

南極における浮遊粒子状物質の測定

唐沢 栄*・遠藤陽子*・平野耕一郎**

Analysis of the Particulate Matters Suspended in the Air, at Antarctica

Sakae KARASAWA*, Yoko ENDO* and Koichiro HIRANO**

Abstract: The particulate matters suspended in the air were collected on a glass fiber filter by a slightly modified Hi-volume air sampler at Syowa Station, Antarctica from January 8 to February 4 in 1974. The sampling was also carried out at Yokohama City. Analysis were made at Yokohama City Institute of Health by using a gravimetric method, a scanning electron microscope and a X-ray micro analyser.

The observations made by the scanning electron microscope and the X-ray micro analyser revealed the differences in form and component between the particulate matters collected at Syowa Station and at Yokohama City. From the results of the electron micrograph of the particulate matters suspended in the air at Syowa Station, the initial symptoms of air pollution around the station seemed to occur on the days when the work was done actively.

1. はじめに

大気中には種々の浮遊粒子状物質が存在している。これらの浮遊粒子状物質は自然界における必然的な発生である風による土壌や土砂の舞上がりや、海域における波しぶきから生ずる海塩粒子に起因するものと、人間の活動に伴って生ずる、いわゆる人為発生的浮遊粒子状物質とに大別することができる。しかし、今日非汚染地域と汚染地域における浮遊粒子状物質の形態的、あるいは物理化学的に明確な類別はなされていないのが現状である。

第15次南極地域観測隊における環境科学系の調査の一環として、昭和基地内で浮遊粒子状物質の調査を行った。また帰国後横浜市衛生研究所屋上で同様な調査を行ったので両者の試料を比較し形態的および物理化学的に分析した結果を報告する。

* 横浜市衛生研究所. Yokohama City Institute of Health, Takigashira 1-2-27, Isogo-ku, Yokohama 235.

** 横浜市公害対策局. Public Nuisance Control Bureau, City of Yokohama, Minato-cho 1-1, Naka-ku, Yokohama 232.

2. 調査方法および分析方法

大気を吸引することにより浮遊粒子状物質（以下浮遊粉じんと呼ぶ）を採取、分析する場合、都市のような人為汚染地域では、短時間で多量の採取が可能であり種々の分析方法を用いてより多くの情報を得ることができる。しかし、極地や洋上等のほとんど人為汚染がない地域では、採取時間を長時間かけても得られる粉じん試料は微量であるため分析方法が極めて限定される。それゆえこのような地域における調査は、その試料採取方法および分析方法の選択をとくに注意深く行わなければならない。

2.1. 調査方法

浮遊粉じんの採取装置はスタプレックス社製ハイボリュームエアサンプラー APT-A1 タイプのものを用いた。とくにシェルターは南極での過酷な気象条件に耐え得るよう改造した。すなわち、上部を平坦屋根とし、空気取入口は風雪等の直接流入を防止するため外側にギャラリーを付け、また内側に遮じん板を施した（図 1）。

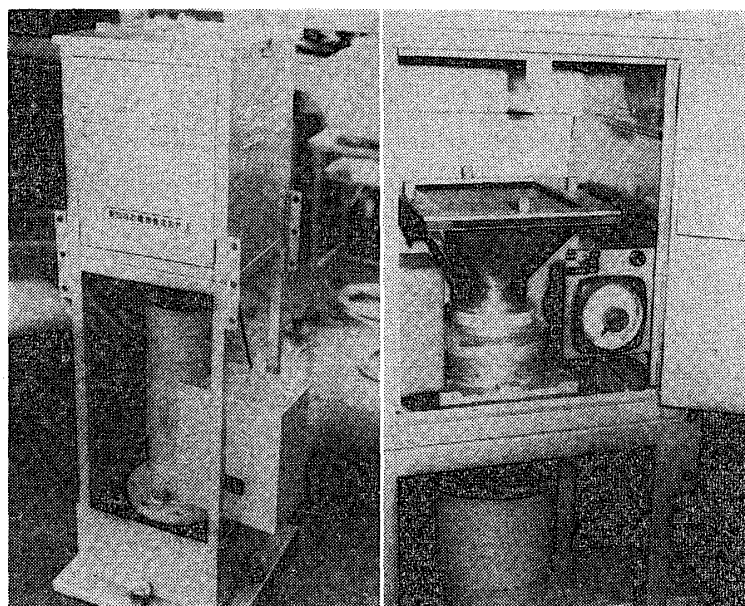


図 1 南極用改良型ハイボリュームエアサンプラー
Fig. 1. Improved Hi-volume air sampler.

シェルター内部のフィルターホルダーは、8×10 インチの角型ガラス繊維ろ紙を取り付けられるステンレススチール製のものとした。ろ紙接触面にはふっ素樹脂塗料を3回塗りし、さらにワックス塗布による撥水性皮膜を施した。接地部分は調査地点の悪条件を考慮し、スクリーハーケンによる固定ができるようにした。

ろ紙はガラス繊維ろ紙ケルマン A タイプ、8×10 インチを用いた。ろ紙はあらかじめシリカゲルデシケーター内で恒量にし重量を測定した後紙製袋に保存した。また、はじめの重量測定後から試料採取を終えて分析を行うまでに5ヵ月以上の日数を要するので、対照として数枚のろ紙を未使用のまま同条件下に放置し、同時に研究室にも同期間ろ紙を保存した。

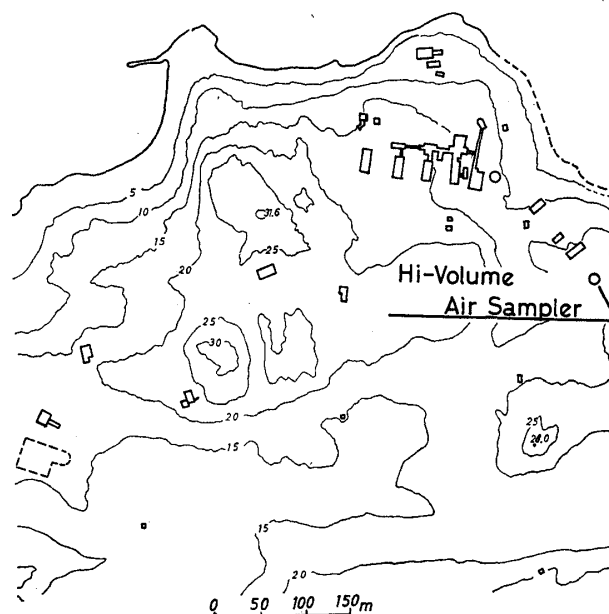


図 2 昭和基地内における浮遊粒子状物質捕集地点図

Fig. 2. Sampling point of the particulate matters suspended in the air at Syowa Station.

調査地点は、昭和基地内、観測棟裏 50 m の地点に設定した (図 2)。調査期間は 1974 年 1 月 13 日から 2 月 4 日までで、試料採取時間は原則として 24 時間とした。

2.2. 分析方法

都市大気分析に用いられるような一般的分析方法では、採取試料が微量であるため分析がきわめて困難であり、得られた測定値の信頼度も低い。近年走査型電子顕微鏡の進歩と X 線検出用半導体素子を用いた微量線量の非分散型 X 線分析装置が開発されており、これらの装置を用いることにより、微粒子の 3 次元的な形態および元素組成についての解析が可能である。今回の試料分析は、走査型電子顕微鏡および非分散型 X 線分析装置の併用により形態的および物理的分析を行った。

2.2.1. 装置

用いた装置は次のようである。

走査型電子顕微鏡: 日本電子 K.K. 社製, JXA-50 A

非分散型 X 線分析装置: ORTC 社製 X 線マイクロアナライザー

真空蒸着装置：日本電子 K.K. 社製，JEE-4B

2.2.2. 分析方法

ハイポリウムエアサンプラーによって，ガラス繊維ろ紙上に捕集した試料から 5×5 mm の大きさを切り取り，走査型電子顕微鏡用プレートに銀ペーストで固定した．これに真空蒸着装置でカーボン蒸着を施した後押し入セットし，加速電圧を数 10kV にし粒子の 3 次元像としての 2 次電子像の画像を観察しながら写真を撮影し，個々の粒子に対し電子線を絞り，出てくる特性 X 線を X 線マイクロアナライザーで検出し定性分析を行った．

3. 結果と考察

昭和基地および横浜市衛生研究所で採取した浮遊粉じんの重量測定結果を表 1 に示した．

表 1 昭和基地内での浮遊粉じん量

Table 1. Weight of particles at Syowa Station (Jan. 13~Feb. 3 in 1974).

No.	Date	Weight of particles	Air volume	Concentration of particles
1	Jan. 13 8:00 ~ Jan. 14 8:00	0.5 mg	3,374 m ³	trace mg/m ³
2	14 8:00 ~ 15 8:00	trace	3,368	''
3	18 8:00 ~ 19 8:00	''	3,334	''
4	19 8:00 ~ 20 8:00	''	3,312	''
5	21 8:00 ~ 22 8:00	''	3,323	''
6	23 8:00 ~ 24 8:00	''	3,320	''
7	24 8:00 ~ 25 8:00	''	—	—
8	25 8:00 ~ 26 8:00	''	3,311	''
9	26 8:00 ~ 27 8:00	''	3,308	''
10	27 8:00 ~ 28 8:00	''	3,359	''
11	28 8:00 ~ 29 8:00	''	3,390	''
12	29 8:00 ~ 30 8:00	''	3,259	''
13	30 8:00 ~ 31 8:00	''	3,285	''
14	31 8:00 ~ Feb. 1 8:00	''	3,284	''
15	Feb. 1 8:00 ~ 3 8:00	''	6,508	0.001
16	May 31 10:00 ~ June 1 11:00	89.0	3,302	0.027
17	''	93.5	2,335	0.040

(No. 16, 17 : Weight of particles at Yokohama City Institute of Health.)

昭和基地の浮遊粉じん量は基地作業の有無にかかわらずすべて痕跡程度であった．15 試料のうち試料番号，No. 1, 4 および 12 の 3 試料と，横浜市衛生研究所における試料 No. 16 (改造ハイポリウムエアサンプラーで捕集)，No. 17 (普通型ハイポリウムエアサンプラーで

捕集) の 2 試料の計 5 試料を走査型電子顕微鏡で 1,000 倍から 10,000 倍の拡大倍率で 2 次電子像写真を撮影した (図 3~図 6). また, これらの写真中の矢印の粒子に対し, EDAX で分析検出した各元素特性 X 線スペクトルを CRT 表示させ, 写真撮影し模式化したものを各図の右側に示した. CRT 像は横軸が各元素の特性 X 線スペクトルのエネルギーを示し, 縦軸がその量子数を示す.

3.1. 昭和基地内での試料

昭和基地内で捕集した試料のうち試料番号 No. 1 は図 3 (Plate 1~3), No. 4 は図 4 (Plate 4~5), No. 12 は図 5 (Plate 6~8) に示した. 各試料の採取時における基地の環境は, No. 1

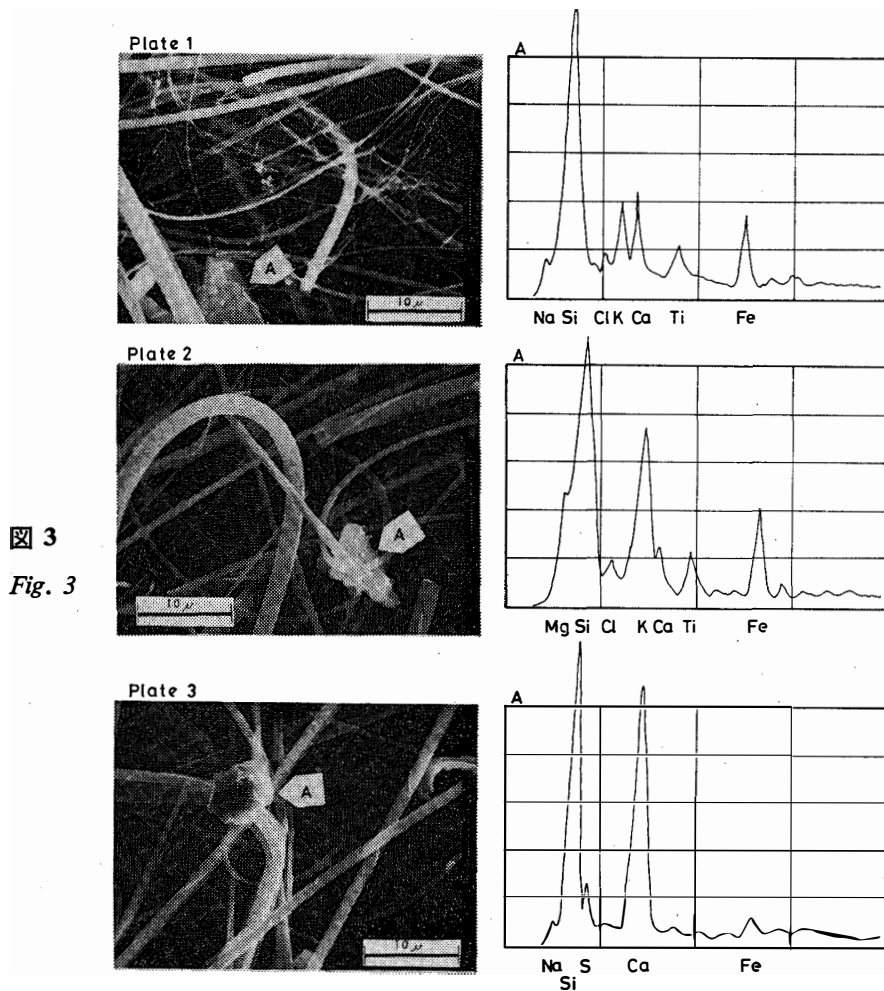


図 3
Fig. 3

図 3, 4, 5 昭和基地内での浮遊粉じん粒子の走査型電子顕微鏡写真
Plates 1~3: 1974 年 1 月 13 日~14 日調査. 昭和基地内. 基地活動活発時の粉じん粒子
Figs. 3, 4, 5. Scanning electron micrograph of the particulate matters suspended in the air at Syowa Station.

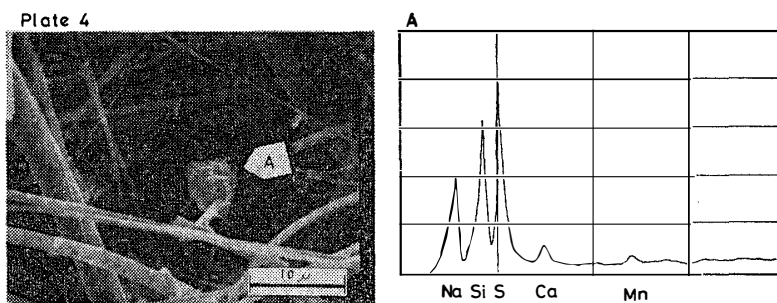
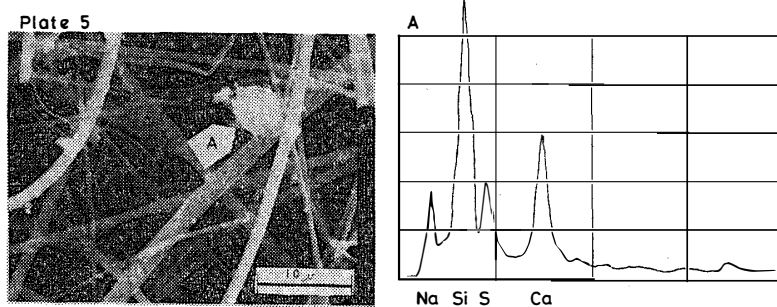


図 4
Fig. 4



Plates 4, 5: 1974 年 1 月 19 日 ~ 20 日 調査. 昭和基地内. 基地活動活発時の粉じん粒子

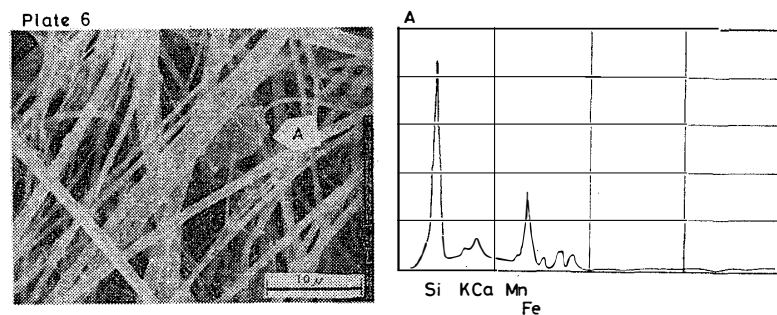
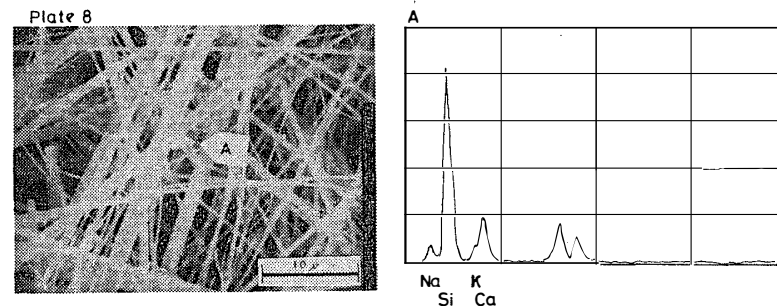
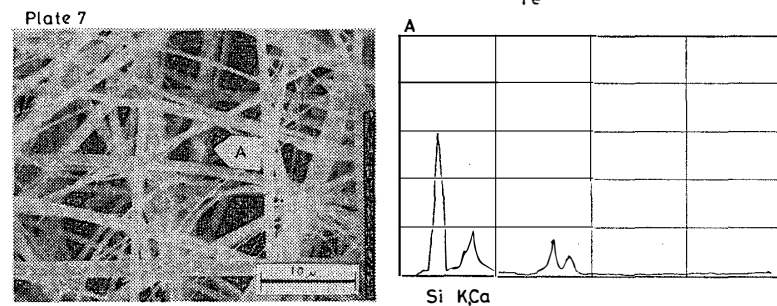


図 5
Fig. 5



Plates 6~8: 1974 年 1 月 29 日 ~ 30 日 調査. 昭和基地内. 悪天候のため基地活動低調時の粉じん粒子

および No. 4 では基地建設作業が活発であり天候は両日とも晴れであった。No. 12 は小雪が降り悪天候のため終日ほとんど作業が中止されていた。

形態的にみると、No. 1, No. 4 の試料中に見られた粒子は、都市大気中のエアロゾルに常時みられるカーボン等の鎖状、または綿状に凝縮した粒子であることが認められる。これは基地建設作業に伴って排出された汚染物質に起因していると推定できた。これらと対比的に No. 12 では前述のような都市大気型の粒子が減少している。すなわち、これは悪天候のための作業中止による減少であると推定できた。

次に EDAX の分析結果についてみると、いずれもガラス繊維の主成分であるナトリウム、ケイ素、カルシウム等が認められる。また、図 3、図 4 で見出された粒子はケイ酸塩類を主成分とした鉄、チタン、マグネシウム、ナトリウム、カリウム、カルシウムおよびイオウ化合物等の複合された鉱物と推定できた。昭和基地付近の地質が片麻岩等である (YANAI, *et al.*, 1974) ことから、風による舞い上がり物質は片麻岩等による微粒子と考えられ前述の推定が成り立つ。

試料 12 では図 5 で示すように、ガラス繊維の主成分と同じ元素以外はほとんど認めることができなかった。また、図 5 中 Plate 7, 8 で認められる綿状凝縮粒子の EDAX 分析では、その多くの場合ピークを確認できなかったが、これはナトリウムより小さい軽元素を主成分とした化合物と考えられ、おそらくカーボンを主成分とした凝縮粒子と推定された。このような粒子は都市地域の燃焼時に排出された未燃焼性の炭素粒子の凝縮したものに類似している。

3.2. 都市地域の試料

都市大気としての試料捕集は横浜市衛生研究所 5 階屋上で行った。試料番号 16 は南極観測で使用した装置をそのまま用いて捕集した試料である。また試料番号 17 は、通常用いられているハイボリュームエアサンプラーで捕集したものである。表 1 によれば南極用改良型の装置で捕集した粉じん量は普通型の 68% 程度であり、これは遮じん板の効果により大形の粒子の流入を阻害した結果といえる。

図 6 に示した粒子は No. 17 の試料中に認められたものである。これらと昭和基地での試料とを比較すると、都市大気中の浮遊粉じん量がいかに多量であるかが明らかである。

形態的にみると都市大気ではほとんど常時綿状凝縮粒子 (Plate 9)、または球状粒子 (Plate 10) である。これらはすべて燃料の使用等により発生する人為汚染に由来するものである。

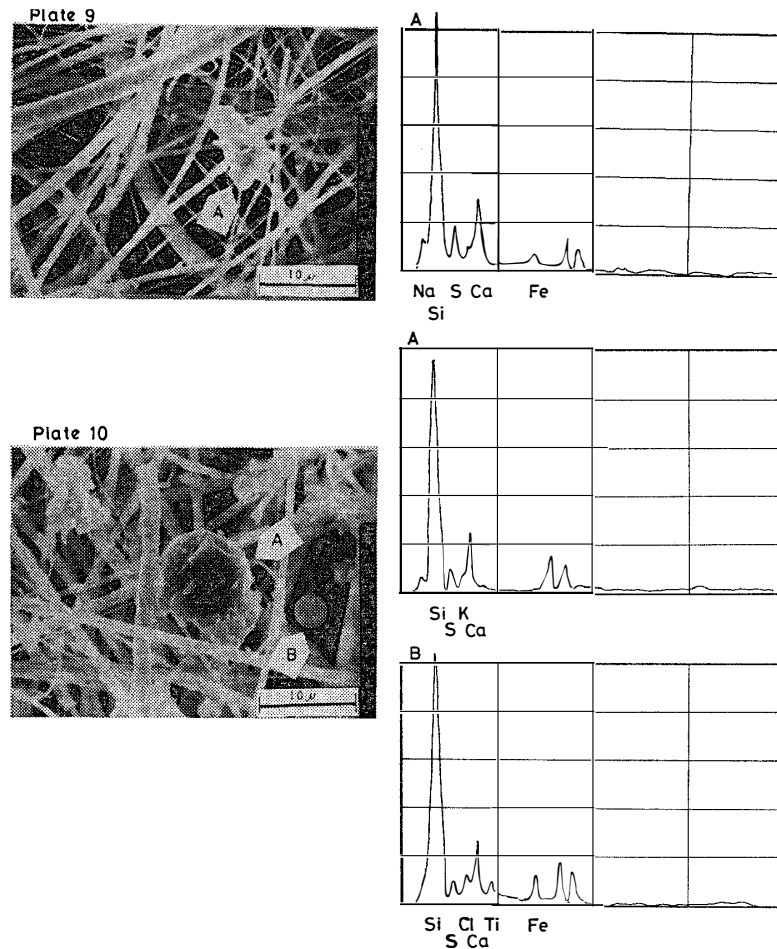


図 6 横浜市衛生研究所での浮遊粉じん粒子の走査型電子顕微鏡写真
 Plates 9, 10: 1974 年 5 月 31 日～6 月 1 日調査, 横浜市衛生研究所, 都市汚染地域の粉じん粒子
 Fig. 6. Scanning electron micrograph of the particulate matters suspended in the air at
 Yokohama City Institute of Health.

これらを EDAX で定性分析するといずれもケイ酸、イオウ、塩素、カルシウム、チタンおよび鉄等からなっていた。

4. ま と め

1974 年 1 月 13 日から 2 月 4 日まで、昭和基地内で改良型ハイポリウムエアサンプラーを用いて浮遊粒子状物質（いわゆる浮遊粉じん）の調査を行った。また都市地域での調査として横浜市衛生研究所において、南極用改良型のハイポリウムエアサンプラーと普通型のものを用いて行った。

今回の調査に用いた改良型ハイポリウムエアサンプラーは、帰国後の機器の厳密な点検の

結果、外部、内部および性能的に何ら異常は認められず、南極という気象条件ならびに調査環境の悪条件下でも有効であることが確認された。しかしながら、浮遊粒子状物質の少ない地域では重量測定による方法は、ろ紙の損傷等が誤差の主要な要因となり解析が困難であった。

近年進歩の著しい走査型電子顕微鏡および X 線マイクロアナライザーによる形態的観察組成分析を行った結果、非汚染地域と汚染地域との間に浮遊粒子状物質にきわめて大きい差異の生ずることを見出した。

昭和基地内の浮遊粒子状物質量はごく微量であったのにもかかわらず、基地建設作業が活発な日の電子顕微鏡写真では、明らかに人為的汚染のごく初期的狀況を呈した。一方、基地活動が活発でない悪天候の日では、バックグラウンドに近いと思われる清浄な状態であった。

今回の調査で、南極という自然界に人間が入り込み生活活動をするることにより、自然環境がいかにか早く汚染されるかということが実証された。現在の段階では南極における自浄作用は汚染よりも比較にならぬほど大きいと思われ、基地活動が低調な時はほぼ自然状態が保たれていると推定できる。しかし、長期的な蓄積汚染という視点からみれば、何らかの影響を及ぼすものがあると考えられる。

最後に、この調査を行うにあたり、愛知時計株式会社ハイポリウムエアサンプラーの改造および日本電子株式会社走査型電子顕微鏡観察のご協力を得たことに対し深く感謝します。

文 献

- 東 昇・遠山 益 (1973): 電子顕微鏡学学習. 共立出版, 55-56.
- 本間克典 (1973): 光化学スモッグ発生時の粒子状物質の EDAX による素性分析. *The Hitachi Scientific Instrument News*, 16 (6), 28.
- 興 重治 (1970): 大気分析におけるサンプリング. 講談社, 124 pp.
- 水田一他 (1974): ハイポリウムエアサンプラーの極地における使用例. *大気汚染研究*, 9 (2), 254.
- 高橋幹二 (1972): 基礎エアロゾル工学. 養賢堂, 252 pp.
- YANAI, K., K. KIZAKI, T. TATSUMI and T. KIKUCHI (1974): Geological map of East Ongul Island. Antarctic Geological Map Series, Sheet 1 (with explanatory text, 13 pp.), National Institute of Polar Research.

(1975年7月9日受理, 12月16日改訂稿受理)