

別添資料 2.1-4 発生源インベントリ及びシミュレーションに関するワークショップの
配布資料 (2011.06.13)

発生源インベントリとシミュレーションに関わるワークショップ

日時 : 2011年6月13日(月) 10:00-13:00

場所 : モンゴル日本センター2階

プログラム

- | | |
|-------------|---|
| 10:00~10:05 | 開会の挨拶(大気質庁) |
| 10:05~10:35 | 固定発生源インベントリについて(田畑:固定発生源インベントリ/シミュレーション1) |
| 10:35~11:05 | 移動発生源、その他発生源インベントリについて(前田:移動発生源インベントリ) |
| 11:05~11:20 | 大気汚染物質合計排出量とインベントリデータの精度について(田畑) |
| 11:20~11:35 | インベントリデータの精度向上に向けた今後の活動について(大気質庁) |
| 11:35~11:50 | コーヒーブレイク |
| 11:50~12:05 | シミュレーション結果について(田畑) |
| 12:05~12:25 | インベントリ・シミュレーションの構築体制について(NAMEM) |
| 12:25~12:50 | インベントリ及びシミュレーションに関する協議 |
| 12:50~12:55 | 総括 |
| 12:55~13:00 | 閉会の挨拶 |

固定発生源インベントリについて

田畑 亨
固定発生源インベントリ/シミュレーション1

1

内容

1. 対象施設と対象物質
2. 固定発生源の排出量推計方法フロー
3. 対象施設別石炭使用量・排出係数
 - 3.1 火力発電所
 - 3.2 HOB訪問調査
 - 3.3 CFWH
 - 3.4 ゲルストーブ
4. 固定発生源の排出量推計結果
5. まとめ

2

1. 固定発生源と対象物質

- ・固定発生源
火力発電所、HOB、工場、CFWH、ゲルストーブ（壁ストーブ含む）
- ・対象物質
TSP、PM10、SOx、NOx、CO
- ・基準年
2010年3月～2011年2月

3

2 排出量推計方法の概要

- 排出量 = 活動量 × 排出係数

発生源別石炭使用量、ゲル地区における年間石炭使用量、木材使用量等

対象物質別発生源別排出係数（火力、HOB・工場、CFWH、ゲルストーブ）、石炭生産地別硫黄分含有率、排煙対策効率等

4

・使用データ

- 2010年データあるいは2010年10月～2011年3月までの排ガス測定結果を用いた。ただし、CFWHについては、2008年の世界銀行のデータを使用した。
- 今回の排出量推計結果は、2011年3月までの調査結果をまとめたものである。今後は、2012年3月までの調査結果を用いて、基準年データを更新し、2012年6月までにインベントリの精度向上を図る予定である。

5

・2011年3月のワークショップからの修正点

	活動量 (石炭及び木材使用量)	排出係数
火力	基準年に合わせた石炭使用量を使用	排ガス測定結果を用いた排出係数を設定した
HOB 工場	変更なし	
CFWH	変更なし	変更なし
ゲルストーブ	人口の補正、石炭使用量の見直し	木材の排出係数を変更した

6

3. 排出量の推計

- 3.1 火力発電所
- 3.2 HOB・工場
- 3.3 CFWH
- 3.4 ゲルストーブ

7

3.1 火力発電所

発電所名	基準年の石炭使用量(ton)
No. 2	190,210
No. 3-1	345,906
No. 3-2	690,047
No. 4	2,879,677
合計	4,105,840

8

排出係数(kg/ton)

発電所	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
No.2	15.00	9.75	1.10	0.22	13.00
No.3-1	5.50	3.58	2.00	0.64	91.00
No.3-2	1.90	1.24	2.00	0.64	0.00
No.4	0.20	0.13	2.20	2.90	0.00

出典: 排ガス調査結果から代表値を設定した

9

排出量(ton/年)

発電所	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
No.2	2,853	1,855	209	42	2,473
No.3-1	1,902	1,237	692	221	31,477
No.3-2	1,311	852	1,380	442	0
No.4	576	374	6,335	8,351	0
合計	6,643	4,318	8,616	9,056	33,950

10

3.2 HOB・工場

・HOBの定義

HOBは、ボイラハウスを持つボイラとした。出力は100kW以上とした。

・HOB訪問調査

HOBの管理者、位置、石炭使用量、排出実態等を把握するため、質問票を作成し、その調査票を用いて、ボイラ訪問調査を実施した。

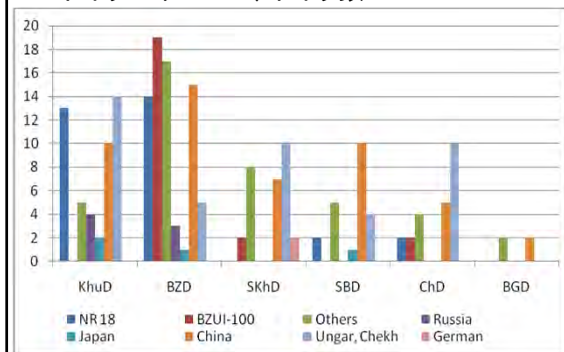
・調査期間

2010年11月～2011年2月

11

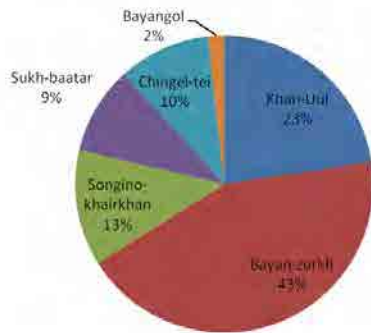
HOB訪問調査結果の概要

・ボイラハウス108、ボイラ数210



12

HOB区別ボイラ割合



13

石炭使用量

HOB及び工場	石炭使用量(ton/年)
基準年	133,975

14

排出係数

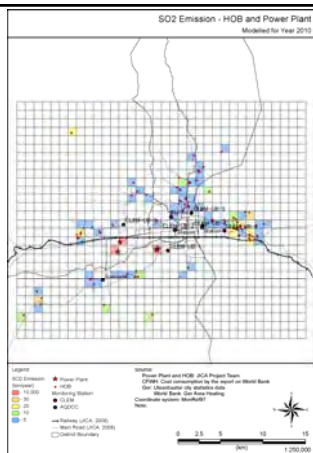
排ガス測定結果に基づき、型式別に排出係数を設定

15

HOB排出量推計結果 (ton/年)

	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
HOB・工場	1,805	1,174	346	90	2,118

16



排出量分布
(火力発電所、
HOB)

17

3.3 CFWH

・CFWHは、ボイラハウスを持たない、100kW未満のボイラとする。

・本調査結果は、世界銀行のBoiler Market Studyの調査結果に基づき、排出量を推計した。

調査年は2008年である。2010年への補正は行っていない。

18

CFWH数と石炭使用量

区	CFWHの数	石炭使用量
Bayangol	81	1,611
Bayanzurkh	425	8,516
Sukhbaatar	57	1,191
Songino hairhan	233	4,029
Chingeltei	165	3,025
Han-Uul	44	1,485
市合計(中心6区)	1,005	19,857

出典: World Bank, Boiler Market Study 2009

19

排出係数(kg/ton)

対象汚染物質	排出係数
TSP	11.0
PM10	6.6
SOx	15.8
NOx	5.2
CO	2.38

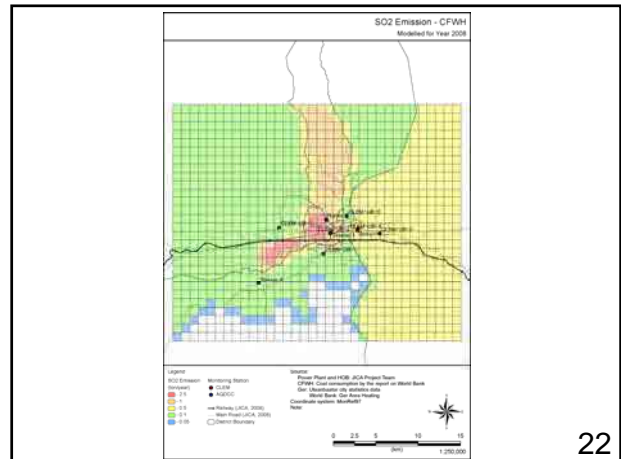
出典: JICA第2次詳細計画策定調査

20

排出量推計結果

区	排出量(ton/年)				
	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
Bayangol	17.7	10.6	25.5	8.4	37.7
Bayanzurkh	93.7	56.2	134.6	44.3	199.1
Sukhbaatar	13.1	7.9	18.8	6.2	27.8
Songino hairhan	44.3	26.6	63.7	21.0	94.2
Chingeltei	33.3	20.0	47.8	15.7	70.7
Han-Uul	16.3	9.8	23.5	7.7	34.7
合計	218.4	131.1	313.7	103.3	464.3

21



22

3.4 ゲルストーブ(壁ストーブを含む)

・ゲルストーブからの排出量推計方法

2010年の人口、世帯数から、ゲルストーブ数と壁ストーブ数を推計し、それに1台あたりの年間石炭使用量・木材使用量及び排出係数を乗じることにより、排出量を推計した。

23

2010年の人口、世帯数の推計

2009年市統計データのゲル別建物別人口に2000年～2007年の平均人口増加率4.9%を乗じた。

区	ゲル		建物	
	世帯	人口	世帯	人口
Khan Uul	6,428	23,019	12,236	45,922
Bayanzurkh	22,582	86,954	21,548	85,898
Bayangol	5,921	24,088	6,174	22,546
Sukhbaatar	7,776	32,966	11,590	44,769
Chingeltei	7,189	32,522	18,244	84,100
Sanginokhairahan	19,700	86,954	21,731	97,457
合計	69,596	286,236	91,523	380,694

24

ゲルストーブ・壁ストーブ数の推計

ゲル及び建物におけるゲルストーブあるいは壁ストーブ数は、2%の世帯で2台を所有するものとした推計した。

区	ゲルストーブ数	壁ストーブ数
Khan Uul	6,912	13,200
Bayanzurkh	24,408	23,352
Bayangol	6,426	6,648
Sukhbaatar	8,469	12,531
Chingeltei	7,872	20,011
Sanginokhairhan	21,521	23,778
合計	75,608	99,519

25

1台当たりの燃料使用量 (ton/年)

	石炭 (ton/年)	木材 (ton/年)
ゲルストーブ	4.50	3.27
壁ストーブ	5.50	2.99

出典: 大気質庁によるサンプリング調査、World Bank: Ger Area Heating

燃料使用量 (ton/年)

	石炭	木材
ゲルストーブ	340,234	247,237
壁ストーブ	547,352	297,561
合計	887,586	544,797

26

排出係数 (kg/ton)

ストーブ種類	燃料	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
ゲルストーブ	石炭	5.4	3.3	7.5	2.4	23.38
	木材	3.82	3.82	0.008	1.2	69.2
壁ストーブ	石炭	3.4	2.1	6.7	1.9	23.38
	木材	3.82	3.82	0.008	1.2	69.2

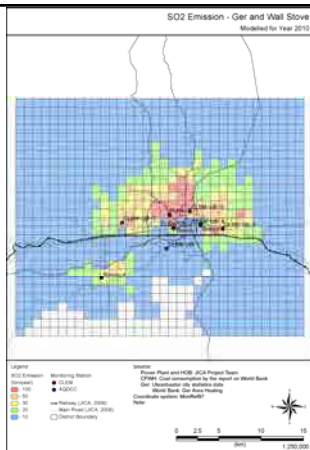
出典 石炭 (CO以外): JICA第2次詳細計画策定調査
石炭 (CO): 本調査
木材: GAP Forum Manual

27

ゲル地域からの排出量

区	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
Khan Uul	652	492	720	287	6720
Bayanzurkh	1,601	1,204	1,685	687	15,296
Bayangol	437	328	462	188	4,361
Sukhbaatar	689	519	748	301	7,011
Chingeltei	892	675	1,004	397	9,323
Sanginokhairhan	1,508	1,135	1,604	651	15,111
合計	5,779	4,353	6,223	2,510	58,452

28



29

4. 固定発生源の排出量推計結果 (ton/年)

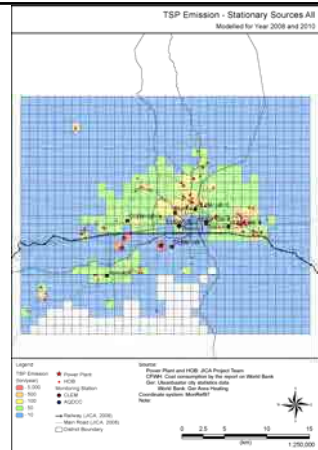
発生源種類	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
火力	6,643	4,318	8,616	9,056	33,950
HOB	1,805	1,174	346	90	2,118
CFWH	218	131	314	103	464
ゲル	5,779	4,353	6,223	2,510	58,452
合計	14,445	9,976	15,499	11,759	94,984

30

固定発生源の合計排出量に対する寄与率

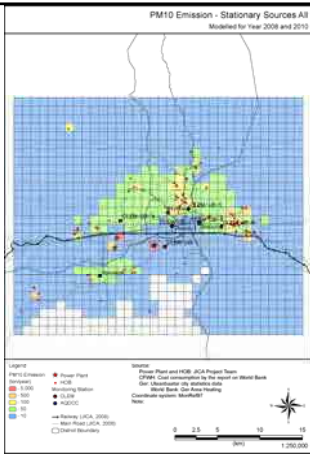
発生源種類	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
火力	46.0%	43.3%	55.6%	77.0%	35.7%
HOB	12.5%	11.8%	2.2%	0.8%	2.2%
CFWH	1.5%	1.3%	2.0%	0.9%	0.5%
ゲル	40.0%	43.6%	40.2%	21.3%	61.5%
合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

31



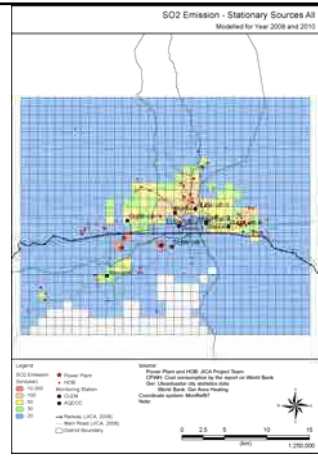
TSP排出量分布(固定発生源)

32



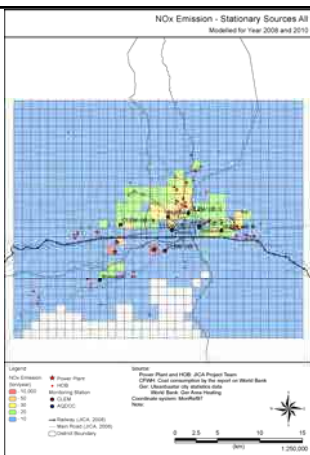
PM10排出量分布(固定発生源)

33



SO2排出量分布(固定発生源)

34



NOx排出量分布(固定発生源)

35



CO排出量分布(固定発生源)

36

5. まとめ

- 発生源別石炭使用量、排出量
火力発電所の寄与が最も大きく、次にゲル、HOB・工場、CFWHの順である。
- 現時点では、排ガス測定結果が十分ではないため、排出係数を細かく設定できていない。今後、現在実施している排ガス測定結果に基づき、火力発電所やHOBの排出係数をできるだけ個別に設定し、エミッションインベントリの精度向上を図る必要がある。

37

Thank you

38

1. 移動発生源インベントリ 2. その他発生源インベントリ

前田浩之 (maeda@sur.co.jp)
(移動発生源インベントリ担当)
インベントリとシミュレーションの研修
2011.6.13
@ モンゴル日本センター

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

1

略語

UB	ウランバートル
EF	排出係数

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

2

大気質の状況

項目	値	基準	状況
PM10	150	150	基準値
PM2.5	80	75	超過
SO2	10	10	基準値
NO2	40	40	基準値
CO	1.0	1.0	基準値
O3	100	100	基準値



- ◆ 暖房不要の時期でも、基準を超えている
 - 2011.5.21~5.26でも、UB-2 (西四叉路), UB-5(第69幼稚園), UB-7(Их үүсгэл компанийн байрны орчим)では、MNS 4585の1.5倍以上の日があった(出典: CLEM)
 - UB-1 (西四叉路)では、SO₂, NO₂, PM-10の濃度が高いことが多い(出典: AQDCC)

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

3

排出量計算の目的

2010/10/14(木) 7:45



2010/10/15(金) 7:45



1. 大気汚染物質の排出量を知る
2. 大気汚染対策案の比較

多数の案の中から、実現可能性が高く、大気質が環境基準(MNS 4585)に適合する案を選択するため。

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

4

1. 移動発生源インベントリ

1. 排出量計算対象
2. 排出量計算方法
3. 排出量計算結果
4. これからの業務



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

5

1.1. 排出量計算対象

- ◆ 発生源
 - 自動車
- ◆ 大気汚染物質
 - PM, SO_x, NO_x, CO
- ◆ 年
 - 2010年



2010/9/8 18:09
@ 西四叉路

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

6

1.2. 排出量計算方法

- ◆ EFに台数と距離を乗じ、その合計を計算する。

- $Q = \sum (EF \times Cnt \times Len)$
 - Q 排出量(g)
 - EF EF(g/km/台)
 - Cnt 台数(台)
 - Len 距離(km)

- ◆ EFは、自動車の排ガス規制バージョンと旅行速度から計算

- $EF = f(m, v)$
 - f 関数 (例を次ページに示す)
 - m 自動車の排ガス規制バージョン
 - v 旅行速度

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

7

1.2.1. EF

1. UBでは、EFを求めるための自動車排ガスデータがない。
 - 外国のEFを使う
2. UBの登録自動車の半数以上は、日本の中古車
 - 日本の自動車の排ガスを測定して計算したEFを使う
3. UBと日本は違う
 - 燃料の違いの影響を計算する

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

8

日本のEF表

出典: 自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査 (2009.3, 日本環境省)

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

9

日本のEF表の一部拡大 ガソリン乗用車のNOx(g/km)

排ガス規制バージョン	旅行速度(km/h)						
	4	7.5	12.5	20	32.5	50	70
規制前	3.755	2.803	2.830	2.284	2.286	2.270	3.495
1973	3.141	1.990	1.799	1.568	1.522	1.612	2.482
1975	1.889	1.093	1.032	1.058	0.965	0.965	1.492
1976	1.763	0.939	0.724	0.909	0.928	0.901	1.237
1978	0.506	0.409	0.248	0.280	0.312	0.334	0.545
1986	0.608	0.359	0.244	0.180	0.144	0.139	0.165
2000	0.069	0.042	0.029	0.022	0.018	0.015	0.014
2005	0.020	0.013	0.010	0.008	0.007	0.006	0.006

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

10

排出量に影響する状況

- ◆ 大気汚染に関するエンジンと排ガス処理装置の性能
 - 前頁の例の場合、1999年式と2000式で、8~10倍の差がある
 - 排ガス処理装置の劣化を防ぐためには、無鉛かつ低硫黄の燃料が必要
- ◆ 旅行速度 (渋滞時に排出量が増える)
 - 前頁の例の場合、4km/hと20km/hで、3~4倍の差がある

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

11

ガソリンの鉛濃度

- ◆ 日本
 - オクタン価90のガソリンは、1975年から鉛禁止。
 - オクタン価96のガソリンは、1987年から鉛禁止。
- ◆ モンゴル
 - MNS217-87では、有鉛ガソリンが許可されていた
 - MNS217-2006から、有鉛ガソリンが禁止された
 - モンゴルでガソリンの鉛を測定したデータは無い
 - 2010年11月にPetrovisで購入したガソリンを日本で測定した
 - 無鉛だった

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

12

ガソリンの硫黄濃度

		(ppm)	
日本	~ 2004.12	<=100	国の規制
	2005.1~	<=10	製油会社の品質保証
モンゴル	1987~	<= 1,200	MNS217:87
	2006.12~	<= 500	MNS217:2006
	2010.11	300 (A-80)	PETROVISで購入したガソリン
		200 (AI-92)	
	100 (AI-95)		

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

13

ディーゼル油の硫黄濃度

		(ppm)	
日本	1953~	<=12,000	国
	1976~	<= 5,000	国
	1992~	<= 2,000	国
	1997~	<= 500	国
	2003.4~	<= 50	製油会社の品質保証
	2005.1~	<= 10	製油会社の品質保証
モンゴル (I Бүлэг規格)	1984~	<= 2,000	MNS216:84
	2006.12~	<= 2,000	MNS216:2006
	2011.1	1,400	PETROVISで購入した軽油

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

14

UBのEFの計算

◆ 作業順序

1. UBの車検データを入手
2. 旅行速度調査を実施
3. 2009年の1年間の車検123,641台の1台毎に、鉛と硫黄による劣化を考慮して、排ガス処理装置のバージョンを選択。旅行速度調査データも用いて、EFを計算

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

15

旅行速度調査



- ◆ 3日間（秋の平日、秋の週末、冬の平日）に、朝と日中と夕方と深夜の各2時間ずつ、3台の自動車を使用し、延べ72時間・1,193kmの運転データを作成した。そのデータから、ウランバートルの旅行速度を計算した。

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

16

1.2.2. 台数

◆ 通過した台数

- このプロジェクトで数えた
- 35地点
- 24時間（一部の地点は16時間）
- 7車種別に数えた
- 1時間毎に記録した
- 3日間（休日と冬の調査は地点数を削減）

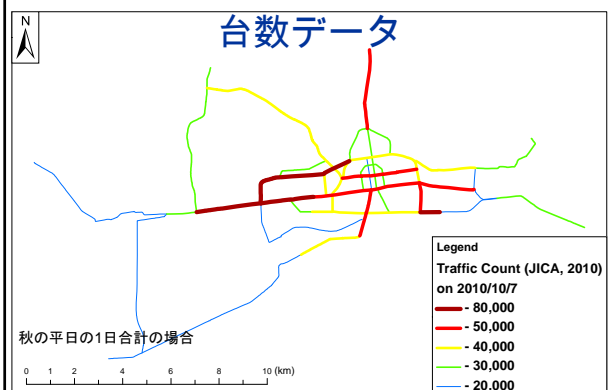


2010/11/24 9:29 @ 120-p Buudal

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

17

台数データ



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

18

1.2.3. 距離

- ◆ 2007年版1/5,000の電子地図で、区間毎に測定

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

19

1.3. 排出量

PM	70.8 (ton/year)
SOx	257.9 (ton/year)
NOx	752.8 (ton/year)
CO	3,017.0 (ton/year)

- ◆ 燃料分析を実施する前の暫定値

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

20

1.4. これからの業務

PDM (蒙日間の合意書の1つ)等に従う。すなわち、

- ◆ JICA専門家の指導のもとで、AQDCC等に所属するモンゴル人専門家が更新
 - 1人だけの指導でよいのか？
- 1. 新しいデータを入手して排出量を計算
 - どの機関が何を調査するか？
- 2. 政策オプションの選択
 - 政策オプションは誰と協議するか？
- 3. 政策オプション実現時の排出量の計算

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

21

政策オプション例

- ◆ 型式排ガス規制
 - ・ 型式排ガス規制に適合しない自動車の輸入禁止
 - ・ 最新式規制でなくても、大気質が、大気質基準以下になるのか、シミュレーションで確認すべき
- ◆ 硫黄の規制
 - ・ ロシアが、硫黄濃度を下げた燃料を製造・輸出してくれるのか？
 - ・ モンゴル国内に建設予定の製油所に、硫黄を削減する装置を設置し、その製油所で作る燃料をUBで使うことは可能か？
- ◆ もし、全ての自動車と燃料が日本の状態なら？
- ◆ 電気交通の振興
 - ・ 地下鉄など、電気式鉄道の建設
 - ・ トロリーバス路線の増強

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

22

排ガス規制

	日本	モンゴル
車検排ガス規制	1966~	MNS5013 MNS5014
型式排ガス規制	1973~	無し



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

23

硫黄濃度

		(ppm)		
ガソリン	日本	2005.1~	<=10	製油会社
	モンゴル	2006.12~	<= 500	MNS217:2006
		2010.11	300 (A-80) 200 (AI-92) 100 (AI-95)	PETROVISで購入したガソリン
ディーゼル油	日本	2005.1~	<= 10	製油会社
	モンゴル	2006.12~	<= 2,000	MNS216:2006
		2011.1	1,400	PETROVISで購入したディーゼル油

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

24

電気交通の振興



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

25

2. その他発生源インベントリ

1. 排出量計算対象
2. 排出量計算方法
3. 排出量計算結果
4. これからの業務



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

26

2.1. 排出量計算対象

- ◆ 発生源
 - 火力発電所灰埋立地
- ◆ 大気汚染物質
 - Dust
- ◆ 年
 - 2010年



2010/6/3 13:53 @ Yarmag

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

27

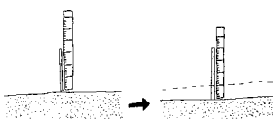
2.2. 排出量計算方法

- ◆ 面積に、削られた厚さ乗じ、重さに換算する。
 - $Q = \sum (A \times T \times D)$
 - Q 排出量
 - A 面積
 - T 削られた厚さ
 - D 密度
- ◆ 面積
 - 灰埋立地の面積のうち飛散する可能性が高い範囲
- ◆ 削られた厚さ
 - 1cmと仮定
 - 第3発電所第4号埋立地の、36日間(2011.3.15~4.20)の測定では 0.576cm。
 - 火力でのインタビュー (2~3cm)に比べれば過小評価の可能性はある

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

28

削られた厚さの測定



しばらく後に
Хэсэг хугацааны дараа



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

29



- ◆ 第2発電所と第3発電所の灰埋立地で、2010.12.10から測定
- ◆ 2011.3.14迄は測定誤差が大きかったため、データの信頼性が高い2011.3.15以降のデータで分析。
- ◆ 第3発電所第4埋立地の、2011.3.15~4.20の1ヶ月の平均侵食量は、5.76mm

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

30

2.3. 排出量計算結果

Dust	3,116 (ton/year)

- ◆ 第3発電所の第4号埋立地は、2011年5~6月に覆土を実施。そのため、2012年の排出量は大きく減る予定。
- ◆ 第2発電所の西側埋立地の灰は、セミコークス練炭の材料として使用される計画がある。

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

31

2.4. これからの業務

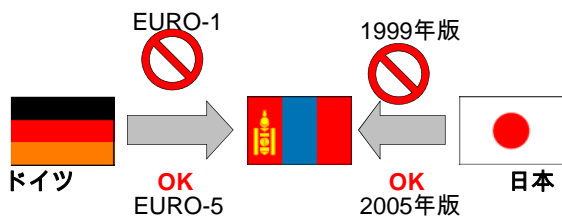
PDM (蒙日間の合意書の1つ)等に従う。すなわち、

- ◆ JICA専門家の指導のもとで、AQDCC等に所属するモンゴル人専門家が更新
 - 1人だけの指導でよいのか？
- 1. 新しいデータを入手して排出量を計算
 - どの機関が何を調査するか？
- 2. 政策オプションの選択
 - 政策オプションは誰と協議するか？
- 3. 政策オプション実現時の排出量の計算

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

32

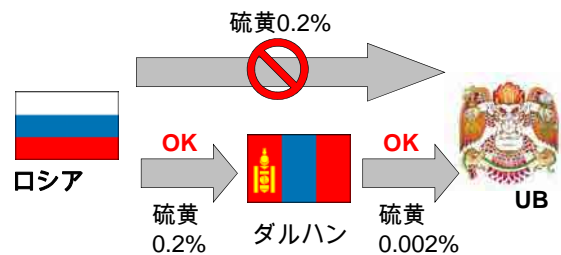
型式排ガス規制の例



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

33

ディーゼル油硫黄規制の例



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

34

公共交通 (燃料と電気)



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

35

ありがとうございました

- ◆ 担当分野ではないが気になること…
 - 日本の自動車整備資格を持ったモンゴル人がある。モンゴルでの自動車整備水準向上のために活用できないか？
 - 市交通局が今年も400台の大型バスを購入するなら、日本やEUROの最新排ガス基準に適合したバスを購入し、また、運した軽油を供給してほしい
 - トロリーバスは大気汚染対策になる。価格が抑えられ、路線復活すら出来ないのはなぜか？
 - 第2発電所等の灰を混ぜたセミコークスが使用されると、灰が増える。灰の飛散量が増えないか？
 - 道路や歩道工事でダストが増え、大気汚染の原因になっている。道障工事の管理を厳しくしてもらうにはどうしたらよいか？
 - 経費の情報が必要。オドメーターと給油量の情報提供協力者を探しています。

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

36

大気汚染物質合計排出量とインベントリデータの精度について

田畑 亨

(固定発生源インベントリ/シミュレーション1)

1

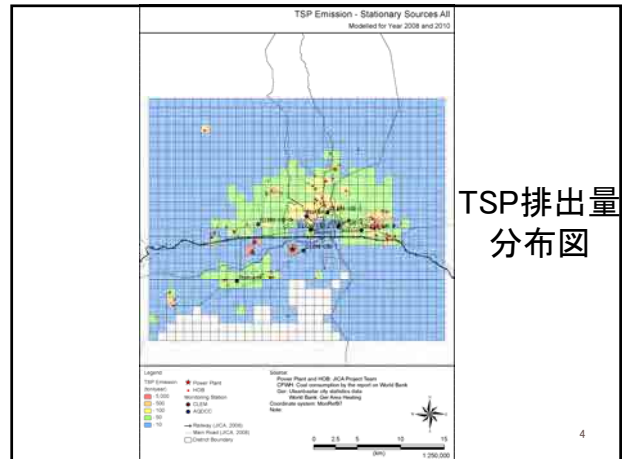
1.大気汚染物質合計排出量

2

大気汚染物質合計排出量 (ton/年)

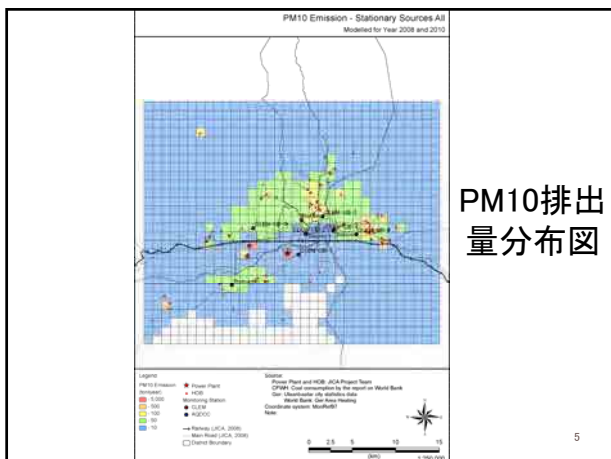
	TSP	PM10	SOx	NOx	CO
発電所	6,643	4,318	8,616	9,056	33,950
HOB	1,805	1,174	346	90	2,118
CFWH	218	131	314	103	464
ゲル	5,779	4,353	6,223	2,510	58,452
自動車					
鉄道	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
飛行機	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
発電所灰埋立地	3116	?	0	0	0
合計					

3



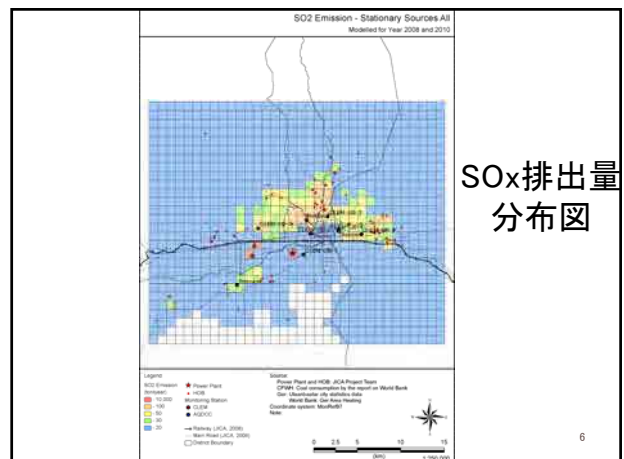
TSP排出量分布図

4



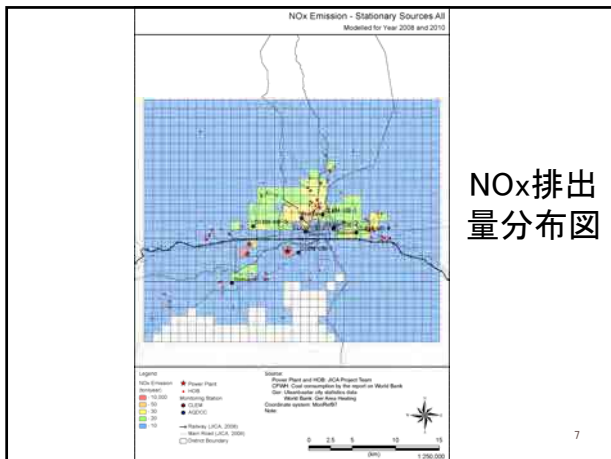
PM10排出量分布図

5



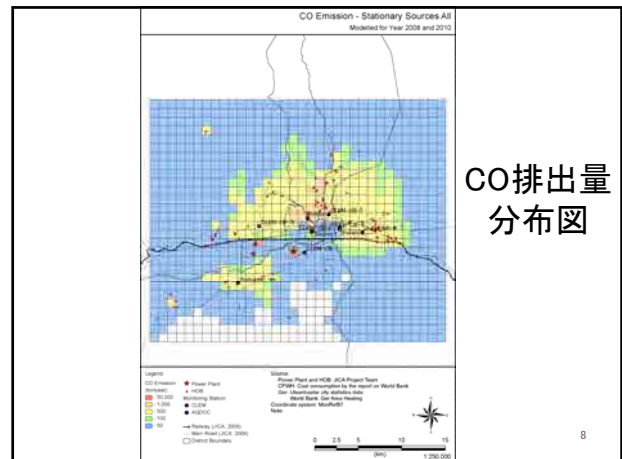
SOx排出量分布図

6



NOx排出量分布図

7



CO排出量分布図

8

2. インベントリデータの精度について

- ◆ 2.1 固定発生源インベントリ
- ◆ 2.2 移動発生源インベントリ
- ◆ 2.3 その他面的発生源

9

2.1 固定発生源インベントリの精度(1)

- ◆ 火力発電所
月別石炭使用量が詳細に把握され、高い精度を有している。
排出係数は、火力別に設定できた。ただし、測定結果にばらつきがあり、年間排出係数として高い精度ではないケースがある。そのため、排出係数の精度向上に向けて、冬季の排ガス測定が望まれる。

10

2.1 固定発生源インベントリの精度(2)

- ◆ HOB
石炭使用量は、ある程度の精度を有しているが、月別変化等の精度は十分ではない。
排ガス測定では、13ボイラの排出係数を設定し、インベントリデータの精度が向上した。残りの代表的なボイラについては、平均の排出係数を用いたが、使用した排ガス測定結果にばらつきがあるため、今後は、排ガス測定を実施し、残りの代表的なボイラについて、排出係数を設定する予定である。
- ◆ 工場
大規模工場の一部のみを把握しており、発生源インベントリの精度は低い。工場リストを入手し、大規模工場のインベントリデータを作成していく必要がある。

2.1 固定発生源インベントリの精度(3)

- ◆ CFWH
世界銀行のデータを使用したため、ストーブ別石炭使用量が2008年データとなっている。今後は、年補正により、基準年ベースのデータにする必要がある。
CFWHの排出係数は、HOBの排出係数を設定した。今後は、CFWHを対象とした、平均的な排出係数を設定する必要がある。

12

2.1 固定発生源インベントリの精度(4)

- ◆ ゲルストーブ(壁ストーブ含む)
ゲルストーブの年間使用量、時刻変化は、世界銀行データを用いた。排出係数は排ガス測定結果により設定した。しかし、石炭使用量は、目視により計測され、排出係数は1ケースのみの測定結果によるものである。そのため、今年の冬に使用実績の補足調査を実施する必要がある。また、排ガス測定チームでは、石炭及び木材の排出係数設定に向けて、今年の冬に排ガス測定を実施する予定である。

13

2.2 移動発生源インベントリの精度

- ◆ 自動車
日本車の排出係数およびUBの燃料の硫黄及び鉛の情報から、排出係数を推定している。そのため、従来の排出量推計と比較して、格段に精度が向上していると考えられる。
UBの車検場等では、エンジンのメンテナンスが不十分な自動車が多いと考えている。メンテナンスの状況・排出係数への影響の程度が不明である。それが誤差要因と考えられる。
- ◆ 航空機、鉄道
排出量として非常に小さいため、推計は行っていない。

14

2.3 その他面的発生源インベントリの精度

- ◆ 火力発電所の焼却灰埋立地からの飛散粉じん
発電所灰埋立地における測定データを用いて排出量を計算しているため、従来の排出量推計と比較して、格段に精度が向上している。ただし、測定地点数と測定期間が限られているため、まだ、精度向上の余地がある。
- ◆ 道路粉じん
交通量データはUBのデータを使用する。排出係数は、従来の調査と同様、他国で作成されたデータを使用する。そのため、過少評価と考えられる。

15

Thank you

16

発生源インベントリの 精度向上に向けた活動について

大気質庁 G. DAVAAJARGAL

1

概要

- ▶ 発生源インベントリのシステムの現状
- ▶ 「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト」で実施されたインベントリを構築の重要性
- ▶ プロジェクトの成果で構築されたインベントリのシステムの維持と精度の向上について

2

1. 発生源インベントリのシステムの現状

- ▶ 現在のUB市の大気汚染発生源を述べるのが不要と思います。ただし、大気汚染発生源インベントリを発生源別で国家機関で実施している。

ただし:

- ▶ 自動車に関するインベントリは市道路局
- ▶ 200KWT以上の定格容量の温水ボイラ(HOB)を国家監査庁、都市開発政策局、市監査庁、市事務局、ヒートボイラ利用調整局、大気質庁等

3

- ▶ 区役所と共同で登録を行っている。
- ▶ 火力発電所の場合は鉱物・エネルギー省が登録する。
- ▶ その他、大きな発生源になるゲルストープの登録を主に国家統計所や市統計所が区役所の協力で実施している。

4

- ▶ 上記機関で実施された発生源インベントリ数、項目は関係機関の事業に用いている。
- ▶ それから発生源インベントリの精度改善の向けである。

5

発生源インベントリに関して我が機関からの事業

- ▶ 発生源インベントリに関して大気質庁が実施している事業

ただし:

1. 大気汚染削減法ができたことで各区で大気汚染削減の事業部会が設立されている。それらの支事業部会によって各区の地域にある固定や面源のデータ情報をより詳細に把握することができるようになる。
2. 「大気汚染支払法」の法定により交通警察局と交通局の同業で移動発生源の数、それらの大気中に排出される有害物質の影響が明確になる。

6

上記の事業外に発生源インベントリー実施している機関との同業で当発生源の大気中に排出される有害ガスの濃度を把握している。

特に国家監査庁、市監査庁等機関との同業で火力発電所、小規模や200kw以上の定格容量のボイラ、移動排ガスに測定を実施している。

7

「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト」で実施されたインベントリー実施の重要性

- ▶ 発生源インベントリーの向上で国家機関が発生源の管理強化し、大気汚染物質量の削減できる。
- ▶ 発生源インベントリーデータから大気汚染のシミュレーション作成も容易となる。
- ▶ 発生源インベントリーの重要性を活用することによって国家機関が大気汚染発生源を利用する営業者の同業で大気汚染削減対策の実施も可能になる。

8

- ▶ 発生源インベントリー作成だけではなく当発生源の大気汚染の影響の評価もある程度に出している。これは大気汚染削減のために事業している国家機関の活動方針を明確化してくれる良い点がある。
- ▶ プロジェクトで実施しているいろんな研修、講習がある。これにより国家機関やその他の機関、発生源利用の営業者は機器や技術向上することができるようになる。

9

プロジェクトの成果で構築されたインベントリーのシステムを今後どうやって続けて行く、精度の向上について

- ▶ 「ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト」で実施されたインベントリー制度を継続に持って行く。
- ▶ また、UB市では新しく設置された大気汚染発生源あるいは免置、更新などを直ぐに登録し、拡散シミュレーションに入れる必要がある。

10

- ▶ 発生源インベントリー実施には国家機関及び無国家機関、民間企業の同業を取り組むことが加速的になると考えられる。
- ▶ 発生源インベントリーの頻度を増やし、今後、拡散シミュレーションがより現実的で精度も向上すると期待される。

11

ご静聴ありがとうございます。

12

シミュレーションについて

田畑 亨
固定発生源インベントリ/シミュレーション1

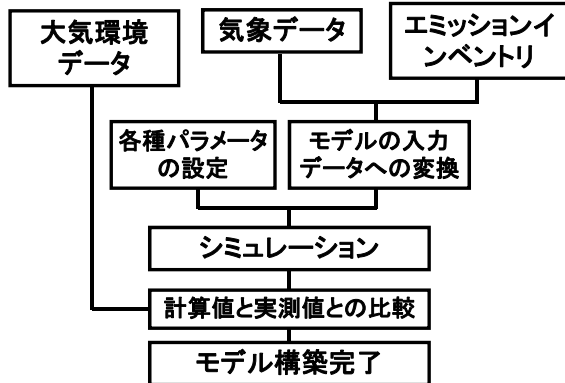
1

内容

1. シミュレーションモデルの構築までの流れ
2. シミュレーションの基本条件
3. シミュレーションモデルの概要
4. 気象データ
5. 発生源データ
6. 計算値と実測値との比較
7. シミュレーション結果
8. 今後の作業内容

2

1. シミュレーションモデル構築までの流れ



3

2. シミュレーションの基本条件

項目	内容
対象汚染物質	PM10、SOx
発生源	固定発生源
計算期間	2010年3月～2011年2月
対象地域	中心部を含む約34km×28km
解像度	1km×1km
利用データ	気象データ、大気環境データ

4

3. シミュレーションモデルの概要

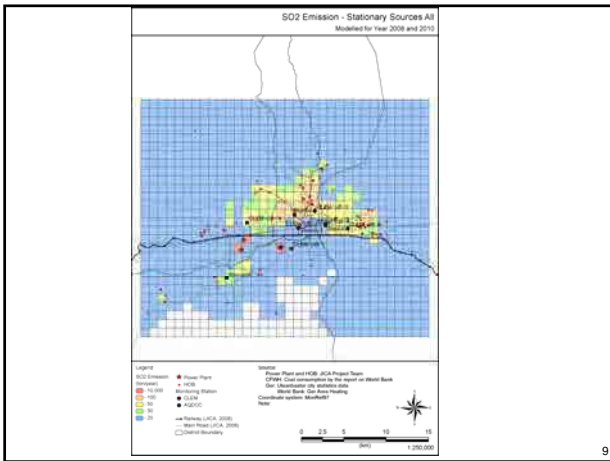
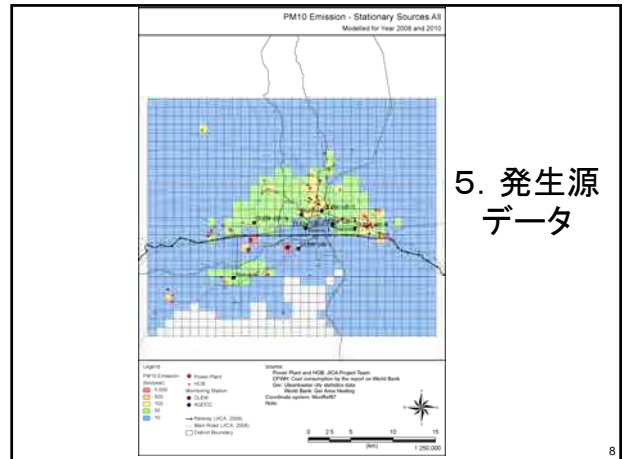
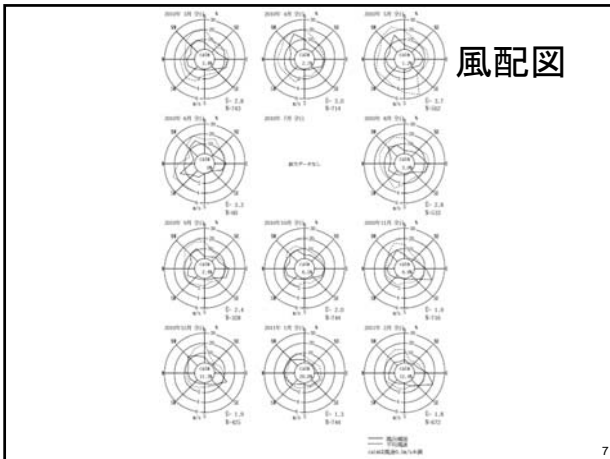
- シミュレーションモデルにはUSEPAが公開しているISCST3モデルを使用した。ただし、風速1m/s以下では、ISCST3モデルによる計算は行われないため、Puffモデルを用いて計算した。

5

4. 気象データ

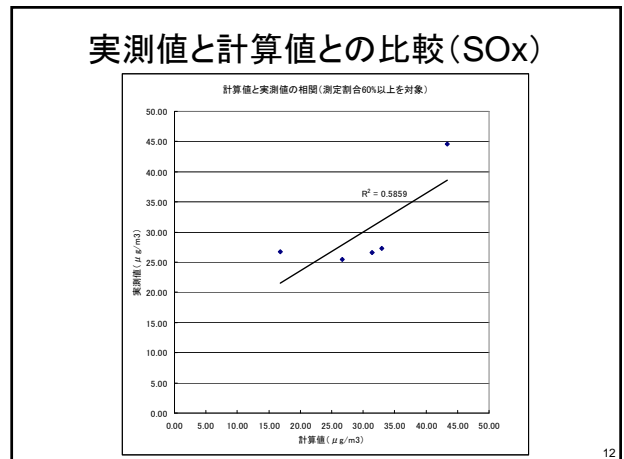
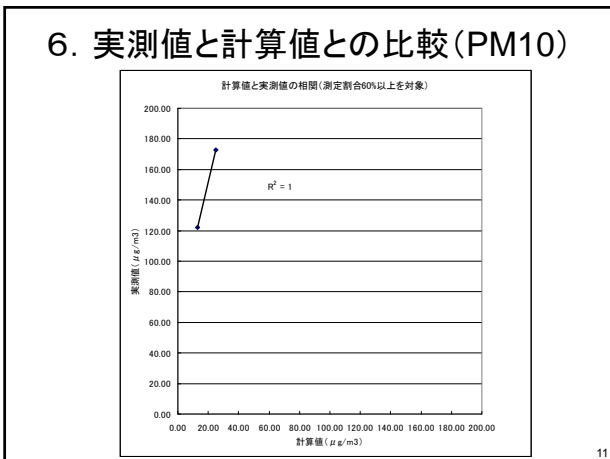
- NAMEMから提供された風向、風速データを用いた。

6



6. 計算値と実測値との比較

- 精度の高いシミュレーションモデルを構築するため、計算値と実測値との相関を高めることにより、モデル構築を行った。
- 比較対象とした大気環境測定局は、60%以上のデータ有効率であり、自動車による影響が比較的少ない局を選定した。



計算値と実測値の比較結果について

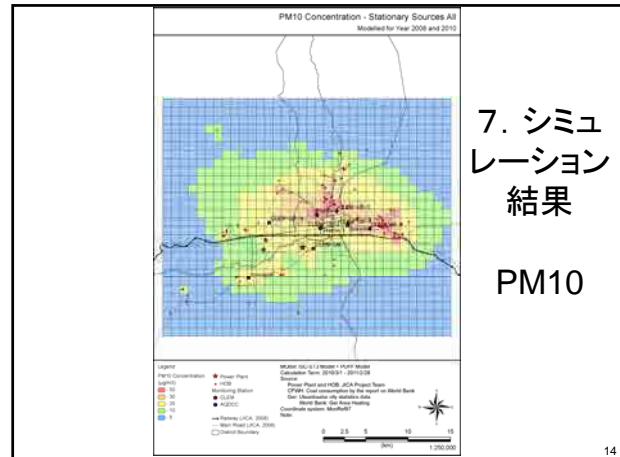
SOx

- 計算値と実測値との相関が高く、精度の高いモデルとなった。

PM10

- HOB、工場の一部で、発生源インベントリにできていないものがある。
- ゲルストーブの石炭・木材使用量及び排出係数の精度
- 火力発電所の焼却灰埋立地からの飛散粉じん、道路からの粉じん(舗装、未舗装)が発生源インベントリに反映されていない。
- 二次粒子による影響がモデルに組み込まれていない。

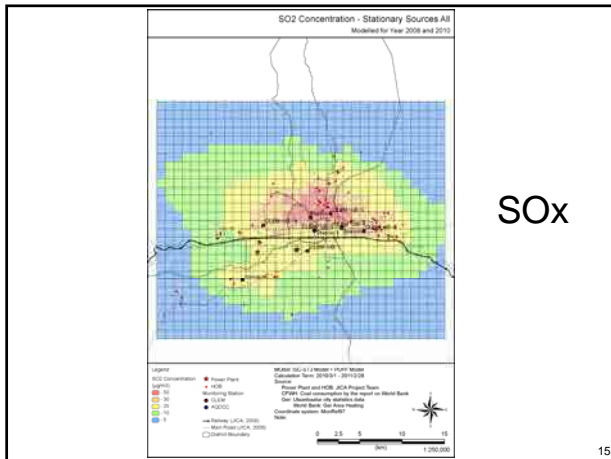
13



7. シミュレーション結果

PM10

14



SOx

15

8. 今後の作業内容

- 発生源インベントリデータの一部で、精度があまり高くないケースがあるため、発生源データやモデルの信頼性向上が必要である。そこで、2012年3月までに、基準年の見直し、石炭使用量、排出係数、ボイラ稼働時間等の設定・修正等を行い、基準年の発生源インベントリデータを更新する。
- 更新されたインベントリデータを用いて、シミュレーションモデルの再構築を図る。また、US-EPAのAERMODを用いたシミュレーションも行う。
- その結果は、2012年5月に公表する。

16

Thank you

17

活動方針

2011.06.13.

1

内閣実施エージェンシー NAMEM

- 目標:
国民への水気象・環境に関する正確な情報の提供、偶発的な自然及び気象災害、**深刻な環境汚染防止**、気象、気候資源の利用状況の整備

2

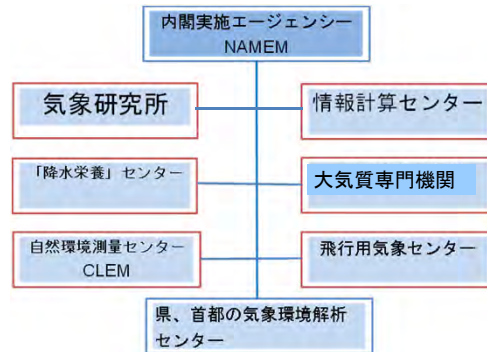
内閣実施エージェンシー NAMEM

- 活動戦力目的:
5 目的- 気象、環境観察に関する政策作成、その実施

3



内閣実施エージェンシー 気象、環境解析所



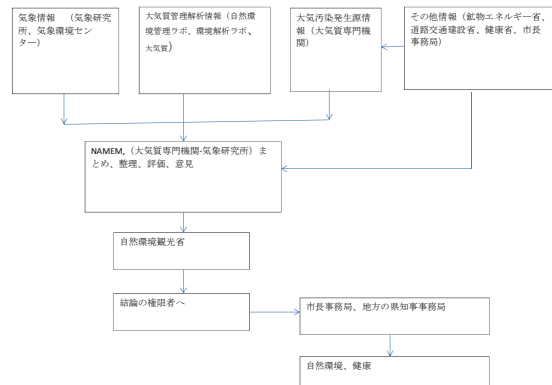
4

内閣実施エージェンシー 気象、環境解析所

気象、環境管理解析の国家ネット

No	ステーション、	数	9	気象用局	186
1	測候所	130	10	降水研究所	132
2		7	11	放射管理局	35
3	飛行用気象所	15	12	大気質管理測定局	35
4	Agro 気象所	2	13	温暖ガス管理測定局	1
5	Zoo 気象局	8	14	環境管理研究室	12
6	レーダーステーション/ 1+5/	6	15	ダストストーム測定自動局	7
7	衛星情報受信ステーション	2	16	潮検査所	1
8	酸性雨局	2		合計	567

5



6

水気象研究所

気象データ(情報)の受け取り
-短期
-中期
-長期
期間の予報作成
-水気象、気候、環境方向の研究をそれぞれ行うこと。

7

大気質専門機関

-大気質の分析、監査・調査の実施、関係情報、評価の作成
-関係機関からの情報回収
-大気汚染に関する公報 /予報の作成/
-大気汚染に関するシミュレーション作成
-大気汚染削減対策案の提出

8

自然環境・(CLEM)

- 環境大気質の監査・分析
- 地方監査・分析への専門的な指導、提言
- 測定データの提供
- 大気汚染発生源エミッション測定の実施
- その他の測定、調査

9

大気質庁

- 市長の下、活動実施:
 - 大気汚染発生源インベントリ、データベース
 - 大気汚染発生源インベントリへの監査、分析結果報告、データベース
 - 評価作成
 - 関係情報の回収
 - 大気汚染削減対策の調整、実施

10

別添資料 2.1-5 JICA 地域別研修「都市における自動車公害対策」コースフォローアップセミナーの配布資料 (2012.03.06)

モンゴル国におけるフォローアップセミナーの開催概要

2012/2/8

(公財)地球環境センター

概要

➤ 背景

現在、モンゴル国の首都ウランバートル市では深刻な大気汚染問題を抱えている。GEC では2009年度に開始された JICA 地域別研修「都市における自動車公害対策」コースにおいて、2011年度までの3年間で6名の研修員の受け入れを行ってきた。また、当該研修の先行研修となる「大気汚染対策」コースでも研修員を受け入れている。本研修は、3年間で各年度の参加研修員が連携してアクションプランを作成することとなっており、帰国後研修員間で調整したうえで、より総合的なアクションプランとして実行することが求められている。

また、当国では大気汚染対策に関する JICA 技術協力プロジェクトも進行中である他、鉱工業からの廃水処理に関する懸案から、JICA の新規研修案件としても検討されるなど、日本との今後の協力関係の強化が図られている。

なお、本年10月に GEC が JICA モンゴル事務所を訪問した際には、大気汚染に関するフォローアップセミナーへの期待が大きいことが示唆されている。

➤ 目的

帰国研修員のアクションプランの実施状況を確認し、各分野の専門家からアドバイスをを行うと共に、所属機関に対してアクションプランの進捗状況の把握・評価、並びに継続的な推進を呼びかける。

また、並行して実施されている JICA 技術協力プロジェクトに携わる専門家からの事業紹介等を通じて日本との連携を深めるとともに、新規研修案件として検討されている鉱工業廃水処理についても、現地の状況を正しく把握することによって、適切な研修計画へ役立てるものとする。

➤ 日程

2012年3月4日(日)～3月10日(土); 別紙日程(案)参照

➤ 開催地

モンゴル国ウランバートル市

➤ 内容

(1)フォローアップセミナーの実施(大気関係); 別紙プログラム(案)参照

大気汚染対策に係る以下の内容のセミナーを実施する。

①日本側からの講演

・前田 浩之 氏(株式会社数理計画)

「『ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト』の紹介(仮題)」

・増田 喬史 氏(大阪環境保全株式会社)

「大阪市の大気汚染対策ケーススタディ(仮題)」

・田中 正宣 氏(関西大学)

「大気汚染物質の環境基準と健康影響評価; PM、NO2 を例に(仮題)」

②モンゴル側からの報告

帰国研修員らによる研修後の成果、最新の現地状況等の報告

③同窓会を兼ねた交流・親睦会

自由な討論のための意見交換会の開催

(2)現地視察(大気関係)

ウランバートル市内の冬期における大気汚染状況を把握し、帰国研修員の成果の活用状況を確認する。また今後、必要となる対策の方向性を正しく見定めることを目的とする。

(3)現地情報収集(鉱工業廃水関係)

近年、懸案となっている鉱工業からの廃水処理について、現地の状況及びニーズを適切に把握することを目的とし、現地関係省庁(鉱山資源省及び自然環境観光省を予定)からのヒアリングを実施する。

➤ モンゴル側参加者

(大気関係)モンゴル国 JICA 研修卒業生及び所属部署関係者

(鉱工業廃水関係)モンゴル国自然環境・観光省及び鉱物資源エネルギー省において環境管理部門担当者等

以上、それぞれ約 30~60 名を予定

➤ 日本側参加者

(JICA) JICA モンゴル事務所

(GEC) 常務理事、研修課(3名)

(外部講師) 下記メンバー(5名)

(大気関係)

関西大学 田中 正宣 氏

1973~2004 年まで、大阪市立環境科学研究所において大気および化学物質代謝研究に従事。この間、1980 年~1995 年は国立環境研究所客員研究員、1985 年~2000 年 環境省アスベスト検討委員などを務める。現在、関西大学環境都市工学部および化学生命工学部非常勤講師。

大阪環境保全(株) 増田 喬史 氏

北海道大学衛生工学科を卒業後、大阪市役所において 36 年間環境行政に携わり、その後、

4年間(公財)地球環境センターにおいて、UNEP 支援や国際環境協力業務に携わってきた。また、現在は大阪産業大学で「環境行政」を教えるとともに、環境計量証明事業会社の運営に携わっている。その間、JICA 開発調査「上海市大気汚染対策調査」に作業監理委員として参画するとともに、JICA などの開発途上国技術研修の講師などを務めてきた。

(株)数理計画 前田 浩之 氏

発電所および発電所の建設工事の環境アセスメントのため、大気質測定データの統計的分析、発電所・自動車等からの大気汚染物質排出データベースの作成、大気汚染拡散シミュレーションを用いた影響評価等に従事。その後、中国、タイ、マレーシア、ベトナム等で、大気汚染の分析と削減計画の策定に取り組み、現在は、ウランバートル市大気質庁とJICAによる『ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト』の『移動発生源』担当専門家として、ウランバートルの大気汚染削減に取り組んでいる。

(鉱工業廃水関係)

元金属鉱業事業団(現 JOGMEC) 玉井 英晴 氏

大学で鉱山の選鉱学を学んだ後、鉱山会社で42年間、非鉄金属鉱山の選鉱及び鉱廃水処理に従事した。この間、研究開発、操業管理及び設備設計を担当した他、4年間金属鉱業事業団(現 JOGMEC)に出向し、鉱山の鉱廃水処理施設の調査設計を担当した。

(株)大阪水道総合サービス 橋本 隆 氏

1973～2010年まで、大阪市において下水道行政、環境行政に従事。下水道部門では、工場排水規制、下水処理場の水質管理・設備管理、調査研究を、環境部門では、環境アセスメント、自動車公害対策を担当。2010年から現職。自治体から浄水場の運転管理などを受託し業務をサポートしている。

以上

フォローアップセミナー(大気) プログラム

日時・場所 3月6日(火)9:30～ 於:ケンピンスキーホテル・ハーンパレス

2012/3/6最終

時間Time	内容	演者	備考
9:00-9:30	受け付け Registration	—	
9:30-9:50	開会の挨拶 Opening Remarks	GEC常務理事 西山 健一郎	
		JICAモンゴル事務所 南 和江	
9:50-10:00	開会の挨拶 Welcome Remarks	ウランバートル市副市長 Mr. Davaadorj GANBOLD	
10:00-10:40	日本側講演1 『ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト』の紹介	(株)数理計画 前田 浩之	
10:40-11:00	討論及び質疑 Discussion & Q/A		
11:00-12:00	日本側講演2 大阪市の大気汚染対策ケーススタディ	大阪環境保全(株)増田 喬史	
12:00-12:30	討論及び質疑 Discussion & Q/A		
12:30-13:45	昼食Lunch		
13:45-14:45	日本側講演3 大気汚染物質-SO ₂ ,PM,NO ₂ ,O ₃ -の環境基準と健康影響評価	関西大学 田中 正宣	
14:45-15:15	討論及び質疑 Discussion & Q/A		
15:15-15:30	休憩Break		
15:30-16:10	帰国研修員による発表1 ウランバートル市における大気汚染削減方法	ウランバートル市大気質庁長官 Mr. Munkhtsog DOLTSON	
16:10-16:30	討論及び質疑 Discussion & Q/A		
16:30-17:10	帰国研修員による発表2 ウランバートル市大気汚染状況、一部の検査結果	ウランバートル市監察庁 Ms. Namsrai NARANGEREL	
17:10-17:30	Q&A		
17:30-17:40	閉会 Closing Remarks	ウランバートル市大気質庁長官 Mr. Munkhtsog DOLTON	
18:00-20:00	懇親会 Dinner Gathering		

『ウランバートル市 大気汚染対策能力強化 プロジェクト』の紹介

フォローアップセミナー(大気)
2012年3月6日
前田浩之
(プロジェクト構成員,
maeda@sur.co.jp)

1

内容

自動車によるウランバートルの大気汚染という
観点で

1. ウランバートルの大気汚染状況
2. プロジェクトの概要
3. 自動車に起因する大気汚染物質排出量削減
のための例

2

1. ウランバートルの 大気汚染の状況

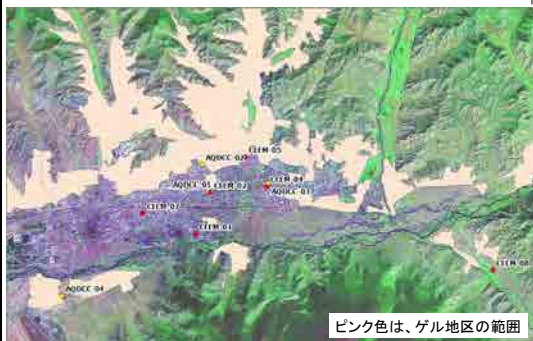
自動車によるウランバートルの大気
汚染という観点から

3



4

固定測定局の位置



5

測定局から主な低煙源までのおお まかな距離 (m)

測定局	ゲル地区	6車線道路	発電所灰埋立地	工業地区
AQDCC-01	100 ~	20 ~	3,500	1,000
CLEM-02	150	70		
AQDCC-02	10 ~	400 ~	5,000 ~	2,500 ~
CLEM-05	50	600	6,500	3,500
AQDCC-03	700 ~	60 ~	6,500	3,000
CLEM-04	800	130		
CLEM-01	1,300 ~	700 ~	1,500 ~	0
CLEM-07	1,500	1,600	1,700	
AQDCC-04	130	5,500	3,500	2,500
CLEM-08	800?	11,000	19,000	7,000

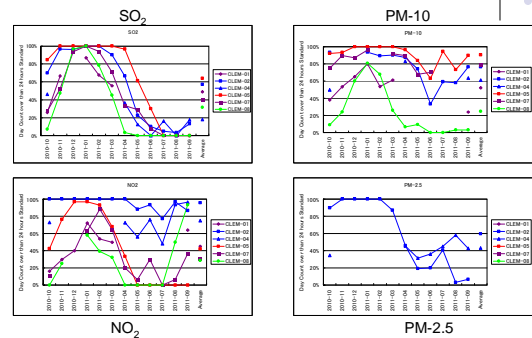
6

年平均値 (2010/10~2011/09) 全地点・全項目が基準超過

Annual (Average)	Standard	CLEM Station ID					
		01	02	04	05	07	08
SO ₂ (ug/m3)	10	(26)	31	(12)	53	20	18
NO ₂ (ug/m3)	30	(40)	93	(49)	42	37	31
PM-10 (ug/m3)	50	(152)	189	(120)	355	209	86
PM-2.5 (ug/m3)	25	(154)	(49)				
Data Count Ratio							
SO ₂		(40%)	90%	(45%)	97%	88%	90%
NO ₂		(46%)	88%	(46%)	98%	75%	80%
PM-10		(47%)	80%	(17%)	92%	66%	89%
PM-2.5			92%	(45%)			

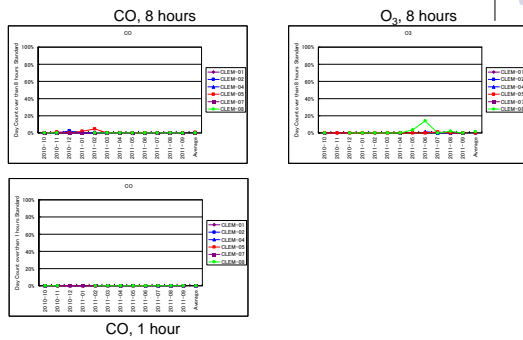
7

24時間基準 (MNS4585) 超過率



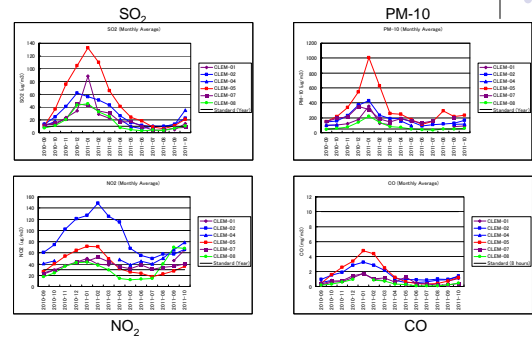
8

1~8時間基準 (MNS4585) 超過率



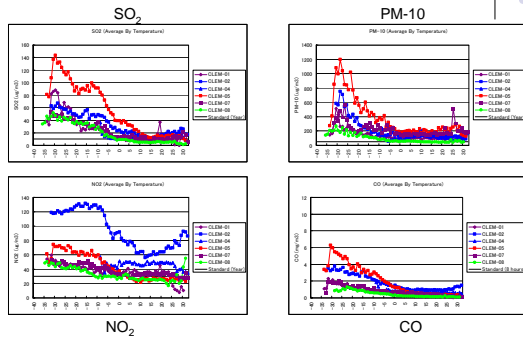
9

月別平均濃度



10

気温別平均濃度



11

大気環境濃度解析からの結論

- 環境基準との比較
 - SO₂とPM-10とNO₂は、ホンホルを含む全ての固定測定局で、大気環境基準を超過しているだろう。
 - COとO₃は、全ての固定測定局で、大気環境基準を超過することはほとんどない。固定測定局以外の場所では、COが大気環境基準を超過していることが多い可能性はある。
- 環境基準を大きく超過する時と場所
 - SO₂: 冬の市全域
 - PM-10: 冬の市全域、および、冬以外のアパート地域・ゲル地域
 - NO₂: 冬の市全域、および、冬以外のアパート地域周辺
 - COとO₃: 測定局では基準を超えることは稀である

12

提案 (1/2)

- 背景
 - 2009年から、1時間毎のデータが利用できる固定測定局が増えた。
 - 2011年から、今までのグラフのような、様々な解析が可能となった。
- 解析
 - どのような時に、どの物質が大気質基準を超過しているのか？
 - 3年間の変化は？
- 測定地点の追加
 - ゲル地区はどうか？
(例:ドドンブーダル、バヤンホシュー、シャルハッド)
- 更なる測定の工夫
 - 測定誤差を減らす
 - 欠測を減らす

13

提案 (2/2)

- 背景
 - CO₂とPM-10の排出量を減らすための政策は多いが、SO₂とNO_xを減らすための政策は少ない。
 - 2011年秋に見た『UB市の2020年末迄のマスタープランの見直し』の案では、『空気中のSO₂、NO₂、COの量が増え(中略)、大気汚染による呼吸器官病の増加の原因となっている』という前提で、マスタープラン案が作成されている。
 - しかし、大気環境基準を大幅に超えているのはPM-10とSO_xとNO_xで、CO₂とCOは基準を超えることは稀である。
- 政策の見直し
 - 大気環境基準を大きく超えている物質の排出量削減を優先するように、政策を見直した方がよい。

14

2. プロジェクトの概要

プロジェクトのうち、自動車による大気汚染に関連が深い内容

15

PDMの概要

名称	ウランバートル市における大気汚染対策のための能力強化プロジェクト
期間	3年間(2010年3月～2013年2月)
対象機関	ウランバートル市大気質庁を中心とするカウンターパートワーキンググループ
対象地域	ウランバートル市
援助機関	JICA
上位目標	大気汚染物質排出削減のための施策強化
プロジェクト目標	市の大気汚染対策能力が強化される

16

各成果のための活動

- 成果1: 大気汚染発生源解析と大気環境影響評価能力の構築
 - 『移動発生源インベントリ』がここに含まれる
- 成果2: 排ガス測定の継続
- 成果3: 排出規制能力の強化(ボイラ登録管理)
- 成果4: 大気汚染物質発生源対策
- 成果5: 大気汚染管理・情報普及
- 横断的事項: 報告書、JCC、機材、能力評価

17

大気汚染物質排出インベントリの例

	トン/年	SO ₂	PM-10	CO	NO _x
発電所	13,282	11,551	50,819	13,477	
HOB	1,370	2,812	5,249	264	
CFWH	313	131	463	103	
ゲル	4,675	3,654	151,129	2,006	
排気	270	265	42,478	6786	
飛散(道路粉塵)		9,266			
飛散(発電所灰)		2,560			
合計	19,910	30,240	250,138	22,636	

18

大気汚染物質排出インベントリの例

トン/年	NOx	PM-10	SO ₂	CO	台数
排気(幹線道路)					
小型乗用	2,612	8	55	24,010	45,122
大型乗用	786	29	44	5,691	54,100
トロリーバス	0	0	0	0	48
大型バス	1,030	118	63	691	1,469
小型トラック	239	17	21	575	2,321
大型トラック	445	27	20	1,032	22,873
飛散(道路粉塵)		9,266			

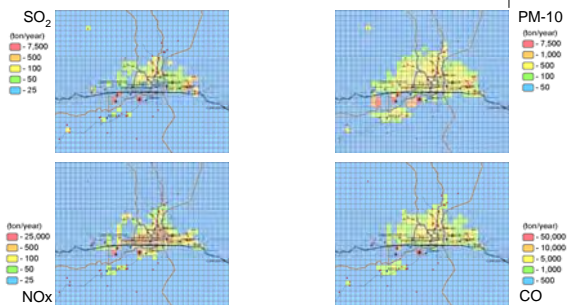
19

基準を超えている物質は、何から多く出ているか？(1台あたり)

kg/年/台	NOx	PM-10	SO ₂	CO
排気(幹線道路)				
小型乗用	57.9	0.2	1.2	532.1
大型乗用	14.5	0.5	0.8	105.2
トロリーバス	0.0	0.0	0.0	0.0
大型バス	700.9	80.5	43.1	470.1
小型トラック	103.1	7.2	9.1	247.6
大型トラック	19.5	1.2	0.9	45.1

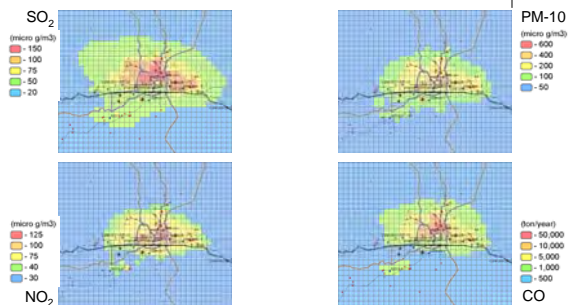
20

排出量分布の例 (排出インベントリの合計)



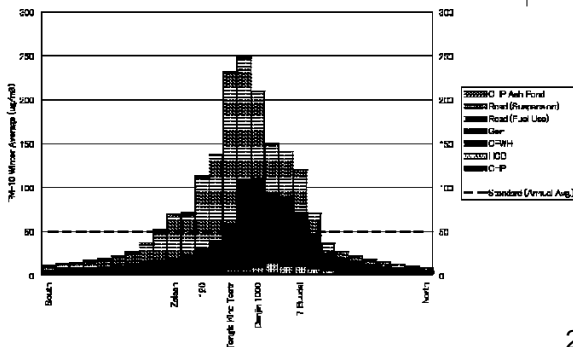
21

大気質濃度の分布の例 (拡散シミュレーションによる冬の平均値)



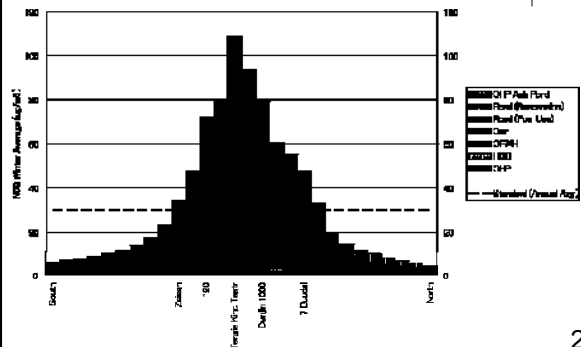
22

大気汚染物質の拡散シミュレーションの例



23

大気汚染物質の拡散シミュレーションの例



24

プロジェクトの成果1のまとめ

- 完了
 - 大気汚染物質の排出インベントリと拡散シミュレーションモデル
- わかったこと
 - PM-10のみならず、SO₂とNO₂も問題である。
 - イフトイルから南側では、ゲル地区由来の大気汚染より、自動車の排気ガスと巻き上げ粉塵の方が、大気汚染に大きく影響している。
 - イフトイルから南側の大気を、環境基準以下にするためには、以下の2つが必要
 - 自動車排気ガスからのNOxを大幅に減らす必要がある。
 - 自動車排気ガスからのPM-10とSOxも減らすことが好ましい。
 - 道路からの粉塵も大幅に減らす必要がある。

25

3. 自動車に起因する大気汚染物質排出量削減のための例



26

単体対策



27

交通流



28

交通流 公共交通計画

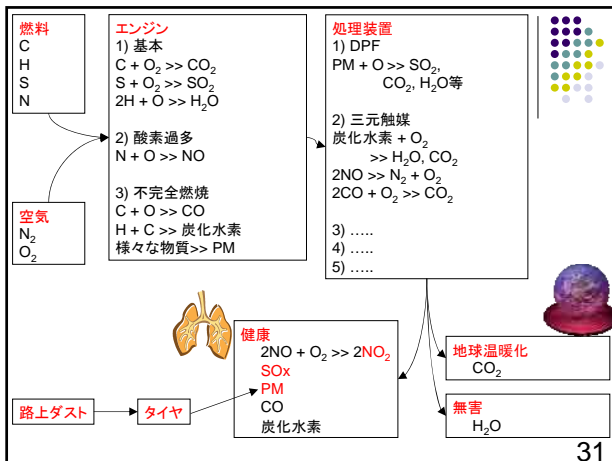


29

路上のダスト



30



31

どの物質に効果があるか

	NOx	PM-10	SO ₂	CO	HC	CO ₂
燃料使用量削減	+?	+?	+	+?	+?	+
硫黄が少ない燃料	=?	+	++	=	=	=
汚染物質が少ないエンジン	++	++	=	++	++	=
管理がよい三元触媒	++	=	=	++	++	-?
管理がよいDPF	=?	++	=?	=?	=?	-?
加速回数の削減	++	++	+	+	+	+
交通量の削減	+	+	+	+	+	+
路上のダスト削減	=	+++	=	=	=	=

例外も少なくないので、一般的な効果を示す。
 ++ 効果大きい
 + 効果がある
 = 効果が小さい、ない、あるいは、逆効果
 ? 条件による

32

どの物質に効果があるか

	NO ₂	PM-10	SO ₂	CO	HC	CO ₂
調整	++	++	+?	++	++	+
車検	+?	++	=	++	++	+
型式基準	++	++	=	++	++	+
現行の大気支払法	=	=	=	=	=	=?
現行のガソリン・軽油税	=	=	=	=	=	=
LPG化(セダン)	+?	+	+	+?	+?	+++
CNG化(大型バス)	+?	++	++	+?	+?	+
LPG化(大型バス)	+?	+++	++	+?	+?	--?
トロリーバス化	++	++	++	++	++	+++
硫黄分が少ない燃料	+++	++	+++	+?	+?	=?

33

どの物質に効果があるか

	NO ₂	PM-10	SO ₂	CO	HC	CO ₂
バイオ燃料	+?	+?	+	=?	=?	+
石炭から製造する燃料	?	?	?	?	?	?
信号制御	?	?	?	?	?	?
通行制限	+	+	+	+	+	+
立体交差	?	?	?	?	?	?
BRT(ディーゼル)	?	?	?	?	?	?
BRT(トロリーバス)	++	++	++	+	+	+
地下鉄(電気式)	+++	+++	+++	++	++	++
道路工事のダスト管理	=	+++++	=	=	=	=
道路掃除	=	+++	=	=	=	=

34

大気汚染物質排出インベントリの例

トン/年	NOx	PM-10	SO ₂	CO	台数
排気(幹線道路)					
小型乗用	2,612	8	55	24,010	45,122
大型乗用	786	29	44	5,691	54,100
トロリーバス	0	0	0	0	48
大型バス	1,030	118	63	691	1,469
小型トラック	239	17	21	575	2,321
大型トラック	445	27	20	1,032	22,873
飛散(道路粉塵)		9,266			

赤字の部分が効率的に減る政策はどれか？

35

基準を超えている物質は、何から多く出ているか？(1台あたり)

kg/年/台	NOx	PM-10	SO ₂	CO
排気(幹線道路)				
小型乗用	57.9	0.2	1.2	532.1
大型乗用	14.5	0.5	0.8	105.2
トロリーバス	0.0	0.0	0.0	0.0
大型バス	700.9	80.5	43.1	470.1
小型トラック	103.1	7.2	9.1	247.6
大型トラック	19.5	1.2	0.9	45.1

赤字の部分が効率的に減る政策はどれか？

36

政策を選ぶ基準の提案

1. 飛散(道路粉塵)を減らす
2. 大型バスから出るNOx, PM-10, SOxを減らす
3. 公共交通機関を使う人を増やす。
4. 大型バス以外から出るNOx, PM-10, SOxも減らす



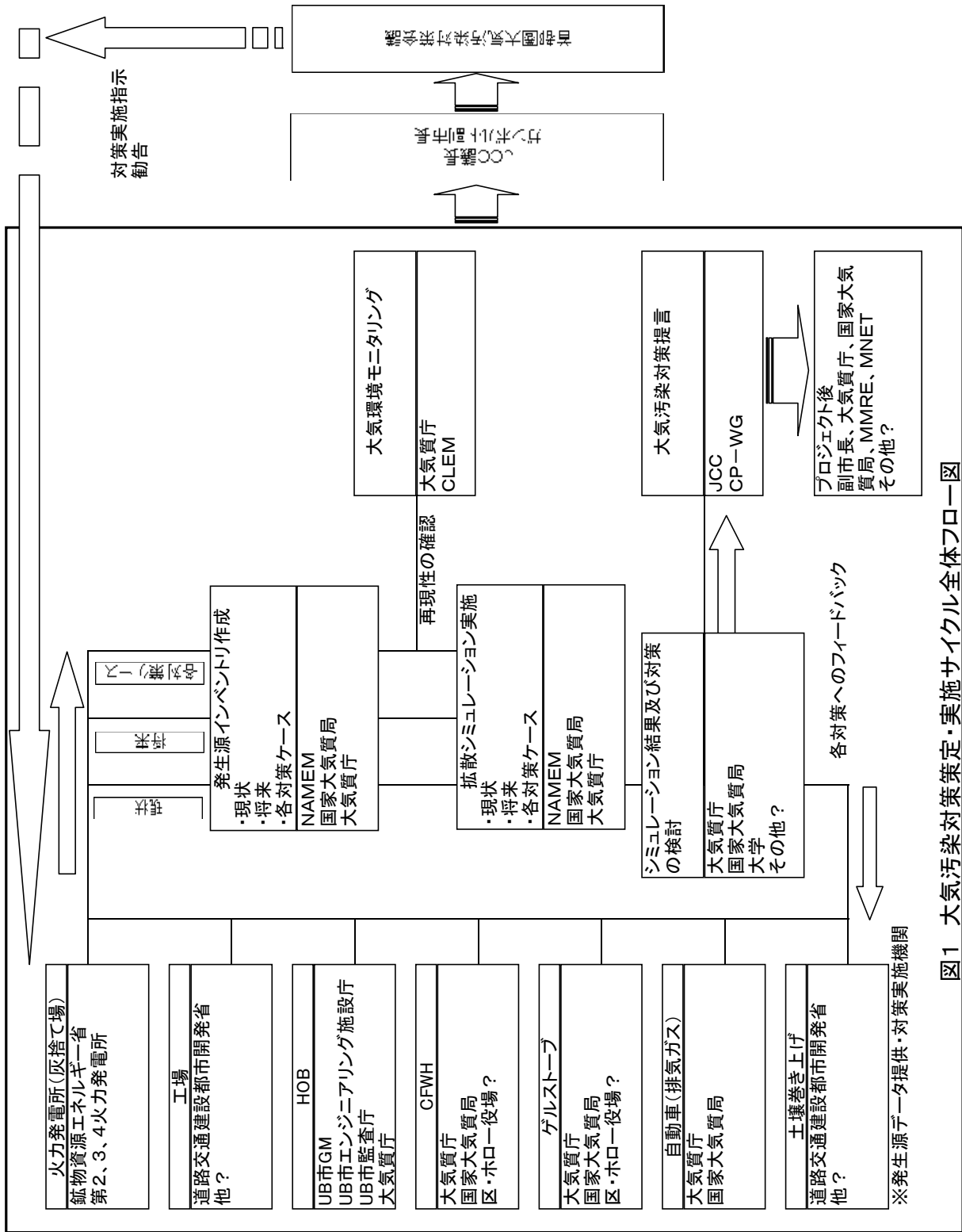
37

ご静聴ありがとうございました

日本語版注: 発表時点でのウランバートルの行政官・研究職の共通認識をもっている方を対象としたセミナーです。日本の行政官・研究職の共通認識を持っている方にとっては、不十分な部分、偏っていると思われる部分があるかと存じますが、ご理解のほど、よろしくお願いたします。

38

別添資料 2.1-6 C/P-WG におけるプレゼン資料 (2012.03.29)



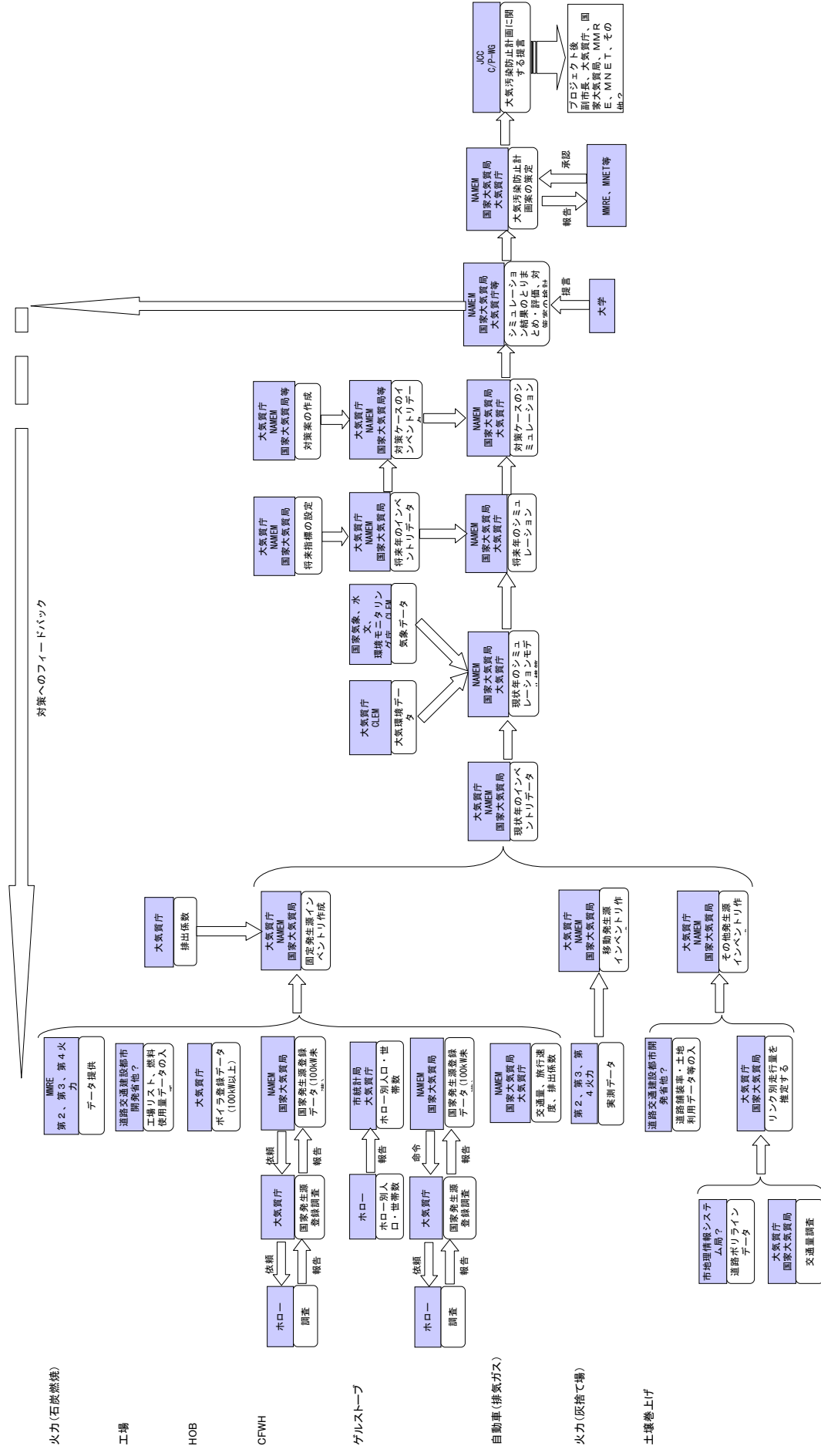
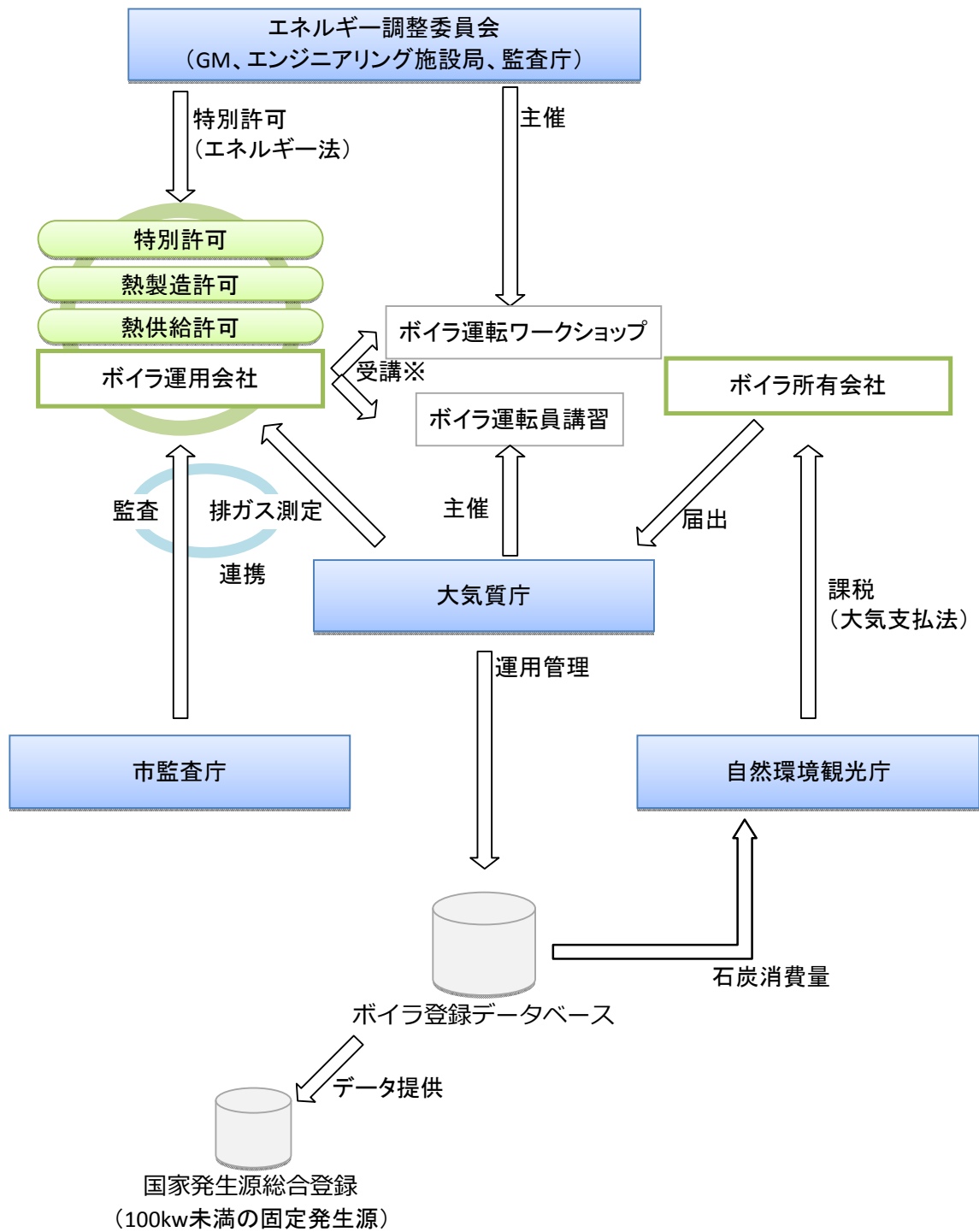


図2 発生源イベントリ作成・シミュレーション実施体制図



※:ボイラ運転ワークショップ受講者は、ボイラ運転員講習を免除する

図4 ボイラ登録管理制度実施体制図

ウランバートルにおけるシミュレーション結果

2012年3月29日

田畑 亨

1

内容

- 1. インベントリの推計
- 2. シミュレーションの基本条件
- 3. 計算値と実測値との比較
- 4. 冬季シミュレーション
- 5. 大気測定局における計算濃度に対する発生源別寄与率

2

1. 基準年の大気汚染物質排出インベントリの推計

(1) 基準年

2010年3月～2011年2月

(2) 3種類の排出量推計方法

活動量(石炭使用量等)、排出係数は、プロジェクトでの実測の有無により、信頼性に大きな差がある。また、道路巻上げなどの発生源では、活動量、排出係数の範囲に大きな幅があるものがある。そのため、どの係数を用いているかによって、排出量に大きな差が生じる。そこで、排出量を以下の3種類に分けて推計することとした。

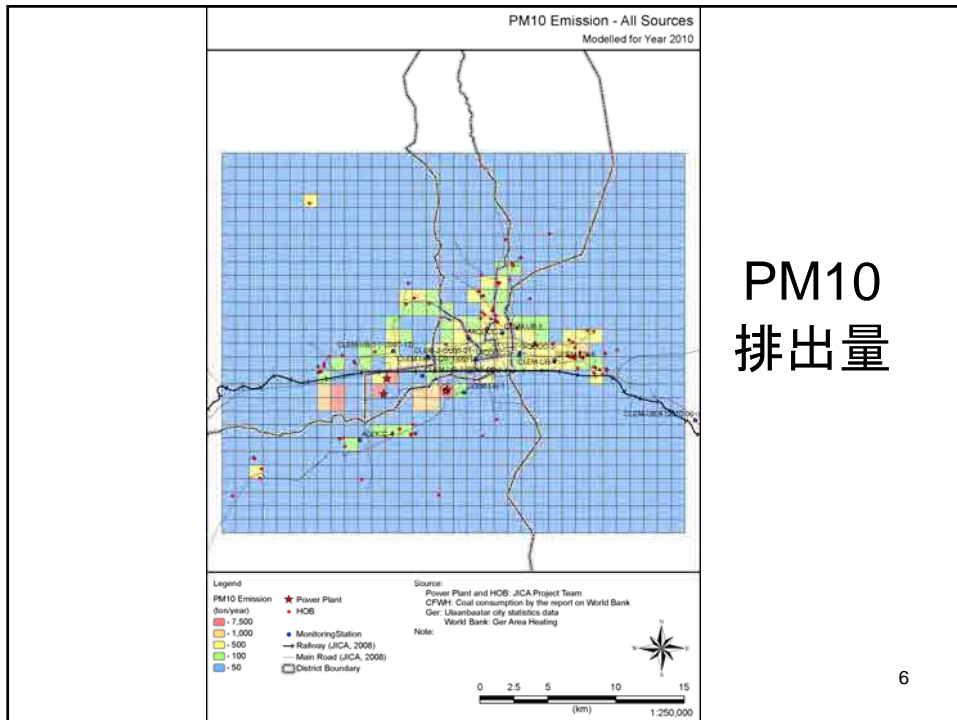
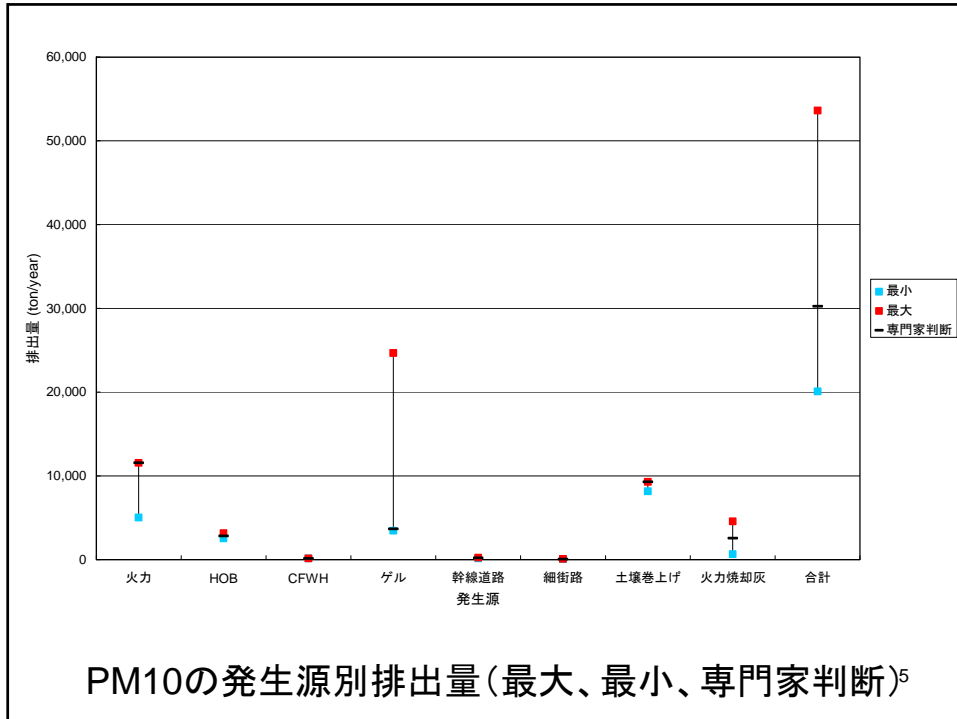
- ・最小: 排出係数及び活動量が最小
- ・最大: 排出係数及び活動量が最大
- ・専門家判断: 排出係数及び活動量の最小から最大の範囲で、最もウランパールの現状に合うと専門家が判断した設定

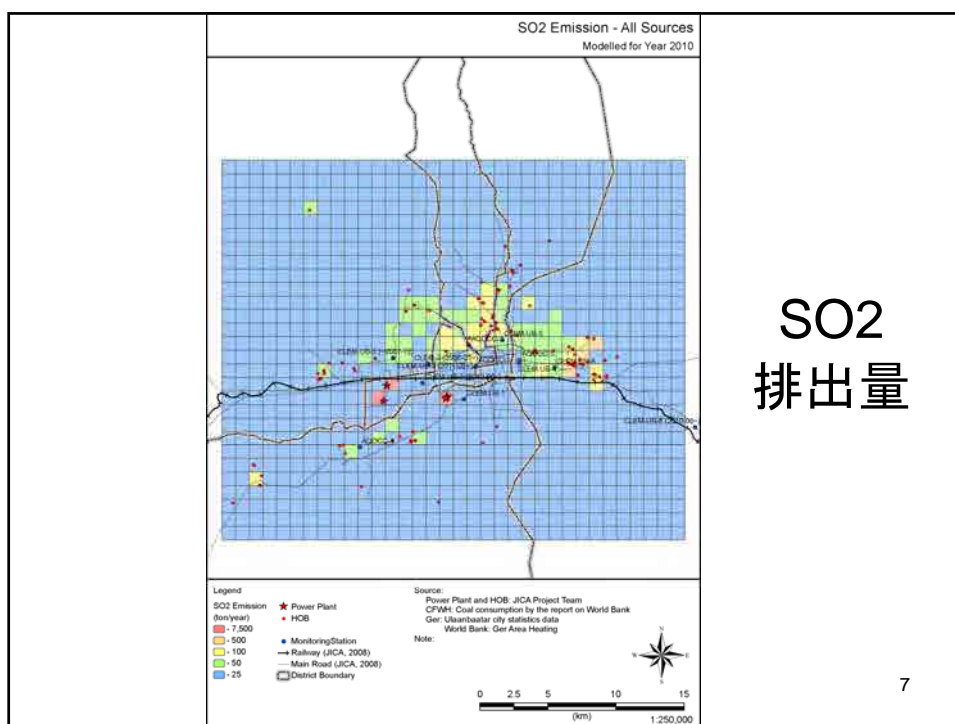
3

大気汚染物質年間排出量

対象物質	SO ₂			PM ₁₀		
	最小	最大	専門家判断	最小	最大	専門家判断
火力	5,233.06	13,282.29	13,282.29	5,016.94	11,551.03	11,551.03
HOB	1,046.61	1,691.68	1,369.82	2,533.92	3,146.48	2,811.86
CFWH	313.09	313.09	313.09	130.79	130.79	130.79
ゲル	4,107.23	5,723.72	4,675.14	3,443.33	24,667.58	3,654.39
幹線道路	211.28	203.23	203.23	126.43	226.52	199.64
細街路	52.81	66.55	66.55	31.60	74.18	65.38
土壌巻上げ				8,154.84	9,266.10	9,266.10
火力焼却灰				636.16	4,562.32	2,560.36
合計	10,964.08	21,280.57	19,910.13	20,074.00	53,625.00	30,239.55

4

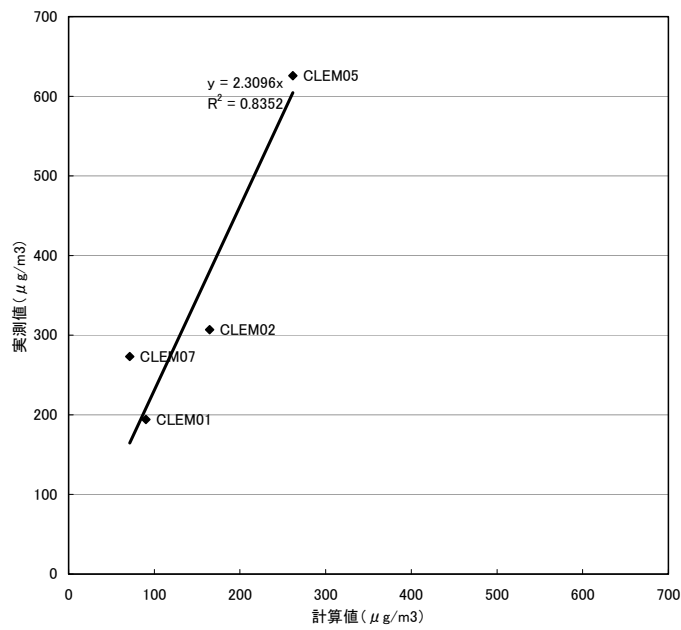




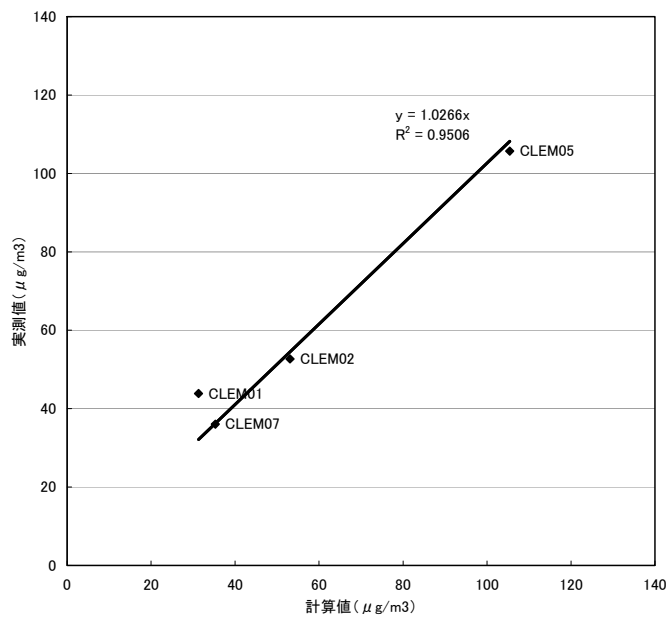
2. シミュレーションの基本条件

- 対象汚染物質
PM10、SOx(SO2)、CO、NOx(NO、NO2)
- 発生源(専門家判断排出量を使用)
固定発生源、移動発生源、その他面的発生源
- 対象期間
2010年11月～2011年2月

8



3. PM10の計算値と実測値との比較⁹



SO2の計算値と実測値との比較⁹

PM10の過小評価の原因

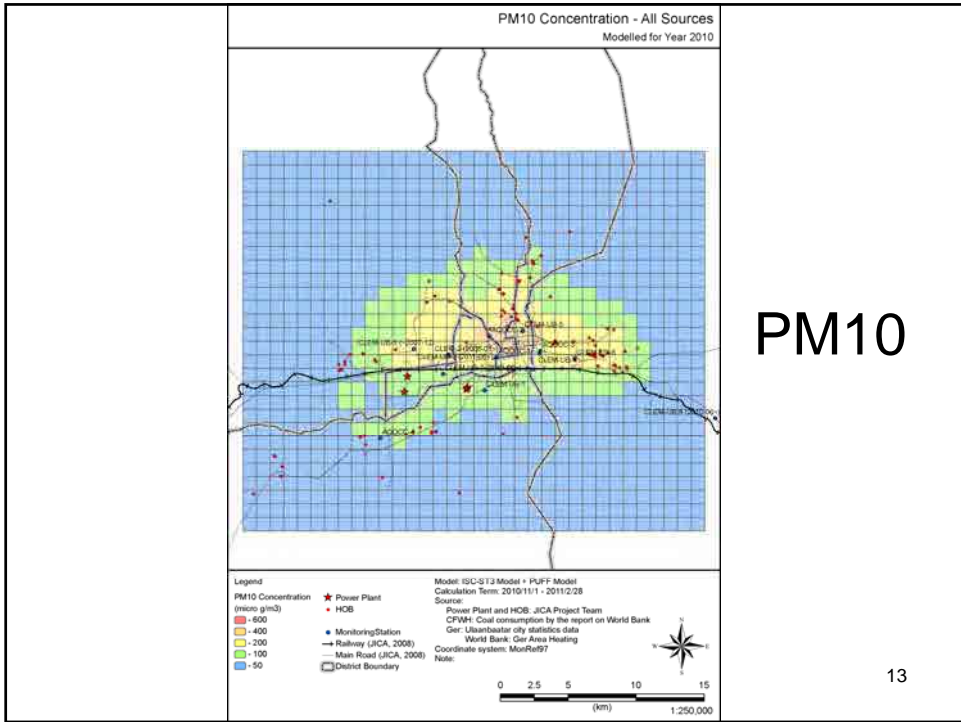
- 氷結した空気中の水分による測定濃度の過大評価
- 二次粒子による影響
- 土壌巻上げ等の排出係数の精度
- 燃料系以外の不明な発生源
- 把握できていない工場による影響

11

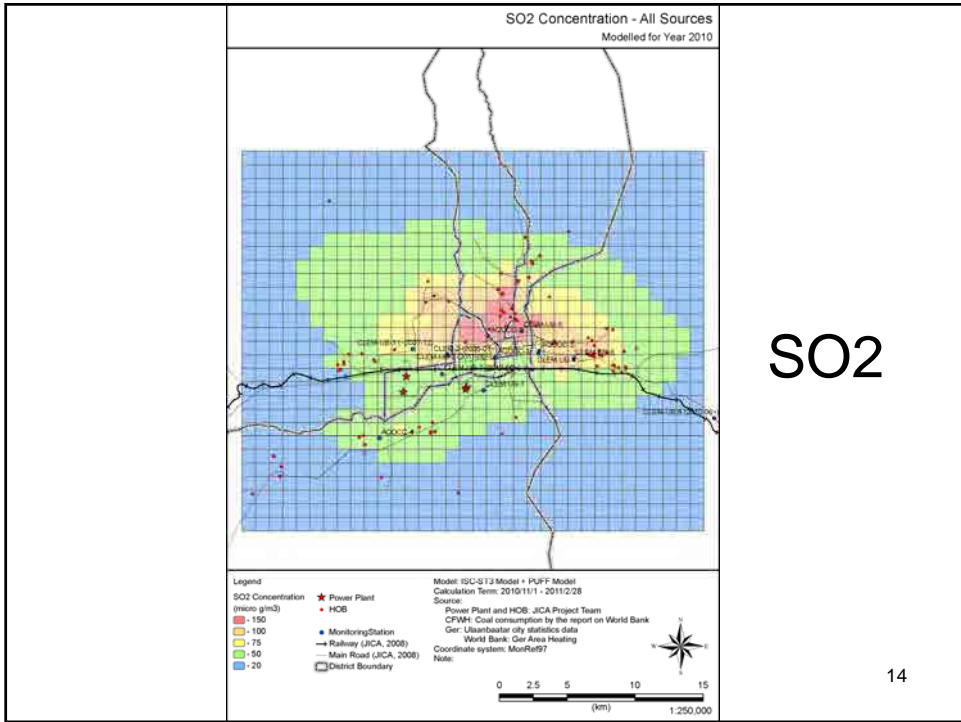
4. 冬季シミュレーション

- PM10については、計算値が実測値に対して過小となっているが、冬季シミュレーションでは、専門家判断による対象物質の排出量をそのまま用いた。

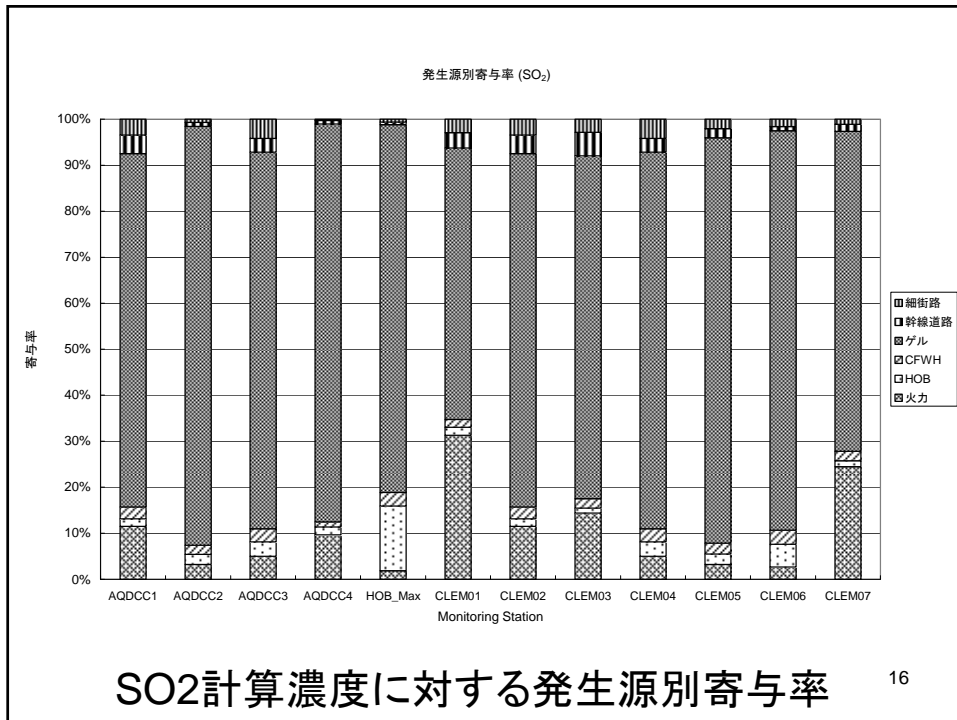
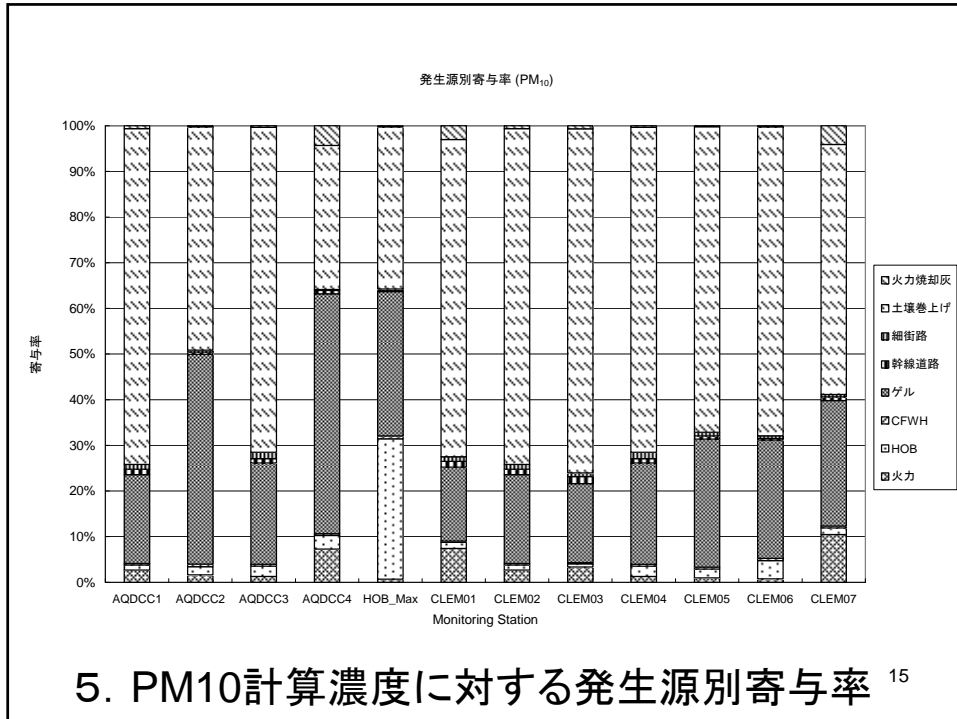
12



PM10



SO2



計算濃度に対する発生源別寄与率のまとめ

- SO₂
ゲルが最も寄与が大きく、次いで火力発電所の順となっている。
- PM₁₀
土壌巻き上げの寄与が最も高く、次いでゲルストーブの順となっている。しかしながら、現段階の計算値は、実測値の半分程度しか説明できていない。

17

Thank you

18

大気汚染物質発生源インベントリとシミュレーション結果

1 基準年の大気汚染物質排出インベントリの推計

2010年3月～2011年2月を基準年とした、大気汚染物質排出量を最小、最大、専門家判断の3種類に分けて推計することとした。固定発生源に関する最小、最大、専門家判断の設定及びデータの信頼性を表1-1に示す。最小ケースは、排出係数及び活動量（石炭消費量等）が最小になると判断した設定である。最大ケースは、排出係数及び活動量が最大と判断した設定である。専門家判断ケースは、排出係数及び活動量の最小から最大の範囲で、最もウランバートルの現状に合ったと専門家が判断した設定である。データの信頼性は、対象発生源により大きな差がある。例えば、火力発電所の石炭使用量、排出係数については、実測データが存在し、高い精度が確保されている。それに対して、PM₁₀の土壌巻上げの飛散量については、推計の根拠となる排出係数が道路中に含まれるシルト率に大きく左右される。このシルト率は、舗装道路で0.03～400の範囲内にある。そのため、排出係数は、不確実性が大きく、かつ設定の差により飛散量に大きな幅が生じている。

最小、最大、専門家判断によるSO₂、PM₁₀、CO及びNO_x排出量推計結果を表1-2、PM₁₀の排出量推計結果を図1-1、SO₂、PM₁₀、CO及びNO_x排出量分布図を図1-2～図1-5に示す。SO₂の排出量は、火力発電所で最も多く、次いでゲルストープ、HOBの順となっている。

PM₁₀では、火力発電所、次いで、ゲルストープの順となっている。

COは、ゲルストープが最も大きく、次いで火力発電所、幹線道路からの順となっている。

NO_xは、火力発電所からの排出が最も多く、次いで幹線道路、ゲルストープの順になっている。

表 1-1 固定発生源における活動量・排出係数の設定及びデータの信頼性

発生源	項目	最小	最大	専門家判断
火力発電所	石炭使用量	火力発電所からの報告値		
	排出係数	各発電所における排ガス測定結果の石炭使用量加重平均値	各発電所における排ガス測定結果の最大値	
	データの信頼性	石炭使用量は、火力発電所からの報告に基づいて設定しており、データの信頼性は非常に高い 排出係数は、排ガス測定調査結果に基づいており、信頼性は高い		
HOB	石炭使用量	ボイラ訪問調査結果のデータ		
	排出係数 (同一機種の測定がないHOB)	測定HOBの機種別最小値の平均値	測定HOBの機種別最大値の平均値	測定HOBの機種別平均値の平均値
	データの信頼性	石炭使用量は、ボイラ訪問調査に基づいて設定しており、信頼性は比較的高めである。 測定対象HOBの排出係数は、排ガス測定調査結果に基づいており信頼性は高い。ただし、同一機種の測定がなかったHOBについては、排ガス測定結果からの推測であるため、信頼性は中程度である。		
CFWH	石炭使用量	世銀のHOB Market Study (2009)のボイラ調査データから設定		
	排出係数	詳細計画調査と1年度の排ガス測定結果から求めた値		
	データの信頼性	石炭使用量は、世界銀行の聞き取り調査をベースにしていることから、信頼性は中程度である。 排出係数は、排ガス測定結果に基づいているが、測定ケースが少なく、信頼性は中程度である。		
ゲルストーブ (壁ストーブを含む)	石炭使用量	○石炭：3ton/台/年(ゲル)、4ton/台/年(壁) ○木材：3.27ton/台/年(ゲル)、2.99ton/台/年(壁)	○石炭：3.49ton/台/年(ゲル)、4.49ton/台/年(壁) ○木材：3.27ton/台/年(ゲル)、2.99ton/台/年(壁)	
		ストーブを2台使っている世帯数を2.1%とする。	ストーブを2台使っている世帯数を25%とする。	ストーブを2台使っている世帯数を2.1%とする。
	排出係数	○石炭は、詳細設計調査の排出係数を原則として使用し、COのみ	世銀のAMHIB、2009年の値に変更、PM ₁₀ (ゲル・壁)：石炭16.0、	CO以外は、最小ケースと同じ。CO(石炭)の排出係数は、HOB

		プロジェクトのHOBの平均EFを使用。 ○木材はGAP Forum Manualの値を使用 (PM ₁₀ :石炭(ゲル) 3.3、石炭(壁) 2.1、木材(ゲル、壁) 3.82)	木材18.5)、CO(石炭)の排出係数は、HOBのボイラ別排出係数のうち最大値(389.71)を使用	のボイラ別排出係数上位5機種までの平均値(173.34)を使用
	データの信頼性	石炭使用量は、世界銀行による聞き取り調査である。この調査は、実測に基づいた調査ではないため、信頼性はあまり高くない。 排出係数は、測定ケースが少ないため、信頼性は中程度である。		
道路巻上げ	舗装・未舗装の設定	アパート地区の細街路は全て舗装、それ以外の地区の細街路は30%が舗装、70%が未舗装	アパート地区の細街路は全て舗装、それ以外の地区の細街路は全て未舗装	最小ケースと同じ
	排出係数	舗装路：最大のケースから、Silt Loadingを3.3g/m ² に変更 未舗装路：Surface material silt contentを1.8%に変更し、かつ、Annual number of rain and snow average daysとして降水日数(58日)を考慮	○舗装路：AP-42のTable13.2.1-2で Ubiquitous Baseline ○未舗装路：AP-42のTable13.2.2-1で Construction sites、Table13.2.2-2で Public Roadsを適用したケースから Surface material silt contentを1.8%に変更し、かつ、Annual number of rain and snow average daysとして降水日数(58日)を考慮	
	データの信頼性	走行量ベースの舗装・未舗装率の設定に仮定があり、ゲル地域での不確実性が高いため、信頼性は低い。 排出係数は、引用したAP-42の測定ケースが少なく、ウランバートルの気象条件や土壌に合致していないパラメータの可能性が高い。そのため、不確実性が極めて高く、排出係数の信頼性は低い。		
火力発電所の焼却灰	飛散量	測定期間(3/15～4/20)の飛散量を年間の飛散量とみなす	測定期間(3/15～4/20)の飛散量と月別パターンから年間飛散量最大値を計算	測定期間(3/15～4/20)の飛散量が年間最大の飛散量とみなして、年間飛散量を計算
	データの信頼性	飛散量：火力発電所の実測調査に基づいているが、特定期間の測定であるため、年間飛散量としての信頼性は中程度である。		

表 1-2 大気汚染物質別年間排出量

単位：ton/year

対象物質 発生源	SO ₂			PM ₁₀			CO			NOx		
	最小	最大	専門家判断	最小	最大	専門家判断	最小	最大	専門家判断	最小	最大	専門家判断
火力	5,233.06	13,282.29	13,282.29	5,016.94	11,551.03	11,551.03	30,598.71	50,819.16	50,819.16	7,570.24	13,476.79	13,476.79
HOB	1,046.61	1,691.68	1,369.82	2,533.92	3,146.48	2,811.86	4,837.03	5,737.79	5,249.22	207.43	318.84	264.01
CFWH	313.09	313.09	313.09	130.79	130.79	130.79	463.30	463.30	463.30	103.04	103.04	103.04
ゲル	4,107.23	5,723.72	4,675.14	3,443.33	24,667.58	3,654.39	49,136.77	361,861.10	151,128.74	1,835.91	2,456.50	2,006.47
幹線道路	211.28	203.23	203.23	126.43	226.52	199.64	16,330.19	38,873.91	31,998.73	2,670.07	6,123.36	5,111.76
細街路	52.81	66.55	66.55	31.60	74.18	65.38	4,081.81	12,730.72	10,479.19	667.40	2,005.33	1,674.04
土壌巻上げ				8,154.84	9,266.10	9,266.10						
火力焼却灰				636.16	4,562.32	2,560.36						
合計	10,964.08	21,280.57	19,910.13	20,074.00	53,625.00	30,239.55	105,447.82	470,485.99	250,138.34	13,054.09	24,483.86	22,636.11

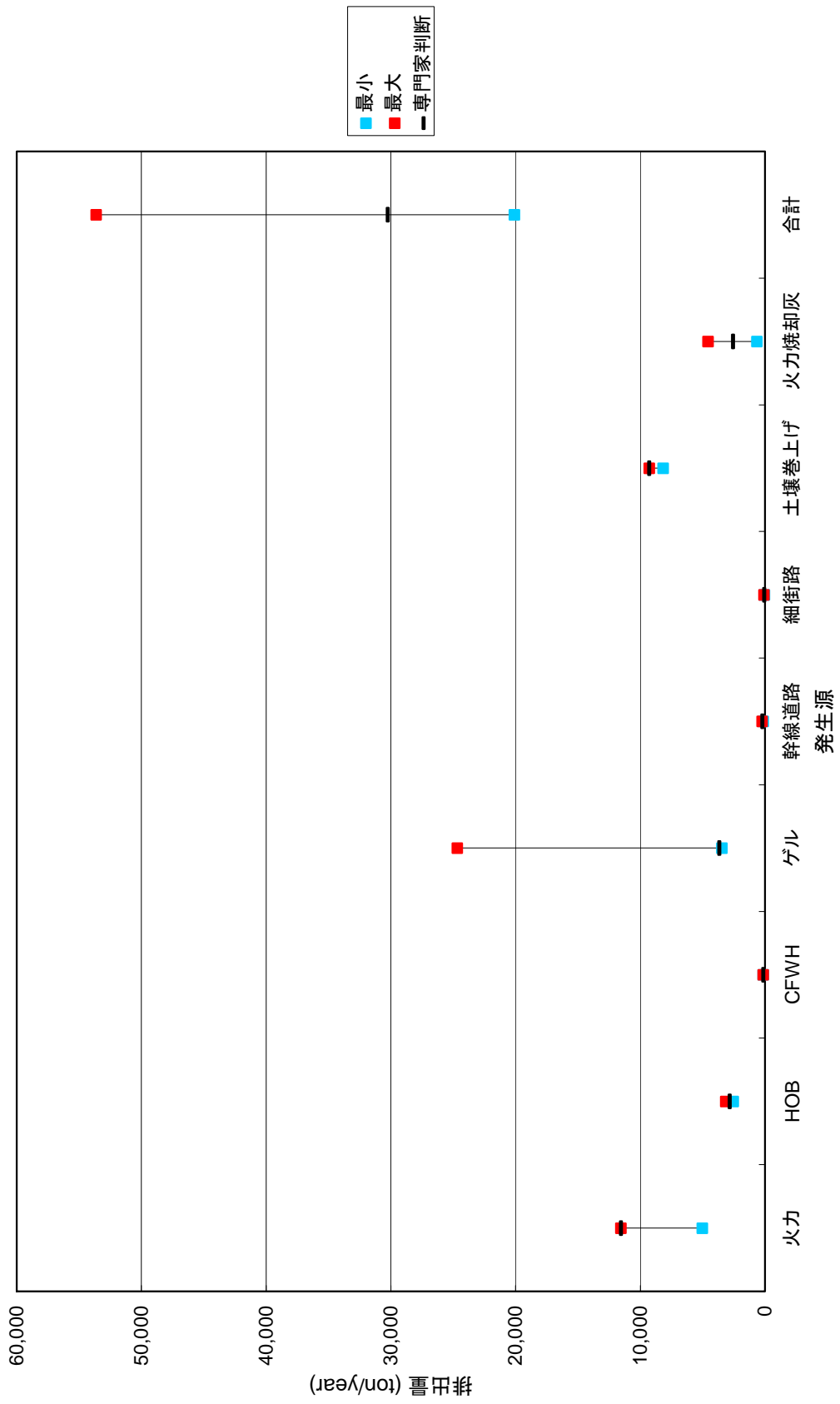
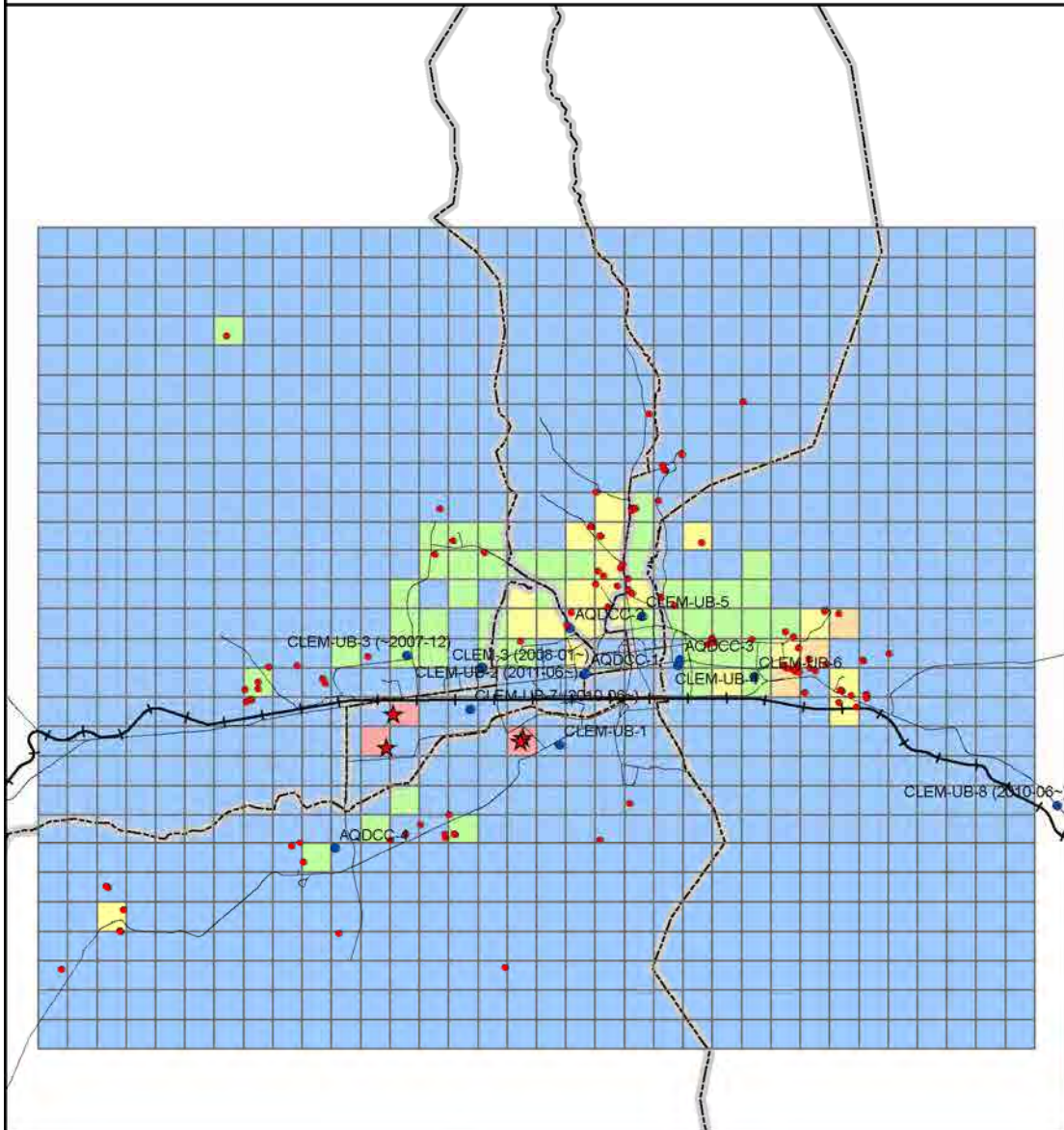


図 1-1 PM₁₀ の発生源別排出量 (最大、最小、専門家判断)

SO2 Emission - All Sources

Modelled for Year 2010



- Legend**
- SO2 Emission (ton/year)
 - Red: > 7,500
 - Orange: 500 - 7,500
 - Yellow: 100 - 500
 - Light Green: 50 - 100
 - Blue: < 25
 - ★ Power Plant
 - HOB
 - Monitoring Station
 - Railway (JICA, 2008)
 - Main Road (JICA, 2008)
 - District Boundary

Source:
 Power Plant and HOB: JICA Project Team
 CFWH: Coal consumption by the report on World Bank
 Ger: Ulaanbaatar city statistics data
 World Bank: Ger Area Heating

Note:

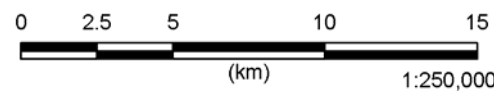
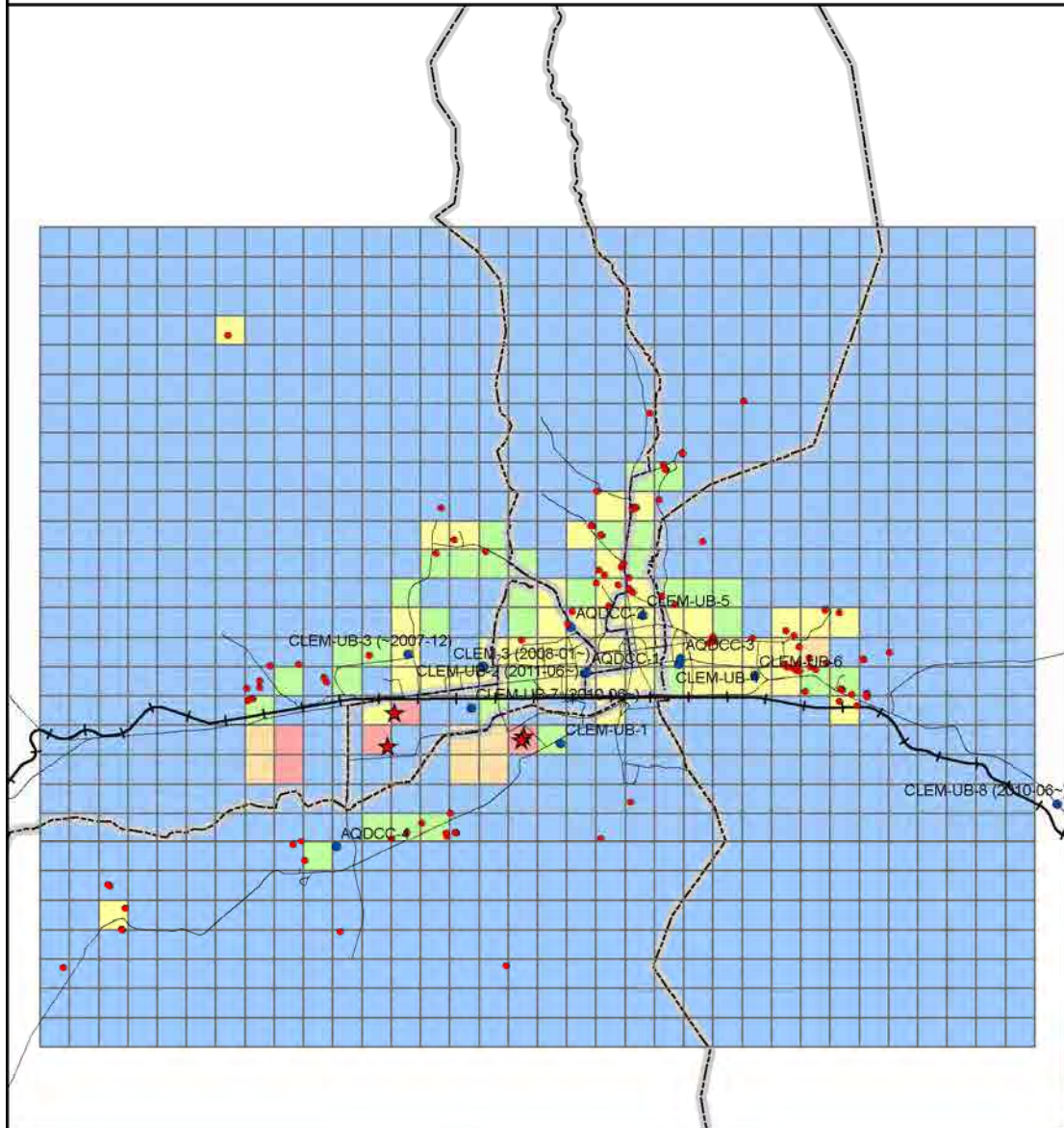


图 1-2 SO₂ 排放量分布图

PM10 Emission - All Sources

Modelled for Year 2010



- Legend**
- PM10 Emission (ton/year)
- Red: > 7,500
 - Orange: 1,000 - 7,500
 - Yellow: 500 - 1,000
 - Green: 100 - 500
 - Blue: < 50
- ★ Power Plant
 - HOB
 - Monitoring Station
 - Railway (JICA, 2008)
 - Main Road (JICA, 2008)
 - District Boundary

Source:
 Power Plant and HOB: JICA Project Team
 CFWH: Coal consumption by the report on World Bank
 Ger: Ulaanbaatar city statistics data
 World Bank: Ger Area Heating

Note:

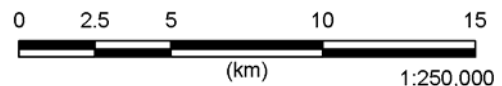


图 1-3 PM₁₀ 排放量分布图

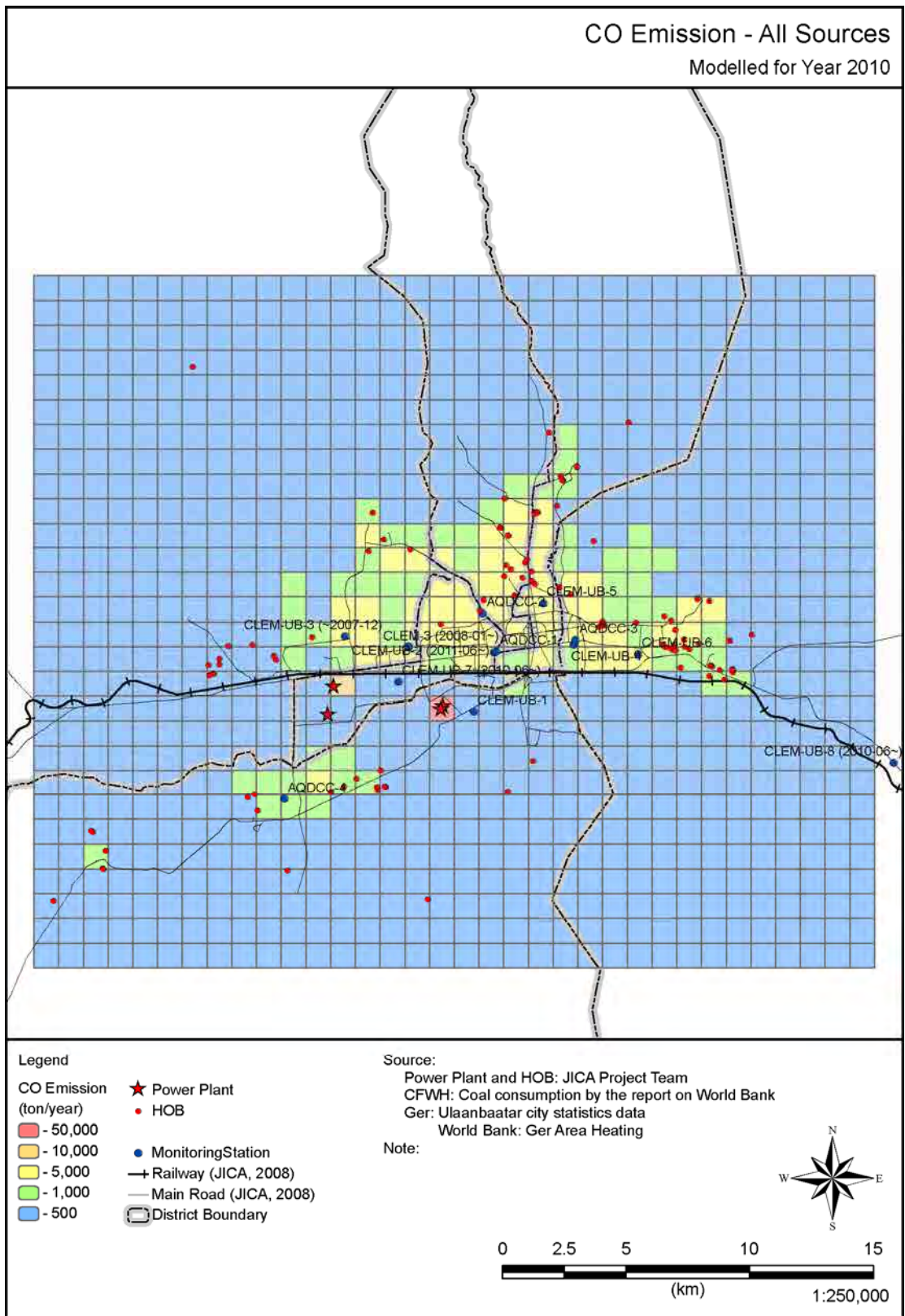
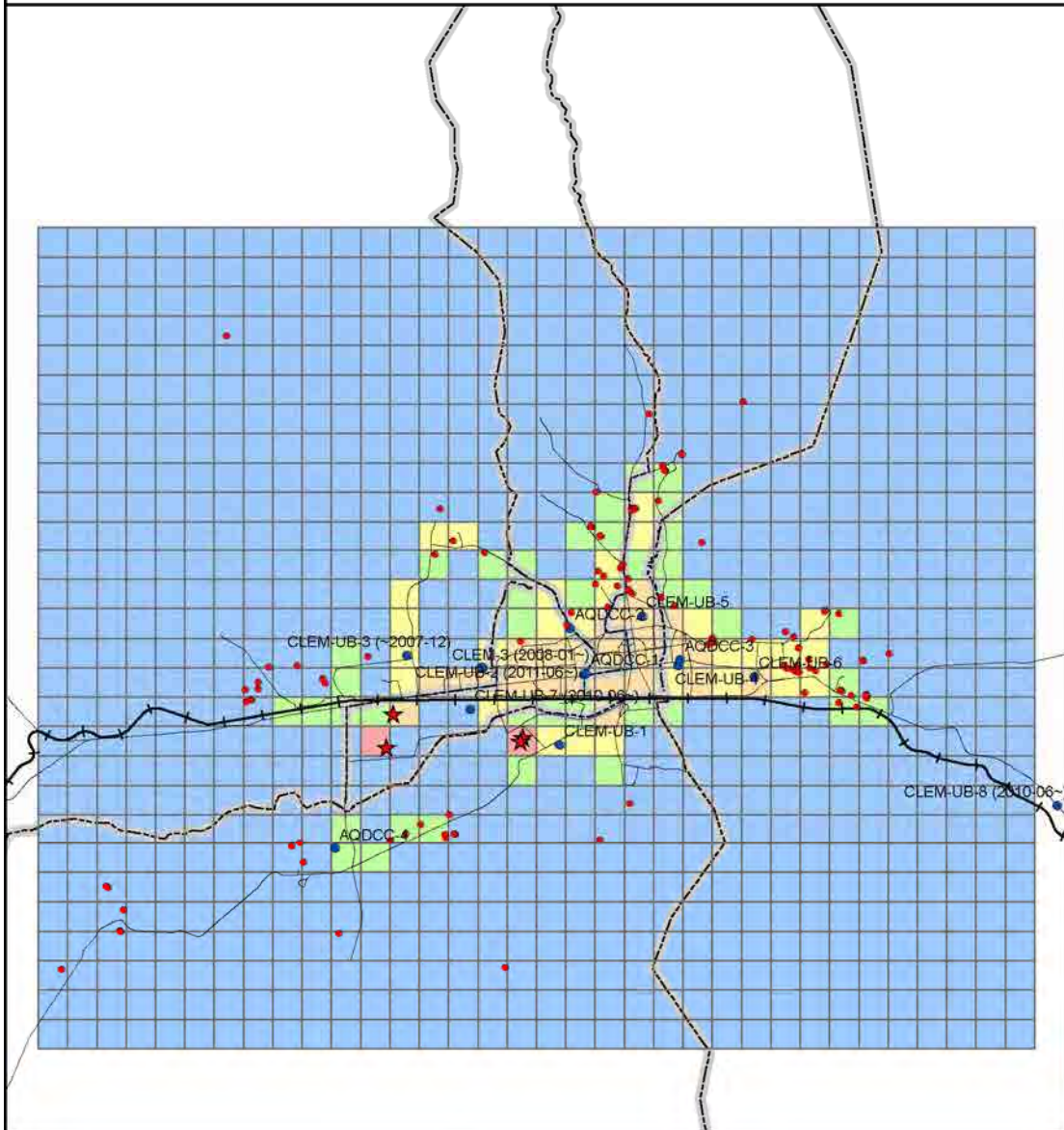


图 1-4 CO 排放量分布图

NOx Emission - All Sources

Modelled for Year 2010



Legend

NOx Emission (ton/year)

- - 25,000
- - 500
- - 100
- - 50
- - 25

- ★ Power Plant
- HOB
- Monitoring Station
- +— Railway (JICA, 2008)
- Main Road (JICA, 2008)
- District Boundary

Source:

Power Plant and HOB: JICA Project Team
 CFWH: Coal consumption by the report on World Bank
 Ger: Ulaanbaatar city statistics data
 World Bank: Ger Area Heating

Note:

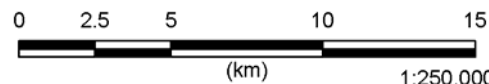


图 1-5 NOx 排放量分布图

2 シミュレーションモデルの構築

2.1. シミュレーションの基本条件

シミュレーションの基本条件を表 2-1 に示す。シミュレーションの対象期間は、大気汚染が深刻である冬季の 2010 年 11 月～2011 年 2 月とした。

表 2-1 シミュレーションの基本条件

項目	内容	
使用モデル	対象地域	郊外、都市、工業地域
ISC-ST3 (US-EPA)+Puff Model	地形	計算メッシュ別平均標高により地形を考慮
	対象煙源	高煙源、地表煙源
対象汚染物質	PM ₁₀ 、SO _x (SO ₂)、CO、NO _x (NO、NO ₂)	
発生源	固定発生源、移動発生源、その他面的発生源	
対象期間	2010 年 11 月～2011 年 2 月	
気象データの解析	気象データについて解析し、モデルの入力データに変換した。	
大気環境データの解析	月・年平均値、時刻別変化等の基礎解析を通じて、ウランバートル市の大気汚染状況を解析した。	
対象地域・解像度	中心部を含む約 34km×28km、解像度は 1km×1km	

2.2. NO₂ 変換

大気環境基準は NO₂ が対象であるため、NO_x のシミュレーション結果を NO₂ 濃度に変換する必要がある。そこで、実測値の NO_x と NO₂ から、窒素酸化物総量規制マニュアルに記載されている統計モデルを用いて、NO₂ 変換式を算定した。NO_x から NO₂ の変換式を図 2-1 に示す。変換式を NO_x のシミュレーション結果を以下のように適用することにより、NO₂ の計算濃度を算出した。ただし、[NO₂ 計算濃度]>[NO_x 計算濃度]となる場合は、[NO₂ 計算濃度]=[NO_x 計算濃度]とした。

$$[\text{NO}_2 \text{ 計算濃度}] = 2.9076 \times [\text{NO}_x \text{ 計算濃度}]^{0.6216}$$

CLEM Monitoring StationにおけるNOxとNO₂の相関

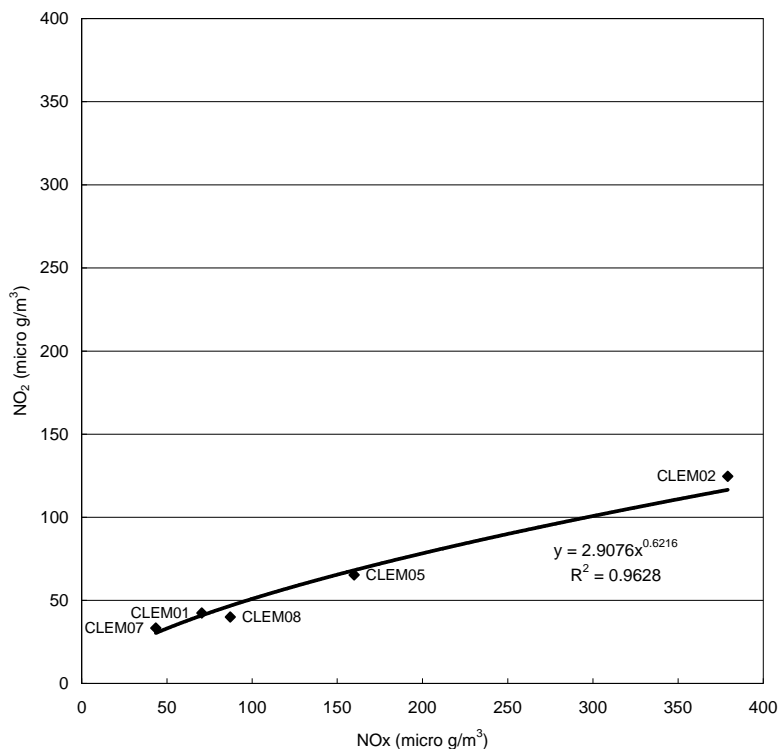


図 2-1 NO_x から NO₂ への変換式推計

2.3. 計算値と実測値の比較

ウランバートル市には、大気質庁及び CLEM による大気環境測定局により自動連続測定が実施されている。CLEM の測定局は、メンテナンスが継続的に実施されており、異常値はほとんど見あたらず、冬季の時刻別平均濃度の解析から判断して、測定データは信頼性が高いものとする。しかし、大気質庁の測定局は、メンテナンスがこれまでほとんど実施されておらず、対象期間の測定データにばらつきが大きく、異常値が多くみられる。そのため、CLEM のデータを用いて、計算値と実測値の比較を行い、シミュレーションモデルを構築することとした。

CLEM の測定局における計算値と実測値との比較結果を図 2-2～図 2-5 に示す。SO₂、CO は、計算値と実測値の関係がほぼ 1 対 1 であり、相関係数も極めて高い。そのことから、非常に精度の高いシミュレーションが構築できていることがわかる。

また、PM₁₀ については、相関係数としては高くなっているが、計算値が実測値に対して半分程度であり、過小となっている。PM₁₀ の計算値が過小となる原因は、次項の「PM₁₀ の過小評価の原因について」で詳述する。

NO₂ については、相関係数は比較的高めである。3 局で計算値が過大となっているが、CLEM-2 において計算値の再現性が低い。この原因として、CLEM-2 は、交通量の多い交差点に設置されているため、自動車排出ガス測定局に分類される測定局である。そのため、

自動車排気ガスの影響により、実測値が地点を代表する濃度より過大となっている可能性が高い。本モデルは、**1km×1km** 四方の平均的な濃度再現に適しており、数十メートルの局地的な濃度を再現することには適していない。自動車排ガスの局地的な影響がある一部の地点を除けば、ウランバートル市全体の NO_2 環境濃度を把握には、十分な精度を持つモデルである。

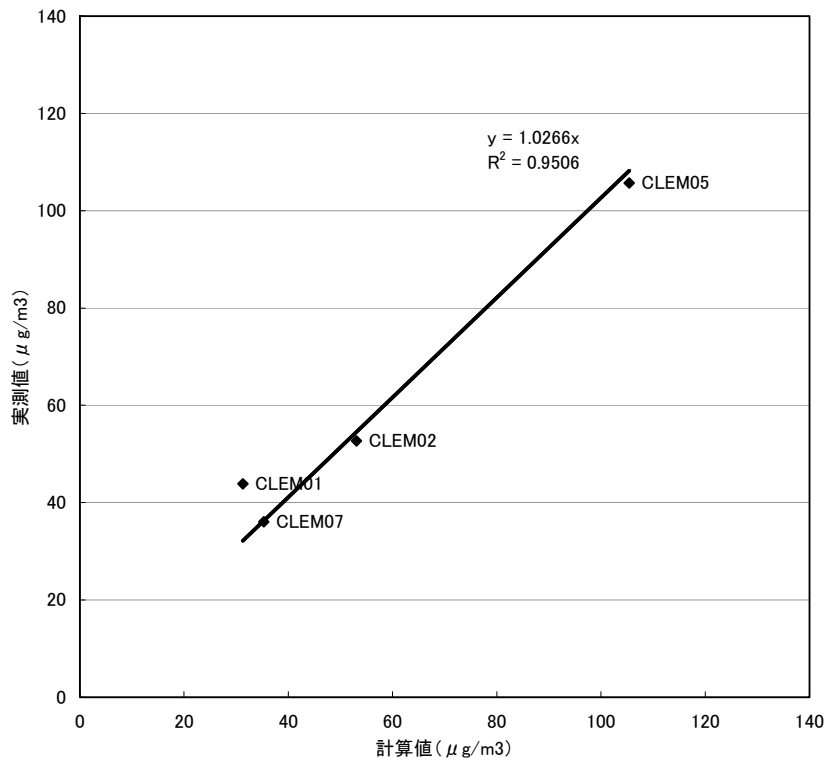


図 2-2 計算値と実測値との比較結果 (SO₂)

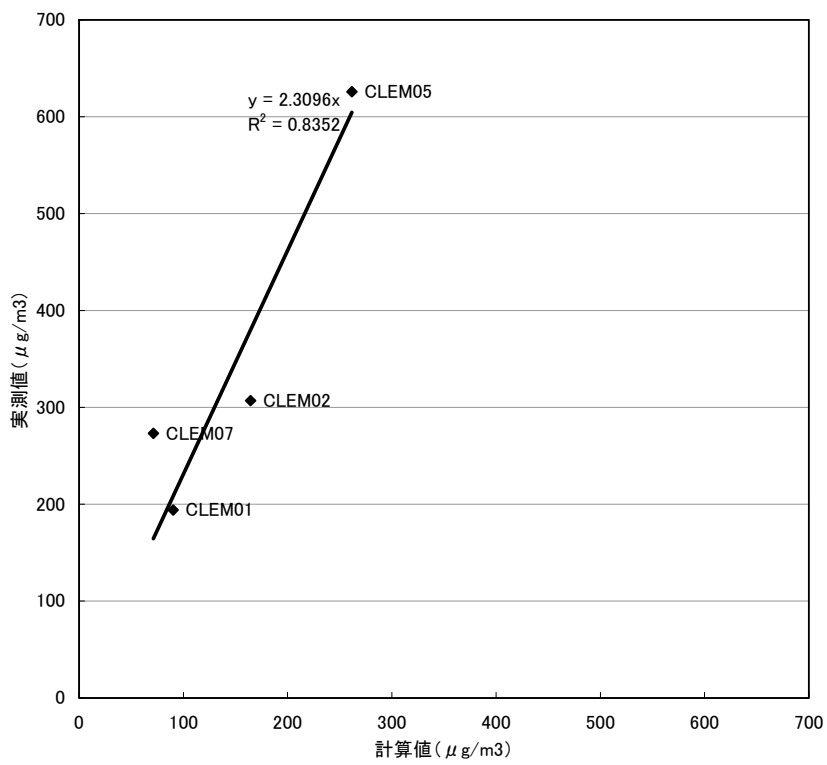


図 2-3 計算値と実測値との比較結果 (PM₁₀)

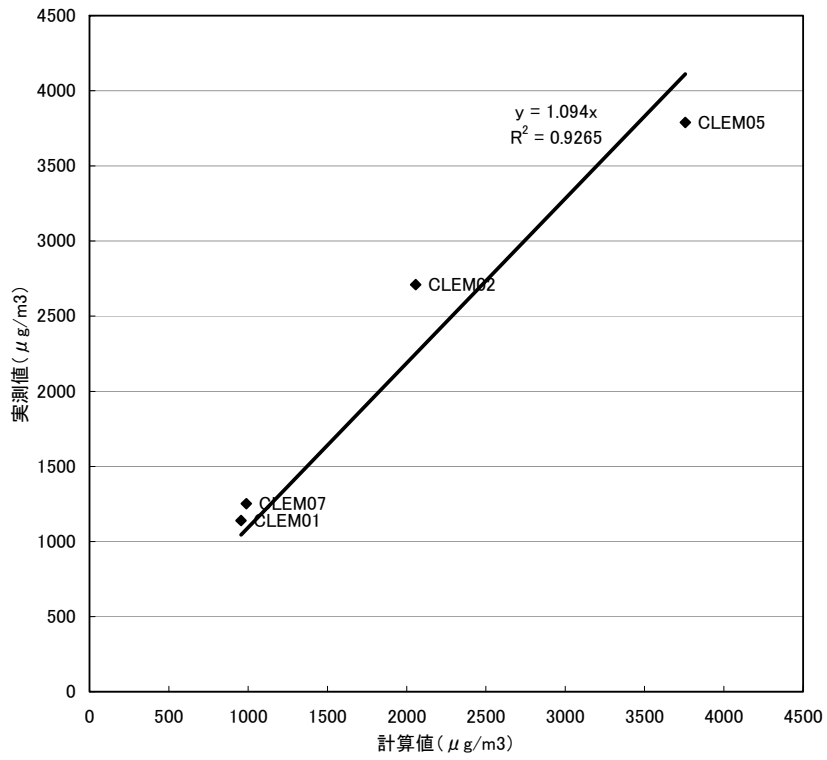


図 2-4 計算値と実測値との比較結果 (CO)

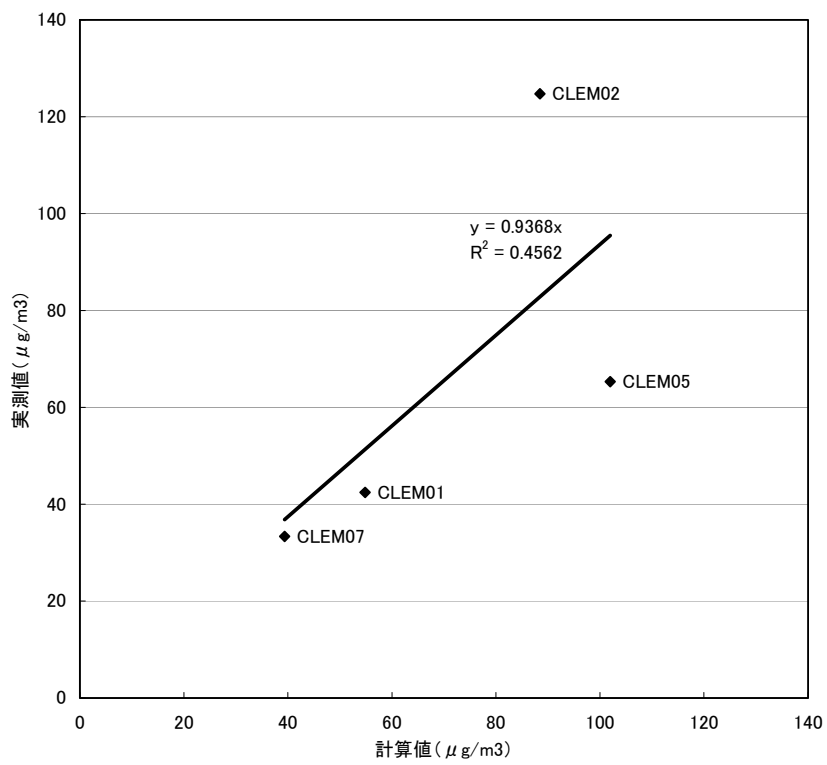


図 2-5 計算値と実測値との比較結果 (NO₂)

2.4. PM₁₀の過小評価の原因について

PM₁₀排出量は、シミュレーション結果との比較から半分程度しか把握していない。PM₁₀のシミュレーション結果が実測値に対して過小となる原因としては、以下が考えられる。

- ・大気環境測定局のPM₁₀は、β線吸収法（CLEM局）、光散乱法（AQDCC局）を用いた測定方法がとられている。冬季の測定では、ウランバートルの-30~-40度以下になる条件下において、氷結した空気中の水分を過剰に測定し、実際の濃度より過大になっている可能性がある。
- ・大気中に排出された汚染物質（一次粒子）が反応し二次粒子となるが、PM₁₀のシミュレーションは、二次粒子を考慮したモデルではない。二次粒子には、硫黄系（硫酸塩）、窒素系（硝酸塩、アンモニウム）、塩素系（塩化物）および炭素系（有機物）の4種類がある。特に、ウランバートルでは、石炭燃焼によるSO_xや有機物の排出が多く、二次粒子が多く生成される。そのため、PM₁₀の実測値は、一次粒子として把握されている発生源から推計された計算値より、高くなっている。
- ・PM₁₀には、燃料燃焼による直接的な排出に加えて、焼却灰の埋立地からの飛散粉じん、道路からの巻き上げ等がある。燃焼以外の粉じんや巻き上げの排出係数は、幅が非常にあり、どの係数を用いるかによっては、排出量に大きな差が生じる。しかも、係数の精度は十分ではない。
- ・燃料系以外の不明なPM₁₀発生源がある。
- ・工場等の排出量で把握できていないものがある。ただし、多くのレンガ工場やアスファルト工場は夏期操業のものが多く、冬季に操業している工場は限定的である。そのため、工場による影響は他の要因と比較して、少ない可能性がある。

PM₁₀の排出量の推計で用いた排出係数として、第2次詳細計画策定調査で測定された石炭5.4kg/ton、木材3.82kg/tonを用いた。AMHIB（World Bank）では、ゲルストーブの排出係数として、石炭16kg/ton、木材18.5kg/tonを用いている。EMEP/EEA¹の排出係数（380g/GJ）及び石炭熱量²（13.4GJ/t）から算定したPM₁₀排出係数5.09kg/tonと比較しても、AMHIBの排出係数が突出して高くなっていることがわかる。現段階で、AMHIBによるゲルストーブの高い排出係数を説明できるだけの根拠は存在しない。

出典

1. Small Single household scale, capacity<=50kWth) boiler

Tier 2 emission factors for source category boiler burning solid fuel (except biomass)

<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-tfeip-endorsed-draft.pdf>

2. 第4火力の石炭分析結果(約3200kcal/kg)をもとに設定

2.5. 対象期間のシミュレーション結果

対象期間における SO₂、PM₁₀、CO 及び NO₂ のシミュレーション結果を図 2-6～図 2-9 に示す。SO₂ 及び PM₁₀ は、平和通りから北側のゲル地域で高い濃度となり、ほぼ同じ濃度分布となっている。ゲル地域において高濃度となる原因としては、排出高さは 5m 以下であり、地表付近に強く影響を与えていると考えられる。CO は、SO₂ 及び PM₁₀ に類似した分布となっているが、火力発電所からの排出影響が少ないため、全体の濃度分布が狭まっている。NO₂ は、交通量の多い交差点付近で濃度が高くなっている。

SO2 Concentration - All Sources

Modelled for Year 2010

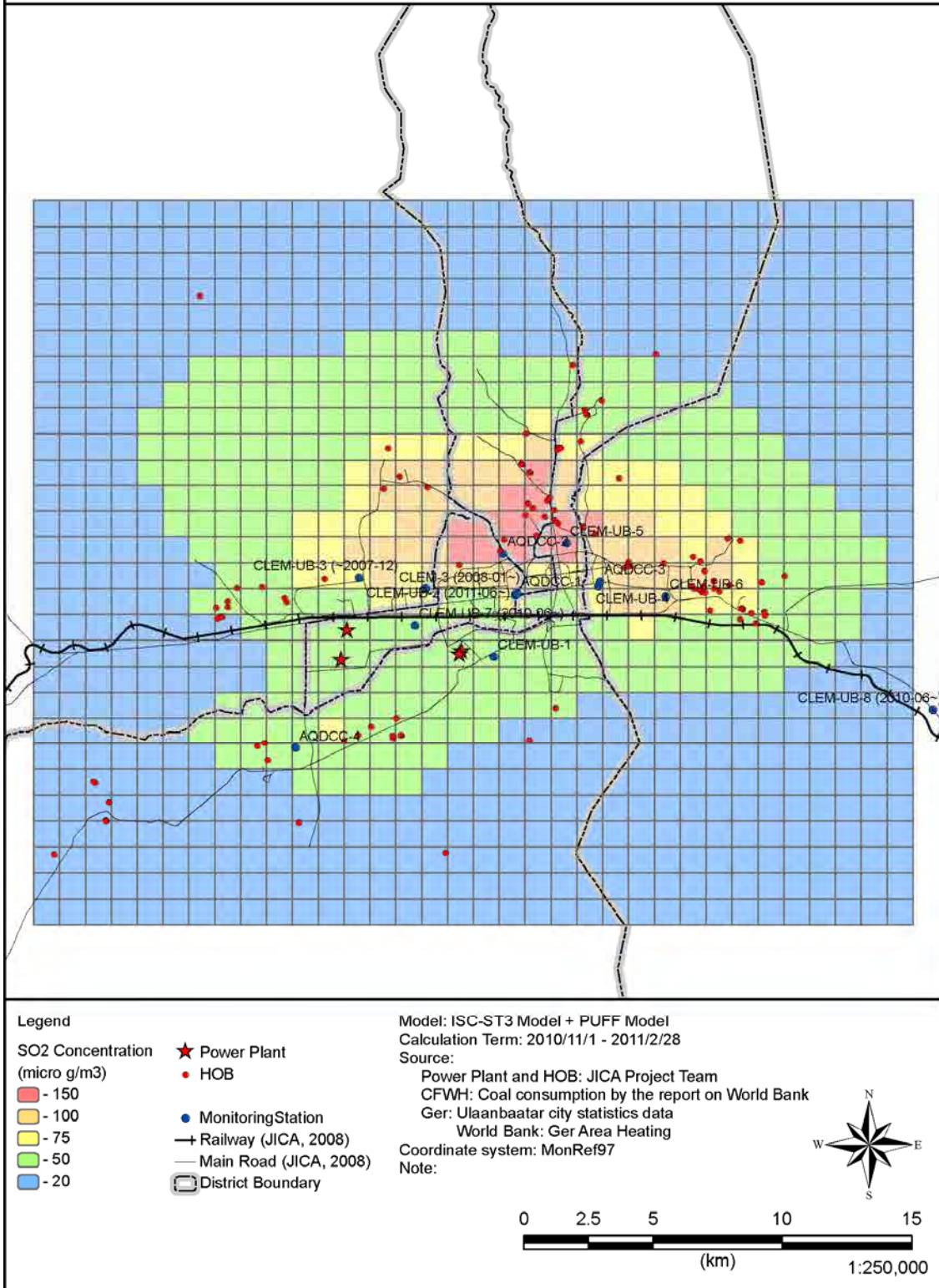
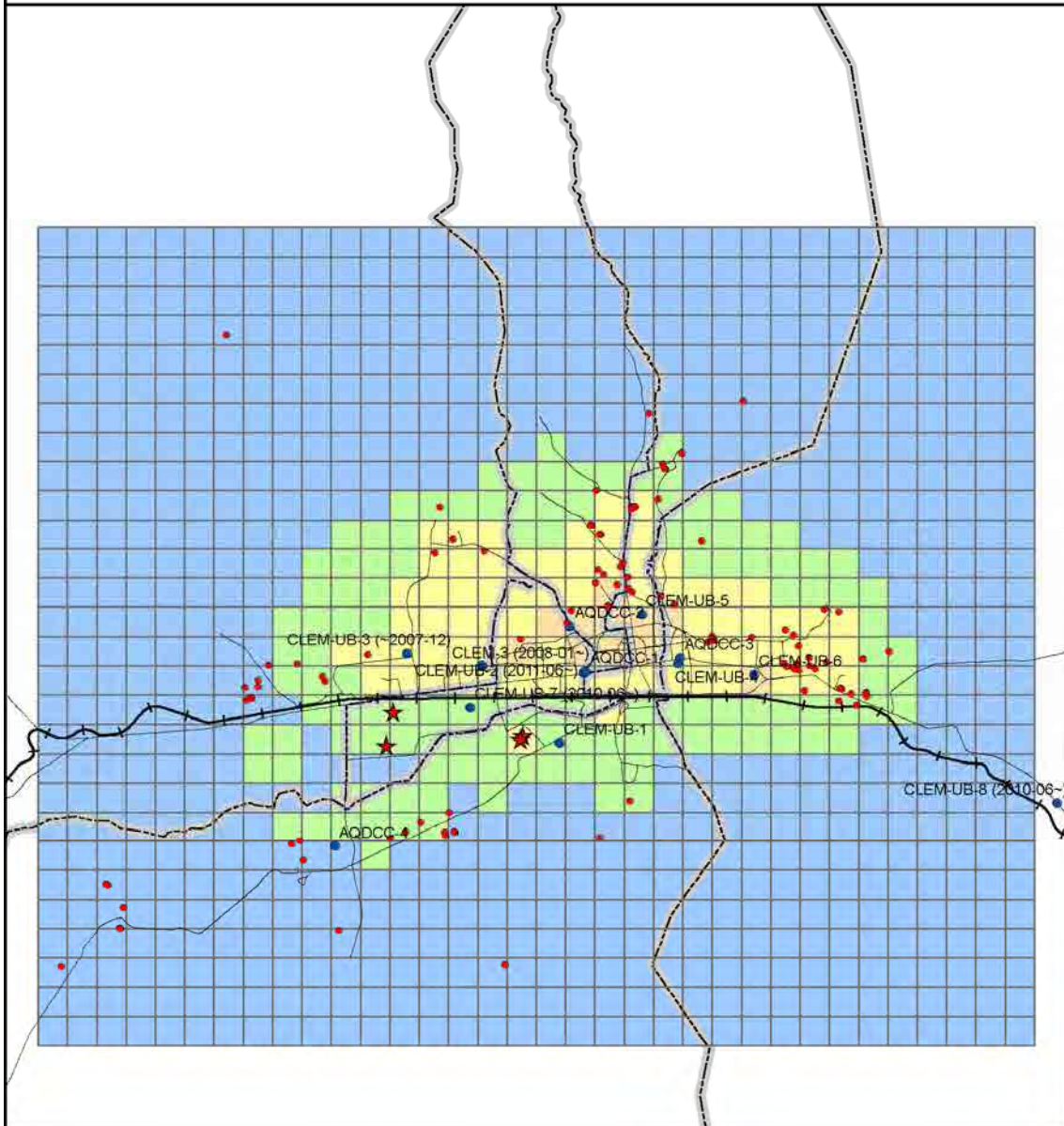


図 2-6 SO₂のシミュレーション結果

PM10 Concentration - All Sources

Modelled for Year 2010



Legend

PM10 Concentration
(micro g/m3)

- - 600
- - 400
- - 200
- - 100
- - 50

- ★ Power Plant
- HOB
- Monitoring Station
- Railway (JICA, 2008)
- Main Road (JICA, 2008)
- District Boundary

Model: ISC-ST3 Model + PUFF Model
 Calculation Term: 2010/11/1 - 2011/2/28
 Source:

Power Plant and HOB: JICA Project Team
 CFWH: Coal consumption by the report on World Bank
 Ger: Ulaanbaatar city statistics data
 World Bank: Ger Area Heating
 Coordinate system: MonRef97
 Note:

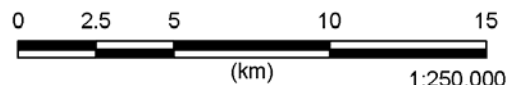
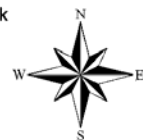


図 2-7 PM₁₀ のシミュレーション結果

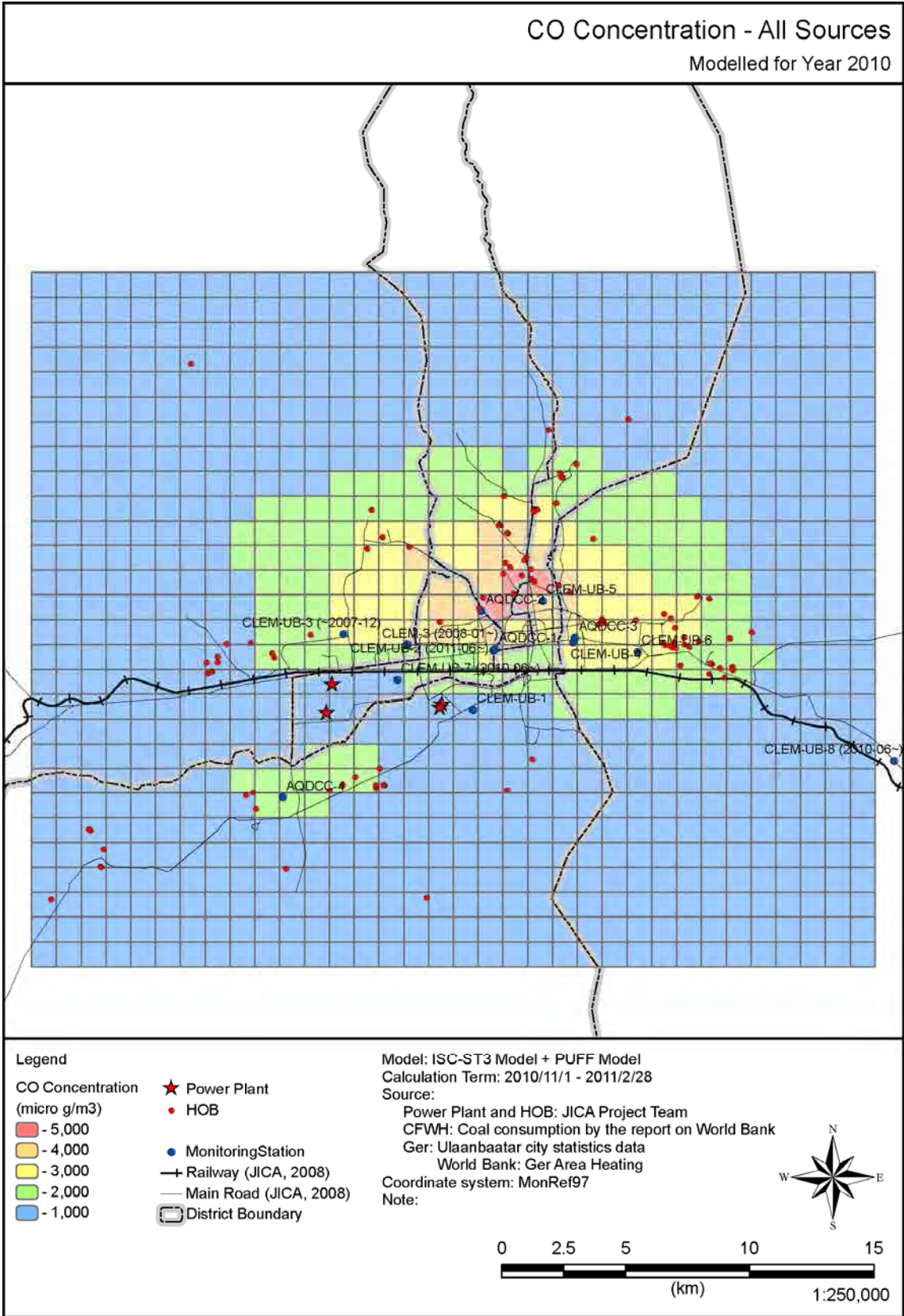
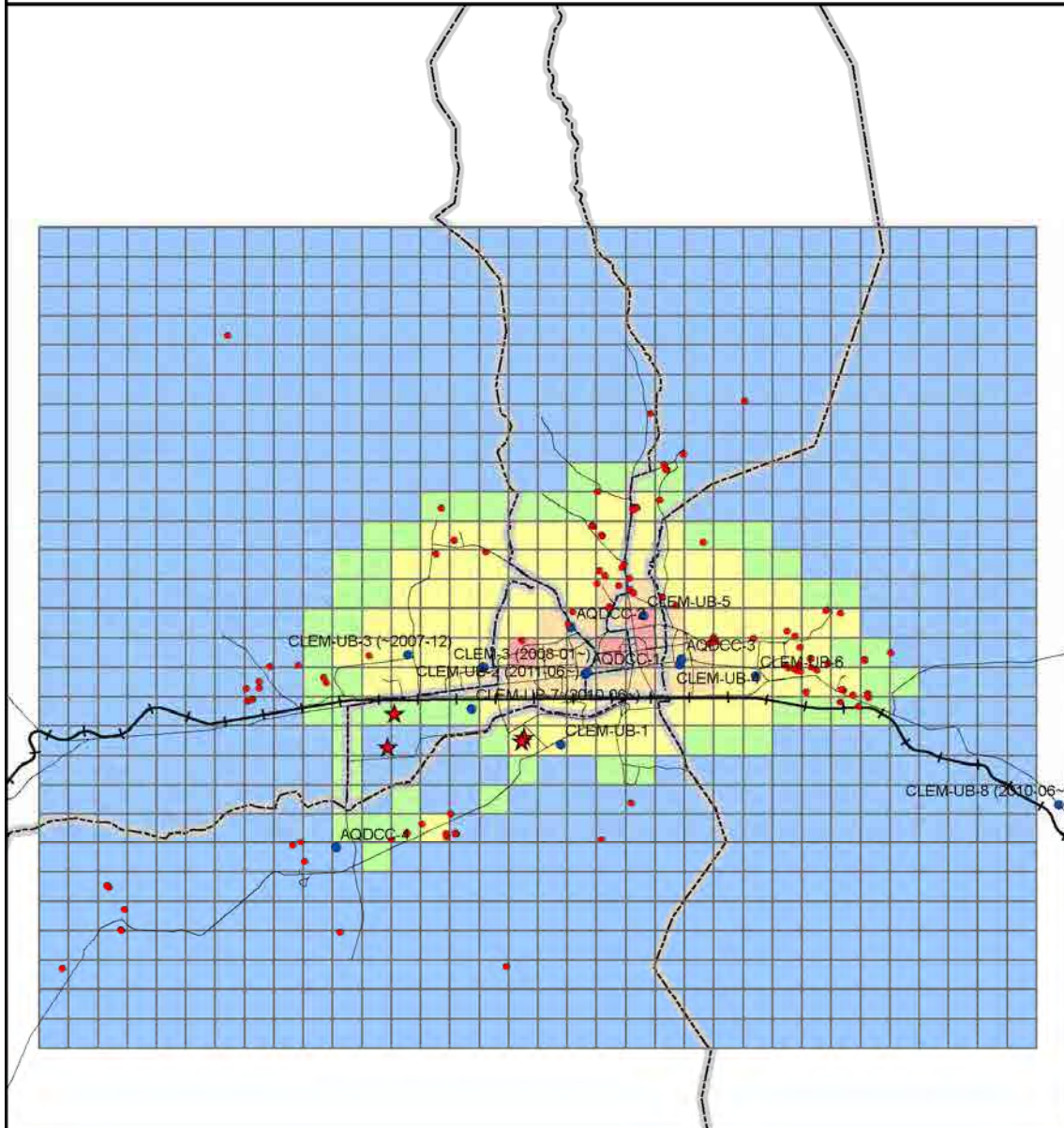


図 2-8 CO のシミュレーション結果

NO2 Concentration - All Sources

Modelled for Year 2010



Legend

- NO2 Concentration (micro g/m3)
- - 125
 - - 100
 - - 75
 - - 40
 - - 30

- ★ Power Plant
- HOB
- Monitoring Station
- +— Railway (JICA, 2008)
- Main Road (JICA, 2008)
- District Boundary

Model: ISC-ST3 Model + PUFF Model
 Calculation Term: 2010/11/1 - 2011/2/28
 Source:

Power Plant and HOB: JICA Project Team
 CFWH: Coal consumption by the report on World Bank
 Ger: Ulaanbaatar city statistics data
 World Bank: Ger Area Heating

Coordinate system: MonRef97
 Note:

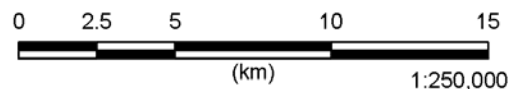
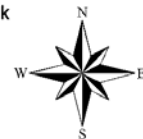


図 2-9 NO₂のシミュレーション結果

2.6. 大気測定局における計算濃度に対する発生源別寄与率

大気環境測定局（大気質庁、CLEM）及びHOBの最大濃度地点における地点別発生源別計算濃度を表 2-2 に示す。計算濃度を 100%としたときの地点別発生源寄与率を図 2-10～図 2-13 に示す。

○SO₂

SO₂については、ゲルが最も寄与が大きく、次いで火力発電所の順となっている。

○PM₁₀

PM₁₀については、土壌巻き上げの寄与が最も高く、次いでゲルストープの順となっている。大気環境測定局におけるHOBの寄与は低いが、HOB最大濃度地点の寄与は比較的高くなっている。

しかしながら、PM₁₀の計算値は、実測値の半分程度しか説明できない。このPM₁₀の計算値が過小となる原因を特定するためには、ウランバートル市内の主要地点にハイボリュームサンプラーを設置することにより、PM₁₀を測定し、その成分分析を行う。その上で、発生源、成分分析結果とCMB法などによるシミュレーション結果との関係から、ウランバートルでのPM₁₀発生源別寄与割合を評価し、対策案策定に繋げていくことが必要である。

○CO

COは、ゲルストープによる寄与が最も高く、次いで幹線道路の順となっている。

○NO₂

NO₂は、幹線道路及び細街路における寄与が大きくなっている。

表 2-2 大気環境測定局及びHOB 最高濃度地点における発生源別計算濃度

測定局/地点	計算値					実測値	計算値-実測値	有効データ数	有効データ割合
	火力	HOB	CFWH	ガレ	合計				
AGDCC1	6.1	0.87	1.36	40.78	53.07	98.75	-45.68	2784	96.67%
AGDCC2	4.34	2.87	2.68	121.77	133.75	84.77	48.98	1939	67.33%
AGDCC3	3.28	2.05	1.88	53.77	65.68	55.43	10.25	2055	71.35%
AGDCC4	3.7	0.64	0.44	33.13	38.33	28.33	9.97	62	2.15%
HOB_Max	1.56	11.78	2.47	66.98	83.78	83.78	0	0	0.00%
CLEM01	9.79	0.55	0.54	18.46	30.34	43.86	-12.56	1847	64.13%
CLEM02	6.1	0.87	1.36	40.78	53.07	52.70	0.37	2735	94.97%
CLEM03	7.61	0.58	1.1	39.47	52.99	52.99	0	0	0.00%
CLEM04	3.28	2.05	1.88	53.77	65.68	65.68	0	0	0.00%
CLEM05	3.39	2.38	2.5	92.92	105.43	105.73	-0.30	2852	99.03%
CLEM06	2.13	3.96	2.45	69.55	80.11	80.11	0	0	0.00%
CLEM07	8.64	0.45	0.73	24.56	35.31	36.04	-0.73	2277	79.06%
CLEM08						35.49	-35.49	2510	87.15%
							相関係数(AQDCC局を含む)		0.703

測定局/地点	計算値										実測値	計算値-実測値	有効データ数	有効データ割合
	火力	HOB	CFWH	ガレ	幹線道路	細道路	土壌塵上付	火力施設灰	合計					
AGDCC1	4.39	1.85	0.57	31.99	1.92	1.8	120.99	1.04	164.55	182.54	-17.99	2877	99.90%	
AGDCC2	3.33	3.7	1.12	93.66	1.04	0.91	99.61	0.57	203.94	327.94	-124.00	1985	68.92%	
AGDCC3	2.44	4.37	0.79	42.60	1.74	2.69	136.63	0.64	191.9	191.9	0	0	0.00%	
AGDCC4	3.52	1.41	1.41	25.33	0.35	0.1	15.19	2.08	48.16	178.43	-130.27	2877	99.90%	
HOB_Max	1.2	52.05	1.03	53.60	0.45	0.52	60.12	0.45	169.42	169.42	0	0	0.00%	
CLEM01	6.7	1.21	0.23	14.84	1.14	0.9	62.73	2.73	90.28	194.06	-103.78	2495	86.63%	
CLEM02	4.39	1.85	0.57	31.99	1.92	1.8	120.99	1.04	164.55	306.93	-142.38	1705	59.20%	
CLEM03	6.08	1.31	0.46	31.44	2.79	1.48	137.02	1.19	181.77	181.77	0	0	0.00%	
CLEM04	2.44	4.37	0.79	42.60	1.74	2.69	136.63	0.64	191.9	625.90	-434.00	2797	97.12%	
CLEM05	2.55	5	1.05	73.51	1.82	2.15	175.11	0.56	261.75	211.09	50.66	2109	79.97%	
CLEM06	1.61	8.45	1.02	54.68	0.71	1.24	142.83	0.55	211.09	273.30	-62.21	2303	79.97%	
CLEM07	7.44	1.05	0.3	19.59	0.56	0.38	39.03	2.91	71.26	144.15	-72.89	2547	88.44%	
CLEM08														0.767
											相関係数(AQDCC局を含む)			0.767

測定局/地点	計算値					実測値	計算値-実測値	有効データ数	有効データ割合
	火力	HOB	CFWH	ガレ	合計				
AGDCC1	39.34	3.45	2.01	1317.88	2056.14	2337.18	-281.04	2876	99.86%
AGDCC2	26.79	13.31	3.97	3943.14	4349.29	4188.66	160.63	670	23.26%
AGDCC3	20.54	6.45	2.79	1735.55	380.24	313.33	1588.08	2678	92.99%
AGDCC4	16.61	4.57	0.65	1073.51	28.06	15.31	1138.71	2877	99.90%
HOB_Max	9.2	30.18	3.66	2159.8	69.53	82.92	2356.29	0	0.00%
CLEM01	66.92	2.49	0.8	595.93	145.15	143.77	955.06	2325	80.73%
CLEM02	39.34	3.45	2.01	1317.88	2056.14	2710.26	-654.12	2709	94.06%
CLEM03	46.52	2.6	1.62	1273.26	425.17	237.71	1986.88	0	0.00%
CLEM04	20.54	6.45	2.79	1735.55	380.24	431.3	2576.87	0	0.00%
CLEM05	20.83	8.53	3.7	2959.84	379.84	344.77	3757.51	2861	99.34%
CLEM06	12.78	10.24	3.63	2246.8	116.97	199.29	2589.71	2181	75.73%
CLEM07	55.2	2.38	1.08	792.19	75.63	61.48	867.96	836	29.03%
CLEM08							795.66		0.864
								相関係数(AQDCC局を含む)	0.676

測定局/地点	計算値					実測値	計算値-実測値	有効データ数	有効データ割合
	火力	HOB	CFWH	ガレ	合計				
AGDCC1	3.35	0.16	0.45	17.25	35.82	88.45	88.45	0	0.00%
AGDCC2	2.61	0.53	0.88	33.82	24.55	20.54	82.93	0	0.00%
AGDCC3	1.95	0.39	0.62	20.55	34.17	40.38	98.06	0	0.00%
AGDCC4	3.44	0.15	0.14	14.05	6.95	2.45	27.18	0	0.00%
HOB_Max	1.03	2.63	0.81	23.64	11.31	13.25	52.67	0	0.00%
CLEM01	4.88	0.11	0.18	7.99	21.27	20.40	54.83	42.44	84.03%
CLEM02	3.35	0.16	0.45	17.25	35.82	31.41	88.45	36.29	96.28%
CLEM03	4.63	0.11	0.36	16.99	39.68	27.88	89.66	0	0.00%
CLEM04	1.95	0.39	0.62	20.55	34.17	40.38	98.06	0	0.00%
CLEM05	2.05	0.46	0.82	28.86	34.63	35.13	101.96	2864	99.44%
CLEM06	1.35	0.75	0.81	24.05	18.07	24.99	70.03	1468	50.97%
CLEM07	5.61	0.09	0.24	10.66	12.93	9.92	39.35	5.98	60.76%
CLEM08							39.96	1750	60.76%
								相関係数(AQDCC局を含む)	0.676

相関係数の外観外局

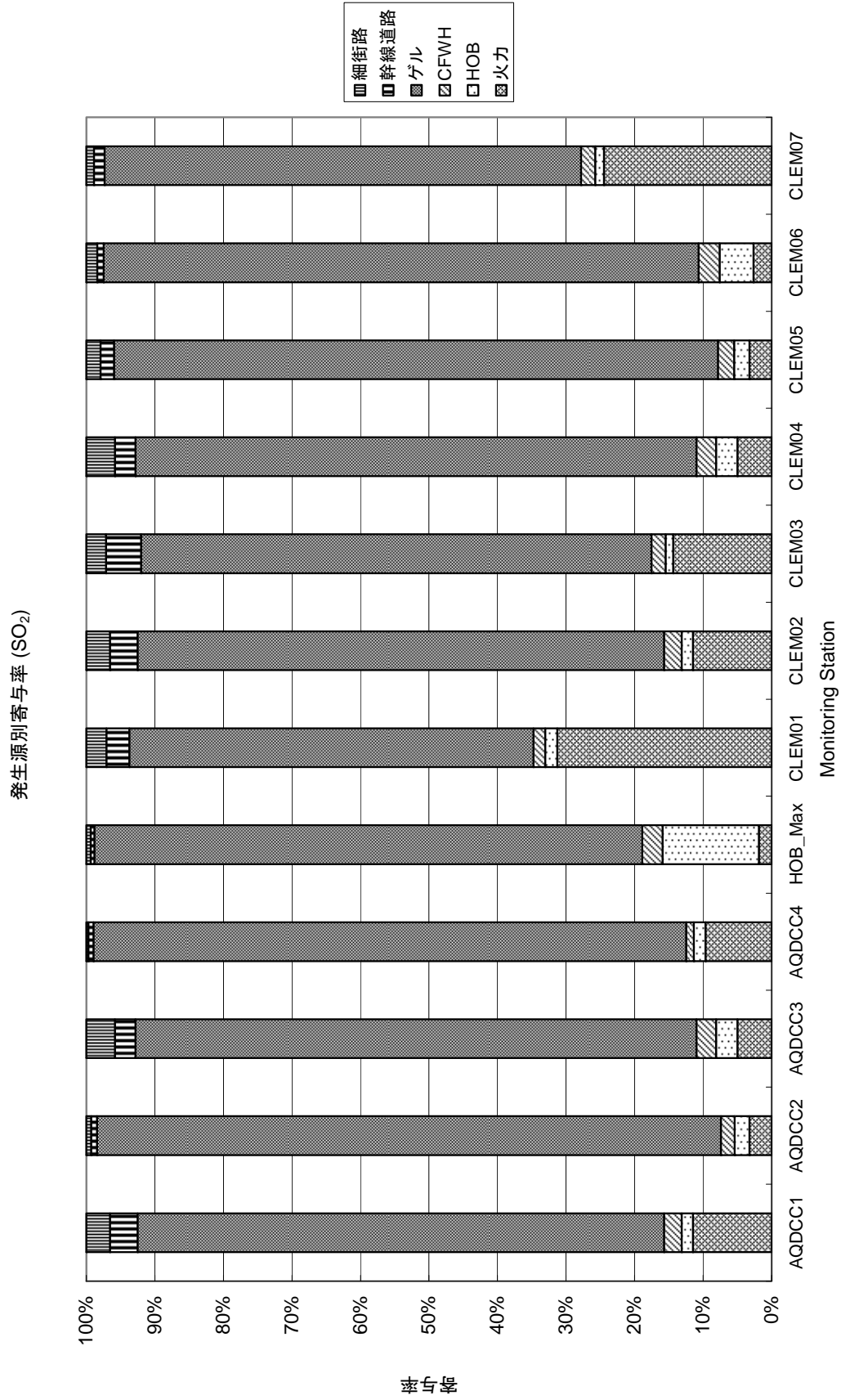


図 2-10 SO₂計算濃度に対する地点別発生源別寄与率

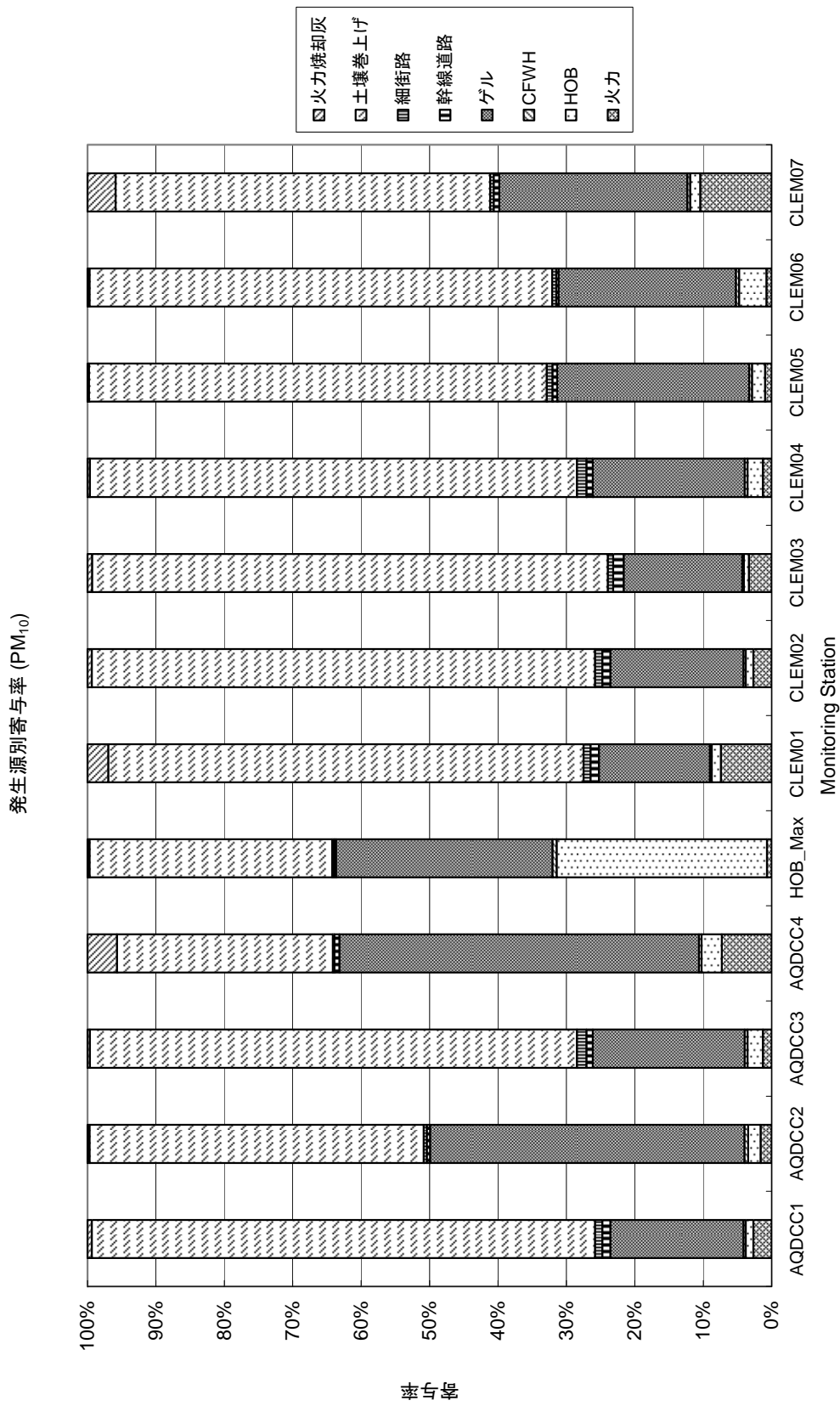


図 2-11 PM₁₀ 計算濃度に対する地点別発生源別寄与率

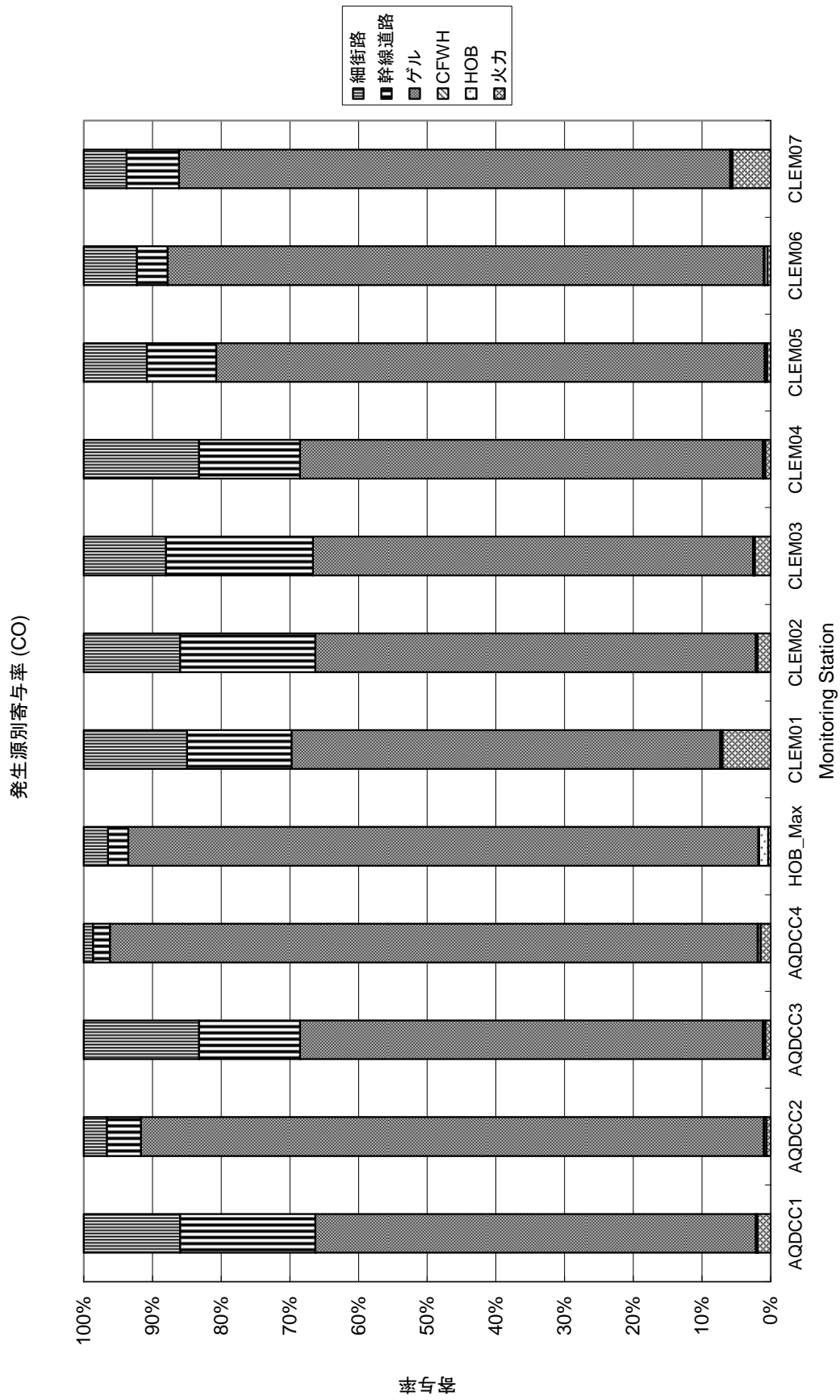


図 2-12 CO 計算濃度に対する地点別発生源別寄与率

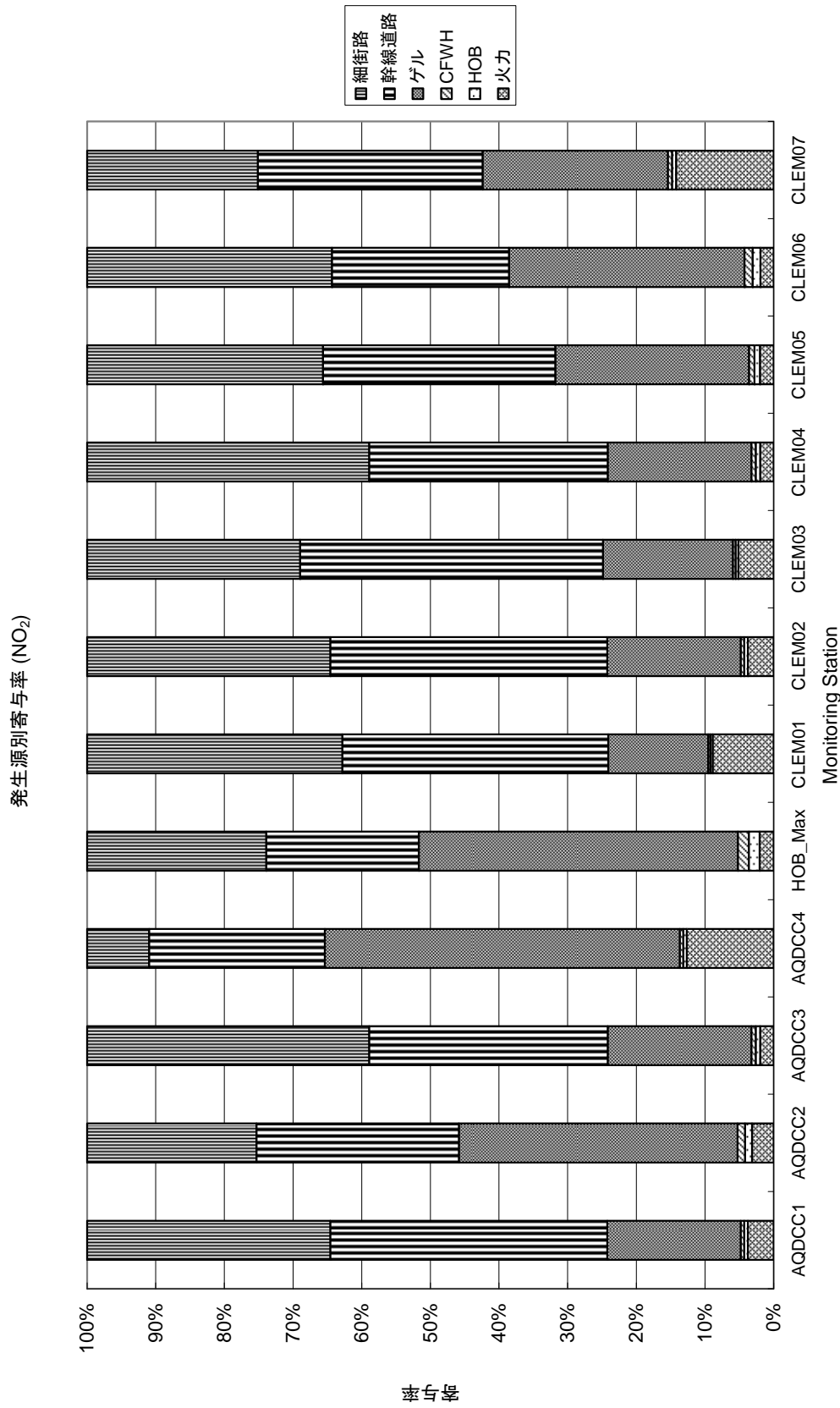


図 2-13 NO₂ 計算濃度に対する地点別発生源別寄与率

3 HOB のシミュレーション結果

大気環境測定局における全計算濃度に対する HOB 計算濃度寄与率があまり高くない結果となったため、HOB の PM₁₀ についてシミュレーションにより、濃度の分布状況を把握した。その結果を図 3-1 に示す。HOB は、火力発電所の熱供給範囲内にある地域で濃度が低く、供給範囲外である東側の地域で高い濃度となっていることがわかる。この理由として、東側地域の HOB 石炭使用量は、ウランバートル市全体 HOB の約半分を占めていることが挙げられる。例えば、HOB 石炭使用量の上位 10 以内のうち、半分以上が東側地域であり、精神病院、鉄道修理工場、ビール工場などの大規模施設となっている。

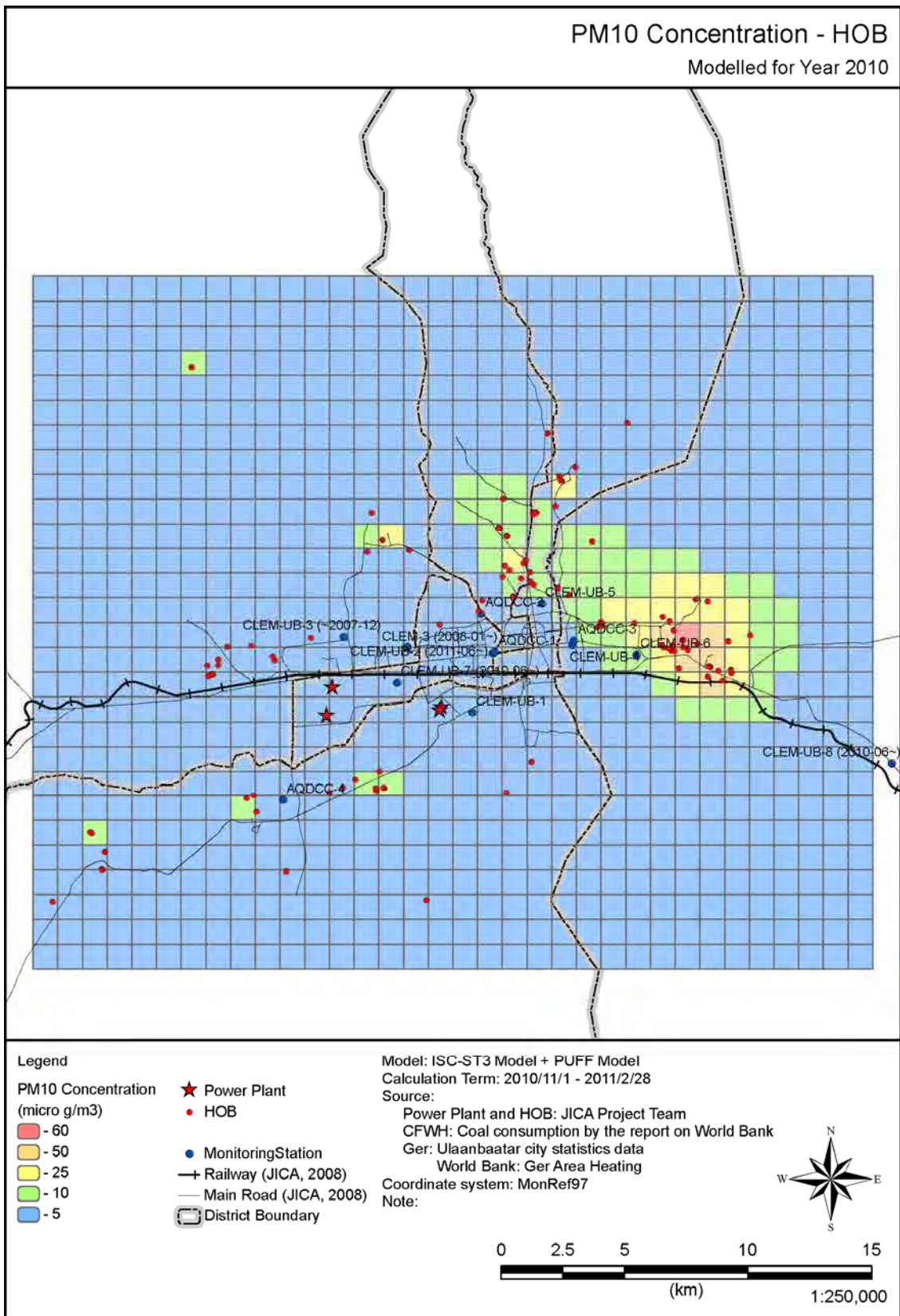


図 3-1 HOB のシミュレーション結果 (PM₁₀)

別添資料 2.1-7 焼却灰放射能分析報告書

焼却灰の放射能分析業務

〔 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 〕

平成24年6月

財団法人 日本分析センター

本報告書は、株式会社数理計画殿*から委託を受けて財団法人日本分析センターが分析した結果を取りまとめたものである。

*住所：東京都千代田区猿楽町 2-5-4

目 次

1. 件名	1
2. 実施内容	1
2.1 試料一覧及び分析項目	1
2.2 モンゴル分析機関の分析結果の妥当性の検証	1
3. 焼却灰の放射能分析	1
3.1 試料調製	1
3.2 γ 線スペクトロメトリー	1
4. 測定結果	2
5. モンゴル分析機関の分析結果の妥当性の検証	3
5.1 評価方法	3
5.2 測定結果	3
5.3 不確かさの計算	4
5.4 評価結果	4
5.5 検討内容	5
6. モンゴル分析機関の分析技術の検証	6
6.1 試料調製	6
6.2 測定機器の運用	6
7. 現地写真	7
参考資料	
1. γ 線スペクトロメトリーのデータ	9
2. モンゴル国立大学 核研究センターの不確かさ計算結果	17

1. 件名

焼却灰の放射能分析業務

(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)

2. 実施内容

2.1 試料一覧及び分析項目

試料名	試料採取日	試料形態	試料受領日	分析項目
				γ
第4火力 フライアッシュ	24. 3. 28	灰	24. 5. 23	○

γ : γ 線スペクトロメトリーによる ^{226}Ra 、 ^{232}Th (^{228}Ac) 及び ^{40}K 核種の定量

2.2 モンゴル分析機関の分析結果の妥当性の検証

現地分析機関及び財団法人日本分析センター(以下「分析センター」という。)の分析結果を用いて妥当性の検証(クロスチェック)を行った。また、現地分析機関を訪問して分析状況を把握するとともに、不確かさの整備、分析結果の妥当性及び分析技術(測定時間、妨害ピークの補正方法等)について検証した。

分析機関：モンゴル国立大学 核研究センター

訪問期間：平成24年6月11日～平成24年6月15日

3. 焼却灰の放射能分析

3.1 試料調製

文部科学省放射能測定法シリーズ13「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」(昭和57年)に準じた。

試料を容器(高さ6cm、直径5cm)に詰め、測定試料とした。

3.2 γ 線スペクトロメトリー

文部科学省放射能測定法シリーズ7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成4年)に準じた。操作の概略は以下のとおりである。

(1) 測定

ゲルマニウム半導体検出器を用いて、測定試料を70,000秒間以上測定し、放射能濃度を算出した。なお、核データは原則として Atomic Data and Nuclear

Data Tables (1983 年) に従った。

(2) 測定機器

ゲルマニウム半導体検出器 ORTEC 社製 GEM25-70-XLB-C

4. 測定結果

試料名	試料採取日	γ線スペクトロメトリー			単位
		^{226}Ra	^{228}Ac	^{40}K	
第4火力 フライアッシュ	24. 3. 28	350 ± 8	69 ± 2.0	260 ± 7	Bq/kg

注) 1. 分析結果は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについて有効数字2桁で表した。また、誤差は計数誤差のみを示した。

2. ^{226}Ra (186keV) の結果は、 ^{235}U (186keV) の妨害ピーク補正をしていない。

5. モンゴル分析機関の分析結果の妥当性の検証

5.1 評価方法

モンゴル国立大学 核研究センター（以下「モンゴル大学」という。）の測定値について、その妥当性の評価方法として国際的な基準である E_n 数の手法で行った。

E_n 数^{*1} は、試験所間による分析・測定結果を比較し、技術的な検討を開始するための統計的基準である。

本調査では、モンゴル大学の測定値と分析センターの測定値の差を、モンゴル大学の測定値の拡張不確かさと分析センターの測定値の拡張不確かさの2乗和の平方根で除した値とする。

評価にあたっては、 E_n 数 ≤ 1 を基準内とし、1を超えた場合には、必要な検討を実施した。

*1 E_n 数：「Conformity assessment – General requirements for proficiency testing ISO/IEC 17043:2010」に示されている。

$$E_n \text{ 数} = \frac{\left| \text{測定値}_{\text{モンゴル大学}} - \text{測定値}_{\text{分析センター}} \right|}{\sqrt{U^2_{\text{モンゴル大学}} + U^2_{\text{分析センター}}}}$$

Uは拡張不確かさを表す。

5.2 測定結果

5.2.1 試料調製

試料をモンゴル大学で使用している 0.7L マリネリ容器に詰め、測定試料とした。

5.2.2 γ 線スペクトロメトリー

(1) 測定

ゲルマニウム半導体検出器を用いて、測定試料を 7,200 秒間測定し、放射能濃度を算出した。

(2) 測定機器

ゲルマニウム半導体検出器 CANBERRA 社製 GC3020-7500SL

(3) 測定結果

試料名	試料採取日	γ線スペクトロメトリー			単位
		²²⁶ Ra	²²⁸ Ac	⁴⁰ K	
第4火力 フライアッシュ	24.3.28	260±16	73±4.4	290±9	Bq/kg

注) 1. ²²⁶Ra (186keV) の結果は、²³⁵U (186keV) の妨害ピーク補正をしていない。

5.3 不確かさの計算

E_n 数については、分析センターの手法に準じて行った。モンゴル大学の不確かさの計算結果は、参考資料-2に示す。なお、2.1 校正用線源、2.5 計数誤差、2.7 校正式のフィッティング、3.5 放出比及び 3.8 減衰補正については、モンゴル大学の実際の値を用いた。

5.4 評価結果

5.1の方法により、 E_n 数評価した。結果は以下のとおりである。

核種	エネルギー (keV)	分析機関	測定結果 (Bq/kg)	計数誤差 (Bq/kg)	拡張不確かさ (Bq/kg)	E_n 数
²²⁶ Ra	186	分析センター	350	8	43.0	1.2
		モンゴル大学	260	16	57.1	
²²⁸ Ac	911	分析センター	69	2.0	7.8	0.3
		モンゴル大学	73	4.4	13.0	
⁴⁰ K	1461	分析センター	260	7	29.4	0.5
		モンゴル大学	290	9	41.2	

²²⁸Ac 及び ⁴⁰K は E_n 数 ≤ 1 となり、基準内で一致した。

²²⁶Ra については、 E_n 数 = 1.2 となり、検討基準を超えた。

原因は、両機関の ²³⁵U の寄与分の評価方法の違いによるものと考えられた。

5.5 検討内容

5.4 に示した原因について検討した。モンゴル大学の計数誤差が約 6% と大きいことから、モンゴル大学で 70,000 秒間以上測定した。測定結果を 5.1 の方法により、 E_n 数評価した。結果は以下のとおりである。ただし、両機関の ^{226}Ra の結果については、 ^{235}U (186keV) の妨害ピークを補正していない。

核種	エネルギー (keV)	分析機関	測定結果 (Bq/kg)	計数誤差 (Bq/kg)	拡張不確かさ (Bq/kg)	E_n 数
^{226}Ra	186	分析センター	350	8	43.0	1.5
		モンゴル大学	250	5	46.9	
^{228}Ac	911	分析センター	69	2.0	7.8	0.4
		モンゴル大学	74	0.9	9.9	
^{40}K	1461	分析センター	260	7	29.4	0.4
		モンゴル大学	280	3	37.2	

^{226}Ra の計数誤差は、約 2% となり測定精度は向上したが、 E_n 数=1.5 となり、検討基準を超えた。

モンゴル大学では、 ^{226}Ra に妨害ピークとして寄与する ^{235}U を ^{238}U 、 ^{235}U の存在比及び比放射能から計算している。

モンゴル大学で 70,000 秒以上測定した結果について、7,200 秒の測定では確認できなかった ^{235}U (144keV) のピークが確認されたことから、 ^{235}U (144keV) のピークから ^{235}U (186keV) の寄与分を計算し、差し引きした ^{226}Ra のみの放射能濃度を計算した。分析センターの測定結果についても同様の方法で再計算した。

両機関の計算結果を 5.1 の方法により、 E_n 数評価した。結果は以下のとおりである。

核種	エネルギー (keV)	分析機関	測定結果 (Bq/kg)	計数誤差 (Bq/kg)	拡張不確かさ (Bq/kg)	E_n 数
^{226}Ra	186	分析センター	230	33	72.1	0.4
		モンゴル大学	270	6	50.9	

再計算の結果、 E_n 数=0.4 となり基準内で一致した。

モンゴル大学では、通常の測定時間を7,200秒としている。 ^{235}U (144keV) は放出比が11%と低く、2時間程度の測定では ^{235}U 濃度が極端に高い場合を除いて検出が難しいため、 ^{235}U (144keV) から ^{235}U (186keV) の寄与分を計算する方法を用いることはできない。 ^{235}U の影響を除いて ^{226}Ra を定量するには、 ^{235}U (144keV)を正確に見積もる必要がある。今回用いた試料の場合、7,200秒間の測定では、 ^{235}U (144keV) が検出されないことから、 ^{226}Ra を正確に定量することは困難であるが、モンゴル大学の測定条件では、現在の定量方法でやむを得ないと考えられた。

6. モンゴル分析機関の分析技術の検証

6.1 試料調製

モンゴル大学で使用している0.7Lマリネリに試料を封入する際は、標準線源と同じ高さまで入れていることを確認した。ただし、蓋を使用していないことから、ゲルマニウム半導体検出器の汚染防止のためにも蓋をしてビニール袋で養生することを推奨した。

6.2 測定機器の運用

ゲルマニウム半導体検出器が設置されている部屋は、外部からの汚染等の侵入のない適切な環境に保たれていた。また、試料の測定結果から差し引くバックグラウンドの測定は、10時間測定で月に1度の頻度で行われていた。ピーク効率校正式は、2004年にAmersham社より標準線源を入手し、同年に作成された。以降、ピーク効率校正式の更新は行われていないものの、測定値が既知の土壌や石炭をチェック用試料として、ピーク効率の妥当性を確認していた。標準線源や放射性物質の保管状況についても、適切であった。

今回の分析技術の検証の結果、モンゴル大学における放射能分析の技術レベルは、6.2等の内容から高い水準にあるものと考えられた。

今後は、モンゴル大学の分析法に基づいて不確かさを整備し、IAEA等の国際クロスチェックプログラムに参加することにより、現在の高い水準を維持するとともに、さらなる技術レベルの向上が望まれる。

7. 現地写真



モンゴル国立大学 核研究センター



Ge 半導体検出器の測定システム



測定試料 (0.7L マリネリ)



試料の検出器へのセット



スペクトルチェック



結果についてのディスカッション

γ 線スペクトロメトリーのデータ

試料番号

13200500

測定試料 : 第4火力7577ツェ

試料採取年月日

2012/03/28

測定供試量
測定試料高さ
規格化乗数

0.11592 kg
50.000 mm
1.00000

測定試料重量 115.920 g
規格化除数 1.00000

BG1 # 5400047
RUN # 5400049

測定日 2012/05/25
測定日 2012/05/31

測定時刻 16:14 Live Time 140047秒
測定時刻 10:11 Live Time 70049秒

核種

* Ac-228
* K - 40
* Ra-226

放射能濃度
Bq/kg

68.93 ± 1.964
261.2 ± 7.370
345.2 ± 8.185

検出下限値
Bq/kg

3.567
12.44
18.61

放射能/試料

7.990 ± 0.2276
30.28 ± 0.8544
40.02 ± 0.9488

ピーク中心
channel

1823.07
2922.79
372.21

ピーク計数率
count/1000sec

26.32 ± 0.7500
25.00 ± 0.7053
56.50 ± 1.339

バックグラウンド計数率
count/1000sec

26.32 ± 0.7500
25.00 ± 0.7053
56.50 ± 1.339

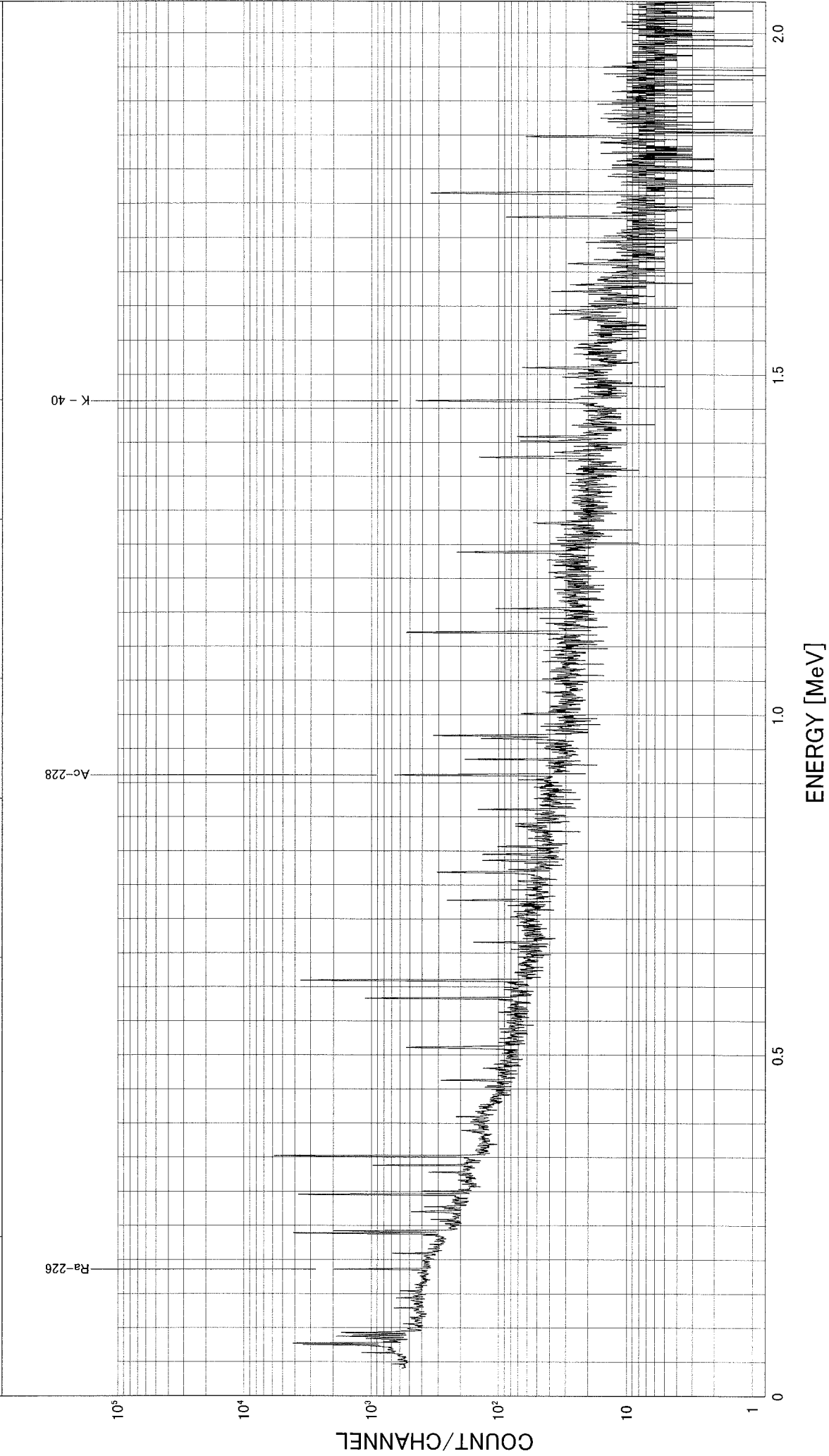
正味計数率
count/1000sec

26.32 ± 0.7500
25.00 ± 0.7053
56.50 ± 1.339

ピーク効率
%

11.360
7.716
43.044

測定番号	測定試料	測定日	測定時間	測定位置	チャンネル幅	測定装置	備考
20125400049	第4火力発電機	2012/05/31	70049 秒	エンドキャップ上	0.5 keV	54	



試料番号

BG

測定試料

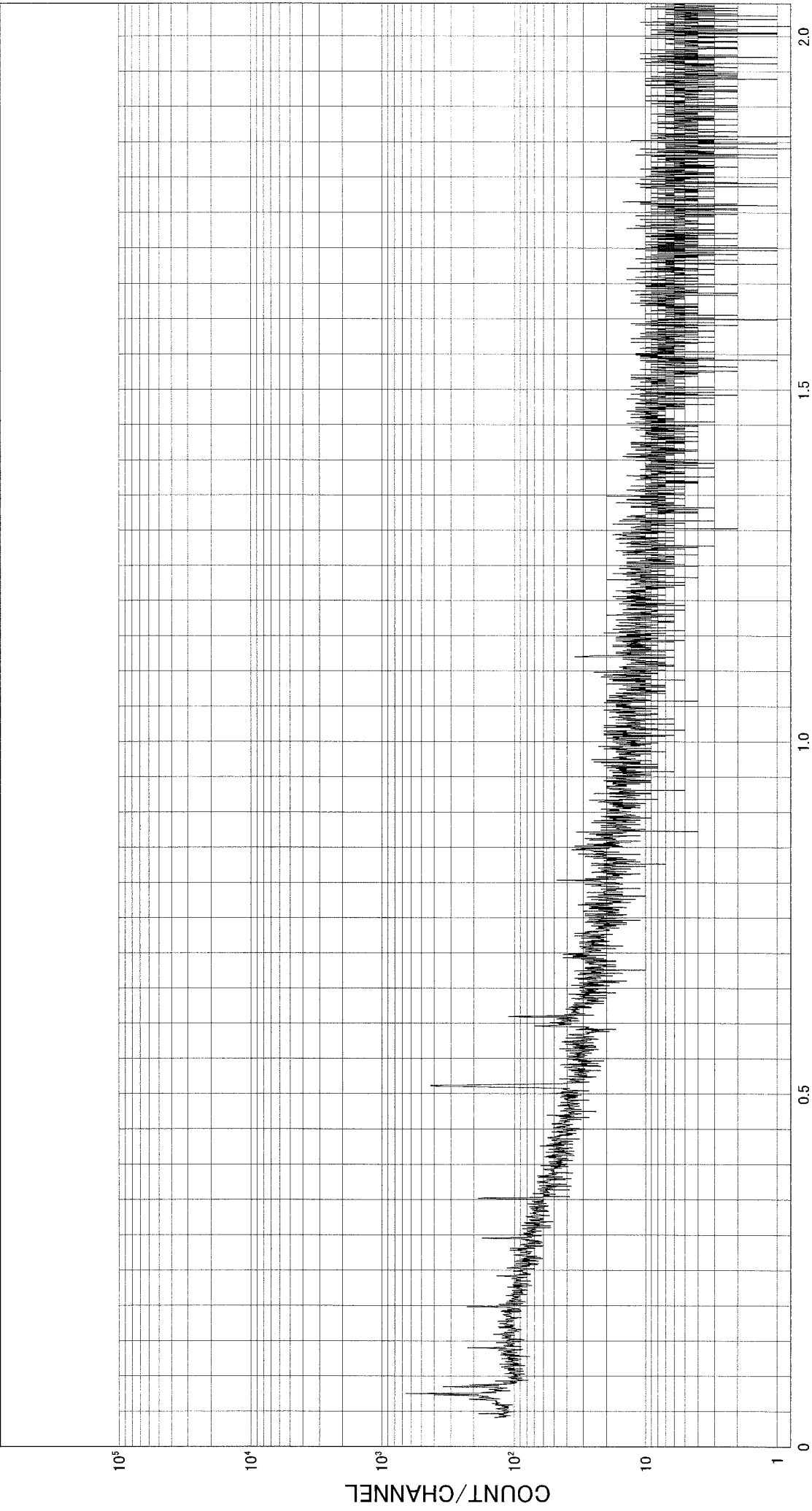
: バックグラウンド

RUN # 5400047 測定日 2012/05/25 測定時刻 16:14 Live Time 140047秒

核種	ピーク中心		ピーク面積		ピーク計数率	
	channel	count	count	count	count/1000sec	count/1000sec
Ce-144	267.30	6.125 ± 38.44	0.04373 ± 0.2744			
Cr-51	640.60	-31.05 ± 31.75	-0.22217 ± 0.2267			
I-131	729.42	-6.399 ± 28.10	-0.04569 ± 0.2006			
Sb-125	856.25	26.40 ± 28.33	0.1885 ± 0.2023			
Be-7	955.67	18.30 ± 25.27	0.1306 ± 0.1805			
Ru-103	994.67	-36.69 ± 25.87	-0.2620 ± 0.1847			
Ba-140	1075.08	18.80 ± 23.71	0.1342 ± 0.1693			
Tl-208	1166.69	18.00 ± 24.61	0.1285 ± 0.1757			
Bi-214	1219.15	196.0 ± 29.08	1.399 ± 0.2076			
Ru-106	1244.30	-4.299 ± 23.91	-0.03070 ± 0.1707			
Cs-137	1323.71	-20.60 ± 22.32	-0.1471 ± 0.1594			
Zr-95	1513.92	-13.51 ± 19.53	-0.09651 ± 0.1395			
Nb-95	1532.12	56.56 ± 28.10	0.4038 ± 0.2007			
Cs-134	1592.12	34.04 ± 20.78	0.2430 ± 0.1483			
Co-58	1622.12	-21.06 ± 20.87	-0.1504 ± 0.1490			
Mn-54	1670.12	7.166 ± 20.27	0.05117 ± 0.1448			
Ac-228	1822.71	-16.16 ± 16.87	-0.1154 ± 0.1205			
Pa-234m	2002.50	5.666 ± 17.14	0.04046 ± 0.1223			
Fe-59	2199.07	-4.759 ± 16.40	-0.03398 ± 0.1171			
Fe-59	2583.60	41.00 ± 16.24	0.2927 ± 0.1159			
Zn-65	2231.47	1.742 ± 15.16	0.01244 ± 0.1083			
Co-60	2346.85	10.66 ± 15.32	0.07611 ± 0.1093			
Co-60	2665.38	-6.785 ± 14.11	-0.04845 ± 0.1007			
K-40	2921.90	11.42 ± 14.92	0.08160 ± 0.1065			
La-140	3193.21	16.46 ± 12.90	0.1175 ± 0.09215			

*

測定番号	測定試料	測定日	測定時間	測定位置	チャンネル幅	測定装置	備考
20125400047	バックグラウンド	2012/05/25	140047 秒	エンドキヤップ上	0.5 keV	54	



モンゴル国立大学 核研究センターの不確かさ計算結果

γ線スペクトロメトリーにおける不確かさの算出結果

1. 測定試料

測定容器に詰められた測定試料の厚さ、重量を測定することによる不確かさを求める。

1.1 測定試料の秤量

(1) 天びん機器の不確かさ

天びんの不確かさには、(1) 繰り返し性の不確かさ、(2) 丸め誤差の不確かさ、(3) 偏置加重の不確かさ、(4) 正確さ、(5) 温度特性、(6) 校正分銅の不確かさがある。

天びんの不確かさは、1目量の1.3倍～2倍であることから、天びんの不確かさを1目量の2倍とし、測定試料重量との比を相対標準不確かさとする。

1目量(g)×2	試料量(g)	分布なし	相対標準不確かさ
0.02	2000		0.001%

u1

(2) 秤量精度または天秤の繰り返し精度

繰り返し測定により不確かさを求める。実試料や測定重量に近い重量の標準分銅を用いて繰り返し測定を行う。10回程度繰り返し測定を行い、その平均値および標準偏差を算出し、相対標準不確かさを求める。

1	2000.01	
2	2000	
3	2000	
4	1999.99	
5	2000.01	平均
6	2000	2000.001
7	2000	標準偏差
8	2000.01	0.0074
9	1999.99	変動係数
10	2000	0.00%

u2

試料秤量の不確かさ	$\sqrt{u1^2 + u2^2}$	0.001%
-----------	----------------------	--------

u3

1.2 測定試料の厚さ

マリネリ容器については、校正用線源と測定試料の厚さが同等になるよう試料調製を行う。その作業に伴う不確かさを評価する必要がある。しかし、厚さに起因する不確かさは小さく、他の要因と比較して無視できると考えられるので省略した。

2. 校正

機器の校正は、校正用線源を測定して得られた効率(実測点)をフィッティングして、エネルギーの関数としての効率(効率曲線)を求め、その効率曲線から算出するのが一般的な手法である。従って、ピーク効率の不確かさを求めるには、フィッティングを含めて効率曲線の不確かさを算出しなければならないが、現状では厳密な評価は困難であると考えられる。そのため、ここでは下記の条件で不確かさを評価することとする。

- ・「文部科学省 放射能測定法シリーズ7」に準じて効率曲線を直線近似できる高エネルギー領域(300keV以上)と大きく彎曲する低エネルギー領域(300keV未満)に分割し、不確かさをそれぞれの領域について評価する。
- ・校正用線源核種の不確かさなど各要因について、エネルギー領域内の最大値を、そのエネルギー領域の不確かさとして用いる。
- ・不確かさの要因としては、校正用線源、幾何条件、測定系の変動、計数誤差、放出比データ、校正式のフィッティングなどがあり、それらを合成して用いる。
- ・校正式のフィッティングの不確かさは、フィッティング値と実測値のずれの情報を基に評価する。なお、フィッティングには最低でもエネルギーの異なる3点以上の γ 線を用いることとする。具体的な算出手順を下記に示す。

2.1 校正用線源

校正用線源の成績書に記載されている核種濃度の拡張不確かさから、300keV未満及び300keV以上で最大の値を用いる。

線源の成績書に記載された不確かさより

核種名	拡張不確かさ	相対標準不確かさ
包含係数: $k=$	2	
Am-241	2.6%	1.30%
Co-57	1.5%	
Ce-139	1.4%	
Sr-85	2.5%	1.25%
Cs-137	1.9%	
Y-88	1.6%	
Co-60	1.5%	

u4

u5

2.2 幾何条件

評価せず。

検出器と測定試料に関する幾何学的条件についての不確かさは、繰り返し測定により評価できるが、ホルダー等を用いて所定の位置に試料を設置できるようにしてある場合、再現性の不確かさは小さく、他の要因と比較して無視できると考えられるので省略した。

2.3 不感時間

評価せず。

不感時間(検出器回路の動作不能時間)に起因する不確かさは小さく、他の要因と比較して無視できると考えられるので省略した。

2.4 測定系の変動

評価せず。

校正時の測定期間内における測定系の変動に起因する不確かさは小さく、他の要因と比較して無視できると考えられるので省略した。

2.5 計数誤差

試料測定に含まれる不確かさは、計数誤差^{*1}を標準偏差として使い、正味ピーク面積に対する相対計数誤差^{*2}を算出し、その値を標準不確かさとする。ただし、各々の核種について算出した相対計数誤差のうち、300keVで分割した各領域に対して、最大値をその領域における標準不確かさとして使用する。

$$*1: \text{計数誤差} = \sqrt{\text{ピークエリア面積} + \text{ベースエリア面積}}$$

$$*2: \text{相対計数誤差} = \text{計数誤差} / \text{正味ピーク面積} \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{正味ピーク面積} = \text{ピークエリア面積} - \text{ベースエリア面積}$$

核種名	正味ピーク面積	計数誤差	相対計数誤差(%)	相対標準不確かさ
Am-241(60keV)	60383	621.9449	1.030%	300keV未満
Co-57(122keV)	87934	580.3644	0.660%	1.030%
Ce-139(166keV)	87934	615.538	0.700%	
Sr-85(514keV)	94753	634.8451	0.670%	300keV以上
Cs-137(662keV)	243506	876.6216	0.360%	0.670%
Y-88(898keV)	172642	742.3606	0.430%	
Co-60(1173keV)	190497	761.988	0.400%	
Co-60(1333keV)	173236	710.2676	0.410%	
Y-88(1836keV)	104251	542.1052	0.520%	

u6

u7

2.6 放出比

放出比の不確かさは、解析に使用している核データを参照する。下表ではTable of Isotopes 7th Ed. (「文部科学省 放射能測定法シリーズ7」に記載)の数値を用いた。算出した相対誤差のうち、300keVで分割した各領域に対して、最大値をその領域における相対標準不確かさとして使用する。

核種名 (γ 線エネルギー)	放出比(%)	誤差	相対誤差(%)	相対標準不確かさ
Am-241(60keV)	35.9	0.4	1.114%	1.114%
Co-57(122keV)	85.6	0.4	0.467%	
Ce-139(166keV)	79.9	0.1	0.125%	
Sr-85(514keV)	99.27	0.04	0.040%	0.757%
Cs-137(662keV)	85	0.5	0.588%	
Y-88(898keV)	92.5	0.7	0.757%	
Co-60(1173keV)	100	0	0.000%	
Co-60(1333keV)	100	0	0.000%	
Y-88(1836keV)	99.34	0.07	0.070%	

u8

u9

2.7 校正式のフィッティング

- ・効率曲線を、直線近似できる高エネルギー領域(300keV以上)と、大きくわん曲する低エネルギー領域(300keV未満)に分割する。
- ・フィッティングには最低でもエネルギーの異なる3点以上の γ 線を用いることとする。
- ・各核種(γ 線)の校正データより、[フィッティング値/実測値]を算出する。
- ・[フィッティング値/実測値]の標準偏差を、校正式のフィッティングの標準不確かさとする。

核種名 (γ 線エネルギー)	フィッティング値	実測値	フィッティング値/ 実測値		
Am-241(60keV)	0.022422	0.0217	1.033	平均	1.007
Co-57(122keV)	0.040343	0.044202	0.913	標準偏差	0.084
Ce-139(166keV)	0.051819	0.048258	1.074	変動係数	8.325%
Sr-85(514keV)	0.01943	0.01847	1.052	平均	0.998
Cs-137(662keV)	0.015404	0.017074	0.902	標準偏差	0.055
Y-88(898keV)	0.011634	0.011491	1.012	変動係数	5.467%
Co-60(1173keV)	0.009099	0.008773	1.037		
Co-60(1333keV)	0.008095	0.007967	1.016		
Y-88(1836keV)	0.006029	0.00621	0.971		

2.8 サム効果補正

評価せず。

サム効果補正に含まれる不確かさは見積もることが困難であり、また、通常大きな要因ではないので省略した。

2.9 自己吸収補正

評価せず。

自己吸収補正による不確かさは、校正用線源と測定試料間の材質や密度の差に起因する。校正に水溶液を用い、水や灰化物等の通常環境試料を測定する場合、自己吸収補正による不確かさは大きな要因ではないので省略した。

2.10 減衰補正

減衰補正に含まれる不確かさは、解析に使用している核データを参照する。下表ではTable of Isotopes 7th Ed. (「文部科学省 放射能測定法シリーズ7」に記載)の数値を用いた。

算出する減衰補正係数は、校正日より60日経過したと仮定した場合、以下の式に従って算出できる。

$$DF_1 = e^{-0.693 \times t / \tau_{1/2}} \quad \text{半減期}[\tau_{1/2}] \text{ (日) における減衰補正係数}$$

$$DF_2 = e^{-0.693 \times t / (\tau_{1/2} + \sigma_t)} \quad \text{半減期}[\tau_{1/2} + \sigma_t] \text{ (日) における減衰補正係数}$$

算出した減衰補正係数 DF_1 及び DF_2 について、以下の式に従って減衰補正に含まれる標準不確かさ(相対誤差)を算出する。

$$\left| \frac{DF_2 - DF_1}{DF_1} \right| \times 100 (\%)$$

算出した相対誤差のうち、300keVで分割した各領域に対して、最大値をその領域における標準不確かさとして使用する。

検定日から 日後に測定すると仮定すると

核種名	半減期*	誤差	半減期 補正率	(半減期+誤差) の補正率	相対標準 不確かさ(%)
Am-241	432.2	0.7	0.9083	0.9084	0.0156%
Co-57	271.65	0.13	0.8580	0.8581	0.0073%
Ce-139	137.2	0.4	0.7385	0.7392	0.0882%
Sr-85	64.85	0.03	0.5266	0.5268	0.0297%
Cs-137	30.174	0.0334	0.9962	0.9962	0.0004%
Mn-54	312.2	0.07	0.8753	0.8753	0.0030%
Y-88	106.61	0.02	0.6770	0.6770	0.0073%
Co-60	5.2719	0.0011	0.9786	0.9786	0.0005%

*: 半減期の単位は、Am-241、Cs-137及びCo-60は年、他の核種は日である。

上記の減衰補正の相対不確かさからエネルギー区分における最大値を採用する。

エネルギー区分		相対標準不 確かさ(%)	
校正線源	300keV未満	0.0882%	u12
	300keV以上	0.0297%	u13

3. 測定

実試料の測定に係る不確かさ。計数誤差は個々の測定結果の値を用いる。

3.1 幾何条件

2.2と同様に評価せず。

3.2 不感時間

2.3と同様に評価せず。

3.3 測定系の変動

効率の変化による不確かさの見積もりは、ある一定期間(1週間、1ヶ月、3ヶ月、・・・)毎に測定している基準線源(例:¹³⁷Cs、⁶⁰Co、¹⁵²Eu等)やそれに代わる放射能濃度既知の環境試料の測定結果があれば、その結果を利用して、標準偏差より測定系の変動による不確かさとして評価する。

また、変動の許容基準を設けている場合は、変動許容基準を上下限とする矩形分布を仮定し、矩形分布として測定系の変動による不確かさを評価する。

基準線源	変動許容基準	矩形分布√3	相対標準不確かさ
Cs-137	5.0%	1.73	2.89%

u14

3.4 計数誤差

試料毎の測定結果に記載されている計数誤差を用いる。

3.5 放出比

測定対象核種について、2.6と同様に算出する。

核種名 (γ 線エネルギー)	放出比(%)	誤差	相対誤差(%)	相対標準不確かさ
Ra-226(168keV)	3.59	0.06	1.671%	1.671%
Ac-228(911keV)	25.8	0.4	1.550%	1.550%
K-40(1460keV)	99.27	—	—	—

u15

u16

3.6 サム効果補正

2.8と同様に評価せず。

3.7 自己吸収補正

2.9と同様に評価せず。

3.8 減衰補正

一般的には、試料採取日に減衰補正が行われるが、ここでは、2.10と同様の60日経過したとして不確かさを評価した。

検定日から 60 日後に測定すると仮定すると

核種名	半減期*	誤差	半減期補正率	(半減期+誤差)の補正率	相対標準不確かさ(%)
Ra-226	1600	7	0.9743	0.9745	0.0113%
Ac-228	1.41E+10	0.006	1.0000	1.0000	0.0000%
K-40	1.28E+09	0.008	1.0000	1.0000	0.0000%

*:半減期の単位は、年である。

上記の減衰補正の相対不確かさからエネルギー区分における最大値を採用する。

エネルギー区分		相対標準不確かさ(%)
校正線源	300keV未満	0.0113%
	300keV以上	0.0000%

u17

u18

4. 合成標準不確かさ

不確かさの要因		300keV未満		300keV以上	
		相対標準不確かさ		相対標準不確かさ	
1. 測定試料					
測定試料の秤量		0.001%	<i>u3</i>	0.001%	<i>u3</i>
2. 校正					
校正用線源		1.30%	<i>u4</i>	1.25%	<i>u5</i>
計数誤差		1.030%	<i>u6</i>	0.670%	<i>u7</i>
放出比		1.114%	<i>u8</i>	0.757%	<i>u9</i>
校正式のフィッティング		8.32%	<i>u10</i>	5.47%	<i>u11</i>
減衰補正		0.088%	<i>u12</i>	0.030%	<i>u13</i>
3. 測定					
測定系の変動		2.89%	<i>u14</i>	2.89%	<i>u14</i>
放出比		1.671%	<i>u15</i>	1.550%	<i>u16</i>
減衰補正		0.011%	<i>u17</i>	0.000%	<i>u18</i>
相対合成標準不確かさ		9.19%		6.57%	

試料の均質性や測定の計数誤差は、ここでは見積もっていない。

発 行 者	財団法人日本分析センター 千葉県稲毛区山王町 295 番地 3 TEL. 043-423-5325 〒263-0002
発行責任者	放射能分析業務部長 池内 嘉宏

