

ニュースレター第4号(2024年6月) プロジェクト成果

フェーズ1	<ul style="list-style-type: none">➤ 2010年4月～2013年3月(3年間)➤ 技術協力対象機関は、AQDCC(現DAAEP)を含む19機関➤ 固定発生源モニタリング、ボイラ登録管理制度、火力発電所対策及び省エネルギー、大気環境シミュレーションモデルの構築等➤ 供与機材合計7億200万MNT相当を供与
フェーズ2	<ul style="list-style-type: none">➤ 2013年12月～2017年6月(3年半)➤ 技術協力対象機関は、AQDCC(現DAAEP)を含む22機関➤ 固定発生源及び移動発生源モニタリング、大気環境モニタリング、ボイラ登録管理制度の完全実施、PM成分分析と発生源寄与解析等➤ 供与機材計27億5400万MNT相当を供与
フェーズ3	<ul style="list-style-type: none">➤ 2018年11月～2024年7月(5年9か月)➤ 技術協力対象機関は、DAAEPを含む14機関➤ 2つのフェーズで移転された技術能力を維持すると共に大気汚染対策の策定及び大気汚染対策の実施(小規模パイロット事業)。➤ 粉碎機等供与機材計6億800万MNT相当を供与

独立行政法人国際協力機構(JICA)モンゴル事務所

所在地 Shangri-la Centre, 19th and 21st Floor, 19A Olympic Street, Sukhbaatar District-1,
Ulaanbaatar
c/o: C.P.O.Box 682, Ulaanbaatar 15160, Mongolia
TEL: 976-75-058778,
<https://www.jica.go.jp/mongolia>

プロジェクト事務所

c/o: DAAEP (Department of Against Air and Environmental Pollution of the Capital City)
1F, Khangarid Building, Khan-uul District, Artsat Naadamchid Road 1200, Ulaanbaatar
TEL: 976-11-314876 FAX: 976-11-318551
<https://www.aprd.ub.gov.mn/> <https://www.jica.go.jp/oda/project/1700340/index.html>

概要

モンゴル国の首都ウランバートル市では、低質炭の利用により多量の煤煙が排出され、大気汚染が発生しています。石炭が暖房に使用される冬期は特に、粒子状物質 が深刻な大気汚染の問題となっています。主な大気汚染源は、約 200 カ所の地区暖房用熱供給ボイラ (Heat Only Boiler: HOB) と小型石炭焚き温水ヒーター (Coal Fired Water Heaters: CFWH)、ゲル地区居住 20 万世帯以上の 20～30 万基に及ぶ暖房兼調理用ストーブ、3 カ所の旧式石炭焚き火力発電所 (第 2～第 4 火力発電所) 等で使用されている石炭です。また、近年はウランバートルの人口集中と経済発展に伴い飛躍的に自動車登録台数や交通量が増加し、自動車排ガスや道路粉塵の飛散等による大気汚染の悪化も懸念されています。

このような状況のもとで、日本国政府は、モンゴル国政府からの要請に基づき、独立行政法人国際協力機構 (JICA) を通じ、技術協力プロジェクトとして、2010 年から 2013 年に「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト」(フェーズ 1)、2013 年 12 月～2017 年 6 月に「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 2」、2018 年 11 月～2024 年 7 月の期間で「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 3」を、大気・環境汚染対策庁 (DAAEP、旧 AQDCC) を筆頭としたモンゴル国内の複数の機関と協力して実施してきました。

本ニュースレターでは、これらのプロジェクトの完了に先立つ報告として、プロジェクトにおける主要な成果を紹介します。

プロジェクトの主要な活動

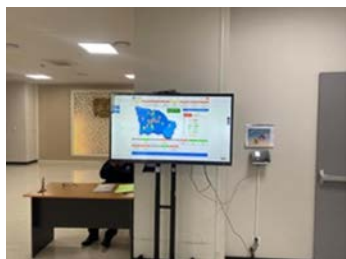
(1) 固定発生源排ガス測定 (活動時期: フェーズ 1～3)

日本からの技術協力としては、主にフェーズ 1 において、測定機材の供与と測定マニュアルの整備が行われ、フェーズ 1 からフェーズ 2 にかけて測定方法の人材育成が行われました。フェーズ 3 においては基本的に DAAEP 自身で測定が実施可能となっています。

フェーズ 3 期間中に火力発電所 7 カ所と、登録されている全 HOB の半数以上に相当する 233 ヶ所のボイラ排ガス測定が実施されました。

また、DAAEP は固定発生源排ガス測定に関して、モンゴル国における認定機関 (Mongolian National Accreditation System) へ ISO17025:2017 の試験所認定を申請し、2022 年 4 月 28 日に試験所認定を受けました。DAAEP の固定発生源排ガス測定はモンゴル国内でも認知され、地方からの依頼により UB 市以外にも、セレンゲ県、ドゥンドゴビ県、エルデネト市とダルハン市のボイラの排ガス測定を実施しました。更に DAAEP の燃料燃焼試験室ではエネルギー省や国家環境汚染削減委員会及び Tavan Tolgoi Tulsh LLC (TTT 社) 等からの依頼で 2023 年は 66 件の改良燃料や着火剤の燃焼試験を実施しました。これらの測定結果に関しては、DAAEP から毎年発行されている年次活動報告書にも記載されています。年次活動報告書は、DAAEP のウェブサイト (<https://www.aprd.ub.gov.mn/gazriin-tailan>) で公開されています。





(2)大気環境モニタリング(活動時期:フェーズ2～3)

大気環境測定局(AQMS)における大気環境のモニタリングに関しては、本プロジェクトではフェーズ2からフェーズ3にかけて、測定機器の校正等のメンテナンス、測定結果の確認と確定の作業について人材育成が行われました。また、モニタリングデータの常時公表サイト(<http://agaar.mn/index?lang=en>)の開発支援、Bayankhoshuu 大気環境測定局設備の供与、既存の大気環境測定局の修理・交換の支援等も併せて実施しました。これらの活動を通して、モンゴル国内でのAQMS機材のメンテナンス能力は向上しており、DAAEPが管理する5局のAQMSについては、2018年から2023年における有効測定時間6年間の平均稼働率は84.3%と、高水準が維持されています。

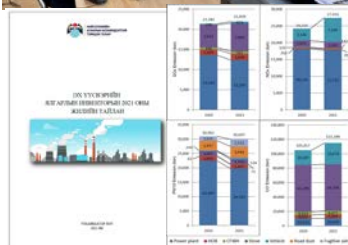
また、フェーズ2終了以降、モンゴル国として新規に大気環境モニタリング局が8局新設やDAAEPによる維持管理予算の確保等、モンゴル側の自立的な努力によりAQMSの運用体制が強化され始めています。

AQMSのデータは国家気象・環境モニタリング庁(NAMEM)により、大気汚染状況を分析に用いられ、週報、月報、冬季報、年報として国家統計局、国家環境汚染削減委員会や自然環境・観光省へ提出されています。

(3)排出インベントリの推計(活動時期:フェーズ1～3)

シミュレーション等に用いる排出インベントリの推計に関しては、本プロジェクトではフェーズ1からフェーズ3にかけて、インベントリの更新及び年報の作成に関する人材育成が行われました。また、発生源インベントリの推計に必要な、交通量・旅行速度、家庭用小型ストーブの利用実態等のデータ収集や調査がモンゴル側を主体に実施されました。フェーズ1及びフェーズ2での活動による計算手法や固定発生源排ガス測定に基づく排出係数については、クリーン・エア・アジアで作成された排出インベントリマニュアルにおいても参考にされており、このマニュアルがNAMEMによりモンゴルでの正式なマニュアルとして出版され、UB市以外の県でのHOBなどの発生源からの排出量の計算等にも利用されています。

フェーズ1開始以前は発生源別の排出量が把握できていませんでしたが、本プロジェクトでの人材育成の結果、排出インベントリ作成能力が向上しました。DAAEPは、2014年以降ほぼ毎年大気汚染物質排出量を計算し、排出インベントリ年次報告書を作成し、ウェブサイト(<https://www.aprd.ub.gov.mn/jica-tusul>)で公表しています。作成された排出インベントリは、後述する本プロジェクトにおける大気拡散シミュレーションモデルのみならず、気象水文環境情報研究所(IRIMHE)が構築した72時間先の大気汚染予報のインプットデータなどにも活用



されています。

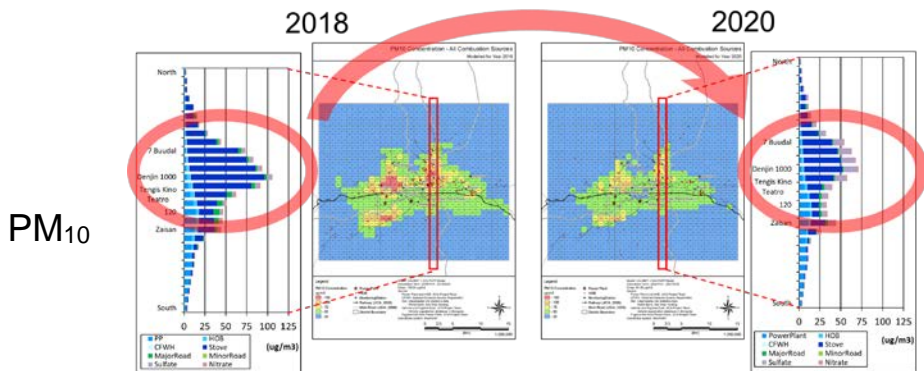
(4)大気中濃度のPM 発生源寄与の推定(活動時期:フェーズ2～3)

フェーズ2では冬季のみ、フェーズ3では1年間のサンプリングを行い、PM成分分析及びレセプターモデル(PMF)によるPM発生源寄与解析を実施しました。PM成分分析については、2022年11月9日～23日の期間にて、環境・度量衡中央ラボラトリー(CLEM)職員6名とNAMEM職員2名の計8名が日本で研修を受けました。また、上記の成分分析の結果をPM₁₀のシミュレーションモデルに反映させることによりシミュレーションによる推計の精度向上を試みました。

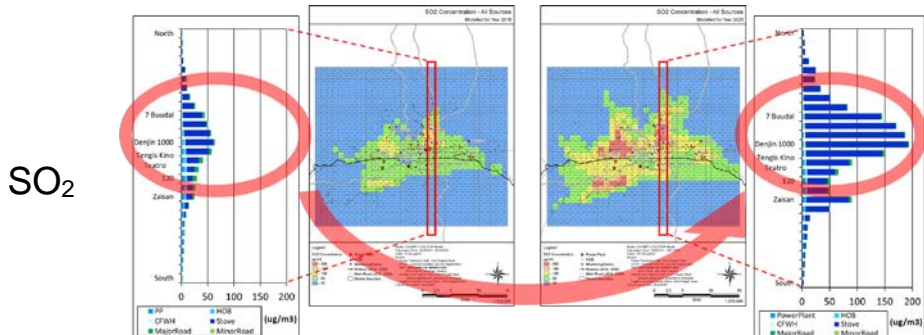
ここでは、シミュレーションによる市内の濃度分布の変化の結果と粒子状物質の成分解析結果について紹介します。

A) 市内の濃度分布の変化

冬季におけるシミュレーションによるPM₁₀とSO₂の濃度予測図から大気環境への影響としては、家庭用ストーブ(Stove)の影響が最も大きいことが分かります。石炭禁止の前後を比較すると、PM₁₀では家庭用ストーブの寄与濃度が大きく減る事により、市北部の高濃度の地域で濃度が下がっています。一方、SO₂では市内では北西部のゲル地区などを中心に、高濃度となる範囲が広がっています。このことから、改良燃料への転換はPM₁₀の改善には効果があるものの、同時にSO₂濃度を下げるための方策が必要であることが示唆されます。



改良燃料への転換により、PM₁₀濃度は低減した。一方、SO₂濃度が上がっている。



冬季におけるシミュレーションによるPM₁₀とSO₂の濃度予測図

※ 排出量及びシミュレーション結果は、燃焼由来の発生源のみを示している。

B) 粒子状物質の成分による解析

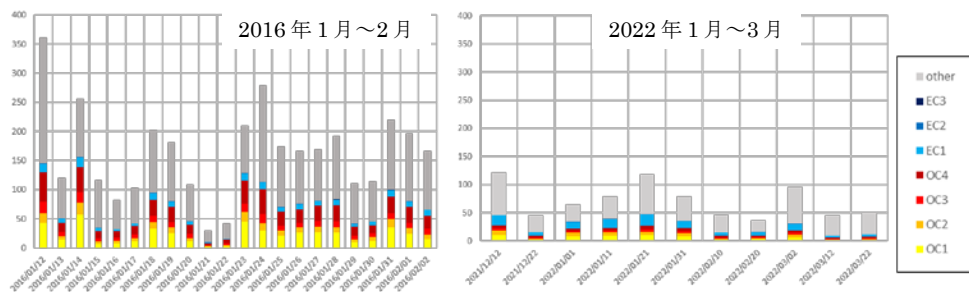
更にウランバートルでの PM の大気汚染構造を解析するために、UB 市内で 2021 年 11 月から 1 年間にわたって 3 地点で粒子状物質を採取し、そのサンプルに含まれる炭素、イオン、各元素の分析を行い、発生源とその寄与を推定しました。



成分分析用 PM 試料の採取地点および主要な成分の季節変動
(2021/11～2022/11)

年間の成分濃度変動を見ると、炭素、硫黄酸化物等が冬に高く、特にゲル地区近くの地点（オレンジの線）で高くなっており、冬季の大気汚染の原因となっている事が分かります。

また、市内中心部の地点の試料について、炭素の分析結果を石炭使用禁止前（2016 年）と、改良燃料使用時（2022 年）で比較すると、2016 年の試料では主成分であった OC（有機炭素）が 2022 年の試料では大きく低下しています。特に OC の中でも揮発性有機炭素（VOC）に相当する OC1（下図の黄色の部分）は、もともと寄与が高かったものが大きく減少しており、PM₁₀ の濃度を下げる要因の一つとなっていました。



以上から、次のような点が明らかとなりました。

- 改良燃料への転換により、PM 濃度は低減したが SO₂ 濃度が増加した事が確認された。
- PM 濃度が低下した要因の一つは VOC 等の OC の低下であり、今後さらに燃料を検討する際にも、これらを低く抑えることに留意すべきである。
- 燃料中の硫黄分の管理や脱硫剤の添加等、SO₂ 排出を下げるためにさらなる燃料の改善が必要である。

(5)パイロット事業の実施(活動時期:フェーズ3)

フェーズ 3 ではモンゴル国の政策に合わせてパイロット事業を選定し、6 つのパイロット事業が実施されました。1 つ目は家庭用改良燃料の事業であり、これはフェーズ 2 までのプロジェクトにより、ゲル地区の冬季の大気汚染の原因は主にゲルストーブからの排出であることが判明しており、燃料転換による大気汚染改善が見込まれるため選定されました。残りの 5 つの事業は、自動車の大気汚染対策に関する事業であり、信号制御、低硫黄燃料の導入、エコドライブ、ディーゼルエンジン向け PM 低減装置(DPF)、RSD による路上走行自動車の検査です。自動車対策については、自動車自体の技術進歩と 10 年単位での自動車の入れ替わりに伴う改善も見込まれるが、できるだけ早く自動車対策を実施した方が良いという観点からパイロット事業に選定されています。これらのパイロット事業は 2017 年 3 月 20 日モンゴル国閣議決定 No.98 国家プログラム等のモンゴル国の政策における、大気汚染分野の内容に関連した事業となっています。

このニュースレターでは、6 つのパイロット事業の内、家庭用改良燃焼、信号制御、低硫黄燃料の導入の 3 つの事業について紹介します。

A) 家庭用改良燃料

家庭用改良燃料に関するパイロット事業は 2022 年 4 月～2023 年 4 月(第 1 次パイロット事業)、2023 年 6 月～2024 年 4 月(第 2 次パイロット事業)の 2 回実施されました。この事業では、市場で販売されている TTT 社が製造した改良燃料(ミドリングブリケット)と同一のミドリングを原料に用いて、バイオマス混合ブリケット(BCB)の開発を行いました。製造した BCB については、TTT 社製改良燃料と環境性能や製造コストの比較、ストーブの違いによる影響等の評価を行っています。

燃焼試験の結果表より、BCB は改良型ストーブにおいて MNS5216:2016 のストーブの排出基準の項目を全て満たすことが確認されています。また、TTT 社製改良燃料と比較して、Dust、SO₂、NO_x 及び CO の濃度が低い結果となっています。TTT 社製改良燃料は BCB に比べ着火性が悪くストーブ炉内の温度上昇が遅いことから、特に CO 濃度に関しては減少幅が大きくなっています。

BCB の原料となるバイオマスの供給源に関しては、UB 市の冬季の需要量である 65 万トンの BCB を製造するのに必要なバイオマスが 7.15 万トンであるのに対して、UB 市近隣の Tuv 県には年間 11.5 万トン供給する能力があると試算されています。しかしながら、BCB の製造コストに関しては、TTT 社製改良燃料の 2023 年計画の製造コストに比べて 22%高いと試算されました。また、BCB の製造には既存の改良燃料の製造ラインを流用できないため、新たな設備投資が必要であり、バイオマスの供給システムについても新たに確立する必要があります。



改良型ストーブにおける TTT 社製改良燃料と BCB の燃焼試験の結果表

MNS 5216:2016	2020 year TTT					2021 year TTT				2023 year TTT			2023 year BCB (Saudust10% CaCO ₃ 3%)				
	1	2	3	4	Average	1	2	3	Average	1	2	Average	1	2	3	Average	
Dust 130 mg/Nm ³	137	124	120	138	130	204	149	105	153	151	125	138	98	86	47	77	
SO ₂ 1,200 mg/Nm ³	919	776	1,042	1,027	941	637	748	464	616	747	778	762	518	371	724	538	
NO _x 700 mg/Nm ³	187	178	277	220	215	231	225	269	241	177	178	178	152	163	140	152	
CO 9,800 mg/Nm ³	7,570	10,694	11,119	8,313	9,424	9,064	9,286	8,116	8,822	10,698	11,581	11,138	3,513	1,492	2,988	2,664	

※赤字の値は排出基準値の超過を示す。



信号調整前後の交通状況の変化

項目	信号調整前	信号調整後
交通量 (10 交差点)	574,270 台	593,767 台
渋滞長	8,260 m	7921 m
旅行速度 (夜間垂直方向)	9.5 km/h	11.2 km/h
介入回数 (14 交差点合計)	340 回	315 回
平均 介入時間	3 分 14 秒	2 分 13 秒

B) 信号制御

信号制御に関するパイロット事業は、UB 市交通管制センター(TCC)に導入されている交通管制システムの適切な運用(維持・管理)の実施を目的とした事業です。この事業では、TCC 職員等の日本での研修や、交通量調査の結果に基づいた UB 市中心部の 10 交差点の信号機の時間帯別の秒数の見直しの調整が実施されました。

信号調整前後の交通状況の変化については、交通量、渋滞長、旅行時間、信号への介入の観点により検証を行い、信号調整による部分的な効果が確認されました。しかしながら、信号秒数の調整だけでは交通状況の根本的な改善は難しく、信号現示の変更、車線の整理、道路整備、公共交通機関の整備、交通需要調整、交通マナーの向上などの複合的な対策が必要です。

このパイロット事業に関しては、ニュースレター第 2 号(2023 年 9 月)においても紹介しています。

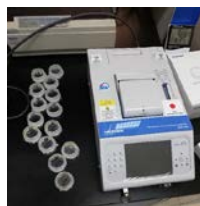
C) 低硫黄燃料の導入

低硫黄燃料の導入に関するパイロット事業は、モンゴルで販売されている高硫黄を含む自動車燃料に替わる低硫黄燃料の導入と普及を目的とした事業です。この事業では、ガソリンスタンドで販売されている燃料の硫黄成分の検査、硫黄分を低減した際の SO₂ の低減量の試算、日本における低硫黄燃料の導入経緯や法整備の紹介を通じた法整備と普及活動の支援を、鉱業重工業省と連携して実施しました。

燃料の硫黄成分検査では、硫黄分が 1000 ppm 以上の高硫黄濃度の燃料が販売されている事が判明しました。この検査結果を基に、低硫黄燃料が普及した際の SO_x 排出量の低減量を算定したところ、UB 市の自動車から排出される SO_x 排出量は、2018 年(低硫黄燃料の販売割合は 12.8%)では 408.6 t/年に対し、2025 年(低硫黄燃料の販売割合を 80.0%と想定)では 97.3 t/年となり、低硫黄燃料の普及により SO_x 排出量は 76.2%削減されると試算されました。この試算結果を受けて、低硫黄燃料(Euro 5 基準燃料)の導入について、2022 年 4 月 22 日付で大気法の改訂により、大気法 16.1.6 に UB 市内の大気汚染改善地域内で Euro 5 基準(モンゴルでは K5)燃料の使用を定める規定が追加されました。Euro 5 基準の燃料と通常燃料との間には価格差があるため、低硫黄燃料の普及ペースは緩やかではありますが、年々少しずつ普及していることが、低硫黄燃料の輸入量などから伺えます。

なお、このパイロット事業に関連して、日本人専門家がモンゴルのナショナルテレビ局(NTV)へ出演した際の映像が Medec 社の公式チャンネルから随時視聴可能となっています。

<https://www.facebook.com/NTVNewsMN/videos/2018039411898251/>
<https://www.facebook.com/watch/?v=611376561080018>
<https://www.facebook.com/watch/?v=1548909752338264>



市販 Euro2 燃料の硫黄成分検査結果

ガソリン スタンド 番号	硫黄分 ASTM D5453-09 (ppm)
GT065	3546.0
GT066	2217.0
GT067	1431.0
GT068	1921.0
GT069	1424.0
GT070	1431.0
GT071	1738.0
GT072	3150.0
GT073	1848.0
GT074	1405.0
GT075	1538.0
GT076	1480.0
GT077	2795.0

※2023 年 3 月調査

まとめ

2010年4月から実施されている「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト(フェーズ1～3)」の活動により、主に以下の4つの成果が得られました。

1. 大気環境、排出源の分析・評価および対策実施効果の評価

プロジェクトによる技術移転を通じて、モンゴル側が大気環境モニタリング、発電所、HOB、ゲルストップ、自動車から排出される大気汚染物質の測定能力を得ました。また、自動車の添加剤、Euro-IV バス、DPF などの対策効果を排出ガス測定により評価しました。

プロジェクトによる技術移転を通じて、モンゴル側が排出インベントリの更新能力を獲得し、排出インベントリを定期的に更新できるようになりました。また、日本人専門家により、拡散シミュレーションを用いた大気汚染対策毎のPM₁₀及びSO₂濃度の評価が行われました。モンゴル側はシミュレーション結果に基づく大気汚染対策の比較・検証ができるようになりました。

2. 大気汚染に関わる戦略、方針、意思決定

家庭用燃料として石炭を使用していた2018年と石炭利用禁止後の2020年の大気汚染構造の評価からモンゴル国の国策である石炭から改良燃料に燃料転換した事による大気汚染対策の評価及び更なる改良の必要性について提言しました。

更なる環境性能の高い改良燃料、BCBの本格導入に向けて、燃料試験の結果、原料バイオマスの確保可能性、及び改良燃料の製造コストに係る技術資料をまとめ、モンゴルの意思決定機関に提出しました。

3. 大気汚染対策の策定と評価

パイロット事業での結果を用いたPM₁₀及びSO₂濃度の評価結果に基づき、パイロット事業別に大気汚染対策効果が比較されました。この作業を通じて、パイロット事業の結果を事業の本格化に向けた大気汚染対策の策定時に活用できるようにしました。

4. 大気汚染対策の実施

2019年から家庭用燃料の石炭使用を禁止し、TTT社が製造した改良燃料を使用開始によるPM濃度の低減がモンゴル側により図られました。

パイロット事業を実施した低硫黄燃料の導入、及び低排出車(Euro V バス)の導入が、自動車の大気汚染対策としてモンゴル側で開始されました。

今後、大気汚染対策として、モンゴル側によりパイロット事業を本格事業に展開させるためには、本格事業を実施するための体制の構築、及び事業の予算確保に向けて、対策に要する費用と時間を見積もるとともに、対策案の効果の面から評価することが必要となります。