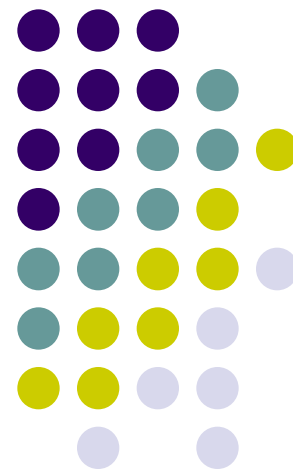


PM発生源寄与の解析

APRD & JICA専門家チーム

2017.4.25





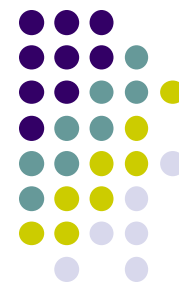
目次

1. 背景および目的
2. PM試料の採取
3. レセプタモデルによる解析
 1. CMBモデルによる解析
 2. PMFモデルによる解析
4. まとめ
5. 補足



1. 背景および目的

- フェーズ1で行った大気拡散モデルによるシミュレーション計算では、PM10の計算値が実測値に対して過少となっていた。
- ウランバートル市におけるPMの発生メカニズムを解明することでその原因を明らかにし、大気拡散モデルを改善することを目的として、PM10,PM2.5試料の成分分析、およびレセプタモデルによる解析を実施した。



2. PM試料の採取

PM試料採取地点





2. PM試料の採取

● PM試料採取期間・試料数

Sampling season	Observation period	No. of samples			
		FRM		M-CAS	
		PM2.5	PM10	PM2.5	PM10-25
1: Winter 2013	Jan.17, '14 - Jan. 23, '14	5	-	-	-
2: Summer 2014	Jun.20, '14 - Jul. 6, '14	11 (2)*	25 (4)*	-	-
3: Winter 2014	Dec.15, '14 - Jan. 6, '15	26	20	-	-
4: Spring 2015	Apr.18, '15 - May 2, '15	10	15	10	10
5: Autumn 2015	Sept.17, '15 - Oct. 7, '15	19 (6)*	19 (2)*	13	13
6: Winter 2015	Jan. 9, '16 - Feb. 2, '16	26	24	22	22
: Sum		97 (8)*	103 (6)*	45	45

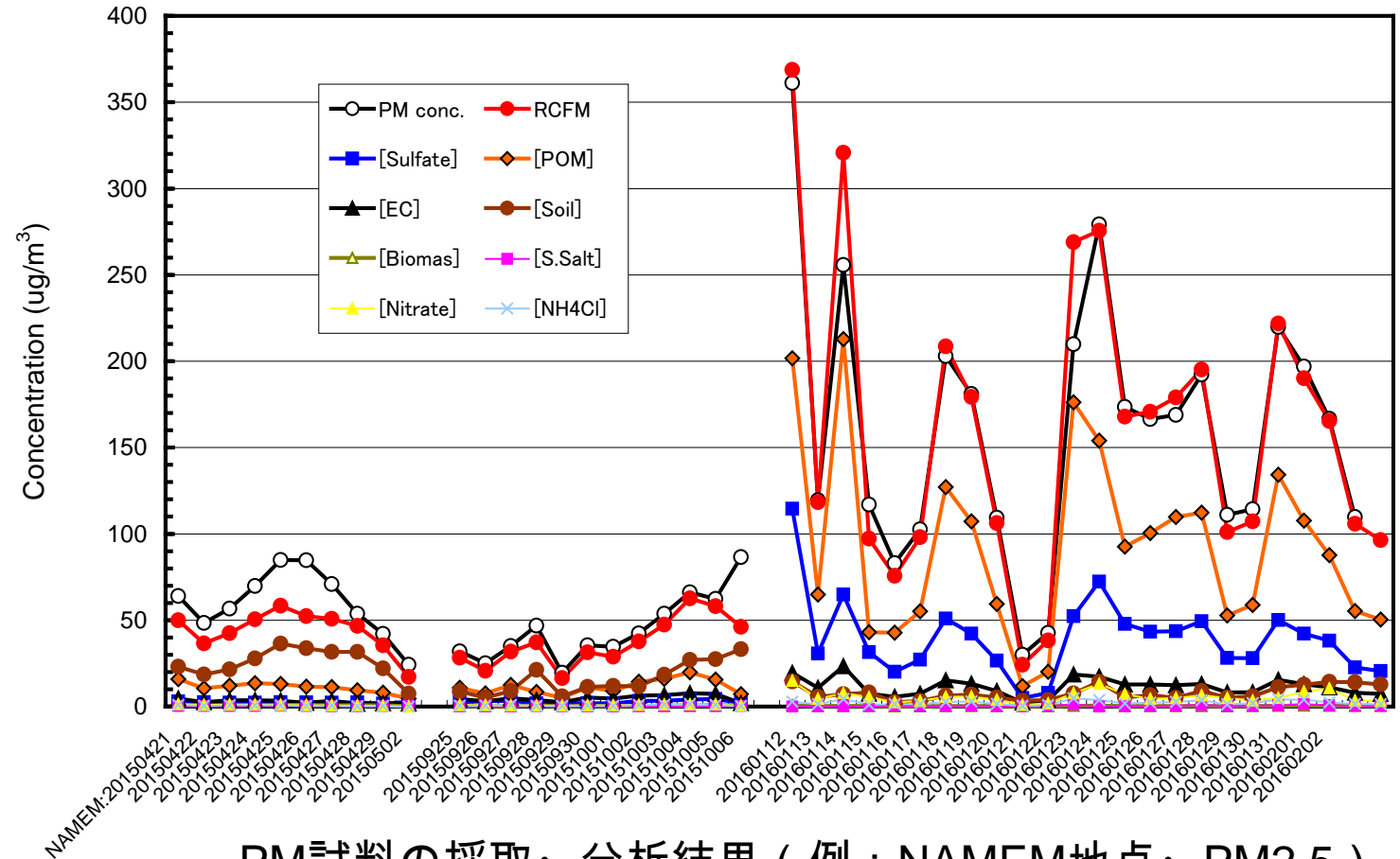
*: No. of quartz filter sampling failure

● 成分分析項目

- 炭素成分 : OC, EC,
- 水可溶性イオン : SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , etc.
- 元素 : Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, etc.



2. PM試料の採取



PM試料の採取・分析結果 (例：NAMEM地点・PM2.5)

$\{RCFM\} = 4.125 \{S\} + \{POM\} + \{EC\} + \{Soil\} + 1.4 \{KNON\} + 2.5 \{Na\} + 1.29 \{NO_3^-\}$
 $\{POM\} = 1.5 \{OC\}$
 $\{Soil\} = 2.32 \{Al\} + 2.63 \{Si\} + 1.72 \{Ca\} + 1.67 \{Fe\} + 2.05 \{Ti\}$
 $\{KNON\} = \{K\} - 0.6 \{Fe\}$





2. PM試料の採取

- 成分分析結果から求めた推定質量濃度は、実際に秤量した質量濃度の結果とよく一致し、質量濃度及び成分の測定に問題がないと判断できた。
 - 季節ごとに成分に明らかな違いがみられ、冬にはPOM (Particulate Organic Matter) の影響が大きく、春・秋にはSoil (土壌性粒子に多く含まれるAl, Si, Ca, Fe, Ti) の影響が大きかった。
- 更に発生源の寄与を解析するため、レセプタモデルによる解析を実施した。



3. レセプタモデルによる解析

- レセプターモデル：
発生源（ソース）でのPMの成分組成と環境測定点（レセプター）でのPMの成分組成から、発生源の寄与を統計的に推計するモデル
- 発生源の排出量や位置の情報が無くても発生源の寄与が推定できる。
- 排出されるPMの成分組成が似ている発生源は区別できない。



3. レセプタモデルによる解析

CMB, PMFの特徴

レセプター モデル	CMB	<ul style="list-style-type: none">・ 発生源と環境中での成分測定データを用いる。・ 発生源ごとの寄与が算出できる。・ 二次粒子や凝縮性ダストを考慮できない。
	PMF	<ul style="list-style-type: none">・ 環境中での成分測定データのみに基づき、発生源の情報を必要としない。・ 計算の結果得られた因子が実際にどの発生源に対応するかは推定する必要がある。・ 二次粒子や凝縮性ダストを考慮できる。
大気拡散 シミュレーション		<ul style="list-style-type: none">・ 発生源種類ごとの内訳が計算できる。・ 二次粒子や凝縮性ダストの計算方法を検討する必要がある。



3.1 CMBモデルによる解析

Emission Source Type	Chemical Components
Coal combustion	Measured Value
Road dust	Measured Value
Fly ash	Measured Value
Sea salt	Quoted Value
Steel industry	Quoted Value
Petroleum combustion	Quoted Value
Waste combustion	Quoted Value
Vehicle emission	Quoted Value
Brake dust	Quoted Value
Tire and brake dust	Quoted Value
Yellow sand	Quoted Value

- 上記の発生源の成分組成を収集し、CMBモデルによる解析を試みた。
 - 質量濃度は過大となり、再現性は低かった。
 - CMBでは、大気中で変化する二次生成粒子や凝縮性ダストを考慮できないことが原因であることが推測された。



3.2 PMFモデルによる解析

- PMFモデルによる解析を試みた。
- 環境中での成分測定データのみに基づくため、二次粒子や凝縮性ダストも考慮できる。しかし計算結果に対応する発生源種類は推定する必要がある。

PM2.5中の主要発生源因子の化学成分要素(%)

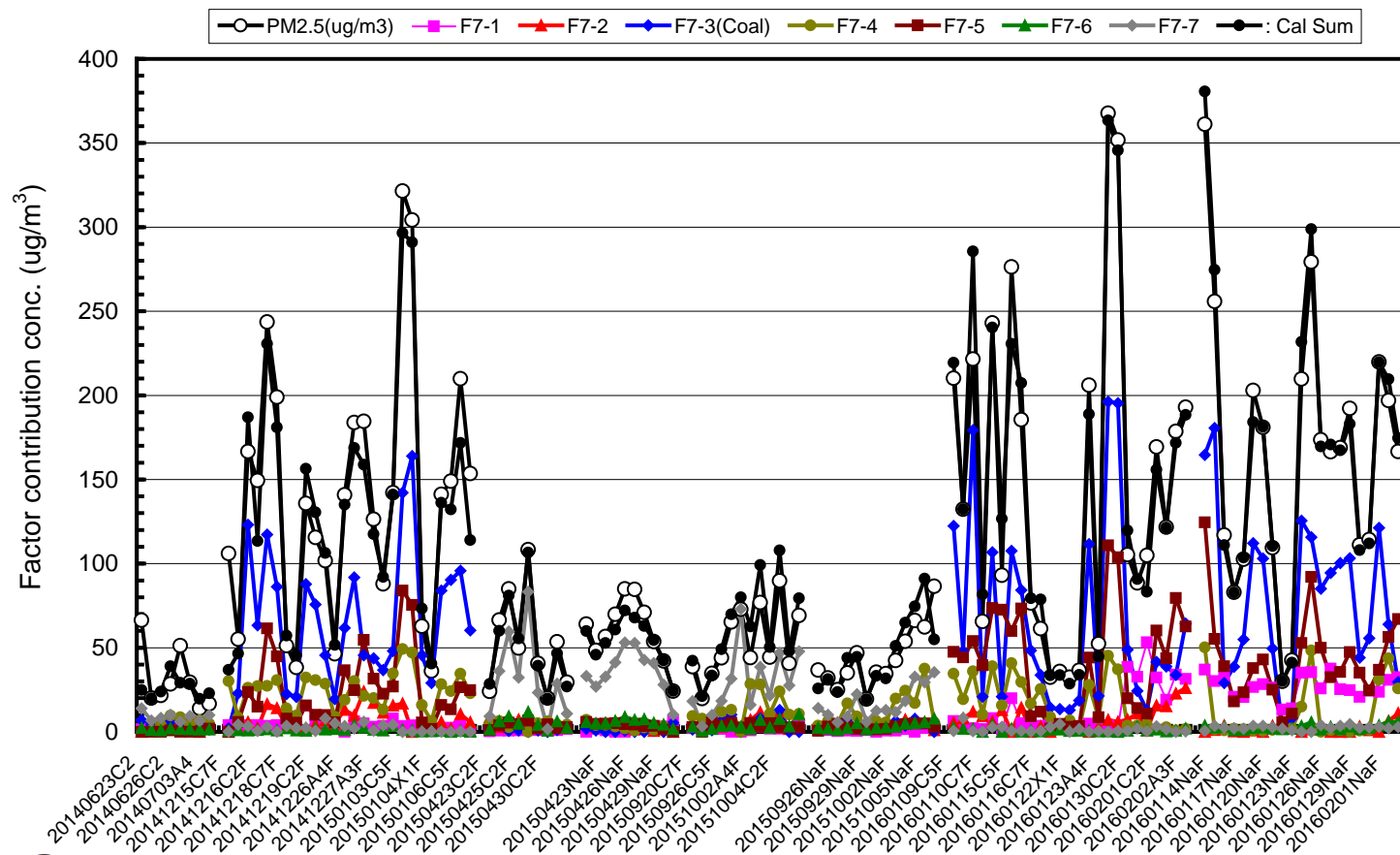
(Unit: %)

Factor	OC	EC	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Zn
F7-1	0.05	2.58	0.00	0.01	0.0007	0.05	5.89	0.26	0.14	0.012	0.000	0.394	0.23	0.000
F7-2	54.40	53.20	6.94	1.62	0.0007	0.03	0.00	0.26	0.00	0.036	0.001	0.070	0.49	0.001
F7-3	50.99	12.19	0.00	4.94	0.0000	0.02	5.89	0.05	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000
F7-4	2.20	0.00	0.00	0.35	0.0005	0.46	0.14	0.45	0.02	0.029	0.000	0.001	0.00	0.348
F7-5	39.78	0.01	10.81	9.51	0.0005	0.92	8.64	0.09	0.24	0.000	0.001	0.001	0.13	0.019
F7-6	0.04	19.89	0.00	0.00	0.0202	24.90	1.99	1.91	22.88	0.839	0.121	0.000	13.46	0.051
F7-7	8.37	0.00	0.00	0.00	9.1846	11.66	0.00	2.12	2.40	0.297	0.040	0.116	2.42	0.043



3.2 PMFモデルによる解析

発生源因子寄与濃度の変化 (PM2.5)





3.2 PMFモデルによる解析

- 発生源因子に対応する発生源種類の推定

因子	特徴	対応する発生源
F7-1	Mnが高い	不明
F7-2	年間を通して変動が少なく、ECが高い	自動車排気
F7-3	冬季に高く、OCが高い	石炭燃焼
F7-4	Znが高い	廃棄物燃焼
F7-5	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Sが高い	硫酸塩及び硝酸塩
F7-6	EC, Siが高い	不明
F7-7	非冬季に高く、Al, Siが高い	土壌性粒子



3.2 PMFモデルによる解析

観測期間毎にまとめたPM2.5発生源因子の推定寄与濃度

Source Profile :		F7-1:	F7-2	F7-3	F7-4	F7-5	F7-6	F7-7	Observed
Season (Sampling period)		?	Motor vehicles	Coal combustion	Refuse incineration	NH ₄ NO ₃ (NH ₄) ₂ SO ₄	?	Crustal	(ug/m ³)
Sampled by FRM (Jan.09,'16 - Feb.02,'16)	(ug/m ³)	13.0	7.7	64.8	17.1	42.3	1.1	1.4	145.7
	(%)	8.9	5.3	44.5	11.7	29.0	0.8	1.0	
Sampled by MCAS (Jan.12,'16 - Feb.02,'16)	(ug/m ³)	27.0	2.0	80.1	10.9	43.5	2.9	2.4	165.9
	(%)	16.2	1.2	48.3	6.6	26.2	1.7	1.5	
Mean	(ug/m ³)	19.4	5.1	71.8	14.3	42.8	1.9	1.9	154.9
	(%)	12.5	3.3	46.3	9.2	27.6	1.2	1.2	

Summer in 2014 (Jun.23,'14 - July04,'14)	(ug/m ³)	1.6	4.6	4.2	4.9	0.3	1.5	8.9	31.0
	(%)	5.1	15.0	13.4	15.7	1.1	5.0	28.7	
Winter in 2014 (Dec.12,'14 - Jan.06,'15)	(ug/m ³)	4.1	7.8	66.4	24.7	25.0	1.2	2.1	140.5
	(%)	2.9	5.5	47.2	17.5	17.8	0.9	1.5	
Spring in 2015 (Apr.23,'15 - May02,'15)	(ug/m ³)	1.5	3.6	1.2	3.5	3.7	5.5	34.0	56.7
	(%)	2.6	6.3	2.1	6.2	6.6	9.7	60.0	
Autumn in 2015 (Sept.20,'15 - Oct.06,'15)	(ug/m ³)	1.4	4.9	4.2	12.9	3.2	3.7	22.9	48.7
	(%)	2.9	10.0	8.7	26.6	6.6	7.7	47.2	



3.2 PMFモデルによる解析

- 冬季では石炭燃焼に伴って排出された揮発性炭素を多量に含んだ炭素成分の寄与が支配的であることが明らかとなった。
- 非冬季では土壌性粒子の寄与が大きかった。
- 成分濃度が類似しているため、石炭燃焼発生源の施設種類（HOBやストーブ）ごとの内訳は分離できなかつた。



4. まとめ

- 冬季のPM汚染では、石炭燃焼由来粒子の影響が大きく、特に、有機炭素 (OC)成分からなる凝縮性ダストの寄与が大きかった。
→OCの凝縮性ダストの寄与を考慮することで、大気拡散モデルを改善できることが明らかになった。
- 春・秋のPM汚染では、土壌性粒子の寄与が支配的であった。
- 成分濃度が類似しているため、石炭燃焼発生源の施設種類 (HOB やストーブ) ごとの内訳は分離できなかった。
→対策の実施のために必要な石炭燃焼施設ごとの寄与は、大気拡散モデルを用いて明らかにすることができる。

大気拡散モデルとレセプタモデルを組み合わせることで、大気汚染構造の解明を進めることができた。



5. 補足

- PM発生源の寄与解析に関するセミナー
2017.05.25 @日本モンゴルセンター

PMFの結果を用いたCMBモデルによる再解析の結果など、
詳しい内容は上記セミナーにてご説明します。
是非ご参加ください。



ありがとうございました