

## 昭和基地で観測された大気エアロゾル中の金属成分および炭素成分の季節変動

小林 拓<sup>1\*</sup>・原圭一郎<sup>2,3</sup>・塩原匡貴<sup>3</sup>・山内 恭<sup>3,4</sup>・長田和雄<sup>5</sup>・太田幸雄<sup>6</sup>

Seasonal variation of carbonaceous and metal compositions of atmospheric aerosols at Syowa Station, Antarctica in 2001

Hiroshi Kobayashi<sup>1\*</sup>, Keiichiro Hara<sup>2,3</sup>, Masataka Shiobara<sup>3</sup>,  
Takashi Yamanouchi<sup>3,4</sup>, Kazuo Osada<sup>5</sup> and Sachio Ohta<sup>6</sup>

(2010年2月17日受付; 2010年3月23日受理)

**Abstract:** Antarctic aerosols collected at Syowa Station in 2001 were analyzed to investigate their seasonal variations and long-range transport of anthropogenic aerosols. The measured chemical species were elemental carbon and organic carbon, and metals such as Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn and Pb. Concentration of elemental carbon was relatively low in April–June and was high in March, October and November. The concentrations of Al, V, Co, Ni and Pb were sometimes lower than the detection limits. Spikes of the highest concentrations of V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn and Pb were recorded in August–October. The enrichment factors were high during blizzards. This indicates that air masses containing anthropogenic aerosols were transported to Antarctica by low-pressure system perturbation.

**要旨:** 南極大気中のエアロゾルの季節変動や人為起源エアロゾルの長距

<sup>1</sup> 山梨大学大学院医学工学総合研究部, Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, 3-11, Takeda 4-chome, Kofu 400-8511.

<sup>2</sup> (現所属 present affiliation): 福岡大学理学部地球圏科学科, Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 19-1, Nanakuma 8-chome, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180.

<sup>3</sup> 情報・システム研究機構国立極地研究所, National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

<sup>4</sup> 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻, Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Sciences, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

<sup>5</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601.

<sup>6</sup> 北海道大学大学院工学研究院, Faculty of Engineering, Hokkaido University, Kita-13, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8628.

\* Corresponding author. E-mail: kobachu@yamanashi.ac.jp

離輸送の影響を調べるために、昭和基地において大気エアロゾルを捕集し分析した。測定した化学種は、元素状炭素および有機性炭素、金属成分として Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, そして Pb である。元素状炭素の濃度は 4-6 月にかけて相対的に低く、3 月、10 月そして 11 月に高かった。Al, V, Co, Ni, Pb の濃度は検出限界以下であることが多かった。V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Pb の濃度は 8-10 月に突出した最高濃度を記録した。人間活動による南極大気中のエアロゾルの組成への影響を評価するため、各金属成分の濃縮係数を計算した。濃縮係数はブリザードが観測された期間に高くなる傾向を示したことから、低気圧擾乱に伴い人為起源エアロゾルを含む気塊が南極大陸まで輸送された可能性が考えられる。

## 1. はじめに

南極大気中のエアロゾルは低濃度であるが、大気中での物理過程や化学過程、気候に対して重要な役割を果たしている (Shaw, 1988)。南極はエアロゾルの主要な人為発生源から遠く離れているため、バックグラウンドエアロゾルの濃度変動の測定に適した場所である。エアロゾルの成分と濃度は、大気物質循環に関する情報源となりうる。エアロゾル中に含まれる人為起源成分を測定することにより、人間活動の大気への影響を推定することができる。人為起源成分として元素状炭素 (以下, EC) や化石燃料やバイオマスの燃焼により発生した各種の金属が含まれ、これらは全球規模で気候に影響を与える (Haywood and Shine, 1995)。

第 38 次日本南極地域観測隊 (以下, 第~次隊) から「南極大気・物質循環観測」のプロジェクトが始められた (Yamanouchi *et al.*, 1999)。このプロジェクトの対象物質は、温室効果ガスだけでなく、大気エアロゾルも含まれている。第 42 次隊の活動の一部として、昭和基地において大気エアロゾルの捕集を行った。人為起源エアロゾルの発生源を推定するために、炭素成分および微量金属成分の測定を行った。そして、これらの測定結果から昭和基地で観測されたエアロゾルに対する人間活動による寄与について議論する。

## 2. 方 法

大気エアロゾルの捕集は昭和基地の観測棟にて実施した。卓越風向が北東方向であるため、大気捕集口は観測棟の北東に位置するケーブルラックに取り付けた。高さは地上から 4.75 m である。大気エアロゾルは、石英繊維フィルター (Pallflex 2500 QAT-UP) とテフロンフィルター (Sumitomo, Fluoropore FP-1000) に捕集した。サンプリング流量はそれぞれ 80 L/min. と 55 L/min. であった。石英繊維フィルターをあらかじめ 850°C で 2 時間加熱し、炭素成分を除去した。積算流量が 300 m<sup>3</sup> 程度に達した時点で、フィルターを交換した。基地の発電機等、諸設備の排気ガスによる汚染を防ぐため、気象棟での観測値もしくは観測棟に取り付けた風向風速計の値を監視し、風速が 3 m/s 以下もしくは、風向が北東方向以外の時は手でポンプの電源を切り、エアロゾルの捕集を停止した。また、捕集口の

風上側を雪上車が通過する際にも、無線通信により連絡を受け、捕集を停止した。測定の定量性を確認するため、定期的にブランク試料を作成した。

石英繊維フィルターに捕集された炭素成分は燃焼法により測定した。試料を NC アナライザー (Sumitomo Chemical, Sumigraph NC-80) により 850°C で燃焼させ、発生した CO<sub>2</sub> をニッケル触媒で CH<sub>4</sub> に還元し、ガスクロマトグラフ (Shimadzu, GC-14A) で定量することにより、炭素量を測定した (Ohta and Okita, 1984)。フィルターを半分に切り、半分を全炭素成分 (TC) の測定に使用した。もう片方のフィルターは、大気雰囲気中で 30 分間 300°C に加熱して有機炭素 (OC) を除去した後、EC の測定に使用した。TC と EC の差を OC とした。

テフロンフィルターを半分に切り、硝酸 (Ultrapur, Kanto Kagaku) とフッ化水素酸 (Ultrapur, Kanto Kagaku)、超純水 (18.3 MΩ cm<sup>-1</sup>, Mili-Q water) の混合液に浸し、超音波をかけることで捕集したエアロゾルを抽出した。溶液中の金属成分濃度は、誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS; Yokogawa Analytical Systems, HP4500) で測定した。

### 3. 結果及び考察

昭和基地で観測されたエアロゾル、炭素成分の質量濃度の季節変化を図 1 に示す。図中の A, B, C は観測隊気象観測部門が記録したブリザードの等級を表す。ブランク試料の炭素成分の分析結果を表 1 に示す。それぞれの試料で積算流量が異なるため、ブランク値もそれぞれの捕集期間で異なっている。そこで、積算流量の最小値、平均値、最大値に対するブランク値の平均値と標準偏差も表 1 に示した。図 1 には積算流量の平均値に対する検出限界を示した。以下、本研究では検出限界をブランクの標準偏差の 2 倍とした。また、図中の白抜きの結果は検出限界以下の測定結果であることを示す。EC の濃度は 0.0026–0.215 μg/m<sup>3</sup>, OC の濃度は 0.18–2.90 μg/m<sup>3</sup> の範囲であった。1991 年 12 月に昭和基地において測定された EC および OC の濃度は、それぞれ 0.017 と 0.026 μg/m<sup>3</sup> であった (Nishikawa, *et al.*, 1991)。EC の濃度は本研究の測定結果と一致していたが、OC の濃度は本研究の値が高めであった。Huebert and Charlson (2000) は、OC は正もしくは負の誤差をもつと指摘した。Kim *et al.* (2001) は、PM<sub>2.5</sub> の OC の 30% は測定上の誤差であると報告

表 1 炭素性エアロゾルのブランク値  
Table 1. Blank values of carbonaceous elements.

|                               | Sampling Vol. [m <sup>3</sup> ] | EC    | OC    |
|-------------------------------|---------------------------------|-------|-------|
| Average of blank              | Minimum                         | 8.5   | 18.6  |
| (Standard deviation of blank) | 149.8                           | (7.6) | (8.1) |
| [ng/m <sup>3</sup> ]          | Average                         | 3.0   | 6.6   |
|                               | 421.6                           | (2.7) | (2.9) |
|                               | Maximum                         | 1.7   | 3.6   |
|                               | 763.7                           | (1.5) | (1.6) |

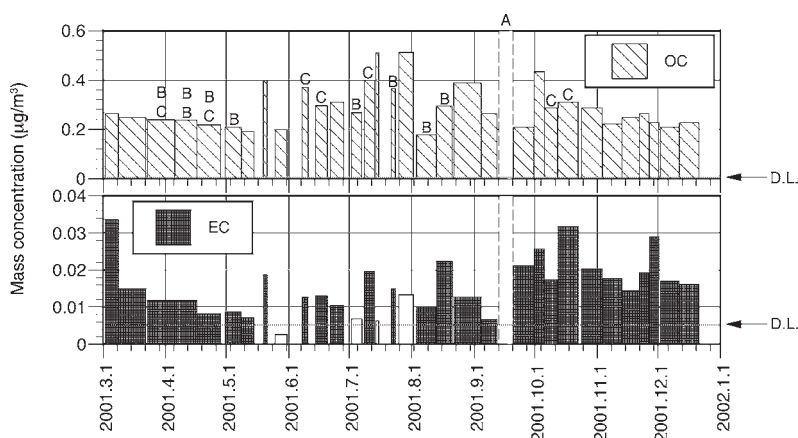


図1 昭和基地で観測された炭素性エアロゾルの質量濃度の季節変動。A, B, C は日本南極地域観測隊気象観測部門により記録されたブリザードの等級を表す。破線で表された結果は欠測であったことを示す。白抜きの結果は検出限界以下であったことを表す。点線は積算流量の平均値に対する検出限界を表す。

Fig. 1. Seasonal variation of mass concentration of carbonaceous aerosols at Syowa Station. Letters such as A, B and C, denote the blizzard classes recorded by the JARE Meteorological Observation Group during each sampling period. The bar with broken line denotes no data. White bars below the figure indicate that the concentrations were lower than the detection limits. Dotted lines show the detection limits in the case of average sampling volume.

した。これらの誤差は、有機性のガスが石英繊維フィルターに吸着することにより引き起こされる。本研究では有機性のガスの石英繊維フィルターへの吸着量の評価を実施していないため、OC 濃度に関する定量的な議論は困難である。EC の濃度は 4-6 月にかけて相対的に低く、3 月、10 月、11 月に高かった。EC を含むエアロゾルは、人間活動による発生源の影響を受けていると考えられる (Wolff and Cachier, 1998)。A 級のブリザードが昭和基地で観測された 9 月 13-20 日の間、石英繊維フィルターが破けていたため、EC と OC は欠測であった。

大気エアロゾル中の金属成分濃度の測定結果を表 2 および図 2 に示す。炭素成分と同様にブランク値はそれぞれの捕集期間によって異なるので、積算流量の最小値、平均値、最大値に対する平均値及び標準偏差も表 2 に示した。検出限界はブランク値の標準偏差の 2 倍とした。検出限界を下回った結果は、図中で白抜きにして表した。Al, V, Co, Ni, Pb の濃度は、検出限界を下回る期間が多かった。それぞれの金属成分の濃度の明瞭な季節変動はみられなかった。また、それぞれの物質の挙動は異なっていた。8-10 月にかけて、V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Pb は突発的に濃度が増加し、最高濃度を記録した。一方、Al と V は 3 月に最高濃度を示した。Al の濃度は、3 つの試料で  $1.0 \text{ ng/m}^3$  を超えたが、その他の期間は  $0.2\text{--}0.4 \text{ ng/m}^3$  程度であった。南極点で観測された Al の冬期間の平均濃度は、 $0.3 \text{ ng/}$

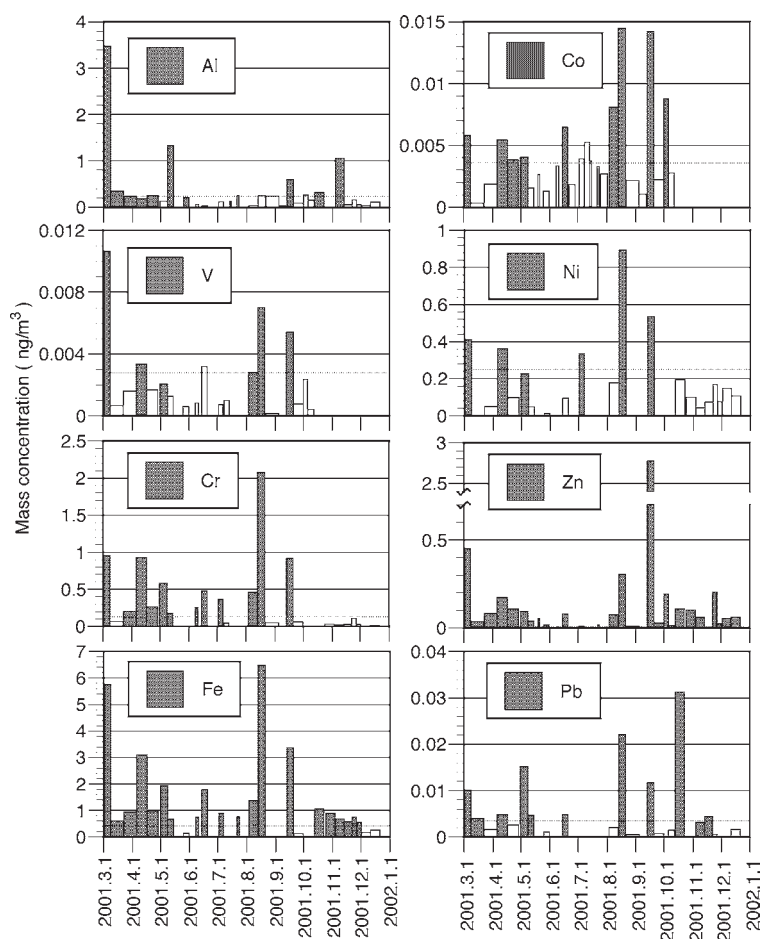


図2 大気エアロゾル中の金属成分の季節変動。白抜きは検出限界以下であったことを表す。点線は積算流量の平均値に対する検出限界を表す。

Fig. 2. Seasonal pattern of metal concentrations of atmospheric aerosols. White bars indicate that the concentrations were lower than the detection limits. Dotted lines show the detection limits in the case of average sampling volume.

$\text{m}^3$ より低く (Cunningham and Zoller, 1981), 昭和基地での平常時の Al の濃度は南極点と同程度であった。Al は地殻の主な構成要素であり, Al 濃度の増加は, エアロゾル中に土壌性粒子が含まれていることを示唆している。昭和基地と同様に沿岸域に位置する, 南極半島キングジョージ島のブラジル基地で観測された Al 濃度は, 昭和基地で観測された値より高かった (Artaxo, *et al.*, 1992)。南極半島のブラジル基地と比較すると, 昭和基地は大陸から飛来する土壌性粒子の寄与が低いことが考えられる。

人間活動による南極大気中のエアロゾルの組成への影響を評価するため, 濃縮係数を計算した。この係数は, 地殻に普遍的に存在すると考えられる Al を基準物質とし, 対象とし

表2 2001年南極昭和基地で測定された金属成分濃度の季節変動

Table 2. Seasonal variations of metal concentrations at Syowa Station, Antarctica in 2001.

| Begin date<br>(UT)  | End date<br>(UT) | Sampling Vol.<br>[m <sup>3</sup> ] | Mass concentration [ng/m <sup>3</sup> ] |        |         |         |         |          |         |          |         |          |         |          |          |
|---|------------------|------------------------------------|---|--------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|
|   |                  |                                    | Na                                      | Mg     | Al      | Ca      | V       | Cr       | Mn      | Fe       | Co      | Ni       | Zn      | Pb       |          |
| 2001/3/1 1916   | 3/8 1054         | 445.6                              | 63                                      | 8.0    | 3.48    | 1.9     | 0.0107  | 0.96     | 0.141   | 5.76     | 0.0058  | 0.41     | 0.450   | 0.0101   |          |
| 2001/3/8 1120   | 3/22 0522        | 492.4                              | 36                                      | 4.1    | 0.35    | 0.8     | —       | —        | 0.012   | 0.60     | —       | —        | 0.038   | 0.0040   |          |
| 2001/3/22 1926  | 4/5 1100         | 411.0                              | 117                                     | 12.6   | 0.23    | 2.0     | —       | 0.20     | 0.020   | 0.95     | —       | —        | 0.085   | —        |          |
| 2001/4/5 1138   | 4/16 1145        | 388.8                              | 97                                      | 11.0   | 0.19    | 2.0     | 0.0033  | 0.93     | 0.088   | 3.10     | 0.0055  | 0.36     | 0.172   | 0.0049   |          |
| 4/16 1320   | 4/28 0807        | 376.8                              | 198                                     | 22.5   | 0.25    | 3.7     | —       | 0.26     | 0.028   | 0.99     | 0.0038  | —        | 0.107   | —        |          |
| 4/30 1403   | 5/8 1154         | 388.8                              | 70                                      | 8.8    | —       | 1.4     | 0.0020  | 0.58     | 0.062   | 1.94     | 0.0041  | 0.23     | 0.096   | 0.0153   |          |
| 5/8 1312  | 5/14 1921        | 371.5                              | 47                                      | 6.0    | 1.34    | 1.2     | —       | 0.18     | 0.033   | 0.67     | —       | —        | 0.041   | 0.0046   |          |
| 5/19 1147   | 5/21 0439        | 130.7                              | 68                                      | 7.6    | —       | 1.1     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | 0.054   | —        |          |
| 5/25 0646   | 5/31 0711        | 393.7                              | 82                                      | 9.4    | 0.21    | 1.4     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | 0.018   | —        |          |
| 6/7 1501  | 6/10 1422        | 167.8                              | 181                                     | 21.4   | —       | 3.0     | —       | 0.25     | —       | 0.73     | —       | —        | 0.007   | —        |          |
| 6/14 0649   | 6/20 0449        | 224.7                              | 356                                     | 39.6   | —       | 6.1     | —       | 0.48     | 0.028   | 1.79     | 0.0065  | —        | 0.080   | 0.0047   |          |
| 6/21 1216   | 6/28 0553        | 165.8                              | 67                                      | 9.2    | —       | 1.0     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | —       | —        |          |
| 7/2 0554  | 7/7 0532         | 210.1                              | 92                                      | 10.8   | —       | 1.4     | —       | 0.37     | 0.026   | 0.88     | —       | 0.33     | 0.010   | —        |          |
| 7/8 1027  | 7/13 1316        | 164.7                              | 472                                     | 57.3   | —       | 8.5     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | —       | —        |          |
| 7/14 0434   | 7/15 1606        | 121.9                              | 41                                      | 5.4    | —       | 0.7     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | —       | —        |          |
| 7/21 1904   | 7/23 2317        | 173.1                              | 174                                     | 19.8   | —       | 2.9     | —       | —        | —       | 0.77     | —       | —        | 0.016   | —        |          |
| 7/25 1131   | 8/1 1851         | 100.7                              | 62                                      | 8.2    | —       | 0.8     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | —       | —        |          |
| 8/3 0729  | 8/13 0542        | 339.1                              | 556                                     | 61.5   | —       | 9.5     | 0.0028  | 0.46     | 0.048   | 1.39     | 0.0081  | —        | 0.073   | —        |          |
| 8/13 0735   | 8/21 0055        | 200.6                              | 170                                     | 22.0   | —       | 3.5     | 0.0070  | 2.08     | 0.275   | 6.50     | 0.0145  | 0.89     | 0.306   | 0.0222   |          |
| 8/21 1722   | 9/4 1154         | 213.8                              | 165                                     | 20.3   | —       | 2.9     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | 0.009   | —        |          |
| 9/4 1330  | 9/12 0824        | 273.8                              | 98                                      | 11.7   | —       | 1.6     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | —       | —        |          |
| 9/13 0305   | 9/20 0537        | 326.0                              | O.R.                                    | 58.0   | 0.60    | 12.0    | 0.0054  | 0.92     | 2.248   | 3.36     | 0.0142  | 0.53     | 2.772   | 0.0117   |          |
| 9/20 0810   | 9/30 1447        | 283.0                              | 281                                     | 33.6   | —       | 5.2     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | 0.030   | —        |          |
| 9/30 1844   | 10/5 1728        | 161.6                              | 872                                     | 101.5  | —       | 15.4    | —       | —        | —       | 0.0088   | —       | —        | 0.192   | —        |          |
| 10/5 1839   | 10/12 0032       | 271.2                              | 190                                     | 24.9   | —       | 3.5     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | 0.014   | —        |          |
| 10/12 1334  | 10/22 1309       | 219.6                              | 152                                     | 17.7   | 0.32    | 3.8     | —       | —        | —       | 1.05     | —       | —        | 0.106   | 0.0313   |          |
| 10/24 0515  | 11/3 0600        | 237.0                              | 163                                     | 18.6   | —       | 3.9     | —       | —        | —       | 0.89     | —       | —        | 0.103   | —        |          |
| 11/3 1750   | 11/13 0530       | 405.7                              | 149                                     | 14.9   | 1.06    | 3.4     | —       | —        | —       | 0.69     | —       | —        | 0.059   | 0.0032   |          |
| 11/13 0618  | 11/21 1543       | 295.1                              | 159                                     | 16.5   | —       | 3.5     | —       | —        | —       | 0.58     | —       | —        | 0.005   | 0.0044   |          |
| 11/21 1944  | 11/26 1205       | 294.8                              | 107                                     | 11.0   | —       | 2.4     | —       | —        | —       | 0.74     | —       | —        | 0.205   | —        |          |
| 11/26 2220  | 12/1 1029        | 262.3                              | 164                                     | 17.6   | —       | 3.6     | —       | —        | —       | 0.55     | —       | —        | 0.023   | —        |          |
| 12/2 0425   | 12/11 0842       | 325.0                              | 87                                      | 9.2    | —       | 1.9     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | 0.054   | —        |          |
| 12/11 1347  | 12/21 1109       | 405.5                              | 135                                     | 13.1   | —       | 2.8     | —       | —        | —       | —        | —       | —        | 0.061   | —        |          |
| Average of blank<br>(Standard deviation of blank)<br>[ng/m <sup>3</sup> ] |                  |                                    | Na                                      | Mg     | Al      | Ca      | V       | Cr       | Mn      | Fe       | Co      | Ni       | Zn      | Pb       |          |
|   |                  |                                    | Minimum                                 | 1.26   | 0.375   | 0.941   | −0.501  | 0.0164   | −0.061  | 0.0273   | 0.890   | 0.0065   | 0.175   | 0.1665   | 0.0122   |
|   |                  |                                    | 100.7                                   | (0.91) | (0.159) | (0.327) | (0.134) | (0.0038) | (0.184) | (0.0196) | (0.571) | (0.0049) | (0.313) | (0.0041) | (0.0051) |
|   |                  |                                    | Average                                 | 0.45   | 0.135   | 0.338   | −0.180  | 0.0059   | −0.022  | 0.0098   | 0.320   | 0.0024   | 0.063   | 0.0599   | 0.0044   |
|   |                  |                                    | 280.1                                   | (0.33) | (0.057) | (0.118) | (0.048) | (0.0014) | (0.066) | (0.0070) | (0.206) | (0.0018) | (0.112) | (0.0015) | (0.0018) |
|   |                  |                                    | Maximum                                 | 0.26   | 0.077   | 0.193   | −0.103  | 0.0034   | −0.012  | 0.0056   | 0.182   | 0.0013   | 0.036   | 0.0341   | 0.0025   |
|   |                  |                                    | 492.4                                   | (0.19) | (0.032) | (0.067) | (0.027) | (0.0008) | (0.038) | (0.0040) | (0.117) | (0.0010) | (0.064) | (0.0008) | (0.0010) |

— indicates lower than detection limit.

O.R. denotes over range of instrument.

た成分の地殻中での Al に対する平均的な割合と、測定されたおのおのの濃度比との比である。EF は次式で定義される。

$$EF = (X/Al)_{\text{aerosol}} / (X/Al)_{\text{crust}},$$

ここで X と Al は、それぞれ対象とした成分と Al の濃度を表している。地殻中での各成分濃度は Bowen (1966) の値を使用した。全試料のうち、およそ半分の試料の Al 濃度が測定限界以下であったため、濃縮係数は検出限界を上回った結果についてのみ計算した。結果を図 3 に示す。Cr, Ni, Zn, Pb の濃縮係数は高く、特に 4 月、9 月、10 月に高かった。Cr, Pb, Zn は、南アメリカ、南アフリカ、オーストラリアでの人間活動、特にチリ、ペルー、コンゴ、ザンビア、そしてオーストラリアにおける非鉄金属の鉱山での精錬によって大気中へ排出された重金属成分に起因していると考えられる (Planchon, *et al.*, 2002)。濃縮係数が高かった 4 月 5-16 日、9 月 13-20 日、10 月 12-22 日にブリザードが観測された。8 月 13-21 日もブリザードが観測され、Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Pb が高濃度であったにもかかわらず Al 濃度が検出限界以下であったため、濃縮係数は算出できなかったが、これらの高



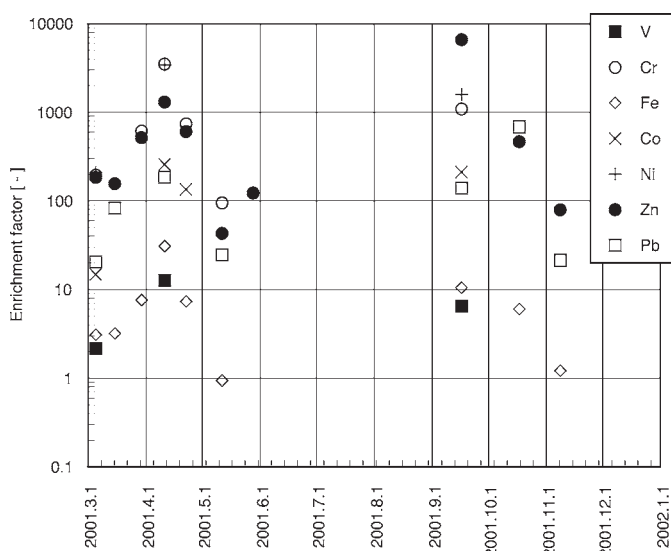


図3 濃縮係数の季節変動。検出限界以下であった金属成分の濃縮係数は図示していない。  
 Fig. 3. Seasonal variation of enrichment factor (EF) values. Samples in which the concentrations of metals were lower than the detection limits are not shown.

濃度を記録した各金属成分の濃縮係数が高いことは容易に想像できる。この期間のように、ブリザードは記録されたが Al が検出限界以下であったために濃縮係数が算出できなかった期間がほかにも存在した。南極辺縁部において、ブリザードは総観規模の低気圧性擾乱によって発生するため、人間活動由来の発生源から放出されたエアロゾルを含む気塊が低気圧の擾乱に伴い、南極大陸まで輸送された可能性が考えられる。

金属成分濃度が高い、もしくは濃縮係数が高い時期は、4月と8-10月であった。しかし、ECの濃度は必ずしもこの期間に高くはなく、4月は逆にECの濃度が相対的に低い時期であった。この食い違いは、昭和基地で観測された大気エアロゾルの成分濃度へ影響を及ぼす、人間活動に起因するエアロゾル発生源として複数の種類が存在し、また、それらの寄与は時期により異なるためと考えられる。

#### 4. ま と め

2001年に昭和基地において、大気エアロゾル中の炭素成分および金属成分の濃度を測定した。ECの濃度は0.0026-0.215  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、OCの濃度は0.18-2.90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であった。金属成分の濃度は明瞭な季節変動を示さなかった。また、それぞれの物質の挙動は異なっていた。8-10月にかけて、V、Cr、Fe、Co、Ni、Zn、Pbは突発的に濃度が増加し、最高濃度を記録した。AlとVは3月に最高濃度を示した。人間活動による南極大気中のエアロゾルの組成への影響を評価するため、濃縮係数を計算した。Cr、Ni、Zn、Pbの濃縮係数は高

く、特に4月、9月、10月に高かった。Cr、Pb、Znは、南アメリカ、南アフリカ、そしてオーストラリアでの人間活動によって大気中へ排出された重金属成分に起因していると考えられる。ブリザードが観測された期間は濃縮係数が高く、人間活動由来の発生源から放出されたエアロゾルを含む気塊が、低気圧の擾乱に伴い南極大陸まで輸送された可能性が考えられる。

南極大陸に飛来した大気エアロゾルの起源を検討するために、エアロゾルの化学成分の測定だけではなく、流跡線解析や衛星リモートセンシングデータを活用することが必要になるであろう。

## 謝 辞

昭和基地におけるエアロゾルの観測にご協力いただきました、第42次隊の隊員各位に深く感謝いたします。また、大気エアロゾルの分析に関してご指導いただきました山形 定氏、深澤達矢氏、三浦次郎氏、そして村井公寿氏に厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- Artaxo, P., Rabello, M.L.C., Maenhaut, W. and Grieken, R.V. (1992): Trace elements and individual particle analysis of atmospheric aerosols from the Antarctic peninsula. *Tellus*, **44B**, 318–334.
- Bowen, H.J.M. (1966): Trace elements in biochemistry. London, Academic Press, 241 p.
- Cunningham, W.C. and Zollar, W.H. (1981): The chemical composition of remote area aerosols. *J. Aerosol Sci.*, **12**, 367–384.
- Haywood, J.M. and Shine, K.P. (1995): The effect of anthropogenic sulfate and soot aerosol on the clear sky planetary radiation budget. *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 603–606.
- Huebert, B. and Charlson, R.J. (2000): Uncertainties in data on organic aerosols. *Tellus*, **52B**, 1249–1255.
- Kim, B.M., Cassmassi, J., Hogo, H. and Zeldin, M.D. (2001): Positive organic carbon artifacts on filter medium during PM<sub>2.5</sub> sampling in the south coast air basin. *Aerosol Sci. Technol.*, **34**, 35–41.
- Nishikawa, M., Kanamori, S., Kanamori, N., Mizoguchi, T., Murayama, S., Aoki, S. and Kawaguchi, S. (1991): Distribution of elemental and organic carbon aerosols in the atmosphere between Japan and Antarctica. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, **4**, 52–57.
- Ohta, S. and Okita, T. (1984): Measurements of particulate carbon in urban and marine air in Japanese areas. *Atmos. Environ.*, **18**, 2439–2445.
- Planchon, F.A.M., Boutron, C.F., Barbante, C., Cozzi, G., Gaspari, V., Wolff, E.W., Ferrari, C.P. and Cescon, P. (2002): Changes in heavy metals in Antarctic snow from Coats Land since the mid-19th to the late-20th century. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **200**, 207–222.
- Shaw, G.E. (1988): Antarctic aerosols: a review. *Rev. Geophys.*, **26**, 89–112.
- Wolff, E.W. and Cachier, H. (1998): Concentrations and seasonal cycle of black carbon in aerosol at a coastal Antarctic station. *J. Geophys. Res.*, **103** (D9), 11033–11042.
- Yamanouchi, T., Hirasawa, N. and Hayashi, M. (1999): Report of observation project on “Atmospheric circulation and material cycle in the Antarctic” by JARE-38. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **13**, 157–162.