



環境省

令和2年度環境省委託

令和2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・
トゥブ県における
脱炭素都市形成支援事業」
報告書

令和3年3月

(2021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 業務概要	1
1.1 業務目的.....	1
1.2 業務概要.....	1
1.3 事業内容.....	1
1.4 業務実施工程.....	3
1.5 業務実施体制.....	3
1.6 業務の課題と対応.....	4
第2章 ウランバートル市の概要と建築に係る状況	5
2.1 ウランバートル市の概要と気候変動問題に係る取組.....	5
2.2 ウランバートル市の住宅に係る状況と課題.....	11
2.3 ウランバートル市の本調査に係る組織.....	14
第3章 建築分野でのJCMプロジェクトの実現可能性	17
3.1 建築分野の現状調査・分析.....	17
3.2 JCM設備補助のプロジェクト候補.....	34
3.3 GHG削減効果・モニタリング計画の構築.....	43
3.4 事業体制・計画の検討.....	49
3.5 その他の事業化ポテンシャル.....	50
第4章 ウランバートル市への札幌市の再エネ技術導入の可能性検討	57
4.1 ウランバートル市での再エネ導入の取り組み.....	57
4.2 北海道・札幌市の再エネ導入方針、エネルギー消費量.....	61
4.3 札幌市の再エネ導入量、再エネ技術.....	64
第5章 能力強化	73
5.1 札幌市による支援の状況.....	73
5.2 環境省主催セミナー.....	76
5.3 都市間連携ワークショップの開催.....	76

附属資料

1. A Feasibility Study Project for Joint Crediting Mechanism Project title: Energy Efficient Hypermarket
2. 都市間連携セミナー発表資料
3. JCMワークショップ発表資料

図表リスト

図 2-1	ウランバートル首都特別区	6
図 2-2	マスタープラン 2020 の一極集中分散化計画	10
図 2-3	ウランバートル市ゲル地区開発計画	10
図 2-4	ウランバートル市組織図	14
図 2-5	首都都市開発局の組織図	15
図 2-6	首都公団公社の組織図	15
図 3-1	モンゴルとウランバートルの人口推移	17
図 3-2	モンゴルの温室効果ガス排出量と吸収量の推移(1900-2016年、単位： MtCO ₂ e)	18
図 3-3	モンゴルの温室効果ガス排出の構成(2014年)	18
図 3-4	モンゴルの温室効果ガス排出量と吸収量の推移	19
図 3-5	モンゴルの建築分野における制度フロー	21
図 3-6	札幌市市役所のエネルギー削減目標	26
図 3-7	温室効果ガス排出量の推移	26
図 3-8	CASBEE 札幌の評価ラベル	27
図 3-9	建築主等の要件、建築士事務所等の条件及び補助対象額	29
図 3-10	札幌市 ZEB・ZEH-M 設計支援における用語の定義	30
図 3-11	札幌版次世代住宅補助制度における補助対象、申請要件及び補助金額	30
図 3-12	アエロシティ居住区のイメージ	36
図 3-13	鉄筋コンクリート造の外壁の構成	37
図 3-14	札幌市の補助制度案内	38
図 3-15	4段階で定義される ZEB の概要	39
図 3-16	補助対象となる省エネ技術	41
図 3-17	モデル集合住宅の基準階平面図	41
図 3-18	削減量算定の考え方	43
図 3-19	ZEH-M の判定フロー	44
図 3-20	住戸の計算手順	45
図 3-21	本事業における関係者と役割	49
図 3-22	ゲル居住区の住居ユニット	51
図 3-23	ゲルの外観	51
図 3-24	オフィスビルに採用される ZEB 技術	52
図 3-25	TBD 新社屋の完成イメージ	54
図 3-26	イーマート新店舗のイメージ	54
図 4-1	モンゴルの一次エネルギー供給および発電量の構成	57
図 4-2	地中熱・太陽熱ハイブリッドヒートポンプ暖房システム	60
図 4-3	北海道地球温暖化対策推進計画の重点化施策	61
図 4-4	札幌市内のエネルギー消費量推移	62

図 4-5	札幌市内のエネルギー消費量の用途別構成	62
図 4-6	札幌市の再生可能エネルギー利用可能量マップ	64
図 4-7	札幌市の太陽光発電量推移	65
図 4-8	札幌駅北口および都心地区の地域熱供給事業の概要	66
図 4-9	モエレ公園での雪氷熱利用システムの概要	67
図 4-10	ヒートポンプによる地中熱利用イメージ	67
図 5-1	CASBEE 札幌パンフレット	77
表 2-1	ウランバートル市の月平均の外気温 (°C)と湿度 (%)	5
表 2-2	国家大気汚染削減プログラムの住宅・建築分野に係る対策計画	8
表 2-3	国家大気汚染削減プログラムの再生可能エネルギーに係る対策計画	9
表 2-4	住宅ストック予測	11
表 2-5	電力の需要供給予測	11
表 2-6	ウランバートル市の住宅形態別世帯数	12
表 3-1	モンゴルの建設投資額と主な建設資材の生産動向	19
表 3-2	建設法(Construction Law 2016)の構成	21
表 3-3	モンゴルとチェコ(旧ソ連)における断熱基準の比較	22
表 3-4	モンゴルにおける建築物のエネルギー効率の分類	23
表 3-5	CASBEE 札幌の届出件数の推移	27
表 3-6	札幌版次世代住宅基準(新築住宅)	29
表 3-7	高断熱・高気密効果の高い製品(1/2)	31
表 3-8	高断熱・高気密効果の高い製品(2/2)	32
表 3-9	省エネシステム・技術(床暖房、パッシブ空調、地中熱冷暖房)	33
表 3-10	鉄筋コンクリート造で採用されている仕様	37
表 3-11	札幌市の補助制度	38
表 3-12	ZEH-Mにおける評価基準	39
表 3-13	外皮性能に関する基準	40
表 3-14	導入を想定する仕様	42
表 3-15	採用した仕様一覧	45
表 3-16	断熱材の仕様	46
表 3-17	外皮の断熱性能評価	46
表 3-18	エネルギー性能評価	47
表 3-19	CO2 排出係数	48
表 3-20	CO2 削減量の算出	48
表 3-21	仕様変更によるコスト比較	48
表 3-22	想定する事業体制	49
表 3-23	事業実施スケジュール	50
表 3-24	ZEBにおける省エネ技術の一覧	53
表 3-25	イーマート新店舗建設計画の省エネ技術一覧	55
表 4-1	再生可能エネルギーの買い取り価格(タリフ)	58

表 4-2	再生可能エネルギー発電事業の建設特別許可数と容量.....	59
表 4-3	幌市気候変動対策行動計画(案)における 2030 年目標達成に向けた主な取組	63
表 4-4	札幌市・北海道の再生可能エネルギー利用可能量.....	64
表 4-5	札幌市の再生可能エネルギー導入量.....	65
表 4-6	札幌市の固定価格買い取り制度の導入設備(2020年9月).....	65
表 4-7	地域冷暖房システムの事例.....	69
表 4-8	雪氷熱の有効利用事例.....	70
表 4-9	地中熱の有効利用事例.....	71
表 5-1	これまで開催された世界冬の都市市長会.....	74
表 5-2	ワークショップ発表.....	76
表 5-3	ウランバートル市側出席者.....	78

略語表

略語	正式名称	日本語
EPS	Expanded Poly-Styrene	ビーズ法ポリスチレンフォーム
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
ME	Ministry of Energy	エネルギー省
MET	Ministry of Environment and Tourism	自然環境・観光省
UB	Ulaanbaatar	ウランバートル
ZEB	Zero Emission Buildings	ゼロエネルギー・ビル
ZEH-M	Net-Zero Energy Housing-M	ゼロエネルギー・マンション

第1章 業務概要

1.1 業務目的

平成 28 年 11 月にパリ協定が発効され、令和 2 年（2020 年）を迎えてパリ協定の実施段階に入った。パリ協定でも、中央政府に加えて自治体・都市を含む非政府自治体による気候変動を加速させる対策が掲げられているが、具体的な地域の気候変動対策やプロジェクトを検討・実施するうえで、都市や自治体はキープレイヤーである。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、またその通過点としての低炭素社会の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・低炭素化に向けて、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。

本事業では、日本の研究機関・民間企業・大学等が、脱炭素・低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・低炭素社会形成への取組、及び脱炭素・低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した。

1.2 業務概要

委託業務名： 令和 2 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・トゥブ県における脱炭素都市形成支援事

業)履行期間： 令和 2 年 11 月～令和 3 年 3 月 10 日

発注者： 環境省地球環境局長

受託者： 株式会社オリエンタルコンサルタンツ

1.3 事業内容

1.3.1 業務項目

- (1) 寒冷地の住宅・建築分野に係る省エネ効果の高いインフラ整備の現状確認
 - ① 脱炭素型住宅の計画確認・提案
 - ② 最新省エネ技術の紹介、建築設計への適用可能性の提案
 - ③ 「建築物環境配慮制度」の紹介、適用可能性の提案
 - ④ 次年度以降の JCM 設備補助事業及び資金調達メニュー計画の検討
 - ⑤ 北海道・札幌市内企業の関心確認
- (2) ウランバートル市での再エネ、新エネの導入可能性の検討
 - ① 北海道・札幌市内の寒冷地の技術、ノウハウの整理・紹介
- (3) ウランバートル市の能力向上支援
 - ① 札幌市の寒冷地における取組事例の整理・紹介

1.3.2 業務内容

(1) 寒冷地の住宅・建築分野に係る省エネ効果の高いインフラ整備の現状確認

① 脱炭素型住宅の計画確認・提案

新ウランバートル国際空港衛星都市(アエロシティ)の住宅群に対して、寒冷地での脱炭素型仕様(石炭からの燃料転換)の可能性を検討した。また、同様にウランバートル市の官庁施設や民間企業の建物等での脱炭素型仕様での建設・改修の可能性を確認した。

② 最新省エネ技術の紹介、建築設計への適用可能性の提案

本邦最新省エネ技術を紹介して、モンゴルの建築設計に適用可能か検討した。

③ 「建築物環境配慮制度」の紹介、適用可能性の提案

札幌市の建築物環境配慮制度を紹介して、モンゴル、ウランバートル市での適用可能性を検討した。

④ 次年度以降の JCM 設備補助事業及び資金調達メニューを活用する計画の検討

新ウランバートル国際空港衛星都市(アエロシティ)の住宅群、寒冷地での脱炭素型仕様(石炭からの燃料転換)における JCM 設備補助事業及び資金調達メニューを活用する計画を検討した。

⑤ 北海道・札幌市内企業の関心確認

北海道・札幌市内の関連業種(建築設計、断熱材、サッシ等)の企業に本事業についてヒアリングを行い、参画の意欲等を整理した。

(2) ウランバートル市での再エネ、新エネの導入可能性の検討

① 北海道・札幌市の寒冷地の技術、ノウハウの紹介

札幌市が有する、地域冷暖房システムや、地中熱、雪冷熱などの再生可能エネルギーやノウハウの紹介、共有した。

(3) ウランバートル市の能力向上支援

① 札幌市の省エネ、環境改善活動の紹介

同じ寒冷地である札幌市が取り組む省エネ、環境改善の活動を紹介しウランバートル市の関係者に知見及び経験等を共有した。

1.6 業務の課題と対応

(1) 新型コロナウイルスの影響

新型コロナウイルスの影響により、2020年3月よりモンゴルへの民間航空便が停止され入国できなくなった。また、ウランバートル市は2020年11月からおよそ1か月間と2月に都市封鎖となり、現地での活動が制限された。在モンゴルの団体であるモンゴル日本人材開発センターの協力を得て、オンラインを通しての遠隔での調査となった。

(2) モンゴルの政変

2020年10月の選挙によりウランバートル市長が交代となったため、市の担当者が入れ替わり、新たに関係構築が必要となった。また、2021年1月の突然の内閣総辞職の影響から、ウランバートル市職員と連絡が取れない日々が続いた。札幌市とモンゴル日本人材開発センターの現地備人から直接ウランバートル市副市長（建設プロジェクト担当）と連絡を取り対応するに至った。

第2章 ウランバートル市の概要と建築に係る状況

2.1 ウランバートル市の概要と気候変動問題に係る取組

2.1.1 ウランバートル市概要

(1) ウランバートル市の状況

モンゴルでは、1990年代の共産主義崩壊の流れを受け、国家統制経済から自由主義経済へと移行し、地方社会では、社会主義時代に存在した公的な支援や牧畜生産に関わる諸制度の多くが失われた。農村経済の崩壊、貨幣経済の浸透、資源価格の高騰等が起り、貧富の格差が生まれた。地方の公共サービスの低下、雇用機会の喪失、数年に一度起こる深刻な雪害などにより、地方から多くの遊牧民がウランバートル市に移住した。1992年に制定された民主的な憲法に則した土地私有化法により、人々は自由に居住地を選択できる様になった。

これらの影響により地方からウランバートル市に移住してきた住民が、行政の許可なくゲル家屋を無秩序に建て「ゲル地区」という集落が形成された。このように2000年代に多くの貧困層が流入したウランバートル市では、都市計画がないまま急速な人口流入から建設ラッシュが起こった。「ゲル地区」にはウランバートル市の人口の6割が居住している。1998年に65万人程度だったウランバートル市の人口は、2019年には153万人と約2.5倍に増大し、モンゴル総人口の約半数を占め、過度な一極集中となっている。

ウランバートル市は、世界各国の首都の中で最も気温が低く、厳冬季の12月と1月の日中はマイナス15℃からマイナス30℃に下がり、マイナス40℃を記録することもある。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。人口の一極集中化のため、都市インフラ整備が追いついておらず、暖房用燃料の燃焼に伴い、世界有数の大気汚染に晒された都市のひとつに挙げられる。

表 2-1 ウランバートル市の月平均の外気温（℃）と湿度（％）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
気温	-24.6	-21.1	-8.2	2.4	10.7	16.4	18.2	16.3	9.1	0.5	-11.0	-20.8
湿度	71	69	60	46	45	52	60	60	59	64	72	73

モンゴルは世界有数の石炭資源国でもあり、石炭を多量に使用している。暖房供給システムなどの暖房インフラが整備されていない「ゲル地区」では、暖房ストーブに石炭や廃木材などが利用される。ウランバートル市は四方が山で囲まれた低い盆地に位置しているため、冬場のスモッグは冷気によって高濃度でその場にとどまり続ける。石炭ストーブ等からの排煙が、ウランバートル市の大気汚染の原因の大部分を占めると推定され、肺炎などの原因となり住民の健康に被害をもたらし、都市環境問題となっている。

(2) 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」と呼ばれ、県と同等の地位を与えられている。特別区は、ナライハ区、バガノール区、バガハンガイ区という飛び地になっている3つの郊外区を含む9つの区に分けられる。4,704km²の面積を有し、その内の約13%が居住地となっている。

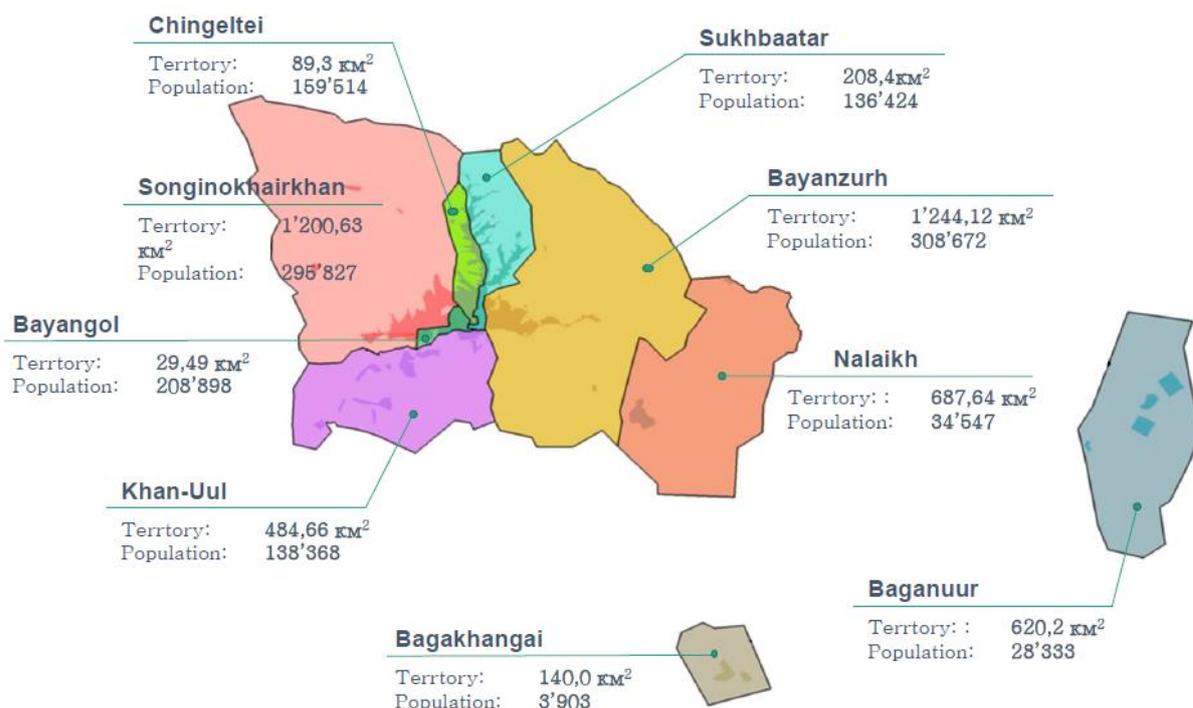
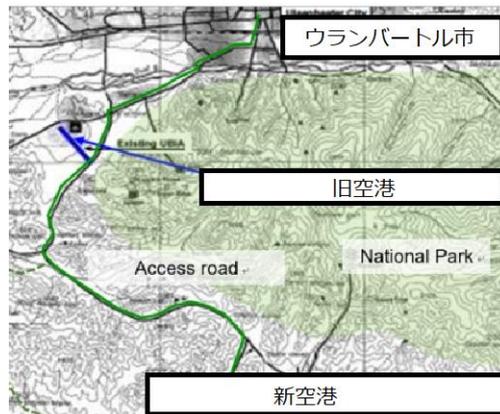


図 2-1 ウランバートル首都特別区

(3) 新都市

新しい空港都市(エアロシティ)は、Tuv 県 Sergelensum の Khushig Valley に整備された新空港に隣接する土地に計画されている。2019年1月に「新国際空港衛星都市マスタープラン(エアロシティマスタープラン)」が策定され閣議決定された。エアロシティマスタープランは、ウランバートル市中心部からおよそ 50 km 離れた新空港の周りに観光と物流等の空港関連施設のみではなく衛星都市の建設を計画している。電力・上下水道などの生活インフラ、住宅エリア、物流センター、経済特区等も開発も含まれる。エアロシティ開発に向けたアクションプランはまだなく、実施主体が明確でない等、事業化には課題がある。しかし、ウランバートル市の一極集中による都市問題の解決とモンゴル経済の更なる発展を図ることが期待されており、今後、新空港衛星都市の開発を進められる予定となっている。

エアロシティの敷地は、Tuv 県に位置するが、ウランバートル市が市域を拡大するマスタープランのコンセプトで方向性が示されている。Tuv 県関係者は、エアロシティ周辺の乱開発を防ぐため土地私有化の管理が必要と考えたと共に、新空港の効果を Tuv 県の開発に最大限活用するため、ウランバートル市と連携した都市圏開発計画の策定が必要と考えており、ウランバートル市と Tuv 県の連携が必要となっている。



2.1.2 ウランバートル市で実施される気候変動に係る取組

(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とを受け、2014年に「グリーン開発政策」が策定され、その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」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」が掲げられた。

(2) 国家大気汚染削減プログラム

2017年3月に閣議承認された「国家大気汚染削減プログラム」では、モンゴルの大気汚染削減に向けて2025年までに大気汚染8割削減を目指し、モンゴル政府が取り組むべき目標と活動方針が定められた。本プログラムは、「市民の健康で安全な生活環境の条件を満たした首都・中心地の計画化、インフラ整備の質の向上を推進し、汚染発生源の減少、住民への正しい生活習慣の定着を通して大気・環境汚染を削減し、健康的かつ安全な環境を整備する」ことを目的としている。また本プログラムは都市計画改善、インフラ整備能力・アクセシビリティ向上、生石炭使用制限、地方開発、一極集中の是正などの事業計画も含まれている。

本プログラムに基づき、住宅・建築分野に係る実施対策計画が以下の様に策定されている。

表 2-2 国家大気汚染削減プログラムの住宅・建築分野に係る対策計画

No.	活動	成果	指標	実施担当 機関	協力機関	実施 期間
目標 1. 都市計画・建設・インフラ開発の適切な政策を実施して、地方開発を通して集中緩和を図り、首都・中心地の大気・環境を改善する						
活動方針 7. 「低価格の住宅」プログラム実施の一環として、個人一戸建ての開発に向けたゲル地区でのインフラ整備、住宅化の強化を図り、青年や低収入の家庭を長期間で低金利の貸出の対象とする						
1.7.1	賃貸マンションプログラムを継続して実施する	2万世帯用の賃貸マンション基金	2万世帯に対して賃貸マンションの提供が可能となる	建築・都市開発省	賃貸住宅会社	2017-2021
1.7.2	ゲル地区の住宅化開発を促進して、中所得者の市民に対して低金利の長期貸出を行う	小中収入の市民を対象とした長期間で低金利の住宅ローン	ゲル地区の住民を対象とした住宅化の促進を図り、長期間で低金利のローン対象に向けた活動の促進	建築・都市開発省、モンゴル銀行	財務省	2017-2025
1.7.3	グリーン住宅のモデル・プロジェクトを段階的に実施する	国際基準に適合してグリーン住宅	パイロットプロジェクトが実施される	建築・都市開発省、市役所	エネルギー省	2018-2020
1.7.4	新規住宅の設計図へのガス・水道エンジニアリングシステムの反映、その実施を図る	ガス供給配管設置の建築	設計図に基づいたガス供給配管設置の建設、消費者へのガス供給の実現が可能になる	建築・都市開発省、エネルギー省	市長・県知事、鉱業・重工業省	2018-2025
		再生水用配管設置の建築	設計図に基づいた再生水用配管設置の建築の建設、再生水の家庭用再利用が可能になる	建築・都市開発省	MET、県知事・市長	2018-2025

出典：JICA 2017

国家大気汚染削減プログラムに基づき、再生可能エネルギーに係る実施対策計画が以下の様に策定されている。

表 2-3 国家大気汚染削減プログラムの再生可能エネルギーに係る対策計画

No.	活動	成果	指標	実施担当 機関	協力機関	実施 期間
目標 1. 都市計画・建設・インフラ開発の適切な政策を実施して、地方開発を通して集中緩和を図り、首都・中心地の大気・環境を改善する						
活動方針 8. 都市・中心地の中央暖房系統への接続が不可能な消費者に対して地域的なエンジニアリング供給への接続、サブセンターの建設、再生可能エネルギー技術の導入						
1.8.1	UB 市内の Bayankhoshuu、Selbe サブセンターのエンジニアリングシステム・供給施設の段階的な建設	Bayankhoshuu、Selbe のサブセンターのエンジニアリングシステム、配管、暖房施設	UB 市内の Bayankhoshuu、Selbe のサブセンターのエンジニアリングシステムの設置工事が段階的に実施される	市役所、建設・都市開発省		2017-2021
1.8.2	UB 市内の大気汚染が深刻な郊外のゲル地区を選択して、『マイクロ・サブセンター』の建設	消費者への暖房供給のための『マイクロ・サブセンター』	ゲル地区の環境改善、200～300 世帯を対象に地域的なエンジニアリング供給のためのマイクロ・サブセンターが建設される	建設・都市開発省	市役所、ME	2017-2025
1.8.4	太陽光・風力・地熱等の再生可能エネルギー生産を促進させる	10～50MG の再生可能エネルギー導入プロジェクト	再生可能エネルギーの生産・利用が促進される	ME、エネルギー調整委員会	MET、市役所、民間企業	2017-2020
1.8.5	個人、民間企業の再生可能エネルギー導入・利用への支援・奨励	クリーン・エネルギー、再生可能エネルギー導入のための小規模なプロジェクト、その利用	再生可能エネルギー導入を支援して、個人・民間企業の消費後の余ったエネルギーを国が購入する制度が構築される	ME、エネルギー調整委員会	MET、市役所、民間企業	2019-2025
1.8.6	中央暖房系統への接続が不可能な UB 市郊外の消費者に対して、ガス利用の暖房生産源を利用して熱供給を行う	地域的なガス暖房供給システム	生の石炭の代わりにガス燃料による熱供給先が増加される	ME、エネルギー調整委員会		2018-2023

出典：JICA 2017

モンゴルでは再生可能エネルギーが優先されており、ウランバートル市は 2016 年から暖房用を石炭ではなく、夜間の電気利用推進のため、2016～17 年予算の 4 分の 3 を電気の補助金に利用したとされる。

(3) ウランバートル市マスタープラン 2020

計画的な都市開発を図るために、JICA の支援を得てウランバートル市は 2013 年 5 月に国会承認を得てマスタープラン 2020 を策定した。マスタープラン 2020 は、都市計画要件に適合しない市街地の再開発事業、ゲル地区のアパート化事業、ゲル地区区画整理事業、

老朽化アパート建替え事業、公有地の再開発事業の 5 つから成る。また、拡大した市域を限定させて高密度化を図り、コンパクトシティ化することが提唱されている。中心部に機能を一極集中させるのではなく、市内に 13~20 万人規模の拠点を設け、新たに人口 50~60 万人規模の衛星都市を整備することが計画されている。これらの計画実施により、秩序ある土地利用と建設を目的としている。

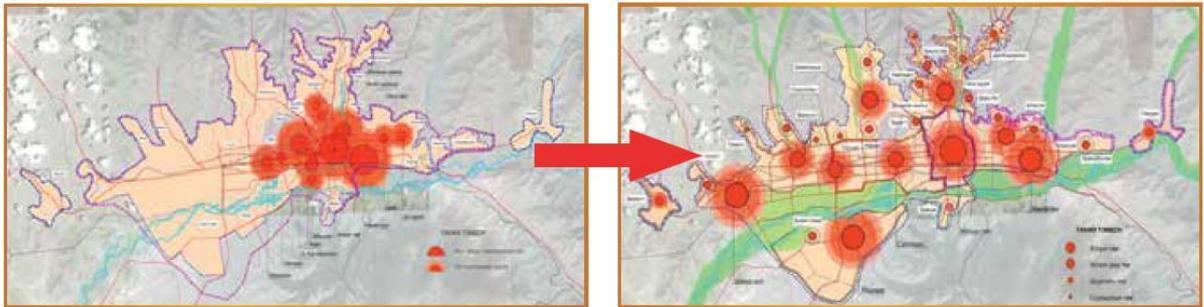
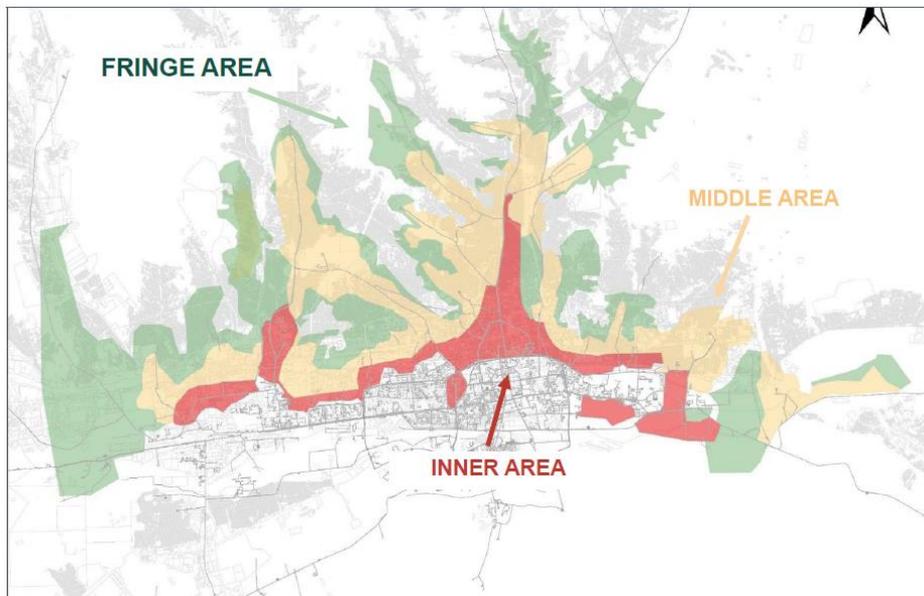


図 2-2 マスタープラン 2020 の一極集中分散化計画

マスタープラン 2020 では、ゲル地区を中心部からの距離によって、「Inner area」「Middle area」「Fringe area」に分けて計画を立てている。「Inner area」はゲル地区全体の約 24%を占めるが、ここを既存の中央インフラに接続し、ゲル地区を一掃しアパート化を目指している。ゲル地区全体の約 29%を占める「Middle area」では、既存インフラへの接続は技術的・経済的に困難とされるため、拠点ごとに独立型インフラを設備し、中・低層のアパートの開発が計画されている。最も広い全体の約 47%を占める「Fringe area」では、各家庭に個別のインフラを整備した戸建地区の開発が計画されている。



出典：マスタープラン 2020

図 2-3 ウランバートル市ゲル地区開発計画

ウランバートル市は、公的アパートの割合を市全体の住宅全体の約 8 割に増やし、2030 年までにアパートの平均床面積を 1 人あたり 13.5m² に増やすことを計画している。

表 2-4 住宅ストック予測

供給者		2011-2016	2017-2020	2021-2030
民間企業		67,900	31,700	52,480
	年平均	11,317	7,925	5,248
持家		2,500	7,700	55,000
	年平均	417	1,925	13,750
政府	賃貸	1,000	2,000	5,000
	廉価住宅		2,500	9,500
合計		71,400	43,900	121,980
年平均		11,900	10,975	12,198

出典：マスタープラン 2020

また、ウランバートル市への人口流入に伴い、電力の需要供給が高まっており、2030年の電力需要は時間当たり 58 億 KW に増加すると見込まれている。市内と整備する衛星都市では、住宅地や社会施設、ゲル地域での街灯などを含めて、再生可能エネルギーの電力利用を増加させることがマスタープラン 2020 では提案されている。

表 2-5 電力の需要供給予測

	2010		2020		2030	
	供給 (千 kW)	需要 (百 kW/h)	供給 (千 kW)	需要 (百 kW/h)	供給 (千 kW)	需要 (百 kW/h)
UB 市	246	1,408	652	3,932	1,064	5,886
周辺居住地	36	203	189	568	280	963
合計	282	1,611	841	5,679	1,344	6,849

出典：マスタープラン 2020

ウランバートル市はマスタープラン 2020 の実施促進を図るための実施計画の策定義務が課せられており、2018 年 2 月ウランバートル市の都市開発中期計画を包含する「首都住宅・インフラ整備サブプログラム」が市議会で承認された。本サブプログラムは 2018 年から 2022 年の 5 か年における、中低所得者向け住宅供給、賃貸住宅供給、住宅地開発、都市開発事業、熱・電気・水供給・下水道等のネットワークの拡大等の計画及び目標数値が定められている。

2.2 ウランバートル市の住宅に係る状況と課題

2.2.1 住宅に係る状況

(1) 概要

モンゴルの首都ウランバートルの居住地は、市街地を構成するアパート地区と、その周辺を取り囲む様に東・西・北方向に立地するゲル地区とに二分される。ウランバートル市の 2015 年の総世帯数は約 38 万世帯であり、その内の約 6 割弱の 22 万世帯がゲル地区に暮らしている。全体の約 3 割の世帯がゲル地区にて遊牧生活で伝統的に用いられてきたテント家屋に住み、残り 3 割がゲル地区にて上下水道や地域暖房システムに接続していない簡易家屋に居住し、残り 4 割の世帯は電気、上下水道、地域暖房システムが完備されるアパート地区にて集合住宅で暮らしている。

表 2-6 ウランバートル市の住宅形態別世帯数

年	世帯計	アパート地区		ゲル地区			家なし
		アパート	戸建住宅	ゲル	簡易家屋	戸建住宅	
2005	215,727	87,539	1,122	56,701	66,901	1,083	2,381
	100%	40.6%	0.5%	26.3%	31.0%	0.5%	1.1%
2010	294,416	116,249	878	76,497	97,854	2,299	639
	100%	39.5%	0.3%	26.0%	33.2%	0.8%	0.2%
2015	376,419	156,199	1,515	105,962	110,707	1,782	254
	100%	41.5%	0.4%	28.2%	29.4%	0.5%	0.1%

出典：Statistical Yearbook of Ulaanbaatar

(2) ウランバートル市の住宅の事例

(ア) レンガ造りの集合住宅

レンガ造りのアパートはモンゴルの典型的な集合住宅である。このような集合住宅では地域暖房システムの暖房が利用されている。2010年頃までは木製の二重窓が多く設置されており、築年数が古く適切な維持管理がされていない場合は、水漏れ等により窓枠は歪み間に隙間ができ、気密性に問題があった。その後、樹脂サッシと真空ペアガラスが採用される様になり、ウランバートル市内の集合住宅では主流となってきている。しかし、品質が保証されておらず気密性が保たれない事例は続いている。建物の多くのドアはガラスのない木製であり、屋根には断熱材が施されていない。



(イ) プレキャストコンクリート式集合住宅

レンガ造りの集合住宅と同様に、プレキャストコンクリート式集合住宅も、モンゴルの典型的な集合住宅であり、地域暖房システムの暖房が利用されている。外壁は、厚さが約20cmのプレキャストコンクリートブロックでできており、内側には断熱材がなく、石灰モルタルやセメントモルタルが塗布されている。窓枠とドアは、レンガ造りの集合住宅と同様である。屋根には断熱材が施されていない。



(ウ) 簡易家屋

モンゴルの典型的な簡易家屋は、木材やレンガで造られた一戸建て住宅である。経済的な理由や、専門業者の不足、自力建設の習慣があることから、所有者自身によって建てられることが多い。木造が最も多いが、木造土壁構法で建設した後に、建設費を貯蓄して木造壁の外側にレンガ造の壁を建て、木造壁とレンガ造壁の間に断熱材を挟み、構造と断熱を強化する事例が見られる。多くの簡易家屋の屋根も木造である。不十分な断熱知識から、屋根や天井の断熱や床下断熱が施された住宅は極めて少なく、天井や屋根、床下から冷気が侵入している家屋が多い。簡易家屋には、石炭と薪ストーブが設置され、調理にも利用されている。



2.2.2 住宅に係る課題

寒冷地に不十分な仕様

ウランバートル市では人口急増に伴い、ゲル地区等において無計画な住宅の建設が進められ、寒冷地に不十分な仕様でエネルギー効率の悪い住宅建設が拡大した。世界でも有数の厳冬国であるため、年間を通じて暖房期間が長く、家庭におけるエネルギー消費量の6割が暖房代に費やされている。寒冷地において冬季の暖房は生命を守る不可欠な設備であるが、エネルギー効率の悪い建物の増加は暖房用エネルギー負荷が大きくなる。

ウランバートル市の家庭における主な暖房形態は、地域暖房システムと石炭ストーブの2種類に大別される。ウランバートル市中心部の集合住宅や商業施設は、石炭火力発電所

から暖房用温水が供給される地域暖房システムが導入されている。都市部の人口増に対し、地域暖房システムのインフラ整備が追いついていない。ゲル居住区やウランバートル市郊外には地域暖房の供給が行き届いておらず、個々の住宅では石炭ストーブを利用している。暖房用熱源のほとんどを石炭に依存しているモンゴルでは、エネルギー効率の悪い建物は石炭燃料の使用量増加につながり、GHG 排出量の増加、石炭燃焼に伴う煤煙から大気汚染を悪化させている。大気汚染の 90%がゲル居住区の暖房に起因するとの報告もある。

ゲル地区に住む世帯へのアパート建設計画などが打ち出される中、寒冷地であるウランバートル市では住宅分野での省エネルギーのポテンシャルが高い。

2.3 ウランバートル市の本調査に係る組織

本調査の関係機関となるウランバートル市首都都市開発局とウランバートル市首都公団公社について下に記す。また市組織での位置づけを下に赤枠で示す。

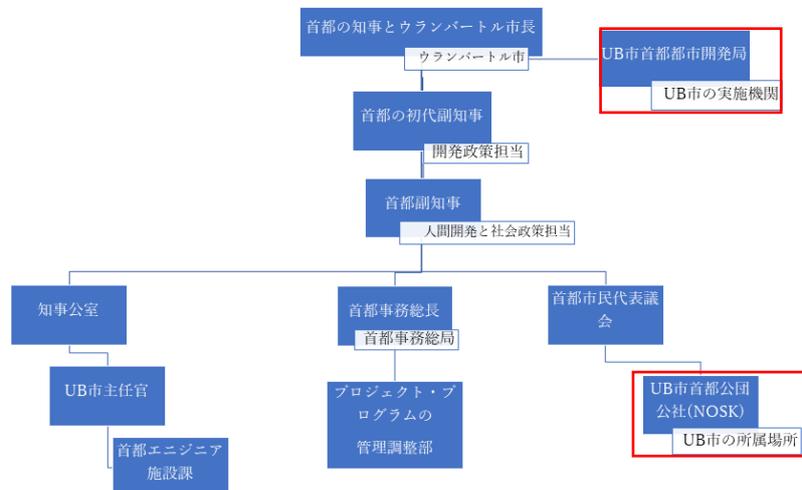


図 2-4 ウランバートル市組織図

(1) ウランバートル市首都都市開発局

ウランバートル市首都都市開発局は、ウランバートル市において都市開発、土地空間計画、検査を通じての建築許可発行を行う組織である。建築部では、都市開発法及び首都憲章に従い、首都の建築の権利と責任に沿った活動の実施、ウランバートル地域開発、規制管理を行っている。都市開発情報部では、首都の都市開発を維持し、共同都市開発データベースの編集と更新、市民と法的機関に都市開発情報を提供し、地形図の作成、情報管理を行っている。建設品質安全管理部門は、都市マスタープラン、再開発プロジェクトに係る新規、改修、解体する建築物の許可を発行する。建造物の耐震性等の専門的な評価を行い、認可を発行し、脆弱な建物の解体や補強を指示する。インフラ技術計画部は、首都のインフラ構造の適切性や品質に関する調査を実施し、計画プロジェクトを監視し、技術解決に係る協議と決定を下し、図面や設計の確認と合意等を行っている。

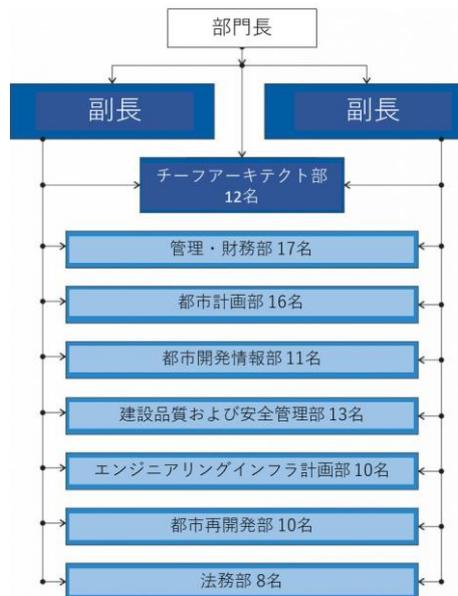


図 2-5 首都都市開発局の組織図

(2) ウランバートル市首都公団公社

ウランバートル市首都公団公社は、首都の住宅開発のための法的環境を作り、住宅政策とプロジェクト開発の計画と提案を行い、開発計画と集合住宅地区の計画に従って資金を提供し、住宅建設を行う組織である。首都で持続的に廉価住宅の供給を増加させるため、金融機関と協力して国内外の株式市場で金融商品を立ち上げ、多面的な資金調達を行い資本の確保を行うとしている。ソフト住宅ローン、補助金やインセンティブを提供するための条件を決定し、ローン担保証券の発行や、賃貸住宅基金の設立、賃貸収入の管理責任を負っている。新しい環境にやさしい技術や材料を住宅計画と建設に導入し、建設部門の建設コスト削減や投資効率向上に向けた政策を追求し、民間部門の住宅建設の支援を行っている。



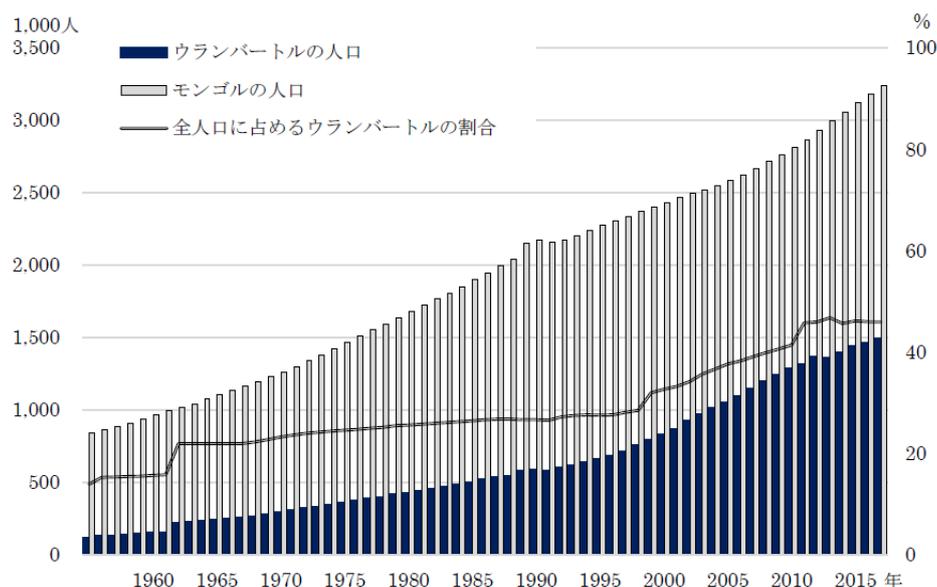
図 2-6 首都公団公社の組織図

第3章 建築分野での JCM プロジェクトの実現可能性

3.1 建築分野の現状調査・分析

3.1.1 モンゴルの人口推移・GHG 排出量の現状

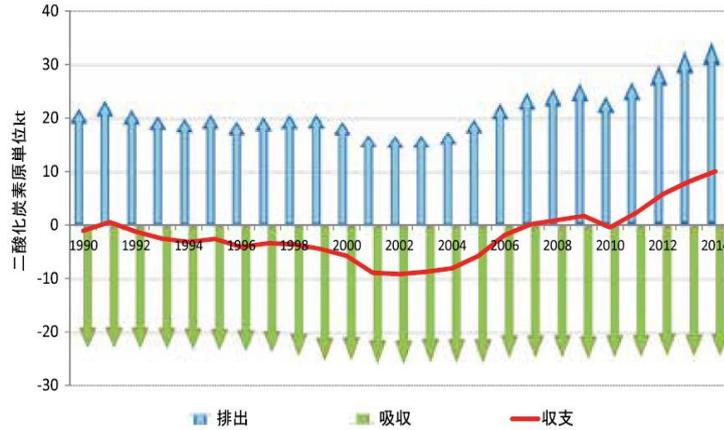
モンゴルは、資源価格の高騰等を背景とした経済発展により、2000年以降に急激な人口増加が見られ、2000年に約240万人であった人口は、2016年には約306万人に増加している。また、社会改革の行き詰まりにより地方からウランバートルに人口が流入しており、ウランバートルの人口は2000年に約70万人であったが、2016年には139万人と急激に増加し、15年間で約2倍の人口となっている。



出典：ウランバートルにおけるゲル地区の生成過程とその存立基盤 -問題地区から住まい空間への認識論的転換-, 松宮 昌子

図 3-1 モンゴルとウランバートルの人口推移

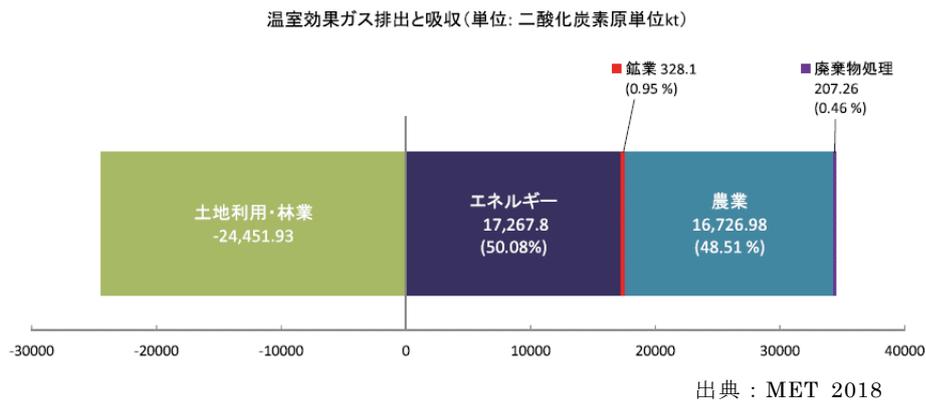
モンゴルのエネルギー供給における主な燃料は、モンゴルで安価に入手できる石炭であり、発電、暖房や炊事等における燃料消費量の90%以上を占めている。下表のとおり、モンゴルの温室効果ガス排出量は、2000年以降、増加傾向にある。今後、省エネや再エネ導入などによる温室効果ガス排出量の削減対策を促進しない場合、人口増加などの要因による温室効果ガス排出量がさらに増えることが予想される。



出典：MET 2018

図 3-2 モンゴルの温室効果ガス排出量と吸収量の推移(1900-2016年、単位：MtCO2e)

モンゴルの温室効果ガスの排出構成では、エネルギー部門の排出量が全体排出量の約半分を占めている。そのため、家庭や事業所における省エネ導入及び太陽光や風力等の再生可能エネルギーの導入が促進されれば、エネルギー部門の温室効果ガス排出量の大幅な削減が期待できる。



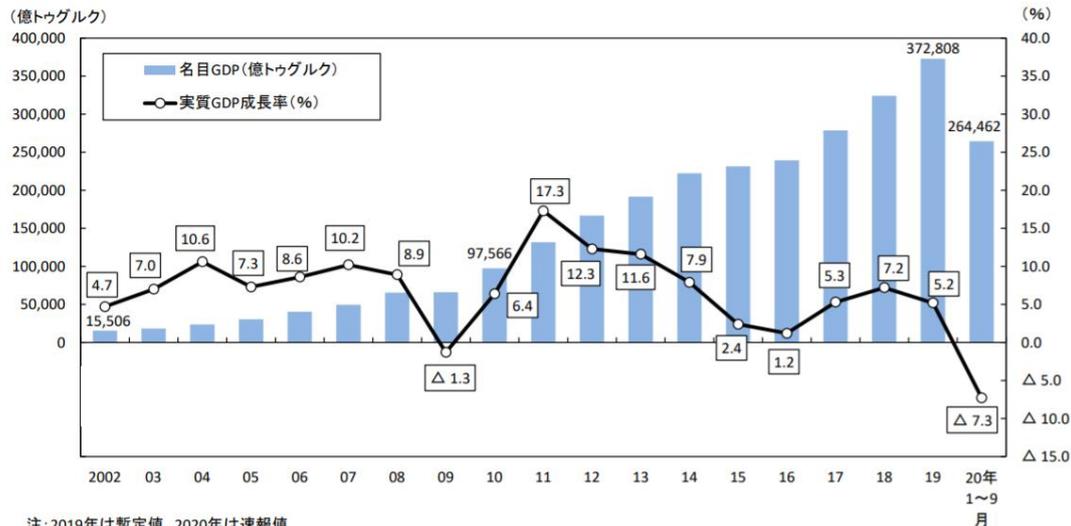
出典：MET 2018

図 3-3 モンゴルの温室効果ガス排出の構成 (2014年)

3.1.2 モンゴルの建設分野市場の状況と建築・省エネ基準

(1) モンゴルの経済動向

モンゴル経済は、オユトルゴイ等の大型の鉱山開発における外国からの直接投資の増加により急速に成長し、2011年には実質GDP成長率が17%を超える水準を達成している。しかし、その後、鉱物資源価格の下落等の影響により、実質GDP成長率は低下した。国家統計局の発表では2015年の実質GDP成長率は、2014年の7.9%から2.4%へ大幅に低下した。実質GDP成長率の低下の主な要因は、外国からの直接投資の不調、鉱業セクターの資源価格の低迷と最大の輸出先である中国経済の後退による輸出減少などによる経済の減衰が挙げられる。また、2016年以降、実質GDP成長率は回復基調を示していたが、2020年には新型コロナの影響もあり、実質GDP成長率がマイナス成長に落ち込んでいる。



注：2019年は暫定値、2020年は速報値

(1900-2016年、単位：MtCO₂e) 出典：MET 2018

図 3-4 モンゴルの温室効果ガス排出量と吸収量の推移

(2) モンゴルの建設市場

モンゴルの建設投資額や建設資材の生産は、2000年からの急激な人口増加による住宅建設投資の大幅な増加を背景に、2014年まで増加基調を示している。しかしながら、2015年には外国からの直接投資の不調、鉱業セクターの資源価格の低迷と最大の輸出先である中国経済の後退を受け公共投資が減少し、2015年の建設投資額は約165億円（447,166百万MNT）に減少している。

表 3-1 モンゴルの建設投資額と主な建設資材の生産動向

投資額、製品生産額等	単位	生産量			
		2012年	2013年	2014年	2015年
国内建設投資額	百万 MNT	1,307,864	1,102,839	1,146,557	447,166
住宅建設額	同上	389,418	856,903	1,430,863	N.A.
新築アパート	戸数	11,413	18,012	22,546	N.A.
住宅ストック増加	千 m ²	531	906	1,604	N.A.
セメント	千 t	349.4	258.8	411.3	410.1
コンクリート、モルタル	千 m ³	176.2	317.8	432.6	129.0
粘土性煉瓦	百万個	44.5	66.5	58.9	41.5
材木	千 m ³	14.2	9.8	16.4	15.2
木製ドア・窓	千 m ²	7.6	12.4	14.6	7.8
建設資材輸入額	百万 US\$	279	336	330	N.A.

出典：モンゴルビジネス環境ガイド 2017年版

2015年には、モンゴルの不動産権利変換型開発の根拠となる「都市及び定住地の再開発に関する法律」が国会承認され、ゲル地域の開発事業、低所得者に対する新しい住宅政策の検討等が進められている。その背景としては、ゲル地区の大気汚染ガス排出や生活排

水による土壌汚染を生じさせない生活環境の改善を求める高まりがある。ゲル地区のアパート化事業で建設された新しいデパートでは、住民は上下水、温水、暖房に接続され、生活改善がされている。また、拠点型都市政策の下で進められているアエロシティやマイダールエコシティ等の諸衛星都市の開発により、今後、インフラ整備や住宅建設が促進し、建設投資も増加すると考えられる。



ゲルのアパート化事業で建設された新しいアパート
(UB 第 7 地区、2016 年 9 月)

一方、未だ多くのゲル地区は、水道や暖房供給設備などの都市基盤施設が整備されておらず、住民の調理や暖房には主に石炭が使用されており、地球温暖化への影響に加えてウランバートル市内の大気汚染の一因となっている。

(3) モンゴルの建築基準・省エネ基準

① 建築基準

モンゴルの建築に関する法制度の枠組みは、建設法(Construction Law 2016)を基に規定されている。建設法の章立ては以下のとおりである。

表 3-2 建設法(Construction Law 2016)の構成

章	題名	論文
1	一般規定	1-8
2	工事、建物及び構造物の分類	9-10
3	建設活動の基本要件	11-17
4	建設活動の免許と建設許可 ※建築物の新築等に際しては、建設許可の取得を義務付けている。	18-30
5	建設セクターの管理と組織	31-35
6	建設活動への利害関係者	36-46
7	州の技術検査	47
8	建物及び構造物の証明書 ※竣工後には、建設証明書の取得を義務付けている。	48-49
9	その他	50

上記の建設法に基づき、建設・都市開発省がモンゴル建築基準を作成している。モンゴル建築基準は、Construction Codes of Mongolia、Construction 3 Regulations and Other Guidance Documents、及び Administrative Documents で構成され、全部で約 450 本の文書がある。また規格類は、674 本のモンゴル規格 Standard に規定されている。

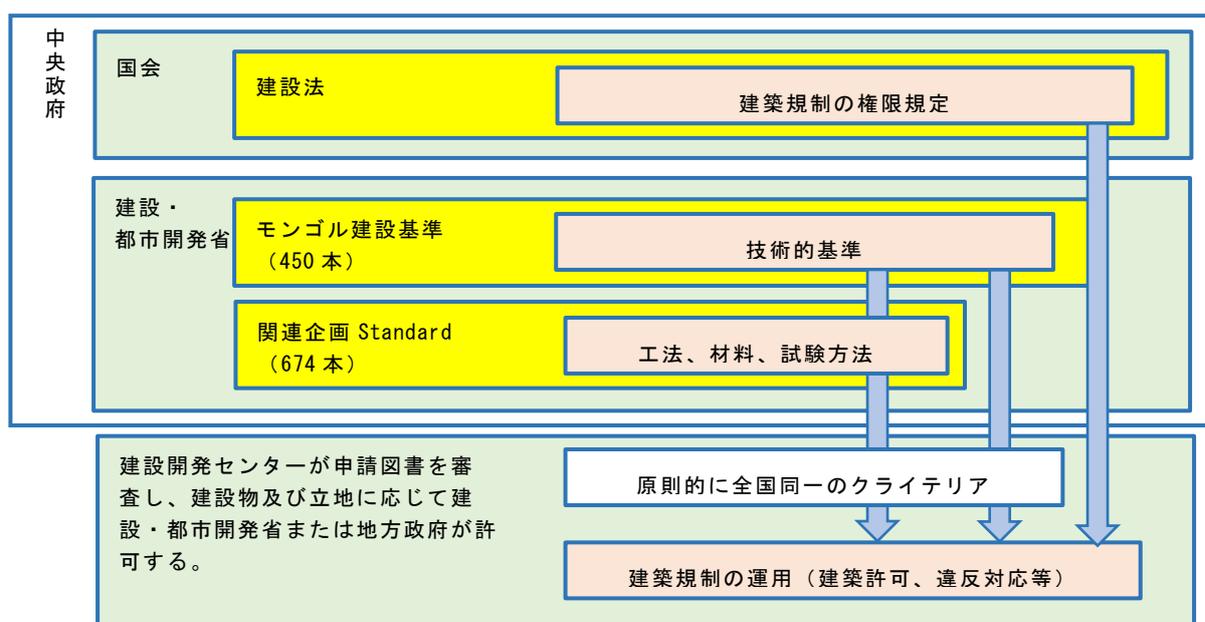


図 3-5 モンゴルの建築分野における制度フロー

モンゴルでは 1960～1970 年代の旧ソ連時代に制定された基準がそのまま踏襲されており、時代にそぐわず、また非常に複雑である。建設基準の約 3 分の 1 はまだロシア語のままであり、約 3 分の 1 はロシア語からモンゴル語にそのまま訳されたままである。残りの 3 分の 1 は、モンゴルの条件に合わせてある程度調整され、モンゴル語で公開されている。モンゴルの 30 歳以下の若年層はロシア語が読めないため実際に機能していないのが実情である。

またモンゴルの建設法は、建築にあたって実施すべき手続きが定められ「建物の仕様に関しては建築主事の指示に従うこと」と明記されているが、技術的な項目は定められていない。法律を補足する目的で技術基準が作られているが、標準仕様書のような建設基準を示しているに過ぎない。そのため、実際には建物により断熱性能に相当な違いが生じると想定される。

モンゴルにおいては、建築着工前に実施設計図で建築許可を申請しなくてはならず、着工までに 144 の許可を得る必要があり、厳しい書類手続きが要求される。その厳しい手続きとは裏腹に、施工をチェックする仕組みが欠けており、設計図と実際に完成した建物の仕様に乖離があることは珍しくない。このような粗いチェック体制のもと、設計で指定された断熱技術が実際に施工されているか確認できていないと考えられる。設計図どおりに建築がなされるためには、法制度の改善に加え施工品質のチェックの仕組み作りとその運用確保も重要課題である。

② 断熱基準

モンゴルでの建物の外皮構造の熱技術の基準は、BCNS23-02-2009(BCNS)で定められているが、エネルギー効率要件は、主に社会主義時代に策定された基準に言及されている。参考までに、モンゴルとチェコ（旧ソ連）の熱性能の基準を比較すると、これら 2 か国の建物の断熱要件は非常に似ていることがわかる。

表 3-3 モンゴルとチェコ（旧ソ連）における断熱基準の比較

項目	チェコ共和国 $U_N(R_N)[W/(m^2K)]$	モンゴル $U_N(R_N)[W/(m^2K)]$
外壁	0,30(3,16)	0,26(3,70)
屋根	0,24(4,03)	0,20(5,00)
非加熱スペースの上の天井	0,60(1,33)	-
床	0,45(2,05)	-
窓	1,50(0,50)	0,30(3,16)
扉	1,70(0,42)	-

出典：モンゴル標準 BCNS23-02-2009 建物の熱性能とチェコの国家標準 CSN730 0540-2 建物の熱保護

③ 省エネ基準

モンゴルは、夏は涼しく冬は極寒の気候である。都市部では地域暖房が一般化しており、地域暖房への接続が義務化されている。2009 年には建築基準の Building Thermal

Performance(CCM 23-02-09)が交付された。本基準では、新築の際に一次エネルギーが一定基準以下（下表）となるように設計し、建築物の供用開始後に実測してその結果の確認を義務付けられている。A 分類、B 分類及び C 分類は、新築あるいは改築する建物の設計段階に定められている。D 分類と E 分類は、2000 年以前の建築物について補修作業の順序を確認する目的で定められている。

表 3-4 モンゴルにおける建築物のエネルギー効率の分類

分類記号	エネルギー効率の分類	建築物の暖房の熱エネルギーの比消費率の実測値 $q_{h,des}$ 、指標化された基準値からの変域、%	国家行政機関による施設への措置
新築するまたは改築する建築物			
A	非常に高い	-51 より小さい	補助金
B	高い	-10 から-50 まで	補助金
C	通常	+5 から-9 まで	-
建てられた建築物			
D	低い	+6 から+75 まで	建物の修復
E	非常に低い	76 より大きい	建物を保温するための対策を近日中に必ずとる

民家などの一般の建築物では、この基準を順守して設計施工しているかは不明である。省エネのための断熱や設備設置においては、首都の一部では性能の高い日本製品を含む海外製品を使用しているようである。しかし、現状では日本の高品質の資材を現地で使用しても、省エネのための高気密には技術力が必要であり、現地の施工技術では活用できない可能性がある。今後日本の資材や製品を使用し、適切な省エネ効果を促進するためには、製品だけでなく技術やノウハウをパッケージ化して導入をする取り組みなどが有効であり、モンゴルのインフラの整備や運営、街づくりの推進などで活用できると考えられる。

(4) モンゴルの建築の仕様と課題

① 建具

モンゴルの集合建築は、ウランバートル市内においても、2010年頃までは、木製の二重窓が多く設置されており、適切な維持管理がされていなかった。また、ガラスのはめ込みは木枠で挟み込む程度、もしくは釘だけで固定されている状況も多く見られた。かつ、ガラス自身に関しても歪んでいるものも多かったため、そうした開口部からの冬季の外気流入は、室内環境の確保において大きな問題であった。

その対策として、小麦粉を練ったものをガラス端部に埋める等の施策を各家庭で講じていた。しかし、隙間に外部から雨水が流入し、湿潤と乾燥、それに伴う膨張収縮が繰り返され、木枠自身のひび割れや枠の歪みによる隙間ができ、気密性を保つことは困難であった。

2005年頃から、中国より安価な樹脂サッシが輸入され、モンゴル国内でも枠材を輸入してサッシ加工をする工場ができてから、新築建造物の開口部は樹脂サッシが多く採用され、古い建築も樹脂サッシに改装されるようになった。現在では、樹脂サッシがウランバ

ートル市内では主流である。その流れで、ガラスも真空ペアガラスが使用されているが、冬季には内部に結露が発生するなど性能として不十分である。サッシやガラス製品の品質は、一部の外国からの輸入品や国内加工品を除き、製品の品質も保証されていない。

現在、モンゴルで使用される樹脂サッシは、内開きと内倒しが可能なツーアクション窓が主流である。しかしながら、品質保証もなく、故障やゆがみ等で気密性が失われやすい。よって、樹脂サッシ、真空ペアガラスを利用しても、気密性が確保されていない。

外部とつながる玄関などの建具では、従来の木製二重扉から、2000年頃には防犯性の観点より中国製の鋼製建具が使用されるようになり、現在主流となっている。建具と躯体の隙間部分には、ウレタンフォームで充填して仕上げているが、施工する職人の施工技術によって大きく異なり、断熱性能は必ずしも確保されていない。

②断熱

2005年頃まで、レンガ造りの壁の厚みによって断熱が規定されていた。その後、コンクリートブロックによる壁面の構築や、組積造の中心部に断熱材を挟み込む仕様、スタイロフォーム断熱材による外断熱・内断熱の仕様などが取り込まれている。

モンゴルの建築工事にかかる標準仕様書では、断熱に関してБНБД31-08-05（BNBD31-08-05）で定められているものの、2005年以降更新されておらず、現状に見合っていない。本断熱の基準が、実際の建設工事で適用されているかどうかは定かではない。

ロシア基準によって、社会主義時代に作られた学校等の低層建築物では、屋根の断熱材として、石炭灰が敷き詰められ、アスファルト防水がされているが、モンゴルの厳しい気候条件で建築材の劣化が早く、雨漏りするケースが散見される。そのため、湿潤状態になり劣化した石炭灰の断熱性能の効果を測ることは難しい。

③ 外壁の劣化に伴う気密性

モンゴルは年間の寒暖差が70℃近くあり、乾燥及び湿潤、また温度差による建築材料の膨張、収縮による劣化が激しい。モンゴルでは鉄骨造の建築物は少なく、多くの集合住宅の基本構造部は鉄筋コンクリート造(以下、RC造)である。

集合住宅の多くの建築方式は、RC造で主要構造部を建築し、外壁をコンクリートブロックなどで組積している。建物の応力が集まりやすい開口部にひび割れなどの減少が大きく、最終的には、モルタルなどの仕上げ材を利用し、開口部周りの補修を行う。しかしながら開口部において、開口補強であるとか、収縮目地などを設置しない場合が多い。開口部周りに関してもシーリングしている場合も見られるが、シーリング材料も1液式のカートリッジを使う場合が多い上、バックアップ材も使用していないため、シーリングも切れやすい。建具と、建具周りに関してはシーリングさえもない場合も多く見受けられるため、そこから外気や雨水が流入し、気密性を損なったり、建築の性能を損なったりする例が多く見られる。

また、開口部周りの断熱処理、サッシ性能が不十分なため、室内での結露も問題となる。窓周りの躯体部分において水分が、融解、氷結を繰り返すことに劣化が速まり、外部、内部とも劣化が激しく、気密性を持続することが難しい状況である。

④気密性と換気

モンゴルにおいても、換気の標準仕様があり、換気口の設置が義務付けられている。一方、モンゴルでは「自然給気×自然排気」や「自然給気×機械排気」が一般的なため、冬季の平均気温がマイナス25度程度のなか、排気口を塞いで、冬季の外気流入を防ぐこともある。一般的な集合住宅・個人宅で全熱交換機を使うことはほとんどなく、換気システムが作用せず、汚染された空気で気密性が保たれていることも多い。気密性の確保や室内温度を快適に保ちつつ換気することは重要な課題である。

ゲル地区では、移動式テント式住宅の日常生活もいまだ多く、気密性の確保は難しい。開口部は天井にあり、煙突部を外に突き出す必要があるため、その部分の気密性の確保、出入り口も木の扉が一枚あるだけであるため、そこに中綿の入った布団状のものを張り付けるなど工夫はされているが、断熱性、気密性共に、十分な状況ではない。

⑤ 暖房システム

ウランバートル市内の集合住宅やオフィスビルでは、火力発電所から発生するスチームを熱源とし、市内に巡らされた配管で各建築物に配分する暖房システムが採用されている。各建物は、配管から最上階に送られた熱源を建物内の配管を通して各階のラジエーターに循環させる。そのため、地域による温度差や、同じ建物でも上階と下階での温度差が生じることもある。新築マンションでは、流量調整付ラジエーターが設置されており、各階の温度差問題は解決しつつある。しかしながら、暖房供給システム問題は残っており、供給の停止や秋口の寒い時の未供給、熱源が正常に建物に供給されても室内温度を快適に保てないことが挙げられる。その場合、個別ボイラーを設置するなどの対応が必要となっている。

(5) モンゴルの建築の課題

モンゴルでは、建設業や製造業のように、長年に渡っての技術の蓄積、サプライチェーンの構築、ISO等の規格の導入といった、技術・調達・品質の確保が重要な分野においては、国産品が少なく、生産技術は日本と比較して遅れている。モンゴルの建築業界は、施工技術が不十分で、材料の選択肢も少ない。一定の品質材料を常に供給することは難しく、ISO等の規格及び行政の監視体制など建築の質向上が必要である。

また、モンゴルは政情が不安定なため、プロトタイプの建築をするにしても政府が主導となると、政権の移行や政府の財政状況により、当初の約束、契約と変わる場合が多い。そのため、民間の開発業者と建築会社が連携して、法整備や、条例の制定などを行政側に働きかけて行くことが求められている。

3.1.3 札幌市の省エネの取り組み・制度・技術

(1) 札幌市の省エネ目標、温室効果ガス排出量

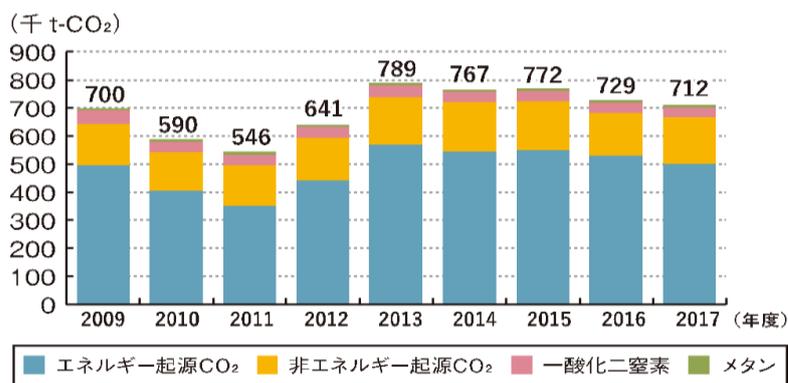
札幌市は、市内で最大規模の事業者であるとともに市民や事業者の先導役となるべく、エネルギー使用量や温室効果ガスの削減に努めている。特に、積雪寒冷地である札幌の地域特性を踏まえた省エネ技術や再エネを積極的に活用して、札幌市役所の事務事業に伴うエネルギー使用量及び温室効果ガス排出量の着実な削減を目指している。また、市民、企業、行政の総力である市民力を結集し、低炭素型のまちづくりにも取り組んでいる。



出典：札幌市環境マネジメントレポート 2019

図 3-6 札幌市市役所のエネルギー削減目標

札幌市の温室効果ガス排出量は、電力や燃料の使用に伴い排出されるエネルギー起源CO₂が約7割を占めている。2017年度の温室効果ガス排出量は、約712千t-CO₂であり、2016年度に比べ約2.3%減少しており、市内での省エネや再エネ導入等の取り組みの効果が表れている。



出典：札幌市環境マネジメントレポート 2019

図 3-7 温室効果ガス排出量の推移

(2) 札幌市の省エネの制度

札幌市では、市民及び企業の活動による温室効果ガス排出量の削減に向け、下記する制度や取り組みを実施している。

① 環境保全行動計画・自動車使用管理計画制度

「札幌市生活環境の確保に関する条例」により一定規模以上の事業者に対して、事業活動から生じる環境への負荷を継続的に低減するため事業の内容や形態に応じて、二酸化炭素量の排出抑制等の環境への負荷の低減に取り組むための計画を事業者自ら策定・実施し、その状況を報告する制度を設けている。

② 札幌市建築物環境配慮制度(CASBEE 札幌)

「札幌市建築物環境配慮制度(CASBEE 札幌)」は、環境に配慮した建築物の普及・促進を図ることを目的として、2,000m²以上の建築物の新築、増改築を行う建築主等が、自らその建築物に係る環境に配慮した事項について評価を行い、その結果（建築物環境配慮計画書）を札幌市に提出することを条例で義務付けている制度である。本制度では、建築物の環境配慮の取り組み(92項目)を総合的に評価し、S～Cの5段階にランク付けし、評価結果を分かり易くしたラベルを建設主に配布している。また、提出された建築物環境配慮計画書等の内容は、札幌市のホームページなどで市民に公表し、市民や事業者の環境意識の向上にも貢献している。



出典：CASBEE 札幌パンフレット

図 3-8 CASBEE 札幌の評価ラベル

表 3-5 CASBEE 札幌の届出件数の推移

ランク	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
S(大変優れている)	1	1	2	1	1	0	0	0	0	2
A(大変良い)	8	10	14	22	15	22	9	24	34	22
B+(良い)	31	18	26	47	46	45	35	42	38	38
B-(やや劣る)	7	3	22	12	24	19	13	18	19	21
C(劣る)	0	0	2	1	1	1	1	0	0	2
合計	47	32	66	83	87	87	58	84	91	85

(件)

出典：札幌市環境マネージメントレポート 2019

③ 省エネセミナー・講座や技術情報の公開

札幌市では、事業者を対象として、省エネを専門とした技術者によるセミナーや市有施設での実地講座などを定期的 to 実施している。セミナーや講座では、自社の電力使用量や

重油・ガスの使用量などエネルギー使用状況を知ることや、札幌市が市有施設や民間施設で実際に行った省エネ事例から、各事業所での省エネの取り組みに役立つものを紹介している。これにより、省エネを推進する技術者として必要な知識や技術の習得とともに、省エネ対策の成果を広め、事業者の省エネの取り組みの促進を図っている。

また、札幌市では、市有施設における設備機器の運用改善等から得られた効果の高い省エネ技術を標準化し、積雪寒冷地特有の「札幌版省エネ技術」としてまとめた運用改善技術の事例集や、省エネ事例のポイントを要約した「札幌版省エネ技術手帳」などをホームページで公開している。



出典：札幌市環境マネジメントレポート 2019

講座の状況

④ 省エネ住宅に関する基準制度

札幌市は積雪寒冷地であり、日本国内の他地域に比べて暖房エネルギーの使用量が多い。特に家庭から出るCO₂の割合が高く、省エネの促進には国の省エネ基準では十分といえないため、寒冷地に適した「札幌版次世代住宅基準制度」を策定している。札幌市は、この住宅の普及を進めることにより、家庭で使用される暖房エネルギー消費量の大幅な削減を図り、CO₂の削減につなげている。

札幌版次世代住宅基準は、国の基準を上回る高断熱・高气密住宅の基準であり、外皮平均熱貫流率(UA値)と一次エネルギー消費量(全体、暖房+換気)、相当隙間面積(C値)という4つの指標により、新築住宅では5段階、改修住宅では3段階の等級を設定している。

表 3-6 札幌版次世代住宅基準（新築住宅）

等級	外皮平均熱貫流率 (U_A 値) [W/(m ² ・K)]	一次エネルギー 消費量 (全体)	一次エネルギー 消費量 (暖房+換気)	相当隙間面積 (C 値) [cm ² /m ²]
トップランナー	0.18 以下	等級 5	35% 以下	0.5 以下
ハイレベル	0.22 以下	等級 5	45% 以下	0.5 以下
スタンダードレベル	0.28 以下	等級 5	60% 以下	1 以下
ベーシックレベル	0.36 以下	等級 5	75% 以下	1 以下
ミニマムレベル	0.46 以下	等級 4	90% 以下	1 以下

出典：札幌市ホームページ

⑤ ゼロエネルギー・ビル (ZEB) ・ゼロエネルギー・マンション (ZEH-M) 設計支援補助金

札幌市では、市内の温室効果ガス排出量削減に向けて、将来を見据えた建物の「ゼロエネルギー化」を推進するため、ゼロエネルギー・ビル (ZEB) やゼロエネルギー・マンション (ZEH-M) の建設に必要な上乗せ設計費に相当する費用として 60 万円～300 万円を建築主等に補助する取り組みを制度化している。

補助対象は、札幌市内に延べ床面積 300m² 以上の ZEB や ZEH-M を建設する建築主等で、上乗せ設計費を札幌市内の建築士事務所等に支払う以下の全てに該当する事業者等が対象となっている。建築主等の要件、建築士事務所等の条件及び補助対象額は、以下のとおりである。

【建築主等の要件】

- ・ (国等を除く) 法人又は個人
- ・ 市税を滞納していない者
- ・ 暴力団員による不当な行為の防止等に関する法律 (平成3年法律第77号) 第2条第六号に規定する暴力団員又は暴力団関係事業者 (暴力団員が実質的に経営を支配する事業者その他同条第2号に規定する暴力団又は暴力団員と密接な関係を有する事業者をいう。) でない者

【建築士事務所等の条件】

- ・ 補助対象の建築物を設計する建築士事務所、又は建築士 (以下、「建築士事務所等」という。) は、札幌市内に事務所を置くものであること。
- ・ 補助対象の建築物の設計を複数の建築士事務所等で行う場合においても、札幌市内に事務所を置く設計士事務所等が、上乗せ設計費に関与していること。

ZEB (延べ床面積が 300m ² 以上 2,000m ² 未満)	ZEB (延べ床面積が 2,000m ² 以上)	ZEH-M (延べ床面積が 300m ² 以上 2,000m ² 未満)	ZEH-M (延べ床面積が 2,000m ² 以上)
150 万円	300 万円	60 万円	100 万円

ZEBとZEH-Mの複合建築物による補助を申請する場合は当該部分の補助額を合算するものとします。

出典：ZEB・ZEH-M 設計支援補助金パンフレット

図 3-9 建築主等の要件、建築士事務所等の条件及び補助対象額

また、ZEB や ZEH-M 等の用語の定義を以下に示す。

ZEB (ゼブ)	<p>経済産業省「ZEB ロードマップフォローアップ委員会とりまとめ（平成 31 年 3 月）」における ZEB の定義を指します。主な基準の概要は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「ZEB」…………… 100%以上省エネ ・Nearly ZEB ……… 75%以上省エネ ・ZEB Ready ……… 50%以上省エネ ・ZEB Oriented …… 延べ床面積 10,000㎡以上の建築物において、事務所・学校・工場は 40%以上省エネ、ホテル・病院・百貨店・飲食店・集会所は 30%以上省エネ
ZEH-M (ゼッチエム)	<p>経済産業省「集合住宅における ZEH ロードマップ検討委員会とりまとめ（平成 30 年 5 月）」における ZEH-M の定義を指します。主な基準の概要は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「ZEH-M」…………… 100%以上省エネ ・Nearly ZEH-M ……… 75%以上省エネ ・ZEH-M Ready ……… 50%以上省エネ ・ZEH-M Oriented …… 20%以上省エネ
BELS (ベルス)	ZEBやZEH-Mの基準に該当するか第三者評価機関が評価し、認証する省エネ性能表示制度を指します。
上乘せ設計費	ZEBやZEH-Mにかかる設計検討並びに省エネ計算に要する費用及びBELS取得にかかる手数料を指します。

出典：ZEB・ZEH-M 設計支援補助金パンフレット

図 3-10 札幌市 ZEB・ZEH-M 設計支援における用語の定義

⑥ 札幌版次世代住宅補助制度（市民向け戸建て住宅）

札幌版次世代住宅補助制度（市民向け戸建て住宅）は、札幌版次世代住宅基準の等級がスタンダードレベル以上の住宅を新築する建築主に「建築費用」及び「住宅の断熱性能等の審査（札幌版次世代住宅適合審査）に係る費用」の一部を補助するものである。

補助対象、申請要件及び補助金額は以下のとおり。

■補助対象の住宅

- 1 市内に新築する戸建て住宅で、等級がスタンダードレベル以上の基準を満たす札幌版次世代住宅
- 2 住宅以外の用途を設ける場合は、住宅部分の面積が延べ面積の過半を占めること
- 3 **令和 2 年（2020 年）4 月以降に工事が完了^{※1}し、かつ、受付期間（8 ページ）までに札幌版次世代住宅工事適合証明書の交付を受けていること**
 - ※1 建築基準法に規定する検査済証の交付年月日を工事の完了日とします。
 - ※2 建売住宅は補助対象外

■申請者の要件

- 1 自ら居住するために、補助対象の住宅を札幌市内に新築する建築主の方
- 2 市町村民税及び道府県民税を滞納していない方
- 3 暴力団員による不当な行為の防止等に関する法律第 2 条第 6 号に規定する暴力団員でない者
 - ※ 補助制度利用者は、令和 3 年（2021 年）4 月から 1 年間、暖房用燃料使用量の調査にご協力いただきます。
 - ※ 建築主が複数名いる場合は、複数名で申請することができます。

■補助金額

対象となる札幌版次世代住宅の等級	補助金額
トップランナー	160 万円
ハイレベル	110 万円
スタンダードレベル	50 万円



出典：2020 年度札幌版次世代住宅補助制度パンフレット

図 3-11 札幌版次世代住宅補助制度における補助対象、申請要件及び補助金額

(3) 札幌市の省エネ技術・システム

① 高断熱・高气密化の製品

外壁は、ウレタンやポリスチレン製の高性能断熱材が使用されている。また、部位に合わせて二重の断熱材を使用し高断熱化を発揮する工法なども適用されている。

窓・開口部は、Low-E トリプルガラスが使用されている。トリプルガラスは、3枚のガラスと2層の空気層でできている複層ガラスで、ペアガラスよりも空気層が多くなるため、高い断熱性能を持つ。Low-E トリプルガラスは、ガラスの内側の表面に Low-e 膜と呼ばれる特殊な金属膜をコーティングしたトリプルガラスであり、断熱性だけでなく遮熱性の両性能を有する。熱貫流率を比較すると、Low-E トリプルガラスはペアガラスの3倍以上も断熱性と遮熱性が高く、省エネ効果も高い。

表 3-7 高断熱・高气密効果の高い製品 (1/2)

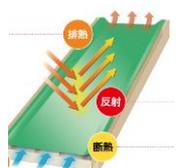
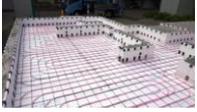
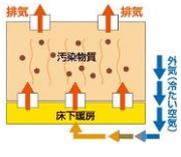
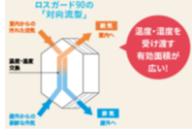
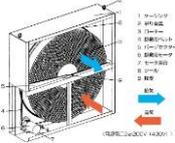
使用場所	高断熱・高气密効果のある商品	イメージ写真など
屋根等	断熱商品 ・遮断ルーフGr(屋根から侵入する日射熱をガード) ・ニチハ断熱パネル“パネルα”(断熱材と木下地が一体化して簡単施工)※受注生産品 ・esパネル(床からのすきま風を抑え、快適性と省エネ効果を向上)※受注生産品	
外壁等	気密化商品 ・土台気密パッキン・防湿気密シート・窓用気密パッキン・窓廻りの防水・気密材・パイプ廻りの防水・気密材	
外壁等	木質繊維断熱材商品 断熱性能はもとより、木でなければ持ち得ない特性の、熱緩和・防音・防耐火・調湿機能も持ち合わせた環境に優しい画期的なエコ建材	
外壁等	断熱性向上の工法 ダブルウォールユニット工法 ※工場生産 二重に配した厚い断熱層が高い断熱性能を発揮	
外壁等	断熱性向上の商品 豊栄建設とLIXIL共同開発商品 ・ウレタン断熱パネル	
外壁等	断熱性向上の商品 土屋ホームオリジナル商品 ・ポリスチレン製のオリジナル断熱材「SEベストボード」により気密性断熱性が向上	

表 3-9 省エネシステム・技術（床暖房、パッシブ空調、地中熱冷暖房）

場所	設備システム	概要	イメージ写真など
床下	土間蓄熱暖房 (床ホットシステム)	<p>【設備内容】 土間コンクリートにパイピングを施し、床下から室内全体を暖める工法</p> <p>【省エネ効果】 ・床下から直に伝わる熱と床ガラリから放出される熱で部屋全体を暖める ・基礎断熱をしているので熱が逃げることなく効率よく暖房 ・電気料金の安い深夜電力(eタイム3プラス)を使う暖房なので経済的</p>	
床下	セントラル床下暖房	<p>【設備内容】 床下に温水パイプを回して家全体を暖める(熱源灯油) ※北海道の7割～8割が導入している</p> <p>【省エネ効果】 ・床下吹き出しで室内全体を温めることで快適性の向上と空調負荷低減</p>	
空調暖房	パッシブ換気	<p>【設備内容】 地中埋設管(アースチューブ)に外の空気を取り込み移動中に地中熱で加温</p> <p>【省エネ効果】 ・パッシブ換気は機械動力を使わないため電力消費がゼロ ・パッシブ換気により空調負荷低減</p>	
空調暖房	パッシブ換気 床下暖房システム	<p>【設備内容】 地熱で外気を加温し、暖められた空気が上昇する性質を利用して床下暖房</p> <p>【省エネ効果】 ・床下暖房システムをパッシブ換気と組み合わせることでローコストで効率化 ・パッシブ換気により空調負荷低減</p>	
屈調	熱交換換気システム 「ロスガード90」	<p>【設備内容】 「熱交換型」で「高性能フィルター」を備えた換気システム</p> <p>【省エネ効果】 ・最大90%の温度交換効率で、省エネ性能も世界トップレベル</p>	
空調	全熱交換器	<p>【設備内容】 「全熱交換器」は、ローターの回転により全熱または顕熱を排気から給気に熱回収する蓄熱式熱交換器</p> <p>【省エネ効果】 ・全熱交換器により空調負荷低減・省電力化</p>	
冷暖房 (地中熱)	地中熱ヒートポンプ 冷暖房システム	<p>【設備内容】 地中からの自然エネルギーを採熱し、暖房エネルギーを作る</p> <p>【効果】 ・自然エネルギー使用による省電力化・CO2の排出を削減・ヒートアイランド現象に対する抑制効果</p>	

3.2 JCM 設備補助のプロジェクト候補

3.2.1 プロジェクト候補施設

(1) 選定の視点

前項までに挙げられたモンゴルにおける建築物の省エネ化に関する課題に対し、貢献が可能な省エネ技術や制度について検討した。

モンゴルでは断熱・省エネに関する規定がありながらも、その運用実態が不明であることから、省エネ技術の標準化や省エネ効果の算定方法、算定方法を基にした補助制度の活用による省エネ技術導入へのインセンティブを向上させることなどで、建築物省エネ化を促進することへの貢献ができると考えられる。

(2) 選定の視点

モンゴルでは、2000年代初めに全国民に一定の面積の土地を配分する政策が実施され、ウランバートル市では住民が行政の許可なくゲル家屋を無秩序に建て「ゲル地区」という集落が形成された。これらを背景に、多くの貧困層が2000年代にウランバートル市に流入し、ウランバートル市では都市計画がないまま急速な人口流入から建設ラッシュが起こっている。また、新ウランバートル国際空港の開設にともない新空港周辺衛星都市の開発も計画中であり本プロジェクトの候補地は多い。

そこで、以下の視点を基にJCM 設備補助のプロジェクト候補となる施設を選定した。

<選定の視点>

- エネルギー消費量が多く、省エネの効果大きいこと
- インフラ設備が整っておらず、新規に導入ができること
- 既存エネルギー供給設備の代わりに再生可能エネルギー導入が可能であること
- ウランバートル市におけるモデルケースとして模範となり、取り組みの水平展開が見込めること

(3) 選定結果

エネルギー消費量が多い、インフラ設備が新規に導入できる施設としては、新たに開発整備される集合住宅などが挙げられる。また、大規模な集合住宅であれば再生可能エネルギーを利用した地域電熱供給なども可能となる。

以上の視点を基に、インフラ設備の整っていないモンゴル新空港近くに整備計画中の集合住宅が本JCM設備補助のプロジェクト候補として望ましいと考えた。

(4) 候補地の概要

候補地は、新ウランバートル国際空港の開設と合わせ、多拠点型都市政策により計画が進められている諸衛星都市の一つであるアエロシティエリアでの空港職員家族向け集合住宅（600戸）である。アエロシティは、新ウランバートル国際空港を利用した人口34,000人（9,478世帯）、12,000haのサテライトタウンとなっている。

新空港周辺にはインフラが整備されておらず、アエロシティの9,478世帯の住宅のため

の暖房の熱供給には139.8MWが必要となっている。開港初期に計画の1割の住宅整備を想定すると単純計算で14MWが必要となり空港の供給能力42MWの1/3となっている。

電力については、2020年から2025年には27.4MW、2026年から2030年には28.6MWが必要になると想定されている。アエロシティ用の電力供給施設の建設や街路照明及び電気自動車（EV車）の充電施設として太陽光発電・蓄電設備の整備等が計画されている。アエロシティ内で使用する使用するエネルギー量を低減させ、導入設備のコスト削減や地球温暖化対策への貢献ためにも、より一層の住宅の省エネ化と再エネを利用した効率的なエネルギー供給が必要と考えられる。



ARRANGEMENT OF THE NEW DISTRICT

- 5 storey 27 block of apartments
- 3 storey 6 block of apartments
- School for 420 children
- Kindergarten for 360 kids
- Trade center with entertainment venues
- Total of 8.1 hectare land



3.2.2 モデル住宅の概要と建築仕様

(1) アエロシティ居住区の建物の概要

アエロシティ居住区の空港職員家族向け集合住宅の計画概要を下記に示す。

敷地面積：81,000m²

居住者：600世帯、2160人

建築物

集合住宅：5階建 27棟

3階建 6棟

学校：生徒・児童 420人

幼稚園：園児 360人

娯楽施設を含むトレードセンター



図 3-12 アエロシティ居住区のイメージ

(2) 建築仕様の概要

対象建物の詳細な建築仕様に関する情報は入手できていない。

既往の調査結果等から、一般的なものとして下記の仕様を想定することができる。

1) モンゴルの鉄筋コンクリート造

集合住宅の多くでは鉄筋コンクリート造が採用されている。柱、梁、スラブの構造部材を鉄筋コンクリートにより造ったうえで、外壁に気泡コンクリートブロック（厚300mm）を採用している。柱・梁・外壁 CB に、ビーズ法ポリスチレンフォーム（以下、EPS）などの断熱材を取り付けた上にモルタル塗装仕上げとしている。

外壁の構成は下記のパターンが多い。

- ① 塗装仕上げ+煉瓦(120mm)+EPS(100mm) +気泡 CB(380mm) +モルタル(15mm)
- ② 塗装仕上げ+モルタル(15mm)+EPS(150mm)+気泡 CB(380mm)+モルタル(15mm)

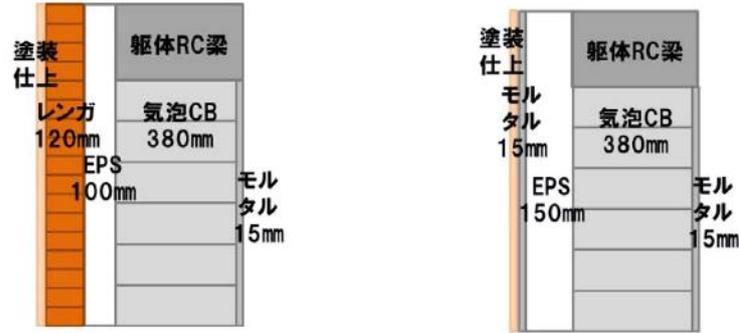


図 3-13 鉄筋コンクリート造の外壁の構成

表 3-10 鉄筋コンクリート造で採用されている仕様

部位		ウランバートル市既存住宅
断熱	外壁	EPS(ビーズ法ポリスチレンフォーム) 100 mm
	屋根	EPS(ビーズ法ポリスチレンフォーム) 100 mm
	1階床	無断熱
	窓	プラスチックサッシ 普通ペアガラス
	ドア	普通金属製ドア
	熱橋	・各階に熱橋がある ・パラペットに熱橋がある 十分な断熱補強がない
換気		自然換気 換気量無制御

「地球温暖化対策技術普及等推進事業/モンゴルにおけるウランバートル市内のゲル集落の高性能集合住宅化による GHG 削減プロジェクトの案件発掘調査」報告書(平成 26 年)より作成。

2) プレキャストコンクリート造

集合住宅においてプレキャストコンクリートも一般的に採用されている。

外壁の厚さは約 200mm でセメント/石灰セメントモルタルが内面にのみ塗布される。古い木製の二重窓が設置されていることが多いが、塗装やシーリングの施工品質が低く、水漏れ等が多く発生している。屋根はフラットで約 200mm のプレキャストコンクリート補強スラブでできており、断熱材は使用されていない。

3.2.3 導入を想定する省エネに関する制度及び技術

札幌市における省エネに関する制度のうち、選定したプロジェクトに活用できるものとして、ゼロエネルギー・ビル(ZEB)、ゼロエネルギー・マンション(ZEH-M)への補助制度の施策や基準を挙げる事ができる。

この制度はオフィスビルや集合住宅に関する省エネ効果についての算定方法が確立していることや、レベルによる認定が可能であること、認定と補助制度が一体として運用されていることなどから、モンゴルへの導入による建築物の省エネ化への貢献が期待できる。

(1) ZEB, ZEH-M に関する札幌市の補助制度について

札幌市では、ZEB、ZEH-Mの建設に必要な設計費の上乗せ相当分として60万円～300万円を建築主等に補助する支援策を実施し温室効果ガス排出量削減のため、将来を見据えた建物の「ゼロエネルギー化」を推進している。

補助対象者は、札幌市内に延べ床面積300m²以上のZEBやZEH-Mを建設する建築主等で、補助対象額は下記のとおりである。

表 3-11 札幌市の補助制度

ZEB(延べ床面積が 300 m ² 以上 2,000 m ² 未満)	ZEB(延べ床面積が 2,000 m ² 以上)	ZEH-M(延べ床面積が 300 m ² 以上 2,000 m ² 未満)	ZEH-M(延べ床面積が 2,000 m ² 以上)
150 万円	300 万円	60 万円	100 万円



図 3-14 札幌市の補助制度

(2) ZEB について

ZEBとは「建物で消費するエネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物」であり、国内外で検討がされているが、経済産業省資源エネルギー庁「ZEB ロードマップ 検討委員会とりまとめ」(平成 27 年 12 月)において下記のとおり定義されている。

ZEB の定義

先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物

上記の定義に示されるように ZEB を実現するための建築に係る主な技術として、①エネルギー負荷の抑制(パッシブ技術)、②高効率な設備システム(アクティブ技術)、③再生可能エネルギー(創エネ技術)の3つが挙げられる。

- ①パッシブ技術：外皮断熱(高性能断熱材、高性能断熱・遮熱窓)、日射遮蔽、自然採光
- ②アクティブ技術：高効率空調、高効率照明
- ③創エネ技術：太陽光発電システム

また、エネルギー消費量の収支をゼロとする建築物の実現・普及に向けて、ZEBに準ずるものとして、Nearly ZEB、ZEB Ready、ZEB Oriented を加えた4段階のZEBが定性的及び定量的に定義されている。

(3) ZEH-M について

ZEB が一般のオフィスビルを想定していることに対し、集合住宅を対象としたものとしてZEH-Mが定義されている。ZEH-M においても4段階の定義がされており、住棟単位で満たすべき評価基準は下記のとおりである。

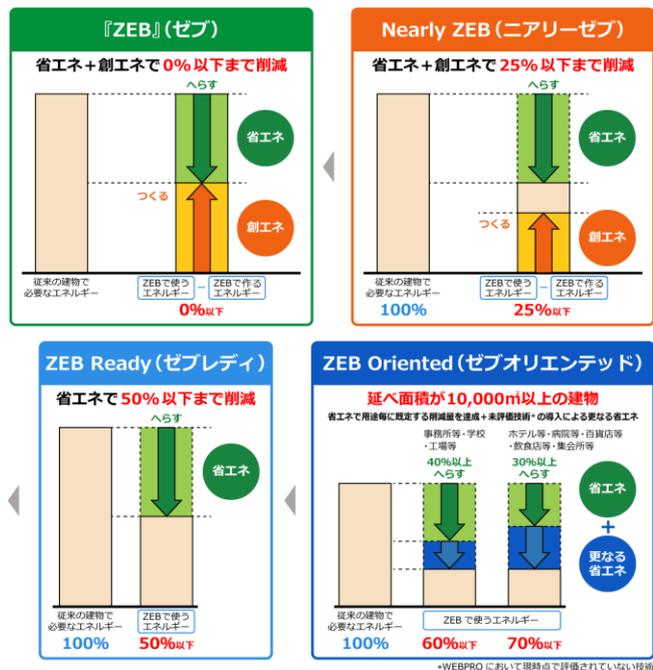


図 3-15 4段階で定義されるZEBの概要

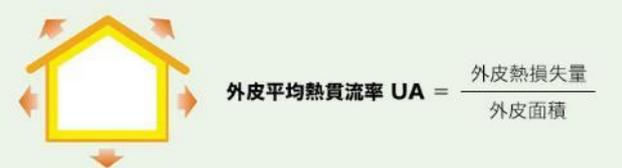
出典：環境省 HP

表 3-12 ZEH-M における評価基準

	評価基準			
	ZEH-M	Nearly ZEH-M	ZEH-M Ready	ZEH-M Oriented
外皮の断熱性能	強化外皮基準（全住戸でクリアすること）			
一次エネルギー消費	再生エネルギー除き 20%減			
	再エネ含め 100%減	再エネ含め 75%減	再エネ含め 50%減	再エネの規定なし

上記に示されるように ZEH-M に適合するためには①全住戸において強化外皮基準をクリアする、②一次エネルギー消費量を20%以上削減することが最低条件となり、再生エネルギーを含めた一次エネルギーの消費量の削減量によって評価される。ここでの一次エネルギー消費量の削減基準は、建築物省エネ法で示す平成28年省エネ基準である。

表 3-13 外皮性能に関する基準

基準	基準値	説明
外皮平均熱貫流率 UA[W/(m ² ・K)]	0.4 以下 (北海道 札幌・旭川)	<p>外壁、開口部、屋根等の「外皮」から逃げる熱の総量「外皮熱損失量」を外皮面積で割った値</p>  <p>外皮平均熱貫流率 $UA = \frac{\text{外皮熱損失量}}{\text{外皮面積}}$</p>
冷房期の平均日射熱取得率 η_{AC}	寒冷地では設定なし	<p>外壁、開口部、屋根等から入ってくる日射熱の総量を外皮面積で割った値</p>  <p>冷房期の平均日射熱取得率 $\eta_{AC} = \frac{\text{冷房期の日射熱取得量}}{\text{外皮面積}} \times 100\%$</p>

ZEH-M においては、建物の階数に応じて目指すべき水準を設定されており、3 階建以下については、『ZEH-M』または Nearly ZEH-M を、4 階建以上については、4 階以上 5 階建以下については ZEH-M Ready、6 階建以上については ZEH-M Oriented を目指すものとされている。

本事業に於いては、多くの住棟が 4 階建てを想定していること、モンゴルにおいて日本と同様の資材を確保することが難しいことがあると想定されることから、ZEH-M Ready または、ZEH-M Oriented を目安とする。

(4) 導入を想定する省エネ技術

ZEH-M では建築の各部位の仕様によって、外皮性能及び一次エネルギー消費量を計算し、省エネ能力を判定するものであり、この計算方法を利用することによりモンゴルにおいても建物の省エネ能力を定量的に判定し、目指すべき性能を示すことが可能となる。判定の根拠となる部位は下表のとおり。また、ZEH-M に認定された場合に補助対象となる省エネに資する技術は下図に示すとおりである。

【共用部】

設備	空調
	照明
	昇降機

【専有部】

断熱材	屋根
	外壁
	床
	界床
開口部	窓
	ドア
設備	空調
	換気
	照明
	給湯

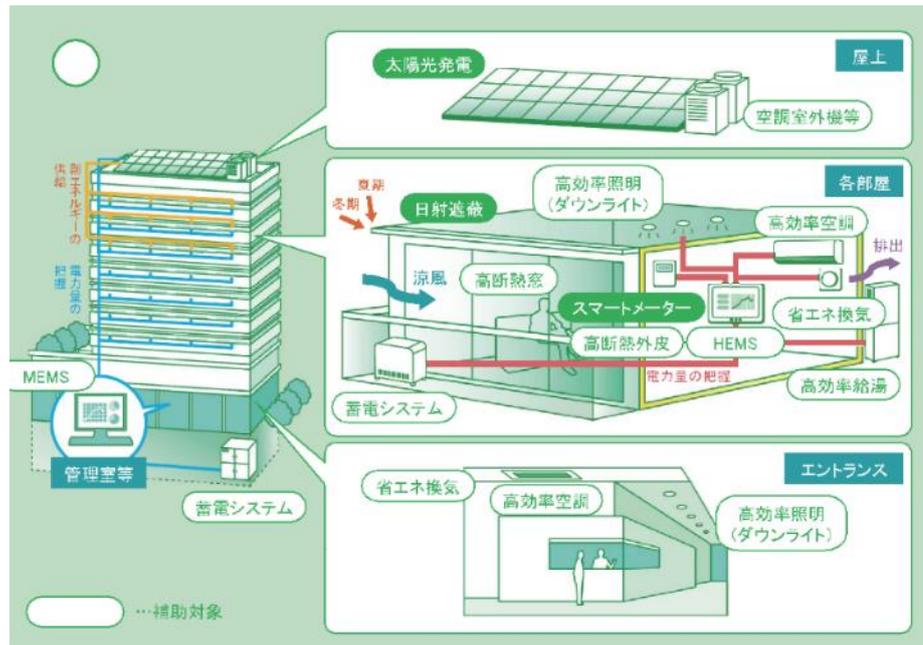


図 3-16 補助対象となる省エネ技術

本調査においては、ウランバートルにおいて採用されている仕様に基づいて、上記の計算を行い、一次エネルギー消費量を推定する。省エネ技術を導入した場合の仕様に沿っても同じ計算をすることで、削減幅を算出する。

具体的な ZEH-M の計算では、建物の規模や形状によって計算結果が異なるため、算定のためには詳細な建築計画を立てる必要がある。

「集合住宅における ZEH の設計ガイドライン」(2020 年 3 月)においては、ケーススタディとしてモデル集合住宅を想定して、ZEH-M Ready または、ZED-M Oriented となる建築の仕様をシミュレーションしている。

本調査においては、アエロシティにおける建物の形状が具体的に定まっていないため、建物形状は上記ガイドラインのケーススタディにおけるモデル集合住宅と仮定し、「ZED-M Oriented」を達成する下記の仕様の導入を想定する。

【モデル集合住宅の概要】

延べ面積	5,558.26 m ²
共用部面積	4,640.04 m ²
住戸平均床面積	72.5 m ²
住戸数	64 戸
構造	鉄筋コンクリート造 6 階建

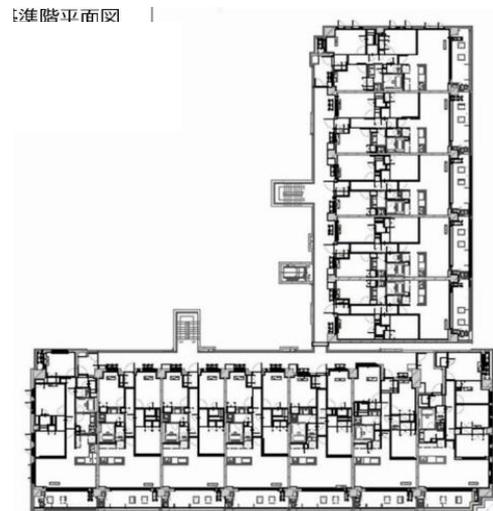


図 3-17 モデル集合住宅の基準階平面図

表 3-14 導入を想定する仕様

部位		提案仕様	概要	
断熱材	屋根	外断熱 押し出し法ポリスチレンフォーム断熱材 (内断熱 吹付硬質ウレタンフォーム断熱材)	堅くて難燃性を有する板状の発泡ポリスチレン。 ビーズ法ポリスチレンフォームに比べて断熱性能が高い。また耐水性が高く、水分に触れても性能の低下が少ない	
	外壁	内断熱 吹付硬質ウレタンフォーム断熱材	自己接着性を活かし、施工現場で原液と発泡機を持ち込み、現場にてウレタン原液を吹き付けて硬質ウレタンフォーム断熱材を形成する。吹付のため隙間なく施工することが可能。	
	床	外気：外断熱押し出し法ポリスチレンフォーム断熱材 ピット：外断熱 押し出し法ポリスチレンフォーム断熱材	—	
	界床	内断熱 吹付硬質ウレタンフォーム断熱材	—	
開口部	窓	樹脂金属複合建具＋Low-E 複層ガラス日射取得型	断熱性を高めると同時に寒冷期の日射取得率を高く維持し、暖房エネルギーの削減に貢献する。	
設備	空調	ルームエアコンディショナー 温水床暖房	高効率のエアコンに加え、床暖房を併用する。床暖房は足から暖かさを感じる「熱伝導」と床表面からの遠赤外線により暖かさを感じる「放射」を組み合わせることで効率的で快適な室内環境を保つことができる。	
	換気	ダクト式第一種換気設備 (径の太いダクト、DCモーターの採用) 全熱交換器	熱交換なしの換気に比べ、外に排気する空気の熱を活用し、室内温度に近づけて給気することで、住宅から流出する熱ロスを抑えること、冷暖房のランニングコストを削減する。	
	照明	LED 照明 (人感センサー)	LED 機器の採用と、人感センサーにより消し忘れを防止する。	
	給湯	電気ヒートポンプ給湯器 節湯水栓 (台所水栓、浴室シャワー、洗面水栓)	高効率なヒートポンプ技術を利用した給湯設備に加え、節湯型の水栓を採用して、台所や風呂におけるエネルギー利用を削減する。	

3.3 GHG 削減効果・モニタリング計画の構築

3.3.1 算定の考え方

ここでは、新空港近辺で計画中の空港職員用住宅（600戸）についてZEH-Mの考え方に沿って、ウランバートル市で多く見られる建築仕様をレファレンス値とし、導入を提案する仕様を採用した場合（プロジェクト値）との一次エネルギー使用量を比較し、GHG削減効果を試算した。

日本国内においてZEH認定をする際には、平成28年の省エネ基準を基準値としてそこから削減量に応じて判定することになるが、ウランバートル市における基準値を設定することが不可能なため、本章においてはウランバートル市で多く見られる建築仕様の場合と、提案する仕様の場合とそれぞれの一次エネルギー消費量を計算して削減量を算定する。

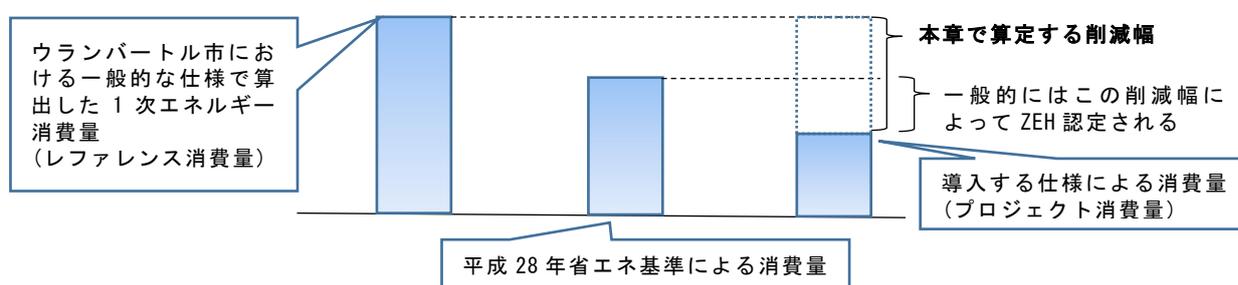


図 3-18 削減量算定の考え方

3.3.2 詳細な仕様に基づく ZEH-H の計算

(1) ZEH-M の判定フロー

ZEH-M判定を行う際には、「エネルギー消費性能計算プログラム」等を活用し、下記のフローに従い外皮性能及びBEI(Building Energy Index)を算出する。

本章では、3.3.1に記載のとおり、ZEH-Mの判定そのものを行うものでなく、モンゴル仕様に対し、導入仕様の省エネ効果を算定することが目的であることから、専有部分のモデル住戸を設定し、外皮性能及び一次エネルギー消費量を算出した。

想定する建築物は3.2.3(3)に示したとおり、「集合住宅におけるZEHの設計ガイドライン」におけるケーススタディを実施した規模（地上6階、住戸数64戸）とする。

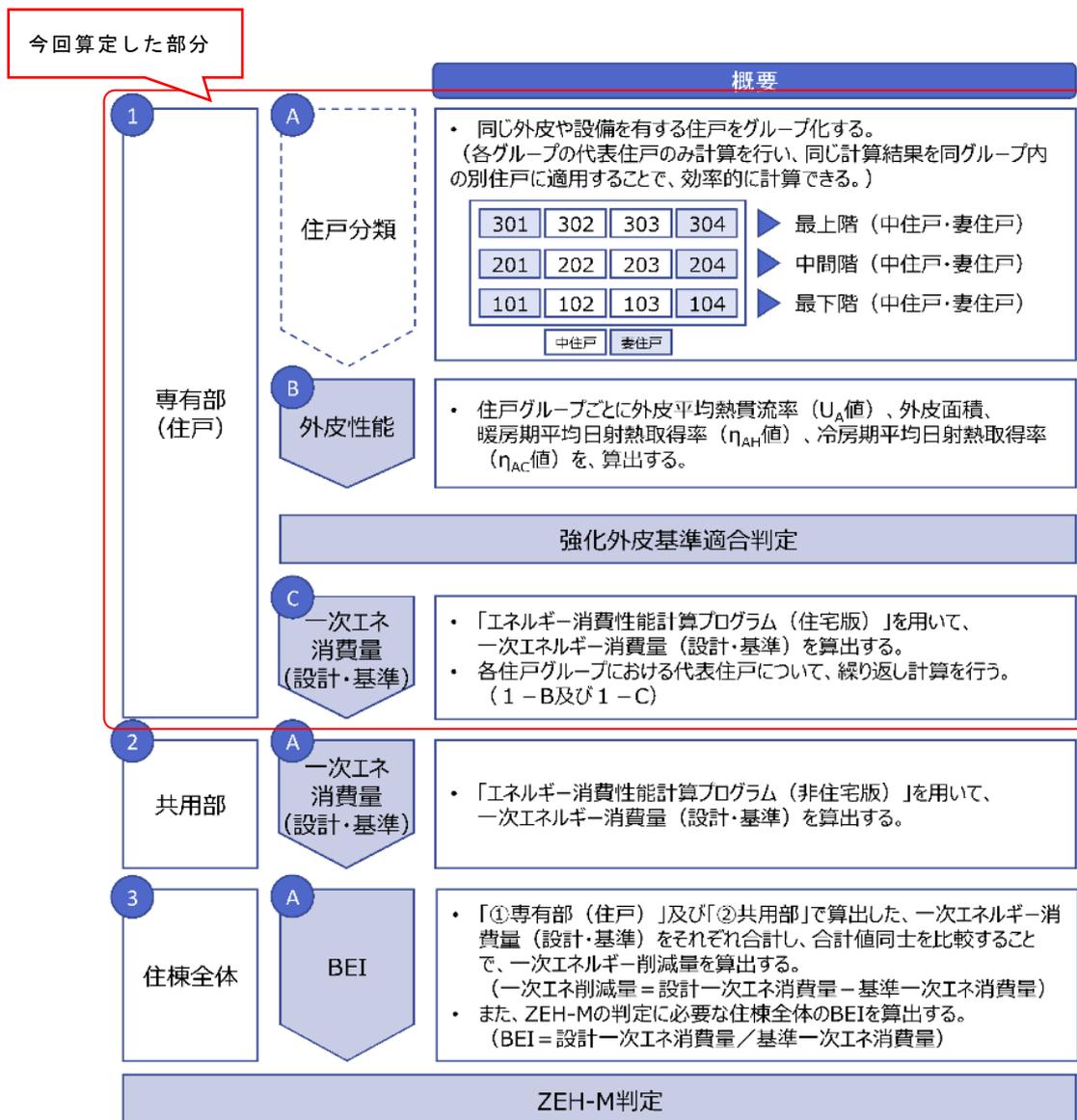
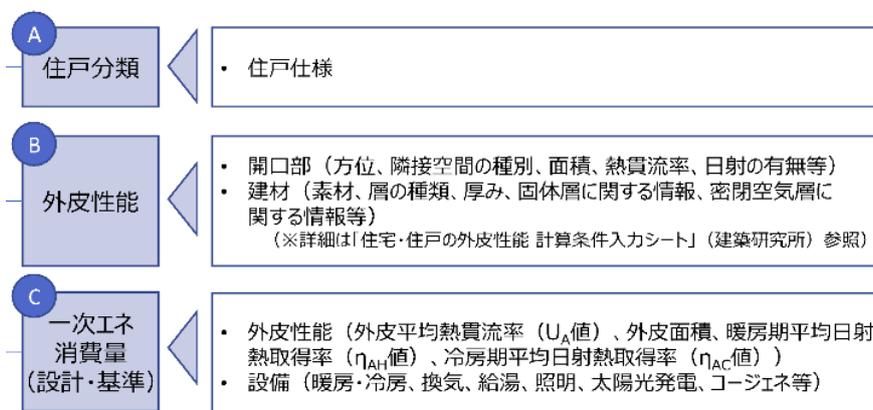


図 3-19 ZEH-Mの判定フロー

※「集合住宅におけるZEHの設計ガイドライン」による。集合住宅は、住戸部分である専有部と、エントランスや共有スペースを含んだ共用部に分かれているが、まとめて計算できるプログラムが存在しないため、本章では専有面積の大きい住戸部分のみを抽出して計算することとしている。

(3) 入力する建築仕様

ZEH-Mの手法に沿って、上記で示したモデル住戸における一次エネルギー消費量は下記の手順により算出する。



出典：「集合住宅における ZE H の設計ガイドライン」

図 3-20 住戸の計算手順

外皮性能及び一次エネルギー消費量を算出するための仕様は下記のとおりとした。計算のため入力したデータはハッチングをした箇所となる。なお、ウランバートル市における標準仕様は、現地調査の結果や日本企業が現地で施工した実績のある仕様とし、不明な項目については「平成28年の省エネ基準による基準値」を採用することとした。

表 3-15 採用した仕様一覧

項目		ウランバートル標準仕様	導入仕様
断熱材	屋根	ビーズ法ポリスチレンフォーム 100mm	外断熱 押し出し法ポリスチレンフォーム 断熱材 3種 bA 60mm 内断熱 吹付硬質ウレタンフォーム断熱材 A種 1H 70mm
	外壁	ビーズ法ポリスチレンフォーム 100mm	内断熱 吹付硬質ウレタンフォーム断熱材 A種 1H 100mm
	床	なし	外気：外断熱押し出し法ポリスチレンフォーム断熱材 3種 bA 75mm ピット：外断熱 押し出し法ポリスチレンフォーム断熱材 3種 bA 60mm
	界床	なし	内断熱 吹付硬質ウレタンフォーム断熱材 A種 1H 20mm
開口部	窓	樹脂金属複合建具 +複層ガラス	樹脂金属複合建具 +Low-E 複層ガラス日射取得型
	ドア	金属製ハニカムフラッシュ構造の戸(U値:4.65)	金属製ハニカムフラッシュ構造の戸(U値:4.65)
設備	空調	ルームエアコンディショナー	ルームエアコンディショナー 温水床暖房
	換気	ダクト式第二種またはダクト式第三種換気設備	ダクト式第一種換気設備 (省エネ仕様：径の太いダクト、DC モーターの採用、熱交換機)
	照明	蛍光灯（白熱灯以外）	LED 照明 (すべての機器、人感センサー)
	給湯	給湯単機能	電気ヒートポンプ給湯器 節湯水栓（台所水栓、浴室シャワー、洗面水栓）

3.3.3 削減効果の算定

(1) 算定結果

下記のとおり計算を実施した。

A) 住戸の分類

6階建て集合住宅の最上階を想定し、室構成を下記のとおりとした。

主たる居室：25.58m²、その他の居室：25.83m²、非居室：20.68、計72.09m²

総外皮面積：250.1m²

B) 外皮性能

ここでは、2つの建物の比較が主目的となるため壁の断熱材の断熱性能を外皮性能として比較する。

壁の熱貫流率K(W/m²K)の算出式は下記のとおり。

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_i \frac{L_i}{\lambda_i} + \sum_i R_i + \frac{1}{\alpha_o}}$$

ここで、

α_i : 室内側総合熱伝達率 9.0W/(m²K)

α_o : 室外側総合熱伝達率 23.0 W/(m²・K)

L_i : 建材 i の厚み [m] ⇒100mm

λ_i : 建材 i の熱伝達率 [W/(m・K)] ⇒ それぞれの断熱材の仕様

R_i : 中空層 i の熱抵抗値 [(m²・K)/W] ⇒0 とする。

(国立研究開発法人建築研究所「壁の熱貫流率の算出方法について」)

それぞれの断熱材の仕様は下記のとおり。

表 3-16 断熱材の仕様

ウランバートル標準仕様	導入仕様
ビーズ法ポリスチレンフォーム 100mm	内断熱 吹付硬質ウレタンフォーム断熱材 A種 1H 100mm
熱伝導率：0.037W/m ² K	熱伝導率：0.026W/m ² K

上記の計算の結果、外皮断熱性能は下記のとおりとなった。

表 3-17 外皮の断熱性能評価

	ウランバートル標準仕様	導入仕様
外皮平均熱貫流率	0.35 W/m ² K	0.25 W/m ² K

C) 一次エネルギー消費量

上記入力値での国立研究開発法人建築研究所「エネルギー消費性能計算プログラム(住宅版) Ver.2.8.1」による計算の結果、ウランバートル標準仕様及び導入仕様における一次エネルギー消費量は下記のとおりとなった。

表 3-18 エネルギー性能評価

		ウランバートル標準仕様 (MJ/年)	導入仕様 (MJ/年)
専有部	空調	暖房	37,141
		冷房	526
	換気		3565
	給湯		21690
	照明		3616
	計(GJ/年)		66.6

(2) リファレンス排出量とプロジェクト排出量の算定式

排出量は上記で求めた一次エネルギー消費量と CO2 排出係数から算定する。

また上記は住戸数 64 戸の集合住宅を想定しているため、アエロシティで計画されている規模である 600 戸に合わせる。

リファレンス排出量

= Σ {ウランバートル市の仕様を基にした一次エネルギー消費量 (600 戸) \times 0 排出係数}

プロジェクト排出量

= Σ {導入仕様を基にした一次エネルギー消費量 (600 戸) \times 0 導排出係数}

CO2 排出係数は下記のとおりとする。標準仕様 (リファレンス) においては、エネルギー換算で電力受給量と熱受給量が年間を通じて同程度と仮定し、熱電併給プラントの CO2 排出分として、日本における石炭火力発電の CO2 排出係数を適用した。また、導入仕様 (プロジェクト) においては、再生可能エネルギーによる電力受給を想定しているため、モンゴルにおける再生可能エネルギーの CO2 排出係数を使用した。なお、リファレンスの排出係数は日本の石炭火力発電のデータを準用したため、次年度以降にモンゴルの石炭化量発電による熱電併給の CO2 排出係数などを調査し、CO2 排出量の精度を向上させることが必要である。

表 3-19 CO2 排出係数

項目	数値	単位	備考	出典
リファレンスのCO2 排出係数	0.975	kg-CO2/kWh		資源エネルギー庁、低炭素電量供給システムに関する研究会報告書、2009
	0.271	t-CO2/GJ	kWh=3.6MJ	
プロジェクトのCO2 排出係数	0.797	kg-CO2/kWh		公益財団法人地球環境センター、令和2年度JCM 設備補助事業電力 CO2 排出係数 (t-CO2/MWh)一覧表
	0.221	t-CO2/GJ	kWh=3.6MJ	

(3) 削減量・効果のまとめ

上記よりCO2削減量は下記のように計算される。

表 3-20 CO2削減量の算出

	①一次エネルギー消費量 (GJ/年、 モデル住戸1戸あたり)	②一次エネルギー消費量 (GJ/年、 600戸あたり、①×あたり)	③CO2排出量 (t-CO2/年、 ②×排出係数)
リファレンス排出量 (ウランバトル仕様)	66.6	39,960	10,829
プロジェクト排出量 (導入仕様)	55.6	33,360	7,373
削減量			3,456

計算結果より、アエロシティで計画されている600戸の集合住宅に提案する仕様を導入することで年間3,456トンの二酸化炭素排出量の削減を見込むことが可能である。

ここで費用対効果について、モンゴルでの導入仕様の入手コスト及び施工費の情報が入手できていないため、国内での費用を基に算出する。

ガイドラインでは平成28年省エネ基準で分譲マンションを建設した場合とZEH-M Orientedの仕様を採用した場合の差額について、メーカーヒアリングやカタログ単価を基に下記のとおり試算している。

表 3-21 仕様変更によるコスト比較

	省エネ基準 (万円)	増額分 (万円)	ZEH-M Oriented (万円)	増額率
仮設	9,337	136	9,473	101%
土工	4,391	0	4,391	100%
地業	5,836	0	5,836	100%
躯体	32,681	0	32,681	100%
外皮断熱	41,185	2,958	44,143	107%
電気設備 (照明)	8,948	102	9,050	101%
衛生設備 (給湯)	11,561	442	12,002	104%
空調設備 (暖冷房・換気)	2,279	1,236	3,515	154%
昇降機	1,167	0	1,167	100%
諸経費	14,895	745	15,640	105%
合計	132,280	5,618	137,899	104%

上記で求められる仕様変更による増額5,618万円は64戸のマンションのものであるため、600戸とした場合の増額は52,669万円（5,618×600/64）となる。

ここで補助率を50%、耐用年数を、住宅用(鉄骨鉄筋コンクリート造または鉄筋コンクリート造)の法定耐用年数である47年と設定する。

上記より、費用対効果を下記のとおり計算する。

$$(526,690,000円 \times 50\%) \div (3,456t-CO_2 \times 47年) = 1,621円/t-CO_2$$

以上より、本調査で提案している600戸の集合住宅にZEH-M Orientedを採用した場合の削減効果としては、4,000円/t-CO₂・年以下の費用対効果を見込むことが可能である。

3.4 事業体制・計画の検討

3.4.1 事業体制・事業計画

(1) 事業体制

想定される事業体制は以下のとおりである。

表 3-22 想定する事業体制

役割	事業者名称	備考
導入先	ウランバートル市 Tuv 県と仮定	・ アエロシティの集合住宅に省エネ設計、施工を反映 ・ ZEH-Mを参考にした補助制度を策定
代表企業	岩田地崎建設株式会社	・ JCM申請 ・ 設計施工を支援
制度設計・技術支援	札幌市 北海道大学	・ モンゴルにおける補助制度の設計を支援 ・ 国内の省エネ技術のモンゴルへの最適化を支援

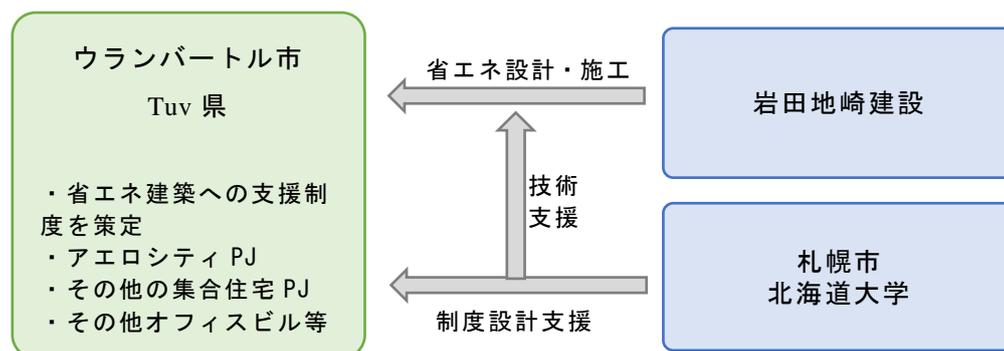


図 3-21 本事業における関係者と役割

(2) 事業計画

導入に向け以下のスケジュールを想定する。体制決定次第、JCM 設備補助の早期応募、事業開始を目指す。

表 3-23 事業実施スケジュール

項目	2021年度(令和3年度)												2022年度(令和4年度)											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
寒冷地における脱炭素に向けた住宅・建築分野の省エネによる環境性能の高いインフラ整備の検討																								
(1)JCMモデル事業の検討																								
(2)モンゴル建築基準・制度の詳細確認																								
(3)札幌市、道内企業の参画検討																								
ウランバートル市内における再エネ、新エネの導入拡大の具体的検討																								
(1)設備導入に向けたロードマップの合意形成																								
ウランバートル市・トゥヴ県の能力向上支援																								
(1)札幌市知見の共有、アエロシティ新都市構想への活用可能性検討																								
(2)ネットゼロエネルギー建物の取組紹介																								
寒冷地における脱炭素に向けた住宅・建築分野の省エネによる環境性能の高いインフラ整備の検討																								
(1)JCM設備補助事業申請書作成																								
(2)JCM設備補助以外の資金メニューの検討、活用																								
ウランバートル市内における再エネ、新エネの導入拡大の具体的検討																								
(1)具体的導入に向けたアドバイザー支援																								
ウランバートル市・トゥヴ県の能力向上支援																								
(1)CO2削減以外の分野における能力向上支援																								

3.5 その他の事業化ポテンシャル

3.5.1 アエロシティ居住区以外の住宅PJ

本事業で提案するZEH-Mの考え方による省エネの算定方法や建築仕様については、他の集合住宅プロジェクトへの導入も期待できる。

ウランバートル市ではゲル地区の住宅高性能化が計画されており、多数の集合住宅の建設が計画されている。これらの集合住宅はアエロシティと同じくエネルギー供給については電気を中心としたものとなることが想定され、建物の省エネ技術の向上は必須であることから、ZEH-Mを活用した省エネ技術の活用が有効である。

ウランバートル市の居住形態の内訳は 40%が戸建住宅、35%が集合住宅、25%がゲル家屋とされ、ゲル居住区は、仕事を求める人々の都市部への流入により拡大傾向が続いている。人口流入による住宅増加に比例して、ゲル居住区で焚かれる石炭量も増えており、近年の深刻な大気汚染の原因となっている。また、無秩序に拡大する居住区による公共用地不足は深刻化しており、用地確保ができないため道路整備が進まず交通渋滞の常態化を引き起こすなど、都市計画上の問題は深刻化しており、ウランバートル市はゲル地区再開発事業を最重要政策課題として推進を図っている。

ゲル地区に居住していると推定される 187,00 世帯のうち 70%が再開発された中高層住宅アパートに移住すると仮定すると、130,900 世帯が移転世帯となり 100 戸アパートでは 1,300 棟分の建替え需要が存在している。

また、経済発展に伴う所得水準の上昇や、それに伴う良質な住宅への住み替え需要の拡大により、モンゴルにおける住宅市場は総じて活況であり、ゲル地区以外においても、老朽化が進んだ社会主義時代の PC(プレキャストコンクリート)造の中層の集合住宅は取り壊され、市街地の住宅は次々と建替えが進んでおり、集合住宅の需要は大きいと言える。

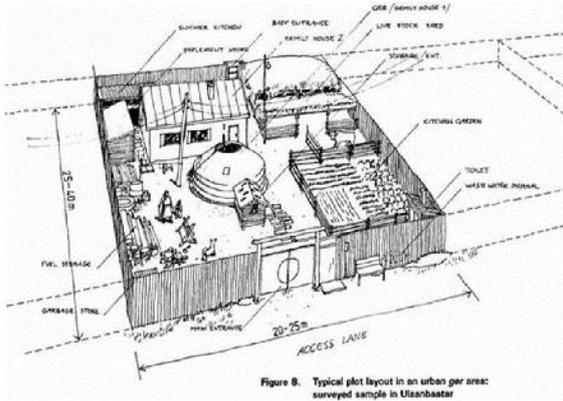


図 3-22 ゲル居住区の住居ユニット



図 3-23 ゲルの外観

「地球温暖化対策技術普及等推進事業/モンゴルにおけるウランバートル市内のゲル集落の高性能集合住宅化による GHG 削減プロジェクトの案件発掘調査」報告書より

3.5.2 ZEB 技術を活用した集合住宅以外への展開

(1) ZEB 技術

集合住宅以外のビルディングタイプであるオフィスビルにおいては、ZEB 技術の活用が期待される。

オフィスビルは集合住宅と建物の特性が異なるため、評価項目も異なっている。集合住宅では同じ仕様の住戸が並ぶ一方で、空調や給水・給湯の使い方が各戸ごとに異なるため設備面においては住宅用の高効率機器の選定が重要であるが、オフィスビルでは大空間に対応した省エネ技術や、中央監視によるエネルギー利用のコントロール、昼光利用や地中熱など多様な熱源を活用する設備システムの導入などが有効となる。

上記で採用している ZEB における省エネ技術の一覧は下記のとおり。

表 3-24 ZEB における省エネ技術の一覧

部位	採用されている省エネ技術
① 高断熱化(屋根、外壁)	・外壁：発泡スチロール ・屋根：発泡硬質ウレタンフォーム
② Low-E 複層ガラス	・南北西面全窓に採用
③ トップライト(昼光利用)	・明るさセンサーと連動して電動ブラインドを開閉制御
④ 設備間統合制御、LED 照明	・入退室制御の在・不在情報により、照明と空調で連動した省エネ制御 ・タスク・アンビエント照明制御 ・昼光センサーによる調光制御 ・トイレ、階段室は人感連動制御
⑤ クールチューブピット	・地中温度、免震ピット内温度による室外機の運転効率向上を図る
⑥ 井水を利用した熱源システム	・井水を熱源水に利用
⑦ 高効率トランス	・トッランナー変圧器
⑧ 高効率換気	・駐車場：CO 濃度による換気量のインバータ制御 ・全熱交換機(Co2 制御付)
⑨ 放射空調	・4F に井水利用放射パネルによるアンビエント空調を実施
⑩ デシカント空調	・デシカント再生を太陽熱李朝温水で行い省エネを図る
⑪ タスク・アンビエント空調	・タスク域は個別の床吹出方式 PC による on/off、風量制御採用
⑫ 高効率空調機	・ビル用マルチエアコン
⑫ 太陽光発電パネル	・屋上に設置、創蓄連携蓄電池制御 ・停電時 BCP 対策に利用
⑬ BEMS の導入	・省エネ制御項目 ①BEMS によるエネルギー管理 電力量(照明・空調・コンセント・換気動力・ポンプ) 水・ガス・熱量計測 温湿度計測(給気・環気、室内環境、冷温水往還) ②空調ファン INV 変風量制御 ③熱源廻りポンプ INV 変流量制御 ④照明・吹出しファン：在/不在制御 ⑤空調、照明のスケジュール制御
⑬ ハイブリッド給湯システム	・高効率 HP 給湯機 ・太陽熱利用昇温貯湯槽

(2) モンゴル貿易開発銀行新社屋建設計画への活用

ウランバートル市に本部を置くモンゴル貿易開発銀行(TDB)では、本部新社屋の建設計画を検討しており、省エネに配慮したグリーンビルディングとすることへの関心を有している。

一方でモンゴルにおけるグリーンビルディングの評価方法や認証制度等が定まっておらず、グリーンビルディングとすることによる利点を明確にできないという課題がある。

建築の概要は延べ床面積約 65,000m² で地下 3 階、地上 28 階建てで高さ 154.55m である。総面積は 24,000m² に及ぶ外壁にはガラスファサードの採用を想定しているが、省エネ素材の活用を検討している。また、水再利用システムの導入を検討しており、全体使用量 107m³/日の約 30%となる 33m³/日に再利用水を活用し、水利用の効率化を図る。

本計画の検討にあたって、ZEB による省エネ効果の算定及び認証を活用することにより、導入技術や設備の省エネ効果を明確化し、建物トータルでの最適な省エネ技術を検討することが可能となり、グリーンビルディングとしての計画を促進し、CO₂削減への貢献が期待できる。

また省エネ効果を明確にすることで、利用者に対する企業のイメージアップにつなげることや、投資家への PR 材料とすることなどの効果も期待することができる。



図 3-25 TBD 新社屋の完成イメージ

(3) イーマーケット新店舗建設計画への活用可能性

ウランバートル市に 3 店舗をオープンし、1 日あたり 20,000 人の顧客を持つイーマーケットが 4 店舗目の建設にあたり、JCM 設備補助事業の活用を検討している。

6 階建ての大規模なスーパーマーケットを計画しており総暖房量は約 145,000m³ に達し、空調システムや建物外皮の改善によるエネルギー効率化により、CO₂ 排出量を 30%削減することを目指している。想定する年間の CO₂ 排出量は年間で 4,569tCO₂ と推定され、削減量 1,370tCO₂ に達すると見込んでいる。

計画ではソーラーパネルの設置、高効率なエアコンや冷蔵設備などの導入によるエネルギー効率化、BEMS の導入と建物の外皮の改善などを検討しており、導入技術の活用は下記のとおりである。



図 3-26 イーマーケット新店舗のイメージ

表 3-25 イーマーケット新店舗建設計画の省エネ技術一覧

項目	概要
1 BEMS（ビルエネルギー管理システム）の導入	最新のエネルギー管理システムの導入によるエネルギー消費削減
2 建物外皮性能の向上の改善	ガラスのファサード、ガラスのドア、ガラスの窓において省エネ効果の高い仕様の導入
3 ソーラーパネル設置	屋上に太陽光発電(0.5mw)を設置
4 空気調和設備	空気調和機（AHU、エアハンドリングユニット）約 30 個、冷却水循環装置（チラー）2 台、エアーコンディショナー、冷却コンプレッサー 6 個について高効率機器を使用

本計画に ZEB の算定方法等を活用することにより、省エネ効果の算定や有効な技術の検討が可能となる。本事業の推進においては TDB が融資を予定しており実現性は高いものと思われる。再エネ、省セネ設備については JCM 設備補助の適用も検討されている。

3.5.3 グリーンファイナンスへの活用

環境配慮に優れた建築物をグリーンビルディングとして認定し、投資を促すグリーンファイナンスへの活用も期待できる。グリーンビルディングについて世界で統一した定義はなく、各国でそれぞれの認証制度を基に判定している。環境配慮について数値で示すことのできる ZEB、ZEH-M をグリーンビルディングの認定基準とすることで、ESG 投資につなげることも検討できる。

「グリーンビルディング」は環境配慮型の建築物を指す用語であり、統一した定義はなく Sustainable Building, High Performance Building, Green Architecture, Natural Building などと呼ばれる。各国の認定機関により適合性が認証され、代表的な認証制度としては下記のものが挙げられる。

- 米国: Leadership in Energy and Environmental Design(LEED)
- 英国: BRE Environmental Assessment Method(BREEAM)
- 中国: GBAS(緑色評価評文体系)
- 日本: CASBEE

グリーンビルディングのメリットとして、優れた材質や高効率エネルギー機器の利用による光熱費の削減、節水機器や水再利用システムの導入による水道費削減、メンテナンス費用の削減などがある。

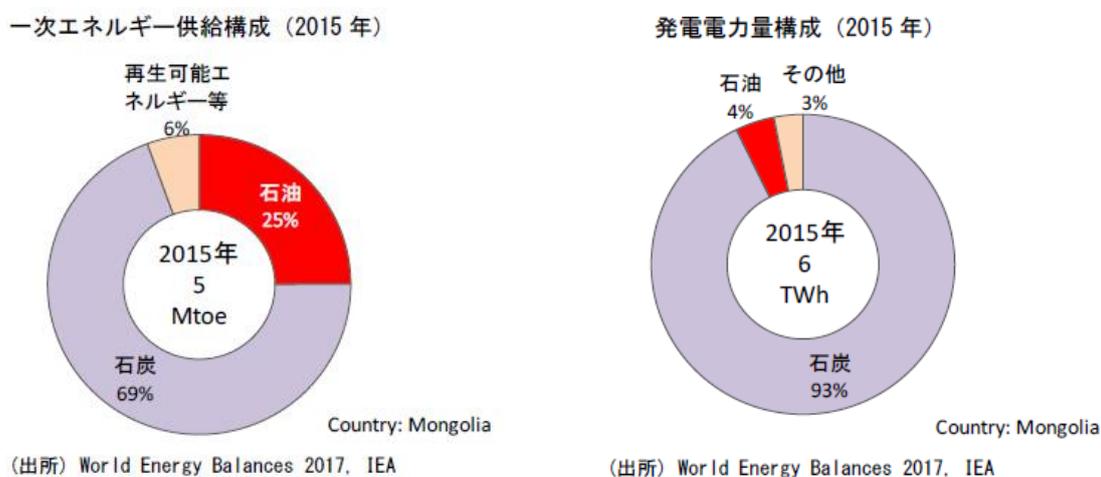
上記のようなグリーンビルディングを認証する制度を確立することにより、省エネ仕様の適合性と第三者による検証を受けていることが客観的に説明可能となる。建築主としては、ESG 不動産として投資家に対する価値を PR することができる。入居企業のブランドイメージの向上によりグリーンビルディングへの入居を希望するテナントの増加により、賃料・稼働率、建物の市場価値の向上も期待される。

第4章 ウランバートル市への札幌市の再エネ技術導入の可能性検討

4.1 ウランバートル市での再エネ導入の取り組み

4.1.1 モンゴルのエネルギー構成

2015年のモンゴルの一次エネルギー供給構成は、石炭が69%、石油が25%および再生可能エネルギー等が6%となっている。また、発電電力量構成は石炭が93%であり、発電に使用される燃料のほとんどは石炭で賄われている。



出典：諸外国のエネルギー政策動向に関する調査報告書、平成30年2月、一般財団法人日本エネルギー経済研究所

図 4-1 モンゴルの一次エネルギー供給および発電量の構成

モンゴルでは、現在開発の進んでいる南ゴビのタワントルゴエ炭田だけでも、60億トンの石炭の埋蔵量が見込まれている。ウランバートル市近郊にもバガノールやシヴェーオヴォー、シャリングルといった露天掘りの炭鉱があり、石炭資源はモンゴル国内に豊富なため、モンゴル国民だけで使用するのであれば数百年分の需要に対して供給が可能である。石油やガスは多くは産出せず石油製品(含むLPガス)は輸入に頼っている。また、内陸国であるため輸送費が高む輸入燃料と比べると、圧倒的に石炭の価格が安い状況である。

したがって、ウランバートル市でも石炭焚きの中央熱電併給発電所を中核に、冬季においては市内各所の分散型のボイラーハウスによる熱源供給により市内の主だった箇所の電気と暖房用熱源を供給している。戸建ての住宅や地域の学校など施設では、個別ボイラーを設置し、そのボイラーで石炭を焚くことで温水の供給をしてきた。また、周辺のゲル地区等では石炭をそのままストーブで焚いているのが実状である。

そのため、近年では、大気中の汚染濃度が毎年増加しており、極寒期にPM2.5の計測機器を使用して大気濃度を測定しても、最大値を超え計測不可能な事態も発生している。そのような状況下、2019年には、冬季に石炭をそのまま焚くことが禁止され、練炭状にした

改良燃料を使うことがウランバートル市内で法制化された。その結果、2020年には、大気汚染も以前より緩和されつつある。

一方、新たな問題として、大気中の二酸化硫黄の含有量の増加があげられる。モンゴルの鉱物資源には、硫黄が多く含まれており、練炭の導入により、濃縮された硫黄分が燃焼により二酸化硫黄になり、特に、2020年から2021年の冬季には、前年比3倍の二酸化硫黄排出量が検出されている。

上記の石炭依存な状況より、太陽光や、風力などを利用した再生可能エネルギーの導入促進が望まれている。

4.1.2 モンゴルのエネルギー政策

モンゴル政府は2007年に、再生可能エネルギーを活用するため、発電とその供給に関して規定した再生可能エネルギー法を制定した。再生可能エネルギー法は、第1～6章で構成されている。第3章では、発電ライセンスの内容や送電事業者の権利義務、建設・発電ライセンスの取得手順、電力購入契約の内容等が規定されている。第4章では、水力・風力・太陽光ごとの買い取り価格の範囲や買い取り価格決定の方法、適用期間が規定されている。

なお、再生可能エネルギー法は2015年および2019年月に改正され、2015年の改正では、グリーンタリフとして電気料金に4MNT/kWhの上乗せが定められたが、再生可能エネルギーの買い取り価格の変更はしていない。

表 4-1 再生可能エネルギーの買い取り価格(タリフ)

エネルギー源	種類	設備容量	タリフ (USD/kWh)
太陽光	グリッド接続型		0.150～0.180
	独立型		0.200～0.300
風力	グリッド接続型		0.080～0.095
	独立型		0.100～0.150
水力	グリッド接続型	～5,000kW	0.045～0.060
	独立型	～500kW	0.080～0.100
		501～2,000kW	0.050～0.060
		2,001～5,000kW	0.045～0.050

出典：モンゴル国フルメン風力発電事業準備調査報告書、平成27年11月

モンゴルでは今後も、電力・エネルギー需要が断続的に増加すると見込まれている。ADBおよびエネルギー省が実施した調査によると、2030年までの電力・エネルギー需要の年平均成長率は、低位、中位、高位シナリオにおいて、それぞれ9.3%、9.8%、10.5%と予測されており、高い伸びを示している。電源に関してモンゴル政府は、再生可能エネルギーの導入を継続的に推進していく方針を掲げている。

2015年時点での再生可能エネルギーは、一次エネルギー全体の6%程度に過ぎないが、モンゴルでは太陽光、風力、小規模水力等の再生可能エネルギーの潜在性が高い。また、モンゴルはパリ協定に加盟しており、2015年にエネルギーセクターの中期目標を定めた国家政策が国会で承認されている。同政策では、2030年までに総電力発電量に対する再生可能エネルギーの割合を30%に引き上げることを目標にしている。

4.1.3 モンゴル・ウランバートル市の再エネ導入状況

ウランバートル市では、市内の石炭火力発電所（熱電併給）に起因する大気汚染が深刻な問題となっている。その対策として、再生可能エネルギーとして太陽光発電等の導入事業が拡大しており、JCM 整備補助を利用した案件も多数あり、モンゴルの温室効果ガスの削減目標達成に大きく貢献している。

表 4-2 再生可能エネルギー発電事業の建設特別許可数と容量

	エネルギー源	特別許可の数	容量 (MW)
1	風力	5	502.4
2	太陽光	29	727
3	水力	3	217.4
4	その他	2	82

出所: Bavuudorj (2018)

出典: モンゴルの気候変動と再生可能エネルギーの使用、ERINA REPOT PLUS NO.145、2018

モンゴルの再生可能エネルギーの導入状況については、風力発電では 5 件 (502.4MW)、太陽光発電では 29 件 (727MW)、水力発電では 3 件 (217.4MW)、バイオマス等では 2 件 (82MW) の設備が、エネルギー規制委員会による再生可能エネルギー発電の特別許可を得ている。民間投資による再生可能エネルギーの導入が進んでいるのは、2007 年に制定された再生可能エネルギー法によるところが大きいと考えられる。

民間企業による風量発電の導入例として、風力資源が豊富なゴビ砂漠に建設されたツェツィー風力発電所がある(下写真参照)。同発電所は、高さ 130m の巨大な風車が 25 基で 2017 年 10 月から稼働しており、モンゴルの電力需要の約 5%にあたる 50MW が発電可能である。同事業は、モンゴル発の風力発電所を建設・運営したインフラ投資会社ニューコムと日本で再生可能エネルギー事業を展開するソフトバンクグループの SB エナジーがクリーン・エナジー・アジアを設立して事業運営をしている。



出典: JICA

ツェツィー風力発電所

2019 年には、シャープエネルギーソリューション株式会社が、再生可能エネルギー事業を手掛ける Serm Sang Power 社（本社：バンコク）や Tennun Genel Construction LLC 社（本社：モンゴルウランバートル市）等と共同で、トゥブ県セルゲレン郡に太陽光発電所を建設している。本発電所は、新ウランバートル国際空港の南西約 14km に位置しており、ウ

ランバートル市および新空港にも電力供給される計画である。本発電所の発電出力は16.4MWであり、年間発電量が約23,134MWh/年で約18,438tCO₂/年の温室効果ガス排出量の削減が見込まれる。なお、JCM設備補助事業により実施された本事業は、シャープグループによるモンゴルでのメガソーラー事業として、ダルハン市の約10MW、ドルノゴビ県ザミンウード市の約16.5MWに続く3件目の太陽光発電所となる。



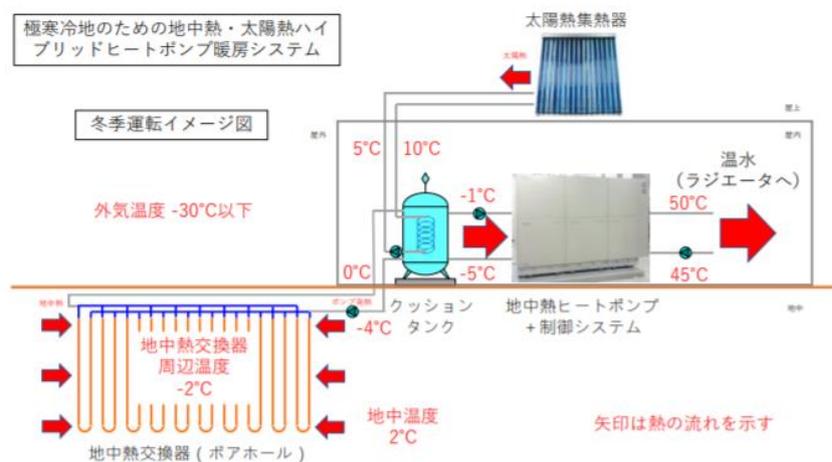
出所：シャープエネルギーソリューション

フーシク・フンディのメガソーラー

モンゴルでは大規模な再生可能エネルギーの導入が進み、温室効果ガス排出量の削減に貢献しているが、遠隔地での発電量が増加することにより、モンゴル国内の送配電網の脆弱化から系統容量が逼迫する問題が生じている。

今後は、送電線の容量増強、配電システムの強化、蓄電池を併用した再生可能エネルギー導入に加えて、都市部等での分散型の再生可能エネルギーの導入促進も必要である。都市部における分散型の再生可能エネルギーの導入では、公共施設や民家等の冷暖房への地中熱利用等が考えられる。また、ゲル地区等では石炭ストーブによる個別暖房のため、暖房のエネルギー効率が低く、大気汚染の原因にもなっている。ゲル地区再開発では、再生可能エネルギーを利用した分散型地域熱供給設備等の導入も有効な施策と考えられる。

分散型の再生可能エネルギーの例として、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実証事業がモンゴルにおいて計画されている。本事業は令和2年度「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」として令和2年2月から実施中である。



出典：公益財団法人 地球環境センター ホームページ 2021年9月10日

図 4-2 地中熱・太陽熱ハイブリッドヒートポンプ暖房システム

4.2 北海道・札幌市の再エネ導入方針、エネルギー消費量

4.2.1 北海道の再エネ導入方針

積雪寒冷地の北海道では、冬季の灯油等の使用量が多く、自動車移動の依存度が高いことから、一人当たりの CO2 排出量は全国平均より大きい。

北海道では、気候変動対策を総合的かつ計画的に推進することを目的として、2010年に「北海道地球温暖化対策推進計画」が策定されている。2014年には、本計画の CO2 削減目標が改定され、1990年度比 7%の削減が目標として掲げられ、その実現に向けて、下図に示す重点施策が整理されている。

北海道は、広大な土地と多様な再生可能エネルギー資源に恵まれ、そのポテンシャルは国内最大である。特に陸上風力は、国内の全導入ポテンシャルの 49%を占めている。他にも、メガソーラーなど未利用地での太陽光発電、洋上風力や地熱等のポテンシャルも大きく、今後の開発によって、日本最大の再生可能エネルギー供給基地となることが期待されている。

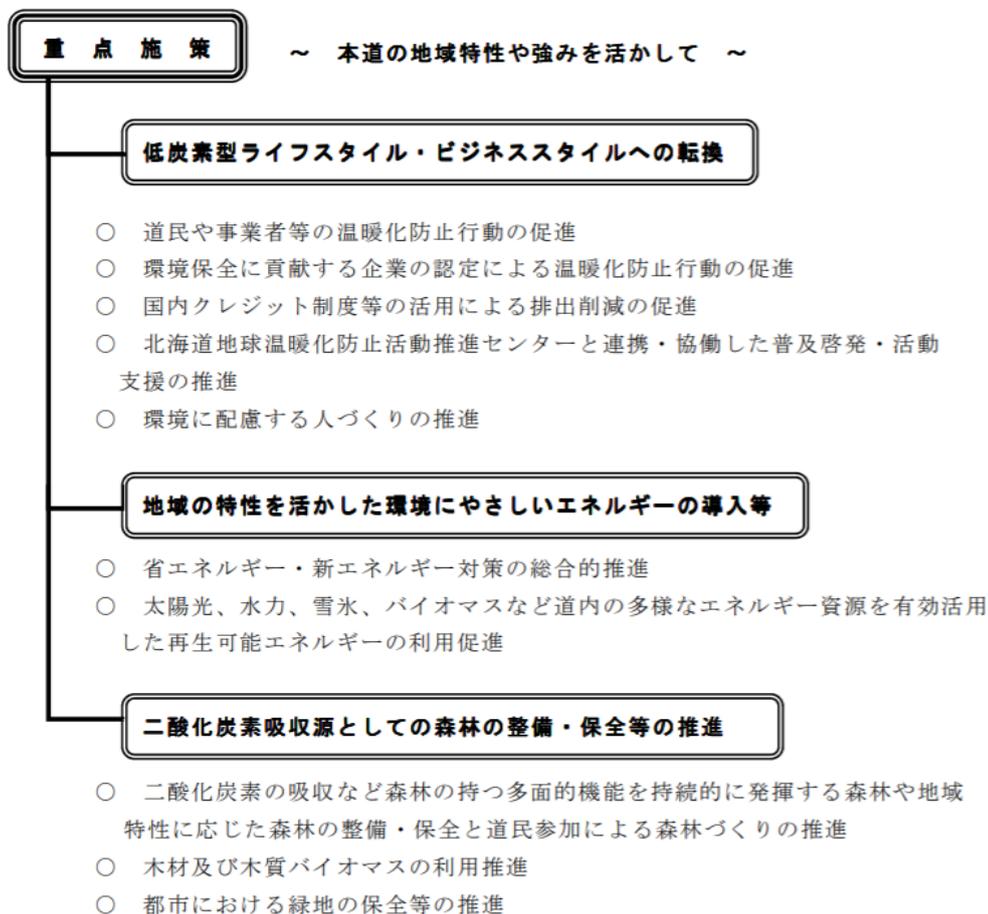


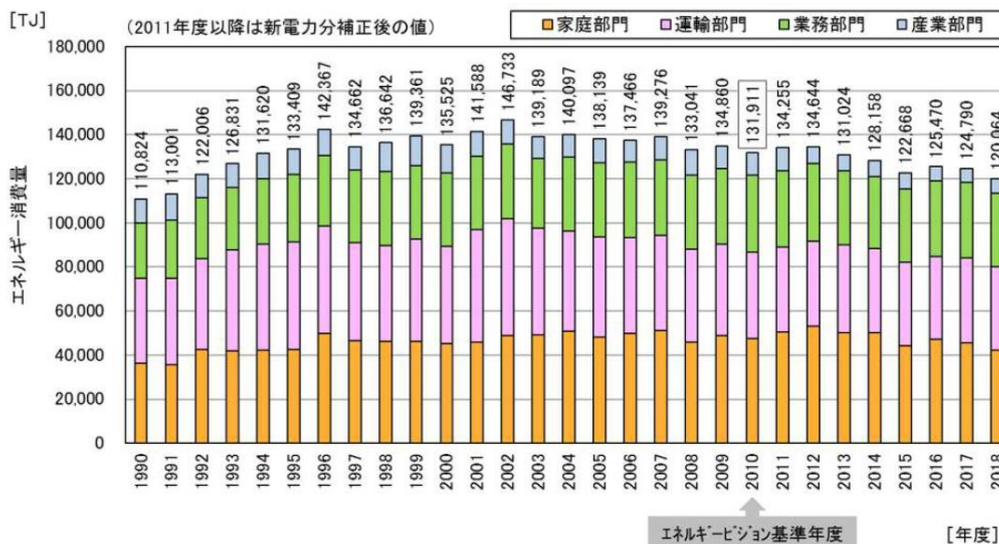
図 4-3 北海道地球温暖化対策推進計画の重点化施策

4.2.2 札幌市のエネルギー消費と再エネ導入方針

(1) 札幌市のエネルギー消費量

札幌市内のエネルギー消費量は、2002年度までは増加傾向であったが、2002年度をピークにそれ以降は緩やかであるが減少傾向を示している。2018年度のエネルギー消費量を部

門別にみると、運輸と産業部門は1990年度に比べ微減している。一方、家庭部門はおよび民生業務部門は2010年度（札幌市エネルギービジョンの基準年）より微減しているものの、1990年度比で微増している。



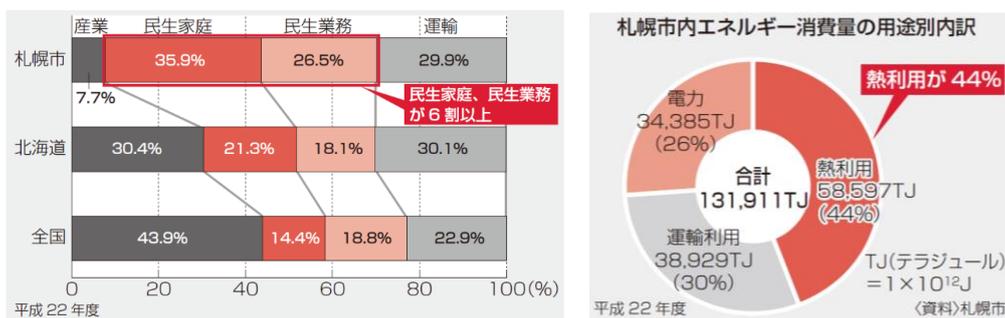
出典：札幌市エネルギービジョン札幌市温暖化対策推進計画進行管理報告書
(2018年度速報値・2016年度確定値)

図 4-4 札幌市内のエネルギー消費量推移

部門別エネルギー消費量構成に関して全国および北海道と比較すると、札幌市は大きな工場が少ないことから産業部門の消費量が少なく、逆に民生家庭と民生業務部門の消費量が多い。札幌市は、民生家庭と民生業務部門を合わせたエネルギー消費量が全体の6割以上を占めているなどの特徴がある。

電力、熱利用および運輸利用の用途別に札幌市のエネルギー消費量をみると、熱利用が44%とほぼ半分を占める。また、熱利用のうち、約60%が家庭で消費されている。

寒冷地である札幌市は、ウランバートル市と同様に家庭での暖房によるエネルギー消費量が高いことがわかる。



出典：札幌エネルギービジョン、2014年

図 4-5 札幌市内のエネルギー消費量の用途別構成

(2) 札幌市の再エネ導入方針

北海道内で最大のエネルギー消費地である札幌市は、2014年に「札幌市エネルギービジョン」を策定している。札幌市エネルギービジョンでは、これまでのライフスタイルを見直し、エネルギー消費を抑えた新しい生活のあり方を再構築し、未来をつなぐ子どもたち

へ安全で安心して暮らせる社会を引継ぐため、市のエネルギー政策の方向性を示している。

また、2018年に策定された札幌市都心エネルギーマスタープランは、「～豊かな暮らしを受継ぎ、世界から信頼される都心の実現へ向けて～環境エネルギーの先駆的な取り組みとイノベーションへのチャレンジをつづける」の理念を掲げている。札幌市温暖化対策推進計画（案）によると、温室効果ガス排出量の中期目標として、2030年に2016年比で55%削減（目標排出量537万tCO₂）、長期目標では2050年に温室効果ガス排出量を実質ゼロとする（ゼロカーボン）が掲げられている。

表 4-3 幌市気候変動対策行動計画（案）における2030年目標達成に向けた主な取組

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-CO₂
[再エネ] 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	
	小計	約 218 万t-CO₂
[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	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-CO₂
[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-CO₂
[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-CO₂

出典：札幌市気候変動対策行動計画（案）、2021年パブリックコメント用の資料

4.3 札幌市の再エネ導入量、再エネ技術

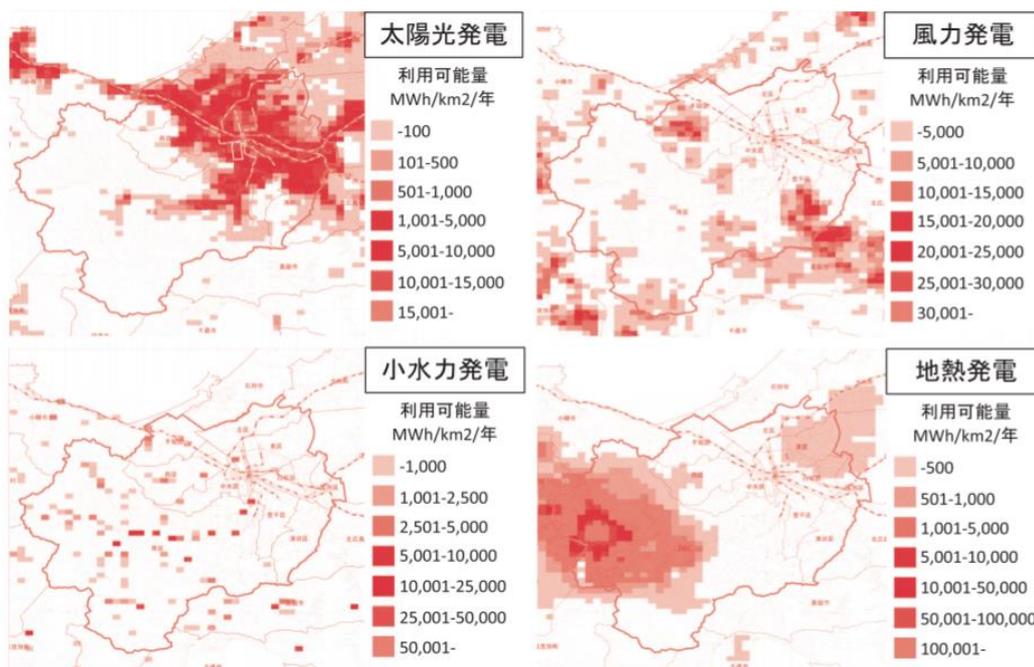
4.3.1 札幌市の再エネ利用可能量

平成 23 年度に札幌市が実施した再生可能エネルギーの利用可能量調査では、札幌市内における再生可能エネルギーの利用可能発電量の合計は 60.7 億 kWh になる(下表参照)。これは、平成 24 年度の電力消費量 94 億 kWh の 65%に相当する。下表に示すように札幌市で最も利用可能量が多い再生可能エネルギーは地熱であるが、地熱発電は調査から発電開始まで長期間要するなどの課題がある。札幌市では下表の通り二番目に利用可能量が多く、建物の屋根・屋上や未利用地等への比較的導入が容易な太陽光発電の普及を進めていくことが有効と考えられている。

表 4-4 札幌市・北海道の再生可能エネルギー利用可能量

	札幌市	北海道
太陽光発電	18.5 億 kWh	72.1 億 kWh
陸上風力発電	11.1 億 kWh	3,319.3 億 kWh
小水力発電	1.1 億 kWh	24.5 億 kWh
地熱発電	30.0 億 kWh	197.4 億 kWh
合計	60.7 億 kWh	3,613.3 億 kWh

出典：札幌市エネルギービジョン



出典：札幌市エネルギービジョン

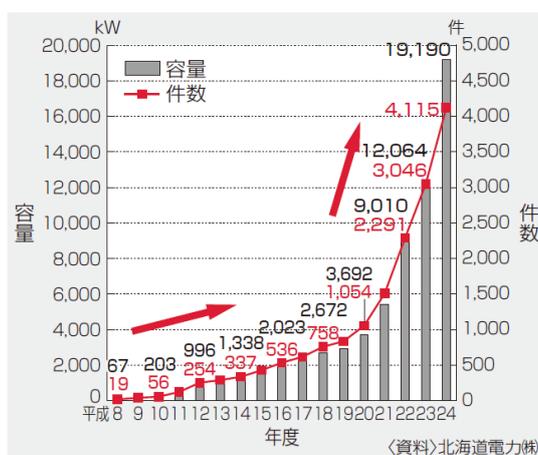
図 4-6 札幌市の再生可能エネルギー利用可能量マップ

4.3.2 札幌市の再エネ導入量

札幌市は、太陽光発電の導入促進を行っており、平成 24 年度の太陽光発電導入量は 1.9 万 kW であり、10 年前に比べ 10 倍以上に増加している。平成 25 年 3 月には 2MW の大規模太陽光発電が建設されている。札幌市内での太陽光発電は、パネル架台を高くすること

や、パネルの角度を急ににするなどの積雪対策によって、本州と同等の年間発電量を得るような工夫をしている。このノウハウは、寒冷地で積雪があるウランバートル市にも活用できる可能性がある。その他の再生可能エネルギーを利用した発電では、浄水場における小水力発電(400kW)や清掃工場での焼却熱を利用した廃棄物発電等がある。また、表 4-3-1 および表 4-3-2 をみると、これらの発電施設の多くは固定価格買い取り制度を利用して導入していることが図る。

発電以外でも、公園施設への雪冷熱利用、市内小中学校や動物園への木質ペレットボイラー等、公共施設への熱利用の導入が進んでいる。また、地中熱ヒートポンプや木質ペレットストーブ等は一般住宅への導入も増えている。雪冷熱や木質バイオマス、地中熱等は、札幌市の気候等の地域特性を生かした再生可能エネルギーであり、同様な気候であるウランバートル市でも活用可能である。



出典：札幌市エネルギービジョン

図 4-7 札幌市の太陽光発電量推移

表 4-5 札幌市の再生可能エネルギー導入量

種類	平成 24 年度		
	件数	容量	発電量
太陽光発電	4,115件	19,190kW	2,017万 kWh
小水力発電	1件	400kW	322万 kWh
廃棄物発電	3件	39,920kW	1億4,945万 kWh
合計		59,510kW	1億7,284万 kWh

太陽光発電の発電量は容量 kW×365日×24時間×設備利用率 12%から推計
小水力発電、廃棄物発電の発電量は実績値

出典：札幌市エネルギービジョン

表 4-6 札幌市の固定価格買い取り制度の導入設備 (2020年9月)

項目	発電量
太陽光発電	63,919kW
風力発電	20kW
小水力発電	400kW
地熱発電	0kW
バイオマス発電	21,859kW
計	86,189kW

出典：資源エネルギー庁の固定価格買取制度設備導入状況の公表データ

4.3.3 札幌市の再エネ導入事例

札幌市では、都市部で導入しやすい太陽光発電、ゴミや下水汚泥による焼却発電、地中熱および地域の特徴を生かしたバイオマス燃料を使用した地域熱電供給や雪氷熱を使用した再生可能エネルギーの導入を進めている。以下に適用している技術の概要および導入事例を示す。

(1) 地域冷暖房システム

札幌市では、昭和40年から50年代に都心地区、厚別地区や真駒内地区等で広範囲な地域熱供給施設が導入され、地域の発展に貢献している。近年では、木質バイオマス、雪冷熱およびゴミ固形化燃料等の再生可能エネルギーの積極的な採用に加えて、札幌駅南口や道庁南エネルギーセンターへの天然ガスコージェネレーション導入とそのネットワーク化等、エネルギーの効率的な利用およびより良い環境を目指した取り組みが進められている。

コージェネレーションによる分散型電源や地域熱供給は、札幌市と同じ寒冷地であるウランバートル市でも地域における面的なエネルギー効率の向上や都市の低炭素化に貢献すると考えられる。

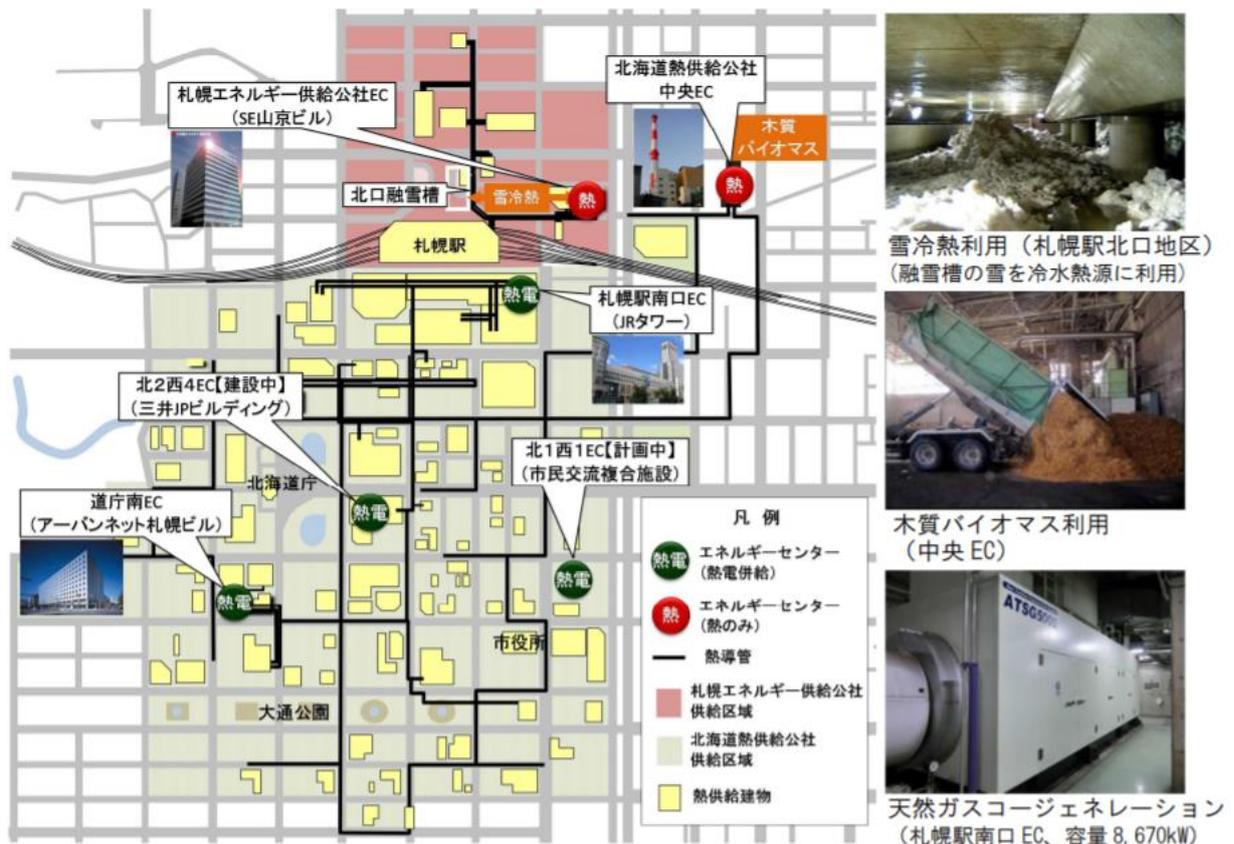


図 4-8 札幌駅北口および都心地区の地域熱供給事業の概要

(2) 雪氷熱利用

雪氷熱利用とは、冬季に降り積もった雪や、冷たい外気により凍結した氷等を、冷熱を必要とする季節まで保管し、冷熱源としてその冷気や溶けた冷水をビルの冷房や、農作物の冷蔵等に利用する技術である。季節をまたいで冷熱を確保するため、断熱性の優れた大きな容量の雪氷貯蔵施設が必要となる。そのため初期投資に施設費や雪を運び込む費用が必要となるが、冷熱を製造するための燃料費（雪）がほとんどない。

札幌市のモエレ沼公園の中にある「ガラスのピラミッド」(下図参照)では、敷地内の雪を貯雪庫内に蓄え、6月～9月の間、雪から得られる冷水を使ってガラス張りのアトリウム部分を熱交換冷水循環方式により冷房している。



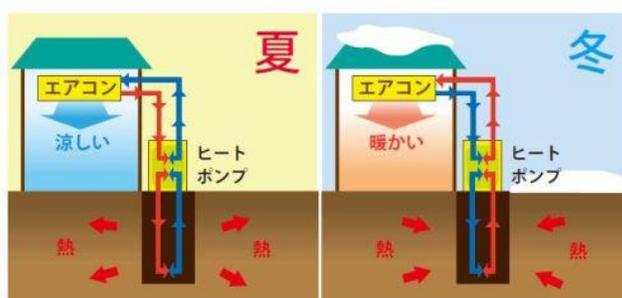
出典：札幌市 HP

図 4-9 モエレ公園での雪氷熱利用システムの概要

(3) 温度差熱利用（地中熱）

温度差熱利用とは、地下水や河川水の水温のエネルギーを、ヒートポンプ等を用いて冷暖房や給湯に利用する技術である。地下水や河川水は、年間を通じて温度の変動が小さく、夏季では大気よりも冷たく、冬季では大気よりも暖かく保たれている。この大気との温度差を温度差エネルギーと呼び、ヒートポンプや熱交換器を使って冷水や温水をつくり、供給導管を通じて冷暖房や給湯に利用する。

ヒートポンプや熱交換器は、使ったエネルギー以上の熱エネルギーを得ることができるため、大気や地中熱や河川水だけでなく、家庭や工場から出る下水の排熱等、身近にある未利用熱をより高い温度にして効率的に利用することができる省エネルギー機器であり、エアコンや冷蔵庫等にもこの技術が利用されている。



出典：札幌市 HP

図 4-10 ヒートポンプによる地中熱利用イメージ

札幌市の篠路出張所は、深さ約 80m にある地中熱を利用したヒートポンプシステムを導入している。地中の温度は、地下 10m 程度の深さになると年間を通して温度の変化が見られなくなる。そのため、夏場は外気温度よりも地中温度が低く、冬場は外気温度よりも地中温度が高いことから、この温度差を利用して効率的な冷暖房等を行っている。篠路出張所では、地下 80m 付近の安定した地中熱を汲み上げて、施設の冷暖房をすべてこのシステムで賄っている。



地中熱ヒートポンプ冷暖房



採熱管

北消防署篠路出張所地中熱ヒートポンプ冷暖房配管等

出典：札幌市ホームページ

(4) 地域冷暖房システム・雪氷熱利用・地中熱利用等の導入事例

札幌市で挿入されている地域冷暖房システム、雪氷熱利用、地中熱利用および下水熱利用の再エネ導入実績を以下に整理する。

表 4-7 地域冷暖房システムの事例

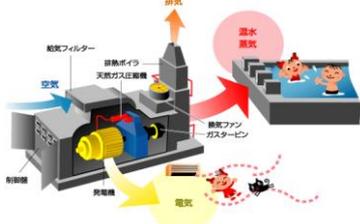
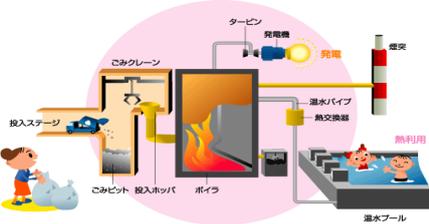
実績	概要
<p>【エリア】札幌都心部 【規模】供給エリア 106ha 【発電場所】 中央エネルギーセンター 札幌駅南口エネルギーセンター 道庁南エネルギーセンター 赤れんが前エネルギーセンター 創世エネルギーセンター 【会社】㈱北海道熱供給公社</p>	<p>【供給方法】 供給エリアに設置された複数のエネルギーセンターから高温水導管・温水導管・冷水導管を延べ約 45km 配管し、冷水、温水、電気をエリア内ビル、住宅などに供給。</p> <p>【エネルギー源】 (天然ガス等 53%、木質バイオマス等 29%、コージェネ排熱 18%)</p> <p>【メリット】 天然ガスコージェネレーション活用型エネルギーセンターでは、積雪寒冷地の気象条件を活かしたフリークーリングにより冷熱を製造・供給。また、冷水導管を接続してエネルギーセンター間で連携運転をすることで、更なる省エネ、環境負荷低減を図っている。</p> 
<p>【エリア】光星地区 【規模】住宅 1,803 戸等 【発電場所】 光星エネルギーセンター 【会社】㈱北海道熱供給公社</p>	<p>【供給方法】 プラントにより地域の住宅棟および業務棟に熱供給。冬季は 160℃ の高温水を供給し、熱交換器により暖房・給湯に利用。夏季は 140℃ の高温水により冷房・給湯に利用。</p> <p>(1972 年 12 月 10 日に仮設ボイラーで操業を開始し、1975 年 2 月 3 日に本設ボイラーに切り替えられた。ガス焚・灯油焚、いずれも 33GJ/h のボイラー各 1 基)</p> <p>【メリット】 環境にやさしい、クリーンエネルギーを使用しているため、大気汚染の心配がなく環境負荷低減できる。</p> 
<p>【エリア】真駒内団地 【規模】家庭約 1,900 戸の暖房 【発電場所】駒岡清掃工場 【会社】北海道地域暖房㈱</p>	<p>【供給方法】 清掃工場で発生する、ごみを焼却での大量な熱エネルギーの余熱を家庭の暖房に再利用。</p> <p>(駒岡清掃工場の余熱は、真駒内団地の家庭約 1,900 戸の暖房に利用され、駒岡清掃工場の隣にある「保養センター駒岡」は、高齢者などの保養施設の冷暖房にも利用されている)</p> <p>【メリット】 未利用エネルギーの活用による省エネルギー効果、CO2 排出量を削減。</p> 

表 4-8 雪氷熱の有効利用事例

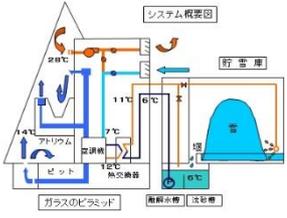
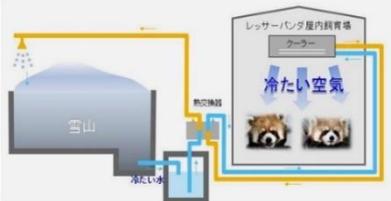
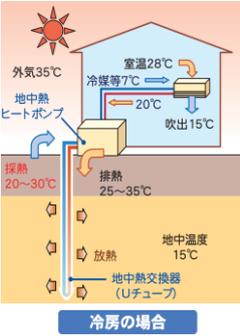
<p>・氷雪熱利用とは、降り積もった雪や凍結した氷などを冷熱が必要となる季節まで保管し、冷熱源としてその冷気や溶けた冷水をビルの冷房や農作物の冷蔵などに利用する。</p> <p>・寒冷地では従来、除排雪や融雪などで膨大な費用がかかっていた雪を積極的に活用。</p>	
実績	概要
<p>【場 所】モエレ沼公園 (ガラスのピラミッド)</p> <p>【規 模】貯雪量：3,160m³ (約 1,580t)</p>	<p>【供給方法】 敷地内の雪を貯雪庫（雪を貯めておくための倉庫）内に蓄え、6月～9月の間、雪から得られる冷水を使って熱交換機により館内の空気を冷却。</p> <p>【メリット】 寒冷地の気象特性を活用した雪を使用しており、資源が豊富。</p> 
<p>【場 所】山口斎場</p> <p>【規 模】貯雪量：5,000m³ (約 2,500t) ※国内で最大級の規模</p>	<p>【供給方法】 雪を貯雪庫内に搬入し、斎場施設全体の冷房負荷の約 4 割を「熱交換冷水循環方式」にて冷房。 融解水の一部は灌排水槽に貯留して屋上庭園や敷地内の植栽への灌水源に活用。</p> 
<p>【場 所】円山動物園(高山館)</p>	<p>【供給方法】 簡易型貯雪プールに断熱材と遮熱シートによる雪保存の雪冷熱システムを使って、6月下旬から8月上旬までの館内冷房の一助として利用。 ヒマラヤに生息する、暑さに弱いレッサーパンダの飼育室に供給。</p> 
<p>【場 所】JR 札幌駅北口周辺地</p> <p>【規 模】貯雪量：2,000m³ (約 1,000t)</p>	<p>【供給方法】 都心部の除排雪で整備された融雪槽を活用して、シーズン最後に投入された雪を貯蔵し、「熱交換冷水循環方式」にて、エリアの冷房を行う熱供給事業に利用。</p> <p>【メリット】 都心部の除排雪の効率化、寒冷地の気象特性を活用しており、資源が豊富</p> 

表 4-9 地中熱の有効利用事例

【地中熱利用】	
<p>・寒地中熱利用とは安定した熱エネルギーを地中から取り出し、冷暖房、給湯や融雪等に利用する技術。寒冷な気候を持つ地域では、空気熱源によるヒートポンプを使った暖房よりも、地中熱ヒートポンプの方が効率がよい。</p> <p>・地中熱ヒートポンプの都道府県別の設置個所は北海道が最も多い。</p> <p>【ヒートポンプシステム】</p> <p>・ヒートポンプシステムは、大気や地中熱など身近にある未利用熱をより、少ないエネルギー投入で高い温度にして効率的に熱を利用することができる省エネルギー技術。ヒートポンプシステムには、「クローズドループ方式」と「オープンループ方式」がある。設置場所を選ばない「クローズドループ方式」の普及率が8割を超えている。</p>	
実績	概要
<p>地中熱ヒートポンプシステム</p> <p>【場所】札幌市</p> <ul style="list-style-type: none"> ・白石区複合庁舎 ・東消防署北栄出張所 ・豊平消防署美園出張所 ・西消防署平和出張所 ・手稲消防署西宮の沢出張所 ・どうぎんカーリングスタジアム ・北消防署屯田出張所 ・東消防署栄出張所 ・中央消防署豊水出張所 ・札幌芸術の森美術館、他多数 	<p>【供給方法】(北消防署篠路出張所)</p> <p>篠路出張所は、深さ約80mにある地中熱を利用したヒートポンプシステムを導入。地中の温度は、夏場には外気温度よりも地中温度が低く、冬場には外気温度よりも地中温度が高いことから、この温度差を利用して効率的な冷暖房等を行う。</p> <p>【メリット】</p> <p>未利用エネルギーの活用による省エネルギー効果、CO2排出量を削減</p> 
<p>【事例紹介】ヒートポンプ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グランドソースヒートポンプシステム <p>【場所】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・札幌市南区 北の沢 HS 邸新築工事(暖房・ロードヒーティング)、対象面積120m²、ボアホール数85m×1本、65m×1本 ・札幌市北区 新川 TU 邸新築工事(冷暖房)、対象面積100m²、ボアホール数85m×1本 ・札幌市東区 S(株)札幌支店リフォーム工事(ロードヒーティング)、対象面積200m²、ボアホール数100m×2本 <p>【会社】株式会社日伸テクノ</p>	<p>【供給方法】</p> <p>ボアホール(径100mm前後、深さ50~100m)を削孔し、ボアホールに地中熱交換機を挿入することにより地中熱エネルギーを、冷暖房、給湯や融雪等に利用。</p> <p>【メリット】</p> <p>省エネルギー効果(灯油ボイラーと比べ、排出CO2の削減量は、1/2以下)</p> <p>【補助金制度(札幌市)】</p> <p>ヒートポンプは、地中に孔をあけるボーリング作業が必要だが、初期費用は札幌市の「エネルギーecoプロジェクト」などの補助制度が利用できる。</p> 
ヒートポンプシステム技術紹介	
<p>低コスト型地中熱ヒートポンプ縦型</p> <p>【会社】株式会社日伸テクノ</p>	<p>【平板地中採熱設備の開発・実証実験】</p> <p>積雪寒冷地における優位性の高い地中熱ヒートポンプシステムの普及に向けて、その一番の阻害要因と考えられる地中熱交換器の設置コストについて、新しいタイプの低コスト型の採熱設備(縦型平板地中熱交換器)を開発。実証実験により目標である単位採熱量(暖房時)当たりのコストを約50%低減。</p> 

積雪寒冷地用水平採熱式地中熱ヒートポンプ冷暖房システム
【会 社】株式会社ブレイン

【平成 26 年度・道産エネルギー製品開発支援事業の認定】
家庭や駐車場部分や庭に 2m 掘削し、浅い地中から熱を取り出しヒートポンプで冷暖房を行う。設置条件としては、空き地面積が最低でも 50m² 以上が必要。



4.3.4 ウランバートル市への札幌市の再エネ技術導入における展開計画

ウランバートル市では現在、石炭火力発電所（熱電併給）やゲル地区等での石炭ストーブの燃料である石炭に起因する温室効果ガス排出量の削減や大気汚染対策が課題となっている。この問題の解決のためにもモンゴルでは、2030 年までに総電力発電量に対する再生可能エネルギーの割合を 30%に引き上げることを目標にしている。

一方、札幌市においても、昭和 30 年代の主な燃料は石炭であり、冬季間の札幌の空は、石炭が燃えるときに出てくる「ばいじん」が浮遊し、雪が黒くなることもあった。しかし、時代の移り変わりとともに、主力のエネルギー源が石炭から石油、LP ガスに替わり、更に近年では太陽光・地中熱やといった都市型の再エネの活用、地域冷暖房システムおよび ZEB・ZEH-M による省エネ建築導入の取り組み等により、大気汚染の改善だけでなく温室効果ガス排出量の削減も進んでいる。札幌市は、2020 年 2 月に「2050 年二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明しており、今後も脱炭素社会の実現に向けた取り組みを促進していくことを表明している。

このような札幌市の再エネ導入の技術やノウハウを活用して、都市型再エネの有用利用を最大化することでウランバートル市の再エネ導入比率が向上して、同市の温室効果ガス排出量削減や大気汚染問題の改善に貢献が可能である。

本事業における来年度の取り組みの一環として、札幌市の再エネ導入事例を基に、ウランバートル市における再エネ導入のポテンシャル、導入目標や導入計画の策定助勢を行いウランバートル市の脱炭素社会に向けた支援を継続する。具体的には以下のような取り組みを検討する。

- ① ウランバートル市のエネルギー利用状況（方法、量）等の整理
- ② ウランバートル市のエネルギー利用ポテンシャルの調査
- ③ ウランバートル市の気候やエネルギー利用状況（現地踏査結果）を踏まえた札幌市の再エネ技術および導入候補施設の洗い出し、導入効果の検討
- ④ 再エネ導入スキーム、導入計画の検討、提案

第5章 能力強化

5.1 札幌市による支援の状況

5.1.1 背景

(1) モンゴルによる JCM への参画

2013年に、ウランバートル市で JCM に関する二国間文書の署名が世界で初めて行われた。ウランバートル市は世界各国の首都の中で気温が最も低く、JCM 締結国のうち寒冷地にあるのはモンゴルのみである。第 19 回気候変動枠組条約締約国会議の閣僚級会合でのステートメントでは JCM 実施に高い期待が表明されており、モンゴル政府は JCM の実施に対して意欲的である。

札幌市は北海道の政治、経済、文化の中心地で、日本の寒冷地における最大の自治体であり、2020年の推計人口は約 197 万人である。降雪量が多く年平均約 600cm の積雪量が観測され、住宅の暖房エネルギー消費量が日本全国平均の約 3 倍である。

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・業務・運輸の 3 部門で約 9 割を占めている。札幌市は、2030年の目標として、温室効果ガス排出量を 2016年比で 55%削減し、2050年のゼロカーボン都市の実現を目指している。その温室効果ガス削減の取り組みのひとつに、徹底した省エネルギー対策として ZEB の推進、また、再生可能エネルギーの導入拡大として、建築物等への再生可能エネルギー導入の推進を行っている。

札幌市は、2016年度にウランバートル市との都市間連携事業に参画した。2016年度は温室効果ガスの削減や石炭などの燃焼による大気汚染の低減に資する熱供給設備などの省エネルギー事業、脱炭素化に寄与する太陽光や風力の再生可能エネルギーの有効活用の推進、都市周辺の廃棄物を利用した廃棄物発電事業の調査が進められた。

本事業は、前調査とは離れ、ウランバートル市の建築物や公官庁等の施設への脱炭素型建築の普及計画の検討を目的とした。札幌市の住宅・建築分野に係る省エネ行政制度、環境施策の知見や環境・省エネ技術の導入経験の共有を都市間協力の枠組みのもとで実施し、次年度以降のモンゴルの持続可能な開発を推進する案件の創出を目指した。

(2) 世界冬の都市市長会

札幌市が主催し、世界の 9 か国 22 都市が会員となっている国際ネットワーク「世界冬の都市市長会」にウランバートル市は 1998 年に加入した。「世界冬の都市市長会」は、「冬は資源であり、財産である」というスローガンのもと、世界中の冬の都市が集まり、冬の技術や経験、まちづくりの取り組みを学び合うためのネットワークである。1981年に札幌市が提唱し、翌年、第 1 回の市長会議を開催したのが始まりとなっている。冬の都市の市長が一堂に会し、快適な冬のまちづくりに有益な情報や技術を共有しながら、地球環境問題のように世界が協力しなければならない課題にも、国際社会の一員として取り組んでいる。

これまでの会議では、都市計画、冬の都市交通、除排雪、リサイクル、冬の観光資源開

発などについて市長同士がそれぞれの都市の知恵と経験を共有し、まちづくりのアイデアや厳しい気象条件を克服する手立てを学んでいる。

2012年には、メインテーマ「冬の都市におけるエネルギー供給と熱の効率的な利用」のもと第15回市長会議がウランバートル市で開催された。会議では、熱エネルギーの効率的な利用、電力の効率的な利用、冬の都市における大気汚染と対策、の3つのセッションが行われた。

ウランバートル市からは、熱エネルギーの効率的な利用について、気候と地形の問題もあり大気汚染が深刻であること、今後、太陽光などの再生可能エネルギーを活用していきたいとの報告があった。電力の効率的な利用については、冬の厳しい寒さにより冬期の電力消費量が増えるとともに、メンテナンスの問題も生じるなどの問題点のほか、大気汚染の悪化が著しいゲル地区に電気暖房を普及させて汚染の緩和を図るには、現在の5～8倍に電力供給量を増やす必要があるとの報告があった。冬の都市における大気汚染と対策については、ウランバートル市から、大気管理局の設置、電気バスの導入、再生可能エネルギーへの転換、熱電併給プラントの建設、ゲルに暮らす住民を対象としたアパート購入における低利子ローンの提供などを通して、大気汚染の6割削減を目指す旨の報告があった。

表 5-1 これまで開催された世界冬の都市市長会

会議名	開催都市	期間	参加都市数
第1回市長会議	日本・札幌市	1982年2月7日～10日	6か国 30都市
第2回市長会議	中国・瀋陽市	1985年9月19日～22日	6か国 16都市
第3回市長会議	カナダ・エドモントン市	1988年2月13日～15日	13か国 20都市
第4回市長会議	ノルウェー・トロムソ市	1990年3月2日～4日	11か国 22都市
第5回市長会議	カナダ・モントリオール市	1992年1月17日～21日	12か国 47都市
第6回市長会議	アメリカ・アンカレッジ市	1994年3月5日～10日	10か国 30都市
第7回市長会議	カナダ・ウィニペグ市	1996年2月9日～12日	9か国 33都市
第8回市長会議	中国・ハルビン市	1998年1月15日～18日	10か国 49都市
第9回市長会議	スウェーデン・ルレオ／キルナ市	2000年2月12日～16日	10か国 26都市
第10回市長会議	日本・青森市	2002年2月7日～10日	13か国 28都市
第11回市長会議	アメリカ・アンカレッジ市	2004年2月18日～22日	11か国 27都市
第12回市長会議	中国・長春市	2006年1月15日～18日	13か国 29都市
第13回市長会議	グリーンランド・ヌーク市	2008年1月18日～20日	8か国 22都市
第14回市長会議	エストニア・マールドゥ市	2010年1月20日～22日	11か国 18都市
第15回市長会議	モンゴル・ウランバートル市	2012年1月13日～15日	7か国 13都市
第16回市長会議	韓国・華川郡	2014年1月16日～18日	4か国 12都市
第17回市長会議	日本・札幌市	2016年7月27日～30日	8か国 32都市
第18回市長会議	中国・瀋陽市	2018年9月12日～13日	21か国 46都市

(3) 世界冬の都市市長会「ウランバートル宣言」

2012年1月にウランバートル市で開催された第15回会議にて採択された「ウランバートル宣言」はウランバートル市及び事務局から提案され満場一致で採択されたもので、同市市長及び、世界冬の都市市長会会長の札幌市長による署名が行われた。

この「ウランバートル宣言」には温室効果ガスの排出抑制とエネルギー消費量の削減及び環境への負荷の少ない都市活動の実現が盛り込まれた。また、北海道はモンゴルエネルギー省と2015年3月にエネルギー分野における経済・技術交流の覚書に署名し、モンゴルと北海道の民間企業との技術協力を一層推進するとした。



ウランバートル宣言 2012年

ウランバートル宣言では「この会議で得たエネルギーと熱の効率的な利用をさらに探求するとともに、市民一人一人が省エネルギーの重要性を認識するよう、積極的に啓発する責務を有する」ことがうたわれた。決議において、各会員都市が可能な範囲で数値目標を設定し、次回市長会議で報告することとされた。

ウランバートル宣言

今、世界各地において、様々な異常気象や自然災害が多発し、多くの尊い人命が失われ、財産を失い、過酷な環境での生活を強いられている。しかし、我々は、この災害による被害を最小限に抑え、より安心・安全な社会を築き上げなければならない。この原動力となるのは、助け合う心、そして、困難に立ち向かう努力と知恵である。

困難な時の温かな支援は、真の友情と平和を育む。我々会員都市は、お互いの友情と様々な分野における可能な限りの協力をここに再確認する。

そして、現在の異常気象の一因である温室効果ガスの排出抑制に努めることが重要である。そのためには、限られた資源を有効に活用しなければならない。我々は、この会議で得たエネルギーと熱の効率的な利用をさらに探求するとともに、市民一人一人が省エネルギーの重要性を認識するよう、積極的に啓発する責務を有する。

我々は、エネルギー消費量の削減及び環境への負荷の少ない都市活動の実現が、冬の都市に住む者にとって重要な課題であることを再認識し、各都市がこの問題に対し最大限の努力で取り組んでいくことを、世界冬の都市市長会としてここに宣言する。

(4) 札幌市水道局による技術協力の実施

札幌市は同市水道局を通じ、2016年より3か年にわたりウランバートル市に対し、JICA草の根無償の制度を活用し、水道の給水、配水に関する技術協力「ウランバートル市送配水機能改善協力事業」を行い、ウランバートル市より高い評価を得ている。

5.2 環境省主催セミナー

環境省主催の「脱炭素都市の構築に向けた都市間連携セミナー」が2021年2月1日に、コロナ禍の状況を踏まえ、オンラインで開催された。

環境省は、2020年のインフラ海外展開に関する新戦略の骨子の中で、相手国のニーズを深く理解した上で、CO2排出削減に資するあらゆる選択肢の提案や、脱炭素化に向けた政策の策定支援を行う「脱炭素移行政策誘導型インフラ輸出支援」を推進していくことを基本方針として打ち出した。2013年度から行われてきた都市間連携事業は、今年度より事業名に「脱炭素」を冠し展開されている。パリ協定が実施段階に突入した今、都市を切り口にした取り組みの活性化がこれまで以上に期待されている。

今回の都市間連携セミナーは、次の4点を目的として開催された。

- ①令和2年度の都市間連携事業及びアジア開発銀行(ADB)のJCM日本基金事業の成果等の共有・周知
- ②事業者間や自治体間のネットワーキング及び相互補完可能な案件に対する情報交換
- ③来年度の政府支援メニューに関する情報共有・周知
- ④コロナパンデミックを踏まえた国際動向やコロナ禍での調査のあり方に関する意見交換

本年度都市間連携事業を実施している、インドネシア、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、フィリピン、タイ、ベトナム等の都市・地域の関係者がオンラインで参加した。

5.3 都市間連携ワークショップの開催

(1) ワークショップ概要

2021年1月29日に、札幌市の住宅・建築分野に係る省エネ行政制度、環境施策の知見や環境・省エネ技術の共有を目的に、コロナ禍のためオンラインでワークショップを実施した。ウランバートル側からの参加者は、ウランバートル市副市長、ウランバートル市公団公社、建築局、モンゴル日本人材開発センターであった。日本側からは、札幌市、札幌市に本社のある岩田地崎建設株式会社、オリエンタルコンサルタンツが参加した。

表 5-2 ワークショップ発表

	発表内容	発表者
1	ウランバートル市挨拶	スフバートル副市長 (建設プロジェクト担当)
2	JCM事業・今年度の取り組みに係る説明	オリエンタルコンサルタンツ
3	札幌市の寒冷地における取り組み紹介	札幌市環境局
4	日本の民間企業における寒冷地住宅仕様に係る取り組み紹介	岩田地崎建設

札幌市環境局環境都市推進部の担当者より、札幌市における建築物系の取り組みを中心とした気候変動対策についての知見が、ウランバートル市に共有された。札幌市の2030年の温室効果ガス削減目標と、取り組み事例として以下が紹介された。

- ・ 札幌版次世代住宅基準
- ・ 再エネ省エネ機器導入補助金制度
- ・ CASBEE 札幌
- ・ ZEB/ZEH-M 設計補助金
- ・ 都心部における地域熱供給
- ・ 札幌市：「LEED※ for Cities and Communities」プラチナ認証取得

岩田地崎建設株式会社からは、日本の ZEB（ZEH、ZEH-M）技術について以下の紹介が行われた。

- ・ 日本での ZEB について
- ・ 積雪寒冷地である北海道で ZEB が達成した例
- ・ ZEB の実施項目
- ・ BEMS について

(2) 質疑応答

ウランバートル市建築プロジェクト担当副市長より、札幌市による建築物の環境配慮の取り組みにかかる評価ランク付についての質問があった。札幌市より、札幌市建築物環境配慮制度について、床面積が 2,000m² 以上の大規模建築物の新築・増築・改築を行う場合に届出が義務化されたことが説明された。別途、より詳細な資料が札幌市からウランバートル市に共有された。



図 5-1 CASBEE 札幌パンフレット

建築局からは、ZEB システムの実施対策についてと、住宅支援補助金の基準また予算についての質問があった。札幌市からは、基準が守れなかった場合の罰則はないこと、住宅支援補助金は札幌市の予算によることが説明された。

ウランバートル市首都公団公社からは、ウランバートル市の建築開発計画に、SDG17を
目指して ISO37120、ISO37122 の 2 つの基準導入を目指していることの説明があった。こ
の 2 つの基準の評価に 18 項目、小評価として 80 項目を入れている。本計画を標準計測セ
ンターに提出している。2021 年には追加として、ISO37101、ISO37100、ISO37123 の 3 つ
の基準導入を検討しているとの説明がされた。

(3) モンゴル側参加者

モンゴル側の参加者を下表に示す。ウランバートル市建築プロジェクト担当副市長の
Sukhbaatar 氏は、ウランバートル市首都公団公社元取締役社長であり、ウランバートル市
首都公団公社に勤務時に「グリーン住宅」プロジェクトに関わり、本調査に高い関心を持
っている。

ウランバートル市首都都市開発局からは、管理部の Tulga 部長、チーフアーキテクト部
の Battumur 氏と Amarsanaa 氏と Darkhanchuluun 氏の 4 名が参加された。

ウランバートル市首都公団公社からは、管理部 CEO 代理の S.Dorjderem 氏、投資協力部
の Undrakh 氏、建築建設、顧客検査部の Tsevegsuren 氏、再開エネルギーのエンジニアの
Nyamtuya 氏、プロジェクト秘書の D.Munkhzul 氏の 5 名が参加された。

本ワークショップには、建設・都市計画省からも 3 名、外交関係部の主任の Enkh-Amgalan
氏、建設都市担当部長の Batbold 氏、都市開発部の Bilegsaikhan が参加された。建設・都市
計画省は、建設と都市開発分野にて、モンゴルの経済社会開発のための基本ガイドライン
策定や政府行動計画等を実施する責任を負っている。ウランバートル市マスタープラン
2020 の策定にも関わり、海外からの支援実施に係る調整や、住宅や公共事業に係る政策や
戦略を行っている組織である。

表 5-3 ウランバートル市側出席者

参加者名	所属機関	部署	Position
Sukhbaatat	ウランバートル市	プロジェクト担当	副市長
Ts.Tulga	ウランバートル市 首都都市開発局	管理部	首都チーフアーキテクト、部長
A.Battumur		チーフアーキテクト部	部長
B.Amarsanaa		チーフアーキテクト部	主任
Darkhanchuluun		チーフアーキテクト部	—
S.Dorjderem	ウランバートル 市 市首都公団公社	管理部	CEO 代理
O.Undrakh		投資協力部	部長
J.Tsedevsuren		建築建設、顧客検査部	部長
P.Byambatuya		プロジェクト管理課	再生エネルギーエンジニア
D.Munkhzul		プロジェクト管理課	秘書
Enkh-Amgalan	建設・都市計画省	外交関係部	主任
Batbold	建設・都市計画省	建設投資担当	部長
Bilegsaikhan	建設・都市計画省	都市開発部	シニアエキスパート



オンラインでのワークショップ