

## ノート

# 三重県北部地域における PM2.5 環境濃度測定における 簡易法と標準法との比較

西山 亨, 小山善丸<sup>1)</sup>, 高士昇吾, 寺本佳宏, 佐来栄治,  
宮村典仁, 川合啓之<sup>2)</sup>, 吉岡 理

## Comparison of the PM2.5 environmental density in the northern part of Mie Prefecture measured with simple and standard methods

Tooru NISHIYAMA, Yoshimaru KOYAMA<sup>1)</sup>, Shogo TAKASHI, Yoshihiro TERAMOTO, Eiji SARAI,  
Norihito MIYAMURA, Hiroyuki KAWAI<sup>2)</sup>, and Osamu YOSHIOKA

2010-2011 年度に三重県北部の改正自動車 NOx・PM 法の適用地域において, PM2.5 の PCI サンプラーを用いた簡易採取法 (以下, 簡易法と略す) と FRM サンプラーを用いた米国の連邦標準測定法 (以下, 標準法と略す) による調査を行い, 質量濃度測定と成分分析を行った. その結果, 両測定法間で質量濃度には大きな差はなく, 良好な相関関係があり, 簡易法の結果から標準法による調査の結果を推定することが可能であると判明した. 簡易法による調査によれば, 自動車排出ガス測定局 ( $14.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 一般環境測定局 ( $11.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), バックランド地点 ( $11.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) の順で濃度が高かった. また, 標準法による調査では, 同時期の各測定地点の測定結果はほぼ同じ濃度で類似の挙動を示した. 何度か観測された高濃度事例は, 後方流跡線の解析等から, 大陸からの汚染気塊の移流がその主な原因であると考えられた.

キーワード: 簡易法, PCI サンプラー, 標準法, FRM サンプラー, 後方流跡線解析

### はじめに

当研究所における環境大気中の微小粒子状物質の調査は, 主に簡易法を中心に実施してきたところである<sup>1-7)</sup>.

しかし, 平成 21 年 9 月 9 日環境省により大気中微小粒子状物質 (PM2.5) の環境基準が告示され, PM2.5 濃度の標準測定法は FRM サンプラーを用いた米国の連邦標準測定法に準じた重量法による一日平均値とされた.

当研究所では簡易法により環境大気中の微小粒子状物質について, その発生源の推定に活用できる微量成分濃度を把握するため 2 週間間隔での調査を実施してきたが, 2 週間間隔の採取で得られた PM2.5 濃度平均値は標準法の一日常平均値と単純に比較できないことが知られている.

そこで, 本研究では, 簡易法と標準法による併行採取を行い, 標準法で得られる測定値の 2 週間分の平均値と簡易法での平均濃度等との関連を調査した.

今回は質量濃度を中心に速報として報告する.

### 調査方法

#### 1. サンプリング地点とサンプリング期間

図 1 に示す 6 地点でサンプリングを行った. 6 地点は表 1 に示すように, バックランド地点である当研究所屋上 (桜町) を除いて 5 地点は大気環境測定局であり, その内 2 地点は一般環境測定局で, 3 地点は自動車排出ガス測定局である. サンプリングは四季別に実施し, 表 2 にサンプリン

グ期間を、表3にサンプリング方法を示す。

## 2. サンプリング方法

### 1) 標準法によるサンプリング

サンプリングには、Thermo Scientific 自動連続サンプラー FRM2025 (2-4台) (図2) と Thermo Scientific FRM2000 (1台) (図3) を適宜使用した。ろ紙は、石英ろ紙として、PALLFRLEX PRODUCTS CORP., 2500QAT-UP φ47mm を、PTFE ろ紙として、PALL Corporation, Teflo を使用した。吸引流量は 16.7L/min であり、一枚のろ紙に対して 24時間大気を吸引した。

### 2) 簡易法によるサンプリング

サンプリングには、東京ダイレック株式会社製 PCI サンプラー (改良型ニールサンプラー) (図4) を用いた。エアポンプにより吸引した大気を、プラスチック製ろ紙ホルダーにセットしたインパクターノズルで3段階に分級し、選別した各ステージの粒子をφ47mmのフィルターに捕集してその質量濃度等を測定する。各ステージは、粒径 10μm 以上、2.5~10μm、2.5μm 以下に分級される (図5)。ろ紙は、PALLFRLEX PRODUCTS CORP., 2500QAT-UP φ47mm と φ47x20mm を使用した。吸引流量は 20L/min であり、一測定時期の間連続で (概ね2週間) 大気を吸引した。

## 3. 測定装置

測定には以下の装置を使用した。

### 1) 電子精密天秤

メトラー・トレド株式会社製、エクセレンス XP ミクロ天びん XP26

### 2) 炭素分析装置

サンセットラボラトリー社製、カーボンエアロゾル分析装置ラボモデル (デュアルオプティクスモデル) CAA-202M-D

### 3) イオンクロマトグラフ装置

陰イオン分析：ダイオネクス株式会社製、イオンクロマトグラフ装置 ICS-2000

陽イオン分析：ダイオネクス株式会社製、イオンクロマトグラフ装置 ICS-1500

### 4) 誘導結合プラズマ質量分析計

アジレント・テクノロジー株式会社製、コリジョンリアクションセル誘導結合プラズマ質量分析計 Agilent 7500ce CRC-ICPMS

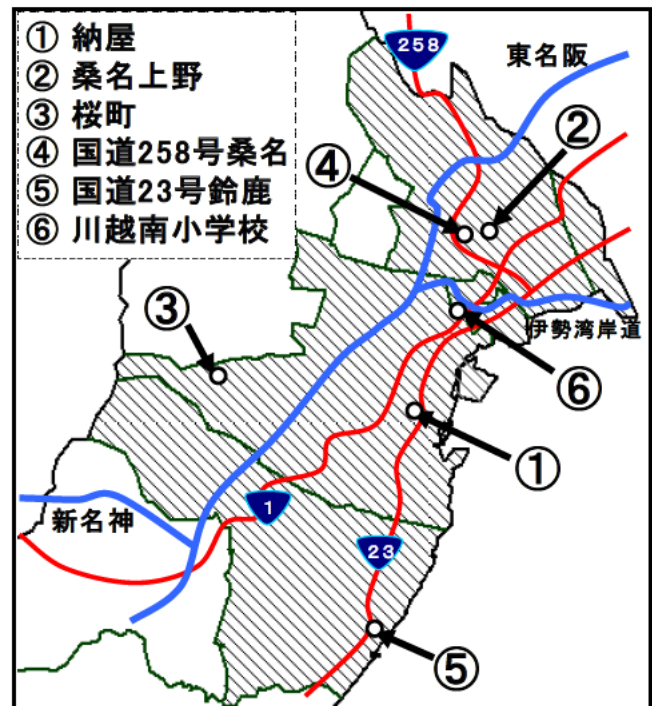


図1 改正自動車 NOx・PM 法の適用地域 (斜線部) とサンプリング地点

表1 サンプリング地点の概要

地点番号	地点名	区分
①	納屋	自動車排出ガス測定局
②	桑名上野	一般環境測定局
③	桜町	バックグラウンド地点
④	国道258号桑名	自動車排出ガス測定局
⑤	国道23号鈴鹿	自動車排出ガス測定局
⑥	川越南小学校	一般環境測定局

表2 サンプリング期間の詳細

	開始	終了
2010年度春	2010年5月12日	~ 5月27日
2010年度夏	2010年8月17日	~ 8月31日
2010年度秋	2010年11月10日	~ 11月24日
2010年度冬	2011年2月8日	~ 2月22日
2011年度春	2011年5月30日	~ 6月13日
2011年度夏	2011年8月22日	~ 9月12日
2011年度秋	2011年11月2日	~ 11月16日
2011年度冬	2012年2月3日	~ 2月17日

表3 サンプルング方法の詳細

地点 番号	サンプルング期間							
	2010年度春	2010年度夏	2010年度秋	2010年度冬	2011年度春	2011年度夏	2011年度秋	2011年度冬
①	FRM,PCI	FRM,PCI	FRM,PCI	FRM,PCI	PCI	PCI	PCI	PCI
②	FRM,PCI	PCI	FRM,PCI	FRM,PCI				
③	FRM,PCI	FRM,PCI	FRM,PCI	FRM,PCI	FRM,PCI	FRM,PCI	PCI	PCI
④	PCI	PCI	PCI	PCI	PCI	PCI	PCI	PCI
⑤	PCI	PCI	PCI	PCI	FRM,PCI	FRM,PCI	PCI	PCI
⑥					PCI	PCI	FRM,PCI	FRM,PCI



図2 FRM-2000 (標準法サンプラー)  
(単回サンプルング式)



図3 FRM-2025 (標準法サンプラー)  
(自動連続サンプルング式)



図4 PCI サンプラー（簡易法サンプラー）によるサンプリング



図5 PCI サンプラー（簡易法サンプラー）とろ紙（分級別）



## 調査結果および考察

### 1. 標準法による質量濃度実態調査結果

標準法による2010年度春から2011年度冬までの8調査期間実施した質量濃度測定結果について、図6-13に示す。

なお、図6-13中、桑名は桑名上野、鈴鹿は国道23号鈴鹿、川越南は川越南小学校を示す。

一日平均の環境基準  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えたのは8調査期間中5期間（図6, 7, 8, 10, 12）あり、延べ252日間で12日間あった。概ねそれらは、4-5日の間に上昇して減少するという、類似の挙動を示した。測定期間中、一日平均の環境基準  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えたのを地点区分別にみると、自動車排出ガス測定局では、6調査期間中4期間（図6, 7, 8, 10）（延べ91日間で7日間）、一般環境測定局では、5調査期間中3期間（図6, 8, 12）（延べ74日間で4日間）、バックグランド地点では、6調査期間中1期間（図10）（87日間で1日）であ

った。

8調査期間中、延べ17地点で調査を実施したが、各調査地点の平均濃度と年平均の環境基準  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  を比較すると、環境基準を超過したのは9地点であった。これを地点区分別にみると、自動車排出ガス測定局では、延べ6地点中4地点、一般環境測定局では、延べ5地点中3地点、バックグランド地点では、延べ6地点中2地点であった。

また、全測定期間の平均濃度から、概ね自動車排出ガス測定局 ( $16.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、一般環境測定局 ( $14.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、バックグランド地点 ( $12.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) の順に濃度が高いことが分かった。しかし、その差は僅かで、同時に測定したすべての地点で同様の変動傾向を示した。このことは、各測定地点が受けている周辺発生源からの影響よりも三重県北部地域全域が受けている広域的な汚染の影響の方が大きいことを示唆している。

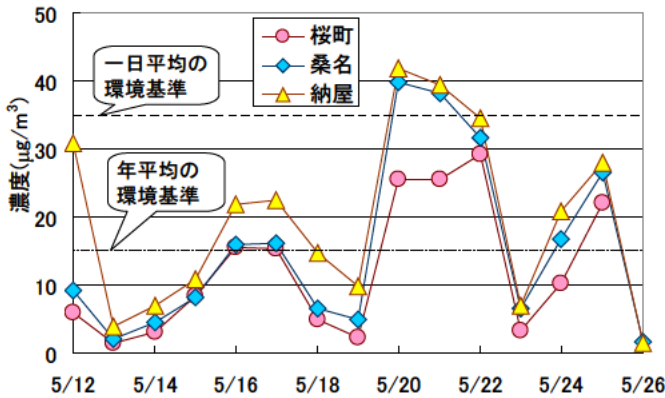


図6 標準法による質量濃度（2010年度春）

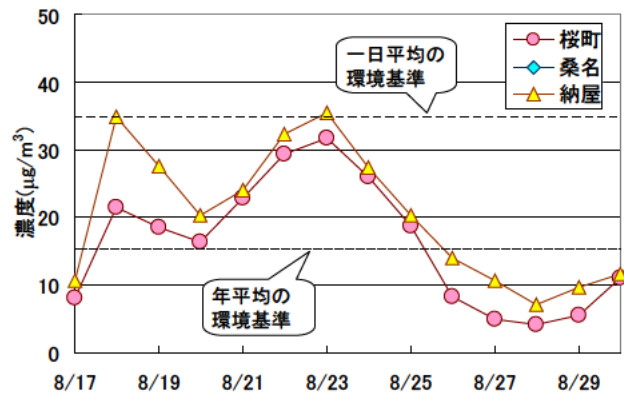


図7 標準法による質量濃度（2010年度夏）

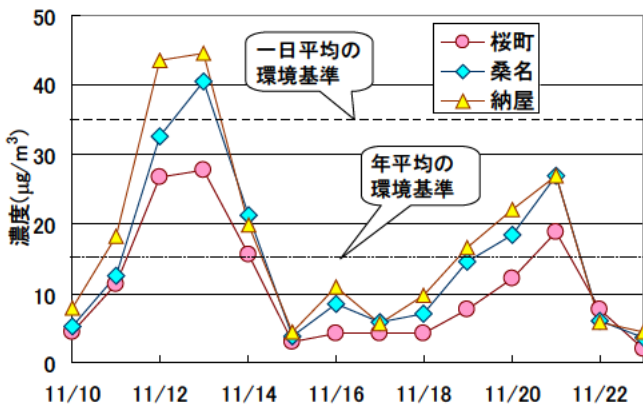


図8 標準法による質量濃度（2010年度秋）

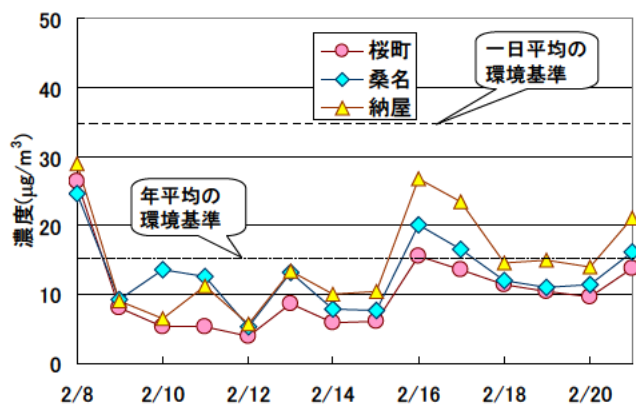


図9 標準法による質量濃度（2010年度冬）

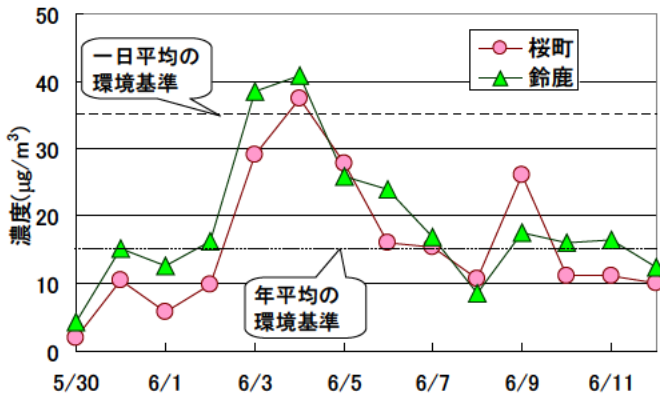


図 10 標準法による質量濃度 (2011 年度春)

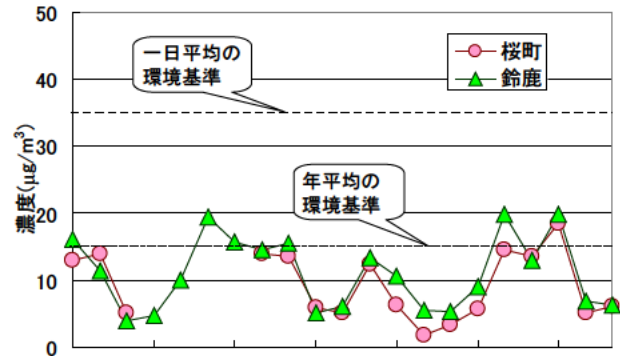


図 11 標準法による質量濃度 (2011 年度夏)

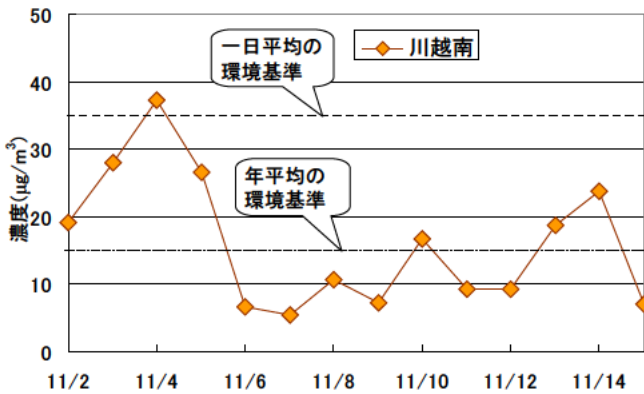


図 12 標準法による質量濃度 (2011 年度秋)

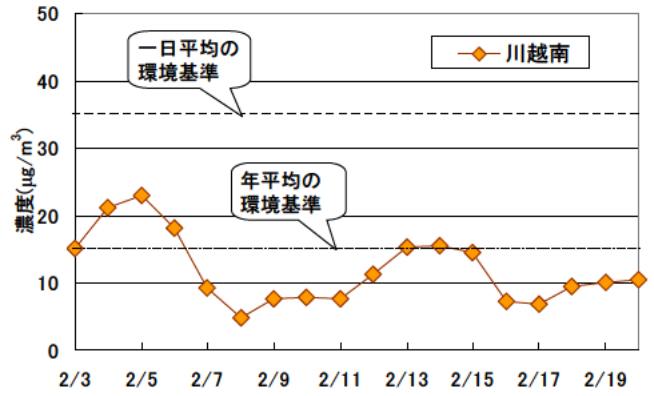


図 13 標準法による質量濃度 (2011 年度冬)

## 2. 簡易法による質量濃度実態調査結果

2005-2011 年度の簡易法による質量濃度の測定結果を、図 14 に示す。簡易法による PM2.5 濃度は、2005-2007 年度はほぼ横ばい傾向にあったが、2008-2011 年度は概ね低下傾向にあった。地点区別では標準法と同様に概ね自動車排出ガス測

定局、一般環境測定局、バックグラウンド地点の順に濃度が高い。今回の調査期間である 2010-2011 年度の平均は、自動車排出ガス測定局： $14.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、一般環境測定局： $11.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、バックグラウンド地点： $11.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

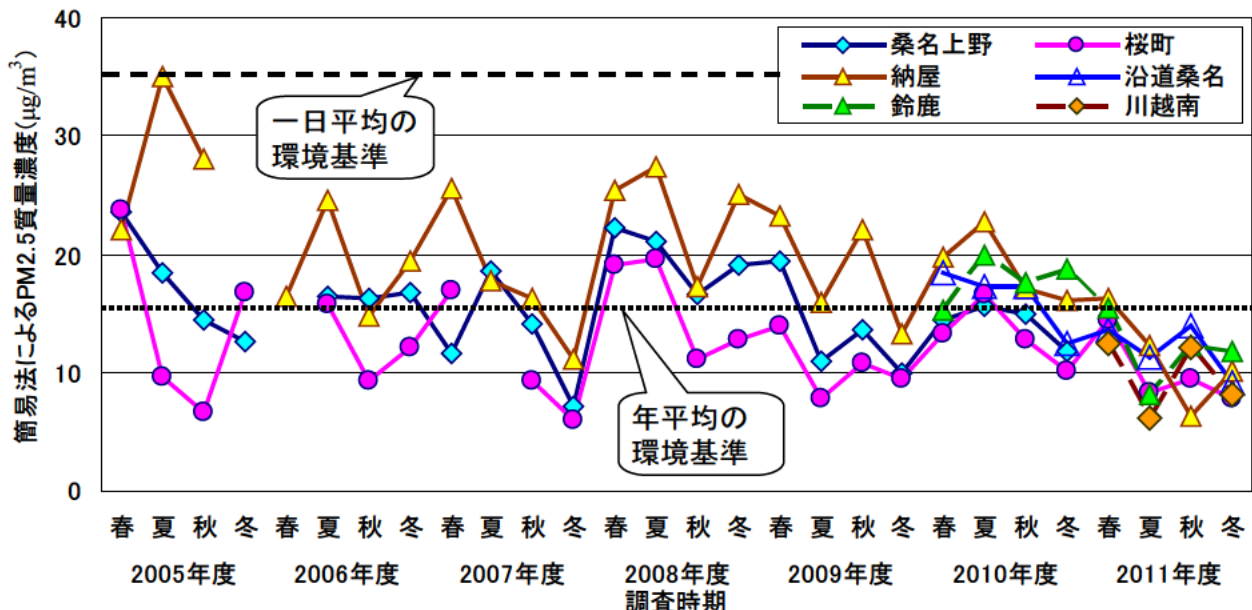


図 14 簡易法による PM2.5 質量濃度変遷 (2005-2011 年度)



### 3. 簡易法と標準法によるPM2.5質量濃度の相関

簡易法によるPM2.5質量濃度を縦軸に、標準法によるPM2.5質量濃度の平均を横軸にとった場合の散布図を、2005年度から実施していた予備調査の比較結果と併せて図15に示す。相関係数は0.9223で良好な相関関係を示した。このことから、簡易法による測定結果から、標準法に基づく平均濃度を推定可能であることが明らかとなった。

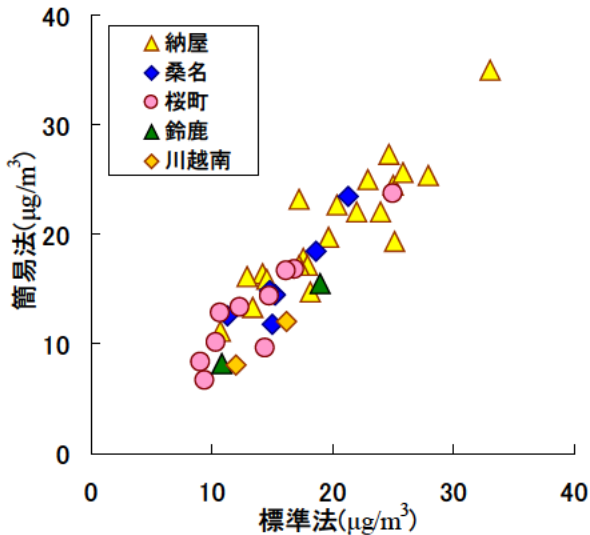


図15 簡易法と標準法によるPM2.5質量濃度の相関 (2005-2011年度)

### 4. 高濃度出現時の気象条件の解析

次に、今回の測定期間内に、複数回の高濃度事例があったが、2011年度春の測定データ(標準法, 図10)を用いて、120時間前まで後方流跡線解析<sup>8)</sup>を行った。対象地点は、自動車排出ガス測定局の国道23号鈴鹿とバックグラウンド地点の桜町で、高濃度期間(日平均の環境基準を超過した日を含む4日間, 6月3-6日)およびその前後2日間(6月1-2日と6月7-8日)の合計8日間の結果を図16(上段に高濃度前後の低濃度期間, 下段に高濃度期間)に示した。

図16によると、低濃度期間では、飛来した気塊は中国上空を通過していないことが伺える。高濃度期間では、飛来した気塊は北京上空付近の華北地方や華中地方を通過してきていることが伺える。また、6月4日や5日のデータに注目すると、4日は、桜町と国道23号鈴鹿の質量濃度の差が縮まり、5日には逆転している。これは、両地点に飛来した気塊はともに中国大陸から飛来してきているが、桜町へ飛来した気塊が国道23号鈴鹿へ飛来した気塊に比べて、より低空から飛来していることが影響し、桜町と国道23号鈴鹿との地域汚染差を上回る汚染された気塊が飛来したと考えられる。しかし、発生源を特定するには、さらに一層のデータ蓄積が必要である。

また、2010年度秋の測定で、11月10-15日の高濃度事例は、黄砂飛来時と重なっており、ともにPM2.5も飛来したと考えられる。

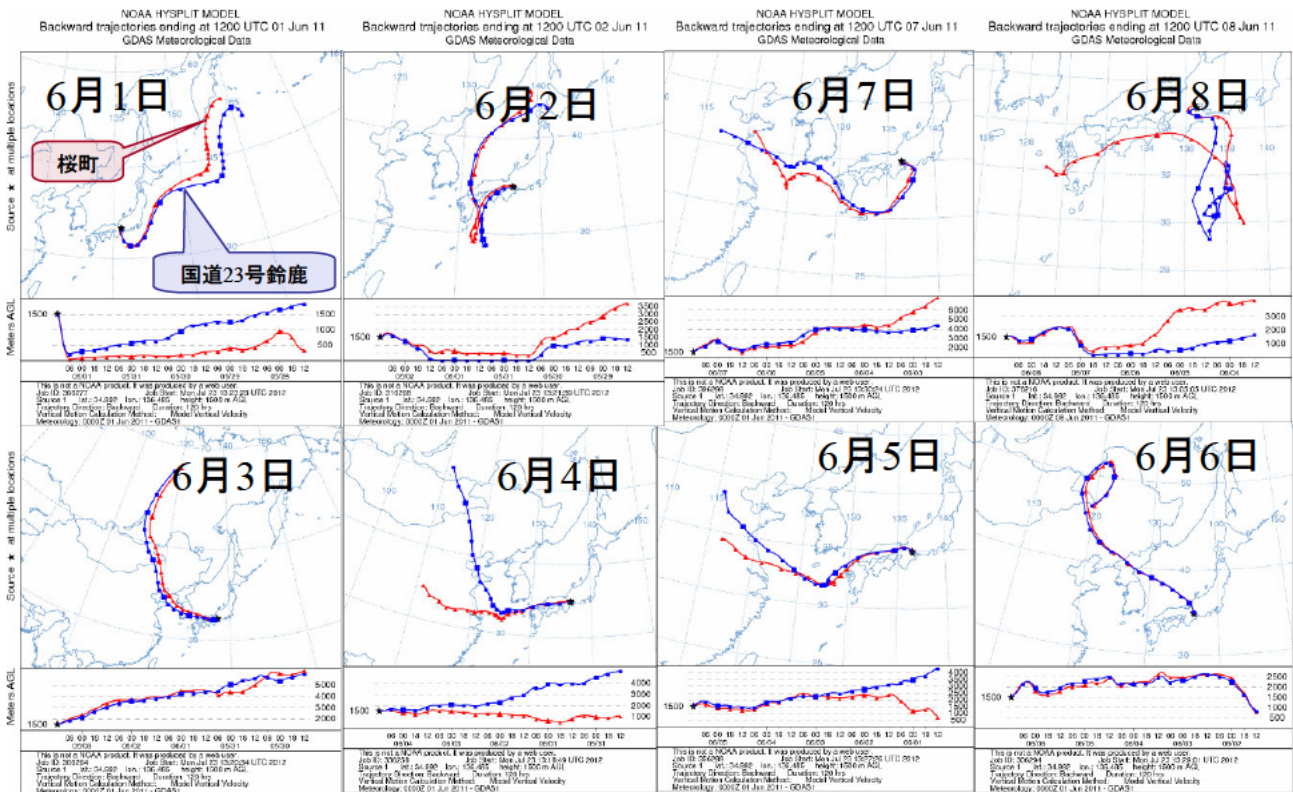


図16 後方流跡線解析結果 (2011年6月1-8日, 桜町と国道23号鈴鹿)  
(上段: 高濃度期間の前後の低濃度期間, 下段: 高濃度期間)

## まとめ

2010-2011 年度に三重県北部の改正自動車 NO<sub>x</sub>・PM 法の適用地域において、PM<sub>2.5</sub> 濃度を簡易法と標準法との2通りのサンプリング法により調査した。その結果、以下のことが分かった。

- 1) 標準法により、改正 NO<sub>x</sub>・PM 法の対象地域で四季別に2週間、一日毎のサンプリングを行ったところ、年平均の環境基準を超過したのが調査期間平均で延べ17期間中9期間あり、一日平均の環境基準を超過している日が延べ252日中12日間あった。
- 2) 高濃度事例は、4-5日間かけて上昇し減少することが多く、そのピーク時に日平均の環境基準を超過することがあった。
- 3) 2010-2011年度の簡易法による測定では、自動車排出ガス測定局(3地点平均):14.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、一般環境測定局(2地点平均):11.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、バックグラウンド地点(1地点):11.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。
- 4) PM<sub>2.5</sub> 質量濃度を PCI サンプラーを用いた2週間連続サンプリングによる簡易法と FRM サンプラーを用いた1日毎のサンプリングによる標準法の2週間平均とで比較すると、良好な相関関係があり、簡易法の結果から標準法による調査の結果を推定することが可能であることが判明した。
- 5) PM<sub>2.5</sub> 質量濃度は、測定地点間の差が小さく、その変動傾向も類似していることから、地域汚染よりも広域汚染の影響が大きいことが示唆された。
- 6) 高濃度事例に対して後方流跡線解析を実施すると、華北地方、華中地方を通過してきた気塊による影響が大きいと推測された。2011年度春の例では、バックグラウンド地点である桜町と自動車排出ガス測定局である国道23号鈴鹿では、気塊の通過する地域や高度によっ

ては、質量濃度の逆転現象が起こり、その差は地域汚染よりも大きかった。

## 文 献

- 1) 塚田 進, 山川雅弘, 西山 亨: 浮遊粒状物質の大気汚染について(1) - 県下の微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)濃度 -, 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.8, 67-73(2006).
- 2) 塚田 進, 山川雅弘, 西山 亨, 小山善丸: 浮遊粒状物質の大気汚染について(2) - 粒子中の内容成分について -, 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.9, 41-48(2007).
- 3) 塚田 進, 西山 亨, 小山善丸: 浮遊粒状物質の大気汚染について(3) - 発生源(ディーゼル自動車)寄与について -, 三重県保健環境研究所年報, No.10, 41-47(2008).
- 4) 佐来栄治, 塚田 進, 西山 亨, 小山善丸: 浮遊粒状物質に含まれる多環芳香族炭化水素類について(1) - フィルタからの抽出について -, 三重県保健環境研究所年報, No.10, 62-68(2008).
- 5) 佐来栄治, 小山善丸, 西山 亨, 塚田 進: 浮遊粒状物質に含まれる多環芳香族炭化水素類について(2) - 微小粒子からの多環芳香族炭化水素類の抽出について -, 三重県保健環境研究所年報, No.11, 74-82(2009).
- 6) 佐来栄治, 小山善丸, 西山 亨, 吉岡 理: 浮遊粒状物質に含まれる多環芳香族炭化水素類について(3), 三重県保健環境研究所年報, No.12, 63-71(2010).
- 7) 佐来栄治, 小山善丸, 西山 亨, 吉岡 理: 浮遊粒状物質に含まれる多環芳香族炭化水素類について(4), 三重県保健環境研究所年報, No.13, 60-68(2011).
- 8) <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>