京都大学原子炉実験所における原子力人材育成

京都大学原子炉実験所　三島嘉一郎

１．はじめに

京都大学原子炉実験所は、「原子炉による実験及びこれに関連する研究」を行うことを目的とし、全国大学共同利用研究機関の役割を持つ京都大学付置研究所として昭和 38 年に設置された。昭和 39 年には主要施設である研究用原子炉（KUR）が運転を開始し、早くもその翌年から共同利用が開始された。このほかにも電子線形加速器を使った中性子発生装置や ^{60}Co-γ線照射装置、ホットラボラトリ、トレーサ棟などの実験研究施設があり、いずれも共同利用研究に供され、広い意味での原子力基礎研究に貢献している。図１は 5MW の熱出力で運転中の KUR 炉心の写真である。

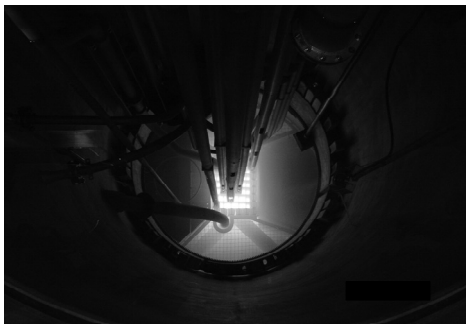


図１　5MW 運転中の KUR 炉心

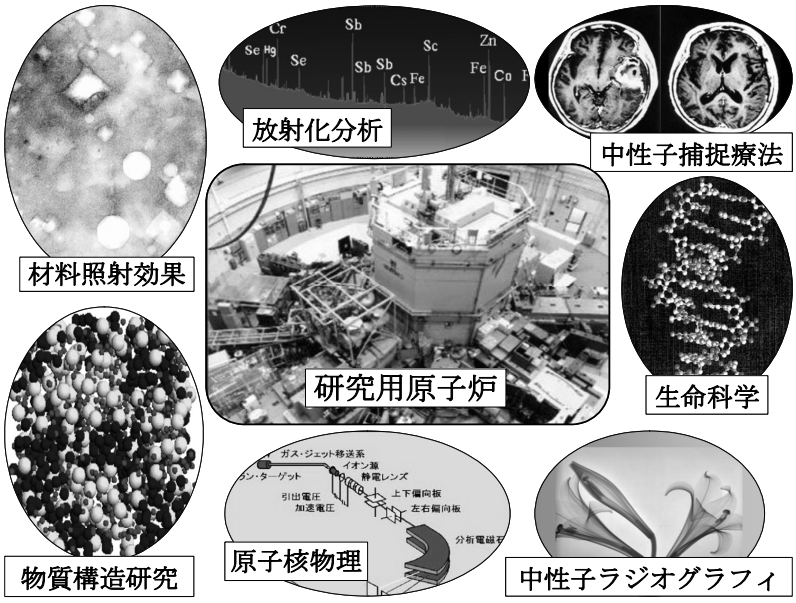


図２　研究炉を利用した研究の例

原子炉実験所の共同利用研究の来所者は年間約 6000 人・日を数え、そのうちの約半数は学生である。学生達は指導教員とともに訪れ、中性子や放射線を使った実験を行う（図２参照）。彼らが実施する研究テーマは自らの卒業研究のテーマにもなっている。それは必ずしも原子力に直接関係したものに限らないが、共同利用研究を通じて放射性物質の取り扱いや原子炉の保安に関することを学ぶ。すなわち、共同利用研究は、結果として学生に対する原子力教育の役割を

も果たすことになる。

昭和 49 年には臨界集合体実験装置（KUCA）が稼動し始め、原子炉実験所における共同利用研究施設の仲間入りをした。KUCA は、炉物理の基礎実験を行うことを目的に設置されたものであり、学生の教育訓練もその目的に含まれている。そのために、昭和 50 年から、全国の原子力関係の大学院学生を対象とした大学院生実験（図３参照）が開始され、現在は 11 大学が参加している。以来今日まで、約 2500 人の学生がこれに参加して単位を取得している。この教育プログラムは、臨界近接実験、制御棒較正実験、中性子束測定実験、運転実習等から構成され、原子力工学の根幹となる原子炉物理学の基礎を体験を通じて学習できる教育プログラムとなっている。これは、世界的にも類を見ない原子力体験教育プログラムである。このような教育の重要性は国際的にも認知され、最近では国内のみならず韓国やスウェーデンの大学の学生もこれに参加しており、その効果が世界に広がりつつある。図４は、近年急速な伸びを見せる KUCA 大学院生実験の受講者数を示す。

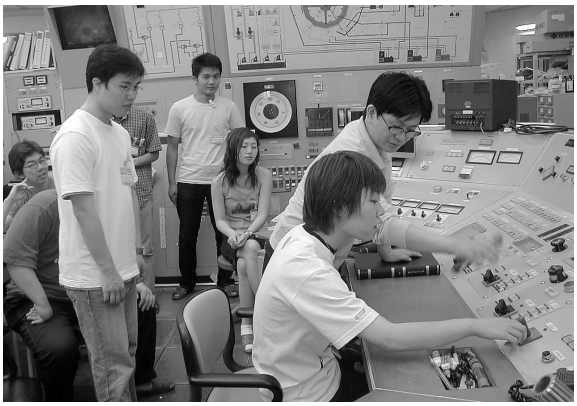


図３　大学院生実験の様子

原子力教育については、長年の原子力産業の停滞や不祥事を受けて、原子力

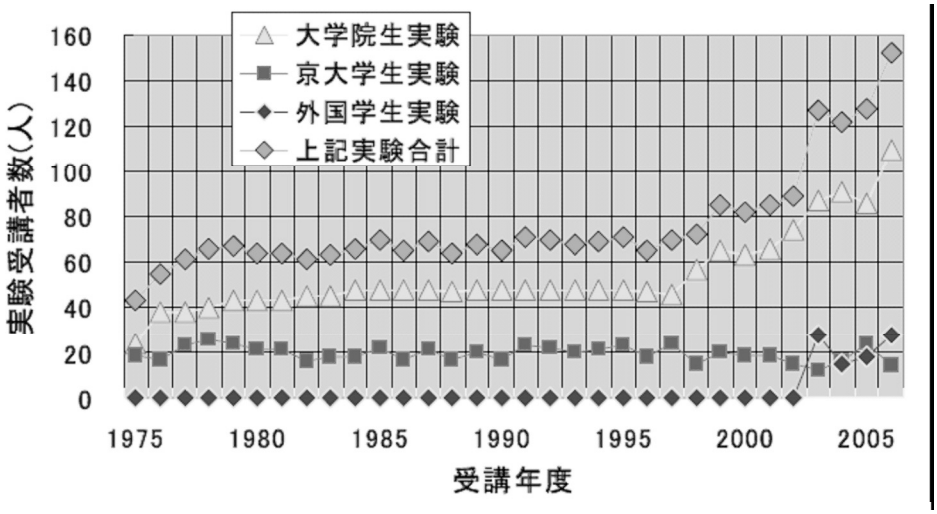
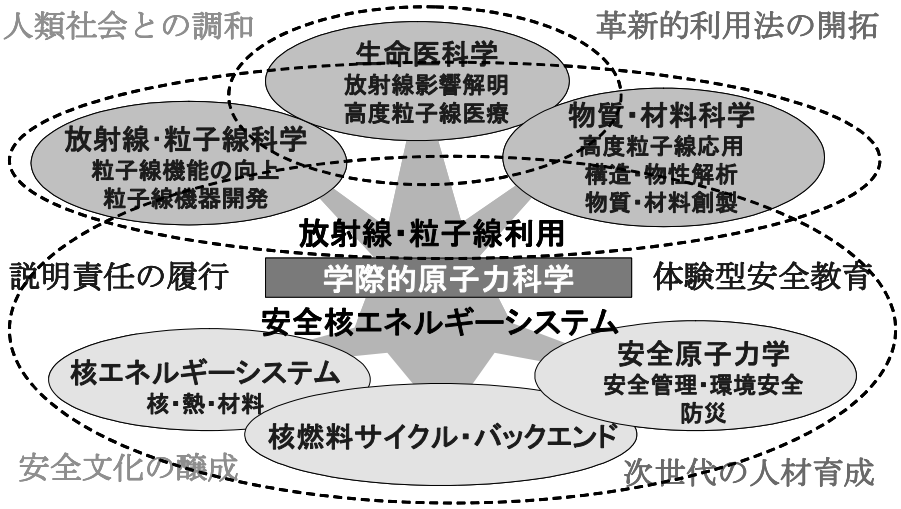


図４　KUCA 大学院生実験の受講者数の推移

離れが徐々に進行していった。しかし、近年、エネルギー供給と地球環境問題との関連で世界的に原子力が見直される傾向にあり、米国の原子力産業が復活の兆しを見せ、欧州でも原子力政策の見直しが話題に上り、加えて、中国やインドで原子力の開発利用が急激な伸びを見せていることなどから、原子力人材確保への関心が急速に高まっている。我が国においても、一時は原子力離れの傾向にあったが、このような世界的な流れを受け、また、国内の稼動中のプラ

ントの安全確保や技術の継承の必要性が再認識されだしたことにより、一転して、原子力人材育成の重要性が叫ばれるようになった。

このような状況を踏まえ、平成19年度から文部科学省と経済産業省は、それぞれの委託事業として、原子力人材育成プログラムを開始した。原子炉実験所は、上に述べた実績を踏まえ、さらにそれを発展させるため、これらの委託事業に応募した。この提案の骨子となる原子炉実験所における研究教育活動の展開は図５に示すとおりである。その結果、文部科学省の委託事業として原子力研究環境整備プログラム及び原子力教授人材充実プログラムが、経済産業省の委託事業としてチャンレンジ原子力体感プログラムが採択された。ここでは、これらの原子力人材育成プログラムのうち、原子力環境整備プログラムとチャンレンジ原子力体感プログラムの内容を紹介する。



工学、エネルギー科学、理学、農学、医学の5研究科の協力講座を担当

図５　原子炉実験所における研究教育活動の展開

２．原子力研究環境整備プログラム

このプログラムでは、全国大学の共同利用研究を含め、原子炉実験所における原子力基礎科学、粒子線物質科学、放射線生命医科学分野の基礎研究を推進し、学際的な原子力･放射線利用の新展開を図って、我が国が目指す科学技術立国の基盤形成に資するとともに、国際的にも当該分野における研究･教育の拠点としての機能を果たすことを目指す。原子炉実験所の教員は京都大学の理学・工学・エネルギー科学・農学・医学の５研究科の協力講座を担当し、教育に貢献している。また、全国の大学から共同利用研究の目的で来所する教員とともに大学院･学部学生が原子炉実験所を訪れることから、これらの学生の実験あるいは研究指導を通じて、原子力･放射線利用の将来を担う人材の育成に大きく貢献するものと期待される。

このプログラムの目標は、幅広い科学技術分野への応用が期待され人類福祉に貢献できる原子力･放射線利用の新展開の芽を育む学際的な研究環境の整備

を行うことである。ともすれば負の側面が強調されがちな原子力･放射線利用について、これを正しく理解し、正の側面を伸張して幅広い応用を可能とする研究･教育を行い、若者に夢を与える科学技術として発展させることが極めて重要である。また、原子力人材育成の観点からは、核燃料物質･放射性物質等を自らの手で扱う体験的研究･教育の場に身を置き、原子力安全文化を体得した研究者･技術者を輩出することが必要不可欠であろう。

上記の目標を達成するため、各種の法規制に対応して核燃料物質や放射性物質等が安全に取り扱える研究･教育の場を整備するとともに、今後の幅広い応用が期待される原子力基礎科学、粒子線物質科学、放射線生命医科学分野において、現在、世界をリードする成果を生み出しているテーマを軸として研究･教育の進展を図る。その際、法規制への対応として各種管理区域や核物質防護区域への入退室システムの整備を行うとともに、将来 KUR の後継中性子源になることが期待される加速器駆動未臨界炉の開発において重要な位置を占める高効率で高強度の高エネルギー加速器の開発は勿論のこと、より広範囲の利用を可能にする小型加速器をベースとした中性子線源の開発等が望まれることから、これに必要な基幹整備を可能な限り行うこととした。これにより、各種の競争的資金を得て設置した設備･機器の全面的な運用と活用を保証するとともに、今後の新たな設備･機器の導入に対する余裕を拡大する。また、KUR においては、使用する燃料を高濃縮ウラン燃料から低濃縮ウラン燃料に切り替えて運転を再開する予定であるが、共同利用研究等に供するまでにあと 1 年半程度の期間を要すること、また、運転再開後は、医療照射時を除いて運転出力を 5MW から 1MW に低減する予定としていることから、原子炉実験所における KUR 以外の施設･設備を活用して研究･教育を推進するとともに、昨年度から開始した韓国原子力研究所（KAERI）にある 30MW の研究用原子炉 HANARO を用いた国際共同研究及び日本原子力研究開発機構(JAEA)にある 3.5MW の研究炉 JRR-4 を用いた JAEA 協力研究を継続･発展させ、研究の場を確保するとともに、放射化分析、中性子ラジオグラフィ、中性子捕捉療法等の分野で国内外の技術指導を行うため、国内外旅費を充当する。さらに、国内外から非常勤研究員を募り、部局間研究協力協定を締結している国外研究機関の研究者を主とした外国人研究者を招へいするなど、国際的研究･教育拠点としての活動を強化する。

３．チャンレンジ原子力体感プログラム

このプログラムは､原子炉実験所が所有する共同利用研究施設、すなわちKUCA並びにKUR及びその付帯設備（重水設備、ホットラボラトリ、中性子導管等）、電子線型加速器、固定磁場強集束型（FFAG）加速器施設（図６参照）等を活用し、原子力（原子核）工学専攻の学生を対象とした実験教育を行い､京都大学を含む全国11大学における原子力人材の育成に資することを目的とする。

KUCAを用いた実験教育は原子炉物理学

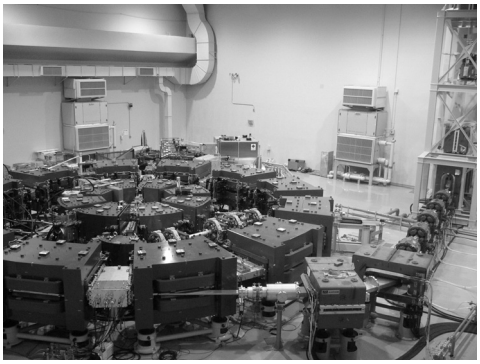


図６　FFAG 加速器施設

の体得を主眼に行うもので、①京都大学工学部物理工学科原子核サブコース学生を対象とした「原子炉基礎実験」及び②京都大学大学院エネルギー科学研究科をはじめ、北海道大学、東北大学、東京工業大学、武蔵工業大学、東海大学、名古屋大学、福井大学、大阪大学、神戸大学、九州大学を含む全国11大学の大学院生を対象とした「全国大学院生実験」を用意している。KUR等の各種施設を用いた実験教育は、原子力応用分野に関する経験を積ませることを主眼にしたもので、③京都大学工学研究科原子核工学専攻学生を対象とした「原子力応用実験」を行う。これらのプログラムにおいては、実験に先立って実験内容に関する講義･ガイダンスが行われた後、学生達は１週間泊り込んで実験を行い、その結果をまとめてレポートを提出する。合否判定はレポートによって行われ、合格すれば２単位が付与される。

この実験教育で学生達は、原子力施設･設備の現場に身を置いて実験し、そのことを通じて、机上の学習にとどまらず、体験的に原子力（原子核）工学を学習することになり、原子力（原子核）工学に対する実感的理解を深めることができるものと期待される。以下に、「原子炉基礎実験」、「全国大学院生実験」、及び「原子力応用実験」の内容を、より詳細に紹介する。

(1) 原子炉基礎実験

このプログラムは、京都大学工学部物理工学科原子核サブコース学生を対象とし、4月～5月に各実験内容に関する事前講義を京都大学吉田キャンパスで行うとともに、事前レポートの課題を与え、6月に原子炉実験所において１週間の泊り込み実験を行う。なお、原子炉実験所の担当教員は実験開始の約１週間前に実験に使用する炉心を構成するなどの準備を行い、受講学生は事前レポートを実験の初日の開校式の際に提出し、実験レポートは実験最終日の閉校式の際に提出する。この教育プログラムは、臨界近接実験、制御棒較正実験、中性子束測定実験、運転実習等から構成され、原子炉物理学の基礎を体験できる教育プログラムとなっている。１週間の実験スケジュールの例を図７に示す。

原子炉基礎実験の1週間のスケジュール（平成18年度の実施例）

	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時
月曜日					開校式 一般説明	保安教育（含テスト）	臨界近接実験講義	中性子束分布講義	金線サンプル作成			
火曜日	制御棒校正講義	臨界近接実験		昼食	制御棒校正実験			金線照射	ミーティング	レポート作成		
水曜日	研究紹介 金線取出し	制御棒校正実験		昼食	中性子束分布測定 運転実習				ミーティング	レポート作成		
木曜日	研究紹介	運転実習		昼食	運転実習 スクラム実験		討論会		KUR見学	レポート作成		
金曜日	レポート作成			昼食	レポート作成		閉校式					

図７　原子炉基礎実験の１週間のスケジュールの例

(2) 全国大学院生実験

全国11大学の大学院生を対象とした「全国大学院生実験」については、各大学において実験時の引率教員が5月～6月に各実験内容に関する事前講義を行うとともに、事前レポートの課題を与え、6～7月に原子炉実験所において１週間の泊り込み実験を５週間行う。なお、京都大学大学院エネルギー科学研究科の学生に対する事前講義は「原子炉基礎実験」の事前講義に併せて行う。受講学生は事前レポートを実験の初日の開校式の際に提出し、実験レポートは実験最終日の閉校式の際に提出する。また、5週間の実験週のうち4週間はベーシックコース、1週間はアドバンストコースとして位置づけ、実験内容を若干変えて行う。前者はいわば原子炉物理学入門コース、後者は原子炉物理学のより深い理解を狙ったものとして位置付けられる。両者の1週間の実験スケジュールは上述の「原子炉基礎実験」とほぼ同様である。

(3) 原子力応用実験

京都大学工学研究科原子核工学専攻学生を対象とした「原子力応用実験」では、9月に実験内容に関する2回程度のガイダンスを京都大学吉田キャンパスで行い、受講学生に実験課題を選択させ、10月に原子炉実験所において１週間の泊り込み実験を行う。レポートは実験終了後１ヶ月以内に提出させる。予め用意されている実験テーマは中性子光学実験、中性子場の線量測定、アクチニド元素の抽出実験、中性子飛行時間分析法、FFAG加速器実験及び未臨界実験の６件であり、実験テーマは適宜見直される。１週間の実験スケジュールの例を図８に示す。

原子力応用実験の1週間のスケジュール例

	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時
月曜日						一般説明 保安教育（含テスト）		選択テーマに分かれて実験内容の詳細説明				
火曜日～木曜日	選択テーマに分かれて実験			昼食		選択テーマに分かれて実験				実験結果の整理		
金曜日	選択テーマに分かれて実験			昼食		選択テーマに分かれて実験						

図８　原子力応用実験の１週間のスケジュールの例

４．まとめ

京都大学原子炉実験所は、昭和38年に設置されて以来、全国大学共同利用研究所として「原子炉による実験及びこれに関連する研究」を行い、原子力に関連する分野での研究教育に貢献してきた。原子力人材育成にとって極めて重要な現場体験の場が次第に失われていく中、原子炉実験所の提供する体験的原子力教育は他に類を見ない貴重な存在となっている。原子力科学を21世紀の人類福祉に役立てるべく学際的な研究教育活動を行う組織「アトムサイエンスコンソーシアム」を形成して、熊取キャンパスを地域に根ざし、世界に拡がる科学

の郷「くまとりサイエンスパーク」に発展させるという構想（図９参照）の下、原子炉実験所は、今後も原子力人材育成に真剣に取り組もうとしている。

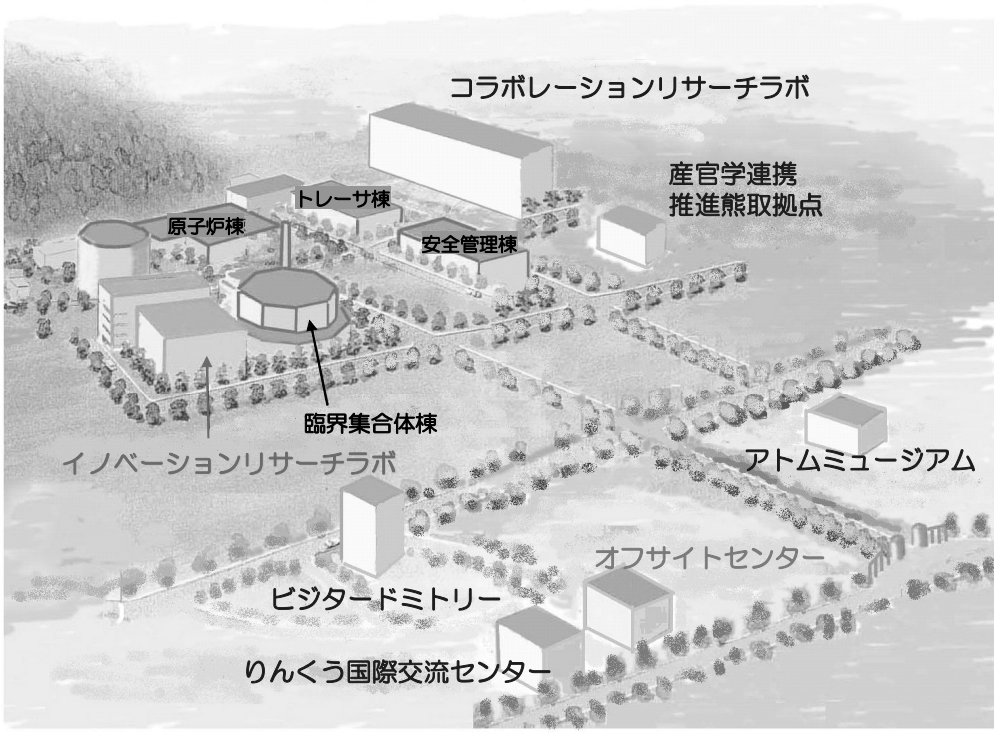


図９　くまとりサイエンスパーク構想