

## 環境省環境研究総合推進費

# 5B-1101 全国の環境研究機関の有機的連携によるPM2.5汚染の実態解明と発生源寄与評価

研究代表者 : 菅田 誠治(国立環境研究所)

研究実施機関 : H23-25年度

予算額 : H23 78,082千円

(間接経費含む) H24 62,466千円

H25 59,342千円

研究分担者 :

大原利真(国立環境研究所)、飯島明宏(高崎経済大学)

板野泰之(大阪市立環境科学研究所)

山本勝彦、中戸靖子(大阪府立環境農林水産総合研究所)

山本重一、濱村研吾、下原孝章(福岡県保健環境研究所)、

谷口延子、日置正(京都府保健環境研究所)、

秋山雅行、大塚英幸、芥川智子(北海道立環境科学研究所)

# 研究の背景と目的

背景1. PM<sub>2.5</sub> **環境基準設定** (2009年9月)

質量濃度 & 成分分析の **常時監視体制の構築** (H22-24)

PM<sub>2.5</sub> 騒動 (2013年1月～)

環境省専門家会合による注意喚起 & 暫定的指針

⇒ 目的1. 広域的 **実態把握**

目的2. **発生源寄与率評価**

背景2. **日本の** PM<sub>2.5</sub> 発生源プロフィールの **多くは1980年代** 作成

⇒ 目的3. PM<sub>2.5</sub> 等の **排出組成情報の更新**

背景3. 国環研による地環研との共同研究の枠組 (Ⅱ型共同研究)

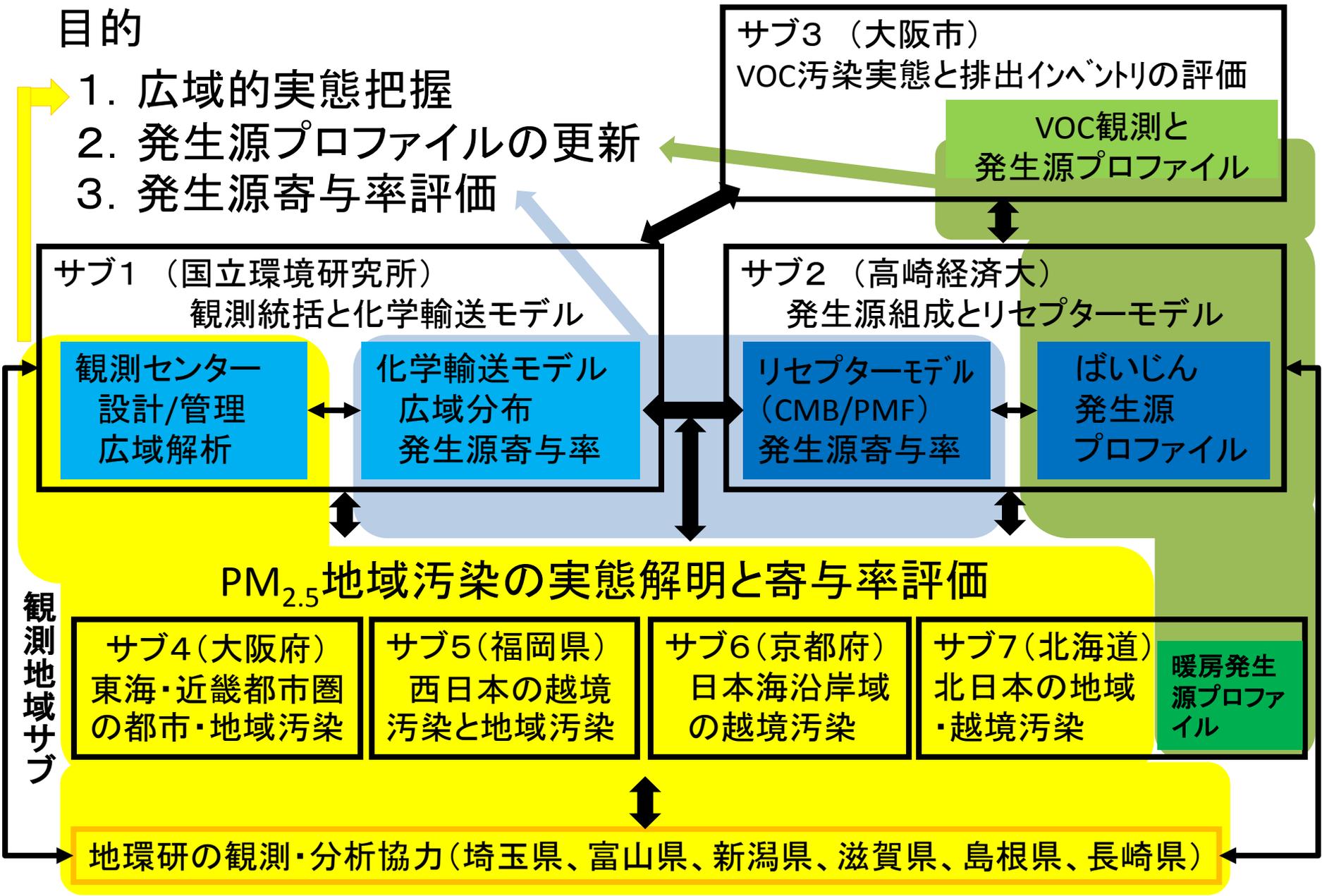
平成13年度から5期 (申請時4期) に渡る共同研究実績

国環研と地環研57機関により実施中

# 目的達成のためのサブテーマ構成

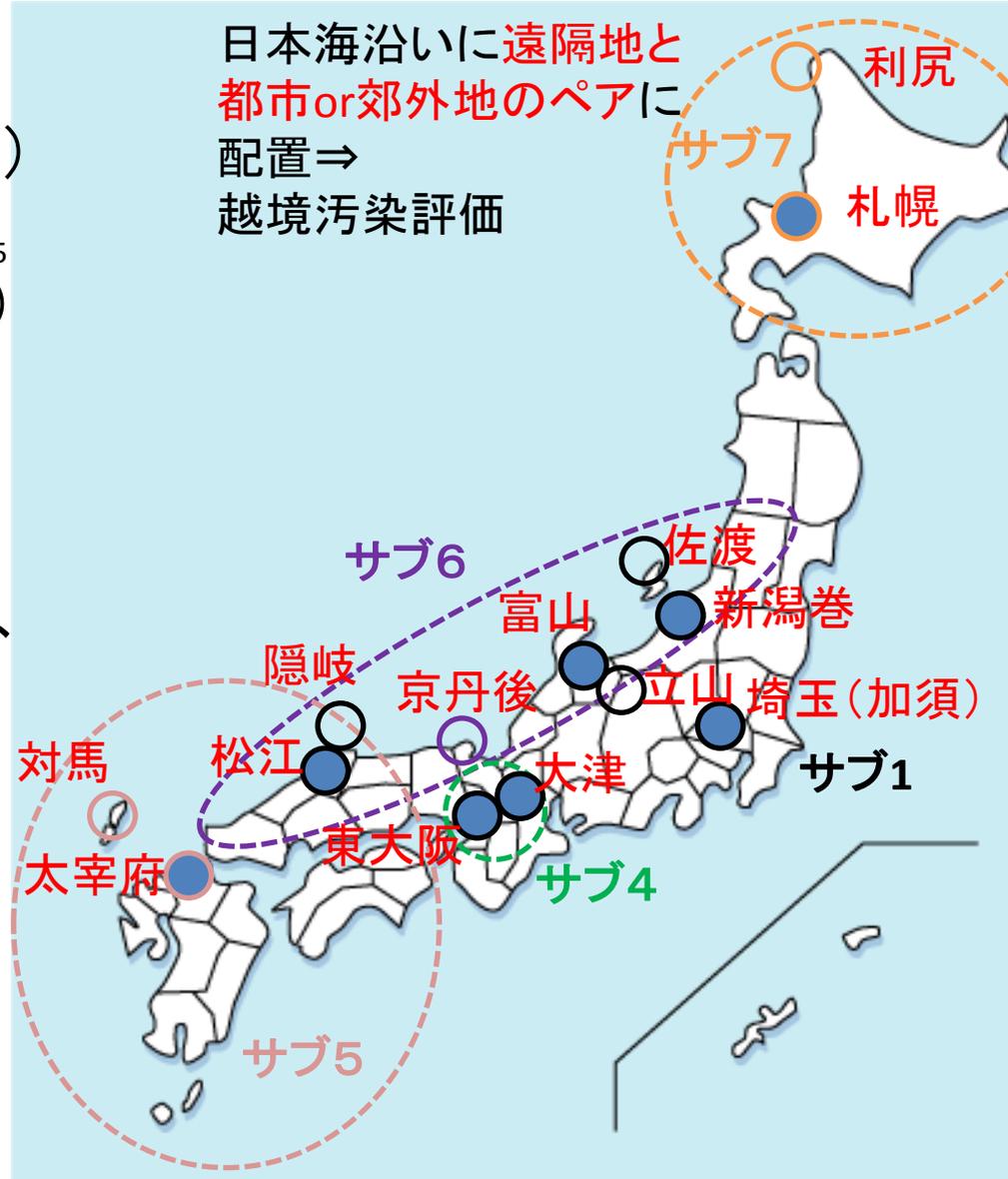
## 目的

1. 広域の実態把握
2. 発生源プロフィールの更新
3. 発生源寄与率評価



# ① PM<sub>2.5</sub> 広域実態把握(1/4)： 拠点観測(14地点)

- 自動測定機 (PM-712) :
  - 濃度常時観測 (2011年10月～)
  - **粒径別質量濃度** PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10-2.5</sub>
  - 元素状炭素 (OBC) 濃度 (PM<sub>2.5</sub>)
  - テープろ紙サンプリング
  - イオン & 金属**
- エアーサンプラー (FRM-2025) :
  - 成分集中観測 (同期、四季2週間、計9回) **イオン & 炭素**
  - 高時間分解 **成分分析** (遠隔地12時間、都市域6時間)
- エアロゾル化学成分連続自動分析装置 (ACSA-08) :
  - 京丹後、隠岐のみ
  - NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 酸性度, WSOC



# ① PM<sub>2.5</sub> 広域実態把握(2/4): 本課題で収集したデータ

## ● 1時間値濃度データ(2011年10月~) @14地点

- **粒径別質量濃度** PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10-2.5</sub>
- **元素状炭素(OBC)濃度**(PM<sub>2.5</sub>)

## ● 成分データ

- 時間分解能=6時間 @ 太宰府、松江、東大阪、大津、新潟巻、富山、加須、札幌  
12時間 @ 対馬、隠岐、京丹後、立山、佐渡、利尻
- **成分=イオン&炭素&無機元素**
- **期間=**
  - ① 2012/1/10-16
  - ② 2012/5/7-10
  - ③ 2012/7/24-31
  - ④ 2013/1/24-2/7

## ● 連続自動分析結果@京丹後、隠岐

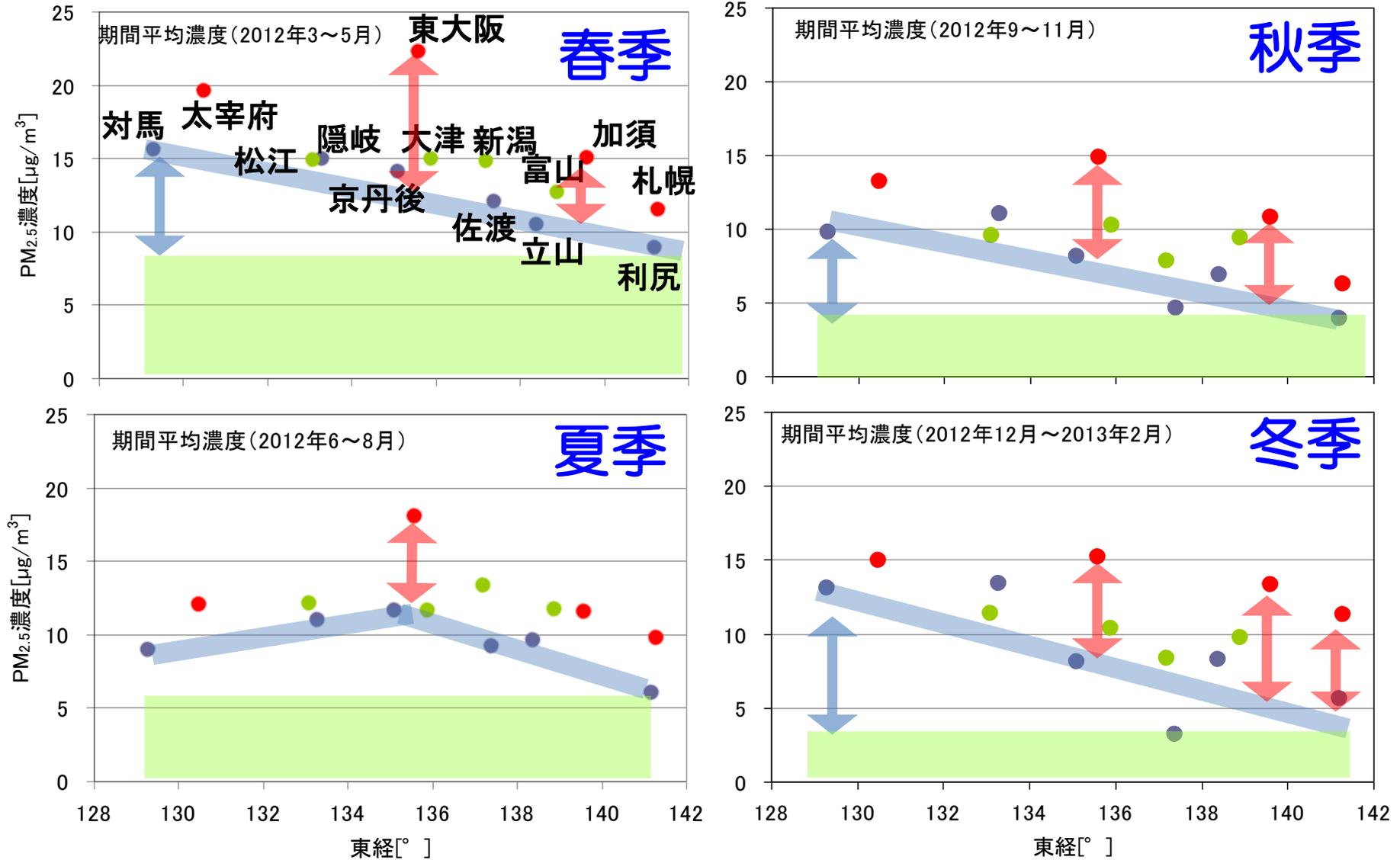
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 酸性度, WSOC

⇒これらのデータは、関連研究者間で共有開始

H26年度末までには一般に**公開**予定

# ① PM<sub>2.5</sub> 広域実態把握 (3/4) : データ解析結果 (濃度)

## PM<sub>2.5</sub> 濃度の地域間比較 (2012年度)



遠隔地: 夏季を除き西高東低、都市部: 濃度の上乗せ



## ② 排出組成情報の更新(1/4): 各サブの取組

- 既存の発生源プロフィールの主な出典 ⇒ 1980年前後の研究
  - 燃料の改質、排ガス処理の高度化 ⇒ 排出粒子の化学組成に変化が
- Ex) 重油燃焼灰のバナジウム濃度(指標元素)

9200 µg/g (n = 13, min: 2800, max: 130000)

真室ら, 大気汚染学会誌, 1979.

17.5 µg/g (n = 8, min: 4.2, max: 53.4)

Iijima et al., *Environ. Chem.*, 2009.

→

- **サブ2**: 各地方自治体の協力を得て、様々なPM2.5発生源からのばい煙をサンプリング → **発生源プロフィールの作成**

VOCの組成はよくわかっていない→

- **サブ3**: 環境中VOC組成調査と、**主要発生源でのVOC組成調査**  
→ VOCインベントリの改良

日本ではほとんど調査がない→

- **サブ7**: **暖房設備からのPM成分とガス状成分の排出測定**  
→ 寒冷地特有の排出データの作成

## ② 排出組成情報の更新(2/4)：サブ2の場合

手順：



- イオン分析 水抽出 ⇒ イオンクロマトグラフィー
- 炭素成分 ペレット成型 ⇒ 熱分離光学補正炭素分析計
- 無機元素成分 湿式分解 ⇒ ICP-MS

収集数：約200サンプル



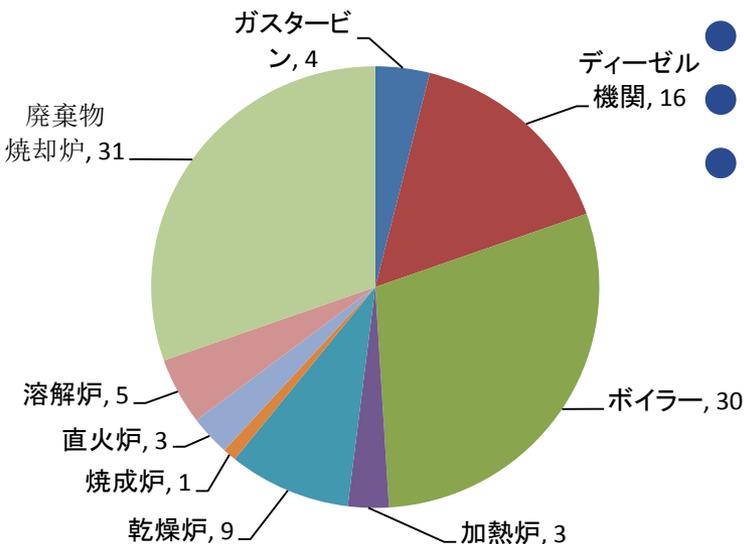
← 分析試料：102サンプル



有効分析試料：47サンプル



クラスター分析により分類



# ② 排出組成情報の更新(3/4): サブ2の発生源更新

発生源

ボイラー

廃棄物

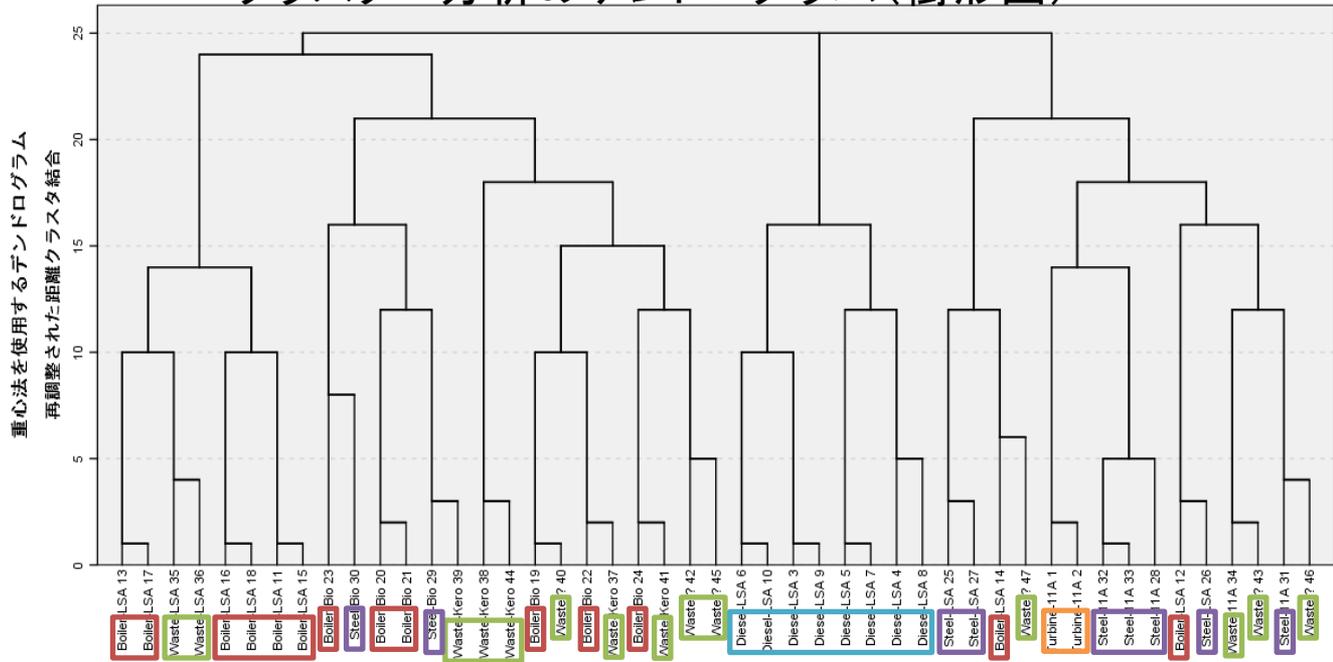
鉄鋼

ディーゼル

タービン



クラスター分析のデンドログラム(樹形図)



燃料種

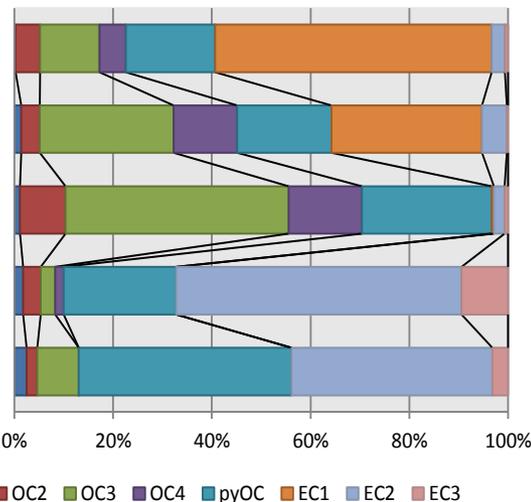
廃棄物

木質バイオマス

都市ガス

ディーゼル・A重油

ボイラー・A重油



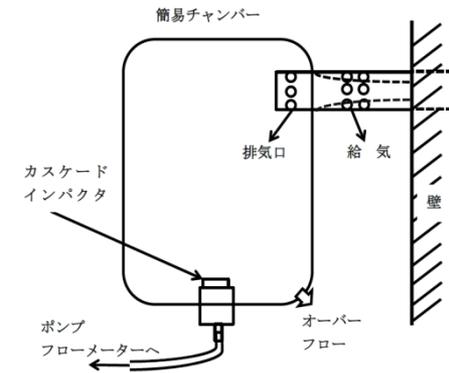
- 発生源種の類似性よりも、**燃料種の類似性が重要**
- 燃料種別に発生源セクターを整理 & 類似性の高い試料を抽出

←各燃料種での炭素成分比

## ② 排出組成情報の更新(4/4)：サブ7の暖房発生源

以下の暖房器具でPM<sub>2.5</sub>排出量を測定

- ①灯油ストーブA(FF式、排煙処理なし)
- ②灯油ストーブB(煙突式、排煙処理なし)
- ③薪ストーブ(自然排気式、排煙処理なし)
- ④ペレットボイラー(排煙処理:サイクロン)
- ⑤木質ボイラー(排煙処理:サイクロン)
- ⑥ペレットストーブ(FF式、排煙処理なし)



得られた主な結果⇒

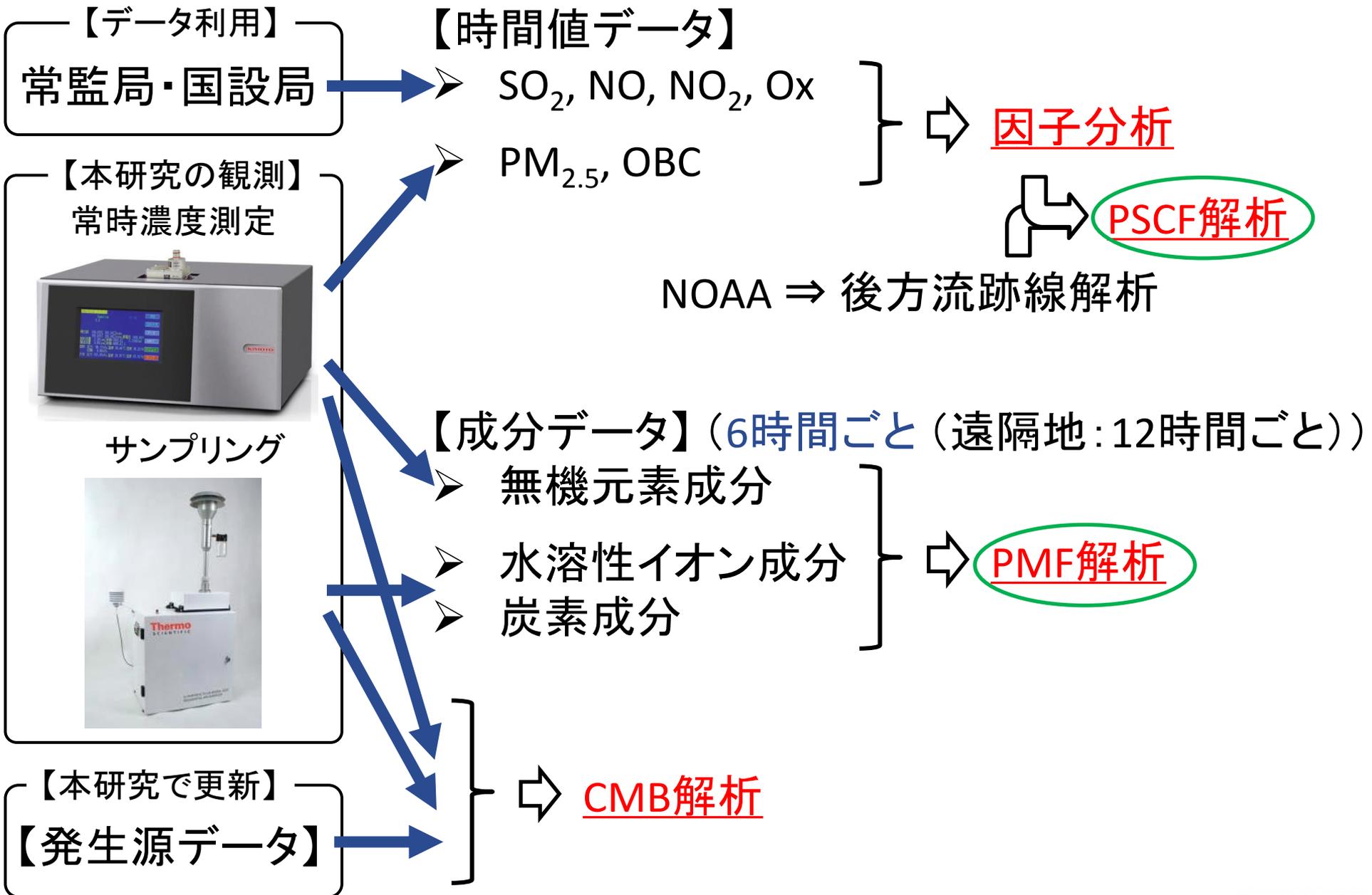
PM<sub>2.5</sub>排出量:

- ①**バイオマス系**排出源からが多い:  
灯油ストーブの100~4000倍、  
A重油ボイラーの7~200倍程度。
- ②同じバイオマス系でも**燃焼状態**により排出量に  
大きな差がある。→燃焼管理重要

PM<sub>2.5</sub>成分:

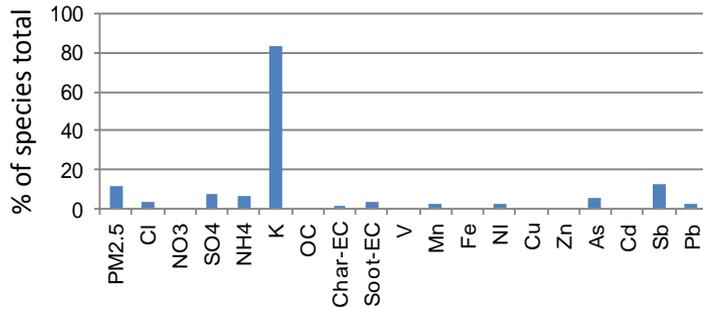
- ・灯油ストーブ、A重油=炭素とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が主
- ・バイオマス=炭素成分、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、K<sup>+</sup>が主  
燃焼状態が良いと相対的にK<sup>+</sup>の割合高い。

### ③ 寄与率評価(1/4): 評価手法の枠組み

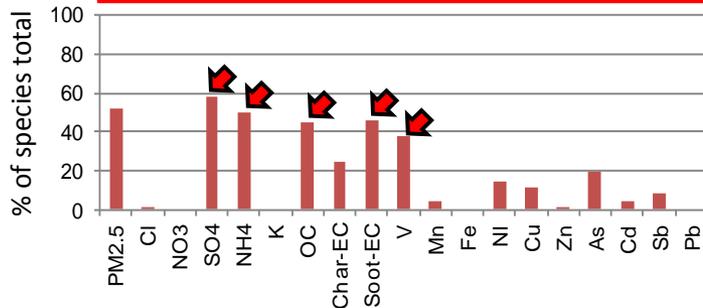


# ③ 寄与率評価(2/4): PMF解析で抽出された6因子

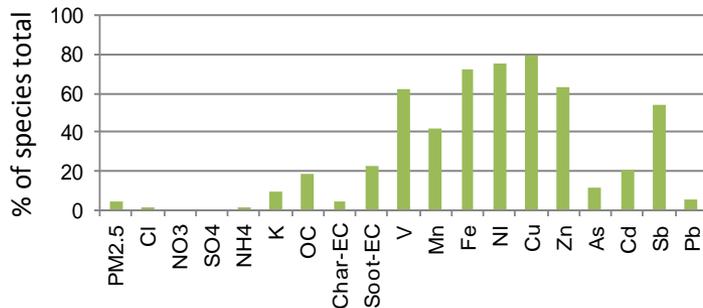
## Factor 1: バイオマス燃焼



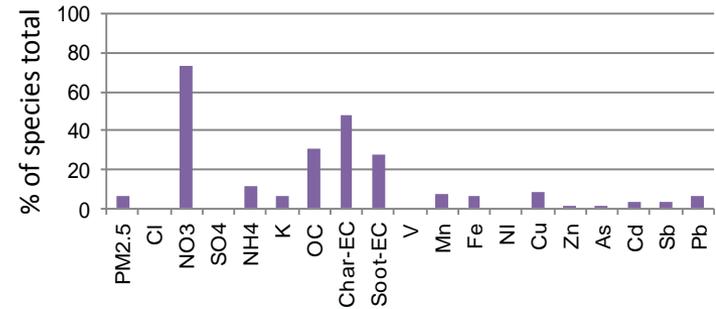
## Factor 2: サルフェート+石油燃焼



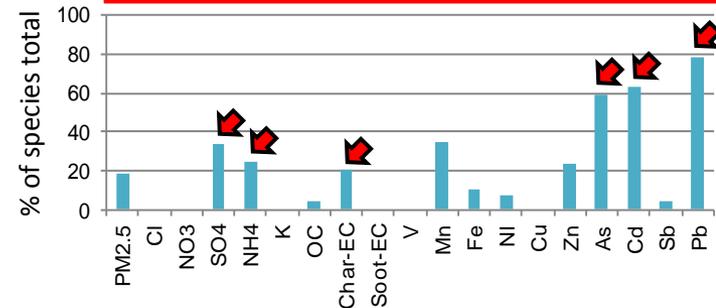
## Factor 3: 製造業



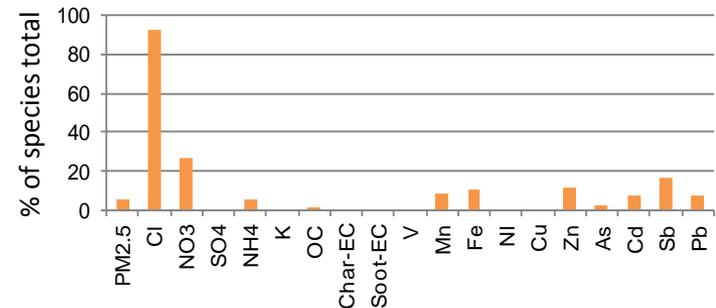
## Factor 4: ナイトレート + 燃焼



## Factor 5: サルフェート + 石炭燃焼

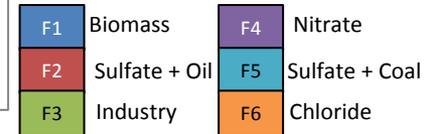
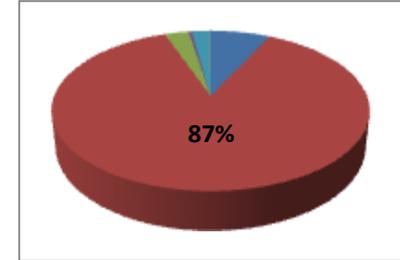
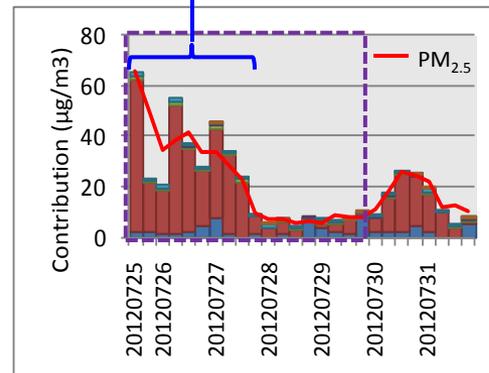
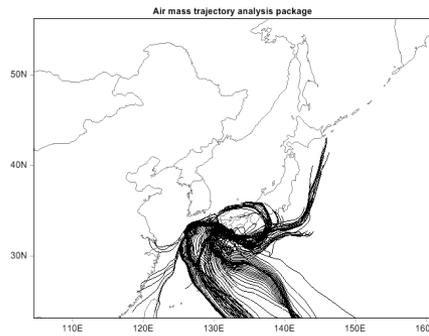
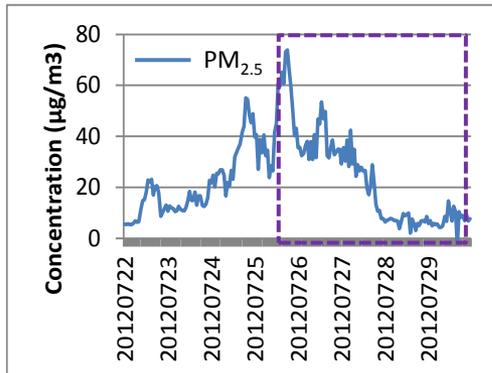


## Factor 6: 塩化物



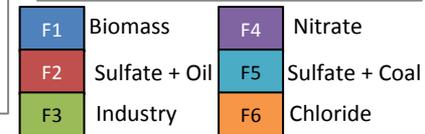
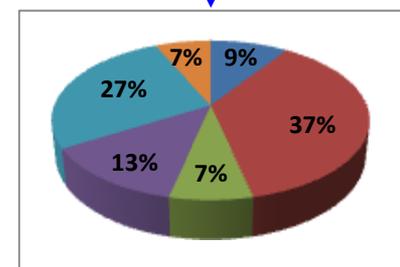
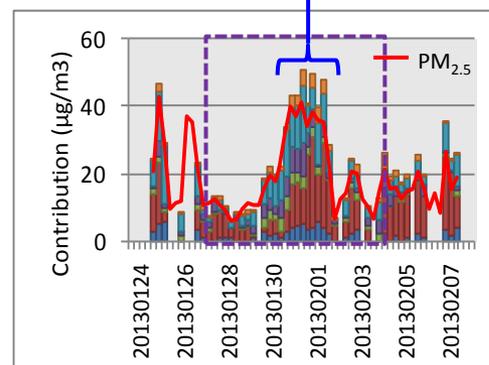
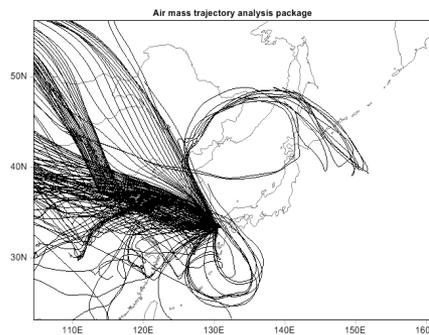
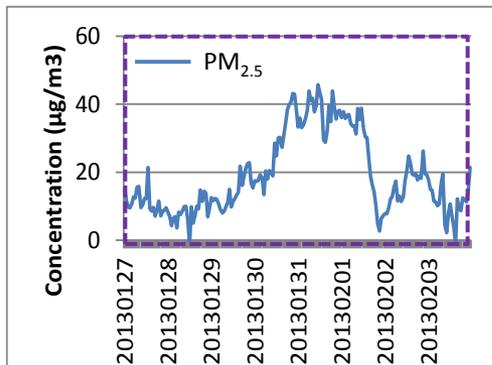
# ③ 寄与率評価(3/4): 重点解析期間③夏と④冬の対比

## 【2012年夏(7月末)の福岡】



- 日本付近に留まる気塊の中での二次生成 (PSCF解析)
- F2(サルフェート+石油燃焼) の寄与の増大 (PMF解析)
- ⇒ **二次生成粒子によるローカルな大気汚染**

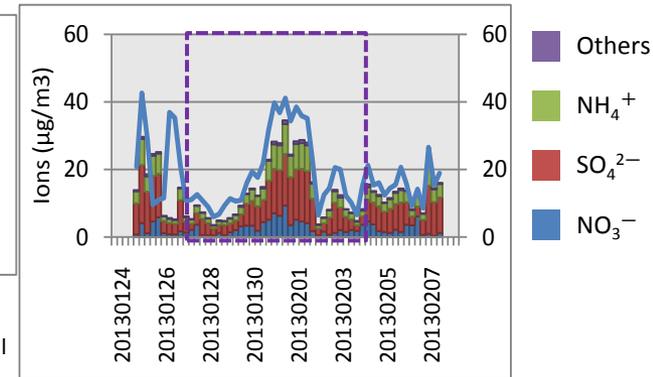
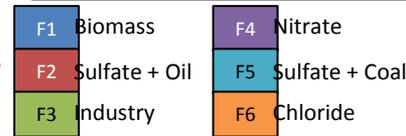
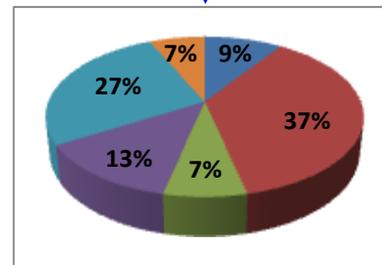
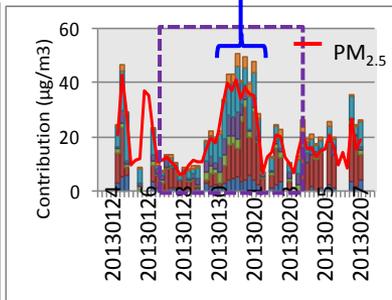
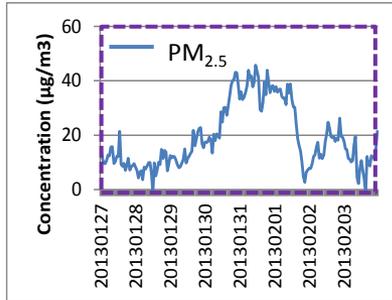
## 【2013年冬(1月末～2月)の福岡】



- 大陸から朝鮮半島を経由するルートに高い寄与 (PSCF解析)
- F5(サルフェート+石炭燃焼) の寄与大 (PMF解析)
- 多様な発生源の寄与が混在 (PMF解析)
- ⇒ **越境大気汚染 + 都市大気汚染**

# ③ 寄与率評価(4/4): 福岡と対馬の対比(2013年冬)

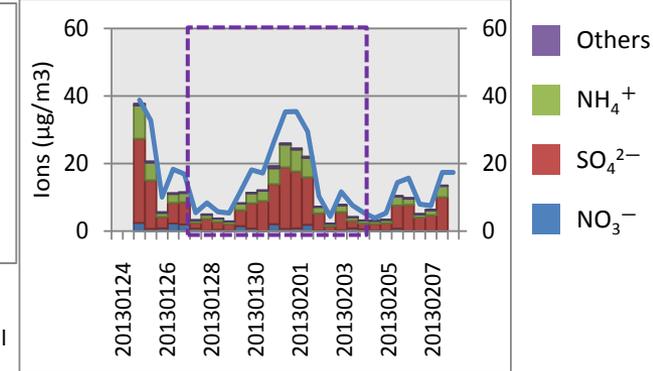
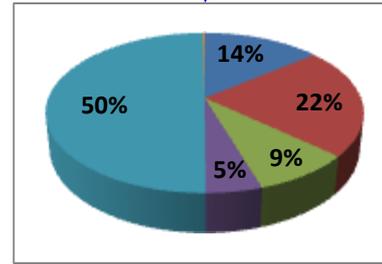
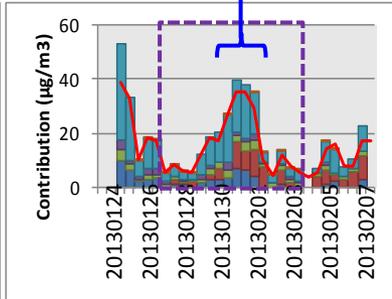
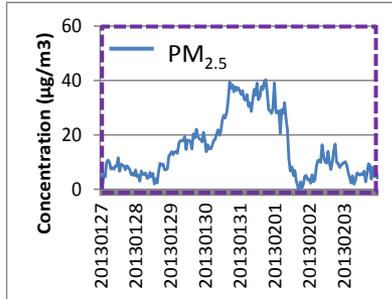
## 【福岡(太宰府)】



【PMF】F2(サルフェート+石油)に続いて  
F5(サルフェート+石炭)が多い。  
多様な因子が混在

【成分】Nitrate・Chlorideも出現

## 【対馬】



【PMF】F5(サルフェート+石炭)の  
影響が支配的

【成分】Nitrate・Chlorideは  
ほとんどない

⇒ 対馬で見える広域輸送分+太宰府でのローカル上乘せ  
という単純な図式ではない

## まとめ

### 成果:

- PM<sub>2.5</sub>観測データ(濃度(常時)、成分(主に4期間))
  - ・常時監視網の整備前、離島を含む遠隔地データ
  - ・同期・同一手法・高時間分解能の成分データ
- ばいじん等のPM<sub>2.5</sub>発生源組成情報の更新
  - ・発生源種 ≒ 燃料種
- 複数手法による発生源/越境寄与率の評価
  - ・2013年1月末のケースもローカル寄与小さくない

### 今後の課題:

- データ公開
- 過酷環境での測定に関する知見等の共有