

平成 28 年度

微小粒子状物質成分分析結果報告書

平成 30 年 7 月



地方独立行政法人
大阪府立

環境農林水産総合研究所
Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture

目 次

1. 調査概要	1
（１）調査目的	1
（２）調査内容	1
①測定地点	1
②試料捕集	2
③測定項目	3
④大阪府域の測定地点および試料捕集期間	3
2. 試料捕集方法および分析方法	5
（１）試料捕集方法	5
（２）分析方法	7
①PM _{2.5} 質量濃度	7
②イオン成分	7
③無機元素	8
④炭素成分	8
⑤多環芳香族炭化水素類	9
⑥その他の成分	10
⑦検出下限値及び定量下限値	11
3. 調査結果	12
（１）PM _{2.5} 質量濃度	12
①PM _{2.5} 質量濃度	12
②自動測定機によるPM _{2.5} 濃度との相関	14
（２）成分濃度	18
①年平均	18
②季節平均	19
③日ごとの濃度	23
④その他の成分	51
（３）経年変化	60
（４）PM _{2.5} 高濃度日の状況	63
①春季	63
②夏季	63
③秋季	64
④冬季	64
（５）まとめ	67

資料

- 資料 1 春季分析結果
- 資料 2 夏季分析結果
- 資料 3 秋季分析結果

資料 4 冬季分析結果

資料 5 資料捕集期間における気象概況

1. 調査概要

(1) 調査目的

大気中に浮遊する $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質(以下、 $\text{PM}_{2.5}$ と記す)は、呼吸器系への影響に加え、循環器系への影響が懸念されている。 $\text{PM}_{2.5}$ は発生源から直接排出された粒子(一次粒子)と、大気中に排出されたガスが反応して生成した粒子(二次粒子)から成り、発生源も多岐にわたっているが、それぞれの発生源の $\text{PM}_{2.5}$ 生成への寄与については明らかになっていない。そこで、 $\text{PM}_{2.5}$ に含まれる成分濃度の地域特性や $\text{PM}_{2.5}$ 高濃度原因、発生源の寄与割合を明らかにし、 $\text{PM}_{2.5}$ 削減対策の方向性を検討するため、当研究所では大阪府からの依頼を受け、大気汚染の常時監視の一環として $\text{PM}_{2.5}$ に含まれる成分の分析を実施している。

大阪府下における $\text{PM}_{2.5}$ の環境基準の達成状況は、平成 28 年度は大阪府下 55 局(一般環境大気測定局(以下、「一般局」と記す。)38、自動車排出ガス測定局(以下、「自排局」と記す。)17)のうち 50 局(一般局 35、自排局 15)が環境基準を達成し、全体の達成率は 90.9%(一般局 92.1%、自排局 88.2%)となっており、平成 27 年度の 34.5%(一般局 39.5%、自排局 23.5%)から大幅に向上した。環境基準の達成率は向上しているものの依然として環境基準が未達成の測定局があり、成分分析結果をはじめとする発生源や汚染メカニズムに関する知見の蓄積に努める必要がある。

(2) 調査内容

調査は、「微小粒子状物質($\text{PM}_{2.5}$)の成分分析ガイドライン(平成 23 年 7 月、環境省)」及び「大気中微小粒子状物質($\text{PM}_{2.5}$)成分測定マニュアル(平成 24 年 4 月(平成 25 年 6 月一部改訂、平成 26 年 7 月一部追加、平成 28 年 4 月一部改訂)、環境省)」に準拠して実施した。

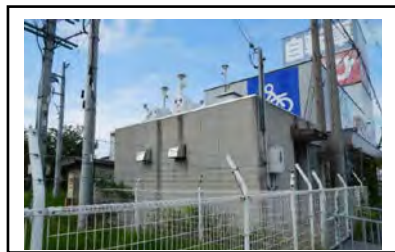
① 測定地点

試料捕集は、表 1 に示すとおり、一般局 2 地点、自排局 1 地点の 3 地点で実施した(地点は図 1 参照)。

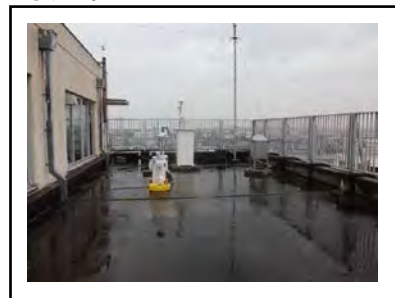
表 1 測定地点

局種別	地点	所在地	地形	周辺状況
一般局	泉大津市役所 (以下、 $\text{PM}_{2.5}$ 下、「泉大津」 と記す。)	泉大津市東雲町 9-12	海沿いの平地	近傍に目立った固定発生源はないが、北西から北の方向 1 km 付近に堺泉北臨海工業地域が広がる。
	三日市公民館 (以下「三日市」 と記す。)	河内長野市三日市町 288-1	内陸部の丘陵	住宅及び公園に囲まれており、地点の近傍に目立った固定発生源はない。西側 0.1km 付近に国道 371 号があるが全体的な交通量は少ない。
自排局	カモドール MBS (以下「高石(自排)」と記す。)	高石市西取石 6-11-1	海沿いの平地	前面には国道 26 号があり、平成 27 年度の全国道路・街路交通情勢調査(道路交通センサス)によると、昼間 12 時間の交通量は 51,420 台、大型車混入率が 7.9%である。また、近傍に目立った固定発生源はないが、北西方向 2km 付近に堺泉北臨海工業地域が広がる。

高石（自排）



泉大津



三日市



一般大気環境測定局 ■
自動車排出ガス測定局 □

図1 試料採取地点

なお、3章（3）及び（5）においては、府域における詳細な解析を行うため、PM_{2.5}に含まれる成分濃度の特徴やPM_{2.5}質量濃度が高くなった原因について、今回調査を行った地点以外に政令市（大阪市、堺市、豊中市、吹田市、東大阪市、高槻市及び八尾市）の調査結果もあわせてとりまとめた。

②試料捕集

試料捕集は、季節ごとに14日間実施した。表2に平成28年度の測定期間を示す。

捕集装置は1地点につき2台設置して、大気を23時間（10時から翌日9時）連続吸引し、テフロンろ紙及び石英繊維ろ紙上にPM_{2.5}を捕集した。なお、三日市及び高石（自排）では、23時間の捕集後にろ紙を自動で交換する機能を備えた装置を、泉大津では、ろ紙を手動で交換する装置を使用した。

表2 測定期間（平成28年度）

	本測定	二重測定	試料捕集回数
春季	平成28年 5月 7日（土） ～ 5月21日（土）	平成28年 5月21日（土） ～ 5月22日（日） （泉大津は 5月23～24日）	1日（23時間） ×15回（含二重測定） ×4季節
夏季	平成28年 7月21日（木） ～ 8月 4日（木）	平成28年 8月 4日（木） ～ 8月 5日（金）	
秋季	平成28年10月20日（木） ～11月 3日（木）	平成28年10月19日（水） ～10月20日（木）	
冬季	平成29年 1月19日（木） ～2月 2日（木）	平成29年 1月18日（水） ～ 1月19日（木）	

③ 測定項目

a PM_{2.5}質量濃度

b イオン成分（8項目）

塩化物イオン(Cl⁻)、硝酸イオン(NO₃⁻)、硫酸イオン(SO₄²⁻)、ナトリウムイオン(Na⁺)、アンモニウムイオン(NH₄⁺)、カリウムイオン(K⁺)、マグネシウムイオン(Mg²⁺)、カルシウムイオン(Ca²⁺)

c 無機元素成分（30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)及びトリウム(Th)

※微小粒子状物質(PM_{2.5})の成分分析ガイドライン(平成23年7月、環境省)の実施推奨項目のうち、ケイ素(Si)は分析していない。

d 炭素成分（3項目）

有機炭素(OC)、元素状炭素(EC)、水溶性有機炭素(WSOC)

e 多環芳香族炭化水素類（12項目、秋季と冬季のみ測定）

フルオランテン(FLU)、ピレン(PYR)、ベンゾ[a]アントラセン(BaA)、クリセン(CHR)、ベンゾ[b]フルオランテン(BbF)、ベンゾ[j]フルオランテン(BjF)、ベンゾ[k]フルオランテン(BkF)、ベンゾ[e]ピレン(BeP)、ベンゾ[a]ピレン(BaP)、ジベンゾ[a,h]アントラセン(DBahA)、インデノ[1,2,3-cd]ピレン(IcdP)、ベンゾ[ghi]ペリレン(BghiP)

f その他の成分（5項目）

マロン酸、リンゴ酸、コハク酸、シュウ酸、レボグルコサン

テフロンろ紙は「a PM_{2.5}質量濃度」及び「c 無機元素成分」、石英繊維ろ紙は「b イオン成分」、「d 炭素成分」、「e 多環芳香族炭化水素類」及び「f その他の成分」の分析に使用した。

夏季の泉大津の7月27日及び31日捕集開始の試料については、石英繊維ろ紙による捕集ができていなかったため、イオン成分及びその他の成分をテフロンろ紙上に捕集された試料を用いて分析し、炭素成分については欠測とした。ただし、質量濃度については、電子天秤が不安定であったために、秋季は質量濃度の測定を実施せず、質量濃度の値はガイドラインに基づき自動測定機の値を使用し、冬季については大阪市立環境科学センターにて質量濃度の測定を行った。

④ 大阪府域の測定地点及び試料捕集期間

政令市実施分も含めた大阪府域の測定地点は、表3に示すとおり、一般局7地点、自排局6地点の13地点であった。測定地点の位置を図2に示す。

表 3 大阪府域の測定地点及び試料捕集期間

所管	区分	No	測定地点	略称	試料捕集				
					期間				時間
					春季	夏季	秋季	冬季	
大阪府	一般局	1	泉大津市役所	泉大津	平成28年5月7日 ～ 5月21日	平成28年7月21日 ～ 8月4日	平成28年10月20日 ～ 11月3日	平成28年1月19日 ～ 2月2日	10時～翌日9時 (三日月10月25日は 13時～翌日9時、 高石(自排)10月24日は 11時～翌日9時)
		2	三日月公民館	三日月市					
	自排局	3	カモドールMBS	高石(自排)					
大阪市	一般局	4	聖賢小学校	大阪市	平成28年5月6日 ～ 5月20日	平成28年7月21日～8月5日 (7月22日除く)	平成28年10月20日 ～ 11月3日	平成28年1月19日～ 2月3日 (1月27日除く)	
	自排局	5	出来島小学校	大阪市(自排)			平成28年10月20日～11月5日 (10月25日・11月3日除く)		
堺市	一般局	6	若松台	堺		平成28年10月20日 ～ 11月3日	平成28年1月19日 ～ 2月2日		
豊中市	一般局	7	千成	豊中					
吹田市	一般局	8	吹田北消防署	吹田		平成28年7月21日 ～ 8月4日		平成28年10月19日 ～ 11月2日	平成28年1月19日 ～ 2月2日
	自排局	9	吹田簡易裁判所	吹田(自排)					
東大阪市	自排局	10	東大阪市環境衛生検査センター	東大阪(自排)		平成28年5月9日 ～ 5月23日	平成28年10月20日 ～ 11月3日		
高槻市	一般局	11	庄所	高槻		平成28年5月6日 ～ 5月20日			
	自排局	12	高槻市役所	高槻(自排)					
八尾市	一般局	13	八尾保健所	八尾					



図 2 測定地点位置図

2. 試料捕集方法及び分析方法

(1) 試料捕集方法

大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアルに従い、米国の標準測定法（FRM）に準拠したPM_{2.5}ロウポリウムエアサンプラを1地点につき2台をPM_{2.5}自動測定機の近傍に設置し（図3）、テフロンろ紙及び石英繊維ろ紙上に各季節14回、毎分16.7Lの流量で大気を23時間（10時から翌日9時）連続で捕集した。なお、ろ紙の交換は、三日市及び高石（自排）ではサンプラにより自動で交換し、泉大津では手動で交換した。

なお、石英繊維ろ紙は、炭素成分のブランク値（有機物の吸着による）を低減するために、試料捕集前に350℃で1時間加熱処理をした。テフロンろ紙及び石英繊維ろ紙は、試料捕集までの間、気温21.5±1.5℃の恒温室内で保管し、試料捕集後のろ紙は、分析に供するまでの間、-4℃以下の冷凍庫で保管した。

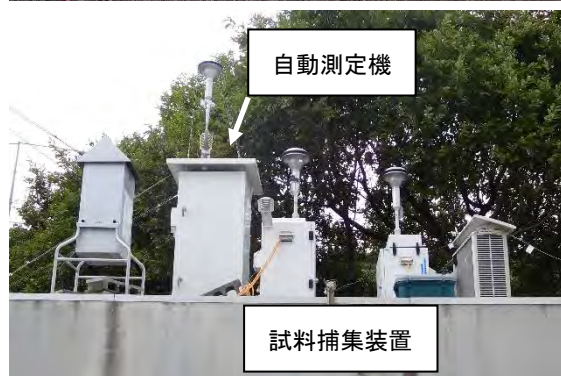
図3に試料捕集状況を、表4に試料捕集装置及びろ紙の仕様を示す。



泉大津

自動測定機の吸引口高さ 28 m（地上から）

自動測定機と試料捕集装置の吸引口高さの差 1 m



三日市

自動測定機の吸引口高さ 6 m（地上から）

自動測定機と試料捕集装置の吸引口高さの差 1 m



高石（自排）

自動測定機の吸引口高さ 5 m（地上から）

自動測定機と試料捕集装置の吸引口高さの差 1.2 m

図3 試料捕集状況

表 4 (1) 試料捕集装置の仕様

項 目	内 容
機種	サーモフィッシャーサイエンティフィック社製 PM _{2.5} シーケンシャルサンプラーModel2025plus（三日市・高石（自排）） PM _{2.5} ローボリウムサンプラーFRM2000（泉大津）
分粒特性	10 μ m を 50%カット後 2.5 μ m を 50%カット
吸引流量	16.7L/min 流量制御機能付
使用フィルタサイズ	ϕ 47mm
外気温・気圧・フィルタ部温度	測定及び記録機能付
フィルタ温度制御機能	フィルタ部温度上昇抑制用換気機能付
周囲温度	-40~50℃ （-20℃以下は保温が必要）
電 源	Model2025plus：AC120V、3A（昇圧トランス使用） FRM2000：AC120V、2.2A（昇圧トランス使用）
本体サイズ	Model2025plus：約 W640×D402×H673mm（突起部分を除く）約 46kg FRM2000：約 W410×D330×H610mm（突起部分を除く）約 32kg

表 4 (2) ろ紙の仕様

テフロンろ紙	メーカー、型番	WHATMAN 社製 7592-104
	ろ紙の材質	PTFE
	ろ紙の厚さ	40 $\pm$ 10 μ m
	ろ紙の直径	46.2 $\pm$ 0.25mm
	ろ紙の孔径	最大 2 μ m
	サポートリングの材質	ポリプロピレン
	サポートリングの総厚	0.365 $\pm$ 0.055mm
	サポートリングの幅	3.68 $\pm$ 0.51mm
	粒子保持能（0.3 μ m）	最小 99.7%
	圧損（0.3 μ m）@16.7L/min	最大 30cmH ₂ O
石英繊維ろ紙	メーカー、型番	PALLFLEX 社製 Model 2500QAT-UP
	ろ紙の材質	純石英
	ろ紙の厚さ	432 μ m
	ろ紙の直径	48mm
	ろ紙の重量（標準値）	5.8mg/cm ²
	粒子保持能（0.3 μ m）	99.9%

（２）分析方法

① PM_{2.5}質量濃度

テフロンろ紙を気温 21.5±1.5℃、相対湿度 35±5%の条件下で恒量とし、試料の捕集前後に電子天秤（メトラー・トレド社製 XP26）で 1μg 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大気中の PM_{2.5}質量濃度（μg/m³）を算出した。なお、濃度表示は小数点以下第 2 位を四捨五入し小数第 1 位の値までとした。

なお、前述のとおり、研究所の立替工事の影響で天秤が不安定であったため、秋季の質量濃度は自動測定機の値を使用し、冬季は大阪市立環境科学センターにて秤量（メトラートレド社製 XP2U）を行った。

② イオン成分

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（2 分の 1）から炭素成分分析用に直径 8mm のポンチで 2 枚くり抜いた残りのろ紙をポリプロピレン製の容器に入れ、超純水 15mL 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（アドバンテック社製 DISMIC®-25HP、孔径 0.2μm）でろ過後、ろ液をイオンクロマトグラフ（Thermo 社製 DIONEX ICS-2100（陰イオン）、DIONEX ICS-1600（陽イオン））法による測定に供した。測定条件を表 5 に示す。

ろ紙の有効捕集面積を 11.86cm²として、定量結果と採気量とによりイオン成分の大気中濃度（μg/m³）を算出した。なお、濃度表示は四捨五入により有効数字 2 桁とした（以下の項目も同じ）。

表 5（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 AS19
ガードカラム	IonPac AG19
オートサプレッサー	ASRS-500 4mm
溶離液	水酸化カリウム溶液 9mM→20mM（グラジエント）
流量	1.0 mL/min
サンプル量	25 μL
検出器	電気伝導度検出器

表 5（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
オートサプレッサー	CSRS-500 4mm
溶離液	30mM メタンサルホン酸水溶液
流量	1.0 mL/min
サンプル量	25 μL
検出器	電気伝導度検出器

③ 無機元素

無機元素は、マイクロウェーブ分解装置（アントンパール社製、MultiwavePro）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。

試料捕集したテフロンろ紙のサポートリング部をカット後、ろ紙の全量（春季・夏季）または 1/2 枚分（秋季・冬季）を専用の分解容器に入れ、フッ化水素酸 2mL、硝酸 5mL 及び過酸化水素水 (30%) 1mL を加え、密栓し、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。その後、濃縮装置を用いて 0.5mL 程度まで濃縮を行い、硝酸 (5+95) で残渣を溶解洗浄した後、ポリプロピレン製のメタルフリータイプ遠沈管で 10mL に定容としたものを ICP/MS 法による測定に供した。ICP/MS 法による無機元素の測定条件を表 6 に示す。

定量結果と採気量から大気中濃度 (ng/m^3) を算出した。

表 6 ICP/MS 法による無機元素の測定条件

機種	Agilent Technologies 社製 7700x
R F 周波数	27.18 MHz
R F 出力	1.55 kW
キャリアガス(Ar) 流量	1.09 L/min
コリジョンガス(He) 流量	4.3 ml/min
リアクションガス(H ₂) 流量	6.0 ml/min
プラズマガス(Ar) 流量	14.99 L/min
サンプルリング 深さ	8.0 mm
測定元素 (質量数)	Na (23)、Al (27)、K (39)、Ca (44)、Sc (45)、Ti (47)、V (51)、Cr (52)、Mn (55)、Fe (56)、Co (59)、Ni (60)、Cu (63)、Zn (66)、As (75)、Se (78)、Rb (85)、Mo (95)、Cd (111)、Sb (121)、Cs (133)、Ba (137)、La (139)、Ce (140)、Sm (147)、Hf (178)、Ta (181)、W (182) 及び Pb (208)
内標準元素 (質量数)	In(115)

④ 炭素成分

a 有機炭素 (OC) 及び元素状炭素 (EC)

有機炭素及び元素状炭素は熱分離光学補正法を用いて定量した。

試料捕集した石英繊維ろ紙を直径 8mm（面積 0.531cm²）のポンチでくり抜き、熱分離・光学補正式炭素分析計（DRI 社製 Carbon Analyzer 2001A）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℃までは He ガス雰囲気下で発生する炭素を有機炭素 (OC1、OC2、OC3、OC4)、550℃からは He/O₂ (2%) ガス雰囲気下で試料から発生する炭素を元素状炭素 (EC1、EC2、EC3) として、発生した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℃で He/O₂ (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熱分解有機炭素 (OCpyro) として、有機炭素の炭化物と同等であるとして補正した。測定条件を表 7 に示す。

ろ紙の有効捕集面積を 11.86cm² として、定量結果と採気量より大気中濃度 (μg/m³) を算出した。

OC、EC は各フラクション値 (OC1~OC4、EC1~EC3) から式 (1) でされる。なお、各フラクション値が検出下限値未満の場合は、各フラクション値をゼロとして OC、EC の濃度を算出した。

$$OC = OC1 + OC2 + OC3 + OC4 + OC_{pyro}, EC = EC1 + EC2 + EC3 - OC_{pyro} \dots \dots (1)$$

表 7 有機炭素及び元素炭素の測定条件

試料分析炉	OC		EC	
	温度（℃）	OC1:120, OC2:250, OC3:450, OC4:550	EC1:550, EC2:700 EC3:800	
	雰囲気	He	He (98%) , O2 (2%)	
流速	He-1 : 40mL/min He-2 : 10mL/min He-3 : 50mL/min 10%O ₂ /He : 10mL/min Air : 350mL/min H ₂ : 35mL/min 5%CH ₄ /He : 2-5mL/min			
触媒	酸化炉（900℃）：MnO ₂ メタン化炉（420℃）：Ni（NO ₃ ） ₂ ・6H ₂ O			
検出器	水素炎イオン化検出器（105℃）			

b 水溶性有機炭素 (WSOC)

水溶性有機炭素は、燃焼酸化非分散赤外線吸収方式 TOC 分析法で定量した。

イオン成分分析用に抽出操作を行った (②参照) ろ液の残りを燃焼酸化非分散赤外線吸収方式 TOC 計 (島津製作所製 TOC-L) に導入し、塩酸を添加して無機炭素を炭酸ガスとして除去した後、不揮発性有機炭素 (Non-Purgeable Organic Carbon; NPOC 法) を定量した。TOC 計の燃料炉温度は 680°C、キャリアガスは空気 (>99.999 vol.%) である。ろ紙の有効捕集面積を 11.86cm² として、測定結果と採気量より大気中濃度 (μg/m³) を算出した。

⑤ 多環芳香族炭化水素類 (PAHs)

PAHs は、高速液体クロマトグラフ蛍光検出法 (HPLC 法) で定量した。

試料捕集した石英繊維ろ紙 1/4 枚分を共栓付き遠心沈殿管 (10 mL) に入れ、ジクロロメタン 10 mL を加えて 30 分間超音波処理した。数分間静置後、遠心分離 (2000 rpm 5 分間) し、上澄み 7 mL を先細試験管 (10 mL) に分取し、分取液を窒素気流中で抽出液を 0.1 mL まで濃縮した。濃縮液にメタノールを加えて 1 mL に定容し、5 分間超音波処理した。これを HPLC 法用の試料とした。

HPLC 法による PAHs の測定条件を表 9 に示す。HPLC による定量結果と採気量から大気中濃度 (ng/m³) を算出した。

表 9 PAHs の測定条件

機 種	Agilent Technologies 社製 1260 シリーズ	
カラム	ジーエルサイエンス社製 Inertsil ODS-P (3 μ m, 4.6 mmID $\times$ 250 mm)	
カラム温度	40 $^{\circ}$ C	
移動相	メタノール／水	
流 速	1.0 mL/min	
検出器	蛍光検出器	
検出波長	(A) FLU、BkF、BaP、BghiP	励起 230 nm、蛍光 420 nm
	(B) BbF	励起 230 nm、蛍光 430 nm
	(C) BjF、IcdP	励起 230 nm、蛍光 500 nm
	(D) PYR	励起 230 nm、蛍光 380 nm
	(E) BaA、CHR、BeP、DBahA	励起 230 nm、蛍光 400 nm

⑥ その他の成分

a レボグルコサン

レボグルコサンは、イオンクロマトグラフ質量分析法（IC/MS 法）※で定量した。

②でイオン成分分析用に抽出操作を行ったろ液に内標準物質を添加した後、液体クロマトグラフ（Waters 社製 2695 separation module）に導入し、カラム・サブレッサーの溶出液にメタノールを 0.075 mL/min で添加して、質量分析計（Waters 社製 XevoTM TQMS）に導入し定量した。測定条件を表 8 に示す。

ろ紙の有効捕集面積を 11.86cm² として、定量結果と採気量とにより大気中濃度（ μ g/m³）を算出した。

表 8 レボグルコサンの測定条件

IC 部	分離カラム	CarboPac PA1 (Dionex 社製、2 $\times$ 250 mm)
	オートサブレッサー	ASRS-300 (Dionex 社製、2 mm)
	溶離液	水酸化ナトリウム 溶液(0.5~200 mM グラジェント)
	流量	0.25 mL/min
	サンプル量	5-10 μ L
MS 部	イオン化法	ESI (+)
	検出モード	SIM
	定量物質及び質量数	レボグルコサンのナトリウムイオン付加分子 ([M+Na] ⁺) m/z=185.1
	内標準物質	¹³ C ₆ -レボグルコサン

※分析方法の詳細は文献 (D. Asakawa et al., Atmospheric Environment, 122, 183-187, 2015) による。

b マロン酸、リンゴ酸、コハク酸、シュウ酸

前述のイオン成分（陰イオン）と同様にイオンクロマトグラフ法で定量した。

⑦ 検出下限値及び定量下限値

a 装置検出下限値、装置定量下限値

条件設定等により最適化した分析装置において、十分に低い濃度まで測定できることを確認するために行うものである。

検量線作成時の最低濃度（装置定量下限付近）の標準溶液について、所定の操作により測定を行い、得られた測定値を濃度の算出式により大気濃度に換算する。5 回以上測定して、その標準偏差（ s_i ）を算出し、その 3 倍を装置検出下限値、10 倍を装置定量下限値とする。

$$\text{装置検出下限値} = 3 s_i \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

$$\text{装置定量下限値} = 10 s_i \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

b 方法検出下限、方法定量下限

フィルタや試薬に由来するブランクや前処理操作中の汚染等による分析操作上の工程に起因するものである。

操作ブランク値がある場合には、5 試料以上の操作ブランク試料について所定の操作により測定を行い、得られた測定値を濃度の算出式により大気濃度に換算する。その標準偏差（ s_m ）を算出し、その 3 倍を方法検出下限値、10 倍を方法定量下限値とする。

$$\text{方法検出下限値} = 3 s_m \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

$$\text{方法定量下限値} = 10 s_m \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

a 及び b で得られた下限値をそれぞれ比較し、大きい方を検出下限値、定量下限値とする。

なお、測定結果が検出下限値未満である場合は、炭素成分の各フラクション値はゼロ、その他は、検出下限値の 1/2 の値を用いた。

3. 調査概要

(1) PM_{2.5}質量濃度

① PM_{2.5}質量濃度

大阪府3地点（泉大津、三日市、高石（自排））におけるPM_{2.5}質量濃度の季節平均値を表9及び図4に示す。

○環境基準の日平均値である35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日はみられなかった。

○春季の季節平均値は13.0～16.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、いずれの地点も四季を通じて最も高かった。

○三日市の季節平均値は四季を通して低く、夏季以外の季節において最も低かった。

表9 PM_{2.5}質量濃度の季節平均値

	地点	PM _{2.5} 質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過日数	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過日
春季	泉大津	16.2	8	-
	三日市	13.0	8	-
	高石	15.0	8	-
夏季	泉大津	12.0	4	-
	三日市	12.4	4	-
	高石	12.2	4	-
秋季	泉大津	11.5	2	-
	三日市	10.4	2	-
	高石	11.1	4	-
冬季	泉大津	12.4	4	-
	三日市	10.7	2	-
	高石	12.9	4	-
年間	泉大津	13.0	18	-
	三日市	11.6	16	-
	高石	12.8	20	-

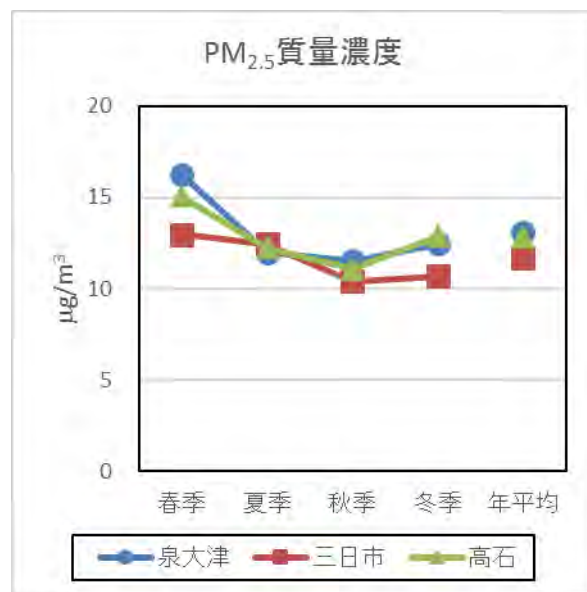


図4 PM_{2.5}質量濃度の季節平均値

政令市の調査結果も含めたPM_{2.5}質量濃度の季節別経日変化を図5に示す。

【春季】

- ・5月9～11日、16日に多くの地点で10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となり、これら以外の期間では10～22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度範囲であった。5月7～8日にかけて多くの地点で20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後の質量濃度となり、泉大津では両日ともに30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。期間最大値は5月7日の泉大津での34.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。
- ・地点間で濃度差が最も大きかった日は5月7日で、泉大津と三日市との差が17.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

【夏季】

- ・期間前半は20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の日が続いたが、期間終盤の7月31日から8月3日にかけて濃度は上昇し、8月1日には期間最大値（泉大津：23.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を示した。
- ・地点間で濃度差が最も大きかった日は8月3日で、堺と高槻との差が8.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

【秋季】

- ・10月22日に5地点で20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上となったが、それ以外の期間では全ての地点で20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となり、10月23～28日及び11月1～2日に10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となる地点も多くみられた。10月22日に期間最大値（高石（自排）：26.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を示した。
- ・地点間で濃度差が最も大きかった日は10月22日で、高石（自排）と吹田との差が13.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

【冬季】

- ・ 1 月 29 日に濃度が上昇し、期間最大値（泉大津： $31.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を示したが、それ以外の期間ではほぼ全ての地点で $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であった。
- ・ 地点間で濃度差が最も大きかった日は 1 月 29 日で、泉大津と吹田との差が $16.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

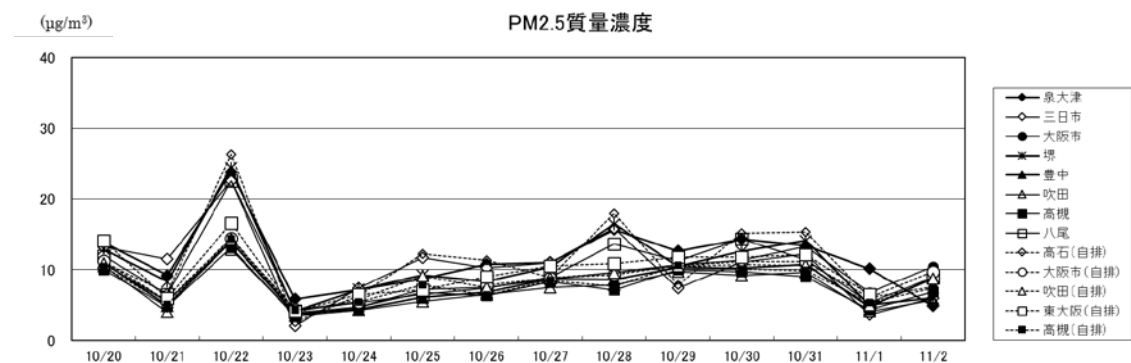
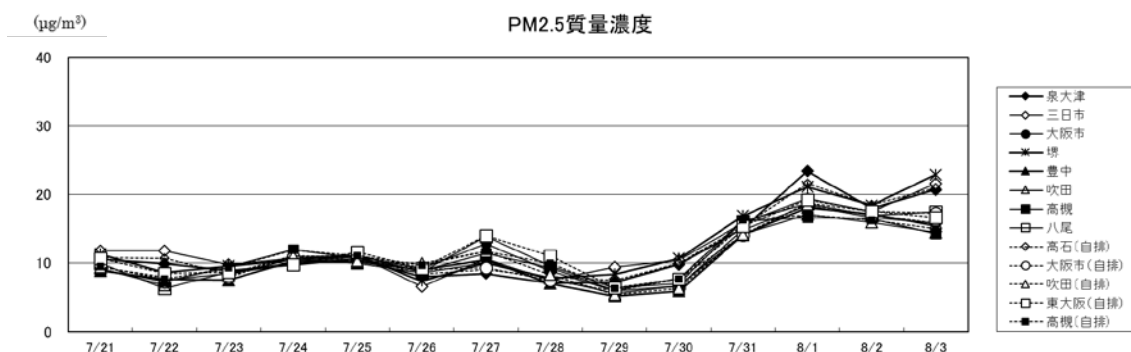
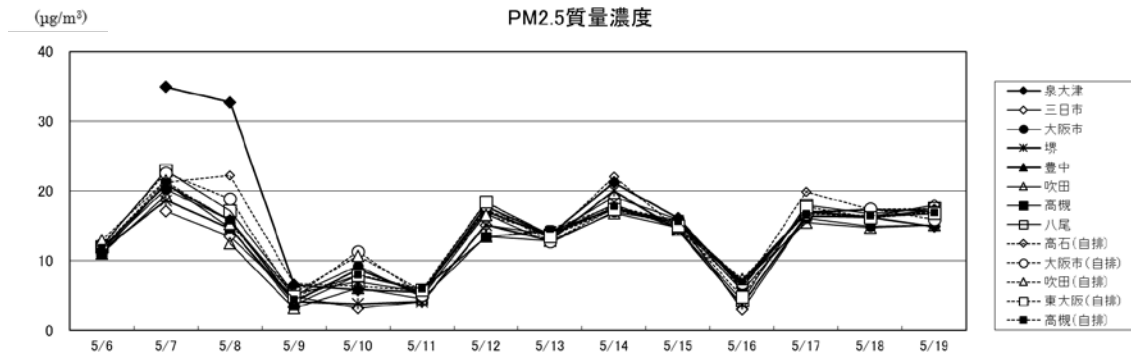


図 5(1) $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度の季節別経日変化

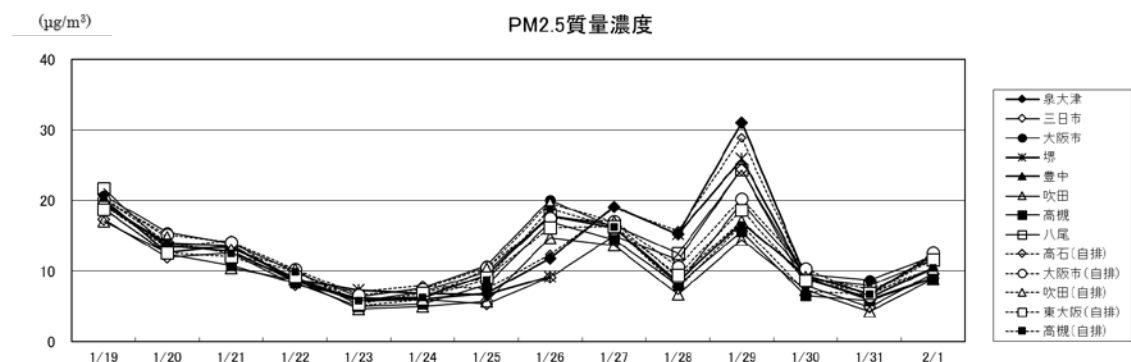


図 5(2) $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度の季節別経日変化

② 自動測定機によるPM_{2.5}濃度との相関

フィルタ法によるPM_{2.5}質量濃度と自動測定機で測定したPM_{2.5}質量濃度との相関係数を表 10 に、相関図を図 6 に示す。また、フィルタ法によるPM_{2.5}質量濃度及び自動測定機で測定したPM_{2.5}質量濃度の季節別経日変化を図 7 に示す。なお、電子天秤が不安定であったため、秋季の質量濃度は測定しなかった。

季節別のフィルタ法によるPM_{2.5}質量濃度と自動測定機で測定したPM_{2.5}濃度の相関係数は0.93～0.99 であった。また、年間のフィルタ法によるPM_{2.5}質量濃度と自動測定機で測定したPM_{2.5}濃度の回帰式の傾きは0.87～1.15 で、環境省が実施した標準測定法と自動測定機の等価性評価の基準の1 つである「切片のある回帰式の傾きが1±0.1 以内であること」を満たしたのは三日市のみであった。

表 10 PM_{2.5}質量濃度と自動測定機で測定したPM_{2.5}濃度との相関係数

	春	夏	秋	冬
泉大津	0.96	0.98	－	0.94
三日市	0.93	0.99	－	0.99
高石(自排)	0.95	0.97	－	0.96

*秋季のフィルタ法による質量濃度は電子天秤が不安定であったため、測定されなかった

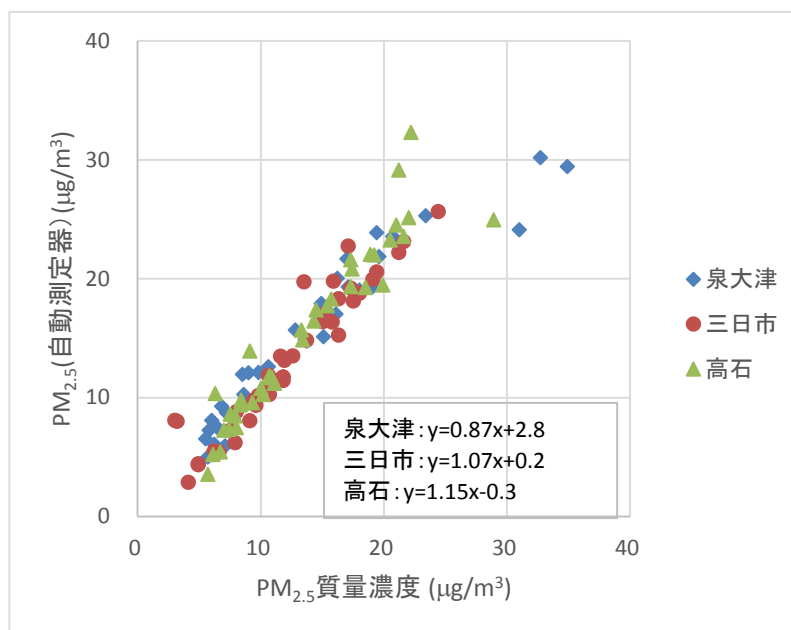
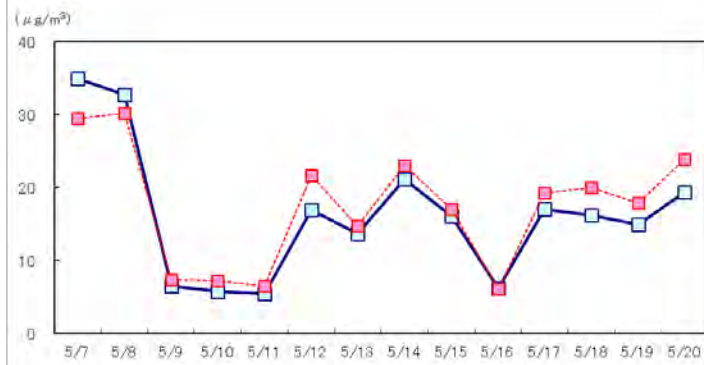


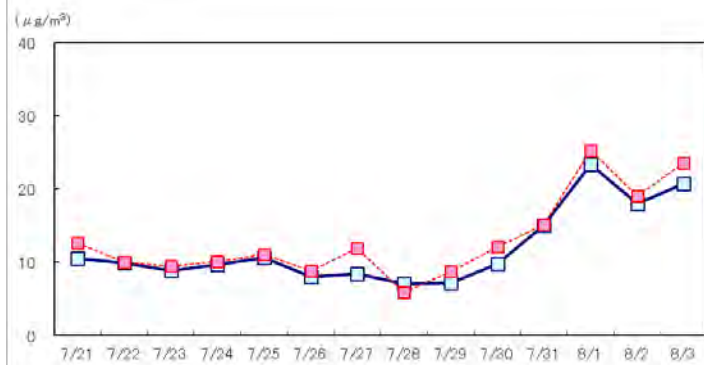
図 6 フィルタ法によるPM_{2.5}質量濃度と自動測定機で測定したPM_{2.5}濃度との相関図

泉大津

春季



夏季



秋季



冬季

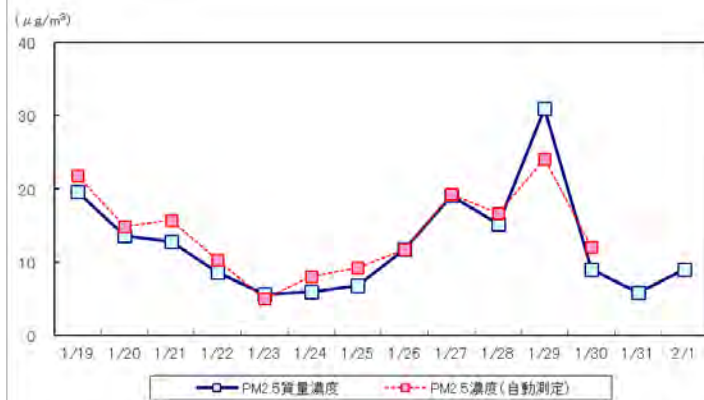
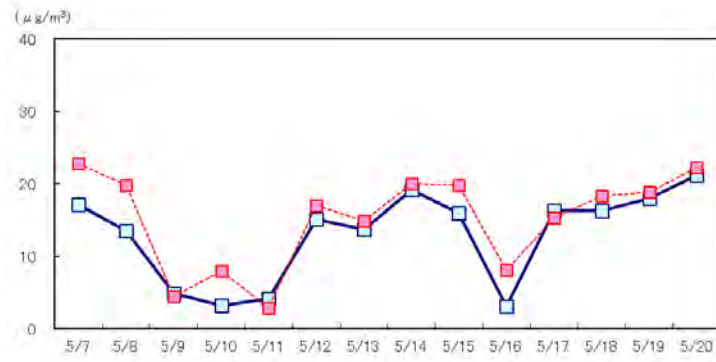


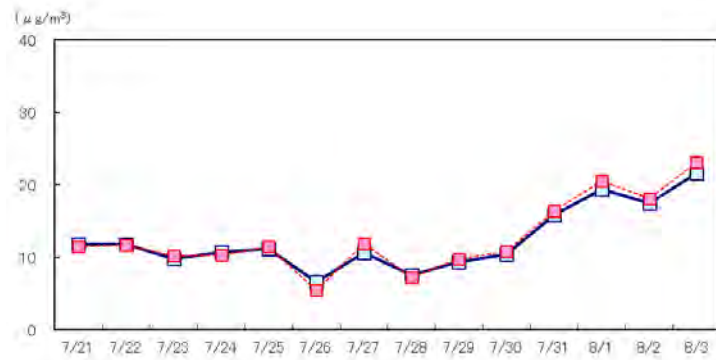
図 7 (1) PM_{2.5}質量濃度及びPM_{2.5}濃度（自動測定）の季節別経日変化

三日市

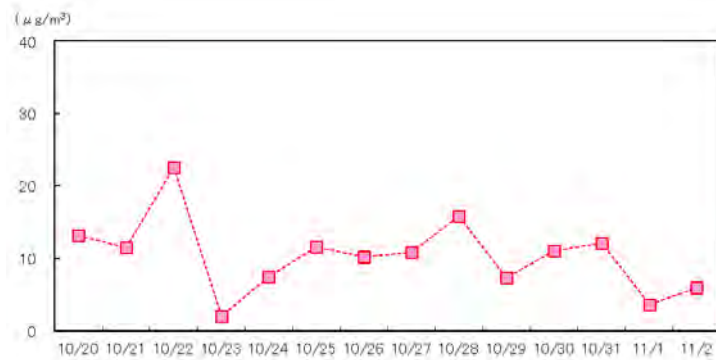
春季



夏季



秋季



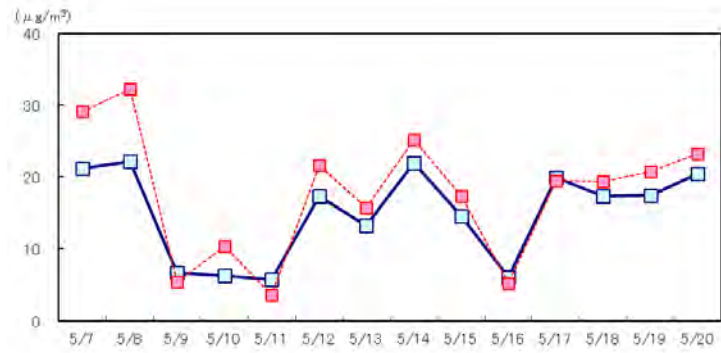
冬季



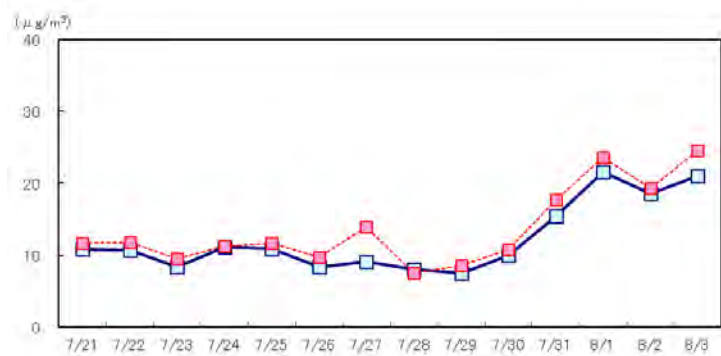
図 7 (2) PM_{2.5}質量濃度及びPM_{2.5}濃度（自動測定）の季節別経日変化

高石

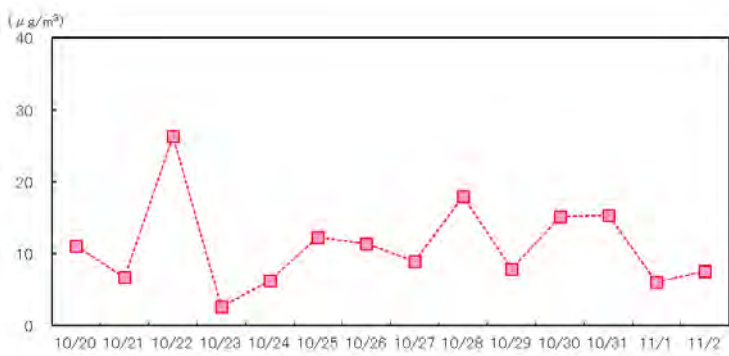
春季



夏季



秋季



冬季



図 7 (3) PM_{2.5}質量濃度及びPM_{2.5}濃度（自動測定）の季節別経日変化

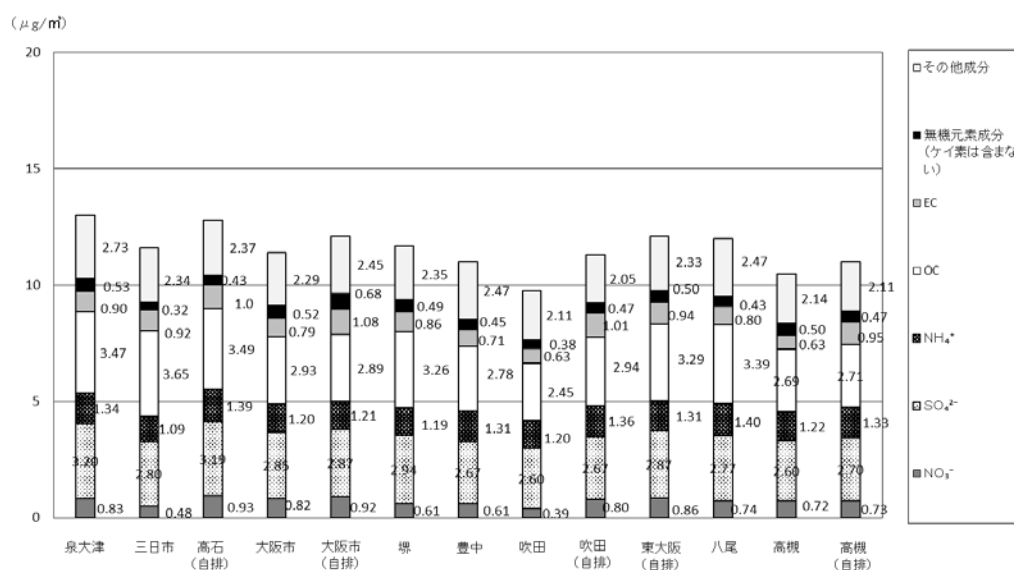
(2) 成分濃度

① 年平均

大阪府 3 地点（三田市、高石（自排）、泉大津）、政令市 10 地点（大阪市、大阪市（自排）、堺、豊中、吹田、吹田（自排）、東大阪（自排）、八尾、高槻、高槻（自排））における 56 日間（表 3 参照）の $PM_{2.5}$ 中の各成分濃度の平均値を図 8 に、 $PM_{2.5}$ 質量濃度に占める各成分濃度の割合の平均値を図 9 に示す。

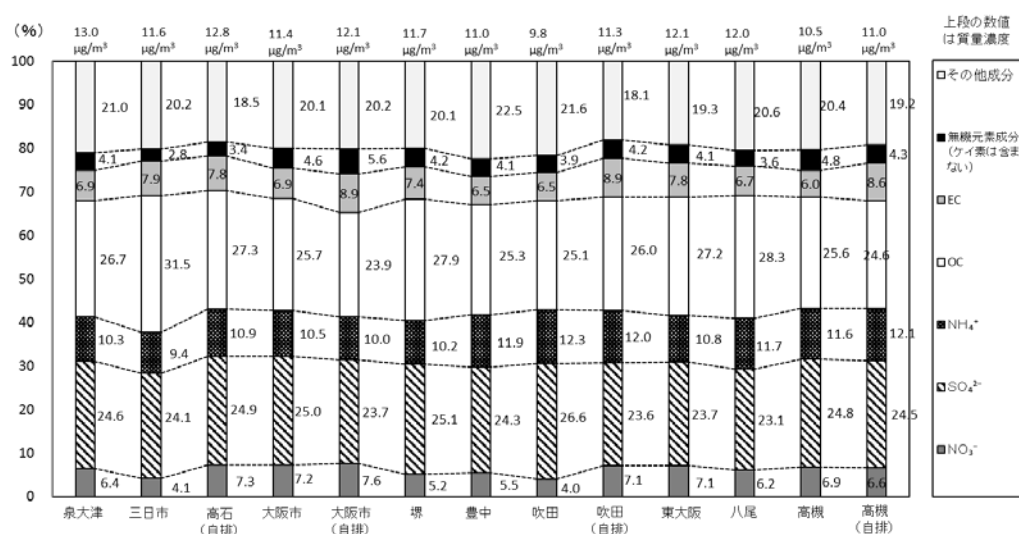
○ $PM_{2.5}$ 質量濃度の 56 日間の平均値は、泉大津で $12.9 \mu g/m^3$ と最も大きく、吹田で $9.8 \mu g/m^3$ と最も小さかった。

○ $PM_{2.5}$ 質量濃度に占める割合が大きかったのは SO_4^{2-} (23.1~26.6%) と OC (23.9~31.5%) であり、地点間に大きな濃度の違いはみられなかった。また、平成 27 年度と比較すると、 SO_4^{2-} の割合は低下し、逆に OC の割合は増加した。



※その他成分には、Si や OC に結合している水素や酸素などを含む (OC は炭素のみの濃度)

図 8 $PM_{2.5}$ 中の各成分濃度 (年平均値)



※その他成分には、Si や OC に結合している水素や酸素などを含む (OC は炭素のみの濃度)

※棒グラフ上端の値は $PM_{2.5}$ 質量濃度を示す

図 9 $PM_{2.5}$ 質量濃度に占める各成分濃度の割合 (年平均値)

② 季節平均

PM_{2.5}中の炭素成分濃度の季節平均値を図10に、イオン成分濃度の季節平均値を図11に、無機元素成分濃度の季節平均値を図12に示す。

無機元素は、測定項目のうち、大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアルに示されている発生源の指標成分（12項目）とPb及びRbを対象とした。表11に発生源と指標成分の主な事例を示す。

表11 発生源と指標成分の主な事例

発生源	指標成分														出典
	(1) Al	(2) Ti	(3) V	(4) Ni	(5) Pb	(6) As	(7) K	(8) Rb	(9) Cr	(10) Mn	(11) Fe	(12) Zn	(13) Cu	(14) Sb	
土壌	○	○													a)
重油燃焼			○	○											
ブレーキ粉塵		○									○		○	○	
鉄鋼工業		○		○					○	○	○	○	○		
廃棄物焼却						○	○		○			○	○	○	
バイオマス燃焼							○	○							b)
石炭燃焼					○	○									c)

a) 大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアル（平成24年4月、環境省）

b) Kara et al., 2015; Waked et al., 2014; Zhang et al., 2013

c) Huang et al., 2013; Kara et al., 2015; Suzuki et al., 2014

以下に各測定項目の季節変動のうち、特徴的な挙動を示した項目について述べる。

○OCは春季にすべての地点において濃度が高くなる傾向にあったが、三日市では夏季にOC濃度が高かった。

○ECは年間を通して自排局で高い傾向がみられ、吹田と高槻で低い傾向であった。

○半揮発性成分のCl⁻及びNO₃⁻濃度は夏季（高温期）に低く、冬季（低温期）に高い傾向にあり、とくに、冬季のCl⁻及びNO₃⁻濃度が泉大津、大阪市、高石（自排）、大阪市（自排）、東大阪（自排）で高かった。一方で、豊中、吹田、高槻、吹田（自排）、高槻（自排）のCl⁻濃度は冬季においても夏季と同程度と低く、季節間の濃度変動が小さかった。

○SO₄²⁻は全地点とも夏季に濃度が高く、秋季に最も低くなり、どの季節においても全地点で類似した濃度であった。

○NH₄⁺は多くの地点で夏季に濃度が高くなり、秋季に全ての地点において濃度が低かった。

○Ca²⁺濃度が多くの地点で春季に高なる傾向であり、特に大阪市、大阪市（自排）、東大阪市（自排）において春季の全地点の平均濃度0.10μg/m³の2倍以上の濃度であった。

○土壌由来成分であるAlはすべての地点で春季の濃度が高く、特に泉大津、大阪市、堺、高石（自排）、大阪市（自排）で春季の平均濃度70ng/m³よりも高かった。

○Pbは全ての季節において高槻の濃度が最も高く、泉大津及び三日市を除く地点で夏季に最小となった。

○Asは秋季と冬季に濃度が高くなる地点が多かった。

○重油燃焼の指標成分であるV及びNiは春季・夏季に濃度が高い傾向にあった。春季と夏季ともに泉大津と高石（自排）の濃度が高かった。

○Rbはほとんどの地点で春季と冬季に濃度が高かった。なかでも泉大津での春季の濃度は0.54

ng/m³と高く、他地点との差が大きかった。

○K は高槻が年間を通して濃度が高い傾向にあったが、夏季においては泉大津が最大となった。

○Cr は春季に泉大津と大阪市（自排）で濃度が高く、大阪市（自排）が夏季以外の季節で最も濃度が高かった。

○Cu は秋季に濃度が低くなる傾向がみられたが、夏季の泉大津における濃度が最も高かった。

○Mn は大阪市（自排）において春季と冬季で濃度が高かった。

○泉大津において、春季の Al、Ti、V、Ni、Rb、Cr、Mn、Fe の濃度が他の地点よりも高かった。

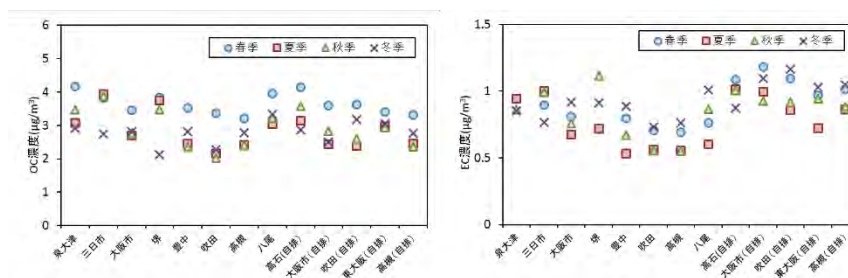


図 10 PM_{2.5}中の炭素成分濃度の季節平均値

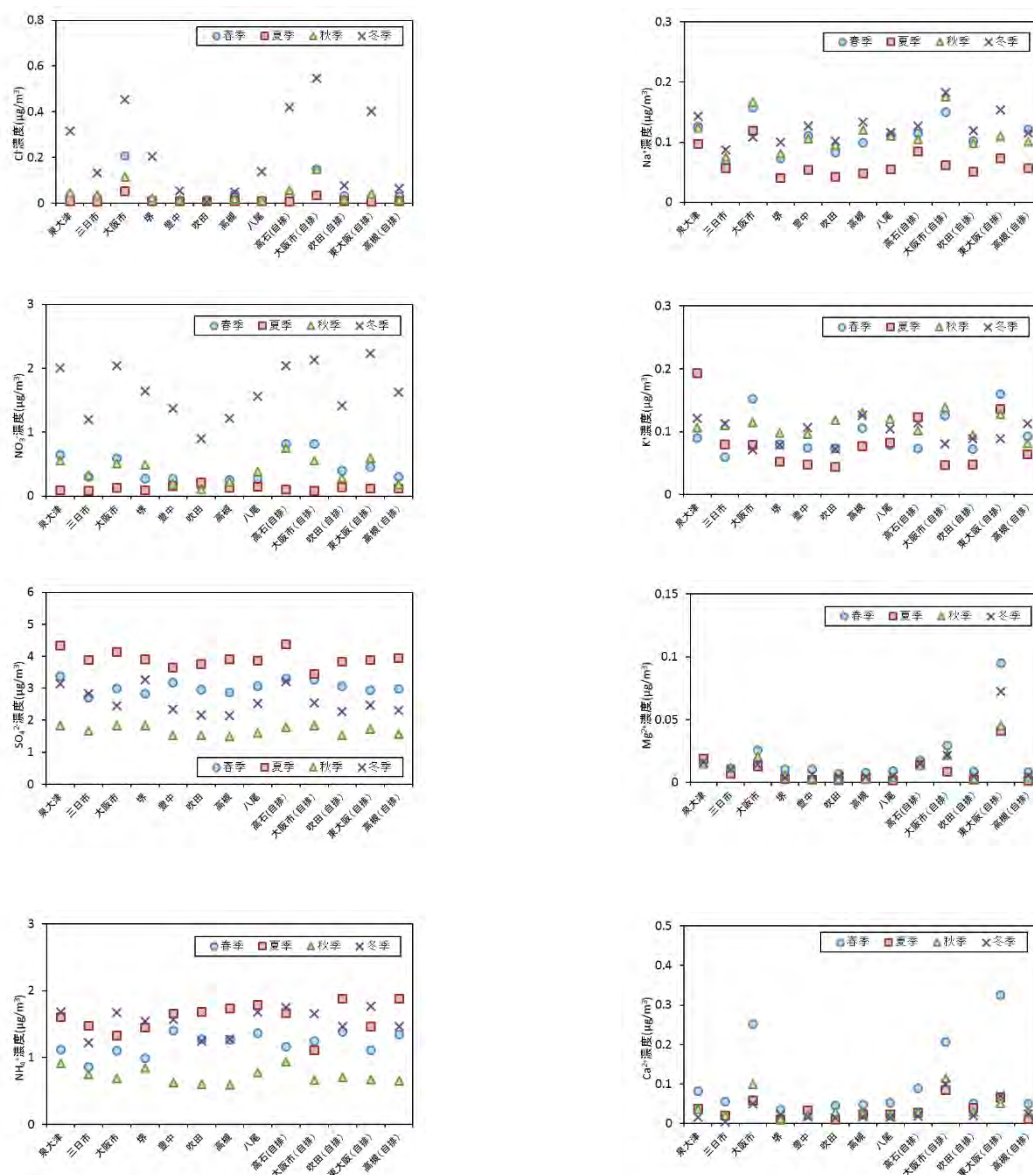


図 11 PM_{2.5}中のイオン成分濃度の季節平均値

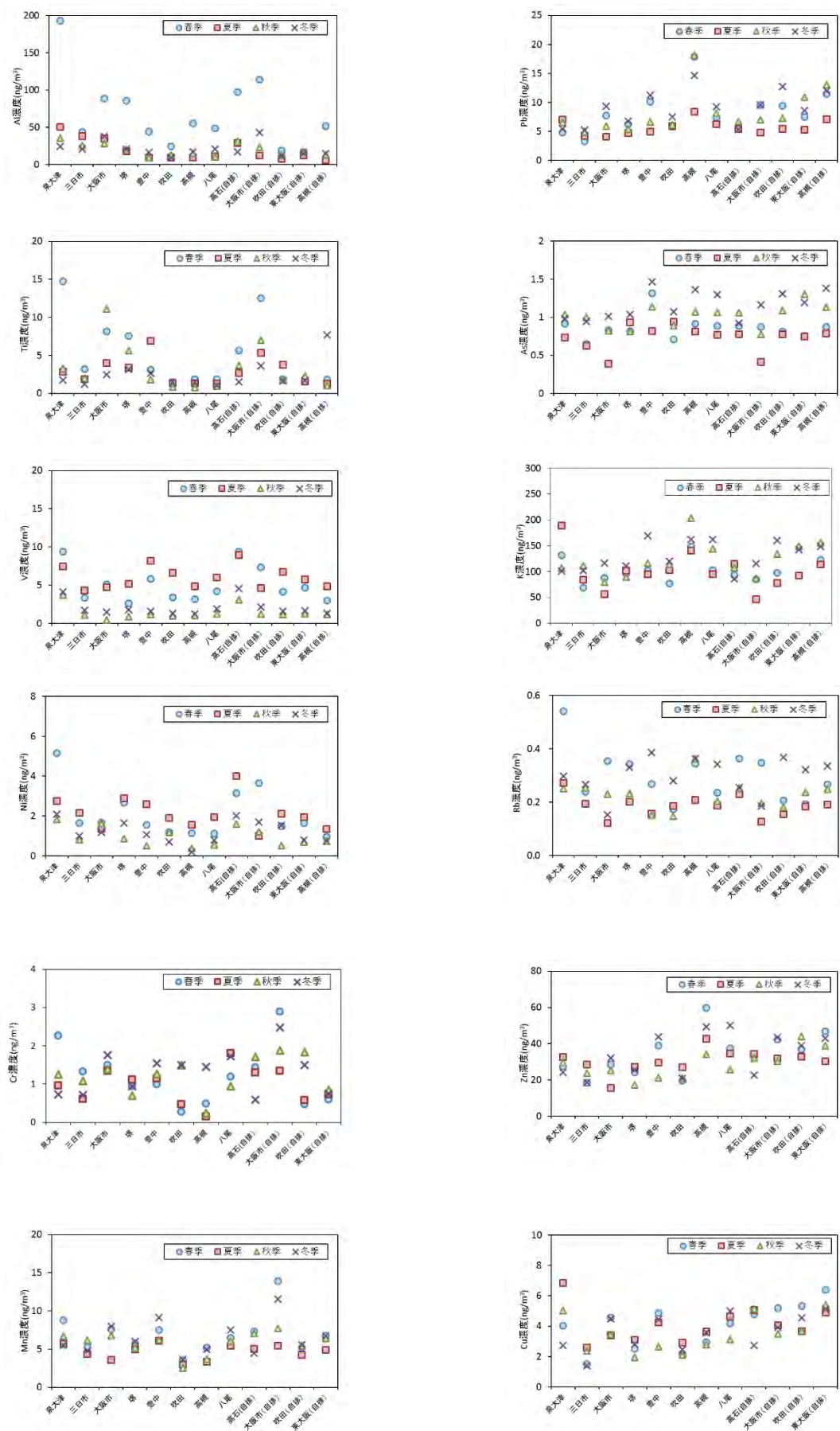


図 12(1) $PM_{2.5}$ 中の無機元素成分濃度の季節平均値

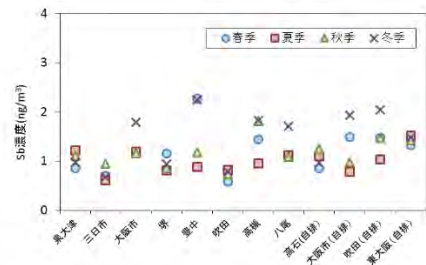
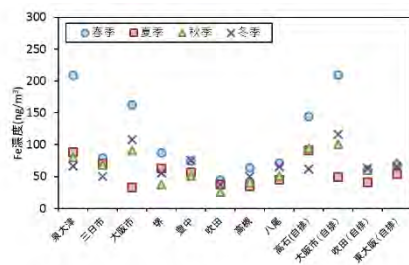


図 12(2) $PM_{2.5}$ 中の無機元素成分濃度の季節平均値

③ 日ごとの濃度

a 炭素成分

PM_{2.5}中の炭素成分濃度の季節別経日変化を図13に示す。

OC濃度は、地点間で濃度変動が類似しており、春季後半（5月17～19日）と秋季の10月22日に濃度が $6.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越える地点があった。10月22日は堺で $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ と全期間で最大となり、地点間による最大濃度差も $6.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きかった（最小は吹田 $3.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

OEC濃度は、地点間で濃度変動が類似しており、夏季を除いて濃度が上昇する日が各季節中で数日みられた。一方で、夏季はほとんどの地点で $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と大きな濃度変動がみられなかった。大阪市（自排）・東大阪市（自排）では他の地点より濃度が高くなる日があり、自動車排ガスの影響が考えられた。一般局である堺においても秋季に他の地点より濃度が高い傾向にあった。OC濃度と同様に、秋季で最も高い濃度（ $3.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）となったのは10月22日で、この値は一年をとおして最も高かった。

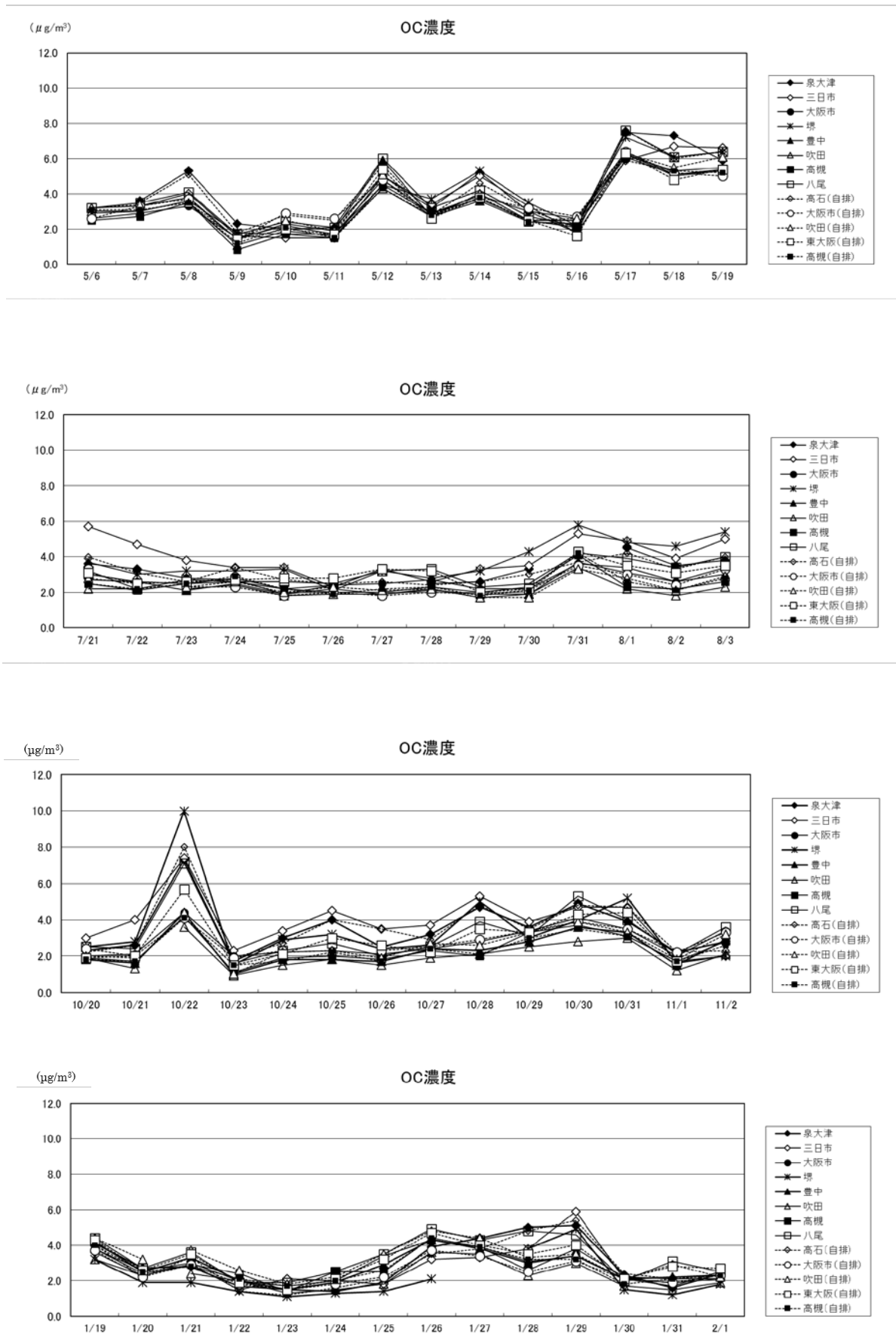


図 13 (1) 炭素成分濃度の季節別経日変化

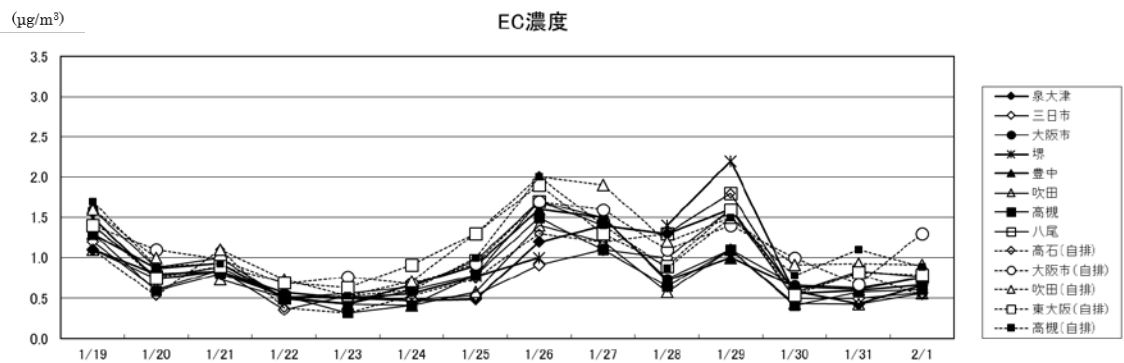
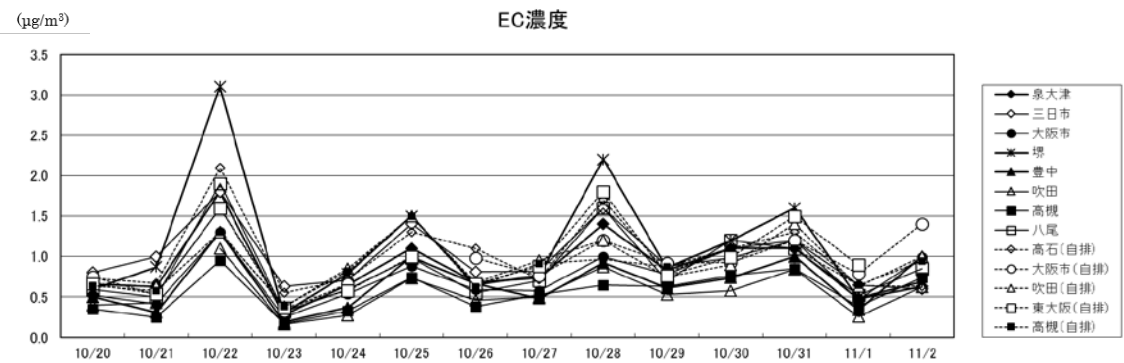
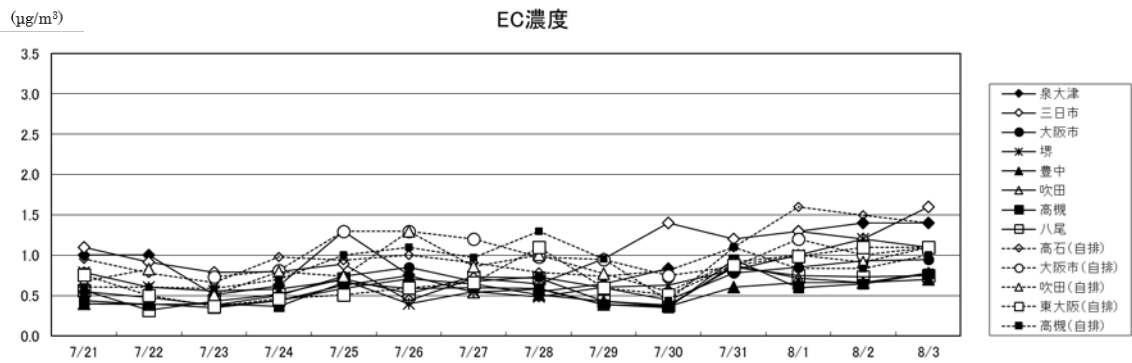
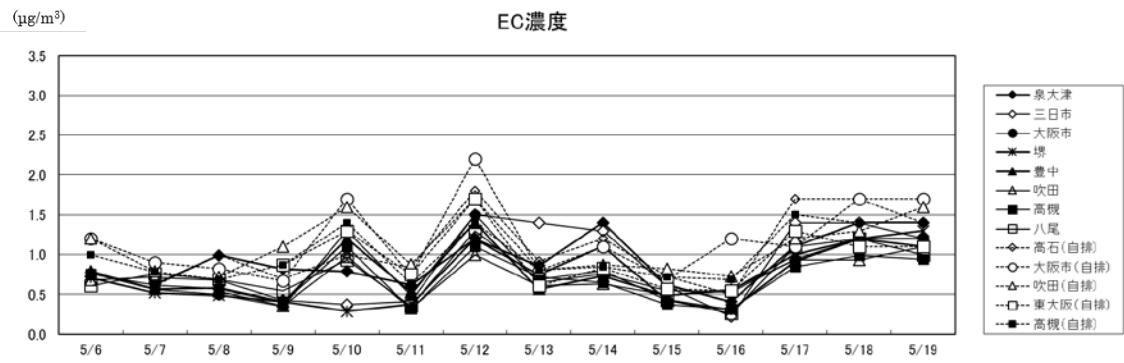


図 13 (2) 炭素成分濃度の季節別経日変化

b イオン成分

PM_{2.5}中のイオン成分濃度の季節別経日変化を図14に示す。

OCl⁻濃度は、多くの地点で冬季に高い傾向にあり、1月29日に泉大津、高石（自排）、堺、大阪市で1.0μg/m³を超えた。大阪市（自排）や東大阪（自排）においても冬季は濃度が比較的高めの日が多かった。

ON₃⁻濃度は、地点間で濃度変動が類似していた。冬季に濃度が上昇する日（1月26日と1月29日）があり、平成23～27年度の調査結果と同様、濃度が上昇すると地点間での濃度差が大きくなる傾向にあった。1月29日に泉大津で年間最大値（8.7μg/m³）となった。

OS₄²⁻濃度は、地点間で濃度変動が類似しており、春季初めと中盤（5月7日と5月13～15日）と夏季の終盤（8月1～3日）、冬季初め（1月19～20日）に5.0μg/m³を超えた。秋季は低濃度であったが、期間の初めに濃度が比較的高かった。8月3日に年間最大値（高石（自排）：9.5μg/m³）を示した。

ONH₄⁺濃度は、冬季以外の多くの地点でS₄²⁻濃度と非常に類似した変動を示し、また、冬季においてNO₃⁻の濃度変動と類似していた。春季と夏季はS₄²⁻と同期間に濃度が上昇し、一方で冬季においてはNO₃⁻と同様に1月29日多くの地点で高濃度を示し、泉大津で年間最大値（4.6μg/m³）となった。

ONa⁺, K⁺, Mg²⁺及びCa²⁺濃度は、地点間の濃度変動が異なることがあった。Na⁺濃度は5月15日（大阪市（自排）：0.37μg/m³）に年間最大値を示した。

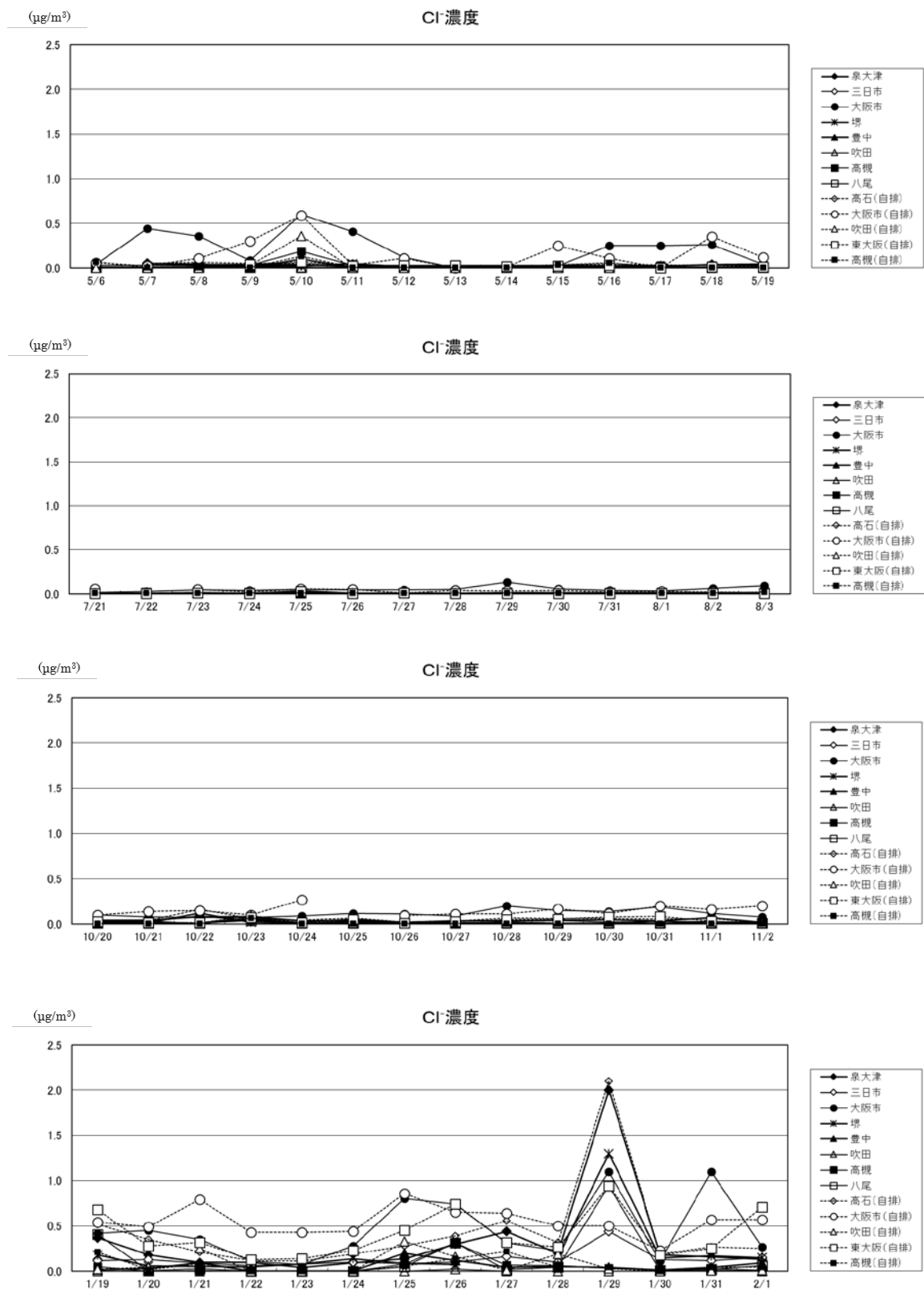


図 14 (1) イオン成分濃度の季節別経日変化

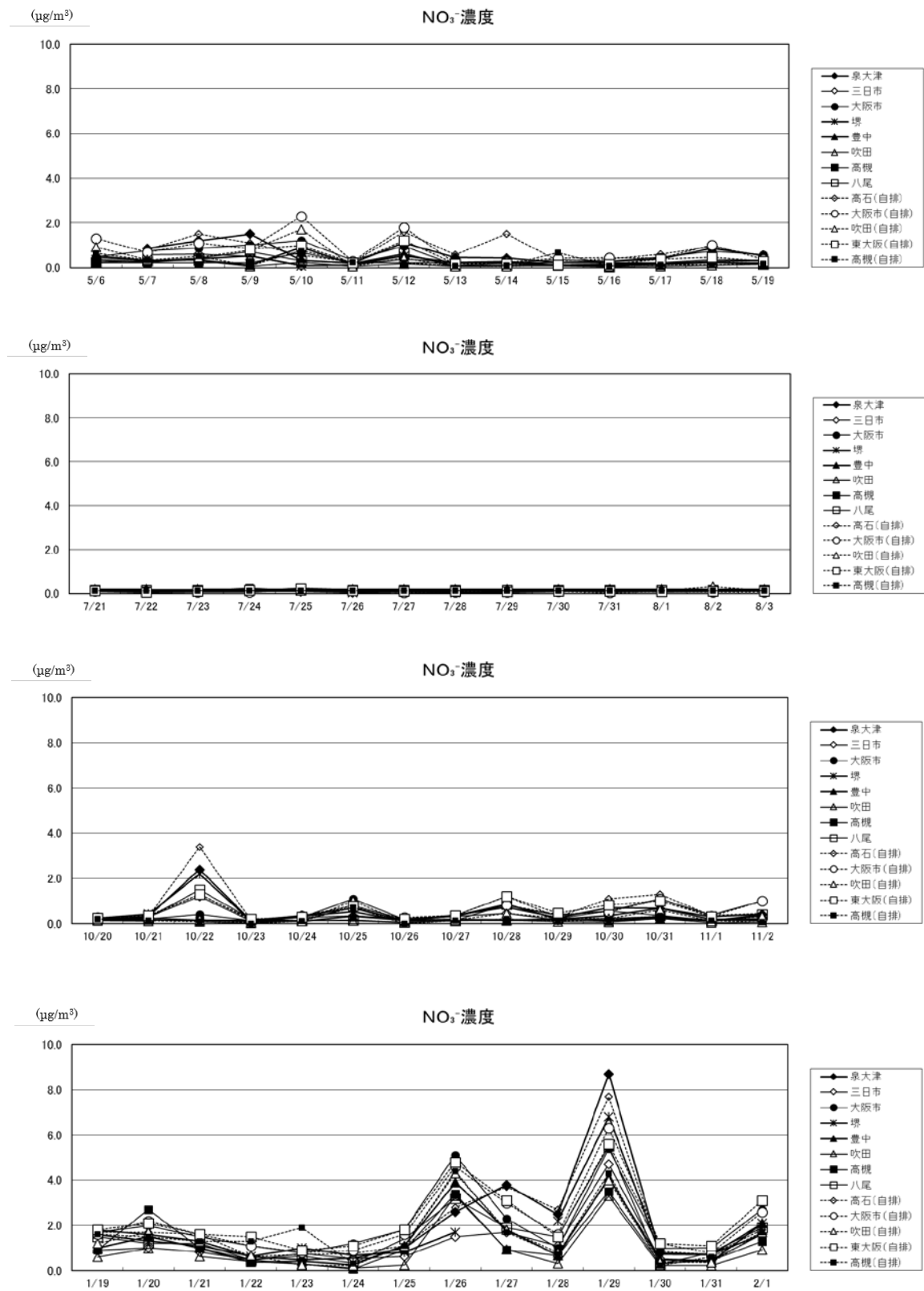


図 14 (2) イオン成分濃度の季節別経日変化

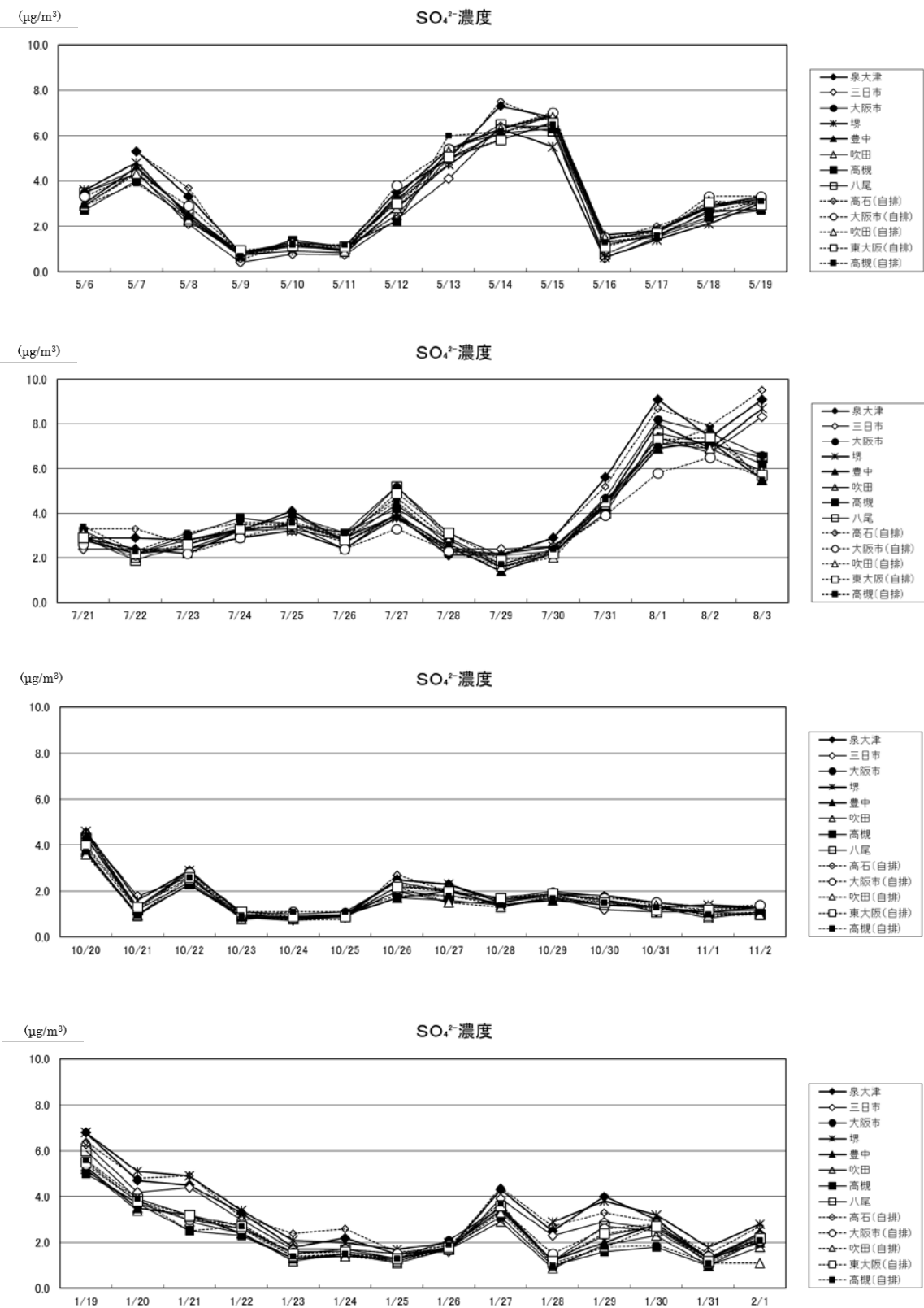


図 14 (3) イオン成分濃度の季節別経日変化

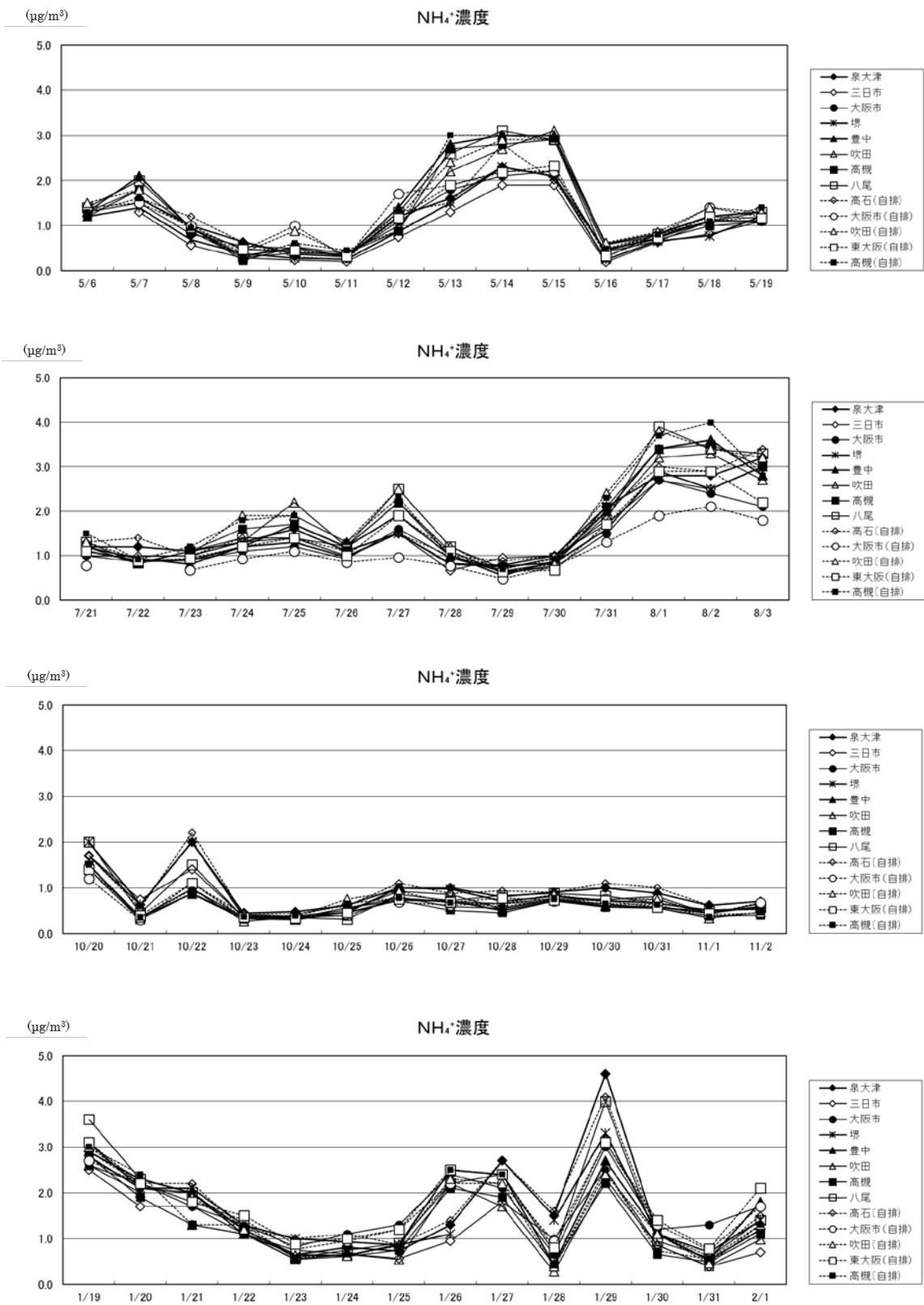


図 14 (4) イオン成分濃度の季節別経日変化

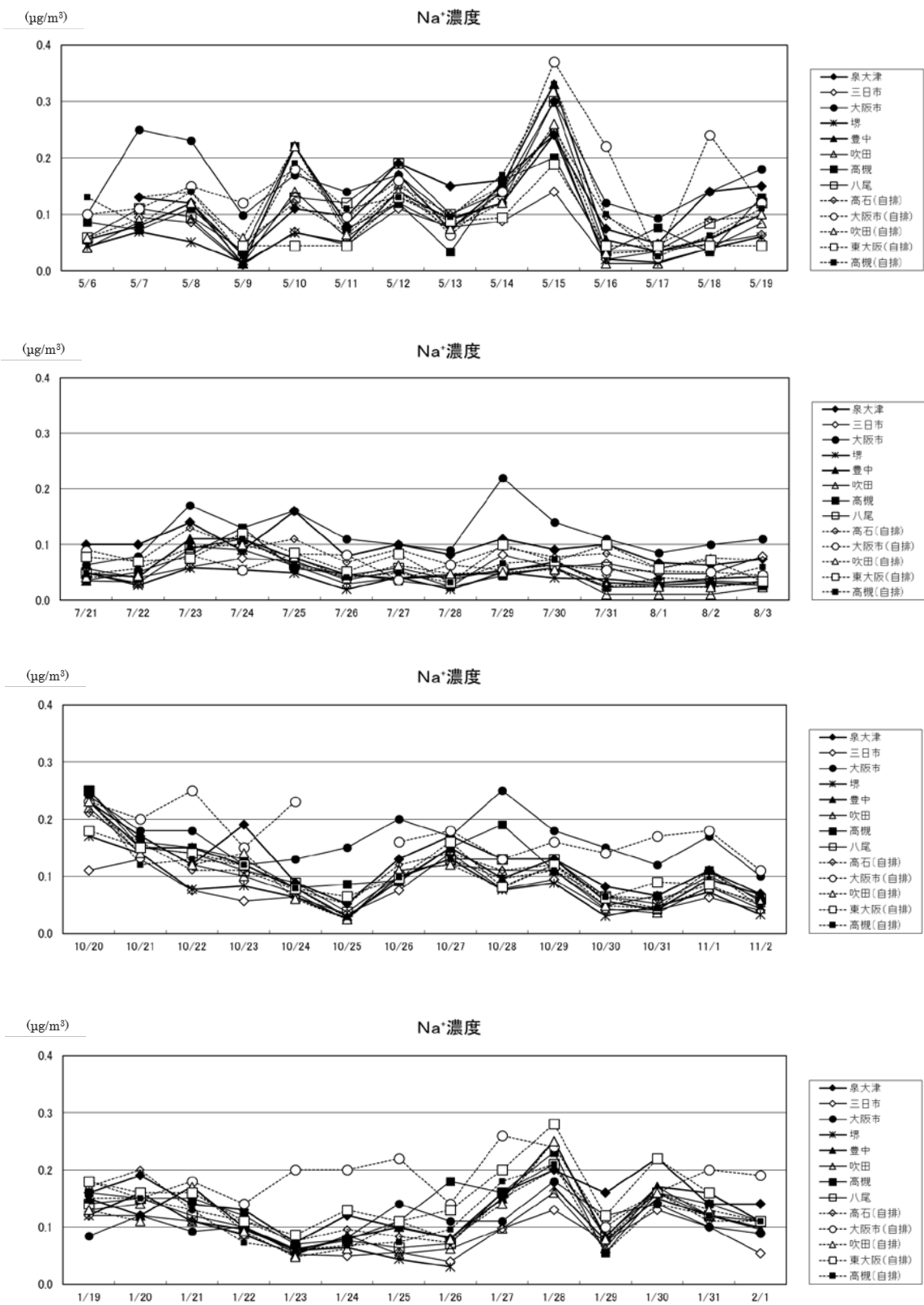


図 14 (5) イオン成分濃度の季節別経日変化

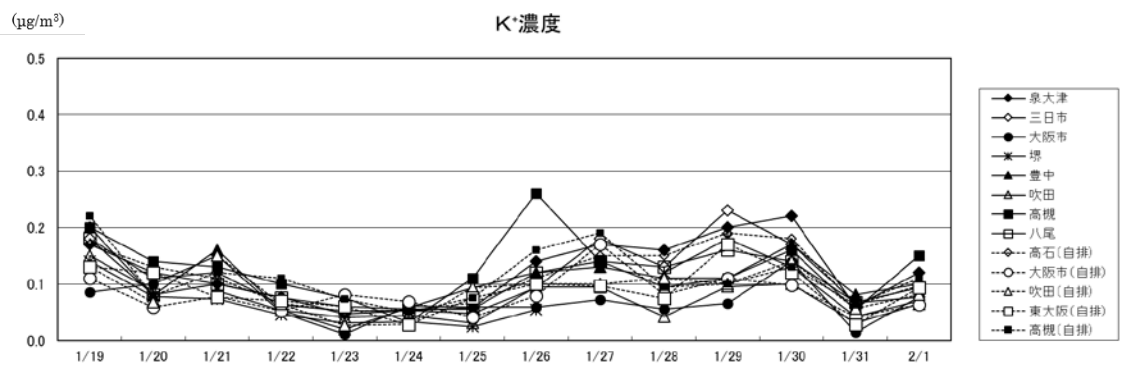
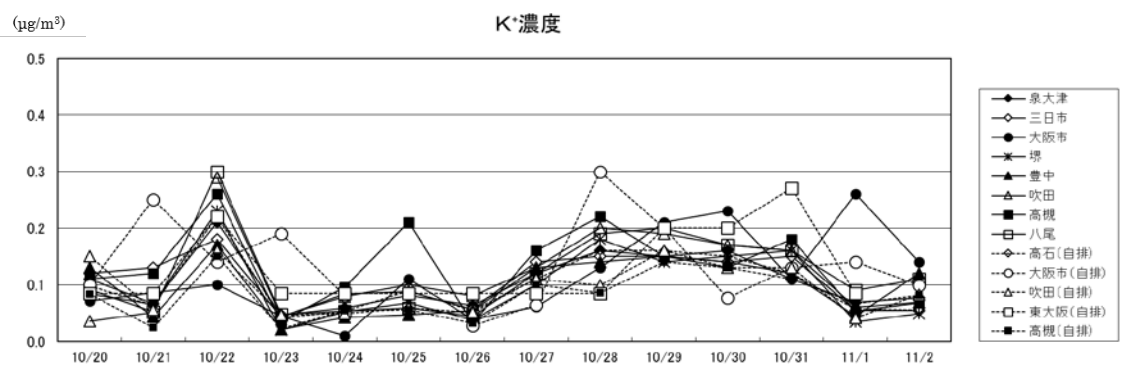
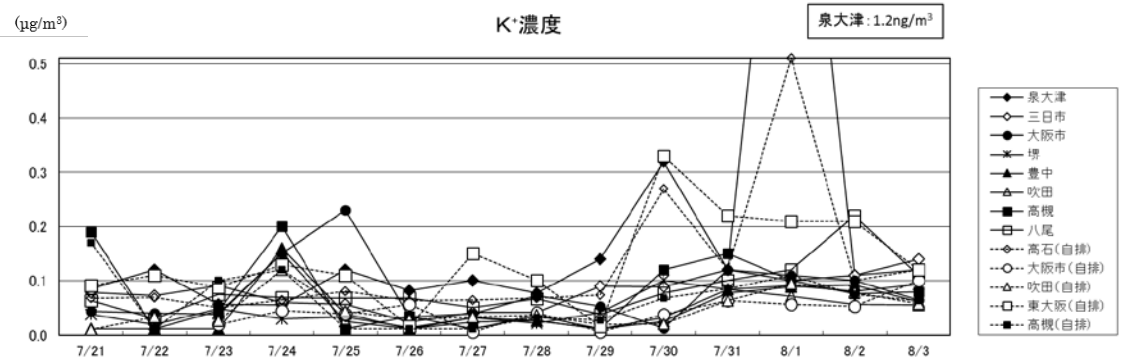
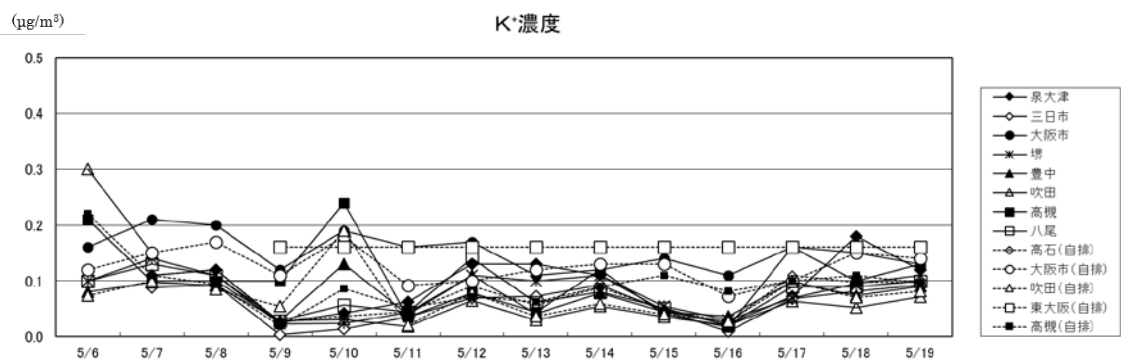


図 14 (6) イオン成分濃度の季節別経日変化

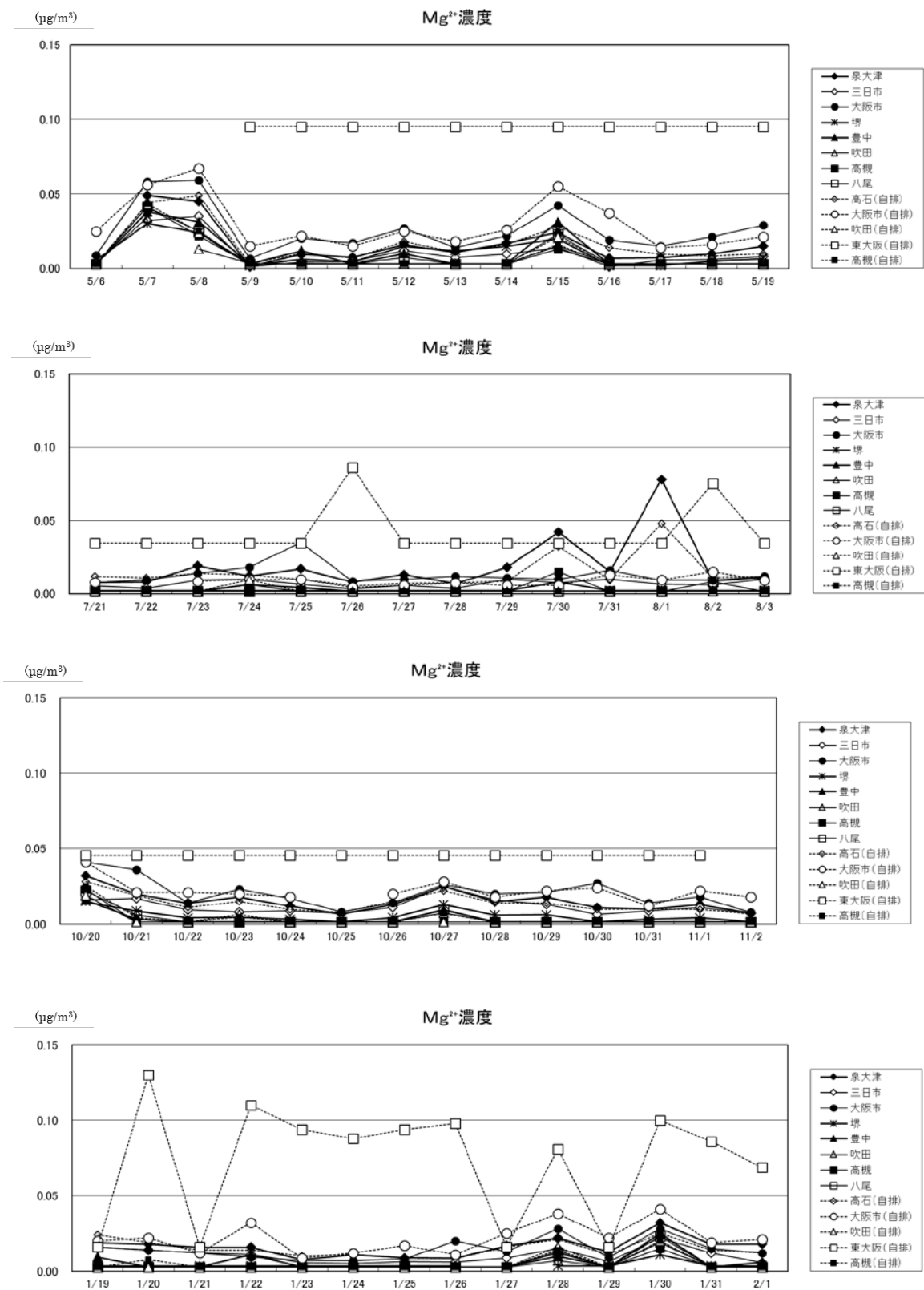


図 14 (7) イオン成分濃度の季節別経日変化

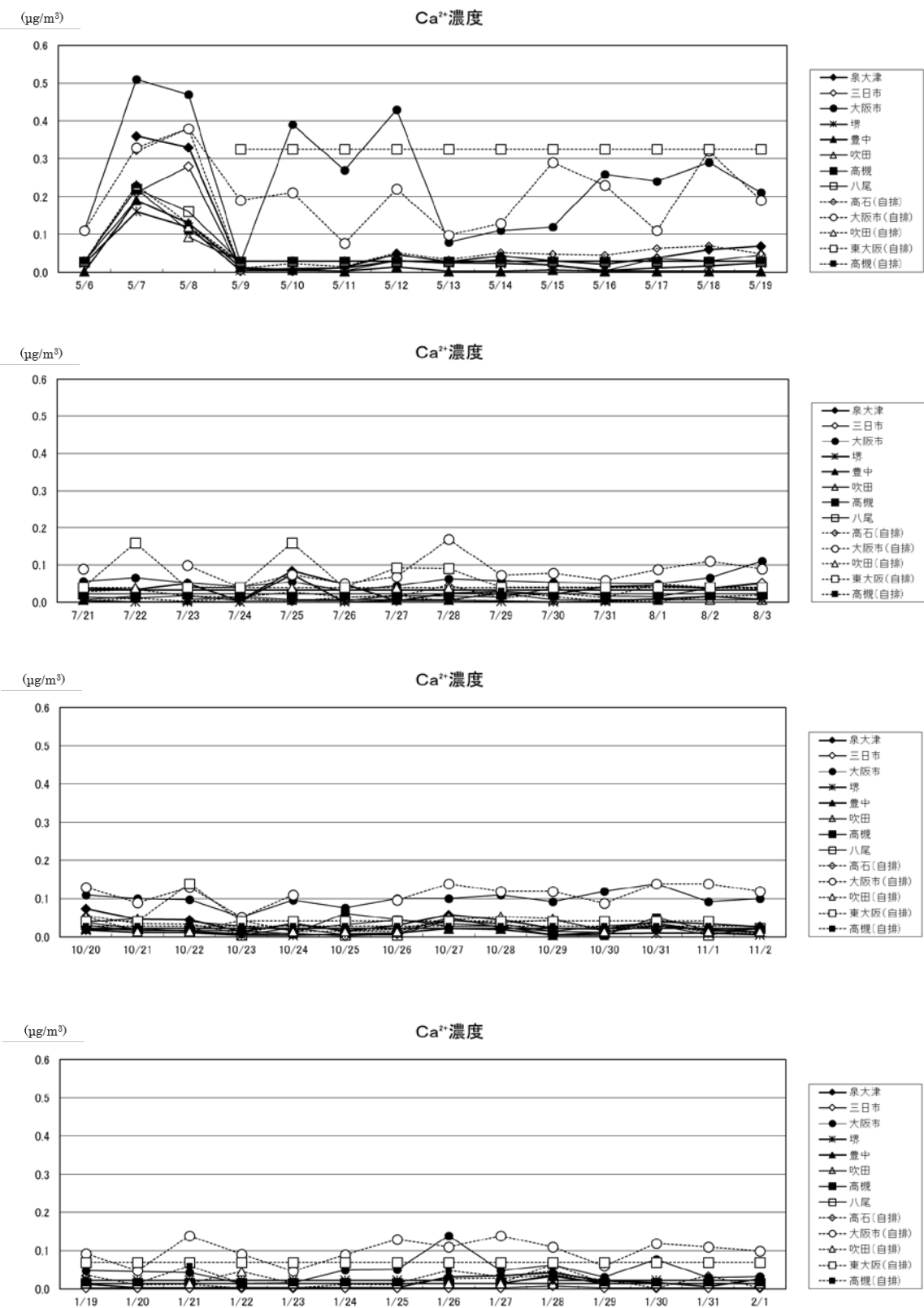


図 14 (8) イオン成分濃度の季節別経日変化

c 無機元素成分

PM_{2.5}中の無機元素成分濃度の季節別経日変化を図 15 に示す。なお、項目は3.(3)②のとおりである。図 16 として春季の Si 濃度の経日変化を、図 17 として一般局と自排局の Ni 濃度と V 濃度の相関図を示す。

○Al 及び Ti、Rb、Fe、Si は、春季の初め（5 月 7～8 日）に高濃度となる日があった。

○重油燃焼の指標成分である V 濃度は、春季と夏季に高い傾向であった。泉大津と高石（自排）においては 1 年を通して他地点より濃度が高い日が多かった。豊中・吹田・高槻（一般・自排）、大阪府中部の八尾では V/Ni 比がほぼ一定で、同じ重油燃焼発生源の影響を受けていると考えられる。その他 7 地点と堺の Ni 濃度が 30 μg/m³以下の日においては、Ni 濃度が高く V/Ni 比が小さくなる日があり、複数の発生源（たとえば重油燃焼とそれ以外）の影響を受けている可能性が示唆された。

○K 及び Rb 濃度は、地点間で濃度変動が類似していた。K は夏季には 8 月 1 日に泉大津、Rb が春季初め 5 月 7～8 日に泉大津及び高石（自排）、大阪市、大阪市（自排）、堺で濃度が上昇した。

○Cr 及び Zn は地点や季節によっては濃度変動が異なっており、地点近傍の発生源の影響を受けている可能性が示唆された。

○Sb はブレーキ粉塵、廃棄物焼却の指標成分とされている。春季には豊中、夏季に泉大津、秋季に高槻及び高槻（自排）で突発的に高濃度がみられ、特定の発生源の影響が考えられた。

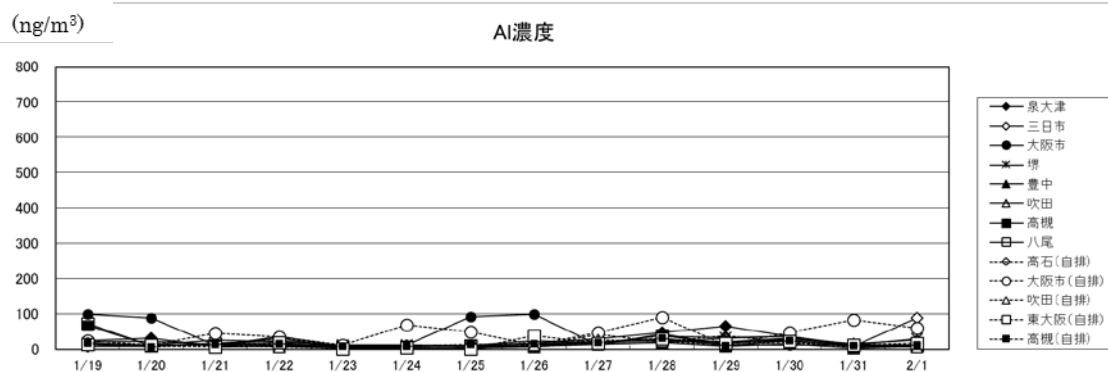
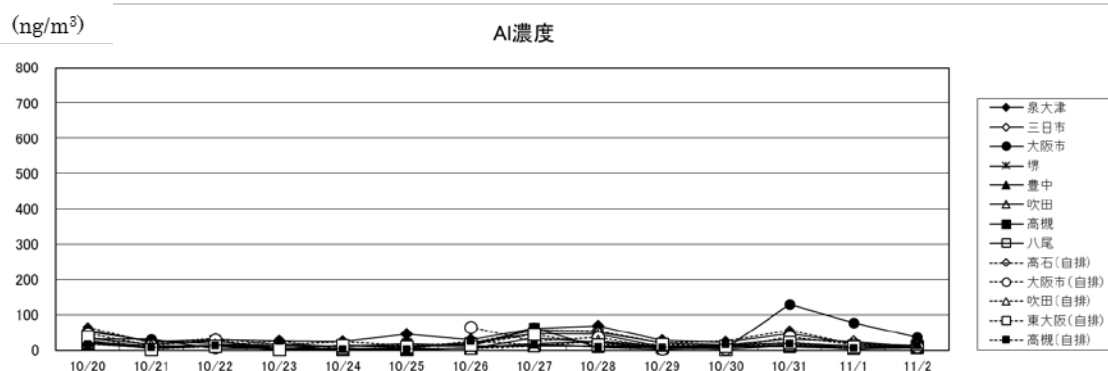
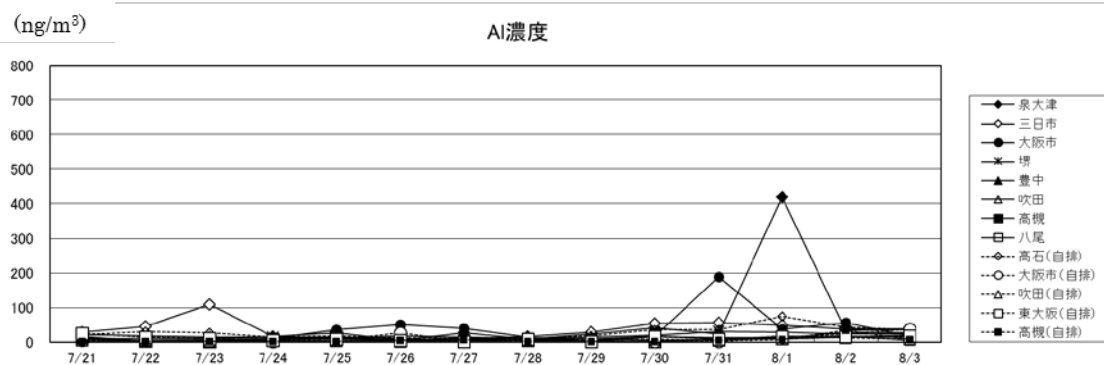
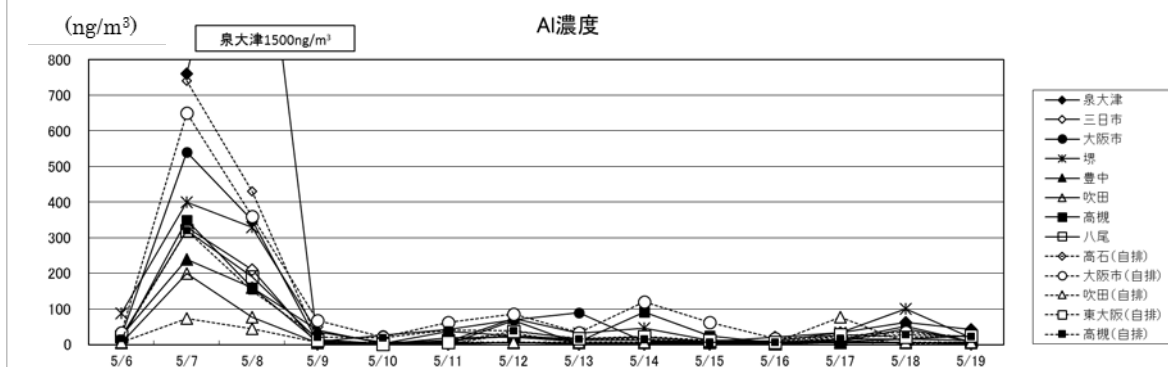


図 15 (1) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

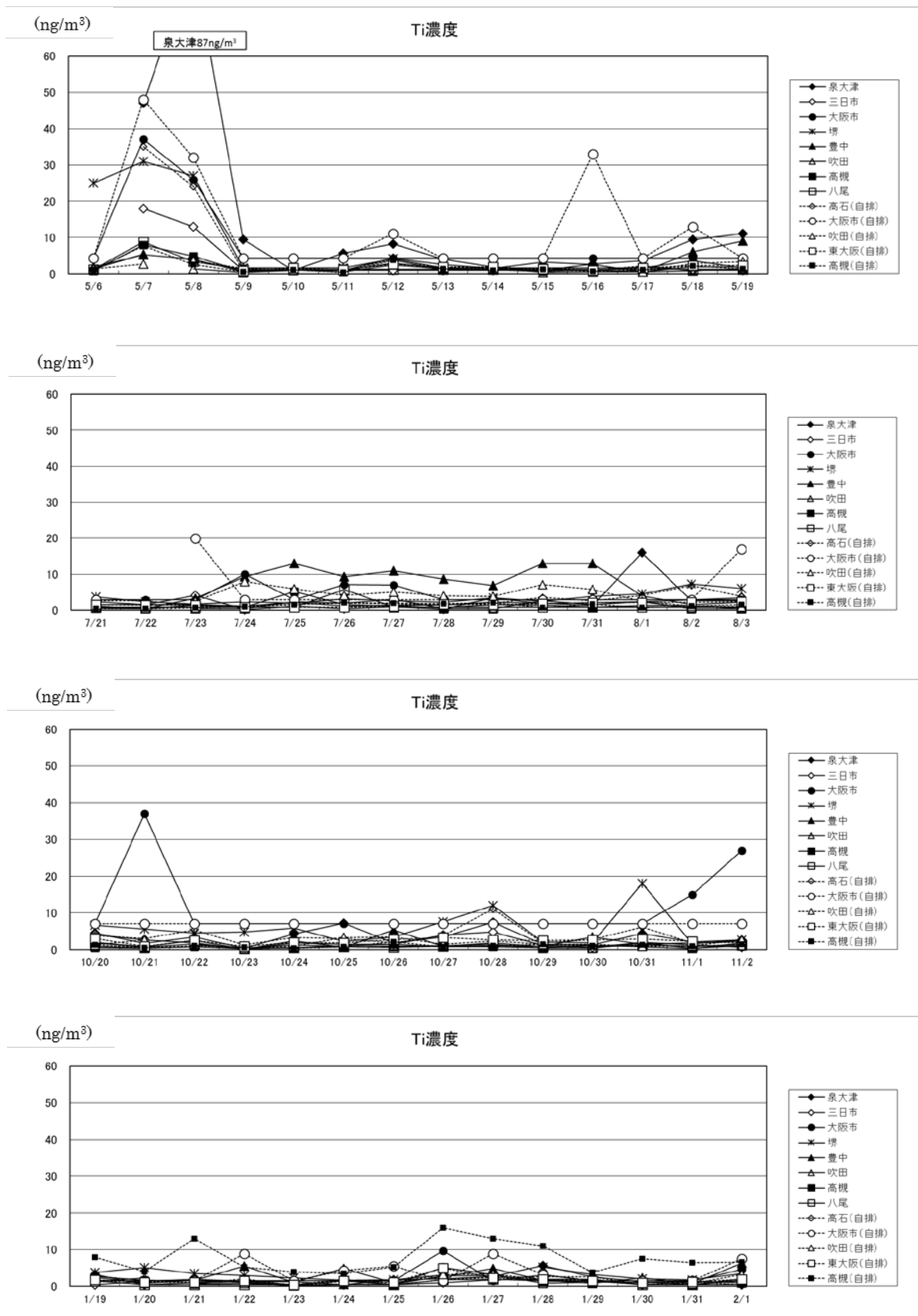


図 15 (2) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

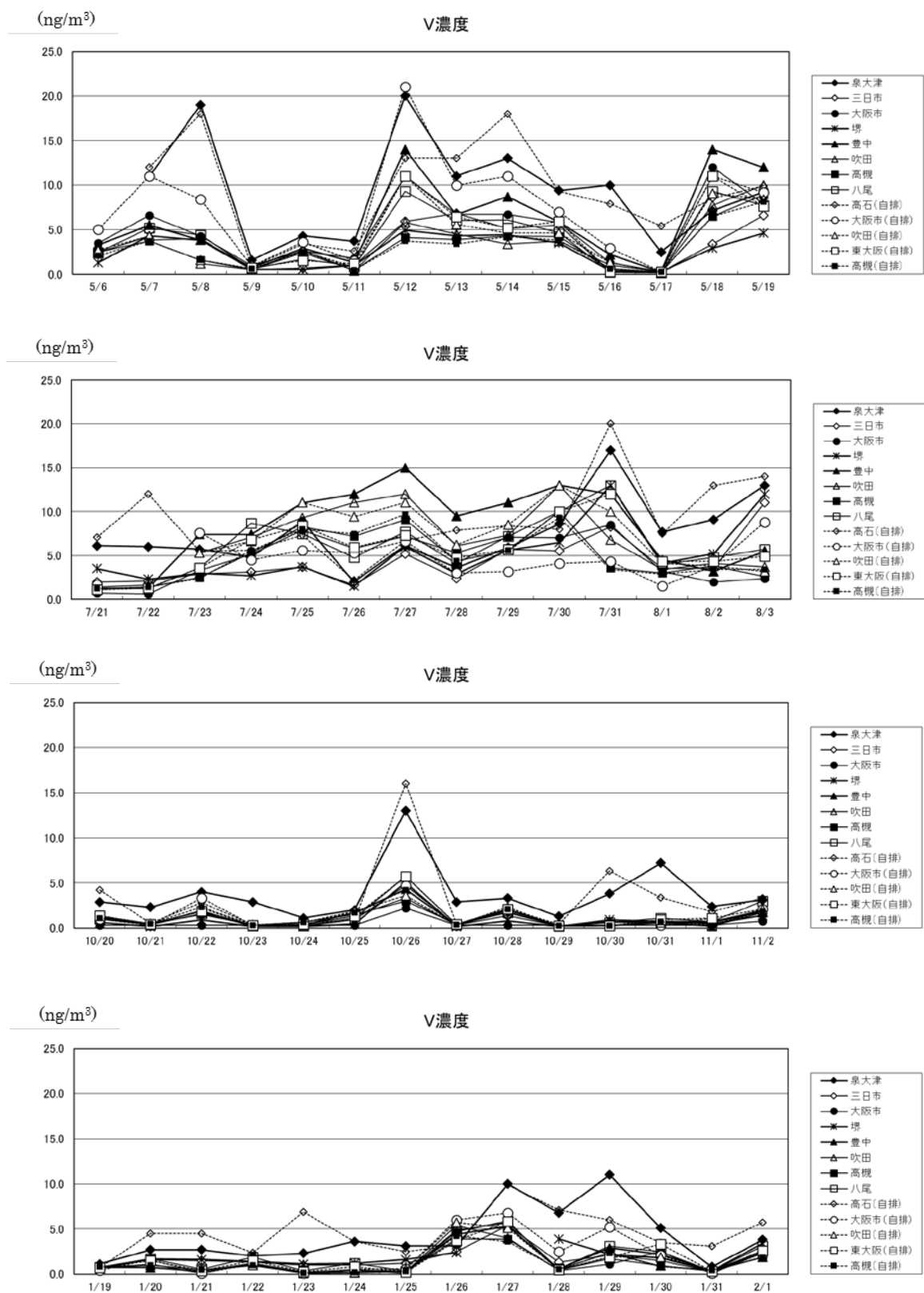


図 15 (3) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

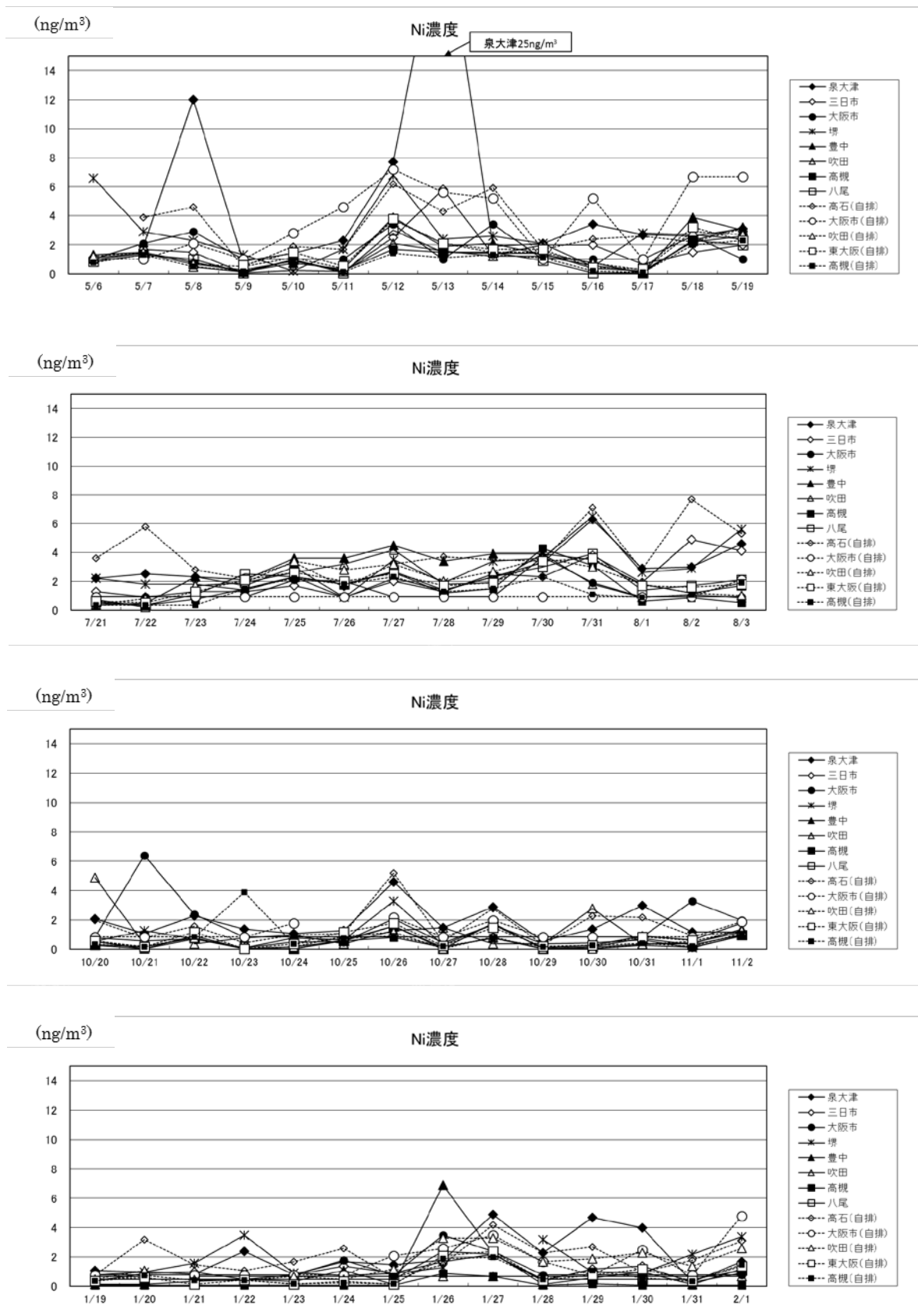


図 15 (4) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

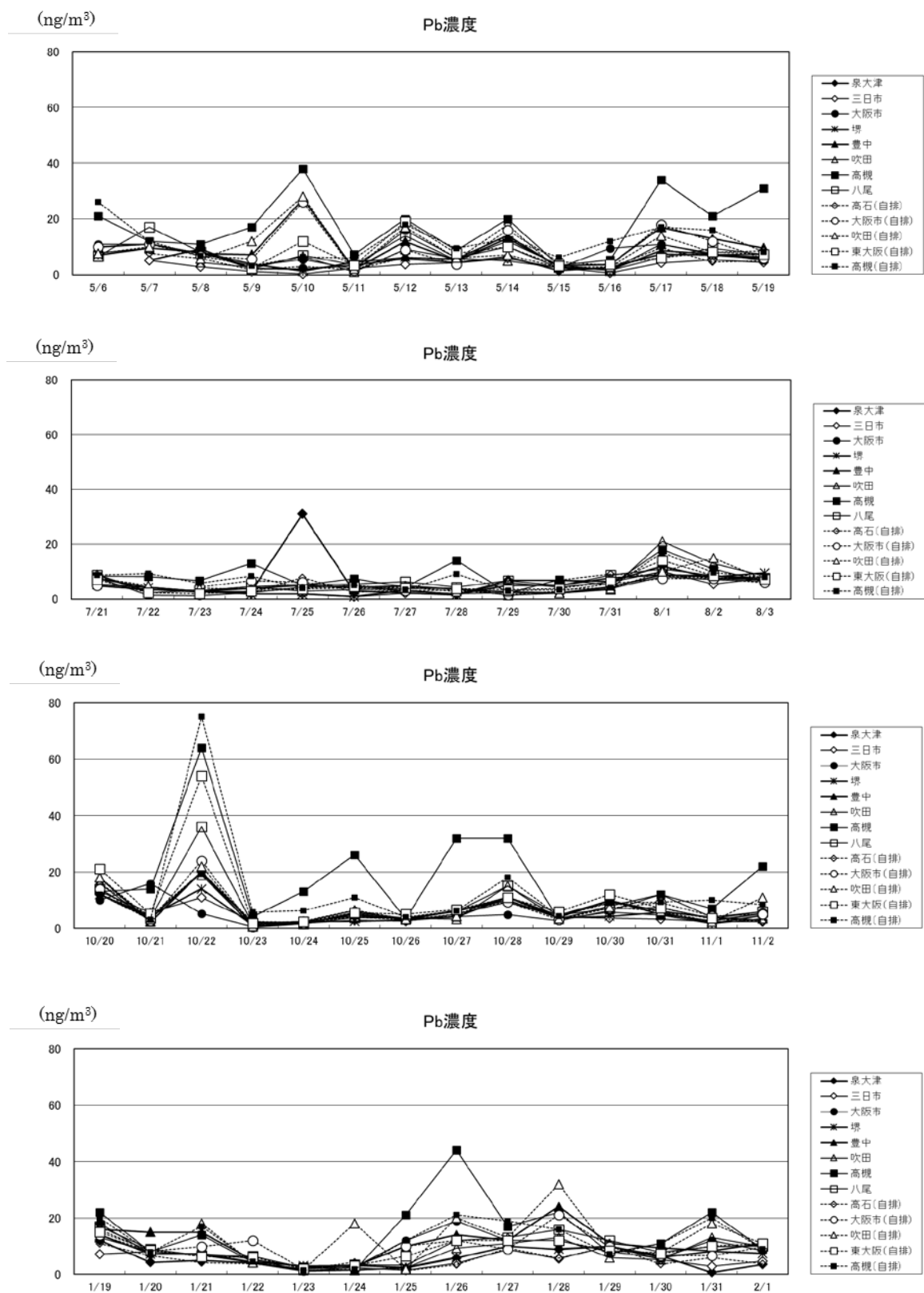


図 15 (5) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

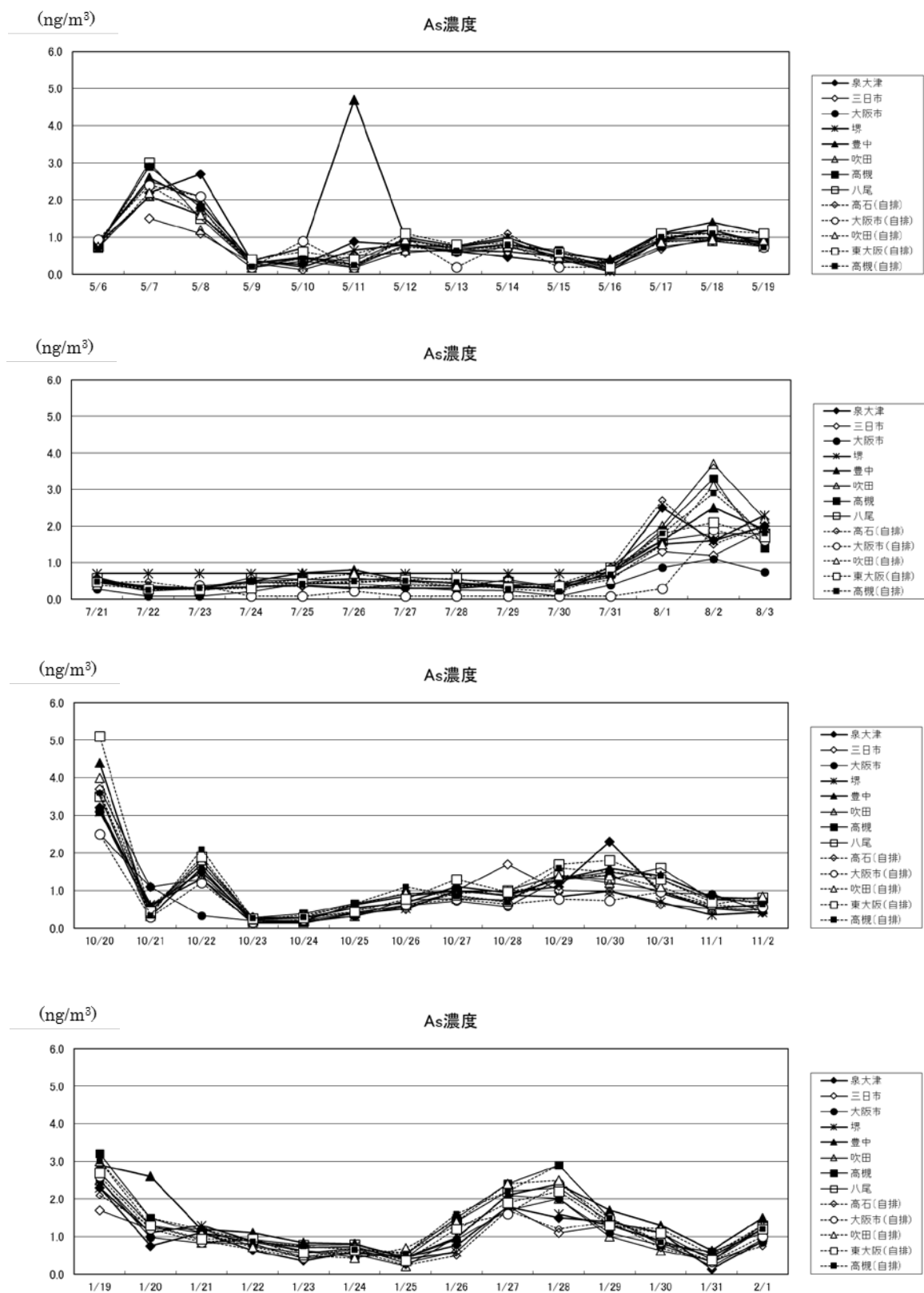


図 15 (6) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

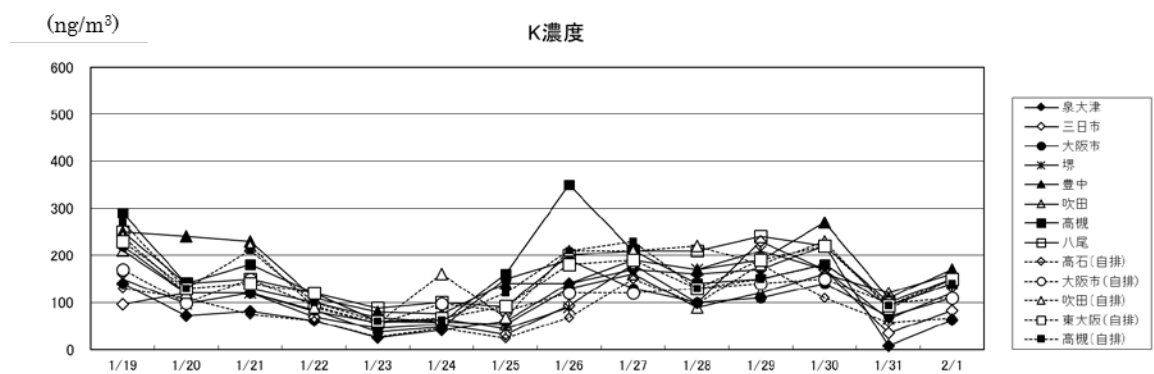
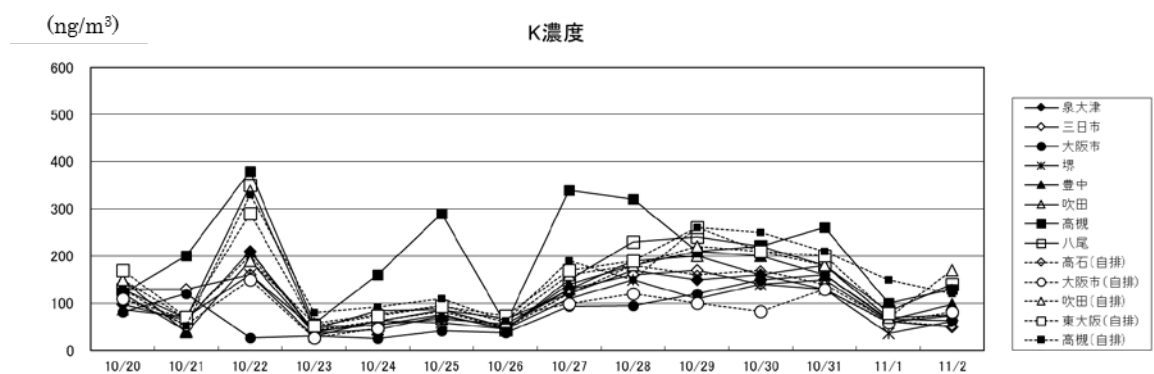
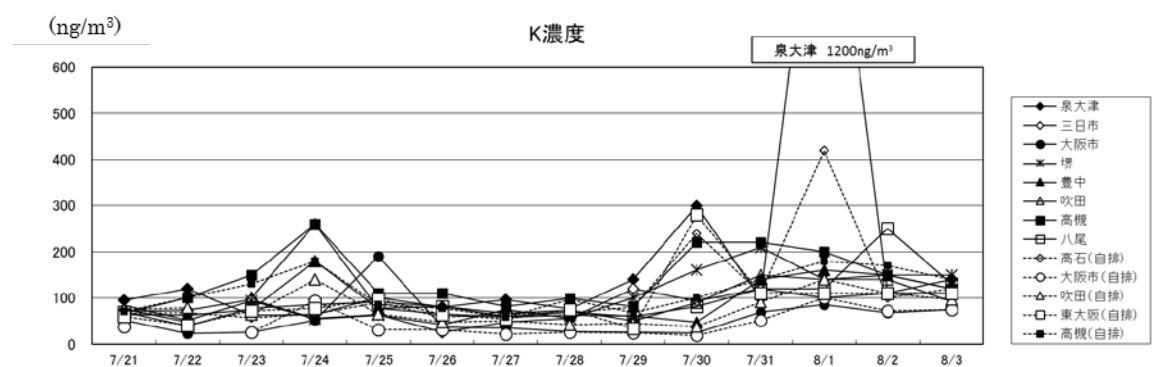
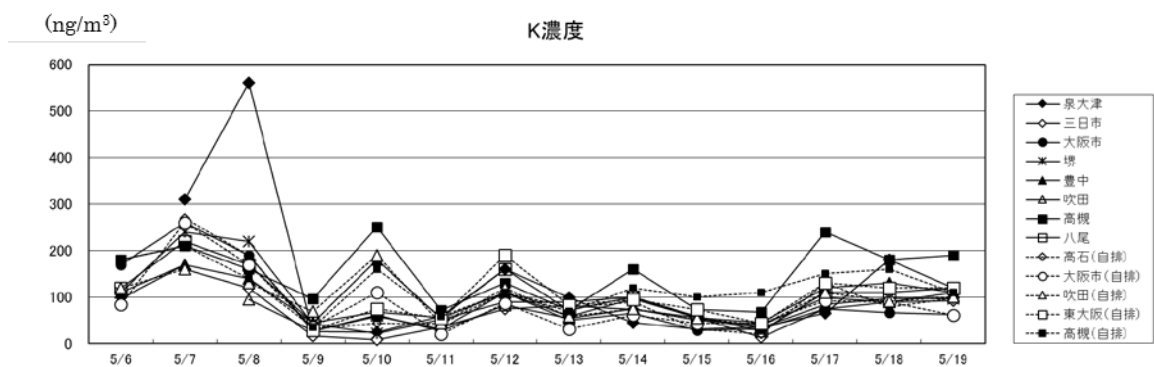


図 15 (7) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

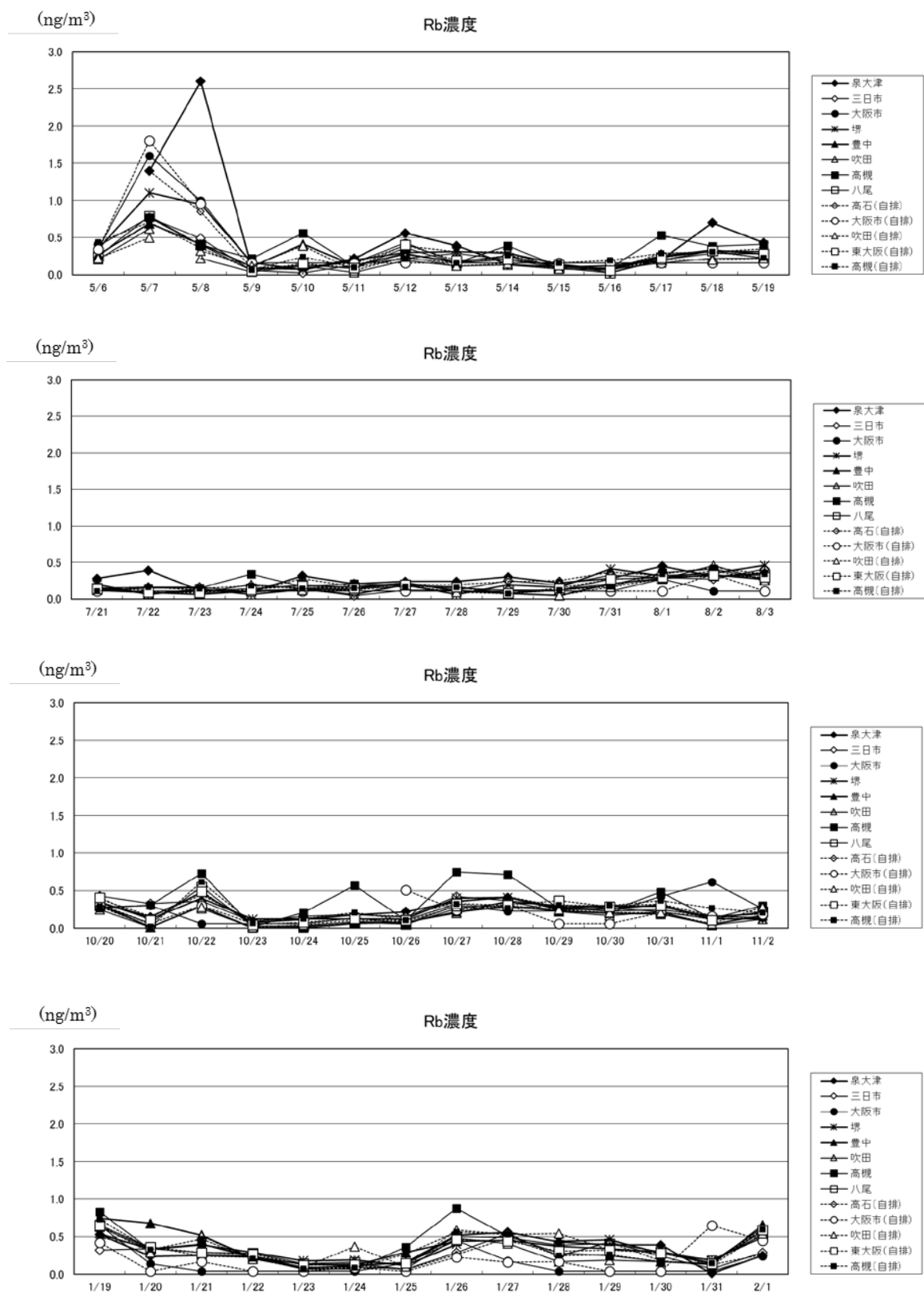


図 15 (8) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

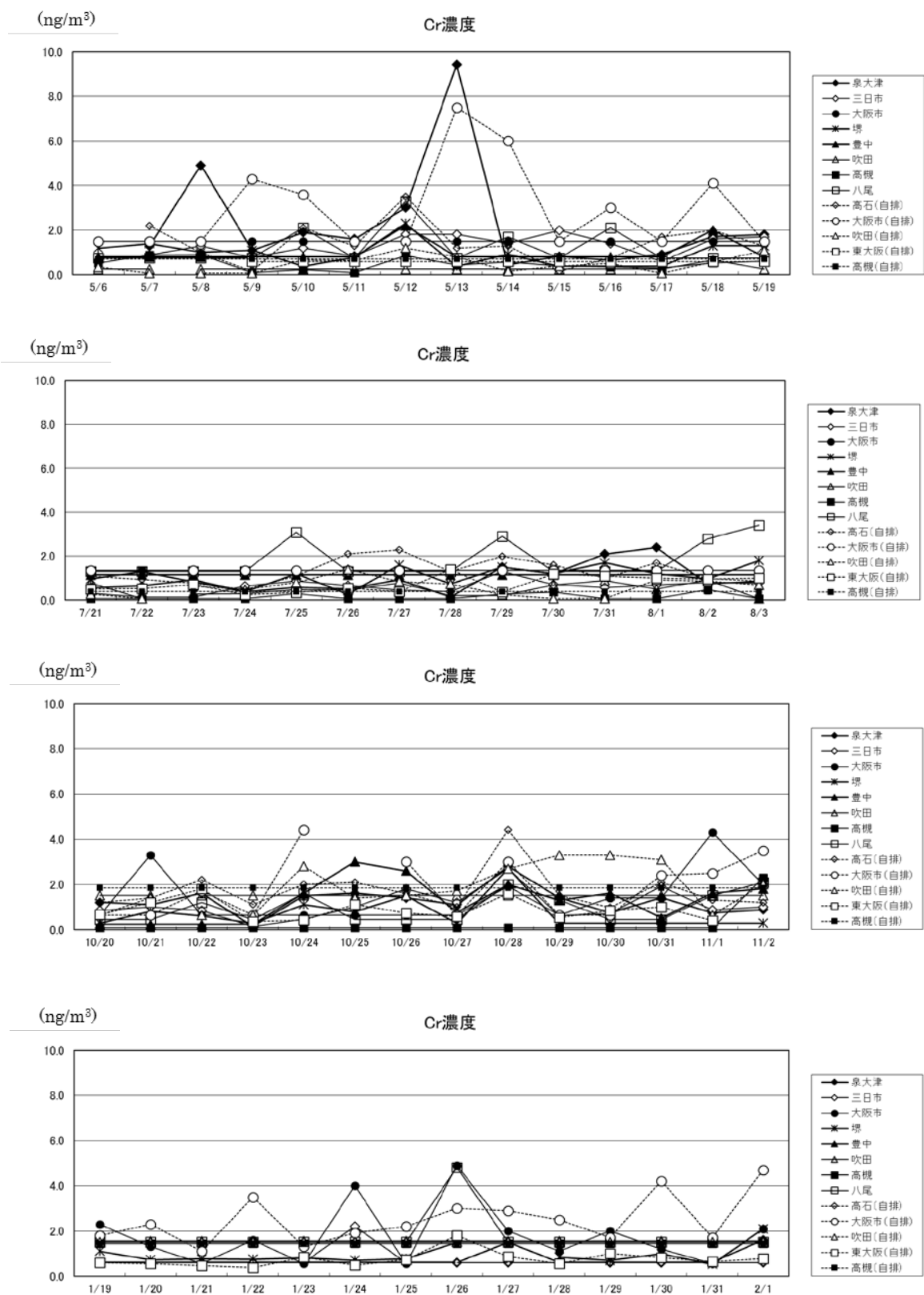


図 15 (9) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

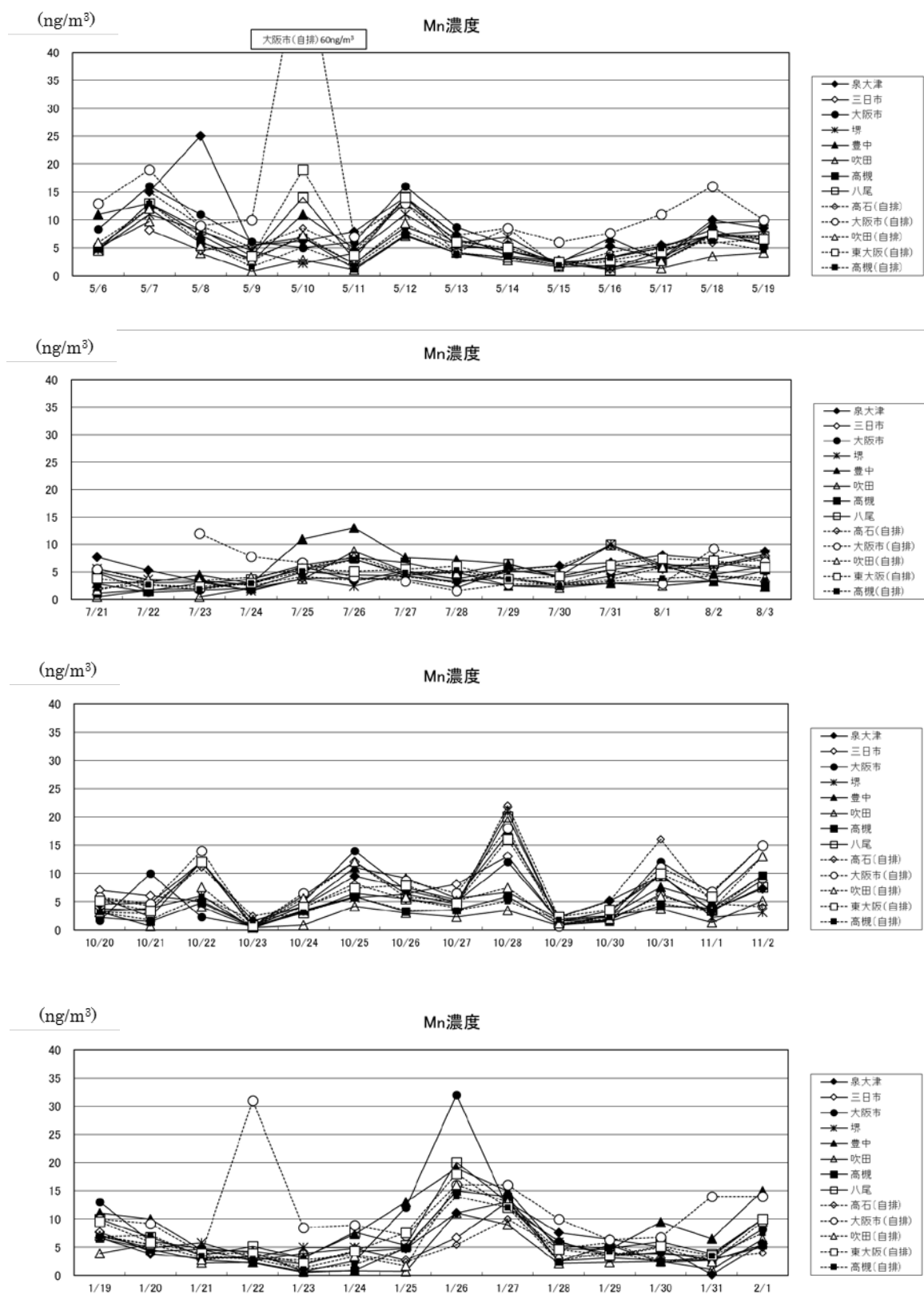


図 15 (10) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

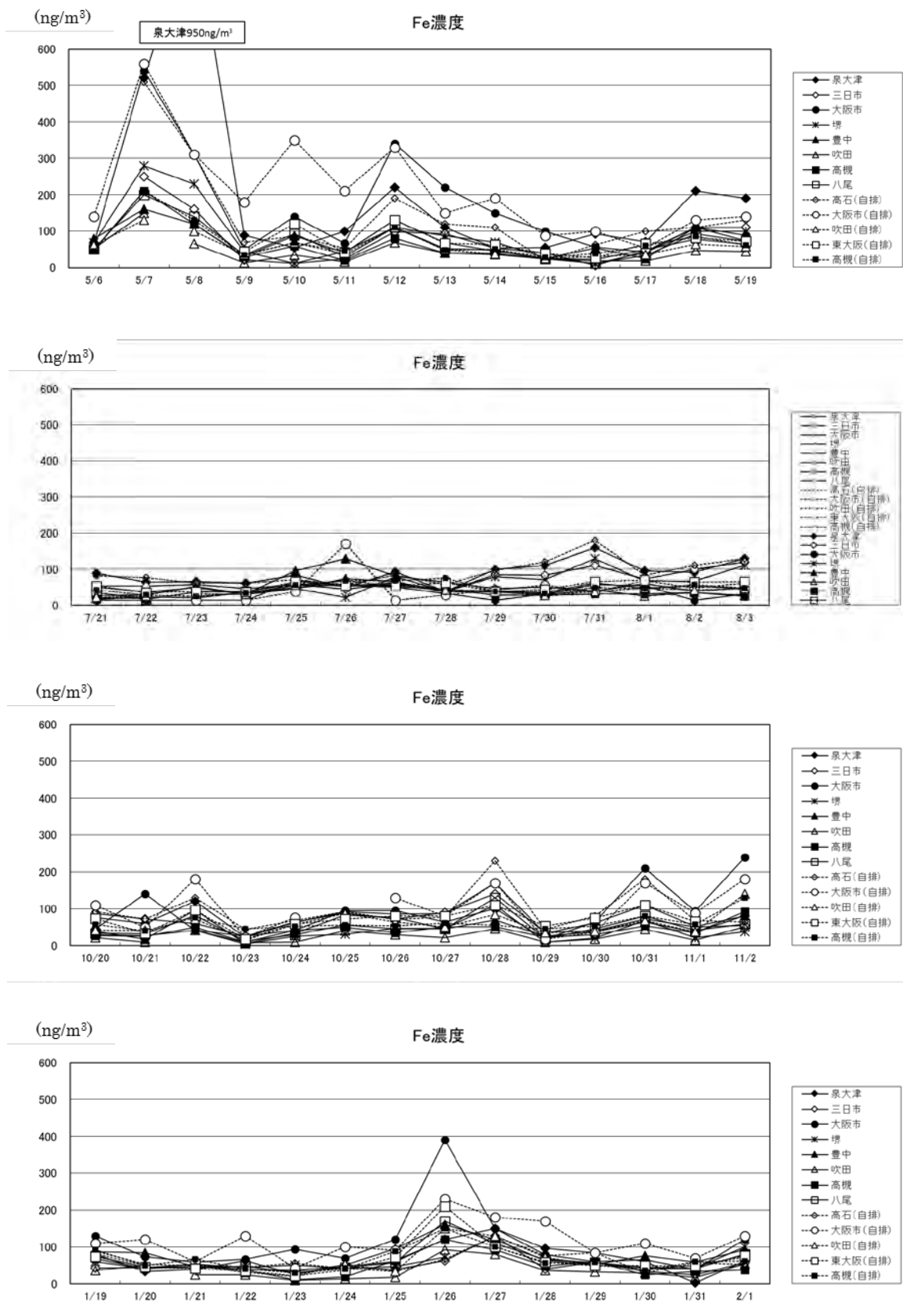


図 15 (11) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

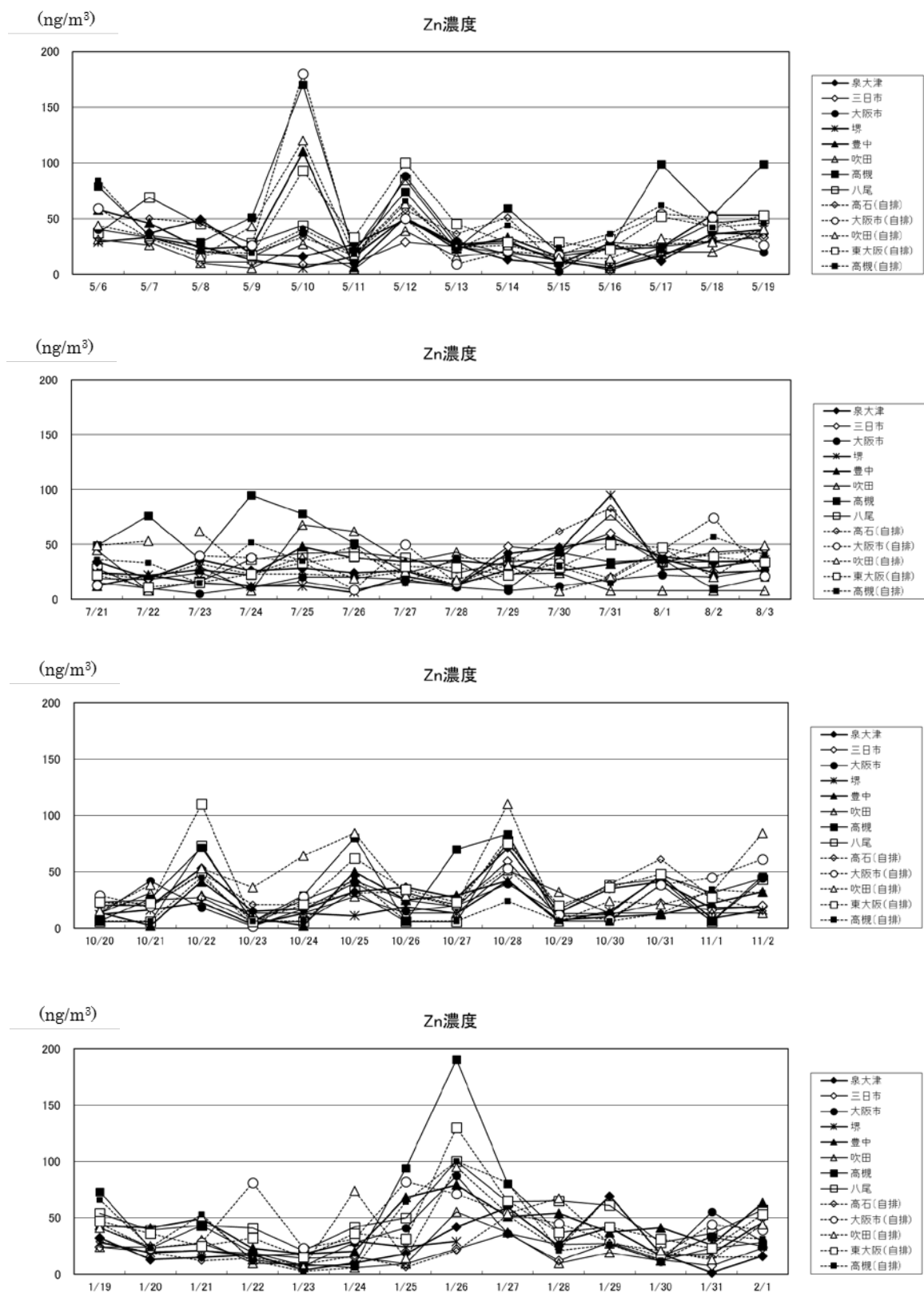


図 15 (12) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

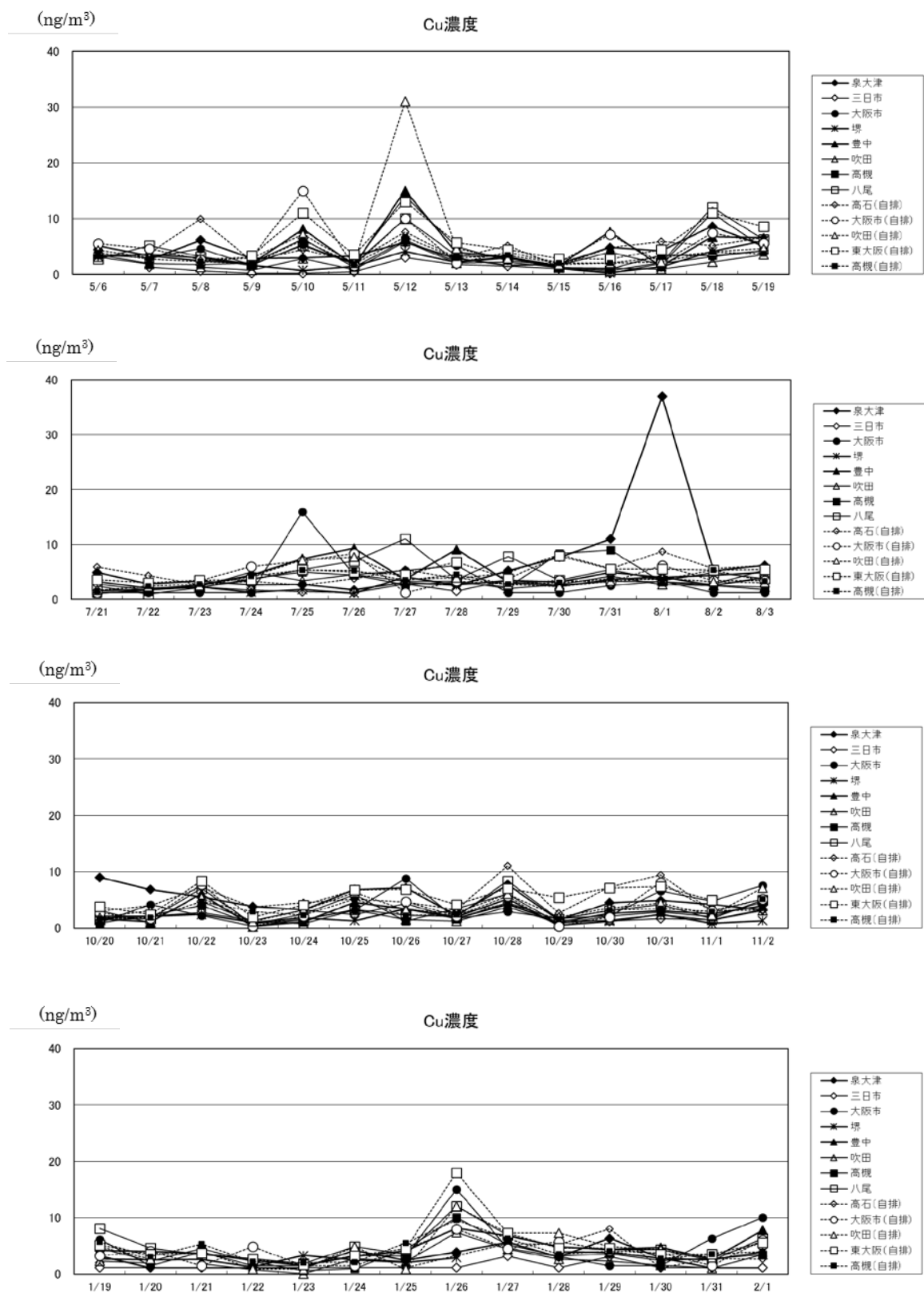


図 15 (13) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

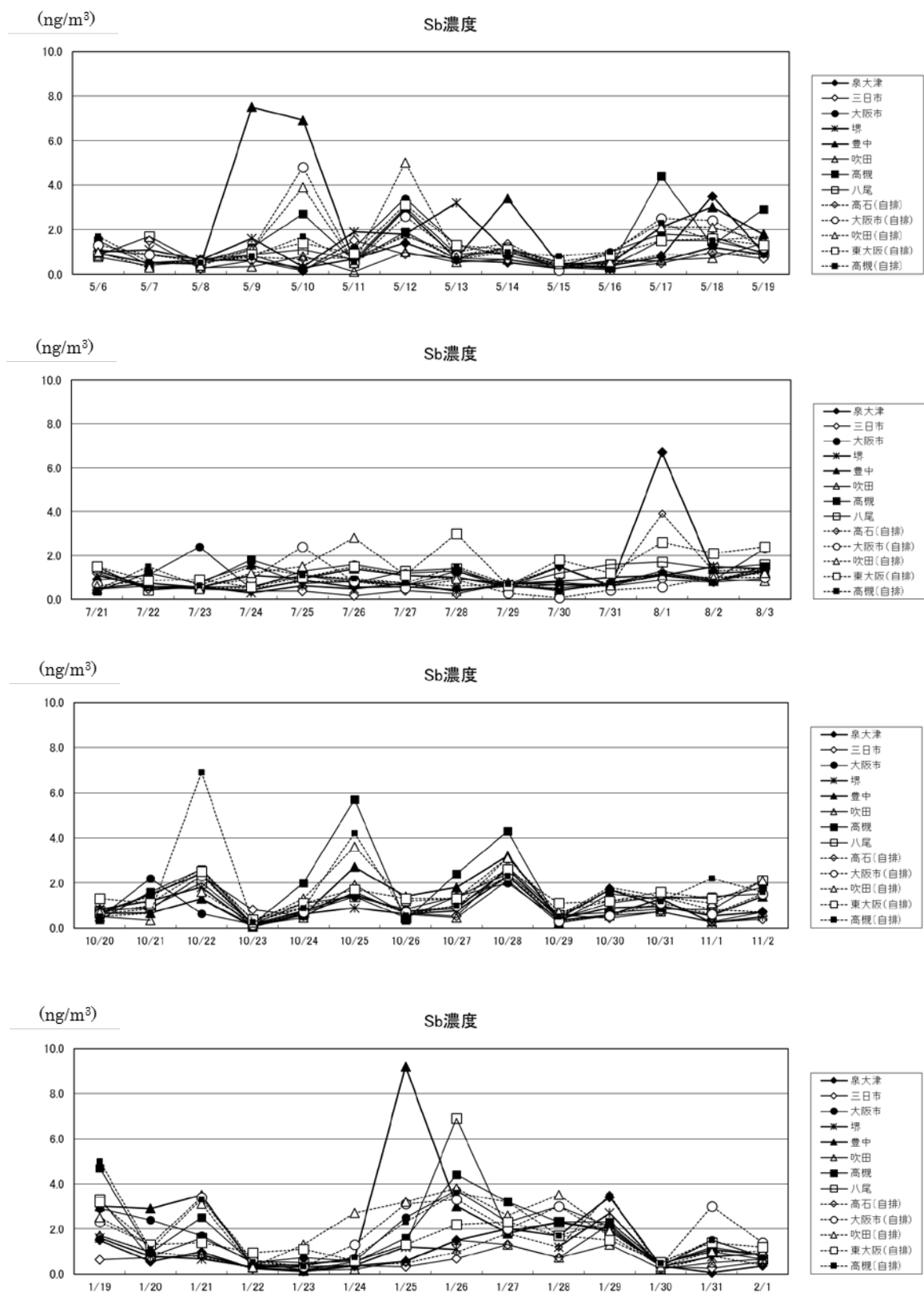


図 15 (14) 無機元素成分濃度の季節別経日変化

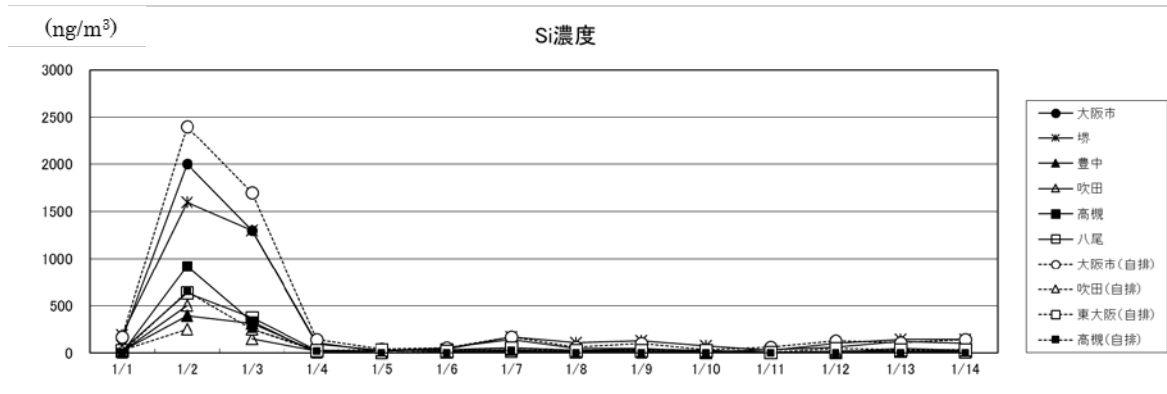


図 16 Si 濃度の経日変化（春季）

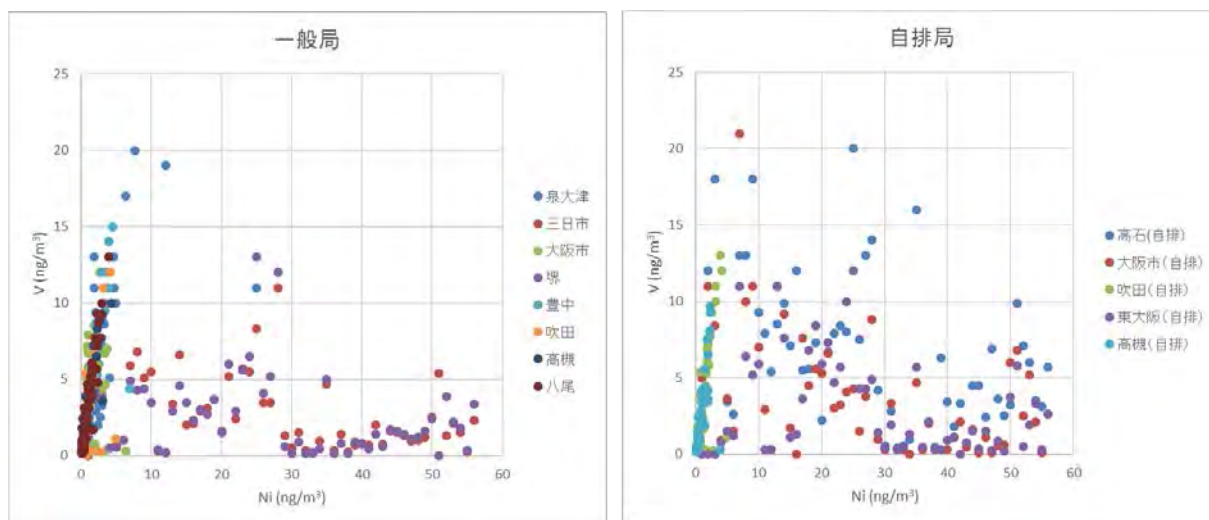


図 17 Ni 濃度と V 濃度の相関図

④ その他の成分

泉大津、高石（自排）及び三日市の3地点では、ガイドライン項目以外の成分として有機酸（マロン酸、リンゴ酸、コハク酸、シュウ酸）及びレボグルコサンを分析した。

a 水溶性有機成分

水溶性の有機成分には、光化学反応によって二次生成するものや植物質の燃焼により生成するものなどが含まれている。二次生成有機粒子(SOA)にはジカルボン酸が多いことからシュウ酸イオン($C_2O_4^{2-}$)を、植物質燃焼起源の一次排出有機粒子(POA)はレボグルコサンを指標とし、水溶性有機炭素に対しどちらの影響が大きいかを確認した。即ち、マロン酸(C3)・リンゴ酸(C4)・コハク酸(C4)・シュウ酸(C2)などの低級ジカルボン酸は、水溶性有機成分のなかでも存在量の多い重要な成分であり、主として光化学反応によって二次的に生成する成分である¹⁾。レボグルコサンはセルロースの熱分解によって生成する。木材や稲藁などのバイオマスの燃焼粒子中に高い含有率で存在することからバイオマス燃焼の有機トレーサーとして用いられる²⁾。

$C_2O_4^{2-}$ 及びレボグルコサン濃度の季節平均値を図18に、経日変化を図19、20に示す。 $C_2O_4^{2-}$ 濃度は3地点とも春季が最大となり、夏季、秋季、冬季の順で濃度が下がったことから、春季に最もSOAの割合が大きいと考えられる。春季の $C_2O_4^{2-}$ 高濃度は大陸からの移流の可能性も考えられるが、平成28年度春季は例年よりも高温であったため、高温による二次生成(SOA)増加の影響も考えられた。一方、レボグルコサン濃度は春季・夏季に比べて秋季・冬季に高く、秋季・冬季にPOAの寄与が大きいと考えられた。なお、レボグルコサンは高温時に分解・揮散する可能性が指摘されているため、濃度変動が発生源からの寄与量の変動と必ずしも一致しているわけではないことを留意する必要がある。また、三日市でいずれの季節においてもレボグルコサン濃度が最大となり、郊外に位置する三日市ではバイオマス燃焼の影響が大きいと考えられた。

図21に季節別の $C_2O_4^{2-}$ 、レボグルコサン濃度とWSOC濃度の相関図を示す。 $C_2O_4^{2-}$ 濃度は、春季と秋季、冬季の全ての地点及び夏季の三日市のWSOC濃度と相関がみられた(決定係数 >0.7)。レボグルコサン濃度は秋季の全ての地点と冬季の三日市と相関が高く(決定係数 >0.7)、夏季の三日市(8.7)を除き、それらの傾きは10-20範囲であった。また、夏季に相関がみられなかった泉大津及び高石においてもWSOC濃度が高い日は $C_2O_4^{2-}$ 及びレボグルコサン濃度が高い傾向がみられた。

図22に地点別の各季節における有機酸濃度の経日変化を示す。3地点間の有機酸濃度とレボグルコサン濃度の変動を比較すると、春季のマロン酸及びシュウ酸は3地点の濃度が類似していたが、5月12日は三日市のみレボグルコサン濃度が上昇し、リンゴ酸・コハク酸濃度も他の2地点に比べて三日市で高かった。また、冬季の捕集期間のはじめと終わりにコハク酸濃度の上昇がみられた。夏季と秋季においてはマロン酸(C3)・リンゴ酸(C4)・コハク酸(C4)・シュウ酸(C2)などの低級ジカルボン酸及びレボグルコサンの4成分の3地点における濃度及び経日変動は類似していた。

以上より、水溶性有機成分は、3地点とも春季はSOAの寄与が大きく、夏季においては三日市でSOAの寄与が大きく、秋季はSOAとPOAの両方の寄与を受けていると推測された。また、郊外に位置する三日市では年間を通してPOAの割合が高く、泉大津と高石(自排)とは異なり、冬季においてもPOAの寄与が大きいと考えられる。

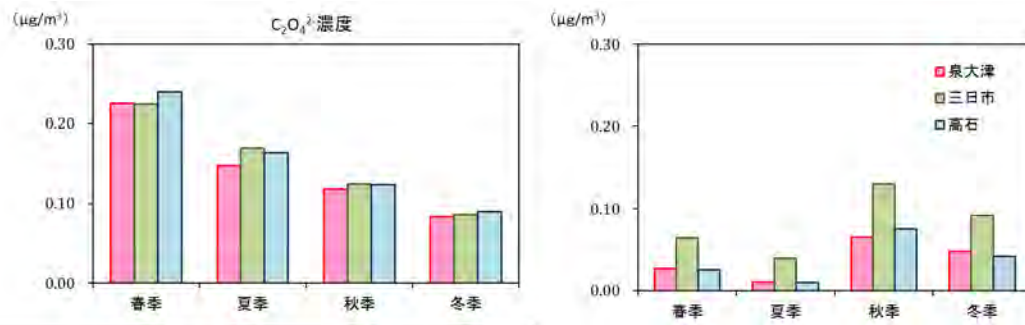


図 18 シュウ酸イオン C₂O₄²⁻ 及びレボグルコサン濃度の季節平均値

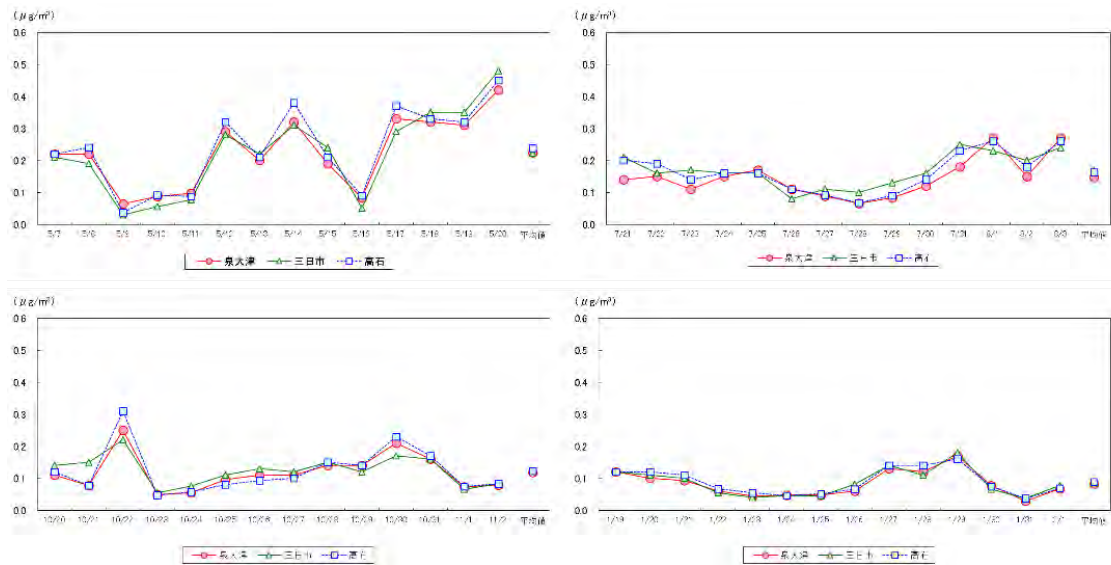


図 19 シュウ酸イオン C₂O₄²⁻ 濃度の経日変化

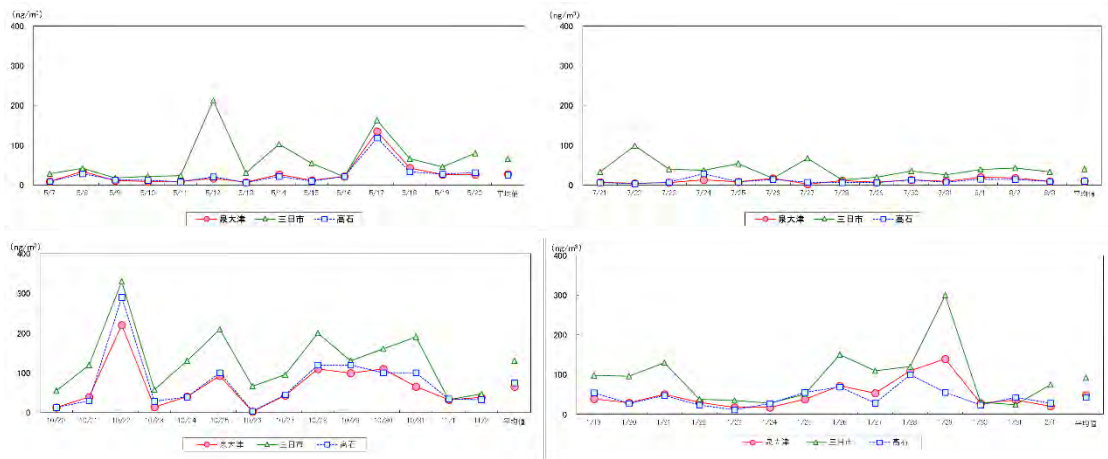
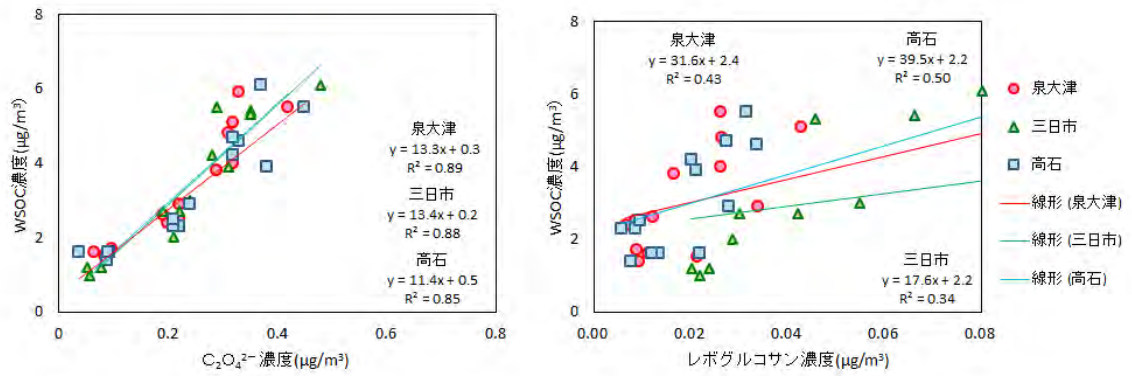
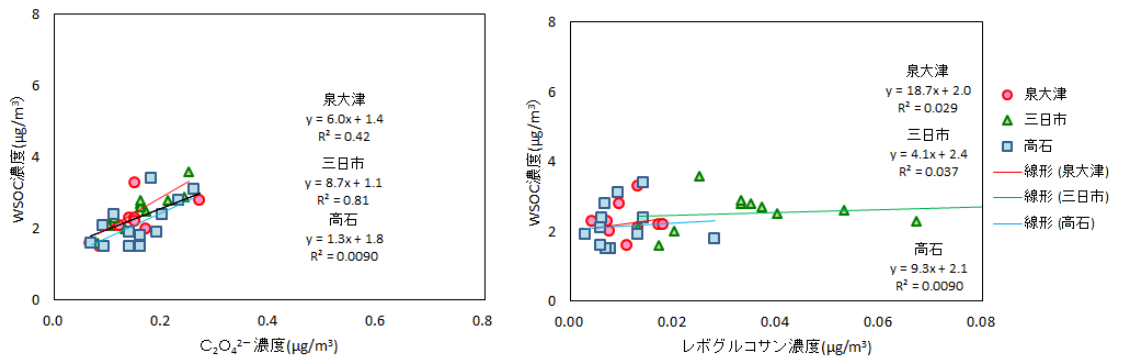


図 20 レボグルコサン濃度の経日変化

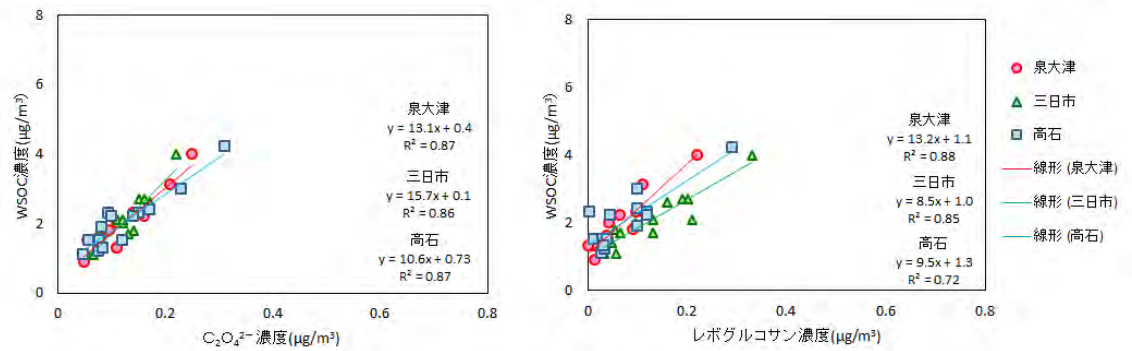
春季



夏季



秋季



冬季

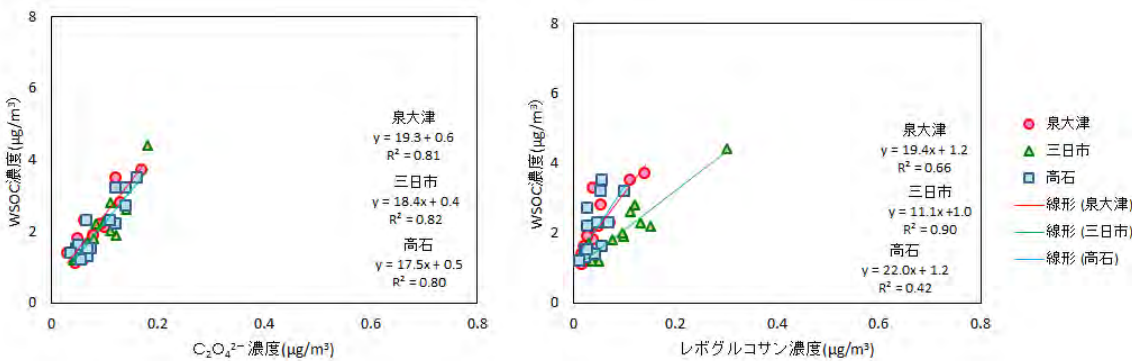


図 21 シュウ酸イオン $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、レボグルコサン濃度と WSOC 濃度の相関図

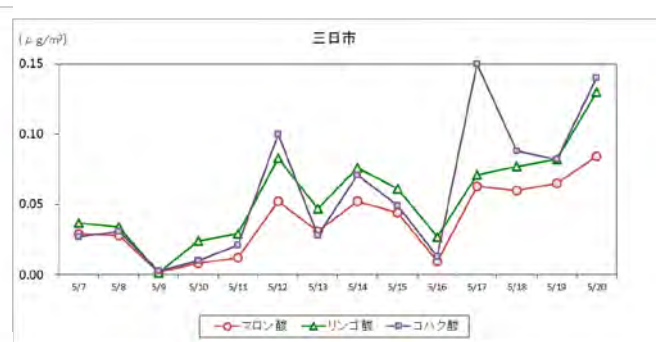
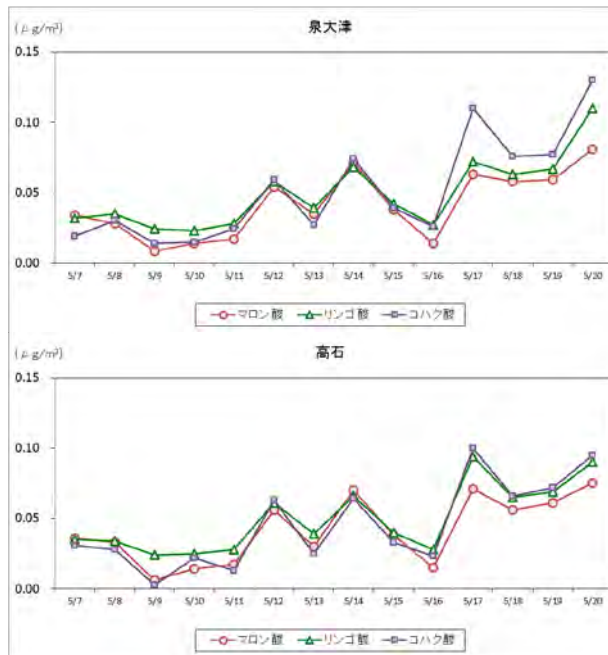


図 22(1) 有機酸濃度の経日変化(春季)

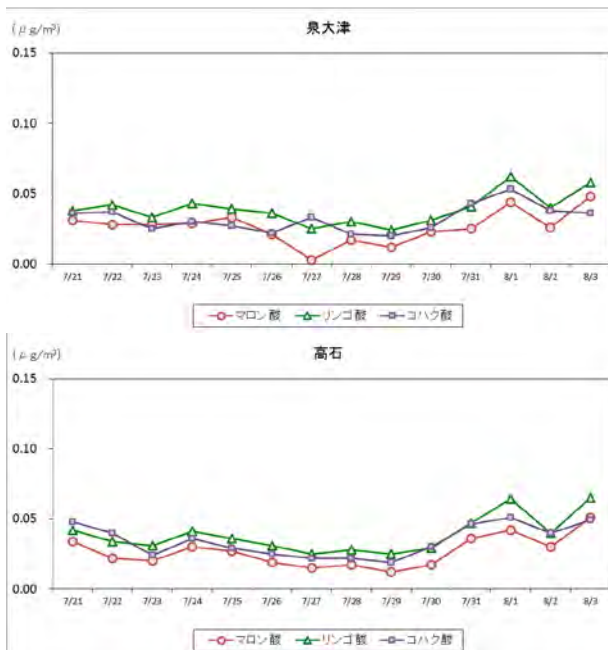


図 22(2) 有機酸濃度の経日変化(夏季)

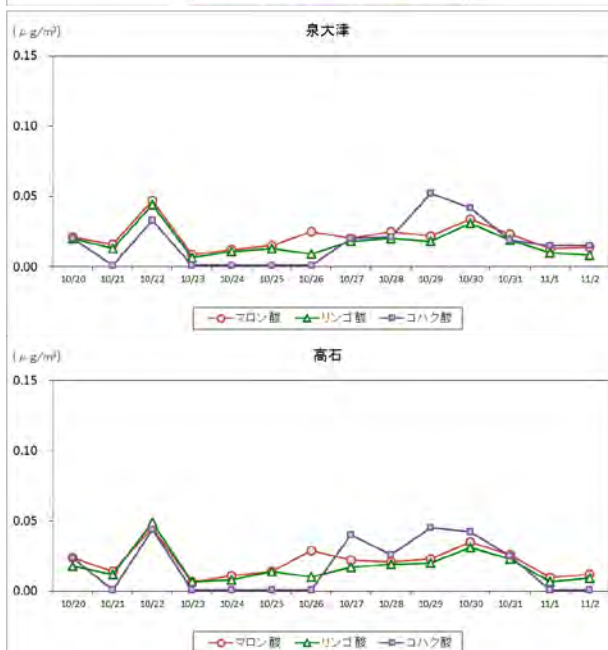


図 22(3) 有機酸濃度の経日変化(秋季)

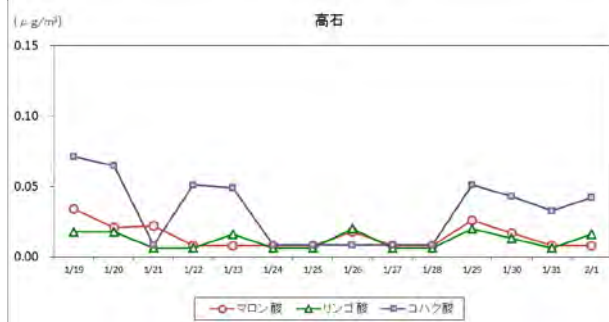
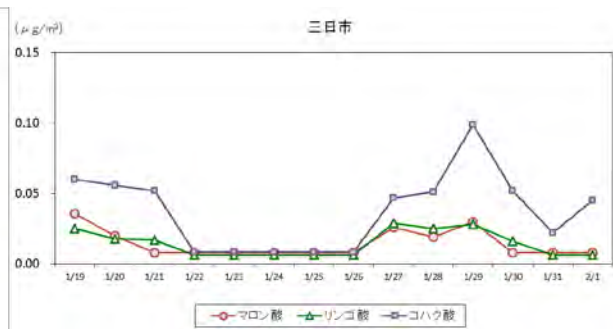
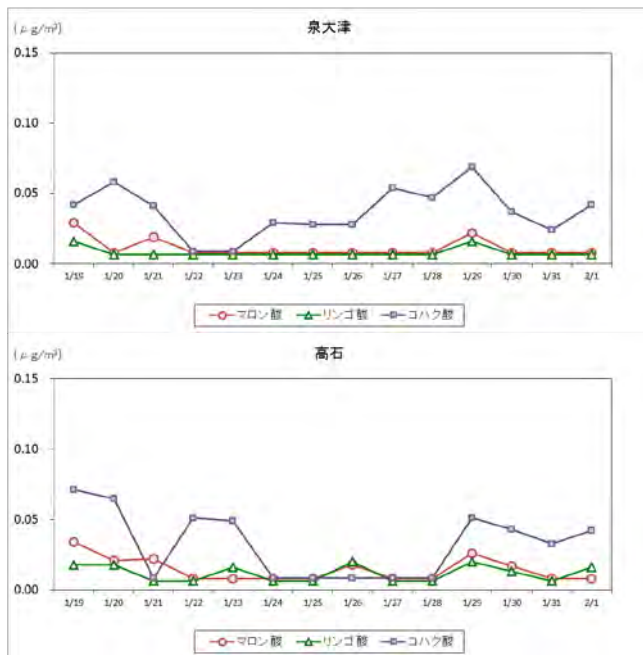


図 22(4) 有機酸濃度の経日変化(冬季)

b 多環芳香族炭化水素類（PAHs）

多環芳香族炭化水素類（PAHs）は主に石油・石炭等化石燃料の不完全燃焼や有機物の熱分解の過程で生成される。そのうちのベンゾ[a]ピレン等一部の物質は強い発がん性や変異原性を有するといわれている。本調査においては、分析対象を、環数が大きく大気中に粒子態として存在している割合が高い成分、国際癌研究機構（IRAC）により発がん性もしくは発がん性が疑われるとされている成分を中心に、以下の 12 成分とした（図 23 及び表 12）。フルオランテン（FLU）、ピレン（PYR）、ベンゾ[a]アントラセン（BaA）、クリセン（CHR）、ベンゾ[b]フルオランテン（BbF）、ベンゾ[j]フルオランテン（BjF）、ベンゾ[k]フルオランテン（BkF）、ベンゾ[e]ピレン（BeP）、ベンゾ[a]ピレン（BaP）、ジベンゾ[a, h]アントラセン（DBahA）、インデノ[1, 2, 3-cd]ピレン（IcdP）、ベンゾ[ghi]ペリレン（BghiP）。このうち、BaP がグループ 1（ヒトに対して発がん性がある）、DBahA はグループ 2A（ヒトに対して恐らく発がん性がある）、BaA・CHR・BbF・BjF・BkF・IcdP はグループ 2B（ヒトに対して発がん性が疑われる）に分類されている（表 12）。

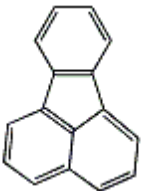
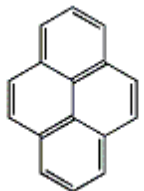
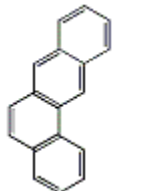
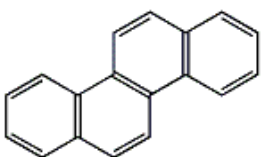
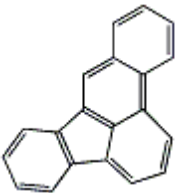
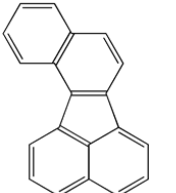
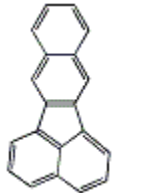
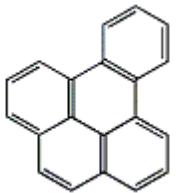
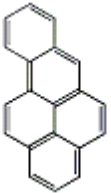
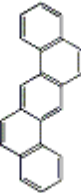
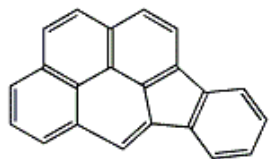
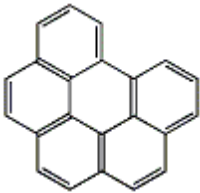
			
フルオランテン (FLU)	ピレン (PYR)	ベンゾ[a]アントラセン (BaA)	クリセン (CHR)
			
ベンゾ[b]フルオランテン (BbF)	ベンゾ[j]フルオランテン (BjF)	ベンゾ[k]フルオランテン (BkF)	ベンゾ[e]ピレン (BeP)
			
ベンゾ[a]ピレン (BaP)	ジベンゾ[a, h]アントラセン (DBahA)	インデノ[1, 2, 3-cd]ピレン (IcdP)	ベンゾ[ghi]ペリレン (BghiP)

図 23 分析対象とした PAHs の構造式

表 12 分析対象とした PAH の IRAC による発がん性のカテゴリー

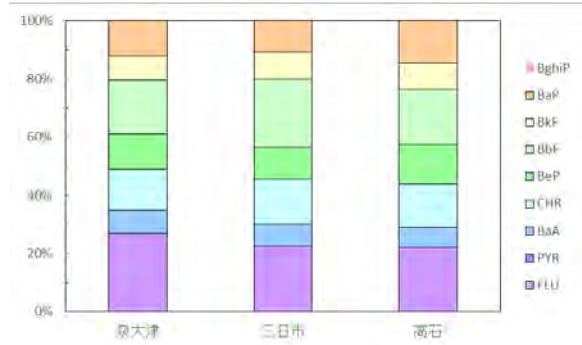
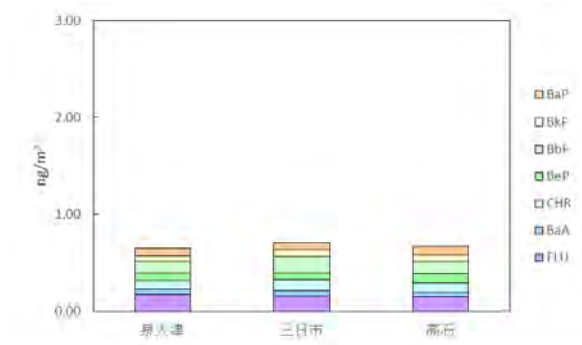
化合物名	環数	有害大気汚染物質に該当する可能性	IARC による発がん性のカテゴリー*
フルオランテン (FLU)	4	有	3
ピレン (PYR)		有	3
ベンゾ[a]アントラセン (BaA)		有	2B
クリセン (CHR)		有	2B
ベンゾ[b]フルオランテン (BbF)	5	有	2B
ベンゾ[j]フルオランテン (BjF)		有	2B
ベンゾ[k]フルオランテン (BkF)		有	2B
ベンゾ[e]ピレン (BeP)		有	3
ベンゾ[a]ピレン (BaP)		有	1
ジベンゾ[a, h]アントラセン (DBahA)		有	2A
インデノ[1, 2, 3-cd]ピレン (IcdP)	6	有	2B
ベンゾ[ghi]ペリレン (BghiP)			3

*カテゴリー1：ヒトに対する発がん性が認められる
 カテゴリー2A：ヒトに対して恐らく発がん性がある
 カテゴリー2B：ヒトに対する発がん性が疑われる
 カテゴリー3：ヒトに対する発がん性については分類できない

平成 28 年度は秋季と冬季の PM_{2.5} 中の PAH 濃度を泉大津、三日市、高石の 3 地点で調査した。分析対象とした 12 成分のうち、BjF、DBahA、IcdP は、秋季・冬季ともに、概ね検出下限値以下であった。秋季については、PYR 及び BghiP も概ね検出下限値以下であった。概ね検出下限値以上であったそれぞれの PAH の冬季の中間値は、秋季の中間値より 2 倍以上高かったが、地点による大きな違いは認められなかった（図 24）。冬季は BghiP が検出されたため、中間値の各成分比は秋季と冬季で異なるものの、高い割合を占める PAH 成分が FLU、CHR、BbF であることは両季節共通であった。

分析対象とした PAH の合算値（ Σ PAHs）は日によって異なった（図 25）。また、同一日における 3 地点間でも異なった。各地点における Σ PAHs の経日変動は PM_{2.5} の経日変動と必ずしも一致するわけではなかった。日々の PAH の組成比は、3 地点間で大きな違いは認められなかった。

秋季



冬季

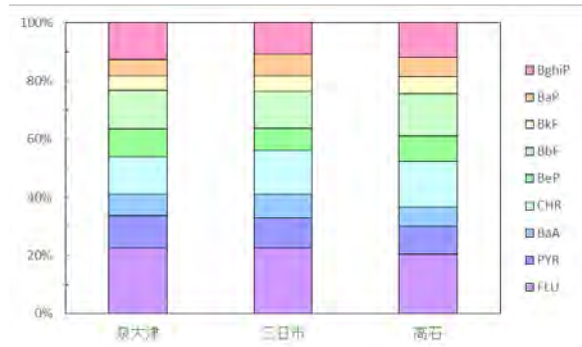
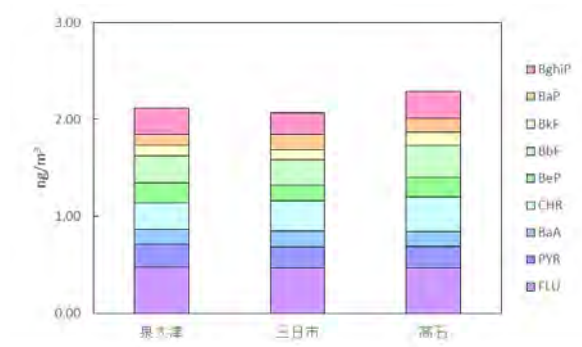
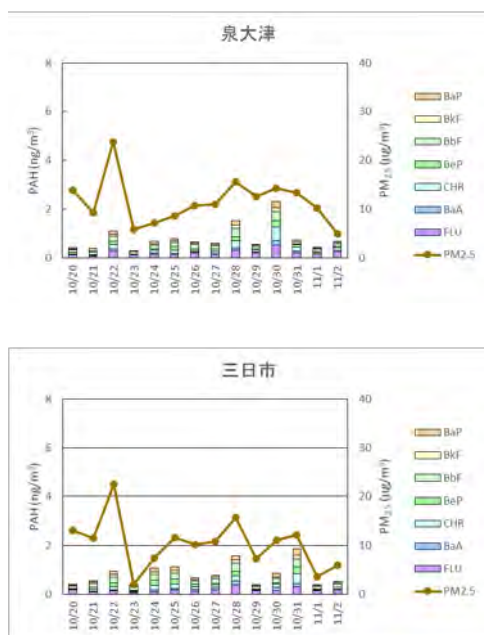


図 24 PM_{2.5}中に含まれる 7 種の PAHs の調査期間中の中間値（左）と割合（右）

秋季



冬季

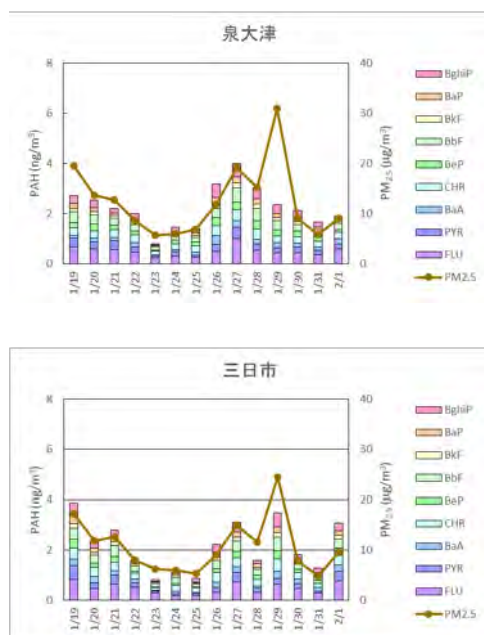


図 25 PM_{2.5} 質量濃度及び PAH 濃度の経日変化

- 1) Kawamura, K. and Ikushima, K.: Seasonal changes in the distribution of dicarboxylic acids in the urban atmosphere, *Environ. Sci. Technol.*, 27, 2227–2235 (1993).
- 2) Simoneit, B. R. T., Schauer, J. J., Nolte, C. G., Oros, D. R., Elias, V. O., Fraser, M. P., Rogge, W. F., Cass, G. R. : Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles, *Atmos. Environ.*, 33, 173–182(1999).

(3) 経年変化

泉大津では、平成 23 年度から毎年度、調査を実施している。表 13 に平成 23～28 年度の調査期間を示す。

表 13 捕集期間

季節	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度
春季	平成24年3月9日	平成24年4月18日	平成25年5月8日	平成26年5月8日	平成27年5月8日	平成28年5月7日
	～ 3月23日	～ 5月2日	～ 5月22日	～ 5月22日	～ 5月22日	～ 5月21日
夏季	平成23年7月29日	平成24年7月26日	平成25年7月24日	平成26年7月23日	平成27年7月22日	平成28年7月21日
	～ 8月12日	～ 8月9日	～ 8月7日	～ 8月6日	～ 8月5日	～ 8月4日
秋季	平成23年11月4日	平成24年11月1日	平成25年10月23日	平成26年10月22日	平成27年10月21日	平成28年10月20日
	～11月18日	～11月15日	～11月6日	～11月5日	～11月4日	～11月3日
冬季	平成23年1月27日	平成24年1月24日	平成25年1月22日	平成26年1月21日	平成27年1月20日	平成28年1月19日
	～ 2月10日	～ 2月7日	～ 2月5日	～ 2月4日	～ 2月3日	～ 2月2日

※ 1 日 (10 時から翌日 9 時の 23 時間) × 14 回 × 4 季節

※平成 23 年度及び 24 年度では春季及び秋季の捕集期間が平成 25 年度以降と約二週間異なっている

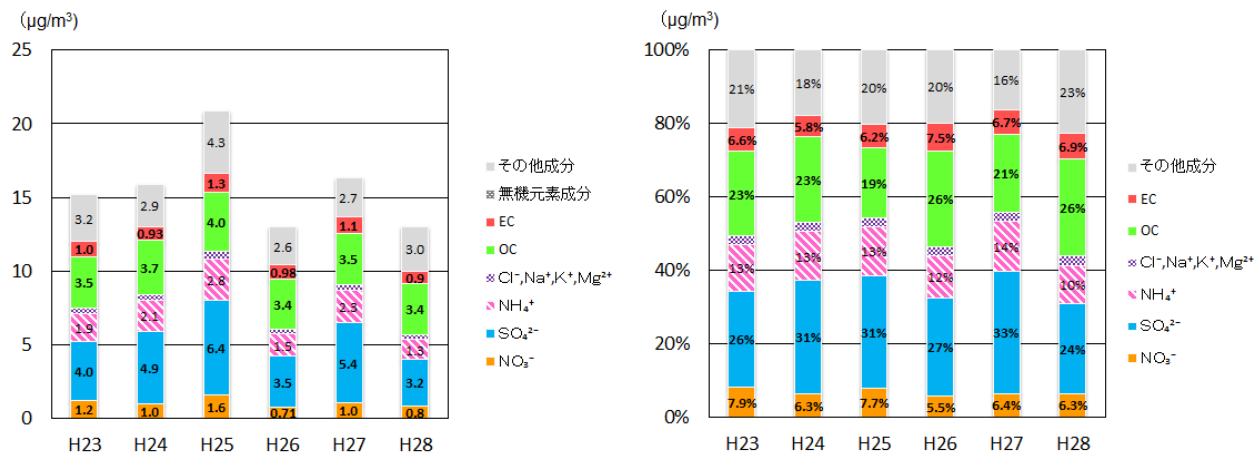
各年度における 56 日間の $PM_{2.5}$ 中の各成分濃度及び $PM_{2.5}$ 質量濃度に占める各成分濃度の割合の平均値を図 26 に示す。また、 $PM_{2.5}$ 質量濃度と SO_4^{2-} 濃度の相関図 (年平均値) と $PM_{2.5}$ 質量濃度の季節平均値をそれぞれ図 27 と図 28 として示す。

(年平均値)

- 平成 28 年度の $PM_{2.5}$ 質量濃度は、平成 23 年度以降で最も低かった (平成 26 年度と同値) (図 26、27)。
- 主な成分でみると、特に SO_4^{2-} と NH_4^+ の濃度が、質量濃度の年平均値が $15 \mu g/m^3$ を超えた平成 25 年度及び平成 27 年度よりも低かった。
- 平成 28 年度の $PM_{2.5}$ 中の各項目の組成は平成 26 年度と類似しており、平成 25 年度及び平成 27 年度よりも、 $PM_{2.5}$ 質量濃度に対して SO_4^{2-} 濃度が占める割合がそれぞれ 7% 及び 9% 低かった。一方で、 $PM_{2.5}$ 質量濃度に OC が占める割合は平成 25 年度及び平成 27 年度よりも大きく、平成 26 年度とほぼ同じであった。
- 平成 23 年度から 28 年度にかけての 6 年間の泉大津における結果では、 SO_4^{2-} 濃度及び $PM_{2.5}$ 質量濃度に対して SO_4^{2-} 濃度が占める割合が高い年度が、 $PM_{2.5}$ 質量濃度の年平均値が高い傾向にあった (図 26、図 27)。

(季節平均値)

- 平成 28 年度の $PM_{2.5}$ 質量濃度は、秋季と冬季に季節平均値が平成 23 年度以降で最も濃度が低かった。夏季の季節平均値は、平成 26 年度に次いで低く、春季は平成 26 年度と同程度の値を示した。
- NO_3^- 濃度は、いずれの年度も夏季に濃度が最も低く、春季と冬季に高くなる傾向にあるが、平成 28 年度も同様の傾向であった (図 29)。
- SO_4^{2-} 濃度は、濃度が最も低かった平成 26 年度と同様に年間をとおして低く、およそ $2 \sim 4 \mu g/m^3$ の範囲であり、大きな変動はみられなかったが、秋季に最小となった。
- OC 濃度の季節変動パターンは年度によって異なるが、平成 28 年度は春季に最大となった。
- EC 濃度は、平成 23 年度に秋季に高かった以外は季節変動があまりなかった。



※その他成分には、無機元素や Si や OC に結合している水素や酸素などを含む（OC は炭素のみの濃度）。

図 29 $\text{PM}_{2.5}$ 中の各成分濃度及び $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度に占める各成分濃度の割合（年平均値）

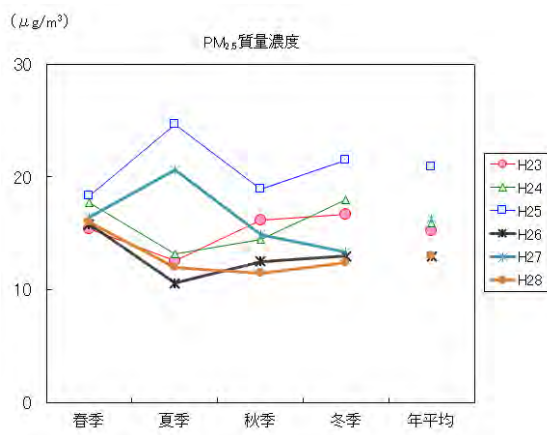


図 30 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度（季節平均値）

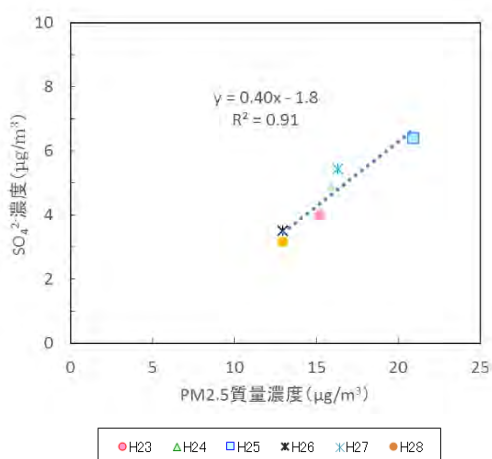


図 31 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度と SO_4^{2-} 濃度の相関図（年平均値）

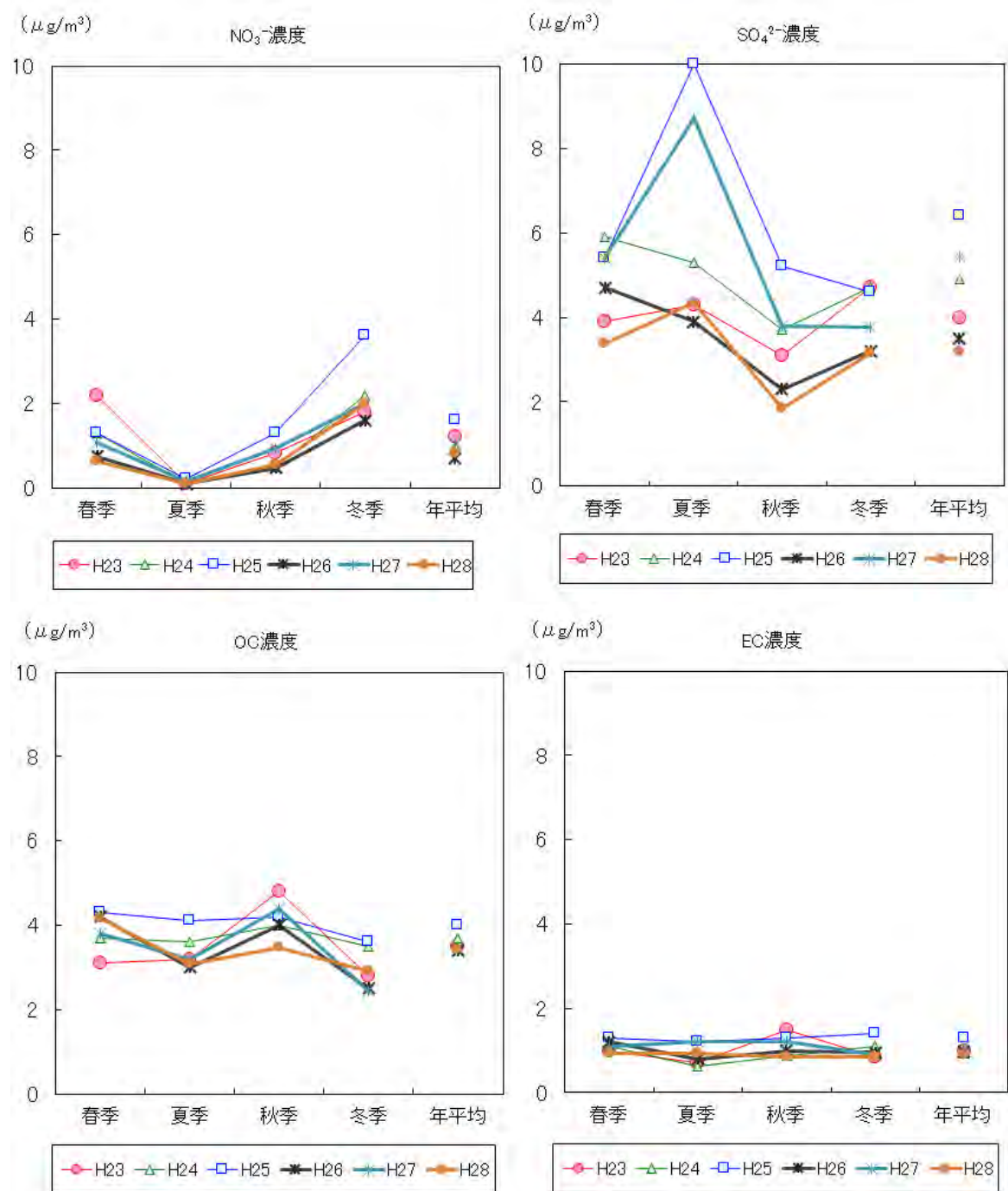


図 32 $PM_{2.5}$ 中の主な成分濃度（季節平均値）

(4) PM_{2.5}高濃度日の状況

前年度までの報告書においては、調査期間中1地点でも環境基準の日平均値である35 µg/m³を超過した日を高濃度日として取り扱ってきたが、平成28年度は該当する日なかった。

府内13局のPM_{2.5}質量濃度の平均値が各季調査期間中の最大であった日を対象としてPM_{2.5}の化学成分の特徴をまとめた(表14)。

平成28年度の大阪府におけるPM_{2.5}の環境基準達成率は、一般局38局中35局(92.1%)、自排局17局中15局(88.2%)であった。平成27・28年度ともに有効測定局であった局(一般局37局、自排局17局)を対象として比較すると、長期基準を達成した局数が一般局で30から34局へ、自排局が11から15局へ増加した¹。要因としては、秋や春に多く見られる大陸からの広域移流の影響が例年よりも小さかったこと、9月～10月に多雨・寡照となるなど光化学反応による二次粒子が生成されにくい気象状況の期間があったこと、長期的に取り組んできた粒子状物質対策の効果、中国におけるPM_{2.5}濃度が低下傾向にあること等が挙げられている^{1,2}。

表14 高濃度日(定義は本文参照)とその日のPM_{2.5}質量濃度

	高濃度日	PM _{2.5} 質量濃度			
		平均(µg/m ³)	最大(局) (µg/m ³)	最小(局) (µg/m ³)	相対標準偏差 (%)
春季	5/7	21.8	34.9 (泉大津)	17.1 (三田市)	12
夏季	8/1	19.1	23.4 (泉大津)	16.7 (高槻)	10
秋季	10/22	17.9	26.3 (高石)	12.8 (吹田)	28
冬季	1/29	21.0	31.0 (泉大津)	14.4 (吹田)	26

① 春季

5月7日が、府内13局の平均質量濃度が21.8 µg/m³で、春季調査期間中最大であった(表14)。この日最もPM_{2.5}質量濃度が高かったのが泉大津で、34.9 µg/m³であった。この日はAl、Ti、Fe等土壤中に高い割合で含まれる成分濃度の質量濃度に対する比の値が年平均の比の値と比較して高かった(表15)。高濃度日の捕集時間中1時間毎に泉大津上空500mを起点に計算した後方流跡線は、この期間の泉大津上空の気塊がアジア大陸方向から飛来していたことを示した(図30)。なお、5月7日は日本国内19地点で、5月8日は大阪を含め国内8地点では黄砂が観測された²。これらの結果から、5月7日は黄砂エアロゾルの飛来により府内のPM_{2.5}質量濃度が高かったと考えられた。

② 夏季

8月1日が、府内13局の平均質量濃度が19.1 µg/m³で、夏季調査期間中最大であった(表14)。この日最もPM_{2.5}質量濃度が高かったのが泉大津で、23.4 µg/m³であった。この日はSO₄²⁻及びNH₄⁺濃度の質量濃度に対する比の値が年平均の比の値と比較して高かったが、NO₃⁻濃度の質量濃度に対する比の値は平均値より低かった(表15)。この化学組成の特徴は、これまでに夏季に観測されたPM_{2.5}

¹ [http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/5736/00091146/H28\(2016\)_kekka_10y_suii.pdf](http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/5736/00091146/H28(2016)_kekka_10y_suii.pdf)

² http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_table_2016.html

高濃度時の化学組成の特徴と似ていた。後方流跡線解析結果は、捕集期間中の泉大津上空の気塊が日本国内及び近傍から飛来していたことを示した（図 30）。この日の平均風速は 1.7 m/s で全調査日の平均値（1.7 m/s）と同程度であったが、平均気温（30℃）及び平均日射量（19 MJ/m²）は調査期間中のそれぞれの平均値（17℃及び 13 MJ/m²）より高めであった。光化学スモッグの注意報は発令されなかったものの、府内の大気常時監視局で測定された光化学オキシダント濃度が環境基準値を超過していた時間帯があった。光化学反応が促進される気温と日射量ではあったが、風速が低くはなかったため、汚染物質がそれほどたまらず、環境基準を超過する高濃度にはならなかった可能性がある。

③ 秋季

10 月 22 日が、府内 13 局の平均質量濃度が 17.9 µg/m³で、秋季調査期間中最大であった（表 14）。この日最も PM_{2.5} 質量濃度が高かったのが高石（自排）で、26.3 µg/m³であった。この日の府内の質量濃度の相対標準偏差は 26%で、平均値（16%）と比較して高かった。これは、泉大津・三田市・堺・八尾・高石（自排）局における質量濃度は 20 µg/m³以上であったのに対し、その他の局では 20 µg/m³以下と、局により質量濃度が大きく異なったためと考えられる。この日は OC 及び EC 濃度の質量濃度に対する比の値が年平均の比の値と比較して高かったが、SO₄²⁻ 及び NH₄⁺ 濃度の質量濃度に対する比の値が年平均の比の値と比較して低かった（表 15）。質量濃度は局により違いがあったものの、化学組成の特徴の局による大きな違いは認められなかった。レボグルコサン濃度（泉大津、三田市、高石のみ測定）は高かった（図 20）。後方流跡線解析結果は、捕集期間中の泉大津上空の気塊が日本海や中国北部の比較的大気汚染が激しくない地域を通過してきたことを示した（図 31）。このような特徴から、PM_{2.5} 濃度が高かった要因のひとつとしてバイオマス燃焼等の地域的な汚染が考えられた。平均風速は 1.2 m/s で、平均値（1.7 m/s）と比較して低く、汚染物質がやや拡散しにくかったため、PM_{2.5} 濃度が高めになった可能性が考えられた。

④ 冬季

1 月 29 日が、府内 13 局の平均質量濃度が 21.0 µg/m³で、冬季調査期間中最大であった（表 14）。この日最も PM_{2.5} 質量濃度が高かったのが泉大津で、31.0 µg/m³であった。この日の府内の質量濃度の相対標準偏差は 28%で、平均値（16%）と比較して高かった。これは、泉大津・三田市・堺・八尾・大阪市（自排）局における質量濃度は 20 µg/m³以上であったのに対し、その他の局では 20 µg/m³以下と、局により質量濃度が大きく異なったためと考えられる。この日は Cl⁻、NO₃⁻、NH₄⁺ 濃度の質量濃度に対する比の値が年平均の比の値と比較して高かったが、SO₄²⁻、OC、EC 濃度の質量濃度に対する比の値は年平均の比の値と比較して低かった（表 15）。質量濃度は局により違いがあったものの、化学組成の特徴の局による大きな違いは認められなかった。後方流跡線解析結果は、捕集期間中の泉大津上空の気塊が日本海や中国北部の比較的大気汚染が激しくない地域を通過してきたことを示した（図 30）。平均風速は 1.2 m/s で、平均値（1.7 m/s）と比較して低かった。これらの結果から、地域的な排出源から排出された汚染物質が拡散しにくい気象状況であったため、比較的高濃度となったと考えられた。

表 15 高濃度日における PM_{2.5} 中の各成分の府内平均濃度の府内平均質量濃度に対する比の値。平均は平成 28 年度全調査日（56 日）の平均値。

項目	春季	夏季	秋季	冬季	平均
Cl ⁻	0.0027	0.00061	0.0032	0.035	0.0071
NO ₃ ⁻	0.022	0.00060	0.062	0.26	0.056
SO ₄ ²⁻	0.21	0.39	0.15	0.12	0.24
NH ₄ ⁺	0.076	0.16	0.073	0.15	0.11
Al	0.019	0.0029	0.0010	0.0011	0.0028
Ti	0.00097	0.00019	0.00017	0.000093	0.00030
Fe	0.014	0.0031	0.0047	0.0029	0.0064
Zn	0.0018	0.0018	0.0027	0.0019	0.0028
As	0.0011	0.000086	0.000084	0.000065	0.000083
Pb	0.00046	0.00062	0.0016	0.00043	0.00068
OC	0.15	0.18	0.32	0.20	0.27
EC	0.031	0.052	0.091	0.071	0.075

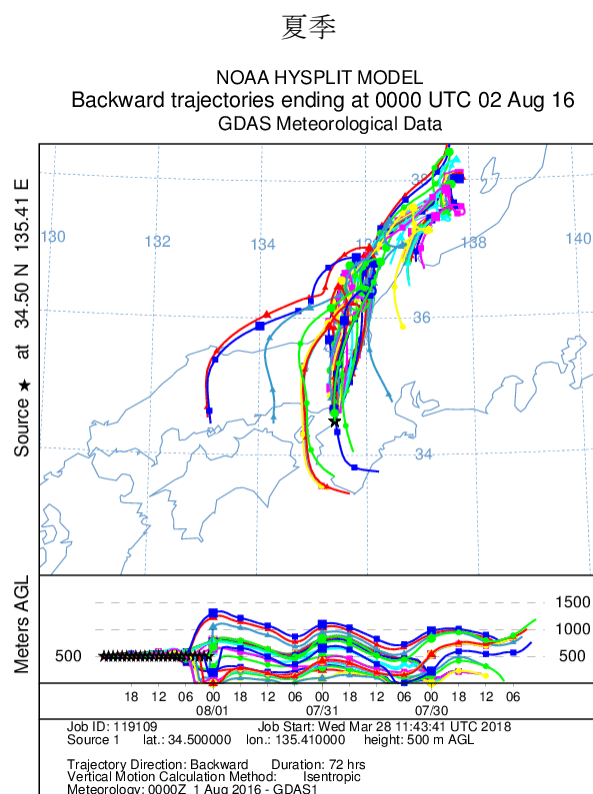
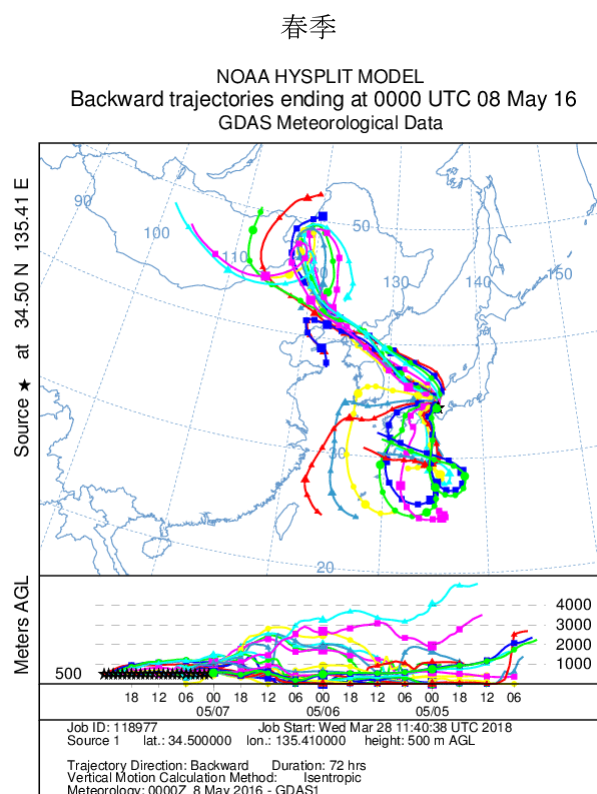


図 30(1) 捕集期間中 1 時間毎に泉大津上空 500 m を起点に計算した後方流跡線

秋季

冬季

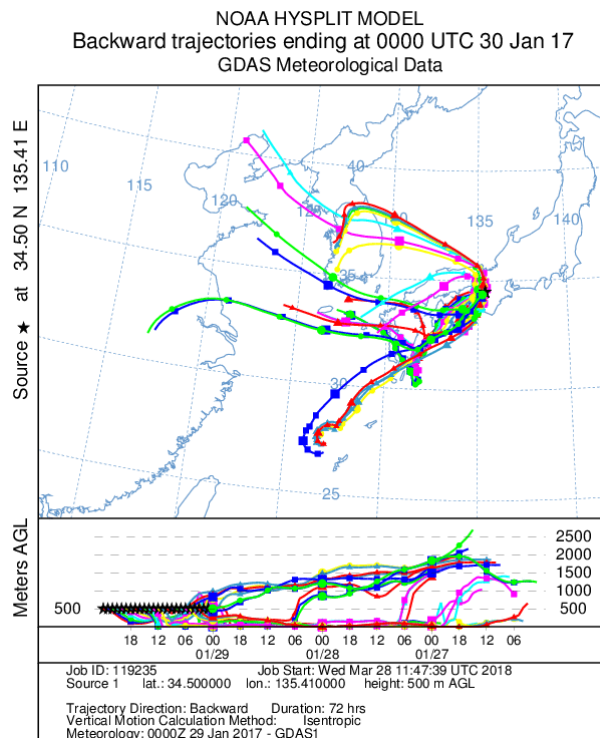
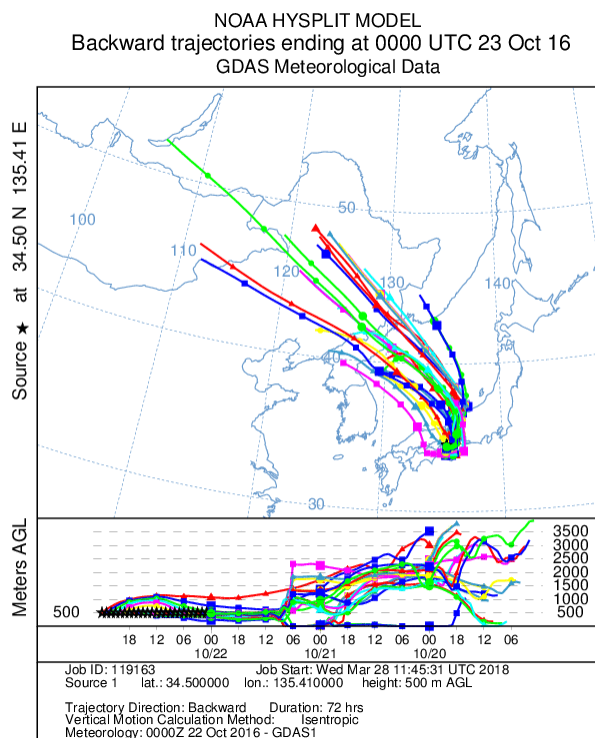


図 30(2) 捕集期間中 1 時間毎に泉大津上空 500 m を起点に計算した後方流跡線

以上のように、平成 28 年度は調査期間中に $PM_{2.5}$ 環境基準に相当する値を超過する日なかった。
また、比較的高濃度であった日も、黄砂の影響が考えられた春季以外は、大陸からの越境汚染物質の明確な影響は認められなかった。

(5) まとめ

平成 28 年度は、一般環境大気測定局 2 地点(泉大津、三日市)、自動車排出ガス測定局 1 地点(高石(自排))の 3 地点で成分分析を実施した。政令市実施分も含めた 13 地点(一般環境大気測定局 8 地点、自動車排出ガス測定局 5 地点)の分析結果を用いて解析した結果は以下のとおりであった。

○年平均

- ・ フィルタ法による $PM_{2.5}$ 質量濃度の 56 日間(春季、夏季、秋季、冬季)の年平均値は、泉大津で $12.9 \mu g/m^3$ と最も大きく、吹田で $9.8 \mu g/m^3$ と最も小さかった。
- ・ 主な成分濃度 (NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、OC 及び EC) に地点によって大きな違いはなかった。
- ・ $PM_{2.5}$ 質量濃度に占める割合(年平均)が大きかったのは SO_4^{2-} (23.1~26.6%) 及び OC (23.9~31.5%)、濃度であり、平成 27 年度よりも SO_4^{2-} の割合は低下し、逆に OC の割合は増加した。

○季節平均

- ・ $PM_{2.5}$ 質量濃度の季節平均値は、春季と冬季に高かった。
- ・ OC は春季にすべての地点において濃度が高くなる傾向にあったが、三日市では夏季に OC 濃度が高かった。
- ・ 半揮発性成分の Cl^- 及び NO_3^- 濃度は夏季(高温期)に低く、冬季(低温期)に高い傾向にあり、とくに、冬季の Cl^- 及び NO_3^- 濃度が泉大津、大阪市、高石(自排)、大阪市(自排)、東大阪(自排)で高かった。一方で、豊中、吹田、高槻、吹田(自排)、高槻(自排)の Cl^- 濃度は冬季においても夏季と同程度と低く、季節間の濃度変動が小さかった。
- ・ SO_4^{2-} は全地点とも夏季に濃度が高く、秋季に最も低くなり、どの季節においても全地点で類似した濃度であった。
- ・ 重油燃焼の指標成分である V 及び Ni は春季・夏季に濃度が高い傾向にあった。春季と夏季ともに泉大津と高石(自排)の濃度が高かった。

○日ごとの濃度

- ・ OC 濃度は、地点間で濃度変動が類似しており、春季後半(5月17~19日)と秋季の10月22日に濃度が $6.0 \mu g/m^3$ を越える地点があった。10月22日は堺で $10 \mu g/m^3$ と全期間で最大となり、地点間による最大濃度差も $6.4 \mu g/m^3$ と大きかった(最小は吹田 $3.6 \mu g/m^3$)。
- ・ イオン成分のうち NO_3^- 、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ は地点間で濃度変動が類似していた。 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 及び Ca^{2+} は地点間の濃度変動が異なる日があった。
- ・ Al 及び Ti、Rb、Fe、Si は、春季の初め(5月7~8日)に高濃度となる日があった。
- ・ Cr 及び Zn は地点や季節によっては濃度変動が異なっており、地点近傍の発生源の影響を受けている可能性が示唆された。
- ・ 重油燃焼の指標成分である V 濃度は、春季と夏季に高い傾向であった。泉大津と高石(自排)においては1年を通して他地点より濃度が高い日が多かった。豊中・吹田・高槻(一般・自排)、大阪府中部の八尾では V/Ni 比がほぼ一定で、同じ重油燃焼発生源の影響を受けていると考えられる。その他7地点と堺の Ni 濃度が $30 \mu g/m^3$ 以下の日においては、Ni 濃度が高く V/Ni 比が小さくなる日があり、複数の発生源(たとえば重油燃焼とそれ以外)の影響を受けている可能性が示唆された。

○高濃度日の状況

- ・ 平成 28 年度の調査期間中に $PM_{2.5}$ 質量濃度が環境基準の日平均値である $35 \mu g/m^3$ を超過した日はみられなかった。また、比較的高濃度であった日も、黄砂の影響が考えられた春季以外は、大陸からの越境汚染物質の明確な影響は認められなかった。