

別添資料 2.1-13 発生源インベントリ作成結果

モンゴル国

ウランバートル市大気質庁（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

別添資料
発生源別インベントリ作成結果

2013年1月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 数理計画

目次

図目次	ii
表目次	iii
1 固定発生源インベントリ	1
1.1 排出量の計算（2010年）	1
1.1.1 火力発電所.....	1
1.1.2 HOB及び工場	2
1.1.3 CFWH.....	5
1.1.4 ゲルストーブ及び壁ストーブ	8
1.2 排出量の計算（2010年改訂版）	13
1.2.1 火力発電所.....	13
1.2.2 HOB及び工場	13
1.2.3 CFWH.....	16
1.2.4 ゲルストーブ及び壁ストーブ	19
1.3 排出量の計算（2011年）	23
1.3.1 火力発電所.....	23
1.3.2 HOB及び工場	23
1.3.3 CFWH.....	26
1.3.4 ゲルストーブ及び壁ストーブ	29
2 移動発生源インベントリ	33
2.1 排出係数	33
2.1.1 排出係数モデルの選択.....	33
2.1.2 燃料による補正.....	33
2.1.3 政策による補正.....	35
2.1.4 その他の補正.....	37
2.1.5 旅行速度.....	37
2.1.6 まとめ.....	38
2.2 交通量.....	39
2.3 距離	42
2.4 主要道路以外の道路からの大気汚染物質排出量の計算.....	42
2.5 排出量.....	42
3 その他面的発生源インベントリ	50
3.1 排出量の計算.....	50
3.1.1 対象.....	50
3.1.2 排出量の計算方法の概要.....	51

3.1.3	排出量.....	56
4	大気汚染物質排出インベントリのまとめ.....	61
4.1	2010年.....	61
4.2	2010年改訂版.....	65
4.3	2011年.....	68

目次

図 1-1	火力発電所及び HOB からの SO _x 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)	3
図 1-2	火力発電所及び HOB からの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)	4
図 1-3	CFWH からの SO _x 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)	6
図 1-4	CFWH からの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)	7
図 1-5	ゲルストーブからの SO _x 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)	11
図 1-6	ゲルストーブからの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)	12
図 1-7	火力発電所及び HOB からの SO _x 排出量分布 (2010 年改訂版)	14
図 1-8	火力発電所及び HOB からの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)	15
図 1-9	CFWH からの SO _x 排出量分布 (2010 年改訂版)	17
図 1-10	CFWH からの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)	18
図 1-11	ゲルストーブからの SO _x 排出量分布 (2010 年改訂版)	21
図 1-12	ゲルストーブからの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)	22
図 1-13	火力発電所及び HOB からの SO _x 排出量分布 (2011 年)	24
図 1-14	火力発電所及び HOB からの PM ₁₀ 排出量分布 (2011 年)	25
図 1-15	CFWH からの SO _x 排出量分布 (2011 年)	27
図 1-16	CFWH からの PM ₁₀ 排出量分布 (2011 年)	28
図 1-17	ゲルストーブからの SO _x 排出量分布 (2011 年)	31
図 1-18	ゲルストーブからの PM ₁₀ 排出量分布 (2011 年)	32
図 2-1	旅行速度調査ルート (2010 年実施)	38
図 2-2	旅行速度別 PM 排出係数.....	39
図 2-3	交通量調査実施地点 (市中心部、2010 年実施)	40
図 2-4	交通量調査実施地点 (市郊外、2010 年実施)	41
図 2-5	交通量調査結果の例 (秋の 1 日の交通量合計値)	41
図 2-6	自動車からの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年)	44
図 2-7	自動車からの NO _x 排出量分布 (2010 年)	45
図 2-8	自動車からの PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)	46
図 2-9	自動車からの NO _x 排出量分布 (2010 年改訂版)	47

図 2-10	自動車からの PM ₁₀ 排出量分布 (2011 年)	48
図 2-11	自動車からの NOx 排出量分布 (2011 年)	49
図 3-1	第 3 発電所の灰埋立地からの飛散 (2010.6.3、右端の煙突が第 3 発電所)	51
図 3-2	発電所と灰埋立地の分布	51
図 3-3	発電所の灰埋立地に見られた風で浸食された形状	52
図 3-4	侵食厚さの測定方法	53
図 3-5	棒が地表面から出ている長さの測定	53
図 3-6	測定記録の例	54
図 3-7	発電所灰埋立地からの灰飛散に伴う PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年)	58
図 3-8	発電所灰埋立地からの灰飛散に伴う PM ₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)	59
図 3-9	発電所灰埋立地からの灰飛散に伴う PM ₁₀ 排出量分布 (2011 年)	60
図 4-1	PM ₁₀ の発生源別排出量 (最大、最小、専門家判断)	62
図 4-2	SO ₂ 排出量分布図 (2010 年、専門家判断ケース)	63
図 4-3	PM ₁₀ 排出量分布図 (2010 年、専門家判断ケース)	64
図 4-4	SO ₂ 排出量分布図 (2010 年改訂版)	66
図 4-5	PM ₁₀ 排出量分布図 (2010 年改訂版)	67
図 4-6	SO ₂ 排出量分布図 (2011 年)	69
図 4-7	PM ₁₀ 排出量分布図 (2011 年)	70

表目次

表 1-1	火力発電所の年間石炭使用量及び排出係数 (2010 年)	1
表 1-2	火力発電所の大気汚染物質排出量 (2010 年)	2
表 1-3	HOB の石炭使用量及び排出係数 (2010 年)	2
表 1-4	HOB の大気汚染物質排出量 (2010 年)	2
表 1-5	CFWH 数と石炭使用量 (2010 年)	5
表 1-6	CFWH の排出係数 (2010 年)	5
表 1-7	CFWH の排出量 (2010 年)	5
表 1-8	ゲル地域における 2010 年ホロー別人口・世帯数 (一部抜粋)	8
表 1-9	ゲルストーブと壁ストーブの設置数推計結果 (2010 年)	8
表 1-10	ストーブ 1 台あたりの年間燃料使用量 (2010 年)	8
表 1-11	ゲルストーブ及び壁ストーブの年間合計燃料使用量 (2010 年)	9
表 1-12	ゲルストーブ及び壁ストーブの排出係数 (2010 年)	9
表 1-13	ゲルストーブ及び壁ストーブからの排出量 (2010 年)	10
表 1-14	火力発電所の年間石炭使用量及び排出係数 (2010 年改訂版)	13

表 1-15	火力発電所の大気汚染物質排出量（2010年改訂版）	13
表 1-16	HOBの石炭使用量及び排出係数（2010年改訂版）	13
表 1-17	HOBの大気汚染物質排出量（2010年改訂版）	13
表 1-18	CFWH数と石炭使用量（2010年改訂版）	16
表 1-19	CFWHの排出係数（2010年改訂版）	16
表 1-20	CFWHの排出量（2010年改訂版）	16
表 1-21	ゲル地域における2010年ホロー別人口・世帯数（一部抜粋）	19
表 1-22	ゲルストーブと壁ストーブの設置数推計結果（2010年改訂版）	19
表 1-23	ストーブ1台あたりの年間燃料使用量（2010年改訂版）	19
表 1-24	ゲルストーブ及び壁ストーブの年間合計燃料使用量（2010年改訂版）	19
表 1-25	ゲルストーブ及び壁ストーブの排出係数（2010年改訂版）	20
表 1-26	ゲルストーブ及び壁ストーブからの排出量（2010年改訂版）	20
表 1-27	火力発電所の年間石炭使用量及び排出係数（2011年）	23
表 1-28	火力発電所の大気汚染物質排出量（2011年）	23
表 1-29	HOBの石炭使用量及び排出係数（2011年）	23
表 1-30	HOBの大気汚染物質排出量（2011年）	23
表 1-31	CFWH数と石炭使用量（2011年）	26
表 1-32	CFWHの排出係数（2011年）	26
表 1-33	CFWHの排出量（2011年）	26
表 1-34	ゲル地域における2011年ホロー別人口・世帯数（一部抜粋）	29
表 1-35	ゲルストーブと壁ストーブの設置数推計結果（2011年）	29
表 1-36	ストーブ1台あたりの年間燃料使用量（2011年）	29
表 1-37	ゲルストーブ及び壁ストーブの年間合計燃料使用量（2011年）	29
表 1-38	ゲルストーブ及び壁ストーブの排出係数（2011年）	30
表 1-39	ゲルストーブ及び壁ストーブからの排出量（2011年）	30
表 2-1	ガソリンと軽油の鉛と硫黄の濃度情報	34
表 2-2	AQDCCの年報に掲載された自動車大気汚染政策とその効果推定	36
表 2-3	旅行速度調査の概要（2010年実施）	37
表 2-4	交通量調査の概要（2010年実施）	40
表 2-5	自動車からの大気汚染物質排出量（2010年）	42
表 2-6	自動車からの大気汚染物質排出量（2010年改訂版及び2011年）	42
表 2-7	車種別大気汚染物質排出量および走行量（2010年専門家判断ケース、主要道路からの分）	43
表 2-8	車種別大気汚染物質排出量および走行量（2010年改訂版及び2011年、主要道路からの分）	43
表 3-1	近年のインベントリ調査が着眼した「その他面的発生源インベントリ」	50

表 3-2	灰埋立地の飛散量計算に用いたパラメータ（2010年）	55
表 3-3	灰埋立地の飛散量計算に用いたパラメータ（2010年更新版）	55
表 3-4	灰埋立地の飛散量計算に用いたパラメータ（2011年）	56
表 3-5	発電所の灰埋立地からの大気汚染物質排出量	57
表 3-6	発電所の灰埋立地からの大気汚染物質排出量（2010年改訂版及び2011年）	57
表 4-1	大気汚染物質別年間排出量（2010年）	61
表 4-2	大気汚染物質別年間排出量（2010年改訂版）	65
表 4-3	大気汚染物質別年間排出量（2011年）	68

1 固定発生源インベントリ

1.1 排出量の計算（2010年）

1.1.1 火力発電所

表 1-1 火力発電所の年間石炭使用量及び排出係数（2010年）

	発電所	石炭使用量 (ton/年)	排出係数(kg/ton)				
			TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
最小	第2火力	190,210	9.64	6.26	1.68	0.77	9.77
	第3火力-1	345,906	6.60	4.29	3.88	1.27	83.09
	第3火力-2	690,047	1.95	1.27	1.18	0.39	0.00
	第4火力	2,879,677	0.78	0.51	0.96	2.33	0.00
最大	第2火力	190,210	23.00	14.95	3.30	0.97	41.00
	第3火力-1	345,906	8.60	5.59	6.10	1.99	124.37
	第3火力-2	690,047	3.00	1.95	6.10	1.99	0.00
	第4火力	2,879,677	2.90	1.89	2.20	3.90	0.00
専門家判断	第2火力	190,210	23.00	14.95	3.30	0.97	41.00
	第3火力-1	345,906	8.60	5.59	6.10	1.99	124.37
	第3火力-2	690,047	3.00	1.95	6.10	1.99	0.00
	第4火力	2,879,677	2.90	1.89	2.20	3.90	0.00

出典 石炭使用量：各発電所へのヒアリング
 排出係数：本プロジェクトの排ガス測定結果
 TSP から PM₁₀ の換算は、第2次詳細計画策定調査の PM₁₀/TSP=0.65 を用いた。

表 1-2 火力発電所の大気汚染物質排出量 (2010 年)

	発電所	排出量 (ton/年)				
		TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
最小	第 2 火力	1,833	1,191	320	147	1,858
	第 3 火力- 1	2,282	1,483	1,342	438	28,741
	第 3 火力- 2	1,347	875	815	266	0
	第 4 火力	2,257	1,467	2,756	6,720	0
	合計	7,718	5,017	5,233	7,570	30,599
最大	第 2 火力	2,853	1,855	209	42	2,473
	第 3 火力- 1	1,902	1,237	692	221	31,477
	第 3 火力- 2	1,311	852	1,380	442	0
	第 4 火力	576	374	6,335	8,351	0
	合計	6,643	4,318	8,616	9,056	33,950
専門家判断	第 2 火力	2,853	1,855	209	42	2,473
	第 3 火力- 1	1,902	1,237	692	221	31,477
	第 3 火力- 2	1,311	852	1,380	442	0
	第 4 火力	576	374	6,335	8,351	0
	合計	6,643	4,318	8,616	9,056	33,950

1.1.2 HOB 及び工場

表 1-3 HOB の石炭使用量及び排出係数 (2010 年)

	石炭使用量 (ton/年)	排出係数(kg/ton)				
		Dust	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
最小	133,975	27.08	17.60	5.84	1.49	71.48
最大		38.94	25.31	8.08	1.89	75.15
専門家判断		32.88	21.37	6.96	1.69	72.89

出典 石炭使用量：ボイラ訪問調査結果
排出係数：本プロジェクトの排ガス測定結果

表 1-4 HOB の大気汚染物質排出量 (2010 年)

	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
最小	3,898	2,534	1,047	207	4,837
最大	4,841	3,146	1,692	319	5,738
専門家判断	4,326	2,812	1,370	264	5,249

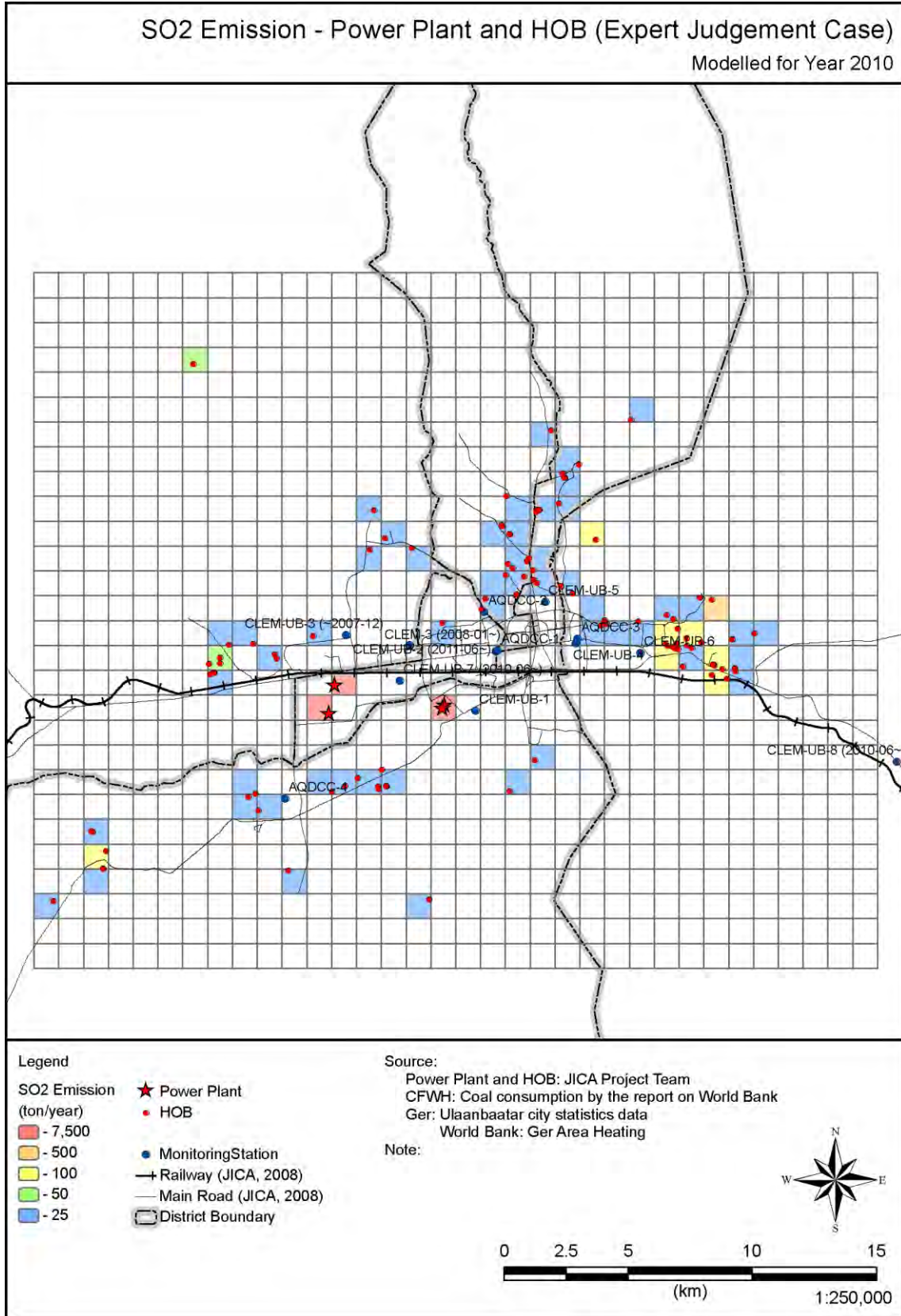


図 1-1 火力発電所及び HOB からの SOx 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)

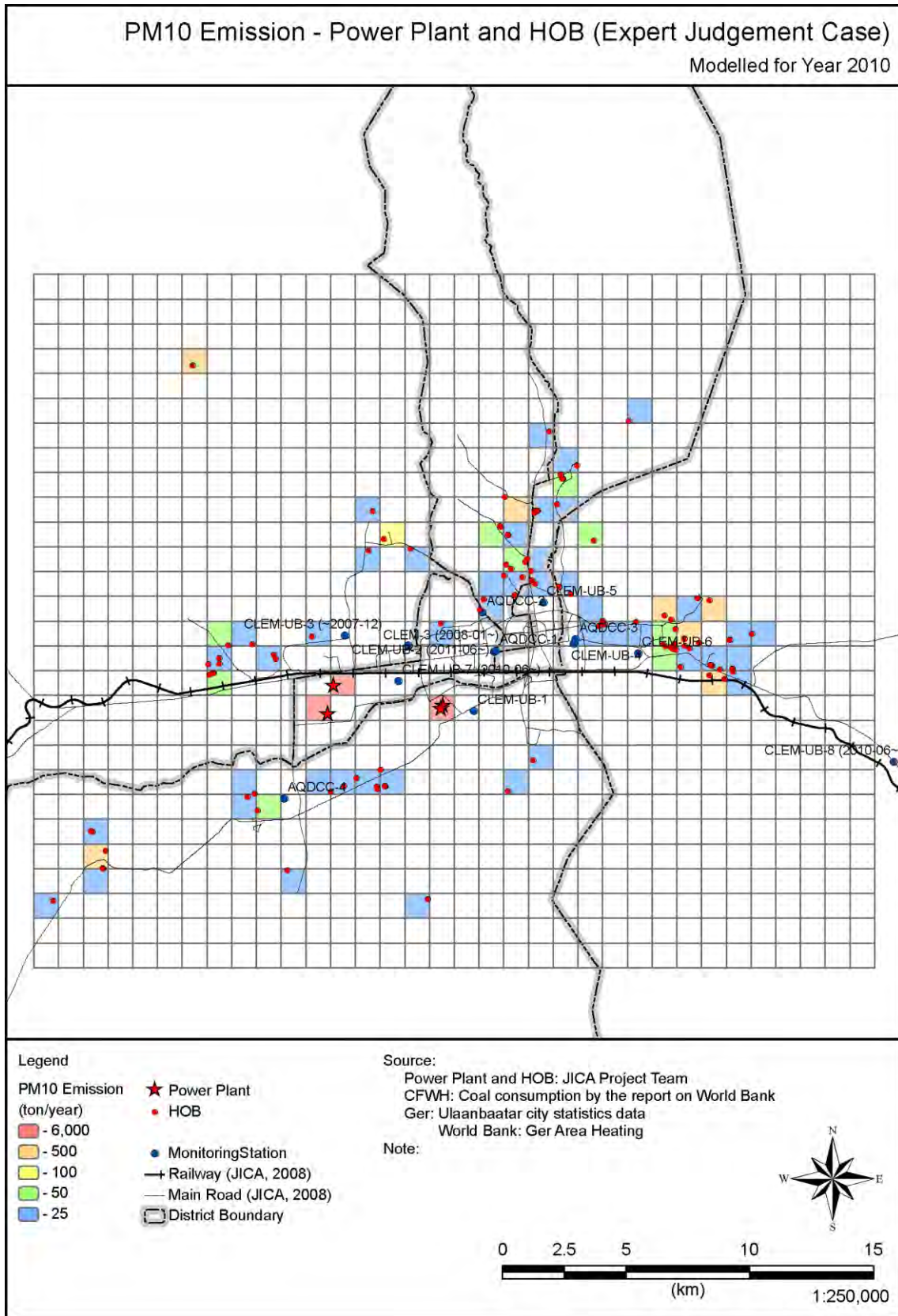


図 1-2 火力発電所及び HOB からの PM₁₀ 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)

1.1.3 **CFWH**

表 1-5 CFWH 数と石炭使用量 (2010 年)

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

出典 : World Bank, Boiler Market Study 2009

表 1-6 CFWH の排出係数 (2010 年)

対象汚染物質	排出係数 (kg/ton)
TSP	11.0
PM ₁₀	6.6
SO _x	15.8
NO _x	5.2
CO	23.38

出典 : 本プロジェクトの排ガス測定結果、JICA 第 2 次詳細計画策定調査

表 1-7 CFWH の排出量 (2010 年)

区	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
Bayangol	12.5	7.5	17.9	5.9	26.5
Bayanzurkh	94.4	56.6	135.5	44.6	200.6
Sukhbaatar	13.0	7.8	18.6	6.1	27.6
Songinokhairhan	53.6	32.1	76.9	25.3	113.8
Chingeltei	30.5	18.3	43.8	14.4	64.8
Khan-Uul	14.1	8.5	20.3	6.7	30.1
市合計 (中心 6 区)	218.0	130.8	313.1	103.0	463.3

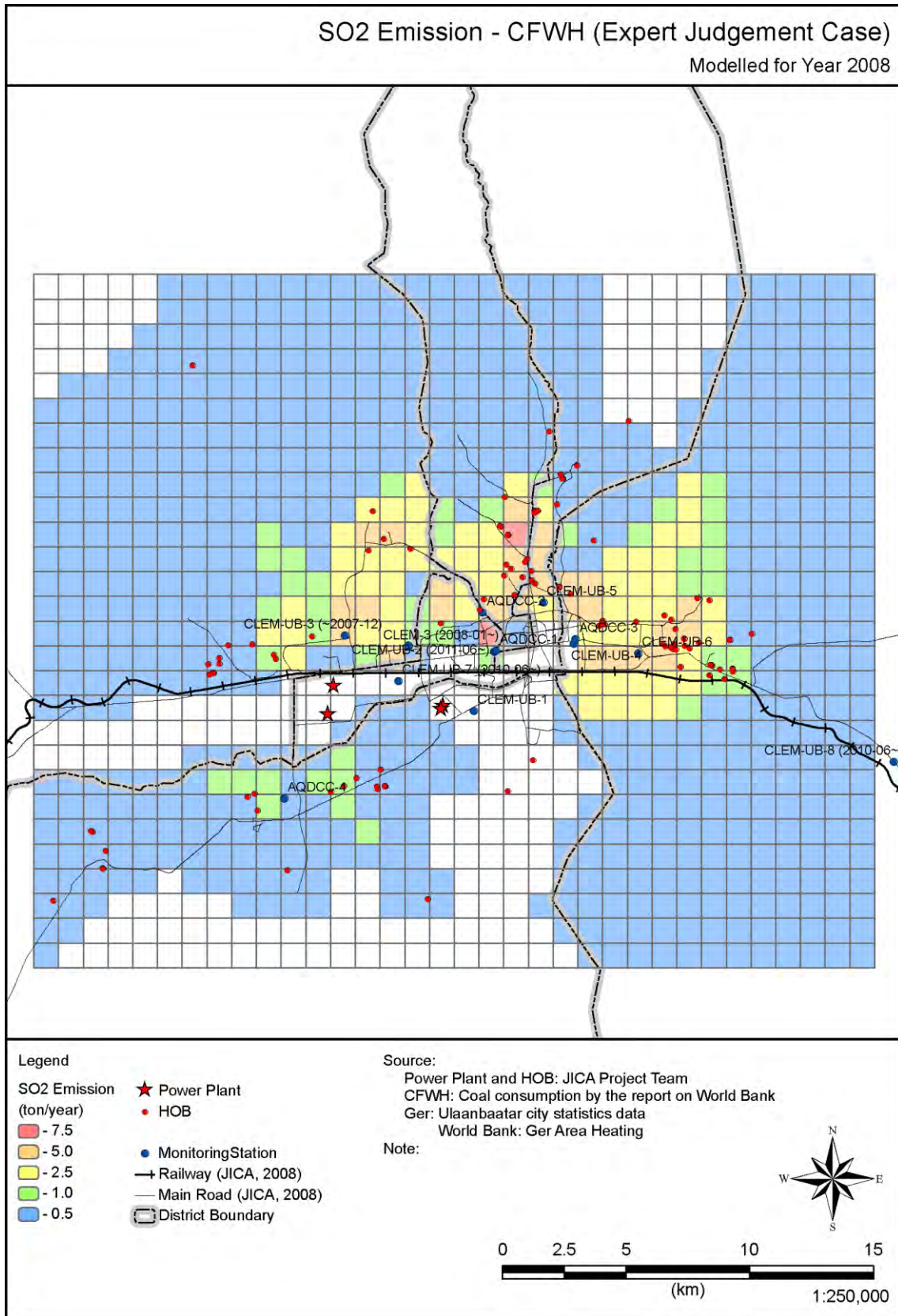


図 1-3 CFWH からの SO_x 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)

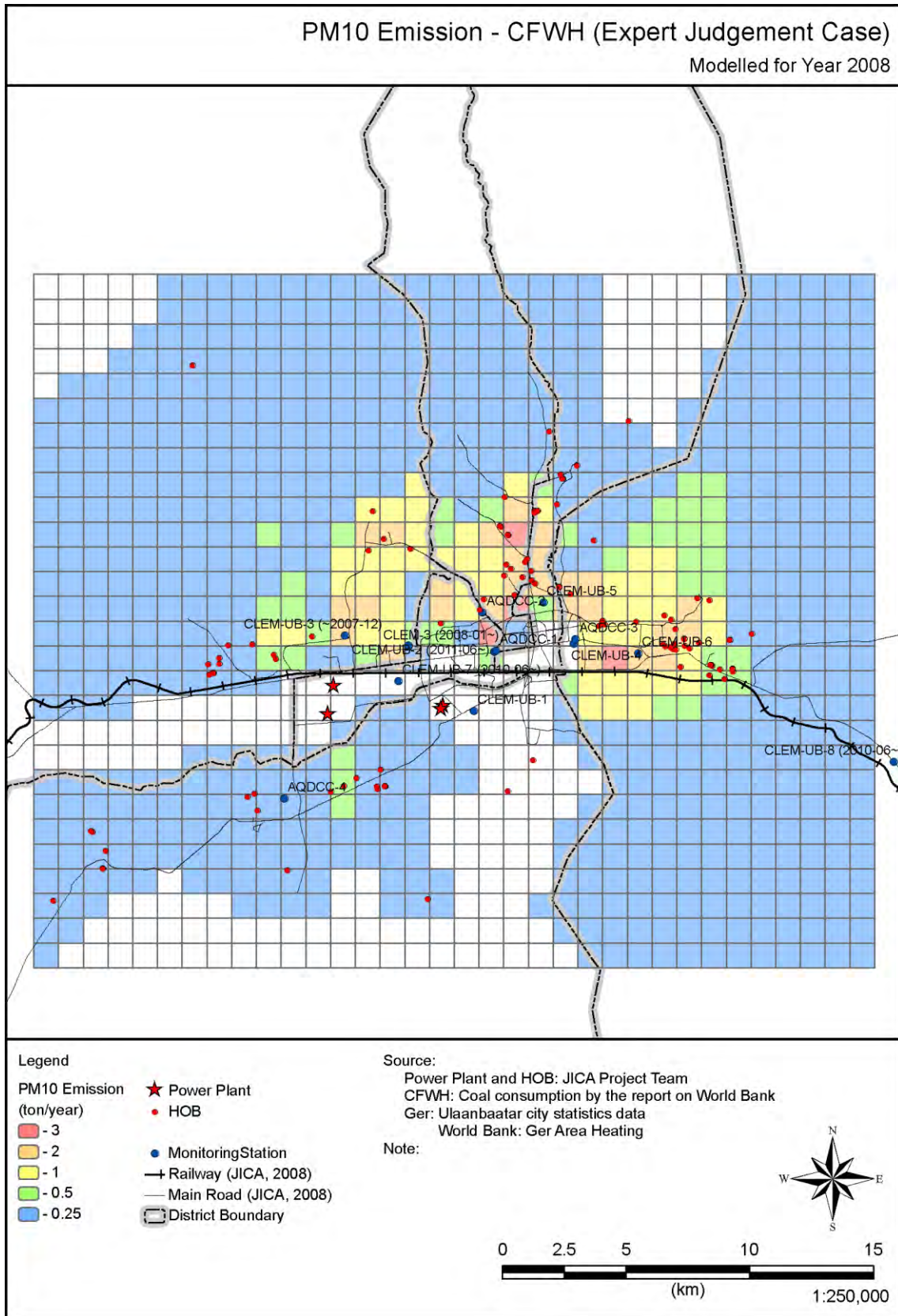


図 1-4 CFWH からの PM₁₀ 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)

1.1.4 ゲルストーブ及び壁ストーブ

表 1-8 ゲル地域における 2010 年ホロー別人口・世帯数（一部抜粋）

区	ゲル地域			
	ゲル居住		建物居住	
	世帯数	人口	世帯数	人口
Bayangol	5,921	24,088	6,174	22,546
Bayanzurkh	22,582	86,954	21,548	85,898
Sukhbaatar	7,776	32,966	11,590	44,769
Songinokhairhan	19,700	86,687	21,731	97,457
Chingeltei	7,189	32,522	18,244	84,100
Khan Uul	6,428	23,019	12,236	45,922
計	69,596	286,236	91,523	380,694

出典 ホロー別人口データ：市役所統計局（Нийслэлийн Статистикийн Газар）、2009 年

表 1-9 ゲルストーブと壁ストーブの設置数推計結果（2010 年）

区	最小			最大			専門家判断		
	ゲル	壁	合計	ゲル	壁	合計	ゲル	壁	合計
Bayangol	6,045	6,304	12,349	7,401	7,718	15,119	6,045	6,304	12,349
Bayanzurkh	23,056	22,000	45,056	28,227	26,934	55,161	23,056	22,000	45,056
Sukhbaatar	7,940	11,834	19,774	9,720	14,488	24,208	7,940	11,834	19,774
Songinokhairhan	20,114	22,187	42,301	24,625	27,164	51,789	20,114	22,187	42,301
Chingeltei	7,340	18,627	25,467	8,986	22,805	31,791	7,340	18,627	25,467
Khan Uul	6,563	12,493	19,056	8,035	15,294	23,329	6,563	12,493	19,056
合計	71,058	93,445	164,503	86,995	114,404	201,399	71,058	93,445	164,503

出典：市統計データ、World Bank Ger Area Heating

表 1-10 ストーブ 1 台あたりの年間燃料使用量（2010 年）

ストーブ種類	最小 (ton/年)		最大 (ton/年)		専門家判断 (ton/年)	
	石炭	木材	石炭	木材	石炭	木材
ゲルストーブ	3.00	3.27	3.49	3.27	3.49	3.27
壁ストーブ	4.00	2.99	4.49	2.99	4.49	2.99

出典：サンプリング調査結果、World Bank Ger Area Heating

表 1-11 ゲルストーブ及び壁ストーブの年間合計燃料使用量 (2010 年)

ストーブ種類	最小 (ton/年)		最大 (ton/年)		専門家判断 (ton/年)	
	石炭	木材	石炭	木材	石炭	木材
ゲルストーブ	213,173	232,358	303,612	284,473	247,991	232,358
壁ストーブ	373,781	279,402	513,674	342,068	419,570	279,402
合計	586,954	511,760	817,286	626,541	667,561	511,760

表 1-12 ゲルストーブ及び壁ストーブの排出係数 (2010 年)

	ストーブ種類	燃料	TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
最小	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
最大	ゲルストーブ	石炭	16.0	16.0	7.5	2.4	389.71
		木材	18.5	18.5	0.008	1.2	69.2
	壁ストーブ	石炭	16.0	16.0	6.7	1.9	389.71
		木材	18.5	18.5	0.008	1.2	69.2
専門家判断	ゲルストーブ	石炭	5.4	3.3	7.5	2.4	173.34
		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	173.34
		木材	3.82	3.82	0.008	1.2	69.2

単位 : kg/ton

出典 : 石炭 (TSP、PM₁₀、SOx、NOx) : JICA 第2次詳細計画策定調査

石炭 (CO) : 本プロジェクトにおける HOB の平均排出係数

木材 : GAP Forum Manual

表 1-13 ゲルストーブ及び壁ストーブからの排出量 (2010 年)

	区	排出量(ton/year)				
		TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
最小	Bayangol	331	260	305	138	3,686
	Bayanzurkh	1,212	952	1,109	503	13,444
	Sukhbaatar	524	412	496	221	5,909
	Songinokhairhan	1,132	890	1,048	472	12,628
	Chingeltei	677	534	665	290	7,772
	Khan Uul	501	395	483	213	5,699
	合計	4,377	3,443	4,107	1,836	49,137
最大	Bayangol	1,842	1,842	426	185	26,842
	Bayanzurkh	6,709	6,709	1,550	674	97,482
	Sukhbaatar	2,973	2,973	691	295	43,769
	Songinokhairhan	6,319	6,319	1,463	632	92,217
	Chingeltei	3,945	3,945	922	387	58,878
	Khan Uul	2,880	2,880	671	284	42,674
	合計	24,668	24,668	5,724	2,456	361,861
専門家判断	Bayangol	358	277	348	151	11,236
	Bayanzurkh	1,310	1,012	1,266	550	40,840
	Sukhbaatar	565	437	564	241	18,258
	Songinokhairhan	1,222	946	1,195	516	38,579
	Chingeltei	727	565	753	316	24,453
	Khan Uul	539	418	548	232	17,763
	合計	4,721	3,654	4,675	2,006	151,129

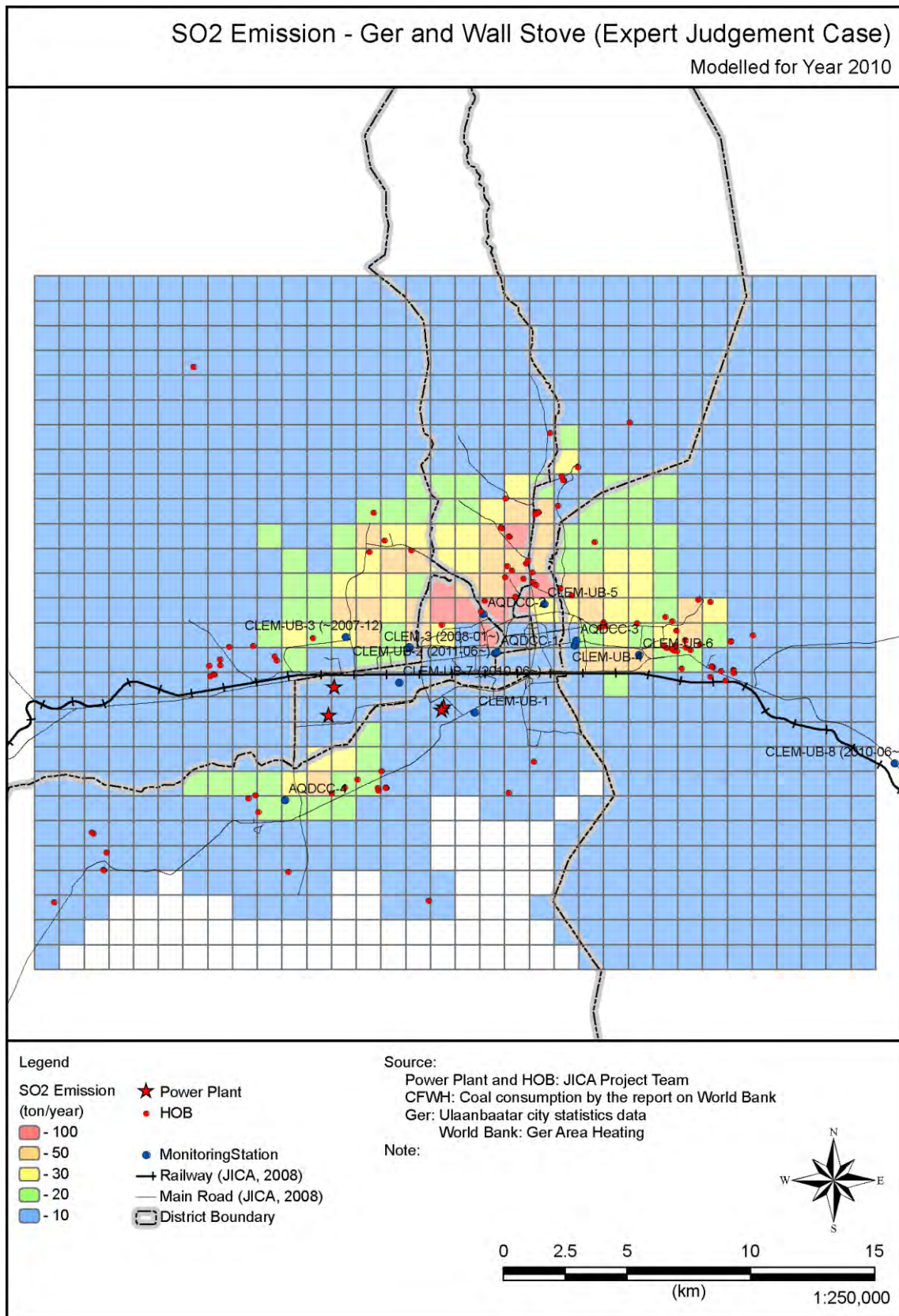


図 1-5 ゲルストーブからの SOx 排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)

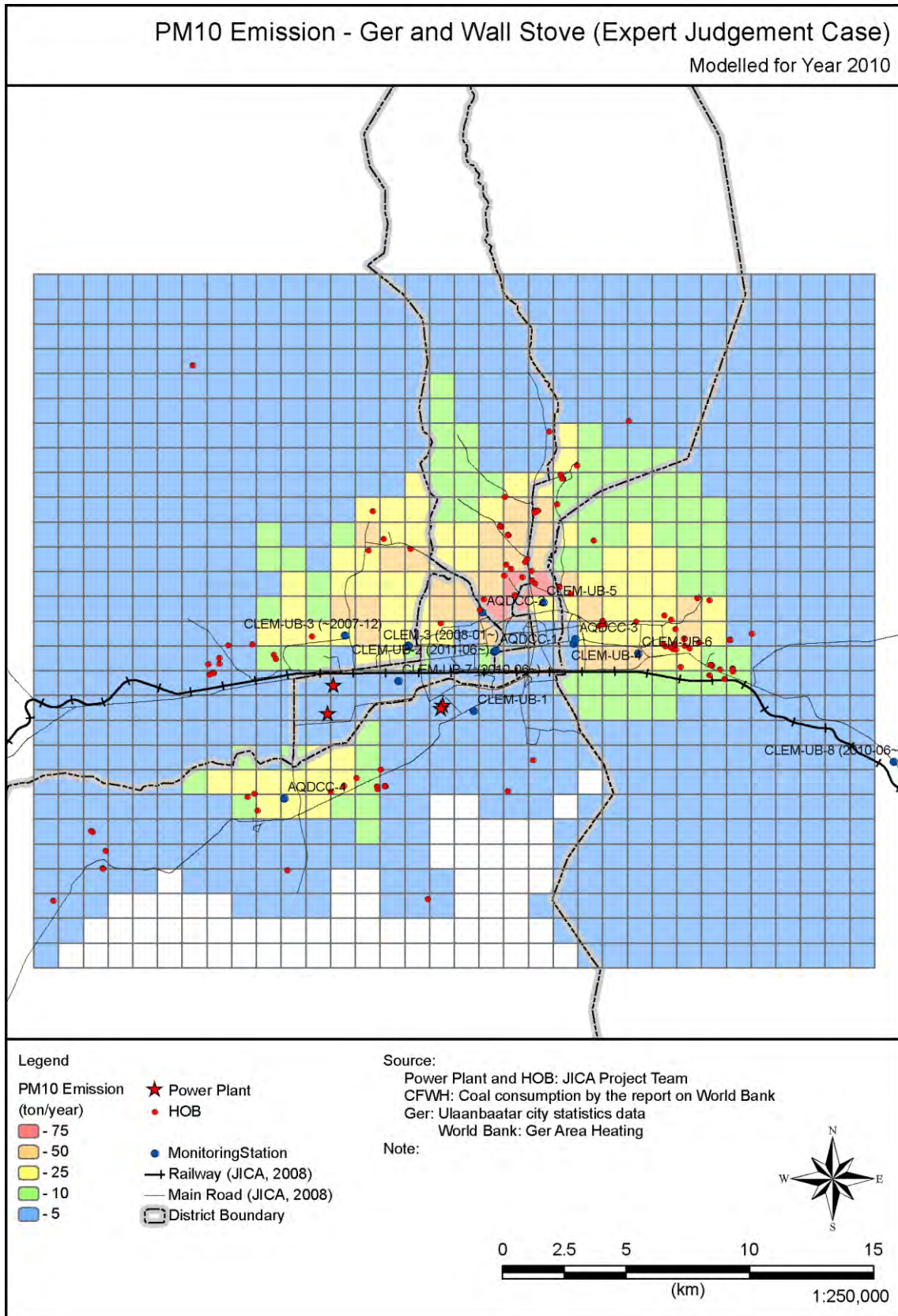


図 1-6 ゲルストーブからの PM₁₀排出量分布 (2010 年、専門家判断ケース)

1.2 排出量の計算（2010年改訂版）

1.2.1 火力発電所

表 1-14 火力発電所の年間石炭使用量及び排出係数（2010年改訂版）

発電所	石炭使用量 (ton/年)	排出係数(kg/ton)				
		TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
第2火力	190,210	23.37	15.19	3.31	0.97	41.35
第3火力-1	336,047	10.47	6.81	7.35	6.91	1.13
第3火力-2	699,276	5.13	3.33	1.64	0.88	0.23
第4火力	2,879,677	2.87	1.87	2.19	3.87	0.03

出典 石炭使用量：各発電所へのヒアリング

排出係数：本プロジェクトの排ガス測定結果

TSP から PM₁₀ の換算は、第2次詳細計画策定調査の PM₁₀/TSP=0.65 を用いた。

表 1-15 火力発電所の大気汚染物質排出量（2010年改訂版）

発電所	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
第2火力	4,445	2,889	629	184	7,865
第3火力-1	3,520	2,288	2,470	2,323	379
第3火力-2	3,585	2,330	1,147	612	158
第4火力	8,276	5,379	6,298	11,132	78
合計	19,826	12,887	10,545	14,251	8,481

1.2.2 HOB 及び工場

表 1-16 HOB の石炭使用量及び排出係数（2010年改訂版）

石炭使用量 (ton/年)	排出係数(kg/ton)				
	Dust	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
133,975	21.11	13.72	7.86	1.41	59.57

出典 石炭使用量：ボイラ訪問調査結果

排出係数：本プロジェクトの排ガス測定結果

表 1-17 HOB の大気汚染物質排出量（2010年改訂版）

排出量 (ton/年)				
TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
2,010.76	1,307.00	764.40	125.96	4,069.90

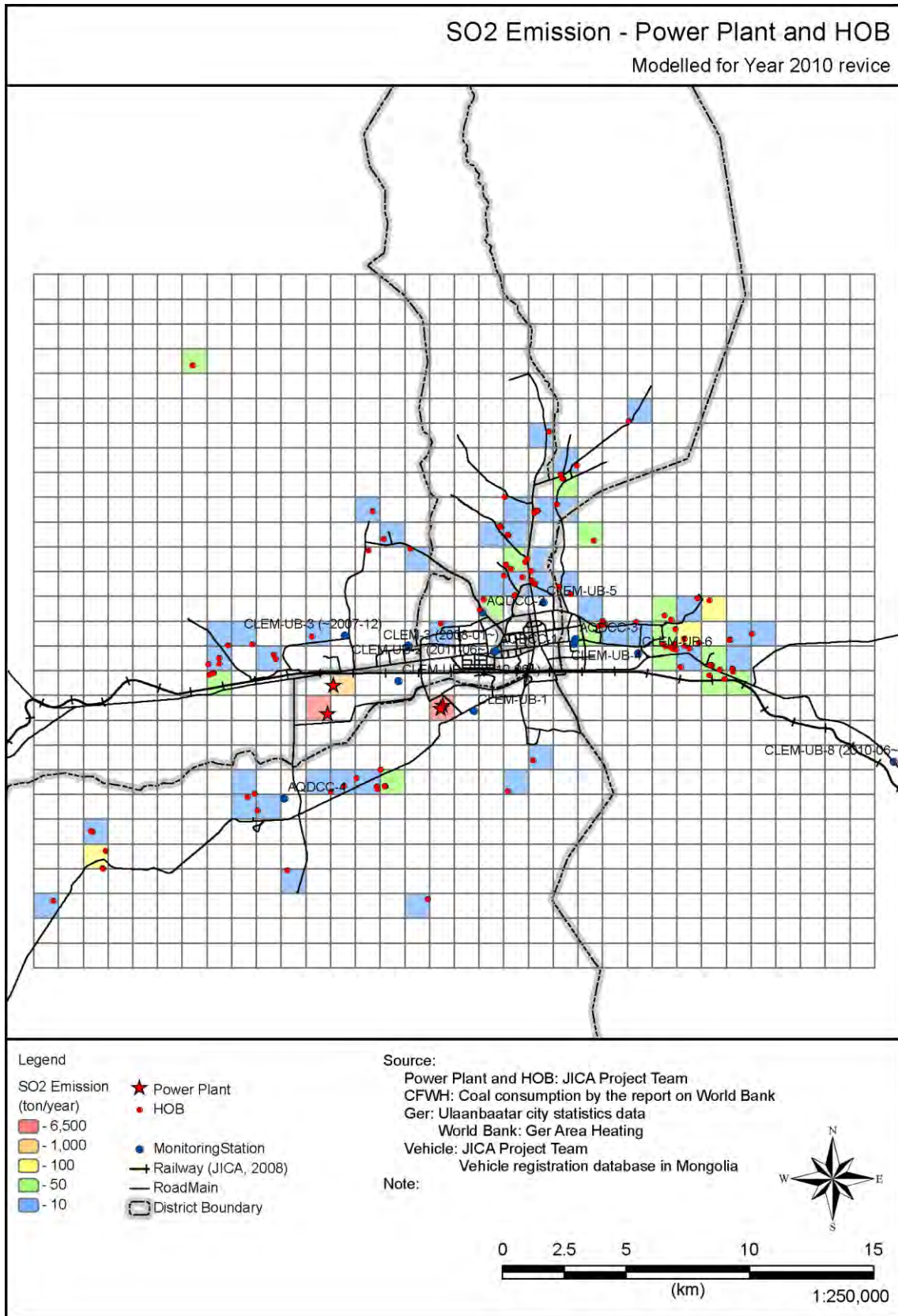


図 1-7 火力発電所及びHOBからのSO_x排出量分布 (2010年改訂版)

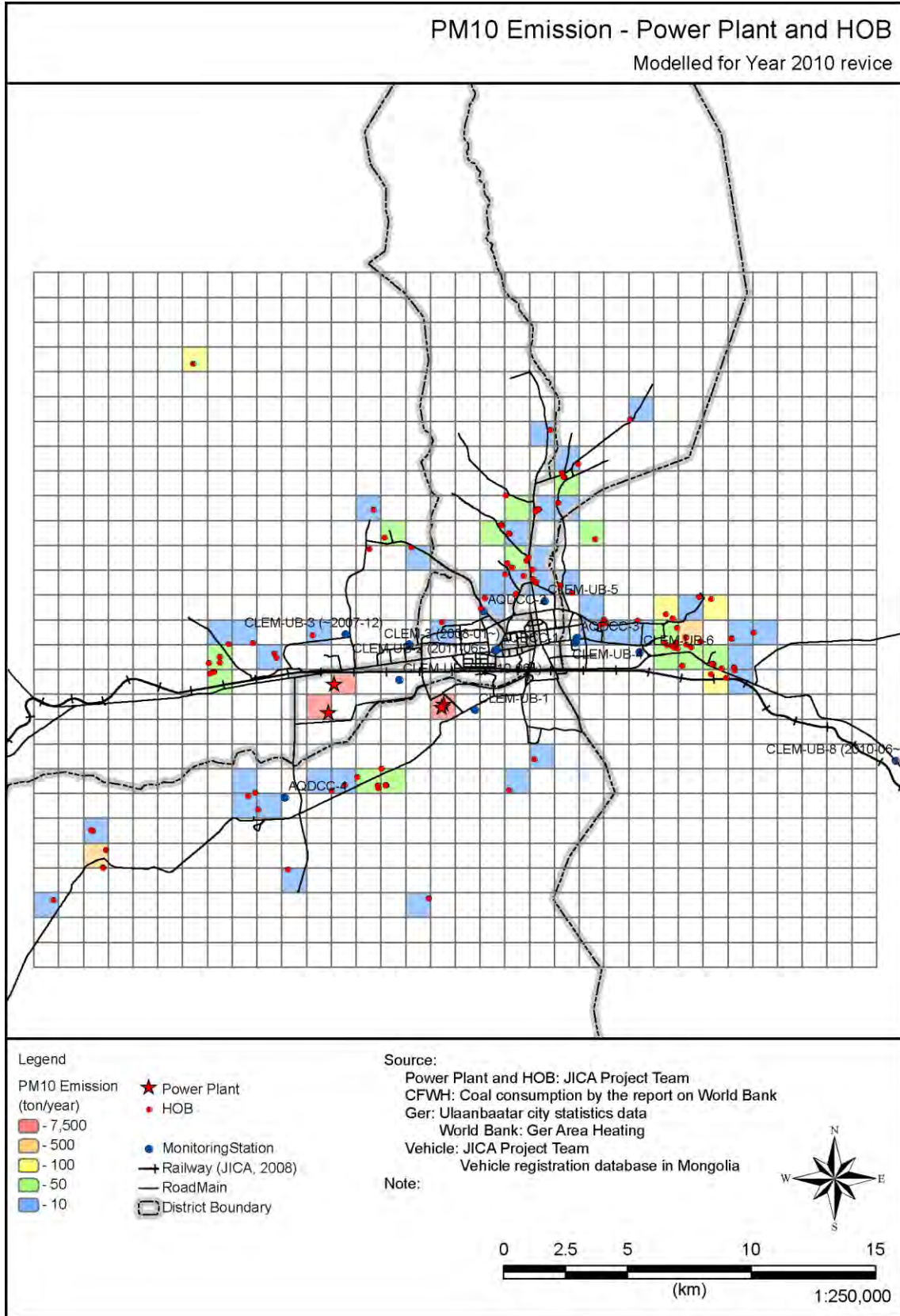


図 1-8 火力発電所及び HOB からの PM₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)

1.2.3 CFWH

表 1-18 CFWH 数と石炭使用量 (2010 年改訂版)

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

出典：World Bank, Boiler Market Study 2009

表 1-19 CFWH の排出係数 (2010 年改訂版)

対象汚染物質	排出係数 (kg/ton)
TSP	11.0
PM ₁₀	6.6
SO _x	15.8
NO _x	5.2
CO	23.38

出典：本プロジェクトの排ガス測定結果、JICA 第 2 次詳細計画策定調査

表 1-20 CFWH の排出量 (2010 年改訂版)

区	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
Bayangol	12.5	7.5	17.9	5.9	26.5
Bayanzurkh	94.4	56.6	135.5	44.6	200.6
Sukhbaatar	13.0	7.8	18.6	6.1	27.6
Songinokhairhan	53.6	32.1	76.9	25.3	113.8
Chingeltei	30.5	18.3	43.8	14.4	64.8
Khan-Uul	14.1	8.5	20.3	6.7	30.1
市合計 (中心 6 区)	218.0	130.8	313.1	103.0	463.3

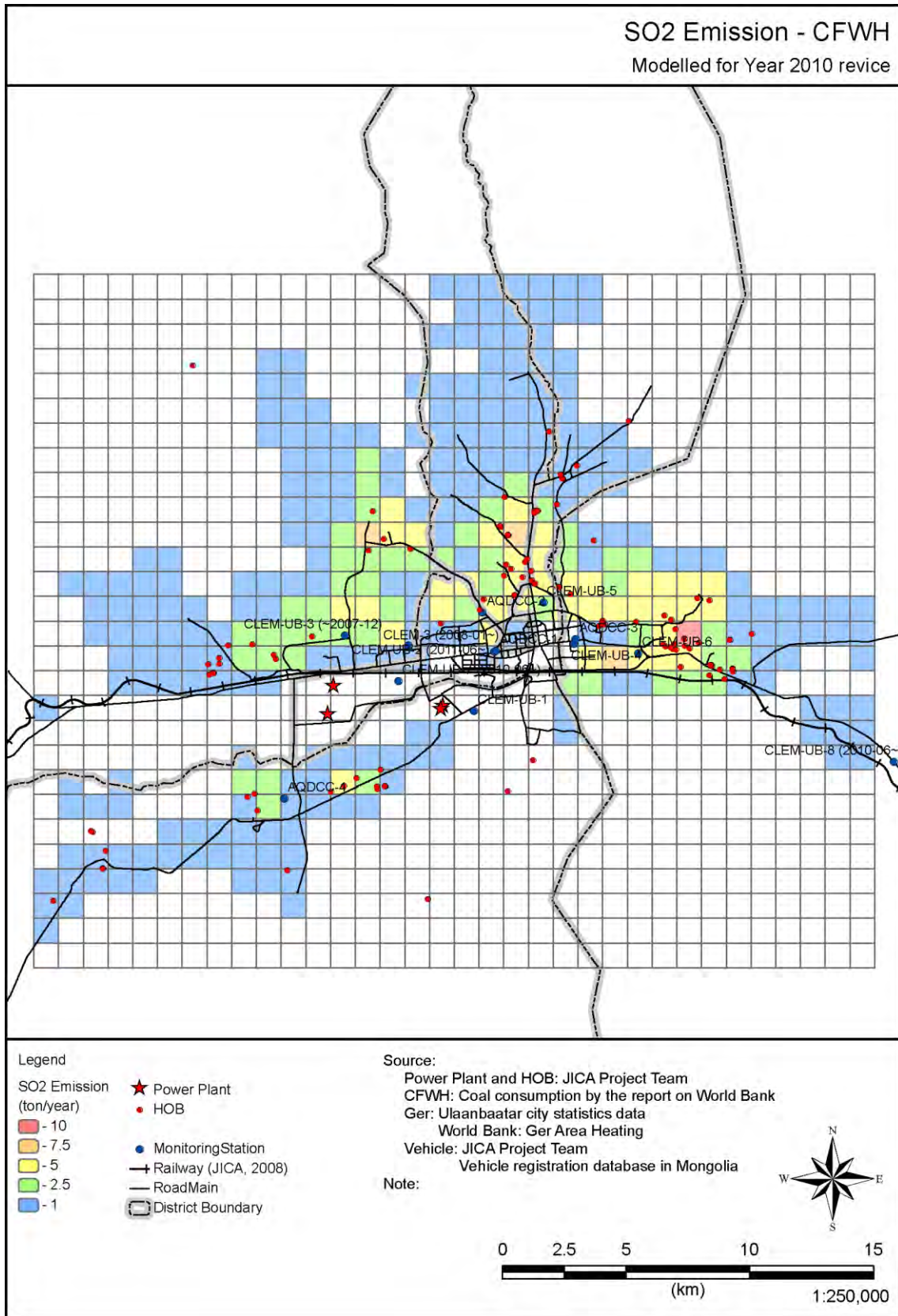


図 1-9 CFWH からの SOx 排出量分布 (2010 年改訂版)

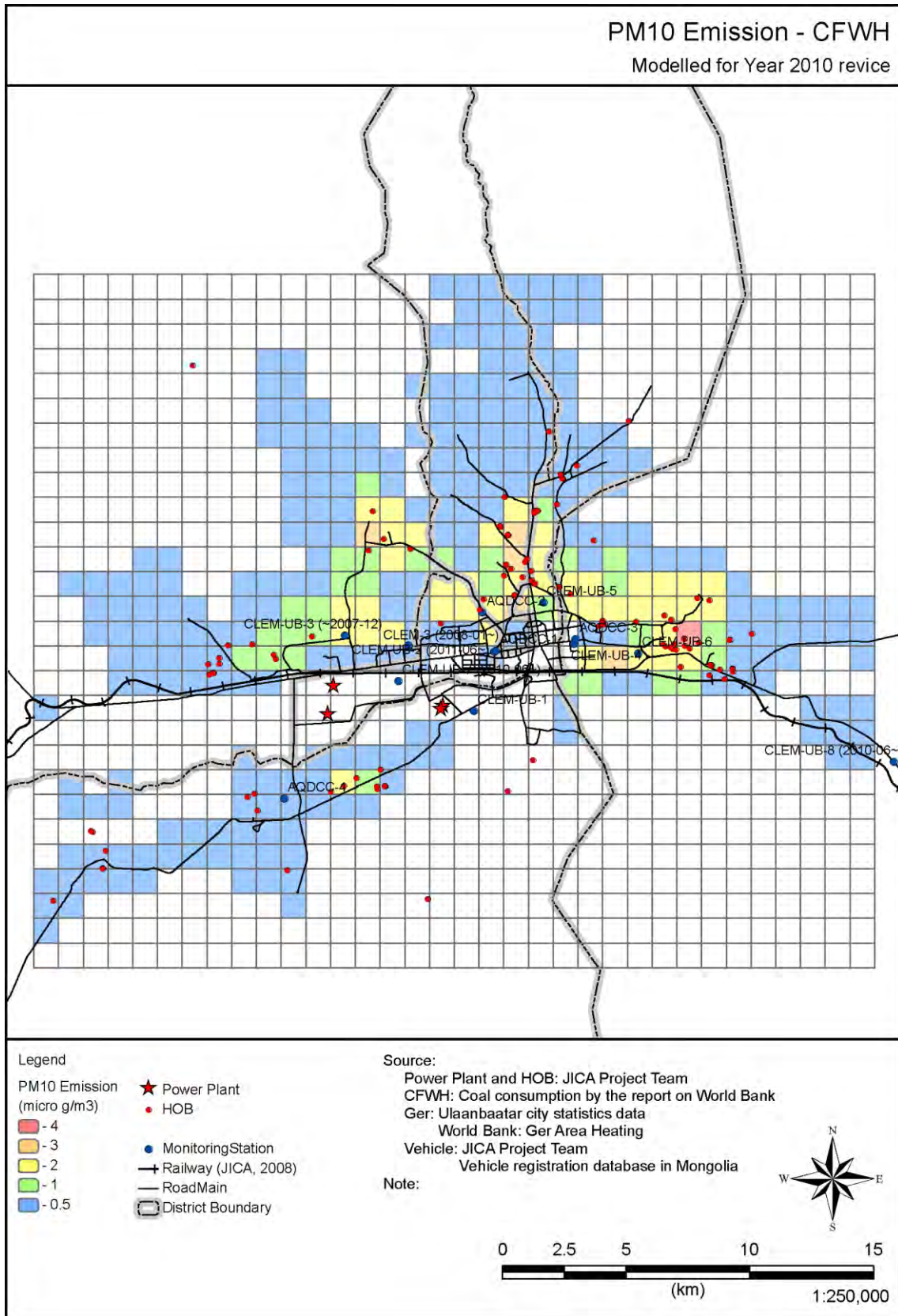


図 1-10 CFWH からの PM₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)

1.2.4 ゲルストーブ及び壁ストーブ

表 1-21 ゲル地域における 2010 年ホロー別人口・世帯数（一部抜粋）

区	ゲル地域			
	ゲル居住		建物居住	
	世帯数	人口	世帯数	人口
Bayangol	5,921	24,088	6,174	22,546
Bayanzurkh	22,582	86,954	21,548	85,898
Sukhbaatar	7,776	32,966	11,590	44,769
Songinokhairhan	19,700	86,687	21,731	97,457
Chingeltei	7,189	32,522	18,244	84,100
Khan Uul	6,428	23,019	12,236	45,922
計	69,596	286,236	91,523	380,694

出典：ホロー別人口データ：市役所統計局（Нийслэлийн Статистикийн Газар）、2009 年

表 1-22 ゲルストーブと壁ストーブの設置数推計結果（2010 年改訂版）

区	専門家判断		
	ゲル	壁	合計
Bayangol	7,134	7,440	14,574
Bayanzurkh	27,211	25,965	53,176
Sukhbaatar	9,370	13,966	23,336
Songinokhairhan	23,739	26,186	49,925
Chingeltei	8,663	21,984	30,647
Khan Uul	7,746	14,744	22,490
合計	83,863	110,285	194,148

出典：市統計データ、World Bank Ger Area Heating

表 1-23 ストーブ 1 台あたりの年間燃料使用量（2010 年改訂版）

ストーブ種類	石炭 (ton/年)	木材 (ton/年)
ゲルストーブ	3.49	3.27
壁ストーブ	4.49	2.99

出典：サンプリング調査結果、World Bank Ger Area Heating

表 1-24 ゲルストーブ及び壁ストーブの年間合計燃料使用量（2010 年改訂版）

ストーブ種類	石炭 (ton/年)	木材 (ton/年)
ゲルストーブ	292,682.1	274,232.2
壁ストーブ	495,181.4	329,753.3
合計	787,863.5	603,985.5

表 1-25 ゲルストーブ及び壁ストーブの排出係数 (2010年改訂版)

ストーブ種類	燃料	TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
ゲルストーブ	石炭	5.4	3.3	7.5	2.4	173.34
	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	173.34
	木材	3.82	3.82	0.008	1.2	69.2

単位：kg/ton

出典：石炭 (TSP、PM₁₀、SOx、NOx) : JICA 第2次詳細計画策定調査

石炭 (CO) : 本プロジェクトにおける HOB の平均排出係数

木材 : GAP Forum Manual

表 1-26 ゲルストーブ及び壁ストーブからの排出量 (2010年改訂版)

区	排出量(ton/year)				
	TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
Bayangol	422	326	411	178	13,260
Bayanzurkh	1,546	1,195	1,495	649	48,200
Sukhbaatar	666	516	666	285	21,549
Songinokhairhan	1,443	1,116	1,410	609	45,531
Chingeltei	858	666	889	373	28,860
Khan Uul	636	493	647	274	20,965
合計	4,721	3,654	4,675	2,006	151,129

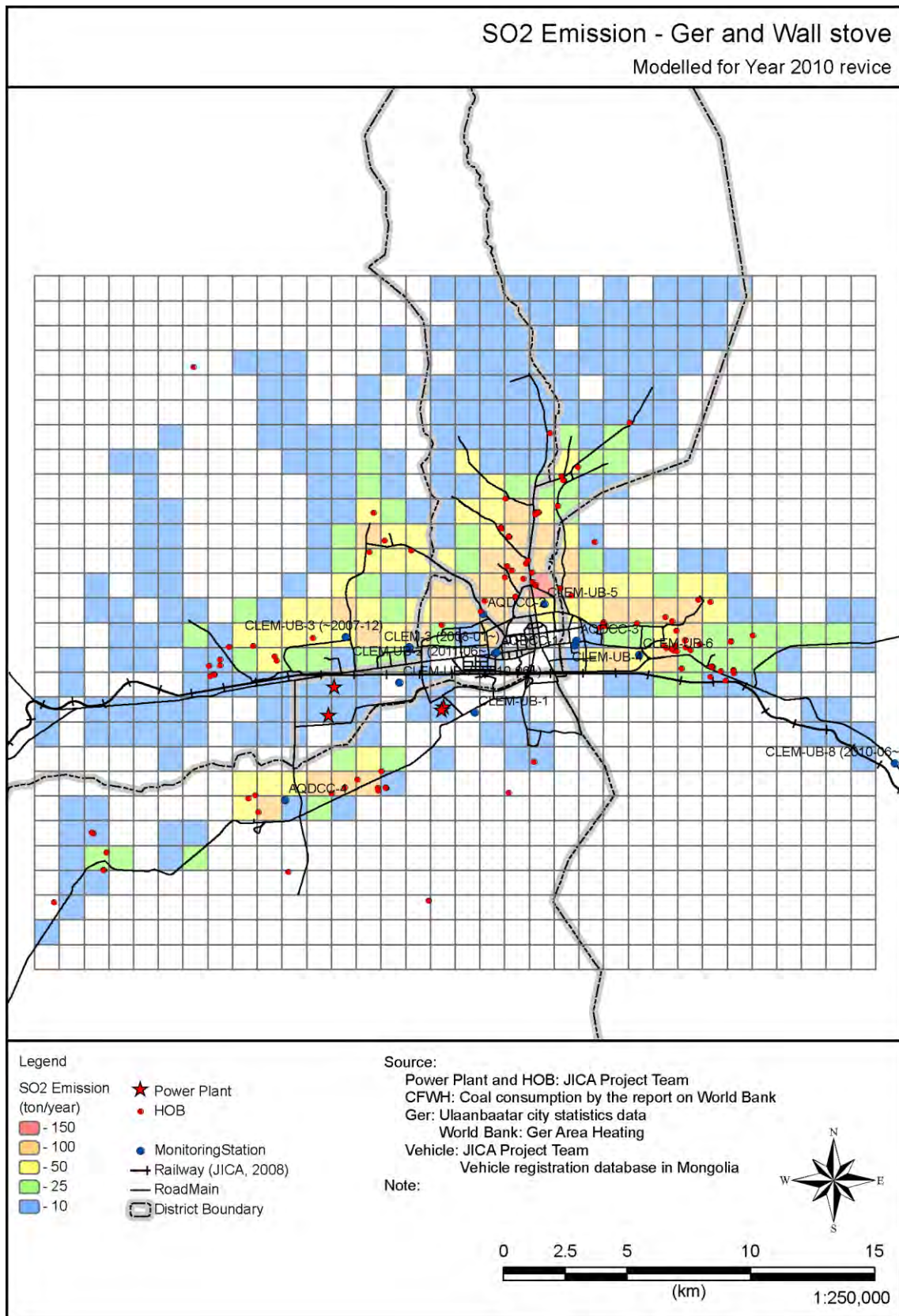


図 1-11 ゲルストーブからの SOx 排出量分布 (2010 年改訂版)

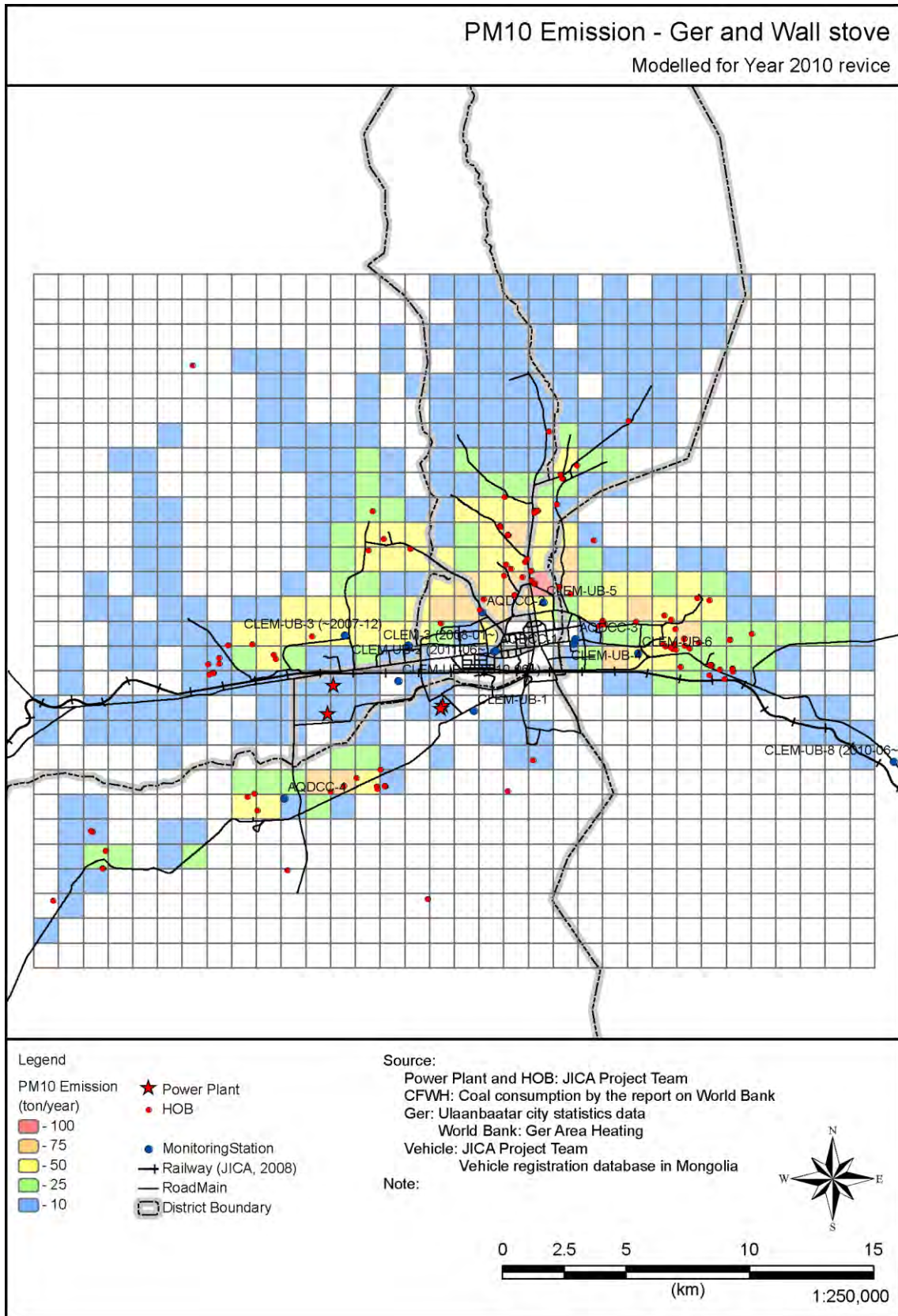


図 1-12 ゲルストーブからの PM₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)

1.3 排出量の計算（2011年）

1.3.1 火力発電所

表 1-27 火力発電所の年間石炭使用量及び排出係数（2011年）

発電所	石炭使用量 (ton/年)	排出係数(kg/ton)				
		TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
第2火力	189,594	23.37	15.19	3.31	0.97	41.35
第3火力-1	355,041	10.47	6.81	7.35	6.91	1.13
第3火力-2	738,800	5.13	3.33	1.64	0.88	0.23
第4火力	2,843,021	2.87	1.87	2.19	3.87	0.03

出典 石炭使用量：各発電所へのヒアリング
 排出係数：本プロジェクトの排ガス測定結果
 TSP から PM₁₀ の換算は、第2次詳細計画策定調査の PM₁₀/TSP=0.65 を用いた。

表 1-28 火力発電所の大気汚染物質排出量（2011年）

発電所	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
第2火力	4,431	2,880	627	183	7,840
第3火力-1	3,719	2,417	2,610	2,455	400
第3火力-2	3,788	2,462	1,212	647	167
第4火力	8,171	5,311	6,218	10,990	77
合計	20,108	13,070	10,667	14,275	8,484

1.3.2 HOB 及び工場

表 1-29 HOB の石炭使用量及び排出係数（2011年）

石炭使用量 (ton/年)	排出係数(kg/ton)				
	Dust	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
148,742	21.11	13.72	7.86	1.41	59.57

出典 石炭使用量：ボイラ管理登録制度による収集データ
 排出係数：本プロジェクトの排ガス測定結果

表 1-30 HOB の大気汚染物質排出量（2011年）

排出量 (ton/年)				
TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
1,606.71	1,044.36	829.71	145.87	5,944.36

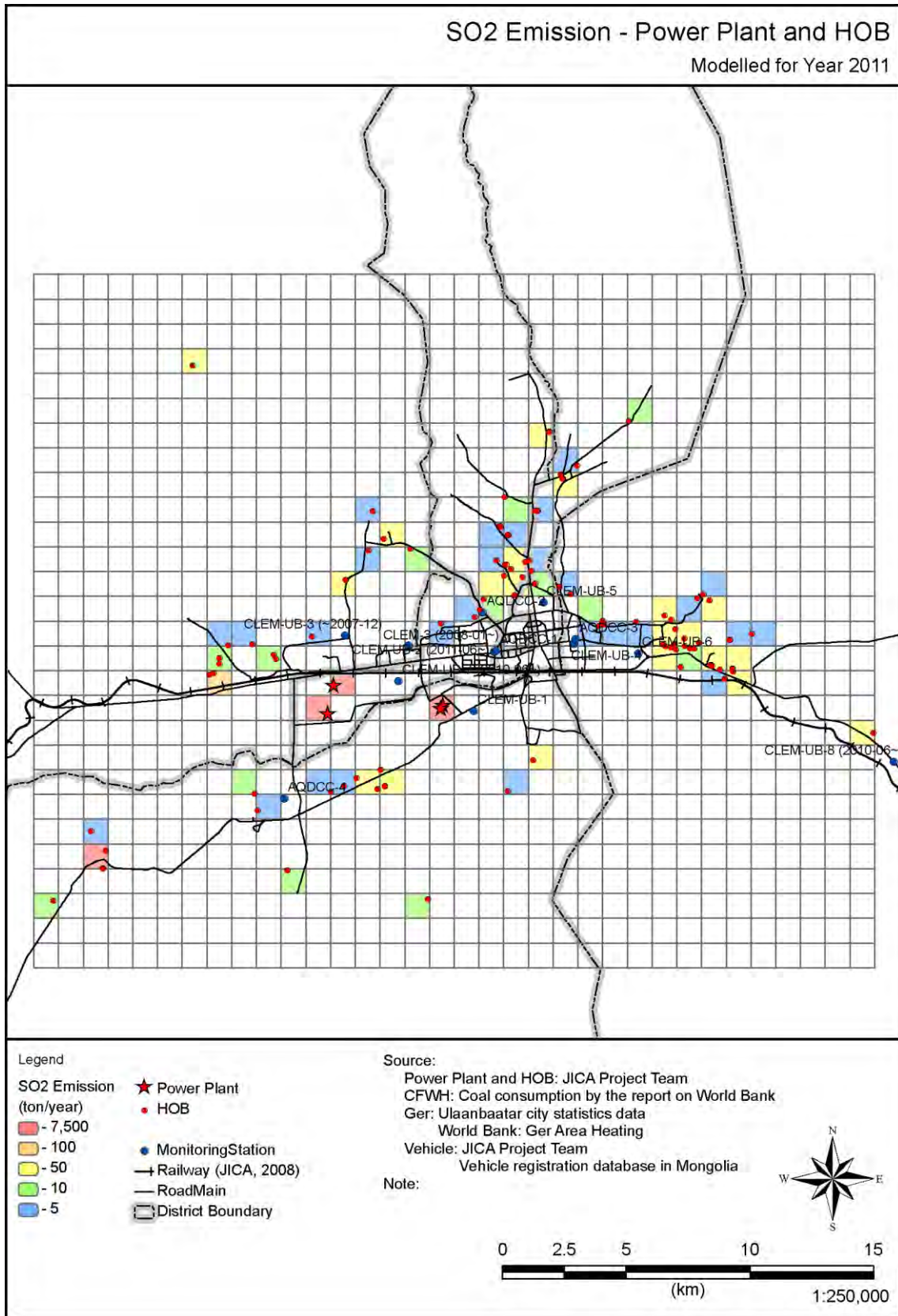


図 1-13 火力発電所及びHOBからのSO_x排出量分布 (2011年)

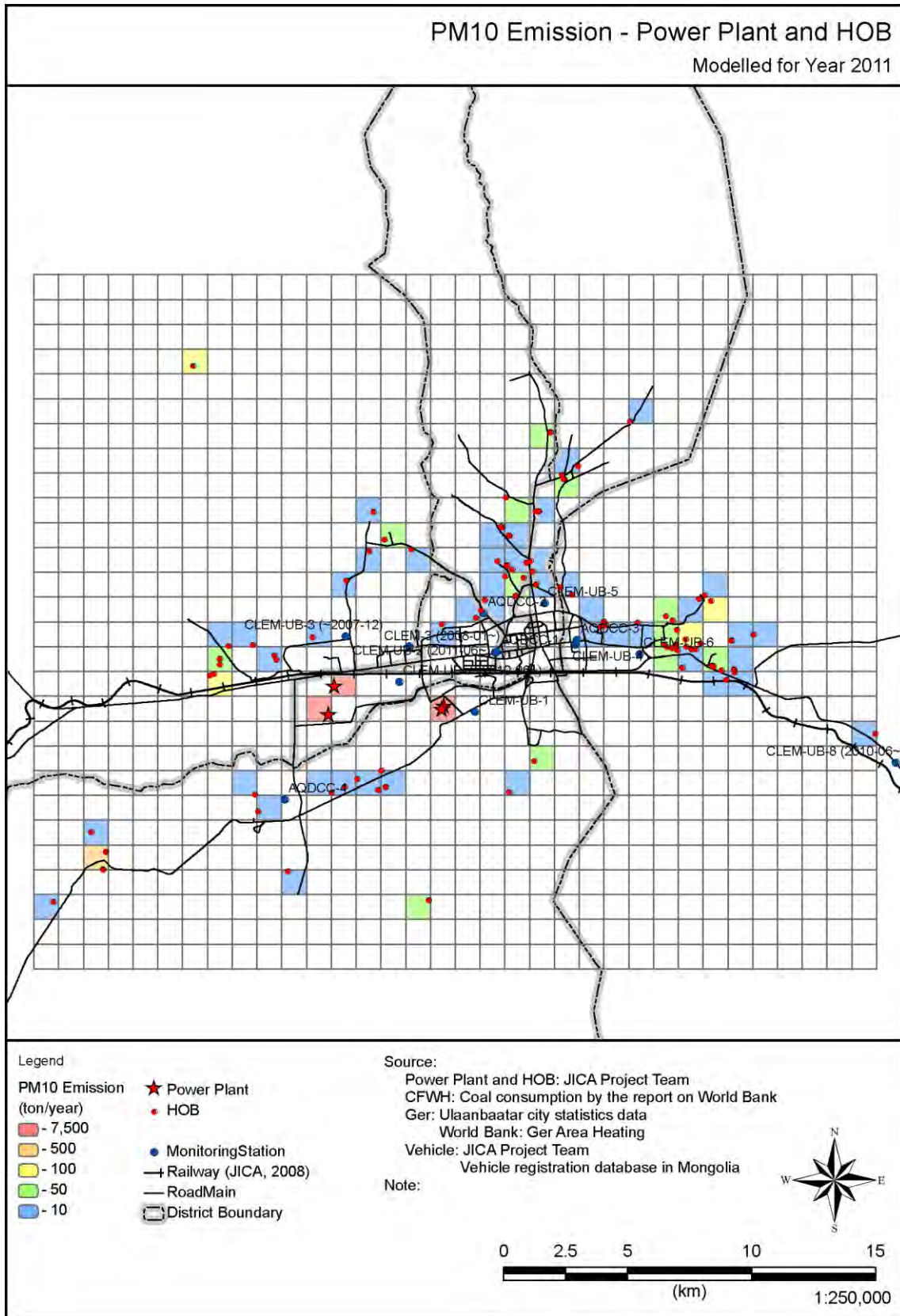


図 1-14 火力発電所及び HOB からの PM₁₀ 排出量分布 (2011 年)

1.3.3 CFWH

表 1-31 CFWH 数と石炭使用量 (2011 年)

区	CFWH の数	石炭使用量 (ton)
Bayangol	81	1,280
Bayanzurkh	425	9,694
Sukhbaatar	57	1,332
Songinokhairhan	233	5,502
Chingeltei	165	3,131
Khan-Uul	44	1,500
市合計 (中心 6 区)	1,005	22,438

出典：World Bank, Boiler Market Study 2009、2010-2011 人口増加率

表 1-32 CFWH の排出係数 (2011 年)

対象汚染物質	排出係数 (kg/ton)
TSP	11.0
PM ₁₀	6.6
SO _x	15.8
NO _x	5.2
CO	23.38

出典：本プロジェクトの排ガス測定結果、JICA 第 2 次詳細計画策定調査

表 1-33 CFWH の排出量 (2011 年)

区	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
Bayangol	14.1	8.4	20.2	6.7	29.9
Bayanzurkh	106.6	64.0	153.2	50.4	226.6
Sukhbaatar	14.7	8.8	21.0	6.9	31.1
Songinokhairhan	14.1	8.4	20.2	6.7	29.9
Chingeltei	106.6	64.0	153.2	50.4	226.6
Khan-Uul	60.5	36.3	86.9	28.6	128.6
市合計 (中心 6 区)	246.3	147.8	353.8	116.4	523.5

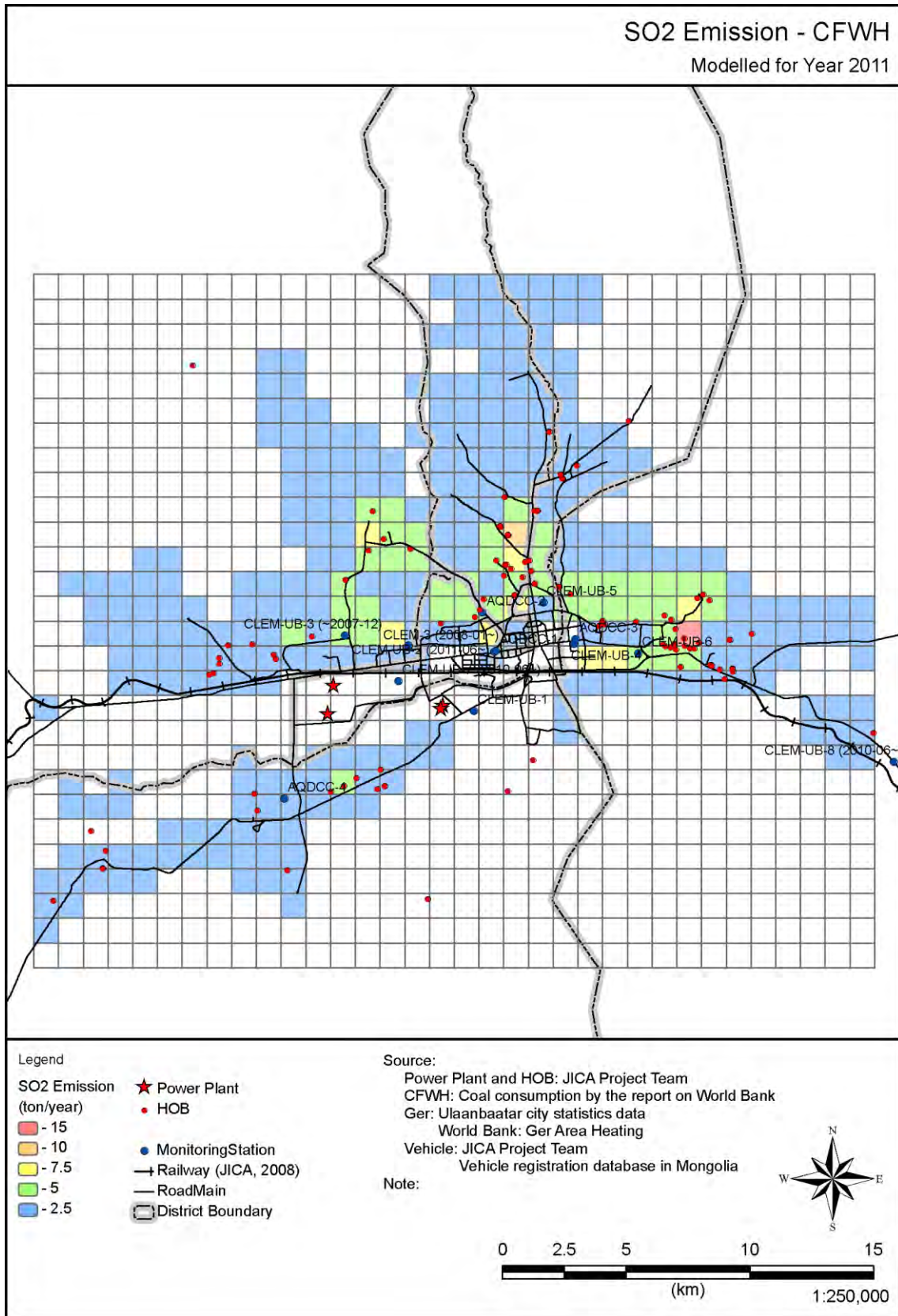


図 1-15 CFWH からの SOx 排出量分布 (2011 年)

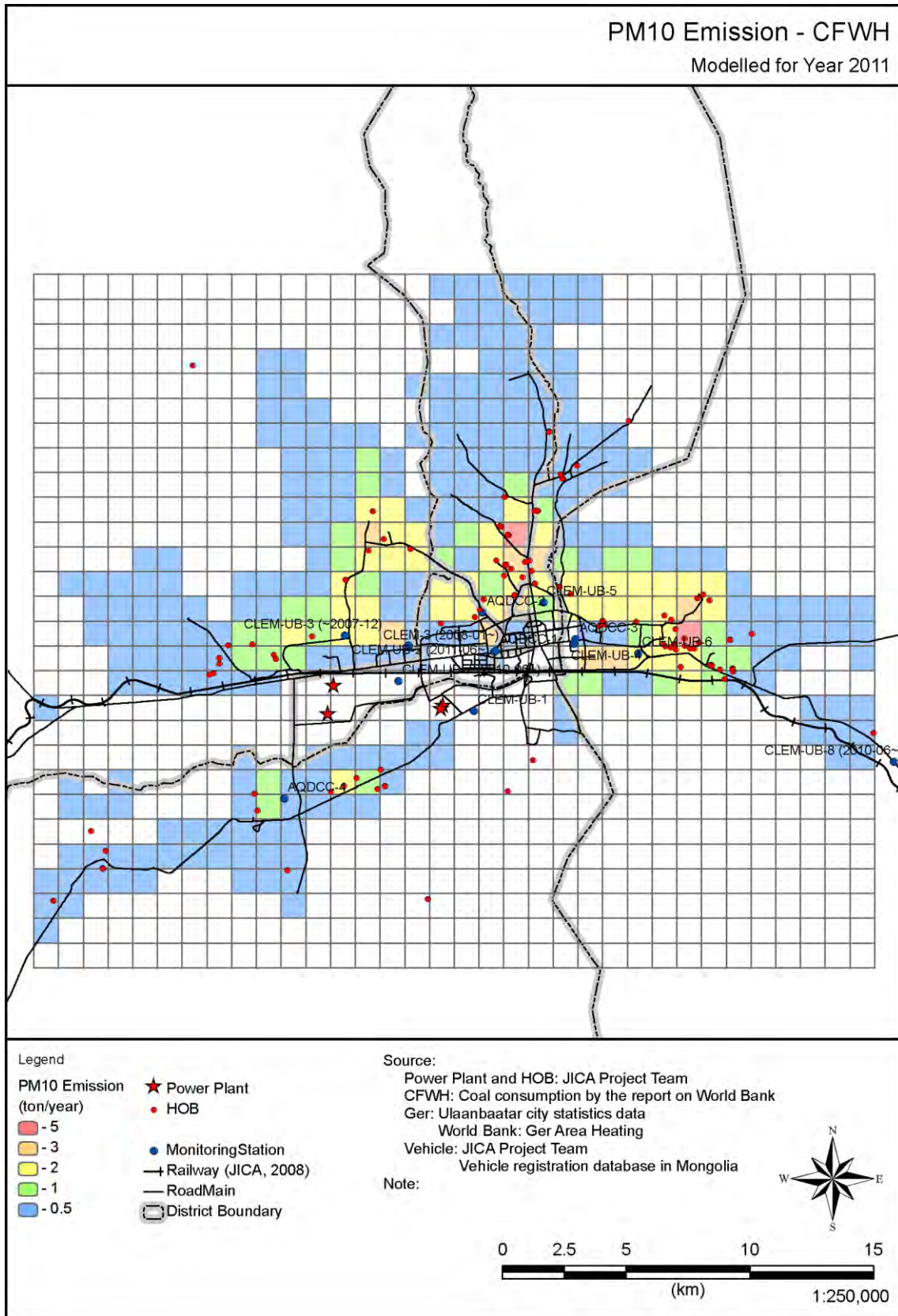


図 1-16 CFWH からの PM₁₀ 排出量分布 (2011 年)

1.3.4 ゲルストーブ及び壁ストーブ

表 1-34 ゲル地域における 2011 年ホロー別人口・世帯数（一部抜粋）

区	ゲル地域			
	ゲル居住		建物居住	
	世帯数	人口	世帯数	人口
Bayangol	5,854	22,623	6,480	26,152
Bayanzurkh	23,357	89,056	23,885	90,621
Sukhbaatar	8,435	35,750	12,100	43,442
Songinokhairhan	20,047	91,311	22,486	99,230
Chingeltei	8,983	37,183	18,714	84,377
Khan Uul	6,556	24,860	12,425	46,583
計	73,232	300,783	96,090	390,405

出典 ホロー別人口データ：市役所統計局（Нийслэлийн Статистикийн Газар）、2010、2011 年

表 1-35 ゲルストーブと壁ストーブの設置数推計結果（2011 年）

区	専門家判断		
	ゲル	壁	合計
Bayangol	7,054	7,808	14,862
Bayanzurkh	28,145	28,781	56,926
Sukhbaatar	10,165	14,582	24,747
Songinokhairhan	24,156	27,095	51,251
Chingeltei	10,825	22,550	33,375
Khan Uul	7,900	14,973	22,873
合計	88,244	115,789	204,613

出典：市統計データ、World Bank Ger Area Heating

表 1-36 ストーブ 1 台あたりの年間燃料使用量（2011 年）

ストーブ種類	石炭 (ton/年)	木材 (ton/年)
ゲルストーブ	3.49	3.27
壁ストーブ	4.49	2.99

出典：サンプリング調査結果、World Bank Ger Area Heating

表 1-37 ゲルストーブ及び壁ストーブの年間合計燃料使用量（2011 年）

ストーブ種類	石炭 (ton/年)	木材 (ton/年)
ゲルストーブ	307,971.4	288,557.8
壁ストーブ	519,891.4	346,208.3
合計	827,862.8	634,786.1

表 1-38 ゲルストーブ及び壁ストーブの排出係数 (2011 年)

ストーブ種類	燃料	TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
ゲルストーブ	石炭	4.42	2.87	4.26	0.91	65.53
	木材	2.63	1.71	0.01	0.04	21.53
壁ストーブ	石炭	9.77	6.35	6.06	0.61	60.37
	木材	2.63	1.71	0.01	0.04	21.53

単位：kg/ton

出典：本プロジェクトの排ガス測定結果

表 1-39 ゲルストーブ及び壁ストーブからの排出量 (2011 年)

区	排出量(ton/year)				
	TSP	PM ₁₀	SOx	NOx	CO
Bayangol	573	373	318	46	4,729
Bayanzurkh	2,165	1,407	1,205	175	18,073
Sukhbaatar	998	649	549	75	7,932
Songinokhairhan	1,982	1,288	1,099	157	16,314
Chingeltei	1,427	927	776	100	10,802
Khan Uul	964	627	526	69	7,385
合計	8,110	5,271	4,474	622	65,234

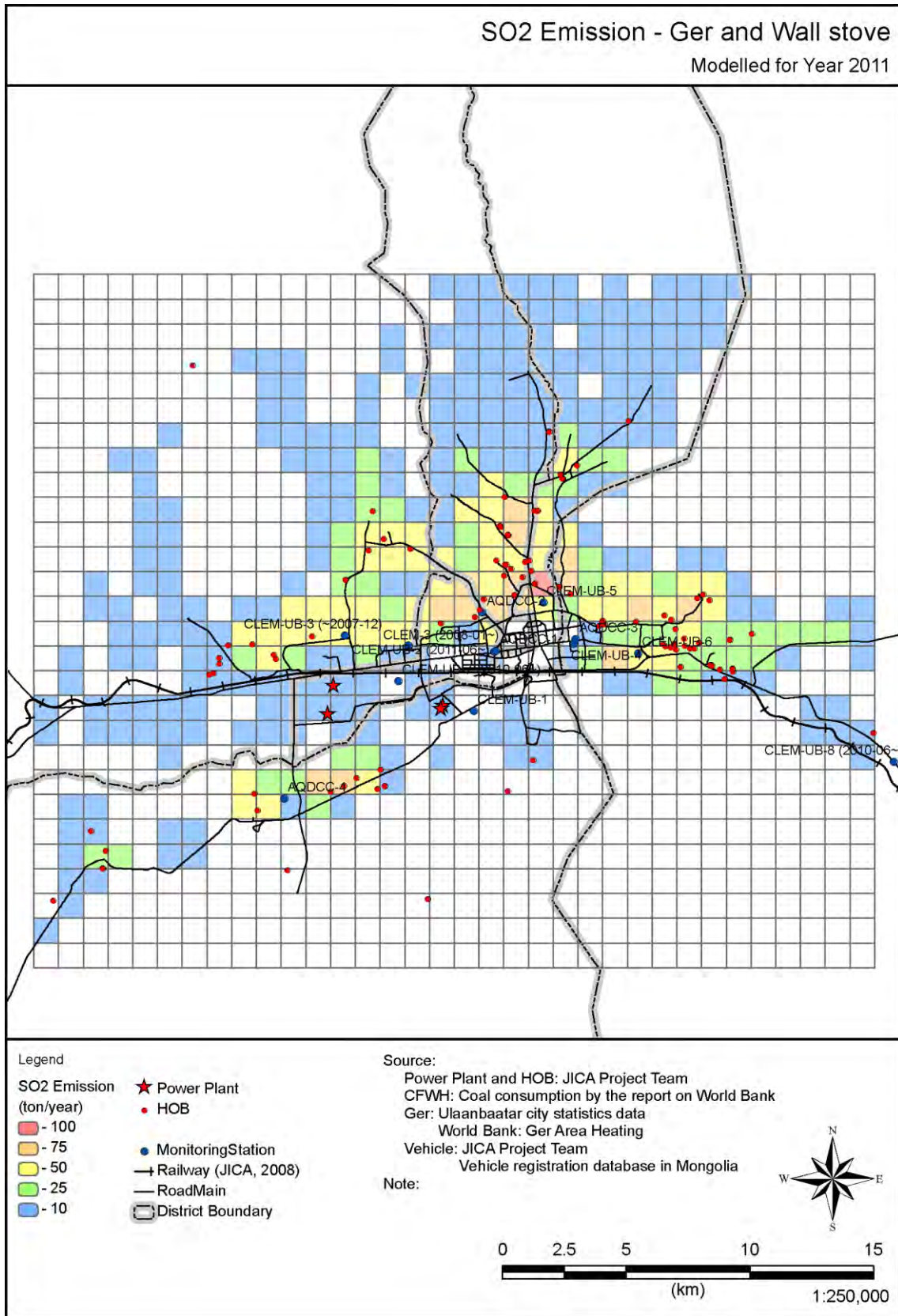


図 1-17 ゲルストーブからの SOx 排出量分布 (2011 年)

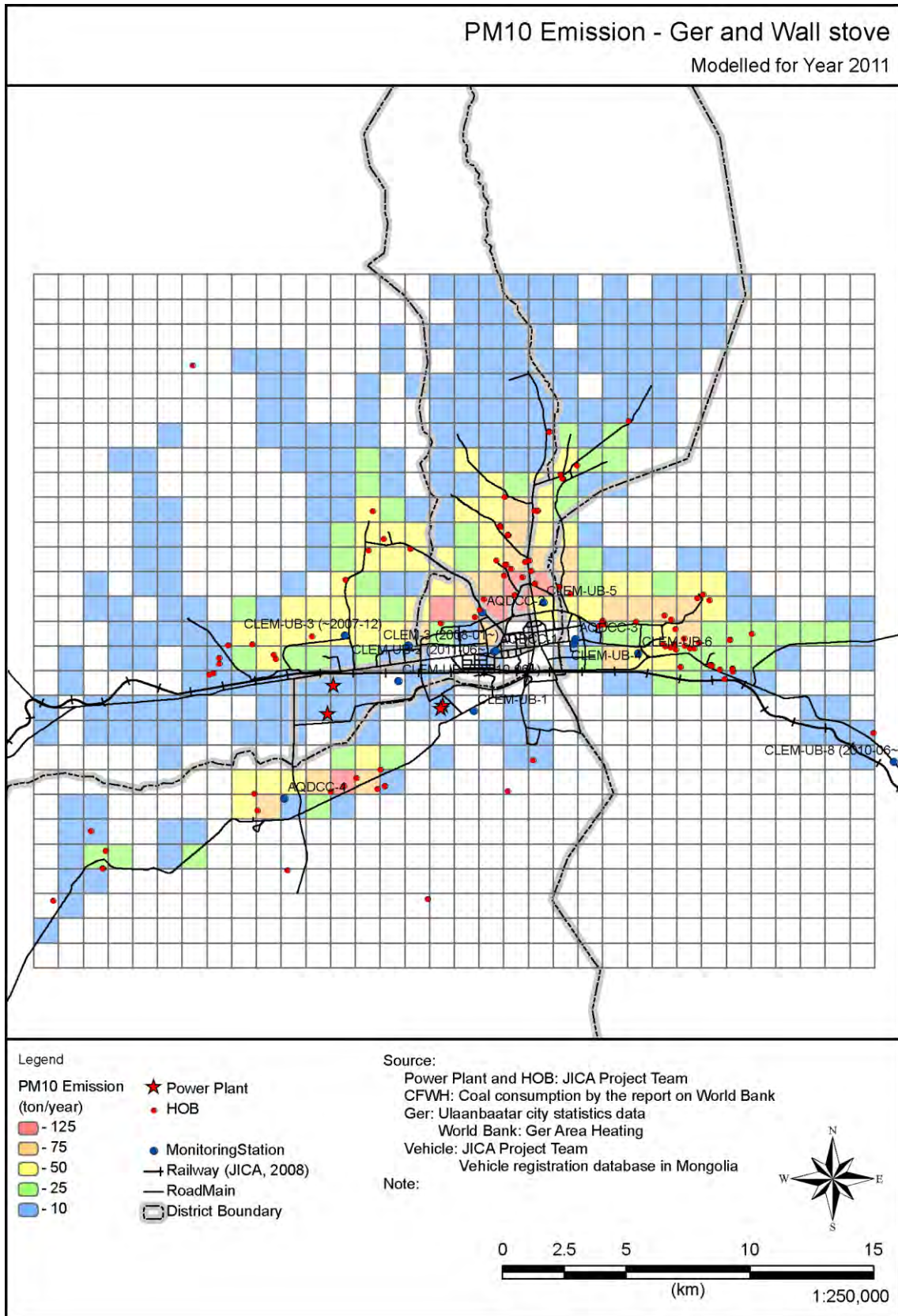


図 1-18 ゲルストーブからの PM₁₀ 排出量分布 (2011 年)

2 移動発生源インベントリ

2.1 排出係数

2.1.1 排出係数モデルの選択

製造した年にモンゴルへ輸入された自動車は全体の 2.3% しかなく、ほとんどの自動車は中古車として輸入されている。そのため、ほとんどの自動車は、輸入元の排出基準に適合していると考えられる。

登録台数の 55.3% が日本製で、33.1% が韓国製であり、この 2 カ国の合計は 88.4% である。登録台数が最も多い日本の排出係数モデルを選択した。

日本車は、自動車の仕様と製造年に対応する日本の排出係数を適用した。その他の国の自動車については、日本の排出基準のどの水準に相当するかを推定し、その排出係数を適用した。

2.1.2 燃料による補正

ガソリンの鉛と硫黄、および、ディーゼル油の硫黄が、自動車の排ガス処理装置を劣化させる。ガソリンの鉛と硫黄の濃度、および、ディーゼル油の硫黄の濃度のデータが必要である。

MNS は、ガソリン（MNS217 の 1987 年版と 2006 年版）とディーゼル油（MNS216 の 1984 年版と 2006 年版）を入手した。

国立大学化学学部有機化学学科（Dr. Prof. Dalantain MONKHOOBO）、市監査庁、CLEM、税関附属試験室、石油輸入販売大手（PETROVIS 社）の試験室、石油製品分析の専門会社（AMBER 社）、科技大機械工学部、を通じて探したが、燃料中の鉛と硫黄を測定したデータは得られなかった。

税関申告書には、ガソリンや軽油の分析書が必ず添付されている。石油輸入会社および税関から分析書の例を入手した。

2010 年 11 月～2011 年 1 月にかけて、ガソリンとディーゼル油を入手し、日本の分析機関で分析した。分析した項目全てにおいて MNS 基準を満たしていた。また、硫黄濃度以外は、日本の基準も満たしていた。

以上の調査を通じて得られた情報のうち、排出係数の補正に活用した情報を表 2-1 に示す。

表 2-1 ガソリンと軽油の鉛と硫黄の濃度情報

			濃度	条件	
ガソリン	Pb	日本	1975~	<0.002g/L	AI-90
			1987~	<0.002g/L	AI-96
		モンゴル	1987~	<=0.37g/L	AI93&AI95, MNS217-87
			2006~	<=0.01g/L	MNS217-2006
			2010.11	<0.002g/L	PETROVIS 社の試料
	S	日本	~2004.12	<=100ppm	国の規制
			~2005.1	<=10 ppm	製油会社の品質保証
		モンゴル	1987~	<=1,200 ppm	MNS217-87
			2006.12~	<=500 ppm	MNS217-2006
			2010.11	300ppm	A-80, PETROVIS 社の試料
				200ppm	AI-92, PETROVIS 社の試料
				100ppm	AI-95, PETROVIS 社の試料
軽油	S	日本	1953~	<=12,000ppm	国の規制
			1976~	<=5,000ppm	国の規制
			1992~	<=2,000ppm	国の規制
			1997~	<=500ppm	国の規制
			2003.4~	<=50ppm	製油会社の品質保証
			2005.1~	<=10ppm	製油会社の品質保証
		モンゴル	1984~	<=2,000ppm	MNS216:84
			2006.12~	<=2,000ppm	MNS216:2006
			2011.1	1,400ppm	PETROVIS 社の試料

注 Pbは鉛、Sは硫黄。

出典 JICAプロジェクトチーム

表 2-1 の情報に加えて以下の通り仮定して、排出係数を補正した。

- A) 販売されたガソリンと軽油は、ほぼ全量が MNS に適合していた。
- B) 2006 迄にモンゴルで登録されたガソリン自動車は、有鉛ガソリンにより、排ガス処理装置が劣化している。それらの自動車の排出係数は、日本で有鉛ガソリンが販売されていた 1974 年の自動車の排出係数を適用する。ただし、CO₂ と SO_x は、排ガス処理装置でほとんど処理されないので、製造基準通りの排出係数を適用する。
- C) 現在モンゴルで販売されているガソリンは、2005 年以降の日本車が要求する硫黄濃度基準を超過している。2005 年以降に製造され 2007 年以降に輸入された日本車には、2004 年の日本車の排出係数を適用する。ただし、CO₂ と SO_x は、排ガス処理装置でほとんど処理されないので、製造基準通りの排出係数を適用する。
- D) 現在モンゴルで販売されている軽油は、1997 年以降の日本車が要求する硫黄濃度基準を超過している。1997 年以降に製造された日本車には、1996 年の日本車の排出係数を適用する。ただし、CO₂ と SO_x は排ガス処理装置でほとんど処理されないので、製造年の排出係数を適用する。

2.1.3 政策による補正

AQDCC が発行した 2012.1.3 付年報のうち、交通機関による汚染低減に向けた取組（目標 4、段落番号 31 から 38）のそれぞれについて、表 2-2 の通り判断した。長期的な情報収集を試み、最大で 1 年近くかけて行ったが、新たな情報を得ることができなかったため、以下の仮定に基づいた。

表 2-2 AQDCC の年報に掲載された自動車大気汚染政策とその効果推定

実施された政策	効果
大気支払法に基づく 2011 年 3 月 15 日付の第 A/63/67 号令により、排気量に応じた税金が追加された。1 台あたり年間 1800～9500 トウグルグ。	ガソリン 1～5L 程度の金額であり、自動車の整備や買い替え等を促進する可能性は低い。大気汚染物質の排出量削減にはほとんど影響しないと考えられる。
80,000L のエタノール及び 535,000L のバイオエタノール入りガソリンの供給契約を結んだ。	供給は開始されていないことから、効果は発生していない。 バイオ燃料はカーボンニュートラルであることから、地球温暖化対策としての意義がある。 大気汚染物質排出量の増量効果や削減効果に関する測定データは発見できなかった。ウランバートル税関が 2011 年に取扱ったガソリン輸入量 (228,409 ton) の 1% 未満であることから、大気汚染物質の排出量の変化は誤差の範囲である。
廃植物油を精製し、混合率 10% のバイオディーゼルを 20,000L 供給する契約を結んだ。	供給は開始されていないことから、効果は発生していない。 バイオ燃料はカーボンニュートラルであることから、地球温暖化対策としての意義がある。 供給能力は、市バス 1 台 300 日分、或いは、市バスが 1 日に必要とする燃料の半分以下であることから、大気汚染物質の排出量の変化は誤差の範囲である。
Tur Tel Com 社が納入した軽油と LPG の 2 種類の燃料が使用できるエンジンを 400 台のバスに設置する契約を結んだ。	2011 年末迄設置されていなかったことから、2011 年の排出量計算は、このエンジンが使用されていなかったとして計算できる。 2011 年末の時点では、まだほとんど設置されていなかった。2012.5 に、最初の 1 台の運行テストが開始された。試験的調査では、CO と NOx の排出量が増えているが、試験方法に問題がある可能性が指摘されている。 2012 年の移動発生源インベントリ構築のためには、排出係数を推定するための情報が必要である。
2011 年末の時点で、3000 台の LPG 車が走行している。	LPG 車は、日本の排出係数モデルでは、ガソリン車と同じと見なす。
路上で、80 台の自動車に対して排ガス検査を実施し、20 台の自動車について使用を一時的に制限した。	2009 年の車検に一度は不合格であった自動車の 0.1% 以下であることから、大気汚染物質の排出量の変化は誤差の範囲である。
SHP-600 装置を 1500 台のディーゼル車に設置した。	2011 年末迄設置されていなかったことから、2011 年の排出量計算は、この装置がほぼ使用されていなかったとして計算できる。 環境省のレター 2/679 号 (2007.3.7 付) では、ディーゼルエンジンの汚染物質排出削減の理由と効果が、日本で自動車排気ガス対策の専門家に知られている知識と矛盾していることから、引き続き、内容の確認が必要である。

出典 JICA プロジェクトチーム

2.1.4 その他の補正

冬季は、気温が低く、暖機運転時間が長くなり、また、熱効率が下がる。ウランバートルでの燃費悪化データが得られなかったため、日本の北海道での調査結果（32%悪化）を適用した。

ウランバートルのほとんどの自動車は、日本と比較して、整備（調整、消耗品の交換）が不十分である。ウランバートルでの整備不良に伴う大気汚染物質排出量の増加量は、モンゴル国立科学技術大学エネルギー学科による先駆的な調査事例が2例あるのみであり、統計的なデータが得られない。輸入後2年以上の自動車について、排出係数を96%増と設定した（出典：日本国の郊外白書1969年版図3-2-2）。

自動車検査の初回に不合格の自動車は特に整備・調整が不十分であることから、最も排出量が多い区分の自動車の2倍の排出係数・燃料使用率を適用した。

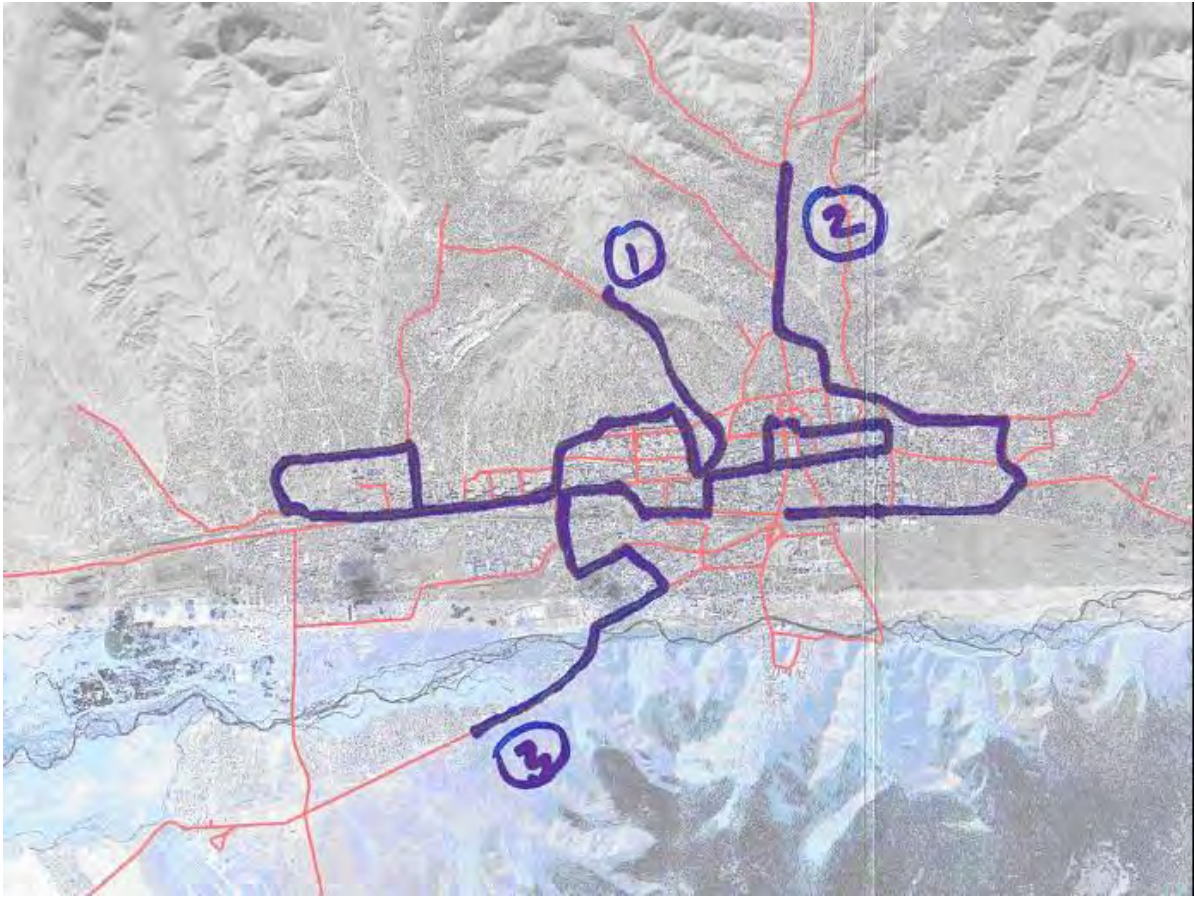
2.1.5 旅行速度

2010年に実施した旅行速度調査のデータを使用した。

表 2-3 旅行速度調査の概要（2010年実施）

		秋・平日	秋・休日	冬・平日
走行距離(km)		413.5	436.9	511.2
旅行速度(km/h)	7:30 - 9:30	5.7 - 37.5	26.7 - 45.3	17.7 - 35.1
	12:30 - 14:30	11.4 - 35.9	7.2 - 36.2	10.5 - 33.6
	18:00 - 20:00	9.1 - 29.4	11.5 - 29.2	9.3 - 30.4
	22:00 - 24:00	22.5 - 55.8	25.4 - 49.9	21.4 - 32.9

出典 JICA プロジェクトチーム



出典 JICAプロジェクトチーム

図 2-1 旅行速度調査ルート (2010年実施)

2.1.6 まとめ

上記の補正及び旅行速度を考慮した PM の排出係数を図 2-2 に示す。

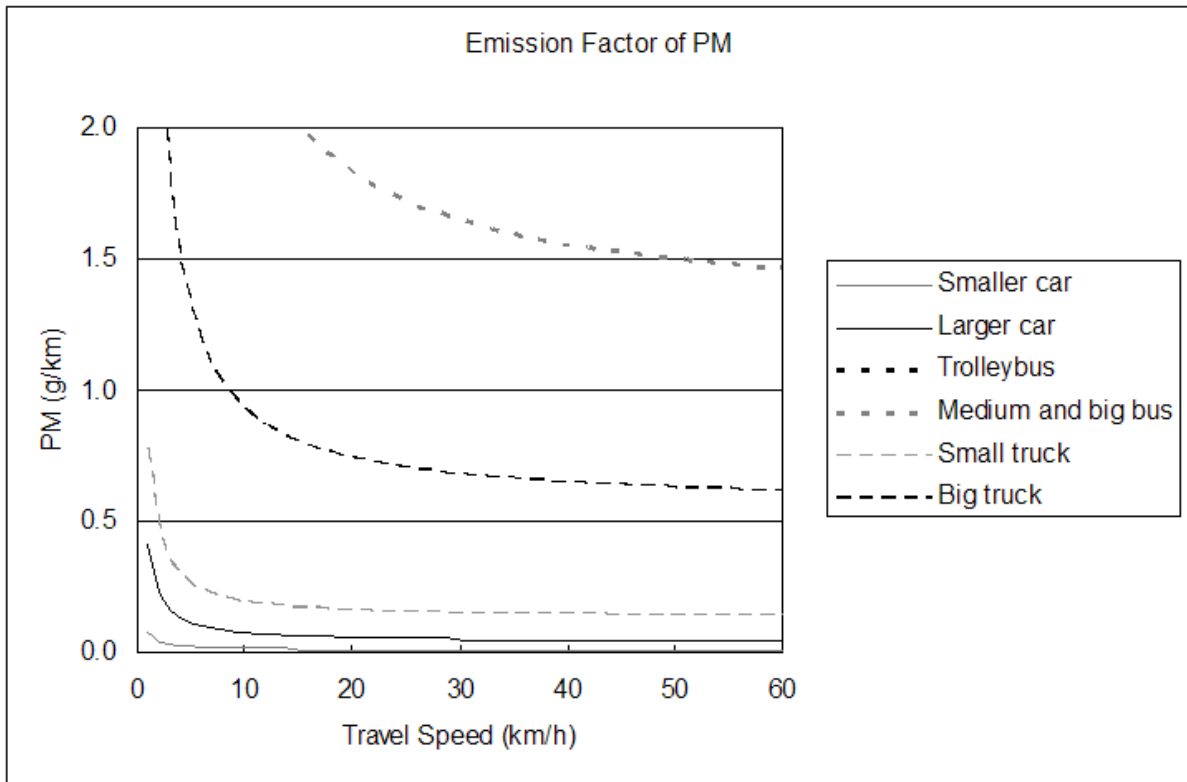


図 2-2 旅行速度別 PM 排出係数

2.2 交通量

必要な『交通量』は、『登録自動車台数』や『車検に合格している自動車の台数』ではなく、道路毎に実際に走っていた自動車の交通量である。大気汚染物質排出量の時刻変化を把握するため、時刻毎の変化データが必要である。

本プロジェクトでは、2010 年は、3 日間（秋の平日、秋の休日、冬の平日）に、35 地点で、24 時間（一部地点は 16 時間）の交通量調査を行った。調査の概要は、表 2-4 と、図 2-3～図 2-5 に示す通りである。

2011 年は、2 日間（秋の平日、秋の休日）、1 地点で、24 時間の交通量調査を行った。

交通量調査結果から、簡単な交通流モデルを用いて、多くの道路の交通量を設定した。

表 2-4 交通量調査の概要 (2010 年実施)

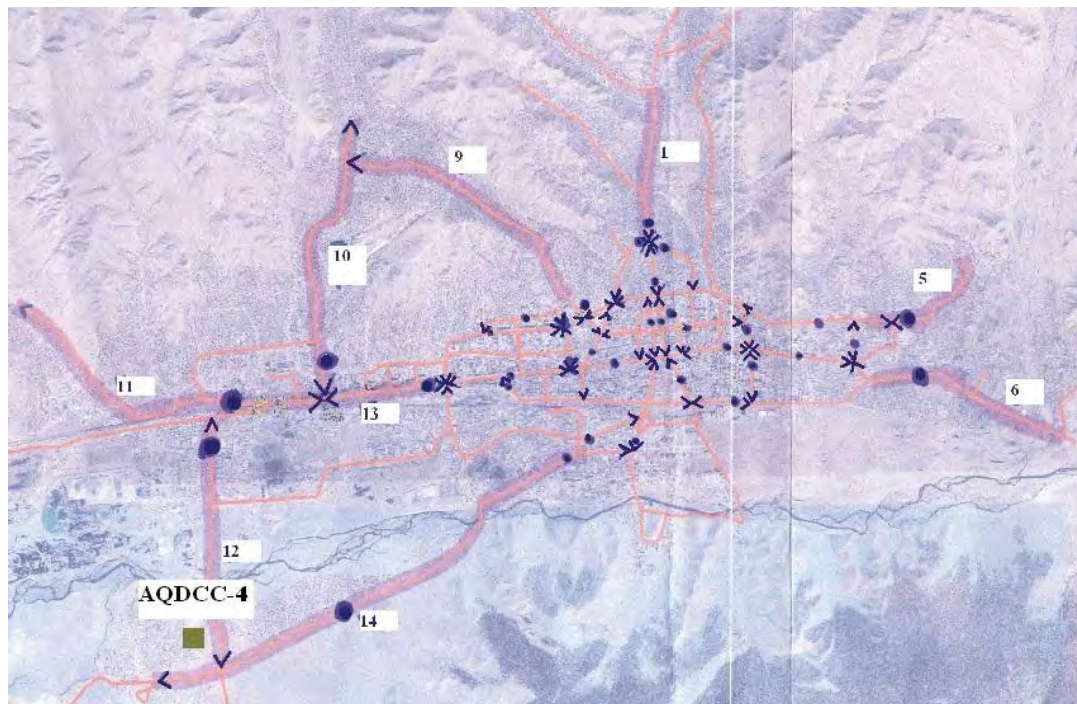
	秋・平日	秋・休日	冬・平日
開始時刻	2010/10/7 7:00	2010/10/9 7:00	2010/11/24 7:00
終了時刻	2010/10/8 7:00	2010/10/10 7:00	2010/11/25 7:00
24 時間調査地点数	25	10	10
16 時間調査地点数	10	0	5
24 時間最大交通量	78,666	54,582	71,560
24 時間最低交通量	17,552	12,580	16,826

出典 JICA プロジェクトチーム



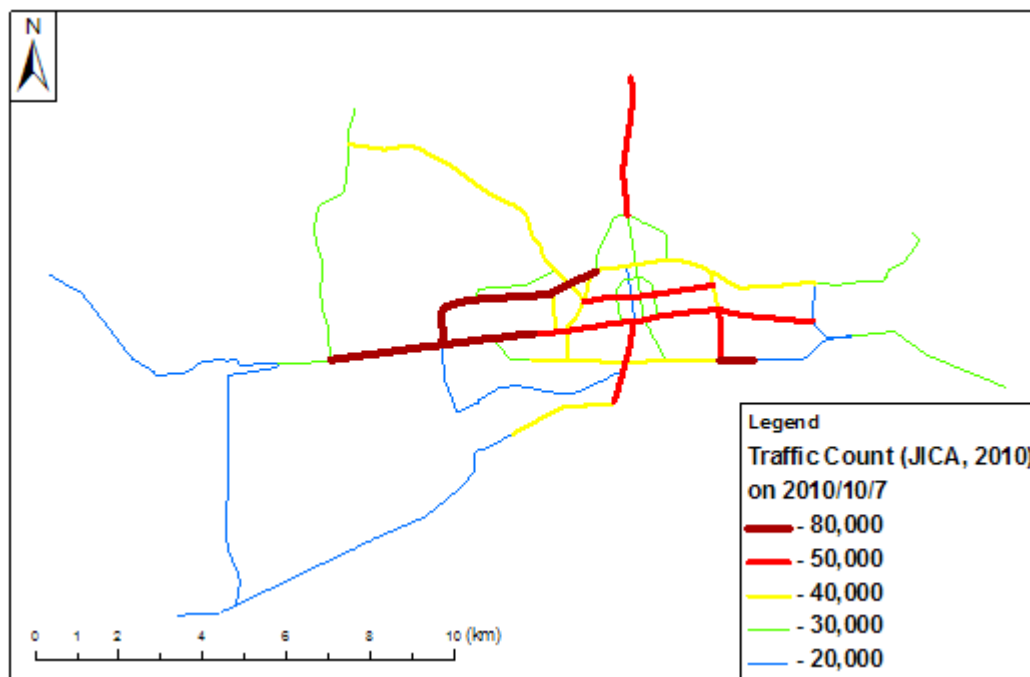
出典 JICA プロジェクトチーム

図 2-3 交通量調査実施地点 (市中心部、2010 年実施)



出典 JICA プロジェクトチーム

図 2-4 交通量調査実施地点（市郊外、2010 年実施）



出典 JICA プロジェクトチーム

図 2-5 交通量調査結果の例（秋の 1 日の交通量合計値）

2.3 距離

道路の距離は、道路毎に、2007年版 1/5.000 の電子地図を用いて測定した。

2.4 主要道路以外の道路からの大気汚染物質排出量の計算

主要道路以外の道路からの大気汚染物質排出量は、一般に、以下の手順で計算される。

- 1) 市内の総走行量から主要道路の走行量を減じて、主要道路以外の道路での走行量を計算
- 2) 主要道路以外の道路での走行量に、排出係数を乗じて、排出量を計算

UB 市では、総走行量データが得られなかった。そのため、細街路の排出量は以下の手順で計算している。

- 1) UB 税関燃料輸入量に、UB 中心 6 区内燃料消費量率想定値を乗じ、UB 中心 6 区内燃料消費量を計算
- 2) UB 中心 6 区内燃料消費量から、主要道路の燃料消費量を減じ、主要道路以外の道路における燃料消費量を計算
- 3) 主要道路の計算データを用いて、燃料消費量あたりの大気汚染物質排出量を計算
- 4) 2に3を乗じて、主要道路以外の道路からの汚染物質排出量を計算

2.5 排出量

自動車の大気汚染物質排出量結果を表 2-5 及び表 2-6 に示す。PM₁₀ と NO_x の排出量分布図を図 2-6～図 2-11 に示す。

また、そのうち、主要道路からの排出について、車種別の排出量および走行量を表 2-7 及び表 2-8 に示す。なお、主要道路以外の道路からの大気汚染物質排出量は、前項に示した方法で計算しているため、車種別の排出量および走行量の内訳を示すことができない。

表 2-5 自動車からの大気汚染物質排出量 (2010 年)

	排出量 (ton/年)			
	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
最小	158	264	3,337	20,412
最大	301	270	8,129	51,605
専門家判断	265	270	6,786	42,478

表 2-6 自動車からの大気汚染物質排出量 (2010 年改訂版及び 2011 年)

	排出量 (ton/年)			
	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
2010 年改訂版	226	236	4,840	28,088
2011 年	213	223	4,567	26,500

表 2-7 車種別大気汚染物質排出量および走行量
(2010年専門家判断ケース、主要道路からの分)

	排出量 (ton/年)				走行量 (百万台 km)
	PM	SO ₂	NO _x	CO	
小型乗用車	8	55	2,612	24,010	1,132
大型乗用車	29	44	786	5,691	406
トロリーバス	0	0	0	0	2
中型・大型バス	118	63	1,030	691	57
小型トラック	17	21	239	575	98
大型トラック	27	20	445	1,032	42
合計	200	203	5,112	31,999	1,736

表 2-8 車種別大気汚染物質排出量および走行量
(2010年改訂版及び2011年、主要道路からの分)

	排出量 (ton/年)								走行量 (百万台 km)	
	PM		SO ₂		NO _x		CO		2010 年改訂 版	2011 年
	2010 年改訂 版	2011 年	2010 年改訂 版	2011 年	2010 年改訂 版	2011 年	2010年 改訂版	2011 年		
小型乗用車	12	12	57	54	1,963	1,852	17,975	16,959	1,132	1,068
大型乗用車	24	23	39	37	633	597	4,555	4,297	406	383
トロリーバス	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
中型・大型バス	112	105	61	58	974	918	650	613	57	54
小型トラック	16	15	23	22	206	194	386	364	98	92
大型トラック	31	29	24	22	411	388	727	686	42	39
合計	195	184	204	193	4,186	3,950	24,293	22,919	1,736	1,638

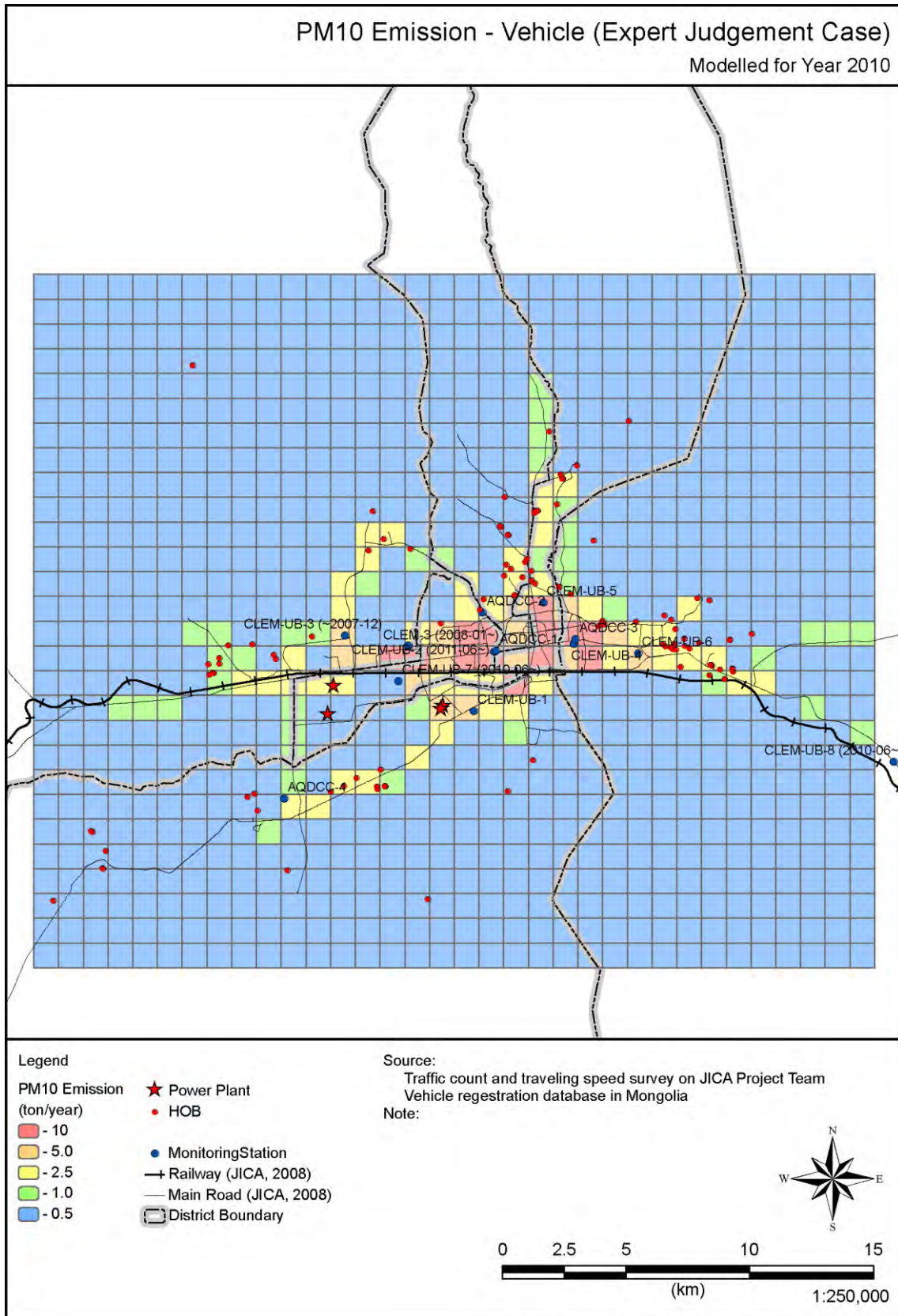


図 2-6 自動車からの PM₁₀ 排出量分布 (2010 年)

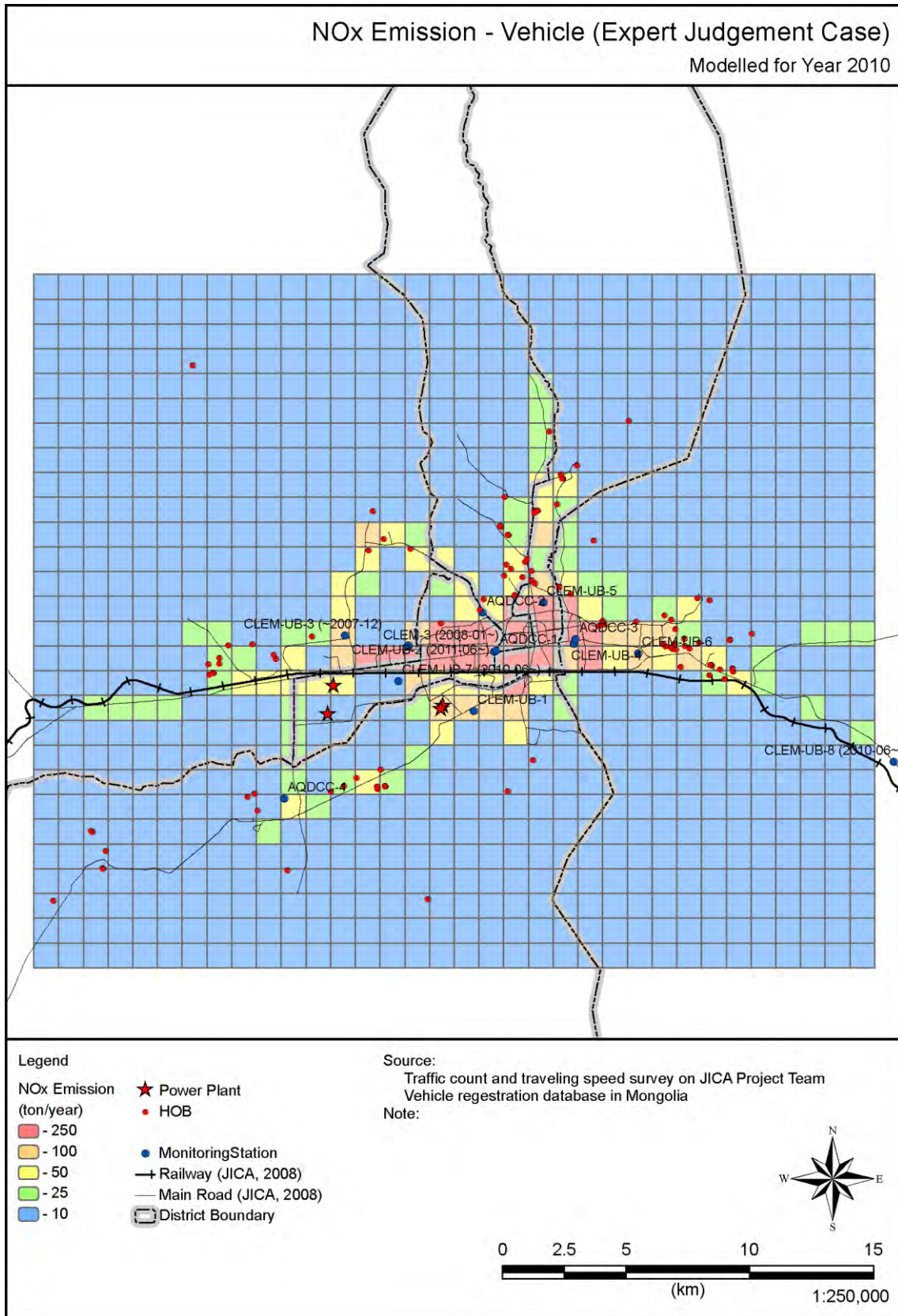


図 2-7 自動車からの NOx 排出量分布 (2010 年)

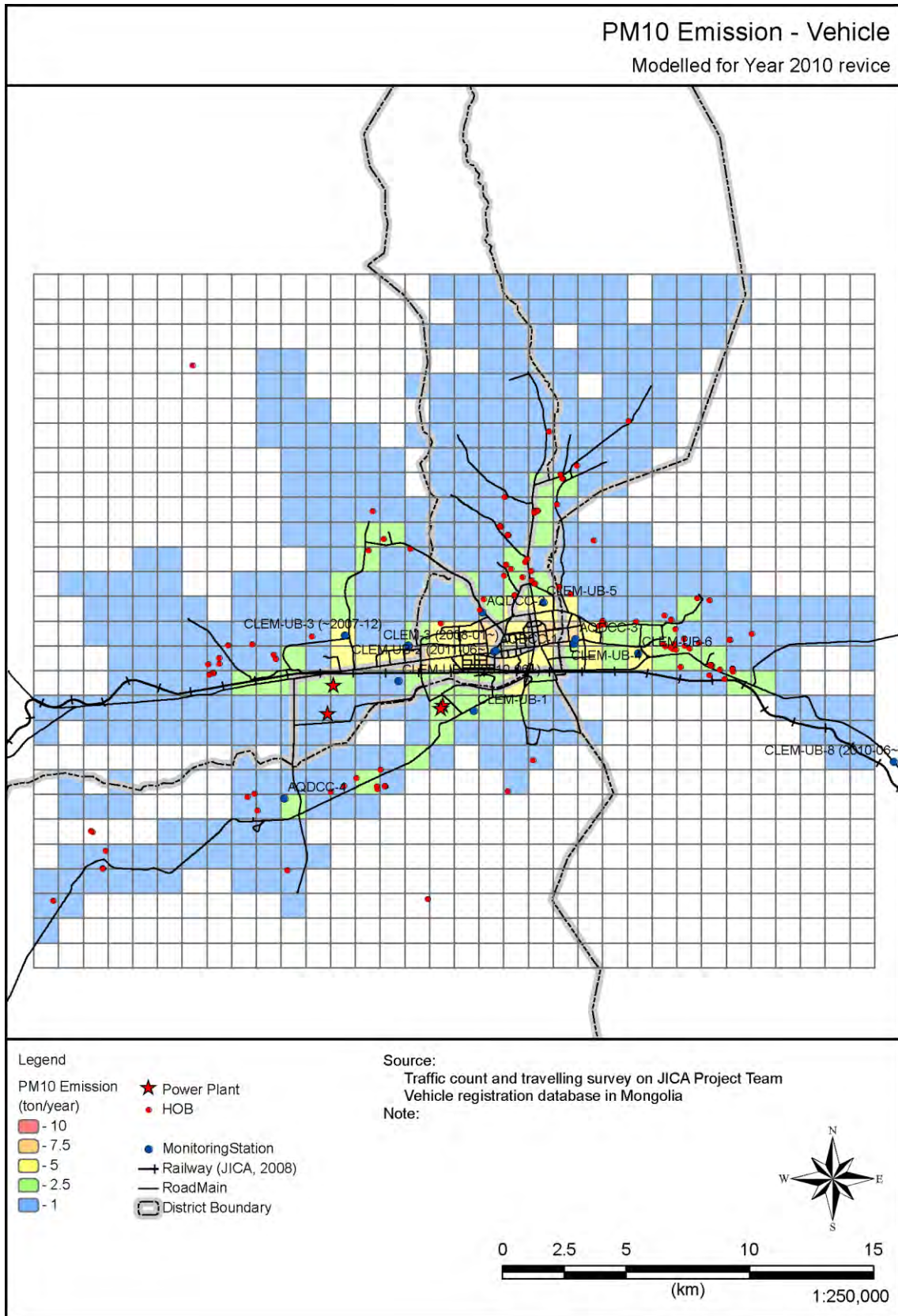


図 2-8 自動車からの PM₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)

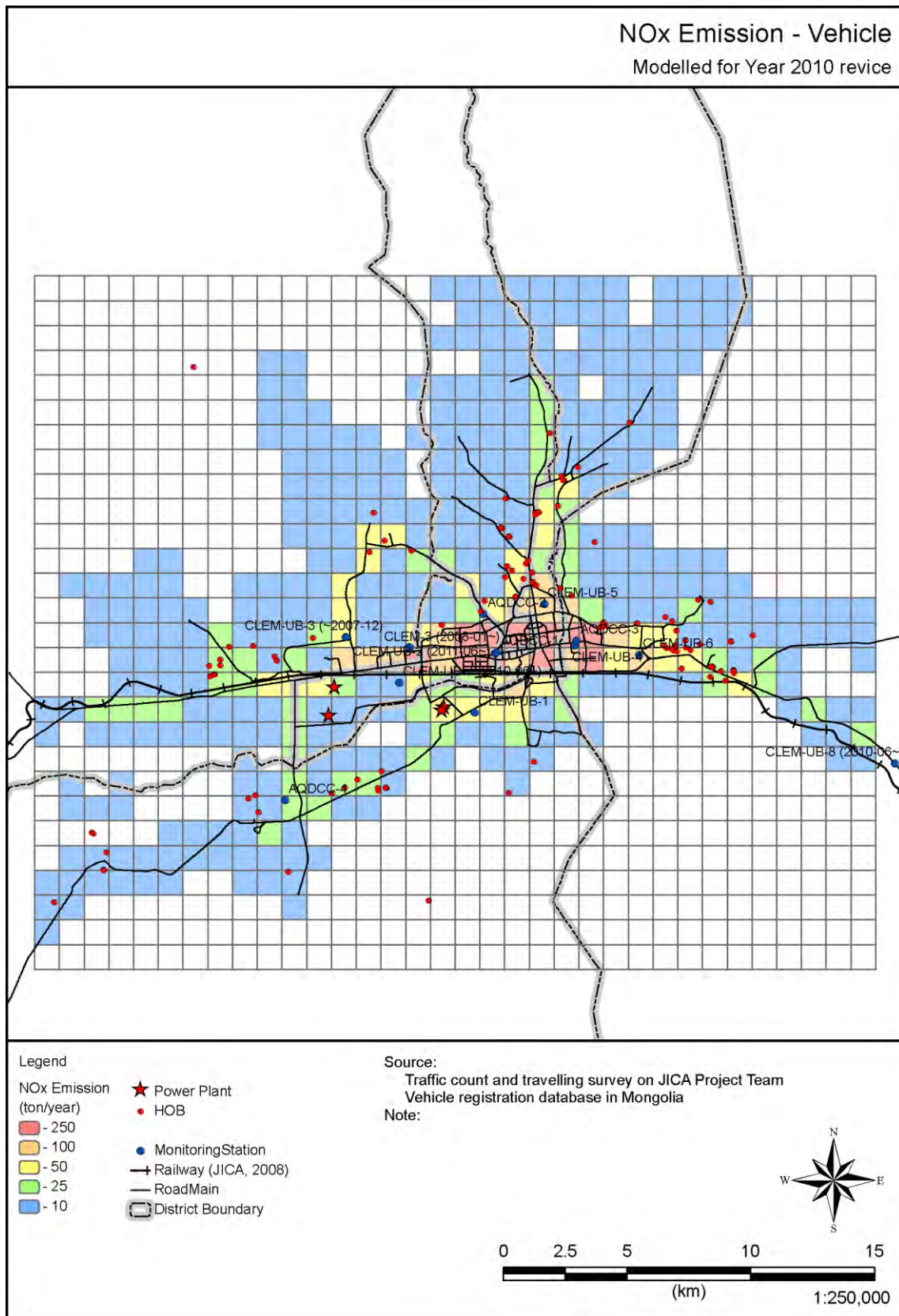


図 2-9 自動車からの NOx 排出量分布 (2010 年改訂版)

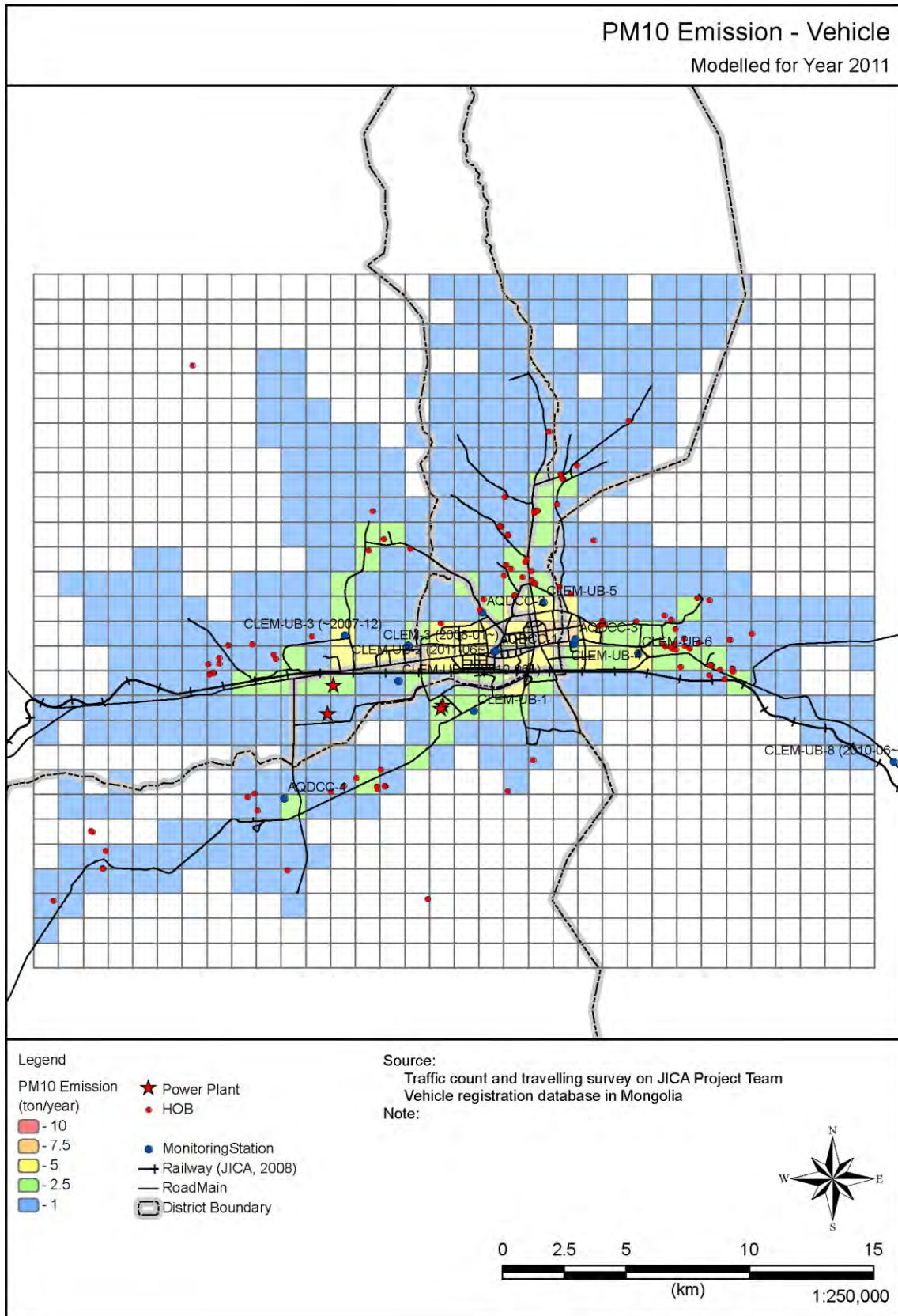


図 2-10 自動車からの PM₁₀ 排出量分布 (2011 年)

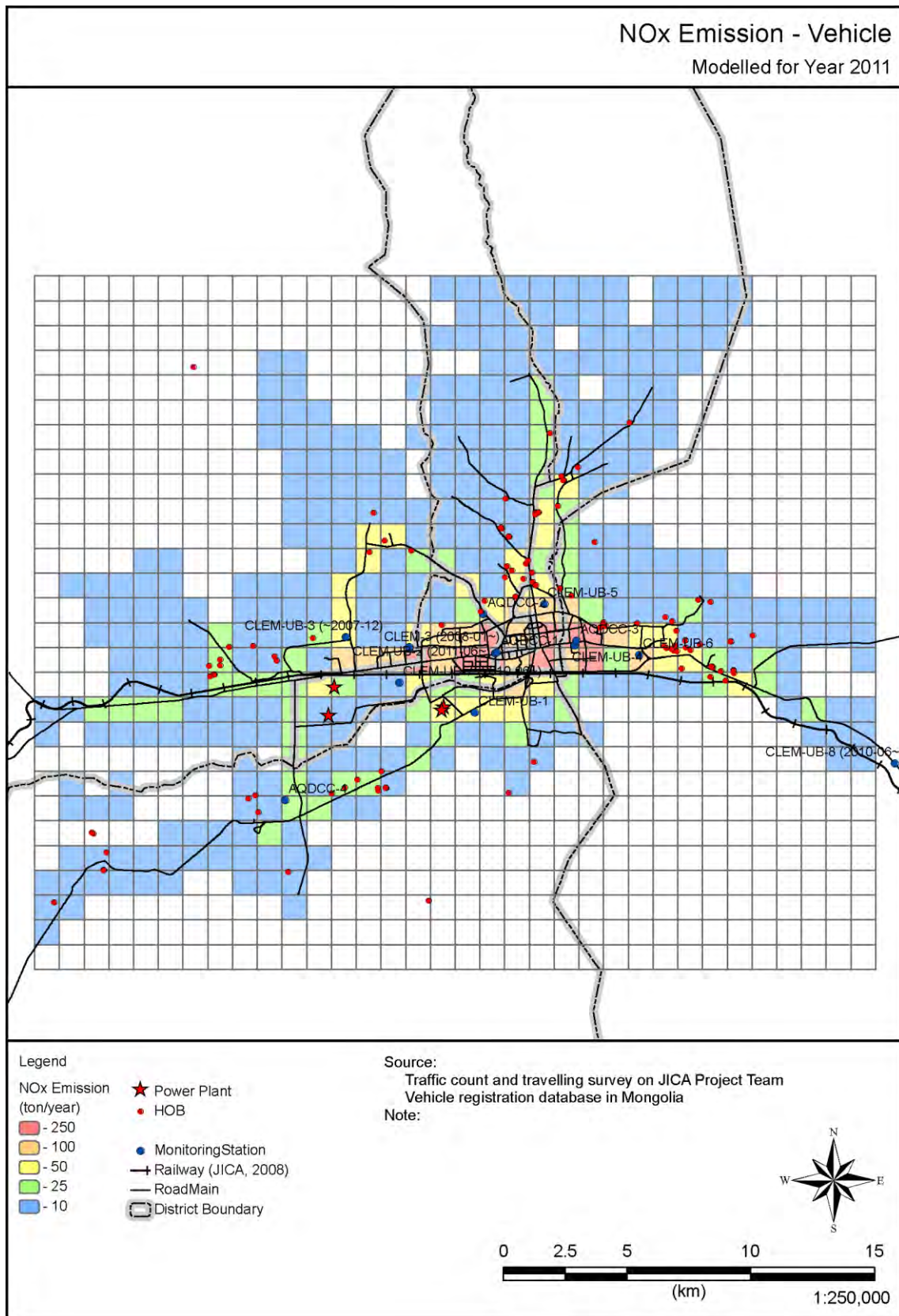


図 2-11 自動車からの NOx 排出量分布 (2011 年)

3 その他面的発生源インベントリ

3.1 排出量の計算

3.1.1 対象

近年のインベントリ調査が着眼した「その他面的発生源」を、表 3-1 に示す。

表 3-1 近年のインベントリ調査が着眼した「その他面的発生源インベントリ」

インベントリ調査名	対象とした「その他面的発生源インベントリ」
モンゴル国環境省の 2007 年 40 命令 (2007 оны 40 тоот тушаалаар) に基づくインベントリ調査	タイヤを燃やす場所 (対象一覧に書かれているが、推定方法と推定した排出量は書かれていない)
Discussion Paper (AMHIB, 2009) ¹	1) 乾燥した地表面にダスト飛散 a) 自動車による、舗装道路からのダスト飛散 b) 自動車による、未舗装道路からのダスト飛散 c) 風による、裸地からのダスト飛散 2) 火力発電所の灰埋立地からのダスト飛散 3) 道路工事による、ダスト飛散 4) 廃棄物の管理不十分な焼却 5) 病院廃棄物の焼却

出典 JICA プロジェクトチーム

大気汚染への影響の大きさ、根拠のあるデータに基づいた技術移転の実現性、対策実現の可能性、の観点から選択し、他の対策の実現によって副次的に解決する発生源を除外した結果、発電所の灰埋立地からの飛散を対象とした。

¹ Air Pollution in Ulaanbaatar, Initial Assessment of Current Situation and Effects of Abatement Measures, December 2009



出典 JICAプロジェクトチーム

図 3-1 第 3 発電所の灰埋立地からの飛散 (2010.6.3、右端の煙突が第 3 発電所)



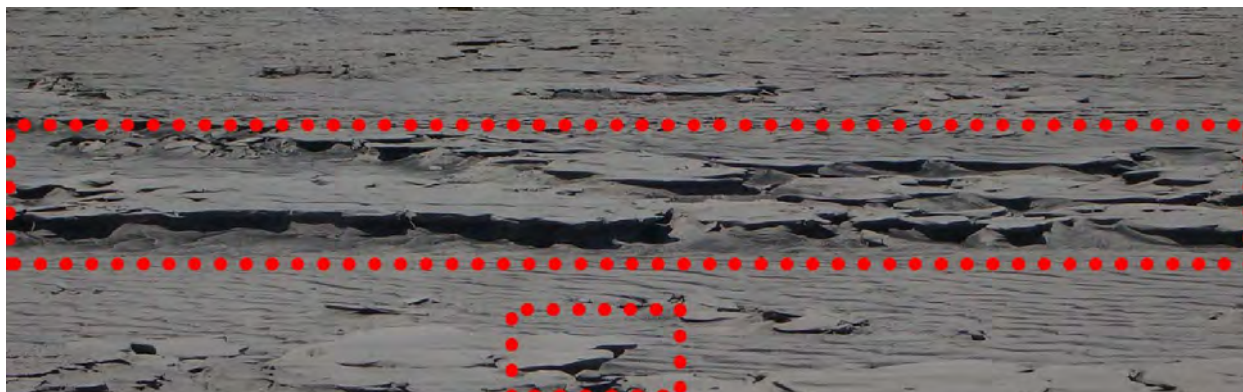
出典 JICAプロジェクトチームが、Google Earth を使用して作成

図 3-2 発電所と灰埋立地の分布

3.1.2 排出量の計算方法の概要

1 平均侵食量の計算

灰埋立地の表面には、風で侵食された形状が多数見られる(図 3-3)。そのことから、灰がよく巻き上がっていることがわかる。



出典 JICA プロジェクトチーム

図 3-3 発電所の灰埋立地に見られた風で浸食された形状

風で飛ばされる量を計算する様々な方法があるが、これほど大量に飛散するのを推定するのに適した方法はない。飛散量の測定について、以下の条件で検討した。

- 1) 高価な機材を購入したり、大掛かりな調査を委託したりする予算がなかったため、高価な機材が必要な方法や、専門家に委託する方法は採用できない。
- 2) 水分があるところで自然に堆積した後、地下水位を低下させ乾燥させ始めてから 10 年未満のため、地盤が沈下し続けている可能性が高い。測量で地表面の標高の変化を測定した場合、飛散量と地盤沈下の合計量は測定できるが、地盤沈下の量を測定できないため、飛散量は計算できない。
- 3) 風で浸食された形状から推定すると、1 年間で最大 10cm 程度侵食されていると考えられる。1 年当たり数 mm から 30cm 程度の侵食が測定できればよく、1mm 未満の測定精度は無くても構わない。

以上の条件に合う測定方法として、平均侵食厚さを測定し、面積を乗じることで、ダストの排出量を計算することにした。

$$Q = \Sigma (A \times T \times D)$$

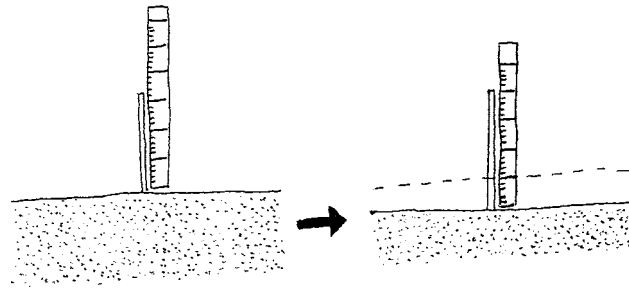
Q 排出量 (ton)

A 面積 (m²)

T 平均侵食厚さ (m)

D 密度 (ton/m³)

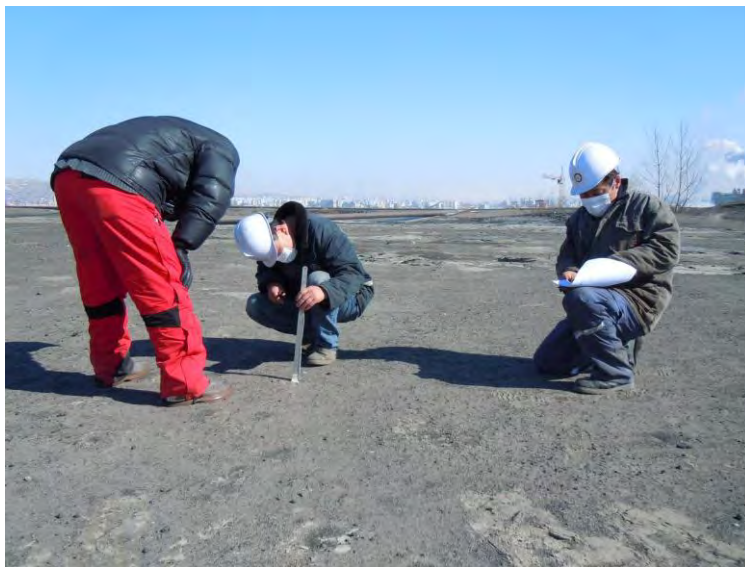
侵食厚さは、多数の棒を灰埋立地に立て、地表面に出ている長さを毎月測定し、その変化を侵食厚さとした(図 3-4)。



出典 JICA プロジェクトチーム

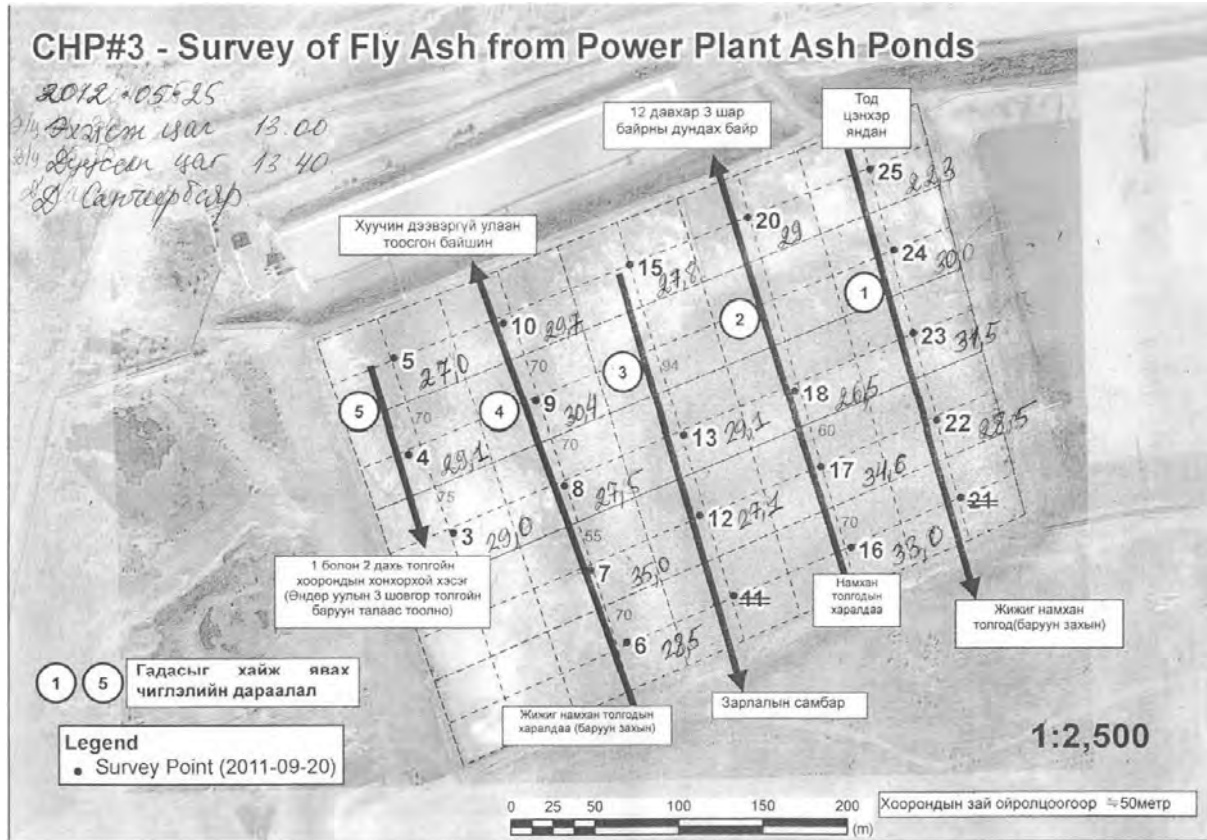
図 3-4 侵食厚さの測定方法

測定の様子を図 3-5 に示す。測定記録の例を図 3-6 に示す。



出典 JICA プロジェクトチーム

図 3-5 棒が地表面から出ている長さの測定



出典 JICA プロジェクトチーム

図 3-6 測定記録の例

2 侵食範囲の面積

灰埋立地の面積は、各発電所から情報を得た。

飛散範囲は、灰埋立地の面積から、覆土、緑化、帯水などによって飛散の可能性が低い範囲を除外しなければならない。灰埋立地での覆土範囲の観察、Google Earth 画像での覆土範囲の観察等を通じ、飛散の可能性が低い範囲を調査し、飛散可能範囲率を設定した。

表 3-2 灰埋立地の飛散量計算に用いたパラメータ (2010年)

発電所	区画名	面積 (m ²)	飛散可能範囲率 (%)	平均侵食 深さ (cm)	乾燥密度 (g/cm ³)	PM ₁₀ 比
第 2	西	50,882	100%	0.576	1.29	20.42%
	東	55,968	0%	0.576	1.29	20.42%
第 3	1	123,000	0%	0.576	1.29	20.42%
	2	141,000	0%	0.576	1.29	20.42%
	3	119,000	0%	0.576	1.29	20.42%
	4	102,600	100%	0.576	1.29	20.42%
	5	60,000	0%	0.576	1.29	20.42%
第 4	3	250,000	40%	0.576	1.29	20.42%
	4	160,000	25%	0.576	1.29	20.42%
	5	180,000	70%	0.576	1.29	20.42%

表 3-3 灰埋立地の飛散量計算に用いたパラメータ (2010年更新版)

発電所	区画名	面積 (m ²)	飛散可能範囲率 (%)	平均侵食 深さ (cm)	乾燥密度 (g/cm ³)	PM ₁₀ 比
第 2	西	50,882	100%	0.576	1.29	40.43%
	東	55,968	0%	0.576	1.29	40.43%
第 3	1	123,000	0%	0.576	1.29	21.70%
	2	141,000	0%	0.576	1.29	21.70%
	3	119,000	0%	0.576	1.29	21.70%
	4	102,600	100%	0.576	1.29	21.70%
	5	60,000	0%	0.576	1.29	21.70%
第 4	3	250,000	40%	0.576	1.29	21.70%
	4	160,000	25%	0.576	1.29	21.70%
	5	180,000	70%	0.576	1.29	21.70%

表 3-4 灰埋立地の飛散量計算に用いたパラメータ (2011年)

発電所	区画名	面積 (m ²)	飛散可能範囲率 (%)	平均侵食 深さ (cm)	乾燥密度 (g/cm ³)	PM ₁₀ 比
第 2	西	50,882	100%	0.948	1.29	40.43%
	東	55,968	0%	0.948	1.29	40.43%
第 3	1	123,000	0%	0.948	1.29	21.70%
	2	141,000	0%	0.948	1.29	21.70%
	3	119,000	0%	0.948	1.29	21.70%
	4	102,600	10%	0.948	1.29	21.70%
	5	60,000	0%	0.948	1.29	21.70%
第 4	3	250,000	0%	0.948	1.29	21.70%
	4	160,000	0%	0.948	1.29	21.70%
	5	180,000	30%	0.948	1.29	21.70%

3 その他の係数

堆積から重量への換算に使用する乾燥密度の値は、モンゴルのデータが得られなかった。日本のフライアッシュの例(1.29g/cm³)を使用した。

灰の重量に対する直径 10 ミクロン以下の粒子(PM₁₀)の率は、2010 年に実施した灰の粒径分布調査の平均値 20.42%を使用した。2012.3.21 に採取した第 2 発電所の灰 4 試料を、モンゴル科学アカデミー地理学研究所土壌科学部門で分析したデータの平均値からは、PM₁₀ の率は、14.1%以上 66.8% 以下であった。20.42%という数値は誤りとはいえない。

2012 年の侵食量調査は完了していない。2011 年は、第 2 発電所灰埋立地の調査は失敗した。第 3 発電所灰埋立地の調査も、2011.3.15 迄は侵食量の調査方法に誤差が大きいため、データが使用できない。2011.4.20 以降は、覆土工事のために調査が継続できなかった。測定ができたのは、第 3 発電所第 4 埋立地の 2011.3.15~4.20 の 36 日間のみである。このデータを使用し、他の発電所の侵食厚さも第 3 発電所の侵食厚さと同じであると仮定して、この期間の侵食量を計算した。

月別平均風速が大きい月ほど飛散すると仮定して、月別の飛散割合を推定し、年間の排出量と PM₁₀ 排出量を計算した。

3.1.3 排出量

灰埋立地からの大気汚染物質飛散量を表 3-5 及び表 3-6 に示す。PM₁₀ の飛散量分布図を図 3-7~図 3-9 に示す。

表 3-5 発電所の灰埋立地からの大気汚染物質排出量

	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
最小	3,116.00	636.16	-	-	-
最大	22,346.77	4,562.32	-	-	-
専門家判断	12,540.94	2,560.36	-	-	-

注 “-”は、測定していない。灰埋立地では燃焼していないことから、排出量はほぼゼロと考えられる。

表 3-6 発電所の灰埋立地からの大気汚染物質排出量 (2010年改訂版及び2011年)

	排出量 (ton/年)				
	TSP	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO
2010年改訂版	8,135.16	1,950.15	-	-	-
2011年	3,104.67	955.82	-	-	-

注 “-”は、測定していない。灰埋立地では燃焼していないことから、排出量はほぼゼロと考えられる。

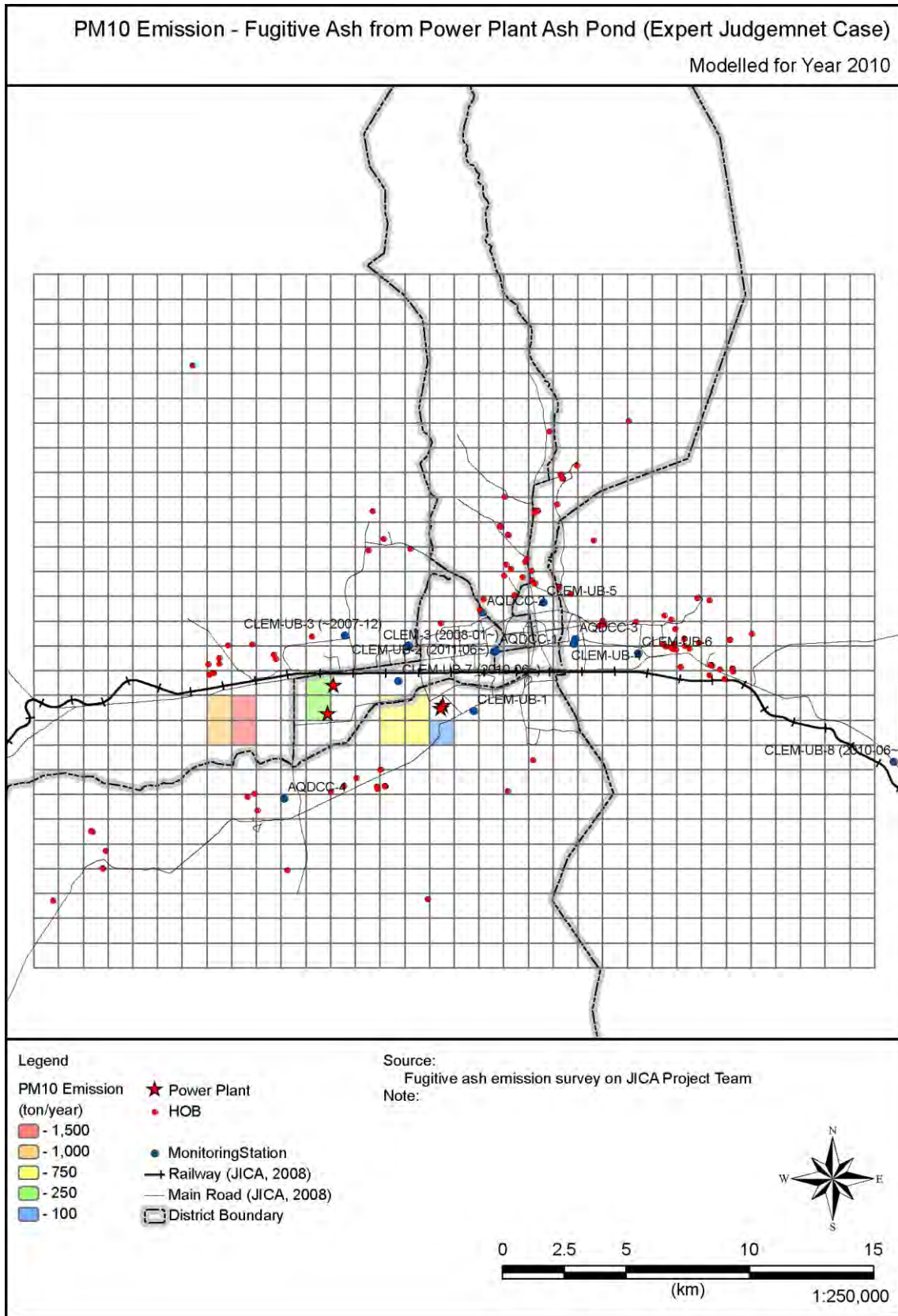


図 3-7 発電所灰埋立地からの灰飛散に伴う PM₁₀排出量分布 (2010 年)

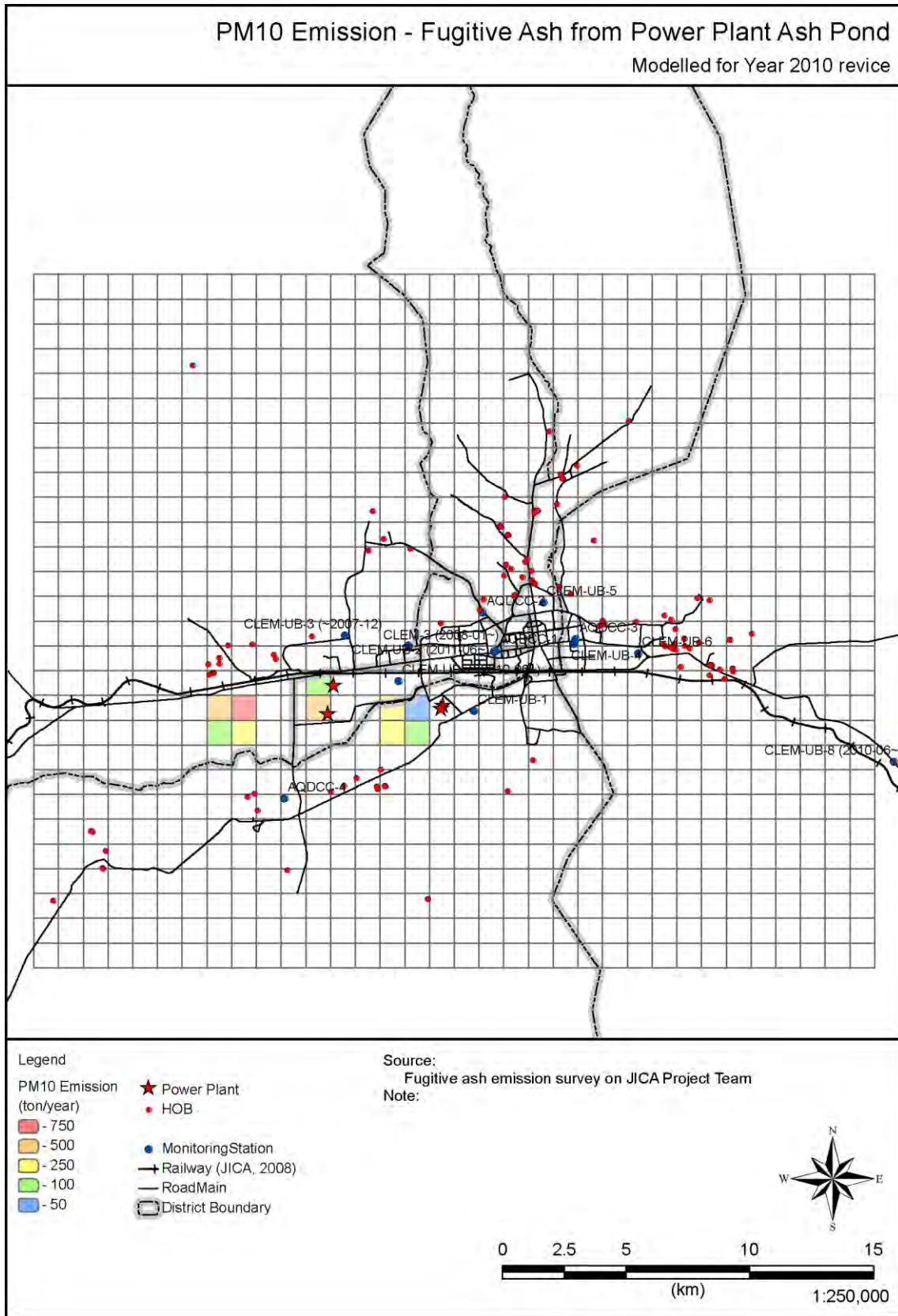


図 3-8 発電所灰埋立地からの灰飛散に伴う PM₁₀ 排出量分布 (2010 年改訂版)

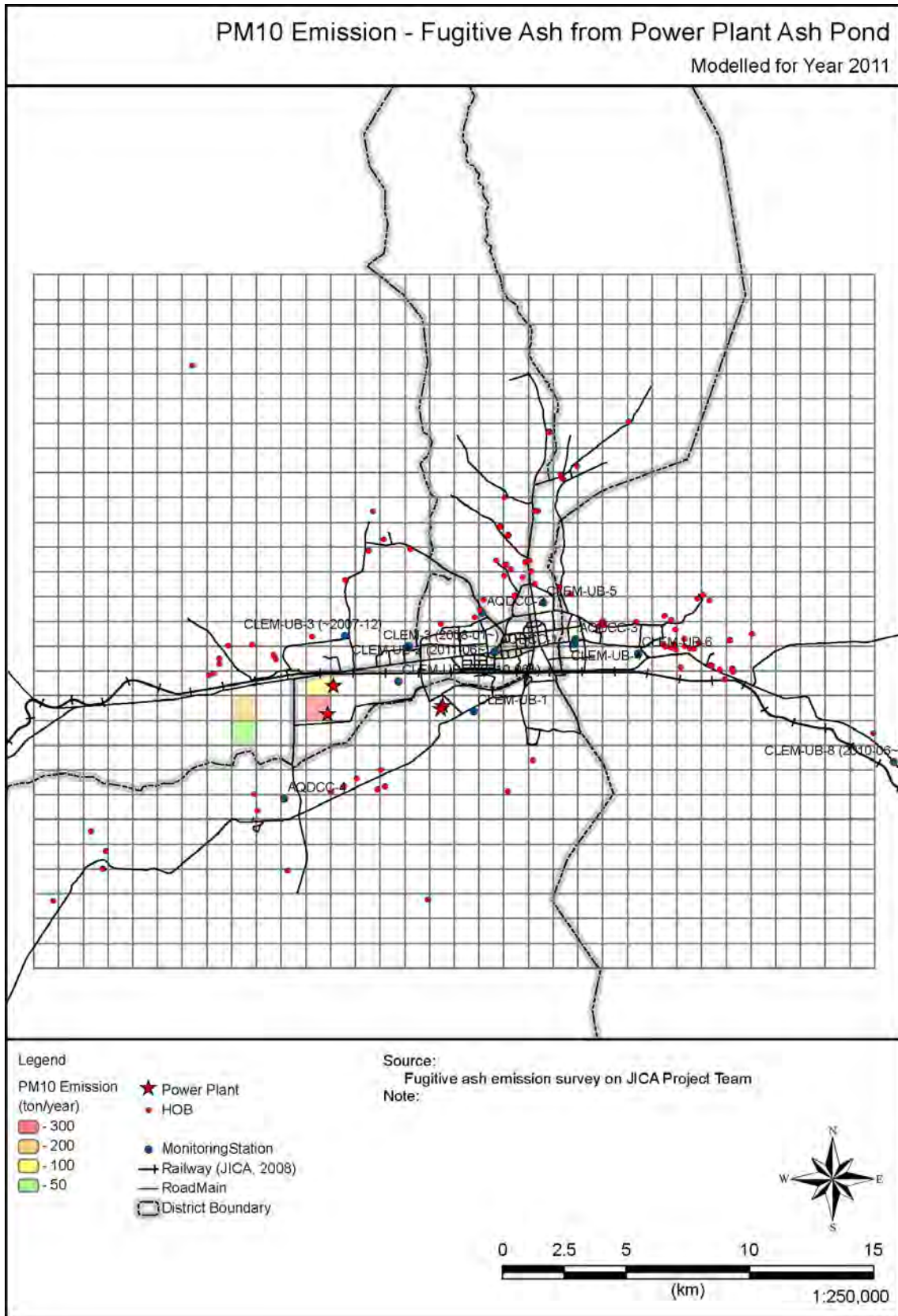


図 3-9 発電所灰埋立地からの灰飛散に伴う PM₁₀ 排出量分布 (2011 年)

4 大気汚染物質排出インベントリのまとめ

4.1 2010年

表 4-1 大気汚染物質別年間排出量 (2010年)

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	203.23	211.28	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	10,956.03	21,288.61	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

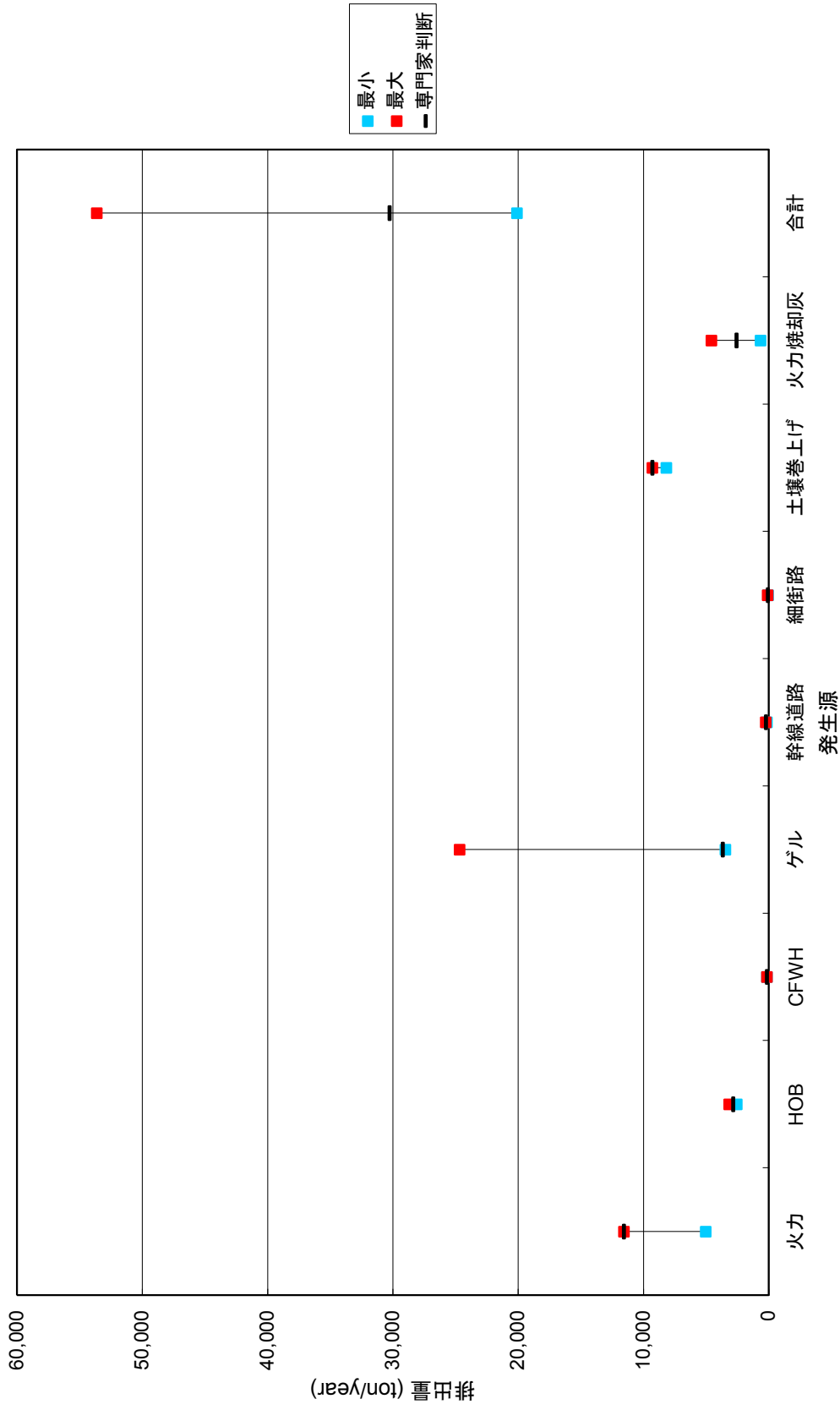


図 4-1 PM₁₀の発生源別排出量 (最大、最小、専門家判断)

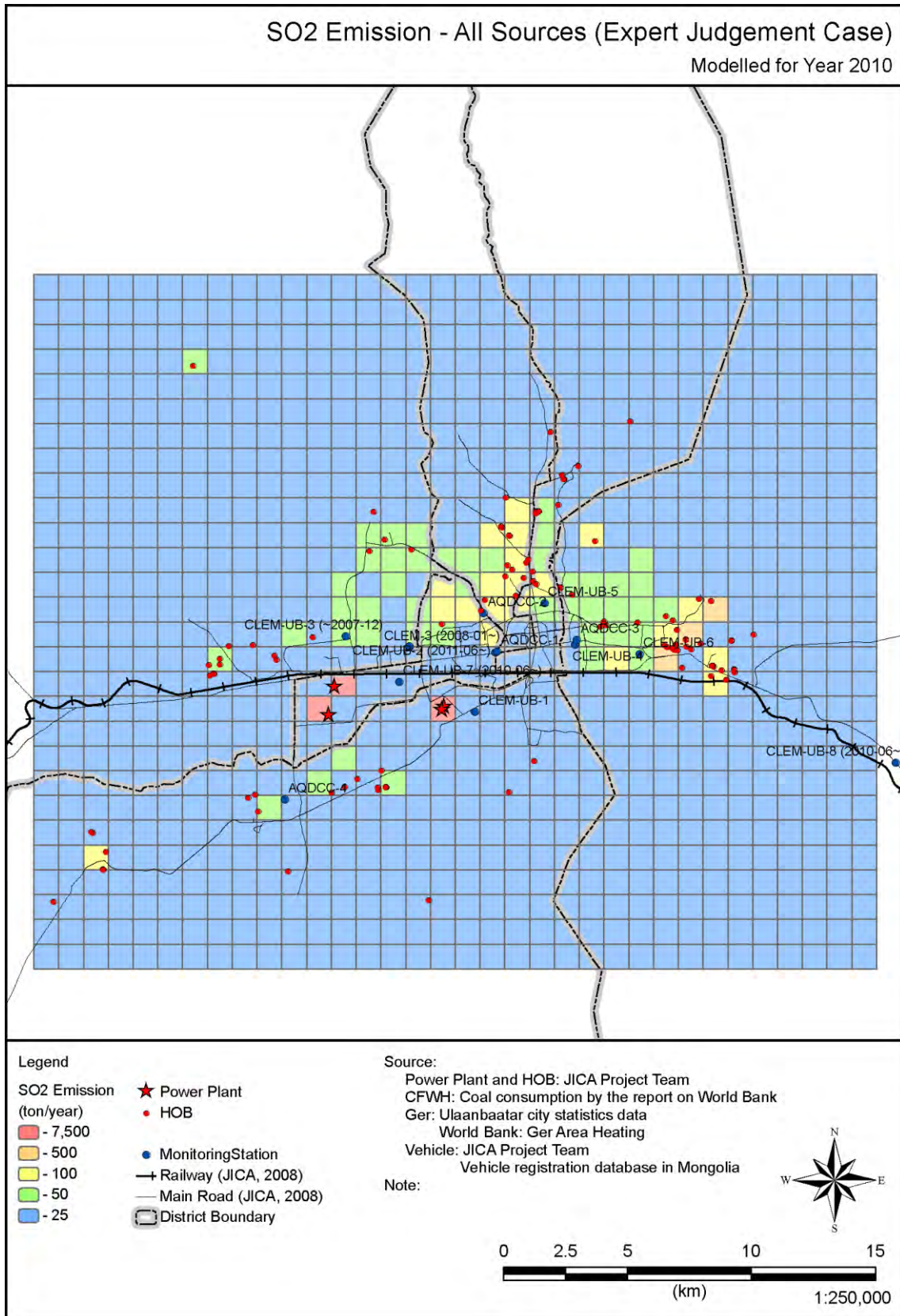


図 4-2 SO₂排出量分布図 (2010年、専門家判断ケース)

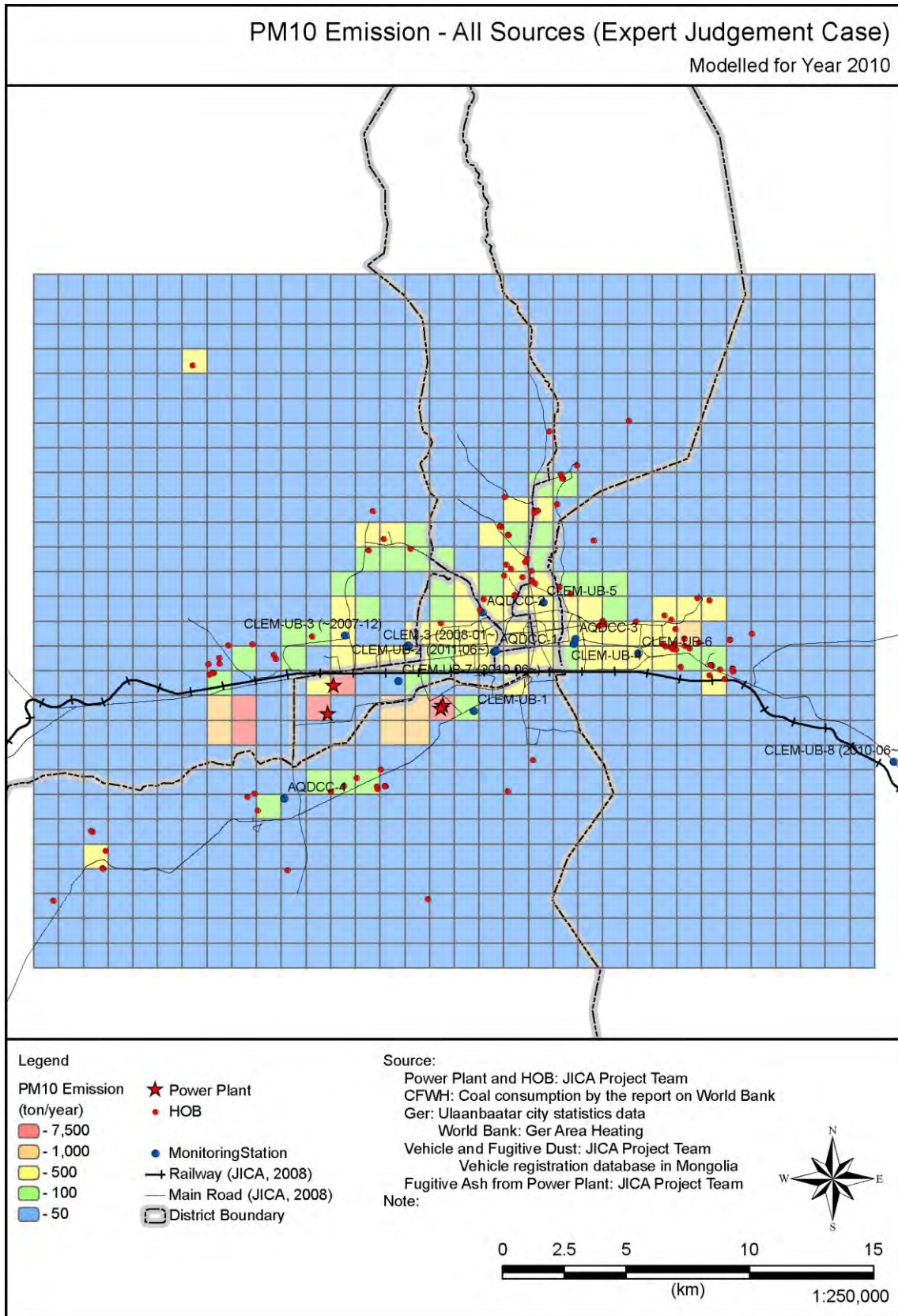


図 4-3 PM₁₀排出量分布図 (2010年、専門家判断ケース)

4.2 2010年改訂版

表 4-2 大気汚染物質別年間排出量 (2010年改訂版)

対象物質	SO ₂	PM ₁₀	CO	NO _x
発生源				
火力	10,544.72	12,886.97	8,480.55	14,251.02
HOB	764.40	1,307.00	4,969.90	125.96
CFWH	313.09	130.79	463.30	103.04
ゲル	5,517.66	4,312.96	178,364.07	2,368.06
幹線道路	204.25	195.33	24,292.66	4,186.38
細街路	31.91	30.52	3,795.42	654.07
土壌巻上げ		6,811.60		
火力焼却灰		1,950.15		
合計	17,376.05	27,625.32	220,365.91	21,688.53

単位：ton/year

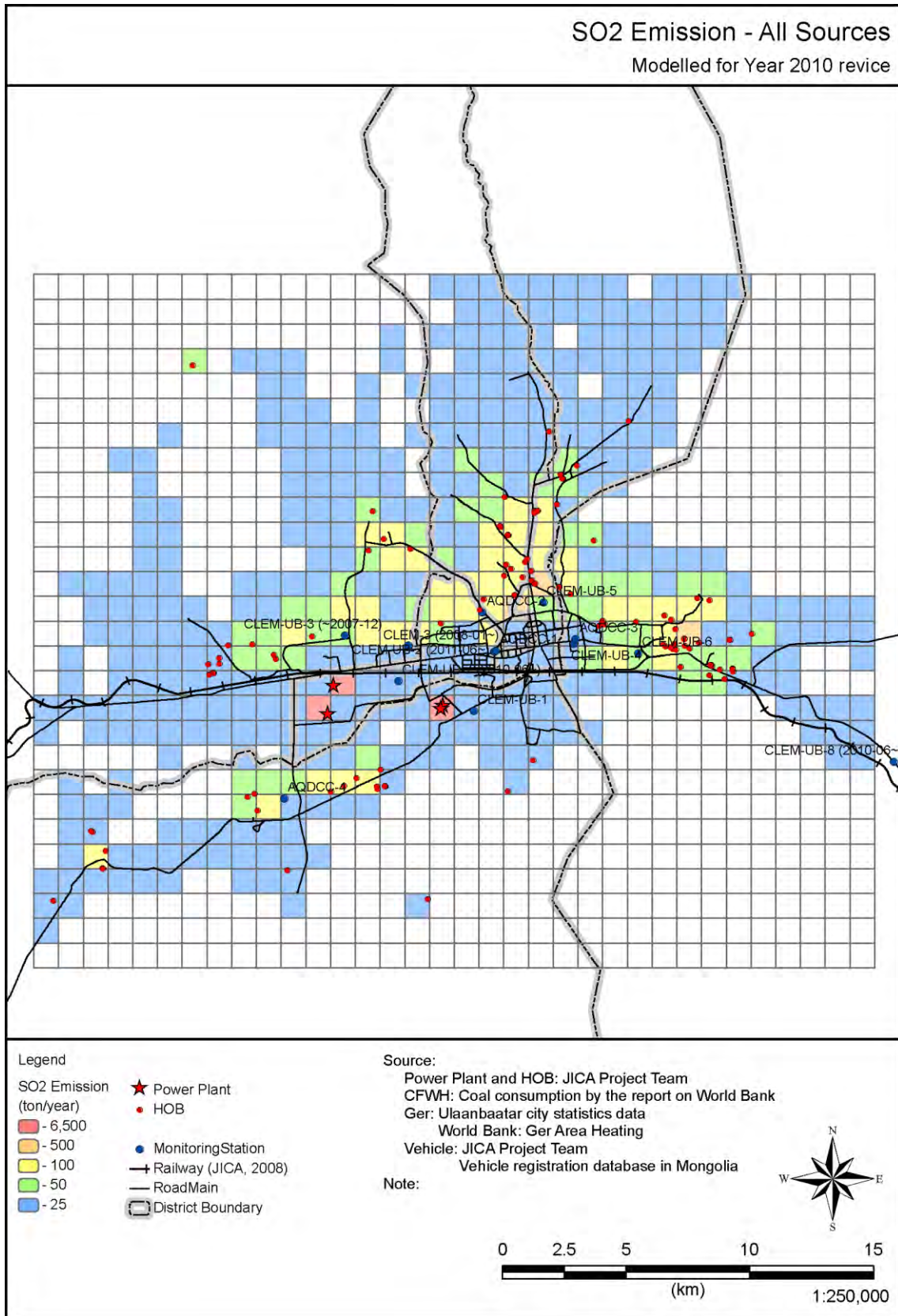


図 4-4 SO₂排出量分布図 (2010年改訂版)

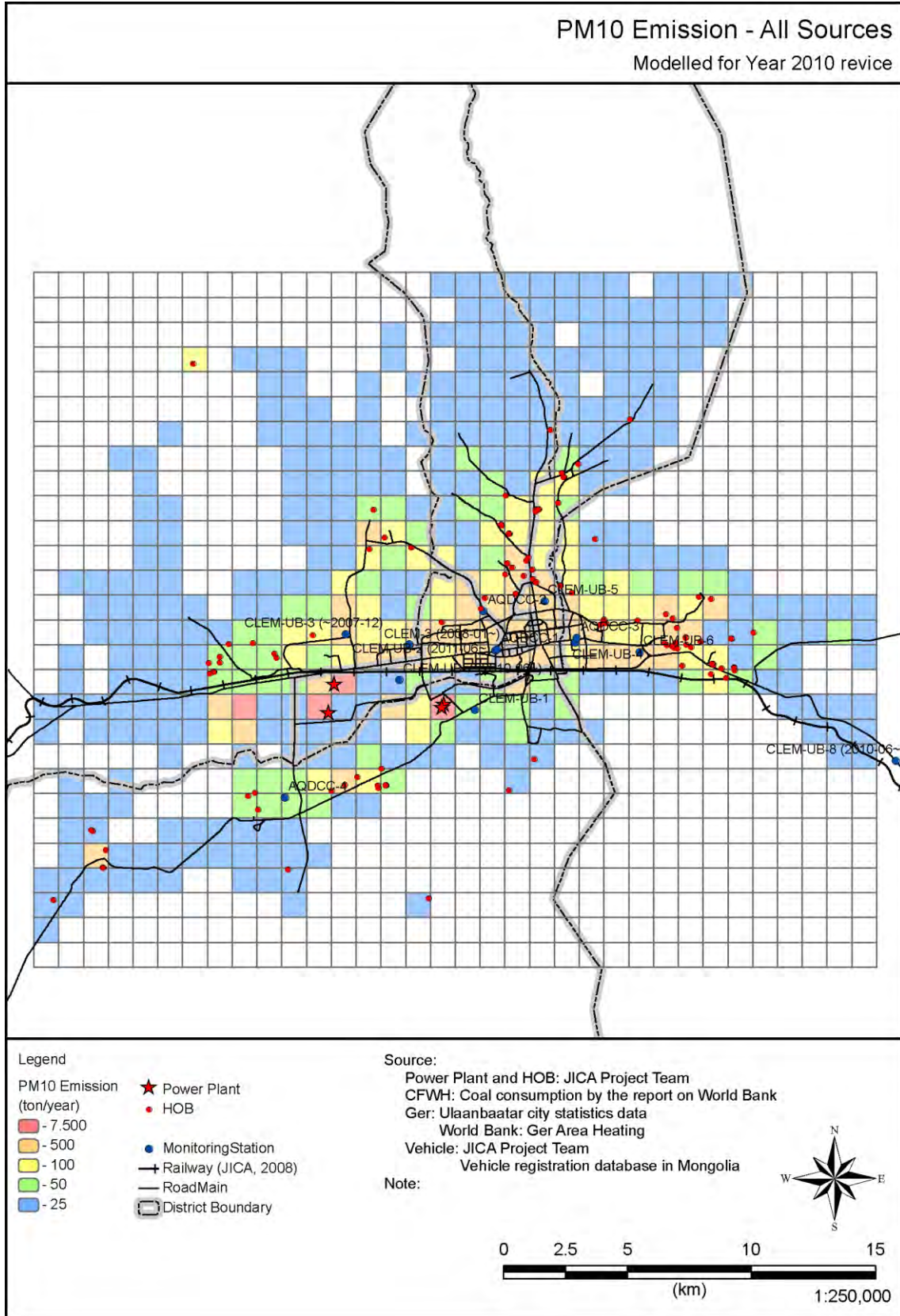


図 4-5 PM₁₀排出量分布図 (2010年改訂版)

4.3 2011 年

表 4-3 大気汚染物質別年間排出量 (2011 年)

対象物質 発生源	SO ₂	PM ₁₀	CO	NO _x
火力	10,666.97	13,070.16	8,484.45	14,274.63
HOB	829.71	1,044.36	5,944.36	145.87
CFWH	353.79	147.79	523.53	116.44
ゲル	4,473.62	5,271.23	65,234.22	621.70
幹線道路	192.70	184.28	22,918.64	3,949.56
細街路	30.11	28.79	3,580.93	617.10
土壌巻上げ		6,374.39		
火力焼却灰		955.82		
合計	16,546.89	27,076.83	106,686.14	19,725.29

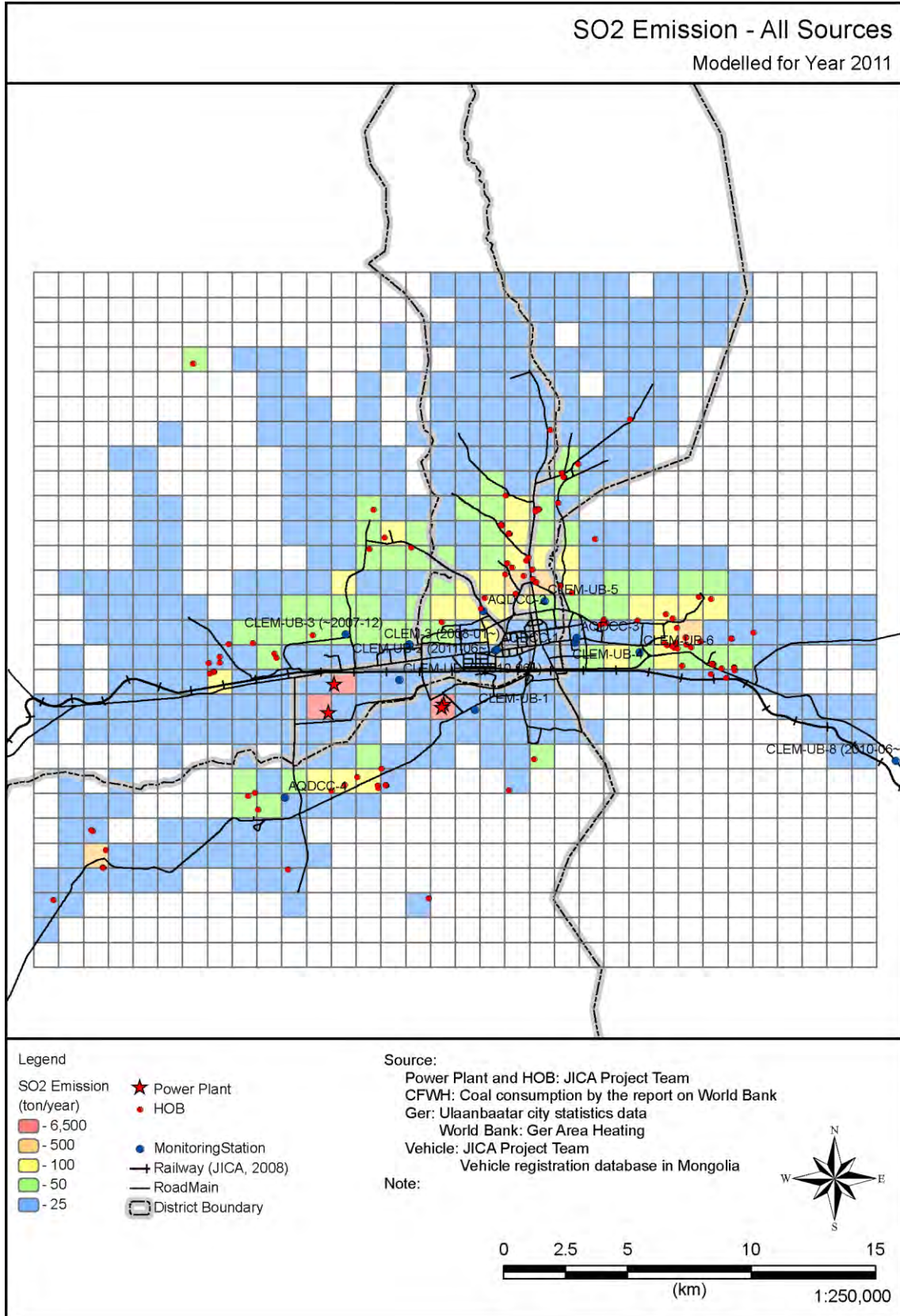


図 4-6 SO₂排出量分布図 (2011年)

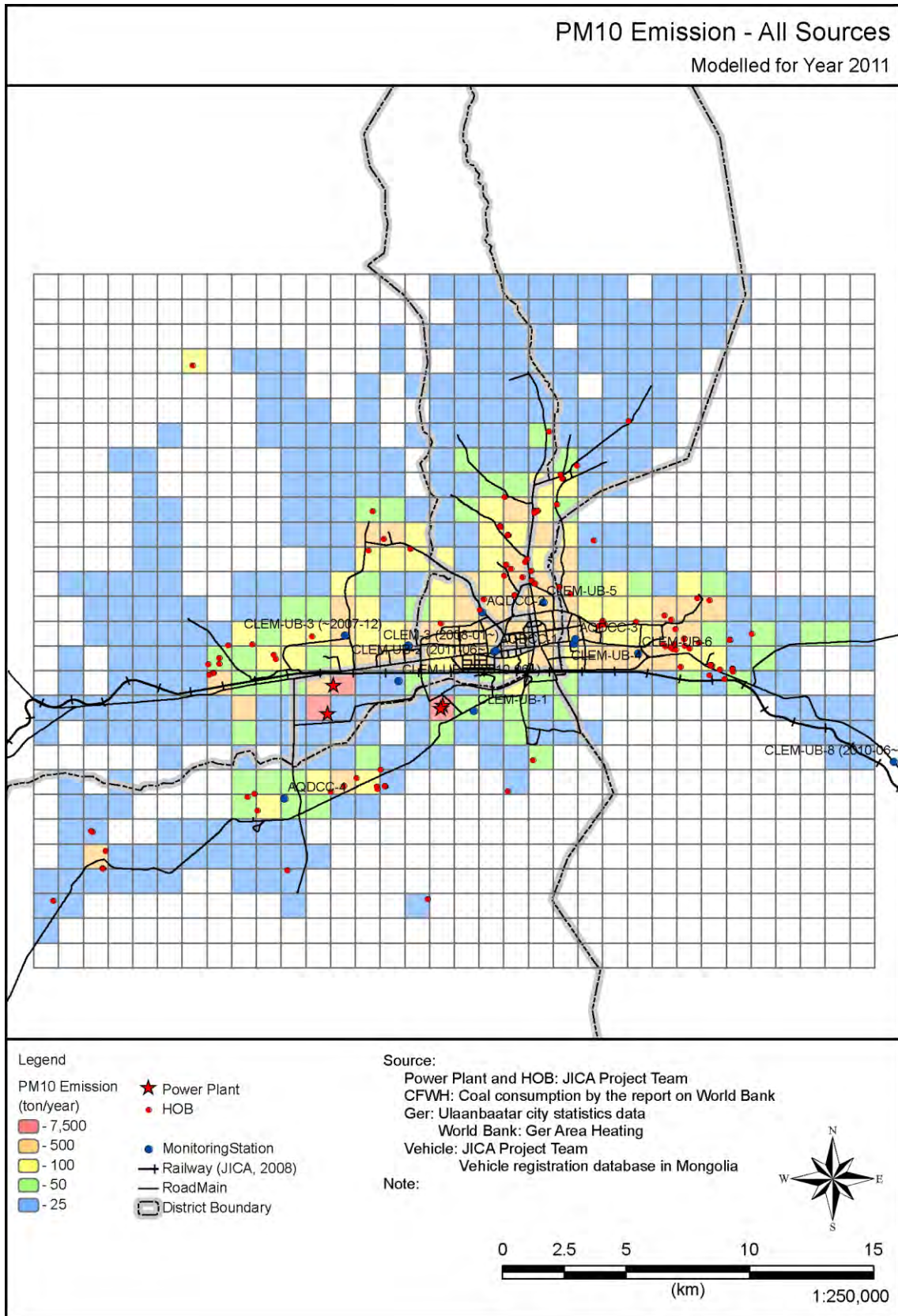


図 4-7 PM₁₀排出量分布図 (2011年)