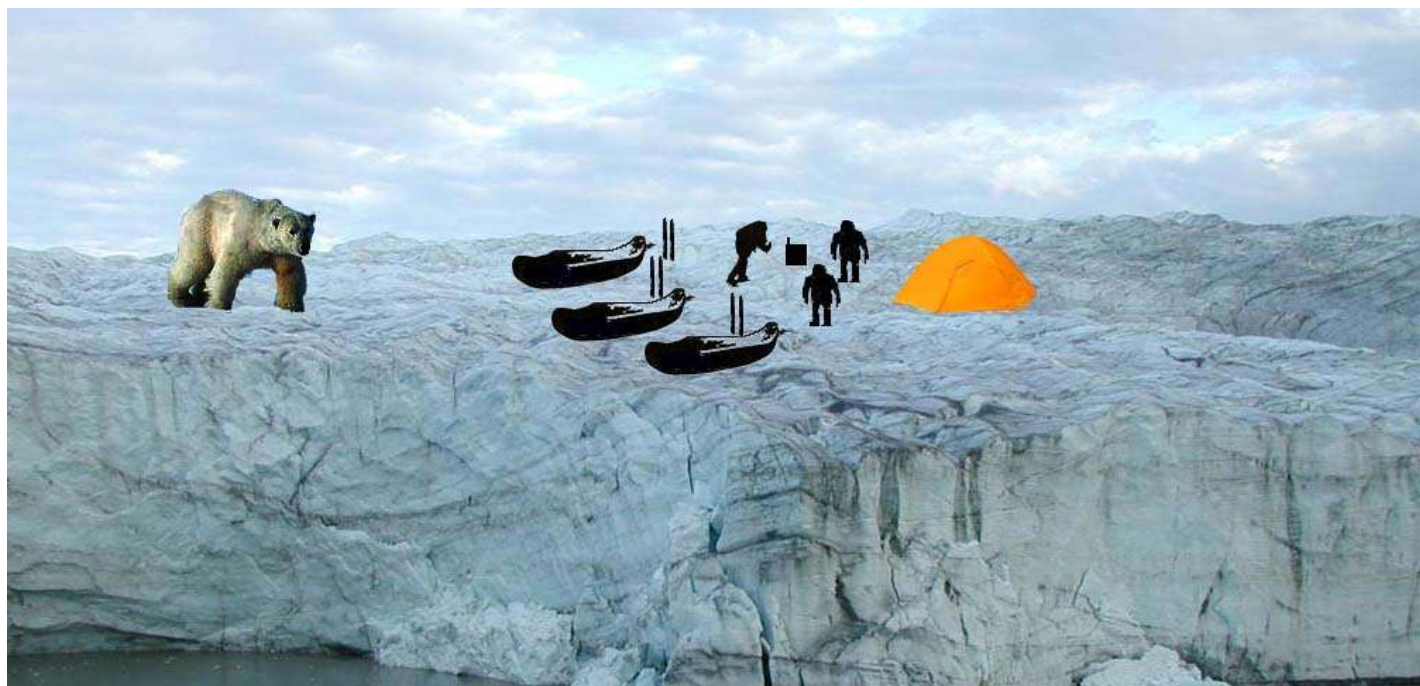


# 2004年 グリーンランド大気観測計画書

アジアの黄砂およびヨーロッパの汚染大気が  
グリーンランド大気に与える影響評価



研究代表者 岩坂 泰信  
現地観測担当者 長谷 徹志  
(名古屋大学環境学研究科)

# 目次

1. はじめに	1
1. 1 グリーンランド内陸氷床横断計画について	1
1. 2 スケジュールと行程	2
2. グリーンランド大気観測計画	4
2. 1 研究の必要性	4
2. 2 グリーンランド大気	5
2. 2. 1 グリーンランドと黄砂	5
2. 2. 2 グリーンランドと汚染大気	7
2. 2. 3 グリーンランドとオゾン	8
3. 観測	9
3. 1 観測の目的	10
3. 2 観測方法	11
3. 2. 1 直接サンプリング	11
3. 2. 2 粒子数濃度分布観測	12
3. 2. 3 オゾン全量観測	14
3. 3 電源	14
3. 4 観測の支援体制	15
4. 観測により期待される成果	18
5. これまでの実績	21
5. 1 観測装置に関する実績	21
5. 2 論文および学会発表リスト	26

## 1. はじめに

### 1.1 グリーンランド内陸氷床縦断計画について

グリーンランド内陸氷床縦断計画は大場満郎氏によって提案され、現在、私も含めた隊員候補も参加し企画書をつめている。大場氏はこれまで20年の年月をかけ、単独歩行によって北極、南極の両極横断を成し遂げている。そして、大場氏は若者を率いて地球を縦に一周するという壮大な計画を立てており、その計画の一環として「グリーンランド内陸氷床縦断」の旅を行う予定である。

グリーンランドは世界最大の島であり、日本の約6倍の面積（217万km<sup>2</sup>）を持ちながら人口は約5万6千人しかいない。また、居住地域はグリーンランド西岸に集中している。グリーンランドの南端フェアウエル岬は北緯59°、北端は北緯84°でその長さは南北に約3000kmである。グリーンランドはその大部分がいまも大陸氷に覆われており、最高点は3300mを超え、大陸氷の面積は約170万km<sup>2</sup>、平均の厚さ1.4km、体積240万km<sup>3</sup>であると言われている。グリーンランドは軍事基地、漁業基地としての機能は大きい、大半を占めるイヌイットは原始的な生活を営んでいる。イヌイットはわれわれ日本人と非常によく似ており、彼らは北方へ拡散していったモンゴロイドだといわれている。現地語（グリーンランド語）でグリーンランドはカラヒ・ヌナ（Kalaallit Nunaat）と表記し、カラヒ（Kalaallit）とは人、ヌナ（Nunaat）は土地を表す複数形である。現在グリーンランドはデンマークの植民地となっているが、1979年以来独自の政府を持ち、カラヒ・ヌナとして日本とよく似た国旗を持っている。

今回のグリーンランド内陸氷床縦断は縦断だけが目的ではない。縦断旅行は同時に大気環境調査旅行にもなっているのである。まず、縦断中に名古屋大学大学院環境学研究科、神戸大学医学部、九州大学大学院応用力学研究所、国立極地研究所、国立環境研究所、ドイツ・アルフレッドウェーゲナー極地研究所の協力のもと、随時グリーンランドの大気及び降雪調査などの観測調査を行う予定である。観測に関する詳しい説明は後の章に記す。さらに、衛星携帯電話を用い、小、中学校の子供達との質疑応答を通して、極地のこと、地球環境問題について話し合い、考える機会をもうける予定である。近年、青少年の理科離れが指摘されて久しい。本縦断旅行は、この企画を通して青少年が自然に関心に向けるきっかけを模索する側面も持っているのである。

長谷 徹志

長谷 徹志

## 1.2 グリーンランド内陸氷床縦断スケジュールと行程

今回の縦断では、パラセールとスキーを利用し、ソリを引きながら、2ヶ月かけてグリーンランドを南北に約3000km縦断する。パラセールとはナイロン製の大きな凧で、その凧に風を受け、スキーをはいた状態で滑るというものである。春から夏の時期にかけてグリーンランドの西側では地表付近で北西の風が吹いており、この風を利用しながらの移動となる。ただし、パラセールはある程度の風が無いと使えないため、風が弱い時はソリを引きながらの移動となる。ソリには、食料、燃料、衣服、テント、シュラフ等の生活必需品さらに、GPS、通信及び観測関係の機器等を積み一人あたりソリの重さは約70kgほどである。大場氏は1999年にもパラセールとスキーを利用し南極大陸単独徒歩横断を成し遂げ、世界初の両極単独歩行横断を達成している。大場氏は極地での生活、パラセールとスキーの扱いに関するエキスパートであり、今回のグリーンランド縦断の際にもスムーズに移動、観測が行えるものと考えられる。

通信手段として衛星携帯電話をもち、ベースキャンプと連絡を常時とする予定である。衛星携帯電話は世界中どこにいても使え、大場氏は南極でもこれを使用し、地元山形の小、中学生と交信した。また、非常用としてアルゴス発信機も携帯する。後述するように、気象・大気環境観測調査においても、国立極地研究所およびドイツ・アルフレッドウェーゲナー極地研究所からグリーンランドの気象情報をまた各研究グループとの連絡のやりとりの際にも使用され、観測全体を下支えする手段としても使用する予定である。



図1 パラセールで滑走する大場満郎

スケジュールは以下のようである。

4月27日：日本出発→コペンハーゲン→カンガルスワック→チューレ→スタートポイント

5月10日：スタート（ナルサスワック付近）

途中で必要に応じて補給有り

移動中随時気象観測を行う（詳細は後述）

8月10日：ゴール

8月下旬：帰国

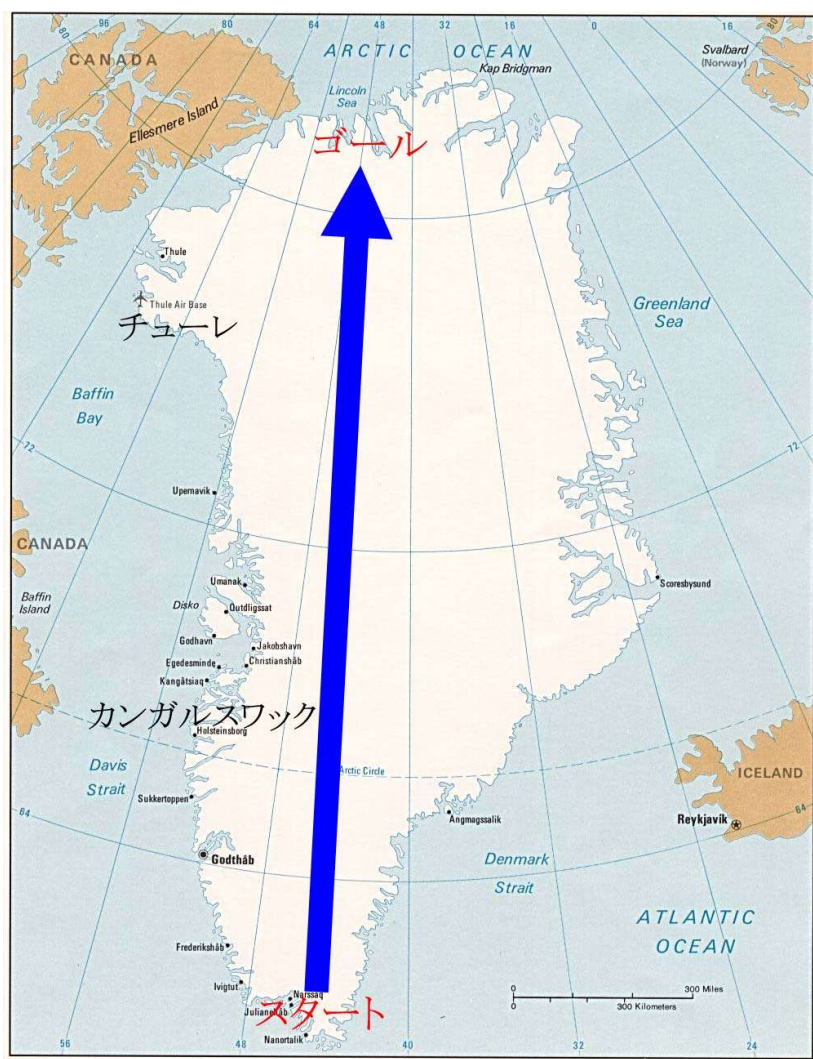


図2 グリーンランド内陸氷床縦断行程図



## 2. グリーンランド大気観測計画

### 2.1 研究の必要性

近年、地球温暖化やオゾン層破壊などの環境問題が大きく取り上げられるようになり、全球規模で協議し、対策を講じなければならない時代となった。例えば、オゾン層を破壊するフロンガスの生産、使用に関する規制を定めた「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」や大気中の温室効果ガス（二酸化炭素、メタン等）濃度の安定化を目的とし、温室効果ガスの削減目標値を定めた「京都議定書」などである。また世界中の科学者が、地球温暖化に関する最新の知見をまとめた IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル）第3次レポートの地球温暖化予測モデルによれば、100年後の2100年には地球の平均地上気温は最大で5.8°C上昇すると予測されている。地球の気温が上昇すればグリーンランドや南極氷床の氷がとけ、海水面が上昇する。仮にグリーンランド氷床の氷がすべてとけた場合、海面水位が7m上昇するとされている。

特にグリーンランドに関して言えば、気候モデルによるとグリーンランドの局地的な気温上昇量は地球全体の平均の1～3倍になる可能性が高いとされている。つまり、グリーンランドは温暖化に対して他の地域よりも敏感であり、グリーンランドが現在置かれている状況を把握しておくことは非常に重要なのである。

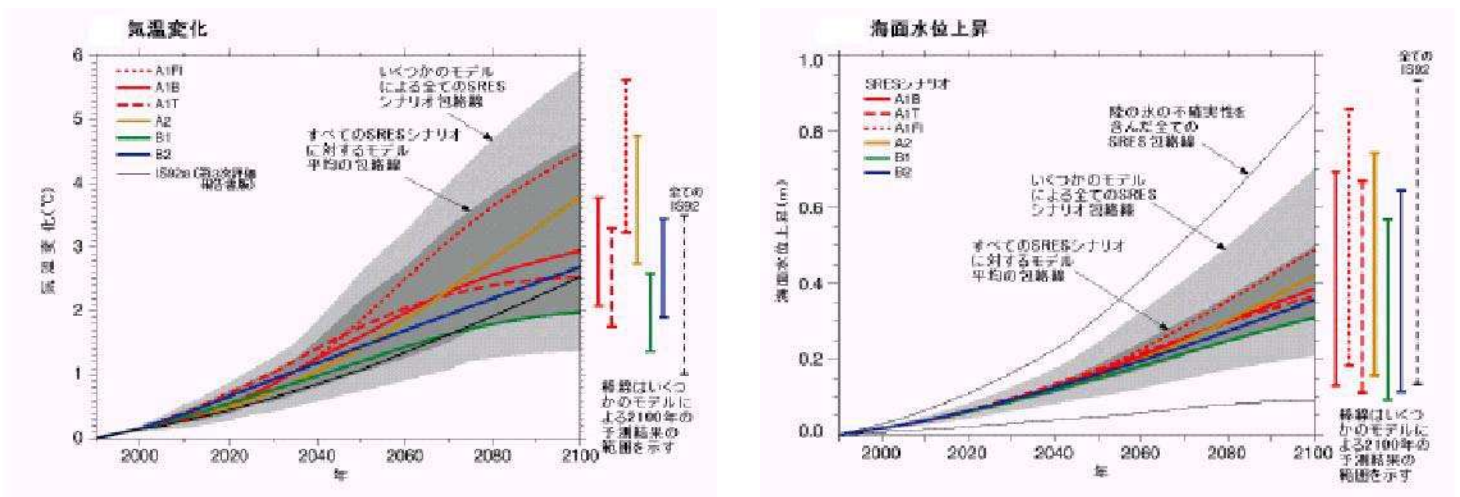


図3 今後100年間の気温変化（左）と海面水位上昇（右）の予測（IPCCレポート）

さて一見、極地域の環境問題などわれわれ中緯度に住む人間にとっては無縁の場所であると思われるかもしれない。しかし、地球上の大気は Brewer・Dobson 循環と呼ばれ

る大気の大循環により、低・中緯度地域から高緯度に向け運ばれることが分かっている。つまり、低・中緯度に住む人々が排出した汚染大気がグリーンランド、北極や南極といった高緯度地域に運ばれ、そこに住む人々の生活環境を汚染しているのである。また、これらの汚染大気が温暖化に寄与することも指摘されている。もともと極地域に住む人々は少なく、汚染源も少ない。つまり、グリーンランドで起きている環境破壊はわれわれと無縁では無く、むしろわれわれの手によって環境破壊が進行しているのである。そのよい例が、低・中緯度に住む人々が排出したフロンガスによって破壊され、形成されたオゾンホールである。オゾンホールは極地域から発せられた大きなメッセージであったが、われわれがそのメッセージを聞き取るには時間がかかってしまった。つまり、これからの環境問題もわれわれがいかに敏感にそのメッセージを聞き取れるか如何にかかっている。また、最近では地上数 100m～数 1000m の領域を通して、中緯度から高緯度に汚染物質が運ばれることも分かかってきており、従来にもまして極地方での大気監視が環境保全のためには重要になっている。

そこで、われわれは現在グリーンランドが発しているメッセージを敏感に感じ取る方法として、大気観測を行う必要があると考えている。

## 2.2 グリーンランド大気

今回の観測ではアジアからの黄砂とヨーロッパからの汚染大気がグリーンランド大気に与える影響、またグリーンランド上空のオゾン量を調査する。ヨーロッパ中央部から北極へ流れ出す大気汚染物質の振る舞いについては、古くから知られている。これらはきわめて低い高度を長い距離運ばれ、北極ヘイズの原因となっているのである。最近ではアジア大陸からの影響についても報告がなされるようになってきている。この点に関しては観測が不十分なことが多く、これからの研究が必要とされている。以下に調査対象である黄砂、北極ヘイズおよびオゾンについて説明する。

### 2.2.1 グリーンランドと黄砂

黄砂は主に春の時期に日本でも頻繁に観測される。日本で観測される黄砂は中国大陸の乾燥地域から運ばれてきており、タクラマカン砂漠、ゴビ砂漠、黄土高原の 3 つが主な発生源と考えられている。また、黄砂は日本以外にも、朝鮮半島、太平洋上の島々、アラスカ、グリーンランドでも観測されている。近年、温暖化による影響のためか、日本での黄砂観測日数は年々増加傾向にある。また、黄砂は様々な影響を与える物質として理学、医学、農学等、様々な分野の研究者達から注目されている。

気候変動に関する政府間パネルの第 3 次レポートでは、温室効果気体、人為起源による窒

素酸化物、硫黄性のエアロゾルや火山性エアロゾル等の各種エアロゾル粒子について放射強制力の評価が示されている（図4参照）。エアロゾル粒子とは空气中に浮遊している固体や液体の微粒子のことである。しかし、重量比で大気中のエアロゾルの約半分を占めているミネラルダスト（鉱物エアロゾル、黄砂）が気候に及ぼす影響については依然として不確実性がきわめて大きいままである。これは、大気中に浮遊している鉱物エアロゾルの濃度や粒径に関する情報、大陸の乾燥・半乾燥域から輸送されるダストの発生量が明らかになっていないためにダスト数値モデルの構築が難しいことによるものである。

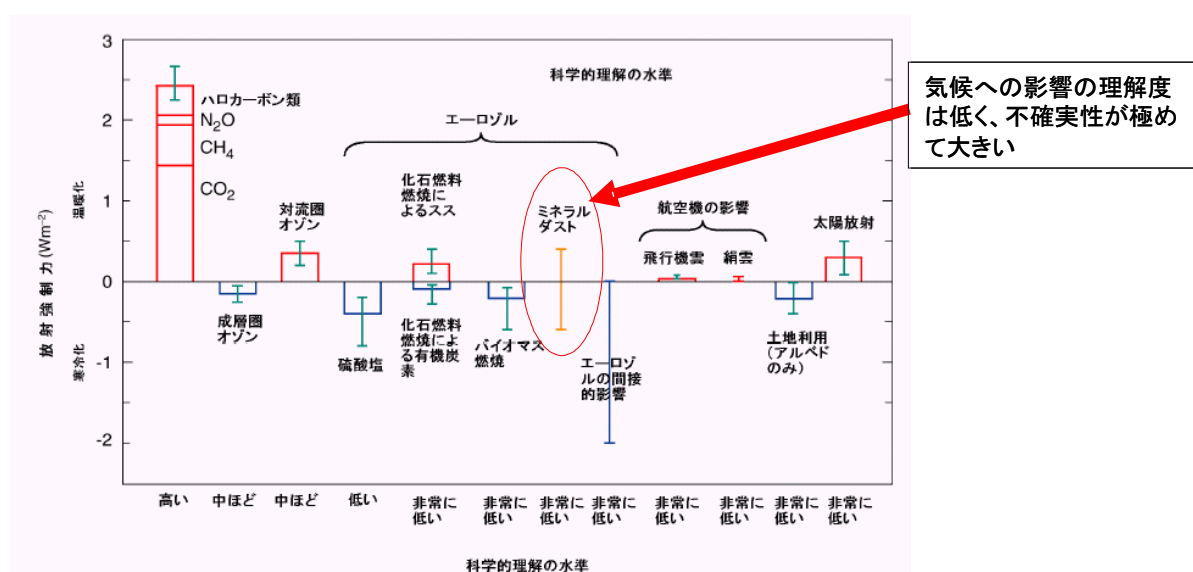


図4 地球温暖化への影響度と科学的理解度（IPCC レポート）

以下に黄砂が環境へ与える影響を簡単にまとめる。

1. 発生域の農業生産や生活環境にしばしば重大な影響を与える
2. 自由大気中に鉱物性エアロゾルとして浮遊し、日射の散乱・吸収および赤外放射の吸収過程による放射強制力効果に影響
3. 降水過程を通じて全球の気候に影響
4. 海洋へも供給され、海洋表層のプランクトンの増殖を通して、海洋の一次生産に大きな影響

また、これまでの研究で黄砂粒子が氷晶核として重要な役割を示していることが報告されている。黄砂が中国大陸から日本上空まで長距離輸送されてくる間、もしくは沈着後におこる様々な変質過程にも注目が集まっている。

グリーンランドでもこれまでに黄砂に関する科学的調査が行われている。特にグリーンランドの氷床を利用したアイスコアの観測は有名である。「アイスコアを見れば地球



の歴史が分かる」とも言われていおり、南極でも各国がアイスコア解析を行っている。アイスコア解析により様々な情報を得ることができる。例えば、気温や温室効果ガスである二酸化炭素の濃度等である。最近のグリーンランドのアイスコア観測では、黄砂に関する研究も盛んに行われるようになった。これらの研究によれば、アイスコア中から検出された鉱物粒子の特徴が黄砂粒子の特徴とよく似ていることが示めされている。また、黄砂がよく観測される春の時期にその濃度もピークを示している。同位体分析の結果から、その起源はわれわれが住むアジア、中国の西部にあるタクラマカン砂漠のものである可能性が高いことも分かってきている。

黄砂がグリーンランドまで長距離輸送されている事実がある以上、黄砂問題は中国周辺のアジア諸国だけの問題ではなく、全球レベルで考えるべき問題である。そのためには、黄砂の振る舞いを全体としてとらえる必要がある。近年、これまで観測不足が指摘されていた発生源地域での観測が集中的に行われ、その振る舞いが徐々に解明されてきている。しかし、北極での黄砂の振る舞いに関しては未だほとんど解明されておらず、これからの研究によるところが大きい。

### 2.2.2 グリーンランドと汚染大気

そもそもグリーンランドの人口は非常に少なく、汚染源がほとんどないにも関わらず、その大気は汚染されている。これは主にヨーロッパから輸送されてきた汚染大気が原因とされている。特に、冬から春の時期に発生するスモッグは北極ヘイズと呼ばれる。調査の結果、北極ヘイズには硫酸や煤、重金属および有機物成分が含まれていることが分かっている。硫酸や煤成分は燃焼によって発生するものであり、北極ヘイズは自然から生成されたものではなく、燃焼などの人間活動によって生成されたものであることは明らかである。しかも、これらの濃度は日本や欧米の都市大気中とほぼ同程度の高い濃度で、さらに広範囲にわたり存在しているのである。これらの汚染物質は、最終的に北極海や北極海沿岸の氷河・氷床へ降下し沈着する。

北極ヘイズは黒い煤成分を多量に含んでいるため、これが日射を吸収することで大気が加熱され、北極圏の気候を温暖化させる可能性が示唆されている。温暖化によりグリーンランドや北極海の氷が融けだすことが考えられる。

グリーンランドに住むイヌイットにとって海が凍結する時期は犬ぞりが交通手段となる。しかし、温暖化のため北極海の氷がとけ、犬ぞりが使えなくなる可能性がある。犬ぞりは彼らにとって交通手段であると同時に、食料となるアザラシやカリブーなどの猟を行うためには必要不可欠であり、彼らの生活必需品である。これは彼らにとって非常に深刻な問題であり、われわれが彼らの生活環境を変えてしまうおそれすらある。

### 2.2.3 グリーンランドとオゾン

地球が有害な紫外線から生物を守るため、現在ほどのオゾン層を作り上げるには大変な時間を強いられた。オゾンは大気中の遊離酸素をもとにして作られているものであり、大気中の酸素の蓄積状態はオゾン層の形成と密接に関係している。太古の地球大気は今よりもはるかに二酸化炭素濃度が高かった。これを海洋生物が光合成することによって酸素を作り出した。生物活動により酸素濃度が高まると、成層圏にオゾン層が生じ、有害な紫外線を吸収するようになったため、生物が陸上に進出することが可能となり、その進化の過程でわれわれ人類が誕生したのである。しかし、有害な紫外線からわれわれを守ってくれているはずのオゾンを、人類起源のフロンによって破壊していることが指摘され、大きな環境問題として取り上げられるようになった。

また、つい先頃気象庁から発表された「南極のオゾンホールに関する速報 2003-1」によれば、今年のオゾンホールは大規模に発達することが予測されている。その理由は、5月下旬から昭和基地上空の高度約 22km の気温が、オゾンホールの発達に必要とされる極域成層圏雲の出現の目安となる  $-78^{\circ}\text{C}$  を下回る日が多くなり、実際に極域成層圏雲が目視観測でも確認されているためである。今年は観測史上最大のオゾンホールが観測された。例年、オゾンホールは9月から10月にかけて最も大きく発達するため、今後さらにオゾンホールが拡大することが予想される。

北極でも毎年のように極成層圏雲が発生し、オゾン層が破壊されている。南極のオゾンホールの影響で紫外線により白内障や皮膚ガンといった被害が、オーストラリアなどの南極大陸周辺国で報告されている。一方、北極では現在のところ紫外線の大きな影響は報告されていない。しかし、今後グリーンランドを含めた北極圏に住む人々に健康上の被害が発生する可能性は非常に高い。これは人類存続に関わる問題である。また、オゾン層破壊と地球温暖化とは深いつながりを持っている可能性が指摘されており、グリーンランドでのオゾン観測は非常に重要な意味を持っている。

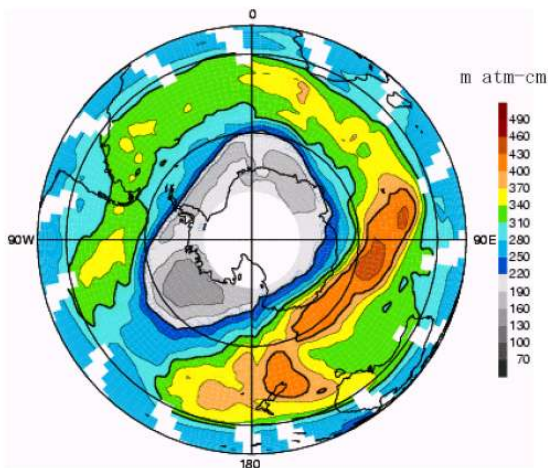


図5 南半球オゾン全量分布図  
(南極のオゾンホールに関する速報 2003-1：気象庁)  
2003年9月1日の南半球オゾン全量分布図。  
オゾンホール(220m atm-cm以下の領域)が南極大陸のほとんどを覆っている。

### 3. 観測

今回のグリーンランド大気調査は、2004年5月から8月にかけてグリーンランド内陸氷床を縦断中に随時、大気調査や気象観測を行いながら、北米、ヨーロッパの汚染大気及びアジア起源の黄砂がグリーンランド大気に与える影響を調査する予定である。これまでグリーンランドでは主にアイスコアや氷雪のサンプリングにより、観測を行ってきた。しかし、これまでの観測は観測地点および観測数ともに不足しており、氷雪試料に限られていた。大気の詳細なサンプリングとなるとその事例は非常に少なく、この不足分を補うためにも今回の観測は必要不可欠である。大気中の粒子が雪へ取り込まれるまでには様々な状況が考えられる。つまり、氷雪はその時の大気状態を100%反映してはいない。また、北極での黄砂の振る舞いに関する研究はこれからの研究によるところが大きい。それゆえ今回の観測は、こういった意味で先駆的であり、重要な意味合いを持っている。

われわれの研究グループは、これまでに世界各地の観測場所で様々な大気観測調査を行った経験を持っている。詳細は本計画書第5章に記すが、サンプリングやリモートセンシング技術を駆使し、大気の物理的、化学的な性質に関する研究につとめてきた。



図6 グリーンランドへ輸送される黄砂と汚染大気の様式図

### 3.1 観測の目的

グリーンランド大気観測計画は、グリーンランド内陸氷床縦断を通して、隊員がグリーンランドの自然環境を肌で感じるだけでなく、科学的な調査を行うことで、自然環境を客観的に感じるために計画されたものである。また、グリーンランドが発しているメッセージを少しでも多く持ち帰り、特にこれからの将来を担う小学生、中学生が環境問題に興味を持つきっかけ作りを、さらに近年問題視されている「青少年の理科離れ解消」を目的としている。

グリーンランド西岸は比較的気候が穏やかなため、イヌイトや北欧系ヨーロッパ人が住む村や軍事基地が点在している。しかし、内陸氷床ではその過酷な環境が故に、人が住むことはもちろん、気象観測もほとんど行われていない。一方、南極大陸では南極点にアメリカのアムンゼン・スコット基地があり、その周辺で気象観測が一年を通して行われている。これまでは、1978年にグリーンランドを犬ぞりで縦断中の植村直巳によって、降雪のサンプリングを行った事例もあるものの、内陸氷床はほとんど未知の領域といつてよい。

今回、われわれはグリーンランド内陸氷床上を南から北へ約 3000km 移動する。これらの期間連続したデータが得られれば、非常に大きな意味もつと考えられる。また、われわれの移動手段はパラセールを利用したスキーであり、スノーモービルや雪上車などと違い、自身から汚染物質を発生させることはほとんどない。それ故に信頼性の高いデータが得られると予測される。

しかし、移動しながらの観測となると様々な制限が課せられてしまうのも事実である。当然ながら、観測方法が複雑で、長時間要するものであってはならないし、観測機器は移動中の邪魔にならない様に小型、軽量でなければならない。これらの観測が順調に行われ、そのデータを持ち帰ることができれば、非常に重要な観測調査となるであろう。また、本計画書第4章で後述するように、この大気観測調査から環境問題に対して何らかのメッセージを発することができるかと確信している。

### 3.2 観測方法

今回の観測ではグリーンランド大気を調査するため、以下の3つの観測を行う予定である。表1にそれぞれの観測方法の特徴を記す。

- 1 直接サンプリング（電子顕微鏡用サンプリング）
- 2 粒子数濃度分布（パーティクルカウンター）
- 3 オゾン全量計測

それぞれの観測は移動中の休息時に随時行う予定である。また、気温、気圧、湿度、風速等の簡単な気象観測も行う予定である。以下、それぞれの観測に関して説明する。

表1 大気観測方法の特徴

計測装置	①直接サンプリング装置	②パーティクルカウンター	③オゾン全量計
何を測るか？	汚染大気、黄砂粒子	汚染大気、黄砂粒子	オゾン全量
何が分かるか？	粒子の形状、組成	粒子数濃度	オゾンの破壊度合、紫外線の影響
ポータブル性	○	○	○
取り扱い性	△	△	○
特徴	2段式ローボリュウムインパクター	低温、低圧に強い	コンパクトかつ軽量

#### 3.2.1 直接サンプリング

大気中の粒子を直接採取する方法として2段式ローボリュウムインパクターを用いる（図8参照）。図8にあるように、ポンプを用い、捕集メッシュ表面に粒子を衝突させることで直接採取する。メッシュ上に捕集された試料を研究室に持ち帰り、電子顕微鏡で観察することになる。電子顕微鏡観察によって、粒子の形状はもちろんのこと、個々の粒子にどんな成分がどの程度含まれているかを分析することができる。

通常われわれの研究グループが使用している2段式ローボリュウムインパクターは、一段目で1  $\mu\text{m}$  以上の大きさの粒子を、2段目で0.1～1  $\mu\text{m}$  の大きさの粒子を採取することができる。

電子顕微鏡観察のためのサンプリングは、他のサンプリング方法に比べ、粒子の数が少なくても分析可能であるという利点を持っている。つまり、サンプリング時間は短くてすむわけである。通常、5～10分程度で可能である。この点はグリーンランドの過酷な環境下での観測を考えると、他のサンプリング方法に比べ非常に優位な点である。また、装置自体も小型であるため携帯性に優れ、限られた装備制限のなかで都合がよいと考えられる。





図7 サンプルング風景

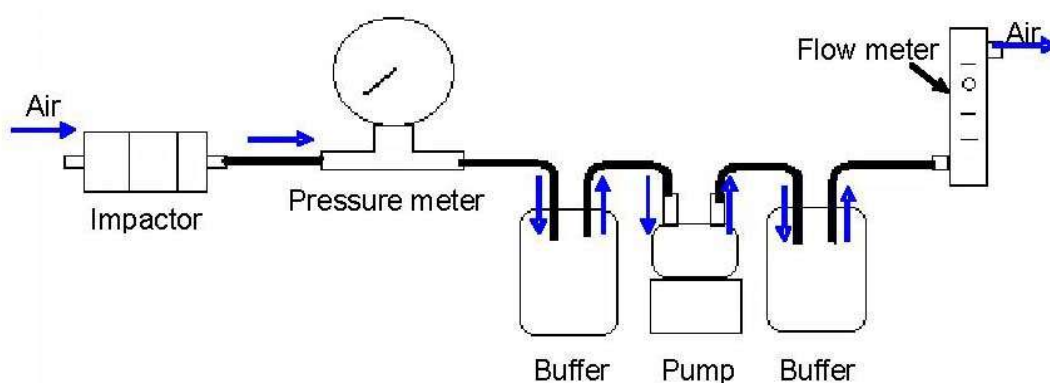


図8 2段式ローボリューム・インパクターの外観図

### 3.2.2 粒子数濃度分布観測

パーティクルカウンターには様々な種類があり、多くの企業により開発が行われている。通常のパーティクルカウンターはレーザーを用いることでエアロゾル粒子から散乱された光をフォトダイオードで受け、大気中の粒子数濃度の計測を行う。パーティクルカウンターの軽量かつ小型化のため、レーザーには半導体レーザーもしくはHe-Neレーザーが使用されることが多い。4月～7月にかけてのグリーンランドの最低気温は-



20°C前後である。通常のパーティクルカウンターは、室内での使用を目的として開発されたため、低温に弱く、グリーンランドでの使用は難しい。しかし、気象観測用につくられたパーティクルカウンターは成層圏での使用が想定されているため、低温、低圧に強い作りとなっている。われわれの研究グループが使用しているパーティクルカウンターは、周囲温度が $-90^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 、気圧が1000~5hpaに変化したときでも、わずかな誤差範囲で計測可能であることが低温・低圧実験から立証されている。このパーティクルカウンターは比較的小型、軽量である。また、このパーティクルカウンターは名古屋大学やその他の研究グループによって、北極（ニーオルセン）、中国（敦煌、チベット）、インドネシア等、数々のフィールドで使用された実績を持つ。今回の観測では、地上での観測を主とする予定ではあるが、ロングパラセールを使用し、上空大気の観測を行うことも考えている。

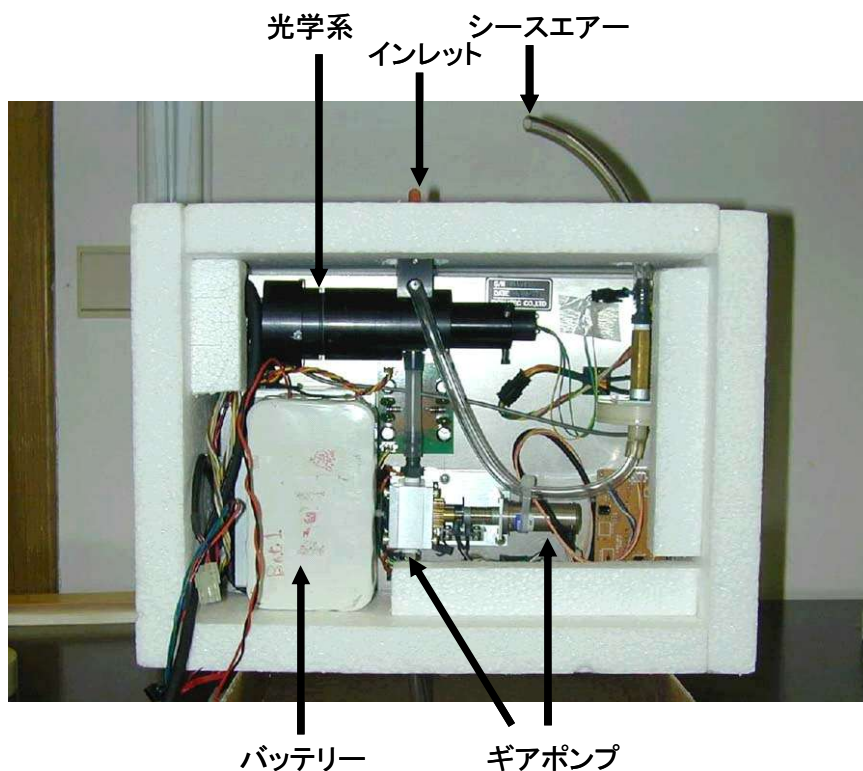


図9 パーティクルカウンターの外観

### 3.2.3 オゾン全量観測

オゾン層は太陽からの有害な紫外線（UV-B）を吸収し、地上の生物を守っている。冷蔵庫やエアコンなどに使われていたフロンガスがオゾン層を破壊することが分かり、大きな環境問題として取り上げられるようになった。1987年に「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が採択され、世界的にフロンの生産・使用に関する規制が行われるようになった。

現在、オゾン観測は様々な形で行われている。衛星、オゾンゾンデ、ドブソン分光計等による観測であり、それぞれ一長一短である。地上での観測には一般的にドブソン分光計が使用されることが多い。これは差分吸収法を使用することでオゾン全量を計測する機械である。差分吸収法とは、太陽光の紫外線領域の波長を分光して、オゾンによって吸収の割合が大きく異なるいくつかの波長の強度比を測定することで、オゾン全量を求める方法である。1920年代にイギリス人ドブソン氏に開発され、非常に精度よく観測することができ、世界的な標準となっている。今回使用予定である小型、軽量のオゾン全量計測器も計測原理は同じである。

また、オゾンホールは極成層圏雲の発達のため、春の時期に最も拡大することが知られており、われわれの観測時期に対応しており、この観測が持つところの意味は大きい。

### 3.3 電源

通信や観測機器の電源は環境への配慮から、太陽電池を使用しバッテリーを充電する方法を採用する。幸い、5月～7月にかけて白夜のため、天候がよければ1日中太陽光を利用しバッテリーを充電することが可能である。太陽電池とは太陽光を電気に変換する発電システムである。太陽電池はエネルギー変換効率やコストパフォーマンスの悪さから一般的なものではなかったが、近年は地球環境やエネルギー資源問題の観点から注目されるようになった。太陽電池が最初に試作されたのは1954年のことである。当時のエネルギー変換率は6%であったが、その後様々な改良が重ねられ現在の最高変換効率は約25%（Si太陽電池）まで達している。

これまでの環境調査を兼ねた極地旅行でも、太陽電池を使用し観測機器を動かして調査旅行を行った事例がいくつかある。例えば、1992年春に29日間をかけてグリーンランド内陸氷床600kmをスキーとソリを使って移動した吉川謙二らのカラヒ・ヌナ合宿などである。今回の大気観測では、極地での観測に関する様々なアドバイスを吉川氏から受けることになっている。

以下に今回の観測で太陽電池を使用する長所と短所を挙げる。

○太陽電池の長所

- ・ 太陽光は無尽蔵で枯渇がなく、晴れていれば常に充電できる。
- ・ 取り扱いおよび保守が簡単。
- ・ 光から電気へ直接変換するため、可動部分がなく騒音、振動や有害排出物がなく、観測への影響も少ない。

○太陽電池の短所

- ・ 太陽エネルギーの大きさが昼夜、天候に左右され不安定である。
- ・ 太陽電池の変換効率が低いため、必要面積が大きい。

### 3.4 観測の支援体制

今回の観測では、様々な機関に観測機材および分析に関する支援をお願いしている。詳しい支援体制は表 2 に示す。

グリーンランドでサンプリングされた試料及びデータは、補給の際に、帰りの補給機に乗せ、ベースキャンプまで輸送する。その後、名古屋大学大学院環境学研究科岩坂泰信教授の研究室に集められ、各研究グループのもとへ送られる予定である。(図 10 参照) 大気観測に関しては名古屋大学大学院の岩坂泰信教授、雪氷観測に関しては国立極地研究所の藤井理工教授、紫外線の影響に関しては神戸大学医学部の市橋正光名誉教授および国立環境研究所の小野雅司教授に研究支援をお願いしている。

また、グリーンランド縦断中も上空へ輸送されてくるヨーロッパの汚染大気及びアジアの黄砂に関する情報は、随時イリジウムの衛星携帯電話を用い、電話及び電子メールでドイツ・アルフレッドウェーゲナー極地研究所および九州大学大学院鶴野教授の研究グループとやり取りを行う。また、これらの予測をもとに集中的に観測を行う予定である。

また極地での観測に関するアドバイスは、アラスカ大学の吉川謙二氏から指導を受ける。吉川氏は 1992 年に 29 日間かけグリーンランド内陸氷床 600km を、1993 年に 67 日間かけて南極大陸 1000km を南極点までソリを引きながら、氷雪のサンプリングや観察、NO<sub>2</sub>濃度測定、紫外線強度計測等の観測調査旅行をおこなった経験を持っている。

表2 グリーンランド大気観測調査支援体制図

支援体制	
観測機材関係	協力者および協力機関
直接サンプリング	名古屋大学大学院環境学研究科岩坂泰信教授
パーティクルカウンター	名古屋大学大学院環境学研究科岩坂泰信教授
オゾン全量計	名古屋大学大学院環境学研究科岩坂泰信教授
降雪、氷雪のサンプリング	国立極地研究所気水圏研究グループ藤井理工教授
グリーンランドの気象情報	協力者および協力機関
ヨーロッパの汚染大気輸送モデル	ドイツ・アルフレッドウェーゲナー極地研究所
黄砂の輸送モデル	九州大学大学院総合理工学研究院鶴野伊津志教授
グリーンランドの気象	国立極地研究所気水圏研究グループ藤井理工教授
分析関係	協力者および協力機関
サンプリング試料の電子顕微鏡観察	名古屋大学大学院環境学研究科岩坂泰信教授
パーティクルカウンターの解析	名古屋大学大学院環境学研究科岩坂泰信教授
オゾン全量の解析	名古屋大学大学院環境学研究科岩坂泰信教授
降雪、氷雪のサンプリング	国立極地研究所気水圏研究グループ藤井理工教授
紫外線の影響評価	国立環境研究所小野雅司教授
紫外線の皮膚への影響	神戸大学医学部市橋正光名誉教授 立教大学理学部生命理学科宗像信生教授
その他	協力者および協力機関
観測に関するアドバイス	Alaska University, Water and Environmental Research Center, 吉川謙二

研究計画者連絡先

氏名 岩坂 泰信 (研究代表者)  
 所属 名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻  
 職 教授  
 勤務先 住所 〒464-8601 名古屋市千種区不老町  
 電話 052-789-4300  
 FAX 052-789-4301  
 メールアドレス [iwasaka@stelab.nagoya-u.ac.jp](mailto:iwasaka@stelab.nagoya-u.ac.jp)

氏名 長谷 徹志 (現地観測担当者)  
 所属 名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻  
 職 博士課程後期1年生  
 勤務先 住所 〒464-8601 名古屋市千種区不老町  
 電話 052-789-4317  
 FAX 052-789-4301  
 メールアドレス [tnaga@stelab.nagoya-u.ac.jp](mailto:tnaga@stelab.nagoya-u.ac.jp)

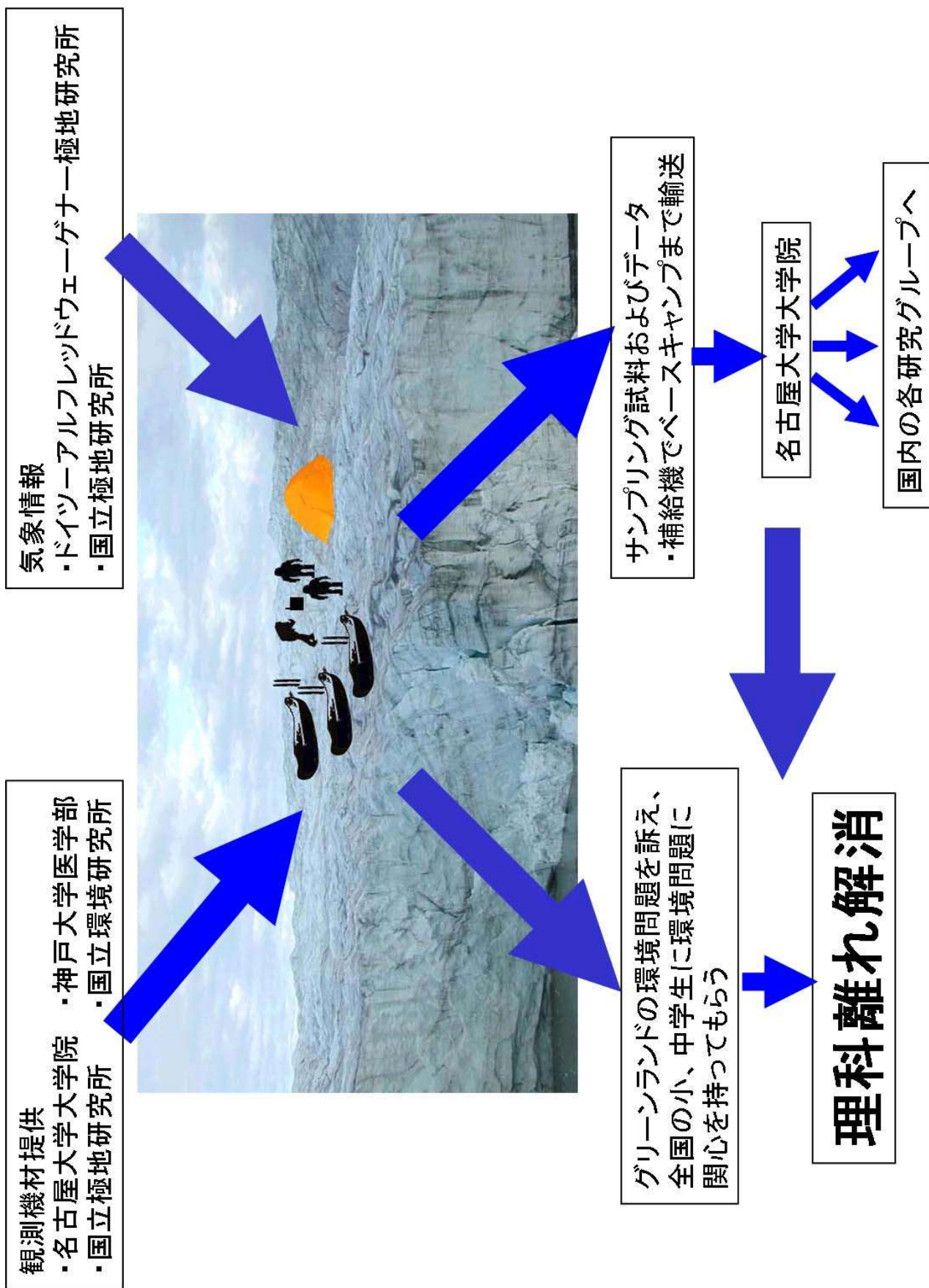


図10 グリーンランド内陸氷床横断中の支援体制図

#### 4. 観測により期待される成果

直接サンプリング、パーティクルカウンターおよびオゾン全量観測の3種類の大気観測法でグリーンランド大気が黄砂や汚染大気によってどのような影響を受けているかを調査する。それぞれの観測によってどのような結果が期待されるかを以下に述べる。今回の観測では国立極地研究所、ドイツ・アルフレッドウェーゲナー極地研究所および九州大学大学院の協力を受け、輸送モデルからあらかじめ黄砂や汚染物質がグリーンランド上空に運ばれてくる時を知らせてもらうことになっている。これを参考に集中的な観測を行う予定である。

まず、直接サンプリングによる観測に関して言えば、サンプリングされた大気中の粒子を電子顕微鏡で観測することによって、観測された大気にどんな成分の汚染物質が含まれているかを分析することができる。今回は南北約3000kmに渡りサンプリングを行う。これまで、これほどの距離を連続して直接サンプリングを行った事例は他にない。3000kmとは日本最北端の宗谷岬から沖ノ鳥島までの距離に匹敵する。つまり、緯度からすれば今回の観測は北海道と沖縄以上の距離を移動しサンプリングすることになる。このような長距離にわたる連続サンプリングから、大気の状態に地域差が見いだされることは容易に想像できる。これにより、特に大気汚染の度合いがひどい地域の特定ができるはずである。グリーンランド内陸氷床での観測例は非常に少ないため、貴重なデータとなるであろう。また、汚染物質を特定し、後方流跡線解析などからその汚染物質がどこを経由して運ばれてきたかを特定すれば、北極へイズの原因究明になると期待される。

また、黄砂（鉱物粒子）の分布にも地域差が見られるはずである。一般に日本に輸送されてくる黄砂粒子の大きさは1～5 μmだといわれている。普通に考えれば、大きな粒子よりも小さな粒子の方が遠くまで運ばれる可能性が高い様に思われる。しかし、ハワイで観測された黄砂粒子の大きさと日本で観測されたものを比較しても、特に差が無いことが分かっている。はたしてグリーンランドの場合はどうなのか。電子顕微鏡観察によって、グリーンランドまで運ばれてくる黄砂粒子は、どれぐらいの大きさのものが支配的であるかの情報を得ることができると期待される。

さらに、黄砂も汚染大気も春の時期にその濃度が高くなるため、黄砂と汚染大気が混ざり合い反応する可能性も十分考えられる。例えば、中国の東岸では急激な経済成長のため、工場や自動車の排気ガスから酸性雨の原因となる窒素酸化物や硫黄酸化物が大量に発生している。しかし、中国東岸の都市での雨の酸性度は比較的低いことが分かっており、これは黄砂粒子が酸性雨を中和しているためだと言われている。つまり、グリーンランドにおいてもヨーロッパ等から運ばれてきた汚染大気により酸性雪が降るはずが、



アジアから運ばれてきた黄砂粒子によってその酸性度が中和されている可能性も考えられる。

また、グリーンランドは海に面しており、直接サンプリングによって海塩粒子も多く観測されるはずである。海塩粒子は硝酸や硫酸などの汚染大気と反応するとクローリンロスと呼ばれる現象を起こし、塩酸が大気中に放出される。また最近の観測では、クローリンロスによって生じた塩素が黄砂上に付着することが示唆されている。つまり、海洋大気、アジアからの鉱物粒子を含んだ大気、ヨーロッパからの汚染大気などが混ざり合い、反応することで、クローリンロスのような粒子表面での反応を通して、物質循環になんらかの影響を与えると考えられる。以上、様々なことが直接サンプリングから明らかになると予測される。

また、大気中の粒子をサンプリングした結果と降雪中の粒子のサンプリング結果を比較することにより、大気から降雪へどの程度取り込みがおこなわれているかを知ることができる。これはアイスコアや雪氷を分析するグループにとっては非常に重要なデータとなる。今回の観測では国立極地研究所の藤井教授の協力を得て、氷雪のサンプリングを行うため、氷雪のサンプリング結果との比較も可能である。さらに氷雪の同位体分析から、鉱物性粒子の起源地域の特定が期待される。

パーティクルカウンターによる粒子数濃度分布からは汚染大気および黄砂の濃度がどれぐらいのものなのかを知ることができる。先に述べたように、日本とハワイでは飛来する黄砂の大きさはほとんど変わらない。しかし、濃度となると発源地域から遠くなればなるほど減少傾向にある。中国の乾燥地域で舞いあげられた砂が日本上空を通り、太平洋を渡り、グリーンランドまで運ばれてくるのである。グリーンランドまで運ばれてくる間に各地で黄砂をふらせ、その濃度は確実に減少するはずである。

日本では地上で観測される黄砂現象以外にもバックグラウンド黄砂と呼ばれる黄砂現象がある。地上で観測される黄砂現象は中国の乾燥地域で大規模なダストストームが発生した時に観測される。しかし、これまでの研究で大規模な黄砂現象がないときでも、日本上空で頻繁に黄砂が観測されることが確認されており、この現象をバックグラウンド黄砂と呼んでいる。個々のバックグラウンド黄砂量は少ないものの、その頻度は高く、全バックグラウンド黄砂量は大規模な黄砂現象に匹敵する量だといわれている。つまり、黄砂が環境に与える影響を考えると、その存在は無視できないものと考えられている。グリーンランドまで運ばれる黄砂は、大規模な黄砂現象が観測された時の余韻が観測されるのか、それとも日本で観測される様なバックグラウンド的な黄砂現象も確認されるのか。また、その濃度はどれぐらいのものなのか、パーティクルカウンターによって明らかになると期待される。

パーティクルカウンターと直接サンプリングを同時に行うことで、グリーンランドに輸送される黄砂量がどれぐらいの量なのか、大まかに定量化することできると予測される。それにより、本研究が地球温暖化という大きなテーマの補助的なデータとして大きな役割を果たすと考えられる。（図 11 参照）

オゾン全量観測では、移動中に随時オゾン全量を計測する。現在は、衛星により毎日全球のオゾン観測がなされているが、衛星での観測は不確定な部分が多く、地上で観測されたドブソン分光計のデータを使用し、衛星データの校正などが行われている。また、一般にオゾンホールは極渦の発達の度合から、北極よりも南極で発生しやすい。そのため、南極のオゾンばかりが注目され、北極のオゾンは軽視されているきらいがある。今回のオゾン観測で、北極のオゾン層破壊の度合いが明らかになるであろう。また、今年南極のオゾンホールが観測史上最大を記録したとの報告があり、来年の春に北極圏のオゾンホールが拡大することも考えられる。また、われわれの観測がちょうどオゾンホールの発達時期と重なり、通常より多くの紫外線を浴びる可能性は高く、人体に対する紫外線の影響を知るよい機会である。そこで今回の観測では、神戸大学医学部皮膚科学講座の市橋正光教授および国立環境研究所の小野雅司教授の協力を得て、紫外線の影響に関する調査も行う予定である。

今回のグリーンランドにおける観測調査が、環境問題に対する関心を生み、青少年の理科離れを抑制し、さらにグリーンランドに住む人々の生活環境の改善に役立てれば幸いである。

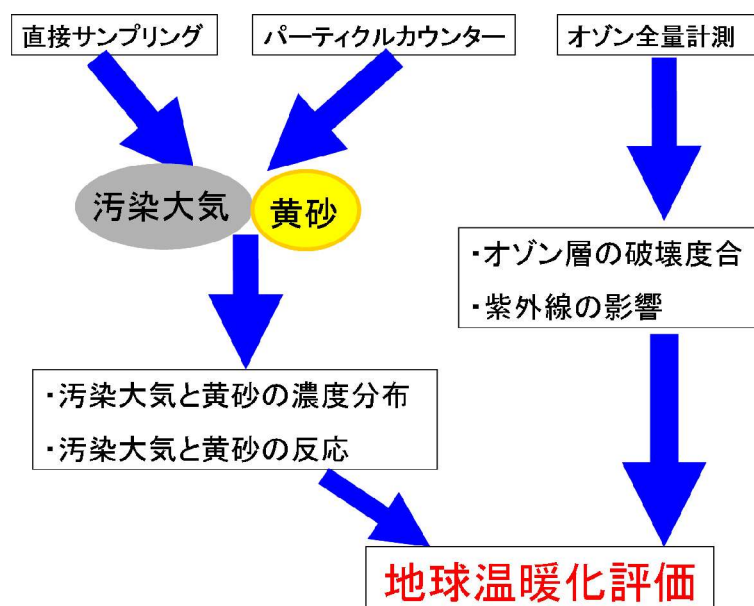


図 1 1 グリーンランド大気観測調査が果たす役割

## 5. これまでの実績

### 5.1 観測装置に関する実績

現地観測担当者は名古屋大学大学院環境学研究科において、大気環境の研究に従事してきた。これまでは、中国から輸送されてくる鉱物粒子（黄砂）をメインテーマとして研究を行っている。また、これまでに何度も中国、敦煌に黄砂研究のため足を運んでいる。

敦煌では、レーザーレーダー（図 12、13 参照）を使用し、上空の黄砂の分布がどの様になっているか、またパーティクルカウンター（図 9、15 参照）や直接サンプリングできる機器（図 14、16 参照）を気球に搭載することで上空黄砂粒子の数密度分布計測や電子顕微鏡観察などの研究を行ってきた。また、北極圏に位置するスヴァールヴァル諸島のニーオルセンへもオゾン層破壊の引き金となる極成層圏雲の観測のため、レーザーレーダーや気球を使用した研究を行った実績も持つ。極地の観測は、他の観測地とは違い、観測方法にも様々な工夫がなされていることが多く、ニーオルセンでの観測経験は今回のグリーンランド観測で非常に役立つと考えられる。

これまで観測担当者が敦煌の観測を通じ、どの様な研究をおこなってきたか紹介する。敦煌はタクラマカン砂漠の東に位置し、日本、太平洋上の島々、アラスカやグリーンランドへ長距離輸送される黄砂の通り道と考えられている。日本では黄砂に関する研究が盛んに行われてきたが、黄砂発生源での観測例は少なく、発源地域での状況はほとんど分かっていない。名古屋大学大学院環境学研究科では、発源地域の様子を知るために敦煌において、レーザーレーダーと気球を用いた観測を行っている。

レーザーレーダー観測は、地上から上空にレーザーを打ち上げ、上空の大気粒子によって反射されてきた光を望遠鏡で受信することで、上空大気の様々な情報を得ることができる。個々のイベントについての分析は難しいが、気球観測などとは違い、連続観測が可能なため、上空大気全体像を把握するのに優れた観測方法であるといえる。

気球に乗せる機器は、パーティクルカウンターと直接サンプリングが可能な機器の二種類である。パーティクルカウンターは、観測前にレーザー出力およびポンプが正常に動いているか否かのチェックを行った後、気球にぶら下げ、放球する。放球後は、データを電波で送信し、観測基地で受信することにより、上空大気鉛直プロファイルを得る。一方、直接サンプリングを行う機器をのせた場合、サンプリングしたものを回収し、電子顕微鏡で観察する必要があるため、上空約 10km で気球から切り離し、降下してきた機械を回収しなければならない。しかし、サンプリング機器は風にながされ、数十キロ、運が悪ければ、百キロ以上流されてしまう。サンプリング装置の位置を正確につかむため、装置には GPS が搭載されている。しかし、GPS 精度の限界や、落下地点から回収までの

間に風で流されてしまうこともあり、装置回収は難しい。しかし、回収率は現在のところ60%程度である。この様に苦勞して回収したサンプリングゾンデから試料を取り出し、日本へ持ち帰る。その後、電子顕微鏡での観察となる（図17参照）。

以上の様に、観測担当者はこれまで大気の物理的、化学的性質を調査する研究を行ってきた。続いて、これまで研究計画者が行ってきた研究に関して発表された論文、学会発表のリストを紹介する。

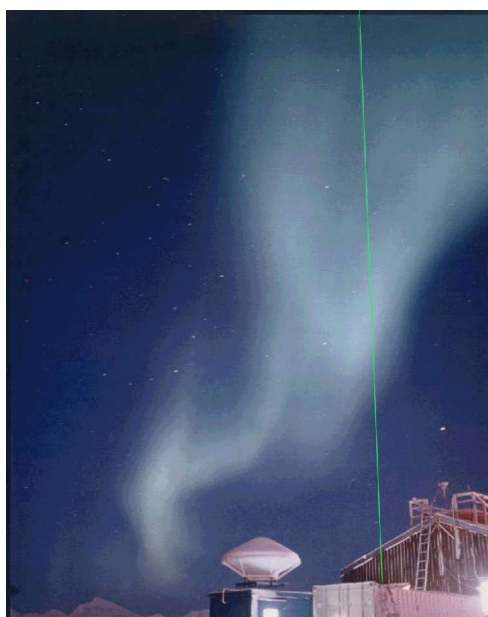


図12 レーザーレーダの観測風景

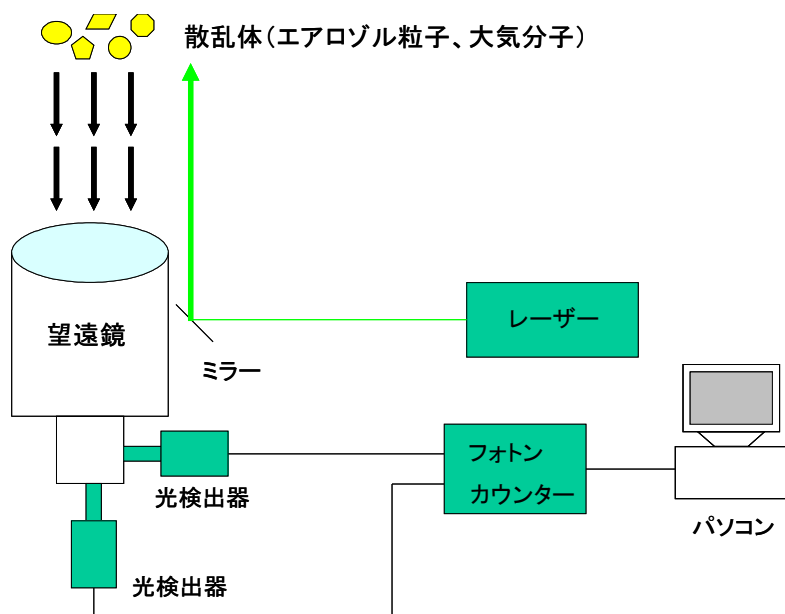


図13 レーザーレーダの外観図

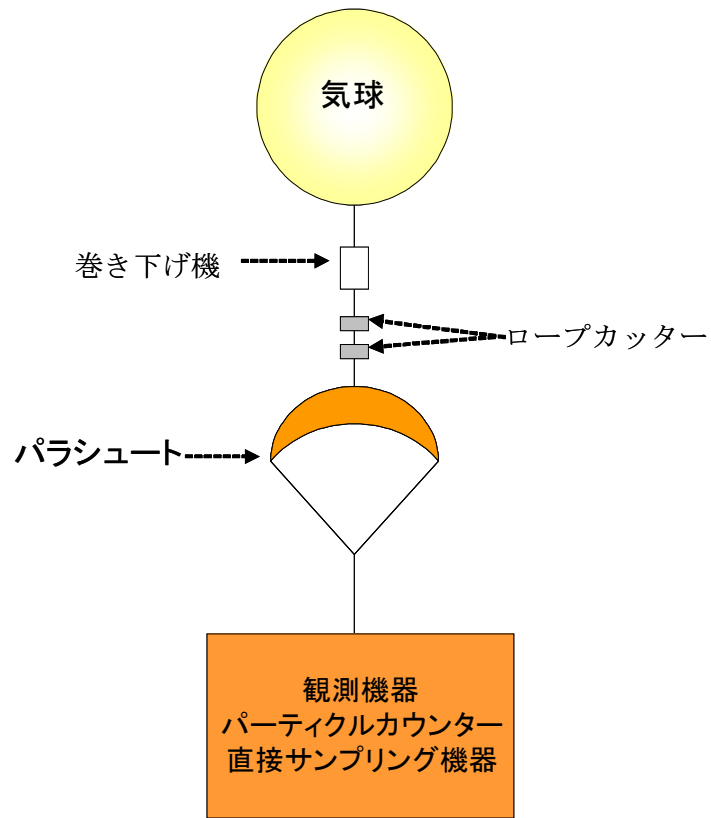


図 1 4 気球観測の構成図

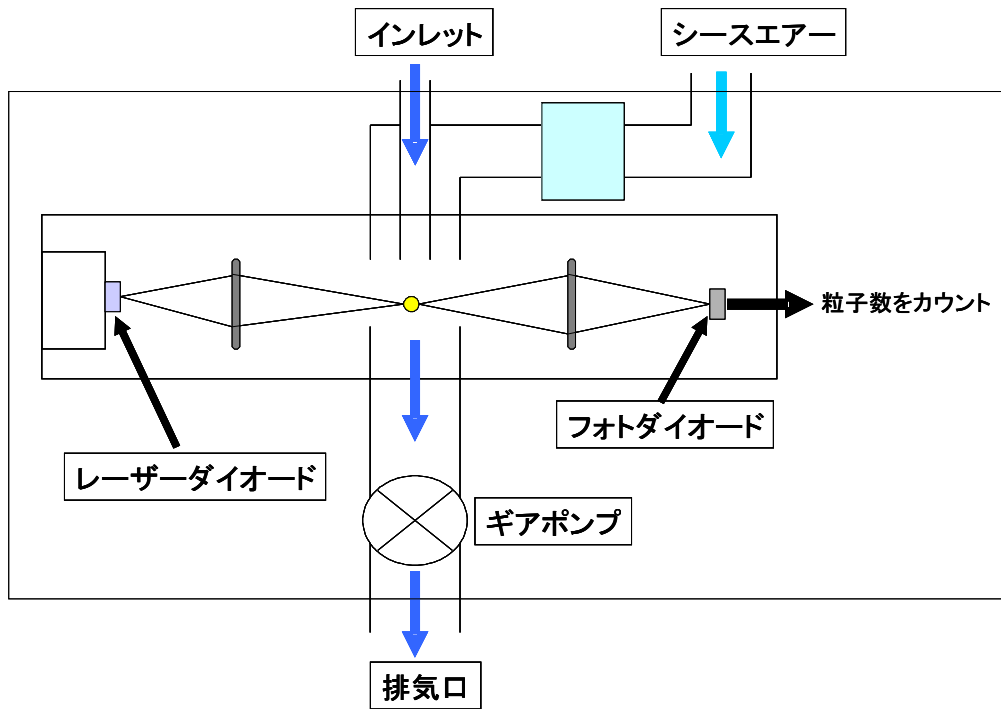


図 1 4 パーティクルカウンターの構成図



サンプラーの放球風景



GPSを頼りにジープに乗って落下地点へ



サンプラーの発見現場

図17 気球観測およびサンプラーの探索風景



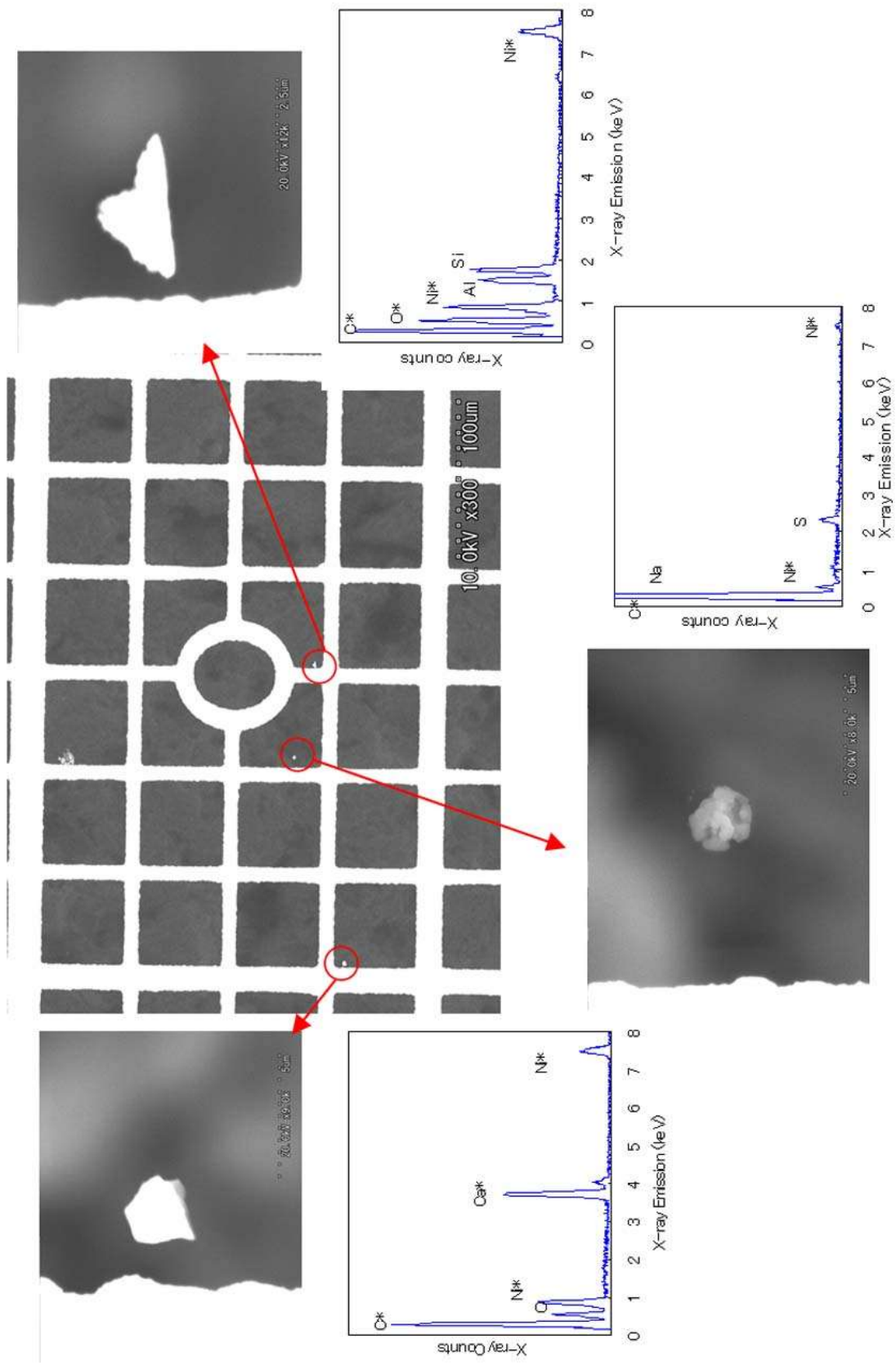


図17 サンプリングされた粒子を電子顕微鏡で観察

## 5.2 論文および学会発表リスト

### 論文

- Iwasaka Y., Shibata T., Nagatani T., Shi G.-Y., Kim Y. S., Matsuki A., Trochkin D., Zhang D., Yamada M., Nagatani M., Nakata H., Shen Z., Li G., Chen B., and Kawahira K, Large Depolarization Ratio of Free Tropospheric Aerosols over Taklamakan Desert revealed by Lidar Measurements: Possible Diffusion and Transport of Dust Particles, *J. Geophys. Res.*, in published, 2003 (in published)
- Kim, Y.-S., Iwasaka Y., Shi G.-Y., Nagatani T., Shibata T., Trochkin D., Matsuki A., Yamada M., Chen B., Zhang D., Nagatani M., and Nakata H, Dust particles in the free atmosphere over the desert areas in the Asian continent: Measurements in summer 2001-summer 2002 with balloon-borne OPC and lidar at Dunhuang, China, *J. Geophys. Res.*, 2003 (in published)
- Iwasaka Y., Shi G.-Y., Yamada M., Matsuki A., Trochkin D., Kim Y.-S., Zhang D., Nagatani T., Nagatani M., Nakata H., Shen Z., Chen B., and Li G, Importance of Dust Particles in the Free Troposphere over Taklamakan Desert : Electron Microscopic Experiments of Particle Impactor at Dunhuang, China, *J. Geophys. Res.*, 2003 (in published)
- Trochkin D., Iwasaka Y., Matsuki A., Yamada M., Kim Y.-S., Nagatani T., Zhang D., Shi G.-Y., and Shen Z, Mineral Aerosol Particles, Collected in Dunhuang, China from Ciewpoint of Individual Partivle Analysis and Their Comparison with Chemically Transformed Particles Collected over Japan, *J. Geophys. Res.*, 2003 (in published)

### 学会発表

- Y.S. Kim, Y. Iwasaka., T. Sakai., Y.J. Kim, C.S. Hong, S.J. Oh, T. Nagatani, and M. Nagatani, “Tropspheric and Stratospheric Aerosol Measurements with a Lidar at Nagoya, Japan: Comparison with Measurements in Cheju, Korea”, Proc. of 2<sup>nd</sup> Asian Aerosol Conference, 2001
- Y.J. Kim, C.S. Hong, S.J. Oh, E.Y Kim, Y. Iwasaka., Y.S. Kim, T. Nagatan., and M. Nagatani, “Multi-Channel Lidar System for Remote Sensing of Atmospheric Aerosol at Kosan, Cheju, Korea”, Proc. of 2<sup>nd</sup> Asian Aerosol Conference, 2001
- T. Nagatani, T. Shibata, Y. Iwasaka, G.-Y. Shi, Y. S. Kim, A. Matsuki, D. Trochkin, M. Yamada, M. Nagatani , H. Nakata, and B. Chen “Lidar Observation of Dust in Troposphere over Dunhuang, China, in Summer of 2002”, The 3rd Asian Aerosol Conference, 2003.
- D. Trochkin, Y. Iwasaka, A. Matsuki, M. Yamada, Y.-S. Kim, T. Nagatani, D. Zhang, G.-Y.

- Shi, M. Nagatani and H. Nakata, “A Case Study of Aerosol Particles in the Troposphere over Dunhuang, China Using Balloon-Borne Sampler: Comparison with Particles Collected at Dunhuang near the Ground and Particles Collected in the Free Troposphere over Japan”, The 3rd Asian Aerosol Conference, 2003.
- A. Matsuki, Y. Iwasaka, K. Osada, D. Zhang, G.-Y. Shi, Y.S. Kim, M. Nagatani, H.Nakata, C. Nishita, D. Trochkin, M. Yamada and T. Nagatani, “Size Distributions of Aerosols Under Long-range Transport: Comparison of Free Troposphere over Japan and Inland China”, The 3rd Asian Aerosol Conference, 2003.
- A.Matsuki, Y. Iwasaka, D. Zhang, G.-Y. Shi, B. Chen, M. Nagatani, H.Nakata, Y.S. Kim, D. Trochkin, M. Yamada and T. Nagatani, “Particulate Matters in the Surface Layer in Beijing: First Round of Tethered Balloon Experiment in Spring 2002”, The 3rd Asian Aerosol Conference, 2003.
- Y.S. Kim, Y. Iwasaka, T. Nagatani, T. Shibata ,G.-Y. Shi, D. Trochkin, A. Matsuki, M. Yamada, D. Zhang, M. Nagatani and H. Nakata, “Dust Particles in the Free Atmosphere over the Desert Areas in the Asian Continent: Four Seasons Measurements with Balloon-borne and Lidar Dun Huang, China”, The 3rd Asian Aerosol Conference, 2003.
- Y.S. Kim, Y. Iwasaka, G.Y. Shi, A. Matsuki, D. Trochkin, D. Zhang, M. Yamada, T. Nagatnai, M. Nagatani, Z. Shen, T. Shibata, and H. Nakata, “Dust Particles over the Asian Continent: Balloon-born Optical Particle Counter Measurements in 2001 and 2002 at Dunhuang, China”, Asian Dust Storm and Its Impact – 2<sup>nd</sup> ADEC Workshop, 2003.
- Y. Iwasaka, T. Shibata, G.Y. Shi, T. Nagatnai, Y.S. Kim, A. Matsuki, D. Trochkin, D. Zhang, M. Yamada, M. Nagatani, Z. Shen, L. Gang, and B. Chen, “Lidar measurements of Aerosol Distributions in August 2002 at Dunhuang”, Asian Dust Storm and Its Impact – 2<sup>nd</sup> ADEC Workshop, 2003.
- D. Trochkin, Y. Iwasaka, A. Matsuki, M. Yamada, Y.S. Kim, T. Nagatnai, D. Zhang, G.Y. Shi, and Z. Shen, “Individual Mineral Aerosol Particles, Collected in Dunhuang, China during the Different Seasons and Their Comparison with Chemically Transformed Particles Collected over Japan”, Asian Dust Storm and Its Impact – 2<sup>nd</sup> ADEC Workshop, 2003.
- T. Nagatani, T. Shibata, Y. Iwasaka, Y.S. Kim, D. Trochkin, A. Matsuki, M. Yamada, G.Y. Shi, and B. Chen, “Observation of Tropospheric Dust by Lidar over Dunhuang, China”, 1st International Workshop on East Asian Environment, 2003.
- Y.S. Kim, Y. Iwasaka, D. Trochkin, A. Matsuki, T. Shibata, , M. Yamada, T. Nagatnai, M. Nagatani, H. Nakata, D. Zhang, G.Y. Shi, and Z. Shen, “Number Concentration and Size

Distribution of Asian Dust Particles with Balloon-Born Measurement of OPC: Seasonal Characteristics and Transport”, 1st International Workshop on East Asian Environment, 2003.

D. Trochkin, Y. Iwasaka, A. Matsuki, M. Yamada, Y.S. Kim, T. Nagatani, “Chemical Properties of Mineral Aerosols: Comparison between China and Japan”, 1st International Workshop on East Asian Environment, 2003.

M. Yamada, Y. Iwasaka, A. Matsuki, D. Trochkin, Y.S. Kim, T. Nagatani, G.Y. Shi, and Z. Shen, L. Gang, B. Chen, and D. Zhang, “Importance of Dust Particles in the Free Troposphere over Kosa Source Regions: Electron Microscopic Experiments of Particles Collected with Balloon-Borne Aerosol Impactor at Dunhuang, China”, 1st International Workshop on East Asian Environment, 2003.

“偏向ライダーによる敦煌上空のダスト” 長谷徹志、柴田隆、岩坂泰信、松木篤、山田丸、長谷正博、中田滉、金潤そく、トロシキン・ディミトリ、石広玉、陳彰 第9回大気ライダー観測研究会、2002

“黄砂粒子の長距離輸送と粒子の変質” 岩坂泰信、金潤そく、D. Trochkin、松木篤、山田丸、柴田隆、長谷徹志、石広玉 地球環境 vol. 7 No. 2, 159-170, 2002

“敦煌上空の鉱物粒子表面の化学組成—気球によるエアロゾル粒子直接サンプリング” 山田丸、岩坂泰信、松木篤、トロシキン・ディミトリ、金潤そく、長谷徹志、石広玉、沈志宝、張代洲、長谷正博、中田滉、 2002 気象学会

“敦煌における偏向ライダーと OPC データの比較” 長谷徹志、柴田隆、岩坂泰信、松木篤、山田丸、長谷正博、中田滉、金潤そく、トロシキン・ディミトリ、石広玉、2002 気象学会

“大陸上空における大気エアロゾルの組成解明に向けて—気球搭載型サンプラーの開発—” 松木篤、岩坂泰信、石広玉、沈志宝、山田丸、長谷徹志、張代洲、長谷正博、中田滉 2003 エアロゾル学会

“偏向ライダーによる中国、敦煌上空対流圏ダストの観測” 長谷徹志、柴田隆、岩坂泰信、金潤そく、石広玉、陳彬、 2003 エアロゾル学会

“敦煌上空自由対流圏のエアロゾル粒子の特徴：電子顕微鏡による個々の粒子の観察” 山田丸、岩坂泰信、松木篤、トロシキン・ディミトリ、長谷正博、中田滉、金潤そく、長谷徹志、石広玉、沈志宝、李剛、陳彬、張代洲、2003 気象学会

研究課題  
アジアの黄砂およびヨーロッパの汚染大気がグリーンランド大気に与える影響評価

研究経費 (千円)	使用内訳(千円)				
	観測などの経費	国内旅費	外国旅費	謝金	その他
15,600	12,300	300	1,000	500	1,500

観測などの経費

項目	数	単価(円)	価額(千円)
<b>グリーンランド大気観測</b>			
大気エアロゾルサンプリング装置	1式	500,000	500
光散乱大気エアロゾル計測器(パーティクルカウンター: ADS-02-8CH)	2式	1,500,000	3,000
データロガー	1式	500,000	500
オゾン全量計(Microtops II ozonometer)	1式	1,000,000	1,000
通信機器(衛星携帯電話: Iridum 9505)	1式	500,000	500
太陽電池	1式	500,000	500
バッテリー(1次、2次電池)	1式	500,000	500
観測補助機材(機材の断熱材、太陽パネル角度調節器、観測準備テント等)	1式	500,000	500
小計			7,000
<b>観測機材補充部品</b>			
大気サンプリング関係(サンプリングメッシュ、チューブ、保存容器)	1式	200,000	200
パーティクルカウンター関係(フィルター、チューブ、メンテナンス関係等)	1式	100,000	100
バッテリー	1式	200,000	200
機材梱包材(断熱材を含む)	1式	300,000	300
小計			800
<b>観測機材輸送費</b>			
名古屋から出発点(ナルサスワック付近)までの輸送費		1,000,000	1,000
ベースキャンプ~名古屋大学~国内の研究グループへの輸送費		1,000,000	1,000
小計			2,000
<b>青少年教育支援プログラム</b>			
教材費	1式	300,000	300
カメラ、ビデオカメラ	1式	500,000	500
記憶メディア(デジタル記憶メディア、ビデオテープ)	1式	200,000	200
小計			1,000
<b>通信費</b>			
青少年教育の通信費(グリーンランドと日本各地の小中学校)		1,000,000	1,000
日本、ドイツの研究グループとの通信費		500,000	500
小計			1,500
<b>合計</b>			
			12,300

国内旅費(千円)		外国旅費(千円)		謝金(千円)		その他(千円)	
事項	金額	事項	金額	事項	金額	事項	金額
成果発表	100	調査・研究旅費	800	研究補助	500	印刷費	1,500
研究打ち合わせ旅費	200	研究打ち合わせ旅費	200				
計	300	計	1,000	計	500	計	1,500