



環境省

令和5年度環境省委託

令和5年度 脱炭素社会実現のための 都市間連携事業委託業務

ウランバートル市のエネルギー転換に 向けた脱炭素都市形成支援事業 報告書

令和6年3月
(2024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
1.5 事業の参画都市概要	3
第2章 ウランバートル市の気候変動に対する取り組み	6
2.1 モンゴルの GHG 排出状況	6
2.2 モンゴルの気候変動対策	8
2.3 モンゴルのエネルギーに係る対策	10
2.4 ウランバートル市の気候変動に係る取り組み	11
2.5 ウランバートル市の都市交通に係る取り組み	12
第3章 札幌市の気候変動に対する取り組み	13
3.1 カーボンニュートラルに向けた取り組み	13
3.2 GX 投資に係る取り組み	16
3.3 水素に係る取り組み	16
第4章 都市間連携に係る取り組み	18
4.1 ウランバートル市の課題	18
4.2 課題への取り組み	22
4.3 ウランバートル市企業のニーズ	37
4.4 札幌／道内企業の脱炭素に係る製品および技術	38
4.5 現地開催ワークショップ	41
第5章 JCM 案件形成調査	44
5.1 大型太陽光発電プロジェクトに係る検討	44
5.2 食品加工工場のボイラ更新に係る検討	46
5.3 通信基地局への太陽光発電と電力コントローラ導入に係る検討	49
5.4 系統連系円滑化蓄電池システムの配備と系統整備プロジェクトに係る検討	50
5.5 揚水発電プロジェクトに係る検討	52
附属資料	
付属資料 A: 第1回ワークショップ資料	A-1
付属資料 B: 第2回ワークショップ資料	B-1
付属資料 C: 第3回打合せ資料	C-1
付属資料 D: ウランバートル市企業情報	D-1
付属資料 E: 札幌市／道内企業情報	E-1
付属資料 F: 面談リスト	F-1

図表リスト

図 1-1	事業実施体制	2
図 1-2	ウランバートル市地図	3
図 1-3	モンゴルとウランバートルの人口推移（2000～2022 年）	4
図 2-1	CO2 emissions by fuel or industry, Mongolia	6
図 2-2	Per Capita CO2 emission	7
図 2-3	Carbon intensity of energy production	8
図 3-1	ゼロカーボン都市実現に向けた札幌市の取り組み経過	13
図 3-2	札幌市の温室効果ガス排出量目標	13
図 3-3	札幌市・全国家庭生活における 1 世帯あたりの GHG 排出量（2019 年度確定 値）	14
図 3-4	札幌市省エネ機器エネルギー源転換補助の対象機器	15
図 3-5	札幌市の脱炭素先行地域の概要	15
図 3-6	札幌市の 2030 年以降の水素利用が進んだ社会（目指す姿）	17
図 4-1	ウランバートル市車両登録台数の推移（2010 年～2020 年）	21
図 4-2	ウランバートル市交通混雑状況	21
図 4-3	重複するバス路線	22
図 4-4	モンゴルの電源別設備構成比の推移	23
図 4-5	モンゴルの電源別発電電力量構成比の推移	23
図 4-6	揚水発電所の仕組み	25
図 4-7	モンゴルのナンバープレートと規制対象範囲	28
図 4-8	CCTV カメラ映像を活用した道路交通状況の提供（例）	29
図 4-9	SNS を活用した交通情報の提供	29
図 4-10	移設された Dragon バスターミナルの様子	30
図 4-11	旧バスルート図	30
図 4-12	停留所に設置された電動キックボードのポート・利用状況	32
図 4-13	大規模駐車場新設概要	32
図 4-14	物流センター設置の概要	33
図 4-15	AI による交通管制信号制御の概要	34
図 4-16	スマートバス停	35
図 4-17	寒冷地でのスマートバス停の設置状況	35
図 4-18	ゲートの自動開閉によるバス管制の自動化	35
図 4-19	バスの利用者数計測のシステム構成図・設置カメラ	36
図 4-20	AI デマンド運行のイメージ	36
図 4-21	寒冷地技術を活かした都市間連携の促進	40
図 5-1	本事業システム図	44
図 5-2	実施体制案 1	45
図 5-3	既存石炭焚きボイラ	46

図 5-4	既存石炭焚きボイラ設置場所.....	47
図 5-5	実施体制案 2.....	48
図 5-6	実施体制案 3.....	49
図 5-7	実施体制案 4.....	51
図 5-8	揚水発電図面.....	53
図 5-9	揚水発電建設予定場所.....	53
図 5-10	実施体制案 5.....	54
表 1-1	実施工程.....	3
表 2-1	モンゴルの気候変動に係る政策.....	8
表 2-2	モンゴル NDC の分野別 GHG 削減目標.....	9
表 2-3	モンゴルのエネルギーに係る法律と政策.....	10
表 2-4	ウランバートル市の GHG 削減目標.....	11
表 3-1	札幌市の施策別の取り組みと目標削減量（t-CO ₂ ）.....	14
表 4-1	モンゴルの電源別発電量と輸入量（2017~2021 年）単位（GWh）.....	18
表 4-2	大型電力貯蔵用電池の特長.....	24
表 4-3	水素製造技術別の色分け.....	25
表 4-4	渋滞緩和に係るウランバートル市等の対策例.....	27
表 4-5	通行規制曜日とナンバープレート末尾の数字との対応.....	28
表 4-6	新バスルート図.....	31
表 4-7	活用が期待される交通に関するスマート化技術.....	33
表 4-8	モンゴル民間企業の脱炭素に係る取り組み.....	37
表 4-9	札幌市／道内企業調査資料.....	38
表 4-10	民間企業の二次選定結果（上位 10 社）.....	39
表 4-11	モンゴルの脱炭素化に貢献する可能性ある企業の聞き取り.....	39
表 4-12	ワークショップおよび打合せの開催実績.....	41
表 5-1	スケジュール案 1.....	46
表 5-2	既存石炭ボイラの仕様.....	47
表 5-3	スケジュール案 2.....	48
表 5-4	スケジュール案 3.....	50
表 5-5	スケジュール案 4.....	52
表 5-6	計画する揚水発電の詳細.....	53

略語表

略語	正式名称	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AI	Artificial intelligence	人工知能
BAU	Business as Usual	何も対策を講じなかった場合
BCP	Business Continuity Plan	事業継続計画
BESS	Battery Energy Storage System	バッテリーエネルギー貯蔵システム
CCTV	Closed-circuit television	閉回路テレビ
CES	Central Energy System	中央エネルギーシステム
CGS	Co-Generation System	ガスコージェネレーションシステム
CHP	Combined Heat and Power	熱電併給石炭火力発電所
COP	Conference of the Parties	締約国会議
C2P2	Clean City Partnership Program	クリーン・シティ・パートナーシップ・プログラム
DMS	Distribution Management System	配電系統監視制御システム
EV	Electric Vehicle	電気自動車
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
GX	Green Transformation	グリーン・トランスフォーメーション
HOB	Heat Only Boiler	熱専用ボイラ
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JFJCM	Japan Fund for the Joint Crediting Mechanism	アジア開発銀行 二国間クレジット制度日本基金
NDC	Nationally Determined Contribution	国家決定貢献
PV	Photovoltaics	太陽光発電
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動枠組条約
VRE	Variable Renewable Energy	変動性再生可能エネルギー
ZEB	Net Zero Energy Buildings	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル
ZEH	Net Zero Energy House	ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス

第1章 事業概要

1.1 事業の背景と目的

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

世界全体での脱炭素社会の実現に向けては、特に経済成長が著しいアジアにおいて、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り組みを支援する動きが強化されている。

一例として、日本国環境省では世界の都市が直面する今日的課題に多角的に対処するため、本事業を軸として、2023年2月、JICAとともに、クリーン・シティ・パートナーシップ・プログラム（C2P2）を立ち上げた。本プログラムは、日本の自治体や民間企業、金融機関と連携し、技術や資金の更なる動員を図り、パートナー都市における気候変動、環境汚染、循環経済、自然再興（ネイチャーポジティブ）を含む都市課題に対して包括的かつ相乗的な支援を提供するものである。また、G7をはじめとする同志国や国際開発金融機関を含む他の主要なステークホルダーとの連携を推進する。

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、パートナー都市における脱炭素社会形成への取り組み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5年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

（ウランバートル市のエネルギー転換に向けた脱炭素都市形成支援事業）

履行期間：令和5年8月4日～令和6年3月8日

発注者：環境省 地球環境局

受託者：株式会社オリエンタルコンサルタンツ

1.3 実施体制

本事業は、札幌市環境局と、ウランバートル市首都知事室を中心に実施した。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。

1981年に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、高度経済成長期に構築された石炭に依存するエネルギーシステムからの脱却を図り、さらに温室効果ガスを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。

本年度の本事業で、ワークショップを通して知見共有を図った。またワークショップへの JICA による連携も行った。

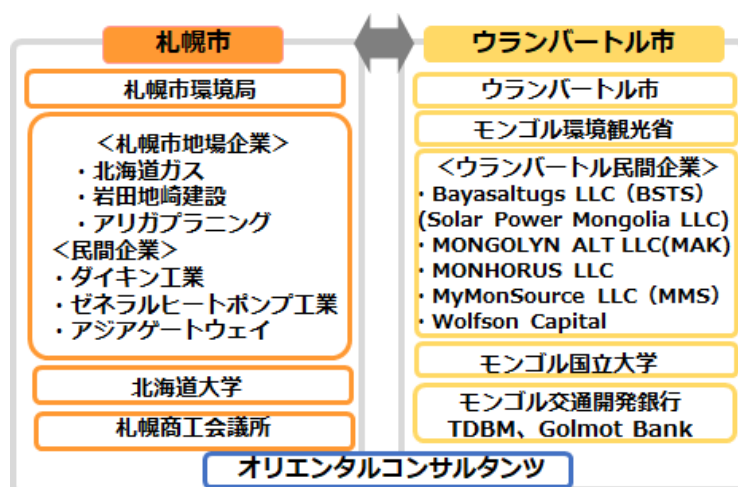


図 1-1 事業実施体制

1.4 実施内容

本事業では、ウランバートル市で、ニーズの高い石炭からクリーンなエネルギーへの転換における、温室効果ガス排出量の削減ならびにそれに寄与する案件形成のための活動や調査を実施した。案件形成として、大型太陽光発電プロジェクトの JCM 設備補助事業の案件形式の促進、水素事業や地中熱ヒートポンプ、ヒートポンプ空調、蓄電池活用、道路分野のスマート化などにおける JCM 事業化の実現可能性の調査を行った。現地の脱炭素化のニーズを把握するため、現地民間企業に聞き取りを行い、同時に脱炭素に係る製品および技術を持つ札幌市／道内企業の抽出を行った。また、札幌市の脱炭素に係る環境施策や知見の共有を、ウランバートル市に対してワークショップなどを通じて実施した。

本報告書では、1 章では事業の概要、2 章ではウランバートル市の気候変動とエネルギーに係る施策や取り組みについて記載した。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り組みについて記載している。4 章では本事業で取り組んだエネルギーおよび交通分野に係る調査につき課題と今後の取り組み、またウランバートル市にて実施したワークショップについて記載した。5 章では本年度事業にて取り組んだ脱炭素化への JCM 案件形成について可能性のある案件について記載した。

表 1-1 実施工程

項目	2023年度											
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
打合せ・報告会		▲			▲				▲			
仕様書項目												
(1)大型太陽光発電プロジェクトのJCM事業化の促進調査												
(2)JCM事業化の実現可能性調査												
(3)制度構築・計画策定支援												
詳細												
現状調査・分析												
課題・ニーズの把握、施策の絞り込み												
JCM等を活用した事業化・ビジネスモデルの検討(事業計画・資金計画等の検討含む)												
対応施策案、導入事例の紹介(日本の取組紹介等)関連機関との情報共有												
現地調査												
ワークショップ開催												
関係会議での発表、調整対応等(現地での国際会議等1回、日本国内での関連会議等1回)												
月次報告												
報告書作成												

履行期間：令和5年8月4日～令和6年3月8日

1.5 事業の参画都市概要

(1) ウランバートル市

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。

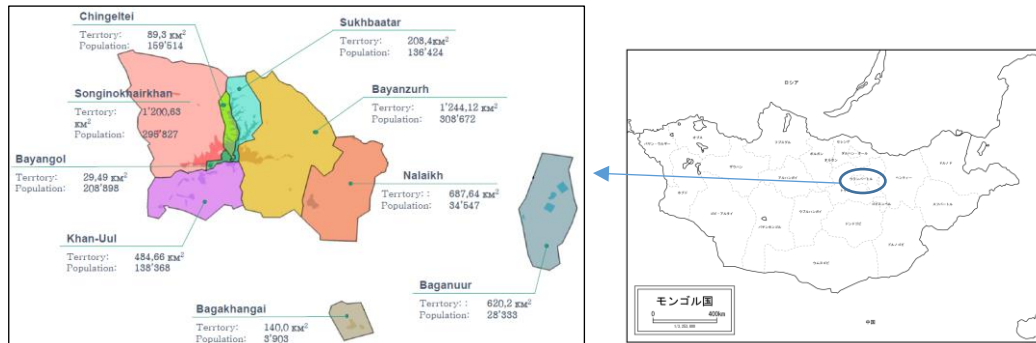


図 1-2 ウランバートル市地図

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

ウランバートル市の人口は2000年に約80万人であったが、地方からウランバートルへの人口流入が続いている。2022年のウランバートル市の人口は、2000年の2倍以上である約169万人とモンゴル全人口約345万人の約49%を占めている。ウランバートル市の人口増加率はモンゴル平均の人口増加率を超えており、一極集中が進んでいる。

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

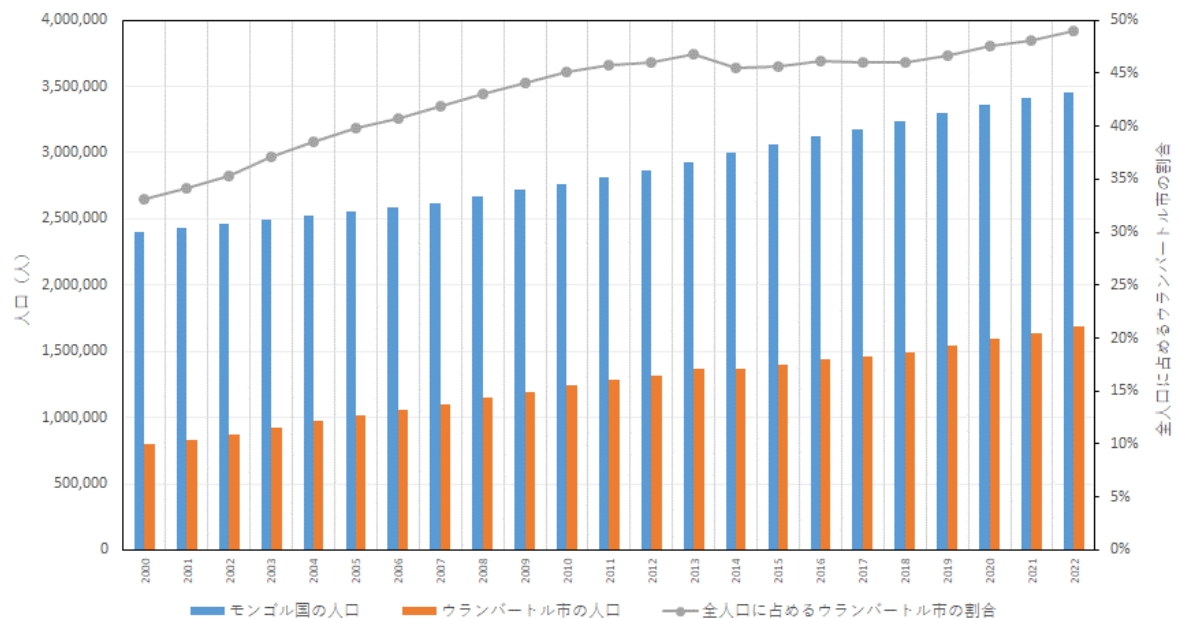


図 1-3 モンゴルとウランバートルの人口推移（2000～2022 年）

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

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

（2）札幌市

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 万人である。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。

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、太陽光発電など建築物等への再生可能エネルギー導入や省エネ対策などを推進している。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。

第2章 ウランバートル市の気候変動に対する取り組み

本章では、ウランバートル市の気候変動に関する取り組みを理解するために、モンゴルの GHG 排出の状況、気候変動対策、またエネルギーに係る対策を記載する。

2.1 モンゴルの GHG 排出状況

(1) 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。また、冬期の暖房用の熱源確保の必要もあり、モンゴルは全世界の GHG 排出量の 0.1%しか占めていないものの、エネルギーに由来する GHG 排出量が圧倒的に高い状況になっている。

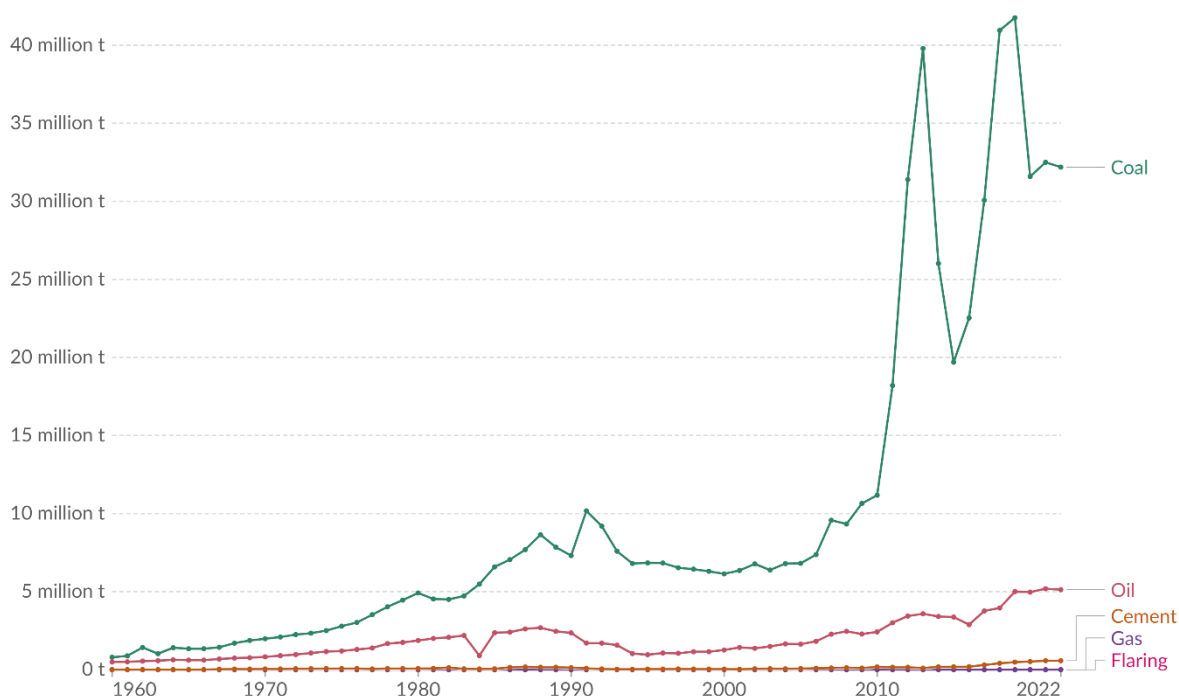


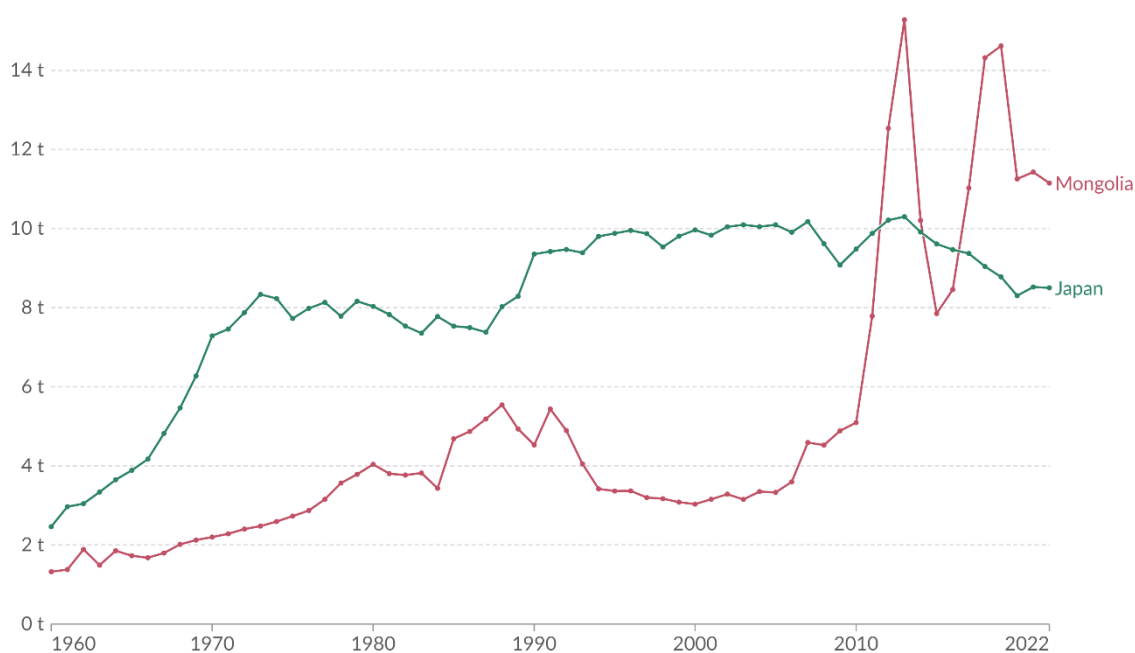
図 2-1 CO2 emissions by fuel or industry, Mongolia

出典：Our World in Data¹

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、経済発展と都市部でのさらなる人口増加などにより GHG 排出量が増加することが予想される。

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

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.



Data source: Global Carbon Budget (2023); Population based on various sources (2023)

[OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions](https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions) | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

図 2-2 Per Capita CO₂ emission

出典：Our World in Data²

(2) エネルギー部門における GHG 排出量の現状

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

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

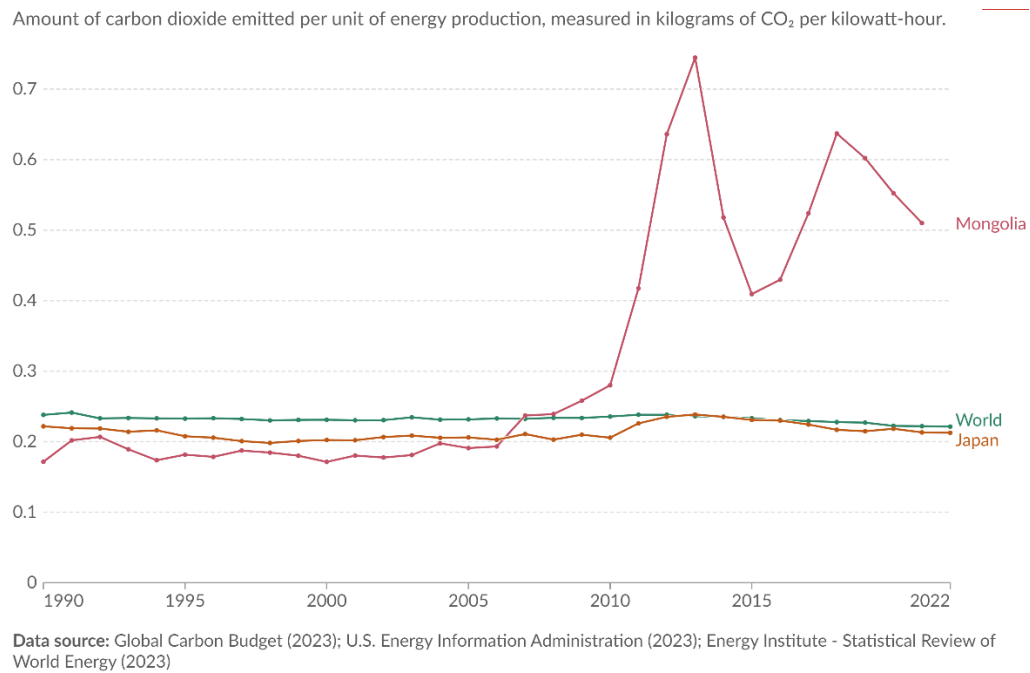


図 2-3 Carbon intensity of energy production

出典：Our World in Data³

2.2 モンゴルの気候変動対策

2.2.1 気候変動対策に係る政策

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政策を記載する。

表 2-1 モンゴルの気候変動に係る政策

年	政策名等
2014	グリーン開発政策
2015	INDC提出（2016年承認）
2020	国家長期開発計画「ビジョン2050」
2020	NDC更新

出典：調査団作成

(1) グリーン開発政策

2012 年の国連持続可能な開発会議において、持続可能な開発目標と環境保全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 <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

(2) ビジョン 2050

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

(3) 国家決定貢献（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、2030 年までの GHG 排出削減目標を掲げた。2030 年の GHG 排出量を 57.4 Mt CO₂-eq に削減し、BAU 比で 2030 年に 22.7 %削減する目標を掲げている。

NDC に示されている各部門の削減量目標とアクションプランでは、ウランバートル市内の石炭利用の制限や再生可能エネルギーの利用、建物の断熱性能の向上が示されている。エネルギー発電供給部門での GHG 排出量は、再エネの導入と熱電併給石炭火力発電所（CHP）の利用削減を通じて、2030 年までに削減目標量全体の 49%を削減するという目標を設定している。

表 2-2 モンゴル NDC の分野別 GHG 削減目標

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

出典：Mongolia's Nationally Determined Contribution

2.3 モンゴルのエネルギーに係る対策

モンゴルのエネルギー分野における政策は、エネルギー安全保障の確保、エネルギー部門の持続的な開発の確保、再生可能エネルギーの迅速な導入基盤の確立、また中期的にはエネルギー輸出国になることも目的としている。

表 2-3 モンゴルのエネルギーに係る法律と政策

年	政策名等
2001	エネルギー法
2007	再生可能エネルギー法
2015	国家エネルギー政策2015-2030
2021	新復興政策

出典：調査団作成

(1) エネルギー法

エネルギー法は 2001 年に制定され、2015 年に改正された。エネルギー部門を市場原理に基づいて運営するための商業活動の実施において制度的な統合を目指し、エネルギー部門の投資家への法的規制の改善が行われた。

(2) 再生可能エネルギー法

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が制定された。2015 年および 2019 年に改正され、2015 年の改正では、消費者の電気料金に加えて固定価格買取制度を計算する取り決めがなされ、関税と付加価値税が免除された。2019 年の改正では、太陽光や風力を系統に接続するための固定価格買取制度の上限が設定され、低価格での競争入札制度の導入、小規模需要家から配電網に供給する電力買い取り手続きが示された。

(3) 国家エネルギー政策 2015-2030

2030 年までのエネルギーセクターの中長期目標を定めたエネルギー国家政策である。このエネルギー政策では、2015～2023 年を第 1 段階、2024～2030 年を第 2 段階として、数値目標を定めている。その数値目標の 1 つに、電源構成比に占める再生可能エネルギーの割合があり、基準年となる 2014 年の 7.62%から、2023 年までに 20%、2030 年までに 30%に引き上げること为目标にしている。2024～2030 年には各地域を大容量の送電線で連系するとともに、双方向性のエネルギー管理システムを組み込んだ系統システムを確立すること为目标としている。

(4) 新復興政策

新型コロナウイルス感染のモンゴル経済に対する影響を緩和し、経済の独立性強化、「ビジョン 2050」を実施する基礎条件の整備、発展の制約要因の迅速な解決を目的として、2021

年に可決された。発展を制約する 6 つ⁴の主な問題のひとつである「エネルギー」の課題を解決するため、最長 10 年間にわたって実施する中期目標のプログラムが含まれる。「エネルギーの復興」の行動計画には、発電所の建設や、銅山の電力自給、増加を続ける首都ウランバートル市の電力及び暖房需要を賄うことが目標として掲げられている。

2.4 ウランバートル市の気候変動に係る取り組み

(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、モンゴル全体の GHG 排出削減に果たす役割が大きい。市の政策、計画の中に気候変動対策を重要課題として位置づけ、効果的な計画や管理能力を向上させるためのメカニズムの確立、都市インフラ改善のための予算の確保が目標に掲げられている。

表 2-4 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⁵。

(3) ウランバートル市マスタープラン

2014 年に策定された「ウランバートル市マスタープラン 2020・開発方針 2030」では、「気候変動に対応した、安全で健康的で緑豊かな都市であること」を目指すとしている。マスタープラン 2020 の方針は、現在策定が進められているマスタープラン 2040 に引き継がれており、気候変動に対応できる街、省エネ・資源節約に貢献する街、近隣の衛星都市を含めた一体的な開発などの方針を掲げている。

現在、副都心地区等市内 9 地域を対象としたグリーン開発では、熱エネルギー消費量削減、再生エネ活用、節水、グリーン建材の使用等による光熱費 20%削減のグリーン住宅開発が計画されている。

⁴ その他の課題は「国境税関、産業、都市・地方、グリーン開発、行政効率」である。

⁵ <https://road.ub.gov.mn/?p=7411>

2.5 ウランバートル市の都市交通に係る取り組み

(1) ウランバートル市都市計画マスタープラン 2020

都市交通分野では、交通渋滞緩和のための都市構造を多核化し、中心市街地とサブセンターを設置し、それらを6つの東西回廊、9つの南北回廊、4つのリングロードでつなぐ計画としている。また、広域開発として、ウランバートル市の人口分散のために衛星都市開発が掲げられると共に広域交通網として、ボグドハン鉄道整備、衛星都市と村をつなぐ道路ネットワーク及びアジアハイウェイ3号線（AH-3）バイパス整備、4つの物流拠点開発が計画されている。

(2) ウランバートル市道路網開発中長期マスタープラン（UBRD2030）

将来的にさらに深刻化する交通渋滞を改善するため、UBRD2030では、2030年に向けたウランバートル市内の輸送能力強化、交通渋滞の改善、市内旅行時間の短縮等を図るための道路網改善案が提案されている。計画では、6本の東西幹線道路、10本の南北幹線道路、4重の環状道路が整備され、道路網（779.3km）は、2025年には1,026.2km、2030年には1,276.3kmにまで拡大する計画となっている。

第3章 札幌市の気候変動に対する取り組み

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。札幌市の脱炭素事例をウランバートル市に共有し、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 カーボンニュートラルに向けた取り組み

3.1.1 ゼロカーボンシティへの取り組み

(1) 札幌市気候変動対策行動計画

札幌市は2020年に、市内から排出される温室効果ガスを2050年には実質ゼロにする「ゼロカーボンシティ」を目指すことを宣言した。市民や事業者の気候変動への関心を高めるとともに、率先した行動を呼びかけるため「気候非常事態」を宣言した。

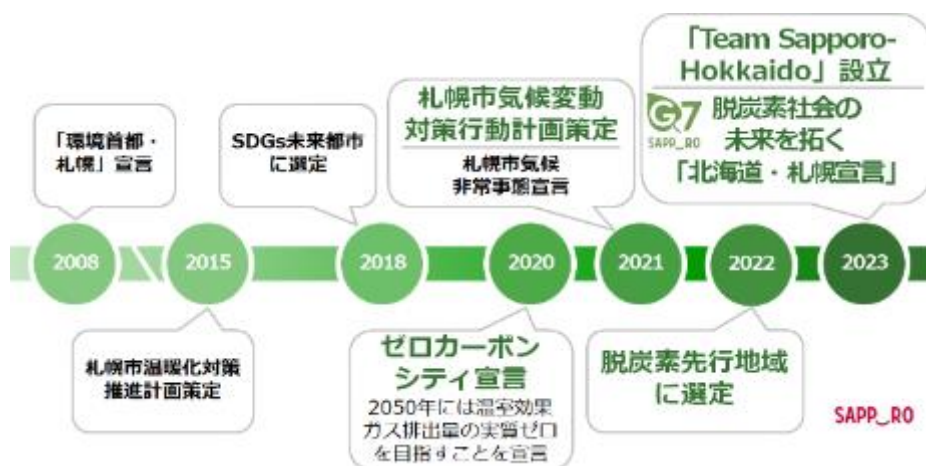


図 3-1 ゼロカーボン都市実現に向けた札幌市の取り組み経過

出典：札幌市

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

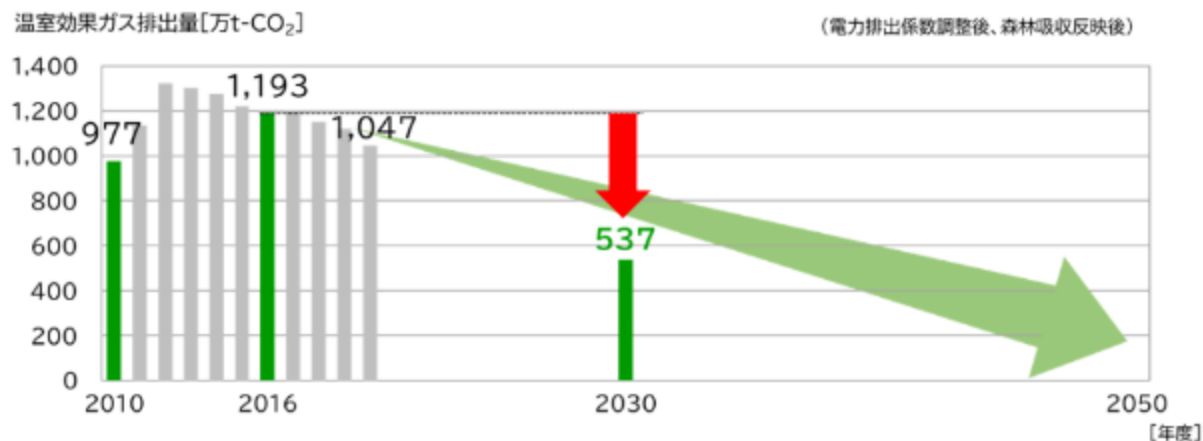


図 3-2 札幌市の温室効果ガス排出量目標

出典：「札幌市気候変動対策行動計画」

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

(2) 札幌市の GHG 排出量の現状と削減目標

2021 年の札幌市の温室効果ガス総排出量は 1,025 万 t-CO₂ であり、2016 年比で 14% の削減に成功している。内訳は家庭部門 37%、業務部門 33%、輸送部門 22% で約 9 割を占め、残りが産業部門、廃棄物部門等となっている。札幌は積雪寒冷という地域特性から、冬期間のエネルギー消費量が大きく、GHG 排出量が全国平均の約 1.5 倍となっている。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。

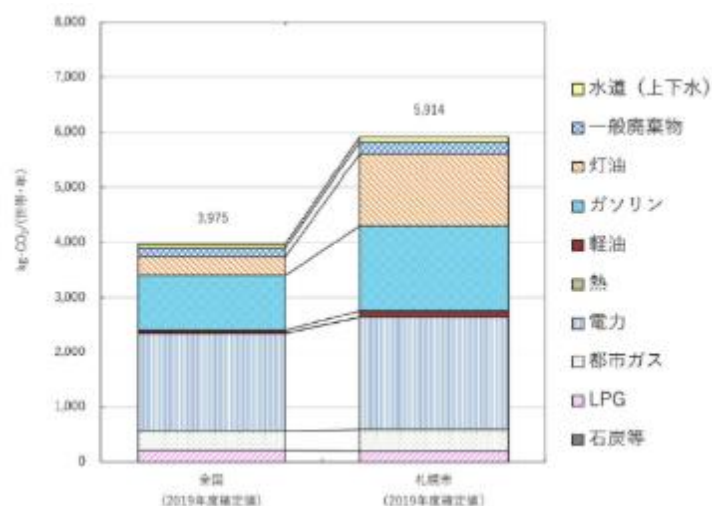


図 3-3 札幌市・全国家庭生活における 1 世帯あたりの GHG 排出量 (2019 年度確定値)

出典：「札幌市気候変動対策行動計画」進行管理報告書 (2021 年速報値・2019 年確定値)

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。

表 3-1 札幌市の施策別の取り組みと目標削減量 (t-CO₂)

施策	取り組み	目標削減量
[省エネ] 徹底した省エネルギー対策	(1)ZEH の推進	約 174 万
	(2)ZEB の推進	約 125 万
	小計	約 299 万
[省エネ] 再生可能エネルギーの導入拡大	(1)建築物等への再生可能エネルギー導入の推進	約 218 万
	(2)地域への再生可能エネルギー導入の推進	約 218 万
	小計	約 218 万
[移動] 移動の脱炭素化	(1)ゼロエミッション自動車の普及促進	約 132 万
	(2)公共交通利用の推進	約 132 万
	(3)コンパクトな都市の推進	約 132 万
	小計	約 132 万

施策	取り組み	目標削減量
[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
	(2)森林等の保全・創出・活用の推進	約 0.2 万
	小計	約 7 万
[行動] ライフスタイルの 変革・技術革新	(1)ライフスタイルの変革 (2)技術革新	—
	合計	約 656 万

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

(3) 省エネ機器エネルギー源補助

灯油暖房・灯油給湯ボイラから電気・ガスを熱源とする、寒冷地エアコンやヒートポンプ温水暖房またエコキュートなどの省エネ機器への切り替えを行おうとする市民に対して、機器導入費用の一部を補助し、GHG 排出量の削減を目指している。



図 3-4 札幌市省エネ機器エネルギー源転換補助の対象機器

出典：札幌市 HP

3.1.2 脱炭素先行地域としての選定

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

札幌市は 2022 年に脱炭素先行地域として選定された。民生部門の電力消費に伴う CO2 実質ゼロ、産学官連携による積雪寒冷地モデルの構築を目指している。



図 3-5 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

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や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。

3.2 GX 投資に係る取り組み

2023 年に「G7 札幌気候・エネルギー・環境大臣会合」が札幌市で開催された機会を捉え、脱炭素を通じてエネルギーの地産地消と道内経済の活性化、日本及び世界のグリーン・トランスフォーメーション（GX）に貢献していくことについて、「脱炭素社会の未来を拓く北海道・札幌宣言」が発表された。

この流れから、北海道／札幌は日本の再生可能エネルギー供給基地、そして、世界中から GX に関する資金・人材・情報が集積する、アジア・世界の「金融センター」となるべく、2023 年 6 月に連携コンソーシアム「Team Sapporo-Hokkaido」が設立された。水素や洋上風力発電、次世代半導体などの GX プロジェクトや、人材育成、ファンド・ファイナンスなどの重点取り組みを 2 年間で集中的に展開予定としている。今後 10 年間で 150 兆円の投資の呼び込みを目指している。

「Team Sapporo-Hokkaido」では、①Sustainable Aviation Fuel（SAF）、②水素、③洋上風力関連産業、④蓄電池、⑤次世代半導体、⑥電気及び水素運搬船、⑦海底直流送電網、⑧データセンターの「8 つの GX プロジェクト」と、①情報プラットフォーム、②再エネ供給・需要、③ファンド・ファイナンス、④特区、⑤人材育成、⑥情報発信・国際協力の「6 つの重点取り組み」を集中的に展開していくこととしている。北海道の有する国内随一の再生可能エネルギーのポテンシャルを最大限に活用することが期待されている。

3.3 水素に係る取り組み

札幌市では 2018 年に札幌市水素利用方針が制定された。そこでは、水素エネルギーの本格普及が進むと考えられる 2030 年頃に向けた取り組みの方向性が示されている。

今後の水素の普及促進に向けた取り組みとして、使用時に CO₂ を出さず、かつ停電時でも電気や熱を供給することができる「水素エネルギー」を活用した、「災害に強く環境にやさしいモデル街区」の整備が計画されている。FC バス・トラックなど大型車にも対応した定置式水素ステーションと、純水素型燃料電池を設置した集客交流施設の整備と計画となっている。2024 年に水素ステーション竣工、供用開始を予定している。

また、石狩市の洋上風力の余剰電力で製造した水素など、再エネ由来のグリーン水素の活用が目指されている。

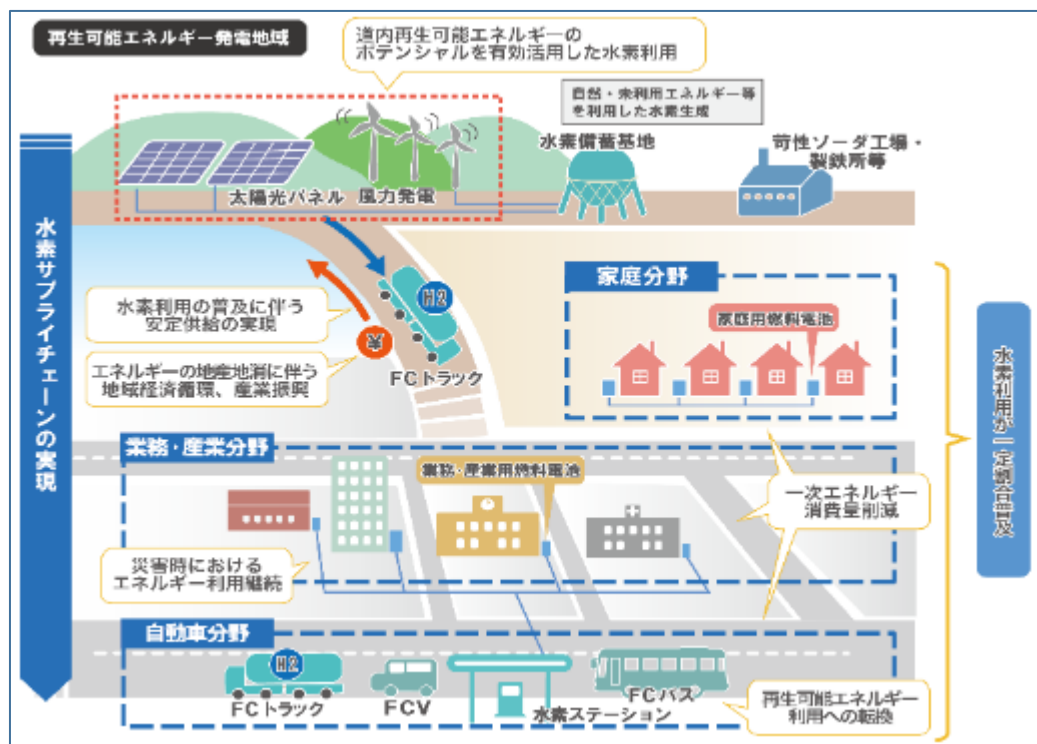


図 3-6 札幌市の 2030 年以降の水素利用が進んだ社会（目指す姿）

出典：札幌市水素利活用方針より抜粋

第4章 都市間連携に係る取り組み

本章では、本年度の事業で取り組んだエネルギーおよび交通分野に係る調査につき、課題と今後の取り組みを記載した。また、ウランバートル市の民間企業の脱炭素に係る取り組みや計画、および札幌／道内企業の脱炭素に係る製品および技術を記載する。最後に、ウランバートル市で実施したワークショップの概要を述べる。

4.1 ウランバートル市の課題

4.1.1 エネルギー分野の課題

(1) 発電量に係る課題

モンゴルの電力需要は鉱業などの産業部門の拡大に加え、家庭部門での日常的な消費においても増加傾向にある。モンゴルは、石炭資源が豊富な国であり安価に入手できる。ウランバートル市内の発電は熱電併給石炭火力発電所（CHP）を利用しており、燃料消費量の90%以上が石炭で賄われ、石炭への依存度が極めて高い。

午後5時～午後10時のピーク時は電力が不足するため、隣国であるロシアや中国から電力を輸入している。モンゴルは電力の80%を自国で賄っているが、約20%をこれら隣国から輸入している。エネルギー安全保障や外貨流出などの課題となっている。2022年のロシアのウクライナ侵攻以降、ロシアからの電力輸入単価が急騰しており、隣国へのエネルギー依存のリスクが高まっている。また、既存のCHPは1960年から1980年に建設されたものであり、老朽化が進み、非効率になっている。

表 4-1 モンゴルの電源別発電量と輸入量（2017～2021年）単位（GWh）

	2017	2018	2019	2020	2021
CHP	5,826.9	6,152.4	6,346.6	6,493.6	7,109.6
ディーゼル発電	3.7	3.7	3.0	2.7	1.1
太陽光発電	19.7	51.5	109.0	108.9	156.9
水力発電	84.5	78.2	85.4	83.3	83.1
風力発電	154.4	339.0	459.3	457.2	563.0
国内総発電量	6,089.1	6,624.8	7,003.3	7,145.7	7,913.6
輸入電力量	1,522.5	1,683.6	1,715.8	1,705.6	1,861.8

出典：Energy Regulatory Commission- 2021 Statistics on Energy Performance

最新のNDCでモンゴル政府は、GHG排出量削減の緩和措置のひとつとして、CHP利用の縮小を強調している。電力需要の増加を賄い、老朽化したCHP利用を縮小していくには、再生可能エネルギーの導入拡大が必要である。今後は、コスト競争力のある変動制再生可能エネルギー（VRE）容量の導入を、既存のシステム運用に大きな影響を与えることなく、加速する必要がある。

(2) 再生可能エネルギー導入に係る課題

① ウランバートル市の電力システムの制約

モンゴルの電力システムは4つの送電網で構成されており、ウランバートル市は中央エネルギーシステム（CES）に含まれる。CESと西部、東部のエネルギーシステムは完全に

統合されていない。また、ウランバートル市の CHP は、熱需要を満たすため、フル稼働に近い状況で運用されており、発電量の柔軟な調整も困難となっている。

発電量が天候によって左右される太陽光や風力などの再エネ由来の電力は、発電量の制御が難しいという特徴を持つ。需要変化及び VRE の出力変動による急激な負荷変動による電力需給のバランスの崩壊は、発電所の機器に悪影響を及ぼし、最悪の場合は大規模停電につながる。

ウランバートル市では、国内地域間での電力融通に制限があり、CHP の発電量調整も困難なことから、需要変化及び VRE の出力変動による急激な負荷変動に対応するための柔軟性がなく、再生可能エネルギー導入に制限が出ている。また、現在は需給調整機能の大部分は国際連系線を通じて隣国であるロシアと中国に依存している。このようなことから、新規の太陽光などの再エネ導入時には、蓄電池も同時に設置することが求められている。

② 送電容量や VRE 出力予測の制約

モンゴルでは、ウランバートル市内から離れた場所での大規模な再エネの導入が進んでいる。遠隔地での発電量が増加することにより、送配電網の系統容量が逼迫する問題が生じている。また、太陽光や風力などの再エネは出力変動が大きく、これら VRE の出力予測は実需要との乖離が大きくなることがある。VRE は、信頼性の高い発電予測が十分に実践できているとは言えない。

今後、再エネを拡大するにあたり、再エネ増大による負荷変動対策を強化する必要がある。VRE 発電予測能力向上、送電線の容量増強、配電システムの強化が必要である。VRE 発電へのスマートメーター等の IoT 機器設置による発電量等のモニタリングデータの収集や、再エネ発電への配電系統監視制御システム（DMS）の導入により、系統全体の需給運用による再エネの効率的系統運用などが考えられる。

負荷変動の調整力として、蓄電池や揚水発電システム、また分散型の再生可能エネルギーの導入促進も必要である。蓄電池は、再エネ発電所ごとに設置することで、出力変動を一定の範囲内にすることができる。また、系統側に蓄電池を設置することで、系統の安定化に貢献できる。

(3) 電気料金に係る課題

ウランバートル市では、電力や熱の販売価格が実際のコストより低く設定されており、現在、消費者向けの電気代は 1kWh 平均 5 セント台である。電気料金が安く設定されていることにより、発電所が電力を売るほど赤字になっている。この料金体系では、発電にかかるコストが回収できないことから、国内エネルギー関連機関の財政が厳しい状態にあり、設備の更新に向けた費用の準備が困難になっている。エネルギーインフラを維持し、エネルギー各社の設備投資、オーバーホール、適切なレベルの技術革新が難しくなっている。電力単価の低価格が、新規の大規模事業や民間事業の参画のための資金設立を阻害している⁶。

⁶ JICA「モンゴル国電統の低・脱炭素化と安定化のための情報収集・確認調査ファイナル・レポート」2022 年、P8

再エネ事業者からの kWh あたりの電力は、12 セントを下回る価格で買い取り価格が設定されている。太陽光発電および風力発電からの再エネ電源発電価格は、CHP 由来の電気料金より高い。他方、再エネの買取価格はコストに対して安い状態である。低負荷時の再エネ電源買取による財政的負担が大きくなるため、政府は再エネ電源の買取制限を行っている。

(4) 地域暖房に係る課題

モンゴルの最終エネルギー消費全体の 6 割は暖房を中心とする熱需要が占めている。ウランバートル市では、冬期にマイナス 30℃を下回ることから、冬期の暖房による熱供給が課題である。

ウランバートル都市部の建物の多くに供給されている主な地域暖房システムは、CHP によるセントラルヒーティングと、地域ごとに熱供給を行う熱専用ボイラ（HOB）である。どちらも蒸気と温水を利用したものであり、石炭に依存している。

CHP は電力とともに熱を供給しており、電力供給と熱供給は密接につながっている。熱と電力の需要は必ずしも一致していないなか、冬期では主に熱需要を満たすため、電力需要が低いときでも CHP はフル稼働が必要となるなどの課題も抱えている。HOB は石炭を燃料として温水を作り、周辺の集合住宅や学校を温めている。これら暖房システムの一部は耐用年数を超えて稼働しており、老朽化により熱損失も大きく、大量の GHG を排出しているとみられる。

地域暖房が整備されていないゲル地区では、家屋ごとに石炭を利用した小型ストーブによる暖房が利用されている。

2020 年～2021 年の厳寒期（マイナス 39℃）での熱需要量は 2,992Gcal/h であった⁷。他方、厳寒のピーク負荷時にすべてのボイラ、タービン、暖房機器が予備能力なしで稼働した場合の、ウランバートル市の総熱供給能力は 2,534Gcal/h であり⁸、供給量は需要量を満たしていない。

政府は GHG の低減および市内の大気汚染対策のため、LPG への燃料転換を計画しているが、将来的には燃焼時に CO₂ を排出しない地中熱ヒートポンプや砂蓄熱システム⁹などの活用が必要である。

4.1.2 交通分野の課題

(1) ウランバートル市内の交通状況

ウランバートル市では、近年の急激な人口増加に伴い、市内の車両台数が大幅に増加している。ウランバートル市の 2020 年の自動車登録台数は、約 60 万台であり、2010 年と比較すると約 10 年で 2.7 倍に増加している。こうした車両の増加に伴い、市内中心部では、深刻な交通渋滞が発生している。例えば、2019 年の東西の主要回廊である平和通りでは、図 4-2 に示すとおり交通量/交通容量で計算される交通混雑を表す指標である混雑度が 3.0 を超える区間が存在している。

⁷ モンゴル エネルギー省「HEATING SUPPLY OF ULAANBAATAR CITY」2022 年

⁸ モンゴル エネルギー省「HEATING SUPPLY OF ULAANBAATAR CITY」2022 年

⁹ 2022 年にフィンランドで導入された。<https://polarnightenergy.fi/sand-battery>

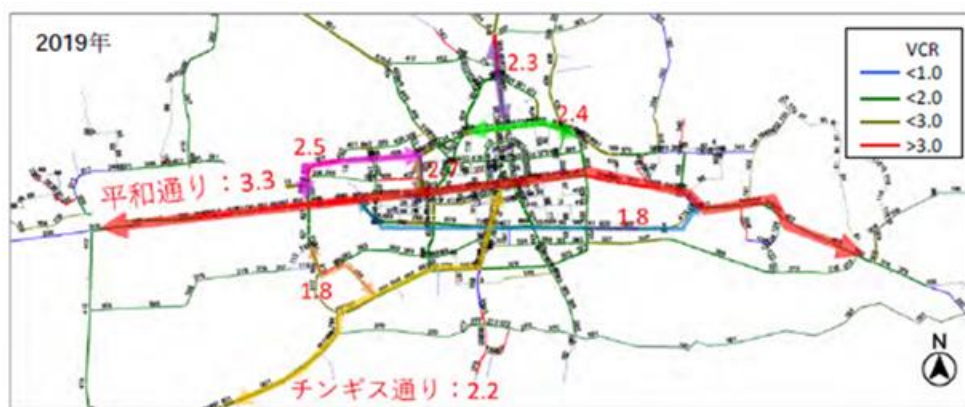
自動車からの CO2 排出量は走行速度に影響され、渋滞緩和により例えば、走行速度が 20km/h から 60km/h に向上すれば、車両の燃費が改善され、その結果、CO2 排出量は約 40% 低減する。したがって、市内の交通流を円滑化し、走行速度を向上させることは、CO2 排出量削減に貢献する。

ウランバートル市内において渋滞が発生する最大の要因は、車両台数に対する交通容量不足というハード面であると考えられるが、ここでは、交通を捌くための交通管理、交通量転換の面から公共交通サービスなどのソフト面における課題を整理した。



出典：モンゴル国ウランバートル市における運輸・交通インフラ整備に係る
情報収集・確認調査報告書（2022年3月）JICA

図 4-1 ウランバートル市車両登録台数の推移（2010 年～2020 年）



出典：モンゴル国ウランバートル市における運輸・交通インフラ整備に係る
情報収集・確認調査報告書（2022年3月）JICA

図 4-2 ウランバートル市交通混雑状況

1) 交通管理に係る課題

現在のウランバートル市の交差点数は 408 か所あり、そのうち信号交差点は 154 か所（38%）のみである。信号制御が必要な交差点が多く残存しており、信号交差点を増加させる必要がある。また、予算不足により、信号の施設更新ができていないため、CCTV などの管理精度が劣化している。また、交差点の信号現示設定が実際の交通量や交通状況に応じて最適化されていない。実際の交通状況に応じた信号現示の調整などの交通管理の高度化が必要である。

2) 公共交通サービスに係る課題

ウランバートル市ではバスが唯一の公共交通機関である。公共交通機関がバスしか存在しないことで、移動需要に対する供給量が不足している。バス利用者の多くが市内中心部を目的地としている。その一方、道路整備が不十分であることから、バス路線は東西軸の平和通りに集中している。その結果、本数、乗降客数ともに多くなり、ラッシュ時を中心にバスが数珠つなぎになることで、速達性が失われているケースがある。また、近年では運賃徴収システムが導入されているが、こうした顧客の利用データを適切に管理し、需要に応じたバス管理・運営の効率化が期待される。

また、現状のバスのサービスレベルは高くなく、バス優先レーンが存在するものの一般車の進入や自家用車の駐車場待ち行列がバス優先レーンに延伸するなど、定時性が確保できていないといった問題がある。公共交通機関の管理を効率化するとともに、バスのサービスレベルを向上させ、利便性の高いサービスを提供することにより、自家用車からの転換を図る必要がある。



出典：モンゴル国ウランバートル市における運輸・交通インフラ整備に係る
情報収集・確認調査報告書（2022年3月）JICA

図 4-3 重複するバス路線

4.2 課題への取り組み

4.2.1 エネルギー分野の取り組み

(1) 再生可能エネルギーの導入状況

モンゴルは総面積 70%以上を占める草原とゴビ砂漠地域を有し、日照時間が長く、風況も良好なため、再生可能エネルギーの活用の余地が大きい。国内の約 10%が風力発電に適していると言われている。

モンゴルの再生可能エネルギーの電源別構成比は、2022 年には 18%になっている。

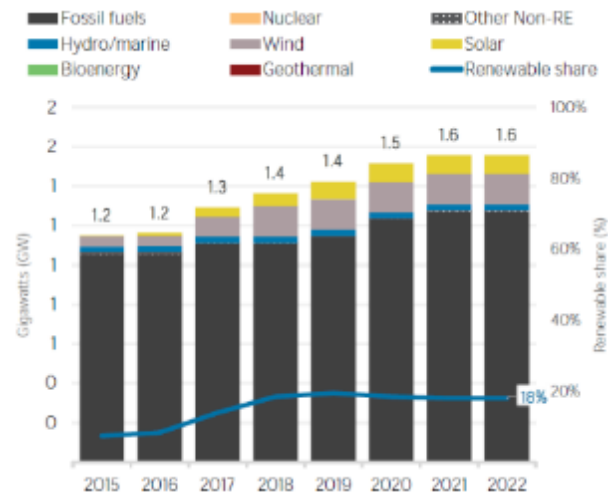


図 4-4 モンゴルの電源別設備構成比の推移

出典：IRENA¹⁰

国内総発電量において再エネ、特に風力発電の割合が近年増加している。他方、国内総発電量に占める再エネの割合は約 10%にとどまっている。

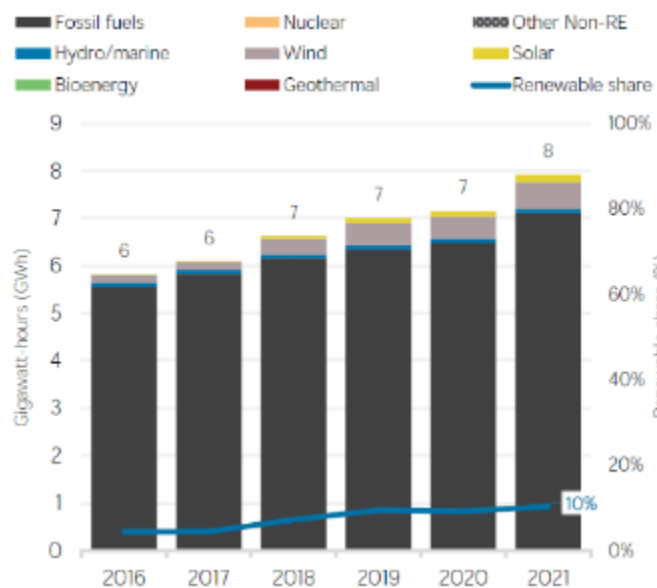


図 4-5 モンゴルの電源別発電電力量構成比の推移

出典：IRENA¹¹

(2) 負荷追従の強化（蓄電、揚水発電）の対応

① 蓄電池

再エネ導入による負荷変動の調整力として蓄電池の導入が考えられる。再エネ発電所に蓄電池を設置することで、常時出力変動する太陽光や風力発電の不安定な出力を平準化して、出力変動緩和が行える。また、需要家の電力ピーク対策や余剰電力の有効活用が可能

¹⁰ Energy Profile Mongolia, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Asia/Mongolia_Asia_RE_SP.pdf

¹¹ Energy Profile Mongolia 同上

となる。ウランバートル市では、電力需要のピークが午後 5 時～午後 10 時である。蓄電池を活用することで、昼間や深夜の余剰電力を充電し、電力需要のピークに蓄電池から放電し、電力系統に供給して、電力のピークに対応できる。

また、系統側に蓄電池を設置することで、系統の安定化や系統制御の対策となる。電力の需給バランスを維持するための調整力として、大容量の系統用蓄電池の設置により、再エネの出力変動を蓄電池が吸収して緩和することが可能である。系統用蓄電池は余剰再エネの充電により系統混雑の解消につながる。

系統用蓄電池は、ピークカットと輸入電力の削減、再生可能エネルギーの余剰電力の吸収による系統の効率向上、系統で生じる急激な負荷変動、周波数変動への対応、発電所の故障時の大規模停電の予防など、電力系統の安定性への寄与が考えられる。CHP の負担を軽減し GHG の削減も見込むことができる。

送配電用系統安定に活用できる大型の電力貯蔵用蓄電池として、リチウムイオン電池、ナトリウム硫黄電池、レドクスフロー電池があげられる。

表 4-2 大型電力貯蔵用電池の特長

	リチウムイオン電池	ナトリウム硫黄電池 (NAS 電池)	レドクスフロー電池
特長	・常温操作で扱いやすい ・軽量・コンパクト ・急速充放電が可能	・高温作用 ・コンパクト ・急速充放電には並列数を増やす設計となる	・常温操作で扱いやすい ・大容量化しやすい
充放電原理	リチウムイオンの正負極間の移動で充放電を行う	ナトリウムイオンの正負極の移動で充放電を行う	参加バナジウムの価数変化（水素イオンの移動）を利用し充放電を行う

出典：一般財団法人エネルギー総合工学研究所¹²

NAS 電池はメガワット級の電力貯蔵が可能となっている。系統連系蓄電池は、ADB の「Upscaling Renewable Energy Sector Project」の中で、二国間クレジット制度日本基金（JFJCM）により、2022 年にサブハン県ウリアスタイに、日本製の NAS 蓄電池（定格出力 600kW、蓄電容量 3.6MWh）が発電容量 5MW の太陽光発電建設に併せて導入された。また、ADB の融資により「First Utility-Scale Energy Storage Project」として、中国製 NAS 電池（定格出力 80MW、蓄電容量 200MWh）がウランバートル市郊外のソングノ変電所に導入され、2023 年末に試運転が開始された¹³。他方、モンゴルでは再エネ電源の PPA 価格が石炭火力よりも高いため、再エネ電力による蓄電池の活用は、経済性が課題となるとみられる。

② 揚水発電所

再エネ導入による負荷変動の調整力としてとして、蓄電池とともに、揚水発電所の活用もあげられる。揚水式発電は蓄エネルギー装置として期待される。揚水発電所は、上部調整池と下部調整池の落差を利用し、軽負荷時に揚水し、貯水してピーク負荷時に発電する。

¹² 「図解でわかるカーボンニュートラル」2021 年

¹³ JETRO ビジネス短信 2023 年 12 月 28 日 <https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/12/e2b5a8548b3e7f8c.html>

水の位置エネルギーを操作により、需要に応じた蓄エネや発電をすることで電気の価値を変えて、電力系統の運用に柔軟性をもたせることができる。他方、揚水発電は設置場所が限られる、設備整備とともに運営維持コストが大きい、揚水に約3割のエネルギーロスが発生し費用回収に課題がある可能性などが指摘されている。

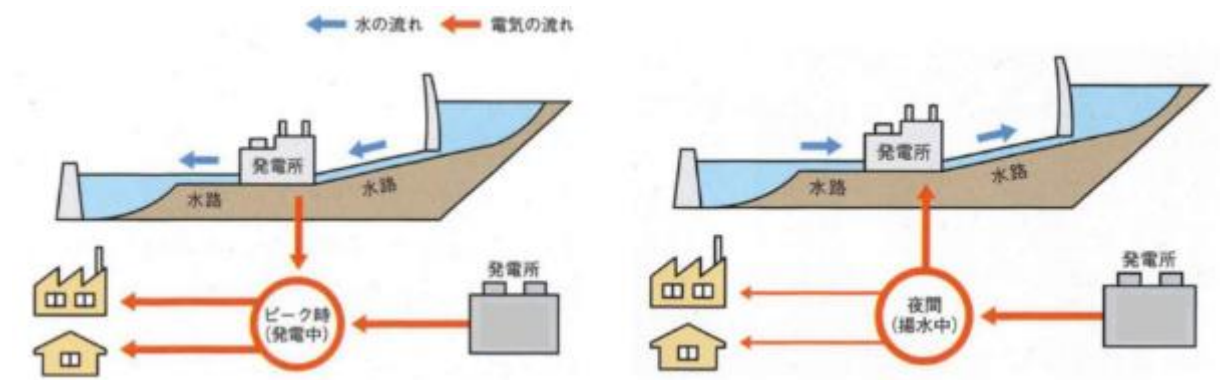


図 4-6 揚水発電所の仕組み

出典：国際環境経済研究所¹⁴を一部変更

(3) 水素に係る状況

水素にはエネルギー貯蔵としての機能がある。他のエネルギー源から生成されたエネルギーを貯蔵、移動、供給に使用できるエネルギーである。水素は燃焼させて熱エネルギーに変換しても二酸化炭素を排出しないエネルギーであり、脱炭素に寄与すると考えられる。歴史的には、水素は主に石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を使用して生産されてきた。現在、再エネ発電からの大規模な水素製造技術が確立されつつあり、余剰再エネを水素として蓄電し、消費することが考えられている。水素の貯蔵輸送技術や利用技術、またそれらのコスト改善が進めば、経済的に実行可能なグリーン水素の道が開かれる可能性がある。

表 4-3 水素製造技術別の色分け

水素の色	一次エネルギー資源	水素製造技術
グリーン	再生可能エネルギー	電力の場合は水分解
グレー	化石燃料	酸化炭素回収・貯留技術を用いないガス化技術
ブラウン	石炭	ガス化技術

モンゴルは石炭依存からの脱却として、水素製造の技術に強い関心を持つ。水素に係る政策立案などを支援することを目的として、2021 年にモンゴル水素評議会（Mongolian Hydrogen Council）が設立された。2023 年 11 月には、JICA によりモンゴルの水素関係者 13 名を日本に招いて、水素に係る講義や視察が実施された。

モンゴルとしての、水素に係る政策や具体的な計画が今後待たれる。現時点では、国際機関や大学、一部の民間企業などにより、モンゴルでの水素製造可能性や活用などに係る基礎調査が実施されているにとどまる。

¹⁴ https://ieei.or.jp/2022/06/exp1220630/?doing_wp_cron=1705629849.3814311027526855468750

2021 年に実施された再エネからのグリーン水素の可能性に係る「Green Hydrogen Applications in Mongolia」の調査報告書によると、モンゴルは再エネ導入に適した土地が多いことから、将来的には比較的競争力のある価格でグリーン水素が製造できる可能性がある¹⁵。また、グリーン水素の活用策として、オユトルゴイ鉱山などでの大型貨物輸送やウランバートル市公共バスへの燃料利用が言及されている。ただし、同調査においても、他の気候変動対策などを含む国家政策や目標と連携した、包括的な水素に係る政策をまずは策定する必要性が述べられている。

(4) ヒートポンプに係る状況

① ヒートポンプ空調

ヒートポンプ空調は、空気中にある熱を集めて移動させ、暖房のための熱源とするシステムである。近年、冬期に気温がマイナスとなる地域でも稼働できるヒートポンプ空調が開発されている。暖房時は室外の熱を集めて室内に移動し、室内の空気に熱を渡す。暖房使用時に少ない消費電力で暖房を行うことができ、二酸化炭素の排出を抑えることが可能である。

他方、ヒートポンプ空調は省エネながら電力を使用するため、モンゴルにおいては既にひっ迫している電力需要を押し上げる要因になる可能性もある。また、ヒートポンプ空調は、石炭利用の既存の CHP や HOB の暖房費よりも割高になる。さらに、ヒートポンプ空調は冷媒を使用するため、二酸化炭素よりも地球温暖化係数（GWP）が大きい冷媒が使用されるという課題がある。

② 地中熱ヒートポンプ

地中熱ヒートポンプは、地中熱交換機を地中に設置することで、冷媒の熱交換を外気ではなく地中熱に求めるシステムである。地中温度は季節に関わらずほぼ安定しており、夏は外気温より冷たく、冬は外気温より暖かい性質を持っている。地中熱は、この気中と地中の温度差を利用する。地中熱ヒートポンプは、石炭燃焼による暖房の代替となりえる。エアコンよりエネルギー消費が少なく、省エネや CO2 排出量抑制効果が高い。他方、地中熱は使用するに従い次第に地中の熱が失われ、効果が低減するとの指摘もある。

設置方式は、ボアホール方式、基礎杭方式、水平方式があり、地中深くに設置か広範な設置場所を必要とする。そのため、都市部では使える場所が限られることが多い。ウランバートル市ではセントラルヒーティングに接続されていないゲル地区において活用が見込みがある。

ADB の「Improving Access to Health Services for Disadvantaged Groups Investment Program」の JFJCM 支援として、ウランバートル市市外のゲル地区にて、新設ファミリーヘルスセンター3 棟に対し、地中熱ヒートポンプの導入が 2022 年より進められている。今後、地下約 2,000m の熱を利用する中深度地中熱ヒートポンプの導入も ADB により計画されている。

③ 太陽熱利用型地中熱ヒートポンプ

¹⁵ Fraunhofer, New Climate Institute, GIZ 「Green Hydrogen Applications in Mongolia」 2021 年

太陽熱利用型地中熱ヒートポンプは、地中熱ヒートポンプと太陽熱集熱器を組み合わせたハイブリッド技術で、両方の技術から熱を生成し、ヒートポンプの効率を最大化する。太陽熱利用型地中熱ヒートポンプは、地中熱ヒートポンプよりも高いCOPとなり、システム全体の電力消費量が削減される可能性がある。また、太陽熱集熱器によって追加の熱エネルギーを得るため、必要なボアホールが短縮され、地中熱ヒートポンプの初期投資コストを削減できる可能性がある。

我が国環境省の「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モンゴルにおいて、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。完成後に運用が始まれば、極寒地での太陽熱利用型地中熱のコスト削減や今後の展開の戦略に係る知見を増やすことができると思われ、今後の利活用が期待される。

4.2.2 交通分野の取り組み

この10年において、ウランバートル市の道路の総延長が954 kmから1136 kmまで約2割増加したが、自動車台数が約23万4千台から約72万台と2倍以上増加しており、ピーク時の平均通行速度が10km/h以下となっている。このような状況を踏まえ、ウランバートル市で実施、計画されている渋滞緩和に対する取り組みの状況を調査した。

表 4-4 渋滞緩和に係るウランバートル市等の対策例

交通課題	対策	取り組みの実施状況
交通管理に関する取り組み	ナンバープレートによる車両通行制限	実施中
	ナンバープレート新規発行の規制	計画
	Web等を活用した道路交通状況の情報提供	実施
公共交通サービスに関する取り組み	都市間バスターミナルの移設	実施
	バスルートの再編	実施
	レンタル電動キックボードサービス	実施
その他	大規模駐車場の新設	計画
	物流センターの新設	計画

(1) 交通管理に関する取り組み

1) ナンバープレートによる車両通行制限

ウランバートル市では、渋滞に対し、車両のナンバープレートによる通行規制が法制化されている。モンゴルのナンバープレートは4桁の数字と地域を表す3文字で構成される。ナンバープレートによる制限は、ナンバープレート末尾の数字によって平日の午前8時～午後8時の間の通行を規制している。表4-5にナンバープレート末尾の数字と通行が規制される曜日を示しており、平日ではウランバートル市の車両台数の約8割しか通行できないように規制が行なわれている。交通量が特に多い祝日や新学期開始前の時期は、ナンバープレート末尾の奇数・偶数で制限されている。ナンバープレートによる規制対象範囲は図4-7に示しており、オフィス・病院・銀行・学校・ショッピング・レジャー施設といった主要なサービス施設を含むウランバートル市中心部の大半を占める地域である。

ナンバープレートによる車両規制は電気自動車の対象外となっているため、今後、電気自動車の台数が増加することが予測されている。しかしながら、電気自動車の価格や充電設備の不足、冬期における性能の低下などの理由から、ナンバープレートによる通行規制を避けるため電気自動車を保有するより。ガソリン燃料自動車を2台所有する人が増え、ウランバートル市の車台数の増加に寄与する要因になっている可能性がある。



出典：ウランバートル市HP

図 4-7 モンゴルのナンバープレートと規制対象範囲

表 4-5 通行規制曜日とナンバープレート末尾の数字との対応

通行が規制される曜日	ナンバープレート末尾の数字
月曜日	〇〇〇 1、〇〇〇 6
火曜日	〇〇〇 2、〇〇〇 7
水曜日	〇〇〇 3、〇〇〇 8
木曜日	〇〇〇 4、〇〇〇 9
金曜日	〇〇〇 5、〇〇〇 0

2) ナンバープレート新規発行の規制

ウランバートル市では車両登録台数が年々増加しており、2023 年末において登録車両台数は約 70 万台となっている。この状況を踏まえ、ウランバートル市は自動車の総台数を 73 万台に抑えるためナンバープレートの新規発行の規制が検討されている¹⁶。

3) Web 等を活用した道路交通状況の情報提供

ウランバートル市交通管制センターは、CCTV カメラ映像によるリアルタイムの道路交通状況をホームページにて情報提供を行っている¹⁷。ウランバートル市交通管制センターが公開する混雑状況の情報と CCTV カメラ映像を活用し SNS (Facebook) とラジオにて朝夕ピーク時に情報提供を行っている。

¹⁶ ウランバートル市 HP 「<https://ulaanbaatar.mn/news/18962>」

¹⁷ ウランバートル市交通管制センター 「<https://ubtraffic.mn/#>」



図 4-8 CCTV カメラ映像を活用した道路交通状況の提供（例）

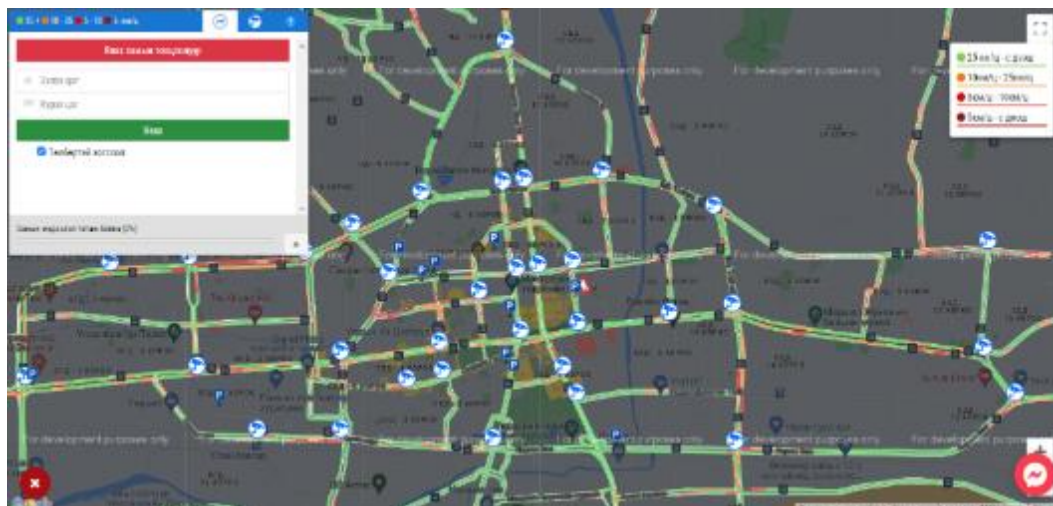


図 4-9 SNS を活用した交通情報の提供

出典：ウランバートル市交通管制センターHP

(2) 公共交通サービスに関する取り組み

1) 都市間バスターミナルの移設

ウランバートル市の中心部には、都市間バスの終着点である Dragon バスターミナルが存在した。Dragon バスターミナルは、ウランバートル市北西方面の 36 都市を結ぶ地域間運行の拠点となるバスターミナルであり、通常時は 65 台のバスと約 5,000 人の乗降客、ピーク時には 150 台のバスと 1 万 2 千人の乗降客の拠点となっている。Dragon バスターミナルは、ウランバートル市内において規模が大きい施設であり、多くの交通を誘発し周辺道路は混雑する状況にあった。

こうした状況を踏まえ、Dragon バスターミナルは、2023 年 8 月にバスターミナルを目的とする人や車の動きを都心から離す目的で、都心から西へ 1.5 キロの場所に移設された。移設先は、敷地面積が拡大され、待合室や飲食店等の設備を充実させることによるサービス性の向上が図れている。



図 4-10 移設された Dragon バスターミナルの様子

2) バスルートの再編

ウランバートル市では、1 日約 40 万人から 50 万人がバスを利用し、2023 年においては約 1 千台のバスが図 4-11 に示す 110 ルートで運行されていた。都心を通るルートが多い状況と、重複するルートが多い状況を踏まえ、バスルートの再編が 2024 年 1 月に実施された¹⁸。

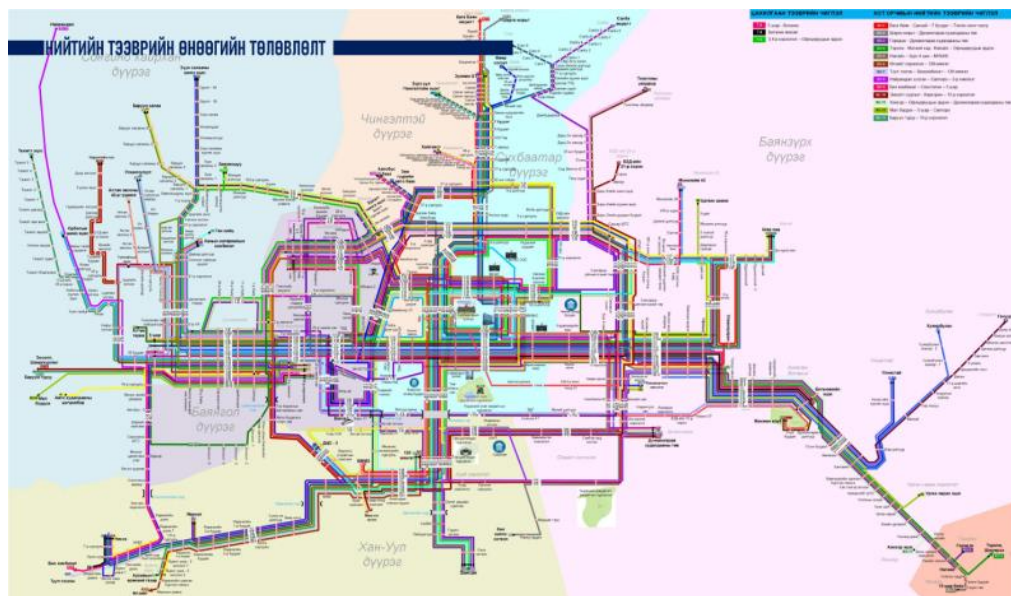


図 4-11 旧バスルート図

出典：ウランバートル市 HP

新ルートはルートの重複を減らし、1 ルートあたりの延長は短くされた。ルートは、大きく 4 つの分類で設定されている。新ルートの概要は、表 4-6 に整理した。

また、バスルートの見直しとともにバス運賃の見直しが検討されている。現行のバス運賃は 2014 年に設定された運賃であり、子供は 200 トウグルグ（約 10 円）、大人は 500 トウグルグ（約 25 円）と定められており、30 分以内は無料での乗り換えが可能である。運賃の見直し案は、乗り換えが多く発生することを考慮し、大人の運賃を 1 日 4 回の乗車で 1,000 トウグルグ（約 50 円）と設定することが提案されている。

¹⁸ 出典：ウランバートル市ホームページ <https://ulaanbaatar.mn/news/18923>

バスルートを見直した初日は市民の中で大混乱と反発が発生したことから、新ルートへの移行準備と市民への周知が不足したと考えられ、継続して今後の状況を確認していく必要がある。

表 4-6 新バスルート図

	ルート分類	ルート数	ルート図
①	主となるルート (都心部)	6 ルート	
②	主ルートをつぶ 環状ルート (都心部周辺)	8 ルート	
③	短絡ルート	40 ルート	
④	郊外ルート	15 ルート	

出典：ウランバートル市 HP

3) レンタル電動キックボード

モビリティの多様化と渋滞緩和対策としてレンタル電動キックボードの導入が進んでいる。市内の様々な施設にポートが設置され、約 3000 台の電動キックボードが導入されている。

しかしながら、サービス提供者は盗難の問題を、利用者は安全な通行空間の不足を課題として挙げている。また、渋滞が最も深刻な冬期には、レンタル電動キックボードの利用が困難であり、年間を通じた渋滞緩和策と考えにくい。



図 4-12 停留所に設置された電動キックボードのポート・利用状況

(3) その他の渋滞対策

1) 大規模駐車場の新設

渋滞対策の一環として、路上駐車を排除し、交通流を改善させることを目的として、公的機関への大規模立体駐車場の新設が計画されている。それに加え、駐車場の運用の効率化や利用者の利便性を向上させるために、全ての駐車場の空き状況を一括管理し、その情報を公開するシステムの導入が検討されている。また、駐車場に電気自動車の充電施設を設置し、電気自動車の普及を後押しすることを検討している。

PROJECT TO IMPROVE THE MANAGEMENT OF THE PAID PARKING LOTS IN 50 PUBLIC LOCATIONS		
INTRODUCTION		SUMMARY
GENERAL INFORMATION	According to Resolution No. 153 of 2019 of the Chairmen of the City Council, UBDC JSC was tasked to implement the "Improvement of Parking Management Project in Ulaanbaatar City". Selection process of the implementer has started.	
PROJECT SECTOR AND SOLUTION	Project Implementation sector: Construction Location: 50 locations in 8 districts of the Capital city 1 Improving traffic management 2 Construction of underground parking system 3 Construction of parking lots with high capacity 4 Construction of automatic open lot (OAS)	
THE NEED FOR THE PROJECT	As of 2021, 53.6% or 962,644 of the 1,234,701 registered vehicles in Mongolia are on the road in Ulaanbaatar, with an average of 1.5 cars per household. Although there are about 985 public transport buses serving 101 routes in the capital city, due to insufficient availability and service standards, people prefer to travel by private cars, which further causes traffic congestion and lack of parking spaces.	
PROCESS	Process: • Research development • Location • Selection • Evaluation Through the partnership of the public and private sector, project implementer will carry out road repair, maintenance and management with 100% of its own capital. The project implementer: • Investment • Repair and maintenance in accordance with the JUCS 0902G:2022/ standard • Installation of surveillance camera equipment • System development • Introducing a smart payment system	Selection Project Design Land Permission Infrastructure ✓ ✗ ✓ ✓
	PROJECT DOCUMENTATION	
RESPONSIBLE SPECIALIST		

図 4-13 大規模駐車場新設概要

出典：Ulaanbaatar Development Corporation

2) 物流センターの新設

現状は「ウランバートル鉄道駅」が都心に位置しており、物流の拠点としても利用されている。その結果、多くの交通が誘発され、渋滞の一因になっている。この状況を踏まえ、ウランバートル市が都心から 34 km離れた場所に物流センターを建設し、都心の物流によ

る交通を制限することで交通混雑を改善することを検討している¹⁹。2024 年に着工予定であり、ウランバートル市長は物流業者と協議会を行い、物流センターの運用方法について意見聴取を行った。

"TO ESTABLISH INTERNATIONAL FREIGHT AND LOGISTICS CENTER IN THE EAST AND WEST PARTS OF THE CITY" PROJECT											
INTRODUCTION		SUMMARY									
GENERAL INFORMATION	Vision 2050: 8.1.6. To establish a free economic zone and freight logistics center in Bayantol and Khushig valley of Govsumber. Action program of the Mongolian government for 2020-2024: 3.6.3.4. Establishment of a dry port, a cargo transportation and logistics center that meet international standards in the Nalaikh district of the capital city, based on the Ulaanbaatar railway, within the framework of public-private partnerships.	Solution: By establishing an integrated logistics center for cargo transportation in Ulaanbaatar, which meets modern international standards, the current cargo transportation terminals and other branch roads will stop receiving cargo and the local operation cost of UBTZ tariffs will be significantly reduced.									
	Implementing organization: Tuushtin LLC Implementing period: 2023-2025 Location: between Khonkhor - Bumbat station of UBTZ, 11th khoroо, Bayanzurkh district Total area: 130 ha 1500 x 880 	Required total investment amount: 135 million USD Significance: - On the east side of Ulaanbaatar city, integrated cargo transportation logistics service that meets the SPL standards of the world's modern logistics with the capacity to meet the market demand will be newly introduced in Mongolia. - Transportation costs for import and export goods will be reduced by 15-30%. - Modern technology that meets international standards will be introduced to UB's cargo transportation and logistics, and new opportunities will be created to support business development by organizing urban planning and the flow of goods within the city according to the standards of major cities in the world, by supporting domestic and foreign trade and export production, and becoming the main node of regional distribution.									
PROCESS	2008: Pre-feasibility study was development 2008: Land permission was obtained 2011: Feasibility study was developed ("Deutsche Bahn Intl. GmbH" -  2011: An environmental assessment has been carried out 2nd-4th quarter of 2021: Construction and Railway design works have been completed. 1st quarter of 2023: The construction work of the 1st phase of the integrated logistics center of UB city will begin. 2nd quarter of 2024: UB will start the first phase of the integrated logistics center for cargo transportation.										
		PROJECT DOCUMENTATION <table><tr><td>Feasibility</td><td>✓</td></tr><tr><td>Project Design</td><td>✓</td></tr><tr><td>Land Permission</td><td>✓</td></tr><tr><td>Infrastructure</td><td>✓</td></tr></table> RESPONSIBLE SPECIALIST 		Feasibility	✓	Project Design	✓	Land Permission	✓	Infrastructure	✓
Feasibility	✓										
Project Design	✓										
Land Permission	✓										
Infrastructure	✓										

図 4-14 物流センター設置の概要

出典：Ulaanbaatar Development Corporation

(4) 活用が期待される技術

ウランバートル市などが進める取り組みを参考に、取り組みでの活用が期待される技術や関連する技術を整理した。ここでは、DX などを活用したスマート化技術を対象にした。

表 4-7 活用が期待される交通に関するスマート化技術

課題	対策	技術・取り組み
交通管理に関する取り組み	ナンバープレートによる車両通行制限	- AI カメラを活用した交通量計測 - 信号制御の高度化（AI による交通管制信号制御）
	Web 等を活用した道路交通状況の情報提供	
公共交通サービスに関する取り組み	都市間バスターミナルの移設	- スマートバス停（寒冷地でも対応可能なバスの接近情報、乗継情報の提供） - ターミナル内のバス管制の自動化
	バスルートの再編	- 利用者データの適切な活用（運賃徴収システムの高度化、AI を活用したバスの乗降データの収集） - 走行状況の把握（車両のコネクテッド化）
	レンタル電動キックボードサービス	- AI デマンド配車 - 乗合タクシーの導入

¹⁹ 出典：ウランバートル市ホームページ <https://ulaanbaatar.mn/news/18954>

1) AI による交通管制信号制御

AI 技術を活用し、集中制御方式の交通管制システムと同等以上に高度な交通管制システムを低コストで実現する信号制御方法である。具体的には、まず電波レーダーから得た交差点近傍の交通情報や画像をもとに学習した AI モデルを用いて歩行者に関する情報、また車両から得たプローブ情報（位置情報）などをもとにした AI モデルから交通情報を生成する。次にこれらの情報を、AI により最適な制御パラメーターを算出するモデルを実装した自律・分散交通信号機に入力し交通信号制御を行う。さらに、交差点間で交通信号制御情報を交換することで、これら情報に応じて信号の表示時間を変える適応型の自律・分散交通管制方式を確立する。

本信号は、現時点では、実証実験レベルではあるが、実証実験では、交差点での信号制御性能や平均旅行時間の短縮、横断歩道などでの歩行者把握などにより、一般的な信号機に比べて 15～20% 程度の平均旅行時間短縮による時間便益の向上と CO2 削減への貢献が期待されている。

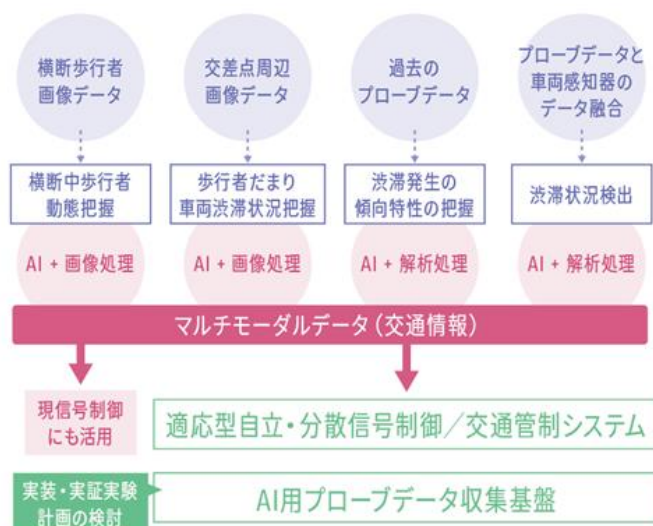


図 4-15 AI による交通管制信号制御の概要

出典：NEDO HP <https://webmagazine.nedo.go.jp/pr-magazine/focusnedo88/sp1-3.html>

2) スマートバス停

スマートバス停は、バス停留所の時刻表交換を自動化し、バスの接近情報や複数のバス事業者が運行する情報を 1 面に統合し表示することを可能にする。乗り換え時の利便性向上が期待される。また、複数の事業者のバス運行情報やお知らせをまとめて確認することや、自治体情報、観光情報など、さまざまな情報を発信することもできるため、バス待ち環境の向上や、広告収入も期待できる。バスターミナルなどの交通拠点に設置する ICT などを活用したバス等の交通マネジメントの高度化が可能なシステムである。

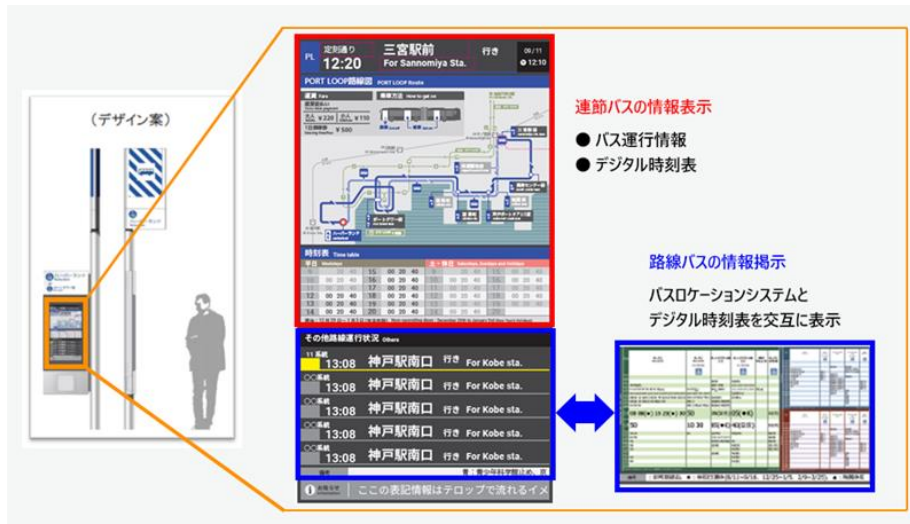


図 4-16 スマートバス停

出典：YE デジタル HP



図 4-17 寒冷地でのスマートバス停の設置状況

出典：十勝バス HP

3) ターミナル内のバス管制の自動化

バスに設置された車両認識機能を活用し、バスターミナルへの入場ゲートの自動開閉を行い、許可されたバス車両のみ通行を許可するとともに、ターミナル内の各降車場に設置したセンサで、バス停車状況もリアルタイムに把握でき、一元管理を実現する。日本国内では ETC 車載器の車両認証機能を活用し、DSRC 路側アンテナをターミナル内の各降車場に設置し管理を行っている。



図 4-18 ゲートの自動開閉によるバス管制の自動化

出典：交通拠点の機能強化に関する計画ガイドライン（国土交通省）

4) AI を活用したバスの乗降データの収集

車内に設置したカメラの画像を AI で解析して乗降者数を計測する。AI は乗降時の人の全身の特徴量データが一致したデータを同一人物としてカウントし、乗降データとして集計している。

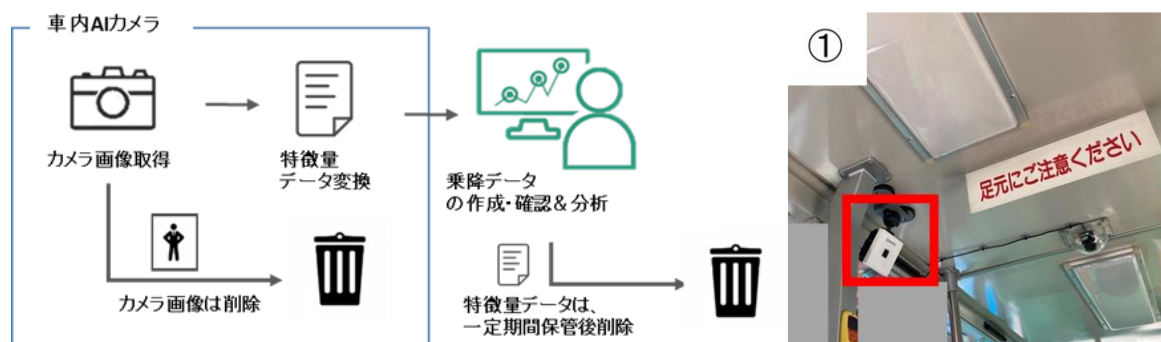


図 4-19 バスの利用者数計測のシステム構成図・設置カメラ

出典：大阪メトロホームページ

5) AI デマンド配車

AI オンデマンド交通とは、AI を活用した効率的な配車により、利用者予約に対し、リアルタイムに最適配車を行うシステムである。このような AI 配車システムを活用することで、相乗りを前提としつつ複数の予約をリアルタイムで効率的に配車することが可能となる。



図 4-20 AI デマンド運行のイメージ

出典：国土交通省総合政策局 HP

(5) 次年度に向けた課題

8 月に開催された第 1 回ワークショップにおいて、札幌市等日本国内における交通改善による脱炭素の取り組み、事例紹介を行い、ウランバートル市と交通分野の課題と脱炭素への取り組みの共通認識を得る機会を設けることができた。しかし、その後、ウランバートル市交通部局において大きな人事異動等があり体制が整わず、協議の機会を設けることができず、交通分野に関するウランバートル市のニーズを把握できていない。今年度調査を行ったウランバートル市等取り組みを踏まえ、重点的に取り組むべき対策、導入技術を提案していく必要がある。

4.3 ウランバートル市企業のニーズ

4.3.1 ニーズ調査

ウランバートル市の大手民間企業数社に対し、脱炭素に係る取り組みに関しヒアリングを実施した。大手民間企業の脱炭素への意識は高く、計画を立て今後取り組みを行おうとしている。これら現地民間企業に JCM の支援の説明し理解促進を図った。また今後、JCM 活用の検討を進めてもらっており、意向確認をこれら企業に進める予定である。下表に聞き取りを行った企業の取り組み計画を記載する。

表 4-8 モンゴル民間企業の脱炭素に係る取り組み

企業／分野	脱炭素に係る取り組み
通信会社	・モンゴル各地に設置する基地局の内、1600 箇所は 3.5kW 以下の再エネを導入し脱炭素を進めたいと考えている。 ・再エネを導入する基地局はパッシブハウスとしたい。 ・データセンター用にも再エネ導入の取り組みをしている。再エネによる発電量が分かるコントロール機能を取り入れたい。 ・自社負担で数か所のデータセンターに既に再エネを導入している。
飲料会社	・94 台の配送車を EV にする計画を検討している。1 台 15 トンのトラックとなる。最初は数台の EV を導入して、走行状況の確認を行う考え。予算はまだ確定していない。 ・飲料工場に再エネを取り入れ、電気を再エネでまかないたい。工場では 1 年間に 100 万 kW を使用している。再エネを取り入れている工場を視察して、進め方を検討する予定である。 ・工場では 1000 人が働いている。
食品会社	・食品工場のボイラ 2 台の更新を検討している。現在のボイラは石炭を利用しており、空気汚染と利用後の灰ゴミの問題がある。LP ガスを利用したボイラに変更したい。 ・ボイラで加熱したお湯は主に工場の暖房（食品工場面積 2400 m²）に利用している。ボイラは 10 月～5 月の間は 20 時間稼働させており、1 日 1500kg の加工炭を消費している。 ・工場ではおにぎりやお弁当を作っており、200 人が働いている。 ・商品配送のため、ウランバートル市内を 1 日に 2 回、375 店舗にトラックで配送しており、配送車を EV にして CO₂ 排出量を削減したい。
鉱山会社	・鉱山近くにてグリーン水素を作りたい。モンゴルの国立大学に自社資金を提供し、グリーン水素の基礎調査を実施してもらった。 ・鉱山がある地方の村を市にする支援をしたいと考えている。そのために利用できる支援があれば活用したい。
銀行	・2050 年には貸出先全てをカーボンフリー案件にする目標を立てている。持続可能なファイナンスの取り組みを行っている。 ・取引先企業の JCM 案件になりそうな情報を提供することが可能。

出典：調査団作成

4.4 札幌／道内企業の脱炭素に係る製品および技術

4.4.1 札幌市／道内企業のシーズ調査

環境に係る設備や技術を提供でき、モンゴルの脱炭素化に貢献する可能性がある道内企業の情報収集を行った。調査対象は、札幌市を中心とする道内企業として以下の調査を実施した。

(1) 調査方法

下記資料に掲載されている民間企業について、企業等のホームページより、省エネ・再エネ等の技術内容を調査し、札幌市近郊に事業所（支店・営業所等を含む）がある企業を選定（一次選定）し、さらに、「北海道内に本社がある」などの基準により企業選定を行った（二次選定）。

表 4-9 札幌市／道内企業調査資料

資料	概要
札幌市ものづくり支援事業成果事例集	札幌市で行った、市内企業の新技術・新製品開発や人材育成を支援するための支援事業による成果事例
札幌ゼロカーボン推進ネットワーク登録企業一覧	札幌における再エネ・省エネ・新エネに関する取り組みの推進を目的に、脱炭素に取り組みたい方と取り組む為の商材の取り扱いがある方を結びつけるため、札幌商工会議所により立ち上げられた専用サイト
札幌市ものづくりデータベース	札幌商工会議所により立ち上げられた、札幌市を中心に道内に数多く存在する「ものづくり関連企業」を検索するサイト
北海道環境企業データBOOK2017	経済産業省北海道経済産業局において、道内環境関連企業の情報を取りまとめたもの
小規模企業向け製品開発・販路拡大支援事業補助金 交付決定企業一覧	「さっぽろ連携中枢都市圏」を構成する市町村の区域内の小規模ものづくり企業に対し、実用化・事業化の可能性が高い新製品・新技術開発の取り組みに加え、自社で開発・改良した新製品等の販路開拓・拡大を支援する補助事業
ビジネス EXPO2023 出展企業	北海道技術・ビジネス交流会実行委員会が開催した北海道の経済活性化や産業振興のため、新たなビジネスチャンスの創出を目指した北海道最大の展示会。ビジネスマッチング支援、就職活動支援、ビジネスセミナー等を実施
さっぽろイノベーションラボ会員一覧	地域社会における技術革新の機会を創出し、必要な技術を普及することを目的として設立された社団法人
その他	過去道内で実施された水素利活用等に関するアンケート対象企業、北海道エネルギー関連補助事業採択事業者一覧（北海道提供資料）など

(2) 調査の実施手順

一次選定は、上記で示した資料より、民間企業一覧を作成し、企業情報（①札幌市近郊の事業所所在地、②省エネ・再エネ等の技術内容）を整理し、該当する情報がない企業を除外した。

二次選定では、一次選定結果企業について、下記の優先・劣後基準を基に、ヒアリング対象の点数付けを行い、点数の高い上位 10 社をヒアリング対象候補として選定した。優先基準は、創エネ技術、オフグリッド、寒冷地対応である。

(3) 調査結果

1) 一次選定

一次選定より 106 企業を選定した。一次選定結果一覧は附属資料に示す。

2) 二次選定

二次選定により、点数付けをおこない上位 10 社をヒアリング対象候補として選定した。

表 4-10 民間企業の二次選定結果（上位 10 社）

No.	業種／所在地	技術内容
1	機械業（帯広市）	アイスシェルタ（氷室）、バイオガスプラント、植物工場
2	製造業（札幌市）	陸上風力用ハイブリッド PC タワー
3	製造業（札幌市）	洋上浮体式風力発電、バイオ発酵ガス発電システム、太陽光発電システム
4	製造業（札幌市）	寒冷地仕様の超小型電気自動車
5	専門・技術サービス業（札幌市）	ロードシステム
6	製造業（岩見沢市）	地中熱利用 空調・換気システム
7	建設業（札幌市）	太陽光発電、下水熱利用、雪冷房
8	建設業（札幌市）	既存住宅のスマート化によるスマートシティ推進
9	製造・サービス業（札幌市）	家畜ふん尿由来水素を活用した水素サプライチェーン実証事業
10	製造業（札幌市）	小型風力発電機

(4) モンゴルの脱炭素化に貢献する可能性がある企業の聞取り結果

二次選定結果企業 10 社より、モンゴルに適用が見込める脱炭素技術や製品を有する企業として、リストの中から聞取りを行った 3 社について下に記載する。

表 4-11 モンゴルの脱炭素化に貢献する可能性ある企業の聞取り

業種／所在地	脱炭素の取り組み、技術内容など
製造・サービス業／札幌市	カーボンニュートラルへの取り組みは、水素事業（天然ガスからの水素製造など）、木質バイオマス、CO2 回収事業、家畜糞尿由来バイオメタン、炭酸ガス再資源化事業、風力発電、カーボンナノチューブなど、地元資源を活かした取り組みをしている。水素として、移動式水素ステーションの運営している。家畜ふん尿から発生するバイオガスを、液化天然ガスの代替燃料となる液化バイオメタンに加工し、域内でエネルギーを生産・消費する地域循環型のサプライチェーンを構築している。
建設業／札幌市	脱炭素の取り組みとして、水素エネルギー、太陽光発電、雪冷房、下水熱に取り組んでいる。下水熱は配管に採熱管を敷設し、熱を吸収する不凍液を入れて、ヒートポンプで循環させ、ロードヒーティングに利用している。十分な採熱管の長さが得られれば、建物の空調にも活用できる可能性がある。下水管に採熱管を設置するため管轄する公共機関との調整を要する。

業種／所在地	脱炭素の取り組み、技術内容など
機械業／帯広市	アイスシェルトとマイナス気温でも活用できるバイオマスの技術を持つ。アイスシェルトは、冬の寒さを資源に、「水」と「氷」で低温・高湿の環境を作りだす氷冷熱エネルギー利用の貯蔵・空調施設であり、寒冷地にマッチした脱炭素型の冷熱利用システムである。モンゴルの大規模農家は大型冷蔵施設があり、大量の電力を利用しているので、活用の余地があると見込まれる。 バイオガスは、マイナス 20 度の北海道で運用できている。バイオガスプラントでは家畜排せつ物から再エネとなるバイオガスを発生し、電気と熱エネルギーを生産する。畜産農家経営による環境負荷を低減し、発生エネルギーの 80%以上を有効利用し、化石燃料の使用を抑え CO2 削減に貢献する。処理後のスラリーは良質な肥料になり効率良い循環型農業を可能にする。



4.4.2 ニーズ・シーズのマッチング

ウランバートルの大手現地民間企業の聞き取りより、脱炭素への意識の高い企業が多数存在する可能性が判明した。これら現地民間企業は、事業の脱石炭化、再エネ導入、EV導入、水素活用に高い関心を持っている。これら脱炭素に係る取り組み計画の中で、JCM案件化の可能性が高い事業の支援を行う。

また、モンゴル商工会議所にあるエネルギーカウンスルには、脱炭素に取り組む現地民間企業が所属しており、さらにこれら企業の脱炭素の取り組みやJCM設備補助事業の理解促進を行い、JCM化の推進を行う予定である。札幌市／道内企業のシーズ調査で得た、国内の脱炭素技術を持つ企業との連携の検討とマッチング活動を促進する。札幌市・ウランバートル市の特徴である寒冷地における課題を背景に、脱炭素の取組を計画するUB市民間企業やJCM可能性案件に対して、札幌市／道内の地場企業の有する寒冷地の脱炭素技術の設備の導入を本都市間連携事業の枠組みを活用して推し進める。

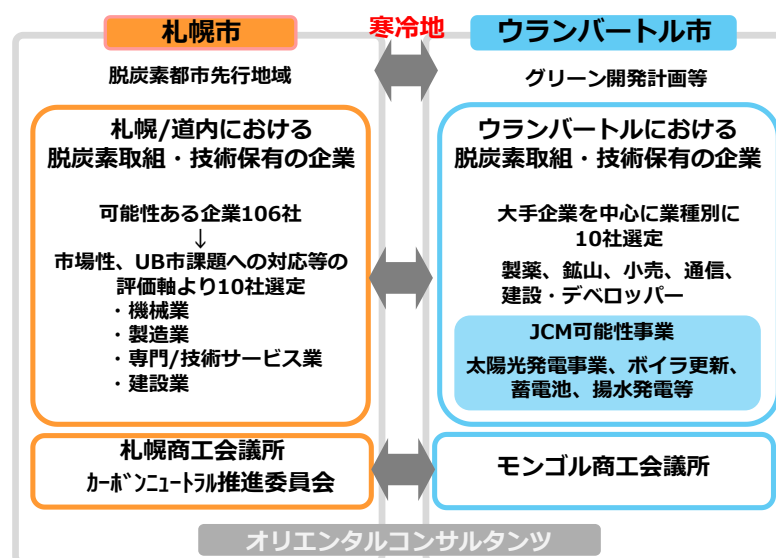


図 4-21 寒冷地技術を活かした都市間連携の促進

出典：調査団作成

4.5 現地開催ワークショップ

札幌市とウランバートル市の施策や取り組みの共有を目的にワークショップおよび打合せを3回実施した。開催実績を下に示す。ワークショップの資料等は、附属資料とする。

表 4-12 ワークショップおよび打合せの開催実績

内容	開催日
第1回：打合せ／ワークショップ	2023年8月28日
第2回：ワークショップ	2023年12月14日
第3回：関係者打合せ	2024年1月31日

4.5.1 第1回ワークショップ

(1) 目的

- ・都市間連携事業の目的と本年度事業の目的及び方針等の共有
- ・実施中と今後実施予定のJCM案件に係る説明と現状共有
- ・今後の事業の展開について議論を通じた意識の擦り合わせ

(2) 成果

- ・今年度の事業の目的と目標等の説明を行い、ウランバートル市の協力の確認を得た。
- ・ウランバートル市と交通分野の課題と脱炭素への取り組みの共通認識を得た。

(3) 開催概要

日時：2023年8月28日（月）13:00～14:30（JST14:00-15:30）

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

【日本側】札幌市、オリエンタルコンサルタンツ（OC）、
アジアゲートウェイ（AG社）

(4) 議事次第

モンゴル時間時間 （日本時間）	内容	発表者
13:00～13:05 （14:00～14:05）	開会：ウランバートル市の挨拶 札幌市の挨拶	ウランバートル市 札幌市
13:05～13:10 （14:05～14:10）	参加者紹介	
13:10～13:20 （14:10～14:20）	2023年度の都市間連携事業について（目的、 方針等）	オリエンタルコン サルタンツ
13:20～13:30 （14:20～14:30）	札幌市の取り組み水素に係る事例紹介	札幌市
13:30～13:45 （14:30～14:45）	実施中JCM事業と今後のJCM事業展開につ いて	AG社
13:45～14:05 （14:45～15:05）	・交通分野の取り組みにかかるコンセプト説 明 ・日本国内における交通改善による脱炭素の 取り組みと事例紹介	AG社 OC
14:05～14:15 （14:05～15:15）	地中熱ヒートポンプ事業の現状説明	ゼネラルヒートポ ンプ工業・OC

モンゴル時間時間 (日本時間)	内容	発表者
14:15～14:25 (15:15～15:25)	ディスカッション及び質疑応答 ウランバートル市からの情報共有	OC
14:25～14:30 (15:25～15:30)	閉会：ウランバートル市ご挨拶	ウランバートル市

4.5.2 第2回ワークショップ

(1) 目的

- ・ウランバートル市の脱炭素の取り組みや今後の事業を共有する
- ・脱炭素に係る札幌市の取り組みを共有する
- ・JCM 案件に係る理解促進と現状を共有する

(2) 成果

- ・札幌市の脱炭素の取り組みがウランバートル市と共有された。
- ・JICA とウランバートル市、札幌市での都市間連携事業における協働の第一段となった。

(3) 開催概要

日時：2023 年 12 月 14 日（木）10:00～11:30（JST11:00-12:30）

開催場所：Khangardi palace

参加者：【モンゴル側】ウランバートル市役所、首都環境局、首都大気環境汚染管理局
【日本側】札幌市、JICA モンゴル事務所、OC

(4) 議事次第

モンゴル時間時間 (日本時間)	内容	発表者
10:00～10:05 (11:00～11:05)	開会：オリエンタルコンサルタンツより挨拶（目的、JCM 事業の説明等）	OC
10:05～10:10 (11:05～11:10)	参加者紹介（5 分）	
10:10～10:18 (11:10～11:18)	気候変動への適応とグリーン開発のための首都における対策	ウランバートル市 首都環境局
10:18～10:25 (11:18～11:25)	ウランバートル市の大気汚染対策	ウランバートル市 首都大気環境汚染管理局
10:25～10:40 (11:25～11:40)	札幌市の取り組み事例紹介	札幌市
10:40～11:00 (11:40～12:00)	脱炭素に係る JICA の対モンゴルの取り組み	JICA モンゴル事務所
11:00～11:05 (12:00～12:05)	ディスカッション及び質疑応答	OC
12:05～12:15 (12:05～12:15)	閉会：ウランバートル市挨拶 札幌市の挨拶	

4.5.3 第3回関係者打合せ

(1) 目的

- ・ウランバートル市の脱炭素の取り組みや今後の事業を共有する
- ・脱炭素に係る札幌市の取り組みを共有する
- ・上記 1) 2) を通して、JCM 案件形成のための議論、都市間連携事業を通じた支援、次年度以降の活動方針を共有する

(2) 成果

- ・ウランバートル市と、脱炭素に係る取り組みと計画に係る考えを共有した。

(3) 開催概要

日時：2024 年 1 月 31 日（水）10:00～11:10（JST11:00-12:10）

開催場所：ウランバートル市庁舎

参加者：【モンゴル側】ウランバートル市役所 開発政策企画部、都市技術インフラ部、住宅政策実施機関

【日本側】札幌市、OC

(4) 議事次第

モンゴル時間時間 (日本時間)	内容	発表者
10:00～10:05 (11:00～11:05)	開会：ウランバートル市挨拶	ウランバートル市
10:05～10:10 (11:05～11:10)	参加者紹介	
10:10～10:30 (11:10～11:30)	本事業の目的、JCM 事業の説明、意見交換	OC
10:30～10:45 (11:30～11:45)	ウランバートル市の脱炭素とエネルギーに係る課題、及び今後の取り組み	ウランバートル市
10:45～11:00 (11:45～12:00)	札幌市の GX 投資に係る取り組み事例紹介	札幌市
11:00～11:10 (12:00～12:10)	Q&A	OC
11:10～11:15 (12:10～12:15)	閉会：ウランバートル市挨拶	ウランバートル市

第5章 JCM 案件形成調査

本章では、本年度事業の調査において、今後 JCM 案件化の可能性があると判断された案件につき記載する。

5.1 大型太陽光発電プロジェクトに係る検討

(1) 調査概要

系統電力への供給を目的とした太陽光発電所の建設プロジェクトの第 2 段階であり、15MW の発電設備を増設するものである。第 1 段階として 2022 年に 15MW を同じプロジェクトサイトで導入を進めており、エネルギーネットワークの安定性を確認後、本事業を第 2 段階として追加建設する計画である。

第 1 段階と同様に、第 2 段階も発電された電力は変電所を通じて中央電力システム (CES) に系統連系される。再エネ由来の発電の利用により GHG 排出量を削減する。

(2) 背景にある課題

モンゴルは近年の持続的な経済成長により、電気需要が増加している。都市住民の生活水準の向上も電力需要を押し上げる要因となっている。大量の電力を消費する鉱業分野における電力消費の占める割合が高い。本事業を通じて系統に再エネのクリーンな電力を提供するとともに、輸入電力への依存を減らす政策に貢献する。

(3) 導入設備・技術の概要

太陽光モジュールは、中国 JA Solar 製の JAM72D30-550MB を活用する。この設備の変換効率は 21.3% である。JA Solar は 2022 年時点で累計 103GW の納入実績を持ち、世界最大の太陽光パネルメーカーのひとつである。

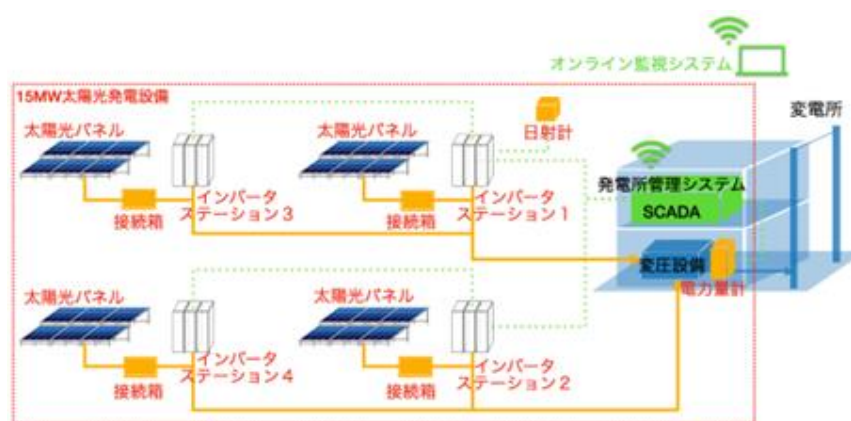


図 5-1 本事業システム図

(4) 候補サイト

ウランバートルの南東 590km に位置するドルノゴビ県 (Dornogovi) 県のエルデネ・ソウム地区 (Erdene soum) が導入対象サイトになる。第 1 段階と同じ事業サイトである。ドル

ノゴビ県は鉱業と重工業が集積しており、南東部の急速に増加する電力需要に対応する必要がある。本事業サイトの太陽光発電は、売電のために直結する変電所まで 20m であり、隣接している。

(5) 実施体制

AG 社が代表事業者となり、モンゴル国の配電・送電網・変電所の建設と運転で実績のある Bayasaltugs LLC (BSTS 社)、Solar Power Mongolia LLC (SPM 社) と 3 社にて国際コンソーシアムを形成する。BSTS 社は、変電所や高圧の系統網の整備 (総距離 9,000km) やディーゼル発電の開発とエンジニアリングをモンゴル政府から受託して事業を営んでいる。BSTS 社は、事業実施を行う SPM 社を 2016 年に設立し、売電契約の締結、環境影響評価の承認取得、本事業工事の許可を得ている。また、BSTS 社が事業実施サイトの地区に 84.75ha の土地を取得している。AG 社と BSTS 社は第 1 段階の 15MW 太陽光発電事業を実施しており、引き続き第 2 段階として 15MW の太陽光発電事業を推進する。

代表事業者である AG 社は MRV のレポート作成と報告を担う。導入設備の運営と設備のメンテナンスは SPM 社が実施する。多数の太陽光発電を設置した経験のある現地企業を本事業の EPC 業者として起用する。

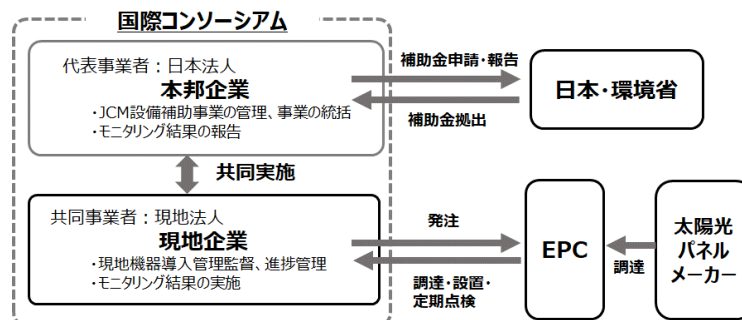


図 5-2 実施体制案 1

(6) 事業性評価 (GHG 排出削減量、費用対効果)

太陽光発電システムによる CO2 削減効果は、系統電力をリファレンスとし、太陽光発電システムにより発電された系統電力に供給された場合に発生した電力量に応じた CO2 排出量をプロジェクト CO2 排出削減量とする。

そのため以下の計算式が適用される。

太陽光発電システムによる CO2 削減量 = (太陽光発電システムにより発電された電力量) × (排出係数)

$$\begin{aligned} & \text{リファレンス CO2 排出量} - \text{プロジェクト CO2 排出量} \\ & = 19,337 \text{ tCO2/年} \end{aligned}$$

- ・ リファレンス CO2 排出量
 $= \text{プロジェクト発電量 } 24,263 \text{ [MWh/年]} \times \text{排出係数 } 0.797 \text{ [tCO2/MWh]}$
- ・ プロジェクト CO2 排出量
 $= 0 \text{ [tCO2/年]}$

(7) スケジュール

第2段目は2024年9月の申請を見込んで進めている。モンゴルにおいては12～3月が冬期にあたり、その期間は気温がマイナス30度を下回り、設置作業に影響をあたえる。モンゴルの季節要因を加味し、設置工事は12～3月を除いた時期に実施する。

表 5-1 スケジュール案 1

カ月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
申請	申請											
導入							設置					
稼働										稼働		

(8) 課題、および今後の対応・方針

現在、第1段階の確定検査と完了実績報告書を作成中である。第2段階の事業実施においては、実施に向けた資金調達を引き続き行う。

5.2 食品加工工場のボイラ更新に係る検討

(1) 調査概要

ウランバートル市郊外にある食品加工工場にLPGボイラを導入することにより、GHG排出を削減するとともに、深刻な大気汚染の緩和に貢献する。既存石炭ボイラの使用をやめて、新たに高効率ボイラを導入し、省エネを図るとともに、大気汚染物質排出を削減する。

(2) 背景にある課題

石炭を利用するボイラは、燃焼するとばいじんなどの大気汚染物質を多量に排出し、深刻な大気汚染を引き起こす。工場に2台あるボイラは石炭焚きであり、大量の石炭を消費しており、大気汚染のもとになるとともに、GHGを大量に排出している。また、ボイラを扱う従業員の健康にも悪影響を及ぼしている。



図 5-3 既存石炭焚きボイラ

表 5-2 既存石炭ボイラの仕様

項目	仕様
出力	600,000kcal/h
点火方式	手動着火方式
缶水容量	2200L
ボイラ使用圧力バー	1 kg/cm2

(3) 導入設備・技術の概要

燃料を石炭から LPG に変換すると、ボイラの燃焼効率が向上するため、燃料の重量当たりの熱量が増加することに加え、CO₂ の排出量を削減できる。また LPG は硫黄や灰分を含まないので、硫黄酸化物やばいじんなどの大気汚染物質の排出をほぼゼロにできる。

導入の候補となる、貫流ボイラは水管ボイラ的一种である。炉筒煙管ボイラや水管ボイラに比べて、伝熱面積当たりのボイラが有する水量が少ないため、起動から所要蒸気を発生するまでの時間が短い。管系だけから構成され、蒸気ドラム及び水ドラムを必要とせず、伝熱面積当たりの保有水量が少ないためコンパクト・軽量で、ボイラ室の有効利用が可能である。省エネのみならず、排ガスについても低 NO_x 特性を有し、大気汚染物質排出を減少させる。

(4) 候補サイト

ウランバートルの市街地から約 10km 離れたところに位置する食品工場である。現在、石炭ボイラが設置されている場所に新規ボイラを設置する。



図 5-4 既存石炭焚きボイラ設置場所

(5) 実施体制

実施体制案を下に記す。

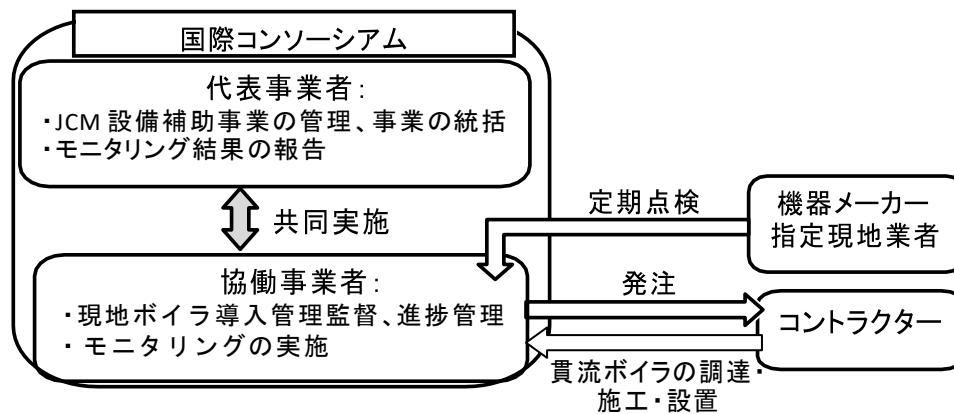


図 5-5 実施体制案 2

(6) 事業性評価（GHG 排出削減量、費用対効果）

本事業は、2019 年にモンゴル国で採択された「飲料工場への LPG ボイラー導入による燃料転換」の先行事例より、石炭ボイラ 2 基（1.5ton/h×2 基）の更新を想定するため、先行事業の規模と比較して、CO₂ 排出削減量が約 600～800CO₂t/年程度見込まれる。

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

R_y = リファレンス燃料使用量 (RQ_{fy}) [t/年]

× 排出係数 (f_{urf}) [tCO₂/t]

+ リファレンス消費電力量 (RQ_{ey}) [MWh/年]

× 排出係数 (g_{ef}) [tCO₂/MWh]

P_y = プロジェクト燃料使用量 (PQ_{fy}) [t/年]

× 排出係数 (f_{upf}) [tCO₂/t]

+ プロジェクト消費電力量 (PQ_{ey}) [MWh/年]

× 排出係数 (g_{ef}) [tCO₂/MWh]

(7) スケジュール

スケジュール案を下に記す。

表 5-3 スケジュール案 2

カ月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
現地調査	ボイラ選定 基本設計/詳細設計											
設計			JCM 国際コンソーシ アム組成、PIN 作成									
導入										新規ボイラ 導入		
稼働												稼働

(8) 今後の対応・方針

導入ボイラの確定、代表事業者の選定を今後行う予定である。

5.3 通信基地局への太陽光発電と電力コントローラ導入に係る検討

(1) 調査概要

モンゴルの携帯電話基地局に、再エネによる発電と余剰電力により蓄電池に充電された電力を効率的に活用し、長時間の安定した通信環境を備えた基地局の実現を目指す。再エネ電力の導入と再エネ発電データの見える化により、基地局電力消費による温室効果ガス排出の低減をおこなう。

(2) 背景にある課題

モンゴルでは携帯電話の急速な普及により基地局の数が急増している。他方、遠隔地での設置のため電力が利用できない基地局や停電の多い基地局が多く、電力を安定供給するために基地局に設置されたディーゼル発電機の燃料消費が経済・環境面の負担となっている。

(3) 導入設備・技術の概要

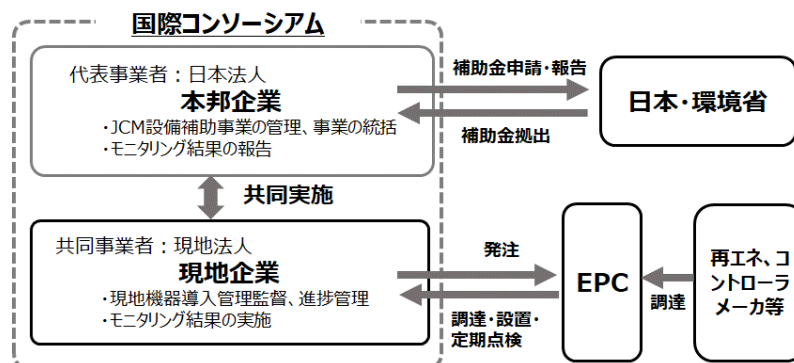
- ・ 太陽光発電：太陽光システムを通信基地局のポールや周辺に設置する。
- ・ 風力発電：小型風力発電を活用し、夜間でも継続的に再エネ電力の供給を可能とする。
- ・ コントローラ：直接的に再エネの電力を通して通信機器に電力供給する。また、再エネ発電データを見える化し、迅速な保守対応を可能とする。
- ・ 蓄電池：蓄電池を用い、独立電源として安定的な電源供給を可能とする。
- ・ 通信基地局には安定した電力供給が求められるため、再エネと従来電力の供給の最適な比率を組み合わせた電力供給を目指す。

(4) 候補サイト

モンゴル国内に多数ある基地局の中から、JCM 事業として適当な基地局を選定する。

(5) 実施体制

国際コンソーシアムは現地通信会社と日本法人により形成し、設備を購入する。



(6) スケジュール

スケジュール案を下に記す。

表 5-4 スケジュール案 3

カ月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	～	18
現地調査	基本設計/詳細設計											
設計			JCM 国際コンソーシアム組成、PIN 作成									
導入稼働											設備導入→順次稼働	

(7) 課題および今後の対応・方針

JCM 設備補助事業で対象とする設置場所の選定と、設置場所に応じた最適な設計を行う。

5.4 系統連系円滑化蓄電池システムの配備と系統整備プロジェクトに係る検討

(1) 事業概要

電力ネットワーク（系統）の変電所から直接接続する系統用蓄電システムに太陽光発電システムを併設し、ウランバートル郊外に配備する。昼間は新設の太陽光発電由来の電力を蓄電システムに充電する。夜間は既設の風力発電由来の電力を蓄電システムに順潮し、これら再エネを調整力として系統向けに放電する。

(2) 背景にある課題

ウランバートル市では経済成長や住民の生活水準の向上から、電気需要が増加しており、電力需要のピークである夕方 5 時から 10 時の電力が足りていない。本事業により、日中の余剰再エネを充電とピーク時の放電から、系統安定化、負荷シフト、安全なバックアップ電源の確保が可能となる。CES の電力網の安定と GHG 排出量削減に貢献する。

(3) 導入設備・技術の概要

系統連系する蓄電システム（BESS）とエネルギー管理システム（EMS）を備え、太陽光発電設備を一体化したパッケージシステムとして導入を検討する。

系統用蓄電池として NAS 電池（バナジウムレドックスフロー電池）の導入を検討している。BESS の設置容量の想定モデルは 10MW/42MWH である。

(4) 候補サイト

以下の候補地から適切な第 1 弾を選定し、その後順次候補地で事業を実施する計画である。

プロジェクト名BESSサイズ／PV容量	場所
Yesunbulag project 10MW/42MWh BESS	Yesunbulag soum, Gobi-Almai province
VAAR 10MW/42MWh BESS+1.5 MW PV	Songinohairkhan district, Ulaanbaatar city
Choir 100MW BESS+PV-4.9x4= 19.6 MW PV	Sumber soum, Gobi-Sumber province

(5) 実施体制

代表事業者が全体マネジメントを担い、共同提案者が現地のプロジェクト開発の実務を担う。JCM の参画候補企業が EPC（Engineering Procurement Construction）業者として参画する想定をしている。また、実際の施工や資材調達に現地での PV および BESS プロジェクト実施経験を持つ現地企業に委託することを想定する。

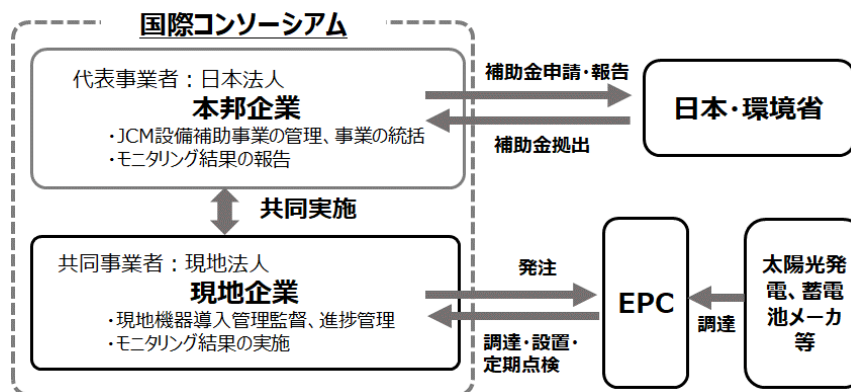


図 5-7 実施体制案 4

(6) 事業性評価（GHG 排出削減量、費用対効果、投資回収年数）

設置容量 10MW/42MWH の BESS（中国製 3 元系リチウム電池）導入を想定している。プロジェクトコストは、13.5 百万米ドルである。配電容量は 15,299kWh、売電価格は 0.156 USD/kWh にて PPA 締結を交渉中であり、買電価格は 0.020USD/kWh にて PPA 締結を交渉中である。

(7) GHG 排出削減量

本案件を通じて期待される GHG 削減の前提は、①PV システムの新設による対グリッド排出係数の CO2 排出削減、②蓄電池による PV システムから発電された余剰電力の夜間供給で生じる追加的な CO2 排出削減、および③グリッド接続された再エネ（風力等）の余剰電力の蓄電を通じたオフピーク時の追加的な CO2 排出削減、によるものとなる。

候補地 VAAR 変電所の GHG 排出削減量は以下となる。

- ① PV の新設による排出削減効果：33,243tCO2/年
- ② 蓄電池による PV の安定化効果：30,062tCO2/年
- ③ グリッドからの再エネ蓄電による効果：178,866tCO2/年

試算結果から、VAAR 変電所対象の場合の GHG 排出削減量は 242,171tCO2/年となる。

(8) スケジュール

蓄電所の概念設計、最適なレイアウト平面配置計画等の作成を進めている。JCM 国際コンソーシアムを組成し、PIN を作成する。BESS の選定を終え EPC を開始する。

表 5-5 スケジュール案 4

カ月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
現地調査	詳細設計									
設計		PIN作成								
施工稼働					BESS 選定 EPC 開始			COD (Commercial Operation Date)		

(9) 課題および今後の対応・方針

- ・ 系統用蓄電池につき、最適な技術とメーカーを選定する。メーカーからの詳細仕様と実績の把握、詳細見積の取得、保証条件等の確認を明確にする。
- ・ 系統安定化と調整力の向上に向けた要件定義と解決策を整理する。
- ・ PPA 価格の交渉を進め、PPA 価格に基づき事業収益性を算定し、事業モデルの精度を上げる。

5.5 揚水発電プロジェクトに係る検討

(1) 調査概要

ウランバートル市郊外に、揚水発電所を設置し、日中の風力等による余剰再エネから充電して、夕方のピーク負荷時および緊急時に電力を提供する。ピーク時には隣国から電力を輸入しており、隣国の電力も石炭火力由来が多いことから、GHG の削減につながる。

(2) 背景にある課題

ウランバートル市では電力需要のピークである夕方 5 時から 10 時の電力が足りていない。一方、日中の太陽光や風力の再エネ電力は増加しているが、電力系統の柔軟な調整ができないことから、今後の再エネ導入の支障となっている。揚水発電所により日中の余剰再エネを充電し、ピーク時に放電し、近隣世帯や工場に電力を供給することで再エネの活用を促進する。

(3) 導入設備・技術の概要

最大使用水量 27.94 m³/sec の水を、68m の落差を利用して上部調整池から下部調整池に移動させて発電する。55MW のフランシスタービン 2 台を導入する。

本事業で導入予定のフランシス水車は、水の速度と圧力を利用してランナーを回転させる構造の水車である。落下した水は渦巻状のケーシングに入り、旋回する内向きの流れとなった状態で流量調整用の可動羽を通してランナーに接触、水車を回転させる。フランシス水車は 10 メートルから 300 メートルの落差といった幅広い領域で使用可能である。

表 5-6 計画する揚水発電の詳細

Capacity (pump turbine) 2×55 MW	110MW
年間生産電力量	310,000 MWh
ダム堤頂長	580 m
最大ダム高さ	68 m
貯水池容量	1875 Million. m ³
上部貯水池の最大/最小作業水位	1490/1470 M
下部貯水池の最小/分作動水位	1245/1242 m
定格揚程	H = 245 m
数量	2 set
フランシス型可逆立軸ポンプ／タービン	54.5/67.5 MW
吐出水量	Q = 27.94 m ³ /sec
1 日の運転時間 (T)	8.5 h
最大揚程	H = 224/249.3 m
最小	H = 209/219.3 m

(4) 候補サイト

新しい下水処理場が整備されているウランバートル市の東に位置するソングノハイルハン地区の隣に設置予定である。上部と下部の調整池の落差は 68m である。

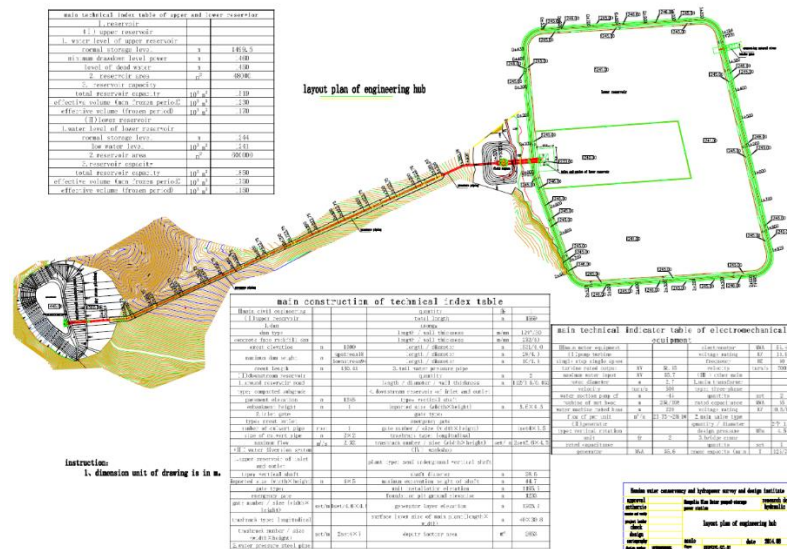


図 5-8 揚水発電図面



図 5-9 揚水発電建設予定場所

(5) 実施体制

本事業のため、現地のインフラ・運営会社として「Ulaanbaatar Pumped Storage Power Station LLC」が設立されている。

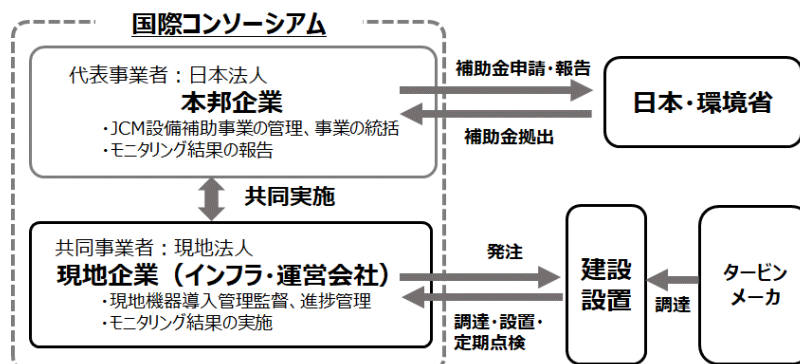


図 5-10 実施体制案 5

(6) 課題および今後の対応・方針

本事業に必要な総投資額は、約 1 億 7,500 万米ドルと見積もられている。工事期間は 3 年以内で完了の予定である。現地インフラ・運営企業は資金調達を進めており、継続して投資先を探していく予定である。