

宇部市における浮遊粒子状物質の特性 (第二報) — 発生源としての土壌の影響 —

山口県衛生公害研究センター

佐賀辰一郎・吉永博文・佐野武彦

松田義彦・原田芳郎

Characteristic of Suspended Particulate Matter in Ube City

Shinichiro SAGA, Hirohumi YOSHINAGA, Takehiko SANŌ,
Yoshihiko MATSUDA, Yoshio HARADA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health

はじめに

大気環境中の浮遊粒子状物質の特性及び発生実態を調査することは、大気汚染状況を把握するため重要である。

当所では、過去に粉じん発生施設の環境へ及ぼす影響¹⁾や浮遊粒子状物質の寄与率に関する調査研究^{2~4)}などを報告してきた。また、平成6年度から宇部市における浮遊粒子状物質の可溶性成分を調査し、昼と夜とで成分に違いがあることを報告した⁵⁾。

本報告では、浮遊粒子状物質の由来について土壌を中心に調査を行い、浮遊粒子状物質への土壌の影響について可溶性成分の濃度から検討した。また、前報で特異性のみられた臭素についても考察をした。

調査方法

1 調査地点

(1) 宇部市 (S1~S9)

宇部市郊外において、一般的な表層土及び過去及び現在に大規模な開発を行っている地域の土壌を対象とした。(図1)

(2) 山口市及び美祢市 (Y1, M1)

宇部市で採取した土壌の比較として採取した。

2 サンプルの採取、調製及び分析

(1) 土壌の採取及び前処理

土壌の採取方法は、表面の草や土壌を取り除いた後、表層から5 cmまでを採取し石やゴミを取り除き試料とした。風乾しない土壌は、水分量を測定し密閉して保存した。また、風乾処理については、一週間陽の当たる風通しの良いところに放置し水分量を測定したものをサンプルとした。なお、水分量は、サンプル約1 gを1時間110°Cで加熱し重量を測定

し含有水分を百分率で算出した。これを2回繰り返したのち、平均値を水分量とした。

(2) 水溶性成分の抽出

土壌から水溶性成分を抽出する溶媒としては、水 (PH 5.6)、緩衝溶液 (PH 4.0) を使用した。抽出条件は、土壌:溶媒=1:2で混合攪拌したのち、一週間暗所で放置した。その後、上澄み液を採取しディスクフィルター (孔径0.2 μm) で濾過後試験溶液とした。なお、緩衝溶液には、2.4 mmol/L トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン—2.5 mmol/L フタル酸溶液を使用した。

(3) 水溶性成分の分析

試験溶液は、イオンクロマトグラフ法により陽イオン (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) 及び陰イオン (Cl⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) について分析を行った。なお、測定条件は、以下の通りである。

陽イオン

カラム IonPac CS12 (DIONEX)

カラム温度 35°C

溶離液 2.4 mmol/L トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン—2.5 mmol/L フタル酸

流量 1.0 mL/min

陰イオン

カラム Shim-pack IC-A1 (Shimadzu)

カラム温度 35°C

溶離液 20 mmol/L メタンスルホン酸

流量 1.5 mL/min

結 果

1 陽イオン (表1)

風乾の有無による土壤からの水溶性成分の変化を調べた結果、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ においては、風乾により多少の濃度変化がみられた。それに対して、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} は、濃度に大きな変化はみられなかった。

次に、溶媒のPHによる溶出の違いを調べるため水と緩衝溶液を比較した。 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} については、風乾の有無による濃度変化はみられなかったが酸性化による成分濃度の上昇がみられた。 NH_4^+ は、大きな濃度変化はみられなかった。

2 陰イオン (表2)

風乾の有無による土壤からの水溶性成分の変化は、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} に濃度の上昇がみられた。 Br^- は、風乾の有無により検出される検体が異なった。

溶媒のPHによる違いは、 SO_4^{2-} の濃度がかなり上昇したものの Cl^- 、 NO_3^- では大きな変化がみられなかった。また、 Br^- は、酸性下でほとんど検出されなかった。

考 察

1 土壤中の水溶性成分の濃度

一般的に土壤は水を含んだ状態で存在しており、今回採取した土壤も平均で15%の水分を含んでいた。この状態下では、水溶性成分の一部は含有水分中にイオンとして存在していると考えられる。しかし、土壤が浮遊粒子状物質に寄与するためには、乾燥し大気に舞い上がることが必要となり、含有水分中でイオンとして存在していた成分は、大気中へ気化又は土壤粒子表面に付着し様々な塩になると考えられる。これらを考慮に入れ今回の条件として、乾燥による違いとPHの影響について調べた。

乾燥による違いについては、各採取地点間で多少の濃度変化がみられたものの突出した変化はなかった。特に NH_4^+ については、水分の蒸発に伴い気化するのではないかと考えられたが大きな変化はみられなかった。

PHの影響については、水に比べて溶出時の濃度により変化がみられた。特に Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} については、不溶性の塩を形成していたものが酸性下でかなり溶出したと思われる。また、 Br^- 、 NO_3^- については、酸性化で濃度が減少する傾向を示した。

以上の結果から、乾燥による水溶性成分の変化はほとんどないということ及び成分の一部は不溶性の塩として存在していることが考えられた。また、採取した

土壤の成分含有量に多少の違いがみられるが、どの成分も突出したものがなく数 $\mu\text{g/g}$ ~十数 $\mu\text{g/g}$ の範囲内にあり、山口市と美祢市の結果と比較しても顕著な違いがないことから地域的な違いはほとんどないと考えられた。

2 土壤と浮遊粒子状物質の関係

浮遊粒子状物質は、自然及び人為発生源(土壤・海塩・ばい煙等)や大気中のガス状物質から反応・生成した二次生成粒子等を由来にして構成されている^{6~10}。この中で土壤は、自然発生源由来として浮遊粒子状物質中でかなりの割合を占めており、大規模開発等による人為的飛散も考えられる。そこで今回の調査結果から、土壤中の水溶性成分が与える影響について考察してみた。

土壤、海塩由来と考えられる Ca^{2+} 、 Na^+ について、前報の宇部市役所における浮遊粒子状物質中の含有割合はそれぞれ2.6%、0.79%であった。土壤からの溶出割合を比較すると Na^+ で約5000分の1、 Ca^{2+} で約20000分の1の濃度であった。このことから、前報報告した浮遊粒子状物質すべてが土壤由来と考えたとしても比較にならないほど低濃度であり、浮遊粒子状物質に対する土壤の水溶性成分の影響はほとんどないと考えられた。

3 Br^- の濃度と挙動

宇部市における浮遊粒子状物質の特性を調べるにあたって、水溶性成分の組成について調査を行った。結果は、前報に報告したとおりであるが、この中で Br^- の濃度と挙動に特異性がみられた。各成分の発生源由来を考えた場合、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 Br^- は、土壤・海塩由来として、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} は、大気中での二次生成として考えることができる。しかし、 Br^- については、海水の組成¹⁰を参考に Cl^- と比較すると約300:1となるが、前報の結果では約15:1で海塩由来だけとは考えられない結果となった。

浮遊粒子状物質中の Br^- の由来としては、海塩が一般的だと考えられる。しかし、高濃度に Br^- を含んだばい煙の影響や土壤、海塩及びばい煙粒子等からChlorine loss¹⁰と同様な反応で遊離し二次生成粒子となった可能性もあると思われる。

今回の土壤の調査は、浮遊粒子状物質への影響という点ではよい見解が得られなかった。しかし、濃度と挙動に特異性がみられる Br^- の由来を考察するに際し、自然発生源である土壤が直接関与している可能性は少ないと考えられた。今後は、工場等の人為発生源を調

べBr⁻の発生及び生成機構を推測する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 才本光穂ほか：山口県公害センター年報, 9・10, 92~94 (1984)
- 2) 才本光穂ほか：山口県公害センター年報, 11, 19~27 (1985)
- 3) 才本光穂ほか：山口県公害センター年報, 11, 28~31 (1985)
- 4) 才本光穂ほか：山口県公害センター年報, 12, 19~32 (1986)
- 5) 吉永博文ほか：山口県衛生公害研究センター業績報告, 17, 34~37 (1996)
- 6) 朝来野国彦ほか：全国公害研究会誌, 7, 61~65 (1982)
- 7) 漆山佳雄ほか：全国公害研究会誌, 11, 27~31 (1986)
- 8) 小山恒人ほか：全国公害研究会誌, 14, 185~190 (1989)
- 9) 小山恒人：全国公害研究会誌, 20, 211~216 (1995)
- 10) 溝畑朗ほか：大気汚染学会誌, 29, 163~178 (1994)
- 11) 海洋科学基礎講座編集委員会：海水の科学, 海洋科学基礎講座10, 57 (1977)
- 12) 角脇怜：日本化学会誌, 1, 141~146 (1980)

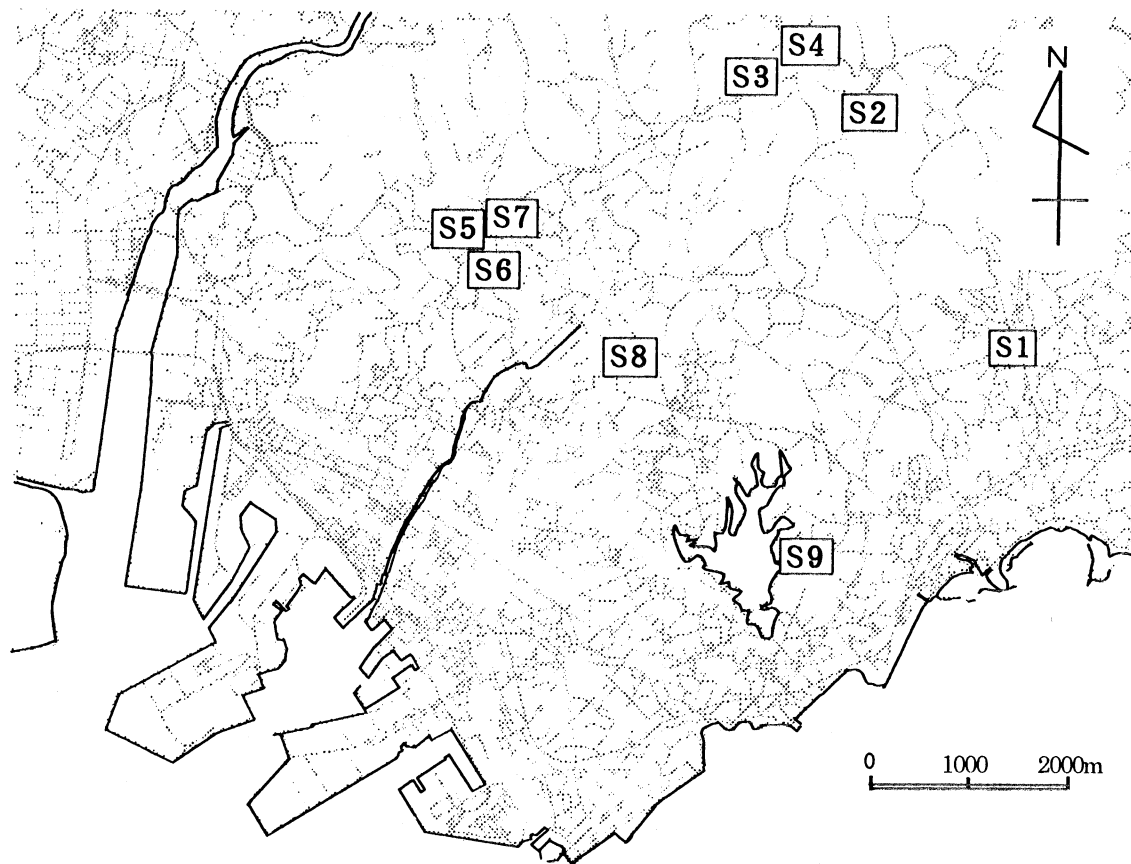


図1 土壤調査地点

表1 土壤中の陽イオン濃度 ($\mu\text{g}/\text{g}$)

項目	検体名	風乾なし		風乾あり	
		water	buffer	water	buffer
Na ⁺	S1	11.8	17.4	13.1	24.1
	S2	2.2	8.8	3.2	9.0
	S3	2.7	5.1	3.7	5.4
	S4	2.7	4.5	3.1	4.8
	S5	ND	3.9	2.0	3.9
	S6	2.8	5.6	3.9	6.0
	S7	2.8	5.5	3.2	5.9
	S8	3.5	10.8	5.8	16.7
	S9	9.6	13.4	12.6	16.2
	Y1			3.4	3.6
	M1			5.9	11.7
NH ₄ ⁺	S1	ND	ND	3.6	3.0
	S2	ND	ND	2.2	2.6
	S3	2.2	2.4	ND	ND
	S4	3.0	2.3	2.7	ND
	S5	2.0	ND	2.0	ND
	S6	2.9	2.2	2.7	2.0
	S7	2.7	ND	2.0	ND
	S8	ND	ND	2.5	2.9
	S9	ND	ND	2.8	2.6
	Y1			3.4	ND
	M1			5.0	4.8
K ⁺	S1	3.0	8.1	3.9	11.8
	S2	ND	4.6	2.0	5.4
	S3	ND	ND	ND	2.7
	S4	5.1	7.7	5.9	7.7
	S5	ND	2.0	ND	2.9
	S6	ND	3.3	2.3	3.1
	S7	ND	4.2	2.3	5.0
	S8	ND	ND	ND	3.5
	S9	ND	ND	2.9	3.9
	Y1			ND	ND
	M1			3.3	5.1
Mg ²⁺	S1	ND	4.7	ND	9.8
	S2	ND	16.2	ND	17.8
	S3	ND	ND	ND	ND
	S4	ND	ND	ND	ND
	S5	ND	3.8	ND	3.1
	S6	ND	ND	ND	2.2
	S7	ND	7.6	ND	8.1
	S8	ND	ND	ND	ND
	S9	ND	5.6	2.1	6.0
	Y1			ND	ND
	M1			4.3	22.1
Ca ²⁺	S1	ND	ND	ND	ND
	S2	ND	ND	ND	ND
	S3	ND	8.8	2.5	8.1
	S4	ND	8.7	4.0	10.6
	S5	ND	4.5	ND	4.2
	S6	ND	12.4	3.3	14.6
	S7	ND	3.6	ND	4.4
	S8	ND	18.3	ND	21.5
	S9	ND	4.9	ND	5.7
	Y1			ND	ND
	M1			ND	3.9

表2 土壤中の陰イオン濃度 ($\mu\text{g}/\text{g}$)

項目	検体名	風乾なし		風乾あり	
		water	buffer	water	buffer
Cl ⁻	S1	10.1	9.5	11.6	11.9
	S2	3.0	4.0	4.2	4.3
	S3	3.8	4.7	5.9	6.3
	S4	2.3	2.5	3.1	3.1
	S5	2.9	4.1	3.3	5.7
	S6	4.1	4.1	4.8	5.3
	S7	5.8	6.9	5.9	8.7
	S8	2.9	3.4	5.8	5.9
	S9	7.2	7.2	12.3	12.6
	Y1			4.5	4.7
	M1			5.2	5.0
Br ⁻	S1	ND	ND	ND	ND
	S2	ND	ND	ND	ND
	S3	ND	ND	0.3	ND
	S4	ND	ND	ND	ND
	S5	ND	ND	0.2	ND
	S6	ND	ND	ND	ND
	S7	ND	ND	ND	ND
	S8	0.2	ND	ND	ND
	S9	0.3	ND	ND	ND
	Y1			ND	ND
	M1			ND	ND
NO ₃ ⁻	S1	ND	ND	ND	ND
	S2	3.3	3.7	5.1	ND
	S3	ND	ND	ND	ND
	S4	6.6	6.1	8.4	8.0
	S5	ND	ND	ND	ND
	S6	3.4	3.2	4.5	2.3
	S7	ND	ND	ND	ND
	S8	ND	ND	ND	ND
	S9	ND	ND	2.1	ND
	Y1			ND	ND
	M1			2.1	ND
SO ₄ ²⁻	S1	16.2	39.6	20.7	57.8
	S2	2.5	4.1	3.5	4.1
	S3	8.8	18.4	12.1	25.4
	S4	15.4	110.8	20.0	137.2
	S5	6.4	61.6	5.5	78.9
	S6	9.4	81.8	15.5	103.2
	S7	6.3	47.6	6.0	61.1
	S8	7.3	23.7	11.6	39.3
	S9	25.0	55.9	33.1	74.8
	Y1			19.6	131.6
	M1			39.8	57.9

注) 無水重量1g当たりの重量として算出

注) 無水重量1g当たりの重量として算出