

小笠原における浮遊粒子状物質中の炭素成分(その1)

秋山 薫 吉岡 秀俊 泉川 碩雄
鎌滝 裕輝 伊藤 政志 渡邊 琢美
渡邊 武春*

(*前主任研究員)

要 旨

浮遊粒子状物質中の主要な成分である炭素成分について、東京の南へ約1000kmの海洋上に位置する小笠原諸島父島において調査し、都内と比較検討した。小笠原における浮遊粉塵は自然界起源の海塩粒子の割合が高いことから、その濃度は $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、都内の1/3近くあった。これに反して、人為起源の組成と考えられている有機炭素と元素炭素はそれぞれ、平均濃度が $0.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後、 $1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、これは都内の1/5前後、1/10強という低い値であった。しかし、これら炭素成分の濃度変化は大きく、島内の人為的発生源の影響が認められた。そこで、この影響が少ないと考えられる、この6年間の最小値の月変化を見ると、元素炭素濃度は冬から春にかけて高くなる傾向が認められ、北西季節風の影響が窺われた。また、この濃度が3母数対数正規分布に従うと仮定して得られた位置の母数の推定値は、最小値よりも1割強低い、約 $0.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ という値であり、これは小笠原付近のバックグラウンド濃度に近い値と考えられる。

Characteristics of Carbon Components in Ambient Particulate Matter in the Ogasawara Islands (Chichijima) (I)

Kaoru Akiyama, Hidetoshi Yoshioka, Sekio Izumikawa, Hiroki Kamataki,
Masashi Ito, Takumi Watanabe and Takeharu Watanabe *

*Ex. Chief Researcher

Summary

Characteristics of carbon components that are the main components in ambient particulate matter were investigated in the Ogasawara Islands (Chichijima) which is about 1000 km south of Tokyo, and compared with that in Tokyo. The average concentration of total suspended particulate matter that mainly consisted of particles originated from natural sources was $26\mu\text{g}/\text{m}^3$, about 1/3 rd compared with that in Tokyo. On the other hand, organic carbon and elemental carbon mainly consisted of particles originated from anthropogenic sources. The average concentration of the former was nearly $0.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, about 1/5 th compared with that in Tokyo, and the average concentration of the latter was $1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$, just over 1/10 th compared with that in Tokyo. However, the effect of anthropogenic sources was recognized, as variations of their concentrations were remarkable. Next, looking over variations of monthly minimum concentration of last six years, concentrations of elemental carbon were slightly high from winter to spring. Accordingly, the effect of the seasonal wind was considered. Assuming that these concentrations follow the three parameter log-normal distribution, the location parameter was calculated. It was about $0.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, a little less than 90 percent of the minimum value. It is considered that this is nearly the background level in the Ogasawara Islands and its environs.

1 はじめに

浮遊粒子状物質の環境基準達成率は、東京都にあっては厳しい状況で推移し、早急な改善が望まれている。この浮遊粒子状物質の主要な成分は、組成比で3割近くを占める炭素成分であり、この成分の実態把握は、浮遊粒子状物質の削減対策を構じる上で、重要な課題と言える。都内における炭素成分の実態と性状については既に報告したところである^{1),2)}が、ここでは、この炭素成分について人為的発生源から遠く離れた小笠原諸島父島で調査し、都内の値と比較検討したところ、若干の知見が得られたので報告する。

2 調査方法

(1) 調査地点及び期間

調査は小笠原諸島父島の小笠原支庁で、1988年の5月

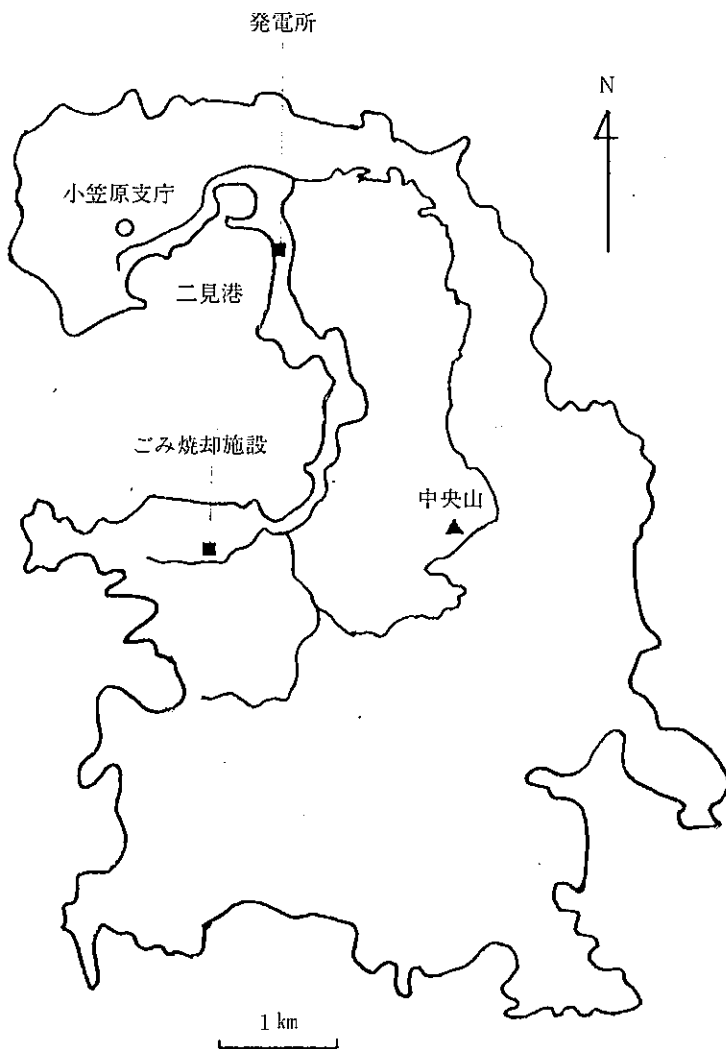


図1 父島における調査地点など

から1995年の3月までの7年間、4月を除いて毎月1回行った。この調査は江東区の環境科学研究所においても同様に実施した。

小笠原諸島父島^{3),4)}は、東京から南へ約1000km離れた海洋上に並ぶ小笠原諸島の、母島とともに人の住む、中心的な島であり、小笠原村の人口、2236人（平成6年1月1日）のうち、約1700人が生活している。この父島は、東経142°11'、北緯27°05'に位置し、その気候は熱帯気候と温帯気候の境界に当たる⁵⁾、亜熱帯の海洋性気候となっている。父島の略図を図1に示したが、島のほぼ中央の、標高318mの中央山から四方に山稜が走り、平地は少ない。集落は北西部の二見湾沿いに集中している。調査地点である小笠原支庁もここにある。

(2) 採取方法

浮遊粉塵の捕集は、ハイボリウムサンプラーで行った。捕集ろ紙には石英繊維ろ紙（Pallflex 2500QAST）を用い、小笠原では3日間、環境科学研究所では1日捕集した。

(3) 分析方法

炭素成分の分析は熱的方法で行った⁶⁾。酸素存在下窒素気流中で、350℃で5分間保持して炭酸ガスとして発生するものを有機炭素と見なし、その後、900℃以上で発生する炭酸ガスから求めた炭素成分を元素炭素とした。

3 結果と考察

(1) 最近7年間の濃度推移

浮遊粉塵及び炭素成分の濃度推移を図2に示した。浮遊粉塵のこの7年間の平均濃度は26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ だが、濃度変化は大きく、6から77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で変動した。これは、小笠原における浮遊粉塵の主要な発生源粒子が海塩粒子と推定される^{2),6)}ことから、この影響を反映したものと考えられる。この変化は冬から春にかけて高くなる傾向だが、これはこの季節に風速が大きくなる、海に囲まれた小笠原の特徴と考えられる。なお、1990年3月、1991年3月の浮遊粉塵濃度が非常に高いのは、鉄やマンガンも高濃度となる⁷⁾ことから土壌、あるいは黄砂の影響が及んだとも考えられる^{8),9)}。

炭素成分では、有機炭素のこの7年間の平均濃度は0.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。ただし、月毎の測定値の得られた、最近の6年間の値は0.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となるなど、濃度変化は

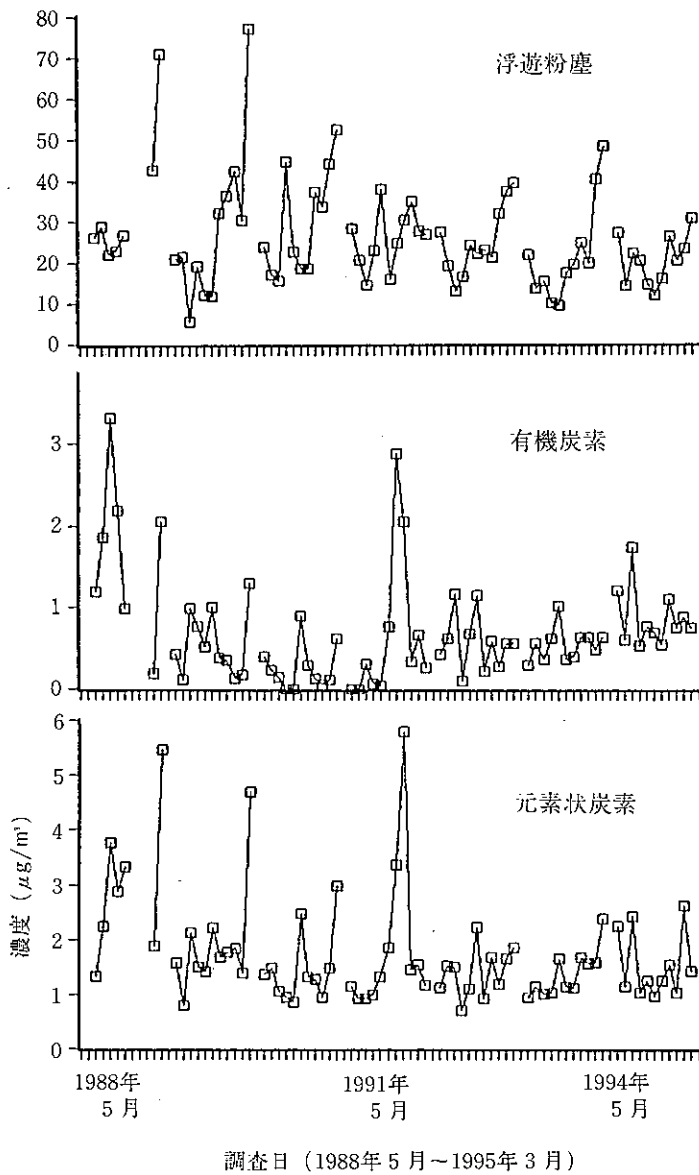


図2 浮遊粉塵及び炭素成分の濃度推移

大きく、最大 $3.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ の値も見られた。有機炭素の主要な発生源は元素状炭素の場合と同様に、自動車などの人為的発生源と考えられていることから、この変動は島内を走行する自動車などの影響を受けたものと考えられる。

元素状炭素のこの7年間の平均濃度は $1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ だが、濃度変化は大きく、 0.72 から $5.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で変動した。これは、先にも述べたように極めて近くの人為的発生源の影響と考えられる。小笠原諸島父島における人為的発生源としては、島内を走行する自動車（小笠原村として小型・普通乗用車、バス及び貨物車724台など、計2214台、平成6年4月1日現在）、湾内の漁船などの

船舶、その他があり（これらで各種燃料として年間4000トン強が使用されていると推定される。）、発電所（認可出力2800kw、契約電力7426kw、推定発電用重油年間使用量3000トン強、平成6年3月末現在）、ごみ焼却施設（固定バッチ焼却炉、3トン/日、実処理量、2.1トン/8h、平成6年8月現在）がある。また、簡易の小型焼却施設も考えられる。この他に、自然界起源のものとして土壌が考えられるが、小笠原諸島父島で採取した土及び道路堆積物に含まれる炭素成分量を示した表の通り、その含有量は多くはなかった。

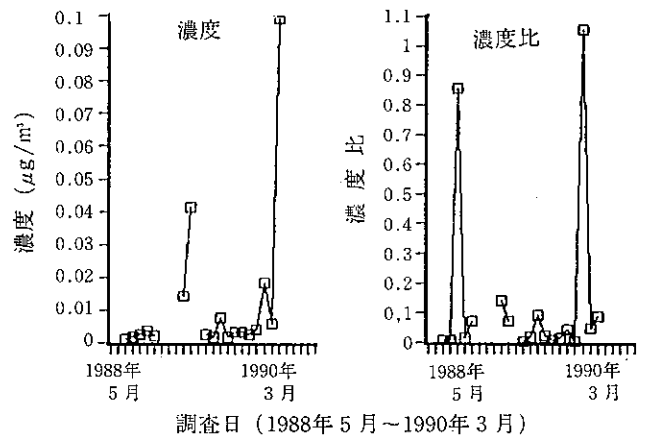


図3 炭酸塩炭素の濃度推移及び都内との濃度比

表1 土壌に含まれる炭素成分 (%)

炭素成分	土壌	小笠原	都内
有機炭素	土	0.05 ~ 1.3	0.5 ~ 3.5
	道路堆積物	0.7 ~ 1.0	0.7 ~ 2.8
元素状炭素	土	0.05 ~ 1.8	0.5 ~ 6.5
	道路堆積物	1.2 ~ 2.2	1.9 ~ 5.6
炭酸塩炭素	土	0.001 ~ 5.3	0.01 ~ 0.2
	道路堆積物	0.08 ~ 2.7	0.3 ~ 1.5(5.4)

注：小笠原、土 n=10、道路堆積物 n=6、都内 n=12

次に、炭酸塩炭素については1988年5月から1990年3月までの2年間調査し、図3に示した。炭酸塩炭素の濃度は $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 近い値も見られ、平均値も $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるが、多くは $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と低い値であった。表には炭酸塩炭素量も示してあるが、珊瑚礁に囲まれた小笠原にあっては、海岸近くの土や道路堆積物では炭酸塩炭素の含有量は多かった。しかし、浮遊粉塵の測定結果からは、このようなことは反映されないという結果となった。これは、これら土壌の巻き上がり量が少ないか、あ

るいは酸性ガス¹⁰⁾による脱炭酸が起こっている可能性も考えられる。

素は、東京から1000km近くも離れていることもあり、平均的にはそれぞれ、1/5前後、1/10強という値であった。炭酸塩炭素については図3に示してあるが、平均的には1/10強だが、これは高い値が2例あるためで、多くは1/10以下であり、1/100以下の値も見られる。

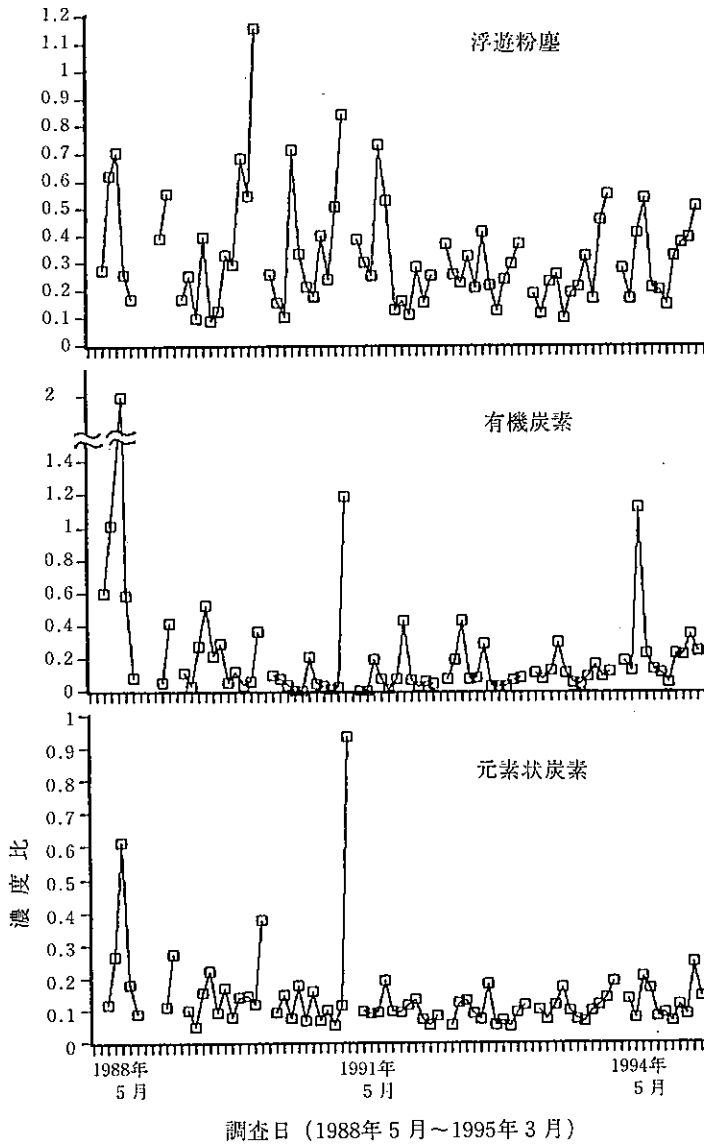


図4 浮遊粉塵及び炭素成分の都内との濃度比

(2) 都内との比較

浮遊粉塵の捕集期間が小笠原では3日間であり、都内の環境科学研究所では1日であるなど、また捕集日も異なる場合もあり、直接比較するには問題も多いが、概ねの傾向を把握する意味で、都内の値に対する小笠原の濃度比を求めて、図4に示した。海塩粒子という自然界起源の粒子が浮遊粉塵の主要な発生源粒子と考えられる小笠原では、浮遊粉塵の濃度比の変化は大きく、その平均濃度も都内の1/3程度という高い値であった。これに対して、主として人為起源に由来する有機炭素と元素状炭

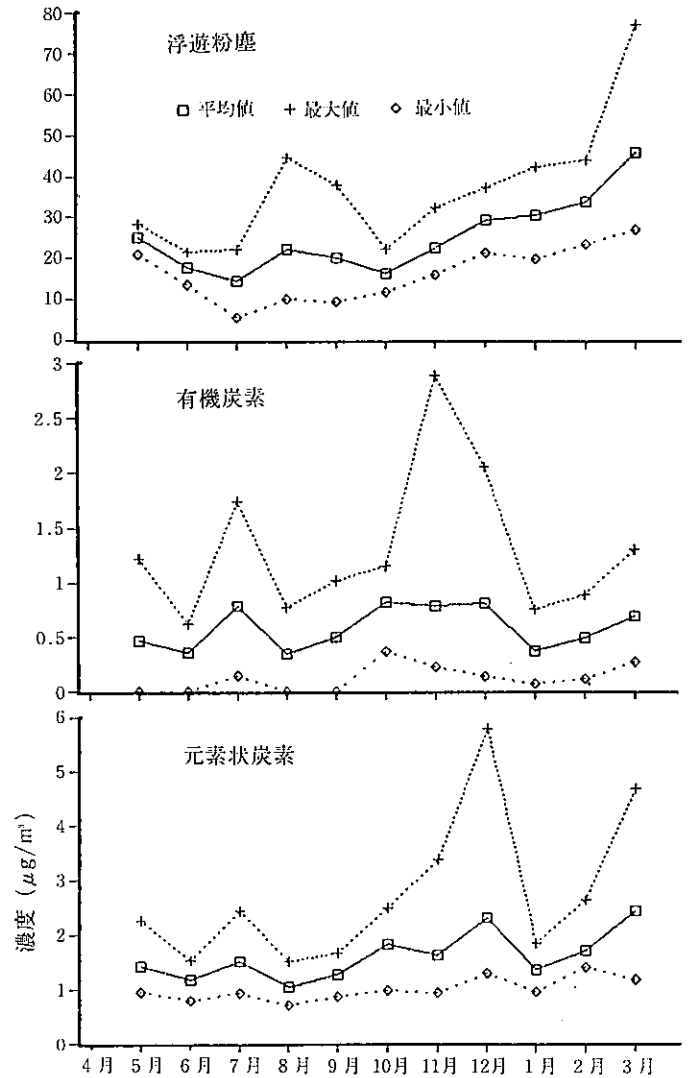


図5 浮遊粉塵及び炭素成分の平均値、最小値の月変化

(3) 平均値及び最小値の月変化

月毎の測定値が得られている、この6年間の各月の平均値、最大値及び最小値を図5に示した。浮遊粉塵濃度は先に述べたように冬から春にかけて高い値を示した。有機炭素は、平均値と最大値の月変化は後に述べる元素状炭素と似通った傾向とも見られるが、最小値については明らかに異なった傾向を示した。この有機炭素につい

ては、元素状炭素に対する比が都内の場合に比べてやや高い値を示すなど、発生源の違いや植物起源のもの、あるいは二次生成を含めて、粒径分布調査など更に検討する予定である。

元素状炭素は有機炭素と共に、先に述べたように島内の人為的発生源の影響を受けていると考えられることから、人為的発生源からの粒子排出量の一つの目安と推測される。図6の小笠原諸島への訪島者数との関係を見たが、どちらも特に関係は認められなかった。気象等の要因が影響しているのであろう。ところで、この元素状炭素濃度の最小値の月変化を見ると、冬から春にかけて高い傾向が窺われる。この最小値は、先に示した島内の発生源の影響が非常に少ない値と考えられ、したがって小笠原付近のバックグラウンド濃度に近い値と推定される。この値が冬から春にかけてやや高くなるのは、吉岡ら¹¹⁾も指摘しているように、気象庁の調査^{12),13)}による850 hPa (上空約1.5km)の月毎の平均風向が、例えば図7に示したようにこの季節には北よりであり、それが小笠原付近まで及んでいることから、また父島において前島ら¹⁴⁾がこの季節に北西季節風季を指摘しており、この移流の影響を反映しているものと考えられる。

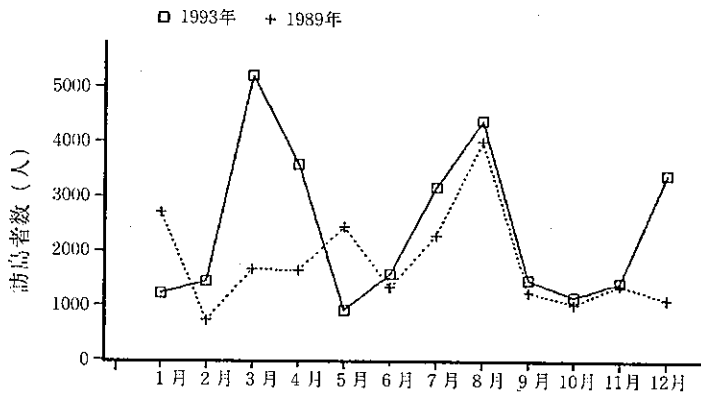


図6 小笠原諸島への月別訪島者数
文献4)による

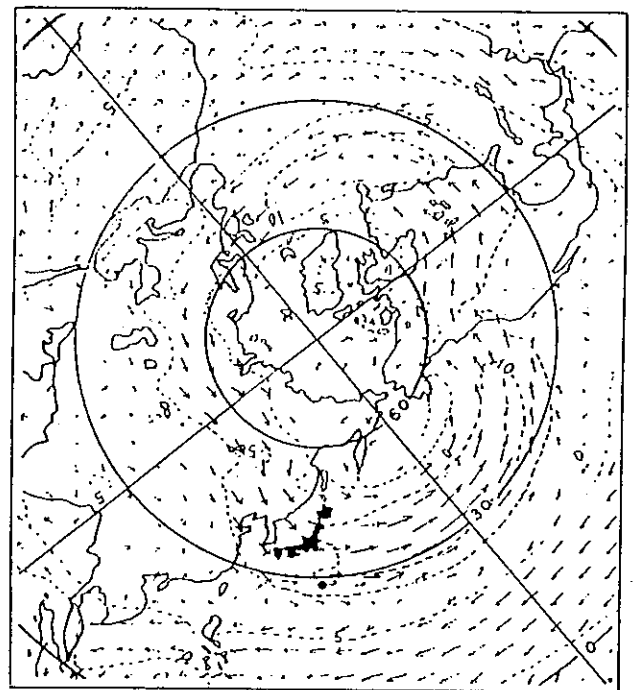
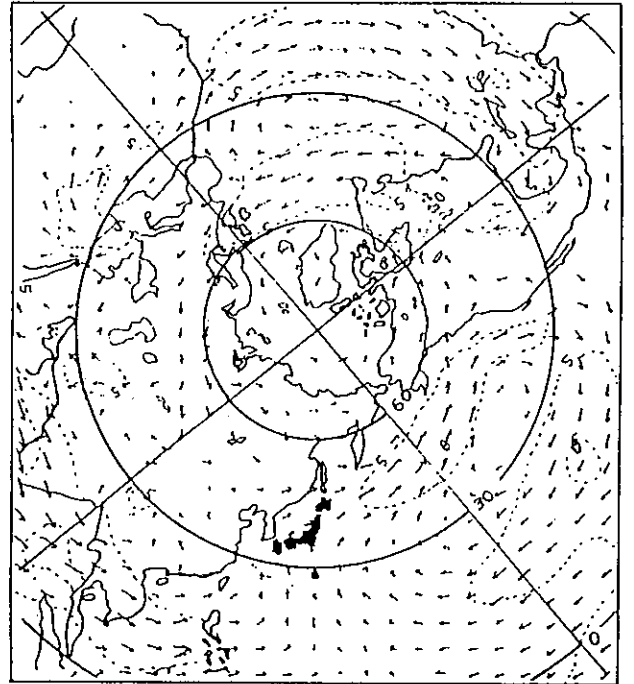
ここで、元素状炭素の濃度分布が次式¹⁵⁾

$$f(x) =$$

$$1 / \{(x-\theta) \sqrt{2\pi\sigma} \} \exp[-1/(2\sigma^2) \{ \log(x-\theta) - \mu \}^2]$$

に従うと仮定して位置の母数、 θ を求めると、 $(x-\theta)$ の分布は対数正規確率紙において概ね直線と見なされた。

この θ の値は $0.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=73$)、 $0.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=66$)



● 小笠原諸島

MONTHLY MEAN 850MB WIND VECTORS AND SPEED
Contour interval is 5m/s (NORMAL: AUGUST, JANUARY)

図7 風ベクトルと等風速線の新年値
(850 hPa, 30年間の平均)
文献13)より引用

注: 上段8月, 下段1月

という、最小値よりも1割強低い、興味持たれる値であった。これは、小笠原付近のバックグラウンド濃度に近い値と推定される。

4 まとめ

小笠原における浮遊粉塵は、自然界起源の海塩粒子に由来する割合が高いことから、平均濃度は $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。一方、主として人為起源に由来する有機炭素と元素状炭素は、平均濃度がそれぞれ $0.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後、 $1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低いが、濃度変化は大きく、島内の人為的発生源の影響が窺われた。炭酸塩炭素の平均濃度は $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ 強であった。これらを都内の値と比較すると、小笠原における濃度は、浮遊粉塵が $1/3$ 程度、有機炭素が $1/5$ 前後、元素状炭素が $1/10$ 強であり、炭酸塩炭素が $1/10$ 程度か、それ以下であった。次に、この6年間の月変化を見ると、浮遊粉塵濃度は冬から春にかけて高くなるが、元素状炭素についても、特に最小値は同様の傾向が認められ、北西季節風の影響が窺われる。ここで、元素状炭素の濃度分布が3母数対数正規分布に従うと仮定して位置の母数の値を求めると、約 $0.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ という、最小値よりも1割強低い、興味ある値が得られ、これは小笠原付近のバックグラウンド濃度に近い値と考えられる。

参考文献

- 1) 秋山薫ら：東京都における浮遊粒子状物質中の炭素成分の粒径分布と発生源寄与の推定、東京都環境科学研究所年報1991、p.71-77.
- 2) 秋山薫ら：東京都における浮遊粒子状物質中の炭素成分の粒径分布と季節特性、及び各種発生源粒子の粒径分布の推定、東京都環境科学研究所年報1992、p.44-53.
- 3) 総務局行政部地域振興課：伊豆諸島・小笠原諸島の概要、平成2年9月.
- 4) 東京都総務局行政部地域振興課：東京諸島の概要（伊豆諸島地域・小笠原諸島地域）、平成6年11月.
- 5) 戸塚晶子：小笠原諸島の気候的位置、小笠原研究年報11、p.74-79.
- 6) 吉岡秀俊ら：東京都における粒子状物質中のAl, Mn, V, Na及びClの粒径分布、東京都環境科学研究所年報1990、p.59-62.
- 7) 東京都環境科学研究所：浮遊粒子状物質測定データ集、平成4年3月.
- 8) 大気汚染研究協会：黄砂エアロゾルに関する調査研究、平成元年3月.
- 9) 名古屋大学水圏科学研究所編：大気水圏の科学—黄砂、古今書院（1991）.
- 10) 芳住邦雄ら：大気環境中における硫酸塩および硝酸塩の動態、及び同左、第2報、東京都公害研究所年報1985、p.78-84、及び東京都環境科学研究所年報1986、p.44-51.
- 11) 吉岡秀俊ら：環境大気中における多環芳香族炭化水素の濃度推移と挙動（第3報）—小笠原諸島父島における3種PAHs—、東京都環境科学研究所年報1994、p.3-11.
- 12) 気象庁編：気候系監視報告、1990年.
- 13) 気象庁編：気候系監視報告・長期予報テクニカルレポート、平成3年3月.
- 14) 前島郁雄ら：小笠原父島の気候特性、小笠原研究年報3、p.12-19.
- 15) M.Itoh et al. : Estimation of Threshold Parameter of the Three Parameter Lognormal distribution. Recent Developments in Statistical Inference and Data Analysis ; K.Matusita, editor. North Holland Publishing Company, 1980, p.159-165.