



## 大気中の微粒子（エアロゾル）を一つ一つ調べる

松見 豊（大気圏環境部門）

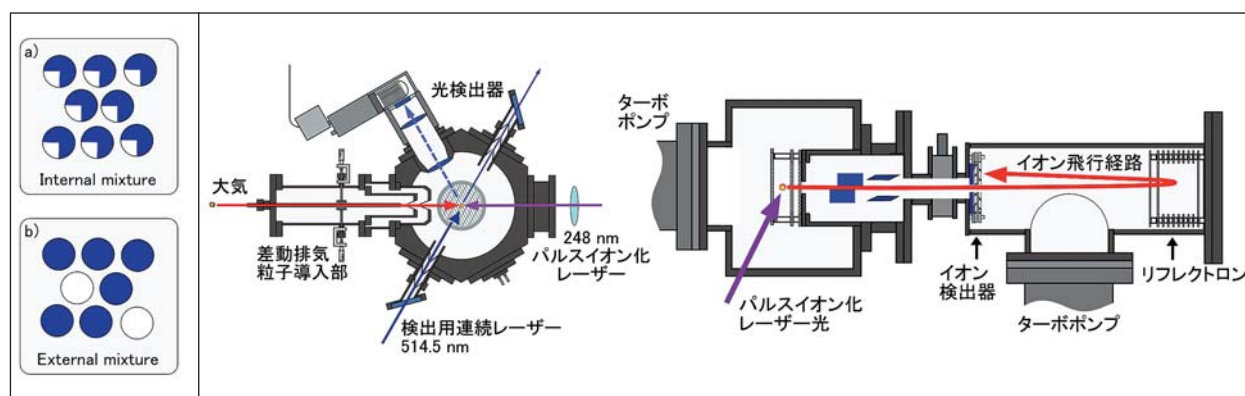
太陽地球環境研究所の大気圏環境部門では大気中の微粒子（エアロゾル）の個別粒子の化学成分を計測することができる高性能な計測装置を開発し、大気観測を行っている。この研究は独立行政法人科学技術振興機構（JST）の先端計測分析技術・機器開発事業による委託研究に基づくものであり、平成16年10月から平成22年度末までの予定のプロジェクトである。

大気エアロゾルとは

大気エアロゾルとは大気中に浮遊する固体や液体の粒子である。粒子径1マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ： $10^{-6}\text{m}$ ）以上の粗大エアロゾル粒子には、海面で発生する塩化ナトリウムを主成分とした海塩粒子、土壌の舞い上がりや植物の破片からなるダ

スト粒子などがある。また、粒子径1  $\mu\text{m}$ 以下の微小エアロゾルには、石油・石炭の燃焼により大気中に放出された二酸化硫黄（ $\text{SO}_2$ ）が大気中で酸化され硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_4$ ）となり、水蒸気やアンモニアなどとともに凝縮したものがある。さらに有機化合物のエアロゾルとして、自動車排ガスなどにより大気中に放出され有機物が直接凝結して生成する一次有機エアロゾルと、放出された有機物が大気中で酸化されることにより有機酸やアルデヒドなどの低い蒸気圧の分子に変換されて生成する二次有機エアロゾルがある。燃焼中で生成するスス粒子も微小エアロゾルとなる。さらに高層大気では流星塵に基づくエアロゾルが存在する。

エアロゾルの環境影響の地域的な問題では、人々の健康に悪影響を与える大気汚染が挙げられ



左：図1 同じ化学組成をもった2つのタイプのエアロゾル粒子群。a. 内部混合、b. 外部混合。我々の開発している新しいエアロゾル分析法では一つ一つの粒子の化学成分の質量スペクトルを測定することができるので、aとbの区別が可能である。

右：図2 開発したエアロゾル分析装置の概略図。左に大気エアロゾルの真空層取り込み差動排気部、粒子検出用の連続レーザー光および散乱光の検出器、イオン化用パルスレーザー光照射の部分を示した。右は側面から見た図でパルスイオン化レーザーで生成したイオンを質量分離して検出する部分を示した。

る。世界的なスケールでは、エアロゾルが地球温暖化問題で重要な役割を果たしていると考えられている。地球温暖化を見積もる際に二酸化炭素やメタンなどの温室効果気体の増大だけに注目すると、その値は大きくなり過ぎる。大気エアロゾル粒子は、太陽光を効率よく散乱したり、雲を作る核として働くことにより多くの雲を形成させて地球の太陽光反射率を増大させるという効果を持つと考えられる。一方で、スス粒子のような黒色のエアロゾルは効率よく太陽光を吸収する。エアロゾルの効果をとりにくくすることにより、最近の地球温暖化のモデル計算は、実際の地球の温度変化をより近く再現することができるようになった。しかし、不確定な部分もあり、まだ多くの解明を必要としている。

#### これまでのエアロゾル分析法とその問題点

これまでの多くのエアロゾルの成分分析では、大気をフィルターを通して吸引することによりフィルター上にエアロゾルを収集して、そのフィルターから水や溶剤でエアロゾル成分を抽出し、ガスや液体クロマトグラフィーなどの方法で分析していた。しかし、この方法には、いくつかの問題点がある。その性質上、サンプリングの最中や輸送中、または保存中に化学変化等を起こすなどして、一定の状態に保っておくことが難しいのである。比較的長いサンプリング時間を必要とするので、短時間の大気中の化学的な変動を追いかけることができない。さらに、多数の粒子を一度に分析するので図1のような化学成分の内部混合と外部混合を区別することができない。2つの成分が粒子ごとに含まれているのか、それとも成分の異なる粒子が混合しているのかが分からない。

これらの問題点を克服できるような新しい粒子の分析法を我々は開発している。一つ一つのエアロゾル粒子の化学組成に関する情報をリアルタイムで得ることができて、粒子の変質を避けることができるものである。また、化学成分と同時に粒子径に関する情報も得ることができるので、成分のサイズ依存性も知ることが可能である。

#### 開発している個別粒子質量分析装置

図2に、我々が開発しているエアロゾル分析装置の図を示した。この装置では一つ一つのエアロゾルの粒子に高い強度のレーザー光を照射して、気化・イオン化させ、そのイオンを質量分離することにより成分を測定する。粒子の真空導入部、

粒子の検出とサイズ測定部、粒子の気化・イオン化部、質量分析部、およびイオン検出器とその信号処理部からなる。製作した装置を写真1に示す。

質量スペクトルを計測するためには真空中に粒子を導入する必要がある。大気中の粒子を段階的に真空度を高めた部屋を通して粒子ビームの形でイオン化領域に到達させる。真空槽に導入された粒子を、レーザーにより気化・プラズマ化してイオン化し、質量選別して検出する。このレーザーによる気化・プラズマ化およびイオン化の過程をアブレーションと呼ぶ。このアブレーション用のレーザーは、瞬間的にパワー密度の高いものでなければならないので、ナノ秒 ( $10^{-9}$  s) 程度の時間幅の紫外波長領域のパルスレーザー光を集光して行う。レーザーパルスが真空槽内を飛行している粒子に命中するように時間的および空間的な狙いをつける必要がある。真空槽に入ってくる粒子ビームの行路上に、粒子を検出するためのもう一つの時間連続的に発振するレーザーを照射する。粒子が検出用レーザーを横切ったときに発生する光散乱を感度の高い光検出器で観測する。散乱光が得られた瞬間に紫外パルスレーザーからパルスレーザー光を発射し、粒子をアブレーションする。

粒子から生成した化学成分のイオンを質量分離して検出する。この装置では質量分離に飛行時間型質量分離法 (time-of-flight mass spectrometry, TOF-MS) を用いる。従来の質量分離法である四重極フィルターが一度に単一の質量のイオンしか検出できないのに比べて、TOF-MSは一度に全ての質量のイオンを検出して質量スペクトルを得ることができる。TOF-MSでは軽い質量のイオンは早く、重い質量のイオンはゆっくりと検出器に到達するので質量分離ができる。紫外パルスレーザー照射から検出器に到達する飛行時間ごとに到達するイオンの強度が質量スペクトルにほかならない。この装置に粒子が入るたびに、その成分の質量スペクトルが得られる。

#### エアロゾル測定の実際

このようなエアロゾル計測装置を開発しているが、製作したプロトタイプを用いて実際のエアロゾルの計測の研究を進めている。大気エアロゾルの中で黄砂粒子に注目して測定している。中国の砂漠地帯から巻き上げられた黄砂粒子は、韓国、日本、太平洋、北米まで運ばれて沈降する。黄砂エアロゾルは、砂塵障害となる、気候変動に影響を与える、雲核形成物質となるなどの役割をはた

している。特に、地表や海への沈着により、化学物質の輸送の担い手として注目されている。日本に飛来して沈着する黄砂エアロゾルは、中国や韓国の都市域や工業地帯の上空を通過するので、汚染大気中の微量成分やエアロゾルを吸着したり、あるいはそれらと化学反応したりしている可能性がある。つくば市にある国立環境研究所にエアロゾル計測装置を設置し、レーザーレーダー観測で黄砂の飛来を観測するとともに、黄砂を含む大気エアロゾルの観測を行っている。図3に観測で得られたスペクトルの一例を示す。この装置によって、エアロゾル一粒子ずつの成分をリアルタイムで測定し、それぞれの質量スペクトルの化学組成が解明できていることが見て取れるであろう。また、無機塩成分、元素状炭素、有機物、海塩粒子など揮発性の低い物質も含めて、幅広いエアロゾルの成分に対応できることも分かる。

さらに、国立環境研究所の人工的にエアロゾル

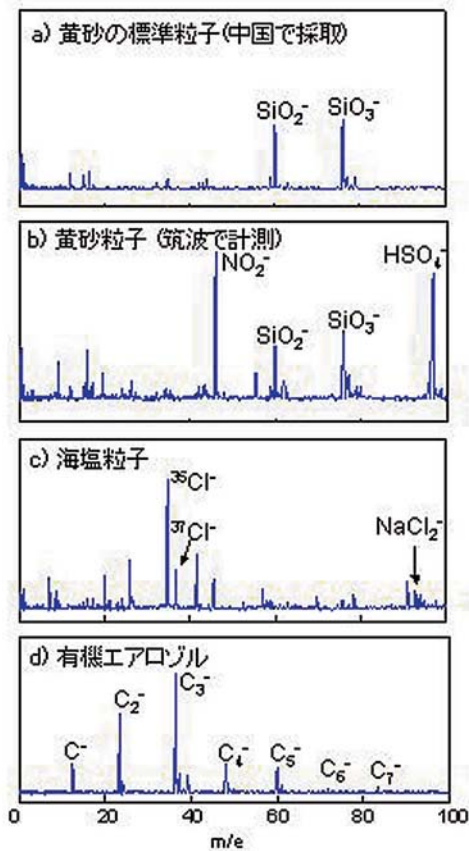


図3 開発したエアロゾル計測装置で得られた質量スペクトルの典型例。aは中国の砂漠地帯の地上で採取した黄砂を人工的にエアロゾルにして測定したもの。b～dはつくばで観測した実際の大气中のエアロゾルのスペクトル。aとbの比較から日本に飛来する黄砂エアロゾル粒子には硝酸塩( $\text{NO}_2^-$ )・硫酸塩( $\text{HSO}_4^-$ )が付着していることが分かる。

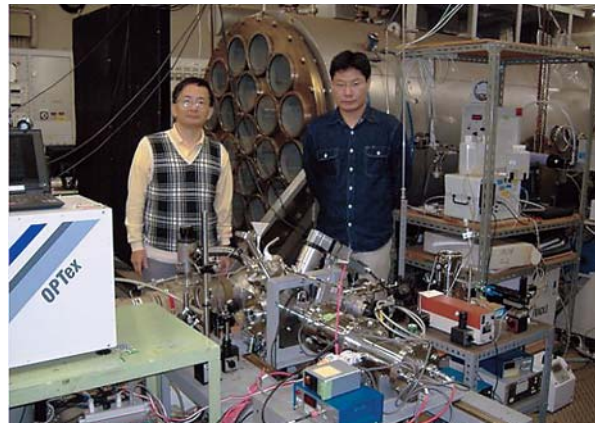


写真1 手前が開発しているエアロゾル分析装置。左の人物が筆者で右は当研究所研究員の成川正広氏。後ろの窓のたくさんある円筒形の大きな機械は国立環境研究所の光化学スモッグチャンバーである。

を作り出すことのできる光化学スモッグチャンバーと我々の開発した装置を組み合わせ、有機エアロゾルの生成メカニズム解明の研究を行っている。写真1にスモッグチャンバーと我々のエアロゾル分析装置を示した。自動車排ガスなどの有機物が大気中のオゾンと反応して二次有機エアロゾルとなる。都市域の浮遊粒子状物質には、この二次生成有機エアロゾルがかなりの割合で含まれている。このエアロゾル発生過程を解析するために、光化学チャンバーで生成反応を再現して、成長過程での化学成分の変化を調べている。

#### 最後に

大気エアロゾルは、大気環境に様々な影響を与えており、近年その特性や化学組成の解明に多くの注目が集まっている。そのため高度なリアルタイムの個別粒子成分分析法の技術開発が重要になっている。我々が開発しているエアロゾル分析装置は、エアロゾル一つ一つの個別粒子の成分の質量スペクトルをリアルタイムで測定し、その化学組成を解明することができる。今までのエアロゾル分析法になかった極めて優れた性能を有しており、この装置の開発と観測により大気環境研究の新しい局面を切り開いていくことを目指している。

この研究は、当研究所の高橋けんし、松本淳、成川正広の各氏とともに進めており、また、(株)堀場製作所環境プロセス統括部、国立環境研究所の杉本伸、今村隆史、佐藤圭の各先生、京都大学の川崎昌博先生、東京大学の戸野倉賢一先生との共同研究である。

# 豊川キャンパスから東山キャンパスへの移転統合計画について

藤井 良一（所長）

当研究所は、研究・教育、全国共同利用、管理運営等における研究所の更なる発展と全学との連携を高めるために、15年前の研究所改組以来、豊川キャンパスから東山キャンパスへの移転統合を目指してきました。大学も平成12年3月の評議会で承認し、研究所の移転統合は全学の合意となりました。その後紆余曲折はありましたが、継続的な努力の結果、この度移転を開始する運びとなりました。

この移転統合は研究所の長年の強い願いであります。一方、研究所が豊川の地で発展し、また所員の多くも豊川地区に生活の根をおろしている現状から、移転により研究・教育環境の変化だけでなく、個人の生活環境（通勤時間や家族の生活）に変化が生じることは避けられません。また、名古屋への異動が不可能という非常勤職員もいます。これら、所員の負担や不利益を如何に軽減するか、という点についても最大限の努力を行ないつつ移転計画を進めているところです。

移転統合の具体案が承認されるまでの経緯の概略は以下のとおりです。2005年2月中旬に理事・施設管理部と研究所の会合が開かれ、研究所の現状、移転計画、東山キャンパスへの移転可能性が議論されました。移転の内容は、研究所の研究・教育の機能全体を東山地区に移転させること、豊川地区については、現在行なわれている観測は発展的に継続させ、それに加えて全学も含めて積極的に利活用を進める、というもので、これはその後の一貫した方針です。東山キャンパス内での移転先については、全面移転した場合に必要な3000平方メートル程度のスペースを、一つの建物で確保できる場所は現状では核融合研跡地の共同教育研究施設1号館以外見当たらないということが分かりました。しかし、この建物は、学内の他の建物の耐震工事等の際のバッファスペースとなっており、全体のすぐの利用は困難である、とのことでした。そこで、この1号館を第一候補として、「段階的な」移転の可能性について検討することとしました。

一方、所内では5月に教員、事務職員、技術職員、非常勤職員からなる移転WG（主査：村木教授、副主査：水野教授）を立ち上げ、移転計画の立案、移転にともなう問題と課題の検討を開始しました。

その後、何回かの大学本部との会合を経て、7月4日の役員会、7月19日の施設マネジメント委員会で承認され、同日の教育研究評議会で報告され、

承認の全プロセスを終了しました。承認された内容は、豊川キャンパスで展開されている太陽研の教育・研究および事務機能全体の東山キャンパスへの移転統合計画そのものと、2005年度、共同教育研究施設1号館の4階および3階の一部1178平方メートルを、研究所が使用することです。次年度以降については、大学本部と相談し、支援を受けながら移転場所を見つけていくことになっています。この正式承認を受けて7月20日に、本年度豊川から東山への移転を開始することを職員に正式通知しました。

この間、現在まで移転WGを中心に、研究グループや事務機能の移転スケジュール、移転先の整備・改修、それらに伴う予算的措置、異動できない所員への対応等について、担当理事と関係する大学本部の事務部の指導と支援も仰いで進めてきています。段階的移転の具体的なスケジュールですが、第1弾として本年度末を目途に研究部門の3分の2程度と事務部の大半が移転を行ないます。移転の時期として重要な要因の一つは2005年12月に行なわれた電子計算機更新ですが、その準備も含めて11月中旬には既に事務長をはじめ会計・庶務各1名からなる先遣隊が東山に異動しています。今後の予定としては、事務部は2006年7、8月を目処に移転を完了し、研究部門の残りの3分の1の移転については、東山でのスペースの確保が出来た段階で行なう事にしています。但し、上にも述べたように、観測の機能は豊川で発展させていくため、観測機器の設置・調整、維持等の観測業務は継続的に行なわれます。また、さまざまな委員会活動の一部も移転が完了するまでは豊川で行なわれる予定となっています。

今回の移転では、豊川の職員全体を移転させるスペースがなく段階的な移転となるため、その間研究教育面でさまざまな不都合・不便が生じ、また職員の一部に異動に伴い大きな負担をかけることとなります。大学側も新たな場所の提供や、移転に伴うさまざまな財政的な負担を負うこととなります。しかし、十分な空きスペースを待っている、将来も移転は大変難しいというのが現実です。そして何より、研究所の長年の夢である東山移転が、研究・教育と全国共同利用における研究所の更なる発展と全学との連携を飛躍的に高めることを確信して、所員全員で協力し合って移転を推進していきたいと思っています。

## 中国極地研究所と学術交流協定を締結

2005年11月11日に中国極地研究所と当研究所との学術交流協定が締結されました。締結式は、同日上海で行なわれた名古屋大学上海事務所の開所式と名古屋大学国際学術論壇（上海フォーラム）の開催に合わせて行なわれました。

中国極地研究所は、1989年中国海洋局の下に創設され、極域に関する科学（超高層大気物理学、雪氷学、生物学、および海洋学）研究と砕氷船“MV Xuelong”の運行、南極の中国基地（長城基地（1985年開設）と中山基地（1989年開設））および北極スヴァールバル島に設置した黄河基地の維持運営など、中国の南極および北極地域観測隊への輸送と設営の支援を行なう研究所です。

中国は、北極地域における科学研究を強く推進しており、その一環として2006年からEISCAT科学協会に本格的に参加（正式加盟は2007年から）します。その中で、中国極地研究所は、EISCATレーダーのあるスヴァールバル島で、黄河基地を拠点として光学観測を中心とする総合的な地上観測を展開するとともに、EISCATレーダー観測でも中国の中心的な研究所の一つとして積極的に参加しようとしています。そのため、EISCATを用いた科学研究の国内拠点となっている当研究所と教育および研究面での協力関係を強めてきており、当研究所からは教員が訪問しEISCATデータ処理と利用の方法や研究についてセミナーや講義を実施してきています。その



締結の署名を終え、握手を交わす秦為稼（Qin Weijia）中国極地研究所副所長（左）と当研究所の藤井所長（右）

一方で、中国極地研究所のスタッフや学生が当研究所を訪問し、EISCATレーダーに関連した極域研究について議論を重ねています。

今回の協定締結は、この協力関係を更に発展させることを目的にしています。アジアの隣国同士である日本と中国が協力しあって計画を推進することは、両国のみならずアジアの当該分野の発展に大きな貢献をするものと期待されています。

## A Refreshing Visit to STEL

Paul Evenson, Visiting Professor  
(from University of Delaware, U.S.A.)

When Professor Muraki invited me to visit STEL for three months (March, April, and May of 2005) my wife and I were most delighted. We had been in Japan a few times before, but always for short intervals in connection with meetings. On these visits, I found Japan to be a fascinating place but my enthusiasm for touring was rather minimal since these visits were all during hot weather months. Japan is no worse than Delaware in the summer, but that is not saying much; being accustomed to hot weather has not increased my liking for it. But this timing was perfect. We were able to get settled and over jet lag during March, when the weather was chilly and then experience the marvelous transformation that Spring brought.

Statistics confirm the subjective impression—we took 1167 digital photos while we were in Japan, but not one of them was taken during March. The beginning of my

photographic record was on walking trip to Higashiyama Koen organized for the students by Muraki-sensei to celebrate the opening of classes. Throughout my visit I was quite impressed by the interest that Muraki-sensei took in the students both professionally and socially.

For my own part, I was happy to be away from my office in Delaware. For several years I have been working on the IceCube project, which is a cosmic neutrino detector with a volume of one cubic kilometer being constructed in the ice at the South Pole. My own role in this has to do with the construction of a surface array of ice Cherenkov detectors. Since the ice near the surface is not clear enough, one has to melt snow and then re-freeze the water to get the required 2000 kg blocks of clear ice. This has been an interesting project, and I was happy to give lectures on it at Ibaraki and Shinshu Universities, but my



Higashiyama Springtime

first love remains solar-terrestrial physics and space weather.

Most of my time at STEL was therefore spent on catching up with the progress in this field, and in developing some new ideas to work on after my return to Delaware. My efforts to catch up were also aided by the invitation to give a talk about our neutron monitor network at the Physical Society of Japan meeting in March, and by the invitation to give a series of introductory lectures for the students at Nagoya. I was also able to have several interesting discussions on the subject of solar flare neutrons, and indeed energetic processes in solar flares in general. I was also fortunate to be asked to look through the PhD thesis of Miyaharasan to suggest improvements to the English. It turned out that the English was quite good to begin with but I found the subject matter fascinating. Up to this point, I had always thought of tree-ring dating as a comparatively straightforward process and was surprised to learn of all the subtle effects that must be considered. I also found time to begin work on two projects that had never quite

reached threshold. One has to do with unexplained variations in the high latitude geomagnetic cutoff rigidity, and the other deals with the connection between energetic protons, relativistic electrons, and the generation of the so-called type III radio bursts by sub-relativistic electrons.

Socially we also had a great time. My wife was able to make contact with several organizations that promote activities involving both Japanese and foreign women. In turn this opened up many opportunities for me to meet and talk to people about their experience in Japan. We found Nagoya particularly accessible on public transportation, and took advantage of this to see many interesting places—gardens, shrines, museums, and restaurants. We are indebted to Professor Matsubara for helping us in many practical ways and Professor Muraki for showing us his boyhood home, and for many patient explanations of Japanese culture and language.

I became quite interested in the Japanese language, and my only regret is that I was not able to learn more of it. I did manage to learn the katakana and a few hundred kanji, but of course this was not enough to do more than read simple signs. In the process of looking up words I was surprised to note the similarities between how words are constructed in English and in Japanese. It also struck me how similar English and Japanese are in that each has assimilated much of a foreign language (Chinese in the case of Japanese and French in the case of English). The parallel of French and English words with the kun and on readings in Japanese is not exact of course, but trying in my primitive way to understand the relationship was most rewarding. I probably learned more about English than I did about Japanese, but the effort was rewarding nonetheless.

This has been a once in a lifetime experience, but I hope to be able to make short visits in the future. The fond memories of my stay in Nagoya will make even short visits more meaningful.

## A Nice Journey to the Land of Sakura

Abraham C.-L. Chian, Visiting Professor  
(from National Institute for Space Research, Brazil)

This is my second visit to STEL. My last visit in 2001 was only for 2 days. As the result of that visit, a new international research and training network known as WISER—World Institute for Space Environment Research was established in 2002 in Adelaide, Australia, with strong support of Prof. Y. Kamide. Today, this network coordinates several series of workshops and advanced schools worldwide, with the participation of hundreds of leading space scientists from over 30 countries. A number of books and special volumes of

international journals have been published by WISER. Thanks to the invitation of Nagoya University I spent three months at STEL this time, accompanied by my wife. It has been a wonderful experience working and living in Toyokawa. A small town with great cultural and technological heritages. My wife and I have been impressed by the good organization and high precision of the Japanese society, where everyone takes his/her job very seriously and everything seems to work in perfect order and harmony. The politeness, courtesy and mutual

respect are integrated parts of the daily life in Japan, which are not easy to find elsewhere nowadays.

The staff at STEL are very kind and friendly, which has made us feel at home despite of our difficulty with the language. We had innumerable opportunities to go out with our STEL friends to try local cakes, cuisines, as well as international cookings improved by the local chefs, such as the interesting Italian-Japanese restaurant called Cannery Row and the buffet restaurant in Laguna. Through the suggestions of our STEL friends, we drove our rental car to beautiful places over the weekends where we could enjoy the nice mountains, lakes and villages. We became very fond of ONSEN and cycling.

I concentrated my research at STEL on the analytical and numerical studies of nonlinear dynamics of Alfvén waves in the solar-terrestrial environment. This work was carried out in collaboration with Prof. Y. Kamide of STEL. We studied the chaotic nature of space plasmas based on a nonlinear model of Alfvén waves described by the derivative nonlinear Schrödinger equation, and analyzed two types of Alfvén intermittency driven by chaos in the solar wind. We found out that an Alfvén chaotic attractor is composed of unstable structures known as chaotic saddles and unstable periodic orbits, and succeeded to explain the links between these unstable structures and interplanetary Alfvén intermittency. We studied the solar wind driving of intense geomagnetic activities by large-amplitude Alfvén waves. A paper was submitted to *Journal of Geophysical Research*, and another paper will be submitted to *Nonlinear Processes in Geophysics*.

In collaboration with Prof. Y. Kamide, we wrote a book chapter on solar-terrestrial environment to be published in *Handbook of Solar-Terrestrial Environment* by Springer. This chapter gives an overview of the solar-terrestrial environment and its early historical development, an introduction to the complex nature of the solar-terrestrial environment, and a discussion of its applications. I collaborated with Prof. Y. Kamide on the editing of other chapters of this book, which will serve as a key reference book in the coming years, and will be used as a text book in a series of Advanced Schools on Space Environment (ASSE) to be organized by WISER worldwide.

I had discussions with Prof. T. Ogino of STEL and his students S. Tanaka and K. Park, and Prof. T. Hada of Kyushu U. and his student Y. Nariyuki on modeling of nonlinear Alfvén waves in the solar atmosphere. I had discussions with Dr. Y. Matsumoto of STEL on 2D MHD turbulence, and started working with him and Dr. D. Koga from INPE on phase coherence and intermittency. I had discussions with Y. Miyahara of STEL on reconstruction of solar cycles using tree rings. We plan to collaborate on this subject jointly with the tree ring group at INPE. There is a possibility of



The author and his wife

extending this study to reconstruct solar cycles and El Niño records using the records of coral band densities. I also benefited from discussions with several STEL scientists, including Prof. T. Kikuchi, Assoc. Prof. S. Masuda, Assoc. Prof. K. Seki, Dr. A. Ieda, Dr. Y. Miyoshi, and Dr. Y. Miyashita. I had discussions on 3D particle simulation of magnetic reconnection with Prof. D. Cai of Tsukuba U. during his visit to STEL.

In collaboration with Prof. T. Ogino of STEL and Prof. J. Kurths of Potsdam University, Germany, we organized a STEL-WISER International Workshop on Nonlinear Dynamics in Earth-Oceans-Space in Inuyama. Twenty-one invited talks were presented by scientists from five countries (Japan, Brazil, Chile, Indonesia and Germany). *Nonlinear Processes in Geophysics* will publish a special issue for the invited papers from this workshop.

I visited U. of Kyoto and had discussions with Prof. H. Fujisaka and Prof. G. Kawahara, and presented a seminar. I also visited U. of Tokyo and had discussion with Dr. K. Ishiyama and Y. Saiki. I presented invited talks at STEL, U. of Kyoto, the 3rd Korea-Japan Workshop on Space Weather, the CAWSES Workshop, and the STEL-WISER International Workshop on Nonlinear Dynamics in Earth-Oceans-Space.

My wife and I would like to express our deep gratitude to Nagoya University and STEL for their kind hospitality, and wish STEL continue to keep its tradition as an international center of scientific excellence and cultural exchange.

Note :

Chian教授は、当研究所での太陽風非線形現象に関する研究を経て、『経済動向への複雑系解析』でアデレード大学より理論経済学のPh D を取得されました（2005年12月）。

## カナダでオーロラよりも暗い光をとらえる

細川 敬祐（電気通信大学電気通信学部）

STE研が中低緯度で運用してきた大気光カメラ（OMTI）をカナダに設置し、極域電離圏の撮像を行うプロジェクトに参加させて頂いています。極域電離圏と言えば、誰もがオーロラを思い浮かべますが、このプロジェクトの観測対象の大本命はオーロラではありません。OMTIの感度の良さを活かし、オーロラよりもはるかに暗い現象を観測するのが目的です。しかし、カメラの感度が良くても、オーロラが現れれば、その圧倒的な光量によって、背後にある微弱な光を捕らえることはできません。オーロラに邪魔されずに、大気が放つかすかな光を観測するには、オーロラ帯と呼ばれるオーロラが高い頻度で観測される領域（磁気緯度65 - 75度）よりももっと高い緯度帯で観測を行う必要があります。今回、カメラを設置したのは、カナダのレゾリュートベイ（磁気緯度84度）というところですが、日本から4本の飛行機を乗り継いでやっとたどりつける“地球のてっぺん”に限りなく近い場所です。

2005年1月に、塩川さん、STE研の学生の中島



イエローナイフ（カナダ）の空港でシロクマと遭遇！  
「剥製でヨカットあ。」（右が筆者）

君とレゾリュートベイに赴き、カメラの設置を行いました。この時期、現地は極夜となり、昼に周囲が少し明るくなる程度で、残りは暗闇に支配された世界です。外気温はマイナス20度より下がることもありました。シロクマが観測所の近辺を徘徊することもごくたまにあるようで、屋外に長時間出る時は、少しだけ注意が必要です。

私にとって本格的な海外観測は初めての体験でしたが、STE研の塩川さんに教えて頂きつつ、観測の立ち上げに少しは貢献することができました。ただ、その過程では、ドームに着いた霜がなかなか取れなかったり、遠隔操作用のモデムがうまく動作しなかったり（車が雪の中にはまりこんで動かなくなったり！）と、いくつかの想定外の出来事がありました。おかげで、それらの困難を、現場で使える限りの手段を講じて解決していく術を学ぶことができました。これまでデータの解析だけをやってきた私にとって、何物にも代え難い貴重な経験となりました。

サイエンスの話をしただけ書きます。レゾリュートベイでの観測ターゲットは、パッチと呼ばれる現象です。パッチは、電離圏に現れる高密度プラズマの塊です。日本海に大量発生しているクラゲのようなもので、パッチ自体に移動能力はなく、電離圏プラズマの大規模対流に沿ってブヨブヨと漂っています。よって、このパッチの動きをOMTIで追尾することで、プラズマの流れを可視化できます。通常、電離圏プラズマ対流は、レーダーや人工衛星によって観測されますが、OMTIによるパッチの光学観測がそれらと決定的に違うのは、プラズマ対流のダイナミックな変動を連続的に、かつ視覚的にモニターできる点にあります。

10月に再びレゾリュートベイに赴きました。設置時にやり残していた遠隔操作システムの構築や、観測器のノイズ対策などを行うためです。観測システムは快調に運用されており、今後取得されるであろう2シーズン目のデータを解析するのが楽しみです。このような機会を与えてくださったSTE研2部門の先生方、プロジェクト2としてサポートをしていただいたSTE研に深く感謝致します。



## 退職にあたって

村木 綏（太陽圏環境部門：教授）

私は、名古屋大学理学部物理学科を卒業し、東京大学宇宙線研究所勤務を経て、縁あって18年前再び名古屋大学に戻り、研究を続けながら教鞭を執ることになりました。当時学長だった故早川幸男先生から「お帰りなさい。名大で頑張ってください。」と暖かな言葉をかけていただいたのが昨日のような気がします。“光陰矢の如し”、瞬間に年月は去り、今春定年を迎えることになりました。

40年に渡る研究生生活は、乗鞍での宇宙線観測から始まり、 $\mu$ 粒子のエネルギースペクトル測定、CERN（欧州連合原子核機構）でのUA1, UA7実験、宇都宮市大谷町地上地下連動宇宙線実験、ニュージーランドのブラックバーチにおける超新星からの線探査、屋久杉と室生杉のC14測定、世界7カ所の高山を結ぶ太陽中性子実験と観測網の設立、ニュージーランドのテカポ・マウントジョンでの口径60 cm望遠鏡による宇宙ダークマター検出実験、そして2004年12月に新設されファーストライトを迎えた口径1.8 m望遠鏡による太陽系外地球型惑星の探査へと続いています。

名古屋大学に来てからは、素粒子物理学から天文学そして宇宙物理学や地球物理学の分野にまで幅広く研究テーマを求める研究生生活でした。この

ように私の興味はどんどん広がり、宇宙線と接点のある隣接分野にまで研究は拡張し続けています。人間は年をとることは止められません。“少年老い易く学成り難し”とありますが、学問は常に広がり、変化し、進化するので、それを究めるといことは、死ぬまで研究を続けるということなのでしょう。

幸いにも私は、大病もせず研究生生活を送って来られました。教え子達もそれぞれの道を進んでいます。私は自分の研究生生活を通して、先入観に捕らわれず自然を公平に見ることの困難さを知りました。真実はそこにあっても気づかないことが多々あるのです。大勢に流されることなく真理を見つけることが大切だと思います。科学は生きています。同じ手法では新しい事実は得られません。従って常に新しいことにチャレンジして、テーマを広げて行くことが、研究を深める上で重要だと思います。

最近、私は研究テーマの一つであるダークマターを『3つのダークマター』という本（開成出版）にまとめました。まだまだ研究のまとめは終わりそうありませんが、ここに私を支えて下さったすべての方々に深く感謝致します。

### Nonlinear Dynamics of Earth, Oceans and Space (EOS 2005) を開催

2005年9月15日 16日、犬山国際観光センターにおいて、当研究所と宇宙環境研究国際機関（World Institute for Space Environment Research：WISER）との共同で「Joint STEL-WISER Workshop on Nonlinear Dynamics of Earth, Oceans and Space (EOS 2005)」を開催した。地球海洋宇宙（EOS）システムにおける非線形ダイナミクスの研究は、自然界の複雑な現象（磁気嵐、地震、津波、台風、地球の気候変化など）を特徴づけ、自然災害のモニタリングや予測の改善に研究成果を応用するというもので、世界の関心や期待が高まっている。このワークショップでは、海外を含めさまざまな分野から62名の研究者やエンジニアが集まり、非線形シ



会議場の様子

ステムとしての地球海洋宇宙の個別性と類似性などに関する先端科学技術の研究報告があった。さらに今後の研究に関する重要な問題についても議論された。

# 宇宙に最も近い場所？ チリ共和国・アタカマ高地

水野 亮（大気圏環境部門）

私たちのグループでは、チリ共和国のアタカマ高地で電波（ミリ波）を用いてオゾンや水蒸気などの大気分子の測定を行っている。アタカマ高地は世界でも一、二を争うミリ波・サブミリ波観測に最適の地で、日米欧の協力の下、現在建設が進められている巨大なサブミリ波干渉計望遠鏡ALMA（Atacama Large Millimeter and Submillimeter Array）の観測サイトである。同望遠鏡が完成すれば、宇宙論に関わる遠方の原初天体をはじめとして太陽系外の恒星の周りで惑星系が形成されようとしている場所の様子、また私たちの研究テーマの一つでもある火星や木星などの太陽系内の惑星の大気の状態などを詳細に観測することができる。アタカマ高地を含むチリ共和国の天文台に関しては当ニュースレター40・41号の村木先生の記事で紹介されているが、今回はちょっと違う部分をお話しよう。

観測装置の改良や調整など、まとまった仕事をしようとするすると1ヶ月程度はアタカマ高地に滞在することになる。観測サイトのあるアタカマ高地は、標高4800 m。大気圧が平地のほぼ半分しかない。作業時間も最長8時間までと制限している。ここで眠ってしまうと高山病になるため、標高2400 mのふもとの町サンペドロ・デ・アタカマの宿泊施設との間を毎日往復することになる。山の上では高山病にならないように水分を十分に補給し新陳代謝を活発にする。山頂で空になった飲料水のペット

ボトルは、ふもとに降りてくるとペチャンコにへこんでしまう。見事にへこんだペットボトルを見て、自分の体も同じ圧力差に毎日さらされていると思うと一瞬背筋が寒くなる。気圧だけではない。気温も大きく違う。山の上では氷点下、ふもとに降りればTシャツ1枚といった具合だ。まさに人体の耐久試験をしているようなものだ。山の上では常に血中酸素濃度をモニターし、濃度が60%台に落ちると酸素ボンベで酸素を補給する。私は幸い(?)酸素ボンベの世話になったことはないが、順応するまで胃腸の調子が悪くなるなど、さまざまな形で体に影響が出る。そこで院生も含めて滞在者全員の健康管理には細心の注意を払っている。夜更かしは禁物で、院生たちも日本では考えられないような規則正しい毎日を送っている。平地との環境の違いは、測定装置にもいろいろな影響を及ぼす。電子機器の空冷部分の冷却効率がすべて半分に低下するのだ。ノートPCのハードディスクなどがまず最初にだめになる。過去の研究データのパワーポイントファイルが入っていたディスクがクラッシュして一瞬真っ青になったこともある。幸いほとんどのファイルは日本にバックアップを残していたので事なきを得た。

晴天率は高いものの年に数回雪が降る。しかも山の天気は変わりやすい。降り始めると10分から20分ぐらいで、あたり一面銀世界になってしまう。通常春先の9月には雪は滅多に降らないが、2005年は異例の大雪に見舞われ3日間降り続いた。1 m以上の積雪があり、観測サイトには結局1週間以上もの間、登ることができなかった。我々にできることは、ふもとの宿泊施設からネットワークカメラやPC越しの遠隔モニターで観測装置の状況を数時間ごとに確認することだけだった。ところが2日目に観測装置がダウンした。帰国間近、装置の最終調整を済ませ、連続観測を開始した直後の出来事だった。温度モニターのデータから室温が異常に上昇していたことが分かった。装置から発生する熱を屋外に逃がす換気口に雪が凍り付き、空気の循環が止まったのが原因だった。観測装置の極低温冷凍機のコンプレッサがヒートアップし温度ヒューズが動作したのだ。結局、滞在中に再び山に登ることができないまま、帰国しなければならなくな



アタカマ高地のふもとの町サンペドロ・デ・アタカマから10 kmほど離れた場所にあるトゥール遺跡。2000年から3000年ほど前の先住民たちが暮らしていた村の跡だと考えられている。

った。換気口には雪解けヒーターを取り付ける予定で製品の選定を行っていたが適当な物が見つからず、これから夏に向けてまさか大雪は降るまいと思って今回の作業項目からはずしたのが敗因だった。この時期にこんなに雪が降ったことはない、と現地の住人も言っていたが、その何十年に一度の季節はずれの大雪に運悪く遭遇してしまったのだ。

サンペドロ・デ・アタカマはチリ国内でも有数の観光地の一つである。国道を走ってきて町中に入ると舗装がなくなり、車は砂埃をあげて走っている。砂漠の中のオアシスという昔ながらの雰囲気保存するために町ぐるみでわざと未舗装にしている。舗装された国道は町に入る直前に迂回し、町の周りをぐるっと半周してその先のアルゼンチンへとつながっている。町中の建物はすべてアドベと呼ばれる土壁の粗末な平屋建てだ。ところがこの町にもインターネットカフェが数軒あり、朽ちた木の扉の向こうには土壁を背にPC数台が整然と並んでいる。実に奇妙な空間だ。

観光地であるためレストランは多い。レストランではスペイン語・英語・ドイツ語・フランス語とさまざまな言語が飛び交っている。ただし新鮮な野菜や魚は入手しにくく、基本的なメニューは牛肉・豚肉・鶏肉・ピザ・パスタ、だいたいこの5品

目をローテーションすることになり、一週間もすれば飽きてしまう。そこで我々は宿泊施設で自炊をしている。宿泊施設には和食の料理本が5,6冊置いてあり、皆、数回ここに滞在すると料理上手になって帰国する。

また、町には砂漠の先住民の生活を展示した博物館があり、そこではミス・チリにも会うことができる。ミス・チリといっても二千五百歳を超えるミイラである。乾燥しているため保存状態が非常によい。小柄な女性だ。膝を抱えてうつむき加減にガラスの中からこちらを見ている。彼女には最近の地球上の変化、温暖化やオゾン層の破壊・回復等はどう映っているのだろうか。人の手はいっていない火星の表面のようなアタカマ高地の風景は、他のどの場所よりも太陽系第3惑星としての地球を実感させる。生命を育んだ母なる大地でもなく、自然に満ちた美しい地球でもない。なぜか、「惑星」としての地球を感じる場所である。宇宙に最も近い地球上の場所。数千年にわたって何の変化もなかったかのような広大で無機質な風景は、時の流れが止まり悠久の昔につながっているかのような錯覚を抱かせる。ミス・チリの時代にもすぐ手が届きそうな場所である。今年もまた彼女に会いにゆきます。

名古屋大学に入学してから10年間ずっと東山キャンパスにあり、当研究所に所属して6年目になりますが、研究所の本部であったにもかかわらず豊川に行くことは稀でした。今年度になって初めて、豊川のゼミに参加させていただく機会を得て、隔週で豊川まで通っています。私は名古屋と豊川の間豊田に住んでいますが、豊川は遠く、東山キャンパスに行く時間の二倍の時間をかけて通っています。通えない距離ではありませんが、東山キャンパスと豊川キャンパスの距離を感じるのです。同じ研究所なので、やはりひとつの場所にまとまっていたほうが利便性がよいと思いました。

豊川キャンパスで特に気になったことは、教官の数に対して学生数が少なすぎることです。教官1人に対して学生が1人以下のところが少ないのです。学生が学ぶにあたって教員の指導を十分に受けられるというメリットはありますが、もう少し学生数が増えても十分対応できるでしょうし、活気のある研究室になってゆくといいと思います。研究所がすべて東山に移転すれば、知名度も上が

り学生も増えるのではないかと期待しています。

実際、当研究所でも東山にある研究室ではたくさんの方が所属しています。私が所属している太陽圏環境部門(東山)は本研究所の中でも一番学生数が多い事で知られており、現在は教官5人に対して学生が13人もいます。しかし、皆が同じテーマで研究を行っているわけではなく、研究分野も異なる研究を同じ研究室でいくつもやっているため、それぞれの学生がばらばらと研究を行っている感じがします。同じ研究室にいても、お互いの研究内容を良く知らないという状態です。ここまで研究内容が違うのだしたら、みんなでセミナーやゼミ・報告会などを定期的に行って、もっと色々な研究について十分に知る事ができれば良かったと思っています。一方豊川では、異なる研究室の話を聞く機会も多く、勉強する環境はよいと思いました。

研究所の移転によって、豊川と東山の良いところがどちらも生かせるようになればよいと思っています。

渡邊恭子

(宇宙線研究室 日本学術振興会特別研究員)

たらの芽



## STEL ニュースダイジェスト

### コミックを SCOSTEP と共同制作

当研究所が制作をしてきた科学コミックの英語版“ What is \*\*\* ?!” シリーズ(著者: はやのん、当研究所教員監修)が、このほど Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics (SCOSTEP) からの認定を受け、同組織との共同制作として出版されることになりました。とくに、同組織が展開している国際プロジェクト Climate and Weather of the Sun-Earth System (CAWSES) のアウトリーチ作品として、世界中で配付されることとなります。最新刊“ What is the Solar Wind?!” と“ What is the Ozone Hole?!” は、すでに当研究所と SCOSTEP のロゴ入りで出版されました。また、続く Global Warming, Cosmic Rays はもとより、既刊の Aurora, Geomagnetic Field に関しても、改定/増刷版から SCOSTEP との共同制作になります。

### ホームカミングデーに参加

名古屋大学ホームカミングデーが10月23日(日)に開催されました。全学同窓会の共催を得て名古屋大学として大々的に催されるのは今回が初めてのことであり、当日はあいにくの雨模様でしたが、2000人の来場がありました。メイン会場の豊田講堂で講演会や懇親会が行われたほか、野依記念学術交流館には約70の研



ホームカミングデーでパネルの説明を聞く来訪者。

究発信ブースが設置されました。当研究所も各研究室ごとに研究紹介パネルや観測機器を展示し、スタッフや大学院生が説明にあたりました。また、当研究所東山分室の宇宙線ドームには、かつての宇宙線望遠鏡研究施設卒業生の皆さんが訪れ、往時を懐かしみ、昔話に花を咲かせていました。

### 異動

#### 【招聘客員研究員】

- 2005.10.2 - 2006.1.31 客員教授 高橋 久夫  
〔ブラジル国立宇宙科学研究所上級研究員〕
- 2005.11.1 - 2006.2.28 客員教授 Kutiev, Ivan Stefanov  
〔ブルガリア地球物理研究所教授〕
- 2006.2.1 - 2006.5.31 客員教授 Kroehl, Herbert  
〔米国応用物理研究所主任研究員〕

#### 【非常勤講師(客員)】

- 2005.9.1 - 2006.3.31 藤本 正樹  
〔東京工業大学大学院理工学研究科助教授〕
- 2005.9.1 - 2006.3.31 村田 健史  
〔愛媛大学総合情報メディアセンター助教授〕
- 2005.10.1 - 2006.3.31 前田 佐和子  
〔京都女子大学現代社会学部教授〕
- 2005.10.1 - 2006.3.31 藤田 茂  
〔気象大学校助教授〕

#### 【非常勤講師】

- 2005.10.1 - 2006.3.31 黒河 宏企  
〔京都大学大学院理学研究科教授〕
- 2005.10.1 - 2006.3.31 宗像 一起  
〔信州大学理学部教授〕

#### 【事務補佐員】

- 2005.11.25 退職  
伊藤 亜耶(会計掛)
- 2005.12.12 採用  
坪井 紀子(会計掛)

#### 【派遣職員】

- 2005.12.1 採用  
二村 栄子(会計掛)

## 最新の冊子はコレ!



文: 西野 正徳



文: 塩川 和夫



監修: 村木 綾



監修: 水野 亮

