

“粒子” がつないだ中国上海大学との研究交流

－交流から学んだこと－

大気環境担当 米持真一

1 はじめに

近年の東アジア、特に中国の経済発展は目覚ましいものがありますが、同時に環境汚染問題が顕在化・深刻化していることも多くのメディアで報じられています。環境汚染の中でも、特に大気汚染については、中国の大気汚染物質が日本列島まで流されてくることがあります。春先によく耳にする「黄砂」はその代表的なものであると言えます。黄砂は中国内陸部の砂漠地帯から、砂塵が飛来する現象ですが、



図 1 上海と騎西の位置関係

黄砂以外にも目に見えない微小な粒子が海を越えて日本に運ばれてきていることが知られています。更に、近年では、光化学スモッグの原因物質である、光化学オキシダント（主にオゾン）も流れてきていることが分かってきました。この現象により、特に中国大陸に近い九州地方や中国地方、北陸地方では、今まで一度も光化学スモッグ注意報が発令されたことがない地域で、光化学スモッグ注意報が発令されるようになり、大陸からの大気汚染物質の飛来への関心が高まっています。こうした問題には、国家レベルでの実態把握や汚染物質の飛来の予測、対策を進めることが最も有効と考えられますが、自治体や大学レベルでの様々な取組も、更に実効性を高めることに繋がると考えられます。

これまで環境科学国際センター（以降は「当センター」と記述）では、黄砂を含む空気中の粒子状物質や、光化学スモッグに関する調査や研究に積極的に取り組んできました。そしてこれらを基盤とし、2007年度後半から、中国上海大学環境与化学工程学院と研究協定を締結し、空気中に浮遊している“粒子”に関する研究交流を始めました（上海と騎西の位置関係は図1を参照）。しばしば国際貢献という言葉が使われますが、真の国際貢献に繋げるためには、金銭的なものを越えた、双方の信頼関係の構築が不可欠であると思います。そして、そのためには、まず互いを尊重した人と人の対等な関わりを築くことが重要だと思います。本発表では、昨年からはまった上海大学との研究交流の中でも、“粒子”をキーワードにした呂准教授および胡教授とその学生さんとの共同研究の事例を紹介したいと思います。

2 “粒子” について

粒子といっても、様々な大きさがあります。空気中に浮遊している粒子のうち、大きさが10マイクロメートル（ μm ）（1 μm は1mmの1000分の1）以下のものは、呼吸によって人体に取り込まれます。日本ではこの10 μm 以下の大きさの粒子（SPMと呼びます）について環境基準が定めら

れています。埼玉県では、平成 18 年度に県内 80 地点全ての測定局で、測定開始以来初めて環境基準を達成しました¹⁾。しかし、最近では更に小さな $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子（PM2.5 と呼びます）が深刻な人体への影響を及ぼすことが明らかとなり、注目が集まっています。米国では 1996 年に、欧州では 2008 年に環境基準が定められ、日本でも基準設定に向けた作業が進んでいます。当センターでは 2000 年から騎西町にて、先進的に PM2.5 の測定を開始し、得られた成果を学会などで発表²⁾しつつ、現在も測定を継続しています。この PM2.5 はディーゼル車から排出される黒煙のほか、自動車や工場、焼却炉などから、もともとはガスとして排出された窒素酸化物や硫黄酸化物などが空気中で化学反応し、粒子となった二次粒子と呼ばれるものが主成分です。また、様々な微量元素^{注1)}も含まれており、これらは、発生源の特徴を探る“鍵”となる場合も多いことが知られています。2006 年からは夏と冬に、さいたま市と共に県内 6 地点で PM2.5 の調査も始めました。一方、中国や韓国を中心とする東アジアの国々の一部の大学や研究機関でも、先進的に PM2.5 などの微小粒子の調査、研究に着手するようになりました。世界でも有数の大都市上海市の中心部と 30km 離れた郊外にキャンパスを持つ、上海大学環境与化学工程学院は、粒子状物質の研究にも力を入れています³⁾。

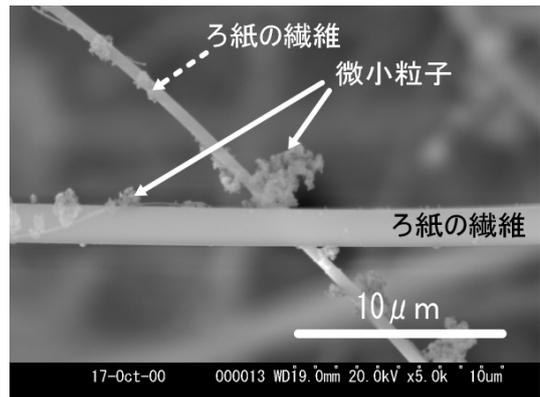


図2 微小粒子の電子顕微鏡写真

3 研究交流

3.1 交流のはじまり

主に微小粒子に含まれる微量元素を分析するために、上海大学の呂森林准教授が 2008 年 5 月から一ヶ月間、当センターに滞在し、共同研究を行いました。通常、微小粒子は特殊な素材^{注2)}できているろ紙上に、微小粒子のみを捕集することができる装置を使用して集めます。このろ紙上の粒子を様々な方法を使って調べます（図2）。当センターでは、硝酸やフッ化水素酸などの酸試薬を使い、高温、高圧条件で粒子を溶かし、プラズマと呼ばれる数千度の高温中で分解して、微量元素を調べています。今回の目的は呂准教授が上海市とその郊外で、微小粒子を更にいくつかの大きさに分けて捕集した試料について、その中に含まれている微量元素を調べることでした。



図3 呂准教授との研究の様子

3.2 共同研究作業

微小粒子に含まれる微量元素を調べるためには、まず、ろ紙上に集めた微小粒子を、酸試薬を用いて溶かす必要があります。また、酸試薬の種類や量、高温、高圧をかける時間などで溶け方が変わってきます。ある程度、文献や過去の事例などを参考にして、適した条件を探る必要がありました。また、この作業（分析前処理と呼びます）には多くの時間が必要であるため、必然的に、分析前処理に

多くの日数を費やすことになりました。また、このほかに電子顕微鏡を用いた元素分析^{注3)} も行うことにしました。

また、呂准教授の滞在中は、こまめに双方のスケジュールを確認し、当方の不在時の作業内容や、作業中に考えたアイデアや希望などを調整しつつ、効率的に進められるよう心がけました。微量金属の分析を終えるまでには様々な装置を使う必要がありますが、呂准教授はポイントを的確に把握し、すぐに操作方法を習得したこともあり、研究は順調に進みました（図3）。

3. 3 そのほかの交流

滞在中に、当センターで年に二回実施する研究審査会がありました。これは研究員の実施する研究テーマのいくつかを外部の有識者に説明し、質疑応答などを経て、様々な視点から評価を受けるものです。呂准教授に、大気汚染の専門家である埼玉大学の坂本和彦教授が、審査会の委員であることを話したところ、是非直接お逢いしたいとの希望があったため、坂本研究室への訪問を計画することになりました。突然の訪問にも関わらず、坂本教授のほか、坂本研究室の王准教授、関口助教、2名の留学生の方達が研究紹介をして下さり、夜は食事会を開いて下さいました。

また、別のテーマで共同研究を行っている早稲田大学大学院修士課程に在籍している中国出身の方楚涵（ほうそかん）さんが来所した際には、呂准教授や当センター王研究員（中国山東省出身、現在は日本国籍を取得）の手料理で楽しく昼食を食べるなど、研究以外にも多くの交流の機会がもてました。

3. 4 学生さんたちとの交流

呂准教授の帰国から約3ヶ月後である8月末に、同じく上海大学から胡教授と3名の大学院生が当センターに来て、研究を行いました。今回は大気中の粒子状物質が土壌汚染に与える影響を調べるため、大気から降下した粒子状物質中の微量金属を分析するのが目的でした。約1週間後に胡教授は大学に戻り、残された3名の大学院生たちに指導を行いつつ、研究を進めました（図4）。胡教授からは、厳しく指導して欲しいと言われましたが、3名の学生さんは、勤勉かつ誠実で、分析前処理を素早く習得し、更に役割を分担して効率的に作業を進め、十分な成果を得ました。また、センターでの生活にも満足し、帰国しました。



図4 上海大学の学生さんとの研究の様子

4. 今後の交流

上海大学との研究交流はまだ始まったばかりですが、今後も以下のような交流を予定しています。

- ・ 2月9日（月）～13日（金） 微小粒子PM2.5の上海と騎西での同時サンプリング
- ・ 2月16日（月）～20日（金） 上海大学環境与化学工程学院からの招待により、上海大学にて講演や研究室見学、サンプリングとともに今後の研究交流に関する打合せ
- ・ 3月1日（日）～15日（日） 胡教授（上海大）、劉教授（中国農業大）、大学院生2名の来所

また、呂准教授との研究により得られた成果は、2008年9月に東京で開催された環境科学会年会にてポスター発表⁴⁾を行いました。

5 おわりに

“粒子”をキーワードにした国際共同研究は、当初不安と期待の入り交じった手探りの状態から始まりましたが、半年経った今は、信頼関係が徐々に構築され、順調に進みつつあります。微小粒子に関する上海大学の研究レベルは高く、ギブ・アンド・テイクの関係で互いの研究レベルを高めていくという認識が必要と感じました。また、交流に際しては、研究分野の共通語が、互いの言葉の壁を下げ、相互の理解を円滑にしてくれたものと思います。

交流が順調に進んできた陰には多くの方々のサポートがありました。特に、当センター王研究員は言葉のハードルを下げるとともに、双方にきめ細かな気配りをしてくれました。そして、総長、所長をはじめ、関連する部門の方々の協力の下で、一ヶ月間センターの宿泊棟に滞在した呂准教授が、非常に良い印象を持って帰国した点が重要であったと感じています。当センターに来て研究を行った上海大学の人々は、みな豊かな人間性を持ち、相手を尊重し、思いやる心を持っていました。

更に、呂准教授や大学院生が当センターで安心して生活できた大きな要因の一つに、早稲田大学の方さんの存在があります。日本に住み、当センターで3年間実験をしてきた中国出身の方さんが、雑談の中で上海大学の人々の心を和ませ、安心感と信頼感を与えたのではないのでしょうか。

このように、私たちの進めている上海大学との国際交流は、多くの人々との日頃の関わりと信頼に基づき、順調に進んでいます。2月中旬には、上海大学からの招聘により、短い間ですが私たちが上海大学に滞在することになります。上海大学の方々のセンターでの姿勢、そして交流の中で学んだ多くの事を生かし、更に研究交流を発展させていきたいと思っています。

用語解説

注1) **微量金属**：ナトリウム、マグネシウムなどのほか、鉄、クロム、マンガン、ニッケル、ヒ素、鉛などの重金属など、多くの金属が含まれています。

注2) **特殊な素材**：石英ろ紙やポリフロンろ紙など目的に応じて様々なろ紙が使われます。今回は電子顕微鏡観察も行うため、これに適したポリカーボネートと呼ばれる素材で作られたろ紙が用いられました。

注3) **元素分析**：電子線を当てると、微小粒子から特殊なX線が放出されますが、このエネルギーは、含まれる元素によって異なります。この性質を利用して、電子顕微鏡で見た部分に含まれている元素を調べることができます。

文 献

1) 埼玉県環境部：平成19年度版 埼玉県環境白書。

2) 米持ら：埼玉県北部におけるPM2.5濃度と化学組成の5年間の観測結果，大気環境学会誌，**42**(2)，129-142 (2007)。

3) Senlin Lu (呂森林)ら：Mineralogical characterization of airborne individual particles in Beijing PM10, *Journal of Environmental Science*, **18** (1), 92-97 (2006)。

4) 呂，米持，王，竹内ら：中国上海市における大気中粗大・微小・超微小粒子の物理化学的特徴，環境科学会2008年会要旨集，218-219。