

## 5 発生源寄与の推定

### 5.1 計算方法

昨年の報告書で、従来より使用してきた線形計画法と米国 EPA が提唱している有効分散最小二乗法 (EPA-CMB8.2) を比較して、全体的に CMB8.2の方が妥当な結果が得られる傾向があり、計算の妥当性を示す評価指数も複数あり、マニュアルも整備されていることから、今後は EPA-CMB8.2により、発生源寄与の推定を行うこととなった。

昨年と同様に東京都微小粒子状物質検討会報告書<sup>(1)</sup>の発生源データを引用して計算した山神らの報告<sup>(2)</sup>を参考にして、表 5-1-1 の 8 発生源×20 項目の発生源データを用いて計算を行った。フィッティング (CMB 法の適合計算) に用いたのは  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、OC を除いた 15 項目である。今回のデータについて計算したところ、全地点で計算が中断することなく計算結果が得られた。

環境データは、各調査期間の全期間にあたる 14 個のデータを平均し、検出下限値以下のデータについては、検出下限値の半分とした。測定誤差については、14 個のデータの標準偏差を用いた。14 個全てが検出限界以下の場合は標準偏差がゼロになるが、ゼロでは計算できないため、平均値と同じ検出下限値の半分とした。昨年度はコア期間の 7 個のデータで計算をしたために標準偏差のバラツキが大きく、いくつか計算が進まない事例が見られた。

二次粒子の計算については、昨年は  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  の合計に OC の 1.4 倍を加えた後、寄与率計算で得られた一次粒子分を差し引いて計算したが、今回はより詳細に二次粒子の挙動を調べるために 4 種類の二次粒子を計算した。まず、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  の当量濃度を比較して  $\text{NH}_4^+$  過剰であれば、 $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{NO}_3^-$  と  $\text{Cl}^-$  の当量濃度を元に  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  と  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  と  $\text{NH}_4\text{Cl}$  を計算し、過剰の  $\text{NH}_4^+$  をその他とした。 $\text{NH}_4^+$  が不足の場合は、 $\text{NH}_4^+$  濃度を元に  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$  を当量濃度比に配分して  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  と  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  と  $\text{NH}_4\text{Cl}$  を計算した後、過剰の  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{NO}_3^-$  と  $\text{Cl}^-$  をその他とした。 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  は硫酸塩の二次粒子であるため、二次 (硫酸塩) と表記する。同様に  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  は二次 (硝酸塩)、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  は二次 (塩化物) と表記する。有機エアロゾルの二次粒子については、OC の 1.6 倍を乗じて、寄与率計算で得られた一次粒子分を差し引いて計算した。差し引く OC についても 1.6 倍とした。係数を 1.4 から 1.6 としたのは、3 章と同様に都市域の平均的な値としたためである。この二次粒子については二次 (OC) と表記する。

CMB8.2 の計算では、Best Fit 等、いくつかのオプションが付けられるが、今回も昨年同様 Source Elimination のみを選択した。これは「負となる発生源について除外して再計算する」ものである。

表 5-1-1 発生源データ（単位：g/g）

	SO <sub>4</sub>		NO <sub>3</sub>		Cl		Na		K	
道路粉じん	5.68x10 <sup>-4</sup>	4.49x10 <sup>-4</sup>	1.93x10 <sup>-4</sup>	1.18x10 <sup>-4</sup>	3.35x10 <sup>-4</sup>	1.53x10 <sup>-4</sup>	1.25x10 <sup>-2</sup>	2.66x10 <sup>-3</sup>	1.27x10 <sup>-2</sup>	3.39x10 <sup>-3</sup>
海塩粒子	7.80x10 <sup>-2</sup>	1.60x10 <sup>-2</sup>	0.00	0.00	0.551	2.75x10 <sup>-2</sup>	0.304	1.52x10 <sup>-2</sup>	1.10x10 <sup>-2</sup>	1.10x10 <sup>-3</sup>
鉄鋼工業	0.00	0.00	0.00	0.00	3.41x10 <sup>-2</sup>	6.82x10 <sup>-3</sup>	1.36x10 <sup>-2</sup>	2.72x10 <sup>-3</sup>	1.32x10 <sup>-3</sup>	2.64x10 <sup>-3</sup>
石油燃焼	0.318	0.160	0.00	0.00	9.20x10 <sup>-4</sup>	9.20x10 <sup>-4</sup>	1.00x10 <sup>-2</sup>	5.00x10 <sup>-3</sup>	8.50x10 <sup>-4</sup>	8.50x10 <sup>-4</sup>
廃棄物焼却	0.00	0.00	0.00	0.00	0.270	2.70x10 <sup>-2</sup>	0.120	1.20x10 <sup>-2</sup>	0.200	2.00x10 <sup>-2</sup>
自動車排ガス	2.16x10 <sup>-2</sup>	2.16x10 <sup>-3</sup>	0.00	0.00	2.00x10 <sup>-4</sup>	2.00x10 <sup>-5</sup>	7.64x10 <sup>-5</sup>	7.64x10 <sup>-6</sup>	1.97x10 <sup>-4</sup>	1.97x10 <sup>-5</sup>
プレーキ粉じん	4.90x10 <sup>-3</sup>	1.52x10 <sup>-4</sup>	0.00	0.00	1.25x10 <sup>-2</sup>	2.50x10 <sup>-3</sup>	7.60x10 <sup>-3</sup>	2.50x10 <sup>-3</sup>	3.50x10 <sup>-3</sup>	7.00x10 <sup>-4</sup>
植物燃焼	1.61x10 <sup>-2</sup>	3.22x10 <sup>-3</sup>	2.03x10 <sup>-3</sup>	4.06x10 <sup>-4</sup>	2.59x10 <sup>-2</sup>	5.18x10 <sup>-3</sup>	6.55x10 <sup>-3</sup>	1.31x10 <sup>-3</sup>	6.32x10 <sup>-2</sup>	1.26x10 <sup>-2</sup>

	Ca		NH <sub>4</sub>		OC		EC		Al	
道路粉じん	5.52x10 <sup>-2</sup>	2.62x10 <sup>-2</sup>	6.05x10 <sup>-3</sup>	9.68x10 <sup>-4</sup>	6.90x10 <sup>-2</sup>	2.83x10 <sup>-2</sup>	1.28x10 <sup>-2</sup>	4.10x10 <sup>-3</sup>	6.11x10 <sup>-2</sup>	7.66x10 <sup>-3</sup>
海塩粒子	1.17x10 <sup>-2</sup>	5.85x10 <sup>-4</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80x10 <sup>-8</sup>	2.80x10 <sup>-8</sup>	2.90x10 <sup>-7</sup>	2.90x10 <sup>-8</sup>
鉄鋼工業	4.51x10 <sup>-2</sup>	9.02x10 <sup>-3</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00x10 <sup>-3</sup>	5.00x10 <sup>-3</sup>	9.99x10 <sup>-3</sup>	2.00x10 <sup>-3</sup>
石油燃焼	8.50x10 <sup>-4</sup>	4.30x10 <sup>-4</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.300	0.125	2.10x10 <sup>-3</sup>	1.10x10 <sup>-3</sup>
廃棄物焼却	1.10x10 <sup>-2</sup>	2.20x10 <sup>-3</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00x10 <sup>-2</sup>	5.00x10 <sup>-2</sup>	4.20x10 <sup>-3</sup>	8.40x10 <sup>-4</sup>
自動車排ガス	1.46x10 <sup>-3</sup>	1.46x10 <sup>-4</sup>	0.00	0.00	0.247	2.47x10 <sup>-2</sup>	0.494	4.94x10 <sup>-2</sup>	1.57x10 <sup>-3</sup>	1.57x10 <sup>-4</sup>
プレーキ粉じん	3.18x10 <sup>-2</sup>	6.36x10 <sup>-3</sup>	0.00	0.00	7.98x10 <sup>-2</sup>	3.07x10 <sup>-2</sup>	0.153	7.60x10 <sup>-2</sup>	1.94x10 <sup>-2</sup>	3.88x10 <sup>-3</sup>
植物燃焼	4.15x10 <sup>-4</sup>	8.30x10 <sup>-5</sup>	1.27x10 <sup>-2</sup>	2.54x10 <sup>-3</sup>	0.415	8.29x10 <sup>-2</sup>	9.71x10 <sup>-2</sup>	1.94x10 <sup>-2</sup>	3.70x10 <sup>-4</sup>	7.40x10 <sup>-5</sup>

	Sc		V		Cr		Mn		Fe	
道路粉じん	1.33x10 <sup>-5</sup>	3.52x10 <sup>-6</sup>	1.08x10 <sup>-4</sup>	3.45x10 <sup>-5</sup>	2.79x10 <sup>-4</sup>	1.55x10 <sup>-4</sup>	1.06x10 <sup>-3</sup>	3.86x10 <sup>-4</sup>	5.31x10 <sup>-2</sup>	6.42x10 <sup>-3</sup>
海塩粒子	1.20x10 <sup>-9</sup>	6.00x10 <sup>-10</sup>	5.80x10 <sup>-8</sup>	1.74x10 <sup>-8</sup>	1.50x10 <sup>-9</sup>	4.50x10 <sup>-10</sup>	5.80x10 <sup>-8</sup>	1.74x10 <sup>-8</sup>	2.90x10 <sup>-7</sup>	8.70x10 <sup>-8</sup>
鉄鋼工業	1.32x10 <sup>-6</sup>	2.64x10 <sup>-7</sup>	1.25x10 <sup>-4</sup>	2.50x10 <sup>-5</sup>	3.16x10 <sup>-3</sup>	6.32x10 <sup>-4</sup>	2.20x10 <sup>-2</sup>	2.20x10 <sup>-3</sup>	0.157	1.57x10 <sup>-2</sup>
石油燃焼	9.00x10 <sup>-8</sup>	4.50x10 <sup>-8</sup>	6.38x10 <sup>-3</sup>	3.19x10 <sup>-3</sup>	2.10x10 <sup>-4</sup>	1.05x10 <sup>-4</sup>	1.20x10 <sup>-4</sup>	4.00x10 <sup>-5</sup>	4.60x10 <sup>-3</sup>	2.30x10 <sup>-3</sup>
廃棄物焼却	4.60x10 <sup>-7</sup>	9.20x10 <sup>-8</sup>	2.70x10 <sup>-5</sup>	1.35x10 <sup>-5</sup>	8.50x10 <sup>-4</sup>	8.50x10 <sup>-4</sup>	3.30x10 <sup>-4</sup>	3.30x10 <sup>-4</sup>	6.10x10 <sup>-3</sup>	6.10x10 <sup>-3</sup>
自動車排ガス	1.19x10 <sup>-7</sup>	1.19x10 <sup>-8</sup>	7.25x10 <sup>-6</sup>	7.25x10 <sup>-7</sup>	1.16x10 <sup>-5</sup>	1.16x10 <sup>-6</sup>	1.93x10 <sup>-5</sup>	1.93x10 <sup>-6</sup>	9.89x10 <sup>-4</sup>	9.89x10 <sup>-5</sup>
プレーキ粉じん	4.00x10 <sup>-6</sup>	8.00x10 <sup>-7</sup>	5.90x10 <sup>-5</sup>	1.18x10 <sup>-5</sup>	4.21x10 <sup>-4</sup>	8.42x10 <sup>-5</sup>	7.20x10 <sup>-4</sup>	1.44x10 <sup>-4</sup>	9.12x10 <sup>-2</sup>	1.82x10 <sup>-2</sup>
植物燃焼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00x10 <sup>-5</sup>	2.00x10 <sup>-6</sup>	1.00x10 <sup>-4</sup>	2.00x10 <sup>-5</sup>

	Zn		As		Se		Sb		La	
道路粉じん	1.31x10 <sup>-3</sup>	7.96x10 <sup>-4</sup>	1.13x10 <sup>-5</sup>	4.19x10 <sup>-6</sup>	1.43x10 <sup>-6</sup>	5.50x10 <sup>-7</sup>	1.30x10 <sup>-5</sup>	7.42x10 <sup>-6</sup>	3.13x10 <sup>-5</sup>	1.05x10 <sup>-5</sup>
海塩粒子	2.90x10 <sup>-8</sup>	8.70x10 <sup>-9</sup>	2.90x10 <sup>-8</sup>	8.70x10 <sup>-9</sup>	1.20x10 <sup>-7</sup>	3.60x10 <sup>-8</sup>	1.40x10 <sup>-8</sup>	4.20x10 <sup>-9</sup>	9.00x10 <sup>-9</sup>	2.70x10 <sup>-9</sup>
鉄鋼工業	5.15x10 <sup>-2</sup>	1.03x10 <sup>-2</sup>	1.03x10 <sup>-4</sup>	1.03x10 <sup>-4</sup>	5.11x10 <sup>-5</sup>	5.11x10 <sup>-5</sup>	9.00x10 <sup>-5</sup>	9.00x10 <sup>-5</sup>	9.75x10 <sup>-6</sup>	9.75x10 <sup>-6</sup>
石油燃焼	4.00x10 <sup>-4</sup>	2.00x10 <sup>-4</sup>	2.30x10 <sup>-5</sup>	1.20x10 <sup>-5</sup>	4.80x10 <sup>-5</sup>	4.80x10 <sup>-5</sup>	6.90x10 <sup>-6</sup>	3.50x10 <sup>-6</sup>	4.00x10 <sup>-5</sup>	4.00x10 <sup>-5</sup>
廃棄物焼却	2.60x10 <sup>-2</sup>	1.30x10 <sup>-2</sup>	1.50x10 <sup>-4</sup>	1.50x10 <sup>-4</sup>	0.00	0.00	9.52x10 <sup>-4</sup>	4.80x10 <sup>-4</sup>	7.70x10 <sup>-6</sup>	7.70x10 <sup>-6</sup>
自動車排ガス	6.24x10 <sup>-4</sup>	6.24x10 <sup>-5</sup>	3.69x10 <sup>-6</sup>	3.69x10 <sup>-7</sup>	1.67x10 <sup>-6</sup>	1.67x10 <sup>-7</sup>	1.96x10 <sup>-5</sup>	1.96x10 <sup>-6</sup>	3.41x10 <sup>-7</sup>	3.41x10 <sup>-8</sup>
プレーキ粉じん	3.26x10 <sup>-3</sup>	6.52x10 <sup>-4</sup>	2.20x10 <sup>-5</sup>	4.40x10 <sup>-6</sup>	3.50x10 <sup>-6</sup>	1.75x10 <sup>-6</sup>	2.13x10 <sup>-3</sup>	4.26x10 <sup>-4</sup>	7.00x10 <sup>-6</sup>	1.40x10 <sup>-6</sup>
植物燃焼	1.00x10 <sup>-4</sup>	2.00x10 <sup>-5</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

右側の数字は誤差

太字：フィッティングに使用した項目

SO<sub>4</sub>～NH<sub>4</sub>は水溶性イオンのデータ

## 5.2 春季の計算結果

EPA-CMB8.2 による春季の計算結果を図 5-2-1 に示す。PM<sub>2.5</sub> 濃度が四季の中で 2 番目に高く、19 地点で 15 μg/m<sup>3</sup> を超え、前橋とさいたまで 20 μg/m<sup>3</sup> を超えた。千葉と川崎でその他がマイナスとなった。マップ上に円グラフで示した結果を図 5-2-2 に示す。このマップでは、円グラフの重なりを減らして見やすくするためにいくつかの地点の位置をずらしている。また、円グラフの表示では、その他がマイナスの場合は二次（OC）をその分だけ減らして調整した。

大和で植物燃焼の寄与が約 23%と非常に大きいことと前橋とさいたまで道路粉じんの寄与が 17%近いという特徴がある。二次（塩化物）はほぼゼロであったが、二次（硫酸塩）はどの地点でも 3 割以上を占めることが多く、二次（OC）は 2 割以上を占めるが多かった。また、関東中央部で二次（硝酸塩）が多い傾向がある。

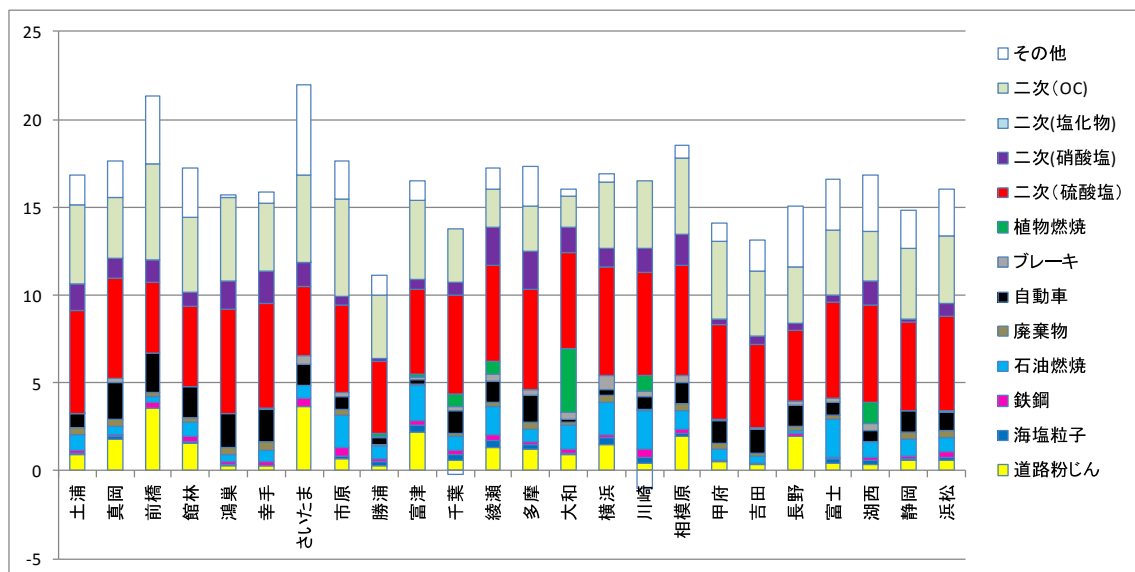


図 5-2-1 2015 年春季の発生源寄与率の推定結果（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

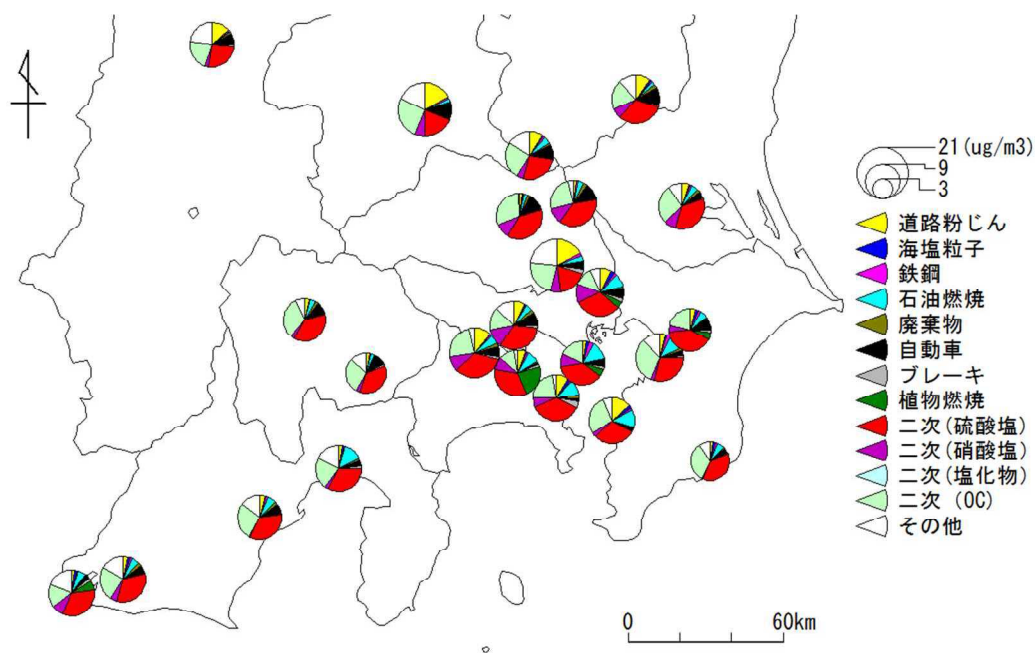


図 5-2-2 2015 年春季の発生源寄与率の推定結果（マップ）

### 5.3 夏季の計算結果

夏季の計算結果を図 5-3-1 及び図 5-3-2 に示す。PM<sub>2.5</sub> 濃度が最も高く、19 地点で  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えていた。千葉、横浜、川崎でその他がマイナスとなった。二次（硫酸塩）が四季で最も多く、3 割から 5 割以上を占め、平均で  $9\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の量があった。その一方で、二次（硝酸塩）は四季で最も少なく、二次（塩化物）はほぼゼロで、二次（OC）は二次（硫酸塩）の半分程度であった。石油燃焼は四季で最も多く、東京湾や駿河湾周辺で多い傾向があり、川崎が全データ

で最も多い結果となった。また、川崎は海塩粒子と鉄鋼も全データで最も多い結果となった。

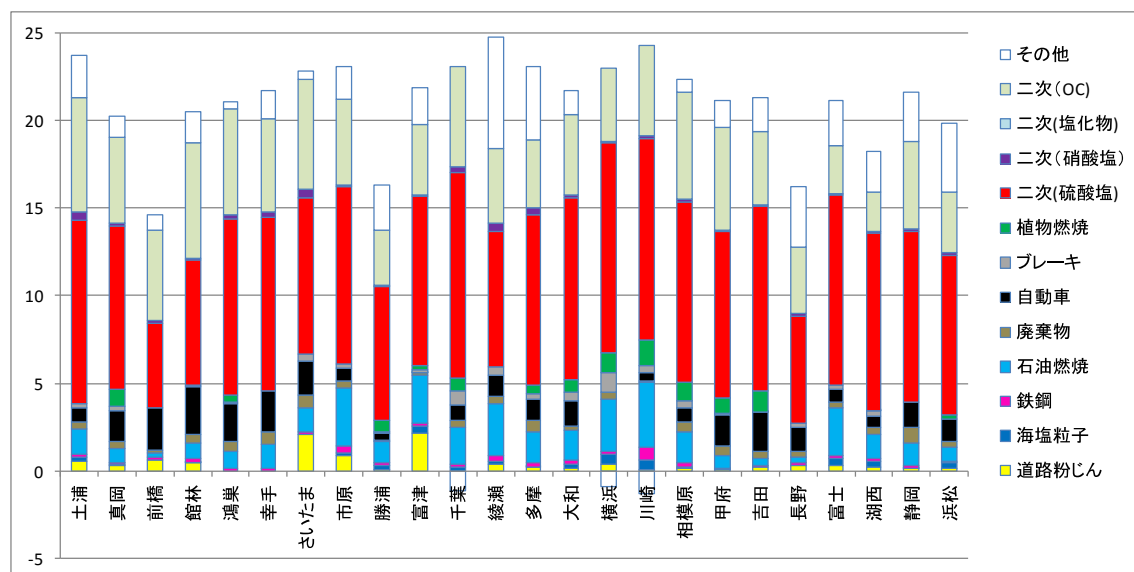


図 5-3-1 2015 年夏季の発生源寄与率の推定結果（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

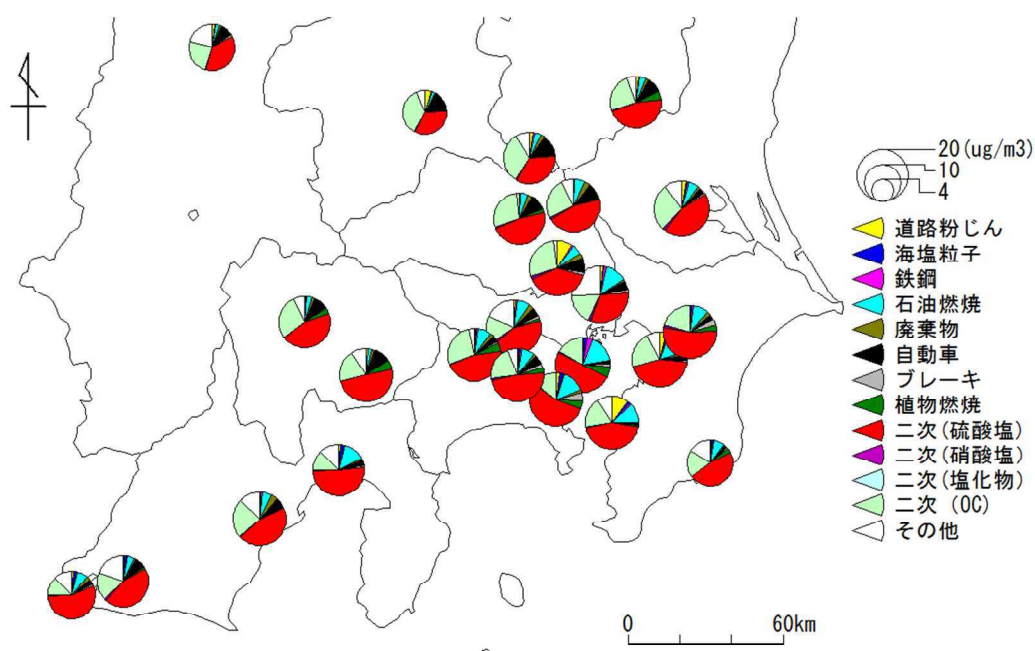


図 5-3-2 2015 年夏季の発生源寄与率の推定結果（マップ）

#### 5.4 秋季の計算結果

秋季の計算結果を図 5-4-1 及び図 5-4-2 に示す。PM2.5 濃度が四季で 2 番目に低く、 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えたのは真岡、館林、鴻巣、幸手、さいたま、浜松の 6 地点であった。その他が  $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上のマイナスとなったのは、さいたま、千葉、横浜、川崎、大和、甲府、吉田の 7 地点であった。

秋季の最大成分は二次（OC）で、15 地点で 3 割を超え、ほぼ 3 分の 1 を占めていた。鴻巣が全データで最大となり粒子の半分近くを占めた。二番目に多い成分は二次（硫酸塩）で 14 地点で 2 割を超え、ほぼ 4 分の 1 を占めていた。二次（硝酸塩）はほとんど 1 割未満で、二次（塩化物）は春、夏に続いてほぼゼロであった。自動車の寄与量が四季の中で秋季が最も多く、館林では全データで最も高い結果となった。植物燃焼の寄与も四季の中で最も多く計算されており、千葉では 18%を超える結果が得られている。また、さいたまと浜松で道路粉じんが高い結果が得られた。

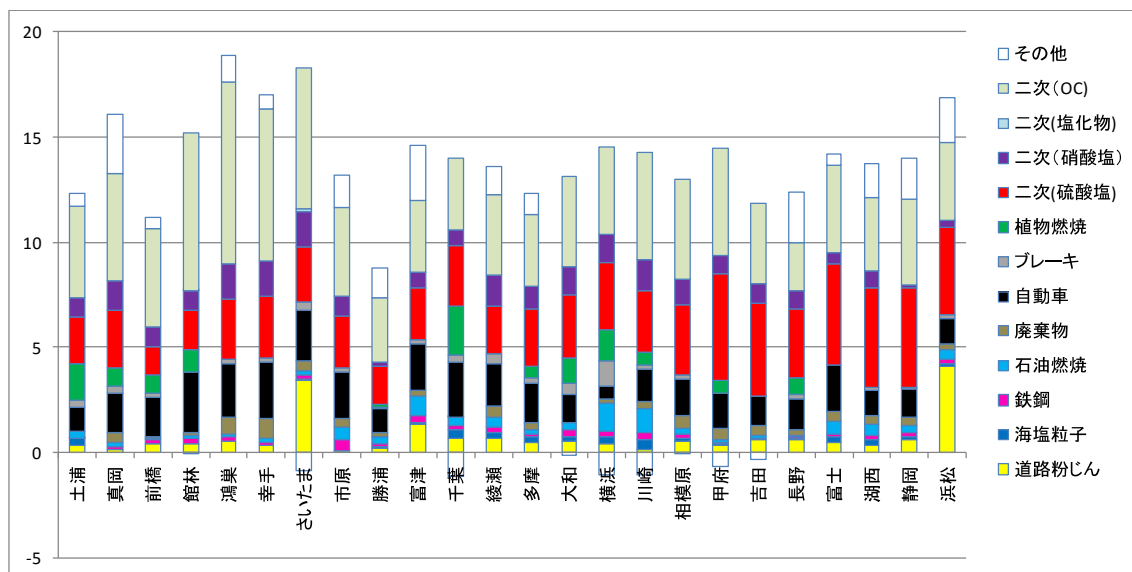


図 5-4-1 2015 年秋季の発生源寄与率の推定結果（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

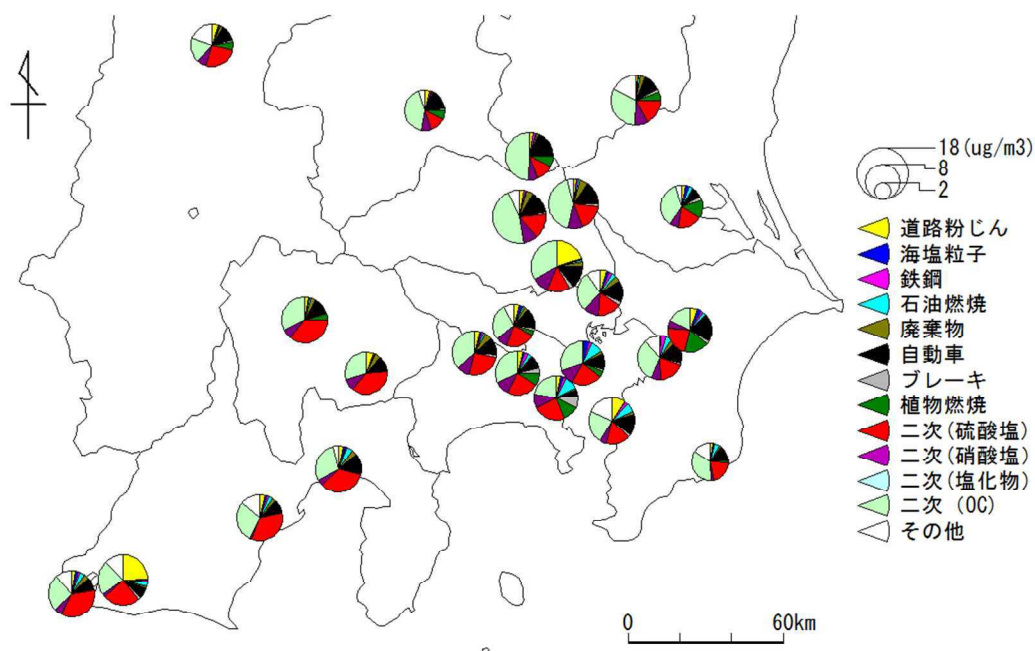


図 5-4-2 2015 年秋季の発生源寄与率の推定結果（マップ）

## 5.5 冬季の計算結果

冬季の計算結果を図 5-5-1 及び図 5-5-2 に示す。PM2.5 濃度が四季の中で最も低く、 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えたのは真岡のみであった。ただし、真岡については測定期間が異なっている点に注意が必要である。その他がマイナスになる地点が多く、 $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上のマイナスとなった地点は、幸手、さいたま、多摩、富津、千葉、大和、横浜、川崎、相模原、富士、甲府、吉田の 12 地点と四季で最多であった。

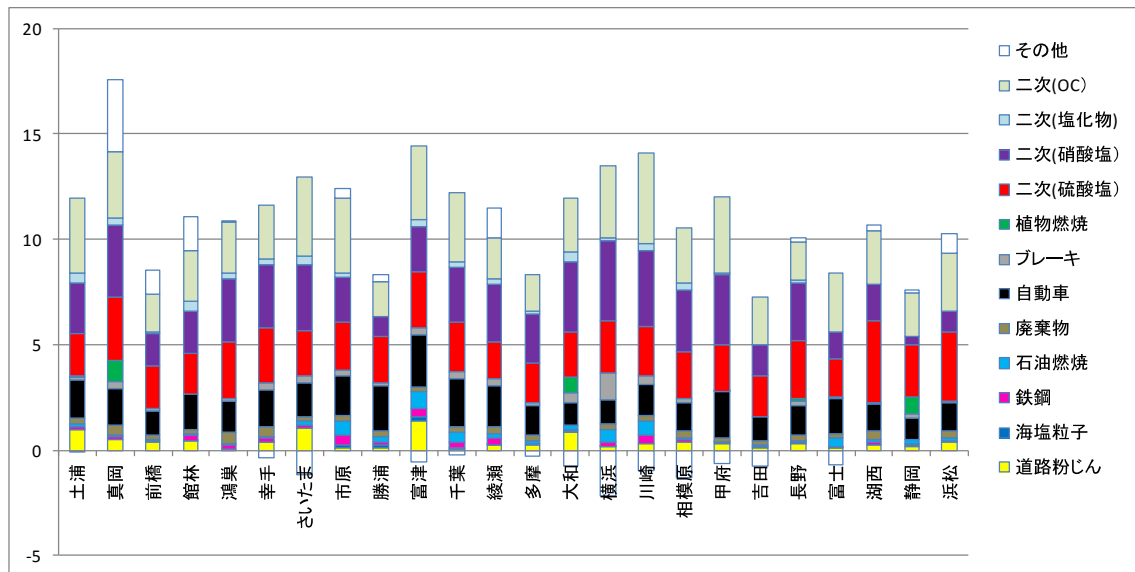


図 5-5-1 2015 年冬季の発生源寄与率の推定結果（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

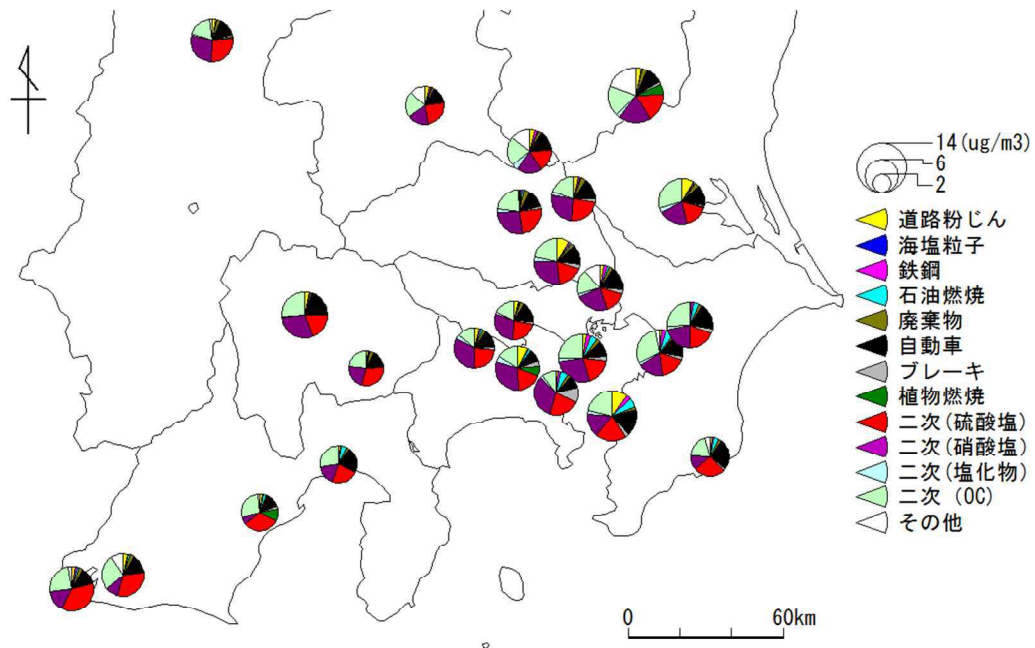


図 5-5-2 2015 年冬季の発生源寄与率の推定結果（マップ）



二次（硝酸塩）の寄与が四季の中で最大で、20 地点で二次（硫酸塩）を上回る結果となった。二次（硫酸塩）が 2 割を超えたのは 13 地点であったが、二次（硝酸塩）が 3 割を超えたのは 20 地点であった。二次（塩化物）が計算されるようになったが、20 地点で  $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  未満と少ない結果であった。また、二次（OC）が 2 割を超えたのは 20 地点であった。一方、自動車の寄与量が秋季に次いで多い結果で、寄与率で見ると四季で最大であった。横浜のブレーキ粉じんが全データで最大で 10% を超えた。

## 5.6 四季の結果の妥当性について

四季の計算の妥当性の評価値を表 5-6-1 に示す。 $R^2$  はフィッティングに用いた項目の誤差で重み付けした実測値と計算値の相関係数の二乗である。マニュアル<sup>(3)</sup>では、0.8 未満ではよく説明できていないと書かれている。 $\chi^2$  は実測値と計算値の差の二乗和を誤差で重みづけした後、自由度（＝項目数－発生源数）で除したものである。マニュアルでは、1 未満が良い適合で、1～2 なら受け入れ可、4 以上なら一つ以上の項目がよく説明されていないと書かれている。

%MASS は計算された寄与量が実測値の PM2.5 濃度に占める割合であり、今回は二次粒子の計算を後で行ったため、二次粒子分を加えた値を示した。マニュアルには PM2.5 濃度が  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  未満でなければ、80～120% の範囲で受け入れ可とある。

表 5-6-1 四季の計算結果の妥当性

	春季			夏季			秋季			冬季		
	$R^2$	$\chi^2$	%MASS	$R^2$	$\chi^2$	%MASS	$R^2$	$\chi^2$	%MASS	$R^2$	$\chi^2$	%MASS
土浦	0.840	0.83	90.3%	0.930	0.26	89.8%	0.714	1.47	95.3%	0.870	0.60	100.3%
真岡	0.851	0.98	88.2%	0.825	0.63	94.2%	0.814	1.01	82.5%	0.856	0.66	80.5%
前橋	0.803	1.39	81.9%	0.803	0.91	94.1%	0.794	1.15	95.1%	0.845	0.65	87.0%
館林	0.874	0.70	83.7%	0.815	1.52	91.2%	0.893	0.58	100.2%	0.843	0.44	85.7%
鴻巣	0.852	0.45	99.2%	0.828	1.00	98.1%	0.798	0.83	93.1%	0.738	1.06	99.3%
幸手	0.827	0.59	95.9%	0.848	0.63	92.4%	0.844	0.54	95.9%	0.853	0.63	103.0%
さいたま	0.775	1.07	76.6%	0.897	0.79	98.0%	0.868	0.84	105.0%	0.747	1.41	109.5%
市原	0.859	0.93	87.8%	0.900	0.63	92.1%	0.815	1.04	88.4%	0.801	0.94	96.5%
勝浦	0.654	1.57	89.9%	0.764	1.17	84.0%	0.766	1.17	84.0%	0.812	0.87	95.8%
富津	0.790	1.12	93.4%	0.848	0.92	90.5%	0.744	1.47	81.9%	0.783	1.73	104.0%
千葉	0.873	0.66	101.4%	0.816	0.84	105.2%	0.805	1.13	108.6%	0.719	1.46	102.0%
綾瀬	0.901	0.91	93.2%	0.881	0.89	74.5%	0.785	1.57	90.2%	0.654	2.17	88.0%
多摩	0.842	1.53	87.1%	0.883	1.13	81.8%	0.816	1.57	92.2%	0.799	1.02	103.6%
大和	0.663	2.31	97.4%	0.903	1.01	93.6%	0.907	0.68	101.0%	0.753	1.25	106.8%
横浜	0.801	0.99	97.2%	0.899	0.63	104.2%	0.858	0.96	108.2%	0.823	0.92	119.2%
川崎	0.875	0.96	106.5%	0.905	0.56	105.8%	0.851	1.07	108.2%	0.869	0.41	107.4%
相模原	0.871	0.96	96.3%	0.887	1.19	96.7%	0.828	1.22	100.0%	0.860	0.77	113.6%
甲府	0.849	0.99	92.8%	0.912	0.56	92.7%	0.883	0.44	104.8%	0.731	0.85	105.4%
吉田	0.747	1.52	86.6%	0.907	0.51	91.0%	0.853	0.55	103.1%	0.684	1.11	111.3%
長野	0.856	1.11	77.1%	0.908	0.66	78.6%	0.836	0.73	80.5%	0.842	0.61	98.1%
富士	0.832	0.86	82.5%	0.895	0.49	87.7%	0.864	0.69	96.2%	0.909	0.46	108.7%
湖西	0.815	0.96	81.0%	0.839	0.68	87.5%	0.846	0.67	88.5%	0.870	0.41	97.3%
静岡	0.887	0.87	85.3%	0.870	0.51	86.9%	0.874	0.76	86.0%	0.862	0.80	98.6%
浜松	0.845	0.81	83.3%	0.782	0.62	80.5%	0.860	0.72	87.2%	0.868	0.38	90.5%

R<sup>2</sup>が0.8未満は春季が5例、夏季が2例、秋季が6例、冬季が9例で、濃度が最も高い夏季で適合性が高く、濃度が最も低い冬季の適合性が低かった。四季を通じて $\chi^2$ が4を超えることはなく、2を超えたのも春季の大和と冬季の綾瀬のみであった。%MASSが80%未満は春季が2例、夏季は2例、秋季と冬季は1例もなく、120%以上は四季を通じてなかった。四季を通じて不適合とならなかったのは10地点で、1例のみ不適合となったのは6地点で、2例のみは4地点であった。最も多い3例の不適合はさいたまと綾瀬と勝浦と富津の4地点であった。全体的に計算が良好に行われたと考えられる。

## 5.7 季節別・区分別の発生源寄与について

### 5.7.1 寄与量について

表5-7-1に季節別、区分別の傾向をまとめた。この表で「最大データ」というのは、全計算結果の寄与量（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の最大値である。春と夏に多くなるものも多く、道路粉じん、海塩粒子、鉄鋼、石油燃焼、廃棄物焼却、二次（硫酸塩）、二次（OC）が挙げられる。秋に多くなる発生源は自動車と植物燃焼、二次（OC）で、冬に多くなる発生源は二次（硝酸塩）と二次（塩化物）だけであった。

表 5-7-1 季節別・区分別の発生源寄与量

	最大データ	春	夏	秋	冬	区分別
道路粉じん	浜松/秋	1.16	0.42	0.74	0.39	春は内陸＞沿岸
海塩粒子	川崎/夏	0.18	0.17	0.14	0.04	沿岸＞内陸
鉄鋼	川崎/夏	0.20	0.20	0.22	0.17	沿岸＞内陸
石油燃焼	川崎/夏	1.03	1.62	0.40	0.82	沿岸＞内陸
廃棄物焼却	幸手/秋	0.25	0.41	0.37	0.26	内陸＞沿岸
自動車排ガス	館林/秋	1.12	1.28	1.79	1.60	冬を除いて内陸＞沿岸
ブレーキ粉じん	横浜/冬	0.23	0.27	0.25	0.25	沿岸＞内陸
植物燃焼	大和/春	0.31	0.42	0.51	0.12	春は沿岸＞内陸
二次（硫酸塩）	横浜/夏	5.25	9.45	3.13	2.37	やや沿岸＞内陸
二次（硝酸塩）	横浜/冬	1.05	0.19	1.01	2.38	内陸＞沿岸
二次（塩化物）	館林/冬	0.00	0.00	0.01	0.21	やや内陸＞沿岸
二次（OC）	鴻巣/秋	3.85	4.74	4.60	2.75	冬を除いて内陸＞沿岸
その他	綾瀬/夏	1.73	1.79	0.71	0.01	春は内陸＞沿岸

注）数値は全地点の平均濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ） 色の凡例：最も高い・二番目に高い・最も低い

区分別にみると、内陸＞沿岸となるのは春の道路粉じん（黄砂や土壌の舞い上がりが含まれると考えられる。）、廃棄物焼却、冬を除く自動車、二次（硝酸塩）、冬を除く二次（OC）が挙げられる。内陸＞沿岸の傾向が見られるものとしては、二次（塩化物）が挙げられる。沿岸＞内陸となるものは、海塩粒子、鉄鋼、石油燃焼、ブレーキ粉じん、春の植物燃焼で、沿岸＞内陸の傾向が見られるものは、二次（硫酸塩）であった。



### 5.7.2 寄与率について

図 5-7-1 に春季の沿岸・内陸の区別の平均寄与率を示す。四季で最も道路粉じんの割合が多く、内陸が沿岸より高くなっている。石油燃焼は**コンビナートや工場が多い**沿岸が内陸よりも高くなっているが、自動車は逆に内陸＞沿岸であり、**ディーゼル車運行規制地域外が多い影響が考えられる**。二次（硫酸塩）はやや沿岸＞内陸で、二次（OC）はやや内陸＞沿岸の傾向がある。

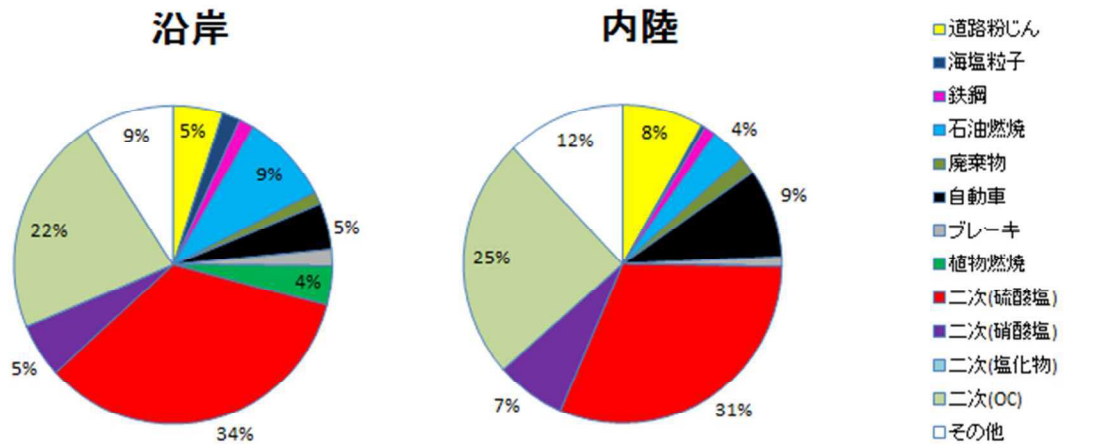


図 5-7-1 春季の沿岸・内陸の区別の寄与率

図 5-7-2 に夏季の沿岸・内陸の区別の平均寄与率を示す。四季で最も濃度が高い時期であり、最大成分は二次（硫酸塩）で、沿岸が内陸よりも高い傾向である。2 番目の成分である二次（OC）は**春季と同様に**内陸＞沿岸である。石油燃焼は沿岸では 3 番目の成分であり、寄与率では内陸の 2 倍になる。内陸では自動車 3 番目の成分であり、寄与率では沿岸の 2 倍以上である。

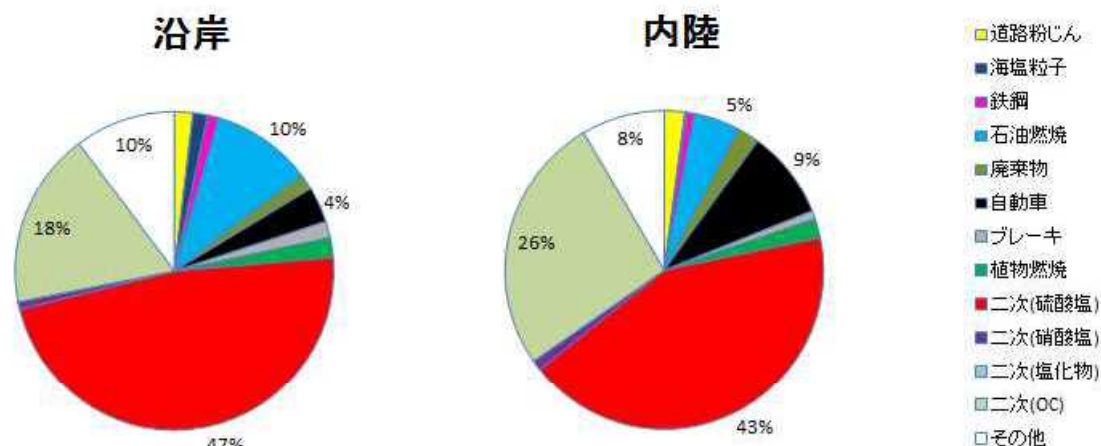


図 5-7-2 夏季の沿岸・内陸の区別の寄与率

図 5-7-3 に秋季の沿岸・内陸の区別の平均寄与率を示す。二次（OC）が秋

季の最大成分で、**春季・夏季同様に**内陸＞沿岸である 2 番目の成分である二次（硫酸塩）は沿岸＞内陸である。自動車の寄与量は四季で最大であるが、寄与率では冬に次いで 2 番目であり、やや内陸＞沿岸である。夏季にほとんど見られなかった二次（硝酸塩）が寄与率としては 4 番目の成分となった。石油燃焼は春季・夏季同様に沿岸＞内陸であるが、寄与率としては大きくはない。

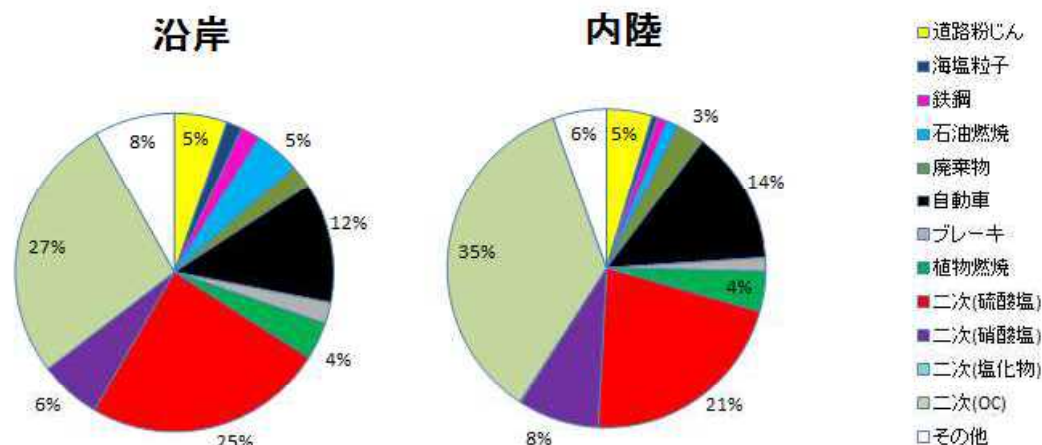


図 5-7-3 秋季の沿岸・内陸の区分別の寄与率

図 5-7-4 に冬季の沿岸・内陸の区分別の平均寄与率を示す。沿岸では最大成分は二次（硫酸塩）であるが、二次（OC）とほとんど変わらず、二次（硝酸塩）も接近している。内陸の最大成分は二次（硝酸塩）であるが、二次（OC）と二次（硫酸塩）も接近している。4 番目の成分はいずれも自動車であるが、沿岸と内陸で同じ寄与率となった。石油燃焼は四季全てについて沿岸＞内陸であった。

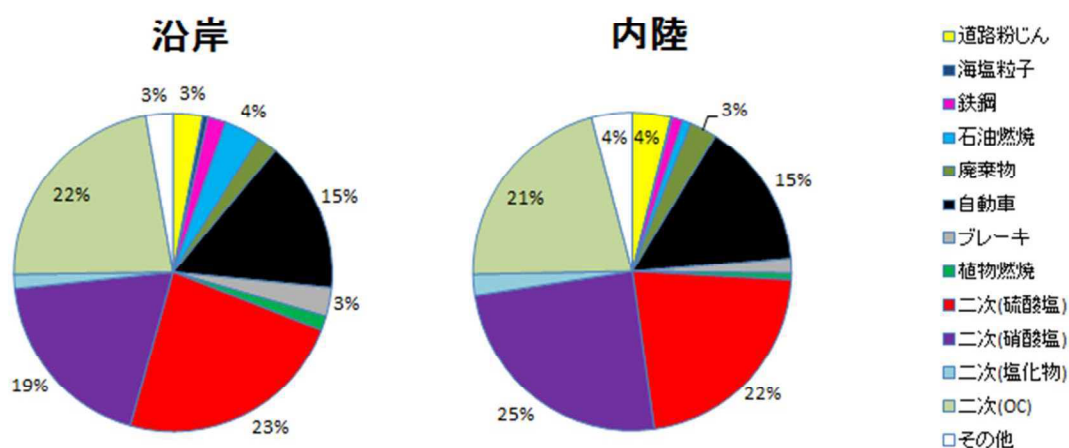


図 5-7-4 冬季の沿岸・内陸の区分別の寄与率

## 5.8 二次粒子の計算方法について

今回のレポートでは、15 項目×8 発生源で CMB8.2 の計算を行ってから水溶性イオンのデータと OC の分析値から二次粒子の計算を別に行うこととしたが、二次粒子を 4 種類に分けたため、当量濃度を確認して  $\text{NH}_4^+$  が過剰なのか不足なのかを判断して計算する必要があるため、実測値と計算値の関係などもあって計算がやや複雑になった。CMB8.2 のマニュアルでは計算例として示されている発生源データとして、硫酸アンモニウムと硝酸アンモニウムと硝酸ナトリウムがあり、硫酸アンモニウムは  $\text{SO}_4^{2-}$  が 72.7% で  $\text{NH}_4^+$  が 27.3% の組成で、硝酸アンモニウムが  $\text{NO}_3^-$  が 77.45% で  $\text{NH}_4^+$  が 22.55% の組成で、硝酸ナトリウムが  $\text{NO}_3^-$  が 72.95% で  $\text{Na}^+$  が 27.05% の組成としたデータセットが例として示され、不確かさについてはいずれも 1/10 が設定されている。そこで、今後の参考のために表 5-1-1 の 20 項目から OC のみフィッティングから外して、硫酸アンモニウムと硝酸アンモニウムと硝酸ナトリウムを発生源として加えた 19 項目×11 発生源で CMB8.2 の計算を行ってみた。

その結果、図 5-8-1 に示すように発生源データに硫酸アンモニウム等を入力して求めた二次（硫酸塩）の推定値は、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  の当量濃度から別計算で求めたものとほとんど変わらなかった。

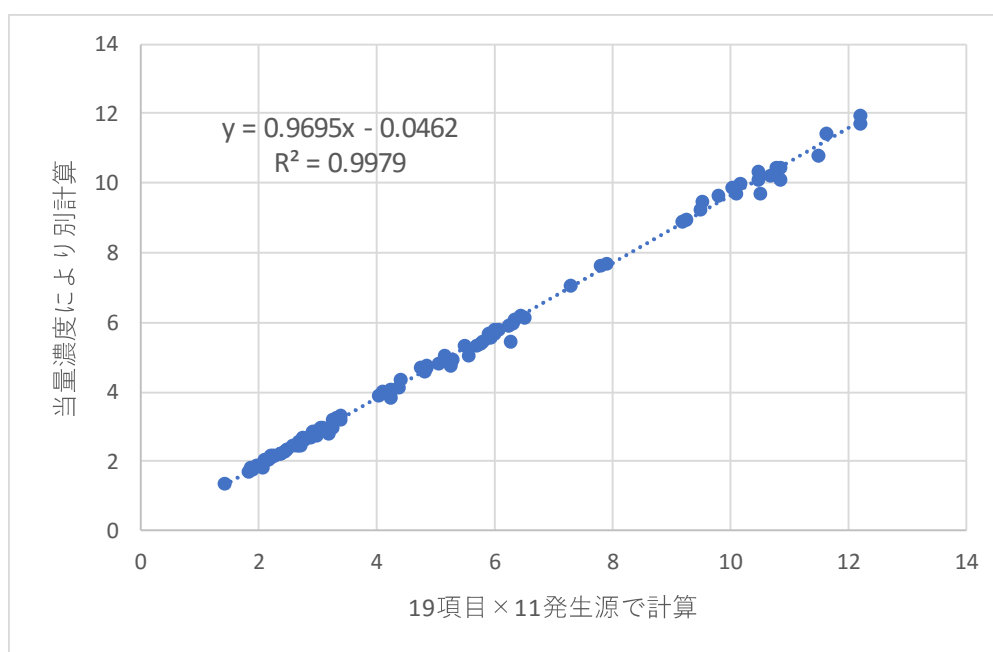


図 5-8-1 二つの方法による二次（硫酸塩）の推定値の比較（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

一方、二次（硝酸塩）については、図 5-8-2 に示すようにややバラツキが見られ、当量濃度から別計算する方がおよそ  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の濃度で小さくなる傾向が認められた。硝酸ナトリウムについては、冬季はほとんど計算されなかったが、その他の季節では平均して 1% 程度の寄与率が計算された。

二次粒子の計算方法としては、発生源データに硫酸アンモニウム等を入力する方法の方が簡単である。100% OC という発生源を想定する武田らの方法<sup>4)</sup>

を採用すれば二次（OC）の計算も可能となる。ただ、輸送中に変質しないという前提条件と合致するかという問題もあり、CMB8.2のマニュアル例に示されていない二次（塩化物）の計算も含めて、今後検討すべき課題である

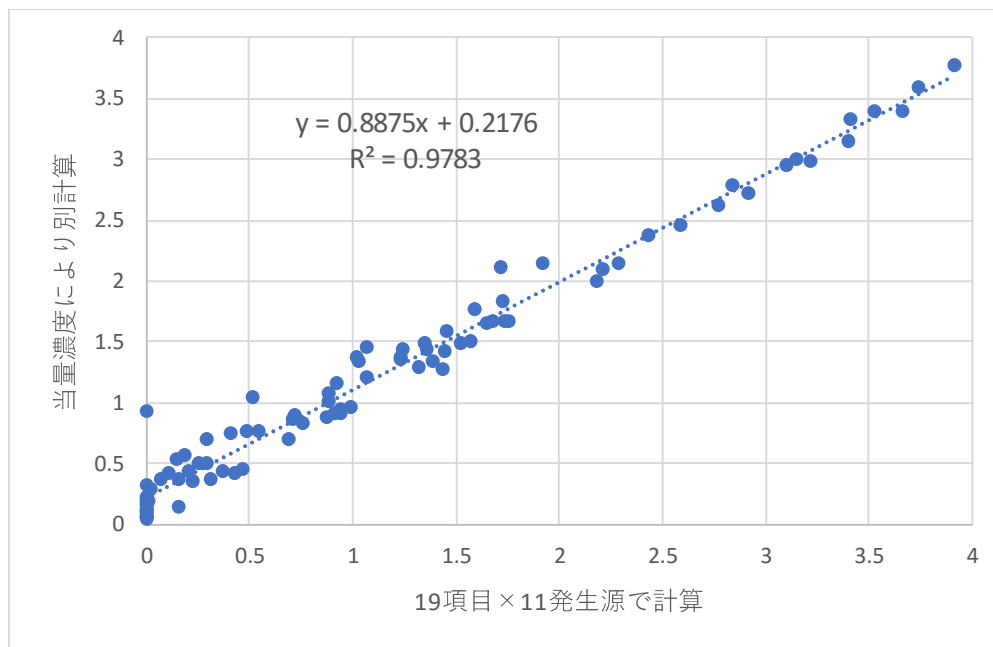


図 5-8-2 二つの方法による二次（硝酸塩）の推定値の比較（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

#### 参考文献

- 1) 東京都微小粒子状物質検討会：東京都微小粒子状物質検討会報告書（2011）  
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/pm25v23.pdf>
- 2) 山神真紀子、久恒邦裕、池盛文数：微小粒子状物質（PM2.5）の発生源寄与率の推定．名古屋市環境科学調査センター年報．1．p.20-25（2012）
- 3) EPA：EPA-CMB8.2 User's Manual  
<http://www3.epa.gov/ttn/scram/models/receptor/EPA-CMB82Manual.pdf>
- 4) 武田麻由子、小松宏昭：神奈川県における微小粒子状物質（PM2.5）の特徴について（平成24年度）（2）CMB法を用いた発生源寄与の推定．神奈川県環境科学センター研究報告 第36号 18～26頁（2013）