

# 粒子状物質調査報告書

## (平成 26 年度)

平成 28 年 3 月

# 1 平成 26 年度調査概要

## 1-1 調査名称

粒子状物質調査

## 1-2 調査目的

大阪府域における粒子状物質による大気汚染状況の実態を継続的に把握し、発生源からの粒子状物質の排出削減対策に資することを目的とする。

## 1-3 調査内容

大阪府立環境農林水産総合研究所の屋上にアンダーセンサンプラー（以下「An」と記す。）を設置して粒子状物質を捕集し、質量濃度を測定するとともに、成分（金属類、イオン成分、炭素成分及び多環芳香族炭化水素類）の分析を行った。

### 1-3-1 調査地点

#### 【一般環境大気測定局】

大阪府立環境農林水産総合研究所 環境科学センター（以下「森ノ宮」と記す。）（大阪市東成区中道 1-3-62）

調査地点の位置を図 1-3-1-1、図 1-3-1-2 に示す。

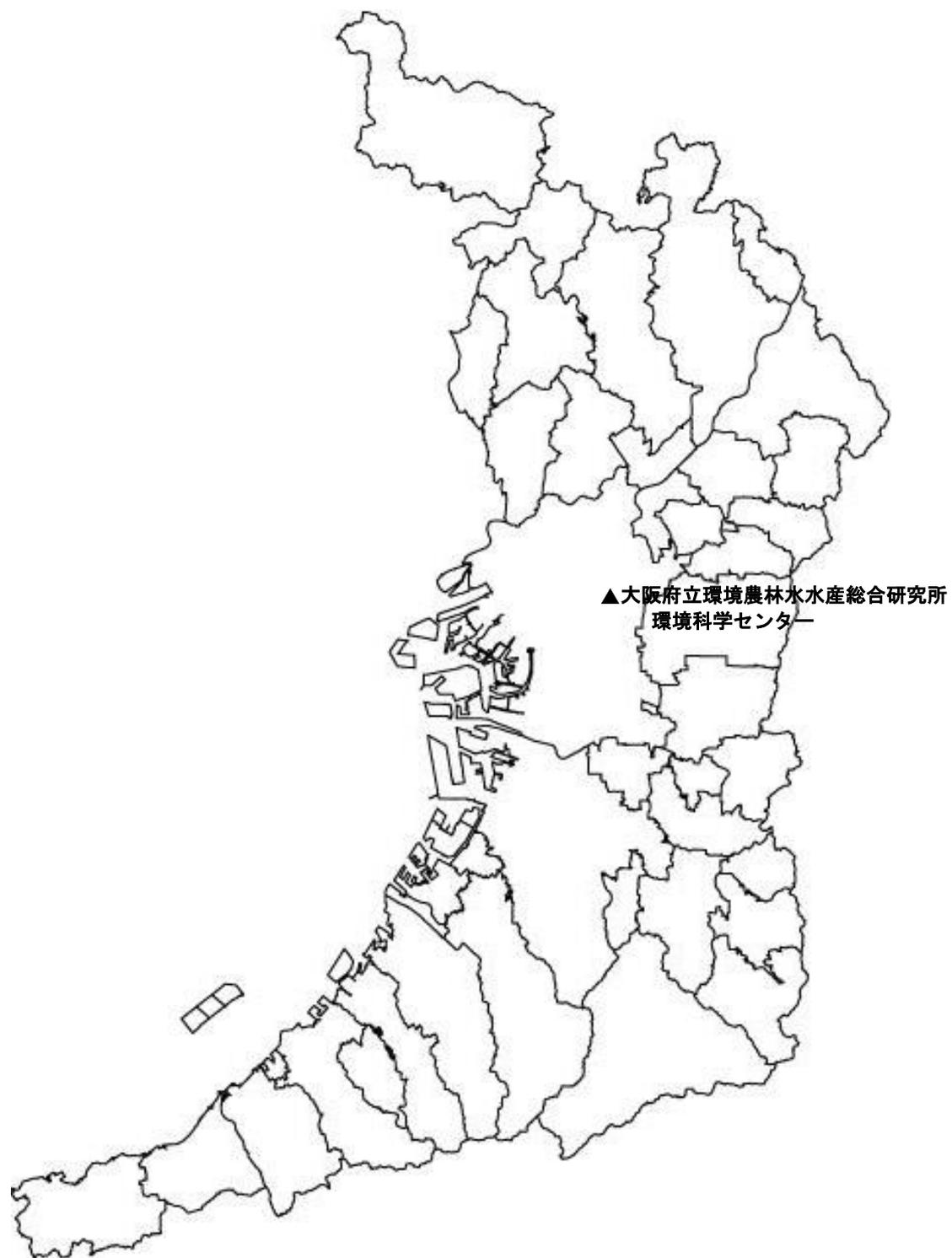


図 1-3-1-1 調査地点



図 1-3-1-2 大阪府立環境農林水産総合研究所 環境科学センター  
(大阪市東成区中道 1-3-62)

### 1-3-2 分析項目

#### (1) 粒子状物質濃度

A<sub>n</sub>により捕集した粒径別の粒子状物質の質量濃度。

#### (2) 金属類 (29 項目)

ナトリウム(Na)、アルミニウム(Al)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、バナジウム(V)、クロム(Cr)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ヒ素(As)、セレン(Se)、ルビジウム(Rb)、モリブデン(Mo)、カドミウム(Cd)、アンチモン(Sb)、セシウム(Cs)、バリウム(Ba)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、サマリウム(Sm)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、タングステン(W)、鉛(Pb)。

#### (3) イオン成分 (9 項目)

塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)、硝酸イオン(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、シュウ酸イオン(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>-</sup>)、ナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)、アンモニウムイオン(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)、カリウムイオン(K<sup>+</sup>)、マグネシウムイオン(Mg<sup>2+</sup>)及びカルシウムイオン(Ca<sup>2+</sup>)。

#### (4) 炭素成分 (2 項目)

元素炭素(EC)及び有機性炭素(OC)。

#### (5) 多環芳香族炭化水素類 (16 項目)

アセナフテン(Ace)、フルオレン(Flu)、クリセン(Chr)、フェナントレン(Phe)、アントラセン(Ant)、ピレン(Pyr)、ベンゾ[a]ピレン(BaP)、ベンゾ[b]フルオランテン(BbF)、ベンゾ[k]フルオランテン(BkF)、ベンゾ[ghi]ペリレン(BghiP)、ベンゾ[a]アントラセン(BaA)、ベンゾ[e]ピレン(BeP)、ジベンゾ[a,h]アントラセン(DBahA)、インデノ-(1,2,3-cd)ピレン(IDP)、ベンゾ[j]フルオランテン(BjF)、フルオランテン(Flu)。

### 1-3-3 調査期間

調査期間は、表 1-3-3 のとおりであり、各季節、1 週間捕集を 2 回実施した。

表 1-3-3 平成 26 年度浮遊粒子状物質調査における試料捕集期間

季節	日 程
春季前半	平成 26 年 5 月 08 日(木) ~ 5 月 15 日(木)
春季後半	平成 26 年 5 月 15 日(木) ~ 5 月 22 日(木)
夏季前半	平成 26 年 7 月 23 日(水) ~ 7 月 30 日(水)
夏季後半	平成 26 年 7 月 30 日(水) ~ 8 月 06 日(水)
秋季前半	平成 26 年 10 月 22 日(水) ~ 10 月 29 日(水)
秋季後半	平成 26 年 10 月 29 日(水) ~ 11 月 05 日(水)
冬季前半	平成 27 年 1 月 21 日(水) ~ 1 月 28 日(水)
冬季後半	平成 27 年 1 月 28 日(水) ~ 2 月 04 日(水)

## 2 試料捕集方法及び分析方法

### 2-1-1 Anによる粒径別の粒子状物質の捕集

石英繊維ろ紙（80mmφの円形にカット）をAnの各ステージ上の捕集板に装着し、毎分28.3Lの流量で大気を7日間連続吸引し、各ろ紙上に粒径別に粒子状物質を捕集した。

本報告書では、ステージ1に捕集した粒径 $2.1\mu\text{m}$ 以上 $11\mu\text{m}$ 未満の粒子を「粗大粒子」、バックアップフィルターに捕集した粒径 $2.1\mu\text{m}$ 未満の粒子を「微小粒子」、「粗大粒子」と「微小粒子」の合計を「PM」、この捕集方法による調査を「PM調査」と定義した。

ろ紙	東京ダイレック社製 石英ろ紙 2500QAT-UP (450°Cで1時間加熱)
機種	東京ダイレック社製 AN200Z
粒径範囲	0.43~11 $\mu\text{m}$
粒径分級	2ステージ及びバックアップフィルターに分級 ステージ0(11 $\mu\text{m}$ 以上) ステージ1(2.1~11 $\mu\text{m}$ ) : 粗大粒子 バックアップ(2.1 $\mu\text{m}$ 未満) : 微小粒子

### 2-1-2 フィルターパック法による粒子状物質とガス成分の捕集

5段のホルダー（東京ダイレック社製 NL-0-03）の1段目に粒子成分を捕集するPTFEろ紙を2~5段目にガス成分用ろ紙（ポリアミドロ紙、 $\text{K}_2\text{CO}_3$ 含浸ろ紙2枚、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 含浸ろ紙）を装着し、春季は毎分1.0Lの流量で大気を7日間連続吸引し、夏季、秋季、冬季は毎分5.0Lの流量で24時間吸引し、各ろ紙上に捕集した。この捕集方法による調査をフィルターパック(FP)調査と定義した。

ろ紙 粒径範囲 粒径分級	アドバンテック東洋社製 PTFEろ紙 0.8 $\mu\text{m}$ 5ステージに分級 ステージ1 全粒子
ろ紙 粒径範囲 粒径分級	日本ポール社製 ポリアミドロ紙 0.45 $\mu\text{m}$ ステージ2 ガス成分
ろ紙 粒径分級	アドバンテック東洋社製 $\text{K}_2\text{CO}_3$ 含浸ろ紙 ステージ3、4 ガス成分
ろ紙 粒径分級	アドバンテック東洋社製 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 含浸ろ紙 ステージ5 ガス成分

## 2-2 分析方法

### 2-2-1 粒子状物質濃度

ろ紙に吸着した有機ガス等を除去するため 350℃で 1 時間加熱したろ紙を、室温 21.5±1.5℃、相対湿度 30±5%の条件下で恒量とし、試料の捕集前後に電子天秤（ザルトリウス社製 MSA シリーズ）で 10 μg の単位まで秤量を行った。試料捕集前後の重量差と採気量より、粗大粒子濃度及び微小粒子濃度（μg/m<sup>3</sup>）を算出した。

なお、捕集前後のろ紙は、冷凍庫内で保管した。

### 2-2-2 金属類

金属類は、マイクロウェーブ分解装置（マイルストーン社製 ETHOS1）を用いて前処理を行い、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS 法）で定量した。

試料捕集した石英繊維ろ紙の 1/4 を専用の分解容器に入れ、フッ化水素酸 3mL、硝酸 5mL 及び過酸化水素水（30%）1mL を加え、密栓して、マイクロウェーブ分解装置で約 55 分間分解処理を行った。

冷却後、容器を開け、内容物をテフロンビーカーに移し入れた。ビーカー内の溶液をホットプレート上で乾固寸前まで加熱した後、硝酸（2+98）で残渣を溶解洗浄し、ろ紙（No. 5B）でろ過した後、ポリメチルペンテン製の全量フラスコで 25mL 定容としたものを ICP-MS 法による測定に供した。このろ紙についても、使用前に硝酸（2+98）25mL で洗浄したものをを用いた。ICP-MS 法による金属類の測定条件を表 2-2-2 に示す。

測定結果と採気量より金属類の大気中濃度（ng/m<sup>3</sup>）を算出した。

表 2-2-2 ICP-MS 法による金属類の測定条件

機種	Agilent Technologies 社製 7700x
RF 周波数	27.18 MHz
RF 出力	1.55kW
キャリア-Ar ガス流量	1.09 L/min
プラズマ Ar ガス流量	14.99L/min
サンプルリング 深さ	8.0 mm
測定元素（質量数）	Na (23)、Mg (24)、Al (27)、K (39)、Ca (43)、Ti (47)、V (51)、Cr (53)、Mn (55)、Fe (56)、Co (59)、Ni (60)、Cu (63)、Zn (66)、As (75)、Se (82)、Rb (85)、Mo (95)、Cd (111)、Sb (121)、Cs (133)、Ba (137)、La (139)、Ce (140)、Sm (147)、Hf (178)、Ta (181)、W (182)、Pb (208)
内標準元素（質量数）	In (115)

### 2-2-3-1 Anによるイオン成分

Anによるイオン成分は、イオンクロマトグラフ法で定量した。

試料捕集した石英繊維ろ紙の1/8をポリプロピレン製の容器に入れ、超純水20mLを加え、20分間超音波抽出を行った。

容器内の溶液をディスポーザブルフィルター（ミリポア社製 MILLEX-GS、孔径 0.22  $\mu\text{m}$ ）でろ過後、ろ液をイオンクロマトグラフ（ダイオネクス社製 ICS2000（陰イオン）、ICS-1500（陽イオン））法による測定に供した。測定条件を表 2-2-3 に示す。

測定結果と採気量よりイオン成分の大気中濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を算出した。

表 2-2-3(1) イオンクロマトグラフ法による陰イオン成分の測定条件

分離カラム	IonPac AS18-C
ガードカラム	IonPac AG18-C
溶離液	30mM 水酸化カリウム溶液
オートサプレッサー	ASRS-500 4mm
流量	1.0 mL/min
サンプル量	25 $\mu\text{L}$
検出器	電気伝導度検出器

表 2-2-3(2) イオンクロマトグラフ法による陽イオン成分の測定条件

分離カラム	IonPac CS16
ガードカラム	IonPac CG16
溶離液	30mM メタンサルホン酸水溶液
オートサプレッサー	CSRS-500 4mm
流量	1.0 mL/min
サンプル量	25 $\mu\text{L}$
検出器	電気伝導度検出器

## 2-2-3-2 FPによるイオン成分

Anによるイオン成分同様、イオンクロマトグラフ法で定量した。

### ①PTFEろ紙

試料捕集したPTFEろ紙をポリプロピレン製の容器に入れ、捕集面にエタノールを適量添加後、捕集面を下側にして超純水20mLを加え、20分間超音波抽出を行った。

### ②K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>含浸ろ紙

捕集面を下側にしてポリプロピレン製の容器に入れ、0.05%過酸化水素水20mLを加え、20分間超音波抽出を行った。

### ③ポリアミドろ紙、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>含浸ろ紙

捕集面を下側にしてポリプロピレン製の容器に入れ、超純水20mLを加え、20分間超音波抽出を行った。

容器内の溶液をディスパーザブルフィルター（ミリポア社製MILLEX-GS、孔径0.22μm）でろ過後、ろ液をイオンクロマトグラフ（ダイオネクス社製ICS2000（陰イオン）、ICS-1500（陽イオン））法による測定に供した。測定条件はAnと同じ。測定結果と採気量よりイオン成分の大気中濃度（μg/m<sup>3</sup>）を算出した。

## 2-2-4 炭素成分

炭素成分は、熱分離光学補正法で定量した。

試料捕集した石英繊維ろ紙を直径8mmのポンチでくり抜き、熱分離光学補正法(DRI社製 Carbon Analyzer)による測定に供した。

IMPROVE プロトコルにより段階的に昇温を行い、550°CまではHeガス雰囲気下で有機性炭素を、550°CからはHe/O<sub>2</sub>(2%)ガス雰囲気下で元素状炭素をメタンに変換し、水素炎イオン化検出器(FID)により検出した。

また、Heガス雰囲気下では、加熱による有機物の炭化が起こるため、有機性炭素の補正を行った。サンプルに対して垂直にHe-Neレーザーを照射して反射光を観測し、550°CでHe/O<sub>2</sub>(2%)ガスを導入してから分析開始時と同じ反射光強度に戻るまでの間に検出された炭素成分を有機性炭素の炭化物とした(熱分解有機性炭素)。測定条件を表2-2-4に示す。

測定結果と採気量より炭素成分の大気中濃度(μg/m<sup>3</sup>)を算出した。

表 2-2-4 炭素成分の測定条件

試料分析炉	O C		E C	
	温度 (°C)	120, 250, 450, 550	550, 700, 800	
	雰囲気	He	He (98%), O <sub>2</sub> (2%)	
流速	He-1 : 40mL/min He-2 : 10mL/min He-3 : 50mL/min 10%O <sub>2</sub> /He : 10mL/min Air : 350mL/min H <sub>2</sub> : 35mL/min 5%CH <sub>4</sub> /He : 2-5mL/min			
触媒	酸化炉 (900°C) : MnO <sub>2</sub> メタン化炉 (420°C) : Ni (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O			
検出器	水素炎イオン化検出器 (105°C)			

## 2-2-5 多環芳香族炭化水素類

多環芳香族炭化水素類は、溶媒抽出後、高速液体クロマトグラフ法（以下「HPLC法」と記す。）で定量した。

試料捕集した石英繊維ろ紙の1/8を10mLの共栓付試験管に入れ、ジクロロメタン8mLを加え、30分間超音波抽出を行った。

抽出液を数分間静置後、10mLのディスパーザブルシリンジを用いて、ディスパーザブルフィルター（ミリポア社製MILLEX-LG、孔径0.2 $\mu$ m）でろ過後、別の10mLの共栓付試験管に約6mL分取し、5%水酸化ナトリウム溶液2mLを加え、約30秒間激しく攪拌した。数分間静置後、パストールピペットで上部の水酸化ナトリウム相を取り除いた。

ジクロロメタン相4mLを先細試験管に分取し、窒素気流中で抽出液を0.1mLまで濃縮した後、アセトニトリルを加え、全量1mLとし、5分間超音波処理した。この溶液をバイアルに入れ、HPLC法による測定に供した。HPLC法による多環芳香族炭化水素類の測定条件を表2-2-5に示す。

HPLC法による測定結果と採気量より多環芳香族炭化水素類の大気中濃度（ng/m<sup>3</sup>）を算出した。

表 2-2-5 HPLC 法による多環芳香族炭化水素類の測定条件

機種	Agilent Technologies 社製 1200 シリーズ	
分離カラム	SUPELCOSIL LC-PAH(シグマアルドリッチ社製)	
カラム温度	40°C	
移動相	0min アセトニトリル : 水 = 70 : 30 8min アセトニトリル : 水 = 70 : 30 31min アセトニトリル : 水 = 90 : 10 34min アセトニトリル : 水 = 90 : 10 34.01min アセトニトリル : 水 = 70 : 30 ストップタイム 38min	
流量	1.0 mL/min	
検出器	蛍光検出器 (FLD)	
検出波長	A (Ace、Fle、BaA、Chr)	励起波長 250nm、 蛍光波長 330nm
	B (Phe、BjF、IDP)	励起波長 250nm、 蛍光波長 370nm
	C (Ant、Pyr、BeP、BbF、BkF、BaP DBahA、BghiP)	励起波長 250nm、 蛍光波長 410nm
	D (Flu)	励起波長 250nm、 蛍光波長 450nm

### 2-2-6 定量下限値

各成分の定量下限値は、ブランク溶液あるいは低濃度溶液を5～10回測定して得られた標準偏差（ $\sigma$ ）の10倍相当濃度を環境大気中濃度に換算した値を用いた。

### 3 平成 26 年度調査結果

#### 3-1 調査期間中の気象概況

調査期間中の気象概況を表 3-1-1 に、気温、湿度等の気象状況を表 3-1-2 に示す。

表 3-1-1 調査期間中の気象概況

調査期間		大阪府の気象概況	
春季前半 春季後半	5月8日～15日 5月15日～22日	5月上旬	高気圧に覆われ晴れの日が多くなりました。平均気温は低く降水量は少なく、日照時間は多くなりました。
		5月中旬	期間の前半は低気圧や前線の影響で曇りや雨の日が多くなりました。後半は高気圧に覆われて概ね晴となりました。平均気温は高く、降水量は平均並み、日照時間は多くなりました。
		5月下旬	低気圧や前線の影響で雨となった日もありましたが、高気圧に覆われて晴れた日が多くなりました。
夏季前半 夏季後半	7月23日～7月30日 7月30日～8月6日	7月中旬	期間の前半は梅雨前線の影響で、期間の終わりごろには上空の寒気の影響で雨の降った日もありましたが、高気圧に覆われて晴れた日もありました。平均気温は平年並、降水量は少なく、日照時間は多くなりました。
		7月下旬	上空の寒気や前線の影響で雨の降った日もありましたが、高気圧に覆われて概ね晴れとなりました。平均気温は平年並み、降水量は少なく、日照時間は多くなりました。
		8月上旬	台風第12号と太平洋高気圧による南からの湿った気流の影響で曇りや雨の日が多くなりました。平均気温は低く、降水量は多く、日照時間は少くなりました。
秋季前半 秋季後半	10月22日～29日 10月29日～11月5日	10月中旬	高気圧に覆われて概ね晴れとなりました。
		10月下旬	22日は低気圧の影響で雨、26日夜遅くから27日明け方にかけて寒冷前線の影響で雷を伴う雨が降りました。その他の日は高気圧に覆われて概ね晴となりました。平均気温は高く、降水量は平年並み、日照時間は多くなりました。
		11月上旬	期間のはじめと終わりに前線や低気圧の影響で雨が降るなど、日本付近を高気圧と低気圧が交互に通過し、天気は周期的に変化しました。平均気温は平年並み、降水量は多く、日照時間は少くなりました。
冬季前半 冬季後半	1月21日～28日 1月28日～2月4日	1月中旬	高気圧に覆われて晴れた日もありましたが、冬型の気圧配置や低気圧の影響で曇りや雨の日が多くなりました。期間の中頃に、西日本の南岸を低気圧が通過した影響でややまとまった雨が降りました。
		1月下旬	低気圧が短い周期で西日本の南岸や紀伊半島付近を通過したため、雨の日が多く、期間の後半には雪やみぞれも降った日がありました。平均気温は高く、降水量は多く、日照時間は少くなりました。
		2月上旬	低気圧が西日本付近を東進し、雨や雪の降った日がありましたが、低気圧が通過した後は冬型の気圧配置や高気圧に覆われて、曇りや晴れの日が多くなりました。平均気温は低く、降水量は少なく、日照時間は平年並みでした。

※大阪管区気象台HP「大阪府の気象」から抜粋。

表 3-1-2 調査期間中の気象状況（大阪府立環境農林水産総合研究所）

調査期間	平成26年						平成27年		
	春季前半 5月8日～15日	春季後半 5月15日～22日	夏季前半 7月23日～30日	夏季後半 7月30日～8月6日	秋季前半 10月22日～29日	秋季後半 10月29日～11月5日	冬季前半 1月21日～28日	冬季後半 1月28日～2月4日	
気温 (°C)	平均	20.1	20.0	30.3	29.1	27.8	16.4	8.0	4.4
	最高	26.0	26.8	36.7	34.7	25.5	23.6	14.1	7.1
	最低	13.7	15.3	23.8	25.4	11.5	10.0	3.4	0.9
湿度 (%)	平均	55	59	60	71	62	64	66	59
	最高	94	90	79	91	93	91	92	88
	最低	29	24	36	44	35	31	41	43
降水量	積算降水量(mm)	15.5	34	0	20	23.5	10.5	39.5	9.5
	最大時量(mm)	3.5	12.5	0	4.5	10	3.0	5.5	1.5
	1mm以上の日数(日)	3	3	0	3	3	2	4	1
積算日射量(MJ/m <sup>2</sup> )	135.2	125.6	147.6	88.8	80.0	63.6	46.9	46.2	
黄砂観測日数(日) <sup>※1</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	

※1：大阪管区気象台発表

注1) 大阪府地域大気汚染常時監視測定データファイルにおける開始日10時から終了日9時までのデータ

#### 【気温】

- ・平均気温は、夏季前半に最高値(30.3℃)、冬季後半に最低値(4.4℃)を示した。
- ・最高気温が最も高かったのは夏季前半(7月25日、36.7℃)で、最も低かったのは冬季後半(2月3日、7.1℃)であった。また、最低気温が最も高かったのは夏季後半(8月4日、25.4℃)で、最も低かったのは冬季後半(2月1日、0.9℃)であった。

#### 【湿度】

- ・平均湿度は、夏季後半で最高値(71%)、春季前半で最低値(55%)を示した。

#### 【降水量】

- ・積算降水量が最も多かったのは冬季前半(39.5 mm)で、最も少なかったのは夏季前半(0 mm)であった。

#### 【日射量】

- ・積算日射量は、春季前半に最高値(147.6MJ/m<sup>2</sup>)、冬季後半に最低値(46.2MJ/m<sup>2</sup>)を示した。

#### 【黄砂飛来状況】

- ・調査期間中、黄砂の飛来は観測されなかった。

### 3-2 PM濃度及びPM中の各種成分濃度の調査結果

森ノ宮での分析結果を資料に示す。本調査では、粒径 $2.1\mu\text{m}$ 以上 $11\mu\text{m}$ 未満の粒子を「粗大粒子」、粒径 $2.1\mu\text{m}$ 未満の粒子を「微小粒子」と定義する。

#### 3-2-1 PM濃度及びPM中の各種成分濃度

森ノ宮における粗大粒子及び微小粒子中の各種成分濃度（金属類(29項目)、イオン成分（金属類と重複する $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ を除く6項目）、炭素成分（2項目）、多環芳香族炭化水素類（16項目））の季節変化を図3-2-1-1に、PM濃度及びPM中の各種成分濃度の季節変化を図3-2-1-2に示す。

##### 【粗大粒子】

- ・粗大粒子中の金属類は年平均で約16%、イオン成分は約34%、炭素成分は約13%であった。
- ・粗大粒子質量濃度は、 $4.8\sim 12\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であり、春季後半に最大値を示した。
- ・金属類濃度は、春季後半に最大値を示した。
- ・イオン成分濃度は、秋季前半に最大値を示した。
- ・炭素成分濃度は、夏季後半に最大値を示した。
- ・多環芳香族炭化水素類濃度は、冬季前半に最大値を示した。

##### 【微小粒子】

- ・微小粒子中の金属類は年平均で約4.5%、イオン成分は約42%、炭素成分は約27%であった。
- ・微小粒子質量濃度は、 $8.8\sim 17\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であり、春季前半と夏季前半に最大値を示した。
- ・金属類濃度は、春季後半に最大値を示した。
- ・イオン成分濃度は、夏季前半に最大値を示した。
- ・炭素成分濃度は、秋季前半に最大値を示した。
- ・多環芳香族炭化水素類濃度は、春季後半に最大値を示した。

##### 【微小粒子の割合】

- ・PM濃度に占める微小粒子濃度の割合は、6割程度であった。
- ・PM中の各種成分濃度については、金属類は、微小粒子の占める割合の方が少なく3割程度であった。一方、イオン成分は5~8割、炭素成分、多環芳香族炭化水素類は、微小粒子の占める割合の方が多く8割程度であった。

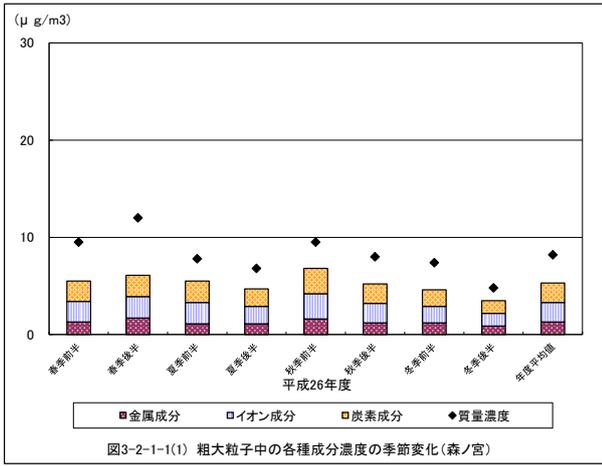


図3-2-1-1(1) 粗大粒子中の各種成分濃度の季節変化(森ノ宮)

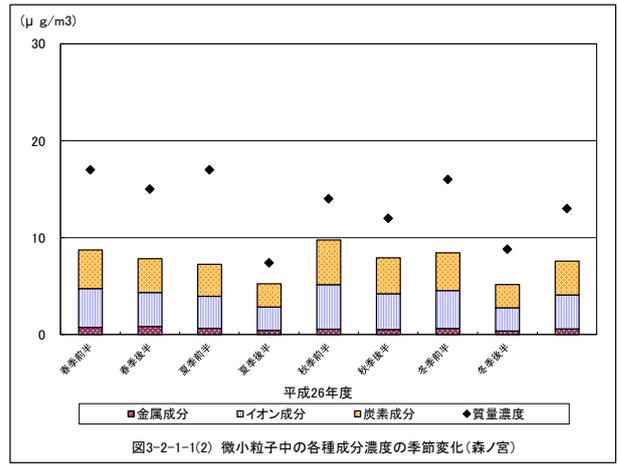


図3-2-1-1(2) 微小粒子中の各種成分濃度の季節変化(森ノ宮)

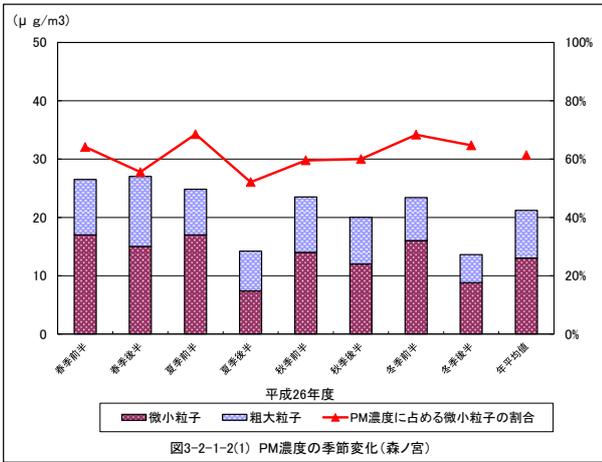


図3-2-1-2(1) PM濃度の季節変化(森ノ宮)

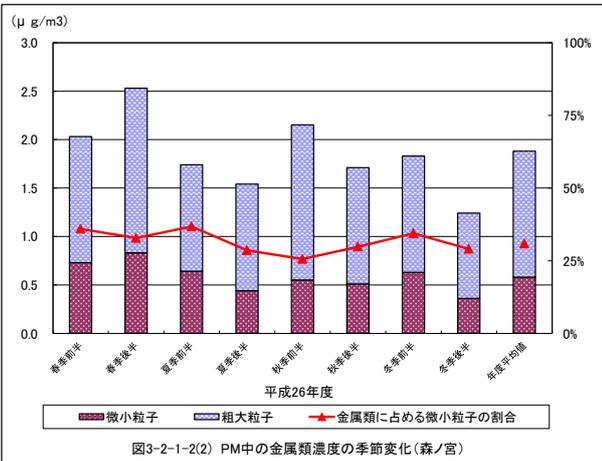


図3-2-1-2(2) PM中の金属類濃度の季節変化(森ノ宮)

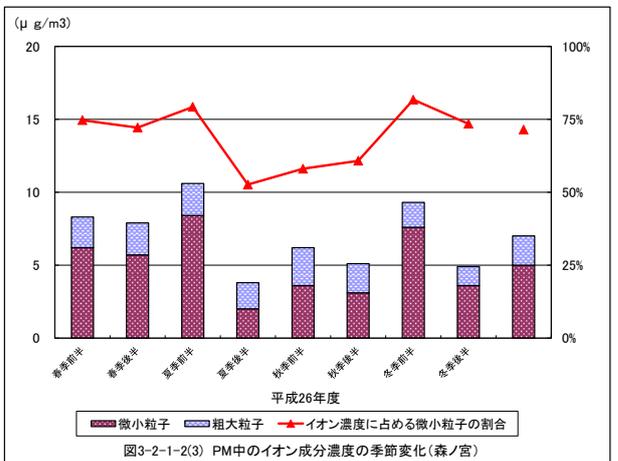


図3-2-1-2(3) PM中のイオン成分濃度の季節変化(森ノ宮)

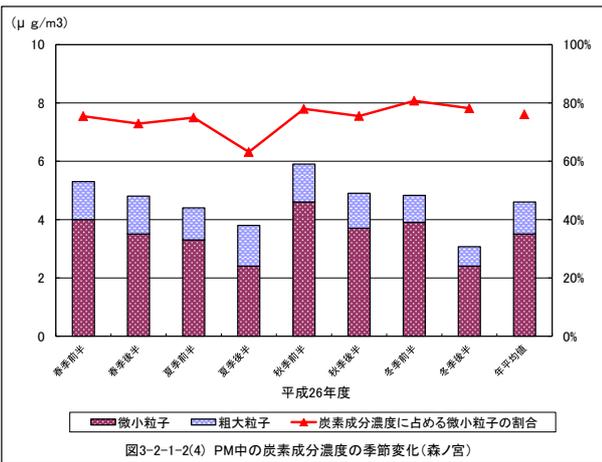


図3-2-1-2(4) PM中の炭素成分濃度の季節変化(森ノ宮)

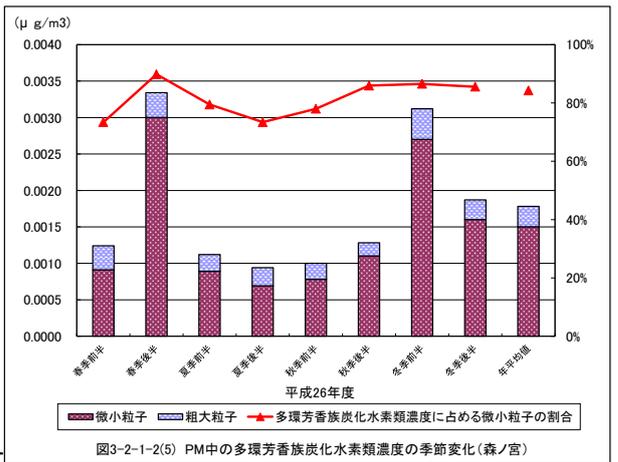


図3-2-1-2(5) PM中の多環芳香族炭化水素類濃度の季節変化(森ノ宮)

### 3-2-2 金属類

森ノ宮におけるPM中の金属類濃度の年度平均値を表3-2-2に示す。

表3-2-2 PM中の金属類濃度の年度平均値（森ノ宮）

平成26年度		(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
		粗大粒子		微小粒子	
		濃度	割合	濃度	割合
質量濃度		8.2	100%	13	100%
金属類	Na	0.57	7.0%	0.13	1.0%
	Fe	0.29	3.5%	0.15	1.2%
	Ca	0.15	1.8%	0.050	0.38%
	Al	0.16	2.0%	0.066	0.51%
	K	0.063	0.77%	0.087	0.67%
	Zn	0.018	0.22%	0.051	0.39%
	上記以外の18項目	0.049	0.60%	0.046	0.35%
	合計	1.3	16%	0.58	4.5%

注) 粗大粒子と微小粒子の合計値が  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  未満の項目を「上記以外」とした。

金属類の中で、粗大粒子中の濃度が最も高かったのはNa（年度平均値  $0.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）で、粗大粒子濃度に占める割合は7.0%であった。微小粒子中の濃度が最も高かったのはFe（年度平均値  $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）で、微小粒子濃度に占める割合は1.2%であった。

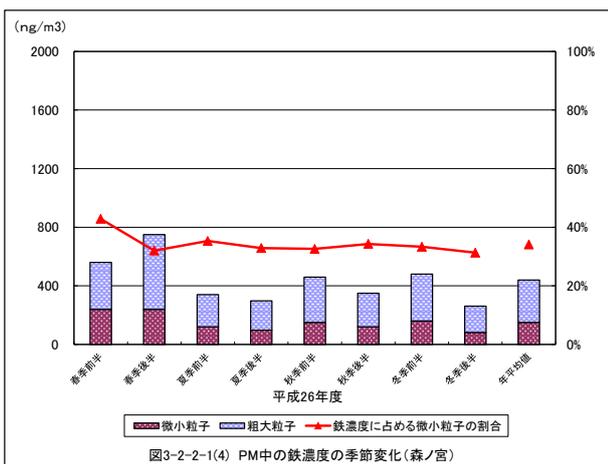
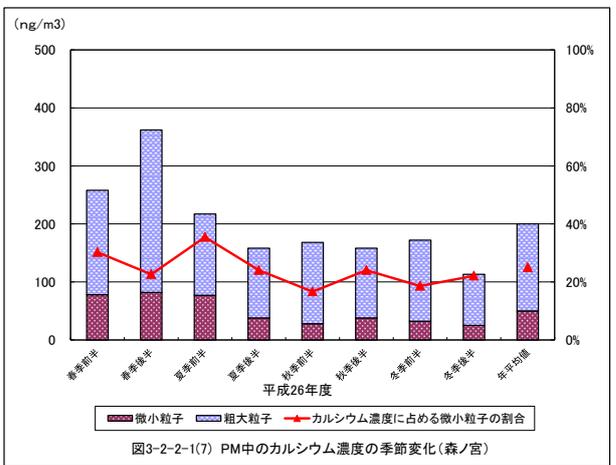
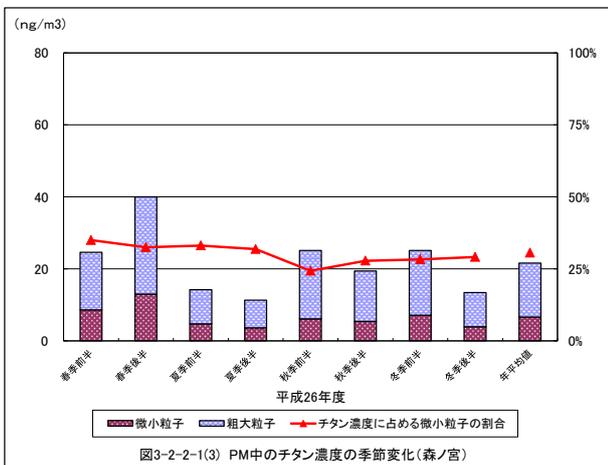
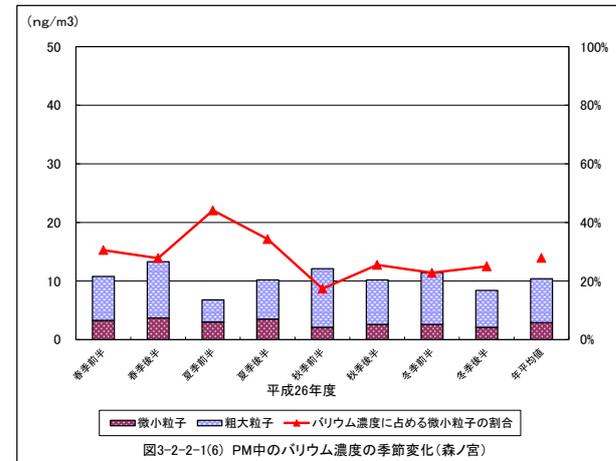
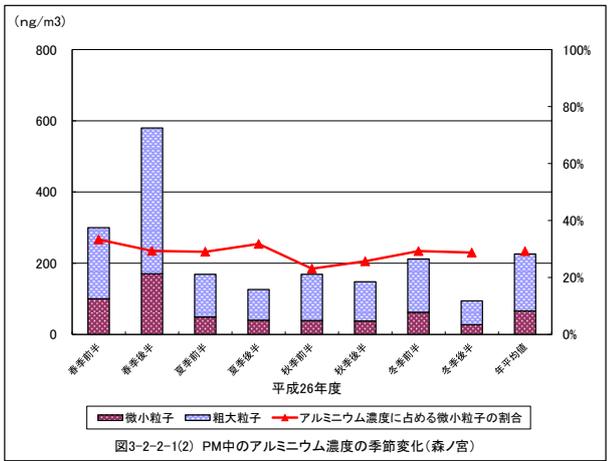
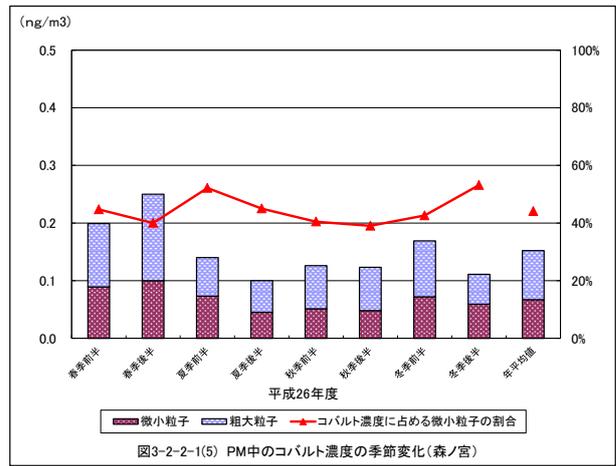
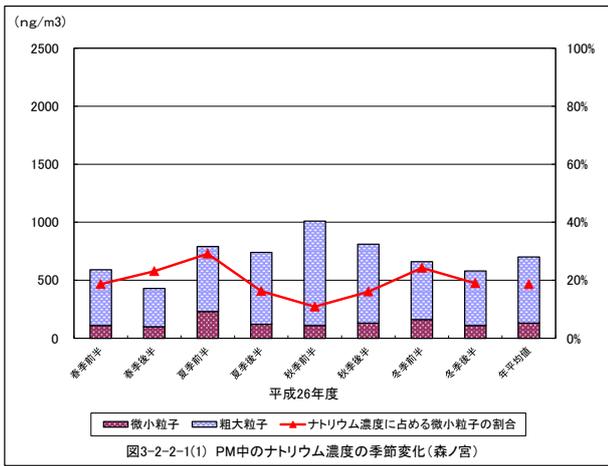
分析を行った29項目のうち定量下限値未満が多かったスカンジウム、モリブデン、サマリウム、ハフニウム、タンタルを除く24項目の森ノ宮における季節変化を図3-2-2-1に示す。

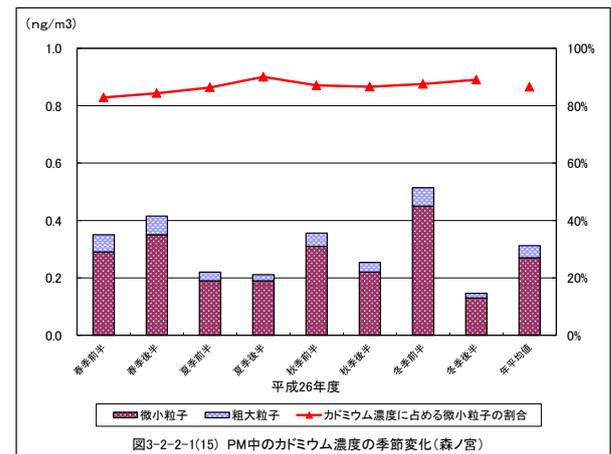
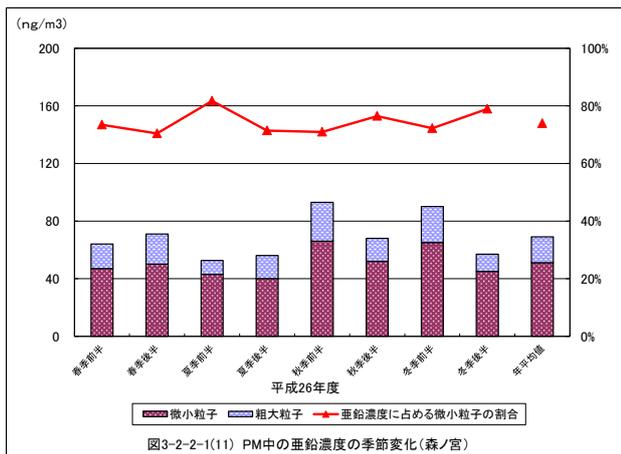
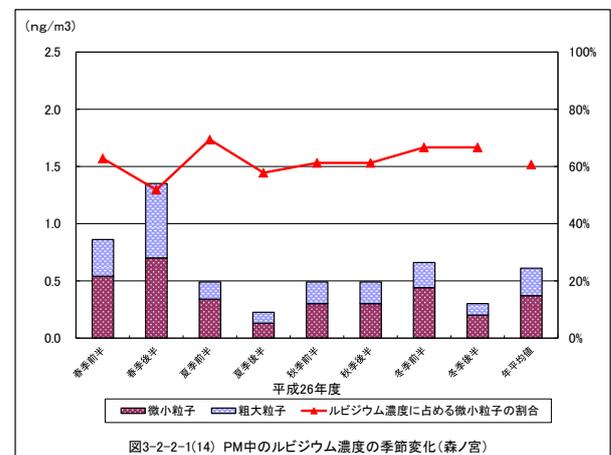
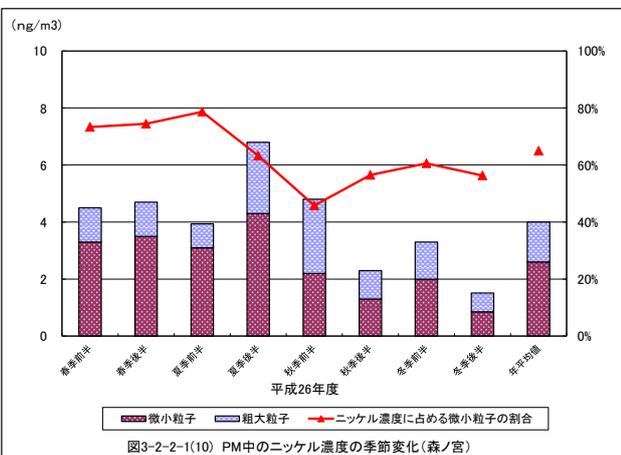
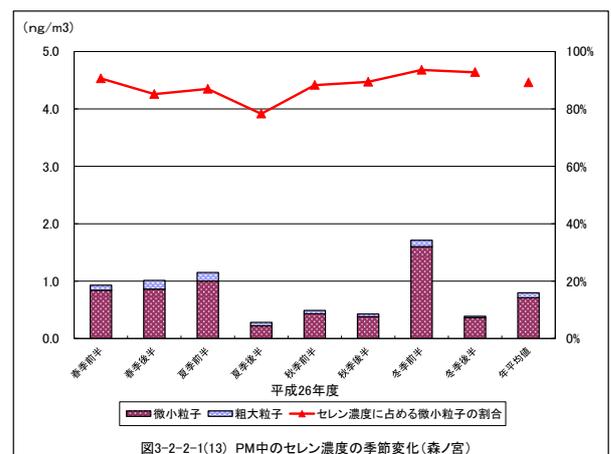
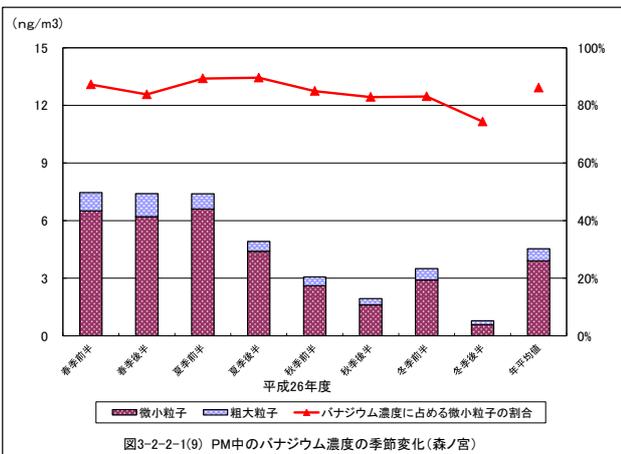
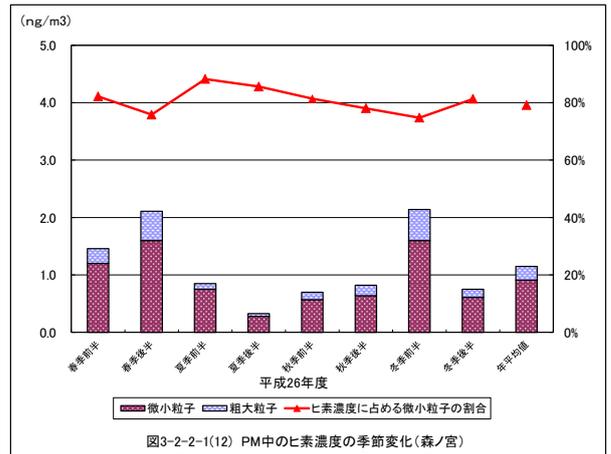
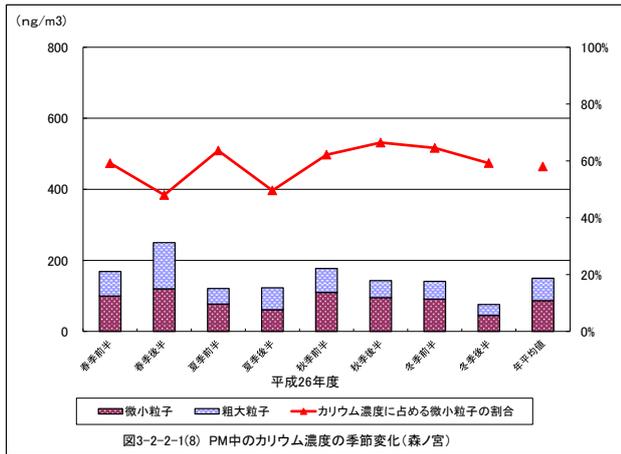
粗大粒子中の金属類の質量濃度は春季後半に最大を示し、鉄、カルシウム、アルミニウム、チタン、ルビジウムの濃度が高かった。一般に粗大粒子中のこれらは土壌由来と考えられている。

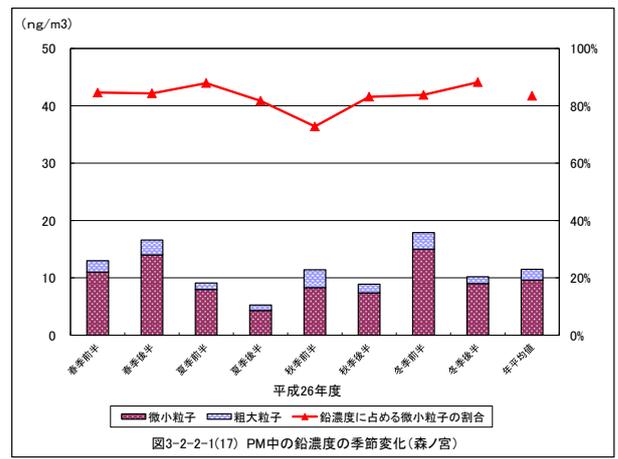
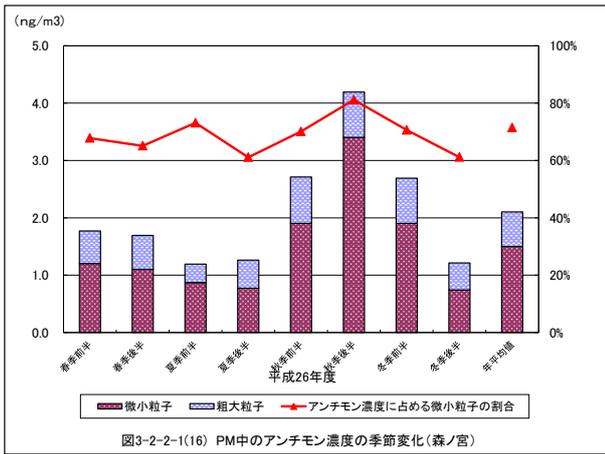
微小粒子中の金属類の質量濃度も春季後半に最大を示し、コバルト、アルミニウム、チタン、ルビジウムの濃度が高かった。また、石油燃焼の指標であるバナジウム、ニッケルの濃度についてはバナジウムが春季前半、後半および夏季前半に、ニッケルが夏季後半に最大値を示した。バナジウムは毎年夏季（7・8月）に濃度が高くなっている。

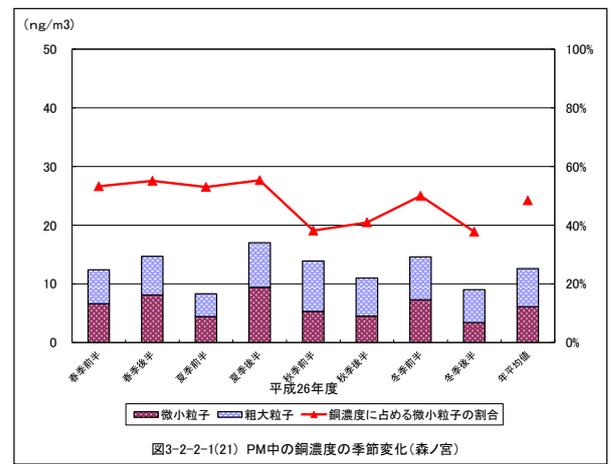
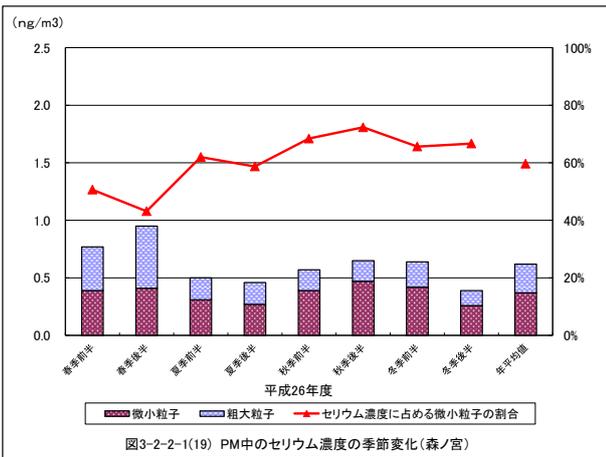
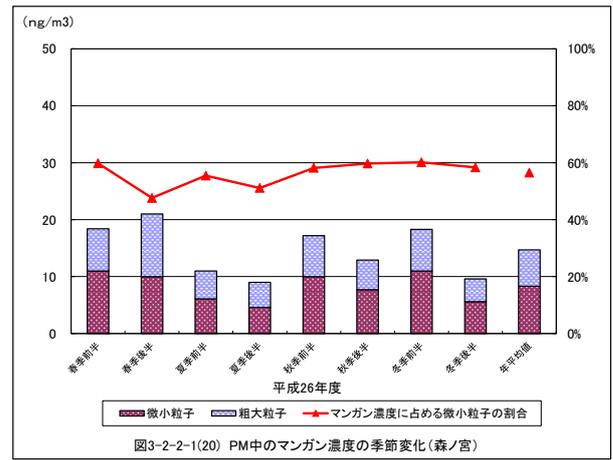
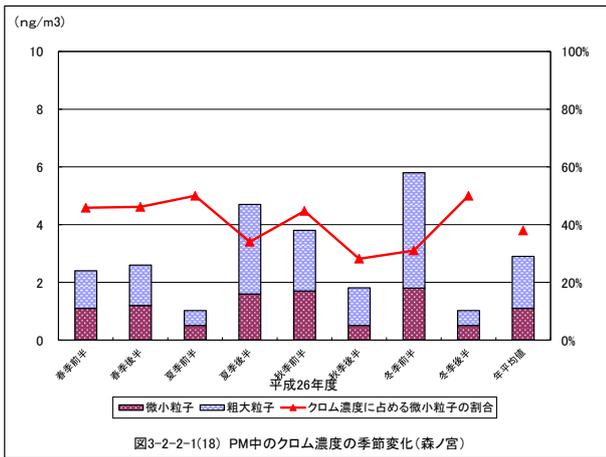
粒径分布の特徴は以下のとおりである。

- ・粗大粒子側に多かった以下の元素は、主として自然起源と言われている。  
ナトリウム、アルミニウム、チタン、鉄、コバルト、バリウム、カルシウム（図3-2-2-1(1)～(7)）
- ・微小粒子側に多かった以下の元素は、主として人為起源と言われている。  
カリウム、バナジウム、ニッケル、亜鉛、ヒ素、セレン、ルビジウム、カドミウム、アンチモン、鉛（図3-2-2-1(8)～(17)）
- ・以下の元素は季節により変動があるが粗大粒子と微小粒子中に同程度存在していた。  
クロム、セリウム、マンガン、銅（図3-2-2-1(18)～(21)）









### 3-2-3 イオン成分

森ノ宮における PM 中のイオン成分濃度の年度平均値を表 3-2-3 に示す。

表 3-2-3 PM 中のイオン成分濃度の年度平均値（森ノ宮）

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

平成26年度		粗大粒子		微小粒子	
		濃度	割合	濃度	割合
質量濃度		8.2	100%	13	100%
イオン成分	Cl <sup>-</sup>	0.53	6.5%	0.033	0.25%
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.99	12%	0.38	2.9%
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.33	4.0%	3.4	26%
	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.029	0.35%	0.15	1.2%
	Na <sup>+</sup>	0.55	6.7%	0.12	0.92%
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.031	0.38%	1.2	9.2%
	K <sup>+</sup>	0.036	0.44%	0.1	0.8%
	Mg <sup>2+</sup>	0.075	0.91%	0.017	0.13%
	Ca <sup>2+</sup>	0.17	2.1%	0.049	0.38%
	合計	2.8	34%	5.4	42%

イオン成分の中で、粗大粒子中の濃度が最も高かったのは硝酸イオン（年度平均値  $0.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）で、粗大粒子濃度に占める割合は12%であった。微小粒子中の濃度が最も高かったのは硫酸イオン（年度平均値  $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）で、微小粒子濃度に占める割合は26%であった。

分析を行った9項目の森ノ宮におけるPM中のイオン成分の経月変化を図3-2-3-1に示す。それぞれのイオンの特徴は以下のとおりである。

項目	粒径分布等	粗大粒子	微小粒子
Cl <sup>-</sup>	・粗大粒子側に多かった。 ・冬季は微小側の割合が増加した。	・季節により濃度変動があり、夏季后半～冬季に濃度が高かった。	・冬季の濃度が高かった。
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	・冬季は微小側に多かった。	・季節により濃度変動があり、春季前半～夏季前半に濃度が高かった。	・冬季の濃度が高かった。
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	・9割程度が微小粒子であった。	・季節による濃度変動があまりなかった。	・夏季前半の濃度が高かった。
C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	・9割程度が微小粒子であった。	・夏季前半の濃度が高かった。	・春季～夏季前半の濃度が高かった。
Na <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup>	・8割程度が粗大粒子であった。	・秋季前半の濃度が高かった。	・夏季前半の濃度がやや高かった。
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	・ほとんどが微小粒子であった。	・ほぼなかった。	・夏季前半と冬季前半の濃度が高かった。
K <sup>+</sup>	・8割程度が微小粒子であった。	・秋季前半の濃度がやや高かった。	・秋季前半と後半および冬季前半の濃度が高かった。
Ca <sup>2+</sup>	・8割程度が粗大粒子であった。	・春季後半の濃度が高かった。	・春季後半の濃度がやや高かった。

粗大粒子において、秋季前半に塩化物イオン、ナトリウムイオンおよびマグネシウムイオン濃度が高く海塩粒子由来と考えられる。また、春季後半にカルシウムイオン濃度が高く、金属類においても土壌由来成分が高くなっていたことから同様に土壌粒子由来と考えられる。アンモニウムイオンはすべての季節で低い濃度となった。

微小粒子において、冬季前半に塩化物イオンおよび硝酸イオンが、夏季前半に硫酸イオン、シュウ酸イオンの濃度が高かった。また、夏季前半と冬季前半でアンモニウムイオンが高く、秋季前半と後半および冬季前半でカリウムイオンが高い濃度となった。

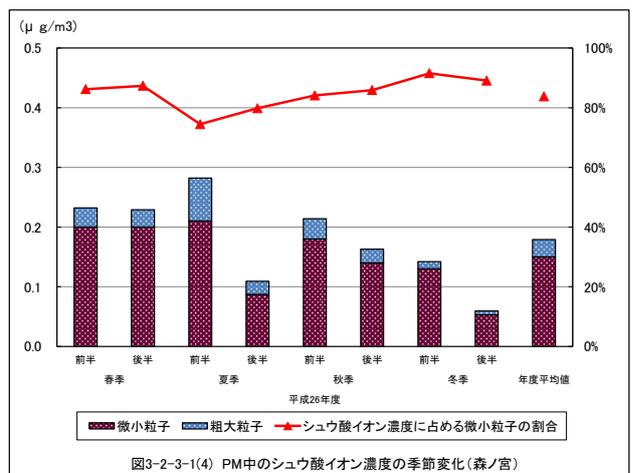
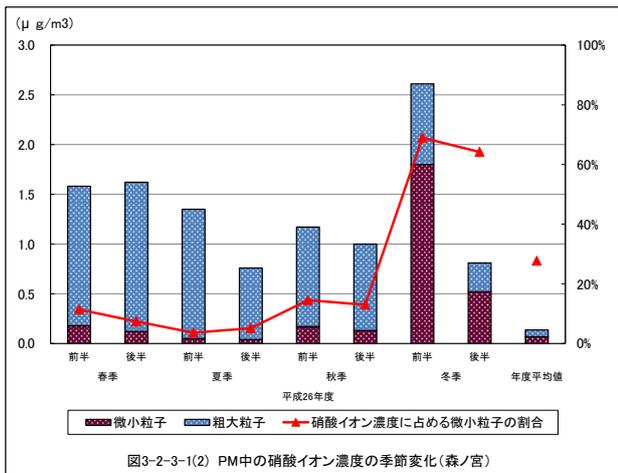
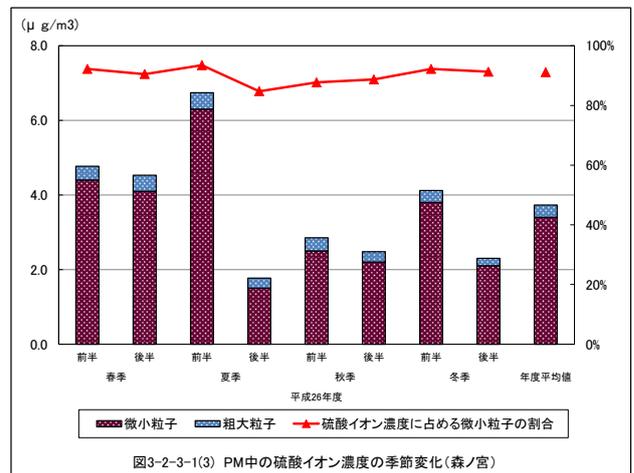
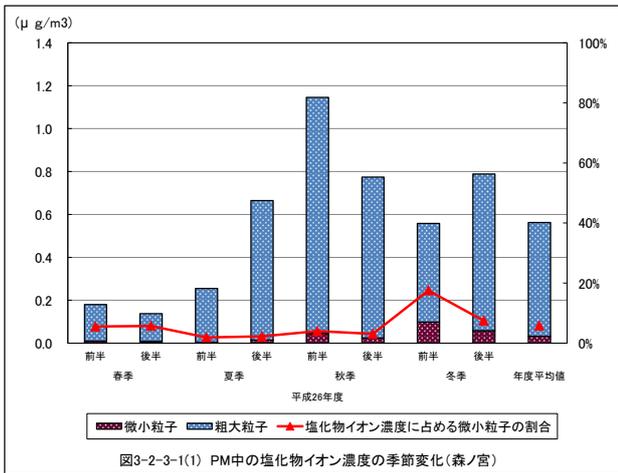
粒径分布と濃度変動の特徴は以下のとおりである。

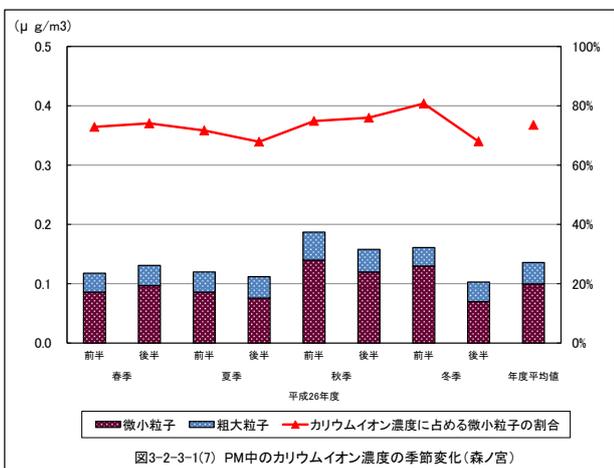
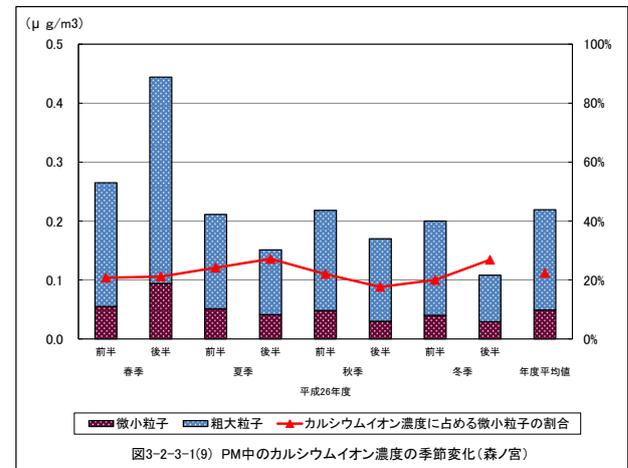
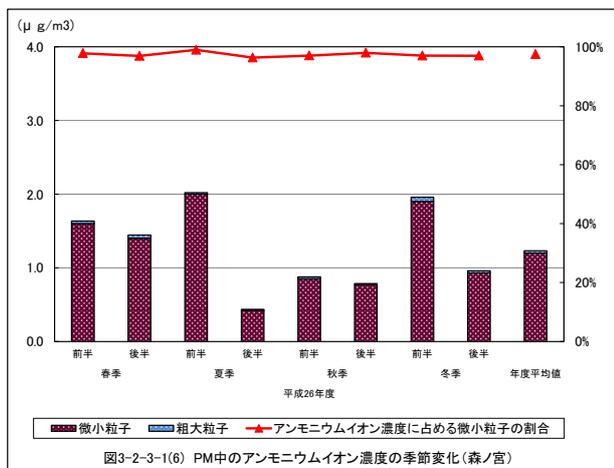
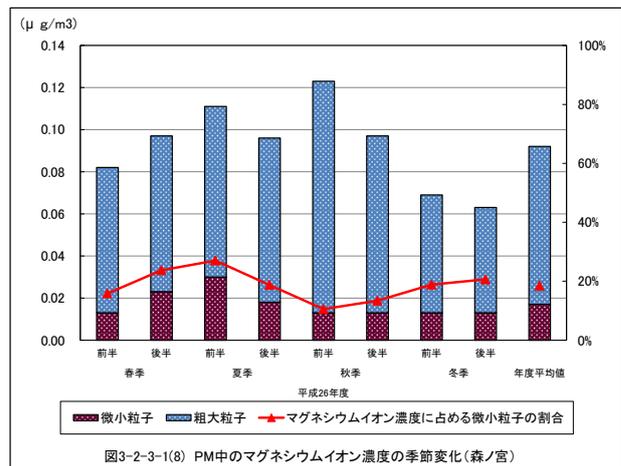
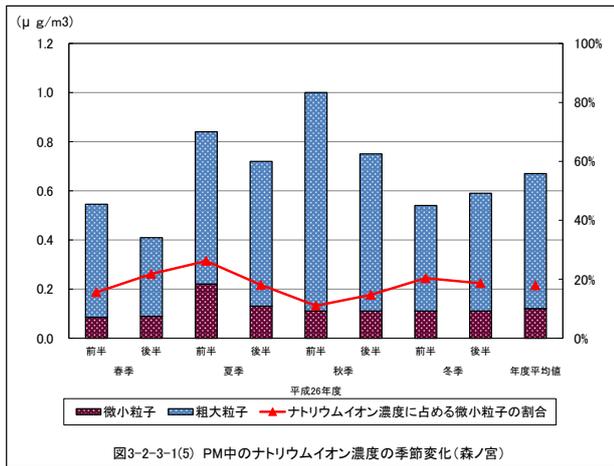
#### 【粒径分布】

- ・ 微小粒子側に多い（主として人為起源） 硫酸イオン、アンモニウムイオン、カリウムイオン
- ・ 粗大粒子側に多い（主として自然起源） 塩化物イオン、ナトリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン

#### 【濃度変動】

- ・ 夏季に濃度が高い 硫酸イオン（微小粒子）  
シュウ酸イオン（微小粒子、粗大粒子）
- ・ 冬季に濃度が高い 塩化物イオン、硝酸イオン（微小粒子）





### 3-2-4 炭素成分

森ノ宮における PM 中の炭素成分濃度の年度平均値を表 3-2-4 に示す。

表 3-2-4 PM 中の炭素成分濃度の年度平均値（森ノ宮）

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

平成26年度		粗大粒子		微小粒子	
		濃度	割合	濃度	割合
質量濃度		8.2	100%	13	100%
炭素成分	EC	0.091	1.1%	0.90	6.9%
	OC	1.0	12%	2.6	20%
	合計	1.1	13%	3.5	27%

粗大粒子濃度に占める元素状炭素濃度の割合は 1.1%で、有機性炭素濃度の割合は 12%であった。微小粒子濃度に占める元素状炭素濃度の割合は 6.9%で、有機性炭素濃度の割合は 20%であった。

森ノ宮における PM 中の炭素成分の季節変化を図 3-2-4-1 に示す。

元素状炭素は年度平均で 91%、有機性炭素は 72%が微小粒子で、共に微小側に多かった。

元素状炭素は粗大・微小共に季節変動があまりなかった。

有機性炭素の粗大粒子は夏季後半にやや高い濃度になった。微小粒子は季節を通じて濃度変動があり、秋季前半に濃度が高くなった。

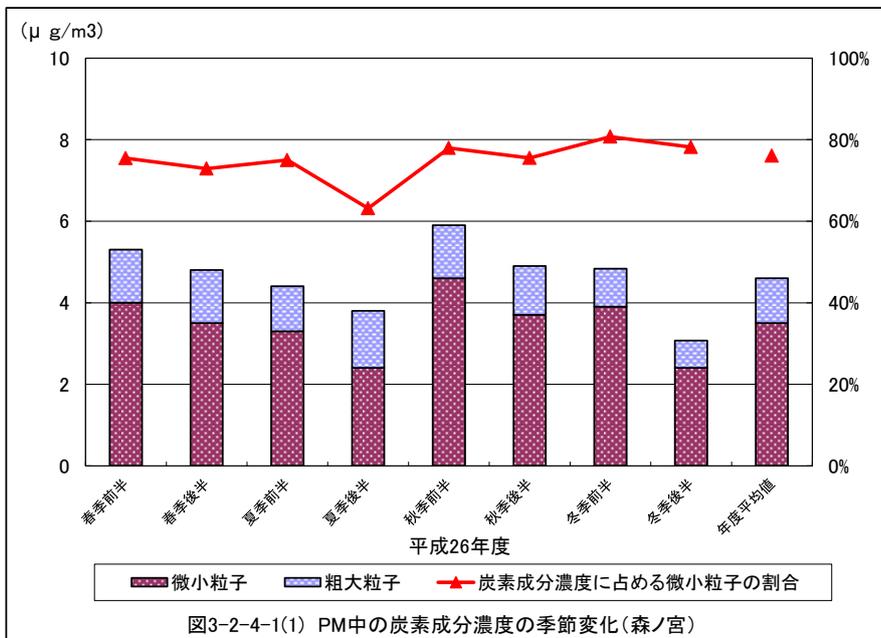


図3-2-4-1(1) PM中の炭素成分濃度の季節変化(森ノ宮)

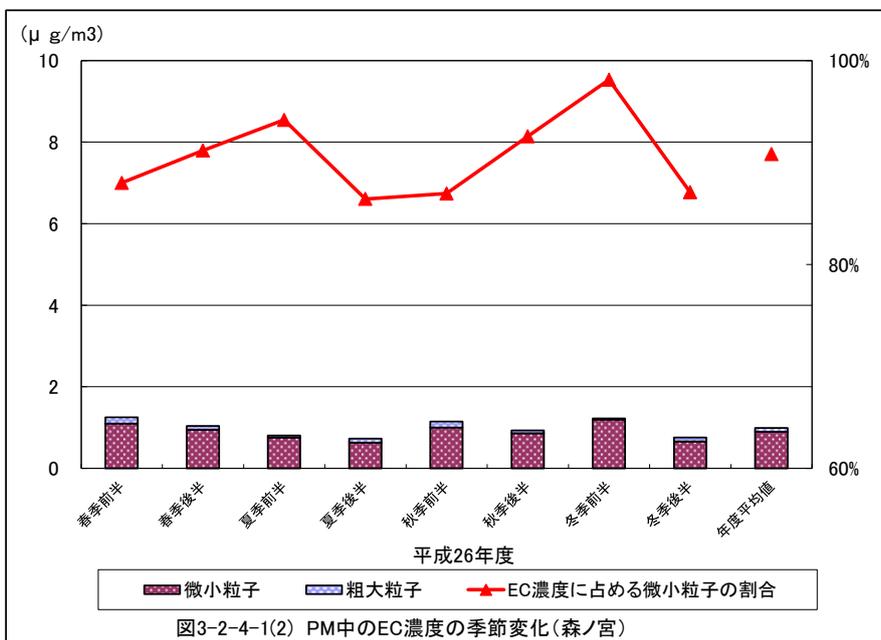


図3-2-4-1(2) PM中のEC濃度の季節変化(森ノ宮)

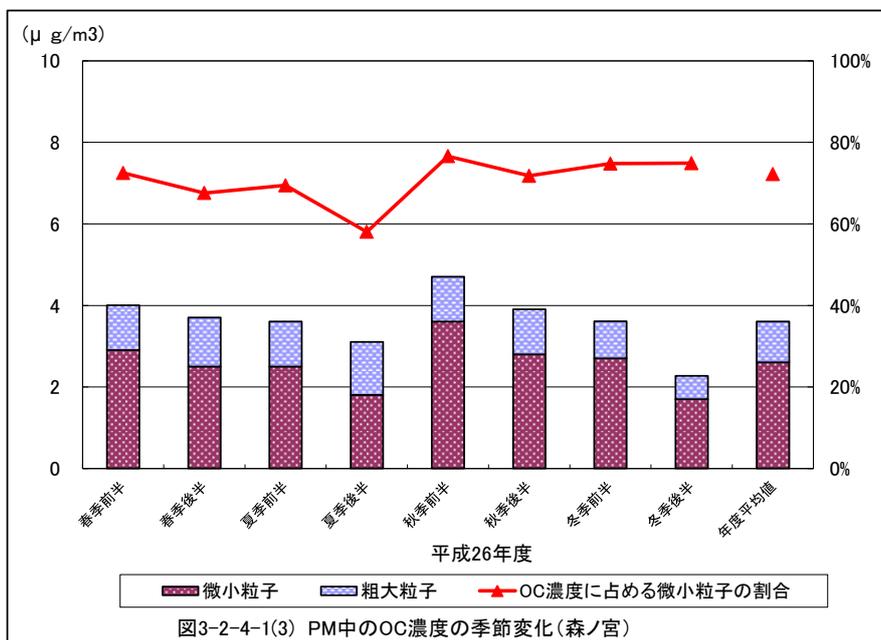


図3-2-4-1(3) PM中のOC濃度の季節変化(森ノ宮)

### 3-2-5 多環芳香族炭化水素類

森ノ宮におけるPM中の多環芳香族炭化水素類濃度の年度平均値を表3-2-5に示す。

表 3-2-5 PM中の多環芳香族炭化水素類濃度の年度平均値（森ノ宮）

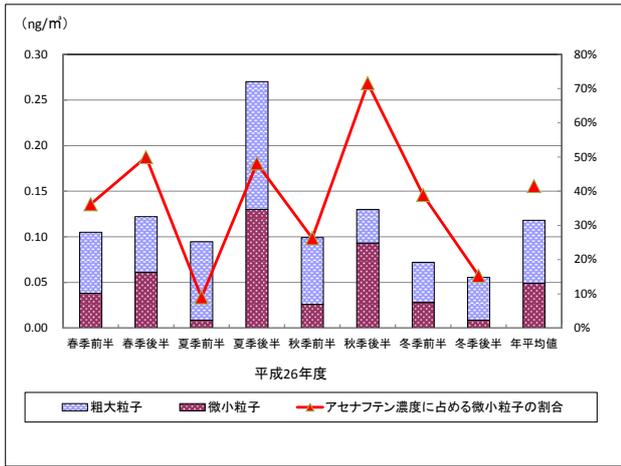
(単位:ng/m<sup>3</sup>)

平成26年度		粗大粒子		微小粒子	
		濃度	割合	濃度	割合
質量濃度		8200	100%	13000	100%
炭多 化環 水芳 素香 類族	アセナフテン	0.069	0.00084%	0.049	0.00038%
	フルオレン	0.010	※-	0.010	※-
	ベンゾ[a]アントラセン	0.0017	※-	0.032	0.00025%
	クリセン	0.0063	※-	0.057	0.00044%
	フェナントレン	0.019	0.00023%	0.088	0.00068%
	ベンゾ[j]フルオランテン	0.051	※-	0.051	※-
	インデノ-[1,2,3-cd]ピレン	0.0077	0.000094%	0.088	0.00068%
	アントラセン	0.00047	0.0000057%	0.0043	0.000033%
	ピレン	0.022	0.00027%	0.15	0.0012%
	ベンゾ[e]ピレン	0.0065	0.000079%	0.15	0.0012%
	ベンゾ[b]フルオランテン	0.0099	0.00012%	0.21	0.0016%
	ベンゾ[k]フルオランテン	0.0074	0.000090%	0.070	0.00054%
	ベンゾ[a]ピレン	0.011	0.00013%	0.093	0.00072%
	ジベンゾ[a,h]アントラセン	0.0029	※-	0.0063	0.000048%
	ベンゾ[ghi]ペリレン	0.016	0.00020%	0.21	0.0016%
	フルオランテン	0.040	0.00049%	0.19	0.0015%
合計		0.28	0.0034%	1.5	0.011%

※すべての季節において定量下限値未満

多環芳香族炭化水素類の中で、粗大粒子中の濃度が高かったのはアセナフテン（年度平均値 0.069ng/m<sup>3</sup>）、微小粒子中の濃度が最も高かったのは、ベンゾ[b]フルオランテンとベンゾ[ghi]ペリレン（年度平均値 0.21ng/m<sup>3</sup>）であった。

分析を行った16項目のうち、定量下限値未満であることが多かったフルオレン、ベンゾ[j]フルオランテン、インデノ-[1,2,3-cd]ピレンおよびジベンゾ[a,h]アントラセンを除く12項目の季節変化を図3-2-5-1に示す。ほとんどの多環芳香族炭化水素類が微小粒子中に含まれていた。夏季後半にアセナフテンが高い濃度を示した。春季後半にベンゾ[a]アントラセン、クリセン、フェナントレンおよびピレンが高い濃度を示した。春季後半と冬季前半にアントラセン、ベンゾ[e]ピレン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、ベンゾ[a]ピレンおよびベンゾ[ghi]ペリレンが高い濃度を示した。春季後半と冬季前半・後半にフルオランテンが高い濃度を示した。冬季に濃度が高くなる理由としては、暖房等の化石燃料の燃焼によるものだと考えられる。



注) 微小粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。

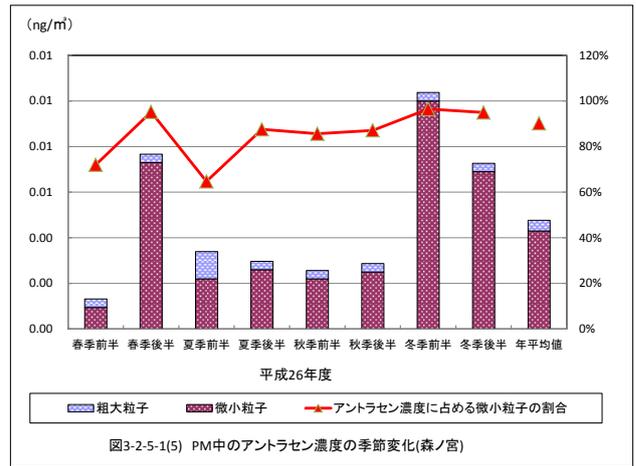


図3-2-5-1(5) PM中のアントラセン濃度の季節変化(森ノ宮)

注) 粗大粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。

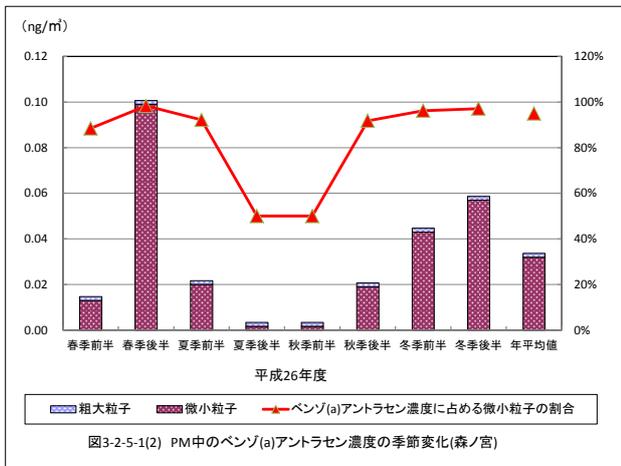


図3-2-5-1(2) PM中のベンゾ(a)アントラセン濃度の季節変化(森ノ宮)

注) 粗大粒子と微小粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。

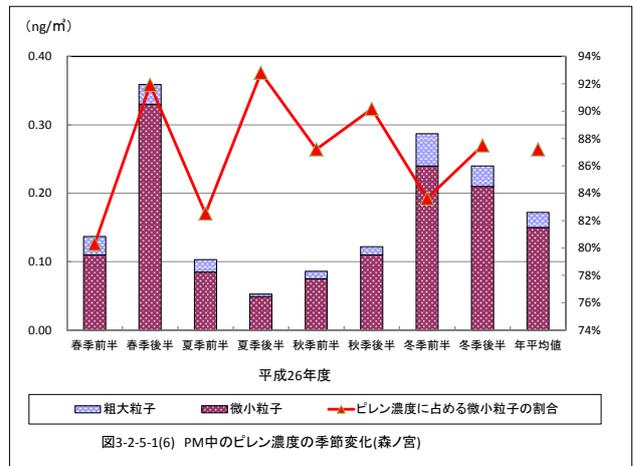


図3-2-5-1(6) PM中のビレン濃度の季節変化(森ノ宮)

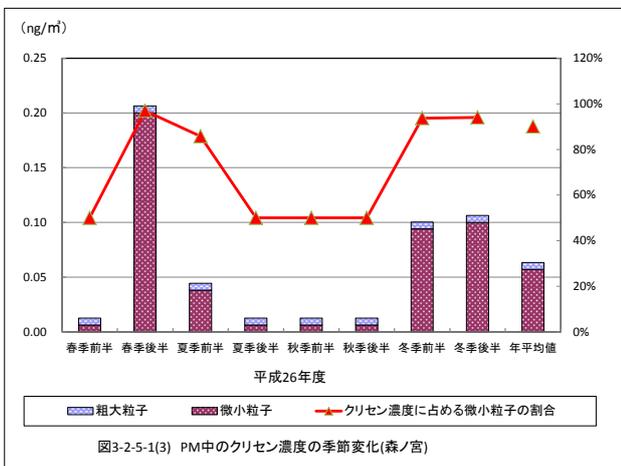


図3-2-5-1(3) PM中のクリセン濃度の季節変化(森ノ宮)

注) 粗大粒子と微小粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。

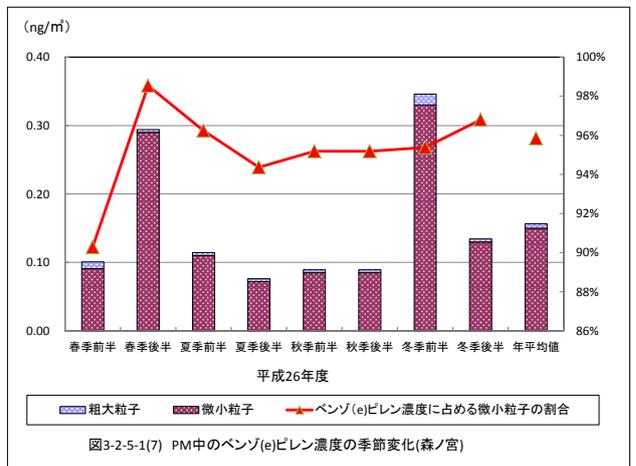


図3-2-5-1(7) PM中のベンゾ(e)ピレン濃度の季節変化(森ノ宮)

注) 粗大粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。

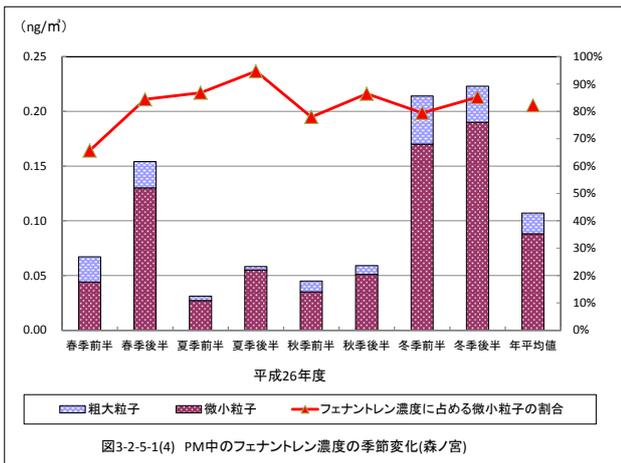


図3-2-5-1(4) PM中のフェナントレン濃度の季節変化(森ノ宮)

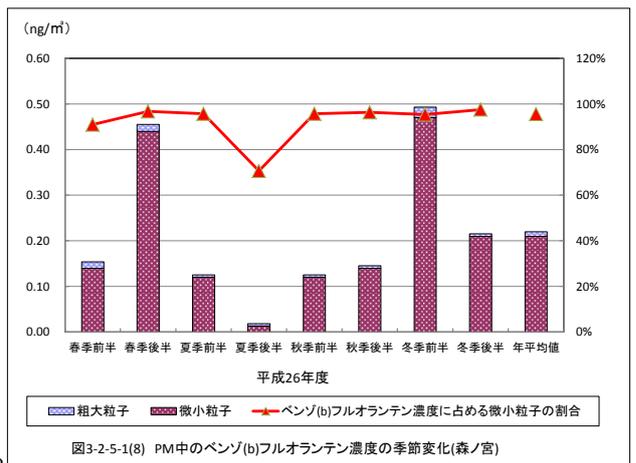
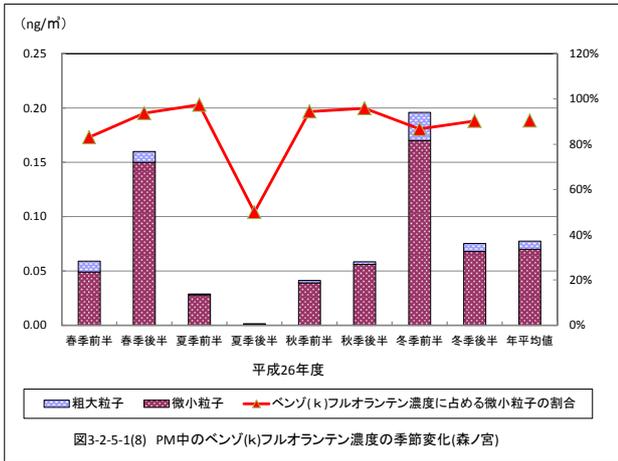
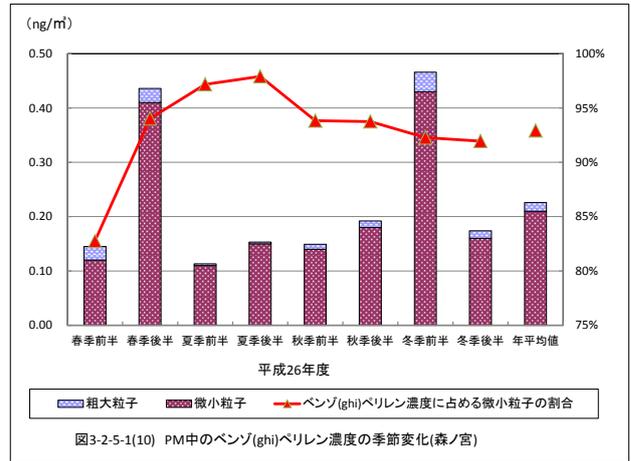


図3-2-5-1(8) PM中のベンゾ(b)フルオランテン濃度の季節変化(森ノ宮)

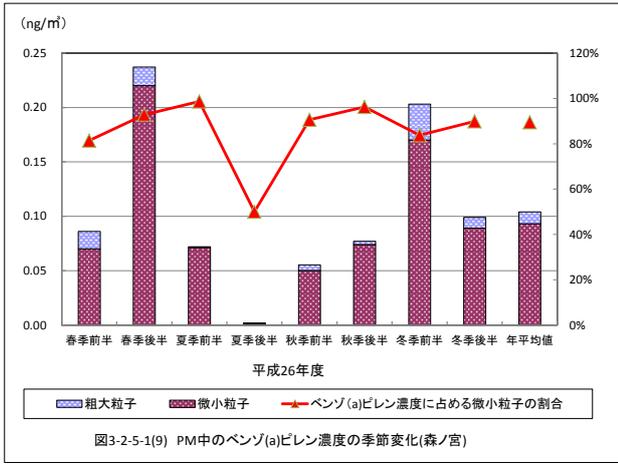
注) 粗大粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。



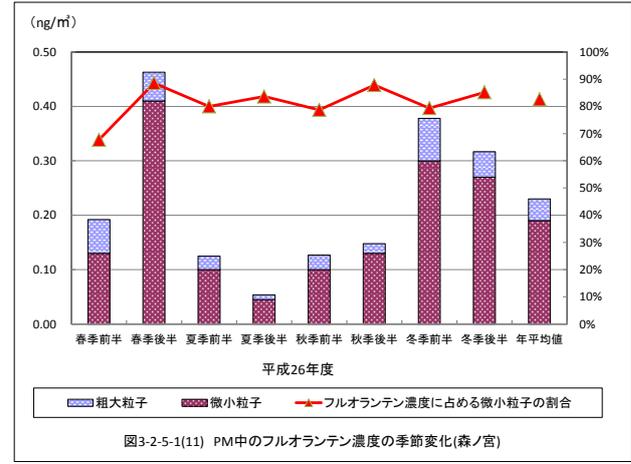
注) 粗大粒子と微小粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。



注) 粗大粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。



注) 粗大粒子と微小粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。



注) 粗大粒子は検出下限値未満の季節を含んでいる。

### 3-3 平成 25 年度と平成 26 年度の比較

平成 25 年度と平成 26 年度の粗大粒子中の金属類・イオン成分・炭素成分濃度を図 3-3-1 に、微小粒子中の金属類・イオン成分・炭素成分濃度を図 3-3-2 に示す。なお、金属類については、項目数が多いため特徴のあった鉄、アルミニウム、チタン（主に土壌由来成分）およびバナジウム、ニッケル（重油燃焼由来成分）のみ示す。

#### 【金属類】

鉄、アルミニウム、チタン（主に土壌由来成分）の粗大粒子は夏季と冬季に濃度差が大きく、いずれも H26 のほうが低い濃度であった。

アルミニウムは微小粒子の季節変動が類似していた。

チタンは粗大粒子、微小粒子ともに秋季を除き、季節変動が類似していた。

バナジウムは微小粒子の秋季を除いた季節で濃度差が大きかった。

ニッケルは微小粒子の冬季に濃度差があり、冬季を除いて、季節変動が類似していた。

また、バナジウムとニッケルの微小粒子は H25、H26 とともに春季と夏季は濃度が高く、秋季と冬季で濃度が低くなる傾向が見られた。

#### 【イオン成分】

塩化物イオン、ナトリウムイオン、マグネシウムイオン（主に海塩由来成分）は粗大粒子の夏季と秋季で濃度差が大きく、塩化物イオンは H25 と H26 とともに秋季と冬季濃度が高くなる傾向があった。

硝酸イオンは微小粒子の冬季に濃度差が大きかった。

硫酸イオンとアンモニウムイオンの微小粒子は夏季と秋季に濃度差が大きかった。

シュウ酸イオンは微小粒子の夏季に濃度差が大きかった。また、硫酸イオンとシュウ酸イオンの微小粒子から H26 は H25 と比較して二次生成が少なかったことが示唆された。

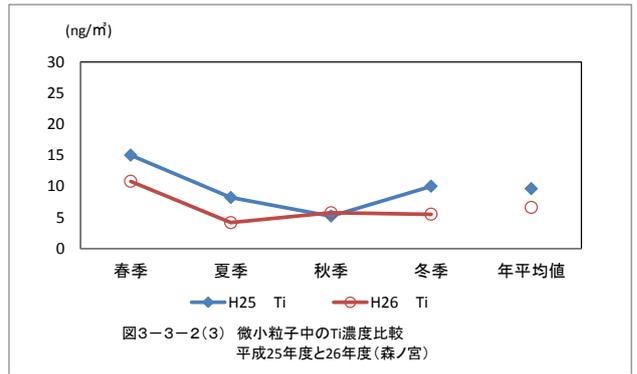
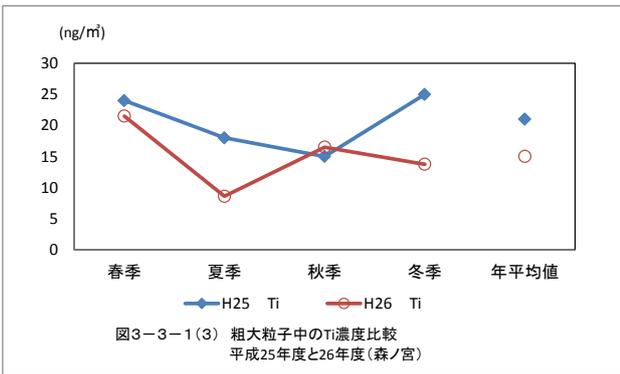
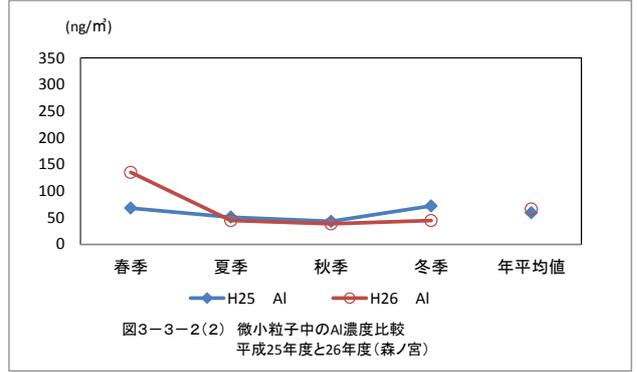
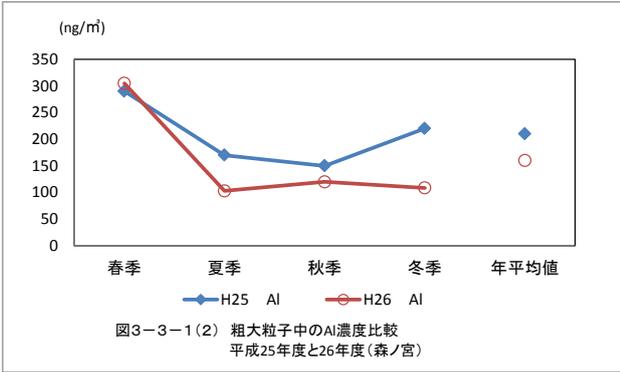
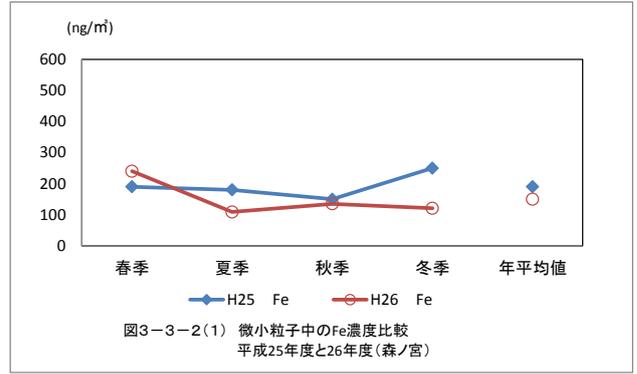
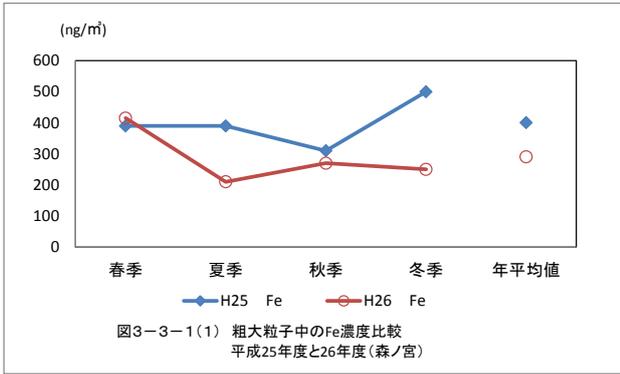
カリウムイオンは微小粒子の春季以外で濃度差が大きかった。

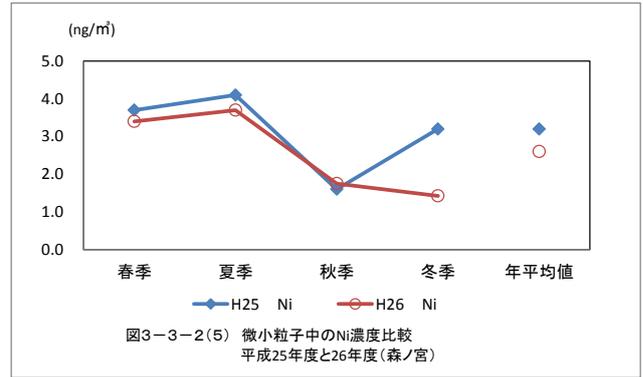
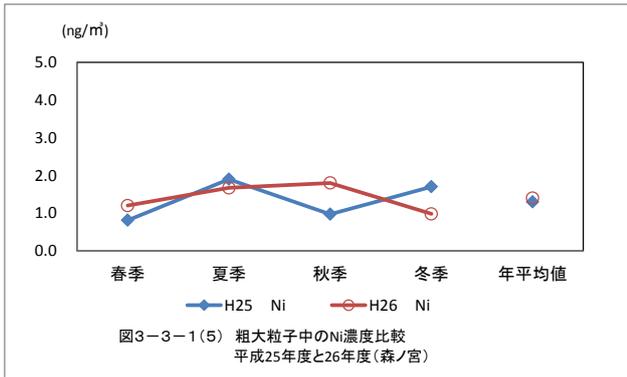
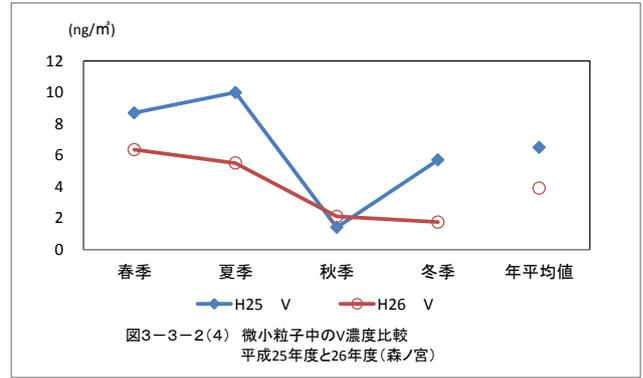
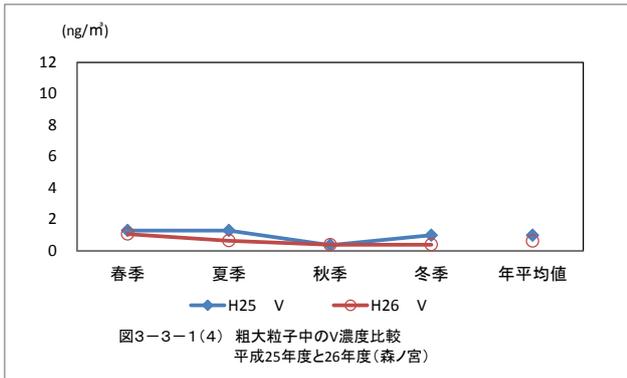
カルシウムイオンは粗大粒子の夏季と冬季で濃度差が大きかった。

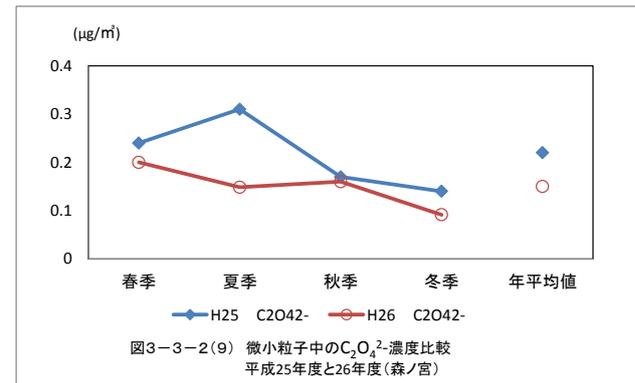
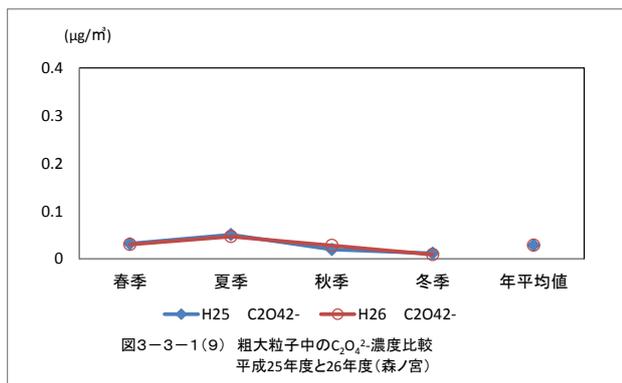
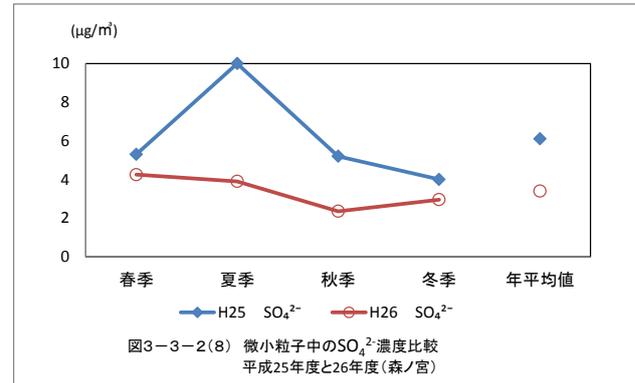
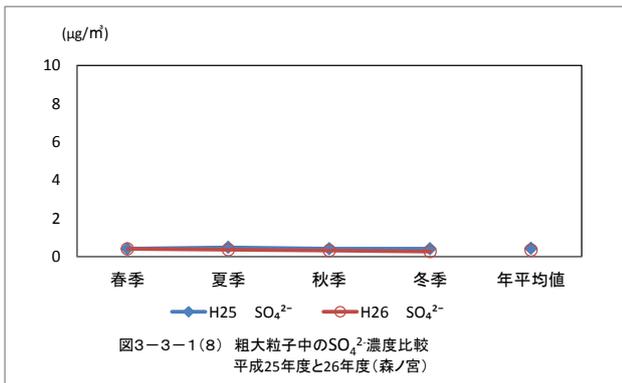
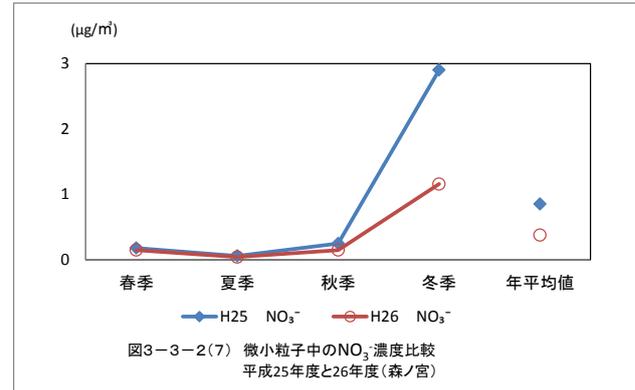
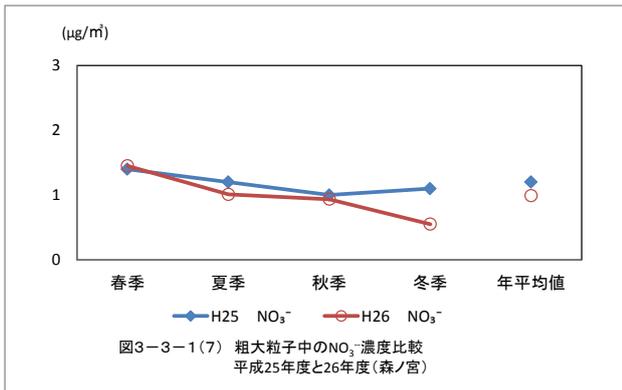
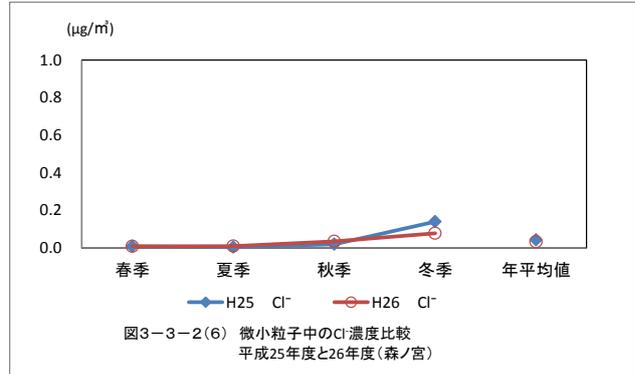
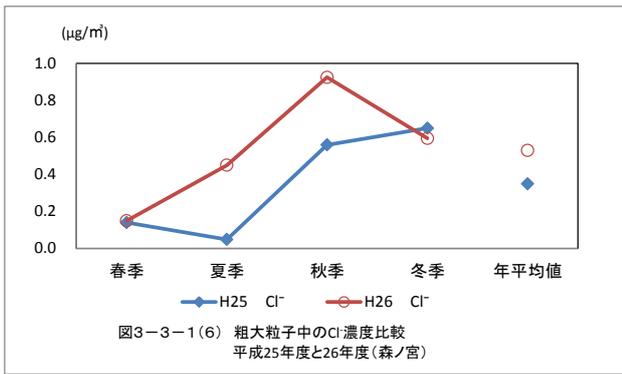
#### 【炭素成分】

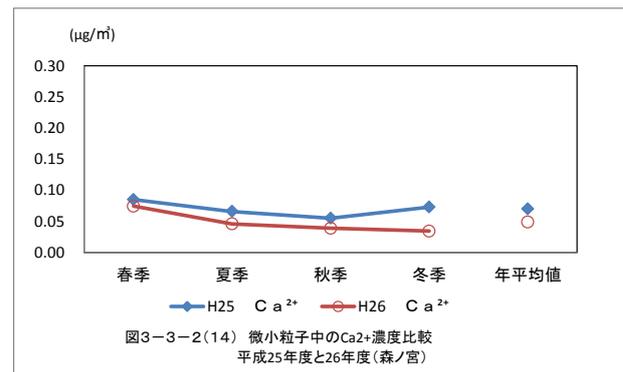
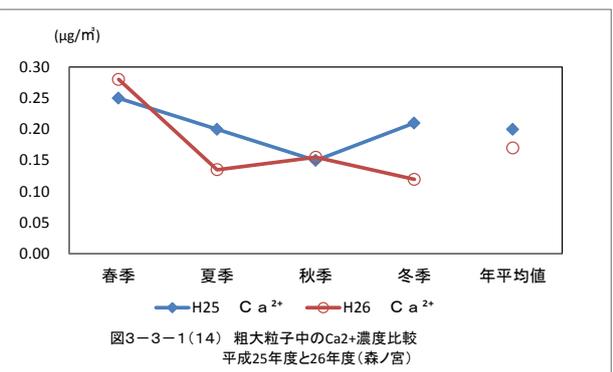
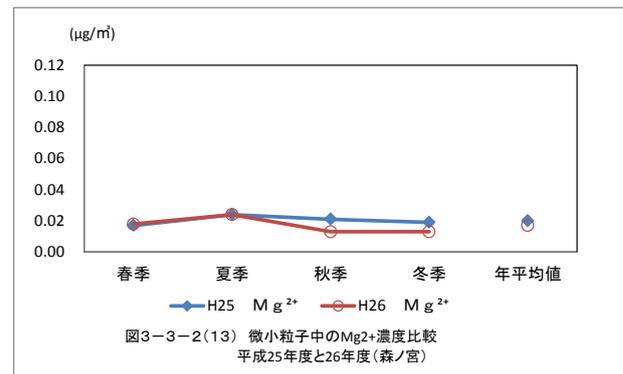
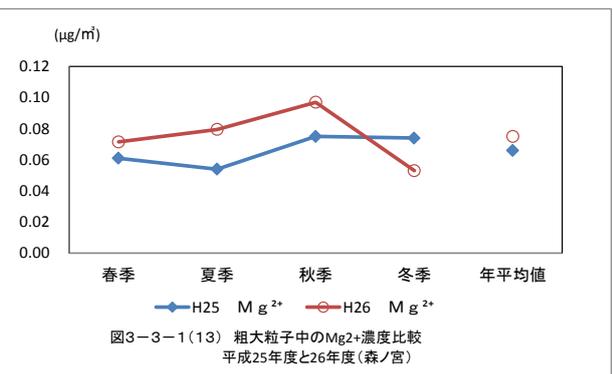
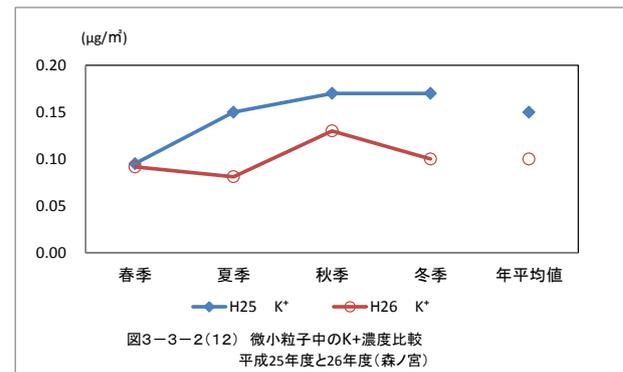
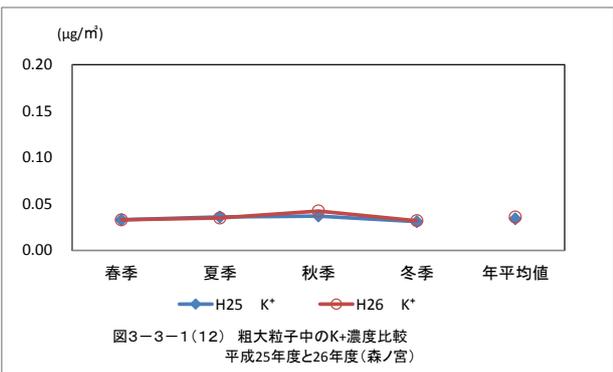
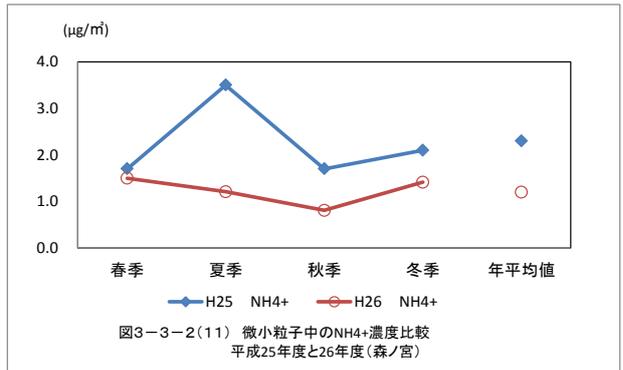
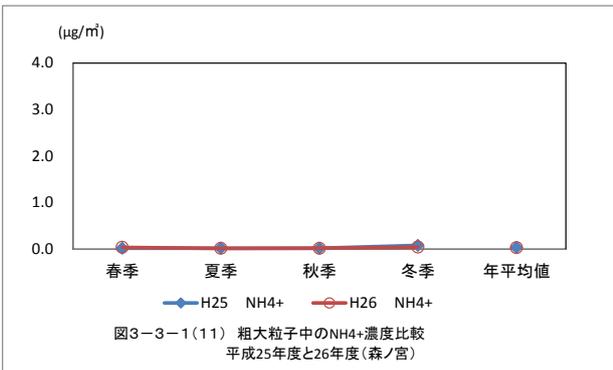
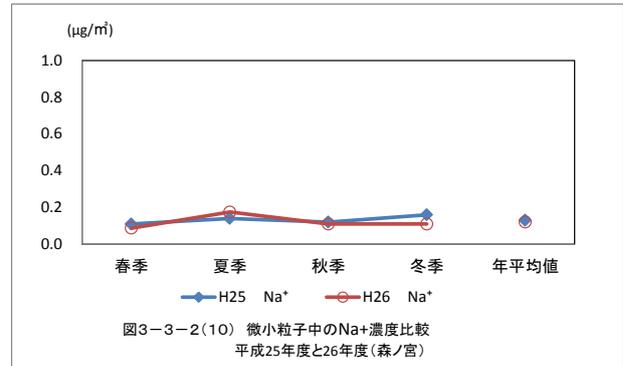
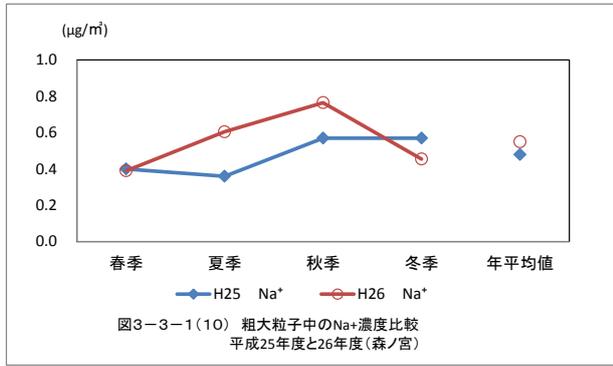
元素状炭素は微小粒子の夏季と冬季に濃度差があった。

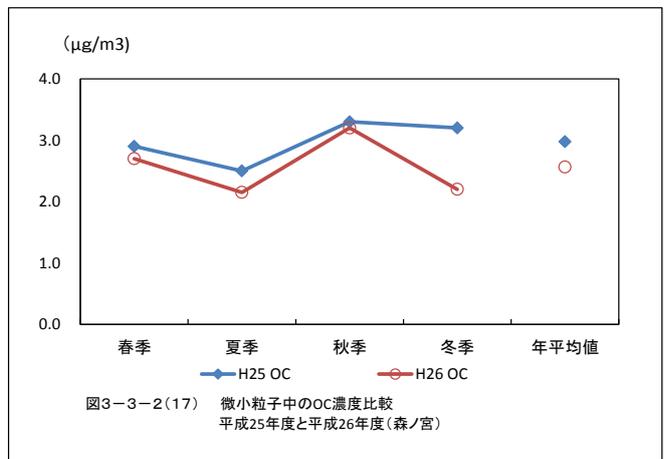
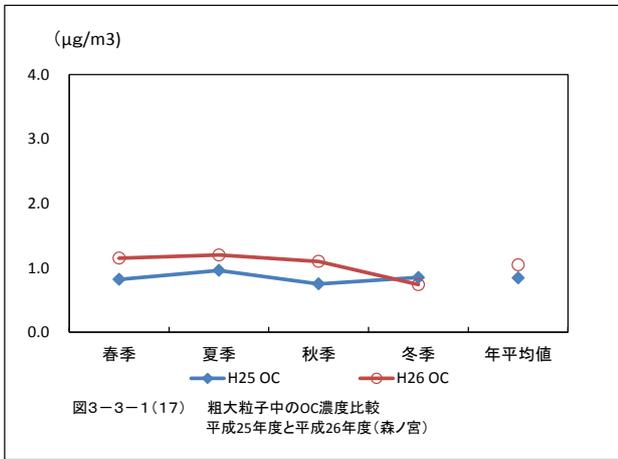
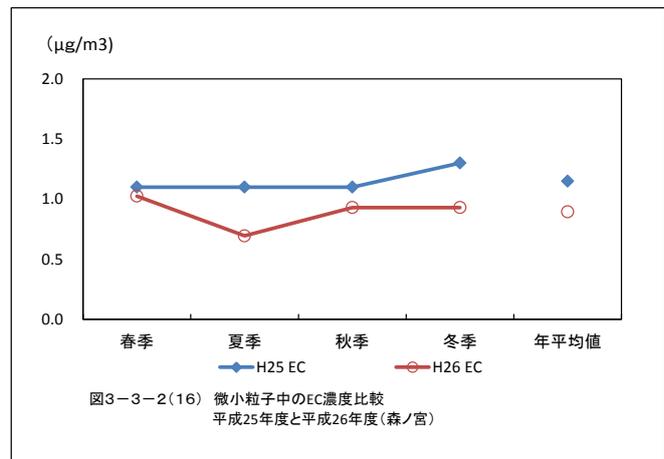
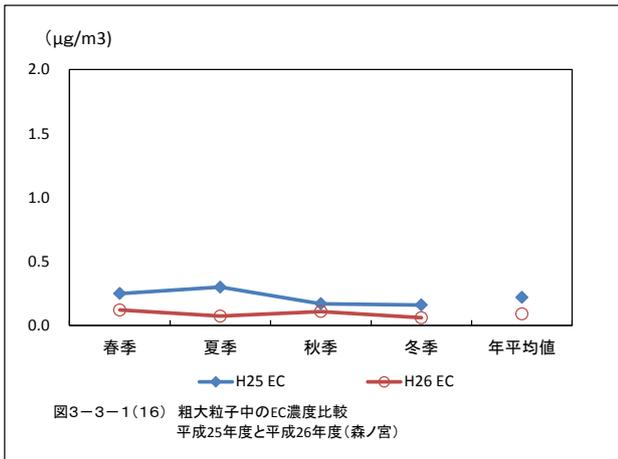
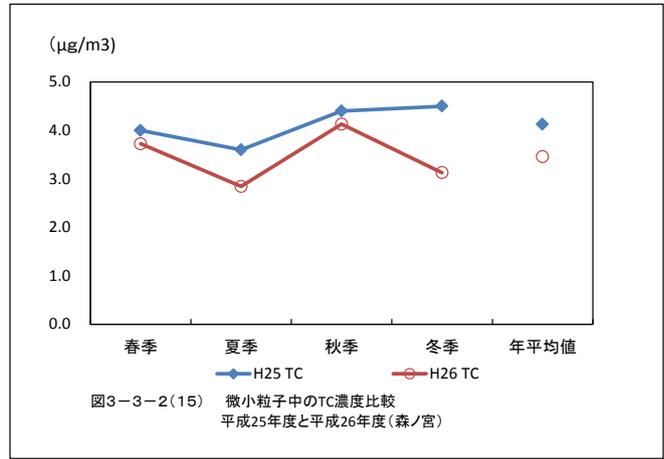
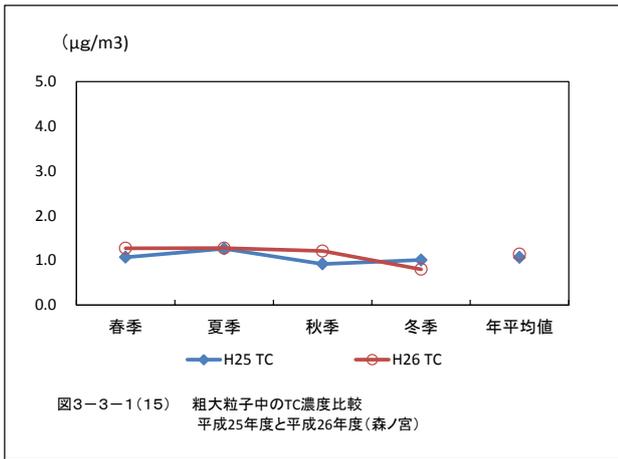
有機性炭素は微小粒子の冬季に濃度差が大きかった。また、冬季を除いた季節で濃度変動が類似していた。











## 4 FP 調査結果

森ノ宮における各成分の全粒子態とガス態の濃度及び粒子化率の季節変化を図4-1に示した。

硫酸塩については、全粒子態、ガス態ともに夏季前半に高く、特に7/26が高かった。冬季後半の1/29にガス態が高濃度となった。PM調査の結果から、微小粒子が高濃度となっていることから、全粒子態は微小粒子であることが分かった。

半揮発性成分（硝酸塩、塩化物）については、気温が高かった夏季はガス態の濃度が特に高い結果となり、冬季は全粒子濃度と粒子化率が高くなる結果が共通してみられた。

硝酸塩については、夏季は7/25にガス態が高濃度となり、PM調査の結果から、この期間は粗大粒子の占める割合が高かったことが分かった。冬季1/26に全粒子態の濃度が高くなった。PM調査の結果から、この期間は微小粒子が高濃度となっていることから、全粒子態は微小粒子であることが分かった。

塩化物については、夏季の7/26と秋季の10/30にガス態が高濃度となった。また、秋季は全粒子態の濃度の変動が大きく、PM調査の結果から粗大粒子が高濃度となったことが影響したと考えられた。また、塩化物とナトリウムの全粒子態について、季節毎の相関図を図4-2に示した。相関係数は夏季が0.59、秋季が0.98、冬季が0.80となり、秋季は特に海塩由来粒子が多かったことが分かった。

アンモニウム塩については、夏季の7/25にガス態が高濃度となり、夏季後半は、ガス態の濃度が高くなった。また、夏期前半と冬季前半に全粒子態が高濃度となっており、PM調査の結果から微小粒子が高濃度となっていたことが分かった。また、夏季前半のアンモニウム塩について、7/25のガス態の濃度上昇を追いかけて翌日の7/26に全粒子態の濃度上昇がみられた。硫酸塩についても7/26に濃度が著しく増加しており、アンモニウム硫酸塩が生成された。

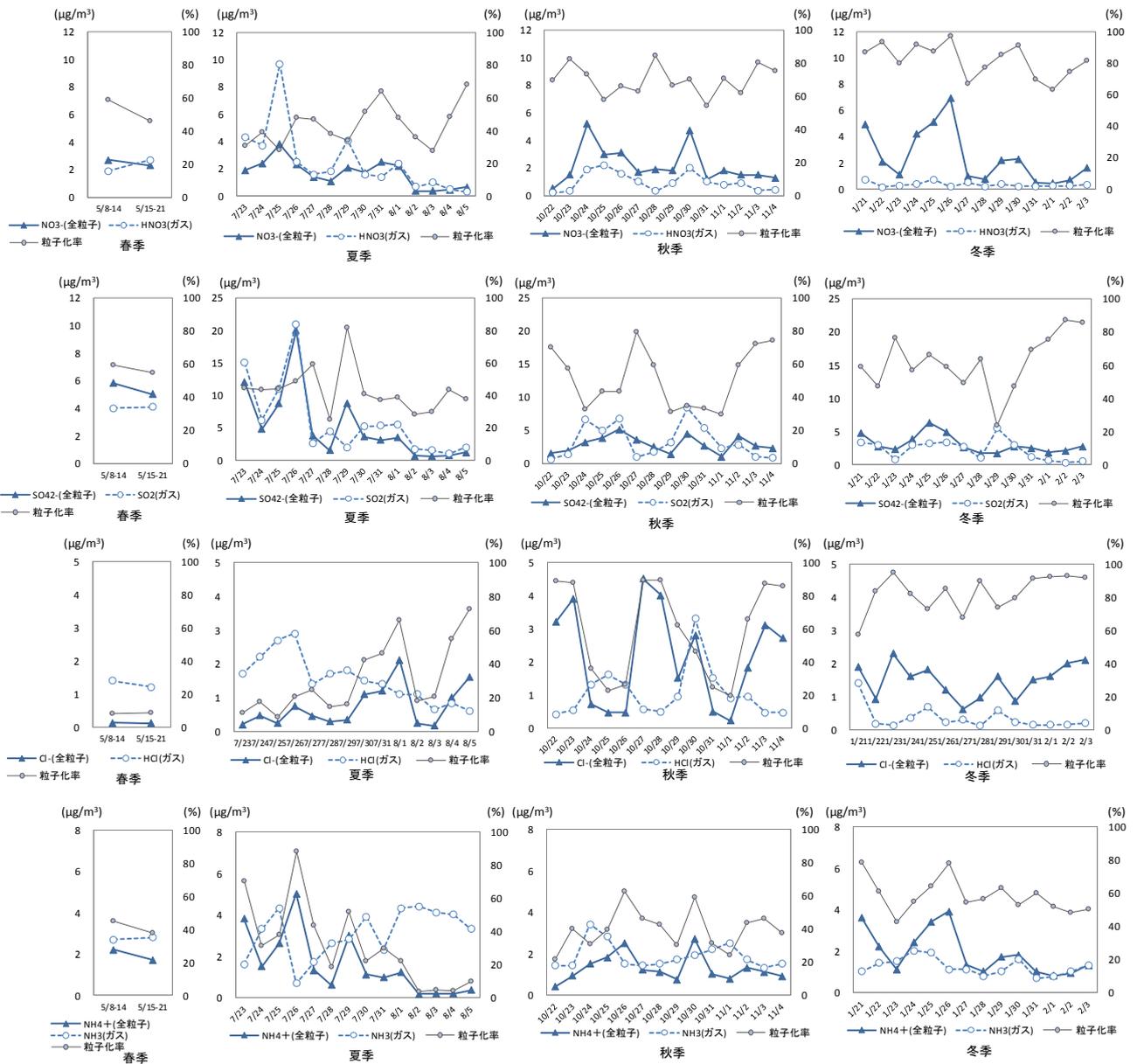


図4-1 FP調査による各成分の全粒子態とガス態の濃度及び粒子化率の季節変化