

PMF結果に基づいたPM₁₀シミュレーションモデルの改善

2024/01/24

JICA専門家 仲田

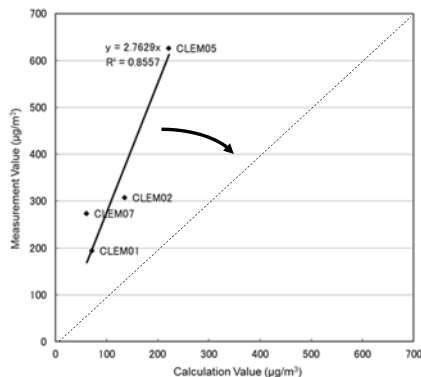
1

目次

1. 背景
2. 目的
3. PM₁₀生成過程
4. 凝縮性ダストを考慮した排出量の推計及びシミュレーション結果
5. 今後の予定

2

1. 背景 (1)

PM₁₀の拡散計算の結果と実測値の関係

フェーズ1で実施した拡散シミュレーションでのPM₁₀濃度は、測定局の濃度に比べて過少であった。



原因:

1. 活動量・排出係数の誤差
2. 二次粒子の影響
3. 凝縮性ダストの影響

3

1367

1. 背景 (2)

1. フェーズ2の2016年の冬季に、UB市内の3地点でPM試料を採取し、日本で試料の成分分析を実施した。
2. 成分分析結果を確認し、その結果を基にレセプターモデル (PMF) を実施した。
3. 発生源ごとの成分・変動の特徴に基づいて因子に対応する発生源を推定し、シミュレーションモデルに反映させた。
4. フェーズ3では、2021年11月～2022年11月にPM試料を採取し、フェーズ2と同様の分析・解析を実施した。



4

2. 目的

- フェーズ3でのPMFでの結果を使って、CALPUFFでのPM₁₀シミュレーションモデルを改善する。



構築したモデルで、対策ケースでのシミュレーションを実行し、対策ケースによる濃度低減効果を検証する。

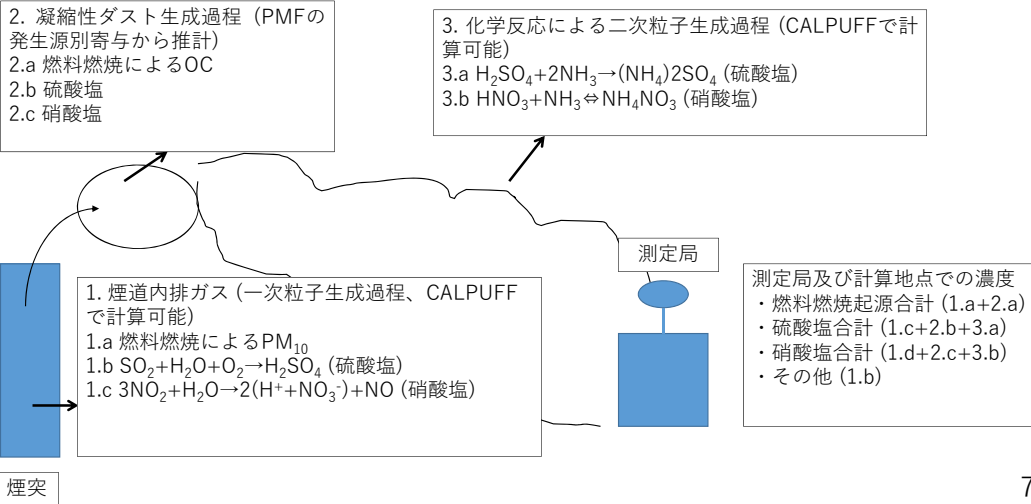
PMFによる発生源寄与解析結果

	冬季（シミュレーション 計算対象の11月～2月）	冬季以外	年間
土壌性粒子	12.6%	63.7%	47.6%
石炭燃焼（Sulfate含む）	57.5%	5.2%	21.6%
Nitrate	7.0%	4.7%	5.4%
石炭以外の燃焼??	17.2%	20.2%	19.2%
非燃焼由来??	5.7%	6.3%	6.1%

- 「石炭燃焼」による因子に含まれる発生源は、火力発電所、HOB、CFWH、家庭用小型ストーブと想定される。
- 「石炭以外の燃焼」による因子に含まれる発生源は、液体燃料（主に自動車）、木材の燃焼等が想定される。

86サンプル（冬季27サンプル、冬季以外59サンプル）の解析結果の平均

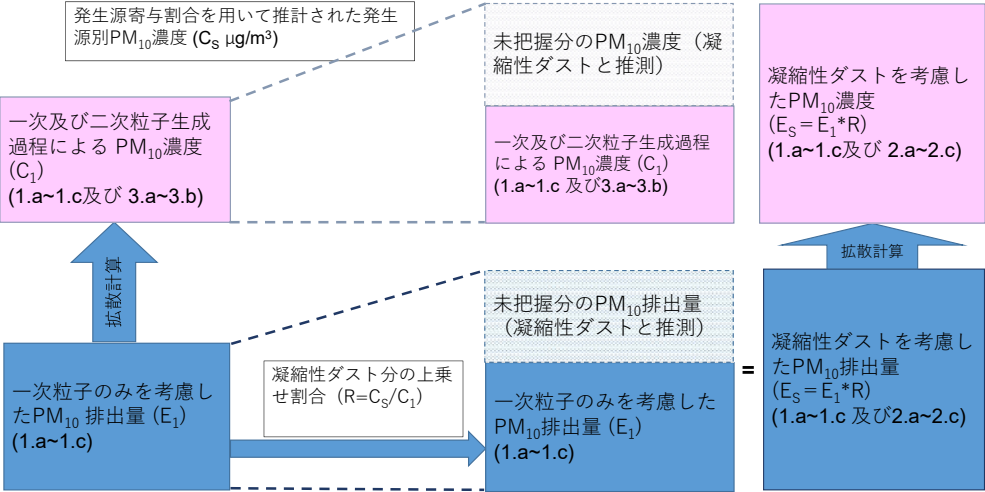
3. PM₁₀生成過程



3.1. 煙道内排ガス（一次粒子生成過程）

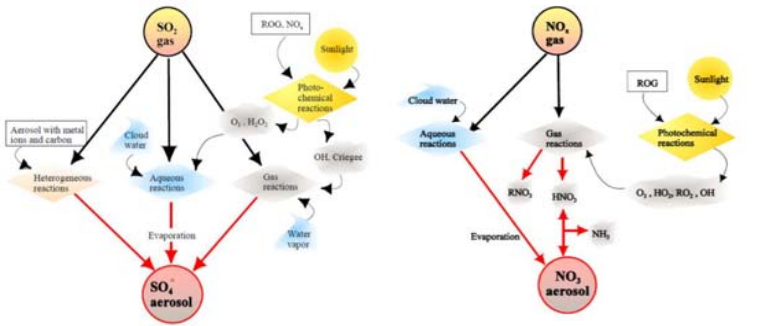
- 燃料燃焼によるPM₁₀ (1.a)
 - 排ガス測定等の結果に基づいた排出係数に燃料使用量などの活動量を乗じて発生源別のPM₁₀排出量を計算
- 煙道内で凝縮して粒子化する過程 (1.b及び1.c)
 - 煙道におけるSO₂からSO₄への反応割合を5.0%と設定し、以下の計算で反応後のSO₂及びSO₄の排出量を計算
 - 反応後のSO₄排出量＝発生源インベントリでのSO₂排出量*5/100*98/64
 - 反応後のSO₂排出量＝発生源インベントリでのSO₂排出量*(1-5/100)
 - 発生源で採取したサンプルの成分分析によるNO₃の割合を用いてPM₁₀中に含まれているNO₃排出量を推計
 - NO₃排出量＝PM₁₀排出量*発生源別NO₃割合/100

3.2. 凝縮性ダスト生成過程



3.3. 化学反応による二次粒子生成過程

- CALPUFFモデル内に、擬一次化学反応モデルが適用されている。
- SO₂及びNO_x排出量を入力データとして、SO₄²⁻、NO₃、HNO₃濃度が計算される。→PM₁₀濃度として加算



4. 凝縮性ダストを考慮した排出量の推計
及びシミュレーション結果

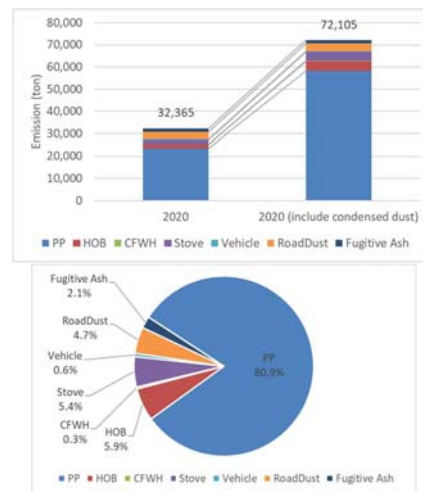
4.1. 因子別濃度及び凝縮性ダスト生成過程の割合

	石炭燃焼	木材燃焼	自動車排 出ガス	土壌粒子	硫酸塩	硝酸塩	その他
測定局でのPM ₁₀ 平均 濃度 (C_{AQ})	123.01						
PMFによって推計さ れたPM ₁₀ の発生源別 寄与割合 (A, %)	40.35%	15.19%	2.01%	12.60%	17.15%	7.00%	5.70%
発生源別PM ₁₀ 濃度 ($C_s = C_{AQ} * A / 100$, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49.63	18.69	2.47	15.50	21.10	8.61	7.01
CALPUFF による PM ₁₀ 濃度計算結果 (C_1 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20.03	12.23	1.61	4.64	8.51	1.40	
$R = C_s / C_1$	2.479	1.528	1.528		2.479	6.132	

4.2. 凝縮性ダストを考慮したPM₁₀排出量の推計（2020年）

	一次粒子として排出	凝縮性ダスト分	合計
火力発電所	23,500	34,814	58,313
HOB	1,715	2,536	4,251
CFWH	101	150	252
家庭用小型ストーブ	1,838	2,078	3,916
自動車排出ガス	266	162	429
道路巻上げ粉じん	3,423	0	3,423
火力発電所灰飛散	1,521	0	1,521
合計	32,365	39,741	72,105

単位: ton/year

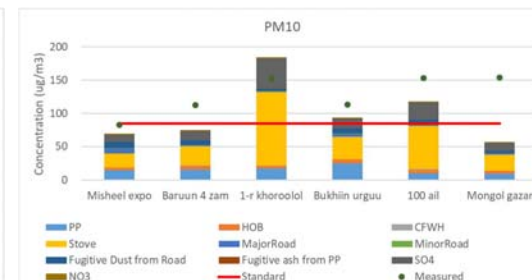
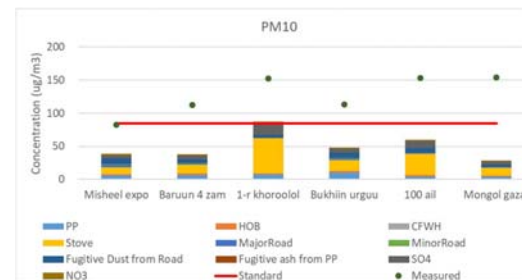


13

凝縮性ダスト考慮前後のPM₁₀濃度

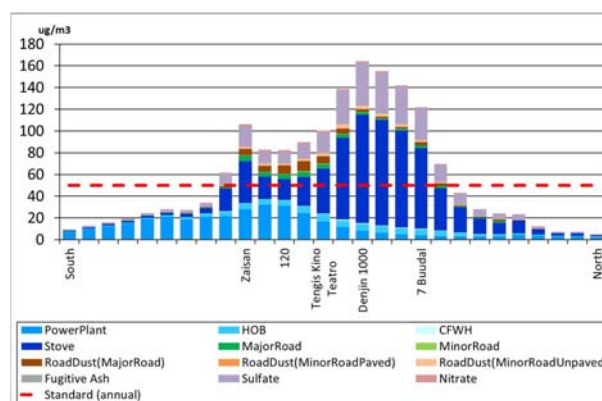
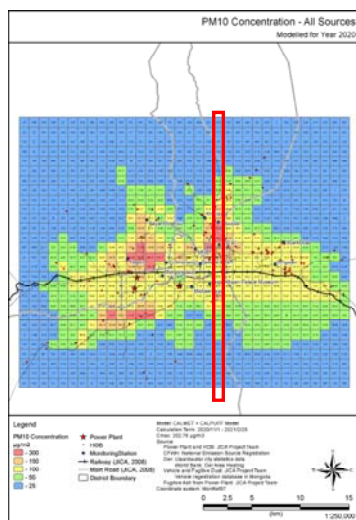
考慮前

考慮後



14

4.3. PM₁₀拡散シミュレーション結果(2020年)



15

4.4. まとめ

- PMFの結果を使って、凝縮性ダストを考慮した排出量を計算し、拡散シミュレーションを実施したところ、考慮前に比べて実測濃度に近づいた。
- PM10の年平均環境基準である50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過している地域は、市街地全体に広がっていた。
- 特にUB市の北部及び南西部にPM10高濃度エリアが見られた。
- 主要な発生源は家庭用小型ストーブである。
- SO₂が高濃度であるため、硫酸塩の寄与も大きい。

16

5. 今後の予定

- 凝縮性ダストを考慮したシミュレーションモデルを使った、対策ケースにおける濃度低減効果を2024年3月中旬までに評価する。

17

Thank you for your attention!

18

Contents

- 1. PWEを計算する目的
- 2. PWEの計算式
- 3. PWE計算に必要なデータ
- 4. PWEの計算フロー
- 5. 冬季における平均濃度とPWEの比較
- 6. まとめ
- 7. モンゴル側で必要な人材

Activity 2-2-9: 人口加重平均濃度(PWE)の計算

2024/3/13
JICA専門家チーム

PWE: Population-Weighted Exposure

1

2

1. PWEを計算する目的

- 1. 人体への暴露は、その人がいる場所に依存する。
- 2. 市街地では、人口で重みづけした平均濃度(PWE)を計算することも大気汚染を評価するための一つの手法である。
- 3. モンゴル側とJICAとの協議・合意により、活動5-5におけるパイロット事業結果の評価に活用することとなっている。

3
1372

2. PWEの計算式

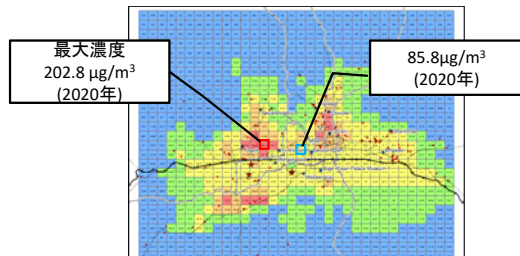
$$PWE = \frac{\sum(C_i \times P_i)}{P_{total}}$$

- C_i: グリッドiでの濃度 (μg/m³)
- P_i: グリッドiでの人口
- P_{total}: 計算領域内の合計人口

4

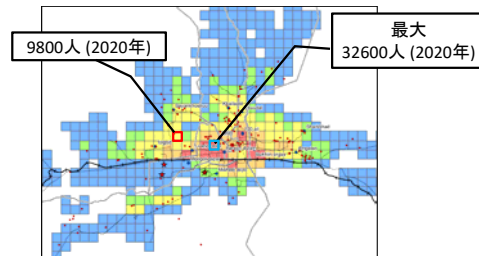
3. PWE計算に必要なデータ

グリッド別濃度データ



大気質シミュレーションモデルで計算される

グリッド人口データ

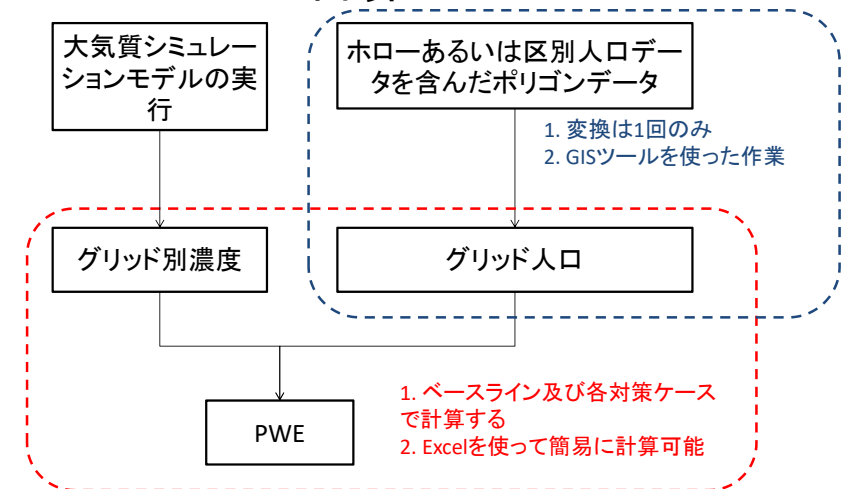


ホローあるいは区別人ロデータを変換する

注: これら2つのデータの定義をそろえなければならない。

5

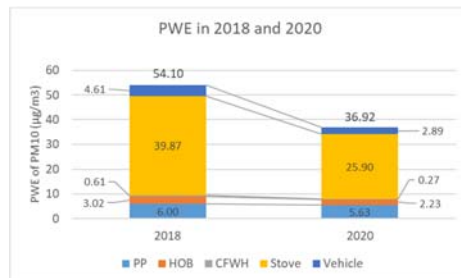
4. PWE計算のフロー



6

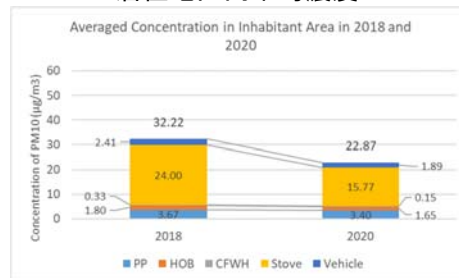
5. 冬季における平均濃度とPWEの比較

PWE



対象人口 2018年: 133.6万人, 2020年: 138.9万人

居住地区内平均濃度



PWEを使うことによって、単純平均濃度と比べて、汚染物質の影響を受ける人口の多寡を考慮した平均的な濃度を計算することができる。
今回の場合、特にストーブからの濃度影響が大きく見られることが分かり、改良燃料によるPM10のPWE低減効果も見られた。

7

6. まとめ

- PWEは、
 - 人口規模を考慮した平均濃度である。
 - 大気汚染対策を評価するための一つの指標である。
- 一方で、日本やモンゴルでは、大気環境中の大気汚染物質の濃度が、大気環境基準より低いかどうかで、大気汚染の状態を判定している。
- 対策案の評価には、大気環境濃度がどれだけ低減できるかで評価しつつ、PWEは付随的に活用してはどうか。

8

7. モンゴル側で必要な人材

- モンゴル側で、計算対象年の人口データを使って、グリッド人口を更新する必要がある。
 - グリッド人口を作成するためには、GISソフトを使えることが必要
- 大気質シミュレーションモデルでのグリッド濃度結果を使って、グリッド別暴露量及びPWEを計算する必要がある。
 - 計算自体はそこまで難しくない
 - シミュレーション実行担当者との連携

9

Thank you for your attention

10

パイロット事業結果の評価 (排出削減及び大気環境、住民暴露の観点から)

2024/03/13
JICA専門家チーム

1

目次

1. はじめに
2. 目的
3. パイロット事業評価手順
4. パイロット事業による排出削減効果
5. パイロット事業による濃度低減効果
6. パイロット事業による住民暴露への影響
7. まとめ
8. プロジェクト終了後の課題

2

1. はじめに

1. パイロット事業の結果を評価することに関して、プロジェクトのPDMで以下の活動がある。

5-5 関係機関がJICA専門家の支援により、パイロット事業結果を評価（排出削減および大気環境、住民暴露の観点から）及び教訓を分析する。
5-6 関係機関がJICA専門家の支援により、パイロット事業結果を国家環境汚染削減委員会に報告する。

3

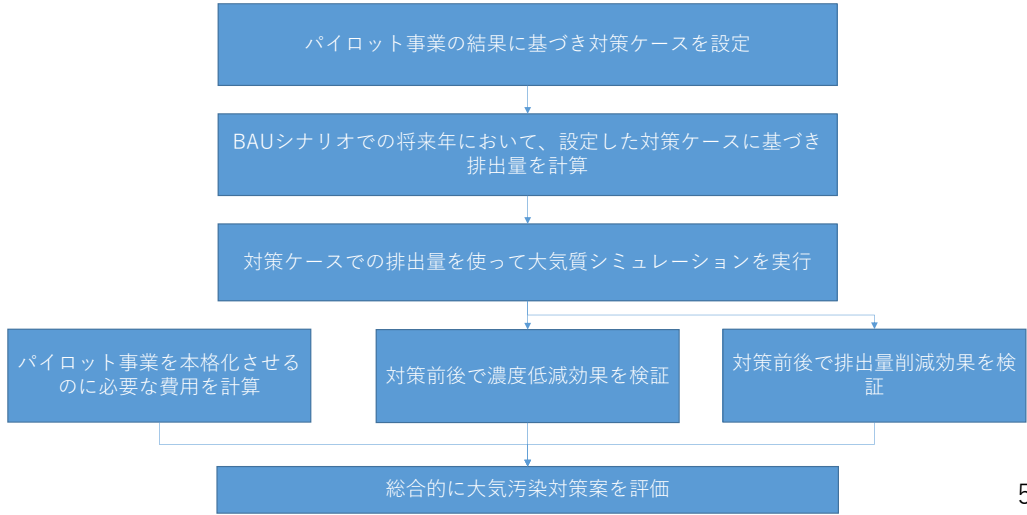
1375

2. 目的

1. パイロット事業の結果に基づき、事業が本格化した場合における効果（排出量削減、濃度低減）を評価する。
2. プロジェクト終了後、モンゴル側が自分たちで様々な大気汚染対策案を定量的に評価できるようにする。
 1. 2023年4月にDAAEP、NAMEM、及びNUMの3者でUB市の大気汚染の現状把握及び対策の評価に関する共同契約を締結している。

4

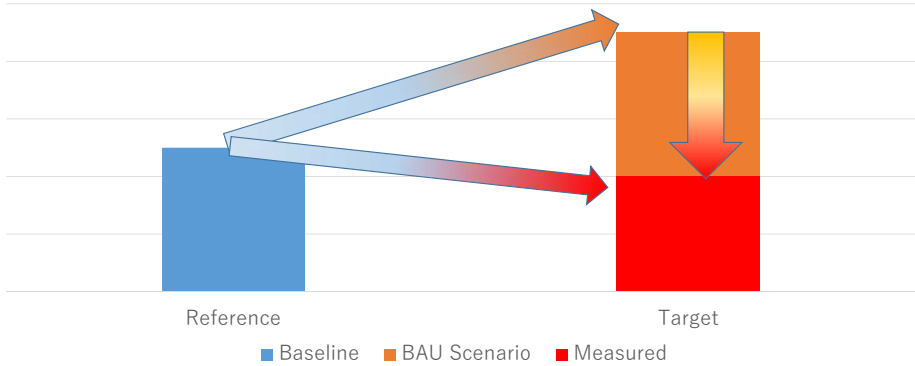
3. パイロット事業評価手順



3.1. 基準年と将来年の設定

1. 基準年は、改良燃料が導入されて、本格的に使用された2020年とした。
2. 将来年は、PDMの上位目標で想定されているプロジェクト終了3年後の2027年とした。
3. 2027年はパイロット事業が実施されていないと想定した、BAUシナリオでの排出量を計算した。
4. 排出量削減及び濃度低減効果は、BAUシナリオを考慮した2027年にパイロット事業が導入されたと想定した「BAU比」で評価した。

BAUシナリオと対策シナリオのイメージ



3.2. BAUシナリオの設定

発生源	増加率計算指標	基準年	将来年	平均増加率(/年)
火力発電所	2015年～2020年の発電所別燃料使用量の増加率	2020	2027	0.6～5.8%
HOB	2016年～2020年の燃料使用量の増加率			-5.8%
CFWH	2015年～2020年の燃料使用量の増加率			8.5%
家庭用小型ストーブ	2015年～2020年のゲル地区の区別人口の増加率			ゲル: -2.7% 戸建て: 0.4%
自動車（排出ガス及び走行巻き上げ）	2019年～2022年の車種別車検合格台数の増加率			乗用車: 6.4% バス: 8.8% トラック: 3.7%

3.3. 気象モデル (WRF) の設定 (1)

Contents	D1 (Whole Mongolia)	D2 (Central Mongolia)	D3 (Whole UB city)
Version	WRF-ARW v4.1.5		
Horizontal Coordinate System	Lambert conformal conic projection Standard Latitude: 30 N, 60 N Standard Longitude: 105.9 E		
Vertical Coordinate System	σ -P Coordinate System The top layer 50 hPa (about 19,000 m)		
Grid Number	160 × 94 × 32	121 × 121 × 32	91 × 91 × 32
Resolution	20 km	5 km	1 km
Height at the Bottom Layer	About 27 m		

9

3.3. 気象モデル (WRF) の設定 (2)

Contents	D1 (Whole Mongolia)	D2 (Central Mongolia)	D3 (Whole UB city)
Microphysics	WRF Single-Moment 5 class scheme		
Longwave Radiation	RRTM scheme		
Shortwave Radiation	Dudhia scheme		
Surface Layer	Eta similarity		
Land Surface	Noah land surface model		
Planetary Boundary Layer	Mellor-Yamada-Janjic scheme		
Cumulus Parameterization	Betts-Miller-Janjic scheme (d3=0)		
Landuse	USGS (WRF default)		
Data Nudging	Wind, temperature, and moisture vapor (Nudging Coefficient: 10 ⁻⁴ 1/s)		
Objective Data Analysis	- Meteorological data: - NCEP GDAS/FNL 0.25 Degree Global Tropospheric Analyses and Forecast Grids, every 6 hours		

10

3.4. 拡散シミュレーションの設定

項目	内容
使用モデル	CALPUFF Ver7.2.1
地形データ	SRTM30/GTOPO30 Global Data (0 to 900 m, 30 arc-sec)
土地利用データ	USGS Land Use/Land Cover Scheme Eurasia (optimized for Asia)
気象モデル	WRF-ARW v4.1.5
計算対象領域	UB市中心地域を含んだ34 km × 28 km
解像度	1 km × 1 km
対象汚染物質	SO ₂ , NO _x , TSP, PM ₁₀ , SO ₄ , NO ₃ , HNO ₃ , CO
発生源データ	2020年及び2027年の排出インベントリ 火力発電所、HOB、CFWH、家庭用小型ストーブ、自動車（幹線道路、細街路）、道路巻き上げ粉塵、発電所灰埋め立て地からの灰飛散
計算期間	2020/11/1～2021/2/28（冬季）、2020/6/1～2020/8/31（夏季）
濃度計算地点	大気環境測定局の位置座標 1 km × 1 kmグリッドの中心座標

11

3.5. パイロット事業の結果に基づいた排出量削減の設定 (1)

事業内容	対策案実施時の設定
改良燃料（BCB）	ストーブからの排出対策として、すべての改良燃料が、プロジェクトで作成したバイオマスコールブリケット（BCB）に置き換えられたとする。 ・すべてのストーブに対して、BCB燃焼試験でのストーブ別の排出係数の平均値を適用する。なお、SO ₂ の排出係数は、燃料中の硫黄分に依存するため、燃焼試験のうち最小の値の排出係数を適用する。 ・活動量は、改良燃料使用量と同じ使用量とみなす。

燃料	ストーブ種類	SO _x	NO _x	TSP	PM ₁₀	CO
改良燃料	伝統ストーブ（2022年測定）	11.88	4.79	2.82	2.53	153.23
	改良型ストーブ（2020年測定）	12.02	3.04	1.77	1.59	106.51
BCB	伝統ストーブ	3.51	2.92	1.41	1.27	145.00
	改良型ストーブ	3.51	2.09	0.94	0.85	29.54

単位: g/ton fuel

2020年の排出量のうち、伝統ストーブによる排出量は、上記排出係数を使って計算しなおした。

12

3.5. パイロット事業の結果に基づいた排出量削減の設定
(2)

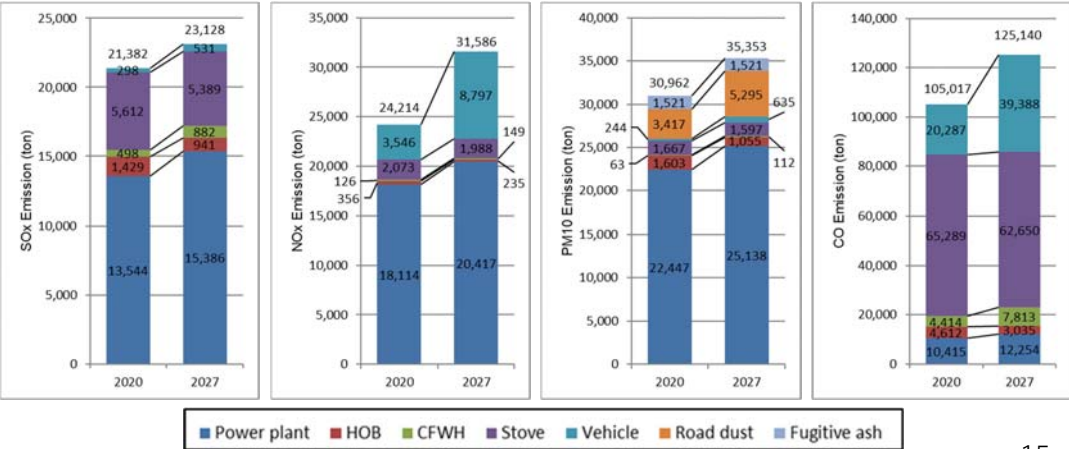
事業内容	対策案実施時の設定
信号制御	信号制御の改善前後での旅行速度調査の解析結果に基づき、UB市内のすべての時間帯および幹線道路で、平均旅行速度が18%上昇することとする。 ・ただし、モンゴルでの市街地一般道路の法定速度(60km/h)を超過しない。
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)	Euro IV以下の車両がすべてEuro V基準の車両となり、燃料もEuro 5を使うことで、高硫黄燃料による触媒の劣化を考慮しないこととする。 ・すべての車両で日本の2005 (H17) 年規制 (新長期規制) の排出原単位を適用する。 ・硫黄分は10ppmとする。
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)	Euro IV以下のバスがすべてEuro V基準のバスとなり、燃料もEuro 5を使うことで、高硫黄燃料による触媒の劣化を考慮しないこととする。 ・すべてのバスで日本の2005 (H17) 年規制 (新長期規制) の排出原単位を適用する。 ・硫黄分は10ppmとする。

3.5. パイロット事業の結果に基づいた排出量削減の設定
(3)

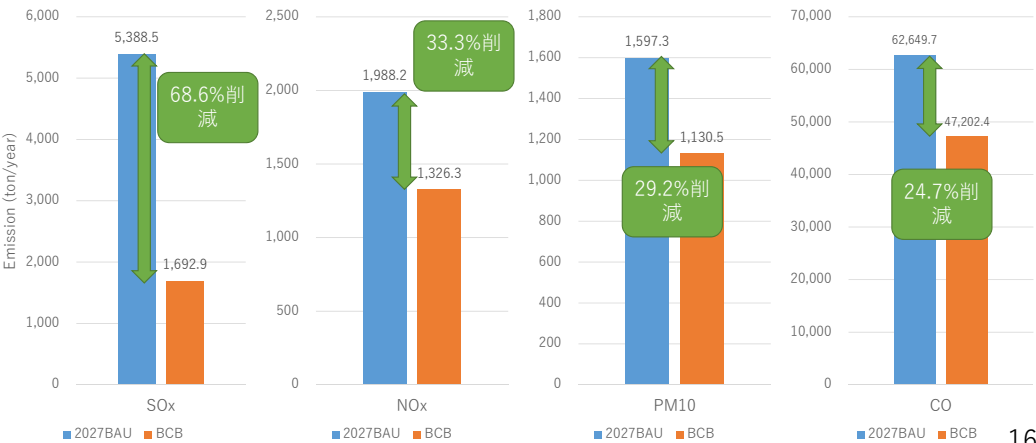
事業内容	対策案実施時の設定
エコドライブ	各車種1台の調査であること、及び、車種及びエンジンによって異なるため、排出量計算は試算という形とする。 ガソリン車とガソリンHV車それぞれで排出ガス測定調査を実施したが、これらは自動車車検登録データ上区別できないため、二つの調査結果の平均値を適用した。 ・ガソリン：NOx21.5%減、燃料2.5%減 ・ディーゼル：NOx13%増、PM33%減、燃料13%減
DPF (バスのみ)	フェーズ2に即して、EURO IV (2003 (H15) 年規制 (新短期規制)) 以下のバスを対象にPM排出量を80%削減*2とする。
RSD	RSDにより排出ガス不適合車が見つかるとともに、不適合車がUB市内で運行されなくなるとともに、定期的な点検・整備が実施され、車両の劣化が抑えられる ・基準が透過率40%超 (1998 (H10) 年規制 (長期規制) より前) の車を除外する。 ・整備不良に関する係数を乗じない。

*2: フェーズ2及び『モンゴル国ディーゼル路線バスのDPFによる黒煙低減計画に関する普及・実証事業』での調査結果における減少率

3.6. BAUシナリオでの将来排出量



4.1. 改良燃料パイロット事業による家庭用小型ストーブからの排出量削減効果(BAU比)

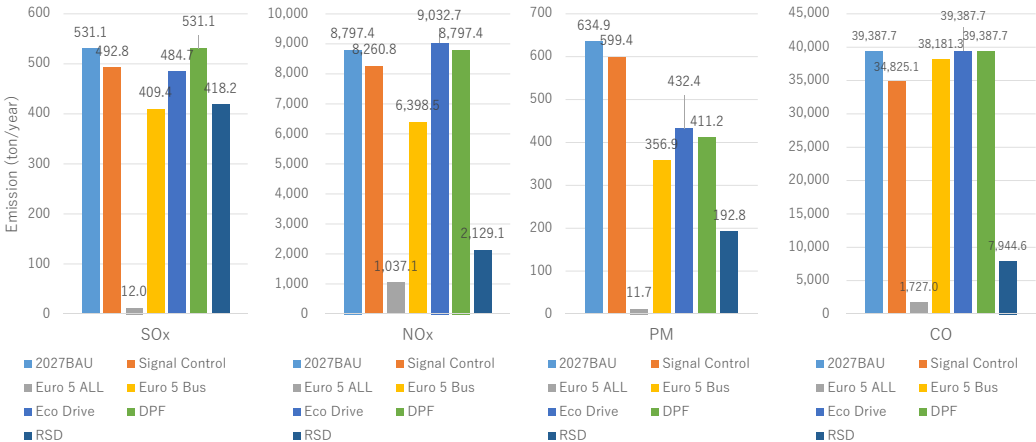


4.2. 自動車パイロット事業による自動車からの排出量削減効果 (BAU比)

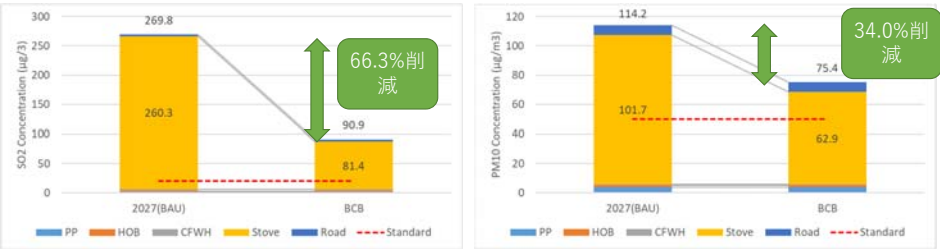
		SOx	NOx	PM	CO
対策前自動車排出量(2027年、BAU)		531.1	8,797.4	634.9	39,387.7
信号制御	対策実施時排出量	492.8	8,260.8	599.4	34,825.1
	排出削減量	38.3	536.6	35.5	4,562.6
	排出削減率	7.2%	6.1%	5.6%	11.6%
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)	対策実施時排出量	12.0	1,037.1	11.7	1,727.0
	排出削減量	519.1	7,760.3	623.2	37,660.7
	排出削減率	97.7%	88.2%	98.2%	95.6%
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)	対策実施時排出量	409.4	6,398.5	356.9	38,181.3
	排出削減量	121.7	2,398.9	278.1	1206.3
	排出削減率	22.9%	27.3%	43.8%	3.1%
エコドライブ	対策実施時排出量	484.7	9,032.7	432.4	39,387.7
	排出削減量	46.4	-235.3	202.5	0.0
	排出削減率	8.7%	-2.7%	31.9%	0.0%
DPF (バスのみ)	対策実施時排出量	531.1	8,797.4	411.2	39,387.7
	排出削減量	0.0	0.0	223.7	0.0
	排出削減率	0.0%	0.0%	35.2%	0.0%
RSD	対策実施時排出量	418.2	2,129.1	192.8	7,944.6
	排出削減量	112.9	6,668.3	442.1	31,443.1
	排出削減率	21.3%	75.8%	69.6%	79.8%

排出量の単位: ton/year

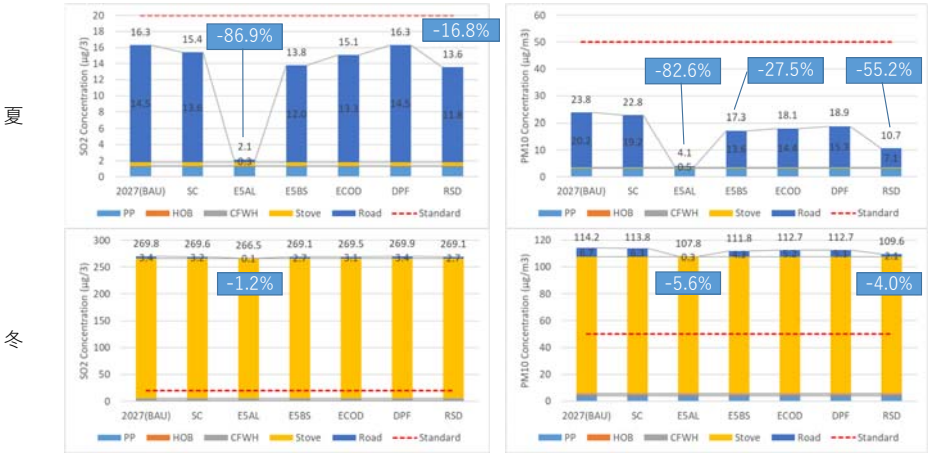
4.2. 自動車パイロット事業による自動車からの排出量削減効果 (BAU比)



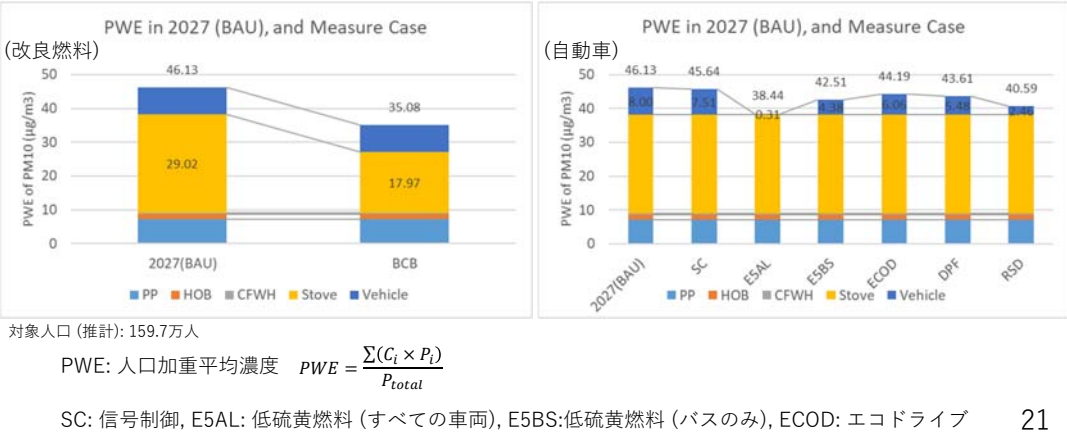
5.1. 改良燃料パイロット事業による濃度低減効果 (BAU比、冬季のみ)



5.2. 自動車パイロット事業による濃度低減効果 (BAU比)



6. 改良燃料パイロット事業による住民暴露への影響（BAU比、冬季）



7. まとめ (排出量)

1. 2020年を基準年として、改良燃料及び自動車パイロット事業での結果を基に、本格事業化された場合の排出量を計算した。
2. BAUシナリオでの2027年の排出量を推計し、その排出量を基にパイロット事業が本格事業化された場合の排出量を計算した。
3. 改良燃料をBCBに転換する場合のシナリオにおいて、家庭用小型ストーブからのSOxは68%、PM₁₀は29%の排出量削減効果が見られた。
4. 燃料が低硫黄化（Euro 5以上）し、かつ、すべての車両が低硫黄燃料に対応した車両に置き換わった場合のシナリオで、最も排出量削減効果があることが分かった。

7. まとめ (濃度: 改良燃料パイロット事業)

1. 冬季の最大濃度地点において、改良燃料をBCBに転換する対策により、SO₂は66%、PM₁₀は34%濃度が下がった。
2. それでもなお、年平均の環境基準値（SO₂:20µg/m³、PM₁₀:50µg/m³）を超過している。
3. 改良燃料は、硫黄分の少ない燃料を使用するか、脱硫剤を混合させた燃料を製造することでSO₂濃度低減を図れる。可能ならば脱硫剤の添加が不要な硫黄分の少ない燃料の方が良い。
4. PMの排出の少ない炭種の使用、PMの排出を抑えるための燃料の製造あるいは燃料の転換によりPMの濃度低減が図れる。
5. 伝統ストーブを改良型ストーブへ転換することにより、燃料使用量を減らし、排出濃度を下げることが可能と考える。

7. まとめ (濃度: 自動車パイロット事業)

1. 冬季の最大濃度地点において、いずれの自動車対策もSO₂及びPM₁₀の濃度低減効果はほとんどなかった。これは、冬季でのSO₂及びPM₁₀の主要な汚染源が家庭用小型ストーブであり、ストーブからの濃度が全体濃度の90%以上占めているためである。
2. 夏季では、全体の濃度が低いものの、すべての車両を低硫黄燃料に対応させた場合の濃度低減効果は、SO₂で87%、PM₁₀で83%であった。
3. その他にもエコドライブやRSDでも夏季のPM₁₀濃度低減効果は、それぞれ24%、55%であった。
4. ストーブ利用の少ない夏季では、濃度に対する自動車の割合が高いため、これらの自動車対策を複合的に進めることで、夏季の濃度低減効果を得られる。

7. まとめ (対策に要する費用と時間)

1. ストープ対策における燃料やストーブの転換、及び自動車対策における車両や燃料の転換、エコドライブの啓発、DPFやRSDの機材の導入には費用と時間を要する。しかしながら、これらの対策を少しずつでも進めていくことで、確実に対策効果が得られることが見込まれる。
2. 対策に要する費用と時間を見積もり、対策案の効果を評価するための検討項目に加えることが必要である。

25

8. プロジェクト終了後の課題 (1)

以下の解析及び評価をモンゴル側が実施していかなければならない

1. 現状把握の必要性
 1. 発生源別排出量の計算 (SOx, NOx, PM, CO; 毎年)
 2. 測定局における大気環境濃度 (精度の高い測定のための維持管理費用及び解析)
 3. 気象状況及びシミュレーションによる大気汚染構造 (3~5年毎に実施。または、改良燃料導入のような大規模な対策が実施された翌年に対策の効果を検証するために実施する)

26

8. プロジェクト終了後の課題 (2)

2. 対策ケースに基づく排出量の推計
 1. 文献やパイロット事業等の調査の結果に基づき、対策ケースでの排出量削減効果 (大型トラックのPMが50%減少する等) を設定し、排出量を計算する。
 2. 対策前後での排出量削減効果を検証する
 3. シミュレーションモデルにより、対策前後での濃度の低減効果を検証する。
3. これらの解析に基づいた対策ケースの定量的評価
 1. 1~2の結果の整理及び提言の作成
 2. 評価結果の上位機関への上程

27

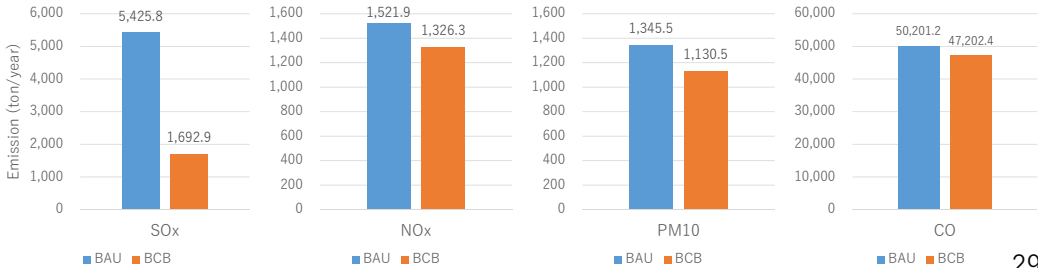
Thank you for your attention!

28

4. 改良燃料パイロット事業による排出量削減効果(BAU比)

家庭用小型ストーブ排出量(対策前、2027年BAU)		SOx	NOx	PM ₁₀	CO
		5,425.8	1,521.9	1,345.5	50,201.2
改良燃料 (BCB)	対策実施時排出量	1,692.9	1,326.3	1,130.5	47,202.4
	排出削減量	3,732.9	195.6	215.0	2,998.8
	排出削減率	68.8%	12.9%	16.0%	6.0%

排出量の単位: ton/year



29

5. 自動車パイロット事業による濃度低減効果 (BAU比)

		単位	SO ₂		PM ₁₀	
			冬	夏	冬	夏
対策前(2027年、BAU)		μg/m ³	269.8	16.3	114.2	23.8
信号制御	対策後	μg/m ³	269.6	15.4	113.8	22.8
	濃度低減量	μg/m ³	0.2	0.9	0.3	1.0
	濃度低減率	%	0.1	5.6	0.3	4.3
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)	対策後	μg/m ³	266.5	2.1	107.8	4.1
	濃度低減量	μg/m ³	3.4	14.2	6.4	19.7
	濃度低減率	%	1.2	86.9	5.6	82.6
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)	対策後濃度	μg/m ³	269.1	13.8	111.8	17.3
	濃度低減量	μg/m ³	0.8	2.5	2.3	6.6
	濃度低減率	%	0.3	15.4	2.0	27.5
エコドライブ	対策後濃度	μg/m ³	269.5	15.1	112.7	18.1
	濃度低減量	μg/m ³	0.3	1.3	1.5	5.8
	濃度低減率	%	0.1	7.7	1.3	24.2
DPF (バスのみ)	対策後濃度	μg/m ³	269.9	16.3	112.7	18.9
	濃度低減量	μg/m ³	0.0	0.0	1.5	4.9
	濃度低減率	%	0.0	0.0	1.3	20.6
RSD	対策後濃度	μg/m ³	269.1	13.6	109.6	10.7
	濃度低減量	μg/m ³	0.7	2.7	4.5	13.1
	濃度低減率	%	0.3	16.8	4.0	55.2

30

モンゴル国

ウランバートル市大気・環境汚染対策庁 (DAAEP)

自然環境・観光省 (MET)

モンゴル国ウランバートル市 大気汚染対策能力強化プロジェクト フェーズ3

ガス燃料導入促進に係る安全指針

2024年7月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 数理計画

1. 目 的

大気中の PM や二酸化硫黄濃度の改善のため、固定発生源において石炭からガス燃料使用に転換する対策は有用である。モンゴル国ではガス燃料に関して、関連器具の規格や取り扱い、製造・販売事業者の実施ルールなどが整備されているものの、ガス安全指針が作成されておらず、一般消費者がガス燃料を安全に利用できる環境を整備することで、災害の発生を防止する観点からモンゴルでも安全指針を今後作成すべきである。そのため、日本の事例を参考として、ウランバートル市でのガス燃料の取扱いに関する安全指針の案を示すものである。

2. 背 景

(1) モンゴル国内の家庭エネルギーの消費構成

(一社) エルピーガス振興センターが発行するウェブ記事¹によると、モンゴルの家庭エネルギー消費構成については、

- ✧ 発電所 (CHP) からの熱供給 57%
- ✧ CHP からの電力供給 13%
- ✧ 生石炭・石炭加工品 23%
- ✧ 薪など 7%

である。ただし、ゲル地区では基本的に CHP からの熱供給はなく、ほとんどが石炭及び石炭加工品によるものと考えられ、2014 年に東京工芸大によって行われた非ゲル定住型住居 (バイシン) での暖房方式に関する調査²では、

- ✧ 石炭 54.76%
- ✧ 高効率石炭 23.81%
- ✧ 温水循環式 16.67%
- ✧ 電気 4.76%

という結果となっており、また、モンゴル国家統計局による UB 市のゲル地区における暖房設備に関する統計データ (2020 年)³によると、UB 市での暖房供給手段の割合は以下のとおりである。

バイシンでは、

- ✧ 石炭ストーブ 75.4%
- ✧ 電気 7.7%
- ✧ セントラルヒーティング 1.9%
- ✧ 石炭暖炉 14.9%

ゲルでは、

- ✧ 石炭ストーブ 99.0%
- ✧ 電気 1.0%

とされている。

このように、モンゴル国内、特にウランバートル市のゲル地区においては、石炭 (石炭加

¹ LPGC WEB 通信, Vol.11, 特別寄稿＝新興国における LP ガス市場 Part.3, 2015/2/10

² 「ゲル地区」における土地・建物の所有実態と住民の居住履歴に関する研究－モンゴル国ウランバートル市「ゲル地区」における定住型住居の実態調査から－, <http://www.arch-t-kougei.ac.jp/yatsuo/assets/503.pdf> (2024.4.16 閲覧)

³ Хүн ам, орон сууцны 2020 оны улсын ээлжит тооллого - Улаанбаатар нэгдсэн дүн (2020 年人口及び住宅調査-ウランバートル市合計)

工品を含む）が熱源の大部分を占めることが分かる。

(2) 石炭代替

石炭からの代替燃料については以下の政府方針、考え方が示されている。

- ✓ 厳冬期（約 45～60 日間）の温水供給能力不足への対策として、ガスの利用（LP ガス燃料による温水供給施設建設）が計画されている。全 4 か所、計 228MW 相当の規模。
- ✓ モンゴル国長期開発政策である「長期ビジョン 2050」において、ガス導入の推進を検討中。
- ✓ 石炭ガス化によるエネルギーの国内確保の必要性を認識。
- ✓ ゲル地区に対する LP ガス利用の補助を検討。ただし、コストが約 4 倍との試算から現状では困難との認識。
- ✓ なお、天然ガス利用については、以前は都市ガス構想もあったが、今は検討されていない。

(3) ガス燃料

モンゴル国内では都市ガス、すなわち天然ガスの利用は非常に限定的である。モンゴル鉱業・重工業省からのヒアリングによると、CNG（圧縮天然ガス）としての需要は 600 トン/年となっており、そのほとんどが公共バス（CNG バス約 80 台）での利用である。また、CNG 供給事業者は 2023 年時点で 1 社だけとなっている。

今後も輸入量が増加する見込みも低く、一般利用の可能性は低い。そこで、現在もある程度需要のある液化石油ガス（LP ガス）の利用に絞って検討することが妥当と思われる。

現時点でのモンゴル国内での LP ガス利用状況等は以下のとおりとなっている。

- ✓ 2023 年時点でのモンゴル国内での LP ガス需要は 5 万トン/年であり、自動車燃料としての需要が半分以上を占める（約 60%）。その他の需要は、商業利用（飲食店等）と家庭での利用となる。
- ✓ LP ガス自動車の登録台数は 2.4 万台となっているが、現在、LP 自動車は減少傾向にある。
- ✓ LP ガススタンドは、モンゴル国内で約 170 店舗あり、自動車への供給（充填）だけでなく、家庭用 LP ガスボンベへの充填も可能である。
- ✓ UB 市の主導により、学校や病院など公共施設での LP ガス暖房設備導入の動きも進んでいる。
- ✓ 現在、家庭では主に調理器具での利用となっているが、LP ガス事業者では暖房器具での利用に向けた検討・開発も進めている。
- ✓ ガス燃料連盟により、ガス取扱許可が 31 社に対して与えられている。大手は 3 社＝ダシュバンジル、ゴロ・ガス、ユニ・ガスとなる。

(4) 家庭用ガス燃料の普及

現在、モンゴル・ウランバートル市で進められている取組みとして以下がある。

- ✓ ゲル地区へのガス導入検討：2016 年の新政権発足時に地方の家庭用にガス導入推進の動きあり。2019 年から、学校等の暖房ガス化を推進（国・市予算による）。従来型石炭 HOB からガス式給湯システムへの改修工事を進めている。
- ✓ 個人宅ゲルでも 89 世帯がガス暖房を利用していることを確認（設置費用は自費）。
- ✓ LP ガス事業者独自の取組み：ゲルに LP ガス式の暖房設備を導入する事例あり。LP ガス式の従来型ゲルストーブと温水供給による床暖房式とが検討・開発されている。
- ✓ その他のガス暖房設備の研究：モンゴル国立大において、太陽熱等の熱源と LP ガス給湯器によるハイブリッド式暖房設備の可能性を研究中

(5) ガス利用に関する法整備・規制等

(モンゴル)

ガスの利用に係る法律として以下がある。

- 石油製品に関する 2005 年 7 月 1 日付モンゴル国法律
石油製品の輸入、生産、販売、輸送、保管及びそれらの活動の安全保障の確保に係る関係を調整することを目的とする。
- 大気法（2012 年）
ゲル地区の大気汚染対策・技術の導入促進のために大気質改善地域を設置、対象となるゲル世帯（個人）の参加を支援する政策として電気暖房器機設置の世帯に対して、奨励制度として夜間時間帯の料金割引（国家予算からの補助金）を実施するもの。
現在、LP ガス暖房機を設置・利用するゲル世帯に対し、ガス使用量によって使用料金の一部を補助金として国家予算から拠出することが検討されている。
- 特別税法（2006 年）
乗用車、石油製造の付属製品、灯油に対して課税する法律。LP ガス自動車に対しても、輸入年・製造年以降の期間、及びエンジン容積により、一定の割合で特別税が課せられる。

この他、以下の国家基準、規格・制度により運用されている。

- 国家基準（MNS）
 - MNS-5083:2001「液化炭化水素ガス 家庭用燃料—技術的な要求」
 - MNS-5084:2023「液化炭化水素ガス 交通用燃料—一般的な技術要求」それぞれ、LP ガスの家庭用燃料及び自動車用燃料としての技術規格が規定されている。
- 関連規格・制度
 - Хийн аж ахуйн ажиллагааны дүрэм（ガス事業者の業務実施ルール 2001 年）
※ガス事業者が業務を遂行する上での遵守事項が定められており、自動警報装置などの安全管理に関する事項も記されている。
 - Хийн аж ахуйн техник ашиглалтын дүрэм（ガス事業者の技術利用ルール 2001 年）
※ガス事業者の体制や事業の運営について定められている。また「ガス事業者の安全運用ルール」の遵守が述べられている。
 - Даралтат савыг төхөөрөмжлөх аюулгүй ашиглах дүрэм（『压力容器の設置、安全取扱ルール』燃料・エネルギー省大臣の 2007 年 12 月 4 日付の第 93 号命令の別紙）
 - Хийн хангамж БНб.6 42-01-19（ガス供給 建築規格 BNb.D 42-01-19、2019 年）
 - Хийн хангамжийн угсралт, барилгын норм дүрэм（ガス供給システムの設置、建築施設の規格ルール／建築規格 BNb.D 42-01-04 及び 42-01-21）
 - 液化炭化水素ガスで液化ガスのルール（※アメリカの LPG に関する NFPA-58 をモンゴル語に訳したもの）
 - 液化ガスの安全利用について（市監査庁による消費者向けの提言）
※一般消費者向けのガイダンス。LP ガスの使用に関する推奨事項とガス機器の使用に際しての配慮事項が簡潔に整理されている。

(日本国内)

日本のガス市場は、主に天然ガスによる都市ガス事業（一般ガス事業）と、液化石油ガスによる LP ガス事業（簡易ガス事業・LP ガス販売事業）とで構成されている。

それぞれ規制する法律が異なり、都市ガス事業は「ガス事業法」が、LP ガス事業（家庭用）は「液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律」が適用される。

なお、家庭用 LP ガスとは別に、産業用と自動車用 LP ガスに関する保安規制は「高圧ガス保安法」が適用される。

● ガス事業法

都市ガス供給を行う事業を対象とするが、天然ガス供給だけでなく、一部の LP ガス供給事業も対象となっており、70 戸以上の比較的大きな規模の集合住宅などの消費先へ供給する場合にも適用される。

● 液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律

一般消費者等に対する液化石油ガスの販売、液化石油ガス器具等の製造及び販売等を規制する法律であり、以下の構成・内容となっている。

第一章	総則（第一条・第二条）
第二章	液化石油ガス販売事業（第三条―第二十六条の三）
第三章	保安業務（第二十七条―第三十五条の五）
第三章の二	液化石油ガス販売事業者の認定（第三十五条の六―第三十五条の十）
第四章	貯蔵施設等及び充てんのための設備（第三十六条―第三十八条）
第四章の二	液化石油ガス設備工事
第一節	液化石油ガス設備工事（第三十八条の二―第三十八条の十三）
第二節	指定試験機関（第三十八条の十四―第三十八条の二十八）
第五章	液化石油ガス器具等
第一節	販売及び表示の制限（第三十九条・第四十条）
第二節	事業の届出等（第四十一条―第五十条）
第三節	検査機関の登録（第五十一条―第五十四条）
第四節	国内登録検査機関（第五十五条―第六十二条）
第五節	外国登録検査機関（第六十三条・第六十四条）
第六節	災害防止命令（第六十五条―第八十条）
第六章	雑則（第八十一条―第九十五条の二）
第七章	罰則（第九十六条―第百四条）
附則	その他事項

ここでは、第三章の保安業務として安全管理に関する内容が定められている。

また、関連する下位政省令として以下があり、それぞれ具体事項を定めている。

- ・液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行令（昭和 43 年政令第 14 号）
- ・液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則（平成 9 年通商産業省令第 11 号）

(6) モンゴルで求められる安全指針

（日本での経緯・具体例）

日本での LP ガス保安行政は、「液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律」に基づいて、LP ガス販売事業者の自主保安を基本としつつ、立入検査などの行政による必要最小限の事後規制で一般消費者等の保安を確保する体系として維持されている。

2000 年（平成 12 年）12 月には、これまでの保安対策の取組状況、及び最近の事故の発生状

況等を踏まえ、新たに「LP ガス保安高度化プログラム」が提言され、2003 年（H15 年）3 月末まで事業者の自主保安の高度化及び重大事故撲滅を目標として各種の個別対策を実施した。

また、2003 年（H15 年）には、大規模な産業事故が多発、事故発生要因の約 8 割がマニュアル不遵守などの人的要因であったことから、この対策として、経営トップの責任の下での保安体制を隔離することが重要とされた。

また、バルク供給⁴システムについて、1997 年（平成 9 年）の法改正で、一般家庭を含む小口消費者への供給手段として利用可能となり、バルク貯槽・容器に関するハード、ソフト両面から保安対策を充実していく必要が生じた。

このような経緯から、2004 年度（H16 年度）から、重点課題と具体的な保安対策をまとめた文書「液化石油ガス販売事業者等保安対策指針」を作成することとなり、2004 年度は、以下を重点課題として取り組むこととされた。

- ① 事業者らに対し、自主保安体制の高度化のため、保安教育の充実、内部監査及び法令の遵守などの徹底を要請するとともに、液化石油ガス販売事業者バルク供給システム及び質量販売における事故防止のための再点検の実施を要請する。
- ② 液化石油ガス保安に関する一般消費者等への周知・啓発対策として、一般消費者等の保安責任意識の醸成、CO 中毒事故防止のための広報等に重点を置く。また、新たに一般消費者等自らが供給設備及び消費設備に関する安全状況を簡便にチェックできるようなガイドブックを作成し、周知する。
- ③ 2002 年度（平成 14 年度）までの「保安高度化プログラム」の成果を引き継ぎ、更に自主保安の高度化に資するために継続的な実施が必要な個別対策について、事業者に引き続き実施するよう要請する。

翌 2005 年（H17 年）以後、毎年、前年の事故具体例や件数から、安全管理での重点課題を設定し、具体項目の見直し、改訂を続けることとなった。

2020 年には、今後 10 年間を見据えた総合的なガスの保安対策として、「液化石油ガス安全高度化計画 2030」が策定され、大幅な内容の見直しが行われている。

ここでは、これまで、LP ガス行政においては、毎年国が「保安対策指針」を定め、LP ガス事業者等に要請する形で自主保安の取り組みを進めてきたのに対し、近年の死亡事故や人身事故のような重大な事故の着実な減少から、国、都道府県、第三者機関、LP ガス事業者、一般消費者等及び関係事業者等がそれぞれ主体者となって実行する総合的な保安対策となった。

なお、目標や取り組みの内容は、これまでと大きく変更された訳ではなく、事故対策、自然災害対策、保安基盤の整備の観点から自主保安の取り組むべき事項等を定めており、重大な事故の撲滅と、より一層の安全高度化を目指す内容となっている。

（モンゴルでの指針案）

以上の日本の経緯や具体例を参考に、以下の方針で指針案を提案する。

- ① 日本の保安対策指針（2004 年度版）で示された内容を基礎とする。
※日本の最新の保安対策（安全高度化計画）はモンゴルの現状とは乖離していると考えられるため、以前の保安指針を参考とすることが適切と思われる。
- ② 日本の法制度や事例に基づく内容は、モンゴルの法制度や現状等に整合した内容とする。
※安全指針の作成には、並行して法整備も必要と思われる。

⁴ バルク供給：従来の容器交換方式に代わるもので、一般住宅、集合住宅、業務用住宅などに設置されたバルク貯槽に、バルクローリで直接 LP ガスを充填する供給方式

- ③ モンゴルに既存の法制度、事例等が存在しない内容は、今後の計画等として考慮する。
※法整備には時間が必要なため、既存法の運用で実行可能な内容を検討する。
- ④ 指針は適宜、見直し・更新することとする。
※事故発生件数・事故内容等の結果から、重点課題として反映することが重要。

3. 安全指針（案）

＜凡例＞

赤字：モンゴルの現状に整合した箇所、実態に応じて見直しが必要

青字：モンゴルに存在しない・該当しない内容、今後の見直しや計画の参考とする

なお、本文中の「適用法」は日本では「液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律」を指しており、モンゴル国内では「ガス事業者の業務実施ルール」及び「ガス事業者の技術利用ルール」が相当すると考えられる。

～～安全指針（案）～～

1. 事業者及び保安機関による自主保安の高度化対策

(1) **適用法**に基づく保安業務の適切な実施

事業者は、一般消費者等の安全確保のため、供給設備及び消費設備の定期点検、調査及びその結果の周知等の**適用法**に規定する保安業務を適切かつ期限内に行わなければならない。そのためには、自社の保安業務の実施状況を定期的に点検するとともに、所要の改善を図り、自主保安の確立に努める必要がある。特に供給設備及び消費設備の定期点検及び調査に関しては、最近の事故動向等を踏まえ、以下のような取組の実施を要請する。

- ① 重大事故の防止効果が大きい安全器具 ~~3点セット(マイコンメーター、ヒューズガス栓、ガス漏れ警報器)~~ が設置され、かつ、確実に機能していることを調査すること。
- ② ~~質量販売の量的拡大等について規制緩和3カ年計画において検討課題となっていたこと~~ に関しては、~~体積販売と同等の保安レベルを維持できる安全器具の設置を前提に25リットルまで拡大する方向で平成16年度内を目途に措置することとしている。しかしながら、平成15年のガス漏えいに起因する重大事故の全てが質量販売に直接的又は間接的に関連している。液化石油ガスを質量販売している事業者は、適用法に義務付けられている配管等への接続義務、書面の交付義務及び消費設備調査義務を確実に果たしていることを社内で再確認すること。~~
- ③ ~~マイコンメーター~~、調整器、高圧ホース等供給機器の劣化による事故を防止するため、適切な期限管理を行うこと。また、期限管理方法が適切であるかを再確認すること。

(2) バルク供給システムの適切な設置及び管理

バルク供給システムについては、一旦、漏えいが発生すると重大事故につながる可能性があることから、事業者**及び保安機関**に対し、バルク供給システムの設置・変更工事及び日常の管理にあたって、次の点を再度確認することを要請する。

- ① 事業者が、バルク貯槽・容器の受入にあたって、**特定設備**検査合格品等であることを十分に確認していること。また、当該バルク貯槽・容器が、塗装状況、プロテクターの強度等、**適用法**に規定する技術上の基準を満たしていることを自社又はメーカーの証明書等で確認していること。
- ② バルク貯槽・容器の設置・変更工事にあたっては、**適用法に規定する第1種保安物件及び第2種保安物件周囲施設・建築物**からの離隔距離を確保し、かつ、保安点検及びメンテナンスが可能なスペースを確保して設置していること。また、液移動、再液化等を考慮した設計・施工がされていること。

※ （参考）第一種保安物件とは、学校、病院、収容人員300名以上の劇場等、収容人員20名以上の老人福祉施設等、百貨店など不特定多数の者を収容する建築物でその用途部分の床面積が合計1,000㎡以上のもの、重要文化財、博物館及び1日に2万人以上の者が乗降する駅など。
第二種保安物件とは、第一種保安物件以外の建築物であって、住居の用に供するもの。液化石油ガス法では、供給先であっても保安物件である場合は保安距離をとる必要がある。

- ③ 安全弁の定期交換及びその他の附属機器等の交換・点検に際しては、メーカーから事前に技術情報を得た上で、メーカーの協力を得ながら進めていること。また、作業は、バルク貯槽・容器本体及び附属機器の構造・機能を十分に理解している者が実施又は監督の下で実施していること。
- ④ 液化石化ガスのバルク貯槽・容器への充てん作業及び保安点検の際にバルク貯槽・容器周辺に可燃物が置かれていないことを必ず点検していること。可燃物撤去に関する一般消費者への周知・協力も必要に応じて実施していること。また、塗装の劣化がないかどうか点検を行っていること。
- ⑤ いたずら防止等のために、プロテクター部分の施錠、バルク貯槽・容器の周囲をフェンスで囲う等不用意に一般消費者等がプロテクター内部の機器にふれることができないような措置を講じていること。
- ⑥ 漏えいの早期発見のために、適用法では設置を義務づけられていない場合であっても、必要に応じて、ガス漏れ検知器及び常時監視システムの導入について検討を行うこと。

(3) 適切な人事配置・人事管理

業務主任者の的確な職務の実施や保安要員の高度化を図るため、事業者に対し、業務主任者、液化石油ガス設備士等ガス安全管理に関する専門知識を有する人材を適切に育成又は採用することを要請する。

~~また、保安機関においても確実な保安業務の実施のための体制を確立することを要請する。~~
そのため、以下のような取り組みを要請する。

- ① 事業者は、これらの人材を適正に配置するとともに、社内外において保安教育の機会の整備等を通じて能力向上を図り、安全確保に関する社内体制の充実を図ること。
- ~~② 保安機関は、保安業務の対象となる一般消費者等の数に合わせて適正な保安要員を配置し、保安業務規程に則り業務を確実に実施すること。~~
- ③ 業務主任者が社内の状況を的確に把握せず、また法に基づく手続きを理解していないために、必要な認可申請が行われず法違反が発生することのないよう、事業者は社内の保安実施状況等を随時確認できるような自主保安の確立に適合した内部組織体制を整備すること。

(4) 保安教育の徹底

適用法で義務付けられている保安教育を効果的に実施するために、事業者に対し平成16年3月に改訂された高圧ガス保安協会の保安教育を施すに当たっての基準を参考にして、自社の保安教育体制が、保安に関する最新の情報を取り入れた保安教育を実施する体制として効果的に機能していることを定期的に点検し、以下の点を確認することを要請する。

- ① 年間の保安教育計画及び保安訓練計画等を策定して、自社の役職員に対して質・量ともに充実した保安教育や保安訓練等を実施していること。
また、実施にあたって、外部から技術情報や事故情報等を積極的に収集し、自社における保安教育に反映させていること。
- ② 高圧ガス保安協会、各都道府県LPガス協会及び日本液化石油ガス協議会等関連団体等が実施する研修や講習会等、外部実施の保安教育機会を積極的に活用していること。
- ③ 系列の販売店等に対する保安教育を積極的に実施していること。また、販売店等は積極的に参加していること。
- ~~④ 自社及び工事請負契約先の液化石油ガス設備士の再講習受講状況を定期的にチェックしていること。~~

(5) 内部監査体制の整備

自主保安の一層の高度化を推進するため、事業者及び保安機関に対し内部監査体制を整備することを要請する。特に、保安業務を確実に実施するため、以下のような取組に関する再点検を要請する。

- ① 内部監査を定期的に実施し、その結果を社内の経営責任者に確実に報告する体制になっていること。
- ② 内部監査にあたり法令等に規定されている各種認可・届出等の手続の実施状況、損害保険の付保状況、適用法に規定する契約条件等を記した書面の一般消費者等への確実な交付、保安管理台帳の整備、保安業務の実施状況及び保安業務を確実にを行うための組織体制の整備など、保安業務を実施するに当たっての重要な項目を監査できる体制が整備されていること。
- ~~③ 保安業務を保安機関に委託している事業者は、委託先保安機関との契約締結状況、保安業務実施状況の把握及び緊急時対応における連携等についても監査を行っていること。~~
- ~~④ 保安機関は、適用法の認可の対象となる一般消費者等の数、事業所・保安業務区分の増減、保安業務規程のチェック、液化石油ガス設備士等の保安業務資格者の技術的能力の維持及び保安業務の実施状況の管理、事業者との連携の状況などについて内部監査を実施していること。~~
- ~~⑤ 保安機関が合併・承継している場合にあっては、事業者が、当該保安機関に対して、認定更新の時機を逸しないよう、十分な注意を促していること。~~

~~(6) 保安機関における確実な認定更新の実施~~

~~保安機関は5年ごとに行う認定更新を確実に実施するとともに、自社の保安体制を再確認することが重要であることから、認定更新にあたっては、以下の事項を確認することを要請する。~~

- ~~① 認定を受けた保安業務区分において、保安業務を確実に実施できる体制を整えていること。~~
- ~~② 事業者が保安機関として認定を受けている場合、自社が対応する保安業務と他の保安機関への委託保安業務の関係を明確にし、認定された内容と齟齬がないこと。~~
- ~~③ 一般消費者等の数が認可を得た枠を超えていないこと。特に、保安機関の合併・承継による一般消費者等の増加、支店・事業所等の再編成による一般消費者等の大幅な移動がないか、共同住宅を1件と数えるなど、一般消費者等の数の数え方に誤りがないか注意すること。~~
- ~~④ 一般消費者等の枠に応じて、液化石油ガス設備士等の保安業務資格者が適切に配備され、保安業務用機器が適切に設置されていること。~~

~~(7) 保安機関における保安業務規程の確認~~

~~保安機関に対して、保安業務規程の変更認可等の法手続を確実に行うよう、以下の点について適切に対応することを要請する。~~

- ~~① 保安業務規程に従って保安業務を実施していること及び同規程について認可を受けた内容に変更がないこと等を日頃から確認し、各種法定手続を確実に行うこと。~~
- ~~② 保安業務区分の増加又は減少、保安業務区分に係る一般消費者等の数や事業所の増減又は住所の変更、保安業務の実施の方法及び緊急時対応を行う範囲等に変更があった場合には、事業者との緊密な連携を保ちつつ適切な措置を講じるとともに、保安業務規程の変更の認可等の法手続を確実に行うこと。~~

(8) 地震等の災害対策

~~過去に発生した地震において、調整器と高圧ホースの接続部の折損等が原因の漏えい事故が発生した。保安院は、事業者及び保安機関に対し、大規模地震を想定した以下の災害対策を推進することを要請する。~~

- ~~① LPガス消費者地震対策マニュアル（平成16年3月改訂）を参考にして、容器転倒防止のための鎖がけ及び留め具等について点検を行うこと。事業者においては、保安機関から指摘があった場合は、供給設備の改善を速やかに行うこと。~~
- ② 大規模災害訓練を行うこと。
- ③ 日頃から被害状況を迅速に把握できる体制を組むとともに被災地域を支援できる体制を組むこと。

(9) 事後監視の着実かつ効果的な実施

事業者~~及び保安機関~~の自主保安に関する事後監視を効果的に行うために、事業者~~及び保安機関~~に対して立入検査を定期的かつ効率的に実施する。

また、事業者~~及び保安機関~~に~~適用法~~違反の疑いのある重大事故が発生した場合、法令遵守に疑義が生じている場合及び新規に業態変更をした場合等~~適用法~~の施行に必要な場合には事業者~~及び保安機関~~に対して、~~適用法~~の規定に基づく立入検査を行い、法令違反など保安の確保に支障をきたす事態が判明した場合には、同法に基づいた厳正な処分を行う。

~~20xx 年度においては、法令の遵守状況、従業員の保安教育実施状況、業務主任者の業務実施状況、保安業務の実施状況（保安業務を外部委託している場合には、その契約締結状況）などに重点を置いて検査し、必要な場合には改善措置について指導等を行う。なお、書面による指導等を行った場合には、速やかに指導内容等について保安院のホームページにおいて公表する。~~

2. 液化石油ガス保安に関する責任意識及び知識の一般消費者等に対する周知・啓発

(1) 一般消費者等の保安責任意識の醸成

- ① 事業者~~及び保安機関~~に対し、周知業務等で一般消費者等に接するあらゆる機会を捉えて一般消費者等の保安責任区分を周知するよう要請する。特に質量販売の場合には、充てん容器を含めすべての設備が消費設備となるため、すべての設備が一般消費者等の保安責任区分となることから、維持管理方法に関する事項について改めて注意を促すよう要請する。
- ② ~~規制当局⁵は、LPガス安全委員会と連携して、ポスター、パンフレット等を作成し、一般消費者等に広報する。また、LPガス安全委員会に対し、ホームページ(<http://www.lpg.or.jp/>)においても一般消費者等の保安責任意識を醸成するためのコーナーを設ける等、重点的に広報するよう要請する。~~
- ③ ~~規制当局は、高圧ガス保安協会に委託して実施している保安専門技術者育成のための中央指導事業（ブロック別研修会）及び保安専門技術者が地域で実施している地域普及事業（講習会・個別指導）を計画・実施し、一般消費者等の保安責任意識の醸成をテーマの一つとする。また、LPガス保安専門技術者向け Web サイトを設置し、事業者等に一般消費者等の保安責任意識を醸成するための周知方法等に関する情報を提供する。~~
- ④ ~~規制当局は、一般消費者等の保安責任意識を醸成するために、新たに、一般消費者等が事業者及び保安機関の実施する保安業務等が確実に実施されているかどうかを自らチェックするためのガイドブックを作成し、消費者団体を始めとした一般消費者等を対象に講習会等で周知を図る。~~
- ⑤ ~~規制当局は、事業者の表彰制度を設け、一般消費者等の視点に立った客観的基準により~~

⁵ 鉱業重工業省を想定している。

表彰対象者を判定し、表彰する。また、表彰対象者を一般消費者等が簡単に知ることができるよう、Web サイト等で積極的に広報する。

(2) CO 中毒事故防止対策

CO 中毒事故は重大な被害を引き起こす可能性の高い事故であり、死者を出す可能性がある。一般に、事故の発生は、一般消費者等が CO の発生メカニズム等の知識を有していたならば防止が可能である。また業務用燃焼器具を使用した CO 中毒事故も増加が懸念される。

事業者に対して、一般消費者等へ、不完全燃焼防止装置付きの器具の普及を促進するだけでなく、CO に関する知識の周知・啓発に向けた活動を積極的に展開することを要請する。特に、業務用燃焼器具のように液化石油ガス消費量が多い燃焼器具を使用する場合は、換気に十分注意をするよう一般消費者等に対して周知することを要請する。

規制当局は、LPガス安全委員会と連携をとりながら、CO 中毒事故防止のための周知・啓発事業を実施する。

3. 保安指針の見直し

規制当局は、適宜、事故発生状況などの結果から、策定した指針の見直し・改訂を実施する。

以上

(参考)

安全器具 3 点セット (マイコンメーター、ヒューズガス栓、ガス漏れ警報器)

 画像出典: (株)サイサン https://www.saisan.net/guest/trouble_04.html	マイコンメーター ガスの使用状況を常に監視し、危険と判断したときはガスを止めたり警告を表示する機能を持った保安ガスメーター。次の場合、安全のために自動的にガスを遮断。 1. お風呂のお湯の止め忘れ等で必要以上に長時間ガスが流れた場合 2. ガス使用中に震度 5 相当以上の強い振動を感知した場合 3. ガス配管の圧力が低下した場合 4. 瞬時に多量のガスが流れた場合(ゴム管などが外れた場合)
 画像出典: (一社) 日本エルピーガス供給機器工業会 http://www.jlia-spa.or.jp/event/kashidashi.html	ヒューズガス栓 (ON・OFF ヒューズガス栓) 規定流量以上のガスが流れると、ガス止める機構(ヒューズ)の付いたガス栓。 最新の「ON・OFF ヒューズガス栓」では、半開の状態でもガスを流さない。
 画像出典: 新コスモス電機(株) https://www.new-cosmos.co.jp/home/product/1382/	ガス漏れ警報器 ガス機器の炎の立ち消え、ガス管の破損などによるガス漏れを知らせる機器。 ガス漏れの検知器の他、換気不足などによる不完全燃焼を検知する CO 警報器もある。 高圧ガス保安協会による検定がある。

2019/12/10

JICA 専門家

自動車関連のパイロット事業の実施計画

1 はじめに

UB 市では、自動車からの大気汚染物質の排出が大気汚染の原因の一つとなっている。その要因として、交通渋滞、運転マナーの悪さ、低質な燃料などが想定されている。そこで、以下のパイロット事業を実施する計画を策定した。

2 信号制御

2.1 目的

近年、UB 市の中心部では、自動車台数の増加による交通渋滞が深刻である。市内には、2010 年に導入された信号制御システム（韓国製）があるが、導入以来、適切な運用がされていない。そのため、交通渋滞の緩和を目的として、交通工学に基づく信号制御システムの設定に関わる技術移転を実施し、交通管制システムの適切な運用を行う。

2.2 実施内容

(1) 交通管制システムの把握（2019 年 5 月実施済）

現状の交通管制システムの構造、運用方法を把握する。また、各交差点における信号機、制御器、交通状況等を確認する。

(2) 信号制御の見直し前の交通現象調査（2019 年 9 月）

現状の交通状況を把握するため、交通現象調査（車種別方向別流入交通量、先詰まり、渋滞長、捌き交通量、交通管制センターの介入記録、旅行時間）を実施する。

(3) モデルケースでの信号制御の見直し（2019 年 10 月）

(イ)の交通現象調査の結果より、モデルケースとして東交差点付近の 4 カ所の交差点について、JICA 専門家が信号制御改良案を作成し、交通管制センターの職員が既存システムへの適用を行う。

(4) 本邦研修による技術指導（2020 年 5 月）

交通管制センターの職員を中心とした、信号制御に関わる担当者を対象に、本邦研修を実施し、日本の交通管制センターの運用状況や交通工学にも続く適切な信号制御の設定に係る技術指導を通して信号制御技術の習得を行う。

(5) 中心部交差点での信号制御の見直し・運用（2020 年 6 月）

(2)の交通現象調査の結果より、交通管制センターの職員が本邦研修で習得した技術を基に JICA 専門家の指導を受け、中心部周辺の 13 カ所の交差点の信号制御改良案を作成し、既存シ

システムへの適用を行い、日々の運用を行う。

(6) 信号制御の見直し後交通現象調査（2020年9月）

信号制御の見直し後の交通状況を把握するため、交通現象調査（車種別方向別流入交通量、先詰まり、渋滞長、捌き交通量、旅行時間）を実施する。

(7) 信号制御の見直しによる評価（2020年11月）

信号制御システムの改良による交通渋滞緩和の効果を(6)の交通現象調査の結果より評価する。

2.3 関係機関

道路交通開発省、UB市大気汚染対策局、UB市交通管制センター、UB市交通計画調整エンジニアリング局

2.4 実施予定表

実施内容	年月	2019										2020												2021						
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7~	
(1) 交通管制システムの把握																														
(2) 交通現象調査（信号制御の見直し前）																														
(3) 信号制御の見直し（モデルケース・東交差点4カ所）																														
(4) 技術指導（本邦研修）																														
(5) 信号制御の見直し・運用（中心部交差点14カ所）																														
(6) 交通現象調査（信号制御の見直し後）																														
(7) 信号制御の見直しによる評価																														

2.5 事業の最終目標

UB市交通管制センターの職員が、JICA 専門家の技術指導により交通工学に基づく信号制御システムの設定・運用技術を習得し、その技術を使用して自立的に信号制御システムの運用を継続できる組織になること。また、その結果として交通渋滞が緩和して大気汚染が軽減されること。

3 エコドライブ

3.1 目的

2019年1月24日の国家環境汚染削減委員会による決定では、2019年5月15日から汚染物質排出量が基準超過の自動車及び排ガスフィルターのないディーゼルバス、トラックの市内走行を制御する検査を定期的の実施することがUB市長、道路交通副大臣、交通警察庁長官に命じている。このようなディーゼル車に対する汚染削減の対策を実行するため、対象となるディーゼルバスやトラックについて大気汚染物質の排出抑制を目的として、対象車両にエコドライブ支援機器を導入し、エコドライブを実施する。

3.2 実施内容

(1) 通常運転時の排出ガス測定（2019年10月）

エコドライブ導入による排出ガス低減効果を明らかにするため、フェーズ2で技術移転した車載型排出ガス計測器を取り付け、通常運転時（エコドライブ導入前）の排出ガス測定を代表

車種 1 台にて実施する。

(2) エコドライブ支援機器の導入 (2020 年 1 月)

エコドライブ支援機器を民間バス 10 台、市水道局トラック 10 台、ゴミ収集車 10 台の計 30 台に搭載する。

(3) エコドライブ教育 (2020 年 4 月)

運転手及び運行管理者に対してエコドライブ教育（エコドライブの方法、支援機器を用いた管理の方法）を実施する。

(4) エコドライブ時の排出ガス測定 (2020 年 9 月)

エコドライブ導入による排出ガス低減効果を明らかにするため、フェーズ 2 で技術移転した車載型排出ガス計測器を取り付け、エコドライブ時の排出ガス測定を実施する。

(5) エコドライブ導入による排出ガス低減効果の評価 (2020 年 11 月)

通常運転時、エコドライブ時の排出ガス測定の結果より、エコドライブ導入における大気汚染物質の排出抑制効果を明らかにする。

(6) エコドライブの普及啓発 (2020 年 4 月以降、継続的に実施)

エコドライブによる大気汚染物質の排出抑制のため、HP による広報やリーフレットを配布することにより、広く市民に普及させる普及啓発活動を行う。

3.3 関係機関

道路交通開発省、UB 市大気汚染対策局、UB 市公共交通運輸局

3.4 実施予定表

実施内容	年月	2019												2020												2021						
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7~			
(1) 通常運転時の排出ガス測定																																
(2) エコドライブ支援機器の導入																																
(3) エコドライブ教育																																
(4) エコドライブ時の排出ガス測定																																
(5) エコドライブ導入による排出ガス低減効果の評価																																
(6) エコドライブの普及啓発																																

3.5 事業の最終目標

UB 市大気汚染対策局が、バス事業者や UB 市の関連機関にエコドライブを導入させることにより、大気汚染物質の排出抑制効果を明らかにすること。また、エコドライブによる排出抑制を広く市民に普及するため、普及啓発活動を行うこと。その結果として、エコドライブが普及して大気汚染が軽減されること。

4 DPF

4.1 目的

2019 年 1 月 24 日の国家環境汚染削減委員会による決定では、2019 年 4 月 1 日から UB 市公共バスへフィルター設置に係る対策を実施することを道路交通開発副大臣及び UB 市長に命じている。JICA 普及・実証事業で導入されたコモテック製 DPF は、価格及び製品供給の面で対象車両

全てをカバーすることが難しい状況である。そのため、他社製の DPF の導入が不可欠と考えられるが、導入される DPF の PM 捕集性能及び安全性を評価する必要がある。よって、大気汚染物質の排出抑制を目的として、DPF 製品の性能評価方法を構築し、DPF 製品の評価を実施することで自動車関連規制の実効性を図る。

4.2 実施内容

(1) DPF 製品の性能評価方法の構築（2019 年 9 月）

DPF 製品の性能を評価するため、評価方法を構築する。評価方法は、フェーズ 2 で技術移転した車載型排出ガス計測器を取り付けて排出ガス（PM）を測定する方法論を想定している。PM 削減性能については、MNS に規定されている排出基準（オパシティーで 40%）に対応する評価基準を設定する予定である。安全性能については、車両に DPF 製品を取り付け、登坂路線及び高速走行路線などを走行して負荷をかけた際に、火災が発生しないなどの安全性の評価する方法論を想定している。

(2) DPF 製品の性能評価の実施（2020 年 4 月、9 月）

新たな DPF 製品が提案された場合、(1)の方法を用いて、車載型排出ガス計測器による PM 削減性能や火災が発生しないなどの安全性能についての評価を実施する。

(3) DPF の装着を義務づける自動車関連規制の導入支援（2019 年 9 月～2021 年 1 月）

2019 年 4 月 1 日から UB 市公共バスへフィルター設置に係る対策を実施することを命じていることから、導入に関わる制度構築などの準備を支援する。UB 市内の 900 台のディーゼルバス及び 14000 台のトラックへの DPF 装着義務について、補助金制度の新設や猶予期間を設けた制度構築などの支援を行う。

(4) DPF 製品の性能評価による排出ガス低減効果の評価（2021 年 5 月）

DPF 製品の性能評価を行った結果から、排出ガス低減効果を明らかにする。

4.3 関係機関

道路交通開発省、UB 市大気汚染対策局、UB 市監査庁、UB 市公共交通運輸局

4.4 実施予定表

実施内容	年月	2019												2020												2021						
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7~			
(1) DPF製品の性能評価方法																																
(2) DPF製品の性能評価の実施																																
(3) DPFの装着を義務づける自動車関連規制の導入支援																																
(4) DPF製品の性能評価による排出ガス低減効果の評価																																

4.5 事業の最終目標

DPF の装着を義務づける自動車関連規制が導入され、規定された PM 捕集性能や安全性が評価された DPF 製品が導入されること。その結果として、DPF 装着車が増加して大気汚染が軽減されること。

5 低硫黄燃料及び低排出ガス自動車の導入

5.1 目的

2019年1月24日の国家環境汚染削減委員会による決定では、EURO5基準適合を満たした燃料の安定供給を図ることを鉱業・重工業副大臣に命じている。また、市公共バスはEURO5基準を満たしたバスに更新することを道路交通開発副大臣及びUB市長に命じている。なお、現時点でEUROV燃料は、段階的な導入を目指すとされている。大気汚染物質の排出抑制には、排出ガス規制値の小さい排出ガス規制（EURO-V以上）の車両を導入していく必要がある。そのために低硫黄（10ppm以下、EURO-V）の燃料を普及させなければならない。よって、大気汚染物質の排出抑制を目的として、市場の燃料の硫黄分を計測して確認しながら、低硫黄燃料の着実な普及を図るとともに、低排出ガスの車両の導入を促進する。

5.2 実施内容

(1) 燃料の硫黄分の計測（2020年1月、8月、2021年1月）

市場で販売されている燃料の硫黄分を評価するため、ガソリンスタンドからサンプル燃料を収集し、その硫黄分を計測する。硫黄分の計測は、蛍光X線硫黄分析器を導入して簡易に測定できるような体制を構築する。

(2) 低硫黄燃料及び低排出ガス自動車を普及させる自動車関連規制の導入支援（2020年1月、8月、2021年1月）

2019年5月に導入予定の自動車関連規制について、導入に関わる制度構築（新車で導入されるEURO-V適合車両の定義をMNSに明記することなど）の準備を支援する。低硫黄燃料の使用及び低排出ガス自動車の導入を広く市民一般に広報して普及を図る支援を行う。

(3) 低硫黄燃料及び低排出ガス自動車の導入による排出ガス低減効果の評価（2021年5月）

低硫黄燃料の導入によりPM排出量の低減効果や排出ガス低減装置の機能維持、低硫黄燃料普及による低排出ガス自動車導入による排出ガス低減効果を明らかにする。

5.3 関係機関

鉱物・重工業省、道路交通開発省、国家監査庁、UB市大気汚染対策局、UB市鉱物石油庁、UB市監査庁

5.4 実施予定表

実施内容	年月	2019										2020												2021						
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7~	
(1) 燃料の硫黄分の計測																														
(2) 低硫黄燃料及び低排出ガス自動車を普及させる自動車関連規制の導入支援																														
(3) 低硫黄燃料及び低排出ガス自動車の導入による排出ガス低減効果の評価																														

5.5 事業の最終目標

低硫黄燃料及び低排出ガス自動車を普及する自動車関連規制が導入され、低硫黄の燃料が普及したことを確認すること。その結果として、低排出ガス自動車が増加して大気汚染が軽減される

こと。

6 RSD と自動車排ガス簡易測定機材（オパシメーター）

6.1 目的

2019 年 1 月 24 日の国家環境汚染削減委員会による決定では、首都の検問料金所を通過する自動車の排ガス測定の実施、大気汚染物質の排出許容量を超過した自動車の UB 市内への進入を抑えることを UB 市長及び交通警察庁長官に命じている。また、RSD の導入が国家プログラムに取り入れられたことから、フェーズ 2 終了間際に試験的に RSD 調査が実施されたが、同装置を用いた運行規制に係る排出基準値（排出基準を作成するための閾値）の検討はなされていない。そのため、RSD を用いて UB 市内の路上で排出ガスデータを取得するとともに、ポータブル排出ガス測定機材であるオパシメータ（車検機器である MEXA-600S）を用いてディーゼル車を計測し、RSD 計測値とオパシメータの計測値の関係から、MNS に規定されている排出基準（オパシティーで 40%）に対応する RSD の排出基準値を作成しなければならない。よって、大気汚染物質の排出抑制を目的として、2019 年 5 月の自動車関連規制を導入後に、道路運輸開発省及び UB 市交通局が自主的かつ頻繁に路上検査を実施して、超過車両に対して罰則金、運行規制、整備命令等を行い、自動車関連規制の着実な実行を行う。

6.2 実施内容

(1) 運行規制に係る排出基準値の検討（2020 年 4 月）

レンタルする RSD を用いて UB 市内の路上で排出ガスデータを取得する。RSD で排出ガスデータが取得できたディーゼル車両を停止させ、ポータブル排出ガス測定機材であるオパシメータ（車検機器である MEXA-600S）を用いて計測を行う。取得した RSD 計測値とオパシメータの計測値から関係を明らかにし、MNS に規定されている排出基準（オパシティーで 40%）に対応する RSD の排出基準値を作成する。

(2) RSD 及びオパシメータを用いた自動車関連規制の導入支援（2020 年 1 月、8 月、2021 年 1 月）

2019 年 5 月に導入された自動車関連規制について、導入に関わる制度構築などの準備を支援する。具体的には、RSD 計測値に対する排出基準値の作成、自動車関連規制による罰則金、整備命令等の規定作成について検討を行う。

(3) RSD の導入支援（2020 年 8 月、2021 年 1 月）

道路運輸開発省及び UB 市交通局が RSD を導入し、いつでも路上検査ができる体制を取れるよう支援を行う。

(4) RSD 及びオパシメータを用いた排出ガス規制による排出ガス低減効果の評価（2021 年 5 月）

RSD 及びオパシメータを用いた排出ガス規制を行った際の排出ガス低減効果を明らかにする。

6.3 関係機関

道路交通開発省、国家交通センター、UB 市大気汚染対策局、UB 市交通運輸局、UB 市監査庁

6.4 実施予定表

実施内容	年月	2019										2020												2021						
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7~	
(1) 運行規制に係る排出基準値の検討																														
(2) RSD及びオパシメーターを用いた自動車関連規制の導入支援																														
(3) RSDの導入支援																														
(4) RSD及びオパシメーターを用いた排出ガス規制による排出ガス低減効果の評価																														

6.5 事業の最終目標

RSD 及びオパシメーターを用いた排出ガス規制が導入され、超過車両に対して罰則金、運行規制、整備命令等を行い、着実な実行を行うこと。その結果として、MNS に規定される排出基準（オパシメーターで 40%）を満たさない車両が排除され、大気汚染が軽減されること。

●技術面の基本方針

7 車載型自動車排ガス測定装置

7.1 目的

フェーズ 2 で技術移転した車載型自動車排ガス測定装置（以下「車載計」という）の活用状況、技術移転の定着状況を把握し、車載計の適正な管理と活用を進める。

7.2 実施内容

(1) 排出ガス測定の実績確認（2019 年 5 月）

フェーズ 2 で供与された車載計の活用について、フェーズ 2 終了後の活用実績を確認した。

下表の通り、6 件の計測事例が UB 市大気汚染対策実施局のシニア専門家より報告があった。

No	測定日	測定依頼者
1	2016.04	"NANO-ENERGY" 株式会社 ARCHOIL 燃料の混合液
2	2016.06	"TEZA" 株式会社 モンゴル発明 の羊毛集塵機
3	2017.03	"Lubricon Mongolia" 株式会社 A-112M 燃料用混合液
4	2017.09	"Lubricon Mongolia" 株式会社 A-112M 燃料用混合液
5	2018.01	"ISOO" 株式会社 "Blade" 集塵機
6	2018.09	"SBL" 株式会社 "HHO" 発電機及びドピングシステム/ モンゴル発明/

(2) 車載計の保有機関の再選定（2019 年 8 月）

車載計を保有している国家気象・環境モニタリング庁は、計測機会がないことから適正なる活用と管理がなされていないため、車載計を有効に活用できる国家交通センターへ譲渡された。

さらに、車載計の適正なる管理と活用を進める。

(3) 排出ガス測定の実績確認の定着（2019 年 9 月、2020 年 1 月、4 月、9 月）

フェーズ 2 において、UB 市大気汚染対策実施局及び国家気象・環境モニタリング庁の計測技術者、及びデータ処理技術者への技術移転は、計測技術者 2 名、データ処理技術者 4 名に終了している。しかし、データ処理技術者の 3 名が離任、1 名が育休により、データ処理技術者が不在となっている。また、車載計の保有機関が国家気象・環境モニタリング庁から国家交通センターへ変更されたことに伴い、国家交通センターの技術者への技術移転が必要である。そのため、パイロットプロジェクトのエコドライブや DPF における車載計の排出ガス調査で再度、技術研修を行い、技術移転を確実に定着させる。

7.3 関係機関

国家交通センター、UB 市大気汚染対策局

7.4 実施予定表

実施内容	年月	2019										2020												2021						
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7~	
(1) 排出ガス測定の実績確認																														
(2) 車載計の保有機関の再選定																														
(3) 排出ガス測定の実績確認の定着																														

7.5 事業の最終目標

確実に技術移転を定着し、大気汚染の改善のために車載計が活用されること。

自動車パイロット事業

2022年1月
モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
(フェーズⅢ)

目次

1. 信号制御
2. 低硫黄燃料・低排出ガス車
3. DPF
4. RSD
5. エコドライブ

1. 信号制御

3

①信号制御の必要性

■ 交通管制システムの運用

現在の交通管制システムは、一部の交差点で交通量の調査結果及びイベントによる交通状況の変化を勘案した信号制御の改良が行われている。

■ 現状の問題点

日々、交通量調査に基づく信号制御の改良がされているが、さらなる運用の高度化として、JICAプロジェクトで実施した交通現象解析のような詳細な調査に基づく交通工学的な観点からの信号制御の改良が求められている。

■ 信号制御の改良の技術移転

UB市内17交差点における交通現象調査を実施して実際の交通状況を把握し、本邦研修を行いながら交通工学に基づく信号制御を改良する技術を習得して、17地点の実データを用いた信号制御の改良を実施。

■ 効果

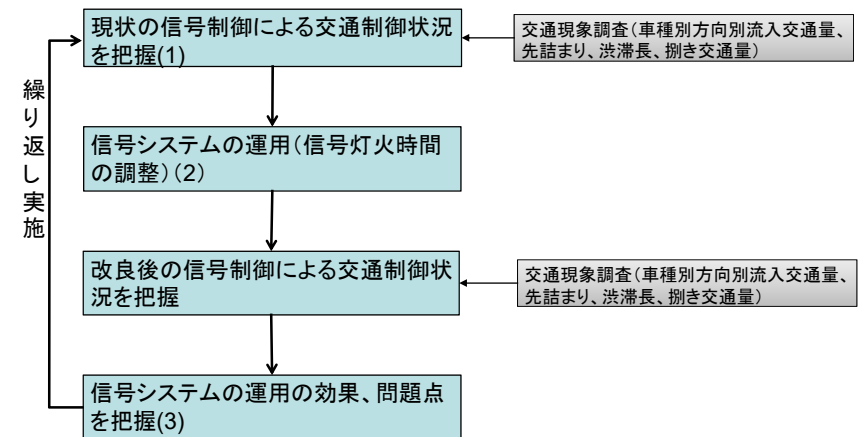
信号制御の技術を身に付け、信号の灯火時間の調整により、交通渋滞が改善されることにより、自動車からの排出ガスが少なくなり、大気汚染が改善される。

1. 信号制御

4

②信号制御の改良

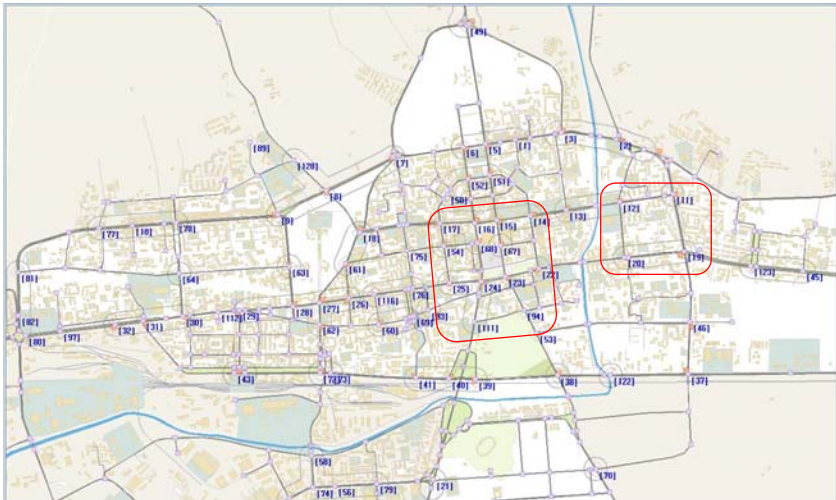
・ 交通管制システムの運用方法



1. 信号制御

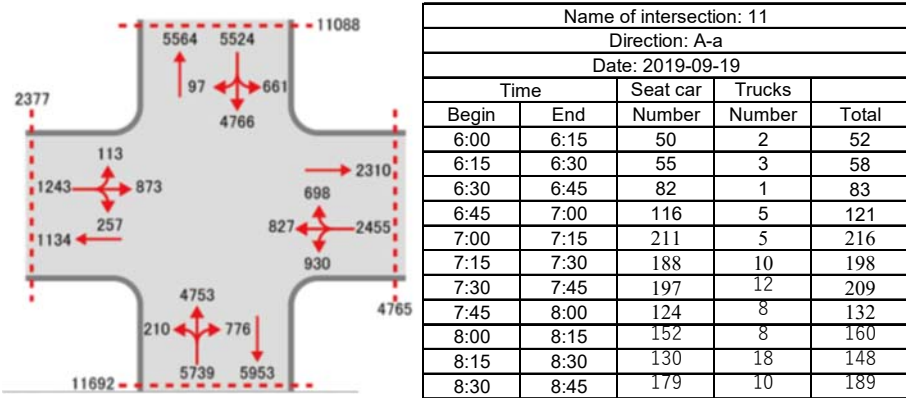
5

- ②信号制御の改良
- ・UB市内17交差点（赤枠内）について、信号制御の改良を実施予定。
 - ・2019年9月に交通現象調査、2019年10月に東4交差点の信号制御の改良



1. 信号制御

- ②信号制御の改良
- 交通現象調査で交差点の方向別交通量等の現状を把握（トンネル東交差点）



6

1. 信号制御

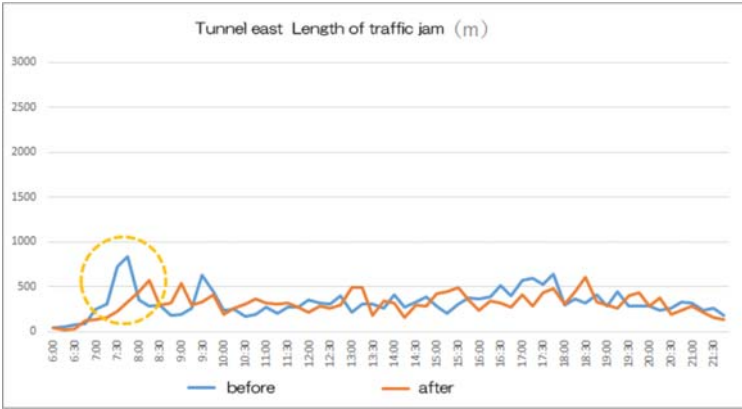
- ②信号制御の改良
- 調査結果を基に信号の灯火時間を変更（トンネル東交差点）

Present condition(sec)						Improvement(sec)						Increase and decrease(sec)					
11. Sansariin tunnel zuun						11. Sansariin tunnel zuun											
Phase	1	2	3	4	Cycle time	Phase	1	2	3	4	Cycle time	Phase	1	2	3	4	Cycle time
00:00-06:00	23	20	42	25	110	0:00-6:00	23	20	42	25	110	0:00-6:00	0	0	0	0	0
06:00-10:00	30	20	44	26	120	6:00-9:00	34	18	39	29	120	6:00-9:00	4	-2	-5	3	0
10:00-16:00	25	20	50	25	120	9:00-12:00	35	12	34	39	120	9:00-12:00	10	-8	-16	14	0
10:00-16:00	25	20	50	25	120	12:00-16:00	39	12	30	39	120	12:00-16:00	14	-8	-20	14	0
16:00-22:00	30	20	55	25	130	16:00-22:00	32	16	31	47	120	16:00-22:00	2	-10	-24	22	-10
22:00-00:00	23	20	42	25	110	22:00-0:00	23	20	42	25	110	22:00-0:00	0	0	0	0	0

※Phase1, 4は灯火時間を増加させ、Phase2, 3は灯火時間を減少させた

1. 信号制御

- ②信号制御の改良
- 【結果】
- (1) トンネル東交差点
- ・交差点総渋滞長（以後「総渋滞長」）は事後が約5%減少。
 - ・朝の渋滞発生が遅くなり、渋滞が抑制された。
 - ・方向別では南方向の渋滞長は、事前125mが事後60mに半減。

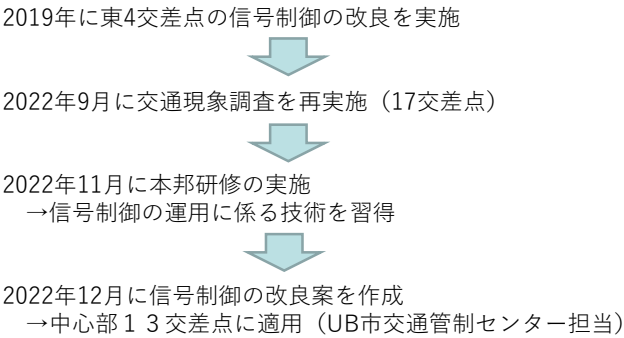


7

1. 信号制御

9

③信号制御の今後の予定



2. 低硫黄燃料・低排出ガス車

10

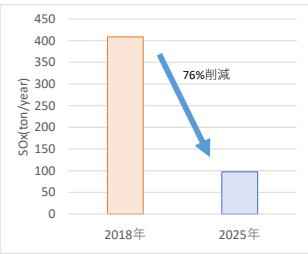
①低硫黄燃料の必要性

■ 低排出ガス車の導入
自動車からの大気汚染物質の削減のため、低排出ガス車の導入が必要。
ただし、高度な排出ガス低減システム（三元触媒、酸化触媒、DPF）を維持するため、低硫黄燃料が必要。

■ 低硫黄燃料の導入
低排出ガス車の導入のため、燃料の低硫黄化が必要。
硫黄分は、Euro5（10ppm）基準であることが必要。

■ 効果
大気汚染物質（SOx、NOx、PM）の削減され、DPFの耐久性向上と性能向上とともに、排出ガス低減システムを良好な状態に維持することが可能。

※2025年にEuro5燃料の販売割合が80%になると、SOxは76%低減される。



2. 低硫黄燃料・低排出ガス車

11

②日本における低硫黄化

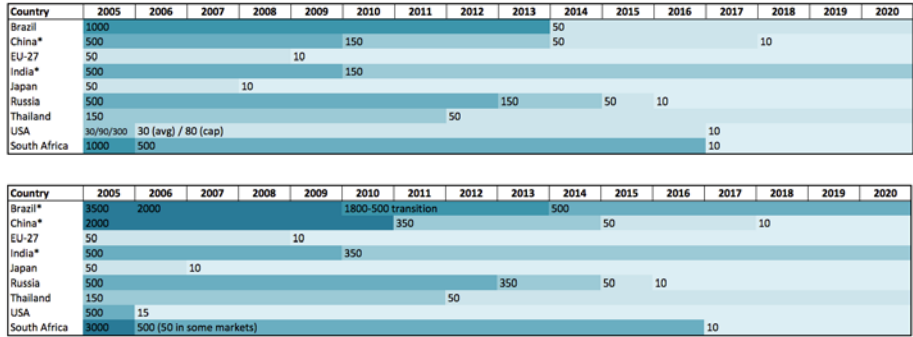
- 第一段階
ディーゼル車から排出されるNOx排出量を減らす為に必要なEGR装置（排ガス再循環）への対応の為、1992年10月から、5,000ppm以下から2,000ppm以下まで低減しました。
- 第二段階
PMの排出量を減らす為の排ガス後処理装置（酸化触媒やトラップオキシダイザー）への対応の為、1997年7月から、500ppm以下まで低減しました。
- 第三段階
2005年の新長期規制に向けたディーゼル車の排ガス対策として、DPF（前述）等の後処理装置の導入が必要とされ、ガソリン同様に2004年末までに硫黄分を500ppm以下から50ppm以下とする規制を決定。こうした中、石油業界は、大気環境対策を先進的に進めている。東京都などからの強い要請に対し、自主的な取り組みとして、2003年4月、規制時期より1年9ヶ月前倒して、50ppm軽油の全国販売を開始しました。なお、2003年10月1日より1都3県のディーゼル車の排出ガス規制のため規制に適合しない車両の走行が禁止された。ただし、知事指定のDPF等の装着で走行可である。
- 第四段階
石油連盟加盟の石油精製・元売各社は、世界に先駆け2005年1月からサルファーフリー（硫黄分10ppm以下）のガソリンと軽油の供給を開始するとの発表しました。

2. 低硫黄燃料・低排出ガス車

12

③世界における低硫黄化

世界各国における硫黄分の推移(ppm、上段：ガソリン、下段：軽油)



2. 低硫黄燃料・低排出ガス車13

④モンゴルにおける低硫黄化
2021年11月に蛍光X線硫黄分析計を供与しました。これを用いて、2021年11月11日にUB市内のガソリンスタンドで販売されている燃料の硫黄分を分析しました。



2. 低硫黄燃料・低排出ガス車14

④モンゴルにおける低硫黄化
UB市内の5つの販売店の19検体について分析した結果、Euro5基準を満たしていた燃料は3検体でした。

販売会社	スタンド名	燃料種類	グレード	Euro5	硫黄分(ppm)
MT	サーカス前	ガソリン	92		381
			95		51
		軽油	Disel		1601
			Disel	Euro5	29
Shunkhlai	サルール食料市場	ガソリン	92		365
			95		63
			98		44
		軽油	Disel	Euro5	31
Tes	太陽橋付近	ガソリン	92		336
			95		97
		軽油	Disel		428
Sod Mongol	鉄道博物館付近	ガソリン	92		375
			95		9
		軽油	Disel		901
Petrobis	ピースブリッジホテル近く	ガソリン	92		128
			92	Euro5	2
			95		49
			98		-5
		軽油	Disel		2373

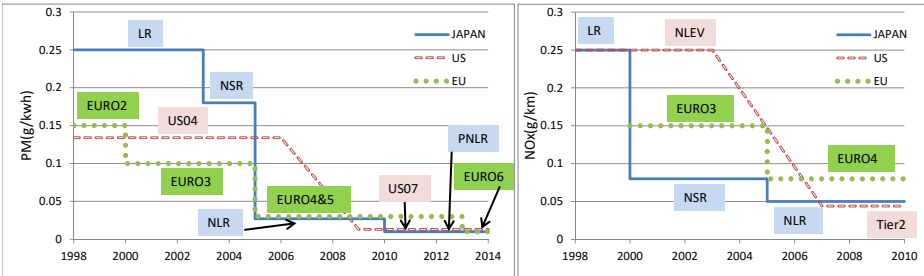
2. 低硫黄燃料・低排出ガス車15

④モンゴルにおける低硫黄化
鉱業重工業省は、低硫黄燃料の普及を実現するため、以下の活動を進めている。

- ・財務省に燃料の特別税を課す（通常燃料との価格差を特別税で調整）
- ・自然環境観光省に大気汚染改善地域で質の悪い燃料を販売しない大気法の改正案を提案（EURO-5基準に不適合な燃料を小売の販売を禁じる法的な環境を整える方針）
- ・国家大気汚染低減委員会の実施メニューに追加してもらい、意思決定者に上記の法整備を提案してもらう

2. 低硫黄燃料・低排出ガス車16

⑤世界における低排出ガス車の普及
○排出ガス規制
日本・米国・欧州では、排出ガス規制の強化が最も効果的な排出量削減対策と考え、「**新車適用規制**」と呼ばれる**製造・輸入時の自動車排出ガス規制を導入、年々強化し、排出量が少ない車両を普及させる**ことで排出量を削減してきた。車両毎の適合状況は各国の走行モードを用いて測定・評価している。



※日本:LR(Long-term Regulations)→NSR(New Short-term Regulations)→NLR(New Long-term Regulations)→PNLR(Post New Long-term Regulations) ※米国:US04→US07
※欧州:EURO2→EURO3→EURO4→EURO5→EURO6
※欧州の2000年以前はNOx+HCで規制値が策定
※米国:NLEV→Tier2
※日本:LR→NSR→NLR
※米国:EURO3→EURO4

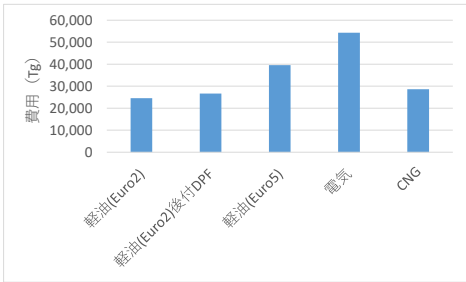
日米欧における排出ガス規制値推移(左図：ディーゼル重量車(PM)、右図：ガソリン乗用車(NOx))

2. 低硫黄燃料・低排出ガス車 17

⑥モンゴルにおける低排出ガス車の普及
低排出ガス車の費用（5年間の車両導入費&燃料費）を検討した。
費用は、現状の軽油（Euro2）に比べ、軽油(Euro2)後付DPF、CNG、軽油（Euro5）、電気の順で安いことがわかる。

項目	軽油(Euro2)	軽油(Euro2)後付DPF	軽油(Euro5)	電気	CNG
モンゴル導入車両価格	600 万円	685 万円	1,200 万円	2,000 万円	800 万円
5年間の燃料（電気）費用	15,000 万Tg	17,125 万Tg	30,000 万Tg	50,000 万Tg	20,000 万Tg
5年間の総費用	24,542 万Tg	26,667 万Tg	39,542 万Tg	54,271 万Tg	28,594 万Tg

※1円＝25Tgと想定
※後付けDPFは本体75万円＋設置費10万円を想定
※Euro5バスはモンゴルで導入された実績が無く価格が不明なため、Euro4バス(ECOBUS)の価格を参考に想定した。



2. 低硫黄燃料・低排出ガス車 19

⑤世界における低排出ガス車の普及
○モンゴルにおける排出ガス規制の必要性
現状：製造年の古い車両を排除する対策を進めている。→ ❌

自動車の排出量の大小は、製造年では判断できない。
自動車製造会社は、新車のEuro 2も新車のEuro 5も販売している。

排出量の少ない自動車 → 排出ガス規制が新しい自動車（Euro 5 ,Euro 6）

モンゴルに輸入する自動車は、排出ガス規制が新しい自動車にする。
＝排出ガス規制（Euro 5 以上でないとう輸入できないように規定）

2. 低硫黄燃料・低排出ガス車 18

⑥モンゴルにおける低排出ガス車の普及
低排出ガス車の排出量削減効果、費用対効果を検討した。
軽油（EURO5）はNOx、PM、CNGはPM、SOxで削減効果大きい。
電気は直接排出はないが、発電所の排出分を加味するとPM、SOxが増える。
費用対効果では、CNG、軽油（EURO5）の順で良好である。
電気は、排出量削減効果、費用対効果を考慮すると、お勧めできない。

燃料種類	軽油(EURO2)	軽油(EURO2)後付DPF	軽油(EURO5)	電気	CNG
日走行距離(km/日)	100				
NOx排出量(kg/5年)	2,964	3,299	686	678	1,208
PM排出量(kg/5年)	140	35	2	1,009	0
SOx排出量(kg/5年)	66	66	66	607	0
モンゴル導入車両価格(百万Tg/5年)	245	267	395	543	286
NOx費用対効果(百万Tg/ton)			66	130	23
PM費用対効果(百万Tg/ton)		201	1,087		289
SOx費用対効果(百万Tg/ton)		0	0		618

※1円＝25Tgと想定
※UB市内の平均旅行速度は11.9km/hと仮定(2021/11/9～11/10の車載計測定結果より)
※網掛け部分は対策を実施することにより対策前よりも排出量が増える事を示す。

2. 低硫黄燃料・低排出ガス車 20

⑦低硫黄燃料・低排出ガス車の今後の予定
春、秋にUB市内のガソリンスタンドの燃料の硫黄分を調査。
低硫黄燃料の普及に向け、鉱業重工業省と協力して、関連の法整備を進める。
低排出ガス車の普及に向け、排出ガス規制を導入。低硫黄燃料の普及の動向を見ながら、道路交通開発省と協力して、関連の法整備を進める。

3. DPF

21

①DPFの必要性

■ DPFの後付けの必要性

UB市内のディーゼル車には、DPFが搭載されておらず、自動車から排出されるPMが非常に問題となっている。Euro5などの低排出ガス車に買い換えることが最善の策であるが、高価であるため全ての車両をすぐに買い換えることは困難。当面、走行するディーゼル車の排出ガス低減装置であるDPFを既存車両に搭載してPMを削減。

■ 効果

DPFによりPMは90%削減され、UB市内の大気汚染物質（PM）が削減される。

■ 現状

日本の援助により、24台のDPFが公共バスに搭載され、運行している。

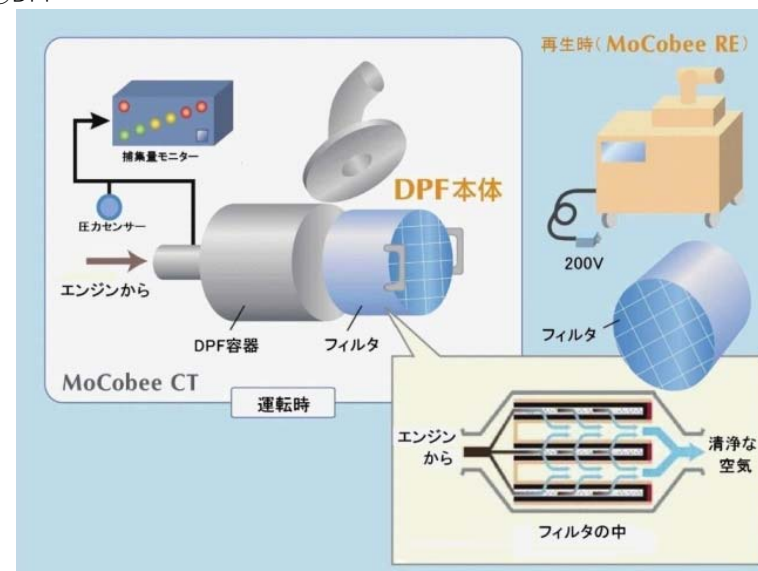


対策が必要！

3. DPF

22

②DPF



3. DPF

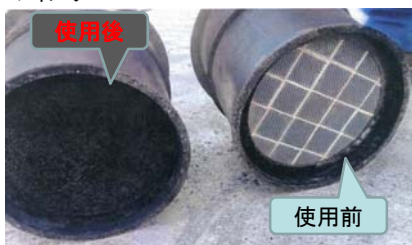
23

②DPF

DPF



フィルタ



ガーゼテスト

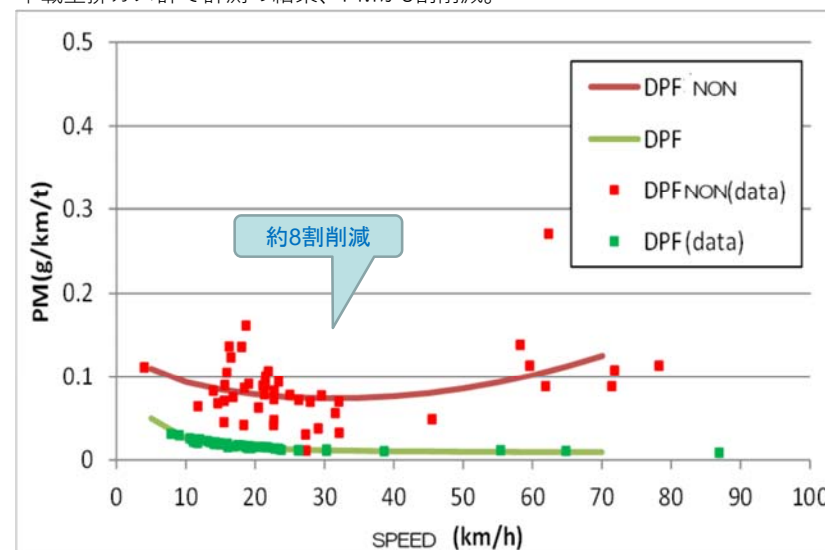


3. DPF

24

③DPFの効果

車載型排ガス計で計測の結果、PMが8割削減。

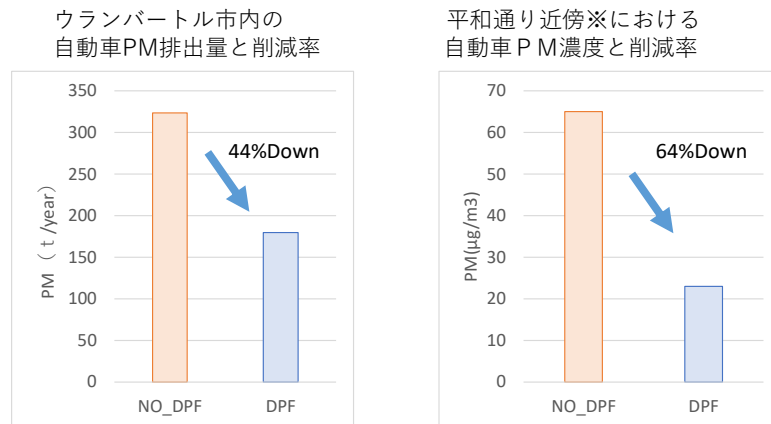


3. DPF

25

③DPFの効果

2015年4月現在にU Bにある路線バス1,117台にDPFが搭載された場合のPM削減効果（試算）を以下に示す。



※平和通り近傍とは、平和大通りチンギスハーン広場前バス停付近を想定。

3. DPF

26

④DPFの今後の予定

2019年にPM低減装置（DPF等）の性能を評価する性能評価方法を作成した



2022年に現在稼働しているDPF24台の公共バスが廃車となり、別の公共バスに移設を実施。



大型公共バスだけでなく、PM低減装置の装着を全てのディーゼル車に義務づける自動車関連規制の導入に向け、道路交通開発省と関連する法整備を進める。

4. RSD

27

①RSDの必要性

■ 運行規制の導入

自動車からの大気汚染物質の削減のため、対象地域では排出ガスが多い車両が運行しないことで大気環境が改善。

■ RSDの導入

RSDを導入して路上検査を実施することで、基準を超過した排出ガスの多い車両に対して、検査と同時に運行の停止、罰則、整備命令を出すことが可能。

■ 効果

排出ガスが多い車両を排除することで、対象地域内における大気汚染物質（NO_x、PM）が削減される。

4. RSD

28

②日本でのRSD調査



2021年1月に日本の3カ所で実施。
CO,CO₂,HC,NO,PMを計測。

10年ぐらい前には、計測した結果を表示して運転者に車の排出ガスの状況を知らせる表示板を使用した調査も実施。

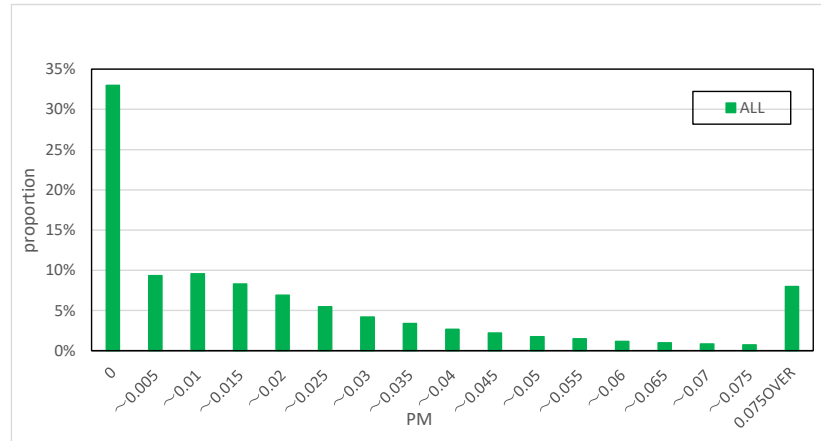


4. RSD

29

②日本でのRSD調査

PMの計測結果の一例は以下の通り。
0.075以上の高排出車量が7%程度を占めている。
ある基準を設定することで、高排出車両の抽出が可能。



4. RSD

30

③モンゴルでのRSD調査



2017年4月末に東の料金所で実施。
路上に計測器を置き、そこを通過する
車両の排出ガスを計測。



4. RSD

31

④RSDの今後の予定

2022年4月に2カ所（西の料金所、UB市内の路上）、1か月間で実施予定。
RSD及びオパシメーターを用いてUB市内の路上で排出ガスデータを取得する。

取得したRSD計測値とオパシメーターの計測値から関係を明らかにし、MNSに規定
されている排出基準（オパシメーターで40%）に対応するRSDの排出基準値を作成する。

RSD排出基準値を用いた運行規制の導入に向け、規制内容、罰則金、整備命令の検
討や条例等の法整備を道路運輸開発省と協力して進める。

道路運輸開発省及びUB市公共交通サービス局がRSDを導入し、いつでも路上検査が
できる体制を構築。

運行規制を導入して、大気汚染物質の削減。

5. エコドライブ

32

①エコドライブの必要性

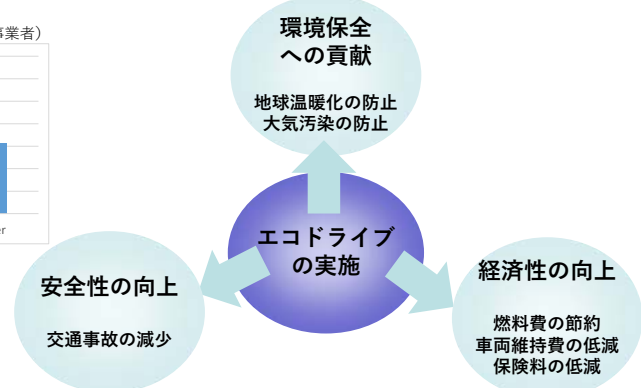
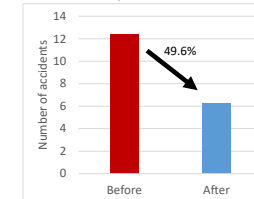
■ エコドライブとは

主に燃費向上のために自動車運転者が行う配慮を行った運転。自動車から排出
されるNOxやPM、CO2を低減する方法であり、燃料費やメンテナンスコストの
節約、ゆとりある運転による交通事故の防止などの効果もある。

■ 効果

エコドライブを実践することで、「環境保全への貢献」、「安全性の向上」、
「経済性の向上」など様々な効果が期待できる

実践効果例（トラック運送事業者）



出典：交通エコロジー・
モビリティ財団（日本）

5. エコドライブ

33

②日本におけるエコドライブ

■ エコドライブ10のすすめ

日本では、警察庁、経済産業省、国土交通省、環境省を関係省庁とする「エコドライブ普及連絡会」を設置し、普及推進を図っている

NO.	項目	内容
1	ふんわりアクセル「eスタート」	やさしい発進を心がけましょう
2	車間にゆとりをもって、加速・減速の少ない運転	車間距離は余裕をもって、交通状況に応じた安全な定速走行に努めましょう
3	減速時は早めにアクセルを踏そう	エンジンブレーキを積極的に使いましょう
4	エアコンの使用は適切に	車内を冷やしすぎないようにしましょう
5	ムダなアイドリングはやめよう	無用なアイドリングはやめましょう
6	渋滞を避け、余裕をもって出発しよう	出かける前に計画・準備をして、渋滞や道路障害等の情報をチェックしましょう
7	タイヤの空気圧から始める点検・整備	タイヤの空気圧を適正に保つなど、確実な点検・整備を実施しましょう
8	不要な荷物はおろそう	不要な荷物はつまないようにしましょう
9	走行の妨げとなる駐車はやめよう	渋滞などをまねくことから、迷惑駐車はやめましょう
10	自分の燃費を把握しよう	自分の車の燃費を把握することを習慣にしましょう。

出典：エコドライブ普及連絡会（日本）

5. エコドライブ

34

②日本におけるエコドライブ

ふんわりアクセル「eスタート」

■ 要点

- ✓ ディーゼル車の場合、平坦路や下り坂であれば、ギアを2速に入れ、アクセルを踏まないでクラッチを繋ぐだけの「クリープ発進」をする
- ✓ 加速時のアクセルの踏み込みは、大型車で70-80%程度、中型車では50%程度が目安で、踏み込みは低速ほど柔らかく短くする
- ✓ 加速時のシフトアップは素早く行い、早めに高速ギアに入れる

■ 主な効果

- ✓ 燃料使用量と大気汚染物質の低減、急発進・急加速しないことによる乗客への配慮、タイヤ摩耗の減少など車両維持費の低減

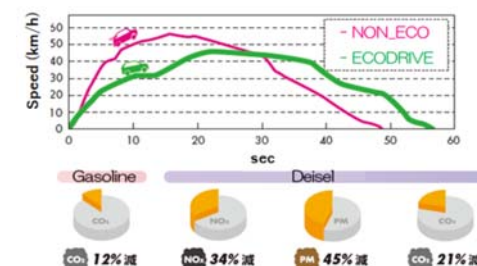


図 ふんわりアクセル実施の有無による低減効果例（C/D試験結果）

5. エコドライブ

35

③モンゴルにおける運転と大気汚染物質等の排出状況（速度ランク別）

2021年11月に車載型排ガス計を用いて、Poter（小型トラック）にて走行調査を実施。



5. エコドライブ

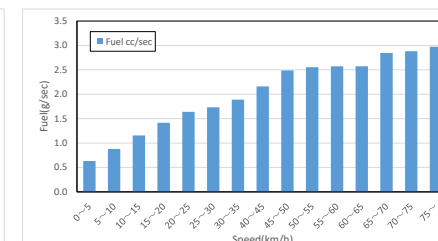
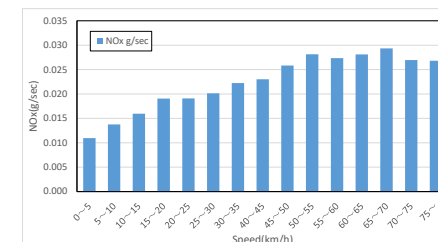
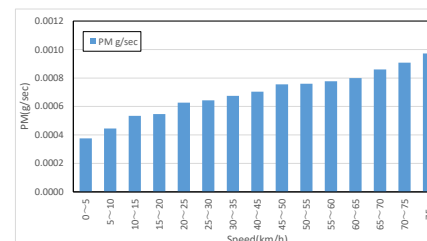
36

③モンゴルにおける運転と大気汚染物質等の排出状況（速度ランク別）

速度ランク別に比較すると、速度が高くなるほど、排出率、燃料消費率が多くなる。

削減対策の手段

=> 走行時の最高速度を抑えることにより、使用する走行速度帯が下がり、排出率、燃料消費率が削減される。



5. エコドライブ

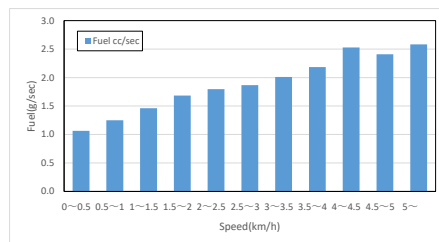
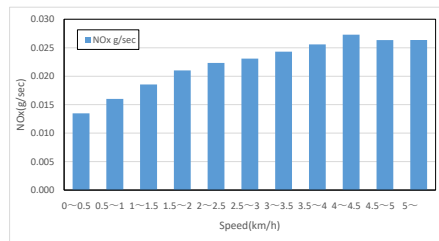
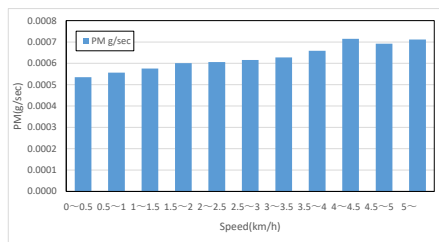
37

③モンゴルにおける運転と大気汚染物質等の排出状況（加速度ランク別）

加速度ランク別に比較すると、加速度が高くなるほど、排出率、燃料消費率が多くなる。

削減対策の手段

=> 発進時、加速時のアクセルの踏み方を緩めることで、加速が鈍くなり、使用する加速度帯が下がり、排出率、燃料消費率が削減される。



5. エコドライブ

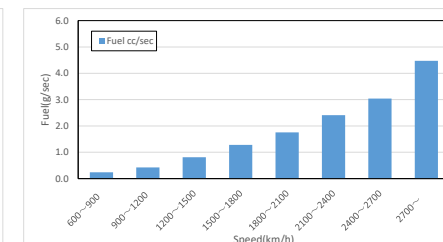
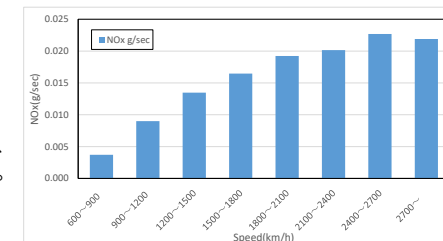
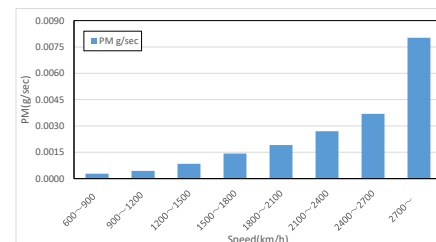
38

③モンゴルにおける運転と大気汚染物質等の排出状況（エンジン回転数ランク別）

エンジン回転数ランク別に比較すると、エンジン回転数が高くなるほど、排出率、燃料消費率が多くなる。

削減対策の手段

=> 走行時のエンジン回転数を抑えて早めにシフトアップすることで、使用するエンジン回転数が下がり、排出率、燃料消費率が削減される。



5. エコドライブ

39

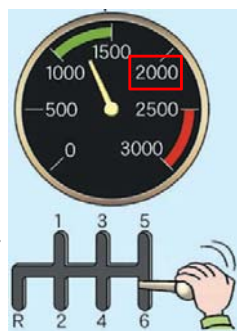
④モンゴルにおけるエコドライブの実施内容

エコドライブ

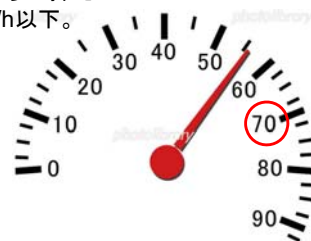
①ふんわりアクセル アクセルをゆっくり、軽く踏む



②早めのシフトアップ エンジン回転数を上げずに すぐにシフトアップ 目安は2000回転以下



③速度は控えめに 速度は少し抑えて 70km/h以下。



④急な運転はしない 急加速、急ブレーキをしないような運転 (ペットボトルが倒れないように)

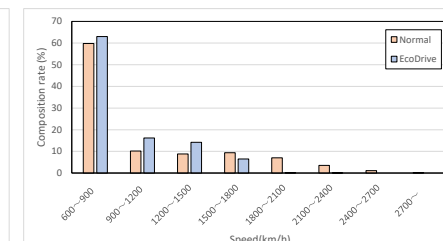
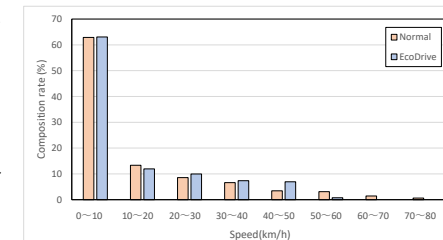
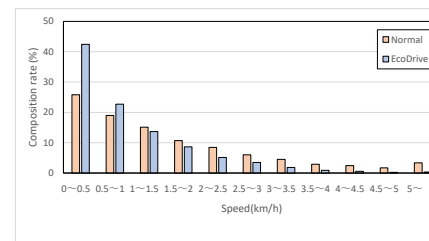
5. エコドライブ

40

④モンゴルにおけるエコドライブの実施内容

2021年11月に車載計による大気汚染物質等の排出状況より、モンゴルにおけるエコドライブ実施内容を整理し、ドライバーにエコドライブ教育を実施して、エコドライブによる走行調査を実施した。

エコドライブ前後の速度、加速度、エンジン回転数のランク別頻度を比較すると、の高い領域の頻度が減り、低い領域へシフトした事がわかる。

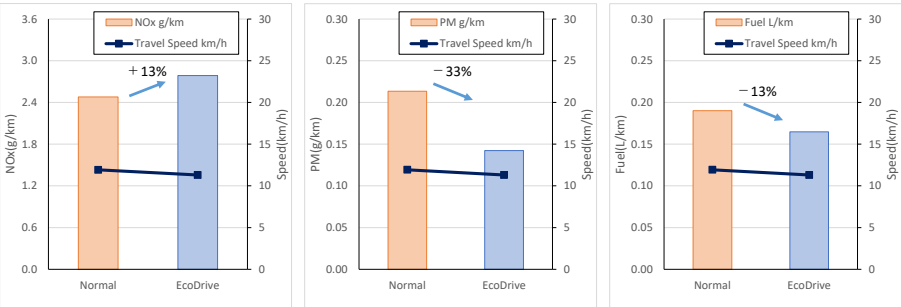


5. エコドライブ

41

④モンゴルにおけるエコドライブの実施内容

エコドライブ実施前後の大気汚染物質（NOx、PM）の排出率と燃料消費率を比較すると、NOxでは13%増、PMでは33%減、燃料消費率では13%減となった。NOxでエコドライブによる削減効果が見られなかったのは、エコドライブによる燃料の供給量が減り、燃焼が改善したことによると考えられる。一般的に、NOxとPMの排出はトレードオフの関係があるためである。



5. エコドライブ

42

⑤エコドライブの今後の予定

2021年11月小型トラックによるエコドライブ効果を把握。

2022年1月以降、乗用車、バスによるエコドライブ効果を把握。
（車載計の技術移転も同時に行う）

モンゴルに合ったエコドライブの方法、その効果を整理。

エコドライブ普及のため、パンフレット等の作成。

運行管理機器を80台に導入してエコドライブ教育を実施して普及促進。

Air Quality Simulation Result before and after Introducing Improved Fuel

Capacity Development Project for Air Pollution
Control in ULAANBAATAR City Phase 3,
JICA

1

Contents

1. Background
2. Objective
3. Emission for 2018 and 2020
4. Outline of Simulation model
5. Air Quality Simulation Result
6. Conclusion

2

1. Background

1. According to the issued joint order No.A/433-A/820 of Minister of Environment and Tourism and the Mayor of Ulaanbaatar city in August 2019 based on the 62nd cabinet decision of the Mongolian Government "On the Prohibition of Raw Coal Use", the usage of raw coal was prohibited and the usage of improved fuel was introduced in the area of the air quality improvement zone in the UB city.
2. The results of the comparison of air pollution concentrations in the winter of 2020 after the introduction of the improved fuel with those before the introduction of the improved fuel showed a decrease in PM10 concentrations, but an increase in SO2 concentrations.

3

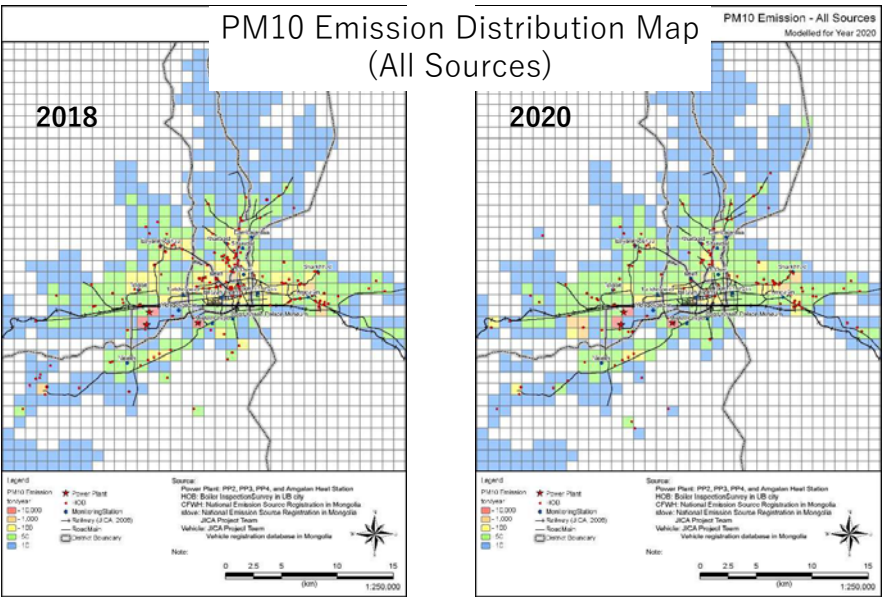
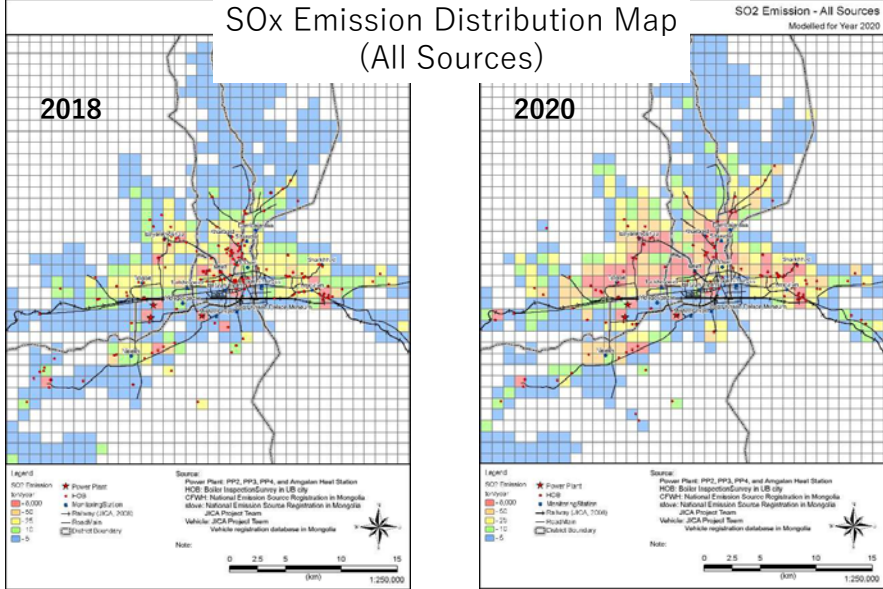
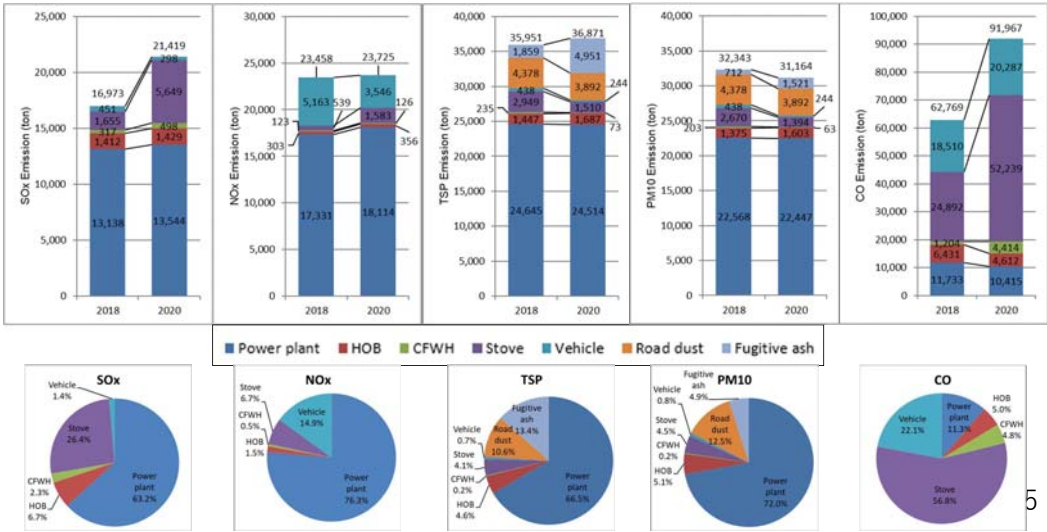
2. Objective

1. Factors of SO2 high concentration in the winter of 2020 are studied.
2. By understanding the air pollution structure in the winter of 2020 when improved fuel was used and comparing to the winter of 2018 when raw coal was used, the effect of reducing air pollution caused by using improved fuel is evaluated.

The air quality simulation model developed by using the 2018 emission data was executed using the 2020 data as input.

4

3. Emission for 2018 and 2020



4. Outline of Simulation model

Item	Contents
Model	CALPUFF Ver7.2.1
Geography	SRTM30/GTOPO30 Global Data (0 to 900 m, 30 arc-sec)
Land Use Data	USGS Land Use/Land Cover Scheme Eurasia (optimized for Asia)
Meteorology Data	WRF-ARW v4.1.5
Target Area	34 km × 28 km including the central area
Resolution	1 km × 1 km
Target Pollutant	SO ₂ , NO _x , TSP, PM ₁₀ , SO ₄ , NO ₃ , HNO ₃ , CO
Source	Emission inventory for 2018 and 2020 Power plant, HOB, CFWH, small stove for household, major road, minor road, fugitive dust from road, and fugitive ash from ash pond of power plant
Period	2018/3/1~2019/2/28 (Winter: 2018/11/1~2019/2/28)
Concentration Calculation Point	Center point in 1 km × 1 km grid Air Quality Monitoring Station point

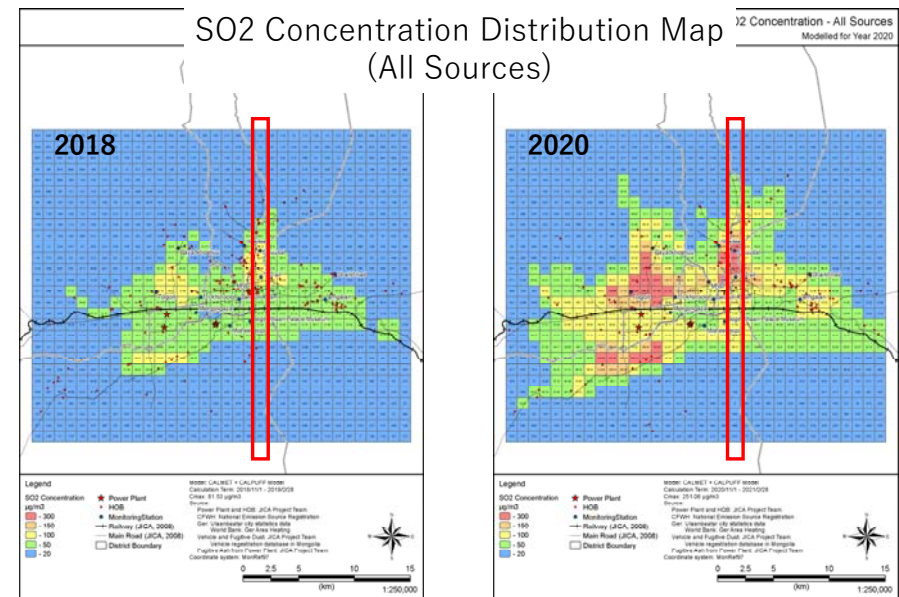
5. Air Quality Simulation Result

- The air pollution structures in the winter were evaluated for the case of raw coal used in 2018 and improved fuel used in 2020.

- Factor of high SO₂ concentration in winter 2020
- PM₁₀ reduction effect by using improved fuel

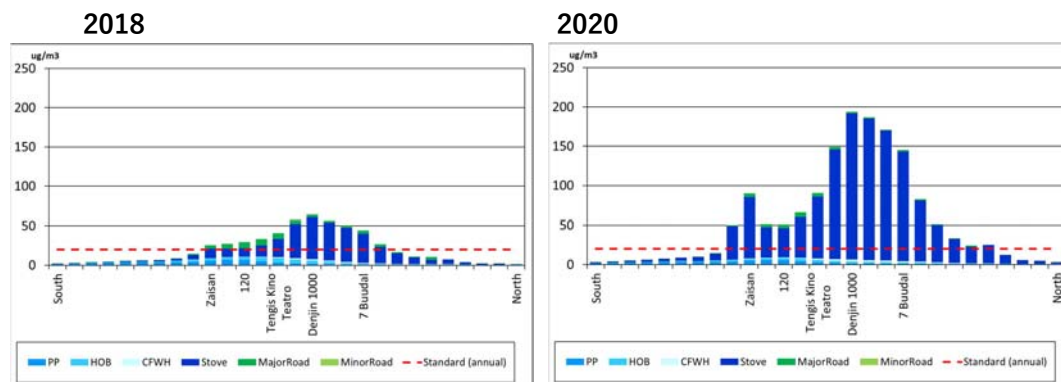
* PM₁₀ concentration considered here is only the primary particle.

9

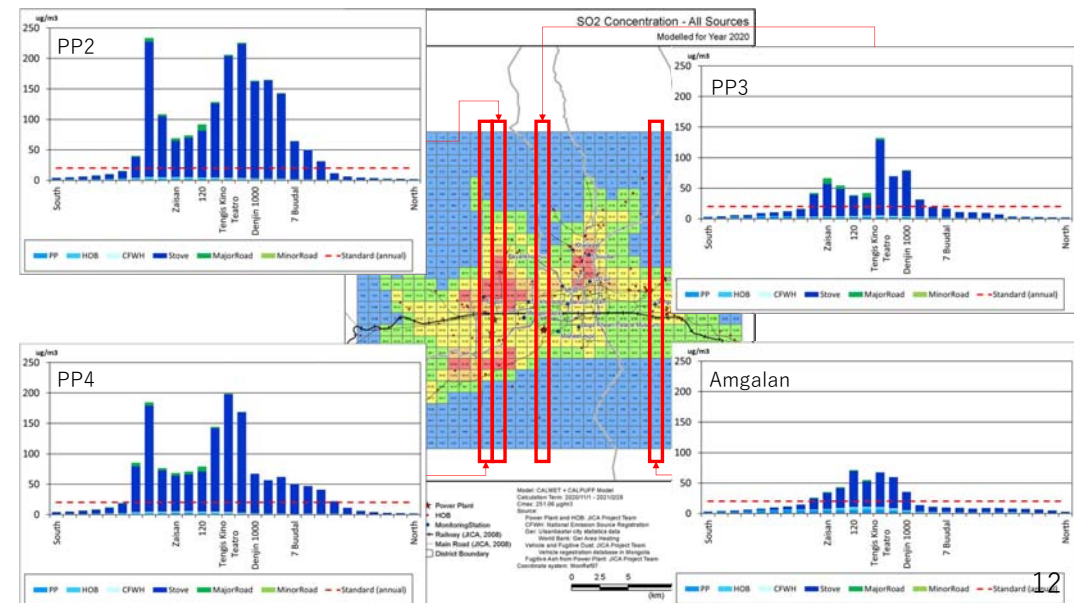


10

Cross-section Diagram (SO₂)



11

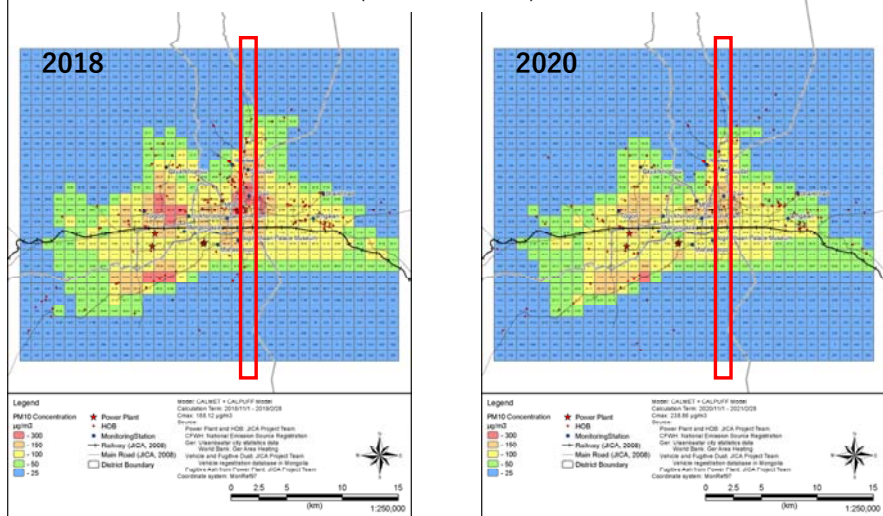


12

1417

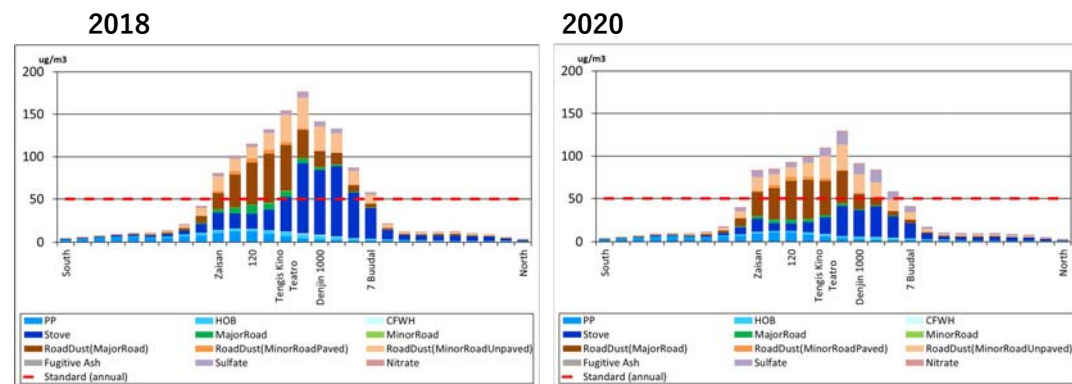
PM10 Concentration Distribution Map
(All Sources)

Concentration - All Sources
Modelled for Year 2020

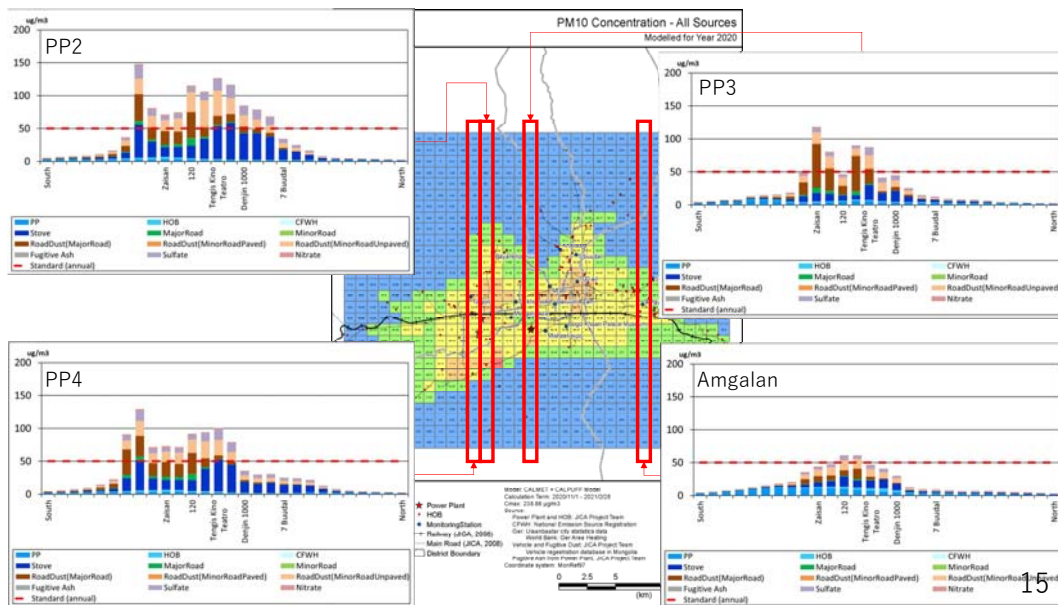


13

Cross-section Diagram (PM10)



14



15

6. Conclusion

1. By converting to improved fuel, PM10 concentration from small stoves for households decreased by about half, while SO2 concentration increased by approximately three times before and after the fuel conversion.
2. Concentrations at air quality monitoring stations in 2018 and 2020 exceeded air quality standards for both SO2 and PM10.
3. The concentrations are particularly high in the northern and southwestern parts of UB city, where many small stoves for household are used.
4. Converting to improved fuel is a measure that leads to PM10 concentration reduction. On the other hand, in order to reduce SOx emission and SO2 concentration, it is necessary to improve the fuel to reduce sulfur content.

16

Thank you for your attention!

モンゴル国

ウランバートル市大気・環境汚染対策庁 (DAAEP)

自然環境・観光省 (MET)

**モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
フェーズ3
家庭用改良燃料技術ガイドライン**

2024年7月

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社 数理計画

家庭用改良燃料技術ガイドライン

目 次

1. 家庭用改良燃料技術ガイドラインの背景と目的.....	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
2. モンゴルにおける石炭の種類	2
3. 家庭用ストーブ.....	4
3.1 伝統型ストーブと改良型ストーブの違い.....	4
4. 改良燃料	9
4.1 TTT 社の改良燃料	9
4.2 BCB（バイオマス混合ブリケット）	10
4.3 セミコークス混合ブリケット.....	11
4.4 燃焼特性の総括	12
5. 改良燃料の製造方法	17
5.1 現在の TTT 社が使用しているミドリングを用いた BCB の製造方法	17
5.2 脱硫剤	20
5.3 成型.....	21

1. 家庭用改良燃料技術ガイドラインの背景と目的

1.1 背景

(1) 生石炭使用禁止令

モンゴル政府はウランバートル（U/B）市の深刻な大気汚染を改善すべく、2018年2月28日政府閣議決定第62号により2U/B市での生石炭使用を2019年5月15日から禁止する法令を決定した。

(2) セミコークス

当初、モンゴル政府はセミコークスを代替燃料の候補とすべくセミコークス製造のために第2発電所のボイラーを改造したが失敗した。また2014年には日本のNEDOがセミコークスプラントのモデル事業を提案したがモンゴル政府との合意には至らなかった。

(3) Tavan Tolgoi Tulsh LLC（以下 TTT 社）製改良燃料（石炭ブリケット）

その後、粉砕した石炭に脱硫剤やバインダーを加えて加圧成型したブリケット（豆炭）を代替燃料とすることが決まり、エネルギー省傘下のタバントルゴイ燃料公社(TTT 社)が製造を委託された。

毎年65万トンが製造されU/B市民に販売されているが（図1-1）、この燃料は着火性、燃焼温度、燃焼排ガス（煤塵、SO₂、CO）の面で未だ改善の余地が見られる。



図 1-1 TTT 社製改良燃料販売所

(4) BCB（バイオ・コール・ブリケット）

フェーズ3では、TTT社製改良燃料の弱点を改善すべく、粉砕した石炭にバイオマス、脱硫剤、バインダーを加えて加圧成型したBCB（バイオ・コール・ブリケット）を製造し、燃焼試験を通じてその優位性を立証した。

(5) セミコークス混合ブリケット

モンゴル政府は、粉砕した石炭にセミコークスを粉砕・混合し、バインダー添加のもと加圧成型したセミコークス混合ブリケットをTTT社製改良燃料の改善策とすべく検討し、U/B西方430kmのArvaikheerにあるセミコークスプラントの製品を用いた試作品を製造して燃焼試験を実施した。これによりセミコークス混合ブリケットの燃焼特性が把握できた。

(6) その他（家庭用ストーブ）

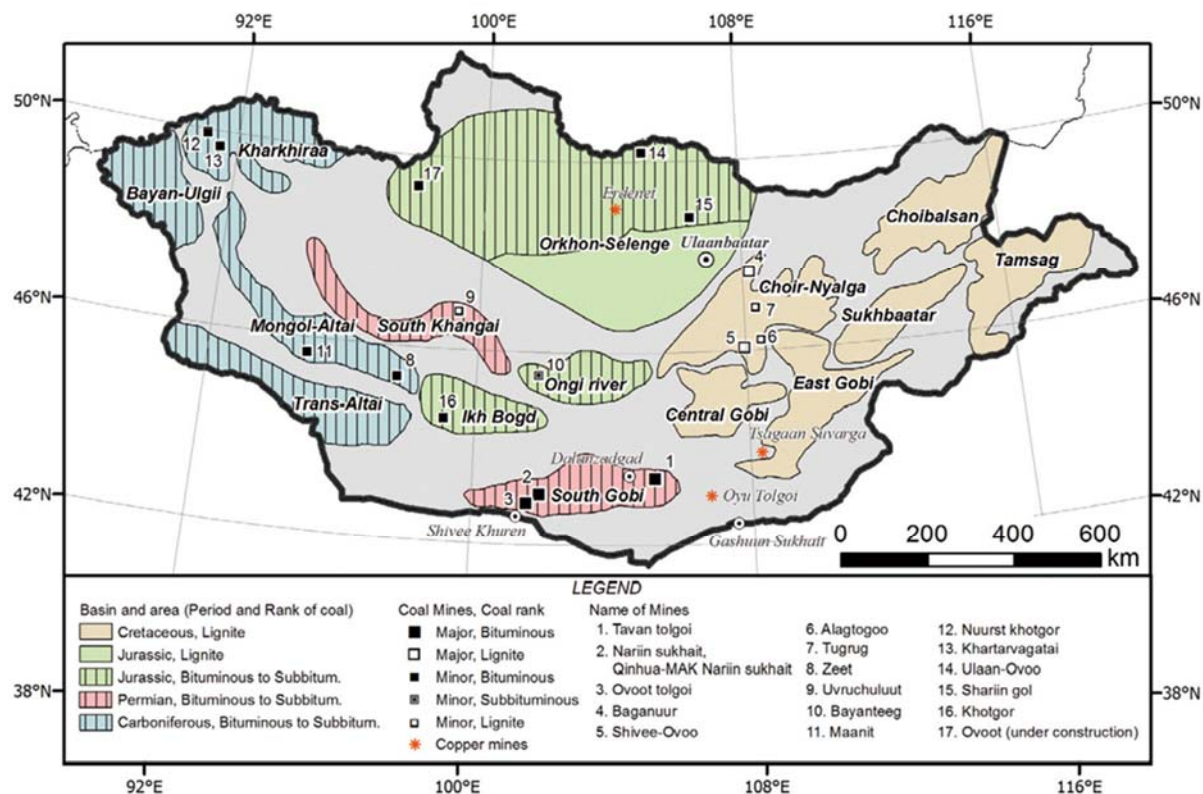
家庭用ストーブには伝統型ストーブと改良型ストーブの2種類がある。伝統型ストーブはモンゴル規格の仕様を満たしていないが未だ販売されている。両ストーブを用いて各燃料の燃焼試験を実施した結果、ストーブの違いが燃料の燃焼特性にも影響を及ぼすことが判った。

1.2 目的

家庭用改良燃料としてTTT社製改良燃料、BCB（バイオ・コール・ブリケット）、セミコークス混合ブリケットの3種、家庭用ストーブとして伝統型ストーブ、改良型ストーブの2種に関して燃焼特性を把握した。これら合計3種のどれを選定すべきなのか、そのガイドラインを定量的に示すことを目的とする。

2. モンゴルにおける石炭の種類

図 2-1 にモンゴルの 15 炭田を示す。モンゴル東部地域には褐炭が賦存し、西部地域には亜瀝青炭～瀝青炭が賦存する。特筆すべきは南ゴビ（South Gobi）炭田の原料炭である（図 2-2）。3 炭鉱とも年産 5～6 百万トンの大型鉱で中国・国境に近い。



出典：モンゴルの石炭鉱床と近年の開発状況 石原紀夫、他 / 資源地質、65(3)、147～152、2015

図 2-1 モンゴルの 15 炭田



出典：Google Earth をもとに作成

図 2-2 南ゴビ（South Gobi）炭田の主な原料炭炭鉱

Tavan Tolgoi から中国甘其毛都（ガンツモド）まで陸路で 220km 程度（直線距離）、またサイン

シャンドを経由して烏蘭察布（ウランチャブ）総合物流産業団地まで鉄道輸送による輸出も可能である。

表 2-1 石炭品位（炭田・鉱床・炭層別）

炭田名	石炭鉱床名	石炭層名	平均 炭層厚 m	工業分析				燃料比 -	発熱量 kcal/kg ad	最大 反射率 -
				水分 % ad	灰分 % ad	揮発分 % ad	固定炭素 % ad			
Bayan-Ulgii	Rashaant		3	-	7.5	(14.4)	-	-	(7118)	2.83
Kharkhiraa	Nuurst Khorgor	VII	25	1.3	23.7	22.5	45.0	2.0	6055	0.89
	Khartavagatai	II	32	4.0	16.4	23.8	49.7	2.1	5932	1.03
Mongol-Altai	Khushuut	VI	35	1.1	14.7	12.5	69.4	5.6	7079	1.85
	Maanit	I	17	1.3	11.6	24.6	58.8	2.4	6636	0.92
	Khuren gol	VI	21	2.0	24.1	12.2	57.4	4.7	5242	1.40
Southern Khangal	Uvurchulut	Seam II	5	14.0	15.6	26.5	32.7	1.2	4338	-
Trans-Altai	Olonbulag	III	37	2.7	46.0	8.5	34.7	4.1	3382	1.66
Ikh Bogd	Alagtsakhir	Seam I	28	19.1	13.4	30.2	22.7	0.8	3402	-
	Khotgor	Seam I	46	1.0	13.1	29.0	52.1	1.8	7119	-
Ongi River	Bayanteeg	Seam I	25	2.2	22.6	39.0	23.3	0.6	5424	0.51
	Tsagaan-Ovoo	Seam I	29	6.1	14.4	32.7	38.4	1.2	4045	-
South Gobi	Tavantolgoi	Seam IX	20	0.5	24.6	22.5	44.8	2.0	6029	0.95
	Tavantolgoi	Seam VIII	23	0.6	24.0	22.5	45.6	2.0	6069	0.96
	Tavantolgoi	Seam IV	12	0.5	21.5	20.5	51.7	2.5	6278	1.05
	Tavantolgoi	Seam 0+1	19	0.5	25.1	17.2	51.3	3.0	5953	1.28
	Nariin sukhait	Seam V	33	1.0	12.5	28.7	53.3	1.9	6694	-
Orkhon Selenge	Ulaan Ovoor	Seam "Upper"	48	7.3	11.2	37.5	35.5	0.9	6054	-
	Shariin gol	Seam "Belikan"	50	-	20.5	(41.4)	-	-	(7118)	0.46
	Nalaikh	mean	18	10.1	17.9	32.9	26.3	0.8	-	-
Choir-Nyalga	Tsssaidam nuur	II	40	13.3	10.2	31.7	35.1	1.1	4732	0.32
	Baganuur	IIa	27	11.4	14.2	32.8	30.3	0.9	5047	0.41
	Uvdugkhudag	IV	53	7.0	15.6	33.6	34.0	1.0	4973	0.35
	Ikh Ulaannuur	"Upper"	71	7.3	13.4	35.1	35.1	1.0	4944	-
	Shivee Ovoo	V	22	8.2	17.8	33.8	28.3	0.8	4949	-
	Tevshiin gobi	II	35	11.2	20.9	30.9	22.4	0.7	4363	-
Central Gobi	Khootlin Khonkho	III	6	8.8	15.6	35.2	29.0	0.8	5164	-
East Gobi	Khamrilin Khural	I	12	8.7	24.6	27.0	26.2	1.0	3664	-
Sukhbaatar	Talbulag	T3	27	9.5	14.0	36.0	29.5	0.8	4586	0.25
Choibalsan	Aduunchuluun	"Lower"	34	9.4	16.7	35.5	25.8	0.7	4783	0.32
	Khulsnuur	"Deed"	26	10.2	12.7	36.6	29.6	0.8	5027	-
Tamsag	Bayantsogt	"Dood"	8	13.7	28.5	25.8	13.2	0.5	2899	-

()内はdafベースの値

出典：モンゴルの石炭鉱床と近年の開発状況 石原紀夫、他 / 資源地質、65(3)、147～152、2015

3. 家庭用ストーブ

家庭用ストーブは燃焼炉が小さく、空気の流入も少ないことから揮発分が少ないと追い焚き用の燃料に火が着火せず、不完全燃焼による CO 濃度が高くなる。家庭用ストーブには伝統型ストーブと改良型ストーブの 2 種類がある。伝統型ストーブは MNS5216:2016 の仕様を満たしていないに関わらず、未だ製造及び販売が行われている。以下に両ストーブの違いを概説する。

3.1 伝統型ストーブと改良型ストーブの違い

(1) 形状

伝統型ストーブの燃焼室は $400 \times 250 \times 250$ H の平べったい長方形、改良型ストーブの燃焼室は $210 \times 210 \times 390$ H のやや深めの正方形である（図 3-1 参照）。

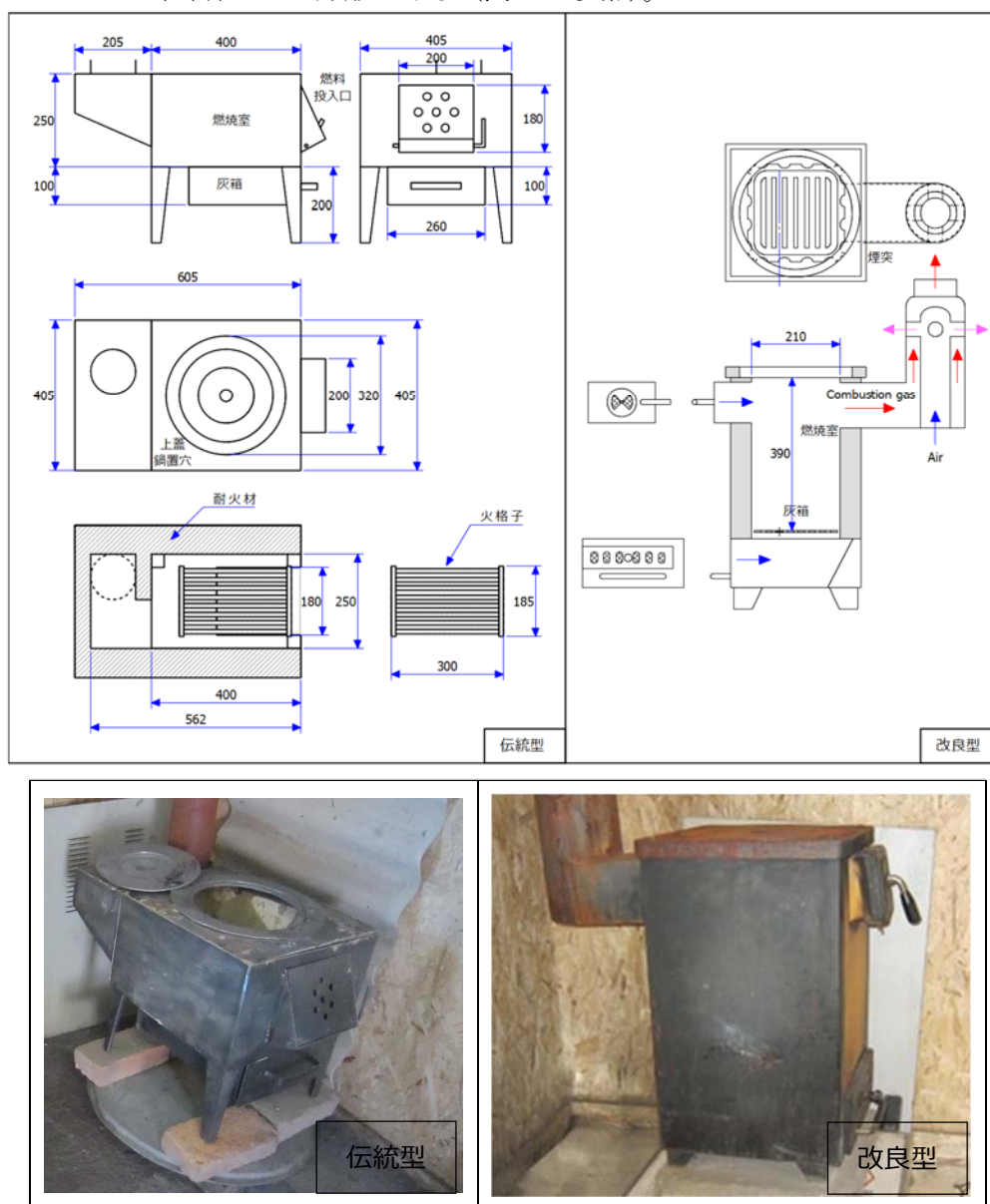


図 3-1 伝統型ストーブと改良型ストーブの形状

両ストーブとも火格子の上で燃料が燃焼し、燃焼灰は火格子下の灰箱に入る。

図 3-2 に燃焼室の形状を示し、図 3-3 に燃焼終了時の燃焼残渣の状態を示す。燃焼室が浅い伝統型ストーブでは燃焼残渣が煙道の下縁直下に位置するのに対し、燃焼室が深い改良型では煙道下縁から距離を置いて燃焼残渣が位置する。

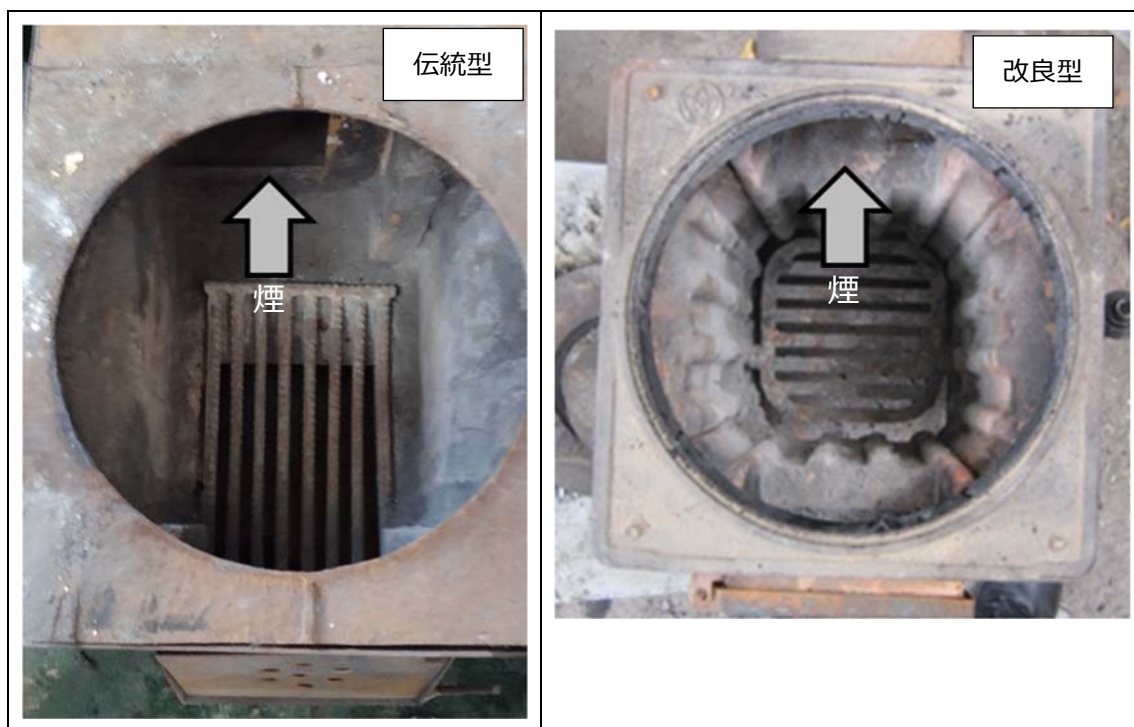


図 3-2 燃焼室の形状



図 3-3 燃焼終了時の燃焼残渣の状態

(2) 燃料投入方法及び着火方法

伝統型ストーブは着火材（木片）の上に燃料を置き下から着火するのに対し、改良型ストーブでは燃料の上に着火材を置き上から着火する。

・ 伝統型ストーブ

- 着火材（木片等）を火格子上に置く：1
- その上に燃料を置く：2
- 着火し易いように井桁状に木片を積み所々に燃料を挟む：3
- 着火：4

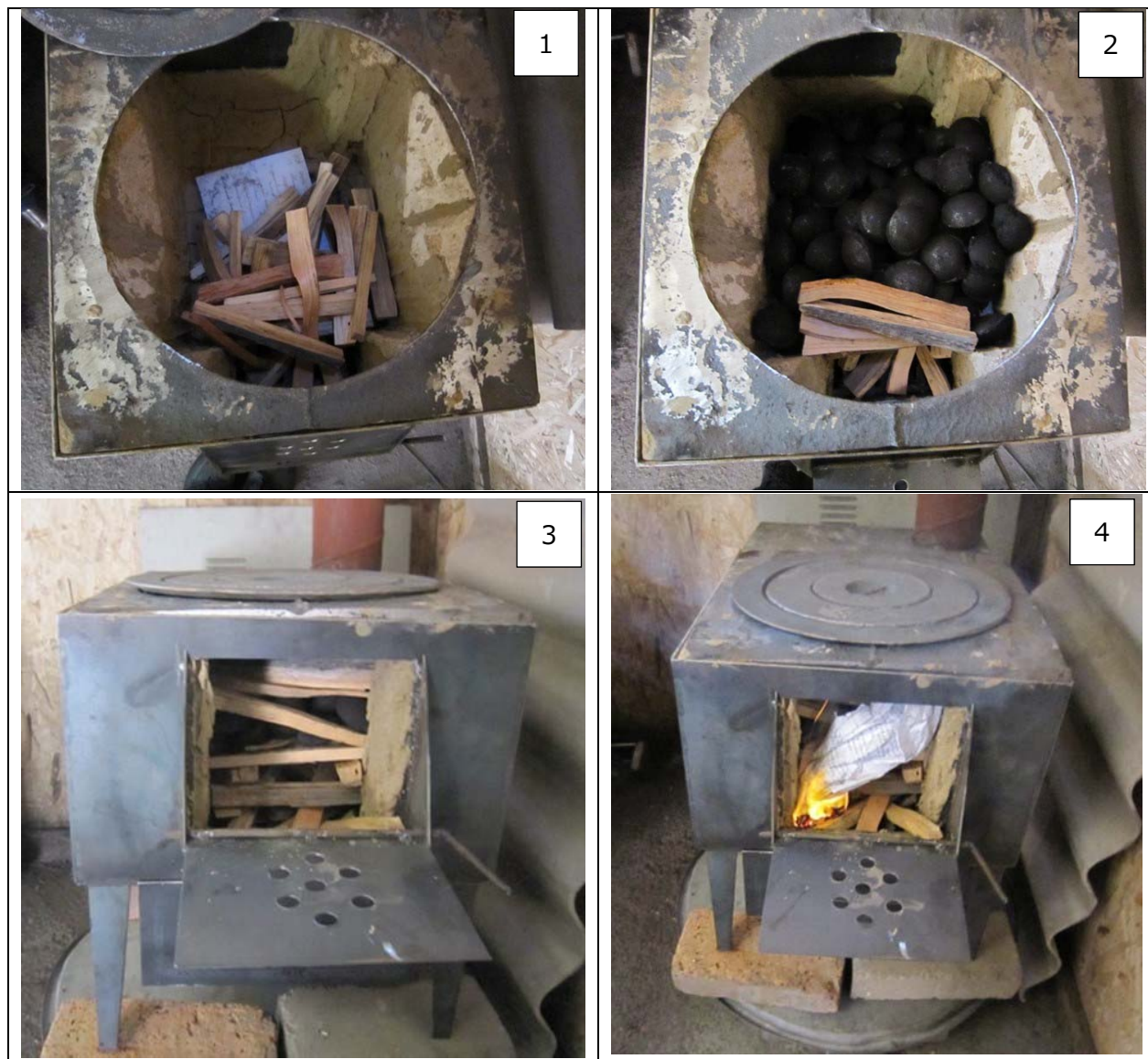


図 3-4 燃料投入と着火（伝統型）

・ 改良型ストーブ

- まず燃料を火格子上に置く：1
- その上に着火材（木片等）を置く：2
- 着火：3

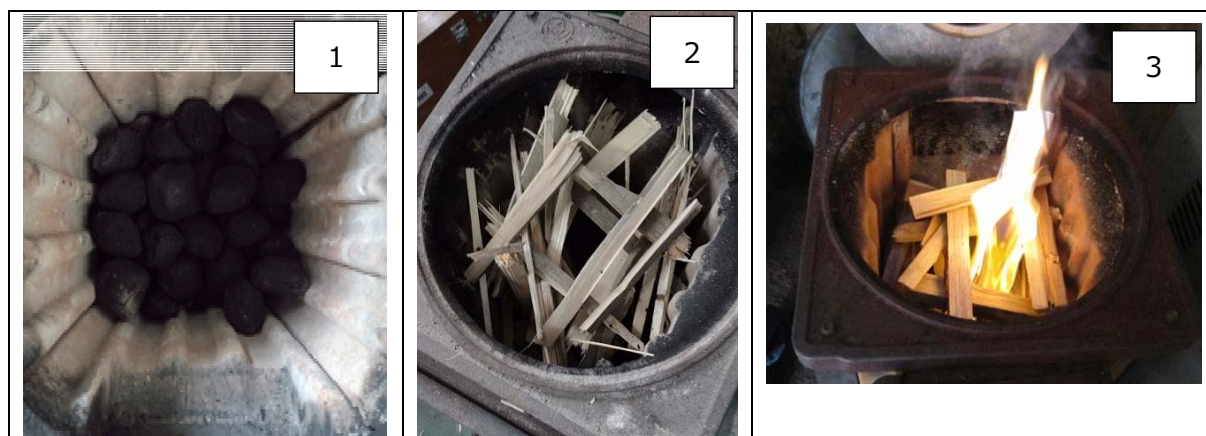


図 3-5 燃料投入と着火（改良型）

(3) 空気の流れ

伝統型ストーブでは火格子下の灰箱上部（入気が必要な時は灰箱を少し引き出す）と灰箱の上に位置する燃料投入口前面の空気穴から吸気し、改良型ストーブでは火格子下の灰箱前面および燃焼室上部の空気穴から吸気する（図 3-1）。

図 3-6 に燃焼状態を示す。燃焼室の深い改良型ストーブでは煙道を塞ぐことなく煙道下縁より下部で燃焼が継続しているのに対し、燃焼室の浅い伝統型ストーブでは一部燃料は煙道下縁より上部で燃焼しており煙道入り口を狭くしている。

また、伝統型ストーブでは燃焼中の燃料のすぐ横の入気口から冷たい新鮮な空気が入るのに対し、改良型ストーブでは上部入気口からの冷たい新鮮な空気は燃焼室上部の高温雰囲気中で温められた後に燃料に供給されている。これらが図 3-7 の燃焼温度の違いをもたらしていると考えられる。



図 3-6 燃焼状態

(4) 燃焼状態

ストーブからの煤塵（Dust）は、燃料中の揮発性有機物（Volatile Organic Compounds、VOC）が燃えることなく大気中で凝縮して粒子化したもので、揮発分の多い石炭ほど排出が多くなる。

改良型ストーブは燃料上部に着火して下部へと燃焼が進むため、上部の火源によって温められて発生した下部燃料中の揮発性有機物が上部の火源帯を通過して煙道に至る間に揮発性有機物が燃

焼して煤塵が抑制される。ただ、改良型ストーブであっても追い炊き時には初期の火源の上部に追加の燃料を投入するため、追加の燃料から発生した揮発性有機物が火源帯を通らずに煙道に至る事が考えられ煤塵抑制には繋がらない。同様な事象は、燃料下部に着火し下部から燃焼が進行する従来ストーブについても言える。

これまで実施した燃焼試験の結果、伝統型ストーブの燃焼温度が低い事実が判明している（参照）。最高温度は改良型ストーブの 275～280℃に対し、伝統型ストーブでは 205～206℃程度と 70℃以上も低い燃焼温度である。

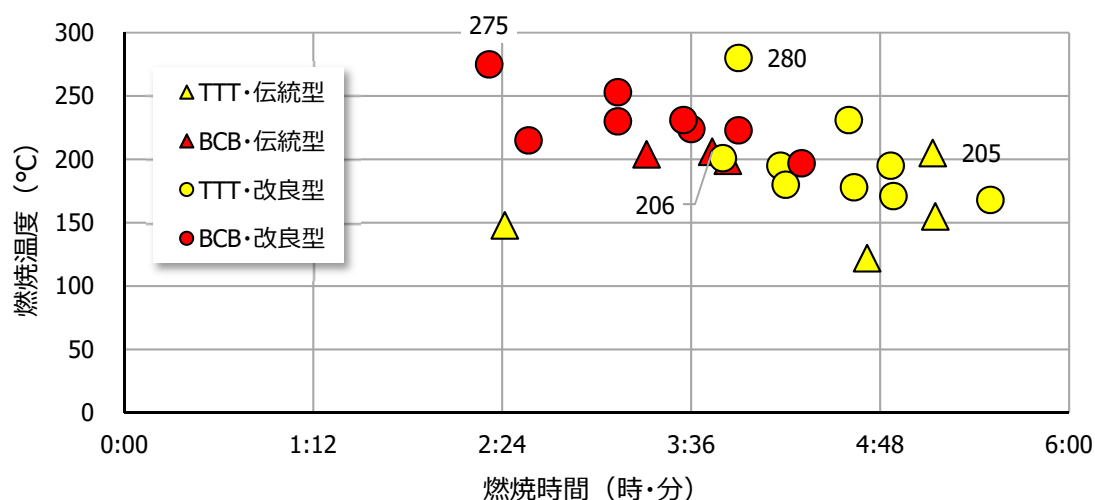


図 3-7 燃焼状態燃焼時間 vs 燃焼温度

(5) 排ガス濃度

伝統型ストーブは、BCB（バイオマス混合ブリケット）を燃料とし伝統型ストーブと改良型ストーブ燃焼した場合の排ガス測定結果を表 3-1 に示す。伝統型ストーブは煤塵濃度が改良型ストーブより高濃度となる。また、CO は排出基準を大幅に超過していた。これらは伝統型ストーブと改良型ストーブの火格子上に堆積した燃料群の間隙を縫って流れる新鮮な空気之多寡の違いによるものである

表 3-1 伝統型ストーブと改良型ストーブの排ガス濃度

MNS 5216:2016	伝統型ストーブ				改良型ストーブ			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均
煤塵 130 mg/Nm3	125	107	99	110	98	86	47	77
SO ₂ 1,200 mg/Nm3	287	363	392	347	518	371	724	538
NO _x 700 mg/Nm3	161	164	152	159	152	163	140	152
CO 9,800 mg/Nm3	16,783	16,080	16,826	16,563	3,513	1,492	2,988	2,664

※赤字の値は排出基準値の超過を示す。

4. 改良燃料

4.1 TTT 社の改良燃料

(1) 性状分析

TTT 社の改良燃料は年間 65 万トンが生産され U/B 市民に広く販売されている。まず、TTT 社の改良燃料製造工場について概説する。

主原料は UHG 炭鉱の二号炭を 3mm 以下に粉碎したもので、これにバインダーと脱硫剤（ドロマイト等）を混ぜている（表 4-1）。これらを混合、加圧成型（0.5 トン/cm2 程度）、乾燥したものが TTT 社の改良燃料である。図 4-1 に TTT 社工場内の加圧成型機、製品乾燥炉、工場内製品置場を示す。非常に大掛かりな設備である。

表 4-1 TTT 社製改良燃料の現在の混合割合

	UHG 炭鉱 二号炭	バインダー	脱硫剤
TTT 社製	95.0%	5%	

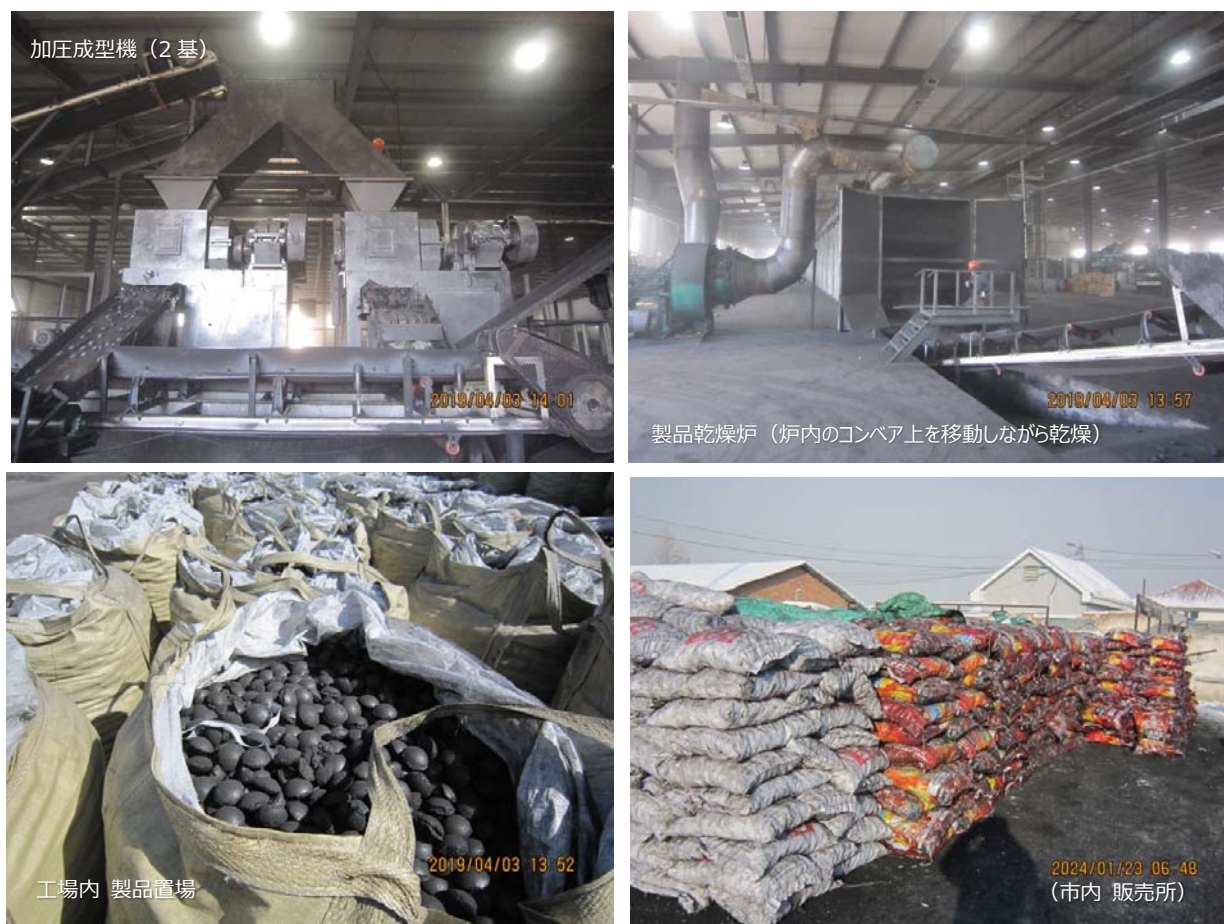


図 4-1 TTT 社改良燃料製造工場

表 4-2 に、TTT 社製改良燃料の工業分析等を示す。灰分 23.25%、揮発分 21.28%、全硫黄 0.89%、発熱量 6205kcal/kg である。一般に燃料比（Fuel ratio）2.5～3.0 が燃料として望ましいと言われておりこれを満足している。

表 4-2 TTT 社製改良燃料の工業分析等

	Date of Test 2024	Moisture (ar) (%)	Proximate analysis (ad)				Fuel ratio (-)	Total Sulfur (ad) (%)	Calorific value (ad) (kcal/kg)	CSN (-)
			Inherent Moisture (%)	Ash content (%)	Volatile matter (%)	Fixed carbon (%)				
TTT社製	2/1	2.29	0.86	23.25	21.28	54.61	2.57	0.89	6205	

(2) 着火性と燃焼状態

「4.4 燃焼特性の総括」で他の燃料と比較しつつ詳細を述べるが、次の 2 点が特徴的である。

- ・ 着火性が悪い（なかなかブリケットに着火しない）
- ・ 燃焼温度が低い。（平均で 187℃、図 3-7 参照）

4.2 BCB（バイオマス混合ブリケット）

(1) 性状分析

主原料は TTT 社と同様、UHG 炭鉱の二号炭を 3mm 以下に粉砕したもので、これに同じく 3mm 以下に粉砕したオガクズとバインダー（中国製）、脱硫剤（炭酸カルシウム）を混ぜている（表 4-3）。これらを混合、加圧成型（低圧：0.5 トン/cm² 以下）、乾燥したものが BCB である。製法は「5. 改良燃料の製造方法」に後述する。

表 4-3 BCB の混合割合

	UHG 炭鉱二 号炭	バイオマス	バインダー 中国製	脱硫剤
BCB	81.0%	10%おが屑	6.0%	3%: CaCO ₃

表 4-4 に、BCB の工業分析等を示す。灰分 22.34%、揮発分 26.91%、全硫黄 0.82%、発熱量 5936kcal/kg である。TTT 社製に比べて揮発分が高いのが特徴的である。

表 4-4 BCB の工業分析等

	Date of Test 2024	Moisture (ar) (%)	Proximate analysis (ad)				Fuel ratio (-)	Total Sulfur (ad) (%)	Calorific value (ad) (kcal/kg)	CSN (-)
			Inherent Moisture (%)	Ash content (%)	Volatile matter (%)	Fixed carbon (%)				
BCB	1/31	1.68	0.73	22.34	26.91	50.02	1.86	0.82	5936	0.50

(2) 着火性と燃焼状態

「4.4 燃焼特性の総括」で他の燃料と比較しつつ詳細を述べるが、次の 2 点が特徴的である。

- ・ 着火性が良い
- ・ 燃焼温度が高く、良く燃える（平均で 223℃、図 3-7 参照）

4.3 セミコークス混合ブリケット

(1) 性状分析

JET は粉砕した石炭にセミコークスを粉砕・混合し、バインダー添加のもと加圧成型したセミコークス混合ブリケットを TTT 社製改良燃料の改善策とすべく検討し、U/B 西方 430km の Arvaikheer にあるセミコークスプラントの製品を用いた試作品を製造して燃焼試験を実施した。

セミコークスは半成コークスとも呼ばれ石炭を 450～550℃で乾留して製造した製品である。揮発分は 10%程度と低い。揮発分が少ない分、無煙炭に近い性状で煙は少ないが着火しにくい。

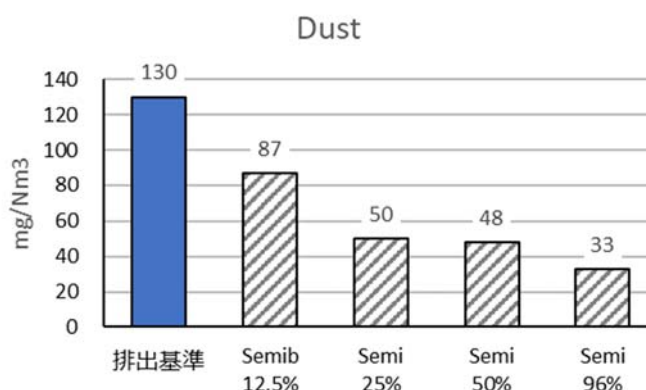
表 4-5 セミコークス混合ブリケットの混合割合

	セミコークス	UHG 炭鉱 二号炭	バインダー	脱硫剤
セミコークス 混合ブリケット	12.5%	83.5%	4%	-
	25.0%	71.0%	4%	-
	50%	46.0%	4%	-
	96%	0%	4%	-

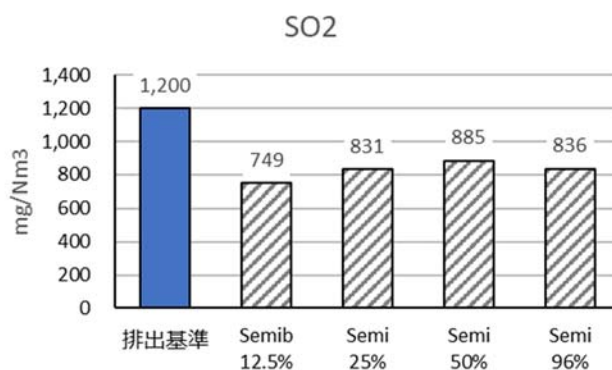
(2) 揮発分と燃焼状態

セミコークスの混合割合を変化させているため、揮発分が燃焼特性に及ぼす影響を観察できる（図 4-2 参照）。

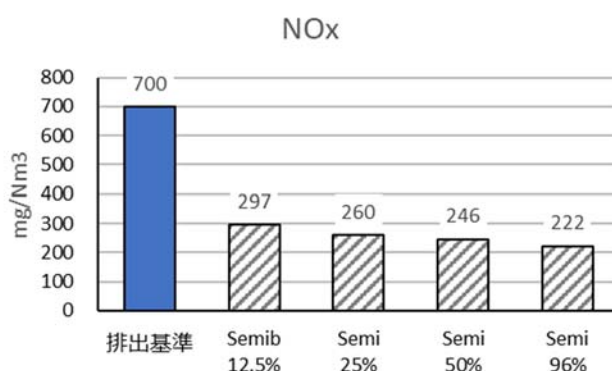
- ・ 煤塵 (Dust) : セミコークスの混合比率が上がるほど揮発性有機物が減少し煤塵の発生が抑制されており、セミコークス 96% 混合時の煤塵濃度は 33mg/Nm³ と、セミコークス 12.5% 混合時の煤塵濃度 87mg/Nm³ と比較してほぼ 1/3 である



- ・ SO_2 : 揮発分の多寡が SO_2 排出量に及ぼす影響は見られない



- ・ コークス化時、N 分も揮発するため、揮発分の少ない方が NO_x は少ない



- ・ 揮発分は火炎を発して強く燃焼するため特に追い炊き時に CO を減らす効果ある。そのため揮発分の減少は CO 増加に繋がる

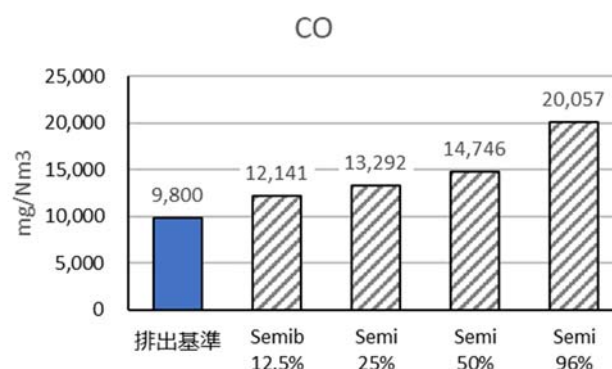


図 4-2 セミコークス混合量（揮発分量）vs 燃焼特性（全 4 図）

4.4 燃焼特性の総括

(1) 燃焼試験の測定プロトコル

図 4-3 に測定プロトコルを示し以下に概説する。

- ・ 着火：燃料 4kg と着火剤（木材）0.5kg をストーブに入れ着火する
- ・ 測定開始：着火剤の 0.5kg が燃えて燃料 4kg に火が付いた時点から測定を開始する
- ・ 追い炊き： CO_2 濃度が 3%未満になった時点で燃料 1kg を追い炊きする
- ・ 測定終了： CO_2 濃度が 2%未満になった時点で測定を終了する

- ・ 煤塵 (Dust) 測定：測定開始から 30 分、さらに追い炊き時、最後に測定終了時までの 3 回に分けて煤塵をろ紙に付着させる
- ・ 所要時間：着火から測定終了まで凡そ 3 時間である

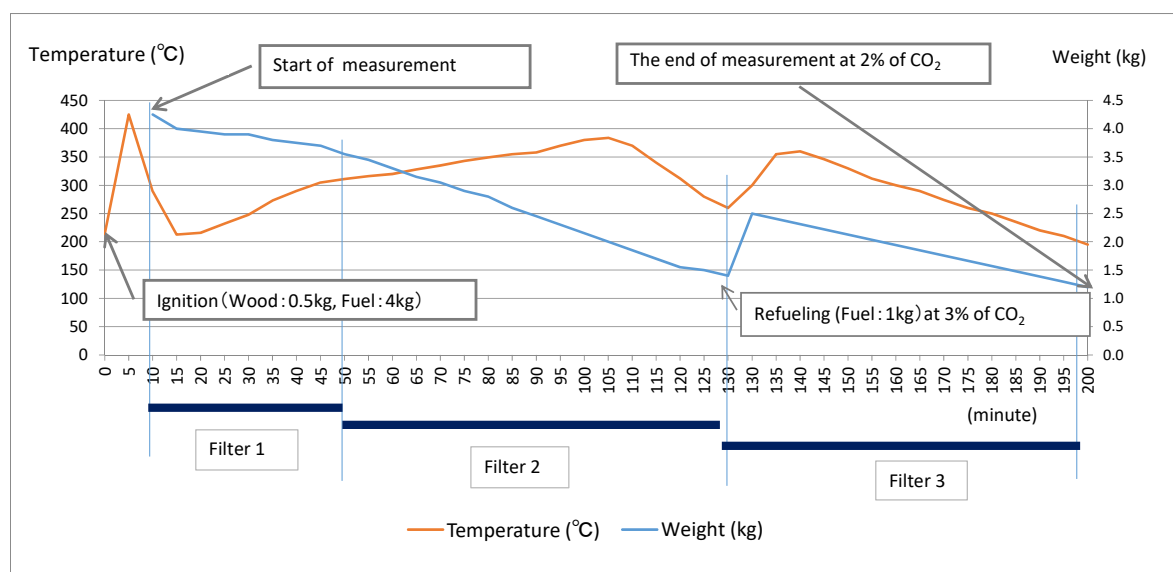


図 4-3 燃料燃焼試験における測定プロトコル

(2) 燃焼ガス測定装置

図 4-4 に燃焼ガス測定室を、図 4-5 に燃焼ガス測定装置の構成を示す。水分測定部門 (Gas Moisture)、成分測定部門 (Gas Component)、煤塵・流量・温度等測定部門 (Dust) から構成され、これらの諸センサーが設置されたストーブが重量計に乗っている。

煤塵・流量・温度等測定部門 (Dust) にはピトー管が設置され、煙突内の流速と同じ速度でサンプリングするようになっている。



図 4-4 燃焼ガス測定室

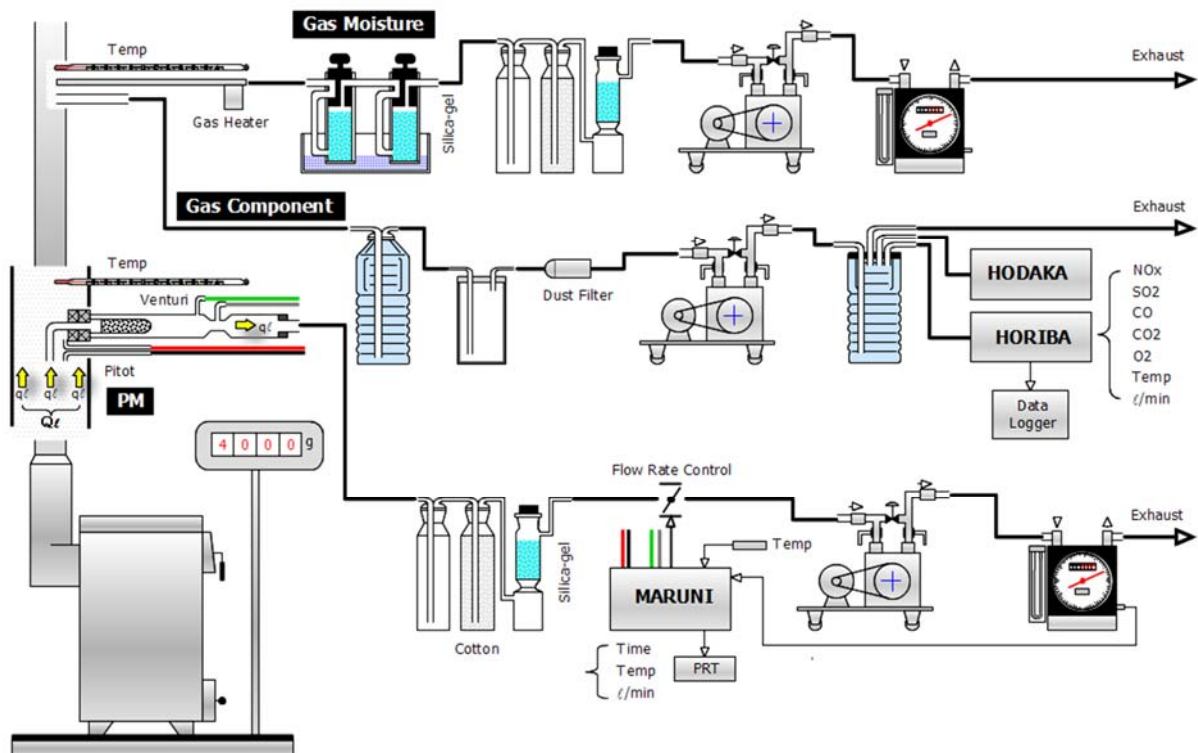


図 4-5 燃焼ガス測定装置の構成

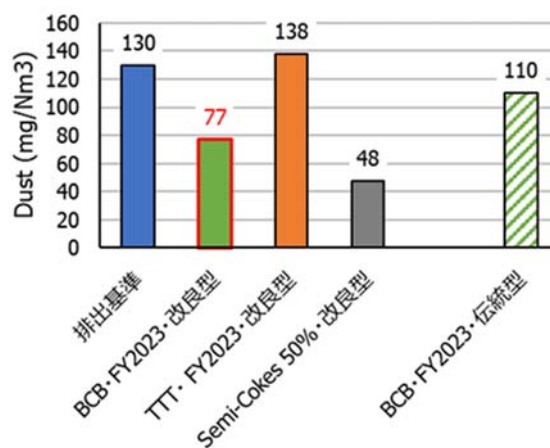
(3) 燃焼特性

- 比較する燃料等：下記 5 種類の燃料・ストーブの燃焼特性を比較する
 - ・ 排出基準
 - ・ BCB・FY2023・改良型：2023 年度に改良型ストーブを用いて BCB を燃やした際の諸値
 - ・ TTT・FY2023・改良型：2023 年度に改良型ストーブを用いて TTT を燃やした際の諸値
 - ・ Semi-Cokes 50%・改良型：2022 年度に改良型ストーブを用いて Semi-Cokes 50%のセミコークス混合ブリケットを燃やした際の諸値
 - ・ BCB・FY2023・伝統型：2023 年度に伝統型ストーブを用いて BCB を燃やした際の諸値
- 比較する燃焼特性：下記の燃焼特性を上記燃料・ストーブ間で比較する
 - ・ Dust、SO₂、NO_x、CO
 - ・ 燃焼温度と燃焼時間

以下、各燃焼特性について概説する。

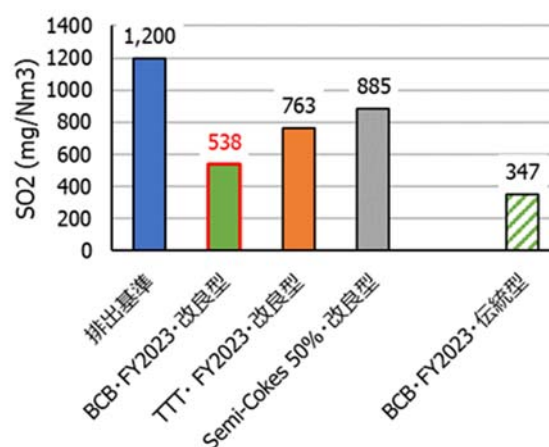
- 煤塵 (Dust)

煤塵は、燃料中の揮発性有機物 (Volatile Organic Compounds、VOC) が燃えることなく大気中で凝縮し微粒子化したもので揮発分の多い石炭ほど排出が多くなる。バイオマスを含まない石炭だけの場合、この揮発性有機物の全てを燃焼させるに足る火源が不足するが、バイオマスを含む場合、石炭よりも着火しやすいバイオマス火源によって揮発性有機物が燃焼し煤塵が抑制される。



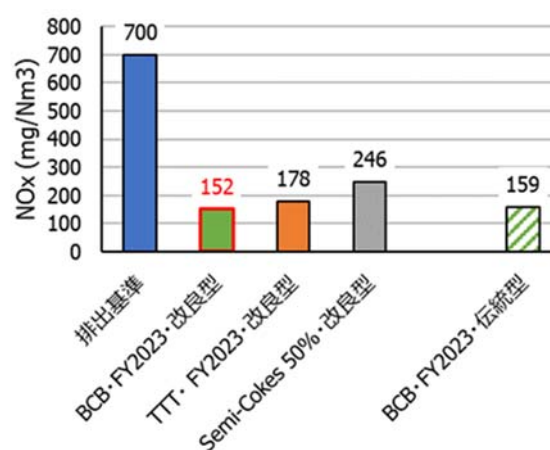
- SO₂

TTT 社製より BCB の方が脱硫剤の効果が高い。TTT 社は脱硫剤にドロマイト等 CaMg (CO₃)₂ を用いているが BCB では炭酸カルシウム CaCO₃ を用いている。



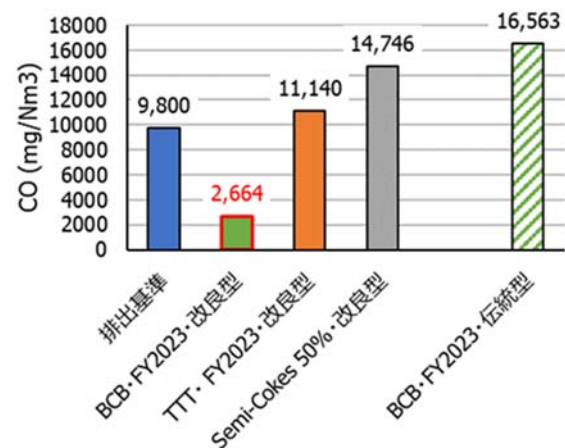
- NO_x

NO_x については各燃料とも大差ない。



- CO

BCB を改良型で燃焼した時、CO 発生量は極端に少なく排出基準を満たしている。同じ BCB でも伝統型ストーブで燃焼させると 6 倍超の 16,563mg/Nm³ となる。伝統型ストーブの燃焼特性の悪さが窺える。



- 燃焼温度と燃焼時間

図 4-6 に燃焼温度と燃焼時間の関係を示す。これまで実施した燃焼試験の結果、伝統型ストーブの燃焼温度が低い事実が判明している。最高温度は改良型ストーブの 275℃に対し、伝統型ストーブでは 205℃程度と 70℃以上も低い燃焼温度である。また、燃焼温度の低い方が、燃焼時間が長い傾向にある。

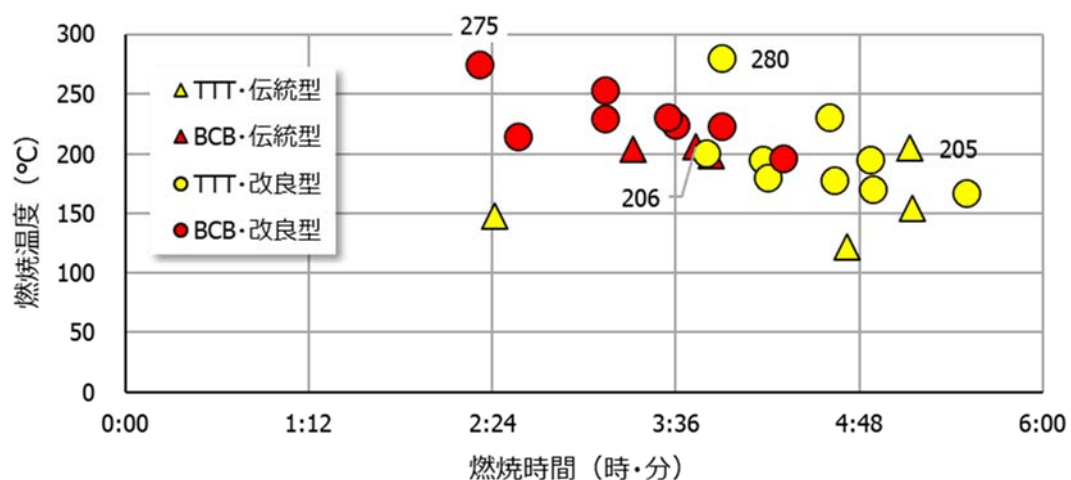


図 4-6 燃焼温度と燃焼時間

5. 改良燃料の製造方法

U/B 市の特徴として、冬季に燃焼でゲルの煙突から放出された揮発分（揮発性有機化合物）は急激に冷やされ凝縮性粒子の核となる事が U/B 市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 2 で明らかになっている。そのため、揮発分が多い燃料は大気中の PM 濃度を増大させる。一方、揮発分が少ないと着火性が悪く、不完全燃焼による一酸化炭素濃度が高くなることに留意する必要がある。燃料中の揮発分は 20%必要である。

5.1 現在の TTT 社が使用しているミドリングを用いた BCB の製造方法

2023 年 9 月、TTRC 社（TRUE TRC LLC）にて 100 乾 kg の BCB を製造した時の製造方法を記載する。

(1) 原料の準備と乾燥

表 5-1 に BCB の混合割合（Dry ベース）を示す。合計が 100 乾 kg になるよう夫々の原料を準備し乾燥器で乾燥させる。

表 5-1 BCB の混合割合

	UHG 炭鉱 二号炭	バイオマス (おが屑)	バインダー 中国製	脱硫剤
BCB	81.0%	10.0%	6.0%	3.0% 炭酸カルシウム

(2) 粉砕

乾燥した UHG 二号炭とおガクズを 3mm 以下に粉砕する。おガクズを 3mm 以下に粉砕するには自由粉砕機と呼ばれる特殊な粉砕機が必要である（図 5-1）。

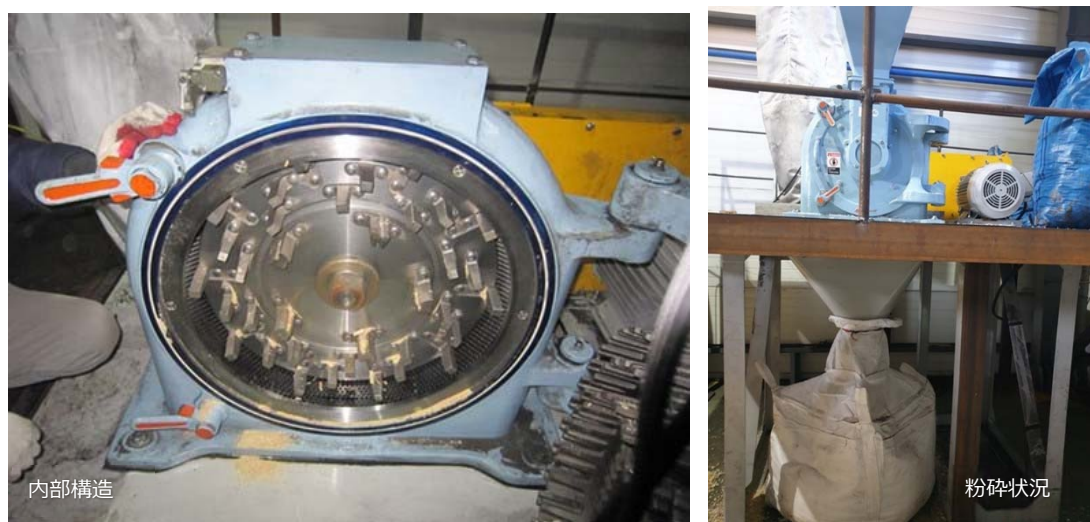


図 5-1 自由粉砕機（JICA 供与機材）

(3) 原料小分け秤量と混合

100 乾 kg の原料を 10 乾 kg/回×10 回に小分け秤量し、10 回に分けて BCB を製造する。



図 5-2 原料の小分け秤量



図 5-3 原料の混合

(4) 水添加と混合

成型のために水を添加する（目標水分は 20%）。



図 5-4 水添加と混合

(5) BCB 製造

成型機通過後の産物を再度成型機にかけ、より良い BCB を製造する。今回は 3 回の繰り返し成型を実施。



図 5-5 BCB 製造

成型不良品は再度成型機へ投入。成型不良品が少量になるまで繰り返す。



図 5-6 成型良品・不良品の選定

(6) BCB 乾燥

10 乾 kg の原料を用いて製造した BCB を大型乾燥器にて乾燥させる。乾燥温度は 80℃、目標水分 5%以下になるまで乾燥させる。



図 5-7 大型乾燥器による乾燥

(7) BCB の完成と繰り返し

新たな 10 乾 kg の原料を用いて繰り返し、目標重量 100 乾 kg を得る。



図 5-8 完成した BCB

5.2 脱硫剤

➤ 脱硫剤

- ・ 今回は脱硫剤として炭酸カルシウム(CaCO_3)を使用した。炭酸カルシウムの分解は 600°C 以下では殆ど進行しないため、燃焼初期の低温時には脱硫効果が低い。これに対して消石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) は 350°C 付近で分解が始まるため早期の脱硫効果が期待できる。しかし消石灰は強アルカリ性のため、取扱いに注意する必要がある。

➤ 脱硫率 (灰に固定された硫黄分 ÷ 燃焼前の燃料に含まれる硫黄分) %

- ・ BCB・FY2023 01/31・改良型・試験分：23.3% (Ca/S モル比 1.16) ● 図 5-9
- ・ TTT・FY2023 02/01・改良型・試験分：20.4% (Ca/S モル比 0.92) ● 図 5-9
- ・ Ca/S モル比と脱硫効率の一般的特性

図 5-9 に Ca / S モル比と一般的な脱硫効率の傾向を示す。¹

BCB、TTT と一般的な脱硫効率の傾向図上に位置している。一般的に、

- Ca / S モル比 0～2：脱硫効率はほぼ正比例して増加
- Ca / S モル比 2～3：最高脱硫効率 60～70%を得る
- Ca / S モル比 3 以上：脱硫効率は横ばい

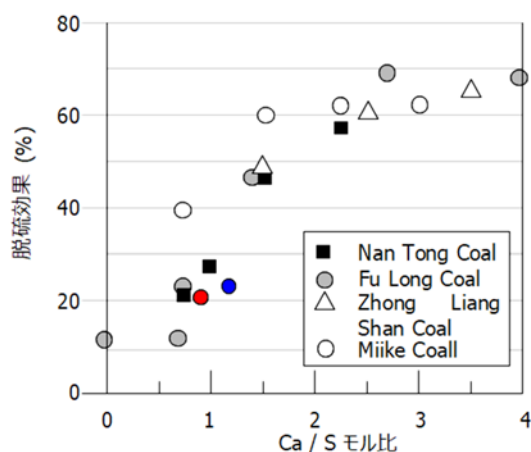


図 5-9 Ca / S モル比と一般的な脱硫効率の傾向

➤ 脱硫剤の最適添加率

- ・ Ca / S モル比を増やせば脱硫効率は向上するが、SO₂ の排出規制値 1200mg/Nm³ を満たせば良く、現状の Ca / S モル比で充分と考える

5.3 成型

現在、改良燃料の成型にはバインダーを用いている。そのバインダーの使用量が減ることにより製造コストが下げる事が可能となる。バインダーの割合を変えて高压成型した BCB を試作し強度を検証した。成型に用いた原料の混合割合を表 5-2 に示す。

表 5-2 原料の混合割合

	UHG 炭鉾 二号炭	バイオマス (おが屑)	バインダー 中国製	脱硫剤
高压成型	87.0%	10.0%	0.0%	3.0% 炭酸カルシウム
	86.5%		0.5%	
	86.0%		1.0%	
	85.5%		1.5%	
	85.0%		2.0%	
	84.5%		2.5%	

¹ 出所：石炭ブリケットによる自動脱硫と環境汚染の抑制効果 日本エネルギー学会誌 第 76 巻第 3 号 1997

(1) 製造方法

製造方法以下に示す。

- 高圧成型用ダイスに混合した原料を入れる
- 一軸圧縮機で加圧 ($0.75\text{t}/\text{cm}^2$)
- 乾燥器で乾燥



図 5-10 高圧成型用ダイス



図 5-11 ダイスへの試料投入



図 5-12 高圧成型



図 5-13 乾燥器

(2) 強度試験

強度試験（落下強度試験）方法は以下の通り（図 5-14 参照）

- 製品約 0.5kg（10 個程度）の試料を 1.8m の高さから固体床の上に落とす
- 落下・破砕した試料を集め再度、1.8m の高さから落とす。これを合計 3 回繰り返す
- 破砕した試料をフルイ分けて粒度構成を測定する

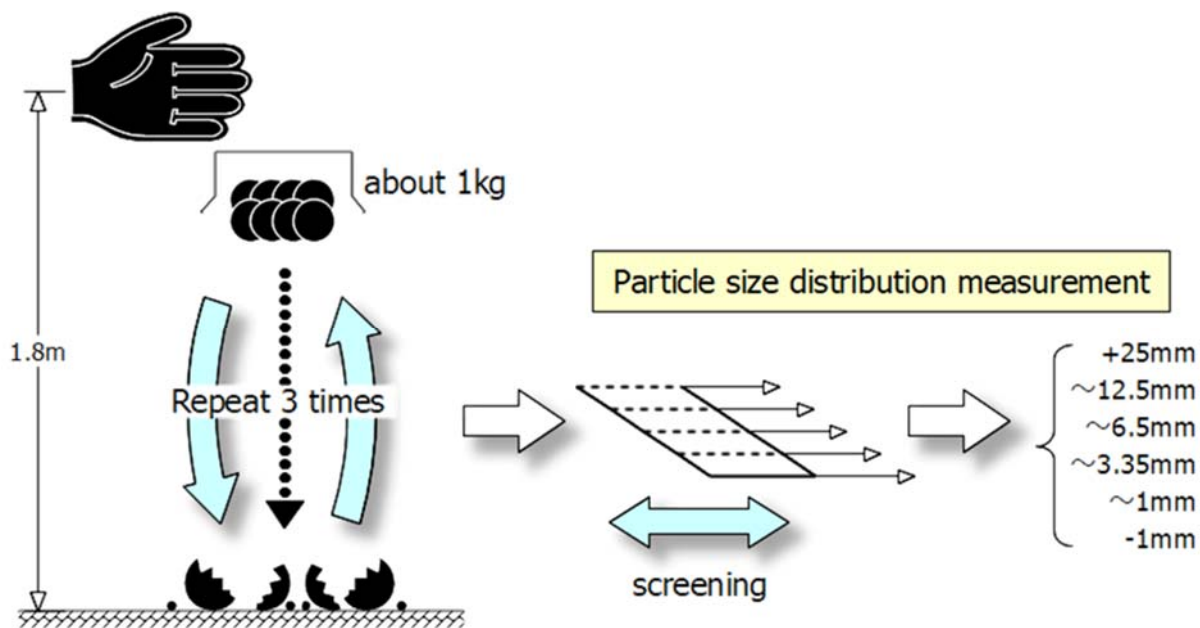


図 5-14 落下強度試験概要

強度試験（落下強度試験）結果を図 5-15 及び図 5-14 に示す。図中、横軸の B0%（高圧）、B0.5%（高圧）、1.5%（高圧）、2.0%（高圧）、2.5%（高圧）はバインダーの混合比率を示す。

UHG 二号炭を用いた落下強度が成型圧力ではなくバインダー添加量に依存していることが判った。このように改良燃料を製造する場合、試作品を製造して MNS5679:2022 の強度基準を満たす製品となるように製造に必要なバインダーの量と成形圧力を検討する必要がある。

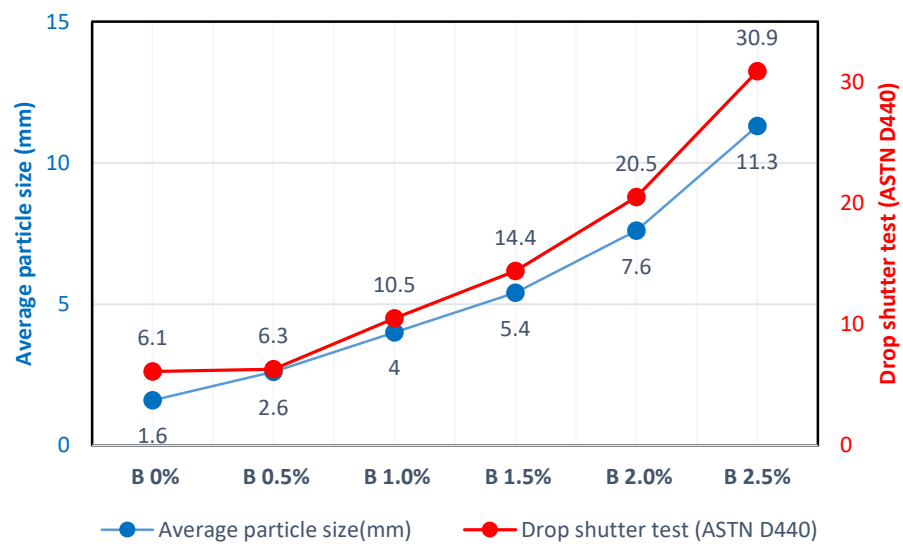


圖 5-15 落下強度試驗結果

交通信号の運用に関するガイドライン

はじめに

道路交通ネットワークにおいては一部の渋滞が全体に波及して大きな渋滞となり、ネットワーク全体の交通効率を低下させることがある。

この渋滞の大きな原因として交差点における主従方向の交通処理の在り方に問題がある場合が多い。

交差点は交通流が交錯することから、これを安全かつ円滑に処理するために信号機を設置しているが、交通状況に適応した運用がなされないと効果がないばかりか道路交通に悪影響を及ぼしかねない。

この対応として、信号機の適切な運用のための改善について、その手順、方法を示したものである。

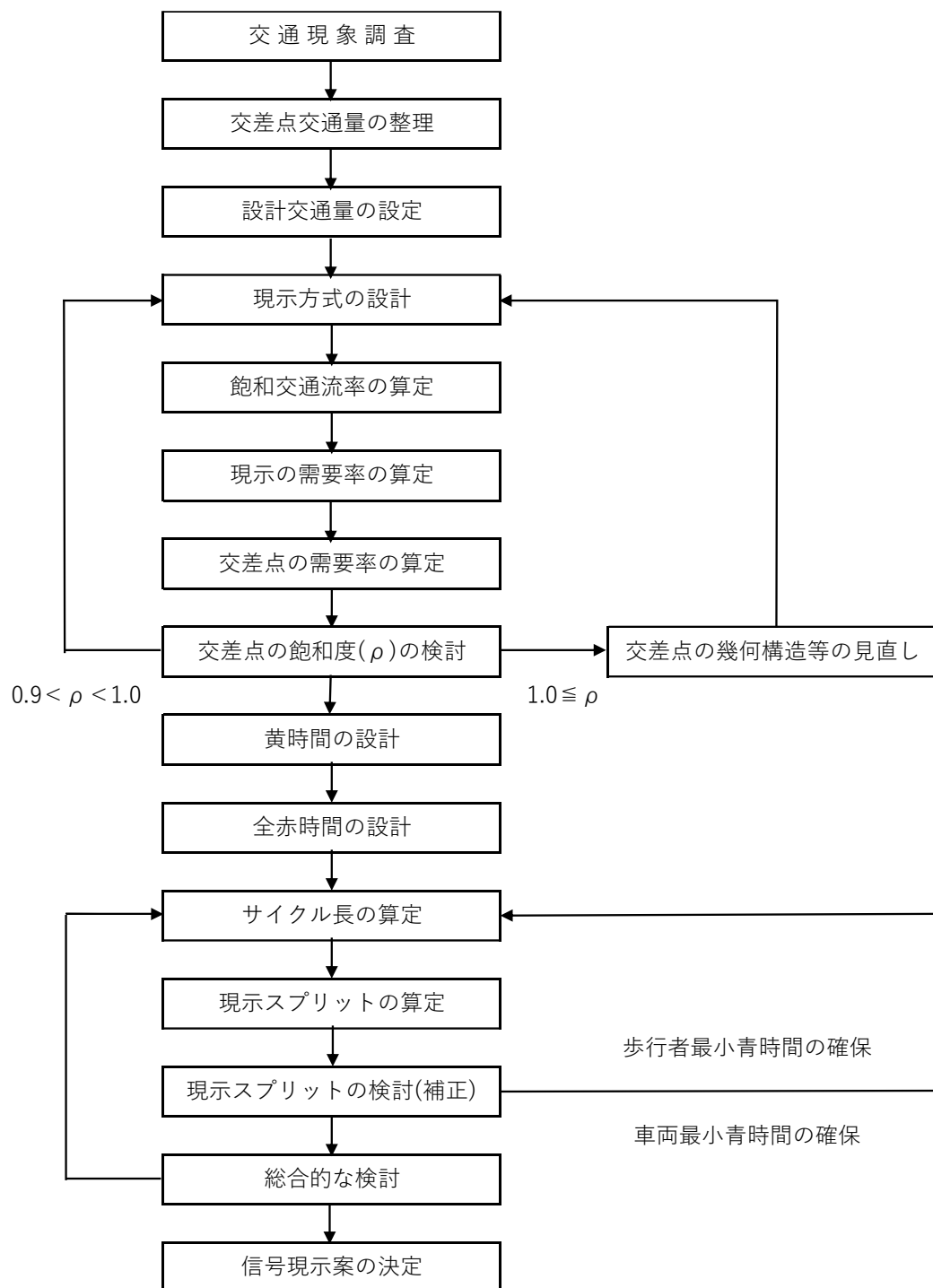
なお、言うまでもなく、信号機は事故防止という重要な役割を果たすべきものであることから、事故防止、円滑化の両面について記述している。

目 次

- 1 設計手順
- 2 交通現象調査
- 3 交差点交通量の整理と設計交通量の設定
- 4 現示方式
- 5 飽和交通流率
- 6 飽和交通流率の補正
- 7 現示の需要率と交差点の需要率
- 8 黄、全赤時間
- 9 サイクル長の検討とスプリット設定
- 10 交通の経年変化への対応

1 設計手順

信号運用の設計に際してとられる基本手順は、下図に示すとおりであり、その基本となるのが交通量データである。以下、この流れを基に記述する。



2 交通現象調査

安全と円滑化のための基礎調査として、代表的なものが事故調査と交通調査である。

安全の対応としての事故調査は、交差点の交通事故発生状況調査が代表的なもので、交差点内及び直近で発生した事故について、現地状況等を基にした事故分析を行い、交通信号制御の適正化を図るものである。

また、円滑化の対応としての交通調査は、代表的なものに交差点の交通量調査、渋滞長調査、路線の旅行時間調査等がある。

(1) 事故調査

事故発生また事故危険性を認知した都度実施するもので、発生場所の状況を下記のような項目について調査し、問題点を抽出する。

- ・発生日時 昼間/夜間・早暁/薄暮
- ・発生場所 交差点形状、見通し、勾配、近傍施設等
- ・車両 大型車、普通車、二輪車等
- ・天候 晴天/雨天/降雪、路面状態、見通し等
- ・発生形態 正面、右折時、追突、単独等
- ・その他 信号見落とし、信号無視等

(例)

信号調整…信号の変わり目に交差点内に車両が残り、交差点内での車両の接触
事故 → クリアランスタイムの延長

信号現示の設計/変更…左折車が増加したが、左折専用現示がないため無理に左
折をすることによる対向直進車との左直事故 → 左
折専用現示の追加

(2) 交通調査

交差点における捌け交通量や渋滞長を単位時間ごとに調査し、その変動を把握する。

また、複数交差点を含む区間について走行調査により旅行時間を把握する。

例えば市内全域の信号制御の適正化を図るなどの場合はこの方法が有効であると考えられるが、規模が大きくなるので 1～3 年に一度というサイクルでも良い。また、局所的な渋滞については比較的原因がつかみやすいので、細かな交通調査は省略しても対応が可能である。

- ・交差点交通量…交差点に流入する車両の流出方向別交通量。

24 時間または朝、昼、夕の 2～3 時間について、計測する。

交通量計測は 15 分単位毎に集計するのが一般的である。

車種について普通車、大型車別に計測する。また、二輪車については、交通量が多ければ計測するが、少なければ省略できる。

- ・渋滞長…停止線からの渋滞の長さについて 15 分ごとに計測する。渋滞の長さについては、目視の場合は予め路側の建物等の位置を地図で計測しておき、こ

れを基準に渋滞の長さの目安を付ける。

- ・旅行時間…試験車を用いて、起点から終点までの走行時間を測定する。時間帯について複数実施して、平均値で比較する。

(例)

信号調整…時間帯における捌け交通量の変動に合わせた信号調整により待ち時間の減少、渋滞長の軽減を図る。

…走行調査データをもとにオフセット(連続する複数信号機の系統タイミング)を設計し、走行時間の低減を図る。

3 交差点交通量の整理と設計交通量の設定

(1) 交通量の整理

自動車交通量は、昼間 1 2 時間について単位時間毎に、流入路毎に、方向別、車種別に計測する。

一般的には最小限 1 5 分単位に各流入路からの直進、右折、左折車両を普通車、大型車に分類して計測する。二輪車は対象から除外するが、二輪車が極めて多く交通への影響が大きい場合は計測対象とする。

歩行者交通量は、横断歩道別に 1 時間単位で計測する。

① 交通量測定時間

② 交通量集計単位時間

ピーク 1 時間を正確に求める、また交通量の時間変動状況に対応できるように最低限 1 5 分単位での調査が必要。

③ 交通量種別

直進、右折、左折別及び最小限大型車、普通車の 2 車種別に調査集計する。これは、現示方式の設計や飽和交通量の算定に必要なものである。

○ 左折・直進・右折

○ 大型車・普通車

④ 事例

下図の交差点で昼間 12 時間(7:00~19:00)において流入部毎に計測した 15 分間交通量を表「交差点交通量の整理例」に示した。

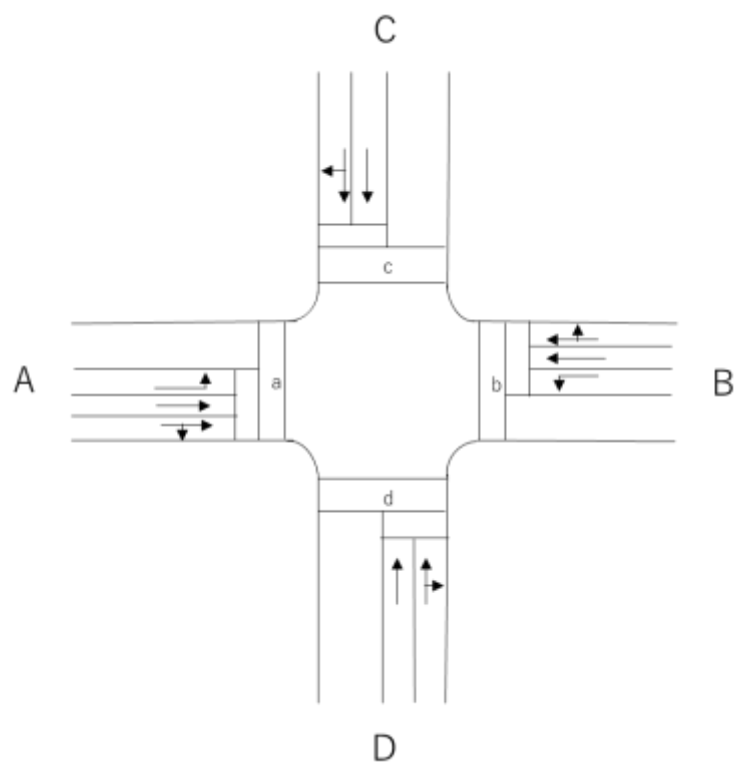


表 交差点交通量の整理例

流入部 時間 方向 車種		自動車交通量												歩行者交通量			
		流入部												横断歩道			
		A			B			C			D			a	b	c	d
		右折	直進	左折	右折	直進	左折	右折	直進	左折	右折	直進	左折				
7:00～	大型車	1	5	0	2	13	1	2	15		0	8					
7:15	その他	7	37	4	14	126	8	18	175		5	69		43	51	31	29
7:15～	大型車	2	8	1	2	28	1	5	29		2	12					
7:30	その他	12	72	7	27	247	13	31	284		13	105		56	49	24	25
7:30～	大型車	1	14	1	4	33	2	6	34		1	15					
7:45	その他	10	101	6	31	299	21	34	352		11	129		42	46	35	37
7:45～	大型車	3	18	2	3	27	2	5	26		3	14					
8:00	その他	17	124	9	25	254	15	30	277		18	144		61	57	39	45
8:00～	大型車	2	15	1	2	19	2	4	28		2	20					
8:15	その他	23	158	10	24	203	13	26	248		17	198		115	128	59	62
8:15～	大型車	3	16	1	3	16	1	2	19		2	23					
8:30	その他	18	147	8	21	178	9	21	211		19	195		104	153	58	73
8:30～	大型車	1	18	2	2	21	1	3	24		3	17					
8:45	その他	20	156	11	26	196	11	25	243		24	231		98	112	64	88
8:45～	大型車	2	19	2	3	20	2	5	26		2	22					
9:00	その他	22	149	13	25	213	10	33	289		23	219		95	83	77	71
9:00～	大型車	3	21	1	4	23	2	4	31		4	29					
9:15	その他	25	183	10	29	224	12	29	298		26	257		68	62	48	53
9:15～	大型車	3	17	1	3	22	1	4	30		3	18					
9:30	その他	21	145	9	23	209	11	28	272		24	228		54	58	45	22
16:45～	大型車	3	24	3	5	19	3	4	36		5	37					
17:00	その他	25	218	14	23	175	11	25	214		25	281		74	93	82	77
17:00～	大型車	4	28	2	3	15	4	3	25		4	29					
17:15	その他	24	247	16	21	163	21	18	189		27	257		88	105	79	96
17:15～	大型車	3	24	3	2	20	3	5	18		3	27					
17:30	その他	23	198	19	14	142	15	27	236		22	214		95	114	103	88
17:30～	大型車	4	26	3	2	17	4	4	25		3	18					
17:45	その他	27	178	24	16	138	14	23	193		17	230		103	110	91	105
17:45～	大型車	3	19	2	4	14	2	3	17		4	22					
18:00	その他	18	182	22	25	151	12	17	201		28	245		115	96	106	116
18:00～	大型車	4	22	5	3	20	1	3	20		2	30					
18:15	その他	21	207	32	21	167	4	20	187		32	266		97	87	112	121
18:15～	大型車	3	34	4	1	14	3	2	24		3	13					
18:30	その他	28	283	20	13	118	15	8	143		31	271		84	91	118	103
18:30～	大型車	4	32	3	2	11	1	3	17		4	32					
18:45	その他	29	243	23	14	98	7	21	186		26	265		95	101	136	95
18:45～	大型車	2	25	2	1	8	2	1	9		2	19					
19:00	その他	16	171	15	7	56	7	6	104		15	172		73	86	121	98

(2) 設計交通量の設定

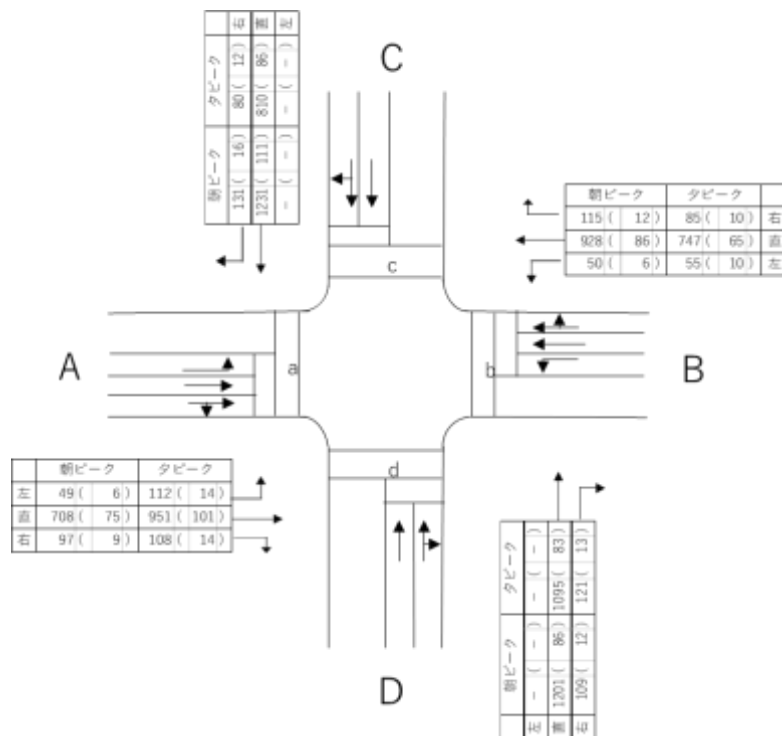
朝、夕のピーク時間帯について測定し整理した交差点交通量の表から、ピーク 1 時間交通量を求め、これを設計交通量とする。

通常、朝と夕では交通量の方向別分布が異なるので、それぞれ交通量が多い方向の流入部で交通量が最大となるピーク 1 時間帯の交通量を各流入部について求めて、2 種類の設計交通量を設定する。

実際には、両ピーク時間帯の中間時間帯（正午付近などのオフピーク時間帯）や深夜時間帯（閑散時間帯）の交通量も加え、設計交通量を検討する。

さらに、曜日、祝祭日等により一日の交通量や交通量の変動パターンが異なる場合への対応が必要な場合がある。

歩行者交通量は測定データがあれば、横断歩道別に昼間 12 時間中のピーク 1 時間交通量を設計交通量に設定する。歩行者交通量は精密な値でなくても良いが、横断歩道毎に「多い」、「少ない」という状況を把握することが車両の秒数設定の際に必要なとなる。



(3) 事前事後比較(効果測定)

対策の実施効果を明らかにするため、実施前後について同様の調査を実施し、事後検証を行うもので、効果が得られない場合の対策の見直しとしても活用する。

検証結果の一連の資料については、外部への説明や今後の対策検討の際の資料としても貴重なものともなるので、作成保存を習慣づけておくことが望ましい。

4 現示方式

現示とは、信号表示により交通流に与える通行権をいい、青信号等の表示により通行させる一組の交通流のことである。

東西道路と南北道路の交差点で、まず東西方向が、次に南北方向がそれぞれ信号により交互に進行させるような現示方式を2現示方式と呼び、最も一般的で単純な現示方式である。

一般に交通流や交差点形状が複雑になるほど現示方式も複雑になる。現示方式が複雑になると交差点の交通処理能力は低下する。

交差点形状は4枝以下が望ましく、少なくとも道路計画においては5枝以上の交差点を新たに設置することは避けた方がよい。

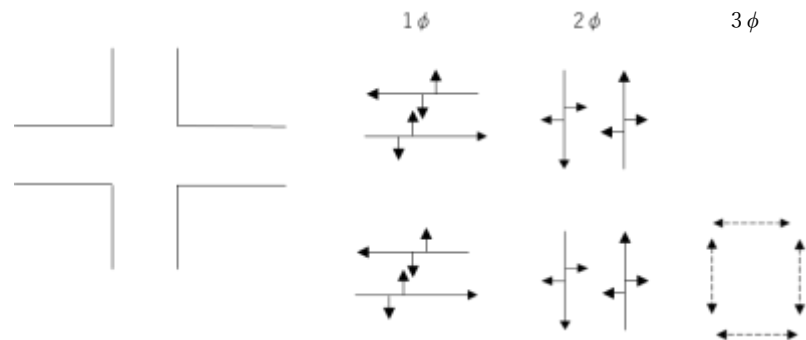
現示数についても基本的には4現示以下にすることが望ましい。

(1) 現示方式の設計手順

交差点の構造（各流入部幅員、車線数、交差角等）、交通条件（交通量、右左折率、大型車混入率、横断歩行者数、対向直進交通量等）、交差点の立地条件（付近の交通

関連施設、見通しの良否等）を十分考慮した上で検討する。

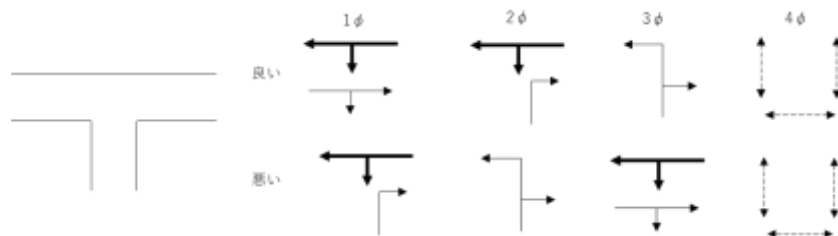
- ① 各流入部からの方向別交通流線を描く
- ② 互いに交差あるいは合流しない流線の組み合わせを作り、それぞれを一つの現示の対象とする
- ③ ②の流線の組み合わせのうち、交通条件から、一つにまとめられるものはまとめて一つの現示とする
- ④ ③で得た現示の順序を決める
- ⑤ 総合的に検討し、必要な修正を行う



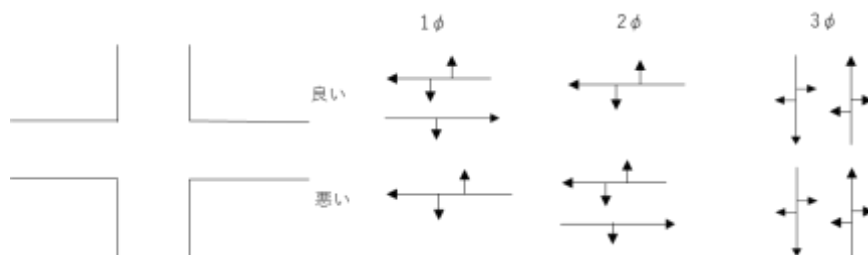
(2) 現示方式設計の基本事項

現示方式の設計に際しては、基本的に以下について留意する。

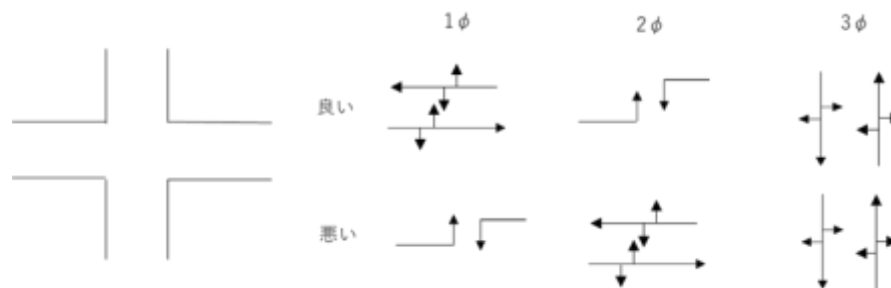
- ① 同一交通流に対する現示の連続



- ② 同方向交通流に対する青表示開始時刻の一致



- ③ 青矢印信号表示の用法



④ 左折交通の処理（左折専用現示の考え方）

左折交通に対しては、左折専用現示を追加することが考えられる。ただし、現示数が増えると一般的に交差点の処理能力が低下することが多いので、左折交通量が少ない場合、及び対向直進交通量が少ない場合は左折専用現示を設置しない。

通常、左折交通量が3台／サイクル以下であれば信号の変わり目に捌けるので、左折専用現示は設置しない。

しかし、交差点の形状から左折車に関連する事故発生の可能性があり、交差点形状の変更も左折禁止規制もできない場合は、上記の基準に関係なく左折専用現示の設置を検討する。

また、左折専用現示の有無に関わらず、左折専用車線を設置することが望ましい。

⑤ 横断歩行者の処理

横断歩道が設置されている場合は、横断歩行者の通行のための信号現示を確保する。

横断歩行者に対する信号現示時間は歩行速度を1m/秒を基本として設定する。通常の十字交差点であれば、同じ方向の車両の信号現示に合わせて表示するが、変形交差点や右左折交通が多いような交差点では、安全上から歩行者専用現示を検討する。

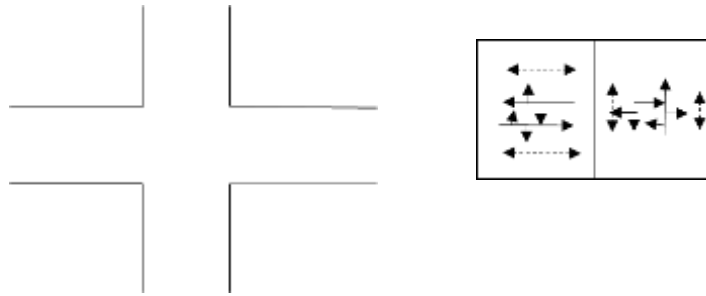
(3) 現示の組み合わせの代表例

① 四枝交差点

○ 標準十字交差

標準十字交差点では、左折交通量が少なく、交差点の飽和度が低い場合には下記の2現示方式で処理可能である。

サイクル長が短くできる最も標準的な現示方式である。

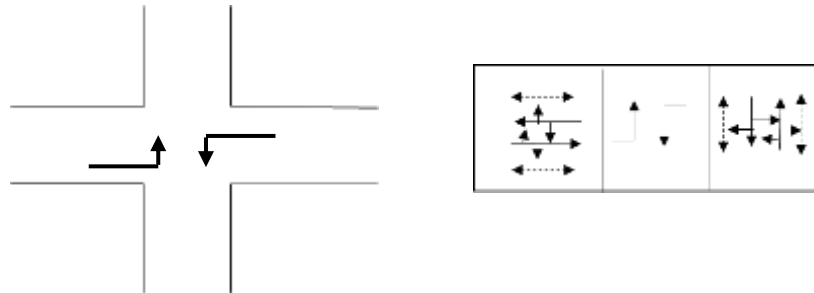


つぎに左折交通量が多い場合の現示の組み合わせ例を示す。

下図のようにある方向の左折交通量が多く、対向車の切れ目や信号の変わり目だけでは処理できない場合は、左折専用の現示を追加する。

流れ図にあるように相互左折現示を追加した例である。

この場合、左折車は専用現示で進行するので、左折専用車線が必要である。



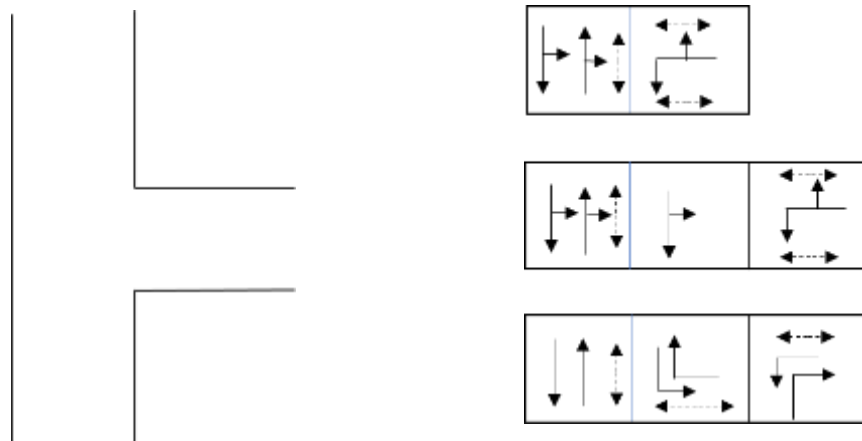
② 三枝交差点

○ 標準T字交差

標準T字交差点の現示は主に右折車及び歩行者の処理によって決定される。交差点の飽和度が低い、下図の上方向からの左折車が少なく、歩行者が少ない場合は上段の流れ図の2現示で処理できる。また、上方向からの左折車・直進車が多い場合として中段の3現示も比較的一般的である。

なお、自動車交通量が少なく、歩行者が多いような交差点では、歩行者の専用現示を設定する場合がある。

また、下段は主流の交通流が屈折している交差点で右左折交通を組み合わせ例である。



○ 変形 T 字交差

従道路が斜めに接続する変形交差点の場合、交差角によっては従道路からの右折効率低下による渋滞などの対策として、交差点流入部の導流島を設置し、右折を信号整理外として、交差点の効率化を図る。また新設道路の計画がある場合は可能な限り交差角を直角に近くして、標準 T 字交差の現示方式をとることが望ましい。



導流島により、右折可のレーンを設置

○ Y 字交差

T 字交差と同様の 3 差路交差であるが、変形のため図のように右上からの右折車は鋭角に右折することになり、交通効率が低下する。

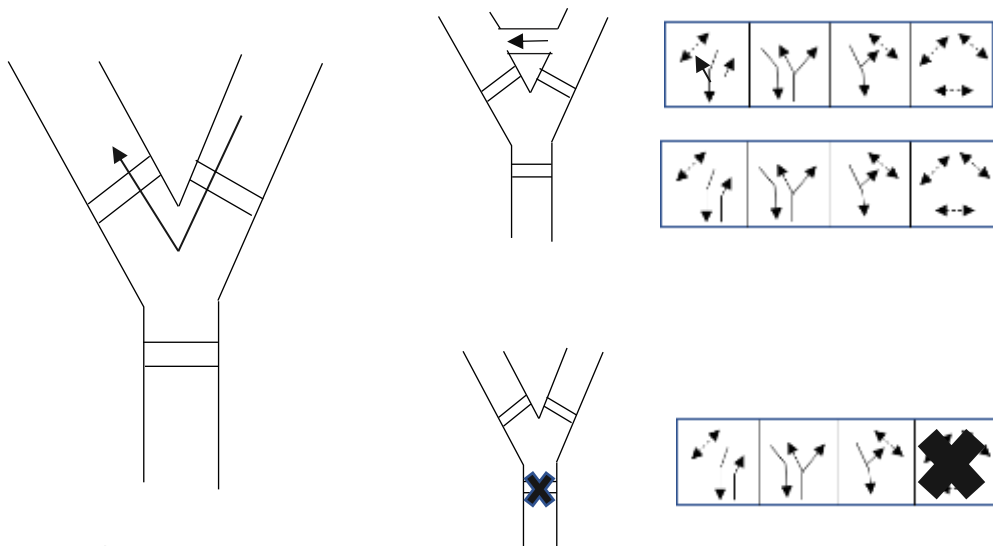
この交差点で右折禁止の交通規制をかけることができない場合、前項変形 T 字交差と同様、右の交差点図のように導流島を

設置し、右折の通行を信号整理の対象から外すことにより、信号処理の効率化を図る。

また、Y字交差の場合は下側の横断歩行者を安全に横断させるためには、すべての車両の交通を止めなければならない。

従ってここでは歩行者専用現示を設定している。

どうしても交通の渋滞のネックとなる交差点であれば横断歩道を撤去してしまうことも検討する必要があるが、歩行者の動線を考慮して、近傍に横断できる代替の横断歩道を設置することなど、歩行者の利便性を大きく阻害することのないよう留意すべきである。



③ 特殊交差点

○ クランク形交差

特殊交差点は形態も様々であるが、ここでは2つの交差部が近接するクランク形を例に説明する。

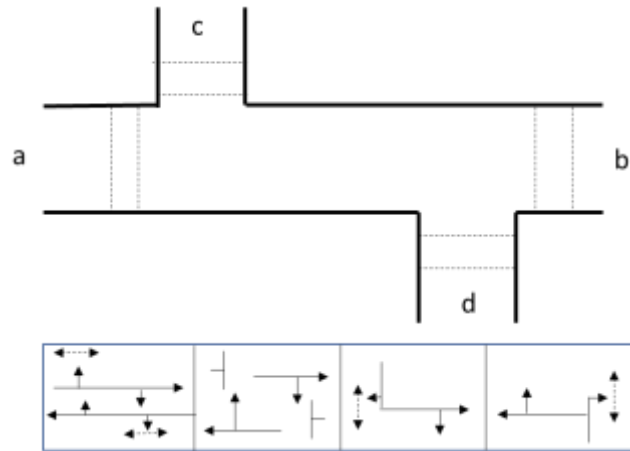
クランク形には従道路の接続位置によって、下記の2つに大別される。

Aタイプの場合は交差点内をクリアにして、c,d 方向からの左折車が交差点に進入しやすくするため、a,b 方向の現示の後に交差点内の捌け残りがないようにしている。

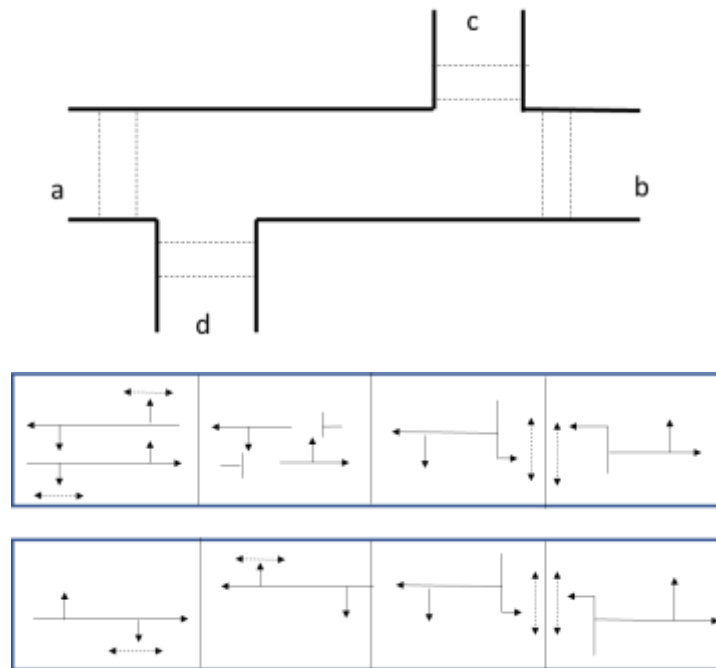
一方、Bタイプは交差点内をクリアにしようとするとも a,b 方向からの左折交通が捌けにくくなるため、a,b 方向を別現示にして、結果的に各方向ともそれぞれ別現示となっている。

Bタイプのような従道路の接続には注意が必要である。

A



B



5 飽和交通流率

飽和交通流率とは、交差点流入部において交通需要が十分に存在する状態で、単位時間、一車線あたりに停止線を通過することのできる最大の車両数のことをいう。

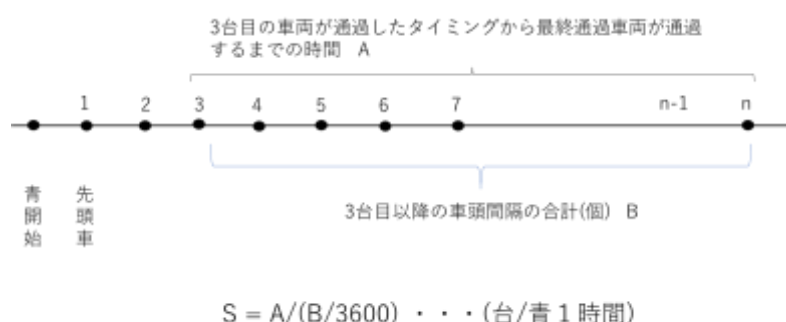
飽和交通流率とは、交差点流入部において交通需要が十分に存在する状態で、単位時間、一車線あたりに停止線を通過することのできる最大の車両数のことをいい、既設の信号交差点の場合には原則として実測によるデータを用いる。ただし、新設予定交差点の場合など実測が困難な場合は、道路交通条件が比較的似ている信号交差点での計測値を参考にすることもある。

ここで、捌け台数に基づく設定について説明する。

各サイクルにおいて、先頭から3台目の車両が通過したタイミングから、待ち行列が途切れない状態で最後に通過した車両(最終通過車両)が通過するまでの時間(各サイクルの捌け時間)とその車頭間隔の数を計測する。

3台目までの車頭時間を除外するのは発進損失の影響を除外するためである。

算出された各サイクルの車頭間隔の合計を、各サイクルの捌け時間の合計で除して飽和交通流率を設定する。



飽和通流率の計測に際しては以下の点に留意すること。

(1) 十分な待ち行列があること。

青時間開始の時点に十分な待ち行列が存在していることが望ましく、少なくとも赤信号時に車線あたりに10台程度以上の待ち行列があることが必要である。

ただし、左折専用車線のように現示の青時間が短い場合は、その現示に捌ける台数が限られることから行列台数は前期の条件を満たさなくてもやむを得ない。

この場合は、車頭時間のサンプル数を確保できるよう、観測サイクル数を多くする。

(2) 車線別に設定すること。

同じ信号現示で通行権が与えられる流入路が複数車線ある場合は車線別に飽和交通流率を求める。

(3) 先詰まりしていないこと。

交差点の流出方向に車両が滞留し、青信号でも進行できない状態を「先詰まり」といい、このような場合は適正な飽和交通流率が計測できないので、「先詰まり」の発生したサイクルは計測対象から除外する。

(4) 十分な測定サイクル数を確保すること。

通常はデータとして使用できるサイクル数が30程度以上あることが望ましいが、前項(1)に示したような現示の間に捌ける台数が限定される場合は、計測時間帯を増やしてサンプル数を確保することが望ましい。

6 飽和交通流率の補正

飽和交通流率の補正については、従来の基本値を実態に適合するように係数をかけて補正していたが、実測による方法では、基本的に使用しない。ただし、飽和交通流率を実測できない場合については、下記の基本値を基に、車線、車種、右折側横断歩行者による右折車通行の低減についての補正についていくつか紹介する。

表 信号交差点の飽和交通流率の基本値

車線の種類	飽和交通流率(pcu/有効青1時間/車線)
直進車線	2,000
左折車線	1,800
右折車線	1,800
pcu:passenger car unit(乗用車換算台数)	

表 車線区分による補正率

車線幅員 (m)	飽和交通流率
2.50～3.00未満	0.95 *
3.00～3.50	1.00

* 左折専用車線については、2.75m以上は 1.00 とする。

車種による影響は大型車によるものが最も大きいことから、通常は大型車のみを補正の対象とする。

二輪車については飽和交通流率の対象には含めないが、数が多い場合は、乗用車換算で 0.3 台とすることもある。

表 大型車混入による補正率

大型車混入率 (%)	補正率
0	1.00
5	0.97
10	0.93
15	0.90
20	0.88
25	0.85
30	0.83
35	0.80
40	0.78
45	0.76
50	0.74

表 右折専用車線の横断歩行者による低減率

横断歩道長 (m)	サイクル長 (秒)	歩行者交通量 (往復合計、人／サイクル)			
		5	20	40	60
20	60	0.27	0.63	0.75	0.82
	90	0.18	0.51	0.74	0.81
	120	0.13	0.45	0.71	0.81
30	60	0.21	0.60	0.73	0.83
	90	0.17	0.48	0.72	0.81
	120	0.12	0.45	0.69	0.78
40	60	0.14	0.51	0.72	0.81
	90	0.14	0.49	0.67	0.80
	120	0.13	0.43	0.64	0.74
注：スプリットG/C=0.5として低減率を求めた。					

この低減率は歩行者交通量データが必要であるが、計画、設計時には調査されていない場合が多い。このため簡便的に次の表のような補正率を用いることもできる。

この表ではサイクル当りの歩行者が5人程度を「歩行者が少ない場合」、20人程度を「歩行者が多い場合」とした。

右折車混入による補正

右折車混入率 (%)	歩行者が少ない場合	歩行者が多い場合				
		青 時 間 (秒)				
		20	30	40	50	60
5	0.99	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95
10	0.97	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91
15	0.96	0.90	0.88	0.87	0.87	0.87
20	0.94	0.87	0.85	0.84	0.83	0.83
25	0.93	0.84	0.82	0.81	0.80	0.80
30	0.91	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76
35	0.90	0.79	0.76	0.75	0.74	0.73
40	0.88	0.77	0.74	0.72	0.71	0.71
45	0.87	0.75	0.72	0.70	0.69	0.68
50	0.85	0.72	0.69	0.68	0.67	0.66

飽和交通流率の算定 補正計算表

流入部		A			B			C			D					
車線		右折	直進	左折	右折	直進	左折	右折	直進	左折	右折	直進	左折			
車線数																
飽和交通流率の基本値		1800	2000	1800	1800	2000	1800	1800	2000	1800	1800	2000	1800			
車線幅員による補正率																
有効青時間																
サイクル長																
右折車混入による補正																
歩行者用青時間																
飽和交通流率 S																
設計時間交通量 q																
流入部各車線の需要率														現示の需要率	交差点の需要率	
現示の需要率	1φ															
	2φ															
	3φ															
	4φ															
	5φ															
有効青時間	1φ													サイクル長 (秒)		
	2φ															
	3φ															
	4φ															
	5φ															
交通容量 C																
q / C																
交通容量の照査結果																

7 現示の需要率と交差点の需要率

各流入部について飽和交通流率が求められたら、各現示の需要率を算定して交差点の飽和度を求め、設定した現示方式によって設計交通量を処理できるか検討する。

(1) 現示の需要率

現示の需要率は、その現示に割り当てられた流入部の設計交通量を通過させるのに最

低限必要な青時間比率として求めるものである。

現示毎に、その現示で同時に流すことのできる流入部交通流の設計交通量を飽和交通流率で除した値が現示の需要率である。

(2) 交差点の需要率

各現示の需要率の総和が交差点の需要率である。

交差点の需要率が上限を超えると過飽和状態となり、交通容量が交通需要に対して不足する。この場合は、制御方式や交差点の幾何構造の見直しが必要である。

8 黄時間、全赤時間

信号表示の切り替え時には、それまで通行権を得ていた交通の流れを安全に停止させることが必要である。このために必要な時間をクリアランス時間(Clearance intervals)といい、一般に黄時間又は黄時間と全赤時間の合計をいう。

クリアランス時間を黄時間のみとするか、黄時間と全赤時間の合計とするかについては、各国の道路交通に関する法律によるために、ここでは触れないが、少なくとも同一国内では統一すべきである。

参考までに日本では、道路交通法で黄表示は停止しなければならないことから、従来は黄時間のみであったが、1970年、道路交通法施行令が改正され、黄表示の意味をただし書きで(走行中の車が対面する信号が黄表示になったとき)「停止線位置近接車の交差点の通過を許す」としたため、全赤時間を設けるようになったものである。

以下の全赤時間については日本での考え方について記述している。

(1) クリアランス時間の設定

信号現示の切り替え時に必要なクリアランス時間(黄時間と全赤時間)は、黄信号は交差点への接近速度、全赤信号は通過する交差点の大きさによって、それぞれ設定する。

基本的に連続する同一路線の黄時間は同じになるが、全赤時間は交差点の大きさによって異なる。ただし、全赤時間が大きくなりすぎると信号待ち車両の信号無視によるフライング発進を誘発する恐れがあるので留意すべきである。

日本では、一般的には大規模交差点で黄4秒、全赤3～4秒、中規模以下の交差点では黄3秒、全赤2～3秒が使われることが多い。

クリアランス時間の設定例

停止線間距離(m)	30			40			50			60		
速度(km/h)	黄	全赤	計	黄	全赤	計	黄	全赤	計	黄	全赤	計
30	3	2	5	3	3	6	3	4	7	3	4	7
40	3	2	5	3	3	6	3	4	7	3	4	7
50	4	2	6	4	2	6	4	2	6	4	3	7
60	4	2	6	4	2	6	4	2	6	4	3	7
70	4	2	6	4	2	6	4	2	6	4	3	7

(2) 損失時間

信号制御の損失時間は、現示の切り替え時に発生するもので、車両の通行に有効に

使われない時間のことである。また、歩行者専用現示の時間は車両交通の制御設計においては損失時間として考える。

通常、損失時間は信号の変わり目において、交差点内の車両を一掃するためのクリアランス損失時間と、次の現示の青信号表示が開始されてからも直ちに流れないための発進損失時間の合計である。一般に黄信号表示時間の一部は青信号表示に引き続いて交通流がそのまま流れるので有効な青時間として使用される。

9 サイクル長の検討とスプリット設定

現示方式が設定され、交差点の需要率と損失時間が計算されたら、これに基づくサイクル長を設定する。

(1) サイクル長の算定と検討

英国道路研究所の Webster の実験式

$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - \lambda}$$

上記ではサイクルが大きくなる時は、以下の式も検討する。

$$C' = \frac{L}{(1 - \lambda)/0.9}$$

参考 最小サイクル長 $C'' = \frac{L}{1 - \lambda}$

最小サイクルは、車両の到着間隔が一定であれば、遅れ時間を最小化するサイクル長である。実際には交通流の到着は一様ではないので、遅れ時間を最小化するのは最小サイクル長よりも大きな値となることから、前項の計算式から求めている。

C: サイクル

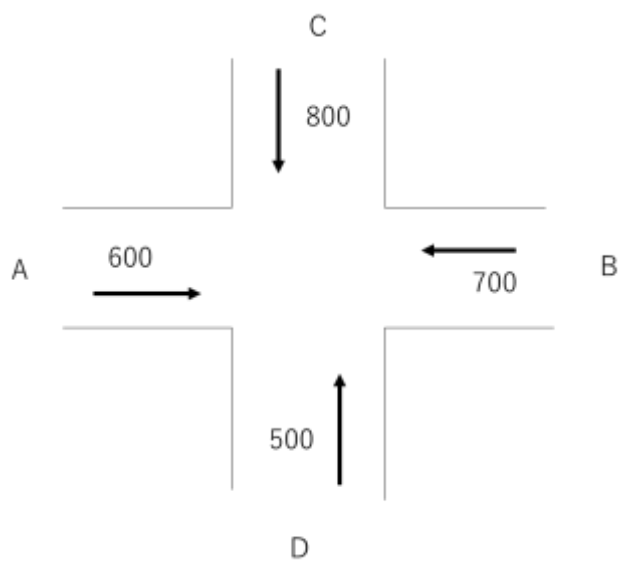
L: 損失時間(黄、全赤)

λ : 交差点の需要率

下図の交差点を例として考えると

A、B、C、D の各方向からの 1 時間の交通量をそれぞれ示す。

各方向とも片側 1 車線で流れ図に示す信号現示で運用。



	1方向(A-B)	2方向(C-D)
流れ図		

損失時間は、各方向とも黄 4 秒、全赤 2 秒 合計 12 秒

各流入方向の需要率を算出

$$A \quad 600/1800=0.333$$

$$B \quad 700/1800=\underline{0.389}$$

$$C \quad 800/1800=\underline{0.444}$$

$$D \quad 500/1800=0.277$$

同一現示の需要率の大きい値をとり、下式に代入

$$C=L/(1-\lambda)=12/(1-0.833)=72(\text{秒})$$

最小サイクルは 72 秒となる。

① 最大サイクル長

過大なサイクル長は、運転者や歩行者の信号待ちの心理的効果の面から好ましくなく、また無駄青時間の生ずる可能性も高くなり、左折交通処理上問題があることから現実的な値としては 120～150 秒程度までにするのが妥当である。

② 左折専用車線の長さサイクル長との関係

左折待ち台数が左折車線の滞留長を越えると、後続直進車等の走行を阻害し、実質的な容量低下を招くことになる。対向直進交通が多く左折専用現示以外では左折が不可能である状態では左折車はすべて左折車線上で待機するので、左折待ち車両が後続車両の走行を妨げることがないように考慮する。

サイクル長と交通容量の関係

スプリット 50% ずつの 2 現示交差点

各現示の切替の損失時間 5 秒

飽和交通流率 各流入部とも 1800 台/青 1 時間

サイクル長を 60 秒 → 80 秒

$1800 \times ((80-10)/80 - (60-10)/60) = 75$ 台/時 → 5% 増加

120 → 150

$1800 \times ((150-10)/150 - (120-10)/120) = 35$ 台/時 → 1.8% 増加

150 → 180

$1800 \times ((180-10)/180 - (150-10)/150) = 20$ 台/時 → 1.2% 増加

サイクル長が大きくなるほど交通容量の増加は少なくなる。

一方で、赤時間の長さはサイクル長が 60 秒時は 35 秒、80 秒時は 45 秒、120 秒時は 65 秒、150 秒時は 80 秒、180 秒時は 95 秒となり、最大待ち時間は増加する。

単にサイクル長を増加しても、過飽和状態を緩和する効果は期待できない。

(2) 歩行者現示時間の検討

歩行者用青信号表示時間と青点滅信号表示時間を合わせて歩行者現示時間という。

・歩行者用青信号

一般的に歩行速度を 1m/秒として、横断歩道の長さに応じて設定する。

ただし、横断長が長くなると歩行速度が上がるという調査データがあり、逆に駅前等で歩行者交通量が多い場合には歩行者は一斉に横断を開始することができないことから、設定に際してはこれらを考慮して検討する必要がある。

・青点滅信号

横断歩行者のクリアランスのために、歩行者用青信号表示の後に青点滅信号表示が行われる。

日本の道路交通法では、青点滅信号表示は「歩行者は、道路の横断を始めてはならず、また、道路を横断している歩行者は、速やかに、その横断を終わるか、または横断をやめて引き返さなければならないこと」とされている。

このためには、青点滅信号表示時間は横断距離の半分を渡るのに必要な時間を最低限確保する必要がある。

ただし、青点滅時間が長すぎると、青点滅信号表示時に無理に横断開始する歩行者の増加を助長するおそれがあること、逆に青点滅時間が短すぎると見落としによる注意喚起効果が低くなることから、現実的には4～10秒程度の範囲とすることが多い。

(3) スプリットの算定と検討

これまでの結果から、交通量に対する有効青時間を求め、スプリットを計算する。

① スプリットの算定

各現示のスプリットは現示の飽和度 ρ_i に比例して配分する。

$$G_i = C \times \rho_i$$

G_i : i 現示のスプリット

ρ_i : i 現示の飽和度

② 車両用最小青時間の検討

各現示に割り当てる青時間が極端に短くなると、クリアランスの無駄時間の割合が増加、突発的な交通量の増加に対応できないことなどから、現実的には、直進などの主流交通には15秒、左折専用などの従交通には5秒程度以上の設定としている。

③ スプリットの再検討

交通量から算出されたスプリットでは、車両用最小時間または歩行者用青時間が確保されない場合は、最小時間長を設定し直し、その現示の青時間長から必要サイクル長を逆算し、スプリットを修正する。

10 交通の経年変化への対応

交通状態に適した信号制御の運用を図るためには、信号調整、信号現示の適切な運用が不可欠である。

しかし、交通は日々変化しており、短期的だけでなく、中長期的にも交通環境の大幅な変化、事故危険の増大等に対応した信号の運用改善を図り、交通実態に適応した信号について、繰り返し、継続的な運用に努めていくことが重要である。

そのためには、交通状況の定期的な観測をするとともに、効果測定で述べたように、対策実施による効果測定の結果について資料化して蓄積し、新たな課題対応への貴重なノウハウ、検討資料の一つとして活用していくことも大切であると考えている。

また、交通対策については信号機の運用改善のみでは限界があり、警察、道路管理者などと連携し、交通規制、道路整備等総合的な施策について検討していくことが重要である。

参考文献 平面交差の計画と設計 基礎編 一般社団法人交通工学研究会

エコドライブ技術ガイドライン

1. エコドライブの内容

エコドライブとは地球温暖化の要因のひとつである二酸化炭素(CO₂)や、大気汚染の原因のひとつである自動車の排出ガスを減らすために、環境に配慮して自動車を運転することです。

運輸事業者においては、エコドライブ活動として、エコドライブに取り組みやすい社内環境をつくり、継続的に実践していくことです。具体的には車輛の管理・燃費の管理の仕組みづくりやエコドライブを継続的に実施することにより、大気汚染防止や燃費向上、事故防止、さらには走行ルートの改善による使用燃料削減の効果を得ることができます。

2. エコドライブの効果

エコドライブ導入前後の排出ガス低減効果を把握するため、乗用ガソリン車、乗用ガソリンHV車、小型トラックの3台において車載排ガス計を用いた排出ガス測定を行った。エコドライブを実施した結果、通常運転に比べてエコドライブは、速度、加速度、エンジン回転数のランク別頻度が低い領域にシフトしている。大気汚染物質の削減効果は、NO_xでPorterを除き12～31%、PMで33%、燃料消費量で2～13%となった。

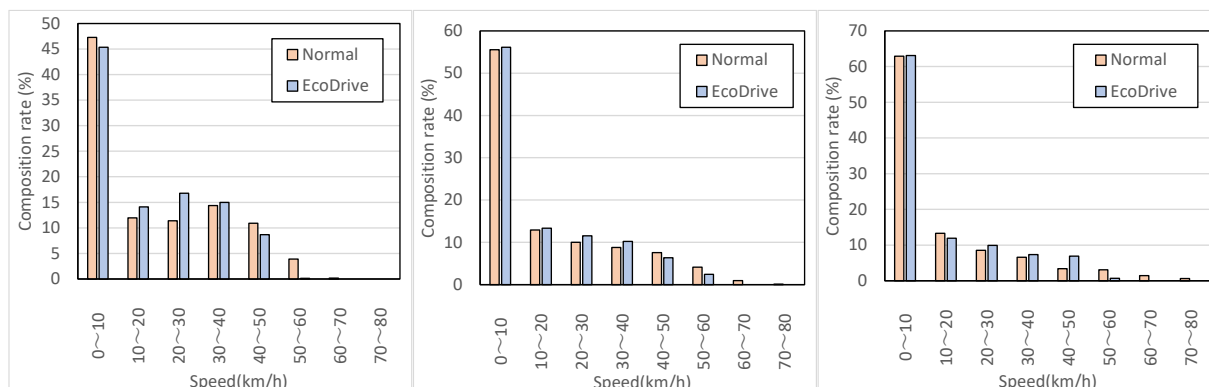


図1 速度ランク別走行頻度(左：VOXY、中：PRIUS、右：Porter)

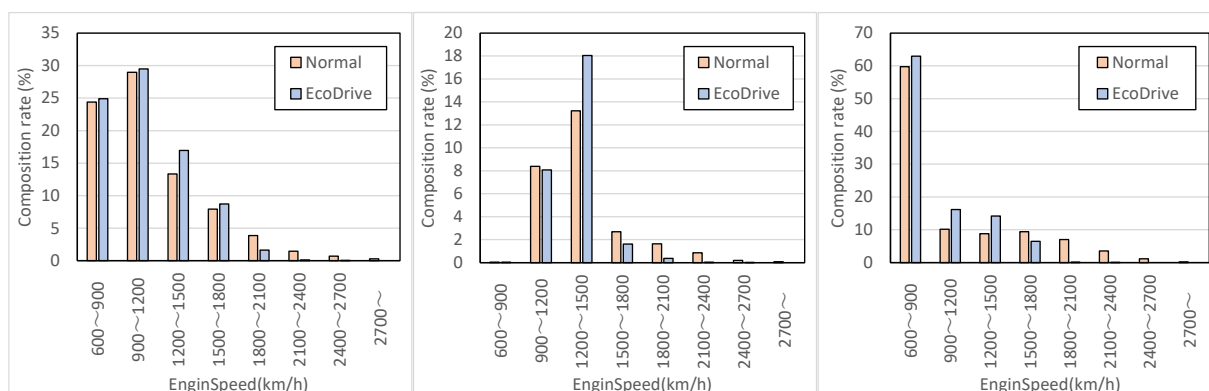


図2 加速度ランク別走行頻度(左：VOXY、中：PRIUS、右：Porter)

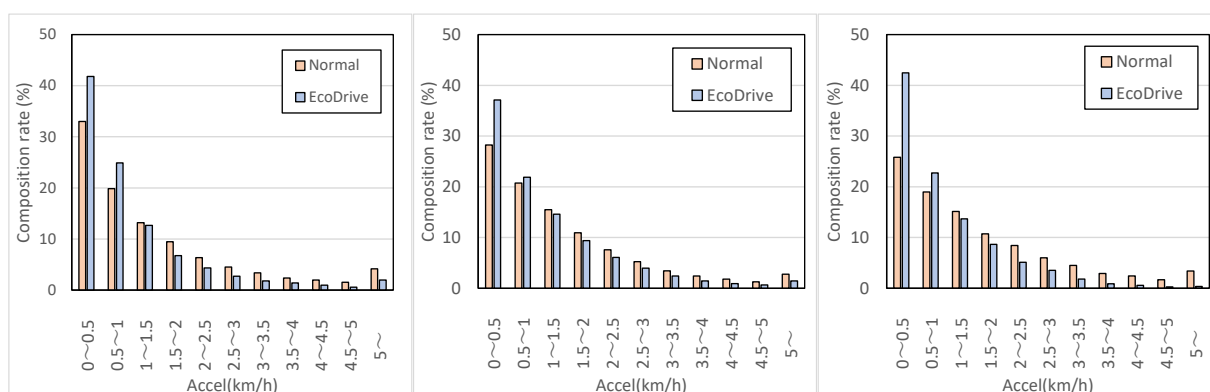


図 3 エンジン回転数別走行頻度(左 : VOXY、中 : PRIUS、右 : Porter)

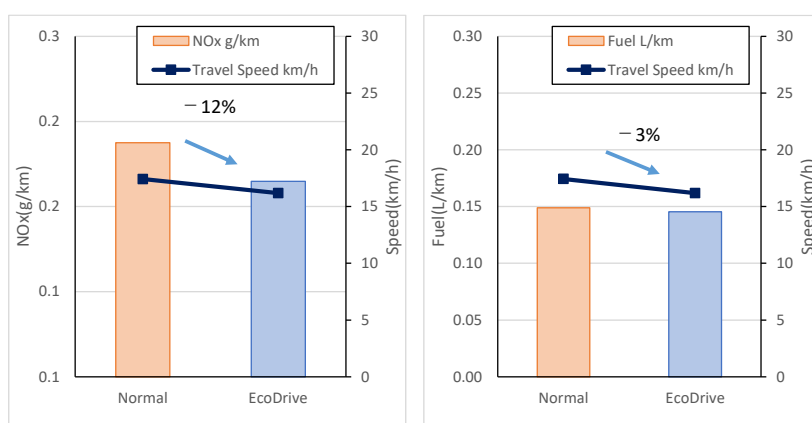


図 4(1) 大気汚染物質の削減効果 (VOXY)

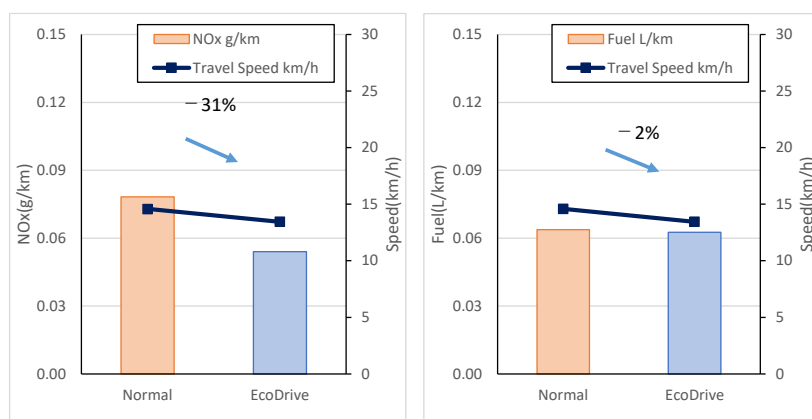


図 4(2) 大気汚染物質の削減効果 (PRIUS)

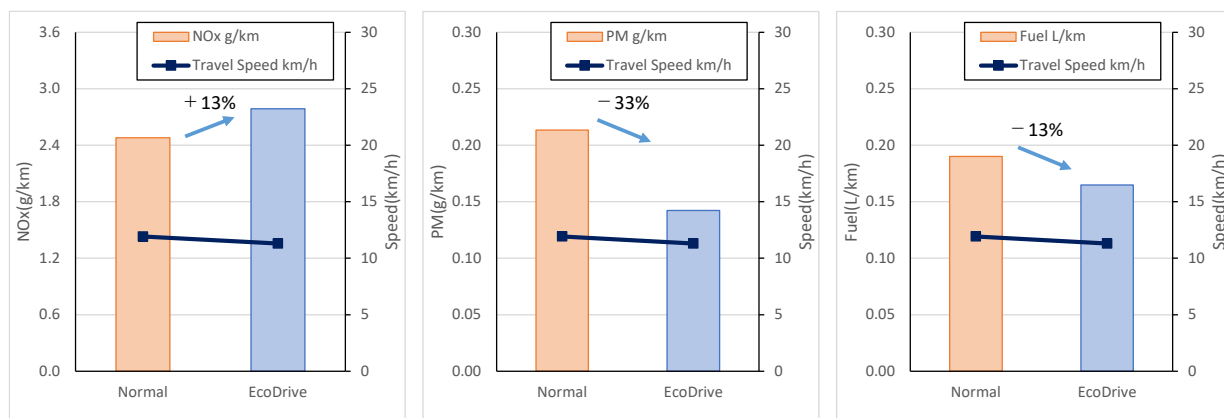


図 4(3) 大気汚染物質の削減効果 (Porter)

3. エコドライブの実践方法

エコドライブは、エコドライブを評価する運行管理機器を用いた日々の運用（運転の分析・評価→指導・教育→エコドライブの実践）が必要です。以下の①～④を繰り返し実施することで、エコドライブの実施状況が向上します。

①エコドライブ支援機器を車両に搭載し、日々の運転を評価します。



図 5 運転評価 (例)

②運転の評価をドライバーに伝え、運転の特徴、改善点を明確にします。

③エコドライブマニュアルを基に、エコドライブの運転方法を教育します。

④エコドライブの運転方法を実践してもらいます。

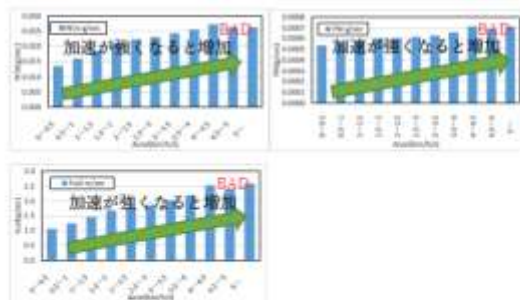
4. エコドライブマニュアル

エコドライブ教育に使用するエコドライブマニュアルは以下の通り。



1. 緩やかな発進と加速、緩やかな減速

発進時・加速時は、アクセルを早く、強く踏み込みすぎず、ゆっくり、やさしくアクセルを踏みましょう。減速時は急ブレーキをしないように。

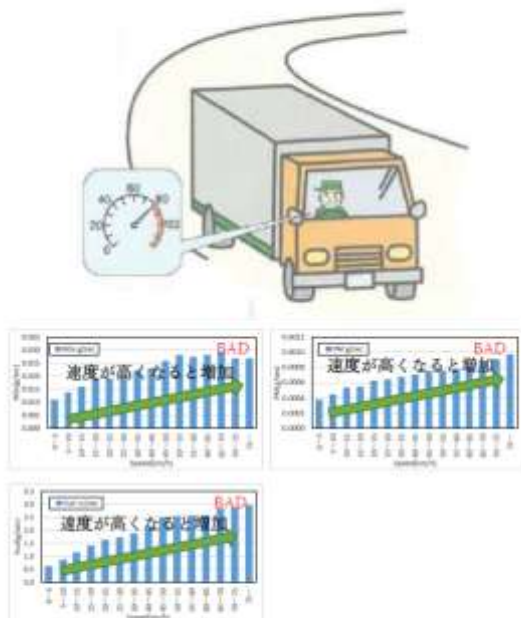


※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

図 6 (1) エコドライブマニュアル

2. 適正な速度

速度は制限速度を守って走行しましょう。

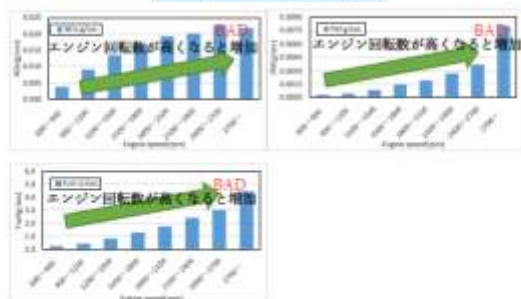
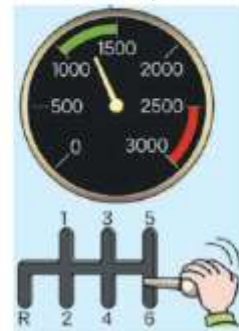


※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

3. 早めのシフトアップ

エンジン回転数を上げずにすぐにシフトアップしましょう。

目安としてグリーンゾーン内（例、1800rpm）で走行しましょう。

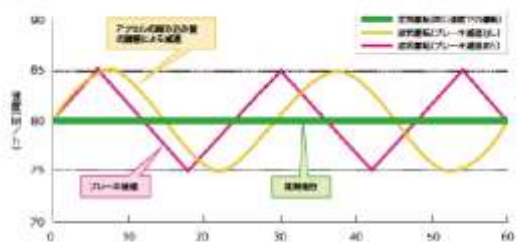


※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

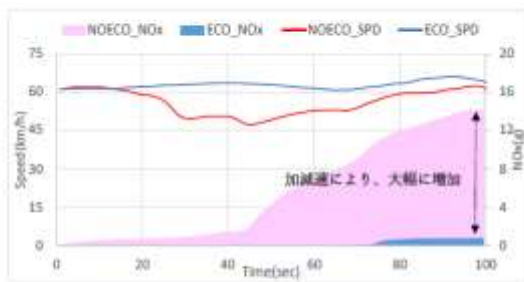
図 6 (2) エコドライブマニュアル

4. 加減速のない運転

車間距離を十分に開けて、なるべく一定速で走り、無駄な加減速を無くしましょう。



出典：環境再生保全機構、交通エコロジー・モビリティ財団（日本）

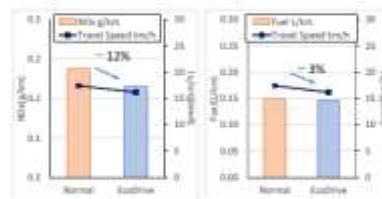


※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

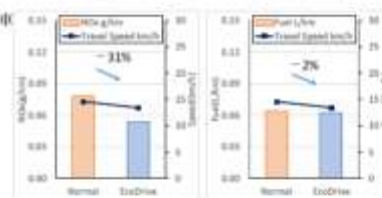
5. エコドライブの効果

エコドライブの大気汚染物質の削減効果は、NOxで小型トラックを除き12～31%、PMで33%。燃料消費量で2～13%という結果が得られています。

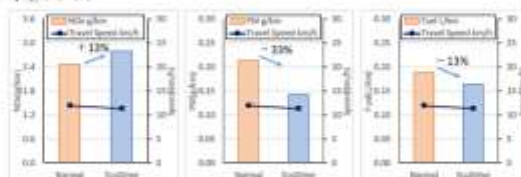
ガソリン車



ガソリンHV車



小型トラック



※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

図6(3) エコドライブマニュアル

5. エコドライブを支援の仕組みづくり

エコドライブの普及・促進のため、支援の仕組みづくりが必要です。エコドライブの実施状況进行评估し、インセンティブを付与することでエコドライブを普及させます。具体的には、エコドライブを含め環境保全を目的に取り組みを行っている運輸事業者を認証する制度やエコドライブの実践により環境に配慮した行動を実践している市民に対し、インセンティブを付与する仕組みを整備します。

(1) 日本での事例

① グリーン経営認証制度

日本では、運輸事業者向けに、グリーン経営認証制度があります。この制度は、環境保全を目的にした取り組みを行っている運輸事業者（トラック、バス、タクシー、旅客船、内航海運、港湾運送、倉庫）に対する認証制度です。公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団は、エコドライブ普及促進のため、エコドライブシンポジウム、エコドライブ活動コンクール、エコドライブ講習、グリーン経営認証制度等の開催、運営、運用をしています。



②エコドライブ支援ツール

個人、事業者問わず、エコドライブを支援する仕組みがあります。経済産業省資源エネルギー庁省エネ事業の一環として、財団法人省エネルギーセンターが主幹事とするエコドライブフォーラムで ReCoo（レクー）の運営が開始されました。「ReCoo」（レクー）は、エコドライブを広め普及することで、CO2 発生量の低減につなげることをめざし、個人、法人問わず、様々なエコドライブを支援するサービス（WEB での燃費管理、燃費管理データからのエコドライブアドバイス、エコドライブに関する情報発信等）です。

③インセンティブ

とよた SDGs ポイント エコドライブキャンペーンという取り組みがあり、環境・健康・福祉・男女共同参画など、SDGs につながる行動をするともらえる豊田市独自のポイントです。貯めたポイントは、ポイント加盟店で 1 ポイント＝1 円として利用することができます。キャンペーン前の普段の燃費を記録しておき、日常の運転でエコドライブを心がけ 1 週間以上かつ 100km 以上走行して 10%以上の燃費改善を目指し、10%以上燃費が改善したら応募して付与される仕組みです。

（２）モンゴルでの仕組みづくり

モンゴルにおいて、日本の事例を参考にエコドライブを普及・促進させる仕組みづくりを提案する。

担当部署	・ 環境省
エコドライブ普及・啓発	・ エコドライブマニュアルを基に、エコドライブの方法の広報、エコドライブ実施の促進
事業者向け認証制度	・ 環境に配慮した活動をする運輸事業者を評価する認証制度の構築・運用
個人向け促進ツールの整備	・ 燃費を管理するとともに、燃費データからエコドライブアドバイスを提供するツールを構築・運用 ・ 経済的インセンティブとして、ポイントを付与する制度を構築・運用

6. 具体的な仕組みのイメージ

①事業者向け認証制度(例)

環境に配慮した活動をする運輸事業者を評価する認証制度の構築・運用を行う。

担当部署	・環境省
認証制度	・環境に配慮した活動をする運輸事業者を認証するエコ認証（仮称）制度を構築する。エコ認証制度では、運輸事業者ごとに登録制度を構築し、日々のエコ活動の実施状況を報告してもらい、事務局で評価して、基準を満たした場合はエコ事業者として認定するという制度を構築する。
報告内容	・運輸事業の概要（環境に配慮した活動内容） ・車両台数、燃費、エコドライブ支援機器による評価値
評価	・燃費は、当該車両の事前（過去1年間）から5%以上向上 ・エコドライブ支援機器の評価点数が90点以上
認定	・認定証の交付 ・認定ステッカーの発行
事業費	・現状の運転指導部を拡充することで対応可能であり、省としての事業として人件費を確保する必要がある。

②個人向け促進ツールの整備(例1)

燃費を管理するとともに、燃費データからエコドライブアドバイスを提供するツールを構築・運用を行う。

担当部署	・環境省
促進ツール	・個人が給油記録を入力できるアプリを構築 ・アプリに読み込んだ燃費より、エコドライブのアドバイスを提示する機能を構築。
事業費	・アプリ開発・運用を外部委託する必要がある、それに必要な事業費の確保が必要

③個人向け促進ツールの整備(例2)

環境に配慮した活動をする市民に身近で、分かりやすい形で、一人ひとりの取組を促すインセンティブとして、ポイントを付与する仕組みを構築・運用を行う。

担当部署	・環境省
仕組み	・市民が環境に配慮したエコドライブの実施を誘導するため、エコドライブの実施状況によりポイントを付与 ・付与されたポイントは様々な商品・サービス等へ交換可能
必要なツール	・エコドライブ評価するスマホ搭載のアプリ開発 ・ポイント管理する管理システムの開発

	・貯まったポイントを交換する商品・サービスの確保
事業費	・エコドライブを評価、ポイント管理するアプリ開発・運用を外部委託する必要がある、それに必要な事業費の確保が必要

PM 低減装置(DPF 等)に係る技術ガイドライン

●DPF とは

DPF とは、Diesel Particulate Filter の略で、排出ガス中の粒子を除去する装置として、ディーゼルエンジンの排気管に設置する。

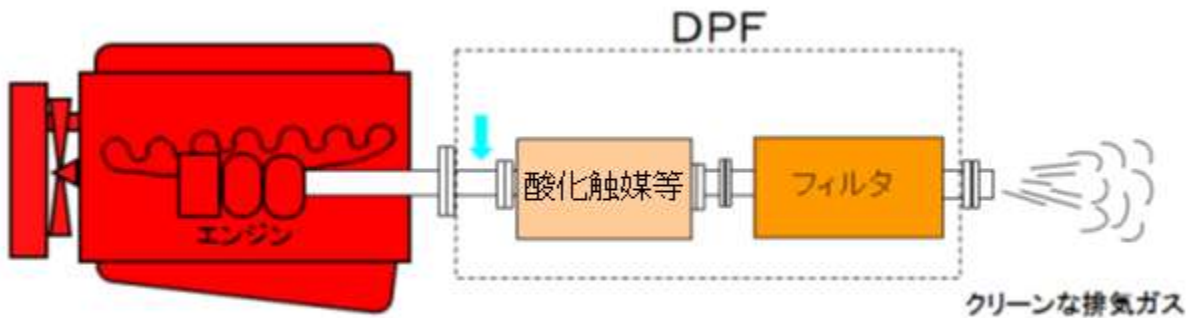


図1 DPF とは

●DPF の種類

DPF の種類は表1である。また、DPF の再生方法別の比較は表2である。

手動再生式は、高硫黄軽油地域の PM 排出の多い車種にも適用でき、排出ガスレベルを選ばずに搭載可能であるが、フィルタに PM が堆積すると手動で再生が必要であり、DPF の維持管理が必須である。

自動再生式は、PM が堆積すると自動で再生が可能のため、DPF の維持管理が簡易であるが、高硫黄軽油地域の PM 排出が非常に多い車種への適用が難しく、使用に制限がある。

表1 DPF の種別

再生方法	方式	構造	費用
手動再生式	ヒーター体型	電気ヒータ＋フィルタ	85 万円
	カセット式	電気ヒータ＋フィルタ	
自動再生式	連続捕集再生式	酸化触媒＋フィルタ	90 万円
	強制再生式	ポスト INJ＋酸化触媒＋フィルタ	
		ポスト INJ＋排気管噴射＋酸化触媒＋フィルタ 排気管噴射＋酸化触媒＋フィルタ	

※費用は小型トラックの場合。

手動再生式：モンゴル国ウランバートル市のディーゼル路線バスの DPF による黒煙低減計画に関する案件化調査業務完了報告書

自動再生式：<https://www.esr-ltd.jp/acr-nxpr.html>

表 2 DPF の再生方法別の比較

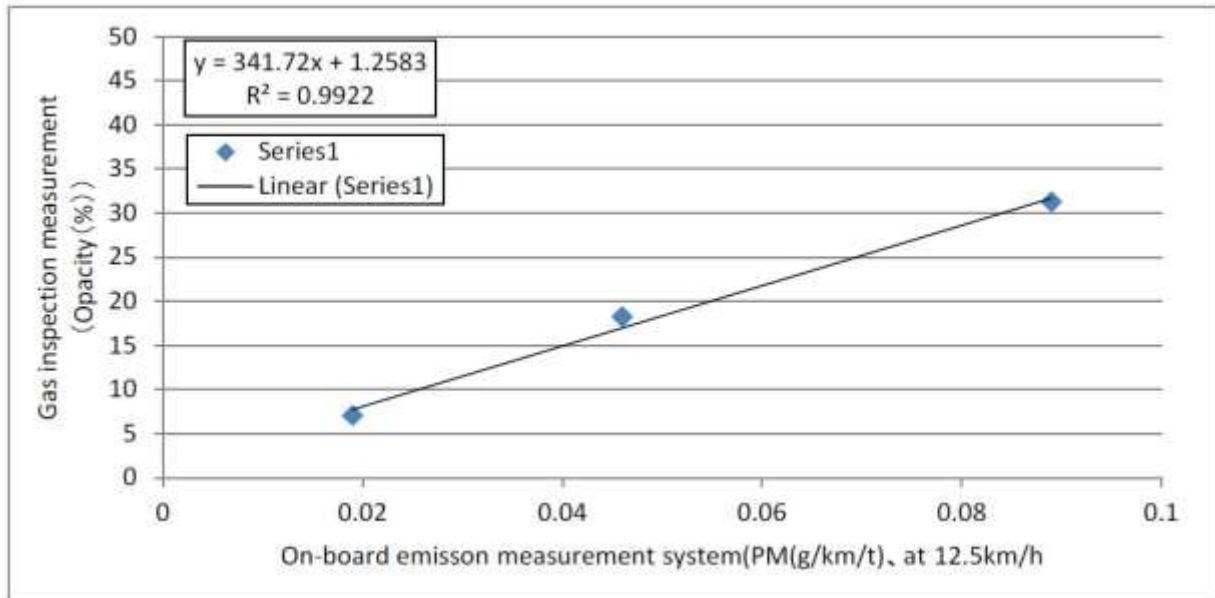
	比較項目					
	燃料	後付け性	走行距離	低速走行	再生の手間	故障
手動再生式 (触媒なし)	◎ 硫黄分関係なし	◎ 簡単	× 制限あり	◎ OK	× 手動	◎ ほとんど無し
連続捕集再生式 (触媒あり)	× 硫黄分 10ppm 以下	× 複雑	◎ 制限無し	× 再生不可	◎ 自動	× 多い

●PM 削減（捕集）性能

車両の排ガス性能は、MNS に規定されている排出基準（オパシティーで 40%以下）を満たさなければならないとある。コモテックの DPF 普及実証事業によると、DPF 性能は、ディーゼル重量車の日本における DPF の要求性能を鑑み、オパシティーで 15%以下（DPF 未使用時の測定値の値が 80%以下の場合）、かつ低減率（=DPF 未使用時÷DPF 使用時×100）が 80%以上なる性能が要求される。しかし、車検時に使用するオパシメーターでの試験は、車両が無負荷での測定となるため、実走行時の PM 排出との乖離がみられる。そのため、DPF の PM 削減（捕集）性能の評価は、フェーズ 2 で導入された車載型排出ガス計測器を用いて行うことが望ましい。

モンゴル国 UB 市大気汚染対策技術支援プロジェクトフェーズ 2 による車載型排ガス計測器を用いたディーゼル重量車 3.5t 超の排出実態調査結果（図 1）によれば、オパシティー15%は、PM 排出率 0.040g/km/t に相当する。

よって、DPF の PM 削減（捕集）性能の評価は、車載型排出ガス計測装置による排出実態調査を実施し、PM 排出率を算出して評価する。なお、PM 排出率の排出基準は、フェーズ 2 の車載型排出ガス計測器を用いた調査結果によるウランバートル市内の平均的な旅行速度 12.5km/h における PM 排出率が 0.040g/km/t 以下、低減率（=DPF 未使用時÷DPF 使用時×100）80%以上と規定する。また、排出実態調査における走行試験は、フェーズ 2 における走行調査ルート（平和通りルート、環状ルート、高速ルートを各 1 回走行）を実施する。



出典) モンゴル国 UB 市大気汚染対策技術支援プロジェクトフェーズ 2 (PR4)

図 1 ディーゼル 5t 超のオパシティーと PM 排出量の関係

●安全性

安全性能の評価は、車両に DPF 製品を取り付け、高速走行路線などを走行して負荷をかけた際に、火災、焦げ、熔解が発生しないなどの確認が必要となる。

安全性能の評価試験は、フェーズ 2 における走行調査ルート（高速ルート）を 1 回走行する。

RSD 技術ガイドライン

1. 運行規制の内容

運行規制とは、MNS で定める粒子状物質（PM）排出基準を満たさないディーゼル車の UB 市内の走行を禁止することである。道路交通開発省大臣令や UB 市長令で運行規制について定め、路上検査で基準値を超過している車両には、罰則金の支払いを要求、粒子状物質減少装置の装着を要求（未装着の車両）、基準を満たした車両への買い換えの推奨（EuroIV未満の車両）、基準を満たすための整備命令（新車時には基準を満たしていた EuroIV以上の車両）を実施する。

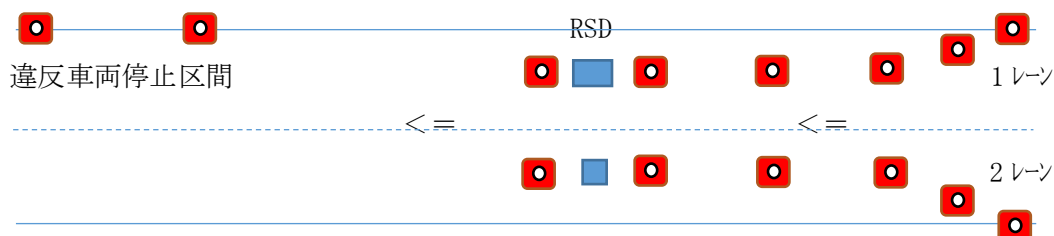
2. 路上検査の作業手順

(1) 路上検査地点の選定

路上検査を実施する地点は、車両がアクセルを踏みながら加速する道路区間とし、基本的には 1 車線の上り坂とする。複数車線の道路区間では、国家交通警察の協力のもと、コーンにより一車線規制とする。

(2) 路上検査地点の車線規制

路上検査を実施する地点は 1 車線とする。複数車線の道路区間では、国家交通警察の協力のもと、コーンにより一車線規制とする。おおむね、一車線区間の長さは 200m とし、その進行方向 150m に RSD を設置する。一車線区間が終了後、100m 先地点に違反車両を停止させる道路区間を設置する。



(3) RSD の設置

RSD は、別添 RSD5700 の操作マニュアルに従い、RSD を設置、稼働する。

(4) 路上検査の実施

RSD は、国家交通センター、DAAEP（大気質測定運用課）が機器の設置、運用を実施する。RSD の UVsmoke の計測値が 25 を超える車両が通過した際は、無線で違反車両停止区間の国家交通警察に連絡し、車両を停止させる。

DAAEP（大気質測定運用課、監査課）は、罰則金（モンゴル国の違反令に従い、該当する基準を適用）の支払いを命じ、車両所有者に運行禁止命令を出す。道路交通開発省大臣令や UB 市長令による運行規制に基づき、車両所有者に、①UB 市が認定した粒子状物質減少装置（酸化触媒や DPF）の装着の要求、②MNS に規定されているオパシティ 40%を満たす EuroIV以上の車両に買い変えの推奨、③基準を満たすための整備（新車時には基準を満たしていた EuroIV以上の車両）を実施する。

ここで、基準値を超過する車両がほとんどなくなった場合は、MNS の基準値をより厳しいオパシ
ティ 25%に改正し、より PM が少ない車両が運行されるように、路上検査の運用も見直す。

3. 運行規制の実施体制

主要な機関が運行規制の下記の作業を担当する。

担当内容	担当機関
道路交通開発省大臣令、UB 市長令の発行	道路交通開発省、DAAEP
路上検査時の RSD による計測	国家交通センター、DAAEP（大気質測定運用課）
路上検査時の違反車両への指導	国家交通警察、DAAEP(大気質測定運用課、監査課)

4. 運行規制の運用方法

(1) 路上検査の実施

路上検査は、月 1 回、朝 10 時～12 時、13 時半～15 時半まで実施する。RSD を路上に設置し、通
過車両の UVsmoke が 25 以上の場合、車両を停止させ、違反車両への罰則金の徴収、排出ガス改善
のための指導を実施する。

(2) 路上検査の実施費用

路上検査を実施するための費用は、道路交通開発省大臣令または、UB 市長令が発行され、作業部
会で施行令が作成される際に、各機関の人件費、移動に関わる経費等を確保して施行令に明記する
必要がある。

RSD5700 の操作マニュアル

1. 車両の停止

- ・ハザードを出しながら車両を停止
- ・安全ベストを着用し、素早くコーンを設置（間隔は5歩分）
- ・環境計測の看板を設置（物干し台に看板を挿す）
- ・車両のハザードを停止



図 1. 計測機器設置例（測定車両と看板）

2. 発電機の起動

- ・燃料、オイルが入っているか確認
- ・エンジンスイッチを ON にし、エア抜きを ON
- ・発電機の設置位置の確認（設置は風下にし、なるべく SDM から離す）
- ・発電機起動



図 2. 計測機器設置例（発電機）

3. SDM の設置

- ・SDM のプラットフォームを設置
- ・その上に SDM 本体を設置

- SDM の横に SCU を設置
- 電源供給用の配線（太い）で SCU と SDM を接続
- コミュニケーション用の配線（細い）で SCU と SDM を接続



図 3. SDM（右）と SCU（左）の前面



図 4. SDM の裏側



図 5. SCU の裏側

4. SDM の起動

- SDM のスイッチを ON
- SCU の赤いボタンを押す
- SDM が起動したことを確認（スピニングミラーの回転音やキャリブレーションセルのレンズ移動音やレーザー光が出ているか）

5. 車両側の機器の設置

- 速度加速度計(Emitter/Detector Bar)の設置
- 速度加速度計と SDM を配線で接続
- 校正ガスを SDM の横に配置
- 校正ガスのホースを SDM に接続
- RSD 用カメラの三脚設置
- RSD 用カメラを三脚に取付
- RSD 用カメラと SCU を配線で接続。



図 6. 測定器設置例（SAM、SAM 用ターゲットバー、CCM、校正ガス）



図 7. 測定器設置例（カラーカメラ）

6. 反対側の機器の設置

- ・ミラーの設置
- ・速度加速時計のミラーを設置

7. SDM 及びミラーの水平出し

- ・SDM の水平（道路に平行）を調整（黄色い水準器を使用）
- ・道路横断傾きを計測
- ・SDM を道路横断傾きに合うよう調整
- ・レーザー光の高さを 26cm になるよう調整（再度水平調整を確認）
- ・ミラーの水平（道路に平行）を調整
- ・ミラーを道路横断傾きに合うように調整
- ・ミラー中心のターゲット（円）にレーザーが合うよう高さ調整（再度水平調整を確認）
- ・ターゲット円中心への導入は、SDM 本体側の足で調整する。

注) SDM、ミラーの道路の進行方向に平行になるよう水平を確保して、道路横断面の傾きが SDM とミラーの横断面方向の傾きと同じになるように設置すれば、おのずと、赤いビームはミラーのほぼ中心に行くはず。行っていない場合、ミラー側の高さを再調整する必要がある。要するに、赤いビームが道路横断面と平行になっていることを確保する必要がある。

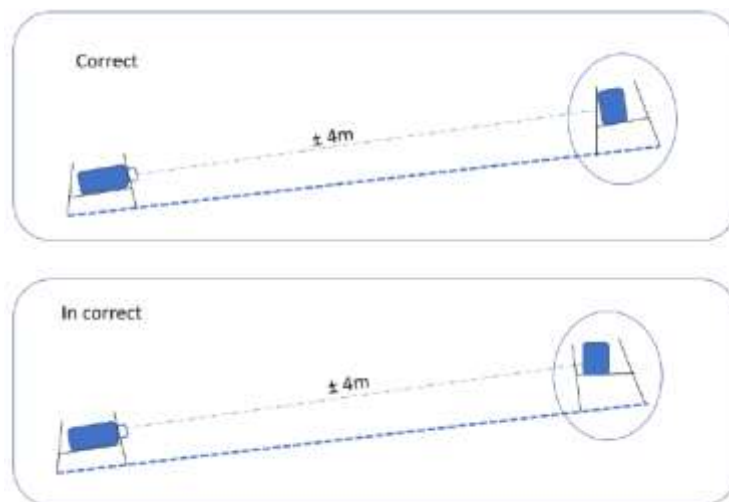


図 8. レベル調整例（交差方向の道路）

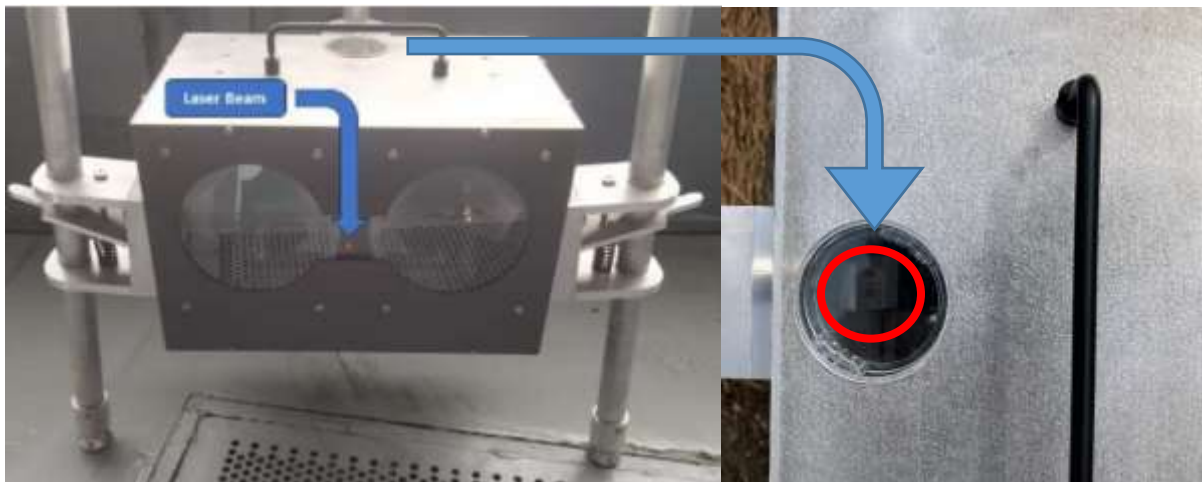


図 9. 適切なレーザー光位置の例（ビームが十字の中心（図の赤丸）に当たるように調整します）

8. SCU の起動（タブレットの操作）

- リモートデスクトップで接続（WIFI が接続されているか確認。パスワード無し）
- RSD NextGen System の起動（アイコンをダブルクリック）
- UserName（一番上）を選択して、Login を押す
- Session の Start Sessoon を押す。



図 10. NextGen software

9. カメラ調整

- カメラを手動で調整する

10. キャリブレーション

- SDMAalign を押し、図 11 の右側の青いバーと数値が出てくる。

- UV:10000 以上、IR:10000 以上になっていることを確認し、DONE を押す。
- System の Calibration の GasCell を押し、callibrate ボタンを押す
- キャリブレーションが終了し、Pass と表示される

注) UV、IR は、その時の状況により 10000 以上とならない場合が多い。7. がきちっとできていれば、赤いビームがミラーの中心に行っているはずで、SDM の一本足の微調整とビームの方向の微調整をしながら、IR と UV が最も高くなる場所を探す。今までの経験では、IR は最大でも 7000 程度、UV は 10000 程度である。5000 以下ではキャリブレーションで Pass しない。上記、微調整で修正されない場合は、SDM とミラーの距離を縮める必要がある。また、キャリブレーション中はなるべく車が通らない状態をキープする。車が数台通っても Pass することはできるが、車の通過により汚染されたガスが漂った中でキャリブレーションがされていた場合、その後の Gas キャリブレーションで失敗する（P が 3 回でない）こともある。

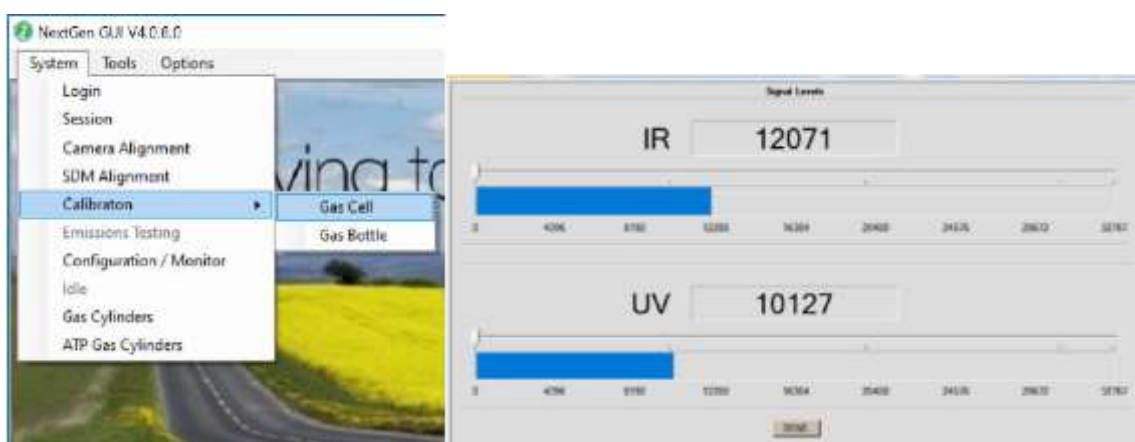


図 11. メインメニューの画面（左）と SDM アライメントの画面（右）

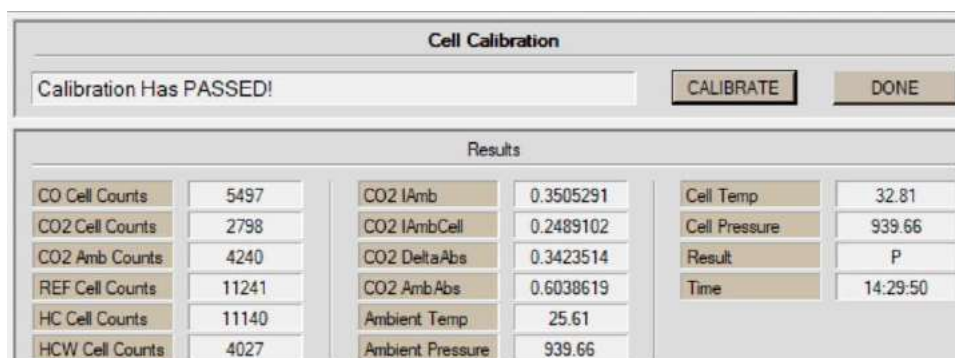


図 12. セルキャリブレーションの画面

11. 計測開始

- System の Emissions Testing を押す

注) 計測途中で Idle 画面（図 10 の Login のポップアップがない画面）に戻ってしまうことがある。この場合、赤いビームがずれていることがあり、10 からやり直してください。

12. 2 時間おきのガスキャリブレーション（朝は 11 の終了後すぐに実施）

- 2 時間経過したら、画面左の 1P1 ボタンを押す。（ガスキャリブレーションをするとターゲット時

間が 1 時間後に設定される。それを過ぎて 1 時間は計測が継続できる。)

- Bottle A の混合ガス (NO, CO, CO2, HC) の校正ガスの元栓を開け、2 次圧を 0.1kpa に設定
- ガスキャリブレーションの画面が開くので Next を押し、その後、Audit ボタンを押す。
- Audit を一回押す毎に CVAResult に X や P が追加される。PPP と P が 3 回続くとキャリブレーションが正常に終了となり、表示が Bottle B に切り替わる。
- P の後、X になった場合 DONE を押してやり直す。
- 正常に終了したら Bottle A のガスの元栓を閉める。
- Bottle B の混合ガス (NO2, CO2) の校正ガスの元栓を開け、2 次圧を 0.1kpa に設定
- Next を押し、その後、Audit ボタンを押す。
- Audit を一回押す毎に CVAResult に X や P が追加される。PPP と P が 3 回続くとキャリブレーションが正常に終了となり、表示が G0 (緑色) になる。
- 正常に終了したらガスの元栓を閉める。

注) X が 10 回続いたりして P が 3 回にならない場合は、Done を押して、10 の Cell キャリブレーションを再度実施した方が良い。Audit ボタンを押すと、図 13 の Result 欄に X が出て、図 14 の左下 (黄色と青の行) が追加されるはずである。これが追加されない場合、Audit がうまくいっていない。この場合、キャリブレーションをやり直すか、最悪、システムをシャットダウンして再起動する必要がある。校正ガスが無くなって、新しいガスボンベを接続したときは、Session の GasCylinder でガスの濃度を再入力してください。

The screenshot displays the 'Audits' screen with two main sections. The left section, titled 'Audits', contains a table with the following data:

Audits	
1P Status	X
1P Results	
1P Target Time	
2P Restarts	
2P Exp. Time	
Bookend Status	O
1P1	1P2
ATP	

The right section, titled 'One Point Audit', contains a message 'Please Connect Described Gas Cylinder and Press Next' with 'NEXT' and 'DONE' buttons. Below this is a 'Parameters' section with the following data:

Parameters					
Bottle ID	A	Bond ID	Z	CO2 Bottle Value	12.04
Description	EHM/SPK	Expiration Date	05/15/2015	Manufacturer	SC
Gas	CO	HC	NO	NO2	
Bottle Value	4.61	1217	1979	0	
Ideal Bottle Value	4.02	1219.57	1982.17	0.00	
Tolerance	-10% +10%	-10% +10%	-10% +10%	-150 +150	
Unit	3.62 4.42	1057.61 1341.52	1783.95 2180.39	-150.00 150.00	

At the bottom, there is a table for 'Puff #':

Puff #	CO	CO2	HC	NO	NO2	Result

図 13. Audits 画面

図 14. Audits 例

13. 計測終了

- 1 日の計測が終了したら、EndSession を押して終了する。
- 1 日分のファイルが圧縮ファイルとして保存される。
- 結果ファイルを USB メモリに移す。
- リモートデスクトップの画面で、シャットダウンを選んで、終了する。
- 計測器が停止したら、タブレットをシャットダウンする。

注) EndSession を押した後、ZIP ファイルが作られるので少し時間がかかる。データは、D\FRSD_data のフォルダ内に実施日の ZIP ファイルができています。不具合でシステムを再起動する場合、EndSession はせずに、再起動した方が良いでしょう。

Fig14. Screen of end session

改良燃料パイロット事業

(Working group 用改訂版)

March 2019

H. ENDO

Expert of JICA Phase 3

ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト

1

Content

1. 概要

1. 改良燃料パイロット事業の詳細

2.1 事業規模

2.2 実施場所

3. 改良燃料

3.1 現在までの燃焼試験結果

3.2 パイロット事業に使用する改良燃料案

3.3 改良燃料の説明

3.4 第1次用改良燃料選定プロセス

4. 改良燃料パイロット事業スケジュール

2

1. 概要

1.1 目的

改良燃料の効果を実証するために、大気汚染測定環境の整ったゲル地域を選び、改良燃料をその地域の世帯に配布し、既存燃料使用時と改良燃料使用時の大気汚染の比較を行う。

既存燃料: 原炭、ミドリリングブリケット、いずれを選択するか検討中

改良燃料: 小型ブリケット、セミコークス、バイオコールブリケットの中の2種

1.2 方法

パイロット事業実施地域の世帯に改良燃料1ヶ月分を支給、測定状況が良好な状態でPM10、PM2.5、SO₂等を最低3日測定する。その前後1ヶ月には既存燃料を使用している状況で同様に最低3日測定する。

1.3 場所

ほかの地域からの大気汚染の影響を受けにくい場所を選ぶ。

3

2. 改良燃料パイロット事業詳細

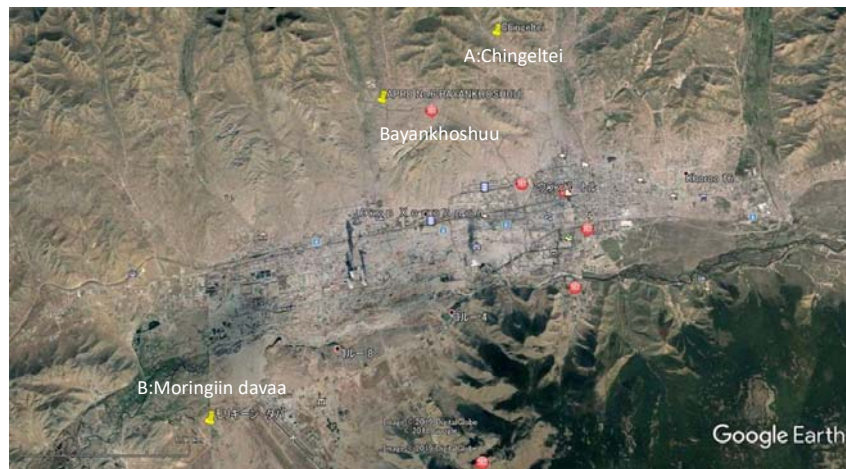
2.1 事業規模

項 目	内 容
1. 地域世帯数	・ゲル地域にある約1,250世帯、平均ストーブ台数: 2台/世帯を想定
2. 燃料使用量	・3,000kg ÷ 7ヶ月 ÷ 30日 = 14.3kg/ストーブ・日
3. 改良燃料使用量	・14.3kg × 28日 × 1,250世帯 × 2ストーブ = 約1,000t
4. 実施時期	・事前測定: 12月、改良燃料試用: 1月、事後測定2月予定
5. 汚染測定日数	・無風、無雪の日を選び最低3日
6. 測定方法、時間等	・APRDの移動大気汚染測定車をパイロット実施地域に配置、PM10、PM2.5、SO ₂ 等の汚染濃度を測定する。 ・測定時間帯については別途検討する。

4

2.2 実施場所

・現在下図のA、Bの2箇所を検討しているが、代案があれば追加をしたい。



5



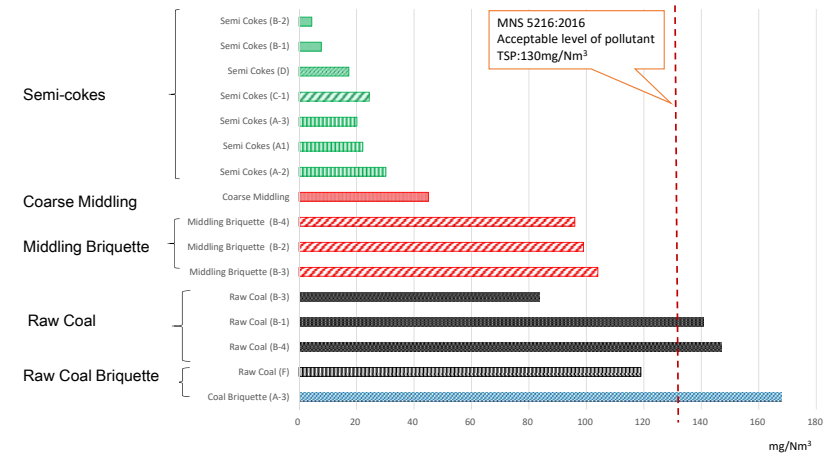
6



1493

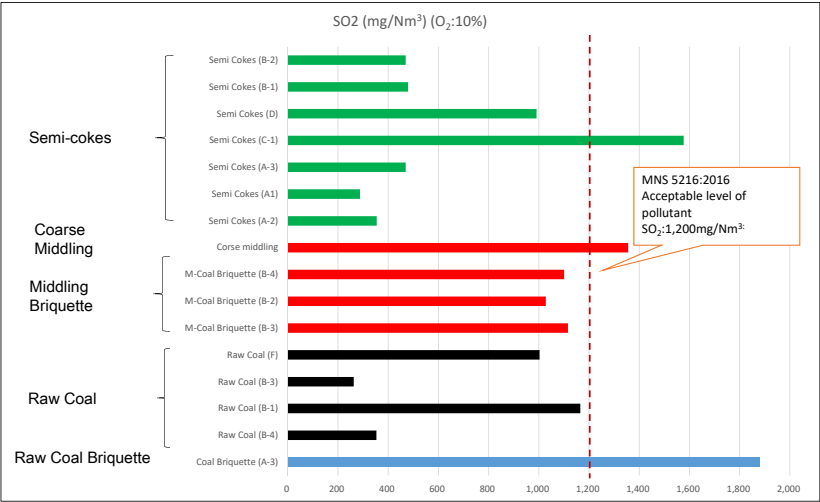
3. 改良燃料

3.1 各燃料のTSP・排ガス測定結果 (Dust mg/Nm³)



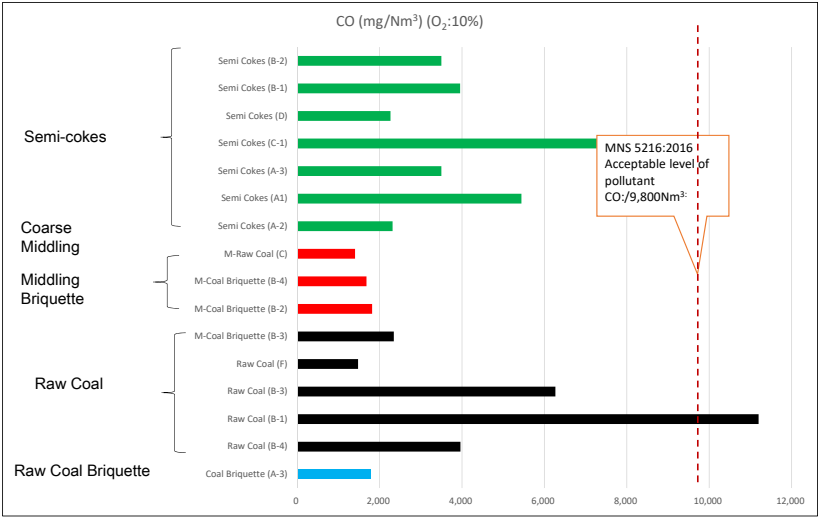
8

3.1 各燃料のTSP・排ガス測定結果 (SO₂)



9

3.1 各燃料のTPS・排ガス測定結果 (CO)



10

3.2 パイロット事業に使用する改良燃料案

項 目	内 容
第1次試験 (2020年1月)	下記の改良燃料を燃焼試験評価、製造可能性調査後決定する。
	① 小型ミドリリングブリケット (約25mm×30mm×18mm、脱硫剤を混合)
	② セミークスブリケット (脱硫剤を入れるかどうかは原料により検討する。)
第2次試験 (2021年1月)	③ ミドリリングブリケット (約40mm×40mm×25mm、脱硫剤を混合)
	下記の改良燃料を燃焼試験評価、製造可能性調査後決定する。
	④ バイオマス ミドリリング ブリケット(BMB) (バイオマスを約10～15w%混合、脱硫剤混合したミドリリングブリケット)
	① 小型ミドリリングブリケット (約25mm×30mm×18mm、脱硫剤を混合)

11

3.3 改良燃料の説明

②セミークスブリケット、③ミドリリングブリケットは周知なのでここでは①小型ミドリリングブリケット、④バイオマスミドリリングブリケットについて説明する。

①小型ミドリリングブリケット

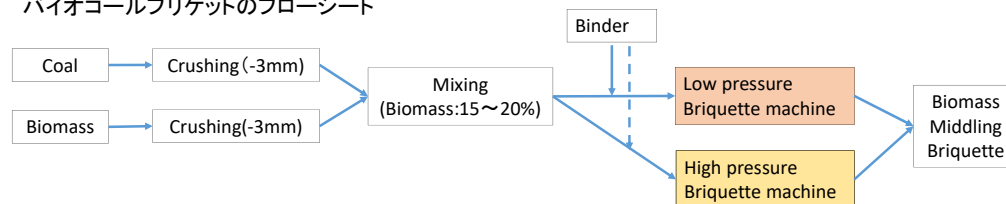
モザンビークのミドリリングブリケットで試験した結果、Egg sizeと呼ばれる小型ブリケットのDust発生量が少なかったので、モンゴルでも燃焼試験等を実施して検討したい。

		Dimension of Briquette			
		Small (mm) 32L x 26W x 18T	Big (mm) 44L x 44W x 26T		
Dust	Middling coal	25 mg/Nm ³	66 mg/Nm ³	62 %	
	Tailing pond coal	17 mg/Nm ³	59 mg/Nm ³	71 %	

12

④バイオマスミドルリングブリケット(1)

バイオコールブリケットのフローシート



バイオコールブリケットのダスト発生量が少ない理由

バイオマスの燃焼温度が石炭より低いため、着火時に石炭から発生する揮発分を含むダストをバイオマスが燃焼するからである。

長所

1. 着火性が良いので、着火材が少なく済む。
2. 揮発分の多い石炭も使用可能なので、着火後の温度上昇が早い。
3. 高圧成型機の場合はバインダーレスが期待できるので、製造コストが安い。
4. 製造が容易である。

既存石炭ブリケット製造プラントを利用して、バイオマスを15~20W%を混ぜ、バイオコールブリケット化が可能である。

13

④バイオマスミドルリングブリケット(2)

ウランバートル市周辺でバイオマスがあるのか？

利用できるバイオマス → 廃棄農産物、家畜糞、鶏糞、木屑等

U/Bの改良燃料必要量: 約60万t → バイオマス必要量: 9万t~12万t(15%~20%)

下表で示す2015年の調査結果では牛糞だけで14万t(水分20%)発生しており、このほかのバイオマスを含めると、利用できるバイオマスがU/B近郊で十分に得られると予想される。

家畜の屋内での飼育期間	200 日	地区	牛飼育数 2015年 (頭数)	年間排出量(t)	
				(W=0%)	(W=20%)
牛の糞排出量	20 kg/日	Khan-Uul	11,874	24,935	29,922
年間排出量(水分0%)	2.1 t/年	Bayanzurkh	11,291	23,711	28,453
		Songino Khairhan	22,481	47,210	56,652
		Skhbaatar	2,276	4,780	5,736
		Chingeltei	72	151	181
		Bayangol	0	0	0
		Nalaikh	8,932	18,757	22,509
		合計	56,926	119,545	143,454

注: 余裕を見て200日を年間排出量としている。

14

④バイオマスミドルリングブリケット(3)

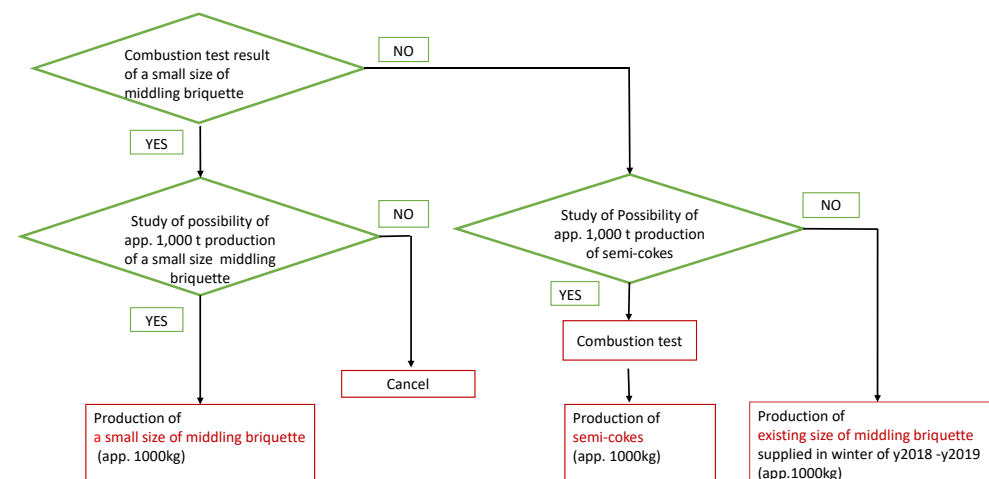
バイオマスコールブリケットを大量製造する上での課題

1. バイオマスの水分管理
水分は低ければ低いほど良いブリケットが出来る。従い低コストの乾燥方法の検討が必要。
2. バイオマスの粉砕
-3mmに粉砕する必要があるが、バイオマスを大量に粉砕するには特別の粉砕機が必要となる。今回のパイロット事業に向けて試験的に0.5t/hr程度の粉砕機を導入予定である。
3. 高圧成型機の導入によるバインダーの低減
4. バイオマスの収集方法
農家、遊牧民から乾燥したバイオマスを原料として購入するシステムの構築。



15

3.4 Choice process for 1st Pilot Project of Improved Fuel



16

4. パイロット事業スケジュール

	2018		2019												2020												2021							2022
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7~12	1~9
1 製造工場調査																																		
2 改良燃料入手、分析、ラボ試験																																		
3 改良燃料仕様決定																																		
Counter part meeting																																		
4 改良燃料製造者決定・契約・発注																																		
5 改良燃料製造、分析、ラボ試験																																		
6 パイロット事業サイト調査、決定																																		
Counter part meeting																																		
7 パイロット事業実施世帯に事前説明																																		
8 改良燃料配布																																		
9 事前測定																																		
10 住民燃焼試験(1カ月間)																																		
11 事後測定																																		
12 住民ヒヤリング																																		
13 報告会(1)																																		
14 改良燃料製造指導、普及活動等																																		

17

Thank you for your attention
Таны анхаарлын төвд баярлалаа



H. ENDO, Y. OTAKA, N. KOYANAGI
JICA Experts of Phase 3

18

Facebook 掲載内容

2018年12月13日
【UB市大気汚染対策プロジェクトフェーズ3 JCCが実施されました！】 12日、UB市大気汚染対策プロジェクトフェーズ3の第一回合同委員会（JCC）が開催され、プロジェクト関係機関の代表が今後の具体的な活動について話し合い、合意しました。 会議では、JCC議長代行を務めた Tsatsral UB市大気汚染削減庁長官の強いリーダーシップのもと、出席者の間でプロジェクトのより良い活動に向けた活発な意見交換が行われました。 JICAは4年6カ月に及ぶ本プロジェクトを通じて、UB市の大気汚染削減に向けた協力を促進していきます。
2018年12月17日
【UB市の大気汚染対策能力強化プロジェクトのキックオフセミナーが開催されました！】 12/10、環境観光省、UB市大気汚染削減庁をはじめとする関係機関・発電所が一堂に会し、今後の活動内容に対して熱心に議論が行われました。本プロジェクトでは今後4年半にわたり、ウランバートル市の大気汚染改善に向けて技術協力を行っていきます。
2019年6月10日
【UB市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ3の第2回合同調整委員会が開催されました！】 2019年6月7日にUB市大気汚染対策庁をはじめとする政府省庁関係機関及び国際ドナー機関が出席し、プロジェクト開始後半年間の活動進捗状況と今後の活動予定の報告が行われた。プロジェクト実施上の課題の解決のための活発な意見交換が行われ、モンゴル側から様々な意見、提案があった。次回の第3回合同調整委員会は今年12月に開催する予定です。
2019年9月30日
【UB市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ3で交通量と交通現象調査を実施しました！】 ウランバートル市内の45か所で交通量・旅行速度調査を実施しました。この調査で収集した車種別時刻別交通量は、自動車からの大気汚染物質排出量の推計に活用されます。また、2019年12月に冬期での交通量・旅行速度調査を実施する予定です。またウランバートル市内の17か所の交差点において交通現象調査も実施しました。この調査で収集した車種別方向別流入交通量等のデータは、ウランバートル市内の信号制御システムが適切に運用されるための技術支援に活用されます。
2019年12月8日
【UB市の大気汚染対策能力強化プロジェクトのカウンターパートワーキンググループ(C/P-WG)会合が開催されました！】 2019年12月3日、国家環境汚染削減委員会事務局、国家気象・環境モニタリング庁、UB市大気汚染対策庁等の関係機関が一堂に会し、プロジェクト側から1年間の活動報告を行い、今後の活動、現状の課題に関して熱心に議論しました。本プロジェクトでは引き続き3年半にわたり、ウランバートル市の大気汚染改善に向けて技術協力を行っていきます。

2019年12月12日

【UB 市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 3 の第 3 回合同調整委員会が開催されました！】

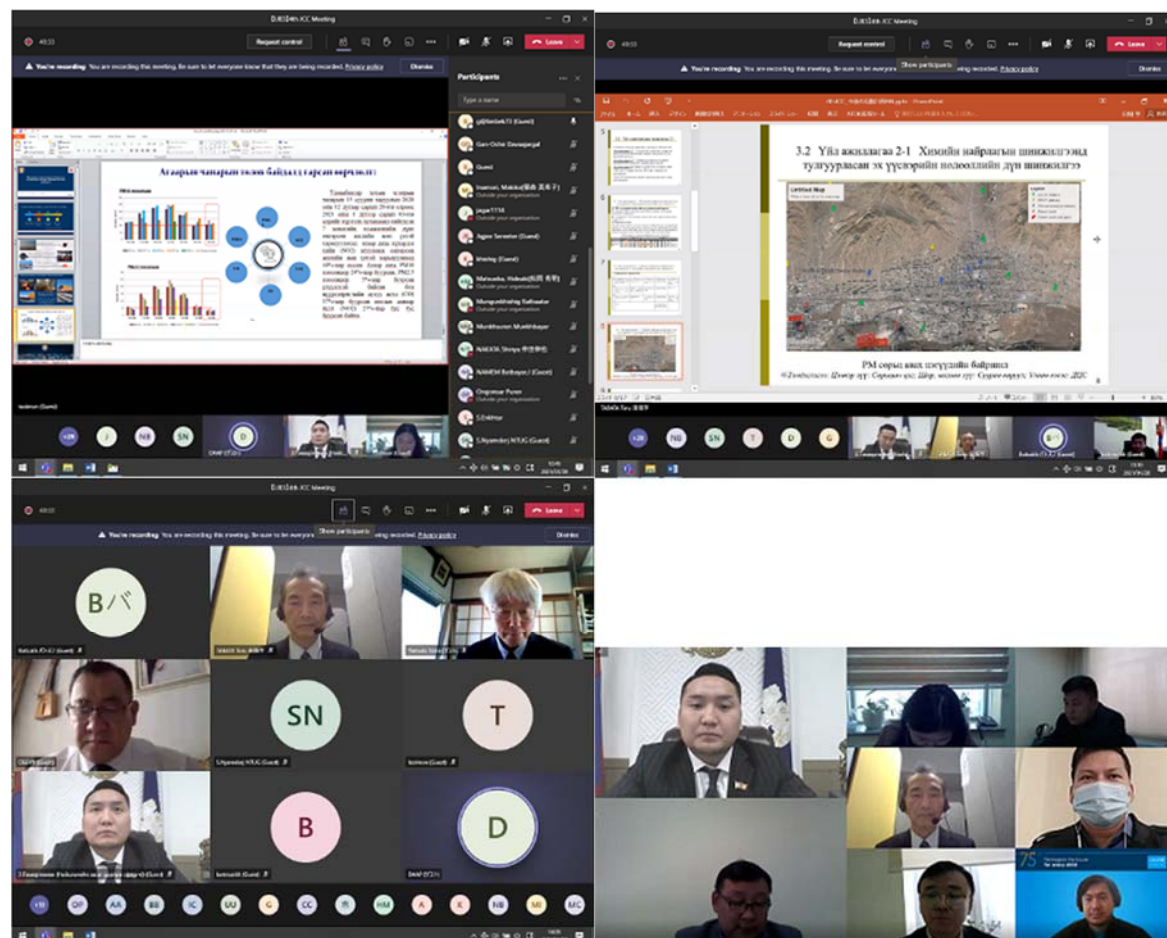
2019 年 12 月 5 日に UB 市大気汚染対策庁をはじめとする政府省庁や UB 関係機関が出席し、プロジェクト開始後 1 年間の活動進捗状況と今後の活動予定の報告が行われた。

今後の活動予定やプロジェクト実施上の課題に関して、JCC メンバーから解決のための様々な意見、提案があった。次回の第 4 回合同調整委員会は 2020 年 5 月に開催する予定です。

2021 年 2 月 3 日

【UB 市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 3 の第 4 回合同調整委員会が開催されました！】

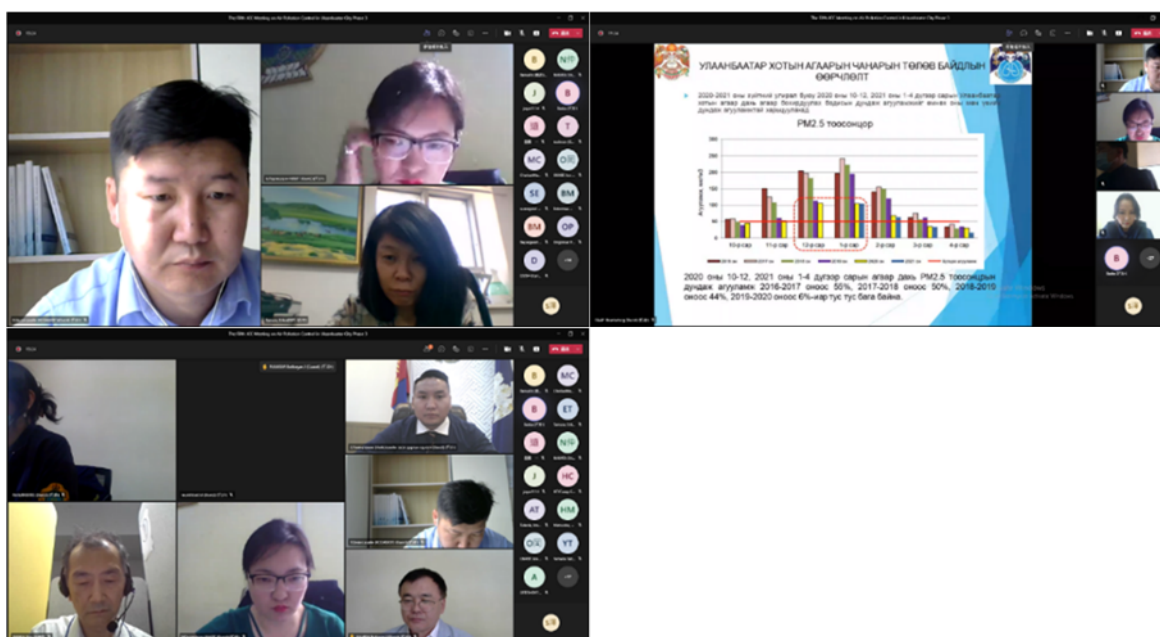
第 4 回 JCC 会議を 2021 年 1 月 28 日にオンラインで開催しました。本会議には、モンゴル側から UB 市大気・環境汚染問題担当プロジェクトリーダー、C/P である自然環境・観光省と UB 市大気汚染削減庁の他、鉱業重工業省を始めとする政府省庁や UB 市関係機関等、日本側からは JICA 本部及び JICA モンゴル事務所、JICA 専門家チーム等が出席した。冒頭の JCC 議長の UB 市大気・環境汚染問題担当プロジェクトリーダーの挨拶の後、UB 市大気汚染削減庁から UB 市の大気汚染の状況の報告が行われた。プロジェクトチームからはプロジェクトの進捗状況と今後の活動計画、プロジェクトの課題の報告が行われた。その後、今後の活動計画やプロジェクト実施上の課題に関して、JCC メンバーから解決のための様々な意見、提案があった。次回の第 5 回合同調整委員会は 2021 年 6 月に開催する予定です。



2021 年 6 月 30 日

【UB 市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 3 の第 5 回合同調整委員会が開催されました！】

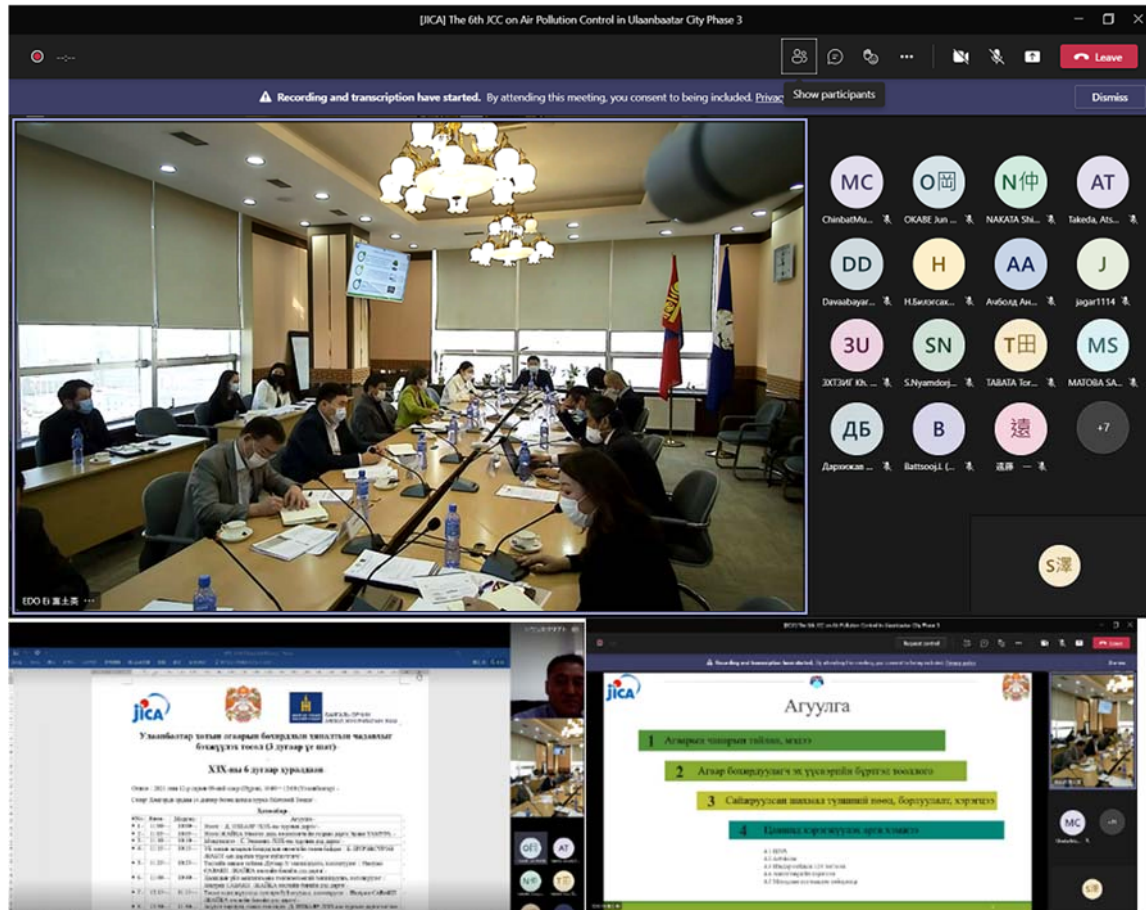
第 5 回 JCC 会議を 2021 年 6 月 24 日にオンラインで開催しました。本会議には、モンゴル側から UB 市大気・環境汚染問題担当プロジェクトリーダー、C/P である UB 市大気汚染削減庁の他、国家環境汚染削減員会事務局、道路運輸開発省を始めとする政府省庁や UB 市関係機関など 14 機関、日本側からは JICA 本部及び JICA モンゴル事務所、JICA 専門家チーム、またオブザーバーとして ADB と UNICEF が出席した。冒頭の JICA モンゴル事務所所長の挨拶の後、UB 市大気汚染削減庁から UB 市の大気汚染の状況報告が行われた。プロジェクトチームからはプロジェクトの進捗状況と今後の活動計画、プロジェクトの課題の報告が行われた。その後、今後の活動計画やプロジェクト実施上の課題に関して、JCC メンバーから解決のための様々な意見、提案があった。次回の第 6 回合同調整委員会は 2021 年 12 月に開催する予定です。



2021年12月14日

【UB市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ3の第6回合同調整委員会が開催されました！】

2021年11月からJICA専門家チーム渡航は渡航人数を制限してモンゴルでの活動を再開しました。第6回JCC会議を2021年12月9日にUB市会議室とオンラインのハイブリット方式で開催しました。本会議には、モンゴル側からUB市大気・環境汚染問題担当プロジェクトリーダー、C/Pである自然環境・観光省とUB市大気汚染削減庁の他、エネルギー省、道路運輸開発省を始めとする政府省庁やUB市関係機関、TTT社等、日本側からはJICA本部及びJICAモンゴル事務所、JICA専門家チーム等の34名が出席した。冒頭のJCC議長のUB市大気・環境汚染問題担当プロジェクトリーダー、JICAモンゴル事務所所長の挨拶の後、UB市大気汚染削減庁からUB市の大気汚染の状況の報告が行われた。プロジェクトチームからはプロジェクトの進捗状況と今後の活動計画、プロジェクトの課題の報告が行われた。その後、今後の活動計画やプロジェクト実施上の課題に関して、JCCメンバーから解決のための様々な意見、提案があった。次回の第7回合同調整委員会は2022年6月に開催する予定です。



2022 年 6 月 24 日

【UB 市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 3 の第 7 回合同調整委員会が開催されました！】

第 7 回 JCC 会議を 2022 年 6 月 9 日に自然環境・観光省会議室とオンラインのハイブリット方式で開催しました。本会議には、モンゴル側から C/P である自然環境・観光省と UB 市大気・環境汚染対策庁の他、エネルギー省、道路運輸開発省、鉱業重工業省、国家環境汚染削減委員会事務局を始めとする政府省庁や UB 市公共交通サービス局、UB 市監査庁等の UB 市関係機関、日本側からは JICA モンゴル事務所、JICA 専門家チーム及び在日本モンゴル大使館等の 32 名が出席した。冒頭の JCC 議長の自然環境・観光省環境・自然資源運営局長、JICA モンゴル事務所所長の挨拶の後、UB 市大気・環境汚染対策庁から UB 市の大気汚染の状況の報告が行われた。プロジェクトチームからはプロジェクトの進捗状況と今後の活動計画、プロジェクトの課題の報告が行われた。その後、DPF の移設を含むプロジェクト実施上の課題に関して協議を実施した。JCC メンバーから解決のための様々な意見、提案があった。次回の第 8 回合同調整委員会は 2022 年 12 月に開催する予定です。



2022 年 12 月 19 日

【UB 市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 3 の第 8 回合同調整委員会が開催されました！】

第 8 回 JCC 会議を 2022 年 12 月 9 日にウランバートル市ハンガリッド宮殿とオンラインのハイブリット方式で開催しました。本会議には、モンゴル側から C/P である自然環境・観光省と UB 市大気・環境汚染対策庁の他、鉱業重工業省、道路運輸開発省、国家環境汚染削減委員会事務局を始めとする政府省庁や UB 市監査庁等の UB 市関係機関、日本側からは JICA モンゴル事務所、JICA 専門家チーム等の 29 名が出席した。冒頭の JCC 議長の社会分野・グリーン開発及び大気・環境汚染担当副市長、JICA モンゴル事務所所長の挨拶の後、プロジェクトチームからプロジェクトの進捗状況と活動予定及びプロジェクトの課題の報告が行われた。その後、大気拡散シミュレーションの実施を含むプロジェクト実施上の課題に関して協議を実施した。JCC メンバーから解決のための様々な意見、提案があった。次回の第 9 回合同調整委員会は 2023 年 6 月に開催する予定です。



2023 年 10 月 6 日

【UB 市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 3 の低硫黄燃料（Euro5 燃料）の普及に係るインタビューのテレビ放送がありました！】

パイロット事業の低硫黄燃料（Euro5 燃料）普及、啓発活動の一環で、2023 年 10 月 3 日にモンゴルのナショナルテレビ局（NTV）から JICA 専門家がインタビューを受け、同日の 19 時からニュース番組内で放送されました。インタビューでは、低硫黄燃料の必要性を説明して、市民にとっては、Euro 5 燃料を購入し、使用することは大気汚染を低減できる効果的な対策であることを強調しました。このインタビューは、低硫黄燃料の普及啓発活動に取り組んでいるプロジェクトチームと鉱業・重工業省、ウランバートル市内で低硫黄燃料を積極的に販売している石油販売会社との連携で実施されました。

なお、ニュース番組は、以下の Facebook の NTV Medee 社の公式チャンネルでも随時視聴できるようになっています。今後も低硫黄燃料の普及啓発活動は、関係省庁や民間の石油製品輸入・販売会社などと連携して、実施していく予定です。

リンク：

<https://www.facebook.com/NTVNewsMN/videos/2018039411898251/>



2024年4月23日

【UB市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ3の総括セミナーを開催しました！】

総括セミナーを2024年4月18日に Blue Sky で開催しました。本セミナーには、モンゴル側から UB 市大気汚染削減庁の他、鉱業重工業省を始めとする政府省庁や UB 市関係機関等、ADB などのドナー機関が出席しました。日本側からは JICA モンゴル事務所、JICA 本部、JICA 専門家チーム等及び、日本大使館が出席し、合計で 41 名の参加者となりました。冒頭に UB 市大気汚染削減庁、在モンゴル日本大使館及び JICA モンゴル事務所長の挨拶の後、モンゴル側が主体となりプロジェクトの成果を発表しました。その後、日本側からプロジェクト終了後にモンゴル側が自ら大気汚染対策に係る活動を継続的に実施するための方策について提案しました。今後は、5 月の最終の合同調整委員会に向けて、プロジェクトの総括及び今後のモンゴル側の課題を取りまとめる予定です。



Түлшний шаталтын туршилт /Явцын тайлан/

Гарчиг

1. Танилцуулга
2. ТТТүлш компанийн одоогийн сайжруулсан түлштэй хийсэн харьцуулалт
3. Дээжний техникийн үзүүлэлт
4. Түлш тус бүрээс ялгарах “Dust、 SO₂、 CO” үзүүлэлтийг “Emission Factor” –тай харьцуулсан харьцаа
5. Түлш тус бүрийн шаталтаас үүсэх температурын өсөлтийн өөрчлөлтийг харуулсан харьцуулалт
6. Түлш тус бүрээс ялгарах “SO₂、 CO”-ийн агууламжийн өөрчлөлт

May 2022

Capacity Development Project for Air Pollution Control
in Ulaanbaatar City Phase 3

H. ENDO: Japan Expert Team, JICA

1. Танилцуулга

- Зорилго :

2022 оны 11-р сараас 2023 оны 1-р сард хийхээр төлөвлөж буй “Сайжруулсан түлшний загвар төсөл”-д ашиглах сайжруулсан түлшний техникийн үзүүлэлтийг тодорхойлох зорилгоор НАБТГ-ын түлшний лабораторит хэд хэдэн түлшний дээжид шаталтаас үүсэх бохирдуулах бодисын ялгарлыг тодорхойлох туршилт хийж байна.

- Одоогоор цөөн тооны туршилт үлдээд байгаа бөгөөд бэлэн болсон үр дүнг нэгтгэн холбогдох хүмүүст туршилтын явцын талаар танилцуулахаас гадна санал авна.

2. ТТТүлш ХХК-ны сайжруулсан түлштэй хийсэн харьцуулалт

Төрөл	Хагас коксын хольцтой брикет	Биомассын хольцтой брикет
TSP	• ТТТүлш ХХК-ын түлшнээс багасгах боломжтой	• ТТТүлш болон хагас коксон брикетэн түлшнээс багасгах боломжтой
SO ₂	• Хятад улсад үйлдвэрлэсэн барьцалдуулагчид агуулагдах хүүхэргүйжүүлэгчийн орц хангалтгүй. • CaO、CaCO ₃ 、Ca (OH) ₂ зэргийг нэмж хийх шаардлагатай	(Ижил)
CO	• ТТТүлш ХХК-ны түлшнээс өссөн	• ТТТүлш ХХК-тай ижил гэж үзэж байна (Туршилт хийгдээгүй байгаа)
Асалт	• ТТТүлш ХХК-ны түлшнээс муу байх тохиолдол байсан	• ТТТүлш ХХК-аас илүү сайн бөгөөд асаагч модны орцыг багасгах боломжтой
Шаталтын температур	• ТТТүлш ХХК-ны түлшнээс бага байх тохиолдол байсан	• ТТТүлш ХХК-ны түлшнээс өндөр
Шаталтын хугацаа	• ТТТүлш ХХК-ны түлшнээс шаталтын хугацаа урт	• ТТТүлш ХХК-ны түлшнээс хугацаа богино
Бат бэх	• ТТТүлш ХХК-тай ижил	• Дээжний бат бэх сул байсан • Хэлбэр хэмжээг жижигсгээд нэмэлт бүтээгдэхүүний орцыг ихэсгэвэл ТТТүлш ХХК-тай ойролцоо болно гэж үзэж байна

- Дээрх харьцуулалтаас үзэхэд энэ жилийн өвлийн сайжруулсан түлшний загвар төсөлд биомассын хольцтой брикетэн түлшийг ашиглах бодолтой байна. Гэхдээ цаашид хийгдэх шаталтын туршилтын үр дүнгээс хамаарч нөхцөл байдал өөрчлөгдөх магадлалтай.

3. Дээжний техникийн үзүүлэлт

No.	Дээжний No.	Агуулга	Туршилт хийгдсэн ОГНОО	No.	Дээжний No.	Агуулга	Туршилт хийгдсэн ОГНОО
1	160	ТТТ	2020/11/3	10	181	Semi-cokes50%	2022/4/20
2	161	ТТТ	2020/12/22	11	182	Semi-cokes 50%	2022/4/21
3	162	ТТТ	2021/4/5	12	183	Semi-cokes 50%	2022/4/22
4	173	Semi-cokes 12.5%	2022/4/14	13	184	Sawdust 15%	2022/4/25
5	174	Semi-cokes 12.5%	2022/4/14	14	185	Sawdust 15%	2022/4/25
6	175	Semi-cokes 12.5%	2022/4/15	15	186	Sawdust+Cow dung 15%	2022/4/26
7	176	Semi-cokes 25%	2022/4/18			Sawdust 15%	
8	177	Semi-cokes 25%	2022/4/19			Sawdust+Cow dung 15%	
9	178	Semi-cokes 25%	2022/4/19			Sawdust+Cow dung 15%	

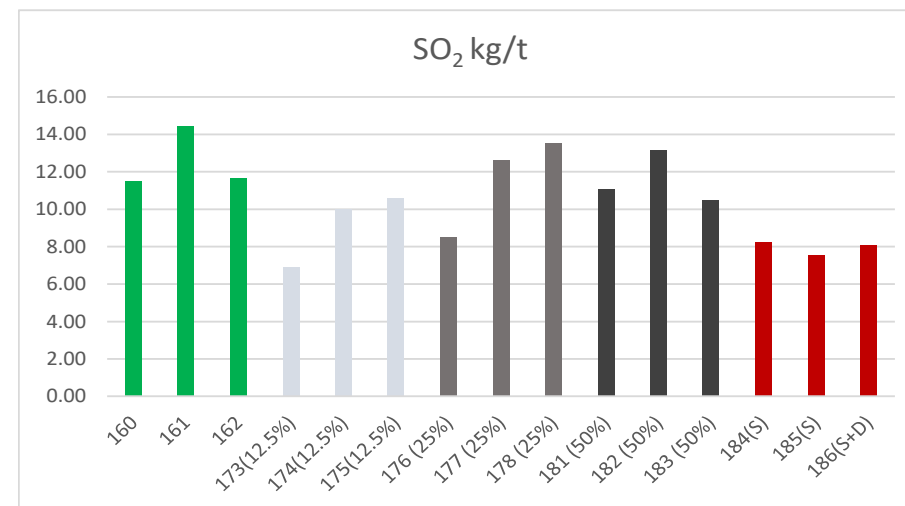
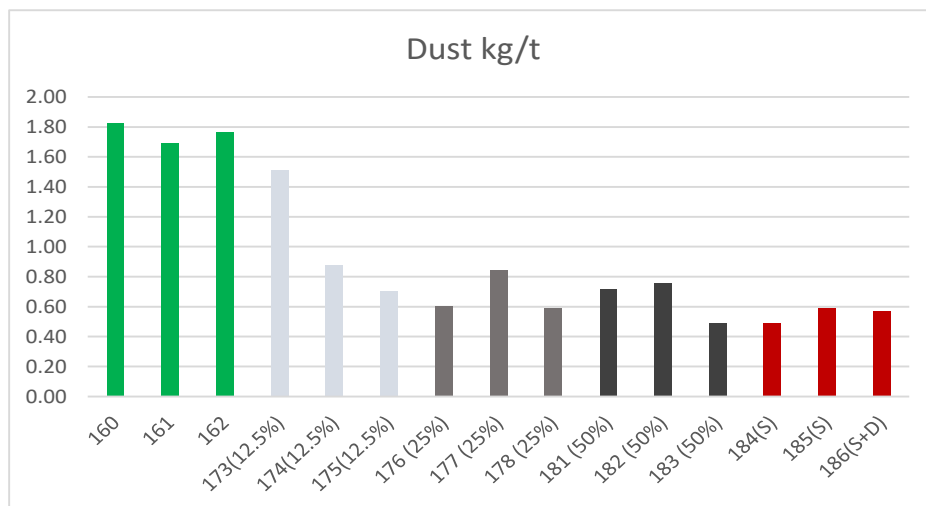
Тайлбар1 : Өнгөөр тэмдэглэгдсэн хэсгийг дараагийн хуудсанд шугаман графикаар илэрхийлсэн.

Тайлбар2 : ТТТүлш ХХК-ны сүүлийн үед хийгдсэн шаталт туршилтын дүн байхгүй тул хуучин дата ашигласан.

Proximity Analysis

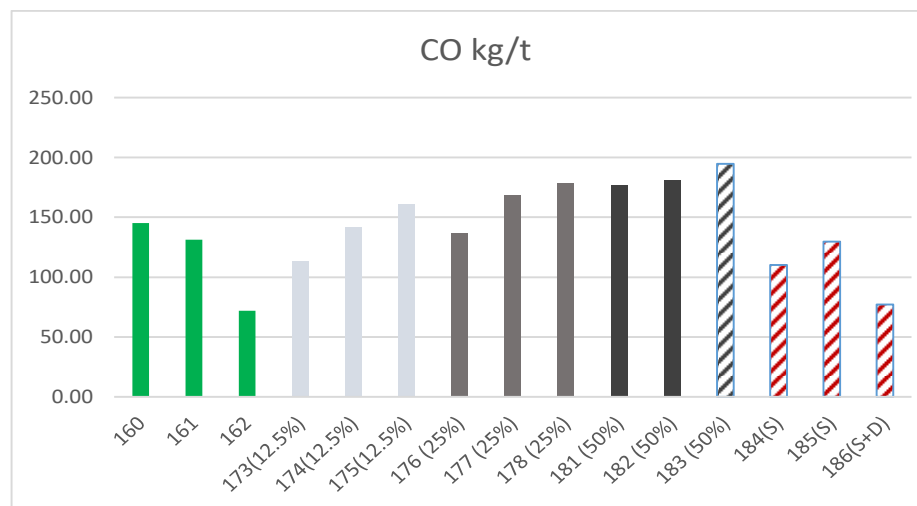
SAMPLE DESCRIPTION	M	A	VM		FC	TS		GCV
	(ad) %	(ad) %	(ad) %	(d) %	(ad) %	(ad) %	(d) %	(ad) kcal/kg
Semi-cokes 12.5%	0.64	25.3	17.4	17.5	56.7	0.97	0.98	6,151
Semi-cokes 25%	0.79	25.5	15.9	16.1	57.8	1.00	1.01	6,109
Semi-cokes 50%	0.78	26.0	13.7	13.9	59.5	1.05	1.06	6,028
Semi-cokes 100%	0.68	26.6	9.7	9.8	63.0	1.05	1.06	5,864
Sawdust 15%	0.72	24.9	22.6	22.7	51.8	0.89	0.89	5,977
Sawdust+Cow dung 15%	0.72	25.5	24.6	24.8	49.2	0.79	0.80	5,780

4. “Dust、 SO2、 CO”-ийн “Emission Factor”-тай харьцуулалт



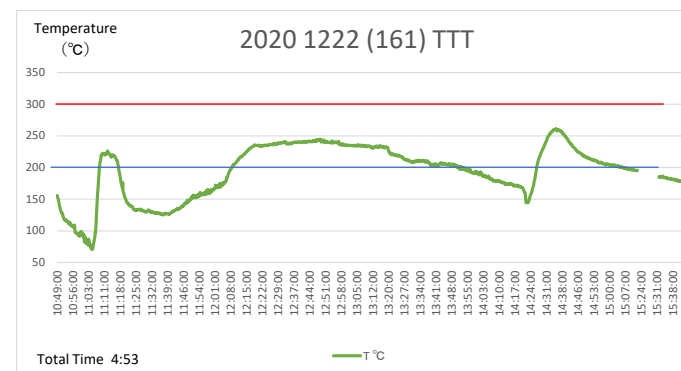
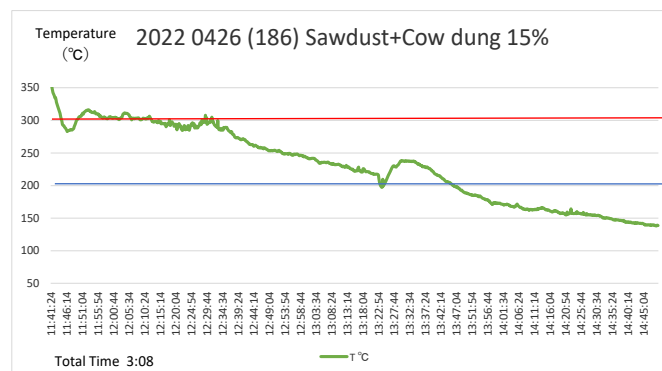
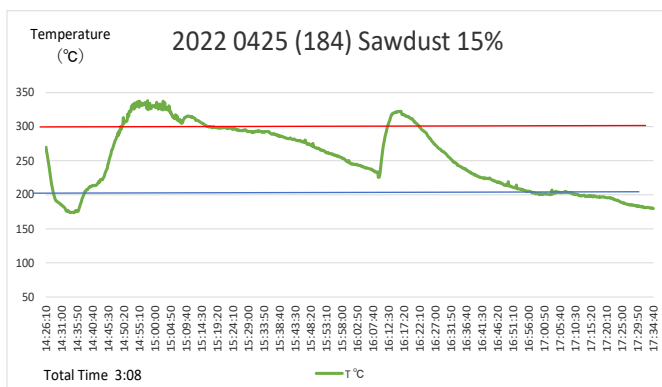
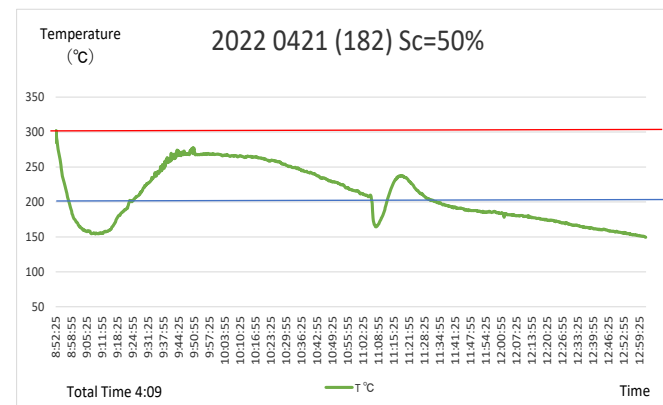
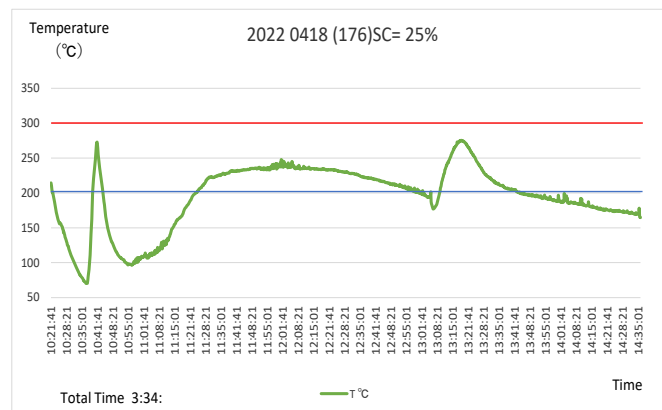
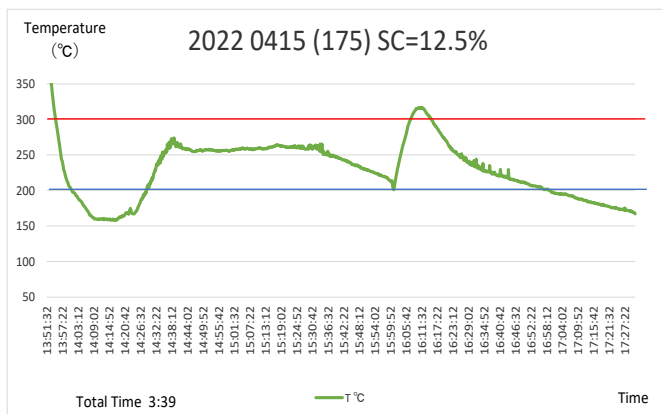
“Emission Factor” ашиглан харьцуулж буй шалтгаан нь хийн анализаторын O₂-ын сенсор доголдолтой байсан тул илүүдэл агаарын 10%-ийг тооцох боломжгүй байсан.

Тиймээс, энэ удаад “Emission Factor”-ын утга нь MNS 5216:2016-ын Table 3-д заасан тооцох аргачллаас ялгаатай тул багцаалсан утга болгон илэрхийллээ.

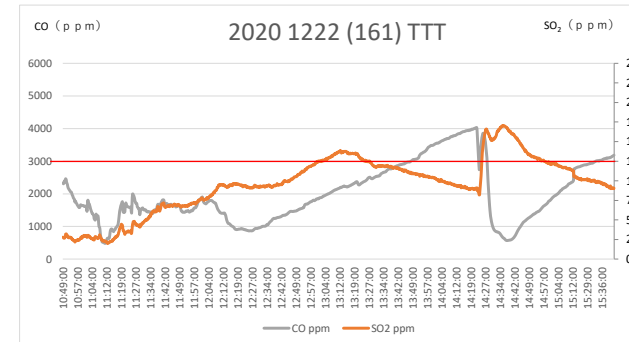
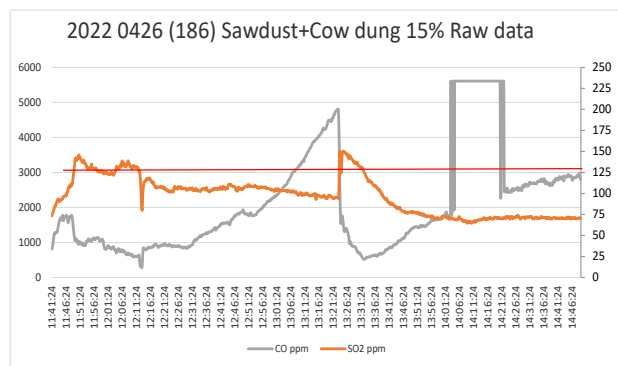
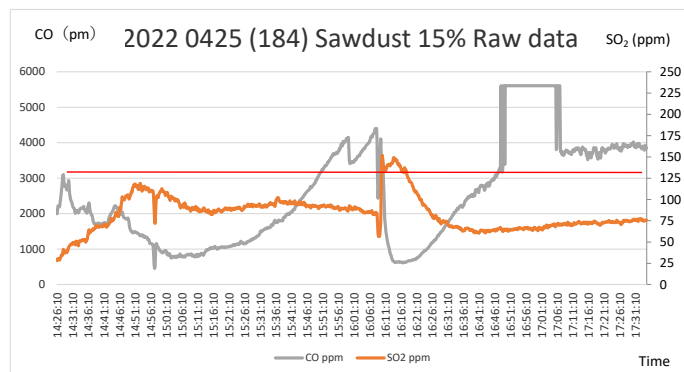
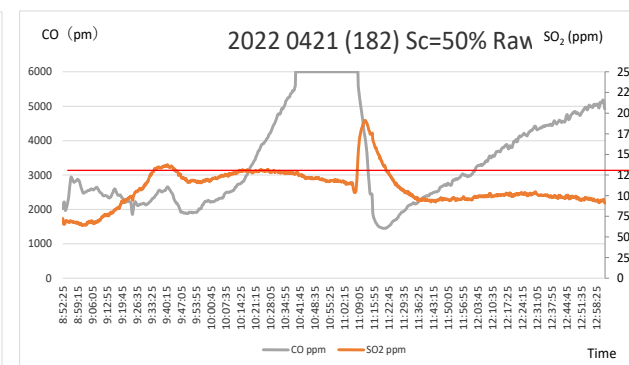
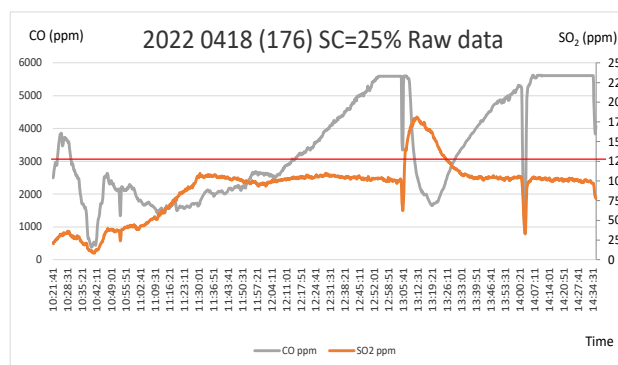
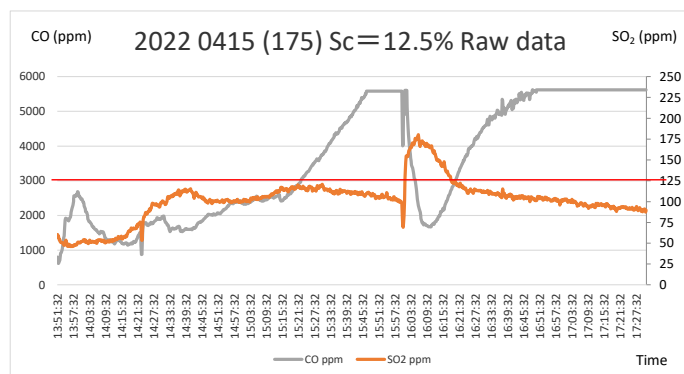


Ташуу зураастай хэсгийн CO-ын үзүүлэлт нь багцаалсан утгыг илэрхийлнэ

5. Түлш тус бүрийн шаталтаас үүсэх температурын өсөлтийн өөрчлөлтийг харуулсан харьцуулалт



6. Түлш тус бүрээс ялгарах “SO₂、CO”-ийн агууламжийн өөрчлөлт



(184)-ийн сүүлийн хэсэгт “CO”-ын үзүүлэлт нь сенсрын доголдлоос үүдэн алдаатай гарсан.

(186)-ийн сүүлийн хэсэгт “CO”-ын үзүүлэлт нь сенсрын доголдлоос үүдэн алдаатай гарсан

改良燃料の改善に向けた燃料燃焼試験報告

目次

1. はじめに
2. 燃料試験に使用したサンプル内容
3. TTTの既存改良燃料との比較結果
4. Proximity Analysis
5. 各燃料のDust、SO₂、COの Emission Factor の比較
6. 各燃料のSO₂、COの濃度比較（実測値）
7. 各燃料の燃焼温度変化比較
8. 結論

Dec. 2022

Capacity Development Project for Air Pollution Control in Ulaanbaatar City
Phase 3

Gan Ochir Davaajargal :DAAEP
H. ENDO: Japan Expert Team, JICA

1

1. はじめに

- ▶ 2022年11月～2023年1月の予定で現在、改良燃料パイロット事業をTereljiのゲルキャンプ場で実施している。使用している改良燃料はTTT社改良燃料とバイオマス混合改良燃料である。
- ▶ この事業に使用する改良燃料を決めるために、DAAEPの燃焼試験室でセミコークスを混合した改良燃料とバイオマスを混合した改良燃料の試作品の燃焼試験を実施した。
- ▶ その中で、ここではセミコークスを混合した改良燃料の燃焼試験結果を報告する。この改良燃料はTTT社の東工場で製造した。

2. 燃料試験に使用したサンプル内容

No.	サンプル No.	サンプル内容	燃焼試験日	No.	サンプル No.	サンプル内容	燃焼試験日
1	160	TTT	2020/11/03	4	173	Semi-cokes 12.5%	2022/4/14
2	161	TTT	2020/12/22	5	174	Semi-cokes 12.5%	2022/4/14
3	162	TTT	2021/04/05	6	175	Semi-cokes 12.5%	2022/4/15
				7	176	Semi-cokes 25%	2022/4/18
				8	177	Semi-cokes 25%	2022/4/19
				9	178	Semi-cokes 25%	2022/4/19
				10	181	Semi-cokes 50%	2022/4/20
				11	182	Semi-cokes 50%	2022/4/21
				12	183	Semi-cokes 50%	2022/4/22

注1：TTTの燃焼試験結果は最近のが無いので、古いデータを使用している。

注2：燃焼試験に使用したストーブはDUL Stove。

3. TTTの既存改良燃料との比較結果

燃焼試験結果の詳細は後述するが、結果は下記の通り。

種類	セミコークス混合ミドリリングブリケット
TSP	・ TTT既存燃料より少ない。
SO ₂	・ 脱硫剤を入れる必要がある。
CO	・ TTT既存燃料より増加する
着火性	・ TTT既存燃料より悪い場合もある。
燃焼温度	・ TTT既存燃料とほぼ同じ。

		TTT	Semi-cokes		
			12.5%	25%	50%
Emission Factor	Dust (kg/t)	1.76	1.03	0.68	0.66
	SO ₂ (kg/t)	12.52	9.16	11.55	11.56
	CO (kg/t)	116.14	138.56	161.18	183.91
Rate of decrease	Dust		41%	61%	63%
	SO ₂		27%	8%	8%
	CO		-19%	-39%	-58%

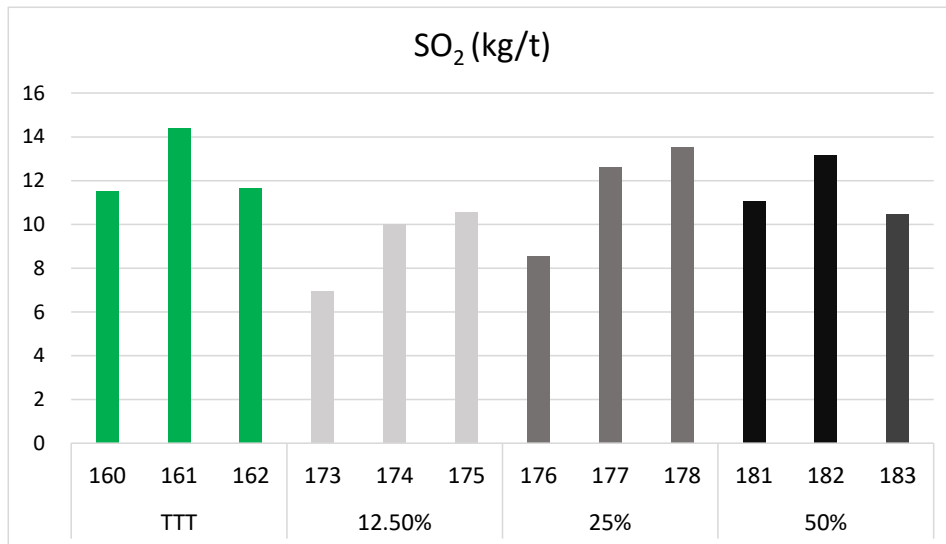
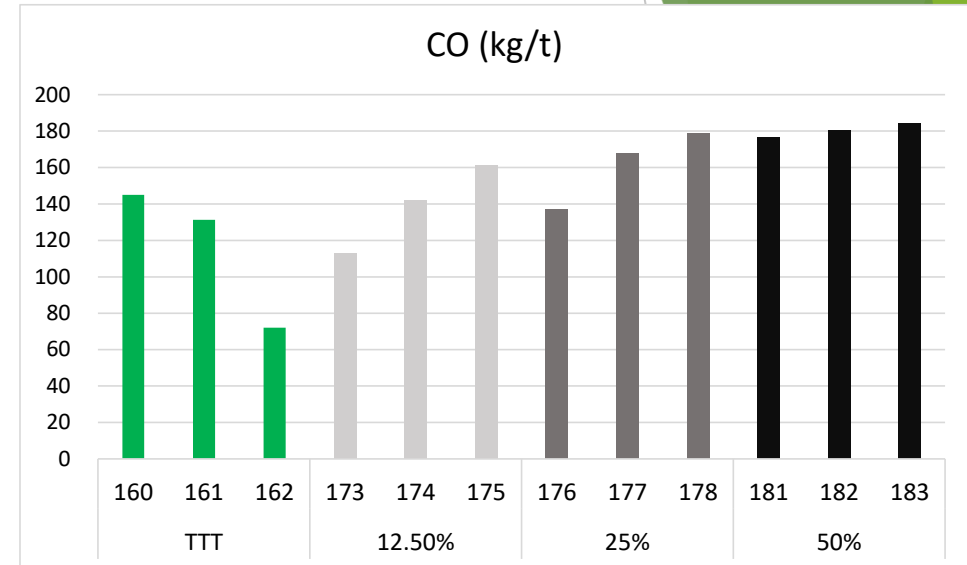
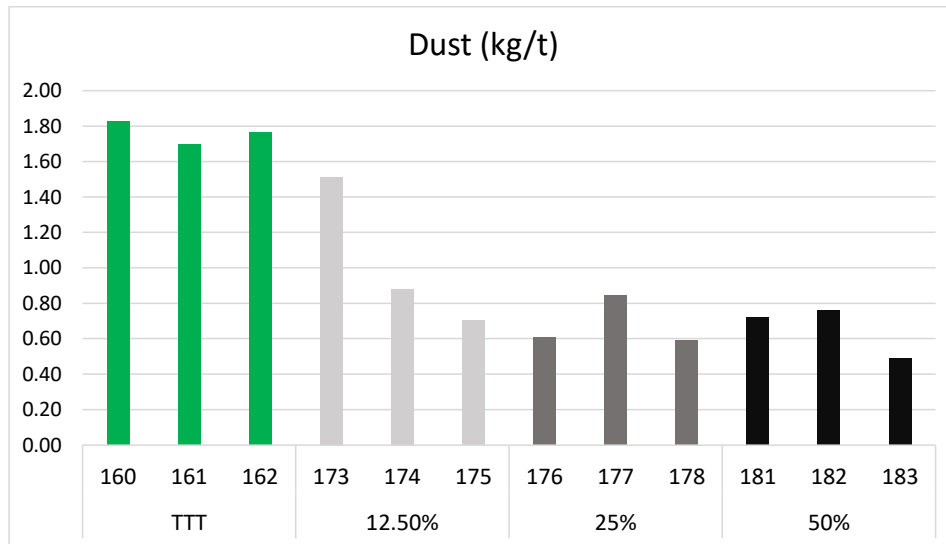
4. Proximity Analysis

Sample Name	Moisture	Ash	Volatile Matter		Total Sulfur		Gross Calorific Value
	(ad) %	(ad) %	(ad) %	(d) %	(ad) %	(d) %	(ad) kcal/kg
MNS 5679:2022	≤6	≤27		≤22		≤1.0	≥5,200
TTT	2-5.7	22.9-24.0		21-21.2		0.84-0.91	6,046-6,326
Semi-cokes 12.5%	0.64	25.3	17.4	17.5	0.97	0.98	6,151
Semi-cokes 25%	0.79	25.5	15.9	16.1	1.00	1.01	6,109
Semi-cokes 50%	0.78	26.0	13.7	13.9	1.05	1.06	6,028
Semi-cokes 100%	0.68	26.6	9.7	9.8	1.05	1.06	5,864

注1：TTT社の改良燃料の分析値は2020年のTTT社発表資料から転用したので、最新の改良燃料の分析値ではない。

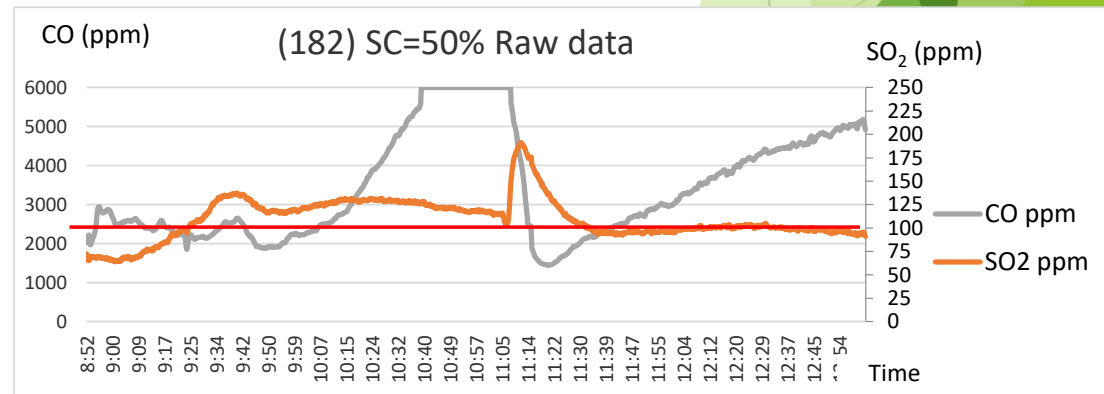
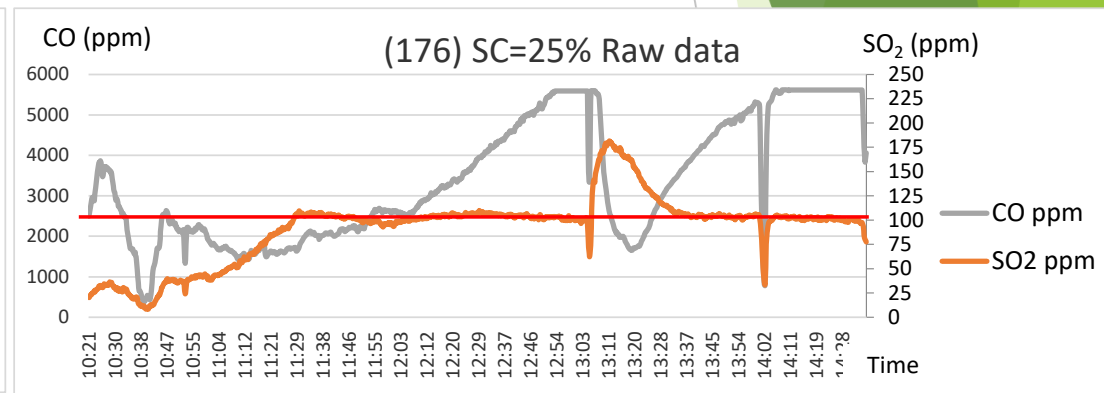
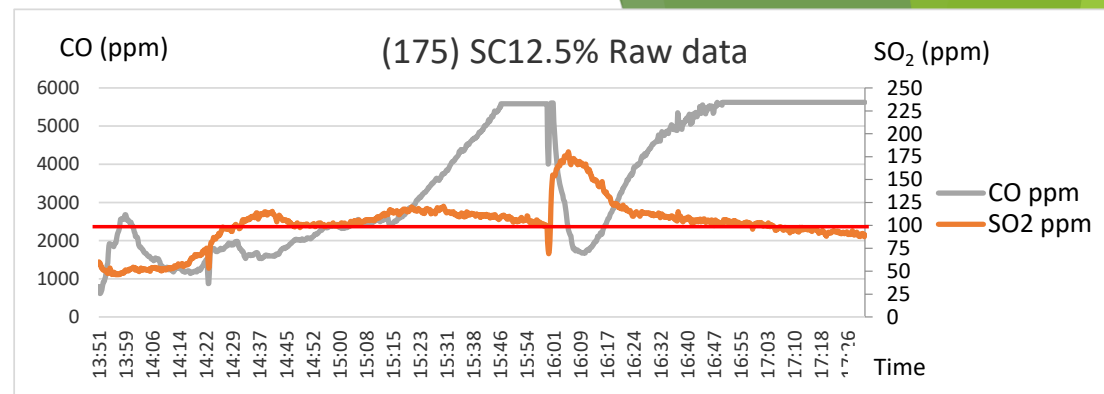
注2：セミークスを混合した改良燃料の水分は分析用サンプルが乾燥していたために低かった。

5. 各燃料のDust、SO₂、COの Emission Factor の比較



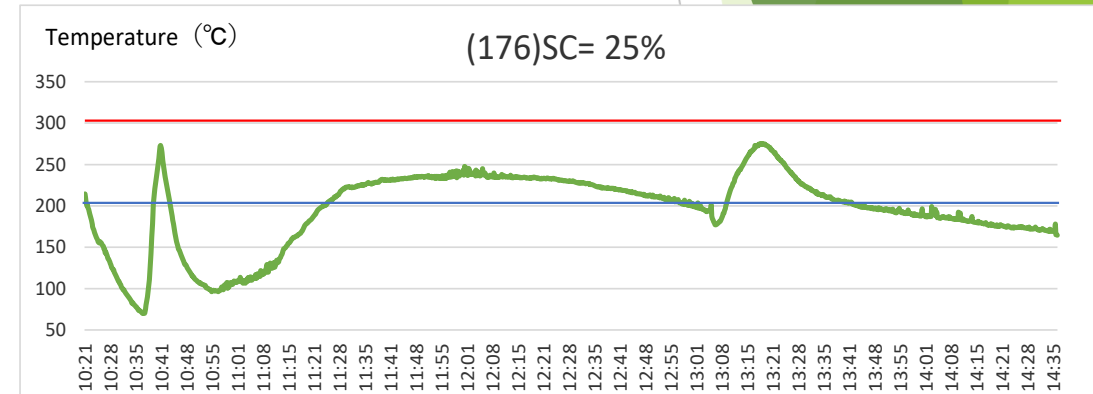
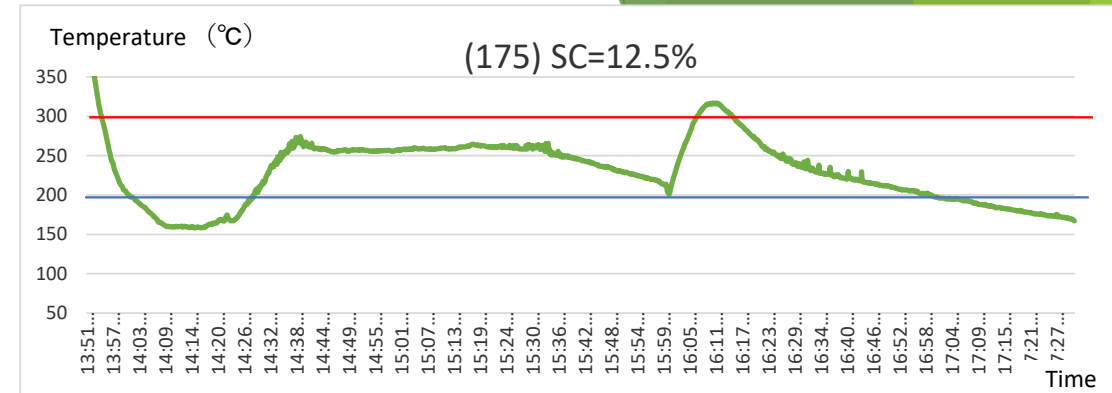
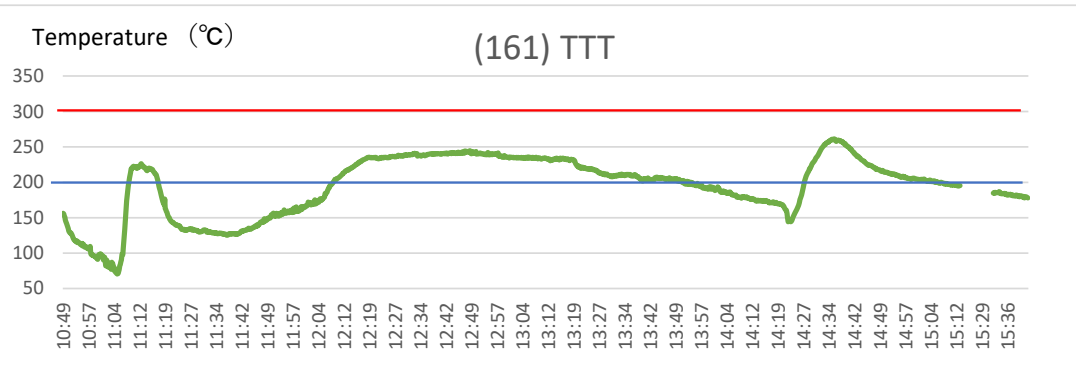
Emission Factorを使用して比較をしている理由は測定機のO₂センサーが不良で、O₂の10%換算が出来なかったためである。
従い、ここでのEmission Factorの数値はMNS 5216:2016のTable 3の数値とは計算方法が異なっているので、参考値として示す。

6. 各燃料のSO₂、COの濃度比較 (実測値)

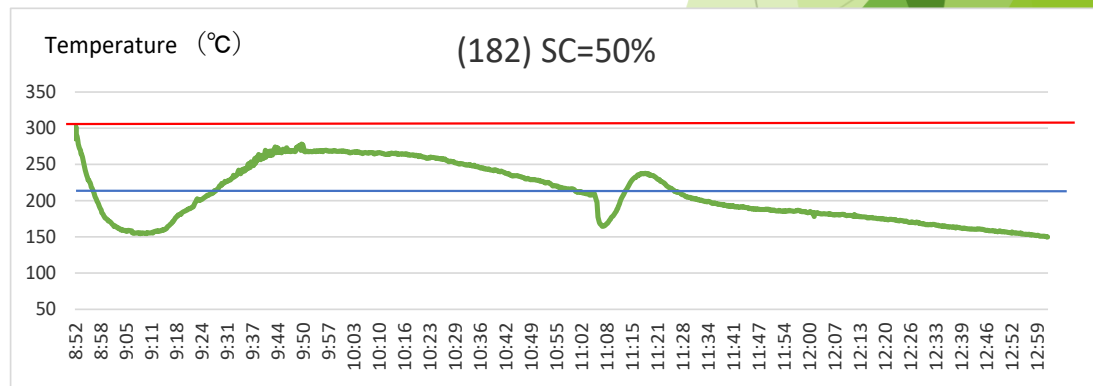


セミークスを混ぜると、COが増加する。

7. 各燃料の燃焼温度変化



温度変化には差は無いが、両方とも着火し難い点が共通している。



8. 結論

- ▶ セミコークスはDustを減らすには効果的な材料である。
- ▶ 過去の研究結果から褐炭を使用したセミコークス100%の改良燃料が最も望ましいが、まずは添加率10%~15%から始めることを推奨する。
- ▶ セミコークス製造プラントは発生するタールを燃料としてセミコークス製造に使用できること。
- ▶ セミコークス製造プラントは残留揮発分が調整できる構造であること。

ご清聴有難うございます。



この写真は現在Tereljのゲルキャン場で実施しているパイロット事業です。

2023 5

クリーンコール技術/改良燃料パイロット事業 1 遠藤

BCB 製造方法

1. バイオマスの処理

2022-08-29

おが屑の原料は、MAK Euro 社の工場から 500kg×6 袋を無料入手。最初に 2 袋の新鮮なおがくずを採取し、TTT 社に設置した供与機材の粉砕機で粉砕テストを行った。



1. Wood from Russia and Grade A and original moisture 10-12%



2. Sawdust bunker after collected



3. Sawdust packaged in 500 kg bags.



4. Wood waste was crushed in a mill provided by JICA.



5. After 3mm crushed sawdust sample delivered into TTRC for lab test.



6. 3mm sieve often block need to replace or clean it due to high moisture.

		
7. Mill often block need to clean seive and bag filter. Fine sawdust also block the bag filter and discharge chutes. Crusher getting hot and working condition getting bad. If long time continuous operation for mill may damage.	8. Mill additional seive as 3 mm, 5mm, 7mm	9. Dried sawdust also often block the 3mm sieve and often need to stop clean and replace the sieve. As a result, the screen was changed from 3 mm to 5 mm
		
10. Out side of warehouse windy and temperature lower and night times cold and frozen the sawdust.	11. 500kg sawdust bag fit for mill below size and possible to move	12. Additional 4 bag sawdust delivered from MAK. After mill and dry sawdust weight loos and volume reduce.

2.BCB の最終仕様を決めるための試作品製造状況

2022-09-09 TTRC ラボテスト batch-1 (as received basis) 石炭 17kg、中国バインダー6%、おがくず 10%、水分 15%(10%の水分で実施したが、成型後の BCB が 40%程度細かくなったため、更に水を 5%追加)、脱硫剤 3%。		
		
13. Coal <5mm, sawdust <3mm, Chinese binder 6%	14. Water 10%+5%, Desulphurization 3% (CaCO3)	15. First test with water 10% (40% materials was fine)
		
16. Second test (Water 15%, Chinese binder 6%, desulphurization 3%), TTRC now dry it.		

2022-09.13, モンゴル産バインダー5%と7%と混合比の仕様が異なる試作品の製造及び試験を行った。	
	
17. Middlings (5mm), Sawdust (3mm)-10%, Mongolian binder 5% and 7%	18. TTRC briquette machine (low pressure)
	
19. Batch-2 test: Mongolian binder 5%, sawdust 10%, water 20%, fine 4.3%	20. Batch-2 test: Mongolian binder 5%, sawdust 10%, water 20%, fine 3.6%
	 
21. Batch test briquette size 54.25mm x 36.09mm, after dried weighth 1 pcs = 39.07 gr	

3. タブレット試験

タブレット試験の目的はブリケット成形する上での粒度、水分、バインダー添加率等の製造に向けた仕様を決定するための検討材料となる。



22. Tablet test equipment, pressures, tools



23. Tablet test 21.29mm x 50.03 mm, after dried weight 43.43 g

4. 大量の BCB 製造状況

2022-9-10～09.14-15,

最終仕様を決めるための事前試作品製造やタブレット試験の結果を基に、最終仕様を決めて、第 2 発電所に隣接する TTT 社のブリケット製造プラントの中にあるパイロット製造プラントで、BCB の製造を開始した。おが屑入りミドリリングを 2 回粉碎し、モンゴル産バインダーを 6%、水を 15% 添加。合計 10 トン以上の石炭を 400 個 (25kg 袋) に分けてブリケットを製造した。



24. Mobile pilot plant which planning to do test in power plant 2



25. Mongolian binder blend it 6%



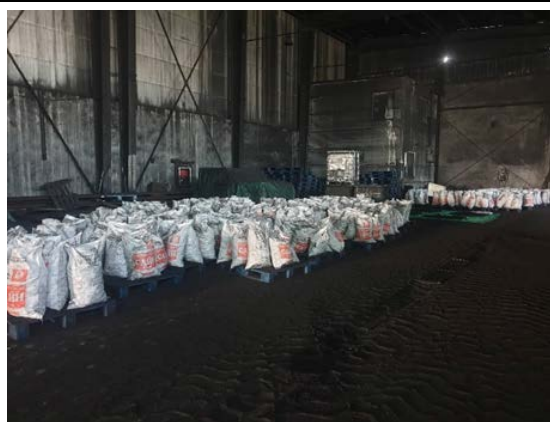
26. Biomass briquette: Sawdust 10%, Mongolian binder 6%, water 15%



27. Each bag have 9 holes for drying



28. Briquette drying on the green cover for compare with bags.



29. 25 kg, 400 bag prepared and total amount 10 ton



30. Pilot plant biomass briquette size 50.76mm x 35.72mm. 1 pcs weight without dried = 50.05 gr

2021 年 11 月のエコドライブの効果計測のための車載型排ガス計測

1. 調査概要

①調査時期

2021/11/7~16

②調査方法

調査者用に車載型排ガス計を取り付け、通常運転、エコドライブ時の排出ガス計測を行い、エコドライブ実施による排出ガス低減効果を把握する。

- ・ 2021/11/7、8：車載型排ガス計の取り付け
- ・ 2021/11/9、10：通常運転時の排出ガス計測
- ・ 2021/11/12、15：エコドライブ実施時の排出ガス計測
- ・ 2021/11/16：車載型排ガス計の取り外し

③調査車両

2.9L のディーゼルエンジン搭載した 2004 年式の Poter を用いて調査を実施した。



図 1 調査車両

④車載型排ガス計

モンゴル国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において供与した車載型排ガス計を用いて、NO_x、PM、燃料消費量を計測した。



図1 計測装置（左：車内計測器、右：NO_x センサー、PM 導入管）

⑤調査ルート

調査ルートは、平和通り、環状通り、高速区間を走行する3ルートをそれぞれ2回走行した。

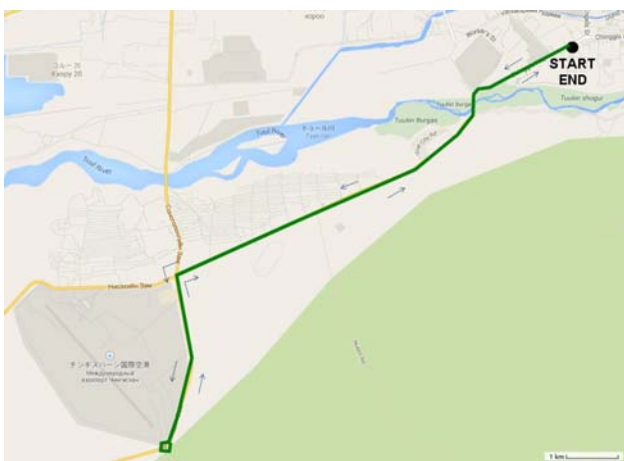
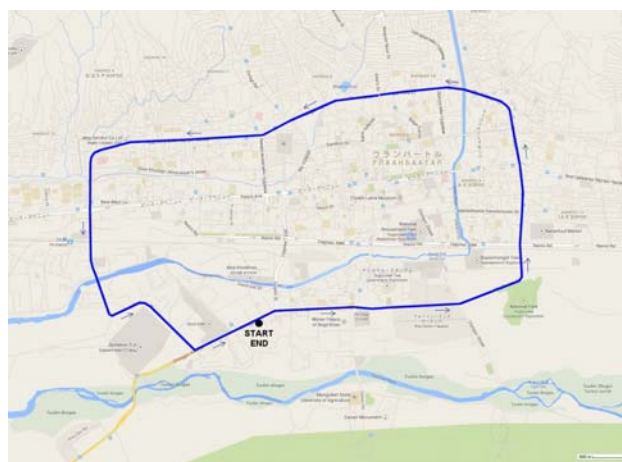
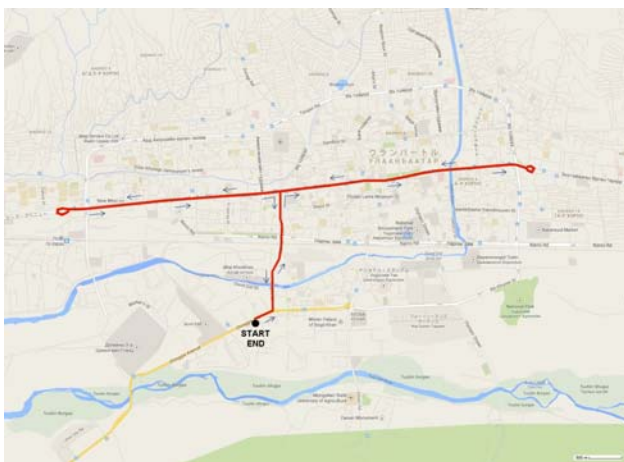


図2 調査ルート（左上：平和通り、右上：環状通り、左下：高速区間）

⑦エコドライブの方法

通常走行時のデータからモンゴルに適したエコドライブの運転方法を設定し、運転者に教育を行って、エコドライブを実践してもらった。

エコドライブ

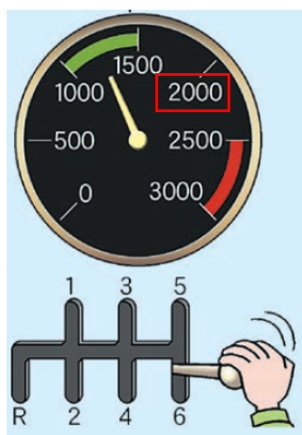
①ふんわりアクセル

アクセルをゆっくり、軽く踏む

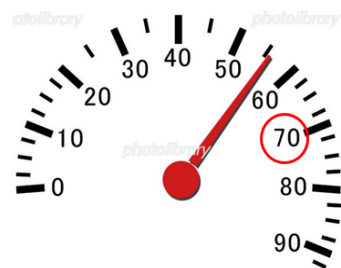


②早めのシフトアップ

エンジン回転数を上げずに
すぐにシフトアップ
目安は2000回転以下



③速度は控えめに
速度は少し抑えて
70km/h以下。



④急な運転はしない

急加速、急ブレーキをしないような運転
(ペットボトルが倒れないように)

図3 エコドライブの方法

2. 調査結果

①エコドライブによる運転の変化

エコドライブを実施した結果、通常運転に比べてエコドライブは、速度、加速度、エンジン回転数のランク別頻度が低い領域にシフトしている。

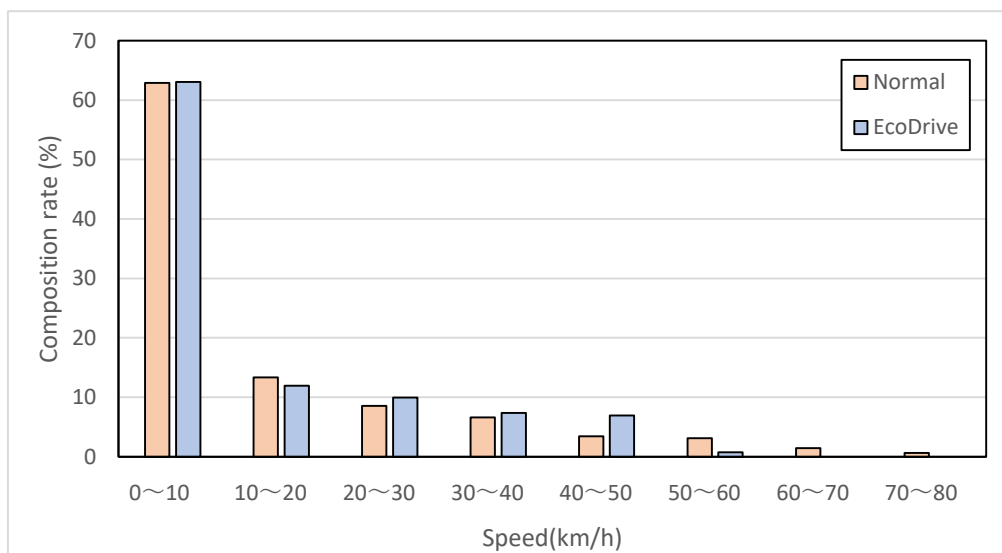


図4 速度ランク別走行頻度

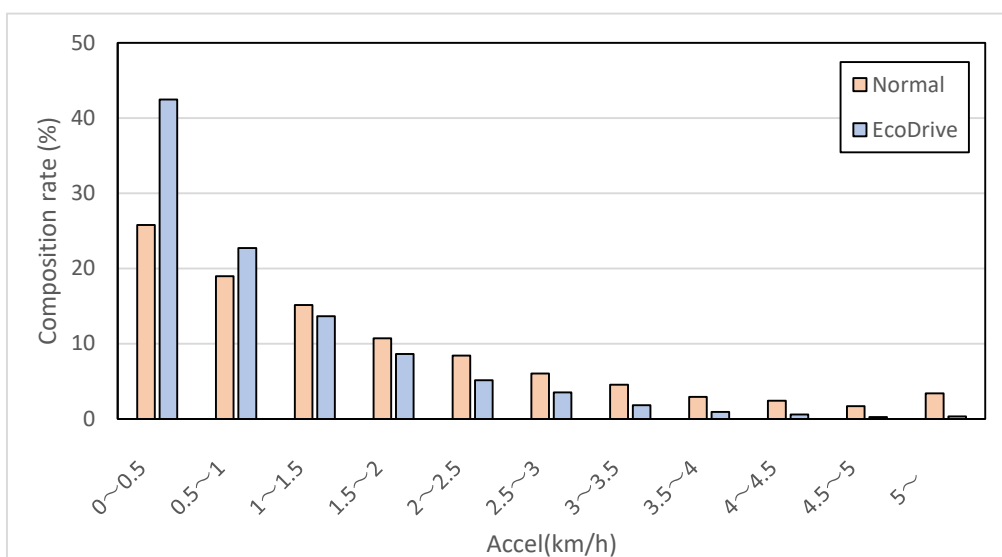


図5 加速度ランク別走行頻度

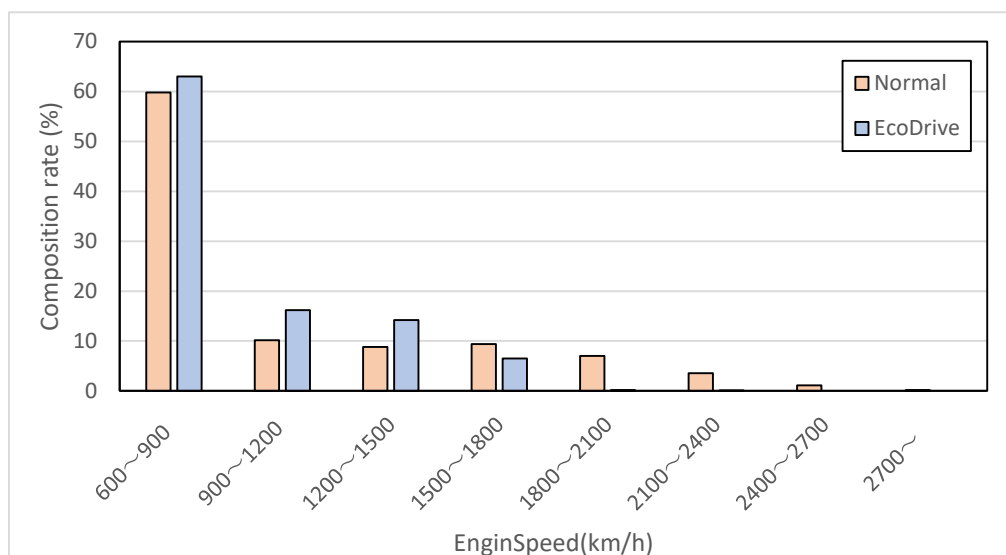


図6 エンジン回転数別走行頻度

②エコドライブによる大気汚染物質の削減効果

エコドライブが実施できたことにより、大気汚染物質はPMで33%の削減、燃料消費量で13%の削減となった。NOxは、エンジンに投入される燃料が減ったことで燃焼が改善したため、13%の増加となった。

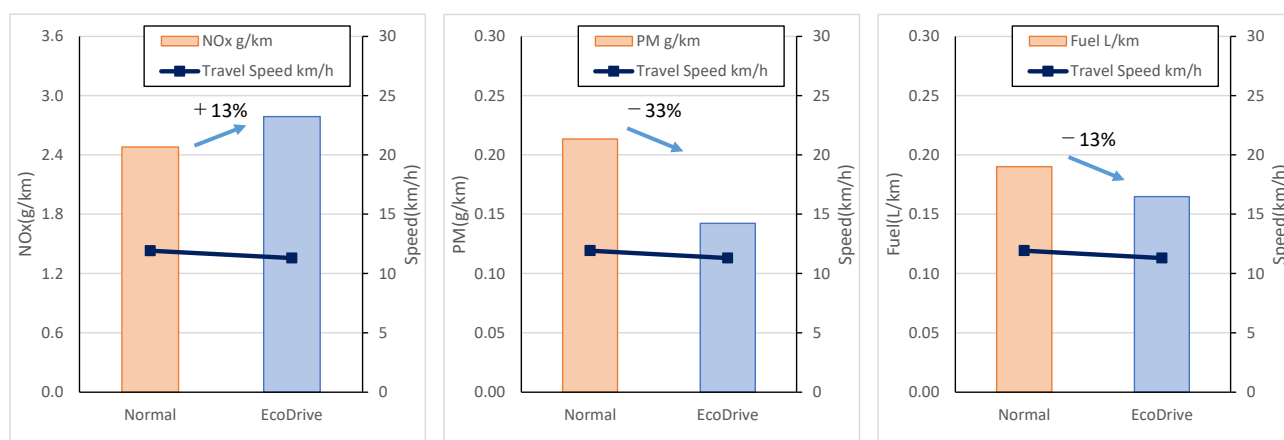


図7 大気汚染物質の削減効果

2022 年 4 月のエコドライブの効果計測のための車載型排ガス計測

1. 調査概要

①調査時期

2022/4/7~15

②調査方法

調査者用に車載型排ガス計を取り付け、通常運転、エコドライブ時の排出ガス計測を行い、エコドライブ実施による排出ガス低減効果を把握する。

- ・ 2022/4/7、8：車載型排ガス計の取り付け
- ・ 2022/4/9、10：通常運転時の排出ガス計測
- ・ 2022/4/13、14：エコドライブ実施時の排出ガス計測
- ・ 2022/4/15：車載型排ガス計の取り外し

③調査車両

1.8L のガソリンエンジン搭載したハイブリッド車の 2011 年式の Prius30 を用いて調査を実施した。



図 1 調査車両

④車載型排ガス計

モンゴル国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において供与した車載型排ガス計を用いて、NO_x、燃料消費量を計測した。



図1 計測装置（左：車内計測器、右：NO_x センサー）

⑤調査ルート

調査ルートは、平和通り、環状通り、高速区間を走行する3ルートをそれぞれ2回走行した。

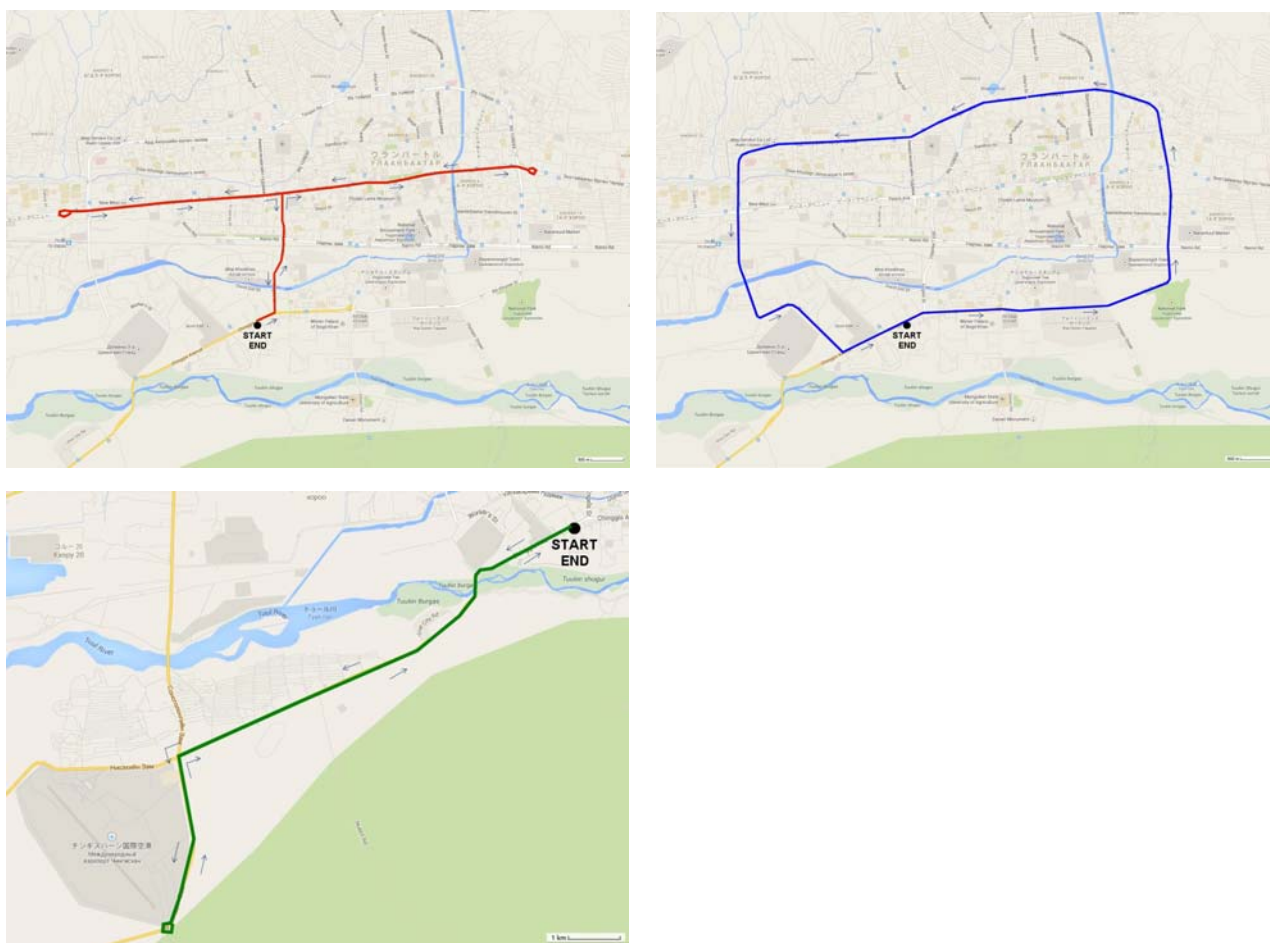


図2 調査ルート（左上：平和通り、右上：環状通り、左下：高速区間）

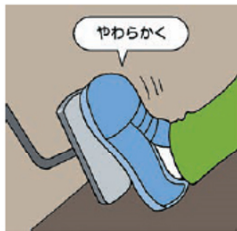
⑦エコドライブの方法

通常走行時のデータからモンゴルに適したエコドライブの運転方法を設定し、運転者に教育を行って、エコドライブを実践してもらった。

エコドライブ

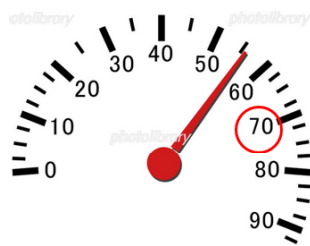
①ふんわりアクセル

アクセルをゆっくり、軽く踏む



③速度は控えめに

速度は少し抑えて70km/h以下。



④急な運転はしない

急加速、急ブレーキをしないような運転
(ペットボトルが倒れないように)

⑤早めのアクセルオフ

前に車が詰まっている、信号が赤で減速しそうな場合、無駄にアクセルを踏まないように、アクセルオフする

②加減速のない一定速で走行

車間距離を十分にとり、無駄な加減速をなくす

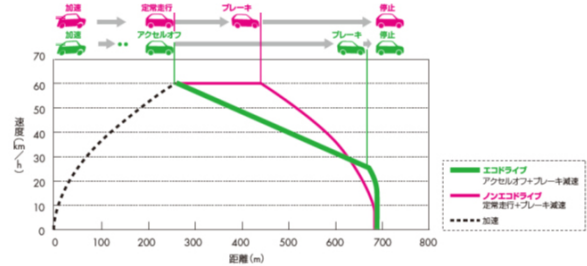
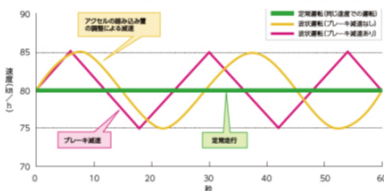


図3 エコドライブの方法

2. 調査結果

①エコドライブによる運転の変化

エコドライブを実施した結果、通常運転に比べてエコドライブは、速度、加速度、エンジン回転数のランク別頻度が低い領域にシフトしている。

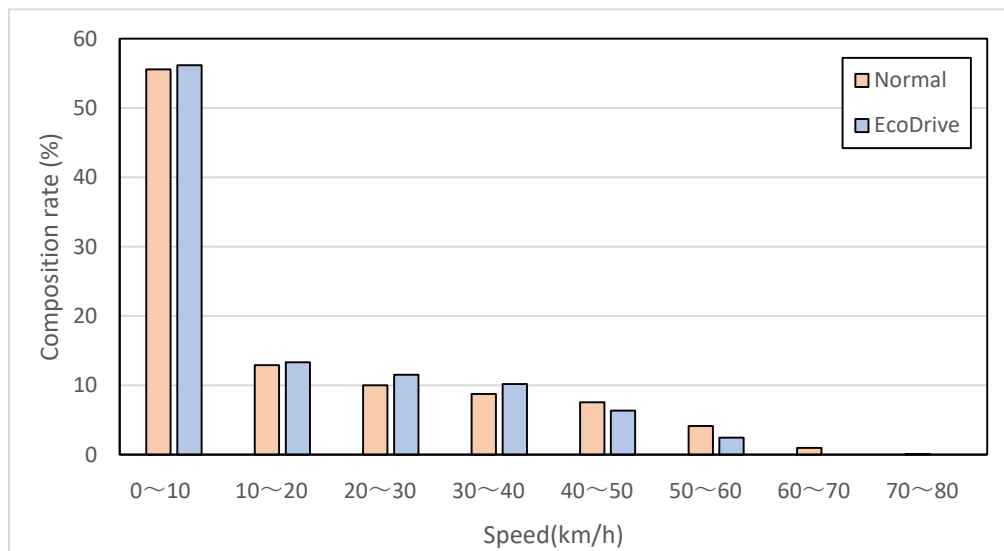


図4 速度ランク別走行頻度

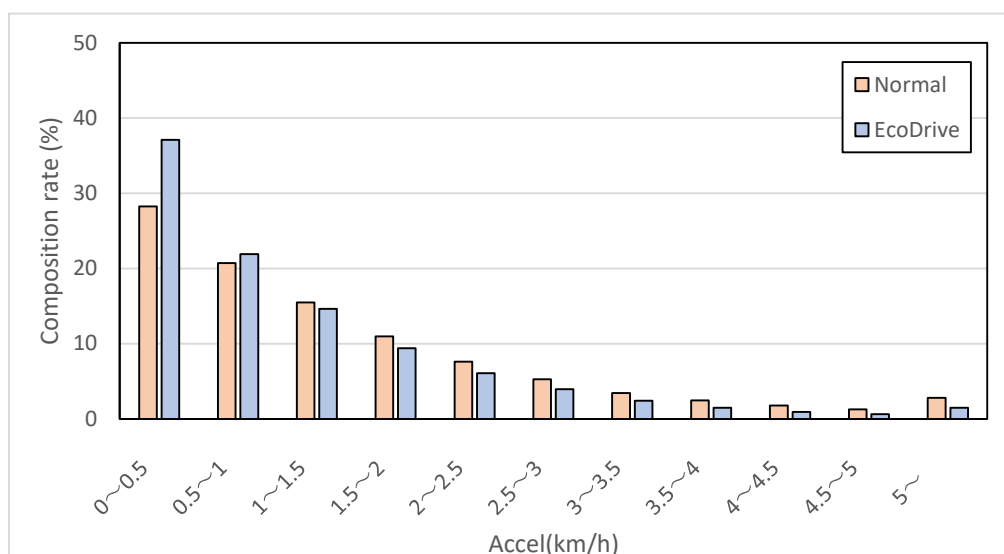


図5 加速度ランク別走行頻度

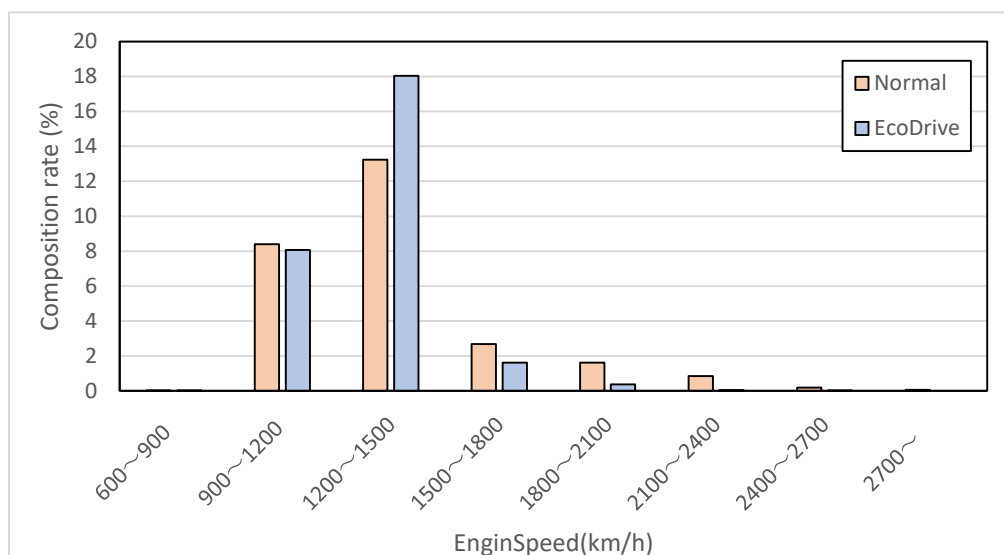


図6 エンジン回転数別走行頻度

②エコドライブによる大気汚染物質の削減効果

エコドライブが実施できたことにより、大気汚染物質はNO_xで31%の削減、燃料消費量で2%の削減となった。

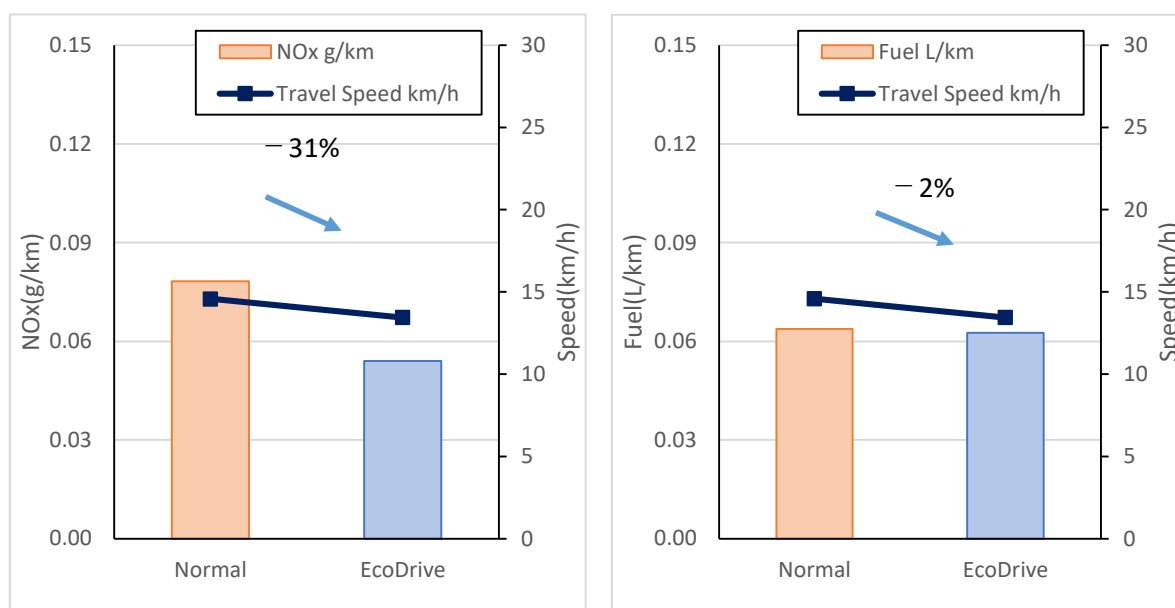


図7 大気汚染物質の削減効果

2022 年 1 月のエコドライブの効果計測のための車載型排ガス計測

1. 調査概要

①調査時期

2022/1/6~14

②調査方法

調査者用に車載型排ガス計を取り付け、通常運転、エコドライブ時の排出ガス計測を行い、エコドライブ実施による排出ガス低減効果を把握する。

- ・ 2022/1/6、7：車載型排ガス計の取り付け
- ・ 2022/1/10、11：通常運転時の排出ガス計測
- ・ 2022/1/12、13：エコドライブ実施時の排出ガス計測
- ・ 2022/1/14：車載型排ガス計の取り外し

③調査車両

2.0L のガソリンエンジン搭載した 2006 年式の Voxy を用いて調査を実施した。



図 1 調査車両

④車載型排ガス計

モンゴル国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において供与した車載型排ガス計を用いて、NO_x、燃料消費量を計測した。



図1 計測装置（左：車内計測器、右：NO_x センサー）

⑤調査ルート

調査ルートは、平和通り、環状通り、高速区間を走行する3ルートをそれぞれ2回走行した。

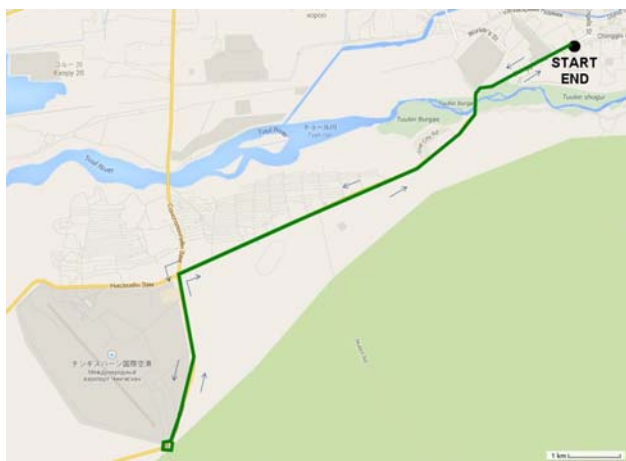
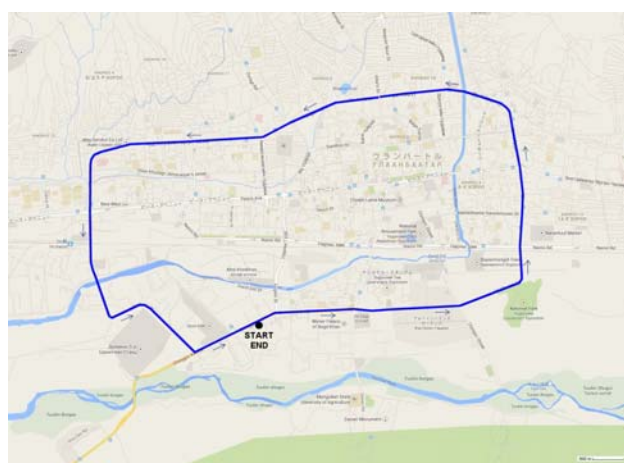
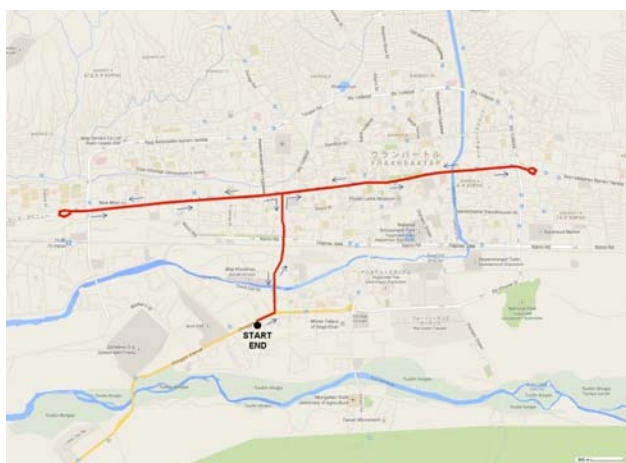


図2 調査ルート（左上：平和通り、右上：環状通り、左下：高速区間）

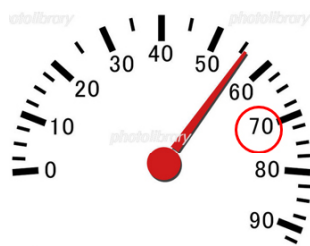
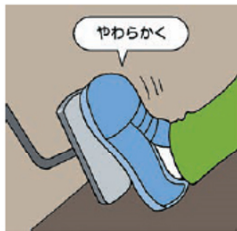
⑦エコドライブの方法

通常走行時のデータからモンゴルに適したエコドライブの運転方法を設定し、運転者に教育を行って、エコドライブを実践してもらった。

エコドライブ

①ふんわりアクセル

アクセルをゆっくり、軽く踏む



③速度は控えめに

速度は少し抑えて70km/h以下。

④急な運転はしない

急加速、急ブレーキをしないような運転
(ペットボトルが倒れないように)

⑤早めのアクセルオフ

前に車が詰まっている、信号が赤で減速しそうな場合、無駄にアクセルを踏まないように、アクセルオフする

②加減速のない一定速で走行

車間距離を十分にとり、無駄な加減速をなくす

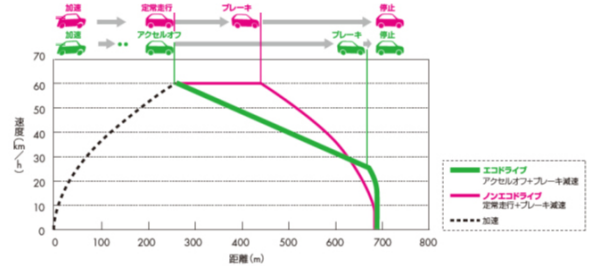
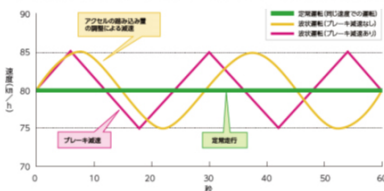


図3 エコドライブの方法

2. 調査結果

①エコドライブによる運転の変化

エコドライブを実施した結果、通常運転に比べてエコドライブは、速度、加速度、エンジン回転数のランク別頻度が低い領域にシフトしている。

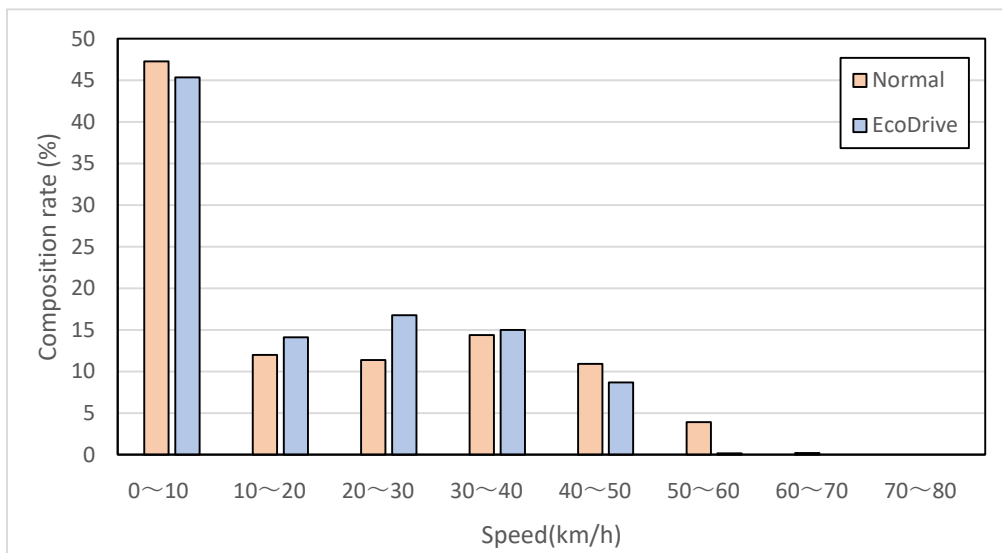


図4 速度ランク別走行頻度

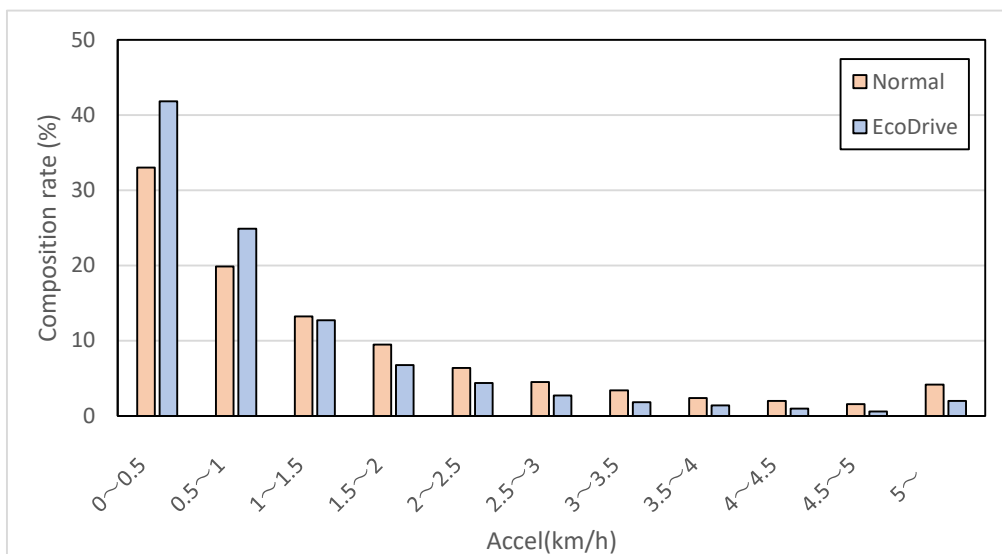


図5 加速度ランク別走行頻度

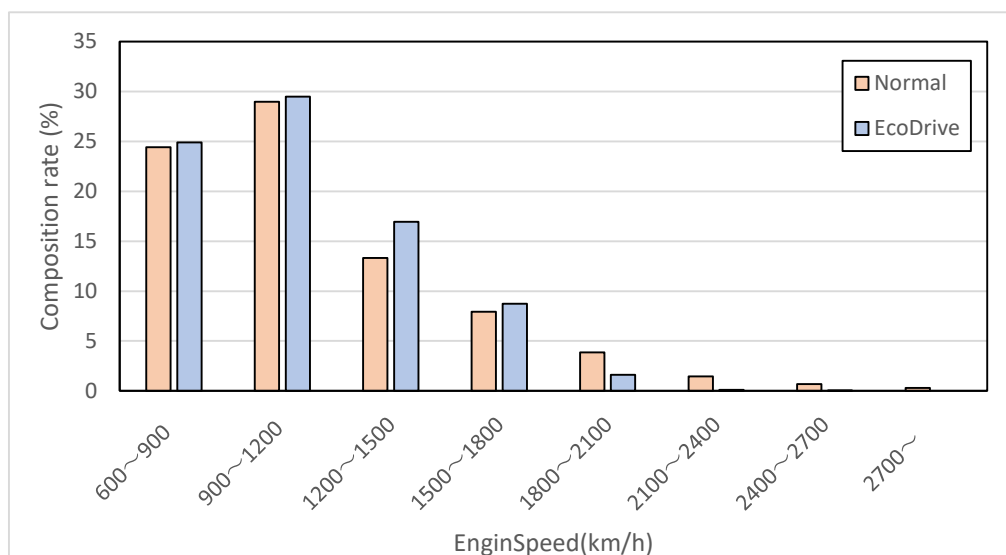


図6 エンジン回転数別走行頻度

②エコドライブによる大気汚染物質の削減効果

エコドライブが実施できたことにより、大気汚染物質はNO_xで12%の削減、燃料消費量で3%の削減となった。

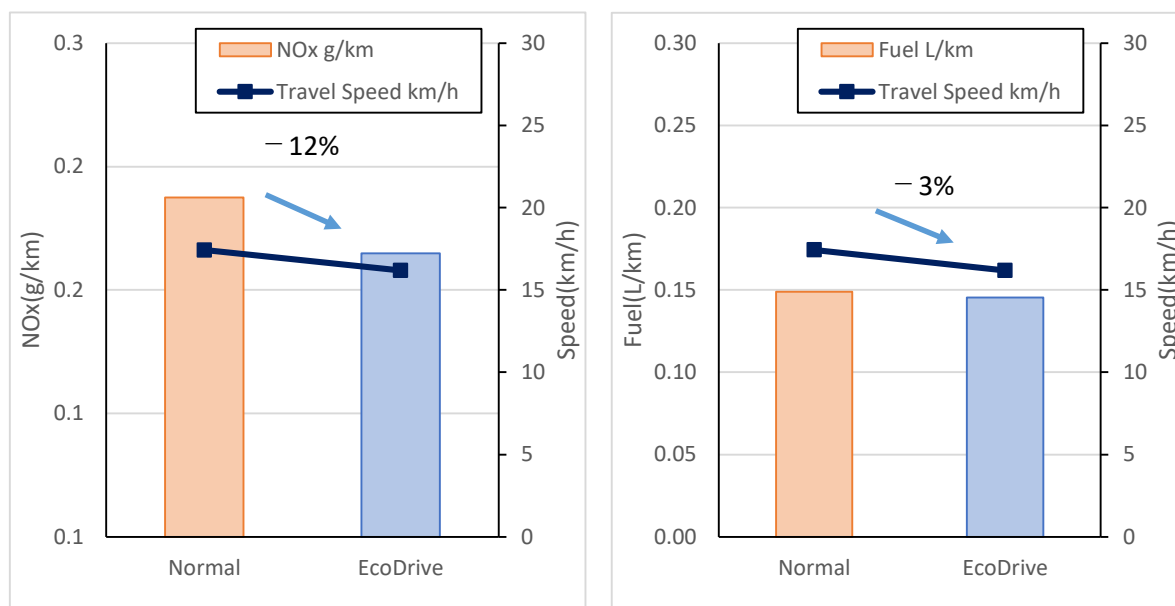
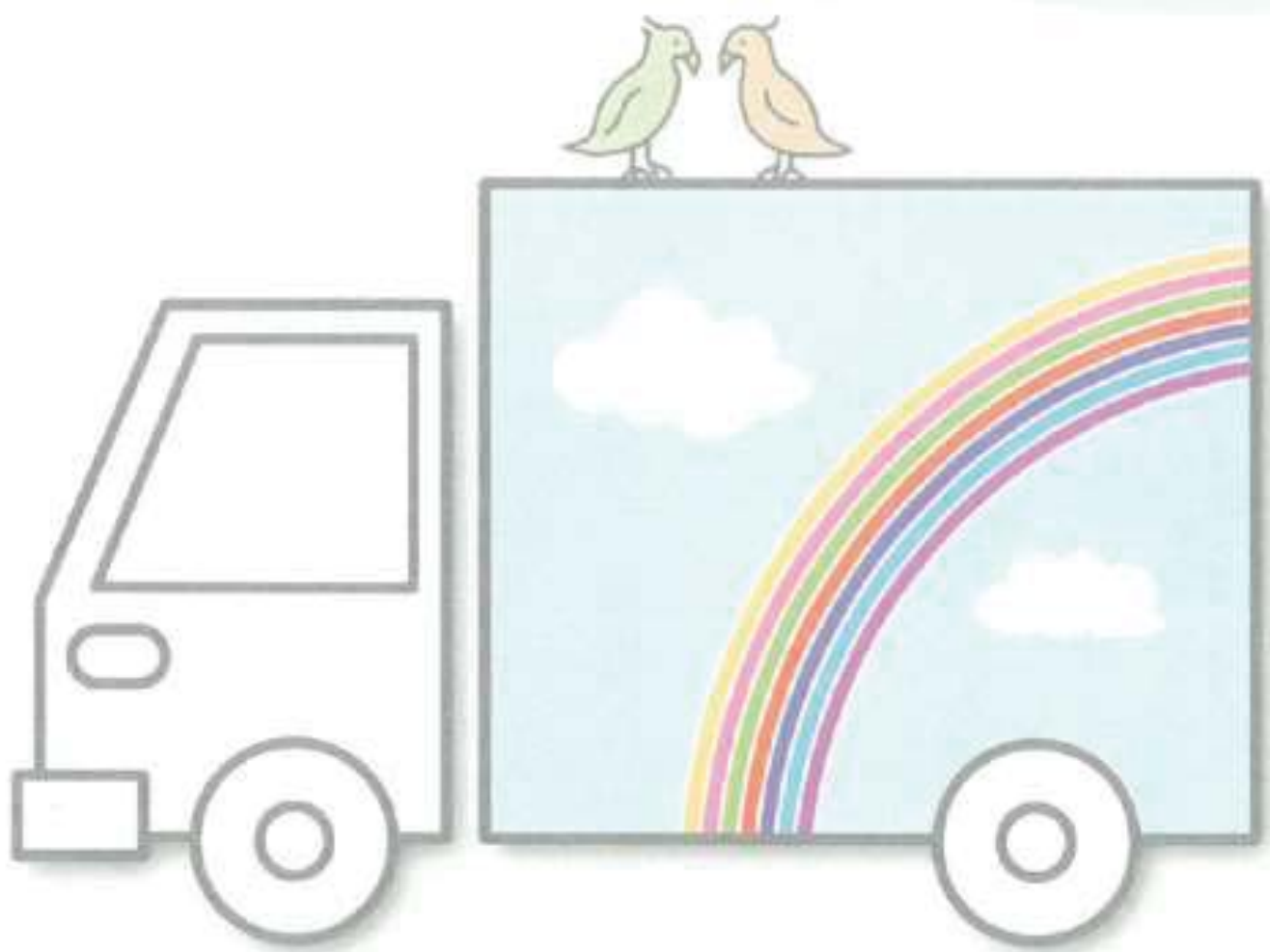


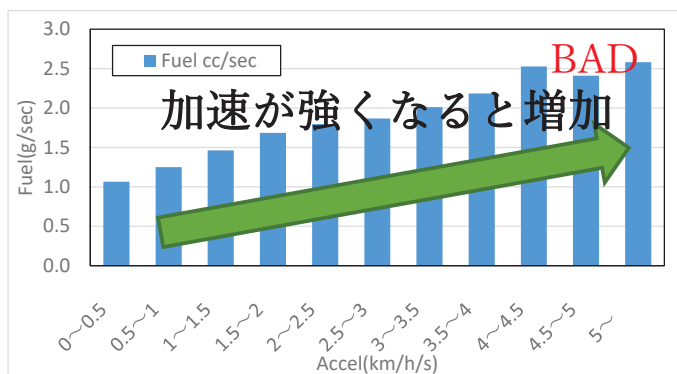
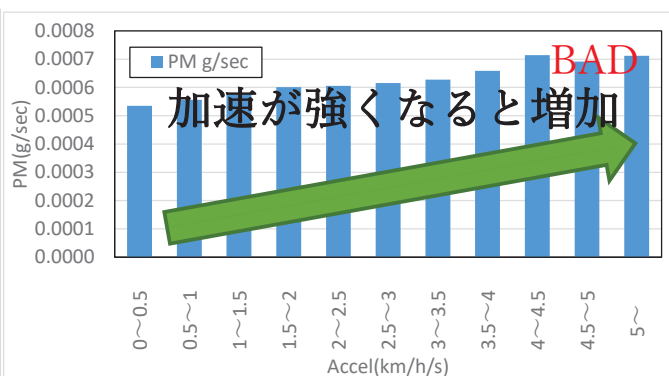
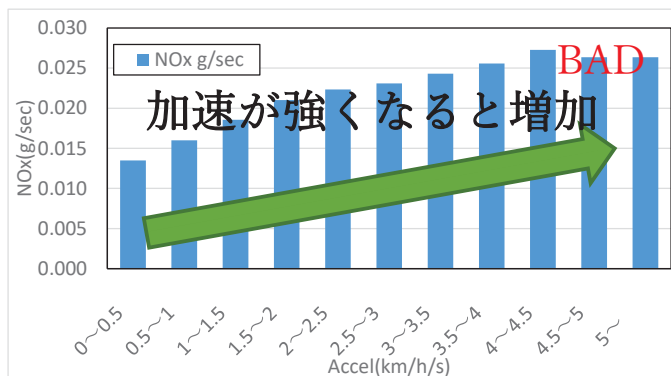
図7 大気汚染物質の削減効果

エコドライブマニュアル



1. 緩やかな発進と加速、緩やかな減速

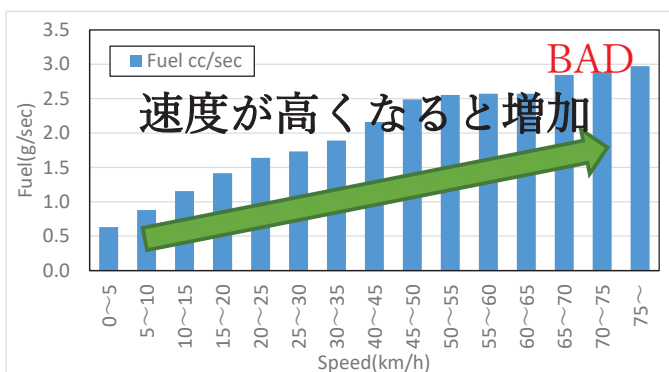
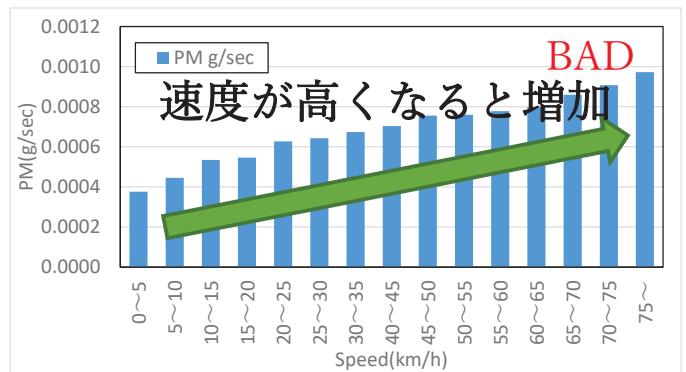
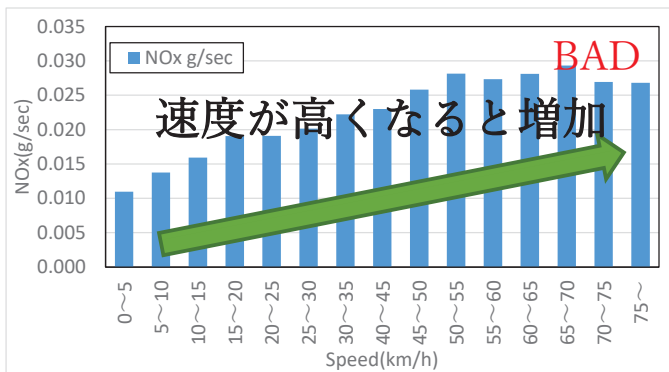
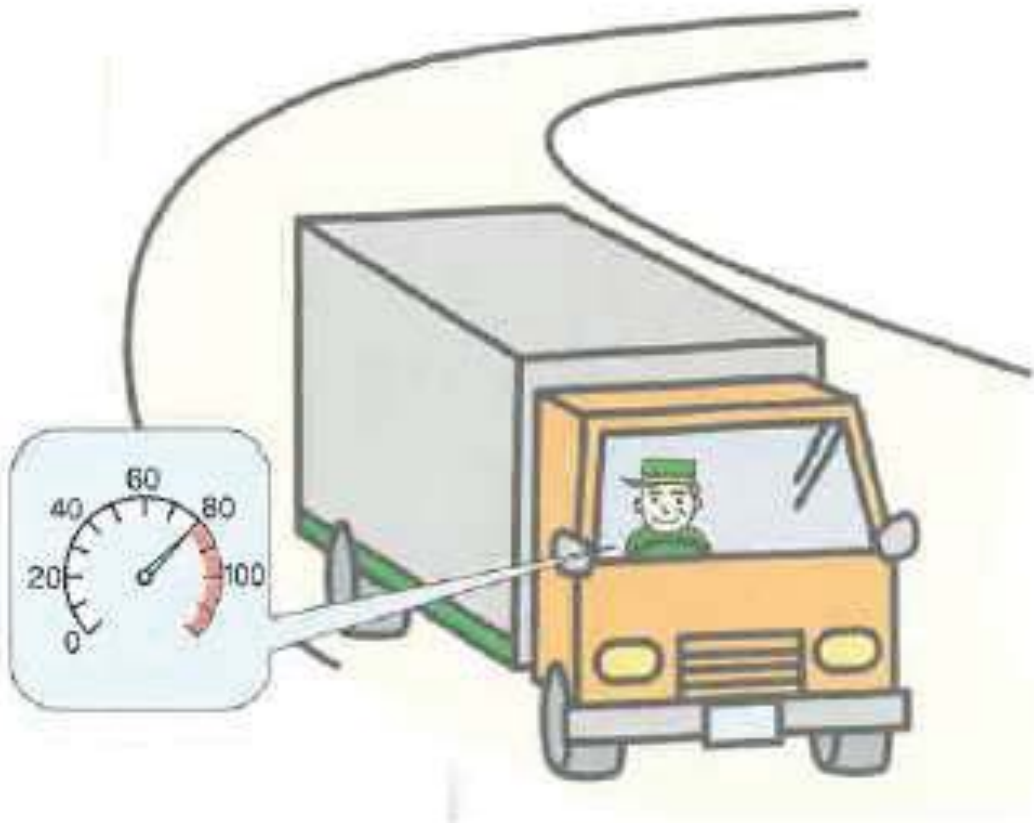
発進時・加速時は、アクセルを早く、強く踏み込みすぎず、ゆっくり、やらかくアクセルを踏みましょう。減速時は急ブレーキをしないように。



※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

2. 適正な速度

速度は制限速度を守って走行しましょう。

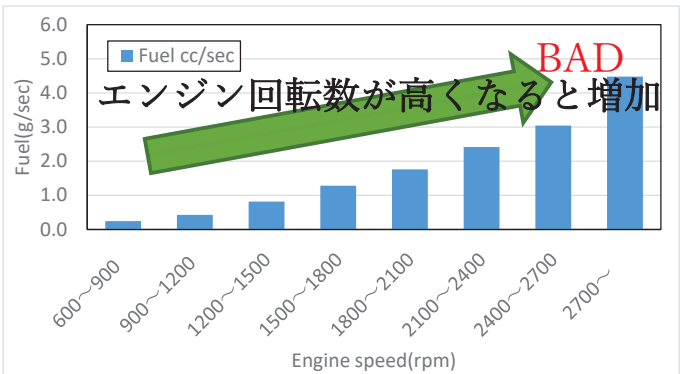
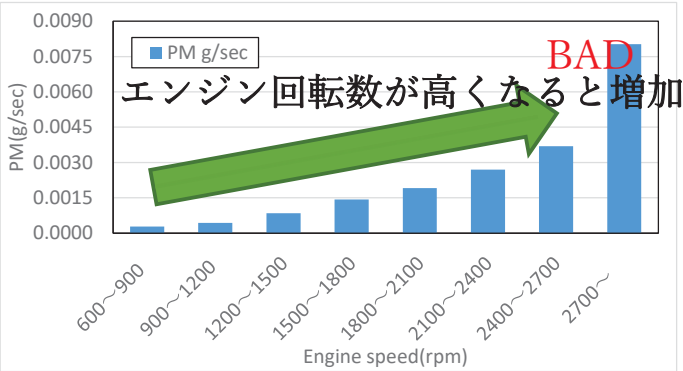
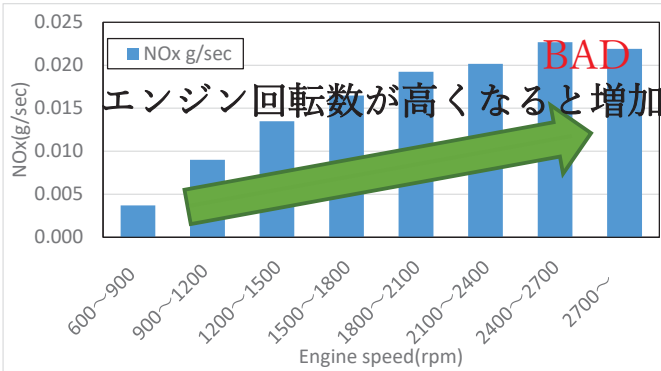
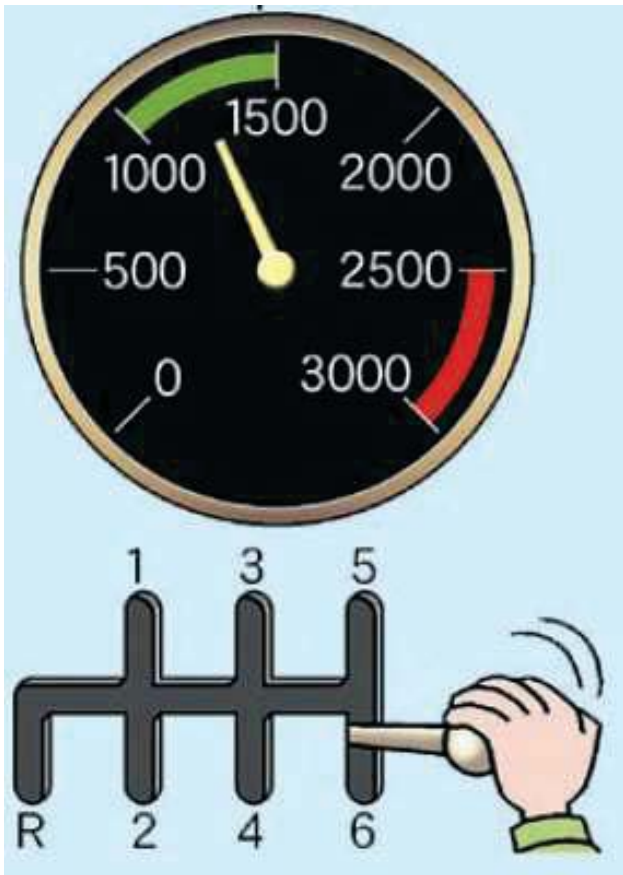


※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

3. 早めのシフトアップ

エンジン回転数を上げずにすぐにシフトアップしましょう。

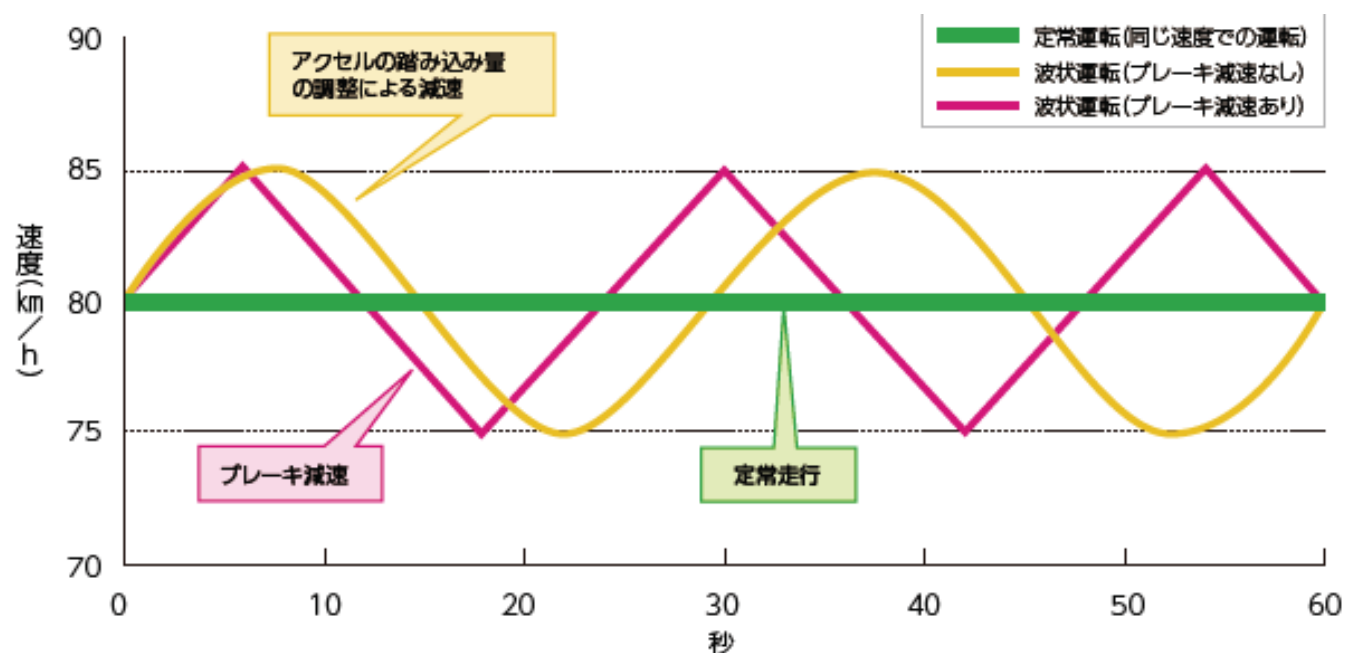
目安としてグリーンゾーン内（例、1800rpm）で走行しましょう。



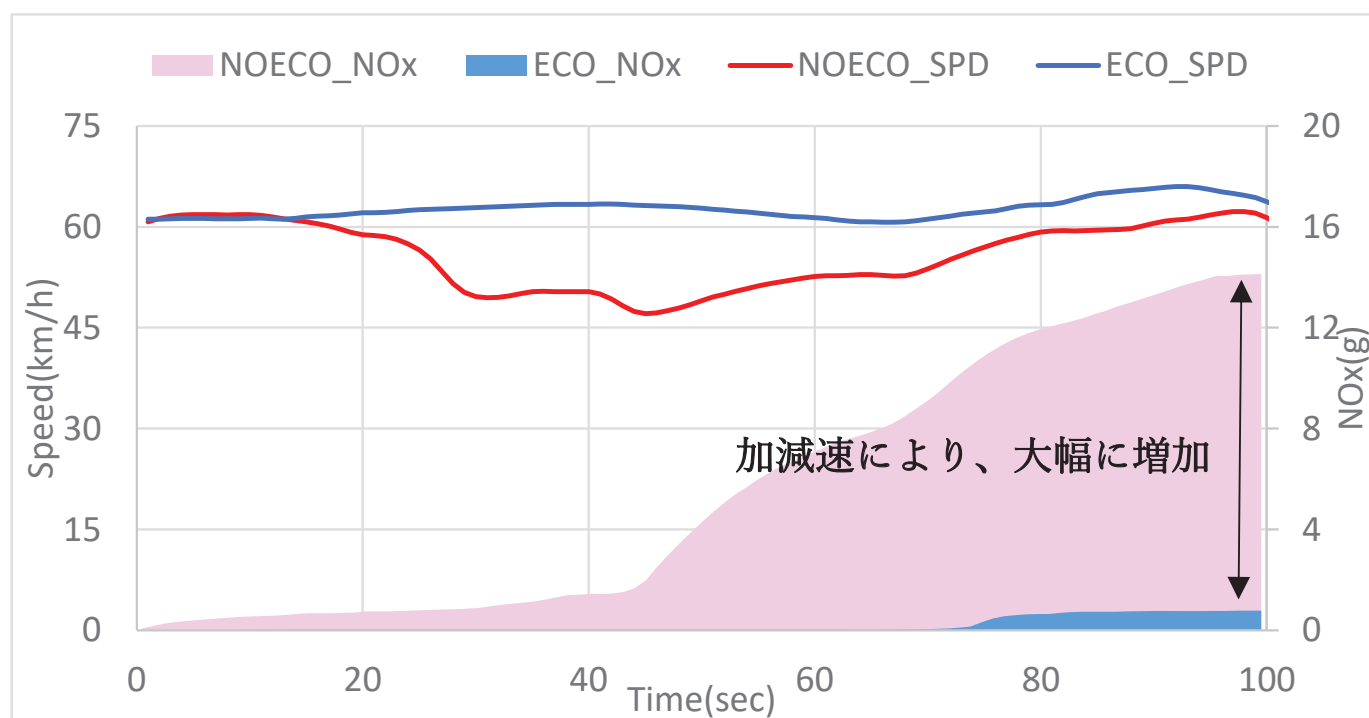
※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

4. 加減速のない運転

車間距離を開けて、なるべく一定速で走行し、無駄な加減速を無くしましょう。



出典：環境再生保全機構、交通エコロジー・モビリティ財団（日本）

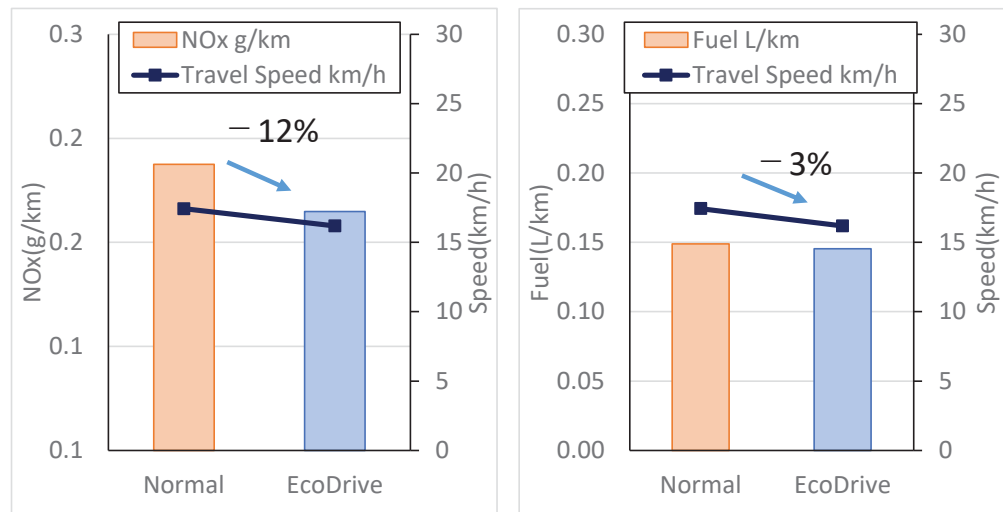


※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

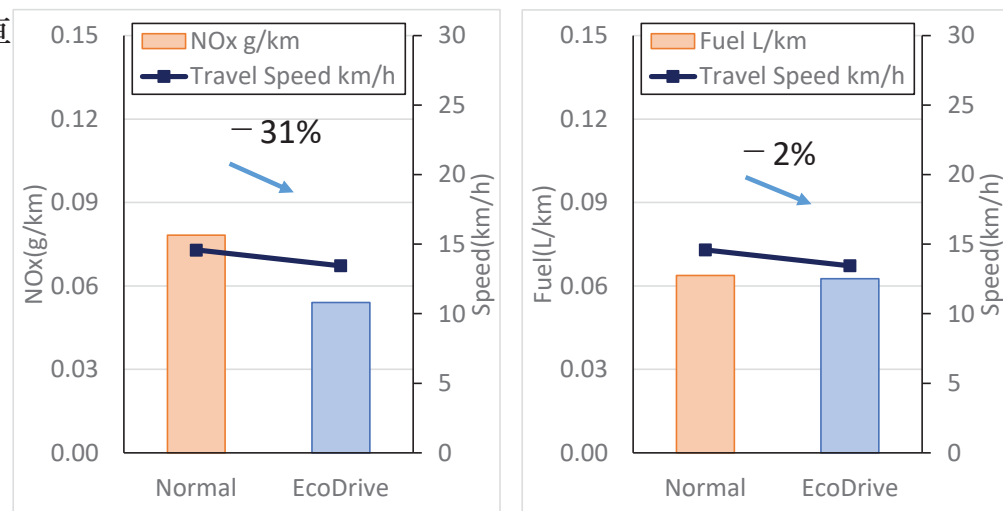
5. エコドライブの効果

エコドライブの大気汚染物質の削減効果は、NO_x で小型トラックを除き 12～31%、PM で 33%、燃料消費量で 2～13%という結果が得られています。

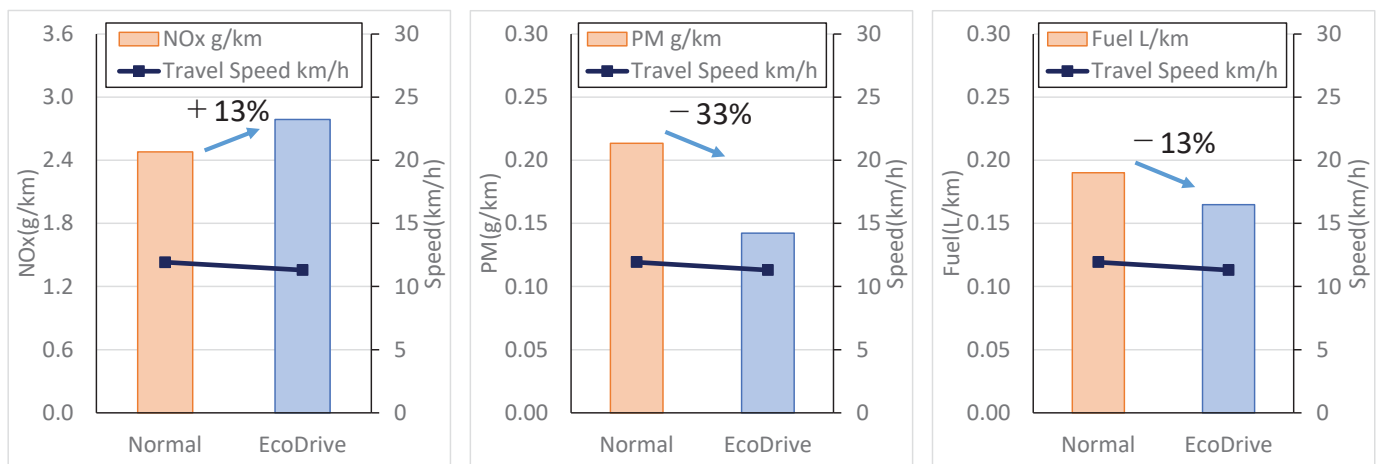
ガソリン車



ガソリンHV車



小型トラック



※JICA プロジェクトの小型トラックの車載計による走行調査結果より

RSD 調査結果

1. はじめに

モンゴル国では、車検の排出基準を満たしていない自動車全体の 1 割～2 割に達しており、自動車による大気汚染が深刻となる原因の一つとなっている。そのため、車検の排出基準を満たしていない自動車の取り締まり強化に取り組んでいるが、車検場・街頭検査ともに、1 台毎に検査する必要がある、時間及び工数が大きくかかることが課題である。そこで、走行する車両の排出ガスを次々に瞬時に計測し、評価が可能な RSD (Remote Sensing Device) を用いた運行規制を導入することが、大気・環境汚染削減国家プログラムで定められている。パイロットプロジェクトでは、西の料金所、UB 市内の路上に RSD を設置し、通行する車両の排出ガスを計測し、取得した RSD 計測値とオパシメータの計測値から関係を明らかにし、MNS に規定されている排出基準（オパシティーで 40%）に対応する RSD の排出基準値を作成する。作成した RSD 排出基準値を用いた運行規制の導入に向け、規制内容、罰則金、整備命令の検討や条例等の法整備を道路交通開発省と協力して進め、道路運輸開発省及び UB 市交通局が RSD を導入し、いつでも路上検査ができる体制を構築する必要がある。

2. 調査内容

(1) 調査機材

Opus Inspection 社 (USA) が製造した RSD (Remote Sensing Device) という排出ガス計測装置を使用した。排出ガスを計測する SDM、速度・加速度を計測する速度・加速度バー、車両のナンバープレートを撮影するカメラ、これらの機材をコントロールしてデータを保存するコンピューターから構成される。

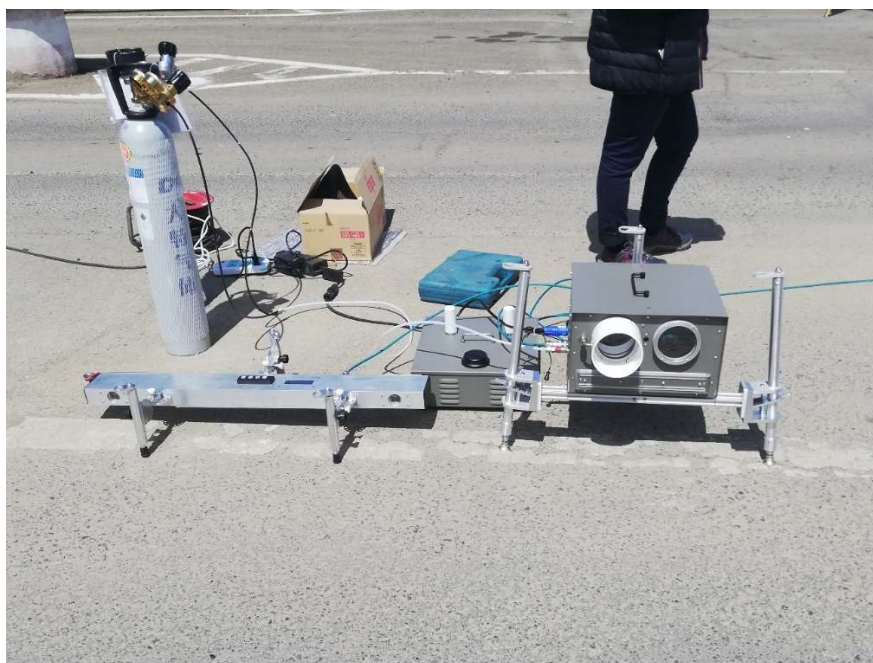


図 2-1 RSD 計測装置

(2) 調査地点

2023年5月29日から6月9日まで西の料金所、6月13日から6月28日まで南の料金所、6月29日から6月30日までヤルماغ橋でRSD調査を実施した。調査の実施状況は図2-2に示す通り。



図 2-2(1) 調査地点（西の料金所）



図 2-2(2) 調査地点（南の料金所）

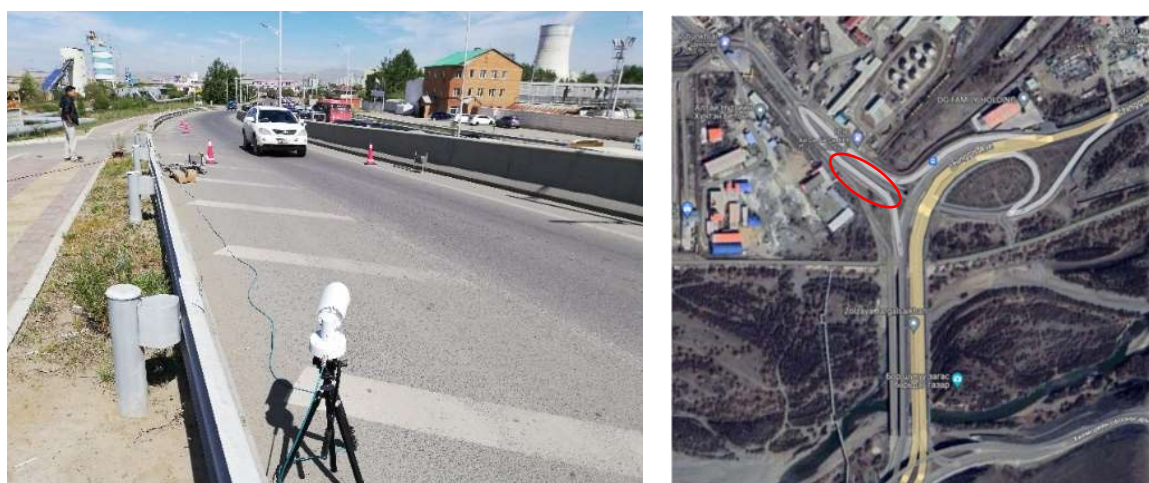


図 2-2(3) 調査地点（ヤルماغ橋）

(3) 計測項目

計測項目は、一酸化炭素濃度(以下 CO, 単位%)、二酸化炭素濃度(CO₂, %)、炭化水素類(HC, ppm)、窒素酸化物(NO, NO₂, NO_x, ppm)、微小粒子状物質(PM, g/ 100 g Fuel)、速度、加速度であり、それと合わせて車両前面の写真を撮影した。その中で smoke が計測できた車両を RSD 通過後に警察官が停止させ、オパシメータを用いて透過度 (Opacity) を計測した。



図 2-3 計測データ例

(4) 調査体制

RSD 調査は以下の分担で実施した。関係機関と協力して作業を分担して実施した。

表 2-1 調査分担

調査項目	担当者
RSD による計測	DAAEP、JICA 専門家
オパシメータによる計測	国家交通センター
オパシメータ計測のための車両の停止	交通警察

(5) 解析内容

測定した項目のうち、一酸化炭素濃度(以下 CO, 単位%)、二酸化炭素濃度(CO₂, %)、炭化水素類(HC, ppm)、窒素酸化物(NO, NO₂, NO_x, ppm)、微小粒子状物質(PM, g/ 100 g Fuel)について集計を行った。各地点、各物質について集計を行い、車種別・地点別・速度別・加速度別の比較を行った。また、比較可能なものに関しては、「日本で行われた街頭検査における排出ガス及び騒音の新たな検査方法の導入に関する調査報告書(2020年11月～2021年1月)」(以下、日本調査)のデータとの比較も行った。

3. 調査結果

3.1 調査状況

調査実施日は、2023年5月29日から6月30日までのうち、土曜日、日曜日および6月22日から6月25日までを除く各日である。なお、6月21日は測定が行われたものの、データファイル破損により、解析に使用するデータは得られなかった。調査状況は表3-1-1に示すとおりである。

表 3-1-1 調査状況

Date	地点	計測時間	RSD 計測			オパシ ティ 計測
			検知数	有効数	有効割合 (%)	
2023/5/29 Mon	West Gate	10:23 ~ 16:35	1,323	492	37	22
2023/5/30 Tue	West Gate	8:53 ~ 14:10	349	242	69	3
2023/5/31 Wed	West Gate	10:30 ~ 16:31	1,483	1,106	75	24
2023/6/1 Thu	West Gate	9:42 ~ 16:31	2,427	1,973	81	–
2023/6/2 Fri	West Gate	9:18 ~ 16:30	2,175	1,736	80	33
2023/6/5 Mon	West Gate	9:26 ~ 16:28	1,871	1,388	74	32
2023/6/6 Tue	West Gate	9:17 ~ 16:27	1,709	1,341	78	–
2023/6/7 Wed	West Gate	9:08 ~ 16:32	2,135	1,659	78	9
2023/6/8 Thu	West Gate	9:08 ~ 16:17	2,103	1,561	74	23
2023/6/9 Fri	West Gate	8:19 ~ 16:30	2,632	2,086	79	21
2023/6/13 Tue	South Gate	9:50 ~ 16:30	1,240	1,056	85	36
2023/6/14 Wed	South Gate	9:27 ~ 16:30	1,329	1,025	77	15
2023/6/15 Thu	South Gate	9:14 ~ 15:41	1,332	1,106	83	48
2023/6/16 Fri	South Gate	9:11 ~ 16:09	1,333	1,102	83	14
2023/6/19 Mon	South Gate	9:30 ~ 16:29	1,436	1,195	83	44
2023/6/20 Tue	South Gate	8:56 ~ 16:26	1,403	1,185	84	21
2023/6/21 Wed	South Gate	9:05 ~ 15:55	1,424	–	–	14
2023/6/26 Mon	South Gate	10:19 ~ 16:28	1,105	946	86	27
2023/6/27 Tue	South Gate	9:25 ~ 16:17	1,274	1,069	84	37
2023/6/28 Wed	South Gate	9:19 ~ 16:22	1,405	1,202	86	–
2023/6/29 Thu	Yarmag Bridge	9:46 ~ 14:59	3,406	2,455	72	–
2023/6/30 Fri	Yarmag Bridge	9:21 ~ 15:00	3,772	2,506	66	–
合計			38,666	28,431	74	423

3.2 地点別濃度

地点別に測定した物質ごとの結果を整理した。西の料金所、南の料金所、および、ヤルマグ橋は South, West, Yarmag とし、これら 3 地点をまとめてモンゴル 3 地点と表記した。日本調査は Japan とした。

3.2.1 一酸化炭素 (CO)

CO は、モンゴルの 3 地点で、最も値の小さい階級(0.05 未満)の割合が最も大きく、次いで最も値の大きな階級(0.75 以上)の割合が最も大きくなった。両端の間の階級では、階級値が大きくなるに従い、割合も小さくなる傾向が見られた。全体的な分布傾向は日本と似ているが、0.75 以上の割合がモンゴルでは各地点 13～18%であるのに対し、日本では 3%であり、モンゴルのほうが日本より高濃度に偏っていた。

車種別の比較では、分布傾向は全体のものとは大差ない一方で、乗用車は 0.75 以上の割合が 13～18%と大きい傾向であった。

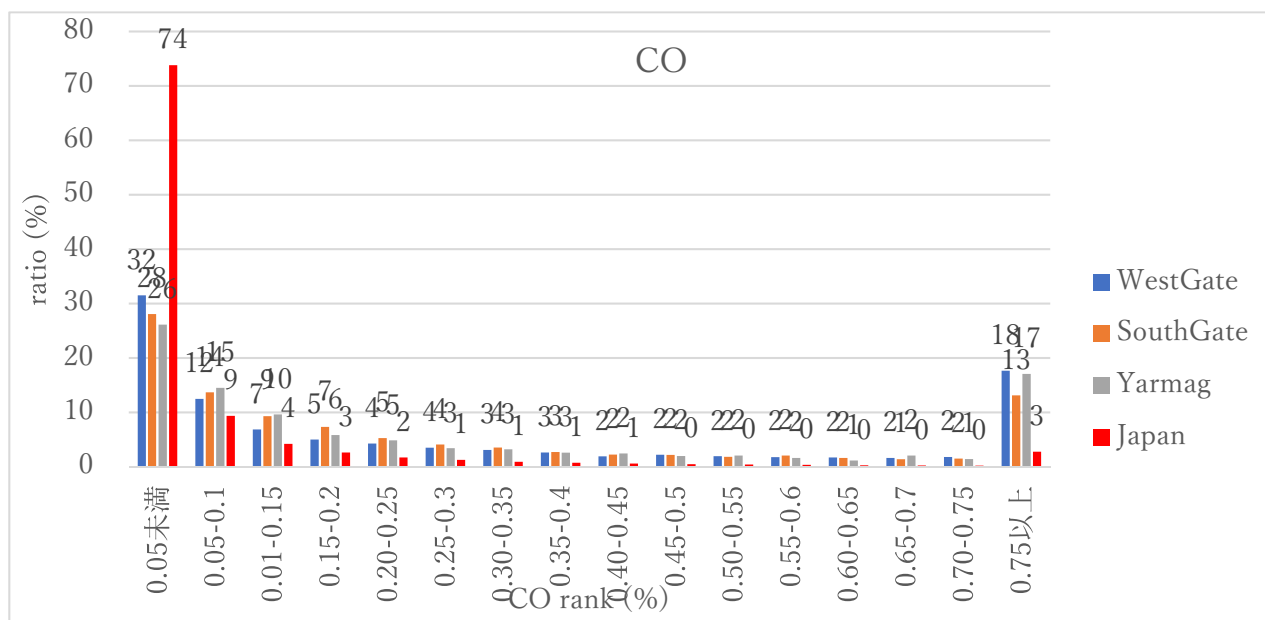


図 3-2-1 モンゴル 3 地点および 日本での CO 濃度ランク別出現割合

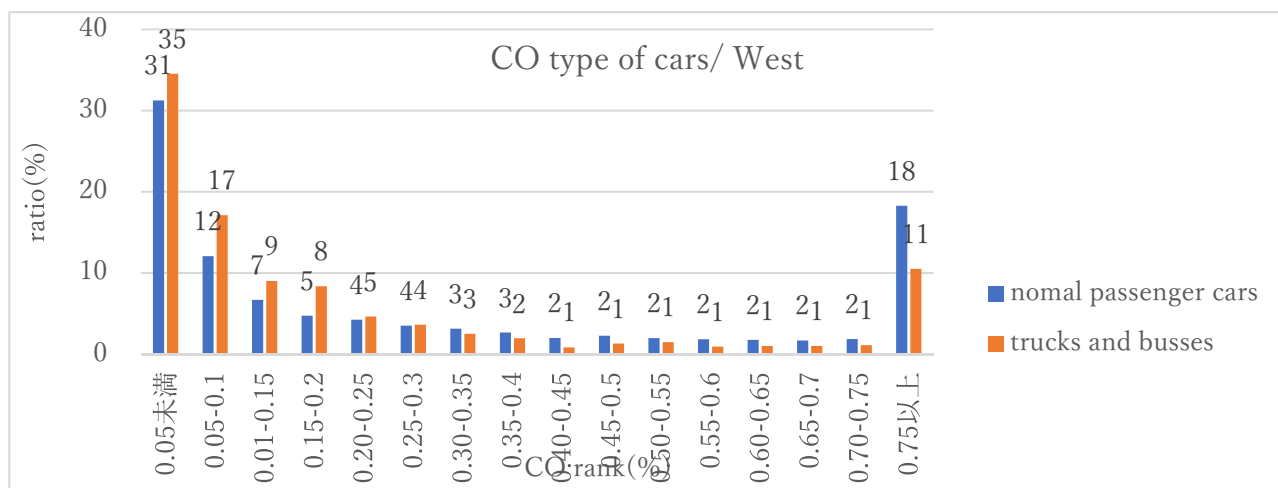


図 3-2-2(1) 車種別 CO 濃度ランク別出現割合 (West)

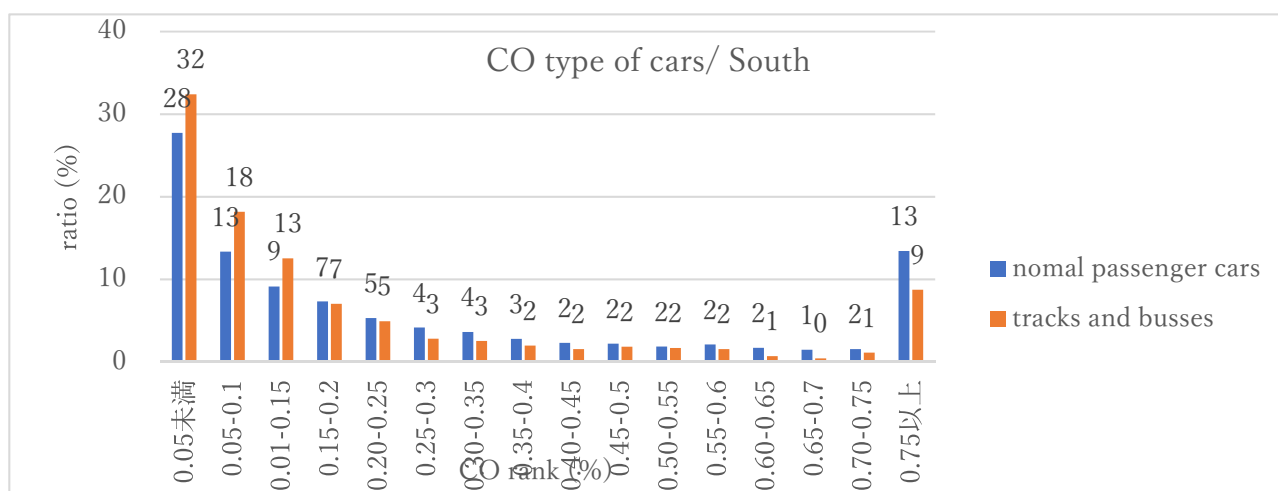


図 3-2-2(2) 車種別 CO 濃度ランク別出現割合 (South)

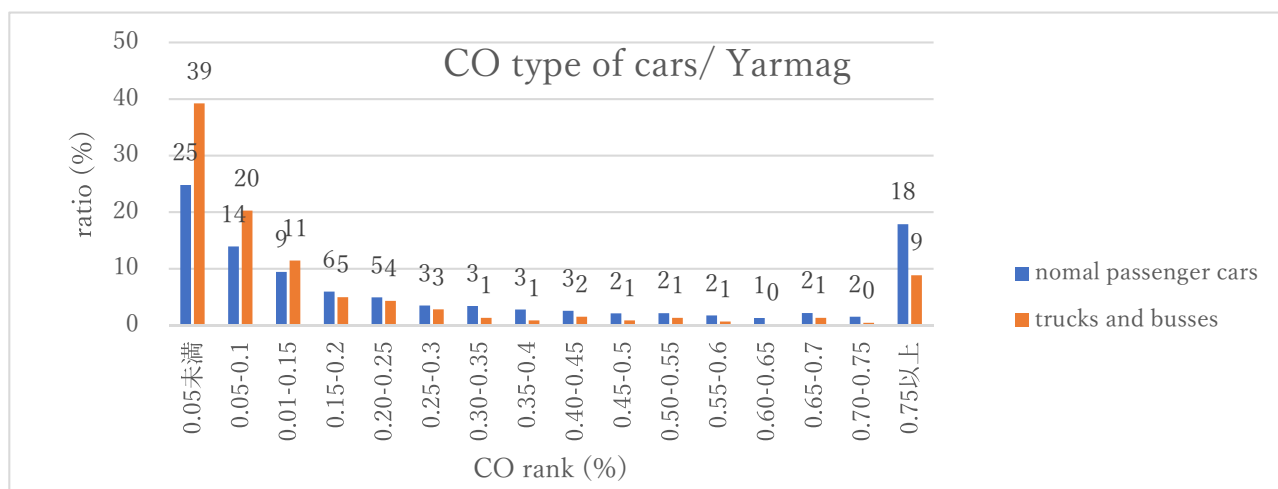


図 3-2-2(3) 車種別 CO 濃度ランク別出現割合 (Yarmag)

3.2.2 二酸化炭素 (CO₂)

CO₂は、モンゴル3地点すべてで、理論空燃比に近い15.0付近に集中した。

車種別の比較では、モンゴル3地点すべてで乗用車の方がバス・トラックよりもやや高濃度に偏っている程度で、顕著な差は見られなかった。

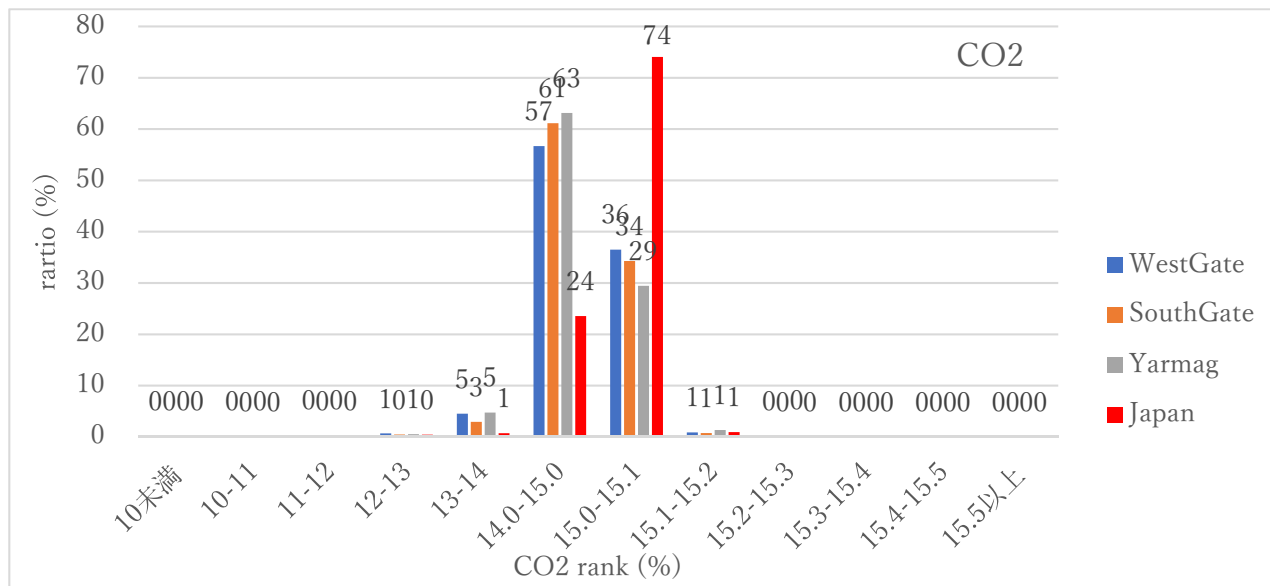


図 3-2-3 モンゴル3地点および日本でのCO₂濃度ランク別出現割合

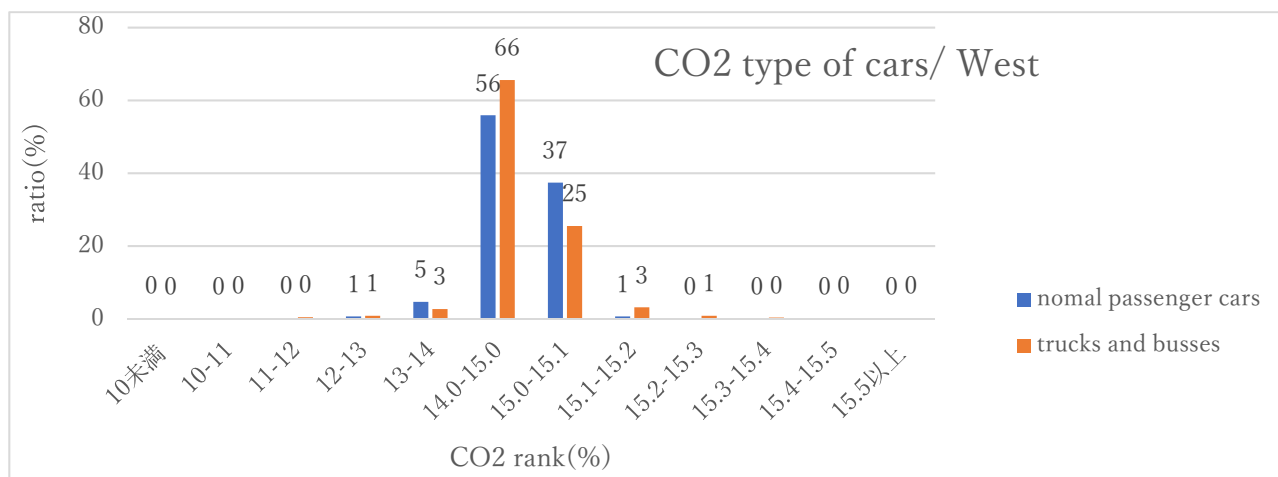


図 3-2-4(1) 車種別 CO₂ 濃度ランク別出現割合 (West)

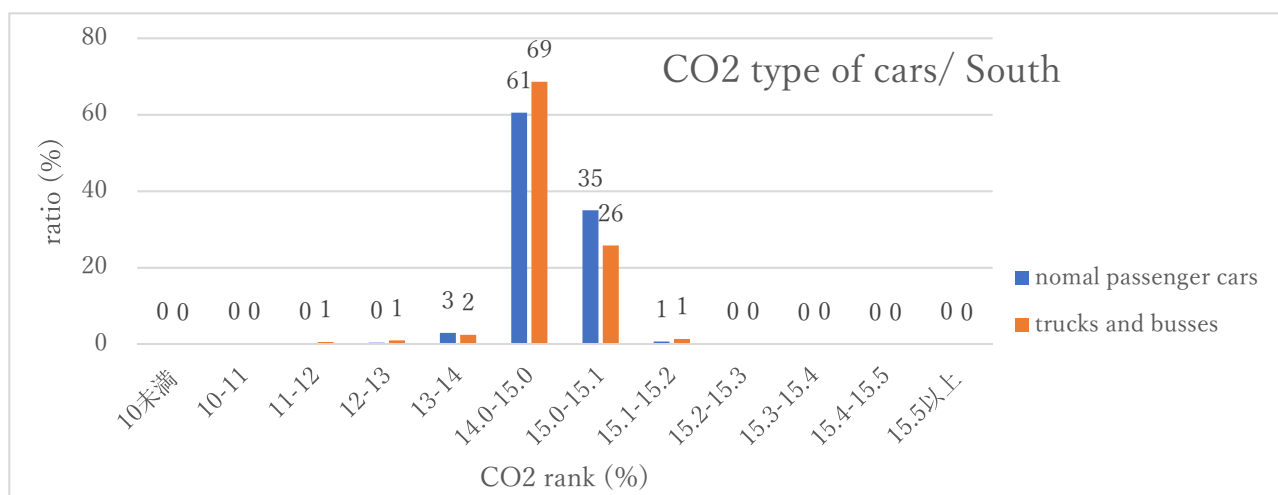


図 3-2-4(2) 車種別 CO₂ 濃度ランク別出現割合 (South)

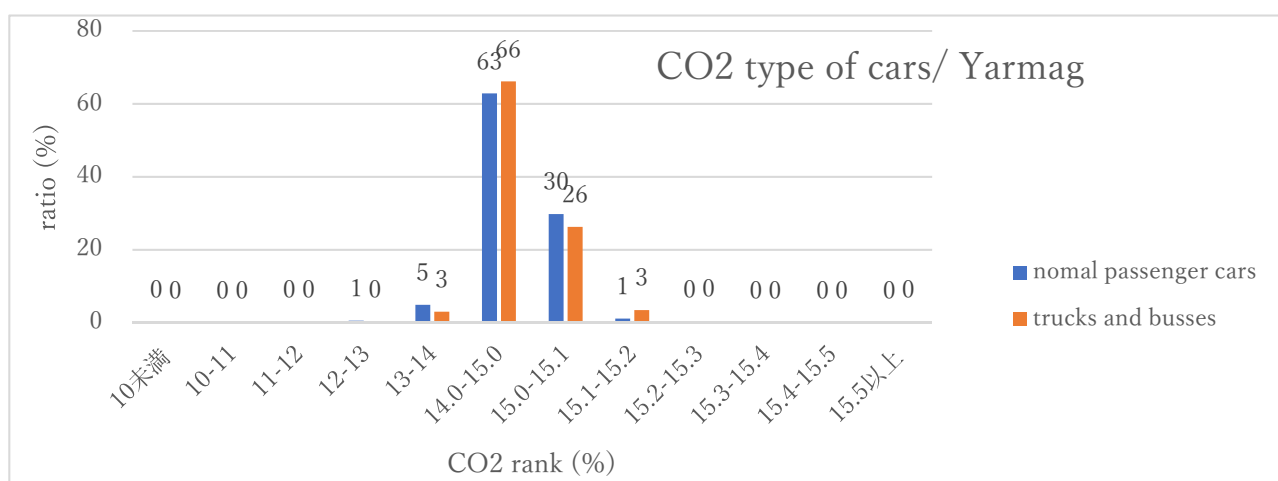


図 3-2-4(3) 車種別 CO₂ 濃度ランク別出現割合 (Yarmag)

3.2.3 炭化水素類 (HC)

HC は、モンゴルの 3 地点ともに最も値の小さい階級(20 未満)の割合が最も大きく、次いで最も値の大きな階級(300 以上)の割合が最も大きくなった。両端の間の階級では、階級値が大きくなるに従い、割合も小さくなる傾向が見られた。全体的な分布傾向は日本と似ているが、300 以上の割合がモンゴルでは各地点 16～18%であるのに対し、日本では 8%であり、モンゴルのほうが日本より高濃度に偏っていた。

車種別の比較では、乗用車の分布傾向は全体のものと大差ない一方で、トラック・バスは 300 以上の割合が 27～35%と大きい傾向であった。

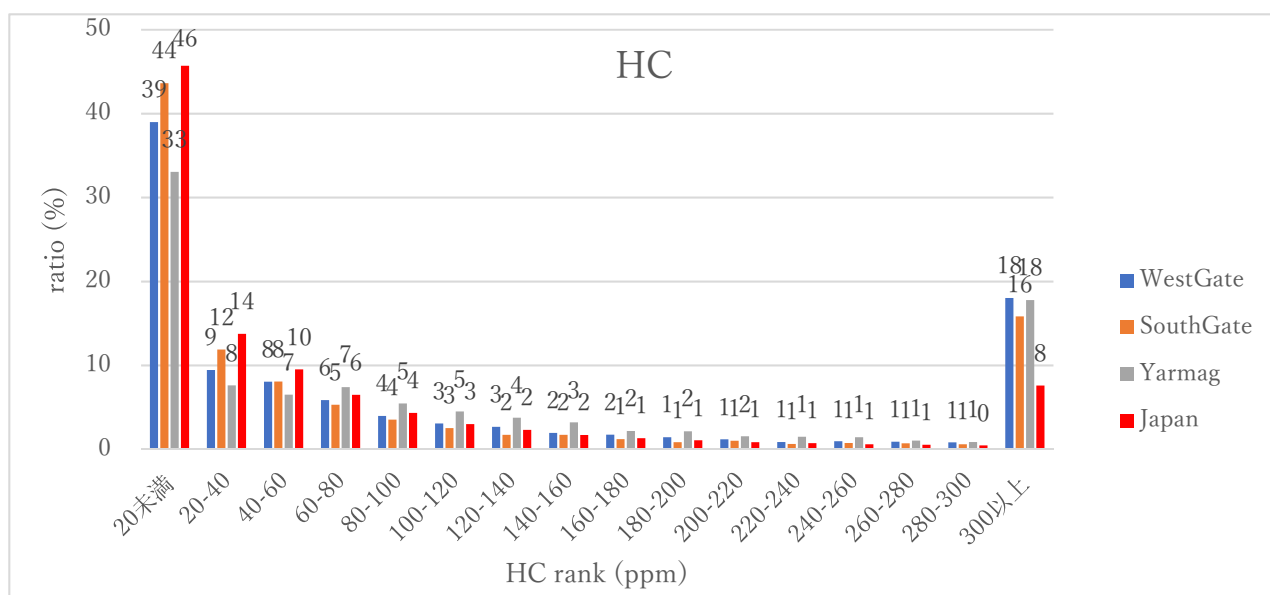


図 3-2-5 モンゴル 3 地点および 日本での CO 濃度ランク別出現割合

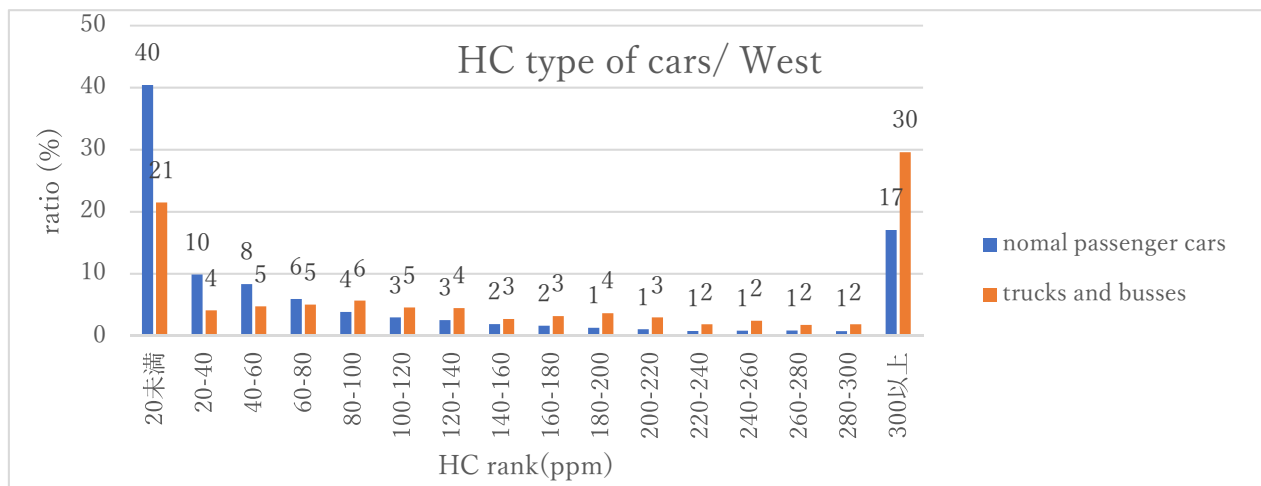


図 3-2-6(1) 車種別 HC 濃度ランク別出現割合 (West)

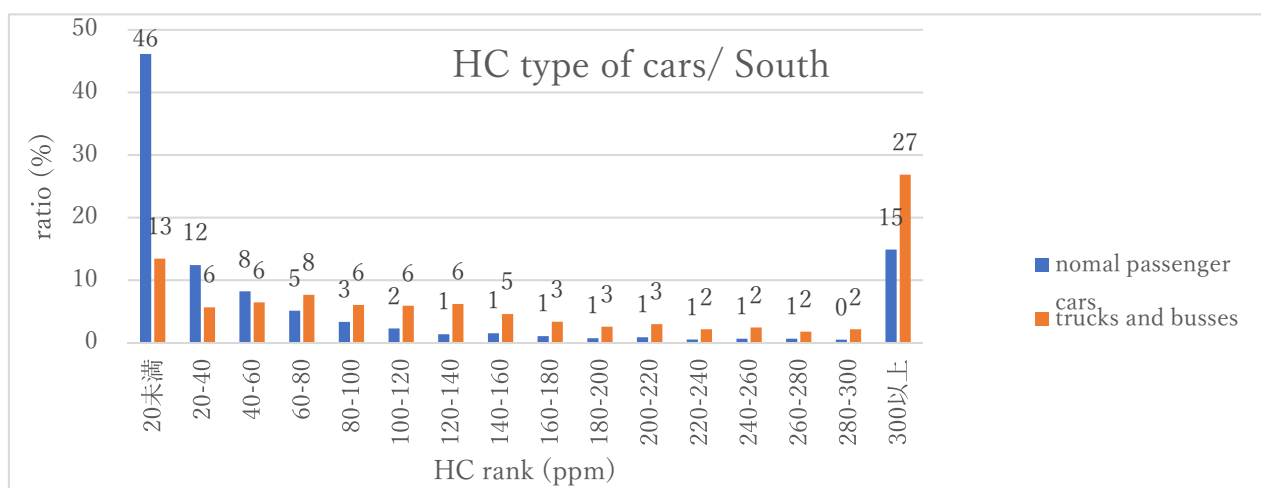


図 3-2-6(2) 車種別 HC 濃度ランク別出現割合 (South)

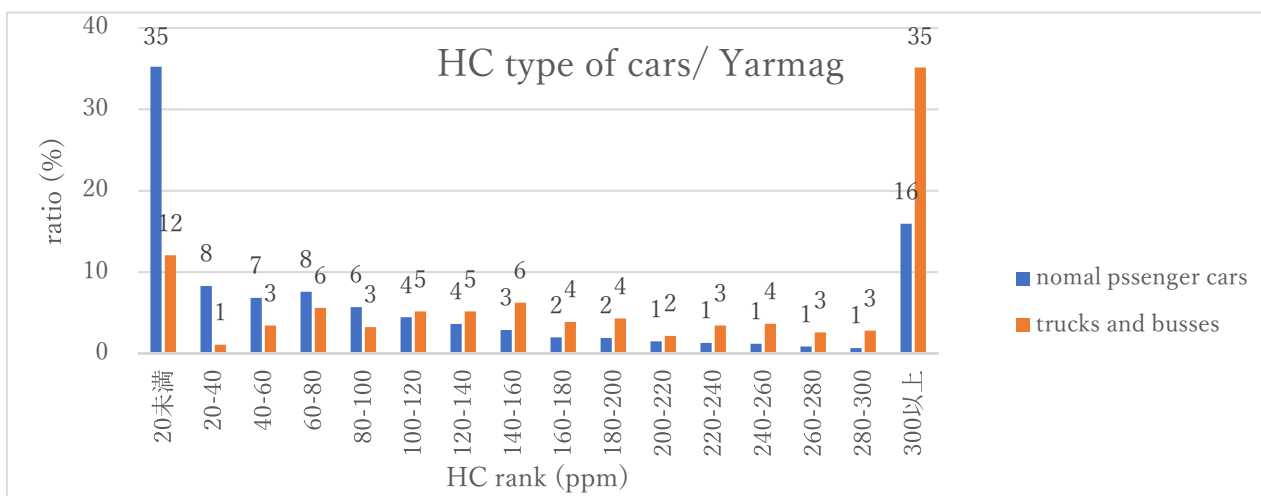


図 3-2-6(3) 車種別 HC 濃度ランク別出現割合 (Yarmag)

3.2.4 窒素酸化物 (NO)

NO は、3 地点すべてで最も値の小さい階級 (50 未満) の割合が最も大きく、次いで最も値の大きな階級 (750 以上) の割合が最も大きくなった。両端の間の階級では、階級値が大きくなるに従い、割合も小さくなる傾向が見られた。全体的な分布傾向は日本と似ているが、750 以上の割合がモンゴルでは各地点 22～23% に対し、日本では 8% であり、モンゴルのほうが日本より高濃度に偏っていた。

車種別の比較では、乗用車の分布傾向は全体のものと大差ない一方で、トラック・バスで 750 以上の階級が 49～58% と大きい傾向であった。

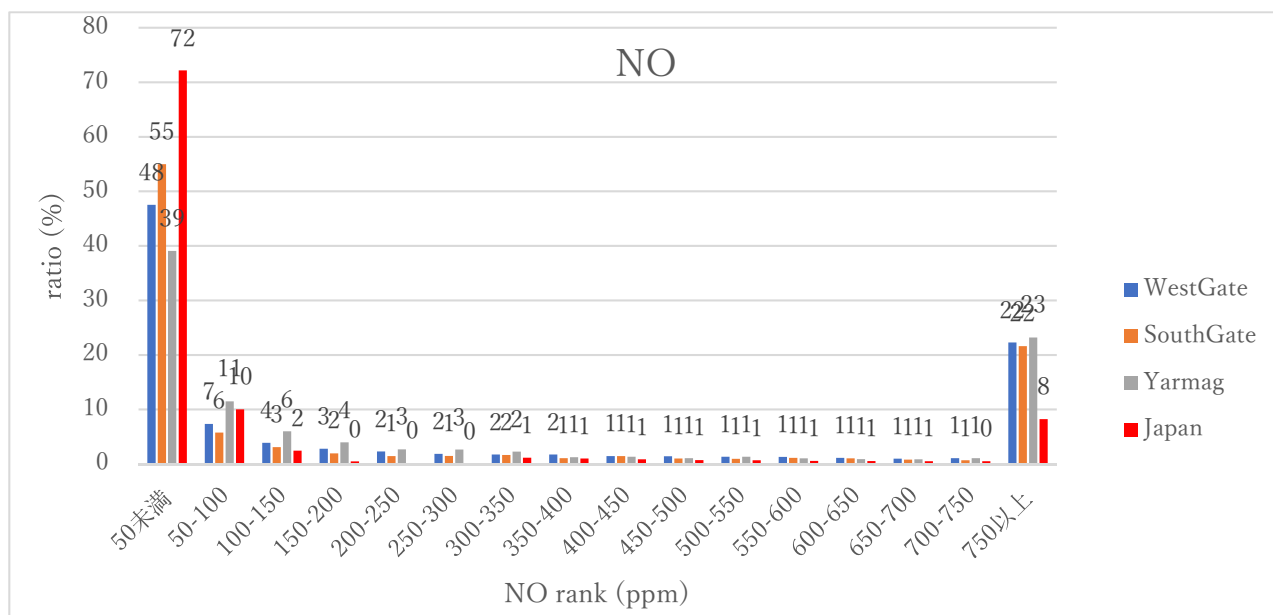


図 3-2-7 モンゴル 3 地点および 日本での NO 濃度ランク別出現割合

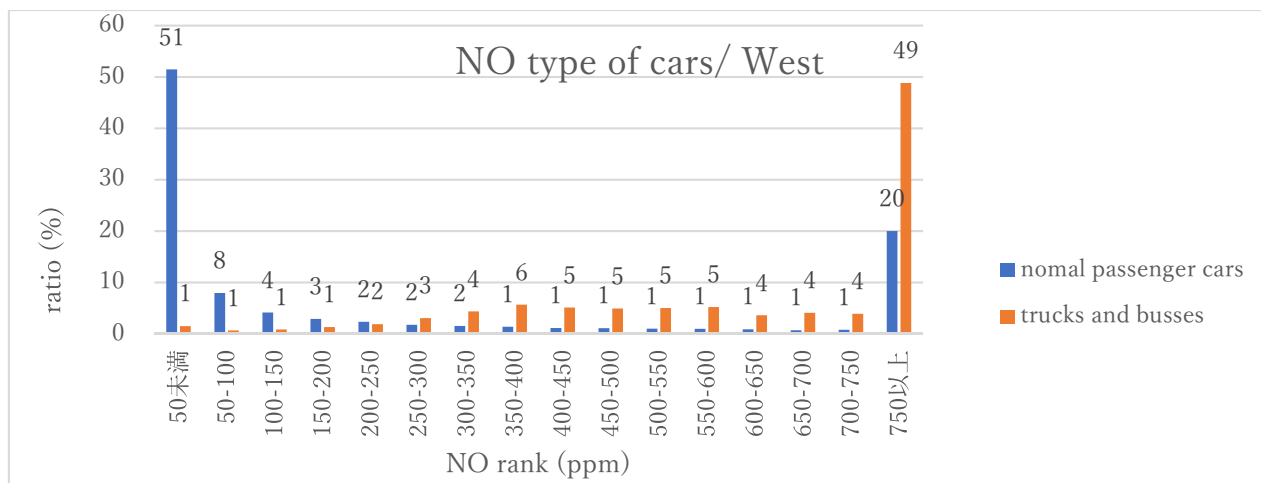


図 3-2-8(1) 車種別 NO 濃度ランク別出現割合 (West)

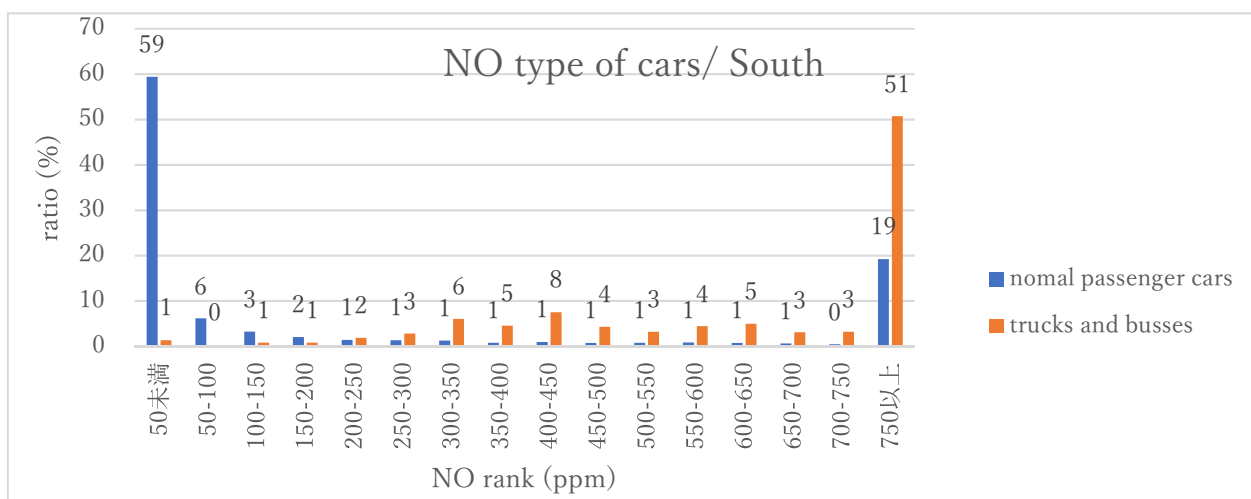


図 3-2-8(2) 車種別 NO 濃度ランク別出現割合 (South)

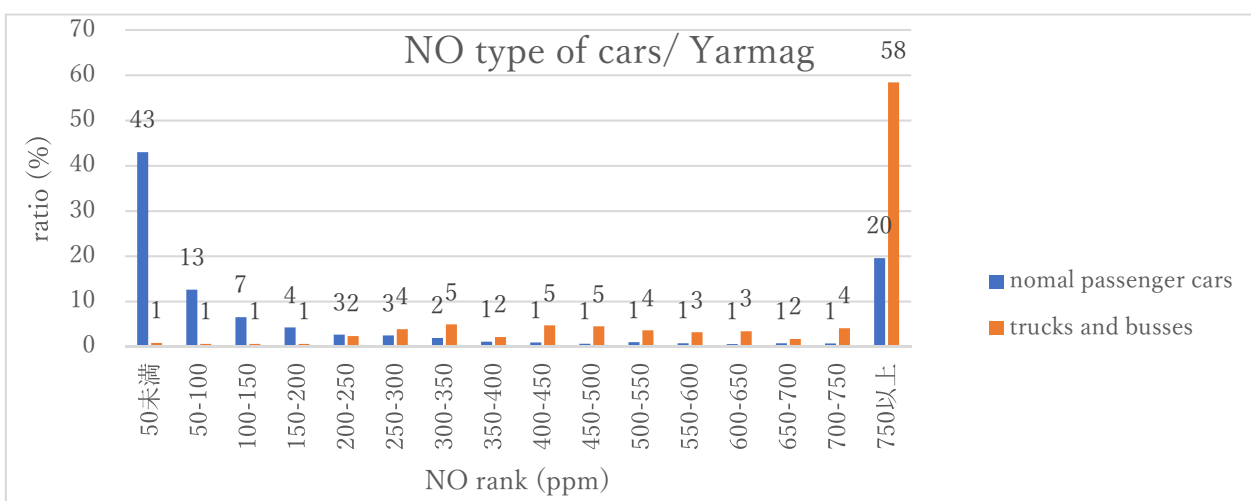


図 3-2-8(3) 車種別 NO 濃度ランク別出現割合 (Yarmag)

3.2.5 微小粒子状物質 (PM)

PM 濃度は、モンゴル 3 地点すべてで最も値の大きい階級 (0.075 以上) の割合が最も大きく、次いで最も値の小さな階級 (0.005 未満) の割合が最も大きくなった。全体的な分布傾向は日本と似ているが、0.075 以上の割合はモンゴルの各地点とも 40～56%であるのに対し、日本では 8%であり、モンゴルのほうが日本より高濃度に偏っていた。

車種別の比較では、乗用車は全体と似た傾向を示すが、トラック・バスは 1.00 以上の階級が 58～64%と大きい傾向であった。

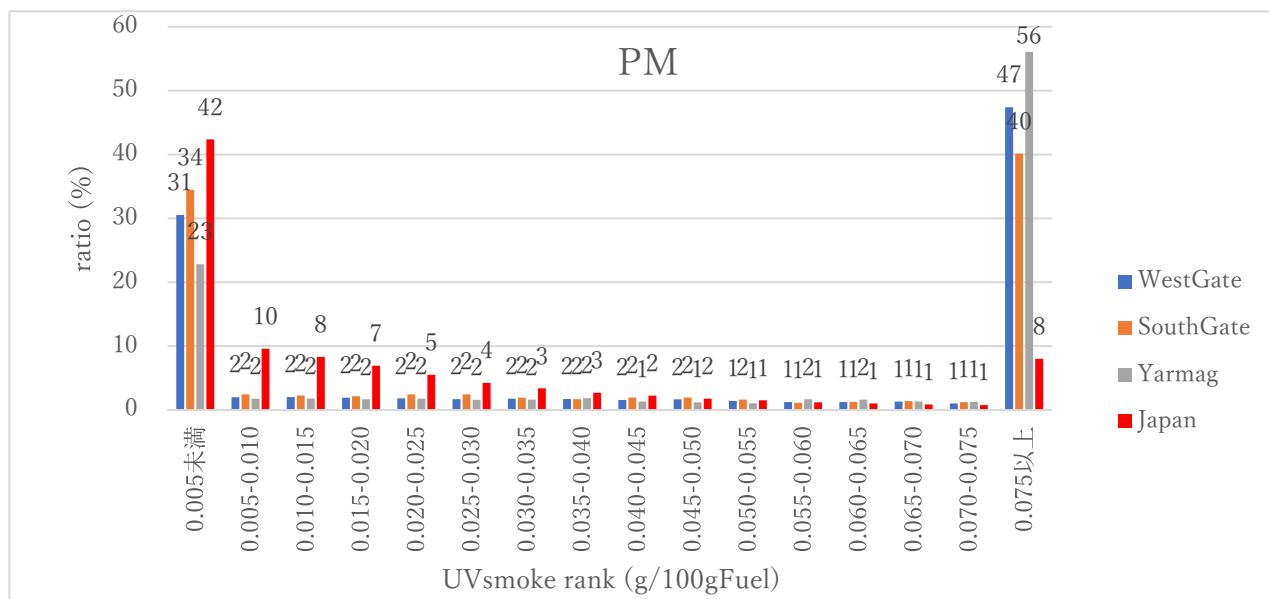


図 3-2-9 モンゴル 3 地点および 日本での PM 濃度ランク別出現割合

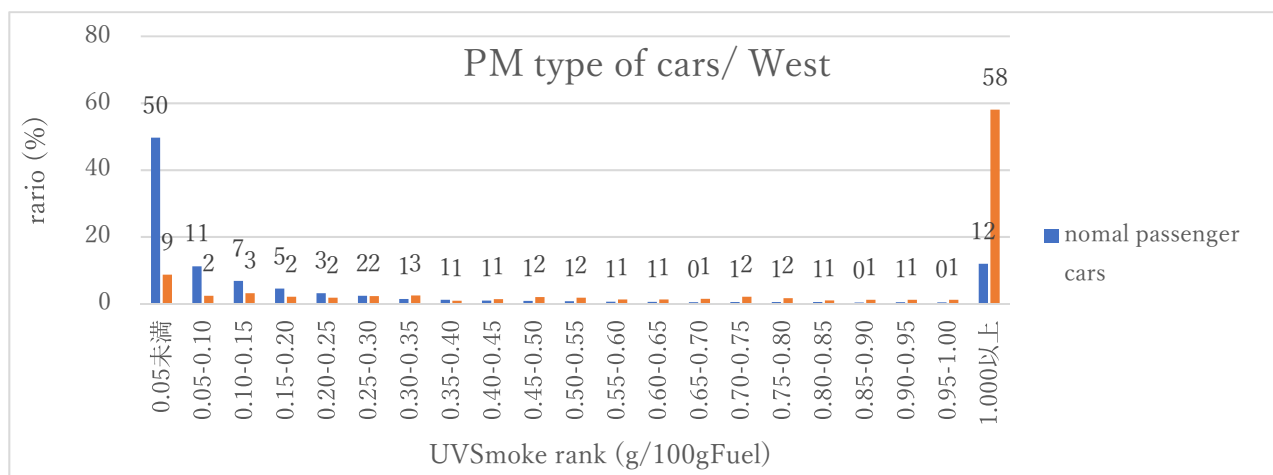


図 3-2-10 (1) 車種別 PM 濃度ランク別出現割合 (West)

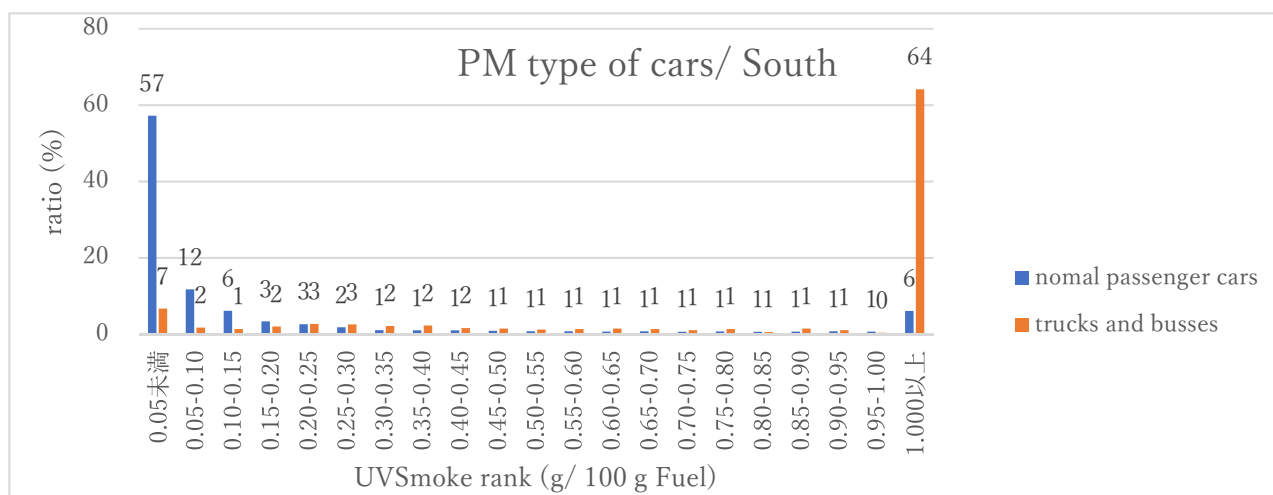


図 3-2-10 (2) 車種別 PM 濃度ランク別出現割合 (South)

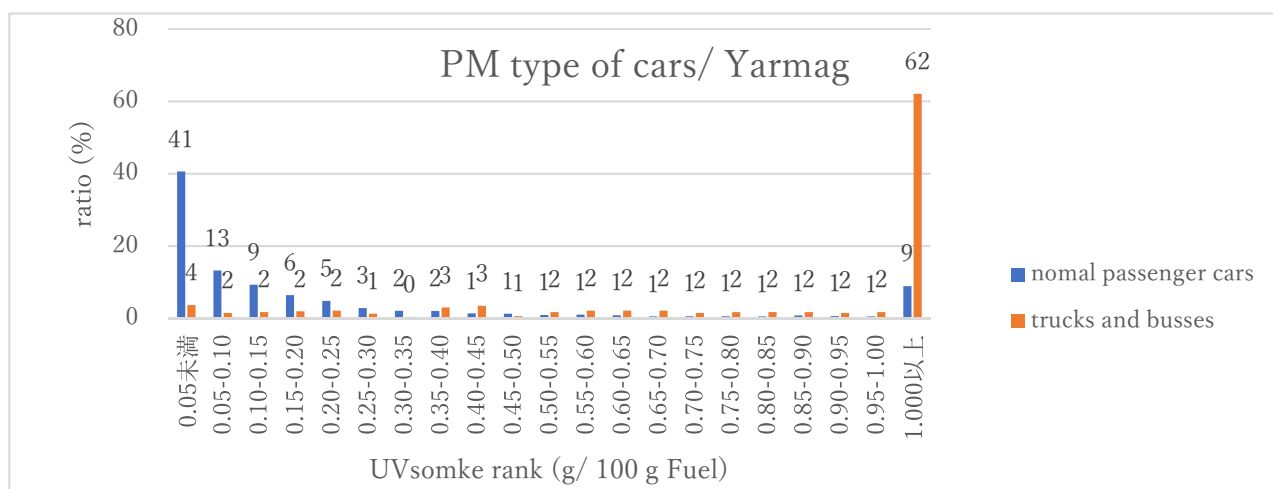


図 3-2-10 (3) 車種別 PM 濃度ランク別出現割合 (Yarmag)

3.3 速度ランク別平均濃度

速度ランク別有効台数を整理するとともに、速度ランク別に各大気汚染物質の平均濃度を算出した。

3.3.1 速度ランク別有効台数

西の料金所と南の料金所は、料金所を通過する際にほぼ停止する状態になってから加速していく状況であるため、時速 10～20km 付近の低速領域に集中した。一方で、ヤルマグ橋では料金所や信号などの停止状態になる状況ではなく、ある程度速度が高い巡行するような状況であるため、時速 10km 未満から 45km 以上まで幅広い速度の車が見られた。

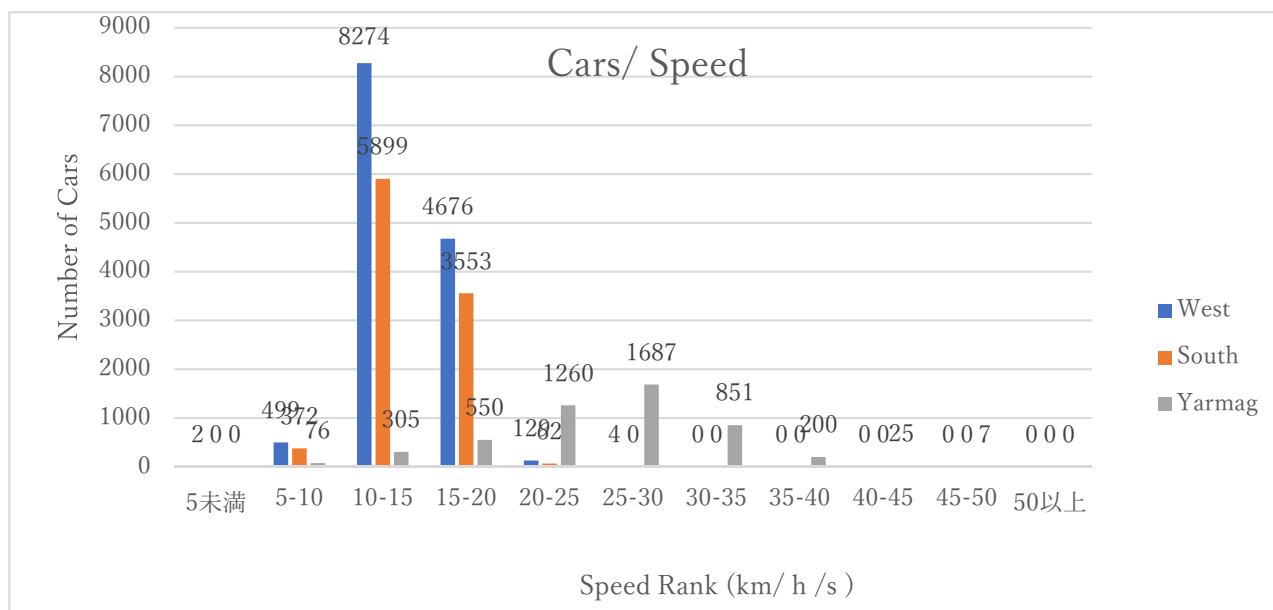


図 3-3-1 速度ランク別有効台数

3.3.2 一酸化炭素 (CO) の速度ランク別平均濃度

いずれの地点でも、速度が上がるほど濃度が下がる傾向が見られた。また、同じ速度ランクで比較した場合、Yarmag が最も濃度が高い傾向にあった。

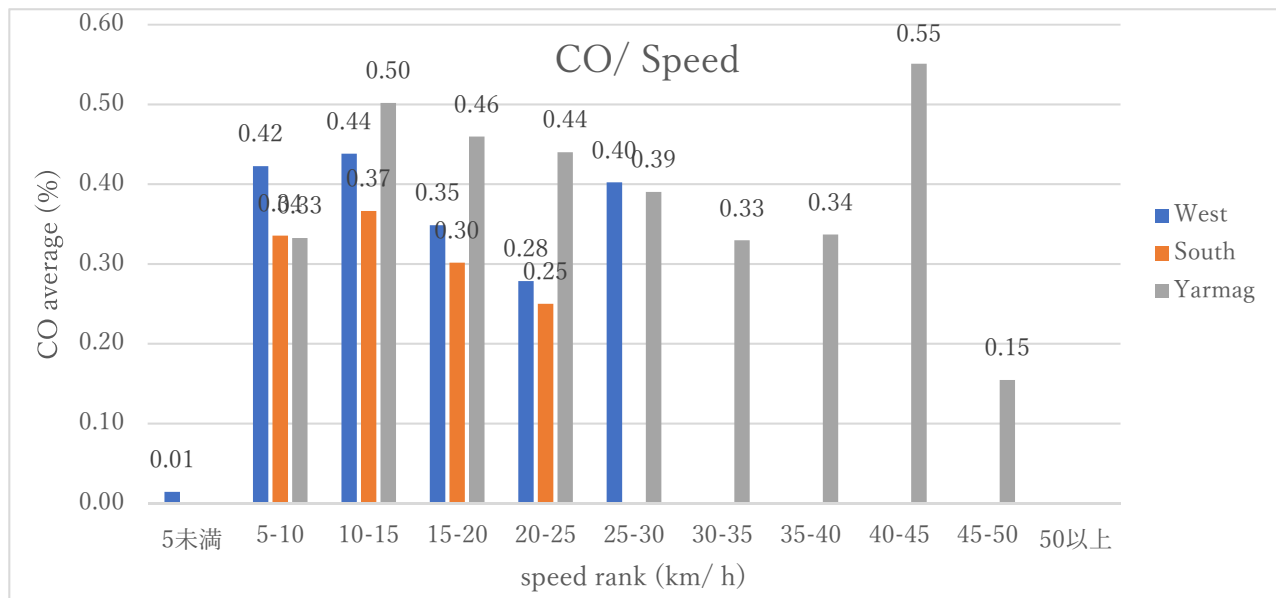


図 3-3-2 モンゴル 3 地点の速度ランク別 CO 濃度平均値

3.3.3 二酸化炭素 (CO₂)

いずれの地点も速度が上がるほど濃度が上がる傾向が見られた。また、同じ速度ランクで比較した場合、Yarmag が最も濃度が低い傾向にあった。

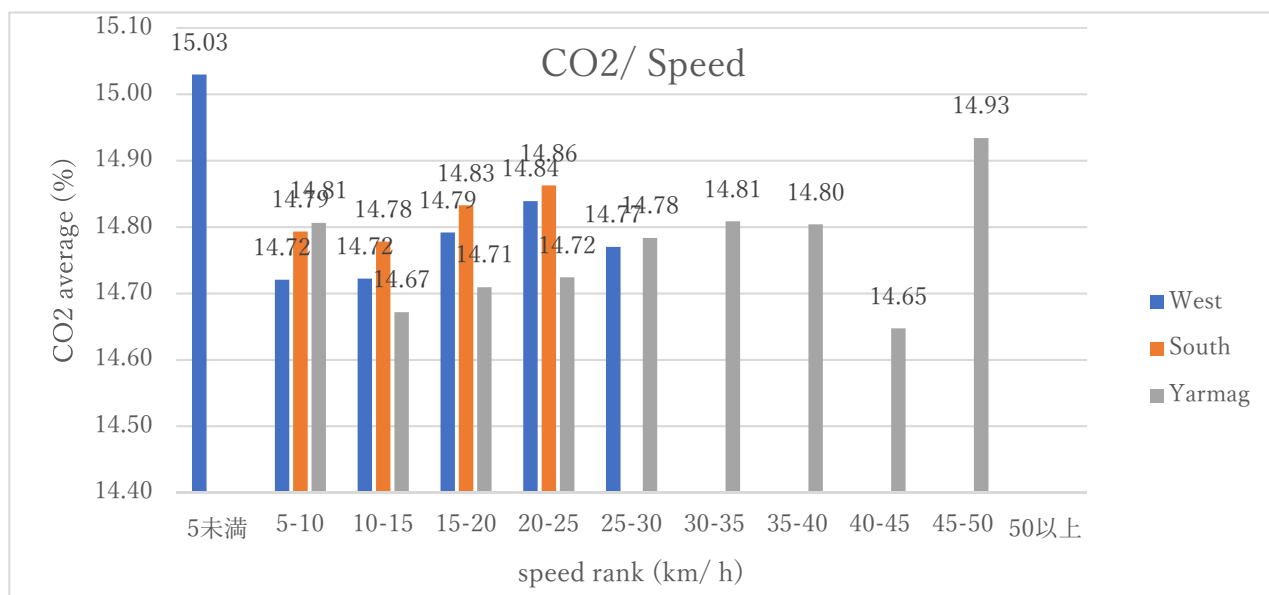


図 3-3-3 モンゴル 3 地点の速度ランク別 CO₂ 濃度平均値

3.3.4. 炭化水素類 (HC)

いずれの地点でも、速度が上がるほど濃度が下がる傾向が見られた。また、同じ速度ランクで比較した場合、Yarmag が最も濃度が高い傾向にあった。

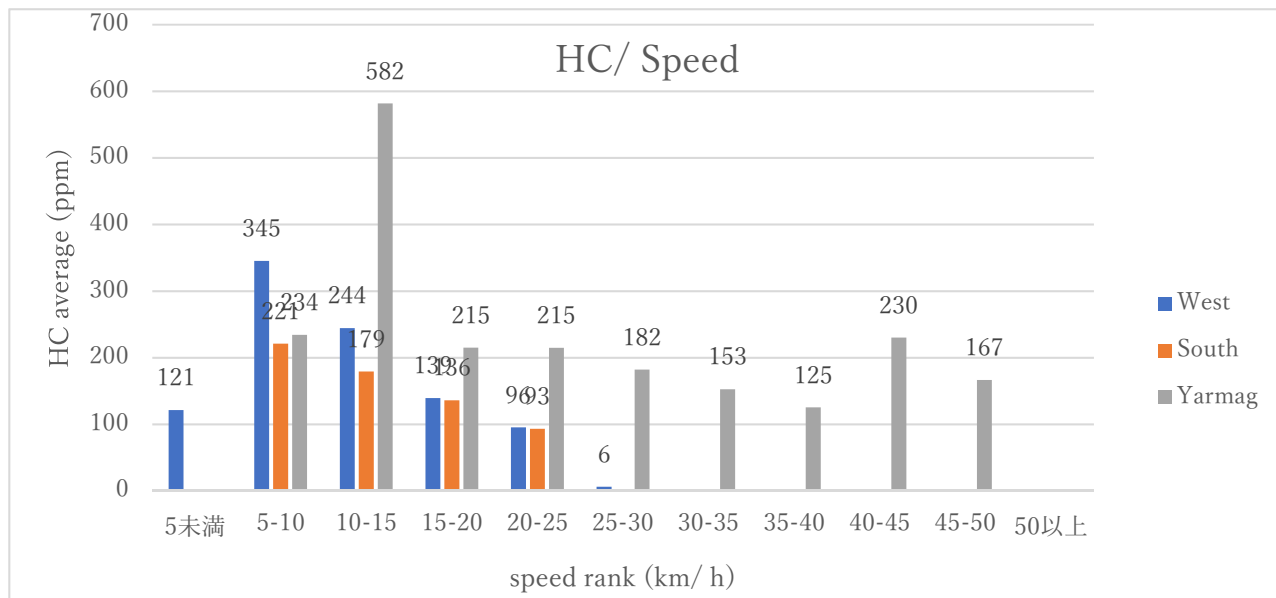


図 3-3-4 モンゴル 3 地点の速度ランク別 CO2 濃度平均値

3.3.5. 窒素酸化物 (NO)

West の低速域では速度が上がるほど濃度が下がる傾向が見られたが、全体として速度ランクによる濃度の差異は小さかった。

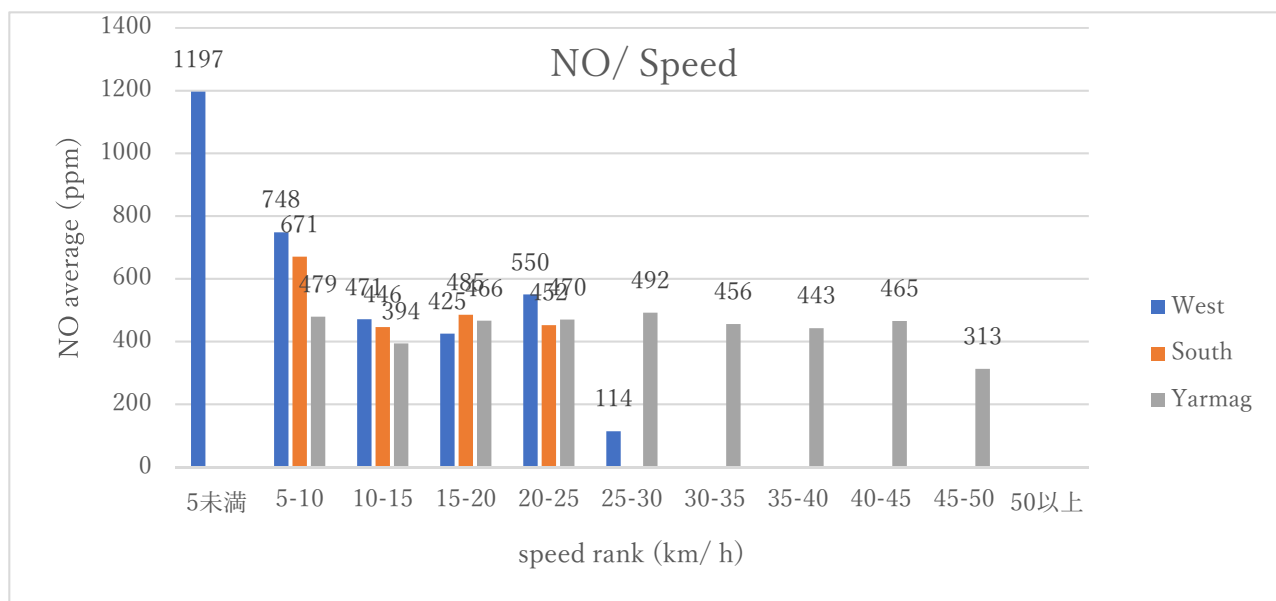


図 3-3-5 モンゴル 3 地点の速度ランク別 NO 濃度平均値

3.3.6. 微粒子状物質 (PM)

いずれの地点も低速度域では速度が上がるほど濃度が下がる傾向が見られた。

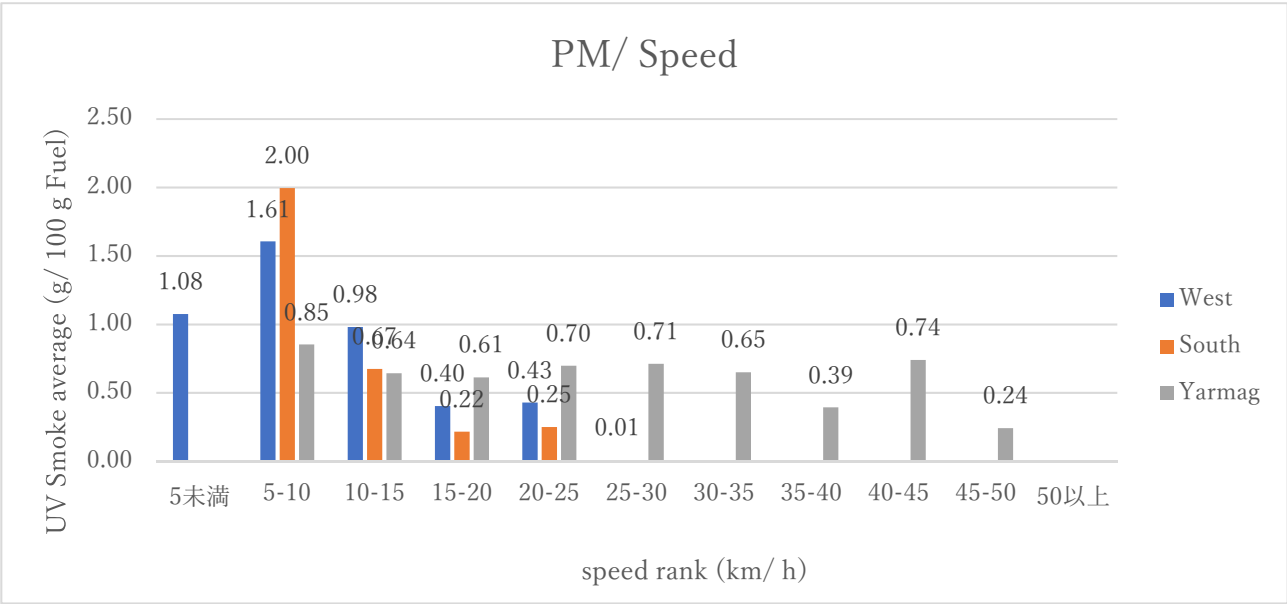


図 3-3-6 モンゴル 3 地点の速度ランク別 PM 濃度平均値

3.4 加速度ランク別平均濃度

加速度ランク別有効台数を整理するとともに、加速度ランク別に各大気汚染物質の平均濃度を算出した。

3.4.1 加速度ランク別有効台数

West および South では 0 から+4 までの階級で 95%以上を占め、Yarmag では 0 の前後 2 階級が約 98%を占めていた。

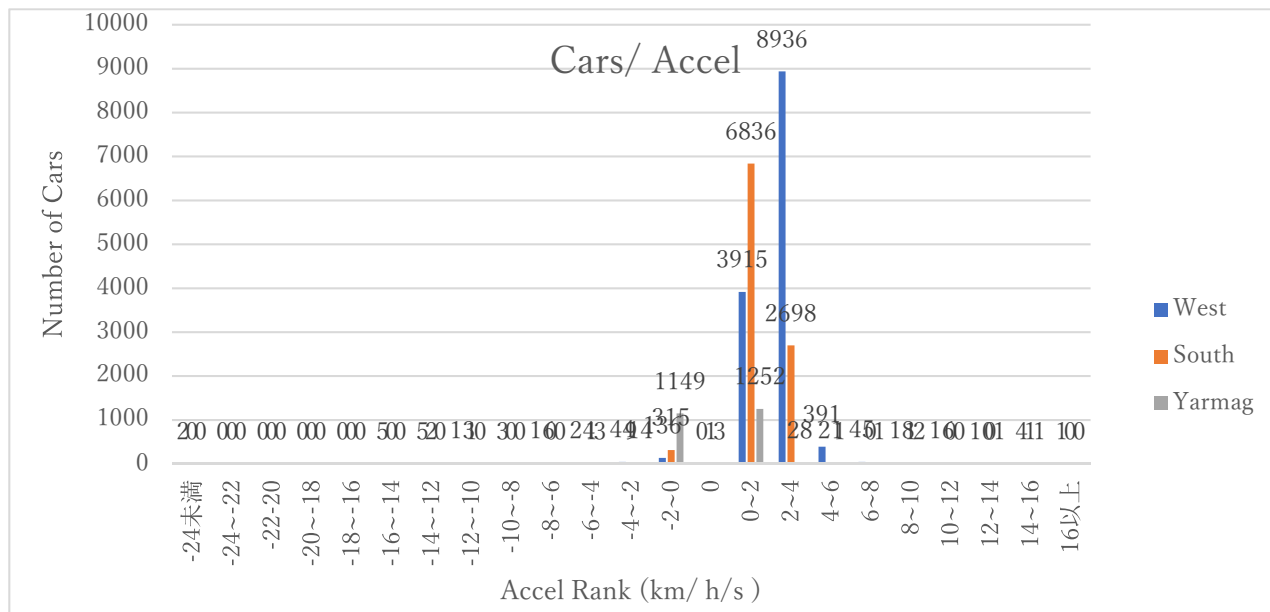


図 3-4-1 加速度ランク別有効台数

3.4.2 一酸化炭素 (CO) の速度ランク別平均濃度

加速度が大きな階級では、比較的濃度が高い傾向が見られた。

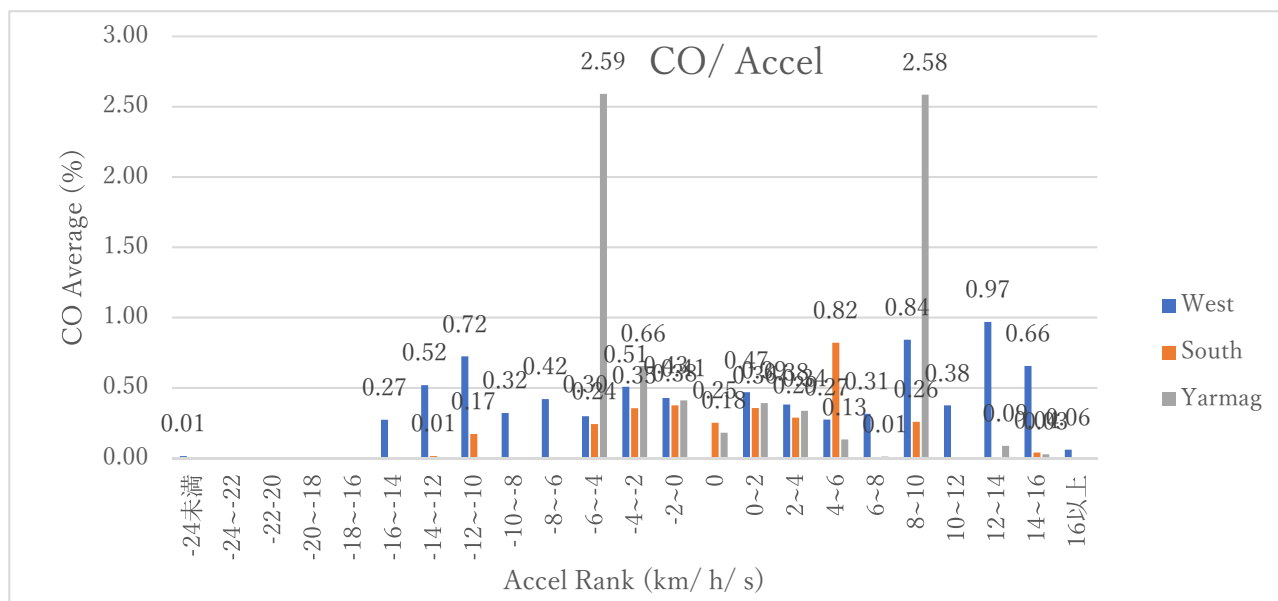


図 3-4-2 加速度ランク別 CO 濃度平均値

3.4.3 二酸化炭素 (CO₂) の速度ランク別平均濃度

各地点ともに平均値は 14.5 から 15 程度で安定していた。

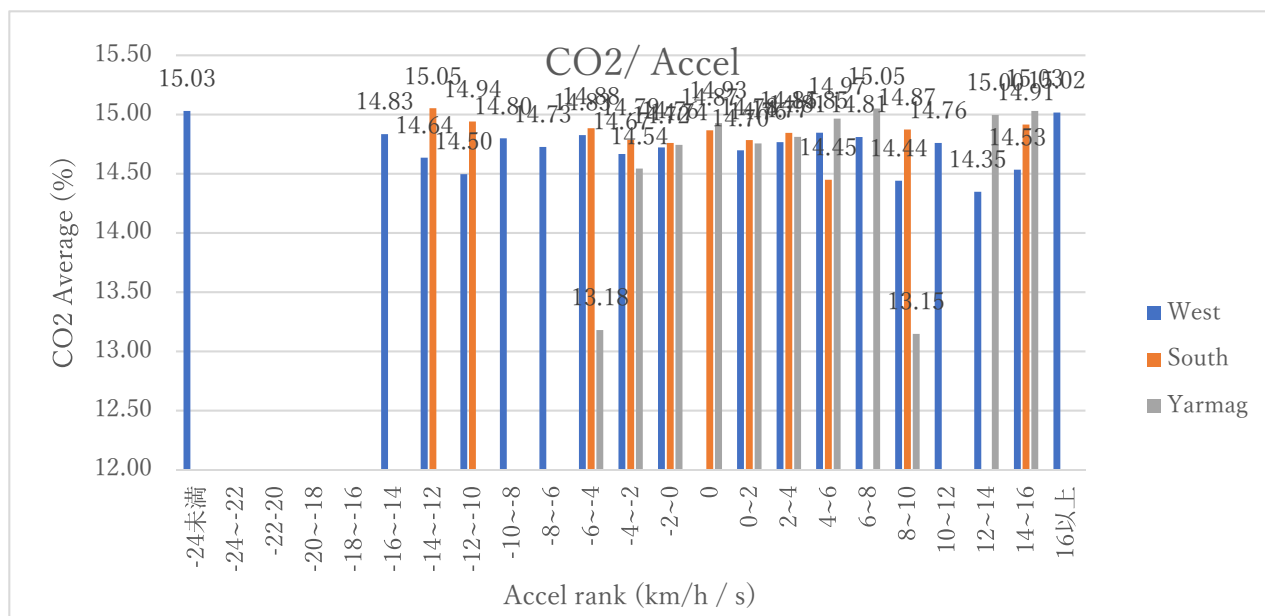


図 3-4-3 加速度ランク別 CO₂ 濃度平均値

3. 4. 4 炭化水素類(HC)の速度ランク別平均濃度

加速度が大きな階級で濃度が高くなる顕著な傾向は見られない。

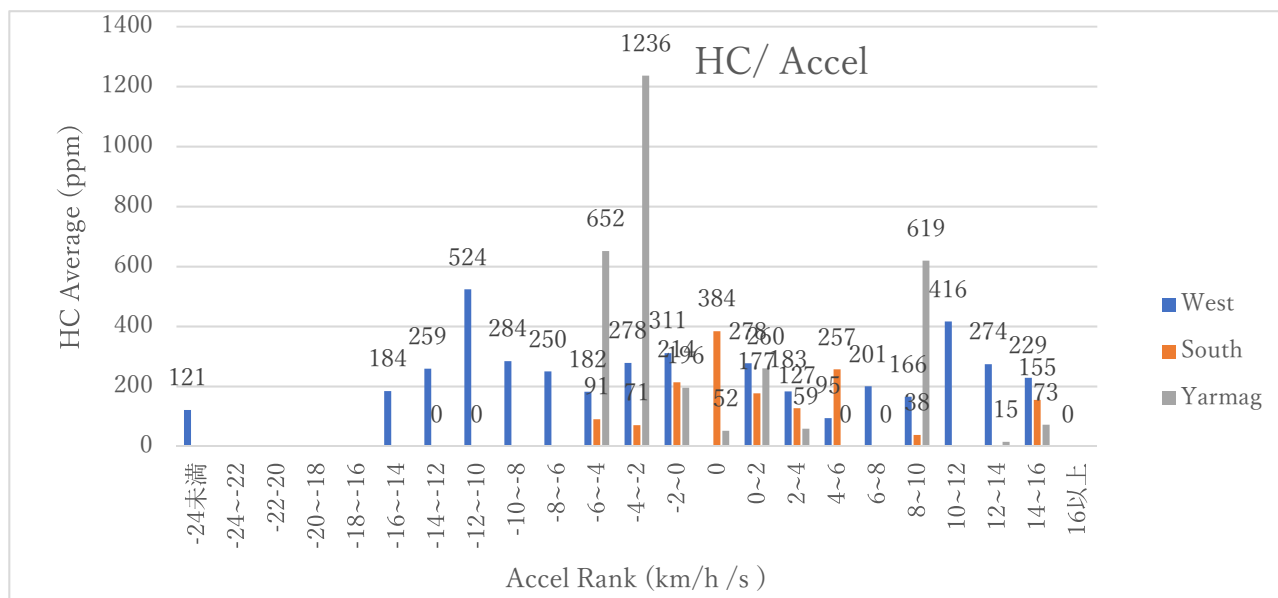


図 3-4-4 加速度ランク別 HC 濃度平均値

3. 4. 5 窒素酸化物(NO)の速度ランク別平均濃度

加速度が大きな階級では、比較的濃度が高い傾向が見られた。

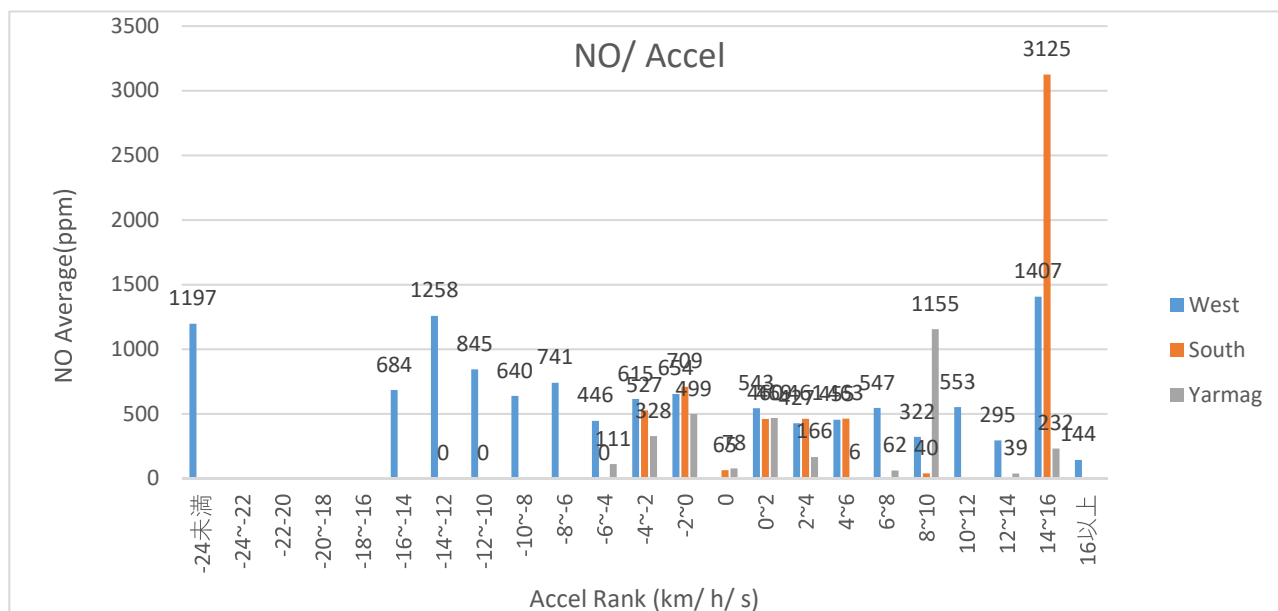


図 3-4-5 加速度ランク別 NO 濃度平均値

3.4.6 微粒子状物質(PM)の加速度ランク別平均濃度

加速度が大きな階級で濃度が高くなる顕著な傾向は見られない。

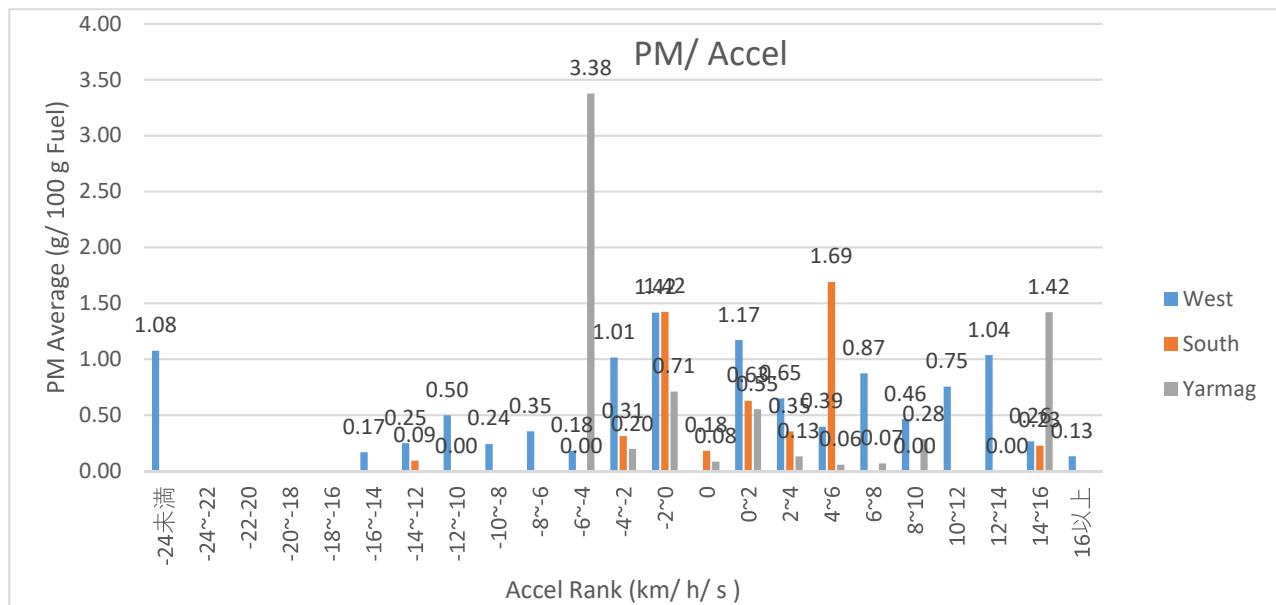


図 3-4-6 加速度ランク別 PM 濃度平均値

3.5 RSD 基準値

MNS に規定されている排出基準（オパシティーで 40%）に対応する RSD の排出基準値を用いた運行規制の導入に向け、オパシメーターによるオパシティーの値（%）と RSD の Smoke の値(g/100gFuel)の関係を確認した。図 3-5-1 に示すとおり、オパシティーの値と RSD の Smoke の値の間には相関がみられない。

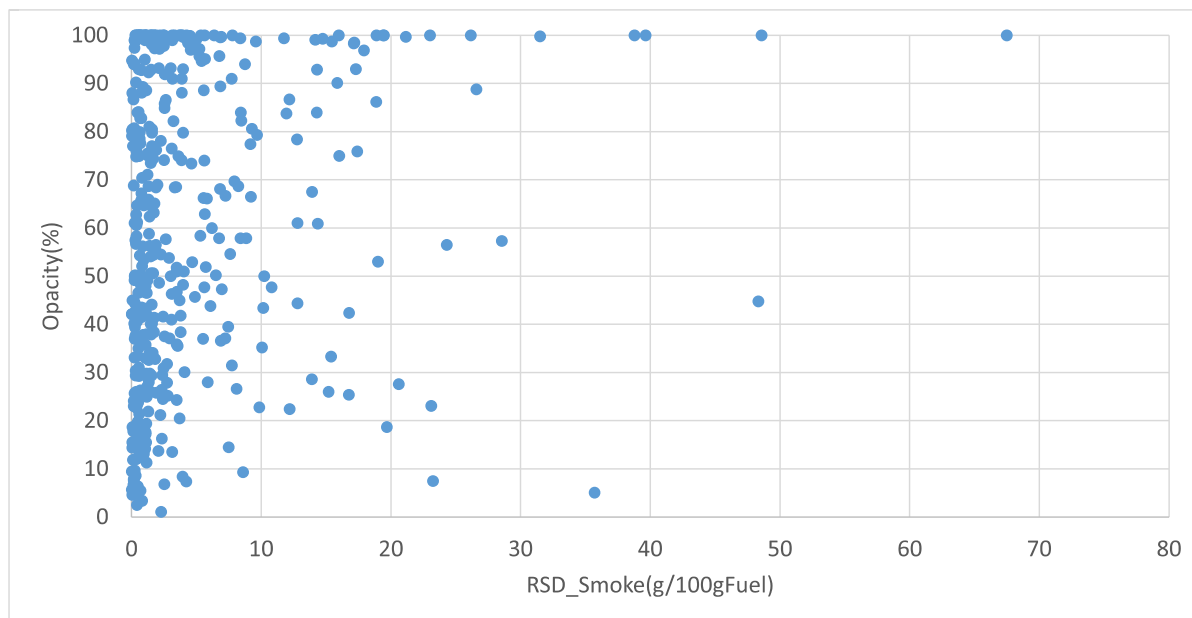


図 3-5-1 オパシティーと RSD の Smoke の値の関係

UB の車両は DPF が装着されておらず、排出ガスのコントロールはエンジンの燃焼制御に頼っているところがあり、前述の濃度ランク別の出現割合も見て、日本より高濃度の出現割合がかなり大きい状態にある。RSD の Smoke の値は走行状態（負荷のかかった状態）、オパシティーの値はアイドリングの状態（無負荷）であることも関係性が見られない一因である。

RSD の Smoke の値別に MNS に規定されている排出基準（オパシティーで 40%）を超える割合を算出すると、RSD の Smoke が 40 以上では排出基準を上回る割合が 100%、25 以上では 80%超、25 未満では 70%超であり、RSD の Smoke が高くなると排出基準を上回る割合が増加する傾向である。

これより、RSD の Smoke が 40 以上では計測台数 3 台のうち 3 台すべて（100%）が、25 以上では計測台数 10 台のうち 9 台(90%)が排出基準を上回っている。よって、RSD の排出基準値は、現状の UB の車両の実態、排出状況を加味すると、排出基準を上回る車の検出誤認率 10%程度と想定した場合、25 と設定することが望ましいと考える。なお、今回は、閾値の確度が高いところで設定しているが、全般的に PM 排出量が多いので、検査や整備体制、排出ガス規制の適合車割合などから、随時、見直す必要があると考える。

表 3-5-1 RSD 計測値におけるオパシティの出現状況

Opacity	RSD_Smoke(g/100gFuel)											
	-1	1-	5-	10-	15-	20-	25-	30-	35-	40-	45-	50-
40%under	126	69	21	11	8	4	1	1	1	0	0	0
40%over	297	212	84	42	27	12	9	6	5	3	3	1
Sum	423	281	105	53	35	16	10	7	6	3	3	1
40%over Ratio	70.2	75.4	80.0	79.2	77.1	75.0	90.0	85.7	83.3	100.0	100.0	100.0

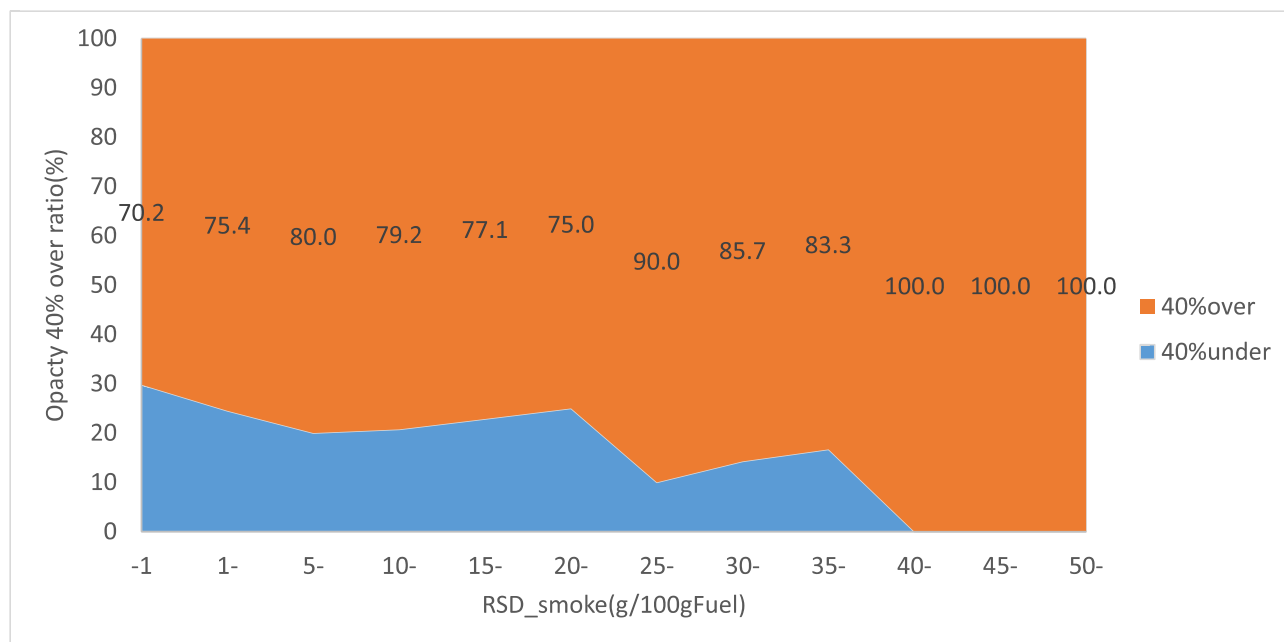


図 3-5-2 RSD 計測値におけるオパシティ 40%over の割合

RSD 運行規制と法整備について

1. 運行規制

運行規制とは、MNS で定める粒子状物質（PM）排出基準を満たさないディーゼル車の UB 市内の走行を禁止することである。道路交通開発省大臣令や UB 市長令で運行規制について定め、路上検査で基準値を超過している車両には、罰則金の支払いを要求、粒子状物質減少装置の装着を要求（未装着の車両）、基準を満たした車両への買い換えの推奨（EuroIV未満の車両）、基準を満たすための整備命令（新車時には基準を満たしていた EuroIV以上の車両）を実施する。

2. 法整備の内容

運行規制を導入するにあたり、道路交通開発省大臣令や UB 市長令による法整備が必要となる。

日本の東京都の場合、東京都環境確保条例で定められている。

法整備の内容（案）を以下に示す。

	UB（運行規制案）	日本（東京都）※1
(1) 対象地域	UB 市内全域	東京都内全域
(2) 規制の基準	MNS に規定されているオパシティ 40% ※2（RSD の UVsmoke では 25）	平成 18（2006）年 4 月 1 日から新短期 （2005 年）規制
(3) 対象となる車種	ディーゼル車（燃料の種類が「軽油」である自動車）	
(4) 規制への対応	①UB 市が認定した粒子状物質減少装置（酸化触媒や DPF）の装着。 ②MNS に規定されているオパシティ 40%を満たす車両（例：Euro V、VI）に買い換え。	①都条例の規制に適合しているディーゼル車など、より低公害な車に買い替え。 ②九都県市が指定した粒子状物質減少装置（酸化触媒等）を装着。
(5) 規制の対象者	規制の対象者は、自動車の所有者です。道路交通開発省大臣令や UB 市長令に違反した場合は、罰則金（モンゴル国の違反令に従い、該当する基準を適用）の支払いを命じ、車両所有者に運行禁止命令を出す。これに従わないときには氏名公表、罰則金（モンゴル国の違反令に従い、該当する基準を適用）の支払いが発生する。	規制の対象者は、自動車の購入、配置、整備など自動車の運行に関わる全ての権限をもつ地位にある運行責任者（例：会社社長、事業主）。また、荷主にも同様に規制が守られるよう配慮する義務がある。条例に違反した場合は、運行責任者に運行禁止命令を出し、従わない場合は氏名公表、罰則（50 万円以下の罰金）の適用がある。また、荷主にも必要な措置をとることの勧告や氏名公表の適用がある。

※1：日本（東京都）の事例は、東京都のディーゼル車規制より引用。

※2 日本の 1994 年規制と同等

モンゴル国

ウランバートル市大気・環境汚染対策庁 (DAAEP)

自然環境・観光省 (MET)

モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
フェーズ3
技術審査ガイドライン

2024年6月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 数理計画

技術審査ガイドライン

目 次

1. 技術審査ガイドラインの背景と目的	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
2. 大気汚染の発生メカニズムと代表的な対策	2
2.1 大気汚染物質	2
2.1.1 PM	2
2.1.2 SO ₂	2
2.1.3 NO _x	2
2.1.4 CO	3
2.2 代表的な大気汚染対策	3
2.2.1 固定発生源対策	3
2.2.2 自動車対策	4
2.2.3 家庭用ストーブ	5
2.2.4 その他発生源	5
2.3 ウランバートル市における大気汚染状況	5
2.3.1 2018 年と 2020 年の比較	5
3. モンゴル側の大気汚染対策の取組	6
3.1 これまでの大気汚染対策の取組	6
3.1.1 PM 対策	7
3.1.2 大気環境モニタリング	8
3.1.3 SO ₂ 対策	9
3.2 今後取り組むべき大気汚染対策	9
3.2.1 自動車対策	9
3.2.2 家庭用燃料（短期・中期・長期）	10
3.2.3 大規模固定発生源（主に火力発電所）	11
4. 本プロジェクトにおける大気汚染対策の事例	13
4.1 対象事業	13
4.2 自動車対策	13
4.2.1 エコドライブ	13
4.2.2 RSD（Remote Sensing Device）	13
4.2.3 信号制御	14
4.2.4 DPF（Diesel Particle Filter）	14

4.2.5 低硫黄燃料の導入	15
4.2.6 低排出ガス自動車の導入	15
4.3 改良燃料	15
4.4 本プロジェクトにおける大気汚染対策の削減効果	16
4.4.1 改良燃料パイロット事業	17
4.4.2 自動車パイロット事業	18
5. 日本における大気汚染対策と規制官庁	24
5.1 大気汚染防止法	24
5.2 大気環境基準	24
5.3 固定発生源	24
5.3.1 排ガス規制の策定：環境省	24
5.4 自動車	25
5.4.1 自動車単体規制	25
5.4.2 燃料規制	25
5.4.3 交通流対策	25
5.4.4 道路	25
5.5 その他発生源	26
5.6 大気汚染対策の策定	26
6. 事業審査	27
6.1 事業審査の方法と手順	27
6.1.1 審査手順	27
6.2 事業の評価基準と評価	29
6.2.1 評価基準	29
6.2.2 対象物質	29
6.2.3 対策効果の評価	29
添付資料 1：事業審査の様式	31

図目次

図 2-1	2018 年と 2020 年のシミュレーション計算結果.....	6
図 4-1	対策前後での家庭用小型ストーブからの排出量削減効果.....	17
図 4-2	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（改良燃料パイロット事業）	18
図 4-3	対策前後での自動車排出ガスからの排出量削減効果.....	19
図 4-4	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：信号制御）	21
図 4-5	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：低硫黄燃料及び低排出ガス車（すべての車両））	21
図 4-6	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：低硫黄燃料及び低排出ガス車（バスのみ））	22
図 4-7	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：エコドライブ）	22
図 4-8	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：DPF（バスのみ））	23
図 4-9	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：RSD）	23

表目次

表 4-1	パイロット事業における対策実施時の排出量計算の設定	16
表 4-2	対策前後での家庭用小型ストーブからの排出量削減効果.....	17
表 4-3	対策前後での自動車排出ガスからの排出量削減効果.....	19
表 4-4	測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業）	20
表 5-1	主要な大気汚染物質の大気環境基準.....	24
表 6-1	第 1 次審査の対象事業.....	27
表 6-2	大気汚染対策効果の低減効果.....	30
表 6-3	評価基準	30

1. 技術審査ガイドラインの背景と目的

1.1 背景

2010 年のプロジェクト開始当初は、PM₁₀ の月平均濃度が 1000 µg/m³ を超過するなど、大気汚染が極めて深刻な状況となっていた。モンゴル側の努力もあり一定の大気汚染対策効果は見られた。一般家庭向けにミドリングを用いた改良燃料の供給が 2018 年から開始され、PM₁₀ 濃度が導入前の半分程度になるなどの改善が見られた。しかし、改良燃料は導入されたが、ゲル地区における冬の PM₁₀ が 200 µg/m³ を超過し、SO₂ 濃度は改良燃料導入前の 2 倍程度の濃度に達するなど、依然としてゲル地区を中心に深刻な大気汚染が続いている状況である。

1.2 目的

JICA モンゴル国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（2017 年 11 月～2024 年 7 月）では、改良燃料、信号制御、RSD、低硫黄燃料の導入、DFP などのパイロットプロジェクトを実施している。パイロットプロジェクトの大気汚染対策効果やパイロット事業評価結果や実施結果に基づき、審査を行い、対策費用が比較的少なく、大気汚染対策効果が高いパイロット事業を選定し、本格事業につなげることが求められている。

このガイドラインでは、今後の大気汚染対策に活用できるよう大気汚染の発生メカニズムと代表的な対策、ウランバートル市の大気汚染状況、大気汚染対策の事例及び今後取り組むべき大気汚染対策を示すとともに、大気汚染対象事業毎の対策効果、対策費用、継続性などを総合的に評価することにより、大気汚染対策事業の優先度を決定できるようにすることを目的とする。

2. 大気汚染の発生メカニズムと代表的な対策

2.1 大気汚染物質

ウランバートル市の大気汚染の原因となっている主要な大気汚染物質としては、PM、SO₂、NO_x、COなどが挙げられる。

2.1.1 PM

ウランバートル市の冬季における大気汚染の主要因となっているPMは、一次粒子、二次粒子、凝縮性粒子から構成される。PMの一次粒子は、燃料及びその他の物の燃焼、物の物理的破壊、飛散粒子等の発生源から直接大気中に粒子として排出される。一次粒子の主な発生源には、家庭用ストーブ、工場・事業所からのばい煙、粉じん、火力発電所、HOBからのばいじん、自動車のディーゼル粒子、土壌粒子、道路粉塵などが挙げられる。二次粒子は大気中に放出されたSO₂、NO_x、VOCなどのガスが大気中の化学・物理反応により、PM₁₀として生成されるものである。外気温が極端に低い極低温下では、ガスが直接凝縮し、凝縮性粒子を多く生成させるものである。

本プロジェクトフェーズ3のPMF解析結果から、冬季におけるPM₁₀の二次物質の寄与率があまり高くない。これは冬季のウランバートルでは-20℃～-30℃の外気温が継続しているため、SO_x、NO_x、VOCなどの反応速度が極めて遅く、二次反応がほとんど生じないためである。それに対して凝縮性粒子は、家庭用ストーブ等の煙突から排出されたガスが冬季の極低温での環境下では、絶対湿度がかなり低く、燃焼による水蒸気等により相対湿度が100%にすぐに達するため、すぐに凝縮され粒子となる。そのため、一次物質に加えて、凝縮性粒子がPM₁₀の主な汚染要因となっている。PM_{2.5}は、PM₁₀と同様に家庭用ストーブの石炭燃焼に伴う凝縮性粒子が大気汚染の主要因となっており、次いで自動車のディーゼル粒子、HOBなどからの排出が多くなっている。

2.1.2 SO₂

大気中のSO₂は、化石燃料中に含まれる硫黄分が燃焼により酸化され、大部分がSO₂として生成され、大気中に排出される。脱硫装置の設置がない場合には、燃料中に含まれる硫黄分がそのままSO₂として生成・形成される。SO₂の主な発生源は、家庭用ストーブ、HOB及び火力発電所などの石炭燃焼、自動車使用によるガソリン及び軽油の燃焼などである。冬季の極低温での環境下では家庭用ストーブ、HOBから排出されたガスがすぐに凝縮性粒子となり、PMへの寄与を高めている原因の一つとなっている。

2.1.3 NO_x

大気汚染対策では、窒素酸化物は重要な物質である。窒素酸化物は一酸化窒素(NO)及び二酸化窒素(NO₂)をまとめてNO_xと呼んでいる。窒素酸化物は、高温燃焼の過程でNOとして生成され、これが大気中に放出された後、酸素と結びつきNO₂となる。この反応はすぐに起こらないため、大気中ではNOとNO₂が共存している。

ウランバートル市の第 4 火力発電所のように煙突高さが 200m 程度ある場合には、排出ガスの速度及び浮力により、大気汚染物質が気象条件にも寄るが 10km 以上先で地表に着地することになるため、ウランバートル市内の地表濃度は比較的低くなる。一方、家庭用ストーブや自動車などは、排出される場所が低いため、排出量が比較的少ないにもかかわらず、地表への濃度が高くなる。

ウランバートル市における主要な発生源は、自動車、火力発電所、家庭用ボイラなど広範囲に渡っている。自動車、工場、発電所、ボイラなどから排出された NOx が大気に放出され、二次生成物質として PM 濃度を高めている原因の一つとなっている。

2.1.4 CO

一酸化炭素（CO）は、炭素を含む物質の不完全燃焼により発生するものであり、通常は古い排出ガス規制車やエンジン始動時による自動車からの排出ガスにおける CO 排出が主要因である。冬期のウランバートル市では、自動車による CO 排出に加えて、家庭用ストーブの石炭燃焼に伴う CO 汚染が深刻である。

2.2 代表的な大気汚染対策

代表的な大気汚染対策としては、燃料時に発生する排出量を抑えるため、燃焼工程や使用燃料を変更、排出ガス処理装置を設置するなどが挙げられる。

2.2.1 固定発生源対策

(1) 火力発電所

- ・ 火力発電所のリプレースを行い、燃焼効率の改善を図る。
- ・ 火力発電所の CEMS を活用し、酸素濃度を常時監視することにより、燃焼効率の改善を図る。
- ・ 火力発電所施設の集約を図り、処理効率の改善を図る。
- ・ 使用燃料を石炭から石油、ガスに変更し、排出ガスから出てくる大気汚染物質そのものを削減する。
- ・ 微粉炭燃料施設を導入する。
- ・ 排出ガス後処理装置として、脱硫装置、集じん装置や脱硝装置を設置する。
- ・ 火力発電所の煙突を 200m 以上に高煙突化し、地表濃度の低下を図る。
- ・ 低 NOx バーナー等を導入する。

(2) 大規模固定発生源

- ・ 排出の削減に繋がる燃焼工程（循環流動床、低 NOx バーナー）を導入する。
- ・ サイクロン、バグフィルターなどの集塵装置を採用する。

-
- ・ 中小ボイラなどを集約して、大規模化を図るとともに、煙突の高煙突化を図る。
 - ・ 工場や大規模商業施設の省エネルギー対策を実施し、燃料使用量及び大気汚染物質の低減を図る。

(3) 中小規模固定発生源

- ・ 使用燃料を石炭から石油、ガス等に転換する。
- ・ サイクロン、バグフィルターなどの集塵装置を導入する。
- ・ 高効率燃焼施設の導入を図る。

2.2.2 自動車対策

(1) 自動車単体対策及び燃料対策

- ・ 自動車単体対策としては、新たに輸入される自動車に対して Euro 5（乗用車）あるいは Euro V（バス、トラック）以上の排出ガス規制区分に適合した車両のみとする。
- ・ 低硫黄燃料を導入と普及を図る。
- ・ 使用過程車は、排出ガス規制が古い（Euro 2、あるいは II）以前の車両は、車種に応じた一定の使用年数（例：乗用車が 10 年間、バスが 12 年間など）を超過した場合には、最新の排出ガス規制区分の車両へ代替する。
- ・ 排出ガス規制区分が Euro II 以前の路線バスを引き続き使用する場合には後付け DPF を設置して、PM 排出量を低減する。
- ・ 使用過程車における車検整備の厳格化を進め、高排出車の使用を禁止する。

(2) 交通流改善

- ・ 信号制御（単体）の改良により、信号交差点交通容量の増加を図る。
- ・ 信号制御（複数交差点）を連携する制御に改良することにより、当該区間の交通容量の増加を図る。
- ・ 信号制御の改良により、交通誘導員の出勤を必要最小限に縮小し、交通流円滑化を図る。
- ・ 交通誘導員に対し、適切な交通誘導教育を実施し、適切な交通誘導の実施により交通流円滑化を図る。
- ・ 市内の地域別交通実態を基に、効率的な道路ネットワークの計画を作成し、その計画に基づき道路建設を実施し、市内の交通流の改善を図る
- ・ 自動車以外の交通機関（モノレール、地下鉄など）を導入し、自動車交通量の低減を図る。
- ・ 交通違反の反則金や罰金の徴収を厳格化し、交通取り締まりによる交通流円滑化を図る。

2.2.3 家庭用ストーブ

- ・ 石炭ストーブからガスストーブ、電気ストーブなどに転換する。
- ・ 家庭用ストーブの燃料を生石炭から改良燃料に変更する。
- ・ 伝統型の家庭用ストーブから、改良型ストーブに変更する。
- ・ 個別住宅から集合住宅への移住を進めることにより、家庭用ストーブの廃止を進める。

2.2.4 その他発生源

- ・ 燃焼灰の再飛散対策を行う。
- ・ 道路の灰を定期的に回収する。
- ・ 植樹などの緑化は、冬季の大気汚染対策としては全く効果がなく、都市の景観をよくする効果のみである。

2.3 ウランバートル市における大気汚染状況

2.3.1 2018 年と 2020 年の比較

ウランバートル市で最も大きな問題となっている大気汚染物質の PM₁₀、SO₂ 濃度について、ウランバートル市の中心部を南北断面で切ったときの 2018 年と 2020 年における PM₁₀ と SO₂ のシミュレーションの比較結果を図 2-1 に示す。

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る。2018 年に対し 2020 年では、PM₁₀ 濃度が下がっているのに対して、SO₂ 濃度が 2 倍程度増加している。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る。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る。このことから、改良燃料の導入により 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。

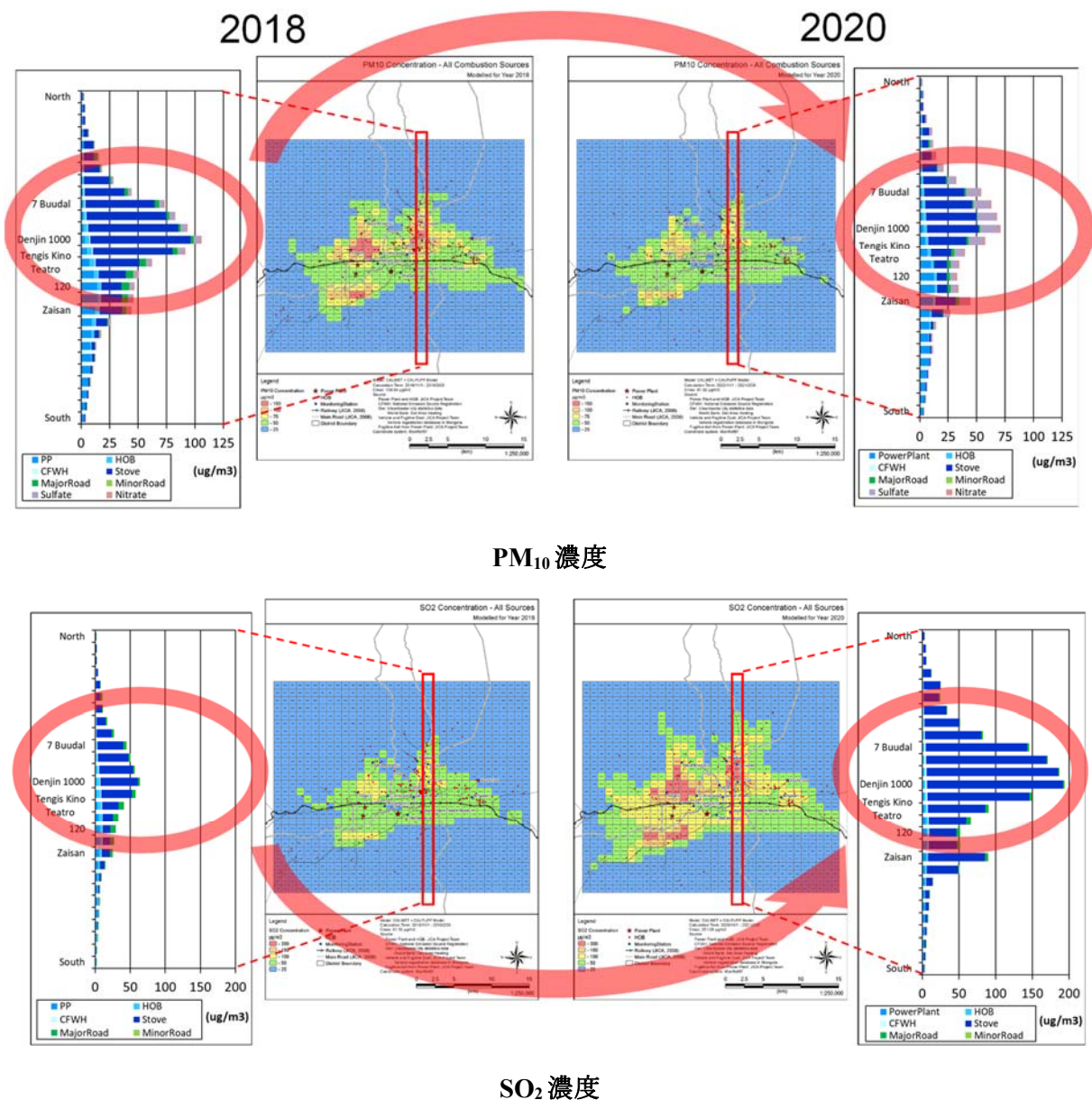


図 2-1 2018 年と 2020 年のシミュレーション計算結果

3. モンゴル側の大気汚染対策の取組

3.1 これまでの大気汚染対策の取組

モンゴルで実施されている大気汚染対策としては、排出ガスの処理施設の導入、燃焼工程の変更、家庭用ストーブの改良燃料導入、中央熱供給エリアの拡大による HOB（Heat Only Boiler）の統廃合などが挙げられる。これまでモンゴルで実施された大気汚染対策を以下に示す。

3.1.1 PM 対策

モンゴルで実施されている大気汚染対策としては、排出ガスの処理施設の導入、燃焼工程の変更、家庭用ストーブの改良燃料導入、中央熱供給エリアの拡大による HOB の統廃合などが挙げられる。これまで実施された代表的な大気汚染対策を以下に示す。

(1) 家庭用ストーブ

世界銀行では、2011 年頃より、家庭用ストーブについて伝統型からトルコストーブの導入が進められたが、期待されたほど効果がない結果となった。

ウランバートル市内では 2019 年 5 月から生石炭が使用禁止となり、2019 年 9 月よりミドリリングを用いた改良燃料の導入が開始された。改良燃料の導入により、2018 年と 2020 年の PM₁₀ 濃度では、PM₁₀ で一定の効果が認められている。しかし、SO₂ 濃度は 2020 年の方が高い状況で推移している。

(2) HOB

HOB のボイラ登録管理制度が完全実施され、HOB の登録が実施されるとともに、HOB 監査と HOB の排出ガス測定が実施されている。

HOB では、手動で石炭を投入するボイラタイプから自動給炭流流動床型ボイラへの置き換えが進むとともに、集塵機の導入及び高煙突化などにより、対策が進められている。

火力発電所などの増強により、中央熱供給エリアが拡大されることにより、HOB の廃止が実施され、HOB 数は減少している。

HOB の使用燃料を石炭からガス等に転換したケースも見られた。

(3) 火力発電所

1) 第 4 火力発電所

JICA「ウランバートル第 4 火力発電所効率化事業」では、タービン制御システムの更新、5～8 号機の石炭粉碎ミルのコア部品を更新することで長寿命化をはかるとともに、1～8 号機にスーツブロワを追設して熱交換比率の低下を防ぐ事業が実施された。これらの円借款事業により、発電容量の増加と発電効率の向上などが図られた。

第 4 火力の焼却灰埋立地については、フェーズ 1 の開始当初は管理がうまくいっておらず、埋立地からの灰の再飛散が見られた。焼却灰の輸送や管理を徹底することにより、埋め立て地から飛散する焼却灰は 2010 年当初と比較して、少なくなっている。

本プロジェクトフェーズ 2 において、2015 年に CEMS が導入され、ボイラの燃焼管理や PM 濃度と SO₂ 濃度の常時監視を行っている。

2) 第 3 火力発電所

第 3 火力発電所については、微粉炭燃焼から流動床ボイラに転換され、PM 削減などで一定の効果が見られる。第 3 火力のボイラリプレースにより発電容量の増強を図った。モンゴル側は独自に CEMS を設置し、排出ガスの状況を監視している。

3) 第 2 火力発電所

第 2 火力においては、特に大気汚染対策は実施していない。

(4) 自動車対策

低排出自動車の導入：Euro 5（乗用車）及び Euro V（バス、トラック）以上の自動車を導入する。

低硫黄燃料の導入：Euro 5 基準の低硫黄燃料を導入する。

DPF の設置：Euro II 以下の古い排出ガス規制のバスに後付け DPF を一時期設置した。

信号制御：検討した 17 カ所の交差点のうち 10 か所の信号交差点で信号制御の改良を実施し、旅行速度の向上、渋滞長の低減などの効果により、燃料消費量及び大気汚染物質排出量を低減する。

道路対策：交通表示の改善、交差点の改善、道路ネットワークの改善

(5) その他発生源対策

冬季では、家庭用ストーブの燃焼灰が舞い上がらないような対策や道路での粉塵を定期的に回収する対策を行っている。

植樹などの緑化は、都市の景観をよくする効果が期待できるものの、冬季の大気汚染対策としては期待できない。

3.1.2 大気環境モニタリング

フェーズ 2 の技術移転を通じてウランバートル市では、AQMS の維持管理が可能となった。また、開発した AQMS データの公開システム（agar.mn）に接続することにより、市民への情報公開を実施している。フェーズ 2 では、Bayankhosuu 局の新設を 2016 年に実施した。モンゴル国として 2019 年から 2024 年の 5 年間にウランバートル市内に新規に大気環境モニタリング局を 8 局新設している。

3.1.3 SO₂ 対策

SO₂ 対策に関して、改良燃料については、燃焼試験結果に基づいた適切な量の脱硫剤を含有させることにより、SO₂ の大幅な軽減が期待できる。自動車については Euro5 燃料の導入により大幅な改善効果が期待できる。

3.2 今後取り組むべき大気汚染対策

3.2.1 自動車対策

ウランバートル市で取り組むべき自動車対策としては、自動車単体対策、交通流対策、道路対策が挙げられる。個々の対策だけでは排出量削減効果や渋滞改善効果は限定的に留まる。自動車対策をできるだけ同時に広範囲に実施することにより、自動車による大気汚染を軽減する必要がある。

(1) 自動車単体対策

公共バスには、Euro V 以上の排出ガス規制区分の車両を全面的に導入する必要がある。なお、Euro V バスには Euro 5 燃料の使用が必須であり、Euro5 燃料はこれまでロシアから輸入していたが、供給可能量に制限があるため、中国からの輸入を増やして、需要に対応している。バス会社によっては、Euro 5 燃料が高価であるため、Euro V バスに Euro 2 燃料を継続的に使用し、排出ガス低減装置が壊れ、バスが廃車となるケースが報告されていたが、その後のバス会社に対する教育や指導により、Euro V バス利用時の Euro 5 燃料の使用は徹底されたと考える。

(2) 交通流対策

プロジェクトでは 17 か所の交差点のうち 10 か所を対象に信号制御の改良を実施した。その結果、信号制御の改良前に対して改良後では、交通流の改善に一定の効果が見られた。そこで、ウランバートル市内のすべての交差点を対象に、実態の交通状況に見合った信号制御の改良を実施することにより、交通流の改善、ひいては自動車からの排出量を低減する必要がある。

しかし、現時点での交通流対策は、渋滞発生交差点において、交通警察の交通誘導員が自分たちの判断で交通流の誘導を行うため、信号制御改善の効果が低下、あるいは消失しており、場合によっては、不適切な交通誘導が渋滞の一因になっているケースも見られる。このため、交通警察は、交通誘導員に対し、信号制御改善や適切な交通誘導の在り方を十分に理解させた上で、交差点内での不必要な自動車の立ち入りを厳しく取り締まるなどにより、信号制御改善の効果を高めることが必要である。

また、モンゴル人ドライバーの交通マナーが悪いことが交通渋滞のもう一つの大きな要因となっている。交通マナーの改善には長期的な取り組みが必要のため、短期的に改善することは難しいものの、交通マナー向上のための教育をドライバー及び歩行者に対して実施することが必要である。

(3) 道路対策

ウランバートル市の道路構造に問題があり、道路の表示や車線が円滑な交通流を妨げるような状況になっており、渋滞の原因を引き起こしている事例が数多く見られる。これらの改善により渋滞箇所の削減や交通流の円滑化によって、大気汚染物質の排出量の低減を図る必要がある。

3.2.2 家庭用燃料（短期・中期・長期）

家庭用燃料は、短期（10 年以内）、中期（10 年以上～20 年以内）、長期（20 年以上）といった長期的な視点で対策を区分して考えた。

(1) 短期対策

モンゴル国内では、家庭用の燃料を国内産の石炭に依存している。短期的には燃料転換などの方法は難しく、ミドリング（2 号炭）を原料とした改良燃料を家庭用燃料として使用することが必要である。改良燃料は、原料となっているミドリングが高発熱量であり、硫黄分が高い。燃料使用量が少なくなるため、PM で一定の削減効果が見られたが、SO₂ 濃度が高めで推移している。改良燃料の製造にあたり、バイオマス、脱硫剤を混入する改良燃料を製造することにより、SO₂ 濃度の低減を図る必要がある。

家庭用ストーブについては、旧型ストーブからの排出が極めて多いことから、旧型ストーブの販売を停止する。

(2) 中期対策

家庭用ストーブの原料として石炭を由来とした改良燃料では PM と SO₂ 対策に限界がある。中期対策としては、家庭用ストーブの代替としての電気ストーブの導入、メチルエーテル（DME）ストーブの導入、ガスストーブの導入などが挙げられる。

電気ストーブの導入を進めることにより、ゲル地区から直接排出される大気汚染物質を削減することができる。ただし、電気ストーブの台数の増加に伴い、ウランバートル市全体の総発電量の増加が必要となることから、中長期的な電気需要の正確な予測と増設計画の作成を念頭に置く必要がある。

改良燃料に代わりものジメチルエーテル（DME）ストーブの導入も検討が必要である。DME の生産施設を新設し、DME を利用したストーブを増やすことにより、石炭燃料から脱却を図り、できるだけ石炭に依存しない暖房供給を行う。

改良燃料から都市ガスに転換することも検討が必要である。考えられる方策として、ロシアの天然ガスを輸入し、パイプラインを通じてそれをウランバートル市に供給することが考えられる。それに加えて、都市ガスの導入には、ウランバートル市内の都市ガス配管網の設置などが必要となる。大規模な開発や改修が必要となるため、都市ガス導入に向けたマスタープランを作成した上で、事業を進める必要がある。都市ガスの導入に合わせて、現在のゲル地区に住む市民を減らすため、ゲル地区住民からの移住や集合住宅などの都市開発を進める必要がある。

ガス供給網を建設するにあたり、都市ガスの漏れや取り扱いに注意が必要であるため、都市ガスに係る法規の整備と安全指針を定める必要がある。フェーズ3では、LPガスの安全指針を作成した。

モンゴルの一般家庭では、LPガスの使用経験がない家庭が多いため、家庭でのガスの取り扱いに関する安全利用教育が必要である。また、ウランバートル市の家庭への導入では、都市ガスの母管から各家庭への配管での費用負担について取り決める必要がある。各世帯に従量制メータ設置や安全機器を取り付けることが必要である。従量制料金などガス料金を徴収するための法律も整備する必要がある。

また、家庭用ストーブについては、中期段階においても利用者はなくなるものと予測される。そのため、短期対策と同様に、排出係数が極めて大きい旧型ストーブの販売停止を取り締まるものとする。

(3) 長期対策

ロシアから天然ガスを輸入する場合には、ロシアの国際的な政治状況の影響を直接的に受け、パイプラインからの供給が急に中断され、モンゴル人の生活が立ちゆかなくなることが懸念される。それらの影響を排除するためには、モンゴルで産出される石炭を用いた石炭ガス化施設を建設することにより、モンゴル国内の原料だけでウランバートル市の都市ガスとして供給することが必要である。ただし、石炭由来のガスではCO濃度が高くなる。そのため、石炭ガス化施設の建設にあたり、製造過程でCO成分を下げる施設をあらかじめ設置する必要がある。なお、石炭の使用は温室効果ガスの排出削減と合わせて検討する必要がある。

3.2.3 大規模固定発生源（主に火力発電所）

(1) 短期対策

第3火力及び第4火力のCEMSによる監視を継続して、排出基準を満たしていることを確認する。第3火力及び第4火力の集塵装置のメンテナンスを継続し、JIS法による排出ガス測定を行うことにより、排出基準の達成状況を常に監視する。

(2) 中期対策

第2火力、第3火力及び第4火力は、脱硫装置が設置されておらず、石炭使用量の増加に伴いSO₂排出量が増加している。それらの火力発電所に対して石灰等を使用したSO₂排出量削減に向けた脱硫装置の設置を進める。

JICA「電力系統の低・脱炭素化と安定化のための情報収集・確認調査（2022年2月）」から、モンゴルにおける送電・配電でのロスが大きく、送電・配電効率の向上が必要な状況である。配電効率の改善には、モンゴル国全体の配電網増強、中低圧電線におけるスマート化及び地方配電会社の設備増強／修繕支援を通じて、モンゴル全体の配電効率の向上を図る必要がある。

モンゴルでは石炭以外の電力として再生可能エネルギーが不可欠であるが、モンゴルの代表的な再生可能エネルギーである太陽光発電などでは、電圧調整が困難、送電容量が不足、短絡電流比が小さく、需給のバランスが取れていない箇所があるなどの大きな課題を抱えている。電力安定化には、デジタル化技術や変電所のスマート化などを進めることにより、再生可能エネルギーの導入に強い送配電システムの確立が必要である。

(3) 長期対策

第3火力及び第4火力のタービンなどのリプレースによる電力供給量の増強は進んでいるものの、急激な人口増加や都市化に伴う将来的なモンゴルの電力需要を満たせないことが予測される。そのため、第5火力として、日本に導入されている高効率石炭火力発電所の新設（100万MW規模）を検討する。併せて、新設時には、高効率の集塵装置、脱硫装置、脱硝装置を設置することにより、SO₂、PM及びNO_x排出削減を同時に進める。火力発電所の新設にあたり、石炭ガス化複合発電プラント（IGCC）の導入を検討する必要がある。IGCCは、石炭をガス化炉でガス化し、ガスタービン・コンバインドサイクル発電と組み合わせる。これにより発電効率と環境性能を向上させることにより、従来型の石炭火力発電所と比べ、発電効率の約15%向上とCO₂の低減を図ることができる。

4. 本プロジェクトにおける大気汚染対策の事例

4.1 対象事業

JICA プロジェクトが実施したパイロット事業を記載する。フェーズ3 でこれまで効果が上がっていた自動車対策に重点を置いて記載する。

改良燃料については、モンゴル側が実施したものを記載する。BCB は JICA プロジェクトによる燃焼試験結果を記載する。

本プロジェクトで実施したパイロット事業については、技術ガイドラインとしてまとめられている。

4.2 自動車対策

4.2.1 エコドライブ

エコドライブとは、急発進や急加速・急減速などの自動車のエンジン負荷を高くなるような運転をしないことで、自動車から排出される大気汚染物質や燃料消費量（二酸化炭素（CO₂））を低減する運転である。エコドライブは、その境域を受けることのみで特別な機器等の導入をすることなく、大気汚染物質や燃料消費量を低減や交通安全にも寄与する自動車対策であることから導入を進める必要がある。

エコドライブのパイロット事業では、エコドライブ導入前の通常運転時、エコドライブ教育を実施した後のエコドライブ実践時に排出ガス測定を実施し、エコドライブ実施による排出ガス低減、及び燃費向上の効果を評価した。その結果、エコドライブを搭載した自動車の燃費を改善することにより、大気汚染物質を削減することができることが判明した。そのため、プロジェクトでは道路運輸開発省にエコドライブ支援機器を 20 台供与し、設置した自動車の運転手にエコドライブ教育を実施し、エコドライブを実践している。通常運転時とエコドライブ時の車載型排ガス計による排出ガス測定及び運行データの収集を行い、ウランバートル市においてエコドライブ実施により期待される大気汚染物質の排出抑制効果を確認した。エコドライブによる大気汚染物質の排出抑制効果を知らせるため、エコドライブを広く市民を対象とした普及活動を行っている。

4.2.2 RSD (Remote Sensing Device)

RSD は、走行する自動車の PM を含む排出ガスをリアルタイムに計測することが出来る装置である。この装置を用いることにより、車検時や路上検査時に車両を停止させてオパシメータで計測している方法に対して、効率的に PM 規制値を超過している車両を特定、規制することが可能となり、高排出車両からの大気汚染物質を削減する事が可能となるため、導入を進める必要がある。

パイロット事業において RSD とオパシティを用いた路上検査を行い、MNS5014 : 2009 で規定されているオパシティ 40%に対応する UVSomke 排出基準値が 25 にすることが望ましいと提案している。これらの観測結果に基づき、本格事業の RSD 排出基準値を用いた運行規制の導入に向け、

RSD とオパシティの路上検査で基準値を超過している車両には、罰金の支払いや、PM 減少装置の未装着の車両には装着を要求、Euro IV 未満の車両には基準を満たした車両への買い換えの推奨、また、新車時には基準を満たしていた Euro IV 以上の車両に対しては基準を満たすための整備命令の発出を実施するなどが挙げられる。

4.2.3 信号制御

信号制御の改良は、自動車交通量の変化に合わせて随時更新する必要がある。一方、近年、ウランバートル市内の自動車交通量は増加傾向であるが、交通誘導員による場当たりの交通誘導によって、交通容量が低下し交通渋滞が悪化するケースが散見されている。このため、交通工学に基づく定量的な信号制御の改良に係る技術移転を行い、交差点交通容量を増加させることにより、渋滞緩和及び渋滞緩和に係る自動車からの大気汚染物質低減を図る必要がある。

パイロット事業として、ウランバートル市の渋滞を緩和し、大気汚染物質の排出を抑制するため、ウランバートル市内の代表的な 17 交差点のうち 10 交差点における信号制御の改良を行った結果、一定の改善効果が見られた。しかしながら、現在のウランバートル市は、自動車交通量が日々増加傾向となっており、改良を実施した各交叉点の交通容量に対して交通量が上回り、信号制御の改良の効果がほぼ見られない状況となっている。交通状況の根本的な改善には、本格事業としてウランバートル市内の全交差点に対する信号調整や信号システムの更新が必要である。そのためには、全交差点に対する信号現示の変更、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ある。

4.2.4 DPF (Diesel Particle Filter)

DPF とは、Diesel Particulate Filter の略で、ディーゼル車の排出ガス中の PM (煤) をする装置である。自動車からの排出ガスは、MNS5014:2009 に規定されている排出基準 (オパシティーで 40% 以下) を満たす必要がある。DPF をこれらの基準を満たしていない古い排出ガス規制区分等のディーゼル車に搭載することで、PM 排出量を大幅に削減 (80% 以上) することが可能となり、大気環境濃度の低減するために導入が必要である。

「ウランバートル市のディーゼル路線バスの DPF による黒煙低減計画に関する普及・実証事業」(2017 年～2019 年) では、EURO II 以下の排ガス規制車であるウランバートル市の公共バス 24 台に DPF を設置した。その普及実証事業により DPF を設置することにより PM の排出削減効果が確認された。しかしながら、この普及・実証事業により DPF を装着したバスが廃車となることから、搭載されている DPF を活用するため、ウランバートル市公共交通局から他の車両への載せ替えを依頼され、本プロジェクトではバス 2 台に対する DPF の載せ替えを行った。Euro II 以下のバスについては、Euro V 規制以上のバスへの買い換えが進んでおり、後付け DPF の必要性が低下している状況にある。

4.2.5 低硫黄燃料の導入

低硫黄燃料（Euro5 燃料）は、Euro V（バス、トラック）や Euro 5（乗用車）などの厳しい排出ガス規制に適合している自動車に必要不可欠であり、もし、硫黄分が高い燃料（Euro2 燃料）を継続的に使用した場合、燃料中の硫黄により排出ガス低減装置等が劣化や故障し、PM、NO_x、CO、HC などの大気汚染物質の増加や、故障により自動車の使用ができなくなる場合がある。パイロット事業で燃料分析の調査を実施したところ、硫黄分が 1000ppm 以上の高硫黄燃料が販売されている事が判明し、低硫黄燃料の導入促進の啓発活動の必要性が改めて認識された。その結果、低硫黄燃料に関して、2022 年 4 月 22 日付で大気法の改訂で大気法 16.1.6 にウランバートル市内の大気汚染改善地域内で Euro 5 基準（モンゴルでは K5）燃料の使用が定められた。

ウランバートル市内では、高硫黄燃料の使用が禁止されたが、低硫黄燃料の供給（輸入）が十分でなりことから、現時点では高硫黄燃料の販売禁止に至っていない。ただし、関係機関や石油会社の協力で、低硫黄燃料の供給量（輸入量）は、年々少しずつ増加しており、普及が少しずつ進んでいるが、その取り組みを加速させる必要がある。

4.2.6 低排出ガス自動車の導入

低排出ガス車（主に Euro 5（乗用車）、Euro V（バス、トラック）以上の排出ガス規制適合車を示す）は、Euro II 以下の車両に対して、大幅に大気汚染物質の排出量が少なくなっており、低排出ガス車への導入（代替）・普及は、自動車からの大気汚染低減対策として重要である。そこで、パイロット事業として、2021 年 11 月からポータブル硫黄燃料分析計を用いた低硫黄燃料の品質確認とともに、低硫黄燃料及び低排出ガス自動車の導入を支援することを進め、自動車関連規制の整備の働きかけを行ってきた。そのような働きかけもあり、ウランバートル市では、本格事業として 2024 年に入り Euro V バスの導入が進められ、計 600 台導入された。しかし、乗用車は Euro 2 以下の排出ガス規制車がまだ多く残されている。輸入にあたり古い排出ガス規制車の輸入を規制するなどにより、Euro 5 以上の排出ガス規制車の導入促進を図る必要がある。

4.3 改良燃料

パイロット事業では、石炭も主原料とする改良燃料を試作し、燃焼試験を行うことにより、PM 排出量と SO₂ 排出量が少ない改良燃料を導入することが目的である。パイロット事業から本格事業に移行することにより、ウランバートル市全体での環境負荷の少ない改良燃料の製造、普及を通じて、大気汚染物質の削減に繋げることとなる。

改良燃料の原料炭となっているミドリリングは約 6,000kcal、生石炭約 3,000kcal と比べて高発熱量である。そのため、改良燃料の使用量の削減効果にひよる PM 削減効果があるものの、ミドリリングに含まれる硫黄分が生石炭と比べて高く、2020 年の改良燃料には脱硫剤が入っていなかったこともあり、大気中 SO₂ 濃度が高くなった。そのため、本プロジェクトで試作したバイオマス及び脱硫剤を含有した BCB を製造することにより、PM 削減と SO₂ 削減を同時に進めることができる。

セミコークスについては、モンゴル側が推奨している対策であるが、セミコークスブリケットは揮発分が8%と少なく、家庭用ストーブでの燃焼は容易ではないため、ゲル内でのCO中毒が懸念される。本プロジェクトでは、セミコークスを利用した改良燃料は推奨しないものとする。

4.4 本プロジェクトにおける大気汚染対策の削減効果

本プロジェクトの大気汚染対策の事例を削減効果の観点で示す。パイロット事業での結果に基づいた排出量計算の設定を考慮して、パイロット事業における対策実施時の排出量を計算した。その排出量計算の設定は表 4-1 に示す。

表 4-1 パイロット事業における対策実施時の排出量計算の設定

		対策案実施時の設定
1	改良燃料 (BCB)	ストーブからの排出対策として、すべての改良燃料が、プロジェクトで作成した BCB に置き換えられたとする。 - すべてのストーブでの改良燃料使用に対して、BCB 燃焼試験でのストーブ別の排出係数の平均値を適用する。なお、SO₂ の排出係数は、燃料中の硫黄分に依存するため、燃焼試験のうち最小の値の排出係数を適用する。 - 活動量は、改良燃料使用量と同じ使用量とみなす。
2	信号制御	信号制御の改善前後での旅行速度調査の解析結果に基づき、ウランバートル市内のすべての時間帯および幹線道路で、平均旅行速度が18%上昇する¹こととする。 ただし、モンゴルでの市街地一般道路の法定速度（60km/h）を超過しない。
3-1	低硫黄燃料及び Euro V 排出基準自動車（すべての車両）	Euro IV 排出基準以下の車両がすべて Euro V 排出基準の車両となり、燃料も Euro 5 を使うことで、高硫黄燃料による触媒の劣化を考慮しないこととする。 - すべての車両で日本の 2005 年規制（新長期規制）の排出原単位を適用する。 - 硫黄分は 10ppm とする。
3-2	低硫黄燃料及び Euro V 排出基準自動車（バスのみ）	Euro IV 排出基準以下のバスがすべて Euro V 基準のバスとなり、燃料も Euro 5 を使うことで、高硫黄燃料による触媒の劣化を考慮しないこととする。 - すべてのバスで日本の 2005 年規制（新長期規制）の排出原単位を適用する。 - 硫黄分は 10ppm とする。
4	エコドライブ	各車種 1 台の調査であること、及び、車種及びエンジンによって異なるため、排出量計算は試算という形とする。 ガソリン車とガソリンハイブリッド車を区分できないため、ガソリン車全体の削減効果は、ガソリン車とガソリン HV 車の調査結果を平均した値とする。 - ガソリン：NOx21.5%減、燃料 2.5%減 - ディーゼル：NOx13%増、PM33%減、燃料 13%減

¹ 朝夕の渋滞は18%旅行速度が上昇しても解消されない

5	DPF	フェーズ2に即して、Euro IV（2003年規制（新短期規制））排出基準以下のバスを対象にPM排出量を80%削減 ² とする。
6	RSD	RSDにより排出ガス不適合車が見つかり、不適合車がウランバートル市内で運行されなくなるとともに、定期的な点検・整備が実施され、車両の劣化が抑えられる。 ・基準が透過率40%超（1998年規制（長期規制）より前）の車は車種構成比率から除外する。 ・整備不良に関する係数を乗じない。

4.4.1 改良燃料パイロット事業

ウランバートル市内全域で上記パイロット事業を本格実施した際の家庭用小型ストーブからの排出量を計算し、対策前後と比較した結果を表4-2及び図4-1に示す。排出量において、SO_xは65%以上、PM₁₀は30%近くの排出量削減が見込まれる。

表 4-2 対策前後での家庭用小型ストーブからの排出量削減効果

			SO _x	NO _x	PM	CO
対策前家庭用小型ストーブ排出量(2027年、BAU)		ton/year	5,388.5	1,988.2	1,597.3	62,649.7
改良燃料 (BCB)	対策実施時排出量	ton/year	1,692.9	1,326.3	1,130.5	47,202.4
	排出削減量	ton/year	3,695.6	661.9	466.8	15,447.4
	排出削減率	%	68.6	33.3	29.2	24.7



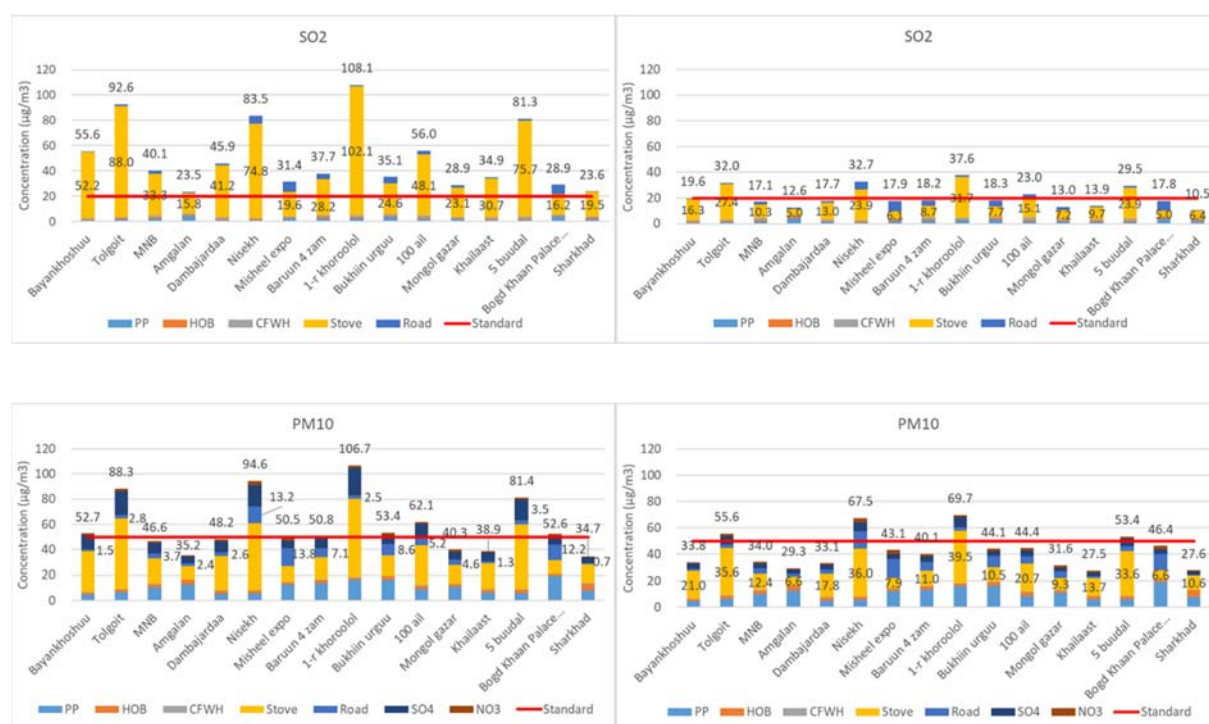
図 4-1 対策前後での家庭用小型ストーブからの排出量削減効果

この結果を基に拡散シミュレーションを実行し、対策前後での測定局の年平均濃度の低減効果を検証した。SO₂及びPM₁₀のウランバートル市内すべての測定局での年平均濃度の低減効果を図

² フェーズ2及び『モンゴル国ディーゼル路線バスのDPFによる黒煙低減計画に関する普及・実証事業』での調査結果における減少率

4-2 に示す。SO₂ は平均で 59%、PM₁₀ は平均で 27%濃度が下がった。それでも年平均の環境基準値（SO₂: 20 μ g/m³、PM₁₀: 50 μ g/m³）を超過している測定局がいくつかある。

改良燃料は、硫黄分の少ない燃料を使用するか、脱硫剤を混合させた燃料を製造することで SO₂ 濃度低減を図れる。可能ならば脱硫剤の添加が不要な硫黄分の少ない燃料の方が良い。PM の排出の少ない炭種の使用、PM の排出を抑えるための燃料の製造あるいは燃料の転換により PM の濃度低減を図れる。また、伝統的なストーブを改良型ストーブへ転換することにより、燃料使用量を減らし、排出濃度を下げることが可能と考える。



左: BAU シナリオ、右: 対策実施時

図 4-2 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（改良燃料パイロット事業）

4.4.2 自動車パイロット事業

ウランバートル市内全域で上記パイロット事業を本格実施した際の自動車排出ガスからの排出量を計算し、対策前後と比較した結果を表 4-3 及び図 4-3 に示す。排出量において、信号制御の改善を実施した場合には、いずれの物質も 5～10%程度の排出量削減に寄与することが見込まれる。すべての車両を Euro V 対応の車両及び Euro 5 燃料に転換した場合には、いずれの物質も 85%以上の排出量削減が見込まれ、特に SO_x 及び PM は、ともに 98%程度の排出量削減に寄与することが見込まれる。すべてのバスを Euro V 対応の車両及び Euro 5 燃料に転換した場合には、SO_x、NO_x、PM は 20～44%の排出量削減が見込まれる。エコドライブ及び DPF は PM の排出量削減に

寄与することが見込まれる。RSD は PM、NOx、CO が 70～80%の排出量削減に寄与することが見込まれる。

表 4-3 対策前後での自動車排出ガスからの排出量削減効果

		単位	SOx	NOx	PM	CO
対策前自動車排出量(2027 年、BAU)		ton/year	531.1	8,797.4	634.9	39,387.7
信号制御	対策実施時排出量	ton/year	492.8	8,260.8	599.4	34,825.1
	排出削減量	ton/year	38.3	536.6	35.5	4,562.6
	排出削減率	%	7.2%	6.1%	5.6%	11.6%
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)	対策実施時排出量	ton/year	12.0	1,037.1	11.7	1,727.0
	排出削減量	ton/year	519.1	7,760.3	623.2	37,660.7
	排出削減率	%	97.7%	88.2%	98.2%	95.6%
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)	対策実施時排出量	ton/year	409.4	6,398.5	356.9	38,181.3
	排出削減量	ton/year	121.7	2,398.9	278.1	1206.3
	排出削減率	%	22.9%	27.3%	43.8%	3.1%
エコドライブ	対策実施時排出量	ton/year	484.7	9,032.7	432.4	39,387.7
	排出削減量	ton/year	46.4	-235.3	202.5	0.0
	排出削減率	%	8.7%	-2.7%	31.9%	0.0%
DPF (バスのみ)	対策実施時排出量	ton/year	531.1	8,797.4	411.2	39,387.7
	排出削減量	ton/year	0.0	0.0	223.7	0.0
	排出削減率	%	0.0%	0.0%	35.2%	0.0%
RSD	対策実施時排出量	ton/year	418.2	2,129.1	192.8	7,944.6
	排出削減量	ton/year	112.9	6,668.3	442.1	31,443.1
	排出削減率	%	21.3%	75.8%	69.6%	79.8%



図 4-3 対策前後での自動車排出ガスからの排出量削減効果

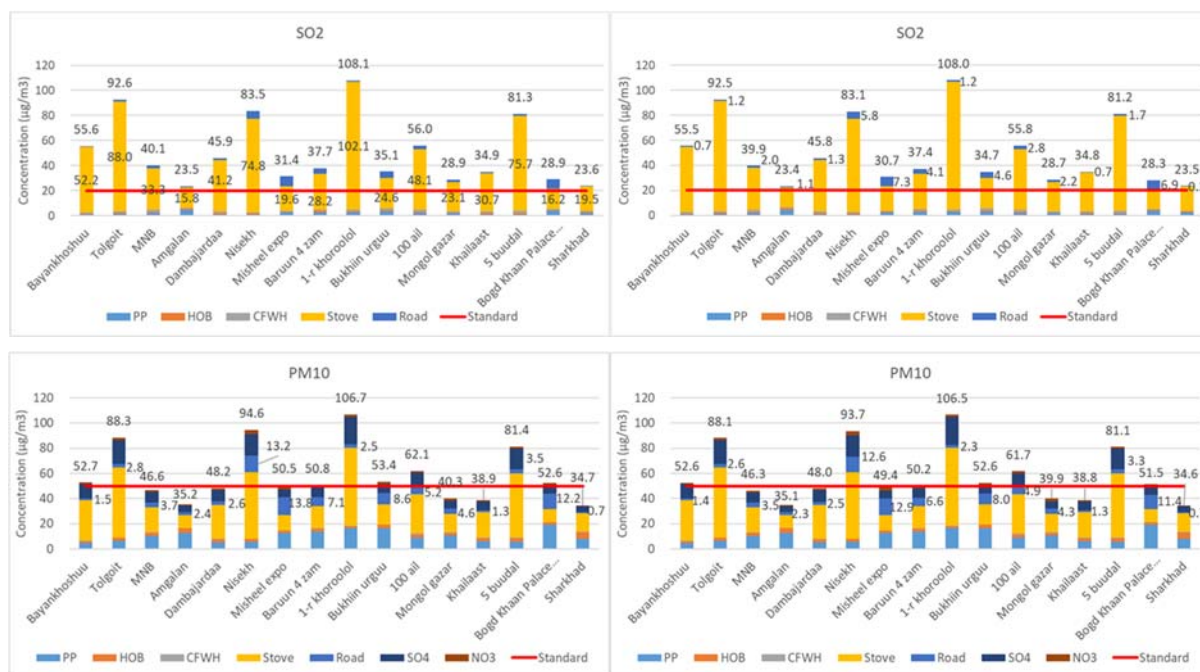
この結果を基に拡散シミュレーションを実行し、対策前後での全発生源からの大気環境濃度の低減効果を検証した。SO₂ 及び PM₁₀ のウランバートル市内すべての測定局における年平均大気環境濃度の低減効果を表 4-4 及び図 4-4~図 4-9 に示す。測定局の年平均値において、いずれの対策も SO₂ の濃度低減効果は最大で 5%程度で、PM₁₀ の濃度低減効果も最大で 12%程度であった。これは、SO₂ 及び PM₁₀ の主要な汚染源が家庭用小型ストーブであり、BAU シナリオにおいて、全体濃度に対する家庭用小型ストーブからの濃度の割合が SO₂ で平均 85%以上、PM₁₀ で平均約 50%を占めているためである。

パイロット事業別では、低硫黄燃料及び低排出ガス（すべての車両、バスのみ）、RSD による対策で濃度低減効果が見られた。

ストーブ利用の少ない時期では全体濃度に対する自動車からの濃度の割合が高いため、これらの自動車対策を複合的に進めることで濃度低減効果を得られると想定される。一方、車両や燃料の転換、エコドライブの啓発、DPF や RSD の機材の導入には費用と時間を要する。しかしながら、これらの対策を少しずつでも進めていくことで、確実に対策効果が得られることが見込まれる。

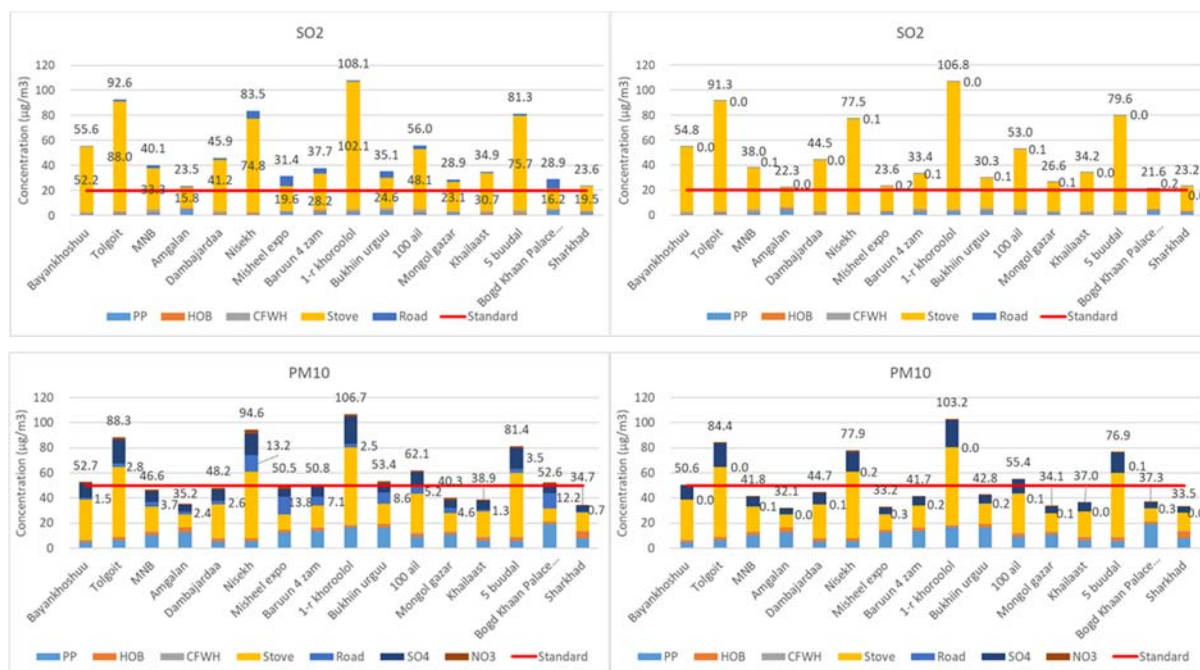
表 4-4 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業）

		単位	SO ₂	PM ₁₀
対策前(2027 年、BAU)		µg/m ³	50.4	58.6
信号制御	対策後	µg/m ³	50.2	58.1
	濃度低減量	µg/m ³	0.2	0.4
	濃度低減率	%	0.4	0.7
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)	対策後	µg/m ³	47.5	51.7
	濃度低減量	µg/m ³	2.9	6.9
	濃度低減率	%	5.7	11.8
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)	対策後濃度	µg/m ³	49.7	55.3
	濃度低減量	µg/m ³	0.7	3.2
	濃度低減率	%	1.5	5.5
エコドライブ	対策後濃度	µg/m ³	50.2	56.8
	濃度低減量	µg/m ³	0.2	1.7
	濃度低減率	%	0.5	2.9
DPF (バスのみ)	対策後濃度	µg/m ³	50.4	56.3
	濃度低減量	µg/m ³	0.0	2.2
	濃度低減率	%	0.0	3.8
RSD	対策後濃度	µg/m ³	49.8	53.7
	濃度低減量	µg/m ³	0.7	4.9
	濃度低減率	%	1.3	8.3



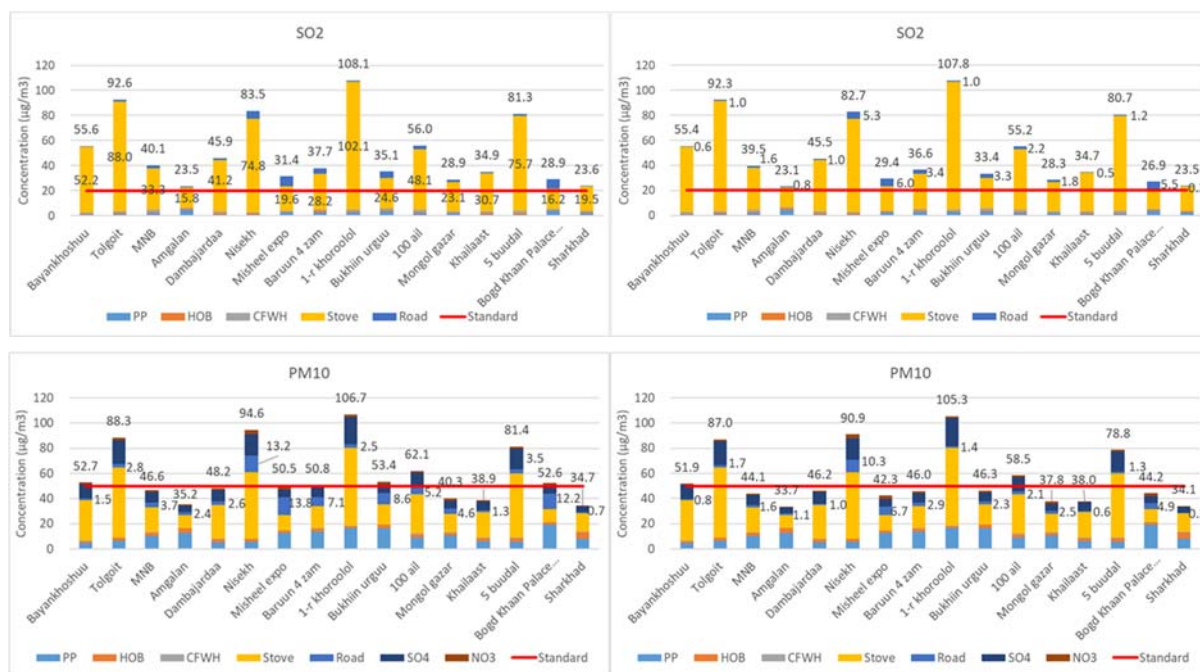
左: BAU シナリオ、右: 信号制御

図 4-4 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：信号制御）



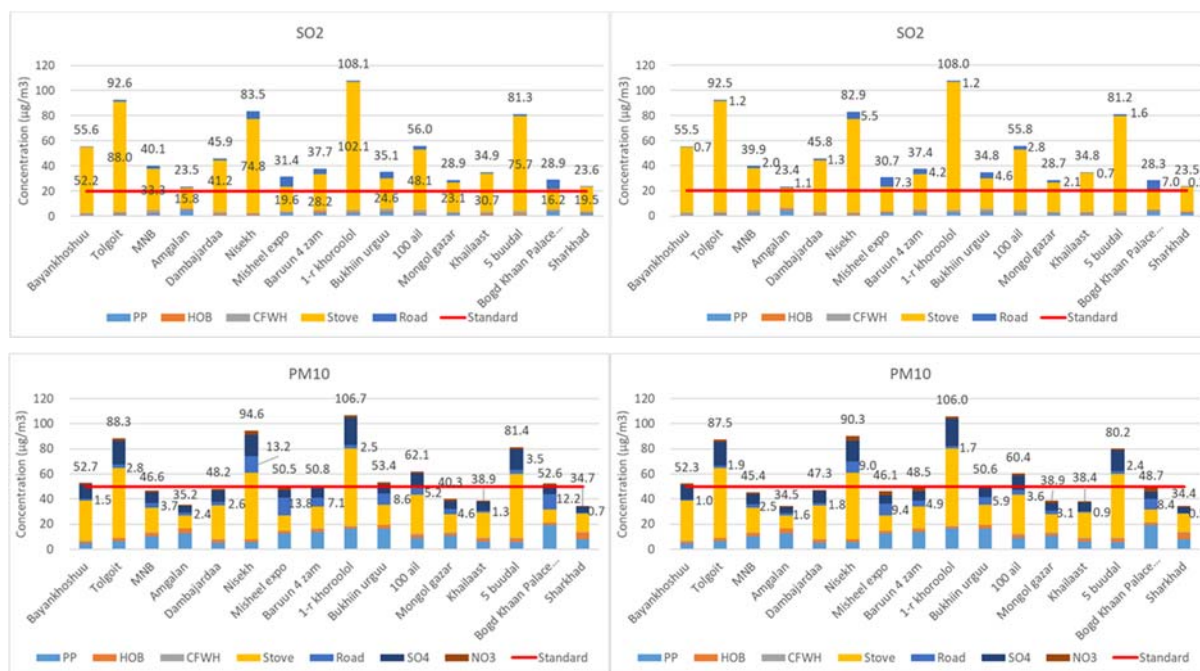
左: BAU シナリオ、右: 低硫黄燃料及び低排出ガス車（すべての車両）

図 4-5 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：低硫黄燃料及び低排出ガス車（すべての車両））



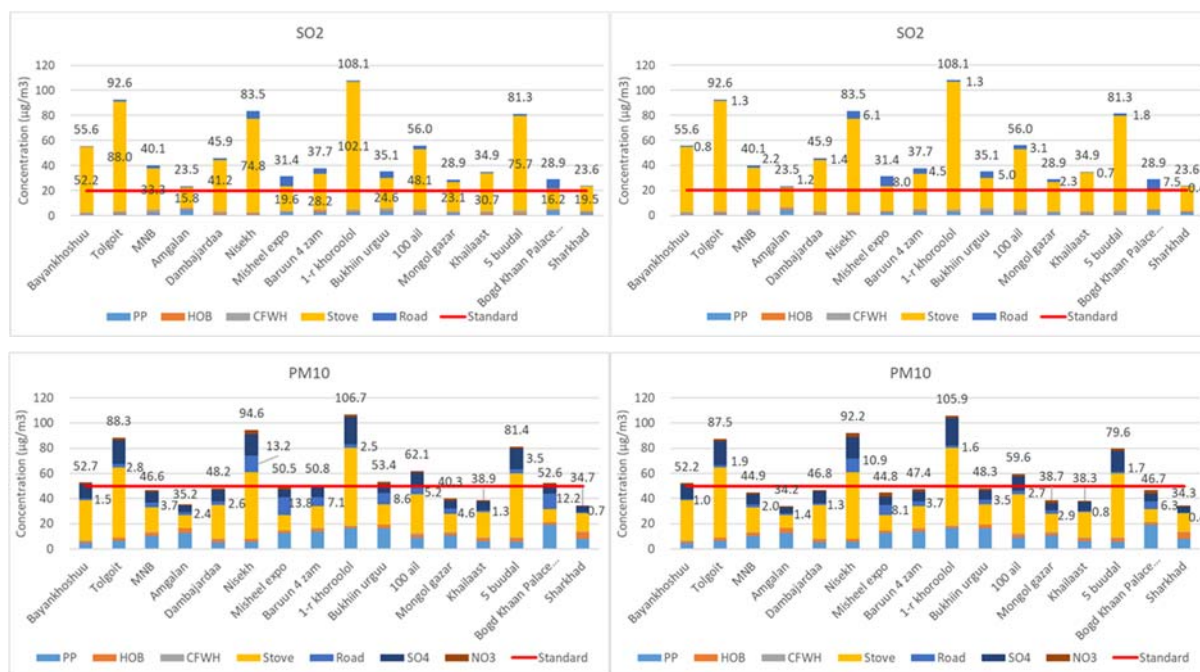
左: BAU シナリオ、右: 低硫黄燃料及び低排出ガス車（バスのみ）

図 4-6 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：低硫黄燃料及び低排出ガス車（バスのみ））



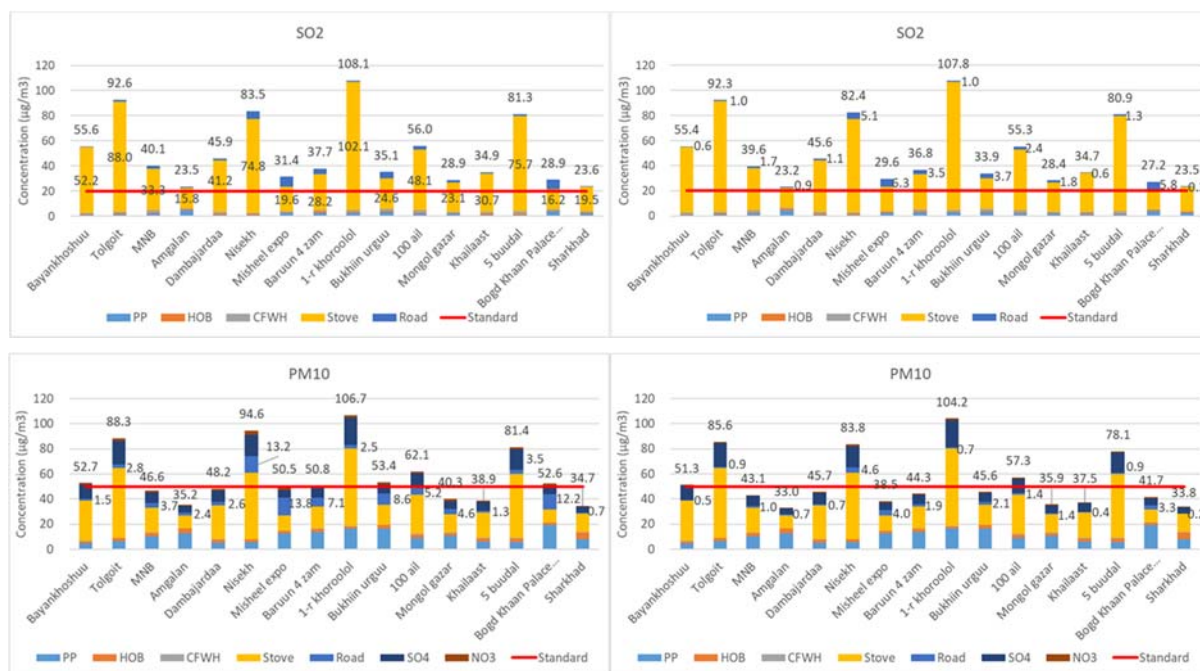
左: BAU シナリオ、右: エコドライブ

図 4-7 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：エコドライブ）



左: BAU シナリオ、右: DPF (バスのみ)

図 4-8 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：DPF（バスのみ））



左: BAU シナリオ、右: RSD

図 4-9 測定局における対策前後での全発生源からの年平均大気環境濃度低減効果（自動車パイロット事業：RSD）

5. 日本における大気汚染対策と規制官庁

5.1 大気汚染防止法

大気汚染防止法が 1968 年に策定された。その後、必要に応じて改定がなされている。

5.2 大気環境基準

環境省は、主要な大気汚染物質として SO₂、CO、SPM³、PM_{2.5}、O_x、NO₂ の大気環境基準を設定している。

表 5-1 主要な大気汚染物質の大気環境基準

物質	大気環境基準
二酸化硫黄 (SO ₂)	1 時間値の 1 日平均値が 0.04ppm 以下であり、かつ、1 時間値が 0.1ppm 以下であること。
一酸化炭素 (CO)	1 時間値の 1 日平均値が 10ppm 以下であり、かつ、1 時間値の 8 時間平均値が 20ppm 以下であること。
浮遊粒子状物質 (SPM)	1 時間値の 1 日平均値が 0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1 時間値が 0.20mg/m ³ 以下であること。
微小粒子状物質 (PM _{2.5})	1 年平均値が 15μg/m ³ 以下であり、かつ、1 日平均値が 35μg/m ³ 以下であること。
光化学オキシダント (O _x)	1 時間値が 0.06ppm 以下であること。
二酸化窒素 (NO ₂)	1 時間値の 1 日平均値が 0.04ppm から 0.06ppm までのゾーン内又はそれ以下であること。

地方自治体では、大気環境基準達成状況を把握するため、大気環境モニタリング局の管理・運用を行っている。

大気環境モニタリングデータは、環境省大気汚染物質広域監視システム（そらまめくん）により公開されている。

5.3 固定発生源

5.3.1 排ガス規制の策定：環境省

(1) 固定発生源の排ガス規制

環境省：一般排出規制及び特別排出基準の設定

都道府県：上乘せ排出規制の設定

³ 大気中に浮遊粒子状物質のうち、粒径が 10 μm（1 μm は 1m の 100 万分の 1）以下の粒子。

総量規制：総理府令で低めるところにより都道府県知事が定めている。硫黄酸化物 24 地域、窒素酸化物 3 地域が定められている。

(2) 工場・事業場への指導、監査

環境省：各種法規、規制の策定

地方自治体：立ち入り等の検査、事業者への是正勧告

事業者：定期的な排出ガス測定を行い自治体に報告、大規模工場や火力発電所などでは、設置した CEMS をテレメータでつなげて PM、SO₂ 等を地方自治体に報告している。地方自治体は極めて高い濃度が見られた場合には、立ち入り検査を行う。

経済産業省では、一定以上の規模の工場・事業場に対して公害防止管理者を置くことを義務づけている。

5.4 自動車

5.4.1 自動車単体規制

自動車単体規制として、ポスト新長期規制（2009、2010 年）、ポストポスト新長期規制（2016、2018 年）などを国土交通省が定めている。

環境省、国土交通省では使用過程車に対する規制として、大気汚染が特に深刻な関係 8 都府県に対し、自動車 NO_x・PM 法を定め、車種規制等の対策を進めてきた。その結果、自動車から排出される NO_x と PM の排出量が削減され、一般環境測定局と自動車排出ガス測定局の NO₂ 濃度及び SPM 濃度が環境基準を満たす状況となった。

5.4.2 燃料規制

経済産業省は、ガソリンや軽油に対する燃料規制を導入し、2006 年から硫黄分が 50ppm から 10ppm に低減している。その結果、全国で硫黄分が 10ppm 未満のガソリン及び軽油が販売・使用されている。

5.4.3 交通流対策

交通流については、信号制御を含めて、原則的に各都道府県の警察が管理している。

5.4.4 道路

道路については、道路種別や規模に応じて道路管理者を規定している。国土交通省は高速、国道、都道府県は都道府県道、市町村は市町村道を原則として管理している。

国土交通省では、概ね5年おきに交通量を調査し、全国の主要道路に対する道路交通センサスを発行している。

交通需要予測を定期的に行い、道路建設の参考にしている。

5.5 その他発生源

都市ガス及びLPガスの安全指針・規制：経済産業省

小型焼却炉、小規模ボイラ：地方自治体

小型ボイラの登録管理：事業者、都道府県

ボイラ技士制度：厚生労働省

5.6 大気汚染対策の策定

地方自治体を主体とした拡散モデルを用いたシミュレーションによる対策案の策定：地方自治体。環境省などでは複数の地方自治体をまたぐ対策を検討することも行っている。

6. 事業審査

6.1 事業審査の方法と手順

6.1.1 審査手順

(1) 対象機関からの事業申請

2023 年 12 月末での NCEPR の解散を受けて、2024 年 3 月 7 日付の第 A/163 号 MET 大臣命令において、大気・環境汚染削減国家プログラムの費用分担の承認、権限がウランバートル市や MET 等に移管する事が決まった。ウランバートル市の中で実施主体についてはまだ決まっていないが、作業委員会等ウランバートル市に何らかの実施主体が組織されると考えられる。その組織を（仮称）大気・環境汚染対策委員会と仮定し本ガイドライン案を作成した。

各省庁、ウランバートル市は、（仮称）大気・環境汚染対策委員会の事務局に事業申請を提出する。事業審査の様式を添付資料 1 に示す。

(2) 事業のスクリーニング（第 1 次審査）

（仮称）大気・環境汚染対策委員会事務局が必要に応じて有識者あるいは委員からコメントを取得しつつ第 1 次審査を行う。

本ガイドラインで想定・カバーした第 1 次審査の対象事業を表 6-1 に示す。明らかに大気汚染対策にあまり寄与しないものについては、（仮称）大気・環境汚染対策委員会事務局でスクリーニングの段階で大気汚染対策候補から外す。大気汚染対策の対象事業は、改良燃料、家庭用ストーブ、自動車対策、HOB、焼却灰の管理等である。なお、植林については、都市景観を向上させる効果はあるが、大気汚染対策の効果は全く期待できないため、大気汚染対策事業から外し、環境事業での評価を行うこととする。

表 6-1 第 1 次審査の対象事業

対象事業	①改良燃料 ・ 改良燃料（BCB など）の燃料試験による改良、改良燃料の製造施設の建設、改良燃料の製造・導入 ②家庭用ストーブの普及事業 ・ 旧式ストーブの販売製造禁止、新型家庭用ストーブの製造・普及 ③自動車対策 ・ 低排出車の普及：一定の使用年数が経過した車両に対する Euro5（乗用車）あるいは Euro V（バス、トラック）以上の車両への買い換え規制の導入 ・ Euro 5 以上の低硫黄燃料普及：中国及びロシアからの輸入量の増加、モンゴル国内の製油所に関連する事業 ・ RSD とオパシメータによる路上検査体制の確立 ・ 信号調整や信号システムの改善とそれに関わるトレーニング ・ 交通マナーの向上事業 ・ 信号現示の変更 ・ 道路標識及び車線等の改修事業 ・ 使用過程車への DPF の導入 ・ エコドライブ推進 ・ 道路のネットワーク改善 ・ 交差点の改善 ・ 既存の公共交通機関の整備事業 ・ メトロ、モノレールなどの新型交通システムの導入 ④HOB ・ HOB の廃止支援事業 ・ 高効率 HOB へのリプレース ・ HOB 集約化の推進、高煙突化 ⑤火力発電所 ・ CEMS による排出ガスの管理体制維持 ・ 集塵装置の維持管理 ・ 脱硫・脱硝施設の新設 ・ 火力発電所の新設に係る事業 ⑥焼却灰の管理 ・ 火力発電所、HOB、家庭用ストーブから排出される焼却灰の管理 ⑦大気環境モニタリング ・ 大気環境モニタリング機材等の整備及び消耗品の購入 ・ 大気環境モニタリングネットワークの維持管理 ⑧固定発生源及び移動発生源の排出ガス測定 ・ 測定体制の維持管理に必要な機材の整備及び消耗品の購入 ⑨CFWH（小型石炭焚き温水ヒーター） ・ CFWH の改善、廃止 ⑩その他 ・ 大気汚染対策に寄与するウランバートル市が特別に認めた事業
対象外事業	・ 植林事業 ・ 廃棄物の収集

(3) (仮称) 大気・環境汚染対策委員会事務局による審査結果作成

(仮称) 大気・環境汚染対策委員会事務局は評価表に基づき個別案件の点数化を行い、審査結果を一覧表にして整理する。

(4) (仮称) 大気・環境汚染対策委員会での最終審査(事業の優先順位決定)

(仮称) 大気・環境汚染対策委員会は、(仮称) 大気・環境汚染対策委員会事務局の審査結果に基づき事業の優先順位を決定する。

(5) 最終審査結果の通知

(仮称) 大気・環境汚染対策委員会で決定した優先順位を、(仮称) 大気・環境汚染対策委員会事務局を通じて、ウランバートル市に通知する。

(6) 事業の実施

採択された事業を対象期間内にウランバートル市で実施する。ただし、ウランバートル市外の事業であっても、ウランバートル市への大気汚染対策効果が認められる事業である場合には対象事業とする。

(7) 事業のモニタリング

事業の効果が期待どおりであるかを事業に実施前に評価する。モニタリング項目としては、事業の実施前後における排出ガス測定結果、燃料使用量の削減効果、交通流改善効果、事業の実施による推計結果、である。

6.2 事業の評価基準と評価

6.2.1 評価基準

対象発生源による排出に関して対策前と対策後で5%以上の削減効果が、見込める事業とする。

6.2.2 対象物質

事業の対象物質はPM、SO₂とする。ただし、自動車対策についてはNO_xも併せて評価する。

6.2.3 対策効果の評価

事業評価における大気汚染対策効果の低減効果を表 6-2 に示す。これまでの解析結果に基づき、大気汚染対策の効果を評価する。併せて、大気汚染対策の実施に要した費用(機材の導入、対策

のために市民が購入することに対する補助金）を濃度低減量で除すことで費用対効果の観点からも評価する。申請書は、申請者自身が濃度低減効果を評価する、あるいは、（仮称）大気・環境汚染対策委員会事務局を通じて DAAEP に依頼して、申請書に基づいた濃度低減効果の評価を行う。

表 6-2 大気汚染対策効果の低減効果

	排出削減効果	濃度低減効果	濃度低減に対する費用対効果 (百万 MNT/μg/m ³) あるいは (百万 MNT/ppb)
優 (Excellent)	15%より大きい	15%より大きい	1 より小さい
良 (Very good)	10%～15%	10%～15%	1 ～ 10
可 (Good)	5%～10%	5%～10%	10 ～ 50
効果なし (Not good)	5%未満	5%未満	50 以上

その上で総合評価ポイント毎に 0～3 点毎に点数をつけ、合計点数で 8 点以上（B 評価以上）となる事業を採択する。評価基準を表 6-3 に示す。

表 6-3 評価基準

評価項目	評価点 (0 点～3 点で評価)	備考
排出量の削減 (対象事業での排出量削減量)	3 点：優 2 点：良 1 点：可 0 点：不可	大気環境モニタリング及び排出測定の際材及び消耗品は、直接的な削減効果はないが、大気汚染状況を監視するための重要な物であるため、3 点とする。
地表濃度の低減効果 (対象事業での濃度評価)	3 点：優 2 点：良 1 点：可 0 点：不可	
初期費用	3 点：USD10 万ドル以下 2 点：USD10 万ドル超から 50 万ドル以上 1 点：USD50 万ドル超	
年間あたりの運営費	3 点：USD3 万ドル以下 2 点：USD3 万ドル超から 10 万ドル以上 1 点：USD10 万ドル超	
事業の継続性	3 点：10 年以上 2 点：5 年以上～10 年未満 1 点：3 年以上～5 年未満 0 点：3 年未満	
総合評価 (合計得点)	A：12 点～15 点 B：8 点～11 点 C：7 点以下	

添付資料 1 : 事業審査の様式

事業名			
事業主体機関	ウランバートル市〇〇〇局／〇〇〇課 〇〇〇省〇〇〇局		
事業期間	20XX 年〇〇月～20XX 年〇〇月		
事業予算	初期費用： MNT 年間運営費用： MNT 事業継続期間における総事業予算： MNT 事業に係る見積内訳は別添資料として付けるものとする。		
事業の継続期間	20XX 年〇〇月から〇〇年間 機材調達の場合にはメーカーが推奨する機材の平均寿命を記載		
事業実施に必要な人員数	〇〇人		
事業場所	ウランバートル市 〇〇県あるいは〇〇市：ウランバートル市外の場合には、事業実施によりウランバートル市への大気汚染効果が期待できること。		
事業の実施により大気汚染対策効果で恩恵を受けると思われる人	ウランバートル全市民、ウランバートル市〇〇区〇〇など		
事業内容			
事業区分	①改良燃料 ②家庭用ストーブの普及事業 ③自動車対策 ④HOB ⑤火力発電所 ⑥焼却灰の管理 ⑦大気環境モニタリング ⑧固定発生源及び移動発生源の排出ガス測定 ⑨CFWH ⑩その他		
事業図	事業の様子がわかる図を追加する。		
地図	事業の位置がわかる地図を記載する。		
第 1 次審査	合格／不合格		
	審査機関名		
	審査コメント		
試験結果	事業実施にあたり排出ガス測定結果あるいは燃焼試験結果がある場合には添付する。		
事業による大気汚染対策効果（排出量）	事業前	事業後	削減量
	PM ton／年	PM ton／年	PM ton／年
	SO ₂ ton／年	SO ₂ ton／年	SO ₂ ton／年
	NO _x ton／年	NO _x ton／年	NO _x ton／年

事業による大気汚染 対策効果（地表の最大濃度）	事業前		事業後		削減量	
	PM ₁₀	μg/m ³	PM ₁₀	μg/m ³	PM ₁₀	μg/m ³
	SO ₂	ppb	SO ₂	ppb	SO ₂	ppb
	NO ₂	ppb	NO ₂	ppb	NO ₂	ppb
計算濃度分布図 （計算可能であれば DAAEP が作成する）						
排出量削減効果	排出量削減量及び削減効果 PM ₁₀ ton／年 ○○％ SO ₂ ton／年 ○○％ NO _x ton／年 ○○％ 削減効果○○％（最大効果があった対象物質のみ記載）					
濃度低減効果	削減濃度及び低減効果 PM ₁₀ μg/m ³ ○○％ SO ₂ ppb ○○％ NO _x ppb ○○％ 削減効果○○％（最大効果があった対象物質のみ記載）					
濃度低減に対する費用対効果	総事業費 : 百万 MNT 濃度低減効果 : μg/m ³ 、 ppb 費用対効果 : 百万 MNT/μg/m ³ : 百万 MNT/ppb					
最終審査	合格／不合格					
最終審査結果評価結果	合格／不合格 総合評価 計○○点 排出量の削減：○点 地表濃度の低減効果：○点 初期費用：○点 運営費用：○点 事業の継続性：○点					
	審査機関名					
	審査コメント					
特記事項	事業実施にあたり、注意すべき特記事項を記載する。					
その他						

モンゴル国

ウランバートル市大気・環境汚染対策庁 (DAAEP)

自然環境・観光省 (MET)

モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
フェーズ3
大気汚染対策の計画・実施・評価に係
る業務手引書

2024年6月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 数理計画

目 次

略語表.....	III
1 はじめに.....	1
2 本手引書の目的.....	2
3 大気汚染対策の計画.....	3
3-1 大気汚染対策の立案・選定	3
3-1-1 大気汚染対策の立案	3
3-1-2 大気汚染対策案の選定.....	3
3-2 大気汚染対策実施計画の作成.....	3
4 大気汚染対策の実施.....	5
4-1 大気汚染対策実施の役割分担.....	5
4-2 大気汚染対策実施状況の進捗確認.....	5
5 大気汚染対策の評価.....	6
5-1 実施された大気汚染対策評価の概要	6
5-2 対象発生源での排出量削減効果の検証	6
5-3 測定局での実測濃度の解析	6
5-4 拡散シミュレーションによる UB 市全体の大気汚染構造の評価.....	6
5-5 総合的な大気汚染対策効果の評価.....	7
6 大気汚染対策の実施・評価に基づいた教訓・フィードバック	8

表目次

表 3-1	大気汚染対策実施計画書（例）	4
表 4-1	対策実施に係る関係機関などの役割	5
表 5-1	大気汚染対策効果の評価基準案	7

図目次

図 5-1	シミュレーションによる評価の必要性の判断基準案	7
図 6-1	大気環境管理サイクル	8

略語表

略語	日本語／英語
AQMS	大気環境測定局 Air Quality Monitoring System
BAU	従来通りにすること Business As Usual
BCB	バイオマス・石炭混合・ブリケット Biomass blended Coal Briquette
DAAEP	大気・環境汚染対策庁 Department of Against Air and Environmental Pollution of the Capital City
MNS	モンゴル国国家基準 Mongolian National Standard
NUM	モンゴル国立大学 National University of Mongolia
NAMEM	国家気象・環境モニタリング庁 National Agency for Meteorology and Environment Monitoring
NUM	モンゴル国立大学 National University of Mongolia
PM	粒子状物質 Particle Matter
SO ₂	二酸化硫黄 Sulfur dioxides
TTT	タバン・トルゴイ・トゥルシュ社 Tavan Tolgoi Tulsh LLC
UB	ウランバートル Ulaanbaatar

1 はじめに

JICA 技術協力プロジェクト「モンゴル国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～フェーズ 3）」が 2010 年から 2024 年に実施された。プロジェクトでは、大気汚染に関する測定機材の供与及び測定技術習得により、ウランバートル市内の大気汚染の状況をモンゴル側が定量的に把握することができるようになってきた。今後は、モンゴル側が、自律して大気汚染対策を定量的に評価し、その評価結果を上位機関に提示することにより、ウランバートル市の大気汚染に関する政策立案に寄与することとなる。

本手引書は、本プロジェクトで実施した活動による結果及び教訓に基づき、大気汚染対策の計画・実施・評価に関する方法を取りまとめたものである。この手引書を活用することで、ウランバートル市の大気汚染が改善の方向に向かい、市民の健康の改善につながることを期待している。

2 本手引書の目的

本手引書は、本プロジェクトによる活動結果及び教訓に基づき、大気汚染対策の計画・実施・評価に関する手順及び方法を取りまとめたものである。

3 大気汚染対策の計画

3-1 大気汚染対策の立案・選定

3-1-1 大気汚染対策の立案

本業務手引書の大気汚染対策では、各発生源別にこれまで日本や他国で導入された排出量の削減が見込めるものだけでなく、排出量の削減効果が期待できるものも含めて検討する。

対策の立案では、5W1Hなどを踏まえ、導入に係る時期と期間（When）、導入対象発生源（Where）、導入主体機関（Who）、導入方法（How）、排出量削減効果あるいは大気環境濃度低減効果、及び導入に係る費用、導入に係る課題などの情報を整理する。対策の立案には、国家プログラム、法規などの動向も確認し、それらの優先順位も情報として整理する。

3-1-2 大気汚染対策案の選定

対策を実施する前の基準となる年（現況年）及び対策案の効果を確認する年（将来年）を定める。現況年から将来年までに何も大気汚染対策を実施しなかった場合のシナリオ（**Business As Usual: BAU**）を設定し、そのシナリオに基づき現況年から将来年の **BAU** シナリオの排出量を計算する。

大気汚染対策案に基づいた排出量削減シナリオを設定する。例えば、ストーブで使う燃料の硫黄分を 50%減らす政策の場合には、ストーブでの **SOx** 排出量を 50%減少させる、等である。排出量削減シナリオの設定を使って、将来年での大気汚染対策案が実施された場合の排出量を計算する。**BAU** シナリオでの排出量と対策実施時の排出量を比較し、排出量削減効果を検証する。その際、対策案の選定にあたり、排出量削減効果が見込まれない対策案については、この段階で大気汚染対策案の実施リストから除外する。

除外されなかった大気汚染対策案について、**UB** 市の気象状況と対策前後の発生源別排出量を入力データとした拡散シミュレーションを実行し、**UB** 市での大気汚染構造の変化を比較する。

シミュレーション結果による大気汚染対策案の選定基準は、高濃度地域の範囲がどれだけ狭くなるか、大気環境基準値を下回る地域がどれだけ増えるか、などである。

3-2 大気汚染対策実施計画の作成

選定された大気汚染対策について、具体的な実施計画を作成する。実施計画書の例を表 3-1 に示す。

実施計画は、担当実施機関が中心となり、対象発生源に係る背景とその課題、既存法令、対策内容（機器や手法を含む）、対策費用、開始時期及び実施期間、想定する大気汚染物質削減（低減）量を整理する。

表 3-1 大気汚染対策実施計画書（例）

項目	名称や内容
大気汚染対策管轄機関（名称）	DAAEP
大気汚染対策協力機関（名称）	エネルギー省、TTT 社
大気汚染対策実施者（機関）	ゲル地区の一般家庭及び HOB 使用機関
対象とする大気汚染物質発生源	家庭用燃料
対策開始時期及び実施期間	2024 年〇月～、〇年間
大気汚染対策名称（手法）	BCB 改良燃料の普及
大気汚染対策の主な技術、あるいは方法	BCB の製造では、ミドリング、バイオマス、国産脱硫剤及び国産バインダーを配合し、高圧成型機を用いて成型する。その結果、燃焼時の大気汚染物質低減が可能な BCB を製造する。
対象地域、あるいは地点	ウランバートル市
大気汚染対策の内容とその規模	既存の改良燃料を新改良燃料（BCB）に全て切り替える（年間供給量：約〇万 t）
排出量削減（低減）効果（単体）	SO _x ：〇%、PM：〇%、CO：〇%
基準年度からの排出量削減（低減）効果（全体）	SO _x ：〇t、PM：〇t、CO：〇t
対策導入費用（単体、年間）	初期導入費用：〇MNT 単体：〇%増加、年間：〇MNT 増加
対策導入費用の負担機関	ウランバートル市及びモンゴル国
関連法令や規格	大気法〇条、MNS〇
留意事項	BCB の安定的な調達とその輸送及びコスト低減

4 大気汚染対策の実施

4-1 大気汚染対策実施の役割分担

大気汚染対策の導入とその定着には、導入する対策の排出量削減（低減）効果の定量的評価に加え、その導入に係る費用とその費用対効果の客観的な評価が必要不可欠である。

一方で、優れた大気汚染対策であっても、導入実施機関や協力機関、対策によって実施者（使用者）としての市民の協力と理解が得られないと、一時的な導入に留まる恐れがある。

そのため、対策実施に係る関係機関などの役割を表 4-1 に示す。

表 4-1 対策実施に係る関係機関などの役割

担当機関など	役割
行政機関 (DAAEP、管轄省庁など)	大気汚染対策の立案、選定、評価、計画作成、法制度の整備、費用確保、対策の広報活動、対策実施状況の確認・評価・計画見直し
対策支援機関	大気汚染対策の部材等の調達・製造・供給（販売）・改良
対策実施者（機関）	大気汚染対策の理解、協力と実施、課題のフィードバック

4-2 大気汚染対策実施状況の進捗確認

導入した大気汚染対策は、将来の目標年度だけでなく、その進捗を確認するために、対策実施による大気汚染物質の排出量削減（低減）効果を毎年度確認する。

対策による排出量削減（低減）効果は、大気汚染対策を選定した際に用いた排出量削減（低減）効果と同様な方法で、対策開始後から目標年度まで算定を実施し、その進捗を評価する。年度毎の大気汚染対策の進捗が遅延している場合は、その要因を精査し、対応策を立案・計画し、関係機関や対策実施者（機関）と連携して実施する。

5 大気汚染対策の評価

5-1 実施された大気汚染対策評価の概要

大気汚染対策が実施された結果と実施前を比較して、以下の項目を検証する。その検証の結果、UB市全体への影響が大きいと判断すれば、拡散シミュレーションによるUB市全体の大気汚染構造を調べたうえで、大気汚染対策の評価を行う。その際、2023年4月11日締結のDAAEP・NAMEM・NUMの共同実施契約（シミュレーションモデルによる大気汚染対策評価のための役割分担）に基づいて実施するものとする。

1. 対象となる発生源の排出量がどの程度減少したか。
2. 測定局における対象大気汚染物質の濃度がどの程度低減したか。

併せて、実施された大気汚染対策の影響範囲、対策に要した費用、等を考慮して総合的に大気汚染対策を評価する。

5-2 対象発生源での排出量削減効果の検証

大気汚染対策実施前後での対象発生源の排出量を比較し、排出量削減効果を検証する。

5-3 測定局での実測濃度の解析

大気汚染対策の実施前後での各測定局での平均濃度及びすべての測定局の平均濃度を比較する。平均する期間は、大気汚染対策実施期間に応じて異なるが、月平均濃度、年平均濃度を対象とする。大気汚染対策の効果の判定基準としては、測定局での実測濃度及び拡散シミュレーションによる計算濃度が、

1. 大気汚染対策実施前より低減しているか。
2. 大気環境基準値を下回っているか。

である。

5-4 拡散シミュレーションによるUB市全体の大気汚染構造の評価

測定局はその地域の大気環境を代表しているが、数は限られているため、測定局のない地域での大気汚染状況を把握するためには、UB市の気象状況と発生源別排出量を入力データとした拡散シミュレーションを活用すべきである。ただし、拡散シミュレーションの実行には時間を要するため、多くの大気汚染対策の効果を評価するに際し、排出削減量及び測定局での濃度低減量に応じてシミュレーションによる評価の必要性を判断する。判断基準案を図5-1に示す。

シミュレーション結果での判断には、高濃度地域の範囲がどれだけ狭くなるか、大気環境基準値を下回る地域がどれだけ増えるかが指標となる。

		排出削減量			
		大きい			小さい
濃度低減量	大きい	大気汚染対策の効果は非常に大きいと想定されるが、市内全域への影響を確認するため、シミュレーションでの評価が必要である。		排出削減量に対して、大きな濃度低減が期待できるが、局所的である可能性があるため、シミュレーションでの評価が必要である。	
		排出削減量に対して、濃度低減が小さいが、測定局以外で濃度低減が大きい可能性があるため、シミュレーションでの評価が必要である。		大気汚染対策の効果は非常に小さいと想定されるため、シミュレーションでの評価は必要はない。	
	小さい				

図 5-1 シミュレーションによる評価の必要性の判断基準案

5-5 総合的な大気汚染対策効果の評価

5-2 ～ 5-4 での解析結果を基に、大気汚染対策の効果を評価する。併せて、大気汚染対策の実施に要した費用（機材の導入、対策のために市民が購入することに対する補助金）を濃度低減量で除すことで費用対効果の観点からも評価する。評価基準案を表 5-1 に示す。

表 5-1 大気汚染対策効果の評価基準案

	排出削減効果	濃度低減効果	濃度低減に対する費用対効果 (百万 MNT/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
優 (Excellent)	15%より大きい	15%より大きい	1 より小さい
良 (Very good)	10% ～ 15%	10% ～ 15%	1 ～ 10
可 (Good)	5% ～ 10%	5% ～ 10%	10 ～ 50
効果なし (Not good)	5%未満	5%未満	50 以上

6 大気汚染対策の実施・評価に基づいた教訓・フィードバック

本稿で示した大気汚染対策の実施・評価（毎年度の進捗管理含む）を確実に遂行することで、大気環境の改善に寄与すると考える。

一方、立案・選定した対策を実施したものの、短期間しか継続できなかった場合は、その継続できなかった要因を当該機関や関係機関だけでなく、協力機関や実施者（機関）にも共有し、同様な対策を再度実施する場合の改善に生かすことが重要である。

対策の継続的かつ安定的な実施には、具体的な計画、定期的な進捗管理、関係者（機関）との効果に係るコミュニケーション（フィードバック）を一時的でなく、継続的に実施することが重要と考える。

そのための大気環境管理サイクルを図 6-1 に示す。大気環境管理サイクルは、以下の 4 つのサイクルで構成されている。

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、2) 大気汚染に関わる戦略、方針、意思決定、3) 大気汚染対策の策定と評価、4) 大気汚染対策の実施

モンゴル側で大気環境管理サイクルが回せるように大気汚染対策に係るプラットフォームを強化することが重要である。なお、プラットフォームは、法的枠組み、資源配分及び関連機関の調整機能から構成される。

また、大気汚染対策の本格実施に必要な法令整備についても、モンゴル側が自立的に法令整備をできるように関係機関との連携を図ることが重要である。

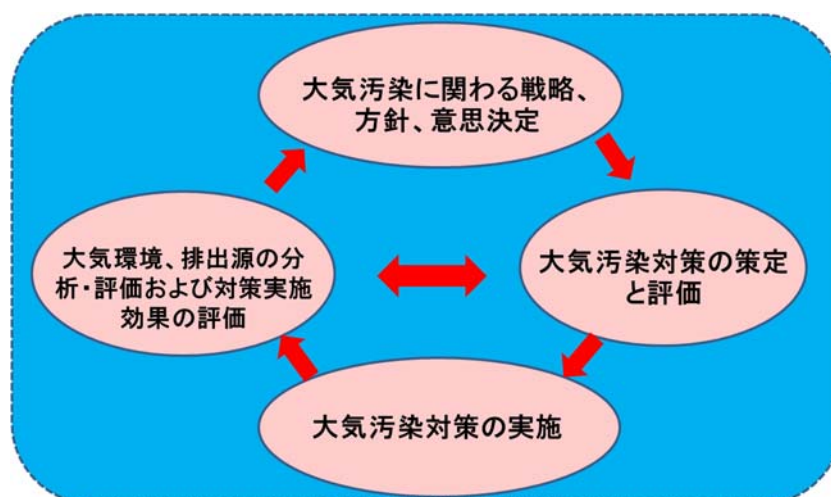


図 6-1 大気環境管理サイクル

組織及び社会レベルのキャパシティ・アセスメント

プロジェクト実施前後の主要モンゴル側関係機関である DAAEP と NAMEM の管理職 2 名に対して、組織と社会レベルの能力変化を評価するため、2022 年 3 月及び 2023 年 3 月に、2024 年 3 月に自己診断形式で、キャパシティ・アセスメントを実施した。テストは、プロジェクトを通じて、体系的にプロジェクト上位目標、プロジェクト目標及び成果指標の達成に関連したモンゴルの組織レベル、社会レベルにおける現在のキャパシティを自己評価させた。点数は 5 点満点で、キャパシティが高い方が点数も高くなるような採点方式とした。

成果 1 に関するキャパシティ・アセスメントの結果を、表 1 に示す。表の A は組織レベルの指標、B は社会レベルの指標である。C/P 及び C/P-WG のメンバの平均的な値を示す。

表 1 成果 1 に関するキャパシティ・アセスメント結果

成果1: 主要な発生源における排出モニタリング及び大気環境モニタリングの能力が強化される。				
	アセスメント項目	2022	2023	2024
1-1	DAAEP と市監査庁が排ガス測定に基づき HOB 監査を強化する。			
	組織レベル	4.38	3.75	3.75
A	私達の組織はダスト、SO ₂ 、NO _x 及び CO の排ガス測定を実施するための十分な人員を確保している。	4.00	4.00	4.00
A	私達の組織は、現場での排ガス測定方法を知っており、ダスト、SO ₂ 、NO _x 及び CO 測定に必要な機器と消耗品を持っている。	4.52	3.00	3.00
A	私達の組織は、測定結果の有効性または妥当性を判断することができる。	4.00	5.00	5.00
A	私達の組織は、排ガス測定のための消耗品の購入や機器の維持管理するための実行予算を持っている。	5.00	3.00	3.00
	社会レベル	4.25	3.50	3.50
B	モンゴル国または UB 市は排ガス測定の効果的な SOP または測定規格 (MNS) があり、現場での排ガス測定を理論的に実施する方法を学ぶ機会を提供できている。	4.00	3.00	3.00
B	モンゴル国または UB 市は法令、省令及び市長令で他の関係機関と協力して HOB の監査を実施するための作業部会等が規定されている。	4.50	4.00	4.00
1-2	DAAEP が自動車排出ガス測定を行う。			
	組織レベル	3.00	2.25	2.00
A	私達の組織は車載計による自動車排出ガス測定を実施して、排出状況の現況を把握し、規制対象車を絞り込むための知識がある。	3.00	3.00	3.00
A	私達の組織は車載計による自動車排出ガス測定を実施するための十分な人材を確保している。	3.00	3.00	2.00
A	私達の組織は車載計による自動車排出ガス測定を実施するための十分な予算を確保している。	3.00	2.00	2.00
A	私達の組織は車載計を維持管理するための十分な予算を確保している。	3.00	1.00	1.00
	社会レベル	2.00	1.50	1.25
B	モンゴル国または UB 市は他の関係機関と協力して車載計による自動車排出ガス測定を実施する作業部会等が省令や市長令、法制度で規定されている。	1.50	1.00	1.00
B	モンゴル国または UB 市は車載計を含む自動車排出ガス測定の SOP 及び測定規格 (MNS) があり、現場での排ガス測定を理論的に実施する方法を学ぶ機会を提供できている。	2.50	2.00	1.50
1-3	DAAEP が JICA 専門家支援のもと AQMS の活用を強化する。			
	組織レベル	4.00	3.38	3.50

A	私達の組織は AQMS の SO ₂ 、NO _x 、O ₃ 、CO、PM ₁₀ 及び PM _{2.5} 測定器の校正および維持管理する必要な人員を確保できている。	4.00	3.00	3.00
A	私達の組織は AQMS の SO ₂ 、NO _x 、O ₃ 、CO、PM ₁₀ 及び PM _{2.5} 測定器の校正および維持管理するための必要な予算を確保できている。	4.48	3.00	3.00
A	私達の組織は AQMS の SO ₂ 、NO _x 、O ₃ 、CO、PM ₁₀ 及び PM _{2.5} 測定器の校正および維持管理することができる。	4.00	3.00	4.00
A	私達の組織は AQMS のデータ転送システムの維持管理をすることができる。(他の企業に委託することも維持管理に含める。)	4.00	4.00	4.00
A	私達の組織は大気環境データの解析に基づいた月報や年報を作成するための必要な人員を確保できている。	4.00	3.00	3.00
A	私達の組織は大気環境データの解析に基づいた月報や年報を作成することができる。	4.00	3.00	3.00
A	私達の組織は AQMS の SO ₂ 、NO _x 、O ₃ 、CO、PM ₁₀ 及び PM _{2.5} 測定器の維持管理計画を作成することができる。	4.00	4.00	4.00
A	私たちの組織は他の関係機関と協力関係が構築されており、他の機関と連携して AQMS の装置の校正・維持管理、大気モニタリングネットワークへのデータ転送の維持管理を実施することができる	3.52	4.00	4.00
	社会レベル	4.00	3.00	3.00
B	モンゴル国は関係機関が連携して AQMS の装置の校正・維持管理、大気モニタリングネットワークへのデータ転送システムの維持管理するための法制度が整備されている。	4.00	3.00	3.00
B	モンゴル国または UB 市はトレーニングを通じて関係者に AQMS の SO ₂ 、NO _x 、O ₃ 、CO、PM ₁₀ 及び PM _{2.5} の装置の校正、維持管理方法を学ばせる機会がある。	4.00	3.00	3.00
B	モンゴル国または UB 市はトレーニングを通じて関係者に大気環境データの解析に基づいた月報や年報の作成方法を学ばせる機会がある。	4.00	3.00	3.00

成果 2 に関するキャパシティ・アセスメントの結果を、表 2 に示す。C/P 及び C/P-WG のメンバの平均的な値を示す。

表 2 成果 2 に関するキャパシティ・アセスメント結果

成果 2: 年間を通じて、汚染構造 (特に PM) の分析や評価能力が強化される。				
	アセスメント項目	2022	2023	2024
2-1	<u>NAMEM が通年の PM 成分分析結果に基づき PM 発生源寄与解析を行う。</u>			
	組織レベル	3.50	4.00	4.25
A	私達の組織はレセプターモデルを用いた発生源寄与解析ができる。	4.00	4.00	4.25
A	私達の組織はレセプターモデルを用いた発生源寄与解析を実施するための必要な人材を確保できている。	3.00	4.00	4.25
	社会レベル	1.00	2.00	2.00
B	モンゴルでは、年間を通じた PM 成分分析を実施するための予算を確保し、実施するための運営プロジェクトがある。	1.00	2.00	2.00
B	モンゴルでは、PM 成分分析やレセプターモデルを用いた発生源寄与解析の人材を育成する研修やプログラムがある。	1.00	2.00	2.00
2-2	<u>DAAEP と NAMEM が大気拡散シミュレーションモデル及びレセプターモデルを用いた大気汚染構造と暴露の評価を行う。</u>			
	組織レベル	3.25	2.93	2.62

A	私達の組織は現状と将来（BAU シナリオを含む）の排出インベントリを作成ができ、人材を育成することができる。	3.85	3.00	3.00
A	私達の組織は PM10、SO2、NOx の大気拡散シミュレーションモデル構築ができ、人材を育成することができる。	3.50	2.00	1.50
A	私達の組織は大気拡散シミュレーションモデル及びレセプターモデルを用いた大気汚染構造と PM10 の市民への暴露を評価することができる。	3.50	3.00	2.00
A	私達の組織は、自動車登録台数、排出基準、燃料規制、火力発電所等の将来計画、人口、経済成長等を調査・推計するための人員及び予算を確保している。	3.08	3.50	3.50
A	私達の組織は自動車発生源の移動発生源調査（交通量、旅行速度）を実施するための必要な予算を確保している。	3.50	2.00	2.00
A	私達の組織は自動車発生源の移動発生源調査（交通量、旅行速度）を実施するための必要な人員を確保している。	3.01	3.00	2.50
A	私達の組織は、排出インベントリ作成や大気拡散シミュレーションを構築するための、PC やサーバーが確保されている。	4.41	4.00	4.00
	社会レベル	2.55	3.00	2.83
B	モンゴル国は他の機関と連携して排出インベントリのためのデータ収集、排出インベントリ作成や大気拡散シミュレーションの構築・実施するための協定書や省令や市長令、法制度が整備されている。	3.66	3.50	3.50
B	モンゴル国は現状と将来（BAU シナリオ）の排出インベントリ作成を育成する研修やプログラムがある。	2.34	2.50	2.50
B	モンゴル国は大気拡散シミュレーションの構築を育成する研修やプログラムがある。	1.68	3.00	2.50

成果 3 に関するキャパシティ・アセスメントの結果を、表 3 に示す。表の A は組織レベルの指標、B は社会レベルの指標である。C/P 及び C/P-WG のメンバーの平均的な値を示す。

表 3 成果 3 に関するキャパシティ・アセスメント結果

成果 3: 大気汚染対策の技術的評価と実施準備を行う能力が強化される。				
	アセスメント項目	2022	2023	2024
	組織レベル	4.50	4.00	4.00
A	私たちの組織は、関係機関と連携し、改良燃料の燃料品質と改良燃料の測定方法に関する MNS 案を作成することができます。	4.50	4.00	4.00
	社会レベル	4.50	3.00	3.00
B	モンゴル国は、ワーキンググループを形成し、改良燃料の品質をと改良燃料の排ガス測定方法に関する MNS 草案を作成する制度が構築されている。	4.50	3.00	3.00

成果 4 に関するキャパシティ・アセスメントの結果を、表 4 に示す。C/P 及び C/P-WG のメンバーの平均的な値を示す。

表 4 成果 4 に関するキャパシティ・アセスメント結果

成果 4: 大気汚染対策に関わるモンゴル側の意思決定プロセスが、DAAEP, NAMEM 等の専門機関を活用することで、改善する。				
	アセスメント項目	2022	2023	2024
	組織レベル	4.33	3.00	3.00
A	私達の組織は大気汚染の状況、短期、中期、長期の大気汚染防止戦略の分析及び大気汚染対策の評価のための十分な人員が確保できている。	4.33	3.00	3.00

A	私達の組織は大気汚染の状況、短期、中期、長期の大気汚染防止戦略の分析能力及び大気汚染対策の評価能力がある。	4.33	3.00	3.00
	社会レベル	4.00	3.50	3.00
B	モンゴル国はワーキンググループを形成し、大気汚染の状況、短期、中期、長期の大気汚染防止戦略の分析及び大気汚染対策の評価することができる。	4.00	3.50	3.00

成果 5 に関するキャパシティ・アセスメントの結果は、表 5 に示す。C/P 及び C/P-WG のメンバーの平均的な値を示す。

表 5 成果 5 に関するキャパシティ・アセスメント結果

成果 5: 主要な汚染源において PM、二酸化硫黄及び窒素酸化物排出削減のため、大気汚染対策が促進される。				
	アセスメント項目	2022	2023	2024
5-1	<u>DAAEP が改良燃料の製造業者に製造技術の改善を助言する。</u>			
	組織レベル	4.50	3.00	3.00
A	私達の組織は製造業者に改良燃料製造のための技術指導することができる。	4.50	3.00	3.00
A	私達の組織は製造業者に改良燃料製造のための技術指導するための十分な人員を確保している。	4.50	3.00	3.00
	社会レベル	4.50	3.00	3.00
B	国及び分野レベルが改良燃料の品質及び生産技術にかかる技術指導ができる。	4.50	3.00	3.00
5-2	<u>関係機関は、パイロット事業結果を評価(排出削減および大気環境、住民暴露の観点から)及び教訓を分析する。</u>			
	組織レベル	3.83	3.00	2.50
A	私達の組織はパイロット事業結果を評価(排出削減および大気環境の改善、住民暴露の観点から)することができる。	3.66	3.00	2.50
A	私達の組織はパイロット事業結果を評価(排出削減および大気環境の改善、住民暴露の観点から)するための十分な人員を確保している。	4.00	3.00	2.50
	社会レベル	3.67	3.00	2.50
B	モンゴル国には、大気汚染対策のパイロットプロジェクトを評価するための法律または規制がある。	3.67	3.00	2.50
5-3	<u>DAAEP は固定発生源、移動発生源の排出基準、条例等の改訂に向けた技術資料を国家環境汚染削減委員会に提供する。</u>			
	組織レベル	4.25	3.50	3.50
A	私達の組織は、関係機関と協力して、固定発生源、移動発生源の排出基準および条例の改訂に向けた技術資料を作成することができる。	4.50	4.00	4.00
A	私達の組織は、固定発生源、移動発生源の排出基準、および条例の改訂に関する技術文書を作成するための十分な人員を確保している。	4.00	3.00	3.00
	社会レベル	3.50	3.00	3.00
B	モンゴル国には、ワーキンググループを形成し固定発生源、移動発生源の排出基準および条例の改訂に向けた技術資料を作成することができる。	3.50	3.00	3.00

成果 6 に関するキャパシティ・アセスメントの結果は、表 6 に示す。C/P 及び C/P-WG のメンバーの平均的な値を示す。

表 6 成果 6 に関するキャパシティ・アセスメント結果

成果 6 :成果 1-5 の達成のために、法的枠組み、資源配分、および調整機能(大気環境サイクルのプラットフォーム)が強化される。				
	アセスメント項目	2022	2023	2024
<u>6-1</u>	<u>関係機関がプロジェクトの各成果と活動に関連して、大気環境管理体制における役割分担を協議し、明文化する。</u>			
	社会レベル	4.67	4.00	4.00
B	国は、法令、省令及び市長令で分野別に大気環境管理におけるワーキンググループを形成することができる。	4.67	4.00	4.00

モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
フェーズ3
2. プロジェクト概要

2024年4月18日
JICA専門家チーム

目次

- 1. JICAプロジェクトの概要
- 2. フェーズ1～3の主要活動
- 3. 大気汚染対策パイロット事業

フェーズ1～3の活動概要

フェーズ1	➢ 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 ➢ 供与機材合計7億200万MNT相当を供与 ➢ 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、大気環境シュミレーションモデルの構築等
フェーズ2	➢ 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 ➢ 供与機材計27億5400万MNT相当を供与 ➢ 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
フェーズ3	➢ 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 ➢ 粉砕機等供与機材計6億800万MNT相当を供与 ➢ 二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)。

フェーズ3のプロジェクト目標

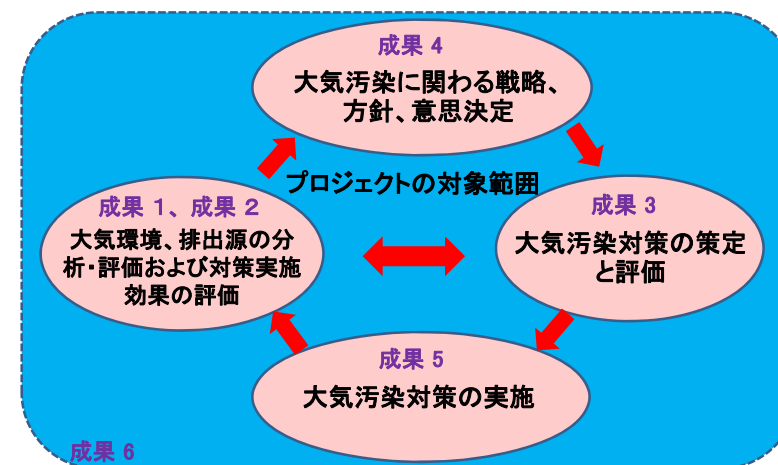
- 「実効性のある汚染対策の実施」と「DAAPと国レベル、市レベルの関連機関との連携強調体制」に重点を置いて、UB市におけるモンゴル側の大気汚染対策能力が強化される。

成果

- 1 主要な発生源における排出モニタリング及び大気環境モニタリングの能力が強化される。
- 2 年間を通じて、汚染構造(特にPM)の分析や評価能力が強化される。
- 3 大気汚染対策の技術的評価と実施準備を行う能力が強化される。
- 4 大気汚染対策に関わるモンゴル側の意思決定プロセスが、APRD, NAMEM等の専門機関を活用することで、改善する。
- 5 主要な汚染源においてPM、二酸化硫黄及び窒素酸化物排出削減のため、大気汚染対策が促進される。
- 6 成果1-5の達成のために、法的枠組み、資源配分、および、調整機能(大気環境サイクルのプラットフォーム)が強化される。

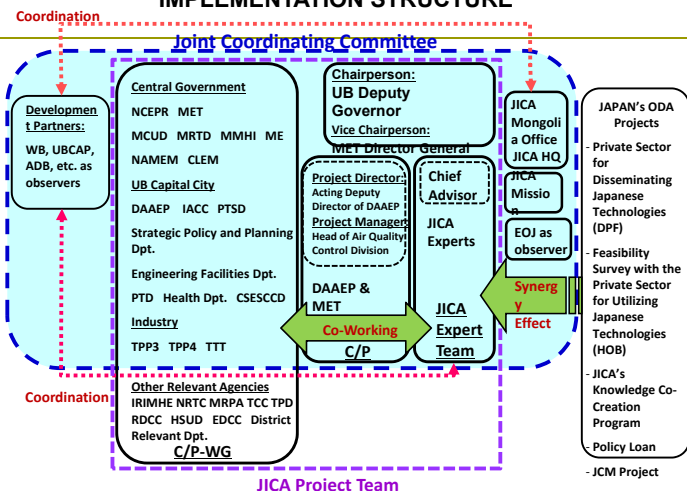
5

プロジェクトで望まれる大気環境管理サイクル



6

IMPLEMENTATION STRUCTURE



7

2. フェーズ1～3の主要活動

(1) 固定発生源排ガス測定(フェーズ1～3)



＜活動＞
JICAプロジェクトは主にフェーズ1、2で機材を供与し、測定できない状況から世界標準の測定方法に基づき人材育成を実施した。

＜成果＞
DAAEPは自分たちだけで排出ガス測定の実施が可能である。2022年4月に、DAAEPは固定発生源の排出ガス測定に関してISO17025:2017の試験所認定を受けた。



1633

8

(2) 自動車排出ガス測定(フェーズ2, 3)

<活動> 車載型排出ガス測定機材がDAAEPと国家交通センターに併せて2組供与され、自動車排出ガス測定の技術移転を行った。

<成果>

モンゴル側は使用過程車の排出実態の把握、EURO-IVバス、DPF、添加材等の効果を車載計を用いて測定できるようになった。



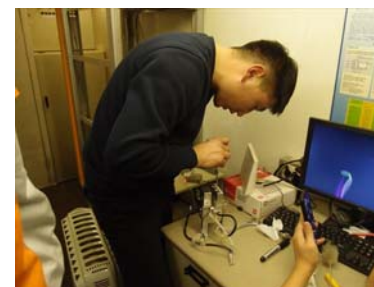
車載型排出ガス測定装置

9

(3) 大気環境モニタリング(フェーズ2~3)

<活動> Agaar.mnの開発支援、Bayankhoshuu大気環境測定局の供与、ドイツのGTZが供与した大気環境測定局の修理・交換を行い、校正等の測定局の管理作業、測定データの確定作業に関する技術移転を行った。

<成果> モンゴル側は大気環境測定局の維持管理ができるようになり、Agaar.mnでモニタリングデータが常時公表されるようになった。



測定機材のメンテナンスの様子



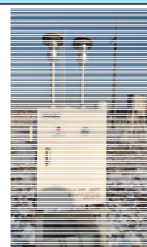
Bayankhoshuu大気環境測定局(2016年5月供与)

10

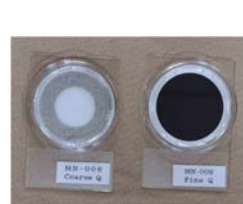
(4) 大気中濃度の発生源寄与の推定(フェーズ1~3)

<活動> 大気中PMを採取する機材を供与し、大気汚染排出量の推計と拡散シミュレーションによる大気汚染状況の把握を行い、大気中のPM採取とPM成分分析・PMF解析に関する技術移転をNAMEM、CLEM、DAAEPに実施した。

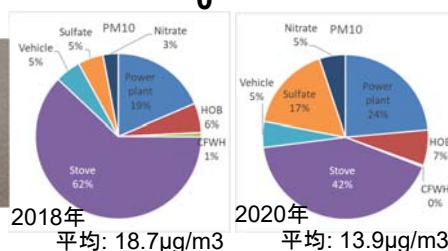
<成果> モンゴル側は、排出インベントリ報告書が作成できるようになった。また、発生源と大気環境濃度の寄与率との関係が解明した。IRIMHEが作成した大気汚染予報にプロジェクトの排出インベントリが活用されている。



PM採取装置(CLEMへ供与)



PM採取後のろ紙



- ・ 改良燃料への転換により、家庭用小型ストーブのPM10濃度の寄与割合が62%から42%と減少した。一方、家庭用小型ストーブのSO₂濃度の寄与割合は64%から86%に増加した。
- ・ 改良燃料への転換は、PM10濃度低減につながる対策である。一方、SO_x排出量及びSO₂濃度の低減のためには、改良燃料に脱硫剤を混ぜる、硫黄分の低い原料炭を使用するなどが必要である。

11

3. 大気汚染対策パイロット事業

- (1) 家庭用改良燃料
- (2) 信号制御の運用変更
- (3) 自動車用の低硫黄燃料及び低排出ガス車の普及
- (4) 自動車のエコドライブの普及
- (5) Remote Sensing Device (RSD) 排出ガス計測装置による路上調査
- (6) バスにPM低減装置を装着

(1) 家庭用改良燃料

<活動>

TTT社の改良燃料の改善方法として、バイオマス混合燃料(BCB)がある。プロジェクトではBCBの環境性能、バイオマス供給可能性、製造コストの観点から技術資料をまとめ、今後のBCBの本格導入可能性に向けたモンゴル側の参考資料を作成している。

【具体的調査内容】

- ① 乾燥したBCBを再製造し、新型ストーブと、旧型ストーブで燃焼試験を実施した。厳冬期でもBCBの強度を含む品質が保たれていることを確認した。
- ② 2023年後半にバイオマスの供給調査を実施し、バイオマスの確保可能性とコストを調査した。その結果、BCB製造に必要なバイオマス供給量が十分にあることが判明した。
- ③ バインダー費用が製造コストに占める割合が大きいため、成形圧力とバインダー添加率の関係を調査した。
- ④ BCB導入に伴う大気汚染の改善効果と製造費等に関する総合評価を行った。



BCB



バイオマス粉碎用
粉碎機

13

(2) 信号制御の運用変更

<活動>

市交通管制センターが2022年12月に本邦研修で学んだ信号調整技術を用いて、2023年1月に17か所の内10か所の交差点の信号調整を実施した。2023年の2月には信号調整実施後の交通現象調査を実施し、2023年4月に信号制御の効果を評価した。

<成果>

信号制御を実施した結果、交通量の増加、渋滞長・旅行時間が短縮する効果がみられた。パイロット事業及び本邦研修で習得した技術の活用により、交通管制センター職員の交通渋滞に対する取り組み方に変化が認められ、交通対策を積極的に実施していこうという姿勢が見られた。

<課題>

交通状況の根本的な改善には、信号調整や信号システムの更新だけで難しく、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ある。



信号制御システム

14

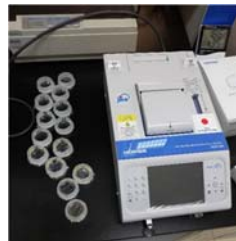
(3) 自動車用の低硫黄燃料(Euro 5燃料)及び低排出ガス車の普及

<活動>

- JICAプロジェクトは、鉱業重工業省に硫黄分析計を供与し、ガソリンスタンド等で販売されている燃料の硫黄分を計測した。
- JICAプロジェクトは、低硫黄燃料によるSO₂の削減効果の試算、低排出ガス車の普及による大気汚染物質の削減効果を試算し、低硫黄燃料及び低排出ガス車の普及に向けた広報活動を実施した。

<成果>

- 低硫黄燃料(Euro 5基準燃料)の導入については、2022年4月22日付で大気法の改訂で大気法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ことが追加された。
- Euro5 燃料の輸入量が年々少しずつ増加しており、普及が少しずつ進んでいる。



燃料中の硫黄分析計

15

(4) 自動車のエコドライブ普及

<活動>

- JICAプロジェクトは道路運輸開発省にエコドライブ支援機器を20台供与し、設置した自動車の運転手にエコドライブ教育を実施し、エコドライブを実践している。
- 通常運転時とエコドライブ時の車載型排ガス計による排出ガス測定及び運行データの収集を行い、UB市においてエコドライブ実施により期待される大気汚染物質の排出抑制効果を確認した。
- エコドライブによる大気汚染物質の排出抑制効果を知らせるため、エコドライブを広く市民を対象とした普及活動を行っている。



エコドライブ測定機器

16

(5) Remote Sensing Device(RSD)排出ガス計測装置 による路上での調査

<活動>

- DAAEP、国家交通センター、国家交通警察らとRSDを用いた排出ガス計測調査をUB市の料金所等で実施し、RSDとオパシメータによる計測値から、RSDを用いた運行規制を実施する際に使用するRSDのスモークの排出基準値を作成した。
- 路上検査における作業手順、調査体制、検査の運用方法を整理した技術ガイドラインを作成している。



RSD排出ガス計測
装置による調査

17

(6) バスにPM低減装置を装着 (Diesel Particulate Filter: DPF等)

<活動>

- PM低減装置(DPF等)では、業務関連指示書を作成した。
- 「モンゴル国ディーゼル路線バスのDPFによる黒煙低減計画に関する普及・実証事業」によりDPFを装着したバスが廃車となる。廃車予定の車両に搭載されているDPFを活用するため、UB市公共交通局から他の車両への載せ替えを依頼され、バス2台に対するDPFの載せ替えを行った。



DPF

18

まとめ

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

フェーズ1～3の技術移転を通じて、モンゴル側がHOB、ゲルストープ、自動車から排出される大気汚染物質を測定している。また、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た。

モンゴル側は、排出インベントリを定期的に更新している。JETは対策毎のPM₁₀及びSO₂濃度を拡散シミュレーションで評価を行った。

2. 大気汚染に関わる戦略、方針、意思決定

更なる環境性能の高い改良燃料、BCBの本格導入に向けて、燃料試験結果、バイオマス確保可能性、及び製造コストに係る技術資料をまとめ、意思決定機関に提言している。

19

まとめ

3. 大気汚染対策の策定と評価

パイロット事業のPM₁₀及びSO₂濃度の評価結果に基づき、パイロット事業の大気汚染対策効果を比較することを通じて、本格事業の大気汚染対策策定に活用できるようにしている。

4. 大気汚染対策の実施

モンゴル側は、TTT社が製造した改良燃料を2019年から使用開始し、PM濃度の低減が図られた。

パイロット事業である低硫黄燃料及び低排出車が、自動車の大気汚染対策として導入が開始された。

5. 全体

パイロット事業を本格事業に展開させるためには、予算確保に向けて、対策に要する費用と時間を見積もり、対策案の効果を評価するための検討項目に加えることが必要である。

20

ご静聴ありがとうございました





3 固定発生源排出ガス測定

U. Jargarbaatar
(大気汚染固定発生源測定担当)

2024年4月18日

1



概要

1. ボイラの排ガス測定
2. 燃料燃焼試験室での排ガス測定

2



ISO17025 : 2017の試験所認定

モンゴル国における認定機関の Mongolian National Accreditation System に固定発生源排ガス測定に関して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、「TL 176号」認定証明書を受領した。



3



ボイラ測定

ボイラの排ガス測定は以下のMSN排ガス基準を遵守しているかの確認のため実施。

測定項目はCO、Dust、SO₂、NO_xの4項目

- MNS5043 : 2016 4.2MW以下定格容量の暖房用温水ボイラ。技術要件
- MNS5919 : 2008 発熱および発電所、蒸気・熱湯ボイラー使用時に空气中に排気される煙中の大気汚染物の容認できる最大値、その測定方法

4

ボイラの排ガス測定



5

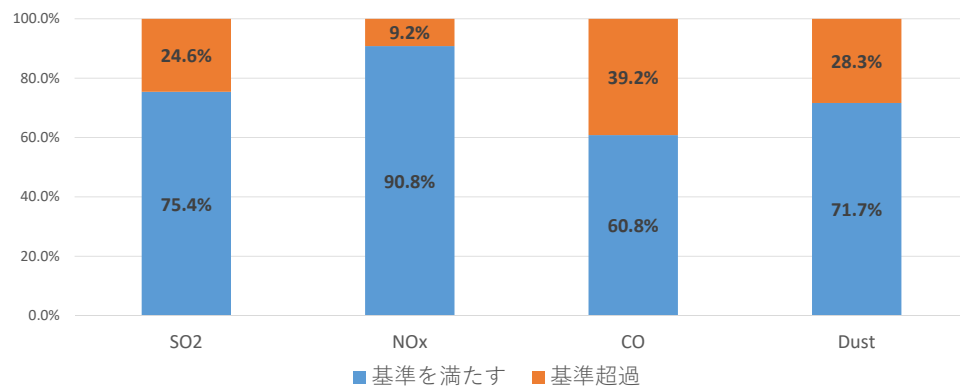
2019年から2023年の5年間で240カ所のボイラを測定した。

排ガス測定状況

	測定数	基準内	基準超過
2019	90	37	53
2020	48	17	31
2021	9	2	7
2022	50	23	27
2023	43	33	10
合計	240	115	128
割合		47.3%	52.7%

6

発電所、蒸気ボイラおよび温水ボイラにおける排ガス測定結果の排出ガス基準達成状況



7

燃料燃焼試験における排ガス測定

個人事業者の依頼で改良燃料、生石炭、着火剤、ペレット等の排ガス測定を実施している。

測定結果はMNS5216：2016暖房用 ゲルストーブの技術要件と比較して、依頼者に報告している。

8

燃料燃焼試験における排ガス測定



9

燃料燃焼試験における燃料排ガス測定

1. 2019年は、TTT社の改良燃料を19回測定した。
2. 2021年はUB市やTTT社等の製造業者の依頼で、全45サンプルの排ガス測定を実施。
3. 2022年は、エネルギー省、UB市やTTT社等の製造業者の依頼で改良燃料とミドリング併せて、合計70サンプルの排ガス測定を実施。
4. 2023年はエネルギー省、国家環境汚染削減委員会、UB市議会やTTT社等の製造業者の依頼で着火剤と改良燃料併せて、合計66サンプルの排ガス測定を実施



2021年以降 燃料燃焼試験室での燃料の測定依頼が多くなっている。

10

ご清聴ありがとうございました

11

4.1 大気質モニタリングとそのデータ情報

大気質問題担当の専門家D. UNURBAT
Ulaanbaatar, 2024

汚染発生源



2

大気質モニタリングをどのように実施しているか。



ネットワーク
プログラム
手法
規則

管理・分析 モニタリング

大気汚染物質の測定
Air pollution measurement

発生源インベントリ
Source inventory

排出計算 (インベントリ)
Emission inventory

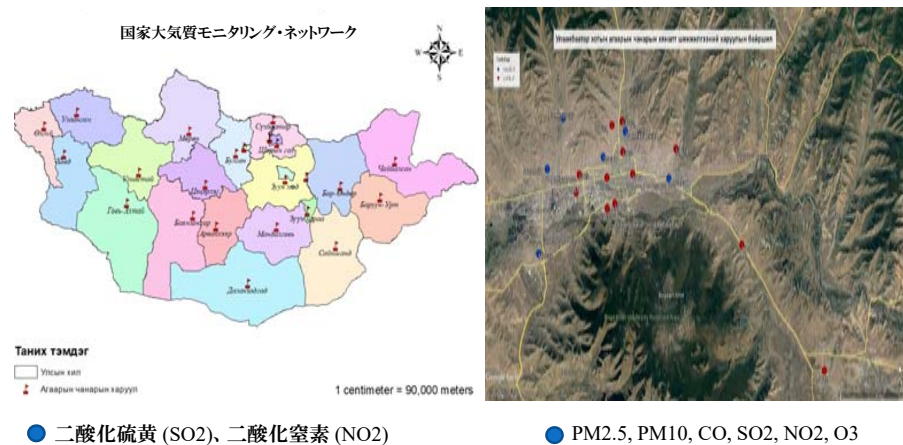
健康影響の評価
Health assessment

3

モンゴル国家大気質モニタリング・ネットワーク

モンゴル国大気質モニタリング・ネットワーク

UB市内の大気質モニタリング・ネットワーク



4

大気質監視自動測定局



NAMEMの大気質監視自動測定局はEN 14212, EN 15267, ISO 10498等の国際基準、又はUSAのEPAにより承認されたTÜV Rheinland研究所に認定されている。

5

大気質モニタリング・データ

大気質モニタリング・データの処理作成

報告書、とりまとめの作成

大気質指標による大気質の評価

大気質モニタリング・データ情報の提供及び公表

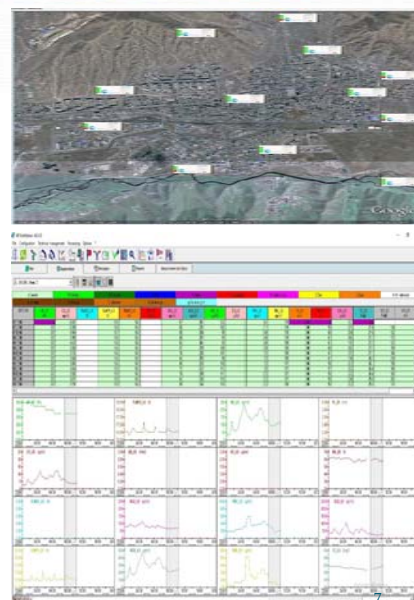
6

1. 大気質測定データの処理

大気質管理測定局からの測定データの処理を行って、正確なデータを情報提供に活用する

大気質管理測定局の測定データの継続性を確保して、迅速な対応でデータベースの更新・構築を行う

時間平均、日平均、月平均、年間平均、及び数年平均値のデータベースを整備する



7

2. 大気質モニタリング報告書、とりまとめの作成

当該地方の大気質モニタリング・データを整理して、日報、週報、月報、冬期、年間の報告書を作成して、結論・とりまとめる

政府及び行政機関の依頼で大気質モニタリング・データの緊急報告・提供を行う

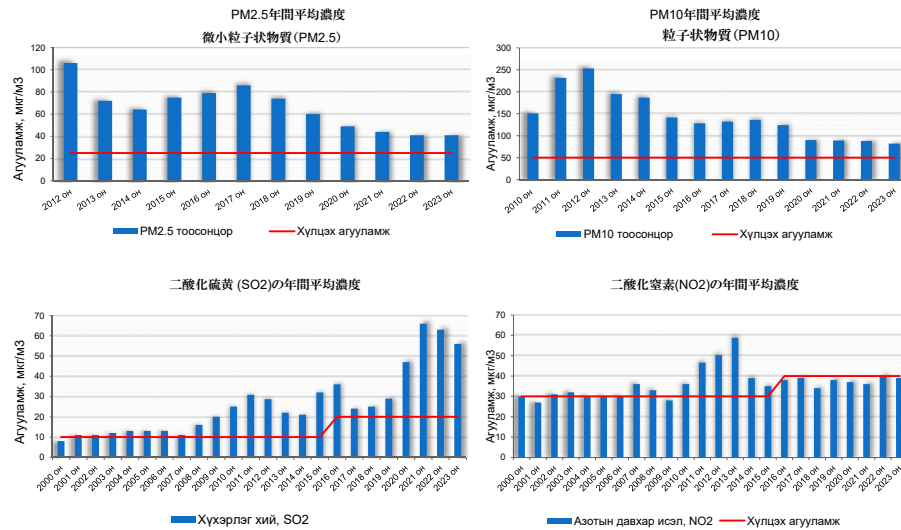
民間企業と事業者・組織の依頼で大気質モニタリングの報告書ととりまとめを作成する

国際機関と協力して調査・分析を実施して、報告書を作成する



8

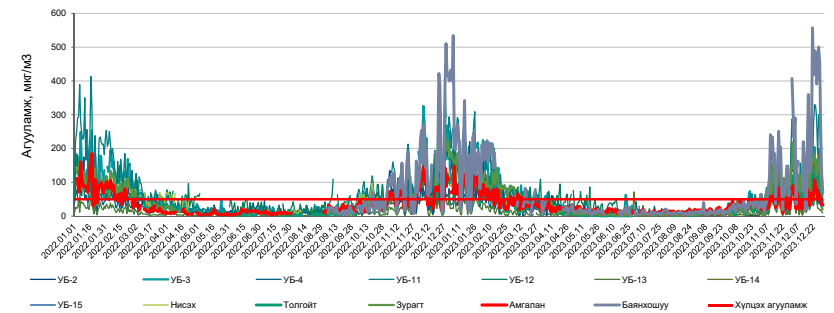
ウランバートル市大気質モニタリング状態（2023年）



9

大気汚染物質の日平均濃度の変化

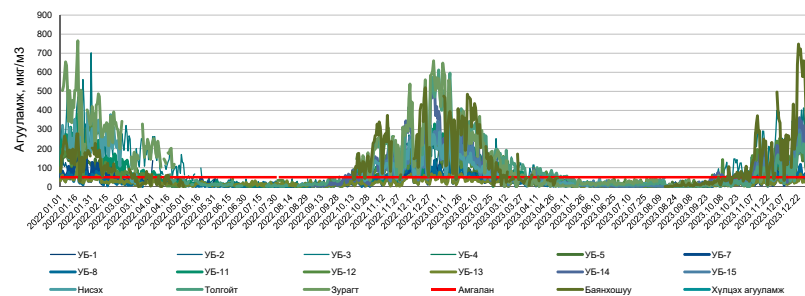
UB市大気環境中の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の24時間平均濃度



大気中のPM_{2.5}の測定が2023年に全13局で行われており、24時間平均濃度が 3985回 測定された中、961回で全測定の 24%が許容濃度を超過している。これは2022年と比べると 85 % が高い結果である。2023年に最大濃度はBayankhoshuu周辺では 510 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達していたが、2023年に同じくBayankhoshuu周辺では557 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達して、許容濃度より11.1 倍高く、前年同期と比べると増加している。

10

UB市大気環境中のn (PM₁₀) の24時間平均濃度

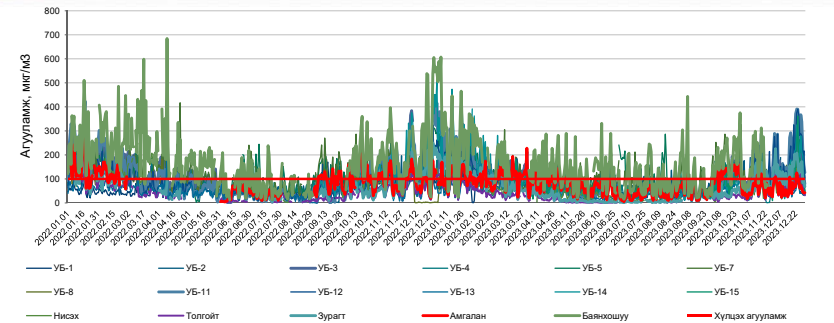


大気中のSO₂の測定が2023年に全17局で24時間平均濃度の測定が5586回実施された中、1579回で全測定の 28%が許容濃度を超過している。これは2022年と比べると、28%で低くなっている。

モニタリング結果から見ると、SO₂の 24時間最大濃度はBayankhoshuu周辺では 748 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達して、許容濃度より14.9倍高くなっている。一方、2022年の最大濃度は MNB局周辺では765 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達していたが、2023年の最大濃度 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で低い結果となっている。

11

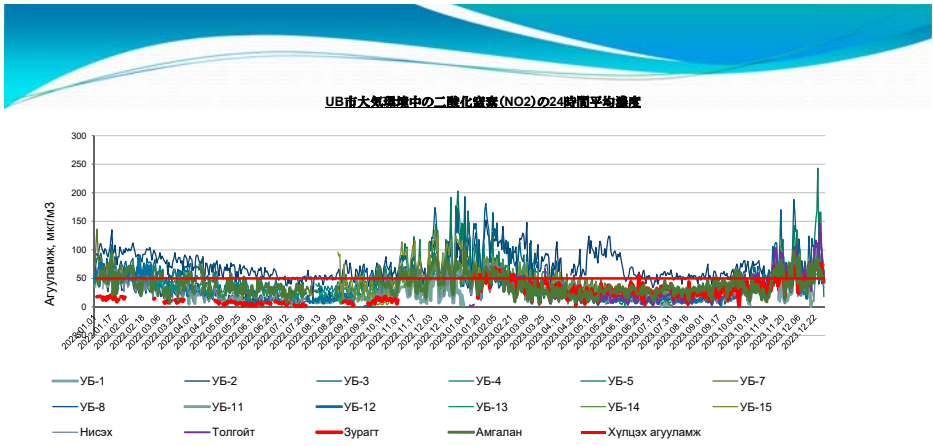
UB市大気環境中の粒子状物質 (PM₁₀) の24時間平均濃度



大気中のPM₁₀の測定が2023年に全17局で24時間平均濃度の測定が5714回実施された中、1604回で全測定の28%が許容濃度を超過している。これは2022年と比べると、20%で低い。

2023年にPM₁₀の24時間最大濃度はBayankhoshuu周辺では 607 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達して、許容濃度より6倍高くなっている。一方、2022年の最大濃度は同じくBayankhoshuu周辺では684 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達していたが、2023年の最大濃度 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で低い結果となっている。

12

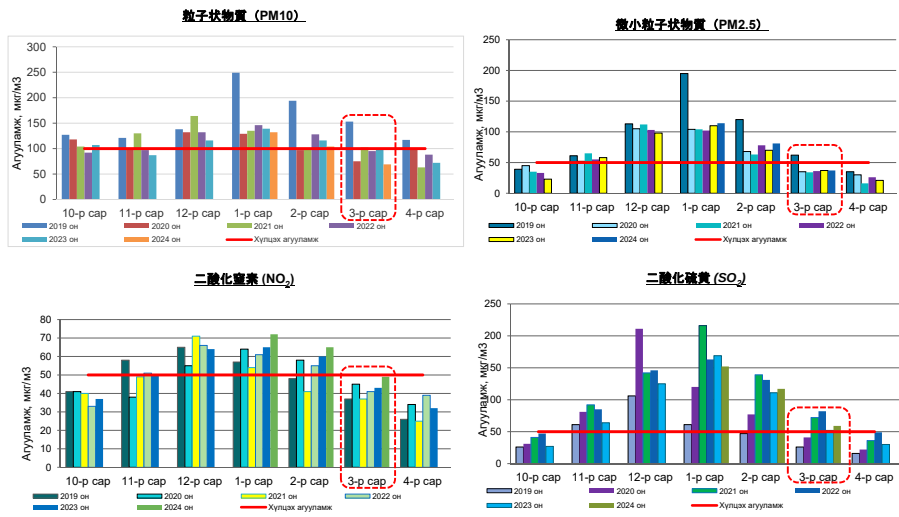


2023年に、NO₂の24時間平均濃度測定が5067回実施された中、1333回で全測定の 26%が許容濃度を超過している。これは2022年と比べると、19%で低くなっている。2023年12月に、NO₂の24時間最大濃度は100世帯周辺では 243μg/m³ に達して、許容濃度より4.8倍高くなっている。

ウランバートル市冬期大気質状態 /2024年3月/

汚染物質名	大気環境基準 MNS 4585:2016	平均濃度、μg/m ³	
	許容濃度、μg/m ³	2023年3月	2024 年3月
微小粒子状物質(PM2.5)	50	37	37↔
粒子状物質 (PM10)	100	98	69↓
二酸化窒素 (NO ₂)	50	43	49↑
二酸化硫黄 (SO ₂)	50	52	59↑

ウランバートル市冬期の大気質状態 /2024年3月/



2022年～2023年UB市気象データ(月平均)

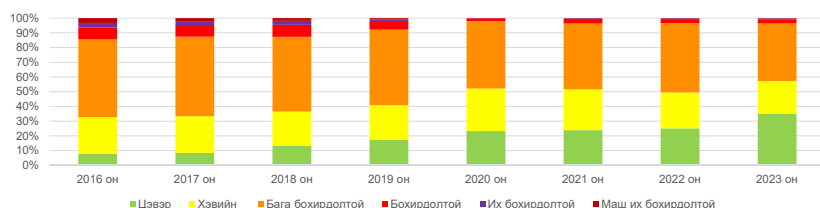
気象項目		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2022 年	平均気温、℃	-17.4	-17.0	-5.5	3.4	11.2	17.1	17.6	14.7	11.8	0.4	-10.5	-20.5
	平均風速、m/s	1.1	1.4	2.4	2.6	2.8	2.8	2.2	1.8	1.8	0.9	1.9	1.4
	月全雨量、mm	0.4	0.6	3.2	6.6	20.6	50.4	79.9	87.8	14.0	12.2	5.2	18.1
	気象項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2023 年	平均気温、℃	-21.0	-13.3	-3.9	0.5	8.8	17.3	17.9	17.0	11.5	4.3	-11.5	-19.1
	平均風速、m/s	1.6	1.7	2.4	2.8	2.6	2.7	2.6	2.2	2.5	2.1	2.0	1.5
	月全雨量、mm	0	0	2.6	12.7	38.6	19.6	128	92.9	44.3	2.6	23.5	8.7

3. 大気質指標(AQI)による大気質の評価

大気質指標の年間総合評価

大気質指標	大気質指標の年間評価、割合、%							
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
キレイ	8%	9%	13%	17%	23%	24%	26%	35%
普通	25%	25%	23%	24%	29%	28%	25%	22%
弱い汚染	53%	54%	51%	51%	46%	45%	49%	39%
中程度の汚染	8%	7%	8%	5%	2%	3%	3%	3%
強い汚染	3%	3%	3%	2%	0%	0%	0%	0.6%
非常に強い汚染	3%	2%	2%	1%	0%	0%	0%	0.4%

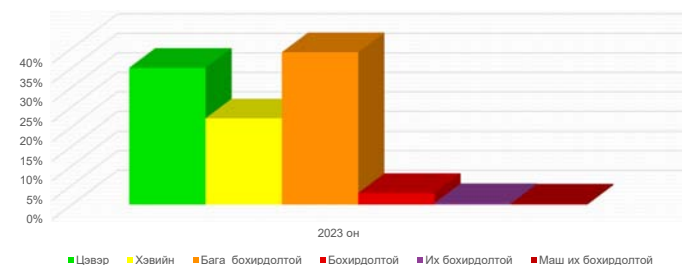
2016年～2023年の大気質指標



17

大気質指標年間総合評価(日数で)

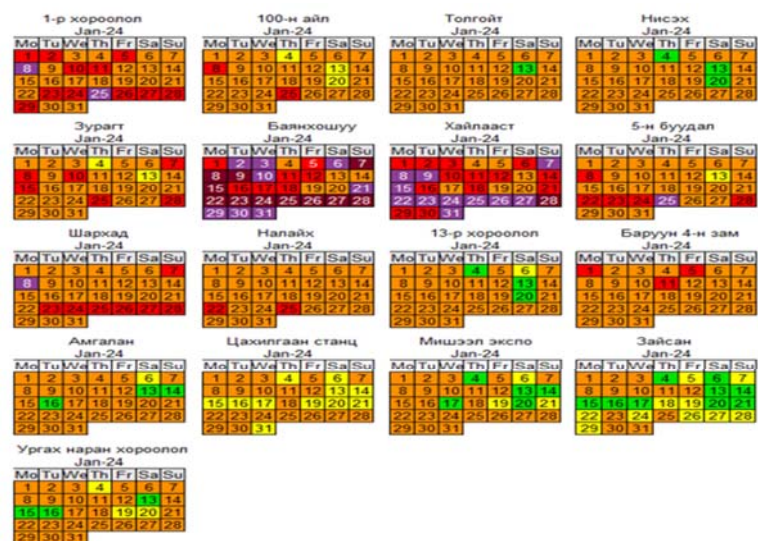
2023年大気質指標



大気質指標	大気質指標による年間評価、全17局(測定局)							
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
指標計算不可能	813	595	856	344	666	570	505	79
キレイ	253	289	498	695	865	1170	1277	2147
普通	794	851	880	952	1077	1359	1241	1365
弱い汚染	1693	1849	1916	2073	1709	2198	2395	2405
中程度の汚染	254	247	308	210	71	152	141	174
強い汚染	103	114	102	70	4	18	23	29
非常に強い汚染	105	70	70	36	0	8	11	17

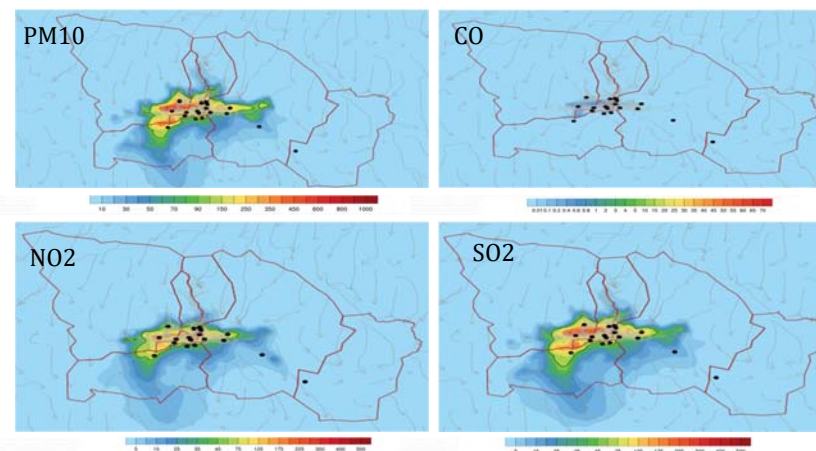
18

2024年1月の大気質指標 /大気質管理測定局/



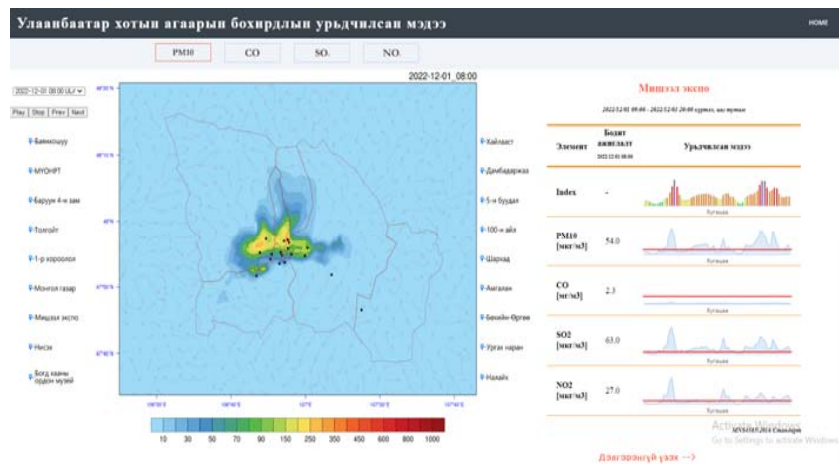
19

予報モデル: WRF-Chem モデルの結果: 日本のJICA技術協力の一環で実施中の『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)の活動結果に基づいて、NAMEMが作成して、www.aqaar.mnを通して公表されている。



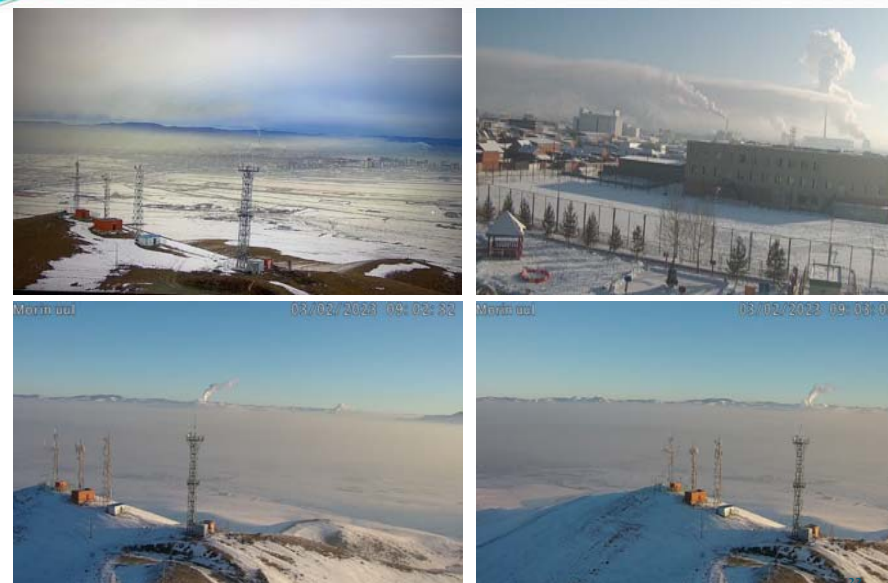
20

予報結果の表示ウェブサイト: <http://ubag.tsag-agaar.gov.mn/>

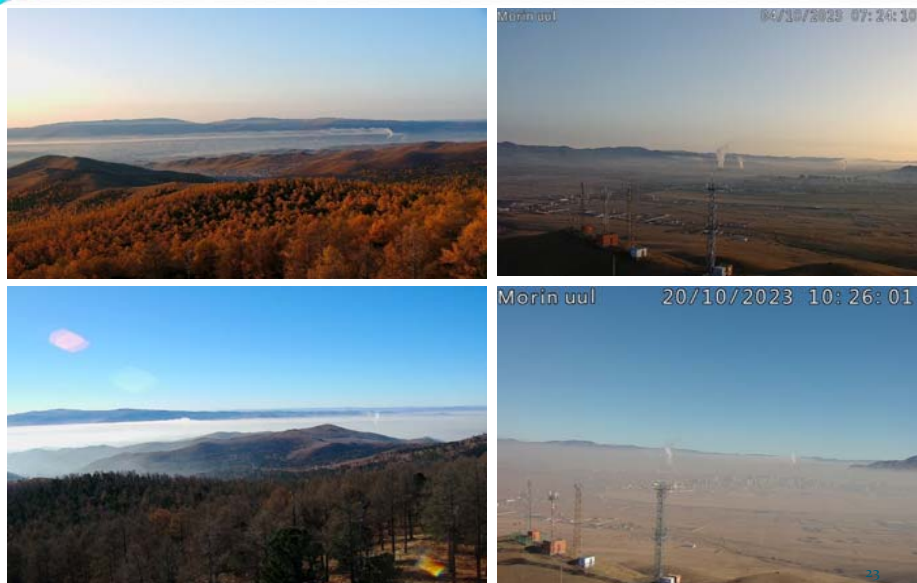


21

監視カメラでのモニタリング



監視カメラでのモニタリング

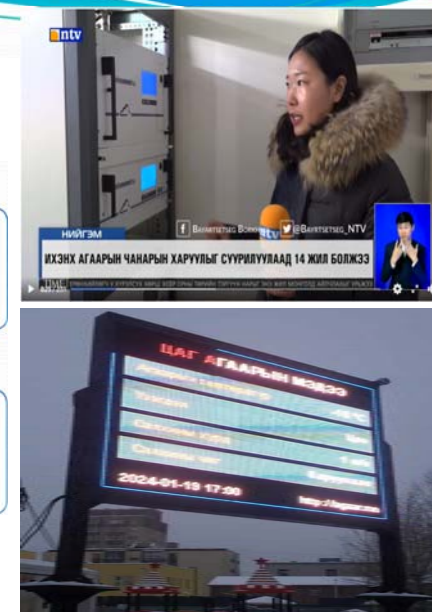


1646

4. 大気質モニタリング・データの随時公表

大気質モニタリング・データを毎日の新聞とテレビ局、ラジオ、インターネットを通して公表を行っている。

大気質モニタリング・データが様々なLEDスクリーン、掲示板等で表示されている。



24



ご清聴、ありがとうございました!



4.2 DAAEP測定局の維持管理状況 (リハビリ、新設、維持管理)

B. Adiya-Ochir (DAAEP)
SAWAKI Natsuji, MAEDA Hiroyuki (JET)
2024.04.18



1



UB市におけるAQMSの運用改善に向けた活動 1 /機材更新/

No	住所	実施した活動	資金源	備考
1	AQMS (Tolgoit, MNB, Nisekh, Amgalan)	SO ₂ -APSA-370, NO ₂ -APNA-370, PM-EDM-180台の機材を一式更新	市の予算による新規購入	既存機材の継続的測定が不可能となったため担当者の判断に基づいて更新した。
2	AQMS (Tolgoit, MNB, Nisekh, Amgalan)	O ₃ -APOA-370型機材の更新	JICA供与機材	UB市の大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ2の一環で供与された。
3	AQMS (Bayankhoshuu)	建屋と機材一式が供与された	JICA供与機材	UB市の大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ2の一環で供与された。
4	AQMS (Tolgoit, MNB, Nisekh, Amgalan)	CO-CO12EやZAG-7001型ゼロガス発生機とESAMデータロガーの更新	UB-CAPIによる更新	既存機材の継続的測定が不可能となったため担当者の判断に基づいて更新した。agaar.mnへの接続に2年を要した。契約している通信サービスが2025年1月に終了するため、agaar.mnへの新たな接続方法を検討している。

2



UB市におけるAQMSの運用改善に向けた活動による成果

	Tolgoit	MNB	Amgalan	Nisekh	Bayankhoshuu	Dambadarjaa
利用開始	2009	2009	2009	2009	2016	2016
SO ₂	更新(2014)	更新(2014)	更新(2014)	更新(2014)	新設(2016)	中古(2016)
NO _x	更新(2014)	更新(2014)	更新(2014)	更新(2014)	無し	中古(2016)
CO	更新(2018)	更新(2018)	更新(2018)	更新(2018)	無し	中古(2016)
O ₃	更新(2014)	更新(2014)	更新(2014)	更新(2014)	無し	無し
PM ₁₀	更新(2015)	更新(2015)	オーバーホール(2021)	オーバーホール(2021)	新設(2016)	中古(2016)
PM _{2.5}					新設(2016)	中古(2016)
データロガー	更新(2018)	更新(2018)	更新(2018)	更新(2018)	新設(2016)	新設(2016)
標準ガス希釈装置	2009	2009	2009	2009	新設(2016)	新設(2016)
ゼロガス発生装置	更新(2018)	更新(2018)	更新(2018)	更新(2018)	新設(2016)	新設(2016)

※UBCAP資金にて2018年に調達されたCO計とデータロガーは、当初はagaar.mnへのデータ転送ができなかった。機材追加・設定変更により利用が可能となったのは2020年である。

3



Bayankhoshuu局

JICAの「UB市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ2」の一環で、2016年に機材一式と建屋を含む測定局が供与され、Bayankhoshuuに設置した。



4

Dambadarjaa局

- 2016年にUB市とソウル市が交わした協力覚書の一環として ソウル市の100%の支援により測定機材が一式設置されたAQMSが供与された。
- ソウル市からデータロガーも供与されていたが、大気環境統合ネットワーク agaar.mnでの表示ができなかった。2021年にJICAに相談し、本プロジェクトでシステムを開発することによりデータ転送ができるようになった。



5

技術能力強化及びセミナー



6

その他様々な診断・修理活動の例

- CLEM・メーカー等の支援（リモート会議システムの利用を含む）を得ての診断・修理・延命措置
- Khangaridの引越に伴う表示装置の移設・更新
- UB市IT部門によるサーバ設定変更に対する再変更要求
- 2025年1月に終了するCloudMQTT通信サービス終了への対応検討



7

今後の対策について

- 2009年以降、稼働中4局について
 - 風速計のデータは計算に使用できない。
 - 風速計は2016年にUBCAPの支援で設置された。静穏時のデータが表示されない。電子機器の設定に問題があると推定している。
 - 2009年にGTZの支援により設置された風速計は静穏時のデータが表示されない。また出力の信号変換装置（アナログからデジタルへ）で誤差が生じている。
 - MNB局の風速計はMNB施設に近い建物の影響が大きい。

8

今後の対策について

- 1. Bayankhoshuu局
 - 1. CO計、NOx計、O₃計の増設が必要である。
- 2. Dambadarjaa局
 - 1. CO、SO₂、NOxの測定再開が必要であり、そのためにはオーバーホールもしくは更新が必要である。
 - 2. 現在のデータロガーが対応していない機種への更新の場合、データロガーの増設もしくはソフトウェアの開発が必要である。

今後の対策について

- 1. 全局共通点
 - 1. 建屋内部結露が原因とされる腐食による復元不可能の故障が発生している。
 - 2. 湿度計のデータを利用する。
 - 3. エアコンの最適な設定による使い方に努力する。
 - 4. 予備機の保管管理の改善を図る。
 - 5. 精度が保証された標準ガスを購入する。
 - 6. 既存のデータ転送システムとの互換性がある機種の調達が必要である。

今後の対策について

- 1. 維持管理について
 - 1.1 消耗品や交換部品の定期的に購入する。
- 2. 制度強化に関する課題
 - 2.1 海外のメーカーと技術的なコミュニケーションや問題解決を行う際に語学能力が不足している。（英語）
 - 2.2 予備人材がいない。夏休みや海外留学などの場合、代わりに担当する職員の育成が必要である。

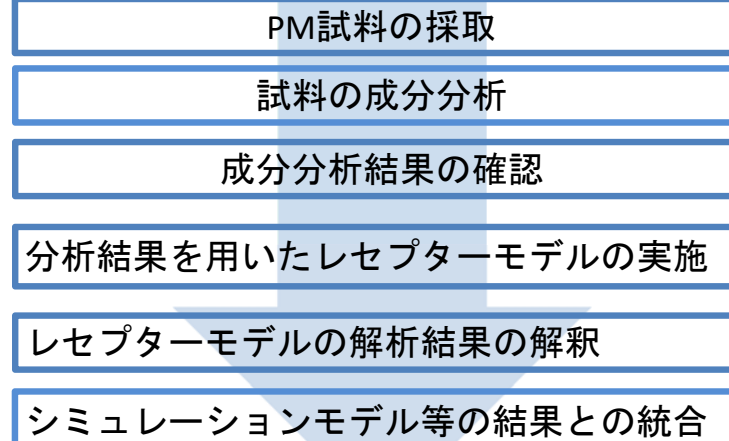
ご清聴ありがとうございました

Capacity Development Project for Air Pollution Control in Ulaanbaatar City Phase 3

5.1 PM成分分析による発生源寄与解析

2024/4/18

PM成分分析による発生源寄与解析の流れ



1

PM試料の採取

Nov. 2021 ~Nov.2022

	地点	特徴	間隔	サンプル数
1	NAMEM屋上	市内中心部の代表点	10日に1回、1年間	Fine/Coarse 各37サンプル
2	Takhilt 気象観測所 (UB-3測定局)	春季の砂塵影響 冬季のゲル影響	10日に1回、1年間	Fine/Coarse 各37サンプル
3	西交差点 (UB-2測定局)	自動車の影響	15日に1回、1年間	Fine/Coarse 各24サンプル
	合計			Fine/Coarse 各98サンプル (合計196サンプル)



2

PM試料の採取



3

PM試料の採取



独立行政法人 国際協力機構

試料の成分分析

• フィルター重量の秤量

- 1) Thermostatic & Humidistatic chamber
- 2) Ultra-Micro Balance

• 化学成分の分析

- 1) Carbon components by TOC* with IMPROV-A procedure ; Elemental & Organic Carbon (EC & OC)

Used filter samples : two punch of QF-1, QF1-CNR, QF-2, QF-3

*: Thermal Optical Carbon Analysis

- 2) Water soluble ionic species by IC** ; SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ and so on.

Used filter samples : half of whole filter; QF-1, QF-2, QF-3

** : Ion Chromatography

- 3) Various major elements by EDXFA*** ; Na, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Fe and so on

Used filter samples : TF-1 and TF-2

***: Energy-dispersive X-ray Fluorescence Analysis

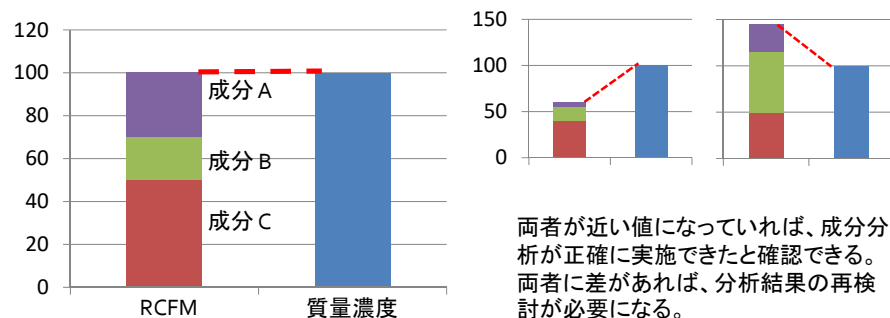


独立行政法人 国際協力機構

5

成分分析結果の確認

Reconstructed Fine Mass(RCFM)



両者が近い値になっていれば、成分分析が正確に実施できたと確認できる。両者に差があれば、分析結果の再検討が必要になる。

RCFMが質量濃度の±10%程度の範囲となる事が望ましい。

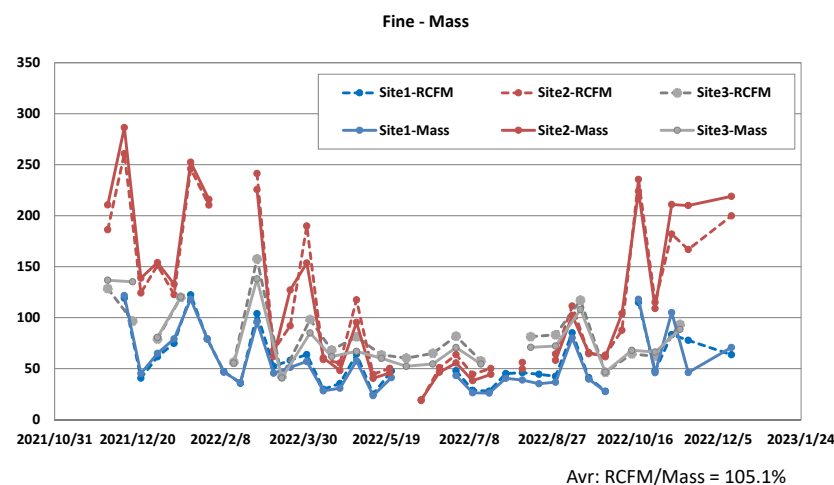
分析結果に基づき各成分を合計

フィルタを実際に秤で測って測定

6

独立行政法人 国際協力機構

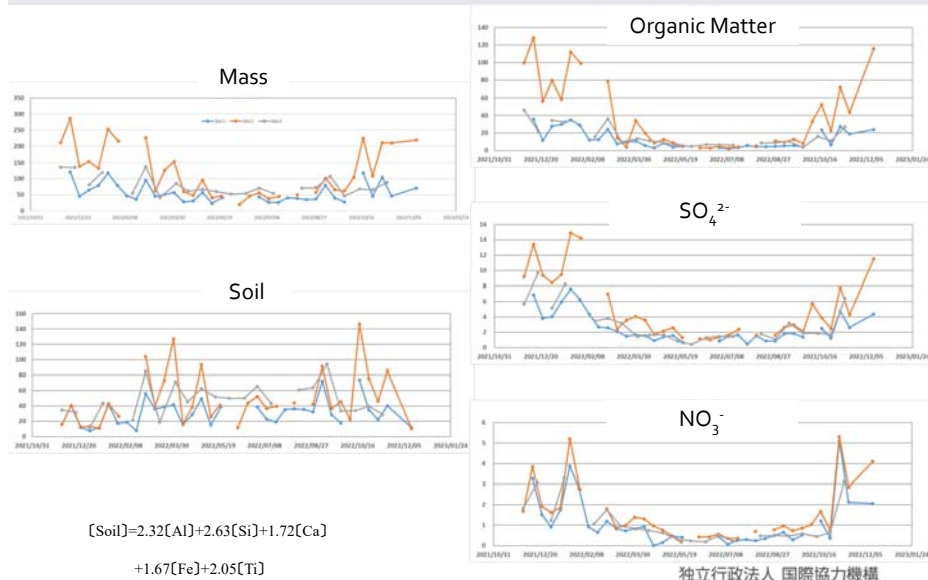
成分分析結果の確認



独立行政法人 国際協力機構

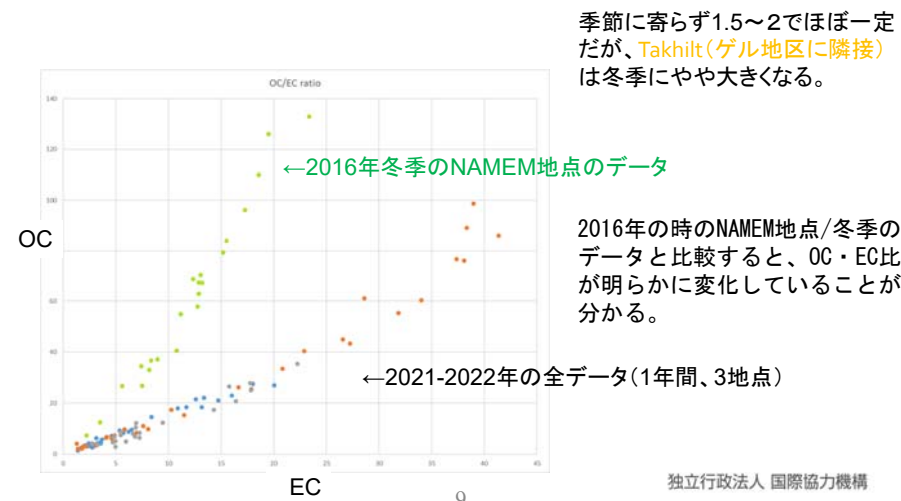
7

成分分析結果の確認



8

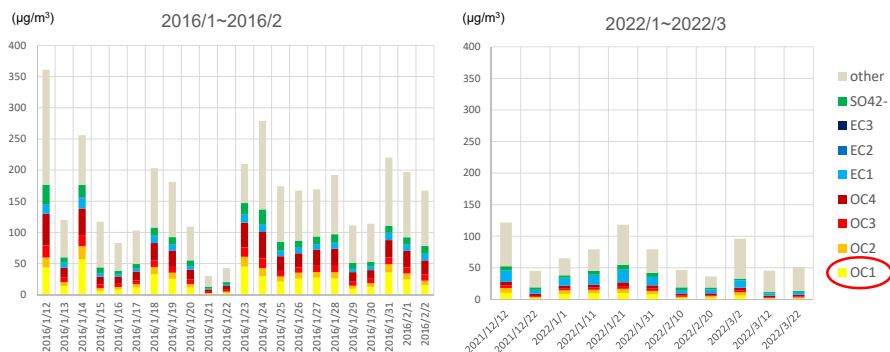
生石炭使用禁止前／禁止後の炭素成分の比較



9

生石炭使用禁止前／禁止後の炭素成分の比較

NAMEM地点の2016年と2022年で、冬の結果のみ抽出して比較



炭素成分の内訳では、特にOC1、OC4の濃度が減っている。ECはそれほど変わっていない。

独立行政法人 国際協力機構

10

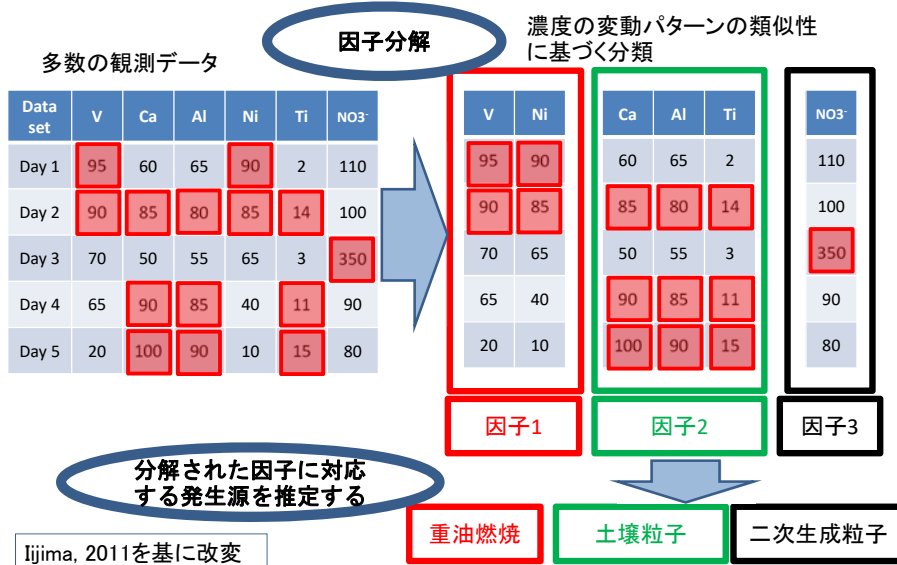
レセプタモデルによるPM発生源寄与解析

- レセプターモデルとは
1セット～数百セットの**大気分析データ**から各発生源からの寄与濃度を推定する解析方法
- 特徴
 - 排出量の情報を必要としない。
 - 排出インベントリが不十分でも、発生源寄与の推定が可能。
 - 大気環境中のPMサンプルの捕集・成分分析が必要
 - 1～数百のPM成分分析データセットが必要。(手法によって必要な数は変わる)

独立行政法人 国際協力機構

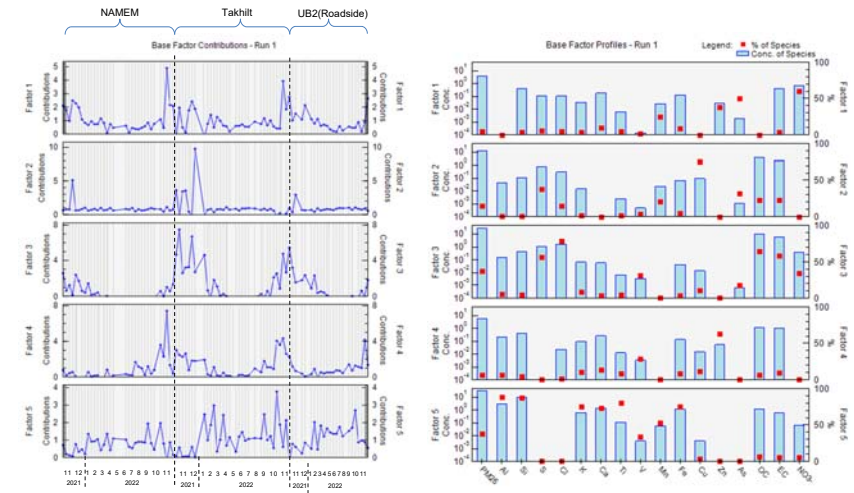
11

PMFモデルの概要



12

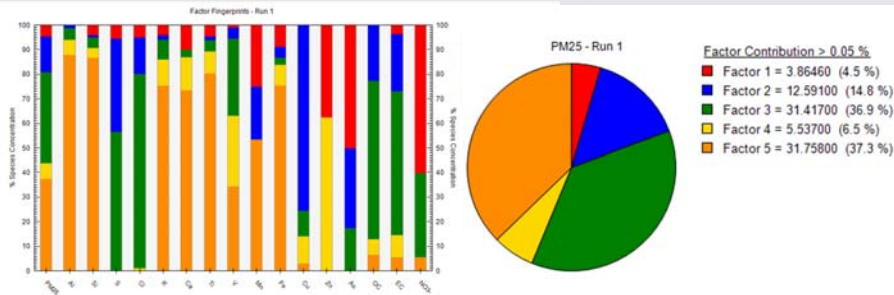
5 Factors (EC/OC)



独立行政法人 国際協力機構

13

5 Factors (EC/OC)



F1	NO ₃ , Asの大部分を占める冬に高い	4.5%	Nitrate
F2	V, Zn, Mgの大部分を占める。炭素は少ない	14.8%	その他の燃焼
F3	OC, EC, Sが多い冬にTakhtilで高い	36.9%	石炭燃焼+OC粒子+Sulfate
F4	MN, Zn, Asなどを含め、炭素が少ないNAMEMで冬に強いピーク	6.5%	非燃焼由来
F5	Al, Siが多い春・秋に多い	37.3%	土壌性粒子

独立行政法人 国際協力機構

14

結論

- 年間を通じた分析により、冬季の高濃度は有機炭素を主体とする凝縮性粒子や、Sulfate等の二次生成粒子の寄与が大きく、一方、非冬季には土壌性粒子の寄与が高いという実態が確認された。
- 改良燃料導入前後を比較すると、PM濃度が低下した要因の一つはVOCにあたる沸点の低い炭素化合物の低下であることが推測された。これは、今後さらに改良燃料を検討する際にも参考となる点である。
- 冬季/非冬季別に土壌性粒子やSulfateを含む石炭燃焼由来粒子の寄与率をそれぞれ推定した。これらの結果は、より実態に即したシミュレーションモデルの構築に活用することができる。

	冬季 (シミュレーション計算対象の11月~2月)	冬季以外	プロジェクトフェーズ2の分析結果 (2016冬季)
土壌性粒子	12.9%	63.7%	9.0%
石炭燃焼 (Sulfate含む)	57.5%	10.6%	68.4%
Nitrate	7.0%	4.7%	6.6%

独立行政法人 国際協力機構

15

Thank you for your cooperation



参考文献:

「浮遊粒子状物質 汚染の解析・予測」(1987) 環境庁大気保全局大気規制課 監修

「微小粒子状物質健康影響評価検討会」(2008) 環境省

Iijima, A.: Air Quality Model5. Receptor Models; *J. Japan Soc. Atmos. Environ.*, **46**, A53-A60 (2011)

Toyonaga et al. : Source Apportionment of PM_{2.5} by Positive Matrix Factorization Model: Review of Existing Methods of the Model and Current Understandings of Source Apportionment in East Asia, *J. Japan Soc. Atmos. Environ.*, **54**, 139-160 (2019)



5.2 Emission Inventory (Activity 2-1-1 ~ 2-1-6)

B. Adiyaochir (DAAEP)
Shinya Nakata (JICA Expert)
2024.4.18



1



Contents



- 01 PDMでの成果2の概要
- 02 発生源インベントリ・シミュレーション実施体制の構築
- 03 発生源インベントリに関する技術移転
- 04 発生源インベントリの更新
- 05 今後の課題

2



1. PDMの成果2の概要

- 1. 成果2
 - 1. 年間を通じて、汚染構造（特にPM）の分析や評価能力が強化される。
- 2. 指標2-2
 - 1. 発生源インベントリの更新及び年報の作成
 - 2. シミュレーションモデルによる大気汚染構造評価
 - 3. 拡散シミュレーション及び成分分析結果を用いたPM₁₀の大気汚染対策の検討

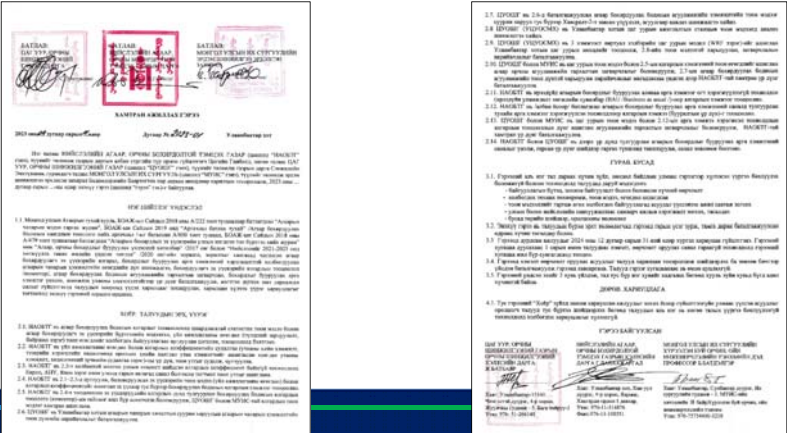
3



2. 発生源インベントリ・シミュレーション実施体制の構築

4

2.1. インベントリ・シミュレーション・大気汚染対策評価に関する共同実施契約



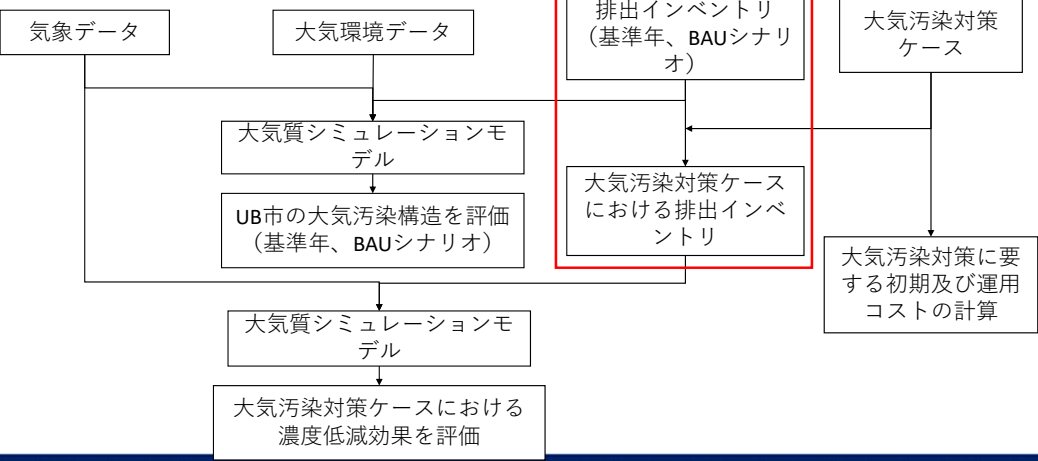
5

2.2. 機関ごとの役割分担

Organization	Demarcation
DAAEP	1. Calculating emissions of reference year 2. Setting the BAU (Business As Usual) scenario 3. Calculating emissions in the case of implementing air pollution control measures 4. Evaluating the air quality control measures and propose the result to higher authorities.
NAMEM	1. Assuring the accuracy of air quality data measured at air quality monitoring stations (AQMSs) 2. Analyzing air quality data 3. Analyzing meteorological data 4. Developing meteorological field by executing WRF 5. Assessing the air pollution structure in reference year by simulation model 6. Assessing the air pollution structure in the case of implementing air pollution control measures 7. Evaluating the air quality control measures and propose the result to higher authorities.
NUM	1. Assessing the air pollution structure in reference year by simulation model 2. Assessing the air pollution structure in the case of implementing air pollution control measures

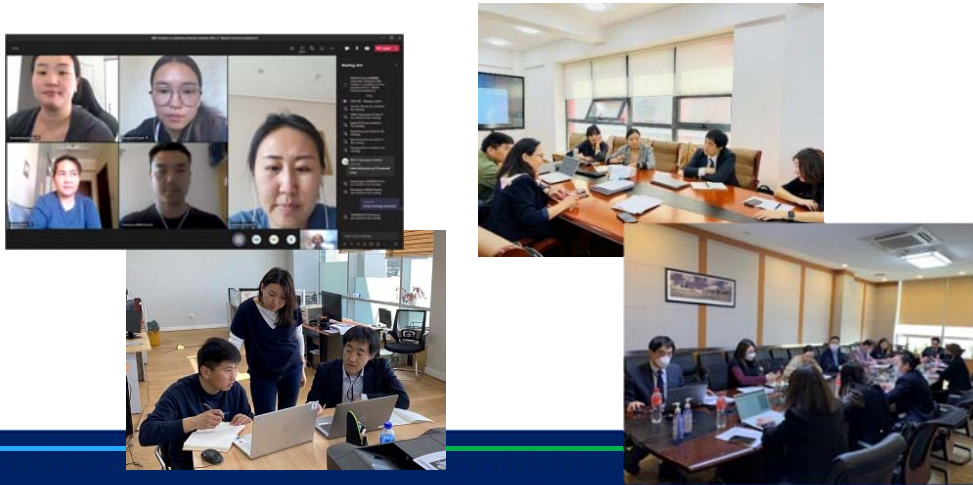
6

2.3. 対策案評価フロー



7

3. 技術移転・実習・セミナーの開催



8

4.1.発生源インベントリの更新

- 登録データ及び測定データを用いて発生源インベントリの更新を行い、排出量を計算した
 - 燃料燃焼試験の測定結果を用いて排出係数を更新した
 - 交通量・旅行速度調査の結果を用いて、活動量を更新した。
- 発生源インベントリ年次報告の作成
 - 2018年、2020年、2021年の年報を作成して、DAAEPのウェブサイトアップロードした。
 - DAAEPは、2022年の年報を作成中である。

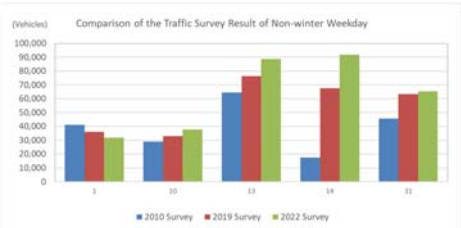
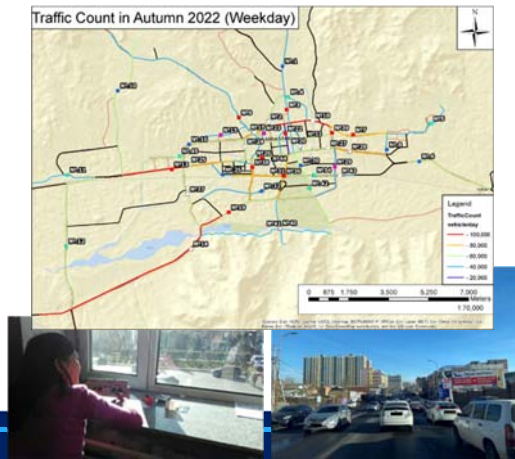
4.2. 発生源インベントリ作成の際の設定 (1)

発生源	項目	設定
火力発電所	活動量	各発電所における月別ボイラ別石炭使用量
	排出係数	各発電所における排ガス測定結果
HOB	活動量	DAAEPが各区に依頼して調査した国家発生源登録データ
	排出係数	ボイラ種類別排ガス測定結果
CFWH	活動量	DAAEPが各区に依頼して調査した国家発生源登録データ
	排出係数	改良燃料での排ガス測定が実施されていないため、家庭用小型ストーブでの排出係数を適用
家庭用小型ストーブ	活動量	DAAEPが各区に依頼して調査したホロー別発生源登録データにおけるストーブ種類別燃料種類別燃料使用量
	排出係数	1. 改良燃料は、2022年以降の燃焼試験による排ガス測定で得られたデータを基に算定（改良型ストーブ、伝統的なストーブ） 2. 木材は、フェーズ2での排ガス測定データを基に算定

4.2. 発生源インベントリ作成の際の設定 (2)

発生源	項目	設定
自動車排出ガス	活動量	1. 幹線道路の交通量は、2019年及び2022年に実施された交通量調査データを適用した。2020年及び2021年の交通量は、自動車車検登録台数の増加率を使って推計した。細街路の交通量は、前年における幹線道路と細街路の走行量比を用いた。 2. 新設道路を反映させた。
	排出係数	1. モンゴルに排出ガス規制がないため、日本の排出ガス規制を適用した。 2. UB市の保有台数データを基に、車種毎に排出ガス規制区分の割合を計算し、その割合を用いて車種毎に排出ガス規制年別排出係数を加重平均して、車種毎の排出係数を計算した。 高硫黄燃料等による触媒の劣化を考慮し、かつ、輸入後2年以上を経過した自動車全てについて、劣化を考慮した排出係数を設定した。

4.3. 交通量・旅行速度調査の実施



Weekday		Morning		Afternoon		Evening		Night	
Link	Outward	Homeward	Outward	Homeward	Outward	Homeward	Outward	Homeward	Outward
1	19.2	37.8	40.2	34.8	26.5	31.9	33.4	49.0	
2	18.1	31.8	4.3	40.4	3.7	43.4	32.3	49.8	
3	4.0	21.2	5.7	26.1	2.3	22.4	18.8	35.3	
4	7.7	17.8	7.8	32.6	4.9	31.3	8.4	41.3	
5	19.2	10.8	9.5	16.0	12.1	10.6	29.1	20.7	
6	29.1	9.0	7.4	2.4	4.1	8.5	22.7	10.8	
7	8.2	12.3	18.6	11.9	3.4	1.9	20.8	34.6	
8	7.0	17.1	5.3	4.9	3.5	30.9	4.9	17.8	
9	8.3	25.7	12.1	10.7	2.4	17.0	18.6	24.2	
10	10.0	6.9	15.7	33.4	18.1	37.9	32.1	14.0	
11	18.9	16.1	12.0	5.9	4.3	18.5	26.6	17.5	
12	24.5	4.3	29.5	8.3	9.4	8.3	39.2	19.8	
13	8.8	3.2	14.6	17.9	13.0	8.2	21.9	32.1	
14	6.9	14.5	6.5	18.3	8.8	6.5	23.1	39.1	
15	2.9	8.1	6.4	14.4	6.0	13.9	27.1	17.9	
16	4.4	17.4	13.1	8.5	2.3	6.7	15.3	15.4	
17	21.8	2.9	10.2	6.1	12.7	10.1	19.0	24.5	

4.4. ストープ利用状況調査の実施



4.5. 2020年～2021年の発生源別排出量の比較

発生源	SOx (ton/year)		PM ₁₀ (ton/year)	
	2020	2021	2020	2021
火力発電所	13,544.3	12,295.3	22,447.1	19,761.4
HOB	1,429.3	1,644.2	1,602.7	1,467.2
CFWH	498.1	561.6	63.2	71.3
伝統的なゲルストーブ	3,437.9	5,196.0	842.1	1,232.9
改良型ストーブ	2,210.6	2,484.9	552.1	601.5
自動車排気ガス（幹線道路）	258.1	374.6	210.7	461.5
自動車排気ガス（細街路）	40.3	58.5	32.9	72.1
道路巻き上げ			3,892.4	2,259.0
火力灰埋立地			1,520.7	2,522.8
合計	21,418.6	22,615.1	31,163.9	30,682.6

今後の課題:

- データの更新改善、実際の測定と調査の実施
 - 発生源登録システムの活用
 - ストーブの排出係数の精度向上
 - コールドスタートを考慮した排出係数
 - 燃料中の成分分析
 - 改良燃料やミドリングで使われる石炭中の硫黄分
- 継続的な排出量の更新
 - 担当者間の技術の引継ぎを十分に実施
 - 共同実施契約に基づいた排出量更新と関係機関との連携

ありがとうございました

5.3 Air Quality Simulation Model (Activity 2-1-7 ~ 2-1-9)

Amarzaya (NAMEM)
Shinya Nakata (JICA Expert)
2024.4.18



1

Contents

1. プロジェクト計画での成果2の概要
2. 発生源インベントリ・シミュレーション実施体制の構築
3. シミュレーションモデルに関する技術移転
4. PM10のシミュレーションモデルの構築
5. 今後の課題



2

1. PDMの成果2の概要

1. 成果2

1. 年間を通じて、汚染構造(特にPM)の分析や評価能力が強化される。

2. 指標

1. 発生源インベントリの更新及び年報の作成
2. シミュレーションモデルによる大気汚染構造評価
3. 拡散シミュレーション及び成分分析結果を用いたPM10の大気汚染対策の検討



3

1660

2. 発生源インベントリ・シミュレーション実施体制の構築



4

2.1. インベントリ・シミュレーション・大気汚染対策評価に関する共同実施契約



2022. gada 12. mēneša 12. dienas

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš

Latvijas Republikas dabas resursu un vides ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš
Latvijas Republikas vides aizsardzības ministrija
Kopējais direktors: J. Kļaviņš



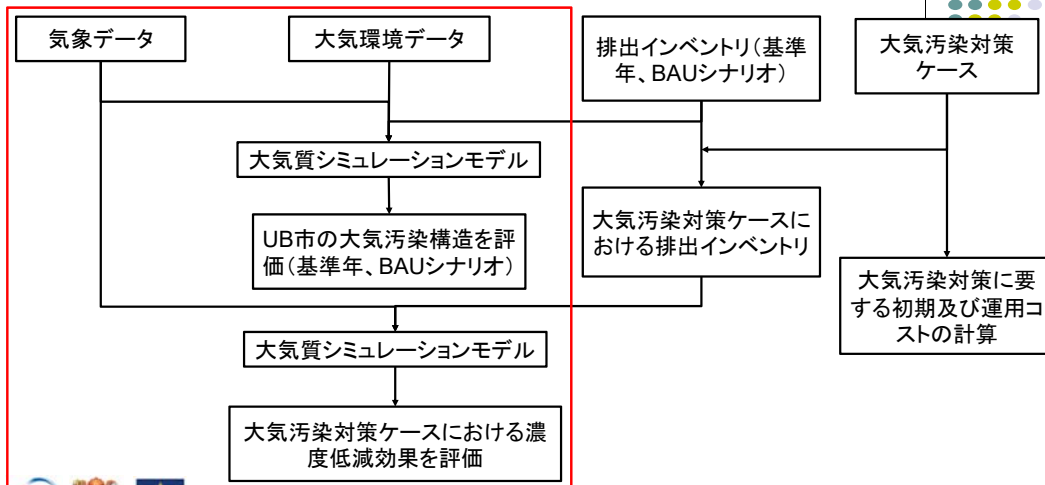
5

2.3. 機関ごとの役割分担

Organization	Demarcation
DAAEP	- Calculating emissions of reference year - Setting the BAU (Business As Usual) scenario - Calculating emissions in the case of implementing air pollution control measures - Evaluating the air quality control measures and propose the result to higher authorities.
NAMEM	- Assuring the accuracy of air quality data measured at air quality monitoring stations (AQMSs) - Analyzing air quality data - Analyzing meteorological data - Developing meteorological field by executing WRF - Assessing the air pollution structure in reference year by simulation model - Assessing the air pollution structure in the case of implementing air pollution control measures - Evaluating the air quality control measures and propose the result to higher authorities.
NUM	- Assessing the air pollution structure in reference year by simulation model - Assessing the air pollution structure in the case of implementing air pollution control measures

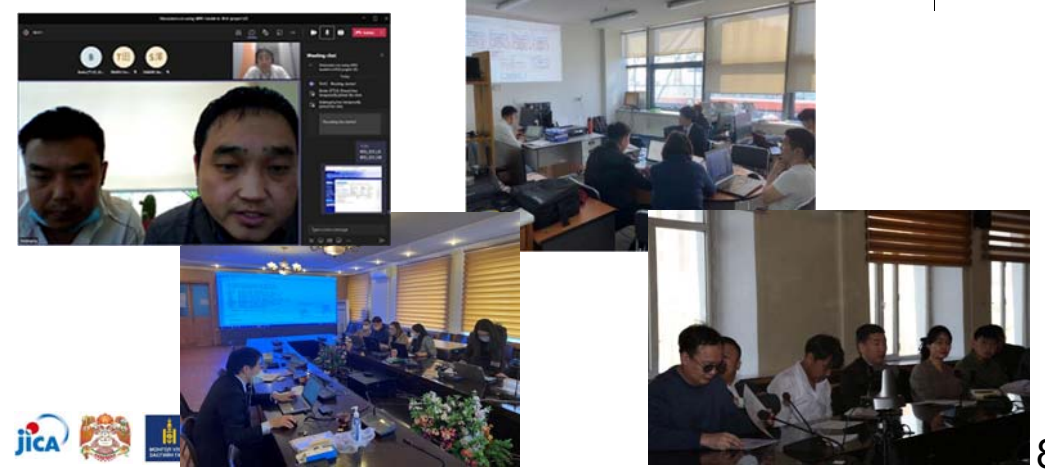
6

2.2. 対策案評価フロー



7

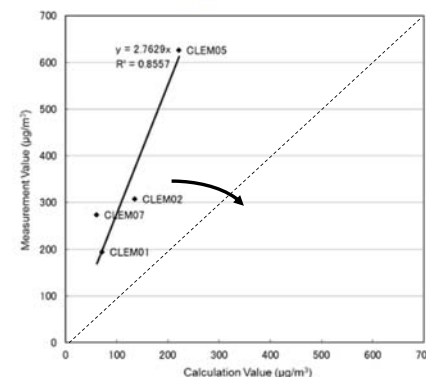
3. 技術移転・実習・セミナーの開催



8

4. PM₁₀ シミュレーションモデルの作成

4.1. PM₁₀の拡散計算の結果と実測値の関係



フェーズ1で実施した拡散シミュレーションでのPM₁₀濃度は、測定局の濃度に比べて過少であった。



原因:

1. 活動量・排出係数の誤差
2. 二次粒子の影響
3. 凝縮性粒子の影響

PM₁₀の拡散計算の結果と実測値の関係

4.2. 気象モデル (WRF) の設定 (1)

Contents	D1 (Whole Mongolia)	D2 (Central Mongolia)	D3 (Whole UB city)
Version	WRF-ARW v4.1.5		
Horizontal Coordinate System	Lambert conformal conic projection Standard Latitude: 30 N, 60 N Standard Longitude: 105.9 E		
Vertical Coordinate System	σ-P Coordinate System The top layer 50 hPa (about 19,000 m)		
Grid Number	160 × 94 × 32	121 × 121 × 32	91 × 91 × 32
Resolution	20 km	5 km	1 km
Height at the Bottom Layer	About 27 m		

4.2. 気象モデル (WRF) の設定 (2)

Contents	D1 (Whole Mongolia)	D2 (Central Mongolia)	D3 (Whole UB city)
Microphysics	WRF Single-Moment 5 class scheme		
Longwave Radiation	RRTM scheme		
Shortwave Radiation	Dudhia scheme		
Surface Layer	Eta similarity		
Land Surface	Noah land surface model		
Planetary Boundary Layer	Mellor-Yamada-Janjic scheme		
Cumulus Parameterization	Betts-Miller-Janjic scheme (d3=0)		
Landuse	USGS (WRF default)		
Data Nudging	Wind, temperature, and moisture vapor (Nudging Coefficient: 10 ⁻⁴ 1/s) - Meteorological data: - NCEP GDAS/FNL 0.25 Degree Global Tropospheric Analyses and Forecast Grids, every 6 hours		
Objective Analysis			

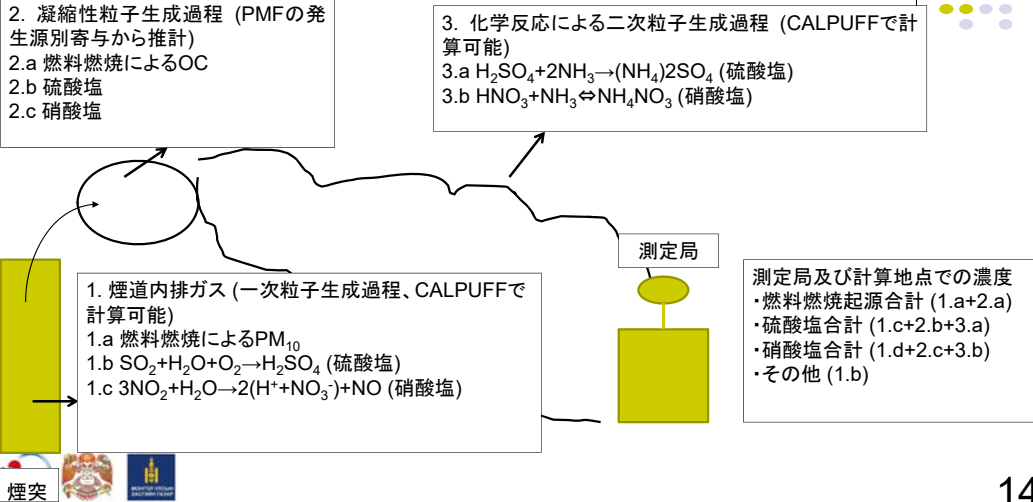
4.3. 拡散シミュレーションの設定

項目	内容
使用モデル	CALPUFF Ver7.2.1
地形データ	SRTM30/GTOPO30 Global Data (0 to 900 m, 30 arc-sec)
土地利用データ	USGS Land Use/Land Cover Scheme Eurasia (optimized for Asia)
気象モデル	WRF-ARW v4.1.5
計算対象領域	UB市中心地域を含んだ34 km × 28 km
解像度	1 km × 1 km
対象汚染物質	SO ₂ , NO _x , TSP, PM ₁₀ , SO ₄ , NO ₃ , HNO ₃ , CO
発生源データ	2020年の排出インベントリ 火力発電所、HOB、CFWH、家庭用小型ストーブ、自動車(幹線道路、細街路)、道路巻き上げ粉塵、 発電所灰埋め立て地からの灰飛散
計算期間	2020/11/1～2021/2/28(冬季)
濃度計算地点	大気環境測定局の位置座標 1 km × 1 kmグリッドの中心座標



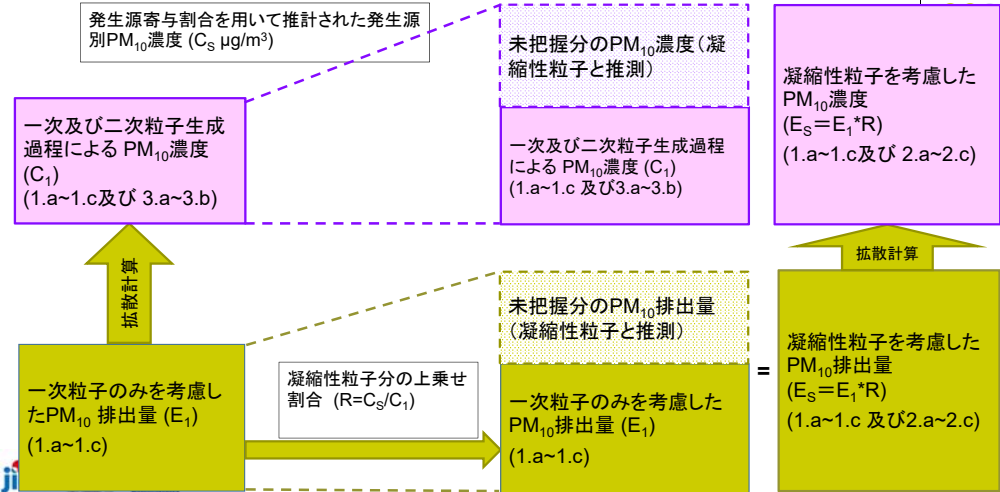
13

4.4. PM₁₀生成過程



14

4.5. 凝縮性粒子生成過程



15

4.6. 因子別濃度及び凝縮性粒子生成過程の割合

	石炭燃焼	木材燃焼	自動車排出ガス	土壌粒子	硫酸塩	硝酸塩	その他
測定局でのPM ₁₀ 平均濃度 (C_{AQ})	123.01						
PMFによって推計されたPM ₁₀ の発生源別寄与割合 (A, %)	40.35	15.19	2.01	12.60	17.15	7.00	5.70
発生源別PM ₁₀ 濃度 ($C_s = C_{AQ} \cdot A / 100$, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49.63	18.69	2.47	15.50	21.10	8.61	7.01
CALPUFFによるPM ₁₀ 濃度計算結果 (C_1 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20.03	12.23	1.61	4.64	8.51	1.40	
$R = C_s / C_1$	2.479	1.528	1.528		2.479	6.132	

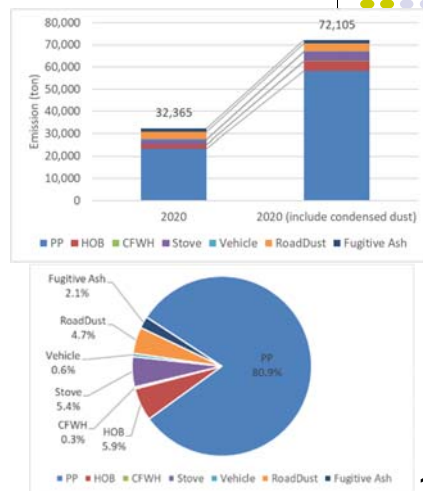


16

4.7. 凝縮性粒子を考慮したPM₁₀排出量の推計(2020年)

	一次粒子として排出	凝縮性粒子分	合計
火力発電所	23,500	34,814	58,313
HOB	1,715	2,536	4,251
CFWH	101	150	252
家庭用小型ストーブ	1,838	2,078	3,916
自動車排出ガス	266	162	429
道路巻上げ粉じん	3,423	0	3,423
火力発電所灰飛散	1,521	0	1,521
合計	32,365	39,741	72,105

単位: ton/year

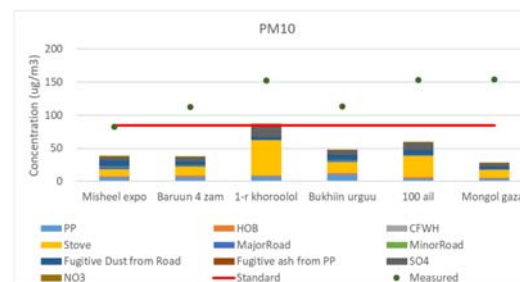


17

4.8. 凝縮性粒子考慮前後のPM₁₀濃度

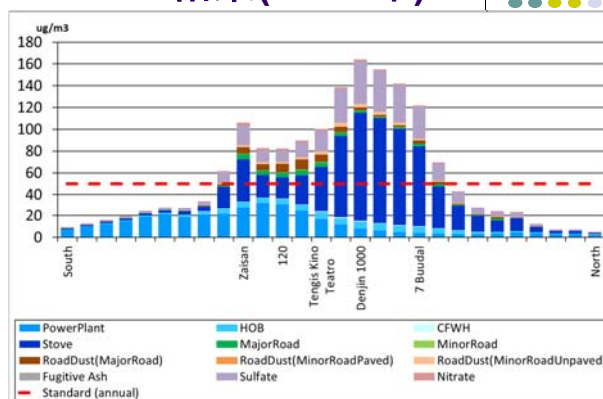
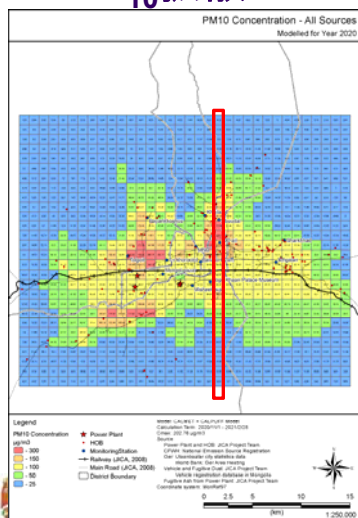
考慮前

考慮後



18

4.9. PM₁₀拡散シミュレーション結果(2020年)



19

1664

5. 今後の課題

- 継続的なシミュレーションの実施
 - 担当者間の技術の引継ぎを十分に実施
 - 共同実施契約に基づいた実施と関係機関との連携
- 大気汚染対策案の評価への活用
 - 対策前後での濃度低減効果を評価
- モデルの再現性、計算の精度 (grid)の改善
 - 山と幅の狭い谷等の地形での濃度を詳細に再現する



20



Thank you for your attention!





ウランバートル市大気汚染削減庁

6.1 車載型排出ガス計を用いた 自動車排出ガス測定

D.SANCHIRBAYAR
2024.04.18

1



目次

1. 車載型排出ガス測定の実現性
2. 調査内容
3. 調査結果詳細

2



1.車載型排出ガス測定の実現性

車検用排ガス測定装置による測定:

後述する車載型排出ガス計における測定に比べ、短時間、安価で数多くの台数を実測できる方法。

しかし、同検査では、アイドリング、あるいは空ぶかし時の値を測定していることから、自動車が道路走行時に排出している量とは異なる可能性。

- 車検用排ガス測定装置は、ガソリン車ではCO・HC、ディーゼル車ではPMを測定。

図1: Bayanzurkh区 車検用排ガス測定装置での計測 (乗用車)



3



プロジェクト目標

- ・モンゴル国の担当者が**車載型排出ガス計を用いた調査を運用** (計測)
- ・モンゴル国の担当者が**同調査結果を用いた排出係数を作成** (更新)
- ・モンゴル国の担当者が**それらの定量的な結果から大気汚染対策を策定**

図2: 車載型排出ガス計の調査イメージ (乗用車)



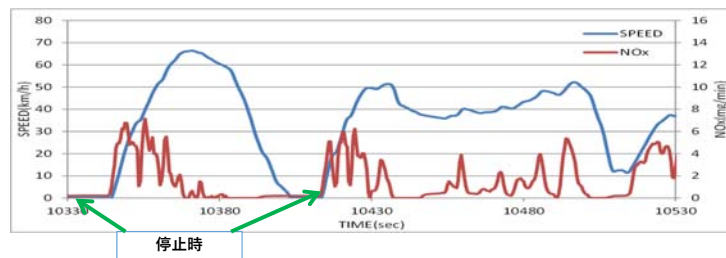
4

車載型排出ガス測定の必要性:

-車載型排出ガス計では、自動車走行時（アイドル～加速～定速～減速～アイドル）の排出量を計測可能（車検用排出ガス測定装置では停止時（アイドル）のみ。）また、GPSデータと併せて解析することにより、排出量の多い場所を特定することが可能。

-機器の設置に時間、費用が必要、短時間で多くの車両の計測は難しい。

図 3.車載型排出ガス計の計測結果例



5

調査結果比較（8月）

(1)調査車両(乗用車1台目:1994年製造)

$$\text{モンゴルMNS 5013-2009 (車検排ガス値) 適合} \times 1 \div \text{日本の2005年基準 (Euro5相当)} \times 200$$

(2)調査車両(乗用車2台目:2003年製造)

$$\text{モンゴルMNS 5013-2009 (車検排ガス値) 適合} \times 1 \div \text{日本の2005年基準 (Euro5相当)} \times 50$$

条件：速度20km/hにおけるNOx排出量の場合

6

調査結果比較(8月)

$$\text{モンゴルMNS 5014-2009 (車検排ガス値) 適合} \times 1 \div \text{日本の2010年基準 (Euro6相当)} \times 8$$

条件：速度20km/hにおけるNOx排出量の場合

$$\text{モンゴルMNS 5014-2009 (車検排ガス値) 適合} \times 1 \div \text{日本の2010年基準 (Euro6相当)} \times 400$$

条件：速度20km/hにおけるPM排出量の場合

7

調査内容

- ・ 走行調査は5日間（走行調査期間が2日間の場合）で実施。

1日目	計測機器の取り付け
2日目	計測機器の取り付け、テスト走行
3日目	走行調査（朝:8時～、昼:12時～、夕:17時～）
4日目	走行調査（朝:8時～、昼:12時～、夕:17時～）
5日目	計測機器の取り外し

8

添加剤使用時の排出ガス計測を行い、添加剤使用による排出ガス低減効果を把握

- 調査車両に車載型排ガス計を取り付け、通常運転、添加剤使用時の排出ガス計測を行い、添加剤使用による排出ガス低減効果を把握した。
- 調査は、燃料添加剤（DIPETANE）を使用しない試験走行を2日間、添加剤を使用する試験走行を2日間実施した。
- なお、添加剤の効果は、添加剤を投入してから約1000kmの慣らし運転が必要であり、1日500km、延べ2日1000kmを走行した。

図 4. 添加剤（左：添加剤、右：添加剤投入の様子）



調査車両は、乗用車（ガソリン車）と小型トラック（ディーゼル車）
表1 車両諸元

車種	乗用車	小型トラック
製造者	TOYOTA	KIA
生産国	日本	韓国
車名	VOXY	BONGO
製造年	2006年	2004年
輸入年	2015年	2019年
排気量	1990cc	2902cc
車両重量	1570kg	1470kg
燃料	ガソリン	軽油
変速装置	4AT	5MT
後処理装置	三元触媒	不明

調査車両

図5 車両外観（左：乗用車、右：小型トラック）



車載型排ガス計

「モンゴル国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」において供与した車載型排ガス計を用いて、乗用車（ガソリン車）はNOx排出量と燃料消費量、小型トラック（ディーゼル車）はNOx排出量、PM排出量及び燃料消費量を計測した。

図 6 車載型排ガス計設置状況



走行調査ルート

- 調査ルートは、平和通り、環状通り及び高速区間を走行する3ルートとした。
- 添加剤の効果の比較のため、添加剤なし、添加剤ありについて、それぞれのルートを2回走行した。

図7. 調査ルート（左上：平和通り、右上：環状通り、左下：高速区間）



13

調査結果

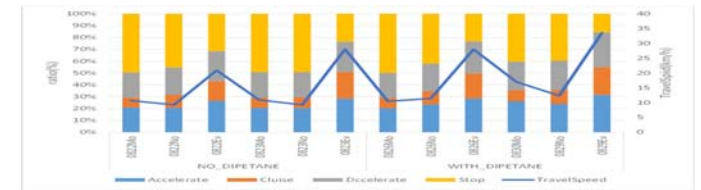
1. 乗用車 (VOXY)

- 走行状況は、若干のばらつきはあるが、添加剤の有無による差はほとんどなく、**添加剤の有無の評価に影響はない**と考える。

各項目の特徴を以下に示す。

- **旅行速度**：添加剤ありの8/29及び8/30は、奇数偶数のナンバー規制が行われていたことから高くなっていた。
- **4モード別走行割合**：添加剤ありの8/29及び8/30は、上記規制のため停止割合が少なく、走行時割合が多くなっていた。
- **加速度ランク別走行割合**：**添加剤の有無による変化はみられない。**

図 8. 4モード別走行割合（乗用車）



14

NOx及び燃料消費量

- NOx及び燃料消費量の測定結果をみると、添加剤の有無によってNOx及び燃料使用量に有意な差は見られなかった。

図 9 測定結果 (NOx) (乗用車)

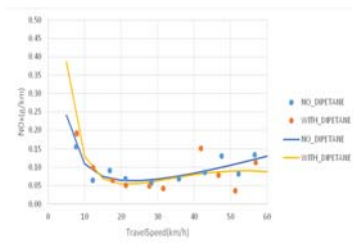
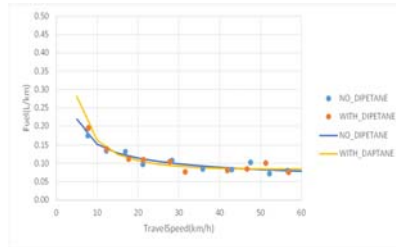


図 10 測定結果 (燃料消費量) (乗用車)



15

2. 小型トラック (BONGO)

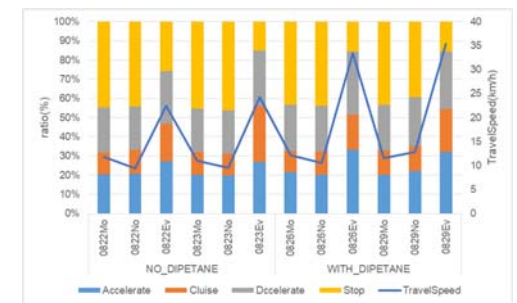
- 走行状況

走行状況は、若干のばらつきはあるが、添加剤の有無による差はほとんどなく、添加剤の有無の評価に影響はないと考える。

各項目の特徴を以下に示す。

- **旅行速度**：添加剤を使用時の2022/8/26、8/30の高速区間で高くなっていた。
- **4モード**：8/22（添加剤なし）の高速区間で停止時の割合が多く、走行時の割合が少なくなっていた。
- **加速度ランク別走行割合**：添加剤の有無による**差はほとんどみられない**が、8/23（添加剤なし）の高速区間で同区間の他運行に比べ加速度の低い割合が多く、8/26（添加剤あり）の高速区間で同区間の他運行に比べ加速度の低い割合が少なかった。

図 11 4モード別走行割合（小型トラック）



16

NOx、PM及び燃料消費量:

NOx、PM、燃料消費量の測定結果をみると、添加剤ありでNOxと燃料消費量が若干増加する傾向がみられた。PMは旅行速度によって変動があり、添加剤による評価はできなかった。

図 12.測定結果 (NOx) (小型トラック)

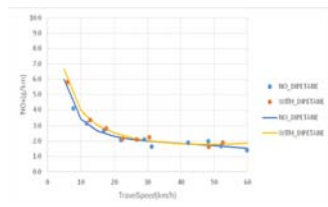


図 13.測定結果 (PM)

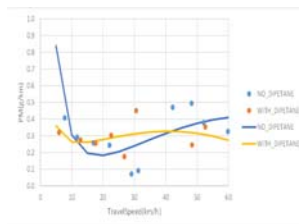
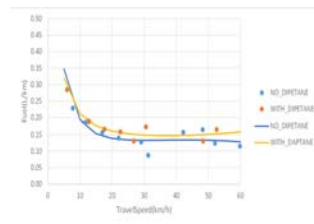


図 14. 測定結果 (燃料消費量) (小型トラック)



まとめ

- ❖ 乗用車（ガソリン車）と小型トラック（ディーゼル車）を用いて、ウランバートル市内の走行ルートで添加剤を使用した場合のNOx、PM（小型トラックのみ）、燃料消費量の改善効果について、車載型排ガス計を用いて検証した。
その結果、乗用車、小型トラックのいずれの車両においても、NOx、PM（小型トラックのみ）、燃料消費量について有意な改善効果を確認することは出来なかった。
- ❖ また、本添加剤は200Lの燃料に対し1L使用するため、仮にカタログ値の10%の燃料消費量低減効果があった場合、燃料は20L（今回の調査では効果はほとんどないため実際にはもっと少ない）が節約されるが、20L×燃料1L当たりの価格（ガソリン92の例：20L×2,500Tg=50,000Tg）より、本添加剤の価格が安価でないと、使用者の価格メリット（燃料費用節約）はない。
- ❖ このように車載型排ガス計を活用することで、自動車排出ガス対策（最新規制車の導入、DPFの導入、添加剤の使用、エコドライブの実施等）の効果を確認することが可能である。今後、自動車対策を進めていく中で、車載型排ガス計を用いて、走行している車両の排ガス量を把握しながら、対策の立案、対策効果の評価に活用していくことが重要である。

ありがとうございました。

各国はどのような基準の燃料を使用していますか？

欧州連合：

- Euro 2 (1996) 公共交通用車輛
- Euro 3 (2000)
- Euro 4 (2005) 全て自動車
- Euro 5 (2009) 乗客及びサービス業の車両
- Euro 6 (2014) 乗客及びサービス業の車両
- Euro 7 (2030 to 2031)

ロシア国Euro 2 (2006)

- Euro 3 (2008)
- Euro 4 (2010-2014)
- Euro 5 (2014-2016)

中国 Euro 2 (2002)

- Euro 3 (2006)
- Euro 4 (2011)
- Euro 5 (2016)
- Euro 6a (2020)
- Euro 6b (2023)

Global Light Duty Vehicle
Emissions Standards

JUNE 2023



● Unknown
● Before Euro 2
● Euro 2
● Euro 4 and above
● No Policy

- モンゴルの使用量の約90%は1996年に発行されたユーロ2規格燃料です。

2

鉱物重工業省

6.2 低硫黄燃料の普及



モンゴル国内閣

2024.04.18

1

法的環境

“大気”環境汚染低減国家プログラム” 2017年。

- 4.3.2 では“ユーロ5基準に適合した、品質基準を満たした燃料の輸入と利用の支援、本基準を満たしていない燃料の輸入と販売・利用の段階的な禁止、燃料性質への管理制度を強化する”、
- 5.2.18では、ユーロ5基準を満たす燃料の割合を2019年には輸入総量の50パーセント、2025年には総量の80パーセントに増やすことが計画されている。

“モンゴル国の規格”

- “軽油。ユーロ” 技術要件 MNS 0216:2017 (2018.10.01)
- “エンジン燃料。非エチル化ガソリン” 技術要件 MNS 0217:2017 (2017.05.16)
- “軽油” 技術要件 MNS 6861:2020

3

モンゴルにおけるユーロ5基準燃料の使用状況

モンゴル国への輸入

ロシア 90-95%

中国 5-7%

その他 2%

2021年
輸入 180万 トン。

ユーロ 5 燃料 31万6800 トン

総量の 14%

2022 OH
輸入 190万 トン。

ユーロ 5 燃料38万3800 トン。

総量の 20%

2023 OH
輸入 240万 トン。

ユーロ 5 燃料23万2200 トン。

総量の 10%

モンゴル国、ユーロ5標準燃料を完全導入へ：

- 中国およびその他の第三国から購入。
- モンゴル国の輸入先のロシアの生産工場がユーロ5燃料に転換。
- 国内製油所が稼働開始。

4

使用に影響を与える要因

- 輸入への依存/ロシアと中国との国境地帯/
- 限られたインフラストラクチャ リソース/港湾能力と輸送量/
 - ✓ 中国と国境を接するShivee khuren・Sekhe、Gashuunsukhait・Gantsmod、Khangî・Mandal、Bichigt・Zuunkhatavchの港に石油製品の輸入と積み替えのための倉庫を設立。
- 標準との価格差 /50-230\$/
 - ✓ 2021年7月6日、モンゴル国会は物品税法を改正し、政府が燃料の関税と特別税の税率を設定することを承認した。
- 使用文化 /安価な価格オプション、ユーロ 5 の重要性//
 - ✓ すべての消費者に Euro-5/K5/ の使用文化を導入し促進する必要がある、JICAプロジェクトのEuro-5/K5/ 燃料専門家や輸入会社と協力して進めている。
 - ✓ 大気法の改訂2022年: “モンゴルの基準によって確立された最高の生態学的分類を下回る、またはこの基準の要件を満たさないカテゴリーのガソリンおよびディーゼル燃料の小売販売を禁止する規定が追加されました。
 - ✓ すべての国有企業は、技術的なユーロ 5 規格製品の使用を入札することに取り組んでいる。

5

モンゴル国、低硫黄燃料の転換

- ✓ 2021年の特別税法には次のようになっていた。: “「副産物」の名の下に特別税が課せられた。しかし、国民が憲法裁判所に提出した訴状により、2023年に無効とされた。
- ✓ UB市に運行する公共交通機関の車両にユーロ 5 燃料を供給する契約を結んでいる燃料流通会社から各カテゴリーの燃料のサンプルを採取し、品質監査を実施するように調整している。
- ✓ モンゴルとロシアの政府間委員会の議定書と計画には、K5/ユーロ5/燃料の供給増加について含まれた。
- ✓ 中国からのユーロ5燃料輸入量は増加している。
- ✓ 鉱業の発展、事業運営にはユーロ5基準を満たすガソリンやディーゼル燃料を使用し、購入量を増やすように企業や国有企業に働きかけている。
- ✓ UB市の公共交通機関におけるユーロ 5/K5/燃料の消費量の増加について議論しており、公共交通機関への燃料供給に関する入札図書の基準に K5 燃料のみを使用するという方針を示されている。

6

意見と結論

短期の目標1-3年:

- ✓ 特別税額は品質や規格に応じて決定することで、ユーロ5以上のエコクラス燃料を低エコクラス燃料の小売価格と同じ価格で販売することが可能となる。
- ✓ 世界各国は自動車から排出される大気汚染を軽減するために、エコクラス高いカテゴリー/ユーロ 5、ユーロ 6/の硫黄、鉛、窒素などの有害物質の含有量が少ないユーロ 5 およびユーロ 6 標準燃料を導入し、政策によって支援され低エコクラスの燃料の販売と使用を禁止する。

中期の目標3-5年:

- ✓ 国内の石油製品の生産工場の設立。
- ✓ 輸入先の国を府やす。

今後:

- ✓ 環境に優しい再生可能エネルギー、電気モーター、その他の代替技術の使用を増やす

7

ご清聴ありがとうございました

8

6.3 低排出ガス車(バス)の導入

JICA専門家
A.Sato

1

1.低排出ガス車の導入

従来のバス(2009年製造)は、NOxでEuro6の8倍、PMで400倍の排出ガスを出している。

$$\text{モンゴルMNS 5014-2009 (車検排ガス値)適合} \times 1\text{台} \equiv \text{日本の2010年基準(Euro6相当)} \times 8\text{台}$$

モンゴルMNS 5014-2009

(車検排ガス値)適合

日本の2010年基準(Euro6相当)

条件: 速度20km/hにおけるNOx排出量の場合

$$\text{モンゴルMNS 5014-2009 (車検排ガス値)適合} \times 1\text{台} \equiv \text{日本の2010年基準(Euro6相当)} \times 400\text{台}$$

モンゴルMNS 5014-2009

(車検排ガス値)適合

日本の2010年基準(Euro6相当)

条件: 速度20km/hにおけるPM排出量の場合

2

1.低排出ガス車の導入

自動車からの大気汚染物質の削減のため、低排出ガス車(Euro V、Euro VIなど)の導入が必要。



モンゴルに輸入する自動車は、最新の排出ガス規制(Euro V、VIなど)に適合した自動車とする。

ただし、排出ガス規制が新しい自動車の高度な排出ガス低減システム(三元触媒、酸化触媒、DPF)を維持するため、低硫黄燃料が必要(鉱業重工業省がEuro5燃料導入に関する法整備を進め普及が開始)。



2024年1月からEuro V バスの導入を開始。600台導入予定。

3

1.低排出ガス車の導入

Euro V バス

項目	内容
型式	ZK6116HG
製造者	Yutong
製造年(年)	2024
排気量(cc)	8400
排出ガス規制	Euro V
定員(人)	75-80
寸法(mm)	10800*2550*3350
排出ガス低減装置	酸化触媒、尿素SCR



4

2. まとめ

- ・Euro5燃料導入のための法整備により、Euro5燃料の普及が進んでいる。
- ・2024年に低排出ガス車(Euro V)を600台を導入予定(4/12現在:565台導入済)。
- ・今後は、DPF付きのEuro VI車両の導入も含め、より低排出な車両の導入を検討するのが望ましい。
- ・Euro5燃料の使用と定期的かつ適切な整備により、低排出ガスの性能を維持し、Euro V バスの運行を継続していく予定。

6.4, 6.5 道路運輸業界 - 大気汚染を削減方針で実施しているプロジェクト /JICA/



ウランバートル市
2024年

1

大気・環境汚染削減の政策



国連、1997 年 12 月 11 日 京都議定書:

議定書に参加した国々は「運輸部門における温室効果ガス（CO2）排出の削減と制限を目的とした対策を実施することについて政策的な対策を実施し、報告することを義務としている。

ガス自動車と電気自動車の使用を促進することで、環境に優しいグリーン開発を促進し、生態系のバランスを維持し、環境の安定性を確保し、現在および次世代に利益をもたらす条件を作り出すことを目指している。

www.mrtd.gov.mn

munkhnasan@mrtd.gov.mn

2

モンゴルの運輸業界の国際的地位

- 官民パートナーシップの枠組み内で充電施設を統合エネルギーネットワークに接続する。
- 再生可能エネルギー資源の活用など、混合システムをベースとしたアクセシブルな充電施設のインフラ整備、
- 政府は公共充電スタンドに一定の補助金を交付し、自社の駐車場やエリアに充電スタンドを設置する企業や個人を対象に電気代の割引・免除、
- 首都ウランバートルではすべての政府車両を電気自動車に移行し、内燃機関を搭載した商用車の走行を禁止、
- 電気自動車の利用を増やすために、税金や駐車料金を免除するなどの対策を実施、
- 政府は新興起業家に電気自動車（EV）の増産、電池リサイクルの研究、イノベーションの分野で資金支援などについて科学や技術機関と協力、
- 自動車のエンジンから排出される有毒ガス（CO、NOX、PMなど）の含有量を制御する制度を構築する調査を行っている。

モンゴルの長期開発政策「FAR VISION-2050」の確実な実施を図るため、道路交通開発省は電気自動車（EV）の利用拡大に向けた中期政策文書を策定し、内閣の4人議員によって承認された。

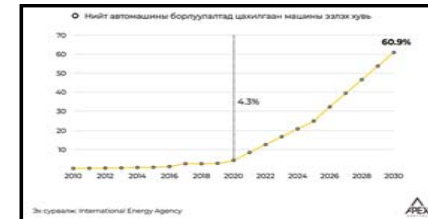
2024年

3

大気・環境汚染削減の政策

2030 年までに、世界最大のメーカーである BMW、トヨタ、GM などの企業は次のように目標である。

自動車産業の総生産能力の35～85%を電気自動車（EV）のみで生産する方針で2050年までに電気自動車（EV）生産100%という「ビジョンゼロ」が掲げられている。



- 世界的なトレンドに加わり、
- 環境に優しい仕組みを作り出すために電気自動車のインフラを整備、
- 輸入電気自動車の増加、
- 使用者の理解を深める、
- 法的環境を整える、
- 関連する基準と規制を策定し、実施する必要があります。

4

官民パートナーシップによる充電施設の建設

自動車から排出される 大気汚染物質の割合	2022	2030	2050
	15%	5%	0%

環境に優しい自動車の導入

- 2024年4月15日の時点で、モンゴルの車両登録システムには、1,250台の電気自動車登録された。
- ウランバートルには、20~60kWの定格容量の充電施設が50台、地方には20台が設置されて運用している。

充電施設定格容量

	普通/低速	中速	高速	急速
期間	10-12時間	8時間未満	3-4時間	30分
電池の充填	100%	100%	100%	80%
使用電流	交流(AC)	交流(AC)	交流(AC)	直流(DC)

1.現在の3か所に11台の充電器が46台の大型バスを充電しているが2025年に大型電気バスの台数が300台に達すると25か所に100台の充電ステーションが設置され、一度に3~5台のバスを充電できるようになる。

2. 2030年に電源付き自動車の台数が3万台に増加したら、自動車を充電するための普通、中、高速の充電器の台数は現在の25台から40倍に増加し、充電ステーションの台数は1,000に増加する必要がある。

3. 公共交通サービスにおける電気バスの利用のための充電施設のインフラは、国有企業と協力して確立される。

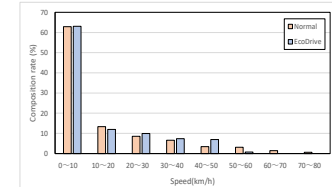
4. 50台以上の駐車スペースを有する大型ショッピングモール、公共・民間企業に対して、電気自動車の通常充電施設を備えたポイントを段階的に設置し、電気自動車の利用を増やす。

電気自動車の生産：2016年の時点で100万台の電気自動車が走行しており、2024年3月までに世界中の電気自動車の総数は3,000万台に達すると予想されます。現在、毎月さらに100万台の電気自動車が市場に供給されています。

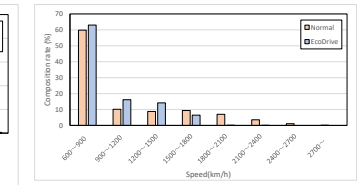
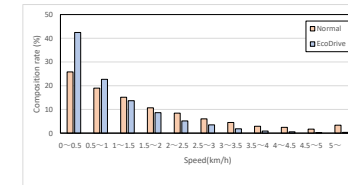


エコドライブ導入パイロット事業

- エコドライブ支援機器は交通の安全監視装置です。
- この装置により、車両の走行データを毎分受信してメモリカードに保存し、車両を管理できる製品です。
- 走行中の車両の速度、位置、エンジン回転数、道路状況、運転状況などを検知機器やカメラで把握できる監視装置である。
- この装置は日本国内で製造されており、当メーカーがISO 39001認証を取得している。



JETが車載計による大気汚染物質等の排出状況より、モンゴルにおけるエコドライブ実施内容を整理し、ドライバーにエコドライブ教育を実施して、エコドライブによる走行調査を実施した。



エコドライブ前後の速度、加速度、エンジン回転数のランク別頻度を比較すると、速度、加速度、エンジン回転数の高い領域の頻度が減り、低い領域へシフトした事がわかる。

走行する車両の排出ガスを次々に瞬時に計測し、評価が可能なRSD (Remote Sensing Device)

- モンゴル国では、車検の排出基準を満たしていない自動車が全体の1割~2割に達しており、自動車による大気汚染が深刻となる原因の一つとなっている。
- 排出基準を満たしていない自動車の運行を制限する法的規制があります。/車検場の検査により決定/
- RSDを用いた路上検査を実施するのは時間とコストを制御できるという利点がある。
- 走行する車両の排出ガスを瞬時に計測し、評価が可能なRSD (Remote Sensing Device) を用いた運行規制を導入すること、大気・環境汚染削減国家プログラムで定められている。

パイロットプロジェクトでは、西の料金所、UB市内の路上にRSDを設置し、通行する車両の排出ガスを計測し、取得したRSD計測値とオパシメーターの計測値から関係を明らかにし、MNSに規定されている排出基準（オパシメーターで40%）に対応するRSDの排出基準値を作成する。作成したRSD排出基準値を用いた運行規制の導入に向け、規制内容、罰則金、整備命令の検討や条例等の法整備を道路交通開発省と協力して進め、道路運輸開発省及びUB市公共交通サービス局がRSDを導入し、いつでも路上検査ができる体制を構築する必要がある。



調査結果からの助言

- RSDのSmokeの値は走行状態（負荷のかかった状態）、オパシティの値はアイドリングの状態（無負荷）であることも関係性が見られない一因である。UBの車両はDPFが装着されておらず、排出ガスのコントロールはエンジンの燃焼制御に頼っているところがあり、日本より高濃度の出現割合がかなり大きい状態にある。
- 上記の結論から、検査回数を増やす必要がある。
- 関連する規格の要件を更新
- 道路上の検査制度の改善対策が重要である。
- 検査機器を先端技術の要件に適応させる。
- 従って人事の教育とそれに関する課題を解決する必要がある。

ご清聴ありがとうございました





交通管制システムの運用に必要となる信号灯火時間の調整に関する技術を習得するために、交通技術全般の学習、交通現象調査結果を用いた信号灯火時間の調整について実習を交えて学習するとともに、将来の交通管制システムの運用に向けた能力を身につけることを目的とする。

2



- 2022.12.09 交通管理の基礎
日本における交通社会の進展に伴う問題点と対応の変遷
交通工学の基礎
- 2022.12.10 交通規制の基礎
交通規制の現地視察(道路標示・標識)
交通管制の基礎
- 2022.12.12 交通量調査実習
- 2022.12.13 交通管制センター視察(山梨県警)
- 2022.12.14 交通管制センター視察(埼玉県警)
- 2022.12.15 信号機メーカー講義“NIPPON SIGNAL CO LTD”
- 2022.12.16 情報提供事業者視察(道路交通情報通信システムセンター“VICS”,
日本道路交通情報センター“JARTIC”)
- 2022.12.17 信号調整演習を3回
- 2022.12.19 “MINAMOTO COMMUNICATION CO LTD” 信号工事業者視察。

3

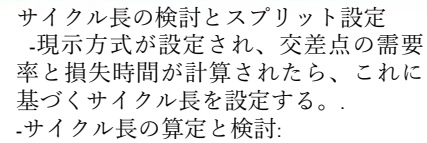


2022年12月8日から19日まで、交通管制センターと交通警察の職員計8名が上記プログラムに参加しました。



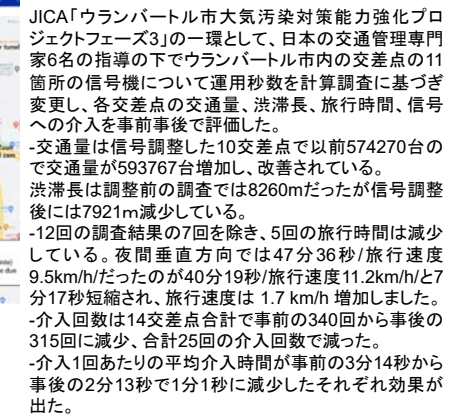
4

信号調整

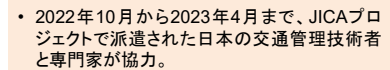

$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - \lambda}$$

5

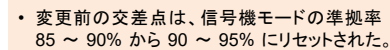
ウランバトル都市部の17交差点の
信号機について信号調整



協力活動



- 変更前の交差点は、信号機モードの準拠率 85 ~ 90% から 90 ~ 95% にリセットされた。



信号機の運用モードの調整

農業大学
交差点
変更後

[illegible]

8



既存の現示の運用モード

サイクル		農業大学の北交差点 By 19w yr				2100
		第1	第2	第3	第4	合計
現示						
東行き	01:00-06:00	25秒	25秒	20秒	20秒	90秒
	06:00-10:00	40秒	30秒	40秒	20秒	130秒
	10:00-18:00	40秒	30秒	40秒	20秒	130秒
	18:00-23:00	40秒	30秒	40秒	20秒	130秒
	23:00-01:00	25秒	25秒	20秒	20秒	90秒
西行き	点滅青	5秒	5秒	5秒	5秒	
	全青	18秒	18秒	18秒	18秒	
	赤	122秒	122秒	122秒	122秒	
	赤	122秒	122秒	122秒	122秒	

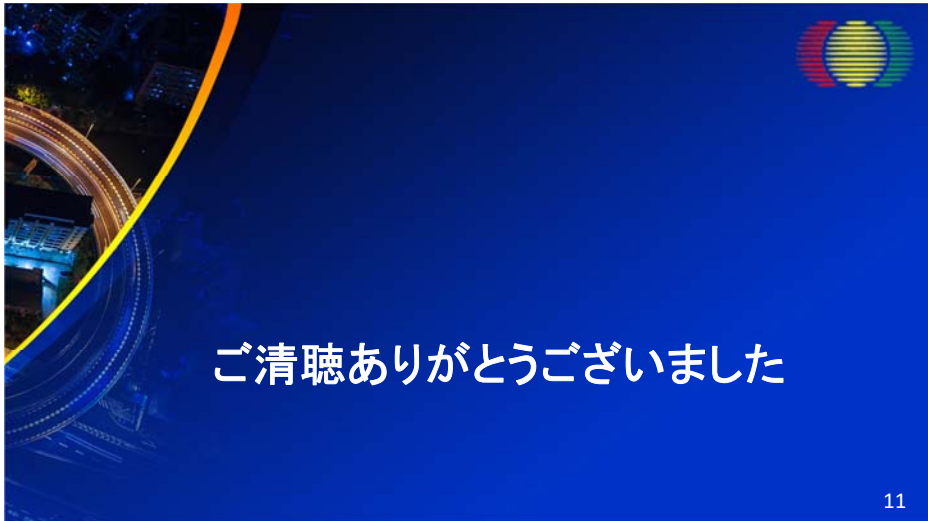
現在の現示の運用モード

サイクル		農業大学の北交差点		2100
		第1	第2	合計
現示				
東行き	00:00-06:00	25秒	25秒	50秒
	06:00-10:00	40秒	40秒	80秒
	10:00-18:00	40秒	40秒	80秒
	18:00-23:00	40秒	40秒	80秒
	23:00-00:00	25秒	25秒	50秒
西行き	点滅青	5秒	5秒	10秒
	全青	17秒	17秒	34秒
	全青	22秒	22秒	44秒
	赤	58秒	60秒	118秒

ハンオール区の第11ホロー、ザイサンロータリーを一方通行にするための交通整理に関連し、農業大学交差点の信号機が変更され、現示4種で140秒間点灯し、危険性があるポイントは32地点を現示4種80秒間点灯、危険ポイントは9地点と変更し、現示に待ち時間が60秒短縮され、交差点への進入性が向上し、危険性が減額された。



- ・本邦研修により取得した技術を活かし、交通現象調査の結果に基づき、UB市中心部の17交差点の信号機の時間帯別の秒数の見直しを実施した。
- ・信号調整前後の交通状況の変化について、交通量、渋滞長、旅行時間、信号への介入の観点で検証した結果、信号調整により交通量が増加し、渋滞長が減少したことから、部分的に効果が見られた。
- ・現状では、自動車の走行台数が多すぎるため、ウランバートル市全域の信号調整だけで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ある。
- ・今後は、世銀の支援で交通管制システムの入替えが実施される予定だが、新システム導入後も定期的に交通量調査に基づく信号時間の調整等の運用を継続的に実施していく必要がある。





7. ゲルストーブの大気汚染対策

G. Davaajargal (DAAEP)
2024.04.18



1



はじめに

>大気汚染対策の基本は燃料転換
第1段階は石炭改良燃料の普及が最重要

>改良燃料に代わる燃料

- ・改良燃料は現状の大気汚染問題対策に短期的に有効だが、完全ではない。
- ・改良燃料に代わる燃料として中長期的には石炭ガス化による都市ガス化(CNG)、LPG及びDME等に転換すべきである。

1. Road Map for a fuel in ger area

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
石炭											
改良燃料(:Coal briquette, Semi-cokes, Semi-cokes briquette, Bio Coal Briquette etc)											
石炭ガス化による都市ガス											
石炭液化によるDME等											

図1 ゲル地域の燃料ロードマップ

2



1.1 改良燃料評価の燃焼試験方法

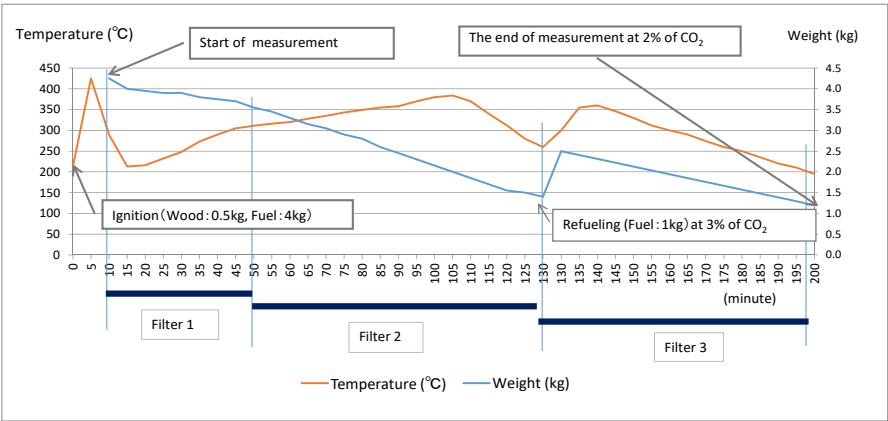


図2 燃焼試験における測定プロトコール

3



Proximity Analysis

表 1 Proximity Analysis

	Moisture	Ash	Volatile matter	Fixed carbon	Total Sulfur	Calorific value
	ad (%)	ad (%)	d (%)	ad (%)	d (%)	(kcal/kg)
MNS5679:2022	≤6	≤27	≤22		≤1.0	≥5,200
TTT	0.86	23.25	21.46	54.61	0.90	6205
Semi-Cokes 12.5%	0.64	25.3	17.4	-	0.97	6151
Semi-Cokes 25%	0.79	25.5	15.9	-	1.00	6109
Semi-Cokes 50%	0.78	26.0	13.7	-	1.05	6028
Semi-Cokes 96%	0.68	26.6	9.7	-	1.05	5864

4

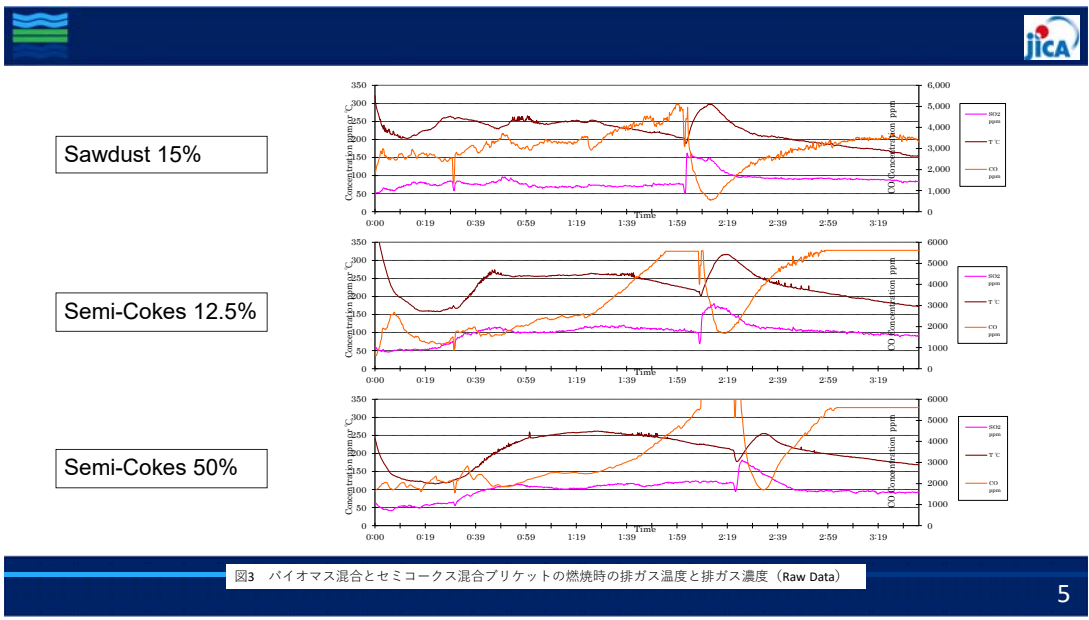


図3 バイオマス混合とセミコークス混合ブリケットの燃焼時の排ガス温度と排ガス濃度 (Raw Data)

1.2. 2022年にプロジェクトで検討した改良燃料

表2 改良型ストーブにおけるバイオマス混合ブリケットとセミコークス混合ブリケットの燃焼試験結果

MNS 5216:2016		Middling mixed with Biomass		Middling mixed with Semi-Cokes			Semi-Cokes	TTT
		Sawdust 15%	Sawdust +Cow dung15%	12.5%	25%	50%	96%	
Dust	130 mg/Nm ³	44	59	87	50	48	33	127
SO ₂	1,200 mg/Nm ³	645	675	749	831	885	836	948
NOx	700 mg/Nm ³	253	244	297	259	246	222	225
CO	9,800 mg/Nm ³	10,184	11,492	12,141	13,292	14,746	20,057	10,042

➤ セミコークスの混合割合が高いほどCO濃度が高くなる。

図5 BCBとTTT社製の燃焼時の排ガス温度と排ガス濃度 (Raw Data)

1.3. BCBの環境性能

1) 燃料性状

➤BCBは直径50mmx35mmの楕円形の形状である。

表3 BCBとTTT社製の原料の割合

	UHG middling	biomass	binder	desulfurization
BCB	81.0%	sawdust:10%	6.0%	CaCO ₃ :3%
TTT	95.0%		5%(Dolomite)	
TTT	95.0%		5%(Imported)	

表4 Proximity Analysis

	Moisture	Ash	Volatile matter	Fixed carbon	Total Sulfur	Calorific value
	ad (%)	ad (%)	d (%)	ad (%)	d (%)	(kcal/kg)
MNS5679:2022 Coal Briquette	≤6	≤27	≤22		≤1.0	≥5,200
Wood Chip Briquette	≤10	≤5				≥4,000
TTT	0.86	23.25	21.46	54.61	0.90	6,205
BCB	0.73	22.34	27.11	50.02	0.83	5,936

図4 BCBとTTTの改良燃料

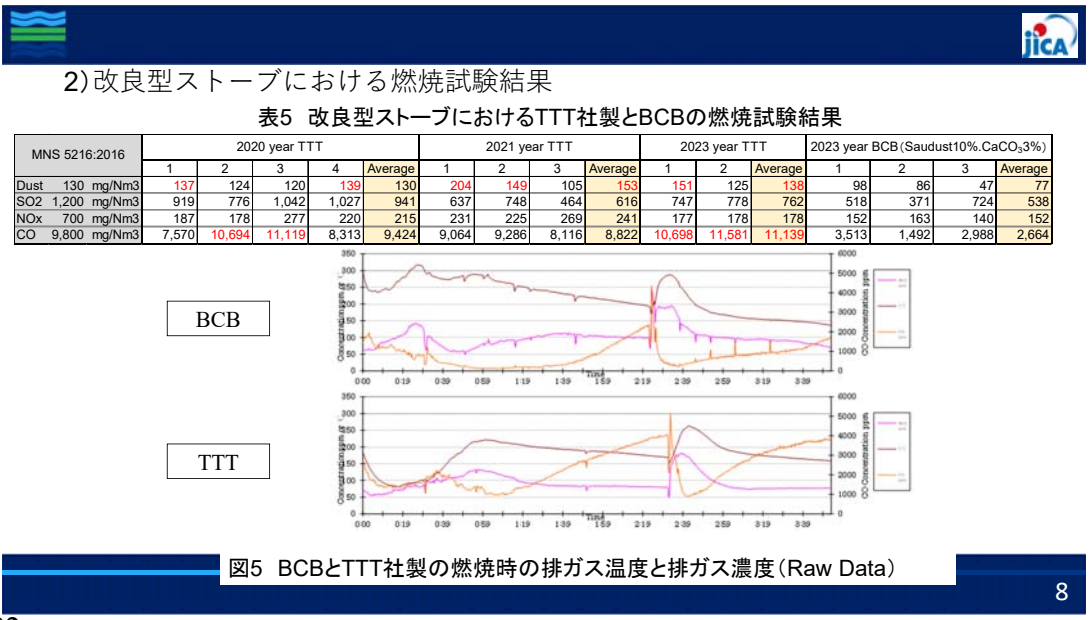


表 6 燃焼試験の評価結果

項目	TTT社	BCB
DUST	排出基準を超過している。	排出基準を満たす。
SO ₂	多少脱硫効果が見込まれる。	TTT社より脱硫効果が高い。
CO	排出基準を超過している。	排出基準を満たす。
着火性	悪い。	TTT社より着火性が良く、着火材の量を減らせる。
燃焼温度	平均170℃	平均243℃
同じ重量当たりの燃焼時間	・低温が長時間続く。 ・実際使用する際は、着火剤の量を多くしている可能性が高い。	
	TTT社に比べ12%程度短い。	

9

3) ストープの違いにおける燃焼試験結果

表 7 伝統ストープ改良型ストープにおけるTTT社製とBCBの燃焼試験結果

MNS 5216:2016		Traditional Stove				Improved Stove			
		2023 year BCB (Saudust10%.CaCO33%)							
		1	2	3	Average	1	2	3	Average
Dust	130 mg/Nm3	125	107	99	110	98	86	47	77
SO2	1,200 mg/Nm3	287	363	392	347	518	371	724	538
NOx	700 mg/Nm3	161	164	152	159	152	163	140	152
CO	9,800 mg/Nm3	16,783	16,080	16,826	16,563	3,513	1,492	2,988	2,664

改良型ストープ

伝統ストープ

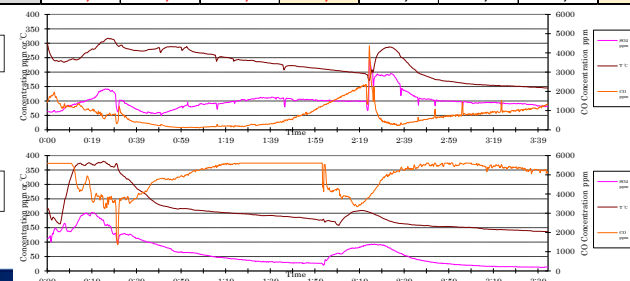


図7 ストープの違いによるBCBの排ガス温度と排ガス濃度 (Raw Data)

10

表 8 BCBを燃料として用いた場合のストープの燃焼状況について

種類	改良型ストープ	伝統ストープ
DUST	排出基準を満たしている。	排出基準を満たすが改良型より濃度が高い。
CO	排出基準を満たしている。	排出基準を超過している。 高濃度が長時間継続する。
燃焼温度	平均243℃	平均206℃

11

1.4 バイオマスの供給 (1)

- モンゴル国は年間平均860万トンのバイオマスを供給することができる。その内、91.0%は動物の糞と糞尿であり、4.6%は、作物残渣、残りの4.4%は、おがくず、枯れ木、倒木、乾燥した木材、その他の木材である。
- Tuv県、Khentii県、Selenge県及びBulgan県から併せて20万トンのバイオマスの供給が可能な事が判明した。

表 9 バイオマス供給可能量

No	Provinces to receive supplies	Wood biomass		Crop residues		Dry dung and manure		Amount of total available biomass
		Resources	Amount of supply	Resources	Amount of supply	Resources	Amount of supply	
1	Tuv	15.1	15.0	59.0	50.0	548.7	50.0	115.0
2	Khentii	24.9	20.0		-		-	20.0
3	Selenge	54.4	40.0		-		-	40.0
4	Bulgan	35.5	25.0		-		-	25.0
Total								200.0

12

1.4 バイオマスの供給 (2)

- 近隣のTuv県から11.5万トンのバイオマスの供給が可能な事が判明した。年間65万トンのBCB製造に必要な7.15万トンのバイオマスの金額はTTT社の東工場までの購入及び運搬を含めて23,100,000,000 MNT(10億円)かかる。
- 課題は、バイオマスは豊富にあるが、バイオマスを供給できるシステムが確立されていない事とウランバートル市から距離が遠いほどバイオマスの輸送費用がかかる事である。

1.4 バイオマスの製造費用

- BCBの原料は全て乾燥させてから、3mm以下に粉砕する必要がある。
- TTT社の東工場に設置した供与機材の粉砕機はバイオマスを0.5ton/h粉砕できる能力であり、3倍の1.5ton/hを8台導入と仮定した。
- BCBの製造コストはTTT社の改良燃料の2023年の計画のコストに対して原料のミドリングの使用量が減るため、ミドリングの運搬費が下がるもののバイオマスの購入費用等がかかるため、TTT社に比べ約22%製造コストが高くなる。

1.5 大気汚染対策の効果

- BCBに燃料転換した場合の大気汚染対策の効果については、仲田専門家が次の発表「8.1パイロット事業に基づく大気汚染対策の評価」で説明する。

2. まとめ (1)

- セミコークスの改良燃料はセミコークスの含有割合が増えるほど揮発分が少なくなり、Dust濃度が低くなるが、揮発分が少ないため着火性が悪く排出されるCO濃度が高くなる。着火性とCO濃度が解決できれば改良燃料として使用可能である。
- 伝統ストーブは、BCBを燃料とした場合でも高濃度のCOが高濃度が長時間継続し、COは、排出基準を超過していた。
⇒MNS5216：2016のストーブの仕様を満たしていない伝統ストーブは一酸化炭素中毒になる恐れがあるため、販売中止すべきである。

2. まとめ(2)

- 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できた。
- Tuv県、Khentii県、Selenge県及びBulgan県から併せて20万トンのバイオマス、その中でUB市近隣のTuv県から11.5万トンのバイオマスの供給が可能な事が判明した。
- BCBを65万トン製造した場合、TTT製に比べ製造コストが22%高くなる。

終りに

- 大気汚染対策の基本は燃料転換
第1弾の2019年から改良燃料の導入は大きな成果であるが更なる改良が可能。
- 改良燃料に代わる燃料
 - ・改良燃料は現状の大気汚染問題対策に短期的に有効だが、完全ではない。
 - ・改良燃料に代わる燃料として中長期的には石炭ガス化による都市ガス化(CNG)、LPG、電気及びDME（ジメチルエーテル）等に転換すべきである。

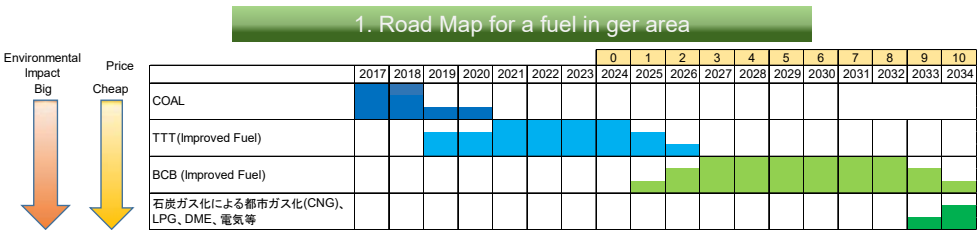


図6 ゲル地域の燃料ロードマップ

ご清聴ありがとうございました

8.1 パイロット事業結果の評価 （排出削減及び大気環境、 住民暴露の観点から）

2024/04/18
JICA専門家チーム 仲田



1

目次

1. はじめに
2. 目的
3. パイロット事業評価手順
4. パイロット事業による排出削減効果
5. パイロット事業による濃度低減効果
6. パイロット事業による住民暴露への影響
7. まとめ
8. プロジェクト終了後の課題



2

1. はじめに

1. パイロット事業の評価に関して、PDMでの成果指標及び活動は以下のとおりである。

成果指標5-2 各パイロット事業の結果（PM、二酸化硫黄及び窒素酸化物の排出削減、大気環境改善及び暴露）が、関係機関に公表される。



活動5-5 関係機関がJICA専門家の支援により、パイロット事業結果を評価（排出削減および大気環境、住民暴露の観点から）及び教訓を分析する。
活動5-6 関係機関がJICA専門家の支援により、パイロット事業結果を国家環境汚染削減委員会に報告する。



1686

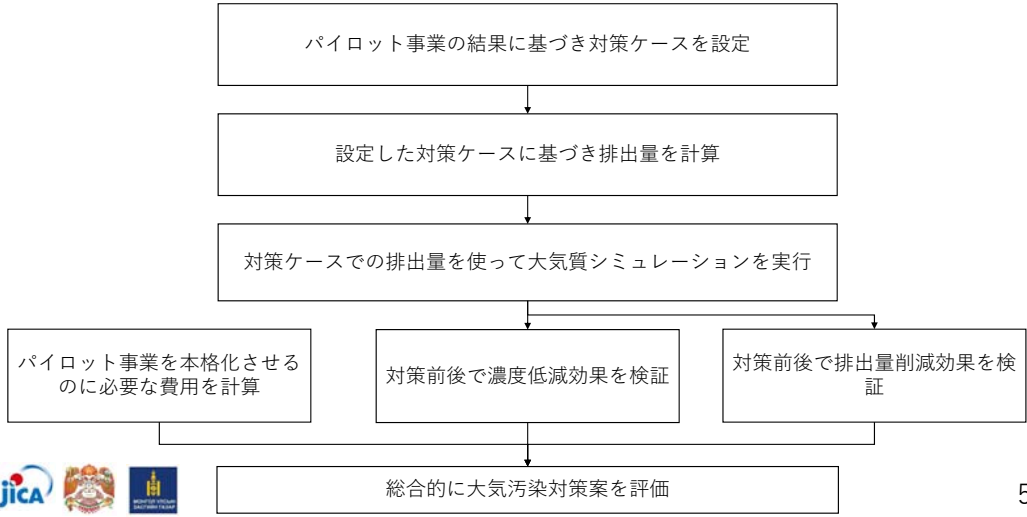
2. 目的

1. パイロット事業の結果に基づき、事業が本格化した場合における効果（排出量削減、濃度低減）を評価する。
2. パイロット事業を通じて、モンゴル側が大気汚染対策案を定量的に評価するための手法を習得し、今後モンゴル側が活用できるようにする。
 1. 2023年4月にDAAEP、NAMEM、及びNUMの3者でUB市の大気汚染の現状把握及び対策の評価に関する共同契約を締結している。



4

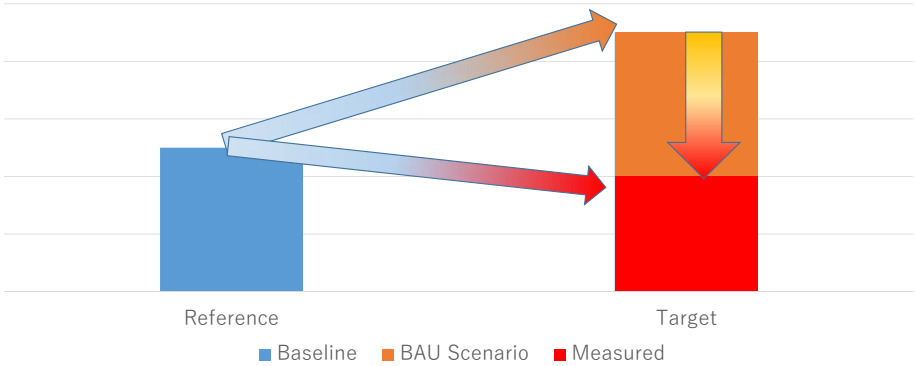
3. パイロット事業評価手順



3.1. 基準年と将来年の設定

- 1. 基準年は、改良燃料が導入されて、本格的に使用された2020年とした。
 - 2. 将来年は、PDMの上位目標で想定されているプロジェクト終了3年後の2027年とした。
 - 3. 2027年はパイロット事業が実施されていないと想定した、BAUシナリオでの排出量を計算した。
 - 4. 排出量削減及び濃度低減効果は、BAUシナリオを考慮した2027年にパイロット事業が導入されたと想定した「BAU比」で評価した。
- 6

BAUシナリオと対策シナリオのイメージ



3.2. BAUシナリオの設定

発生源	増加率計算指標	基準年	将来年	平均増加率(/年)
火力発電所	2015年～2020年の発電所別燃料使用量の増加率	2020	2027	0.6～5.8%
HOB	2016年～2020年の燃料使用量の増加率			-5.8%
CFWH	2015年～2020年の燃料使用量の増加率			8.5%
家庭用小型ストーブ	2015年～2020年のゲル地区の区別人口の増加率			ゲル: -2.7% 戸建て: 0.4%
自動車（排出ガス及び走行巻き上げ）	2019年～2022年の車種別車検合格台数の増加率			乗用車: 6.4% バス: 8.8% トラック: 3.7%

8

3.3. 気象モデル (WRF) の設定 (1)

Contents	D1 (Whole Mongolia)	D2 (Central Mongolia)	D3 (Whole UB city)
Version	WRF-ARW v4.1.5		
Horizontal Coordinate System	Lambert conformal conic projection Standard Latitude: 30 N, 60 N Standard Longitude: 105.9 E		
Vertical Coordinate System	σ -P Coordinate System The top layer 50 hPa (about 19,000 m)		
Grid Number	160 × 94 × 32	121 × 121 × 32	91 × 91 × 32
Resolution	20 km	5 km	1 km
Height at the Bottom Layer	About 27 m		



9

3.3. 気象モデル (WRF) の設定 (2)

Contents	D1 (Whole Mongolia)	D2 (Central Mongolia)	D3 (Whole UB city)
Microphysics	WRF Single-Moment 5 class scheme		
Longwave Radiation	RRTM scheme		
Shortwave Radiation	Dudhia scheme		
Surface Layer	Eta similarity		
Land Surface	Noah land surface model		
Planetary Boundary Layer	Mellor-Yamada-Janjic scheme		
Cumulus Parameterization	Betts-Miller-Janjic scheme (d3=0)		
Landuse	USGS (WRF default)		
Data Nudging	Wind, temperature, and moisture vapor (Nudging Coefficient: 10^{-4} 1/s)		
Objective Analysis Data	- Meteorological data: - NCEP GDAS/FNL 0.25 Degree Global Tropospheric Analyses and Forecast Grids, every 6 hours		



10

3.4. 拡散シミュレーションの設定

項目	内容
使用モデル	CALPUFF Ver7.2.1
地形データ	SRTM30/GTOPO30 Global Data (0 to 900 m, 30 arc-sec)
土地利用データ	USGS Land Use/Land Cover Scheme Eurasia (optimized for Asia)
気象モデル	WRF-ARW v4.1.5
計算対象領域	UB市中心地域を含んだ34 km × 28 km
解像度	1 km × 1 km
対象汚染物質	SO ₂ , NO _x , TSP, PM ₁₀ , SO ₄ , NO ₃ , HNO ₃ , CO
発生源データ	2020年及び2027年の排出インベントリ 火力発電所、HOB、CFWH、家庭用小型ストーブ、自動車（幹線道路、細街路）、道路巻き上げ粉塵、発電所灰埋め立て地からの灰飛散
計算期間	2020/11/1～2021/2/28（冬季）、2020/6/1～2020/8/31（夏季）
濃度計算地点	大気環境測定局の位置座標 1 km × 1 kmグリッドの中心座標



11



12

3.5. パイロット事業の結果に基づいた排出量削減の設定 (1)

事業内容	対策案実施時の設定
改良燃料 (BCB)	ストーブからの排出対策として、すべての改良燃料が、プロジェクトで作成したバイオマスコールブリケット (BCB) に置き換えられたとする。 ・すべてのストーブに対して、BCB燃焼試験でのストーブ別の排出係数の平均値を適用する。なお、SO ₂ の排出係数は、燃料中の硫黄分に依存するため、燃焼試験のうち最小の値の排出係数を適用する。 ・活動量は、改良燃料使用量と同じ使用量とみなす。

燃料	ストーブ種類	SO _x	NO _x	TSP	PM ₁₀	CO
改良燃料	伝統ストーブ（2022年測定）	11.88	4.79	2.82	2.53	153.23
	改良型ストーブ（2020年測定）	12.02	3.04	1.77	1.59	106.51
BCB	伝統ストーブ	3.51	2.92	1.41	1.27	145.00
	改良型ストーブ	3.51	2.09	0.94	0.85	29.54

単位: g/ton fuel

1688

3.5. パイロット事業の結果に基づいた排出量削減の設定
(2)

事業内容	対策案実施時の設定
信号制御	信号制御の改善前後での旅行速度調査の解析結果に基づき、UB市内のすべての時間帯および幹線道路で、平均旅行速度が18%上昇することとする。 ・ただし、モンゴルでの市街地一般道路の法定速度(60km/h)を超過しない。
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)	Euro IV以下の車両がすべてEuro V基準の車両となり、燃料もEuro 5を使うことで、高硫黄燃料による触媒の劣化を考慮しないこととする。 ・すべての車両で日本の2005 (H17) 年規制 (新長期規制) の排出原単位を適用する。 ・硫黄分は10ppmとする。
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)	Euro IV以下のバスがすべてEuro V基準のバスとなり、燃料もEuro 5を使うことで、高硫黄燃料による触媒の劣化を考慮しないこととする。 ・すべてのバスで日本の2005 (H17) 年規制 (新長期規制) の排出原単位を適用する。 ・硫黄分は10ppmとする。



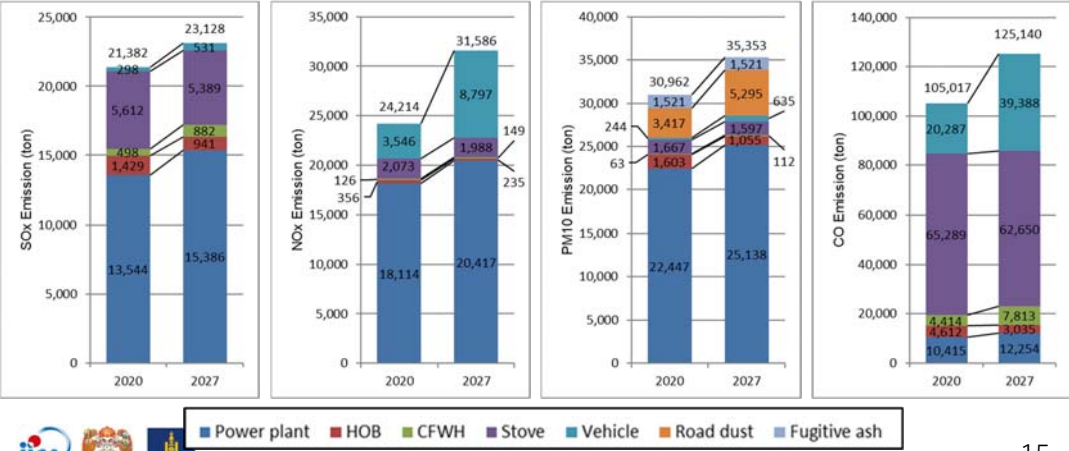
3.5. パイロット事業の結果に基づいた排出量削減の設定
(3)

事業内容	対策案実施時の設定
エコドライブ	各車種1台の調査であること、及び、車種及びエンジンによって異なるため、排出量計算は試算という形とする。 ガソリン車とガソリンHV車それぞれで排出ガス測定調査を実施したが、これらは自動車車検登録データ上区別できないため、二つの調査結果の平均値を適用した。 ・ガソリン：NOx21.5%減、燃料2.5%減 ・ディーゼル：NOx13%増、PM33%減、燃料13%減
DPF (バスのみ)	フェーズ2に即して、EURO IV (2003 (H15) 年規制 (新短期規制)) 以下のバスを対象にPM排出量を80%削減*2とする。
RSD	RSDにより排出ガス不適合車が見つかるとともに、不適合車がUB市内で運行されなくなるとともに、定期的な点検・整備が実施され、車両の劣化が抑えられる ・基準が透過率40%超 (1998 (H10) 年規制 (長期規制) より前) の車を除外する。 ・整備不良に関する係数を乗じない。

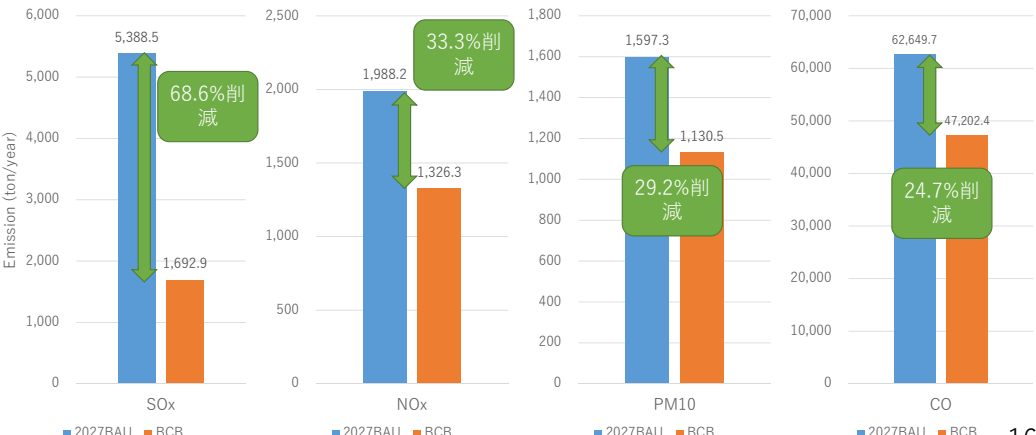


*2: フェーズ2及び『モンゴル国ディーゼル路線バスのDPFによる黒煙低減計画に関する普及・実証事業』での調査結果における減少率

3.6. BAUシナリオでの将来排出量



4.1. 改良燃料パイロット事業による家庭用小型ストーブからの排出量削減効果(BAU比)

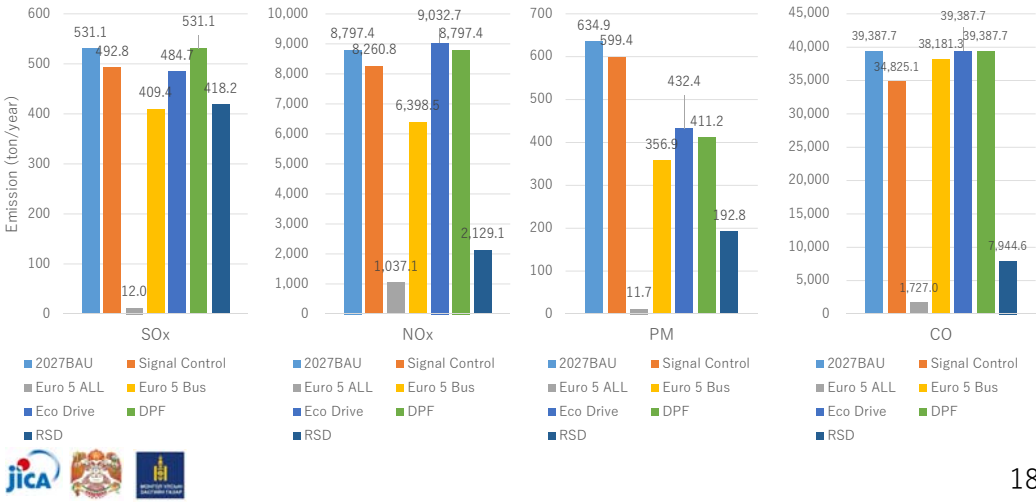


4.2. 自動車パイロット事業による自動車からの排出量削減効果 (BAU比)

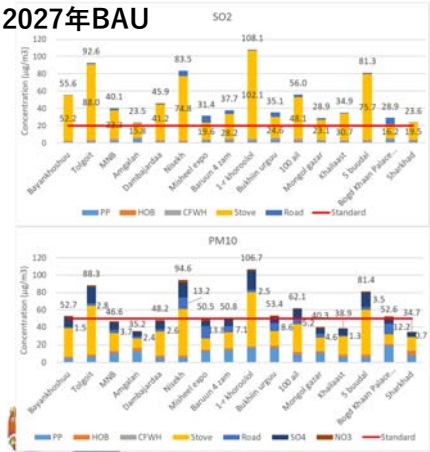
	SOx	NOx	PM	CO
対策前自動車排出量(2027年、BAU)	531.1	8,797.4	634.9	39,387.7
信号制御				
対策実施時排出量	492.8	8,260.8	599.4	34,825.1
排出削減量	38.3	536.6	35.5	4,562.6
排出削減率	7.2%	6.1%	5.6%	11.6%
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)				
対策実施時排出量	12.0	1,037.1	11.7	1,727.0
排出削減量	519.1	7,760.3	623.2	37,660.7
排出削減率	97.7%	88.2%	98.2%	95.6%
低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)				
対策実施時排出量	409.4	6,398.5	356.9	38,181.3
排出削減量	121.7	2,398.9	278.1	1206.3
排出削減率	22.9%	27.3%	43.8%	3.1%
エコドライブ				
対策実施時排出量	484.7	9,032.7	432.4	39,387.7
排出削減量	46.4	-235.3	202.5	0.0
排出削減率	8.7%	-2.7%	31.9%	0.0%
DPF (バスのみ)				
対策実施時排出量	531.1	8,797.4	411.2	39,387.7
排出削減量	0.0	0.0	223.7	0.0
排出削減率	0.0%	0.0%	35.2%	0.0%
RSD				
対策実施時排出量	418.2	2,129.1	192.8	7,944.6
排出削減量	112.9	6,668.3	442.1	31,443.1
排出削減率	21.3%	75.8%	69.6%	79.8%

jica 排出量の単位: ton/year

4.2. 自動車パイロット事業による自動車からの排出量削減効果 (BAU比)



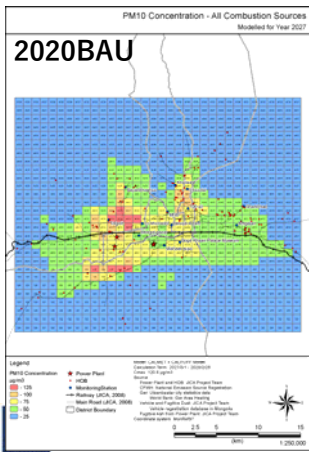
5.1. 改良燃料パイロット事業による年平均濃度低減効果



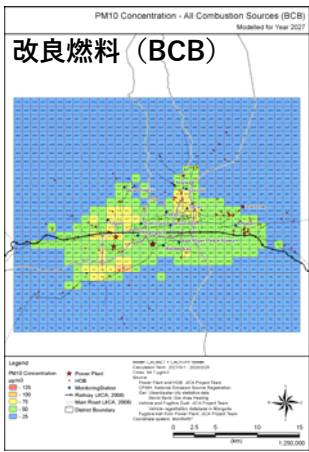
jica



5.1. 改良燃料パイロット事業による年平均濃度低減効果



jica



5.1. 自動車パイロット事業による年平均濃度低減効果 (1)

2027年BAU

低硫黄燃料及び低排出ガス車 (バスのみ)

低硫黄燃料及び低排出ガス車 (すべての車両)



5.1. 自動車パイロット事業による年平均濃度低減効果 (2)

2027年BAU

信号制御

エコドライブ



5.1. 自動車パイロット事業による年平均濃度低減効果 (3)

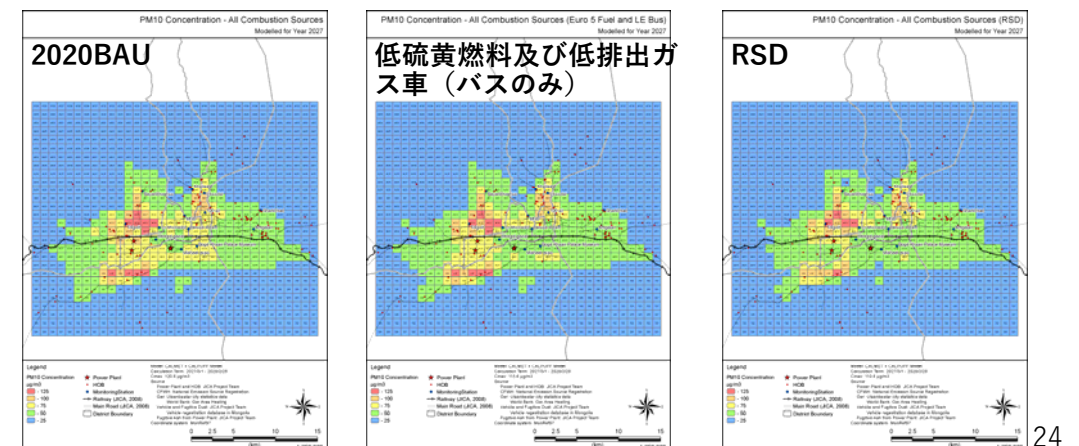
2027年BAU

DPF

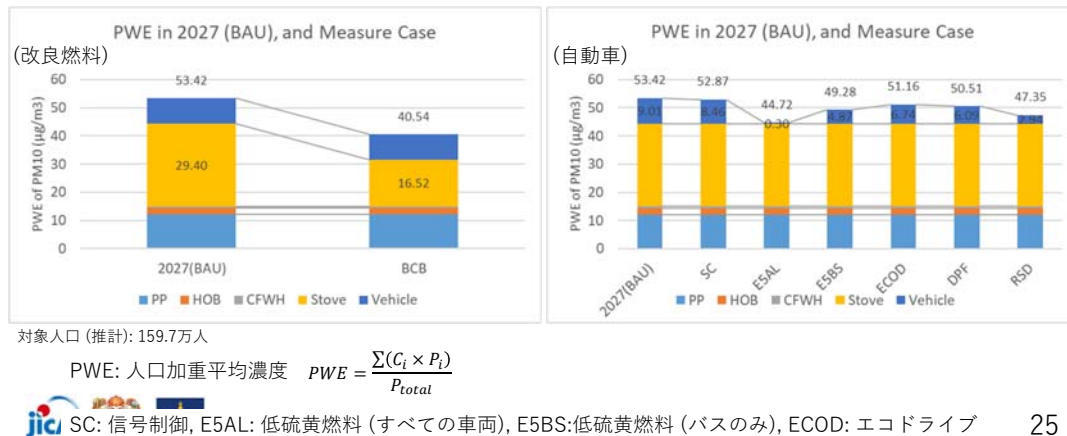
RSD



5.1. 自動車パイロット事業による年平均濃度低減効果



6. パイロット事業による住民暴露への影響（BAU比、年間）



25

7. まとめ（排出量）

1. 2020年を基準年として、改良燃料及び自動車パイロット事業での結果を基に、本格事業化された場合の排出量を計算した。
2. BAUシナリオでの2027年の排出量を推計し、その排出量を基にパイロット事業が本格事業化された場合の排出量を計算した。
3. 改良燃料をBCBに転換する場合のシナリオにおいて、家庭用小型ストーブからのSO_xは68%、PM₁₀は29%の排出量削減効果が見られた。
4. 燃料が低硫黄化（Euro 5以上）し、かつ、すべての車両が低硫黄燃料に対応した車両に置き換わった場合のシナリオで、最も排出量削減効果があることが分かった。



26

7. まとめ（濃度：改良燃料パイロット事業）

1. 測定局において、改良燃料をBCBに転換する対策により、年平均計算濃度は測定局での平均でSO₂が59%、PM₁₀が27%下がった。
2. それでもなお、年平均の環境基準値（SO₂:20µg/m³、PM₁₀:50µg/m³）を超過している地点がある。
3. 改良燃料は、硫黄分の少ない燃料を使用するか、脱硫剤を混合させた燃料を製造することでSO₂濃度低減を図れる。可能ならば脱硫剤の添加が不要な硫黄分の少ない燃料の方が良い。
4. PMの排出の少ない炭種の使用、PMの排出を抑えるための燃料の製造あるいは燃料の転換によりPMの濃度低減が図れる。
5. 伝統ストーブを改良型ストーブへ転換することにより、燃料使用量を減らし、排出濃度を下げることが可能と考える。



27

7. まとめ（濃度：自動車パイロット事業）

1. 測定局において、SO₂の濃度低減効果は最大で5%程度で、PM₁₀の濃度低減効果も最大で12%程度であった。これは、SO₂及びPM₁₀の主要な汚染源が家庭用小型ストーブであり、BAUシナリオにおいて、全体濃度に対する家庭用小型ストーブからの濃度の割合が、SO₂で平均85%以上、PM₁₀で平均約50%を占めているためである。
2. 低硫黄燃料及び低排出ガス（すべての車両、バスのみ）、RSDによる対策で濃度低減効果が見られた。
3. ストーブ利用の少ない時期では、全体濃度に対する自動車からの濃度の割合が高いため、これらの自動車対策を複合的に進めることで、濃度低減効果を得られる。



28

7. まとめ

1. ストープ対策における燃料やストーブの転換、及び自動車対策における車両や燃料の転換、エコドライブの啓発、DPFやRSDの機材の導入には費用と時間を要する。しかしながら、モンゴル側が、これらの対策を少しずつでも進めていくことで、確実に対策効果が得られることが見込まれる。



29

8. プロジェクト終了後の課題 (1)

1. 技術移転完了事項の継続
 1. 排ガス測定技術及び測定結果解析
 2. 発生源別排出量の計算 (SO_x, NO_x, PM, CO; 毎年)
 3. 測定局での実測値を用いた大気環境濃度の変化



関係機関が技術を継続するために、担当者が変更する際には技術の引継ぎを徹底する。



30

8. プロジェクト終了後の課題 (2)

2. 対策案の定量的評価を実施
 1. シミュレーション実施による現状の大気汚染構造の把握
 2. 対策ケースの定量的評価
 1. 文献やパイロット事業等の調査の結果に基づき、対策ケースでの排出量削減効果（大型トラックのPMが50%減少する等）を設定する。
 2. 対策ケースでの排出量削減効果の設定に基づき、実施目標年での対策ケースの排出量を計算し、対策前後での排出量削減効果を検証する。
 3. シミュレーションモデルにより、対策前後での濃度の低減効果を検証する。
3. 定量的評価に基づく上位機関へ提言



31

Thank you for your attention!



32

モンゴル国ウランバートル市 大気汚染対策能力強化プロジェクト フェーズ3

8.2 大気汚染対策にかかる技術審査ガイドライン

2024年4月18日
JICA専門家チーム

1

目次

1. 技術審査ガイドラインの目的
2. 技術審査ガイドラインの概要
3. 今後の課題

2

1. 技術審査ガイドラインの目的

- プロジェクトでは、改良燃料、信号制御、RSD、低硫黄燃料の導入、DPFなどのパイロットプロジェクトを実施している。大気汚染対策効果やパイロット事業評価結果や実施結果に基づき、審査を行い、大気汚染対策効果が高いパイロット事業を選定し、本格事業につなげることを目的とする。
- このガイドラインでは、対策費用、継続性などを総合的に評価することにより、事業の優先度を決定できるようにすることを目的とする。

3

1694

2. 技術審査ガイドラインの概要

2.1 大気汚染の発生メカニズムと代表的な対策

- 代表的な大気汚染物質
PM、SO₂、NO_x、CO
- 大気汚染の発生メカニズム
- 代表的な対策
固定発生源対策：火力発電所、大規模、中小規模
自動車：自動車単体対策及び燃料対策、交通流改善
家庭用ストーブ：ガスストーブなどへの転換
その他発生源：燃料転換

4

2.2 モンゴル側の大気汚染対策の取組

発生源	対策例
家庭用ストーブ	新型ストーブの導入 TTT社の改良燃料導入
火力発電所	第4火力:CEMSの設置 第3火力:流動床ボイラへの転換、CEMSの設置
HOB	ボイラ登録管理制度、サイクロンなどの導入、HOBの廃止
自動車対策	低排出自動車、低硫黄燃料、DPF、信号制御、道路対策
その他	

5

2.3 今後取り組むべき大気汚染対策

発生源	今後取り組むべき大気汚染対策
自動車	自動車単体対策(Euro 5、Euro V規制) 燃料規制(Euro 5燃料) 交通流対策 道路対策
家庭用ストーブ	短期対策:改良燃料の改善 中期・長期対策:都市ガスの整備、石炭ガス化施設

6

2.4 本プロジェクトにおける大気汚染対策の事例

□ 自動車対策

エコドライブ、RSD、信号制御、DPF、低硫黄燃料、低排出自動車

□ 改良燃料

BCBを試作し、燃料試験室で排出ガス測定を行い、環境性能を評価

7

2.5 日本における大気汚染対策と規制官庁

	省庁	地方自治体	その他
工場、事業場	環境省:排出ガス規制の策定 経済産業省:工場・事業場の認可、公害防止管理者制度の運用	立ち入り検査、工場・事業場への是正勧告	工場、事業者:定期的な排出ガス測定行い、排出ガス測定結果を地方自治体へ報告
自動車	経済産業省:燃料規制 国土交通省:道路建設・管理、自動車排出ガス規制		警察:信号制御、交通規制、運転免許制度等

8

2.6 事業審査の方法と手順

- 対象機関からの事業申請
- 第1次審査
- 事務局による審査結果作成
評価表に基づき個別案件の点数化を行う。事務局は審査結果を一覧表にして整理する。
- 作業部会による最終審査(事業の優先順位決定)
作業部会は、事務局の審査結果に基づき事業の優先順位を決定する。
- 最終審査結果の通知
環境汚染低減委員会で決定した優先順位を、関係機関に通知する。
- 事業の実施
- 事業のモニタリング

9

2.6 審査基準

代表的な審査基準として以下の項目が考えられる。

対象事業での排出量削減量

地表濃度の低減効果
(対策前後での濃度評価結果の比較結果)

対策の初期費用

対策予算の確保のしやすさ

年間あたりの対策運営費

事業の継続性など

10

3. 今後の課題

- 2023年末に国家環境汚染低減委員会事務局が解散となった。大気汚染対策の実施に関して、省とUB市の作業部会で詳細な業務分担はまだ確定していないが、大気汚染対策の実施機関がUB市に移管されることは決まっている。
- 大気汚染対策は対策毎に様々な関係機関が関与する。対象機関の業務分担もいまだ定まっていないこともあり、技術審査ガイドラインの最終化にあたり、明確にできない部分が数多く残る。
- 大気汚染対策に必要な予算が、モンゴル側の予算だけで十分ではないケースもある。その場合は、ドナー等からの資金ルートの確保も重要である。

11

ご静聴ありがとうございました

12

モンゴル国ウランバートル市
大気汚染対策能力強化プロジェクト
フェーズ3
9. 総括

2024年4月18日
JICA専門家チーム

1

目次

1. プロジェクト終了後の大気汚染対策のあり方
2. 技術の維持
3. 大気汚染対策実施体制の確立
4. 大気汚染対策の計画・実施・実証

2

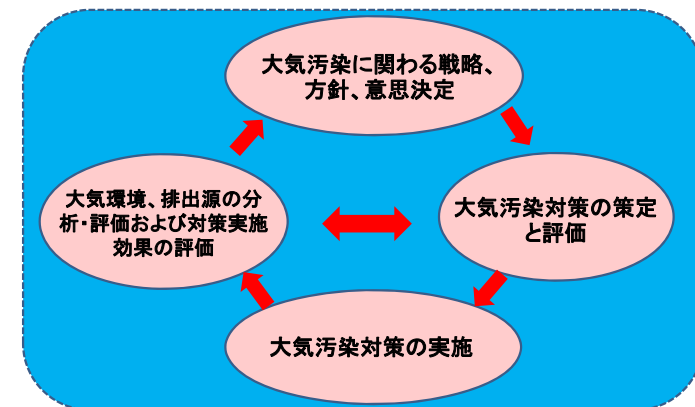
1. プロジェクト終了後の大気汚染対策のあり方(1)

- フェーズ3は2024年7月で完了し、2010年から継続してきたJICAの大気汚染対策プロジェクトは一区切りする。
- これまでのプロジェクトの成果を踏まえ、今後はモンゴル側が主体となって大気汚染対策に取り組むことが期待される。

3

1697

1. プロジェクト終了後の大気汚染対策のあり方(2)



今後は、上記の大気環境管理サイクルをモンゴルが主体的に回していくことが望まれる

4

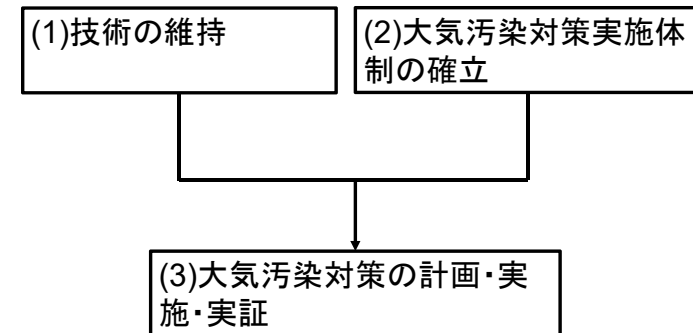
プロジェクトを通じた成果と今後必要となる取組

	プロジェクトの成果 モンゴル側で実施できるようになった活動	今後必要となる取組
主要技術移転 項目	固定発生源及び移動発生源排出ガス測定	測定体制の維持 測定機材の更新費用確保
	大気環境モニタリング 大気環境情報の公開	メンテナンス体制の維持 分析機材のメンテナンス費用と分析機材の更新費用確保
	排出インベントリの定期的更新	排出インベントリ更新体制の維持 拡散シミュレーションモデルを用いた大気汚染対策の評価
大気汚染対策	改良燃料の製造 燃焼試験室における様々な改良燃料の燃焼試験	更なる改良燃料の品質向上、改良燃料のコストダウン及び調達費用の継続的な確保
	信号制御の運用変更に関する基本的な理解	UB市全体への信号制御の運用変更
	低硫黄燃料及び低排出ガス車の普及	EURO 5燃料の調達及び普及
	エコドライブ	市民への普及啓発
	RSDの運用	RSDの調達と同機材を用いた自動車排出ガス規制の法整備
		大気汚染対策に係る継続的な予算確保
		将来的な都市ガス網の整備

5

1. プロジェクト終了後の大気汚染対策のあり方(3)

大気汚染対策を今後実施していく上での3つの要素は、以下のとおり。



6

2. 技術の維持

フェーズ1～3に培った以下の技術をモンゴル側において維持していく必要がある。

- ・ 大気環境モニタリング
- ・ 固定発生源の排出ガス測定技術
改良燃料の燃焼試験、HOB、火力発電所など
- ・ 車載計による移動発生源の排出ガス測定技術
- ・ 大気汚染源による大気中濃度の寄与推定
発生源インベントリの定期的な更新、シミュレーションモデルによる大気汚染対策の比較・検証

→技術の維持のためには、人材の確保と固定に加え、異動の際には十分な引継ぎを徹底することが必要

7

1698

3. 大気汚染対策実施体制の確立

1) 大気汚染対策の実施体制

国とUB市の大気汚染対策の役割分担の明確化

国：大気汚染対策に係る各種法制化及び法を遵守させるための政策の立案
関係各省をはじめとする関係者との調整

UB市：法に基づく具体的な対策の実施
発生源に対する指導・規制と監督

2) 資金動員

政府予算の確保、ドナーによる資金協力

8

4. 大気汚染対策の計画・実施・実証(1)

これまでのプロジェクトの結果を踏まえ、今後、モンゴル側が主体的に取り組む必要がある大気汚染対策を取り上げる。

- (1)大規模・中規模固定発生源対策
- (2)小規模固定発生源対策
 - 家庭用燃料の対策
- (3)自動車対策

4. 大気汚染対策の計画・実施・実証(2)

(1)大規模・中規模固定発生源対策

- 1)火力発電所対策
 - 総発電量及び温水供給量の増強対策
 - 既存火力発電所の大気汚染対策の改善
 - 火力発電所の新設時の大気汚染対策の徹底
 - 送電網の強化と送配電効率の改善
- 2)HOB対策
 - HOBを廃止し、中央温水供給への接続
 - サイクロン、スクラバーの設置
 - 大規模熱供給施設を新設してHOBを廃止

4. 大気汚染対策の計画・実施・実証(3)

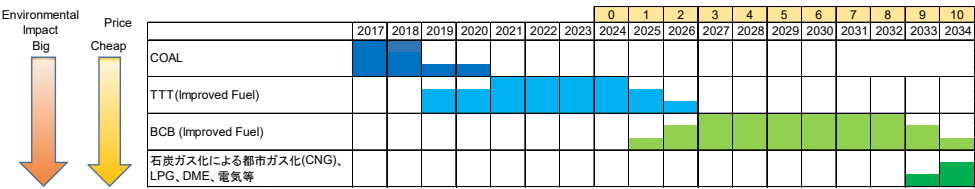
(2)小規模固定発生源対策

- 1) 家庭用改良燃料
 - 以下の手順を経た上で燃料の選定を行う
 - DAAEPの燃料燃焼試験室で同じ燃料に対して少なくとも3回以上燃焼試験を実施して代表性のあるデータを得る
 - PMとSO2の排出係数が低いものを選定する
 - 着火性や燃焼性の悪さなどの欠点の洗い出し
- 2) 家庭用ストーブ
 - CO中毒の恐れのあるMNS5216:2016の基準を満たしていない旧型ストーブの販売及び使用を禁止にする

4. 大気汚染対策の計画・実施・実証(4)

(2)小規模固定発生源対策

- 3) 家庭用の代替燃料の導入
 - BCBの導入
 - 都市ガスの供給
 - UB市のガス配管整備、ガスの安全指針、ガス利用者への安全教育
 - 電気化
 - 天然ガスやDMEへの燃料転換



ゲル地域の燃料ロードマップ

4. 大気汚染対策の計画・実施・実証(5)

(3)自動車対策

自動車排出ガスによる大気汚染の防止、渋滞の時間損失に伴う経済的損失の拡大阻止

- － Euro5燃料及び低排出ガス車の普及
- － RSDを用いた排出ガス規制の実施
- － UB市全交差点に対する信号制御の適用
- － 道路対策
 - 道路標識及び車線区分の見直し
 - 道路構造の適正化、道路ネットワークの見直し
- － 次世代の交通システムの新設
 - メトロ、モノレール、BRTなど

13

ご静聴ありがとうございました

14