

熊本市における PM2.5 の高濃度予測時の 6 時間分解能観測による無機元素成分を中心とした発生源解析 - 平成 26 年 3 月～6 月の 4 期間の事例 -

緒方美治 飯銅和浩 渡邊隆 坂口美鈴 清藤順子 吉田芙美香 福田照美 近藤芳樹*
藤井幸三

型共同研究「PM2.5 の汚染機構解明」(高濃度観測グループ)

*環境政策課

1 はじめに

微小粒子状物質 (PM2.5) の成分分析については、全国一斉に行う行政検査 (常時監視) で季節毎に実施する体制が整いつつあるが、環境基準を超過する高濃度時の実態を把握するためにさまざまな調査・研究も行っていく必要がある。

本市は、日本の西寄りで地理的に大陸に近いこともあり、平成 25 年に大気汚染物質や黄砂の強い越境移流があったと考えられたときなどに採取・分析したものについて、イオンや無機元素成分の濃度や時系列変化を確認し、特に質量濃度が高いときに相関が高い成分を分類するなどの考察を行い、石炭燃焼由来 (無機元素成分の鉛、砒素、セレン、カドミウムやイオン成分の硫酸イオン等) の汚染物質や黄砂 (土壌) 由来 (無機元素成分のアルミニウム、カリウム、鉄等) の物質が高濃度で検出されたことを報告した。

一方、大陸からの移流と考えられる事例であっても時間的・空間的規模にさまざまな状況があり、PM2.5 自動質量濃度測定機の 1 時間値 (以下、自動測定局 1 時間値という) の変化を確認すると高濃度な期間が 1 日に満たないときも多く、行政検査で行っている 24 時間採取では濃度が平均化されるため、実態解明が難しくなることが懸念された。

こうした課題を解決するため、国立研究開発法人国立環境研究所と地方公共団体環境研究機関等の研究者で実施する 型共同研究 (「PM2.5 の短期的/長期的環境基準超過をもたらす汚染機構の解明」(高濃度観測グループ)) に参加し、さまざまな実施・対応条件を共同で検討した。高濃度を予測した時により細かく日内の変動を捉えられるように 1 検体 6 時間の高時間分解能とした。当グループと連携して一斉採取に取り組んでいるところである。今回、中間まとめとして、平成 26 年 3 月から 6 月の 4 つの期間の事例について、当グループの九州グループと議論し、発生源の特徴を多く保有している微量成分の無機元素の濃度及び濃度比 (Pb/Zn 比、V/Mn 比) を中心とした解析を行ったので報告する。

2 調査の概要

(1) 試料採取地点、採取期間及び採取時間

試料採取地点は、高濃度を予測した時に迅速に対応できるように、本市環境総合センター（熊本市東区画図町所島 404-1）屋上とした。当該地は、熊本平野の概ね中央に位置しており、周囲には水田も多く、西側の有明海からは 12km 程度離れ、遠く東側には阿蘇西麓の台地や山地が広がっている。位置関係を図 1 に示した。一番近い大気測定局は、PM2.5 自動測定機も設置されている神水本町自動車排出ガス測定局（中央区神水本町 967-1。試料採取地点から直線距離で約 2km 離れている。）であり、他に測定機は本市内に 5 箇所（一般環境大気測定局：榆木・京町・古町・天明、自排局：水道町（平成 26 年末現在））設置している。

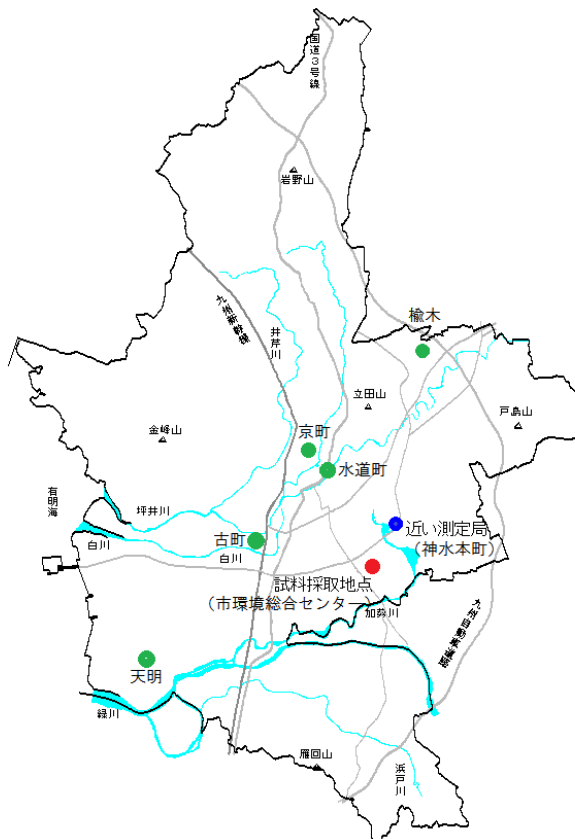


図 1 試料採取地点の位置図（熊本市域）

採取期間は、各種シミュレーションに基づく予報や衛星画像などで高濃度になると予測された日に連続して採取している。1 検体の採取時間は、6 時間（1 日に 4 検体）とし、開始時刻は、毎回、0、6、12、18 時とした。詳細は表 1 のとおりである。

表 1 試料採取期間等

季節	試料採取期間	特徴的な気象内容	備考
春	平成 26 年 3 月 8 日 6 時～ 3 月 10 日 12 時（3 日間）	煙霧：9 日 12 時～18 時検体	
春	平成 26 年 3 月 14 日 18 時 ～3 月 20 日 18 時（7 日間）	煙霧：16 日 6 時～12 時と 19 日 6 時～12 時、12 時～18 時及び 18 時～0 時検体（連続 3 検体分）	サンプラー（2 台）不具合のため、3 月 18 日 18 時～0 時検体のみ全成分欠測。
春	平成 26 年 5 月 2 日 12 時 ～5 月 4 日 18 時（3 日間）	煙霧：3 日 6 時～12 時検体	
夏	平成 26 年 6 月 13 日 12 時 ～6 月 17 日 18 時（5 日間）	煙霧：14 日 6 時～12 時検体	

煙霧の気象事象は、気象庁データより引用した。なお、日時は、検体の採取時間に合わせた。

(2) 試料採取方法、測定項目及び分析方法

試料採取及び成分分析は、環境省が策定した「微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン」及び「大気中微小粒子状物質（PM2.5）成分測定マニュアル」に従って実施した。

試料採取は、PM2.5 ローボリュームエアサンプラー（ThermoFisher 社、FRM2025i）を 2 台同

時に用いて行った（捕集には、サポートリング付き PTFE フィルター（PALL 社、Teflo）及び石英フィルター（PALL 社）をそれぞれのサンプラーで使用。）。測定項目は、質量濃度、イオン成分（硫酸イオン等 8 項目）、無機元素成分（ナトリウム等 26 項目）及び炭素成分（有機炭素等 2 項目）とした。詳細な項目は、表 2 のとおりである。

分析方法については、質量濃度は、フィルター捕集 - 質量法（標準測定法）により、捕集フィルターを 24 時間以上恒温恒湿（温度： 21.5 ± 1.5 、相対湿度： $35 \pm 5\%$ ）チャンバー内で静置後、精密天秤（METTLER TOLEDO 社、XP2UV）を用いて秤量し算出した。イオン成分は、イオンクロマトグラフ（IC）法により、IC（Dionex 社、ICS-2100 及び ICS-1600）で測定した。無機元素成分は、前処理として酸分解（マイクロウェーブ機（AntonPaar 社、MultiwavePRO））させた後、誘導結合プラズマ質量分析（ICP-MS）法により、ICP-MS（Agilent Technologies 社、7500cx）で測定した。炭素成分は、サーマルオプティカル・リフレクタンス法（IMPROVE プロトコル）により、炭素分析装置（Sunset 社、Lab Model）で測定した。

表 2 測定項目

成分名	使用フィルター	項 目 名
イオン (8 項目)	PTFE	硫酸イオン(SO_4^{2-})、硝酸イオン(NO_3^-)、塩化物イオン(Cl^-)、ナトリウムイオン(Na^+)、カリウムイオン(K^+)、カルシウムイオン(Ca^{2+})、マグネシウムイオン(Mg^{2+})、アンモニウムイオン(NH_4^+)
無機元素 (26 項目)	PTFE	ベリリウム(Be)、ナトリウム(Na)、マグネシウム(Mg)、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)、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)、砒素(As)、セレン(Se)、モリブデン(Mo)、銀(Ag)、カドミウム(Cd)、アンチモン(Sb)、バリウム(Ba)、タリウム(Tl)、鉛(Pb)、トリウム(Th)、ウラン(U)
炭素 (2 項目)	石英	有機炭素(OC1、OC2、OC3、OC4)、元素状炭素(EC1、EC2、EC3)（炭化補正值（OCpyro））
その他	PTFE	質量濃度

3 調査結果及び考察

(1) 高濃度な期間が比較的短い事例

自動測定局 1 時間値の高濃度な期間が比較的短い（12～24 時間程度）3 つの事例について先に考察する。気塊の入れ替えが短時間で起こっている状況などが考えられ、比較的単純で特性を捉えやすいと判断したためである。

6 時間分解能の精度確認及び各事例の成分濃度結果の概要

一般的な行政検査の 24 時間採取でも微量成分の定量精度を確保するのは難しいものであるが、6 時間分解能で採取すると絶対量はさらに少なく（4 分の 1）なるので、精度を確保しつつ

細かい変動が捉えられているか確認して各事例について考察する。

・3月8日～10日事例

3月8日～10日の各成分濃度等及び本市内の自動測定局1時間値の時系列変化を図2（順に、イオンと炭素成分、無機元素成分（26成分）自動測定局1時間値、各無機元素成分1（主に人為的由来のもの）及び各無機元素成分2（主に自然由来のもの））に示した。質量濃度が上昇していた期間（9日）は約12時間（概ね2検体分）であったが、1時間値と採取検体の質量濃度を比較したところ時系列変化に大きな差異はなく、6時間分解能で採取する

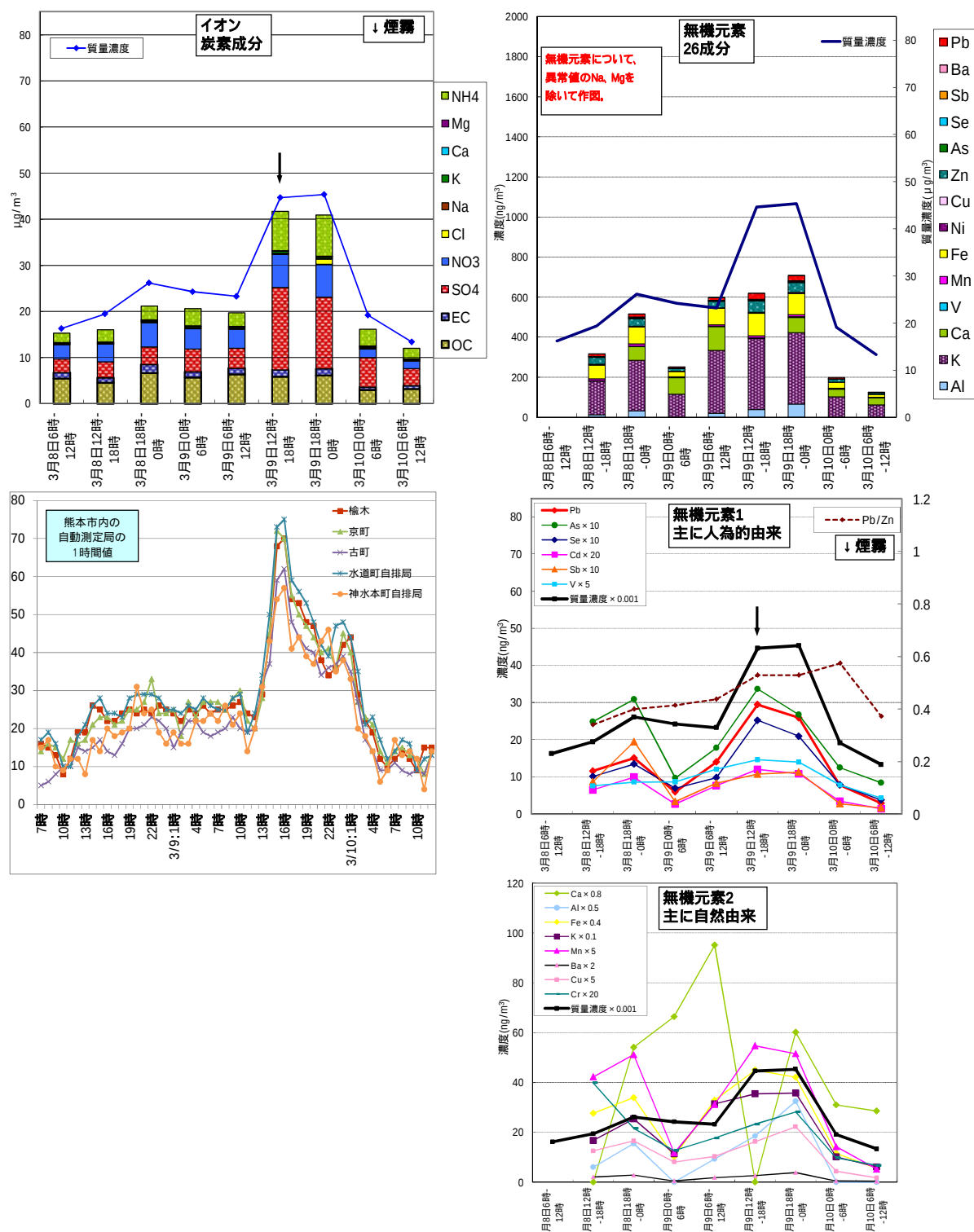


図2 各成分濃度等及び本市内の自動測定局1時間値の時系列変化（3月8日～10日）

ことで定量精度を確保しつつ、ピークの時間が短いときでもその変化を概ね的確に捉えられたことが確認された。なお、以下の事例でも同様であった。

各成分濃度に注目すると、質量濃度が急に上昇（9日12時～18時検体と18時～0時検体の2つ）したときに、化石燃料の燃焼に由来するイオン成分の硫酸イオンや、石炭燃焼飛灰等に由来する無機元素成分の鉛、砒素、セレン及びカドミウム等が上昇しており、大陸からの汚染物質の移流が強く影響していたと考えられる。このとき（9日12時～18時検体）煙霧が観測されていた。また、6時間分解能でも今回のように高濃度時であれば微量成分であるこれらの無機元素の4つ（鉛、砒素、セレン及びカドミウム）の組成比が大きく変わることなく上昇している状況も確認でき、定量精度が概ね確保された有効な方法（採取時間）であった。なお、以下の事例でも同様であった。

・5月2日～4日事例

5月2日～4日の各成分濃度等及び自動測定局1時間値の時系列変化を図3に示した。採取検体では高濃度（ピーク）の始まりを捉えられなかったが、1時間値から質量濃度が上昇していた期間（2日12時頃～）は約24時間（概ね4検体分）であった。なお、このピークの後半には1時間値で $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度約3時間さらに上昇（3日10時頃）していた。

各成分濃度では、1時間値がさらに上昇していた3日6時～12時検体は、無機元素成分の鉛、砒素、セレン及びカドミウム等が連動して上昇しており、大陸からの汚染物質の移流の

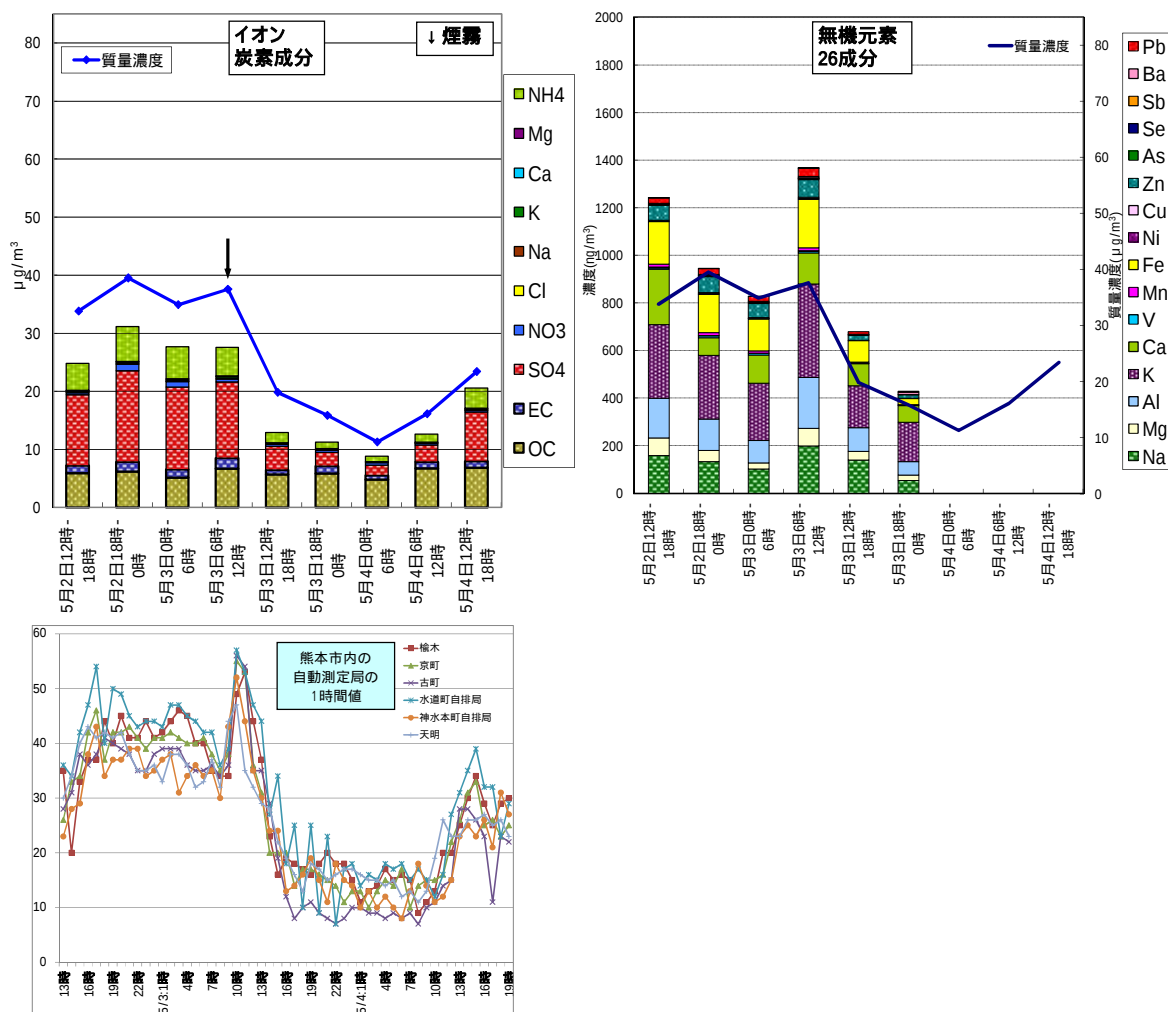


図3 - 1 各成分濃度等及び自動測定局1時間値の時系列変化(5月2日～4日)

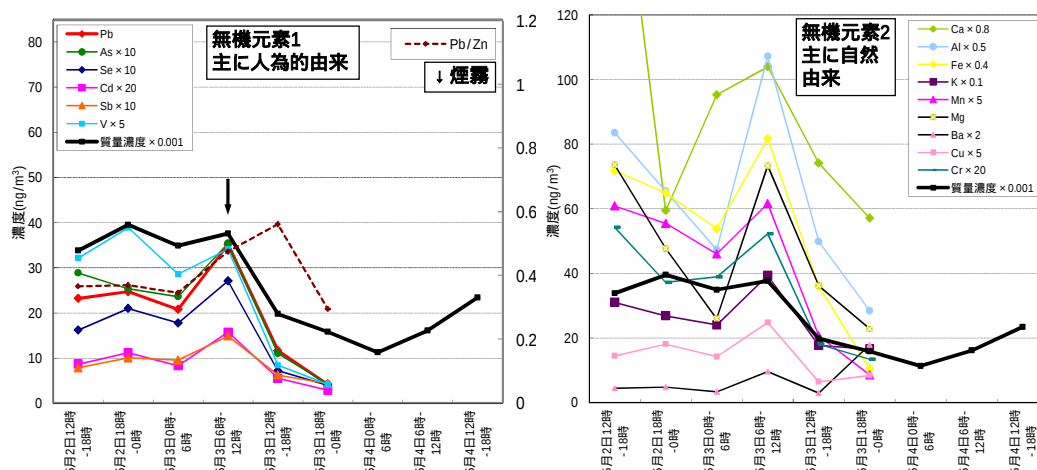


図3 - 2 各成分濃度等及び自動測定局 1 時間値の時系列変化（5 月 2 日～4 日）

影響がさらに強まったと考えられる。さらに、黄砂（土壌）等に由来する無機元素成分のアルミニウム及び鉄等も上昇しており、これらも併せて移流していたと考えられる。このとき、煙霧が観測されていて、無機元素 26 成分の合計では直前の 3 日 0 時～6 時検体より $500\text{ng}/\text{m}^3$ 程度上昇していた。

・6 月 13 日～17 日事例

6 月 13 日～17 日の各成分濃度等及び自動測定局 1 時間値の時系列変化を図 4 に示した。質量濃度が上昇していた期間（14 日）は約 12 時間（概ね 2 検体分）であり、次に上昇していた期間（16 日）は約 8 時間（概ね 1 検体分）であった。

各成分濃度では、14 日 6 時～12 時検体は、無機元素成分の鉛、砒素、セレン及びカドミウム等が連動して上昇しており、大陸からの汚染物質の移流が影響していたと考えられる。また、無機元素成分のアルミニウム、鉄及びマンガン等も上昇しており、黄砂等も併せて移流していたと考えられる。このとき、煙霧が観測されていた。一方、この期間の後半の 16 日 6 時～12 時検体は、無機元素成分の鉛、砒素、セレン及びカドミウムは上昇せず、炭素成分の

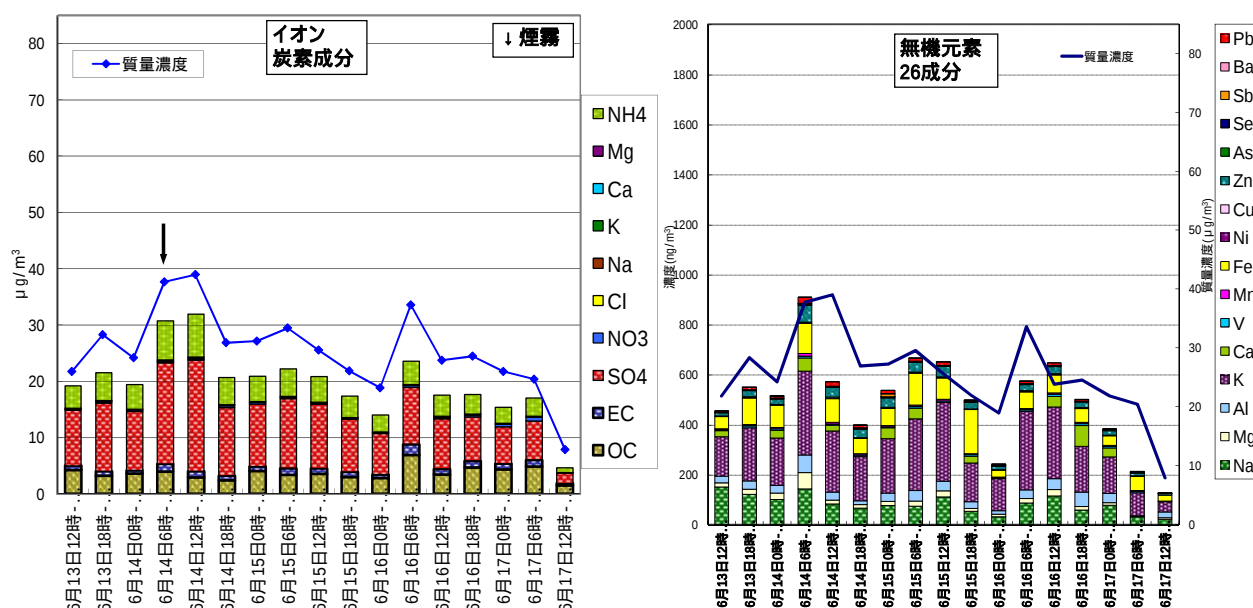


図4 - 1 各成分濃度等及び自動測定局 1 時間値の時系列変化（6 月 13 日～17 日）

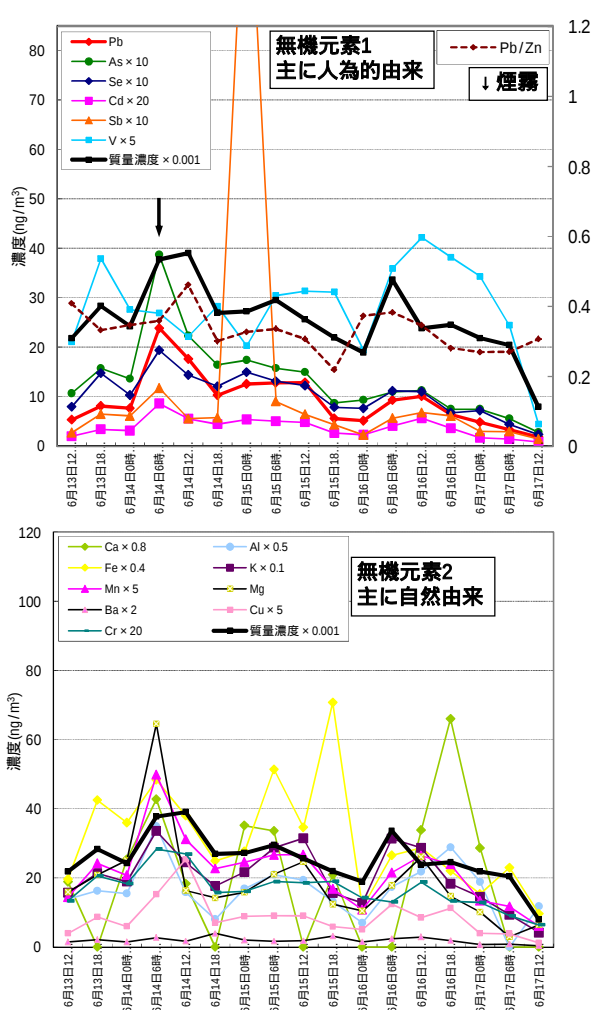
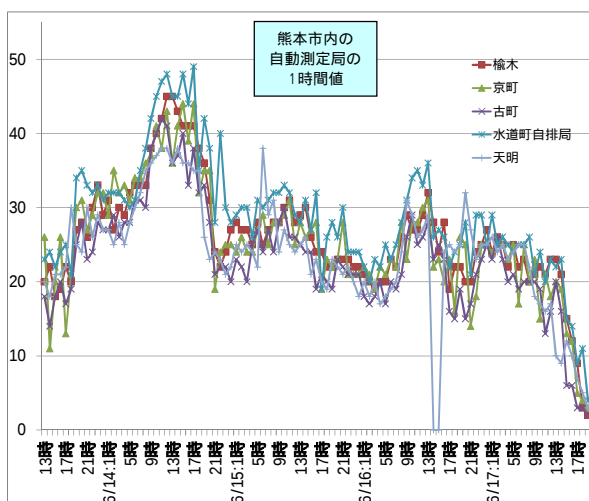


図 4 - 2 各成分濃度等及び自動測定局 1 時間値の時系列変化(6 月 13 日 ~ 17 日)

有機炭素及び元素状炭素が上昇していた。なお、この期間中は全般的に石油（重油）等に由来する無機元素成分のバナジウムが高めであった。

3 つの事例の期間全体の各無機元素濃度及び濃度比

高濃度な期間が比較的短く特性を捉えやすい先の で考察した 3 つの事例(3 月 8 日 ~ 10 日、5 月 2 日 ~ 4 日、6 月 13 日 ~ 17 日) の期間全体の特征について、無機元素成分を中心に比較・検討した。

・質量濃度と鉛濃度と亜鉛濃度

各無機元素濃度及び濃度比等の散布図について、先の 3 つの事例を重ねて図 5（順に、質量濃度と鉛濃度、鉛濃度と亜鉛濃度、バナジウム濃度とマンガン濃度、Pb/Zn 比と V/Mn 比。）に示した。

鉛は、発生源としては金属精錬や都市廃棄物焼却などが考えられるが、とりわけ石炭燃焼飛灰の影響も大きく、大陸からの移流の影響を把握する指標として有用である。質量濃度と鉛濃度の散布図では、3 月や 5 月は質量濃度が高いときに、鉛濃度が高い状況が確認された。

鉛濃度は、広く一般に存在する亜鉛濃度と比較することで、その相対的な増加を確認し石炭燃焼由来の影響を評価する手法が知られている。鉛濃度と亜鉛濃度の散布図では、各月と

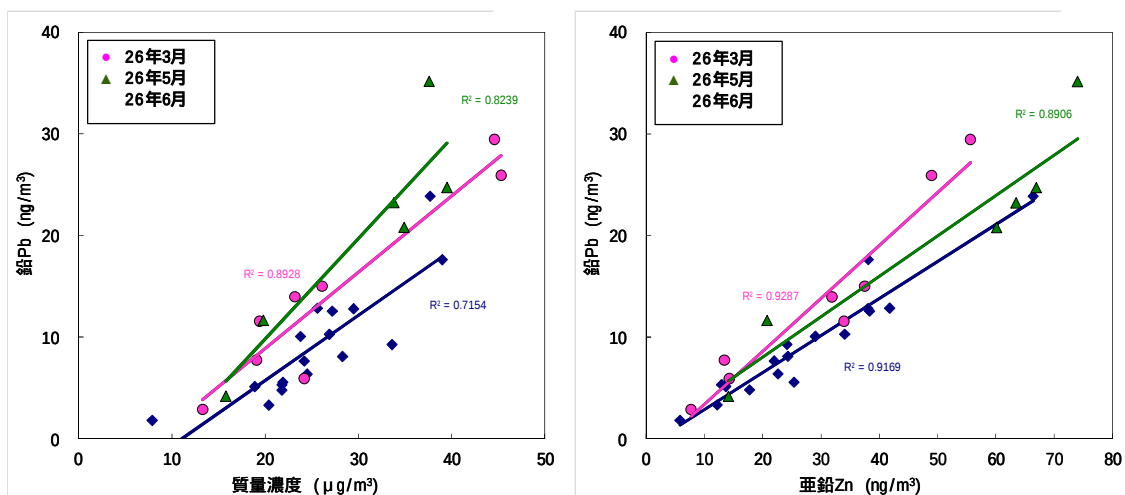


図5 - 1 各無機元素濃度及び濃度比等の散布図（3月、5月、6月）

もに正の相関がみられ、3月の傾きが最も大きく Pb/Zn 比も 0.45（平均値）であったが、6月の傾きは小さく Pb/Zn 比は 0.33（平均値）であった。3月は石炭由来の影響が大きく、大陸からの移流の影響を強く受けたためと考えられる。

・バナジウム濃度とマンガン濃度

バナジウムは、石油（重油）燃焼の指標として有用であり、大陸（石炭の使用量が極端に多く、石油（重油）の割合が小さい。）との違いが大きいことから地域的な汚染の影響として評価できるものである。バナジウム濃度は、広く一般に存在するマンガン濃度と比較することで、その相対的な増加を確認し石油由来の影響を評価する手法が知られている。バナジウム濃度とマンガン濃度の散布図では、6月はバナジウム濃度が全体的に高く、石油由来の影響が大きくて地域的な汚染の影響が大きいと推察される。一方、大陸からの移流の影響を受けた3月はバナジウム濃度が全体的に低く、石油由来の影響は小さかった。なお、ここでいう地域とは、大陸からの移流と対比して使ったものであるが、その範囲を適切に定義するのは難しく、またそれぞれの事例によって違っているものと推察される。

また、5月のように、黄砂由来等でマンガン濃度が高めのときは、バナジウム濃度が高くても V/Mn 比は低くなってしまい、石油由来の影響を過小評価するおそれがあるので注意する必要があると考えられる。

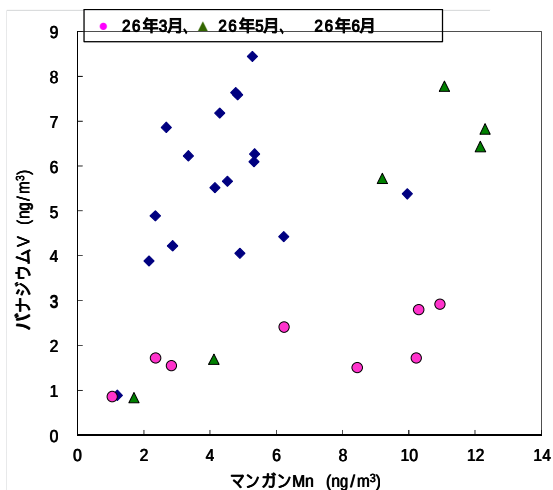


図5 - 2 各無機元素濃度及び濃度比等の散布図（3月、5月、6月）

・Pb/Zn 比と V/Mn 比

Pb/Zn 比と V/Mn 比の散布図は、石炭由来と石油由来の影響を一度に確認することが可能になると期待される。3 月は Pb/Zn 比が高く V/Mn 比が低い分布となり、石炭由来の影響が大きいことから、主に大陸からの移流が影響していると考えられる。一方、6 月は Pb/Zn 比が低く V/Mn 比が高い分布となり、石油由来の影響が大きいことから、主に地域的な汚染が影響していると推察される。

同様の解析を 25 年度の本市の行政検査の 5 月（春季）及び 7～8 月（夏季）の結果（試料採取地点：熊本市神水本町自排局）で行ったところ同じ傾向がみられた。（夏季は Pb/Zn 比が低く V/Mn 比が高い分布となり、石油由来の影響が大きかった。）

このように、Pb/Zn 比と V/Mn 比の散布図は、3 月（春）から 6 月（夏）への移り変わりとともに、石炭（大陸）由来か石油（地域）由来かその季節の概ねの傾向を有効に示すことができる方法と考えられる。これまでの本市の報告では物質を検出したことによる定性的な汚染物質の由来の考察であったが、本報告では各発生源からの負荷について季節毎の概ねの傾向を表せたものとなった。

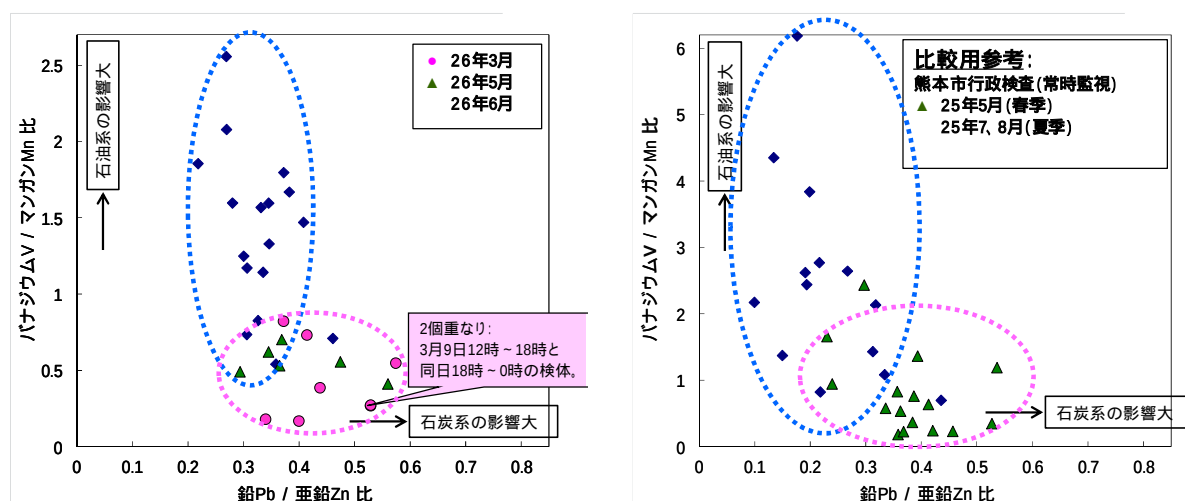


図 5 - 3 各無機元素濃度及び濃度比等の散布図（3 月、5 月、6 月）

3 つの事例のピーク時検体の各無機元素濃度及び濃度比

先の で考察した 3 つの事例（3 月、5 月、6 月）について、ピーク時の検体のみで改めて比較・検討した。行政検査より高時間分解能で実施したことで、平均化されずそのときの要因がより明確になっていることが期待される。

各無機元素濃度及び濃度比等の散布図について、3 つの事例のピーク時の検体（3 月の 2 検体（9 日 12 時～18 時及び 18 時～0 時）、5 月の連続した 4 検体（2 日 12 時～18 時、18 時～0 時、3 日 0 時～6 時及び 6 時～12 時）、6 月の 5 検体（この期間の前半の 14 日 6 時～12 時及び 12 時～18 時と、後半の 16 日 6 時～12 時、12 時～18 時及び 18 時～0 時））のみで同じものを作成し図 6 に示した。

Pb/Zn 比と V/Mn 比の散布図では、3 月の 2 検体は Pb/Zn 比がとりわけ高く V/Mn 比が低いものであり、石炭由来の影響が大きいことから、大陸からの移流の影響が強いと考えられる。6 月はこの期間の前半（14 日）の 2 検体と後半（16 日）の 3 検体では、状況が全く異なっていた。後半の 3 検体は Pb/Zn 比が低くて V/Mn 比が高い散布図の左上の夏寄り、石油由来の影響が大

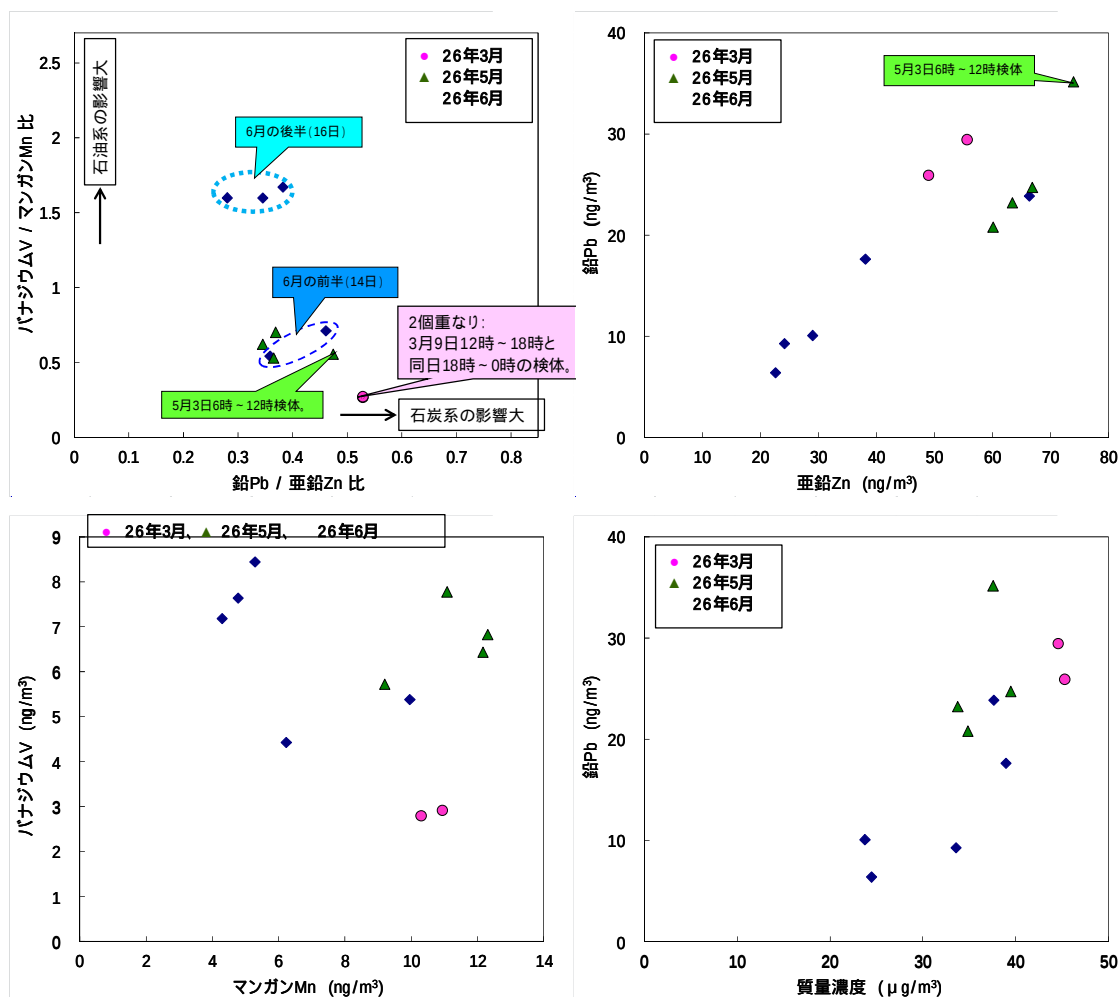


図6 各無機元素濃度及び濃度比等の散布図（3月、5月、6月のピーク時検体のみ）

きいことから、主に地域的な汚染が影響していると推察されるが、前半の2検体は比較的右下の春寄りで、石炭由来の影響が比較的大きいと思われる。この2日足らずの間で汚染の要因が変化したことがわかりやすく確認できた。このように、ピーク時の検体は、その時点の特徴を強く保有しており、先の で考察した内容と整合していた。

一方、5月の4検体は比較的右下の春寄りで、石炭由来の影響が比較的大きいと思われ、石油由来の影響が小さいかのように考えられる。しかし、実際にはバナジウム濃度とマンガン濃度の散布図を見ると、黄砂由来等でマンガン濃度が高いためバナジウム濃度も高いがV/Mn比が低くなっているだけであり、ある程度の石油由来の影響もあると推察される。このため、バナジウム濃度とマンガン濃度などそれぞれの成分濃度を確認しておくことも必要である。また、3日6時~12時検体は、鉛濃度と亜鉛濃度の散布図を見ると、5月の直前の3検体より鉛濃度の割合が急に高くなっており、この短時間に石炭由来の影響がさらに大きくなったことを示していた。これは、先の の図3の成分濃度や自動測定局1時間値で捉えていた短時間（3時間）の変化も的確に表せていた。

さらに、見方を変えれば、3月の2検体はバナジウム濃度とマンガン濃度の散布図を見ると、バナジウム濃度が高くはないことから、この時期の大陸からの移流分には石油（重油）由来の成分が多くはないことが今回の結果でも改めて確認できた。

高時間分解能で無機元素を分析したことで、短時間で細かく変動していることを捉えること

もでき、濃度が上昇したときの要因がよく現れており、適切に解析することができた。

(2) 高濃度な期間が少し長い複合的な事例(3月14日~20日)

自動測定局 1 時間値の高濃度な期間が少し長い複合的な 3 月 14 日~20 日事例について考察した。

3 月 14 日~20 日事例の成分濃度結果の概要

この事例の各成分濃度等及び自動測定局 1 時間値の時系列変化を図 7 に示した。質量濃度が上昇していた期間(16 日 6 時頃~)は約 1 日間(概ね 4 検体分)であり、次に上昇していた期

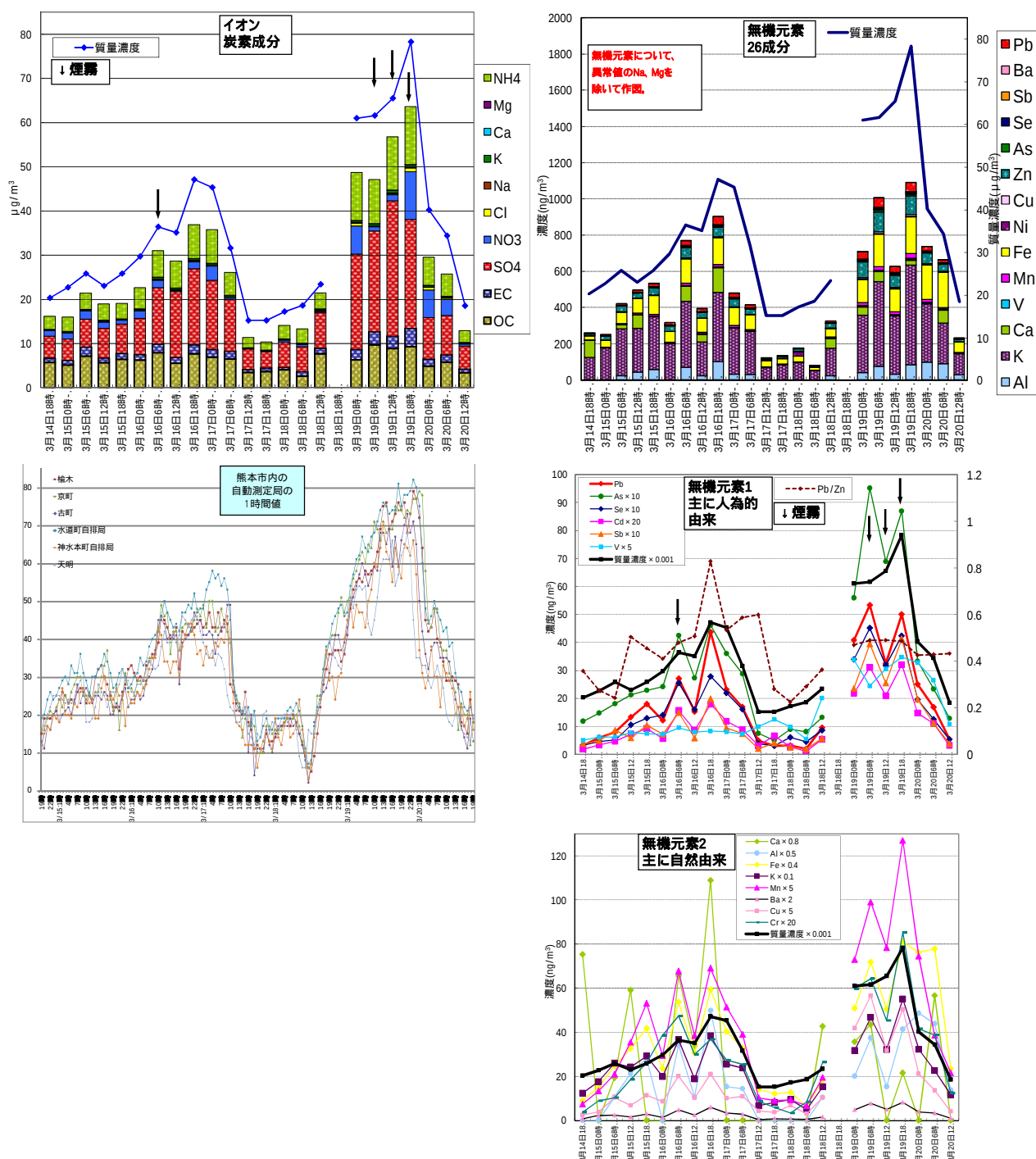


図 7 各成分濃度等及び自動測定局 1 時間値の時系列変化(3 月 14 日~20 日)

間（19日）も約1日間（概ね4検体分）であった。（その間の約1日は、一旦、濃度が低下していた。）なお、サンプラー（2台とも）不具合のため、18日18時～0時検体のみ全成分欠測になった。

各成分濃度では、この期間の前半（16日～17日）と後半（19日）のピークともに、イオン成分の硫酸イオンや、無機元素成分の鉛、砒素、セレン及びカドミウム等が連動して上昇（無機元素の4つは組成比をほぼ維持（16日18時～0時検体の鉛を除く。））しており、大陸からの汚染物質の移流が強く影響していたと考えられる。また、無機元素成分のアルミニウム、鉄及びマンガン等も上昇しており、黄砂等も併せて移流していたと考えられる。一方、無機元素成分のバナジウムは、後半のピークのみ上昇しており、地域的な汚染の影響もあると推察される。

3月14日～20日事例の期間全体の各無機元素濃度及び濃度比

この事例と先の(1)で考察した3つの事例（3月8日～10日、5月、6月）を比較して期間全体の特徴について、無機元素成分を中心に検討した。各無機元素濃度及び濃度比等の散布図について、先の3つの事例に重ねて図8に示した。Pb/Zn比とV/Mn比の散布図を見ると、この事例は、概ね右下の分布であるがさまざまな状況があり少し散らばっていた。鉛濃度と亜鉛濃度の散布図を見ると、傾きが（3月8日～10日事例と同様に）大きくて石炭由来の影響が大きく、大陸からの移流の影響を強く受けたためと考えられる。また、バナジウム濃度とマンガン濃度

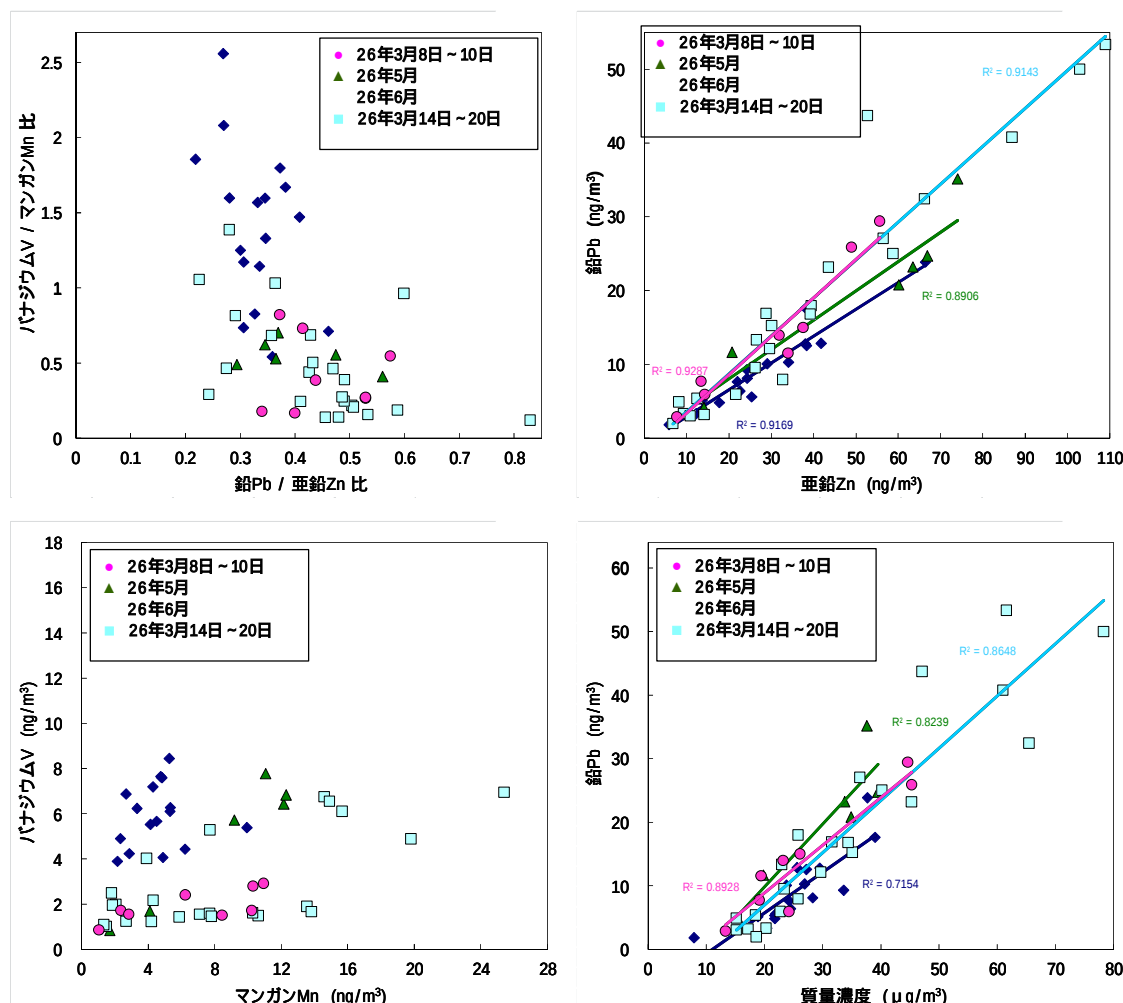


図8 各無機元素濃度及び濃度比等の散布図（3月14日～20日（先の3事例に重ねて））

の散布図を見ると、バナジウム濃度が高いときがいくつかあるが、そのときに黄砂由来等でマンガン濃度も高いため V/Mn 比は低くなっており、石油由来の影響の適切な評価が難しくなっていた。期間全体としては、鉛濃度と亜鉛濃度の散布図以外は、特徴を少し把握しにくかった。

3月14日～20日事例のピーク時検体の各無機元素濃度及び濃度比

この事例について、ピーク時の検体のみで改めて検討した。各無機元素濃度及び濃度比等の散布図について、先の3つの事例のピーク時の11検体及びこの事例のピーク時の8検体(前半の連続した4検体(16日6時～12時、12時～18時、18時～0時及び17日6時～12時)と、後半の連続した4検体(19日0時～6時、6時～12時、12時～18時及び18時～0時))で作成し図9に示した。

Pb/Zn 比と V/Mn 比の散布図では、この期間の前半(16日～17日)のピークの4検体は、Pb/Zn 比がとりわけ高く V/Mn 比が低いものであり、石炭由来の影響が大きいことから、大陸からの移流の影響がかなり強いと考えられる。なお、16日18時～0時検体のみは、各成分濃度を確認しても一時的に鉛の割合がかなり高い組成になっており、このときに別の要因がさらに加わったと推察される。

後半(19日)のピークの4検体は、同様の右下の分布であり、石炭由来の影響が大きいと思われるが、バナジウム濃度とマンガン濃度の散布図を見ると、前半と後半のピークでは全く異なっており、この後半は(黄砂由来等でマンガン濃度もかなり高いので V/Mn 比が低い)、実

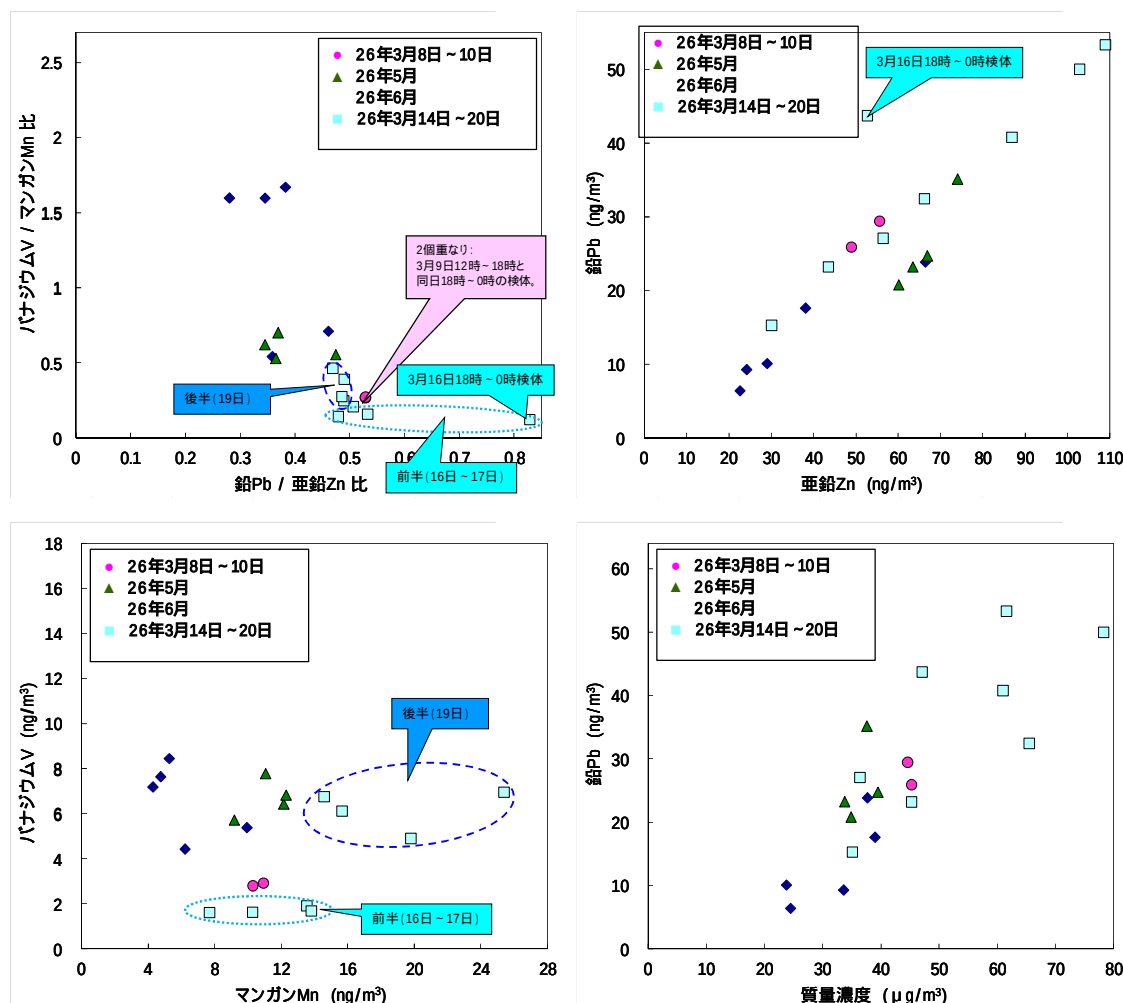


図9 各無機元素濃度及び濃度比等の散布図(3月14日～20日のピーク時検体のみ)

際にはバナジウム濃度が高まっており、石油由来の影響も大きくなっていると推察される。つまり、後半は、石炭（大陸）・黄砂・石油（地域）由来のそれぞれの物質が複合的に影響し、極めて高い濃度になったと推察される。

後方流跡線解析（図 10）を行ったところ、前半のピークの 16 日 9 時は、大陸の都市部などを起源としていた。一方、後半のピークの上昇し始めの 18 日 19 時（欠測の時間帯）は大陸の都市部などを起源としていて、その 7 時間後の 19 日 2 時にはゴビ砂漠や黄土地帯から都市部の北京付近を経由して流れ込む起源に変化しており、考察内容を支持していた。

各成分濃度を確認しながら、Pb/Zn 比と V/Mn 比の散布図を用いると、このように要因が変化し複合化した事例でも適切に解析することができた。

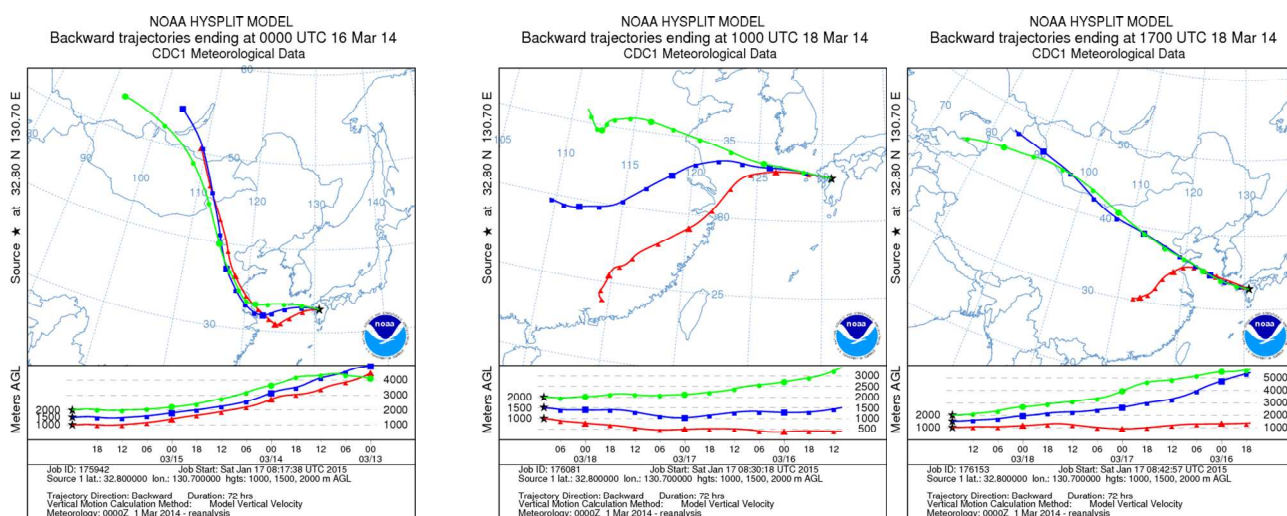


図 10 3 月 16 日 9 時、18 日 19 時及び 19 日 2 時の後方流跡線解析図

4 まとめ

- 1) 高濃度時の 6 時間分解能での採取・分析は、概ね定量精度を確保しつつピークの時間が短いときでもその変化を把握できる有効な方法であった。また、微量成分である無機元素についてもピーク時に石炭由来成分（鉛、砒素、セレン及びカドミウムの 4 物質）の組成比が大きく変わることなく上昇している状況も確認できた。
- 2) 無機元素濃度（鉛、亜鉛、バナジウム及びマンガン）及び濃度比（Pb/Zn 比と V/Mn 比）などを複数の事例で比較・検討したところ、石炭（大陸）由来や石油（地域）由来の影響を捉えており、特に Pb/Zn 比と V/Mn 比の散布図は、春から夏への移り変わりとともにその季節の主な発生源の特徴の変化を概ねの傾向として有効に表現することができた。ただし、黄砂が飛来したときなどマンガン濃度が高めのときは注意して解析する必要がある。
- 3) 6 時間分解能で採取・分析したピーク時の検体は、その時点の特徴を強く保有しており、濃度が上昇したときの要因がよく現れていて、発生源解析に有用であった。
- 4) 高濃度な期間が少し長いときなど、要因が変化し複合化したものも的確に捉えており、適切に解析することができた。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人国立環境研究所と地方公共団体環境研究機関等との 型共同研究「PM2.5 の短期的/長期的環境基準超過をもたらす汚染機構の解明」(高濃度観測グループ)により実施されました。記して謝意を表します。なお、当グループの九州グループの山本重一氏(福岡県保健環境研究所)、田村圭氏(長崎県環境保健研究センター)、山田早紀氏(佐賀県環境センター((現)佐賀県衛生薬業センター))、鵜野伊津志主幹教授(九州大学応用力学研究所)には、格別の御礼を申し上げます。

参考文献

- 1)辻昭博、日置正：大気エアロゾル中のイオン成分および無機元素成分の粒径別高時間分解能観測による黄砂と人為起源物質の越境輸送の詳細解析，大気環境学会誌，vol.48 No.2，82-91，2013．
- 2)日置正、谷口延子、菅田誠治：無機元素をトレーサーとした日本海沿岸域における PM2.5 越境汚染の解析，第 55 回大気環境学会年会講演要旨集，196，2014．
- 3)木下誠、肥後隼人、宮地夏海：福岡市における PM_{2.5} の季節変動および黄砂・煙霧時の実態調査，福岡市保健環境研究所報，37，53-57，2012．
- 4)緒方美治、武原弘和、近藤芳樹、藤井幸三：熊本市における微小粒子状物質 (PM2.5) の実態調査 (平成 25 年 2 月～3 月)，熊本市環境総合センター年報，No.20，49-58，2012．
- 5)緒方美治、飯銅和浩、坂口美鈴、吉田芙美香、福田照美、近藤芳樹、藤井幸三：熊本市における微小粒子状物質 (PM2.5) の成分分析 (平成 25 年度)，熊本市環境総合センター年報，No.21，51-65，2013．