

国際原子力人材育成イニシアティブ事業成果報告書

＜課題名＞

機関横断的な人材育成事業
「京都大学原子炉実験所における全国共同利用の促進」

＜実施機関＞

京都大学原子炉実験所

＜連携機関＞

該当なし

＜実施期間・交付額＞

22年度 20,989千円、23年度 9,519千円、24年度 5,556千円

＜当初計画＞

1. 目的・背景

本事業は、学生及び若手研究者が京都大学原子炉実験所における共同利用研究を通して、研究を行う上で必要となる考え方や実験技術等を学ぶことにより、将来の原子力研究を担う人材を育成することを目的とし、実習コースの開設及び人材育成環境の整備を行い、学生及び若手研究者が本実験所の共同利用研究に参加する機会を広く提供するものである。

実習コースは、学生及び若手研究者を対象として、当実験に設置されている放射線測定装置等の共同利用実験装置・設備の利用方法を学ぶものであり、本コースの実施により、将来の共同利用研究を実施する研究者を育成する。併せて、学生・若手研究者の人材育成に係る共同利用研究者の参加の機会を広く提供し、施設の有効利用を図るために、共同利用研究を行う学生や若手研究者が実験準備やデータ処理等を実施するための環境整備を行う。これらの事業により、共同利用研究施設である研究用原子炉KUR及び付設のホットラボラトリの有効利用を促進し、人材育成を推進するため学生・若手研究者を対象に多くの利用者に施設利用の場を提供することを目指す。

2. 実施計画

当実験所が共同利用研究者に提供している各種の計測器等をはじめとする実験設備の利用方法等を教育・実習するための短期（1～3日間）の実習コースを設置する。また、人材育成環境整備として、実習コースでの講義等に利用するためのセミナー室を整備するとともに、短期の共同利用研究への参加の機会や学生自身の研究テーマ以外の共同利用実験の見学機会を与えるため、学生への旅費支援を行う。

（1）実習コース設置

実習コースとして、放射線計測コース及び原子炉実習コースを設置する。放射線計測コースでは、ホットラボラトリに設置されている各種の放射線計測機器の測定原理、使用方法を学習するとともに、測定データの解析処理方法の基本についても学ぶ。また、研究用原子炉KURと共有している圧気輸送管等の照射設備の利用方法を学ぶ。原子炉実習コースでは、研究用原子炉KURを用いた臨界近接実験、反応度測定実験について、その原理及び実際の測定手法を学習する。初年度より準備を開始し、放射線計測コースは平成23年度より開講、原子炉実習コースは平成24年度に開講する。

（2）人材育成環境整備

セミナー室の整備として、平成22年度に備品を整備する。また、学生への旅費支援では、支援対象者を選考する選考委員会の設置し、同委員会の運営、選考の方法を平成22年度に決定し、平成23年度より選考された対象者への旅費支給を実施する。

＜実施状況＞

実習コースの設置では、開講のための準備を行った後、放射線計測コースを平成 23 年度に、原子炉実習コースを平成 24 年度に開講した。また、人材育成環境整備では、セミナー室を整備するとともに、平成 23 年度から選考委員会により選考された学生に対する旅費支援を実施した。

（１）実習コース設置

・放射線計測コース

準備として、実習内容の詳細検討、実習用教材の整備、実習用機器の整備を実施し、平成 23 年度に開講した。実習では、放射線の物質との相互作用などの基礎的事項から放射線計測の原理までを、作成したテキストを用いて講義を行うことで知識として習得させ、NaI シンチレーション検出器と Ge 半導体検出器および計測回路を用いて実習を行うことで、測定器と放射線計測に用いられる計測回路の使用方法について習得させた。また、これらの検出器及び計測回路を用いて標準線源や環境中の放射性物質を測定することで得られたスペクトルデータの解析処理を行うことで、放射線測定に関する一連のステップを体験させ、測定に用いる検出器や計測回路の違いによる得られるデータの違いについても体験させた。また、研究用原子炉 KUR および KUR の中性子照射設備である圧気輸送管等の見学を行い、研究用原子炉の利用方法や利用例についての理解を深めた。平成 24 年度には、アルファ線計測の実習も行った。この実習で使用する機器として、放射線（ガンマ線）計測器（Ge 検出器・NaI 検出器・可搬型デジタルスペクトロサーベイメータ）、放射線計測器（回路系）、オシロスコープ、MCA システム、ガンマ線解析用ソフトウェア、アルファ線検出器を整備した。

本コースの開催日及び参加者は以下のとおりである。

第 1 回：平成 23 年 12 月 15～16 日、2 名（大阪大学大学院）

第 2 回：平成 24 年 3 月 6～7 日、6 名（大阪大学、同大学院）

第 3 回：平成 25 年 1 月 22 日及び 3 月 26, 28 日：3 名（京都大学、同大学院）

・原子炉実習コース

準備として、実習内容の詳細検討、実習用教材の整備、実習用機器の整備を実施するとともに、平成 23 年度には研究用原子炉 KUR を用いて、臨界近接実験、反応度測定実験のための試験的運転を行い、その結果を踏まえて、講義用資料、データシートなどの講義用教材の準備を行った。平成 24 年度に開講した。実習は 1 日コースと 2 日コースの 2 つを設定し、希望するコースを選択できるようにした。はじめに、原子炉の基礎原理、固有の安全性について解説した後に、臨界近接実験及び反応度測定実験の実施方法について講義した。さらに、KUR の概要に関する講義も実施した。その後、制御棒を用いた臨界近接実験、炉周期法による反応度値の測定、固有の安全性に関する出力挙動の観察を行い、出力上昇の後、漏洩放射線の測定、チェレンコフ光の観察を行った。また、2 日コースでは、上記の他に KUR の安全管理に関する講義及び巡視点検・起動前点検・停止点検の実習（見学）も実施した。実験終了後には、臨界近接実験及び反応度測定実験に関する実験レポートの作成を行った。この実習で使用する機器として、中性子検出システム、放射線検出回路を整備した。

本コースの開催に及び参加者は以下のとおりである。

1 日コース第 1 回：12 月 19 日、20 名（福井工業大学、茨城工業高等専門学校専攻科）

2 日コース第 1 回：9 月 24 日-25 日、10 名（福井大学大学院、法政大学大学院、大阪大学大学院、高知工科大学、近畿大学大学院）

2 日コース第 2 回：12 月 17 日-18 日、3 名（福井大学大学院、名古屋大学大学院）

（２）人材育成環境整備

ホットラボラトリ内に既設の共同利用研究者控え室を共同利用セミナー室として整備し、備品（プロジェクター、パソコン、ディスプレイ装置、プリンター、什器類、ブラインド、ロッカー）を導入した。このセミナー室は、上記の実習コースで使用された他、共同利用研究を行う学生や若手研究者の実験準備・実験データ解析、各種データ処理、打ち合わせ等にも利用されている。また、旅費支援対象者を選考するために学外委員を含む選考委員会を設置し、選考委員会の運営、選考の方法等を決定し、平成 23 年度より学生への旅費支援を行った。支援対象者の選考は、原子炉実験所の共同利用研究及び研究会として採択された研究課題のうち、原子力エネルギー研究に関係している研究課題を選考委員会において選考し、そのテーマの代表申請者から支援する学生の推薦をし

てもらうこととした。支援を行った学生数は以下のとおりである。

平成 23 年度：104 名（課題件数 27 件）

平成 24 年度：64 名（課題件数 25 件）



写真 1：放射線計測コースの様子
NaI 検出器と計測回路を組み合わせた
測定実験を行なっているところ。



写真 2：原子炉実習コースの様子
KUR 制御室において、臨界近接実験を
行っているところ。



写真 3：セミナー室
本事業で整備したセミナー室におい
て「原子炉実習コース」の講義を実施
しているところ。

表 1. 育成対象及び人数（結果）

実施項目	実施プログラム	育成対象者	育成人数（年度毎）		
1) 実習コース 設置	①放射線計測 コース	学部生及び大学院生	0 名 (H23 開講)	8 名	3 名
	②原子炉実習 コース	学部生及び大学院生	0 名 (H23 開講)	0 名 (H24 開講)	33 名
2) 人材育成環境 整備	旅費支援	選考された学生	0 名 (H23 開始)	104 名	64 名
参加人数（実績）			0 名	112 名	100 名
（参考指標）			—	8 5	5 6
交付額/参加人数			千円/人	千円/人	千円/人

※参加人数は、延べ人数ではなく、実際に参加した人数を記載願います。例えば、上の表で1) ②の10名が1) ①の50名と重複する場合133名と記載。

表 2. 実施スケジュール（結果）

項目	2 2 年度 (四半期毎)			2 3 年度 (四半期毎)				2 4 年度 (四半期毎)			
① 実習コース 設置 ・放射線計測コース ・原子炉実習コース				← 実習内容検討、教材等準備、機器の整備、実習の実施 →							
② 人材育成環境 整備 ・セミナー室整備 ・旅費支援				← 選考委員会設置、対象者の選考、旅費支援の実施 →							

予定期間を示す際は、矢印ではなく「□」等でもよい。線表は事業期間と対応させること。

＜成果と評価＞

実習コースでは、放射線計測コースと原子炉実習コースを合わせての参加者が、当初目標の約 60 名/年に対して、36 名（平成 24 年度）であった。また、旅費支援においては、当初目標の約 100 名/年に対して、112 名（平成 23 年度）、64 名（平成 24 年度）であった。理由は以下に示すとおりであるが、参加者は当初予定を下回った。しかし、参加者のアンケート結果からは、本実験所で実施している実験に対する興味が深まっていることがわかり、今後の共同利用研究の促進に有用であったと評価できる。なお、東日本大震災の影響ともいえるが、本事業の実施期間中の共同利用件数は増加（H22：158 件、H23：178 件、H24：202 件）しており、共同利用の促進という所期の目的は果たしたといえる。

（1）実習コース設置

・放射線計測コース

東日本大震災により平成 23 年度より現在まで日本原子力研究開発機構の研究炉が運転休止となり、同機構の共同利用研究の一部を原子炉実験所で引き受けることとなったため、KUR の圧気輸

送管照射設備のマシントイムが逼迫したため、実習内容を標準線源や環境中の自然放射能を用いた実習へと変更し、また、実習回数も年3回の予定のところ、平成23年度は2回、24年度は1回の開催となり、参加人数も少ない人数での実施となった。

参加した学生にアンケートを採ったところ、本実習の内容である放射線計測についてよく理解でき、研究用原子炉などの放射性物質を用いた科学研究に興味を持つことができ、有意義であったとの意見が多くあった。実施者としても普段の講義だけでなく実習を行うことで、より効果的な知識・技術の習得が可能であることを確認した。

・原子炉実習コース

平成23年度に開講準備としてKURを用いて、臨界近接実験、反応度測定実験のための試験的運転を行ったが、これにより講義用資料、データシートなどの講義用教材を利用しやすい形に整備することができた。平成24年度の実習では、参加者の多くが原子力の初学者であることから、基礎事項の理解に重点をおいた講義及び実験を行った。実験レポートおよびアンケート結果をみると、非常によく理解できている参加者が多く、今回の実習内容は適切なものであったといえる。また、2日コースで実施した安全管理の実習を通して、安全管理の重要さを深く理解させることができた。なお、当初計画では、1日コース、2日コースを各2回（9月期、12月期）実施する予定であったが、募集を行ったところ9月期の2日コースへの参加希望者が多く、1日コースへの希望者が少なかったことから、9月期については両者を合わせて、2日コースのみの実施とした。

（2）人材育成環境整備

旅費支援で、将来の共同利用研究者を育成するために、短期の共同利用研究への参加の機会や学生自身の研究テーマ以外の共同利用研究の見学機会を与えるために実施したが、候補者選定の段階において、研究課題が「原子力エネルギー利用」に関連した学生であり、かつ1回のみ支援に制限されたため、当初計画していたよりも対象学生数が減少した。平成23年度は当初予定の100名を上回る支援学生数（104名）となったが、平成24年度は、対象となっている学生のうち本事業により前年に支援を受けた学生が多く（33名）いたため支援対象外となり、結果として支援した学生数が64名となった。なお、このことは、初年度に支援した学生の多くが次年度に共同利用研究に参加したことを意味しており、本事業の成果の結果ともいえる。総数として168名の学生に対して原子炉実験所の研究・施設の紹介を行い、実験研究に対する理解及び興味を深める機会となった。

＜今後の事業計画・展開＞

平成25年度からは国際原子力人材育成イニシアティブ事業「京都大学原子炉実験所における包括的原子力安全基盤教育」における「原子力安全教育」の一部として、本事業における「放射線計測コース」、「原子炉実習コース」の内容をもとにした「放射線安全教育」、「放射性物質取扱安全教育」及び「原子炉工学実験」を実施する。この「原子力安全教育」では、本事業で得た実習のノウハウを生かし、また本事業で整備した機器等を活用し、その内容を原子力安全という観点から発展的に見直した教育を実施する。

＜整備した設備・機器＞

（1）放射線（ガンマ線）計測器（Ge 検出器）1台（平成22年度整備、約5百万円）

「放射線計測コース」のガンマ線測定実験において、Ge 検出器によるガンマ線スペクトルの測定原理の理解、および使用方法の習得のために使用する。

（2）放射線（ガンマ線）計測器（NaI 検出器）1式（平成22年度整備、約4百万円）

「放射線計測コース」のガンマ線測定実験において、NaI 検出器によるガンマ線スペクトルの測定原理の理解、および使用方法の習得のために使用する。

（3）可搬型デジタルスペクトロサバイメータ 1台（平成22年度整備、約3百万円）

「放射線計測コース」のガンマ線測定実験において、環境放射線としてのガンマ線や原子炉施設からの漏洩ガンマ線測定のために使用する。

- (4) オシロスコープ 4台(平成22年度整備、約1百万円)
「放射線計測コース」において、各種放射線検出器の信号特性を観測し回路調整を行う等の放射線計測技術を習得するために使用する。
- (5) マルチチャンネルアナライザ(MCA) 4台(平成22年度整備、約2百万円)
実習(放射線計測コース)のガンマ線測定実験において、Ge検出器やNaI検出器の信号を処理し、ガンマ線スペクトル特性を測定するために使用する。
- (6) セミナー室用パーソナルコンピューター 16台(平成22年度整備、約4百万円)
セミナー室に設置し、実習コースにおいて取得した各種の実験データの解析処理のために使用する。
- (7) Ge半導体検出器 1台(平成23年度整備、約5百万円)
「放射線計測コース」のガンマ線測定実験において、上記(1)のGe検出器とともに、ガンマ線スペクトルの測定原理の理解、および使用方法の習得のために使用する。
- (9) 中性子検出システム 1台(平成23年度整備、約3百万円)
「原子炉実習コース」において、原子炉で発生する中性子を計数することにより、原子炉起動時の出力変化をモニターするために使用する。
- (10) アルファ線検出器 1台(平成24年度整備、約1百万円)
「放射線計測コース」において、アルファ線スペクトルの測定原理の理解、および使用方法の習得のために使用する。
- (11) 放射線計測器(回路系) 1式(平成24年度整備、約2百万円)
「原子炉実習コース」において、臨界近接実験における中性子計数率の測定に使用する。

＜その他特記すべき事項＞

当初計画では、学生に加え若手研究者を対象とすることとしていたが、学生以外には本事業の経費を使用することができないため、本事業では計画を変更し、学生のみを対象とした。このことも、参加者数が当初目標に達しなかった原因の一つといえる。

＜参考資料＞

(1) 添付資料

- 1) 旅費補助対象とする共同利用研究の選考に関する取り決め
- 2) 放射線計測コース・募集要項
- 3) 放射線計測コース・講義資料(抜粋)
- 4) 原子炉実習コース・募集要項
- 2) 原子炉実習コース・テキスト(抜粋)

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) 国際シンポジウムにおける報告
“Reactor Physics Experiment Course using Kyoto University Research Reactor,”
Ken NAKAJIMA et al., 2nd Asian Symposium on Material Testing Reactors, Bangkok, Thailand,
October 11th – 12th, 2012.

(作成時のお願い)

1. 本資料は別紙2を除き後日HP等で公表予定です。その旨を前提に作成願います。
2. 端的にかつ分かりやすく記載し、分量をなるべく少なくしてください。(重複する記載等は削除 or 引用する等工夫願います。)

評価項目に係る事項について

①課題の達成度（採択時の所見 対応を含む）	計画通り2つの実習コースを開設した。放射線計測コースについては、報告書本体の「成果と評価」に記載のとおり、東日本大震災の影響により当初計画を遂行できなかったが、原子炉実習コースについては、ほぼ計画通り実施できた（実施3回：計画4回、参加者33名：計画30名）。また、旅費支援では、当初計画していた若手研究者や「原子力エネルギー利用」以外の研究課題の参加者を対象から外すこととなったことや、一人1回の支給に制限されたため、支援対象者が限定されたが、当初目標の8割以上（実施168名/2年：計画200名/2年）を達成した。
②特記すべき成果（例：ネットワーク化による人材育成機能の強化等）	原子炉の安全管理に関する教育の実施：「原子炉実習コース」で実施した実機の原子炉（KUR）を用いた安全管理に関する教育は、学生実験としてはユニークなものであり、特に福島原発事故後に関心が高まっている原子炉の安全性について理解を深める上で非常に有用である。
③事業の継続状況・定着状況	本事業の成果をもとに、国際原子力人材育成イニシアティブ事業「京都大学原子炉実験所における包括的原子力安全基盤教育」における「原子力安全教育」の一部を開始した。
④成果の公開・共有の状況	本事業における実習コースの実施に当たっては、原子力学会のメーリングリストや原子力人材育成ネットワークによる周知を行った。また、実施内容の一部については、タイにて開催された2nd Asian Symposium on Material Testing Reactors において報告している。
⑤参加した学生数、原子力関係機関への就職状況、公的資格取得者数	・「原子炉実習コース」には、本事業の対象者ではないが、原子炉実験所の技術職員1名も参加し、原子炉に関する実習を行った。 ・原子炉実習コースに参加した学生33名のうち、1名が電機メーカーに就職した他は、在学中あるいは進学している。 ・放射線計測コースに参加した学生11名のうち、そのほとんど（10名）が在学中もしくは修士課程に進学した。修士課程に進学したものは、いずれも原子力（放射線）関係研究室への進学であった。残りのうち、原子力関係機関への就職者は0名であった。 ・本事業は、今後の共同利用研究促進のために、将来の共同利用研究者を育成することを目的としている。従って、対象者は学生あるいは院生の初学者が中心となっている。このため、多くは現時点で在学中である。