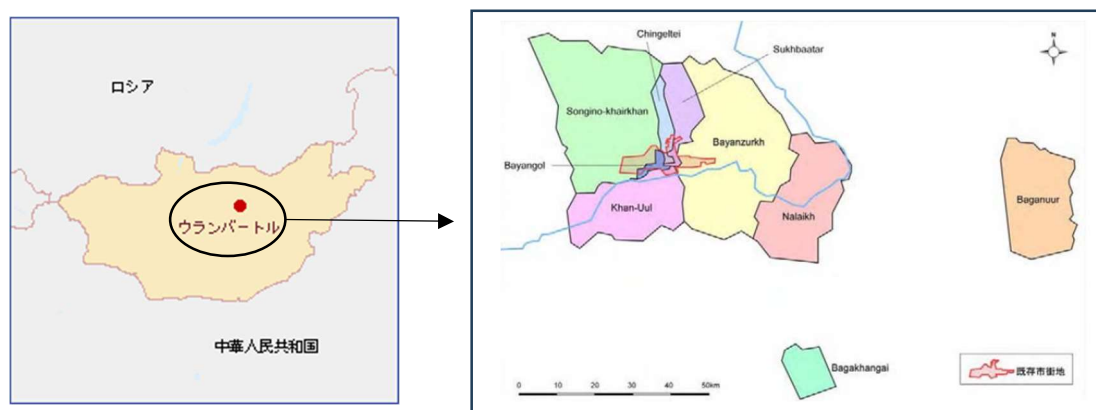


図 2-1 ウランバートル市地図（左：位置図、右：首都行政区）

出典：外務省（左）、JICA「モンゴル国ウランバートル市都市計画マスタープラン・都市開発プログラム策定調査」（右）

ウランバートル市は、世界各国の首都の中で最も平均気温が低く、厳冬季の 12 月と 1 月の日中はマイナス 15 度からマイナス 30 度まで下がる。年間を通じた暖房の使用期間が、9 月中旬から 5 月中旬の 8 か月間程度と長い。

ウランバートル市の人口は、民主化前の 1989 年には 60 万人だったが、2000 年に約 80 万人となり、地方からウランバートルへの人口流入が続いている。2024 年のウランバートル市の人口は、2019 年には、2 倍以上である約 172 万人となり、2024 年にはモンゴル国全人口約 345 万人の約半数を占めている。ウランバートル市の人口増加率はモンゴル国平均の人口増加率を超えており、一極集中が進んでいる。ウランバートル市による人口の将来推計は、2040 年に 200 万人を超える予測となっている。

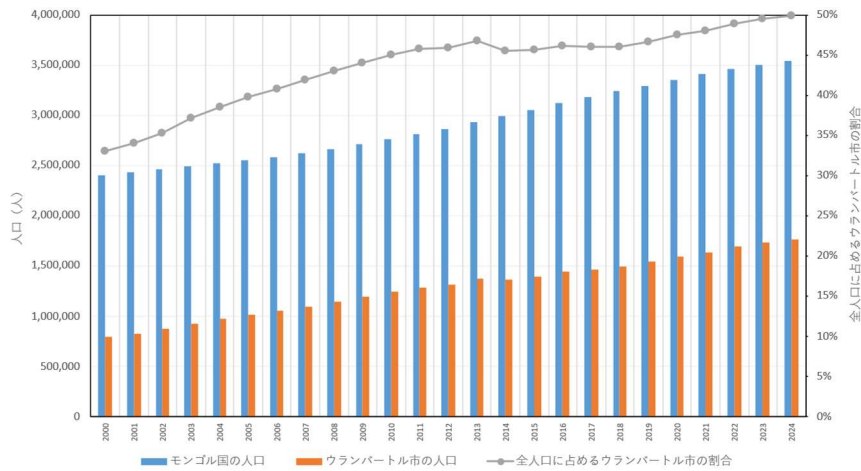


図 2-2 モンゴル国とウランバートルの人口推移（2000～2024 年）

出典：モンゴル国統計局データベースを元に調査団が作成

地方から移動してきた人々の多くは、行政の許可なく市の周辺部に無秩序にゲルや簡易な家屋を建てた集落であるゲル地区に吸収されている。今日では、ウランバートル市内のゲル地区の人口は、首都の約半数にあたるおよそ 84 万人に上る。ウランバートル市のインフラは急速な人口流入により整備が追いついておらず、電力需要ピーク時の電力不足や中心部における渋滞等の深刻な都市問題が発生している。

モンゴル国は 2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みであるパリ協定に参加し、温室効果ガスの排出を削減することを約束している。エネルギー効率を改善し、CO₂を削減することは、モンゴル国の「国が決定する貢献（NDC）」の優先事項となっている。

2.2 ウランバートル市の課題

ウランバートル市では、低質炭の利用により多量の煤煙が排出され、大気汚染が発生している。発生源は、3カ所の旧式石炭焚き火力発電所（第2～第4火力発電所）、約200カ所の地区暖房用ボイラー（HOB）と小型石炭焚き温水ヒーター（CFWH）、ゲル地区居住20万世帯以上（2023年¹）の20～30万基に及ぶゲルストーブであり、暖房需要の高まる冬期は特に大気汚染が深刻である。加えて、火力発電所の焼却灰や道路粉塵の飛散、自動車排出ガス等による大気汚染の悪化が懸念されている。

石炭粉塵は多くの健康被害を引き起こしている。また、微小浮遊物質であるPMも健康被害を引き起こし、特に子供の健康への影響が指摘されている。ウランバートル市の空気質はモンゴル国気象庁より報告されており、2017年～2022年冬季全てにおいてPM10の平均濃度は基準値を超えていた。ウランバートルは高地の盆地であり、寒冷な環境であるため、逆転層によって大気に蓋がされ都市域に大気汚染物質が滞留しやすくなっている。

大気汚染の主たる原因は、石炭への依存である。ウランバートル市の電力供給は、主に石炭火力発電に依存しており、全体の9割以上を占めている。ウランバートル市内の中心

¹ http://ubstat.mn/download-jobtable=khun_amiin_too_khoroogoor_2023_on-2024.xlsx

街においては熱電併給石炭火力発電所（CHP）が主に利用されており、更にゲル地区では石炭ストーブが利用されていることから、環境負荷が高い。

ウランバートル市における大気汚染問題は、熱供給構造、電力供給構成、住宅性能、料金制度といったエネルギーセクター全体の構造的課題が複合的に関係している。各課題の詳細を以下の通り整理する。

（1） 地域暖房に係る課題

モンゴル国の最終エネルギー消費全体の約 6 割は、暖房を中心とする熱需要が占めている。首都ウランバートル市では、冬季に気温がマイナス 30 度を下回る気候条件を背景に、年間のおよそ半分の期間にわたり暖房需要が発生している。中心市街地では、CHP や HOB による地域熱供給が整備されているが、これらの多くは 1960～1980 年代に建設された老朽設備であり、設備効率が低い。その結果、単位熱供給当たりの石炭消費量および大気汚染物質排出量が大きき構造となっている。さらに、老朽化に伴う故障や供給能力の低下により、近年増加する暖房需要に十分対応できないケースも見られ、厳寒期には需要が供給能力を上回るなど、安定的な熱供給の確保が課題となっている。

一方、市人口の約半数が居住するとされるゲル地区では、各世帯が改良炭ストーブや小型石炭ストーブを用いた個別暖房を行っている。こうした分散型の石炭燃焼は、都市全体で見た場合、冬季における PM2.5 や PM10 の高濃度化の主要因とされている。加えて、ゲル住宅は断熱性能が低く暖房効率が悪いため、燃料使用量が増大し、その結果として大気汚染と温室効果ガス排出が同時に発生する構造となっている。

（2） 電力需要の増加と供給のひっ迫

経済成長および都市化の進展に伴い、ウランバートル市の電力需要は年々増加しており、特に冬季の午後 5 時から午後 10 時にかけての需要ピーク時には、電力需給のひっ迫が顕在化している。需要増加への対応として、同市では 2024 年に新たな発電所が建設・稼働したもの²、依然として需給バランスは厳しい状況にあり、安定的な電力供給の確保が重要な課題となっている。

また、電力供給は現在も石炭火力発電が主軸であり、発電電力量に占める化石燃料由来電力の比率は高い水準にある。経済成長と都市化の進展に伴い電力需要は年々増加しており、ピーク電力需要も拡大している。国内供給量の不足を補うため、不足分の電力をロシアおよび中国からの輸入に依存しているが、これはエネルギー安全保障上の課題であるとともに、外貨流出や輸入価格変動リスクを伴い、国内におけるクリーン電源への転換を遅らせる要因ともなっている。

（3） 再生可能エネルギー導入に係る課題

モンゴル国政府は、2030 年までに再生可能エネルギー比率を現行の 2 割程度から 3 割へ引き上げる目標を掲げている。しかしながら、現状では再生可能エネルギーの導入は限定的にとどまっている。その要因として、再生可能エネルギー分野への投資を促進するため

² トブ県バヤンジャルガラ市に位置するブルジュート発電所（150MW 発電）
<https://montsame.mn/jp/read/358760>

の法制度や税制上の支援措置が十分に整備されておらず、民間投資の拡大を阻害している点が指摘されている。

また、モンゴル国は風力や太陽光を中心に極めて高い再生可能エネルギー資源ポテンシャルを有しているものの、ウランバートル市を中心とする電力需給構造の制約や、系統調整力の不足により、その活用が進んでいない。特に、風力・太陽光といった変動性再生可能エネルギーの導入拡大に不可欠な蓄電池や高度な系統運用技術が不足していることが、石炭火力発電への依存からの脱却を困難にしている。この結果、電力部門における大気汚染物質および温室効果ガス排出の削減が進みにくい状況が継続している。

(4) 住宅の断熱性に係る課題

モンゴル国では、伝統的にゲルと呼ばれる移動式の住居が使用されてきたが、ウランバートル市の都市化の進展に伴い、アパートや一戸建て住宅が増加している。しかし、ウランバートル市の多数の住宅は断熱性が低く、暖房エネルギーの消費量が多くなるという問題がある。特にゲル地区の住宅の断熱性は低く、石炭の暖房を使用していることもあり、エネルギーの消費問題だけでなく、大気汚染問題の一因にもなっている。

(5) 電気料金に係る課題

ウランバートル市では、長年にわたり電力および熱料金が実際の生産コストを下回る水準で設定されてきた。このため、発電・熱供給事業者は慢性的な赤字を抱え、設備更新や技術革新、さらには環境対策への投資が困難な状況に置かれてきた。こうした料金制度および財務面の制約は、電力・熱供給分野における環境負荷低減を進める上での構造的な課題となっている。

近年、この状況を改善するため、ウランバートル市では 2024 年 11 月に電力料金の改定が実施され、平均電気料金は 1kWh 当たり 216 トウグルグ (約 9 円³) から 280 トウグルグ (約 11 円) へ引き上げられた⁴。企業や団体向けの電気料金についても平均で約 3 割の値上げが行われた。しかしながら、料金改定後においても電力価格は依然として生産コストを下回る水準にとどまっており、発電所は電力販売を通じて赤字を抱える構造から脱却できていない。そのため、老朽設備の更新や環境性能の向上を十分に進めることが難しく、持続可能な電力・熱供給体制の構築に向けて、さらなる制度的対応が求められている。

(6) 交通渋滞に係る課題

その他に、ウランバートル市では、近年の急激な人口集中に伴い、市内の車両台数が大幅に増加し、深刻な交通渋滞による大気汚染、CO₂排出量増加が問題となっている。自動車からの CO₂排出量は走行速度に影響される。2020 年の自動車登録台数は約 60 万台で、2010 年の 2.7 倍に増加している。最大の要因は、車両台数に対する交通容量不足に加え、信号交差点の不足等の交通管理や、公共交通サービスがバスしか存在しない等の問題による。

³ 1JPY=25 トウグルク (MNT) として計算

⁴ Mongolian National News Agency (2024-11-18), <https://montsame.mn/en/read/356054>

2.3 モンゴル国の GHG 排出状況

(1) GHG 排出量の現状

モンゴル国は石炭資源に非常に恵まれた国であり、モンゴル国の主な燃料は、安価に入手できる石炭である。発電、暖房や炊事等における燃料消費量の9割以上を石炭が占め、石炭への依存度が高い。また、冬季の暖房用の熱源確保の必要もあり、モンゴル国は全世界のGHG排出量の0.12%を占めている。

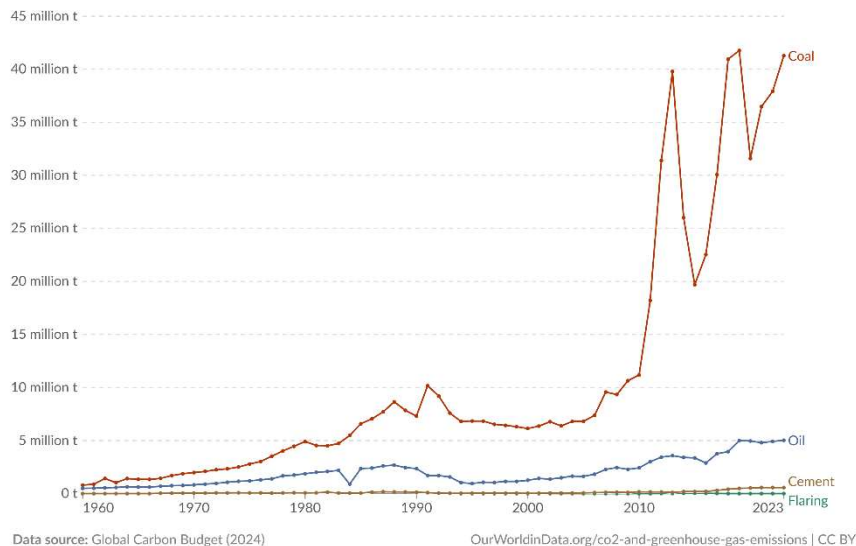


図 2-3 モンゴル国の燃料別 CO₂排出量

出典：Our World in Data⁵

2020年から2021年にモンゴル国のGHG排出量は4.7%増加した⁶。2010年以降モンゴル国の一人当たりのGHG排出量は増加しており、日本や世界平均よりも大きく、世界平均の2.7倍に達していると推定されている。今後、省エネや再エネ導入などによる削減対策を促進しない場合、経済発展と都市部でのさらなる人口増加などによりGHG排出量が増加する可能性がある。

⁵ Mongolia: CO₂ Country Profile, <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

⁶ Greenhouse Gas Emissions in Mongolia, <https://www.emission-index.com/countries/mongolia>

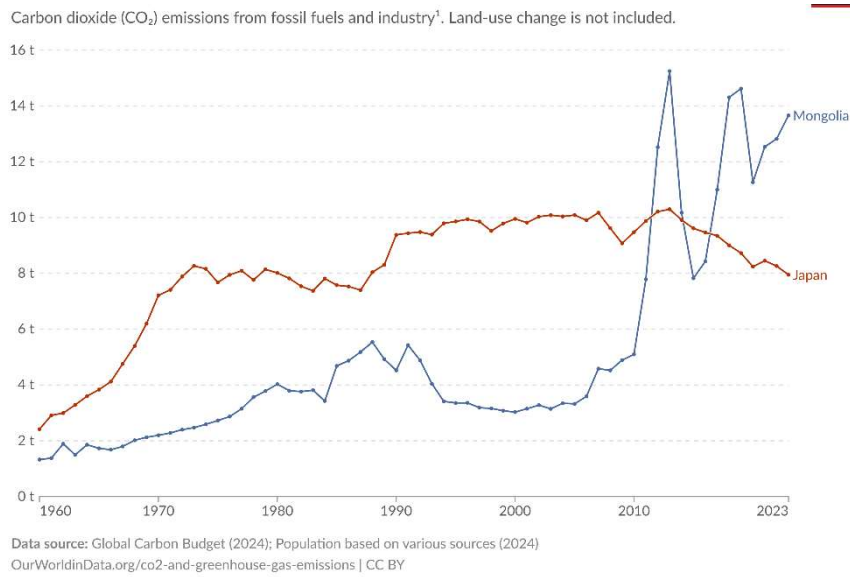


図 2-4 モンゴル国一人当たりの CO₂排出量（日本との比較）

出典：Our World in Data⁷

(2) エネルギー部門における GHG 排出量の現状

発電および暖房を含むエネルギー部門はモンゴル国最大の温室効果ガス排出源である。下の表は 1kWh のエネルギー生産に排出される CO₂の量が示されている。モンゴル国は 2010 年頃から世界の平均を大きく上回っている。

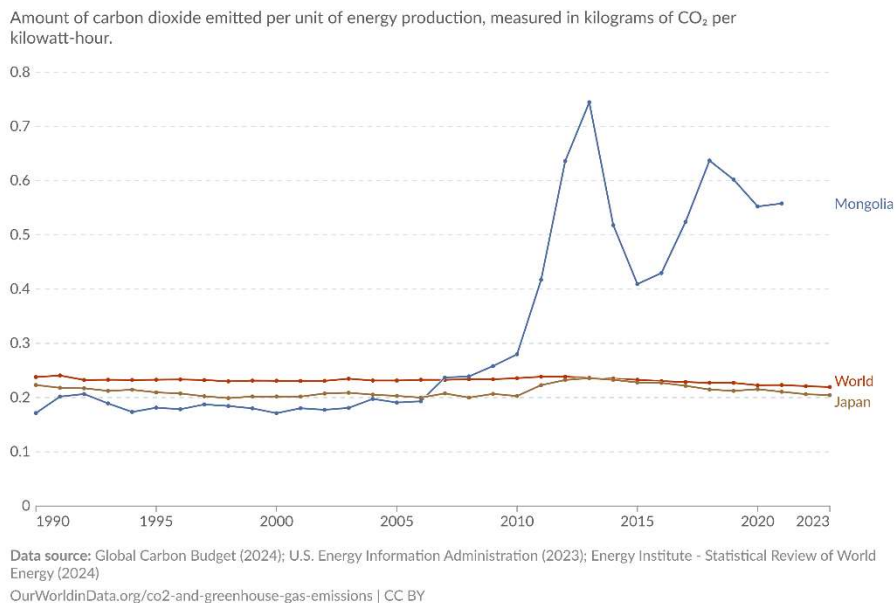


図 2-5 エネルギー生産の炭素強度

出典：Our World in Data⁸

⁷ Mongolia: CO₂ Country Profile, <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

⁸ Mongolia: CO₂ Country Profile, <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

2.4 モンゴル国の気候変動対策

気候変動対策に係る政策

NDCにおいて、モンゴル国は2030年までにGHG排出量の22.7%削減を目指している。以下の気候変動対策に関わる政策を通して、2050年にネットゼロによるカーボンニュートラルを目指していることを、2024年12月に札幌で開催された「世界冬の都市市長会」で発表している。

表 2-1 モンゴル国の気候変動に係る政策

年	政策名等
2014	グリーン開発政策
2015	INDC提出（2016年承認）
2020	国家長期開発計画「ビジョン2050」
2020	NDC更新
2022	モンゴル開発政策 2022
2024	政府行動計画2024

出典：調査団作成

(1) グリーン開発政策

2012年の「国連持続可能な開発会議」において、持続可能な開発目標と環境保全・経済成長を両立させる「グリーン経済」の重要性が認識された。これを受け、モンゴル国においても2014年に「グリーン開発政策」が策定された。戦略目標のひとつに「自然資源が効率的に利用され、GHG排出量や廃棄物発生量が少ない、持続的な消費と生産の促進」が掲げられている。2030年までのGHG緩和政策措置として、「建築物の熱損失を2014年比で2020年までに20%削減し、2030年までに40%削減」するとしている。また、「全電源のうち再生可能エネルギー容量（2014年7.62%）を2020年までに20%、2030年までに30%増加」との目標数値が掲げられている。

(2) ビジョン2050

2020年5月に議会で承認された、国の長期開発計画である「ビジョン2050」では、9つの基本目標（人間開発、グッドガバナンス、平和で安全な社会、グリーン成長、国民の価値観の共通、生活の質と中産階級、地域開発、人中心の都市、経済開発）と50の中長期の開発目標が設定されている。低炭素で生産性が高く包括的なグリーン経済を発展させ、気候変動を緩和する国際的な取組に貢献することを目指している。「新復興戦略」と「エネルギー部門の復興」の枠で、電力の自給自足の実現と環境にやさしいエネルギー原の増加に取り組むとしている。

(3) 国家が決定する貢献（Nationally Determined Contribution：NDC）

モンゴル国は、2020年10月に気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局に更新版NDCを提出し、2030年までのGHG排出削減目標を掲げた。2030年のGHG排出量を57.4 Mt CO₂-eqに削減し、BAU比で2030年に22.7%削減し、2050年までに排出量をゼロにする目標を掲げている。

NDCに示されている各部門の削減量目標とアクションプランでは、ウランバートル市内

の石炭利用の制限や再生可能エネルギーの利用、建物の断熱性能の向上が示されている。エネルギー発電供給部門での GHG 排出量は、再エネの導入と熱電併給石炭火力発電所（CHP）の利用縮小を通じて、2030 年までに削減目標量全体の 49%を削減するという目標を設定している。

表 2-2 モンゴル国 NDC の分野別 GHG 削減目標

アクションプラン	GHG 削減量 (Gg CO ₂ -eq.)
1. エネルギー関連分野	
1.1 エネルギー発電供給分野	
再生可能エネルギー源の利用 ・水力発電所、風力発電所、太陽光発電所、暖房設備用ヒートポンプ エネルギー生産効率の向上 ・電力と熱の伝達と配電網の損失削減、CHP 使用削減、発電所の効率向上、熱供給改善（熱供給システムの効率改善）	8,340.5
1.2 エネルギー消費分野	
交通 ・燃料品質の向上 ・石炭輸送を自動車から鉄道へ切り替え ・旅客列車の暖房の電気暖房へ切り替え	1,048.8
建設 ・建物の断熱性能向上 ・ウランバートル市内の石炭利用の制限、改良燃料への切り替え	830.1
産業 ・省エネ対策	1,045.2
エネルギーセクター合計	11,264.6
2. エネルギー分野以外	合計
	5,623.5
	総計
	16,888.1

出典：Mongolia's Nationally Determined Contribution

(4) モンゴル開発政策 2022

2022 年にモンゴル開発政策が策定され、気候変動対策の推進が図られている。温室効果ガス排出量の削減対策と気候変動の影響への適応の 2 つの主要な取組が進められている。適応策として、森林、牧草地、災害管理、社会福祉、生物多様性、農業、公衆衛生分野での取組が行われている。

(5) 政府行動計画 2024

具体的な GHG 削減の数値目標が設定されているエネルギー、農業、産業、道路交通、建設、廃棄物等の分野において、2024 年に政府行動計画としてより具体的な対策が立てられ、2024～2027 年の取組として実施される計画である。

2.5 ウランバートル市の気候変動対策にかかる取組

2.5.1 ウランバートル市の事業促進計画

(1) 首都開発ビジョン

2020年に国連の支援により策定された「首都開発ビジョン」では、2030年までのGHG排出削減目標が示されている。ウランバートル市は、モンゴル国の人口の約半数が集中していることに加え石炭火力発電所（熱電供給システム）もあり、主要なエネルギー消費のほとんどがウランバートル市に集中しており、モンゴル国全体のGHG排出削減に果たす役割が大きい。市の政策、計画の中に気候変動対策を重要課題として位置づけ、効果的な計画や管理能力を向上させるためのメカニズムの確立、都市インフラ改善のための予算の確保が目標に掲げられている。

表 2-3 ウランバートル市のGHG削減目標

単位：Gg CO₂-eq.

年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
削減目標	1,524	1,671	1,818	1,966	2,113	2,406	2,700	2,993	3,287	3,580

出典：「首都開発ビジョン（ウランバートル市、2020年）」より調査団作成

(2) ウランバートル市マスタープラン

2014年に策定された「ウランバートル市マスタープラン 2020・開発方針 2030」では、「気候変動に対応した、安全で健康的で緑豊かな都市であること」を目指すとしている。マスタープラン 2020の方針は、現在策定が進められているマスタープラン 2040に引き継がれており、気候変動に対応できる街、省エネ・資源節約に貢献する街、近隣の衛星都市を含めた一体的な開発などの方針を掲げている。現在、副都心地区等市内9地域を対象としたグリーン開発では、熱エネルギー消費量削減、再生エネ活用、節水、グリーン建材の使用等による光熱費20%削減が可能なグリーン住宅開発が計画されている。

(3) 2040年までのウランバートル市開発マスタープラン（草案）

当該マスタープランではウランバートルの課題の中から7つの主要分野を特定し、環境に優しく持続可能な開発モデルを作成することを目指す。マスタープランの草案は、高速道路建設、新複合施設建設、地下鉄建設など、24の大規模プロジェクトを含む⁹。ウランバートル市民の91%がアパートに住む機会を得て、一人当たりの緑地面積が増加、公共交通機関の利便性向上、再生可能エネルギー利用の拡大などの達成を目指し、「生活環境の良好な住みよい都市」を創ることを目標に掲げる。

2.5.2 熱供給改善に関する取組

ウランバートル市では、厳しい寒冷気候に加え、乾燥・粉じんの多い自然条件の下で、冬季の暖房需要が極めて大きく、熱供給の在り方が大気環境の質を左右する主要要因となっている。特にゲル地区を中心とした石炭燃焼型の個別暖房は、PM_{2.5}等の大気汚染物質

⁹ モンゴル政府 HP (2025-01-24), <https://mongolia.gov.mn/news/view/27129>

排出の主要な発生源であり、既存の石炭火力熱電併給（CHP）による集中熱供給に加え、低密度住宅地に残存する固体燃料依存型暖房への対策が、環境政策上の重要課題として位置付けられている。

このためウランバートル市では、熱供給の改善を大気汚染対策の中核施策の一つとして位置付け、需要側対策と供給側対策を組み合わせた段階的な取組を進めている。

（1） 実施体制の整備と役割

こうした取組を統括・実施する中核組織として、2024年11月のウランバートル市民代表会議決議（決議第24/13号）に基づき、公的企業「Sustainable Energy Infrastructure LLC（SEI）」が設立された。SEIは、モンゴル政府行動計画（2024～2028年）に掲げられた「エネルギーアクセスを備えた都市」の実現を目的として、ウランバートル市における分散型かつ持続可能なエネルギーインフラの整備を担う実施主体である。具体的には、ゲル地区を中心とした世帯の燃料転換、LPG・LNG等のガス燃料導入、熱供給・ガス供給インフラの計画・整備、実証事業の実施、ならびに関連する技術・安全基準の整備等を一体的に推進している。SEIの設立により、従来は分散していた熱供給改善・燃料転換関連施策が制度的・組織的に統合され、計画的かつ段階的な脱石炭化と大気環境改善を進める体制が整備された。

（2） 需要側の対策

需要側対策としては、住宅の断熱性能向上を最優先課題とし、既存のゲル住宅および戸建て住宅を対象に、壁・屋根・床・開口部等の重点的な断熱改修を進めている。調査結果からは、断熱性能の向上により暖房用熱需要が大幅に低減し、燃料消費量の削減と室内温熱環境の改善が同時に達成されることが確認されており、燃料転換の効果を高める基盤的施策として位置付けられている。

併せて、熱源転換の取組として、固体燃料からの脱却を目的に、ガス暖房機器および電化暖房機器への転換が進められている。特に、断熱改修と組み合わせた形でのガス暖房への移行は、暖房性能や利便性の面で住民の受容性が比較的高く、補助制度や料金支援を通じて一定規模での導入が図られている。また、暖房方式転換に伴う安全・健康リスクへの配慮として、遠隔監視機能を有する一酸化炭素検知器の設置を進めるなど、室内空気環境の改善と事故防止対策が講じられている。

（3） 供給側の対策

供給側対策としては、短中期的な移行措置として、従来型石炭に代わる低排出型燃料である半コークス燃料の導入と供給体制の整備が進められている。半コークス燃料は、硫黄酸化物や粒子状物質の排出量が相対的に低いとされており、全面的な脱石炭に至るまでの過渡期対策として位置付けられている。また、都市内に点在する中小規模ボイラー設備についても、燃料転換や効率改善を進めることで、都市全体の汚染負荷低減を図っている。

さらに中長期的視点からは、特定区域を対象とした「大気質改善区域（グリーンゾーン）」を設定し、当該区域内において固体燃料の使用を段階的に禁止するとともに、ガス、電力、再生可能エネルギー等のクリーンな熱源への転換を制度的に促進する方針が示されている。

これにより、住宅断熱、ガス・電化暖房、再生可能エネルギー利用を組み合わせた持続可能な熱供給体系への移行を目指している。

(4) 具体的な導入計画

具体的な取組計画として、2025年には市内5行政区を対象に約5,000世帯の住宅に対して断熱改修とガス暖房への転換を進める構想が検討されている。

このうち、ウランバートル市によるガス化促進事業として、Chingeltei区（市北部）およびBayangol区（市西部）の5つのホロー（行政最小単位）を対象に、断熱工事とガス暖房への切替を一体的に実施する事業が計画されている。本事業では、ゲル世帯1,468戸および集合住宅等3,361戸、合計約5,000世帯を対象とし、2025年10月1日から順次設備設置を開始している。現状調査では、ゲル世帯においては主に「壁・扉」から、住宅世帯においては「窓・屋根・扉」からの熱損失が大きいことが確認されており、建物形態に応じた重点的な断熱対策が講じられる。また、事業に協力する世帯に対しては、暖房期（9月15日～翌年5月15日）を対象として、1世帯当たり90万MNTの補助金が支給される仕組みが導入されている。



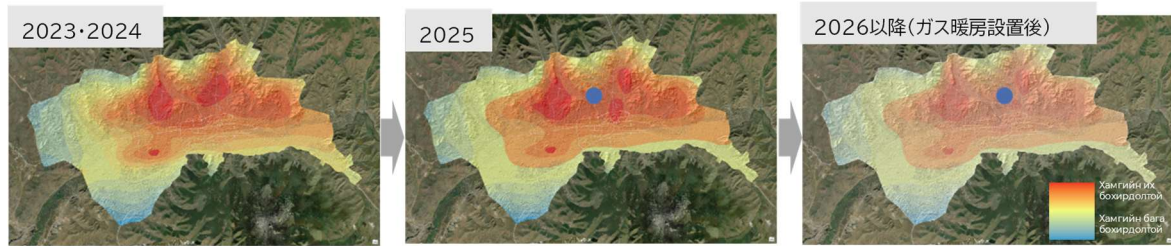
中国と開発したモンゴルの
厳冬・乾燥に適したガス供給機



ゲル住宅へのガス供給機の試験導入
(ウランバートル市長視察の様子)

2026年には新たに約46,000世帯を加え、合計約5万世帯のゲル住宅および建物住宅を対象に、断熱改修を実施した上で、ガス、電力、再生可能エネルギー等への接続を進める計画である。さらに2028年には、対象を約10万世帯規模に拡大し、固体燃料の使用を原則廃止することが計画されている。

ウランバートル市では、こうしたゲル地区を中心としたガス化・熱供給改善事業の推進により、市北部を中心に、2023～2024年時点と比較して2026年には約26%の大気質改善を達成することを目標としており、将来シミュレーションに基づく効果評価が行われている。



出典：大気質ステーションセンター

図 2-6 ウランバートルにおける大気質改善のシミュレーション

加えて、再生可能エネルギーの活用として、ウランバートル市は国連開発計画（UNDP）と連携し、太陽光発電と蓄電池を活用した住宅向けクリーンエネルギー導入プロジェクトを推進している。2025年には、Chingeltei 地区において太陽光発電設備および蓄電システムを導入する実証・展開事業が開始され、最大約 1,000 世帯を対象に、再生可能エネルギーによる電力供給と大気汚染削減を同時に図る取組が進められている。

2.5.3 電力供給の改善に関する取組

ウランバートル市として、電力供給の安定性確保と脱炭素化を同時に達成すること求められるなか、ウランバートル市およびモンゴル政府は、従来の石炭火力依存型の電源構成を見直し、太陽光発電や風力発電を中心とする再生可能エネルギーの導入拡大を進めている。特に、南ゴビ地域に豊富に賦存する風力・太陽光資源を活用した大規模導入を前提に、長距離送電線の整備による電力供給基盤の強化が計画されている。一方で、再生可能エネルギーは出力変動が大きいことから、システムの安定化を図るための調整力確保が不可欠となっている。

(1) システム安定化に向けた蓄電池導入

ウランバートル市は、2024～2025 年にかけて、Baganuur 地区において出力 50MW 規模のバッテリーエネルギー貯蔵システム（BESS）の建設を進めた¹⁰。本事業は、市が発行した初の外国投資家向け地方債を活用して実施されたものであり、再生可能エネルギーの系統統合促進と電力供給の信頼性向上を目的としている。加えて、系統用蓄電池の導入により、周波数制御や需給調整機能を強化し、ピーク時の電力供給能力を補完することが期待されている。

さらに、BESS に加え、ガスタービン発電や揚水発電といった調整可能な電源を組み合わせることで、再生可能エネルギーの大量導入を前提とした柔軟な電力供給体制の構築が検討されている。これらの取組により、従来依存してきた周辺国からの電力輸入の縮小を図り、国内電源による安定供給体制の確立を目指している。

都市部においては、分散型電源やマイクログリッドの導入、スマートメーターの普及を通じて、系統負荷の軽減および需給調整の高度化を進めようとしている。また、郊外のゲル地区では、個別暖房需要の増大が電力負荷集中や電力品質低下を招いていることから、

¹⁰ https://montsame.mn/jp/read/350914?utm_source=chatgpt.com

需要側対策の重要性が高まっている。このため、省エネルギー住宅の普及や高断熱建築の推進、高効率な電化暖房の導入等を通じ、電力需要そのものを抑制する取組が併せて展開されている。

(2) 中長期的な電源構造の転換

中長期的には、石炭依存からの段階的な脱却を見据え、低炭素型電源の導入を含む電力・熱供給構造の抜本的な見直しが検討されている。具体的には、小型原子力や水素を活用した熱電併給システム等も将来的な選択肢として考えられており、都市機能の持続的発展と環境負荷低減を両立する電力供給体制の構築が目指されている。

ウランバートル市では、供給側対策（再生可能エネルギー導入、系統強化、調整力確保）と需要側対策（省エネルギー化、需要抑制）を一体的に推進することで、電力供給の安定化、CO₂排出量削減、大気環境改善を同時に実現する包括的な取組を目指している。

第3章 札幌市の気候変動対策と寒冷地向け取組、支援・知見共有

本章では、札幌市の気候変動対策と都市間連携事業を通じた寒冷地向け地域特性を活かした取組を記述する。

3.1 札幌市の気候変動対策

3.1.1 札幌市の気候変動対策について

札幌市は2020年に、市内から排出される温室効果ガスを2050年には実質ゼロにする「ゼロカーボンシティ」を目指すことを宣言した。さらに、市民一人一人が気候変動問題への危機感や、対策・取組の必要性を共有し、率先した行動を呼びかけるため「気候非常事態」を宣言した。

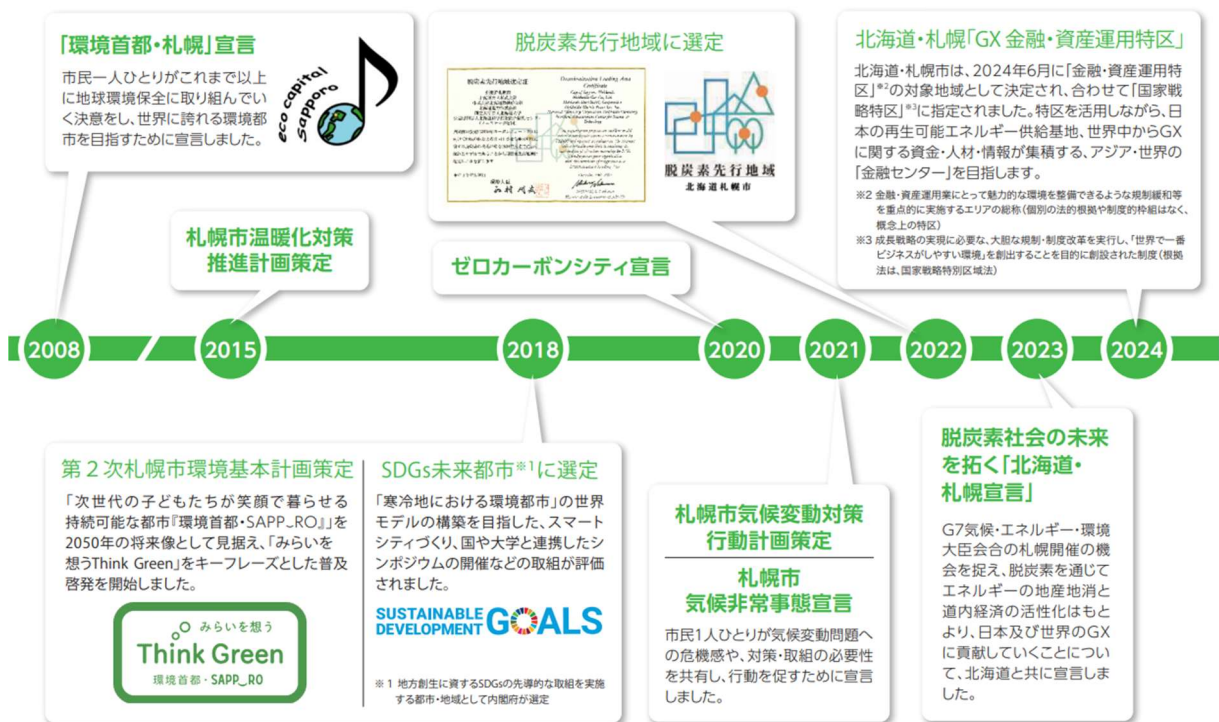


図 3-1 ゼロカーボン都市実現に向けた札幌市の取組経過

出典：札幌市

3.1.2 札幌市気候変動対策行動計画の策定と温室効果ガス排出量の削減目標について

「ゼロカーボンシティ」の実現を見据え、2030年までに取り組む施策を取りまとめた計画として、2021年に「札幌市気候変動対策行動計画」が策定された。2050年のゼロカーボン達成に向けた2030年の目標として、温室効果ガス排出量を2016年比で55%削減（目標排出量：537万t-CO₂）を目指している。

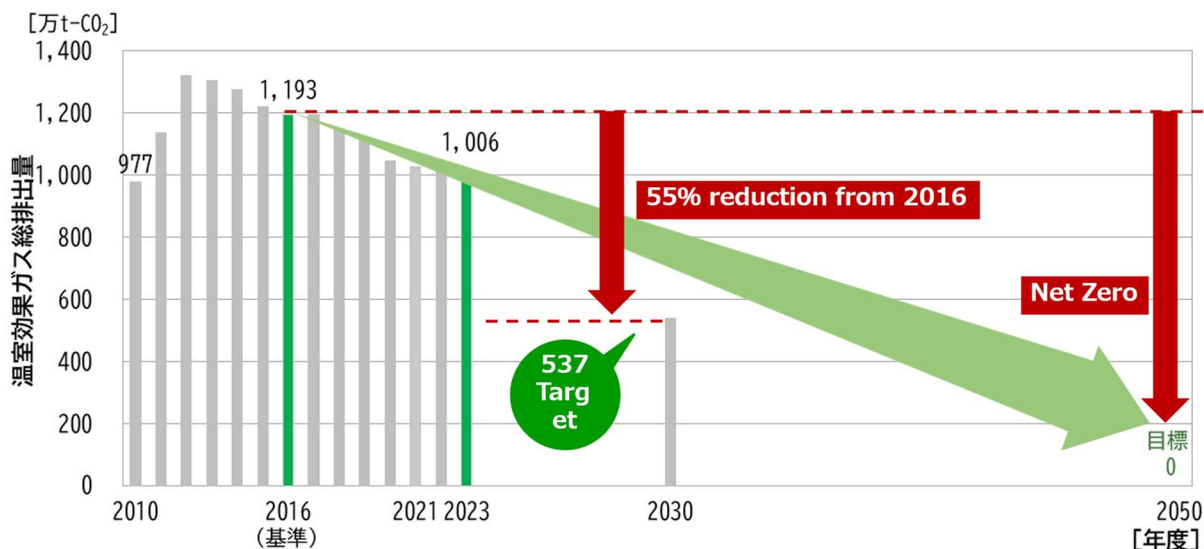


図 3-2 札幌市の温室効果ガス排出量目標

出典：「札幌市気候変動対策行動計画」

本計画において、札幌市は市全体の目標達成に向けて、自ら排出量の削減に率先して取り組む姿勢を市民と事業者へ示しつつ、徹底した省エネルギー対策や再生可能エネルギーの導入拡大などに取り組んでいる。明確な目標を掲げ、独自の制度や補助金などの支援を行い、市民への情報発信に至る札幌市の多面的な取組を行っている。

表 3-1 札幌市の施策別の取組と目標削減量 (t-CO₂)

施策	取組	目標削減量
[省エネ] 徹底した省エネルギー対策	(1)ZEH の推進	約 174 万
	(2)ZEB の推進	約 125 万
	小計	約 299 万
[省エネ] 再生可能エネルギーの導入拡大	(1)建築物等への再生可能エネルギー導入の推進 (2)地域への再生可能エネルギー導入の推進	約 218 万
	小計	約 218 万
[移動] 移動の脱炭素化	(1)ゼロエミッション自動車の普及促進 (2)公共交通利用の推進 (3)コンパクトな都市の推進	約 132 万
	小計	約 132 万
	[資源] 資源循環・吸収源対策	(1)省資源・資源循環の推進 (2)森林等の保全・創出・活用の推進
	小計	約 7 万
[行動] ライフスタイルの変革・技術革新	(1)ライフスタイルの変革 (2)技術革新	—
	合計	約 656 万

出典：「札幌市気候変動対策行動計画」

3.1.3 札幌市の温室効果ガス排出量の現状について

2023年の札幌市の温室効果ガス総排出量は1,006万t-CO₂であり、2016年比で16%の削減に成功している。内訳は家庭部門35%、業務部門34%、輸送部門23%で約9割を占め、残りが産業部門、廃棄物部門等となっている。札幌は積雪寒冷という地域特性から、冬期間のエネルギー消費量が大きく、CO₂排出量が全国平均の約1.5倍、家庭における暖房エネルギー消費量は全国平均の約3倍に及ぶ。

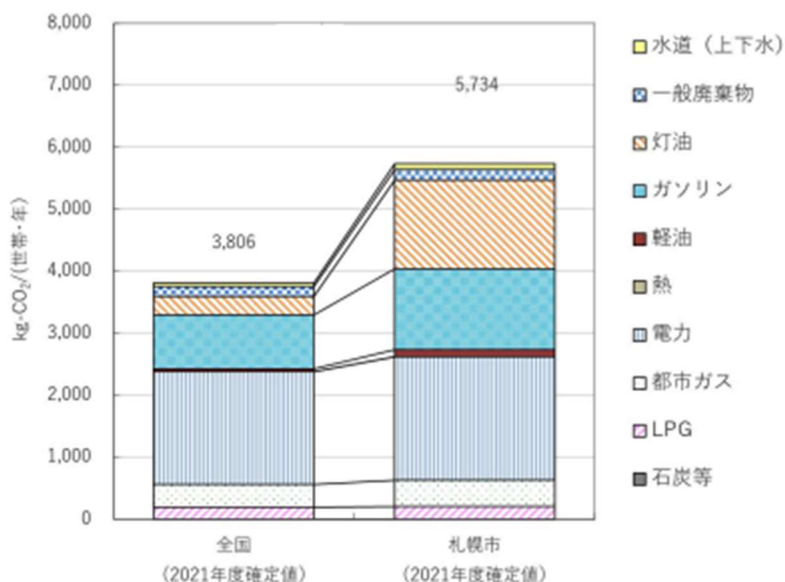


図 3-3 札幌市・全国の家庭生活における1世帯あたりCO₂排出量 (2021年度確定値)

出典：「札幌市気候変動対策行動計画」進行管理報告書 (2023年速報値・2021年確定値)

3.1.4 脱炭素先行地域としての選定

日本政府は地域が主役となる地域脱炭素の実現を目指し「脱炭素先行地域」を選定している。地方自治体や地元企業・金融機関が中心となり、地域特性等に応じて脱炭素に向かう先行的な取組を選定し、地域脱炭素移行・再エネ推進交付金等を交付するものである。

札幌市は2022年に「ゼロカーボン都市「環境首都・SAPPORO」を目指して「産学官による積雪寒冷地モデルの構築」を掲げ、脱炭素先行地域として選定された。

寒冷地の特性を踏まえたCGS(コージェネレーションシステム)を活用したエネルギーネットワークの構築が進められている札幌都心地域の民間施設群でZEB化、太陽光発電等の導入を促進するとともに、熱供給源として木質バイオマスなどの再エネ利用に加え、カーボンニュートラル都市ガスへの切り替えにより電力・熱の脱炭素化を推進。水素モデル街区では、定置式水素ステーションを整備して燃料電池(FC)トラックの運用実証を実施。公共施設群では敷地内野立てや壁面設置の太陽光発電設備導入の可能性を追求する。



図 3-4 札幌市の脱炭素先行地域の取組概要

出典：さっぽろ気候変動対策ガイドブック

3.2 都市間連携事業による寒冷地向け取組、支援・知見共有

札幌市が 1970 年代に経験した石炭・重油依存からの脱却と大気汚染の克服プロセス（表 3-2）は、現在のウランバートル市にとっても有効なモデルである。この経験は、「冬の都市市長会」等の機会に、現在の大气汚染対策を推進する国内外の他都市への教訓としても共有されているところである。

本事業では、寒冷地特有の地域特性を踏まえた脱炭素の取組として、札幌市内で広く普及していた灯油仕様の暖房・給湯機器から、CO₂排出量の少ない電気やガスを熱源とする高効率な省エネ機器への転換の取組等を共有する。

表 3-2 札幌市のまちの歩みと環境問題の変遷

年代	主な出来事	環境問題
1922 年	・市制施行	
1950 年代	・人口 50 万人突破	石炭・重油の使用や自動車の急激な増加により大気汚染が深刻化
1970 年代	・人口 100 万人突破 ・札幌オリンピック開催 ・政令指定都市移行	法・条例による規制や地域熱供給・地下鉄などのインフラ整備により大気汚染が劇的に改善
1990 年代	・人口 180 万人突破	地球温暖化や生物多様性の喪失など、地球規模での環境問題が顕在化
2000 年代	・人口 190 万人突破	世界に誇れる環境都市を目指し、「環境首都・札幌」を宣言
2020 年代	・市制施行 100 周年 ・G7 札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合開催	「ゼロカーボンシティ」を目指すことを宣言 G7 開催を契機として、脱炭素を通じたエネルギーの地産地消と経済活性化への貢献など、脱炭素社会の未来を拓く「北海道・札幌宣言」発出

3.3 モンゴル・ウランバートルにおける取組の適用

3.3.1 札幌市との取組について


本事業では、現在、モンゴルで活用されている住宅性能評価ツール「BESTGER」の精度向上が課題としてあるため、札幌市の取組として下表及び附属資料 A に示す省エネ対策等について、ウランバートルにおける取組への適用を図るための知見共有を実施した。

表 3-3 札幌市における省エネ対策

取組	対象	概要
札幌版次世代住宅基準認定・補助	市民	<ul style="list-style-type: none"> 積雪寒冷地である札幌市の地域特性に応じた温暖化対策を推進するために、札幌市独自の住宅性能基準である「札幌版次世代住宅基準」を策定 ゴールド以上の等級には建築費用の一部を補助（最大 220 万円）
札幌市住宅エコリフォーム補助	市民	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ改修やバリアフリー改修を行う札幌市民に対して、改修費用の一部を補助 札幌市内に主たる営業所がある建設業の許可を受けた事業者が請負施工することが要件
札幌市既存集合住宅外断熱改修事業補助金	市民	<ul style="list-style-type: none"> 既存集合住宅において開口部の省エネ改修と併せて外断熱改修工事を行う者に対し、その費用の一部を補助
ZEB・ZEH-M 設計費補助	事業者	<ul style="list-style-type: none"> ZEB、ZEH-M の建設に必要な設計費の上乗せ相当分を定額補助（国の建築費補助との併用可）
省エネ機器導入補助	市民	<ul style="list-style-type: none"> 省エネルギー機器を導入しようとする札幌市民に対して、機器導入費用の一部を補助
省エネ機器エネルギー源転換補助	市民	<ul style="list-style-type: none"> 灯油暖房・灯油給湯ボイラーから電気・ガスを熱源とする省エネ機器への切り替えようとする市民に対して、機器導入費用の一部を補助（新築住宅を除く）

また、モンゴルで検討中の屋根置き太陽光発電事業に活かすために、事業者により市有施設の屋根などを貸し出し、初期費用無償で太陽光発電設備を導入、そこで発電した電力を長期間買い取る仕組みとして、オンサイト PPA モデルの紹介を行った。

表 3-4 円山動物園カバ・ライオン館に導入した太陽光発電設備の概要

<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電設備容量：49.5kW 年間発電量：約 47,000kWh 期間：2025 年 3 月 -2045 年 2 月（予定） CO₂削減効果 年間 CO₂約 25 トン削減 (一般家庭約 6 世帯分相当) 	
---	--

3.3.2 北海道大学との取組について

札幌の取組をモンゴルに適用していくため、グリーンビルディング・オープンセミナーを実施した。本セミナーは、北海道大学とモンゴル国立大学による協力のもと、JICA 円借款事業「モンゴル工学系高等教育支援事業」とも連携した取組である。

表 3-5 グリーンビルディング・オープンセミナー

日時	2025年11月27日 14:30～17:00
場所	モンゴル日本人材開発センター
参加者	約50名（建築従事者、建築資材関係者等）
プログラム	1. 「日本のエネルギー効率住宅」北海道大学・森教授 2. 「建物内部の品質について」モンゴル国立大学・エンフチル研究員 3. ディスカッション
成果	<ul style="list-style-type: none"> ・都市開発、省エネ住宅、低所得者対策、国・地方レベルの政策やガバナンス、国際展開まで含めた日本の包括的取組を共有した。 ・プロジェクト設計・実装における施工、人材、コスト、維持管理、住民受容性、資金スキーム等の課題について具体的な意見交換を行った。 ・モンゴルの気候・施工慣行・人的資源を踏まえた適応策の必要性を確認し、ワーキンググループによる詳細検討を提案した。 ・実測データに基づく建物性能評価の継続・普及と、人材育成（技術者・現場監督・評価者等）の強化が重要との認識を共有した。 ・札幌・北海道においては、木造集合住宅のレトロフィット研究継続、デジタルツイン活用、地域主導による住宅高付加価値化・補助制度拡充の方向性を整理した。
写真	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>森教授による講義の様子</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>セミナー後の取材対応の様子</p> </div> </div>

モンゴルでは、2026～2030年の基本計画において、省エネルギー、環境配慮、グリーンビルディングが主要政策の一つとして位置付けられており、建築分野においても既存の計画・基準・制度をグリーン政策に適合させる必要性が高まっている。同じ寒冷地である札幌市の制度設計や運用の仕組みは、有力な参考モデルとなり得ることから、上述の

BESTGER を策定した都市開発・住宅設備省向けに、札幌市の取組について北海道大学による説明が行われた。

札幌市では延床 3,000 m²以上の建築物に CASBEE 評価を義務付け、全国制度である BELS と併用しつつ、第三者評価と行政制度を連動させた運用がなされている。また、日本では BIM データを活用した建築確認申請が始まっており、北海道大学では既存建物の BIM 化を進め、BEMS への活用を通じて、限られた予算下での効率的なエネルギー管理を目指している。

一方、モンゴルでは省エネや BIM がまだ新しい概念であり、関係者や市民の理解が十分でないことから、2035 年の BIM 本格導入計画においても、当面は構造・安全性確認が中心となり、エネルギー評価は段階的に検討することが現実的と整理されている。



都市開発・住宅設備省への説明の様子

3.3.3 上記を踏まえた札幌視察について

上述もふまえて、日本の寒冷地である札幌において、建築・住宅における省エネシステム、これまでに実施された政策・施策、その効果、優れた事例の理解、経験の共有を図るために、都市開発・住宅設備省とウランバートル市による計 12 名による札幌視察を実施した（附属資料 A）。

表 3-6 札幌視察の概要

月日	訪問先	内容
2025年 12月8日	北海道大学	<ul style="list-style-type: none"> 北海道大学および札幌市におけるサステナビリティ戦略、省エネ・脱炭素、エネルギーレジリエンスの取組や、住宅・建築分野の省エネ政策・補助制度・実証事例を確認した。 建物の断熱・気密性能向上によるQOL改善や、デジタルツイン・エネルギーマッピングを活用したエネルギー可視化の重要性が共有された。 公開データと現地調査を組み合わせた建物評価手法を整理し、補助・ラベリング制度の活用と人材・検証体制を含めた継続的運用を検討する必要がある。
	札幌市役所	<ul style="list-style-type: none"> 寒冷地都市における省エネ・再エネを含む建築・住宅分野の脱炭素政策を把握した。 札幌市の脱炭素に関する施策や、省エネ基準・補助制度、再エネ・地域熱供給等の具体事例が共有された。 まちのリニューアルの機会を捉えた脱炭素化推進の重要性、広域連携（北海道全体・モンゴル全体）の課題等が共有された。
2025年 12月9日	アリガプランニング本社	<ul style="list-style-type: none"> 札幌市における脱炭素・省エネ施策の実践事例を把握し、寒冷地都市に適した建築・都市政策の知見を共有した。 札幌市の脱炭素方針や都市更新の考え方、住宅・建築分野における省エネ・再エネ導入施策やレジリエンス強化の取組が説明された。 老朽建物更新期を活用した脱炭素化の加速と、既存住宅・集合住宅の省エネ改修を促す制度・インセンティブ設計が課題であることが共有された。
	新さっぽろエネルギーセンター	<ul style="list-style-type: none"> 北ガスグループの2030年に向けた3つの柱のうち、分散型EMS導入のモデルとして新さっぽろエネルギーセンターの位置づけと、脱炭素・レジリエンス強化の取組を把握した。 再開発地区における病院・住宅・商業施設への一体的なエネルギー供給や、SEMSを活用した最適運転・需要予測・災害対応の仕組みが共有された。 実運用データによる効果検証、運用・保守体制の強化、再エネ連携や他地域へのモデル展開が課題であることが共有された。



北海道大学 訪問の様子



札幌市市役所 訪問の様子



アリガプランニング ZEB100%施設訪問の様子



新さっぽろエネルギーセンター 視察の様子

第4章 寒冷地における環境インフラ導入促進にかかる検討

本章では、本年度事業で取り組んだ脱炭素化への JCM 案件形成調査について詳述する。具体的には、病院や民間企業への屋根置き太陽光発電導入、LPG ボイラー導入、地中熱ヒートポンプの導入促進などである。現地調査は、脱炭素に係る技術を持つ札幌市および道内企業の協力を得て実施した。

4.1 熱供給改善にかかるモデル事業の検討

4.1.1 ボイラー更新事業

ウランバートル市では、厳寒な気候条件の下、冬季の暖房需要が極めて大きく、石炭を燃料とする家庭用暖房設備および工業用ボイラーが PM2.5 等の大気汚染物質排出の主要因となっている。

2023～2024 年のモンゴル国政府の調査によると、市内の主要な大気汚染源は家庭用暖房設備、工業用ボイラー、自動車排気ガスの 3 つであると報告されている¹¹。特に、地域熱供給網に接続されていないゲル地区や郊外部では、石炭焚きストーブや小規模ボイラーへの依存が続いており、健康影響と温室効果ガス（GHG）排出の両面で深刻な課題となっている。

・家庭用ボイラー

モンゴル国では、暖房を中心とする熱需要が最終エネルギー消費の約 60% を占めており、ウランバートル市を含む大都市では、石炭を燃料とする熱電併給発電所（CHP）および熱供給ボイラー（HOB）によって熱が供給されている。

ウランバートル市では、広域地域熱供給のネットワークに全世帯の約 45% が接続されている一方、ネットワーク未整備のゲル地区では、小型 HOB やストーブによる石炭暖房が主流であり、大気汚染の主要因となっている。HOB は、温水を生成し近隣の住宅や公共施設に供給する地域熱供給設備で、市内には中型 HOB 約 200 基、小型 HOB 約 1,000 基が設置されている。2023～2024 年調査¹¹では、家庭用暖房設備は 151,615 基が登録され、その約 7 割が従来型設備であった。政府による改良型設備導入が進められているものの、依然として石炭・薪の使用が多く、2023 年には豆炭約 47 万トン、薪約 29 万 m³ が消費されている¹¹。

・工業用ボイラー（15kW 以上）

ウランバートル市には、15～100kW の小規模石炭ボイラーが 2,666 基、100～4,200kW の中規模ボイラーが 342 基存在する¹¹¹¹。これらのボイラーは、市内の商業施設、学校、病院、工場などで使用されており、大気汚染の一因となっている。2023 年のボイラーの燃料消費量は以下である。

15～100kW ボイラー（改良燃料 55,124.5t、原炭 3,482t、薪 29,055.2 m³）

100～4,200kW ボイラー（原炭 63,024t、洗炭 72,154t、改良燃料 1,064t）

¹¹ 「2023～2024 年の大気汚染源に関する報告書」（2024 年）<http://www.agaar.mn/article-view/1312>

市内の一部の工業用ボイラーは、改良燃料を使用することで汚染物質の排出を抑えているが、依然として石炭が主流の燃料として使われている。石炭を利用するボイラーは、燃焼するとばいじんなどの大気汚染物質を多量に排出し、深刻な大気汚染を引き起こすと共に、ボイラーを扱う人々や周辺の住民の健康にも悪影響を及ぼしている。同時に、大量の石炭を消費することで GHG を大量に排出している。

モンゴル国政府およびウランバートル市は、こうした状況を踏まえ、熱供給分野を大気汚染対策の中核に位置付け、石炭使用の段階的削減、改良燃料・ガス・電力等への燃料転換、ならびに老朽ボイラーの更新を進めている。市内には中小規模の工業用ボイラーが多数存在し、商業施設、学校、病院、工場等で使用されているが、依然として石炭が主燃料であり、排出負荷が高い。

ウランバートル市の大気汚染対策として熱供給のクリーンエネルギー化と工業用ボイラーの規制強化を進めている。熱供給のクリーンエネルギー化においては、石炭使用の禁止、改良燃料や電気暖房の普及促進、市内中心部での石炭使用の完全禁止、郊外地域での段階的な規制強化を実施している。工業用ボイラーの規制強化では、改良燃料の利用推進、従来型の石炭ボイラーの使用削減、ボイラー設備の技術更新の促進等によりし、環境負荷を低減させようとしている。

ウランバートル市は、大気汚染と同時に、冬の熱供給量不足の課題があることから、LPG や固形燃料を熱源とする熱供給システムの計画を進めている。今後 2030 年までの計画として、ガスを燃料とした中規模の熱供給システムを 4 か所、固形燃料を燃料とした中規模の熱供給システムを 5 か所、ウランバートル市に建設するとしている。

現在、ほとんどの LPG はロシアから列車でモンゴル国に輸入されている。LPG の価格は不安定である。モンゴル国では、インドの協力により、国内の油田から産出される原油を原料とした製油所の建設計画が進んでいる。これが完成した場合、製油所から生産される LPG で同国内の需要を満たすことができると見込まれる。

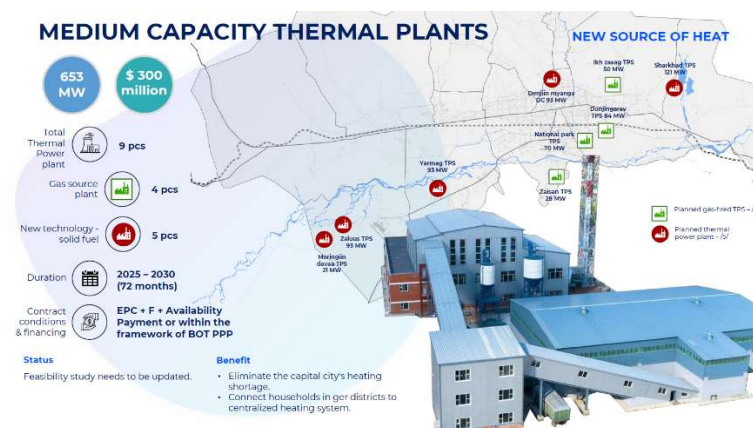


図 4-1 ウランバートル市のガス利用及び固形燃料発電の PPP 計画

出典：ウランバートル市

ウランバートル市は同時に、工場や企業、独立系ボイラーハウスも、石炭からよりクリーンな燃料への転換を迫っている。本事業では、工場や学校・病院のボイラー更新を対象に検討を行った。

JCM 設備補助事業候補案件の概要

(1) 事業概要

民間企業の LPG ボイラー導入先候補として、大手コンビニエンスストア会社が計画するロジスティックセンターとオフィスを対象とした。

同社は、ウランバートル市郊外に、新たな物流拠点となるロジスティックセンターとオフィスを建設するプロジェクトを計画している。建設予定地はウランバートル市街地から約 10km 離れた場所に位置し、地域熱供給の範囲外であるため、新たな暖房設備として LPG ボイラー2 台の導入を計画した。本計画は、JCM 設備補助を活用する前提で検討されてきたが、設備導入時期と JCM の申請時期が合わず、JCM 設備補助の申請にいたらなかった。導入を検討した経緯と想定した事業体制、課題と今後の教訓・対応を整理する。

導入検討の背景として、既存のロジスティックセンターは、商品生産拠点から販売店への直接搬入が主な輸送形態であり、市中心部で交通渋滞に巻き込まれ、渋滞の原因となっている。市郊外にロジスティックセンターを設置することで商品を集積し、輸送効率を改善して、市中心部の交通渋滞の緩和に貢献することが期待されている。オフィスは、計約 3,000 人が勤務する親会社が市中心部に構える 4 つのオフィスを 1 か所に集約し、工場横に新たなオフィスを設立する計画となっている。ウランバートル市では各地から市中心部に出勤することが交通渋滞の一因となっているため、オフィスを中心部以外に分散することで、中心部交通の一極集中を緩和することにつながることも期待されている。

新設ロジスティックセンターの予算は 2,400 万 USD であり、既設の食品工場の横に建設予定である。新設オフィスの面積は 5,000 m²を計画しており、予算は 1,000 万 USD と見積もられている。建設は 2026 年以降を予定している。本事業の実施により期待される効果は、ロジスティックセンター新設による物流効率化、GHG 排出削減及び大気汚染物質排出抑制による環境負荷の低減、ロジスティックセンターによる輸送効率改善への貢献である。

(2) 導入を検討した設備・技術

導入候補は、潜熱回収型ガス温水ボイラーである。ボイラーは、真空の中で水が低い温度で沸騰・蒸発する性質を利用して温水を作るが、潜熱回収型は更に蒸気が水に戻る際に放出する熱を再利用することで、より効率的に温水を作り、エネルギー効率を大幅に向上させる設備である。具体的には、排ガスを冷却し、その過程で発生する凝縮水から熱を取り出して、ボイラーの入力エネルギーとして利用する。この技術により、熱効率は従来のボイラーの約 80%から 90%以上にまで向上する。潜熱回収型ボイラーのメリットは、燃料を燃やす際の熱の損失が少なくなり、燃料費の削減に直結する高い熱効率である。初期投資は高いものの、運用コストを削減できるため、長期的には投資を回収できる経済性がある。また、燃焼排ガス中の水蒸気が有する潜熱を回収することで熱効率を向上させ、同一

の熱需要に対する燃料消費量を削減する。その結果として、燃料由来の CO₂排出量を削減する効果を有する。



図 4-2 潜熱回収型ボイラー例

(3) 候補サイト

ウランバートル市の中心部から約 10km 離れたところに位置する大手コンビニエンスストアの食品工場の隣接地であった。

(4) 実施体制

実施体制案を下に記す。日本法人については、大手コンビニエンスストア会社に設備等を導入している日本企業との連携が想定された。

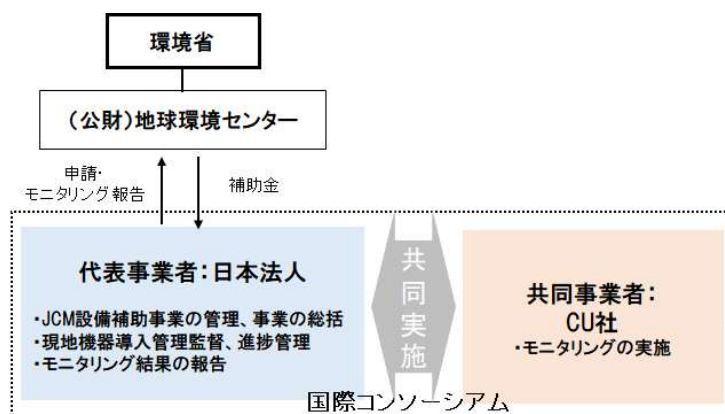


図 4-3 実施体制案（ボイラー更新事業）

(5) 事業性評価（費用対効果、投資回収年数）

石炭ボイラーの場合、安全管理上もあり必ず複数名が常駐している必要があり、人件費がかかる。LPG ガスボイラーの場合は自動運転ができ、石炭との運営費を比較したところ、将来的なメリットがあると考えられた。また、導入を検討する潜熱回収型ガス温水ボイラーについては、蒸気ボイラーや無圧式温水機のモンゴル国での年間の燃焼消費量と電気使用量を比較計算しており、ランニングコストが最も良い想定であった。

(6) GHG 排出削減量

本事業は、2019 年にモンゴル国で採択された「飲料工場への LPG ボイラー導入による燃料転換」の先行事例より、石炭ボイラー2基（1.5ton/h×2基）の更新を想定するため、先

行事業の規模と比較して、CO₂排出削減量が約 600～800CO₂t/年程度の見込みがあった。

事業費及び仕様詳細を確認後、以下の計算式に基づき、GHG 排出削減量及び費用対効果を算定して事業性評価を行うものとする。

(7) 課題および今後の対応

・背景および検討経緯

ウランバートル市郊外（地域熱供給の範囲外）に立地する民間施設において、暖房手段として LPG ボイラー2台が導入された。本件は、CU 関係者（運用・保守事業者、現場関係者等）とともに、JCM 制度の活用可能性を含めた協議を重ねたものの、導入スケジュールの制約から制度活用には至らず、最終的にはガス事業者であるユニガス社および CU 社が初期投資を負担する形で、2026 年 11 月に設備導入が実施された。

導入後は、実運用を通じて、石炭ボイラーから LPG ボイラーへの転換に伴う一定の効果が確認される一方、運用体制、コスト、安全性、制度との整合といった複数の課題が顕在化している。導入後の運用実態および関係者ヒアリングを踏まえ、主な課題と今後の対応の方向性を整理する。



導入された LPG ボイラー設備

・導入後の運用状況（現状整理）

導入された LPG ボイラーは、外部事業者であるユニガス社が運転管理および監視を担う体制で稼働している。運用にあたっては、センサーや温度データ等を活用した遠隔監視を基本方針としているが、導入初期段階では、データの取得・可視化に関する技術的調整が継続しており、運転データが安定的に確認できない場面も生じている。

また、保守・点検については、外部事業者が週 2～3 回程度の現地訪問を行う運用となっており、特に暖房需要が集中する冬季に向けて、安定稼働を前提とした運用最適化が重要な課題として共有された。

・導入により確認された効果

運用面では、従来の石炭ボイラー運転において必要であった 24 時間体制での燃料投入、灰処理、常駐管理等の作業負担が大幅に低減された。LPG ボイラーの自動運転化および外部監視体制により、現場での労務負荷は顕著に軽減されており、省力化の観点から一定の効果が認められる。

環境面においても、石炭燃焼と比較して排気由来の大気汚染物質排出が抑制され、周辺環境の改善や企業の社会的責任（CSR）への貢献といった便益が確認されている。

なお、設備選定の過程では、温水供給方式として真空式温水器、無圧式温水器、蒸気ボイラー等の比較検討が行われ、燃料消費量やシステム効率の観点から評価がなされた。

表 4-1 ボイラー設備の選定比較

	真空式温水器	無圧式温水器	蒸気ボイラー
燃料消費量（各 kg/2 台）	659, 432	902, 671	846, 749
電気使用量（各 kg/2 台）	27, 994	32, 486	32, 486

出典：CU 社

・課題と今後の対応

地域熱供給圏外の民間施設における LPG ボイラー導入として、石炭依存からの転換に向けた事例である一方で、導入後の運用段階においては、運用コストの増加、人材・技術力不足、規格・基準の未整備、モニタリングおよび制度スキームとの整合といった複合的な課題が確認された。今後は、運転データに基づく最適化と MRV 整備、人材育成と保安体制強化、制度・基準整備への接続を同時並行で進めることにより、導入済み案件の安定運用と、工場・物流施設等への横展開を促進することが重要である。

課題の詳細と考えられる今後の対応については、以下の通り整理する。

課題① 運用コストの増加と費用負担の整理

石炭焚き設備と比較して LPG ボイラーの運用コストが増加しており、月次の運用コストとしては、石炭に対して LPG では 2 倍程度増加していることが確認された。燃料単価の影響に加え、運転・保守の外部委託による委託費が追加的なコスト要因となっている。今後の対応としては、以下を段階的に実施することがあげられる。

- ①LPG 調達に関する価格変動リスクを把握し、契約条件の見直しや安定調達策を検討する
- ②運転データを活用した燃焼・負荷制御の最適化を進め、過剰出力運転の回避や季節別運用の標準化を図る
- ③外部委託に関する SLA（点検頻度、復旧時間、責任分界等）を明確化し、コストとサービス水準の適正化を図る

加えて、中長期的には自社側での一定の運用関与（担当者配置・教育）により、委託依存度を低減する可能性についても検討が必要である。

課題② 人材・技術力不足と保安上のリスク

導入初期の調整過程において、ガス設備に対応できる技術者が十分に確保されていない。外部事業者側を含め、対応可能な人材層が限定的であることは、安定運用および安全確保の観点からリスク要因となる。また、導入・運用上の不備が事故につながった場合、

社会的な不安感が増幅され、「ガスは危険である」との認識が広がることで、ガス化政策全体の社会的受容性に影響を及ぼす懸念もある。

今後の対応として、運転・保守人材の計画的育成が最優先である。具体的には、メーカーや保守事業者と連携した OJT の実施、資格制度や技能認定制度の導入が考えられる。併せて、緊急時の遮断・通報・避難手順の整備と訓練、漏えい検知装置や遮断弁、遠隔監視機能の定期点検、設置・運用に関する標準手順書（SOP）の整備が不可欠である。

課題③ 規格・基準の更新遅れと制度整備

ガス設備に係る規格・基準が旧来のロシア系規格に依拠していることから、新規設備導入や安全運用の標準化が十分に進んでいない状況である。このため、現行制度では、設備導入ごとに個別対応が必要となり、普及拡大の障壁となる可能性がある。

今後の対応としては、本件のような民間導入案件を制度改善の実証フィールドと位置付け、中期的な課題として基準整備を進めることが有効である。具体的には、設計・施工・保守・検査の各段階における適用基準の棚卸し、国際標準や先行事例を参照したローカル基準の改訂支援、自治体や関係機関と連携した検査・認証プロセスの整備がある。

課題④ モニタリングと効果検証の不足

導入後の運転管理では遠隔監視を志向しているものの、導入初期段階ではデータ連携・可視化が十分に確立されておらず、運転実績データに基づく経済性・環境性の定量評価がなされていない。また、外部事業者が運転管理を担う場合、データ取得範囲や共有条件が不明確であると、事後評価や他施設への横展開に必要な根拠が蓄積されにくい。

今後の対応としては、熱量、燃料使用量、稼働率、停止要因、保守履歴等を含む KPI の設定、流量・温度・燃料・電力に関する最小限の計量・記録体制の確立、第三者報告にも耐え得る MRV（測定・報告・検証）様式の整備があげられる。加えて、データの所有権や閲覧権限を契約上明確化することも求められる。

課題⑤ 制度スキーム（JCM 等）との整合

本件では、JCM 等の制度活用を検討したものの、申請・採択のタイミングと設備導入スケジュールが合致せず、制度適用に至らなかった。導入済み案件では制度活用が困難となる場合が多いことから、今後はより早期段階での制度要件の織り込みが不可欠である。

今後の対応としては、同種・同規模の次期案件において、FS 段階から対象技術、ベースライン、追加性、MRV といった制度適合性を整理し、導入スケジュールと申請スケジュールを統合的に管理することが有効である。また、小規模案件での不採択リスクを踏まえ、複数拠点を束ねたプログラム型案件の組成可能性についても検討が求められる。

4.1.2 学校・病院・保育園等の施設向け地中熱ヒートポンプ導入事業

(1) 事業概要

環境省事業に基づき、ウランバートル市政府とゼネラルヒートポンプ工業株式会社は、GECからの補助を受けて、ウランバートル市立第121中学校において、既存の石炭焚き暖房ボイラーを同社製の地中熱ヒートポンプ（HGSHP）システムへ更新するプロジェクトを実施した（下表参照）。

本事業により導入されたHGSHPシステムは、極寒の冬季においても安定した暖房供給が可能であり、大気汚染物質および温室効果ガスの排出削減に加え、電力消費量の低減にも寄与する。また、夏季には太陽熱を活用して地中への蓄熱（地中温度回復）を行うことで、寒冷地においても長期的かつ安定的な暖房性能を維持できるシステムでもある。

表 4-2 コ・イノベーションによる途上国向け低炭素技術創出・普及事業

事業名	極寒冷地のための地中熱・太陽熱ハイブリッドヒートポンプ暖房システムの実証
実証の概要	<ul style="list-style-type: none"> 極寒冷地であるウランバートル市で、石炭燃焼による暖房設備の代替として、日本等で暖房設備として実績のある地中熱ヒートポンプと太陽熱を組み合わせた地中熱・太陽熱ハイブリッドヒートポンプ暖房システムのリノベーション・実証を行う。 夏季も太陽熱で地中温度を回復し、極寒冷地においても長期間安定した暖房を可能とする。 再生可能エネルギーである地中熱・太陽熱利用により、暖房設備設置箇所での大気汚染物質排出量を0にするとともにCO₂排出量を削減する。
対象とする国・地域の概要	ウランバートル市では、冬季のHOB（石炭ボイラー）等による暖房で大気汚染が著しく、市民の健康被害が喫緊の課題となっている。
実施体制	ウランバートル市：掘削工事、地中熱交換器・パイプライン工事 ゼネラルヒートポンプ工業：ヒートポンプシステム、太陽熱集熱器制御システムの設置
総補助額	1.7億円（43億トゥブルク）
対象とする国・地域における事業化・普及の見込み	<p>【事業化の見込み】</p> <p>STEP1： 第121小中学校で実証を行い、技術適合性、環境改善効果、経済性について政府関係者を交えて評価</p> <p>STEP2： 現地企業と提携しビジネス実施体制を整え、エネルギー省と協力し地中熱ヒートポンプガイドライン作成</p> <p>STEP3： JCM設備補助事業などへの参入を目指す</p> <p>【普及の見込み】</p> <p>アジア開発銀行（ADB）の資金等の投入により、ウランバートル都心部を囲むゲル地域の再開発が行われており、実証の成果を元に再開発ビルへの当システムの導入を目指す</p>



第 121 番学校の位置（左）と 64 本のヒートポンプ状況

（２）導入を検討する設備・技術

導入を検討するシステムは、地中熱ヒートポンプと太陽熱を組み合わせたハイブリッド暖房システムとなる。冬は地中熱と太陽熱を併用して暖房を行い、夏は太陽熱を利用して地中に蓄熱・蓄熱することで、寒冷地でも長時間安定した暖房を実現する。

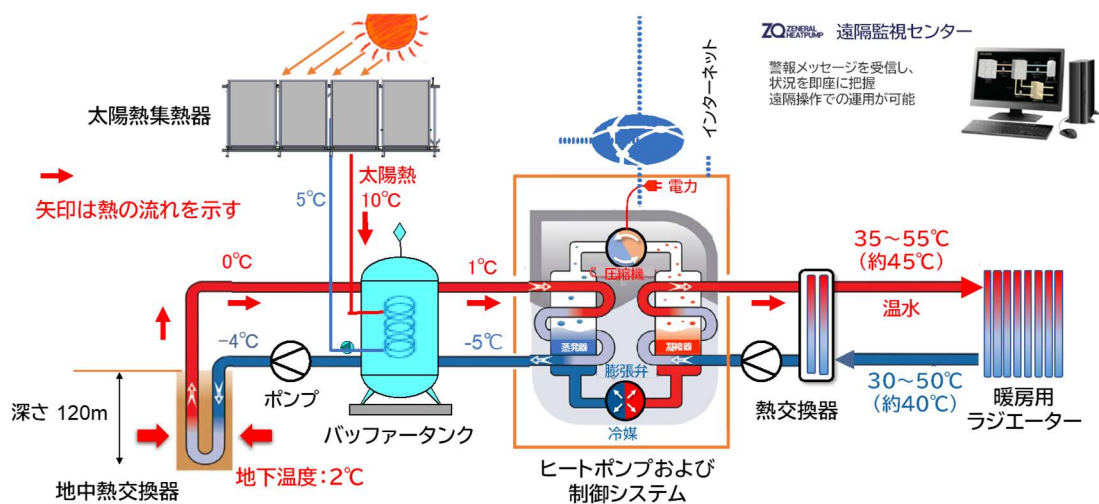


図 4-4 地中熱ヒートポンプと太陽熱を組み合わせたハイブリッド暖房システム

ヒートポンプシステムは、第 121 番学校で導入実績のある ZQ 標準型 HGSHP を想定する。73.2kW の高効率ヒートポンプ 4 台を採用し、73.2kW から 36.6kW までは AC（インバータ）制御で、設定温度まではフル稼働し、その後は低稼働モードに切り替えて設定温度を維持する。従来のヒートポンプと比較して、約 20% のエネルギー消費量を削減する。さらに、停電や電気系統の故障発生時には、慣性で回転するモーターが自動的に再起動し、通常運転を再開する。停電や電圧低下によるポンプの損傷を防ぐ。

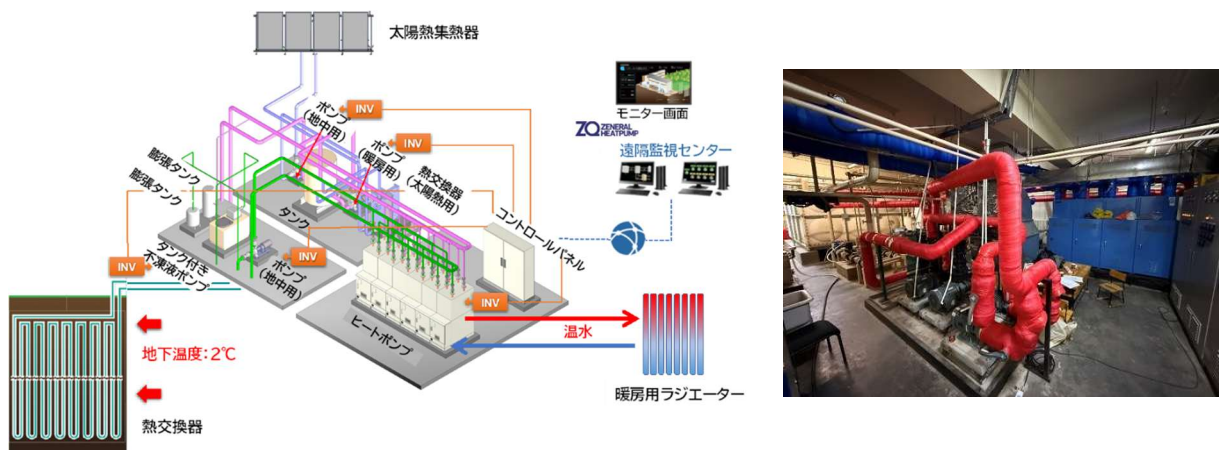


図 4-5 想定するヒートポンプシステム（左）と第 121 番学校における実績（右）

ヒートポンプは、同じく第 121 番学校で導入実績がある冷凍システム搭載の新型 ZQS ヒートポンプを想定する（下図参照）。同製品は、2020 年度に「あいち創意工夫研究開発費交付金」を活用し開発され、2022 年 1 月に発売開始されたものである。新世代低 GWP（地球温暖化係数）冷媒 R454B と従来冷媒 R410A を採用しており、R454B（GWP：466）は、R410A（GWP：2090）と比較して GWP を 78% 低減する。また、R454B は R410A と同じ冷凍機油が使用できるため、R410A 機器への後付けも可能である。

高いエネルギー効率と低い CO₂ 排出量が特徴であり、従来機種と比較して、COP が約 10～20% 向上（COP：4.3～5.3）し、省エネに貢献する。さらに、従来機種（ピーク出力 66 馬力）に比べ、暖房・冷房能力を約 1.5 倍に向上し、運転温度範囲も広がるものである。



図 4-6 冷凍システム搭載の新型 ZQS ヒートポンプ

データ伝送 EMS（モニタリングシステム）機能を搭載しており、モンゴルや日本国内どこからでも画面や携帯電話を通じて故障原因、温度、熱量、電力消費量を監視することができる。



図 4-7 ディスプレイとデジタルポート（第 121 番学校における実績）

（3）候補サイト

本事業では、ウランバートル市からの提案に基づき、同市 Khan-Uul 区第 13 ホロー（Tulu 村）を対象に、地中熱ヒートポンプ（GSHP）の導入候補サイトとして検討する。同地域は、約 2,000 世帯・約 5,000 人が居住する農業地帯であり、面積は約 12,500ha に及ぶ。地域内には 9 つの公共施設が立地し、周辺には集合住宅（6 棟・約 108 世帯）も存在する。12 歳以下の子どもや高齢者の割合が高く、働き手の流出が進んでいることから、公共サービスの質の確保が重要な課題となっている。同地域の 4 つの対象候補となる施設を視察して、導入優先度が高い第 313 番総合学校を選定した。

同学校は、生徒数 757 人、25 クラスを有する地域の中核的教育施設である。校舎および暖房設備は老朽化しており、暖房性能が不十分な教室が複数確認された。特に一部教室では、冬季に十分な室温が確保できず、生徒が外着を着用したまま授業を受ける状況が見られ、学習環境への影響が顕著である。現在は HOB による熱供給を受けているが、断熱性能不足や設備劣化も確認されていることから、断熱改修と併せた地中熱ヒートポンプ導入による効果が大きいと想定される。公共性が高く、環境改善の波及効果も大きいことから、最優先の導入候補と位置付ける。



第 313 番総合学校の視察と学校関係者との協議

(4) 実施体制

第 121 番学校における施工実績から得られた教訓を踏まえ、本事業では、モンゴル側の負担となる地中熱掘削工事および関連施工について、地中熱工事の実績と知見が豊富な日本法人を実施体制に参画させることとする。

これにより、施工段階におけるスケジュール遅延や品質低下に起因する追加的なコスト増加を防止し、計画どおりの施工および安定した品質確保を図る体制を構築する。

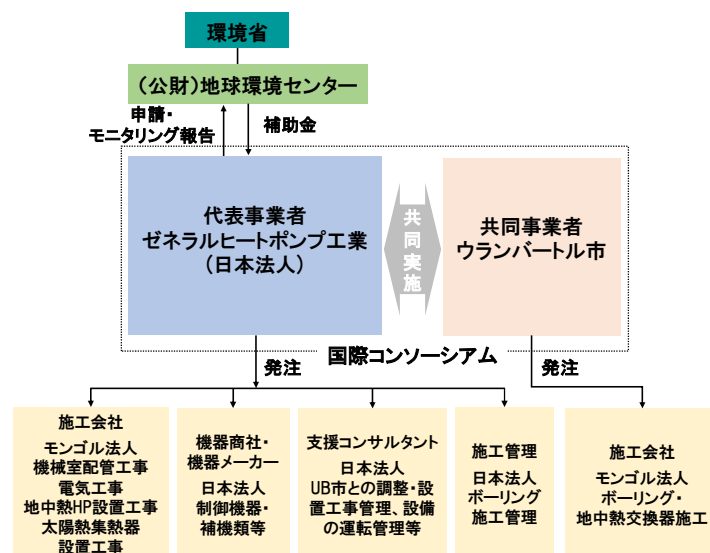


図 4-8 実施体制案（地中熱ヒートポンプ）

(5) 事業性評価（GHG 排出削減量、費用対効果、投資回収年数）

第 313 番総合学校は、既に施工実績のある第 121 番学校とほぼ同規模の建物である。

石炭焚きボイラーを地中熱ヒートポンプへ更新した場合、大気汚染物質である二酸化硫黄（SO₂）の排出量は、年間約 4.0t（約 89%）削減が想定される。

想定耐用年数である 25 年間の運用により、累計約 90t の SO₂削減効果が見込まれる。

地中熱ヒートポンプへの更新により、温室効果ガスである CO₂排出量は、年間 852t-CO₂（約 84%）削減が想定される。

25 年間の運用を想定した場合、累計約 21,300t-CO₂の削減効果が見込まれる。

・基準ケース：Reference Scenario

前提条件

第 313 番総合学校において、既存の石炭焚き暖房ボイラーを用いた暖房供給が継続されるケースを想定する。

使用量および排出条件

年間石炭使用量：478.9 t/年

使用燃料：褐炭（モンゴル地域暖房用石炭）

硫黄含有率：0.5%（保守的仮定）

排出量算定

SO₂排出量

年間 SO₂排出量：478.9 × (64/32) × 0.5% = 約 4.5 tSO₂/年

CO₂排出量

年間 CO₂排出量：1,009 tCO₂/年

・ プロジェクトケース：Project Scenario

前提条件

既存の石炭焼き暖房ボイラーを撤去し、ゼネラルヒートポンプ工業製の地中熱ヒートポンプ（GSHP）システムを導入する。

暖房用エネルギーは電力により供給され、化石燃料の直接燃焼は行わない。

使用量および排出条件

年間電力消費量：186,379 kWh/年

電力由来 SO₂排出原単位：0.002799 tSO₂/MWh

電力由来 CO₂排出係数：モンゴル電力排出係数を適用

排出量算定

SO₂排出量

年間 SO₂排出量：186.379 MWh × 0.002799 ÷ 1,000 = 約 0.5 tSO₂/年

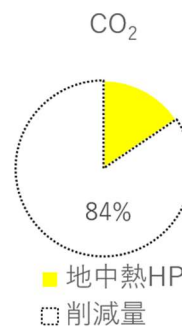
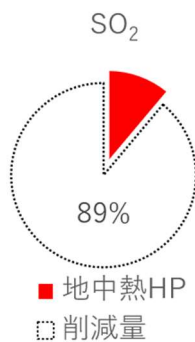
CO₂排出量

年間 CO₂排出量：157 tCO₂/年

・ 排出削減量：Emission Reductions

年間排出削減量

項目	Reference	Project	削減量	削減率
SO ₂	4.5 t/年	0.5 t/年	約 4.0 t/年	約 89%
CO ₂	1,009 t/年	157 t/年	852 t/年	約 84%



プロジェクト期間全体での削減量 (想定耐用年数 25 年)

- ・ 累計 SO₂削減量 : 約 90 tSO₂
- ・ 累計 CO₂削減量 : 約 21,300 tCO₂

第 121 番学校の規模を想定した概算事業費は、下表の通り。費用のうち機器部分を JCM 設備補助事業の対象として、工事区分の一部をモンゴル側負担とすることで、総事業費のコスト削減した提案とする。

表 4-3 第 121 番学校の規模を想定した初期費用

項目	詳細	区分	費用(円)
調査・設計費	現地調査、TRT、設計、シミュレーション	日本	14,700,000
機器 (※1)	ヒートポンプ、太陽集熱器、制御盤、補機ユニット、不凍液 (太陽熱)	日本	70,300,000
地中熱工事費	地中熱交換器施工・横引き配管・ヘッダー室構築・不凍液 (地中熱)	モンゴル	60,000,000
-上記施工管理費	地中熱工事施工管理 (通訳・交通費を含む)	日本	18,800,000
機械室・太陽熱工事費	機器設置・配管・電気	モンゴル	15,400,000
-上記施工管理費	機械室・太陽熱工事施工管理 (通訳・交通費は地中熱工事に含む)	日本	13,100,000
点検・取説・引き渡し	点検・取説・引き渡し	日本	2,800,000
保守費	3 回点検・3 年間遠隔監視通信費	日本	900,000
合計			196,000,000

第 313 番総合学校を想定した場合の概算費用について、下表に示す前提条件に基づき、試算と概算図面の検討を行った。その結果、設備費および工事費を含む基本的な事業費に加え、現地における事前調査費用、海外対応・リスク費用、ならびにモンゴル側で必要となる追加対応費用等を考慮すると、総事業費は概ね約 2 億円程度とすることが見込まれる。

今後は、当該概算費用についてウランバートル市側と協議のうえ金額を確定し、覚書 (MOU) による金額合意を行った上で、JCM 設備補助事業への申請を含めた事業実施に向けた手続きを進める予定である。

項目	概算金額
設備費	38,000,000
工事費	74,000,000
共通仮設費	15,000,000
現場管理費	40,000,000
一般管理費	700,000

※為替や物価により変動の可能性あり

(7) 課題および今後の対応・方針

第121番学校の施工（下図写真参照）より得られた課題と対策を下表の通り整理する。

表 4-6 第121番学校への地中熱 HP の導入により得られた課題と対策

	技術面	費用面
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・計画どおりに施工が実施されず、手戻り等により追加的な費用が発生した。 ・資材の調達先が統一されておらず、接続部の規格差異により施工不具合が生じた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・初期費用に対する導入効果の十分な検討が必要。 ・JCM 設備補助事業を前提とした提案設計が求められる。 ・初期費用を抑制するための継続的なコスト低減策が必要。
対策	<ul style="list-style-type: none"> ・施工体制の強化 <ul style="list-style-type: none"> －地中熱ヒートポンプに関する施工人材の育成を推進 －JICA 草の根技術協力事業等を活用した人材育成プログラム（日本による技術支援）を検討 －初期段階では日本の施工管理業者を導入し、着実な施工・品質管理を実施 －適切な管理指導を通じて、モンゴル人施工業者の知見・経験の蓄積を図り、3年程度で現地主体による施工管理が可能となる体制構築を目指す ・機材調達先の統一 <ul style="list-style-type: none"> －規格差異による施工不具合を防止するため、機材・部材の調達先を可能な限り統一する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ライフサイクルコストを含めた評価 <ul style="list-style-type: none"> －初期費用に加え、ランニング/ライフサイクルコストを含めた総合的な費用対効果を評価 －維持管理の省力化による人件費削減効果や、長期間にわたる安定運転の効果を考慮 －大気汚染対策/CO₂削減に対する確実な環境効果を定量的に整理 －日本国内で実績のある補助金・支援制度を参考とした効果検証も活用可能。 ・役割分担によるコスト低減 <ul style="list-style-type: none"> －掘削・施工等の土木工事部分は、モンゴル側が主体的に対応することで、総事業費の削減を図る －JCM の補助対象を設備費に限定することで、現実的かつ制度適合性の高い提案とする ・事業規模拡大による効率化 <ul style="list-style-type: none"> －導入実績・実施件数の増加に伴い、規模の経済を活かした調達・施工の効率化を進め、品質を確保しつつ、中長期的なコスト削減を実現する



ボアホール施工



配管工事



地中熱交換器
(ダブルUチューブ)

寒冷地での地中熱ヒートポンプの技術的優位性と地域適合性

モンゴルおよび中央アジア諸国を含む旧 CIS 圏は、内陸性気候の影響により冬季の寒冷条件が極めて厳しく、都市部においては暖房需要が年間エネルギー消費の大きな割合を占めている。これら地域では、依然として石炭ボイラーや個別ストーブへの依存度が高く、CO₂排出量の増大に加え、PM2.5 等による深刻な大気汚染が社会課題となっている。このため、暖房分野における脱炭素化と大気環境改善を同時に実現できる技術の導入が必要となる。

ヒートポンプは、冷媒の蒸発によって低温側から熱を吸収し、圧縮・凝縮により高温側へ熱を移動させる技術であり、暖房分野における有力な低炭素技術である。ヒートポンプは採熱する媒体（熱源）により、空気を熱源とする空冷ヒートポンプと、水を介して地中熱等を利用する水冷ヒートポンプ（地中熱ヒートポンプ）に大別される。両者は基本原理について同一であるものの、熱源条件の違いが寒冷地での性能に大きな差をもたらす。

水冷ヒートポンプ（地中熱ヒートポンプ）は、地中熱や地下水と熱交換した水を熱源として利用する。地中熱は年間を通じて温度変動が小さく、モンゴルにおいても厳寒期であっても地中温度は概ね約 2°C 程度で安定している。このため、外気温の影響を受けにくく、冬期でも安定した暖房運転が可能である（なお、地下水は凍結リスクがあるため、モンゴルでは一般的に推奨されない）。

一方、空冷ヒートポンプは外気を熱源とするため、外気温の影響を直接受ける。IEA（国際エネルギー機関）の寒冷地向けヒートポンプ導入ガイドラインにおいては、-15°C が代表的な技術評価条件とされており、この温度以下では性能の大幅な低下が想定されている。例えば、外気温が -2°C の場合、冷媒はそれより約 5K 低い約 -7°C で蒸発し、放熱側で 45°C の温水を得るためには約 50°C まで加熱する必要がある。このとき蒸発温度と凝縮温度の差（リフト）は約 57K となり、一般的なヒートポンプの運転限界（60~65K）に近づく。

外気温がさらに低下すると蒸発温度も低下し、空冷ヒートポンプの暖房能力および効率（COP）は著しく低下する。加えて、外気温が 5°C 以下になると蒸発温度が 0°C 以下となり、空気熱交換器に霜が付着（フロスト）するため、霜取り運転（デフロスト）が必要となる。フロストにより蒸発温度はさらに約 3K 低下し、リフトは約 60K に達する。デフロスト運転中は暖房が停止し、温水温度も低下するため、実質的な暖房能力は大幅に損なわれる。

特に外気温が -20°C 程度となる寒冷条件下では、蒸発温度は約 -25°C まで低下し、フロストの影響を含めるとリフトは約 78K に達するため、通常空冷ヒートポンプでは運転が困難となる（2 段圧縮タイプを除く）。バックアップとして電気ヒーターやボイラーを併用することは可能であるが、外気温が低い条件では空冷ヒートポンプ側の温水温度を下げる必要があり、システム構成が複雑化する。2 段圧縮タイプであっても、蒸発温度低下やフロスト、デフロストによる性能低下は避けられず、外気温 -15°C 以下では実質的な COP は 1.0 ~ 1.5 程度まで低下すると見込まれる。

これに対し、地中熱ヒートポンプは冬期でも安定した熱源温度を確保できるため、高い COP を維持できる。実際、モンゴルにおける地中熱ヒートポンプシステムの実証事業では、地中熱ポンプ動力を含むシステム COP（SCOP）2.7 が達成されており、寒冷地における省

エネルギー性と運転安定性が確認されている。空冷ヒートポンプのバックアップとして石炭ボイラーを使用した場合、低効率であることに加え、オンサイトでの大気汚染物質排出を回避できず、石炭の運用・保守負担も残る。電気ヒーターを用いた場合も COP が 1 弱と低く、システム全体の効率は大きく低下する。

以上より、寒冷・内陸・石炭依存という共通条件を有するモンゴルおよび中央アジア諸国においては、空冷ヒートポンプに比べ、地中熱ヒートポンプが技術的・環境的に明確な優位性を有する。暖房分野における地中熱ヒートポンプの導入は、CO₂排出削減と都市大気汚染対策を同時に実現する有効な手段であり、JCM 等の国際的枠組みと組み合わせることで、同地域における脱炭素型エネルギー転換の展開が期待される。

4.2 電力供給改善にかかるモデル事業の検討

4.2.1 病院向け屋根置き太陽光発電事業（オンサイト型、蓄電池付）

電気供給に係る状況

モンゴル国では、鉱業を中心とした産業部門の拡大に加え、ウランバートル市における経済成長や住民の生活水準の向上により、電力需要が増加している。特に都市部では、家庭部門における日常的な電力消費も増加傾向にあり、電力需給の逼迫が顕在化しつつある。

ウランバートル市内の電力供給は、主として熱電併給（CHP：Combined Heat and Power）による発電に依存しているが、午後5時から午後10時にかけての需要ピーク時には電力が不足し、ロシアおよび中国からの電力輸入によって需給調整が行われている。モンゴル国全体では、電力需要の約80%を自国で賄っている一方、残る約20%を隣国からの輸入に依存しており、エネルギー安全保障や外貨流出の観点から課題となっている。特に、2022年のロシアによるウクライナ侵攻以降、ロシアからの電力輸入単価が上昇しており、隣国へのエネルギー依存リスクが一層高まっている。

また、既存のCHPは1960年代から1980年代に建設されたものが多く、老朽化と効率低下が進行している。このため、設備の維持・更新コストの増大や、温室効果ガス（GHG）排出の観点からも課題が大きい。こうした状況を踏まえ、モンゴル政府はGHG排出量削減に向けた緩和措置の一環として、CHP依存の縮小を政策的に位置づけている。

今後の電力需要増加に対応しつつ、老朽化したCHPの利用を段階的に縮小していくためには、再生可能エネルギーの導入拡大が不可欠である。一方で、ウランバートル市では電気料金が相対的に低水準で推移してきたことから、企業・個人ともに電力使用量削減への動機付けが弱く、また、国民全体としてCO₂削減に対する関心が必ずしも高くないことが、太陽光発電等のクリーンエネルギー技術への投資意欲を抑制してきた側面がある。ただし、2024年11月に電気料金が約30%引き上げられたことにより、電気料金削減や省エネルギーへの関心は高まりつつある。

モンゴル政府は、再生可能エネルギー導入促進に向け、以下の政策枠組を整備している。

「Mongolia State Policy on Energy 2015–2030」では、2030年までに全電源に占める再生可能エネルギー容量比率を30%とするとともに、電力の完全自給を達成することを目標としている。また、2024～2030年にかけて、各地域を大容量送電線で連系し、双方向性エネルギー管理システム（EMS）を組み込んだ電力系統の構築を目指している。

さらに、「Action Plan of the Government of Mongolia for 2024–2027」では、適切な比率での再生可能エネルギー生産の拡大を通じ、GHG排出削減に資するグリーン生産プロジェクトの実施を掲げている。再生可能エネルギー法においても、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス等による発電・熱供給事業について、事業ライセンスや価格設定の枠組みが規定されている。

こうした政策動向を踏まえ、現在ニーズの高い建物分野における再生可能エネルギー導入策として、屋根置き自家消費型太陽光発電の導入が有効と考えられる。特に、蓄電池と併せて導入することで、出力変動の大きい太陽光発電の不安定性を緩和し、需要家の電力ピーク対策や余剰電力の有効活用が可能となる。電力需要のピークが午後5時から午後10

時に集中するウランバートル市においては、昼間や深夜の余剰電力を蓄電池に充電し、ピーク時間帯に放電することで、電力需給の平準化や系統電力不足時の緊急電源としての活用が期待される。

JCM 設備補助事業候補案件の概要

(1) 事業概要

UNILEAD 社は、モンゴル人が経営し札幌市に本社を置く建設会社であり、再生可能エネルギー分野、とりわけ太陽光発電事業において豊富な実績を有している。同社は、過去 7 年間にわたり日本国内で地上設置型、屋上設置型、駐車場型などの太陽光発電所プロジェクトを 50 件以上（合計約 22MW）完工しており、そのうち約 40 件は寒冷地である北海道内での施工実績である。

同社の特徴として、日本語に堪能で土木施工に係る資格を有するモンゴル人技術者が多数在籍している点が挙げられる。全社員 23 名のうち約半数がモンゴル人技術者であり、積雪寒冷地における太陽光発電設備の施工について、パネル角度の最適化、積雪荷重や耐荷性を考慮した設計、適切な設置方法等に関する知見と経験を有している。これにより、最先端技術を活用した太陽光発電所の設計から施工、維持管理までを一貫して実施することが可能である。また、多国籍かつ多様なバックグラウンドを持つ技術者が協働することで、異なる文化や視点を融合させた最適なソリューションを提供し、脱炭素社会の実現への貢献を目指している。

本事業では、同社がこれまで日本国内で培ってきたオンサイト自家消費型太陽光発電所の建設・運営に関する実績を活かし、ウランバートル市内の施設を対象に、屋根置き型太陽光発電によるオンサイト自家消費の導入を進める。UNILEAD 社は、モンゴルにルーツを持つ企業として、ウランバートル市における厳寒期のエネルギー利用や熱供給の課題を体験的に把握している点も強みであり、地域特性を踏まえた事業展開が可能である。

モンゴルは、年間平均で約 270～300 日という高い晴天日数を有し、世界有数の太陽エネルギー資源に恵まれた国である。「世界の太陽光発電ポテンシャル（太陽光発電所の最適立地評価）」によれば、モンゴルでは 1 平方メートル当たり年間約 1,500～1,800kWh の発電が可能とされており、太陽光発電導入に適した高いポテンシャルを有している。

本事業では、こうした豊富な太陽光資源を活用し、蓄電池システムを組み合わせた太陽光発電システムの導入を進めることで、電力の自家消費率向上、電力ピーク対策、非常時の電力確保等を図る。これにより、エネルギー安全保障の強化、経済効率の向上、ならびに気候変動対策への貢献を同時に実現することを目指すものである。

(2) 導入を検討する設備・技術

ウランバートル市における電力需要は、主に家庭・業務用途の利用が集中する午後 5 時から午後 10 時にかけてピークを迎える特徴がある。この時間帯は系統電力の供給余力が低下しやすく、電力需給の逼迫や停電リスクへの対応が課題となっている。本事業では、屋根置き太陽光発電と蓄電池を組み合わせたオンサイト自家消費型電源の導入を検討する。

屋根置き太陽光発電により昼間に発電した電力や、深夜帯の比較的需要在低い時間帯の

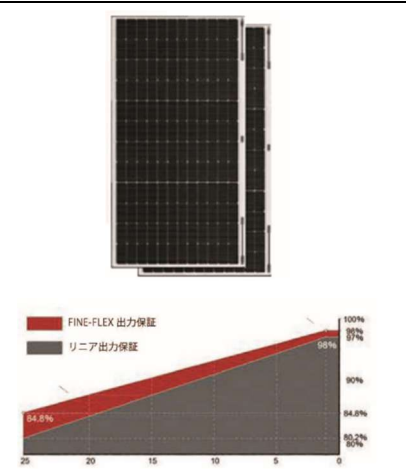
余剰電力を蓄電池に充電し、電力需要が集中するピーク時間帯に蓄電池から放電することで、自家消費電力として活用することが可能となる。これにより、ピーク時の系統負荷軽減に寄与するとともに、系統電力不足時や停電時には緊急用電源としての機能も期待できる。

一方、ウランバートル市内には、旧ソ連時代の建築基準に基づき設計・建設された築30年以上の建物が多く残存しており、老朽化や構造上の制約が懸念されている。これらの建物は、設計段階における耐荷重計算が十分でない場合や、設計図面が不完全、もしくは現存しないケースも想定される。このため、屋根上への設備設置にあたっては、建物の耐荷重性を十分に考慮した設備選定が不可欠である。

本事業で導入を検討する屋根置き太陽光発電設備では、こうした建物条件に対応するため、一般的な結晶系ソーラーパネルと比較して重量が約3分の1と軽量なフレキシブル型太陽光パネルを採用する。フレキシブルパネルは、建物への荷重負担を大幅に低減できることに加え、施工性が高く、既存建物への適用性に優れている。

ウランバートル市内の老朽建築物においても、安全性を確保しつつ屋根置き太陽光発電の導入が可能となり、再生可能エネルギーの活用と電力需給の安定化の両立が可能となる。導入を検討するフレキシブル太陽光パネルの主な仕様および技術的な特徴は、下表の通り。

表 4-7 フレキシブルパネルの概要

モデル	SFJ-520-EWH	 <p>25年後も84%程度の出力保障</p>
出力	520 W	
サイズ	2246 mm × 1185 mm × 3 mm	
重さ	9.3 kg	
保証期間	12 年（故障） / 25 年（出力）	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量化：フレームがガラスレス ・フレキシブル：特殊な製法と材料で曲げることが可能 ・低反射：防眩加工による光害対策 ・簡単施工：軽量化により施工や運搬が容易 ・高いカスタマイズ性：サイズや出力のカスタマイズが可能 	

蓄電池については、停電や事故等の非常時における電力供給への対応を目的とするとともに、電力消費量が夜間に比べて少ない日中にエネルギーを蓄積し、電力消費が多い時間帯に活用することを想定して設置する。これにより、自家消費電力の有効活用および電力需給の平準化を図る。

蓄電池容量の選定にあたっては、必要電力量に対してオンサイトの太陽光発電によりどの程度賄うことが可能かを需要予測に基づき検討を行う。あわせて、初期投資および運用に係るコスト負担を考慮した上で、97kWh から最大 4MWh までの範囲で適切な容量の蓄電装置を選定し、提案する。

なお、蓄電池は、パワーコンディショナ（PCS）や太陽光パネルと比較して、一般的に保証期間が約 10 年と短い点に留意し、更新時期やライフサイクルコストを考慮した導入計画とする必要がある。



導入を想定する蓄電池のイメージ

(3) 候補サイト

過年度事業においては、ウランバートル市内で再生可能エネルギー導入の可能性が考えられる病院および学校を対象に、施設関係者へのヒアリング調査を実施した。具体的には、年間および月間の電力使用量、施設の稼働時間、屋根面積等を確認した上で、屋根置き太陽光発電導入による効果を検討するためのシミュレーションを行った。

このうち、国立病院 6 施設を対象にヒアリングを実施した結果、予算措置の可能性も含めて関心が示されたのは、国立第 2 病院および国立がんセンターであった。両施設に対しては、現地における詳細な現場調査を実施し、年間電力使用量、電気料金、必要最低容量等について追加ヒアリングを行った上で、屋根置き太陽光発電システム導入に係るプロポーザルを提出した。

特に、国立第 2 病院については、当初提案した設備規模が病院側の予算を上回っていたものの、予算規模に応じた段階的導入の可能性について協議を行った。あわせて、過年度に開催された「世界冬の都市市長会」において採択された札幌宣言および札幌市長とウランバートル市長による対談記録を提示し、国際的な枠組みに基づく再生可能エネルギー導入の意義を説明した。その結果、同病院としても国際協力の一環として本事業を実施したいとの意向が確認された。

その後、第 2 病院長の指示のもと、日本への留学経験を有する副院長を中心とした院内プロジェクトチームが設置され、オンライン協議を重ねながら検討を進めた。JCM 設備補助の対象として想定される緊急治療室については、現地視察および屋根構造に関する調査を実施し、具体的な提案をするに至った（附属資料 B）。



JCM 設備補助の対象となる緊急治療室



屋根調査

調査の結果、整理した条件は下表の通り。

フレームレスで両面発電する高性能太陽光パネルを採用することで、大気汚染や埃によるロス削減し、清掃を容易にし、冬季には、雪に反射した太陽光を利用することで、総発電量が 5～25% 増加することを想定している。

112.64kWh のバッテリーを設置することで、停電時の電力消費量に応じて、病院全体を 10 分～2 時間照明することが可能である。また、特定のエリアで使用すれば、長時間の使用も可能で、例えば手術室 1 室に半日分の電力を供給することもできる想定である。

表 4-8 第二病院の条件

延べ床面積（概算）	37,954	㎡	屋根面積を想定して算出（※1）
設置可能面積	5,255		
最大設置可能容量（DC）	750	kw	屋根面積をフル活用する場合
設置に適した容量	(DC) 540		625W × 864 台
	(AC) 420		60kW × 7 台インバータ
	(蓄電池) 112.64	kWh	5.12 kWh × 22 台 × 4 台 BMS（バッテリーマネジメントシステム）
年間電力発電量	706,860	kWh	※3

（※1）屋根面積は以下より想定した。



第二病院の屋根面積

（※2）540kW = (DAH パネル 625W × 12 直列 × 10 並列 × 6 台インバータ)
 + (DAH パネル 625W × 12 直列 × 12 並列 × 1 台インバータ)

- (※3) パネル・バッテリー劣化により発電量は年々減少し、法定耐用年数後では約 10% 程度発電量に差が生じる可能性があり、対象施設にはそれを見込んで提案しているが、本試算上では年間発電量は一定とした。
 また対象施設への提案時には、月々の消費電力と発電量の需給バランスも確認しながら検討したが、本試算上においては一定のものとする。
- (※4) $706,860\text{h/年} = 540\text{ kW} \times 1,400\text{ kWh/kWp} \times 110\% \times 0.85$
- ・ 1,400 kWh/kWp：実績データ
 - ・ 110%：両側からの追加発電量
 - ・ 0.85：ウランバートルにおける大気汚染の推定損失単位

(4) 実施体制

本事業においては、UNILEAD 社が投資家と共に代表事業者として、対象施設の管理者との国際コンソーシアムを形成する。

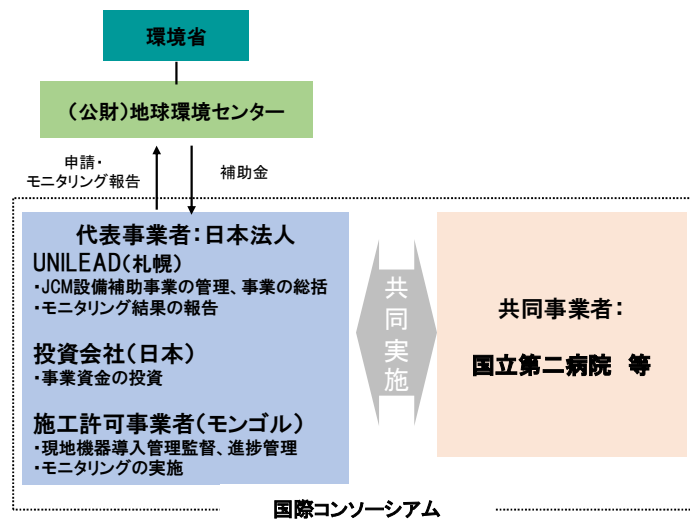


図 4-9 想実施体制案（屋根置き太陽光発電）

(5) 事業性評価（GHG 排出削減量、費用対効果、投資回収年数）

第二病院には、以下の条件で 2 つの提案をした。

表 4-9 第二病院向けの提案条件

	設備購入契約	電力購入契約 (PPA)
内容	JCM で提供される費用以外の費用は自己負担とし、設置した太陽光発電システムを所有する	太陽光発電システムの全費用を負担する投資家と固定価格の電力購入契約を締結する
契約期間	10年	20年
義務	太陽光発電所の発電量、それに伴う経済効果および CO ₂ 削減量に関する報告書に必要な情報を、UNILEAD 株式会社を通じて環境省に提出する	設置された太陽光発電システムで消費された電力を、所定の円レートで支払う
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 設置された太陽光発電システムは資産となる 6年半以内に設置費用の回収可能（それ以降のエネルギー節約はすべて利益となる） 	<ul style="list-style-type: none"> 初期投資が不要 太陽光発電システム分の電気料金は、約 10%削減可能 蓄電池を搭載しているため、停電時（特定地域）でも使用可能 20年間、固定価格で電気を購入可能
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 初期投資額が高い メンテナンスと維持管理の責任がある 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電設備は、費用を負担した企業の資産となる 太陽光発電設備からの電気料金は円建てにて設定



図 4-10 設備購入契約 (上) と PPA 契約 (下)

本事業による CO₂削減量は、配電会社から供給される系統電力をリファレンスとし、屋根置き太陽光発電システムにより発電された電力量が、施設内で消費される系統電力を代替することにより削減される CO₂排出量として算定する。プロジェクトからの直接的な CO₂排出は発生しないものとする

【GHG 削減量】

太陽光発電事業による CO₂削減量

= (太陽光発電事業により発電された電力量) x (排出係数)

1,905 tCO₂/年

= リファレンス CO₂ 排出量 - プロジェクト CO₂ 排出量

・ リファレンス CO₂ 排出量

= プロジェクト発電量 3,574[MWh/年] × 排出係数 0.533[tCO₂/MWh]※5

= 1,905 [tCO₂/年]

・ プロジェクト CO₂ 排出量

= 0 [tCO₂/年]

(※5) 「令和 7 年度 JCM 設備補助事業 電力 CO₂排出係数(tCO₂/MWh)一覧表」
「別表 5 モンゴル」参照

【費用対効果】

費用対効果 (円/t-CO₂) = {初期投資費用 (円) × 補助率 (%)}

÷ {単年度の CO₂削減量 (t-CO₂/年) × 法定耐用年数 (年)}

7,421 (円/t-CO₂)

= {480,670,000 (円) × 40 (%) (※6)} ÷ {1,905 (t-CO₂/年) × 10 (年) (※7)}

= 7,421 円 (円/t-CO₂)

(※6) モンゴル国における太陽光発電事業の実績より、夜間電源の供給のため「太陽光発電+蓄電池」となるため補助率 40%

「令和 7 年度 JCM 設備補助事業 別添 3 類似技術の分類 各パートナー国における採択実績」参照

(※7) 耐用年数は、モンゴル国では一般的に 25 年程度を想定するが、日本の法定耐用年数に従って 17 年となる。実際の JCM 申請時には、固定 10 年のため。

屋根置き太陽光発電設備 (DC 容量 540kW、AC 容量 420kW、蓄電池 112.64kWh) 及び設仕様、年間発電量 (706,860kWh/年) は同一として、導入契約形態の異なる 2 方式 (設備購入契約および PPA 契約) を比較し、それぞれの特徴、費用構造および導入効果は以下の通りである。

・ 設備購入契約 :

事業者が太陽光発電設備を購入・保有する導入形態となり、JCM 補助金を活用しつつ、補助対象外部分については自己資金により対応する。初期投資として約 5,850 万円 (円換算) の自己負担が発生するものの、発電した電力を全量自家消費することにより、年間約

824 万円の電気料金削減効果が見込まれる。その結果、投資回収期間は約 7 年程度となり、中長期的な電力コスト削減と経済性が高いといえる。

・ PPA 契約：

第三者（PPA 事業者）が太陽光発電設備を設置・保有し、需要家は発電された電力を長期契約に基づき購入する。JCM 補助金に加え、公的スキームを活用することにより、需要家の初期投資（自己負担）は発生しない前提となる。発電量自体は設備購入契約と同一であるが、制度・契約条件を考慮し、電気料金削減効果は保守的に 10%のみを評価した場合、年間の電気料金削減効果は約 82 万円となる。

(6) スケジュール

公共事業となるため、入札及び契約手続き期間を考慮した実施スケジュールとなる。「冬の都市市長会」における市長対談、及び札幌宣言をふまえて、モンゴル国内だけの事業ではない国際的な取組として位置づけることで、JCM 設備補助として対応できるように調達の手続きを今後調整していく予定である。

主要機器の主な調達先は中国となるため、調達納期が遅延された場合、全体のスケジュールに影響する可能性がある。工事監督と電気技師以外は、地元ワーカーを雇用予定する。そのため、熟練度や生産性を考慮して、工事の安全や品質確保のための技術指導も含めて施工期間を長めに設定している。

表 4-10 JCM 設備補助事業の申請・工事スケジュール（案）

	R8年度												R9年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	
事前調査																								
予備計算																								
設置会社との会議																								
共同作業契約																								
JCMに提出する資料の準備																								
JCMに申請																								
JCMの返答																								
補助金の開始																								
プロジェクトの資金調達																								
設置工事																								
接続工事																								
自家消費開始																								

(7) 課題および今後の対応・方針

本提案について、二国間クレジット制度(JCM)申請を前提として地球環境センター(GEC)に事前相談を行った結果、いくつかの制度的・事業的な前提条件が確認された。

まず、モンゴルにおいては、太陽光発電および蓄電池を導入する案件が既に 1 件採択¹²されていることから、本提案に適用される補助率は最大 40%となる見込みである。また、事業性評価の観点では、補助金なしの場合の内部収益率 (IRR) が約 5%、補助金適用後で約 16%程度であれば妥当と判断される水準であることが示された。

技術評価に関しては、エネルギーマネジメントシステム (EMS) は補助的な位置づけの

¹² 2024 年度「ドルノゴビ県エルデネにおける 15MW 太陽光発電・80Mwh 蓄電池導入プロジェクト」

場合、太陽光発電システムの一部として扱われ、新規技術としての評価対象にはならないことが確認された。一方、複数地点への導入については1案件としてまとめて申請することが可能であるが、その際には、事業者の信用性や資金計画の確実性が審査上、重要な評価要素となる。また、排出係数は日本基準を用いることとされ、グリッド接続がある場合は一律0.68が適用されるほか、電力購入契約等で10年固定の場合は、削減量の評価年数も10年となる。加えて、申請規模も採択条件に影響する点に留意が必要である。

上記をふまえて、今後の対応・方針における最大の課題は、補助金を除く60%分の事業費負担に係る資金確保の不確実性であり、二つの案を軸に検討を進める。

第一案として、対象施設である国立第2病院に対し、GEC事前相談結果を正式に共有した上で、補助対象外となる60%分について確実な予算措置が可能かを確認する。しかしながら、モンゴル国内では医療財政全体が逼迫しており、保健省からの優先的な予算配分は極めて困難との見解が示されている。このため、JCM申請に必要な「予算確定見込み」を書面で確保できるかが大きなハードルとなっている。

第二案として、モンゴル側が保有する60%分の削減クレジットを事業者側に供与することを前提に、PPA（電力購入契約）方式による事業スキームとして民間出資者の参画を打診する可能性を検討する。この場合、出資者に対しては、将来的なクレジット価値を含めた事業性を示すことが求められる。

費用対効果については、JCM申請時点で合理的な根拠に基づく数値であれば、将来のMRV結果との差異が生じた場合でも問題とならないことが確認されている。一方で、現状の試算では、蓄電池を含むと費用対効果が必ずしも良いとはいえないため、発電量、設備仕様、排出係数、耐用年数等の前提条件を精査するとともに、蓄電池の調達費削減や実勢データの活用可能性について、引き続き検討を進める必要がある。

制度面では、モンゴルにおいて自家消費型太陽光発電が比較的新しい取組であることから、火災時対応や安全基準を含む関連法制度・技術基準が十分に整備されていない懸念がある。このため、日本や他国の事例を参照しつつ、安全対策や運用ルールを事業計画に反映させることが求められる。

技術面では、ウランバートル市は日射条件に恵まれており、中国製資機材の活用によりコスト抑制と、日本比で10～15%程度高い発電量が期待できる。一方で、積雪寒冷地であることから、設置角度を50～60度とする必要があり、必要設置面積の増加や単位面積当たり発電量の低下といった設計上の制約が存在する。このため、敷地条件を踏まえた最適なレイアウト設計が不可欠である。

さらに、冬季における煙や霧による発電効率低下に関するデータ不足、正確なメーターや計測体制の未整備、施工後の運用・保守を担う事業者の不足が、発電量予測や安定供給の不確実性を高めている。これに対しては、需要量の精査、計測機器の導入、運用・保守体制の段階的構築が必要となる。

病院施設は24時間稼働であることから、太陽光発電導入による一定の効果は見込まれるものの、非常用電源として蓄電池を追加する場合には、予算制約やJCM補助条件の下では費用対効果に課題が残る。今後は、事業費の見直し、電力料金上昇を反映した削減効果

の再評価、ならびにモンゴルにおける一般的な耐用年数の採用等により、数値条件を改善し、より現実的かつ実行可能な事業提案へと精査を進めていく方針である。

(8) ZEB 概念に基づく省エネルギー対策

本章で検討した熱供給改善及び電力供給改善にかかる検討は、これまで札幌市・ウランバートル市の都市間連携事業において取り組んできた、建物分野を対象に札幌市が推進する ZEB 概念に基づき、省エネルギー削減効果とともに再生可能エネルギーの導入を促進することで、費用対効果の改善も見込まれる。これまで取り組んできた ZEB 促進の取組（図 4-11）や、寒冷地に適した脱炭素型モデル建物の検討ケース（図 4-12）の知見も活かして省エネルギー対策の促進による、効率的な再生可能エネルギーの導入が求められる。

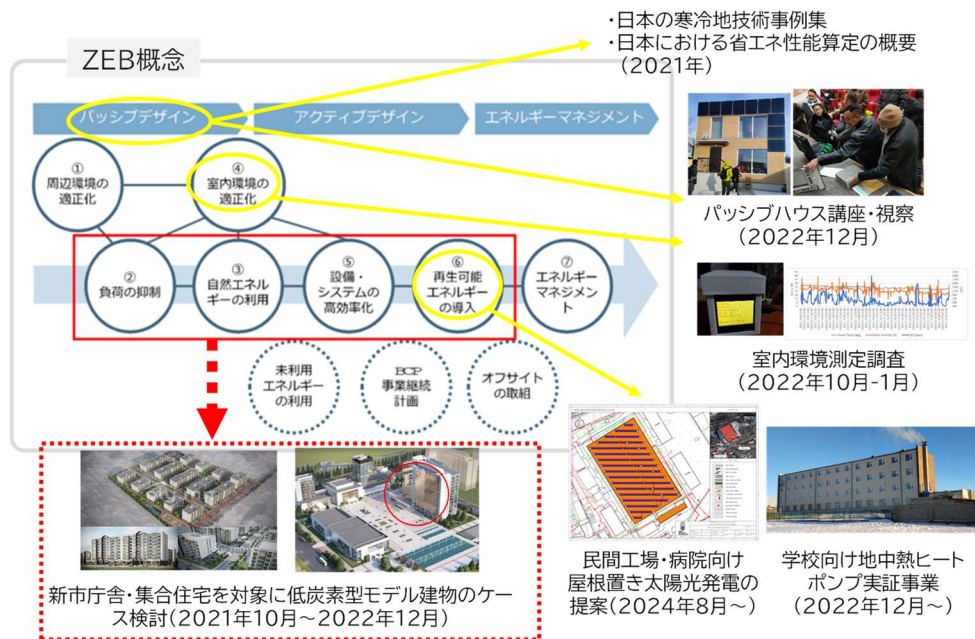


図 4-11 本事業で取り組んできた建物を対象にした ZEB 促進

出典：第20回世界冬の都市市長会

ケース	ケース 0	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
エネルギー減の脱炭素化の方法	対策なし（既存建物） ※熱供給システム系統電力	外皮（断熱の強化）	外皮（断熱の強化） + 照明・給湯・換気	外皮（断熱の強化） + 照明・給湯・換気 + 省エネ（地中熱ヒートポンプ・太陽熱） ※太陽熱は、地中熱ヒートポンプで採熱された地中の熱を回復する補完的なシステム	外皮（断熱の強化） + 照明・給湯・換気 + 省エネ（地中熱ヒートポンプ・太陽熱） + 創エネ（太陽光発電）
変更点		熱供給システム系統電力のまま外皮変更による断熱の強化のみによる負荷の抑制	ケース 1 に加えて、設備・システムの高効率化による省エネルギー化の促進	ケース 2 に加えて、熱供給システムを再生可能エネルギー（地中熱）に変更	ケース 3 に加えて、再生可能エネルギーとして太陽光発電（創エネ）により使用電力の一部を賄いシステムからの購入電力を削減

図 4-12 寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケース

出典：令和 3 年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

「ウランバートル市における寒冷地の建築・再エネ促進による脱炭素都市形成支援事業」

ウランバートル市では、市長令による石炭利用の制限や再生可能エネルギー利用促進を背景に、「ウランバートル市グリーン開発計画」を策定し、都市の一極集中から分散型都市構造への転換を目指している。同計画では、副都心地区等を含む市内9地域を対象に、再生可能エネルギーの利用、グリーン建材の活用、電力・水消費の効率化等により、20%の省エネルギー達成を目標としており、グリーン住宅の開発が進められている（下図参照）。本事業でこれまで取り組んできた ZEB 化による省エネルギー対策や再生可能エネルギー導入の検討は、こうしたウランバートル市の将来的な都市開発方針とも整合しており、今後の横展開に資する可能性がある。



図 4-13 グリーン住宅開発の目標（和訳）

出典：ウランバートル市

第5章 寒冷地同士の都市間連携協議

本章では、札幌の地域特性、寒冷地の取組・技術、モデル事業のウランバートル市への知見共有と、同市と連携した事業形成の促進と今後の協力体制の合意形成を図るための対面協議の実施結果を記述する。

5.1 札幌の地域特性、寒冷地の取組・技術、モデル事業にかかる知見共有

ウランバートル市との本年度事業で協議した一覧は下表の通り。

表 5-1 ウランバートル市とのワークショップ・協議

時期	内容	詳細
2025年7月	①キックオフミーティング	昨年度取組の進捗確認、今年度の役割分担確認
2025年9月	②第1回ワークショップ	ウランバートル市ガス化事業、本邦企業による地中熱HP・ZEB化の取組・実績紹介
2025年10月	③協議	ウランバートル市と連携した事業形成にかかる協議
2025年11月	④第2回ワークショップ	今後の協力体制の合意形成のためのワークショップ ・ZEB/ZEH人材育成事業の提案（北海道大学同行） ・JICA円借款M-JEED（工学系高等教育支援）事業との連携検討
2026年2月	⑤協議	今後の協力体制にかかる協議

①キックオフミーティング

・実施概要

日時：2025年7月8日 10:00～11:00

開催場所：ウランバートル市役所 新市庁舎 B 棟

目的：

- ・昨年度の活動成果と取組進捗の確認
- ・今年度の活動内容の説明と進め方・役割分担の確認.

・議事次第

モンゴル時間時間	内容	発表者
10:00～10:05	開会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長
10:05～10:20	昨年度の活動成果と今年度の取組にかかる説明	オリエンタルコンサルタンツ
10:20～10:40	ディスカッション及び質疑応答	—
10:40～10:50	今年度の活動にかかるウランバートル市の意向と役割分担の確認	—
10:55～11:00	閉会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長

・参加者

【モンゴル側】 ウランバートル市役所：大気環境汚染担当・アマルトゥブシン副市長
市長室 国際協力担当

【日本側】 オリエンタルコンサルタンツ

・会議の成果

UN 資金（9 億）と JCM 活用によるゲル地区向け分散エネルギー供給事業は、GEC と UN の双方に相談のうえ、ハイブリットによる事業実施は難しいため見送り

病院向け屋根置き太陽光発電、JICA 草の根事業による人材育成事業は、継続検討

・会議の様子（写真）



・発表資料 : 附属資料 C-1

② 第1回ワークショップ（2025年9月）

・開催概要

日時：2025年9月11日 11:00～12:00（JST10:00-11:00）

開催場所：ウランバートル市役所 新市庁舎 A棟

目的：

- ・ウランバートル市の脱炭素化の取組および今後のプロジェクトの共有
- ・日本企業による地中熱ヒートポンプに関する取組の共有
- ・上記を踏まえた JCM プロジェクト形成、都市間連携による支援、今後の活動方針の議論・共有

・議事次第

モンゴル時間時間 (日本時間)	内容	発表者
11:00～11:05 (12:00～12:05)	開会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長
11:05～11:10 (12:05～12:10)	参加者紹介	
11:10～11:15 (12:10～12:15)	ワークショップの目的および C3P の進捗状況の説明	オリエンタルコンサルタンツ
11:15～11:30 (12:30～12:45)	ウランバートル市における脱炭素化およびエネルギーに関する課題と今後の取組	ウランバートル市長室
11:30～11:40 (12:30～12:40)	日本企業による地中熱ヒートポンプに関する取組紹介	ゼネラルヒートポンプ工業
11:40～11:50 (12:40～12:50)	日本企業による地中熱ヒートポンプに関する取組紹介	アリガプランニング
11:50～11:55 (12:50～12:55)	ディスカッション及び質疑応答	
11:55～12:00 (12:55～13:00)	閉会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長

・参加者

【モンゴル側】 ウランバートル市役所：大気環境汚染担当 アマルトゥブシン副知事、
首都圏大気環境汚染管理局長、市長室 国際協力
担当（2名）

【日本側】 ゼネラルヒートポンプ工業

アリガプランニング

札幌市（オンライン）：環境局環境都市推進部 環境政策課長、気候変動
対策担当係長

オリエンタルコンサルタンツ

・会議の成果

本会議では、ウランバートル市から、石炭代替（ガス化・セミコークス導入）、断熱強化、

地中熱活用を柱とした大気汚染対策およびゼロカーボン達成に向けた取組の方向性が共有された。

札幌市側の民間企業より地中熱分野における技術提供・設計支援の可能性が示され、実装段階を見据えた連携の方向性が明確となった。

ウランバートル市は日本の技術・制度・人材育成への高い期待を表明し、断熱、地中熱、グリーン住宅分野での協力を希望した、JCM・JICA等の国際スキームを活用したモデル事業形成と人材育成による都市間連携に向けた共通認識が確認された。

・会議の様子（写真）



・発表資料 : 附属資料 C-2

・報道発表

ウランバートル市のメディア会社（Zindaa.mn）により「温室効果ガスの排出削減に向けて日本と協力する」という記事が紹介された。記事内容の概要は以下の通り。

ウランバートル市では、大気汚染削減を目的に24の大規模開発プロジェクトを進めており、石炭消費削減の一環として、汚染が深刻な地区の約5,000世帯で断熱改修とガス暖房への転換を開始している。あわせて、2025～2026年の暖房シーズンから首都全域で生炭使用を禁止し、代替燃料への移行を決定した。

こうした取組の下、日本の都市間協力チームとウランバートル市副市長が会談し、脱炭素化、地中熱ヒートポンプ、JCMを活用した協力事業について意見交換を行った。副市長は、札幌の経験を参考に、日本の低排出技術についてJCMを通じて導入したい意向を示し、今後の協力拡大の重要性が確認された。



③ウランバートル市との協議

・開催概要

日時：2025年10月13日 8:30～9:30

開催場所：ウランバートル市役所 新市庁舎 A棟

目的：

- ・ウランバートル市郊外における地中熱ヒートポンプ導入のための予算に関する協議
- ・今後の計画および行動方針の確認

・議事次第

モンゴル時間時間	内容	発表者
8:30～8:35	開会：ウランバートル市より挨拶	ウグタクバヤル管理部長
8:35～8:40	参加者紹介	
8:40～8:50	地中熱ヒートポンプ導入に係る費用を含む提案	オリエンタルコンサルタンツ ゼネラルヒートポンプ工業 アリガプランニング
8:50～9:10	課題に関する議論および要点の整理	
9:10～9:20	今後の活動計画の概要	ウランバートル市長室
9:20～9:25	閉会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長

・参加者

【モンゴル側】ウランバートル市役所：首都圏大気環境汚染管理局 管理部長、大気質測定・組織部長、管理・財務部長、政策実施部 上級専門官、政策実施部上級専門官、市長室 国際協力担当

【日本側】ゼネラルヒートポンプ工業
アリガプランニング
オリエンタルコンサルタンツ

・会議の成果

ウランバートル市における地中熱ヒートポンプ導入について、既往実績(第121番学校)を踏まえ、技術的有効性と大気汚染・CO₂削減効果が具体的に確認された。

導入費用概算、工期、運用・保守、人材育成を含む実装スキームが整理され、複数施設を対象とした事業化の方向性が共有された。

今後の進め方として、予算化の可否確認、JCM適用検討、人材育成を含むパッケージ化を前提に次工程へ進む方針が確認された。

・ 会議の様子（写真）



・ 発表資料 : 附属資料 C-3-1

JICA エネルギー・トランジションフォーラム

・開催概要

日時：2025年10月14日 9:00～15:00

開催場所：Blue Sky Hotel

目的：

本イベントは、エネルギー・トランジション分野におけるモンゴル政府の政策動向や取組を把握するとともに、日本企業の技術・サービスとの連携可能性を探ることを目的とした。あわせて、JICA Biz2 や JCM 等の支援スキームを共有し、応募に不可欠なモンゴル現地パートナー企業とのマッチングを促進した。さらに、関係機関・企業間のネットワーク構築を通じ、今後の具体的な事業形成につなげることを目指す。

・プログラム

モンゴル時間	内容	発表者
9:10～9:15	ビジネスフォーラム 開会挨拶	JICA モンゴル事務所代表
9:15～9:20		国家エネルギー省 戦略企画部長
9:20～9:40	エネルギー転換に関する調査の説明	パンフィックコンサルタンツ
9:40～9:55	低炭素化・脱炭素化・省エネルギーに関する政策および取組紹介	国家エネルギー省戦略企画部
9:55～10:10		気候変動研究・協力センター
10:10～10:25		国家エネルギー規制委員会省エネルギー課
10:25～10:40		ウランバートル市 経済開発・インフラ担当
10:40～11:00	質疑応答	
11:00～11:25	技術プレゼンテーション：	JFE エンジニアリング
11:25～11:50	廃棄物発電	カナデビア
11:50～12:15	技術プレゼンテーション：地中熱 HP	ゼネラルヒートポンプ工業
12:15～12:40	技術プレゼンテーション：鉛蓄電池	古河電池
12:40～13:00	質疑応答	
13:00～13:00	ビジネスフォーラム閉会	
13:00～14:00	昼食休憩	
14:00～14:15	マッチングイベント 開会挨拶	モンゴル国商工会議所
14:15～14:30	民間企業向け JICA スキームの紹介	JICA モンゴル事務所
14:30～14:45		オリエンタルコンサルタンツ
14:45～15:00	地中熱 HP、ZEB 等に関する取組紹介	アリガプランニング
15:00～15:10	マッチング／質疑応答	
15:10～15:25	JASE-W の活動紹介	世界省エネルギー等ビジネス推進協議会 (JASE-W)
15:25～15:35	マッチング／質疑応答	
15:35～15:50	水再利用に関連する省エネルギー技術	一般財団法人造水促進センター
15:50～16:30	マッチング／質疑応答	
16:30～16:30	閉会	

- ・フォーラムの様子（写真）



ゼネラルヒートポンプ工業の発表



アリガプランニングの発表



都市間連携事業・JCM 設備補助事業の紹介

- ・主な関連する発表資料 : 附属資料 C-3-2

④第2回ワークショップ（2025年11月）

・開催概要

日時：2025年11月27日 9:30～10:30（JST8:30-9:30）

開催場所：ウランバートル市役所 新市庁舎 A棟

目的：

- ・ウランバートル市におけるグリーンビルディング開発の現状および今後の取組の共有
- ・寒冷地における省エネルギー住宅に関する日本の取組および提案の共有
- ・上記を踏まえた、都市間連携プログラムを通じた JCM 事業または JICA 草の根技術協力事業の形成に関する協議および今後の活動方針の共有

・議事次第

モンゴル時間時間 (日本時間)	内容	発表者
10:00～10:10 (11:00～11:05)	開会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長 (社会分野・グリーン開発・大気および環境汚染担当)
10:10～10:20 (11:10～11:20)	ワークショップの目的および都市間連携事業の進捗状況 人材育成を通じた省エネルギーに関する草の根事業提案	オリエンタルコンサルタンツ
10:20～10:30 (11:20～11:30)	地中熱 HP の提案状況にかかる確認	ウランバートル市長室
10:30～10:40 (11:30～11:40)	札幌市における省エネルギー住宅の導入と基準整備	札幌市
10:40～10:50 (11:40～11:50)	日本の経験を活用したモンゴルにおける省エネルギー住宅に関する報告	北海道大学
10:50～10:55 (11:50～11:55)	ディスカッション及び質疑応答 草の根事業の確認	—
10:55～11:00 (11:55～12:00)	閉会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長

・参加者

【モンゴル側】 ウランバートル市役所：大気環境汚染担当 アマルトゥブシン副知事

【日本側】 札幌市（オンライン）：環境局環境都市推進部 環境政策課長、気候変動対策担当係長

北海道大学大学院工学研究院

オリエンタルコンサルタンツ

・会議の成果

モンゴルでは基準・制度が未成熟なため、基礎調査から標準整理、政策反映、事業化までを一体的に進める必要性を共有し、9月の協議で提案中の省エネ設備（ヒートポンプ等）

導入の方向性を確認した。

大規模集中型ではなく、学校・幼稚園・公共施設を核とした小規模・分散型の地中熱 HP 導入が実現的であるとの認識を確認し、第 121 番学校をモデルとした具体提案を行った。

副市長より紹介された第 313 総合学校、第 165 小学校のモデル地区選定、コスト・事業スキーム整理、来年度導入を見据えた工程表と概算見積の準備を迅速に進め、モンゴル側の予算化・意思決定を 2026 年 3 月の予算修正時までに行う必要性を確認した。

・ 会議の様子（写真）



- ・ 主な関連する発表資料 : 附属資料 A-1
附属資料 C-4

⑤協議

・実施概要

日時：2026年2月9日 10:00～10:30

開催場所：ウランバートル市役所 新市庁舎 B 棟

目的：

- ・昨年度の活動成果と取組進捗の確認
- ・今年度の活動内容の説明と進め方・役割分担の確認.

・議事次第

モンゴル時間時間	内容	発表者
10:00～10:05	開会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長
10:05～10:10	今後の事業化にかかる提案	オリエンタルコンサルタンツ
10:10～10:20	ディスカッション及び質疑応答	—
10:20～10:25	今後の事業化に対するアクションと札幌市と予定する協議にかかる確認	—
10:25～10:30	閉会：ウランバートル市より挨拶	ウランバートル市副市長

・参加者

【モンゴル側】 ウランバートル市役所：大気環境汚染担当・アマルトゥブシン副市長
市長室 国際協力担当

【日本側】 札幌市（オンライン）：環境局環境都市推進部 環境政策課長、気候変動
対策担当係長
オリエンタルコンサルタンツ

・会議の成果

ウランバートル市は、地中熱ヒートポンプについて JCM を前提とした事業化の意向を示したが、2026年予算の3月修正での対応は入札期限（5月末）の制約から困難であると確認した。今年度内の実施案として、民間企業（Tumen Shuvuut 社）の社会貢献投資を活用した JCM 申請可否を同市が確認し、難しい場合は来年度市予算（入札前提）での事業化を検討する。その合意をするため、2026年3月下旬の同市副市長による札幌訪問時に、JCM 申請に向けた予算案合意も含んだ MOU 締結を予定する。

併せて、人材育成事業については JICA 草の根事業の活用に前向きであり、札幌訪問時に北海道大学・札幌市等と協議を進める。

- ・ 会議の様子（写真）



- ・ 発表資料 : 附属資料 C-5

5.2 今後の札幌・ウランバートルの協力体制

上記の協議をふまえて、今後の札幌・ウランバートルの協力体制を継続するために、以下の取組を進めている。

(1) JICA 草の根事業

本事業を通して構築された以下を活用のうえ、ウランバートル市側で課題とされている技術系人材の育成を想定する。提案事業の概要は下表の通り。

- ・北海道大学とモンゴル国立大学による共同研究・人材交流を通じ、寒冷地建築分野の知見と技術の相互活用を推進
- ・日本の寒冷地技術（アクティブデザイン）を活用し、室内環境性能に関する共同研究や実証を実施
- ・JICA 円借款（M-JEED）や北海道大学博士課程で研究するモンゴル人留学生を活用した人材育成・交流を促進
- ・モンゴルで実績のある屋根置き太陽光発電や地中熱ヒートポンプ等の日本技術の導入事例を展開
- ・札幌市の積雪寒冷地対策として、ZEB・ZEH 促進や次世代住宅基準、CASBEE 札幌等の制度的取組を紹介

表 5-2 提案事業の概要

提案事業名	モンゴル国ウランバートル市における寒冷地向け ZEB・ZEH 普及によるエネルギー転換プロジェクト
対象国/対象地域	モンゴル国/ウランバートル市
対象者・対象人数	200 人
カンターパート/ 協力機関	ウランバートル市/モンゴル国立大学/ウランバートル市
背景・現地の課題	<p>内陸国であるモンゴル国、とりわけウランバートル市は、一次エネルギー消費の約 7 割を石炭に依存しており、世界でも有数の寒冷な首都として、厳冬期における安定的な熱供給と深刻な大気汚染という構造的課題を抱えている。地域熱供給が未整備な地区では石炭ボイラーやストーブへの依存が続く一方、GHG 削減目標の設定や石炭使用制限、電気料金の値上げを背景に、熱源転換と省エネルギー対策の必要性が一層高まっている。</p> <p>同様に積雪寒冷地である札幌市は、過去に石炭暖房等による大気汚染を経験しつつも、都市全体での政策的取組により、効率的な地域熱供給やインフラ整備導入を進め、環境改善を実現してきた。両市は「ウランバートル宣言」を契機に都市間連携を継続し、近年は脱炭素・省エネ分野での協力を強化している。</p> <p>一方で、ウランバートル市では、政策立案を担う行政人材や、ZEB・ZEH 等の先進的建築概念を実装する設計・施工等の技術人材が不足していることが大きな課題となっている。このため、札幌市の経験を活かし、行政職員や技術者を対象とした人材育成を通じて、寒冷地都市に適した脱炭素・省エネ施策を持続的に推進する国際協力の必要性が高まっている。</p>
事業の目標	<p>ウランバートル市の行政職員・技術者の能力開発を通じ、同じ寒冷地で実績のある ZEB・ZEH の取組に基づく、モンゴルにおける省エネ建物・住宅の在り方や基準が整理される。</p> <p>具体的な取組成果として、育成された人材による、適切なエネルギーの転換と効率利用となる寒冷地技術の導入を促進する。</p>
想定する活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1.モンゴルに適した ZEB・ZEH を普及するための知見共有 (表 5-3 参照) 2.ワーキンググループによるモンゴル版 ZEB・ZEH の適用条件の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ワーキンググループを立ち上げ、モンゴルの建設基準の課題整理とモンゴル版 ZEB・ZEH の適用条件を検討 ・日本の寒冷地技術事例の調査・研究および視察を通じ、パッシブ・アクティブ両面から ZEB・ZEH プロセスへの適用方法を整理 ・モンゴル版 ZEB・ZEH の大気汚染対策・エネルギー転換への効果を評価し、政策策定関係者への提案・協議を実施 3. 適切なエネルギー転換・効率利用となる寒冷地技術の導入計画案の作成 <ul style="list-style-type: none"> ・適用可能性ある寒冷地技術のリストアップ・整理 ・モンゴルに供給可能な寒冷地技術の紹介 (ビジネスマッチングの開催) ・ワーキンググループによる導入計画案の作成、導入に向けた検討

表 5-3 対象別による ZEB・ZEH の具体的な普及活動（案）

項目	詳細	対象者	期待する効果
ZEB・ZEH の普及政策策定と実施方法	<ul style="list-style-type: none"> 札幌市の ZEB・ZEH 普及の取組紹介、ZEB・ZEH を促進する日本の政策とその実施状況 省エネ基準の段階的規制、BELS（建築物省エネ性能表示制度）やトップランナー制度等（札幌版次世代住宅基準（新基準））による市場誘導型奨励スキーム設定方法、法的整備の経緯と教訓、札幌市 政策の成功実績 ZEB, ZEH のノンエナジーベネフィット 	<ul style="list-style-type: none"> 政策策定者 意思決定者 研究/調査員、政治家、大学研究者（学生） 	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ技術、ZEB・ZEH の市場導入、普及啓発の仕方の習得 市場原理の軌道に乗せるスキーム、誘導制度の仕組みに係る理解促進
省エネ住宅・建築の設計と実務	<ul style="list-style-type: none"> ZEB/ZEH 概要、基礎的考え方、設計方法、先進事例、ZEB/ZEH 設計ガイドラインと事例、モンゴル気候適用の検討 住宅の省エネ基準と計算方法、住宅の外皮性能の計算方法、増改築での省エネ性能の考え方 外側断熱と内側断熱の特徴、基礎断熱と床断熱の違いとメリット・デメリット等、成功事例、失敗事例からの教訓 集合住宅や戸建住宅の断熱改修事例の紹介 	<ul style="list-style-type: none"> 建築家、設計者、施工者、大学研究者（学生） 	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ住宅・建築の設計、断熱の計算、評価方法の取得、先進的技術の適用に係る知識と技術の向上
省エネ住宅・建築の基礎知識【一般市民向け】	<ul style="list-style-type: none"> 断熱の基礎知識（熱伝導、熱放射等） 屋内の快適な温熱環境（ヒートショック対策、建物の断熱性能（保温性能）など） 建物形状による外皮面積と熱損失、外断熱と内断熱の違い 省エネ窓、アルゴン（Ar）ガス充填のメリット、3枚ガラスの効果など 気密性と熱回収換気の重要性 省エネ住宅の経済性（初期投資対ランニングコスト） ZEB, ZEH のノンエナジーベネフィット 	<ul style="list-style-type: none"> 一般市民、住宅建築の施工者、技術士、大工、建築業界関係者等、大学研究者（学生） 	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ住宅と技術の受容性向上 環境に優しい暮らしへの意識醸成（気候変動と大気汚染対策としての省エネ住宅の理解促進） 断熱と気密性の理解 長期投資の価値等の理解

(2) 住宅支援機構と連携した省エネ住宅普及

2025年8月、モンゴル住宅金融公社（MMC）と日本住宅金融支援機構（JHF）は、モンゴルにおけるグリーン資金調達の拡充およびターゲット市場向け債券市場の発展を目的とした技術協力契約を締結した。本協力は、持続可能な開発方針の策定、ターゲット市場向け債券の発行支援、国内関係者の能力強化、国際基準に整合した移行計画の策定を柱としている。

あわせて、持続可能な金融、グリーン住宅、報告基準、デジタル移行に関する研修・プログラムの実施を通じ、制度および実務両面での基盤強化を図る。JHFは、省エネルギーかつ社会志向型住宅ローンプログラムの知見を活用し、モンゴルにおける持続可能な住宅金融制度の構築と、両国政府間の政策・資金協力の拡大に貢献する方針を示した。

MMCは、本協力がグリーンビルディングおよび資金調達の拡大に加え、建設分野の品質向上や金融分野におけるグリーン住宅融資・グリーン債券導入を促進する歴史的意義を持つと評価している。本契約に基づく協力は、アジア証券化機関連合（ASMMA）の地域協力枠組みの下で実施され、両機関は同連合の会員として連携を進めていく。

本事業では、EDGE認証等を念頭に置いたグリーン住宅・ファイナンスに関する調査を実施してきた。その経緯もあり、2025年にはモンゴルグリーンビルディング協会（MGBC）により国家グリーンビルディング評価システムが開始され、スマート都市計画の推進とあわせて制度面での整備が進展している。また、本事業のフェーズ1に協力してきたモンゴル開発銀行（TDB）では、省エネルギー建築に対する融資促進を目的とした20%以上の省エネ効果を要件とする認可制度の導入が進められてきた。同様に協力してきたウランバートル公団公社（NOSK）では、ADB支援によるグリーン・アフォーダブル住宅事業（AHURP）が進められている。



AHURPによるグリーン住宅建設

こうした動きや蓄積した知見を踏まえ、本事業ではJHFと協議を重ねて、本事業に協力する北海道大学による技術支援のもと、省エネ住宅の現状調査および普及促進に向けた事業の検討を進めている。

北海道大学では、モンゴルにおいて実効性のあるグリーン住宅ローン制度を構築することを目的に、住宅の省エネルギー性能を金融実務において「効率的かつ客観的」に評価するための基準および運用手法を整理した。

背景には、急速な都市化に伴う建設部門由来の温室効果ガス排出増加と、国際的な ESG 投資・グリーンファイナンス拡大の潮流がある。ADB 等の国際開発金融機関も、先述のモンゴルにおける大気汚染対策やグリーンアフォードブル住宅事業（AHURP）を重点支援分野としており、住宅金融を通じた性能誘導の重要性が高まっている。

一方、途上国におけるグリーン住宅ローンの普及には、金融機関側の専門知識不足、多件数・小口融資に伴う審査コスト、性能評価の客観性・透明性の欠如といった実務的課題が存在する。特に、設計図書や仕様書から省エネ性能を正確に判定する能力が金融機関内に不足しているため、適切な融資判断ができていない要因となっている。

モンゴルで既に活用されている住宅性能評価ツール「BESTGER」を核とし、日本の住宅金融支援機構（JHF）の「フラット 35」や北海道における寒冷地住宅の実績を参照しながら、金融審査に耐えうる多層的な基準を下表の通り整理した。具体的には、BESTGER による定量評価（年間暖房需要・一次エネルギー消費量）でランク B 以上を必須条件としつつ、換気回数や気象条件など計算前提を標準化することで、審査の再現性と透明性を確保する仕組みを示している。

表 5-4 金融審査の項目と詳細

審査項目	確認エビデンス (提出書類)	チェックポイント
1. エネルギーランク	BESTGER「EPCB」シート	年間暖房需要がランク B 以上（または Baseline 比 25%削減）か
2. 断熱材の仕様	BESTGER「U value base」および納品書	断熱材の種類と厚みが計算値（例：EPS 150mm）と一致しているか
3. 外皮の連続性	施工中写真（Act 補完資料）	RC 躯体と窓枠の接合部に気密処理（ウレタン、テープ等）がなされているか
4. 熱橋（ヒートブリッジ）対策	設計詳細図および施工写真	バルコニー接合部や断熱材固定アンカーに熱損防止措置があるか
5. 換気システムの信頼性	BESTGER「HL 01」および機器仕様書	熱交換換気を利用する場合、機器の有効効率が計算値と整合しているか
6. 行政承認の整合性	Red Book（利用開始決議書）	行政検査を通過し、法的な居住要件を満たしているか

さらに、設計値と実際の施工品質の乖離を防ぐため、北海道モデルを応用した「施工エビデンス」の提出（熱橋対策、気密・防湿処理、換気設備の整合性を示す施工写真等）を融資条件とする考え方も整理した。これにより、金融機関の担当者が高度な建築知識を持たずとも、チェックリスト形式でグリーン住宅の適格性を判断できる実務的な運用モデル

を提示している。

日本の住宅金融制度が果たしてきた役割、とりわけ「公庫仕様」による品質誘導や、低利融資という金融インセンティブを通じた断熱・省エネ性能の段階的底上げは、モンゴルにとって重要な示唆となり得る。法規制に先行して金融が市場行動を変え、結果として住宅性能のデファクトスタンダードを形成した日本の経験は、モンゴルにおけるグリーン住宅金融制度設計の有効な参照モデルである。

BESTGER を基盤とした評価体系と、札幌の知見を組み合わせることで、モンゴルの気候・施工実態・金融実務に適合したグリーン住宅ローン制度が構築可能であることが確認できた。住宅の質的向上と環境負荷低減を同時に実現する持続可能な金融スキームの可能性が考えられる。札幌市と連携して考えられる協力可能性は、下表の通り。

表 5-5 省エネ住宅基準にかかる札幌市とウランバートル市の協力可能性（例）

協力可能性	内容
札幌モデルの体系的共有	札幌市における次世代住宅基準、等級別評価と融資・補助制度の連動事例を整理し、モンゴル関係機関（住宅金融機関、都市開発・住宅設備省）向けの政策・実務パッケージとして提示する。
人材育成・技術研修の実施	札幌市、北海道大学と連携し、BESTGER 評価の精度向上、施工エビデンス確認、寒冷地仕様の考え方に関する実務研修をモンゴル側技術者・金融機関担当者向けに実施する。
モデル地区・モデル事業の設定	ウランバートル市内でモデル地区を選定し、札幌の寒冷地住宅技術を応用したグリーン住宅を実装、BESTGER 評価とグリーンローンを連動させた実証事業
制度化・政策反映への支援	実証結果を踏まえ、モンゴル版「次世代住宅基準（案）」およびグリーン住宅ローン審査ガイドラインとして整理し、国家基準・補助制度・金融商品への反映を支援する。
都市間連携の継続的枠組み構築	札幌市とウランバートル市の都市間連携を軸に、住宅・エネルギー・金融を横断する長期的な協力プラットフォームを構築し、脱炭素都市づくりに向けた段階的な取組を推進する。