

走査型電子顕微鏡で見る北九州市内の大気中粉じんの特徴について

○廣瀬純子、寺師朗子(北九州市環境科学研究所)

1 はじめに

北九州市内における都市、郊外、道路沿道等の環境の違いによる大気中粒子状物質の特徴を把握し、各環境における大気中粒子状物質の主要発生源を考察することを目的として、走査型電子顕微鏡の粒子解析機能を活用し、市内各所の大気中粒子状物質の粒径分布及び元素成分の比較を行った。

2 試料および測定方法

- (1) **試料** 市内4ヶ所の大気観測局(北九州、若松:都市部、発生源周辺、企救丘:郊外・小学校校庭、西本町:道路沿道)及び比較地として1地点(道原:郊外・浄水場)において、メンブレンフィルター(PALL ULTIPOR N66, 47mm, 0.45 μm)上に24時間で約 2.9m^3 の大気試料を吸引して得られた粒子状物質を測定試料とした。試料採取は、SPM等大気汚染物質が高濃度かつ煙霧観測日(平成25年5月23～24日)、低濃度日(6月6～7日)及び夏季(8月8～9日)に各1回実施した。
- (2) **装置** 走査型電子顕微鏡(SEM)及びエネルギー分散型X線分析装置(EDS) 型式:JSM-6390LA(日本電子)
- (3) **測定** 粒子状物質が捕集されたろ紙をアルミ製の試料台にカーボンテープで固定し測定試料とした。広領域自動粒子解析ソフト「パーティクルファインダ」を使用し、SEMにより粒子を抽出し、EDSにより抽出されたすべての粒子の元素組成の測定を行った。試料は 1mm^2 を測定領域とし、粒子の抽出条件として円相当径 $0.5\mu\text{m}$ 以下、円形度0.2以下を除外した。



図1 採取試料

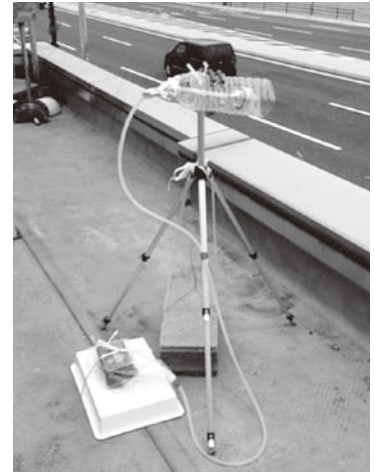


図2 試料採取時写真

3 結果および考察

- (1) **粒径分布** すべての試料で円相当径 $1\mu\text{m}$ 前後の粒子が最も多く検出された。
- (2) **元素組成** どの地点、測定日においても主要成分としてC、O、Si、Al、Fe、S、Ca、Na、Mg、Cl、K、Tiを含む粒子が検出され、土壌成分に含まれる元素とほぼ同様であった。その他の特徴としては、北九州、西本町観測局でFeが高い傾向が見られた。また、電子顕微鏡においても比較的微量な元素であるMn、Zn、Cr、Cuを含む粒子が検出された。

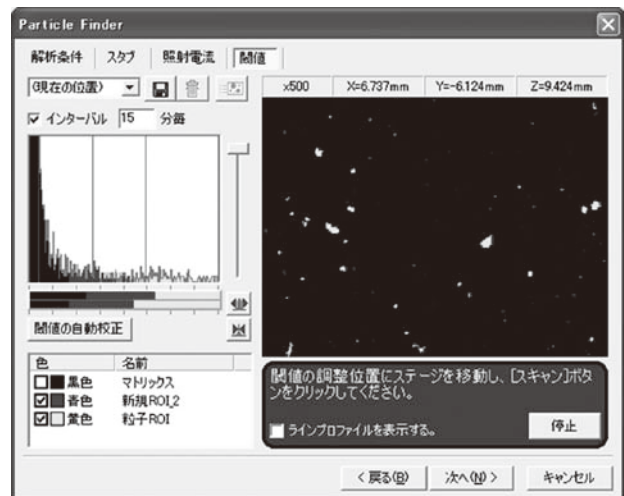


図1 調査地点

表1 各元素を1% (原子数%)以上含有する粒子数

	若松				北九州				西本町				企救丘				道原
	5/23-24				6/6-7				8/8-9								
全粒子	5873	3339	3154	3442	2307	3464	1675	2095	1807	1963	430	1522	1700	644			
Si	2134	1792	1713	1972	988	1384	685	824	674	447	127	444	378	280			
Al	921	979	943	1256	379	704	316	384	316	275	59	224	189	155			
Fe	429	743	696	437	145	568	330	213	293	107	44	196	86	23			
S	322	273	173	170	41	174	41	23	38	128	34	61	31	13			
Ca	708	500	443	897	167	307	92	175	60	95	19	111	82	21			
Na	437	246	255	325	516	195	299	293	70	447	56	273	136	17			
Mg	122	152	122	110	30	114	37	13	15	34	2	36	19	5			
Cl	19	11	11	20	156	50	101	84	7	22	3	20	17	0			
K	26	26	26	64	5	13	6	18	2	10	3	5	16	6			
Ti	24	18	28	21	8	29	9	8	8	9	0	4	5	3			
P	14	5	2	6	3	7	3	2	1	6	1	1	0	0			
Mn	7	16	6	3	3	8	2	2	0	1	1	1	0	0			
Zn	36	26	0	0	5	15	0	5	0	15	8	12	10	7			
Cr	4	10	5	7	6	22	3	4	2	4	0	4	1	0			
Ni	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	3	0	0			
Cu	1	3	6	0	1	0	4	3	2	11	8	15	10	6			
Ba	3	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0			

全粒子：各試料1mm²を測定した際の検出粒子数

(3) Si、Fe、S含有粒子の特徴

①Si含有粒子の特徴

C、Oを除く主要元素ではSiだけしか含まれない粒子(二酸化ケイ素)が大半を占め、次いでSiとAlを含有する粒子(ケイ酸アルミ)が検出された(図4)。

煙霧が観測された5月は検出粒子が多かった。企救丘観測局の結果では、小学校のグラウンドで採取した影響で粗大粒子が比較的多かった。このように、Siを含む粒子の検出状況から土砂や広域汚染の影響を見ることができた。

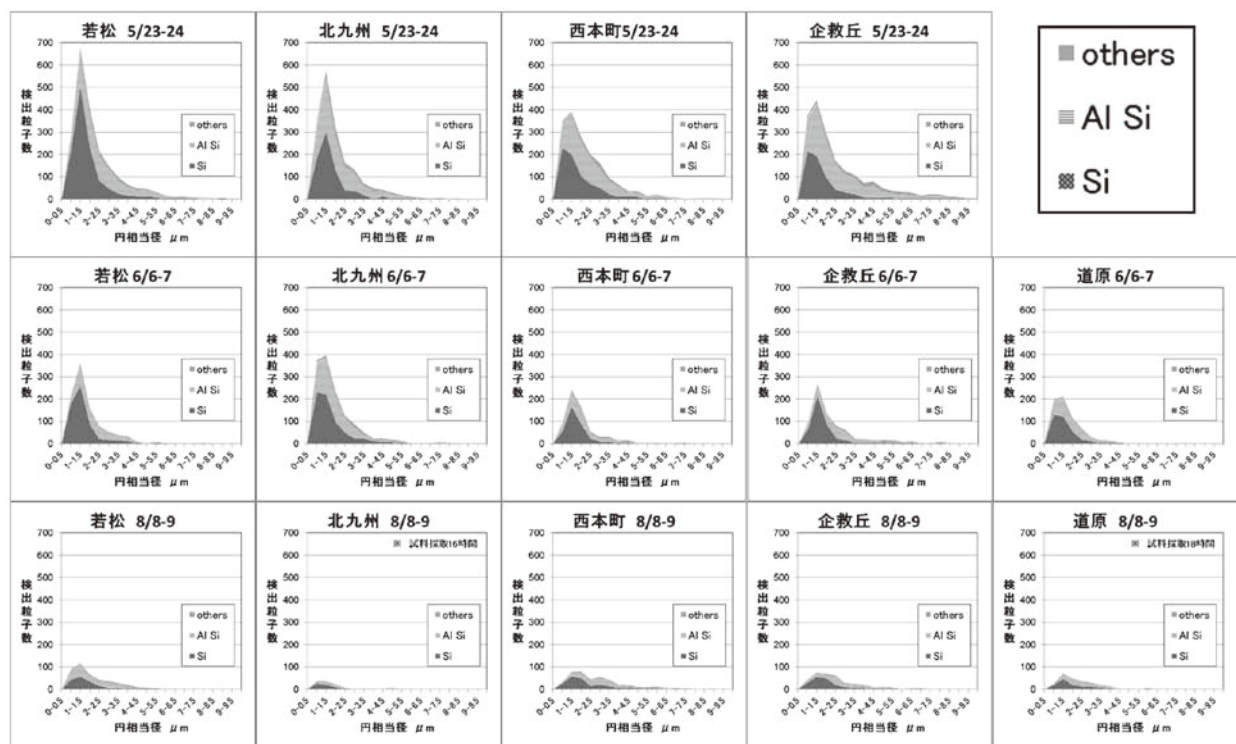


図4 Siを1%以上含有する粒子の個数の粒径分布(組成別に色分け)

②Fe含有粒子の特徴

北九州、西本町観測局で他の地点よりも多数検出された。組成に注目すると、酸化鉄であると考えられるFeのみ(C、Oも検出される)を含有する粒子が大半を占め、次いで土壌由来の粒子であると思われるFe、Si、AlのみもしくはFe、Siのみを含む粒子が検出された(図5)。また、Feのみを含む粒子は、円形度が高い粒子が多く、これらは事業活動由来の粒子であると考えられる(図6上段)。Feと共にSiを含む粒子は、円相当径が大きく円形度が低い粒子の割合が増え、この傾向は企救丘の結果で顕著に見られた(図6下段)。

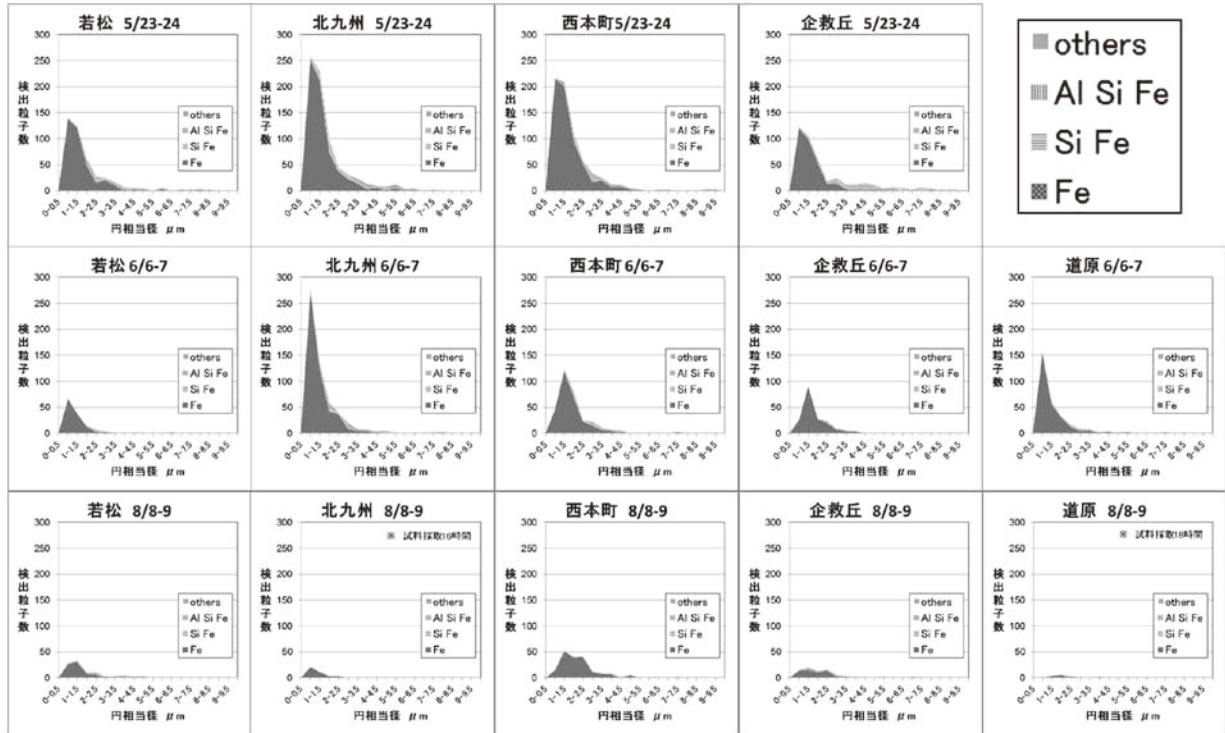


図5 Feを1%以上含有する粒子の個数の粒径分布(組成別に色分け)

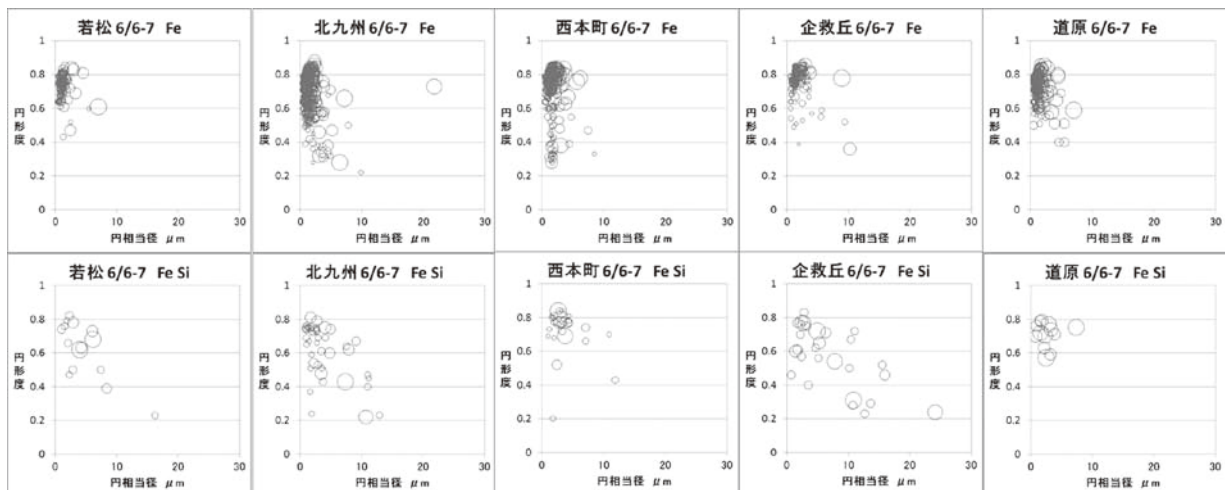


図6 Fe含有粒子の円相当径に対する円形度の分布(6月6～7日)
 プロットのサイズはFe含有率
 Feのみ含有粒子(上段)、Fe、Si含有粒子(下段)

③S含有粒子の特徴

煙霧が観測された5月は、S含有粒子が顕著に多く、電子顕微鏡においても広域汚染の影響を確認できた。また、SはCaと一緒に存在する割合が高かった。

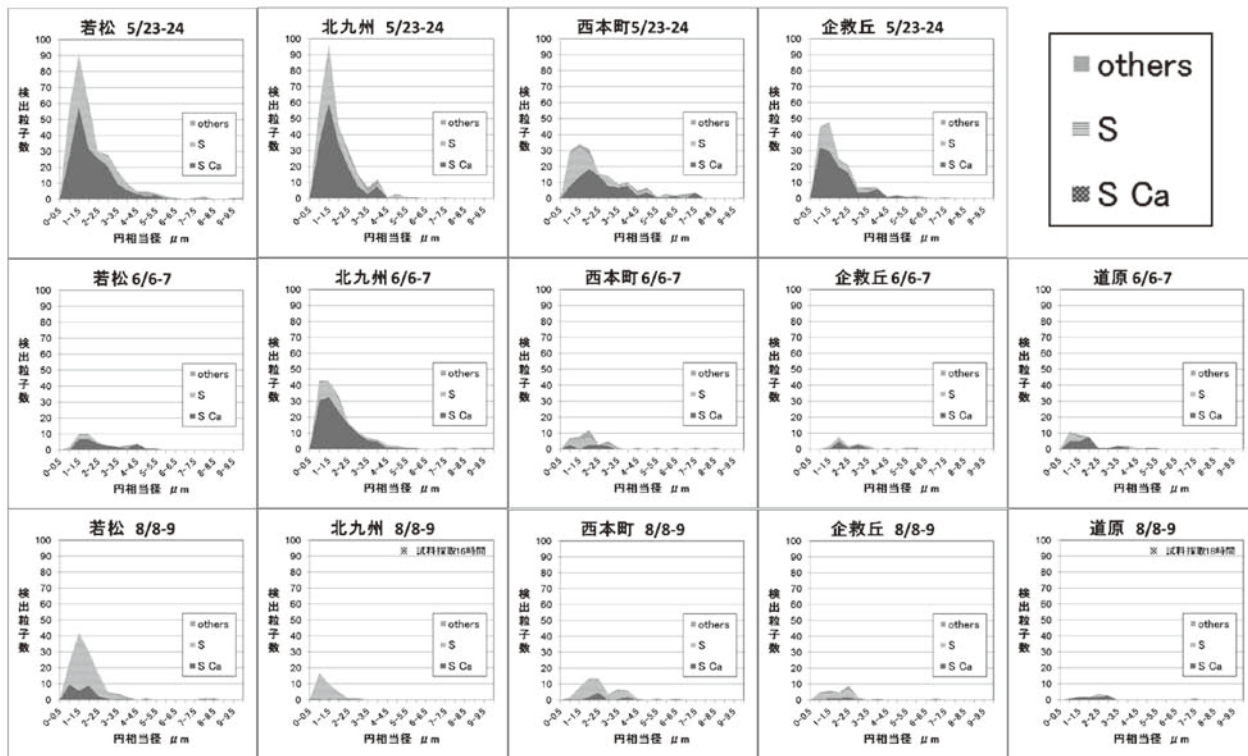


図5 Feを1%以上含有する粒子の個数の粒径分布(組成別に分け)

4 まとめ

電子顕微鏡による粒子解析では、粒子レベルでの組成情報を得ることができ、大まかな地域の特徴や大気汚染の状況を捉えることができた。

各環境における大気中粒子状物質の主要発生源を考察するには、自動車等の移動発生源や工場のばい煙など炭素を主成分とする粒子の評価が不可欠である。一方で、粒子解析では、炭素を主成分とした粒子はろ紙とコントラストが付けにくく、粒子を検出する際の誤差が大きいと考えられるため、今回は検討から除外した。今後の課題としては、炭素を多く含む粒子の検出方法を再検討する予定である。また、秋期、冬期に同調査を実施し、季節比較を実施する予定である。