

岡山大学発・新大学院教育 —企業との連携に基づく放射光実習—

原田 勲 岡山大学大学院自然科学研究科 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1
池田 直 岡山大学大学院自然科学研究科 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1
横谷尚睦 岡山大学大学院自然科学研究科 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1

要旨 岡山大学で取り組んでいる、SPring-8 と HiSOR による大学院学生教育プログラムについて報告する。この事業は、文部科学省から平成18年度「魅力ある大学院教育」イニシアティブ事業として指定されたものの一部である。様々な専攻の大学院学生に対し、系統的な講義とともに放射光科学の威力を広く見てもらい、高度な科学実験装置について、素養と動機を持つ学生を社会に多く送り出そうとしている。この事業の可能性や問題点を現場から報告する。

1. はじめに

教育の世界にも競争的資金獲得競争が導入されつつある。特に最近では、“大学院の教育”に新しいポリシーとそれに基づく魅力ある教育を大学自ら考え実施せよとお達しである。教育に競争原理がなじむか否か議論の残るところではあるが、岡山大学はこれを機に積極的な提案を策定しようということになった。

現在、日本は経済の停滞や環境の悪化に見舞われている。これらを打ち破る重要な方法の一つは、新しい先端基礎科学の開拓とそれに伴う新技術の開発であることに異論はないであろう。私たちが、大学としての使命“人材の輩出”からそのことに寄与できないだろうかと問うた時、思い浮かぶのが、日本が世界に誇る最先端放射光施設・SPring-8 の存在と我が岡山大学の先端基礎科学専攻「放射光科学講座」、「X線先端物理連携講座」の存在である。SPring-8 の門前大学としての自覚を持つ我が大学は、早くから放射光の広範囲な有用性・有効性を認識し、広い視野からその最先端研究に寄与すべく努力してきた。これらを土台に、高輝度光科学研究センター（以下 JASRI と略記）にお願いして、最先端機器と関わる新しい大学院の教育を構築しようと考えた。でも実際にどのような教育が可能で、しかも現代人の院生に有効なのか。これは簡単な問いではない。私たちは結局、「動機付け教育」をキーワードに、ニュートリノ観測基地・KAMIOKANDE や地球探査船“ちきゅう”基地・高知コアを含めた地域最先端研究施設に連携をお願いし、新しいポリシーに基づく大学院教育を推進することにした。特に本文では、文部科学省に平成18年度「魅力ある大学院教育」イニシアティブ事業として採択されたプログラムのうち、放射光に関連する部分に

ついて述べる。放射光施設における高等教育というテーマについて、読者の皆さんと議論を行う機会を頂ければ幸いである。

2. 魅力ある大学院教育イニシアティブと放射光実習

岡山大学大学院自然科学研究科では、平成17年に社会的ニーズや学問領域の新たな発展に対応するため改組し、「先端基礎科学専攻」など4大専攻からなる新生自然科学研究科が発足、さらに広範で高度な研究と教育を実施していく体制を整えた。この改組は大学院教育研究の実質化を図るものであり、特に先端基礎科学専攻は他の3専攻の基礎を担いながら先端基礎科学の開拓とそれを推進できる研究者の育成を目指すものである。この設定目標に沿って「先端基礎科学開拓研究者育成プログラム」が、平成18年度の文部科学省「魅力ある大学院教育」イニシアティブに



Fig. 1 Okayama University is located near both HiSOR and SPring-8.

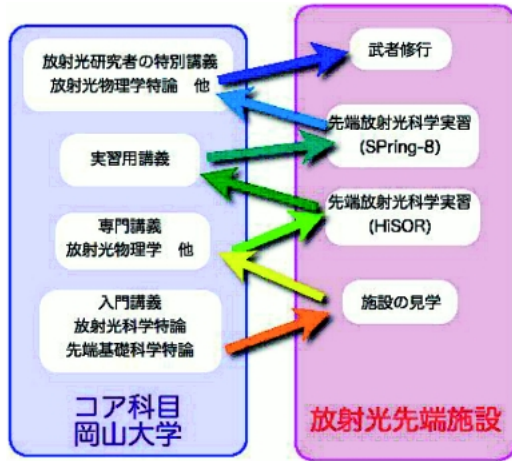


Fig. 2 The training program consists of step by step courses. The introductory step is the lecture and practice. The advanced step is the specialized lecture and experiments. The advanced experiment is made with the guidance of company researchers.

採択され、現在2年計画のプランに基づき様々な企画が実行されている。同プログラムの主要な部分は、前にも述べた地域先端科学施設（SPring-8, HiSOR, KAMIOKA-NDE, 高知コア）を積極的に利用した現場体験型教育による技術開拓者育成と、現代の先端科学水準を更に切り開く自立型開拓研究者育成である。後で述べる“SPring-8における企業と連携した実習”は新しい企画として特に注目されている。

このような現場体験を含む新しい教育により、私たちは**Fig. 2**にあるような“教育スパイラル過程”の確立と実現を目標にしている。即ち、これまでの知識切り売り型教育より脱皮し、1)学問的動機付けを与える先端施設見学や新現象の紹介、2)それらの理解の基礎となるコア科目の履修、3)先端研究施設での現場体験型実習、4)専門的講義、5)自分で立案した実験・研究の実行へと続く一連の教育課程を実施することである。特に、動機付け教育と自立的な研究の実施は本プログラムの重要な要素である。

特に、SPring-8での企業研究者による大学院実習教育では、JASRIや企業の方々にその事情を汲み取っていたり、本事業の円滑な運用にご協力戴いている。具体的には、この事業の運営に関し、以下の点についてご支援をお願いしている：

1. 産業利用推進室を窓口とする企業研究者、JASRI職員および岡山大学教員による大学院教育実習の実施
2. 企業の研究者を岡山大学の講師とし、企業研究の紹介と、そこで用いた実験技術に関する講義の実施
3. イニシアティブ事業の予算執行時期に応じた適切な課題利用時期の設定
4. 教育的目的のための成果公開課題の創設や成果公開優先利用課題選定の範囲を教育的目的課題にも広げた運用

このプログラムは、岡山大学大学院とJASRIとの教育・研究連携の一環として実施され、現場体験型教育として評価されるとともに、社会が求める大学院教育実質化の一端をも担っている。大切なことは、これらの実習と講義が大学院課程の単位として認定されていることである。私たちは、この事業が将来必ずや放射光利用の実質的底辺拡大に寄与出来るものと信じるとともに、日本の大学院教育改革の先駆けとなることを願っている。

3. 放射光実習の実施

放射光実験を学生の教育課程に取り入れることは、放射光実験系の大学研究室では個々に行われている。そこはある種の実地教育の場だが、限られたマシンのタイムと失敗が許されにくい状況であったり、専門分野内のテーマだけを経験するという制限がある。一方イニシアティブ事業では、各学生のアカデミックな専攻にとらわれず、大学院を卒業し社会の構成員になってゆく学生全体に、手を動かし実際の装置に触れることで、放射光装置の特徴と能力をリアルに理解してもらうことを目標としている。宇宙科学・地球科学、あるいは数学を専攻した学生においても、その基礎を学んだ後、多くは就職し社会の中核を担うような立場におかれるのであるから、最先端の装置を使うことに少しでも心のバリアを下げておいてくれれば、必ずやそれは後々彼らにも、またその職場においてもプラスに働くはずである。

この教育プログラムは放射光講座に籍を置く学生だけが対象ではない。そのため、学生たちは、放射光科学における幾つかの基礎概念、また施設の概要や使われ方、そして実際の研究例を系統的に学習・実習するように構成されている。このように、物理・地球・数学専攻学生の希望者約20名が、科学放射光関連概論科目の受講、HiSORにおける放射光施設の入門実習、企業や大学の研究者による実際の研究に関する講義を経て、SPring-8における企業研究者による実習授業を受けることになっている。

3.1 講義

放射光の入門として先端基礎科学概論と放射光科学特論が用意されている。前者は放射光技術とそこに展開される科学全体を俯瞰することを目的とする。後者は固体物質科学を対象として、光と物質の相互作用に関する基礎を学ぶ。この2教科を受講した後、後述のようにHiSORにおいて放射光施設に入門する実習を受ける。HiSOR実習の経験を踏まえたうえで、専門性を持った講義である放射光物理学や放射光物性学を選択できるようになっている。またこの後に実施されるSPring-8実習の準備として、実際に学生を指導する企業研究機関の研究者を招き放射光実験研究について1企業あたり90分の講義をしていただいている。昨年度は、企業研究者から企業が取り組む研究とそ

の社会的背景，具体的ねらいと放射光実験によるその解決などが解説された。産業上の目的が明確な企業による実験の解説は，学生の動機付け向上に役立っている。

これらの講義や後述の SPring-8 実習で注意したことは，企業研究にある守秘性の高い実験データの存在である。われわれの実習の目的は，企業においても大学と同じダイナミックな研究が放射光を用いて行われることを伝えるのが目的であるため，そういった守秘性の高いテーマ，つまり現時点で知的財産権に関わるようなテーマは，実習あるいは講義においても触れないように特に気をつけた。このため学生たちにはこれを説明した上で，いずれ自分たちも経験するであろう知的財産権の意味をしっかりと理解してもらうため岡山大学の知的財産本部より講師を招き，知的財産権の意味あるいは企業研究者とその研究テーマとの接し方に関し，基本的な知識とマナーについて90分の講義を実施している。

3.2 HiSOR での実習

放射光施設の仕組みと放射光を用いて研究する上での必須知識，真空技術および表面処理をふくめた一連の電子構造解析手法を学ぶことを目的として，広島大学放射光科学研究センターの BL5（岡山大学ビームライン）とそのエンドステーション（光電子分光装置）を用いて実習を行った。実習内容は，現代エレクトロニクスの基幹物質であるシリコンについて表面清浄化および軟 X 線吸収分光と光電子分光による電子状態の評価である。実習 1 回につき 2 日間のスケジュールで行い，参加人数は 1 回につき 4 名程度とした。これに対して毎回スタッフ 2 名が対応した。昨年度及び今年度前期で合計 10 回の実習を行い，約 40 名の実習生を受け入れた。HiSOR における放射線教育や宿舎の手配など，HiSOR 側のご理解により順調な実習となった。

HiSOR はストレージリングの見える小型放射光施設であるため，放射光施設の仕組みを一目で理解することができ，また専用のビームラインにおいては，そのビームラインを知り尽くしたスタッフが実習全体を通して適切な助言や指導を行うことができる。くわえて，実習の為に教科書を作成するとともに，実習生から出された疑問点に対しては実習生が理解するまで説明する方式で実習をすすめた。これらのことは，これまで放射光を使ったことのなかった実習生に，放射光とそこでの研究のイメージをつかませるのにうまく働いたと感じている。参加した実習生からは「はじめに SPring-8 のような内部の見えない放射光施設に行くよりも，HiSOR のような内部が直接見え，理解しやすい施設を見学することで，誤解も減り，きちんと理解することができたと思います。百聞は一見にしかず，といわれるように実際に見て説明を受けることは大切だと思います。」，「今回の HiSOR の実習から，放射光は非常に有効性が高いことを理解できた。実験室では出せない強度，必



Fig. 3 A scenery of the experiment at HiSOR. The compact design of the HiSOR is a good teaching material of the synchrotron facility for introductory students.

要に応じた波長域の光を出せることなど。非常に幅広く応用できることを実感した。また，自分の専門分野と違う実験を行うことにより，自分の知識を深め，物性のおもしろさを更に実感した。」等の感想が聞かれた。

3.3 SPring-8 での実習

HiSOR での実習と関連する講義を経た学生は，SPring-8 において企業研究機関との合同実習に参加する。06年度は 20 名が 4 つのグループに分かれ，日程上の都合から主に 3 月に実習が行われた。各グループには，担当企業の研究者の方と JASRI 産業利用推進室並びに岡山大学のスタッフが同行している。BL19B2 において，住友金属工業総合技術研究所による燃料電池電極の XAFS 測定と旭化成基盤技術研究所による有機伝導体の粉末結晶構造解析が行われた。BL46XU においては，出光興産中央研究所による透明電極材料について微小入射角 X 線回折測定，MORESCO 合成潤滑油事業部によるハードディスク潤滑油の膜厚測定が実施された。いずれも 24 時間程度の短い時間で，試料準備と測定さらには解析まで終了させるというハードな（現実的な？）スケジュールであった。教員側は，学生たちが集中力を切らし研究者の方に迷惑をかけることを心配したが，実際には彼らは最後まで実習に興味を持続した。前述のように，実習の課題内容は特に秘匿性のあるものではないが，学生には緊張感を持ってもらうため，そのことはあらかじめ伝えてはいなかった。

この実習で特に印象深かったのは企業研究者の方々の情熱である。彼らは学生に対し，何故この研究が必要なのか，その社会的使命は何なのかを実に見事に語ってくださった。また試料準備やガイダンスにおいても非常に手慣れていた。次世代の研究者育成と技術の継承という課題は，企業でも常に取り組まれているからであろう。深夜においても普段着に着替えた企業研究者が学生たちに熱く語った言葉は，何故放射光でなければならないのか，という動機



Fig. 4 A scenery of the experiment at SPring-8. The clear motivation of company SR researchers enhanced the student's learning motivation.

を学生に深く植え付けることに成功しただろう。後になって理論の教授が“うちの学生が放射光に専門を変えちゃうかもしれないよ”とぼやいたと聞いている。

4. 放射光実習の教訓と課題

通常我々の放射光利用は、素晴らしい成果を半期に生産する事が第一の目標となっていることは、放射光学会誌の読者には同意いただけると思う。このため生産性の良いグループが優先的に利用してゆく傾向がある。大学において、大学院生たちが放射光を利用するという機会は、放射光利用の盛んな一部の研究室に参加する場合に限られてしまう傾向がある。放射光の有用性や扱いやすさは、実際に手にとって初めて感じる部分も多いため、今回の実習は、大学院生全体にその機会を提供できたという点でとても意味があったと思う。また、“人間”の育成を優先した放射光利用自体に目に見える型の短期的な成果はないにもかかわらず、JASRI、産業利用推進室の皆さんや企業の皆さんが一つ返事で協力してくださった事は私たち教育者にとってとても心強かった。

一方実際の実習の実施は、通常の実験よりもはるかに下ごしらえが大変である。HiSOR, SPring-8 どちらもスタッフたちの負担は非常に大きかった。物理専攻の学生ばかりではないため、量子力学の概念を用いる説明には、学生に相応の予習を科す事が必要である。またこういった実習班の学生の役割分担の設定や、あるいは参考資料、副教材、または教科書の選定など、これからの課題も残っている。

放射光施設による組織的な大学院生の実習授業という取り組みは初めての試みであったため、大学の事務方にとって、学生を実習として派遣するための旅費の算定や支払いなどで幾つかの想定外の出来事もあった。

5. 未来に向けて

私たちの新しい大学院教育は既に走り出している。その



Fig. 5 In Dec. 2006, X'mas X-ray symposium was held at Okayama university. The active SR researchers discussed with the present status, future possibility and the development of the human resources.

間、欠点が露呈したり、一方思わぬ成果を得たりもした。この時点で、もう一度原点に戻って考えるのも大切なことであろう。ことは岡山大学に留まる問題ではない。

SPring-8のような大型最新施設が、その役割を高度な研究成果に絞って展開されていることはごく自然なことであろう。私たちも大学院教育の一環として、X線を用いた研究の最先端を概観する Workshop を開き、X線を用いた研究の前途が洋々としていることを実感した (Fig. 5 参照)。しかし少し長い目で見たとき、結局それらの成果持続を保証する優秀なユーザーの開拓が最も大切な課題であることは論を待たない。またそのことを保証するためには、幅広いユーザーの開拓が必要であることも明らかである。現在優秀な研究者・院生が通常のチームタイムを使用し、先生との共同研究により育成されている現実もある。私たちが試みようとしているのは、このような教育とは相補的に、博士前期課程などで卒業し、企業や研究所などに就職する多くの学生に、最先端放射光施設での実習を含め体系的な放射光教育から放射光の有効性を認識させ、また企業人の背中を見ながら勉強することによりその姿勢を学び、潜在的な放射光ユーザーを育てたいという思いである。今や放射光を用いた研究は非常に広範な分野に広がっている。就職してすぐにはX線を用いた職に付く予定が無い院生でも、一度それらの実習を経験した人であれば、何らかの折、放射光の高度な利用を思い起こし実行できる。それこそが広い意味でのユーザー開拓ではなかろうかと。

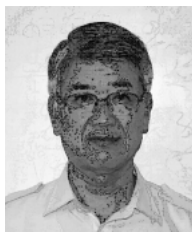
今、SPring-8ではユーザーが増加し、チームタイムが逼迫していることは、ユーザーである私たちが一番切実に感じている。またSPring-8という先端的な設備で教育という研究成果の生産を伴わない放射光利用が本来の業務と整合するのかという原則に照らし合わせた議論ははまだ途中である。しかしながら、そのような状況にありながらもなお「SPring-8」に教育的視点を加味してほしいと叫ぶのは私たちの独りよがりであろうか。勿論、これらの放射光

教育は他大学の院生にも解放されなければならない。もし放射光ユーザー社会がそのような方針を目指されるのなら、私たちはこれまでの経験を基に大学の一員として喜んでそれに協力したい。多くの放射光ユーザーに、今一度最先端放射光施設における「教育」の意味を考え、ご協力をお願いする次第である*。

このようなプログラムの実現は、申すまでも無く多くの人たち、多くの組織の協力なしには到底実現できなかった。

JASRI の吉良理事長，鈴木研究調整部長，産業利用推進室の渡邊室長，廣澤副主席研究員，HiSOR の生田目前センター長・谷口現センター長が果された役割には頭が下がる。表題のとおり，私たちはこれまでに無い新しい教育を目指している。それは一方では慣習に無いことをやろうとするもので，多方面に多大のご苦勞を強いていることを私達も認識しており，時間的余裕を持って物事に当たる必要性を痛感しているところである。

● 著者紹介 ●



原田 勲

岡山大学大学院自然科学研究科 教授

E-mail: harada@cc.okayama-u.ac.jp

専門：物性理論（磁性）

【略歴】

1972年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了（工学博士），神戸大学理学部助手，岡山大学理学部助教授，教授を経て2005年組織変更により現職。その間，オハイオ大学（アメリカ）客員助教授，ハノーファー大学（ドイツ）客員研究員



横谷尚睦

岡山大学大学院自然科学研究科 教授

E-mail: yokoya@cc.okayama-u.ac.jp

専門：固体物理，光電子分光による機能性物質の電子状態研究

【略歴】

1997年3月東北大学大学院理学研究科物理学専攻博士課程修了，1997年4月日本学術振興会特別研究員（PD），1998年10月東京大学物性研究所助手，2004年4月財団法人高輝度光科学研究センター軟X線チームリーダー・主幹研究員，2005年4月現職



池田 直

岡山大学大学院自然科学研究科 教授

E-mail: ikedan@psun.phys.okayama-u.ac.jp

専門：固体物性

【略歴】

理学博士，早稲田大学理工総合研究センター，筑波大学，高輝度光科学研究センターを経て，現在，岡山大学大学院自然科学研究科・教授。磁性と誘電性の境界領域の実験研究を行っている。

* SPring-8 では2008A 期以降の研究課題募集で，成果公開優先利用課題においては，総額2000万円以上の競争的資金を導入した研究あるいは教育プロジェクトに対し，一定のマシントimeを配分することが明記されました。詳しくは SPring-8 のホームページに掲載されています。

Education and Training Program for Graduate School Student with Synchrotron Radiation Facility

Isao HARADA Graduate School of Natural Science and Technology Okayama University,
3-1-1 Tsushima-naka, Okayama, 700-8530

Naoshi IKEDA Graduate School of Natural Science and Technology Okayama University,
3-1-1 Tsushima-naka, Okayama, 700-8530

Takayoshi YOKOYA Graduate School of Natural Science and Technology Okayama University,
3-1-1 Tsushima-naka, Okayama, 700-8530

Abstract We report the education and training program for graduate students of Graduate School of Natural Science and Technology Okayama University made at synchrotron facilities, SPring-8 and HiSOR. This program is a joint course of graduate school lecture and synchrotron facility training with company researchers, that was authorized by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The purpose of this program is the development of human resources who can understand the potential ability of synchrotron experiment. We report our plan and actual activity of the training program.
