

事 務 連 絡  
平 成 2 7 年 1 2 月 1 7 日

国立大学法人京都大学 御中

文 部 科 学 省  
研究開発局研究開発戦略官  
(新型炉・原子力人材育成担当)付

国際原子力人材育成イニシアティブ事業 事後評価結果について

貴機関において実施された「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」に係る事後評価結果を、以下のとおり通知いたします。評価基準等については、別に定める「国際原子力人材育成イニシアティブ事業 事後評価について」を御参照願います。

|      |                            |
|------|----------------------------|
| 課題名  | 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 |
| 実施機関 | 国立大学法人京都大学                 |
| 実施期間 | 平成24年度～平成26年度              |

【評価結果】

|   |                 |
|---|-----------------|
| B | ほぼ計画通りの成果があげられた |
|---|-----------------|

【審査評価委員会所見】

＜推奨意見＞

●新規制基準適合性審査への対応のために、当初計画を達成できなかったことは残念であるが、代替計画を整備し、当初計画になるべく沿う形で事業を実施できた点は評価できる。また、代替計画で整備した実験教育プログラムは、参加者の満足度が高かった点も評価できる。

●本事業で整備した実験教育プログラム（代替計画で整備した実験教育プログラムを含む。）は、シミュレーターだけでは体験できない包括的原子力安全教育であり、参加する学生にとっても貴重な場であることから、KUR及びKUCAが再稼働された後も、維持・改善を進めながら実施されることを期待したい。

＜今後への参考意見＞

●KUR及びKUCAの再稼働時期が見通せない中ではあるが、学生への貴重な実習機会提供のため、引き続き事業の実施に努めていただくとともに、その実施については、多くの学生を受け入れることのできる時期の設定に努めていただきたい。

# 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＞

復興対策特別人材育成事業「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」

## ＜実施機関＞

京都大学原子炉実験所

## ＜連携機関＞

なし。

## ＜実施期間・交付額＞

24年度9,772千円、25年度7,346千円、26年度2,125千円

## ＜当初計画＞

### 1. 目的・背景

京都大学原子炉実験所が有する研究炉等の原子力実験施設の取り扱いを介して原子力安全を包括的に理解し体得させる包括的原子力安全基盤教育を実施する。

共同利用・共同研究拠点である京都大学原子炉実験所は、研究炉や臨界集合体等を用いる全国共同利用の研究を支えると共に、学際的な原子力・放射線利用の新展開を目指す研究を進めているが、全ての教員が京都大学大学院の理学・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ており、学生の教育にも大きく貢献してきた。中でも、臨界集合体実験装置、研究炉、付属のホットラボ等の放射線施設を使った学生実験は、我が国唯一の“実際の原子炉施設を使用する実験教育”として、学生教育において多大の実績を挙げて来た。1975年から開始され今までに延べ3,000人以上の学生を教育してきた、臨界集合体実験装置を用いた全国大学の学生のための炉物理実験を筆頭に、既に30年以上に亘って実施してきた京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻学生向けの原子力工学応用実験、共同利用研究で来所する全国の大学院・学部学生の研究指導を通じての教育等、実験所は、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してきた。これらの、実際の原子炉や放射線施設、核燃料物質使用施設を使った実験教育は、他では成しえない「原子力の基礎に関わる実学教育」として我が国において極めて貴重な教育となっている。なお、臨界集合体実験装置を用いた炉物理教育については、その業績により第39回(平成18年度)日本原子力学会賞(貢献賞)が授与されている。

本事業では、これまでに原子炉実験所が実施してきた炉物理教育実験(原子炉基礎実験、全国大学院生実験)および原子力工学応用実験の成果を踏まえ、新たに原子力安全に関する幅広い分野にわたる実験教育を行う「包括的原子力安全教育」を実施する。「包括的原子力安全教育」では、全国大学の学部生および大学院生を対象とした原子炉安全に関わる炉物理と炉工学、放射線防護および原子炉事故に関わる放射線安全と環境影響、放射性物質の取り扱いと管理、地震および津波に関わる原子力施設安全確保と原子力防災、放射線の人への影響と医学利用、について実験を中心とした教育として、(1) 炉物理実験教育、(2) 原子力工学応用実験、(3) 原子力安全教育、を実施する。さらに、外部講師を招聘したセミナーまたは講演会を開催することにより、原子炉安全や放射線安全等の関連する分野の最新の研究状況について学習する。

### 2. 実施計画

平成24年度は、「炉物理実験教育」及び「原子力工学応用実験」の実験準備と関連する設備の整備を行うとともに、「原子力安全教育」における5つのコース(原子炉工学実験、放射線安全教育、放射性物質取扱安全教育、地震・津波安全教育、放射線医療基礎教育)の具体的な教育内容の策定、教育に使用する設備類を整備する。平成25、26年度には、上記3つの教育を実施する。

#### (1) 炉物理実験教育

臨界集合体実験装置 KUCA を用いた炉物理実験教育として、京都大学学部学生（約 20 名/年）を対象とした「原子炉基礎実験」と全国大学の大学院生（約 150 名/年）を対象とした「全国大学院生実験」を実施する。平成 24 年度は、これまで実施してきた臨界量測定、制御棒価値測定、中性子束分布測定による原子炉物理の基本学習、核燃料の取り扱い、に加えて原子炉の安全特性を理解するための反応度測定を新たに実施するための準備を行う。このために、反応度計を整備し、その試験を実施する。併せて、関連する指導要領・教材の準備を行う。平成 25 年度より上記教育を「包括的原子力安全教育」の一環として実施する。

## （２）原子力工学応用実験

原子炉実験所の実験設備を用いて、京都大学大学院生（約 20 名/年）を対象とした「原子炉工学実験」を実施する。この実験教育では、研究用原子炉 KUR、ホットラボラトリ、電子線型加速器、FFAG 加速器、KUCA を用いた原子力工学に関する以下の実験から一つを選択して実験を実施する。

原子炉反応度測定、粒子線光学実験、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、加速器ビーム実験、未臨界実験

平成 24 年度は、これらの実験について、実験内容の拡張、高度化を行い原子力安全に対する理解を深めるために、各種設備（大型超音波洗浄器、炉心温度計測システム、デジタルオシロスコープ、データ処理用計算機、真空ポンプ）の整備を行う。併せて、関連する指導要領・教材の準備を行う。平成 25 年度より「包括的原子力安全教育」の一環として実施する。

## （３）原子力安全教育

全国大学の学部生及び大学院生（約 50 名/年）を対象とし、研究用原子炉 KUR を主とする各実験設備を用いて以下の各実験を行う。ことにより、原子炉や放射性物質の管理・取り扱いを通して、原子力安全に関する広い知識を学ぶ。平成 24 年度は、以下の各実験の具体的な内容を策定するとともに、来年度の実施に向けた設備等（大型超音波洗浄器、実習用サーベイメータ、Ge 検出器、教育用簡易フード、 $\alpha$ サーベイメータ）の整備を行う。なお、実施内容の詳細については、人材育成ネットワーク参加機関等の要望を踏まえた上で決定する。

1) 原子炉工学実験：研究用原子炉 KUR を用いた実験教育として、全国大学の学部生・大学院生を対象とした「原子炉工学実験」を実施する。この実験教育では、原子炉制御、温度係数、キセノン効果等の原子炉工学の基本を学習するとともに、原子炉施設の保守点検や運転管理などの安全管理について学ぶ。

2) 放射線安全教育：原子力に関わる放射線安全の教育を実施する。具体的には、放射線安全に関わる講義と並行して「施設・環境・人」における放射線安全管理に関わる幅広い実習を行う。実習内容としては、研究炉運転中における施設内の放射線レベルの計測、当実験所周辺の環境モニタリング、施設作業者の個人被ばく線量管理、放射性廃棄物処理等に関連した実習、各種の放射線検出器の使用や校正に関わる実習、並びに緊急時の対応や措置に関する演習などを実施して、幅広く原子力・放射線安全に精通した人材の育成を図る。

3) 放射性物質取扱安全教育：核燃料物質と放射性物質の両方を実際に使い、それらの、安全な取り扱いの基本を習得させる。核燃料物質管理の重要な部分である計量管理（保障措置）の体験として、(1) ガンマ線スペクトロメトリーによる濃縮ウランの同位体比の測定実験、(2) トリウム燃料のガンマ線スペクトロメトリー実験を行う。また、核燃料物質及び放射性核種の安全な取り扱いに関わる、(3) 天然ウラン試料の研究炉による照射とその放射化学分析実験、を行う。更に、(4) 保障措置及び計量管理に関わる基礎及び法律、(5) 核燃料物質及び放射性核の安全取り扱いに関わる基礎及び法律、の講義を行う。

4) 地震・津波安全教育：原子力施設の地震・津波安全設計基準やリスク評価手法などの基礎知識を習得させる。具体的には地震発生 of 長期評価やメカニズム、津波・地震動の生成・伝播、原子力施設の応答特性などについて地震学、地震工学、構造工学的観点から講述する。更に、研究用原子炉（KUR）を対象とし、建屋や周辺地盤に設置した地震計による微弱な振動

測定から原子炉建屋の振動特性を測定・分析する手法を実地で学習する。

- 5) 放射線医療基礎教育：放射線の人（生物）への影響や医療利用の基礎となる知識を習得させる。このために、加速器、原子炉重水設備およびその他の放射線設備の放射線（ $\gamma$ 線、陽子線、そして特に中性子線）を生物試料（細胞、実験動物）に照射し、その効果を解析する。こうした実験を通じて、照射場の物理的特性評価法、照射効果の生物学的評価法の基礎を理解、習得させる。更に本実験所の研究活動で特徴的な硼素中性子捕捉療法 (BNCT) について、治療計画実習、実臨床の見学、等を行い医療利用の実験を体験させる。

## ＜実施状況＞

平成 24 年度は、「炉物理実験教育」及び「原子力工学応用実験」の実験準備と関連する設備の整備を行うとともに、「原子力安全教育」における 5 つのコース（原子炉工学実験、放射線安全教育、放射性物質取扱安全教育、地震・津波安全教育、放射線医療基礎教育）の具体的な教育内容の策定、教育に使用する設備類を整備した。なお、審査評価委員会によるレビューの結果、「原子力安全教育」のうち、「地震・津波安全教育」と「放射線医療基礎教育」は本事業の対象外となった。

平成 25 年度には、上記 3 つの教育を実施した。ただし、新規制基準施行に伴う KUR 運転計画の大幅な変更のため、一部の実施時期及び内容を見直した。

平成 26 年度は、新規制基準への適合確認のために KUR 及び KUCA が停止し、本事業の実施見通しが不透明であったことから、「炉物理実験教育」及び「原子力安全教育」の内容及び実施時期を大幅に見直すとともに、「原子力工学応用実験」は本事業の対象外とした。

### （１）炉物理実験教育

本教育は、KUCA を用いた炉物理実験教育としてこれまでに実施してきた。平成 24 年度は、原子炉の安全特性を理解する教育として新たに実施する反応度測定実験のための反応度計の整備を行った。

平成 25 年度は、京都大学学部学生（17 名）及び大学院生（9 名）を対象とした「原子炉基礎実験」と全国の 11 大学（北大、東北大、東工大、東京都市大、東海大、名大、福井大、阪大、近大、九大、京大）の大学院生（132 名）を対象とした「全国大学院生実験」を 6 月～8 月の 8 週間にわたり実施した。従来の臨界近接実験、制御棒校正実験、中性子束測定実験、運転実習、スクラム実験に加えて、原子炉の安全特性を理解するための教育として原子炉内に空気を吹き込んでボイド反応度効果を測定するための実験を新たに追加した。

平成 26 年度は試験研究用等原子炉施設の新規制基準適合性に係る審査が行われている途中で KUCA が使用できない状況であったため、天然ウランを用いた未臨界体系での実験（シグマパイル実験）を「全国大学院生実験」として 2 月～3 月に実施した。合計 56 名の大学院生が 7 大学（東京都市大、名大、東工大、北大、東海大、福井大、京大）から参加した。なお、京都大学学部学生を対象とした「原子炉基礎実験」は実施を取り止めた。臨界とする実験を行うことはできない状況ではあったが、できるだけ従来の実験項目に沿った炉物理実験を行うとともに、新たに放射線計測をもとにした核セキュリティ関連の実験を追加して実施した。実施した実験項目は以下のとおり。

中性子増倍実験、中性子束分布測定、制御棒校正実験（過去のデータ解析）、ウランの濃縮度測定

### （２）原子力工学応用実験

本教育では、KUR を中心とする原子炉実験所の各種実験施設を用いた原子力工学に関する実験を行ってきた。平成 24 年度は実験内容の拡張、高度化を行い原子力安全に対する理解を深めるために、各種設備（大型超音波洗浄器、炉心温度計測システム、デジタルオシロスコープ、データ処理用計算機、真空ポンプ）の整備を行った。

平成 25 年度は新規制基準対応のため研究用原子炉 KUR の運転計画が大幅に変更となり、その結果、応用実験の実施時期及び実施内容の見直しをせざるを得ない状況となった。実施内容は以下のとおりである。

- 「原子炉反応度測定」では、原子炉が停止中のため、昨年度取得したデータを用いてキセノンの反応度を導出する教育を行った。また、自発核分裂中性子源を用いて、水素化合物に対する

漏洩中性子を測定することにより、原子炉の運転制御に重要な中性子の減速と吸収に関する実習も行った。

- 「粒子線光学実験」では、原子炉が停止中のため、中性子反射率測定代わりにエックス線反射率測定実習を行った。本実験は中性子の波動性を用いた実験であり、その原理は中性子のみならずエックス線でも同様に教育することができた。
- 「中性子場の線量測定」では、原子炉が停止中のため、Am-Be 中性子源及び水ファントムを用いて、中性子とガンマ線の混在場における線量の異なる放射線の線量測定実習を行った。
- 「アクチニド元素の抽出実験」では、原子炉が停止中のため、当初予定していたアクチニド元素の抽出実験を行うことはできなかったため、代替実験として、福島第2 原子力発電所の近郊で採取された土壌サンプルの化学処理及び環境土壌試料の分析と放射線測定実習を行った。
- 当初予定していた「中性子飛行時間分析法」、「加速器ビーム実験」、「未臨界実験」は、研究用原子炉 KUR の運転計画の変更に伴い、実習時期を変更したため、電子線型加速器、FFAG 加速器、KUCA のマシンタイムの調整がつかず実施することはできなかった。

平成 26 年度は、新規規制基準への適合確認のために KUR が停止し、本事業の開始時期を遅らせたことにより、「原子炉工学応用実験」は本事業の対象外とした。

### (3) 原子力安全教育

平成 24 年度は、次年度より開始する予定の5 課題（原子炉工学実験、放射線安全教育、放射性物質取扱安全教育、地震・津波安全教育、放射線医療基礎教育）について設備等（大型超音波洗浄器、実習用サーベイメータ、Ge 検出器、教育用簡易フード、 $\alpha$ サーベイメータ）の整備を行うとともに、実施内容の検討を行った。実施内容の検討においては、原子力人材育成ネットワーク・高等教育分科会におけるコメント等を参考とした。なお、今年度の当初計画にあった地震・津波安全教育と放射線医療基礎教育については、本事業の補助対象外となった。

平成 25 年度は新規規制基準対応のため KUR の運転計画が大幅に変更となり、その結果、これら教育の実施時期及び実施内容の大幅な見直しをせざるを得ない状況となった。以下に実施内容を示す。

#### 1) 原子炉工学実験

研究用原子炉 KUR を用いた実験教育として、「原子炉工学実験」を実施した。原子炉制御、温度反応度効果、キセノン効果等の原子炉工学の基本についての講義並びに KUR の施設見学を行った後、KUR の制御室において、運転再開直後の特性試験として実施した起動前点検、起動操作、臨界近接、出力上昇に立会い、原子炉施設の保守点検や運転管理などの安全管理について学習した。また出力上昇時に反応度の測定を実験参加者が自ら行い、炉心温度とともに反応度が変化する様子を観察した。その後、キセノンの蓄積に伴う原子炉の反応度制御機構を観察した。さらに、キセノン効果を測定するとともに理論式を使ってキセノン効果を再現する演習を行い、キセノン効果のメカニズムについて考察を行った。実験内容を各自報告書としてとりまとめた。

実験参加者：9 名（北大、福井大、東工大、茨大、近大、日本原燃(株)）

実施期間：3 月 18 日～20 日

#### 2) 放射線安全教育

原子力に関わる放射線安全の教育を実施した。放射線安全に関わる講義としては、エネルギー政策から、放射線管理、放射線計測や廃棄物処理などの幅広い内容の講義を行った。また、放射線安全管理に関わる幅広い実習を実施した。具体的には、研究炉施設内の放射線レベルの計測、当実験所周辺の環境モニタリング、施設作業員の個人被ばく線量管理、放射性廃棄物処理、各種の放射線検出器の使用や校正に関わる4 つの実習、緊急時の対応や措置、放射線管理の実務に関する演習などを実施して、幅広く原子力・放射線安全に精通した人材の育成を図った。なお、当初予定では、研究炉運転中の放射線管理についても実習を行う予定であったが、これについては、新規規制基準対応のため KUR が運転停止中であったことから、運転停止中の放射線管理に関する実習へと変更した。

実験参加者：5 名（京大、新潟大、東京農工大）

実施期間：2 月 24 日～28 日

#### 3) 放射性物質取扱安全教育

核燃料物質と放射性物質の両方を実際に使い、それらの安全な取り扱いの基本を習得させるための講義及び実習を実施した。本教育は核燃料物質の定量実験及び、放射性物質の放射能測定実験の2 つから構成される。核燃料物質の定量実験については、核燃料物質管

理の重要な部分である計量管理（保障措置）の体験として、ガンマ線スペクトロメトリーによる濃縮ウランの同位体比の測定実験、トリウム燃料のガンマ線スペクトロメトリー実験を行った。また、放射性物質の放射能測定実験については、放射能の定量のために必要な検出器の校正や検出効率の測定を行い、それらの結果を用いて福島第一原子力発電所事故由来の汚染試料（玄米）中に含まれる放射能の定量実験を行った。更に、保障措置及び計量管理に関わる基礎及び法律、核燃料物質及び放射性物質の安全取り扱いに関わる基礎及び法律、の講義を行った。なお、放射性物質の放射能測定実験においては、新規規制基準対応のため KUR の運転計画が大幅に変更となり、予定していた天然ウラン試料の研究炉による照射が不可能となったことに加え、実習に福島事故復興対策への直接的な応用に関する課題を含めることで教育効果を高めるため、福島第一原子力発電所事故由来の汚染玄米試料を用いて実習を実施した。

実験参加者：1 名（京大）

実施期間：3 月 18 日～20 日

・専門研究会への参加

本事業は、上記 1)～3)の原子力安全教育に参加した学生を原子炉実験所で実施する専門研究会に参加させることにより当該分野に関する最新の知見を学ぶことを目的としたものである。平成 25 年度は、新規規制基準対応のため、原子力安全教育の実施時期を年度末近くに変更せざるを得なく、本教育への参加学生の確定がこの時期までずれこんだこともあり、原子力安全教育に参加した学生のうち、関連専門研究会へ参加した学生については、本学原子炉実験所に所属する大学院生 1 名のみにとどまった。

専門研究会参加者：1 名（京都大学大学院生 1 名）

専門研究会開催時期：3 月 13 日～14 日

平成 26 年度は、新規規制基準への適合確認審査のため KUR が停止中であり、「原子炉工学実験」の内容を見直した実験教育を行った。

1) 原子炉工学実験

KUR の運転を伴う実習は行わず、過去の実験データの解析等により学習した。また、我が国の原子炉施設の安全性に重要な影響を与える地震に関する基礎的な事項を学習するとともに、原子力施設のリスク評価、福島第一原子力発電所の事故についても学習した。

実施した講義および実習は以下のとおりである。

講義：①原子炉の基礎、②原子炉の反応度評価、③地震と基準地震動、④福島第一原発事故の概要、⑤活断層と地震、⑥原子力のリスク評価

実習：①原子炉の反応度評価（過去のデータ解析）、②原子炉施設の安全管理体験、③放射線計測、④建屋震動計測

なお、講義のうち、⑤活断層と地震、⑥原子力のリスク評価の 2 つは、本学経費により外部の専門家を招へいし、最新の情報を提供していただいた。

参加者：13 名（京大、大阪大、東海大、東北電力、北陸電力、中国電力、中部電力、関西電力、四国電力、日本原燃、島根県庁）

実施期間：3 月 9 日～11 日

2) 放射線安全教育

平成 25 年度に見直した内容の教育を実施した。

参加者：11 名（京大、神戸薬科大、九電産業、佐賀大、島根県、堺市役所、大阪府）

実施期間：2 月 2 日～2 月 6 日

3) 放射性物質取扱安全教育

平成 25 年度に見直した内容の教育を実施した。

参加者：3 名（長岡技科大、京大）

実施期間：2 月 24 日～27 日

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 |                |                 |
|--------------|------------|----------------------|------|----------------|-----------------|
|              |            |                      | 24年度 | 25年度           | 26年度            |
| 1) 炉物理実験教育   | ①原子炉基礎実験   | 京都大学学部生              |      | 26名<br>(内院生9名) |                 |
|              | ②全国大学院生実験  | 全国大学の大学院生            |      | 132名           | 56名             |
| 2) 原子力工学応用実験 |            | 京都大学大学院生             |      | 14名            |                 |
| 3) 原子力安全教育   | ①原子炉工学実験   | 全国大学の学部生・大学院生（公募による） |      | 9名<br>(内企業1名)  | 13名<br>(内企業等9名) |
|              | ②放射線安全教育   |                      |      | 5名<br>(内既卒者1名) | 11名<br>(内企業等7名) |
|              | ③放射性物質安全教育 |                      |      | 1名             | 3名              |
|              |            | 参加人数（実績）             |      | 187名           | 83名             |
|              |            |                      |      | 40             | 26              |
|              |            |                      | 千円/人 | 千円/人           | 千円/人            |

表 2. 実施スケジュール（結果）

| 項目          | 24年度<br>(四半期毎) |  |  |  | 25年度<br>(四半期毎) |  |  |    | 26年度<br>(四半期毎) |  |  |    |
|-------------|----------------|--|--|--|----------------|--|--|----|----------------|--|--|----|
|             |                |  |  |  |                |  |  |    |                |  |  |    |
| ① 炉物理実験教育   |                |  |  |  | ←→□            |  |  |    |                |  |  | □□ |
| ② 原子力工学応用実験 |                |  |  |  |                |  |  | □  |                |  |  |    |
| ③ 原子力安全教育   |                |  |  |  |                |  |  | □□ |                |  |  | □□ |

## ＜成果と評価＞

KUR 及び KUCA の新規制基準対応のため、実験の実施時期や実施内容を大幅に変更せざるを得なかった。このため、参加者が当初見込みに比べて大幅に減少したほか、一部の教育については取り止めとなった。新規制基準対応による影響については、可能な限り原子炉を使った実験を経験させたいとの思いから、代替実験での教育への変更が遅れてしまったことが反省点としてあげられる。一方、代替実験が予想外に好評であり、教育効果も認められることから、一部を今後の教育の中に取り入れて行くこととした。

### （１）炉物理実験教育

本教育は、長年実施してきたものであるが、本事業において新たに原子炉の固有の安全性を理解するためにボイド反応度効果の実験を取り入れた。また、平成 26 年度は新規制基準対応のために KUCA の運転が行えなかったことから、代替の未臨界実験と核セキュリティに関連するウラン濃縮度測定実験を実施した。なお、26 年度は実施時期が大幅に遅れたことと実験内容が変更になったことにより、参加者が大きく減少した。

実験参加者は各大学において予め実験に関する事前講義を受け、さらに京都大学原子炉実験所において原子炉の安全管理に関する保安教育、および京都大学の教員または各大学の引率教員が行う実験講義を受講してから実験に取り組んだ。実験終了後には実験結果について参加者全員で議論を行う報告会を実施し、最後にそれらを取りまとめた実験レポートを提出させた。

参加した学生全員にアンケートを採ったところ、未臨界実験ではあったが炉物理に関する理解が深まった、実際の原子炉施設で実験を行うことができて良かった、などの意見が多くあった。特に、今年度初めて取り入れたウランの濃縮度測定実験に興味を持った学生が多く、この実験は今後の大学院生実験においても実施する予定である。

### （２）原子力工学応用実験

本教育は、平成 25 及び 26 年度に実施する計画であったが、KUR の新規制基準対応のため本教育は平成 25 年度のみの実施となった。また、平成 25 年度についても、実施期間が大幅に変更となった上、KUR が使用できなかったことから、一部実験を取りやめたほか、実験内容の大幅な見直しが必要となった。参加した学生へのアンケート結果によると、本教育を通して原子力や放射線に対する理解が深まったことが確認できた。KUR 稼働中の実習を希望する意見もあった。また、本事業の対象外となったが、平成 26 年度には、平成 25 年度に実施した教育内容をもとにして、本学の自主事業として実施した。

### （３）原子力安全教育

本教育では当初 5 課題（原子炉工学実験、放射線安全教育、放射性物質取扱安全教育、地震・津波安全教育、放射線医療基礎教育）を実施する予定であったが、審査評価委員会によるレビューの結果、「地震・津波安全教育」と「放射線医療基礎教育」は本事業の対象外となった。なお、これら 2 課題は自主事業として実施した。

平成 25 年度については、KUR の新規制基準対応のため運転実施時期が確定せず、年度末近くの実施となり、一部課題については、想定よりも参加者が集まらなかった。また、平成 26 年度は、新規制基準への適合性審査のため KUR の運転が行えないことから、実施内容を大幅に見直した。

#### 1) 原子炉工学実験

平成 26 年度については、KUR 運転が行えなかったため、過去の測定データの解析、リスク評価及び活断層に関する特別講義、建屋振動計測等の講義・実習を新たに実施した。アンケート結果によると、原子炉施設の安全管理体験において、実際の KUR 巡視点検を体験したことについて、実際の安全管理の状況が理解できたと好評であった。

#### 2) 放射線安全教育

受講生からのアンケート回答では、すべての受講生で非常に有用またはある程度有用との評価をうけている。広範な内容であったが、実習と講義、演習を組み合わせることにより受講者の理解度は良好であった。また、購入した NaI スペクトロメータなどの装置を自分で操作し、実際の原子炉施設を対象に放射線安全管理に関わる技術を習得できたことに高い評価が得られている。

#### 3) 放射性物質取扱安全教育

参加者からは、実習終了後の報告会でのディスカッションを通じ、特に保障措置に関する制度と

放射線測定技術の応用について触れることができたことは有意義であったとの講評を受けた。

(4) その他（評価項目に係る事項に対する考察 等）

課題の達成度として、参加人数を用いる場合、残念ながら当初想定に対して実績が大きく下回る結果となっているが、当初目的であった研究炉等の原子力実験施設の取り扱いを介して原子力安全を包括的に理解し体得させる包括的原子力安全基盤教育は達成したといえる。今後の同教育に継続のために外部資金獲得を進めたい。

## ＜今後の事業計画・展開＞

いずれの教育についても、経費の確保状況によるが、今後の継続を目指す。なお、一部については、平成 27 年度原子力人材育成イニシアティブ事業による経費の調達が見込まれている。

(1) 炉物理実験教育

本教育は、学生の参加希望者が多く、単位の付与対象となっていることから、今後も継続する。ただし、KUCA の新規制基準適合性確認の審査が現在も継続しているため、運転再開までは平成 26 年度と同様に未臨界体系で実施する予定である。今年度の実験経験を元に実験内容をさらに充実させたいと考えている。参加学生の旅費等の経費については、外部資金等の獲得を目指す。

(2) 原子力工学応用実験

本教育は、京都大学大学院生の単位付与の対象となっており、来年度以降も継続して実施する予定である。

(3) 原子力安全教育

「原子力安全教育」は、本学が実施している「原子力安全基盤科学研究プロジェクト」の一環として、来年度も実施する。平成 28 年度以降については、資金の獲得状況などを踏まえて、実施を検討する。

## ＜整備した設備・機器＞

(1) 反応度計測システム 1 式（平成 24 年度整備、約一百万円）

炉物理実験教育の実験で各種反応度測定を行うために使用。

(2) Ge 半導体検出器 1 台（平成 24 年度整備、約四百万円）

原子力安全教育の実験で放射性物質の量や種類を精度良く把握するために使用。

(3) EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ本体 1 式（平成 25 年度整備、約一百万円）

原子力安全教育にて放射性物質の計測を行うために使用する。

## ＜その他特記すべき事項＞

試験研究用等原子炉施設の新規制基準適合性に係る審査が行われているため、KUCA 及び KUR の両原子炉の運転が行えない状態が続いている。このため、事業内容の見直しを行い、原子炉の運転を伴わない範囲での教育内容とした。現在も審査が継続中であり、運転再開の見通しは立っていないが、原子炉を使った実験教育は、原子力人材育成において非常に有用であり、また参加希望者も多い。このため、できるだけ早期の再開を目指し、審査対応を行っている。

## ＜参考資料＞

(1) 参考資料

1) 炉物理実験教育テキスト抜粋及びカリキュラム

- 2) 原子力安全教育募集要領及びカリキュラム
  - 3) 原子力安全教育（原子炉工学実験）テキスト抜粋（原子炉の基礎原理）
- (2) 事業成果の公開事例、関連する文献)**
- 1) K. Nakajima, Role of Research Reactors – For the case of Kyoto University Research Reactor, IAEA School of Nuclear Energy Management, University of Tokyo, Japan, 27 May to 10 June, 2013.
  - 2) K. Nakajima, Reactor Experiment Courses for Human Resource Development at Kyoto University Research Reactor Institute, The 3rd Vietnam–Japan Research/HRD Forum on Nuclear Technology Nuclear Research Institute, Dalat City, Vietnam, 27 November 2014.

## 評価項目に係る事項について

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①課題の達成度（採択時の審査評価委員会所見への対応を含む。）  | <p>新規規制基対応のために、KUR 及び KUCA の運転が行えない状況となり、代替実験等による教育を実施した。このため、原子炉の運転や臨界状態の確認などを体験させることはできなかったが、代替実験の内容を工夫することにより、本事業の目的である、原子力安全を包括的に理解し体験させることは実施できたと考える。</p> <p>なお、参加人数については当初想定に比べて大きく減少している。特に、平成 26 年度「炉物理実験教育」は、想定約 150 名に対して、実績 56 名と約 1/3 となった。これは、以下の理由による。</p> <p>「炉物理実験教育」の当初の計画では 26 年度下半期までに KUCA の運転を再開して大学院生実験を行うことを予定していたが、試験研究用等原子炉施設の新規制基準適合性確認の審査が長引いてしまったため、年度後半になってから代替実験として未臨界体系での実験を行うことを決めた。天然ウランを用いた未臨界体系での実験は初めてであったため実験準備に手間取り、実験実施が年度末になってしまい、大学側の都合により参加を見合わせた大学があった（東北大学、大阪大学、近畿大学、九州大学の 4 大学）。また、予定していた京都大学学部学生に対する実験は卒論執筆の時期に重なってしまったため実施することができなかった。</p> |
| ②特記すべき成果                        | <p>KUR 及び KUCA が新規規制基準対応のため使用できない中、核燃料の取り扱いや原子炉施設の安全管理等について、できるだけ体験してもらうことを目的として、代替の教育内容を策定した。参加者からは、高評価を得た。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ③事業の継続状況・定着状況                   | <p>「炉物理実験教育」と「原子力工学応用実験」の一部については、平成 27 年度原子力人材イニシアティブ事業において実施の予定である。また、「原子力安全教育」は、平成 27 年度は本学の自主事業として実施する。今後の継続については、資金の獲得状況を踏まえて検討する。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ④成果の公開・共有の状況                    | <p>「炉物理実験教育」には、他大学教員も参加しており、教育内容についての共有が図られている。また、本事業の成果については、原子力人材育成ネットワークにおいて報告されている。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 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 | <p>学生の参加者数は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・炉物理実験教育：214 名/2 年</li> <li>・原子力工学応用実験：14 名/1 年</li> <li>・原子力安全教育：24 名/2 年（学生以外も含めると 42 名/2 年）</li> </ul> <p>参加した学生のなかで卒業（修了）した 21 名のうち、原子力関係企業に 8 名、電力会社に 1 名が就職している。</p> <p>また、2 名が第 1 種放射線取扱主任者試験に合格している。<br/>（21 名以外の卒業した学生の進路は不明）</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |