

北極圏スバルバル諸島ニーオルスンにおける
1997/98年冬季エアロゾル観測和田 誠¹・山形 定²・菊地 正³

Aerosol observations at Ny-Ålesund, Svalbard from December 1997 to March 1998

Makoto Wada¹, Sadamu Yamagata² and Tadashi Kikuchi³

Abstract: Aerosol observations were carried out at Ny-Ålesund, Svalbard, Arctic from December 15, 1997 to March 11, 1998. Variation of aerosol particle number in the period measured by the optical particle counter is reported in this paper. Three observational flights around Svalbard were carried out between March 8 and 10, 1998. The flights were part of the Arctic Airborne Measurement Program 1998 (AAMP 98). Detailed data in the above period are also reported for supporting discussions with flight observation data.

要旨: 1997年12月15日から1998年3月11日までの期間、北極圏スバルバル諸島ニーオルスンにおいてエアロゾルの観測を行った。本報告では、主としてパーティクルカウンターのデータを用い、他の観測データを参考にして、この期間のエアロゾル個数濃度の変動を報告する。さらに北極圏航空機観測 (Arctic Airborne Measurement Program 1998: AAMP 98) がスバルバル諸島周辺で行われた1998年3月8日から10日のエアロゾル、雲、降水のデータについて、他の観測データの参考になるので、より詳細に報告し、エアロゾル濃度の変動の原因について考察した。

1. はじめに

北極圏航空機観測 (AAMP 98: Shiobara *et al.*, 1999) ではエアロゾルの観測が行われている。ニーオルスンでのエアロゾルの地上観測は、AAMP 98データを解析するための地上データとして価値があるとともに、それ以外のデータ (例えば雲、水蒸気、降水、放射のデータ) とあわせて解析することによって、それらに及ぼすエアロゾルの影響の研究に役立つ観測である。

AAMP98は1998年3月に行われた。スバルバル諸島ロングイヤービン着は3月7日、ロ

¹ 国立極地研究所, National Institute of Polar Research, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

² 北海道大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Kita-ku, Sapporo 060-8628.

³ 山口東京理科大学, Science University of Tokyo in Yamaguchi, Onoda-shi, Yamaguchi 756-0884.

ングイヤービン発は3月12日であった。この期間を含む1997年12月15日から1998年3月11日まで、ニーオルスンでエアロゾル、雲降水などの観測が実施された。本報告では、12月から3月までに行われたエアロゾル関係の観測について、どのような観測が行われたかの報告と、この間得られたエアロゾル粒子の個数濃度の変動の状況、簡単な考察を行う。またAMMP98期間中のデータについては、その期間の特徴について報告する。期間中の雲降水のデータについては小西ら(2002)があるので、本報告では、エアロゾルデータの変動と関連ある数ケースについて、マイクロ波放射計から得られた雲水量、水蒸気量のデータと比較し、考察を行う。

2. 観測機器, 観測方法

地上で観測を行ったエアロゾル関係の観測機器について述べる。エアロゾル粒子の粒径分布を測定する光学式粒子カウンター (OPC: Optical particle counter), またエアロゾルの採取のためのハイボリュームエアサンプラー (HVSP: Hi-volume sampler), ローボリュームエアサンプラー (LVSP: Low-volume sampler) を使用した。

OPCは12月15日から3月11日までほぼ連続で観測を行った。建物から約1m外側、雪面から約1m高に約5mのチューブの一方の口を固定し、もう一方を建物内にとり入れOPCに繋いだ。OPCはリオン(株)のKC-01Cを用いた。毎分0.5lで2分間空気を採取し、5粒径(直径0.3 μ m以上, 0.5 μ m以上, 1 μ m以上, 3 μ m以上, 5 μ m以上)ごとの総個数データを収録した。HVSPは建物から約1m外側に設置した。機器は紀本電子工業(株)のModel-121F, 最大吸引量1.6 m³/min, である。2月25日から26日と3月8日から9日の2期間のフィルター採集を行った。約2時間ごとにフィルターを交換し約24時間連続運転した。LVSPはHVSPとほぼ同じ場所に設置した。機器は東京ダイレック(株)のModel VS-20MBを用いた。2 μ mで分級し粗粒子と微粒子に分け採取する。粗粒子の吸引量は2 l/min, 微粒子の吸引量は18 l/minである。8回のフィルター採集をこの期間行った。フィルターはテフロンと石英を用いそれぞれ約1日間吸引した。ほぼ1週間ごとに採集を行い2月に計4日間, 3月に計4日間行った。この他, 別のHVSPによる, 1日間のフィルター採集を12月と2,3月に毎日行った。これは鉛の同位体を調べる目的で採集された(別目的の観測でありここでは省略する)。それぞれの観測機器, 観測期間, について表1にまとめた。

表1 使用した観測機器, 観測期間
Table 1. Instruments and observation periods of each instrument.

機器名	製作会社	型式	観測期間
OPC	リオン(株)	KC-01C	1997.12.15-1998.3.11 ほとんど連続
HVSP	紀本電子工業(株)	Model-12F	1998.2.25-26 1998.3.8-3.9
LVSP	東京ダイレック(株)	Model VS-20MB	1998.2-3 ほぼ週1回

3. 観測結果と考察

3.1. 観測期間中のエアロゾルの変動

期間中の OPC の観測から得られた $0.3 \mu\text{m}$ 以上, $3 \mu\text{m}$ 以上のエアロゾル個数を図 1 に示す。 $0.3 \mu\text{m}$ 以上の粒子は 1 月 15 日頃まで変動が激しい。その後 10000 個位で小さな変動を伴

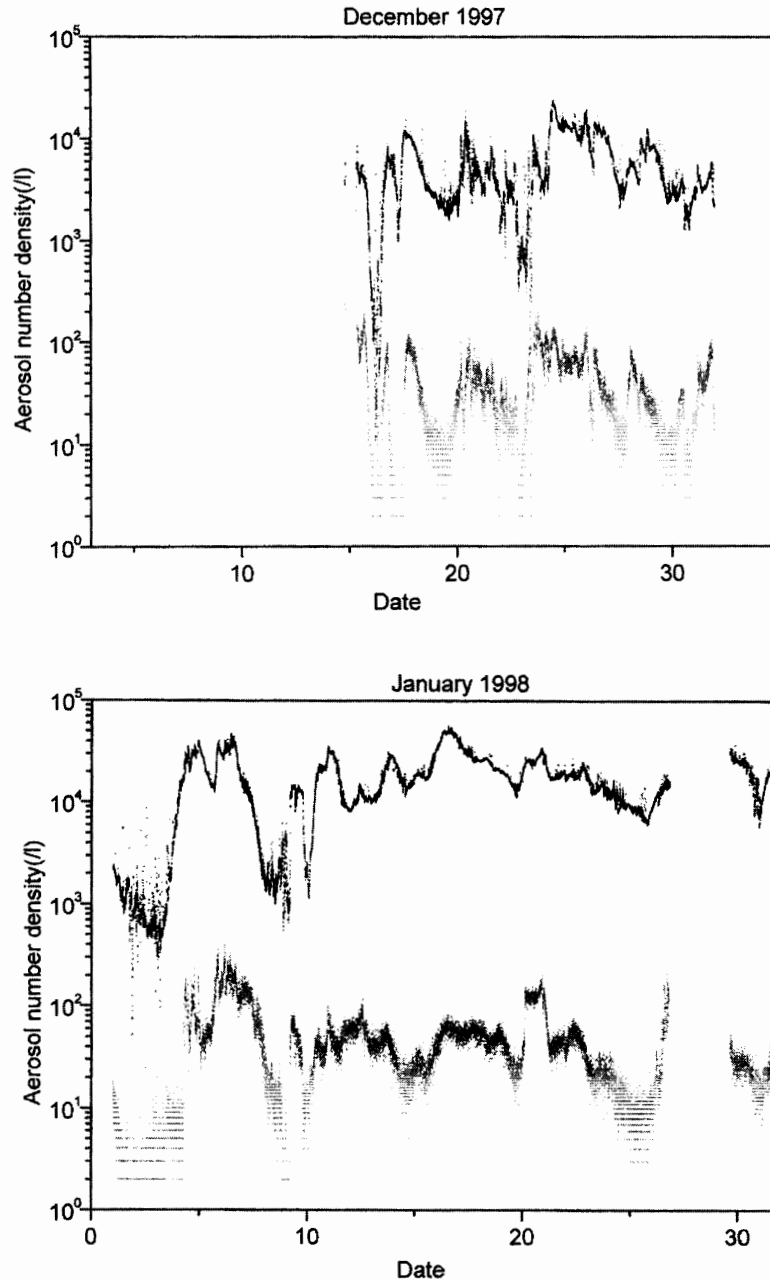


図 1 観測期間中の OPC 観測から得られた $0.3 \mu\text{m}$ 以上 (各図の上段), $3 \mu\text{m}$ 以上 (各図の下段) のエアロゾル個数濃度 (単位は 1 l 中の個数)。

Fig. 1. Number densities of aerosol larger than $0.3 \mu\text{m}$ (upper) and of aerosol larger than $3 \mu\text{m}$ (lower) in the whole period.

いながら2月20日頃まで続く。ゆっくり上昇しながら2月末から3月初めにピークとなり3月10日頃元に戻る。3 μm 以上の粒子は1月10日頃まで変動が激しい。その後50個位で推移する。その中で2月10日頃, 2月末から3月初めにピークがある。0.3 μm 以上の粒子は少ないときで1000個位, 多いときで50000個位, 3 μm 以上の粒子では少ないときで10個位, 多いときで700個位である。この期間の気象状態は12月15日から1月1日まで雲, 降雪とも多く, マイクロ波放射計の雲水量データの変動が大きい。1月2日以降の雲水量の変動は最後の3月11

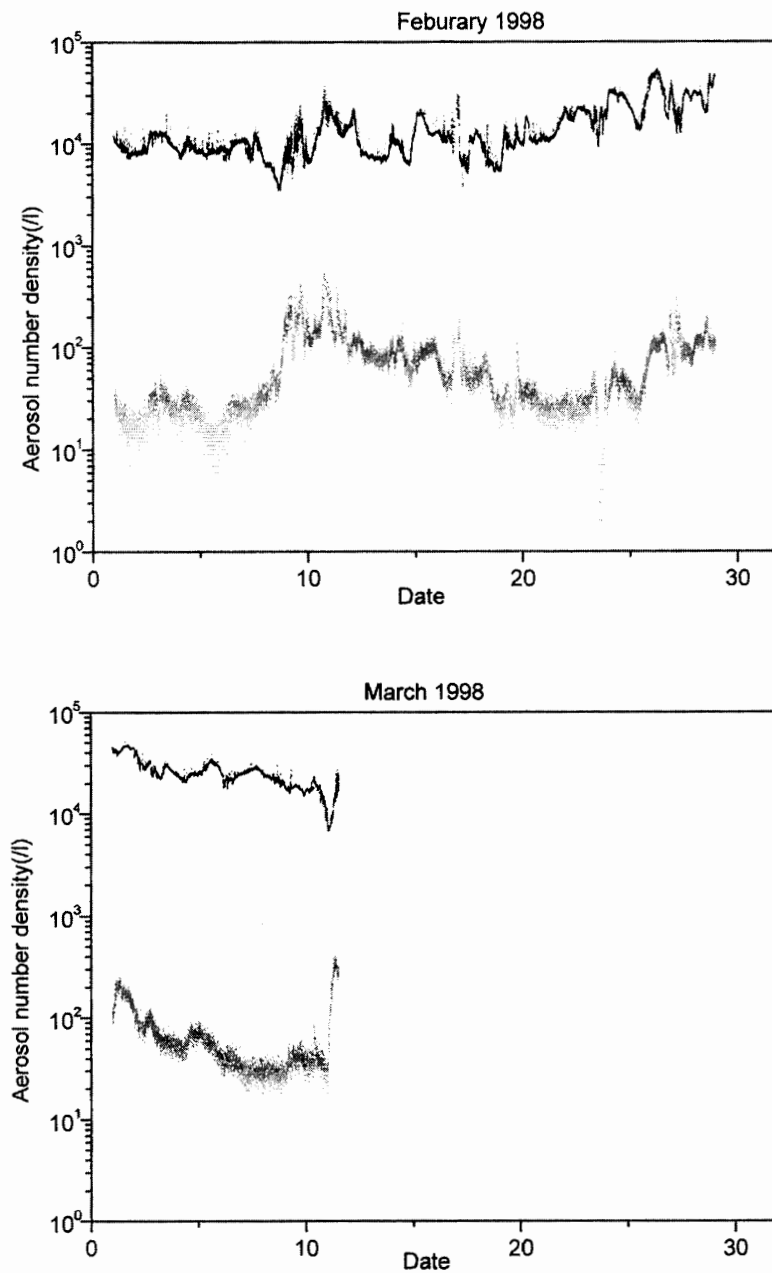


図1 続き

Fig. 1. (continued)

日を除いて小さい。このことから考えると、エアロゾルの粒子の個数が大きく変動する 12 月 15 日から 1 月初めは、雲、降水の影響があると考えられる。1 月以降で、 $3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子が増加している 2 月 10 日頃は、マイクロ波放射計のデータは欠測であるが、気温が高く雲、降水がある。これから考えると、大気擾乱が接近したため南の海面からのエアロゾル（海塩核の可能性大: Wada and Igarashi, 1998）の影響により $3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子が増加したと考えられる。この時の $0.3\ \mu\text{m}$ 以上の増加はそれほど大きくはない。この時の 850 hPa 高度での風は南東であった。2 月末から 3 月初めにかけて、 $0.3\ \mu\text{m}$, $3\ \mu\text{m}$ 以上とも緩やかな増加傾向が見られる。この時は 850 hPa 高度の風は北である。 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子の増加は人為起源（ロシア）からの汚染の影響であろう。 $3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子の増加については、別の原因の可能性も考えられる。3 月 7 日の 19 時頃から降水が始まる。1 日中ではないが、観測終了日の 3 月 11 日まで毎日降水があった。このことが関係して 3 月 10 日頃 $0.3\ \mu\text{m}$, $3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子の変動が大きくなっている。

3.2. スパールバル周辺フライト期間の地上観測

観測機がロングイヤービンを基地として観測飛行を行ったのは 3 月 8, 9, 10 日の 3 日間である。上記に述べたように、ニーオルスンでは、降水のなかった期間が終わり、この期間毎日降水が観測されている。地上のエアロゾル個数 ($0.3\ \mu\text{m}$ 以上) は 10 日 12 時頃から急激に下がり始める。この間の詳しい変動を見るために 3 月 1 日から 11 日 12 時までの $0.3\ \mu\text{m}$, $3\ \mu\text{m}$ 以上のエアロゾル個数濃度、気柱雲水量と水蒸気量を図 2 に示した。 $3\ \mu\text{m}$ 以上のエアロゾルは 6 日 0 時から 9 日 0 時までにはほとんど変動していない。9 日の 0 時頃少し上昇するが 11 日の 0 時までには変動は小さい。11 日 0 時以降急に増加している。 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上のエアロゾルは 7 日の 18 時頃にピークがあるが 10 日の 12 時頃までの変動は小さい。10 日 12 時頃から 11 日の 0 時頃にかけて減少し、その後急激な増加となる。一方水蒸気量、雲水量を見ると 10 日の 18 時以降急激な増加が見られる。また雲水量は 7 日から時々増加している。水蒸気量は 10 日が少し値が小さいが、それ以外は 10 日の 18 時までの変動はあまり大きくない。これらのことから考えると 10 日後半からのエアロゾルの変動は降水を伴う気団と関係していると考えられる。10 日後半頃で気団が変わったと考えてよいであろう。ニーオルスンの地上気温の変動を見ると、10 日 18 時頃から急上昇している。

LVSP によってエアロゾルの採取を行った 2 月 17 日から 18 日、2 月 26 日から 27 日（積算流量不明のためサンプリング開始・停止時の瞬時流量から求めた最大、最小濃度を用いる）、3 月 2 日から 3 日、3 月 8 日から 9 日のイオン濃度の分析データを考慮して、エアロゾルの輸送経路と途中の気団の変質過程の 2 点について考えた。表 2a に Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ のイオン濃度を示した。 $2\ \mu\text{m}$ 以上のエアロゾルと $2\ \mu\text{m}$ 以下のエアロゾルに分けて示している。またそれぞれの期間に対する $0.3\ \mu\text{m}$ 以上、 $3\ \mu\text{m}$ 以上の個数の概数をあわせて表 2b に示した。 $3\ \mu\text{m}$ 以上

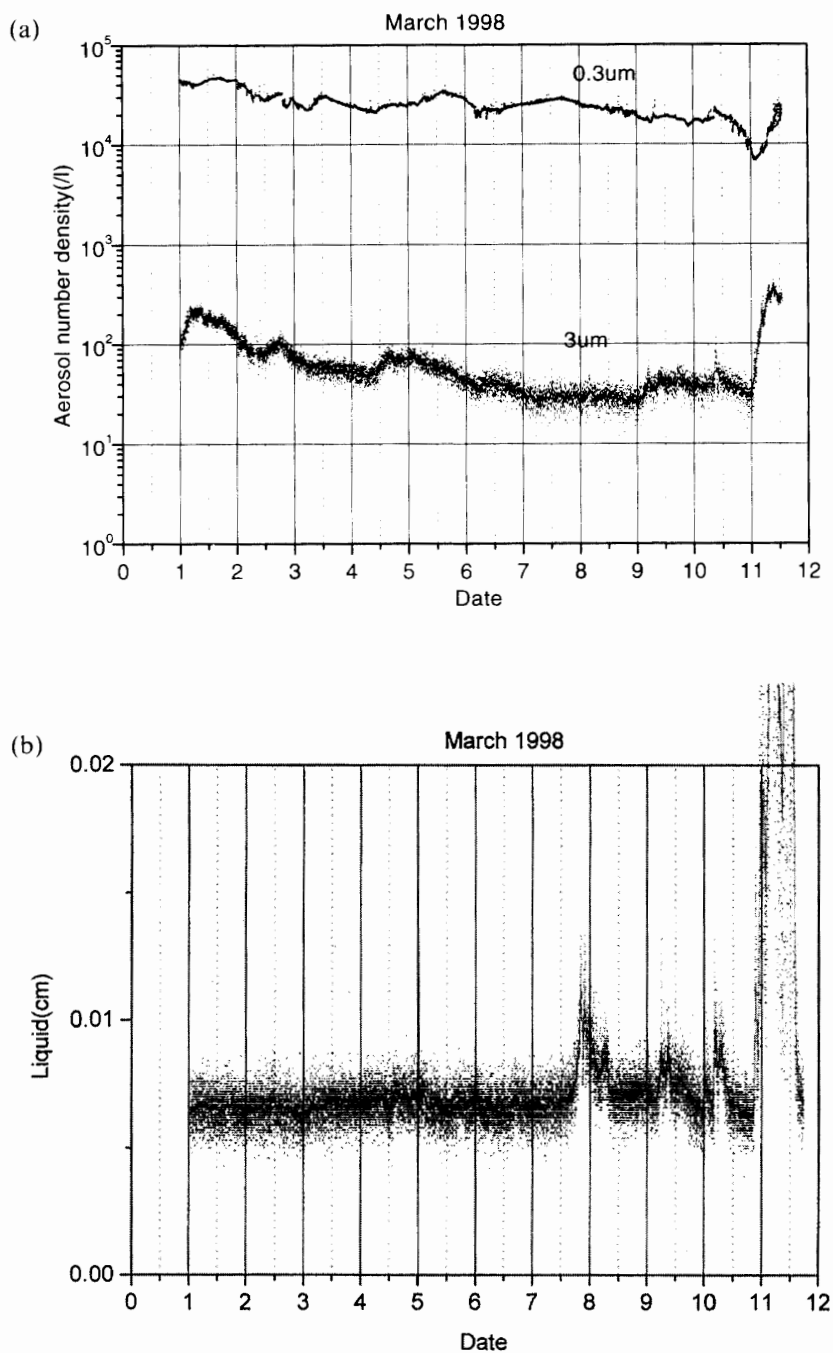


図2 3月1日から11日12時までの $0.3\ \mu\text{m}$ (上段), $3\ \mu\text{m}$ (下段) 以上のエアロゾル個数濃度 (a), 気柱雲水量 (b) と水蒸気量 (c).

Fig. 2. Number densities (a) of aerosol larger than $0.3\ \mu\text{m}$ (upper) and of aerosol larger than $3\ \mu\text{m}$ (lower), column liquid water (b) and column water vapor (c).

の大きい粒子が相対的に少ないこと, $2\ \mu\text{m}$ 以上, 以下に関わらず Cl^- , Na^+ が少なく, SO_4^{2-} が多いことから推察すると, 3月8日から9日のニーオルスンのエアロゾルはロシアから海氷上を經由してやってきたと考えられる。

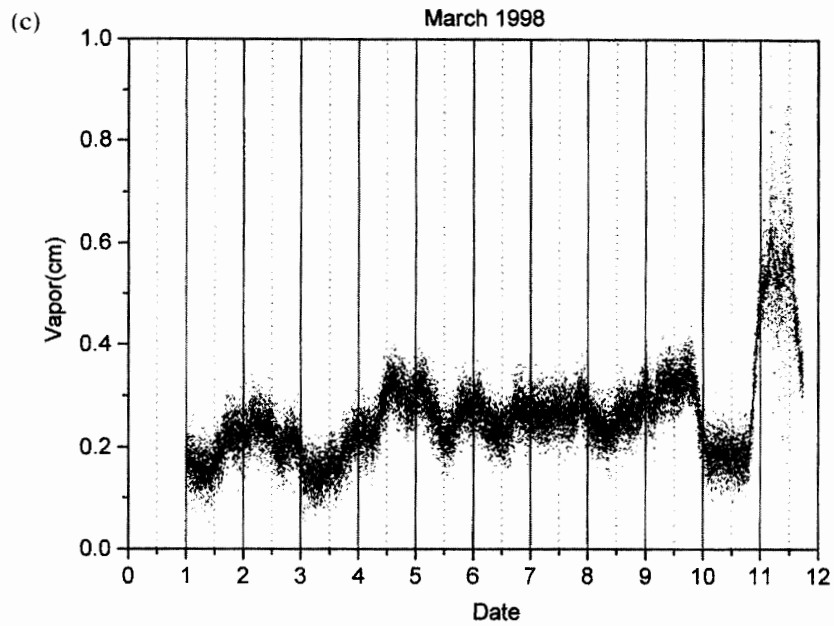


図2 続き
Fig. 2 (continued).

表2a ローボリュームサンプラーから得られたエアロゾルのイオン濃度 (ng/m³)
Table 2a. Concentration (ng/m³) of each species in aerosol obtained from LVSP.

回数	開始時間	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺
		<2 μm	<2 μm	<2 μm	>2 μm	>2 μm	>2 μm
1	2/17/15 h	184.80	632.98	174.74	3264.50	858.81	1937.87
2	2/26/14 h (Max)	992.34	1059.33	532.92	13293.95	1524.82	6718.93
	2/26/14 h (Min)	950.12	1014.26	510.24	6646.97	762.41	3359.47
3	3/2/15 h	138.86	1215.27	138.45	738.80	1003.51	527.84
4	3/8/7 h	11.45	1527.96	44.11	281.02	1039.69	262.29

表2b 0.3 μm 以上と 3 μm 以上の粒子個数濃度の概数
Table 2b. Roughly number density of aerosols larger than 0.3 μm and larger than 3 μm.

回数	0.3 μm 以上	3 μm 以上
1	10000	70
2	40000	100
3	40000	150
4	20000	3

4. ま と め

AAMP 98 の期間を含む 1997 年 12 月 15 日から 1998 年 3 月 11 日までのニーオルスンにおけるエアロゾル観測の項目と観測データの変動についての報告を行った。またエアロゾルの個数濃度、エアロゾルのイオン濃度データ、雲降水関連データの比較を行いニーオルスンの地上観測で測定しているエアロゾルの輸送経路、途中の影響についての考察を行った。その結果 AAMP 98 期間の 1998 年 3 月 8 日から 9 日の地上エアロゾルはロシアから海水を経由してニーオルスンに輸送されてきたエアロゾルと推察された。

文 献

- 小西啓之・和田誠・塩原匡貴 (2002): AAMP 98 観測期間中のレーダー観測. 南極資料, **46 (1A)**, 280-286.
- Shiobara, M., Fujii, Y., Morimoto, S., Asuma, Y., Yamagata, S., Sugawara, S., Inomata, Y., Watanabe, M. and Machida, T. (1999): An overview and preliminary results from the Arctic airborne measurement program 1998 campaign. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **13**, 99-110.
- Wada, M. and Igarashi, M. (1998): Atmospheric observations of liquid water in cloud and of chemical species in aerosols and gases near the ground and in fallen snow at Svalbard, Arctic. *Atmos. Res.*, **46**, 383-389.

(2001 年 5 月 25 日受付; 2002 年 1 月 25 日受理)