

平成 26 年度微小粒子状物質環境成分調査における無機元素の特徴について

堀本泰秀 石井克巳 内藤季和 市川有二郎 大橋英明*

(* : 千葉県環境生活部大気保全課)

1 はじめに

微小粒子状物質(PM_{2.5})成分分析については、2010 年に改正された大気常時監視に係る事務の処理基準で常時監視として規定されたもので、千葉県では 2013 年度から市原岩崎西及び勝浦小羽戸の 2 箇所の常時監視地点で調査を実施している。

PM_{2.5} 中の無機元素については、一次粒子の各種発生源を推計するための良い指標となることが知られており、また、千葉県のばいじん排出量が全国 6 位¹⁾と多いことから、発生源の把握のために無機元素を解析することは重要と考えられる。

本報では、平成 26 年度(2014 年度)に 5 箇所で実施した PM_{2.5} 成分分析(常時監視地点 2 箇所に富津下飯野、佐倉江原新田及び野田宮崎(自排局)を追加)のうち、各調査地点における無機元素の特徴及び考察について報告する。

2 方法

2014 年度調査の無機元素測定は、PM_{2.5} 成分測定マニュアルに準拠し、ICP-MS 法及び蛍光 X 線分析法により 32 元素(PM_{2.5} 成分分析ガイドライン記載 30 元素に Be 及び Cd を追加)の測定を行った。同調査における測定法は既報²⁾を参照されたい。

各調査地点の概要は表 1 のとおりであり、主に年平均濃度によりその特徴を把握することとした。

表 1 調査地点概要

名称	概要
市原岩崎西	発生源近傍(石油化学)
勝浦小羽戸	バックグラウンド(対照)地点
佐倉江原新田	一般環境(秋季に農業系野焼き有)
富津下飯野	発生源近傍(製鉄)
野田宮崎	国道 16 号近傍(自排局)

3 結果と考察

図 1 に各調査地点の無機元素の年平均濃度を示す。

なお、図中の低濃度元素は概ね 10 ng/m³ 未満であった 25 成分の合計濃度を示している。

無機元素濃度の合計は、対照地点の勝浦小羽戸で低く、富津下飯野において最も高かった。

また、各調査地点で土壌及び道路粉じん由来とされている Al, Si, Ca 及び Fe が無機元素濃度合計に占める割合は、概ね 5 割以上であった。

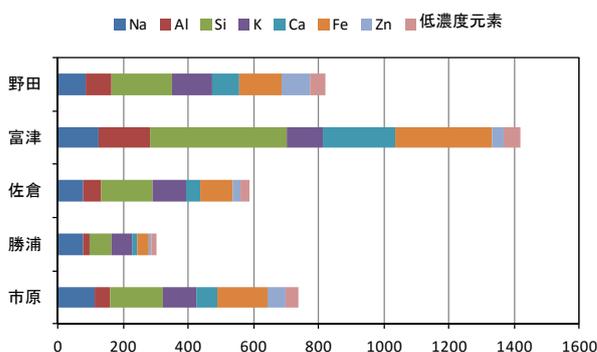


図 1 各調査地点の無機元素の年平均濃度(ng/m³)

3・1 各調査地点における比率の特徴

低濃度元素も含めた地域の特徴については、無機元素は低濃度から高濃度のものまで約 10,000 倍の濃度差があったため、90%以上の試料で不検出であった Be, Sc, Sm, Hf, Ta 及び Th を除く 26 元素について、対照地点の勝浦小羽戸の濃度で除した比率で把握することとした。

各元素の比率は図 2 に示したとおり概ね 1 以上であり、対照地点の勝浦小羽戸では土壌成分も含めて、発生源影響が小さいことが推測された。

なお、他の 4 地点では高濃度となる元素がそれぞれ異なっていることから、それぞれの地点では異なる発生源の影響を受けていたことが推測された。

以下に各調査地点における比率の特徴を示す。

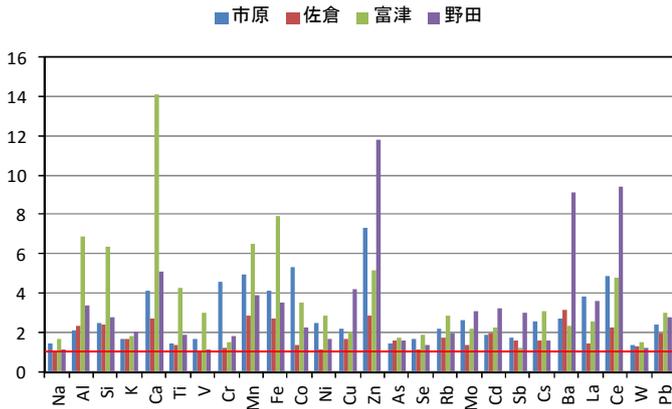


図2 各調査地点の金属成分濃度を勝浦小羽戸の濃度で除した比率

3・1・1 市原岩崎西

4 地点中で最大の比率を示していたのは Cr, Co 及び La の 3 元素であった。

石油化学等の発生源周辺における調査地点であり、多種類の無機元素の比率が上昇しており、後述の富津下飯野とともに各種の人為起源発生源の影響をより強く受けていたことが推察された。

3・1・2 佐倉江原新田

各種の無機元素の比率が大きくなっており、勝浦小羽戸と比べて各種発生源の影響を受けていたと推察されたが、最大の比率を示していた元素はなかった。

なお、Na, V, Ni 及び Se の比率は 1 程度であり、対照地点と同程度のため、調査地点周辺には、これらの元素の発生源が存在しないことが推察された。

3・1・3 富津下飯野

4 地点中で最大の比率を示していたのは Na, Al, Si, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Ni, As, Se, Rb, Cs, W 及び Pb の 15 元素であった。

これらの元素は、土壌系（土壌又は道路粉じん）、鉄鋼工業、石油燃焼の影響を受けたと推察された。

3・1・4 野田宮崎

4 地点中で最大の比率を示していたのは K, Cu, Zn, Mo, Cd, Sb, Ba 及び Ce の 8 元素であった。

本調査地点は自動車排出ガス測定局であり、これら元素の他に自動車排気ガスの指標である元素状炭素が高濃度であった。

比率が高かった元素はブレーキ粉じん等の自動車

走行に伴う粒子発生及び廃棄物焼却の影響を受けていたと推察された。

3・2 詳細解析

PM_{2.5} 成分測定マニュアルによると、無機元素の合計濃度が最も高かった富津下飯野において特徴のあった無機元素の発生源は表 2 のとおりであり、複数の発生源が想定された。

そのため、これら元素について各調査地点における季節平均濃度により解析を行った。

また、当センターでは「降下ばいじん・浮遊粒子状物質調査」として、富津下飯野等においてローボリウムエアサンプラー法による SPM 中の金属成分 10 成分 (Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd 及び Pb) の通年測定、ダストジャー法による降下ばいじん中の金属成分 3 成分 (Al, Mn 及び Fe) の通年測定を実施していることから、当該データとの比較・考察を行った。

表 2 富津下飯野で特徴があった元素の発生源

	Al	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Ni
土壌	○	○	○				
道路粉じん	○	○	○			○	
鉄鋼工業		○	○		○	○	○
石油燃焼				○			○

3・2・1 季節平均濃度による解析

各元素及び土壌系とされている Si の季節平均濃度の推移を図 3 に示す。

土壌系及び鉄鋼工業の指標元素については、複数の発生源が想定されるものが多かったが、Al, Si, Ca 及び Ti は、富津下飯野で春季及び夏季に、それ以外の地点は春季に高くなる傾向を示しており、Mn, Fe は、富津下飯野において通年で高濃度となっており、それ以外の成分は秋季に高濃度となる傾向を示していた。

この異なる傾向から、前者は土壌系、後者は鉄鋼工業系の影響をより強く受けたものと推察された。

V, Ni は、全調査地点で夏季に高濃度となる傾向を示していた。

PM_{2.5} 成分測定マニュアルによると、V 及び Ni は石油燃焼の指標成分とされており、環境省の発生源

プロファイル³⁾では、他の発生源と比べてVの比率が50倍以上と顕著に高い。

Vの濃度推移が、勝浦小羽戸、佐倉江原新田及び野田宮崎でほぼ同様であったことから、石油燃焼による影響が広い地域に分布していたことが推察された。

なお、市原岩崎西及び富津下飯野においては、石油燃焼の影響をより強く受けていたことが推察された。

Niについては、勝浦小羽戸及び佐倉江原新田はVと同様の濃度推移を示しており、広域的な石油燃焼の影響を受けたと推察された。市原岩崎西、富津下飯野及び野田宮崎ではVとは異なる濃度推移を示しており、石油燃焼以外にも鉄鋼工業等の発生源の影響も受けていたと考えられた。

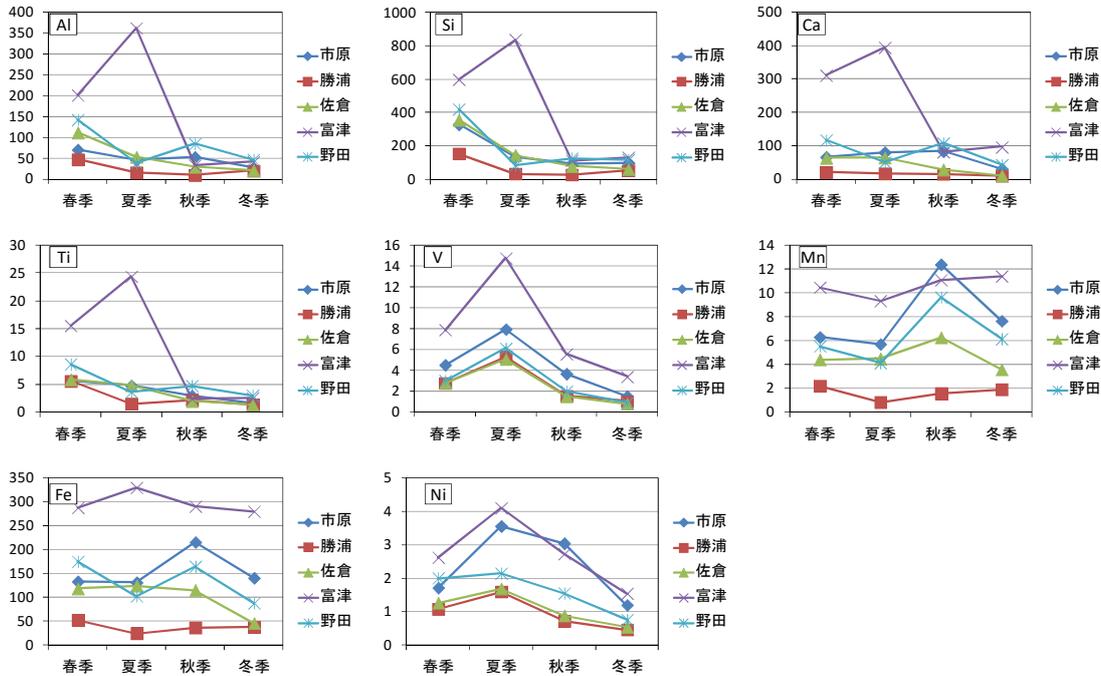


図3 富津下飯野において高濃度となった指標元素の濃度推移(ng/m³)

3・2・2 降下ばいじん・浮遊粒子状物質調査との比較

平成26年度調査のSPM中金属成分のうち、Al, V, Mn, Fe及びNiの月平均濃度推移を図4に示す。

Al濃度は、PM_{2.5}成分測定と同様に、富津下飯野で春季と夏季に高濃度となっていた。一方、Mn及びFe濃度については、図4のとおり他地点と比べて富津下飯野で高濃度となっていたが、PM_{2.5}成分測定と同様に、明確な季節変動は示していなかった。

なお、大気中の土壌又は道路粉じん粒子は粗大側(2.5 µm以上)に分布し、比較的粒子が大きいことが知られていることから、同様に比較的粒子が大きいと考えられる降下ばいじんについても、Al, Mn及びFeの濃度推移を検討することとした。

図5に示すとおり、富津下飯野における降下ばいじん及びSPMに含まれるAl濃度推移が春季から夏季に

かけて類似していた。

なお、Alが高濃度となる季節の風向(S系)と測定地点周辺の舗装状況(北側は駐輪場、南～西側は砂利敷き(未舗装)の駐車場及びグラウンド)との整合が取れており、これら大気中粒子の高濃度は、測定地点近傍の未舗装の駐車場からの巻き上がりの影響を受けた可能性は否定できない。

一方、Mn及びFeについては春季～夏季については濃度推移が類似しているものの、Alほどは類似しておらず、駐車場からの巻き上がり以外に鉄鋼工業等の発生源の影響を受けていた可能性がある。

Vについては、3地点とも春先から濃度が上昇し始め、夏季に最も高濃度となり9月に濃度が急落しており、PM_{2.5}成分分析と同様の濃度推移と考えられた。

君津久保及び館山北条で類似した濃度推移を示しており、前述の広域的な石油燃焼の影響を受けていたと

考えられた。

Ni については、春季から夏季にかけての傾向は V と類似していたが、秋季以降も君津久保及び富津

下飯野において高濃度となる月が存在し、石油燃焼以外にも鉄鋼工業等の発生源の影響も受けていたと考えられた。

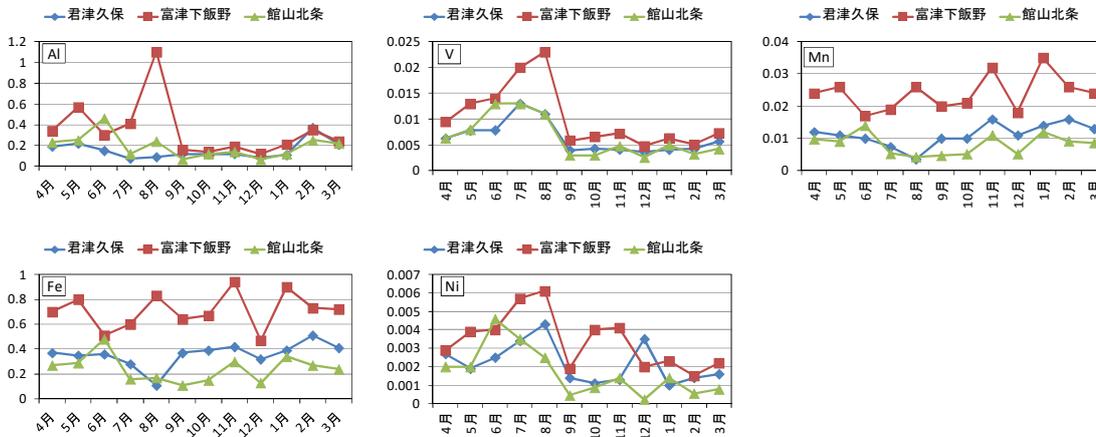


図4 浮遊粒子状物質調査（2014年度）におけるAl, Fe月平均濃度推移(μg/m³)

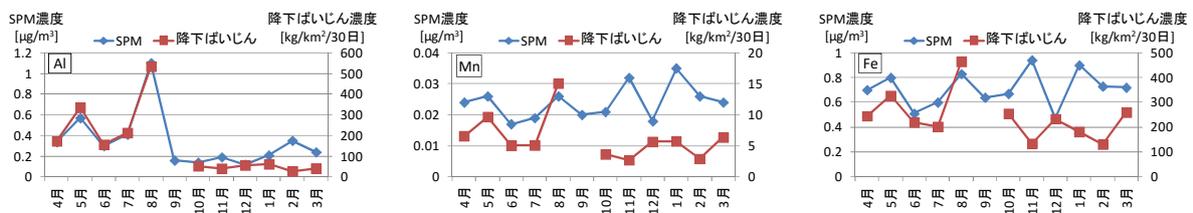


図5 富津下飯野における降下ばいじん及びSPM中のAl及びFe濃度の推移（2014年度）

4 まとめ

2014年度に県内5地点で採取したPM_{2.5}成分測定結果のうち、一次粒子の指標となる無機元素について、年平均濃度及び季節平均濃度から各調査地点の特徴の解析を行った結果、以下について確認された。

- ・無機元素濃度の合計は、対照地点の勝浦小羽戸で最も低く、富津下飯野において最も高濃度であった。
- ・各調査地点で、土壌（又は道路粉じん）の無機元素に占める割合が高く、概ね5割以上であった。
- ・対照地点の勝浦小羽戸では、他の測定地点と比べて概ね全ての元素濃度が低く、各種発生源の影響が小さいと考えられた。
- ・富津下飯野では、最高濃度を示していた元素が多く、鉄鋼工業や石油燃焼等の人為起源発生源の影響を強く受けていたことが推察された。
- ・石油燃焼による影響が広い地域に分布していたことが推察された。

今後、発電施設の新増設や製造施設の統廃合、発生源対策の推進等、一次粒子の発生源を取り巻く状況の変化が予測されるため、引き続き監視とともに解析を続けていくことが重要と考えられた。

引用文献

- 1) 応用技術株式会社：平成25年度大気汚染物質排出量総合調査（平成23年度実績）報告書(2014)。
- 2) 堀本泰秀, 内藤季和, 石井克巳, 市川有二郎: PM_{2.5}成分測定における無機元素測定法の検討について。千葉県環境研究センター年報(2015)。
- 3) ムラタ計測器サービス株式会社：環境省請負業務結果報告書 平成20年度微小粒子状物質等実測調査データ解析（発生源寄与濃度の推計）報告書(2009)。