

◁研究会報告▷

UNU-KEK 放射光上級者講習会報告

石井 武比古 (タイ国立放射光科学研究所)

世に国際連合大学 (UNU) という機関がある。その国際連合大学と高エネルギー物理学研究所が共同で、放射光分野の科学者・技術者を訓練するために、1996年3月25日より4月8日までの期間、高エネルギー物理学研究所において、講習会を開催した。

国際連合大学の本部は東京渋谷にある。それは通常の大学と異なっていて、学部や大学院を持っていない。従って、いわゆる正規の学生はいない。それは国際連合総会のもとにある独立の機関であり、学者の共同体である。そこでは、国際連合憲章の目的と原則の促進を計るために、研究、大学院水準の教育、知識の普及を目的とした事業が行われている。渋谷にある大学本部は中央の企画調整機関の役割をはたし、先進国および発展途上国にある諸々の研究訓練センターや訓練計画のネットワークを通して、その機能をはたしている。とくに、人類の生存、発展、および福祉に関する緊急かつ包括的な問題が取り扱われている。その際、発展途上国でとくに困っている問題に関しては、特別の配慮がなされている。

放射光の科学技術研究への利用は急速に拡大しつつある。それは、この研究分野が極めて学際的であり、物理学・化学、物質科学、半導体工学、金属工学、生物学、医療診断、薬物分子設計、地球物理学および環境科学を含む極めて広大な分野を包含するからである。そのため、多くの国において、放射光研究施設の建設が国策として推進されている。しかし、この研究分野には、放射光研究を専門にする上級科学者および技術者の不足と

いう問題がある。このことは、とくに、発展途上国において顕著である。最近、アジア諸国や南米において放射光光源が建設されたので、それは一層深刻になった。このため、発展途上国からの放射光の潜在的利用者に対する訓練のための講習会を開催することが、緊急の課題として浮上してきた。この分野は極めて先端的なものであるから、日本は、これを開催することによって、この国際協力に対して重要な貢献をすることになることが見込まれた。そして、UNU-KEK 上級者講習会が、放射光技術の基礎と応用の分野で、若手研究者を訓練することを目指して、企画された。教育内容として、挿入光源を含む光源技術、ビームライン技術、諸々の応用を取り上げるようにし、短期間で成果が上がるように、密度の濃い内容にした。

訓練の対象となる者は、発展途上国圏の大学および研究所からきた若手科学者と博士過程終了者である。さらに、若干名の日本人若手科学者を訓練に参加させ、参加者間の幅広い国際交流の機会を設けるようにした。日本人の参加者を加えたことは大成功であった。まず、彼等の誘導によって多くの行事がスムーズに進行した。彼等の約17日間の英語漬けの生活も、彼等自身にとって、今後、大いに役立つことになろう。そして異国に多くの友人を得たことも大きな収穫だったに違いない。

開会式と閉会式のみが東京のUNU本部で行われ、スクールそのものはKEKで行われた。そのほかに、エクスカージョンとして、日光への一泊

旅行が行われた。また、閉会後のいわば修学旅行として、西播磨テクノポリスに1泊し、SPring8の建設現場を見学した。

この講習会の参加者には経済的な援助が与えられるため、正規の受講者を40名に限定した。その40名中10名は日本人受講者である。大学や研究所に受講者公募の通知を送った。受講者は、アジア各国とオーストラリア、ロシア、ブラジルの大学および公立・私立の研究所から推薦された候補者の中から、組織委員会が選抜した。受講者の資格として、少なくとも博士過程終了程度の能力をもつ研究者、または博士過程最終学年在学の学生であることが求められた。選抜された受講者の受講料は不要とした。経済的支援として、UNUとKEKから、旅費と滞在費が支払われた。国外からの応募者総数は48名で、その中から29名が選ばれた。日本人の応募者は丁度10人であった。

講習会における授業は、全体講義と選択科目講義の形式で行われた。すべての受講者に、全体講義への出席とビームラインでの実験への参加が義務付けられた。全体講義の時間は1課目あたり3時間を原則としたが、選択課目の授業時間は1時間半である。各授業においては、約10分間の質疑応答の時間と、20分間の休憩時間を設定した。選択課目では、X線の利用と軟X線-真空紫外線分光の応用に関する最新の話題を取り上げた。また、ビームラインでの練習実験として、PFリングの実験ステーションを用いて、3日間ほど実験を行った。具体的なプログラムを表1に示した。

各講義の内容は、放射光の専門家ないしは放射光に造詣の深い読者諸兄姉がプログラムを一目見れば、語らずともおわかりになることと思う。一つだけ組織委員会を選んだ言葉でイメージングというのがあるが、それだけではわかりにくいのではないかと思う。これは直訳すれば結像光学ということになるのだろうが、内容的にはもう少し包括的である。そこでは、X線トポグラフィー、

X線顕微法、ホログラフィー、コンピュータトモグラフィーのような各種物質や生体物質の微視的構造を研究する技術が紹介された。更に、微細加工の手段としてのX線マイクロソグラフィも取り上げることにした。放射光の医学への応用としてのアンジオグラフィーも紹介した。内容が十分すぎるほど幅広いが、その中味を見れば、これが放射光の応用上極めて重要なものであることがわかる。当初3時間の講義を予定したが、時間配分がやりにくくなり、講師の安藤先生にお願いして1時間半にしていた。

本講習会の特徴は、単に講義を聴講するだけでなく、受講者がPFの実験ホールに出かけて行って実験室を見学すること、加速器運転の見学をすること、さらに実験ステーションでの放射光を用いた計測に参加することである。この実験には、合計11テーマが設けられ、22人の専門家が実験指導にあたった。各担当者が実験テーマの概要を作成し、それらを前もって受講者に配布した。受講者は、その中から、自分の好きなテーマを選択して取りまとめ調整役(コーディネーター、石井)に知らせ、高エネルギー物理学研究所の実行委員会がそれにもとづいて、参加者を11グループに組織し実験を行なった。実験テーマを表2に示す。

本講習会のもう一つの特徴は、受講者が発表者となって行うイブニングセッションを設けたことである。イブニングセッションの各コマは表1にみられる通りであるが、そのうちの二つのセッションが放射線安全講習会とKEKの紹介にあてられた。残りの部分は、受講者全員が、(i)自分の国・街・大学などを紹介する、(ii)自分の研究を紹介する、(iii)自分の主張を行う、というテーマで話をした。そのほかに、講師陣から、東善郎氏が独唱をしたほか、カルロス鈴木氏、A. フロイント氏、J.-P. コネラード氏、D.-C. シェン氏が講話をした。

講義をわかり易くするために、各講師から、講

表1 講習会プログラム

		09:00		10:30		12:00 13:30		14:00		15:30		16:30 18:00		17:00 19:00		19:30 21:00	
March	25	Mon			Opening Ceremony	Lunch	Tour of UNU	Introductory Tak (T. Ishii)									Evening Session
	26	Tue	Accelerators (A. Wrulich)				Insertion Devices (K.-J. Kim)										Director's Reception
	27	Wed	Atomic and Molecular Spectroscopy (J. B. West)				Beamline Technology & Optics for X-rays (A. K. Freund)										Evening Session
	28	Thu	Optics for X-rays (A. K. Freund)	Imaging (M. Ando)			VUV Optics (S. L. Hulbert)								Visit to Lab.		Evening Session
	29	Fri	X-ray Diffraction and Scattering (D. C. Xian)				Coincidence Measurements (I. Koyano)										Evening Session
	30	Sat	Excursion														
	31	Sun															
April	1	Mon	Solid State Spectroscopy (J. E. Nordgren)				Highly Correlated Electron Systems (S.-J. Oh)										Evening Session
	2	Tue	X-ray Spectroscopy (Y.-J. Ma)				XAFS (T. Murata)										Evening Session
	3	Wed	Surfaces and Interfaces (F. J. Himpsel)				X-ray Microscopy (G. Schmahl)										Evening Session
	4	Thu	Electronic Structure (M. Oshima)	Atomic Structure (J. Mizuki)			High Resolution Spectroscopy of Atoms and Molecules (J. Connerade)										Evening Session
	5	Fri	Surfaces and Interfaces II				Small Angle Scattering (K. Wakabayashi)										
	6	Sat	Experiments				Experiments										
	7	Sun	Experiments				Experiments										
	8	Mon	Closing Ceremony				Closing Ceremony										
			11:00				12:30										

表2 実験テーマ

E-1.	X-ray Diffraction Experiment Under High Pressure
E-2.	High-resolution Powder Diffraction
E-3.	Protein Crystallography
E-4.	Small-angle Diffraction of Biological Macromolecules
E-5.	Characterization of Thin Films with X-ray Diffraction and Reflectivity
E-6.	Characterization of Epitaxial Thin Films by Plane-wave X-ray Diffraction Technique
E-7.	Measurements and Analyses of X-ray Absorption Fine Structure (XAFS) Spectra
E-8.	Atomic Spectroscopy
E-9.	Magnetic Circular Dichroism of Magnetic Materials
E-10.	Angle-resolve Photoemission Spectroscopy
E-11.	Photoelectron Spectroscopy of Simple Gaseous Molecules

義に必要な教材が受講者に配布された。また、閉会式において、出席した受講者に終了証書が授与された。

全体的に概観すると、各講義は極めて質の高いものであったと思う。現在の国際水準から見て、第1級の講師陣がそろえられたこともあって、放射光の専門家が聴講していても十分に興味深い内容のものであった。このような高度の講義が集中的に行われたのは、わが国においては初めてのことであったと言ってよい。本講習会の講義では、正式な参加登録をしていない一般の人の聴講も自由に許可したので、聴講者は常に40名を上まわった。とくに2日目の加速器のセッションでは、会場が満席になった。以下に二・三の先生方を紹介してみたい。

加速器の講師になったアルビン・リューリッヒ先生は、もともと DESY にいた人で、トリエステの第三世代光源の設計建設を指導した人である。日本の研究者にはなじみの薄い人かも知れないが、知る人ぞ知る光源加速器の権威の一人である。私はたまたま彼の講義を2度ほど聴いたことがあり、非常に上手な話し手であることを知っ

ていた。講義では、コックロフト・ウォルトン、ファンデグラフなどから始めて、加速器のABCを話し、そしてやがて放射光光源加速器に至るという構成の良い講義であった。この先生の用意したOHPのコピーはそれだけで一種の教科書になる得る。

VUV・SXのビームラインの話をしたスティーブ・ホルバート先生は若い研究者で、私の友人のグウィン・ウィリアムス先生(SRNの編集者の一人、NSLSのビームライン担当者)がとくに推薦した人である。張り切って筑波にやってきた。彼は有名なフレッド・ブラウン教授の最後の学生だったそうである。先生はかなり質の高い講義をした。ホルバート先生によると、ウィリアムス・ホルバート組は、今後、遠赤外分光実験に研究の重心を移していくのだそうで、それもまた興味深いことであった。

X線ビームラインとX線光学のA. K. フロイント先生は大変張り切っていて、来日前から講義の内容について、提言をしてきたりして、教育熱心であった。講義は極めて網羅的であったが、部分的には、細を穿ったものでもあった。時として説教調になるが、そこがまた楽しい雰囲気をかもし出す。この先生はX線光学の基礎とビームライン光学の基礎のほかに、ESRFのビームラインの責任者としての豊富な経験を話したが、とにかく話好きである。それもその筈で、ESRFの主催で、この種のスクールを企画しているのだそうである。

VUV・SXの固体分光に関しては、私の好みもあって、発光の専門家を2人招待した。ジョセフ・ノードグレン先生はこの道の第一人者であり、最近の軟X線蛍光研究の発展はこの人に負うところが多い。彼は、話の重点を固体表面に吸着された分子の発光や分子性結晶において、発光スペクトルの解析から何がわかるかを解説した。実験法についても述べた。彼の話上手は有名で、VUV-11会議でベスト・スピーカー賞(一種のジ

ヨークではあったが) に選ばれたのを御存知の方も多と思う。いわゆる固体の光物性に相当する部分をヤンジョン・マー先生が担当した。彼の話では、私の好きなエキシトンとエネルギーバンドが目玉であった。私見としては賛成しかねる部分もあった。その部分については、VUV-11会議で、ノードグレン先生の講義に対して、イブ・ペトロフ氏がかみついて激論になったのを御記憶の方もあろう。そこに目をつぶってしまうと、一連の講義は極めて一貫性があり、固体分光の基礎から応用まで、わかり易く解説し、まさにこの種のスクールにふさわしいものであった。ヤンジョン・マー先生は、合肥の科学技術大学の出だそうである。目下シアトルにある何とか研究所におり、ボスはあのマイク・ノーテック氏なのだそうである。そこからNSLSに派遣されているとのこと、私にとっては、なつかしい名前とその人の消息を聞くことができた。

フランツ・ヒンプセル先生。この先生は日本にもなじみ深い人である。何しろ偉大な研究者である。D. イーストマンを有名にしたバンドパスフィルター方式の電子エネルギー分析器を作ったのはこの先生で、ドイツではヒンプセル・アナライザーと呼ばれている。エネルギーバンドのマッピング。Niのスピ分解バンド。エネルギーバンド描像の限界の実験的証明。2正孔結合状態。真性表面準位。寿命効果。ショットキーバリア。逆光電子分光。この先生が放射光による固体分光研究に残してきた足跡の大きさを考えると、この分野の講師にきてくれたことに感謝感激である。この先生は、また、話上手でもある。講義は御自分の研究にこだわらずに、固体表面と界面の研究の基礎から最先端まで、多くの研究手段による成果をわかり易く解説された。とにかくすべてを網羅しているという感じであった。OHPのコピーを4冊もってこられた。これだけで十分よい教科書になっていた。そのこと自体がヒンプセル先生が優れた教育者でもあることを示している。ヒンプ

セル先生は最近ウィスコンシン大学に移られた。「最近大学の研究室をもつことになったのでね。このスクールのような教育がどのように行われるのかが見たくてやってきました」とおっしゃる。日本の大学の先生の中で教育が好きでないとおっしゃる人に聞かせてあげたい言葉ではある。

ギュンター・シュマール先生。彼がX線顕微鏡の世界の第一人者であることは疑いのないことである。ゲッチンゲン大学に40人のメンバーを有する大研究室をもっている。BESSYが建設されて間もない頃から、既に、2本の専用ビームラインをもっていた。私は、飲み友達として、シュマールさんは非常に親しいのであるが、恥ずかしながら、学者・研究者としてどのような仕事をしているのかほとんど知らなかった。「いやあ、ぶったまげた」(非常に驚いた)、というのが私の感想である。放射光X線顕微鏡は、具体的に生物試料の観察に利用されて、高い解像力を示している。その豊富な実験例を見て、他の講師も含めて参加者一同、大変感激した。顕微鏡にかかわる結像光学とその問題点の講義も丁寧でわかり易かった。

ジャン・パトリック・コネラード先生がフランス人であることを知っている日本人は少ないのではないだろうか。彼が言うには、奥さんも子供さんもフランス人で、彼の家はパリにある。ロンドンで育って、ロンドン大学の教授となったこの先生は、どう見ても生粋のロンドン人である。だから、我々日本人の耳に彼の英語がわかり易く聞こえる。学者としての彼の名声は高く、今日高分解能分光と呼ばれる学問は、この人によって広められた、といっても過言ではあるまい。今から22年程前に、私はコネラード先生の金属蒸気のスペクトル測定用の実験ステーションをボンのシンクロトロン施設で見て感激したのを憶えている。イエルサレムの国際会議の時に知己を得た。例のハンドブック・オブ・シンクロトロン・ラディエーションにコネラード先生が書いた文章は、今でも

私にとって、良い教科書になっている。コネラード先生は、リュードベリ系列（彼はリドバークと呼んでいた！）の話から始めた。ポーアの量子論、対応原理、等々を使って説明する。よくわかっている人と何もわからない人にとって、これほど面白い物理の話はない。どこでこの単純な1電子近似が破れるのか。スペクトルのどこにそれが現われるのか。それらを説明する。そして有名な Lu-Fano プロットの話になって、電子関連の話がでてくる。やがて、高い励起状態を見ていくと、自動電離のスペクトルがでてくる。例の q 値や Γ 値がエネルギーによってその符号まで変えることを見ていき、それが何故かということになる。さらに、サテライトのような構造がどこにでも現われることを指摘する。そして、高い分解能でスペクトルを見ると、サテライトにまた小さいサテライトがあるように見える。そのサテライトを更に高分解能で見るとまたまた小さいサテライトがでてくる。最初ノイズにしか見えなかったバックグラウンドが実はノイズではなく本当のスペクトル線であり、分解能を高めると、どこまでいってもサテライトのような構造がついてくるというのが実験事実である。「そこで私見だが」とことわって、「推測するなら、この事実は、シュレディンガー方程式では説明不可である」という。ディラック方程式と、経路積分みたいなやり方で、ある程度はいけそうに見える（計算結果との比較）が、不完全である。新しい理論が必要で、原子の電子状態はカオスになっている、と主張する。そして、永らく素粒子論に奪われていた真正な物理学が原子分子の世界に帰ってきた、と素直に喜ぶ。

このような話を数学に頼ることなしに、データにもとづいて解説していくのである。迫力満点であった。学生よりも講師陣の方がより感激したように見えた。「こういう話をきく機会を得て、大変よかった」とはヒンプセル先生の感想であった。コネラード先生は話好きである。ジョークが

大好きで、彼のまわりでは常に笑い声が聞こえる。私は、

「あなたはルー・ファノ・プロットと言いましたね。あれは、ロー・ファノ・プロットと発音するんじゃないですか」

と試みてみた。すると、

「あいつはね、私とは兄弟弟子でね。ガートン先生の研究室に長らくいたんですがね。皆、ルーと呼んでいましたよ。あいつもそれに返事していたし、間違いだなんて言わなかったよ」

という返事。そこで、私はシェン先生に助けを求めた。

「シェンさん、本当はどう発音するんですか」

シェンさんの答。

「ルッオー」。「??」。「ルッオー」このウの音が下がるのである。やはり、中国人にはすばらしい政治の才がある。

このほかにコネラード語録をあげていくと、それだけでも一つのアーティクルが出来上がる。曰く、入学試験問題作りと解答法。曰く、文化大革命。曰く、ロボット。曰く、英国の科学。曰く、マーガレットサッチャー。曰く、マスコミ利用法。等々。

そのほかの先生方は読者諸兄姉が良く御存知の方々である。皆すばらしい講義をして下さった。紙面に余裕がないので省略させていただくことにする。

PFの実験ステーションでの実験に対する参加者の評判は極めて良かった。とにかく担当の先生方の熱意が学生に直々に伝わって、学生がそれに敏感に対応した、というところであろうか。先生方の御苦勞に感謝するのみである。

エクスカッションは、東南アジアからの参加者にとっては忘れ難い思い出になったであろう。奥日光でスキーをしている人達を見たこと、厚く積もった雪の上を歩いたこと、凍結した湖を見たことなどは得難い体験だったに違いない。また、温泉での裸の付き合いが、国際交流の実を一気に上

げたことも付記する必要がある。木原先生の話によると、2次会を露天風呂の中でやったそうである。ビールを飲みながら、2時間も風呂に入っていたというのだから、そうとうな強者である。そのころコーディネーターの部屋には大勢の若者が集まった。コーディネーターの居眠りをよそに、深夜まで若者たちの熱い議論が続いた。

本講習会終了後のSPRING-8への見学旅行も有意義であった。完成された放射光実験施設において実験を経験した後、建設現場を見て、設備がどのように組上げられていくのかを知ったこともまたよいことであった。この見学旅行のために、人的な協力と多額の経費負担をして下さった高輝度光科学研究センターに感謝の意を表する次第である。このことの実現には、とくに、上坪宏道リーダーの決断が大きな役割を演じた。

現在、講師と参加者からの本講習会に対する意見を集計中である。全体的に本講習会が成功であって、極めて有意義であったこと、今後も継続してほしいことが述べられている。

最後に、最も重要なことを一言申し述べたい。本講習会は、国際連合大学が長いこと望んでいたものであったにもかかわらず、実現の運びとならなかった。今回これが実現したのは、文部省学術国際局国際企画課と高エネルギー物理学研究所の断固たる決意があったからである。私はこのことに多大な感銘を受けた。行政担当者の高い見識と、絶対に実現するのだ、という不退転の決意が、諸々の困難を乗り越えて、大きな国際交流の成果を生ましめたものと確信している。表に現われることのない事務方の努力がいかに大きなものであったか、ベジタリアンに何とか食事を食べてもらおうと工夫したレストランなど、このようなスクールは、そういう人々によって支えられているものであることを若い研究者に少しでも知っておいてほしいと思う。

以下に講師と組織委員会を紹介して報告を終えたい。

講師

石井武比古 (東京大学)
 A. リューリッヒ (トリエステ・放射光研究所)
 K.-J. キム (ローレンスバークレー国立研究所)
 A. K. フロイント (ヨーロッパ放射光研究所)
 S. ホルバート (ブルックヘブン国立放射光研究所)
 J. ウェスト (ダレスベリー研究所)
 冨田昌 (中国科学院高能物理研究所)
 雨宮慶幸 (高エネルギー物理学研究所)
 小谷野猪之助 (姫路工業大学)
 J. P. コネラード (ロンドン大学)
 佐藤能雅 (東京大学)
 Y.-J. マー (ブルックヘブン国立研究所)
 下村 理 (高エネルギー物理学研究所)
 村田隆紀 (京都教育大学)
 J. ノードグレン (ウプサラ大学)
 呉 英正 (国立ソウル大学)
 塩谷亘弘 (東京水産大学)
 安藤正海 (高エネルギー物理学研究所)
 F. ヒンプセル (ウィスコンシン大学)
 尾嶋正治 (東京大学)
 G. シュマー (ゲッチンゲン大学)
 水木純一郎 (日本原子力研究所)
 若林克三 (大阪大学)
 カルロス K. 鈴木 (カンピナス大学)
 (総括チューター)

実験指導担当者

下村 理 (高エネルギー物理学研究所)
 草場啓治 (東京大学)
 大隅一政 (高エネルギー物理学研究所)
 虎谷秀穂 (名古屋大学)
 中川敦史 (北海道大学)
 近藤秀昌 (北海道大学)
 八木直人 (東北大学)
 伊藤和輝 (高エネルギー物理学研究所)
 小宮 聡 (富士通)
 淡路直樹 (富士通)
 木村 滋 (NEC)

木村英和 (NEC)
 横山利彦 (東京大学)
 遠藤 理 (東京大学)
 柳下 明 (高エネルギー物理学研究所)
 副島浩一 (高エネルギー物理学研究所)
 宮原恒昱 (高エネルギー物理学研究所)
 羽多野忠 (高エネルギー物理学研究所)
 柿崎明人 (東京大学)
 木村昭夫 (東京大学)
 伊藤健二 (高エネルギー物理学研究所)
 Roland Thissen (高エネルギー物理学研究所)

組織委員

顧問 カルロス K. 鈴木 (カンピナス大学)
 岩崎 博 (立命館大学)
 上坪宏通
 (理化学研究所, SPring8 共同チーム)
 佐々木泰三
 (高エネルギー物理学研究所)

組織委員会
 委員長 高良和武 (東京大学)
 副委員長 タルシシオ・デラセンタ
 (国際連合大学)
 取りまとめ調整担当役
 石井武比古 (財)日本人事試験研究センター; 東京大学)
 事務局 アブラハム・ベスラット
 (国際連合大学)
 事務局 安藤正海 (高エネルギー物理学研究所)
 委員 松下 正 (高エネルギー物理学研究所)
 平石好伸 (国際連合大学)
 木原元央 (高エネルギー物理学研究所)
 神谷幸秀 (東京大学物性研究所)
 小杉信博 (岡崎共同研究機構, 分子科学研究所)

KEK 実行委員会

委員長 木原元央
 副委員長 雨宮慶幸
 委員 東 善郎
 繁政英治
 田中雅彦