

総合大学です。その理学・医学関係の学部はUniversité Joseph-Fourier(UJF)と云い、数学者Fourierの名前を冠しています。Fourierは科学アカデミーの一員としてNapoléonのエジプト遠征に加わった後に、Isère県の知事を勤めました。また、そのエジプト遠征で発見されたロゼッタ石に刻まれたヒエログリフを解読したChampollionの名前を冠した高校(Lycée)はこの地方の有名校です。別の理工科大学校も市内(駅前)にあります。Grenoble大学は外国人のためのフランス語教育でもフランス屈指の伝統と規模を誇っています。6-8月に開講する夏期フランス語コースには日本からも多くの若者がやって来ます。

今回は、Grenobleの研究環境についてご報告致します。

## 会員の声

### ◇多層膜X線光学素子開発に携わってSPring-8に期待すること

N T T 境界領域研究所

竹中 久貴

私達は、多層膜を利用した各種のX線光学素子の開発研究を行っています。当初は高エネルギー物理学研究所BL1Aにおいて波長数nmから数10nmの放射光を分光する目的で多層膜軟X線分光素子の開発を進めました。その後、軟X線と多層膜X線光学素子を利用するさまざまな研究が世の中で活発に行われるようになり、これに伴って、私達もVLSIなどの超微細パタン描画を行うX線縮小露光システム用反射鏡、あるいは、X線光電子分光による材料の微小部分分析システムや生体観察・プラズマ観察用X線顕微鏡などの結像用反射鏡などに適用可能な多層膜の開発を進めてきました。

現在、多層膜X線光学素子は上記の光学素子、結像用反射鏡以外にも、エリプソメトリ、X線干渉計、X線レーザー発振等に使用するハーフミラー、さらに、顕微鏡用ゾーンプレート、あるいは、多層膜回折格子やスーパーミラーなど様々な応用されています。また、核磁気共鳴散乱利用の超高分解能モノクロメータの一つの候補ともなっています。

このような多層膜X線光学素子を利用する研究において、高感度分析・微量分析・動的観察などをねらった研究分野では高輝度放射光を利用することが当然ながら考えられています。このためには多層膜光学素子に高輝度(高熱負荷)の放射光に耐えうることが要求されます。たとえばESRFなどの放射光の場合、数年前の文献でミラーの表面では400℃~950℃になる例などが報告されています。SPring-8では使用条件によってX線光学素子の表面は一層高温になるものと容易に想像されます(担当の方々は様々なデータをお持ちのことと思います)。多層膜X線光学素子の分野ではこのような高輝度の放射光に対して耐性のある多層膜の開発が数年前から進められてきました。しかしながら、通常の研究機関で

は高輝度の放射光が簡単には利用できないので、多層膜の放射光耐性の評価を行おうとした場合、とりあえず電気炉を使用して耐熱性のみを評価するという例がほとんどで、なかなか実際に使用する高輝度放射光での耐性評価（放射光による化学的反応を含め）を行うことができないという状況になっています。

ということで、高輝度放射光用のX線光学素子開発を一層進めるため、一般の研究機関もSPring-8のマシントimeを少し使わせていただけるような状況になってくるとありがたいかと常々感じています。ここでは多層膜X線光学素子と高輝度放射光にのみ焦点を当ててましたが、多層膜X線光学素子のみならず、結晶、回折格子、反射ミラーなどの光学素子においても同じことが云えます。また、放射光耐性だけでなく様々な光学素子の特性向上には、当然光学素子の反射率、結像特性、分光特性などの素子特性を実際に使用するのと同様の条件のもとで評価し、素子作製にフィードバックをかけることが不可欠です。

そこで、SPring-8との共同研究ということで様々な条件の放射光が一般に広く、しかも、容易に利用できるようにしていただければ----現実には担当の方々のご努力で一部実施されているものと思いますが----放射光用光学素子開発が一層加速し、これが放射光利用研究の周辺技術を一段と高め、放射光がますます多様な分野で効果を表してくるものと思っています。将来このような状況に進展していくことを密かに期待しています。

## ◇「SR利用初心者の放射線計測屋として」

東京大学 工学部

中沢 正治

私の専門は、放射線計測で、特に原子力分野の中性子を30年間、測ってきました。SR利用は、全くの初心者です。SRが面白そうだ、と聞いており、是非、自分でも使ってみたいと思ひまして、この利用者懇談会に入会しました。SPring-8が着々と完成していく様子や、利用者の準備状況などを、広報誌を通じて楽しんでいたところ、今回、会員の声の執筆依頼を受けたという次第です。

もともと、放射線計測というのはいろいろな目的のために放射線を測定するわけですから、放射線の利用、量子ビームの利用には、すべて興味を持っています。また、原子力をやっていたので、光核反応や、核励起現象に親近感をもっており、そのグループに入って勉強させて頂こうと思っております。

勿論、計測の分野でも何か寄与したいと思っておりますが、最近、当方でやっている研究を、折角の機会ですから紹介させて頂きます。1つは、超伝導のジョセフソン素子を用いた超高エネルギー分解能のエクソ線スペクトロメータの開発です。新日鉄、電総研、原研、九大、金材研、都立大の方々とグループを作って、開発しています。

シリコンの半導体検出器ですと、5.6KeVエクソ線に対し、半値巾100eVが限界で、現在、この限界に近づきつつありますが、このジョセフソン素子ですと、理論的には数eVぐらい

になるはずですが。現在のところ、日本での最高は73eV国際的には、35eVぐらいが実現されていますが、早くSRの方々にも、使ってみようかと言えるレベルに到達したいと思っています。あと5年もすれば、今の低エネルギー用の半導体検出器は、すべてこのジョセフソン型に置きかわると専門家は予想しております。

もう1つは、光ファイバーを用いた計測法です。放射線の分布を測るには、シンチレーション型光ファイバーが便利で、長さ10mぐらいの分布を、すぐに測れます。但し、空間分解能は、20~30cmですが、光ファイバーですので、大変フレキシブルに設置できます。放射線以外にも、温度や圧力などの分布を計れますから、加速器実験には、どこかに使い道があるかと思っています。光ファイバーは、放射線照射に弱かったのですが、最近は、フッ素入りにして、桁違いに強くなっており、加速器に巻きつけて使っても、まず大丈夫な程になっています。

放射線の2次元パターン分布の測定は、いろいろ開発されてきていますが、未だ期待される性能をフルに実現できるところまでは、いっていないような気がしております。多くの方々が、苦勞されており、すぐに解決策がでるものでもないと思いますが、「必要は発明の母」ですから、いずれSRの性能に見合うレベルのセンサーが開発されると信じております。光センサー技術や微細加工技術、STMやAFM、新素材、デジタル信号処理など、新技術のどれかが役に立つのか、それとも意外に簡単な工夫でいくのか、楽しみなところですね。ともかく、「センサー不足のためSR利用不十分」ということは無いようにしたいものです。今後とも、勉強していきたいと思っていますので、是非、よろしくお願い申し上げます。

## ◇会員の声

大阪大学 基礎工学部  
那須 三郎

自分自身の研究とSRとの関り・SPring-8にたいする期待などを書きなさいということなので、不遜かもしれませんが好きなように書かせていただきます。私自身の研究は大学院時代から学位論文をも含めて主に原子核による $\gamma$ 線の無反跳共鳴吸収・共鳴散乱即ちメスバウアー分光を用いた物性研究です。出身が工学部ということが原因でもないのですが、 $^{57}\text{Fe}$ のメスバウアー分光を用いて鉄合金や永久磁石材の磁性や微視構造を明らかにしようとしています。勿論、これらは密封された放射性同位元素を $\gamma$ 線源として用い小さな研究室で遂行されているものです。皆さんが良く知っておられるように、このメスバウアー分光という手法は物理学、化学、鉱物学、生物学、金属工学などおよそ物質を扱う分野ではどこでも使用されています。日本で最初にこのメスバウアー分光に注目されたのは原研の鹿園・竹腰ら原子核研究グループで、1960年の原子核研究に論文を發表されています。その後、1964年に京大化研の清水栄研究室でヘマタイトの超微粒子の測定が行われ物性研

究への本格的な利用が始まっています。それ以外に、物性研の大野先生や都立大の佐野先生・お茶大の伊藤先生・京大原子炉の前田豊先生・理研の安部先生達が精力的にこの分光法を用いられ、又、現在も行っておられます。日本では1978年に京都でメスバウアー効果の応用国際会議（ICAME'78）が開催され、今では2年ごとに開催されますこの国際会議に3名の国際委員を出すメスバウアー大国になっています。これらの経過と精力的にこの分光法を用いてきた研究者の出身や環境を考えてみますとメスバウアー分光はやはり原子核の分野から出てきた方法であって、その分野での興味や得意な発想に、どうも依存してきたようです。

そこで、このメスバウアー分光を放射光を用いて行う事が私自身のSRとの関りであり、既に東大・菊田グループの仲間に入れてもらって、超高圧下での放射光による核共鳴前方散乱の測定などに参加させてもらっています。この放射性同位元素による $\gamma$ 線の代わりの光源として放射光を用いることは既に1974年Rubyによって提案され、1978年のCohen達による実験、Gerdaud達による1985年の観測によって現実的なものとなり、放射光による核励起・核共鳴散乱の実験がはじまりました。放射光は本質的に波長連続光であり、バンド幅の極めて狭い即ち超単色波を必要とする原子核準位の励起を放射光を用いて行うことはそれほど簡単ではありません。ちなみに、原子核の励起準位の寿命で決まる $\gamma$ 線の自然幅は最も一般的なメスバウアー核である $^{57}\text{Fe}$ の場合 $10^{-9}\text{eV}$ 程度です。しかし、放射光施設の充実や挿入光源の開発、菊田グループによる超単色化用結晶モノクロメータの開発などによってそれらの実験が可能になり、高エネルギー物理学研究所トリスタンARに設置されたアンジュレータNE3を用いたシングルバンチ・モードでの運転によって核励起・核共鳴散乱実験が行われるようになりました。この分光法では超単色結晶モノクロメータの開発など、原子核分野ではなくX線分光学の分野が重要な位置を占めています。この高輝度放射光による核励起・核共鳴散乱は新しい現象を含んでいて放射性同位元素を線源としたメスバウアー分光とは全く異なった新しい側面を持ち注目されています。例えば、高輝度の放射光パルスが原子核の励起状態の寿命よりずっと短い時間で核を集団励起し結晶中を通り過ぎることによって核励起子を生成させ、そのコヒーレントな輻射寿命は自発放射での自然寿命に比較して著しく短くスピードアップされ、内部転換電子を放出する内部転換過程やスピンフリップを伴う脱励起などインコヒーレントなチャンネルが抑制されたりします。又、結晶を用いて分光された $\text{meV}$ のバンド幅の光で核励起をしますので、そのエネルギー依存性から $\text{meV}$ エネルギー領域での非弾性散乱の観測即ちフォノン励起散乱光の観測を可能にします。さらに分解能が上がれば $\mu\text{eV}$ エネルギー領域での準弾性散乱の観測も可能でしょう。放射光の偏光は唯一つなので角運動量保存則から容易に散乱体すなわちプローブ核の量子化軸を決定することができ、 $\gamma$ 線波長領域での磁気光学効果の測定を容易にもしています。これらは放射性同位元素を線源とした従来のメスバウアー分光とは大きく異なっており、新しい研究分野として今後急速に発展するに違いないと思っています。即ち、これらの研究を8GeVのSuper Photon Ringを用いて新しい発想で精力的に行いたい、又、行えるようなSPring-8であって欲しいと期待しています。

## ◇放射光とビールと私

東京大学 工学部

依田 芳卓

「あっ、残念。500は売り切れか！！仕方がない250円と割高だが350を買おう。500なら2本1000mlで580円なのに、350だと3本1050mlで750円になる。くー、痛い。」自販機の前その男はぶつぶつ言いながら後ろポケットの財布に手を伸ばした。「あっ、100円玉がない！くー、仕方がないか。」言い放つとその男は3歩平行移動して、隣のコカコーラの自販機の前に立ち1000円札を滑り込ませた。「ガタン」という缶ジュースの音に続いて「ジャリ、ジャリジャリジャリ」とコインが落ちる音が朝明けて間もない宿舎の廊下に響いた。その男500円玉1枚と100円玉4枚を手にしてなにやら満足そうである。「おっと、せっかくだからジュースも忘れずにっ。」どうやらお目当ての自販機は1000円札が使えないように両替のために隣りにある清涼飲料水の自販機でジュースを買ったみたいである。その男はまた3歩平行移動して元の自販機の前立つと、今手にしたコインを入れ始めた。「ガタン」と取り出し口に響く音とともに、突然その男は自販機の前に崩れ落ちた。「あひゃ〜、しまった。やっぱり買い置きしておくんだっ。」状況がよく分からないが、上背のわりには落ち着いた男である。徹夜で実験でもしていたのだろうか、頭はぼうぼう、無精ひげが伸びて身なりも汚らしい。頭を抱えながらしばらく悩んでいたが、今度は2歩、先ほどとは逆の方向に平行移動して、隣にある別の自販機の前立つた。力弱げな手でコインを入れると1つしかない選択ボタンを押した。腰をかがめて取り出した手にはワンカップ大関が握られていた。中央のビールの自販機にはすべて売り切れランプが輝いていた。皆さんが知恵と経験を出されているこの欄にこのような文章を載せるのは気が引けるとともに、現在急ピッチで立ち上げを行っている現場の方が御覧になったら、あまりに呑気なことに不快に思われるかもしれないが、私の無学に免じてお許しいただきたい。さて、高エ研で実験されていてお酒の好きな方以外には上の文章はわかりにくいと思うので、少し補足をさせていただく。高エ研の宿舎の一角に、向かって左からコカコーラ、ビール、日本酒の自販機が置いてあり、この中で千円札が使えるのはコカコーラの自販機のみである。ビールの自販機は週末になるとすべて売り切れになることが多く、上のような文章の光景をときどき(?)見かける次第である。

SPring-8の宿舎にまだ泊まったことがなく知らないのだが、宿舎にはビールの自販機等は完備されているかどうか心配である。近くに酒屋などはないだろうから、お酒を飲んで寝ようと思って宿舎に帰ったときにお酒がないときのショックは高エ研の比ではないであろう。ついでに凶々しいことを言わせていただくと、自販機でワインや各種のビールが楽しめることも幸せである(幸せすぎて仕事が進まない恐れもあるが)。出張で行く外部ユーザにとっては食堂・宿舎が実験施設以外では最もお世話になる場所であるが、現地のスタッフにとっては気分転換となる福利厚生施設は長い目で見ると欠かせないものである。その方面の現在なされている尽力に感謝するとともに今後の発展に期待したい。

仕事をした後のビールはうまい。いい仕事をした後のビールはもっとうまい。SPring-8では最高にうまいビールを飲みたいものである。