



環境省

令和6年度環境省委託

令和6年度
脱炭素社会実現のための
都市間連携事業委託業務

札幌市・ウランバートル市の寒冷地に
おける環境インフラ導入促進事業
報告書

令和7年3月
(2025年)

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
札幌市

目次

第1章 事業概要	1
1.1 事業の背景	1
1.2 事業の目的	1
1.3 事業概要	2
1.4 実施体制	2
1.5 実施内容	3
1.6 事業の参画都市概要	4
第2章 ウランバートル市の気候変動に対する取組	7
2.1 ウランバートル市の課題	7
2.2 モンゴル国のGHG排出状況	9
2.3 モンゴル国の気候変動対策	11
2.4 ウランバートル市のグリーン開発に係る取組	13
第3章 寒冷地における環境インフラ導入促進に係る検討	14
3.1 屋根置き太陽光発電導入に係る調査	14
3.2 熱供給エネルギー転換に係る検討	26
3.3 廃棄物からの固形燃料に係る検討	31
3.4 家畜ふん尿を活用したバイオガスに係る検討	38
3.5 アイスシェルターに係る検討	50
第4章 札幌市の世界冬の都市市長会に係る取組	59
4.1 冬の都市市長会	59
4.2 市長間対話	63
4.3 札幌市での環境インフラ視察	65
4.4 モンゴルビジネスセミナー及び交流会	70
4.5 副市長間対話	73
附属資料	
附属資料A: 屋根置き太陽光発電提案資料	A-1
附属資料B: 冬の都市市長会 発表資料	B-1
附属資料C: 環境インフラ視察 関連資料	C-1
附属資料D: 市長間対話、副市長間対話の記録	D-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（左：位置図、右：首都行政区）	4
図 1-3	モンゴル国とウランバートルの人口推移（2000～2023 年）	5
図 2-1	モンゴル国の燃料別 CO2 排出量	9
図 2-2	モンゴル国一人当たりの CO2 排出量（日本との比較）	10
図 2-3	エネルギー生産の炭素強度	10
図 3-1	JCM 設備補助事業 実施体制（案）	20
図 3-2	本事業で取り組んできた建物を対象にした ZEB 促進	23
図 3-3	寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケース	24
図 3-4	太陽光発電・蓄電池・EMS の組み合わせモデル	24
図 3-5	グリーン住宅開発の目標（和訳）	25
図 3-6	ウランバートル市のガス利用及び固形燃料発電の PPP 計画	28
図 3-7	潜熱回収型ボイラー例	29
図 3-8	実施体制案	30
図 3-9	ウランバートル市の廃棄物発電計画	32
図 3-10	モンゴル国のコーヒー輸入量と廃棄物量（2020 年～2023 年）	33
図 3-11	コーヒーかすからの固形燃料化	34
図 3-12	TESO 社食品加工業で使用される原料の例	34
図 3-13	TESO 社食品加工製品例	35
図 3-14	実施体制案	35
図 3-15	バイオガスプラント システムフロー	39
図 3-16	バイオガスプラント 嫌気性発酵システム	40
図 3-17	土谷特殊農機製作所が道内で手掛けたバイオガスプラントの事例	43
図 3-18	土谷特殊農機製作所のバイオガスプラント納入実績	44
図 3-19	実施体制図（案）	47
図 3-20	自然氷の特徴と優位性	50
図 3-21	アイスシェルターによる野菜貯蔵庫の仕組み	51
図 3-22	土谷特殊農機製作所のアイスシェルターの図面（平面・立面）	53
図 3-23	アイスシェルター仕組の概要図	54
図 3-24	アイスシェルターの温度	54
表 1-1	実施工程	4
表 2-1	モンゴル国の気候変動に係る政策	11
表 2-2	モンゴル国 NDC の分野別 GHG 削減目標	12
表 2-3	ウランバートル市の GHG 削減目標	13
表 3-1	フレキシブルパネルの概要	16
表 3-2	導入可能性が考えられる病院・学校に対する調査	17
表 3-3	追加対象としての民間施設に対する調査	19

表 3-4 JCM 設備補助事業の申請・工事スケジュール（案）	22
表 3-5 Suu 社バイオガスプラント計画案	46

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
CES	Central Energy System	中央エネルギーシステム
CHP	Combined Heat and Power	熱電併給
COP	Conference of the Parties	締約国会議
C2P2	Clean City Partnership Program	クリーン・シティ・パートナーシップ・プログラム
EMS	Energy Management System	エネルギー管理システム
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
GX	Green Transformation	グリーントランスフォーメーション
HOB	Heat Only Boiler	熱供給ボイラー
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	二国間クレジット制度日本基金
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
NDC	Nationally Determined Contribution	国が決定する貢献
PCS	Power Conditioning System	パワーコンディショナ
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

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

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

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月に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・大学等の連携により、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組及び脱炭素社会の形成に寄与する設備の導入を支援するための調査事業を実施する。

1.2 事業の目的

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

現在の札幌市は、寒冷地に196万人が暮らす自然と都市機能が調和した大都市である。しかし、かつて北海道は石炭業が盛んであり、札幌市も1960年代頃まで石炭暖房による大気汚染による被害が甚大であった。1970年代に札幌都心部における広範囲の地域熱供給システムを導入するなど、市をあげた取組で抜本的な改善に成功した。

一方の現在モンゴル国の人口の約半数が住むウランバートル市は、主なエネルギー消費が同市に集中し、石炭に大きく依存している。2010年以降一人当たりのGHG排出量は増加しており、同市のエネルギー転換はモンゴル全体へのGHG排出削減に果たす役割は大きい。

ウランバートル市はエネルギー政策において再エネの利用促進、GHG排出量削減を目標

として設定している。札幌市のエネルギー転換の成功例は、ウランバートル市の同様の課題の解決を支援し、同市の GHG 削減目標に貢献する可能性がある。

2020 年から 2023 年までの本事業フェーズ 1 では寒冷地の建築（ZEB）・再エネ促進の取組を行った。フェーズ 2 では、2050 年までに CO2 排出実質ゼロを宣言する札幌市によるエネルギー転換の経験と取組を活かして、同じ寒冷地であるウランバートル市に対し、適切なエネルギー転換促進の取組を実施する。本年度は、市長対話や札幌市の環境インフラの現場視察を実施し、札幌市の脱炭素の取組をウランバートル市計画に展開する。同時に、札幌／道内企業の協力を得ながら、ウランバートル市のエネルギー転換にかかる JCM 事業の案件形成を行う。

1.3 事業概要

委託業務名：令和 6 年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

（札幌市・ウランバートル市の寒冷地における環境インフラ導入促進事業）

履行期間：令和 6 年 7 月 1 日～令和 7 年 3 月 14 日

発注者：環境省 地球環境局

受託者：株式会社オリエンタルコンサルタンツ

1.4 実施体制

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

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

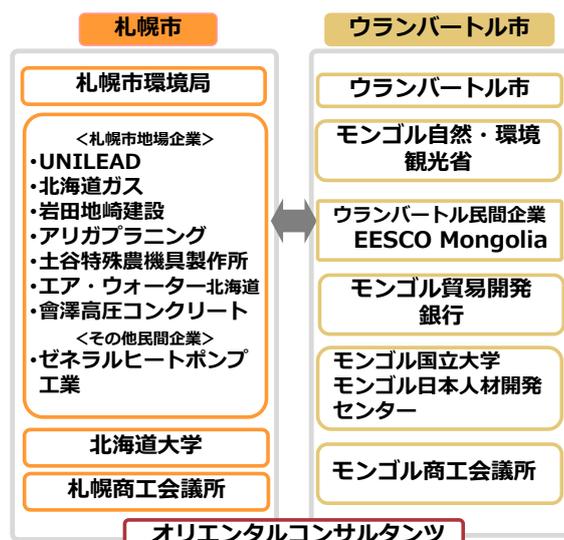


図 1-1 事業実施体制

1.5 実施内容

本事業では、エネルギー源を石炭に大きく依存するウランバートル市で再生可能エネルギー等のクリーンなエネルギーの利用を促進すべく、GHG 排出量削減に寄与する設備導入に係る案件形成のための活動を実施した。具体的には、病院や民間企業への屋根置き太陽光発電導入、LPG ボイラー導入、有機物廃棄物を利用した燃料化、家畜ふん尿を利用したバイオガスプラントの導入、アイスシェルターの導入促進などである。現地調査は、脱炭素に係る技術を持つ札幌市および道内企業の協力を得て実施した。

また、ウランバートル市も含め 9 か国 22 都市からなる国際ネットワーク「世界冬の都市市長会」が 2024 年 12 月に札幌市で開催された。この機会を活用して札幌市長及びウランバートル市長の対話や、脱炭素に係る環境インフラの現場視察を実施した。

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課題と気候変動に係る施策や取組みについて記載する。3 章では本年度事業にて取り組んだ脱炭素化への JCM 案件形成調査について詳述する。4 章では札幌市で開催された「世界冬の都市市長会」の市長間対話や、環境インフラ視察等について詳述する。

表 1-1 実施工程

項目	2024年度											
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
打合せ・報告会												
		キックオフミーティング (契約締結時)				中間報告					最終報告	
実施内容												
(1)寒冷地における適切なエネルギー転換促進												
①熱供給システムのエネルギー転換												
②グリーン開発及び病院向けZEB化・再エネ導入												
③寒冷地に適した地産地消自然エネルギーの最大活用												
(2)道内企業とモンゴル民間企業によるJCM事業活用の促進												
寒冷地の環境インフラ技術を有する道内企業の現地訪問等、モンゴル国で脱炭素の取組を計画する民間企業への活用の促進に係る活動												
(3)両市トップ対話による環境インフラ導入の促進												
「世界冬の都市市長会」開催時の、札幌市とUB市の市長級トップ対話、UB市長による札幌市環境インフラ視察の実施												
現地調査												
現地ワークショップ/市長級対話/副市長対話												
関係会議での発表、調整対応等												
環境省以外の支援機関との連携												
月次報告												
報告書												提出

履行期間：令和6年7月1日～令和7年3月14日

1.6 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約 0.3%に過ぎない。

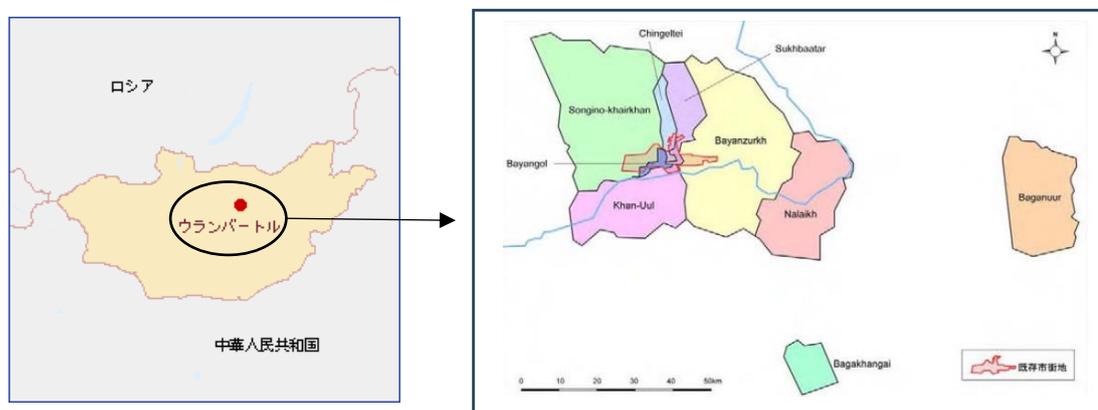


図 1-2 ウランバートル市地図（左：位置図、右：首都行政区）

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

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

ウランバートル市の人口は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。2024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172万人とモンゴル国全人口約345万人の約半数を占めている。ウランバートル市の人

口増加率はモンゴル国平均の人口増加率を超えており、一極集中が進んでいる。

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

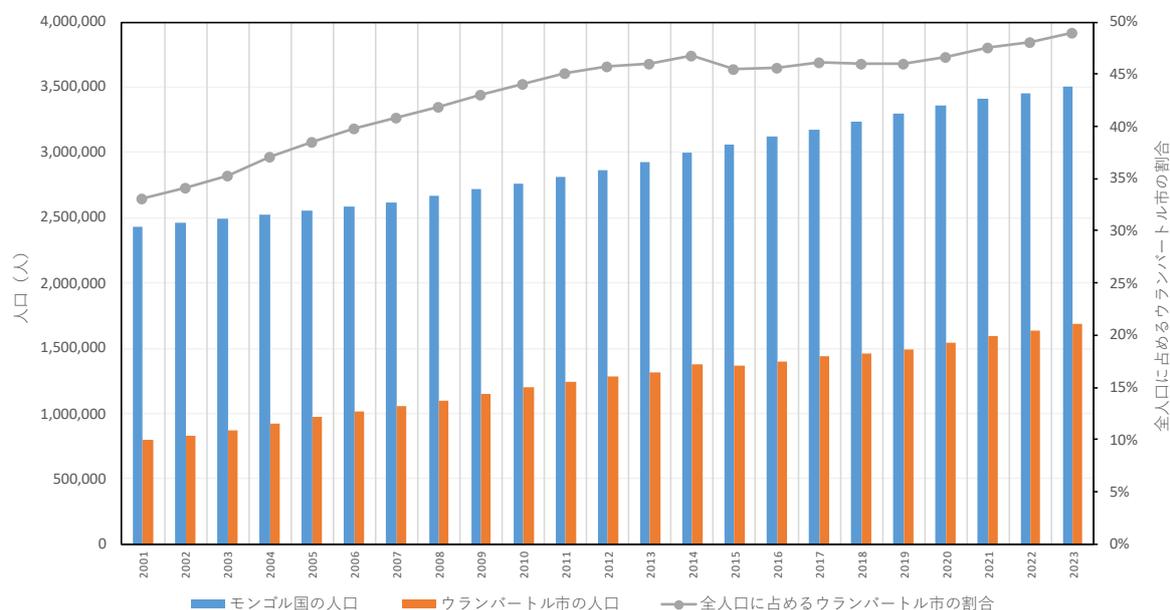


図 1-3 モンゴル国とウランバートルの人口推移（2000～2023年）

出典：モンゴル国統計局データベースを元に調査団が作成

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

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

(2) 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CO2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組

本章では、ウランバートル市の気候変動に関する取組を理解するために、モンゴル国のGHG 排出状況、気候変動対策、またグリーン開発について記載する。

2.1 ウランバートル市の課題

(1) 石炭への依存

ウランバートル市の電力供給は、主に石炭火力発電に依存しており、全体の9割以上を占めている。ウランバートル市内の中心街においては熱電併給石炭火力発電所（CHP）が主に利用されており、更にゲル地区では石炭ストーブが利用されていることから、環境負荷が高い。

(2) 大気汚染

ウランバートル市では健康被害をもたらす大気汚染が深刻である。石炭粉塵は多くの健康被害を引き起こしている。また、微小浮遊物質であるPMも健康被害を引き起こし、特に子供の健康への影響が指摘されている。ウランバートル市の主な大気汚染の原因は石炭火力発電とゲル地区の住宅で暖房に利用されている石炭ストーブからの排煙である。

ウランバートル市の空気質はモンゴル国気象庁より報告されており、2017年～2022年冬季全てにおいてPM10の平均濃度は基準値を超えていた。ウランバートルは高地の盆地であり、寒冷な環境であるため、逆転層によって大気に蓋がされ都市域に大気汚染物質が都市域に滞留しやすくなっている。

(3) 電力需要の増加と供給のひっ迫

経済成長に伴い、ウランバートル市の電力需要は急速に増加している。需要の増加に対応するため、ウランバートル市は2024年に新たに発電所を建設し稼働を開始した¹。しかし、依然として電力需給のバランスは厳しい状況にあり、特に冬季の午後5時から午後10時の電力需要ピーク時には、電力供給の安定化が重要な課題となっている。不足する電力は、ロシアや中国から輸入しており、エネルギー安全保障上の課題であり、外貨流出や輸入価格の変動リスクとなっている。

(4) 地域暖房に係る課題

モンゴル国の最終エネルギー消費全体の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、冬季にマイナス30度を下回ることから、1年の半分の期間に、中心街ではCHPによる地域暖房システムであるセントラルヒーティングと、地域暖房システムに接続されていない地域では熱供給ボイラー（HOB）が利用され、いずれも石炭依存度が高い。ゲル地区では小型ストーブによる暖房が主流であり、GHG排出や大気汚染の原因となっている。厳寒期には暖房需要が供給能力を上回ることがあり、安定した熱供給が課題となっている。

¹ トブ県バヤンジャルガラ郡に位置するブルジュート発電所（150MW 発電）
<https://montsame.mn/jp/read/358760>

(5) 再生可能エネルギー導入に係る課題

モンゴル国政府は、2030年までに再生可能エネルギーの比率を2割から3割に引き上げる目標を掲げているが、現状では導入が進んでいない。再生可能エネルギー分野への投資を促進する法律や税制の整備が不十分であり、投資の妨げとなっていると指摘されている。

(6) 住宅の断熱性に係る課題

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

(7) 電気料金に係る課題

ウランバートル市では、電力の販売価格が依然として実際のコストよりも低く設定されており、これが発電所の赤字を招いている。ウランバートルの電力価格は2024年11月に値上げされ、平均電気料金として1kWhあたり216トゥグルグ（約9円²）から280トゥグルグ（約11円）に引き上げられた³。企業や団体の電気料金も平均3割値上げされた。新たな料金改定後も、電力価格は依然として生産コストに対して安価である。このため、発電所は電力を売ることによって赤字を抱え、設備の更新や技術革新が困難な状況が続いている。

(8) 廃棄物に係る課題

ウランバートル市では、近年の人口増加と都市化に伴い、廃棄物が増加し、2022年には年間約140万tの廃棄物が発生している。処理施設に収集運搬されるのはそのうちの約40万t程度で、収集された廃棄物のリサイクル率は約1割に過ぎず、残りの9割は埋め立てられている。市内では不法投棄も問題となっており、廃棄物法による罰則規定はあるものの、運用が徹底されておらず課題となっている。今後も増加が見込まれる廃棄物に対して、分別による資源の有効活用などの対策が必要となっている。

(9) 交通分野の課題

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

² 1JPY=25 トゥグルク（MNT）として計算

³ Mongolian National News Agency (2024-11-18), <https://montsame.mn/en/read/356054>

2.2 モンゴル国の GHG 排出状況

(1) GHG 排出量の現状

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

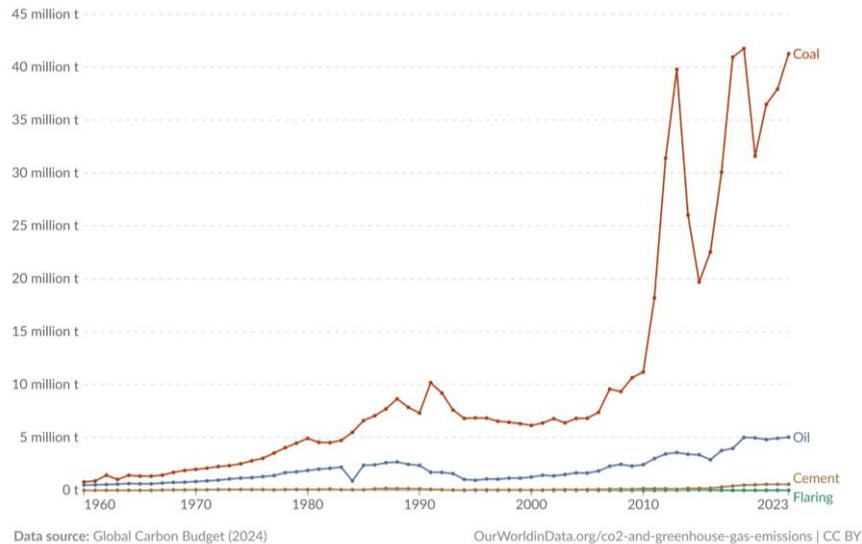


図 2-1 モンゴル国の燃料別 CO2 排出量

出典：Our World in Data⁴

2020年から2021年にモンゴル国のGHG排出量は4.7%増加した⁵。2010年以降モンゴル国の一人当たりのGHG排出量は増加しており、日本や世界平均よりも大きく、世界平均の2.7倍に達していると推定されている。今後、省エネや再エネ導入などによる削減対策を促進しない場合、経済発展と都市部でのさらなる人口増加などによりGHG排出量が増加する可能性がある。

⁴ Mongolia: CO2 Country Profile, <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

⁵ Greenhouse Gas Emissions in Mongolia, <https://www.emission-index.com/countries/mongolia>

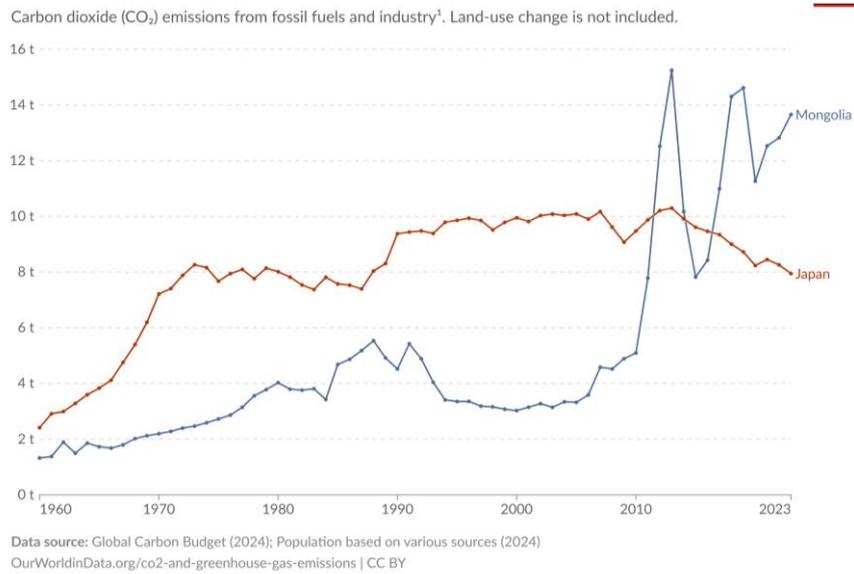


図 2-2 モンゴル国一人当たりの CO2 排出量（日本との比較）

出典：Our World in Data⁶

(2) エネルギー部門における GHG 排出量の現状

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

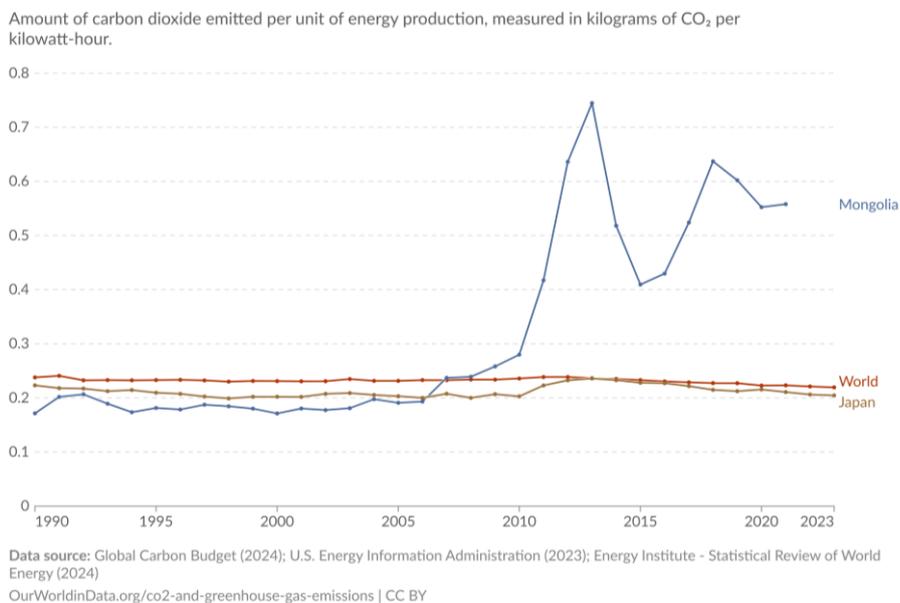


図 2-3 エネルギー生産の炭素強度

出典：Our World in Data⁷

⁶ Mongolia: CO2 Country Profile, <https://ourworldindata.org/co2/country/mongolia>

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

2.3 モンゴル国の気候変動対策

2.3.1 気候変動対策に係る政策

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

表 2-1 モンゴル国の気候変動に係る政策

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

出典：調査団作成

(1) グリーン開発政策

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

(2) ビジョン2050

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

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

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

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

表 2-2 モンゴル国 NDC の分野別 GHG 削減目標

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

出典：Mongolia's Nationally Determined Contribution

(4) モンゴル開発政策 2022

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

(5) 政府行動計画 2024

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

2.4 ウランバートル市のグリーン開発に係る取組

(1) 首都開発ビジョン

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

表 2-3 ウランバートル市の GHG 削減目標

単位：Gg CO₂-eq.

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

出典：「首都開発ビジョン（ウランバートル市、2020年）」より調査団作成

(2) ウランバートル市マスタープラン

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

(3) 2040年までのウランバートル市開発マスタープラン（草案）

当該マスタープランではウランバートルの課題の中から7つの主要分野を特定し、環境に優しく持続可能な開発モデルを作成することを目指す。マスタープランの草案は、高速道路建設、新複合施設建設、地下鉄建設など、24の大規模プロジェクトを含む⁸。ウランバートル市民の91%がアパートに住む機会を得て、一人当たりの緑地面積が増加、公共交通機関の利便性向上、再生可能エネルギー利用の拡大などの達成を目指し、「生活環境の良好な住みよい都市」を創ることを目標に掲げる。

⁸ モンゴル政府 HP (2025-01-24), <https://mongolia.gov.mn/news/view/27129>

第3章 寒冷地における環境インフラ導入促進に係る検討

本章では本年度事業で取り組んだ脱炭素化への JCM 案件形成調査について詳述する。具体的には、病院や民間企業への屋根置き太陽光発電導入、LPG ボイラー導入、有機物廃棄物を利用した燃料化、家畜ふん尿を利用したバイオガスプラントの導入、アイスシェルターの導入促進などである。現地調査は、脱炭素に係る技術を持つ札幌市および道内企業の協力を得て実施した。

3.1 屋根置き太陽光発電導入に係る調査

3.1.1 電気供給に係る状況

モンゴル国の電力需要は鉱業などの産業部門の拡大に加え、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、家庭部門での日常的な消費においても増加傾向にある。

ウランバートル市内の発電は熱電併給の CHP を利用しており、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。モンゴル国は電力の 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。

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。しかしながら、ウランバートル市では電気料金が安いいため、多くの企業や個人が電気使用量の削減に対して積極的ではない傾向がある。加えて、モンゴル国民の CO2 削減に対する関心が低いという背景も太陽光発電などのクリーンエネルギー技術への投資意欲を減少させている側面がある。一方、2024 年 11 月に電気料金が 30%値上げされたため、電気料金削減に対する関心の高まりがある。

モンゴル政府では、以下の取組により、再生可能エネルギーの導入促進を目指している。

- **Mongolia State Policy on Energy 2015-2030 :**

全電源のうち再生可能エネルギー容量を 2030 年までに 30%とする。2030 年までに 100%の電力を自国電力にし、輸入電力を全廃する。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 (EMS) を組み込んだ系統システムの確立を目指す。

- **Action Plan of the Government of Mongolia for 2024-2027 :**

適切な比率で再生可能エネルギー生産を開発し、GHG 排出削減のためのグリーン生産プロジェクトを実施する。

- ・ 再生可能エネルギー法：

自家消費以外に電力、熱を供給する太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなどのエネルギー源の事業ライセンス、価格設定など規定されている。

上述の再生可能エネルギー促進にかかる動きのなか、現在ニーズの高い建物関係への再生可能エネルギーの導入として、屋根置き自家発電太陽光発電の導入を検討する。

提案には、蓄電池と併せて導入を促進することで、常時出力変動する太陽光の不安定な出力を平準化して、出力変動緩和ができるとともに、需要家の電力ピーク対策や余剰電力の有効活用も可能となる。特に、電力需要のピークが午後 5 時から午後 10 時であるウランバートル市においては、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、電力のピークへの対応や系統電力の不足時の緊急電源としての活用も可能となる。

3.1.2 JCM 設備補助事業候補案件の概要

(1) 事業概要

モンゴル人経営の建設会社であり札幌に本社を置く UNILEAD は、道内で 40 件近くの太陽光発電の設置経験がある。日本語が堪能で土木施工にかかる有資格者のモンゴル人技術者（全社員 23 名のうち約半数）による積雪寒冷地での太陽光発電の施工（パネル角度や耐荷性、設置方法等）の経験があり、最先端技術を用いた太陽光発電所の設計から施工、メンテナンスまで一貫した対応が可能である。多国籍で多様な技術者による、独自の文化や視点を活かして、多文化の融合による最適なソリューションを提供することで脱炭素社会の実現への貢献を目指している。

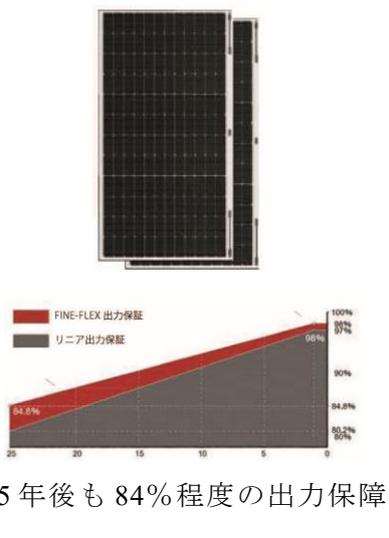
同社の再生可能エネルギー事業として取り組むオンサイト自家消費発電所の建設にかかる実績を活かして、ウランバートル市における冬季の熱供給課題も体験的に把握している強みを活かしながら、市内施設へのオンサイト自家消費による屋根置き太陽光発電の導入を進めるものである。

(2) 導入を検討する設備・技術

ウランバートル市では、電力需要のピークが午後 5 時～午後 10 時である。屋根置き用太陽光パネルと蓄電池によって、昼間や深夜の余剰電力を利用して充電し、電力需要のピークに蓄電池から放電することで、緊急用も含めた自家消費の電力供給が可能である。

ウランバートル市では、旧ソ連時代の建築法に基づき設計された築 30 年以上の建物も残っているため、老朽化が懸念される。建物としての質も低いため、設計段階での負荷耐用計算が必須であるが、図面の不備も想定される。導入を検討する屋根置き太陽光発電システムにおいては、そのような状況及び耐荷重性も考慮して、一般のソーラーパネルよりも重さが約 3 分の 1 となるフレキシブルパネルの設置を予定する。仕様と特徴は下表の通り。

表 3-1 フレキシブルパネルの概要

モデル	SFJ-520-EWH	 <p>The image shows a solar panel and a graph. The graph plots output percentage over 25 years. A red line represents 'FINE-FLEX 出力保証' (FINE-FLEX output guarantee) and a black line represents 'リニア出力保証' (Linear output guarantee). At 25 years, the red line is at 84.9% and the black line is at 80.2%.</p>
出力	520 W	
サイズ	2246 mm × 1185 mm × 3 mm	
重さ	9.3 kg	
保証期間	12 年（故障） / 25 年（出力）	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量化：フレームがガラスレス ・フレキシブル：特殊な製法と材料で曲げることが可能 ・低反射：防眩加工による光害対策 ・簡単施工：軽量化により施工や運搬が容易 ・高いカスタマイズ性：サイズや出力のカスタマイズが可能 	25 年後も 84% 程度の出力保障

蓄電池については、停電や事故が発生した場合に使用し、夜間に比べて電力消費量が少ない日中にエネルギーを蓄積し、消費が多い日に使用することを目的に設置する。必要電量に対してオンサイトの太陽光発電でどこまでまかなえるのか需要予測に基づき、コスト負担も考慮して、97kWh から 4MWh の容量の蓄積装置を選択して提案する。保証期間が PCS（Power Conditioning System）やパネルに比べて 10 年ぐらいで短いことも留意する。



導入を想定する蓄電池のイメージ

(3) 候補サイト

ウランバートル市内で導入可能性が考えられる病院・学校を対象に対象施設関係者へのヒアリングにより、年間・月間の電力使用量、稼働時間、施設の屋根面積を確認のうえ、想定される効果を検討するためのシミュレーションを実施した。

表 3-2 導入可能性が考えられる病院・学校に対する調査

	年間消費 電力量(単位)	設置可能 面積(単位)	年間発電量 予測(単位)	可能性
国立病院（電力稼働時間は 24 時間、年中）				
国立第一病院	2,620,367	5,810	786,110	無
国立第二病院	3,397,459	5,255	750,000	有
国立第三病院	2,484,902	5,659	745,471	無
国立がんセンター	2,454,209	4,073	581,000	有
国立母子健康センター	2,981,162	9,730	894,349	無
国立感染症センター	2,900,641	6,218	870,192	無
国立学校（稼働時間は 7 時 30 分～18 時 30 分、冬 1 か月・夏 3 か月の休みあり）				
第一小中高等学校	229,056	1,440	68,717	無
第三十三小中高等学校	292,628	2,706	87,788	無
第八十四小中高等学校	313,680	3,118	94,104	無

対象とする国立病院の 6 施設にヒアリングを実施したところ、予算措置の可能性も含めて関心を示したのは、上表の通り国立第二病院と国立がんセンターであった。両病院に対しては、具体的に現場調査を実施して、年間電力使用量、電気料金、必要最低容量をヒアリングのうえ、屋根置き太陽光発電システムの導入にかかるプロポーザルを提出した。



国立がんセンターの屋根調査

国立第二病院においては、病院側の予算を超過していたものの、予算規模に合わせた導入の可能性を協議した。後述する「世界冬の都市市長会」で採択された札幌宣言、及び札幌市・ウランバートル市長による対談記録示して再生可能エネルギー導入を推奨する動きを説明したところ、同病院としての国際的な取組として実施したい意向が確認された。既に 2025 年度に予算化されている範囲内で、緊急治療室用の自家消費電力として屋根置き太陽光発電を導入することで、UNILEAD との覚書を交わした後、JCM 設備補助の申請に向けた準備を進めていく予定である。



JCM 設備補助の対象となる緊急治療室

国立がんセンターにおいては、既に自己負担でセンター内の手術室に限定して屋根置き太陽光システムの試験的導入を行っており、本提案で JCM を活用した導入の拡充を期待されている。試験的導入として施工を担当した現地業者より工事費用の詳細情報を入手のうえ、今後、2028 年までの建設、2030 年に運営開始を予定している第二がんセンター（市内ソングノハイルハン区第 34 ホロー地区）への導入も含めた詳細提案を予定している。同第二がんセンターは、建設予定地を大統領・ウランバートル市長が 2025 年 1 月 6 日に視察しており、既に基本設計まで完了している。総床面積 600 床で A～D の 4 棟から成る 7 階建ての建物で A 棟では廃棄物処理も予定している。今後、再生可能エネルギーの導入を前提にした詳細設計の設備図面を検討していく計画となっている。



国立第二がんセンターのイメージ

その他、対象候補となる国立学校・3 施設でヒアリングを実施したところ、学校で電力需要が高くなるのは主に昼間の時間帯（朝 7 時 30 分から 12 時 30 分、昼 13 時 30 分から 18 時 30 分）であり、休暇期間も冬 1 か月、夏 3 か月と長く、かつ用途も照明ぐらいに限られている。太陽光発電システムを導入したとしても、需給のバランスがとれず、逆潮流もできない。解決策として、昼間の電力を効率的に使用するため蓄電システムを導入して余剰電力を周辺施設に供給する方法はあるが、対象学校の周辺の施設は限られており、学校側として予算が嵩む蓄電池システムを導入してまでも検討することは難しいため、検討を進めることは現実的ではないという結論に至った。

上述の調査結果をふまえて、予算措置が早く、年間を通して一定の電力使用量が見込まれる民間施設を調査対象として追加した。現地関係者のヒアリングより関心が高いとされた以下の施設に対して、対面協議及び対象施設を視察のうえ、調査を実施した。

表 3-3 追加対象としての民間施設に対する調査

対象施設	区分	調査結果	可能性 有無
GOBI カシミヤ	工場	企業としてエネルギー使用量やCO2排出量をカウントしており、屋根置き太陽光発電導入による削減想定値を会社として算出している。世界的に製品を輸出している企業でもあり、導入の可能性がある。	有
Teso Corporation	工場	ウランバートル郊外の北西約40kmのGaramに建設を予定する建材関係の新設の工場を対象に導入を希望するが、新設施設で情報も限られており、具体的な提案ができない	無
Sky Resort	スキー場	季節的な施設のため、自家消費による太陽光発電システムは効率的ではない	無
Intermed 病院	私立病院	新設の施設（10階建）の屋上には、ドクターヘリ用発着場があり、太陽光パネルを設置できるスペースに限りがある。旧施設（3階建）は老朽化しており、太陽光パネルの耐荷重性に課題がある。	無

上述のうち、GOBI カシミヤでは、先方の要望に基づき、対象工場を視察し、屋根面積を確認のうえ、パネル設置案も検討のうえ、複数回にわたり協議を行い、プロポーザルを提出した（附属資料 A 参照）。GOBI カシミヤとして新型コロナウイルスによる業績悪化の影響を受け、直近数年赤字決算が続いたため、再生可能エネルギーへの転換に使う予算が限られるなか、提案プロポーザルは当該予算を超過しており、予算内におさまるよう再提案したものの、以下の懸念点が表明された。

- ・同社工場は週末が休業日のため、電力の需給バランスが適切ではなく、設備導入に対する投資回収期間が長くなる。
- ・同社工場は建物が老朽化しており、建設時の図面もないため、設計段階の正確な負荷耐用計算ができない。

同社内にて協議中であるが、上述懸念点の対応も含めて、今後も引き続き協議・検討を進めていく。

(4) 実施体制

本事業においては、UNILEAD 社が投資家と共に代表事業者として、対象施設の管理者との国際コンソーシアムを形成する。GOBI カシミヤ、第二病院、国立がんセンターには、既に提案中である。

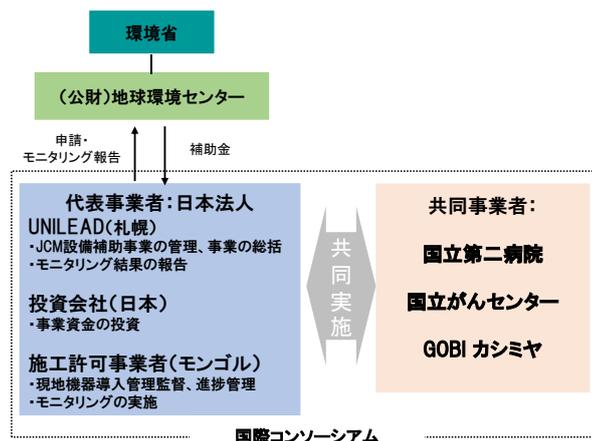


図 3-1 JCM 設備補助事業 実施体制 (案)

(5) 事業性評価 (GHG 排出削減量、費用対効果、投資回収年数)

対象施設の調査結果は以下の通り。

対象施設 (民間工場・病院)	延べ床面積 (概算) 【㎡】※1	設置可能 面積 【㎡】※1	設置容量 【kWh】※2		年間発電量 【MWh】 ※3	事業費 【千円】 ※4
			DC	AC		
GOBI カシミヤ	85,272	21,318	1,700	2,121	2377	316,510
国立第二病院	37,954	5,255	500	400	563	80,160
国立がんセンター	16,292	4,073	530	450	634	84,000

(※1) 延床面積・設置可能面積は以下の通り屋根面積を想定して算出した。



(※2) 蓄電池容量は 97Wh を想定した。

(※3) パネル・バッテリー劣化により発電量は年々減少し、法定耐用年数後では約 10% 程度発電量に差が生じる可能性があり、対象施設にはそれを見込んで提案しているが、本試算上では年間発電量は一定とした。

また対象施設への提案時には、月々の消費電力と発電量の需給バランスも確認しながら検討したが、本資産上においては一定のものとする。

(※4) 事業費は 1 MNT=25 円と仮定した。

対象施設への提案には、電気料金の削減効果も検討したが、2024 年 11 月の電気料金値上がり前の単価で試算した。現価格をもとに提案するとさらに削減効果が見込まれる。

屋根置き太陽光発電事業による CO2 削減効果の検討は、配電会社から供給される系統電力をリファレンスとし、太陽光発電システムにより発電された電力量を所内自家発電のみを代替する場合に削減される CO2 排出量とする。

【GHG 削減量】

太陽光発電事業による CO2 削減量

= (太陽光発電事業により発電された電力量) x (排出係数)

1,905 tCO2/年

= リファレンス CO2 排出量 - プロジェクト CO2 排出量

・ リファレンス CO2 排出量

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

= 1,905 [tCO2/年]

・ プロジェクト CO2 排出量

= 0 [tCO2/年]

(※5) 「令和 6 年度 JCM 設備補助事業 電力 CO2 排出係数(tCO2/MWh)一覧表」

「別表 5 モンゴル」参照

【費用対効果】

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

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

7,421 (円/t-CO2)

= {480,670,000 (円) x 50 (%) (※6)} ÷ {1,905 (t-CO2/年) x 17 (年) (※7)}

= 7,421 円 (円/t-CO2)

(※6) モンゴル国における太陽光発電事業の実績より、夜間電源の供給のため「太陽光発電+蓄電池」となるため補助率 50%

「令和 6 年度 JCM 設備補助事業 別添 3 類似技術の分類 各パートナー国における採択実績」参照

(※7) 耐用年数は、モンゴル国では一般的に 25 年程度を想定するが、JCM 申請を見据えて日本の法定耐用年数に従って 17 年を採用した。

(6) スケジュール

第二病院、がんセンターの場合は公共事業となるため、入札及び契約手続き期間を考慮した実施スケジュールとなる。「冬の都市市長会」における市長対談、及び札幌宣言をふまえて、モンゴル国内だけの事業ではない国際的な取組として位置づけることで、JCM 設備補助として対応できるように調達の手続きを今後調整していく予定である。

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

表 3-4 JCM 設備補助事業の申請・工事スケジュール（案）

	R6年度						R7年度										
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
事前調査																	
予備計算																	
追加計算																	
設置会社との会議																	
共同作業契約																	
JCMに提出する資料の準備																	
JCMに申請																	
JCMの返答																	
補助金の開始																	
プロジェクトの資金調達																	
設置工事																	
接続工事																	
自家消費開始																	

(7) 課題および今後の対応・方針

モンゴル国においては、再生可能エネルギーの利用のうち、特に自家消費型の太陽光発電は比較的新しい取組とされているため、火災発生時の対応策や安全規定も含めた、関連する法律や規制の整備が追い付いていない状況である。

しかしながら、近年のウランバートル市では、特に大気汚染による健康被害が出ており、石炭の利用禁止と再生可能エネルギーの導入を促進する動きや関連する法律や規制の整備も進行中である。ウランバートル市も再生可能エネルギー導入促進に対して協力的であり、後述の「冬の都市市長会」における市長対談でも、「病院に再生可能エネルギー源となる太陽光パネルを導入する計画について、ウランバートル市として資金や技術供給として協力していく」意向を表明している。

モンゴル国は中国に近いこと、中国製資機材の利用により調達のコストが低く抑えられる。また、ウランバートル市においては、年間を通じて晴れの日が多く、適切な角度で設置し、適切なメンテナンスを行うことで、日本と比較しても10～15%高い発電量が期待できる。実際の導入においても、パネルを50～60度の角度で設置した場合に、太陽光を最適に利用でき発電効率が向上し、年間発電量が最大になることが確認できている。一方、設置角度を高くすると、太陽を取り込むために必要な設置面積が大きくなり、逆に置き架台（0～15度）の場合、単位面積あたりの発電量が大幅に減少する。

計測においては、冬季は、空気中の煙や霧が原因で太陽光発電の効率が低下することが想定され、その影響を正確に予測するデータが不足している。これにより、発電量の変動が大きく、エネルギー供給の不安定さにつながる可能性がある。モンゴル国では、正確に計測するメーターを導入している企業が少ないため、適切な需要量と正確なシミュレーションを行うこと、設置後の管理やメンテナンスできる業者が少なく、実績も乏しいことが課題である。

民間施設（工場）への導入においては、週末が休業日であることが多く、その間の電力

需要低下が発生して、投資回収期間に影響を及ぼしている。一方、病院は 24 時間稼働しているため、投資対効果にかかる問題は改善されるが、病院では非常時も確実に供給する予備電源として蓄電池を追加することで、予算面の制約や JCM 設備補助を活用する場合には、上述の試算結果の通り、費用対効果に課題が残る。

試算結果より、事業費の見直しや値上がりした電気料金の削減による効果の見直し、またモンゴル国での一般的な耐用年数の採用により、今後、数値の改善を図り、より現実的な提案に精査していく。

また、本事業では、これまで令和 2 年度から令和 5 年度までの札幌市・ウランバートル市の都市間連携事業で、建物を対象に札幌市が促進する ZEB 概念の取組にかかる知見共有を下図の通り実施してきた。

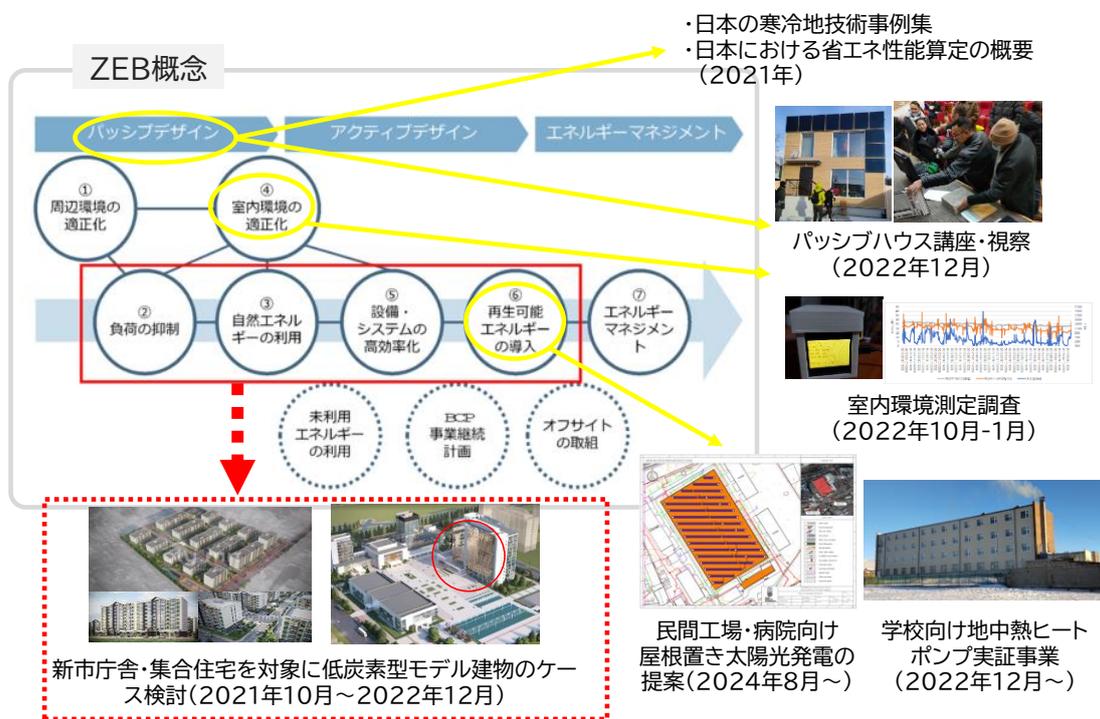


図 3-2 本事業で取り組んできた建物を対象にした ZEB 促進

出典：第20回世界冬の都市市長会

建物関係に再生可能エネルギーの導入を検討するため、以下の通り寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケースを整理して、ケース 4 では創エネとして屋根置き太陽光発電も組み合わせた導入による効果も検討してきた（下図）。建物の低炭素化にかかる取り組みとして、札幌市が促進する ZEB 化による省エネ削減効果も取り組むことで、費用対効果の改善が検討できる。

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

図 3-3 寒冷地における脱炭素型モデル建物の検討ケース

出典：令和 3 年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

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

さらに、JCM 設備補助申請においては、下図の通り EMS を一緒に導入することで費用対効果の改善につながられないか検討する。なお、今回の自家発電消費にかかる JCM 申請においては、以下 2 点を満たす必要があるため、留意する。

- ・ 蓄電池には、原則毎日充放電が行われること
- ・ 蓄電池容量は、太陽光パネル発電電力容量の 20%以上の値であり、発電量と需要量の差が最大になる日に蓄電できる容量以下であること

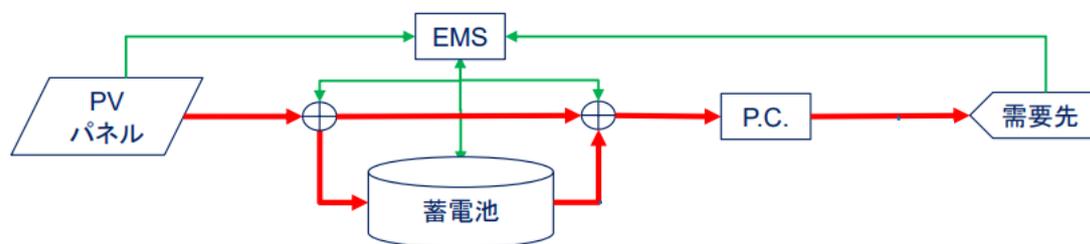


図 3-4 太陽光発電・蓄電池・EMS の組み合わせモデル

出典：公益財団法人地球環境センター（GEC）

ウランバートル市では、市長令による石炭利用の制限や再生可能エネルギーの利用促進に基づき、ウランバートル市グリーン開発計画を進めている。一極集中から分散型都市への転換を図るために、複数拠点でグリーン住宅の開発を進めている。副都心地区等市内 9 地域を対象にした計画では、再エネの利用、グリーン建材の使用、電力や水の消費の効率化により、20%の省エネ達成を目指している（下図）。



図 3-5 グリーン住宅開発の目標（和訳）

出典：ウランバートル市

上述に示した、これまで本事業で取り組んできた ZEB 化による省エネ削減対策も併せて実施することで、ウランバートル市の将来展開への貢献にもつながる可能性がある。

モンゴル国における建物関係の取組を進めるにあたっては、旧ソ連の仕様が残っており、建物図面も適切に保管されていないことが多く、入手が困難なことがある。屋根置き太陽光発電の設置事業においては、先述の通り、旧ソ連のシステムに基づいた設計基準が運用され、技術的な項目は定められていない。実際に現地調査で屋根確認をしたところ、建物構造や老朽化の懸念が確認されており、JCM 設備補助事業の申請にあたっては、対象施設の現地踏査による耐荷重・構造計算が必要となる。

3.2 熱供給エネルギー転換に係る検討

3.2.1 熱供給の状況

(1) ウランバートル市の熱供給の状況

ウランバートル市の大気汚染は深刻な問題であり、特に冬季には大気中の汚染物質濃度が急上昇する。ウランバートル市では暖房用として主に石炭が主要な燃料として利用され、大気汚染の原因となっている。2023～2024年のモンゴル国政府の調査によると、市内の主要な大気汚染源は家庭用暖房設備、工業用ボイラー、自動車排気ガスの3つであると報告されている⁹。ここでは熱供給と関連する家庭用暖房設備と工業用ボイラーについて記載する。

① 家庭用暖房設備

モンゴル国では、暖房を中心とする熱需要が最終エネルギー消費全体の60%を占めており、大都市では石炭を使用する熱電併給発電所（CHP）や熱供給ボイラー（HOB）によって熱が供給されている。ウランバートル市では、中心市街地にあるCHPやHOBからの蒸気や温水を利用した地域単位で熱を供給するシステムの広域セントラルヒーティングのネットワークに、全世帯の約45%が接続されている。

ウランバートル市では、特にネットワークに接続されていないゲル地区において使用されている、石炭を燃料とする暖房設備の排気ガスが大気汚染の主な原因となっている。市街地から離れたインフラが未整備のゲル地区では、暖房は小型のHOBやストーブが使用されている。

HOBは、広域セントラルヒーティングシステムの小規模版である。ボイラーとポンプが設置された建物で温水を作り、ポンプで近隣の集合住宅や学校などに温水を送る。主な燃料は石炭である。ウランバートル市内には、約200台の中型HOB（約500kW）と1,000台の小型HOBが設置されている。

2023～2024年の調査¹⁰では、家庭用暖房設備は151,615基が登録されており、その内訳は、従来型暖房設備が105,359基（69.5%）、改良型暖房設備が46,256基（30.5%）であった。近年、政府の政策により改良型暖房設備の導入が進んでいるものの、依然として大気汚染となる物質を排出する従来型の設備が多く使用されている。

2023年には市内で約474,961tの豆炭と288,587 m³の薪が消費された¹¹。2018年に市内中心部では原炭の使用が全面的に禁止されたが、郊外では未だ一部で使用されている。

② 工業用ボイラー（15kW以上）

ウランバートル市には、15～100kWの小規模石炭ボイラーが2,666基、100～4,200kWの

⁹ 「2023～2024年の大気汚染源に関する報告書」（2024年）<http://www.agaar.mn/article-view/1312>

¹⁰ 「2023～2024年の大気汚染源に関する報告書」（2024年）同上

¹¹ 「2023～2024年の大気汚染源に関する報告書」（2024年）同上

中規模ボイラーが 342 基存在する¹²。これらのボイラーは、市内の商業施設、学校、病院、工場などで使用されており、大気汚染の一因となっている。2023 年のボイラーの燃料消費量は以下である。

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

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

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

（2） 熱供給がからむ大気汚染の対策

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

（3） 熱供給に係るウランバートル市の計画

ウランバートル市は、大気汚染と同時に、冬の熱供給量不足の課題があることから、LPG や固形燃料を熱源とする熱供給システムの計画を進めている。同市の計画では、まず 2025 年に約 5 万戸の世帯にガスを供給するシステムを構築するため、2025 年 1 月に調査研究を開始予定としている。今後 2030 年までの計画として、ガスを燃料とした中規模の熱供給システムを 4 か所、固形燃料を燃料とした中規模の熱供給システムを 5 か所、ウランバートル市に建設するとしている。

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

¹² 「2023～2024 年の大気汚染源に関する報告書」（2024 年）同上

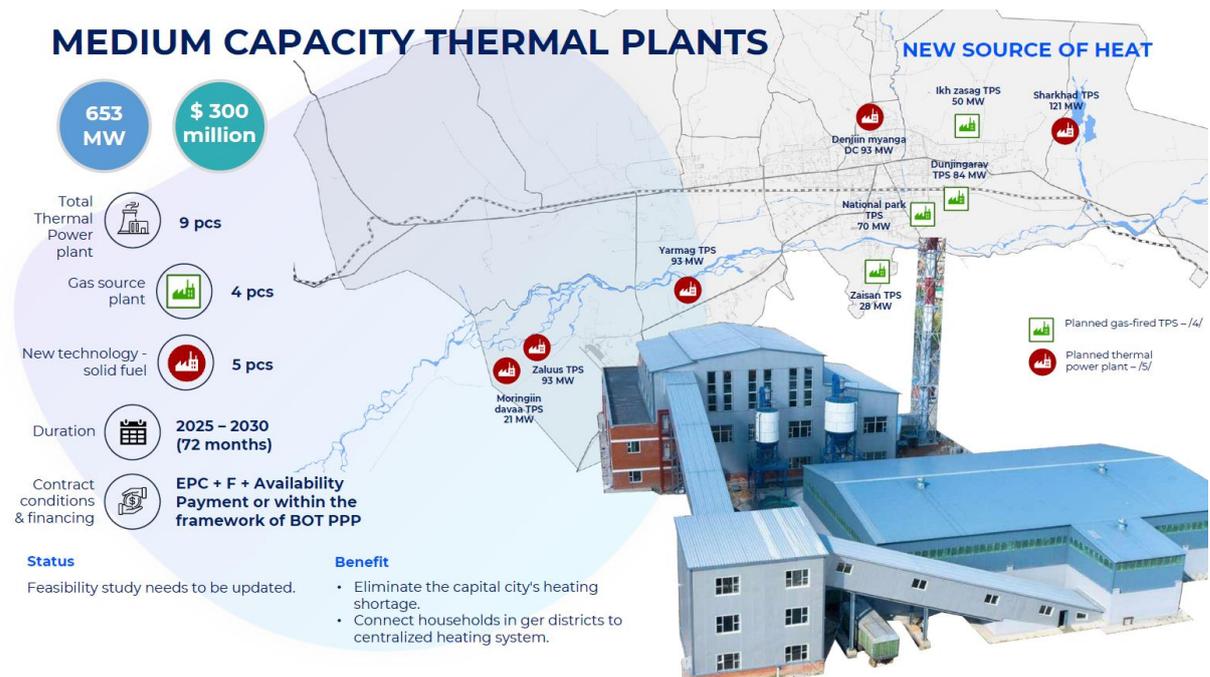


図 3-6 ウランバートル市のガス利用及び固形燃料発電の PPP 計画
出典：ウランバートル市

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

3.2.2 JCM 設備補助事業候補案件の概要

(1) 事業概要

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

同社は、ウランバートル市郊外に、新たな物流拠点となるロジスティックセンターとオフィスを建設するプロジェクトを計画している。建設予定地はウランバートル市街地から約 10km 離れた場所に位置し、セントラルヒーティングの範囲外であるため、新たな暖房設備として LPG ボイラー2 台の導入を計画している。

既存のロジスティックセンターは、商品生産拠点から販売店への直接搬入が主な輸送形態であり、市中心部で交通渋滞に巻き込まれ、渋滞の原因となっている。市郊外にロジスティックセンターを設置することで商品を集積し、輸送効率を改善して、市中心部の交通渋滞の緩和に貢献することが期待される。

また、オフィスについては、計約 3,000 人が勤務する親会社が市中心部に構える 4 つのオフィスを 1 か所に集約し、工場横に新たなオフィスを設立する。ウランバートル市では各地から市中心部に出勤することが交通渋滞の一因となっているため、オフィスを中心部以外に分散することで、中心部交通の一極集中を緩和することを推進しており、これに呼

応じた計画となっている。

新設ロジスティックセンターの予算は 2,400 万 USD であり、既設の食品工場の横に建設予定である。新設オフィスの面積は 5,000 m²を計画しており、予算は 1,000 万 USD と見積もられている。建設は 2026 年以降を予定している。

本プロジェクトの実施により期待される効果は、ロジスティックセンター新設による物流効率化、GHG 排出削減及び大気汚染物質排出抑制による環境負荷の低減、ロジスティックセンターによる輸送効率改善への貢献である。

(2) 導入を検討する設備・技術

導入候補は、潜熱回収型ガス温水ボイラーである。ボイラーは、真空の中で水が低い温度で沸騰・蒸発する性質を利用して温水を作るが、潜熱回収型は更に蒸気が水に戻る際に放出する熱を再利用することで、より効率的に温水を作り、エネルギー効率を大幅に向上させる設備である。具体的には、排ガスを冷却し、その過程で発生する凝縮水から熱を取り出して、ボイラーの入力エネルギーとして利用する。この技術により、熱効率は従来のボイラーの約 80%から 90%以上にまで向上する。潜熱回収型ボイラーのメリットは、燃料を燃やす際の熱の損失が少なくなり、燃料費の削減に直結する高い熱効率である。初期投資は高いものの、運用コストを削減できるため、長期的には投資を回収できる経済性がある。また、燃料が完全に燃焼することで CO₂ 排出量を削減できる。



図 3-7 潜熱回収型ボイラー例

(3) 候補サイト

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

(4) 実施体制

実施体制案を下に記す。日本法人については、大手コンビニエンスストア会社に設備等を導入している日本企業との連携を検討中である。

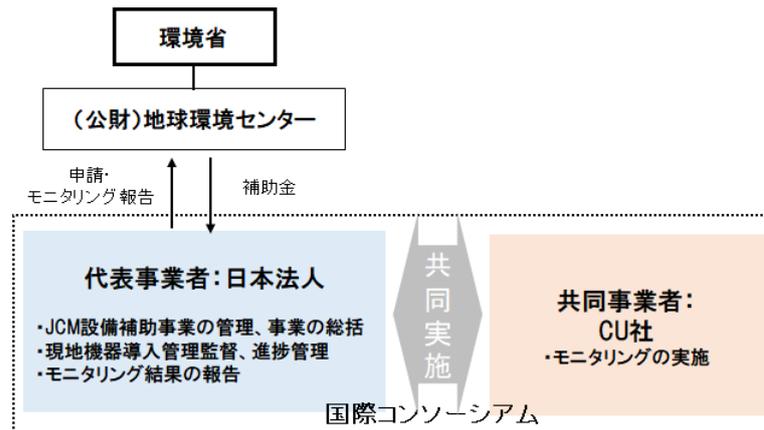


図 3-8 実施体制案

(5) 事業性評価（費用対効果、投資回収年数）

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

(6) GHG 排出削減量

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

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。

$$\begin{aligned}
 R_y &= \text{リファレンス燃料使用量 (RQfy) [t/年]} \\
 &\quad \times \text{排出係数 (furf) [tCO}_2\text{/t]} \\
 &\quad + \text{リファレンス消費電力量 (RQey) [MWh/年]} \\
 &\quad \times \text{排出係数 (gef) [tCO}_2\text{/MWh]} \\
 P_y &= \text{プロジェクト燃料使用量 (PQfy) [t/年]} \\
 &\quad \times \text{排出係数 (fupf) [tCO}_2\text{/t]} \\
 &\quad + \text{プロジェクト消費電力量 (PQey) [MWh/年]} \\
 &\quad \times \text{排出係数 (gef) [tCO}_2\text{/MWh]}
 \end{aligned}$$

(7) 課題および今後の対応

銀行と資金計画を精査していくと同時に、JCM設備補助に向けて国際コンソーシアムの検討と提案の内容を進める。

3.3 廃棄物からの固形燃料に係る検討

3.3.1 廃棄物の状況について

(1) 現状

ウランバートル市では、近年の人口増加や都市化の進展に伴い廃棄物が増加している。2022年には年間約140万tの廃棄物が発生しており、廃棄物処理が重要な課題となっている。市民の健康や環境に悪影響を及ぼしており、廃棄物の適切な処理が求められている。

現在、ウランバートル市には3つの主要な廃棄物処理場が存在し、これらの施設では年間で合わせて約40万t以上の廃棄物が処理されている。それら主要な処理場で処理される廃棄物のうち、約1割強がリサイクルされており、残りの9割弱は埋め立てによって処分されている¹³。埋立処理される廃棄物の減容化には、リサイクル可能なものを分別・回収して収集運搬することが望ましいが、分別に関する明確なルールはなく、現状は一部のコミュニティなどでの限定的な実施に留まっている。埋立処理は地球温暖化に影響が大きいメタンガスも排出するため、持続可能な解決策が必要となっている。

市内の不法投棄に対して廃棄物法による罰則規定が示されているが、運用が徹底されておらず、処理に関する環境省の監視能力も脆弱で、実際の処理状況が不透明である。現在処理ができない有害廃棄物は一時保管施設に保管する方針としており、早期に適正処理方法を確立することが必要となっている。

モンゴル国内で発生する廃棄物の減量、適正処理及びリサイクルを促進させることが重要である。2024年には、欧州復興開発銀行の資金提供により、850万tの廃棄物処理能力を持つ埋立地と、年間17万tの建築廃棄物をリサイクルする廃棄物処理場が新たに稼働した¹⁴。今後も増加すると見込まれる廃棄物に対して、分別による資源の有効活用などの更なる対策が必要となっている。

(2) 廃棄物に係るウランバートル市の計画

ウランバートル市では2026年からは、廃棄物を焼却してエネルギーを生み出す計画が進行中である。具体的には、Tsagaan DavaaとMoringiin Davaaの廃棄物処分場にそれぞれ24MWの焼却施設を建設する計画がある。廃棄物発電により、都市ごみや産業廃棄物などを焼却して発電を行い、廃棄物の減量化、最終処分場の負担軽減、エネルギーの回収が見込まれる。また、残渣を利用したタイル製品の製造などが計画されている。これにより、廃棄物の埋立処理量を減少させることを目指している。

¹³ Mongolian National News Agency (2024-09-30), <https://montsame.mn/jp/read/352666>

¹⁴ Mongolian National News Agency (2024-09-30), <https://montsame.mn/jp/read/352666>

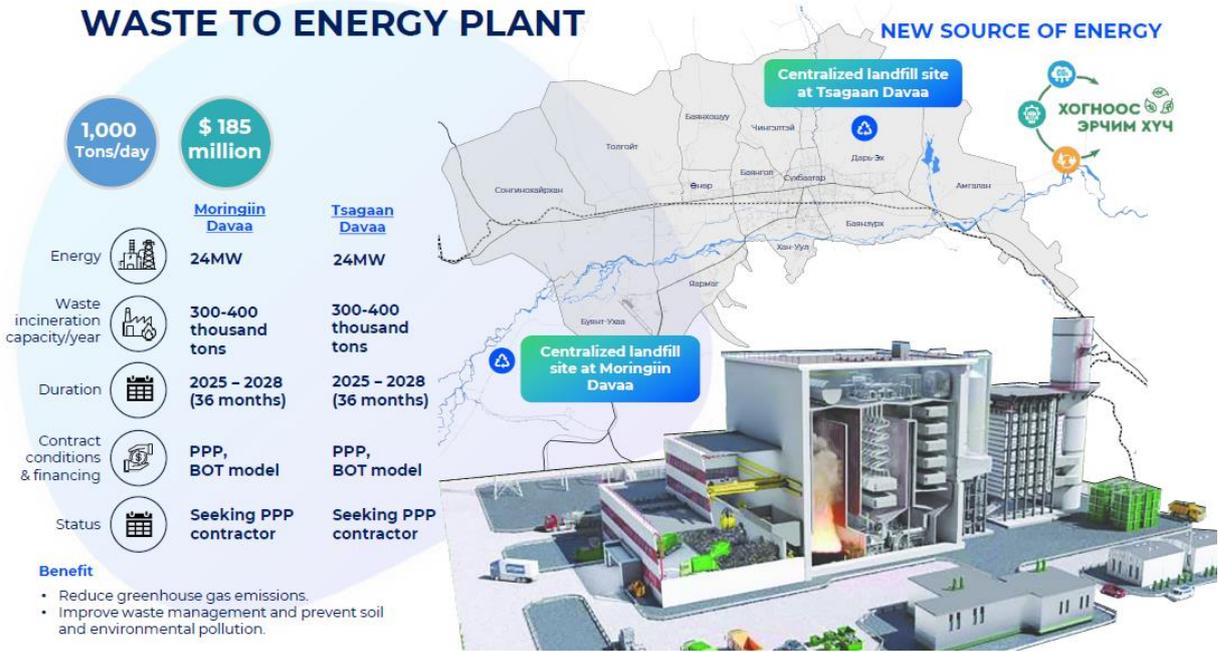


図 3-9 ウランバートル市の廃棄物発電計画

出典：ウランバートル市資料より

3.3.2 モンゴル国での廃棄物による燃料化の可能性

(1) コーヒーかすによる燃料化の現地ニーズとポテンシャル

ウランバートル市により廃棄物発電が計画されているが、ボイラーが多いウランバートル市においては、廃棄物からの燃料化も廃棄物処理のひとつの処理方法になりえる。本事業では、食品加工業から排出されるコーヒーかすを活用した燃料化について検討を行った。

コーヒーかすは腐敗すると、CO₂ の 25 倍の温室効果を持つメタンガスを排出する有機廃棄物であるが、他方、肥料、バイオプラスチック、脱臭剤、建材などに再利用できると同時に燃焼カロリーが高いため燃料としての利用も有効である。

モンゴル国ではカフェや家庭でのコーヒー消費が増加しており、コーヒー市場は拡大傾向にある。TESO 社入手の情報によると、モンゴル国では 2023 年には 413t のコーヒー豆が輸入され、約 412t のコーヒーかすが廃棄された。これは約 48t の燃料に相当し、市場価格で 28 億 3140 万トゥグルグ（約 1 億 2 千万円¹⁵）の価値があるとされる¹⁶。

¹⁵ 1 MNT = 0.045JPY として計算

¹⁶ TESO 社の資料による

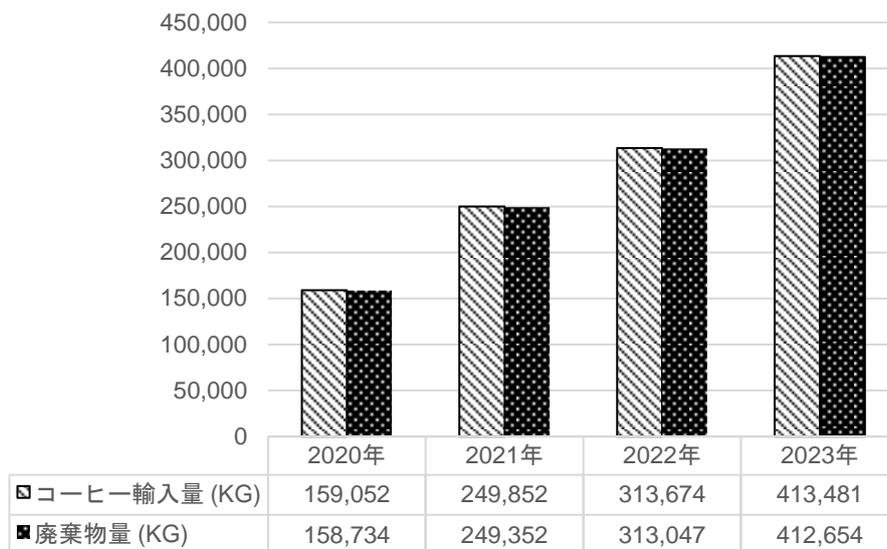


図 3-10 モンゴル国のコーヒー輸入量と廃棄物量（2020年～2023年）

出典：TESO 社資料より抜粋

石炭や薪がモンゴル国での主要な燃料であり、大気汚染が深刻化している。コーヒーかすから燃料を作ることで、従来の燃料の代替として、大気汚染の改善に貢献できる可能性がある。また、廃棄物削減と経済活性化にも貢献できる可能性がある。

(2) 導入を検討する設備・技術

コーヒーかす燃料は、コーヒーかすを乾燥させ、高圧で圧縮して製造する。コーヒーかすはおよそ 50～60%の高い含水率であり、そのままでは燃料として適さない。そのため、コーヒーかすの燃料化には効率的な脱水と乾燥が必要である。コーヒーかすの燃料化には含水率を 10～15%程度まで低下させる必要があるため、乾燥設備（回転式ドライヤー、流動層乾燥機等）を活用する。

コーヒーかすを乾燥後、かすを圧縮して成形し、固形燃料を製造する。固形燃料化には、ペレットやブリケット（成型燃料）に加工する成形設備が必要である。コーヒーかすから製造する固形燃料は、ストーブやボイラーの燃料として利用できる。木質ペレットに比べて発熱量が高く、燃焼効率が良いという特徴がある。

コーヒーかす燃料は、従来の石炭と同等の発熱量を持ち、燃焼時間が長く、保管スペースが少なく済み、環境にやさしく、廃棄物削減に貢献する。コーヒーかすを燃料化する技術は、環境負荷を軽減する有効な手段である。コーヒーかすを資源として価値をつけ、廃棄物量の削減、エネルギー問題への貢献、循環型社会の構築に寄与することが期待される。



図 3-11 コーヒーかすからの固形燃料化

出典：PNH 社資料より抜粋

(3) 候補サイトの状況

コーヒーかすの燃料化はモンゴル国企業である TESO グループが関心を持っており検討を進めている。TESO グループは、2003 年に設立され、食品加工を中心に、物流、貿易、建設、不動産開発など多岐にわたる事業を展開している。従業員数は 2,000 名以上、傘下の子会社は 27 社以上に及ぶ。

TESO グループの食品加工事業では、乳製品や野生果実（ブルーベリー、シーバックソーン、ハックルベリーなど）を原料とする製品の生産を行っている。2020 年からは FAO 等の国際支援を得て「Camel milk value chain」プロジェクトを展開し、地方のラクダ乳を確保すると共に、地域経済と雇用創出に貢献している。

TESO グループの食品加工事業は複数の工場を持ち、ウランバートルのソングノハイルハン地区にある食品工場を主要な製造拠点として、アイスクリーム、飲料、スナックなど様々な食品製品を生産している。TESO グループは ISO 9001、ISO 22000（食品安全管理）、ISO 50001（エネルギー管理）の国際基準を満たす生産体制を整えている。2014 年より食品加工製品を海外輸出しており、中国や中東に向けて乾燥チーズや粉ミルク、乾燥食品等を輸出している。



図 3-12 TESO 社食品加工業で使用される原料の例

出典：TESO 社資料より抜粋

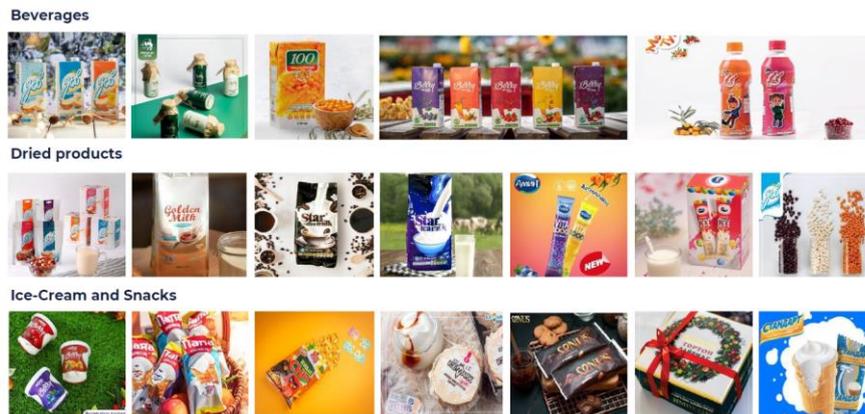


図 3-13 TESO 社食品加工製品例

出典：TESO 社資料より抜粋

コーヒーかすの燃料化はモンゴル国では新しい取組になる。現在、食品加工業などから排出される廃棄物は、分別や処理がされずに捨てられており、処理費は輸送費のみ程度で、1tあたりを処理するのに12万円程度が必要である。TESO社として環境改善のために廃棄物処理の検討をしており、大手コンビニエンスストア367店舗に納品しているコーヒーマシンから毎月出るコーヒーかす合計約2tを、コーヒー豆の納品時にコーヒーかすを回収して、燃料として活用したい考えがある。コーヒーマシンは、大手コンビニエンスストア800店舗に納品することを目指しており、コーヒー豆の納入とかすの回収、及びかすを原料とした電力を再利用する循環型システムの構築を検討中である。

(4) 実施体制

実施体制案を下に記す。代表事業者として、食品廃棄物を燃料化する事業を実施している日本法人が想定される。

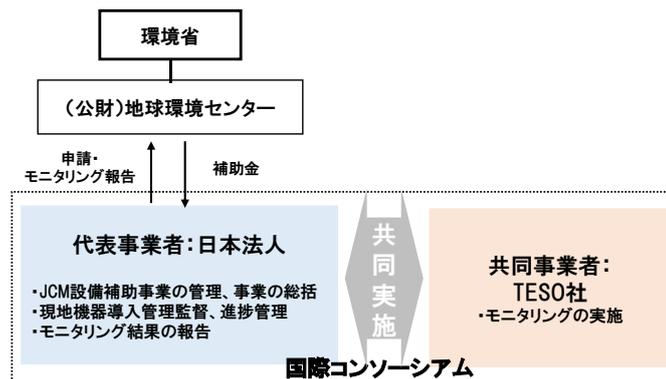


図 3-14 実施体制案

(5) GHG 排出削減量

TESO社として環境改善のために廃棄物処理の検討をしており、大手コンビニエンスストア367店舗に納品しているコーヒーマシンから毎月出るコーヒーかすは合計約2,000kg

である。TESO 社の事業自体から排出されるコーヒーかすは約 1,660kg であり、コンビニから回収されるコーヒーかすとの合計は月約 3,660kg とする。

コーヒーかすを固形燃料として活用した場合の GHG 排出削減量を算出は、代替される石炭量分を削減できるため、以下の通り算出した。計算に使用した係数等は一般的な数値を参考にしており、コーヒーかすの品質や保管状態、処理方法等を考慮しない概算となる。

- ・ 代替される石炭量：373,320 MJ
= コーヒーかす燃料の総エネルギー量：21,960kg (※1) × 17 MJ/kg (※2)
- ・ 必要な石炭量：15,555kg
= 373,320MJ ÷ 24MJ/kg (※3)
- ・ 石炭使用時の GHG 排出量：38,887.5kg-CO₂e (38t-CO₂e)
= 15,555kg × 2.5 kg-CO₂e/kg (※4)

- (※1) コーヒーかす燃料の総エネルギー量は以下の通り算出した
3,660kg × 12 か月 = 43,920kg
コーヒーかすの含水率を 50% とする (乾燥後の固形燃料量は 21,960kg)
- (※2) バイオマス燃料として発熱量：17 MJ/kg¹⁷
- (※3) 石炭の一般的な発熱量：24 MJ/kg¹⁸
- (※4) 石炭の GHG 排出係数：2.5 kg-CO₂e/kg¹⁹

(6) コーヒーかすによる燃料化にあたっての課題

① 処理コスト

現状のコーヒーかすを含めて、食品加工業から排出される廃棄物は、収集や分別、処理がされておらず、コーヒーかすを収集して処理をすることは、コストの増加につながる。

コーヒーかすからの燃料化に掛かるコストは以下である。

収集・運搬コスト： 廃棄物をカフェなどから収集し、加工施設まで運ぶコスト

加工コスト： 乾燥、粉砕、成形など、燃料化のための加工にかかるコスト

設備投資： 燃料化に必要な設備の導入費用

コスト増加を賄うだけの採算が取れるかが課題となる。コーヒーかすの燃料化は、廃棄物削減と経済活性化等に貢献する可能性があるが、採算性の確保が課題として残る。将来的に、コーヒーかす以外の他の有機残渣を含めた燃料化の可能性についての相談が必要となる。

¹⁷ コーヒーかすは木質バイオマスよりも発熱量が高く、コーヒーかすを固形燃料化した際の発熱量が約 4000 kcal/kg (約 17 MJ/kg) と推定されていることからここでは 17 MJ/kg を利用。 https://kuramae-bioenergy.jp/wp-content/uploads/2021/09/Coffee-brewed-with-Coffee-grounds.pdf?utm_source=chatgpt.com

¹⁸ 経済産業省「別表：各種係数（単位発熱量、排出係数等）燃料の単位発熱量」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/negative_emission/dac_wg/pdf/003_03_s01.pdf?utm_source=chatgpt.com

¹⁹ IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories に基づく

② 燃料としての価値

コーヒー廃棄物燃料の価値は、発熱量と燃料効率性、また既存の燃料との比較により決まる。モンゴル国においては、既存の最も利用されている燃料である石炭の価格が安いことから、競争力のある価格設定の可否が課題となる。

③ 政策・規制

政府の政策や規制が、コーヒーかすを活用した燃料化の現実化や採算性に多大な影響を与えると見込まれる。ウランバートル市の産業廃棄物処理に関する規制は「廃棄物法」によって、廃棄物の収容、一時保管、運搬、収集、保管、リサイクル、処分が規定されているが、不法投棄の取り締まりは十分ではない状況である。「廃棄物法」の改正により、2025年半ばからモンゴル国の廃棄物処理の実施状況の監視が強化される予定²⁰であるため、廃棄物からの燃料化が促進される可能性がある。

④ 市場競争

コーヒーかすからの燃料が常に一定量提供できるような、安定供給の状況でなければ、市場には受け入れないので供給状況を考慮する必要がある。また、新しい燃料に対する消費者の認知や関心、抵抗感なども、市場に受け入れられるかに大きく関わると考えられる。

(7) 今後の対応

コーヒーかすを手始めとして、量を確保するためには、他の有機残渣を含めた燃料化の可能性を検討していくことが必要である。廃棄物処理の適切な処理が行われず、企業は費用をあまり費やしていない現状、政府やウランバートル市の産業廃棄物に係る規制やその適切な運用も必要である。

²⁰ モンゴル政府 HP, <https://legalinfo.mn/mn/detail/12652>

3.4 家畜ふん尿を活用したバイオガスに係る検討

3.4.1 バイオガスに係る状況

(1) バイオガスについて

廃棄物系バイオガスは、廃棄される紙、家畜ふん尿、食品廃棄物、建設廃棄木材、黒液、下水汚泥などのバイオマスを、メタン発酵させることによって生成させるガスである。バイオガスは、可燃性のメタンが約 60%と CO₂ が約 40%から組成される中程度の熱量を持つ中カロリーガスであり再生可能エネルギーとして利用できる。

家畜ふん尿や食品廃棄物等を原料とするバイオガスは、放置すると原料から排出される温暖化係数の高いメタンを回収して利用するものである。廃棄物をバイオガスとして有効活用することで、循環型社会の形成に貢献し、地球温暖化の防止や自立・分散型エネルギーの供給源の多様化に資する。

(2) 札幌/北海道でのバイオガスの特徴と取組状況

国産と地産地消がバイオガスの特徴であり、酪農と畜産が盛んな北海道はバイオガス用のバイオマス資源として、家畜ふん尿が多い。家畜ふん尿は発生量が安定しており、バイオガス生成のための発酵後の残渣は、ミネラルを多く含んだ液肥などとして活用できる。地域から発生するごみをバイオガスや液肥として地域に還元することによって、地産地消が可能となる。バイオガスの利用方法としてはボイラーなどで直接燃焼させて熱として用いるのが最も効率的だが、電気は使いやすいエネルギーであるため発電し売電を行うことも可能である。

北海道では、バイオマスの持続的な活用を通じて、低炭素社会の実現や地域経済の活性化を図ることを目的に、2013年に「北海道バイオマス活用推進計画」が策定された²¹。バイオガスプラントは、2020年までに道内で約100施設が建設されている。その内、88基が牛ふん尿を活用したプラントであり、7基が豚ふん尿を活用したプラントとなっている²²。

道内の家畜ふん尿の発生量の1割程度が、バイオガスプラントにより電気や熱などの再生可能エネルギーとして活用されている。北海道の酪農と畜産からの、2023年の家畜ふん尿の発生量は約2,083万tと推計され、全体の9割が牛ふん尿であった²³。バイオガスプラントで処理される牛ふん尿は、成牛換算で乳牛数53,800頭分となり、北海道の全体の乳牛数の9.8%となっている²⁴。

道内のバイオガスプラント100施設のうち、2021年時点で、発電及び熱利用は62施設、発電のみは12施設、売電実績ありは68施設、熱利用のみは23施設となっている²⁵。2012

²¹ 経済部ゼロカーボン推進局ゼロカーボン産業課

https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/zcg/biomasskeikaku.html?utm_source=chatgpt.com

²² バイオマスリサーチ社調べ

²³ 農政部生産振興局畜産振興課（2024年6月）「北海道の畜産環境をめぐる情勢」

²⁴ 梅津一孝（2023年）「北海道におけるバイオガス発電」

²⁵ 北海道農政部生産振興局畜産振興課（2024年）「北海道の畜産環境をめぐる情勢」

(4) バイオガスプラント設備

バイオガスを生成するには、有機性廃棄物を嫌気性発酵させるためのメタン発酵槽が必要となる。メタン発酵には約 30 日間程度滞留させなければならず、最低でも 1 日あたり処理量の 30 倍の容量を持つ発酵槽が必要となる。

北海道は「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」により 11～4 月は家畜排せつ物の散布が禁止されている。北海道のような冬季に積雪や土壌凍結が起こる寒冷な地域では、冬季に分解が進んだ消化液（スラリー）を農地に還元すると、作物に養分が吸収されず、融雪時期に汚濁水として河川等へ流出するため散布ができない。このことから冬季間に発生するスラリーを貯留する貯留槽が必要となる。

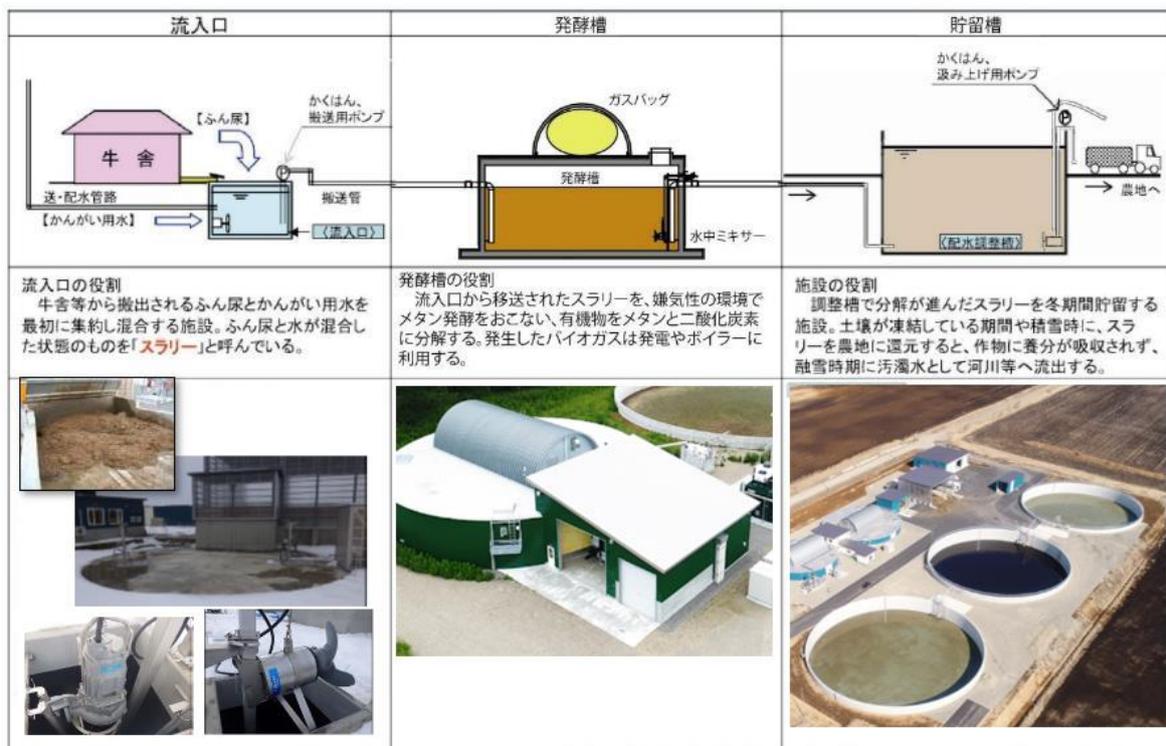


図 3-16 バイオガスプラント 嫌気性発酵システム

出典：土谷特殊農機製作所資料より抜粋

バイオガスには硫化水素が含まれ、配管やガスエンジンの部品を腐食させることから、硫化水素を処理するための脱硫装置も必要である。バイオガスを発電や熱として利用するには、熱電併用機やボイラーなどのバイオガス専用機器が必要になる。

(5) 寒冷地におけるバイオガスに必要な対応

寒冷地におけるバイオガス発電の導入には、寒冷地の気候に適した技術や運用方法の採用が重要になる。

① 発酵槽の保温と加温の必要性

寒冷地では、低温環境によりメタン発酵の効率が低下するため、発酵槽の内部を常に適

温に保つように、ふん尿の発酵に加温が必要となる。バイオガスを利用した熱電併用機からの排熱を利用して、発酵槽を加温する仕組み等の対策が必要となる。

② 冬季の消化液保管

北海道では冬季は消化液（スラリー）を冬季の一定期間散布できない法的規制があり、また冬季に積雪や土壌凍結が起こる寒冷な地域では、冬季に分解が進んだスラリーを農地に還元すると、作物に養分が吸収されず、融雪時期に汚濁水として河川等へ流出するため散布ができず、保管する必要がある。

③ 処理効率の維持

バイオガスプラントは微生物相の微妙なバランスが重要であり、低温環境下でも安定したメタン発酵を維持するため、運転管理には高度なスキルが求められる。処理効率の維持には、バイオガスプラントの稼働と維持管理を行う人材の育成や原料の調達・貯蔵・品質管理などに関わる能力強化等も必要である。

3.4.2 モンゴル国でのバイオガスプラント導入の可能性

(1) 家畜ふん尿を活用したバイオガスの現地ニーズとポテンシャル

家畜ふん尿を活用したバイオガスプラントは、大量の牛のふんを効率よく回収するため、舎内飼いや多頭飼育の酪農の存在が肝要である。放牧を中心とするモンゴル国では、舎内飼いは多くないが、近年舎内飼いをを行う酪農企業が出現している。その結果、家畜のふん尿の対処が問題になっており、バイオガスプラントのニーズが複数出てきている。

① トゥブ県バットスンベル村

ウランバートル市の中心から北西に約 60km に位置し約 2,100 世帯を擁するトゥブ県バットスンベル村では、主な産業として酪農と農耕が営まれている。バットスンベル村は小規模農家が多いが、合計 27,998 頭の牛が飼育されており、その内、乳牛が 13,000 頭となっている。現在牛のふん尿は捨てられて問題になっており、バイオガスプラントを求める声が上がっている。

② Suu 社

乳製品メーカーで酪農ファームを営む Suu 社は、現在、合計 350 頭のホルスタイン種とシメンタール種の牛を飼育している。その内、搾乳牛は 120 頭である。牛のふん尿は処理をせず、暖かい季節には酪農ファームの近隣にある 800 ヘクタールの農地に直接撒き、冬には野積みされている。農地に撒かれた牛ふん尿により、農地の土壌が酸性化するという問題が起こっている。飼育している牛のふん尿を活用してバイオガスを生成したいという要望が出ている。

(2) バットスンベル村の事例

バットスンベル村においては、現状、牛ふんはごみと混ぜて廃棄や畑に撒いて利用されており、多量なことから問題になっている。村からは、牛ふんをたい肥にしたい、できれ

ばガスにして活用して収入源にしたい、という要望が出ている。他方、バットスンベル村は小規模農家が多く、酪農の場所が分散している。村では牛ふんを収集する機材を所有しておらず、一か所に牛ふんを集められていない状況である。

現在、モンゴル国で稼働しているバイオガスプラントはないとみられるが、バットスンベル村で 10 数年前に試験的にバイオガスが導入された形跡があり、欧州製のバイオガス設備の一部が残っている。牛のふん尿を活用したバイオガス設備であり、当該施設は現在活用されずに放置されている。導入計画や運用、維持管理等に問題があったのではないかと推測される。バイオガスプラント導入前に、確実な稼働計画と実用的実証プラントが必要である。



バットスンベル村に残るバイオガスプラントの残骸

(3) 候補サイト

モンゴル国で最も大規模な乳製品メーカーである Suu 社は、ウランバートル市から北西に 170km 離れたところにある酪農ファームである。Suu 社は、2014 年に 800 頭を国から受け継いで民営化された。現在合計 350 頭の牛を飼育しているが、メタン発酵を行う割合が高い乳用牛は推定で 120 頭程度である。既存で未使用の 2 つの施設を利用すれば、最大 600 頭の牛を収容することが可能である。Suu 社の主な施設は国営牧場時代のドイツ仕様の構造物である。



Suu 社酪農ファームの位置



Suu 社酪農ファーム



Suu 社酪農ファームの全体図

(4) 候補サイトの視察

厳しい気候の北海道で 70 基以上の畜産排せつ物処理によるバイオガスプラント事業に携わり豊富なノウハウを有する、北海道帯広市の企業である株式会社土谷特殊農機製作所（以下、土谷特殊農機）と共に 2024 年 11 月に Suu 社の酪農ファームの視察を実施した。



図 3-17 土谷特殊農機製作所が道内で手掛けたバイオガスプラントの事例

出典：土谷特殊農機製作所 HP より

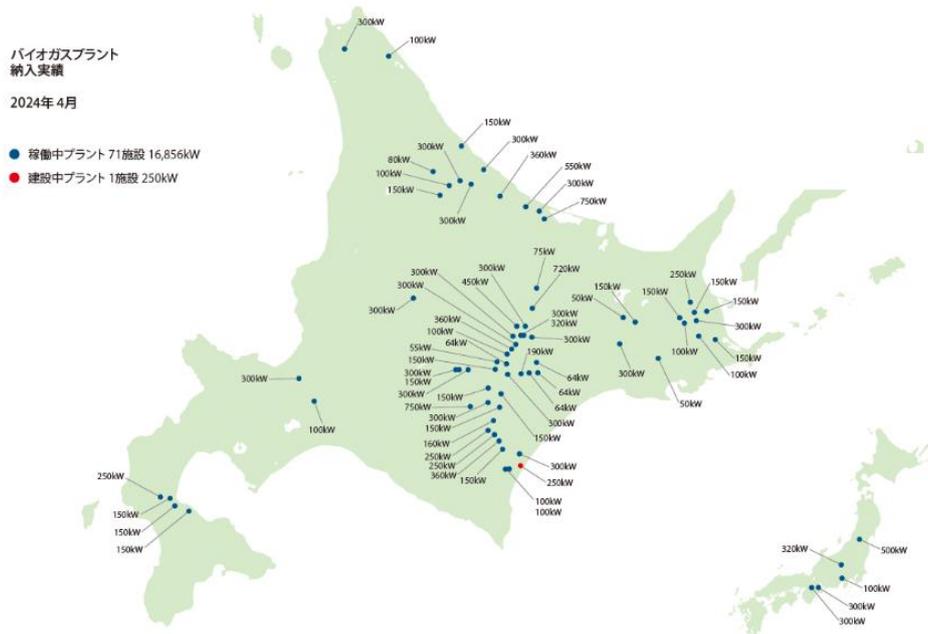


図 3-18 土谷特殊農機製作所のバイオガスプラント納入実績

出典：土谷特殊農機製作所パンフレット

(5) 候補サイトの状況

① Suu 社酪農ファームの家畜ふん尿量から想定されるバイオガス量

Suu 社では、牛がフリーストール牛舎で飼育されており、ふん尿溜めピット（2.5m×2.0m×10.0m）が施設内で合計 6 か所設置されてふん尿が収集されている。ふん尿は週 2 回吸い上げている。1 回に収集されるふん尿を約 40 m³と想定すると、40 m³×6 か所×2 回/週=480 m³（68 m³/日、1,920 m³/月）になると試算される。

1 m³の牛ふん尿から 30 m³/t のメタンガスの採集が可能²⁷であることから、以下の通り試算できる。

メタンガスの発生量：68 m³/日×30 m³/日=2,040 m³

100KWh 発電機に必要な燃料消費量：60 N m³/h×24 h = 1,400 N m³

メタンガス発生量は発電機の燃料として賄えるだけあるので、バイオガスプラントの導入は可能であるとみられる。（便宜上、m³=t、N m³=m³とする）

この量であれば計算上は 100KWh の発電機の稼働は可能である。ふん尿溜めピットで収集されたふん尿のメタンガス濃度を 60%前後と想定しているが、管理状態を確認したところ、ふん尿を貯めておく段階で好気性発酵が進んでしまい、ガスが大気中に放出されている可能性があると考えられた。そのため、原料を発酵槽に入れてもメタンガスの発生量が少なくなり、メタンガス濃度も低下する可能性がある。集ふんの仕組みを改良する対策が必要である。

²⁷ 土谷特殊農機での設計及び施工の場合

Suu 社は、現在使用していない 2 か所の牛舎を活用して、今後 1 年間で 32 頭ずつ増やしてホルスタイン種をメインに 600 頭にする計画がある。また、ベラルーシの協力で近隣に 600 頭の牛舎を新しく作る計画があり、そこから発生するふん尿もバイオガスとしての利用が可能である。バイオガスプラントに利用できる牛ふん尿は、将来的に増えるの見込んでいる。



ふん尿溜めピット



ふん尿溜めピット



ふん尿溜めピット



牛舎内部



視察の様子



牛ふん尿ほ場散布用タンク

② Suu 社酪農ファームで生育したバイオガスの利用

Suu 社酪農ファームでバイオガスを生成する場合、ファーム内部で照明、事務作業機器、

搾乳機等の電力の燃料として使用する予定である。搾乳は、ミルクングパーラを使い、夏は毎日2回、秋と冬は2日に1回の頻度で行っている。また、従業員の家屋が12軒あり、そこでもエネルギーを利用したい考えである。

近隣に水処理施設や金鉱山、ペットボトル製造工場があるが、それら施設への送電は、逆潮流が困難なことから現状は対象として見込めない。

③ Suu 社酪農ファームの現在の年間電力費

Suu 社の 2023 年 11 月から 2024 年 10 月にかけての年間電力費用は約 420 万円（約月 35 万円）である。牛舎の暖房は石炭を使用している。過去に暖房としてジェットヒーターを使用したことが、費用が高額となったため現在は利用していない。

期間	使用電力量 (Kw/h)	電気代 (MNT)
2023 年 11 月～2024 年 10 月	382,351.08	95,961,680.49

電気代や人件費、飼料代が高く、牛舎の維持費や運営コストもかかっており、Suu 社ではコスト削減が課題となっている。バイオガスプラント導入により電力や熱を活用したいとしているが、導入に際しての初期コストが課題として残ることが想定される。

④ Suu 社酪農ファームの資金調達計画

Suu 社は、ゴビアルタ県に銀鉱山を持つ大手企業の MAKC (MAX) 社の子会社であり、銀行がグリーンエネルギーにつながる投資の支援により、資金の調達は見込める可能性があるとみている。Suu 社は、同施設で飼育する牛を最大 600 頭に増やすことを目指しながら、初期投資額と資金回収期間を考慮した上で投資の検討を継続するとしている。

(6) 候補サイトでのバイオガス導入計画

100kW のバイオガスプラントの導入を検討する。基本的な機材計画は以下となる。

表 3-5 Suu 社バイオガスプラント計画案

施設名	サイズ及び備考
原料槽	最低 136 m ³ ×1 槽
発酵槽	4,000～4760 m ³ ×1 槽（半径 16m×深さ 6m位）
貯留槽	720,000 m ³ ×1 槽
その他	ガスフレア、ガスボイラー、ガスタンク、監視装置室等

(7) 実施体制

親会社である MAKC (MAX) 社の専門家や技術者も協力して、プロジェクトの技術支援が可能である。

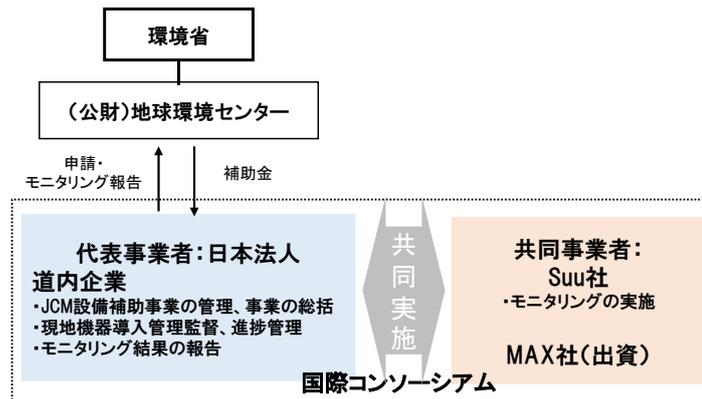


図 3-19 実施体制図 (案)

(8) GHG 排出削減量

牛ふん尿を利用したバイオガスプラントにおける GHG 削減量の計算は、主に以下の 2 つの要素を考慮して算出する²⁸。

- ①化石燃料代替効果: バイオマス発電によって得られた電力は、化石燃料による発電を代替する。
- ②メタン排出削減量: 牛ふんは放置するとメタンを発生させる。メタンは二酸化炭素よりも強力な温室効果ガスであるため、バイオマス発電でメタンを回収・燃焼させることで、大気への排出量を削減できる。

350 頭の牛ふん尿による 100kW のバイオガスプラントによる削減量は、年間 5,463 t-CO₂ eq の CO₂ 排出削減の可能性が見込まれる。計算に使用した係数は一般的な数値であり地域性を考慮しておらず、重機使用による燃料消費量やポンプ等の使用電力等も考慮しない概算である。

$$5,463 \text{ t-CO}_2\text{eq} = 683\text{t-CO}_2\text{eq} + 4,780\text{t-CO}_2\text{eq}$$

$$\text{年間の削減量} = \text{①化石燃料の代替による削減量} + \text{②メタン排出削減量}$$

①バイオガスプラント 100kwh の場合の化石燃料の代替による削減量：

$$\text{化石燃料代替効果} = \text{バイオマス発電量} \times \text{化石燃料の CO}_2 \text{ 排出係数}$$

$$683,542 \text{ kg-CO}_2 \text{ (683t-CO}_2\text{eq/年)} = 788,400\text{kwh} (\text{※1}) \times 0.867\text{kg-CO}_2/\text{kWh} (\text{※2})$$

(※1) バイオガス発電量は以下の通り算出した(実績稼働率は点検メンテナンスを含む)

$$100\text{kwh} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 90\% \text{ } ^{29} = 788,400\text{kwh}$$

(※2) 従来型の石炭火力発電所の CO₂ 排出係数：0.867kg-CO₂/kWh³⁰

²⁸ 環境省「バイオガス関連事業における温室効果ガス削減効果算定 事例」

<https://www.env.go.jp/content/900447627.pdf>

²⁹ 土谷特殊農機導入のバイオガスプラントの実績稼働率

³⁰ 環境省「電気事業分野における地球温暖化対策の進捗状況の評価結果について」(2020年)

<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114277.pdf>

②メタン排出削減量:

メタン排出による年間削減量

=1日の牛ふん量(※3)×メタン発生係数(※4)×メタン回収率(※5)×メタンの温室効果係数(※6)×365日(年間)

4,780,040 kg-CO₂eq (4,780t-CO₂eq)

=68 m³/日 × 30 m³/日 × 60% × 25倍 × 365日

(※3) 40 m³×6か所×2回/週=480 m³のため、日割り換算すると68 m³/日となる

(※4) 1 m³の牛ふん尿から30 m³/tのガス化が可能

(※5) バイオガス中のメタン含有率:60%

(※6) メタンの温室効果係数:CO₂の25倍³¹

(9) バイオガスプラント導入にあたっての課題

バイオガスプラントは、施設の整備費用や運営費用が高額であることや、電力系統への接続が制限されるなどの課題がある。

① 高額な施設導入及び運営費用

バイオガスプラントは初期費用として原料槽、発酵槽、ガスタンク、貯留槽、発電設備などの主要コンポーネントの設置費用が高額であることから、初期費用と持続的な運営コストが事業全体の収益性に与える影響を十分に検討することが重要になる。

② 適切な維持管理

バイオガスプラントはメンテナンスが重要であり、特に発電機や各種ポンプ、脱硫剤の定期交換、発酵槽の底あらい清掃は必須である。これらを実施するメンテナンス体制を構築できることが必要条件となる。

③ 原料となる牛ふん尿量の安定的な確保

牛ふん尿量は乳量と比例することから、モンゴル国の1頭あたりの乳牛の乳量が日本の1頭あたりに比べて少ないことから、牛ふん尿の発生量は日本より少ない。頭数が多くないと十分な量のふん尿を確保できない懸念がある。バイオガスプラントのメタン菌は生物であり、ふん尿が少量だと温度が変化し、菌が死滅する可能性もある。バイオガス生成に必要な分量である牛ふん尿の安定した確保が課題となる。

④ モンゴル国の厳寒期の稼働

バイオガス生成時の発酵には熱が必要であり、適切な温度がないと発酵プロセスが中断し、ガスが生成できなくなる。バイオガスで生成したガスを利用して発酵の熱とする場合、一度バイオガスプラントの稼働が止まるとガスが止まり、熱も使えず悪循環が生じる。冬場の厳しい環境では、設備が冷えきると再稼働が困難になるため連続運転が重要となる。

³¹ 全国地球温暖化防止活動推進センター、地球温暖化係数(GWP)について
<https://www.jccca.org/faq/15950>

⑤ 電力系統への接続

バイオガスにより発電した電気の、昼間だけでなく夜間の利用も考慮した、具体的な運用方針が必要である。対象施設内だけの利用で余る電力を売電する場合、現状の送電網は脆弱で逆潮流はできないため、別途トランス施設の整備が必要となる。再生可能エネルギー由来の電力の系統接続に係るモンゴル国の今後の方針等の確認も必要である。

(10) 今後の対応

バイオガスのプラント全体の運用が効率的に成り立つためには、一定以上のふん尿の量と規模が必要である。バツスンベル村でのバイオガスプラントの不十分な計画等による頓挫の事例を繰り返さないようにするため、今後未使用の旧牛舎2棟を活用して合計600頭を飼育する計画を見据えて、搾乳牛300～400頭規模の排泄物処理のバイオガスプラントの導入計画を検討する。

また、日本でのバイオガスプラント導入は、FIT制度による支援があり普及が進んだことから、モンゴル国の政策や制度を引き続き確認する。

3.5 アイスシェルターに係る検討

3.5.1 アイスシェルターについて

北海道で約 30 年以上前に開発されたアイスシェルターは水が冬の寒さで氷になるとき空気は温まり、夏は氷が溶けるときの空気は冷える水の融解・凍結熱の原理を使い、電力や他のエネルギーなしに自然エネルギーだけで、通年ほぼ一定の低温温度を維持することができる「寒冷気候を利用した冷蔵庫」である。

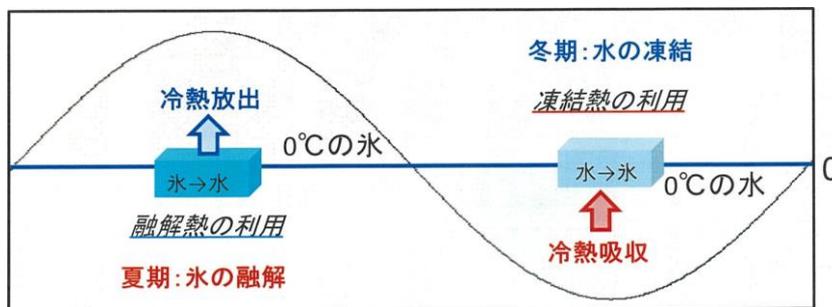
アイスシェルターは再生可能エネルギー源である氷を利用し、農畜産物の貯蔵や施設の冷房ができる環境にやさしいシステムであり、日本だけでなく世界中の寒冷地帯でかつ電気がない地域でも利用できる。氷は無限に利用可能な自然資源であり、運営維持は低コストであるため、寒冷な地域の特性を活かした新しいエネルギー資源として、地球温暖化への対応に貢献できる。

(1) アイスシェルターの仕組みと特徴

アイスシェルターは、水の凍結や融解時に発生する「潜熱」を利用して、0 度の空気を作り出すシステムである。この仕組みにより、農産物の貯蔵や建物の冷房を実現する。冬季には自然の寒気を利用して水槽内の水を氷に変え、その冷熱を夏季まで蓄積する。氷が融解する際には冷却作用を発揮し、逆に冬季には水が凍る際の加温作用を利用する。

水と氷が共存する状態を維持することで、夏も冬も貯蔵室内の温度をほぼ 0 度に保つことが可能となる。この技術により、雪や氷の搬入が不要で、電力を必要とせずに、年間を通して低温を保つことができる。

アイスシェルターは、自然エネルギーを最大限に活用する省エネ型の低温貯蔵システムである。水が凍結する際には 335kJ/kg の熱を放出し、融解する際には同量の熱を吸収する。この「潜熱」の利用により、灯油や電力を使う冷却方式に比べて大幅にコストを削減できる。例えば、1t の氷が発する冷熱エネルギーは、灯油換算で約 2,165 円相当（2023 年の北海道における価格）とされる。



雪氷エネルギーの種類と特徴

冷熱源	原料	密度	特徴
雪	水	約0.5	夏利用
氷		約1.0	年間利用
凍土		約0.5	夏利用

図 3-20 自然氷の特徴と優位性

出典：土谷特殊農機製作所の資料より抜粋

アイスシェルターはランニングコストがほとんどかからず、電気冷蔵庫に比べて環境負

荷が低い点が大きな利点である。一度水槽に水を入れれば、それを繰り返し凍結・融解させるだけで運用が可能で、労力が少なくすむ。製氷機に耐食メッキが施された水槽を使用すれば、40～50年の長期利用が可能となる。

アイスシェルターは、フロンなどの冷媒を使用せず、温室効果ガスの排出を伴わない環境保全型システムであり、自然エネルギーを利用することで、地球温暖化対策にも寄与する。また、基本的にアイスシェルター自体は電力を必要とせず、太陽光発電で貯蔵庫や建屋の照明を賄うことも可能なため、電力供給が整備されていない地域でも使用ができる。

(2) アイスシェルターの仕様

アイスシェルターは、貯氷室と貯蔵室の2つの部屋で構成されており、貯氷室には水槽を設置して氷と水が共存する状態を維持し、貯蔵室では農畜産物を保管してほぼ0度の環境を作り出す。

アイスシェルターには、断熱性能の高い構造が必要となる。高性能な断熱材や精度の高い施工技術を用いることで、外気の影響を最小限に抑え、年間を通じて安定してほぼ0度の環境を提供する。

また、貯氷量は施設の規模や気象条件に応じて適切な管理を通して最適化される必要がある。冬季に外気温が極端に低い場合には、外気導入量を調節して、貯氷室の水がすべて凍結してしまうのを防ぐことで、安定した運用が可能となる。

このように、アイスシェルターの建設と運用には専門的な知識と技術が求められる。水と氷の共存状態を維持し、ほぼ0度を保つための貯氷量の計算、断熱構造の設計、外気導入の管理などが重要な要素となる。

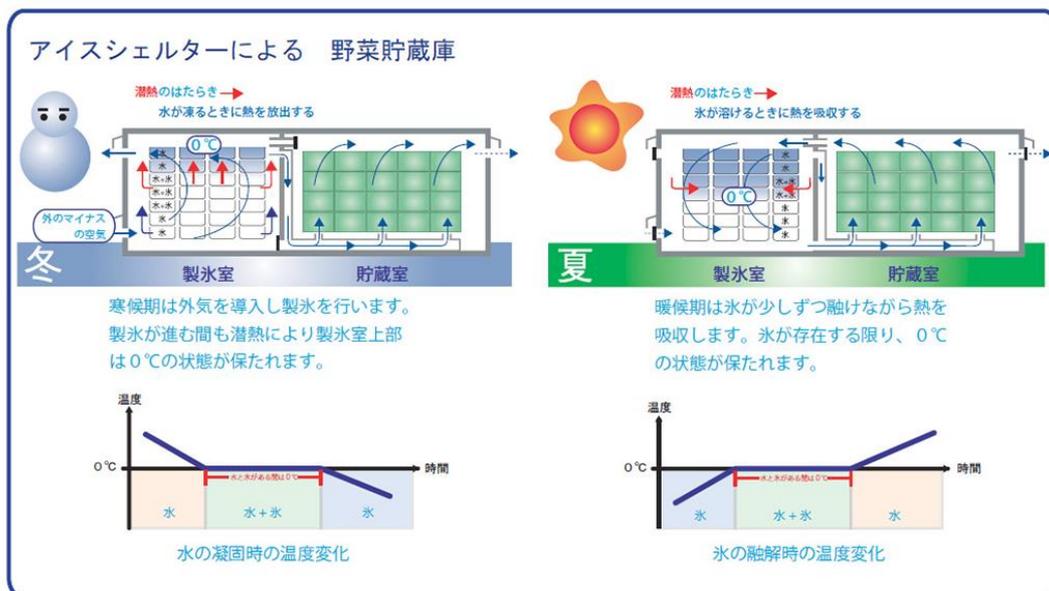


図 3-21 アイスシェルターによる野菜貯蔵庫の仕組み

出典：土谷特殊農機製作所の資料より抜粋

(3) モンゴル国に試験導入されたアイスシェルター

自然氷の冷熱を利用したアイスシェルターの開発・普及にも力を注ぐ北海道帯広市の企業である土谷特殊農機により、経済産業省の補助金事業である「飛びだせ Japan！」の支援を活用して、2019年1月にモンゴル国ウランバートル市にあるエブリデイファームにアイスシェルターが実証展示施設として導入された。



アイスシェルター導入時の様子

出典：土谷特殊農機製作所の資料より抜粋



水槽架台と製氷機



背面冷氣導入口

出典：土谷特殊農機製作所の資料より抜粋

導入されたアイスシェルターのサイズは、奥行き 20 メートル×高さ 3m で、内部の製氷室に横に 9 列、奥へ 5 列、上に 11 枚の水槽が組み立てられており、全部で 495 枚、約 100t の水を氷とすることができるようになっている。

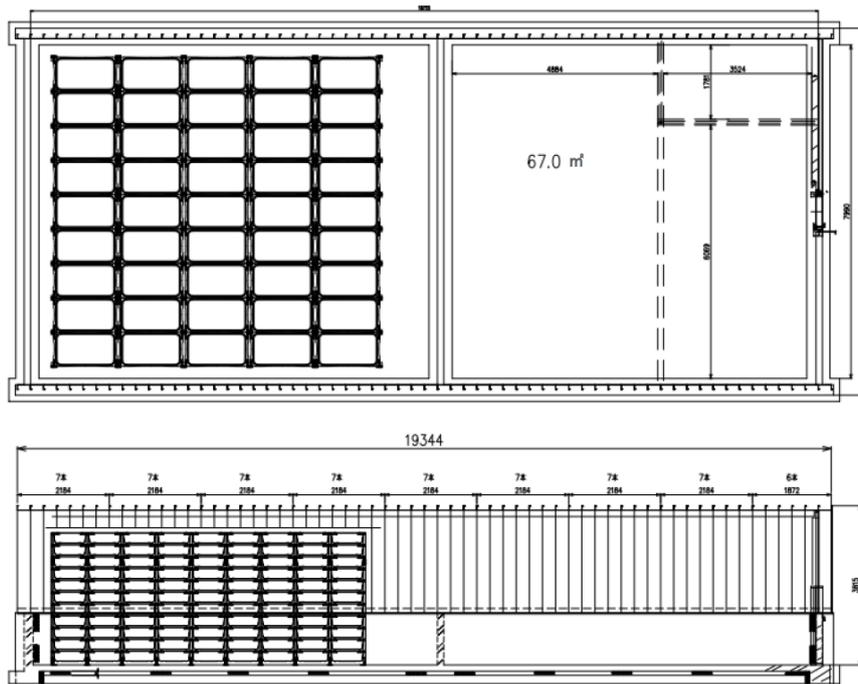


図 3-22 土谷特殊農機製作所のアイスシェルターの図面（平面・立面）

出典：土谷特殊農機製作所の資料より抜粋

（４） アイスシェルターの活用方法

アイスシェルターは農畜産物の貯蔵や建物の冷房、植物工場の温度管理など、幅広い用途に利用できる。

具体的な活用法として、農畜産物の貯蔵において、品質を維持しながら長期間の貯蔵が可能である。たとえば、牛肉のドライエイジング（乾燥熟成）を行う際に最適な低温環境を提供できる。ジャガイモなどの根菜類を長期保存することで出荷時期を調整し、付加価値を高めることが可能である。葉物野菜については鮮度を維持しながら保存ことができ、乳製品や酒類についても長期熟成させることで品質や風味を向上させられる。また、花卉類の低温保存により、開花を抑制し出荷時期をコントロールすることもできる。

建物の冷房や除湿としても活用でき、アイスシェルターからほぼ 0 度、湿度 100%に近い冷気を室内に送風することで、室内の湿度を 30%程度に下げることができる。その結果、室温が 28 度であっても肌がべたつかず、爽快感を得られる快適な環境を実現できる。同様に、植物工場や温室での温度管理にも活用できる。通年で施設内の温度管理を行う際に、アイスシェルターの冷熱を活用して、施設全体の温度を安定化し、エネルギーコストを削減すると同時に、栽培環境を最適化することができる。

寒冷な地域の特性を活かした新しいエネルギー技術を活用すれば、地域特産品の保存や流通を効率化し、地元ブランドの確立や国内食品のコールドチェーンの構築にもつながる。アイスシェルターは低コストかつ持続可能なエネルギーを利用し、多方面での活用が可能である。農業や食品分野での課題解決に寄与するだけでなく、地域社会の活性化や地球環

境の保全にも役割を果たすことが期待される。

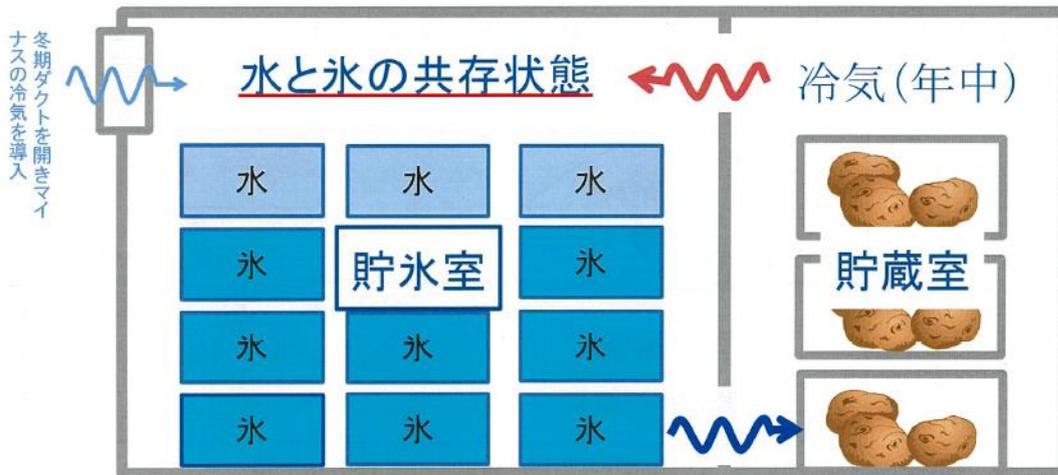


図 3-23 アイスシェルター仕組の概要図

出典：土谷特殊農機製作所の資料より抜粋

(5) 導入済みの施設によるデータ分析

モンゴル国に試験導入したアイスシェルターの貯蔵庫内の温度を測定した結果を下に示す。コロナ禍で機材不調に対するメンテナンスができず、年間を通した測定温度のデータが正確に送信されないことが続いた。2024年に観測器のメンテナンスを実施したものの、通年の正確なデータは2019年11月から2020年10月のものになる。冬は外気温がマイナス20度であるが、アイスシェルターの貯蔵室は5度前後に保たれている。春と夏は10度程度に保たれており、一般的な冷蔵庫の野菜室は5度～8度であることから、夏に保存する葉物の貯蔵に支障ない温度が保たれている。

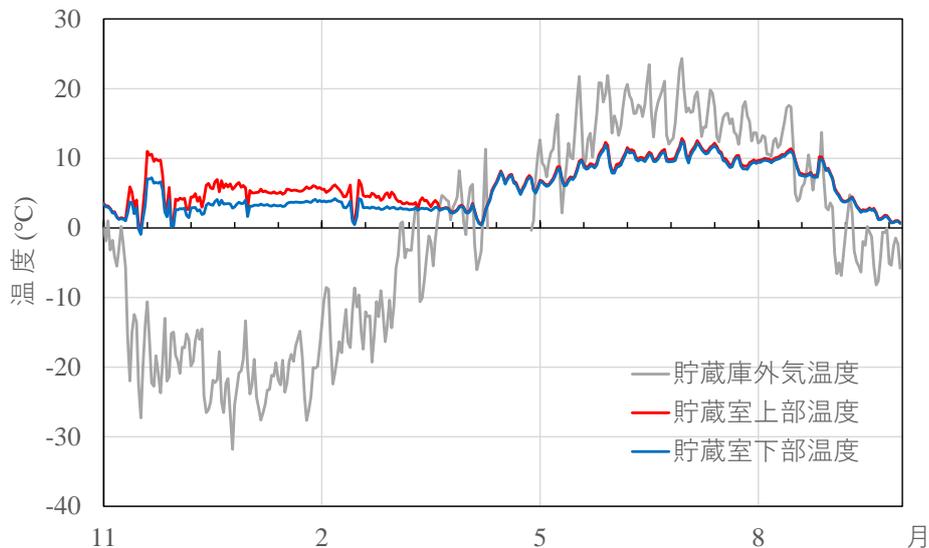


図 3-24 アイスシェルターの温度

出典：土谷特殊農機製作所

3.5.2 アイスシェルター説明会及び視察

(1) アイスシェルター説明会及び視察の目的

2019年にモンゴル国に試験導入されたアイスシェルターを寒冷地向け脱炭素技術として、モンゴル国の脱炭素関連業務に携わる関係者に紹介し、環境配慮の側面より普及支援を行うことを目的に実施した。

(2) アイスシェルター説明会及び視察プログラム

アイスシェルターの説明会と視察の概要を以下に示す。

日時：2024年11月5日（火）11:00～14:00

説明会開催場所：モンゴル国日本人材開発センター

視察場所：エブリデイファーム

時間	内容
11:00-11:10	挨拶及びJCM・都市間連携事業の説明
11:10-11:30	アイスシェルター概要説明
11:30-11:50	質疑&応答
12:00-13:30	移動
13:30-14:00	アイスシェルター視察

(3) アイスシェルター説明会

土谷特殊農機とともに、帯広畜産大学にて冷熱資源を活用した農業気象学を専門としてアイスシェルターの研究に携わっている木村准教授も登壇した。



アイスシェルター説明会の様子

(4) アイスシェルター現地視察

アイスシェルターの説明会后、ウランバートル市内から車で約2時間かかるウランバートル市近郊の、アイスシェルターが設置されているエブリデイファームに移動し、現地視察を行った。



エブリデイファームの位置



アイスシェルター視察の様子



アイスシェルター内の保存庫



アイスシェルター保存の野菜

(5) アイスシェルター説明会参加者

説明会にはモンゴル国環境省の JCM 担当者や ADB の担当者なども含めて、合計 21 名の現地関係者の参加があった。

(6) アイスシェルター説明会質疑応答

説明会での主な質疑応答を記載する。

質問	回答
農産物の貯蔵における注意点は何か	農産物の貯蔵温度を0度以下にすると、内部に含まれる水分が凍結し、品質が損なわれる場合がある。そのため、農産物を貯蔵する際は温度管理が非常に重要であり、アイスシェルターの冷気は適切な条件を維持するのに適している。
アイスシェルターは夏でも利用可能か	適切に管理すれば、夏でも十分に冷却効果を発揮することができる。冷気を循環させ、貯蔵室内の温度を安定的に保つ仕組みが備わっているため、季節を問わず利用可能である。
マイナス30度になるモンゴル国の冬季の利用に問題はあるか	冬季でもアイスシェルターの利用には問題がない。冷気の供給は安定しており、貯蔵室内の温度を適切に管理できている。農産物の保存に適している。補助暖房としてストーブを厳寒期の朝方につけるだけで貯蔵物の適温が保てている。
冷気の流れや管理方法について具体的に教えてほしい	冷気は主にダクトを通じて貯蔵室に送られる仕組みである。冷気が直接保存物に当たらないよう、壁や仕切りを設けている。また、送風機を用いて冷気を均一に循環させることで、室内温度のムラを防いでおり、保存物の品質を長期間維持することが可能である。

(7) 現地ニーズ

モンゴル国では低温貯蔵流通の未整備が大きな課題となっている。貯蔵施設の不足により農作物や畜産物の出荷調整が困難で、一斉出荷による価格の暴落が生じている。また、貯蔵中の品質劣化や廃棄ロスも深刻である。地方の電力供給事情は良くはなく停電の頻発や、無電力の地域もある。特に、冬季の市場に出回る国産の農産物は限定されている。モンゴル国内では安全で高品質な農産物の需要が高まり、特に富裕層が高額な国内産物を好む傾向があるが、現在の貯蔵・流通環境ではそのニーズに応えきれていない。

アイスシェルターは、自然エネルギーを活用し電力依存を低減しながら低温環境を維持できるため、モンゴル国の農畜産業において大きな可能性を秘めている。

現地農業関係者等からの聞き取りにより以下のような利用が想定される。

- 農業者：じゃがいもなどの根菜類、葉物野菜、果物、羊や山羊の肉、生乳、チーズなどの加工品の一時保管
- 流通業者：出荷調整を行う中間集積地
- 販売業者：生鮮品の長期保存および二次加工品の低温貯蔵

アイスシェルターの普及により、農作物や畜産物の品質保持、価格調整による収益向上が期待される。また、厳寒期でも安定した温度で保存できるため、冬季の農産品供給拡大に寄与できる可能性がある。

モンゴル国政府も「食料安全保障の確保、国内の食品需要を国産で賄うこと、畜産と農業の集中的な開発」を目標にして、2022年に「食糧革命」全国運動を始めており、主要食料品を国内需要で満たし、さらには食料輸出国になることを目指している。アイスシェルターも農作物や畜産物のサプライチェーンの一環として活用の可能性がある。

現地からは多くの冷蔵保管施設としてのニーズがあがっている。例えば、トゥブ県では、農協の設立を進めており、農協のロジスティクスセンターとしてアイスシェルターを導入したいとの要望がでていいる。現在計画が進んでいる FAO プロジェクトにおいては、ウランバートルやダルハンを中心に学校給食用のサプライチェーンモデルを検討中であり冷蔵倉庫としての導入を検討したいとの話があった。また、アイスシェルター説明会に参加してアイスシェルターの技術について知った農業従事者の多くから、地元で生産される良質な農畜産物を保存し、より高値で出荷するための施設として強い関心が寄せられた。

(8) モンゴル国導入の課題と今後の対応

現地でのニーズは高いが、アイスシェルターの初期投資の大きさが導入のハードルとなっている。モンゴル国の地方での既存の貯蔵施設は主にレンガや石造りの半地下式であり、低コストで建設可能である。他方、半地下式貯蔵庫は急激な気温変動により 10~20%の廃棄ロスが発生している。

アイスシェルターの場合は、高断熱の建屋が必要であり、建屋を日本からの輸入とする場合、導入価格の高さが大きな課題となる。特に水槽の製造には 500t 級のプレス機や金型が必要であり、それを支える架台を現地で加工するのは困難である。建屋を現地施工とし、水槽や架台を 3~4 本の海上コンテナで輸送すれば、実証展示施設として導入したアイスシェルターの建設時（コンテナ 11 本使用）より効率的な輸送ができるため、初期投資額を下げられる可能性がある。

脱炭素施設としての活用には、補助金や免税措置などの支援策が求められる。同時に、アイスシェルターへの設備投資が貯蔵物の販売で採算が取れるかどうかを検証する収支シミュレーションが肝要になる。

また、導入にあたっては、アイスシェルターのシステムに対する関係者の十分な理解がないと、有効活用の妨げとなる。導入前に、何を、どの期間、どの温度帯で貯蔵するかについてのヒアリングを行い、アイスシェルターを十分に活用するための理解がまずは必要となる。

第4章 札幌市の世界冬の都市市長会に係る取組

本章では、札幌市とウランバートル市のこれまでの交流と、2024年12月に札幌市で開催された第20回世界冬の都市市長会における、ウランバートル市と札幌市の市長級対話や環境インフラの視察、ビジネス交流会につき述べる。

4.1 冬の都市市長会

4.1.1 札幌市とウランバートル市の交流

(1) これまでの交流

札幌市とウランバートル市は、ともに寒冷地の都市として長年にわたり交流を続けている。1998年、ウランバートル市は「世界冬の都市市長会」に加盟した。翌1999年、ウランバートル市の建都360周年記念行事に札幌市長が出席するため現地を訪問した。続いて2000年3月にはウランバートル市長が札幌を訪れ、両市の人的交流を促進するための5年間の覚書を締結した。その結果、2001年から2005年にかけて、ウランバートル市から5名の研修員が札幌に派遣され、半年間の研修を受けた。

2009年、ウランバートル市の建都370周年記念行事には札幌市副市長が出席し、両市の関係をさらに強化した。2012年2月にはウランバートル市長が札幌を訪問し、地下歩行空間や札幌南口のコジェネレーションシステム、地下鉄などの都市インフラを視察した。同年3月にはウランバートル市投資局長が来札し、「冬の見本市 Winter Expo ウランバートル出展委員会」主催のセミナーに登壇した。セミナーでは、モンゴル国の経済状況や社会基盤整備について北海道の民間企業に向けて紹介し、ビジネス連携の可能性を探った。

2014年9月、JICAの「ウランバートル市マスタープラン計画・実施能力改善プロジェクト」に基づき、ウランバートル市市長室戦略政策企画部長を含む6名が札幌市を訪れ、視察および研修に参加した。

2016年7月に札幌で開催された「第17回世界冬の都市市長会」には、ウランバートル市戦略政策企画部長が参加し、併催の市民向けイベント「冬の都市フォーラム」において、札幌市消防局によるウランバートル市への消防技術協力について報告を行った。2018年1月に札幌で開催された「世界冬の都市市長会2018年実務者会議」にも、ウランバートル市知事室管理部長ら3名が参加し、都市課題について意見を交わした。

2020年2月には、ウランバートル市ハンオール区の行政視察団が札幌市を訪問し、市政の概要や歴史について講義を受けるとともに、市内の各施設を視察した。2021年11月には、オンライン形式で開催された世界冬の都市市長会議にウランバートル市も参加し、「人口増加による環境汚染や交通渋滞の課題、都心部への人口集中を防ぐための都市システムの導入」についてプレゼンテーションを行い、意見交換を実施した。

2023年4月には、「G7札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合」の開催にあわせて、JICA主導のもと、ウランバートル市およびモンゴル国企業が札幌・北海道内の企業を訪問・視

察した。その一環として、ウランバートル市ゼネラルマネージャーらが札幌副市長を表敬訪問し、さらに札幌市の関係部局（気候変動対策、都心開発・エネルギー対策、廃棄物処理）と意見交換を行った。

以上のように両市は長年にわたり、環境、エネルギー、都市計画の分野で協力を深めており、今後も寒冷地都市としての知見を共有しながら、さらなる連携強化が期待される。

(2) 札幌市とウランバートル市の技術交流

札幌市は JICA 研修として実施された以下の研修にウランバートル市の担当者を受入れた実績がある。

- 札幌交通局：鉄道車両研修（1999年）、バス輸送システム研修（2000年）
- 札幌水道局：寒冷地上水道技術研修（1995年～2012年）
- 札幌消防局：林野火災対策研修（1998年）
- 札幌建設局：道路技術研修（2000年）
- 札幌教育委員会：地方教育強化研修（2010年）

札幌市は JICA 草の根技術協力事業として、以下の事業をウランバートル市において実施している。

- 札幌消防局「ウランバートル市消防技術支援事業」³²（2013年～2015年）
- 札幌市立大学「先天性股関節脱臼ハイリスク児の育児指導」³³（2014年～2016年）
- 札幌水道局「ウランバートル市送配水機能改善協力事業」³⁴（2016年～2018年）

JICA 技術協力事業「ウランバートル市マスタープラン計画・実施能力改善プロジェクト」において、フォローアップセミナー講師として札幌都市局の職員が、2016年及び2017年に従事した実績がある。

4.1.2 世界冬の都市市長会

(1) 世界冬の都市市長会の概要

「世界冬の都市市長会」は、冬季に厳しい気候条件となる都市の市長や関係者が集まり、冬の都市づくりに関する課題や取組について議論する国際会議である。主に北半球の寒冷地に位置する都市が参加している³⁵。

³² 札幌市 HP「ウランバートル市消防技術支援事業」の実施について

<https://www.city.sapporo.jp/city/mayor/interview/text/2013/20130711/documents/uran.pdf>

³³ JICA HP, https://www.jica.go.jp/Resource/partner/kusanone/shien/ku57pq000019g3fb-att/mon_10_s.pdf

³⁴ JICA HP, https://www.jica.go.jp/Resource/partner/kusanone/chiiki/ku57pq00000x9trj-att/mon_10_t.pdf

³⁵ 「世界冬の都市市長会」には、2024年9月時点にて、9カ国22都市が加盟している。加盟都市：カナダ（エドモントン、ウィニペグ）、中国（長春、大慶、ハルビン、ジャムス、吉林、鶏西、牡丹江、チチハル、瀋陽）、エストニア（ヴィームシ）、フィンランド（ロヴァニエミ）、日本（札幌）、モンゴル国（ウランバートル）、韓国（華川、麟蹄、太白）、ロシア（マガダン、ノリリスク、ノボシビルスク）、アメリカ（アンカレッジ）

この会議は、「冬は資源であり、財産である」というスローガンのもと、札幌市の提唱により 1982 年に第 1 回市長会議を札幌で開催したことから始まり、世界中の冬の都市が集まり冬のまちづくりについて議論する国際会議となっている。

冬季における都市計画、環境対策、エネルギー政策、交通、観光、文化振興など多岐にわたるテーマにおいて、冬の都市に共通する課題の解決策を共有し、各都市の成功事例や技術を学び合う機会となっている。参加都市間のネットワークの強化や協力関係の構築にもつながっている。

(2) 第 20 回世界冬の都市市長会プログラム

2024 年 12 月 17 日から 20 日にかけて「第 20 回世界冬の都市市長会議」および関連イベントが札幌市で開催された。第 20 回世界冬の都市市長会のプログラム詳細は以下の通りである。

日付	内容	会場
12 月 17 日 (火)	【市長会議 1 日目】 ・総会（会員都市のみ） ・市長開会挨拶、各都市自己紹介 ※個別会談実施 ・分科会①【環境施策及び都市開発】 ・環境行動目標中間報告	札幌コンベンションセンター
12 月 18 日 (水)	【市長会議 2 日目】 ・分科会②【観光施策】及び政策研究会①【文化芸術】 ・政策研究会②【エネルギー】 ・特別テーマに関する講演等	札幌コンベンションセンター
12 月 19 日 (木)	【市長会議 3 日目】 ・都市間連携事業及び、北海道大学学生の発表等 ・全体会議（宣言文採択、決議等）・閉会式 ・記者発表（報道機関向け） 【視察】 ・水素ステーション→チ・カ・ホ→市民交流プラザ→ホワイトイルミネーション	札幌コンベンションセンター
12 月 20 日 (金)	エクスカージョン（終日）	

(3) 参加者（札幌市、及びモンゴル国関係者のみ抜粋）

ウランバートル市より来札した参加者の肩書を下に記載する。

所属	肩書
札幌市	秋元克広札幌市長、天野周治札幌副市長、その他関係職員
ウランバートル市	ニヤムバートル・ヒシゲー ウランバートル知事兼市長、ウランバートル市長内務部長、ウランバートル市上下水道局長、ウランバートル市議会委員、海外関係・協力部プロジェクト・シニア・スペシャリスト、海外関係・協力部専門官、秘書・補佐官、ウランバートル地下鉄事業マネージャー、在日本モンゴル国代表（9名）
モンゴル国 民間企業	モンゴル国商工会議所 日本代表含めて民間企業等 10 団体（10名）

(4) 札幌宣言

「第 20 回世界冬の都市市長会議」では「冬の都市の新たな可能性-持続可能な社会の実現」をテーマに掲げ、各都市の取組が紹介された。冬の都市の可能性について議論され、その魅力を世界に発信する機会を提供した。また、「冬の都市におけるグリーントランスフォーメーション（GX）」を特別テーマとして取り上げ、共通するエネルギー課題についての議論が深められた。

2024 年 12 月 19 日に、札幌宣言と市長会議決議が採択され、全体会議が終了した。札幌宣言では、積雪が多く寒冷な都市は気候変動の影響を受けやすいとして「再生可能エネルギーの活用促進は共通の課題であり、脱炭素化の取組を通じてともに持続可能な社会を実現していく」ことが誓われた（附属資料 D）。



世界冬の市長会の様子



本都市間連携事業にかかる発表の様子



ウランバートル市長の発言



世界冬の市長会記者発表

(5) 発表資料（附属資料 C）

- ・ウランバートル市発表資料
- ・OC 発表資料

4.2 市長間対話

(1) 概要

世界冬の都市市長会のプログラムの一環として、札幌市長とウランバートル市長の対話を実施された。以下に概要を記載する。

日時：2024年12月17日（火）11:40～12:00

開催場所：札幌コンベンションセンター

参加者：【札幌市】秋元市長、市長室長、国際部長、環境都市推進部長、環境都市推進部係長、オリエンタルコンサルタント

【ウランバートル市】ニャムバートル市長、市議会議員、水道局長、市長緊急タスクフォース部長、東京駐在事務所代表理事、国家都市開発委員会・事務局長、道路渋滞緩和・総合事業マネージャー

(2) 市長間対話の成果

ウランバートル市と札幌市は、これまでの都市間連携をさらに発展させ、環境・エネルギー分野における協力を強化することを確認した。特に、大気汚染対策や再生可能エネルギーの活用、ガス供給システムの導入などについて、引き続き情報共有を行いながら、具体的な支援策を検討していく方針となった。協議した内容については、議事録（英語）の取り交わしを行った（附属資料 D）。

(3) 市長間対話の詳細

ウランバートル市と札幌市は、これまで都市間連携事業を継続的に実施してきた。今回の会談では、ウランバートル市が直面する課題や、今後の協力分野について市長間にて意見交換が行われた。

① ウランバートル市の現状と課題及び今後の計画

ウランバートル市長より、同市の現状や今後の計画等について説明があった。

現在、大気汚染と交通渋滞が深刻な課題となっており、ウランバートル市長はこれらの解決に向けた取組を今後 4 年間の任期中に進める予定である。

特に、大気汚染は冬季（12 月）に悪化し、その主因はゲル地区での石炭使用にある。この問題を解決するため、以下の 3 つの施策を進める。

1. ゲル地区の住宅化（マンション建設）
2. 中央セントラルヒーティングシステムの強化
3. ガス利用の促進（安全性確保や法整備が課題）

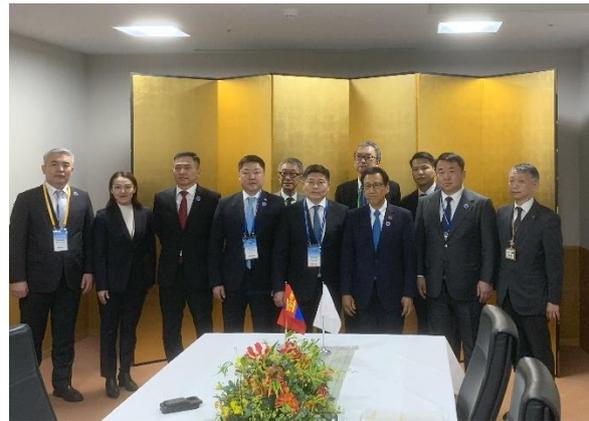
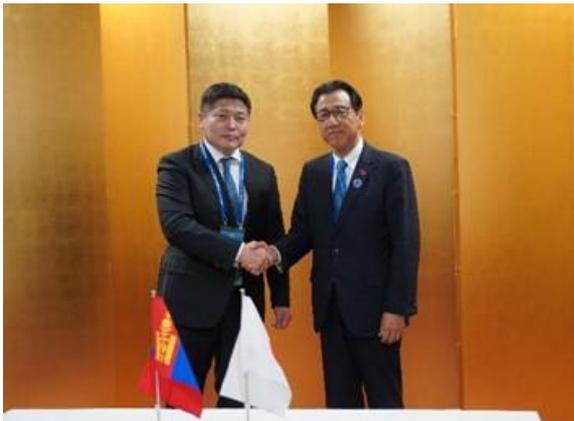
ウランバートル市では 2025 年に 10 万戸にガスを供給するオープンシステムの構築を計画している。また、ガス工場建設を計画しており、ウランバートル市の予算や二国間クレジットシステムの活用を検討している。札幌市に対しては、ボイラー製造技術を有する企業や工場の紹介を依頼したいとの要望があった。

さらに、都市間連携事業のエネルギー分野での調査の一環として、札幌市の技術を活用し、ウランバートル市の病院に太陽光パネルを導入する計画がある。ウランバートル市としても、導入の手助けとなるよう資金や技術供給に協力する方針であると述べられた。

② 札幌市の対応と意向

札幌市長の発言は以下の通り；札幌市も寒冷地であり、過去に石炭使用による大気汚染が深刻な課題であったが、エネルギー転換や集中暖房システムの導入により改善した経験があることを説明した。現在は、さらに CO2 削減を進めるため、再生可能エネルギーを活用した電力開発に取り組んでいる。

また、ウランバートル市と連携している太陽光発電事業についても引き続き推進する意向を示し、日本とモンゴル国の協力のもと、取組を進めていく方針が確認された。



市長間対話の様子

(4) 今後の取組の検討

2025年1月に大阪府で実施される環境省の都市間連携セミナーに参加予定のウランバートル副市長が、この機会に合わせて来札し、札幌副市長と面談を行った。詳細は後述する。

4.3 札幌市での環境インフラ視察

4.3.1 環境インフラ視察

(1) 視察先及び日程

ウランバートル市への環境インフラ導入を促進するため、2024年12月18～19日に札幌市で道内の先進的な環境インフラ施設の視察を実施した。具体的には、再生可能エネルギーの活用、地域熱供給システム、水素ステーションなどを視察し、関係者間で意見交換を行った。

12月18日は都市間連携事業主催の視察を行い、12月19日は世界冬の都市市長会の一環として視察が行われた。視察の日程及び視察先の概要を下に記す。

実施日	視察先	企業
12月18日	ZEBにおける地中熱利用システム (株式会社アリガプランニング本社)	アリガプランニング
12月18日	新さっぽろエネルギーセンター	北海道ガス
12月19日	水素ステーション	エア・ウォーター北海道
12月19日	蓄電コンクリート	曾澤高圧コンクリート

(2) 視察参加者

札幌市の環境インフラ視察は、ウランバートル市役所職員とモンゴル国民間企業が参加した。

所属	参加者肩書
ウランバートル市	ウランバートル市長内務部長、ウランバートル市上下水道局長、ウランバートル市議会委員、海外関係・協力部プロジェクト・シニア・スペシャリスト、海外関係・協力部専門官、秘書・補佐官、ウランバートル地下鉄事業マネージャー、在日本モンゴル国代表（9名）
モンゴル国 民間企業	モンゴル国商工会議所 日本代表含めて民間企業等 10 団体（10名）

4.3.2 視察

(1) ZEB 施設（アリガプランニング）

2018年3月に完成した北海道内初のゼロエネルギービル（ZEB）であり、一次エネルギー削減率は、創エネ含まずの場合 56%、創エネ含んで 106%の施設である。創エネには太陽光発電が利用されている。



ZEB における地中熱利用システムを有するアリガプランニング本社

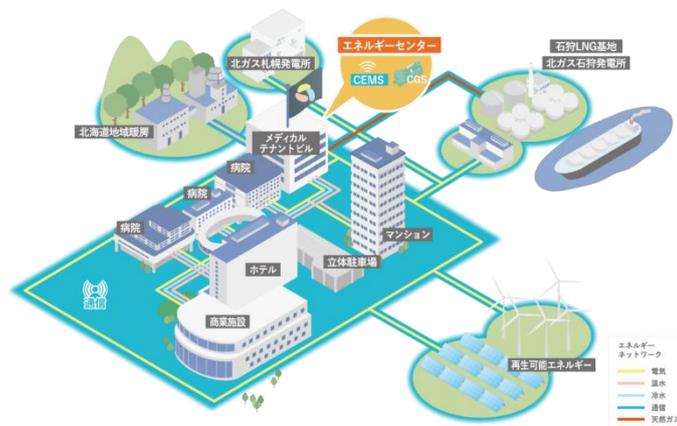
出典：アリガプランニング社の資料より



アリガプランニング社視察の様子

(2) 新さっぽろエネルギーセンター（北海道ガス）

クリーンな天然ガスを利用して発電し、排熱もエネルギーとして活用する省エネ型の施設である。AIを活用したエネルギーセンターの最適自動運転を行う次世代型コミュニティエネルギーマネジメントシステム（CEMS）とエネルギーセンターを核にした統合インフラの構築により、省エネと災害に強いスマートシティをサポートしている。



新さっぽろエネルギーセンター（北海道ガス）

出典：北海道ガス資料より



新さっぽろエネルギーセンター視察の様子

(3) 水素ステーション（エア・ウォーター北海道）

札幌市中央区大通東目の旧中央体育館跡地に設置された、道内初となる FC バス（燃料電池バス）や FC トラック（燃料電池トラック）など、大型燃料電池車にも対応可能な定置式水素ステーションを視察した。

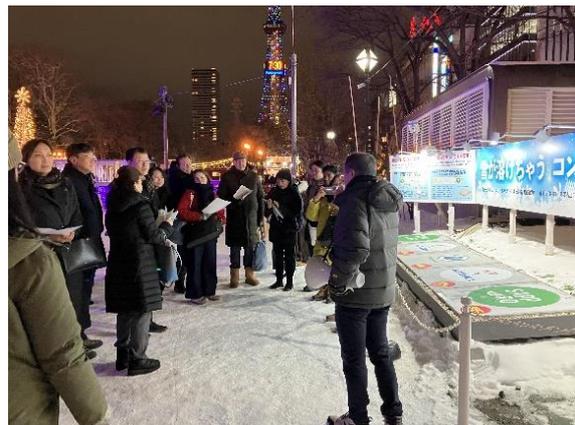
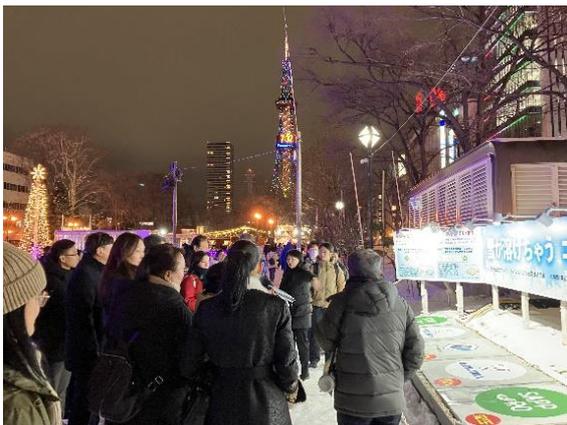




水素ステーション視察の様子

(4) 蓄電コンクリート（曾澤高圧コンクリート社）

カーボンブラックの微粒子をコンクリートに添加することで、コンクリート系素材に自己加熱性や蓄電性を持たせる蓄電コンクリートの技術を活用した融雪の実証実験が、2024年12月に札幌市大通にて実施された。実証場所にて視察を行った。



蓄電コンクリート視察の様子

(5) パンフレット等（附属資料 D）

- ・ ZEB

- ・新さっぽろエネルギーセンター
- ・水素ステーション
- ・蓄電コンクリート

4.4 モンゴルビジネスセミナー及び交流会

(1) モンゴルビジネスセミナー及び交流会概要

世界冬の都市市長会のサイドイベントとして、本都市間連携事業と協働によるモンゴルビジネスセミナーを実施した。以下に概要を記載する。

日時：2024年12月18日（水）13:00～15:30

開催場所：札幌コンベンションセンター

主催：札幌市経済観光局

協力：在札幌モンゴル国名誉領事館、独立行政法人 国際協力機構

(2) 参加者

セミナーには、44団体75名が参加した（日本側36団体58名、モンゴル国側8団体17名）。モンゴル国より商工会議所と共に、以下の民間企業がビジネス交流会に参加した。

会社名	会社概要（業種）	本社所在地
モンゴル国商工会議所	モンゴル国のビジネス環境の改善と発展、特に国際貿易の促進支援	ウランバートル市
グローバル・デザイン LLC (Global Design LLC)	中小企業 - 機器貿易・サービス	ウランバートル市
ザイイン・ウグージ合同会社 (Zaiiin Uguuj LLC)	観光業・貿易業	アルハンガイ県
ヌンジグ・カシミヤ LLC (Nunjig カシミヤ LLC)	ウールおよびカシミヤのニット製品の製造販売	ウランバートル市
ロードサービス提供者協会 (Association of Roadside Service Providers NGO)	高速道路沿いのサービス施設を開発する企業連合	ウランバートル市
イク・エレニ・ヌ LLC (Ikh Ereenii Nuruu LLC)	貿易・高速道路沿いサービス施設・観光業	ウランバートル市

(3) プログラム

モンゴルビジネスセミナーは、①聴講型のモンゴル国に関するセミナー、②事前希望のあった日本企業とモンゴル国企業との交流会の2部構成で実施された。①では、日本・モンゴル国で事業を行うに至った経緯と現状について事例紹介等があり、②では、個別面談が実施された。モンゴルビジネスセミナーのプログラムの詳細を下に記す。

時間	内容	登壇者
13:00～	開会の挨拶	札幌市経済観光局 経済戦略推進部長 在札幌モンゴル国名誉領事館 名誉領事
13:05～	モンゴル国・日本でのビジネス事例	モンゴル国から北海道でのビジネス事例 株式会社 ファームズ千代田
13:30～		北海道からモンゴル国でのビジネス事例① 北海道ポラコン株式会社
13:55～		北海道からモンゴル国でのビジネス事例② 理研興業株式会社
14:20～		日本企業のモンゴル国への進出事例や支援事業について 独立行政法人 国際協力機構
14:40～	モンゴル国企業紹介	
14:55～	閉会	閉会后、個別面談の実施



セミナーの様子

本都市間連携事業にて、モンゴル商工会議所の協力に基づき、モンゴル国より札幌を訪問した以下の4社より自社紹介が行われた。

会社名	紹介概要
グローバル・デザイン LLC	建築資材を製造して販売している、今後太陽光発電に係る製造や販売を行っていききたい。
ザイン・ウゲージ合同会社	観光業がメインであり、道の駅を作りたい。日本式の温泉をモンゴル国の地域に作り、冬の観光を発展させたい。
ヌンジグ・カシミヤ LLC	2019年に設立されたウールとカシミヤ製品を製造販売を行う会社。年間2万着を製造し、中国やロシア、カザフスタン、トルコ等に輸出している。
ロードサービス提供者協会	道の駅をモンゴル国39か所に作りたい。モンゴル国政府の支援を得る予定。道の駅で、ガスやガソリン等も提供したい。日本の成功事例から学びたい。

(4) 個別面談

セミナー終了後は事前希望のあった札幌／道内企業とモンゴル国企業との個別面談が実施された。日本企業から4社、モンゴル国企業から5社参加し、1対1の面談を行い、予定時間を超えて商談が実施され、有意義なものとなった。



個別面談の様子

4.5 副市長間対話

2025年1月に開催された環境省主催の都市間連携セミナーの参加を機会に、ウランバートル副市長が札幌市にて、札幌副市長及び環境局長と面談を行った。

(1) 概要

以下に概要を記載する。

日時：2025年1月22日（火）13:00～13:40

開催場所：市役所本庁舎

参加者：【札幌市】石川副市長、環境局長、環境都市推進部長、環境政策課気候変動対策担当係長、オリエンタルコンサルタンツ

【ウランバートル市】アマルトブシン副市長、他2名

(2) 副市長間対話の成果

札幌市とウランバートル市は都市間連携事業の枠組みで引き続き情報交換を継続することに合意した。ウランバートル市からは都心のガス化に係る能力強化、下水道処理汚泥処理、太陽光発電等の再生可能エネルギー活用に係る支援を期待するとの発言があった。

協議した内容については、議事録（英語）の取り交わしを行った（附属資料D）。

(3) 副市長間対話の詳細

① ウランバートル市の計画と期待する支援

ウランバートル副市長からの発言要旨は以下の通り。

12月の市長間対話を受け、引き続き同上ガス化推進の話があがった。ウランバートル市では、2025年からガス化の工事を開始し年内に5万2千世帯にガスを供給する計画であり、大気汚染問題の解決が期待されている。ウランバートル市では、ガス使用の知識と経験が不足しているため、行政機関と市民への指導が必要であり、日本にガスの使用、安全性、法的整備について協力を要請したい。

また、全てのガス化は困難であることから、再生可能エネルギーの活用も検討しており、ガス利用と組み合わせて、石炭使用量を削減したい意向である。ガス化が進んでいない郊外では再生可能エネルギーを活用した発熱を検討している。二国間クレジット（JCM）の活用や、国連や民間企業と連携したプロジェクトも検討していく。

サウジアラビアで開催されたCOP16会議においても、モンゴル国と日本の政府間でCO2削減やカーボンクレジット取引について協議しており、ウランバートル市と札幌市は共に寒冷地都市として協力していきたい。カーボンクレジットの取引において、日本企業のモンゴル国進出や関連事業への資金支援を検討している。両市は冬の都市として共通課題が多く、札幌市の先進事例を学びながら更なる協力を期待する。

② 札幌市の対応と意向

札幌副市長から、都心集中暖房による大気汚染解消の経験について共有された。

札幌市はかつてウランバートル市と同様に、石炭を燃料として燃やして利用することで大気汚染が進んでいた。その状況を改善するため、都心に熱供給プラントを建設し、ガスボイラーで発電した際に発生する水蒸気を利用した集中暖房システムを導入した。現在では、市役所本庁舎をはじめ多くのビルが、このシステムに接続することで暖房を得ており、大気汚染の解消に成功している。さらに、ビル独自にボイラーを設置している場合でも、ガスボイラーが主流となっている。ガスへの転換は町全体の政策として進める必要があり、札幌市も同様の悩みを経験し転換してきたので、知識を共有しながらウランバートル市の発展に役立ててほしい。

(4) 環境局長との対話

ウランバートル副市長と札幌市環境局長との対話では以下の話題が取り上げられた。

- ・ごみ焼却からの廃熱利用、及びごみからの固形燃料化（RDF）
- ・下水道処理汚泥の焼却熱の利用や肥料化
- ・国連の支援により、ゲル地区のマイクログリッドシステム導入プロジェクトが2026年にウランバートル市で開始予定であるため、JCMを活用し波及効果を狙いたい
- ・両市は都市間連携事業の枠組みで情報交換を継続する



副市長間対話の様子