

# 大気研究WG報告

—JATOP II 3ヶ年の研究成果:Part2—

2015年3月9日

大気研究WG

柴田 芳昭



# 本日の報告内容

## 1. 背景

日本の大気環境の課題/PM2.5の現状/JATOP大気研究の経緯

## 2. 研究課題と計画

JATOPの残存課題とJATOP II 取組テーマ/研究計画

## 3. 大気モデル/インベントリ

大気シミュレーション概要/2010年インベントリ更新/

CMAQ・WRFモデル更新/2010年再現性/2020年大気質予測

## 4. 大気観測

高濃度エピソード観測/圏外流入分・圏内生成成分解析

## 5. 二次粒子生成メカニズム解明

植物VOCの粒子生成能

## 6. JATOP II 大気研究成果のまとめ

## 7. 大気研究成果の活用

学会発表/行政への貢献/自治体業務等への排出インベントリの提供

## 8. 今後の課題(中長期的な技術課題)

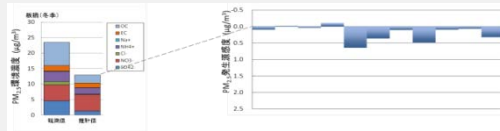
Part1  
報告: 森川

Part2  
報告: 柴田

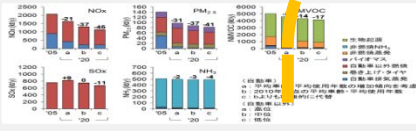
# JATOP大気研究のフレームワーク

## 評価検討

Part2



感度解析



将来推計

流跡線解析、  
圈内生成成分の分離

## 成果の活用

学会発表

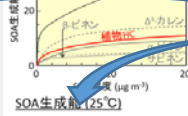
行政への  
貢献インベントリ  
公開

## ツールデータ&改良



インベントリの改良

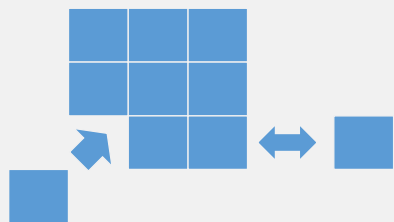
植物VOC二次生成モデル改良



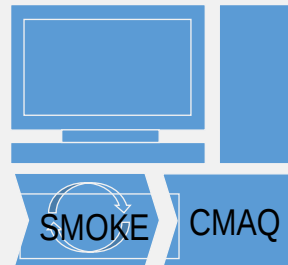
シミュレーションの改良

観測の改良

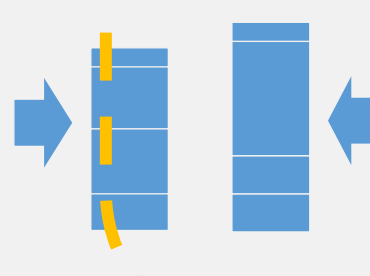
## データ& ツール整備



インベントリの策定・更新



データ変換 環境濃度計算



観測値との比較検証



成分観測

## 4. 大気観測

### 観測・解析のねらい

- 大気観測からPM<sub>2.5</sub>の大気動態・生成メカニズムを把握、大気モデルへ反映
- 大気観測結果を大気モデルで検証、PM<sub>2.5</sub>の大気動態・生成メカニズムを解明

#### 関東圏の大気実態についての課題

- 近年、関東圏では冬季のPM高濃度が低下傾向であるが、PM<sub>2.5</sub>高濃度時の成分が不明



#### PM<sub>2.5</sub>高濃度時の成分解析観測

- ①野毛沿道で1年間の観測を実施
- ②高濃度時の成分組成を解析し、高濃度要因の洗い出し
- ③主要成分の発生源の推定
- ④インベントリの改善に反映

- 夏季は南風の影響によりSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が高いが、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>成分はどこから来ているか、圏外流入分と圏内生成成分の内訳は不明



#### PM<sub>2.5</sub>圏外流入分/圏内生成成分解析

- ①観測と大気モデルの両面から検証
- ②中京圏で観測/大気モデル結果比較
- ③関東圏での観測
- ④高濃度時の発生源寄与の解明に反映

# (1) PM<sub>2.5</sub>高濃度時の成分解析 -1 観測概要

## 解析のねらい

- 高濃度時に多い成分を特定する
- 高濃度時に多い成分の発生源を特定する
- 関東圏における成分の空間分布を特定する

## 観測の概要

期間: 2013年7月～2014年6月

1年を通して連続性の主要成分トレンド把握

主要成分分析: 無機イオン、炭素成分(OC、EC)

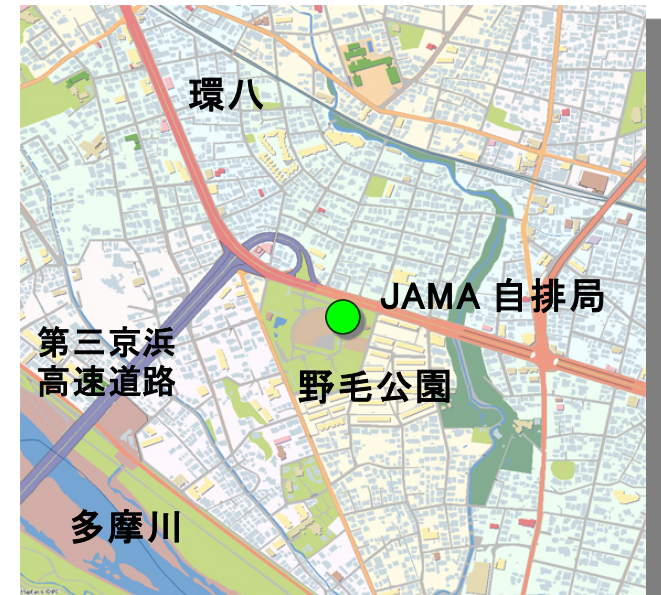
<sup>14</sup>C(放射性炭素同位体)、水溶性有機炭素(WSOC)、  
非水溶性有機炭素(WISOC)、レボグルコサン類

## 炭素成分の詳細分析と発生源との関係

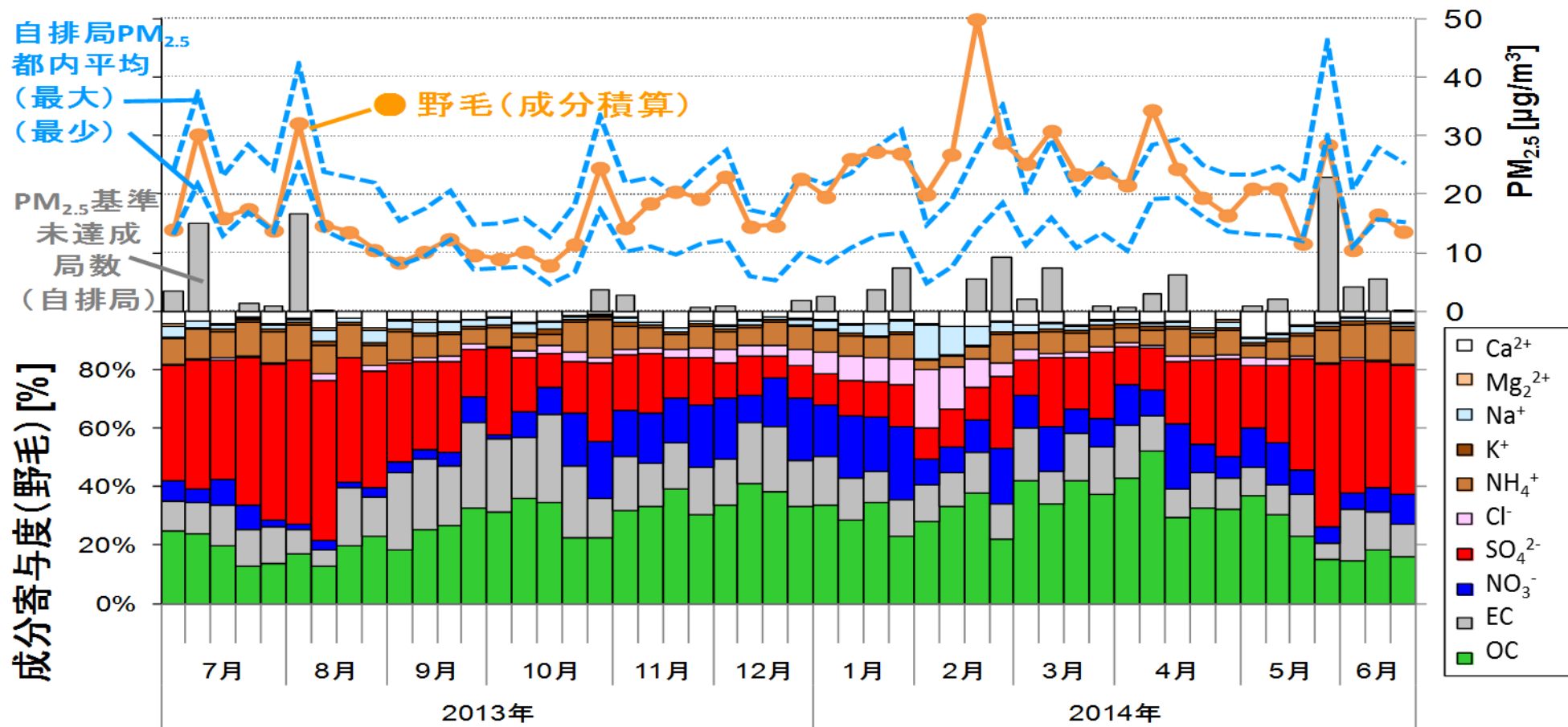
|        |       | 1次粒子                                                                        | 2次粒子                                     |
|--------|-------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 化石燃料由来 |       | EC、OC、 <sup>14</sup> C: 0%<br>非水溶性有機炭素WISOC                                 | OC、 <sup>14</sup> C: 0%<br>水溶性有機炭素WSOC   |
| 植物起源   | 燃烧由来  | EC、OC、 <sup>14</sup> C: 100%<br>非水溶性有機炭素WISOC<br>一部の水溶性有機炭素WSOC<br>レボグルコサン類 | OC、 <sup>14</sup> C: 100%<br>水溶性有機炭素WSOC |
|        | 非燃烧由来 | ごくわずか                                                                       | OC、 <sup>14</sup> C: 100%<br>水溶性有機炭素WSOC |



PM<sub>2.5</sub>高濃度時の要因を洗い出す



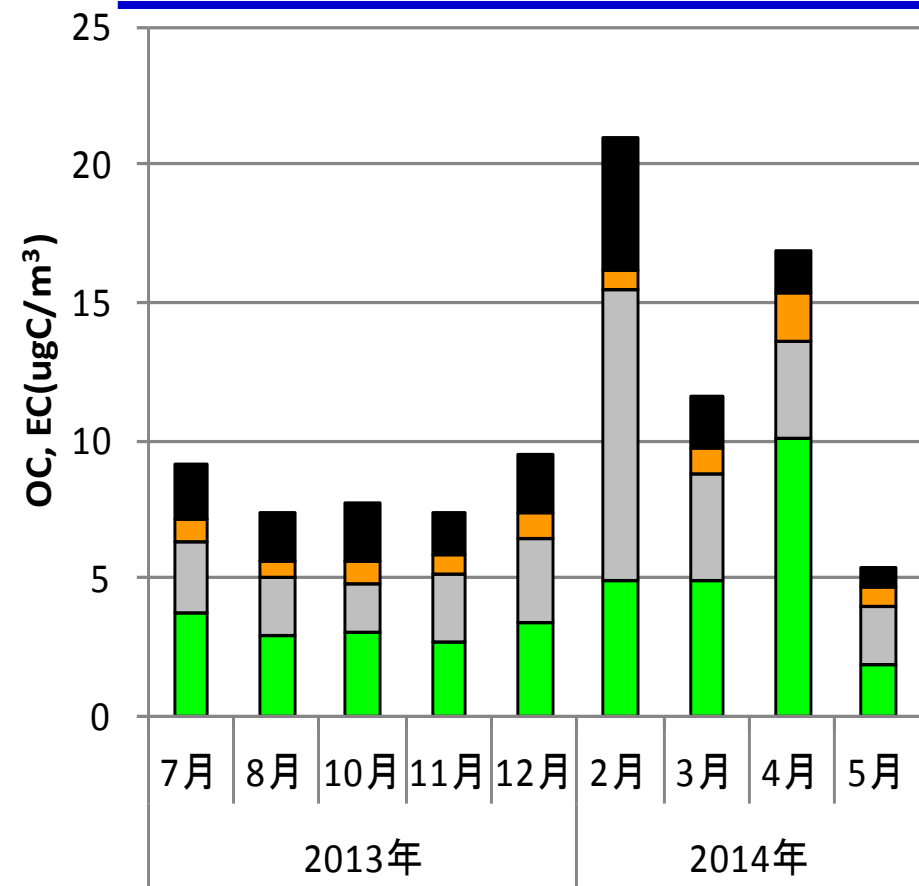
# (1) PM<sub>2.5</sub>高濃度時の成分解析 -2 観測結果



- 夏季高濃度要因はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> …南風卓越時のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>はどこから来るか?
- ほぼ年間を通じ高濃度なのはOC …炭素の起源は何か?

# (1) PM<sub>2.5</sub>高濃度時の成分解析 -3 炭素成分の起源推定

放射性同位元素<sup>14</sup>Cを使った植物起源の炭素の推定



■ EC (化石燃料起源)



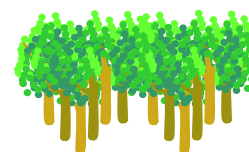
■ EC (植物起源)



■ OC (化石燃料起源)



■ OC (植物起源)



- 植物起源のOCが、全炭素の4割程度
- 植物起源のECが、全炭素の1割程度

今後の排出量インベントリの精査、  
大気モデルでのOC、OA過小評価の改善につなげていく

## (2) PM<sub>2.5</sub>圏外流入分/圏内生成成分解析 -1 観測結果

### 解析の狙い

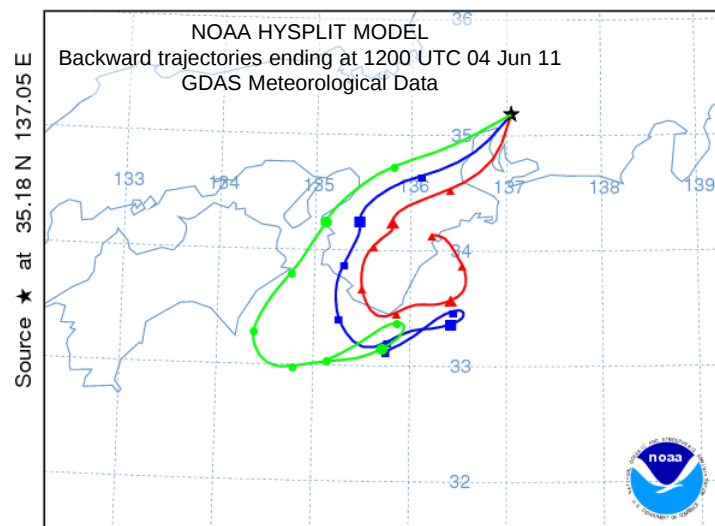
PM<sub>2.5</sub>成分の圏外流入分と圏内生成成分を、  
大気観測と大気モデル解析から明らかにする

### 中京圏観測の概要

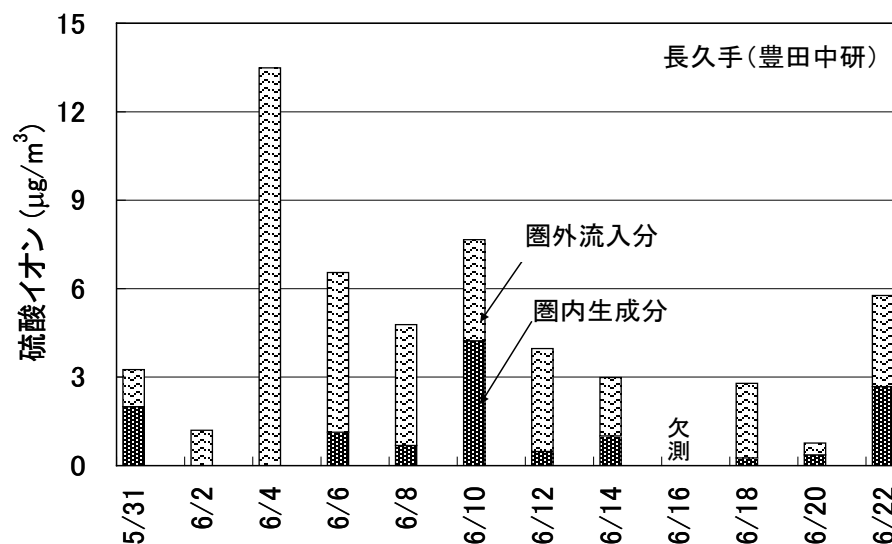
観測期間:2011年5月31日～6月22日

観測場所:中京圏・長久手及び周辺地点

後方流跡線解析から長久手の風上を判断



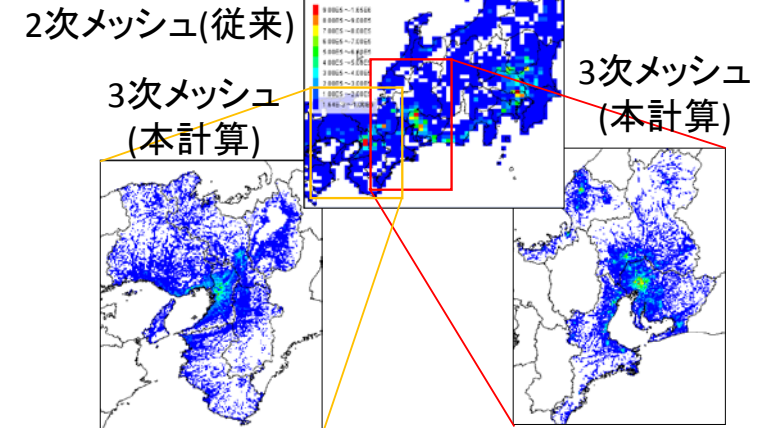
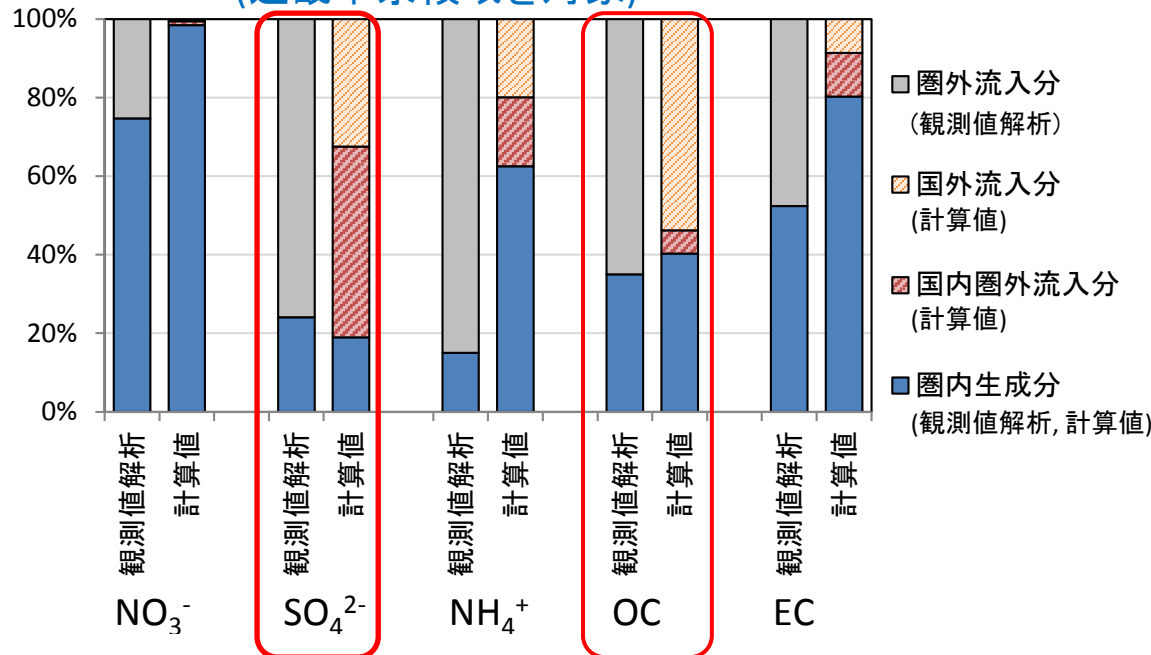
長久手のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>成分は7～8割が圏外流入分



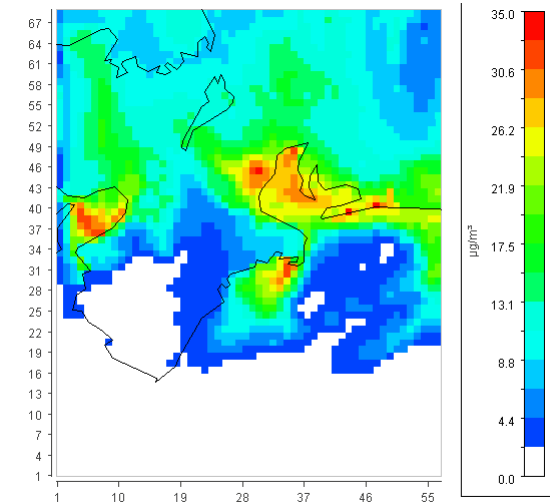
# (2) PM<sub>2.5</sub> 圏外流入分/圏内生成成分解析 -2 大気モデル

中京圏大気モデルの主なポイント (期間2011年5月31日～6月22日)

- ・気象計算: メソスケール客観解析データの使用
- ・濃度計算: 国内人為起源排出量解像度の3次メッシュ化  
(近畿中京領域を対象)



排出量解像度の3次メッシュ化



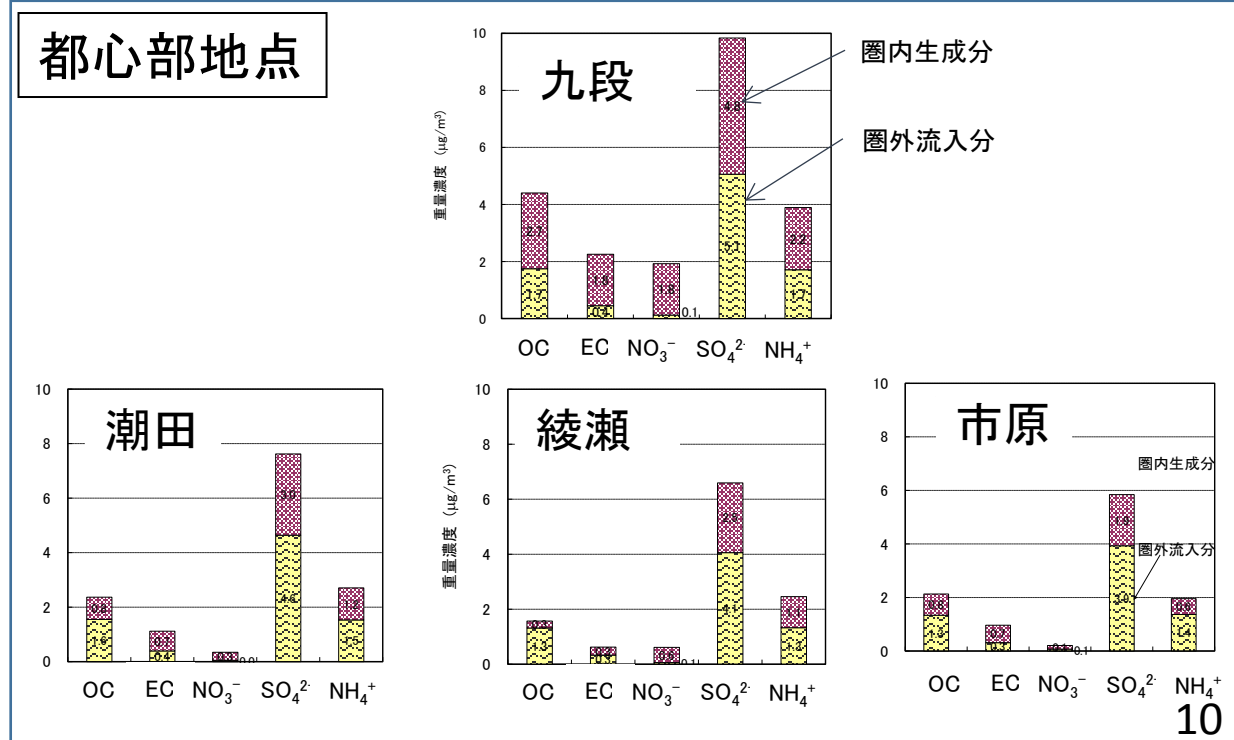
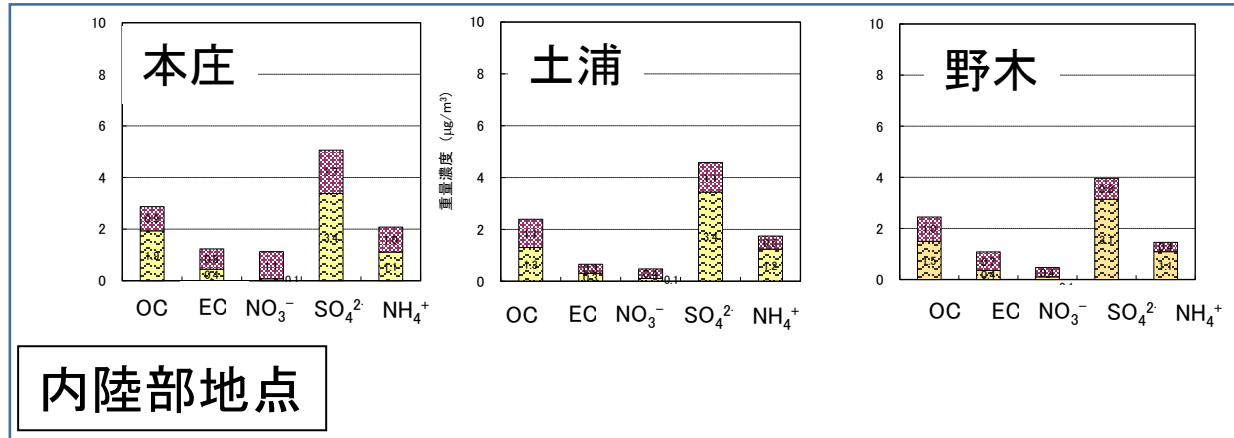
PM<sub>2.5</sub>の濃度分布 (近畿中京領域)

- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、OCの圏外流入/圏内生成成分は観測と同等
- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の圏外流入分のうち、約6割は中京圏外の国内からと予測

# (2) PM<sub>2.5</sub>圏外流入分/圏内生成成分解析

## -3 関東圏での観測結果

- ▲：観測期間：2013/7/24～8/6
- ▲：観測期間：2013/7/24～8/6
- ：観測期間：2013/7/22～7/31



- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の6～8割は圏外流入分
- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の圏内生成成分は内陸部より都心部の方が多い

今後、大気モデルでも  
解析実施予定

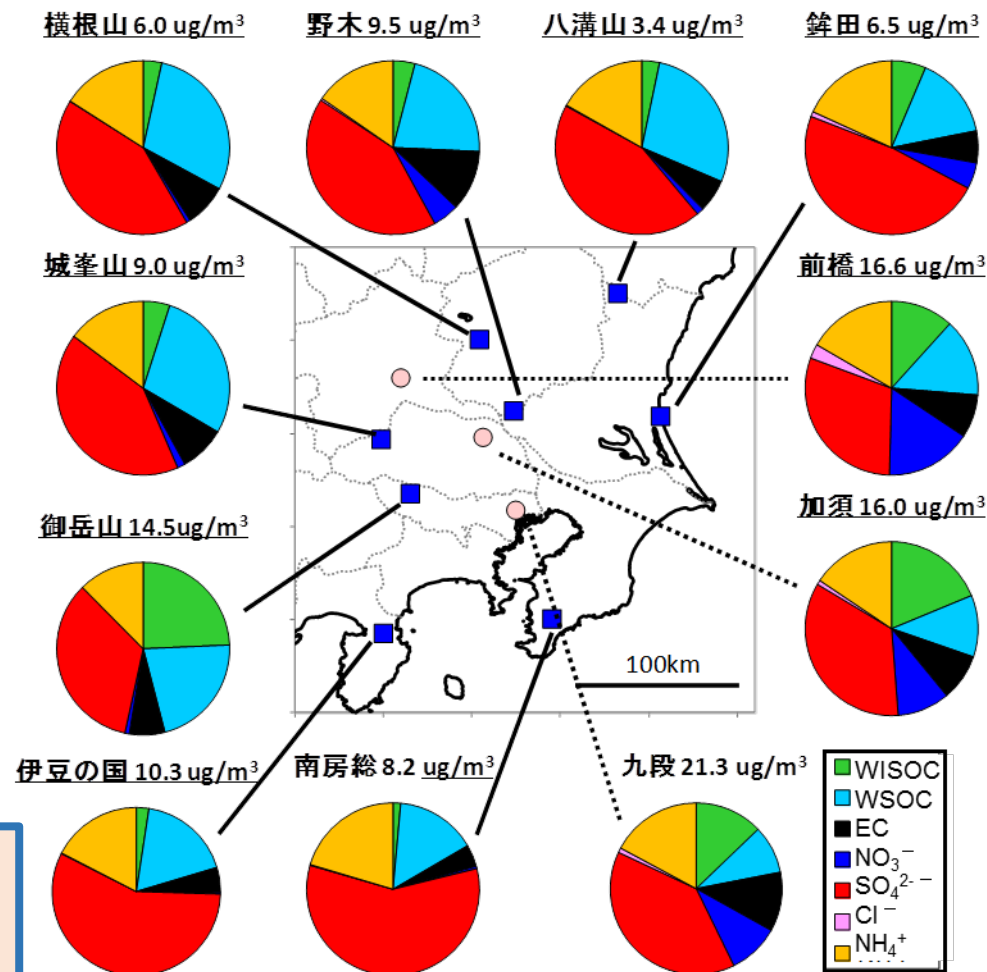
# (3) 関東圏での成分分布比較 – 関東圏の広域観測

## 地点毎の成分比較

( ■ JATOP8地点 観測期間:2013/7/24~8/6 )  
( ● 共同観測3地点\* 観測期間:2013/7/22~31 )

- 境界地点;  $\text{SO}_4^{2-}$ が5~6割を占める  
OCはほとんどがWSOC
- 御岳山ではWSOCの割合が多く近傍の  
発生源の影響を示唆
- 内陸は炭素成分・ $\text{NO}_3^-$ 寄与が5割.

- $\text{PM}_{2.5}$ 組成は空間的に変動が大きい  
(組成は一定ではない)
- 二次生成の解明には空間/地域の広がりや  
組成の違いの把握が必要



2013年夏季広域観測一地点主要成分分布

# 5. 二次粒子生成メカニズム解明-植物VOCの粒子生成能

## 狙い

SOA生成モデルの妥当性評価及び実測によるSOA生成能のモデルへの反映

$$[\text{SOA生成量}] = [\text{揮発性有機物 (VOC) 反応量}] \times [\text{SOA生成能 (収率)}]$$

## SOA生成能の課題 (CMAQ)

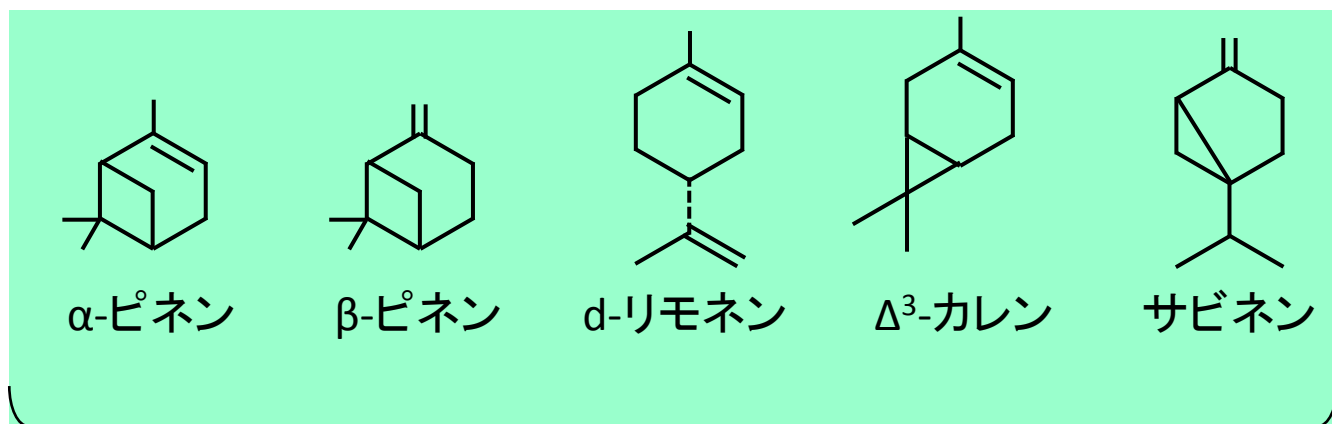
**モノテルペン類\*のSOA生成に対する反応経路の依存性未考慮**

OH反応とO<sub>3</sub>反応に、光化学反応のSOA生成能を採用

\*炭素数10の植物排出HC



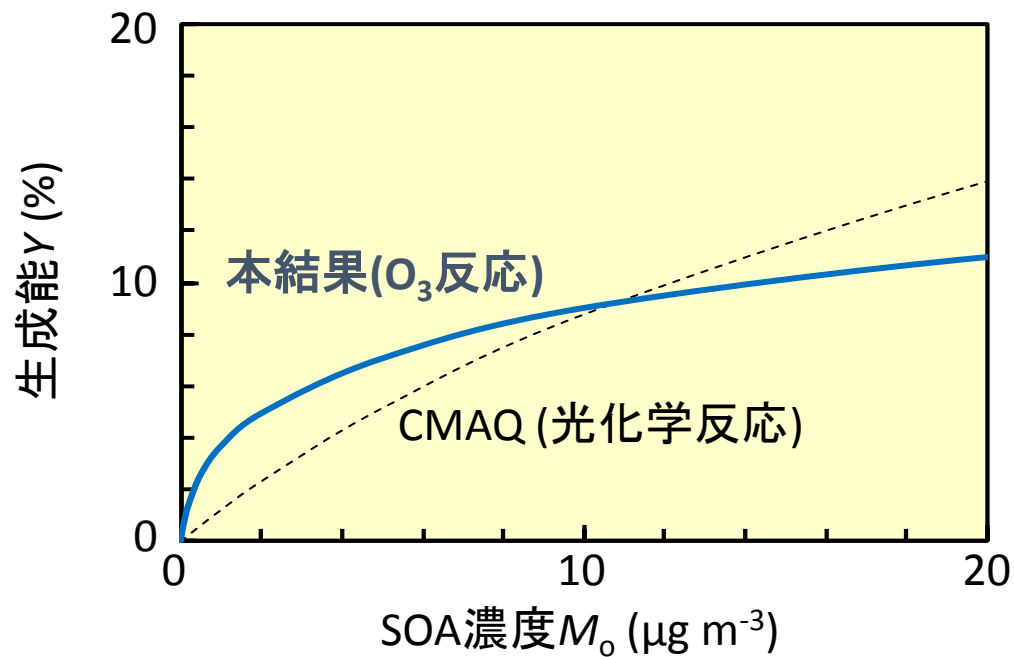
**実験装置**  
(スモッグチャンバシステム)



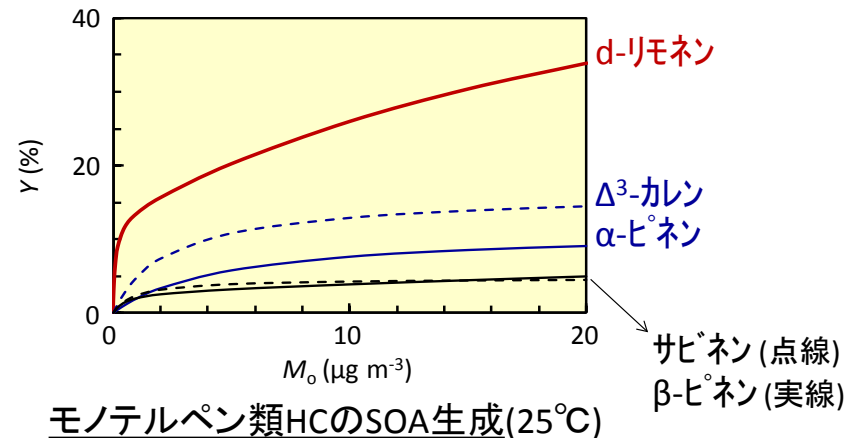
モノテルペン類に属する5成分のO<sub>3</sub>反応実験結果をモデル化

# SOA生成能

- 低濃度域( $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)の $\text{O}_3$ 反応によるSOA生成能はCMAQで用いているSOA生成能(光化学反応)よりも高い



SOA生成能の比較 (25°C)



➡ CMAQの改良により, SOA計算値過小評価の改善が期待できる

# 6. JATOP II 大気研究まとめ

2010年度のエミッションインベントリを国の発生源情報の整備のベースデータとして提供

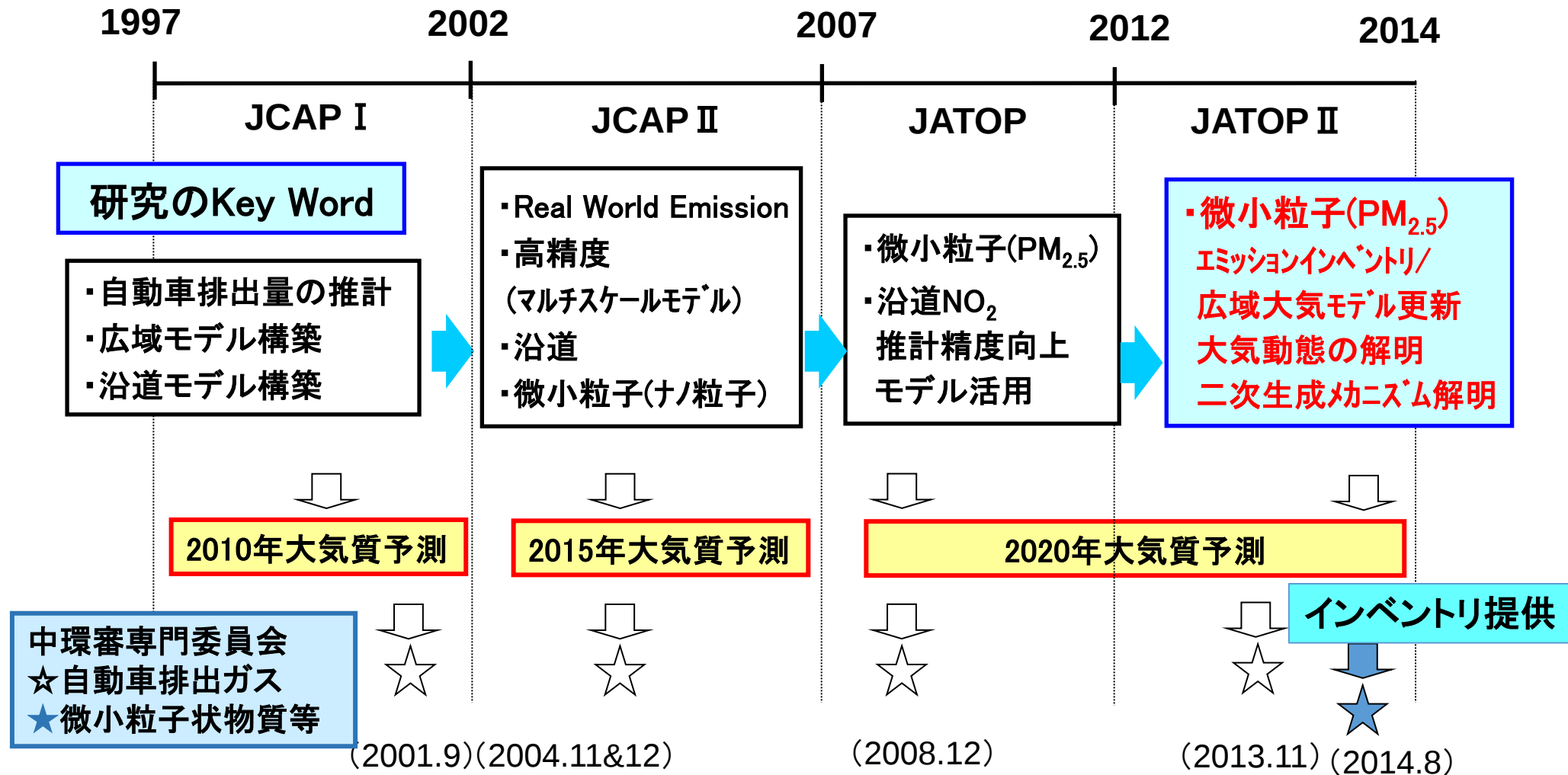
|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>発生源情報の整備</b><br>・排出インベントリ<br>・発生源プロフィール | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2010年度の統計値から2010年度の排出量インベントリを推計した</li> <li>・ 2020年度の排出量について、高位、中位、低位の3シナリオに基づき排出量を推計した。             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2010年度の排出量と比較して、NO<sub>x</sub>および一次PM排出量は低下するが、SO<sub>x</sub>、VOC、NH<sub>3</sub>排出量の変化は小さかった</li> </ul> </li> <li>・ 将来大気質の改善を効果的に推進するためには、将来排出量を予測する手法の確立が必要</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>大気モデルの整備・濃度推計</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2010年度の排出量インベントリおよび最新モデルにより2010年度の年間計算を実施した             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ PM<sub>2.5</sub>濃度は日々の濃度レベルおよび濃度変化をおおむね再現できていたが、季節変動は冬季に若干過小評価傾向</li> <li>➢ PM<sub>2.5</sub>成分別の濃度の再現性：地点毎、季節毎に再現性は大きく異なる</li> </ul> </li> <li>・ 2020年度の排出量インベントリにより、2020年度の将来大気質を予測した             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ PM<sub>2.5</sub>年平均濃度は中位シナリオで全国的に10%減であった。</li> <li>➢ 成分別にはNO<sub>x</sub>排出量減により、平均NO<sub>x</sub>濃度およびNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の低下がみられた。</li> <li>➢ 一方、平均O<sub>3</sub>濃度が増加し、SOA濃度が増加した。</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>大気観測</b><br>・環境モニタリング                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 都市部沿道の高濃度エピソードにおいては、夏季・春季はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が主要因、冬季はOC・NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が主要因であることが分かった</li> <li>・ 関東圏の観測でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は都心部の方が内陸部より圏内生成成分が高く、有機炭素(OC)は内陸部の方が高かった</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>チャンバー実験</b><br>・SOA生成能                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植物由来のVOCからの粒子収率はCMAQ搭載モデルよりも低濃度域 (&lt;10 μg/m<sup>3</sup>) では高いことが分かった</li> <li>・ CMAQの改良により、年平均値計算値過小の改善が期待できることが示唆された</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

# 7. 大気研究成果の活用

## (1) 学会発表

| 発表先 |                 | 内容                                                                                                                                                                           |
|-----|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 学会等 | 大気環境学会<br>(11件) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動車排出インベントリ</li> <li>・自動車以外排出インベントリ</li> <li>・植物VOC排出インベントリ</li> <li>・大気モデル、大気シミュレーション関連</li> <li>・PM<sub>2.5</sub>観測関連</li> </ul> 他 |
|     | エアロゾル学会<br>(1件) | ・CMAQver5.0.1最新反応モジュールSAPRC07t-aero6用の組成データの作成と課題                                                                                                                            |
|     | 自動車技術会<br>(2件)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・CFDによる沿道大気質の研究</li> <li>・PM<sub>2.5</sub>のシミュレーション</li> </ul>                                                                        |
|     | その他<br>(2件)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・JATOP大気質研究の概要</li> <li>・大気質モデル活用のための日本の排出インベントリ</li> </ul>                                                                           |
| 論文  | 海外<br>(1件)      | ・Carbonaceous Aerosol and Characteristics Observed in Tokyo and South Kanto Region (Atmospheric Environment誌)                                                                |
|     | 国内<br>(9件)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・JATOPにおける将来の自動車排出量推計手法と大気環境への影響について</li> </ul> 他                                                                                     |

## (2) 行政等への貢献



### (3) 政府・自治体等業務への排出インベントリの提供

|                                        | 提供先(目的・用途)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2005年排出量<br/>(2012年4月～)<br/>15件</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・(独法)環境再生保全機構(PM<sub>2.5</sub>対策の費用対効果分析)</li> <li>・横浜市環境創造局(光化学オキシダント対策調査事業)</li> <li>・三重県環境生活部(光化学オキシダント対策調査事業)</li> <li>・千葉県環境生活部(千葉県VOC排出量等算定業務)</li> <li>・環境省(光化学オキシダント調査検討業務)</li> <li>・東京都(二酸化窒素及び粒子状物質等環境濃度予測委託業務)</li> <li>・愛媛大学(オゾンによる森林衰退の研究)</li> <li>・奈良県景観・環境総合センター(PM<sub>2.5</sub>の排出源寄与計算)</li> </ul> 他 |
| <b>2010年排出量<br/>(2014年12月～)<br/>6件</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境省(光化学オキシダント調査検討業務)</li> <li>・環境省(環境評価に関する委託業務)</li> <li>・環境省(【推進費】未計測VOC光化学オキシダント生成能の評価)</li> </ul> 他                                                                                                                                                                                                                 |

## 8. 今後の課題（中長期的な技術課題）

| 研究領域                                                                                 | 技術課題                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 発生源情報の整備                                                                             | 測定法の整備と実測値の充実 <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模発生源(県別)、蒸発起源(発生源別)などの発生源毎の不確実性の改善</li> <li>・排出原単位の設定手法の確立</li> <li>・活動量に利用できる統計データの整備と充実</li> </ul> 未整備発生源インベントリの解消<br>排出係数/活動量の更新体制構築とデータ公開の継続                                   |
| 大気モデルの整備・濃度推計                                                                        | 未だ観測値と計算値に差異のある成分が残存 <ul style="list-style-type: none"> <li>・炭素成分の過小評価/<math>\text{NO}_3^-</math>の過大評価/VOCの過小評価</li> </ul> SOA生成モデルの改善 <ul style="list-style-type: none"> <li>・VBSモデルなどの新たなSOA研究成果の取り込み</li> </ul> 広域モデル/排出インベントリ間の使い易さの向上 |
| 大気観測・実験 <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境モニタリング</li> <li>・二次生成解明</li> </ul> | 検証用の観測データの充実(年間成分観測)<br>大気動態の解明 <ul style="list-style-type: none"> <li>・<math>\text{PM}_{2.5}</math>成分毎の空間分布等</li> <li>・越境移流分/国内流入分の解明</li> </ul> SOA生成メカニズムの解明                                                                            |
| 将来大気質推計                                                                              | 将来排出量を予測するため、活動量や排出原単位の推計手法の確立                                                                                                                                                                                                             |

ご清聴ありがとうございました