HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	航空機を用いた北極上空大気エアロゾルの観測
Author(s)	山崎, 高; 山形, 定; 村尾, 直人; 太田, 幸雄; 和田, 誠; 山内, 恭
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 125-128
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/7117
Type	bulletin (article)
Note	第10回衛生工学シンポジウム（平成14年10月31日（木）-11月1日（金） 北海道大学学術交流会館）. 4 環境計測 . P4-7
File Information	10-4-7_p125-128.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

4－7　航空機を用いた北極上空大気エアロゾルの観測

山崎 高、山形 定、村尾直人、太田幸雄(北大工)、和田 誠、山内 恭(国立極地研)

1. はじめに

2002年3月、北極圏上空の大気を観測するAAMP02(Arctic Airborne Measurement Program 2002)が行なわれた。この観測は1998年3月に実施されたAAMP98の継続観測で、北極域上空の温室効果気体やエアロゾルを観測し、北極圏および地球規模の気候影響を明らかにすることを目的にしている。

北極圏は大気循環を通して中・低緯度からの人為起源の物質が流入し、それによって引き起こされる気候変動が著しい地域である。極域では冬期に太陽放射がなくなることから大気の対流活動が抑制され、降水量が減少する結果、大気中の汚染物質の除去効率が低下する。したがって、極域の大気中汚染物質は、冬期から対流活動が再開する春期まで大気中に長期間滞留することとなる。 AAMP02 は汚染が最も顕著な3月上旬に、与圧した双発のジェット機(Gulfstream II、ダイアモンドエアサービス社)に大気観測システムを搭載し、地上から成層圏に至る高度で大気観測をおこなうものである。観測グループおよび観測項目を表1に示す。

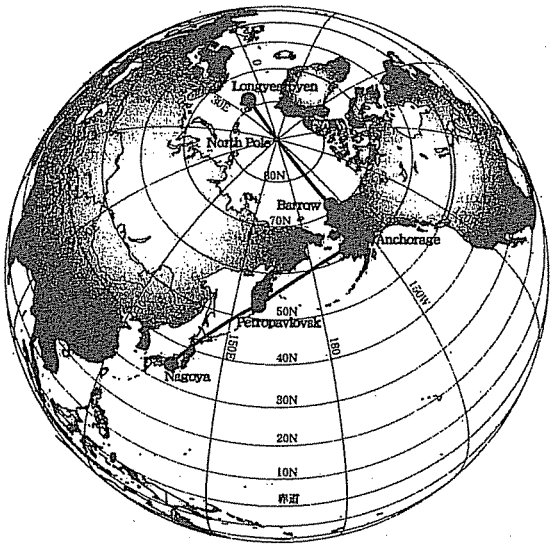
表1 AAMP02 参加グループおよび主な観測項目

グループ名	観測項目
国立極地研	オゾン、気象データ(ドロップゾンデ)、エアロゾル(電顕観察)
ドイツ AWI*	大気消散係数(サンフォトメータ)
北海道大学 理・工	雲粒、エアロゾルの光学・化学特性
東北大学・宮城教育大	CO_2, CH_4, N_2O, CO, SF_6, O_2 の同位体分析
環境研	二酸化炭素
名古屋大学	硫化カルボニル(COS)ガス

＊AWI : Alfred Wegener Institute アルフレッドウェーゲナー研究所

2. 観測方法

観測経路 図1に各巡航飛行、観測飛行を示す。2002年3月5日(現地時間)に名古屋を出発し、カムチャッカ半島、米国アラスカ(アンカレジおよびバロー)、北極点上空を経由してノルウェー・スバールバル島へ至った。スバールバル島ロングイヤービーンを拠点に3度の観測飛行をおこなった後に再び往路と同経路で名古屋に戻った。



出発－到着		時間(現地時間)
名古屋－ペトロパブロフスク		3/5 8:20-15:05
ペトロパブロフスク－アンカレジ		16:15-3/4 23:55
アンカレジ－バロー		3/5 14:20-17:40
バロー－ロングイヤービーン		18:35-3/6 10:05
ロングイヤービーン(周回)	#1	3/7 11:50-14:50
〃	#2	3/10 10:45-15:40
〃	#3	3/11 12:05-16:30
ロングイヤービーン－バロー		3/12 15:45-10:40
バロー－アンカレジ		3/13 11:45-15:20
アンカレジ－ペトロパブロフスク		3/13 14:20-3/14 15:50
ペトロパブロフスク－名古屋		3/14 16:55-18:15

図1 AAMP02 飛行経路および飛行時間(AAMP02 報告会資料集より)

観測システムと観測方法

エアロゾル観測システムを図2に示す。機体上部に設置された 2 箇所のインレットから外気を機内に取り込んだ。一方のインレット(9.52mm φ)のサンプル大気はディフュザーで減速後、4 つの測定機器に送った。4 つの測定機器とは①エアロゾル個数濃度を測定するパーティクルカウンター(OPC, MetOne 237H) ②エアロゾル光学散乱係数の測定するIntegrating Nephelometer(IN, Radiance Research M903)、③エアロゾル光学吸収係数を測定する Particle Soot/Absorption Photometer(PSAP, Radiance Research) ④エアロゾルの光学吸収スペクトルを測定する Filter Absorption Spectrometer (FAS, Ocean Optics SD2000 などから構成)である。IN は装置空洞内をサンプル大気が流れる際の光散乱量を測定するため、測定後試料中のエアロゾルはそのまま排気される。そこで、IN の下流に PSAP を直列に接続している。

それぞれの測定装置のデータは一定時間毎に記録した。IN, PSAP および4つのマスフローメータのデータはプログラマブルコントローラ(KV700 Keyence)に転送し6秒ごとに記録した。FAS は専用のコンピュータに1分ごとに記録した。パーティクルカウンターは装置内の配管が与圧航空機内での観測に不適切であることが観測開始後に判明し、データは取得できなかった。ディフューザーのサンプル大気は、さらにボールバルブを経由してイオン成分分析用のテフロンフィルター(住友電工、WP 500、55mm φ)、および電子顕微鏡観察用のインパクター(極地研)に導かれた。エアロゾルを捕集したテフロンフィルターは、飛行後ホルダーから回収し、プラスチックチューブに捕集面が接しないように入れ、ビニールテープでチューブのキャップを固定しポリ袋に入れ研究室に持ち帰った。30ml のイオン交換水にフィルターを浸し、イオン成分を抽出し、イオンクロマトグラフ(Dionex DX500, 濃縮カラム:TAC-2,TCC-2,分離カラム:AS12,CS12)で分析定量し、マスフローメーターで測定した採気量を用いて大気中濃度を算出した。

もう一方のインレットから機内に導いたサンプル大気は重金属成分の測定用のテフロンフィルター(住友電工 WP500、80mm φ)上への粒子捕集のみに使用した。

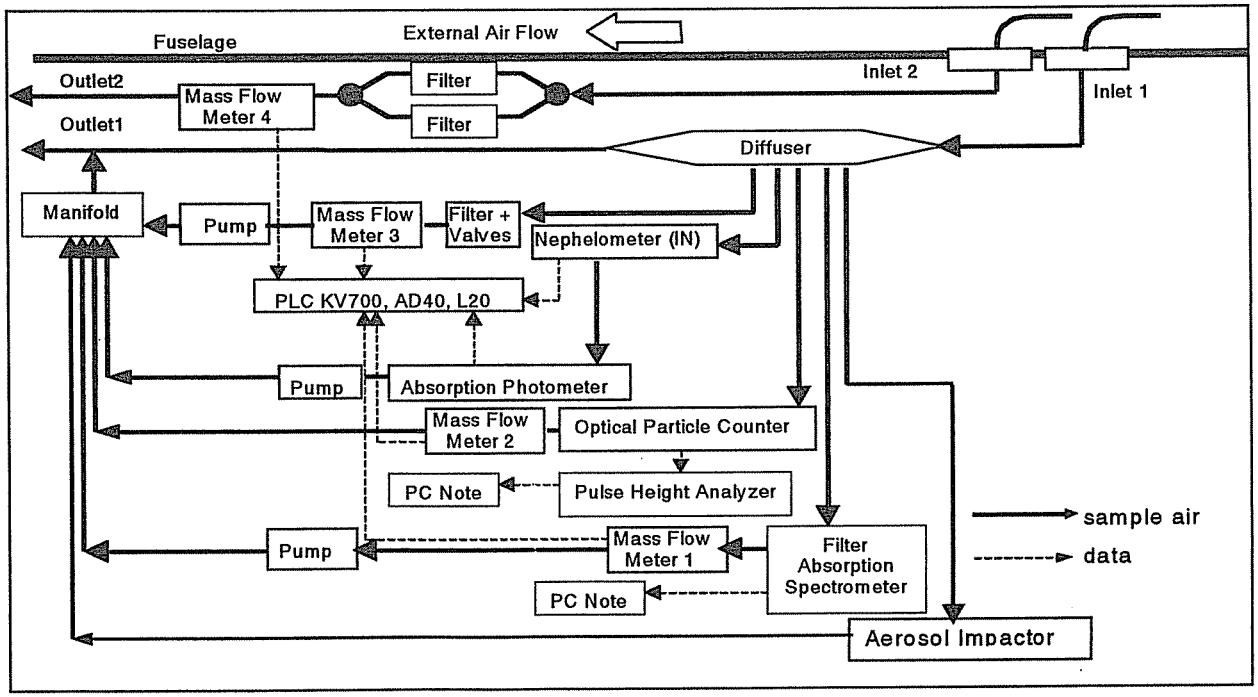


図2 AAMP02 で用いたエアロゾル観測システムの系統図

Fuselage: 機体、Mass Flow Meter: 流量計、 PLC: プログラマブルコントローラー、 PC Noter: ノートパソコン

3.結果と考察

北極域上空エアロゾル光学特性の高度分布

ノルウェー・スバールバル島のロングイヤービーン(Longyearbyen　78N,15W)を拠点にして行なわれた3回の観測飛行(3/7、10、11)で得られた散乱係数(σ sc)、吸収係数(σ ab)の高度プロファイルを図3に示す。PSAP のデータはフィルター上に堆積したエアロゾルの透過光強度を用いて、エアロゾルの光学的吸収係数を求める方法である。この際、平均化時間が長いほどフィルター上のエアロゾル堆積量が増加するためデータの精度は向上する。ただし、高度プロファイルの作成では平均化時間を長くすると、高度分解能が低下するため、ここでは6秒毎の吸収係数を計算している。飛行方法によりデータ数の多少はあるものの、スバールバル島周辺での散乱係数は1～100×10^{-7}[/m]、吸収係数は 1×10^{-6}[/m]以下であった。

8つの高度プロファイルを得た飛行期間のうち、3/7 11:35-12:02、3/10 11:09-11:52、13:42-14:42、3/11 13:00-13:58 については同時にフィルターサンプリングをしており、図 3 に示すようなイオン成分濃度が得られた。散乱係数が全般的に高かった 3/10 は、両フィルターとも硫酸イオン濃度が高かった。

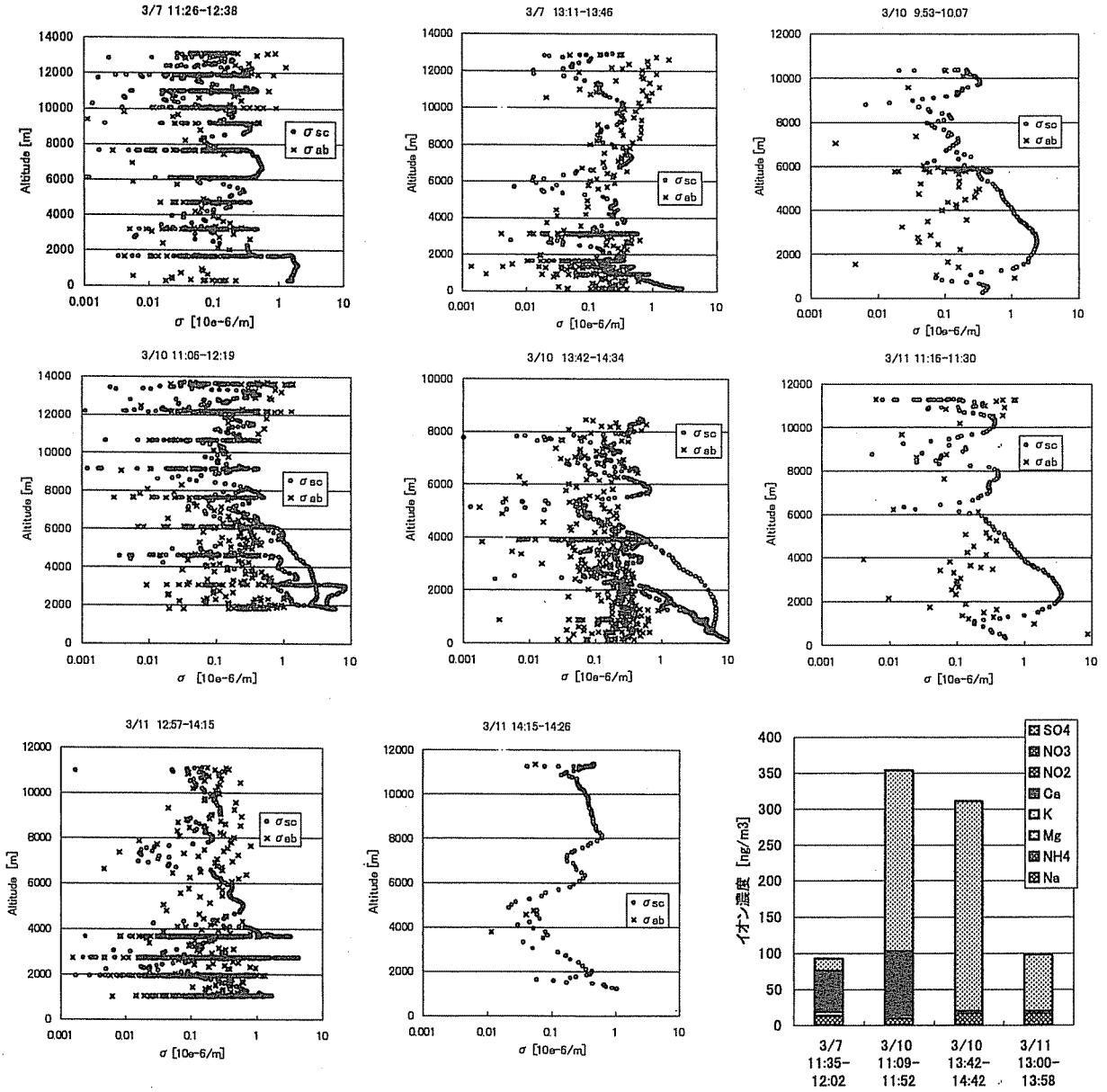


図3 スバールバル島ロングイヤービーンを拠点におこなわれた観測でのエアロゾルの光学的散乱係数(σ sc)、吸収係数(σ ab)の高度プロファイルおよびフィルターサンプルから得られたイオン成分濃度

北極域上空エアロゾルの化学成分

北極域成層圏下部、対流圏のフィルターサンプル34個についてそのイオン成分を分析した結果、最も高頻度で検出されたイオンは SO_4^{2-}で、25 サンプルから検出された。次に頻度が高かったイオン成分は Na^+で 23 サンプルで検出された。

硫酸イオンが検出された 25 サンプルにて全イオン重量と SO_4^{2-}重量を図 4 に示す。傾きが1の直線は、検出されたイオンが硫酸イオンのみであることを示す。これより、エアロゾル中イオンの主要成分が硫酸であること、対になる陽イオンがほとんど検出されなかったことから、SO_4^{2-}は H_2SO_4 として存在したと考えられる。

硫酸イオンは北極域上空の成層圏下部、対流圏において広く存在しているイオンであることがわかっている(Seinfeld & Pandis, 1997)。特に成層圏下部では大部分のエアロゾルは硫酸で構成されていることが報告されている。しかし、今回の観測では成層圏でサンプリングを行なったフィルターの中には硫酸イオン以外を含むエアロゾルが捕集された。これは AAMP98 で得られた結果と同様である。成層圏で発見された硫酸以外のイオン成分は Na^+,Ca^{2+},K^+,Mg^{2+},NO_3^-であった。

SO_4^{2-}に次いで多くの頻度で検出された Na^+の発生起源は海塩であると一般的に考えられている。今回の観測では高度 10000m の成層圏下部でも検出されている。Na^+が海塩起源の場合、他の陽イオン成分の対 Na^+比は海水中での濃度比が保存されると考えられる。Na^+に対する Mg^{2+}の重量比の高度プロファイルを図 5 に示す。海塩の重量割合 Mg^{2+}/Na^+は 0.1205 であり、成層圏下部でもこれに近い値を持つサンプルが見られ、海塩起源の Na^+が存在している可能性を示唆している。しかし、多くのエアロゾルサンプルでは海塩の Mg^{2+}/Na^+から大きく外れており、海塩以外の Na^+、Mg^{2+}発生源があるものと考えられる。

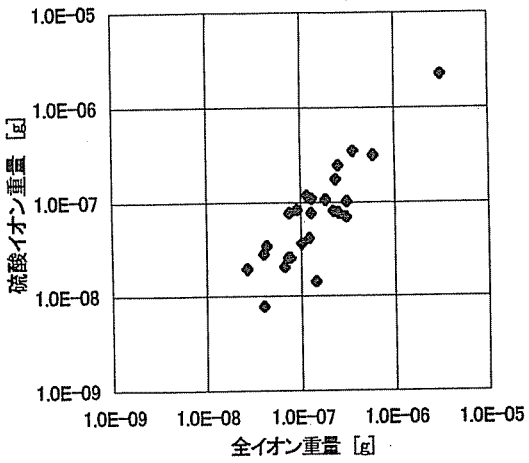


図 4 エアロゾル中全イオン成分および硫酸イオン量

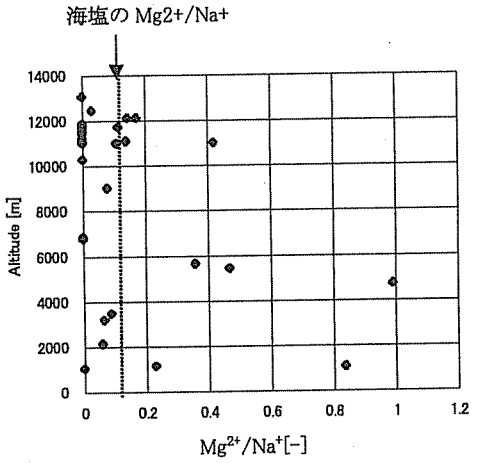


図 5 エアロゾル中 Mg^{2+}/Na^+の高度プロファイル

4. 参考文献

Seinfeld, J.H. and Pandis, S. N., 1997, "Atmospheric Chemistry and Physics", John Wily & Sons, Inc., New York.