

シミュレーションモデルを用いたPM2.5の解析研究

小松 宏昭 (神奈川県環境科学センター)

シミュレーションモデルを用いた解析から、県内のPM2.5の約6割は関東域内の発生源の影響を受けていると推測された。成分によって発生源地域の影響は異なり、硫酸イオンは関東域外の寄与割合が高く、硝酸イオンや元素状炭素は関東域内の寄与割合が高い結果となった。

これらの結果から、PM2.5の低減策を検討するうえで地域的な対策と広域的な対策の両面を考慮する必要のあることが示された。

1 はじめに

微小粒子状物質(PM2.5)は、粒径が小さく肺の奥深くまで入りやすいことから人の健康に影響を及ぼす恐れが懸念され、2009年9月に環境基準が設定された(図1)。

神奈川県は2011年度から質量濃度のモニタリングを開始し、翌2012年度からは環境科学センターにおいて、県内の汚染状況の把握やPM2.5の発生源の把握を目指し、成分分析結果を用いた解析などを行ってきた。一方、PM2.5の発生源は多岐にわたり、工場など固定発生源の他に自動車や船舶などの移動発生源や植物、火山などの自然由来のものが知られている(図2)。

また、PM2.5には発生源から大気中に直接放出される粒子(一次粒子)と大気中に放出されたガス状物質が光やオゾンの影響を受けて粒子となるもの(二次粒子)があり、生成メカニズムは複雑で、分析結果から発生源を明らかにすることは難しい状況にある。

そこで、環境科学センターではシミュレーションモデルを活用した発生源解析を行ったので、今回その結果を紹介する。

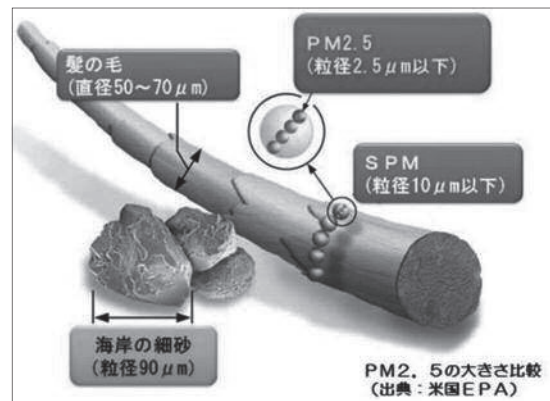


図1 PM2.5の粒径について¹⁾



図2 PM2.5生成のしくみ¹⁾

2 目的

PM_{2.5}の低減施策を検討するうえで発生源の地域や種類を把握し、PM_{2.5}の生成に対する寄与程度を明らかにしておくことが重要である。

シミュレーションモデル(化学輸送モデル)は気象データや排出量データを用いて大気中の物質濃度を算出することから、排出量データを操作することによって目的とする成分の大気中濃度の変化(寄与程度)を推計することができる。

そこで、県内で観測されるPM_{2.5}の生成に影響を及ぼす発源地域を明らかにすることを目的として、シミュレーションモデルを用いた解析を行った。

3 解析方法

3.1 計算条件

気象モデルとしてWRF v 3.5.1、化学輸送モデルとしてCAMQ v 5.0.1を用いてPM_{2.5}濃度のシミュレーションを行った。

計算領域は東アジア域(D1、60km)、日本域(D2、15km)、関東域(D3、5km)とし(図3)、鉛直方向は地表から100 hPaまでをWRF、CAMQとも34層に区分し、最下層を地上約55 mに設定した。

気象データは米国環境予測センターの気象解析データ(NCEP-FNL)を使用した。

排出量データは森野らが作成したデータ(自然起源:MEGANv2.10、Aerocom、気象庁火山活動解説資料、バイオマス燃焼GFEDv3.1、人為起源:REASv2.1、JATOPインベントリなど)を利用した²⁾。

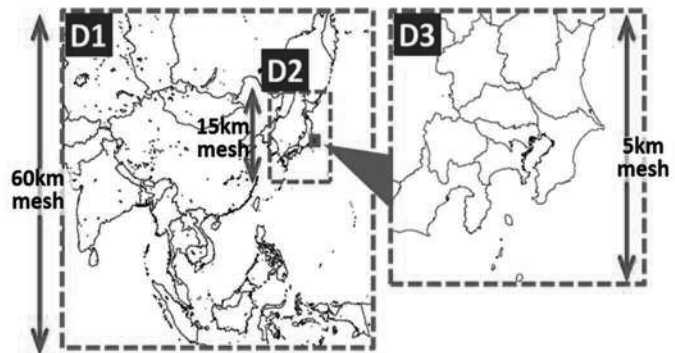


図3 計算領域(D1～3)

解析対象期間は2013年1月1日から12月31日までとし、解析対象の1ヶ月前から計算を実施した。

3.2 発生源寄与解析

発生源寄与解析は3地域(神奈川県、東京湾、関東域)を設定して検討した(図4)。排出量を変更しない場合と各地域の排出量を50%削減した場合の計算を行い、両者による計算結果の濃度差を2倍することで各地域の寄与割合を推定した³⁾。

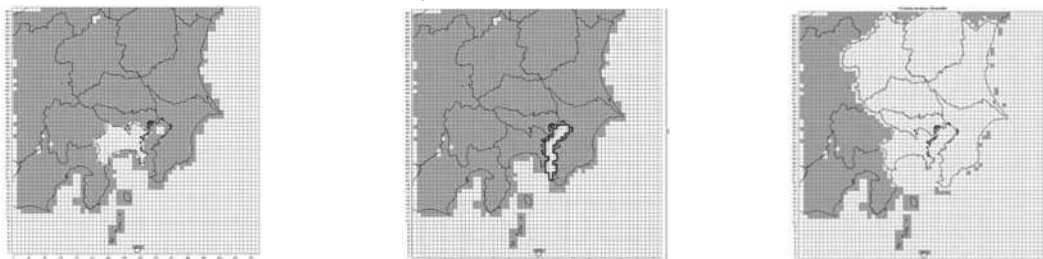


図4 発生源の削減対象地域(左:神奈川県、中央:東京湾、右:関東域)

4 結果

4.1 計算結果の再現性

大和市役所測定局(一般環境測定局)を対象として、自動濃度測定機による質量濃度(年間の日平均値)や成分分析結果(4季節、各季節14日間の分析結果)とシミュレーションによる計算値とを比較した。

質量濃度をみると、測定値と計算値とで日変動は概ね同様の推移を示したが、質量濃度が高い日(3月や7、8月に発生)は計算値が低く、再現性は十分でなかった(図5)。

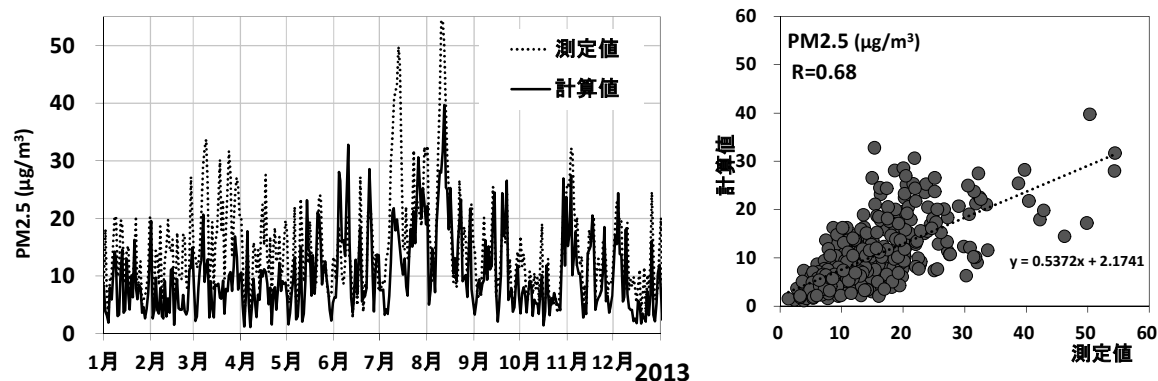


図5 質量濃度の再現性(左:日変動の推移 右:分布図及び相関係数)

次に季節別に各成分の再現性を確認したところ、成分によって再現性には違いがみられた(図6)。

硫酸イオンは冬季の再現性がやや悪いものの、その他の季節は概ね良好な再現性を示した。一方、硝酸イオンは夏から秋にかけて計算値が高い傾向にあった。また、有機エアロゾルは全ての期間で計算値が低い傾向を示した。

有機エアロゾルは気温の変化によって、粒子状⇄ガス状の変化をおこしやすく大気中の挙動が不安定である。また、有機エアロゾルのもととなる揮発性有機化合物には多くの種類があり、計算に使用した排出量データでは十分把握されていない可能性がある。こうしたことから、今回の計算値の有機エアロゾルは四季を通じて再現性が悪かったと考えられた。

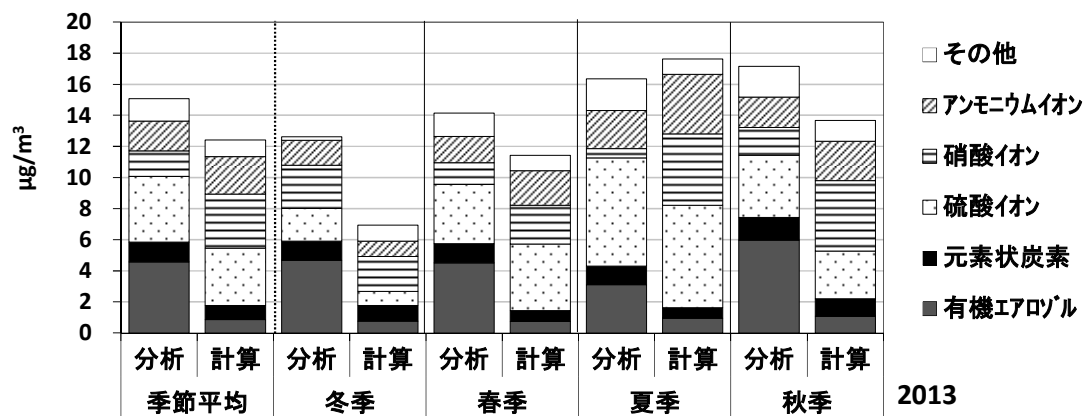


図6 構成成分の再現性(大和市役所)

4.2 発生源寄与割合の推計

大和市役所測定局を対象として、PM_{2.5}の生成に影響を及ぼす発生源地域の寄与割合を推定した(図7)。質量濃度全体をみると、関東域内にある発生源の寄与割合が約6割を占めたが、成分によって影響を及ぼす地域の割合は異なり、硫酸イオンは関東域外の地域の割合が約8割と推定されたが、硝酸イオンや元素状炭素は関東域内の割合が9割以上を占める結果となった。また、アンモニウムイオンや有機エアロゾルも関東域内の寄与割合が6割程度を占める結果となった。

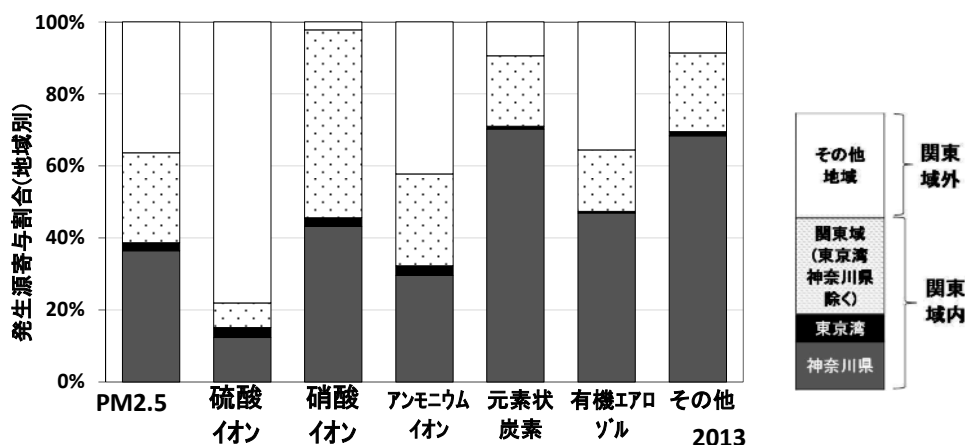


図7 地域別の発生源寄与解析(大和市役所)

5 おわりに

今回、シミュレーションモデルを用いて神奈川県内(大和市役所)を対象としたPM_{2.5}の発生源寄与解析を行った。その結果、硫酸イオンは関東域外の寄与割合が高く、硝酸イオンは地域内の寄与割合が高いことが明らかとなり、PM_{2.5}の低減対策を検討するうえで、広域的な対策と地域内で連携した対策の双方からのアプローチが重要であることが示された。

一方、今回の解析では越境汚染の寄与割合や桜島等の火山の影響などが把握できておらず、また有機エアロゾルなど計算再現性が十分でない成分もみられている。今後はこうした課題解決に向けて、さらに研究を進めていく予定としている。

「引用文献」

- 1) <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f470290/p656379.html> (2017.4.24アクセス)
- 2) 森野ら(2014) 第55回大気環境学会年会、p504.
- 3) 小松ら(2016) 第57回大気環境学会年会、p198.

「謝辞」

計算は、国立環境研究所と地方環境研究所による第Ⅱ型共同研究の一部として国立環境研究所が保有するスカラ計算機を用いて実施した。

CMAQの排出量データは国立環境研究所の森野悠氏、野口幸良氏に作成いただいた。また、CMAQの実行および入出力データ処理は大阪大学大学院工学研究科 嶋寺光助教にご協力いただいた。