

宮城県におけるPM2.5調査結果 — 粒径分布及び炭素成分について —

Study on Fine Particle Matter (PM2.5) in Miyagi Prefecture — Size Distribution and Seasonal Characteristics of Carbon Components —

木戸 一博 佐久間 隆 小泉 俊一
北村 洋子 中村 栄一 加賀谷秀樹

Kazuhiro KIDO, Takashi SAKUMA, Syun-ichi KOIZUMI
Yoko KITAMURA, Eiichi NAKAMURA, Hideki KAGAYA

環境大気測定局の国設籠岳局（田園地域）と自動車排ガス測定局の名取自排局（沿道）において、平成15年度から16年度にかけて年4回、ローボリウムアンダーセンエアサンプラーによるPM2.5の調査を実施した。名取、籠岳における粒子状物質の粒径分布は、ともに $0.5\mu\text{m}$ 及び $5\mu\text{m}$ 付近にピークを持つ2山型を示した。PM2.5の濃度は名取が平均で $18.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、籠岳は $12.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ で浮遊粒子状物質（SPM）の55%（名取）及び60%（籠岳）を占めていた。PM2.5濃度の主要成分といわれる炭素成分（TC）は名取がPM2.5の約40%、籠岳が約20%を占めていた。また、名取のTCに占める元素状炭素（EC）と有機炭素（OC）の割合は、ほぼ同じであるのに対し、籠岳のTCは約30%がECでOCが約70%と田園地域と沿道で差がみられた。名取、籠岳ともにECの80%以上は $2.5\mu\text{m}$ 以下に含まれ粒径分布は $0.5\mu\text{m}$ 付近にピークをもつ著しく微小粒子側に偏ったパターンを示めた。

キーワード：PM2.5; 浮遊粒子状物質；元素状炭素；有機炭素

Keywords : PM2.5; suspended particle matter (SPM) ; elemental carbon (EC) ; organic carbon (OC)

1 はじめに

大気の子状物質がヒトの健康に与える影響として、近年欧米等の疫学調査でPM2.5と呼ばれる粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質濃度が死亡率や疾病率との間に高い相関が認められ問題となっている。PM2.5は多種多様の物質からなり、その発生源も自然起源の他に、移動発生源（自動車排ガス）や固定発生源等の人為起源に由来するもの、さらにはガス状物質からの二次生成など複雑且つ多様である。従ってPM2.5の低減化対策を講ずるためにはその組成と発生源の特性を把握することが重要である。今回、PM2.5の主な成分である元素状炭素（以下ECと略）と有機炭素（以下OCと略）について自動車排ガス測定局と自動車排ガスの影響の少ない田園地域において、粒径分布や季節変動について調査を行い、PM2.5への自動車排ガスの影響等について考察を行ったので報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点及び期間

国道4号線沿いの名取自排局（以下名取と略）と対象として田園地域の国設籠岳局（以下籠岳と略）の2地点

について調査を行った。調査期間はおおむね2週間行った、詳細は下記のとおりである。



図1 調査地点の概要

名取自排局

- ① 平成15年8月13日～8月27日
- ② 平成15年12月2日～12月16日
- ③ 平成16年1月21日～2月3日
- ④ 平成16年3月5日～3月19日

- ⑤ 平成16年 5月24日～6月 7日
- ⑥ 平成16年 8月24日～9月 7日
- ⑦ 平成16年11月22日～12月 6日
- ⑧ 平成17年 2月21日～3月 7日

国設笹岳局

- ① 平成15年 8月13日～8月27日
- ② 平成15年12月 2日～12月24日
- ③ 平成16年 1月21日～2月 3日
- ④ 平成16年 3月 5日～3月19日
- ⑤ 平成16年 5月24日～6月 7日
- ⑥ 平成16年 8月24日～9月 7日
- ⑦ 平成16年11月22日～12月 6日
- ⑧ 平成17年 2月21日～3月 7日

2.2 採取方法

浮遊粒子状物質の捕集は、ローボリウムアンダーセンエアサンプラー（柴田科学社製AN-200）を用いて行った。ろ紙捕集は石英ろ紙（Pallflex2500QAST）を用いて行った。

2.3 分析方法

炭素成分の分析はCHNコーダ（MT-5型柳本製作所製）で分析した。600℃のHe雰囲気中で加熱処理したときに揮発する炭素をOC、850℃のHe雰囲気中で燃焼した残りの炭素をECとした。

3 結果及び考察

3.1 浮遊粒子状物質濃度と粒径分布

名取と笹岳においてローボリウムアンダーセンエアサンプラーで測定した粒子状物質濃度を表1に示した。表では総浮遊粒子状物質をTSP、粒径10μm以下の浮遊粒子状物質をSPM、粒径10μm以上の浮遊粒子状物質をGPMとして示した。更にSPMを粒径2.5μm以下の浮遊粒子状物質と粒径2.5μm以上10μm未満の浮遊粒子状物質に分け各々をPM2.5とCPMとして表した。

3.1.1 TSP濃度と粒径分布

名取のTSP濃度の平均は44.3μg/m³、笹岳は22.5μg/m³と道路沿道の名取が田園地域の笹岳の約2倍の値を示した。図2、図3に名取と笹岳のTSPの粒径分布を示した。名取、笹岳ともに、いずれの測定でも粒径0.5μm及び5μm付近にピークをもつ2山型の分布を示した。

3.1.2 粒径濃度とTSPに占める割合

名取、笹岳の粒径別濃度を図4に、TSPに占める割合を図5に示した。PM2.5の平均濃度は名取が18.7μg/m³で笹岳は12.1μg/m³であった。TSPに占めるPM2.5の割合は、名取が42%、笹岳が56%と沿道より田園地域でTSPに占める割合が高くなった。

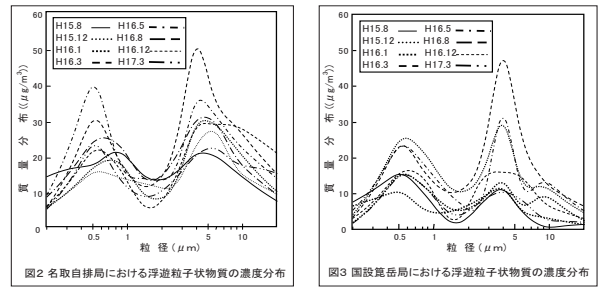


図2 名取自排局における浮遊粒子状物質の濃度分布

図3 国設笹岳局における浮遊粒子状物質の濃度分布

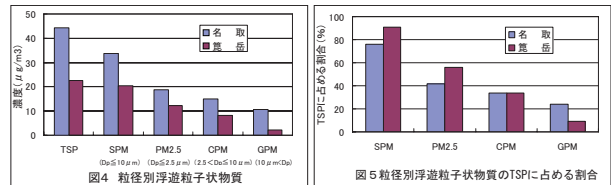


図4 粒径別浮遊粒子状物質

図5 粒径別浮遊粒子状物質のTSPに占める割合

3.1.3 PM2.5とSPM濃度の季節変動及びPM2.5/SPM濃度比

図6、図7に名取と笹岳のPM2.5とSPM濃度及びPM2.5/SPM濃度比の関係を示した。名取、笹岳におけるPM2.5とSPM濃度は冬季に低く春季、夏季に高くなる傾向がみられた。PM2.5/SPM濃度比の平均は名取が0.55、笹岳は0.60と、沿道と田園地域で大きな差はみられなかった。また濃度比は名取、笹岳とほぼ同じ変動を示しており冬季に比べ夏季が高い傾向を示した。標準法（ろ紙捕集-質量測定）により日本各地で季節別に測定した結果ではPM2.5/SPM濃度比は0.6～0.9で冬季に比べ夏季に高いという報告¹⁾がなされており、今回の調査でもほぼ同様の結果が得られた。

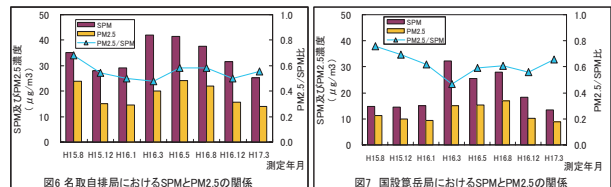


図6 名取自排局におけるSPMとPM2.5の関係

図7 国設笹岳局におけるSPMとPM2.5の関係

3.1.4 SPMとPM2.5の関係

SPMとPM2.5には良い相関がみられるとの報告がある。名取と笹岳におけるSPMとPM2.5の関係を散布図にして図8、図9に示した。名取、笹岳ともに良好な正の相関が得られた。

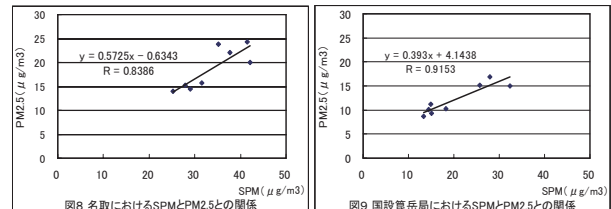


図8 名取におけるSPMとPM2.5との関係

図9 国設笹岳局におけるSPMとPM2.5との関係

表1 粒子状物質濃度測定結果

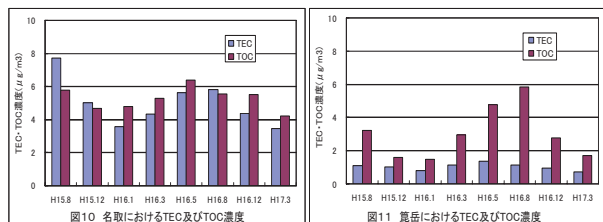
採取地点	TSP	SPM(Dp ≤ 10 μm)		PM2.5(Dp ≤ 2.5 μm)		CPM(2.5 μm < Dp ≤ 10 μm)		GPM(10 μm < Dp)	
	μg/m ³	μg/m ³	(%)	μg/m ³	(%)	μg/m ³	(%)	μg/m ³	(%)
名取自排局	44.3	33.8	76	18.7	42	15.1	34	10.5	24
国設笹岳局	22.5	20.3	91	12.1	56	8.2	34	2.2	9

3.2 炭素成分の測定結果

名取と籠岳のECとOCの粒径別濃度、及びTPM、SPM、PM2.5、CPM、GPMそれぞれの粒子中のEC、OCの濃度割合を表2及び表3に示した。また表4にTCに占めるEC、OCの割合を示した。表では全ECをTEC、粒径10 μ m以下のECをSEC、粒径2.5 μ m以下のECをFEC、粒径2.5 μ m以上10 μ m以下のECをCEC、粒径10 μ m以上のECをGECとして示した。OCも同様に全OCをTOC、粒径10 μ m以下のOCをSOC、粒径2.5 μ m以下のOCをFOC、粒径2.5 μ m以上10 μ m以下のOCをCOC、粒径10 μ m以上のOCをGOCとして示した。

3.2.1 名取及び籠岳におけるEC濃度とOC濃度の季節変動

図10、図11に名取と籠岳のECとOC濃度の測定結果を示した。名取のEC濃度の平均は5.0 μ g/m³でOC濃度の平均は5.3 μ g/m³とほぼ同じであった。また、ECとOCの濃度変動もほぼ同じで冬季に低く春季から夏季にかけて高くなる傾向がみられた。籠岳のEC濃度の平均は1.0 μ g/m³でOC濃度の平均は3.0 μ g/m³とOCがECの約3倍であった。また、濃度変動はECの濃度変動はほとんどなくほぼ一定であるのに対し、OCは冬季に低く、春季から夏季にかけて高くなる傾向が見られた。



3.2.2 EC及びOCの粒径分布と粒径別濃度

名取及び籠岳におけるEC及びOCの粒度分布を図12、図13に示した。更に名取及び籠岳における粒度別ECのTECに占める割合と粒度別OCのTOCに占める割合を図14、図15に示した。名取、籠岳ともにECの80%以上は粒径2.5 μ m以下微小粒子に含まれ、微小粒子側に著しく偏った粒径分布を示した。ガソリン車やディーゼル車からの排出される粒子の粒径は80%以上が0.5 μ m以下であり、その主成分はECであるとの報告^{2~4)}がある。名取、籠岳で観測されたECの粒径分布は自動車排気粒子の特徴を反映しており、微小粒子中のECは主にディーゼル車等の排気粒子に由来するものと思われた。一方OCは2.5 μ m以下の微小粒子側に含まれるOCは名取が約50%、籠岳が約60%と微小粒子と2.5 μ m以上の粗大粒子に含まれる割合とがほぼ同程度となった。粒径分布は0.5 μ mと5 μ m付近にピークをもつ2山型を示した。

3.3.3 PM2.5中の炭素成分

図16に名取、籠岳におけるFECの濃度変動とPM2.5に占める割合を、図17にFOCの濃度変動とPM2.5に占める割合を示した。FECは名取が4.2 μ g/m³で籠岳は0.8 μ g/m³で沿道が田園地域より5倍高濃度であった。PM2.5に占める割合は名取が22%で籠岳は7%で沿道が田園地域の3倍高い値を示した。濃度の変動は籠岳では大きな変動が見られないが、名取は夏期に高く、冬季に低くなる傾向がみられた。一方FOCは名取が2.6 μ g/m³で籠岳が1.7 μ g/m³で沿道が田園地域の1.5倍であった。PM2.5に占める割合は名取が15%、籠岳が14%とほぼ同じであった。濃度の変動は名取では大きな変動はないが、籠岳では夏季に高くなる傾向が見られた。

表2 ECの測定結果

地点	TSP		SPM(Dp \leq 10 μ m)			PM2.5(Dp \leq 2.5 μ m)			GPM(10 μ m<Dp)		
	TEC (μ g/m ³)	TEC/TPM (%)	SEC (μ g/m ³)	SEC/TEC (%)	SEC/SPM (%)	FEC (μ g/m ³)	FEC/TEC (%)	FEC/PM2.5 (%)	GEC (μ g/m ³)	GEC/TEC (%)	GEC/GPM (%)
名取自排局	5.0	11	4.7	93	14	4.2	82	22	0.3	7	3
国設籠岳局	1.0	5	1.0	95	5	0.8	83	7	0.1	5	2

表3 OCの測定結果

地点	TSP		SPM(Dp \leq 10 μ m)			PM2.5(Dp \leq 2.5 μ m)			GPM(10 μ m<Dp)		
	TOC (μ g/m ³)	TOC/TPM (%)	SOC (μ g/m ³)	SOC/TEC (%)	SOC/SPM (%)	FOC (μ g/m ³)	FOC/TEC (%)	FOC/PM2.5 (%)	GOC (μ g/m ³)	GOC/TEC (%)	GOC/GPM (%)
名取自排局	5.3	12	4.5	86	14	2.6	50	15	0.8	14	8
国設籠岳局	3.0	14	2.7	89	13	1.7	60	14	0.4	11	17

表4 TC濃度とEC、OCの含有率

名取	TC (μ g/m ³)	H15.8	H15.12	H16.1	H16.3	H16.5	H16.8	H16.12	H17.3	平均
		EC/TC (%)	14	10	8	10	12	11	10	8
OC/TC (%)	57	52	43	45	47	51	44	45	48	
OC/TC (%)	43	48	57	55	53	49	56	55	52	
籠岳	TC (μ g/m ³)	H15.8	H15.12	H16.1	H16.3	H16.5	H16.8	H16.12	H17.3	平均
		4	3	2	4	6	7	4	2	4
EC/TC (%)	25	39	35	28	22	16	25	29	28	
OC/TC (%)	75	61	65	72	78	84	75	71	72	

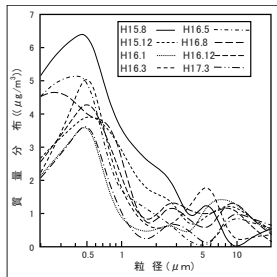


図12-1 名取自排局におけるECの濃度分布

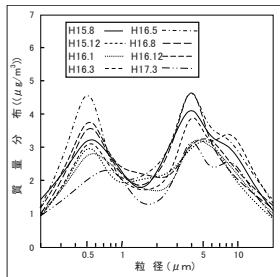


図12-2 名取自排局におけるOCの濃度分布

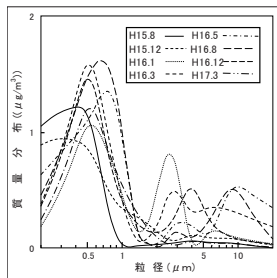


図13-1 国設箕岳局におけるECの濃度分布

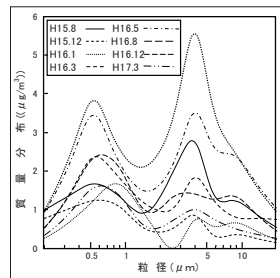


図13-2 国設箕岳局におけるOCの濃度分布

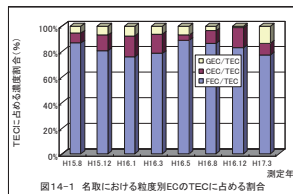


図14-1 名取における粒状別ECのTECに占める割合

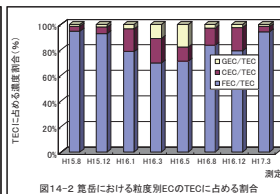


図14-2 箕岳における粒状別ECのTECに占める割合

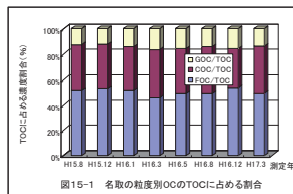


図15-1 名取の粒状別OCのTOCに占める割合

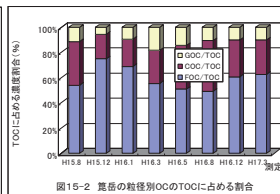


図15-2 箕岳の粒状別OCのTOCに占める割合

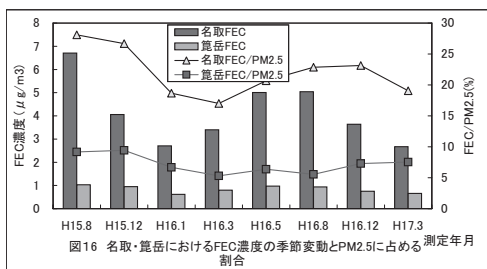


図16 名取・箕岳におけるFEC濃度の季節変動とPM2.5に占める割合

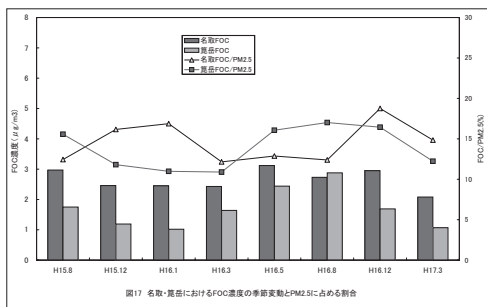


図17 名取・箕岳におけるFOC濃度の季節変動とPM2.5に占める割合

3.3.4 PM2.5とFECとの関係

図18に名取のFECとPM2.5との関係を、図19に箕岳のFECとPM2.5との関係を示した。また、図20に名取のFOCとPM2.5の関係を、図21に箕岳のFOCとPM2.5との

関係を示した。名取のFECとPM2.5には正の相関がみられるが、箕岳ではFECとPM2.5に相関が認められなかった。一方FOCは名取では相関は認められないが、箕岳では正の相関が認められた。

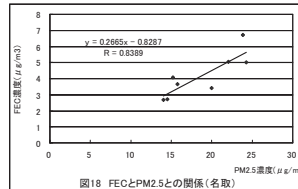


図18 FECとPM2.5との関係(名取)

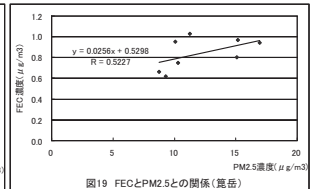


図19 FECとPM2.5との関係(箕岳)

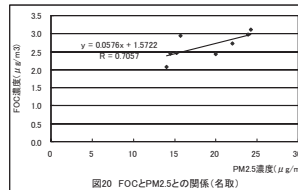


図20 FOCとPM2.5との関係(名取)

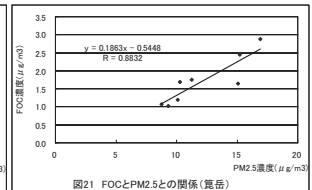


図21 FOCとPM2.5との関係(箕岳)

4 まとめ

名取(沿道)、箕岳(田園地域)における粒子状物質の粒径分布は、ともに0.5 μm及び5 μm付近にピークを持つ2山型を示した。PM2.5の濃度は名取が平均で18.7 μg/m³、箕岳は12.1 μg/m³でSPMの55%(名取)及び60%(箕岳)を占めていた。PM2.5濃度の主要成分といわれるTCは名取がPM2.5の約40%、箕岳が約20%を占めていた。また、名取のTCに占めるECと有機炭素OCの割合は、ほぼ同じであるのに対し、箕岳のTCは約30%がECでOCが約70%と田園地域と沿道で差がみられた。名取、箕岳ともにECの80%以上は2.5 μm以下に含まれ粒径分布は0.5 μm付近にピークをもつ著しく微小粒子側に偏ったパターンを示めた。

5 参考文献

- 1) 根津豊彦 等：大気微小粒子 (PM2.5) 質量濃度の測定, 大気環境学会誌 37, A1-A12 (2002)
- 2) 溝畑 朗他：大気環境学会誌35(2), 77-102 (2000)
- 3) 秋山 薫他：東京都環境科学研究所年報, 182-184 (2001)
- 4) 独立行政法人国立環境研究所：国立環境研究所特別研究報告, 大気中微小粒子状物質 (PM2.5)・ディーゼル排気粒子 (DEP) 等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価プロジェクト (中間報告)(2003)