



Title	AAMP98観測北極圏上空エアロゾルの鉛直分布
Author(s)	庄司, 和弘; 山形, 定; 村尾, 直人 他
Description	第7回衛生工学シンポジウム (平成11年11月11日 (木) -12日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 地球環境 . P3-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 7, 96-101
Issue Date	1999-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7272">https://hdl.handle.net/2115/7272</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	7-3-5_p96-101.pdf



3-5

AAMP 98 観測  
北極圏上空エアロゾルの鉛直分布

庄司和弘、山形定、村尾直人、太田幸雄（北海道大学）塩原匡貴、藤井理行（国立極地研究所）

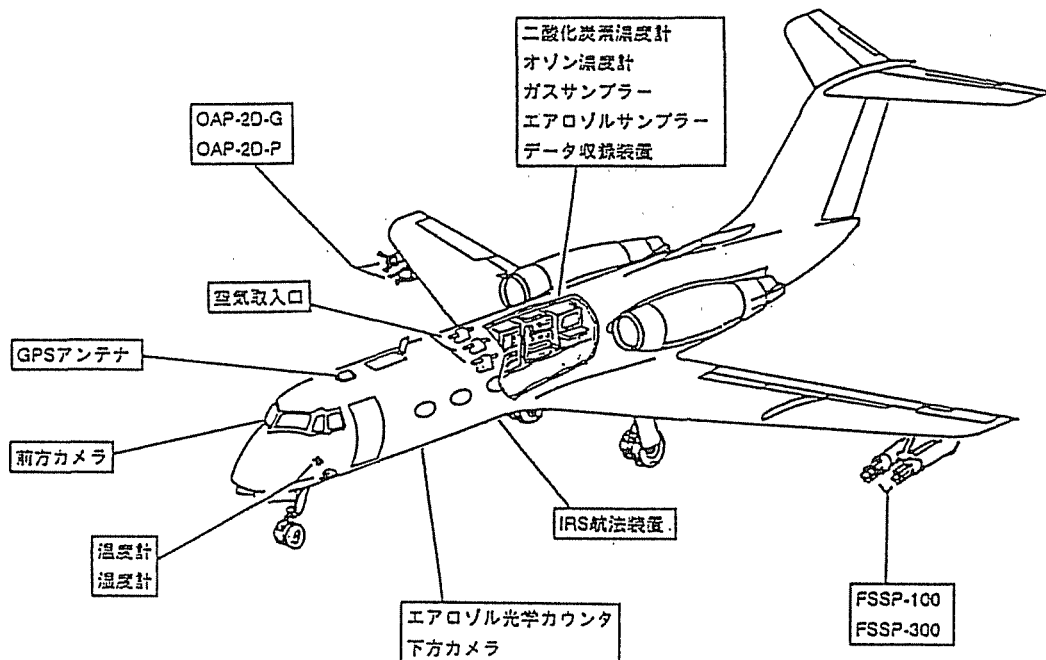
1.はじめに

1998年3月に、北極圏上空を対象としたAAMP(Arctic Airborne Measurement Program)98観測が行われた。この観測の主目的は「北極における地球規模大気環境変動—その立体構造の把握」である。

北極圏は大気循環を通じて中・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の影響が著しい地域である。また、極域では冬季に極域大気の特徴づける極渦が発生する。これにより、渦内外での物質交換を著しく困難にする。そこで、この時期に航空機を用いた北極上空の広域観測を行い、極大気の立体構造を把握しようとした。

昨年の衛生工学シンポジウムでは、極域対流圏、成層圏下部のエアロゾル中イオン成分の垂直分布の解明という内容で発表を行った。今回は、後に得られた気象情報（風向、風速、湿度等）と照らし合わせ、なぜヘイズができるのかその原因を考える。また、日本付近上空で得られた中緯度でのエアロゾル粒子数の高度分布及び化学成分データと比較検討する。

図1に観測に用いた航空機および搭載観測機器を示す。



本研究の搭載機器

- ディフューザー内エアロゾル計測装置(パーティクルカウンター)
- エアロゾル中イオン濃度測定用のフィルターサンプリング装置

図1 航空機及び搭載観測機器

## 2. 観測

観測は、①エアロゾル数計測装置（パーティクルカウンター Met One 237B）によるエアロゾル数のモニタリング、及び、②フィルターサンプリングによるエアロゾル中イオン濃度の測定である。サンプリング系を図2に示す。

外気を気体上部に設置されたインレット（9.52mmφ）から機内のディフューザーに導入し減速した後、2つのラインに分岐し、一方をパーティクルカウンター用に、もう一方をフィルターサンプリング用に使用した。

### ①パーティクルカウンター

粒径 0.3、0.5、1.0、3.0、5.0 $\mu\text{m}$  以上の粒子数を5秒計測、1秒停止のサイクルで連続的に行い、得られたデータはオンラインで、機内のパーソナルコンピューター（EPSON PC286 BSTD）に転送、フロッピーディスクに記録した。このパーティクルカウンターの測定によって得られたデータ及び各高度で測定した流量から、各地点での大気中のエアロゾル粒子個数濃度を求めた。

### ②フィルターサンプリング

3段のプラスチック製のホルダーを用いた。最上段でエアロゾルの捕集、下2段でSO<sub>2</sub>ガスの捕集を行った。エアロゾルの捕集にはテフロンフィルター（住友電工 WP500）、SO<sub>2</sub>ガスの捕集には炭酸ナトリウム含浸ろ紙を使用した。ディフューザー内に導入した外気をダイアフラム真空ポンプ（ULVAC DA 240 S）で吸引し、流量をマスフローメーターで測定した。サンプリングホルダーを機内で順次交換しサンプリングを行った。

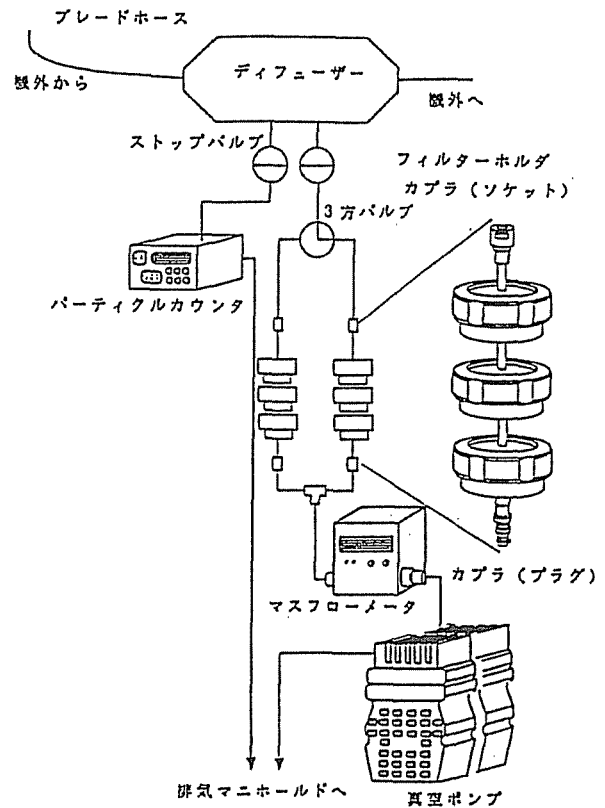


図 2. サンプリング系

## 3. 分析

エアロゾル粒子が捕集されたテフロンフィルターは、飛行後ホルダーから取り外しサンプリング面が重なるように2つ折にし、アルミホイルに包んで研究室に持ち帰った。研究室では、そのサンプルの両面を超音波洗浄器を用い、25ml のイオン交換水で抽出した。その後、抽出液をイオンクロマトグラフ（Dionex 社：DX500、濃縮カラム：TAC - 2、分離カラム：AS12A、CS12A）で分析し、それによって得られたイオン濃度からエアロゾル粒子の大気中濃度を算出した。

SO<sub>2</sub>ガスを捕集したフィルターも同様に、ホルダーから取り外しビニール袋に入れ研究室に持ち帰った。捕集されたサンプルはIEW20ml で抽出するが、抽出液中の亜硫酸をすべて硫酸に酸化させるために、少量の過酸化水素を加え、そのまま1日放置し、イオンクロマトグラフで濃縮・分析を行った。しかし、サンプルすべてが検出限界以下であったため、大気中のSO<sub>2</sub>ガス濃度は測定できなかった。低温の外気が客室内のディフューザーに導入された際相対湿度が低下したため捕集効率が悪かった可能性がある。

#### 4. エアロゾル粒子の鉛直分布

##### 4.1 北極圏と日本付近のエアロゾル鉛直分布の比較

図3は3月8~10日の北極圏(ロングイヤビーン上空)、3月6、14日の日本付近(名古屋上空)のそれぞれのエアロゾル粒子( $>0.3\mu\text{m}$ )濃度の鉛直分布をあわせてプロットしたものである。

観測時の気象は、名古屋上空・ロングイヤビーン上空ともに曇りであった。

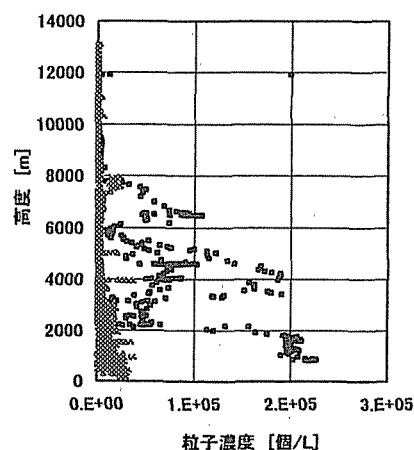
図3より、北極圏(ロングイヤビーン上空)の粒子濃度は日本付近(名古屋上空)の粒子濃度のおよそ5分の1程度である。この違いは、名古屋上空は人間の活動が盛んで人為起源の粒子が多いためと考えられる。また、ロングイヤビーン上空、名古屋上空ともにフィルターサンプリングの結果から上空大気のエアロゾル粒子の成分は硫酸イオンが支配的であった。

##### 4.2 エアロゾル粒子数と相対湿度

図4(a)に3月6日ロングイヤビーン上空、(b)に3月12日バーロー上空の粒子数濃度と相対湿度の高度 profile を同時に示す。第1x軸が粒子数濃度[個/L]で、その値は対数で表示してある。第2x軸は相対湿度[%]である。

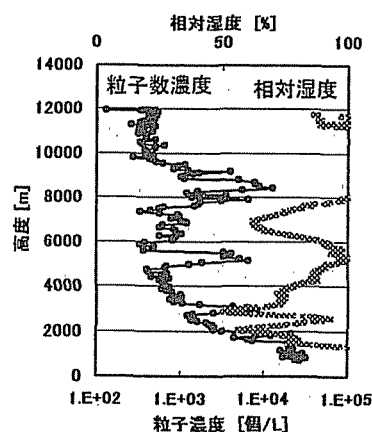
まず図4(a)より、この日のロングイヤビーン上空は高度4500m~5500m、7500m~10000mにヘイズ層が見られる。これらのヘイズ層は航空機中からも視認されている。この時相対湿度はヘイズ層が顕著な高度4500m~5500m、7500m~10000mにおいて高くなっている。一般に湿度が高いとエアロゾル粒子は周りの水蒸気を取り込んで粒子が成長しやすい状況にある。今回観測で使用したパーティクルカウンターの検出限界である粒径 $0.3\mu\text{m}$ より小さな粒径領域に多数存在していた粒子が湿度の上昇により膨潤し、パーティクルカウンターによって検出されるようになった可能性がある。今後、湿度変化によってヘイズ層形成が起きるかどうかを確認するためには、小さな粒径領域までも測定できる装置との同時観測が必要と考えられる。

一方、図4(b)の3月12日バーロー上空には、高度6000m、4500mにヘイズ層が見られるが、同高度の相対湿度は高くなく、両者に直接的な相

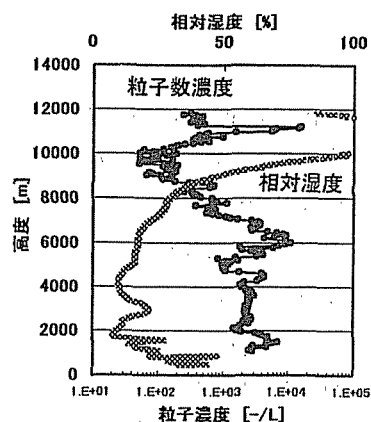


■ 名古屋上空 △ ロングイヤビーン上空

図3 北極圏と日本付近のエアロゾル鉛直分布の比較



(a) 3/6 ロングイヤビーン上空



(b) 3/12 バーロー上空

図4 エアロゾル粒子数と相対湿度

関は見られない。そこで、3月6日のロングイヤビン上空のヘイズ層とは異なった原因、例えばエアロゾルを多く含んだ気塊が長距離輸送されたことが原因で生成していることが予想される。

また、図4(a)、(b)ともにヘイズ層が観測された高度においてフィルターサンプリングを行っていないため、この高度でのヘイズ層構成粒子の組成は不明である。

### 4.3 エアロゾル粒子の化学成分

フィルターサンプリングの結果については、そのサンプリング時間が短かったり、4.2章の高度profileから分かるように上空での粒子数が極端に少なくなっているため、全サンプル中で検出限界を超えたデータが少なかった。その少ないデータからは明確な結論は導くことができないが、可能性として次のようなことが上げられる。

#### 4.3.1 エアロゾル中の硫酸イオン

先に述べたように、エアロゾル中のイオン成分は硫酸イオンが支配的だった。また、イオン成分の分析結果から硫酸イオンと同様の濃度挙動を示した陽イオン成分がないために硫酸イオンの対イオンは分析していない $H^+$ イオンで、硫酸イオンは硫酸ミストとして存在すると考えた。そこで、フィルター上に捕集されたとされるエアロゾル粒子数の推算値と実際にフィルター上に捕集された硫酸イオンの絶対量の相関をとった(図6)。ここで、粒子数の推算値とあるが、図2より、サンプリングのラインはパーティクルカウンター側とフィルターサンプリング側の2つに分岐しているため、実際にフィルター上に捕集された粒子数を計測することはできないので、パーティクルカウンターの連続測定の結果からフィルター上に捕集されたとされる粒子数を推定した。図6では、参考までに過去日本上空(八丈島)でサンプリングを行った際の結果も同時にプロットした。AAMP98のサンプルに関しては、高緯度で大気濃度が薄かったのとサンプリング時間が短かったため粒子数、硫酸イオン濃度のいずれも小さく、原点付近に集まっていて検出限界を超えたサンプルは少ないが、おおよその見積もりのためにそれら検出限界を超えていないサンプルも加えて、八丈島観測の全サンプルとAAMP98の全サンプルを同時にプロットした。すると、全サンプルを合わせた上で粒子数と硫酸イオン濃度との間に直線で近似できるような相関が見られた。

そこで、原点通過の直線で近似したところ「 $Y=2.0 \times 10^4 X$ 」という関係式を得た。この式の意味は「エアロゾル粒子が全て同一粒径かつすべて同量の硫酸イオンを含むと仮定したとき、硫酸イオン1ngは $2.0 \times 10^4$ 個の粒子から成る」ことを示す。また、高緯度の北極圏上空のエアロゾル粒子と中緯度の日本上空のエアロゾル粒子について粒子数と硫酸イオン濃度との間に同様の相関が見られたことから、高緯度のエアロゾル粒子と中緯度のエアロゾル粒子はともに同じような粒子から成っていることが示唆される。

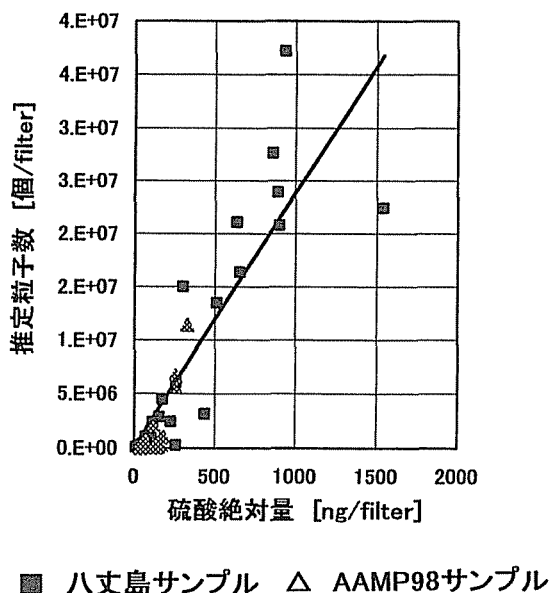


図6 エアロゾルの推定粒子数と硫酸絶対量との相関

### 4.3.2 3月9日 ロングイヤビーン上空

この日は、観測飛行時に上空 5000m 付近まで何層もの雲があった。図 7 に粒径別の粒子数濃度と相対湿度を同時に示す。粒径別粒子数濃度の結果より高度 5000m までは粗大粒子が多く存在し、相対湿度がほぼ 100% であったことから、高度 5000m までの粒子が雲で構成されていることが分かる。フィルターサンプリングの結果から、この雲を構成している粒子の成分として、硫酸イオンの他に多量の  $\text{Ca}^{2+}$  イオンが検出された。また、同時に観測を行った雲粒子 2 次元プローブの結果<sup>(3)</sup> から、捕集された粒子は氷晶であることがわかっている。古くから粘土鉱物が氷晶核として働くことは知られている<sup>(4)</sup> が、その粘土鉱物中の水溶性の  $\text{Ca}^{2+}$  イオンが溶け出した可能性も考えられる。

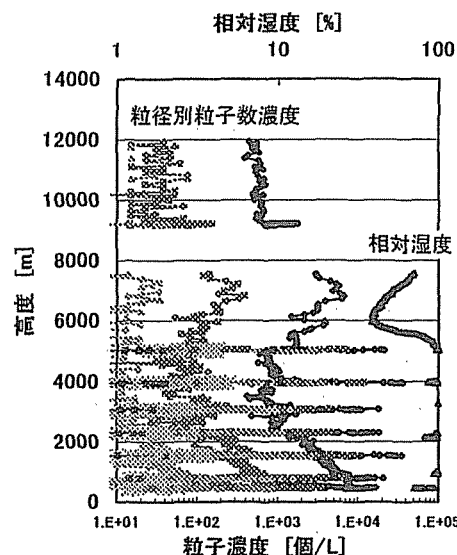


図7 3月9日 ロングイヤビーン上空

### 4.3.3 3月12日 バーロー上空

図 8 に 3 月 12 日バーロー上空の高度 profile を示す。この日も 3 月 9 日と同様高度 3000m、12000 m で  $\text{Ca}^{2+}$  イオンが検出された。しかし、この日は 3 月 9 日とは違って、同高度では相対湿度はそれほど高くはなく、粗大粒子も多くない。この日観測された  $\text{Ca}^{2+}$  イオンについては今のところ原因がわかっていない。今後同時に行われた他グループのインパクターによるサンプリング結果と比較検討する必要がある。

また、この日は高度 5000m で高濃度の  $\text{Cl}^-$  イオンが 1 サンプルのみ検出された。図 8 より、サンプルが採取された時間帯には高度 5000m にかなり濃いヘイズ層があり、このヘイズを構成する粒子が捕集されたと考えられる。 $\text{Cl}^-$  と同時にほぼ等モルの  $\text{Na}^+$  が検出されたことから、このヘイズは海塩粒子によるものと考えられる。

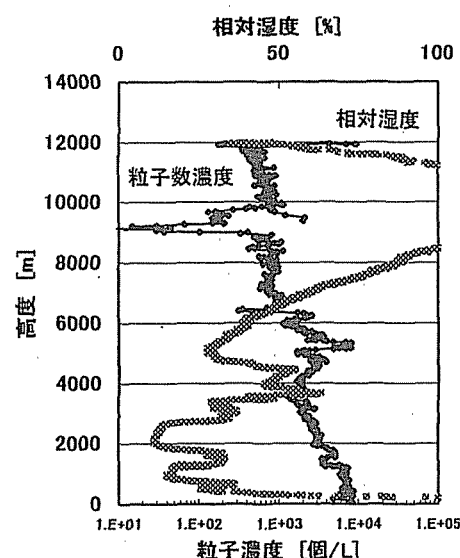


図8 3月12日 バーロー上空

## 5. まとめ

昨年のシンポジウムにおいても同観測の結果についての報告をした。今回は後に得られた気象情報を照らし合わせて考察し、粒子数の増減と相対湿度との関係については、相対湿度が高い時にヘイズ層が発生する場合と相対湿度が低いのにヘイズ層が発生する場合の 2 通りがあった。それぞれのヘイズ層の形成過程を確認するためには、小さな粒径領域を測定できる装置との同時観測、またヘイズ層内を一定時間水平飛行しヘイズ層構成粒子の化学分析を行うことが必要である。

次に、粒子数と硫酸イオン濃度に注目したが、粒子数と硫酸イオン濃度との間に直線で近似できるような相関が見られた。また、高緯度上空のエアロゾル粒子と中緯度上空のエアロゾル粒子

との間に類似性があることが示唆された。

また、Ca<sup>2+</sup>イオン、海塩粒子などの特徴的な粒子が検出される場合があった。

## 6. 謝辞

今回の航空機観測で多大なご協力をして頂いたダイヤモンドエアサービスの方々に深く感謝申し上げます。

### 【参考文献】

1. 塩原匡貴、AAMP98 北極圏航空機観測報告会 資料集、P1(1998)
2. 庄司、他 AAMP98 観測－北極圏上空エアロゾル中のイオン成分 第6回衛生工学シンポジウム、P286～291 (1998)
3. 遊馬芳雄、AAMP98 北極圏航空機観測報告会 資料集、P10(1998)
4. MOTOI KUMAI et al “Nuclei in Snow and Ice Crystals on the Greenland Ice Cap under Natural and Artificially Stimulated Conditions”、J. Atmos. Sci.vol19 P474～481(1962)