

### 高良和武先生を偲んで

雨宮慶幸（東京大学 名誉教授）

フォトンファクトリーの初代施設長、日本放射光学会の初代会長を務められた高良和武先生（写真1）が、本年1月31日に97歳でご逝去されました。2月9日に告別式が行われましたが、その日は高良先生の満98歳の誕生日でした。4月上旬には、数えて99歳をお祝いする白寿祝賀会を予定していて、新元号に関する話題も含めて、高良先生と色々とお話しができることを楽しみにしていただけに、残念でなりません。

一年前の同日（1/31）のほぼ同時刻に奥様の芳枝様のご逝去された、ということをご子息の和晶（かずあき）さんからお聞きし、高良先生ご夫妻の深い絆が感慨深く思い起こされました。

昨年11月4日には毎年恒例の「高良先生を囲む会」を学士会館で行い、高良先生はとてもお元気な様子で3時間余りの会に最後までご参加され、楽しい一時を過ごしました。その後の11月末に体調を急に崩され入院されたとお聞きしました。丁度二ヶ月間のご入院でした。診断は老衰とのことでしたので、高良先生は天寿を全うされたのだと確信しました。

この記事の後に、高良先生が2012年に書かれた「放射光実験施設誕生の頃の裏話」が掲載されています。是非、ご一読下さい。PF建設の頃の3年間（1979.4～1982.3）、私はポスドク（日本学術振興会奨励研究員）として、PF入射器棟の上流付近にあった旧クラブハウスの宿舎に住んで、PF建設作業に携わっていました。高良先生は、PFスタッフが昼夜兼行で頑張っている建設現場に足繁く通われました。PFスタッフに寿司や菓子等を差し入れするため



写真1 在りし日の高良和武先生（2016年、「高良先生を囲む新年会」にて）

で、それが高良先生の日課のような感じでした。その折には、何故か私が誘われ、高良先生と一緒に買い出しに行くのが常でした。私は「食べることに関心が強い」と高良先生から認識されていたようで、食料の差し入れの量や種類に関してのアドバイスが期待されたのだと思います。高良先生はPF建設に取り組んでいるスタッフを励ましたいと心の底から思っておられると、肌身で感じました。皆さんに頑張ってもらうために、僕にできることは『差し入れ』ぐらい。と、笑顔で語られながら、スタッフを励ます高良先生の姿が今でも脳裏に蘇ります。告別式の時に和晶さんが次のように語られていました。「私は父と仕事分野が全く違うので、父の仕事のことは何も分かりません。ただ、父は、『多くの研究者が喜んで使える、世界一流派な実験装置を実現したい。』といつも話していました。」

高良先生のご専門は、「動力学X線回折理論とその応用研究」で、シリコン等の完全結晶を用いた精密X線光学系の開発とその応用（X線トポグラフィ法を用いた半導体中の格子欠陥を可視化する研究）です。私が卒論で高良研究室に配属された時（1973年5月）は、高良先生はPFの建設に向けた活動で忙しく、高良先生にお会いできるのは週に一度の高良研コロキウムの時のみでした。私の卒論は、「小角X線散乱を用いた筋収縮機構の解明」に関するテーマで、医学部に出入りしていたので、動力学X線回折理論は不勉強で、コロキウムの内容は分からないことだらけでした。そんな訳で、高良研コロキウムで研究室のメンバーが紹介した研究内容は、今では殆ど覚えていません。しかし、今でもはっきりと覚えていることは、高良先生が2年間（1955.9～1957.12）、ドイツのフリッツ・ハーバー研究所に客員教授として滞在された時の数々のエピソードです。ちなみに、フリッツ・ハーバーは空気中の窒素からアンモニアを合成するハーバー・ボッシュ法を発明したことで知られるノーベル化学賞受賞者です。

高良先生から、ドイツ滞在中に深い交流のあったラウエ先生（当時、フリッツ・ハーバー研究所長）とのエピソードをよくお聞きしました。ラウエ先生は皆さんご存じのマックス・フォン・ラウエ（1879-1960）で、1914年にノーベル物理学賞を受賞した方です。

高良先生は、「ラウエ先生は知的好奇心が大変に旺盛で、コロキウムの時はいつも一番前の席に座り、発表者に色々な質問をして熱心に議論を交わっていて、その姿が大変に印象的でした。」と言われていました。そう言われる高良先生の高良研コロキウムでの姿勢と熱心さは、高良先生の語られるラウエ先生の姿勢と熱心さそのものなのは、といつも思っていました。また、「ラウエ先生は、『愛することを学びなさい』、『勇気を持ちなさい』といつも語っていた。」と高良先生からよくお聞きしました。ナチ支配のドイツの政治状況を経験したラウエ先生の心から出る言



写真2 後列左から、高良先生、ラウエ先生、ゲハルド・ボルマン先生（フリッツ・ハーバー研究所）、前列左から、ラウエ夫人、高良夫人（1957年、ベルリンにて）

葉であった、とのこと。写真2は、ドイツ滞在中の高良先生ご夫妻とラウエご夫妻の写真です。

高良先生を通して聞いたラウエ先生の「愛することを学びなさい」、「勇気を持ちなさい」という二つの言葉が、高良研コロキウムで私の記憶に最も残っている言葉です。高良先生の生き方は自然体なので、その言葉を特にご自分の座右の銘にしていた訳ではないと思います。しかし、高良先生の生き方や私達に接する先生の姿そのものが、その言葉に通じていたので、私の心に深く残ったのだと思います。研究や人生に関する言葉のインパクトは、その言葉を語る人の生き方や人柄に大きく依存する、とつくづく実感させられます。

高良先生に出会えたこと、多くのことを教えて頂き大切なことを学ぶことができたことを、心から感謝しています。在学中はもとより就職後も、研究に行き詰まったり元気が出なくなった時に、高良先生から頂いた励ましの言葉と笑顔が、私にとって大きな心の支えでした。

高良先生、本当にありがとうございました。天寿を全うされた高良先生のご冥福を心からお祈り致します。

第 29 回 PF シンポジウム PF30 周年記念講演①

放射光実験施設誕生の頃の裏話

KEK 名誉教授 高良和武

放射光実験施設のストーレージ・リングから最初に放射光が取り出されてから、30 年になります。施設は常に、第一線の研究施設として活動して居り、またこの度は、新しい計画の話の聞き、嬉しい限りでした。

ビームが取り出される前に、10 年ばかりの準備期間といえますか、胎動の期間がありました。その頃の裏話を、お話ししたいと思います。

1960 年代の半ばごろ、ドイツとフランスの連合で、研究用の原子炉を作り、そこで発生する中性子を使い、回折を中心とした研究を行おうという計画の話しが、聞えて来ました。あの頃、金をかければ、大出力の X 線発生装置が出来るだろうと語り合あったことを思い出します。

その頃、X 線回折の研究者は、X 線トポグラフィや、構造解析のために必要な回像を撮るために、X 線強度の不足に悩まされていました。一応、満足できるトポグラフの写真を撮るのに、10 時間ぐらいかかり、また簡単な蛋白の構造を解析するために、必要な回折写真を撮るのに、一年位かかるという時代でした。

“大出力 X 発生装置の研究”というテーマで、1971 年度(昭和 46 年度)の科学研究費を受けました。その可能性として、“回転対陰極型 X 線管、レーザー、電子軌道放射”の三つが上げられました。比較検討の結果、電子軌道放射が断然、強いことが分かり、之を使って、大出力の X 線発生装置を造り、いろいろな分野で使おうということになり、その計画はフォトン・ファクトリー計画と呼ばれました。

1973 年 4 月、九州大学で開かれた物理学会で、そのシンポジウムが開かれましたが、会場は一杯になりました。そのシンポジウムの後で、X 線、電子線の研究者の間では、名大の加藤範夫さんが、「騙された積りでやりましようよ。」と言われたと聞きました。先輩の先生からは、「皆、信じ始めたよ。責任があるぞ。」と言われました。

世話会が造られ、さらに懇談会となりました。伏見康治先生から、「日本学術会議からの勧告を受けるのがよい。」と教えていただきました。当時、先生は学術会議の副会長、間もなく会長になられました。先生は計画の意義を理解して下さり、文部省\* の関係筋に、話して下さっているということを知りました。(\* 当時は、文科省はなく、文部省と科学技術庁に分かれていました。)

学術会議で、審査を受けるためには、SOR とか、電子軌道放射、電子シンクロトロン放射に代わる、短い、適当な言葉を考えようということになり、懇談会の集まりの時の投票で、放射光という名前が決まりました、放射と光

と、同じような二つの言葉が、重なるという批判もありましたが、語呂がよいので、定着しました。その頃、台湾に行きましたが、台湾では同歩光と呼んでいました。巧い言葉だ、さすが漢字民族と感心したことを覚えて居ます。姫路の SPring-8 では、研究所の正式の名前を“高輝度光科学研究センター”というように、放射光が、高輝度光となっています。

その頃、日本では、研究所が沢山できました。設立に当たっては、計画は先ず日本学術会議の部会(法学、経済、医学、工学、理学など)の下部組織である物理、化学、生物などの個々の研究連絡委員会の一つから提案された後、総会で審議され、最終的に学術会議が設立を政府に勧告するという事になっていました。我々の場合、先ず、学術会議の下部組織である、物理学研究連絡委員会、さらにその下部組織である物性小委員会で審議されました。

そこでは、巨大科学に対する反感、反対や共同利用に対する不信がありました。巨大科学では、個人は大きな歯車の一つの歯になり、個性が失われる。共同利用と称して、高価な設備を購入するが、一部の人が独占する。というような理由でした。我々は、これらの反対理由に対して、そ



PF 光源棟建設前の様子



ライナック建設現場の視察風景 (1978 年)

うならないように注意すればよいと考えました。

この案は、物理のみならず、化学、生物などの研究連絡委員会では審議の後、賛成され、最後の4部（理学関係）からの提案となり、1974年10月、放射光総合研究所として学術会議から政府へ勧告されました。

次の課題は、どこに造るかということでした。原子核研究所のあった田無、物性研究所のある六本木、さらに、分子研生物、基礎生理研究所のある岡崎などが候補地となりましたが、結局、筑波の高エネルギー物理学研究所の敷地内に造ることになりました。高工研では、その頃、陽子加速器の建設が終り、いよいよ実験を始めようという時で、難色を示す人たちも居たようですが、当時の所長の諏訪繁樹さん、主幹の西川哲治さんたちの理解により、受け入れが得られました。そこには、加速器の専門家が大量に居て、助けて貰いました。始めは、加速器のグループと共用ということを考えていましたが、最終的には、放射光専用ということになりました。

世話人会から懇談会に名前を変えた時、会則を作ろうという意見がありました。僕は、荘子の混沌\*の話しを持ち出して、細かい会則作りは時期尚早として止め、大きな方針だけを定めることにしました。その方針は、次のようなものでした。(1)測定装置の製作に当たっては、物理、化学、生物というような学科による分類はやめる。(2)スタッフの役割は、装置の設計、開発である。(3)個人の研究者でも使えるようにする。

-----  
\* 混沌の話しとは、中国古代の思想家、荘子の教えで、次のような話しです。「昔、肅と忽という二つの国の王が、混沌という国を訪ねたが、混沌の王の手厚い持て成しを受けた。肅と忽の王は、混沌の王に何かお礼をしようと相談したが、混沌の王には、目、鼻、耳と口の七つの穴が無いので、それを付けてあげようということになり、先ず目と鼻を付けたら、混沌の王は死んでしまった。」という話しです。  
-----

混沌の話しは、我々の間で有名になり、佐々木さんから、クワンタム・メカニクス（力学）をもじって、コントン（混沌）力学と言われました。

学術会議で放射光総合研究所として勧告された研究所は1978年4月、文部省により、高エネルギー物理学研究所の放射光実験施設として認可されました。建設当時、研究者に必要な道具は、棍棒と懐中電灯と長靴で、我々は、三種の神器と呼んで居ました。棍棒は野犬を追い払うため、懐中電灯は、高工研のキャンパスも外の東大通りも暗かったので、必要でした。長靴は、雨が降ると、当時、道路は舗装されて居らず、すぐ、ぬかるみになるので、必要でした。

「判子と辞表を持っています。皆さんは、自由にやって下さい。責任は僕が取ります。」と言ったら、後で、「あんな物理学者が居るとは...」と話題になったそうです。

実験施設は、線形加速器、貯蔵リング、光源棟の三つの系に分かれ、それぞれの主幹として田中治郎さん、富家雄雄さん、佐々木泰三さんが居ました。それぞれ、個性的な侍で、すぐれたリーダーシップで複雑で困難な仕事を遂行

されました。それぞれの系には、木原元央さん、山川達也さん、佐藤勇さん、佐藤繁さん、神谷幸秀さんたち優秀で元気な若い人たちが居ました。

放射光実験施設では、世界に誇る、ユニークな装置が、多数、造られました。例えば、超高圧、高温の装置は、当時、無機材研に居られた下村理さんたちにより開発・製作されましたが、後に同種のものでスタンフォードやハンブルグの施設にも輸出され、その据え付けや使い方の指導に、下村さんが行かれました。また、垂直ウイグラーについては、このシンポジウムで佐々木さんの講演がありますが、山川さんたちにより造られ、世界に誇る独創的なものでした。

神谷さんは、スタンフォードに一年、留学しましたが、その頃、私は何回か、スタンフォードを訪ねましたが、ドクター・カミヤは理論も実験も良く出来ると絶賛して居り、それを聞いて私も誇らしく、嬉しかったことを覚えています。

貯蔵リングが完成して、電子を回すと、周回軌道が、理論より僅かにずれる時がある。詳しく調べると、晴れた天気の良い日に起ることが分かりました。天井の屋根の上に、熱の不導体を置いたら、この問題は解決しました。このことについての一部始終は、富家さんたちの作ったアニュアル・レポート（差し替え、補充自由のファイリング形式）に書いてあり、海外でもよく読まれて居たようです。天井



PF 光源棟建設の様子（1980年）



現在のPF 光源棟

は、リングの部分と構造的に分離すべきだと言う結論でしたが、後日、ベルリンで製作中のリングを訪ねましたが、そこでは、分離されており、PFのレポートを読んだからと、いって居ました。

線形加速器の導波管のユニットになる銅のチューブの接続部は、精密仕上げされ、隣同士の銅チューブは、熔接されず、直接、接着された後、外回りをメッキするというものでした。スタンフォードでも、その後、韓国で作られた線形加速器の導波管でも、要素になる銅のチューブは一つ一つ熔接していました。

実験棟については、先ず温度を一定になるようにしました。広い空間を、恒温にするということは、当時、文部省の施設では珍しいことでした。富家さんから、「物性の研究者たちは、ワイシャツにネクタイで、背広を着て実験をやる気か？夏は禪1枚でやれ。」と、悪口を言われましたが、僕は「恒温は人間の為ではなく、精密機械の為に必要だ。」と反論し、実験棟の恒温を実現しました。その頃、しばしば、仲良く口論をしました。実験棟を静かにすることにも、気を配りました。ドイツのハンブルグの研究所を訪ねたとき、煩いのに驚きましたが、研究者が、「長時間、仕事をすると頭痛がするので、耳に栓をしている。」と言ったことを思い出しました。壁や床が、音を吸収するように、また送風ダクトの騒音を抑えるように、いろいろ対策をたてました。

光源棟の拡張、満月計画（理由：建前と本音、将来は産業界利用のため、当時はタブー、大蔵省の主計局長の見識）ビームライン12→20個（光源棟の幅をひろげる、予算は総面積幾らで来ているので、長さが短くなった。）。

1960年代の終り頃、猖獗を極めた大学紛争の名残で、産学協同は当時タブーでしたが、それを破りました。私は、その頃、完全結晶におけるX線・電子線の回折現象を研究していましたが、それは半導体結晶の評価に有効なので、日立、三菱、富士通、電々社の研究者たちと学術振興会の産学協同研究会の一つ、“半導体結晶の評価”という委員会で共同研究を進めていましたが、それぞれの会社に自前のビームラインを造ることを提案し、それを実現しました。

省庁の壁も破りました。その頃、霞が関では、相手の省に文書を届けに行くのは、頭を下げることになるので、省庁間の文書は、道路で交換していたそうです。無機材研の高圧装置が搬入されたときは、新聞種になりました。電総研は、車で20分の距離にありますが、始めは、一々、出張届が必要だったそうですが、それを止めてもらいました。ずっと後になって、文部省のお役人から、“高良先生は無茶を言うので、困りましたよ。”と言われましたが、その頃は若氣？の至りで、夢の実現には、少々規則破りは止むを得ないと思っていました。

陽子加速器の建設時には、建設予算と人員の比率は、一般の国立研究所の平均に比べ、ほぼ3分の1といわれました。放射光施設の場合、陽子加速器の場合の更にほぼ3分の1でした。全国の国立研究所の平均に比べて、ほぼ10

分の1に相当しました。

建設時のスタッフの頑張りや、壮絶でした。「頭より体力だ。」といった人もいました。スタッフで胃潰瘍になった人が、何人か居ました。疲れを取るのに、夜、酒を飲むようになった為ということでした。田中治郎さん、「最近の若者は、働き方を知らない。」と慨嘆しましたが、後に、ご自身も胃潰瘍になり、入院されました。富家雄さん、歯を痛め、病院に通い、白髪も増えました。

貯蔵リングが完成して、いよいよ線形加速器からの電子をリングに打ち込んでも、電子が回らない。ライナックとリングを繋ぐチューブが細すぎたからだ、リングの形が楕円形で対称性が低いからだ...など、いろいろな原因を言う人が居ましたが、解決策は立てられませんでした。真夜中でしたが、ライナックの副主幹の佐藤勇さんが、にぎり寿司を持って陣中見舞いにやって来て、「リングの電子軌道に沿って置かれた偏向磁石の電極の符号、プラス、マイナスが逆になって居ないか一度、調べて見たら。」と提案しました。リングのスタッフ達は、そんなことは絶対に無いと憤慨しましたが、最後に佐藤さんも付き添って、実際に調べて見たら、全周の4分の1の磁石の電極の符号が逆になってた居たことが分かり、それを直したら、首尾よく電子は廻りました。符号の間違い？と考えたのは、佐藤さん自身の線形加速器での経験からでした。主幹の田中さんは、ライナックでも符号の間違いが2回あったと言いましたが、佐藤さんは「実際には、もっと、あったが、田中さんに言わなかっただけです。」と笑って居ました。

筑波の公害研究所所長の近藤治郎先生とは、常磐線で東京に帰る時、屢々ご一緒になりました。（先生とは、筑波に来る前、共に東京大学の工学部に勤めて居ました。）あるとき、電子の回らなかった件の一部始終をお話ししたら、先生から初期不良ということを学びました。新しい航空機が出来上がると、不具合を調べるために、空に飛び上がる前に、陸上を長い間、時には1年以上も走らせる。飛び上がってから不具合が見つかったら、遅いですからねということでした。

立派な施設が、短期間に出来たというので、海外でも、評判になりました。フランスの大統領のミッテランも視察



ミッテラン仏大統領視察の時に行われた対面式。手前側に座っているのが著者（1982年4月17日）。

にやってきました。「大統領は、筑波にある研究所を見たいと言っている。」と外務省の役人が言うので、通産省の電総研かと思って、連絡しようとしたら、そうではなく、文部省の研究所だということが分かり、高エネ研に連絡がありました。陽子加速器のグループは自分の所だと初め喜びましたが、放射光施設だと聞いてガッカリしたと聞きました。続いて、首相の鈴木善幸氏もやってきました。間もなくパリで開かれる予定のサミット会議で、フォトン・ファクトリーが話題になるだろうから、我々も見て置かねばということのようでした。

イギリスの科学行政に携わる教授もやってきました。「イギリスでは、金曜日の夜に装置が故障したら、修理はテクニシャンの仕事なので、サイエンティストは彼等が月曜に出てくるまで待たねばならない。労働組合が煩いので、技術的なことは彼等にまかせねばならない。然し、日本の研究者は、何時、サイエンスをやるのだろうか？」と言いました。

綺麗な仕上げに（壁や床などの）、ロシアの学者が感心しました。後日、私はロシアに行き、ノボシビルスクとモスクワの放射光の施設を見ましたが、仕上げが粗末なのに驚くとともに、彼等のPFでの感想を納得しました。

光源棟に、約20個の測定装置が据え付けられ、いよいよ実験を始めようという頃、多くのVIPが視察に来られました。物理学界の大先輩である茅誠司先生、伏見康二先生、小谷正雄先生も来て下さいましたが、茅先生から「これまで多くの研究所を見て来たが、こんなに感激したことはなかったよ。多くの研究者が力を合わせて、よく造ったものだ。」と褒めて頂きました。伏見先生は「作った仏に魂を居れるように。」と言われました。

山下勇さん（元三井造船の社長で、当時、造船学会の会長、後にJR東日本の社長）も来られました。線形加速器の展望台の上で、「こんな巨大で精密な装置を、物理学者の皆さんが作られたのには、感動しました。」と言って、深々と頭を下げられました。行政改革委員会の参謀役の瀬島龍三氏も来られました。「こういう装置を造る為に、行政改革委員会はあるのですよ。必要な金と人は、遠慮なく要求下さいよ。委員長の土光さんにも言うておきますよ。」



Photon Factory 完成時（1983年）の1コマ。左より伏見康二先生、小谷正雄先生、茅誠司先生、西川哲治主幹、著者。

と励まして貰いました。会計検査院の局長も来られました。私が、予算の関係で、光源棟も未完成で、ビームラインも一部しか造れないで居ると話したら、「施設の予算をもっと、増やすべきだ。と報告しておきますよ。こういうのを、我々は協力闘争と言います。」と予想外の言葉を聞きました。会計検査院の主な仕事は、予算の無駄使いを指摘することだと思って居ましたから。某研究所の事務局長も視察に来ましたが、「我々の所では組合が煩く、深夜遅くまで自発的に働くなんて、考えられませんよ。」と零していました。

皆が力を合わせて奮闘した結果が、多くの人に認められ、研究者として冥利に尽きると思いました。



高良和武先生著作の「未知への旅」



PFシンポジウム「30周年記念講演」の中で、「放射光実験施設誕生の頃の裏話」を講演中の著者。

## 共鳴 X 線散乱の軟 X 線領域への研究展開における四方山話

放射光科学第一研究系 中尾裕則  
物質・材料研究機構 山崎裕一

### 1. はじめに

強相関電子系の多彩な物性の背後には、電子の持つ自由度である電荷・スピン・軌道・多極子などの多様な秩序状態が存在している。したがって、これらの物性の発現機構を理解する上で、電子の秩序状態の解明が重要となっている。ここで「共鳴 X 線散乱 (RXS)」は、原子の吸収端を利用した X 線散乱実験であり、吸収端を選択することで、元素・軌道選択的に物性を支配する電子の秩序状態が解明でき、強相関電子系の研究において広く利用されている。しかしながら、実験に利用する X 線エネルギー (吸収端) は、観測したい元素・電子軌道で決まってしまうため、これまでの硬 X 線領域に加えて、軟 X 線領域での研究展開が必要となった。例えば、超伝導・巨大磁気抵抗効果・巨大電気磁気効果などの多彩な物性を発現する  $3d$  遷移金属酸化物において、機能を担っている  $3d$  電子状態を直接的に捉えるためには、軟 X 線領域にある  $L_{2,3}$  吸収端 ( $2p \rightarrow 3d$  遷移) を利用する必要がある。また実際に軟 X 線領域での実験を行うと、単に直接  $3d$  電子状態が観測できるだけでなく、その共鳴信号は桁違いに強く、磁気信号までもが観測されている。さらに世界的には、その強い強度を生かした高エネルギー分解能の共鳴軟 X 線非弾性散乱装置が次々と建設され、中性子散乱でない観測が難しいとされてきたスピン波の観測まで達成されている。

このような背景のもとで、我々は軟 X 線領域での RXS 実験用の真空中 X 線回折計群 [1] を立ち上げてきた。しかしながら、それまで利用してきた硬 X 線領域での実験から、軟 X 線領域に切り替わることで生じた幾つもの問題に直面した。後になって、原因が分かれば当然の事となるが、当時は色々悩まされた。今回、原著論文には記載しないような実験上のノウハウ的な内容を執筆する機会を頂いたので、ここに紹介する。

### 2. 真空

軟 X 線を利用した実験では、X 線の侵入長が短くなり、実験装置も、試料回りも、検討が必要となった。特に、低温での電子の秩序状態の解明を目指しており、冷却に伴う試料表面への水や気体分子の吸着という意味で、真空は重要である。もちろん、真空度は高ければ高いほど良いが、真空対応でなかったり、ベーキングできない機器も搭載する必要があった 2 軸回折計では、到達真空度が制限された。新たな装置を建設する前に、我々は共鳴信号が観測されている良く知られた系での予備実験を行った。その結果、装置の真空度が  $10^{-4}$  Pa 台での低温実験に成功した (ちなみに冷凍機で試料を冷却すると、装置の真空度は当然良くなり、 $10^{-5}$  Pa 台であった)。一般的な軟 X 線領域の実験

である電子収量法による吸収測定で低温実験を行うには  $10^{-6}$  Pa 台での実験が要求されるが、今回は電子でなく X 線を検出する実験なので、この程度の真空度でも大丈夫なのだと判断した。また真空排気として、ターボ分子ポンプ (TMP) とロータリーポンプ (RP) の組み合わせを、予算の都合もあり選択した。この組み合わせは、PF の軟 X 線ビームラインでも良く使われており、大丈夫だと判断したのである。これら 2 つの判断が、後の実験に大きく影響した。

### 2-1. オイルの吸着

放射光実験では、X 線照射に伴う試料ダメージの問題があり、実験後、X 線照射領域の試料の色が変わることは良くある。しかしながら、我々の低温実験後の試料表面を調べると、試料自身が変質しているというよりは、何かが焦げ付いているように見えることがあった。最も問題となった実験が、磁気スキルミオンの観測 [2, 3] であった。この実験では、X 線が試料を透過する配置で実験を行うために、収束イオンビーム加工装置により約 200 nm の厚さの薄片試料を作製し、ピンホールの上に設置する (図 1(a) 左側)。また、試料の隣にはホログラフィ実験用のピンホールも設置された (図 1(a) 右側)。まず室温で、X 線が試料を透過するように試料と X 線ビーム位置を調整した。次に、低温かつ磁場印加により磁気スキルミオン格子が出現する系の測定なので、試料を透過する X 線強度をモニターしながら冷却したところ、この X 線強度が数時間程度でどんどん弱くなっていくことが判明した。実験終了後、試料の状況を走査型電子顕微鏡 (SEM) 像で確認したが、図 1(b) である。ちょうど X 線が試料を透過していると期待される場所に丸い痕ができていた。右側のピンホール部も、異物が詰まっており、これが X 線照射によるオイルの焦げ付きと考えられ、冷却に伴う X 線強度の減衰の原因である。

結局、ビームラインでは  $10^{-7} \sim 10^{-8}$  Pa 台で TMP+RP が利用されているが、今回のように  $10^{-4}$  Pa 台となると、RP のオイルがチャンバー側に相当入り込んでいると考えられる。実際、磁石部を液体ヘリウムで常に冷却して実験を行う超伝導磁石搭載回折計では、オイルが磁石に付着していることが、改修時に判明した。その後我々は、RP の利用は止め、ドライポンプを利用している。

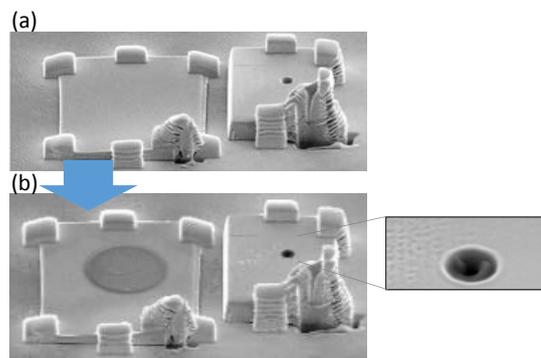


図 1 (a) 実験前。左側の四角が試料。右側はホログラフィ実験用のピンホール。(b) 実験後。ピンホール部の拡大図。

## 2-2. 水の吸着

上述したように、装置の真空度が  $10^{-4}$  Pa 台で、試料を冷却し、共鳴信号を観測することは可能だった。しかしながら、信号強度の温度依存性を測定したとき、再現性のない実験結果が報告された。当時、真空度などのモニターシステム (STARS [4]) を導入していたので、実験中の状況を確認してみた。一例として、ある共鳴信号強度の温度依存性の結果を、図 2(a) に示す。温度上昇させると 160 K に向けて、信号強度が急激に弱くなり、180 K で強度が復活する特異な振る舞いである。図 2(b), (c) に、試料温度と真空度の時間変化を示す。すると、120 K 辺りから真空度が悪くなり始め、180 K 辺りで真空度がかなり悪くなっていることが判明した。この結果から、試料の温度を上昇させると、冷凍機のクールドヘッド部の温度が熱勾配を持ちつつ上昇し、冷却時に吸着したガスが徐々に気化し、このガスが試料表面に再吸着することで散乱強度がある温度領域で弱くなること、さらに試料温度が上昇すると、ガスが試料表面から再度気化し散乱強度が復活することが考えられた。一方、試料の冷却時は、必ず試料温度より冷凍機のクールドヘッドが先に冷えるので、ガスはクールドヘッド

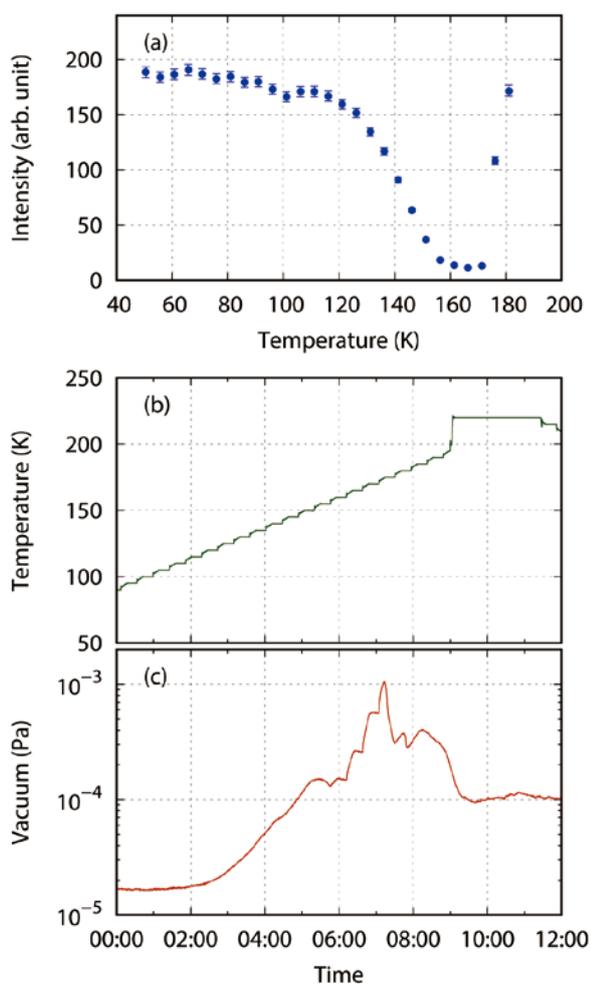


図 2 (a) 散乱強度の温度依存性。実験時にモニターした試料温度 (b) と真空度 (c) の時間変化。

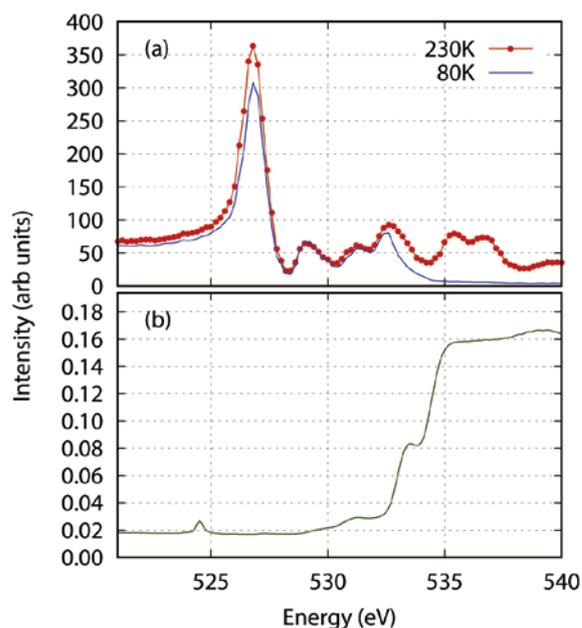


図 3 (a) BL-16A で測定したある散乱強度の温度依存性。(b) 水の蛍光スペクトル。

側に主に吸着され、試料表面には実験の問題になるほどのガス吸着はなかったというわけである。

次に、試料表面へのガス吸着により信号が消えることはないものの、エネルギースペクトルが影響を受けた例を紹介する (論文では、なかなか出せない結果である)。酸素  $K$  吸収端近傍でのある共鳴信号のエネルギー依存性を図 3(a) に示すが、230 K と 80 K のスペクトルの違いに注目して欲しい。534 eV より高エネルギー側の信号が、80 K のデータで非常に弱くなっている。図 3(b) には、実験上のトラブルで明らかに水が吸着してしまったときに測定された水の酸素  $K$  吸収端での蛍光スペクトルを示す。図 (a), (b) を見比べるとわかるように、試料表面に吸着した水の吸収が大きくなるエネルギーから、図 3(a) の 80 K の信号強度が弱くなっている。このように、装置の真空度が  $10^{-4}$  Pa 台での低温実験は、問題であった。ちなみに現在は、装置の真空度が  $10^{-5}$  Pa 台で低温実験を行っている。この条件で、試料温度を上げ下げすると真空度の変化は観測されるものの、図 2(a) のスケールでの強度の温度依存性には実験精度の範囲で異常は観測されない。たった一桁の真空度の違いではあったのだが、最初の判断ミスは大きかった。

## 3. 冷凍機

多様な電子秩序状態を観測する上で、冷凍機の到達温度は実験の可否を決める重要なパラメータである。しかしながら、放射光 X 線は非常に強く、X 線ビームを照射することで試料温度が上昇してしまい、極低温領域 (4 K 以下) の実験は硬 X 線領域でも簡単ではない。さらに軟 X 線を利用した実験では X 線の侵入長が短くなることで、ここでも問題となる。一般に、冷凍機で低温にするためには、外部

からの熱輻射を輻射シールドを用いて抑えることが重要となる。ところが軟X線は、この輻射シールドを透過させるのが難しく、輻射シールドにX線の出入口となる窓を開ける必要がある。一方、単結晶を用いた回折・散乱実験では、試料に対するX線の入射方向と散乱X線の出射方向は状況により変化するため、なるべくX線窓は広く開けておきたい。また、装置の真空度を低温実験のための  $10^{-5}$  Pa 台にするには、それなりに時間がかかるため、複数の試料を冷凍機に搭載できるようにしたいという要望もある。そこで、必要とされる到達温度に合わせて、冷凍機に搭載できる試料の数、つまり輻射シールドの窓の大きさを決めることとした。作製した冷凍機が安定して冷えるようになるまでは、時間を要したが、軟X線の利用により生じる問題ではないのでここでは最終的な結果のみ紹介する。

真空中の2軸回折計ということで真空チャンバーが大きいことや、試料の回転、位置調整のためのXYZステージが搭載されているので、首の長さが1m以上あるヘリウムフロー型冷凍機を製作した(図4(a))。図4(b)が試料・コールドヘッド部の拡大図である。コールドヘッド部は、液体ヘリウムで直接冷やされ、液体ヘリウム温度4.2Kとなる。輻射シールドの窓の大きさの調整には、アルミ製の輻射シールドのX線窓に、アルミテープを張り付けることで調整することとした(図4(c)(d))。まず、輻射シールドの窓をすべて閉じて冷却し、試料位置の温度が4.2Kになることを確認した。続いて窓を、1か所、2か所と1つつつ開けると、試料温度が2Kずつ上昇していくことがわかり、X線窓の大きさと到達温度がほぼ比例関係となっていることを実験的に示すことができた。期待された結果ではあるが、熱輻射の影響の具体的な到達温度の違いとしての評価は、冷凍機開発の上で貴重な結果となった。ただし、ここで評価できたのは試料ホルダー部の温度であり放射光照射時の信号に寄与している試料部分の温度は、試料自身の熱伝導にも依存するので注意が必要である。これらの結果をもとに、必要な到達温度に応じた冷凍機の利用ができるようになってきた。また最近、より低温での測定を目指し、窓サイズをさらに制限した実験を実施した。その結果、



図4 (a) He フロー型冷凍機の全体像。(b) 試料・コールドヘッド部の拡大図。輻射シールドを取り付けた状態で、開いているX線窓の数が(c)5か所。(d)3か所。

転移温度6Kの系の秩序変数の温度依存性の測定に成功した。このように輻射シールドのX線窓サイズを制御することで、必要な温度での実験ができることが分かった。

続いて、首の長い冷凍機の上部からの振動が直接試料に伝わらないタイプの冷凍機を作製した。この場合、コールドヘッドの熱をワイヤー伝えることで試料部を冷やす必要があるが、X線の窓が1か所の場合に8K以下まで冷やせるものが出来上がっている。

#### 4. X線検出器

軟X線領域での実験を始めるにあたり、X線検出器として何を採用するか悩んだ。当時、同種の実験には、フォトダイオード(PD, 図5(a)), マルチチャンネルプレート(MCP, 図5(b)), CCDカメラが利用されていた。しかしながら、微弱な共鳴信号を捉えるためには、1光子検出が可能であることが期待される。まずPDは、硬X線領域での実験でも  $10^5$  cps より強い時に使われ、軟X線領域でX線エネルギーが低くなることも考えると、RXS実験の主検出器とは考えられない。MCPは、軟X線領域で良く使われているが、1光子検出できるのか分らなかった(その後の実験で、100光子当たり1カウント程度となることがわかった)。また、その利用にあたり高真空であることが望まれ、上述の真空問題のこともあり、1光子検出できる他検出器の利用を検討した。さらにRXSは、原理的に吸収端近傍での実験であり、いかにバックグラウンドである蛍光X線を除去して、観測したい共鳴信号を捉えるのが重要となる。実際、硬X線領域でのRXS実験では、エネルギー分解して測定が可能なシリコンドリフト型X線検出器(SDD)が利用されている。少し脱線するが、バックグラウンドである蛍光X線を落とし、観測したい共鳴信号を観測する上で、試料とX線検出器との間に4象限スリットを入れることも、硬X線領域での実験における常套手段である。しかしながら、真空中の回折計上に4象限スリットを設置することは大変であり、世界的にも4象限スリットを設置した同種の回折計はなかった。我々は、軟X線での実験であることを考えていないと言われるような大きな真空チャンバーで2軸回折計を建造し、回折計の上に4象限スリットを搭載させ、現在はバックグラウンドの軽減に重

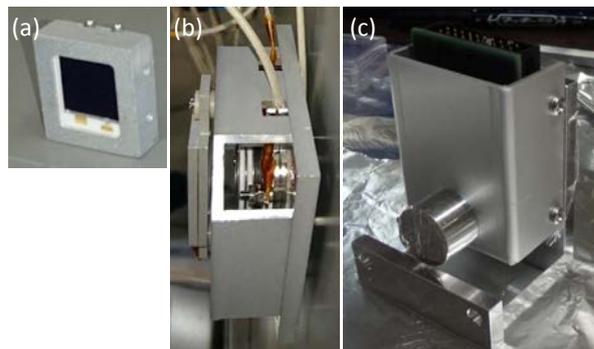


図5 (a) フォトダイオード、(b) マルチチャンネルプレート、(c) シリコンドリフト型X線検出器。

宝している。話を検出器に戻すと、軟X線領域でもSDDは利用されているので、何としてもSDDを使いたいと考えた。ただし、軟X線領域で利用されていたSDDは、真空フランジに差し込んで利用するタイプのみで、散乱角が変化していく信号を追いかけて実験する必要のあるRXS実験では、SDDの受光部だけでなく、プリアンプ部まで、真空中に入れる必要があった。さらに硬X線領域でのSDDでは、S/N良く信号を捉えるために素子が冷却されている。ところが、検出器を真空中で利用するためには、ファンによる空冷は使えない。このような背景のもと、軟X線領域のRXS実験用のSDDの開発をすることとなった。

まず、プリアンプ部を真空中に入れる必要があったが、上述の真空問題と関連して、超高真空に対応していない部品でも利用することとなった（そうでないと、メーカーに製作してもらえなかった）。SDD素子の冷却については、信号検出可能な範囲でなるべく冷却せず、排熱は回折計上で熱伝導で逃がす方針で、装置を設計することとなった。もし、排熱が逃がしきれない場合には、検出器の水冷が可能となるように回折計は設計した。ちなみに1号機のSDD素子は、排熱し切れず素子の温度が上昇し、さらに冷却しようとペルチェ素子が頑張ったために、数年で故障した（原因は特定できていないので、違うかもしれないが）。現在は、ペルチェ素子の出力を抑える回路を付加し、安定して動くようになってきた。完成したSDDを、図5(c)に示す。硬X線領域のSDDは検出器窓としてBeが利用されているが、可視光が真空チャンバー内に入り込んでくる

ことも考え、写真は遮光用の窓がついているものである。ただし、回折計側で通常の遮光をして、SDDで波高解析して測定していれば可視光の影響はほとんどないことが判明し、現在遮光窓は利用していない（ちなみに、CCDカメラの場合には、真空チャンバーを十二分に遮光し直し、真空ゲージの電源を切って、ようやく可視光の影響が無視できるようになった）。次に、SDDで測定したX線のエネルギースペクトルを図6(a)に示す。 $\lambda$ と示しているのが入射X線のエネルギーであり、それ以下のエネルギーに色々な元素の蛍光X線が入っていることがわかる。（ $\lambda/4$ の影響で、Cu K吸収端の蛍光が観測されていることもわかる）PDを使った実験では、すべてのエネルギーのX線を検出することとなり、図6(b)に示すように、バックグラウンドが高く、原因はわからないが、特定のエネルギーでピークになるようなノイズも存在する。一方、 $\lambda$ のエネルギーところにROIを設定して測定した部分収量蛍光スペクトル（図6(b)）は、PDと比較して、S/N良く蛍光スペクトルが測定できていることが一目瞭然である。こうして、現在の我々の回折計の主力のX線検出器が完成した。

## 5. おわりに

RXSの研究としては、観測に利用するX線エネルギーを硬X線領域から軟X線領域へと広げようとしただけであった。また、効率良く、優れた装置を製作しようと、軟X線領域の実験の専門家と相談しながら、著者らが硬X線領域でやって来た回折実験の良いところを取り入れた装置開発を進めてきたつもりではある。しかしながら、上述のように色々な事を経験することとなり、現在の回折計群として立ち上がるまでに時間がかかってしまった。これらの装置開発・研究に携わってもらった研究者や業者などの多くの方々に、この場を借りて、感謝申し上げたい。一方で、色々悩みながら進んだ研究の中から、軟X線領域でコヒーレントX線の利用が出来る事がわかってきた。次期光源でのコヒーレンス利用に直結する研究[3]が、PFでまさに出来始めており、今後の進展にも期待頂きたい。

## 参考文献

- [1] <http://research.kek.jp/people/hironori/beamlines/rsxs/>
- [2] 山崎裕一, 中尾裕則, 放射光 **30** (2017) 3.
- [3] 山崎裕一, 中尾裕則, PF News **36** (2018) 12.
- [4] <http://pfwww.kek.jp/stars/>

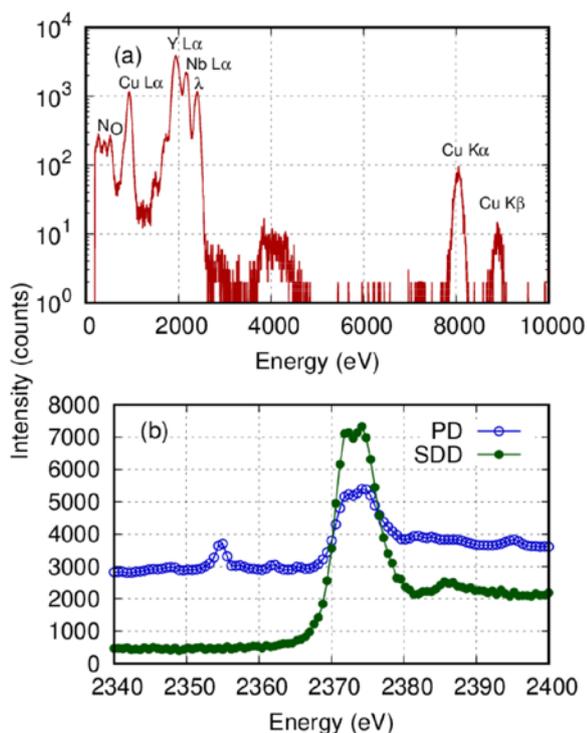


図6 (a) Nb  $L_3$  吸収端での蛍光測定時の、SDDによる入射X線のエネルギースペクトル (BL-11B)。 (b) PDとSDDで測定した蛍光スペクトル。

## BL-9C を利用した担持ニッケル酸化物 ナノクラスター触媒に関する研究

千葉大学大学院工学研究科 共生応用化学専攻  
博士後期課程 佐々木拓朗

私はこれまで、一國伸之教授のご指導のもと、担持ニッケル酸化物ナノクラスター触媒に関する研究を行ってきました。

ニッケルは卑金属の一つであり、貴金属代替材料として期待されています。本研究ではサステイナブル社会の実現を目指した触媒設計として、ニッケル酸化物を活性種とした触媒開発に取り組みました。このとき、ターゲットの触媒反応としてアルコール類の液相酸化的脱水素反応に着目し、酸素を酸化剤とし塩基の添加を必要としないクリーンな反応プロセスの設計を目指しました。しかしながら従来のニッケル酸化物の同反応への活性は低く、より高活性な触媒の開発が必要でした。そこで本研究では、より高活性なニッケル酸化物触媒の開発手段として、ナノクラスターの活用および担体の活用に着目しました。

ナノクラスターとは数個～数百個の原子から構成される数ナノメートルサイズの集合体であり、比表面積の増加による反応効率向上だけでなく、ナノクラスター特有の触媒機能発現が期待されています。特に、春田正毅先生によって開発された担持 Au ナノクラスター触媒が示す CO 酸化反応への活性は、ナノクラスターの特異的触媒機能の代表例として広く知られています。またこのとき、担体上に Au ナノクラスターを構築することもキーファクターであり、Au と担体の界面構造が活性発現に寄与することも見出されました。この様に、担体を活用することで新たな活性サイトや反応促進サイトが発現するという、活性種と担体とのシナジー効果も期待できます。

さて、このように高活性な触媒を得るためには様々な手段がありますが、触媒を作製するだけでなく触媒のキャラクターゼーションも同様に重要であります。作製した触媒における活性種の化学状態や構造を分析することで、なぜ活性が発現するのか、あるいはなぜ高い活性を示すのか等について有益な知見が得られます。これにより触媒の活性構造や反応メカニズムを解明することができれば、ニッケルのみならず他の元素を活用した触媒についても、新たな触媒設計指針を得ることにつながります。

ここで問題となるのは分析対象がナノクラスターという非常に微細な構造を有している点です。固体試料を分析して化学種や構造を決定する際、例えば粉末 X 線回折 (XRD) が一般的に用いられます。しかしながらこの方法の場合、回折を検出するためには測定対象の長距離秩序構造を必要とし、ナノクラスターに対し XRD によって構造解析を行うことは困難です。そこで強力な分析ツールとなるのが X 線吸収分光法 (XAFS) です。XAFS は XRD とは対照的に長距離秩序構造を必要としないため、ナノクラスターの分

析が可能です。また、各種解析ソフトを用いてデータ解析を行えば分析対象の価数や化学種だけでなく、配位数や結合距離といった局所構造に関する情報も得られます。このように XAFS を活用することで一試料に対して多くの、かつ詳細な知見を得ることができます。以上の特徴から、私は XAFS をキャラクターゼーションの柱として積極的に活用し研究を進めてきました。また、この XAFS 測定を行うために、高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設の BL-9C を利用させていただきました。

修士課程一年次に初めてマシンタイムを経験しましたが、まず KEK 施設全体はもちろんのこと、実験ホールの大さに驚いたことを今でも覚えています。放射光施設という巨大なスケールの測定施設を利用したことが無かったため、圧倒されつつも新鮮な気持ちでした。初めのうちは、終夜連続的に分析装置を操作し測定を行うということに慣れず、戸惑うことも多くありました。特に深夜から早朝の時間帯は疲れと眠気が押し寄せ、サンプルセットと測定の作業を辛く感じていましたが、必ず良いデータを持ち帰るという気持ちを持ちながら、一國教授や他の学生たちと協力し合い乗り越えていました。また、実際に測定装置に手を触れ、自分の手でサンプルをセットし測定を行うことで、より明確に XAFS の測定原理やデータ解釈について理解することができたと共に、マシンタイムの貴重さや測定の難しさを実感しました。マシンタイムでは一國教授と数名の学生でメンバーを構成し、測定を行っていました。現地へ向かう道中またはつくば市内で食事を済ませ、その後ドミトリリーにて前泊し翌朝から始まるマシンタイムに備える、というのがルーティンでした。移動中や測定中では普段よりも長い時間を教授と過ごすことになりましたが、研究だけでなく様々な内容の会話をするのができたという意味でも貴重な経験となりました。

博士後期課程一年次では初めて一人で測定する時間を体験しました。失敗できないという責任を感じつつも、一人で大きな分析装置を操っているという満足感も覚えしました。しかしながら、ビームダンプというトラブルに一人で遭遇した時は非常に焦りました。ビームが復旧するまでこちらとしては手の施しようのないことですから、今思い返せば焦る必要もないのですが、まだまだ未熟だった当時は焦りを抑えられませんでした。

時には辛いことや大変なこと経験もしましたが、XAFS を通して多くの貴重なデータを得ることができ、研究を大きく進展させることができました。例えば、シリカ担持ニッケル酸化物ナノクラスターにおいて、界面に存在する Ni-O-Si 構造がアルコール類の酸化的脱水素反応に対する促進効果を有することを見出しましたが、XAFS なしでは得られない成果であったと感じています。

KEK の放射光施設を利用した実験という、誰もが獲得できるわけではない環境下での研究活動は私を大きく成長させてくれたと感じています。恵まれた環境で研究を行えたことに深く感謝すると共に、今後のキャリアにこの経験を活かしていきたいと思っています。

## ある企業研究者が PF で高温ガス反応中の触媒構造を見た！～ビームタイムと会社タイムの共通点～

富士電機株式会社 村田尚義

2015 年度北海道大学大学院博士後期課程修了

2010 年の秋、社会人 3 年目だった私は、共同研究先である北海道大学 朝倉清高教授のご指導の下、蛍光 XAFS (X-ray Absorption Fine Structure) を用いた触媒の高温ガス反応中における構造分析に着手しました。

当時は、メタンガスを検知するセンシング技術の研究に従事しており、ガスを検知する上で触媒は欠かせない材料でした。我々はメタンガスを長期安定に検知し続けることができる触媒として、白金をドーブした酸化スズ触媒（以下、白金ドーブ酸化スズ触媒）の開発に成功しておりました。これは、それまでに一般的だとされていた「酸化スズの格子中には白金は取り込まれず、酸化スズ粒子の表面に白金は析出するものだ」という考えを覆す発見でした。しかし、果たしてガス反応中も安定に構造は維持されているのか？という疑問は残されており、長期安定性を確立する上で大きな課題となっていました。そこで、大気中のガス反応中でも構造分析を可能とする XAFS 分析に着目し、PF での実験生活が始まりました。

ビームラインでの実験は、24 時間または 48 時間の限られた時間の中で、いかに効率よく実験データを取得できるかが求められます。従ってタイムマネジメントはもちろんのこと、高温セルを持ち込んだ実験では、セルを作製する時点で、セルを設置するレール上でサンプルと X 線照射位置との関係を考慮して設計しなければいけません。サンプルの設置高さ等は、あらかじめ採寸することで解決したのですが、大きな問題点として、X 線とサンプルの間の設置角度がありました。研究の目的上、白金ドーブ酸化スズ触媒は、白金ドーブ量が希薄である上に Si 基板上に数  $\mu\text{m}$  以下で成膜していたため、蛍光 XAFS での測定は必須でした。ところが、X 線が基板に照射される角度によっては、Pt 吸収端の EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) 領域である 11600 eV ~ 12200 eV の間に、Si 基板からと考えられる回折光が強く乗ってきてしまい、解析に支障をきたしておりました。そこで、セルを用いない事前の実験の中で、サンプル角度を細かく振ってスペクトルを測定することで、回折が入らない角度が 25°であることを確認し、セルの設計寸法に反映しました。

高温セルを持ち込んだ実験では、使用する X 線エネルギーのセッティング、19 素子 SSD のセッティングから高温セルのセッティング (図 1) と慣れない作業を、朝倉教授にご指導頂きながら、四苦八苦して進めていたのがよい思い出となっています。実験は、4 人で交代して進めることになりました。セッティングが終わり、いざガスを入れた

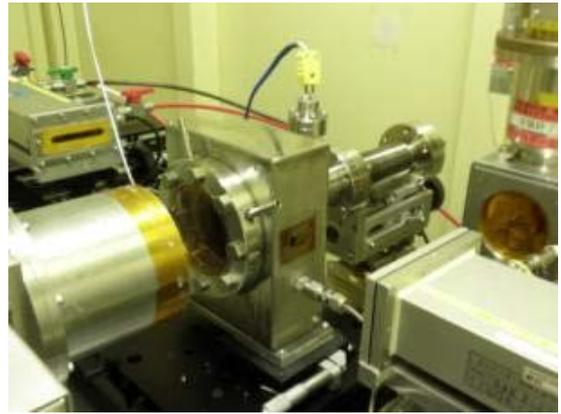


図 1 高温セル (中央) と 19 素子 SSD (手前)

昇温実験が始まると、最初の時点では順調に温度が上がり実験が滞りなく進んでいたのが交代。安心してドミトリで寝ようとしたところ、「温度が上がらなくなりました・・・」と電話があった時は、冷や汗をかいてビームラインに走って行ったのを覚えています。結局、グラファイトヒーターと電極の接触が悪くなっていたことが原因で、念入りな事前確認の大切さを学びました。

実験は、BL-12C で Pt 吸収端の EXAFS 測定を、AR-NW10A で Sn 吸収端の EXAFS 測定を行うことで、PF 施設と PF-AR 施設の両方の光源を使った実験を経験することができました。結果、白金ドーブ酸化スズ触媒は、400°C の高温中で 1% のメタンガスおよび水素ガス中でも構造を維持しており、ガス反応中の構造安定性を確認できました。また反応メカニズムとして、格子中の酸素が反応に寄与していることを明確にし、研究開発にフィードバックすることができました。

辛い徹夜作業の癒しは、冬の冷たい夜空の中で深夜 0 時頃に決まったように飲む、自動販売機の本一のコーヒーでした。夜空を見上げ、暖かいコーヒーを飲みながらまた頑張るか！と気合を入れ直していました。実験の合間に車による移動で、KEK の外で食べる食事もいい気分転換になり、また楽しみの 1 つでもありました。おそばやラーメンなど美味しいところが多かったのですが、特に「泉食堂」の餃子カツは好きな食べ物になりました。最初は得体が知れず恐れながら食べたのを覚えています。これが美味しく、おすすめの 1 品になりました。

2013 年に社会人として北海道大学の博士後期課程に進学し、PF と PF-AR で実施した白金ドーブ酸化スズ触媒関連の研究成果が認められ、2016 年 3 月に無事修了することができました。現在も富士電機で様々な物理量・化学量のセンシング技術の研究に携わっています。会社での仕事の重要な点は、決まった時間の中でいかに効率よく最大限の結果を出すかにあると考えています。そういう意味では、PF で培った、事前準備の大切さ、タイムマネジメントの意識を常に持ちながら実験を進めることを心がけています。

最後に、本研究でお世話になった、北海道大学 朝倉教授、PF 仁谷浩明様、丹羽尉博様を始め、実験に関わって頂いた方々に感謝致します。

## PF トピックス一覧 (2月～4月)

PF のホームページ (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>) では、PF に関する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細は PF ホームページをご覧ください。

### 2019年2月～4月に紹介されたPF トピックス一覧

- 2.1 【物構研トピックス】つくば SKIP アカデミーおよび筑波大学 GFEST の生徒が SBRC の実習に訪れました
- 2.4 【プレスリリース】海底堆積物に膨大な“微小マンガング粒”を発見～陸上マンガング鉱床に匹敵する量のマンガングが海底下に存在～
- 2.7 【プレスリリース】新材料の研究開発に有用な量子ビーム実験の計測効率を向上する手法を開発
- 2.12 【物構研トピックス】チョコレート・サイエンス @ 多摩六都科学館を開催
- 2.18 【物構研トピックス】PF ユーザーの東北大学 稲葉教授ら、細胞内の亜鉛の新しい生理的役割を明らかに
- 2.19 【物構研トピックス】蒲郡市生命の海科学館でチョコレート・サイエンスを開催
- 2.21 【プレスリリース】トポロジカル物質中の新型粒子を発見 - ディラック・ワイル粒子に次ぐスピン1および2重ワイル粒子 -
- 2.27 【物構研トピックス】研究系技術職員インターンシップ 2019 を開催
- 3.20 【物構研トピックス】2018 年度量子ビームサイエンスフェスタ開催
- 3.29 【物構研トピックス】北大-KEK 連携協力協定 第9回連携シンポジウムが開催されました
- 4.1 【物構研トピックス】物質構造科学研究所新体制について
- 4.3 【物構研トピックス】共鳴 X 線散乱による軌道混成状態の観測
- 4.9 【物構研トピックス】私にスピンをわからせて！～ 第3回転「銀原子はなぜ曲がる？」～原子構造解明の歴史の巻
- 4.11 【物構研トピックス】ガーナより、第2回アフリカ光源加速器会議の報告
- 4.12 【KEK エッセイ #6】チョコちゃんは知ってる！？ガラスが透明な理由
- 4.15 【KEK のひと #47】自身の「なんで？」に正直に北村未歩さん
- 4.19 【プレスリリース】機械学習により X 線吸収スペクトル解析の自動化が可能に～データの類似度に着目し定量的なスペクトルの解析を実現～

### PF の看板ねこ、「ねこ先生」に寄せて

PF の看板にゃんこ、ねこ先生こと“しろ”をご存知でしょうか。いつも PF 光源棟玄関や PF 駐車場で悠々と過ごしていた、とても賢く人懐っこいにゃんこです。PF の職員やユーザーの皆さんの中にも“しろ”ファンが多くいらっしゃり、撫でたり餌をやったりとても可愛がられていました。KEK の一般公開では、ねこ先生として T シャツやホームページに出演し、さらには来訪されたお客様のおもてなしをするなど大活躍でした。そんな PF の人気者のしろですが、5月のある日、ふと姿を見せなくなり待てども待てども戻って来ることはありませんでした。私も、主不在のお家や餌場を見るたびにしろのことを想い、悲しい気持ちになっていました。

ねこ先生不在で寂しかった PF にも、去年の秋ごろから、しろの後輩にゃんこ“ちゃしろ”が遊びに来てくれるようになりました。ちゃしろは短いしっぽがチャームポイントの若干2歳のわんぱく子にゃんこ。どうか皆様これからも PF の(未来の)ねこ先生をどうぞよろしくお願いいたします。(北村未歩)



ある秋のあたたかい日のしろ (田中宏和さん撮影)



はじめまして、ちゃしろです