



神奈川県環境科学センター業績発表会
平成30年10月18日

シミュレーションモデルを用いた 微小粒子状物質(PM2.5)の解析について

調査研究部 小松宏昭

内 容

★背 景

- ・ PM2.5とは(定義や生成の仕組み)
- ・ 経緯や県内の監視体制

★研究の目的

- ・ これまでの成果(基礎的情報の整理)
- ・ 本研究の目的

★研究方法

- ・ シミュレーションモデルの概要
- ・ 計算方法

★結果

- ・ 計算の再現性
- ・ 発生源寄与解析の結果(年平均と夏季高濃度時)

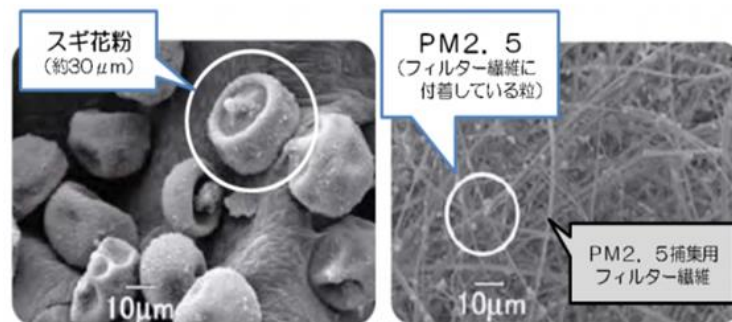
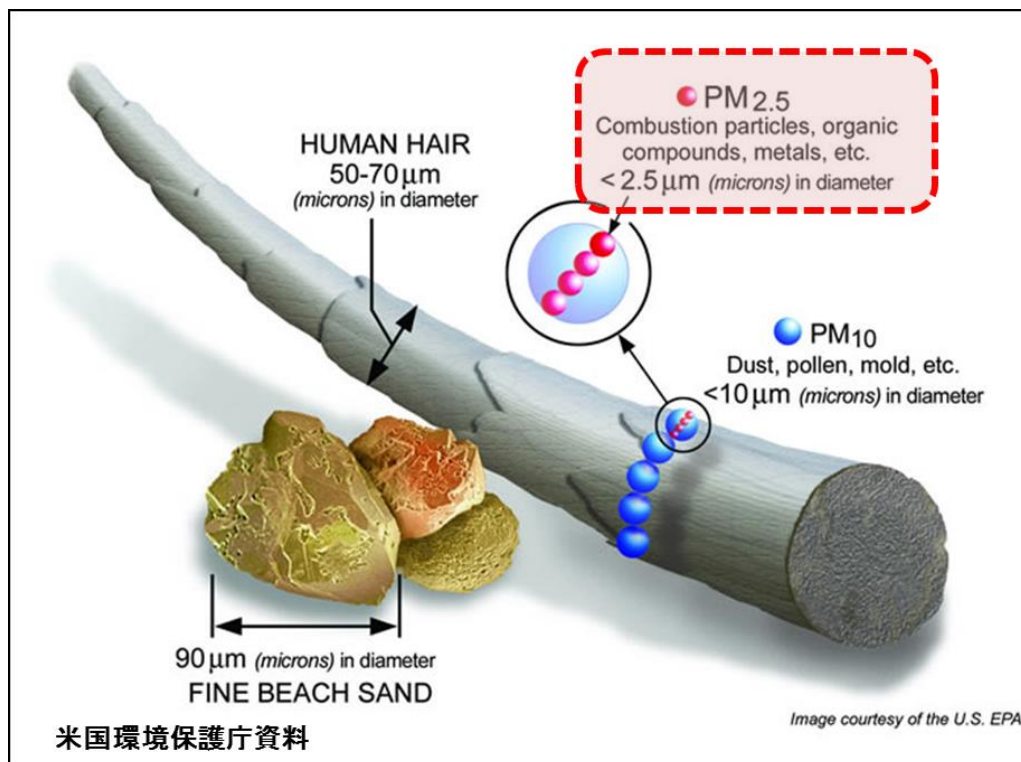
★まとめ

PM2.5とは

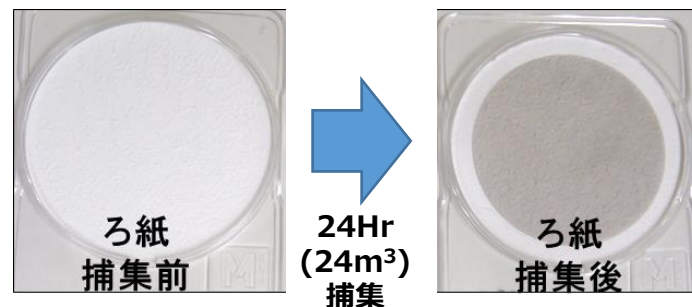
微小粒子状物質(PM2.5)

大気中に浮遊している粒子(**P**articulate(粒子状) **M**atter(物質))のうち、大きさが **2.5** μm (マイクロメートル) 以下の微小な粒子のこと

μm は1mmの1000分の1の長さ



スギ花粉(左)とPM_{2.5}(右)の大きさ比較
(写真出典: 神奈川県公害防止推進協議会)

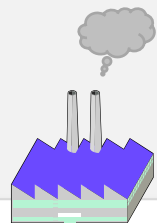


大気中の粒子状物質

- ・ 高温ガスの冷却
- ・ ガス状物質※のガス相反応

- ・ ガス状物質※の取り込み
- ・ 小粒子の凝集

- ・ 人為発生源
- ・ 巻き上げダスト
- ・ 海塩粒子
- ・ 火山粒子
- ・ 植物粒子

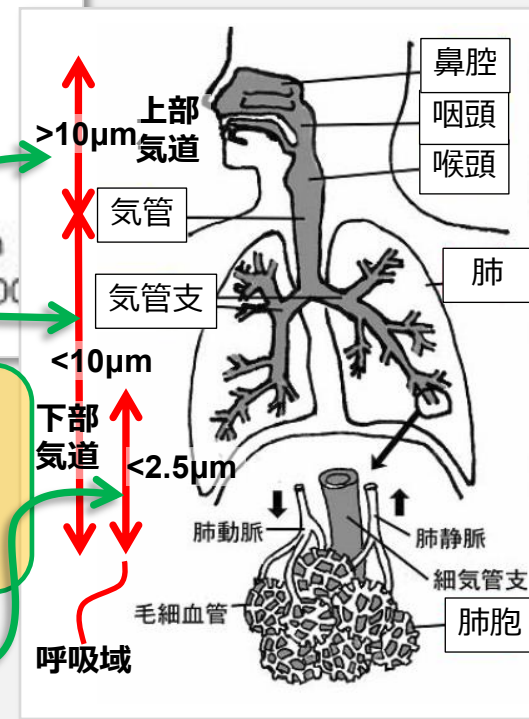
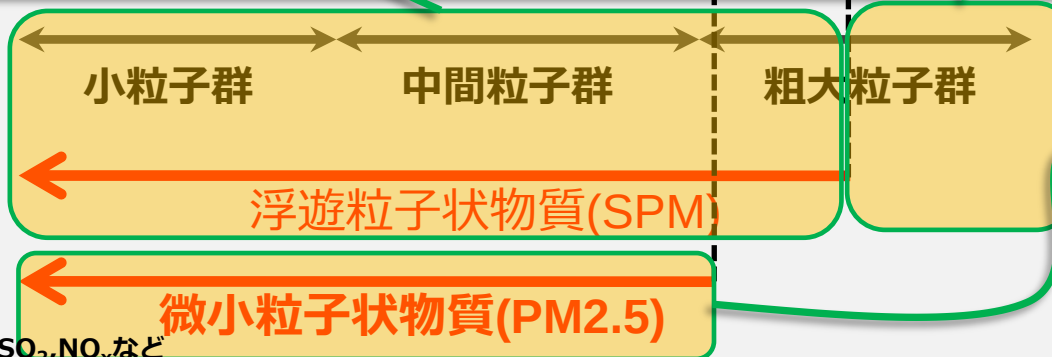
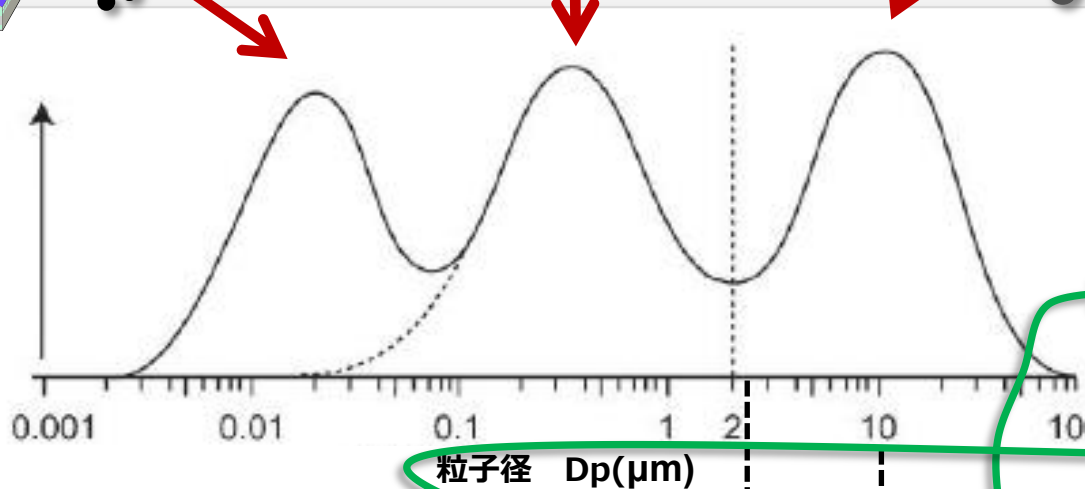


凝縮

凝集

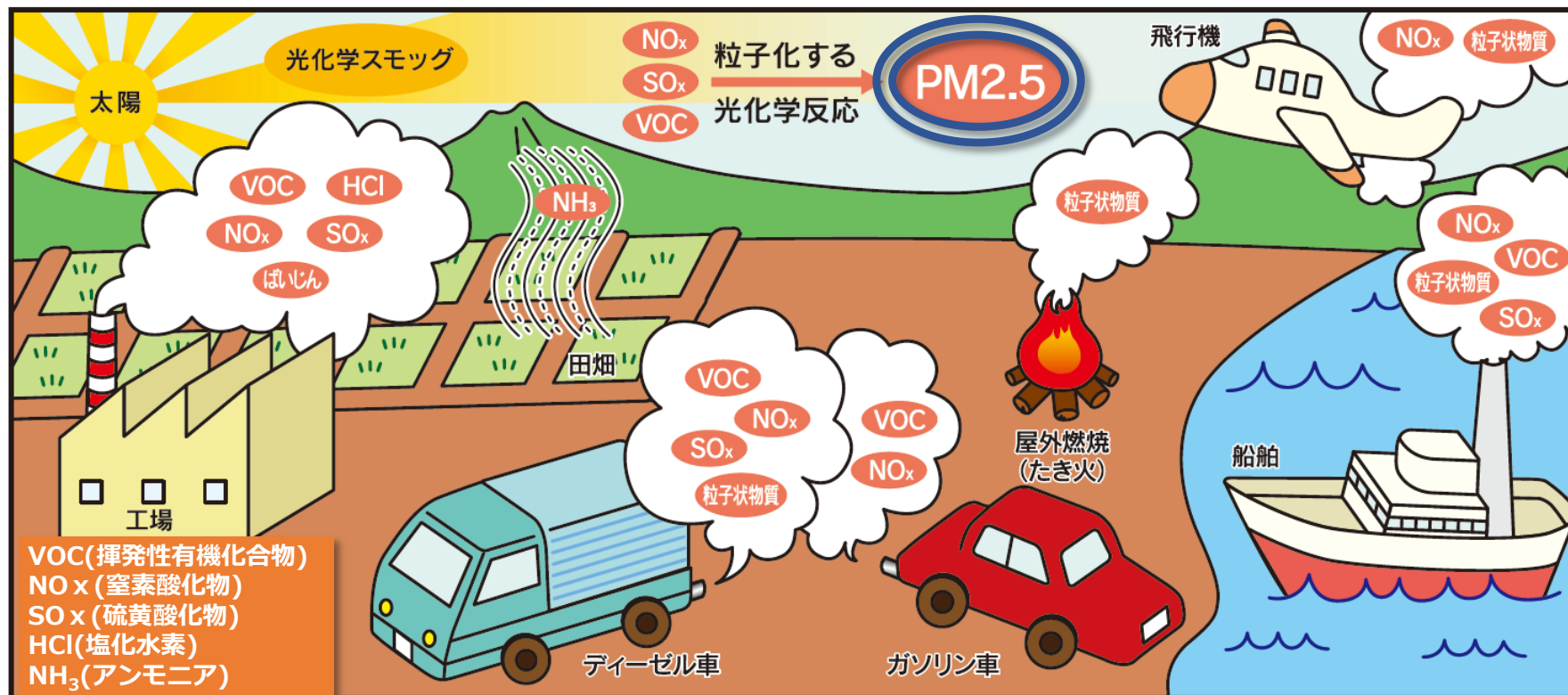


体積濃度
 $\mu\text{m}^3/\text{m}^3$



※ : ガス状物質 SO_2 , NO_x など

PM2.5生成のしくみ



PM2.5発生または生成のしくみ（出典：神奈川県公害防止推進協議会）<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pf7/pm/p656379.html>

一次粒子：発生源から粒子として直接排出される

二次粒子：大気中で反応して生成される粒子



発生源の種類と地域は多岐にわたる。生成機構が複雑

- ✓ PM2.5：平成21年に環境基準が設定
- ✓ 神奈川県は平成23年度から質量濃度モニタリングと成分分析を実施
平成24年度から研究を実施
- ★ 平成25年1月末以降、中国からの越境汚染が大きく報道



県ではH25年3月から高濃度予報を実施



神奈川県 Smart Communication

くらし・安全・環境 健康・福祉・子育て 教育・文化・スポーツ 観光・名産 産業・働く 電子銀行・県政運営・県勢

微小粒子状物質(PM2.5)について

印刷用ページを表示する 掲載日: 2018年10月2日

PM2.5高濃度予報

本日(10月2日)朝8時の高濃度予報	神奈川県内のPM2.5の濃度が高くなる見込みはありません。
<参考> 前日(10月1日)の測定状況	日平均値が環境基準値(35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過した測定局はありませんでした。

県内のPM2.5の濃度状況をもとに、県内におけるその日1日の平均濃度(日平均値)が70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える恐れがあるかを予測して、その結果をお知らせしています。(毎朝8時頃と昼1時頃の2回更新)

(注意) 朝8時頃にその日1日の濃度が高くなると予測された場合は、注意喚起を1日継続します。

高濃度予報や環境基準についての詳しい情報は次のページをご覧ください。

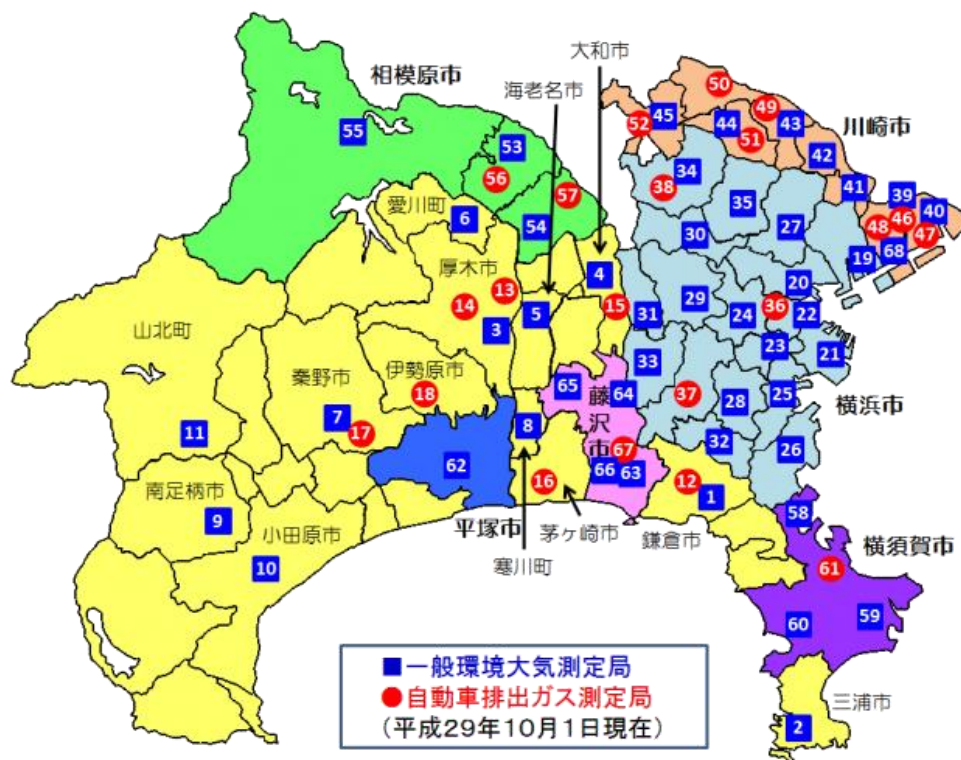
http://www.pref.kanagawa.jp/sys/taiki_kanshi/taiki/pm25information.html

対策検討に向けた情報が求められる(基礎的情報の整理・発生源の推定)

PM2.5の監視体制

✓神奈川県は平成23年度から**質量濃度モニタリング**と成分分析を実施

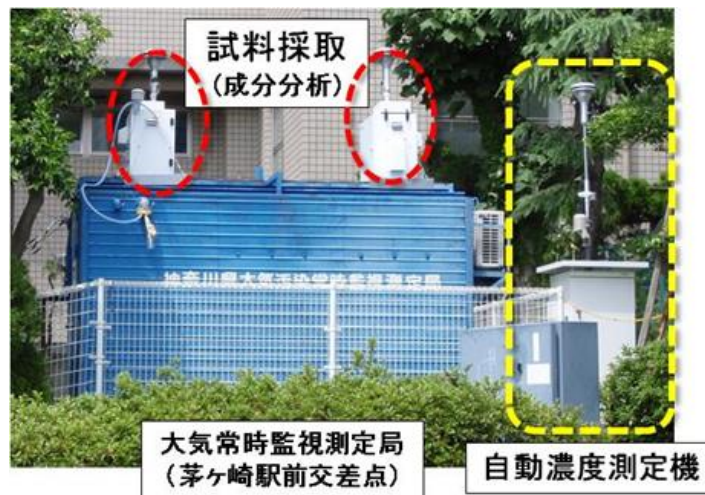
質量濃度モニタリング地点



【県内の測定地点数】 68

■ 一般環境大気測定局 : 47

● 自動車排出ガス測定局 : 21



<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pf7/pm/p654638.html>

PM2.5の監視体制

✓神奈川県は平成23年度から質量濃度モニタリングと**成分分析**を実施

●成分分析地点

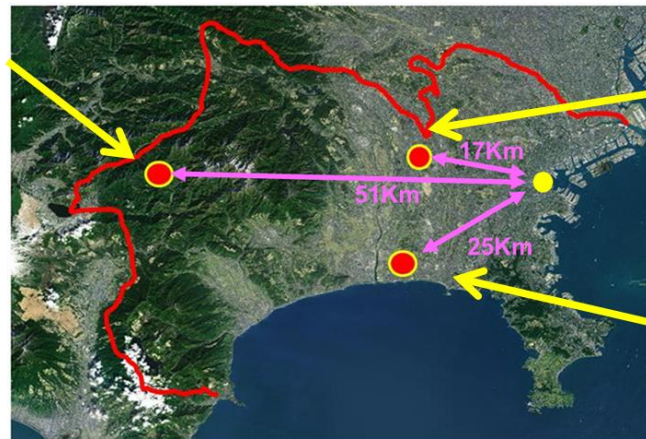
●年4回連続14日間

試料採取・分析



犬越路

研究局



大和市役所



茅ヶ崎駅前交差点



採取装置

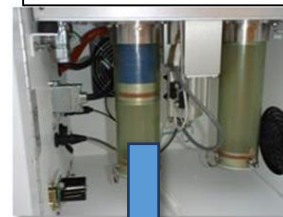


試料採取
(成分分析)

大気常時監視測定局
(茅ヶ崎駅前交差点)

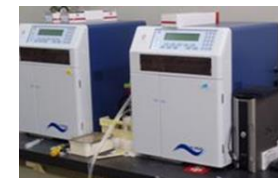
自動濃度測定機

採取装置内部



採取後の「ろ紙」

イオン成分分析



炭素成分分析



回収

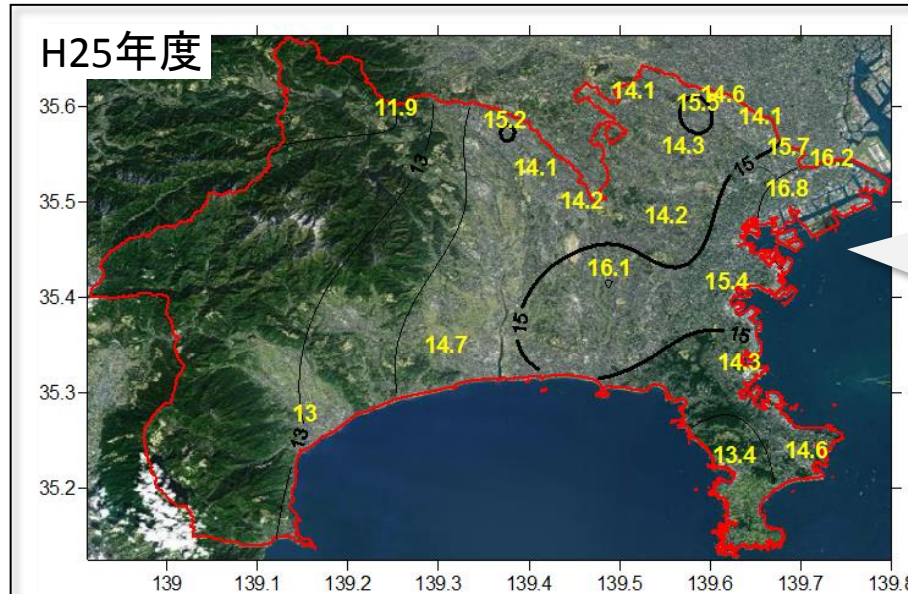
前処理
抽出・酸分解

金属成分分析



基礎的情報の整理

● 質量濃度分布(平成25年度)



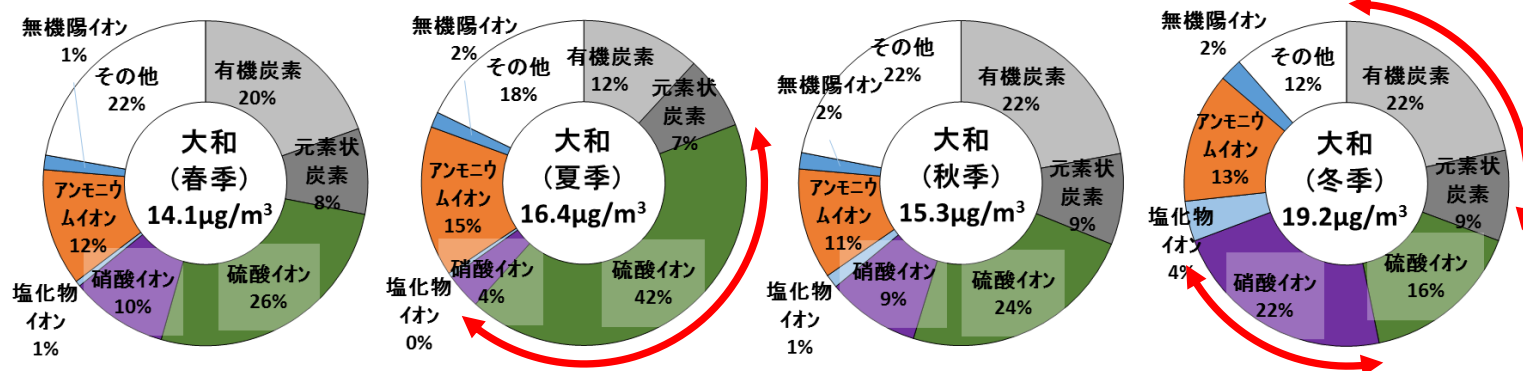
東部の川崎・横浜地域が高く、
西部に向かって濃度は低くなる。



人為発生源の影響を受けている。
発生源は、県内・外？
関東域内・外？

夏季：硫酸イオン
冬季：硝酸イオン、炭素成分
春・秋季：夏季・冬季の中間

● 構成成分(平成25年度)

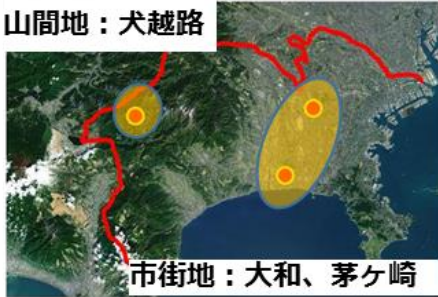


基礎的情報の整理

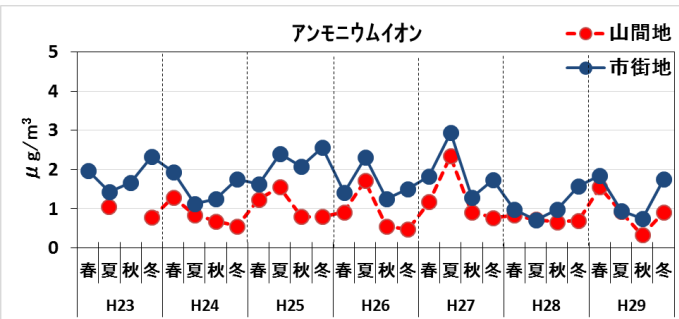
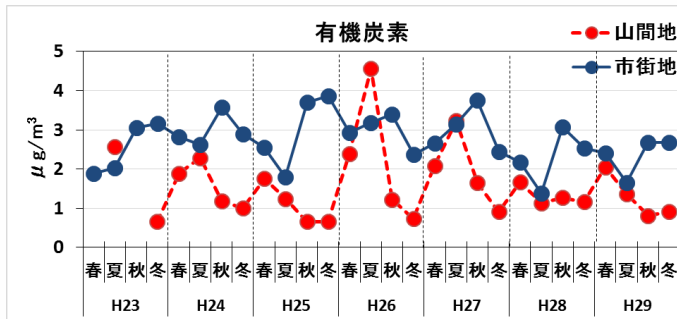
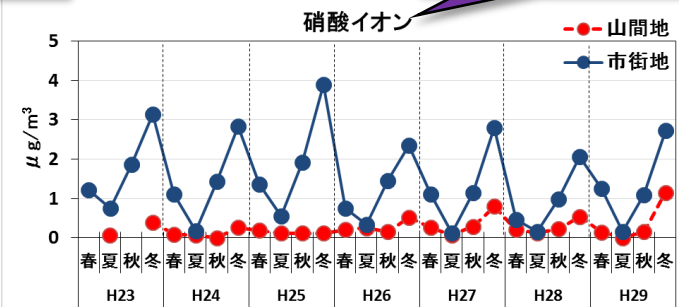
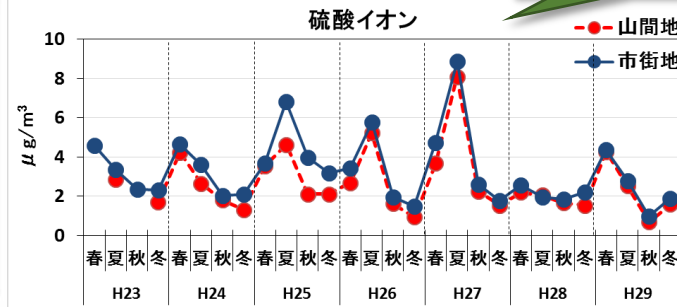
広域汚染？

地域汚染？

山間地：犬越路



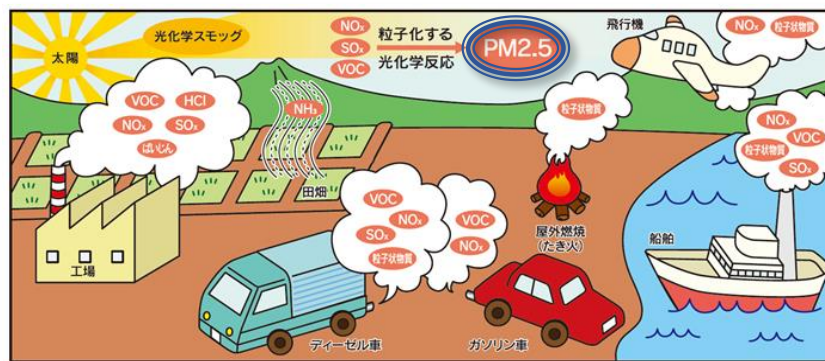
市街地：大和、茅ヶ崎



構成成分	特徴	傾向
硫酸イオン	安定(大気中寿命が長い)	春・夏に増加、秋・冬は減少
硝酸イオン	気温により変化(ガス⇔粒子)	夏に減少、秋以降は増加
炭素成分	多成分から構成される 気温により揮発する成分も含まれる (有機炭素)	市街地：秋・冬にやや増加 山間地：秋・冬は減少
アンモニウムイオン	アンモニアは大気中に含まれる唯一の塩基性ガス pHとして、酸性と対になりバランスが保たれる	硫酸イオンや硝酸イオンと連動して増減

研究目的

PM2.5の低減対策を検討するには、**実態把握**と**発生源の把握**が必要。



✓ 発生源の種類、地域は多岐にわたる。

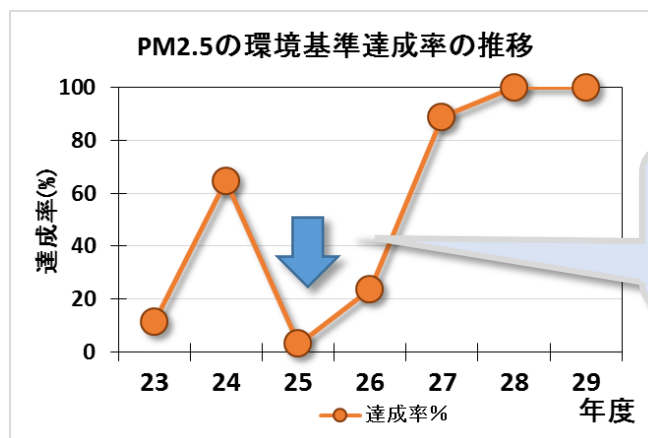
✓ 生成機構が複雑

PM2.5の生成に影響を及ぼす

”発生源の地域や種類”の把握が困難。

【目的】

「**県内で観測されるPM2.5の生成に影響を及ぼす発生源寄与を明らかにする**」ことを目的としてシミュレーションモデルを用いた発生源寄与解析を実施。
(感度解析)



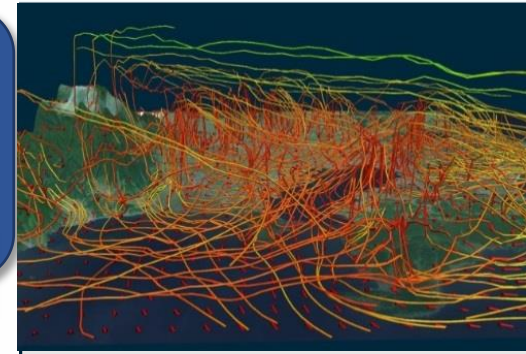
達成率が低い
平成25年度を
中心に解析

シミュレーションモデルの概要



気象モデル
(WRF Weather Research and Forecasting model)

気象場の推計



地表データ

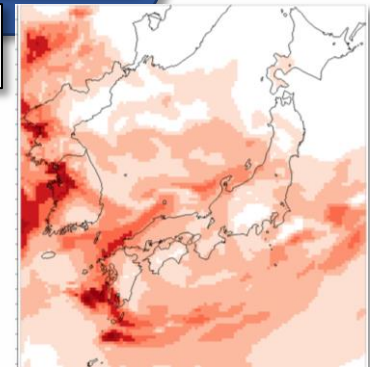
- ・地表面温度
- ・土地利用、植生



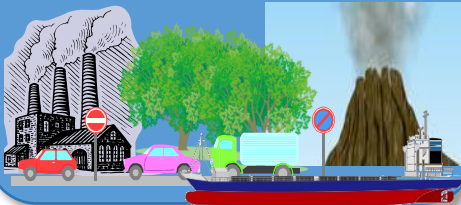
化学輸送モデル
(CMAQ Community Multi-scale Air Quality model)

- ・移流・拡散 (風に流される、散らばる)
- ・反応・沈着 (他の物質に変化する、地表に落ちる)

大気質の推計



発生源データ

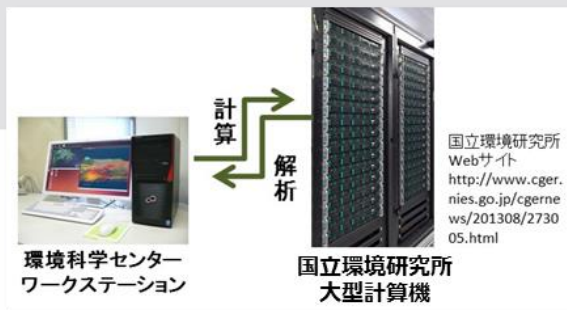


- 広域的な発生状況を把握できる。(測定局が無い地点)
- 発生源の影響を推定できる。(排出量を操作)

計算方法

国立環境研究所等との共同研究を実施

(H25~27、28~30年度)



計算条件

○対象期間

平成25年1月1日～平成26年3月31日

前計算 平成24年12月1日

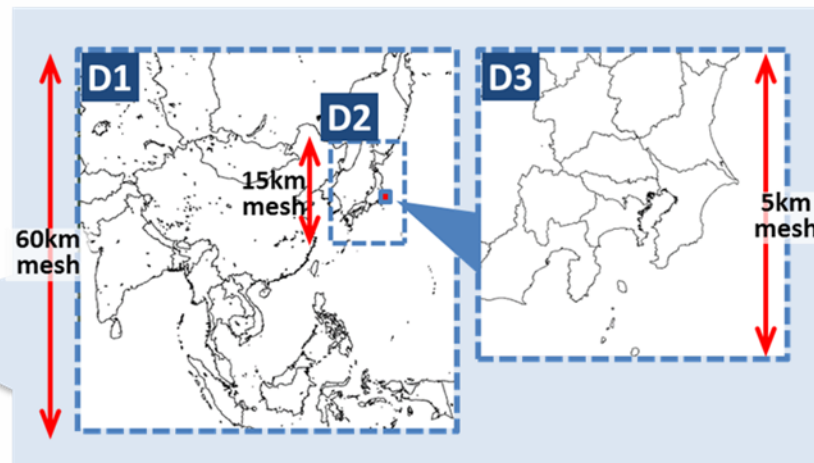
計算間隔 1時間

○計算領域

D1: 東アジア領域(60km)

D2: 日本国内(15km)

D3: 関東域(5km) ~100hPa, 34層



WRFv3.5.1

気象データ	NCEP FNL (D1~3)
地表データ	USGS 30sec
力学過程 スキーム、モデル	短波放射 : Dudhia 長波放射 : PRTM 積雲対流 : Kain-Fritsch 境界層 : Mellor-Yamada-Janjic 地表面 : Noah LSM

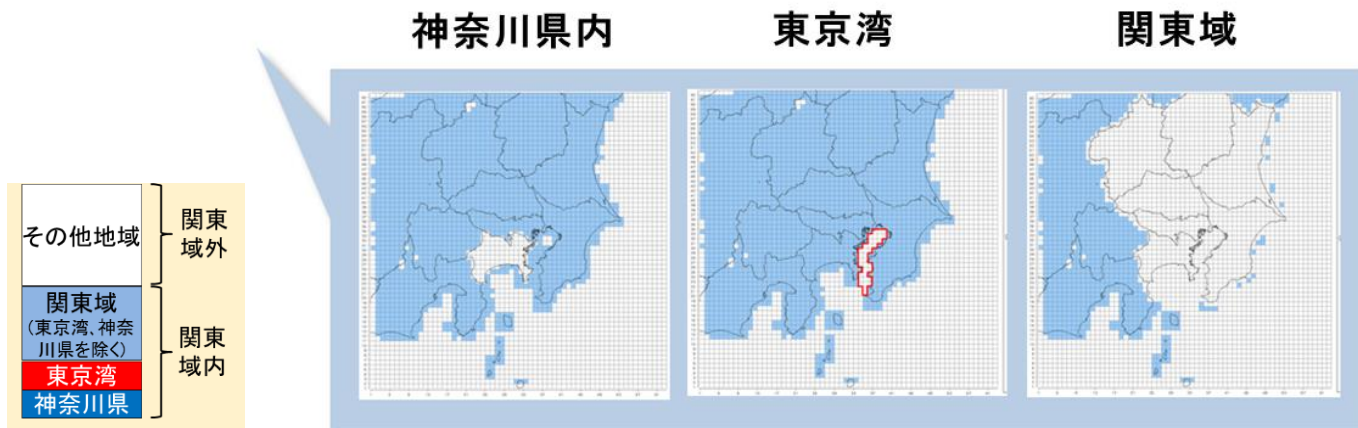
CMAQv5.0.1

排出量データ*	人為起源 : REASv2.1, JATOP 船舶 : OPRF 自然起源 : MEGANv2.10 火山 : JMA, Aerocom バイオマス : GFEDv3.1
スキーム、モデル	水平/鉛直拡散 : multiscale/acm2 水平/鉛直移流 : Yamo / WRF 光解離定数 : Inline 化学反応系 : saprc99/aero5(ebi)

計算方法 発生源寄与

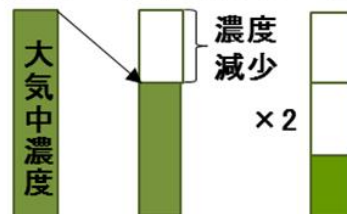
発生源寄与割合の推定方法

○特定領域のみを一律に削減・・・**50%削減**



○寄与割合の算出

特定領域からの生成量 = (通常排出量による計算結果 - 特定領域の削減計算結果) × 2



排出量: 通常 ▲50% ⇒ ▲100%

特定領域の寄与割合 = (特定領域からの生成量) / (通常排出量からの生成量)

計算再現性(質量濃度)

(平成25年 日平均値)

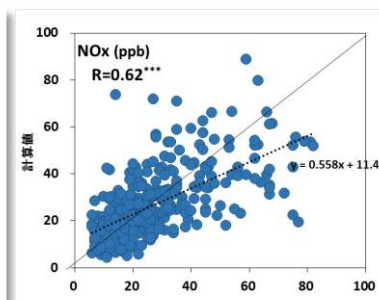
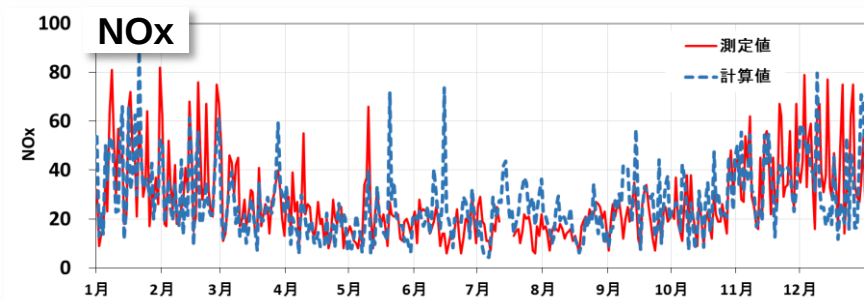
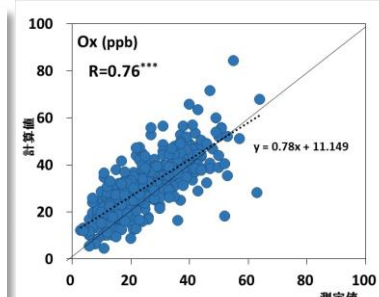
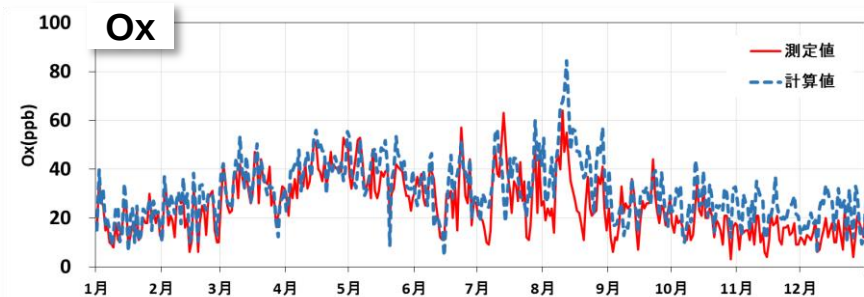
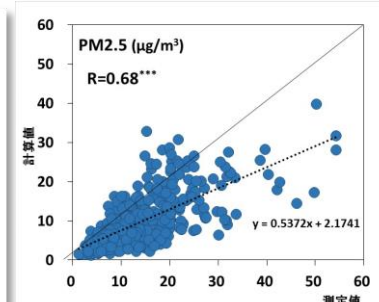
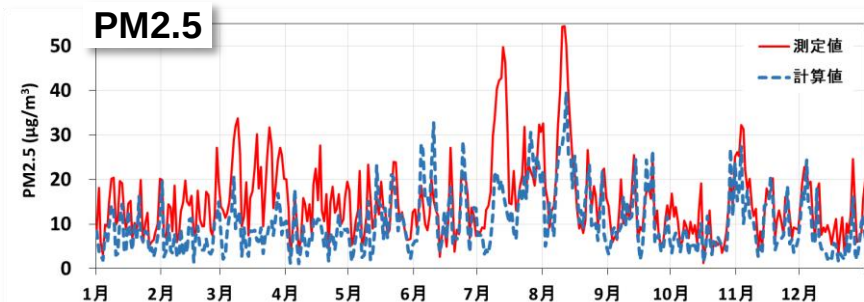


大和市役所(一般局)



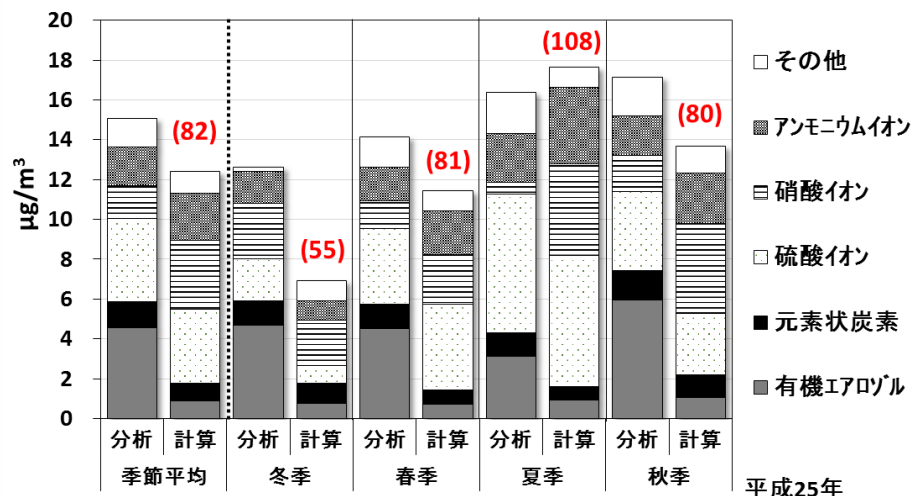
「粒子状物質」

「ガス状物質」



PM2.5は実測値と概ね同様の日変動を示す。
ただし高濃度発生時(3月、7月、8月)の再現性は不十分。

計算再現性(構成成分)



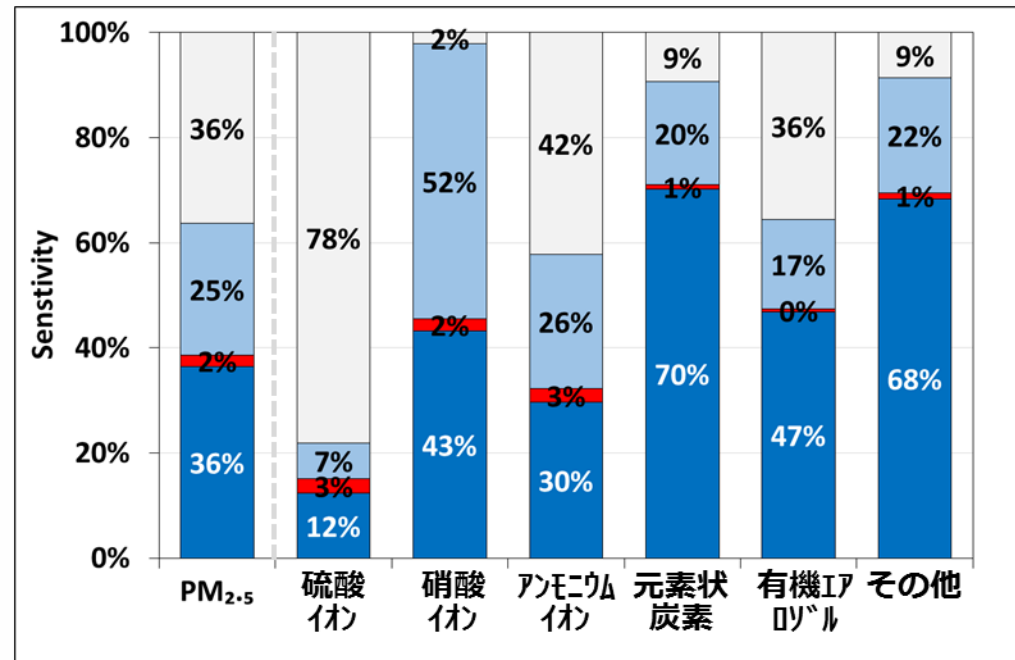
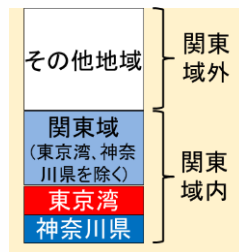
- 硫酸イオン、■ アンモニウムイオン、■ 元素状炭素は、概ね良好
 - 硝酸イオンは、夏から秋にかけて過大評価
 - 有機エアロゾルは過小評価
- (ガス⇔粒子 挙動の再現性が難しい)

() は実測値を100とした相対値 有機エアロゾルは実測値(有機炭素)×1.6

	今回結果	既往報告値	対象期間、出典
年平均	68	68(尼崎)、62(町田)、68(綾瀬)	2005.4～2006.3(WRF-CMAQ) 茶谷聡ら,大気環境学会誌,46(2011)
冬季	55	70(九州)、65(四国)、85(中国)、62(関西)、57(中部)、47(関東)、44(東北)、21(北海道)	2013.1.5～1.31 (WRF-CMAQ) 国環研,日本国内での最近のPM2.5高濃度現象について,2013.2.21
春季	81	—	数値はグラフからの読み取り
夏季	108		
秋季	80		

発生源解析結果 神奈川県(大和市役所)

年平均値(平成25年)



PM_{2.5} : 関東域内の寄与割合が約6割(県内割合が約4割)

硫酸イオン : 関東域外の割合が約8割

硝酸イオン、元素状炭素 : 関東域内の割合が9割

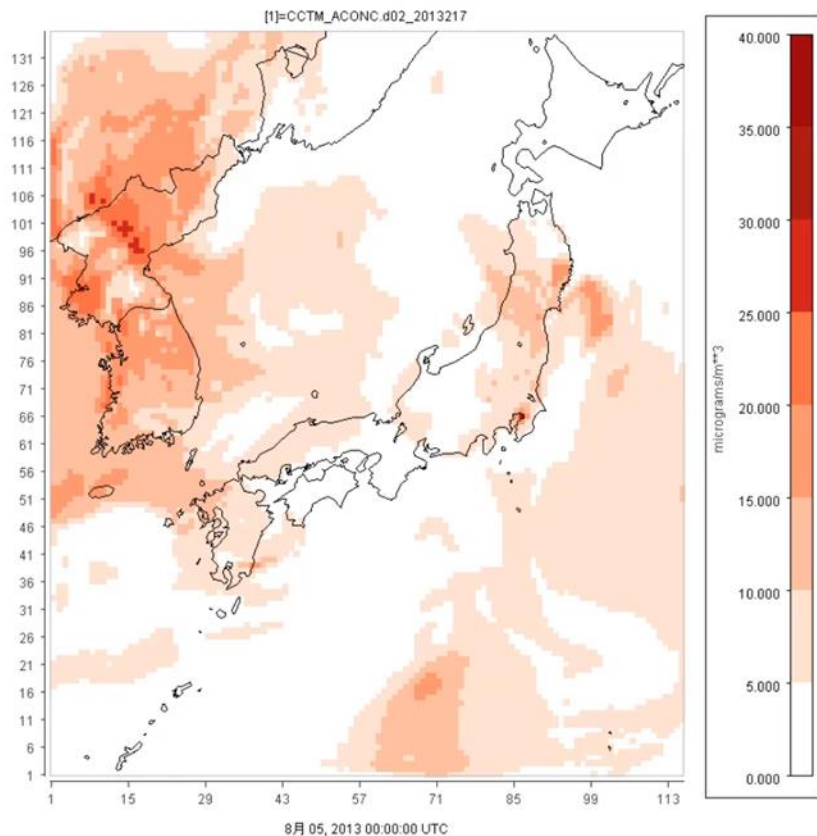
アンモニウムイオン、有機エアロゾル : 関東域内の割合が6割程度。

季節別の解析 主要成分の挙動の違い

【夏 季】

硫酸イオン濃度

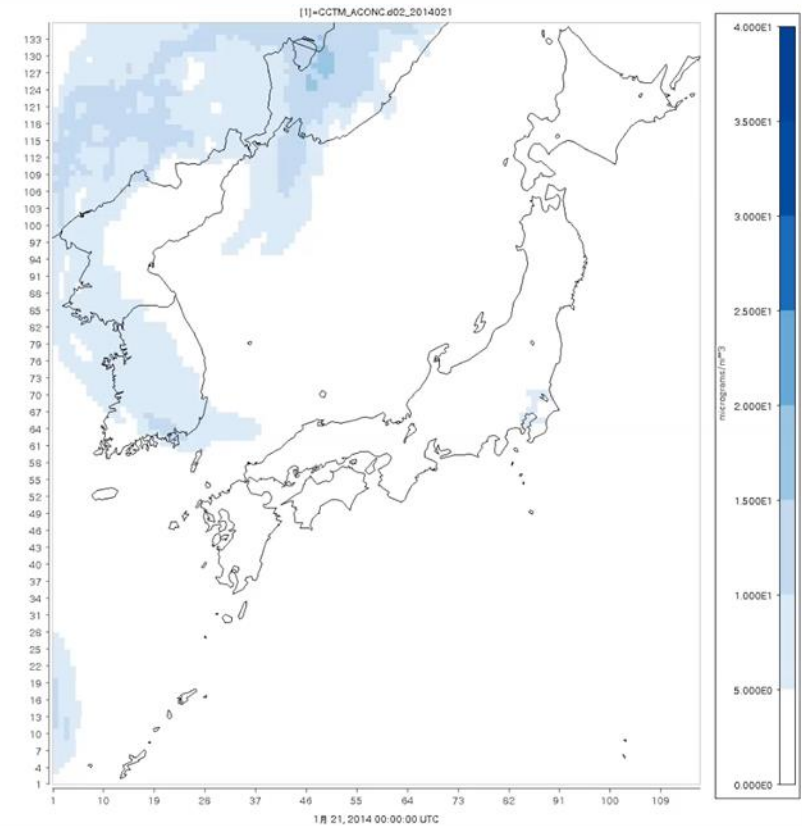
平成25年 8/5～16



【冬 季】

硝酸イオン濃度

平成26年 1/21～2/4



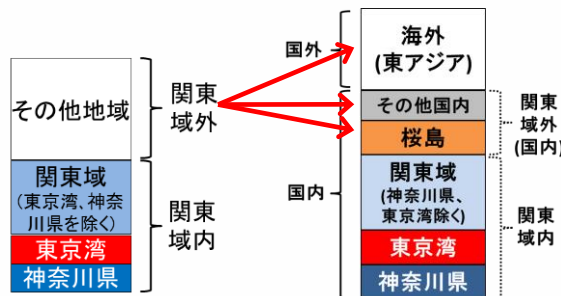
シミュレーション結果 (硫酸イオンの動態)

関東平野における立体的な挙動 硫酸イオン 平成25年 8/5～16



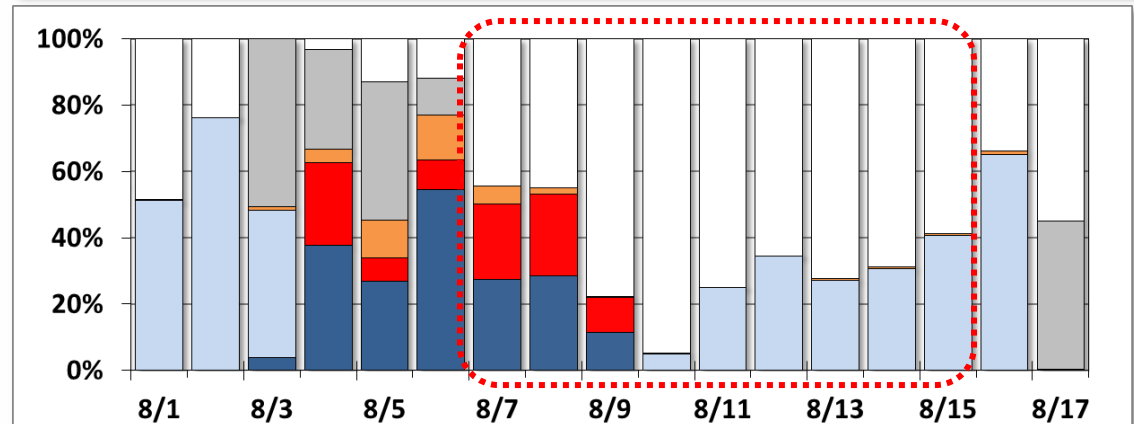
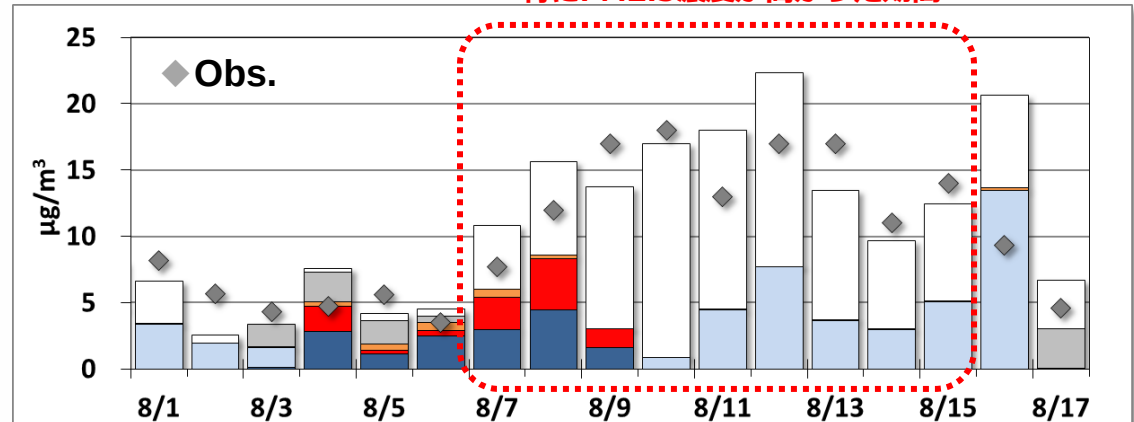
発生源解析 夏季(高濃度時)

大和市役所(H25年)



硫酸イオン

特にPM2.5濃度が高かった期間



特定領域からの削減により、計算濃度が増加する場合は寄与率0と仮定

- ・ 8月4 ~ 8日 : **神奈川県、東京湾、国内(関東域を除く)**の影響を受ける。
- ・ 8月9~16日 : **東アジア**や**関東域(神奈川県と東京湾を除く)**の影響を受ける。

まとめ

【計算再現性】

- 質量濃度は概ね測定値と同様な日変動を示したが、高濃度日の再現性は十分でなかった。
 - ・ 硫酸イオンは概ね良好な再現性を示す。硝酸イオンは夏から秋にかけて過大評価の傾向。
 - ・ 有機炭素成分は全ての期間で過小評価される傾向。

【発生源寄与解析】

- 年平均でみると、
 - ・ PM2.5は関東域内の寄与割合が約6割。
 - ・ 硫酸イオンは関東域外の割合が約8割、硝酸イオンや元素状炭素は関東域内の割合が9割。
- 夏季高濃度時をみると、(主成分である硫酸イオン)
 - ・ 寄与濃度は日によって異なる傾向を示した。

前半(8月4～8日)は神奈川県、東京湾、国内(関東域外)起源の影響が見られた。

後半(8月9～15日)は東アジアや関東域(神奈川、東京湾を除く)の影響が見られた。

⇒「関東域内の汚染に長距離輸送された汚染が加わったもの」と考えられた。

【成果と課題】

- 県内のPM2.5の生成に影響を及ぼす発生源(地域)を推定することができた。
 - ・ 広域的な対策と地域的な対策の双方からのアプローチが重要であることが確認された。
- 一方、発生源(種類別)は十分把握しておらず、また再現性の劣る成分がある。【課題】

謝 辞

本研究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ました。

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きました。

関係者の皆様に深く感謝いたします。

