

## 4 レセプターモデルを用いた PM<sub>2.5</sub> の発生源寄与割合の推計

本章では、2015 年度の PM<sub>2.5</sub> 成分測定データに対して、レセプターモデルである CMB 法及び PMF 法の 2 通りの手法を適用し、PM<sub>2.5</sub> の発生源寄与割合を推計する。

### 4.1 成分測定データに対する前処理

環境省及び東京都環境科学研究所の 2015 年度の PM<sub>2.5</sub> 成分測定データに対して、以下の前処理を実施した。その結果、解析に用いるのが適当な成分として、表 4-1 の 24 成分が抽出された。また、解析に用いるのが適当なレコードとして、環境省のデータからは日本全国の 158 測定局で得られた 5,320 レコードが、東京都環境科学研究所のデータからは 102 レコードが、それぞれ抽出された。

#### 4.1.1 データの取得と基本的な確認

環境省の Web サイト「微小粒子状物質(PM2.5)測定データ | 平成 27 年度」<sup>26</sup>より、2015 年度の成分測定データを取得した。データを精査し、発見された入力ミス（不適切な記号・全角文字などの混入、測定値と検出限界との対応付けの誤り等）については、可能な範囲で修正を行った。また、東京都環境科学研究所において 2015 年度に捕集された PM<sub>2.5</sub> の成分測定データについても、入力ミスを修正した上で、解析に用いた。

#### 4.1.2 各地点における各成分の有効な測定値数の確認

解析に使用する成分を選定する際の判断材料とするため、環境省の成分測定データのうち、関東地域の各地点における各成分の有効な測定値数（未測定及び欠測以外の測定値数）を確認した（図 4-1）。

---

<sup>26</sup> 環境省：微小粒子状物質(PM2.5)測定データ | 平成 27 年度,  
[http://www.env.go.jp/air/osen/pm/monitoring/data/pm25\\_27.html](http://www.env.go.jp/air/osen/pm/monitoring/data/pm25_27.html)（平成 31 年 4 月 22 日アクセス）



### 4.1.3 解析に使用する成分の選定

発生源の指標成分としての重要性及び有効な測定値の多さの2つの観点から、解析に使用する成分を選定した（図 4-2、表 4-1、表 4-2）。

解析に際しては、炭素成分を次のように再整理して用いた。なお、EC、char-EC、soot-EC が負値となった場合は、0 に修正した。

- OC : OC1 + OC2 + OC3 + OC4 + OCpyro
- EC (CMB 解析のみ) : EC1 + EC2 + EC3 - OCpyro
- char-EC (PMF 解析のみ、以下「cEC」という。) : EC1 - OCpyro
- soot-EC (PMF 解析のみ、以下「sEC」という。) : EC2 + EC3 (EC1 < OCpyro の場合は OCpyro - EC1 を減算)

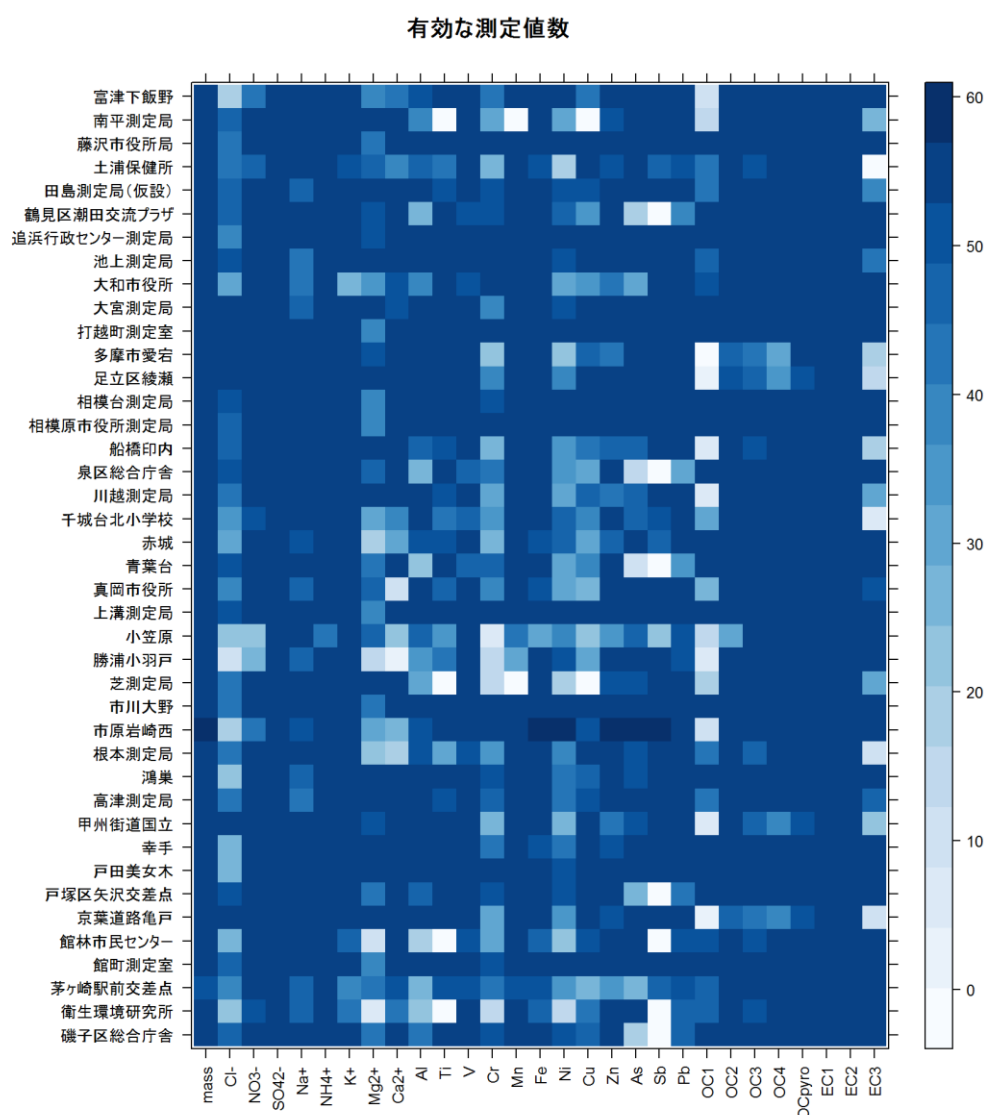


図 4-2 本解析に使用した成分（環境省の成分測定データ、関東地域の測定地点を例）

※ カラーバーの数値は、各地点における各成分の有効な測定値数を表す。

表 4-1 本解析に使用した成分

成分名	海塩	地殻	道路	自動車排気ガス	ブレーキ	タイヤ	鉄鋼	石油燃焼	廃棄物焼却	バイオマス燃焼	石炭燃焼	東京都プロフィール
Cl <sup>-</sup>												✓
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>												✓
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>												✓
Na <sup>+</sup>	●								○			✓
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>												✓
K <sup>+</sup>									●	○		✓
Mg <sup>2+</sup>												
Ca <sup>2+</sup>		●	○				○					✓
Al		●	○									✓
Si												
Sc		○	○									✓
Ti		○	○		○		○					
V								●				✓
Cr							○		○			✓
Mn							●					✓
Fe			○		○		●					✓
Co												
Ni							○	●				
Cu					●		○		○			
Zn						●	○		●			
As									○		●	✓
Se												✓
Rb												
Mo												
Sb					●				○			✓
Cs												
Ba					●							
La												✓
Ce												
Sm												
Hf												
W												
Ta												
Th												
Pb											○	
OC												✓
EC				●				○				✓
soot-EC				●				○				
char-EC										●		
レボグルコサン										●		

- ※ PM<sub>2.5</sub>成分測定データのうち、解析に使用した成分の背景を白で、使用しない成分の背景を黒で、それぞれ示した（解析対象 24 成分）。
- ※ 各成分がどの発生源の指標成分となっているかを、○（「環境省 PM<sub>2.5</sub>成分測定マニュアル無機元素測定法」 iii ページの表）及び●（飯島（2011）<sup>27</sup>の記載）で示した。
- ※ 東京都プロフィールに含まれている成分についても示した。

<sup>27</sup> 飯島明宏：大気モデルー第 5 講 レセプターモデルー，大気環境学会誌，46(4)，A53-A60（2011）

表 4-2 CMB 解析及び PMF 解析に用いた成分

CMB				PMF			
No	成分	No	成分	No	成分	No	成分
1	PM <sub>2.5</sub> (MASS)	13	Fe	1	PM <sub>2.5</sub> (MASS)	13	Cr
2	Cl <sup>-</sup>	14	Zn	2	Cl <sup>-</sup>	14	Mn
3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15	As	3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15	Fe
4	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16	Sb	4	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16	Ni
5	Na <sup>+</sup>	17	OC	5	Na <sup>+</sup>	17	Cu
6	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	18	EC	6	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	18	Zn
7	K <sup>+</sup>			7	K <sup>+</sup>	19	As
8	Ca <sup>2+</sup>			8	Mg <sup>2+</sup>	20	Sb
9	Al			9	Ca <sup>2+</sup>	21	Pb
10	V			10	Al	22	OC
11	Cr			11	Ti	23	cEC
12	Mn			12	V	24	sEC

※ CMB 解析では、表 4-1 に示す成分のうち、東京都プロファイルに含まれる成分を使用した。  
 ※ PMF 解析では、表 4-1 に示す成分のうち、背景を白で示した成分（EC を除く）を使用した。  
 ※ cEC は char-EC、sEC は soot-EC を示す。

#### 4.1.4 解析に使用するレコードの選定

解析では、4.1 で選定した表 4-1 の全成分の測定値が揃っているレコードのみを使用する。該当レコードは、環境省の成分測定データでは、日本全国で 7,778 レコードであった。この中から、次の 2 つの点から異常と思われるレコードをさらに除外した。

- ・ 質量濃度よりも成分濃度の和の方が大きいレコード
  - 成分濃度の和を計算する際、OC に係数 1.7 を乗じた。
  - 該当レコードは、2,040 レコードであった。
- ・ イオンバランスが崩れているレコード
  - 陰イオン当量が陽イオン当量から 20 % 以上乖離しているレコードを除外した (図 4-3)。
  - 該当レコードは、418 レコードであった。

最終的に、日本全国の 158 測定局で得られた 5,320 レコードが抽出された。

また、東京都環境科学研究所の成分測定データにも同様の処理を適用し、102 レコードが抽出された。

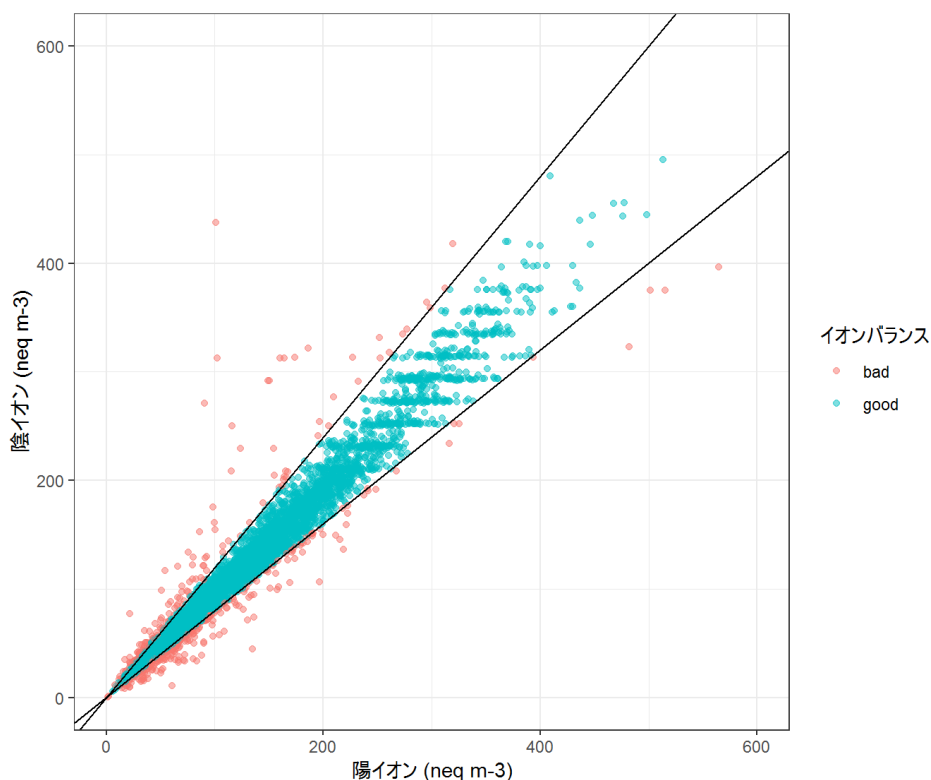


図 4-3 イオンバランスの確認結果 (環境省の成分測定データ)

#### 4.1.5 検出限界未満の測定値の取り扱い

検出限界未満の測定値は、飯島（2011）<sup>28</sup>に従い、検出限界の半分の値で置換した。その際、後述の通り不確かさを大きく設定した。

## 4.2 CMB 解析の実施

4.1 に記載したスクリーニング済みのデータに対して、CMB 法を適用した。ソフトウェアは、EPA CMB 8.2 を使用した。発生源プロファイルは、「東京都微小粒子状物質検討会報告書（東京都微小粒子状物質検討会、平成 23 年 7 月）」で報告された、次の発生源を用いた。

- ・ 土壌・道路粉じん（ROAD）
- ・ 海塩（SEA）
- ・ 鉄鋼（IRON）
- ・ 重油燃焼（FUEL）
- ・ 廃棄物焼却（REFUSE）
- ・ 自動車排出ガス（CAR）
- ・ ブレーキ粉じん（BRAKE）
- ・ 植物質燃焼類（BIOMASS）

また、二次生成の寄与割合を推計するために、次の手順でフィッティングを行った。まず、前述の発生源プロファイルを用いて、一次粒子にのみ含まれる成分を対象としたフィッティングを行う。次に、二次粒子にも含まれる成分（アンモニウムイオン、硫酸イオン、硝酸イオン、OC）については、前述のフィッティング結果に基づき各発生源に分配し、残りを想定される各二次生成物質（ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 、二次有機粒子）に配分した。解析に使用した発生源プロファイルを表 4-3 に示す。なお、二次有機粒子については、観測値の OC 濃度に各発生源の寄与として割り当てられた OC 濃度を差し引いて 1.7 を乗じることで算出した。本手法により算出した二次有機粒子には、二次生成由来の有機粒子のほか、未把握の一次有機粒子が含まれると考えられることから、ここでは「二次有機粒子等」と表記した<sup>29</sup>。

発生源寄与割合の推計結果は、PMF 解析と合わせて、4.4 に示す。

<sup>28</sup> 飯島明宏：大気モデル—第 5 講 レセプターモデル—，大気環境学会誌，46(4)，A53-A60（2011）

<sup>29</sup> CMB 解析では、シミュレーションモデルのように二次有機粒子（Secondary Organic Aerosol：SOA）を直接算出することができず、ここでは便宜上、OC 濃度から二次有機粒子の寄与割合を算出している。また、CMB 解析に使用した発生源プロファイルは、主に煙道中の粒子を対象とした既往の調査結果から整理されたものであり、凝縮性粒子が一次粒子として考慮されていないと考えられる。CMB 解析で算出した二次有機粒子は、二次生成由来の有機粒子のほか、未把握の一次有機粒子も含まれることから、二次有機粒子の寄与を過大評価している可能性があり、ここでは、「二次有機粒子等」と表記した。

表 4-3 本解析に使用した CMB 発生源プロファイル

成分	発生源											
	土壌・道路粉じん		海塩粒子		鉄鋼		重油燃焼		廃棄物焼却		自動車排出ガス	
	濃度	誤差	濃度	誤差	濃度	誤差	濃度	誤差	濃度	誤差	濃度	誤差
Cl <sup>-</sup>	3.4E-04	1.5E-04	5.5E-01	2.8E-02	3.4E-02	6.8E-03	9.2E-04	9.2E-04	2.7E-01	2.7E-02	2.0E-04	2.0E-05
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.9E-04	1.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5.7E-04	4.5E-04	7.8E-02	1.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-01	1.6E-01	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-02	2.2E-03
Na <sup>+</sup>	1.3E-02	2.7E-03	3.0E-01	1.5E-02	1.4E-02	2.7E-03	1.0E-02	5.0E-03	1.2E-01	1.2E-02	7.6E-05	7.6E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	6.1E-03	9.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K <sup>+</sup>	1.3E-02	3.4E-03	1.1E-02	1.1E-03	1.3E-02	2.6E-03	8.5E-04	8.5E-04	2.0E-01	2.0E-02	2.0E-04	2.0E-05
Ca <sup>2+</sup>	5.5E-02	2.6E-02	1.2E-02	5.9E-04	4.5E-02	9.0E-03	8.5E-04	4.3E-04	1.1E-02	2.2E-03	1.5E-03	1.5E-04
OC	6.9E-02	2.8E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-01	2.5E-02
EC	1.3E-02	4.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-03	5.0E-03	3.0E-01	1.3E-01	5.0E-02	5.0E-02	4.9E-01	4.9E-02
Al	6.1E-02	7.7E-03	3.0E-07	0.0E+00	1.0E-02	2.0E-03	2.1E-03	1.1E-03	4.2E-03	8.4E-04	1.6E-03	1.6E-04
V	1.1E-04	3.5E-05	1.0E-07	0.0E+00	1.3E-04	2.5E-05	6.4E-03	3.2E-03	2.7E-05	1.4E-05	7.2E-06	7.0E-07
Cr	2.8E-04	1.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-03	6.3E-04	2.1E-04	1.1E-04	8.5E-04	8.5E-04	1.2E-05	1.2E-06
Mn	1.1E-03	3.9E-04	1.0E-07	0.0E+00	2.2E-02	2.2E-03	1.2E-04	4.0E-05	3.3E-04	3.3E-04	1.9E-05	1.9E-06
Fe	5.3E-02	6.4E-03	3.0E-07	1.0E-07	1.6E-01	1.6E-02	4.6E-03	2.3E-03	6.1E-03	6.1E-03	9.9E-04	9.9E-05
Zn	1.3E-03	8.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	5.2E-02	1.0E-02	4.0E-04	2.0E-04	2.6E-02	1.3E-02	6.2E-04	6.2E-05
As	1.1E-05	4.2E-06	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-04	1.0E-04	2.3E-05	1.2E-05	1.5E-04	1.5E-04	3.7E-06	4.0E-07
Sb	1.3E-05	7.4E-06	0.0E+00	0.0E+00	9.0E-05	9.0E-05	6.9E-06	3.5E-06	9.5E-04	4.8E-04	2.0E-05	2.0E-06

※ 発生源プロファイルの濃度 (g/g) と誤差を示す。

※ 二次粒子の (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>については、それぞれの分子量から組成を算出した。



表 4-3(2) 本解析に使用した CMB 発生源プロフィール

成分	発生源				二次粒子					
	ブレーキ粉じん		植物質燃焼類		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>		NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	
	濃度	誤差	濃度	誤差	濃度	誤差	濃度	誤差	濃度	誤差
Cl <sup>-</sup>	1.3E-02	2.5E-03	2.0E-02	4.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-03	2.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.8E+01	7.8E+00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.9E-03	1.5E-03	9.0E-03	1.8E-03	7.3E+01	7.3E+00	8.4E+01	8.3E+00	0.0E+00	0.0E+00
Na <sup>+</sup>	7.6E-03	2.5E-03	5.8E-03	1.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-03	3.8E-04	2.7E+01	2.7E+00	1.6E+01	1.6E+00	2.3E+01	2.3E+00
K <sup>+</sup>	3.5E-03	7.0E-04	1.3E-02	2.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Ca <sup>2+</sup>	3.2E-02	6.4E-03	2.3E-03	4.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
OC	8.0E-02	3.1E-02	5.2E-01	1.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
EC	1.5E-01	7.6E-02	1.3E-01	2.7E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Al	1.9E-02	3.9E-03	2.1E-03	4.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
V	5.9E-05	1.2E-05	4.0E-07	1.0E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Cr	4.2E-04	8.4E-05	3.9E-04	7.8E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Mn	7.2E-04	1.4E-04	9.8E-05	2.0E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Fe	9.1E-02	1.8E-02	3.6E-03	7.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Zn	3.3E-03	6.5E-04	9.7E-04	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
As	2.2E-05	4.4E-06	2.0E-03	4.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Sb	2.1E-03	4.3E-04	7.7E-06	1.6E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

※ 発生源プロフィールの濃度 (g/g) と誤差を示す。

※ 二次粒子の (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>については、それぞれの分子量から組成を算出した。

### 4.3 PMF 解析の実施

4.1 で整理したスクリーニング済みのデータに対して、因子数を 8 から 13 まで変えながら、PMF 解析を実施した。ソフトウェアとしては、EPA PMF 5.0 を使用した。追加誤差は、5% に設定した。寄与割合の推計結果は、CMB 解析と合わせて、4.4 に示す。

#### 4.3.1 不確かさの算出

PMF 解析においては、成分測定結果の不確かさデータが必要となる。試料  $i$  中における成分  $j$  の濃度を  $c_{ij}$ 、対応する検出限界を  $DL_{ij}$  とする。本解析では、EPA PMF 5.0 の説明書<sup>30</sup>に従い、不確かさ  $u_{ij}$  を次の通りに与えた。

$$u_{ij} = \begin{cases} \sqrt{(EF_j c_{ij})^2 + \left(\frac{1}{2} DL_{ij}\right)^2} & (c_{ij} \geq DL_{ij}) \\ \frac{5}{6} DL_{ij} & (c_{ij} < DL_{ij}) \end{cases}$$

ここで、誤差フラクシオン  $EF_{ij}$  は 0.2 に設定した。

#### 4.3.2 統計的に最適な因子数の選択

各因子数について、Base Model Run を 20 回ずつ繰り返し、統計的に最適な因子数を決定した。

全ての因子数において、20 回の Base Model Run は全て収束した。モデルの観測値へのあてはまりのよさを表す  $Q_{\text{true}}$  を理論値  $Q_{\text{exp}}$  で規格化した値は、因子数の増加とともに、1.28 から 0.877 まで減少した (図 4-4)。

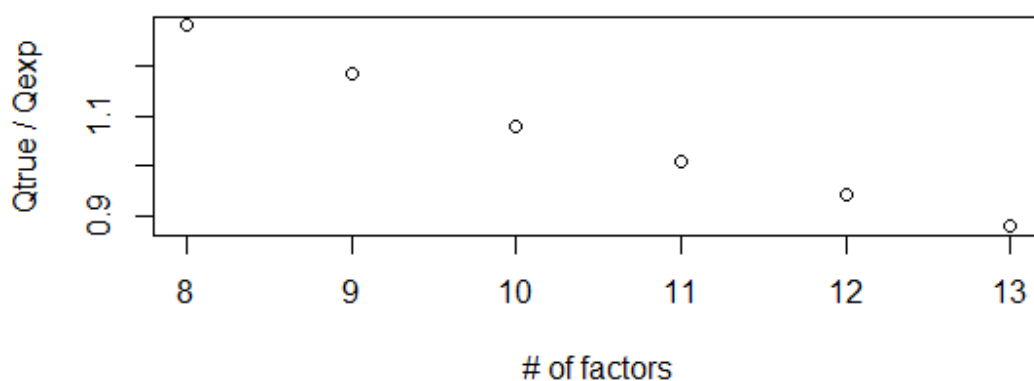


図 4-4 因子数と  $Q_{\text{true}}/Q_{\text{exp}}$  との関係

<sup>30</sup> EPA: Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide, [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/pmf\\_5.0\\_user\\_guide.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/pmf_5.0_user_guide.pdf)

また、モデルの頑健性を表す  $Q_{\text{true}}$  の相対標準偏差は、10 因子及び 11 因子のときに急増したが、12 因子以上では再び減少した（図 4-5）。

以上を踏まえて、統計的に最適な因子数として、9 因子を採用した。

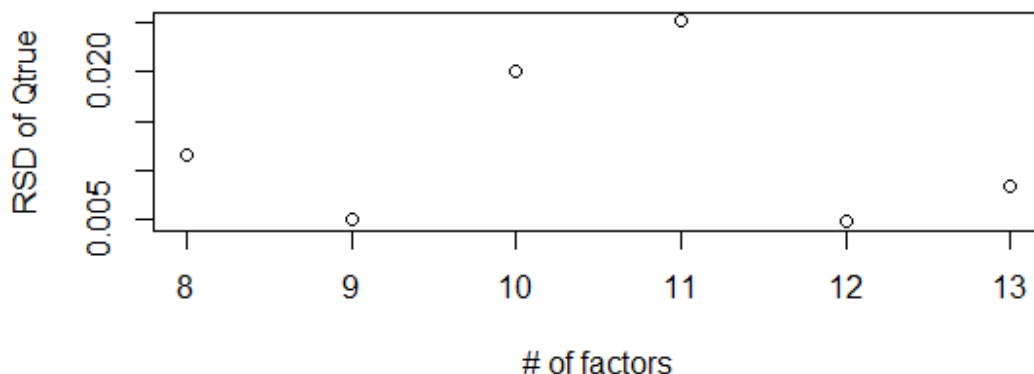


図 4-5 因子数と  $Q_{\text{true}}$  のばらつき（相対標準偏差）との関係

#### 4.3.3 因子プロファイルの可視化

統計的に最適と考えられる 9 因子モデルの各因子のプロファイルを、図 4-6～図 4-8 に示す。

各因子は、指標元素の % of species sum に基づき、大気環境学的に無理のない範囲で、各発生源と次のように対応付けられた（表 4-4）。

なお、各因子に分解した OC 濃度については、係数 1.7 を乗じた上で発生源寄与割合を算出した。

表 4-4 PMF の各因子を対応付けた発生源と指標とした成分

因子	対応付けた発生源	指標とした成分
第 1 因子	石炭燃焼	As、Pb
第 2 因子	硫酸アンモニウム	$\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$
第 3 因子	二次有機粒子・バイオマス燃焼	$\text{K}^+$ 、OC、cEC
第 4 因子	道路・地殻	$\text{Ca}^{2+}$ 、Al、Ti、Fe
第 5 因子	硝酸アンモニウム・塩素	$\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$
第 6 因子	鉄鋼・ブレーキ・タイヤ	Cr、Mn、Cu、Zn、Sb
第 7 因子	自動車排出ガス	OC、sEC
第 8 因子	重油燃焼	V、Ni
第 9 因子	海塩	$\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$

※ cEC は char-EC、sEC は soot-EC を示す。

※ 第 3 因子について、因子プロファイルでは OC であるが、OC を各因子に分解した後、係数補正 (1.7) を行った上で発生源寄与割合を算出しているため、「二次有機粒子・バイオマス燃焼」とした。

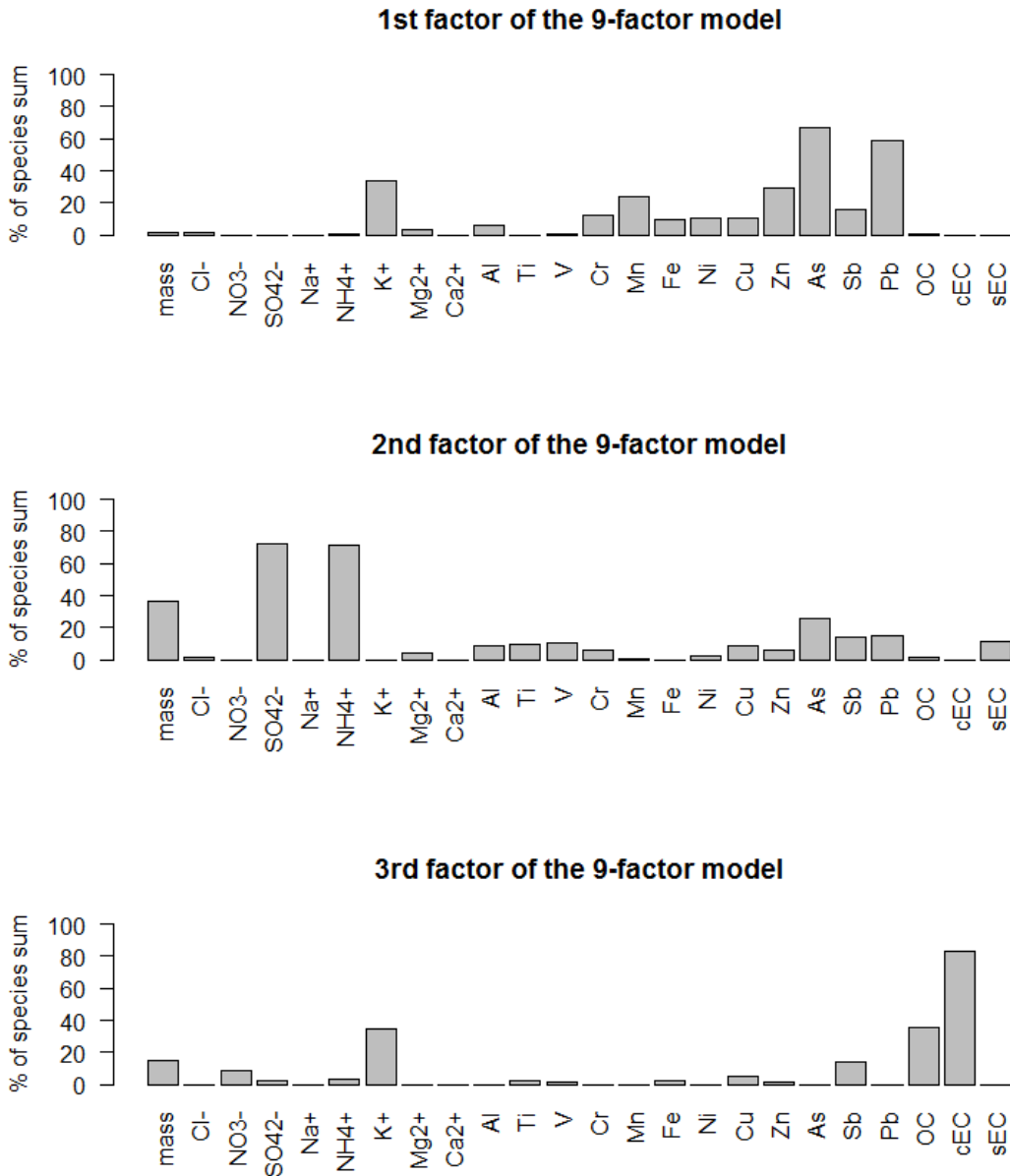


図 4-6 9 因子モデルの第 1 因子（石炭燃焼）、第 2 因子（硫酸アンモニウム）、第 3 因子（二次有機粒子・バイオマス燃焼）のプロファイル

※ cEC は char-EC、sEC は soot-EC を示す。

※ 第 3 因子について、因子プロファイルでは OC であるが、OC を各因子に分解した後、係数補正 (1.7) を行った上で発生源寄与割合を算出しているため、「二次有機粒子・バイオマス燃焼」とした。

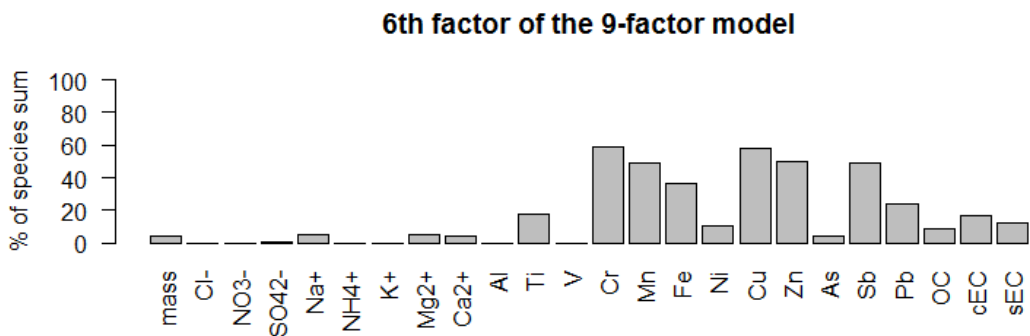
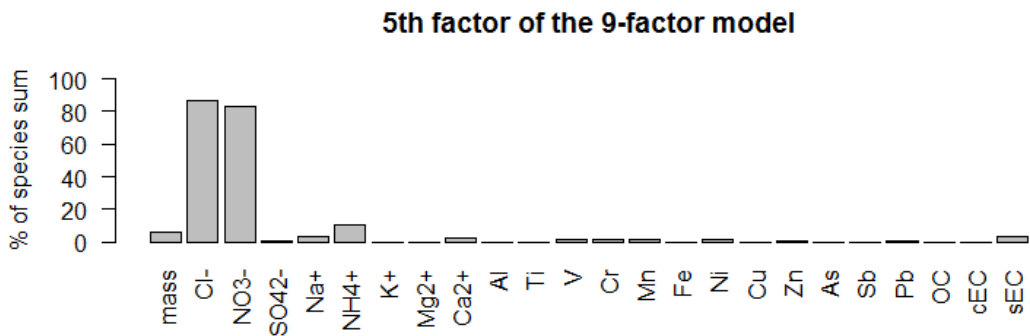
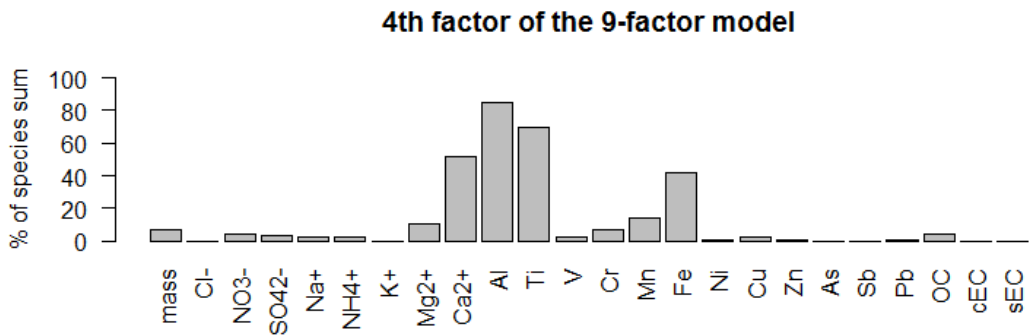


図 4-7 9 因子モデルの第 4 因子（道路・地殻）、第 5 因子（硝酸アンモニウム・塩素）、第 6 因子（鉄鋼・ブレーキ・タイヤ）のプロファイル

※ cEC は char-EC、sEC は soot-EC を示す。

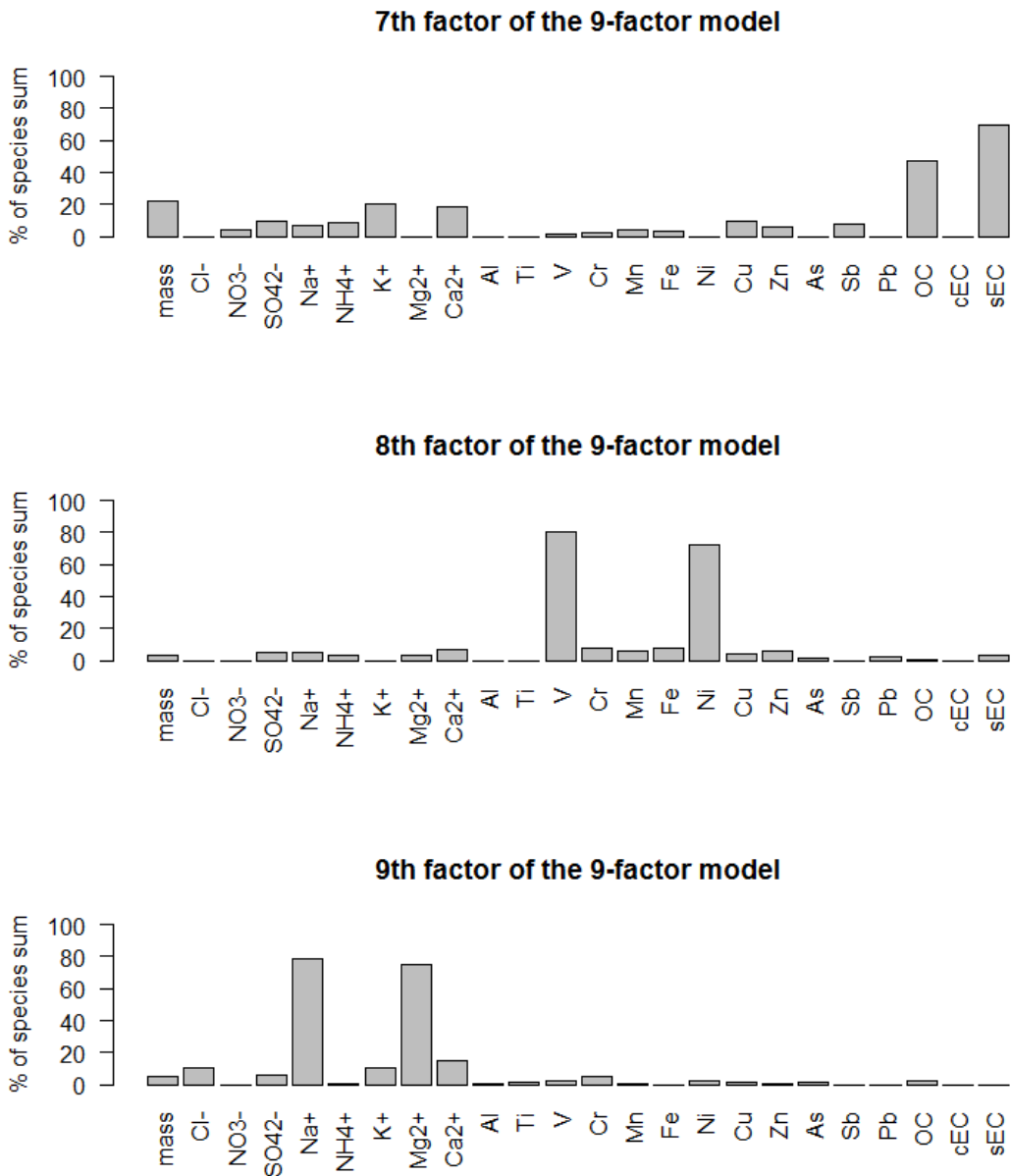


図 4-8 9 因子モデルの第 7 因子（自動車排出ガス）、第 8 因子（重油燃焼）、第 9 因子（海塩）因子のプロファイル

※ cEC は char-EC、sEC は soot-EC を示す。

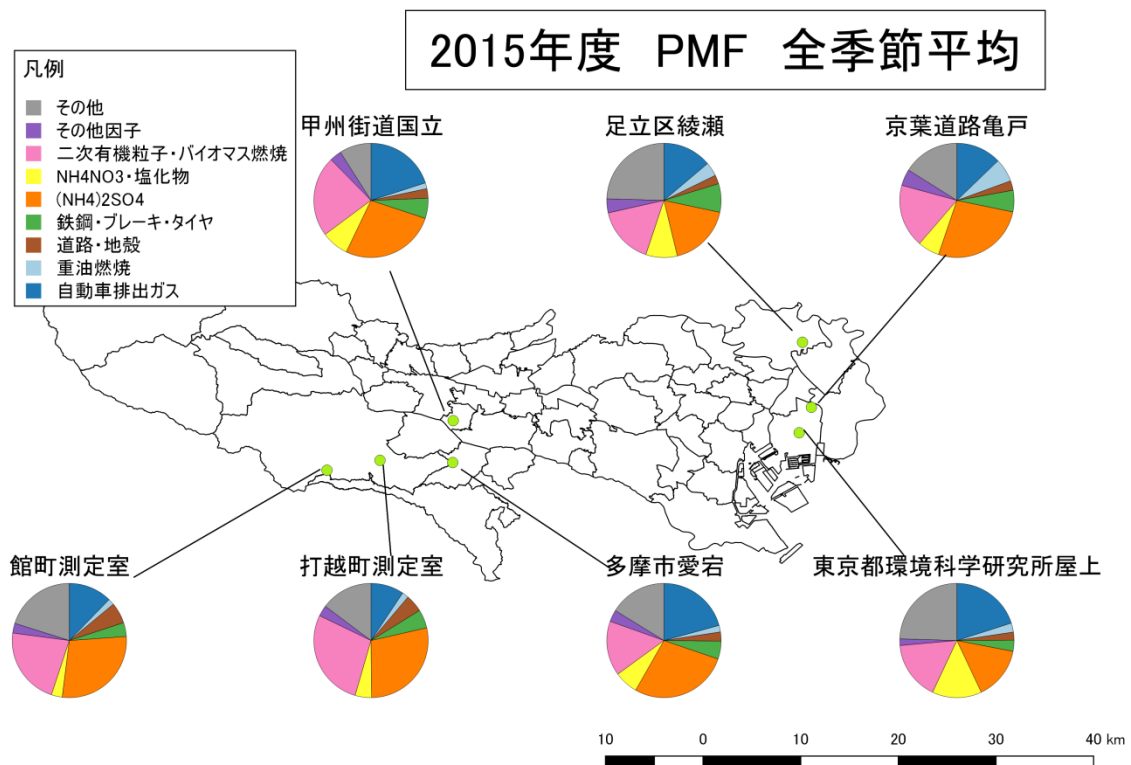
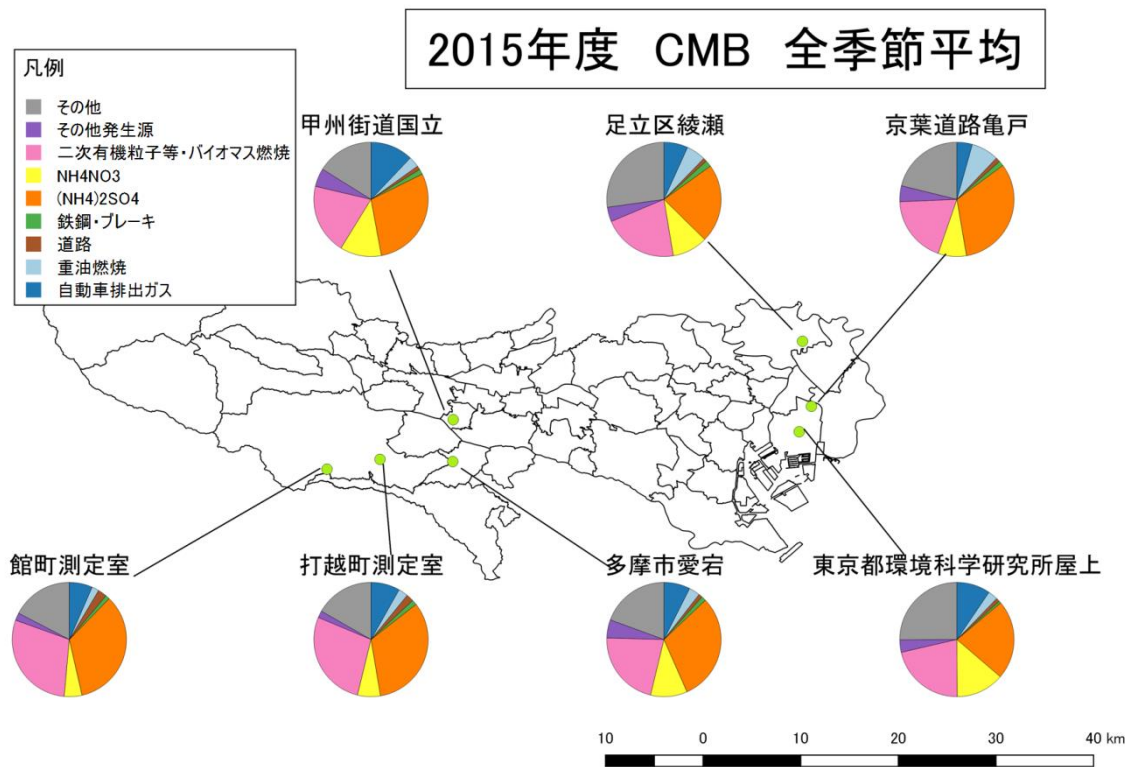
#### 4.4 CMB 解析及び PMF 解析の結果

CMB 解析及び PMF 解析から得られた、各発生源の寄与割合の推計結果を図 4-10 から図 4-18 に示す。CMB 解析及び PMF 解析の結果に共通してみられる傾向として、次のものが挙げられる。

- ・ 季節に関する傾向
  - 道路・地殻の寄与割合が、春季に大きくなり、黄砂等の影響が考えられる (図 4-10、図 4-15)。
  - 硫酸アンモニウムの寄与割合が、夏季に大きくなり、SO<sub>x</sub> からの二次生成による影響が考えられる。大気環境中における SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub> 等) は、光化学反応により酸化され H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> となり、NH<sub>3</sub> と反応することで (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> が生成されたと考えられる (図 4-11、図 4-16)。
  - 硝酸アンモニウムの寄与割合が、冬季に大きくなり、NO<sub>x</sub> からの二次生成の影響が考えられる。大気環境中における NO<sub>x</sub> は、大気中で酸化され HNO<sub>3</sub> となり、NH<sub>3</sub> と反応することで NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> が生成されたと考えられる (図 4-13、図 4-18)。
- ・ 地点に関する傾向
  - 海に近い地点ほど、重油燃焼の寄与割合が大きく、夏季において重油燃焼が大きくなる傾向があった。重油燃焼は、大規模固定煙源や船舶等の起源が考えられ、それらが集中する臨海地域で重油燃焼の寄与割合が大きくなったと考えられる。

一方、CMB 解析及び PMF 解析の結果の相違点として、次の事項が挙げられる。

- ・ 自動車排出ガスの寄与割合
  - PMF 解析による自動車排出ガスの寄与割合は、CMB 解析と比べて寄与割合が大きく、特に関東内陸の栃木県及び埼玉県で PMF 解析と CMB 解析の乖離が顕著であった。PMF 解析の自動車排出ガスに対応する因子では、OC や SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の成分も確認されたことから、二次生成由来の OC や SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の起源が PMF 解析の自動車排出ガスの因子に一部配分されているためと考えられる。
- ・ 硫酸アンモニウム及び二次有機粒子の寄与割合
  - PMF 解析による硫酸アンモニウムや二次有機粒子・バイオマス燃焼の寄与割合は、CMB 解析と比較してより小さい結果となった。上記と同様に、PMF 解析の自動車排出ガスに対応する因子では、二次生成由来の OC や SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の起源が PMF 解析の自動車排出ガスの因子に一部配分されているためと考えられる。



**図 4-9 東京都におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果（2015 年度全季節平均）上図：CMB、下図：PMF**

※ 発生源寄与割合は各調査地点の期間平均で算出した。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源（CMB：海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF：石炭燃焼、海塩）は、その他発生源として示した。



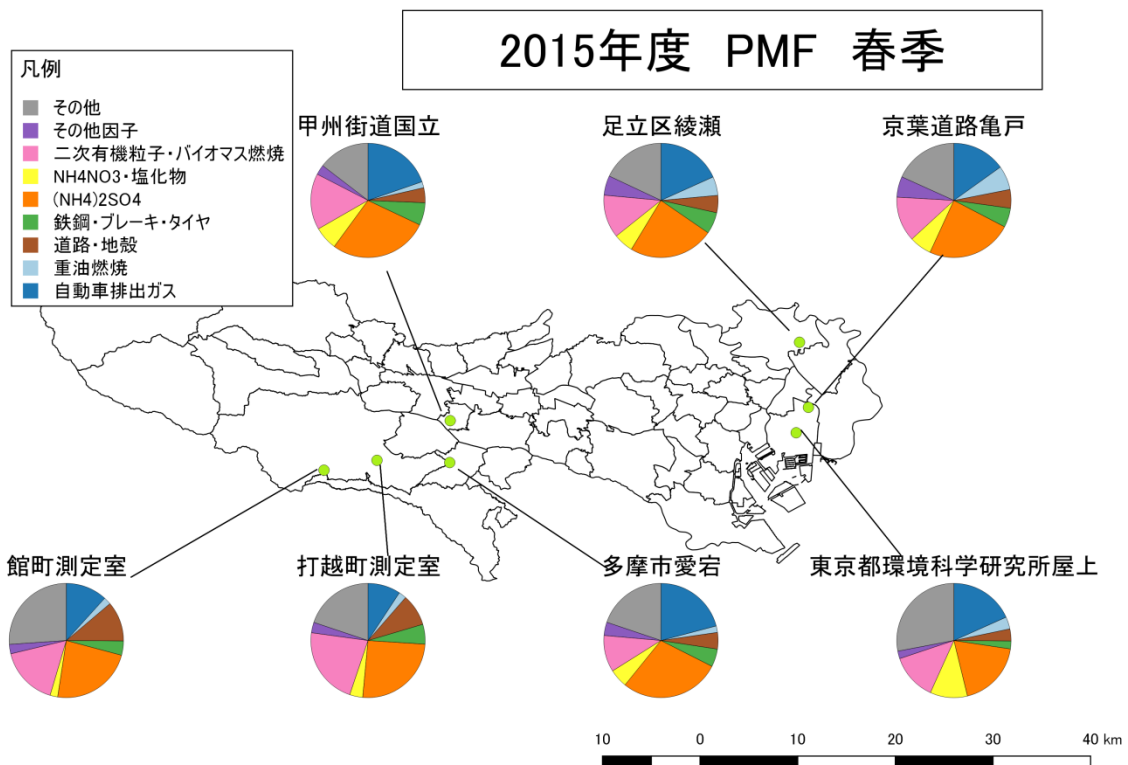
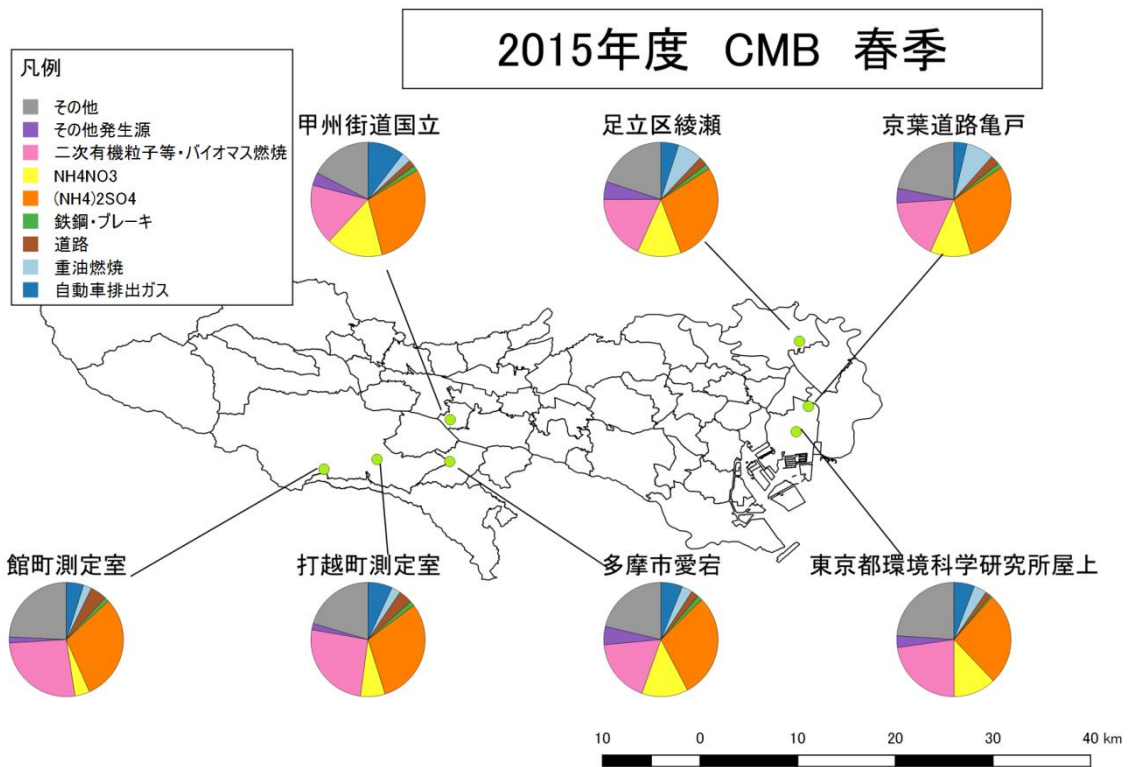


図 4-10 東京都におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果(2015 年度春季)

上図：CMB、下図：PMF

※ 発生源寄与割合は各調査地点の期間平均で算出した。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源 (CMB : 海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF : 石炭燃焼、海塩) は、その他発生源として示した。

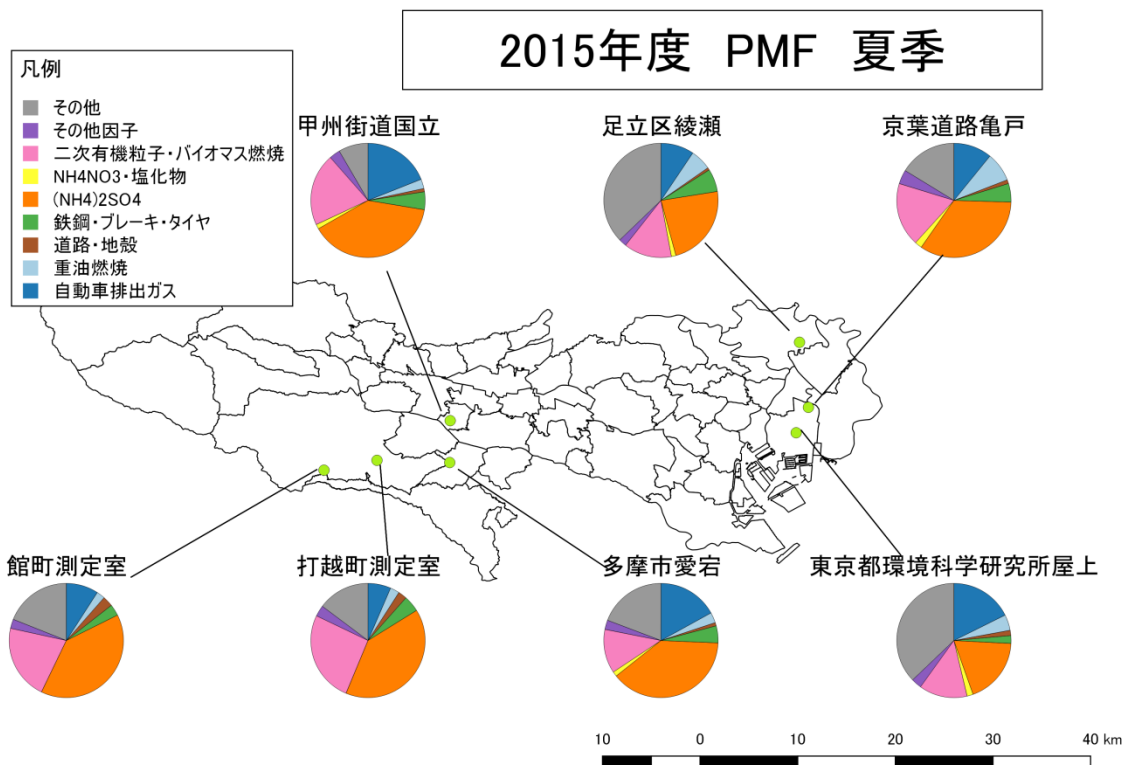
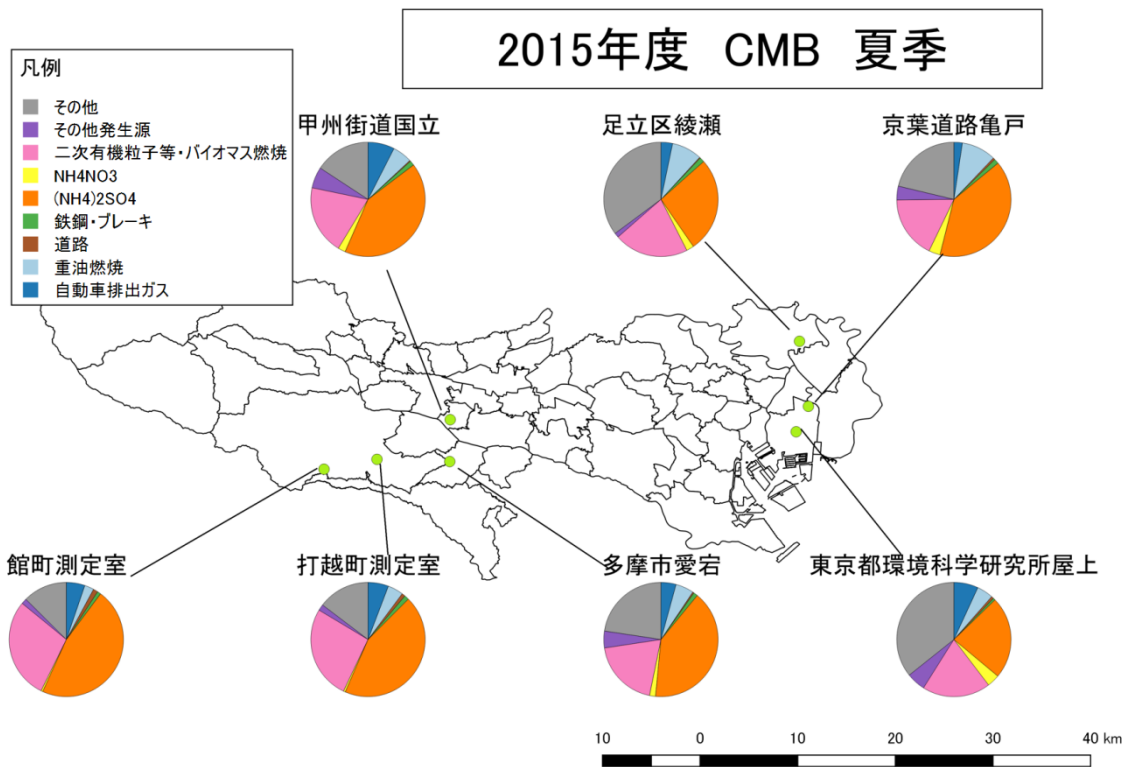


図 4-11 東京都におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果(2015 年度夏季)

上図：CMB、下図：PMF

※ 発生源寄与割合は各調査地点の期間平均で算出した。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃烧の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃烧の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源 (CMB：海塩、廃棄物焼却、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 、PMF：石炭燃烧、海塩) は、その他発生源として示した。

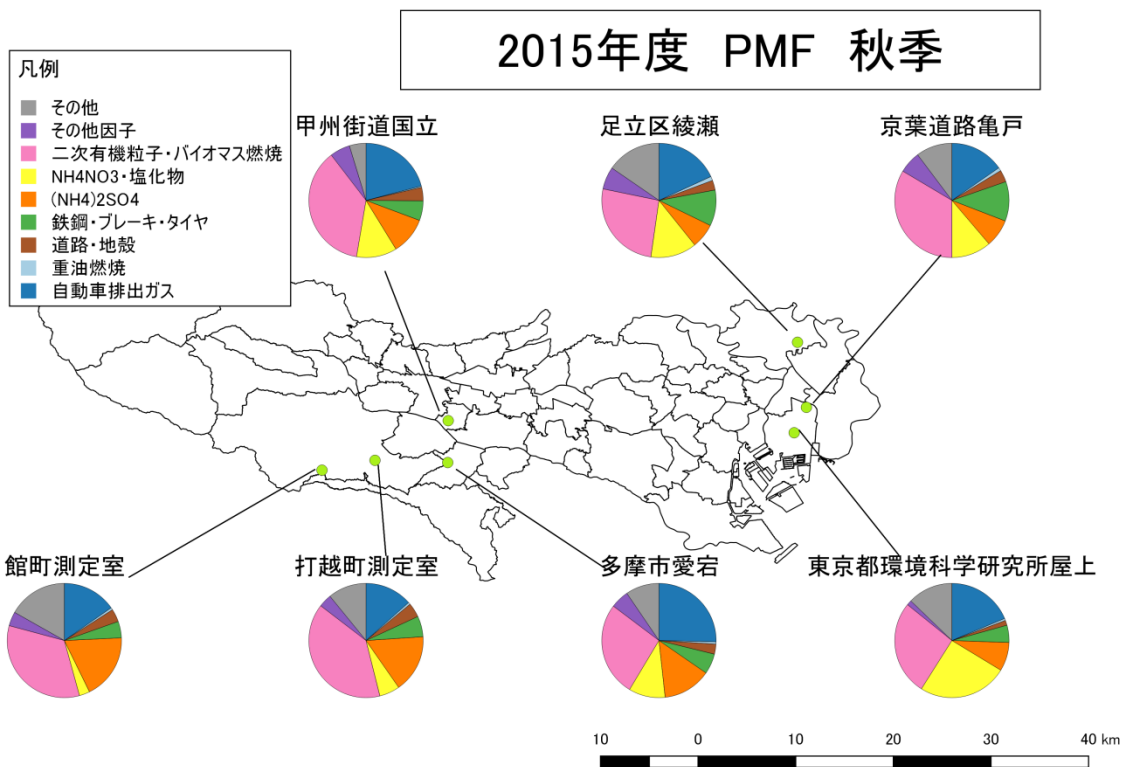
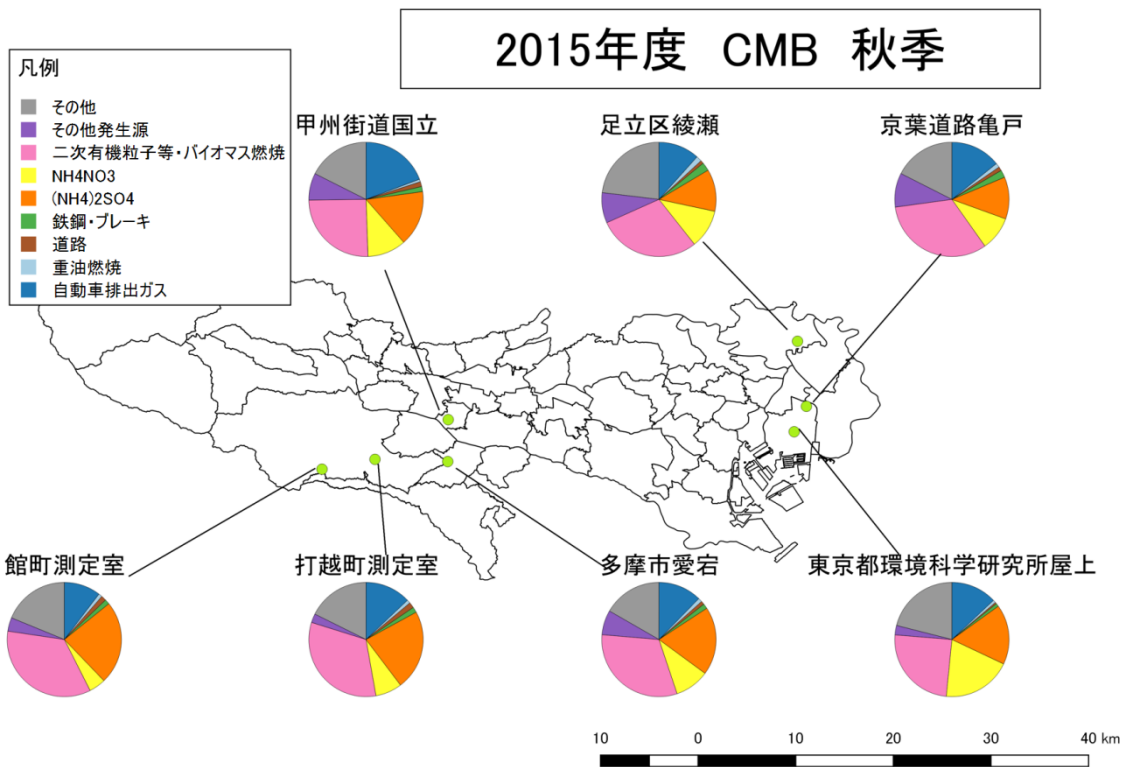


図 4-12 東京都におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果(2015 年度秋季)

上図：CMB、下図：PMF

※ 発生源寄与割合は各調査地点の期間平均で算出した。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源 (CMB : 海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF : 石炭燃焼、海塩) は、その他発生源として示した。

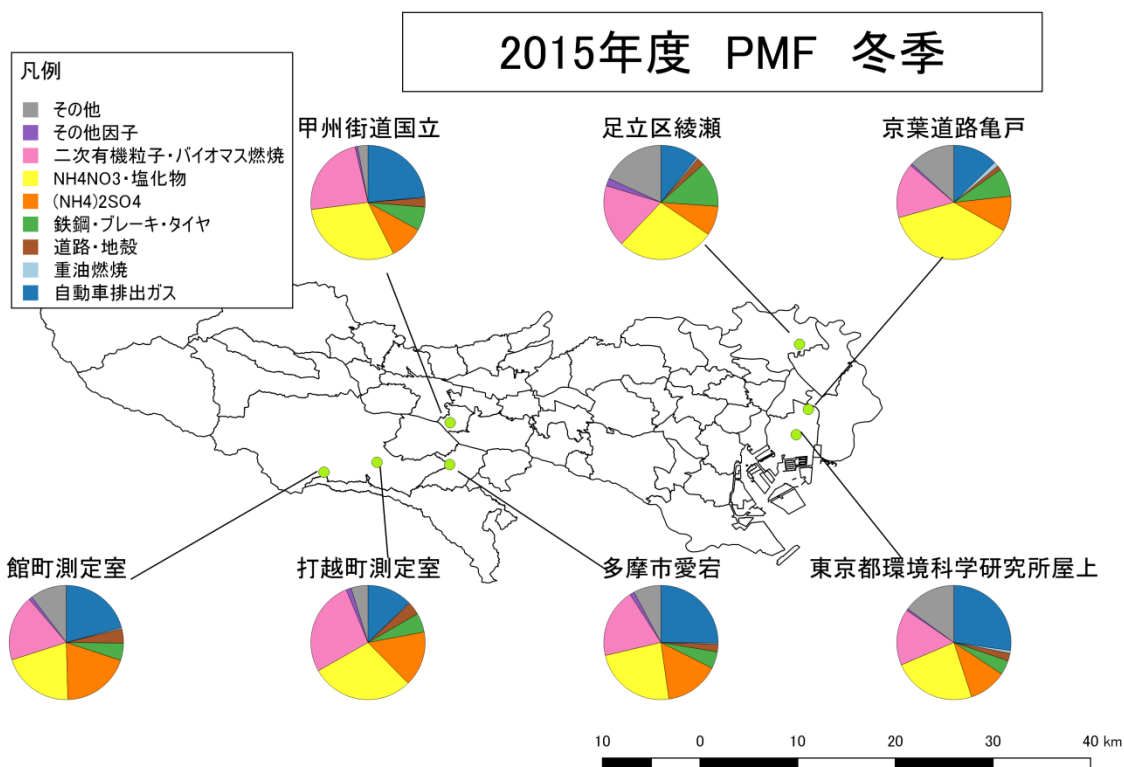
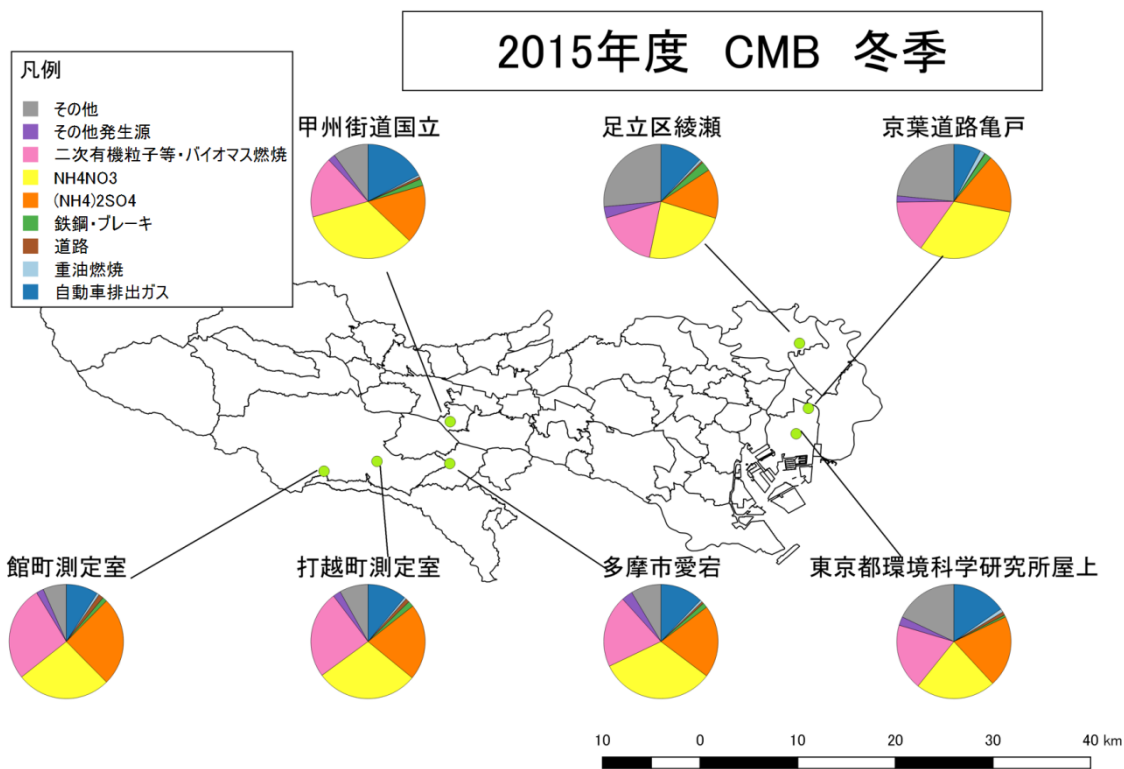


図 4-13 東京都におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果(2015 年度冬季)

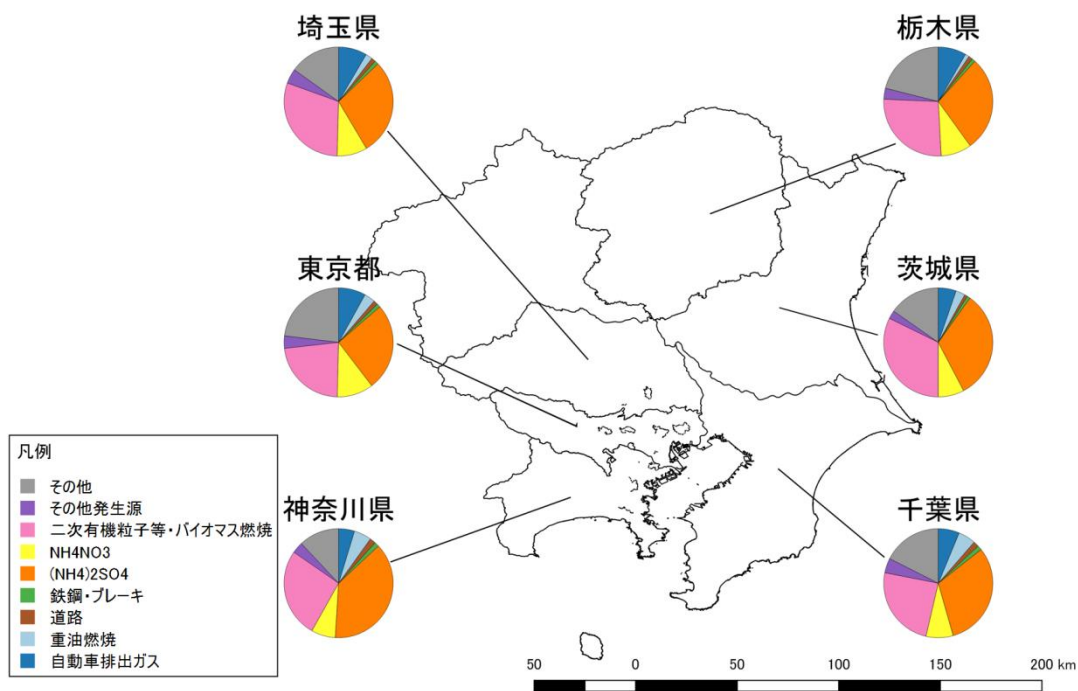
上図：CMB、下図：PMF

※ 発生源寄与割合は各調査地点の期間平均で算出した。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃烧の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃烧の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源 (CMB：海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF：石炭燃烧、海塩) は、その他発生源として示した。



## 2015年度 一般環境 CMB 全季節平均



## 2015年度 一般環境 PMF 全季節平均

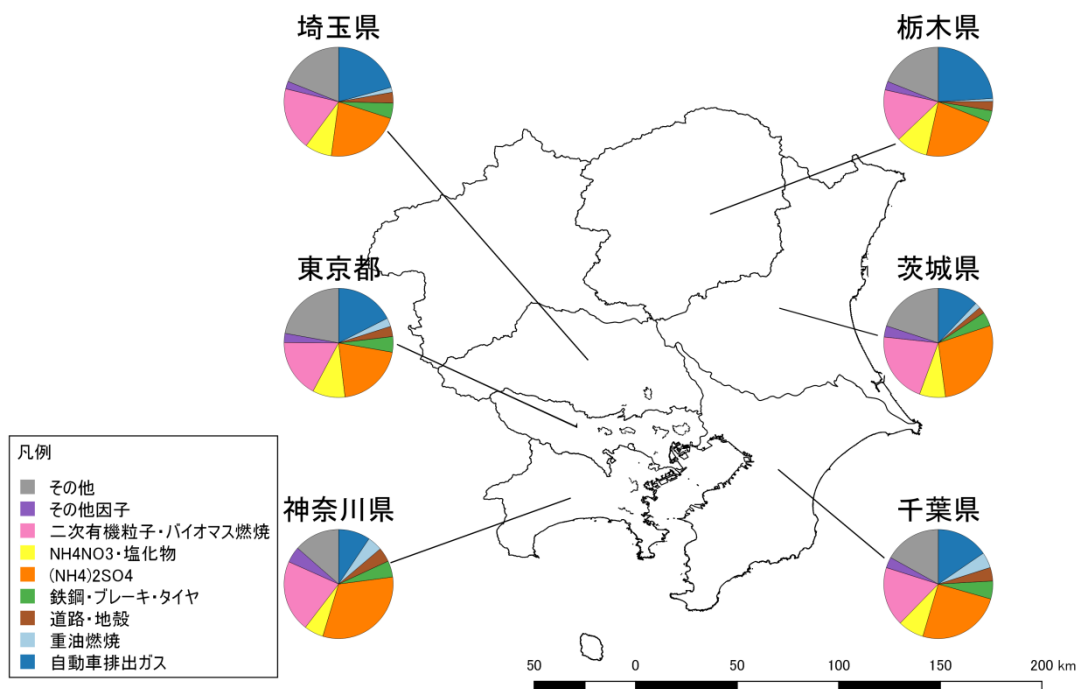
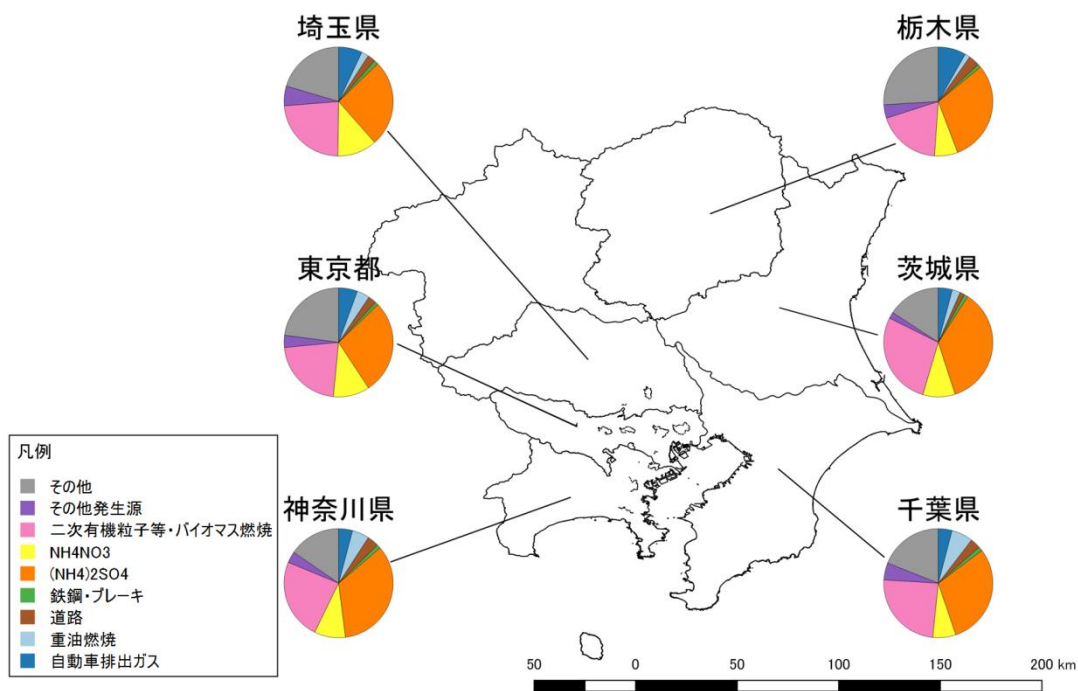


図 4-14 関東地域におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果（2015 年度全季節平均）上図：CMB、下図：PMF

※ 発生源寄与割合は各都県で PM<sub>2.5</sub> 成分分析を実施した一般環境大気測定局における期間平均で算出した。群馬県で発生源寄与割合が確認されないのは、解析の前処理におけるスクリーニングでデータが除外されたためである。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源（CMB：海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF：石炭燃焼、海塩）は、その他発生源として示した。

## 2015年度 一般環境 CMB 春季



## 2015年度 一般環境 PMF 春季

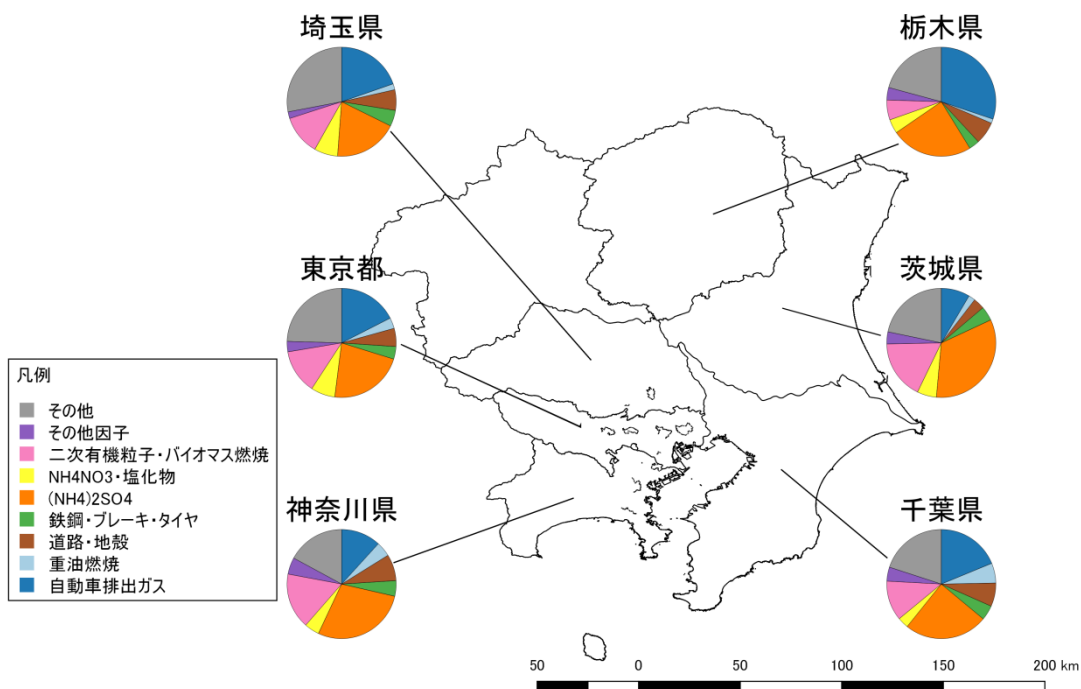
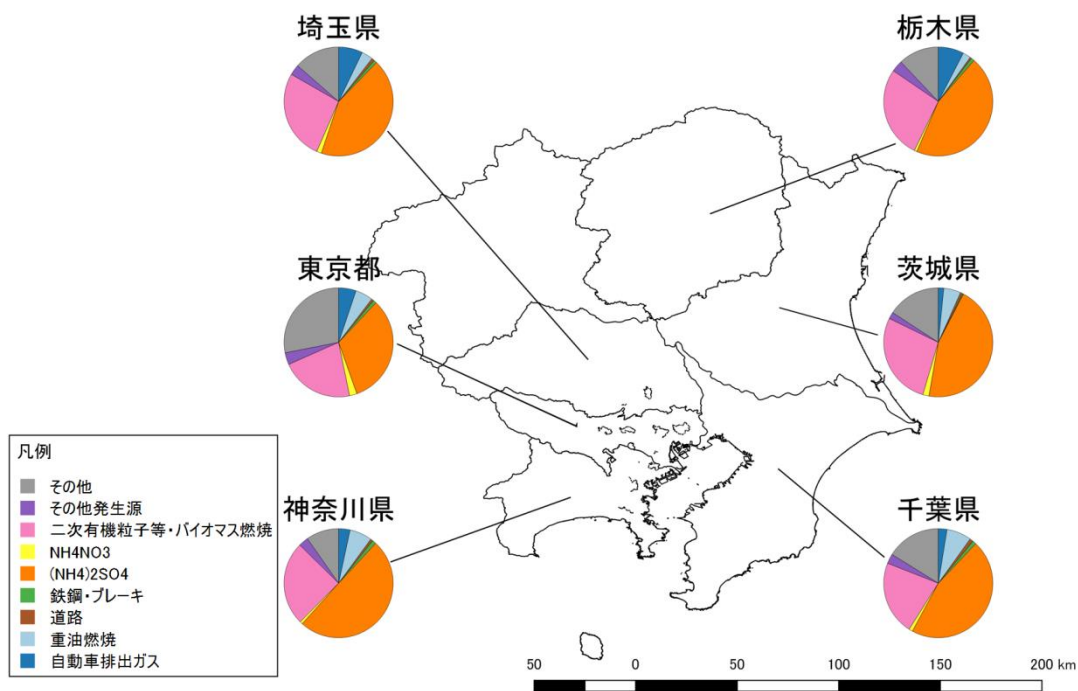


図 4-15 関東地域におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果（2015 年度春季）上図：CMB、下図：PMF

- ※ 発生源寄与割合は各都県で PM<sub>2.5</sub> 成分分析を実施した一般環境大気測定局における期間平均で算出した。群馬県で発生源寄与割合が確認されないのは、解析の前処理におけるスクリーニングでデータが除外されたためである。
- ※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源（CMB：海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF：石炭燃焼、海塩）は、その他発生源として示した。

## 2015年度 一般環境 CMB 夏季



## 2015年度 一般環境 PMF 夏季

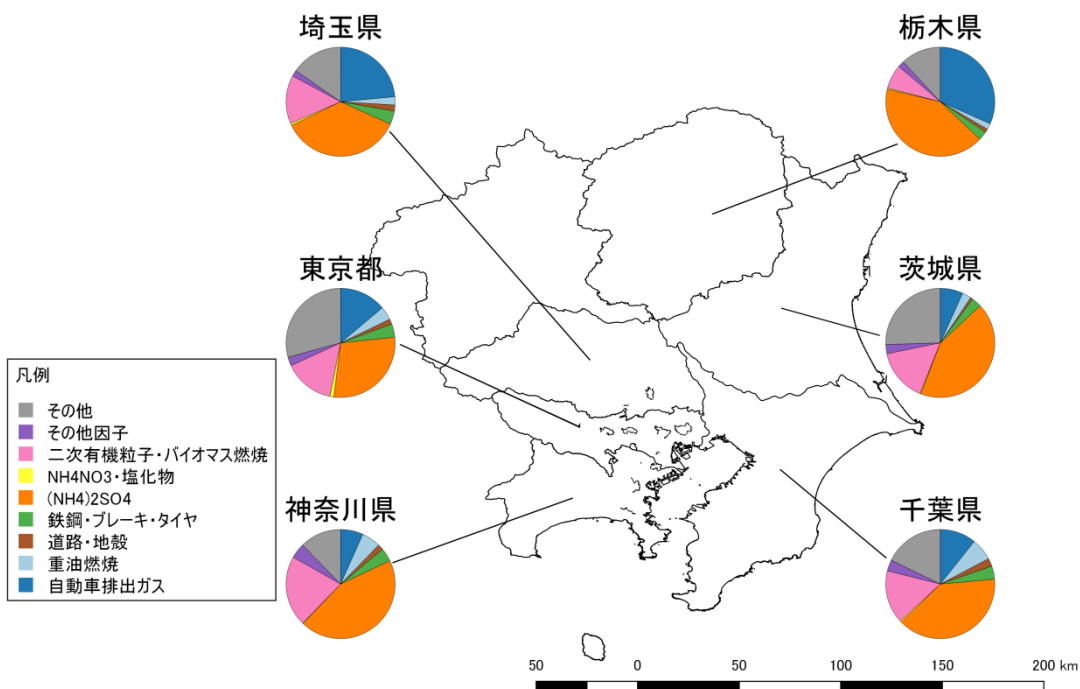
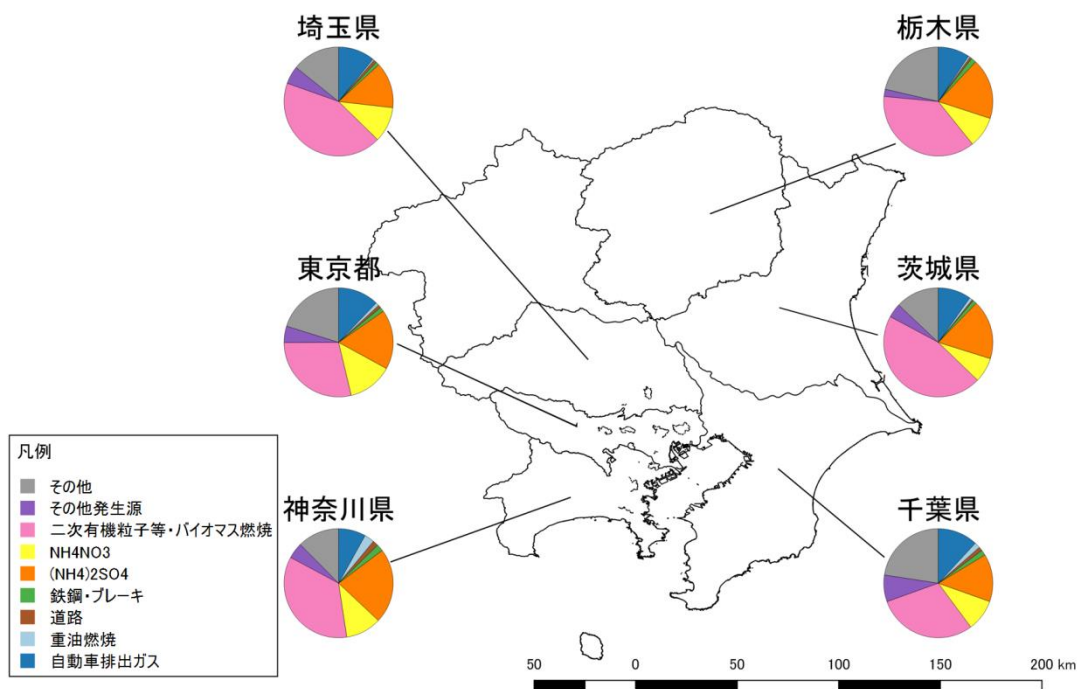


図 4-16 関東地域におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果（2015 年度夏季）上図：CMB、下図：PMF

※ 発生源寄与割合は各都県で PM<sub>2.5</sub> 成分分析を実施した一般環境大気測定局における期間平均で算出した。群馬県で発生源寄与割合が確認されないのは、解析の前処理におけるスクリーニングでデータが除外されたためである。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源（CMB：海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF：石炭燃焼、海塩）は、その他発生源として示した。

## 2015年度 一般環境 CMB 秋季



## 2015年度 一般環境 PMF 秋季

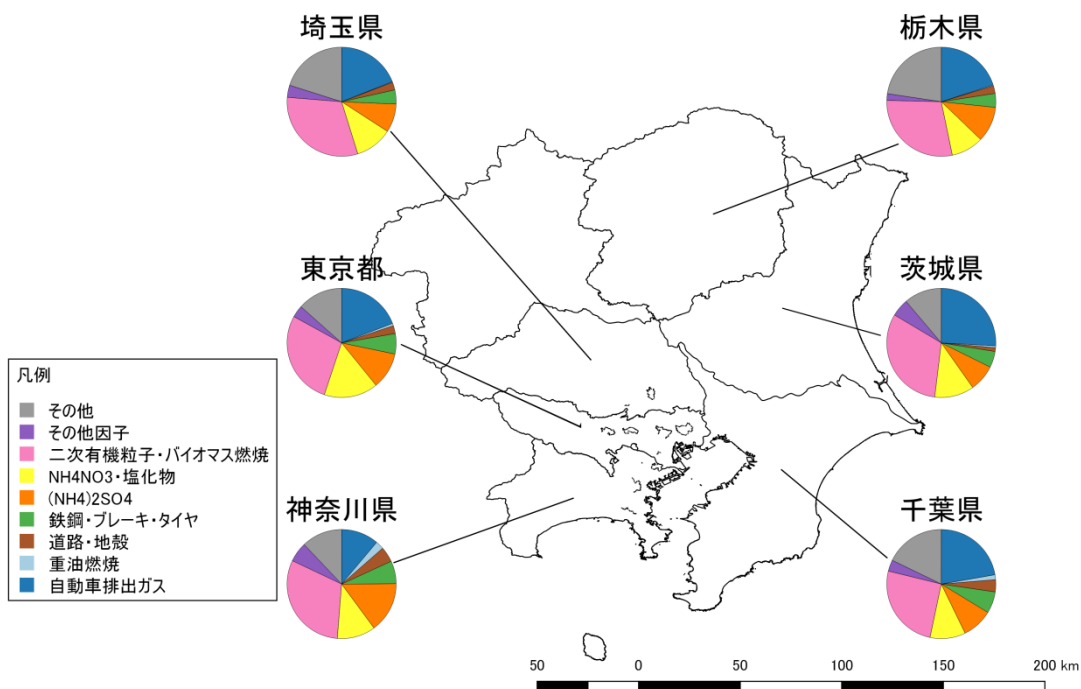


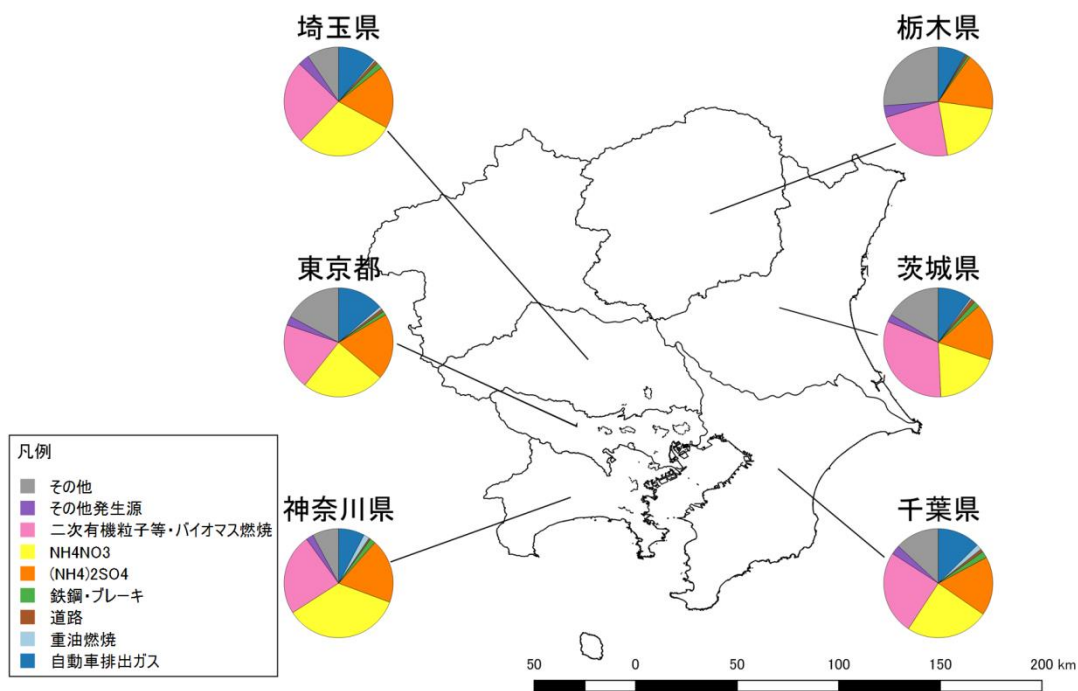
図 4-17 関東地域におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果（2015 年度秋季）上図：CMB、下図：PMF

※ 発生源寄与割合は各都県で PM<sub>2.5</sub> 成分分析を実施した一般環境大気測定局における期間平均で算出した。群馬県で発生源寄与割合が確認されないのは、解析の前処理におけるスクリーニングでデータが除外されたためである。

※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源（CMB：海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF：石炭燃焼、海塩）は、その他発生源として示した。



## 2015年度 一般環境 CMB 冬季



## 2015年度 一般環境 PMF 冬季

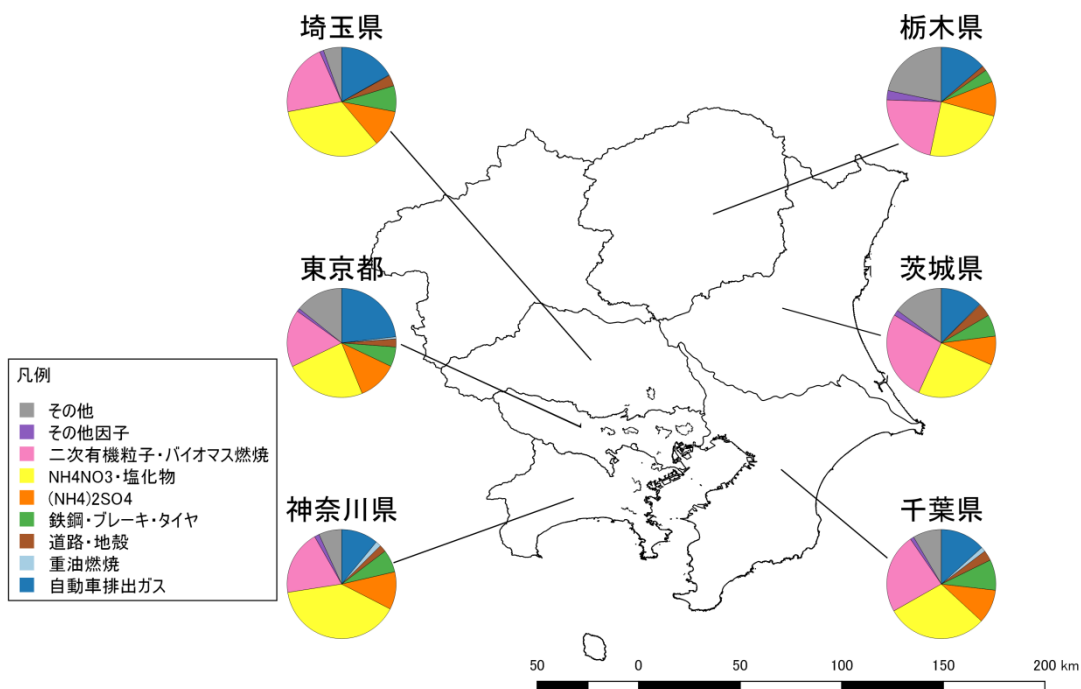


図 4-18 関東地域におけるレセプターモデルを用いた発生源寄与解析結果（2015 年度冬季）上図：CMB、下図：PMF

- ※ 発生源寄与割合は各都県で PM<sub>2.5</sub> 成分分析を実施した一般環境大気測定局における期間平均で算出した。群馬県で発生源寄与割合が確認されないのは、解析の前処理におけるスクリーニングでデータが除外されたためである。
- ※ CMB 解析や PMF 解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB 解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、PMF 解析では両者の寄与が一つの因子に混在する結果となった。そこで、CMB 解析と PMF 解析の結果の相互比較を目的とした本図では、CMB 解析の結果についても二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算し、PMF 解析の結果との比較が容易になるように示した。また、寄与割合の小さい発生源（CMB：海塩、廃棄物焼却、NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>、PMF：石炭燃焼、海塩）は、その他発生源として示した。