



環境省

令和4年度環境省委託

令和4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
報告書

令和5年3月
(2023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 事業の背景と目的.....	1
1.2 事業概要.....	1
1.3 実施体制.....	1
1.4 実施内容.....	2
第 2 章 ウランバートル市の状況と気候変動に対する取組み	4
2.1 ウランバートル市の概要.....	4
2.2 モンゴルの GHG 排出状況と課題.....	5
2.3 モンゴルの気候変動対策.....	7
2.4 ウランバートル市の気候変動に係る取組.....	10
2.5 モンゴルのグリーンビルディングに係る施策.....	11
2.6 ウランバートル市でのグリーンビルディングに係る国際支援.....	16
第 3 章 ウランバートル市の能力向上支援	21
3.1 札幌市のカーボンニュートラルに向けた取組.....	21
3.2 札幌市の脱炭素先行地域.....	30
第 4 章 ウランバートル市の環境測定に係る調査	33
4.1 ウランバートル市の大気に係る状況.....	33
4.2 環境測定の概要.....	34
4.3 環境測定の結果及び考察.....	37
4.4 環境測定からの提言.....	39
第 5 章 ワークショップ及び講座の開催	42
5.1 第 1 回ワークショップ.....	42
5.2 第 2 回ワークショップ.....	43
5.3 第 1 回 ZEB・ZEH 講座.....	45
5.4 第 2 回パッシブハウス講座.....	46
5.5 パッシブハウス講座実施からの考察.....	49
第 6 章 脱炭素型モデル建築仕様を活用した案件形成の可能性にかかる検討	51
6.1 脱炭素型モデル建物の検討ケースの整理.....	51
6.2 省エネ設備の導入検討（高効率 LED 街路灯）.....	53
6.3 太陽光発電の導入検討（ソーラーパネル付カーポート）.....	58
6.4 省エネ熱供給設備の導入検討（地中熱ヒートポンプ）.....	60
6.5 脱炭素型モデル建物の導入検討（中長期フェーズ）.....	63
附属資料	
第 1 回ワークショップ資料.....	A-1
第 2 回ワークショップ資料.....	B-1

第 1 回講座資料.....	C-1
第 2 回講座資料.....	D-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	4
図 2-2	モンゴルとウランバートルの人口推移（1990～2020 年）	4
図 2-3	CO ₂ emissions by fuel or industry, Mongolia	5
図 2-4	Per Capita CO ₂ emission.....	6
図 2-5	NDC の GHG 排出量目標	9
図 2-6	モンゴルの電源別発電量（1990～2020 年）	9
図 2-7	ウランバートル市の樹林運動に係る報告	10
図 2-8	ウランバートル市の 6 地区の副都心整備計画	11
図 2-9	アジアの建築分野における GHG 排出抑制のロードマップ	12
図 2-10	建築物エネルギー認証例	14
図 2-11	モンゴル初の EDGE 認証を得た建物	16
図 2-12	改修による熱損失の低減	17
図 2-13	断熱改修された学校	17
図 2-14	GIZ プロジェクト（集合住宅の改修前と改修後）	18
図 2-15	ADB プロジェクト	19
図 2-16	建設業の温室効果ガス算定電子システム	20
図 3-1	札幌市気候変動対策行動計画の体系図と関連する主な計画	22
図 3-2	札幌市の温室効果ガス排出内訳	23
図 3-3	市役所の温室効果ガス排出量の用途別構成比（2018 年）	24
図 3-4	市役所の二酸化炭素排出量のエネルギー種別構成比（2018 年）	24
図 3-5	札幌市都心における持続可能なゼロカーボン都市開発推進制度	27
図 3-6	札幌都心 E！まち開発推進制度対象地域	27
図 3-7	新さっぽろエネルギーセンター景観と各施設竣工時期	28
図 3-8	CEMS の概要	29
図 3-9	札幌市の脱炭素先行地域の概要	31
図 3-10	脱炭素先行地域計画	32
図 4-1	2017 年から 2022 年の冬期におけるウランバートル市の PM10 の平均濃度	33
図 4-2	2017 年から 2022 年の冬期におけるウランバートル市の PM10 の月平均濃度	34
図 4-3	ウランバートル市の大気汚染の原因	34
図 4-4	冬のウランバートル市の大気汚染の様子	35
図 4-5	観測器設置場所と観測器	36
図 4-6	市内アパートの温度、相対湿度、CO ₂ 濃度	37
図 4-7	市内アパートの PM10、VOC の推移	38
図 4-8	市内オフィスの温度、相対湿度、CO ₂ 濃度	38
図 4-9	市内オフィスの PM10、VOC の濃度の推移	39
図 6-1	ZEB のデザイナプロセス	51

図 6-2	均斉度（ムラ）の比較	54
図 6-3	調光スケジュールの例	55
図 6-4	高効率 LED 街路灯の省エネ効果	55
図 6-5	スマート街路灯として追加可能な機能の例	57
図 6-6	地中熱ヒートポンプ設備の概要	62
図 6-7	Bayanzurkh project による環境・社会への影響分析	67
図 6-8	モンゴルにおけるパッシブハウスの事例	70
表 1-1	実施工程	3
表 2-1	建築部門における GHG 排出削減の見積（単位：千トン CO ₂ ）	7
表 2-2	モンゴルの気候変動に係る政策	7
表 2-3	ウランバートル市の GHG 削減目標	10
表 2-4	建築・都市開発部門における GHG 排出削減計画 2021～2030 年の概要	13
表 2-5	建物の熱性能に係る新たな建築基準	14
表 2-6	住宅および公共建築物のエネルギー効率分類	14
表 2-7	EDGE 分類	15
表 2-8	グリーンビルディングに係る国際支援	16
表 3-1	札幌市の施策別の取組と目標削減量	23
表 3-2	札幌市役所の施策別の取組と目標削減量	24
表 3-3	札幌市の SDGs に係る主な取組	25
表 5-1	ワークショップ及び講座の開催実績	42
表 5-2	ウランバートル市での「省エネ思考」意識推進活動に係る提案	50
表 6-1	ZEB のデザインプロセスの各項目の手法	51
表 6-2	寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケース設定	52
表 6-3	ゲル地区再開発 集合住宅 セレナタウンの概要	53
表 6-4	CO ₂ 削減量の計算	55
表 6-5	太陽光発電式街路灯の国内製品の例	56
表 6-6	高効率 LED 街路灯導入に向けたスケジュール案	57
表 6-7	ウランバートル新市庁舎の概要	58
表 6-8	ソーラーパネル付きカーポートの製品概要	59
表 6-9	ソーラーパネル付きカーポートの仕様概要	59
表 6-10	ソーラーパネル付カーポート導入に向けたスケジュール案	60
表 6-11	ソングノハイルハン区 121 番学校の概要	61
表 6-12	地中熱ヒートポンプ導入に向けたスケジュール案	63
表 6-13	ECO-DISTRICT 概要	64
表 6-14	新 Zuunmod 概要	65
表 6-15	Bayanzurkh project 概要	66
表 6-16	北海道における ZEB 仕様	67
表 6-17	適用可能性のある本邦技術	68
表 6-18	モンゴルにおけるパッシブハウスの仕様	71

略語表

略語	正式名称	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
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
CEMS	Community Energy Management System	地域エネルギーマネジメントシステム
CGS	Co-Generation System	ガスコージェネレーションシステム
COP	Conference of the Parties	締約国会議
GEF	Global Environmental Facility	地球環境ファシリティ
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
NDC	Nationally Determined Contribution	国家決定貢献
NOSK	Capital City Housing Corporation	ウランバートル首都公団公社
SDC	Swiss Agency for Development and Cooperation	スイス開発協力局
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動枠組条約
VOC	Volatile Organic Compound	揮発性有機化合物
VPP	Virtual Power Plant	仮想発電所
WHO	World Health Organization	世界保健機関
ZEB	Net Zero Energy Buildings	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル
ZEH-M	Net Zero Energy House Mansion	ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス・マンション

第1章 事業概要

1.1 事業の背景と目的

令和3年（2021年）11月に開催された気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）の合意文書を以て、産業革命前からの気温上昇を1.5°Cに抑えることが、世界の新たな目標として確認された。この目標達成には、各国において、州、市、区等、様々なレベルにおいて取組を加速させることが必要不可欠である。日本でも、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにし、脱炭素社会を目指すことが宣言され、CO2排出実質ゼロを宣言する自治体は800以上（2023年1月31日現在）にまで急増しており、令和3年（2021年）6月に策定された地域脱炭素ロードマップの下、先進的な対策を各地で創出し、全国に拡大するような取組が進められている。

このとおり具体的な地域の気候変動対策・プロジェクトを検討・実施するうえで、都市や自治体の役割は重要性を増している。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いアジアにおいて、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きている。

また、現下の新型コロナウイルス感染拡大の状況下において、都市は感染拡大関連の課題に対処すると同時に、持続可能な開発を達成するための新たな方策についての再調整や検討を迫られており、都市間の連携による新たな手法、新たな都市の構築が極めて重要である。

本事業では、日本の研究機関・民間企業・大学等が、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、海外自治体等における脱炭素社会形成への取組、およ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事業を実施する。

1.2 事業概要

委託業務名：令和4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）

履行期間：令和4年7月8日～令和5年3月10日

発注者：環境省 地球環境局 国際脱炭素以降推進・環境インフラ室

受託者：株式会社オリエンタルコンサルタンツ

1.3 実施体制

本事業は、札幌市環境局と、ウランバートル市の都市開発を担うウランバートル市首都都市開発局、及びウランバートル市首都公団公社（以下、NOSK）を中心に実施した。ウランバートル市からは、インフラ整備を担当する副市長の協力も得て、ワークショップを通じた協議を行った。

札幌市の提唱により始まった「世界冬の都市市長会」は、9か国22都市からなる国際ネットワークであり、ウランバートル市は1998年に加盟し、両市の情報や技術交流がなされている。札幌市は、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

宣言し、明確な目標を掲げて施策を推進しており、同じ寒冷地であるウランバートル市の脱炭素社会形成に向けた取り組みや技術の支援が期待されている。

3年次の本事業推進に際しても、ワークショップやグリーンビルディングに係る講座を通して知見共有を図った。ワークショップでは、協力会社である北海道ガス株式会社や北海道大学からも発表が行われた。

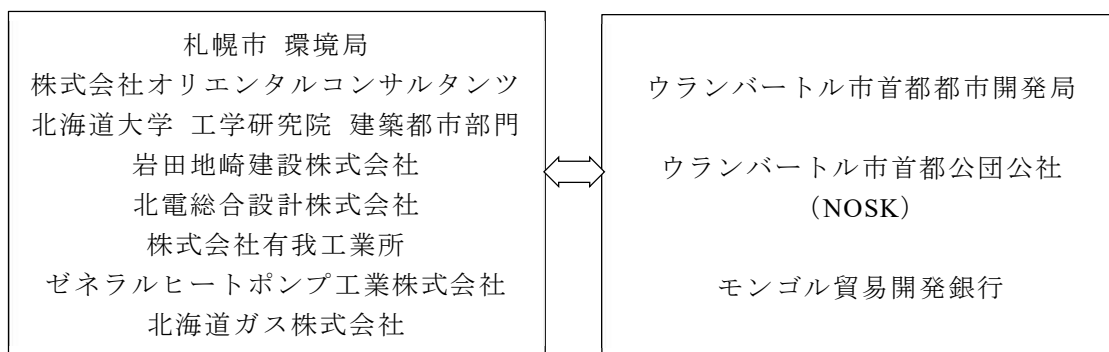


図 1-1 事業実施体制

1.4 実施内容

本事業は、2020年度に策定した3年計画に基づき3年次の調査を実施する。

1年次の調査では、モンゴルの建築基準やウランバートル市の住宅の状況、ウランバートル市のニーズ・関心等の基礎調査を実施した。ウランバートル市内の住宅は、市街地にあるレンガ造りあるいはプレキャストコンクリートの集合住宅と、ゲル地区にあるテント家屋あるいは戸建ての簡易住宅に大別される。市街地にある集合住宅は地域暖房システムに接続しているが、老朽化による熱損失が発生し、断熱材が不十分なため熱供給システムに必要以上の負荷がかかっている。他方、地域暖房システムに接続していないゲル地区の簡易住宅は、断熱材が施されておらず、石炭や薪ストーブが使われている。いずれの住宅も、気密性、断熱性など寒冷地に不十分な建築仕様であり、暖房用エネルギーの負荷が大きく、GHG排出量の増加、大気汚染悪化の原因となっていた。ウランバートル市では2014年に策定された同市のマスタープランにより、ゲル地区の再開発や衛星都市の開発による人口分散計画されており、今後も住宅開発やインフラ整備の増加が見込まれている。

ウランバートル市はグリーンビルディングに係る関心が高いことから、2年次では、日本のZEB仕様を活用して、ウランバートル市の現状に即した脱炭素型モデル建築仕様を検討した。寒冷地における脱炭素型の技術としてZEB/ZEH実施事例集、省エネ算定ガイドラインをそれぞれモンゴル語でとりまとめてウランバートル市に共有した。

本事業3年次では、2年次の調査を踏まえ、ウランバートル市から要望のあった都市全体にかかる取組みにかかる知見共有として、札幌市エネルギー計画や地域エネルギーマネジメントシステムの紹介を実施した。また、建物全体の脱炭素化につながる取組みとして、北海道大学による環境測定・分析に基づいた適切なエネルギーマネジメント提言等を通して、ウランバートル市への知見共有・能力強化支援を行った。グリーンビルディングに係る講座の実施を行い、寒冷地における脱炭素型モデル建築仕様を取り入れた案件形成の促進を行った。

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概要と気候変動に対す

る施策や取組について、ウランバートル市の都市全体にかかる状況を記載した。3章では札幌市のカーボンニュートラルに向けた施策や取組について、4章では環境測定調査の概要と結果、考察と提言等、ウランバートル市に紹介した内容もふまえて記載した。5章ではウランバートル市にて実施したワークショップと講座の概要、6章ではJCMをはじめとした脱炭素化への案件形成の可能性について検討をして記載した。

表 1-1 実施工程

項目	2022年度											
	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			進捗報告			中間報告会			最終報告会		
(1)ウランバートル市への知見共有・能力向上支援												
①札幌市のエネルギー変遷・計画、寒冷地における地域熱供給システムの先行事例（スマートエネルギー事業）の紹介による知見共有	←→											
②ZEB・ZEH-Mの省エネ算定ガイドラインを活用した講座の実施	←→											
③建物室内の空気汚染にかかる環境測定、適切なエネルギーマネジメント提言	←→											
④CN宣言の実現可能性に向けた協議	←→											
(2)モンゴルの実状に適した、寒冷地における低炭素・脱炭素型モデル建築による案件化												
①脱炭素型モデル建築仕様の展開フェーズ毎の対象施設・導入技術(設備)の検討	←→											
②初期フェーズ段階における対象施設・導入技術(設備)の具体的な抽出	←→											
③初期フェーズの対象施設への導入計画案の策定	←→											
④上記の導入計画案を促進するための活用スキーム・制度の検討	←→											
⑤民間開発業者への提案による「実行のドミノ」実現に向けた検討	←→											
⑥上記の取組を通じJCM設備補助事業の対象技術及び対象案件の発掘を行い、JCM案件形成化を目指す。	←→											
現地調査	↔ ↔ ↔ ↔											
ワークショップ開催	▲ ▲											
環境省主催会議、政策対話(環境省指定の会議)	←→											
月次報告	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲											
報告書作成	←→ ドラフト作成 提出											

履行期間：令和4年7月8日～令和5年3月10日

第2章 ウランバートル市の状況と気候変動に対する取組み

2.1 ウランバートル市の概要

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 0.3% に過ぎない。

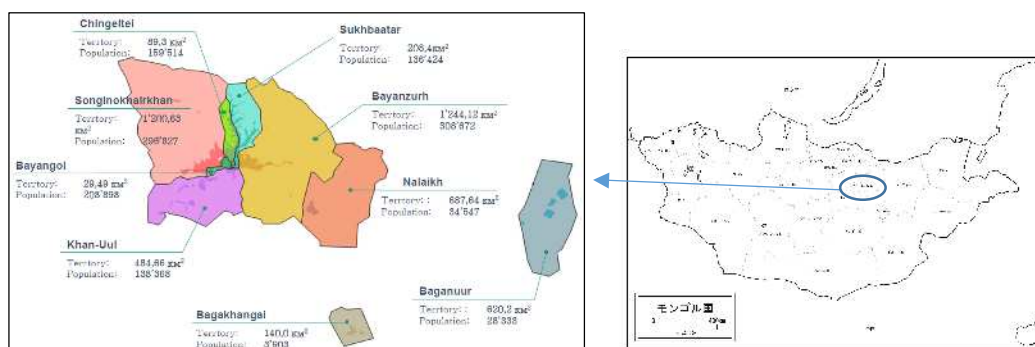


図 2-1 ウランバートル市地図

ウランバートル市の人口は 2000 年に約 70 万人であったが、地方からウランバートルへの人口流入が続いた。2020 年には約 160 万人と急激に増加し、モンゴル全人口約 335 万人の約 48% を占めている。人口増加率はモンゴルの平均が約 3% であるが、ウランバートル市の人口増加率は 2018 年までの 5 年間で平均 5.6% に達し、一極集中が進んでいる。

ウランバートル市の人口の将来推計は、2040 年に 200 万人を超える予測となっている。

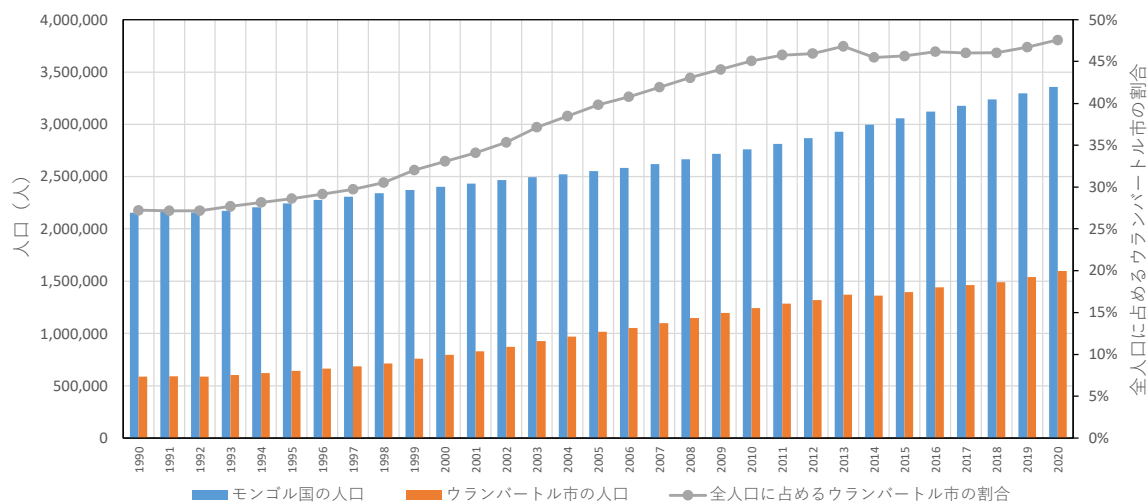


図 2-2 モンゴルとウランバートルの人口推移 (1990~2020 年)

出典：モンゴル統計局データベース

地方から移動してきた人々の多くは、行政の許可なく無秩序にゲル家屋を立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、首都の約半数以上にあたるおよそ 84 万人に上る。

ウランバートル市は急速な人口流入により都市インフラの整備が追いついていない。市

の居住形態は、市街地のプレキャストコンクリート式アパートなどの集合住宅と、市街地周辺のゲル地区のモンゴルゲルや木造住宅等に大別される。また、ゲル地区の約半分は市内中心部から遠く離れた場所に位置しており、既存のインフラへの接続が困難な地域となっている。

モンゴルは冬期の気温がマイナス 20°C を下回るが、ウランバートルの人口約 20%が住むプレキャストコンクリート式アパートの多くは社会主義時代に建てられており、古い建物の断熱は不十分である。ゲル地区の生活インフラ整備はより遅れており、ゲル地区にある建造物の断熱はさらに不十分で熱損失が大きい。

近年ゲル地区の再開発が活発となっており、2020 年から 2030 年の期間にウランバートル市内に、新たに 14 万戸の集合住宅の建設が見込まれている。

モンゴルは 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。建物部門のエネルギー効率を改善し、CO₂ を削減することは、モンゴルの国家決定貢献（NDC）の優先事項となっている。

2.2 モンゴルの GHG 排出状況と課題

(1) モンゴルの GHG 排出量の現状

モンゴルは石炭資源に非常に恵まれた国であり、モンゴルの主な燃料は、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 90%以上を石炭が占めており、燃料エネルギー確保の点で石炭への依存度が高い。モンゴルの GHG 排出量は低いものの、消費されるエネルギーに対し排出される GHG 排出量が多い。

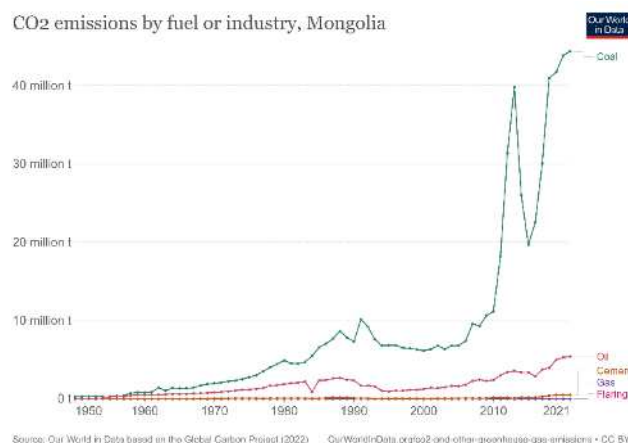


図 2-3 CO₂ emissions by fuel or industry, Mongolia

出典：Our World in Data¹

モンゴルは全世界の GHG 排出量の 0.1%しか占めていない。他方、2010 年以降モンゴルの一人当たりの GHG 排出量は増加しており、日本や世界平均よりも大きくなっている。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、人口増加などによる GHG 排出量がさらに増えることが予想される。

¹ <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

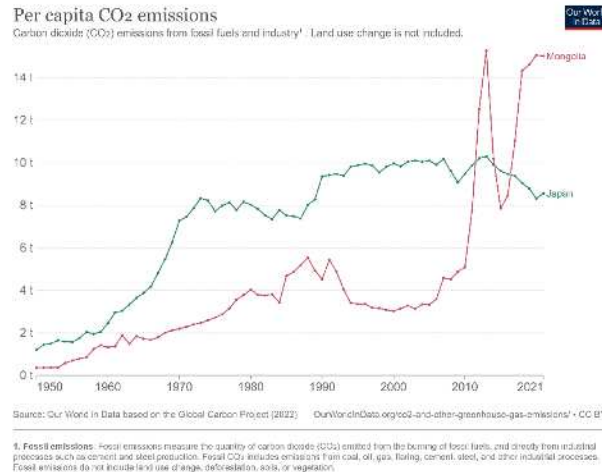


図 2-4 Per Capita CO₂ emission

出典：Our World in Data²

(2) 建築部門における GHG 排出量の現状

モンゴルの GHG の最大の発生源は、エネルギー、農業、産業部門である。建設都市開発省によると、建設部門は、モンゴルの熱エネルギーの 56%、電力の 38%を消費し、GHG 排出量の約 30%を占めている³。近年のウランバートル市の開発により、約 200 棟の建物が集中型熱供給に接続され、熱供給の消費量が年間 3~8%増加している。建設都市開発省によると、2020 年と比較し、2021 年の建設部門におけるエネルギー消費量は 5%、1 万トン CO₂が増加している。

ウランバートル市は、モンゴルで最も建築物の数が多く、1965 年から 2000 年にかけて建設された 1077 棟のプレキャストコンクリート式アパートがあるとされている。そのうち、1990 年以前に建てられ、断熱材を必要とする住宅が 420 棟以上ある⁴。これらの建物は、特に寒い季節の熱損失が大きく、暖房には 11 億キロワット/時のエネルギーが消費され、119 万トンの GHG が排出されている。

これらのプレキャストコンクリート式アパートを改修すると、建物部門のエネルギー効率の向上により、暖房の必要性が減少し、1 時間あたり 31%の熱負荷が削減されると推定されている⁵。この削減された熱エネルギーは、ウランバートル市の火力発電所で使用される年約 17 万トンの石炭を削減し、23.1 万トンの GHG 削減になると見積もられる⁶。

また、ウランバートル市ゲル地区での原炭の使用禁止と改良型燃料の使用促進により、59.8 万トンの GHG 削減が推定されている。

² <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

³ <https://mcud.gov.mn/a/809>

⁴ <https://mcud.gov.mn/a/809>

⁵ Global Green Growth Institute, 2018 年

⁶ GGGI, 「Greenhouse Gas Mitigation Assessments to Inform Future Nationally Determined Contribution Updates in Mongolia: Technical Guide」 2021 年

表 2-1 建築部門における GHG 排出削減の見積（単位：千トン CO₂）

	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
ベースラインシナリオ	4,006.6	4,395.5	4,737.2	5,151.2
緩和シナリオ	4,006.6	3,792.2	4,037.3	4,321.1
合計 GHG 排出削減量		603.3	699.9	830.1
（ゲル地区の改良型燃料利用）		(530.1)	(561.0)	(598.9)
（プレキャスト式アパートの断熱材更新）		(73.2)	(138.9)	(231.2)

出典：GGGI 2021年

2.3 モンゴルの気候変動対策

2.3.1 気候変動対策の概要

NDC にて、モンゴルは 2030 年までに GHG 排出量の 22.7%削減を目指している。以下に、気候変動対策に関わる、モンゴルの持続可能な開発やグリーン開発に係る政策を記載する。

表 2-2 モンゴルの気候変動に係る政策

年	政策名等
2011	気候変動国家行動プログラム
2014	グリーン開発政策
2015	INDC提出
2016	持続可能な開発ビジョン 2030
2016	NDC 承認
2020	国家開発計画「ビジョン2050」
2020	NDC更新

出典：調査団作成

2.3.2 気候変動対策に係る政策

(1) 気候変動国家行動プログラム (National Action Program on Climate Change)

気候変動国家行動プログラムは、生態学的バランス、気候変動に適応した社会経済セクターの開発、脆弱性とリスクの軽減、GHG 排出の緩和、経済的有効性と効率性の促進、およびグリーン開発目標の実施を確保することを目的として設定された。

2011 年～2016 年の第 1 期では緩和および適応能力の強化、法的および管理システムの確立が目指された。2017 年～2021 年の第 2 期では、気候変動への適応策が実施され、GHG 排出緩和行動の開始が目標として掲げられた。グリーン経済の成長と発展の基盤を確立することを目指している。

(2) 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と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。

(3) 持続可能な開発ビジョン2030(Mongolia Sustainable Development Vision 2030)

2016年2月、国家の基本的開発方針として「持続可能な開発ビジョン2030」が国会で承認された。2030年までに目指すべき10の目標を掲げており、その一つが「生態系バランスを保全し、グリーン経済指標で30位以内に入る」ことである。また、同政策を実施する上での戦略として、エネルギー・インフラ整備分野では再生可能エネルギー利用の拡大が明記されている。

(4) 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。2050年までを3段階の行動と目標が記載されており、2020年～2030年年はグリーン技術やグリーン経済を構築し、2031年～2040年はグリーン開発の基盤作り、2041年～2050年は持続可能なグリーン開発を確立するとしている。

主な取り組みの建築に係る施策として、緑地の増加、市民に快適な住宅を提供するための条件の作成、エネルギー効率の良いグリーンビルディング技術の導入、適正価格の住宅供給を掲げている。

2020年～2030年では、建築分野でのGHGの排出量削減の対応として、国連グリーン気候基金との連携、海外ドナーの支援を得ながらGHG削減のためのビジネスローン、ウランバートル市におけるエコ住宅や再生可能エネルギープロジェクトの実施を計画している。

2041～2050年の最終段階で、GHG排出量と吸収量を均衡させ実質ゼロを目標としている。また、首都を室効果ガス排出の少なく、環境に優しく洗練された都市とすることを目標として掲げている。

(5) 国家決定貢献(Nationally Determined Contribution: NDC)

モンゴルは、2020年10月に気候変動枠組条約(UNFCCC)事務局に更新版NDCを提出した。政府は、Government Decree No.407 of November 2019に基づき、2030年までのGHG排出削減目標を掲げた。2030年のBAUにおけるGHG排出量の74.3 Mt CO₂-eqを57.4 Mt CO₂-eqに削減し、2030年にBAU比で22.7%減少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。

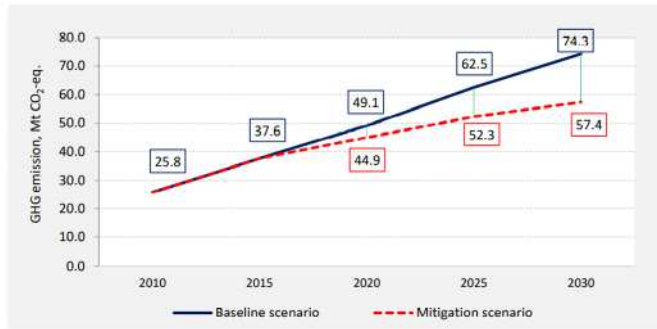


図 2-5 NDC の GHG 排出量目標

出典：モンゴル NDC⁷

フレルスフ大統領は 2022 年 11 月に開催された COP27 にて、「モンゴルの GHG 排出量を 27.2%削減する」と述べた⁸。また、「モンゴルは GHG 排出量削減とその吸収促進を図り、2050 年までに排出量と吸収量の差をゼロにする目標を掲げた」と発言している。

2.3.3 気候変動対策に係る行動

(1) 再生可能エネルギーの状況

2020 年のモンゴルの再生可能エネルギーの割合は、総エネルギーの約 10%となっている。風力発電量が 2015 年以降に増加しており、太陽光と水力の発電量も近年伸びている。

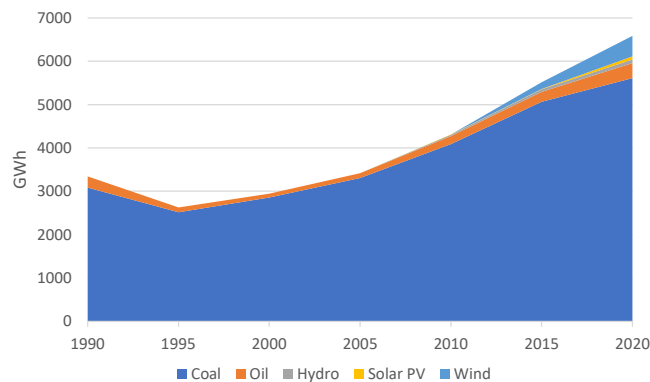


図 2-6 モンゴルの電源別発電量（1990~2020 年）

出典：IEA⁹

(2) 「10 億本の植樹（“Billion Trees” national movement）」キャンペーン

気候変動と砂漠化はモンゴルにおいて、遊牧民の生活や食料と水の安全保障に深刻な影響を与えている。緩和策として、フレルスフ大統領により、2030 年までに 10 億本の木を植える全国的な運動が開始された。運動の第 1 段階は 2024 年までとし、その後 2026 年までを強化期間としている。ウランバートル市と 21 県は約 7 億万本の木を植えて育てるこ

⁷ <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/First%20Submission%20of%20Mongolia%27s%20NDC.pdf>

⁸ <https://montsame.mn/en/read/307646>

⁹ <https://www.iea.org/countries/mongolia>

とを約束し、モンゴルの大規模国営企業の 21 社も約 6 億本の木を植えることを約束している¹⁰。



図 2-7 ウランバートル市の樹林運動に係る報告
出典：ウランバートル市

(3) Regional Forum on Green Financing の開催

2022 年 3 月に GHG 排出量の削減と気候変動対策に、持続可能な資金調達のための金融ロードマップ策定のために、フレルスフ大統領も参加して初のフォーラムが開催された。環境とグリーンファイナンスに関する事項について議論が行われ、2030 年までに銀行部門のグリーン融資を 10%に増やすという目標が設定された。

2.4 ウランバートル市の気候変動に係る取組

(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、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を確立し、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(Ulaanbaatar

¹⁰ <https://montsame.mn/en/read/295372>

2020 Master Plan, Development Approaches for 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。具体的には、都市の計画外の拡大を防ぐための土地利用ゾーニングを行うこと、ゲル地区の再開発、発電所の新設と地域熱供給システムの導入拡大等が示されている。

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。

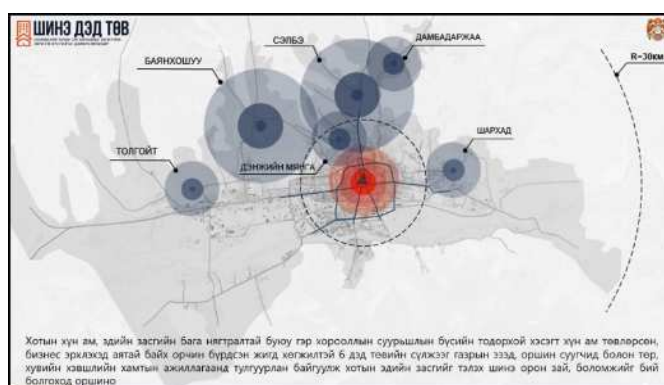


図 2-8 ウランバートル市の 6 地区の副都心整備計画
出典：ウランバートル市

(3) ウランバートル市行動計画 2020-2024

2020 年に決定された「ウランバートル市行動計画 2020-2024」の「グリーン開発政策」の項目にて、市内の住宅やアパートの熱損失の削減、大気質管理能力の向上、森林面積の拡大と温室効果ガスの吸収増加などが目標として記載されている¹¹。

2.5 モンゴルのグリーンビルディングに係る施策

「GHG 排出の抑制と気候変動に強い建物のロードマップ」が COP21 で創設された Global ABC¹²により提案されている。Global ABC が提示する 2050 年までにアジアにて、ゼロエミッションでレジリエントな建物の導入に必要な行動を下図に示す。

新築建造物におけるパッシブで手頃な価格の建設戦略の必要性、建築物エネルギー基準とモニタリングシステムの策定と実施、既存建造物改修での手頃な価格の低エネルギー脱炭素化戦略の策定と実施、建築時の低炭素素材の利用促進などが提案される。モンゴルにおいても、他のアジア諸国同様に、これらの施策策定や実施が必要であり、国際的な支援も得ながら段階的に進められようとしている。

¹¹ <https://road.ub.gov.mn/?p=7411>

¹² 2015 年に設立され、国連環境計画 (UNEP) によって運営される。37 か国の政府を含めた 256 のメンバーから組織される Global ABC は、政府、民間企業、市民社会、研究機関等のプラットフォームとなっている。

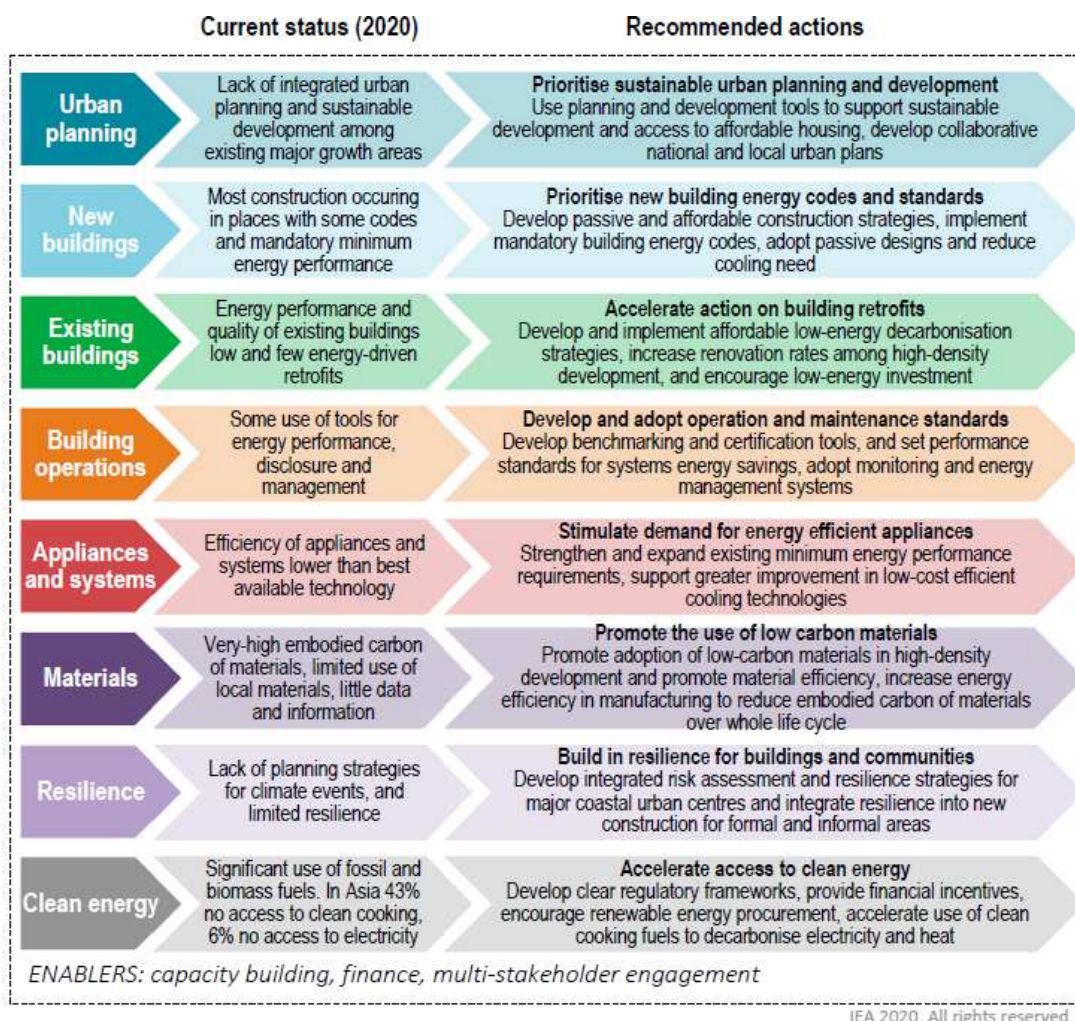


図 2-9 アジアの建築分野における GHG 排出抑制のロードマップ

出典：Global ABC¹³

(1) 建設業に関する政府の方針 2019 年～2029 年

モンゴルの開発政策文書においては、2014 年の「グリーン開発政策」により、環境に優しく、エネルギーと資源効率の高い建物の計画と建設の原則と概念が承認された。その後「持続可能な開発ビジョン」や「ビジョン 2050」などにて、グリーン開発や建設と都市開発部門での活動の実施や、民間部門の投資増加、関連する建設基準の更新などが示された。

2019 年に「国家建設業政策」が承認された¹⁴。2019 年から 2029 年までの建設業に係る政策実施のための行動計画や、資金調達について国内外の融資を含む国家予算および地方予算、民間部門との協働などについて記載されている。

(2) 建築・都市開発部門における温室効果ガス排出削減計画 2021～2030 年

2021 年に承認された同計画は、モンゴルの気候条件に沿って建設・都市開発部門を開発し、環境に優しく持続可能な開発を進め、GHG の排出の削減を目的としている。「建築・

¹³ 「Regional Roadmap for Buildings and Construction in Asia 2020–2050」

¹⁴ <https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=14164> (2023 年 1 月 13 日アクセス)

都市開発部門における GHG 排出削減計画」に示されている目的と 2030 年までの行動方針を下に記載する。これらの目的と行動方針の基に、計画では行動内容と責任機関と実施期間も定められている。

表 2-4 建築・都市開発部門における GHG 排出削減計画 2021～2030 年の概要

	目的	行動方針
1	建設・都市開発部門の法律、規範、規範文書を、グリーンで持続可能な開発の要件に適合させる	1.1: 建設・都市開発部門の GHG 排出量削減の措置実施支援の適切な法的、財政的環境の整備 1.2: 建設・都市開発部門の管理と最適化 1.3: GHG 排出を削減し、建設・都市開発部門の気候変動への回復力向上を目的としたイノベーションと技術開発 1.4: 建設・都市開発部門の人材強化
2	建設・都市開発部門のエネルギー効率を向上させ、グリーンで持続可能な建築・都市開発部門を発展させる	2.1: 緑の都市計画の策定 2.2: 建物と建設資材は、グリーンで持続可能な開発に沿って行われ、エネルギー効率を改善 2.3: GHG 排出量が少なく、エネルギー効率の高い建物と技術インフラの提供と増加 2.4: 既存建物を断熱し、熱損失を削減
3	建設・都市開発部門の自然災害や気候変動による危険な現象への対応力を確保し、気候変動への適応力を高める	3.1: 気候変動に強い都市計画を策定 3.2: 気候変動に強い建物と建設資材を開発 3.3: 気候変動に強い建物とエンジニアインフラの建設と提供増加 3.4: 建物を改修し気候変動に対するレジリエンスを向上
4	建設・都市開発セクターにおける「グリーン」ファイナンスの拡大する	4.1: エネルギー効率の高い環境に優しい建物を建築するための優遇融資、税金、インセンティブのシステム確立
5	建設・都市開発部門における GHG 排出量の測定、報告、実証のためのシステムを構築する	5.1: 建設・都市開発部門の GHG 排出量を測定、報告、証明のシステムの整備 5.2: GHG 排出削減と適応策の結果、資金の流れ、利益報告、証明のシステム確立 5.3: 統計、データ、情報の品質と管理の改善 5.4: GHG 排出量を測定、報告能力の強化

(3) 建物断熱基準更新

2021 年に、省エネルギーとエネルギー効率、GHG 排出抑制の促進に、居住用、公共用、産業用、農業用、倉庫用の建物に対する、建物の熱性能に係る新たな建築基準が建設都市開発省により承認された。

BNbD 25-01-20¹⁵により、建物断熱基準は新築および改修されるアパート、公共施設、工業施設、農業施設、および 50 m²以上の倉庫の建築物に適用される。建物の断熱基準、換気

¹⁵ <https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=211242&showType=1>

などのエネルギー効率が、建物に必要なエネルギーと消費量が審査される。更新により、2009年に制定された断熱基準である BNBD23-02-09は無効となった。

表 2-5 建物の熱性能に係る新たな建築基準

法名等	内容
大臣令A/257およびA/252	建物のエネルギー認証発行に関する規則
BNbD 23-105-20 /Order No. 37 of 2020	建物のGHG排出量算定方法
BNbD 25-101-20 /Order No. 37 of 2020	建物のGHG排出量の記録、報告手順
BNbD 25-01-20	建物断熱基準

出典：調査団作成

(4) 建築物エネルギー認証制定

2021年12月の建設都市開発省とエネルギー省により共同大臣令「A/257 および A/252」の「建築物エネルギー認証発行に関する規則」が承認された¹⁶。建物のエネルギー消費効率が定義され、グリーンビルディング、エネルギー効率の高いパッシブビルディング評価システムの基準と評価の基本的な条件が設定された。この認証発行手続きの実施により、新たに計画、拡張、改修される建物のエネルギー消費量は、効率指標に従って分類される。レベルC以上のエネルギー消費効率が必須となる。

2000年以前に建設された建物の断熱改修と、新規建設の建物にエネルギー証明書が発行されることにより、熱エネルギーの節約が見込まれる。建物の計画段階において、省エネルギーや低コスト化を設計に取り入れ、建物の熱損失を低減するなど、必要な対策を総合的に実施するために、建築物エネルギー証明書発行は重要になる。



図 2-10 建築物エネルギー認証例

出典：モンゴル国住宅公社¹⁷

表 2-6 住宅および公共建築物のエネルギー効率分類

クラス	定義	特定の暖房、換気消費量の推定値および規範値の比率	政府からの提言
A++	Passive	Less than 20%	経済支援
A+	Low energy building	From 40% to 20%	
A	High energy efficient	From 65% to 40 %	
B	Energy-efficient	From 90% to 65%	
C	Normative level	From 90% to 110 %	
D	Non-energy-efficient	From 110% to 160%	基準値を満たす必要有改修の検討
E	Non-energy efficient	Above 160%	改修／取壊しの検討

出典：BNaC 25-01-20 建物断熱基準

¹⁶ <https://mcud.gov.mn/a/809>

¹⁷ <https://tosk.gov.mn/?p=7580>

(5) EDGE 認証

世界銀行グループメンバーの国際金融公社（IFC）とアジア開発銀行（ADB）などの支援により、モンゴルでグリーンビルディング認定の Excellence in Design for Greater Efficiencies（EDGE）の適応準備が進められている¹⁸。IFC が開発した EDGE は、建物の資源効率を高めることに重点を置いたグリーンビルディング認証システムである。

EDGE は新興市場用に設計されたソフトウェア、基準、およびグリーンビルディング認証システムである。グリーン仕様にするためのコストと、エネルギーや水の節約算出の支援をする。EDGE は、資源効率に関するエネルギー、水、材料の 3 つのカテゴリーに焦点を当てている。建築資材の消費量削減のための技術的支援を提供し、GHG 排出量と建物の運用費の削減を行う。

2018 年に、建設都市開発省と IFC の間で、モンゴルに EDGE 認証導入のための覚書が締結され、その後関連する研修による人材育成や建築基準の改正が行われている。また、建物の熱性能に関する 2009 年建築基準を含む主要文書の見直しは、モンゴルの建設基準に EDGE を適応させる意図もあった。

EDGE はグリーンボンドによる資金調達の可能性を高める手段としての活用が見込まれている。また、商業用ビルを認証することで、高価格を設定できるようにし、民間開発業者がエネルギー効率を改善するインセンティブを生み出し、新築や改修ビルの長期的な暖房需要を抑制して、石炭燃焼の抑制を目指す。

EDGE 認証は 3 段階となっている。認証後、レベル 1 とレベル 2 は更新の必要はない。レベル 3 は 100%再生可能エネルギーの場合は 4 年ごとに、カーボンオフセット購入の場合は 2 年ごとに更新が必要となる。

表 2-7 EDGE 分類

レベル 1	レベル 2	レベル 3
EDGE 認証	EDGE アドバンス	ゼロカーボン
エネルギー、水、材料に含まれるエネルギーの削減が 20%以上	オンサイトのエネルギー削減が 40%以上、水と材料の削減 20%以上	オンサイトまたはオフサイトでの再生可能エネルギー 100%、またはカーボンオフセット購入込みで 100%

出典：<https://edge.gbci.org/>

2021 年 9 月にモンゴルの民家で、初の EDGE アドバンスの認証を受けた。この住宅は、パッシブ住宅の技術が採用され、レンガなどのエネルギー集約型の建築材料を排除されている。モンゴル銀行協会（MBA）とモンゴル持続可能金融協会（ToC）からの資金支援を得て、ドイツ国際協力公社（GIZ）とスイス開発協力局（SDC）が支援するプロジェクトの一環として建設された。

¹⁸ <https://mcud.gov.mn/a/1062>



図 2-11 モンゴル初の EDGE 認証を得た建物

(6) モンゴル グリーンビルディングカウンシル設立

2022年5月にグリーンビルディングカウンシルがモンゴルで設立された。建設・都市開発分野の GHG 削減、グリーン開発の実施、世界グリーンビルディング協会との連携などを目的とする。

グリーンビルディングカウンシルは、持続可能な開発の実施を支援し、建設業界のグリーンビルディングと持続可能な開発への理解と能力向上を促進し、グリーンビルディング認証である EDGE や LEED の評価と認定を担う。

2.6 ウランバートル市でのグリーンビルディングに係る国際支援

表 2-8 グリーンビルディングに係る国際支援

支援機関	案件名	実施期間
GIZ / SDC	Energy Efficient Building Refurbishment Project in Mongolia	2019～2022
GIZ	Promoting energy-efficient retrofitting of prefabricated concrete residential buildings in Mongolia	2022～2027
ADB	Green Affordable Housing and Resilient Urban Renewal Sector Project	2018～2026
ADB	Mongolia: Ulaanbaatar Air Quality Improvement Program–Phase 2	2019～2021
ADB	Infrastructure Development for Green and Resilient New Satellite City in the Khushig Valley Area	2023～2024 (準備期間)
GEF	Nationally Appropriate Mitigation Actions in the Construction Sector in Mongolia	2016～2020

出典：調査団作成

(1) GIZ 及び SDC: Energy Efficient Building Refurbishment Project in Mongolia (2019～2022)

本プロジェクトは次の4テーマに係る協力が行われた。

1. 建設部門向けの地方エネルギー効率行動計画 (LEEAP: Local Energy Efficiency Action Plan) の整備

2. 建物のエネルギー効率化の実例を通じて、ウランバートルに透明性があり、効果的で、ジェンダーに配慮した公共投資管理を導入
3. エネルギー効率に対する民間部門の能向上
4. ゲル地区へのエネルギー効率化技術の導入

本プロジェクトにより整備された LEEAP は、建築部門のエネルギー効率目標を達成するための行動と支援等が含まれる。また、公共投資ガイドが作成され、「建物と投資データ管理システム」の手順が整備された。

22 の学校と幼稚園の建物の改修がパイロットプロジェクトとして実施され、改修前と改修後のエネルギーデータの収集と分析、改修にあたった民間企業のスキル向上、地方自治体の予算管理研修が行われた。また、プロジェクトの一環として、ゲル地区に住む低所得世帯向けに、エネルギー効率の高い住宅建設のローンが、モンゴル銀行協会（MBA）とモンゴル持続可能金融協会（ToC）が協力して開発され、試験的に実施された。



図 2-12 改修による熱損失の低減¹⁹



図 2-13 断熱改修された学校

(2) GIZ: Promoting energy-efficient retrofitting of prefabricated concrete residential buildings in Mongolia (2022~2027)

ウランバートルの市当局と建設都市開発省が協力する、ウランバートル市のプレキャストコンクリート式住宅の断熱を改善し、エネルギー効率を高めることを目的とした国別緩和行動（NAMA）支援のプロジェクトである。

¹⁹ https://energypedia.info/wiki/EEP_in_Mongolia_Technology_and_Pilots

事業期間中に、ウランバートル市内のプレキャストコンクリート式住宅の約3分の1(約375棟)の改修を計画する。エネルギー効率への投資を増やすために、政府の法改正を支援し、エネルギー効率の制度制定や技術、専門知識の普及促進を行う²⁰。

本プロジェクトは、住宅用建物のエネルギー効率を高める改修のため、長期的な資金調達を確保に、基金創設や、エネルギー節約のための固定価格買取制度のようなプログラムの導入など、財政支援メカニズムを構築する計画である。本プロジェクトは、15EUR/tCO₂の費用効果でプロジェクト期間に240万トンのCO₂を直接緩和することを目指している²¹。



図 2-14 GIZ プロジェクト (集合住宅の改修前と改修後)

出典：GIZ ホームページ²²

(3) ADB : Green Affordable Housing and Resilient Urban Renewal Sector Project (2018-2026)

気候変動に脆弱で、住環境が悪いゲル地域を対象に、低炭素で適正価格、また気候変動に強く、住みやすいエコ地区に変えるため、ADBにより100haのゲル地域の住宅を1万戸建設する再開発が予定されている。再開発の住宅をパッシブハウス²³設計にし、再生可能エネルギーを利用し、公共スペースを十分に設けるとしている。再生可能エネルギーは、住宅建物の屋上に11MWの太陽光発電を設置し、年間156GWhを生成する計画となっている。グリーンビルディング化により暖房エネルギー消費を年間395kWh/m²から年間150kWh/m²への削減を見込んでいる。1万戸のうち55%が低中所得者向けの住宅、15%が低所得者を対象にした公営住宅、30%が市場価格の住宅とする計画である²⁴。対象地域はゲル地区のBayankhoshuu、Selbe及びTsaiz地区である。

²⁰ <https://www.giz.de/en/worldwide/114152.html>

²¹ <https://nama-facility.org/projects/mongolia-energy-performance-building-retrofitting/>

²² <https://www.giz.de/en/worldwide/114152.html>

²³ パッシブハウスとは、ドイツで始まった家の省エネ基準であり、断熱材や高性能な窓、熱ロスの少ない換気システムなどの基準を満たす家のこと。建物の性能を上げることにより、内部熱取得など「受身の(パッシブ)」手段により加熱し、従来の大幅な暖房器具の使用が不要となることから呼ばれる。

²⁴ <https://www.adb.org/projects/49169-002/main>



図 2-15 ADB プロジェクト

出典：ADB ホームページ²⁵

(4) ADB: Mongolia: Ulaanbaatar Air Quality Improvement Program- Phase 2 (2019 ~2021)

ウランバートルの大気汚染の改善を目的に、モンゴル政府の大気管理に係る規制の枠組みを強化するため実施されたプロジェクトである。フェーズ 1 では原炭焼き禁止を支援した。フェーズ 2 である本プロジェクトでは、公共および民間の建物に対し、モンゴルのニーズに合わせてカスタマイズした EDGE の確立を、活動のひとつとしていた。活動により EDGE をモンゴルの建設部門に適応させるため、建物の熱性能に係る建築基準が見直された。建設都市開発省により、2021 年に EDGE に係るトレーニングと意識向上キャンペーンが実施された²⁶。

(5) ADB: Infrastructure Development for Green and Resilient New Satellite City in the Khushig Valley Area (準備調査 2023 年~2024 年)

本プロジェクトは 2023 年 1 月現在コンサルタントの選定を行う準備段階にある。首都ウランバートルの一極集中を解消するためウランバートル市が計画する、新ウランバートル国際空港周辺であるフシグ渓谷地域に気候変動に対応し、レジリエントで環境に優しい衛星都市の開発支援を検討している。

フシグ渓谷地域を北東アジアの国際的なロジスティクスとして成立させ、2040 年までにフシグ渓谷地域の人口を 15 万~20 万人のハブにすることを目指すとしている。計 20,000 戸の住宅建設が検討されるとみられる。

²⁵ <https://www.adb.org/results/building-affordable-greenhouses-mongolia-s-ger-districts>

²⁶ <https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/51199/51199-001-53028-001-pcr-en.pdf>

(6) GEF: Nationally Appropriate Mitigation Actions in the Construction Sector in Mongolia (2016~2020)

地球環境ファシリティ（GEF）は世界銀行に設置されている信託基金で、地球規模の環境問題に係るプロジェクトに無償資金を提供する。本プロジェクトにより、気候変動緩和に建設業のエネルギー効率の改善と熱損失の削減の貢献のため、国連気候変動枠組条約で採択された「クリーン開発メカニズムの方法論」に従い、モンゴルの建設業の「温室効果ガス算定電子システム」が開発され、2018年に導入された。GHG排出削減事業等の効果の測定と報告体制が整い、関係する専門家への研修による人材育成が行われた。



図 2-16 建設業の温室効果ガス算定電子システム
出典：建設都市開発省²⁷

²⁷ <https://mcud.gov.mn/a/300>

第3章 ウランバートル市の能力向上支援

本章では、ウランバートル市と同じ寒冷地である札幌市の脱炭素における具体的な取り組み事例を取り上げる。過年度では、札幌市の住宅・建築分野の施策や具体的な取組みや、日本の ZEB、ZEH の概要などの情報を行った。ウランバートル市に、札幌市の脱炭素事例を共有し、ウランバートル市の施策の推進と能力向上に貢献することを目的とする。

3.1 札幌市のカーボンニュートラルに向けた取組

3.1.1 札幌市の概要

札幌市は北海道の政治、経済、文化の中心地であるとともに日本最北の政令指定都市である。2023 年の推計人口は約 197 万人、寒冷地である上、年平均約 5m の降雪量が観測される。そのため、住宅の暖房エネルギー消費量が日本全国平均の約 3 倍に達している。2016 年に札幌市から排出された温室効果ガス排出量の内訳は二酸化炭素が 98% であり、その部門別内訳では、家庭及び業務、運輸の 3 部門で約 9 割を占めている。

札幌市は、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、徹底した省エネルギー対策として ZEB や ZEH の普及や、再生可能エネルギーの導入拡大として、太陽光発電など建築物等への再生可能エネルギー導入を推進している。また、札幌市役所は、市域の温室効果ガス排出量の約 6% を排出する市内最大級の事業者であり、市域全体の目標の達成に向けて、率先して取り組む姿勢を市民・事業者へ示すため、2030 年の目標として、温室効果ガス排出量を 2016 年比で 60% 削減することを掲げ、市有施設における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。

札幌市が位置する北海道では、石炭が採掘可能であることから石炭産業が盛んであり、1966 年には産出量が過去最高となる 2,295 万 t を記録した過去がある。そうした中、1960 年代の札幌市は、高度経済成長等による人口集中と石炭による深刻な大気汚染を始め、寒冷地特有の様々な公害を経験した。しかし、1972 年の冬季オリンピックの開催を契機に地域熱供給システムの整備を進め、石炭燃料から天然ガスなどへの転換を行ってきた。近年では木質バイオマスや雪氷熱などの再生可能エネルギーも活用している。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。

3.1.2 ゼロカーボンシティへの取組

(1) 札幌市気候変動対策行動計画

札幌市は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、「札幌市気候変動対策行動計画」を 2021 年 3 月に策定している。札幌市では既に持続可能な低炭素社会の実現に向けた温室効果ガス排出量の削減を推進するための計画として、2015 年 3 月に「札幌市温暖化対策推進計画」を策定、施策を進めていた。しかし、昨今の低炭素社会から脱炭素社会への動きが加速していることを反映し、持続可能な脱炭素社会の実現を目指して「札幌市気候変動対策行動計画」を策定した。本計画は、「札幌市温暖化対策推進計画」、「札幌市エネルギービジョン」及び「札

幌市役所エネルギー削減計画」を統合し、新たに気候変動適応法に基づく“地域気候変動適応計画”としても位置付けられている。加えて、同計画は、札幌市におけるまちづくりの最上位総合計画である「札幌市まちづくり戦略ビジョン（2013年～2022年度）」や「第2次札幌市まちづくり戦略ビジョン（2022年～2031年度）」で定める方針、さらに「第2次札幌市環境基本計画（2018年3月策定）」等を踏まえて策定されている。札幌市気候変動対策行動計画とその他の関連する個別のプロジェクトとの体系図は以下のとおり。

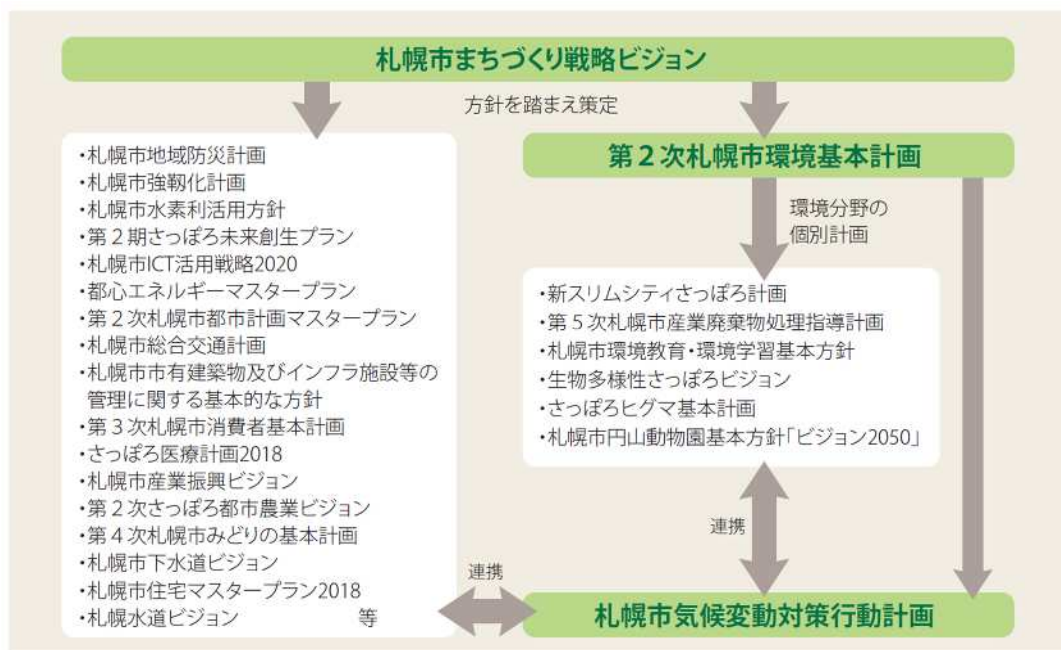


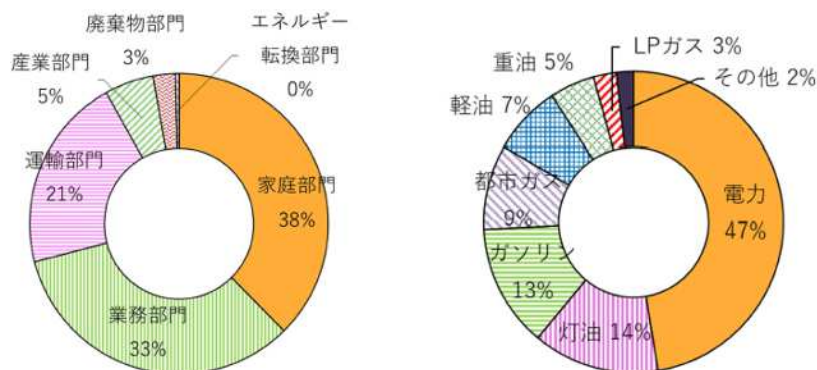
図 3-1 札幌市気候変動対策行動計画の体系図と関連する主な計画

出典：札幌市気候変動対策行動計画（2021年、札幌市）

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、次節以降に示す独自の制度や補助金などの支援を行い、建築事業者への技術講習や、市民への情報発信に至る札幌市の多面的な取り組みは、ウランバートル市の住宅・建築分野における施策の推進にとっても有用である。

(2) 札幌市の GHG 排出量の現状と削減目標

2020年の札幌市の温室効果ガス総排出量は1,047万t-CO₂であり、2016年比で12%の削減に成功している。内訳は家庭部門38%、業務部門33%、輸送部門21%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。更に家庭部門と業務部門で71%を排出していることから、札幌市から排出されるCO₂のうち、約7割は建物（住宅・建築物）から排出されているといえる。また、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、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、光熱費は1.25倍に及ぶ。住宅・建築物のZEB、ZEH化推進は温室効果ガスの削減に有効且つ重要な取り組みと言える。



二酸化炭素排出量の部門別内訳

二酸化炭素排出量のエネルギー種別内訳

図 3-2 札幌市の温室効果ガス排出内訳

出典：「札幌市気候変動対策行動計画」進行管理報告書（2020年速報値・2018年確定値）

札幌市は、2050年を見据えた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。省エネ分野における2030年の具体的な成果指標は、新築住宅の80%がZEH、ZEH-M相当以上、新築ビル等の80%がZEB相当以上としている。また、灯油や重油をエネルギー源とする機器からの転換を進め、住宅においては電気やガスをエネルギー源とする暖房機器の導入割合が約8割、給湯機器の導入割合が約7割、LED等の高効率照明の普及率は100%を目指している。

札幌市は、建築物の耐用年数の観点から、将来的に長期にわたりGHG排出量に影響を及ぼす住宅及び建築物のZEB、ZEH化を計画的に進めている。

表 3-1 札幌市の施策別の取組と目標削減量

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t-CO ₂
	(2)ZEBの推進	約125万t-CO ₂
	小計	約299万t-CO ₂
[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	約218万t-CO ₂
	(2)地域への再生可能エネルギー導入の推進	約218万t-CO ₂
	小計	約218万t-CO ₂
[移動] 移動の脱炭素化	(1)ゼロエミッション自動車の普及推進	約132万t-CO ₂
	(2)公共交通利用の推進	
	(3)コンパクトな都市の推進	
	小計	約132万t-CO ₂
[資源] 資源循環・吸収源対策	(1)省資源・資源循環の推進	約7万t-CO ₂
	(2)森林等の保全・創出・活用の推進	約0.2万t-CO ₂
	小計	約7万t-CO ₂
[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t-CO ₂

Source: Sapporo City Climate Change Action Plan (2021, Sapporo City)

(3) 札幌市役所の GHG 排出量の現状と削減目標

札幌市役所は市域の温室効果ガスの約 6%を排出する市内最大級の事業者である。以下の図に示すように学校・市民利用施設・庁舎等 35%と上下水道・交通・道路等 31%で約 6割以上を占めている。

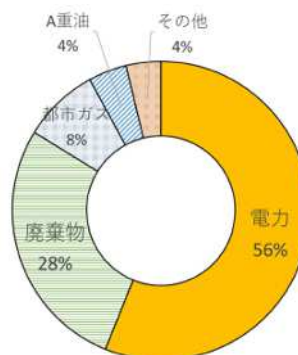
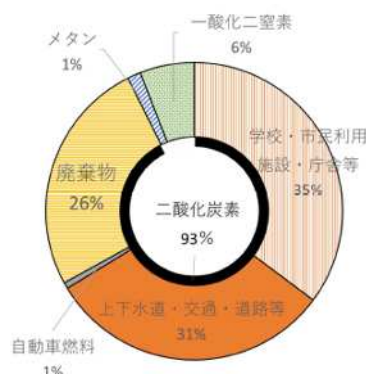


図 3-3 市役所の温室効果ガス排出量の用途別構成比 (2018 年)

図 3-4 市役所の二酸化炭素排出量のエネルギー種別構成比 (2018 年)

出典：「札幌市気候変動対策行動計画」進行管理報告書 (2020 年速報値・2018 年確定値)

札幌市役所は、市域全体の目標の達成に向けて、自ら排出量の削減に率先して取り組む姿を市民・事業者へ示していくことが必要との考えから、計画の目標年次である 2030 年の温室効果ガス排出量を 2016 年比で 60%削減 (目標排出量：29.2 万 t-CO₂) と設定し、市有施設における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。札幌市役所の取組と目標削減量は以下のとおり。

表 3-2 札幌市役所の施策別の取組と目標削減量

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) 市有施設・設備の省エネ化 (2) エネルギーロスの削減に向けた設備機器の効果的な運用	約 15.3 万 t-CO ₂
	小計	約 15.3 万 t-CO ₂
[省エネ] 再生可能エネルギーの導入拡大	(1) 事業者による市有施設への再生エネ導入 (2) 都心部への再生エネ導入 (3) ごみ焼却・下水エネルギー・水力エネルギーの活用 (4) 環境に配慮した電力契約の検討 (5) 市有施設「RE100 化モデル事業」の検討	約 21.0 万 t-CO ₂
	小計	約 21.0 万 t-CO ₂
[移動] 移動の脱炭素化	(1) 公用車の次世代自動車への切替 (2) 公共交通機関の利用	約 0.2 万 t-CO ₂
	小計	約 0.2 万 t-CO ₂
[資源] 資源循環・吸収源対策	(1) 環境マネジメント (2) プラスチックごみの発生・排出抑制 (3) 生ごみ減量 (4) 道産木材の利用	約 6.9 万 t-CO ₂
	小計	約 6.9 万 t-CO ₂
[行動] ライフスタイルの変革・技術革新	(1) 環境マネジメント (2) ワークライフバランスの推進	—
	合計	43.4 万 t-CO ₂

出典：「札幌市気候変動対策行動計画 (2021 年、札幌市)」を元に調査団作成













(4) SDGs 未来都市としての取組

SDGs 未来都市とは、内閣府が 2018 年から開始した自治体による SDGs の達成に向けた取組を公募し、優れた取組を提案する都市を「SDGs 未来都市」として全国から選定する制度である。札幌市は、同年 6 月 15 日に初めて行われた選定で「SDGs 未来都市」として選定された。「SDGs 未来都市」に選定された都市として、札幌市は「札幌市 SDGs 未来都市計画」を策定している。同計画は第 1 期（2018 年～2020 年）と第 2 期（2020 年～2023 年）が策定されており、現在は第 2 期を実施中である。同計画では、札幌市の将来像を「次世代の子どもたちが笑顔で暮らせる持続可能な都市『環境首都・SAPPORO』」と定め、持続可能な都市として以下の姿を目指している。

- ・ 市民一人ひとりが積雪寒冷地における生活のあり方を工夫し、改善し続けることで、将来にわたって自然の恵みを守り、札幌らしい豊かな暮らしの文化が根付いている都市
- ・ 産学官民が協力して、地球温暖化対策や生物多様性の保全、持続可能な資源循環など、国や地球規模での環境問題の解決に率先して取り組み、国内外にその取組と魅力を発信している都市
- ・ 北海道の豊富な自然エネルギーや資源を活用することで、エネルギーや製品の地産地消が進み、環境関連産業が発展した北海道内の経済的循環の中心となることが実現している都市

こうしたあるべき姿（将来像）の実現に向け、札幌市は「環境」、「経済」や「社会」を優先的に取り組む課題と捉え、それぞれに以下に示す SDGs ターゲットや指標を定めている。

表 3-3 札幌市の SDGs に係る主な取組

項目	ターゲット	指標	
環境	 7.2	指標：市内における温室効果ガス排出量	
	 13.1		
	 13.3	現在（2018 年度）： 1,155 万 t-CO2	2030 年度：537 万 t-CO2（2016 年比 55%削減）
	 12.2	指標：市内におけるごみ排出量	
経済	 8.3	指標：年間来客数	
	 8.4	現在（2019 年度）： 1,526 万人	
	 8.9		
	 11.3	指標：SDGs をテーマとした北海道内連携自治体数	
 11.7	現在（2020 年）： 3 自治体	2030 年： 10 自治体	
社会	 3.4	指標：住んでいる地域の住環境に満足している人の割合	
	 3.6		
	 11.2	現在（2019 年度）： 76.0%	2022 年度：札幌市まちづくり戦略ビジョン・アクションプラン目標値：95%

出典：「札幌市 SDGs 未来都市計画（2021～2023）」を元に調査団作成

このように 2030 年に向けて、「環境」の取組の推進を”起点”とした、「経済」や「社会」への波及を目指すとともに、「北海道」という地域を活用した取組を進め、「寒冷地における環境都市」の世界モデルの構築を目指している。

3.1.3 開発誘導型低炭素施策

(1) 都心エネルギーマスタープラン

札幌市は、都心のまちづくりと一体的に展開する環境エネルギー施策の基本方針を示す「都心エネルギーマスタープラン」を 2018 年 3 月に策定した。2050 年に向けた低炭素で持続可能なまちづくりの目標と取組の方向性を設定している。そうした中、2019 年 12 月にマスタープランで示した目標の達成に向けた、2030 年までの中期実施計画となる「都心エネルギーアクションプラン」を策定した。

「都心エネルギーマスタープラン」の取組の柱は開発誘導である。同プランで設定した基本方針である「低炭素」、「強靱」、「快適・健康」を実現するため、都市開発を担うビル事業者を対象とした制度を策定している。具体的には、計画段階でビル事業者と開発計画内容について協議する「事前協議」と施工完成後の建物の CO₂ 排出状況等報告を柱とするフォローアップ、及び高評価事業者を対象とする支援等を行う。

事前協議では、札幌都心で求める取組をビル事業者に事前に提示し、協議を通じた計画書の作成を求めることで意思疎通の円滑化及び協議のスピードアップを図る。また、運用開始後の建物については事前協議で提出された計画書の履行状況や CO₂ 排出量などの実態を確認するために、年に 1 回の運用実績書の提出を求め、運用実績書のデータはマスタープランの進行管理に活用するとともに、計画書の見直し更新にフィードバックすることを想定している。更に協議内容などを、札幌市のホームページにおいて公表するほか、特に高い水準の評価を獲得した建物については、表彰を行い、積極的な PR を予定している。本制度は、ビル事業者による建物の立替等の活動を札幌市の基本方針に沿う活動へ誘導する機会としている。

(2) 札幌都心 E！まち開発推進制度

本制度は前述する都市開発を担うビル事業者を対象として策定した制度であり、札幌市が策定した都心エネルギープランに基づき、以下の目標実現を目指して策定し、令和 4 年（2022 年）5 月 9 日から運用を開始している。

1. 札幌都心での建て替えや再開発などの計画において事業者と札幌市の事前協議を通じ都心の脱炭素化、強靱化、快適性の向上につながる取り組みを誘導する。
2. 建物供用開始後の運用実績の報告を受けることを通じて官民共同で都心エネルギープランの目標実現を図る。

本制度は、事業者が主体で行う部分と札幌市が主体で行う部分に分かれており、事業者が主体で行う部分としては建物建て替えなどの計画段階での計画内容の「事前協議」、及び建物の運用段階での「運用実績報告」が位置づけられている。事前協議では、開発計画が都心の「脱炭素化」「強靱化」「快適性向上」につながるものとなるよう札幌市と協議を行

い、運用実績報告では事前協議を行って建てられた建物の運用段階でのエネルギー使用量や施設運用状況について年1回札幌市に報告を行うことが定められている。

更に、本制度の運用を規定した「札幌市都心における持続可能なゼロカーボン都市開発推進要綱」を作成し、その中には札幌都心部でのエネルギー施策の推進に著しく寄与していると認められる建築物の所有者、設計者、施工者等の市長による表彰や、札幌都心の低炭素で持続可能なまちづくりに寄与すると認められる建築行為について、その建築主を対象とした必要な支援についても定められている。



図 3-5 札幌市都心における持続可能なゼロカーボン都市開発推進制度

出典：札幌市

対象区域は、札幌市立地適正化計画に「都市機能誘導区域（都心）」として位置付ける約480haの区域（下図に示す赤い枠の範囲）である。また、網掛けの範囲を都心強化先導エリアとして位置付けている。



図 3-6 札幌都心E!まち開発推進制度対象地域

対象工事は建築物の新築、増築、改築、大規模の修繕・模様替、建築物の用途変更である。大小規模は対象区域内において対象行為の延べ面積が5,000㎡を超えるものが対象となるが都心強化先導エリアでは規模要件はなく全ての行為が対象となる。また、その他対象規模に該当しない計画についても任意で事前協議を行うことが可能となっている。

3.1.4 地域エネルギーマネジメントシステム

(1) 新さっぽろ駅周辺地区プロジェクト

2019年に着工し、現在建設が進められている新さっぽろ駅周辺地区プロジェクト（新さっぽろ駅周辺地区G・I街区開発プロジェクト）は、札幌市の「札幌市まちづくり戦略ビジョン」、「エネルギービジョン」のリーディングプロジェクトである。病院4棟、分譲マンション、商業施設、ホテルの7つの建物で構成され、以下の取り組みを通じて街区全体で省エネを推進予定である。

1. スマートな統合型インフラの構築による低炭素コンパクトシティの実現

AIを活用したエネルギーセンターの最適自動運転や、先進的なデマンドレスポンス（省エネ誘導型、利用者参加型）など、需要と供給一体となった「次世代型CEMS」により、街区全体の省エネ、低炭素化を実現。

2. 都市機能強靱化への貢献

地域一帯となったBCP体制を構築し、災害時に必要な電気、熱を医療・商業・宿泊施設・マンションへ安定供給することで、都市機能の維持、街区周辺も含めた地域のレジリエンスを強化。

3. 街区内外でのエネルギー需給調整によるVPP（Virtual Power Plant）の実現

北ガスグループが街区外で構築する再生可能エネルギーを含む電源と、街区内の天然ガスコージェネ（CGS）や蓄熱槽のもつ需給調整機能を連携させることで、道内における再生可能エネルギーの一層の導入拡大に貢献。

具体的な街区内のエネルギー管理は「新さっぽろエネルギーセンター」が需要・供給の双方をCEMS（Community Energy Management System：地域エネルギーマネジメントシステム）で一体管理し、街区全体で省エネに取り組んでいる。



住所：札幌市厚別区厚別中央1条6丁目

竣工時期：新さっぽろエネルギーセンター2022年6月、病院2022年7月、分譲マンション2023年7月、ホテル2023年9月、商業施設2023年11月

図 3-7 新さっぽろエネルギーセンター景観と各施設竣工時期

出典：北海道ガス株式会社

(2) CEMS (Community Energy Management System)

CEMS (Community Energy Management System) とは、街全体のエネルギーを効率的に管理するためのシステムである。本プロジェクトでは、新さっぽろエネルギーセンターが中心となりエネルギーを使う各建物を通信でつなぎ、省エネアドバイスやピークシフトの働きかけを行うしくみや、QR コードなどを活用した居住者へのアンケートの実施など、快適性と省エネを両立したエネルギーモデルを推進している。同システムにより、各建物や利用者のあらゆる情報をエネルギーセンターとリアルタイムで連携、エネルギー供給を司る CEMS の自動最適制御により、街区一帯の省エネを実現している。

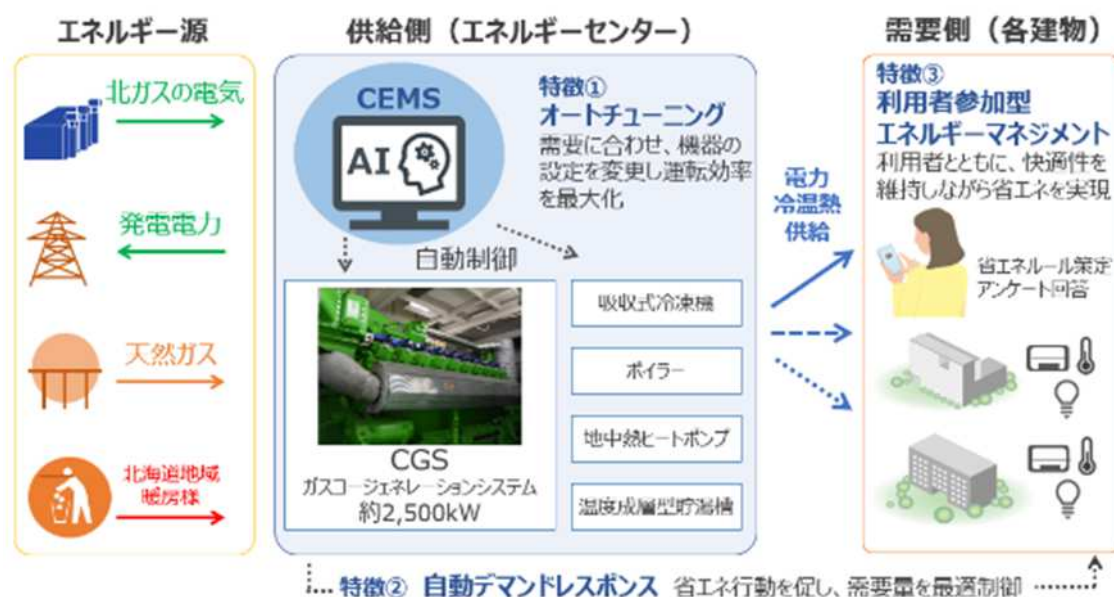


図 3-8 CEMS の概要

出典：北海道ガス発表資料より抜粋

本プロジェクトで導入している CEMS の特徴は以下のとおり。

1. AIによる需要予測と最適運転計画の立案

過去のエネルギー使用実績や気温湿度などの実績、当日の気象予報、暦などのデータよりAIが電力・熱の使用量を予測。その予測をもとに目標値を設定し、ガスコージェネレーションシステム (CGS) などの設備の最適な運転計画を立案し、最適な制御が可能。

2. 電力・熱の使用量予測結果が見える化

CEMSの運用において、核となる需要予測は予測に必要な情報が結果に与える影響をランキングなどで見える化し、設備の運用者が自分で需要予測の分析が可能。そのためオペレーションの改善が図りやすく、予測精度の向上に貢献。

3. エネルギーセンターの省エネ

CEMSは新さっぽろエネルギーセンター内の各設備、システム全体の運用の効率を常時監視。システム全体の効率の低下を検知した場合は、その要因を分析し、自動で設備の設定値を変更することで常に効率の良い運転を実現。また、AIにより24時間365日、熟練のスキルで対応可能な環境を実現。

4. ユーザーの省エネと快適性をサポート

ユーザーと決めたルールの範囲内で各施設の設定されたエリアごとの快適性を守りながら、室温を自動調整。例えば、冬場に人があまりいない場所（廊下など）の暖房の温度を低めに設定することで、省エネを実現。また、エネルギーの需要量を減らすことで、新さっぽろエネルギーセンターの設備の効率的な運用が可能となる場合は、ユーザーの快適性を担保した上で需要量の抑制を実施。こうして、エネルギーをつくる側とエネルギーをつかう側で連携しながら、街全体の省エネを推進する。

3.1.5 2023年G7札幌気候・エネルギー・環境大臣会合に向けて

2023年G7札幌気候・エネルギー・環境大臣会合は、2023年4月15日（土）・16日（日）に札幌市にて開催することが決定している。本会合は日本で開催されるG7サミットの関係閣僚会合のうち、「気候・エネルギー・環境大臣会合」が札幌市で行われるものである。札幌市は「G7札幌気候・エネルギー・環境大臣会合実行委員会」が行う事業のみならず、大臣会合の機運を醸成させ、開催を契機とした環境に対する取り組みのさらなる加速を目指し、多くの道民・市民が楽しみながら環境・SDGsに関心を持つことや、環境ビジネスの振興等を目的とした展示・体験イベント「環境広場ほっかいどう2023」を始め、市役所全庁を挙げて様々な関連事業を実施予定である。

この札幌市でG7気候・エネルギー・環境大臣会合にあわせて開催される「環境広場ほっかいどう2023」の機会に、JICAの支援により、ウランバートル市及びモンゴル企業が札幌市及び北海道企業を訪問及び視察を行う企画が進められている。4月16日には、「環境広場ほっかいどう2023」にて、日本とモンゴル企業の事業を紹介するビジネスセミナーの開催が企画されている。モンゴル企業と北海道企業の間でのビジネス交流の促進も期待される。

3.2 札幌市の脱炭素先行地域

3.2.1 脱炭素先行地域としての選定

日本政府は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言している。また、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%の削減を目指すことを表明している。

これら目標の達成のため、国と地方の協働による取組が必要不可欠であり、国は地域が主役となる地域脱炭素の実現を目指している。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実行する「脱炭素先行地域」づくりが行われている²⁸。脱炭素先行地域に選定されると、地域脱炭素移行・再エネ推進交付金の交付対象となる。

「脱炭素先行地域」は、2050年カーボンニュートラルに向けて、2030年までの民生部門（家庭部門及び業務その他部門）の電力消費に伴うCO₂排出実質ゼロの実現を目指す。運輸部門や熱利用等も含めてそのほかの温室効果ガス排出削減も、2030年度の目標と整合する削減を、地域特性に応じて実現する地域である。

²⁸ <https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/preceding-region/#about>

札幌市は2022年11月に脱炭素先行地域として選定された。札幌市の取組では、対象として札幌都心民間施設群、水素モデル街区、北大北キャンパス、公共施設群、オリンピック・パラリンピック施設群が示されている。



図 3-9 札幌市の脱炭素先行地域の概要

出典：さっぽろ気候変動対策ガイドブック

札幌都心民間施設群は、コージェネレーションシステム（CGS）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ガスへの切り替えにより電力・熱の脱炭素化を推進するとしている。

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トラックの運用実証を実施する。

北大北キャンパスでは、総合研究棟 6 号館に、BCP 機能を備えたカーボンフリーなエネルギーシステムを構築する。

公共施設群では、市有施設の ZEB 化、電力デマンド監視などの徹底した省エネの実施民間活力の導入など様々な手法による市有施設への再エネの導入を拡大するとしている。

招致活動中の 2030 年冬季オリンピック・パラリンピックでは、利用予定施設として ZEB を導入するとともに、大会期間中の輸送にゼロエミッション車を活用し、クライメート・ポジティブな大会を実現することを検討している。

第4章 ウランバートル市の環境測定に係る調査

令和3年開催の「第14回日本・モンゴル環境政策対話」にて、「大気汚染対策」が議論された。日本が中心となり進めている「東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)」の活動範囲が黄砂、PM2.5、揮発性有機化合物(VOC)等を含む範囲に拡大されたことから、今後モンゴルの大気汚染対策に更なる協力推進に向け取り組むことが環境政策対話にて確認されている。

本章では、令和3年11月に開催された冬の都市市長会にて、ZEBにかかる取組の発表を行い、寒冷地の省エネ住宅・建築物に関する高度かつ学術的な知見をもつ北海道大学の森教授の指導に基づき実施された、ウランバートル市建物内の空気汚染に係る環境測定より得た知見に基づき記載する。

4.1 ウランバートル市の大気に係る状況

4.1.1 大気汚染に係る課題

ウランバートル市の空気質は、住宅地、高速道路、住宅地、工業地帯周辺地点の自動計測機器により、硫黄ガス(SO₂)、二酸化窒素(NO₂)、PM2.5、PM10、一酸化炭素(CO)、オゾンが測定され、モンゴル気象庁より報告されている。

PM10の基準は、WHOのガイドラインでは年間20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、24時間で50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下とされており、2017年～2022年冬期全てにおいてウランバートル市の平均濃度は基準値を超えている。

2021-2022年冬期のPM10の平均濃度は、2019-2020年及び2020-2021年と比較すると上昇しているが、2017-2018年より25%低く、2018-2019年よりも34%低くなっている。

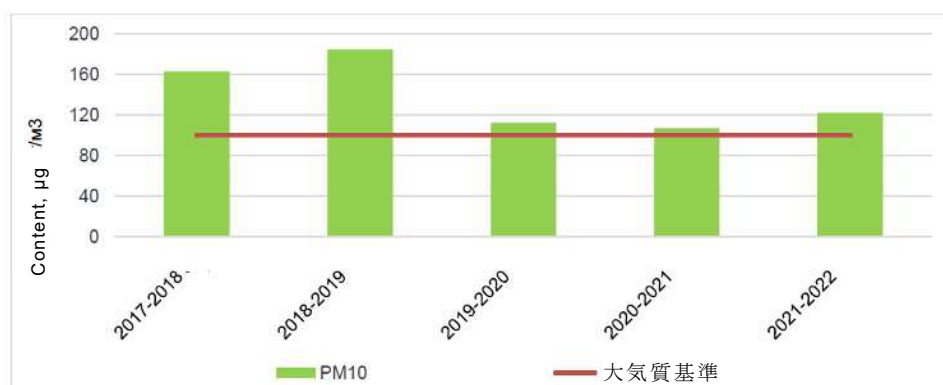


図 4-1 2017年から2022年の冬期におけるウランバートル市のPM10の平均濃度
出典：モンゴル気象庁³⁰

2010年代、ウランバートル市内の粒子状物質と二酸化硫黄の平均濃度レベルは、世界で最も汚染されていたが、現在は少し改善してきている。ウランバートル市の行政支援によるゲル地区の住居のストーブの改良や、ゲル地区にて暖を取るために利用されることが多かった原炭が、2019年3月にモンゴル政府により使用が全面禁止された影響が考えられる。また2020年の年始から2021年にかけては新型コロナウイルス感染拡大により経済活

³⁰ <http://www.agaar.mn/article-view/1106>

動が停滞したことも影響したとみられる。

PM10 の最大濃度は 12 月と 1 月に観測されることが多い。2021-2022 年の冬期における PM10 の月平均最大濃度は 2021 年 12 月に観測されている。

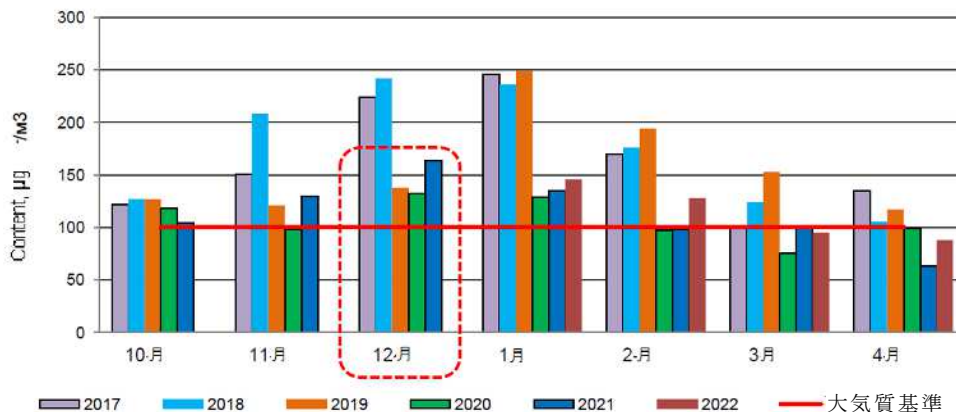


図 4-2 2017 年から 2022 年の冬期におけるウランバートル市の PM10 の月平均濃度
出典：モンゴル気象庁³¹

ゲル地区住居のストーブの改良や、生の石炭からブリケット豆炭への切り替えなどの対策は行われたが、根本的な大気汚染の解決には至っていない。また、豆炭を導入した結果、PM2.5 と PM10 の値は減ったが、SO2 硫黄と灰が以前より増えているとの報告がある。

4.2 環境測定の概要

4.2.1 測定目的

ウランバートル市では大気汚染が深刻である³²。原因は渋滞する自動車の排気ガスから 10%、石炭火力発電所・地域熱供給ボイラから 10%、その他が数%で残りの多くがゲル地区の住宅からとされている。ゲル地区はインフラが未整備であり、暖房に関しては石炭ストーブで行われている。また、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るため都市域に大気汚染物質が都市域に滞留しやすい。



図 4-3 ウランバートル市の大気汚染の原因

³¹ <http://www.agaar.mn/article-view/1106>

³² Development Bank, 2021



図 4.4 冬のウランバートル市の大気汚染の様子

大気汚染は健康被害をもたらす現象である。日本においても石炭粉塵は多くの健康被害を引き起こしている³³。また、微小浮遊物質である PM がもたらす健康被害については多くのエビデンスがあり、特にウランバートルでは子供の健康への影響が指摘されている³⁴。これまで、大気汚染の測定は数多く行われており、ウランバートルでも環境局が計測を行っており、IQAir 等で値が公開されている³⁵。また、日本の機関では簡易な測定機器を用いて金沢大学が測定を行っている³⁶。しかし、ほとんどの測定は外気濃度の測定を行っており、室内の測定が行われた事例を見つけることができない。特に寒冷地の冬季の生活のほとんどは室内で行われるため、室内の濃度を計測しないと人体の暴露量を求めることができない。また、室内の濃度変化の原因を探ることも重要である。室内へは外気の汚染物質がなんらかの手段によって、移流することになるが、換気システム、隙間風、窓開放等、いくつかの要因があるため、その原因を特定し対策を施すことが必要となる。

そこで、本環境測定では、モンゴル国立大学のアマル教授の協力のもとウランバートルの数か所の住宅に室内環境測定器を設置し、室内の温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、PM 濃度、VOC を測定した。また、数件の住宅に空気清浄機を設置し、空気清浄機の設置が PM 濃度の減少に効果があるかを検討した。

4.2.2 測定方法

室内に一カ所、室内環境測定器を設置した。この室内環境測定器はマイクロコンピュータボード（以下、マイコン）（M5CORE2）を中心に CO₂ センサー（Sensirion 社 SCD30、温度、湿度も同時に計測）、PM センサー（Sensirion 社 SPS30）、VOC センサー（SparkFUN 社、CCS811）を I2C にて接続した DIY センサーである。但し、センサー自体は事前に評価がされており精度データもある。また、センサーからマイコンへはデジタルでデータが送られるため十分な精度を持った測定は可能である。以下に各センサーの測定原理を示す。

CO₂ センサー（Sensirion、SCD30）

本センサーは赤外線センサーを用いた CO₂ センサーである。また、ボードにはサーミスタ³⁷を用いた温湿度センサーも搭載されており、赤外線センサーのキャリブレーションも

³³ 札幌市環境局環境都市推進部環境対策課、2022

³⁴ Ariunzaya Davaa、2016

³⁵ Air Quality in Mongolia、2022

³⁶ Batbold et al.、2022

³⁷ 熱を感知した際の抵抗値の変化を利用した温度センサ

実行できる。赤外線センサーは赤外線が CO₂ によって計測されやすいという特徴を利用しており、赤外線ランプで発生させた赤外線がプローブにどの程度到達するかによって計測を行っている。

PM センサー (Sensirion、SPS30)

本センサーはレーザー散乱光を利用したセンサーである。フィルターを経由させ、PM でない粒子を除去したうえで、ファンによってチャンバー内に導き、チャンバー内でレーザーを発生させたうえで、その散乱光を測定し PM の濃度やサイズを評価する。

VOC センサー (SparkFun、Air Quality Breakout - CCS811)

本センサーは MOX (Metal Oxide) ガスセンサーと言われるセンサーで加熱した MOX が空気中の揮発性有機化合物によって抵抗値が変わることを利用してガス濃度を測定する。ガスの種類は区別できないが総揮発性有機化合物 (TVOC) のように様々な有機化学物質の集合体の測定には適している。

4.2.3 測定場所

ウランバートル市内の住宅やオフィスの数か所に設置した。以下にリストと位置を示す。

No.	設置場所	地区	タイプ	暖房タイプ	m ²
1	khorooolol アパート 9 階	18 th khoroo, Bayanzurkh district	アパート	中央暖房	76
2	モンゴル大学図書館 6 階 RE lab. Room	6 th khoroo, Sukhbaatar district	オフィス	中央暖房	59
3	パッシブハウス (ゲル地区)	Gandan street, Sukhbaatar district	オフィス/ アパート	4.3kW PV system	70
4	パッシブハウス、 Institute Office Room	Tumur zam, 25-2, 8th khoroo, Bayangol district	オフィス/ アパート	中央暖房	30
5	ゲル地区戸建住宅	Uliastai, Bayanzurkh district	戸建住宅	ストーブ	56

設置場所 3~5 の測定器は、長期間継続的にデータを取得することができなかつたため、本報告書では主に測定器 1 と 2 の結果を記載する。

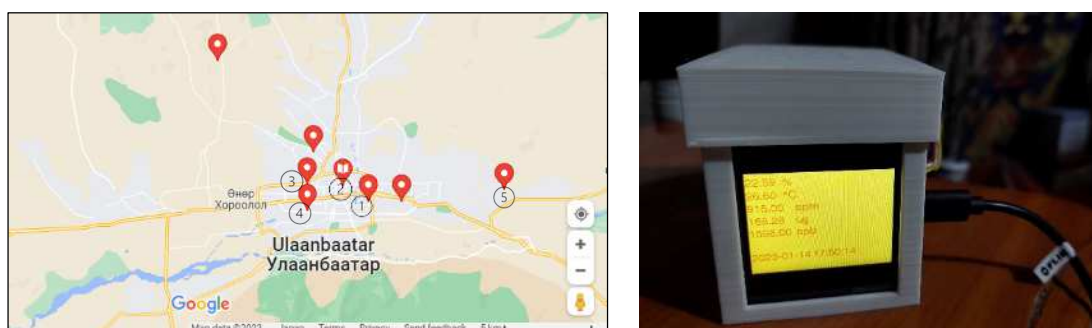


図 4-5 観測器設置場所と観測器

4.2.4 測定期間

測定は 2022 年 10 月中旬から開始した。2023 年の暖房時期終了まで計測を継続し暖房の強度による PM 濃度の変動パターンを計測する予定である。

4.3 環境測定の結果及び考察

4.3.1 測定結果と考察

A：アパートの測定結果（測定器設置場所①）

下図は市内のアパートの温度、相対湿度、CO₂濃度の測定結果である。温度は20～25℃で常に一定である。地域熱供給によって常時熱供給が行われており、快適な環境となっている。相対湿度は20%前後で非常に乾燥している。寒冷地では、外気が非常に乾燥しているため、換気が行われると室内が乾燥する。日本においては快適な湿度は50%前後と言われているが、湿度の感覚については差があるため、加湿を必ず行うべきとは言えない。また、加湿を行うと、窓枠等で結露が生じる場合もあり、注意が必要である。CO₂濃度に関しては500ppm程度で低く抑えられており、換気が行われている。数日に一回程度、1000ppmをこえる時間があるが、調理によるものと考えられる。

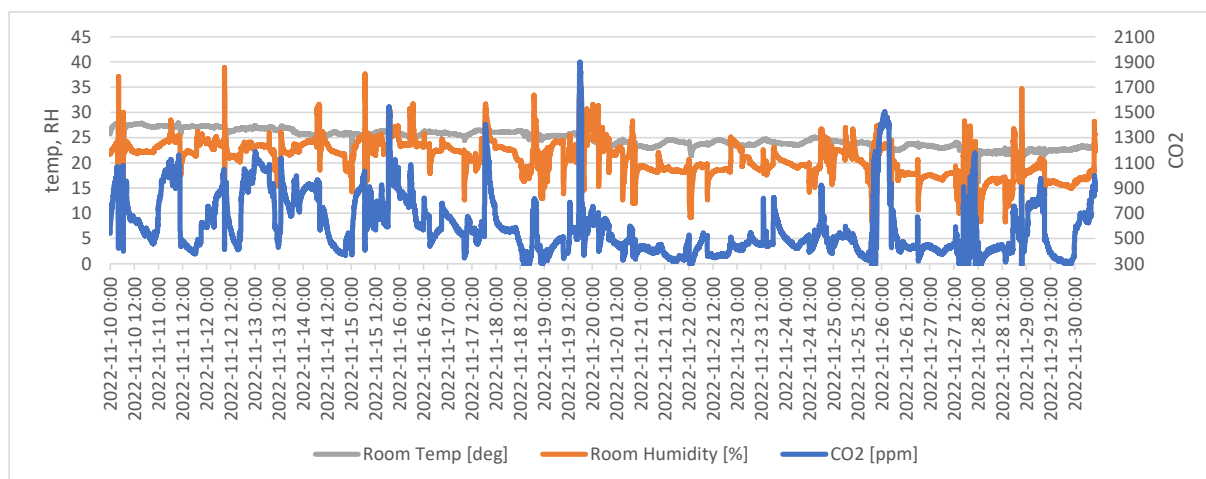


図 4-6 市内アパートの温度、相対湿度、CO₂濃度

下図に PM と VOC の推移を示す。11/10 から 11/30 にかけて PM の値が徐々に上昇している。外気温が低下し、ストーブを焚く機会が増えているためと考えられる。図中の 4 本の線は WHO のガイドラインである。上側の二本は暫定措置の最も緩い基準であり、それぞれ、年間平均基準と 24 時間平均基準である。多くの時間帯で前記の値を下回っており、規準はクリアしていると考えられる。一方、下の二本は WHO の最終的な規準である。多くの時間でこの値を上回っており、WHO の Air Quality Guidelines (AQG) のレベルは達成できていないと考えられる。

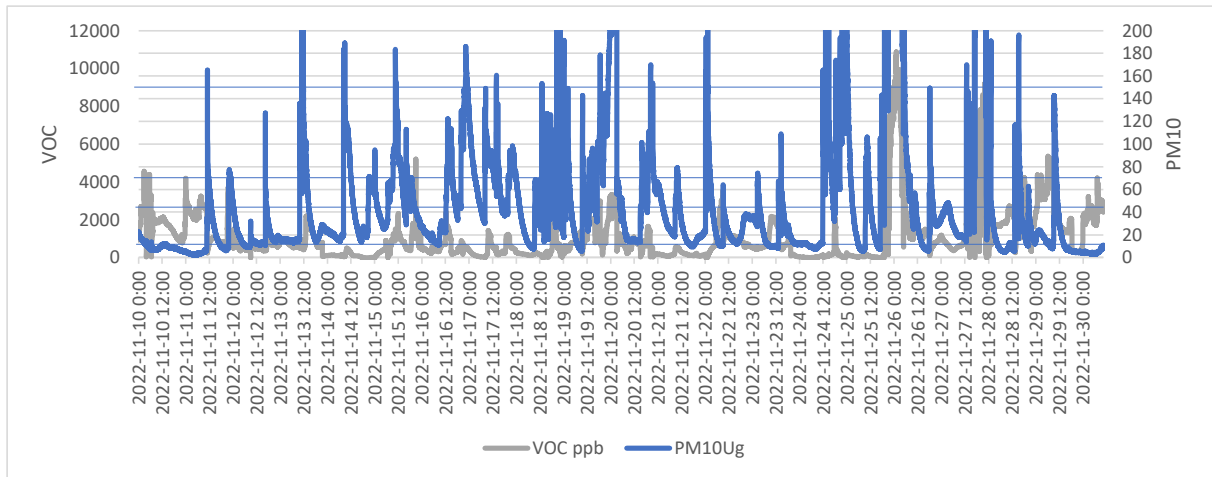


図 4-7 市内アパートの PM10、VOC の推移

B : オフィス (測定器設置場所②)

下図にオフィスの室温、相対湿度、CO₂ の変動を示す。アパートと違い、温度、CO₂ は平日と休日の差を確認できる。温度、湿度、CO₂ はオフィスの就業時間帯で上昇し、終業後にそれぞれの値が下降している。温度が大きく低下していないことを考えると、オフィスに常時、ラジエーターから熱供給されているものの、人体発熱や機器発熱によって温度、相対湿度が上昇していると考えられる。また、CO₂ も同様に始業後に人間活動がオフィスで生じるため濃度が上昇している。また、終業後に CO₂ が急激に減少するのは隙間風あるいは換気扇による換気が行われているためである。また、温度は週末にかけて徐々に上昇し湿度、CO₂ 濃度は徐々に減少する傾向がみられる。オフィスの温度コントロールを窓開けによって行っており、週末にかけてオフィスの温度が上がっていくにつれ、その頻度が増えるため、換気によって湿度と CO₂ の低下が起こっていると考えられる。

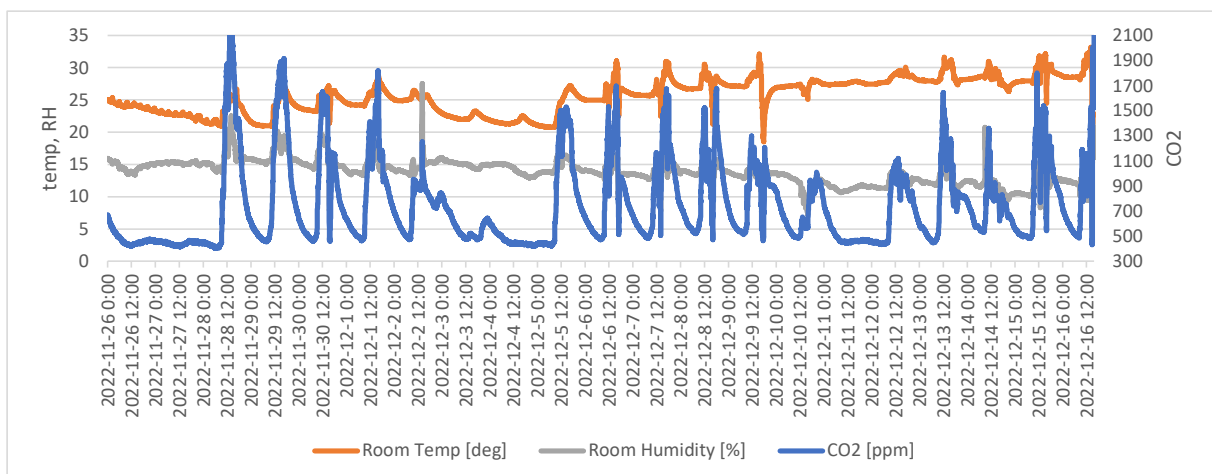


図 4-8 市内オフィスの温度、相対湿度、CO₂ 濃度

下図はオフィスの PM と VOC の変動である。アパートに比べて、変動は小さいが、傾向は似ている変動となっている。アパートの方が細かい変動が多いのは調理等の住宅特有の活動がオフィスにはないためと考えられる。11/23 から数日間のデータはアパートとオフ

イスで異なっている。アパートの値が低いのに対して、オフィスは上昇しており、この期間にオフィスが使われていなかったためと考えられる。

VOC に関してはオフィスの方がアパートよりも小さくなっている。VOC は調理で発生することが多いため、調理のないオフィスで値が小さくなっていると考えられる。

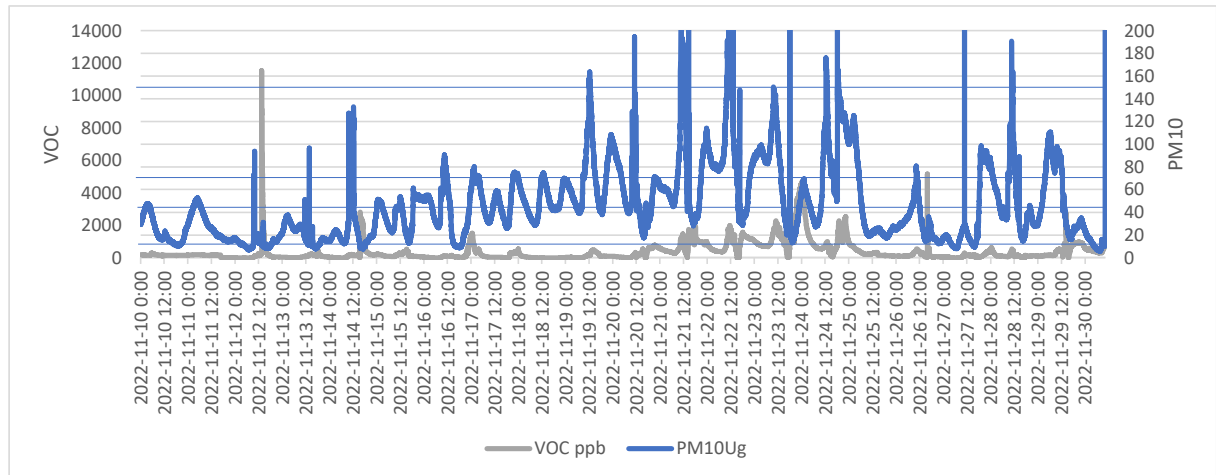


図 4-9 市内オフィスの PM10、VOC の濃度の推移

4.4 環境測定からの提言

環境測定を行った結果、室内で WHO のガイドライン以上の PM 濃度が長期間計測されていることがわかった。PM 等の粒子状物質は健康被害をもたらす可能性があり、冬期の生活の中心である室内で高い濃度が継続するのは危険である。この状況を改善する方策として以下の提言を行う。

1. 短期的な対策

PM の発生源の多くはゲル地区で利用されている石炭ストーブとされている。これらのストーブの転換を急速に行うことは難しい。そこで以下のような対策が考えられる。

① 空気清浄機の設置

室内に空気清浄機を設置する。PM は外気由来であるため、空気清浄機の設置位置は給気口の近辺や窓の近辺とする。

② 給気口へのフィルターの設置

換気システムを HEPA フィルター付きのものに変更し、外気由来の PM の除去を行う。例えば、オフィスであれば、最近ではウィルス除去を目的として HEPA フィルター付き、全熱交換機能付きのエアコンが発売されている。これらの導入を行うと室内の PM 濃度が減少すると考えられる。また、住宅においても比較的安価な機種で HEPA フィルター付きの全熱交換換気扇が販売されている。現状の換気システムをこれらに置き換えると住宅内に流入する空気の清浄度を向上させることができる。注意点としては、a.フィルターのメンテナンスが容易な設置方法を検討すること（日本でも換気扇のメンテナンスは良好な状態ではない、メンテナ

ンスを行いやすいシステムにする必要がある)、b.HEPA フィルターを設置した場合、換気量が大幅に減少する可能性がある(システムの一部を取り換えるのではなく、ファンの能力、ダクト径を含めて再検討が必要となる)。c.ゲル地域の住宅は気密性能が良くないと考えるため、給気口にフィルターを設置したとしても、他の場所から外気が流入するため意味がない。空気清浄機の設置の方が効果的と考えられる。

③ ゲル地区の住宅の断熱改修

ゲル地区の住宅では、外気よりも室内由来の PM の方が深刻であるため、まずは、断熱性能の向上を行い、小さな熱源と少ないエネルギーで暖房が行えることで室内環境は大幅に向上すると考えられる。ゲル地区はゲルよりも DIY で作られる住宅の方が多く、レンガが多く使われている。現状のレンガにビニールフィルムで防湿層を形成したうえで、足元は水に強い EPS で高さを調整したうえで、その上に繊維系断熱材用のフレームを組んで 150mm 程度の断熱を行うと室内環境は劇的に向上すると考えられる。屋根に関しては、室内に入れなかったため、わからないが、天井が貼ってあるのであれば、繊維系断熱材のブローイングを行うのが最も簡単な工法と考えられる。

2. 長期的な対策

① ゲル地区の建物の断熱性能の向上

大気汚染源はゲル地区の住宅に設置されている石炭ストーブと言われている。燃料には豆炭が利用されており、燃料の質はあまりよくない。そのために PM が発生していると考えられる。したがって、ゲル地区の住宅の性能が向上すると、石炭の燃焼量が減少し PM の発生量が減少する。また、性能向上を行うと小さな出力の暖房機器でも十分に室温の確保ができるため、例えば、電気暖房等の汚染物質を発生させない暖房機器でも暖房が可能になる。現在、ゲル地区では集合住宅の開発が行われている。現在、分譲されている集合住宅は 150mm 程度の外断熱が行われており、効果があると考えられる。

② 暖房システムの変更

集合住宅の開発とともに、暖房システムの変更も効果的である。断熱性能が向上した場合、出力の低いエアコンでもほとんどの期間で暖房が可能になる。現在、ウランバートルではスプロールが起きることで、電力ではなく、熱供給の需要が高くなってきているため、エアコンで電気によって暖房が行えるのは意味がある。エアコンは外気が低温の場合に出力が上がらない問題があるが、近年、我が国では寒冷地用のエアコンのラインナップも多くなっており、それらを利用できる可能性がある。また、エアコンの出力が問題になるほど低温なのは 11 月~2 月までの 4 か月間であり、その他の時期は下記も含めてエアコンが効果的である。

③ ゲル地区への開発規制

ウランバートルでは、人口増（年間 45,000 人）が進んでおり、ゲル地区の無秩序な拡大が進んでいる。地域熱供給インフラの整備が追い付いていないため、暖房は住民が用意する石炭ストーブによって賄わなければならないことが大気汚染の原因となっている。郊外に拡大するゲル地区は交通渋滞の原因ともなっており、早急な対策が必要である。

④ ゲル地区の再開発

現在、ウランバートル市ではゲル地区を、集合住宅を用いて再開発をするプロジェクトが行われている。集合住宅を高断熱にすることで暖房負荷を小さくすることができる。また、電化を行うこともできるため、熱供給インフラのない地域でもプロジェクトを行うことができる。現在、ウランバートルの集合住宅はほとんどバルコニーがない、フラットなファサードとなっているが、電化を行うことを考えると、室外機を設置し、換気のフィルター交換を行う場所が必要である。また、長期的な断熱外壁、窓のメンテナンスのためにもバルコニーがあるプランの検討も必要である。また、電化については再生可能エネルギーの導入と同時に行う必要がある。ウランバートル周辺では、これまでも都市間連携事業等を通じて大規模な太陽電池の設置プロジェクトがあり、それらの知見を活かすこともできる。

第5章 ワークショップ及び講座の開催

本事業では、札幌市とウランバートル市の施策や取組みの共有を目的にワークショップを2回実施した。また、省エネ住宅 ZEB/ZEH やパッシブハウスの理解促進を目的に、講座を2回開催した。2020年3月から新型コロナウイルスの影響でモンゴルへ渡航ができなかったが、2022年中頃より渡航が可能となったため、ワークショップ及び講座共に現地で開催した。ワークショップと講座の開催実績を下に示す。ワークショップや講座の発表に用いた資料等は、附属資料とする。

表 5-1 ワークショップ及び講座の開催実績

内容	開催日
第1回ワークショップ	2022年10月21日
第2回ワークショップ	2022年12月15日
第1回 ZEB/ZEH 講座	2022年10月22日
第2回パッシブハウス講座	2022年12月16日

また、環境省は「日米グローバル地方ゼロカーボン促進イニシアティブ」に基づき、米国との共催で、2023年3月1日に「脱炭素都市国際フォーラム 2023」が開催された。本フォーラムでは、日本が議長国となる本年の G7 札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合に向けて、国と自治体の連携方策等を議論するとともに、都市の脱炭素移行や強靱化、循環経済、ネイチャーポジティブ経済等を国内外の都市の脱炭素に向けた取組の先進事例を共有し、都市の気候行動を世界的に加速させることを目的とした。

本フォーラムのハイレベルセッションに、秋元札幌市長が登壇し、ネットゼロを目指すため、都市のリーダーとしてのコミットメントと教訓が共有された。

5.1 第1回ワークショップ

(1) 目的

- ・プロジェクトの目的と 2022 年度の活動の共有
- ・ウランバートル市の現状の共有

(2) 成果

- ・今年度のプロジェクトの目的、目標、工程等の説明を行い、ウランバートル市の協力の確認を得た。
- ・ウランバートル市より、エネルギー消費量節約のための公共集合住宅断熱工事、二酸化炭素排出量削減のためのバス利用促進など、市の脱炭素社会実現構想の情報と意向を確認した。

(3) 開催概要

日時：2022年10月21日（金）15:00-16:15（JST16:00-17:15）

開催場所：ウランバートル市役所

参加者：【モンゴル側】ウランバートル市役所、首都都市開発局、首都公団公社、建設・都市開発省

【日本側】札幌市（オンライン）、オリエンタルコンサルタンツ

(4) 議事次第

モンゴル時間時間 (日本時間)	内容	発表者
15:00～15:10 (16:00～16:10)	開会：ウランバートル市ご挨拶 札幌市のご挨拶	ウランバートル市 札幌市
15:10～16:00 (16:10～17:00)	<プレゼンテーションとディスカッション> 2022年のプロジェクトについての説明 (目的、目標、工程等)	オリエンタルコンサルタンツ
	2040年までのウランバートル市発展計画	ウランバートル市
	● プロジェクト業務内容の打ち合わせ ● 10/22開催の省エネ住宅・建築（ZEB/ZEH）を促進する日本の経験から学ぶセミナーについて ● 質疑応答	オリエンタルコンサルタンツ ウランバートル市
16:00～16:15 (17:00～17:15)	閉会：ウランバートル市ご挨拶 札幌市のご挨拶 <写真撮影>	ウランバートル市 札幌市

(5) 議事録、発表資料（附属資料 A）

- ・ 議事次第（モンゴル語）
- ・ 発表資料（日本語、英語）
- ・ 参加者リスト
- ・ 議事録（日本語、モンゴル語）
- ・ 写真

5.2 第2回ワークショップ

(1) 目的

- ・ ウランバートル市の気候変動に係る取組を共有する
- ・ 札幌市の事例とウランバートル市で実施している環境測定からエネルギーマネジメントに係る理解を促進し、ウランバートルの取組施策への活用を検討する
- ・ 検討中の低炭素型候補案件について課題を協議して、今後の実施方針を相談する

(2) 成果

- ・ 札幌市エネルギー計画などカーボンニュートラルに向けた取組が共有された。
- ・ 北海道ガスにより地域エネルギーマネジメントシステムが紹介され、持続可能な低・脱炭素社会を支える新たなエネルギーモデルの構築の重要性が確認された。
- ・ 室内の空気汚染にかかる環境測定状況が共有され、室内で WHO のガイドライン以上

の PM 濃度が計測されていることから、健康被害を軽減させるため、状況改善の必要性が認識された。

(3) 開催概要

日時：日時：2022 年 12 月 15 日（木）15:00-16:30（JST16:00-17:30）

開催場所：ウランバートル市役所 14 階ホール A

参加者：【モンゴル側】ウランバートル市役所、首都公団公社、建設都市開発省、国家開発庁

【日本側】札幌市、北海道大学、北海道ガス株式会社（オンライン）、オリエンタルコンサルタンツ

(4) 議事次第

モンゴル時間時間 (日本時間)	内容	発表者
15:00～15:05 (16:00～16:05)	開会：ウランバートル市ご挨拶	ウランバートル市
15:05～15:15 (16:05～16:15)	参加者紹介 <写真撮影>	—
<プレゼンテーションとディスカッション>		
15:15～15:20 (16:05～16:20)	建設・都市開発分野における NDP の行動計画と実施	建設・都市開発省
15:20～15:35 (16:20～16:35)	札幌市エネルギー計画の紹介	札幌市
15:35～15:50 (16:35～16:50)	地域エネルギーマネジメントシステムの紹介	北海道ガス
15:50～16:05 (16:50～17:05)	室内の空気汚染にかかる環境測定状況と適切なエネルギーマネジメントの提言	北海道大学
16:05～16:15 (17:05～17:15)	実現可能性ある事業の紹介	オリエンタルコンサルタンツ
16:15～16:25 (17:15～17:25)	質疑応答	—
16:25～16:30 (17:25～17:30)	閉会：ウランバートル市ご挨拶 札幌市のご挨拶	ウランバートル市 札幌市

(5) 議事録、発表資料（附属資料 B）

- ・議事次第（モンゴル語）
- ・参加者リスト（モンゴル語）
- ・発表資料（モンゴル語、日本語、英語）
- ・写真

5.3 第1回 ZEB・ZEH 講座

(1) 背景

ウランバートル市は、世界一寒い首都である。市民の生活や経済活動は他の地域と比べてエネルギー消費量が多く、その分 CO₂ の排出量も多い。また、ウランバートル市では大気汚染問題が深刻で、市民の生活と健康に悪影響が及んでいる。大気汚染の主な発生源はゲル地区の住居のストーブである。エネルギー消費量の抑制と大気汚染対策に、高断熱高密住宅への移行が効果的な手段のひとつとなる。

(2) 目的

省エネ住宅 ZEB/ZEH とは何か、省エネ住宅・建築 (ZEB/ZEH) を促進する日本と札幌市の政策とその取り組みを紹介し、寒冷地都市である札幌市の事例と経験から学び、ウランバートル市に反映すべきことについて意見交換を行う。

(3) 開催概要

日時：2022年10月22日(金) 14:00-16:00 (JST15:00-17:00)

場所：モンゴル日本人材開発センター・会議ホール

参加者：ウランバートル市役所、首都都市開発局、首都公団公社、建設・都市計画省の各担当者と技術者、省エネ住宅 ZEB/ZEH に興味ある市民

(4) プログラム

モンゴル時間 (日本時間)	内容	発表者
14:00-14:10 (15:00-15:10)	開会のご挨拶	オリエンタルコンサル タンツ
14:10-15:00 (15:10-16:00)	<ul style="list-style-type: none">省エネ住宅 ZEB/ZEH とは何かZEB/ZEH の設計・算定方法について省エネ住宅・建築 (ZEB/ZEH) を促進する日本の政策とその実施状況について寒冷地の都市札幌市の ZEB/ZEH 支援と事例紹介	アマル准教授、モンゴル国立大学・応用科学工学部・持続可能な発展研究所研究員
15:00-15:15 (16:00-16:15)	休憩 coffee break	
15:45-16:00 (16:45-17:00)	日本の先進事例、政策策定の経験からウランバートル市への反映可能性につき意見交換 閉会：ウランバートル市ご挨拶 札幌市のご挨拶 <写真撮影>	アマル准教授、モンゴル国立大学・応用科学工学部・持続可能な発展研究所研究員 オリエンタルコンサル タンツ

(5) 講座内容概要

日本のエネルギー消費量、その推移と背景、省エネ住宅・建築 (ZEB/ZEH) を促進する日本の政策とその実施状況についての説明が行われた。日本が ZEB/ZEH を普及させる政策制度を整備した経緯と背景等の解説もされた。「家の燃費」という概念導入、省エネ住宅

ZEB/ZEH の定義、分類、BELS 建築物省エネ性能表示制度、登録 BELS 評価機関の説明もされた。ZEB/ZEH 設計ガイドライン、計算方法の概要の紹介、また最後に参加者と発表者間で意見交換が行なわれた。

(6) 質疑応答

質問 1：北海道・札幌市の市民は ZEB・ZEH の導入について具体的にどのように支援を受けているか。

回答：住宅の規模によって具体的なメニューが用意されている。例えば、トップランナーには 160 万円、ハイレベルには 140 万円、スタンダードレベルの省エネ住宅・建築物なら 110 万円までの支援がある。次回の講座には札幌市の職員と専門家に参加してもらい、具体的な説明と紹介を行いたい。

質問 2：トップランナーの基準値と条件は何か。

回答：札幌市のホームページによると、新築住宅の等級がトップランナーの場合、外皮平均熱貫流率 UA 値は 0.18 以下、相当隙間面積 0.5[cm²/m²]以下となっている。分かりやすく示すと消費量で一般住宅より約 5 倍少ない省エネ住宅をトップランナーと定義している。ウランバートル市のゲル地区 Gandan に建てた 2 階建て 70 m²の LEH (Low Energy House) モデルハウス³⁸は、モンゴル国内のトップランナーと言える。この住宅壁の外皮平均熱貫流率 U 値は 0.085 なので、トップランナーに入るのでないか。札幌市よりウランバートル市は気象条件が厳しいため簡単にクリアできるか分からない。

質問 3：寒冷地の都市である札幌市とウランバートル市の平年の気象条件などの比較研究はあるか。

回答：札幌市とウランバートル市の気象条件に関して詳細比較資料や調査研究はまだ手元にない。因みに、日射資源に関しては、モンゴル国大学がモンゴル国の南に位置するゴビ砂漠の町である Sainshand 市に実験サイトを設置して長年研究している。Sainshand 市と札幌市は緯度が近いので太陽エネルギー資源を比較すると平年値で約 1.7 倍多い。同じ太陽電池を Sainshand 市と札幌市に設置するとゴビ砂漠の方が約 1.7 倍多く発電する。

(7) 第 1 回講座資料 (附属資料 C)

- ・議事次第 (モンゴル語)
- ・写真
- ・発表資料 (モンゴル語)
- ・参加者リスト

5.4 第 2 回パッシブハウス講座

(1) 背景

ウランバートル市の行政には、先進国の寒冷地域都市の省エネ住宅の先進的な事例、政策と実施の仕方について学びたいというニーズがある。また、第 1 回講座にオンライン登

³⁸ Source: Passive House Database, https://passivehouse-database.org/index.php?lang=en#d_6654

録した参加希望者からは省エネ住宅、特にパッシブハウスについて学習したいという要望が多かった。第1回講座の内容は日本の省エネ政策と実施を中心であったが、第2回講座はモンゴルで注目されている省エネ住宅基準パッシブハウスと省エネ住宅の基礎知識についての講座とした。

(2) 目的

- 1) 気候変動・大気汚染対策として省エネ住宅の基礎と実路について一般市民と関係者に共有し、受容性を向上させる
- 2) 寒冷地都市の先進事例として札幌市のエネルギー計画と実施状況を紹介し、ウランバートル市の政策の参考にしてもらう
- 3) 札幌市の事例とウランバートル市で実施している室内環境測定からエネルギーマネジメントに係る理解を促進する

(3) 開催概要

日時：2022年12月16日（金）12:40 - 16:20

場所：モンゴル国立大学・大ホール

参加者：【モンゴル側】ウランバートル市役所、首都都市開発局、首都公団公社、建設・都市計画省の各担当者と技術者、省エネ住宅 ZEB/ZEH に興味ある市民（約70名）

【日本側】札幌市、北海道大学、オリエンタルコンサルタンツ

(4) プログラム

モンゴル時間	内容	発表者
12:40 - 13:00	受付開始	
13:00 - 13:10	開会：挨拶	オリエンタルコンサルタンツ
13:10-13:40	気候変動・大気汚染対策としての省エネ住宅・建築の基礎講座、日本で普及している ZEB/ZEH とは何か、設計方法、事例紹介	モンゴル国立大学・応用科学工学部・再エネ研究室教授 A.Amarbayar
13:40-14:10	札幌市の環境政 ～ゼロカーボンシティを目指して～	札幌市 環境局 環境都市推進部 環境政策課 佐竹輝洋
14:10-14:40	寒冷地都市 UB と札幌の IAQ 室内空気質とその計測モニタリングについて	北海道大学 森教授
14:40-14:50	休憩時間	
14:50-15:10	モンゴルにおける省エネ住宅ビルの現状と課題について：Passive House の計画とその実行	モンゴル PassiveHouse 研究所・理事 S.Tuvshinkhuu
15:10-15:30	省エネ住宅 Passive House の PHPP ツールによる設計方法について	モンゴル PassiveHouse 研究所・理事 E.Otgonzul
15:30-15:50	省エネ住宅 Passive House の密閉性について	モンゴル国立大学・応用科学工学部 E.Enkh-Uchral
15:50-16:10	質疑応答	
16:10-16:20	閉会：ご挨拶 <写真撮影>	UB 市、札幌市

(5) 講座内容概要

- ・ウランバートル都議員、都市開発およびインフラストラクチャ委員会の委員長 B. Sukhbaatar スフバートル氏が講座開会の挨拶を行った。モンゴル国立大学の A.Amarbayar が日本のエネルギー消費量、その推移と背景の説明、省エネ住宅・建築 (ZEB/ZEH) を促進する日本の政策とその実施状況について説明。ZEB/ZEH について、またその基礎的考え方、設計方法、先進の事例紹介を紹介した。
- ・札幌市の環境局の佐竹氏より、札幌市の環境政として、札幌市気候変動対策行動計画、札幌市における 2030 年の目標と達成に向けた取組、札幌版次世代住宅基準、都心部の地域熱供給、札幌都心 E まち開発推進制度、効果の高い取組を誘導するインセンティブなどの事例とその実施状況について紹介された。
- ・北海道大学の森教授より、日本の寒冷地の住宅開発の経緯と最近の動向、また IAQ 室内空気質の必要性、健康との関連研究、IAQ 計測モニタリング、Open Design、Retrofit、伝統技術の保持の必要性、建築業界の抱えている問題等について紹介された。
- ・モンゴルパッシブハウス研究所・理事の S.Tuvshinkhuu 氏より、モンゴルの省エネ住宅ビルの現状と課題について、具体的には、モンゴルの建築基準、断熱基準、熱損失の計算方法、CO₂ 削減効果について説明された。モンゴルパッシブハウス研究所・理事の E.Otgonzul 氏は、省エネ住宅パッシブハウスの PHPP³⁹ ツールによる設計方法について事例を通じて紹介された。モンゴル国立大学・応用科学工学部の E.Enkh-Uchral 氏からは、省エネ住宅パッシブハウスの密閉性、その必要性、Blower Door Test 密閉性計測評価の事例が紹介された。

(6) 質疑応答

質問 1 : パッシブハウス計算ツールを取得する方法は何か。

回答 : シリアルナンバー SN が付いた PHPP を国際パッシブハウス協会から買うことができる。パッシブハウスデザイナー資格試験を受けるにはそのシリアルナンバーが必要となる。

質問 2 : 日本で羊毛を建物の断熱材として使った経験があるか。羊毛はオーガニックで湿気をよく吸収し、また簡単に乾く材料なので、日本のような湿気が多い国で使うとよいのではないか。

回答 : ヨーロッパと違い日本ではグラスウールがよく使われている。再生材料なので値段が安くたくさん使われている。セルロースファイバとウッドファイバなどのオーガニック材料も挙げられるが、値段が比較的高いのでグラスウールほど多く使われていない。羊毛を検討してみたいが、日本で建築材料として使うためには日本の消防法律の試験をクリアする必要があるハードル高い。また、断熱材の中に湿気を吸収させないように工夫するべきである。湿気を予防することが大事。温暖地域の建物をパッシブハウス計算ツールで計算するとき、吸湿性を持つ断熱材に注目している場合もある。

³⁹ Passive House Planning Package は、パッシブハウス研究所が作成した建物の消費エネルギーを計算するソフト。

質問3：WHOのガイドラインで保つべき室内温度が18度と書かれてあると聞いたが、モンゴルでは室内温度を22度で維持した方が良いと言われることがある。この設定の違いについて説明してもらえないか。

回答：日本のような昔から室内温気を上げるという考え方がなかった地域に対して18度という設定をしている。室温がどのくらいあればいいのかということを研究したことがあるが、22度の方が適当とみている。

質問4：有効面積100㎡の一階建て住宅と二階建て住宅のコストと性能の違いは何か。

回答1：土地の値段を含めて考えると二階建ての方が安い。

回答2：建物の外皮の表面面積が小さいほど熱損失が減るので球やキュービック形が良い。

(7) 第2回講座資料（附属資料D）

- ・議事次第（モンゴル語）
- ・写真
- ・発表資料
- ・参加者リスト

5.5 パッシブハウス講座実施からの考察

モンゴル国立大学とモンゴルのパッシブハウス研究所が共同でパッシブハウスの基本的な概念、設計方法、施工等について知識の普及活動をしている。その効果もあり、近年、モンゴルの一般市民や建築業界では、高断熱高密住宅への関心が高まっている。

今回の2回の講座で、モンゴルの行政職員、政策決定者、政治家へ、寒冷都市である札幌市の省エネ住宅政策と実施方法を紹介できた。ZEB/ZEHを普及させる政策制度を、日本政府は2015年度から2019年度まで調査して、日本の状況に適する形で整備した。今後、この経緯と背景等を更に詳細にモンゴル行政職員、政策決定者、政治家、研究員等に説明し、モンゴルの現状に適したケーススタディ、提案等を含む講座を行うことは、モンゴル政策策定に有効であると思われる。

また、講座に参加した一般市民と建築業界の方々からは、日本のZEB/ZEH設計ガイドラインとトップランナーの具体的な事例紹介に高い関心が向けられた。第2回講座に参加した北海道大学の森教授宛に、日本の経験を学びたいと多くの質問が投げかけられた。今後も、日本の経験豊富な専門家、大学教授を招待した講座の実施が効果的であると考えられる。更に、モンゴルの大学生や院生、若手専門家、研究員を北海道大学に派遣して、研修活動を通じた高度なレベルで省エネ住宅の知識と経験を共有し、深い交流につながることが望ましい。モンゴルの建築業界の若手職員を、北海道の建築現場で研修する機会の創出も考えられる。

他方、一般市民の省エネビルの概念や知識不足などが、省エネ住宅普及の障害となっている。そのため、一般市民向けに省エネの基礎知識と概念を、実例を交えて丁寧に教える講座も多数行う必要がある。一般市民向けの省エネビルに関するプログラムの開発、教材作成への支援も望まれている。

上記を整理した表を下に示す。今後、ウランバートル市の政策策定者や設計・施工者、

一般市民などを対象にした講座の実施が有用である。

表 5-2 ウランバートル市での「省エネ思考」意識推進活動に係る提案

講座名	講座内容	対象者	期待される効果
1 省エネ住宅・建築の普及政策策定と実施方法	<ul style="list-style-type: none"> ・寒冷都市札幌市の省エネ住宅普及の取組み紹介、省エネ住宅・建築（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、トップランナー等の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 	政策策定者、意思決定者、研究・調査員、政治家	<ul style="list-style-type: none"> ・省エネ技術、省エネ住宅の市場導入、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
2 省エネ住宅・建築の設計と実務	<ul style="list-style-type: none"> ・ZEB/ZEH の概要とその基礎的考え方、設計方法、先進の事例、ZEB/ZEH 設計ガイドラインと事例、モンゴル気候への適用の検討 ・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 	建築家、設計者、施工者	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
3 省エネ住宅・建築の基礎知識 【一般公開講座】	<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的重要性 ・省エネ住宅の経済性（初期投資対ランニングコスト） 	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	<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改革（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

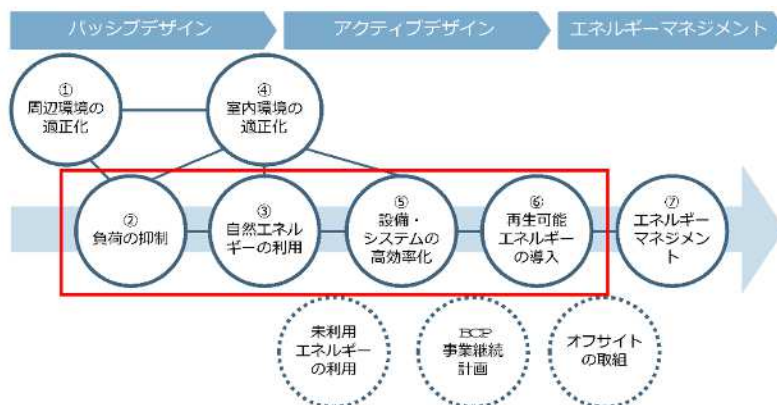
第6章 脱炭素型モデル建築仕様を活用した案件形成の可能性にかかるとの検討

6.1 脱炭素型モデル建物の検討ケースの整理

本章では、本事業2年次に調査した、モンゴルの現状に合わせた脱炭素型モデル建築仕様で設定したケースに基づき、JCM 案件形成も含めた具体的な案件形成の可能性を検討する。

6.1.1 寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケース

一般的な日本の ZEB 設計ガイドラインにおける ZEB のデザインプロセスのうち、本調査においては、主に建築の仕様そのものによる効果として、下図に示す通り、②負荷の抑制、③自然エネルギーの利用、⑤設備・システムの高効率化、⑥再生可能エネルギーの導入を主な対象としてケースを設定している。



出典：ZEB 設計ガイドライン

図 6-1 ZEB のデザインプロセス

表 6-1 ZEB のデザインプロセスの各項目の手法

検討項目	脱炭素化のための手法
① 周辺環境の適正化	建物配置・建築計画の適正化、外構計画の適正化
② 負荷の抑制	建物外皮の断熱強化、内部発熱の低減
③ 自然エネルギーの利用	自然採光、自然通風利用
④ 室内環境の適正化	温熱環境、空気質環境、光環境の適正化
⑤ 設備・システムの高効率化	空調・換気設備、熱源設備、照明設備、給湯設備等の高効率化
⑥ 再生可能エネルギーの導入	太陽光発電、風力発電等
⑦ エネルギーマネジメント	BEMS の活用、ライフサイクル・エネルギー・マネジメントの実施、見える化等

出典：ZEB 設計ガイドライン

上述の ZEB デザインプロセスと各項目の手法を基に、対象とする各検討項目における脱炭素化のための手法を用いて、複数の検討ケースを設定する。

ケース1を建物外皮における断熱の強化のみとして、ケース2ではそれに加えて、照明・給湯・換気といった設備の省エネ化を取り入れるものとする。

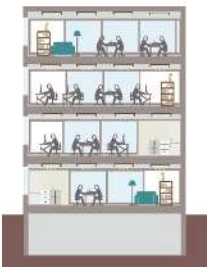
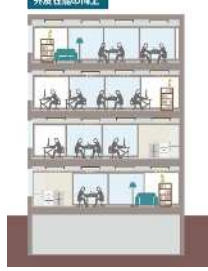
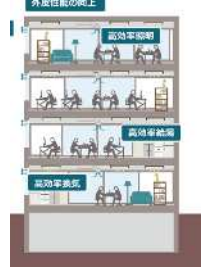


ケース3は、ケース2に加えて空調設備における再生可能エネルギーの導入を想定する。本ケースでは、空調システムにて地中熱ヒートポンプを利用するものとする。地中熱ヒートポンプは、再生可能エネルギーに該当するが、通常の空気式ヒートポンプが空気の熱を利用して暖房などを行うものに対し、地中の熱を採熱し、さらにヒートポンプの電力により熱を与える設備となるため、省エネルギー設備にも該当する。

なお、付随する設備として太陽熱利用設備を用いる。これは、地中熱ヒートポンプで採熱された地中の熱を太陽熱により回復させるものである。地中熱ヒートポンプにより連続的に採熱すると、地中の熱が奪われヒートポンプの効率が低下する。これを防ぐための補完的な設備となる。

ケース4では、ケース3に加えて再生可能エネルギーとしてさらに太陽光発電（創エネルギー）を採用することで、より脱炭素型を目指したモデル建物となるようにする。

すべての仕様を同時に導入することは現実的ではないため、本調査ではケース1～4における追加的な技術ごとに焦点を当てて導入可能性の検討を実施した。

表 6-2 寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケース設定

	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 (既存仕様建物) ※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) + 省エネ設備 (照明・給湯・換気)	外皮 (断熱の強化) + 省エネ設備 (照明・給湯・換気) + 省エネ熱供給 (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) + 省エネ設備 (照明・給湯・換気) + 省エネ熱供給 (地中熱ヒートポンプ・太陽熱) + 創エネ (太陽光発電)
導入検討技術		外壁や建具などの断熱の強化のみによる負荷の抑制	設備の高効率化による省エネルギー化の促進	熱供給システムに再生可能エネルギー(地中熱)を採用	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系統からの購入電力を削減

6.2 省エネ設備の導入検討（高効率 LED 街路灯）

ゲル地区再開発事業であるセレナタウンに、上記のうち、ケース 2 の省エネ設備として高効率 LED 街路灯の導入を検討する。

6.2.1 敷地の概要

セレナタウンは、生活に必要な諸機能が近接した効率的で持続可能な都市を目指して 2019 年よりモンゴル開発業者である Batkhereid LLC により開始された、ゲル地区における集合住宅の開発事業である。市中心部から東に約 5km の場所に位置して好立地で、各棟においても、複数の部屋タイプがあるファミリー向け住宅となっており、お年寄りや子供向けの遊び場や緑の遊歩道等も整備されている。

表 6-3 ゲル地区再開発 集合住宅 セレナタウンの概要

<p>写真</p>	 <p>完成予想図</p> <p>セレナタウン位置</p>
<p>施設概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・市中心部から東に約 5km に位置 ・ゲル地区集合住宅の開発事業 ・敷地面積：6.83ha ・土地利用：建物 32%、レクリエーション（緑地、公園）51%、駐車場・道路 17% ・4 棟 96 世帯分の集合住宅が完成 ・2022 年 12 月時点で、集合住宅 2 棟と複合施設 1 棟を建設中
<p>選定理由</p>	<p>典型的なゲル地区の集合住宅として、脱炭素化モデルの適用可能性が見込まれるため</p>

本対象地について、事業者ヒアリングを実施した。概要を下記に示す。

<p>ヒアリング対象者：Batkhereid LLC：Sodbileg Erdene-od 氏、他 2 名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在セレナタウン内のショッピングセンター付き 9 階建ての棟と 96 世帯が入る 6 階建てを建設中。下水やセントラルヒーティング、熱交換センター、変電所の整備も完了。 ・ゲル地区であるセレナタウンの対象地域の一部では、現在も住民の移転が進行中。 ・最近、新築建物はグリーンビルディングの考え方や基準が求められるようになってきている。ただ、実際に建物に基準を取り入れるまでには至っていない。 ・セレナタウン内の 240 名規模の幼稚園と 640 名規模の小学校の設計は、ウランバートル市から承認を得ており、今後、建設予定。これらの設計は、幼稚園や小学校建設に使用してきた従来の設計図を利用している。学校はセレナタウンの建設費で建設するが、建設後にウランバートル市に販売する。現在の予算からグリーンビルディングの仕様を入れるのは困難。 ・セレナタウン建設費の 2% の範囲内でグリーンビルディングなどの新しいことを取り

入れられるが、予算が小さくできることは限られる。

- ・ セレナタウンの街路灯に太陽光付きスマート照明は予算内でできるのではないかと。街路灯の照明に係る費用負担は、今後住むことになる住民による管理会社により、住民間で広く分担される予定。
- ・ これから図面の承認を得る建築予定の住宅の仕様に断熱を加えるのであれば、ウランバートル市に建設の集合住宅として、ウランバートル市から建築仕様の合意が必要になる。

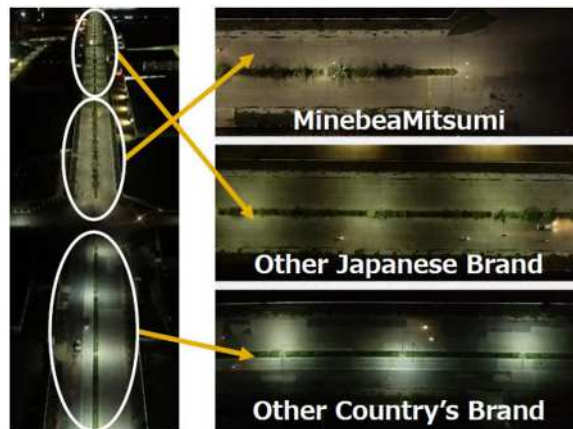
上記ヒアリングの結果、セレナタウンにおいては建築物本体工事への断熱技術導入（ケース1）は困難であることが分かった。一方、街路灯への省エネ化についてはニーズがあること、また敷地が広大であることから一定の成果を期待できる可能性があることが分かったため、ケース2の省エネ設備導入可能性について検討する。

6.2.2 技術の概要

ミネベアミツミ社の高効率LED街路灯は下記のような特徴を持っている。

① LED+高効率光学レンズの採用

従来、街灯に使用されてきた水銀灯や高圧ナトリウム灯に比べて高効率かつ長寿命のLEDを採用しており、さらに光学設計によるレンズを使用することで、漏れ光の低減、照射方向の限定、輝度や光度に配慮することが可能である。

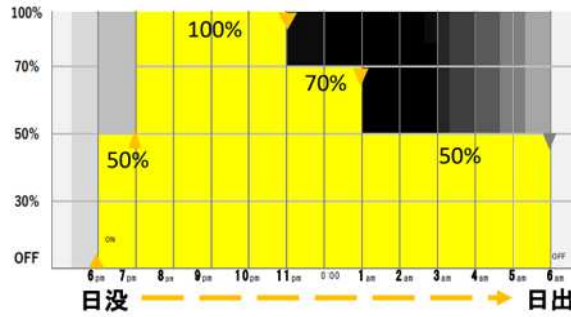


出典：ミネベアミツミ資料

図 6-2 均斉度（ムラ）の比較

② 調光制御

交通量や人通りに応じて時間帯ごとの明るさを調整し、消費電力を抑制することが可能となる。例えば比較的明るい日没直後や深夜の交通量が少ない時間帯の明るさを50%程度に抑えることで、電力消費量を約30%削減することができる。

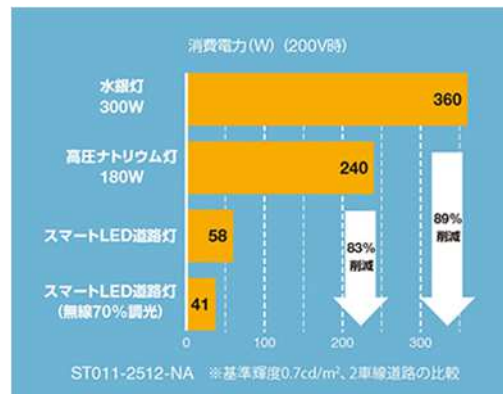


出典：ミネベアミツミ資料

図 6-3 調光スケジュールの例

6.2.3 削減効果の検討

高効率 LED 街路灯をセレナタウンに設置した場合の削減効果を検討する。設置が可能なのは、6.83ha の敷地のうち、緑地・公園となる 3.48ha(51%)と道路・駐車場となる 1.16ha(17%)の計 4.64ha である。現地ヒアリングにより、設置予定の器具台数は 50 台である。



出典：ミネベアミツミ HP

図 6-4 高効率 LED 街路灯の省エネ効果

また、上記のとおり、従来一般的な高原であった水銀灯と比較した場合、89%の電力量の削減を見込むことができる。これらを踏まえた削減量の試算結果は下記のとおりである。

表 6-4 CO2 削減量の計算

a	点灯時間	12	時間/日	
b	器具数	116	台	
c	水銀灯消費電力	300	W	
d	高効率 LED 街路灯消費電力	33	W	
e	消費電力削減量	160.20	kWh/日	$(c-d) \times a \times b / 1000$
f	消費電力削減量	58.47	MWh/年	$e \times 365 / 1000$
g	排出係数	0.859	tCO ₂ /MWh	令和 4 年度 JCM 設備補助事業排出係数
h	CO ₂ 排出削減量	50.22	tCO ₂ /年	$f \times g$

6.2.4 JCM 設備補助事業適用可能性に係る検討および今後の展開

これまでの検討から、敷地内の街路灯を高効率 LED 街路灯に置き換えることにより、GHG 排出量の削減が期待できることが分かったが、同製品はモンゴルへの導入実績を確認できず、また、国内実績を踏まえると導入コストが高くなることが想定される。下記に導入に向けた課題と今後の展開について検討する。

(1) 費用対効果の向上

主な課題として、イニシャルコスト及びランニングコストを削減することによる費用対効果を向上させることが必要となるため、考えられる対応を下記に示す。

・自然エネルギー発電設備との併用

LED 街路灯に必要な電力を自然エネルギー発電設備で賄うことで、消費電力そのもののさらなる削減を図る。また、敷地内の電力系統と独立させることで、電気配線等の設置および維持管理コストの削減を見込むことができる。

太陽光発電や風力発電により給電する製品があるためこれらの採用検討も可能である。なお、製品検討の際には特に下記の点に留意することが必要となる。

・系統接続の要否

発電を自然エネルギーのみで賄うことができる場合、配線コスト等も削減することが可能になる。ただし、天候状況により十分な発電量が得られない場合、照度を得ることができないため、一時的に街路灯による照明が得られなくとも問題ない箇所を選定して設置するなど、設置個所を検討することが必要である。

・寒冷地での性能発揮

モンゴルにおける採用実績がない製品については、日照条件や温度などモンゴルの気候を踏まえて設計仕様の機能が発揮できるかどうかを検討する必要がある。

下記に国内で販売されている製品を参考に示す。いずれの製品も海外での導入実績がないため、現地対応についての検討が必要である。

表 6-5 太陽光発電式街路灯の国内製品の例

製品名	ソーラーライト	ソーラーウインドライト
製品写真		
特徴	蓄電池を備え、満充電から最大 14 時間の点灯が可能。 系統電源に接続し、十分な日照が得られないときは、系統からの給電により点灯も可能。	太陽光発電に加え、風力発電設備を追加し、より安定的に電力を供給することが可能。

出典：パナソニック HP

(2) 現地課題に対応した高付加価値化

提案製品はセンサーや計測機器を取り付けることにより、「スマート街路灯」として付加価値を加えることも可能である。例えば、環境センサーを設置し、大気汚染や気候のデータを取得し、居住者に情報提供することや、監視カメラを設置してセキュリティの向上を図ることなどが考えられる。

このほか WiFi ネットワークの拡充など、スマートシティとして居住者の利便性を高めることができるため、商業施設や高付加価値の集合住宅での採用を期待することができる。



出典：ミネベアミツミ HP

図 6-5 スマート街路灯として追加可能な機能の例

(3) 今後の展開

セレナタウンへの高効率 LED 街路灯の導入に向けて想定されるスケジュールを下記に示す。セレナタウン全体の工事の工程を踏まえ、外構及び電気設備工事の実施に合わせて導入施工を実施できるよう、スケジュールを検討する。

表 6-6 高効率 LED 街路灯導入に向けたスケジュール案

カ月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
現地調査	現地ニーズ・要求仕様の確認											
設計			計画・基本設計					実施設計				
法的対応					許認可関係の申請手続き							
施工										導入施工		

高効率 LED 街路灯については、ウランバトルで実施されているゲル地区再開発に加え、商業開発地等においても導入の可能性があるため、各種プロジェクト毎に導入検討することが考えられる。

6.3 太陽光発電の導入検討（ソーラーパネル付カーポート）

次に、ウランバートル新市庁舎への脱炭素型モデル建物の導入を検討する。

ウランバートル市では、新空港と市中心部の間に位置する Yarmag 地区に大規模な住宅開発事業が計画されており、市庁舎も移転した新都心の形成が目指されている。同地区では雨水貯水施設の計画もあり、環境配慮型の都市形成が検討されている。

6.3.1 敷地の概要

ウランバートル新市庁舎の概要は下記の通り。

表 6-7 ウランバートル新市庁舎の概要

写真	
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・市中心部から南西 10km に位置 ・ウランバートル市新市庁舎（延床面積：33,631m²）のうち B ブロックは、建築面積約 2,500m²、地下 1 階地上 13 階建ての庁舎を建設
選定理由	<p>近年建設された代表的な公共施設のオフィスビルであり、エネルギー消費量も多く、省エネ効果が見込まれるため</p>

本対象地について、設計者にヒアリングを実施した。概要を下記に示す。

- ・これまでの設計があるので、建築仕様の変更は難しい。
- ・車屋根太陽光を提案したがこれから建設する C 棟が 48 メートルあるため日陰になる可能性有
- ・太陽光を入れた場合、火力発電所との電力は混合するが、太陽光発電量を計測すれば、石炭火力の共有を減らせるため CO₂ 削減量の計測可能
- ・窓ガラスが大きく、南北で室内環境が異なる状況がある。

ウランバートル新市庁舎はすでに設計が完了しているため、建築本体への技術導入は困難である。一方、職員や市民等の利用に対応するため駐車場の面積が大きく必要となるため、駐車場の屋根への太陽光発電パネルの設置などが効果的と考えられることから、ケース 4 の太陽光発電設備の導入について検討する。

6.3.2 技術の概要

駐車場屋根と一体となった太陽光発電パネルについては国内外において複数の製品が販売されている。

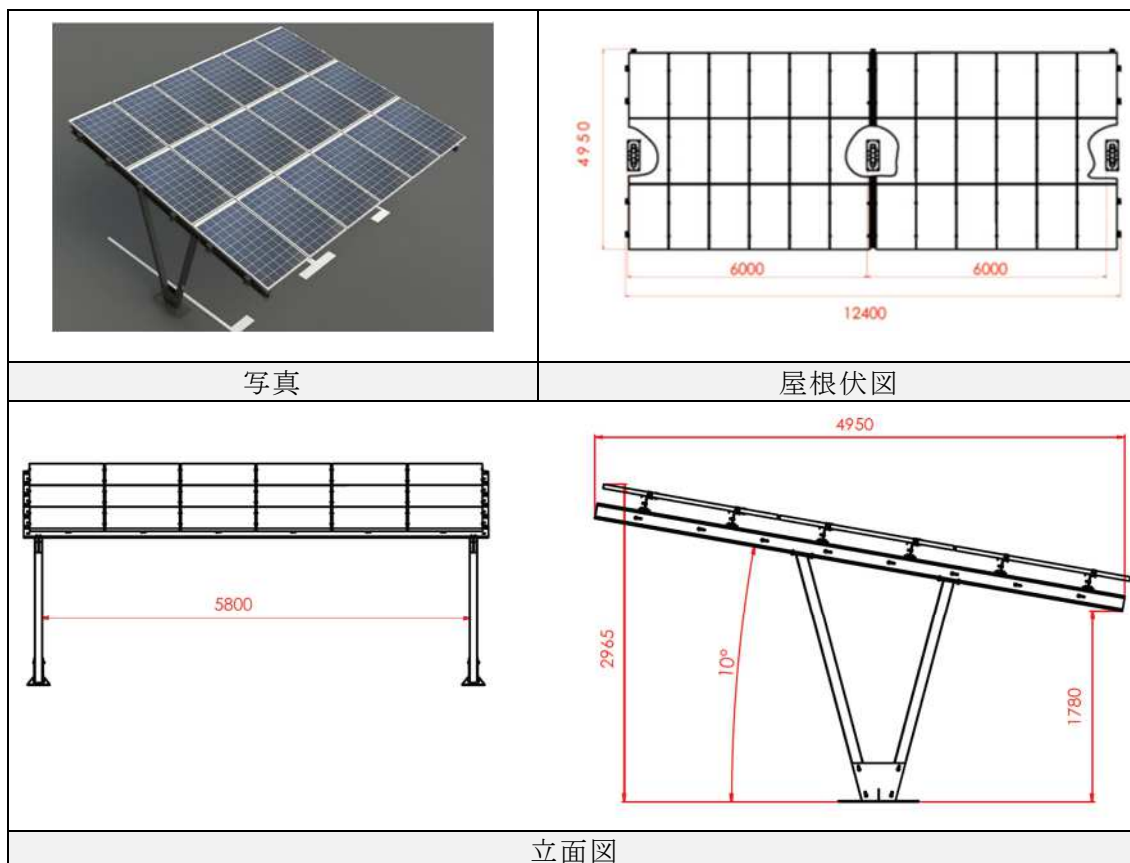
太陽光発電パネル付き駐車場は下記の製品から構成される。

- ① 太陽光発電設備：太陽光発電パネル、インバーター

- ② カーポート：駐車場の屋根、フレーム、基礎
- ③ 電気配線設備：ケーブル、グリッドへの接続に必要な設備等

モンゴルで販売されている製品の概要を下記に示す。

表 6-8 ソーラーパネル付きカーポートの製品概要



また、モンゴル道路交通省で設置された太陽光発電付き駐車場の仕様を下記に示す。

表 6-9 ソーラーパネル付きカーポートの仕様概要

容量	40kW
駐車台数	12 台
パネル数	90 枚
見積価格	164,107,350MNT (内訳) 太陽光システム 73,737,000 電気配線 8,900,000 駐車場屋根 48,031,500 設計 9,450,000 施工 149,188,500 VAT 10%

発電した電力をその場で使用しない場合は、上記に加えて蓄電池等が必要となるが、市役所では住宅等と異なり、日中の電力消費量が大きいため、敷地内で使用することにより蓄電池の設置、維持管理コストを削減することが可能である。

6.3.3 JCM 設備補助事業適用可能性に係る検討および今後の展開

ウランバートル新市庁舎への太陽光発電設備の導入に向けたスケジュールを下記に示す。

まずは「現地ニーズ・仕様の確認」として、駐車場となる候補地を確認し、設置可能場所を検討する。今後、高層棟の建設が予定されているため、日照条件を確認することが必要である。また、発電した電力を敷地内で消費するための要件やシステムについても確認する。

次に、「計画・基本設計」の段階で、仕様を設定した上で、関係機関への許認可手続きを進めた上で、詳細な実施設計に入る。新市庁舎はすでに供用されているため、利用者の利便性や安全に配慮した施工手順や工区を設定することに配慮する。

表 6-10 ソーラーパネル付カーポート導入に向けたスケジュール案

カ月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
現地調査	現地ニーズ・ 要求仕様の確認											
設計			計画・基本設計					実施設計				
法的対応					許認可関係の 申請手続き							
施工										導入施工		

その他の展開可能性として、ウランバートル新市庁舎は高層建築物であり、外壁面が多いため、外壁への太陽光パネル設置も有効と考えられるが、構造や外壁と一体で検討する必要がある。

ウランバートル市内の過密化を背景に、建築物は高層化する傾向にある。太陽光発電設備として一般的な屋上や屋根に設置するタイプは、延べ床面積に対するパネル設置可能面積が小さくなってしまったため、外壁の活用可能性が高まると考えられる。

6.4 省エネ熱供給設備の導入検討（地中熱ヒートポンプ）

次に、ケース3として、地中熱ヒートポンプ暖房システムの導入について検討する。

6.4.1 敷地の概要

ソングノハイルハン区 121 番学校は「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」によりゼネラルヒートポンプ工業株式会社が、石炭燃焼による暖房設備の代替として、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・実証をしている現場である。

本事業について、現地を訪問し事業者ヒアリングを実施した。概要を下記に示す。

表 6-11 ソンギノハイルハン区 121 番学校の概要

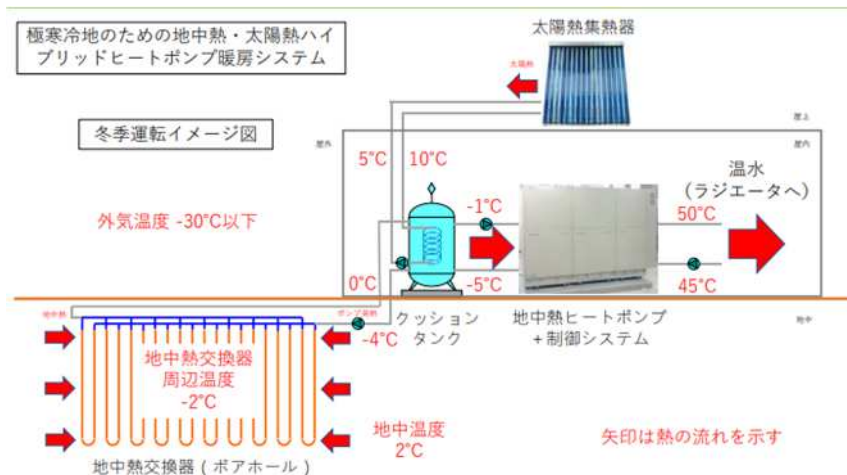
写真	 <p>121 番学校の位置</p>	 <p>設計図</p>
	 <p>121 番学校校舎 手前が杭を打ち込む予定の校庭</p>	 <p>現在利用中の暖房設備</p>
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・学校は、ソンギノハイルハン区の 21 番ホローに属している。当ホローの人口は 6245 人。 ・121 番学校は、1 年生から 12 年生までの 640 人の生徒が在籍する小中高等学校。 ・太陽熱パネルは校舎の屋上に設置済み。春以降にヒートポンプ設置の工事（校庭に 64 本の杭を打つ等）を行う予定。 ・現在は改良燃料を使った暖房を利用中。 	
ヒアリング内容		
<p>■実証事業の実施状況について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当初 9/15 の竣工予定だったが遅れている。 ・遅延はモンゴルから出資する 1/3 の資金調達が出来ていないことによる。ウランバートル市の予算を確保しようと入札に動いている。 ・機材については既に第一便（ヒートポンプ、制御盤等）を送付している。再延期しないよう求められているが難しいところもある。冬季は寒さにより施工がほとんど出来ない状況（公共工事は禁止）。3 月以降に着工して来年の 9 月の竣工が現実的なスケジュールかと思われる。 ・日本からはボーリング調査や施工のタイミングで渡航予定。 ・ヒートポンプとのハイブリッドでは HOB ボイラーの管理者が必要になり、人件費が削減できない。100%地中熱利用での運用ができる小規模の案件でないと費用対効果が出ない。ゲル地区等で地域熱供給に接続されていない場所でやる必要がある。 		

6.4.2 技術の概要

ヒートポンプは、不凍液などの冷媒を循環させて低い温度の媒体から熱を奪い、高い温度の媒体に熱を伝える装置であり、低いところから高いところに熱を運ぶため「熱ポンプ」とも呼ばれる。冷媒の圧縮、膨張により熱を交換するもので電気ヒーターの数倍エネルギー消費効率が高い。

日本国内ではエアコン等に一般的に利用されているが、外気温が低いと効率が下がるため、モンゴル等の極寒冷地では、年間を通じて比較的溫度が安定している地中熱から熱を得る必要がある。

地中熱ヒートポンプによる暖房システムは、径 125～137mm 程度、深さ数十～百数十 m 程度の掘削孔（ボアホール）に同軸パイプや U 字状チューブを挿入して熱交換器とする。



出典：ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

図 6-6 地中熱ヒートポンプ設備の概要

6.4.3 JCM 設備補助事業適用可能性に係る検討および今後の展開

本実証実験の後、ゼネラルヒートポンプ社は他の小中学校で実証を行い、技術適合性、環境改善効果、経済性等について政府関係者も交えて評価することを計画している。それらをふまえてエネルギー省と協力し地中熱ヒートポンプの導入に関するガイドラインを作成した上で、現地企業と提携しビジネス実施体制を整える。JCM のスキームを活用した事業展開としては、現在モンゴルで進められているアジア開発銀行（ADB）の資金等によるウランバートル都心部を囲むゲル地域の再開発事業をターゲットとして、ビル等への導入を目指している。

地中熱ヒートポンプ暖房システムは、既存の石炭を原料とする暖房と置き換わるシステムであるため大きな GHG 削減効果を期待できるが、杭の設置のための広い敷地が必要であることに加え、設備の導入コストが高額になる傾向がある。

導入にあたっては、費用対効果を最大化するために、地域熱供給に接続されておらず現状の暖房コストが高い熱源の置き換えができる地域で、その他の省エネ仕様の導入を合わせて実施することで暖房性能を効率化し、設備コストを抑制することが必要となる。

設備導入の候補として、地域熱供給に接続されていない郊外に設置される学校や診療所等を挙げることができる。これらの建物は夜間の利用がないため、熱負荷が比較的低く、設備の設置コストを抑制することができる。また建物が低層で小規模なものについては、断熱改修などの工事に係る負担も少ないため、省エネ仕様の導入と併せた設備導入が効果的である。また、石炭を熱源とする暖房設備を地中熱ヒートポンプ設備に置き換えることにより、大気汚染の原因物質の排出削減に寄与するため、利用者の空気環境向上も期待できる。地中熱ヒートポンプの導入に向け、今後想定されるスケジュールを下記に示す。

表 6-12 地中熱ヒートポンプ導入に向けたスケジュール案

カ年	1	2	3	4	5
基礎調査	候補地の調査 (郊外の学校・ 診療所等)				
導入検討		導入計画 の検討 各種スキーム の検討・申請			
設計			実施設計 ・工事入札等		
施工				断熱改修工事 地中熱ヒートポンプ設置工事	

基礎調査として、郊外にある学校や診療所など、設備導入の可能性のある敷地をピックアップし、施設規模や利用状況、設備の現状、ニーズなどについての調査を実施する。

導入の実現性が高い候補地については導入計画として、基礎調査の内容を踏まえて必要な設備規模の検討を実施する。また、ソングノハイルハン区 121 番学校での実績で得られた知見を活用するほか、断熱改修等、施設の省エネ化についても検討し、効率性の高い設備導入計画となるよう配慮する。

設計施工の段階では、複数の敷地で同時に実施することによる効率化も考えられることから、調査・検討の際にも配慮する。

6.5 脱炭素型モデル建物の導入検討（中長期フェーズ）

脱炭素型モデル建物としては、ケース 1 を前提として断熱性の高い建物とした上で、ケース 2 から 4 で示した技術を組み合わせる導入することが効率的であり望ましい。

建築物そのものへの脱炭素型モデルの導入は、計画の初期段階から検討する必要があるため、今後開発が開始され、技術導入の可能性のあるプロジェクト等について候補地として概要を整理する。

6.5.1 候補地の概要

(1) ECO DISTRICT AND AFFORDABLE HOUSING

ADB の資金により、ゲル地区開発の一環として大型住宅開発事業である”ECO-DISTRICT AND AFFORDABLE HOUSING ”が進められている。概要を下記に示す。

表 6-13 ECO-DISTRICT 概要

<p>資料</p>	 <p>ECO-DISTRICT 位置図</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>(SELBE EAST) MAIN TRUNK INFRASTRUCTURES</p> <p>MAIN ROADS NETWORKS Water, heating, sewage</p> <p>PUBLIC AMENITIES Kindergarten Business incubator</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>開発イメージ</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p>BLOCK DEVELOPMENT</p> <p>AFFORDABLE HOUSING Housing units Shops / offices</p> <p>SECONDARY INFRASTRUCTURE URBAN RENEWAL Basic urban services Local public amenities Parks/public space</p> </div> <p>開発計画の概要</p> <p style="text-align: right;">出典：いずれもアジアゲートウェイ提供資料</p>
<p>施設概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6.4ha のゲル地区を環境に配慮した住宅地として開発し、良質な住環境と都市環境を幅広い層に供給することを目的としている ・ 584 棟の低層集合住宅等 ・ 4,000 m²の太陽光パネル ・ 13500 m²の緑地（公園等）

本事業について、参画への関心を示している本邦企業のアジアンゲートウェイ株式会社にヒアリングを実施した。概要を下記に示す。

- ・ ECO DISTRICT の開発に当たって、トルコ系の外資企業と協力して再生可能エネルギーを導入する計画。
- ・ モンゴルの銀行からの資金調達の得られる見込みがあり、実現可能性が高い。
- ・ JCM 設備補助事業の申請を行う場合には日本法人の資格を有するアジアゲートウェイが代表事業者として関与する。

(2) 空港周辺開発

モンゴル政府は 2019 年に「新国際空港衛星都市マスタープラン（新空港衛星都市 MP）」を閣議決定し、その後「Khushig 谷における新都市の総合計画」として検討を進めている。このうち新空港周辺都市として（新 Zuunmod）開発が計画されている。なお、新 Zuunmod は 2020 年まで Aero City の呼称が使われていた。今後の開発も Aero City を引き継ぐと考えられているが、詳細は分かっていない。概要を次頁に示す。

表 6-14 新 Zuunmod 概要



新 Zuunmod 開発については、ウランバートル市内の過密を緩和するための新衛星都市マスタープランの一つに位置付けられていることもあり、質の高い住環境を整備することが求められている。本事業について詳細情報を調査し、開発コンセプトに沿う形で環境技術の導入を検討していくことが有効と考えられる。

(3) Bayanzurkh project

ゲル地区開発事業を実施している Tsamkhag Construction 社を訪問し、事業の状況についてヒアリングを実施した。

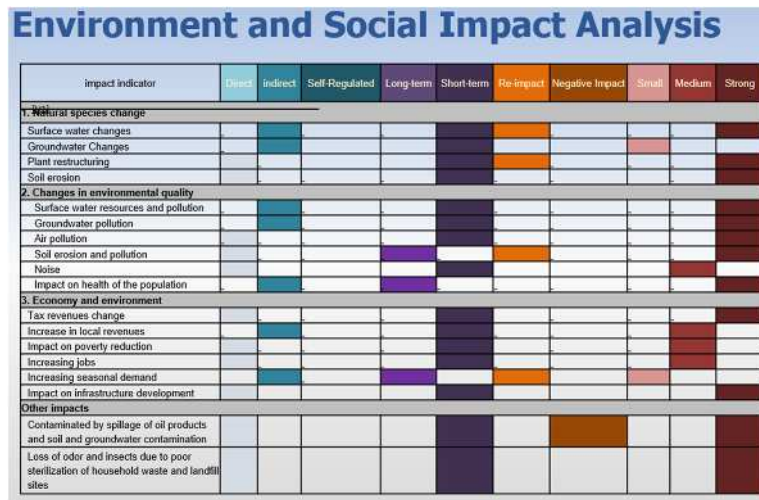
Tsamkhag Construction 社：

- ・ Tsamkhag Construction 社は 121 番学校を建設した会社。小学校建設やゲル地区開発を行っている。
- ・ 2850 世帯が入るゲル地区の再開発事業を現在実施している。

表 6-15 Bayanzurkh project 概要

<p>写真</p>	 <p>プロジェクト計画地</p>	 <p>マスタープラン</p>
<p>施設概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ Bayanzurkh district, Chuluun ovoo area ・ 敷地面積：22.2ha ・ プロジェクト期間：2020 年～2032 年 ・ 1 階建てから 16 階建ての建築物からなる ・ 集合住宅（21 ブロック 2034 戸） ・ 中学校 2 棟（生徒 1560 人） ・ 幼稚園 2 棟（園児 640 人） ・ レクリエーションセンター 3,018 m² ・ スイミングプール 水面 760 m² ・ 商業スペース 7,616 m² ・ 地区サービスセンター 450 m² ・ 子供と高齢者向けのレクリエーションセンター、緑の遊び場で構成 ・ 2 棟 330 戸分が完成し、売却済み ・ 2 棟を建設中 ・ 上下水、地域熱暖房に接続済 <div data-bbox="887 1039 1409 1352">  <p>完成イメージ</p> </div>	

本事業では、プロジェクト目標として「住まう人が安全・快適に暮らし、働き、健康でいきいきとした生活を豊かにする、やさしい緑のまちづくり」を掲げており、社会・環境へのインパクト等についても分析を実施している。



出典：Tsamkhag Construction による資料

図 6-7 Bayanzurkh project による環境・社会への影響分析

環境に配慮した脱炭素型モデル建物の導入に関する提案が受け入れられる余地は大きいと考えられるため、現在の仕様やニーズを把握したうえで、脱炭素型モデル建物の導入の検討を実施することが望ましいと考えられる。

6.5.2 技術の概要

脱炭素型モデル建物の導入に想定される技術について検討する。

(1) 日本の ZEB 仕様

日本の ZEB 建築に導入されている技術仕様を整理すると下記の通りとなる。

これらの仕様を導入することで脱炭素型モデル建物を実現することが可能であるが、モンゴル国内で普及していない材料や施工方法等もあり、そのまま導入しようとするとう過剰なコストがかかる恐れなどがあるため、モンゴルの実情に合わせて適応させる必要がある。



表 6-16 北海道における ZEB 仕様

ZEB (日本・北海道)		
部位	日本 (北海道) の仕様	素材・性能
外壁	コンクリートorコンクリート二次製品下地 内断熱発砲ウレタン 100mm 外断熱発砲ウレタン 100mm	熱伝導率0.036 W/m・K $0.1 \times 0.036 \times 1,000 = 2.16$
屋上	コンクリート下地+防水 内断熱発砲ウレタン 100mm 外断熱発砲ウレタン 100mm	熱伝導率0.036 W/m・K $0.1 \times 0.036 \times 1,000 = 2.16$
建具	アルミサッシ (断熱性能H-3以上) Low-e ペアガラス、トリプルガラス	熱貫流率 1.6W/m ² ・KU
空調設備	冷房エアコン (電気式) 暖房各種 (地中熱+HP) BEMS管理	—
電気設備	省エネ的な電気設備 LED照明	—
創エネ設備	太陽光パネル	
その他	※全体的な施工精度 (気密性)	◎

このほか、日本国内において一定の実績があり、ウランバートル市の建築物のカーボン

ニュートラルを促進するため、適用可能性がある技術について下記の通り整理する。

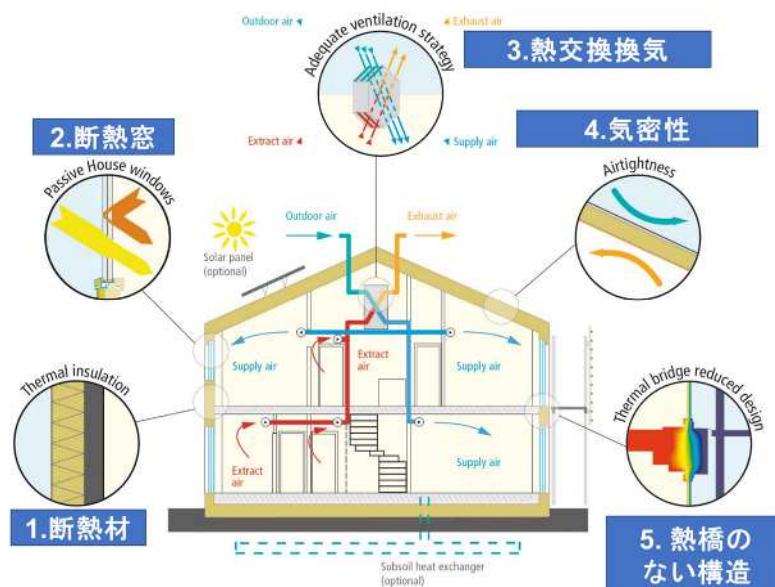
表 6-17 適用可能性のある本邦技術

適応技術	対象分野	特徴	事業期間
<p style="text-align: center;">内窓改修</p>  <p style="text-align: center;">出典：リクシル HP</p>	<p>建築本体</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・既存建築物への適応可能 ・住戸ごとの対応が可能 ・モンゴルで一般的な内開き窓の場合、納まりが難しい 	<p>半年～1年程度</p>
<p style="text-align: center;">外壁の太陽光発電システム</p>  <p style="text-align: center;">出典：大成建設「T-Green Multi Solar」発表資料</p>	<p>建築本体 電気設備</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・高層建築で大きな面積を占める外壁を活用して発電が可能 ・シースルータイプを採用すればガラス面に設置することもでき、日射コントロールと組み合わせ、高い省エネ効果を期待できる ・構造や外壁と一体で計画する必要があり、高い技術力を必要とする 	<p>2年～長期</p>

<p style="text-align: center;">ヒートポンプ式空調設備</p>  <p style="text-align: center;">出典：ダイキン HP</p>	<p>機械設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計画、設計段階からの適用が望ましいが、改修にも対応可 ・寒冷地では熱効率が下がること、室外機のメンテナンス等に課題がある ・室内空気環境の向上も期待できる 	<p>半年～2年程度</p>
<p style="text-align: center;">全熱交換式換気設備</p>  <p style="text-align: center;">出典：ダイキン HP</p>	<p>機械設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外気を室内温度に近づけて換気できるシステム ・暖房効率を損なうことなく換気が可能で室内空気環境の向上に貢献する 	<p>半年～2年程度</p>
<p style="text-align: center;">太陽熱温水機</p>  <p style="text-align: center;">出典：ノーリツ HP</p>	<p>機械設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽熱による温水のため、電力系統と独立して設置が可能 ・新築、改修とも対応可能 ・比較的成本は低い ・寒冷地対応要検討 	<p>半年～1年程度</p>
<p style="text-align: center;">LED 照明設備</p>	<p>電気設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計画、設計段階からの適用が望ましいが、改修も対応可 	<p>半年～1年程度</p>

(2) パッシブハウス研究所との連携

モンゴル国立大学と共同でパッシブハウスの基本的な概念、設計方法、施工等について知識の普及活動をしているモンゴルのパッシブハウス研究所は実際にモンゴルで建設されているパッシブハウス仕様についての知見が豊富であるため、現地に適用した仕様の導入に関し、連携することも有効である。パッシブハウス研究所は実際に建てられたパッシブハウスの事例の仕様を下記のように整理している。



出典：パッシブハウス研究所の資料


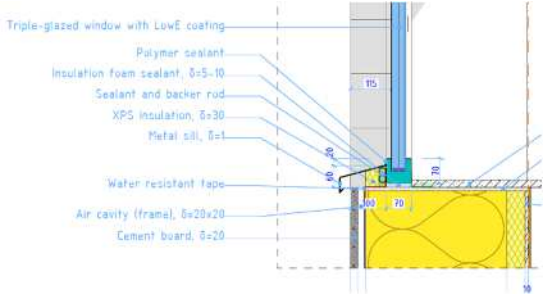
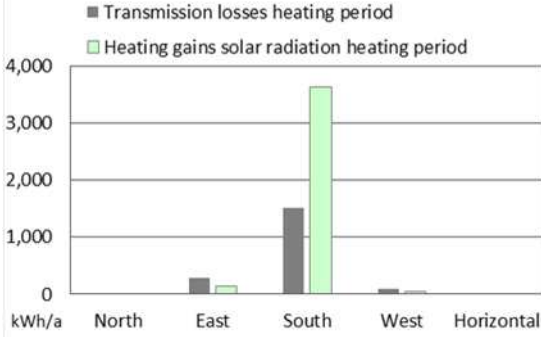
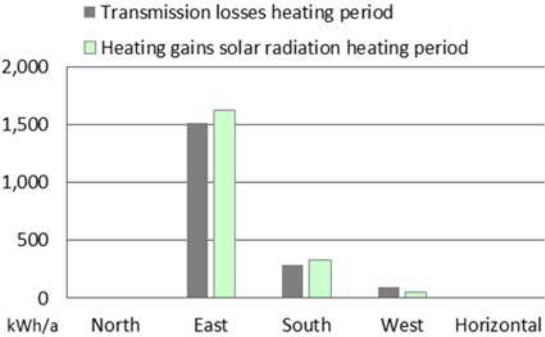
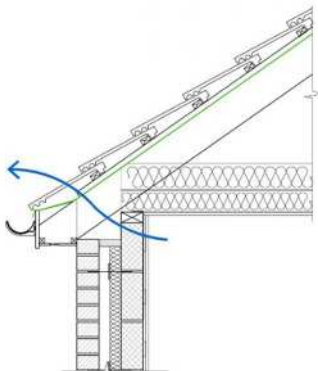
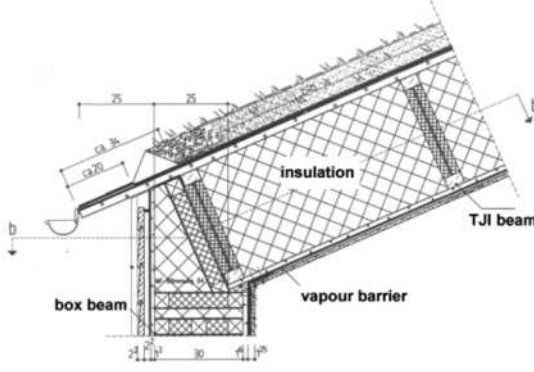
図 6-8 モンゴルにおけるパッシブハウスの事例

それぞれの仕様は下記のとおりである。

- ① 断熱材 : 厚さ 40～55mm
- ② 窓 : 断熱性の高い Low-e トリプルガラス窓を採用する。窓は外壁より断熱性能が低いため、日射を吸収する南に大窓を、その他の方角には小さい窓を配置する。Low-e コーティング、アルゴンガス充填 3 層ガラスパッケージ(熱還流率 0.92W/m²K)、南向き大窓 12.3m²、西・東側小窓 /0.55m²、1.65m²
- ③ 換気設備 : 熱交換式の換気設備、外気パイプを最短距離で配置する
- ④ 気密性 : 気密性を高くし、外気への熱漏れを抑える
- ⑤ 熱橋のない構造 : 水平材により内部からの断熱ができない部分が熱橋となって室内の熱を逃がさないよう断熱補強を施す。

上記を満たす技術について整理し、設計・施工を支援している。

表 6-18 モンゴルにおけるパッシブハウスの仕様

仕様		
	<p>モンゴルでのパッシブハウス施工例</p>	<p>標準的なパッシブ住宅の仕様の詳細図</p>
窓		
	<p>窓の向きによる、熱損失と太陽熱の取得の比較： 同じサイズの窓を南に設置した場合を左のグラフで、東に設置した場合を右のグラフで示している。南に窓を設置すると熱取得（緑のバー）が大きく、熱損失（グレーのバー）が小さいことがわかる。</p>	
熱橋対策		
	<p>熱橋が発生するケース</p>	<p>断熱補強をした納まりの詳細図</p>

6.5.3 今後の展開

(1) 脱炭素型モデル建物に係る理解促進と技術力の向上

新規設備の導入による GHG 削減効果を最大化するためには、建築物自体のエネルギー効率を高めることが不可欠である。効果的な仕様導入のためには、壁や断熱材、開口部、設備機器をバランスよく計画・設計し、材料の仕様を活用する正確な施工技術が必要となる。本調査で実施してきたセミナー等を通じた知見の共有や、脱炭素型モデル建物の施工現場での研修などを通じた技術力の向上などを継続して実施していくことが求められる。

(2) 将来的な都市開発と集合住宅に係る需要を見込んだ候補地の選定

モンゴルでは、ウランバートル市マスタープランやゲル地区再開発計画、新空港開設に伴い計画中の衛星都市（アエロシティ）構想等、将来的な都市開発の計画が進められている。首都ウランバートルでは、分散型の都市計画を目指す政策のもと、ウランバートル市公郊外（トゥブ県やフシグ谷）にアパート地区、病院、学校、各種サービスセンターの建設も計画されている。これら、主要なプロジェクトの周辺エリアでも住宅地開発などが構想されており、脱炭素型モデル建物の導入可能性のある候補地においても導入を提案していくことが重要である。

(3) ソフト面や室内環境も踏まえた提案

今回の脱炭素型モデル建物の検討においては、ZEB のデザインプロセスのうち「室内環境の適正化」は検討対象から除外したが、照明・空調管理と共に BEMS（Building Energy Management System）や HEMS（Home Energy Management System）等も促進することで、ZEB で推奨する取り組みに近づけられると考える。

特に、モンゴルにおいては石炭炊きの熱供給システムによって供給熱の調整が適切ではないことが、人々への健康にも影響を与えると懸念されている。「室内環境の適正化」として、高性能フィルターや空気清浄機能も取り入れられて、適切な換気が実現することは、新型コロナウイルス感染拡大の防止にも貢献して、コロナ禍における新たなニーズにもつながると考えられる。

寒冷地である札幌の建物において室内空気環境を改善することで建物内のエネルギーコントロールによって省エネ効果にもつながったという北海道大学の事例発表もあるため、石炭依存からエネルギー転換を実現してきた札幌市の知見共有も引き続き期待される。